

**ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СВИНИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
НИЗКОПРОТЕИНОВЫХ РАЦИОНОВ С ДОБАВКАМИ АМИНОКИСЛОТ
ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗАДАННЫХ УРОВНЕЙ И СООТНОШЕНИЙ
НЕЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТ В КОРМЕ**

Ниязов Н.С.-А., Панюшкин Д.Е.

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

При сравнительной оценке эффективности использования корма при выращивании свиней на рационах, сбалансированных по незаменимым аминокислотам, необходимо учитывать показатели качества продукции. Цель данной работы – изучение влияния низкопротеиновых рационов с добавками синтетических незаменимых аминокислот на качественные показатели свинины. Для проведения опыта были сформированы три группы помесных поросят (♂ датский йоркшир×♀ датский ландрас, n =10). Поросята I (контроль) группы, II и III групп в периоды интенсивного выращивания (до ЖМ 30 и 55 кг) и откорма получали типовые полнорационные комбикорма, в которых содержание сырого протеина (СП) было снижено, и использовались добавки синтетических незаменимых аминокислот; уровни и соотношения незаменимых аминокислот в корме устанавливали с учётом ранее проведенных исследований. Снижение в трёх опытных группах уровня СП в корме в периоды выращивания и откорма при скармливании добавок синтетических незаменимых аминокислот в количестве, необходимом для заданного уровня содержания в 1 кг корма лизина (13,4, 11,0 и 9,03 г), треонина (9,08, 7,35 и 6,51 г), суммы метионин+цистин (7,87, 6,51 и 6,19 г) и соотношения лизин/ОЭ, г/МДж (0,98, 0,83 и 0,71), треонин/лизин (0,68, 0,67 и 0,72) и (метионин+цистин)/лизин (0,59, 0,59 и 0,68), не оказало негативного влияния на приросты живой массы, физико-химические свойства мяса и фракционный состав белков и липидов, а полученная продукция соответствует требованиям, предъявляемым к свинине хорошего качества (NOR). Заключение, что использование в периоды выращивания и откорма свиней низкопротеиновых рационов с заданными уровнями и соотношениями незаменимых аминокислот повышает биоконверсию протеина корма в продукцию, не оказывая негативного влияния на показатели качества свинины.

Ключевые слова: свиньи, выращивание и откорм, низкопротеиновые рационы, добавки аминокислот, качество свинины

Проблемы биологии продуктивных животных, 2023, 1: 74-85

Введение

Производство свинины в мире продолжает увеличиваться. Успехи, достигнутые свиноводами, во многом обусловлены использованием полнорационных комбикормов, сбалансированных по всем питательным и биологически активным веществам. Эффективность комбикормов зависит от научно обоснованного подбора отдельных компонентов, их сочетаемости, от соблюдения норм потребностей животных в энергии, протеине, аминокислотах, макро- и микроэлементах, витаминах в зависимости от физиологического состояния, возраста, породы, условий содержания.

Потребности сельскохозяйственных животных в отдельных аминокислотах и по их суммарному содержанию (по переваримому сырому протеину) в рационе зависят от многих факторов, включая массу тела, суточный прирост, пол и генотип и факторы окружающей среды, при этом значительная часть вариации общей потребности в аминокислотах, как правило, не совпадает с вариациями относительного содержания разных аминокислот. Поэтому фактические потребности в незаменимых аминокислотах для определённой группы животных можно рассматривать лишь по отношению к количеству сбалансированного протеина. В «идеальном» протеине каждая незаменимая аминокислота в одинаковой степени лимитирует продуктивные качества в конкретной ситуации кормления, при этом потери азота минимальны. Поэтому учитывать аминокислотный состав «идеального» протеина при составлении рационов целесообразно с точки зрения минимизации потерь азота без снижения продуктивных качеств (Рядчиков, 2012; Махаев, 2016; Gloaguen et al., 2014; Ниязов, 2022)

В настоящее время при кормлении свиней, в основном, используются высокопротеиновые комбикорма, рассчитанные для удовлетворения потребности в лизине без учёта потребностей в других незаменимых аминокислотах, что, безусловно, экономически неоправданно. Количество белковых концентратов в рационах можно значительно уменьшить без снижения их питательной ценности за счёт использования добавок синтетических (кристаллических) препаратов аминокислот (Рядчиков, 2013; Gloaguen et al., 2014; нет в списке Омаров, и др., 2017; Горлов, и др., 2021).

Снижение уровня сырого протеина в корме при условии применения добавок лимитирующих аминокислот (лизина, треонина, метионина, триптофана, а в некоторых случаях – суммы двух аминокислот, например, валин+изолейцин) в рационах поросят-отъемышей не снижает поедаемости корма, прироста ЖМ и оплату корма продукцией и благоприятно отражается на здоровье животных. Ограничение уровня протеина в корме позволяет уменьшить количество белка, неусвоенного в тонком кишечнике и в некоторой степени – снизить рН содержимого желудка, так как для эффективного переваривания низкобелковых кормов требуется меньше соляной кислоты, что благоприятно отражается на здоровье поросят-отъемышей.

В исследованиях по использованию в кормлении свиней низкопротеиновых рационов, сбалансированных добавками аминокислот с учётом состава «идеального протеина», получены довольно противоречивые данные, особенно по динамике прироста мышечной массы и отложению белка в теле. Так, сообщалось о снижении массы мышц и отложения белка в теле у свиней, получавших рационы с «идеальным» протеином (Smith et al., 1998; Gomez et al., 2002). Были проведены исследования на свиньях с начальной с живой массой 29 и 47 кг при использовании рационов с разными уровнями обменной энергии в рационе (высокой, средней и низкой) и содержанием 16 и 12% сырого протеина с добавкой синтетических аминокислот (лизина, триптофана и треонина) (Kerr et al., 2003). Установили, что у свиней, получавших низкопротеиновые рационы с добавкой аминокислот, убойные характеристики туш были практически такими же, как у свиней, получавших рационы с высоким содержанием протеина и обменной энергии, однако отмечалось небольшое снижение площади «мышечного глазка».

