

УДК 636.084.1:636.085.25

DOI: 10.33284/2658-3135-104-3-47

Переваримость питательных веществ и баланс азота у телят в зависимости от уровня аминокислотного питания

В.В. Гречкина, Е.В. Шейда, С.В. Лебедев, И.В. Маркова, Н.И. Рябов

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

Резюме. Белок считается ключевым питательным веществом в кормлении животных, не только обеспечивая аминокислотами, но и являясь источником азота (N) для синтеза микробного белка. Требования к аминокислотам основаны на потребности в чистом белке и профиле аминокислот в тканях всего тела. В исследовании изучалась переваримость питательных веществ и баланс азота у телят казахской белоголовой породы при введении в рацион смеси незаменимых аминокислот. Объекты исследования – телята казахской белоголовой породы в возрасте с 9 до 18 месяцев. Источники дополнительных аминокислот: метионин, лизин, гистидин, треонин, триптофан. Уровень незаменимых аминокислот в некоторых тканях тела в I опытной группе составил 7,87 % и II опытной – 10,85 % ($P \leq 0,05$) относительно контрольных значений. Уровень переваримого азота в дуоденум увеличился в I – 17,82 % и II – 21,34 % ($P \leq 0,05$). Таким образом, животные получавшие концентрацию незаменимых аминокислот в дозе 3 г лизина + 3 г метионина + 4 г треонина + 2 г триптофана отличались лучшей переваримостью и синтезом белка.

Ключевые слова: телята, казахская белоголовая порода, рацион, аминокислоты, переваримость веществ, обмен веществ, белки.

UDC 636.084.1:636.085.25

Nutrient digestibility and nitrogen balance in calves depending on the level of amino acid nutrition

Victoria V Grechkina, Elena V Sheyda, Svyatoslav V Lebedev, Irina V Markova, Nikolay I Ryabov

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

Abstract. Protein is considered a key nutrient in animal feeding, not only providing amino acids, but also being a source of nitrogen (N) for the synthesis of microbial protein. The requirements for amino acids are based on the need for pure protein and the profile of amino acids in the tissues of the whole body. The work studied the digestibility of nutrients and the nitrogen balance in calves of the Kazakh white-headed breed when introducing a mixture of essential amino acids into the diet. The objects of the study are calves of the Kazakh white-headed breed aged from 9 to 18 months of age. The source of additional amino acids were: methionine, lysine, histidine, threonine, tryptophan. The level of essential amino acids in some body tissues was in the I experimental group (7.87%) and the II experimental group (10.85%) ($P \leq 0.05$) relative to the control values. The level of digested nitrogen in the duodenum increased in I – 17.82% and II – 21.34%, ($P \leq 0.05$). Thus, the animals receiving the concentration of essential amino acids at a dose of 3 g of lysine + 3 g of methionine + 4 g of threonine + 2 g of tryptophan were distinguished by better digestibility, protein synthesis and productive qualities.

Keywords: calves, Kazakh white-headed breed, diet, amino acids, digestibility of substances, metabolism, proteins.

Введение.

Известно, что питательные вещества, в частности аминокислоты, выполняют важную роль в качестве строительного материала для белков, обладают иммуномодулирующими свойствами и взаимодействуют через общие биохимические пути (Головко Е.Н. и др., 2005; Nakamura M et al., 2018). Дефицит незаменимых аминокислот на ранних стадиях фазы роста показал отрицательное

влияние на среднесуточный прирост (АдГ) и переваримости сухого вещества, что напрямую связано с экономическими потерями (Goyal AK and Brahma BK, 2014; Dhama K et al., 2015).

