
ПИТАНИЕ

УДК 636.4.082.35.085.23.087.2.6:612.332

DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.2.83-91

**ИСТИННАЯ ИЛЕАЛЬНАЯ ДОСТУПНОСТЬ АМИНОКИСЛОТ
ВЫСОКОБЕЛКОВЫХ КОРМОВ У МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ**

Ниязов Н.С., Пьянкова Е.В.

*ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФИЦ животноводства –
ВИЖ им. Л.К. Эрнста, Боровск Калужской обл., Российская Федерация*

Цель исследования – оценка фекальной, кажущейся илеальной и истинной доступности (с учетом эндогенных поступлений аминокислот) общих аминокислот в соевом и подсолнечном шроте и рыбной муке у молодняка свиней. Опыты проведены на поросятах в возрасте 2-4 мес. с наложенной Т-образной канюлей в нижнем участке подвздошной кишки. Установлено, что содержание общих незаменимых аминокислот в высокобелковых кормах колеблется в пределах: лизина от 14,0 до 40,5 г, треонина – 13,2-21,9 г, метионина – 5,9-16,8 г, цистина – 6,3-7,5 г, лейцина – 19,0-36,8 г, изолейцина – 12,1-18,1 г, валина – 17,0-21,8 г, гистидина – 11,6-13,9 г, фенилаланина – 13,9-21,4 г и аргинина – 23,1-21,4 г, а сырого протеина – 351-636 г в кг корма. Оцененные значения истинной илеальной доступности (ИИД) аминокислот в соевом и подсолнечном шротах и рыбной муке составили: лизин (Lys) – 86,2, 0,5 и 90,2%, треонин (Thr) – 82,2, 81,7 и 90,2%, метионин (Met) – 86,7, 84,6 и 88,0%, цистин (Cys) – 81,6, 79,9 и 83,5%, лейцин (Leu) – 88,1, 85,5 и 94,7%, изолейцин (Ile) – 87,0, 86,8 и 92,8%, валин (Val) – 85,4, 83,1 и 87,6%, фенилаланин (Phe) – 89,1, 84,0 и 88,5%, гистидин (His) – 87,4, 85,2 и 92,2%, аргинина (Arg) – 90,0, 87,3 и 93,4%; (ИИД) сырого протеина – 89,0, 81,2 и 89,1% соответственно. Фекальная переваримость большинства аминокислот в среднем была выше истинной доступности аминокислот на 11,0-4,2%. Величины истинно илеальной доступности аминокислот в высокобелковых кормах к всасыванию в тонком кишечнике свиней, определённые с учетом потока эндогенных аминокислот, являются объективным критерием оценки кормов на качество белка и их необходимо использовать при балансировании рационов свиней по доступным аминокислотам.

Ключевые слова: поросята, соевый шрот, рыбная мука, тонкий кишечник, усвояемость аминокислот

Проблемы биологии продуктивных животных. 2021, 2: 83-91

Введение

Одной из важнейших проблем питания сельскохозяйственных животных является дефицит полноценного белка в кормах. Основным источником белка (протеина) для свиней является зерно злаковых культур и высокопротеиновых кормов растительного и животного происхождения. Эффективное использование животными кормового белка выдвигает определенные требования к его полноценности, оптимальному соотношению в нем аминокислот, лимитирующих продуктивность, их доступности к всасыванию и использованию в метаболических процессах организма (Рядчиков, 2010; 2013; Махаев, 2016).

Для корректировки уровня протеина в рационах свиней используются соевый и подсолнечный шроты и рыбная мука. Они отличаются высокой концентрацией протеина и аминокислот, особенно незаменимых. Основной белковой культурой в России является подсолнечник, на его долю приходится 92 % валового производства семян масличных. В 1 кг подсолнечного шрота содержится 1,25 ЭКЕ, 12,5 МДж ОЭ и 380-429 г сырого протеина, а в соевом шроте усреднено – 1,45 ЭКЕ, 14,5 МДж и 420-440 г сырого протеина. Несмотря на исключительный аминокислотный состав сои, в ней имеются вредные вещества, которые необходимо нейтрализовать. К ним относятся ингибитор трипсина и гемагглютин. Первый парализует действие фермента поджелудочной железы трипсина, второй – вызывает склеивание (агглютинацию) эритроцитов в крови. От этих веществ избавляются путем влаготепловой

обработки. В рыбной муке содержится до 62-65% легкоусвояемых (до 90%) белков, 14,06 МДж обменной энергии, значительное количество незаменимых аминокислот (г/кг корма): лизина – 45,6-48,1; метионина+цистина – 25,8; триптофана – 7,0-6,6 и треонина 2,64. Богата она минеральными веществами и витаминами, особенно группы В (Петрухин И.В. Корма и кормовые добавки. М., 1989). Состав и питательность ингредиентов корма зависит от сорта, технологии подготовки и переработки; следовательно, необходимо знать их питательность, переваримость и истинную доступность аминокислот в кишечном тракте.

