
ПИТАНИЕ

УДК 636.4.064.6.087.74

DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.3.89-97

**ПОТРЕБНОСТЬ ПОРОСЯТ В АМИНОКИСЛОТАХ С РАЗВЕТВЛЁННЫМИ
БОКОВЫМИ ЦЕПЯМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА РАЦИОНА**¹Обвинцева О.В., ¹Еримбетов К.Т., ²Михайлов В.В.

²ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных - филиал ФНЦ животноводства – ВИЖ им. Л.К.Эрнста, Боровск Калужской обл.; ²Тамбовский государственный университет им. Г.Р.Державина, Тамбов, Российская Федерация

В рационах для поросят аминокислоты с разветвлёнными боковыми цепями (лейцин, изолейцин и валин), как правило, являются следующими лимитирующими аминокислотами после лизина, метионина, треонина и триптофана. Цель данной работы – изучение потребности поросят в аминокислотах с разветвлёнными боковыми цепями в зависимости от уровня и соотношения незаменимых аминокислот в рационе. Были сформированы 5 групп помесных поросят (ландрас × крупная белая; Рс-402 × крупная белая) в возрасте 58-60 суток со средней живой массой 20-22 кг. Эксперименты продолжали до достижения живой массы 46-56 кг. Поросята всех групп получали изокалорийный низкопротеиновый рацион с добавлением соевого шрота при содержании в 1 кг комбикорма сырого протеина – от 119 до 154 г, лизина – от 4,7 до 9,4 г. В рационы опытных групп включали добавки синтетических аминокислот лейцина, изолейцина и валина. Расчёты по определению уровня доступных для обмена незаменимых аминокислот определяли по всем компонентам комбикорма в предположении, что синтетические аминокислоты усваиваются в организме животных на 100% (Stein et al., 2001). В сыворотке крови определяли концентрацию мочевины, в плазме крови – содержание креатинина. Проводили химический анализ мышечной ткани (сухое вещество, белок, липиды). Абсолютный и среднесуточный приросты живой массы у поросят при соотношении лейцина, изолейцина и валина к лизину 100:100, 57:100, 68:100 были выше на 11-50% (P<0,05) по сравнению с животными других групп. В III группе с оптимальным уровнем аминокислот с разветвлёнными боковыми цепями было больше количество мякоти и выше индекс постности (P<0.05) по сравнению с другими группами при значительном снижении выхода подкожной жировой ткани и внутреннего жира. По результатам оценки метаболизма, роста и развития поросят оптимальным является полнорационный комбикорм, содержащий 12% протеина, 9,4 г лизина; 9,4 г лейцина; 5,4 г изолейцина; 6,4 г валина; 6,1 г метионина+цистина; 6,3 г треонина в 1 кг корма. При этом соотношение валина, изолейцина, лейцина к лизину должно составлять 68:100, 57:100, 100:100, соответственно. Уровень доступных для усвоения лейцина, изолейцина и валина – 16,0, 9,2 и 14,9 г/сутки, соответственно.

Ключевые слова: поросята, потребность в аминокислотах, лейцин, валин, изолейцин, рост и развитие, мясная продуктивность

Проблемы биологии продуктивных животных, 2020, 3: 89-97

Введение

При интенсивном ведении свиноводства решающим фактором получения высокой продуктивности при минимальных затратах корма на единицу продукции является система полноценного питания свиней, в которой первостепенное значение отводится обеспеченности их протеином с учётом его качества. Биологическая ценность протеина кормов определяется тем, в какой мере он удовлетворяет потребность животных в аминокислотах. Избыток протеина и аминокислот в рационах животных также отрицательно сказывается на их здоровье, на продуктивности и не оправдывается экономически. Поэтому очень важно добиваться не только улучшения обеспеченности организма растущих свиней аминокислотами, но и соблюдения их

оптимального («идеального») соотношения, что является одним из важнейших факторов повышения эффективности использования питательных веществ и повышения продуктивности (Черепанов, Кальницкий, 1998; Рядчиков, 1999; Еримбетов, 2007; Еримбетов, Обвинцева, 2009, 2011; Nemechek et al., 2012; Kampman et al., 2013; Prandini et al., 2013; Tous et al., 2014; Пьянкова и др., 2015; Liu et al., 2015; Millet et al., 2018; Wang et al., 2018; Li et al., 2018; Ruiz-Ascacibar et al., 2019; Kim et al., 2019).