Рубец – это уникальная часть желудочно-кишечного тракта у жвачных животных. По мере развития рубца и его колонизации микроорганизмами телёнок физиологически переходит от псевдомоногастрального к функционирующему жвачному. Развитие рубца у телят может непосредственно влиять на потребление корма, усвояемость питательных веществ и конечный рост телят. Любые изменения в режиме раннего вскармливания и питания могут повлиять на развитие рубца и, таким образом, привести к долгосрочным последствиям для последующего роста, здоровья и продуктивности (Kimball SR and Jefferson LS, 2006; Kang JX et al., 2014; Li S and Li X, 2016).

Белок считается ключевым питательным веществом в кормлении жвачных животных, не только обеспечивая их аминокислотами, но и являясь источником азота (N) для синтеза микробного белка. Конечное поступление белка в тонкую кишку формируется пищевым белком (преджелудке undegraded protein) и микробным белком. Микробный белок, синтезируемый в преджелудке, может поставлять более 50 % аминокислот, поглощаемых жвачными животными, и считается белком высокой биологической ценности. Поэтому оптимизация микробного синтеза является одной из основных задач, к которой стремятся исследователи в области питания жвачных животных (Malesci A et al., 1995; Liu Z et al., 2006).

Цель исследования.

Изучить переваримость питательных веществ и баланс азота у телят в зависимости от уровня аминокислотного питания.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Телята казахской белоголовой породы в возрасте с 9 до 18 месяцев, массой тела 220-225 кг.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР No 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Телята были разделены на 3 группы (n=3 телят в каждой группе), которые содержались в специализированных клетках размером 1,5×2 м в лаборатории биологических испытаний и экспертиз Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, с 9- до 18-месячного возраста. Доступ животных к корму и воде был свободным (табл. 1).

Таблица 1. Схема опыта
Table 1. Experience scheme

Группы / Groups	Число голов / Number of goals	Состав рациона / The composition of the diet
Контрольная / Control	3	Основной рацион (ОР) / The main diet (MD)
I опытная / I experimental	3	ОР+2 г лизина+2 г метионина+3 г к.треонина+1 г триптофана / MD +2 g of lysine+2 g of methionine+3 g of K. threonine+1 g of tryptophan
II опытная / II experimental	3	ОР+3 г лизина+3 г метионина+4г к.треонина+2 г триптофана / MD+3 g of lysine+3 g of methionine+4 g of threonine+2 g of tryptophan

Основной рацион (ОР) был сбалансирован по базовым питательным веществам, согласно детализированным нормам (Калашников А.П. и др., 2003) и 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 (ВА) – 2640 М; витамин Д (ВД) – 302 МЕ; витамин Е (ВЕ) – 17 мг).

Источником дополнительных аминокислот были: метионин, лизин, гистидин, треонин, триптофан (ООО "Агросоюз", г. Москва, Россия). Процентное содержание аминокислот, включённых в основной рацион, было выражено в процентах от сухого вещества рациона. 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.

В схеме опыта использовались добавки кристаллических аминокислот на голову в сутки. Аминокислоты вводили в корм после индивидуального расчёта рациона. При расчёте рациона учитывалось содержание аминокислот в используемом кормовом сырье, в том числе и их переваримость. Балансирование рационов телёнка по отдельным аминокислотам производится в результате расчёта и его обеспеченности к нормам потребности, например, от сырого протеина по формуле:

$$X=A \times B / 100,$$

где X – требуемое количество аминокислоты теленку в день,

A – суточное потребление сырого протеина в граммах,

B – уровень потребности в аминокислоте в % от сырого протеина.

Рассчитав суточную потребность телёнка в аминокислоте, по содержанию в кормах фактическую её обеспеченность находили разницу, показывающую уровень сбалансированности рациона по аминокислотам.

Потребление сухого вещества регистрировалось ежедневно. Эффективность кормления рассчитывалась за один период. Отдельные образцы состояли примерно из 700 мл дуоденального химуса и 200 г (влажная основа) фекального материала. Образцы для каждого бычка в течение всего периода сбора были составлены для анализа. По завершении эксперимента руминальную жидкость получали через руминальную канюлю от всех бычков.