Определение доступности аминокислот традиционным методом на уровне конца пищеварительного тракта не позволяет получить фактические её показатели из-за существенного изменения качественного и количественного состава азотсодержащих веществ под воздействием микроорганизмов, населяющих толстый кишечник. Поэтому применяется метод определения доступности аминокислот по разнице их, потреблённых с кормом, и количественно идентифицированных в непереваренных остатках содержимого на уровне терминальной части подвздошной кишки – илеума. В этом участке, граничащем с толстым отделом, уже не происходит переваривание белка, поскольку оно завершилось раньше в тощей кишке. Истинная доступность аминокислоты корма – это доступность, скорректированная с учётом количественно идентифицированных эндогенных её потоков на уровне терминального илеума.

В научной литературе имеются сообщения о том, что илеальные, а не фекальные величины переваримости аминокислот обеспечивают более точную оценку усвоения белка и поглощения аминокислот (Головко, 1999; Stein et al., 2001; Fan, Sauer, 2002; Рядчиков, 2010; Cotten, et al., 2016; Lagos, Stein, 2017). Кроме различий в величинах илеальной переваримости между различными кормами есть различия в величинах илеальной переваримости аминокислот у одного и того же корма, что может быть обусловлены отличиями в условий технологии подготовки и переработки и а также содержанием нейтрально детергентной клетчатки (Рядчиков, 2013; Mariscal-Landín et al., 2017).

Благодаря повышенному содержанию в высокобелковых кормах сырого протеина и незаменимых аминокислот они вводятся в состав рационов животных и птиц для корректировки питательности в соответствии с их потребностями. Однако следует отметить, что в соевом шроте лимитирующими аминокислотами являются метионин и цистин, а в подсолнечном лизин.

Цель исследований – оценка фекальной, кажущейся илеальной и истинной доступности (с учетом эндогенных поступлений аминокислот) общих аминокислот в соевом и подсолнечном шроте и рыбной муке у молодняка свиней для корректировки рационов в соответствии с потребностью свиней в доступных аминокислотах.

Материал и методы

Опыты проведены в условиях вивария института на оперированных помесных поросятах (ландрас × крупная белая) с наложением Т-образной канюли в конце подвздошной кишки в количестве 3-4 голов в возрасте 2,5-4,0 месяцев по схеме групп-периодов, способом латинского квадрата.

Каждому животному скармливали рационы на пшеничной основе с вводом дополнительно высокобелковых кормов: шрота соевого (ШС), подсолнечного (ШП), и рыбной муки (РМ) (табл. 1.). Содержание других питательных веществ в рационах было скорректировано в соответствии с нормами (Калашников и др., 2003).

В связи с тем, что переваримость азотсодержащих веществ изучалась илеальным и традиционными методами, в учетный период проводили сбор содержимого подвздошной кишки (СПК) и кала. Отбор образцов кала проводили в течение учетного периода методом пятипроцентных аликвот с применением инертного маркера – 0,5% окиси хрома, входящего в состав всех опытных рационов. Отбор аликвота (СПК) проводили в течение трех суток по 8 часов. Каждый опытный период продолжался семь суток. Первые четверо суток поросят кормили без сбора содержимого илеума. Последующие трое суток проводили сбор илеального содержимого.

Образцы илеального содержимого брали через резиновые контейнеры, прикрепленные к фистуле, и переливали в пластмассовые бутылки. Содержимое илеума хранили в морозильной камере при $-15... -20^{\circ}\text{C}$. В последующем эти образцы объединяли, гомогенизировали и отбирали аликвоты для исследования содержимого.

Таблица 1. Состав и питательность опытных рационов, % и в кг корма

Ингредиенты	Рационы		
	(ШС)	(ШП)	(РМ)
Пшеница	78,31	73,08	84,95
Соевый шрот	17,5	-	-
Подсолнечный шрот	-	21,5	-
Рыбная мука	-	-	10,0
Масло подсолнечный	-	1,50	2,0
Дикальцийфосфат	1,34	0,62	0,53
Мел	0,95	1,4	0,62
Соль поваренная	0,4	0,4	0,4
Премикс*	1,0	1,0	1,0
Окись хрома	0,5	0,5	0,5
В 1 кг содержится:			
Сушого вещества, г	93,12	92,55	93,42
Обменной энергии, МДж	13,00	13,01	12,98
Сырого протеина, г	172,2	171,8	172,2
Сырого жира, г	20,38	37,56	39,29
Сырой клетчатки, г	24,16	43,39	14,44
Лизина	7,40	5,64	7,69
Добавлено до нормы лизина, г	0,3	2,06	-
Треонина	5,35	5,33	5,08
Метионина+цистина	5,48	5,71	5,87
Кальция	8,0	8,0	8,0
Фосфора	6,5	6,5	6,5

