

ДИНАМИКА КОНЦЕНТРАЦИИ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ В ПЛАЗМЕ КРОВИ СВИНЕЙ В ПЕРИОД ДОРАЩИВАНИЯ НА РАЦИОНАХ С НИЗКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ПРОТЕИНА И РАЗЛИЧНЫМ СООТНОШЕНИЕМ ЛИМИТИРУЮЩИХ АМИНОКИСЛОТ И УРОВНЕМ ОБМЕННОЙ ЭНЕРГИИ

Олеся Владимировна Хотмирова, к.б.н., доцент, hotmirova29@rambler.ru

ФГОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

Елена Ивановна Тимошкина, к.б.н., Timoshkina25@rambler.ru

Ветеринарная клиника «Жизнь» (г. Ульяновск)

Изучали динамику концентрации свободных аминокислот в плазме крови свиней в период доращивания на рационах с низким содержанием протеина и разным соотношением лимитирующих аминокислот и обменной энергии. Данный показатель является достоверным критерием, отражающим полноценность аминокислотной смеси, поступающей с кормом, и потребность в ней организма. Снижение суммарного количества аминокислот в плазме крови поросят второй группы связано с максимальным их использованием в биосинтетических процессах. Свиньи третьей группы выделяли больше азота, так как уровень протеина и лимитирующих аминокислот в кормах был высоким. Однако в организме этих животных его было меньше, чем у особей второй группы, то есть аминокислоты, в том числе лимитирующие, использовались непродуктивно. Поэтому лишь научно обоснованное снижение уровня протеина на фоне обогащения рационов лимитирующими аминокислотами позволит получать высококачественную свинину без перерасхода кормов. **Ключевые слова:** свиньи, низкопротеиновые рационы, аминокислоты, обменная энергия.

Dynamics of the concentration of free amino acids in the blood plasma of pigs during the rearing period on diets with a low protein content and a different ratio of limiting amino acids with exchange energy

O.V. Khotmirova, PhD in Biology, Assistant professor, hotmirova29@rambler.ru

Bryansk State Agrarian University

E.I. Timoshkina, PhD in Biology, Timoshkina25@rambler.ru

Veterinary clinic "Life" (Ulyanovsk)

We studied the dynamics of the concentration of free amino acids in the blood plasma of pigs during the growing period on diets with a low protein content and various ratios of limiting amino acids with exchange energy. The level of free amino acids in the blood plasma is a reliable criterion that reflects the usefulness of the amino acid mixture supplied with food, and the need for them in the animal organism. The decrease in the total amount of amino acids in the blood plasma of piglets of the 2nd group was associated with their maximum use in biosynthetic processes. The fact that pigs of the 3rd group excreted more nitrogen is quite obvious, they received a higher level of protein and limiting amino acids. But the fact that in the body of the same animals the % of its deposition was lower than in the animals of the 2nd group suggests that amino acids, including limiting ones, were not used productively. From this we can conclude that only a scientifically substantiated decrease in the level of protein, with the enrichment of rations with limiting amino acids, will make it possible to obtain high-quality pork without overspending feed. **Key words:** pigs, low-protein diets, amino acids, metabolic energy.

DOI:10.30896/0042-4846.2023.26.2.37-42

Кровь – универсальный объект, отражающий все процессы в организме. Будучи основным интерьерным признаком животных, интенсивность метаболизма в той или иной степени влияет на ее химический состав. При определении характера обмена белков особое внимание уделяют содержанию в крови аминокислот, общего и фракционного состава белков, продуктов распада и синтеза азотистых веществ [1, 2].

В настоящее время прослеживается тенденция балансировать рационы для сельскохозяйственных животных не только по общим показателям, но и по усвояемости организмом протеина, аминокислот и других питательных веществ. Определяют их по разнице между количеством потребляемых аминокислот и выделенных из организма. Расчеты, основанные на усвояемости аминокислот и протеина в кормах, спо-

способствуют увеличению продуктивности животных больше, чем данные по их общему содержанию.