По методике А.Д. Синещёкого к фистуле из изолированного отрезка прикрепляли с помощью специального резинового переходника шприц для сбора химуса 12-перстной кишки.

Оборудование и технические средства. Исследования были выполнены в условиях лаборатории биологических испытаний и экспертиз и Испытательном центре ФНЦ БСТ РАН.

Образцы корма, двенадцатиперстной кишки и кала подвергали анализу на сухие вещества, которые проводились высушиванием в муфельной печи при температуре +105 °С, сырого протеина – ГОСТ 13496.4-93, сырого жира – ГОСТ 13496.15-97, сырой клетчатки – ГОСТ 31675-2012, сырой золы – ГОСТ 26226-95. Образцы двенадцатиперстной кишки анализировали на аммиак N. Дуоденальный поток и фекальная экскреция СД рассчитывались по соотношению маркеров с использованием оксида хрома. Микробное органическое вещество (МОМ) и N (MN), выходящее из сычуга, рассчитывали с использованием пуринов в качестве микробного маркера. Органическое вещество (ОМ), ферментированное в рубце, считалось равным приёму ОМ за вычетом разницы между количеством общего ОМ, достигающим двенадцатиперстной кишки, и МОМ, достигающим двенадцатиперстной кишки. Выход корма N в тонкую кишку считали равным общему выходу N из сычуга за вычетом аммиака-N, MN и эндогенного N ($0,195 \times BW^{0,75}$)

Статистическая обработка. Статистический анализ проводили с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США). Статистическая обработка включала расчёт среднего значения (M) и стандартные ошибки

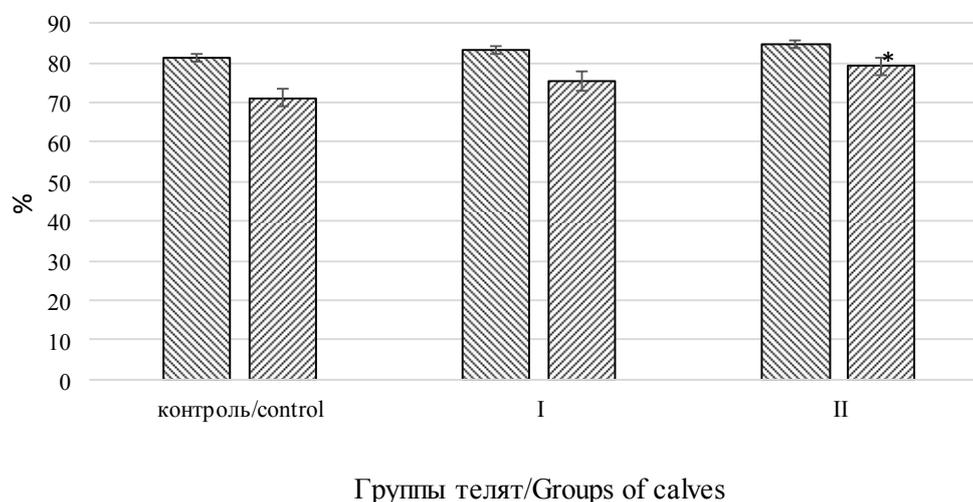
среднего (\pm SEM). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на $P \leq 0,05$.

Результаты исследований.

Введение в рацион телят смеси незаменимых аминокислот сопровождалось увеличением поступления аминокислот в дуоденум на 12,3 и 9,06 % ($P \leq 0,05$) у животных I и II опытных групп при сравнении с контрольной группой животных. Фоновые показатели всосавшихся аминокислот в I опытной группе составили 7,87 % и II опытной – 10,85 % ($P \leq 0,05$) относительно контрольных значений.

Уровень бактериального азота в дуоденум увеличился у I (17,82 %) и II (21,34 %) ($P \leq 0,05$) по сравнению с у контрольными животными.

