

Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 4. С. 56-72.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2025. Vol. 108. No. 4. P. 56-72.

Научная статья
УДК 636.5:591.11:612.017.11/.12
doi:10.33284/2658-3135-108-4-56

**Изучение неспецифической резистентности и клинико-биохимического статуса
организма цыплят-бройлеров кросса «Смена 9»**

Ольга Анатольевна Артемьева¹, Мария Валентиновна Довыденкова²,
Ксения Алексеевна Березова³, Евгения Николаевна Колодина⁴, Дарья Александровна Никанова⁵
^{1,2,3,4,5}Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика

Л.К. Эрнста, Дубровицы, Россия

¹vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7706-4182>

²vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3093-4117>

³vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-9556-1947>

⁴vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4017-3390>

⁵vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5164-244X>

Аннотация. В данном исследовании оценивалось влияние кормовой добавки на основе каротиносодержащих дрожжей *R. mucilaginosa* на физиологический статус и основные показатели неспецифической резистентности организма цыплят-бройлеров кросса «Смена 9». Были сформированы 3 группы (контрольная и две опытных) по 26 голов в каждой. Контрольная группа получала основной рацион, 1 опытная к основному рациону ежедневно получала дрожжи *R. mucilaginosa* без заморозки в дозе 3 гр/гол./сут из расчета, что содержание каротиноидов составляло 312 мкг/г в биомассе, 2 опытная к основному рациону ежедневно получала в рацион дрожжи *R. mucilaginosa* после заморозки в той же дозировке, что и 1 опытная группа. Результаты показали, что введение дрожжей, особенно в замороженном виде, усилило параметры неспецифического иммунитета. Наблюдалось значительное повышение бактерицидной (БАСК) и лизоцимной активности сыворотки крови (ЛАСК), а также фагоцитарной активности нейтрофилов, что связано с улучшением биодоступности иммуноактивных компонентов (β-глюканов, маннанов) после заморозки. При этом добавка не вызвала негативных изменений по гематологическим и биохимическим показателям крови, которые, в свою очередь, оставались в пределах физиологической нормы. Таким образом, дрожжи *Rhodotorula mucilaginosa* представляют собой эффективную и безопасную пробиотическую добавку, которая поддерживает гомеостаз организма цыплят бройлеров. Предварительная термическая обработка (заморозка и оттаивание) способствовала разрушению стенки дрожжей и выходу внутриклеточного содержимого с комплексом каротиноидов.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, «Смена 9», кормление, *Rhodotorula mucilaginosa*, биохимические показатели, гематология, неспецифическая резистентность

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-16-00167. Мы благодарны Федеральному научному центру «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» РАН, Селекционно-генетическому центру «Смена» и лично Ж.В. Емануйловой за консультацию и предоставление объекта исследования – селекционно-генетического отечественного кросса «Смена 9».

Для цитирования: Изучение неспецифической резистентности и клинико-биохимического статуса организма цыплят-бройлеров кросса «Смена 9» / О.А. Артемьева, М.В. Довыденкова, К.А. Березова, Е.Н. Колодина, Д.А. Никанова // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 4. С. 56-72. [Artemyeva OA, Dovydenkova MV, Berezova KA, Kolodina EN, Nikanova DA. Study of nonspecific resistance and clinical and biochemical status of broiler chickens of the Smena 9 cross. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(4):56-72. (In Russ)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-4-56>

Original article

Study of nonspecific resistance and clinical and biochemical status of broiler chickens of the Smena 9 cross

Olga A Artemyeva¹, Maria V Dovydenkova², Ksenia A Berezova³, Evgeniya N Kolodina⁴, Daria A Nikanova⁵

^{1,2,3,4,5}Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, Dubrovitsy, Russia

¹vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7706-4182>

²vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3093-4117>

³vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-9556-1947>

⁴vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4017-3390>

⁵vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5164-244X>

Abstract. This study assessed the effect of a feed additive based on the carotene-containing yeast *R. mucilaginosa* on the physiological status and key parameters of non-specific resistance in broiler chickens of the Smena 9 cross. Three groups (one control and two experimental) with 26 animals in each were formed. The control group received the basic ration. The first experimental group received the basic ration daily with *R. mucilaginosa* yeast without freezing at a dose of 3 g / head / day, based on the calculation that the carotenoid content was 312 mcg / g in biomass. The second experimental group received the basic ration daily and *R. mucilaginosa* yeast after freezing, in the same dosage as the 1st experimental group. The results showed that the introduction of yeast, especially in frozen form, enhanced the parameters of nonspecific immunity. There was a significant increase in the bactericidal and lysozyme activity of blood serum, as well as the phagocytic activity of neutrophils, which is associated with an improvement in the bioavailability of immunoactive components (β -glucans, mannans) after freezing. At the same time, the supplement did not cause negative changes in hematological and biochemical parameters of the blood, which, in turn, remained within the physiological norm. Thus, *Rhodotorula mucilaginosa* yeast is an effective and safe probiotic supplement that supports the homeostasis of broiler chickens. Pre-heat treatment (freezing and defrosting) contributed to the destruction of the yeast wall and the release of intracellular contents with a complex of carotenoids.

Keywords: broiler chickens, «Smena 9», feeding, *Rhodotorula mucilaginosa*, biochemical parameters, hematology, non-specific resistance

Acknowledgments: this work was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 23-16-00167. The authors are grateful to the Federal Scientific Center «All-Russian Research and Technological Institute of Poultry Breeding» of the Russian Academy of Sciences and the «Smena» Breeding and Genetic Centre. We extend our personal thanks to ZhV Emanuilova for her consultation and for providing the research object – the «Smena 9» domestic selective breeding cross.

For citation: Artemyeva OA, Dovydenkova MV, Berezova KA, Kolodina EN, Nikanova DA. Study of nonspecific resistance and clinical and biochemical status of broiler chickens of the Smena 9 cross. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(4):56-72. (In Russ). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-4-56>

Введение.

Rhodotorula mucilaginosa является сапрофитным микроорганизмом, который можно встретить в различных средах обитания (почва, вода, организмы животных и растений). Данные дрожжи представляют большой интерес для биотехнологического процесса, поскольку являются продуцентами ценных метаболитов, к числу которых относятся каротиноиды, преимущественно β -каротиноиды, торулен и торуларходин. Благодаря наличию этих пигментов цвет колоний *Rhodotorula mucilaginosa* варьирует от оранжевых до красных оттенков, за что они и получили свое название «красные дрожжи» (Li Z et al., 2022; Zhang Q et al., 2024).

