

Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 3. С. 229-239.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2026. Vol. 109. No. 3. P. 229-239.

Научная статья
УДК 636.5:636.085:633.853.494
doi: 10.33284/2658-3135-109-3-229

Изменения в антиоксидантных показателях крови цыплят-бройлеров при кормлении рапсом

Анастасия Анатольевна Савина¹, Сергей Юрьевич Зайцев², Оксана Александровна Воронина³, Роман Анатольевич Рыков⁴

^{1,2,3,4}Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, Россия

¹kirablackfire@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0257-1643>

²s.y.zaitsev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1533-8680>

³voroninaok-senia@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6774-4288>

⁴brukw@bk.ru, <https://orcid.org/000-0003-0228-8901>

Аннотация. Целью работы стала оценка взаимосвязи таких антиоксидантных показателей как суммарная концентрация водорастворимых антиоксидантов (СКВА) и церулоплазмينا (ЦП) в сыворотке крови с данными биохимии при кормлении цыплят-бройлеров разными концентрациями рапса. Сформировано 4 группы цыплят-бройлеров кросса Смена 9 – одна контрольная и три опытных по 5 голов в каждой группе (с добавлением 25 %, 50 % и 75 % семян рапса соответственно). Обработку полученных данных выполняли в программе Microsoft Excel. В результате исследования наивысшее содержание СКВА обнаружено в сыворотке крови цыплят контрольной группы (29,25 мг/л). При кормлении цыплят-бройлеров комбикормом с увеличением количества рапса (от 25 % до 75 %) наблюдается общее снижение среднего СКВА по группам. Изменения количества ЦП в сыворотке крови по группам незначительные. Показано, что корреляция СКВА с общим белком и глобулинами однотипна: отрицательная в контроле и при кормлении цыплят рапсом в концентрации до 25 % (опытная группа 1). В опытных группах 2 и 3 корреляции положительные. Для альбуминов и мочевой кислоты: в контроле корреляция отрицательная, при кормлении рапсом появляется положительная динамика, причем с увеличением рапса в рационе птицы увеличивается и сила корреляции. Это объясняется тем, что мочевая кислота является конечным продуктом метаболизма белков у птиц, а альбумины представляют собой около половины всех белков сыворотки крови цыплят.

Ключевые слова: птицеводство, корма для птицы, цыпленка, антиоксиданты, биохимия крови

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 25-16-00095; заведующему кафедрой физиологии, этологии и биохимии животных РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, проф., д-ру биол. наук В.Г. Вертипрахову и его сотрудникам А.В. Кралининой и В.В. Лопатиной за помощь в работе.

Для цитирования: Изменение в антиоксидантных показателях крови цыплят бройлеров при кормлении рапсом / А.А. Савина, С.Ю. Зайцев, О.А. Воронина, Р.А. Рыков // Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 3. С. 229-239. [Savina AA, Zaitsev SYu, Voronina OA, Rykov RA. Changes in blood antioxidant parameters of broiler chickens fed with rapeseed. Animal Husbandry and Fodder Production. 2026;109(3):229-239. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-3-229>

Original article

Changes in blood antioxidant parameters of broiler chickens fed with rapeseed

Anastasia A Savina¹, Sergey Yu Zaitsev², Oksana A Voronina³, Roman A Rykov⁴

^{1,2,3,4}Federal Research Centre for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, Dubrovitsy, Russia

¹kirablackfire@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0257-1643>

²s.y.zaitsev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1533-8680>

³voroninaok-senia@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6774-4288>

⁴brukw@bk.ru, <https://orcid.org/000-0003-0228-8901>

Abstract. The aim of the study was to evaluate the relationship between antioxidant parameters such as the total concentration of water-soluble antioxidants (TCWSA) and ceruloplasmin (CP) in the blood serum and biochemical data when feeding broiler chickens with different concentrations of rapeseed. Four groups of Smena 9 broiler chickens were formed: one control and three experimental groups, with 5 birds in each group (with the addition of 25 %, 50 % and 75 % rapeseed). The obtained data were processed in Microsoft Excel. The study found that the highest TCWSA content was found in the blood serum of chickens in the control group (29.25 mg/L). When feeding broiler chickens with compound feed with the addition of different amounts of rapeseed (from 25% to 75%), an overall decrease in the average TCWSA is observed across groups. Changes in the CP values in the blood serum are insignificant across groups. The correlations between TCWSA and total protein (and globulins) were similar: negative in the control and when chickens were fed rapeseed at concentrations up to 25% (experimental group 1). In experimental groups 2 and 3, the correlations were positive. For albumin and uric acid, the correlation was negative in the control, but positive dynamics emerged when feeding rapeseed. Moreover, the strength of the correlation increased with increasing rapeseed content in the poultry diet. This is explained by the fact that uric acid is the “end-product” of protein metabolism in birds, and albumin represents approximately half of all proteins in chicken blood serum.