Мясной скот особенно чувствителен к уровню и качеству белкового питания. Коэффициент переваримости в дуоденуме был выше в I опытной группе на 15,87 % ($P \leq 0,05$), II опытной – 21,14 % относительно животных контрольной группы (рис. 1).



▨ Коэффициент переваримости / Coefficient of digestibility

▣ Всосалось в % от поступившего в / Absorbed in % of the received duodenum

Рис. 1 – Количество переваренных питательных веществ, $P \leq 0,05$

Figure 1 – The amount of digested nutrients, $P \leq 0.05$

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

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

Увеличился уровень всосавшихся аминокислот в % от поступившего в дуоденум в I опытной (5,57 %), II опытной групп (8,83 %) ($P \leq 0,05$) относительно телят контрольной группы.

Схема включения аминокислот в рацион указывает на необходимость коррекции питания по критическим аминокислотам. Благодаря этому происходит увеличение уровня обмена белка в организме животного.

Используя результаты исследования азотного баланса, можно выразить реакцию удержания N на примере отдельных аминокислот (рис. 2).

Наименьшими значениями выделенных с калом аминокислот обладала II опытная группа (23,4 г), которые на 4,56 и 2,34 % ($P \leq 0,05$) были меньше относительно контрольной и I опытной групп телят.

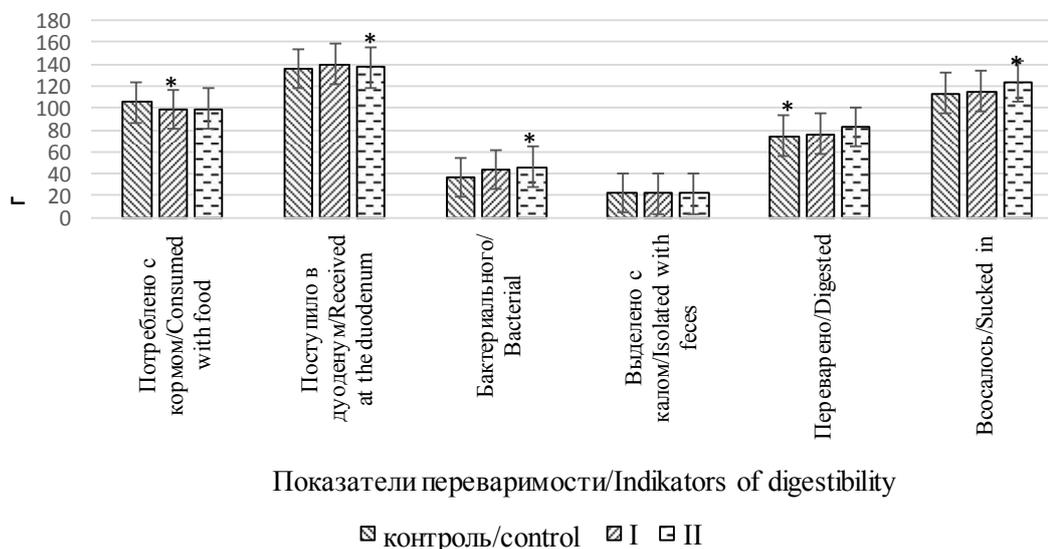


Рис. 2 – Анализ переваримости азота в желудочно-кишечном тракте у телят казахской белоголовой породы, $P \leq 0,05$

Figure 2 – Analysis of the digestibility of nitrogen in the gastrointestinal tract in calves of the Kazakh white-headed breed, $P \leq 0.05$

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

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

Переварено N в I 76,4 г и во II – 82,6 г, что выше по сравнению с показателями у животных контрольной группы на 7,52 и 10,87 % ($P \leq 0,05$) соответственно.

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.

Обсуждение полученных результатов.

Как было показано в предыдущих исследованиях, доступность аминокислот для телят отражает уровень энергии, а также они необходимы для поддержания генетического потенциала и роста (Pang J et al., 2016). Анализируя результаты собственных исследований и предыдущие данные, показано, что действительно низкие уровни аминокислотного питания (87 % и 84 % от ожидаемых соответственно) влияют на метаболизируемые запасы аминокислот в организме телят (Grechkina VV et al., 2021).