В ряде работ не было выявлено существенных изменений по показателям массы мышц и отложения белка в теле свиней при скармливании низкопротеиновых рационов с добавками аминокислот (Тимошкина, др., 2010; Ниязов, 2017; Сложин, и др., 2020), тогда как в других исследованиях отмечено повышение выхода мяса и ретенции азота у помесей, получавших рационы с «идеальным» протеином (Grandhi, Nyachoti 2002). В ряде исследований выявлено неблагоприятное влияние по среднесуточному приросту ЖМ, конверсии корма или убойному выходу туши свиней с ЖМ от 55 до 121 кг при снижении содержания сырого протеина в рационе на 2-5% (De la Llata et al., 2002; Deng et al., 2007; Li et al., 2018). Сообщалось также о некотором улучшении конверсии корма у поросят с ЖМ 68-95 кг при снижении содержания сырого протеина в рационе с 16 до 14 % (Rodrigues et al., 2012). При этом показано увеличение толщины шпика у поросят, получавших рацион с 14% сырого протеина, что может объясняться более эффективным

использованием энергии при скормливании рациона с низким содержанием сырого протеина, поскольку часть сэкономленной энергии может откладываться в жировой ткани.

На фоне увеличения масштабов производства и снижения себестоимости продукции, повышаются требования к её качеству, а также растёт спрос на нежирную свинину. Соотношение темпов роста мышечной ткани и депонирования жира во многом зависит от условий питания, в том числе от аминокислотного состава кормового белка, поэтому при сравнительной оценке эффективности использования рационов, сбалансированных по незаменимым аминокислотам, необходимо учитывать показатели качества продукта.

Цель данной работы – оценка влияния низкопротеиновых рационов с добавками синтетических незаменимых аминокислот на качественные показатели свинины при выращивании и откорме свиней мясного типа.

Материал и методы

Опыт проведен на помесных поросятах (♂ датский йоркшир×♀ датский ландрас). По принципу аналогов с учётом живой массы были сформированы три группы свиней (n = 10) при содержании их в клетках. Эксперимент был разделен на два периода – выращивание и откорм, в каждом периоде использовали комбикорма с разным содержанием сырого протеина в рационах с добавками синтетических незаменимых аминокислот (табл. 1). Кормление свиней проводили на протяжении всего опыта, согласно программе кормления (Калашников и др., 2003); при выборе уровней сырого протеина и незаменимых аминокислот использованы результаты ранее проведенных исследований (Ниязов, Кальницкий, 2017; Ниязов, Родионова, 2019; Ниязов, 2021, 2022) и литературные данные (Рядчиков, 2007; Stein et al. 2007; Рядчиков и др., 2010).

Таблица 1. Питательность комбикормов для свиней в периоды выращивания и откорма

Содержание в 1 кг корма	Периоды выращивания						Откорм		
	Группы, ЖМ до 30 кг			до 55 кг			до 106 кг		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
ЭКЕ	1,36	1,36	1,36	1,3	1,32	1,33	1,27	1,27	1,27
Обменная энергия, МДж	13,6	13,6	13,6	13,0	13,33	13,3	12,7	12,7	12,7
Сырой протеин, г	179,6	165,6	166,1	165,6	155,4	155,8	145,4	145,8	146,2
Переваримый протеин, г	143	132	133	129,0	124	123	116	117	117
Лизин, г	12,80	13,44	14,08	10,5	11,02	11,55	8,60	9,03	9,46
Треонин, г	8,65	9,08	9,51	7,0	7,35	7,70	6,2	6,51	6,82
Метионин+цистин, г	7,5	7,87	8,25	6,3	6,51	6,93	5,90	6,19	6,49
Триптофан, г	2,53	2,0	2,0	2,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Отношение лизин/ОЭ	0,94	0,98	1,03	0,80	0,83	0,87	0,67	0,71	0,74
треонин/лизин	0,68	0,68	0,68	0,66	0,67	0,66	0,72	0,72	0,72
(метионин+цистин)/лизин	0,59	0,59	0,59	0,60	0,59	0,60	0,68	0,68	0,68
Сырой жира г	53,6	41,9	80,4	41,9	56,9	56,8	23,1	23,1	23,1
Сырая клетчатка, г	36,28	44,2	44,2	44,2	49,1	49,1	5,9	5,9	5,9
Кальций, г	7,50	8,0	8,0	8,0	7,9	7,2	7,9	7,9	7,9
Фосфор, г	5,5	5,9	5,9	5,9	6,7	5,7	6,7	6,7	6,7

Примечания: * премикс КС-4 в 1 кг содержится: витамины: А, 600 тыс. МЕ; D₃, 120 тыс. МЕ; 0,2 г В₂; 0,5 г В₃; 30 г В₄; 1,5 г В₅; 0,2 г В₁₂; 4 г Fe; 7,5 г Zn; 2,5 г Mn; 0,5 г Cu; 0,015 г Co; 0,04 г J; 0,015 г Se и 0,5 г антиоксидант; в 1 кг КС-5 содержится: А, 450 тыс. МЕ; D₃ 90 тыс. МЕ; 0,15 г В₂; 0,35 г В₃; 20 г В₄; 1,0 г В₅; 0,0015 г В₁₂; 4 г Fe; 5 г Zn; 2,5 г Mn; 0,4 г Cu; 0,015 г Co; 0,03 г J; 0,0015 г Se и 0,5 г антиоксидант.