В рационах для поросят аминокислоты с разветвлёнными боковыми цепями (лейцин, изолейцин и валин), как правило, являются следующими лимитирующими аминокислотами после лизина, метионина, треонина и триптофана. Эти аминокислоты доступны на рынке кормовых добавок и позволяют снижать уровень сырого протеина в рационе при одновременном сохранении уровня незаменимых аминокислот. Разработка рационов с пониженным содержанием сырого протеина требует точного знания потребности в лимитирующих аминокислотах, в том числе и аминокислот с разветвлёнными боковыми цепями. В частности, избыток лейцина и валина может повышать распад изолейцина и наоборот, что может приводить к завышению в их потребности, так как они являются единственными аминокислотами, имеющими общие пути катаболизма (Шейбак, 2014).

Помимо этого, аминокислоты с разветвлёнными боковыми цепями обладают уникальными свойствами, выполняя различные физиологические и метаболические функции, в частности, участвуют в повышении синтеза белка, ингибировании его деградации и регулировании энергетического гомеостаза в различных моделях *in vitro* и *in vivo*. Использование аминокислот с разветвлёнными боковыми цепями и их метаболитов открывает большие возможности для улучшения роста и здоровья животных (Monirujjaman, Ferdouse, 2014; Duan et al., 2016; Manjarnn et al., 2016; Rudar et al., 2020).

В рационах уровень и соотношение лейцина, валина и изолейцина к другим аминокислотам, особенно к лизину, имеет решающее значение для роста и развития поросят, оказывая влияние на биосинтез компонентов мяса. В связи с этим, разработка полнорационных комбикормов с оптимальным содержанием и соотношением протеина и незаменимых аминокислот, позволяющим получать высокие среднесуточные приросты, повышать эффективность биоконверсии корма на единицу продукции и качество мяса, является актуальной проблемой в отрасли свиноводства.

Цель данной работы – изучение потребности поросят в аминокислотах с разветвлёнными боковыми цепями в зависимости от уровня и соотношения незаменимых аминокислот в рационе.

Материал и методы

Серия экспериментов была проведена на помесных поросятах (ландрас × крупная белая; Ріс-402 × крупная белая), выращиваемых с 60 до 120 суточного возраста. Были сформированы 5 групп подопытных животных методом групп-аналогов в возрасте 58-60 суток по 16 голов в каждой. Средняя живая масса по группам составила 20-22 кг. Эксперименты проводили до достижения живой массы 46-56 кг.

Рацион для поросят контрольной группы (СК-5) был составлен в соответствии с нормами кормления по уровню обменной энергии, сырого протеина, лимитирующих аминокислот, минерально-витаминного комплекса (Калашников и др., 2003) (табл. 1).

Поросята опытных групп получали низкопротеиновый рацион на ячменно-пшеничной основе с добавлением соевого шрота с содержанием в 1 кг комбикорма сырого протеина – от 119 до 154 г, лизина – от 4,7 до 9,4 г (табл. 1). Рационы всех групп при этом были изокалорийными, комбикорма для поросят разных групп различались уровнем и соотношением лейцина, изолейцина и валина по отношению к первой лимитирующей аминокислоте – лизину (табл. 1).

Определение уровня доступных для обмена незаменимых аминокислот проведено на основании полученных в эксперименте данных в предположении, что синтетические аминокислоты усваиваются в организме животных на 100% (Stein et al., 2001). Расчёт доступности аминокислот проводили по всем компонентам комбикорма. В ходе экспериментов вели клинический осмотр животных, учёт потребления корма и исследовали их химический состав. Для оценки

интенсивности роста и развития животных проводили взвешивание поросят в начале и в конце эксперимента.

Для определения эффективности использования азота корма были проведены балансовые опыты в конце периода выращивания в возрасте 114-120 суток. По окончании балансовых опытов были проведены убой животных для оценки состава туши и взятие образцов органов и тканей с целью биохимических исследований.

В конце эксперимента провели контрольный убой по 4-5 голов из каждой группы для оценки состава туши и взятие образцов крови и тканей для биохимических исследований.

Таблица 1. Состав и питательность комбикормов для поросят в возрасте 60-120 сут., %