Keywords: poultry farming, poultry feed, chickens, antioxidants, blood biochemistry

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 25-16-00095; to Prof. V.G. Vertiprakhov, Head of the Department of Animal Physiology, Ethology, and Biochemistry. KA Timiryazev Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy.

For citation: Savina AA, Zaitsev SYu, Voronina OA, Rykov RA. Changes in blood antioxidant parameters of broiler chickens fed with rapeseed. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2026;109(3):229-239. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-3-229>

Введение.

В последние десятилетия глобальное птицеводство сталкивается с необходимостью поиска экономически эффективных и устойчивых источников белка для рационов, особенно для интенсивно растущих цыплят-бройлеров. Например, рапсовый шрот, получаемый после экстракции масла, привлекает внимание как альтернатива соевому шроту благодаря высокому содержанию протеина (36-40 %) (Dao TH and Moss AF, 2025) и сбалансированному аминокислотному профилю, включая лизин, метионин и цистин. Он также богат витаминами (например, тиамином, холином и фолиевой кислотой) и микроэлементами, такими как кальций, селен, цинк и железо (Fu Z et al., 2021; Колесник Н.С. и др., 2026). Его использование способствует снижению зависимости от импортного сырья и повышению региональной устойчивости кормопроизводства (Гаганов А.П. и др., 2018; Watts ES et al., 2021; Nameed R et al., 2025). Нутриентный профиль рапса превосходит зерновые по обменной энергии в 1,7-2,0 раза и бобовые в – 1,3-1,7 раза, что критично для поддержания высокой продуктивности бройлеров. Белки рапса с содержанием лизина, близким к соевому, и повышенными уровнями метионина, цистина, кальция и фосфора, хорошо усваиваются (Nameed R et al., 2025). Однако антипитательные факторы, такие как глюкозинолаты, без обработки ограничи-

вают включение рапсового шрота в рацион до 10-20 % (Olukosi OA et al., 2017; Manyeula F, 2025; Recoules E et al., 2019).

Рапсовый шрот в дозах 1-10 % не ухудшает потребление корма и прироста, но при содержании более 20 % снижает суточный прирост и коэффициент конверсии из-за повышенной вязкости химуса (Егорова Т.А., 2023). Ферментация, экструзия или добавление ферментов (энзимы, эмульгаторы) улучшают усвояемость, повышая прирост массы на 5-10 % и качество тушки (Amerah AM, 2015; Kandel M et al., 2025; Elbaz AM et al., 2023). В экспериментах с заменой 25-35 % соевого шрота на рапсовый наблюдались улучшение конверсии корма и снижение расхода на единицу прироста. (Tadelle D et al., 2003; Manyeula F, 2025).

«Низкогликозинолатные» сорта рапса положительно влияют на морфологию кишечника и антиоксидантный статус бройлеров, минимизируя негатив от антинутриентов. Дальнейшие исследования обработки рапсового шрота необходимы для полной замены сои в 15-30 % рационов, обеспечивая устойчивость отрасли (Yadav S et al., 2022; Javed S et al., 2025; Dastar B et al., 2025). Представлялось интересным изучить адаптивные возможности организма при высоком содержании рапса в корме.

Цель исследования.

Оценка взаимосвязи таких антиоксидантных показателей, как суммарная концентрация водорастворимых антиоксидантов (СКВА) и церулоплазмينا (ЦП) в сыворотке крови с данными биохимии при кормлении цыплят-бройлеров разными концентрациями рапса.

Материалы и методы исследований.

Объект исследования. Цыплята-бройлеры «Смена 9» в количестве 20 голов.

Протокол исследования на животных был одобрен биоэтической комиссией ФГБНУ ФИЦ ВИЖ имени Л.К. Эрнста (протокол № 2, от 20 марта 2023 года), все эксперименты проведены с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 года о защите животных, использующихся для научных целей и принципам обращения с животными, согласно статье 4 ФЗ РФ N 498-ФЗ..

Схема эксперимента. В эксперименте было сформировано 4 группы (по 5 цыплят в каждой), которые содержались в виварии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева: контрольная, 1 опытная – с добавлением 25 % рапса, 2 опытная – с добавлением 50 % рапса, 3 опытная – с добавлением 75 % рапса.

Условия содержания животных (температурный, влажностный, световой режимы и газовый состав воздуха в помещении) в исследуемые периоды были одинаковы и в пределах зоогигиенических норм (Колесник Н.С. и др., 2026).