Опыт продолжался до достижения живой массы 106 кг. На протяжении опыта проводили учёт потребления комбикорма, взвешивание поросят в начале и конце каждого этапа эксперимента, оценивали расход корма на единицу прироста. В конце опыта провели убой свиней с последующей обвалкой туш для определения убойных качеств и физико-химических свойств

мяса и жира. Определение химического состава мышц (сухое вещество, азот, общие липиды, сырая зола) проведено общепринятыми методами химического анализа (Лебедев, Усович, 1976). Первоначальную влагу определяли при температуре 65⁰С, а гигроскопическую – при температуре 105⁰С, содержание общего азота – по Кьельдалю на приборе Кьельтек. При оценке качества туш и мяса учитывали площадь «мышечного глазка», толщину шпика, рН в динамике в процессе созревания мяса, его влагоудерживающую способность, окраску, нежность и соотношение белков (миофибриллярные + саркоплазматические)/стромальные) (Гуменюк, Черкасская. Методические рекомендации по исследованию кормов и продуктов животноводства. 1977).

Активную кислотность определяли в водной вытяжке длиннейшей мышцы спины, приготовленной в соотношении 1:10 (10 г измельченной мышечной ткани в 100 мл бидистиллированной воды). Экстракцию общих липидов из ткани проводили по Фолчу (Folch, 1957). Состав высокомолекулярных жирных кислот (ВМЖК) определяли методом газожидкостной хроматографии на приборе Цвет-800, содержание энергии – калориметрическим методом на адиабатической бомбе.

Результаты и обсуждение

Исследованные варианты количественного и качественного состава сырого протеина и аминокислот в комбикормах не оказали отрицательного влияния на рост и развитие животных, а также конверсию корма. В период выращивания средняя ЖМ поросят трёх опытных групп составляла 56,8, 56,4 и 54,2 кг, а среднесуточные приросты находились в диапазоне 548, 544 и 515 г соответственно (табл. 1). У свиней II группы эти показатели были на уровне контроля, в III группе меньше на 6,0% по сравнению с контрольной группой. Расход корма на единицу прироста живой массы у свиней III группы были выше по сравнению с контрольной и II группой. У поросят II группы отмечено снижения расхода сырого протеина на 1 кг прироста по сравнению с контрольной группой на 6,0%.

Таблица 2. Живая масса, приросты ЖМ, затраты корма у подопытных свиней (M±m, n=10)

Показатели	Группы		
	I	II	III
Период выращивания			
Живая масса в начале периода, кг	12,4±0,4	12,3±0,4	12,4±0,4
Живая масса в конце периода, кг	56,8±1,1	56,4±1,1	54,2±1,2
Прирост живой массы, кг	44,4±0,8	44,1±0,8	41,8±0,8
Среднесуточный прирост, г	548±10	544±12	515±10*
Затрачено на 1 кг прироста: корм, кг	2,61	2,63	2,78
сырой протеин, г	447	420	447
обменная энергия, МДж	34,64	35,30	37,25
Период откорма			
Живая масса в начале периода, кг	56,8±1,1	56,4±1,1	54,2±1,2
Живая масса в конце периода, кг	106±2	107±1	103±2
Прирост живой массы, кг	48,9±0,5	50,6±0,6	48,5±0,8
Среднесуточный прирост, г	829±12	857±10	822±14
Затрачено на 1 кг прироста: корм, кг	3,87	3,75	3,91
сырой протеин, г	563	549	571
обменная энергия, МДж	49,3	47,7	49,7

Примечание: здесь и в последующих таблицах: * P<0.05 по t - критерию при сравнении с I группой

В период откорма средняя живая масса свиней в первой группе составила – 105,8 кг, во второй – 106,9 кг и в третьей – 102,7 кг. Среднесуточные приросты ЖМ были на уровне 829, 857 и 822 г. Расход корма на единицу прироста во II группы был на 3,1% ниже по сравнению с контрольной группой.

Изучение состава туш при убое в конце откорма не выявило статистически значимых межгрупповых различий по морфологическому составу туш, при этом в I и II группах отмечены более высокие величины по массе туши, убойному выходу, содержанию мякоти в туше и относительному содержанию жира по сравнению с III группой (табл. 3). Увеличение отношения количества мякоти к выходу жира у животных II группы сопровождалось уменьшением количества внутреннего жира, по сравнению с I и III группами.

Увеличение прироста мышечной ткани в тушах II группы связано с оптимальным содержанием лимитирующих аминокислот и их соотношением в кормах. Можно полагать, что избыток аминокислот в третьей группе использовался организмом животных в большей степени на энергетические нужды, а не на синтез белка. Это привело к «экономии» энергии, которая откладывалась в виде жира, что подтверждается данными других исследований, в которых также наблюдалось увеличенное отложение жира в тушах поросят при повышении уровня обменной энергии в комбикорме (Apple et al., 2004; Oliveira et al., 2005). Таким образом, использование низкопротеиновых рационов с добавкой определённого количества синтетических лимитирующих аминокислот позволяет получить аналогичные показатели по убойному выходу, количеству постного мяса и салу и по другим показателям в сравнении со стандартными рационами.

Использование низкопротеиновых рационов с добавкой синтетических лимитирующих аминокислот оказало влияние не только на количество, но и на качество мяса (табл. 3). Мясо животных I и II групп отличалось более высокими значениями физико-химических показателей, по сравнению с III группой (табл. 3).