Компоненты	Группы				
	I (контроль)	II	III	IV	V
Кукуруза	29,3	-	-	-	-
Ячмень	39,2	30,2	39,8	39,8	71,5
Ячмень лущенный	-	29,0	29,0	29,0	-
Отруби пшеничные	5,0	-	-	-	-
Пшеница	-	20,0	20,0	20,0	20,0
Соевый шрот	14,0	15,4	5,8	5,8	4,6
Мука рыбная	2,0	-	-	-	-
Сухой обрат	3,5	-	-	-	-
Дрожжи кормовые	2,0	-	-	-	-
Масло растительное	1,8	1,8	1,8	1,8	0,4
Дикальцийфосфат	1,2	1,6	1,6	1,6	1,6
Соль поваренная	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Мука известняковая	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
Премикс КС-3	1	1	1	1	1
В 1 кг комбикорма содержится:					
Обменная энергия, МДж	12,60	12,41	12,42	12,42	12,40
Сырой протеин, г	174,4	153,7	120,6	119,1	120,0
Лизин, г	8,0	9,1	9,4	4,7	7,7
Треонин, г	5,3	6,1	6,3	3,9	4,8
Метионин+цистин, г	4,9	6,0	6,1	3,9	4,6
Лейцин, г	12,9	11,9	9,4	9,4	8,9
Изолейцин, г	7,0	6,1	5,4	5,4	5,1
Валин, г	8,1	7,3	6,4	6,4	6,0
Лейцин/лизин	161	131	100	198	116
Изолейцин/лизин	88	67	57	113	66
Валин/лизин	101	80	68	135	78
Доступный лизин, г/сут	13,8	14,1	16,0	7,5	13,4
Доступный метионин+цистин, г/сут	8,4	8,2	10,5	6,1	7,9
Доступный треонин, г/сут	8,2	8,5	10,2	5,5	7,7
Доступный лейцин, г/сут	21,7	18,6	16,0	16,0	15,2
Доступный изолейцин, г/сут	11,9	10,4	9,2	9,2	8,6
Доступный валин, г/сут	13,8	12,4	14,9	14,9	10,2

Для оценки интенсивности и направленности метаболизма у поросят в сыворотке крови были определены: концентрация мочевины диацетилмонооксимным методом с помощью набора UREA 450 «Лаксема» (Coulambe, Fawgeon, 1963); содержание креатинина в плазме крови (Лемперт, 1968). Химический анализ мышечной ткани (сухое вещество, белок, липиды) проводили по общепринятым методам (Лебедев, Усович, 1976). При этом содержание общего азота определяли по Къельдалю на приборе Къельтек. Для экстракции общих липидов из крови, органов и тканей использовали метод Фолча (Folch et al., 1957). Количество общих липидов определяли гравиметрическим методом (Кальницкий, 1997).

Результаты и обсуждение

По результатам оценки интенсивности роста поросят, состава туши и показателей метаболизма, наиболее оптимальным можно считать соотношение лейцина, изолейцина и валина к лизину 100:100, 57:100, 68:100. В сравнении с другими опытными группами, при этих соотношениях абсолютный и среднесуточный прирост живой массы был выше на 11-50% ($P < 0,05$) (табл. 2).

Одним из важнейших показателей эффективности использования корма являются расходы его на 1 кг прироста массы тела. Расход корма на 1 кг прироста в III группе был ниже по сравнению с другими группами. Такая же тенденция наблюдалась и по расходу сырого протеина и обменной энергии на 1 кг прироста живой массы (табл. 2).

Таблица 2. Живая масса, среднесуточный прирост и расход корма+ ($M \pm m$, $n=16$)

Показатели	Группы				
	I (контроль)+	II	III	IV	V
ЖМ в начале опыта, кг	22,3±1,0	21,9±0,8	21,3±0,8	19,9±0,6	21,3±0,8
ЖМ в конце периода, кг	47,9±1,6	53,1±1,6*	56,5±1,8*	42,2±2,0#	46,5±2,5#
Прирост живой массы, кг	25,6±1,1	31,2±1,5*	35,2±2,0*	22,3±2,0#	25,2±2,0#
Среднесуточный прирост, г	427±31	503±24**	559±32*	372±34#	407±32#
Расход корма, кг/ 1 кг прироста	4,1±0,3	3,2±0,17**	3,3±0,1**	4,4±0,2###	4,0±0,2###
Расход протеина, г/кг прироста	695±34	482±29*	381±25*	523±32###	476±27###
Расход ОЭ, МДж/кг прироста	50,1±1,7	44,1±1,8**	42,4±2,0**	54,6±2,2###	49,2±1,9###

Примечания: * $P < 0,01$; ** $P < 0,05$ по t -критерию при сравнении с контролем (I, +СК-5); # $P < 0,05$, ### $P < 0,01$ по U -критерию при сравнении с III группой, ЖМ – живая масса; +за период выращивания от 60 до 120 суток.

Изучение состава туши показало, что в III группе с оптимальным уровнем и соотношением к лизину аминокислот с разветвленными боковыми цепями было больше количество мякоти, выше индексы постности и мясности по сравнению с другими группами, при значительном снижении выхода подкожной жировой ткани и внутреннего жира (табл. 3).

