

# Истинная илеальная доступность аминокислот зерна злаков

для корректировки рационов молодняка



*Н.С.-А. НИЯЗОВ, доктор биол. наук, главный научный сотрудник, Е.В. ПЬЯНКОВА, кандидат биол. наук, научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», e-mail: bifip@kaluga.ru*

Изучалась фекальная и истинная илеальная доступность (ИИД) аминокислот пшеницы, ячменя, тритикале и кукурузы методом наложения Т-образной канюли в нижнем участке подвздошной кишки. При расчете аминокислотного сора зерна злаков установлено, что первой лимитирующей кислотой является лизин, второй – треонин, третьей – метионин+цистин для пшеницы, ячменя и кукурузы, а для тритикале – изолейцин и валин. Полученные оценки истинной илеальной доступности аминокислот кормовых компонентов следует использовать при разработке полнорационных комбикормов для свиней.

**Ключевые слова:** растущие свиньи, зерно злаков, незаменимые аминокислоты, доступность для усвоения, аминокислотный скор.

## True ileal availability of amino acids in cereal grains for adjusting piglets rations

*N.S.-A. NIYAZOV, doctor of biological sciences, chief researcher, E.V. PYANKOVA, candidate of biological sciences, researcher, All-Russian Research Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of Animals – branch of the Federal Scientific Center for Animal Husbandry – VIZh named after academician L.K. Ernst, e-mail: bifip@kaluga.ru*

The faecal and true ileal availability (IIDs) of amino acids from wheat, barley, triticale, and maize was studied by applying a T-shaped cannula in the lower ileum. When calculating the amino acid score of cereals, it was found that the first limiting acid is – lysine, the second threonine, the third – methionine+cystine (for wheat, barley and corn) and for triticale – isoleucine and valine. The obtained estimates of the amino acids of feed components should be used in the development of complete feed for pigs.

**Key words:** growing pigs, grain cereals, essential amino acids, availability for assimilation, amino acid score.

### ■ Введение

В животноводстве биологическую ценность кормового протеина часто определяют по уровню азота, отложенного в теле, в процентах от переваримого, то есть учитывают азот, использованный на поддержание жизни, прирост массы и образование продукции. Биологическая ценность протеина зависит от аминокислотного состава, а также от доступности и усвояемости аминокислот. Важно различать понятие переваримых и доступных аминокислот. Кажущаяся переваримость аминокислоты вычисляется как процентная доля всосавшейся аминокислоты, поступившей с кормом, то есть за вычетом того количества, которое эвакуируется в составе химуса или кала. Наиболее объективным методом определения доступности аминокислот является метод учета

их количества в содержимом подвздошной кишки (СПК), так как этот метод исключает возможное искажение результатов вследствие влияния микрофлоры толстого кишечника при оценке доступности аминокислот традиционным способом на уровне конца пищеварительного тракта.

Доступность протеина и аминокислот зависит от переваримости питательных веществ, содержания в кормах инактивирующих веществ (например, ингибиторов трипсина в бобовых), тепловой обработки, процессов заготовки и приготовления к скармливанию, а также от условий хранения [7].

Имеется большое число научных данных, свидетельствующих о том, что более точную оценку усвоения белка и всасывания аминокислот обеспечивают не фекальные, а илеальные величины переваримости аминокислот [2, 5, 8, 9]. Имеющиеся

сведения о количественном и качественном составе эндогенного потока аминокислот в терминальном илеуме свиней, учет которого необходим для определения истинной илеальной доступности аминокислот корма (TIDA), весьма противоречивы.

**Цель исследований** – создание базы данных по содержанию общих аминокислот в зерне злаковых культур и кажущейся фекальной и истинной илеальной доступности аминокислот для корректировки практических рационов в соответствии с потребностью свиней в доступных аминокислотах.

### ■ Материалы и методы

Проведена серия исследований на помесных поросятах (ландрас х крупная белая) в количестве четырех-пяти голов в возрасте 2,5–4 месяцев

по схеме групп-периодов способом латинского квадрата с наложением Т-образной канюли на дистальный отдел подвздошной кишки. В опыте поросатам скармливали разные рационы на пшеничной, ячменной, тритикале и кукурузной основе с добавлением инертного маркера – 0,5%-ной окиси хрома [1]. Содержание незаменимых аминокислот – лизина, треонина, метионина и других питательных веществ в рационах было скорректировано в соответствии с действующими нормами [3]. Для определения уровня эндогенного белка в тонком кишечнике был произведен физиологический опыт методом перевода на низкобелковую диету на основе казеина с практически 100%-ной переваримостью.