Tang Q (2016) установил, что при использовании обычной растительной диеты на основе паровых хлопьев кукурузы (мочевина – в качестве единственного источника дополнительного N) с добавлением в рацион незаменимых аминокислот увеличивает видимую потребность в метаболизируемых аминокислотах с 0,87 до 0,97 %.

Как и ожидалось, количество поглощённого микробного азота в интернациональной системе увеличивалось по мере возрастания пищевого CP. Изменился уровень всосавшихся аминокислот в I опытной (5,57 %), II опытной группах (8,83 %) ($P \leq 0,05$) относительно телят контрольной группы. Это согласуется с исследованиями (Xie T et al., 2017), которые показали, что тонкий кишечник является основной системой для оценки фактического поступления и потребности белка, а также уровень его усвоения и поглощения в организме животных. Метаболизируемый белок, доступный для всасы-

вания в тонком кишечнике, зависит от потока и перевариваемости микробного сырого белка и диетического руминального неразлагаемого белка.

У жвачных, как и моногастричных животных, эффективность использования белка существенно изменяется в зависимости от его содержания в рационах, от сбалансированности лимитирующими незаменимыми аминокислотами и обеспеченности обменной энергией (Zdunczyk Z et al., 2015; Yang HJ et al., 2016).

Метаболизируемый запас аминокислот наряду с теоретической потребностью, основанной на средней скорости роста бычков в испытании, показал: расчётное количество метаболизируемого метионина в испытании было тесно связано ($R_2=0,95$) с эффективностью использования метаболизируемой энергии для поддержания и увеличения веса. Поскольку скорость синтеза белка во всём организме представляет собой совокупность скоростей синтеза во всех тканях и органах организма, а скорость синтеза белка в висцеральных тканях значительно превышает таковую в периферических тканях, то изучение влияния аминокислот и инсулина на синтез белка в висцеральных тканях имеет важное значение (Akimov SS et al., 2021).

Увеличение переваримости азота в I (77,8 г) и II опытных группах (79,9 г) свидетельствует о расщеплении избыточного белка в рубце до аминокислот и аммиака, которые используются на синтез микробного белка, существенно отличающегося по аминокислотному составу от такового съеденного корма. Аммиак может быть поглощён, что увеличивает концентрацию мочевины в крови и в конечном итоге выводится в виде мочевины и аммиака. Это приводит к увеличению неблагоприятных последствий для здоровья, снижению репродуктивных и производственных показателей и увеличению загрязнения окружающей среды (Лебедев С.В. и др., 2019).

Интенсивная переработка корма у телят происходит в рубце под воздействием микроорганизмов. Через рубец проходит лишь небольшая часть потребляемого животными пищевого белка. Однако большинство пищевых белков либо расщепляется на микробный белок, либо после гидролиза происходит дезаминирование и распад его аминокислот на аммиак и углеродный скелет. Для оценки обеспеченности жвачных аминокислотами необходимо учитывать объём микробного 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 (Zhou J et al., 2016).

Выводы.

В эксперименте показано, что различные пропорции аминокислот изменяют питательную ценность белка, и поэтому потребность в белке в конечном счёте может быть выражена в количествах различных незаменимых аминокислот, функционирующих как по отдельности, так и вместе, как его компоненты. Наиболее комфортной концентрацией аминокислот для обмена веществ и пищеварения являлось соотношение 3 г лизина+3 г метионина+4 г треонина+2 г триптофана и выражалось превосходством по показателям переваримости корма. Потребность в белке может быть определена путём корректировки суммы требований к чистому белку для поддержания и производства с эффективностью, при которой поглощённые аминокислоты сохраняются в тканевом белке. Эффективность использования смеси незаменимых аминокислот для удержания белка всего тела составила 40 %. Индивидуальное использование аминокислот для удержания белка всего тела указывает на то, что лизин, треонин, метионин, триптофан являются поглощёнными аминокислотами, наиболее эффективно используемыми для производства мяса.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0005)