Приведенные данные свидетельствуют о лучших мясных и убойных качествах поросят, получавших комбикорм с оптимальным уровнем и соотношением к лизину аминокислот с разветвленными боковыми цепями. При этом следует отметить, что химический состав мякоти, в частности, содержание липидов и белков, является не менее важной качественной характеристикой мясной продуктивности. Полученные данные показали высокое содержание белков и пониженный уровень липидов в мышцах у поросят, получавших комбикорм с оптимальным уровнем и соотношением аминокислот с разветвленными боковыми цепями, по сравнению с другими опытными группами (табл. 4).

Более интенсивное расходование аминокислот на синтезе белков (главным образом – белков мышц) у поросят III группы способствовало извлечению из общего метаболического пула значительной части аминокислот, вследствие чего меньшая их доля использовалась с образованием мочевины. С другой стороны, в сыворотке крови животных III группы обнаружен более высокий уровень общего белка ($P < 0,05$) в сравнении с контролем и другими опытными группами, и повышенная концентрация креатинина в сравнении с контролем ($P < 0,05$, положительно коррелирующая с массой мышц (табл. 4).

Таблица 3. Результаты контрольного убоя поросят 120 суточного возраста (M±m, n =4-5)

Показатели	Группы				
	I (контроль)+	II	III	IV	V
Выход в туше, %:					
мышечной ткани	60,4±1,3	64,6±1,8	65,2±1,5*	57,6±1,5 [#]	61,9±0,8*
жировой ткани	21,3±1,2	18,0±1,4*	16,5±1,5*	22,1±1,5 [#]	19,0±0,7 [#]
костной ткани	18,3±0,3	17,5±0,8	18,3±1,1	20,3±0,6	18,9±0,4
внутреннего жира	1,7±0,2	1,7±0,3	1,4±0,1*	2,3±0,2 [#]	1,6±0,2 [#]
Индекс (мякоть/жир)	2,84	3,59	3,96	2,62	3,27
Индекс (мякоть/кости)	3,30	3,70	3,56	2,85	3,27

Примечание: *P<0,05 по U-критерию в сравнении с контролем; [#]P<0,05 по U-критерию при сравнении с III группой.

Таблица 4. Биохимические показатели у поросят 120 сут. возраста (M±m, n =4-5)

Показатели	Группы				
	I (контроль)+	II	III	IV	V
Мочевина в сыворотке крови, мМ	4,99±0,19	4,40±0,50	3,32±0,29*	5,01±0,10 [#]	4,26±0,26*
Креатинин в сыворотке крови, мкМ	63,4±3,1	70,0±1,99	90,2±4,88*	52,80±2,46	65,8±3,5
Эндогенный азот мочи, г азота/кг W ^{0,75} /сутки	0,74±0,04	0,63±0,03	0,43±0,03*	0,67±0,02 [#]	0,65±0,02
Ретенция азота, г/сутки	16,71±0,11	18,2±1,1	18,87±0,54*	13,10±0,80 [#]	15,60±0,13
Содержание белков в мышцах, г/100 г	18,2±0,13	19,06±0,38*	20,07±0,21*	16,98±0,24 [#]	19,03±0,28
Содержание липидов в длиннейшей мышце спины, г/100 г	2,97±0,12	2,50±0,26	2,26±0,18*	3,26±0,15 [#]	2,72±0,11

Примечание: *P<0,05 по U-критерию при сравнении с контролем; [#]P<0,05 по U-критерию при сравнении с III группой.

По данным биохимического исследования можно заключить, что потребление комбикорма с оптимальным уровнем аминокислот с разветвлёнными боковыми цепями и соотношением их к лизину, по сравнению с другими группами, способствует более эффективной трансформации аминокислот на синтез и отложение белков в организме поросят. Об этом свидетельствуют повышенный уровень ретенции азота, более низкие уровни эндогенных потерь азота, сниженное содержание мочевины в крови – конечного продукта катаболизма аминокислот. Эти сдвиги сопровождались повышением эффективности использования азотистых веществ в организме поросят.

Заключение

Приведенные данные показывают, что получение дополнительного прироста живой массы при использовании низкопротеиновых рационов, сбалансированных по соотношению и уровню лимитирующих аминокислот и аминокислот с разветвлёнными боковыми цепями, происходит не вследствие увеличения потребления корма, а за счет повышения биосинтеза компонентов мяса и эффективного использования аминокислот в биосинтетических процессах.