Таблица 3. Убойные качества подопытных свиней в конце откорма
($M \pm m$, $n=3$)

Показатели	Группы		
	I	II	III
Предубойная живая масса, кг	105±1	108±1	103,5±0,5
Масса туши, кг	69,2±0,9	71,5±0,7	67,6±0,6
Выход туш, %	65,9±1,5	66,2±0,5	65,0±0,2
Масса внутреннего жира, %	0,82±0,4	0,78±0,06	0,88±0,4
Убойная масса, кг	70,0±1,0	72,3±0,6	68,5±0,7
Убойный выход, %	66,7±0,3	66,9±0,2	66,2±0,2
Масса полутуши, кг	34,3±0,3	34,9±0,5	33,6±0,1
Масса мяса, кг	22,7±0,4	23,5±0,8	21,8±0,2
%	66,1±0,4	67,2±1,3	64,8±0,3
Сало, кг	6,4±0,3	6,3±0,2	6,7±0,1
%	18,6±0,3	18,2±0,9	20,0±0,3
Кости, кг	5,26±0,35	5,11±0,05	5,12±0,08
%	15,3±0,2	14,6±0,3	15,2±0,3
Индекс «мясности»	3,55±0,41	4,59±0,19	4,25±0,09
Индекс «постности»	4,31±0,10	3,70±0,25	3,24±0,05
Площадь «мышечного глазка», см ²	45,5±1,5	46,0±1,0	42,5±1,0
Толщина шпика над 6-7 груд. позвонками, мм	19,5±0,5	21,0±1,0	22,5±0,5
Длина туши, см	104±1	105±1	100±1

Примечания: индекс «мясности» – отношение мясо/кости, индекс «постности» – отношение мясо/сало.

Содержание сухого вещества и белка в длиннейшей мышце спины на заключительном этапе эксперимента у свиней подопытных групп составило: 25,2; 25,3; 25,0 и 21,6; 21,5 и 21,0 г/100 г; в гомогенате мышц сухого вещества – 31,8-31,7 г/100 г, белка – 18,3-17,4, общего жира – 12,0-12,8 г/100 г и валовой энергии – 26,0-26,9 МДж/100 г, соответственно.

Нежность мяса тесно связана с процентным содержанием соединительной ткани и ее состоянием, зависящим от степени полимеризации межклеточного вещества (мукополисахарид белкового комплекса), обуславливающего способность галогена к развариванию, а также от содержания структурных белков (миозин, актин и актимизин) (Бирта, 2008).

На протяжении всего эксперимента у свиней I (стандартный рацион) и II группы, (рацион с пониженным уровнем протеина + добавка лимитирующих аминокислот), наблюдалась пониженная концентрация белков стромы и некоторое увеличение содержания миофибриллярных и саркоплазматических белков, т.е. у поросят II группы было более интенсивное образование биологически полноценных белков. Белково-качественный показатель (отношение

саркоплазматических и миофибриллярных белков к стромальному) у животных первой группы составляло – 2,65 во второй группе – 2,72 и третьей – 2,37 единиц. В целом можно отметить, что у свиней II группы наблюдалось улучшение качественного показателя белка, что, вероятно, было связано с уровнем сбалансированности аминокислот и с более высокой скоростью наращивания мускулатуры.

Таблица 4. Физико-химические свойства, фракционный состав белков и химический состав длиннейшей мышцы спины и гомогената мышечной ткани у свиней в конце откорма (M±m, n=3)

Показатели	Группы		
	I	II	III
Влага, %	74,8±0,4	74,7±0,4	75,0±0,3
Сухое вещество, г/100 г	25,2±0,4	25,3±0,3	25,0±0,3
Белок, г/100 г	21,6±0,1	21,5±0,1	21,0±0,1
Саркоплазматические, г/100 г	6,66±0,06	6,56±0,08	6,48±0,08
Миофибриллярные, г/100 г	8,31±0,19	8,47±0,22	8,25±0,31
Стромальные, г/100 г	5,63±0,14	5,52±0,15	6,28±0,09
Общие липиды, г/100 г	2,42±0,35	2,51±0,99	2,40±0,27
Зола, г/100 г	1,22±0,08	1,23±0,09	1,20±0,09
pH ₁₅	6,01±0,07	6,04±0,03	6,15±0,01
pH ₂₄	5,78±0,10	5,59±0,09	5,81±0,11
Интенсивность окраски, ед. (экстинкция × 10 ³)	56,9±1,7	56,0±1,5	56,1±1,8
Влагоудерживающая способность, %	59,0±0,04	58,2±0,8	56,2±0,2
Валовая энергия, МДж/100 г	22,5±0,1	22,3±0,1	23,1±0,2
Гомогенат мышц: сух. вещество, г/100 г	31,8 ± 0,1	31,8±0,1	31,7±0,1
белок, г/100 г	18,2±0,0	18,3±0,1	17,4±0,1
общий жир, г/100 г	12,1 ±0,8	12,0±1,0	12,8±1,0
валовая энергия, МДж	26,3±0,1	26,2±0,2	26,9±0,6

Примечания: pH₁₅ – значение pH через 15 ч после убоя; pH₂₄ – через 24 ч после убоя.

Одним из показателей качества мяса является величина pH, которая позволяет оценить свойства мяса, определить принадлежность мяса к качественной группе PSE (pale, soft, exudative – бледная, мягкая, сухая), NOR (нормальное мясо) и DFD (dark, firm, dry – тёмная, плотная, сухая). Быстрое его снижение в мышцах после убоя является главным признаком развития свойств PSE и его часто используют в качестве базовой величины при оценке методов определения порока PSE. Именно поэтому важно отметить достаточную надежность информации относительно классификации туш. В свинине в нормальных условиях после убоя происходит автолиз, биохимические процессы в тканях продолжают, но изменяется их функциональное значение, что приводит к изменению свойств, причем более существенным трансформациям подвержена мышечная ткань. В мышцах происходит активация ферментов, отвечающих за реакции распада, и накопление молочной кислоты, что вызывает «закисление» мышечной ткани (снижение pH); это способствует повышению сохранности туши к действию гнилостных бактерий (Рогов, 2009; Остренко, 2020).

