

DOI: 10.37925/0039-713X-2023-6-48-52

УДК 636.4.033/636.02/637.661

Изменчивость показателей аминокислотного состава сыворотки крови трехпородных гибридов свиней на основе модели линейного уравнения



А.Ф. КОНТЭ, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник, e-mail: alexandrconte@ya.ru,
О.А. ВОРОНИНА, кандидат биолог. наук, ст. научный сотрудник, e-mail: voroninaok-senia@inbox.ru,
Н.С. КОЛЕСНИК, мл. научный сотрудник, e-mail: kominisiko@mail.ru, А.А. САВИНА, мл. научный
сотрудник, e-mail: kirablackfire@mail.ru, С.Ю. ЗАЙЦЕВ, доктор биолог. наук, вед. научный
сотрудник, e-mail: s.y.zaitsev@mail.ru, ФГБНУ ФИЦ ВИЖ имени Л.К. Эрнста

В свиноводстве для повышения продуктивности животных особое внимание уделяется межпородному скрещиванию и гибридизации. В данной статье представлены результаты статистического анализа (генетических и фенотипических корреляций) аминокислотного состава, определенного хроматографическим методом, и суммарной концентрации водорастворимых антиоксидантов (СКВА), выявленной амперометрическим детектированием, в сыворотке крови трехпородных гибридов свиней. Основными достижениями работы явились корреляционные расчеты и дисперсионный анализ с использованием программ RENUMF90, REMLF90 по СКВА и основным показателям аминокислотного состава сыворотки крови 45 трехпородных гибридов.

Ключевые слова: трехпородные гибриды свиней, показатели крови, аминокислотный состав, модель линейного уравнения, дисперсионная модель, генетические и фенотипические корреляции.

Variability of indicators of amino acid composition of the blood serum of three-breed hybrids of pigs on the basis of a linear equation model

A.F. KONTE, candidate of agricultural sciences, senior researcher, e-mail: alexandrconte@ya.ru,
O.A. VORONINA, candidate of biological sciences, senior researcher, e-mail: voroninaok-senia@inbox.ru,
N.S. KOLESNIK, junior researcher, e-mail: kominisiko@mail.ru, A.A. SAVINA, junior researcher,
e-mail: kirablackfire@mail.ru, S.Yu. ZAITSEV, doctor of biological sciences, leading researcher,
e-mail: s.y.zaitsev@mail.ru, Federal Research Center for Animal Husbandry named after academy member L.K. Ernst

In the production of meat products in modern pig-breeding, in order to increase productivity, special attention is paid to interbreeding and hybridization. This article presents the results of a statistical analysis (genetic and phenotypic correlations) of the amino acid composition determined by the chromatographic method and the total amount of water-soluble antioxidants (TAWSA) determined by amperometric detection in the blood serum of three-breed pig hybrids. The main achievements of the work were correlation calculations and analysis of variance using the RENUMF90, REMLF90 programs, according to TAWSA and the main indicators of the amino acid composition of the blood serum of 45 three-breed hybrid pigs.

Key words: three-breed pig hybrids, blood parameters, amino acid composition, a linear equation model, dispersion model, genetic and phenotypic correlations.

■ Введение

При производстве мясной продукции особое внимание уделяется межпородному скрещиванию и гибридизации [3, 4, 8]. Длительное внутрипородное разведение животных нередко ведет к затуханию процесса селекции от поколения к поколению, падению продуктивности, причем традиционные методы племенной работы оказываются неэффективными для совершенствования признаков, обладающих низкой наследуемостью (плодовитость, молочность маток, сохранность поросят) [3]. С повышением откормочной, в особенности мясной, продуктивности свиней дело обстоит лучше, поскольку эти признаки имеют более высокую наследуемость [1].

Помеси характеризуются более высоким уровнем продуктивности, что обусловлено лучшим жизненным тонусом по сравнению с чистопородными животными [2, 6, 10]. В то же время двух- и трехпородный молодняк превосходит чистопородный по восприимчивости к различным заболеваниям на 1,5–1,9% [3]. Считается, что скрещивание влияет на увеличение устойчивости организма свиней к факторам внешней среды и способствует более эффективному откорму, а также росту продуктивности свиноматок [7].

