

УДК: 612.124:636.4

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.321

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ СЫВОРОТКИ КРОВИ СВИНЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОРОДЫ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОТКОРМА

Колесник Н.С. – асп., мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-4267-5300);
Зеленченкова А.А. – канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-8862-3648);
Зайцев С.Ю.* – д-р хим. наук, д-р биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-1533-8680).

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства –
ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»

* s.y.zaitsev@mail.ru

Ключевые слова: откормочные свиньи, трех-породные гибриды, аминокислоты, ионообменная хроматография.

Key words: fattening pigs, three-breed hybrids, amino acids, ion exchange chromatography.

Финансирование: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20-16-00032-П, <https://rscf.ru/project/20-16-00032/>

Поступила: 06.07.2024

Принята к публикации: 20.09.2024

Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Аминокислоты (АК) являются важными маркерами состояния белкового обмена, а потому изучение аминокислотного состава тканей животных является актуальной задачей. В данной статье представлены результаты аминокислотного анализа сыворотки крови откормочных свиней породы ландрас и двух-породных гибридов (ландрас·крупная белая) в зависимости от длительности откорма. Откормочные свиньи (n=40) были разделены на 6 групп в зависимости от породы и длительности откорма: А-2 – 60 дней откорма свиньи породы ландрас, В-2 – 60 дней откорма F1 ландрас·крупная белая, С-2 – 70-80 дней откорма свиньи породы ландрас, D-2 – 70-80 дней откорма F1 ландрас·крупная белая, F-2 – 100 дней откорма свиньи породы ландрас, S-2 – 100 дней откорма F1 ландрас·крупная белая. Наиболее стабильными по содержанию в крови аминокислотами являются тирозин, гистидин, треонин, фенилаланин, глицин и пролин во всех изучаемых группах животных. Согласно полученным результатам, изменения АК состава сыворотки крови обусловлено в значительной степени именно длительностью откорма (как с одним из ключевых кормовых факторов), так и генотипами животных.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Аминокислоты (АК) выполняют важные функции в организме в качестве основных компонентов белкового обмена [1], а также – для ряда метаболитов углеводного и липидного обменов [2]. Хотя в большинстве работ описывают только незаменимые аминокислоты (НАК), таких как триптофан, фенилаланин, лизин, аргинин, гистидин, треонин, метионин, лейцин, изолейцин и валин, которые не могут синтезироваться в организме человека и должны поступать только с пищей, но, как правило, измеряются все «протеиногенные» АК [2, 3]. Было обнаружено, что ряд аминокислот с разветвленной цепью (например, изолейцин, лейцин и валин) «улучшают качество свиного мяса», способствуют росту мышечной ткани, улучшают развитие кишечника и «регулируют иммунный ответ». [4]. Хорошо известно, что свободные аминокислоты и многие их производные могут быть «необычайным регулирующим фактором» в соединении основных метаболических процессов [5]. Например, метаболиты аланина, 4-гидроксипролина, тирозина, метионина и др. связаны с циклом Кребса, который является связующим звеном для многих метаболических путей [6]. Кроме того, установлено, что определенное количество меди (в печени свиней) существенно влияет на концентрацию некоторых аминокислот (лейцина, фенилаланина, метионина, пролина, тирозина) в сыворотке крови животных, предполагая особую влияние на развитие животных [7]. Поэтому разработка научно обоснованных «норм потребности в аминокислотах» имеет большое значение в организации рационального питания сельскохозяйственных животных [8]. Авторы [9] считали, что важнейшими аминокислотами для свиней являются лизин, метионин, треонин и триптофан.

Среди 20 незаменимых аминокислот можно выделить, например, глутамин. Недостаток этой аминокислоты приводит «к нарушению иммуногенеза» [9]. Хорошо известно, что аминокислоты не накапливаются в тканях, а постоянно присут-

ствуют в крови, при этом некоторые имеют экзогенное происхождение; некоторые образуются в результате распада белков организма. Важно подчеркнуть, что четких нормативов содержания свободных аминокислот у изученных видов животных не существует. В работе [9] измеряли содержание различных аминокислот в сыворотке крови свиней «раннеспелой мясной породы». Например, относительное количество всех аминокислот в этом случае составило $3,521 \pm 0,252$, что несколько ниже обычно приводимого примерно на 5% [9].