Экспериментально доказано, у животных после кормления концентрация свободных аминокислот в крови воротной вены возрастает. Уменьшение или увеличение количества аминокислот в рационе, как правило, сопровождается соответствующими изменениями содержания свободных аминокислот в плазме крови [4 – 6].

Цель работы – изучить динамику концентрации свободных аминокислот в плазме крови свиней в период доразщивания на рационах с низким содержанием протеина и разным соотношением лимитирующих аминокислот и уровнем обменной энергии.

Материалы и методы. Опыт проводили в виварии ВНИИФБиП на помесных свиньях (ландрас´ крупная белая; Ріс-402´ крупная белая). Из них по принципу парных аналогов с учетом массы тела и пола в уравнительный период (60 – 65 суток при массе тела 20 – 22 кг) сформировали три группы по 16 голов в каждой. При этом поросятам скармливали полнорационный комбикорм типа СК-4.

Животные первой группы в период доразщивания (11 недель) получали комбикорм на ячменно-пшеничной основе с содержанием сырого протеина в пределах 120 г и обменной энергии – 12,4 МДж/кг корма. К основному рациону этой группе добавляли лизин (7,7 г/кг корма), метионин (4,6 г) и треонин (4,8 г) [3]. Свиньям второй группы назначали комбикорм с концентрацией сырого протеина на уровне контрольных значений, а количество лимитирующих аминокислот увеличили на 22 – 33 % путем дополнительного введения в рацион лизина, метионина и треонина. В комбикорме для особей третьей группы

содержание сырого протеина повысили до 150 г/кг, пропорционально увеличивая количество высокобелковых кормов. Уровень лимитирующих аминокислот в кормах этой группы по сравнению с контролем возрос на 40 – 52 % за счет добавления синтетических аминокислот. Рационы подопытных животных отличались соотношением лизина и обменной энергии, а также треонина, метионина и лизина. У свиней второй группы (за период наблюдения) содержание обменной энергии в рационах повысилось на 5,0 %, а третьей – на 10,0 % по сравнению с нормой при их обогащении дополнительным количеством растительного масла (табл. 1, 2).

В течение эксперимента учитывали потребление животными комбикорма, расход корма на единицу прироста массы тела и периодически – их химический состав. С этой целью их взвешивали.

Для определения усвоения азота с кормом из каждой группы отобрали по 3 головы массой тела 45 кг, с последующим исследованием проб фекалий и мочи (балансовый опыт).

Концентрацию свободных аминокислот в плазме крови, общих аминокислот в кормах определяли методом ионообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе ААА-Т-339, а азота – по Кьельдалю на приборе Кьельтек (Velp, Италия). При расчете количества доступных лимитирующих аминокислот использовали коэффициент их усвояемости в кормах для свиней [7].

При обработке полученных результатов применяли t-критерий Стьюдента.

Результаты исследований. Животные второй группы в период доразщивания использовали аминокислоты корма более продуктивно. Уровень свободных аминокислот в их плазме был на 9 % ниже (24,86 мг%), чем таковой у свиней первой группы (27,32 мг%), и практи-

Состав и питательность кормосмеси для свиней в период доразщивания

Компонент	Группа		
	первая	вторая	третья
Ячмень, %	71,5	69,5	60,0
Пшеница, %	20,0	20,0	20,0
Шрот соевый, %	4,6	4,8	13,0
Масло растительное, %	0,4	2,2	3,5
Трикальцийфосфат, %	1,6	1,6	1,6
Соль поваренная, %	0,4	0,4	0,4
Мука известняковая, %	0,5	0,5	0,5
Премикс КС-3, %	1	1	1
Обменная энергия, МДж	12,4	13,02	13,7
Сырой протеин, г	120	122	152
Лизин, г	7,7	9,4	10,8
Треонин, г	4,8	6,3	7,2
Метионин+цистин, г	4,6	6,1	7,0
Лизин/Обменная энергия	0,62	0,72	0,79
Треонин/лизин (Лизин=100)	62	67	67
Метионин+цистин/лизин (Лизин=100)	60	65	65
Сырой жир, г	24,9	43,0	55,7
Сырая клетчатка, г	41,2	41,3	40,9
Кальций, г	8,48	8,49	8,48
Фосфор, г	6,04	6,06	6,14