Литература

1. Головки Е.Н. Доступность аминокислот в питании моногастричных 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 КубГАУ, 2005. С. 71-118. [Golovko EH. Dostupnost' aminokislot v pitanii monogastrichnykh zhyvotnykh. (Conference proceedings) Aminokislotoe pitanie zhyvotnykh i problema belkovykh resursov: materialy konf. (g. Krasnodar, 23 marta 2004 g.) pod red. i s predisl. Ryadchikova VG. Krasnodar: Izd-vo KubGAU; 2005:71-118. (*In Russ*)].

2. 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*)].

3. ГОСТ 26226-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения сырой золы. Введ. 01.01.1977. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. 8 с. [GOST 26226-95. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya syroi zoly. Vved. 01.01.1977. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov; 1996:8 p. (*In Russ*)].

4. 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 primeneniem promezhutochnoi fil'tratsii. Vved. 01.07.2013. Moscow: Standardinform; 2012:18 p. (*In Russ*)].

5. 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. [GOST 13496.15-97. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya sodержaniya syrogo zhira (s Izmeneniem № 1). Vved. 01.01.1999. Moscow: Standardinform; 1997:19 p. (*In Russ*)].

6. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие /А.П. Калашников и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2003. 456 с. [Kalashnikov AP, et al. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhyvotnykh: sprav. posobie. 3-e izd., pererab. i dop. Moscow: Agropromizdat; 2003:456 p. (*In Russ*)].

7. Обмен (синтез и усвоение) аминокислот в пищеварительном тракте крупного рогатого скота при использовании в рационе различных по ингредиентному составу кормов / С.В. Лебедев, И.З. Губайдуллина, Е.В. Шейда, В.В. Гречкина // Аграрный научный журнал. 2019. № 4. С. 54-57. [Lebedev SV, Gubaidullina IZ, Sheida 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>

8. Akimov SS, Lebedev SV, Grechkina VV, Miroshnikova MS, Topuria GM. The effectiveness of using mathematical modeling in assessing the quality of food products. IOP Conf Series: Earth and Environmental Science: International Conference on World Technological Trends in Agribusiness; 2020 4-5 July, Omsk City, Western Siberia, Russian Federation. Bristol, England: IOP Publishing; 2021;624:012158. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012158

9. Dhama K, Latheef SK, Mani S, Samad HA et al. Multiple beneficial applications and modes of action of herbs in poultry health and production – a review. J Pharmacol. 2015;11(3):152-176. doi: 10.3923/ijp.2015.152.176

10. Goyal AK, Brahma BK. Antioxidant and nutraceutical potential of bamboo: an overview. J Fundamental Appl Sci. 2014;3(1):2-10.

11. Grechkina VV, Miroshnikov SA, Lebedev SV. Lipid spectrum of blood when vegetable fats are introduced into the diet of calves. IOP Conf Series: Earth and Environmental Science: International Conference on World Technological Trends in Agribusiness; 2020 4-5 July, Omsk City, Western Siberia, Russian Federation. Bristol, England: IOP Publishing; 2021;624:012025. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012025