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

$$A_{\text{кд}} = [(A_{\text{к}} - A_{\text{пк}}) / A_{\text{к}}] \times 100,$$

где  $A_{\text{кд}}$  – кажущаяся доступность аминокислоты (%),

$A_{\text{к}}$  – количество аминокислоты в потребленном корме,

$A_{\text{пк}}$  – количество аминокислоты в кале или СПК;

а с инертной меткой:

$$X = 100 - [100x(AxС) / (ВxД)],$$

где  $X$  – кажущаяся доступность аминокислоты (%),

$A$  – 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.

Расчет истинной илеальной переваримости осуществляли по формуле:

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

где  $A_{\text{ид}}$  – истинная доступность аминокислоты (%),

$A_{\text{к}}$  – количество аминокислоты в потребленном 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 уровню азота методом Кьельдаля, аминокислоты – методом ионообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе и хрома – по общепринятым методам [4].

**Таблица 1. Количество сырого протеина и общих аминокислот в зерновых кормах (г/кг сухого корма)**

Аминокислота/Злак	Пшеница	Ячмень	Тритикале	Кукуруза
Сырой протеин	126,1	113,2	118,1	95,0
Лизин	3,6	3,99	3,80	2,73
Треонин	3,41	3,63	3,10	3,20
Метионин	1,97	2,1	2,0	1,71
Цистин	2,32	2,14	2,61	1,80
Лейцин	7,42	7,22	7,33	10,80
Изолейцин	4,25	3,97	3,38	3,11
Валин	4,88	5,30	4,37	4,30
Гистидин	2,76	2,37	2,33	2,20
Фенилаланин	5,34	5,35	4,16	4,37
Аргинин	6,01	5,53	5,55	4,02
Аспарагиновая кислота	5,47	6,25	5,74	6,09
Серин	5,72	4,51	4,42	4,21
Глутаминовая кислота	30,14	25,90	22,88	14,27
Пролин	10,76	10,05	7,29	7,08
Глицин	4,60	4,22	3,85	3,21
Аланин	3,39	3,78	3,87	6,65
Тирозин	3,05	2,51	2,62	2,64
Незаменимые аминокислоты	41,9	41,6	38,6	38,2
Заменимые аминокислоты	63,1	57,2	50,6	44,1

**Таблица 2. Кажущаяся фекальная и истинная илеальная переваримость сырого протеина и аминокислот в зерновых кормах (%)**

Аминокислота	Кажущаяся фекальная переваримость				Истинная илеальная переваримость			
	пшеница	ячмень	тритикале	кукуруза	пшеница	ячмень	тритикале	кукуруза
Сырой протеин	81,3	78,4	79,3	77,6	88,1	80,3	86,2	85,0
Лизин	83,1	79,5	81,4	77,5	86,7	85,2	84,5	85,5
Треонин	81,7	80,7	80,2	82,3	84,5	86,5	82,4	84,2
Метионин	83,1	79,9	85,5	82,5	85,9	80,7	85,1	86,1
Цистин	84,3	74,9	79,7	76,2	89,2	76,8	83,6	78,7
Лейцин	84,2	82,2	82,9	84,2	86,2	87,6	82,5	87,6
Изолейцин	85,2	83,9	83,8	85,7	87,7	85,5	80,7	88,0
Валин	85,9	80,8	82,9	83,2	88,3	83,8	82,2	86,1
Гистидин	82,2	85,3	83,1	86,4	85,4	86,1	85,3	91,2
Фенилаланин	84,8	80,3	83,8	86,7	86,6	84,5	84,0	92,2
Аргинин	85,1	85,0	82,3	87,3	89,8	92,2	85,1	95,4