В конце опыта через 24 ч после убоя величина pH в I и II группах соответствовала требованиям свинины нормального качества (NOR), и значение pH было на 0,23 и 0,22 ед. ниже по сравнению с III группой; интенсивность окраски мяса также была выше у свиней I и II групп. Влагоудерживающая способность мяса тесно связана с сочностью, нежностью и другими технологическими и кулинарными свойствами мяса. Как правило, более высокую влагоудерживающую способность имеет мышечная ткань с повышенным содержанием внутримышечного жира; такая ткань меньше теряет влагу при термической и кулинарной обработке. Наивысшая влагоудерживающая способность мяса отмечена у свиней I и II групп – 59,0 - 58,2% и была выше по сравнению с III группой на 4,9 и 3,8% (табл. 4).

Проведенная оценка качества мяса по концентрации общих липидов в длиннейшей мышце спины и подкожного жира показала, что в конце откорма не было выявлено статистически значимых межгрупповых различий, а содержание общих липидов составляло 2,42; 2,50 и 2,46 г/100 г и 82,4; 80,5 и 81,5 г/100 г соответственно (табл. 5 и 6).

Таблица 5. Содержание жирных кислот, общих липидов в длиннейшей мышце спины, % (M±m, n=3)

Жирные кислоты	Группы		
	I	II	III
C 14:0	1,54±0,19	1,48±0,13	1,37±0,02
C 16:0	33,1±0,4	33,6±0,8	28,34±0,03
C 16:1	0,78±0,13	0,69±0,10	0,58±0,3
C 18:0	9,63±0,54	8,42±1,78	8,28±0,66
C 18:1	47,7±1,4	46,8±2,2	46,4±2,0
C 18:2	12,6±0,2	12,5±3,4	15,32±1,02
C 18:3	1,17±0,04	0,83±0,03	1,28±0,05
C 20:0	0,20±0,01	0,14±0,02	0,33±0,06
C 20:4	0,050±0,001	0,015±0,006	0,090±0,002
НЖК	41,8±1,5	42,0±1,1	39,7±0,7
МННЖК	45,5±1,5	45,2±2,1	46,3±1,7
ПННЖК	12,7±0,1	12,8±3,4	14,0±1,0
Общие липиды, г%	2,42±0,05	2,46±0,09	2,50±0,07

Примечание: НЖК – насыщенные жирные кислоты; МНЖК – мононенасыщенные жирные кислоты; ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты.

Таблица 6. Содержание жирных кислот и общих липидов в подкожном жире, % (M±m, n=3)

Жирные кислоты	Группы		
	I	II	III
C 14:0	1,52±0,06	1,50±0,08	1,45±0,04
C 16:0	29,9±1,2	29,3±0,9	28,2±0,5
C 16:1	0,24±0,04	0,28±0,01	0,24±0,03
C 18:0	11,0±0,8	9,36±0,21	9,25±0,17
C 18:1	36,2±2,9	39,3±2,7	39,2±1,1
C 18:2	19,05±4,88	17,83±1,41	19,18±1,14
C 18:3	1,55±0,12	1,77±0,13	1,66±0,14
C 20:0	0,60±0,16	0,66±0,01	0,54±0,07
C 20:4	0,020±0,001	0,015±0,001	0,01±0,001
НЖК	45,0±2,1	40,7±1,2	39,7±0,2
МННЖК	36,3±2,9	40,3±2,0	39,4±1,1
ПННЖК	20,6±3,0	19,6±1,5	20,9±1,3
Общ. липиды, г/100 г	82,4±0,1	81,5±2,4	80,5±3,5

Качество мяса, как совокупность свойств, обеспечивающих физические потребности человека в пищевых и вкусовых веществах, его безопасность и безвредность как пищевого продукта, характеризуется органолептическими, химическими, физическими, санитарно-гигиеническими и технологическими показателями, а также пищевой и биологической ценностью (Рогов и др., 2009; Джунельбаев, 2010; Бажов и др., 2013; Tous et al, 2014; Горлов и др., 2019; Сложенкина и др., 2020; Gorlov et al., 2020).

Свиное сало обладает хорошими пищевыми и вкусовыми качествами. Его переваримость и усвояемость организмом человека составляют 98%. Высокая пищевая ценность сала зависит от жирнокислотного состава и соотношения насыщенных и ненасыщенных кислот. При этом наибольшее значение имеют арахидиновая, линолевая и линоленовая жирные кислоты. Эти

кислоты участвуют в окислительно-восстановительных процессах, стимулируют синтез белков и липидов, регулируют обмен холестерина и витаминов, повышают защитные свойства организма.

В проведенном исследовании не выявлено существенных межгрупповых изменений по содержанию липидных метаболитов в мышечной ткани и подкожном жире поросят, но наблюдается тенденция к снижению индекса насыщенности липидов у свиней II группы в длиннейшей мышце спины на 16,2% и в подкожном жире на 5,1% по сравнению с III группой. Снижение индекса насыщенности свидетельствует о менее тугоплавкой консистенции жира и об улучшении его вкусовых качеств, эмульгирующей способности и усвояемости, за счёт возросшей доли полиненасыщенных жирных кислот. Аналогичные данные были получены и другими авторами (Горлов и др., 2021; Ibanez-Escriche et al., 2016).

Также не было выявлено статистически значимых межгрупповых различий по содержанию индивидуальных жирных кислот. Таким образом, снижение уровня СП в рационах с добавками синтетических незаменимых кислот в периоды интенсивного выращивания и откорма свиней не оказывает негативного влияния на концентрацию в мясе и сале общих липидов и их жирнокислотный состав, в том числе на содержание незаменимых жирных кислот.