Каротиноидам отводится роль суперантиоксидантов, к их свойствам можно отнести антиоксидантную и противоопухолевую активность. Более того, применение данных пигментов в качестве кормовых добавок для животных оказывает положительное влияние на поддержание здоровья организма, в частности, дрожжи *Rhodotorula mucilaginosa*, являющиеся источником каротиноидов, укрепляют иммунную систему. Существуют данные, согласно которым полисахариды (глюкан и маннан), входящие в состав клеточной стенки «красных дрожжей», способны усиливать миграцию и фагоцитоз макрофагов и нейтрофилов и, в целом, повышать резистентность организма (Hu P et al., 2022).

Известно, что ключевая роль в регуляции иммунного ответа отводится компонентам комплемента C3 и C4, поскольку данные белки «помогают» фагоцитам в защитных механизмах, а их активацию можно усилить за счет добавления *Rhodotorula mucilaginosa* в рационы животных. Этот тезис подтверждается исследованием, в котором введение *Rhodotorula mucilaginosa* ZTHY2 в дозе 2×10^9 КОЕ/кг в рацион черных уток породы Лейчжоу повысило уровень ранее упомянутых компонентов комплемента, гуморальный иммунитет животных усилился, а следовательно, повысилась и сопротивляемость болезням у организма птицы (Wu J et al., 2025).

Не менее важное значение в контексте факторов естественной резистентности отводится бактериолизинам, в частности, лизоциму, который оказывает свое действие на грамположительные микроорганизмы (Pankratov TA et al., 2023).

О состоянии здоровья животных, исключая дополнительные методы исследований, судят по клиническому и биохимическому анализу крови. Работы, посвященные пробиотическим штаммам дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, свидетельствуют об их благотворном влиянии на гематологические и биохимические показатели. В исследовании на бройлерах рацион опытной группы заражали афлатоксином В1 и для нивелирования токсического эффекта от данного микотоксина дополнительно вводилась клеточная стенка *Saccharomyces cerevisiae*. Результаты исследования свидетельствуют о смягчении негативного воздействия афлатоксина В1 на функцию печени под воздействием клеточной стенки *Saccharomyces cerevisiae*, в сыворотке крови наблюдалось увеличение концентрации общего белка, альбуминов и глобулинов. Кроме того, гематологический анализ крови показал, что в контрольной группе значение количества эритроцитов, гематокрита, количества лейкоцитов и лимфоцитов было ниже (Ashry A et al., 2022). В аналогичном исследовании на птице, которой скармливали рацион с микотоксинами, наблюдалось значительное снижение процентного содержания лейкоцитов и лимфоцитов, что свидетельствует об угнетении иммунной системы организма. С другой стороны, бройлеры, которым дополнительно вводилась добавка на основе *Saccharomyces cerevisiae*, напротив, обладали более высокими показателями клеток, участвующих в иммунном ответе (Mendieta CR et al., 2018).

Основываясь на данных о положительном влиянии *Rhodotorula mucilaginosa*, возникает интерес в изучении ответных реакций организма с учетом физиологических периодов развития на продуктивное здоровье птицы. (Udensi J et al., 2024).

Цель исследования.

Изучить влияние микробной добавки на основе каротинсинтезирующих дрожжей *R. mucilaginosa* до и после процесса замораживания на клинико-биохимические показатели и неспецифическую резистентность организма цыплят.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. 78 голов цыплят-бройлеров суточного возраста.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: протоколы Женевской конвенции и принципы надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Опыт на цыплятах-бройлерах был проведен в условиях физиологического двора ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Условия содержания и кормления соответствовали требованиям, изложенным в руководстве по работе с птицей мясного кросса «Смена 9» (Ефимов Д.Н. и др., 2021). Используемые в исследовании дрожжи были выделены в процессе научно-исследовательской работы из желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственных животных в лаборатории микробиологии ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста.

По принципу групп-аналогов были сформированы 3 группы по 26 голов цыплят-бройлеров в каждой (контрольная и две опытных). Применена технология выращивания в клеточных батареях. Контрольная группа получала основной рацион, 1 опытная к основному рациону ежедневно – дрожжи *R. mucilaginosa* без заморозки в дозе 3 г/гол./сут из расчета, что содержание каротиноидов составляло 312 мкг/г в биомассе, 2 опытная к основному рациону ежедневно получала в рацион дрожжи *R. mucilaginosa* после заморозки в той же дозировке, что и 1 опытная группа.

Кормление цыплят-бройлеров осуществлялось в три этапа комбикормами «Старт» X-PRO (0-10 дн.), «Рост» X-PRO (11-29 дн.), «Финиш» X-PRO (30-50 дн.) (торговая марка Purina). Введение в рацион дрожжей *R. mucilaginosa* осуществляли с первого дня жизни методом добавления в комбикорм в сухом виде из расчета 3 г/гол./сут. основного рациона. (табл. 1). Ростовой период был проведен с 1-22 сут. возраста, финишный период – 23-42 сут. Общая продолжительность эксперимента составила 42 дня.

Таблица 1. Схема проведения эксперимента

Table 1. Experimental design

Группа / Group	Голов в группе / Number of heads	Характеристика кормления / Feeding characteristics
Ростовой период – 1-22 сут / Growth period: 1-22 days		
Контрольная/Control	26	Комбикорм стандартный (КК) Purina (Старт, Рост, Финиш) / Standard Purina Feed (Start, Grower, Finish)*
1 опытная / 1 experimental	26	КК с дополнительным включением дрожжей <i>R. mucilaginosa</i> без замораживания в дозе 3 г/гол./сут / Standard Purina Feed with an additional inclusion of <i>R. mucilaginosa</i> yeast without freezing at a dose of 3 g/bird/day
2 опытная / 2 experimental	26	КК с дополнительным включением дрожжей <i>R. mucilaginosa</i> после заморозки в дозе 3 г/гол./сут / Standard Purina Feed with an additional inclusion of frozen <i>R. mucilaginosa</i> yeast at a dose of 3 g/bird/day
Финишный период – 23-42 сут / The finishing period is 23-42 days		
Контрольная/Control	21	Комбикорм стандартный Purina (Старт, Рост, Финиш)/ Standard Purina Feed (Start, Grow, Finish)*
1 опытная / 1 experimental	21	КК с дополнительным включением дрожжей <i>R. mucilaginosa</i> без замораживания в дозе 3 г/гол./сут / Standard Purina Feed with an additional inclusion of <i>R. mucilaginosa</i> yeast without freezing at a dose of 3 g/bird/day
2 опытная / 2 experimental	21	КК с дополнительным включением дрожжей <i>R. mucilaginosa</i> после заморозки в дозе 3 г/гол./сут / Standard Purina Feed with an additional inclusion of frozen <i>R. mucilaginosa</i> yeast at a dose of 3 g/bird/day

Примечание:* – (Ефимов Д.Н. и др., 2021), КК – комбикорм стандартный

Note: * – (Efimov DN et al., 2021), КК – compound feed standard

Убой (декапитация) цыплят-бройлеров осуществлялся в конце каждого опытного периода по 5 голов из каждой группы. Для определения неспецифического иммунитета и основных биохимических показателей цыплят-бройлеров кросса «Смена 9» исследовали сыворотку крови, полученную центрифугированием при 5 тыс.об./мин в течение 15 мин.