12. 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>

13. 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>
14. 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>
15. Liu 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>
16. Malesci A, Gaia 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>
17. 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](https://doi.org/10.1038/s41598-018-35369-5)
18. 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>
19. Tang Q. Lipid metabolism and diseases. *Sci. Bull.* 2016;61(19):1471-1472. doi: [10.1007/s11434-016-1174-z](https://doi.org/10.1007/s11434-016-1174-z)
20. 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>
21. Yang HJ, Yim N, Lee KJ et al. Simultaneous determination of nine bioactive compounds in Yijin-tang via high-performance 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>
22. Zdunczyk Z, Jankowski J, Kaczmarek 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](https://doi.org/10.1017/S0043933915000045)
23. 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. Golovko EH. Availability of amino acids in the nutrition of monogastric animals. (Conference proceedings) Amino acid nutrition of animals and the problem of protein resources: conf. materials (Krasnodar, March 23, 2004) ed. and with a foreword. Ryadchikova VG. Krasnodar: Publishing House KubSAU; 2005:71-118.
2. GOST 13496.4-93 Stern, compound feeds, formula-feed raw materials. Methods for determining nitrogen and crude protein content. Intro. 01.01.1995. Moscow: Standardinform; 1993:17 p.
3. GOST 26226-95. GOST 26226-95. Stern, compound feeds, formula-feed raw materials. Crude ash determination methods. Intro. 01.01.1977. Moscow: PPC Publishing house of standards; 1996:8 p.
4. GOST 31675-2012. Feed. Methods for determination of raw fiber content using intermediate filtration. Intro. 01.07.2013. Moscow: Standardinform; 2012:18 p.
5. GOST 13496.15-97. Stern, compound feeds, formula-feed raw materials. Methods for determining the content of raw fat (with Revision No. 1). Intro. 01.01.1999. Moscow: Standartinform. 1997:19 p.
6. Kalashnikov AP et al. Standards and diets of farm animals: Ref. book. 3rd ed., rework. and add. Moscow: Agropromizdat; 2003:456 p.
7. Lebedev SV, Gubaidullina IZ, Sheida 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>

8. Akimov SS, Lebedev SV, Grechkina VV, Miroshnikova MS, Topuria GM. The effectiveness of using mathematical modeling in assessing the quality of food products. IOP Conf Series: Earth and Environmental Science: International Conference on World Technological Trends in Agribusiness; 2020 4-5 July, Omsk City, Western Siberia, Russian Federation. Bristol, England: IOP Publishing; 2021;624:012158. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012158
9. Dhama K, Latheef SK, Mani S, Samad HA et al. Multiple beneficial applications and modes of action of herbs in poultry health and production – a review. J Pharmacol. 2015;11(3):152-176. doi: 10.3923/ijp.2015.152.176
10. Goyal AK, Brahma BK. Antioxidant and nutraceutical potential of bamboo: an overview. J Fundamental Appl Sci. 2014;3(1):2-10.
11. Grechkina VV, Miroshnikov SA, Lebedev SV. Lipid spectrum of blood when vegetable fats are introduced into the diet of calves. IOP Conf Series: Earth and Environmental Science: International Conference on World Technological Trends in Agribusiness; 2020 4-5 July, Omsk City, Western Siberia, Russian Federation. Bristol, England: IOP Publishing; 2021;624:012025. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012025
12. 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>
13. 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>
14. 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>
15. Liu 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>
16. Malesci A, Gaia 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>
17. 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
18. 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>
19. Tang Q. Lipid metabolism and diseases. Sci. Bull. 2016;61(19):1471-1472. doi: 10.1007/s11434-016-1174-z
20. 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>
21. Yang HJ, Yim N, Lee KJ et al. Simultaneous determination of nine bioactive compounds in Yijin-tang via high-performance 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>
22. Zdunczyk Z, Jankowski J, Kaczmarek S, Juskiewicz J. Determinants and effects of postileal 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
23. 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, и.о. заведующего лабораторией 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

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-shejjda@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.: 8-912-345-87-38, e-mail: lsv74@list.ru

Маркова Ирина Викторовна, кандидат биологических наук, 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, сот.: 8-961-047-40-26, e-mail: irinazzz88@yandex.ru

Рябов Николай Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий 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 д. 29

Поступила в редакцию 2 июля 2021 г.; принята после решения редколлегии 13 сентября 2021 г.; опубликована 30 сентября 2021 г. / Received: 2 July 2021; Accepted: 13 September 2021; Published: 30 September 2021