В работах Морозовой Л.А. и др. [10] и Петухова М.А. и др. [11] описаны и детально обсуждены сопоставимые данные по содержанию свободных аминокислот в мясе свиней. Петухова М.А. и др. исследовали аминокислотный состав мяса свиней нескольких пород, в том числе дюрок, а Морозова Л.А. с соавт. изучали содержание АК в мышечной ткани гибридных свиней (Ландрас·Йоркшир·Дюрок). Например, содержание валина у гибридных свиней было значительно ниже, чем у чистопородных дюрок ($0,985 \text{ г/100 г}$ и $1,460 \text{ г/100 г}$ соответственно), а содержание лизина составило $2,128 \text{ г/100 г}$ у гибридных свиней. свиньи и $2,431 \text{ г/100 г}$ - для чистопородных [10, 11]. В свою очередь фенилаланин, гистидин, треонин, метионин и триптофан обнаружены практически в равных количествах [11, 12].

Исследования, направленные на изучение биохимических и физиолого-биологических показателей крови сельскохозяйственных животных, являются необходимыми для объективной прижизненной оценки состояния здоровья, характера и направленности протекания обменных процессов в организме [13, 14]. В свою очередь, аминокислоты являются важными маркерами состояния белкового обмена, а потому изучение аминокислотного состава тканей животных является актуальной задачей [14, 15].

Целью нашей работы было выявление зависимости аминокислотного состава крови откормочных свиней породы ланд-

рас и двух породных гибридов от длительности откорма и породной принадлежности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Определение концентрации аминокислот в сыворотке крови осуществлялось методом ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией проб нингидрином. Для этого в отделе физиологии и биохимии с/х животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста имеется система высокоэффективной жидкостной хроматографии LC-20 Prominence (Shimadzu, Япония), оснащенная реакционным модулем для пост-колоночной дериватизации нингидрином APM-1000 (Sevko&Co, Россия) и колонка с ионообменной смолой (Sevko&Co, Россия). Подготовка проб для анализа осуществлялась в соответствии с ГОСТ 32195-2013. Для подготовки проб к анализу использовали кислый гидролиз в 6 Н HCl для разложения белков на отдельные аминокислоты с добавлением норлейцина в качестве внутреннего стандарта. Гидролиз выполняли в фторопластовых стаканах с завинчивающейся крышкой (СЕМ, США), в термостате при 110 °С в течение 24 часов. Поскольку не все α -аминокислоты легко определяются, то в первую очередь хроматографией оценивается общее содержание таких аминокислот, как Тир, Фен, Гли, Ала, Вал, Лей, Иле, Асп, Глу, Арг, Гис, Лиз (при 570 нм) и Про (при 440 нм). Так как метионин и цистеин разрушаются в условиях гидролиза, их необходимо предварительно перевести в стабильную форму путём окисления до цистеиновой кислоты и метионин сульфона соответственно. В свою очередь, тирозин разрушается при окислении с последующим гидролизом, поэтому определяется в гидролизатах неокисленных проб.

Откормочные свиньи были разделены на 6 групп в зависимости от породы и длительности откорма: А-2 – 60 дней откорма свиньи породы ландрас (n=5), В-2 – 60 дней откорма F1 ландрас*крупная белая (n=5), С-2 – 70-80 дней откорма свиньи породы ландрас (n=10), D-2 – 70-

80 дней откорма F1 ландрас*крупная белая (n=10), F-2 – 100 дней откорма свиньи породы ландрас (n=5), S-2 – 100 дней откорма F1 ландрас*крупная белая (n=5).