Определение лизоцимной активности сыворотки крови (ЛАСК) проводили по модифицированной методике с использованием микробиологического анализатора Multiskan FC («ThermoFisher Scientific Inc.», Финляндия) с определением: процента лизиса, количество лизоцима (мкг) в 1 мл сыворотки крови, удельной единицы активности (ед. а.) в пересчете на 1 мг белка.

Для исследования использовали музейный тест-штамм *Micrococcus luteus* (*lysodeicticus*) 4698 ATCC 1537 ATCC-2665, культивируемый на скошенном мясо-пептонном агаре при +37 °C в течение 16 часов. Тест-культуру смывали стерильным фосфатным буфером (pH=7,2), стандартизовали на спектрофотометре Multiskan против фосфатного буфера, используя зеленый светофильтр (длина волны 540 нм) в микропланшетах на 96 лунок. Стандартная взвесь культуры соответствует 0,6-0,62 McF (МакФарланда). В каждую лунку вносили по 0,05 мл исследуемой сыворотки крови, в контрольную лунку вносили по 0,05 мл фосфатного буфера. Количество лизоцима в 1 мл сыворотки крови определяли по калибровочной кривой, построенной по стандартному раствору лизоцима. Измерения проводили через 1 час и 3 часа. Пересчет уровня лизоцимной активности ферментов в единицы активности на 1 мг белка выражали в условных единицах активности на 1 мг белка (уд.е.а./мг белка).

Для определения БАСК готовили суспензию суточной музейной тест-культуры *Escherichia coli* M-17-02 с оптической плотностью 1,9 McF. В 96-луночные планшеты разливали по 0,2 мл мясо-пептонного бульона и вносили по 0,045 мл испытуемой сыворотки крови и 0,005 мл инокулюма культуры *Escherichia coli* M-17-02. В контрольные кюветы вносили те же компоненты, что и в опытные, но вместо сыворотки добавляли по 0,045 мл стерильного 0,9 % физиологического раствора. Измерения проводили сразу и через 5 часов культивирования при +37 °C на микробиологическом анализаторе Multiskan FC («ThermoFisher Scientific Inc.», Финляндия) при длине волны 540 нм (зеленый светофильтр).

Определение фагоцитарной активности цельной крови проводили по В.С. Гостьеву (Кондрахин И.П., 2004).

Биохимические показатели крови (концентрация общего белка, альбуминов, глобулинов, глюкозы, триглицеридов, билирубина, холестерина, кальция, фосфора, магния, железа, хлоридов, активность аланинаминотрансферазы – АЛТ, аспартатаминотрансферазы – АСТ, щелочной фосфатазы – ЩФ) определяли на автоматическом биохимическом анализаторе ERBA XL-640 («ERBA Lachema s.r.o.», Чешская Республика). С использованием наборов Erba Lachema (Чешская Республика).

Для исследования гематологических показателей крови цыплят-бройлеров применяли следующие методы: определение скорости оседания эритроцитов – методом Панченкова, подсчет эритроцитов и лейкоцитов в счетной камере Горяева. Гемоглобин и гематокрит определяли на анализаторе Micros CC-20Plus («НТИ», США) с системными реагентами согласно прилагаемым инструкциям.

Для подсчета лейкоцитарной формулы (лейкограммы) готовили мазки крови, после их фиксации проводили окраску свежеприготовленным водным раствором краски Романовского-Гимза. Готовую краску Романовского-Гимза разводили из расчета 2-3 капли (~ 60 мкл) на один миллилитр нейтральной дистиллированной воды (pH 6,8-6,9). Окрашивание производили нанесением водного раствора краски каплями на горизонтально расположенную площадь мазка до полного покрытия. Экспозиция составляла 15-20 минут, тщательно отмытый препарат высушивали в вертикальном положении и затем фиксировали несколько секунд в спирте для лучшей дифференциации ядер клеток белой крови. Далее препарат высушивали и исследовали под микроскопом «Nikon» (Япония) под иммерсией при окуляре WF 16 X и объективе 90.

Оборудование и технические средства. Работа с биологическим материалом осуществлялась на базе лаборатории микробиологии ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Микробиологический анализатор Multiskan FC («ThermoFisher Scientific Inc.», Финляндия), Densi-La-Meter II («Erba

Lachema s.r.o.», Чехия), световой микроскоп «Nicon» (Япония), биохимический анализатор ERBA XL-640 («ERBA Lachema s.r.o.», Чешская Республика), анализатор Micros CC-20Plus («НТИ», США) с системными реагентами, термостат электрический суховоздушный ТСО-1/80 (Россия), бокс микробиологической безопасности БМБ-II- «Ламинар – С»-1,5 (Neoteric) (Россия).

Статистическая обработка. Полученные в опыте материалы обработаны биометрически с использованием метода дисперсионного анализа (ANOVA), посредством программы «Statistica, version 13» («StatSoft Inc.», США; www.statsoft.com). При этом вычислены следующие величины: среднеарифметическая (M), среднеквадратическая ошибка ($\pm m$) и уровень значимости (p). Результаты исследований считали высокодостоверными при ^a – $P \geq 0,001$ и достоверными при ^b – $P \geq 0,01$; ^c – $P \geq 0,05$. При $P \geq 0,1$, но $P \geq 0,05$ – тенденция к достоверности полученных данных. При $P > 0,1$ разницу считали недостоверной.

Результаты исследований.

Наиболее значительный подъем показателей при клиническом анализе крови наблюдался к 42-суточному возрасту мясных цыплят, что связано, в том числе с интенсивным ростом и функциональным становлением систем организма. Существенных различий в показателях лейкоцитов по возрастным периодам в ходе эксперимента, а также опытными группами не наблюдалось. Количество гемоглобина в крови у цыплят-бройлеров при использовании кормовой добавки незначительно повысилось по сравнению с контролем (табл. 2).