Для улучшения качества свинины и увеличения мясности туш на заключительном этапе скрещивания и гибридизации используются специализированные мясные породы (пьетрен, дюрок, ландрас и др.), обладающие не только большим «мышечным глазом», но и более высоким убойным выходом, в том числе постного мяса и ценных частей туши. Выбор конкретной породы и их сочетания обуславливается многими факторами, но в конечном счете определяющим показателем является экономическая выгода [5].

За последнее время возрос спрос перерабатывающей промышленности и потребителей на постную свинину. Поэтому селекция свиней сосредоточена на повышении их мясных качеств как комбинированного, так и сального направления продуктивности. Чтобы следовать данному направлению, наряду с чистопородным разведением свиней также применяют межпородное скрещивание [9]. Знание аминокислотного состава мяса позволяет прогнозировать вкусовые свойства свинины, которые во

многим обусловлены содержанием белков. Хорошая антиоксидантная защита организма также способствует лучшему качеству мяса, препятствуя окислительному стрессу и как результату – порче продукта.

Большой научный интерес представляет изучение состояния обменных процессов в организме свиней различных генотипов, в том числе по вышеуказанным параметрам, поскольку интенсивность роста напрямую согласована с метаболическими процессами в организме. Были изучены корреляции между антиоксидантными и биохимическими показателями сыворотки крови свиней породы дюрок [11], а также взаимосвязь между основными аминокислотами и биохимическими показателями крови свиней при контролируемой продолжительности откорма [12].

Цель работы – анализ закономерностей изменчивости аминокислотного состава крови трехпородных гибридов свиней (крупная белая х ландрас х дюрок) в зависимости от суммарного количества водорастворимых антиоксидантов.

■ Материалы и методы исследования

Исследования по изучению изменчивости показателей аминокислотного состава сыворотки крови свиней трехпородных гибридов F2 (крупная белая х ландрас х дюрок) были проведены на поголовье численностью 45 клинически здоровых хряков, проходящих тестовый откорм на автоматических кормовых станциях, в возрасте пяти месяцев и средней живой массой 100 кг. Расчеты фенотипических корреляций производились с использованием программы R-Studio. Методики анализа суммарного количества водорастворимых антиоксидантов СКВА и аминокислотного состава крови трехпородных гибридов свиней описаны в работах [11, 12].

Для изучения влияния фактора СКВА на изменчивость показателей аминокислотного и биохимического состава крови свиней проведен дисперсионный анализ, основной целью которого является исследование значимости различия между средними значениями показателей.

Процедура дисперсионного анализа состоит в определении соотношения систематической (межгрупповой) дисперсии к случайной (внутригрупповой) дисперсии в измеряемых данных.

В качестве показателя изменчивости используется сумма квадратов отклонения значений параметра от среднего – $SS_{\text{общ}}$. Общая сумма квадратов $SS_{\text{общ}}$ раскладывается на межгрупповую сумму квадратов $SS_{\text{м}}$ и внутригрупповую сумму квадратов $SS_{\text{вн}}$:

$$SS_{\text{общ}} = SS_{\text{м}} + SS_{\text{вн}} \quad (1),$$

$$\text{где } SS_{\text{м}} = \sum_{k=1}^{n_k} (X_k - \bar{X})^2,$$

$$\text{а } SS_{\text{вн}} = \sum_{i=1}^{n_k} (x_{ik} - X_k)^2,$$

при этом X_k – среднее группы, \bar{X} – среднее генеральной совокупности, x_{ik} – результат измерения.

Для проверки принятой гипотезы о равенстве групповых средних значений применяют критерий Фишера, в соответствии с которым наблюдаемое значение определяют из соотношения:

$$F_{\text{наблюд.}} = \frac{S_{\text{факт.}}^2}{S_{\text{ост.}}^2} \quad (2).$$

Величина $F_{\text{к}}$ – справочная величина, которая определяется по таблице критических значений распределения Фишера для заданного числа степеней свободы (количество животных) и уровня значимости.

Если $F_{\text{наблюд.}}$ меньше $F_{\text{к}}$, то различия межгрупповых средних значений считаются незначительными, а в случае, если $F_{\text{наблюд.}}$ больше $F_{\text{к}}$, различия межгрупповых средних значений являются значимыми.