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены с использованием приборной базы отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста и на кафедре физиологии, этологии и биохимии животных РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Измерение интегрального показателя СКВА проводили на проточно-инжекционной системе с амперометрическим детектированием «ЦветЯуза-01» («Химавтоматика», Россия). Расчет производили эквивалентно галловой кислоте. Количество церулоплазмينا (мг/л) определяли методом Ревина.

Статистическая обработка. Полученные данные обрабатывали с использованием «Microsoft Excel» («Microsoft», США), корреляции рассчитывались по Пирсону.

Результаты исследований.

Представлялось интересным изучить не только большие замены белкового компонента, но и антиоксидантные возможности организма при высоком содержании рапса в корме. В таблице 1 приведены данные по суммарной концентрации водорастворимых антиоксидантов (СКВА) при разной пропорции рапса в кормах.

Таблица 1. Изменение СКВА при разной пропорции рапса в кормах
Table 1. Change in TCWSA with different rapeseed-feed proportions

Параметры / <i>Parameters</i>	Контрольная группа / <i>control group</i>	1 опытная группа / <i>1 experimental group</i>	2 опытная группа / <i>2 experimental group</i>	3 опытная группа / <i>3 experimental group</i>
Среднее, мг/л / <i>Average, mg/L</i>	29,25	27,29	24,18	28,70
Стандартная ошибка / <i>Standard error</i>	1,27	2,40	1,33	2,49
Медиана / <i>Median</i>	30,38	28,71	25,14	27,13
Станд. отклонение / <i>Standard deviation</i>	2,20	4,79	2,67	4,32
Дисперсия выборки / <i>Sample variance</i>	4,83	22,96	7,11	18,62
Асимметричность / <i>Asymmetry</i>	-1,70	-1,56	-1,49	1,42
Интервал / <i>Interval</i>	3,94	11,01	5,68	8,19
Минимум / <i>Minimum</i>	26,71	20,36	20,38	25,38
Максимум / <i>Maximum</i>	30,65	31,37	26,06	33,58

Наивысшее содержание СКВА обнаружено в сыворотке крови контрольных цыплят – $29,25 \pm 1,27$ мг/л. При кормлении цыплят-бройлеров комбикормом с добавлением разного количества рапса (25 %, 50 %, 75 %) наблюдается общее снижение среднего по группе СКВА относительно контроля, особенно при 50%-м содержании рапса, где значение падает до $24,18 \pm 1,33$ мг/л. При рассмотрении медианных величин такая тенденция теряется.

В таблице 2 приведены изменения количества церулоплазмينا (ЦП) в сыворотке крови при кормлении цыплят бройлеров разными концентрациями рапса.

Таблица 2. Изменение ЦП (мг/л) при разной пропорции рапса в кормах
Table 2. Change in CP (mg/L) with different proportions of rapeseed-compound feed

Параметры / <i>Parameters</i>	Контрольная группа / <i>control group</i>	1 опытная группа / <i>1 experimental group</i>	2 опытная группа / <i>2 experimental group</i>	3 опытная группа / <i>3 experimental group</i>
Среднее, мг/л / <i>Average, mg/L</i>	0,250	0,263	0,267	0,259
Стандартная ошибка / <i>Standard error</i>	0,023	0,015	0,025	0,035
Медиана / <i>Median</i>	0,246	0,269	0,255	0,244
Станд. отклонение / <i>Standard deviation</i>	0,041	0,030	0,049	0,060
Дисперсия выборки / <i>Sample variance</i>	0,002	0,001	0,002	0,004
Асимметричность / <i>Asymmetry</i>	0,474	-0,894	1,228	1,056
Интервал / <i>Interval</i>	0,081	0,070	0,113	0,117
Минимум / <i>Minimum</i>	0,212	0,223	0,223	0,208
Максимум / <i>Maximum</i>	0,293	0,293	0,336	0,325

Церулоплазмин крови у цыплят контрольной группы – 0,250 мг/л и увеличивается при кормлении рапсом в опытных группах. При добавление 25 % рапса к рациону количество церуло-

плазма увеличивается на 4,94 % до 0,263 мг/л, 50 % рапса в рационе увеличивает уровень ЦП на 6,37 % относительно контроля до 0,267 мг/л, 75 % – на 3,48 % до 0,259 мг/л.

Из данных таблиц 1 и 2 следует, что нет однозначной тенденции в изменениях СКВА и ЦП. В целом просматривается факт снижения значений СКВА во всех группах относительно контроля, но в разной степени. Однако при учете величин стандартного отклонения мы видим, что показатель СКВА имеет выраженную вариабельность внутри групп. Тенденции межгрупповых изменений не линейны.

Впервые проведены корреляции СКВА с биохимическими показателями сыворотки крови цыплят в каждой из 4 групп (табл. 3).