Таблица 2. Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров (n=5)
Table 2. Morphological parameters of broiler chicken blood (n=5)

Группа цыплят/ <i>a group of chickens</i>	Показатели / <i>Indicators</i>					
	гемогло- бин, г/л/ <i>Hemoglobin, g/l</i>	эритроци- ты, $10^{12}/л$ / <i>Red blood cells, $10^{12}/l$</i>	лейкоциты, $10^9/л$ / <i>White blood cells, $10^9/l$</i>	гематокрит, % / <i>Hemato- crit, %</i>	СОЭ, мм/ч/ <i>ESR, mm/h</i>	цветовой показа- тель/ <i>Col- or indica- tor</i>
Возраст 22 сут / <i>Age 22 days</i>						
Контроль/ <i>Control</i>	138,6 $\pm$ 4,0	3,46 $\pm$ 0,14	19,64 $\pm$ 0,88	15,62 $\pm$ 7,7	2,40 $\pm$ 0,27	1,34 $\pm$ 0,08
1 опытная / <i>1 experimental</i>	115,07 $\pm$ 7,44 ^c	3,80 $\pm$ 0,28	19,18 $\pm$ 0,74	22,13 $\pm$ 1,28	2,60 $\pm$ 0,27	1,26 $\pm$ 0,04
2 опытная / <i>2 experimental</i>	121,05 $\pm$ 3,34 ^c	3,66 $\pm$ 0,32	19,12 $\pm$ 1,09	23,26 $\pm$ 0,68	2,60 $\pm$ 0,45	1,25 $\pm$ 0,03
Возраст 42 сут / <i>Age 42 days</i>						
Контроль/ <i>Control</i>	142,6 $\pm$ 5,74	3,42 $\pm$ 0,06	20,22 $\pm$ 1,00	25,96 $\pm$ 1,34	2,00 $\pm$ 0,35	1,43 $\pm$ 0,06
1 опытная / <i>1 experimental</i>	144,6 $\pm$ 5,85	3,82 $\pm$ 0,30	18,62 $\pm$ 1,38	26,38 $\pm$ 1,67	3,00 $\pm$ 0,50	1,39 $\pm$ 0,08
2 опытная / <i>2 experimental</i>	143,0 $\pm$ 9,45	3,83 $\pm$ 0,25	18,48 $\pm$ 1,85	25,40 $\pm$ 1,79	3,00 $\pm$ 0,61	1,33 $\pm$ 0,09
Норма/ <i>Standard</i>	80,0-130,0	3,0-4,0	20,0-40,0		2,0-3,0	1,0-3,0

Примечание: ^c – $P \geq 0,05$

Note: ^c – $P \geq 0.05$

При исследовании периферической крови у цыплят-бройлеров изучаемые показатели находились в пределах физиологической нормы. Количество эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина, цветовой показатель и СОЭ не отличались между контрольными и опытными группами на протяжении всего опытного периода (табл. 2).

Содержание клеток «белой» крови у цыплят-бройлеров, напротив, находилось на нижней границе нормы на протяжении исследуемого периода от 18,48 до 20,22 млн/л. Данная особенность четко отмечена и в контрольных, и в опытных группах, поэтому мы можем предположить, что это не связано с действием добавок на основе каротинсинтезирующих дрожжей *R. mucilaginosa* на организм цыплят-бройлеров (табл. 3).

Таблица 3. Лейкограмма (%) крови цыплят-бройлеров (n=5)

Table 3. Leukogram (%) of broiler chickens (n=5)

Группа цыплят/ <i>a group of chickens</i>	Базофи- лы / <i>Basophils</i>	Эозинофилы / <i>Eosinophils</i>	Псевдоэозинофилы (гранулоциты)/ <i>Pseudoeosinophils</i> (<i>granulocytes</i>)	Лимфоциты/ <i>Lymphocytes</i>	Моноциты/ <i>Monocytes</i>
Возраст 22 сут / Age 22 days					
Контроль/ <i>Control</i>	1,6±0,27	5,2±0,55	27,2±2,1	57,8±2,36	8,2±0,74
1 опытная / <i>1 experimental</i>	2,0±0,5	6,4±1,64	25,2±1,02	58,8±1,98	7,6±0,57
2 опытная/ <i>2 experimental</i>	1,8±0,42	7,4±0,76	23,2±1,47	59,4±0,76	8,2±0,42
Возраст 42 сут / Age 42 days					
Контроль/ <i>Control</i>	1,60±0,45	8,40±0,91	26,00±2,15	55,60±3,46	8,60±2,39
1 опытная/ <i>1 experimental</i>	1,60±0,27	8,00±1,54	23,80±3,01	57,20±2,95	9,00±1,00
2 опытная/ <i>2 experimental</i>	1,80±0,22	6,00±1,27	25,40±1,92	62,80±1,39	7,20±0,82
Норма/ <i>Standard</i>	1-3	6-10	24-30	52-60	4-10

При изучении лейкограммы контрольных и опытных птиц установлено, что достоверных различий между ними нет. Количество базофилов, эозинофилов, псевдоэозинофилов, лимфоцитов и моноцитов в исследуемые периоды находилось в пределах нормы.

При введении в рацион цыплят-бройлеров добавок на основе каротинсинтезирующих дрожжей *R. mucilaginosa* содержание гемоглобина в конце опыта составило 143,0-144,6 г/л, эритроцитов – 3,66-3,80·10¹²/л, лейкоцитов – 18,48-18,62 млрд./л, гематокрита – 25,40-26,38 %, СОЭ – 3,00 мм/ч, цветовой показатель – 1,33-1,39. Лейкограмма крови цыплят-бройлеров соответствовала показателям здоровой птицы (табл. 2, 3).

Показатели неспецифической резистентности представлены в таблице 4. В возрасте 42 сут в 1 и 2 опытных группах отмечено увеличение БАСК на 1,63 % и 5,87 % относительно контроля соответственно. В конце опытного периода наблюдалось увеличение БАСК у цыплят-бройлеров 1 и 2 опытных групп на 11,72 % и 16,6 % относительно контроля соответственно.

ЛАСК в опытных группах в возрасте 22 сут также была выше, чем у птицы контрольной группы. При этом у цыплят-бройлеров 1 и 2 опытных групп регистрировалось достоверное увеличение уровня ЛАСК по сравнению с контролем на 14,83 % ($P \geq 0,01$) и 19,04 % ($P \geq 0,001$) соответственно. В возрасте 42 сут наблюдалась аналогичная картина – отмечено достоверное увеличение уровня ЛАСК по сравнению с контролем на 10,55 % ($P \geq 0,01$) и 22,87 % ($P \geq 0,001$) соответственно.