Для помесных поросят (ландрас × крупная белая и Ріс-402 × крупная белая) в период их интенсивного выращивания оптимальным является полнорационный комбикорм, содержащий 12% протеина, 9,4 г лизина; 9,4 г лейцина; 5,4 г изолейцина; 6,4 г валина; 6,1 г метионина+цистина; 6,3 г треонина в кг корма. При этом соотношение валина, изолейцина, лейцина к лизину должно составлять 68:100, 57:100, 100:100, соответственно. Уровень доступных для усвоения лейцина, изолейцина и валина, соответственно, – 16,0; 9,2 и 14,9 г/сутки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еримбетов К.Т. Метаболизм белков у растущих бычков и свиней и факторы его регуляции: автореф. дисс...д.б.н. – Боровск, 2007. – 29 с.
2. Еримбетов К.Т., Обвинцева О.В. Метаболизм азотистых веществ и формирование продуктивности у молодняка свиней, выращиваемых на низкопротеиновых рационах с различными уровнями и соотношениями незаменимых аминокислот // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2011. – № 3. – С. 64-71.
3. Еримбетов К.Т., Обвинцева О.В. Современные подходы к нормированию питания молодняка свиней // Научные основы ведения животноводства // Труды ВНИИЖ. – 2009. – Вып. 65. – С. 173-175.
4. Кальницкий Б.Д. (Ред.). Методы биохимического анализа (справочное пособие). – Боровск: ВНИИФБиП, 1997. – 356 с.
5. Кальницкий Б.Д., Калашников В.В. Современные подходы к разработке системы питания животных и реализации биологического потенциала их продуктивности // Вестник РАСХН.– 2006.– № 2.– С. 78-80.
6. Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В., Клейменов Н.И. (Ред.). Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных (Справочное пособие). – М., 2003. – 456 с.
7. Лебедев П.Т., Усович А.Т. Методы исследования кормов и тканей животных. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 389 с.
8. Лемперт М.Д. Биохимические методы исследования. – Кишинев: Наука, 1968. – С. 18-20.
9. Пьянкова Е.В., Еримбетов К.Т., Дудин В.И. Оценка протеинового питания поросят-помесей и коррекция аминокислотного состава рациона с учётом соотношения незаменимых аминокислот в стенке кишечника // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2015. – № 1. – С. 84-95.
10. Рядчиков В.Г. Рациональное использование белка – концепция «идеального» протеина // В сб.: Научные основы ведения животноводства и кормопроизводства. – Краснодар: Сев. Кавказ. НИИ животноводства, 1999. – С. 192-208.
11. Черепанов Г.Г., Кальницкий Б.Д. Современные подходы к оценке потребности в питательных веществах и энергии // В кн.: Методы исследований питания сельскохозяйственных животных.– Боровск, 1998. – 405 с.
12. Шейбак В.М. Лейцин, изолейцин, валин: биохимические основы разработки новых лекарственных средств. – Гродно: ГрГМУ, 2014. – 244 с.
13. Coulambe S.S., Favreon G. New the semimicro method determination of urea // Clin. Chem. – 1963. – Vol. 1. – No. 9. – P. 23-26.
14. Duan Y., Li F., Li Y., Tang Y., Kong X., Feng Z., Anthony T.G., Watford M., Hou Y., Wu G., Yin Y. The role of leucine and its metabolites in protein and energy metabolism // Amino Acids. – 2016. – Vol. 48. – P. 41-51.
15. Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G.H. A simple method of the isolation and purification of total lipids from animal tissue // J. Biol. Chem. – 1957. – Vol. 226. – P. 497-509.
16. Kampman H.E., Gerrits W.J.J., Peet-Schwering C.M.C., Jansman A.J.M., Borne J.J.G. A simple amino acid-response method to quantify amino acid requirements of individual meal-fed pigs // J. Anim. Sci.– 2013.– Vol. 91.– P. 4788-4796.
17. Liu Y., Kong X., Jiang G., Tan B., Deng J., Yang X., Li F., Xiong X., Yin Y. Effects of dietary protein/energy ratio on growth performance, carcass trait, meat quality, and plasma metabolites in pigs of different genotypes // J. Anim. Sci. Biotech. – 2015. – Vol. 36.– No. 6. – P. 234-244.
18. Li Y.H., Li F.N., Duan Y.H., Guo Q.P., Wen C.Y., Wang W.L., Huang X.G., Yin Y.L. Low-protein diet improves meat quality of growing and finishing pigs through changing lipid metabolism, fiber characteristics, and free amino acid profile of the muscle // J. Anim. Sci. – 2018. – Vol. 96. – No. 8. – P. 3221-3232.
19. Millet S., Aluwé M., De Boever J., De Witte B., Doudah L., Van den Broeke A., Leen F., De Cuyper C., Ampe B., De Campeneere S. The effect of crude protein reduction on performance and nitrogen metabolism in piglets (four to nine weeks of age) fed two dietary lysine levels // J. Anim. Sci. – 2018. – Vol. 96. – No. 9. – P. 3824-3836. DOI: 10.1093/jas/sky254.
20. Monirujjaman Md., Ferdouse A. Metabolic and physiological roles of branched-chain amino acids // Molecular Biology. – 2014. – Vol. 6. – P. 66-72. DOI.org/10.1155/2014/364976.
21. Manjarín R., Columbus D.A., Suryawan A., Nguyen H.V., Hernandez-García A.D., Nguyet-Minh Hoang N-M., Marta L. Fiorotto M.L., Davis T. Leucine supplementation of a chronically restricted protein and energy diet enhances mTOR pathway activation but not muscle protein synthesis in neonatal pigs // Amino Acids. – 2016. – Vol. 48. – No. 1. – P. 257-267. DOI:10.1007/s00726-015-2078-y.
22. Nemeček J.E., Gaines A.M., Tokach M.D., Allee G.L., Goodband R.D., DeRouchey J.M., Nelssen J.L., Usry J.L., Gourley G., Dritz S.S. Evaluation of standardized ileal digestible lysine requirement of nursery pigs from seven to fourteen kilograms // J. Anim. Sci. – 2012. – Vol. 90. – P. 4380-4390.

