

DOI: 10.37925/0039-713X-2023-7-17-21

УДК 636.4.033/636.02/637.661

Аминокислотный анализ образцов крови гибридных свиней при постановке и снятии с откорма

С.Ю. ЗАЙЦЕВ, доктор биолог. наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: s.y.zaitsev@mail.ru, Н.С. КОЛЕСНИК, младший научный сотрудник, e-mail: kominisiko@mail.ru, ФГБНУ ФИЦ ВИЖ имени Л.К. Эрнста

Содержание аминокислот (АК) в органах и тканях животных как одних из наиболее важных биологически активных веществ интенсивно изучается в настоящее время. Целью данной работы было выявить закономерности в аминокислотном составе крови гибридных свиней при постановке и снятии с откорма, включая корреляции как между АК, так и с основными биохимическими показателями крови животных. Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) определен АК-состав крови трехпородных гибридных свиней (крупная белая х ландрас х дюрок), который является одним из важных показателей, влияющих на качество продукции свиноводства. Впервые получены значения коэффициентов корреляции аминокислот между собой и с биохимическими показателями крови гибридных свиней. Эти значения для всех исследуемых животных существенно выше после откорма ($r=0,60-0,88$), чем в начальный период при постановке на откорм ($r=0,17-0,35$). Полученные коэффициенты корреляций позволяют сократить массив данных для дальнейшего поиска и изучения значимых параметров крови для повышения эффективности откорма. Наиболее перспективными кандидатами для этого являются корреляции между аминокислотными и белковыми показателями крови.

Ключевые слова: гибриды свиней, кровь, аминокислоты, корреляции.

Amino acid analysis of blood samples of hybrid pigs at statement and removal from fattening

S.Yu. ZAITSEV, doctor of biological sciences, leading researcher, e-mail: s.y.zaitsev@mail.ru, N.S. KOLESNIK, junior researcher, e-mail: kominisiko@mail.ru, Federal Research Center for Animal Husbandry named after academy member L.K. Ernst

The content of amino acids (AA) in the organs and tissues of animals, as one of the most important biologically active substances, is currently being actively studied in the world. The purpose of this work was to identify patterns in the amino acid composition of the blood of hybrid pigs during feeding and removal from fattening, including correlations both between AA and with the main biochemical parameters of the blood of animals. The high performance liquid chromatography method was used to determine the AA-composition of the blood of three-breed hybrid pigs (Large White x Landrace x Duroc), which is one of the important indicators affecting the quality of pig products. For the first time, the values of the correlation coefficients of amino acids among themselves and with the biochemical parameters of the blood of hybrid pigs were obtained. These values for all the studied animals are significantly higher after fattening ($r=0.60-0.88$) than in the initial period of fattening ($r=0.17-0.35$). The obtained correlation coefficients make it possible to reduce the data array for further search and study of significant blood parameters to improve the efficiency of fattening. The most promising candidates or this are correlations between amino acid and protein parameters of blood.

Key words: pig hybrids, blood, amino acids, correlations.

■ Введение

На сегодняшний день наблюдается рост потребления мяса во всех странах, включая Россию, что приводит к интенсификации животноводства [3, 6, 8, 11]. В последние годы в нашей стране свинина остается на втором месте (после мяса птицы) как по общему производимому объему мяса, так и по потреблению населе-

нием [9, 16]. Россия в 2019 году находилась на четвертой строчке рейтинга по количеству свиней (46,5 млн голов), а впереди Китай – 550 млн голов, Европейский союз – 268,5 млн голов и США – 135,7 млн голов [9]. Согласно данным Министерства сельского хозяйства РФ, производство свинины увеличилось на 8,9% по сравнению с 2019 годом (+446

тыс. т в живом весе), тогда как общее производство мяса в 2020 году (в хозяйствах всех категорий РФ) достигло 15,6 млн т, что на 3,1% (+472 тыс. т) больше, чем в 2019 году [1, 9].

Качество свинины, включая физико-химические и технологические свойства, во многом зависит от аминокислотного состава мышечной ткани [2, 7, 10, 12]. Белки мышечной

ткани в наибольшей степени обуславливают ее биологическую ценность, а также важнейшие свойства мяса в целом (консистенцию, вкус, цвет). Например, в составе мышц больше всего содержится глутаминовой кислоты и глутамина, которые и придают мясной вкус [2, 7, 10, 12].