Таблица 4. Показатели неспецифической резистентности сыворотки крови цыплят-бройлеров (n=5)

Table 4. Parameters of non-specific resistance in the blood serum of broiler chickens (n=5)

Факторы естественной резистентности/ <i>Factors of natural resistance</i>	Возраст 22 сут / <i>Age 22 days</i>			Возраст 42 сут / <i>Age 42 days</i>		
	контроль/ <i>control</i>	1 опытная/ <i>1 experimental</i>	2 опытная/ <i>2 experimental</i>	контроль/ <i>control</i>	1 опытная/ <i>1 experimental</i>	2 опытная/ <i>2 experimental</i>
БАСК, %/ <i>BASQUE, %</i>	24,80±1,11	26,43±1,90	30,67±1,07 ^b	18,52±1,95	30,24±0,47 ^b	35,12±1,79 ^b
ЛАСК, %/ <i>LASK, %</i>	17,85±2,02	32,68±1,66 ^b	36,89±1,33 ^a	8,28±1,51	18,83±0,27 ^b	31,15±3,15 ^a
Лизоцим, мкг/мл сыворотки/ <i>Lysozyme, mcg/ml of serum</i>	0,32±0,02	0,29±0,04	0,42±0,03	0,15±0,03	0,28±0,06	0,32±0,07
уд.ед.а, ед.а/мг. белка (15 мин)/ <i>unit a, unit a/mg of protein (15 min)</i>	2,44±0,48	4,81±0,39 ^c	4,24±0,19 ^c	1,09±0,22	1,69±0,13	3,22±0,76 ^c
ФА, %/ <i>FA, %</i>	43,4±1,86	55,2±2,73 ^c	57,6±1,75 ^b	44,4±2,04	53,0±1,41 ^a	52,4±1,03 ^c
ФИ/ <i>FI</i>	2,73±0,16	2,90±0,24	2,76±0,11	2,51±0,03	2,49±0,09	2,65±0,07
ФЧ/ <i>FCH</i>	1,18±0,06	1,6±0,15	1,58±0,05 ^b	1,11±0,04	1,32±0,07	1,39±0,05 ^b

Примечание: ^a – P≥0,001; ^b – P≥0,01; ^c – P≥0,05Note: ^a – P≥0.001; ^b – P≥0.01; ^c – P≥0.05

При изучении фагоцитарных свойств нейтрофилов крови цыплят нами установлено, что в 22-суточном возрасте у птицы 1 опытной группы данный показатель был выше на 11,8 % (P≥0,05), а у цыплят 2 опытной группы – на 14,2 % по сравнению с контролем (P≥0,01). На 42 сутки фагоцитарная активность нейтрофилов цыплят-бройлеров, получавших дрожжи без заморозки, превосходила фагоцитарную активность нейтрофилов птицы контрольной группы на 8,6 % (P≥0,001), а фагоцитарные активность нейтрофилов цыплят, получавших дрожжи после заморозки, превышали контрольные значения на 8,0 % (P≥0,05).

На 42 сутки произошло снижение БАСК в контрольной группе на 6,28 % по сравнению с контролем, в то время как в 1 и во 2 опытных группах отмечается увеличение бактерицидной активности на 3,81 % и 4,45 % соответственно (P≥0,01). ЛАСК в возрасте 42 сут опыта в контрольной группе понизилась на 9,57 % по сравнению с контролем в возрасте 22 сут. Также и в 1 опытной группе к 42 суткам наблюдалось значительное снижение ЛАСК – на 13,85 %. Тогда как продолжительность введения дрожжей после заморозки в рацион цыплятам простимулировала лизоцимную активность сыворотки крови и показатели находились примерно на одном уровне (2 опытная группа). Лишь по фагоцитарной активности крови у цыплят обеих опытных групп отмечается незначительное снижение в возрасте 42 сут: на 2,2 % – для 1 опытной и на 5,2 % – для 2 опытной групп.

В таблице 5 приведены данные по основным биохимическим показателям крови цыплят-бройлеров. В результате введения в основной рацион птицы добавки на основе штамма *R. mucilaginosa*, прошедшей заморозку (2 опытная группа), и добавки на основе штамма *R. mucilaginosa*,

не подвергшейся заморозке (1 опытная группа), количество общего белка у данных групп животных было ниже по сравнению с контролем. Уровень общего белка в 1 и 2 опытных группах находился практически на одном уровне.

Таблица 5. Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров (n=5)
Table 5. Biochemical parameters of broiler chicken blood (n=5)

Показатели/ <i>Indicators</i>	Возраст 22 сут / <i>Age 22 days</i>			Возраст 42 сут / <i>Age 42 days</i>		
	контроль/ <i>control</i>	1 опытная <i>/1 experi- mental</i>	2 опытная <i>/2 experi- mental</i>	контроль/ <i>control</i>	1 опытная/ <i>experimental</i>	2 опытная <i>/2 experi- mental</i>
Общий белок, г/л/ <i>Total pro- tein, g/l</i>	23,24±0,80	21,18±0,61	21,88±0,64	32,34±1,13	29,98±1,26	29,66±1,47
Альбумин, г/л/ <i>Albumin, g/l</i>	13,22±0,38	12,26±0,37	12,52±0,27	15,38±0,46	14,6±0,35	14,72±0,74
Глобулин г/л/ <i>Globulin g/l</i>	10,02±0,63	8,92±0,44	9,36±0,42	16,96±0,73	15,38±0,97	14,66±1,02
Креатинин, мкмоль/л/ <i>Creatinine, mmol/l</i>	25,32±1,43	30,31±0,63 ^c	27,12±0,41	40,43±1,46	41,0±1,73	42,7±2,51
Билирубин общий, мкмоль/л / <i>Total bilirubin, mmol/l</i>	0,80±0,22	0,93±0,08	0,75±0,03	0,55±0,17	0,55±0,17	0,83±0,16
Холестерин общий, ммоль/л/ <i>Total cholesterol, mmol/l</i>	4,07±0,33	3,96±0,18	3,9±0,23	3,92±0,14	3,8±0,07	3,63±0,22
Щелочная ф-за, МЕ/л/ <i>Alkaline f-for, IU/l</i>	2219,6±363,68	2255,8±210,71	2094,4±310,32	853,00±261,84	1325,0±403,28	1145,8±74,18
Триглицериды, ммоль/л/ <i>Tri- glycerides, mmol/l</i>	0,29±0,05	0,78±0,06 ^b	0,17±0,04	0,66±0,11	0,58±0,03	0,79±0,25
АСТ, МЕ/л <i>/AST, IU/l</i>	148,98±6,16	151,64±5,81 ^c	173,02±3,84	205,66±21,43	228,26±9,34	253,16±12,88
Глюкоза, ммоль/л/ <i>Glu- cose, mmol/l</i>	12,73±0,25	14,99±0,49 ^b	13,21±0,09	14,13±0,42	15,19±0,31	15,06±0,38

Примечание: ^a – P≥0,001; ^b – P≥0,01; ^c – P≥0,05

Note: ^a – P≥0.001; ^b – P≥0.01; ^c – P≥0.05

На протяжении всего опытного периода 2 опытная группа обладала наибольшим уровнем АСТ. Содержание данной трансферазы во 2 опытной группе было выше, чем в контрольной на 13,9 % и 18,8 %, что объясняется индивидуальными особенностями организма. По итогам опытного периода уровень общего билирубина во 2 опытной группе был самым высоким, но находился в пределах нормы и составлял $0,83 \pm 0,16$ мкмоль/л.