■ Результаты исследований и обсуждение

Результаты статистического анализа показателей аминокислотного состава сыворотки крови трехпородных гибридов свиней представлены в **таблице 1**.

Для расчетов всех свиней разделили на девять групп в зависимости от концентрации СКВА в сыворотке крови: первая группа – <14 мг/л; вторая – 14<...<16 мг/л; третья–восьмая группа – с шагом 1 мг/л; девятая – >22 мг/л.

Если обратить внимание на состав аминокислот сыворотки крови гибридов, оказывается, что наивысшей изменчивостью по аспарагиновой кислоте, треонину, серину, глутаминовой кислоте, глицину и аланину отличается третья, четвертая, шестая, седьмая и девятая группа (10–34%), отчасти вторая (по треонину и серину – 9–10%) и восьмая (по серину и аланину – 9–17%). Это подтверждается коэффициентом вариации. Однако

Таблица 1. Показатели аминокислотного состава сыворотки крови гибридов свиней в зависимости от СКВА (мг/л)

Показатель/Группа		1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я	8-я	9-я
	N	3	6	4	7	3	7	4	6	4
Аспарагиновая кислота	M	0,68	0,64	0,70	0,60	0,65	0,65	0,62	0,62	0,59
	m	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	0,01	0,04
	σ	0,02	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,08	0,02	0,09
	Cv	2,24	4,17	6,70	10,43	3,89	5,92	12,69	2,53	14,93
Треонин	M	0,38	0,34	0,37	0,31	0,34	0,35	0,35	0,32	0,30
	m	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02
	σ	0,03	0,03	0,06	0,05	0,02	0,03	0,07	0,01	0,04
	Cv	7,22	9,78	15,3	17,73	5,45	9,33	19,60	4,26	12,77
Серин	M	0,50	0,42	0,46	0,38	0,35	0,37	0,37	0,35	0,36
	m	0,02	0,02	0,08	0,04	0,03	0,03	0,05	0,02	0,06
	σ	0,03	0,04	0,15	0,11	0,06	0,08	0,10	0,06	0,12
	Cv	6,63	10,1	33,1	29,96	17,1	20,2	26,0	17,3	34,2
Глутаминовая кислота	M	1,13	1,10	1,12	0,99	1,05	1,06	1,01	0,99	0,93
	m	0,03	0,02	0,06	0,05	0,04	0,03	0,07	0,02	0,08
	σ	0,06	0,05	0,12	0,13	0,07	0,09	0,14	0,04	0,15
	Cv	5,03	4,96	10,3	13,31	6,39	8,35	14,13	4,11	16,08
Глицин	M	0,32	0,29	0,32	0,26	0,28	0,29	0,27	0,26	0,26
	m	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03
	σ	0,02	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,04	0,02	0,06
	Cv	7,63	7,22	10,2	16,07	4,32	7,81	13,32	6,28	21,65
Аланин	M	0,49	0,46	0,49	0,44	0,49	0,46	0,44	0,43	0,40
	m	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
	σ	0,01	0,03	0,01	0,05	0,02	0,04	0,04	0,04	0,06
	Cv	1,74	6,68	2,41	12,18	4,27	7,61	9,10	9,46	13,92
Цистеин	M	0,23	0,23	0,20	0,20	0,24	0,21	0,19	0,19	0,19
	m	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01
	σ	0,02	0,02	0,03	0,03	0,07	0,02	0,02	0,02	0,01
	Cv	6,74	6,74	15,8	14,74	27,5	11,0	10,35	8,99	7,44
Валин	M	0,58	0,53	0,57	0,48	0,52	0,54	0,48	0,49	0,48
	m	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,04
	σ	0,04	0,04	0,05	0,07	0,02	0,05	0,04	0,03	0,09
	Cv	6,54	7,78	9,44	15,20	4,36	8,91	9,45	5,35	18,64
Метионин	M	0,08	0,11	0,07	0,06	0,06	0,08	0,07	0,06	0,06
	m	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
	σ	0,01	0,04	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03	0,02	0,01
	Cv	7,53	35,5	29,4	31,44	9,12	42,2	37,86	27,0	16,65
Изолейцин	M	0,29	0,29	0,30	0,26	0,30	0,30	0,26	0,27	0,26
	m	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
	σ	0,03	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,04
	Cv	10,4	5,31	4,00	15,41	5,60	7,71	10,07	5,22	16,76
Лейцин	M	0,88	0,86	0,89	0,79	0,85	0,87	0,81	0,79	0,75
	m	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,05	0,02	0,05
	σ	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,06	0,09	0,04	0,11
	Cv	4,08	5,26	5,64	12,22	3,70	6,35	11,54	5,02	14,09
Тирозин	M	0,52	0,47	0,50	0,44	0,47	0,47	0,46	0,43	0,42
	m	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,03
	σ	0,04	0,04	0,04	0,06	0,01	0,04	0,06	0,03	0,06
	Cv	7,76	9,27	8,32	14,50	3,11	8,67	12,84	5,82	14,78
Фенилаланин	M	0,54	0,51	0,54	0,48	0,52	0,51	0,49	0,48	0,46
	m	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03
	σ	0,03	0,05	0,02	0,06	0,02	0,03	0,05	0,02	0,05
	Cv	4,95	10,6	4,26	12,47	3,53	6,37	10,91	3,31	11,10
Гистидин	M	0,31	0,32	0,31	0,30	0,32	0,33	0,28	0,30	0,27
	m	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03
	σ	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05
	Cv	10,6	7,91	6,04	9,72	10,3	8,14	9,31	12,0	19,91
Лизин	M	0,70	0,71	0,72	0,68	0,68	0,73	0,67	0,67	0,63
	m	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,04	0,02	0,05
	σ	0,03	0,05	0,03	0,08	0,05	0,05	0,08	0,06	0,10
	Cv	4,29	7,44	4,54	11,16	7,48	7,24	12,66	8,85	16,01
Аргинин	M	0,50	0,51	0,54	0,54	0,46	0,49	0,50	0,50	0,55
	m	0,01	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01	0,03	0,04	0,02
	σ	0,02	0,06	0,04	0,08	0,04	0,03	0,06	0,09	0,04
	Cv	4,24	12,1	7,98	15,49	8,54	7,09	11,97	17,6	6,94
Пролин	M	0,49	0,43	0,46	0,38	0,46	0,40	0,38	0,41	0,35
	m	0,02	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02
	σ	0,03	0,10	0,04	0,08	0,07	0,05	0,03	0,06	0,04
	Cv	5,47	22,4	8,20	22,07	15,2	13,5	8,28	15,75	11,29