Заключение

По данным исследования, проведенного на трёх группах свиней в периоды выращивания (до 30 и 50 кг ЖМ) и откорма, снижение уровня сырого протеина до 166, 155,4 и 145,8 г/кг корма при скормлении добавок синтетических незаменимых аминокислот с варьированием их содержания в 1 кг корма (лизин – 13,44, 11,02 и 9,03 г, треонин – 9,08, 7,35 и 6,51 г и (метионин+цистин) – 7,87, 6,51 и 6,19 г, и соотношения лизин/ОЭ (г/МДж) 0,98, 0,83 и 0,71, треонин/лизин – 0,68, 0,67 и 0,72 и (метионин+цистин)/лизин – 0,59, 0,59 и 0,68) не оказывает негативного влияния на прирост живой массы, оплату корма продукцией, затраты обменной энергии и повышает биоконверсию протеина корма. По убойным качествам, физико-химическим свойствам и фракционному составу белков и липидов полученная свинина соответствует требованиям, предъявляемым к свинине хорошего качества (NOR).

Список литературы

1. Бажов Г.М., Крыштоп Е.А., Бараников А.И. Технологическая характеристика свинины с пороками PSE и DFD. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 89. С. 973-984.
2. Бирта Г. Мясосальные качества свиней разных пород. // Свиноводство. 2008. № 5. С.11-12.
3. Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Бараников В.А., Мосолов А.А., Черняк А.А., Фролова М.В. жировая ткань - важнейший элемент, определяющий качество свинины. // Свиноводство. 2021. № 2. С. 23-26.
4. Горлов И.Ф., Мосолов А.А., Бараников В.А., Водяников В.И., Черняк А.А. Продуктивные и биологические качества свиней при использовании в рационах синтетических аминокислот. // Свиноводство. 2019. № 5. С. 31-33.
5. Гришина, Л. П. Гришина Л. П., Краснощок А. А. Физико-химические качества мяса чистопородных, помесных и гибридных свиней. // Учёные записки Витебской академии ветеринарной медицины. 2019. Т. 55, вып. 3. С. 112-116.
6. Гуменюк Г.А., Черкасская Н.В. Методические рекомендации по исследованию кормов и продуктов животноводства. Киев: Урожай, 1977. 256 с.
7. Калашников А.П., Фисинин В.И. Щеглов В.В., Клейменов Н.И. (Ред.). Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. М., 2003. 456 с.
8. Лебедев П.Т., Усович А.Т. Методы исследования кормов и тканей животных. М.: Россельхозиздат, 1976. 389 с.
9. Левшин А.Д. Убойные и мясо-сальные качества чистопородных и гибридных свиней при убое в 100 кг и 120 кг. // Свиноводство. 2021. № 5. С. 52-56.
10. Махаев Е.А., Мысик А.Т., Стрекозов Н.И. Рекомендации по детализированному кормлению свиней мясного типа. Подольск-Дубровицы: ВИЖ, 2016. 118 с.

11. Ниязов Н.С.-А., Кальницкий Б.Д. Влияние низкопротеиновых рационов с разными уровнями незаменимых аминокислот и обменной энергии на продуктивность и обменные процессы у свиней. // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 6. С. 35-38.
12. Ниязов Н.С.-А., Родионова О.Н. Продуктивность свиней мясного типа при разных уровнях в рационе сырого протеина, обменной энергии и незаменимых аминокислот. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2019. № 2. С. 87-97. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2019.2.87-97.
13. Ниязов Н.С.-А. Полнорационные комбикорма для растущих свиней мясного типа с учётом доступности аминокислот для всасывания в кишечнике. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2022. № 1. С. 86-98.
14. Ниязов Н.С.-А. Комбикорма для растущих свиней с разными уровнями сырого протеина и истинной доступности аминокислот для всасывания в кишечнике. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2021. № 3. С. 69-81. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.3.69-81.
15. Остренко К.С., Полякова Л.Л. Снижение предубойного стресса как фактор повышение качества мясной продукции. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2020. № 2. С. 66-74.
16. Омаров М. О., Слесарева О. А., Османова С.О. Эффективность низкобелковых рационов в кормлении молодняка свиней. // Сборник научных трудов Северо-Кавказского института животноводства. 2017. Т.6. № 1. С. 216-220.
17. Панюшкин Д. Е. Динамика метаболитов липидного обмена в подкожном жире свиней в период выращивания и откорма. // Труды ВНИИФБиП с.-х. животных. Боровск. 2006. Т. XLV. С. 165 - 176.
18. Рогов И.А., Забашта А.Г., Казюлин Г.П. Технологии мяса и мясных продуктов. Кн. 1 Общая технология мяса. М.: Колос. 2009. С. 140-187.
19. Рядчиков В.Г. Нормы потребности свиней мясных пород и кроссов в энергии и переваримых аминокислот. // Животноводство. 2007. № 11. С. 21-24.
20. Рядчиков В., Омаров М., Полежаев С. Идеальный белок в рационах свиней и птиц. // Животноводство России. 2010. № 2. С. 49-51.
21. Рядчиков В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных. Краснодар: Кубанский аграрный университет, 2013. 616 с.
22. Сложенкина М.И., Горлов И.Ф., Кротова О.Е., Комарова З.Б., Черняк А.А. Биоконверсия кормов и качество мяса свиней под воздействием синтетических аминокислот. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1. С. 239-248.
23. Танана Л. А., Дашук В. Н., Коско И.С. Химический состав мышечной и жировой тканей гибридного молодняка свиней. // Сб. научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2018. Том. 7. № 1. С. 66-70.
24. Тимошкина Е. И., Колганов А. В., Родионова О. Н. Убойные характеристики свиней в период откорма и качественные показатели свинины в зависимости от сбалансированности рационов по лимитирующим аминокислотам. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2010. № 4. С. 55-62.
25. Apple J.K., C.V. Maxwel D.C. Brow, K.G. Friesen R.E. Musser Z.B. Johnson and T.A. Armstrong. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. // J. Anim. Sci. 2004. Vol. 82. P. 3277-3287.
26. De la Llata M., Dritz S.S., Tokach M.D., Goodband R.D., Nelssen J.L Effects of increasing L-lysine-HCl in corn-or sorghum-soybean meal-based diets on growth performance and carcass characteristics of growing finishing pigs. // J. Anim. Sci. 2002. Vol. 80. P. 2420-2432.
27. Deng D., Huang R.L., Li T.J., Wu G.Y., Xie M.Y., Tang Z.R., Kang P., Zhang Y.M., Fan M.Z., Kong X.F., Ruan Z., Xiong H., Deng Z.Y., Yin Y.L Nitrogen balance in barrows fed low-protein diets supplemented with essential j amino acids. // Livest. Sci. 2007. Vol. 109. P. 220-223.
28. Gajana C.S., Nkukwana T.T., Marume U., Muchenje V. Effects of transportation time, distance, stocking density, temperature and lairage time on incidences of pale soft exudative (PSE) and the physico-chemical characteristics of pork. // Meat Sci. 2013. Vol. 95. P. 520-525.
29. Gomez R.S., Lewis A.J., Miller P.S., Chen H.Y. Growth performance, diet apparent digestibility, and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels. // J. Anim. Sci. 2002. Vol. 80. P. 644-653.
30. Gorlov I., Slozhenkina M., Mosolov A., Baranikov V., Nikolaev D., Chernyak A., Sherstyuk B., Krotova O. Nutritional and biological value of pork obtained from animals fed with lysine and methionine. // J. Food Sci. 2020. Vol. 14. P. 112-117.
31. Oliveira G.C., Moreira, Fraga A. L., Kutschenko M., Sartori I. M. Metabolizable energy requirement for starting barrow pigs (15 to 30 kg) fed on the ideal protein concept based diets. // Brazilian Archives of Biology and Technology. 2005. Vol. 48. nr 5. P. 729-737.