В возрасте 22 и 42 сут уровень креатинина был выше в 1 и 2 опытных группах, чем в контроле. Данные таблицы 5 свидетельствуют о повышении активности щелочной фосфатазы в 22 сут, что является нормой, поскольку активность этого фермента значительно выше у молодняка животных. В финишном периоде, когда бройлеры достигли возраста 42 суток, наблюдалось закономерное снижение уровня щелочной фосфатазы.

Согласно данным таблицы 6, по результатам ростового периода в контрольной группе содержание кальция по отношению к 1 и 2 опытным группам было выше на 6,6 % и 3,7 %, а по результатам финишного периода опыта – на 0,8 % и 1,5 % соответственно. В свою очередь, уровень фосфора был выше у 2 опытной группы на протяжении всего опытного периода и составил $2,22 \pm 0,09$ ммоль/л и $2,22 \pm 0,08$ ммоль/л соответственно.

Таблица 6. Минеральный состав сыворотки крови цыплят-бройлеров (n=5)

Table 6. Mineral composition of blood serum of broiler chickens (n=5)

Показатели/ <i>Parameters</i>	Возраст 22 сут / <i>Age 22 days</i>			Возраст 42 сут / <i>Age 42 days</i>		
	контроль/ <i>control</i>	1 опытная/ <i>1 experimental</i>	2 опытная/ <i>2 experimental</i>	контроль/ <i>control</i>	1 опытная/ <i>1 experimental</i>	2 опытная/ <i>2 experimental</i>
Кальций, ммоль/л / <i>Calcium,</i> <i>mmol/L</i>	$2,42 \pm 0,04$	$2,26 \pm 0,03^c$	$2,33 \pm 0,06$	$2,66 \pm 0,03$	$2,64 \pm 0,08^c$	$2,62 \pm 0,06$
Фосфор, ммоль/л / <i>Phosphorus,</i> <i>mmol/L</i>	$2,21 \pm 0,01$	$2,016 \pm 0,01^a$	$2,22 \pm 0,09$	$2,044 \pm 0,09$	$2,21 \pm 0,02$	$2,22 \pm 0,08$
Магний, ммоль/л / <i>magnesium,</i> <i>mmol/L</i>	$1,074 \pm 0,04$	$1,032 \pm 0,13$	$0,85 \pm 0,10$	$1,12 \pm 0,04$	$1,08 \pm 0,08$	$1,26 \pm 0,05$
Железо, мкмоль/л <i>/Iron, μmol/L</i>	$4,99 \pm 0,68$	$6,84 \pm 0,15^c$	$4,75 \pm 0,70$	$16,044 \pm 0,42$	$10,15 \pm 4,83$	$12,91 \pm 3,64$
Хлориды, ммоль/л / <i>Chlorides,</i> <i>mmol/L</i>	$103,5 \pm 0,96$	$104,7 \pm 0,99^a$	$104,8 \pm 0,61$	$109,88 \pm 1,20$	$109,82 \pm 2,50$	$108,62 \pm 0,90$

Примечание: ^a – $P \geq 0,001$; ^b – $P \geq 0,01$; ^c – $P \geq 0,05$

Note: ^a – $P \geq 0.001$; ^b – $P \geq 0.01$; ^c – $P \geq 0.05$

В возрасте 22 сут уровень магния в контрольной и 1 опытной группах находился примерно на одном уровне, в то время как во 2 опытной группе наблюдалось снижение этого макроэлемента по отношению к контролю на 20,5 %.

Известно, что большая часть железа организма животного сосредоточена в гемоглобине и миоглобине, и лишь малый процент микроэлемента приходится на сыворотку крови. Так, согласно полученным результатам, уровень железа среди всех групп в возрасте 22 сут был ниже, чем в 42 сут, причем животные 1 опытной группы ростового периода обладали наибольшей концентрацией железа, тогда как в финишном периоде, наоборот, наименьшей.

Данные таблицы 6 свидетельствуют о том, что концентрация хлоридов в крови бройлеров в обоих опытных периодах среди всех групп птицы находилась примерно на одном уровне. Но, как и в случае с железом, уровень хлоридов среди всех групп в возрасте 22 сут был ниже, чем в 42-суточном возрасте.

Обсуждение полученных результатов.

Учитывая особенности биологии нового отечественного конкурентоспособного кросса мясных кур, созданного Федеральным научным центром «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства Российской академии наук» и «Селекционно-генетическим центром «Смена», для которого характерны высокие темпы роста и развития, нами были исследованы клинико-биохимические показатели крови и основные показатели, отражающие состояние неспецифического иммунитета, помогающие оценить генетический потенциал, резистентность организма и устойчивость к различным заболеваниям цыплят-бройлеров «Смена 9».

Следует отметить, что содержание гемоглобина и эритроцитов, характеризующих уровень эритропоза в организме, в крови цыплят-бройлеров было на достаточно высоком уровне. Такой показатель, как скорость оседания эритроцитов за период опыта был стабилен и достоверно не изменялся. Цветовой показатель характеризует насыщенность эритроцитов гемоглобином, что важно при диагностике скрытой анемии. В нашем опыте у контрольных и опытных животных цветовой показатель соответствовал нормам здоровых животных (Кондрахин И.П., 2004).

Отсутствие патологических отклонений в лейкограмме цыплят-бройлеров (моноцитоз, эозинофилия, лимфоцитоз, лимфоцитопения) позволяет говорить об отсутствии воспалительной и аллергической реакции в организме на введение добавок на основе каротинсинтезирующих дрожжей *R. mucilaginosa*.

Мясной кросс цыплят-бройлеров «Смена 9» является новым отечественным гибридом, который в ходе селекционных работ был получен в 2019 году. В связи с чем для каждого вновь выведенного гибрида, особенно для такого высокопродуктивного, требуются свои собственные референтные показатели крови. Наши данные по морфологическим и биохимическим показателям крови коррелируют с результатами исследований, которые были проведены на мясном кроссе цыплят-бройлеров «Смена 9» (Боголюбова Н.В. и др., 2024).

Основу врожденной иммунной защиты организма составляет неспецифическая резистентность, которая проявляется через комплекс гуморальных факторов белковой природы. Важными маркерами усиления этой защиты являются повышение бактерицидной активности сыворотки крови (БАСК) и увеличение концентрации антимикробных белков – лизоцима, разрушающего клеточные стенки бактерий, и тромбоденсина, обладающего широким спектром противомикробного действия (Кренев И.А. и др., 2021). В ходе проведенного исследования было установлено, что введение дрожжей в рацион цыплятам-бройлерам оказало положительное воздействие на показатели иммунитета относительно контроля.