Для разделения и анализа БАВ, в том числе аминокислот, в настоящее время широко используются различные методы хроматографии [15, 18, 19]. Для количественного анализа аминокислот в биологических образцах наиболее целесообразным является метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с постколоночной дериватизацией. Основные достоинства данного метода – высокая точность определения, воспроизводимость результата и надежность, а также более простая подготовка проб (по сравнению с методами предколоночной дериватизации) [18, 19].

Определение АК-состава белков связано с колоссальным биологическим значением, прежде всего L-α-аминокислот, в жизнедеятельности человека и животных, а также в природе в целом [13, 14, 16]. Аминокислоты выполняют целый ряд функций, необходимых для стабильной работы организма: биосинтез белка и процессы белково-аминокислотного обмена, исходные компоненты ряда нейромедиаторов и гормонов для регуляции работы ЦНС, углеводного, липидного и водно-солевого обмена, поддержание активности умственных процессов и мозга в целом, регенерация тканей и формирование мышечных волокон [4, 5, 17]. При этом некоторые аминокислоты могут непосредственно снабжать энергией мышечную ткань, из чего следует, что уникальные биологические функции аминокислот позволяют организму расти, развиваться и нормально действовать на протяжении всей жизни, так как они незаменимы во всех процессах жизнедеятельности [4, 5, 17].

Аминокислоты являются одними из ключевых компонентов питания животных как в составе белковой диеты, так и в качестве дополняющих продуктов [3, 6, 8, 11, 17]. В связи с этим разрабатывается огромное количество различных кормовых добавок, оригинальных комбинаций и составов кормов, которые содержат необходимые аминокислоты для сбалансированного роста и развития свиней [8, 14, 16, 17].

Целью исследования было выявить закономерности в аминокислотном составе крови гибридных свиней при постановке и снятии с откорма, включая корреляции как между АК, так и с основными биохимическими показателями крови животных.

■ Материалы и методы

Для исследования отобраны 68 свиней трехпородного скрещивания: крупная белая х ландрас х дюрок (КБхЛхД) при постановке и снятии с откорма. Возраст постановки на автоматические кормовые станции по всей популяции составил 74 дня, возраст снятия – 151 день. Период откорма – 77 дней, прирост – около 74 кг, что соответствует нормативно-технологическим критериям для кормовых станций. При анализе показателей откорма установлено: живая масса при постановке животных была 37,2 кг, в среднем живая масса при снятии с откорма – около 111 кг, что обусловлено техническими критериями кормовых станций.

Определение концентрации аминокислот в сыворотке крови осуществлялось методом ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией проб нингидрином. Для этого в отделе физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных имеется система высокоэффективной жидкостной хроматографии LC-20 Prominence (Shimadzu, Япония), оснащенная реакционным модулем для постколоночной дериватизации нингидрином APM-1000 (Sevko&Co, Россия) и колонка с ионообменной смолой (Sevko&Co) [18, 19].

Подготовку проб для анализа осуществляли в соответствии с ГОСТом 32195-2013. Образцы подвергали гидролизу в кислой среде (6N HCl). После гидролиза пробирки охлаждали, затем отбирали 160 мкл гидролизата и высушивали при 100°C. Сухой остаток растворяли в буферном растворе для разведения образцов (Sevko&Co) и центрифугировали при 13 000 об./мин. Супернатант отфильтровывали через фильтр с фторопластовой мембраной с диаметром пор 0,45 мкм (Agilent, США) и проводили аминокислотный анализ полученной пробы.

Так как метионин и цистеин разрушаются в условиях гидролиза, их необходимо предварительно перевести в стабильную форму путем окисления до цистеиновой кислоты и метионин сульфона соответственно. В свою очередь, тирозин разрушает-

ся при окислении с последующим гидролизом, поэтому он определяется в гидролизатах неокисленных проб. Остальные аминокислоты определяются как в окисленных, так и в неокисленных пробах. Таким образом, для полного аминокислотного анализа исследуемого образца нужно две пробы – окисленная и неокисленная. Окисление проводится смесью надмуравьиной кислоты с фенолом. Избыточный окислитель разлагается дисульфидом натрия. Окисленные или неокисленные пробы подвергаются гидролизу с соляной кислотой молярной концентрации 6 M в течение 24 часов. Гидролизат доводится до pH 2,2. Аминокислоты разделяются ионообменной хроматографией, дериватизируются нингидрином и детектируются при длине волны 570 нм (440 нм для пролина) [18, 19].