## ■ Результаты и обсуждение

В результате исследований установлено, что количество сырого протеина в зерне злаков колеблется от 77% до 81% (табл. 2). Кажущаяся фекальная переваримость лизина, треонина, метионина, цистина, лейцина, изолейцина, валина, фенилаланина, гистидина и аргинина составила у пшеницы 83%, 81%, 83%, 84%, 84%, 85%, 85%, 82%, 85% и 85%, а у ячменя – 78%, 79%, 81%, 80%, 75%, 82%, 84%, 81%, 80% и 85% соответственно. По кажущейся переваримости аминокислот тритикале занимает промежуточное положение, а в зерне кукурузы меньше переваримого сырого протеина, лизина, цистина и несколько выше содержание гистидина и аргинина по сравнению с пшеницей и ячменем.

На основании полученных количественных данных по содержанию аминокислот эндогенного проис-

хождения сырого протеина в зерне злаков колеблется от 77% до 81% (табл. 2). Кажущаяся фекальная переваримость лизина, треонина, метионина, цистина, лейцина, изолейцина, валина, фенилаланина, гистидина и аргинина составила у пшеницы 83%, 81%, 83%, 84%, 84%, 85%, 85%, 82%, 85% и 85%, а у ячменя – 78%, 79%, 81%, 80%, 75%, 82%, 84%, 81%, 80% и 85% соответственно. По кажущейся переваримости аминокислот тритикале занимает промежуточное положение, а в зерне кукурузы меньше переваримого сырого протеина, лизина, цистина и несколько выше содержание гистидина и аргинина по сравнению с пшеницей и ячменем.

На основании полученных количественных данных по содержанию аминокислот эндогенного проис-

хождения в терминальном илеуме свиней мы скорректировали кажущуюся доступность до фактической, то есть истинной илеальной доступности для зерна злаков. ИИД лизина и треонина в порядке возрастания составила для тритикале – 84,5–82,7%, кукурузы – 85,5–84,2%, ячменя – 85,2–86,5%, пшеницы – 86,7–84,5% соответственно.

Истинная доступность метионина распределялась несколько иначе: ячменя – 80,7%, пшеницы, тритикале, кукурузы – 85,1–85,9%. Цистин ячменя и кукурузы менее доступен – 76,7% и 78,7% по сравнению с пшеницей и тритикале – 86,2% и 83,6% соответственно. В кукурузе наиболее высокие показатели ИИД отмечены у гистидина, фенилаланина и аргинина. Эти показатели согласуются с опубликованными данными [2, 5, 8, 9].

Относительно низкая переваримость лизина в зерне злаковых обусловлена различиями в концентрации лизина и истинной переваримости в разных белковых фракциях (альбумины, глобулины, глютелины, проламины, небелковый азот). Наибольшее количество лизина содержится в алейроновом слое, а наименьшее – в эндосперме. Эндосперм обладает самой высокой переваримостью и имеет самый низкий уровень лизина. Также были получены высокие значения истинной переваримости глутаминовой кислоты, которая преобладает в эндосперме [2, 7].

Если проанализировать фактический скор доступных для свиней аминокислот злаков, то обнаруживается несколько иной порядок их лимитирования по отношению к идеальному протеину (табл. 3). Скор лизина, являющегося первой лимитирующей

**Таблица 3. Аминокислотный скор\* зерна злаков для поросят в возрасте двух-четырёх месяцев с учетом истинной илеальной доступности аминокислот**

Незаменимая аминокислота	В идеальном протеине, г/кг	Содержание аминокислот и их скор							
		пшеница		ячмень		тритикале		кукуруза	
		г/кг	%	г/кг	%	г/кг	%	г/кг	%
Лизин	8,3	3,12	37,6 <sup>1</sup>	3,40	40,9 <sup>1</sup>	3,21	38,7 <sup>1</sup>	2,33	28,1 <sup>1</sup>
Треонин	5,4	2,88	53,3 <sup>2</sup>	3,13	57,9 <sup>2</sup>	2,55	47,2 <sup>2</sup>	2,69	49,8 <sup>2</sup>
Метионин+цистин	4,9	3,12	63,6 <sup>3</sup>	3,33	67,9 <sup>3</sup>	3,88	79,1	2,72	55,5 <sup>3</sup>
Лейцин	8,3	6,39	76,9 <sup>4</sup>	6,32	76,1	6,04	72,7	9,46	113,9
Изолейцин	4,7	3,72	79,1	3,39	72,1 <sup>4</sup>	2,72	57,8 <sup>3</sup>	2,73	58,1 <sup>3</sup>
Валин	5,6	4,31	76,9	4,44	79,3	3,72	66,4 <sup>4</sup>	3,70	66,1 <sup>4</sup>
Гистидин	2,6	2,35	90,4	2,04	78,4	1,98	75,4	2,00	76,9
Фенилаланин+тирозин	8,1	7,43	91,7	6,47	79,8	6,78	83,7	7,01	86,5
Аргинин	3,3	5,48	166,0	4,45	134,8	3,87	117,2	3,83	116,0