Обработку полученных данных выполняли в программе Microsoft Excel с расширенным пакетом анализа данных. При этом вычислены следующие величины: среднеарифметическая (М), среднеквадратическая ошибка ($\pm m$) и уровень значимости (p). Результаты исследований считали высокодостоверными при $p < 0,001$ и достоверными при $p < 0,01$ и $p < 0,05$. При $p < 0,1$ до $p > 0,05$ - тенденция к достоверности полученных данных. При $p > 0,1$ разницу считали недостоверной. Сравнительный анализ изучаемых групп проводили по методу Тьюки-Крамера.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Содержание Glu в исследуемых образцах варьировалось от 0,78 до 0,89 г/100мл, Asp – 0,45-0,61 г/100мл, Leu – 0,53-0,65 г/100мл, Lys – 0,43-0,61 г/100мл. Содержание Ala, Val, Tyr, Phe и Arg в исследуемых группах животных находилось в пределах 0,30-0,41 г/100мл, 0,32-0,44 г/100мл, 0,34-0,37 г/100мл, 0,36-0,40 г/100мл и 0,33-0,41 г/100мл соответственно. Для Thr, Ser, Pro – 0,24-0,28 г/100мл, 0,25-0,36 г/100мл и 0,23-0,28 г/100мл. Уровень Gly, Ile, His составил 0,17-0,21 г/100мл, 0,19-0,23 г/100мл, 0,23-0,28 г/100мл соответственно. Содержание Cys и Met было наименьшим и составило 0,15-0,18 г/100мл для цистеина и 0,04-0,05 г/100мл для метионина. (таблица 1).

Наблюдается значительное увеличение большинства аминокислот по группам в зависимости от дней откорма. Нами обнаружены статистически значимые различия по содержанию большинства АК между группами. Для групп А-2 и В-2 (чистопородные и двухпородные гибриды на 60 день откорма) статистически значимы различия только по содержанию аланина. Для А-2 и С-2 (ландрас на 60 и 70-80 дней откорма) значимые различия по аргинину. Для А-2 и D-2 (ландрас 60 дней откорма и 70-80 дней откорма F1 ландрас*крупная белая) отличия по Met и Arg. Наблюдаются значительные различия по

содержанию большинства АК между группами А-2 и F-2 (ландрас на 60 и 100 днях откорма соответственно), а именно Asp, Ser, Glu, Gly, Ala, Cys, Val, Met, Ile, Lys, Arg, Pro. В группах А-2 и S-2 (ландрас 60 дней и 100 дней откорма F1 ландрас*крупная белая) прослеживаются аналогичные тенденции для Asp, Ser, Glu, Ala, Cys, Val, Met, Ile, Lys, Arg. Между группами В-2 и С-2 (60 дней откорма F1 ландрас*крупная белая и 70-80 дней откорма ландрас) значимые различия по следующим АК: Asp, Ser, Glu, Ala, Val, Leu, Arg. Для В-2 и D-2 (60 дней откорма F1 ландрас*крупная белая и 70-80 дней откорма F1 ландрас*крупная белая): Asp, Ser, Glu, Ala, Val, Lys, Arg. Для В-2 и F-2 (60 дней откорма F1 ландрас*крупная белая и 100 дней откорма ландрас) получены значимые различия по большинству АК: Asp, Ser, Glu, Ala, Cys, Val, Ile, Leu, Lys, Arg. Аналогично для групп В-2 и S-2 (60 дней откорма F1 ландрас*крупная белая и 100 дней откорма F1 ландрас*крупная белая): Asp, Thr, Ser, Glu, Ala,

Cys, Val, Met, Ile, Leu, Phe, Lys, Arg. Для групп С-2 и D-2 (70-80 дней откорма ландрас и 70-80 дней откорма F1 ландрас*крупная белая) достоверных различий между содержанием АК не обнаружено. Для С-2 и F-2 (70-80 дней откорма ландрас и 100 дней откорма ландрас) отличия между содержанием Asp, Ser, Gly, Ala, Val, Lys, Arg, Pro. В группах С-2 и S-2 (70-80 дней откорма ландрас и 100 дней откорма F1 ландрас*крупная белая) значимые отличия по количеству Asp, Ser, Ala, Val, Lys, Arg. Для D-2 и F-2 (70-80 дней откорма F1 ландрас*крупная белая и 100 дней откорма ландрас): Asp, Val, Ile, Arg. Между группами D-2 и S-2 (70-80 дней откорма F1 ландрас*крупная белая и 100 дней откорма F1 ландрас*крупная белая) отличия в содержании Asp, Ser, Ala, Cys, Val, Ile, Lys, Arg. Между группами F-2 и S-2 (100 дней откорма ландрас и 100 дней откорма F1 ландрас*крупная белая) значимых различий по содержанию АК в сыворотке крови не обнаружено.