Предел обнаружения для большинства производных аминокислот обычно составляет 10 пмоль, а для производных пролина – 50 пмоль. Линейность сигнала наблюдается в области 20–500 пмоль с коэффициентом корреляции более 0,999. В процессе работы пришли к выводу, что для получения удовлетворительных данных следует перед гидролизом использовать образцы белка или пептида массой более 1 мкг.

Результаты обработаны классическими статистическими и корреляционными методами в программе Microsoft Excel.

■ Результаты исследования

Содержание аминокислот является одним из важных показателей, влияющих на качество продукции свиноводства. Проведен аминокислотный анализ 68 образцов крови гибридных свиней. Поскольку не все α-аминокислоты легко определяются, то в первую очередь хроматографией оценивается общее содержание таких аминокислот, как Tyr, Phe, Gly, Ala, Val, Leu, Ile, Asp, Glu, Arg, His, Lys (при 570 нм) и Pro (при 440 нм). Во время гидролиза (6M HCl, 24 часа, 110°C) Trp, Asn, Gln разрушаются, Cys и Met – легко окисляются. Кроме того, Tyr, Ser и Thr частично теряются и могут определяться суммарно (как Tyr+Phe или Ser+Thr). Важно то, что нами определены основные α-аминокислоты (после тотального гидролиза образцов) в двух группах: в первой – при постановке (42 образца) и во второй – при снятии с откорма (26 образцов) (табл. 1, 2).

В результате анализа данных **таблицы 1** все АК можно разделить на три группы по их содержанию в крови свиней при постановке на откорм: первая – четыре АК, содержание которых выше 0,5 г/100 г (Glu>Leu>Lys>Asp), вторая – семь АК, содержание которых от 0,3 до 0,5 г/100 г (Val>Ala>Phe>Arg>Ser>Thr>Tyr), и третья – четыре АК, содержание которых менее 0,3 г/100 г (Pro>Ile>His>Gly).

Из анализа данных **таблицы 2** следует, что эти же три группы АК практически не меняются по составу в крови гибридных свиней после снятия с откорма: во-первых, четыре АК, содержание которых выше 0,5 г/100 г (Glu>Leu>Asp>Lys), во-вторых, восемь АК, содержание которых от 0,3 до 0,5 г/100 г (Val>Phe>Ala>Arg>Tyr>Thr>Ser>Pro), и в третьих – три АК, содержание которых менее 0,3 г/100 г (Ile>Gly>His). Однако абсолютные величины содержания этих аминокислот в крови гибридных свиней после снятия с откорма (**табл. 2**) существенно выше, чем было при постановке на откорм (**табл. 1**): Asp (на 21,8%), Thr (на 12,9%), Ser (на 12,9%), Glu (на 17,9%), Gly (на 20,0%), Ala (на 10,5%), Val (на 20,5%), Ile (на 13,0%), Leu (на 13,8%), Tyr (на 17,79%), Phe (на 16,2%), His (на 9,5%), Lys (на 11,9%), Arg (на 13,5%), Pro (на 29,6%). Таким образом, все АК можно расположить в ряд по увеличению их содержания в крови гибридных свиней после снятия с откорма по сравнению с таковым при постановке на откорм: Pro>Asp>Val>Gly>Glu>Tyr>Phe>Arg>Leu>Ile>Ser>Thr>Lys>Ala>His.

Определены значения корреляций по содержанию всех исследованных α-аминокислот (между собой) в крови гибридов (**табл. 3, 4**).

Обнаружены исключительно высокие значения корреляций (от 0,70 до 0,99) содержания всех исследованных α-L-аминокислот (между собой) в крови гибридов при постановке на откорм (**табл. 3**) и после снятия с откорма (**табл. 4**). Эти данные являются прямым доказательством правильности выбранной нами стратегии исследования и методик по анализу содержания основных аминокислот в указанных образцах.