Примечания: ШС – шрот соевый, ШП – шрот подсолнечный, РМ – рыбная мука; *добавка на кг корма: 1 300 ИЕ витамина А; 150 ИЕ витамина Д₃; 11 ИЕ витамина Е; 2 мг витамина К; 2,2 мг рибофлавина; 12 мг ниацина; 11 мг пантотеновой кислоты; 550 мг холинхлорида; 1,1 мг тиамина; 1,1 мг пиридоксина; 0,6 мг фолиевой кислоты; 11 мкг витамина В₁₂; 50 мг Fe; 50 мг Zn; 2 мг Mn; 3 мг Cu; 0,15 мг Se.

Ход операции. По общим правилам хирургии проводили подготовку операционного поля: шерсть выбривали, кожу обмывали мыльным раствором. Операционное поле двукратно обрабатывали 2% спиртовым раствором хлоргексидина. Для наркоза животных вводили смесь из золетил 100 – 6,6 мг/кг + ксилазин 2% - 1,8 мг/кг внутримышечно и операцию проводили по методу (Алиев 1998). Канюлю изготавливали из полиэтилена низкого давления.

Для определения количества эндогенного белка в тонком кишечнике свиней был проведен физиологический опыт на 3-х илеостомированных подсвинках с живой массой 30-40 кг методом перевода на низкобелковую диету с практически стопроцентной переваримостью. В состав низкобелкового рациона входили следующие компоненты: казеин – 8,0%, кукурузный крахмал – 79,7, сахарный песок – 3,0, масло растительное – 3,0, целлюлоза – 3,0, поваренная соль – 0,4, дикальцийфосфат – 1,4, известковая мука – 0,5, окись хрома – 0,5 и премикс КС-4 – 0,5%.

Расчёт переваримости. Кажущуюся фекальную (КФП) и илеальную переваримость (КИП) определяли путем вычитания из общего количества аминокислоты, попавшей в организм с кормом, того количества аминокислоты, которое было обнаружено в содержимом подвздошной кишки: по формуле:

$$A_{\text{КД}} = [(A_{\text{К}} - A_{\text{ПК}})/A_{\text{К}}] \times 100 \text{ и } A_{\text{ИД}} = [(A_{\text{К}} - A_{\text{ПК}})/A_{\text{К}}] \times 100,$$

где $A_{\text{КД}}$ – кажущаяся доступность аминокислоты в %; $A_{\text{К}}$ – количество аминокислоты в потреблённом корме; $A_{\text{ПК}}$ – количество аминокислоты в кале или СПК, а с инертным метчиком:

$$X = 100 - [100 \times (A \times C)/(B \times D)],$$

где X – кажущаяся доступность аминокислоты в %; A – концентрация инертного метчика в корме; B – концентрация инертного метчика в СПК или кале; C – концентрация исследуемой аминокислоты в СПК или кале; D – концентрация исследуемой аминокислоты в корме.

Истинная илеальная переваримость (ИИП) показывает, какая часть аминокислот корма усвоилась в желудочно-кишечном тракте, при этом учитываются и эндогенные потери аминокислот. Расчёт истинной илеальной переваримости (доступности) осуществляли по формуле:

$$A_{\text{иид}} = A_{\text{к}} - (A_{\text{пк}} - A_{\text{об}}) / A_{\text{к}} \times 100,$$

где $A_{\text{иид}}$ – истинная доступность аминокислоты в %; $A_{\text{к}}$ – количество аминокислоты в потреблённом корме; $A_{\text{пк}}$ – количество аминокислоты в СПК; $A_{\text{об}}$ – количество эндогенной (обменной) аминокислоты, выделенной в СПК на низкобелковом рационе.

В кормах, химусе и кале определяли содержание сухого вещества, сырого протеина – по Къельдалю на приборе Къельтек (Velp, Италия), общие аминокислоты методом ионообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе (Кальницкий, 1998) (Кальницкий Б.Д. Методы биохимического анализа: справочное пособие. Боровск, 1997) и хрома – йодометрическим методом (Харитонов 1998).

Результаты и обсуждение

При определении переваримости питательных веществ корма традиционным методом особую роль играет толстый отдел кишечника, который способствует повышению переваримости корма за счет микроорганизмов, содержащих в кишечнике. Микрофлора кишечника играет важную роль в организме. Она оказывает защитное действие против внедрения в кишечник чужеродных микроорганизмов, участвует в инактивации кишечных ферментов на конечной стадии пищеварения и, следовательно, в утилизации белков; наконец, играет роль в образовании ценных для организма веществ - короткоцепочечных жирных кислот и витаминов.