Таблица 2

Аминокислотная питательность рационов свиней в период доразщивания, г/кг корма

Аминокислота	Группа		
	первая	вторая	третья
Лизин	7,7	9,4	10,8
Метионин+цистин	4,6	6,1	7,0
Триптофан	1,42	1,40	1,68
Аргинин	5,11	5,08	7,23
Гистидин	3,13	3,10	3,78
Изолейцин	5,03	4,87	6,10
Лейцин	8,50	8,51	10,12
Фенилаланин	5,60	5,52	6,31
Треонин	4,8	6,3	7,2
Валин	6,02	5,95	7,07
Глицин	4,68	4,63	5,53
Аланин	5,45	5,41	7,12
Серин	5,33	5,28	6,51
Аспарагиновая кислота	7,10	7,03	8,72
Глутаминовая кислота	10,32	10,35	13,47
Тирозин	3,51	3,47	4,41
Сумма	88,3	92,4	113,05

чески одинаков с показателем у особей третьей группы (25,1 мг%). Разница по содержанию незаменимых аминокислот в плазме животных первой и второй группы составила лишь 0,56 мг%, несмотря на то, что в рационе свиней второй группы количество протеина и синтетических аминокислот было несколько больше

(табл. 3, 4). Вероятно, это связано с высокой скоростью роста и интенсивностью использования ими аминокислот. Известно, что у быстрорастущих животных выше уровень обмена веществ и скорость извлечения из крови источников энергетических пластических субстратов, в том числе азотистых веществ.

**Содержание доступных лимитирующих аминокислот в рационах свиней
в период доращивания, г/кг корма**

Аминокислота	Группа		
	первая	вторая	третья
Лизин	6,75	8,46	9,81
Метионин+цистин	3,89	4,92	5,16
Треонин	4,04	5,62	6,33

Таблица 4

**Концентрация свободных аминокислот в плазме крови свиней
в период доращивания (M±m), мг%**

Аминокислота	Исходно	Группа		
		первая	вторая	третья
Аспарагиновая кислота	1,0±0,12	1,04±0,06	1,03±0,1	1,03±0,01
Треонин	1,29±0,03	1,06±0,17	1,04±0,2	0,97±0,1
Серин	0,49±0,01	1,2±0,1	0,98±0,2	0,88±0,13
Глутаминовая кислота	2,95±0,04	3,71±0,15	3,11±0,1	2,91±0,16
Глицин	2,08±1,48	4,05±0,14	3,66±0,15	3,3±0,15
Аланин	3,78±0,01	3,93±0,46	3,49±0,27	2,65±0,28
Валин	1,84±0,04	3,31±0,54	2,75±0,71	3,03±0,39
Цистин	0,74±0,10	0,41±0,05	0,43±0,1	0,47±0,12
Метионин	0,81±0,02	0,62±0,1	0,36±0,03	0,60±0,11
Изолейцин	1,08±0,05	0,76±0,14	0,79±0,28	1,35±0,14
Лейцин	1,58±0,02	1,92±0,34	1,78±0,42	2,16±0,23
Тирозин	1,05±0,04	1,03±0,04	0,80±0,12	0,96±0,03*
Фенилаланин	1,28±0,03	0,96±0,07	0,83±0,12	0,92±0,05
Лизин	2,62±0,02	1,51±0,32	1,62±0,6	2,25±0,34*
Гистидин	0,29±0,04	0,76±0,11	0,85±0,2	0,88±0,12
Аргинин	1,63±0,01	1,05±0,14	1,34±0,31	1,05±0,21
Сумма аминокислот	24,51±1,42	27,32±2,5	24,86±5,16	25,1±2,61
В том числе:				
незаменимых	13,16±0,09	11,95±0,78	11,39±1,14	13,3±0,95
заменимых	11,35±1,47	15,37±0,78	13,5±0,91	12,2±0,6
Соотношение	1:1	0,8:1	0,8:1	1:1