Примечание: СКВА – суммарное количество водорастворимых антиоксидантов. Группы по СКВА: 1-я – (...<14), 2-я – (14<...<16), 3-я – (16<...<17), 4-я – (17<...<18), 5-я – (18<...<19), 6-я – (19<...<20), 7-я – (20<...<21), 8-я – (21<...<22), 9-я – (22<...). М – среднее значение, m – ошибка среднего значения, σ – стандартное отклонение, Cv – коэффициент вариации.

Таблица 2. Дисперсионный анализ влияния фактора СКВА

№	Множественный R	Множественный R ²	Скорректированный R ²	SS	Степень свободы	MS	SS	Степень свободы	MS	F	P
Асп	0,60	0,36	0,21	0,05	8	0,006	0,087	35	0,002	2,44	0,03
Тре	0,53	0,28	0,12	0,02	8	0,003	0,061	35	0,002	1,71	0,13
Сер	0,47	0,22	0,04	0,08	8	0,010	0,291	35	0,008	1,24	0,30
Глу	0,55	0,30	0,14	0,16	8	0,019	0,358	35	0,010	1,90	0,09
Гли	0,59	0,34	0,19	0,02	8	0,002	0,035	35	0,001	2,29	0,04
Ала	0,60	0,37	0,22	0,03	8	0,004	0,054	35	0,002	2,52	0,03
Цис	0,57	0,32	0,17	0,01	8	0,001	0,025	35	0,001	2,07	0,07
Вал	0,59	0,35	0,20	0,05	8	0,007	0,100	35	0,003	2,38	0,04
Мет	0,57	0,32	0,16	0,01	8	0,001	0,021	35	0,001	2,06	0,07
Иле	0,56	0,31	0,15	0,01	8	0,001	0,026	35	0,001	1,98	0,08
Лей	0,58	0,34	0,19	0,08	8	0,011	0,164	35	0,005	2,27	0,05
Тир	0,54	0,29	0,13	0,03	8	0,004	0,077	35	0,002	1,79	0,11
Фен	0,55	0,30	0,14	0,03	8	0,003	0,064	35	0,002	1,89	0,09
Гис	0,51	0,26	0,09	0,01	8	0,002	0,036	35	0,001	1,50	0,19
Лиз	0,44	0,20	0,01	0,04	8	0,004	0,145	35	0,004	1,06	0,41
Арг	0,40	0,16	-0,03	0,03	8	0,003	0,132	35	0,004	0,83	0,58
Про	0,54	0,30	0,13	0,06	8	0,008	0,150	35	0,004	1,83	0,10