Анализ фекальной переваримости соевого и подсолнечного шротов и рыбной муки показал, что они отличаются высокой биологической ценностью и по переваримости аминокислот превосходят зерна злаков. В исследованиях установлено, что количество сырого протеина в соевом и подсолнечном шротах и рыбной муке находится в пределах от 361 до 636 г/кг корма. Наибольшая его концентрация отмечена в рыбной муке, далее в соевом и подсолнечном шротах (табл. 2).

Таблица 2. Количество сырого протеина и общих аминокислот в высокобелковых кормах, г/кг корма и 100г протеина (16 г N)

Аминокислоты и сырой протеин	ШС	г/16 г N*	ШП	г/16 г N*	РМ	г/16 г N*
Лизин (Lys)	26,83	6,30	14,0	3,98	40,53	6,37
Треонин (Thr)	16,37	3,84	13,2	3,76	21,94	3,45
Метионин (Met)	5,91	1,39	5,71	1,62	16,86	2,65
Цистин (Cys)	7,49	1,76	6,3	1,79	5,61	0,88
Лейцин (Leu)	33,00	7,75	19,0	5,41	36,88	5,79
Изолейцин (Ile)	19,10	4,48	12,1	3,44	18,31	2,87
Валин (Val)	20,3	4,76	17,0	4,84	21,88	3,43
Гистидин (His)	11,8	2,77	11,6	3,30	13,98	2,19
Фенилаланин (Phe)	21,3	5,00	13,9	3,95	21,44	3,36
Аргинин (Arg)	29,45	6,92	23,1	6,57	29,85	4,68
Аспарагиновая к-та (Asp)	49,93	11,73	27,4	7,80	48,32	7,59
Серин (Ser)	20,75	4,87	13,2	3,76	22,45	3,52
Глютаминовая к-та (Glu)	72,75	17,09	49,2	14,00	80,23	12,60
Пролин (Pro)	25,04	5,88	13,3	3,78	24,67	3,87
Глицин (Gly)	17,38	4,08	15,3	4,35	38,96	6,12
Аланин (Ala)	18,18	4,41	13,2	3,75	33,97	5,33
Тирозин (Tyr)	14,38	3,37	15,9	4,52	18,20	2,86
Незаменимые ам-ты (НАК)	191,1	44,9	136,0	38,7	227,0	35,7
Заменимые амин-ты	218,4	51,30	147,5	41,9	266,8	41,9
Сырой протеин (СП)	425,7	100	351,2	100	636,6	100

Содержание общих незаменимых аминокислот в высокобелковых кормах колеблется в пределах: лизина от 14,0 до 40,5, треонина – 13,2-21,9, метионина, 16,8-5,9, цистина – 6,3-7,5, лейцина – 19,0-36,8, изолейцина – 12,1-18,1, валина – 17,0-21,8, гистидина – 13,9-11,6, фенилаланина – 13,9-21,4 и аргинина – 23,1-21,4 г в кг корма. Количество общих аминокислот на г/16 г N варьировалось в такой же последовательности, как в 1 кг корма. В соевом и подсолнечном шротах метионин и цистин находится в дефиците, и их содержание составляло 1,39-1,62 и 1,79-1,79 г на 100 г протеина.

Из вышеизложенного следует, что рыбная мука по своей питательности и содержанию незаменимых аминокислот является превосходным компонентом корма для оптимизации количества протеина и незаменимых аминокислот в рационах свиней, особенно для молодняка. С этой целью можно использовать и шроты, которые также отличаются более высоким содержанием СП и НАК по сравнению с зерном злаковых культур. Полученные данные в опыте по количеству СП и общих аминокислот согласуются с данными (Калашников, 2003) (Рядчиков В.Г. и др. Аминокислотное питание свиней. Рекомендации МСХ РФ, 2000)

В опыте установлено, что КФП сырого протеина в высокобелковых кормах колеблется в диапазонах от 77 до 83,2% (табл. 3). Фекальная переваримость аминокислот – лизина, метионина, цистина, лейцина, изолейцина, валина, фенилаланина, гистидина и аргинина выше у рыбной муки по сравнению с соевым и подсолнечным шротами. Кажущаяся фекальная переваримость этих аминокислот в рыбной муке составляла: 85,7, 84,7, 83, 83,1, 80,1, 87,9, 86,7, 83,2, 86,6 и 88,2%, а в соевом шроте – 83,1, 78,1, 83,2, 81,7, 85,5, 83,6, 82,2, 84,0, 87 и 86,3% соответственно. По кажущейся переваримости СП и аминокислот подсолнечный шрот занимает промежуточное положение.