\*Скор аминокислоты выражен в процентах от потребности в идеальном белке [7]. Примечание: цифровые верхние индексы обозначают порядок лимитирования (первая лимитирующая, вторая и т.д.).

аминокислотой, намного ниже: 28,1–40,9%, то есть дефицит его гораздо выше, чем без учета доступности. Второй лимитирующей аминокислотой является треонин – 47,2–57,9%. Третьей лимитирующей аминокислотой для пшеницы при учете доступности оказался метионин+цистин, для ячменя – метионин+цистин, для тритикале – изолейцин и для кукурузы – метионин+цистин и изолейцин. Лимитирующие аминокислоты четвертого порядка имеют довольно высокое соответствие стандарту – 66,1–76,9%.

Истинная илеальная переваримость основных лимитирующих аминокислот – лизина, треонина, метионина+цистина, лейцина, изолейцина и валина в пшенице составляла 3,12 г, 2,88 г, 3,12 г, 6,39 г, 3,72 г и 4,31 г, в ячмене – 3,40 г, 3,13 г, 3,33 г, 6,32 г, 3,39 г и 4,44 г, в тритикале – 3,21 г, 2,55 г, 3,88 г, 6,04 г, 2,72 г, 17,0 г и 3,72 г и в кукурузе – 2,33 г, 3,69 г, 2,72 г, 9,46 г, 2,73 г и 3,70 г на 1 кг соответственно по сравнению с общим содержанием аминокислот в кормах.

### Литература

1. Алиев А.А. Экспериментальная хирургия: Учебное пособие 2-е доп. и перераб. М.: НИЦ «Инженер», 1998. 445 с.
2. Головкин 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.
3. Калашникова А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных/Под ред. Клейменова Н.И. М.: Агропромиздат, 2003. 456 с.
4. Кальницкий Б.Д. Методы биохимического анализа: Справочное пособие. Боровск, 1997. 356 с.

5. Омаров М.О., Слесарева О.А., Османова С.О. Определение доступности аминокислот зерна злаков для всасывания в кишечнике у молодняка свиней. Проблемы питания продуктивных животных, 2016. №3. С. 82–89.
6. Рядчиков В.Г., Полежаева С.Л., Омаров М.О. Идеальный белок в рационах свиней и птиц. Животноводство России, 2010. №2. С. 49–52.
7. Рядчиков В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных. Краснодар: КГАУ, 2013. 616 с.
8. Cotten B., Ragland D., Thomson J.E., Adeola O. Amino acid digestibility of

Таим образом, применение илеального метода оценки истинной доступности аминокислот зерновых на фистулированных свиньях выявило различия в доступности для всасывания в кишечнике важнейших аминокислот (лизина, треонина, метионина+цистина, лейцина, изолейцина и валина). Для создания более точных и согласованных систем оценки питательной ценности протеина кормов необходимы дальнейшие исследования в этом направлении, в том числе для различных видов сельскохозяйственных животных. Практическое применение концепции идеального протеина может существенно улучшить эффективность использования кормов и тем самым снизить потери питательных веществ.

*Работа выполнена при финансовой поддержке фундаментальных научных исследований Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, номер государственного учета НИОКТР АААА-А18-118021590136-7*

plant protein feed ingredients for growing pigs. J. Anim. Sci., 2016. Vol. 94. №3. P. 1073–1082.

9. 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. 85:172–180.

10. 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 feed to growing pigs. J. Anim. Sci., 2017. 95(4):1614–1625.