В первой группе гибридов (постановка на откорм) в крови выявлено следующее количество корреляции (очень сильных/сильных/умеренных) между конкретными аминокислотами: 8/4/0 – для Asp, 9/3/1 – для Thr, 7/5/0 – для Ser, 8/4/0 – для

Таблица 1. Анализ по основным аминокислотам крови гибридных свиней (постановка) (n=42, первая группа)

Аминокислота/Фактор	Среднее значение, г/100 мл	Стандартное отклонение, отн. ед.	Доверительный интервал, отн. ед.	Стандартная ошибка, г/100 мл
Asp	0,55	0,04	0,02	0,01
Thr	0,31	0,03	0,01	0,01
Ser	0,31	0,03	0,01	0,01
Glu	0,84	0,07	0,03	0,02
Gly	0,20	0,02	0,01	0,01
Ala	0,38	0,04	0,02	0,01
Val	0,39	0,03	0,01	0,01
Ile	0,23	0,02	0,01	0,01
Leu	0,65	0,05	0,02	0,01
Tyr	0,34	0,03	0,01	0,01
Phe	0,37	0,03	0,01	0,01
His	0,21	0,02	0,01	0,01
Lys	0,59	0,06	0,03	0,01
Arg	0,37	0,03	0,01	0,01
Pro	0,27	0,02	0,01	0,00

Примечание. Здесь и далее: Asp – аспаргиновая кислота, Thr – треонин, Ser – серин, Glu – глутаминовая кислота, Gly – глицин, Ala – аланин, Val – валин, Ile – изолейцин, Leu – лейцин, Tyr – тирозин, Phe – фенилаланин, His – гистидин, Lys – лизин, Arg – аргинин, Pro – пролин.

Таблица 2. Анализ по основным аминокислотам крови гибридных свиней (снятие) (n=26, вторая группа)

Аминокислота/Фактор	Среднее значение, г/100 мл	Стандартное отклонение, отн. ед.	Доверительный интервал, отн. ед.	Стандартная ошибка, г/100 мл
Asp	0,67	0,12	0,06	0,03
Thr	0,39	0,07	0,04	0,02
Ser	0,39	0,07	0,04	0,02
Glu	0,99	0,17	0,09	0,05
Gly	0,24	0,04	0,02	0,01
Ala	0,42	0,07	0,04	0,02
Val	0,47	0,08	0,04	0,02
Ile	0,26	0,05	0,02	0,01
Leu	0,74	0,12	0,06	0,03
Tyr	0,40	0,07	0,04	0,02
Phe	0,43	0,08	0,04	0,02
His	0,23	0,05	0,03	0,01
Lys	0,66	0,11	0,06	0,03
Arg	0,42	0,11	0,06	0,03
Pro	0,35	0,07	0,04	0,02

Glu, 7/4/0 – для Gly, 0/4/7 – для Ala, 10/1/3 – для Val, 9/3/0 – для Ile, 11/0/3 – для Leu, 10/1/2 – для Tyr, 10/2/1 – для Phe, 1/2/6 – для His, 5/8/0 – для Lys, 3/9/1 – для Arg, 0/4/5 – для Pro (слабые корреляции, то есть менее величины 0,25, не рассматриваются).

Во второй группе гибридов (снятие с откорма) в крови выявлено следующее количество корреляции (очень сильных/сильных/умеренных) между конкретными аминокислотами: 4/10/0 – для Asp, 12/2/0 – для Thr, 12/2/0 – для Ser, 13/1/0 – для Glu, 12/2/0 – для Gly, 12/2/0 – для Ala, 11/3/0 – для Val, 11/3/0 – для Ile, 13/1/0 – для Leu, 12/2/0 – для Tyr, 12/2/0 – для Phe, 2/12/0 – для His, 13/1/0 – для Lys, 9/5/0 – для Arg, 12/2/0 – для Pro (слабые корреляции, то есть менее величины 0,25, не рассматриваются).

Таким образом, общее количество очень сильных и сильных корреляций между конкретными аминокислотами в крови гибридов во второй группе больше или равно таковым в первой группе животных.