Таблица 3. Кажущаяся фекальная переваримость (КФК) сырого протеина и аминокислот в высокобелковых кормах, г/кг корма и %

Аминокислоты	ШС			ШП			МР		
	г/кг	%	КФП*	г/кг	%	КФП*	г/кг	%	КФП*
Сырой протеин	425	82,0	348	351	77,5	272	636	83,2	529
Лизин (Lys)	26,83	83,1	22,3	14,0	75,2	10,5	40,53	85,7	34,7
Треонин (Thr)	16,37	78,1	12,8	13,2	78,2	10,3	21,94	84,7	18,6
Метионин (Met)	5,91	83,2	4,9	5,71	79,2	4,5	16,86	83,1	14,0
Цистин (Cys)	7,49	81,7	6,1	6,3	76,5	4,8	5,61	80,1	4,5
Лейцин (Leu)	33,00	85,5	28,2	19,0	82,2	15,6	36,88	87,9	32,1
Изолейцин (Ile)	19,10	83,6	15,9	12,1	88,7	10,7	18,31	86,7	15,8
Валин (Val)	20,3	82,2	16,6	17,0	85,2	14,5	21,88	83,2	18,2
Гистидин (His)	11,8	84,0	9,9	11,6	81,6	9,4	13,98	84,6	11,8
Фенилаланин (Phe)	21,3	87,0	18,5	13,9	82,7	11,5	21,44	86,4	18,5
Аргинин (Arg)	29,45	86,3	25,4	23,1	83,2	18,2	29,85	88,2	23,3

Примечания: ШС – шрот соевый, ШП – шрот подсолнечный, МР – рыбная мука; *содержание в г/кг доступных аминокислот.

При определении КИП в опыте установлено, что переваримость сырого протеина в высокобелковых кормах находилась в пределах от 74 до 81%, а незаменимых аминокислот от 72 до 84% соответственно (табл. 4). Если сравнивать эти показатели с кажущейся фекальной переваримостью то следует, что эти показатели были ниже на 2-6%. Это объясняется тем, что часть аминокислот корма, которая не усвоилась в тонком кишечнике, продвигается далее по желудочно-кишечному тракту, и в толстом кишечнике, включая слепую кишку, используется для питания микроорганизмов, в том числе и патогенных и всасывается небольшое количество аминокислот (Головко, 2009). В исследованиях (Torrallardona et al., 2003) оценка синтеза незаменимых аминокислот кишечной микрофлорой свиней и их абсорбция оценивались по включению изотопов N¹⁵ и C¹⁴ и был сделан вывод, что желудочно-кишечная микрофлора вносит значительный вклад в потребности свиней в аминокислотах.

Среди высокобелковых кормов КИП большинства аминокислот рыбной муки оказалась более высокой (75-82%). Значительно больше лизина, треонина, метионина+цистина, лейцина и валина всасывались в тонком кишечнике из рыбной муки, по сравнению с подсолнечным шротом. Соевый шрот имел более высокие показатели КИП аминокислот (76-84%) по сравнению с подсолнечным шротом (72-82%).

Эндогенные потери аминокислот разделяются на две группы – базальные и специфические. Под базальными эндогенными потерями понимается то количество аминокислот, которое будет потеряно животным независимо от условий кормления. Специфические эндогенные потери представляют собой потери аминокислот сверх базальных, которые вызваны определенными характеристиками корма. Поэтому более корректным показателем считается так называемая стандартизированная или истинная илеальная переваримость (доступность) аминокислот (СИП, ИИП) или в англоязычной терминологии – standardized ileal digestibility – SID), при определении которой учитываются только базальные эндогенные потери, не зависящие от уровня протеина в рационе (Mosenthin et al., 2000; Штейн, 2001; Рядчиков 2007, 2013).

Таблица 4. Кажущаяся илеальная переваримость (КИП) сырого протеина и аминокислот в высокобелковых кормах, г/кг корма и %

Аминокислоты	ШС			ШП			РМ		
	г/кг	%	КИП*	г/кг	%	КИП*	г/кг	%	КИП*
Сырой протеин	425	80,1	340	351	74,6	262	636	81,4	517
Лизин (Lys)	26,83	81,4	21,8	14,0	72,8	10,2	40,53	82,4	33,4
Треонин (Thr)	16,37	76,8	12,5	13,2	76,7	10,1	21,94	80,5	17,6
Метионин (Met)	5,91	81,6	4,8	5,71	75,2	4,3	16,86	81,5	13,7
Цистин (Cys)	7,49	77,4	5,7	6,3	73,1	4,6	5,61	75,0	4,2
Лейцин (Leu)	33,00	82,4	27,1	19,0	79,2	15,0	36,88	80,6	29,7
Изолейцин (Ile)	19,10	81,7	15,6	12,1	82,5	10,3	18,31	82,3	15,0
Валин (Val)	20,3	80,6	16,3	17,0	80,5	13,7	21,88	79,4	17,4
Гистидин (His)	11,8	82,4	9,7	11,6	78,5	10,9	13,98	80,3	11,2
Фенилаланин (Phe)	21,3	84,6	18,0	13,9	80,1	11,1	21,44	80,6	17,3
Аргинин (Arg)	29,45	83,9	25,3	23,1	80,6	18,6	29,85	82,4	24,6

* Содержание доступных аминокислот, г/кг корма.