23. Prandini A., Sigolo S., Morlacchini M., Grilli E., Fiorentini L. Microencapsulated lysine and low-protein diets: Effects on performance, carcass characteristics and nitrogen excretion in heavy growing-finishing pigs // *J. Anim. Sci.* – 2013. – Vol. 91. – P. 4226-4234.
24. Ruiz-Ascacibar I., Stoll P., Kreuzer M., G. Bee G. Dietary CP and amino acid restriction has a different impact on the dynamics of protein, amino acid and fat deposition in entiremale, castrated and female pigs // *Animal.* – 2019. – Vol. 13. – No. 1. – P. 74-82. DOI:10.1017/S1751731118000770.
25. Rudar M., Columbus D.A., Steinhoff-Wagner J., Suryawan A., Nguyen H. V., Fleischmann R., Davis T. A., Fiorotto M. L. Leucine supplementation does not restore diminished skeletal muscle satellite cell abundance and myonuclear accretion when protein intake is limiting in neonatal pigs // *J. Nutr.* – 2020. – Vol. 150. – P. 22-30. DOI: 10.1093/jn/nxz216.
26. Stein H.H., Kim S.W., Nielsen T.T. Moughan P.J., de Lange C.F.M. Standardized ileal protein and amino acid digestibility by growing pigs and sows // *J. Anim. Sci.* – 2001 – Vol. 79. – P. 2113-2122.
27. Tous N., Lizardo R., Vilá B., Gispert M., Fonti-i-Furnols M., Esteve-Garcia E. Effect of reducing dietary protein and lysine on carcass characteristics, intramuscular fat, and fatty acid profile of finishing barrows // *J. Anim. Sci.* – 2014. – Vol. 92. – P. 129-140.
28. Wang Y., Zhou J., Wang G., Cai S., Zeng X., Qiao S. Advances in low-protein diets for swine // *J. Anim. Sci. Biotechnol.* – 2018. – Vol. 9. – P. 60-66. DOI: 10.1186/s40104-018-0276-7.