Примечание: полужирным шрифтом выделены показатели, на которые установлено достоверное влияние. Множественный R – множественный коэффициент корреляции, характеризует тесноту связи между зависимой переменной и предиктором, множественный R² – коэффициент детерминации, скорректированный R² – коэффициент детерминации, скорректированный на число факторов, SS – внутригрупповая изменчивость, или дисперсия ошибки, MS – межгрупповой разброс (называемый средним квадратом эффекта), F-критерий оценивает статистическую значимость различия средних в группах, P – вероятность ошибочного результата.

изменение концентрации водорастворимых антиоксидантов оказывает наименьшее влияние на такие аминокислоты, как аспарагиновая кислота, метионин, цистеин (табл. 2).

Сопряженность влияния фактора СКВА показала, что между ним и некоторыми параметрами аминокислотного состава сыворотки крови существует достоверная положительная связь в соответствии с критерием Фишера. Достаточно высокий коэффициент детерминации (R²) указывает на значительное воздействие СКВА на такие показатели, как аспарагиновая кислота, глицин, аланин, валин и лейцин (рис. 1).

Влияние фактора суммарного количества водорастворимых антиоксидантов на остальные параметры аминокислот было незначительным. Что касается основных биохимических показателей, то отмечено достоверное воздействие только на Са/Р-соотношение.

Относительно фенотипических корреляций прослеживаются свои принципы взаимосвязи между аминокислотным и биохимическим составом сыворотки крови и СКВА (рис. 2, 3).

Из данных коррелограммы видно, что суммарное количество водо-

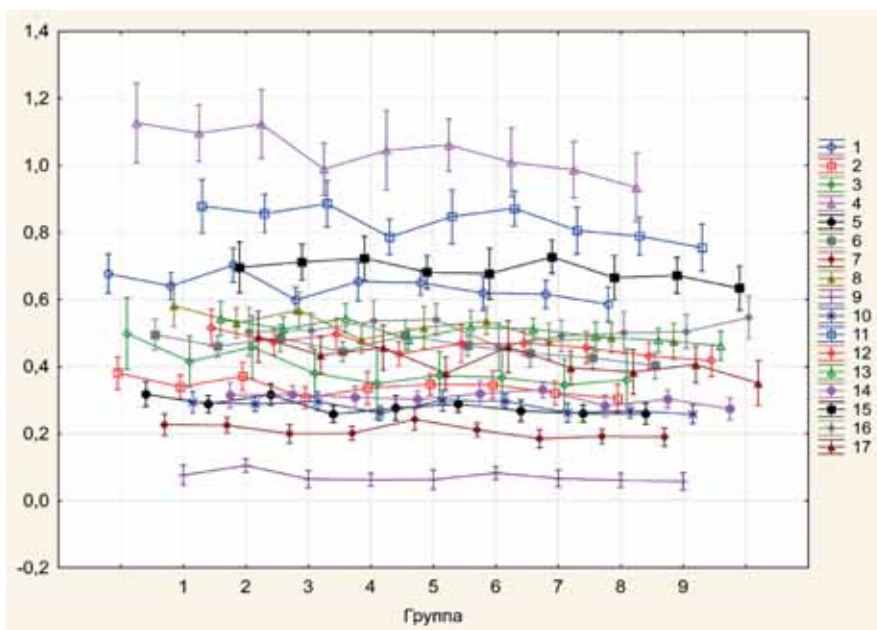


Рис. 1. Декомпозиция средних значений показателей аминокислот в зависимости от фактора влияния СКВА

Примечание: 1 – аспарагиновая кислота, 2 – треонин, 3 – серин, 4 – глутаминовая кислота, 5 – глицин, 6 – аланин, 7 – цистеин, 8 – валин, 9 – метионин, 10 – изолейцин, 11 – лейцин, 12 – тирозин, 13 – фенилаланин, 14 – гистидин, 15 – лизин, 16 – аргинин, 17 – пролин.