В первой группе гибридов в крови выявлены следующие корреляции между конкретными аминокислотами: первая – Asp с Thr – Ser – Glu – Val – Ile – Leu – Tyr – Phe – Arg составляет 0,87, 0,88, 0,98, 0,80, 0,86, 0,91, 0,89, 0,84, 0,70 соответственно; вторая – Thr с Ser – Glu – Gly – Val – Ile – Leu – Tyr – Phe составляет 0,97, 0,86, 0,77, 0,94, 0,80, 0,87, 0,90, 0,84 соответственно; третья – Ser с Glu – Val – Ile – Leu – Tyr – Phe составляет 0,85, 0,86, 0,70, 0,80, 0,85, 0,75 соответственно; четвертая – Glu с Val – Ile – Leu – Tyr – Phe – Lys составляет 0,79, 0,85, 0,92, 0,90,

Таблица 3. Коэффициенты корреляции между основными АК в крови гибридных свиней (постановка на откорм)

АК	Asp	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala	Val	Ile	Leu	Tyr	Phe	His	Lys	Arg	Pro
Asp	1,00	0,87	0,88	0,98	0,66	0,21	0,80	0,86	0,91	0,89	0,84	0,20	0,69	0,70	0,54
Thr	0,87	1,00	0,97	0,86	0,77	0,30	0,94	0,80	0,87	0,90	0,84	0,21	0,69	0,68	0,50
Ser	0,88	0,97	1,00	0,85	0,66	0,11	0,86	0,70	0,80	0,85	0,75	0,10	0,57	0,62	0,62
Glu	0,98	0,86	0,85	1,00	0,65	0,22	0,79	0,85	0,92	0,90	0,87	0,16	0,70	0,68	0,54
Gly	0,66	0,77	0,66	0,65	1,00	0,43	0,83	0,75	0,80	0,79	0,80	0,47	0,73	0,76	0,26
Ala	0,21	0,30	0,11	0,22	0,43	1,00	0,46	0,56	0,48	0,44	0,55	0,53	0,68	0,40	-0,46
Val	0,80	0,94	0,86	0,79	0,83	0,46	1,00	0,85	0,92	0,86	0,87	0,34	0,87	0,69	0,30
Ile	0,86	0,80	0,70	0,85	0,75	0,56	0,85	1,00	0,93	0,85	0,88	0,33	0,86	0,67	0,22
Leu	0,91	0,87	0,80	0,92	0,80	0,48	0,92	0,93	1,00	0,92	0,95	0,37	0,90	0,76	0,28
Tyr	0,89	0,90	0,85	0,90	0,79	0,44	0,86	0,85	0,92	1,00	0,94	0,24	0,77	0,73	0,37
Phe	0,84	0,84	0,75	0,87	0,80	0,55	0,87	0,88	0,95	0,94	1,00	0,28	0,84	0,69	0,21
His	0,20	0,21	0,10	0,16	0,47	0,53	0,34	0,33	0,37	0,24	0,28	1,00	0,51	0,77	-0,33
Lys	0,69	0,69	0,57	0,70	0,73	0,68	0,87	0,86	0,90	0,77	0,84	0,51	1,00	0,70	-0,01
Arg	0,70	0,68	0,62	0,68	0,76	0,40	0,69	0,67	0,76	0,73	0,69	0,77	0,70	1,00	0,18
Pro	0,54	0,50	0,62	0,54	0,26	-0,46	0,30	0,22	0,28	0,37	0,21	-0,33	-0,01	0,18	1,00

Таблица 4. Коэффициенты корреляции между основными АК в крови гибридных свиней (снятие с откорма)