REFERENCES

1. Cherepanov G.G., Kal'nitskii B.D. [Modern approaches to assessing nutrient and energy needs]. In: *Metody issledovaniya pitaniya sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh* (Research methods of nutrition of farm animals). Borovsk, 1998, 405 p. (In Russian)
2. Coulambe S.S., Favre G. New the semimicro method determination of urea. *Clin. Chem.* 1963, 1(9):23-26.
3. Duan Y., Li F., Li Y., Tang Y., Kong X., Feng Z., Anthony T.G., Watford M., Hou Y., Wu G., Yin Y. The role of leucine and its metabolites in protein and energy metabolism. *Amino Acids.* 2016, 48: 41-51.
4. Erimbetov K.T. *Metabolizm belkov u rastushchikh bychkov i svinei i faktory ego regulyatsii* (Protein metabolism in growing bulls and pigs and factors of its regulation). Extended Abstract of Diss. Dr. Sci. Biol., Borovsk, 2007, 29 p. (In Russian)
5. Erimbetov K.T., Obvintseva O.V. [Metabolism of nitrogenous substances and the formation of productivity in young pigs raised on low-protein diets with different levels and ratios of essential amino acids]. *Problemy biologii produktivnykh zivotnykh - Problems of Productive Animal Biology.* 2011, 3: 64-71. (In Russian)
6. Erimbetov K.T., Obvintseva O.V. [Modern approaches to rationing the nutrition of young pigs]. In: *Nauchnye osnovy vedeniya zivotnovodstva* (Scientific foundations of animal husbandry). Podolsk- Dubrovitsy: VNIIZh, 2009, Issue 65, P. 173-175. (In Russian)
7. Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G.H. A simple method of the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.* 1957, 226: 497-509.
8. Kalashnikov A.P., Fisinin V.I., SHCHeglov V.V., Kleimenov N.I. (Eds) *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh (Spravochnoe posobie)* (Norms and rations for feeding farm animals: a reference guide). Moscow, 2003, 456 p. (In Russian)
9. Kal'nitskii B.D. (Ed.) *Metody biokhimitseskogo analiza (spravochnoe posobie)*. (Biochemical analysis methods: reference manual). Borovsk, 1997, 356 p. (In Russian)
10. Kal'nitskii B.D., Kalashnikov V.V. [Modern approaches to the development of a nutritional system for animals and the implementation of the biological potential of their productivity]. *Vestnik Rossiiskoi akademii selskokhozyaistvennykh nauk - Bull. Russ. Acad. Agric. Sci.* 2006, 2: 78-80. (In Russian)
11. Kampman H.E., Gerrits W.J.J., Peet-Schwering C.M.C., Jansman A.J.M., Borne J.J.G. A simple amino acid-response method to quantify amino acid requirements of individual meal-fed pigs. *J. Anim. Sci.* 2013, 91: 4788-4796.
12. Lebedev P.T., Usovich A.T. *Metody issledovaniya kormov i tkanei zivotnykh* (Methods for the study of animal feed and tissue). Moscow: Rossel'khozizdat Publ., 1976, 389 p. (In Russian)
13. Lempert M.D. *Biokhimitseskie metody issledovaniya* (Biochemical research methods). Kishinev: Nauka Publ., 1968, P. 18-20.
14. Liu Y., Kong X., Jiang G., Tan B., Deng J., Yang X., Li F., Xiong X., Yin Y. Effects of dietary protein/energy ratio on growth performance, carcass trait, meat quality, and plasma metabolites in pigs of different genotypes. *J. Anim. Sci. Biotech.* 2015, 36(6): 234-244.
15. Li Y.H., Li F.N., Duan Y.H., Guo Q.P., Wen C.Y., Wang W.L., Huang X.G., Yin Y.L. Low-protein diet improves meat quality of growing and finishing pigs through changing lipid metabolism, fiber characteristics, and free amino acid profile of the muscle. *J. Anim. Sci.* 2018, 96(8): 3221-3232.

16. Millet S., Aluwé M., De Boever J., De Witte B., Doudah L., Van den Broeke A., Leen F., De Cuyper C., Ampe B., De Campeneere S. The effect of crude protein reduction on performance and nitrogen metabolism in piglets (four to nine weeks of age) fed two dietary lysine levels. *J Anim Sci.* 2018, 96(9): 3824-3836. DOI: 10.1093/jas/sky254.
17. Monirujjaman Md., Ferdouse A. Metabolic and physiological roles of branched-chain amino acids. *Molecular Biology.* 2014, 6: 66-72. DOI.org/10.1155/2014/364976.
18. Manjarín R., Columbus D.A., Suryawan A., Nguyen H.V., Hernandez-García A.D., Nguyet-Minh Hoang N-M., Marta L. Fiorotto M.L., Davis T. Leucine supplementation of a chronically restricted protein and energy diet enhances mTOR pathway activation but not muscle protein synthesis in neonatal pigs. *Amino Acids.* 2016, 48(1): 257-267. DOI:10.1007/s00726-015-2078-y.
19. Nemecek J.E., Gaines A.M., Tokach M.D., Allee G.L., Goodband R.D., DeRouchey J.M., Nelssen J.L., Usry J.L., Gourley G., Dritz S.S. Evaluation of standardized ileal digestible lysine requirement of nursery pigs from seven to fourteen kilograms. *J. Anim. Sci.* 2012, 90: 4380-4390.
20. P'yankova E.V., Erimbetov K.T., Dudin V.I. [Evaluation of protein nutrition of hybrid piglets and correction of the amino acid composition of the diet taking into account the ratio of essential amino acids in the intestinal wall]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology.* 2015, 1: 84-95. (In Russian)
21. Prancing A., Sigolo S., Morlacchini M., Grilli E., Fiorentini L. Microencapsulated lysine and low-protein diets: Effects on performance, carcass characteristics and nitrogen excretion in heavy growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 2013, 91: 4226-4234.
22. Rudar M., Columbus D.A., Steinhoff-Wagner J., Suryawan A., Nguyen H. V., Fleischmann R., Davis T. A., Fiorotto M. L. Leucine supplementation does not restore diminished skeletal muscle satellite cell abundance and myonuclear accretion when protein intake is limiting in neonatal pigs. *J. Nutr.* 2020, 150: 22-30. DOI: 10.1093/jn/nxz216.
23. Ruiz-Ascacibar I., Stoll P., Kreuzer M., G. Bee G. Dietary CP and amino acid restriction has a different impact on the dynamics of protein, amino acid and fat deposition in entire male, castrated and female pigs. *Animal.* 2019, 13(1): 74-82. DOI:10.1017/S1751731118000770.
24. Ryadchikov V.G. [Rational use of protein - the concept of "ideal" protein] In: *Nauchnye osnovy vedeniya zhivotnovodstva i kormoproizvodstva* (Scientific bases of animal husbandry and forage production). Краснодар, 1999, P. 192-208. (In Russian)
25. Sheibak V.M. *Leitsin, izoleitsin, valin: biokhimicheskie osnovy razrabotki novykh lekarstvennykh sredstv* (Leucine, isoleucine, valine: biochemical basis for new drug development). Grodno: State Medical University, 2014, 244 p. (In Russian)
26. Stein H.H., Kim S.W., Nielsen T.T. Moughan P.J., de Lange C.F.M. Standardized ileal protein and amino acid digestibility by growing pigs and sows. *J. Anim. Sci.* 2001, 79: 2113-2122.
27. Tous N., Lizardo R., Vilá B., Gispert M., Fonti-i-Furnols M., Esteve-Garcia E. Effect of reducing dietary protein and lysine on carcass characteristics, intramuscular fat, and fatty acid profile of finishing barrows. *J. Anim. Sci.* 2014, 92: 129-140.
28. Wang Y., Zhou J., Wang G., Cai S., Zeng X., Qiao S. Advances in low-protein diets for swine. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2018, 9: 60-66. DOI: 10.1186/s40104-018-0276-7.