Таблица 3. Корреляция СКВА с биохимическими показателями сыворотки крови

Table 3. Correlation of TCWSA with biochemical parameters of blood serum

Параметры / Parameters	Контрольная группа / control group	1 опытная группа / 1 experimental group	2 опытная группа / 2 experimental group	3 опытная группа / 3 experimental group
Общ. белок, г/л / Total protein, g/l	-0,51	-0,79	0,17	0,44
Альбумин, г/л / Albumin, g/l	-0,45	0,36	0,45	0,82
Глобулин, г/л / Globulin, g/l	-0,46	-0,98	0,09	0,10
Мочевая кислота, мкм/л / Uric acid, μM/L	-0,63	0,19	0,22	0,98
Билирубин общ., мкм/л / Total bilirubin, μM/L	-0,68	1,00	-0,18	-0,77
Холестерин, мм/л / Cholesterol, mmol/l	-0,25	-0,49	0,05	-0,18
АЛТ, МЕ/л / ALT, IU/L	0,23	-0,03	0,42	0,92
АСТ, МЕ/л / AST, IU/L	-0,98	-0,32	-0,13	-0,31
Щелочн. Фосфатаза, МЕ/л / Alkaline phosphatase, IU/L	0,42	0,28	0,71	0,73
Ca, мм/л / Ca, mmol/l	-0,55	0,93	0,99	0,76
P, мм/л / P, mmol/l	-0,92	0,98	0,29	-0,66
Глюкоза, мм/л / Glucose, mmol/l	-0,33	-0,05	-0,93	0,54
Креатинин, мкм/л / Creatinine, μmol/l	-0,14	0,51	-0,09	0,01
Mg, мм/л / Mg, mmol/l	0,20	-0,47	0,46	1,00
Триглицериды, мм/л / Triglycerides, mmol/l	0,83	0,24	0,29	0,99
Хлориды, мм/л / Chlorides, mmol/l	-0,31	0,95	-0,01	0,26
ЦП, мг/мл / CP, mg/l	-0,93	-0,49	0,33	-0,02

Корреляция СКВА с общим белком и глобулинами схожа: отрицательная в контроле и при кормлении цыплят рапсом в концентрации до 25 % (группа 1). В группах 2 и 3 корреляции положительные. Для альбуминов и мочевой кислоты: в контроле корреляция отрицательная, а при кормлении рапсом (группы 1-3) появляется положительная динамика, причем с увеличением рапса в рационе птицы увеличивается и сила корреляции.

Корреляция СКВА с мочевой кислотой качественно подобна таковой для общего белка и его фракций. Наибольшие совпадения наблюдаются между корреляциями СКВА с мочевой кислотой (0,98) и СКВА с альбуминами (0,82) в группе 3.

Если обратиться к белковому обмену, то мы увидим линейное увеличение общего белка сыворотки крови вплоть до добавления 75 % рапса в рацион: 28,73; 32,5 и 37,8 г/л – для контрольной, 1 и 2 опытных групп соответственно, в 3 группе наблюдается снижение до 35,07 г/л. Аналогичная динамика отмечается у глобулинов: 15,37; 18,13 и 23,90 г/л – для контрольной, 1 и 2 опытных групп соответственно и 19,57 г/л – для группы 3. Для альбуминов отмечается немного другая динамика: 13,37, 14,38 г/л – для контрольной и 1 опытной групп соответственно и 13,90; 15,50 г/л – для опытных групп 2 и 3. Аналогичная динамика наблюдается и для мочевой кислоты: 43,87; 55,28 мкМ/л – для контрольной и 1 опытной групп соответственно и 44,20; 46,60 мкМ/л – для опытных групп 2 и 3.

Отмечается одинаковая направленность корреляций кальция и фосфора с СКВА. С кальцием корреляции – сильные, положительные во всех группах, кроме контроля. Выявлены положительные корреляции СКВА с щелочной фосфатазой (ЩФ) во всех группах.

Выявлено, что изменения уровня церулоплазмينا во всех опытных группах остаются незначительными и колеблются в узком диапазоне (табл. 2), что позволяет говорить об относительной стабильности этого показателя на фоне рапсового кормления. Тем более интересной является оценка корреляций значений церулоплазмينا с биохимическими показателями сыворотки крови цыплят в каждой из 4 групп (табл. 4).