Таблица 1 – Сравнительный анализ групп откормочных свиней по общему аминокислотному составу (г/100 мл)

АК/Группы	A-2	B-2	C-2	D-2	F-2	S-2	P-value
ASP	0,49 ^{AF}	0,45 ^{BCBD}	0,52 ^{CFCFS}	0,53 ^{DFDS}	0,59 ^{AFBF}	0,61 ^{ASBS}	≤0,0001
THR	0,27	0,24 ^{BS}	0,27	0,26	0,27	0,28	0,022
SER	0,28 ^{AFAS}	0,25 ^{BCBD}	0,30 ^{CFCFS}	0,31 ^{DS}	0,35 ^{BF}	0,36 ^{BS}	≤0,0001
GLU	0,78 ^{AFAS}	0,72 ^{BCBD}	0,83	0,82	0,86 ^{BF}	0,89 ^{BS}	≤0,0001
GLY	0,21 ^{AF}	0,19	0,21 ^{CF}	0,19	0,17	0,17	≤0,0001
ALA	0,31 ^{ABAF}	0,21 ^{BCBD}	0,33 ^{CFCFS}	0,34 ^{DS}	0,39 ^{BF}	0,41 ^{ASBS}	≤0,0001
CYS	0,15 ^{AFAS}	0,15 ^{BFBS}	0,16	0,16 ^{DS}	0,18	0,18	≤0,0001
VAL	0,35 ^{AFAS}	0,32 ^{BCBD}	0,36 ^{CFCFS}	0,37 ^{DFDS}	0,42 ^{BF}	0,44 ^{BS}	≤0,0001
MET	0,05 ^{AD}	0,05 ^{BS}	0,05	0,04	0,04 ^{AF}	0,04 ^{AS}	0,001
ILE	0,20 ^{AFAS}	0,19 ^{BFBS}	0,21	0,20 ^{DFDS}	0,23	0,23	0,001
LEU	0,59	0,53	0,62 ^{BC}	0,60	0,63 ^{BF}	0,65 ^{BS}	≤0,0001
TYR	0,36	0,34	0,37	0,35	0,33	0,35	0,022
PHE	0,37	0,36 ^{BS}	0,39	0,37	0,39	0,40	0,002
HIS	0,24	0,22	0,25	0,23	0,22	0,22	0,011
LYS	0,47 ^{AFAS}	0,43 ^{BDBF}	0,50 ^{CFCFS}	0,53 ^{DS}	0,60	0,61 ^{BS}	≤0,0001
ARG	0,33 ^{ACAD}	0,33 ^{BCBD}	0,37 ^{CFCFS}	0,37 ^{DFDS}	0,41 ^{AFBF}	0,41 ^{ASBS}	≤0,0001
PRO	0,28 ^{AF}	0,26	0,29 ^{CF}	0,25	0,23	0,25	0,005

*Примечание: A-2 – 60 дней откорма свиньи породы ландрас, B-2 – 60 дней откорма F1 ландрас*крупная белая, C-2 – 70-80 дней откорма свиньи породы ландрас, D-2 – 70-80 дней откорма F1 ландрас*крупная белая, F-2 – 100 дней откорма свиньи породы ландрас, S-2 – 100 дней откорма F1 ландрас*крупная белая, Asp – аспарагиновая кислота, Thr – треонин, Ser – серин, Glu – глутаминовая кислота, Gly – глицин, Ala – аланин, Cys – цистеин, Val – валин, Met – метионин, Ile – изолейцин, Leu – лейцин, Tyr – тирозин, Phe – фенилаланин, His – гистидин, Lys – лизин, Arg – аргинин, Pro – пролин.*

В первом приближении оценивая АК в связи с генетической изменчивостью, т.е. если сравнивать коэффициенты корреляции между тремя группами ландрасов (A-2, C-2, F-2) и тремя группами гибридов F1 (B-2, D-2, S-2), то можно сделать следующее заключение: наиболее высокой изменчивостью обладают Ala (0,77), Val (0,75), Asp (0,71), Arg (0,70), Lys (0,62), Ser (0,62), Glu (0,58); средней изменчивостью обладают Cys (0,48), Met (0,47), Leu (0,40), Pro (-0,32), Ile (0,29); низкой изменчивостью обладают Gly (0,20), His (0,19), Phe (0,06), Tyr (0,02) и Thr (0,01). Кроме того, для последних пяти АК не было обнаружено статистически значимых различий в их содержании в разных группах откормочных свиней. Исходя из полученных результатов можно сделать вывод о том, что в большинстве случаев относительные изменения АК состава сыворотки крови гибридов по сравнению с чистопородными свиньями обусловлено генотипом животных.