32. Ibanez-Escriche N., Magallón E., Gonzalez E., Tejeda J.F., Noguera J.L. Genetic parameters and crossbreeding effects of fat deposition and fatty acid profiles in Iberian pig lines. // *J. Anim. Sci.* 2016. Vol. 94. nr. 1. P. 28-37.
33. Rodrigue N.E.B., Fialho E.T., Zangeronimo M.G., De Souza Cantarelli V., Rodrigues P.B., Filho M.R., Gomide E.M, Betarelli R. Reduction in the protein level and addition of oil in diets for finishing pugs under different temperatures. // *Revista Brasileira de Zootecnia.* 2012. Vol. 41. nr 8. P. 1878-1883.
34. Kerr B.J., Southern L.L., Bidner T.D., Friesen K.G., Easter R.A. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-finishing pig performance and carcass composition. // *J. Anim. Sci.* 2003. Vol. 81. P. 3075-3087.
35. Lebreton B., Prunier A., Bonhomme N., Foury A., Mormède P., Dourmad J.Y. Physiological traits and meat quality of pigs as affected by genotype and housing system. // *Meat Sci.* 2011. Vol. 88. nr. 1. P. 14-22. DOI: 10.1016/j.meatsci. 2010.11.025.
36. 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. nr 8. P. 3221-3232.
37. 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. Biotechn.* 2015. Vol. 6. P. 36-43.
38. Stein H.H., Sève B., Fuller M.F. et al. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application. // *J. Anim. Sci.* 2007. Vol. 85. P.172-180.
39. Tous N., Lizardo, R., Vila B, Gispert M., Font- i-Furnols M., Esteve-Garcia E. Effect of reducing dietary protein and α -lysine on growth performance, carcass characteristics, intramuscular fat, and fatty acid profile of finishing barrows. // *J. Anim. Sci.*, 2014. Vol. 92. P.40-129.

References (for publication in Russian)

1. Bazhov G.M., Kryshchok E.A., Baranikov A.I. [Technological characteristics of pork with defects of PSE and DFD]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* (Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University). 2013. 89: 973-984.
2. Birta G. [Meat-sucking qualities of pigs of different breeds]. *Svinovodstvo* (Pig breeding). 2008. 5: 11-12.
3. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Baranikov V.A., Mosolov A.A., Chernyak A.A., Frolova M.V. [Adipose tissue is the most important element determining the quality of pork]. *Svinovodstvo* (Pig breeding). 2021. 2: 23-26.
4. Gorlov I.F., Mosolov A.A., Baranikov V.A., Vodyannikov V.I., Chernyak A.A. [Productive and biological qualities of pigs when using synthetic amino acids in diets]. *Svinovodstvo* (Pig breeding). 2019. 5: 31-33.
5. Grishina, L.P. Grishina L.P., Krasnoshchok A.A. [Physico-chemical qualities of meat of purebred, crossbred and hybrid pigs] *Vitebskaya akademiya veterinarnoi meditsiny* (Vitebsk Academy of Veterinary Medicine). 2019. 55(3): 112-116.
6. Kalashnikov A.P., Fisinin V.I. Shcheglov V.V., Kleimenov N.I. (Eds.). *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh* (Norms and rations of feeding farm animals). Moscow, 2003. 456 p.
7. Lebedev P.T., Usovich A.T. *Metody issledovaniya kormov i tkanei zivotnykh* (Methods of research of animal feeds and tissues). Moscow: Rosselkhoz nadzor Publ., 1976. 389 p.
8. Levshin A.D. [Slaughter and meat-fat qualities of purebred and hybrid pigs at slaughter in 100 kg and 120 kg]. *Svinovodstvo* (Pig breeding). 2021. 5: 52-56.
9. Niyazov N.S.-A., Kal'nitskii B.D [Influence of low-protein diets with different levels of essential amino acids and metabolic energy on productivity and metabolic processes in pigs]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka* (Russian agricultural science). 2017. 6: 35-38.
10. Niyazov N.S.-A., Rodionova O.N. [The productivity of meat-type pigs at different levels in the diet of crude protein, metabolic energy and essential amino acids]. *Problemy biologii produktivnykh zivotnykh* (Problems of productive animal biology). 2019. 2: 87-97. DOI:10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2019.2.87-97.
11. Niyazov N.S.-A. [Compound feed for growing pigs with varying levels of crude protein and true availability of amino acids for intestinal absorption]. *Problemy biologii produktivnykh zivotnykh* (Problems of productive animal biology). 2021. 3: 69-81. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.3.69-81.
12. Niyazov N.S.-A. [Complete compound feeds for growing meat-type pigs, taking into account the availability of amino acids for absorption in the intestine]. *Problemy biologii produktivnykh zivotnykh* [Productive Animal Biology]. 2022. 1: 86-98.
13. Ostrenko K.S., Polyakova L.L. [Reduction of pre-slaughter stress as a factor in improving the quality of meat products]. *Problemy biologii produktivnykh zivotnykh* (Productive animal biology). 2020. 2: 66-74.