Таблица 4. Корреляция значений церулоплазмينا с биохимическими показателями сыворотки крови цыплят 4-х групп
Table 4. Correlation of ceruloplasmin values with biochemical parameters of blood serum of chickens of 4 groups

Параметры / Parameters	Контрольная группа / control group	1 опытная группа / 1 experimental group	2 опытная группа / 2 experimental group	3 опытная группа / 3 experimental group
Общ. белок, г/л / Total protein, g/l	0,78	0,62	0,98	0,89
Альбумин, г/л / Albumin, g/l	0,09	0,33	0,50	-0,59
Глобулин, г/л / Globulin, g/l	0,75	0,46	0,94	0,99
Мочевая кислота, мкМ/л / Uric acid, μM/L	0,30	0,19	0,12	0,18
Билирубин общ., мкМ/л / Total bilirubin, μM/L	0,37	-0,47	0,86	0,65
Холестерин, ммМ/л / Cholesterol, mmol/l	-0,11	0,97	0,01	-0,98
АЛТ, МЕ/л / ALT, IU/L	0,14	0,81	-0,07	-0,41
АСТ, МЕ/л / AST, IU/L	0,85	-0,27	0,88	-0,95
Щелочн. фосфатаза, МЕ/л / Alkaline phosphatase, IU/L	-0,07	0,43	0,91	-0,70
Глюкоза, ммМ/л / Glucose, mmol/l	-0,03	-0,32	-0,04	-0,85
Креатинин, мкМ/л / Creatinine, μmol/l	0,49	0,14	0,24	1,00
Ca, ммМ/л / Ca, mmol/l	0,21	-0,29	0,45	-0,66
P, ммМ/л / P, mmol/l	0,72	-0,31	0,98	-0,74
Mg, ммМ/л / Mg, mmol/l	-0,54	-0,44	0,48	-0,05
Триглицериды, ммМ/л / Triglycerides, mmol/l	-0,58	0,62	0,65	0,14
Хлориды, ммМ/л / Chlorides, mmol/l	-0,05	-0,47	0,41	-0,97
СКВА, мг/л / TCWSA, mg/l	-0,93	-0,49	0,33	-0,02

Церулоплазмин у цыплят-бройлеров демонстрирует разную направленность связи с биохимическими показателями сыворотки крови в группах с различной долей рапса в рационе, что говорит о перестройке белкового обмена и функции печени по мере увеличения уровня рапса. Наиболее выраженные по модулю связи отмечены при 50-75 % рапса, что указывает на дозозависимый характер изменений метаболического и, вероятно, антиоксидантного статусов.

Мочевая кислота: слабая/умеренная положительная связь с церулоплазмином во всех группах (0,30; 0,19; 0,12; 0,18), без выраженной тенденции, связанной с увеличением количества рапса в рационе. Это может указывать на то, что изменения церулоплазмينا лишь умеренно связаны с интенсивностью катаболизма пуринов и белков, а основные сдвиги приходится на перераспределение белковых фракций, а не на усиление общего протеолиза. Общий билирубин: корреляция с церулоплазмином усиливается по мере роста рапса (контроль – 0,37; 25 % в 1 опытной – отрицательная -0,47; 50 % во 2 опытной – 0,86; 75 % в 3 опытной – 0,65), что говорит о чувствительности пигментного обмена к дозе рапса и возможном изменении детоксикационной функции печени при высоких концентрациях. Холестерин: в контроле – связь слабая отрицательная (-0,11), при 25 % рапса – резко положительная (0,97), при 50 % практически отсутствует, а при 75 % выраженно отрицательная (-0,98), что указывает на сложный, нелинейный характер влияния рапса на липидный обмен и участие церулоплазмينا в адаптационных реакциях липопротеинового обмена. Корреляции ЦП с АЛТ: связь усиливается до высокой положительной при 25 % (0,81), а затем ослабевает и становится слабо отрицательной при 50-75 % (-0,07; -0,41), что может отражать смену фазы адаптации печени при увеличении доли рапса. Корреляции ЦП с АСТ: в контроле и при 50 % рапса отмечена очень высокая положительная корреляция (0,85 и 0,88), тогда как при 25 % и 75 % рапса она отрицательная (-0,27 и -0,95), что свидетельствует о различном типе реакции гепатоцитов на умеренные и высокие дозы рапса, с возможным переходом от адаптационно-стимулирующего к повреждающему эффекту. Корреляции ЦП с щелочной фосфатазой: при 50 % рапса – очень высокая положительная связь (0,91), в контроле слабая отрицательная, а при 75 % выраженно отрицательная (-0,70), что указывает на глубокую перестройку желчевыводящей и костно-минеральной систем при высоком уровне рапса.

Обсуждение полученных результатов.

Использование рапса в кормлении цыплят-бройлеров базируется на его протеиновой ценности, уровень сырого протеина в рапсовом шроте часто колеблется от 36 % до 40 % (Dao TH and Moss AF, 2025). Однако известно, что рапс содержит некоторые «антипитательные» факторы – глюкозинолаты и фитаты, которые снижают усвояемость питательных веществ, подавляя пищеварение; эруковую кислоту, которая вызывает проблемы с сердцем и печенью. Допустимым количеством глюкозинолатов в рационах птицы принято считать 10 ммоль/кг, что соответствует 10 % продуктов из немодифицированного рапса и 15-20 % продуктов из рапса с генетически сниженным содержанием глюкозинолатов (Егорова Т.А., 2023).