Однако, если рассматривать отдельно гибридов или чистопородных свиней только по длительности откорма, то получаются интересные разнонаправленные закономерности, которые обсуждаются ниже.

Сравнение корреляций между основными аминокислотами в сыворотке крови ландрасов в зависимости от периода откорма (60/100 дней) дают только положительные коэффициенты, причем большинство – сильного и среднего типа Ser (0,94), Ala (0,78), Val (0,77), Leu (0,75), Pro (0,72), Ile (0,29); Ile (0,69), Gly (0,64), Phe (0,64), Glu (0,62); Lys (0,57), His (0,55), Asp (0,50), Cys (0,45), Met (0,40), Arg (0,46), Thr (0,39) и только Tyr (0,17) относится к слабому типу.

Напротив, сравнение корреляций между основными аминокислотами в сыво-

ротке крови гибридов в зависимости от периода откорма (60/100 дней) дают только больше отрицательных, чем положительных коэффициентов следующих типов: сильного типа – только Tyr (-0,69) и Arg (0,53), а среднего типа – Pro (-0,40), Glu (-0,33), Met (-0,29) и Lys (-0,25), а также – Thr (0,45). Для большинства АК наблюдаются отрицательные и положительные коэффициенты, относящиеся к слабому типу: Leu (-0,21), Phe (-0,21), Asp (-0,16), His (-0,11), Ser (-0,04), Cys (-0,01), а также – Gly (0,18), Ala (0,12), Ile (0,12); Val (0,04), которые нет смысла обсуждать. Обсуждать возможно прежде всего резкое изменение величины коэффициентов корреляций в зависимости от периода откорма (60/100 дней) для таких АК, как Ser (0,94), Gly (0,64), Ala (0,78) у ландрасов по сравнению с Ser (-0,04), Gly (0,18), Ala (0,12) у гибридов, участвующих в общем метаболическом пути. Это связано с генетическими особенностями для чистопородных и гибридных свиней, для которых величины коэффициентов корреляций (ландрас/гибрид) в зависимости от периода откорма (60/80/100 дней) следующие: по Ser (0,18/0,47/-0,69), по Gly (0,52/0,10/-0,81), по Ala (0,07/0,42/-0,71). Таким образом, слабые и средние положительные корреляции по всем этим АК с увеличением дней откорма превращаются в сильные отрицательные корреляции. Именно указанные изменения корреляций и интенсивности соответствующих метаболических путей для этих АК являются наглядным примером и во многом объясняют как белково-липидные особенности, так и частые рекомендации откармливать гибридных свиней до 100 дней.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, наиболее стабильными по содержанию в крови аминокислотами являются тирозин, гистидин, треонин,

фенилаланин, глицин и пролин во всех изучаемых группах животных. Количество значимых различий в содержании АК растёт по мере увеличения длительности откорма. Изменения аминокислотного состава сыворотки крови свиней напрямую связаны как с одним из ключевых кормовых факторов (длительность откорма), так и с генотипами животных.

AMINO ACID COMPOSITION OF PIG BLOOD SERUM DEPENDING ON THE BREED AND DURATION OF FATTENING

Kolesnik N.S. – Graduate Student, Junior Researcher (ORCID 0000-0002-4267-5300), **Zelenchenkova A.A.** – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher (ORCID 0000-0001-8862-3648), **Zaitsev S.Yu.*** – Doctor of Biological Sciences, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Leading Researcher (ORCID 0000-0003-1533-8680).