АК	Asp	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala	Val	Ile	Leu	Tyr	Phe	His	Lys	Arg	Pro
Asp	1,00	0,64	0,64	0,82	0,65	0,79	0,65	0,73	0,79	0,71	0,70	0,65	0,72	0,54	0,83
Thr	0,64	1,00	1,00	0,95	0,98	0,96	0,99	0,98	0,97	0,97	0,95	0,60	0,79	0,75	0,87
Ser	0,64	1,00	1,00	0,95	0,99	0,95	0,99	0,97	0,97	0,96	0,94	0,62	0,80	0,76	0,88
Glu	0,82	0,95	0,95	1,00	0,94	0,98	0,95	0,98	0,99	0,97	0,96	0,69	0,87	0,78	0,93
Gly	0,65	0,98	0,99	0,94	1,00	0,93	0,97	0,94	0,96	0,95	0,95	0,68	0,78	0,80	0,86
Ala	0,79	0,96	0,95	0,98	0,93	1,00	0,97	0,98	0,98	0,95	0,92	0,58	0,83	0,68	0,95
Val	0,65	0,99	0,99	0,95	0,97	0,97	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	0,56	0,78	0,71	0,90
Ile	0,73	0,98	0,97	0,98	0,94	0,98	0,98	1,00	0,98	0,98	0,94	0,58	0,83	0,70	0,90
Leu	0,79	0,97	0,97	0,99	0,96	0,98	0,97	0,98	1,00	0,98	0,97	0,67	0,86	0,78	0,92
Tyr	0,71	0,97	0,96	0,97	0,95	0,95	0,96	0,98	0,98	1,00	0,99	0,60	0,83	0,76	0,85
Phe	0,70	0,95	0,94	0,96	0,95	0,92	0,93	0,94	0,97	0,99	1,00	0,67	0,87	0,84	0,82
His	0,65	0,60	0,62	0,69	0,68	0,58	0,56	0,58	0,67	0,60	0,67	1,00	0,78	0,89	0,59
Lys	0,72	0,79	0,80	0,87	0,78	0,83	0,78	0,83	0,86	0,83	0,87	0,78	1,00	0,89	0,80
Arg	0,54	0,75	0,76	0,78	0,80	0,68	0,71	0,70	0,78	0,76	0,84	0,89	0,89	1,00	0,65
Pro	0,83	0,87	0,88	0,93	0,86	0,95	0,90	0,90	0,92	0,85	0,82	0,59	0,80	0,65	1,00

0,87 соответственно; пятая – Gly с Val – Ile – Leu – Tyr – Phe – Lys – Arg составляет 0,83, 0,75, 0,80, 0,79, 0,80, 0,73, 0,76 соответственно; шестая – Val с Ile – Leu – Tyr – Phe – Lys составляет 0,85, 0,92, 0,86, 0,87, 0,87 соответственно; седьмая – Ile с Leu – Tyr – Phe – Lys составляет 0,93, 0,85, 0,88, 0,86 соответственно; восьмая – Leu с Tyr – Phe – Lys – Arg составляет 0,92, 0,95, 0,90, 0,76 соответственно; девятая – Tyr с Phe – Lys – Arg составляет 0,94, 0,77, 0,73 соответственно; 10-я – Phe с Lys – 0,84; 11-я – His с Arg – 0,77; 12-я – Lys с Arg – 0,70.

Во второй группе гибридов в крови выявлены следующие корреляции между конкретными аминокислотами: первая – Asp с Glu – Ala – Ile – Leu – Tyr – Phe – Lys – Pro составляет 0,82, 0,79, 0,73, 0,79, 0,71, 0,72, 0,83 соответственно; вторая – Thr с Ser – Glu – Gly – Ala – Val – Ile – Leu – Tyr – Phe – Lys – Arg – Pro составляет 1,00, 0,95, 0,98, 0,96, 0,99, 0,98, 0,97, 0,97, 0,95, 0,79, 0,75, 0,87 со-

ответственно; третья – Ser с Glu – Gly – Ala – Val – Ile – Leu – Tyr – Phe – Lys – Arg – Pro составляет 0,95, 0,99, 0,95, 0,99, 0,97, 0,97, 0,96, 0,94, 0,80, 0,76, 0,88 соответственно; четвертая – Glu с Gly – Ala – Val – Ile – Leu – Tyr – Phe – Lys – Arg – Pro составляет 0,94, 0,98, 0,95, 0,98, 0,99, 0,97, 0,96, 0,87, 0,78, 0,93 соответственно; пятая – Gly с Ala – Val – Ile – Leu – Tyr – Phe – Lys – Arg – Pro составляет 0,93, 0,97, 0,94, 0,96, 0,95, 0,95, 0,78, 0,80, 0,86 соответственно; шестая – Ala с Val – Ile – Leu – Tyr – Phe – Lys – Pro составляет 0,97, 0,98, 0,98, 0,95, 0,92, 0,83, 0,95 соответственно; седьмая – Val с Ile – Leu – Tyr – Phe – Lys – Arg – Pro составляет 0,98, 0,97, 0,96, 0,93, 0,78, 0,71, 0,90 соответственно; восьмая – Ile с Leu – Tyr – Phe – Lys – Arg – Pro составляет 0,98, 0,98, 0,94, 0,83, 0,70, 0,90 соответственно; девятая – Leu с Tyr – Phe – Lys – Arg – Pro составляет 0,98, 0,97, 0,86, 0,78, 0,92 соответственно;