14. Omarov M. O., Slesareva O. A., Osmanova S.O. [The effectiveness of low-protein diets in feeding young pigs]. *Sbornik nauchnykh trudov Severo-Kavkazskogo instituta zhitovnovodstva* (Collection of scientific papers of the North Caucasus Institute of Animal Husbandry). 2017. 6(1): 216-220.
15. Panyushkin D. E. [Dynamics of lipid metabolism metabolites in subcutaneous fat of pigs during rearing and fattening]. *Trudy VNIIFBiP* (Proc. VNIIFBiP). 2006. Vol. XLV: 165-176.
16. Rogov I.A., Zabashta A.G., Kazyulin G.P. [Technologies of meat and meat products]. In: *Obshchaya tekhnologiya myasa* (General technology of meat. Book 1). 2009. Moscow: Kolos Publ. P. 140-187.
17. Ryadchikov V.G. [Norms of the needs of pigs of meat breeds and crosses in energy and digestible amino acids]. *Zhitovnovodstvo* (Animal husbandry). 2007. 11: 21-24.
18. Ryadchikov V., Omarov M., Polezhaev S. [Ideal protein in the diets of pigs and birds]. *Zhitovnovodstvo. Rossii* (Animal Husbandry of Russia). 2010. 2: 49-51.
19. Ryadchikov V.G. *Osnovy pitaniya i kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh* [Fundamentals of nutrition and feeding of farm animals]. Krasnodar: Kuban Agrarian University Publ., 2013. 616 p.
20. Skladenkina M.I., Gorlov I.F., Krotova O.E., Komarova Z.B., Chernyak A.A. [Bioconversion of feed and quality of pig meat under the influence of synthetic amino acids]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* (Proceedings of the Nizhnevolzhsk agrouniversity complex: science and higher professional education). 2020. 1: 239-248.
21. Tanana L. A., Dashuk V. N., Kosko I.S. [Chemical composition of muscle and adipose tissues of hybrid young pigs]. *Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauchnogo tsentra po zootekhnii i veterinary* (Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine). 2018. 7(1): 66-70.
22. Timoshkina E. I., Kolganov A.V., Rodionova O. N. [Slaughter characteristics of pigs during fattening and quality indicators of pork depending on the balance of diets for limiting amino acids]. *Problemy biologii produktivnykh zivotnykh* (Productive Animal Biology). 2010. 4: 55-62.

UDC: 636.4.053.087.74:637.05

**Quality traits of pork when using low-protein diets
with additives of amino acids for creating specified
essential amino acid levels and ratios in feed**

Niyazov N.S.-A., Panyushkin D.E.

*Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition,
branch of Federal Research Center of Animal Husbandry, Ernst VIZh,
Borovsk, Kaluga oblast, Russian Federation*

ABSTRACT. In a comparative assessment of the efficiency of feed use when growing pigs on diets balanced in essential amino acids, it is necessary to take into account product quality indicators. The aim of this work is to study the effect of low-protein diets supplemented with synthetic essential amino acids on the quality indicators of pork. Three groups of crossbred piglets (♂ Danish Yorkshire×♀ Danish Landrace, n = 10) were formed which during periods of intensive rearing (up to 30 and 55 kg LW) and fattening received standard complete feed, in which the content of crude protein (CP) was reduced and additives of synthetic essential amino acids were used; the levels and ratios of essential amino acids in the feed were established taking into account the previous studies. A decrease in the level of CP in the feed in three experimental groups during the growing and fattening periods when supplementing synthetic essential amino acids in the amount necessary for a specified level of content in 1 kg feed of lysine (13.4, 11.0 and 9.03 g), threonine (9.08, 7.35 and 6.51 g), the sums of methionine+ cystine (7.87, 6.51 and 6.19 g) and the ratio of lysine/OE, g/MJ (0.98, 0.83 and 0.71), threonine/lysine (0.68, 0.67 and 0.72) and (methionine+ cystine)/lysine (0.59, 0.59 and 0.68), did not adversely affect LW gains, physico-chemical properties of meat and fractional composition of proteins and lipids, and the resulting products meet the requirements for good quality pork (NOR). Concluded that the use of low-protein diets with specified levels and ratios of essential amino acids during the growing and fattening periods of pigs increases the bioconversion of feed protein into products without adversely affecting pork quality indicators.

Keywords: pigs, rearing and fattening, low protein diets, amino acid supplements, pork quality

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh (Productive Animal Biology), 2023, 1: 74-85.

Поступило в редакцию: 01.02.2023

Получено после доработки: 01.03.2023

Сведения об авторах:

Ниязов Нияз Саид-Алиевич, д.б.н., г.н.с., зав. лаб. тел. 8(961)005-54-00

Панюшкин Дмитрий Евгеньевич, к.б.н., м.н.с., тел. 8(980)716-23-38, panyshkin@yandex.ru