На основании полученных количественных данных по содержанию аминокислот эндогенного происхождения в терминальном конце илеума свиней мы скорректировали кажущуюся доступность до фактической, т.е. истинной доступности для высокобелковых кормов (табл. 5).

Таблица 5. Истинная илеальная переваримость (ИИП) сырого протеина и аминокислот в высокобелковых кормах, г/кг корма и %

Аминокислоты	ШС			ШП			РМ		
	г/кг	%	ИИП*	г/кг	%	ИИП*	г/кг	%	ИИП*
Сырой протеин	425	89,0	378	351	81,2	285	636	89,1	566
Лизин (Lys)	26,83	85,2	22,8	14,0	80,5	11,7	40,53	92,3	37,4
Треонин (Thr)	16,37	82,2	13,4	13,2	81,7	10,8	21,94	90,2	19,7
Метионин (Met)	5,91	86,7	5,1	5,71	86,4	4,9	16,86	88,0	14,8
Цистин (Cys)	7,49	81,6	6,1	6,3	79,9	5,0	5,61	83,5	4,7
Лейцин (Leu)	33,00	88,1	29,0	19,0	85,5	16,2	36,88	94,7	34,9
Изолейцин (Ile)	19,10	87,0	16,6	12,1	86,8	10,5	18,31	92,8	17,0
Валин (Val)	20,3	85,4	17,3	17,0	83,1	14,1	21,88	87,6	19,1
Гистидин (His)	11,8	87,4	10,3	11,6	85,2	9,9	13,98	92,2	12,9
Фенилаланин (Phe)	21,3	89,1	18,9	13,9	84,0	11,6	21,44	88,5	18,9
Аргинин (Arg)	29,45	90,0	26,5	23,1	87,3	20,1	29,85	93,4	27,8

*Содержание истинно доступных аминокислот, г/кг корма.

Исследования показали, что ИИП сырого протеина в соевом шроте составляла 89%, а аминокислот – лизина, треонина, лейцина, гистидина и других незаменимых аминокислот была достаточно высока (81-90,0%) по сравнению с подсолнечным шротом, доступность которого колеблется в пределах 80-87%. Истинная илеальная доступность белка и аминокислот в рыбной муке составляла для белка – 89,1%, лизина – 92,3, треонина – 90,2, метионина – 88,0, цистина – 83,5, лейцина – 94,7, изолейцина – 92,8, валина – 87,2, фенилаланина – 92,2, гистидина – 88,5 и аргинина – 93,4%, что выше по сравнению с шроти.

Эти показатели согласуются с данными (Головко, 1999; Fan, Sauer, 2002; Gonzalez-Vega, Stein, 2012; Strang et al., 2016; Lagos, Stein, 2017), которые также установили, что истинная илеальная переваримость основных лимитирующих аминокислот в высокобелковых кормах, особенно в рыбной муке, выше по сравнению со злаковыми и бобовыми культурами.

Истинная илеальная переваримость основных лимитирующих аминокислот – лизина, треонина, метионин+цистина, лейцина, изолейцина и валина в соевом шроте составляла (г/кг корма): 22,8, 13,4, 11,2, 6,1, 29,0, 16,6 и 17,3, в подсолнечном шроте – 11,7, 10,8, 9,9, 16,2, 10,5 и 14,1 и в рыбной муке – 37,4, 19,7, 19,5, 4,7, 34,9, 17,0 и 19,1 и сырого протеина – 378 г, 285 и 566, г/кг корма соответственно.

Таким образом, определённые в опытах на оперированных поросятах (с наложенной Т-образной канюлей в конце подвздошной кишки), показатели кажущейся фекальной и илеальной переваримости сырого протеина и незаменимых аминокислот соевого и подсолнечного шротов и рыбной муки недостаточно адекватны, поскольку эндогенные потери искажают значение их усвояемости. Истинная илеальная переваримость сырого протеина и лимитирующих аминокислот – лизина, треонина, метионин, цистина, лейцина, изолейцина, валина, фенилаланина, гистидина и аргинина в соевом шроте составляла – 89%, 85,2, 82,2, 86,7, 81,6, 88,1, 87,0, 83,1, 87,4, 89,1 и 90%, в подсолнечном шроте – 81,2%, 80,5, 81,7, 86,4, 79,9, 85,5, 86,8, 83,1, 85,2, 84,0 и 87,3% и в рыбной муке – 92,3%, 90,2, 88,0, 83,5, 94,7, 92,8, 87,6, 92,2, 88,5 и 93,4% и сырого протеина – 89, 81,2 и 89,1% соответственно. Истинная илеальная доступность большинства аминокислот к усвоению в тонком кишечнике в среднем выше фекальной переваримости на 11,0-4,2%. Величины истинно илеальной доступности аминокислот в высокобелковых кормах к всасыванию в тонком кишечнике свиней, определённые с учетом потока эндогенных аминокислот, являются объективным критерием оценки кормов на качество белка и их необходимо использовать при балансировании рационов свиней по доступным аминокислотам.