10-я – Tyr с Phe – His – Lys – Arg – Pro составляет 0,99, 0,83, 0,76, 0,85 соответственно; 11-я – Phe с Lys – Arg – Pro составляет 0,87, 0,84 и 0,82 соответственно; 12-я – His с Lys – Arg составляет 0,78 и 0,89 соответственно; 13-я – Lys с Arg – Pro составляет 0,89 и 0,80 соответственно.

Как видно из **таблицы 3** и **4**, отдельные исключения составляют значения корреляций содержания аланина, гистидина и пролина в образцах крови первой группы гибридов, тогда как содержание аспартата незначительно снижено в образцах крови второй группы гибридов по сравнению с другими аминокислотами (но не ниже средних значений корреляции). Таким образом, все АК сохраняют или увеличивают значения корреляций (между конкретными аминокислотами) в крови гибридов во второй группе по сравнению с таковыми в первой группе животных.

Отмечены сильные корреляции содержания АК в крови гибридных

свиней (на момент снятия с откорма): с общим белком (для восьми АК $r=0,50-0,64$, шести АК $r=0,30-0,46$); альбумином (для семи АК $r=0,50-0,69$, шести АК $r=0,30-0,46$); мочевиной (для Pro $r=-0,91$, Glu, Ala $r=-0,80$, семи АК $r=0,54-0,74$ и т.д.); фосфолипидами (для девяти АК $r=0,50-0,65$); с рядом катионов и хлоридами (для многих АК $r=0,50-0,75$). Это объясняется особенностями участия определенных АК в основных обменах веществ.

■ Заключение

Таким образом, методом ВЭЖХ определен аминокислотный состав

крови трехпородных гибридных свиней (крупная белая х ландрас х дюрок), который является одним из важных показателей, влияющих на качество продукции свиноводства. Впервые получены значения коэффициентов корреляции аминокислот между собой и с биохимическими параметрами крови гибридных свиней. Эти значения для всех исследуемых животных существенно выше после откорма ($r=0,60-0,88$), чем в начальный период при постановке на откорм ($r=0,17-0,35$). Полученные коэффициенты корреляций позволяют сократить массив данных

для дальнейшего поиска и изучения значимых параметров крови для повышения эффективности откорма. Наиболее перспективными кандидатами для этого являются корреляции между аминокислотными и белковыми показателями крови.

Авторы благодарят Р.В. Рыкова за техническую помощь в измерениях биохимических показателей