Очень сильные положительные связи СКВА с мочевой кислотой (0,98) и альбуминами (0,82), обнаруженные для группы 3 объясняются тем, что мочевая кислота является конечным продуктом метаболизма белков и нуклеиновых кислот, а альбумины представляют собой около половины всех белков сыворотки крови цыплят. В крови цыплят глобулины персистируют дольше альбуминов, поскольку они включают в себя антитела (гамма-глобулины), отвечающие за специфический иммунитет, а также другие транспортные и защитные белки, и имеют более длительный период полураспада, в отличие от альбуминов, которые более активно используются для поддержания осмотического давления и транспортировки веществ, и быстрее обновляются печенью (Околева Т.М. и др., 2023).

Обнаруженное в работе усиление связи церулоплазмينا с общим белком (0,89) и с глобулинами сыворотки (0,99) при введении 50-75 % рапса предположительно отражает напряжение белок-синтезирующей функции печени. Параллельно с этим вероятно активация антиоксидантной системы органа, что согласуется с изменением корреляционных связей церулоплазмينا. Повыше-

ние доли рапса в комбикорме сопровождается перестройкой взаимосвязей церулоплазмينا с традиционными маркерами функции печени (АЛТ, АСТ, щелочная фосфатаза, билирубин), а также с показателями липидного обмена (холестерин). Этот факт указывает на характер метаболических изменений, который тесно связан с дозировками рапса в рационе. При экстремально высоких уровнях рапса (75 %) нельзя исключать формирование субклинических повреждающих эффектов. Однако нельзя полностью отрицать и возможное развитие компенсаторных гепатопротективных реакций, требующих дальнейшего изучения. Полученные данные подчеркивают необходимость осторожного подхода к высоким дозировкам рапса в комбикормах.

В работе показано, что включение рапса в рацион бройлеров кросса «Смена-9» в дозах 25, 50 и 75 % от массы корма приводит к снижению средней концентрации суммарных водорастворимых антиоксидантов в сыворотке крови по сравнению с контролем, при этом максимально выраженное снижение отмечено при добавке 50 % рапса (в группе 2). Одновременно выявлено, что изменения уровня церулоплазмينا во всех опытных группах остаётся незначительными и колеблется в узком диапазоне, что позволяет говорить об относительной стабильности этого показателя на фоне рапсового кормления. Корреляционный анализ показал смену направленности связи СКВА с основными биохимическими показателями крови: при отсутствии или низком уровне рапса (до 25 %) доминируют отрицательные корреляции с общим белком и глобулинами, тогда как при более высоких дозах (50 и 75 %) эти связи становятся положительными. Аналогичная динамика прослеживается для альбумина и мочевой кислоты: от отрицательных корреляций в контроле к положительным при включении рапса, причём сила связи возрастает по мере повышения его доли в рационе, что согласуется с ролью мочевой кислоты как конечного продукта белкового обмена и вкладом альбумина как основной белковой фракции сыворотки. Для ряда минеральных и метаболических показателей (в том числе кальция и фосфора) также зарегистрированы разнонаправленные и дозозависимые корреляции, отражающие перестройку метаболизма на фоне повышения рапсового компонента корма.

Заключение.

Полученные результаты дополняют имеющиеся данные о возможности использования рапса и продуктов его переработки как альтернативного белкового компонента в рационах птицы, позволяя уточнить диапазон дозировок, при которых изменения антиоксидантного статуса и биохимического профиля остаются контролируемыми и физиологически приемлемыми.

Список источников

1. Гаганов А.П., Зверкова З.Н., Юртаева К.Е. Выращивание цыплят-бройлеров на новых сортах ярового рапса // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 4 С. 172-178. [Gaganov AP, Zverkova ZN, Yurtaeva KE. Growing broiler chickens on new spring rape varieties. Animal Husbandry and Fodder Production. 2018;101(4):172-178. (In Russ.)].
2. Егорова Т.А. Глюкозинолаты рапса и рыжика: состав, концентрации, токсичность и антипитательность для птицы, методы нейтрализации –мини-обзор // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58. № 6. С.1021-1034: пишите правильно [Egorova TA. Glucosinolates in rape and camelina: composition, concentrations, toxicity and anti-nutritive effects in poultry, methods of neutralization — a mini-review. 2023;58(6):1021-1034. (In Russ.)]. doi: 10.15389/agrobiology.2023.6.1021rus doi: 10.15389/agrobiology.2023.6.1021eng
3. Изменения аминокислотного профиля крови цыплят-бройлеров при замене части рациона на семена рапса / Н.С. Колесник и др. // Международный вестник ветеринарии. 2026. № 1. С. 160-168. [Kolesnik NS et al. Amino acid profile of blood in broiler chickens when replacing certain protein components in the diet. International Journal of Veterinary Medicine. 2026;1:160-168. (In Russ.)]. doi: 10.52419/issn2072-2419.2026.1.160