Requirement of growing pigs for amino acids with branched chains depending on the composition of the diet

¹Obvintseva O.V. ¹Erimbetov K.T., ²Mikhailov V.V.

¹*Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition - branch of Ernst Federal Research Center of Animal Husbandry; ²Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russian Federation*

ABSTRACT. In piglet diets, BCAA (leucine, isoleucine and valine) are generally the next limiting amino acid after lysine, methionine, threonine and tryptophan. The aim of this work is to study the need of piglets for branched chain amino acids depending on the level and ratio of essential amino acids in the diet. Five groups of hybrid piglets (Landrace × Large White; Pic-402 × Large White) were formed at the age of 58-60 days with an average live weight of 20-22 kg. The experiments were continued until the live weight reached 46-56 kg. Piglets of all groups were fed an isocaloric low-protein diet with the addition of soybean meal with a content of 1 kg of feed: crude protein – from 119 to 154 g, and lysine – from 4.7 to 9.4 g. In the diets of the experimental groups, the additives of synthetic amino acids leucine, isoleucine and valine were included. Calculations to determine the level of essential amino acids available for metabolism were determined for all components of the compound feed according to (Stein et al., 2001) under the assumption that synthetic amino acids are 100% assimilated in the body of animals. In blood serum, the concentration of urea was determined, in blood plasma – the content of creatinine. Chemical analysis of muscle tissue (dry matter, protein, lipids) was carried out. With the ratio of leucine, isoleucine and valine to lysine 100: 100, 57: 100, 68: 100, the absolute and average daily LW gain in piglets were 11-50% higher ($P < 0.05$) compared with animals of other groups. In group III, with the optimal level of amino acids with branched side chains in relation to lysine, in comparison with other groups, the amount of pulp and lean indices were higher ($P < 0.05$), with a significant decrease in the yield of subcutaneous adipose tissue and internal fat. According to the results of assessing the metabolism, growth and development of piglets, the optimum is a content of 12% protein, 9.4 g of lysine; 9.4 g leucine; 5.4 g isoleucine; 6.4 g valine; 6.1 g methionine + cystine; 6.3 g of threonine in 1 kg of feed. In this case, the ratio of valine, isoleucine, leucine to lysine should be 68: 100, 57: 100, 100: 100, respectively. The level of leucine, isoleucine and valine available for assimilation is 16.0, 9.2 and 14.9 g/day, respectively.

Keywords: piglets, need for amino acids, leucine, valine, isoleucine, growth and development, meat productivity

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2020, 3: 89-97

Поступило в редакцию: 10.08.2020

Получено после доработки: 04.09.2020

Обвинцева Ольга Витальевна, к.б.н., м.н.с., тел. 8(903)814-79-76, obvintseva.olga@yandex.ru;

Еримбетов Кенес Тагаевич, д.б.н., рук. докл. и клин. иссл., тел. 8(919)031-50-34, erimbetovkt@mail.ru;

Михайлов Виталий Васильевич, д.б.н., проф., тел.8(962)219-25-07; zzz068@mail.ru