растворимых антиоксидантов обладает достоверно умеренной связью с рядом показателей аминокислотного состава крови – аспарагиновой кислотой, треонином, серином, глутаминовой кислотой, глицином,

аланином, цистеином, валином, лейцином, тирозином, фенилаланином и пролином. При этом основное число аминокислот имеет достаточно сильную положительную связь между собой (r=0,6...0,9).

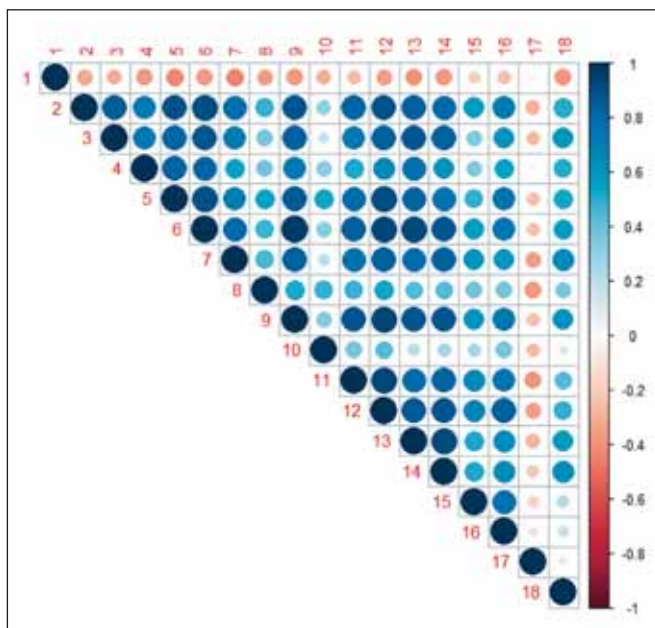


Рис. 2. Коррелограмма связей между СКВА и показателями аминокислот

Примечание: 1 – СКВА, 2 – аспарагиновая кислота, 3 – треонин, 4 – серин, 5 – глутаминовая кислота, 6 – глицин, 7 – аланин, 8 – цистеин, 9 – валин, 10 – метионин, 11 – изолейцин, 12 – лейцин, 13 – тирозин, 14 – фенилаланин, 15 – гистидин, 16 – лизин, 17 – аргинин, 18 – пролин.