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект №20-16-00032-П

Литература

1. Боголюбова Н.В., Воронина О.А., Зайцев С.Ю. Хроматографические методы определения биохимических показателей свинины. Ветеринария, зоотехния и биотехнология, 2020. №8. С. 71–77.
2. Еримбетов К.Т. Особенности метаболизма и формирования мясной продуктивности у свиней разных генотипов. Проблемы биологии продуктивных животных, 2018. №1. С. 51–63.
3. Зайцев С.Ю., Боголюбова Н.В. Развитие свиноводства и анализ современного рынка свинины в России. Ветеринария, зоотехния и биотехнология, 2021. №7. С. 51–57.
4. Зайцев С.Ю. Биологическая химия: от биологически активных веществ до органов и тканей животных. М.: Капитал Принт, 2017. С. 517.
5. Зайцев С.Ю., Боголюбова Н.В., Молянова Г.В. Биохимический анализ крови ряда пород свиней и их гибридов: Монография. М.: Сельскохозяйственные технологии, 2022. 256 с. DOI: 10.18720/SPBPU/2/z22-20.
6. Леонова Т.Н. Структура промышленного производства мяса в России. Все о мясе, 2004. №1. С. 6.
7. Лозовой В.И., Семенов В.В., Кононова Л.В. Биохимические пока-
- затели крови свиней отечественного и зарубежного генофонда, разводимых на Ставрополье. Ветеринарная патология, 2013. №1(43). С. 64–67.
8. Михайлов Н., Свиначев И., Гончаров А. Мясные качества трехпородных гибридов. Животноводство России, 2011. №3. С. 25.
9. МСХ РФ от 4 февраля 2021 года. <https://mcx.gov.ru/press-service/news/v-2020-godu-uvlichilos-proizvodstvo-produktsii-zhivotnovodstva>.
10. Панькова Е.К. Биохимические показатели сыворотки крови свиней разных генотипов. Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2021. №3(89). С. 292–295.
11. Рогожин В.В. Биохимия молока и мяса. СПб.: Гиорд, 2012.
12. Самсонова О.Е., Бабушкин В.А. Эффект скрещивания свиней в зависимости от влияния породных особенностей, типов конституции и уровня кормления. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета, 2010. №2. С. 121–125.
13. Belitz H.D., Grosch W., Schieberle P. Amino acids, peptides, proteins. Food Chemistry, 2008. P. 8–92.
14. Dalibard P., Hess V., Tutour L., Peisker M., Peris S., Perojo Gutierrez A., Redshaw M. Amino acids in animal nutrition. FEFANA Publication, 2014. Vol. 1. P. 1–6.
15. Dołowy M., Pyka A. Application of TLC, HPLC and GC methods to the study of amino acid and peptide enantiomers: a review. Biomedical Chromatography, 2014. Vol. 28. P. 84–101.
16. Karau A., Grayson I. Amino acids in human and animal nutrition. Adv. Biochem. Eng. Biotechnol., 2014. Vol. 143. P. 189–228.
17. Wu G., Bazer F.W., Burghardt R.C., Johnson G.A., Kim S.W., Knabe D.A., Li X.L., Satterfield M.C., Smith S.B. Functional amino acids in swine nutrition and production. Dynamics in Animal Nutrition, 2010. P. 69–98.
18. Zaitsev S.Y., Kolesnik N.S., Bogolyubova N.V. Correlations between the major amino acids and biochemical blood parameters of pigs at controlled fattening duration. Molecules, 2022. Vol. 27. Article 2278.
19. Zaitsev S.Yu., Belous A.A., Voronina O.A., Savina A.A., Rykov R.A., Bogolyubova N.V. Correlations between antioxidant and biochemical parameters of blood serum of Duroc breed pigs. Animals, 2021. Vol. 11. Article 2400.

Правила оформления научных статей в журнал «Свиноводство»

Уважаемые читатели! Напоминаем вам, как правильно оформлять научные статьи для нашего журнала.

В начале статьи – УДК. Название статьи должно быть кратким – не более 5–7 слов – и отражать суть рассматриваемой проблемы (на русском и английском языках), полные ФИО (рус., англ.) с указанием ученых степеней/званий автора и соавторов. Аннотация – на 3–5 предложений (рус., англ.). Ключевые слова – 4–6 шт. (рус., англ.).

Статья может включать в себя небольшое количество схем, таблиц, рисунков, диаграмм и фотографий. Они должны быть приведены полностью в соответствующем месте статьи, озаглавлены и пронумерованы. По тексту статьи приводятся ссылки на соответствующие таблицы или рисунки. Графики, диаграммы, рисунки и фотографии надо присылать отдельно графическими файлами (JPG или TIF) с разрешением 300 dpi. В конце обязательно наличие списка литературы, расположенной в алфавитном порядке, вначале русскоязычной, а затем иностранной, но со сквозной нумерацией в соответствии с ГОСТом 7.1-2003. Индекс DOI присваивается редакцией.

Авторы несут ответственность за точность приводимых в рукописи цитат и статистических данных. Подписчики, оформившие годовую подписку на журнал, имеют приоритет в публикации материалов.

Статьи принимаются по электронной почте редакции: svinovodstvo2004@mail.ru и pig-breeding@mail.ru.