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst

* s.y.zaitsev@mail.ru

Financing: The study was supported by the grant of the Russian Science Foundation No. 20-16-00032-P, <https://rscf.ru/project/20-16-00032/>

ABSTRACT

Amino acids (AA) are the important markers of the state of protein metabolism, and therefore the study of the amino acid composition of animal tissues is an urgent task. This article presents the results of amino acid analysis of the blood serum of fattening pigs of the Landrace breed and two-breed hybrids (Landrace·Large White) depending on the duration of fattening. Fattening pigs (n=40) were divided into 6 groups depending on the breed and duration of fattening: A-2 – 60 days of fattening Landrace pigs, B-2 – 60 days of fattening F1 Landrace Large White, C-2 – 70- 80 days of fattening a Landrace pig, D-2 – 70-80 days of fattening F1 Landrace Large White, F-2 – 100 days of fattening a Landrace pig, S-2 – 100

days fattening F1 Landrace Large White. The most stable amino acids in blood levels are tyrosine, histidine, threonine, phenylalanine, glycine and proline in all studied groups of animals. According to the results obtained, changes in the AA composition of blood serum are largely due to the duration of fattening (as a one of the key feed factors) and the genotypes of animals.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 1.Chalvon-Demersay T., Luise D., Le Floch N., Tesseraud S., Lambert W., Bosi P., Trevisi P., Beaumont M., Corrent E. Functional amino acids in pigs and chickens: implication for gut health. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021;8:1-13.
- 2.Зайцев, С. Ю. Биохимический анализ крови ряда пород свиней и их гибридов / С. Ю. Зайцев, Н. В. Боголюбова, Г. В. Молянова. – Москва: Издательство «Сельскохозяйственные технологии», 2022. – 256 с.
- 3.Неупокоева, А. С. Аминокислотный состав мяса свиней разных генотипов. Актуальные проблемы и научное обеспечение развития современного животноводства: материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (11 апреля 2019 г.) / А. С. Неупокоева, А. В. Ильяков. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2019. – С. 182-187.
- 4.Zhang S., Zeng X., Ren M., Mao X., Qiao Sh. Novel metabolic and physiological functions of branched chain amino acids: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2017;8(1):1-11.
- 5.Wang J., Chen L., Li P., Li X., Zhou H., Wang F., Li D., Yin Y., Wu G. Gene expression is altered in piglet small intestine by weaning and dietary glutamine supplementation. *J. Nutrition*. 2008;(138):1025–103.
- 6.Ильяков, А. В. Метод повышения биологической полноценности мышечной и жировой ткани свиней / А. В. Ильяков, И. Н. Миколайчик // Аграрный вестник Урала. – 2015. – Т. 136. – № 6. – С. 34-37.
- 7.Zhang F., Zheng W., Xue Y., Yao W. Suhuai suckling piglet hindgut microbiome-metabolome responses to different dietary copper levels. *Applied Microbiology and*

Biotechnology. 2019;103(2):853–868.

8. Кулинцев, В. В. Потребность в лизине молодняка свиней / В. В. Кулинцев, С. О. Османова, М. О. Омаров // Аграрная наука. – 2011. – № 9. – С. 16-19.

9. Зайко, О. А. Содержание макро- и микроэлементов в печени свиней скороспелой мясной породы (СМ-1) и их связь с уровнем свободных аминокислот в сыворотке крови. / О. А. Зайко, О. С. Короткевич, В. Л. Петухов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 5. – С. 51-53.

10. Морозова, Л. А. Аминокислотный состав мышечной ткани чистопородных и гибридных свиней в условиях континентального климата России. / Л. А. Морозова, И. Н. Миколайчик, А. В. Ильтяков, Е. С. Ступина, Г. мК. Дускаев // Аграрный вестник Урала. – 2019. – Т. 189. – № 10. – С. 40-46.

11. Петухова, М.А. Аминокислотный состав и биологическая ценность белков мяса свиней различных генотипов. / М. А. Петухова // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2016. – Т. 59. – № 2. – С. 118-123.

12. Федоренкова, Л. А. Содержание аминокислот в мышечной ткани молодняка свиней различных пород. / Л. А. Федоренкова, Р. И. Шейко, Е. А. Янович, М. А. Петухова, Н. М. Храмченко, А. Ч. Бурнос, Т. В. Батковская // Зоотехническая наука Беларуси. – 2015. – Т. 50. – № 1. – С. 180-189.