Список литературы

1. Алиев А.А. Экспериментальная хирургия. М.: НИЦ Инженер, 1998. 445 с.
2. Головко Е.Н., Омаров М.О., Рядчиков В.Г. Переваримость аминокислот в кормлении свиней // В кн.: Научные основы ведения животноводства и кормопроизводства. Краснодар: СКНИЖ, 1999. С. 234-243.
3. Головко Е.Н. Биодоступность аминокислот у свиней (обзор). // Проблемы питания продуктивных животных. 2009. № 2. С. 27-43.
4. Головко Е. Н. Оценка эндогенных поступлений аминокислот в терминальном илеуме у растущих свиней методом перевода на низкобелковую диету. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2009. № 2. С. 70-77.
5. Калашникова А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В., Клейменов Н.И. (Ред.) Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 2003. 456 с.
6. Махаев Е. Протеиновое питание свиней мясного типа. // Животноводство России. 2009. № 8. С. 35-36.
7. Рядчиков В.Г. Потребность растущих свиней в переваримых аминокислотах. // Животноводство России. 2007. № 11. С. 21-24.
8. Рядчиков В.Г., Полежаева С.Л., Омаров М.О. Идеальный белок в рационах свиней и птиц. // Животноводство России. 2010. № 2. С. 49-52.
9. Рядчиков В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных. Краснодар: КГАУ, 2013. 616 с.
10. Ткачёв Е. З. О роли пищеварительного тракта в обмене аминокислот у свиней. // В кн.: Пищеварение и обмен веществ у свиней. М.: Колос, 1971. С. 34-43.
11. Харитонов Е.Л. Использование инертных индикаторов для изучения процессов пищеварения. // В кн.: Методы исследований питания сельскохозяйственных животных. Боровск: ВНИИФБиП, 1998. С. 47-52.
12. Cotten B., Ragland D., Thomson J. E., Adeola O. Amino acid digestibility of plant protein feed ingredients for growing pigs. // J. Anim. Sci. 2016. Vol. 94. nr 3. P. 1073-1082.
13. Fan M.Z., Sauer W.C. Determination of true ileal amino acid digestibility and the endogenous amino acid outputs associated with barley samples for growing-finishing pigs by the regression analysis technique. // J. Anim. Sci. 2002. Vol. 80. P. 1593-1605.
14. Lagos L.V., Stein H.H. Chemical composition and amino acid digestibility of soybean meal produced in the United States, China, Argentina, Brazil, or India. // J. Anim. Sci. 2017. Vol. 95. P. 93-103.

15. Gonzalez-Vega J. C., Stein H. H. Amino acid digestibility of canola, cottonseed, and sunflower products fed to finishing pigs. // *J. Anim. Sci.* 2012. Vol. 90. P. 439-4400.
16. Mariscal-Landín G., Reis de Souza T.C., Uribe A. B. Neutral detergent fiber increases endogenous ileal losses but has no effect on ileal digestibility of amino acids in growing pigs. // *J. Anim. Sci.* 2017. Vol. 88. nr 2. P. 322-330.
17. Mosenthin R., Sauer W.C., Blank R., Huisman J., Fan M.Z. The concept of digestible amino acids in diet formulation for pigs. // *Livest. Prod. Sci.* 2000. Vol. 64. P. 265-280.
18. Stein H.H., Kim S.W., Nielsen T.T., Easter R.A. Standardized ileal protein and amino acid digestibility by growing pigs and sows. // *J. Anim. Sci.* 2001. Vol. 79. P. 2113-2122.
19. Stein H.H., Seve B., Fuller M.F., Moughan P.J., De Lange C.F. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application. // *J. Anim. Sci.* 2007. Vol. 85. P. 172-180.
20. Strang E. J. P., Eklund M., Rosenfelder P., Htoo J. K., Mosenthin R. Variations in the chemical composition and standardized ileal digestibility of amino acids in eight genotypes of triticale fed to growing pigs. // *J. Anim. Sci.* 2017. Vol. 95. nr 4. P. 1614-1625.
21. Torrallardona D., Harris C. I., Fuller V. F. Pigs gastrointestinal microflora provide them with essential amino acids. // *J. Nutr.* 2003. Vol. 133. nr 4. P. 1127-1131.