* $p < 0,05$ – по сравнению с первой группой

В плазме крови свиней первой группы в период доращивания концентрация свободного лизина снизилась на 6,8 % по сравнению с показателями во второй и на 33 % – в третьей группе. При этом у животных первой группы наблюдали увеличение количества свободного треонина, аспарагиновой кислоты, серина, глутаминовой кислоты, глицина, аланина, валина, метионина и тирозина. Возможно, аминокислоты не в полной мере расходовались на синтез мышечного белка из-за недостатка в рационе лизина. Причем в этой группе содержание свободных аминокислот было

максимальным – 27,32 мг%. Вероятно, при дефиците протеина пул свободных аминокислот возрастает благодаря мобилизации эндогенных источников. Возможно, эти аминокислоты подвергались дезаминированию, а их углеродные скелеты использовались в многоступенчатых процессах глюконеогенеза или откладывались в виде подкожного жира. Это утверждение основывается также на данных по содержанию конечных метаболитов азотистого обмена в плазме крови свиней. У животных первой группы по сравнению со второй и третьей концентрация мочевины в плазме кро-

Соотношение групп аминокислот в плазме крови свиней в период доращивания, (M±m), мг%

Аминокислота	Исходно	Группа		
		первая	вторая	третья
По ионным свойствам R-группы				
Нейтральная	14,97	18,22	16,14	16,42
Основная	4,54	3,32	3,81	5,18
Кислая	5,0	5,78	4,94	4,9
По биологической роли				
Кетогенная	6,83	7,98	6,95	8,42
Глюкогенная	17,68	19,34	17,94	18,08

ви была соответственно на 12,4 и 5,4 % выше, а разница между второй и третьей группами составила 7,4 % [5, 6].

В зависимости от классификации рассмотрели R-группы аминокислот. По ионным свойствам они делятся на кислые – могут нести отрицательный заряд (аспарагиновая и глутаминовая кислоты, тирозин); основные – могут нести положительный заряд (лизин, гистидин, аргинин) и нейтральные – не заряжены (глицин, аланин, валин, лейцин, изолейцин, метионин, фенилаланин, серин, треонин, триптофан), а по

биологической роли – на глюкогенные и кетогенные.

В плазме крови свиней первой группы преобладали нейтральные и кислые аминокислоты, тогда как у животных второй и третьей групп – основные. У особей второй группы по сравнению с первой и третьей содержание кето- и глюкогенных аминокислот снизилось. При этом в первой группе уровень глюкогенных аминокислот был выше, чем в третьей (табл. 5).

Следовательно, что в организме свиней второй группы азотистые вещества

Таблица 6

Использование азота корма поросятами в период доращивания

Показатель	Группа		
	первая	вторая	третья
Принято с кормом:			
г/сут	35,36±0,72	36,75±0,68	45,31±0,50
г/кг массы тела	1,98±0,07	1,83±0,02*	2,23±0,06*
Выделено, г/сут:			
с фекалиями	8,18±0,36	8,08±0,46	8,87±0,39
с мочой	11,58±0,40	9,89±0,48*	17,63±1,34
Переварено:			
г/сут	27,18±0,45	28,67±0,46	36,44±0,39
%	76,87±0,65	78,01±1,26	80,42±0,86***
Отложено в теле:			
г/сут	15,60±0,13	18,77±0,94***	18,80±0,96***
г/кг массы тела	0,87±0,02	0,93±0,05	0,92±0,03
% от принятого	44,11±0,93	51,08±2,56*	45,97±3,47*
% от переваренного	57,42±0,82	65,42±2,23***	51,68±2,04***
Отношение N мочи/ N принятому с кормом	0,33	0,27 *	0,39
Отношение N мочи/ N переваренному	0,43	0,35	0,40

* $p < 0,05$ – по сравнению с первой группой; *** $p < 0,01$ – по сравнению с первой группой