Лизоцим – это наиболее распространенный и часто изучаемый параметр при исследовании иммунологического статуса. Как важный компонент врожденного иммунитета лизоцим (мурамидаза, 14 кДа) проявляет множественную биологическую активность. Активность лизоцима у цыплят 2 опытной группы в ростовом периоде была выше на 23,80 %, чем в контроле, тогда как в 1 опытной отмечалось снижение активности лизоцима по сравнению с контрольной группой на 9,37 %, что связано с индивидуальными особенностями иммунного ответа цыплят при скормливании им дрожжей без заморозки. К 42 суткам, напротив, наблюдалась положительная динамика активности лизоцима у цыплят в опытных группах, в 1 – на 46,4 %, во 2 – на 53,1 %.

Отмечено существенное снижение показателей неспецифической резистентности в 42-суточном возрасте у птиц в контрольной группе, тогда как в опытных группах наблюдалось повышение защитных сил организма, особенно данная тенденция наблюдается у птицы во 2 группе, при введении в рацион дрожжей после заморозки, т. к. термическая обработка может приводить к частичному разрушению клеточной стенки дрожжей, благодаря чему повышается биодоступность иммуноактивных компонентов (маннано, β -глюканов), усиливается их взаимодействие с Toll-подобными рецепторами кишечника, а также происходит более эффективная стимуляция макрофагов (Vuscan P et al., 2024).

Полученные нами данные указывают на усиление гуморального звена неспецифической защиты организма цыплят-бройлеров при введении в рацион дрожжей как с заморозкой, так и без, что может свидетельствовать о стимуляции испытываемыми образцами как клеточных факторов иммунитета, так и гуморальных в пределах верхних границ физиологической нормы, что согласуется с исследованиями других авторов, в работах которых установлено повышение иммунологического статуса при введении в рацион добавок пробиотического характера (Сафонов В.А. и др., 2023; Alizabeh M et al., 2016; Faithi MM et al., 2012; Attia YA et al., 2022).

Как правило, снижение уровня такого показателя как «общий белок» свидетельствует о недостаточном поступлении протеина с кормом. Однако, согласно результатам таблицы 2, содержание гемоглобина в крови животных соответствовало норме, а, как известно, содержание белковой фракции крови имеет сильную корреляцию с глобином – белком, входящим в состав гемоглобина. Следовательно, незначительное снижение общего белка в пределах нормы в опытных группах не является следствием белковой недостаточности.

В свою очередь, важной частью белковой фракции являются альбумины, образование которых осуществляется в печени. Но лишь по уровню содержания данного показателя в крови нельзя судить о функциональном состоянии печени, поскольку биохимические показатели крови принято оценивать в совокупности. Поэтому важно также отслеживать уровень общего билирубина и АСТ. Активность АСТ характеризуется высокими показателями уже с первого дня жизни цыплят.

Использование в рационах кормления цыплят-бройлеров пробиотиков «Пробитокс» и «Пробитокс супер» показало, что при оценке биохимического статуса организма подопытной птицы по завершению первого четырехнедельного периода выращивания у бройлеров, получавших испытываемые кормовые добавки, наблюдалась тенденция более высокого поступления в кровь азотистых веществ и их лучшим использованием в организме. Это подтверждает концентрация мочевины, уровень которой снизился в сыворотке крови цыплят-бройлеров II группы в сравнении с I на 41,4 % и на 50,0 % – в III группе (Матросова Ю.В. и др., 2022).

Как правило, увеличение или снижение креатинина в крови указывает на нарушение в функционировании почек, однако часто высокое содержание данного показателя свидетельствует о наборе мышечной массы, что особенно важно для бройлеров.

Важным диагностическим показателем обмена веществ в организме птицы является содержание минеральных веществ, в первую очередь это касается таких макроэлементов, как кальций и фосфор. Важно отметить, что данные микроэлементы находятся в тесной взаимосвязи друг с другом, поэтому целесообразно оценивать их соотношение, которое в норме составляет 1,2:1-2:1. Соотношение Са:Р в возрасте 22 сут во всех группах было ниже нормы и составляло порядка 1,1:1, а на 42 сут, напротив, данное соотношение во всех опытных группах соответствовало норме и варьировало в пределах 1,2:1-1,3:1. Это обстоятельство может быть связано с уровнем щелочной фосфатазы (табл. 5), которая принимает непосредственное участие в регуляции кальциево-фосфорного обмена.

В финишном периоде, напротив, животные 2 опытной группы обладали самыми высокими значениями магния, что может быть связано со способностью вышеупомянутого элемента активировать включение фосфора в его органические соединения.

В исследованиях Мирошниковой Е.П. с соавторами (2020) при включении в рацион цыплят-бройлеров пробиотического препарата Соя-бифидум с растительным экстрактом указывают на вариабельность морфологических и биохимических показателей крови в пределах физиологической нормы, что коррелируется с полученными результатами в нашей работе.

Заключение.

Результаты исследования показывают эффективность применения микробной добавки на основе каротинсинтезирующих дрожжей *Rhodotorula mucilaginosa* при включении в рацион цыплят-бройлеров кросса «Смена 9». Установлено, что использование замороженных дрожжевых клеток способствует достоверному усилению ($P \geq 0,001$; $P \geq 0,01$) неспецифической резистентности. В сравнении с группой, получавшей добавку без термической обработки, у птицы, потреблявшей замороженную форму дрожжей, наблюдалось повышение бактерицидной активности сыворотки крови на 16,14 % и лизоцимной активности – на 65,43 %. Важным аспектом является отсутствие негативного влияния микробной добавки на физиологическое состояние птицы. Гематологические и биохимические показатели крови оставались в пределах физиологической нормы, что свидетельствует о хорошей переносимости добавки. Таким образом, предварительная заморозка *Rhodotorula mucilaginosa* может рассматриваться как перспективный технологический прием для повышения эффективности, обеспечивающей усиление неспецифической резистентности бройлеров без нарушения их физиологического статуса.