References (for publication in Russian)

1. Aliev A.A. *Eksperimental'naya khirurgiya* (Experimental surgery). Moscow: Engineer Publ., 1998. -445 p.
2. Golovko E.N., Omarov M.O., Ryadchikov V.G. [Digestibility of amino acids in pig feeding]. In: *Nauchnye osnovy vedeniya zhivotnovodstva i kormoproizvodstva* (Scientific foundations of animal husbandry and fodder production). Krasnodar: SKNIZH, 1999. P.. 234-243.
3. Golovko E.N. Amino acid bioavailability in pigs: a review. *Проблемы биологии продуктивных животных.* 2009. 2: 27-43.
4. Golovko E.N. [Evaluation of endogenous intake of amino acids in terminal ileum in growing pigs by transferring to a low-protein diet]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology.* 2009. 2: 70-77.
5. Kalashnikova A.P., Fisinin V.I., Shcheglov V.V., Kleimenov N.I. (Eds) *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Norms and rations for feeding farm animals). Moscow: Agropromizdat Publ., 2003. 456 p.
6. Kharitonov E.L. [The use of inert indicators for the study of digestion processes]. In: *Metody issledovaniya pitaniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh*. In: Borovsk: VNIIFBiP Publ., 1998. P. 47-52.
7. Makhaev E. [Protein nutrition of meat-type pigs]. *Zhivotnovodstvo Rossii - Animal Husbandry in Russia.* 2009. 8: 35-36.
8. Ryadchikov V.G. [Digestible amino acid requirements in growing pigs]. *Zhivotnovodstvo Rossii - Animal Husbandry in Russia.* 2007. 11: 21-24.
9. Ryadchikov V.G., Polezhaeva S.L., Omarov M.O. [Ideal protein in pigs and poultry diets]. *Zhivotnovodstvo Rossii - Animal Husbandry in Russia.* 2010. 2: 49-52.
10. Ryadchikov V.G. *Osnovy pitaniya i kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Fundamentals of nutrition and feeding of farm animals). Krasnodar: KGAU Publ., 2013. 616 p.
11. Tkachev E.Z. [On the role of the digestive tract in the exchange of amino acids in pigs]. In: *Pishchevarenie i obmen veshchestv u svinei* (Digestion and metabolism in pigs). Moscow: Kolos Publ., 1971. P. 34-43.

DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.2.83-91

True ileal amino acids bioavailability in young pigs fed high-protein feed

Niyazov N. S.-A., Pyankova E. V.

Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition-Branch of Ernst Federal Center for Animal Husbandry, Borovsk, Kaluga oblast, Russian Federation

ABSTRACT The aim of the study was to assess the concentration of total amino acids in soy and sunflower meal and fish meal and their fecal, ileal and true availability (taking into account endogenous amino acid intake) in the gastrointestinal tract of young pigs. Experiments were conducted on piglets aged 2-4 months with a superimposed T-shaped cannula in the lower part of the ileum. It was found that the content of total essential amino acids in high protein feeds ranges for lysine from 14.0 to 40.5 g, threonine – 13.2-21.9 g, methionine – 5.9-16.8 g, cystine-6.3 – 7.5 g, leucine –19.0-36.8 g, isoleucine – 12.1-18.1 g, valine-17.0-21.8 g, histidine – 11.6-13.9 g, phenylalanine –13.9-21.4 g, arginine – 23.1-21.4 g, and crude protein-351-636 g per kg of feed. The estimated values of the true ileal availability (TIA) of amino acids in soy and sunflower meal and fish meal were for lysine 86.2, 0.5 and 90.2%, threonine – 82.2, 81.7 and 90.2%, methionine – 86.7, 84.6 and 88.0%, cystine – 81.6, 79.9 and 83.5%, leucine – 88.1, 85.5 and 94.7%, isoleucine – 87.0, 86.8 and 92.8%, valine – 85.4, 83.1 and 87.6%, phenylalanine – 89.1, 84.0 and 88.5%, histidine – 87.4, 85.2 and 92.2%, arginine – 90.0, 87.3 and 93.4%; crude protein – 89.0, 81.2 and 89.1%, respectively. The average absorption capacity of most amino acids was 11.0-4.2% higher than the true availability of amino acids. The values of the true ileal availability of amino acids in high-protein feeds for absorption in the small intestine of pigs, determined taking into account the flow of endogenous amino acids, are an objective criterion for evaluating feed for protein quality and should be used when balancing the diets of pigs according to available amino acids.

Keywords: piglets, soy meal, fish meal, small intestine, amino acid digestibility

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2021, 2: 83-91

Поступило в редакцию: 03.02.2021

Получено после доработки: 09.06.2021

Ниязов Нияз Саид-Алиевич, д.б.н., гл.н.с., зав. лаб., т. 8(961)005-54-40;

Пьянкова Евгения Владимировна к.б.н., н.с.