13. Шейко, Р. И. Биотехнологические приемы и методы улучшения качественных показателей свинины. / Р. И. Шейко // Молекулярная и прикладная генетика. – 2019. – № 27. – С. 80-89.

14. Zaitsev S.Yu., Kolesnik N.S., Bogolyubova N.V. Correlations between the Major Amino Acids and Biochemical Blood Parameters of Pigs at Controlled Fattening Duration. *Molecules*. 2022;27:2278.

15. Булатов, А. П. Влияние природных сорбентов на качество продукции и естественную резистентность молодняка свиней. / А. П. Булатов, И. Н. Миколайчик // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2006. – № 1. – С.

43-46.

REFERENCES

1. Chalvon-Demersay T., Luise D., Le Floc'h N., Tesseraud S., Lambert W., Bosi P., Trevisi P., Beaumont M., Corrent E. Functional amino acids in pigs and chickens: implication for gut health. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021;8:1-13.

2. Zaitsev S.Yu., Bogolyubova N.V., Molyanova G.V. Biochemical blood analysis of a number of pig breeds and their hybrids. Moscow: Publishing House "Agricultural Technologies"; 2022. 256 p. (In Russ.)

3. Neupokoeva A.S., Iltyakov A.V. Amino acid composition of meat from pigs of different genotypes. Current problems and scientific support for the development of modern animal husbandry: materials of Vseros. (national) scientific-practical conf. (April 11, 2019). Kurgan: Publishing house of the Kurgan State Agricultural Academy; 2019. 182-187. (In Russ.)

4. Zhang S., Zeng X., Ren M., Mao X., Qiao Sh. Novel metabolic and physiological functions of branched chain amino acids: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2017;8(1):1-11.

5. Wang J., Chen L., Li P., Li X., Zhou H., Wang F., Li D., Yin Y., Wu G. Gene expression is altered in piglet small intestine by weaning and dietary glutamine supplementation. *J. Nutrition*. 2008;(138):1025–103.

6. Iltyakov A.V., Mikolaichik I.N. A method for increasing the biological usefulness of muscle and fat tissue in pigs. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2015;136(6):34-37. (In Russ.)

7. Zhang F., Zheng W., Xue Y., Yao W. Suhuai suckling piglet hindgut microbiome-metabolome responses to different dietary copper levels. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2019;103(2):853–868.

8. Kulintsev V.V., Osmanova S.O., Omarov M.O. Requirement for lysine in young pigs. *Agricultural Science*. 2011;(9):16-19. (In Russ.)

9. Zaiko O.A., Korotkevich O.S., Petukhov V.L. The content of macro- and microelements in the liver of pigs of the early meat breed (SM-1) and their relationship with the

- level of free amino acids in the blood serum. Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2013;(5):51-53. (In Russ.)
10. Morozova L.A., Mikolaichik I.N., Iltyakov A.V., Stupina E.S., Duskaev G.K. Amino acid composition of muscle tissue of purebred and hybrid pigs in the continental climate of Russia. Agrarian Bulletin of the Urals. 2019;189(10):40-46. (In Russ.)
11. Petukhova M.A. Amino acid composition and biological value of meat proteins from pigs of various genotypes. Reports of the National Academy of Sciences of Belarus. 2016;59(2):118-123. (In Russ.)
12. Fedorenkova L.A., Sheiko R.I., Yanovich E.A., Petukhova M.A., Khrumchenko N.M., Burnos A.Ch., Batkovskaya T.V. Content of amino acids in the muscle tissue of young pigs of various breeds. Zootechnical science of Belarus. 2015;50(1):180-189. (In Russ.)
13. Sheiko R.I. Biotechnological techniques and methods for improving the quality indicators of pork. Molecular and applied genetics. 2019;(27):80-89. (In Russ.)
14. Zaitsev S.Yu., Kolesnik N.S., Bogolyubova N.V. Correlations between the Major Amino Acids and Biochemical Blood Parameters of Pigs at Controlled Fattening Duration. Molecules. 2022;27:2278.
15. Bulatov A.P., Mikolaichik I.N. The influence of natural sorbents on product quality and natural resistance of young pigs. Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2006;(1):43-46. (In Russ.)