корма использовались наиболее эффективно. В пользу этого утверждения говорят и данные об усвояемости азота животными. Эти поросята потребляли азота меньше, чем их сверстники из первой и третьей групп соответственно на 7,6 и 18%. Данный показатель в первой группе составлял 1,98 г/кг массы тела, во второй – 1,83 и в третьей – 2,23 г/кг массы тела. Минимальное выделение азота с фекалиями и мочой также отмечали у животных второй группы – 8,08 и 9,89 г/сут. Для сравнения, в первой группе – 8,18 и 11,58 г/сут, а в третьей – 8,87 и 17,63 г/сут. В то же время количество принятого и переваренного азота в теле животных второй группы было более высоким – 51,08 и 65,42%. У свиней первой группы эти значения достигали 44,11 и 57,42%, третьей – 45,97 и 51,68%, что ниже таковых во второй группе соответственно на 7 и 8; 5 и 13,7% (табл. 6).

Свиньи третьей группы выделяли азота больше, так как уровень протеина и лимитирующих аминокислот в кормах был выше. В то же время в теле животных его отложилось меньше, чем у особей второй группы, то есть аминокислоты, в том числе лимитирующие, использовались непродуктивно. В рационе поросят третьей группы содержание обменной энергии превышало нормативные значения на 10%, а значит, аминокислоты на энергетические нужды не расходовались. Поскольку организм не располагает системой накопления свободных аминокислот, они подвергались дезаминированию, а аминокетонные группы через орнитинный цикл выводились с мочой. У свиней первой группы рацион не был сбалансирован по всем аминокислотам, азот меньше откладывался в их организме и, как следствие, снижался прирост массы тела. Хотя количество лимитирующих аминокислот (лизина, метионина и треонина) в рационе животных данной группы соответство-

вало нормативным значениям, однако на фоне снижения уровня протеина, оказалось недостаточным для полноценной реализации их мясной продуктивности.

Заключение. Уровень свободных аминокислот в плазме крови животных служит достоверным критерием, отражающим полноценность аминокислотной смеси, поступающей с кормом, и потребность в ней организма. Поэтому, лишь научно обоснованное снижение уровня протеина, с обогащением рационов лимитирующими аминокислотами позволит получать высококачественную свинину без перерасхода кормов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еримбетов К.Т., Обвинцева О.В., Соловьева А.Г. Влияние добавки 20-гидроксиэкдизона на азотистый метаболизм и продуктивность поросят в период интенсивного выращивания. Проблемы биологии продуктивных животных. 2019; 4:44 – 52.
2. Ниязов Н.С.-А., Еримбетов К.Т. Использование низкопротеиновых рационов для растущих свиней. Стратегия развития зоотехнической науки: Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Жодино, 2009; 239, 240.
3. Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В., Клейменов Н.И. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное. М., 2003; 456 с.
4. Обвинцева О.В., Еримбетов К.Т., Ниязов Н.С.-А. Особенности азотистого обмена и роста мышечной ткани у помесных свиней при разном уровне протеина и лимитирующих аминокислот в рационе. Проблемы биологии продуктивных животных. 2010; 2:60 – 72.
5. Обвинцева О.В. Метаболизм азотистых веществ и продуктивность молодняка свиней, выращиваемых на низкопротеиновых рационах с различными уровнями аминокислот и энергии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. ВНИИФБиП с.-х. животных. Боровск, 2011.
6. Родионова О.Н., Кальницкий Б.Д. Обмен азота и продуктивность растущих свиней на низкопротеиновых рационах с разными уровнями обменной энергии и лимитирующих аминокислот. Проблемы биологии продуктивных животных. 2010; 1:90 – 95.
7. Родионова О.Н. Азотистый обмен и продуктивность свиней при выращивании на низкопротеиновых рационах с разными уровнями обменной энергии и лимитирующих аминокислот: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. ВНИИФБиП с.-х. животных. Боровск, 2011.
8. Чернышев Н.И., Панин И.Г. Компоненты комбикормов. 2-е изд. Воронеж: «Проспект», 2005; 123 – 126.