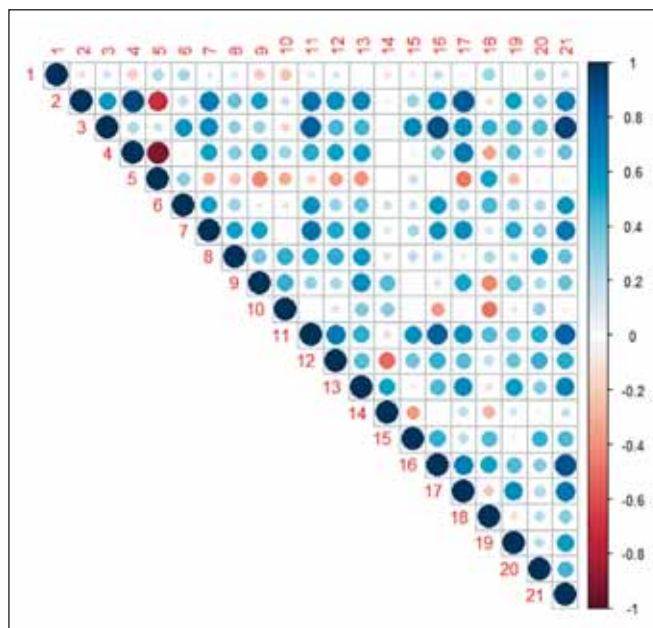


Рис. 3. Коррелограмма связей между СКВА и биохимическими показателями

Примечание: 1 – СКВА, 2 – общий белок, 3 – альбумин, 4 – глобулин, 5 – А/Г, 6 – мочевины, 7 – креатинин, 8 – глюкоза, 9 – билирубин, 10 – триглицериды, 11 – холестерин, 12 – АЛТ, 13 – АСТ, 14 – коэффициент де Ритиса, 15 – щелочная фосфатаза, 16 – Ca, 17 – P, 18 – Ca/P, 19 – Mg, 20 – Fe, 21 – хлориды.

Корреляции между биохимическими параметрами сыворотки крови гибридных свиней и СКВА преимущественно недостоверно низкие – как отрицательные, так и положительные. В свою очередь, биохимические показатели в основном достоверно положительно и отрицательно взаимосвязаны между собой на умеренном уровне ($r=0,4...0,6$).

■ Заключение

Проведенными исследованиями установлено, что аминокислотный состав крови свиней породных гибридов обладает своими закономерностями. При изучении влияния на ее аминокислотный состав следует учитывать суммарное количество водорастворимых антиоксидантов. Для более полного и углубленного

изыскания и анализа изменчивости биохимических признаков на уровне биолого-математических экспериментов с уклоном в генетическую архитектуру авторы будут увеличивать количество исследуемых проб.

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

Литература

1. Гладырь Е.А. Изучение генома свиней (*Sus scrofa*) с использованием ДНК-маркеров/Е.А. Гладырь, Л.К. Эрнст, О.В. Костюнина. Сельскохозяйственная биология, 2009. №2. С. 16–26.
2. Еримбетов К.Т. Особенности метаболизма и формирования мясной продуктивности у свиней разных генотипов/К.Т. Еримбетов, О.В. Обвинцева, В.В. Михайлов. Проблемы биологии продуктивных животных, 2018. №1. С. 51–63.
3. 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. ISBN 978-5-6048278-9-5. DOI: 10.18720/SPBPU/2/z22-20.
4. Комлацкий В.И. Биология и этология свиней: Учебное пособие/В.И. Комлацкий, Л.Ф. Величко, В.А. Величко. Краснодар: КубГАУ, 2017. 137 с.
5. Лозовой В.И. Биохимические показатели крови свиней отечественного и зарубежного генофонда, разводимых на Ставрополье/В.И. Лозовой, В.В. Семенов, Л.В. Кононова. Ветеринарная патология, 2013. №1(43). С. 64–67.
6. Николаев Д.В. Морфологические и биохимические свойства крови свиней канадской селекции/Д.В. Николаев, И.Ю. Кукушкин, Д.А. Ранделин. Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2011. №12(86). С. 62–64.
7. Панькова Е.К. Биохимические показатели сыворотки крови свиней разных генотипов/Е.К. Панькова. Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2021. №3(89). С. 292–295.
8. Понд У.Дж. Биология свиней/У. Дж. Понд, К.А. Хаупт. М.: Колос. 247 с.
9. Самсонова О.Е. Эффект скрещивания свиней в зависимости от влияния породных особенностей, типов конституции и уровня кормления/О.Е. Самсонова, В.А. Бабушкин. Вестник МичГАУ, 2010. №2. С. 121–125.
10. Ma S. Comparisons of blood biochemical parameters, digestive enzyme activities and volatile fatty acid profile between Meishan and Yorkshire piglets/S. Ma, M. Ma, C. Mu, K. Yu, W. Zhu. Animal Nutrition, 2015. №1(4). P. 289–292.
11. Zaitsev S.Yu. Correlations between antioxidant and biochemical parameters of blood serum of Duroc breed pigs/S.Yu. Zaitsev, A.A. Belous, O.A. Voronina, A.A. Savina, R.A. Rykov, N.V. Bogolyubova. Animals, 2021. Vol. 11. Article 2400.
12. Zaitsev S.Yu. Correlations between the major amino acids and biochemical blood parameters of pigs at controlled fattening duration/S.Yu. Zaitsev, N.S. Kolesnik, N.V. Bogolyubova. Molecules, 2022. Vol. 27. Article 2278.