4. Роль биохимических показателей крови в оценке физиологического состояния птицы / Т.М. Околелова и др. // Птицеводство. 2023. № 2. С. 44-51. [Okolelova TM et al. Assessment of physiological status in poultry using basic blood parameters. 2023;2:44-51. (*In Russ.*)]. doi: 10.33845/0033-3239-2023-72-2-44-51
5. Amerah AM, Van de Belt K, van Der Klis JD. Effect of different levels of rapeseed meal and sunflower meal and enzyme combination on the performance, digesta viscosity and carcass traits of broiler chickens fed wheat-based diets. *Anim.* 2015;9(7):1131-1137. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000142>
6. Dao TH, Moss AF. Canola meal: a sustainable protein source for poultry diets. *Animals (Basel)*. 2025;15(24):3609. <https://doi.org/10.3390/ani15243609>
7. Dastar B, et al. Replacement of soybean meal with fermented rapeseed meal in broiler diets: Impacts on growth performance, gut health, and nutrient digestibility. *Poultry Sci.* 2025;104(11):105616. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105616>
8. Elbaz AM, El-Sheikh SE, Abdel Maksoud A. Growth performance, nutrient digestibility, antioxidant state, ileal histomorphometry, and cecal ecology of broilers fed on fermented canola meal with and without exogenous enzymes. *Trop Anim Health Prod.* 2023;55(1):46. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03476-9>
9. Fu Z, et al. Effects of dietary rapeseed meal on growth performance, carcass traits, serum parameters, and intestinal development of geese. *Animals (Basel)*. 2021;11(6):1488. <https://doi.org/10.3390/ani11061488>
10. Hameed R, et al. Rapeseed meal as a sustainable plant protein source for poultry in Pakistan. *J Anim Plant Res.* 2025;2(1):16-39. <https://doi.org/10.66553/japr.2025.65>
11. Javed S, et al. Comparative study of rapeseed meal and fermented rapeseed meal replacing soybean meal in diet on growth performance, nutrient digestibility and economics in broiler chicken. *Asian Journal of Dairy and Food Research.* 2025;1-6. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-2258>
12. Kandel M, et al. The impact of canola meal and canola seed inclusions in broiler diets. *Poultry Sci.* 2025;104(5):105017. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105017>
13. Manyeula F, Sebola NA, Mabelebele M. Productive, internal organ and intestinal histomorphological characteristics of broiler chickens in response to dietary rapeseed meal: A meta-analysis. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2025;109(1):211-222. <https://doi.org/10.1111/jpn.14040>
14. Olukosi OA, et al. Investigations of the nutritive value of meals of double-low rapeseed and its influence on growth performance of broiler chickens. *Poultry Science.* 2017;96(9):3338-3350. <https://doi.org/10.3382/ps/pex157>
15. Recoules E, et al. Digestion dynamics in broilers fed rapeseed meal. *Sci Rep.* 2019;9(1):3052. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38725-1>
16. Tadelle D, et al. Effect of level of rapeseed (*Brassica carinata*) cake in rations on broiler performance. *Livest Res Rural Dev.* 2003;15(4):1-15. <http://www.lrrd.org/lrrd15/4/tade154.htm>
17. Watts ES, et al. Investigations into the chemical composition and nutritional value of single-cultivar rapeseed meals for broiler chickens. *Arch Anim Nutr.* 2021;75(3):209-221. doi: 10.1080/1745039X.2021.1930455
18. Yadav S, et al. Influence of *Brassica* spp. rapeseed and canola meal, and supplementation of bioactive compound (AITC) on growth performance, intestinal-permeability, oocyst shedding, lesion score, histomorphology, and gene expression of broilers challenged with *E. maxima*. *Poultry Sci.* 2022;101(2):101583. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101583>

References

1. Gaganov AP, Zverkova ZN, Yurtaeva KE. Growing broiler chickens on new varieties of spring rape. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2018;101(4):172-178.
2. Egorova TA. Glucosinolates of rapeseed and camelina: composition, concentrations, toxicity and antinutritional activity for poultry, methods of neutralization, mini-review. *Agricultural Biology.* 2023; 58 (6): 1021-1034. doi: 10.15389/agrobiology.2023.6.1021rus.

3. Kolesnik NS et al. Changes in the amino acid profile of the blood of broiler chickens when replacing part of the diet with rapeseed. *International Veterinary Bulletin*. 2026;(1):160-168. doi: 10.52419/issn2072-2419.2026.1.160.
4. Okolelova TM et al. The role of biochemical parameters of blood in assessing the physiological state of poultry. *Poultry Farming*. 2023;(2):44-51. doi: 10.33845/0033-3239-2023-72-2-44-51
5. Amerah AM, Van de Belt K, van Der Klis JD. Effect of different levels of rapeseed meal and sunflower meal and enzyme combination on the performance, digesta viscosity and carcass traits of broiler chickens fed wheat-based diets. *Anim*. 2015;9(7):1131-1137. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000142>
6. Dao TH, Moss AF. Canola meal: a sustainable protein source for poultry diets. *Animals (Basel)*. 2025;15(24):3609. <https://doi.org/10.3390/ani15243609>
7. Dastar B, et al. Replacement of soybean meal with fermented rapeseed meal in broiler diets: Impacts on growth performance, gut health, and nutrient digestibility. *Poultry Sci*. 2025;104(11):105616. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105616>
8. Elbaz AM, El-Sheikh SE, Abdel Maksoud A. Growth performance, nutrient digestibility, antioxidant state, ileal histomorphometry, and cecal ecology of broilers fed on fermented canola meal with and without exogenous enzymes. *Trop Anim Health Prod*. 2023;55(1):46. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03476-9>
9. Fu Z, et al. Effects of dietary rapeseed meal on growth performance, carcass traits, serum parameters, and intestinal development of geese. *Animals (Basel)*. 2021;11(6):1488. <https://doi.org/10.3390/ani11061488>
10. Hameed R, et al. Rapeseed meal as a sustainable plant protein source for poultry in Pakistan. *J Anim Plant Res*. 2025;2(1):16-39. <https://doi.org/10.66553/japr.2025.65>
11. Javed S, et al. Comparative study of rapeseed meal and fermented rapeseed meal replacing soybean meal in diet on growth performance, nutrient digestibility and economics in broiler chicken. *Asian Journal of Dairy and Food Research*. 2025;1-6. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-2258>
12. Kandel M, et al. The impact of canola meal and canola seed inclusions in broiler diets. *Poultry Sci*. 2025;104(5):105017. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105017>
13. Manyeula F, Sebola NA, Mabelebele M. Productive, internal organ and intestinal histomorphological characteristics of broiler chickens in response to dietary rapeseed meal: A meta-analysis. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 2025;109(1):211-222. <https://doi.org/10.1111/jpn.14040>
14. Olukosi OA, et al. Investigations of the nutritive value of meals of double-low rapeseed and its influence on growth performance of broiler chickens. *Poultry Science*. 2017;96(9):3338-3350. <https://doi.org/10.3382/ps/pex157>
15. Recoules E, et al. Digestion dynamics in broilers fed rapeseed meal. *Sci Rep*. 2019;9(1):3052. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38725-1>
16. Tadelle D, et al. Effect of level of rapeseed (*Brassica carinata*) cake in rations on broiler performance. *Livest Res Rural Dev*. 2003;15(4):1-15. <http://www.lrrd.org/lrrd15/4/tade154.htm>
17. Watts ES, et al. Investigations into the chemical composition and nutritional value of single-cultivar rapeseed meals for broiler chickens. *Arch Anim Nutr*. 2021;75(3):209-221. doi: 10.1080/1745039X.2021.1930455
18. Yadav S, et al. Influence of *Brassica* spp. rapeseed and canola meal, and supplementation of bioactive compound (AITC) on growth performance, intestinal-permeability, oocyst shedding, lesion score, histomorphology, and gene expression of broilers challenged with *E. maxima*. *Poultry Sci*. 2022;101(2):101583. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101583>

Информация об авторах:

Анастасия Анатольевна Савина, научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, +7 (4967) 65-11-63.

Сергей Юрьевич Зайцев, доктор химических наук, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, +7 (4967) 65-11-63.

Оксана Александровна Воронина, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, +7 (4967) 65-11-63.

Роман Анатольевич Рыков, ведущий специалист отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, +7 (4967) 65-11-63.

Конфликт интересов отсутствует.

Information about the authors:

Anastasia A Savina, Researcher, Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, +7 (4967) 65-11-63.

Sergey Yu Zaitsev, Dr Sci. (Chemical), Dr Sci. (Biology), Leading Researcher, Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, +7 (4967) 65-11-63.

Oksana A Voronina, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, +7 (4967) 65-11-63.

Roman A Rykov, Leading Specialist, Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, +7 (4967) 65-11-63.

There is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 27.01.2026; одобрена после рецензирования 16.06.2026; принята к публикации 14.09.2026.

The article was submitted 27.01.2026; approved after reviewing 16.06.2026; accepted for publication 14.09.2026.