Список источников

1. Влияние пробиотика БАЦЕЛЛ-М® на иммуно-биохимические показатели крови цыплят-бройлеров кросса росс-308 на фоне вакцинации / В.А. Сафонов, Е.В. Михайлов, С.Н. Семенов, И.Ю. Венцова, О.М. Мармурова // Journal of Agriculture and Environment. 2023. № 12(40). [Safonov VA, Mikhailov YV, Semenov SN, Venctsova IY, Marmurova OM. Influence of probiotic bacella-m® on immuno-biochemical indicators of blood of ross-308 cross broiler chickens during vaccination. Journal of Agriculture and Environment. 2023;12(40). (In Russ.)]. doi: 10.23649/JAE.2023.40.20
2. Кренев И.А., Берлов М.Н., Умнякова Е.С. Антимикробные белки и пептиды нейтрофильных гранулоцитов как модуляторы системы комплемента // Иммунология. 2021. Т. 42. № 4. С. 426-433. [Krenev IA, Berlov MN, Umnyakova ES. Antimicrobial proteins and peptides of neutrophilic granulocytes as modulators of complement system. Immunologiya. 2021;42(4):426-433. (In Russ.)]. doi: 10.33029/0206-4952-2021-42-4-426-433
3. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник / под общ. ред. И.П. Кондрахина. М.: КолосС, 2004. 519 с. [Metody veterinarnoi klinicheskoi laboratornoi diagnostiki: spravochnik. pod obshch. red. Kondrakhin IP. Moscow: KolosS; 2004:519 p. (In Russ.)].
4. О биологических эффектах меланина при кормлении цыплят-бройлеров (*Gallus gallus* L.) кросса Смена 9 / Н.В. Боголюбова, Р.В. Некрасов, Н.В. Бардуков, А.А. Зеленченкова, Р.А. Рыков, П.Д. Лахонин, Н.С. Колесник, Ю.А. Боголюбова // Сельскохозяйственная биология. 2024. Т. 59. № 4. С. 759-772. [Bogolyubova NV, Nekrasov RV, Bardukov NV, Zelenchenkova AA, Rykov RA, Lakhonin PD, Kolesnik NS, Bogolyubova JA. On the biological effects of melanin in feeding broiler cross Smena 9 chickens (*Gallus gallus* L.). Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2024;59(4):759-772. (In Russ.)]. doi: 10.15389/agrobiology.2024.4.759rus doi: 10.15389/agrobiology.2024.4.759eng
5. Руководство по работе с птицей мясного кросса «Смена 9» с аутосексной материнской родительской формой / Д.Н. Ефимов, А.В. Егорова, Ж.В. Емануйлова, А.В. Иванов, А.П. Коноплева, А.А. Зотов, В.С. Лукашенко, А.А. Комаров, И.А. Егоров, Т.А. Егорова, Е.Ю. Байковская, В.А. Манукян, И.П. Салеева, А.Ш. Кавтарашвили, С.В. Смолов; под общ. ред. Фисинина В.И. Сергиев Посад: ФНЦ «ВНИТИП» РАН, 2021. 95 с. [Efimov DN, Egorova AV, Emanuilova JV, Ivanov AV, Konopleva AP, Zotov AA, Lukashenko VS, Komarov AA, Egorov IA, Egorova TA, Baikovskaya YuU, Manukyan VA, Saleeva IP, Kavtarashvili ASH, Smolov SV. Rukovodstvo po rabote s ptitsej myasnogo krossa «Smena 9» s autoseksnoi materinskoi roditel'skoi formoi. pod obshch. red. Fisini-na VI. Sergiev Posad: FNC «VNITIP» RAN; 2021:95 p. (In Russ.)].
6. Сравнительная оценка влияния пробиотиков на интенсивность роста и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров / Ю.В. Матросова, А.А. Овчинников, Л.Ю. Овчинникова,

Д.С. Брюханов, К.А. Нугуманова // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 2. С. 60-69. [Matrosova YuV, Ovchinnikov AA, Ovchinnikova LYu, Bryukhanov DS, Nugumanova KA. Comparative assessment of the effect of probiotics on the growth rate and biochemical parameters of the blood of broiler chickens. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(2):60-69. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-2-60

7. Эффективность комплексного применения пробиотического препарата Соя-бифидум с растительным экстрактом в кормлении цыплят-бройлеров / Е.П. Мирошникова, О.В. Кван, Е.В. Шейда, Ш.Г. Рахматуллин // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 4. С. 186-196. [Miroshnikova EP, Kvan OV, Sheyda EV, Rakhmatullin ShG. The effectiveness of the combined use of Soy-bifidum probiotic and plant extract in feeding broiler chickens. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(4):186-196. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-186

8. Alizadeh M, Rodriguez-Lecompte JC, Yitbarek A, Sharif S, Crow G, Slominski BA. Effect of yeast-derived products on systemic innate immune response of broiler chickens following a lipopolysaccharide challenge. Poult Sci. 2016;95(10):2266-2273. doi: 10.3382/ps/pew154

9. Ashry A, Taha NM, Lebda MA, Abdo W, El-Diasty EM, Fadl SE, Morsi Elkamshishi M. Ameliorative effect of nanocurcumin and Saccharomyces cell wall alone and in combination against aflatoxicosis in broilers. BMC Vet Res. 2022;18(1):178. doi: 10.1186/s12917-022-03256-x

10. Attia YA, Al-Khalaifah H, Abd El-Hamid HS, Al-Harathi MA, Alyileili SR, El-Shafey AA. Antioxidant status, blood constituents and immune response of broiler chickens fed two types of diets with or without different concentrations of active yeast. Animals. 2022;12(4):453. doi: 10.3390/ani12040453

11. Fathi MM, Al-Mansour S, Al-Homidan I, Al-Khalaf A, Al-Damegh M. Effect of yeast culture supplementation on carcass yield and humoral immune response of broiler chicks. Veterinary World. 2012;5(11):651-657. doi: 10.5455/vetworld.2012.651-657

12. Hu P, Mao J, Zeng Y, Sun Z, Deng H, Chen C, Sun W, Tang Z. Isolation, identification, and function of rhodotorula mucilaginosa TZR2014 and its effects on the growth and health of weaned piglets. Front Microbiol. 2022;13:922136. doi: 10.3389/fmicb.2022.922136

13. Li Z, Li C, Cheng P, Yu G. Rhodotorula mucilaginosa - alternative sources of natural carotenoids, lipids, and enzymes for industrial use. Heliyon. 2022;8(11):e11505. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11505

14. Mendieta CR, Gomez GV, Del Rio JCG, Cuevas AC, Arce JM, Avila EG. Effect of the addition of Saccharomyces Cerevisiae Yeast cell walls to diets with mycotoxins on the performance and immune responses of broilers. The Journal of Poultry Science. 2018;55(1):38-46. doi: 10.2141/jpsa.0170019

15. Pankratov TA, Gannesen AV, Nikolaev YA. Regulation of lysozyme activity by human hormones. Iran Biomed J. 2023;27(1):58-65. doi: 10.52547/ibj.3614

16. Udensi J, Loskutova E, Loughman J, Byrne HJ. Raman spectroscopic analysis of human blood serum of glaucoma patients supplemented with macular pigment carotenoids. J Biophotonics. 2024;17(8):e202400060. doi: 10.1002/jbio.202400060

17. Vuscan P, Kischkel B, Hatzioannou A, Markaki E, Sarlea A, Tintoré M, Cuñé J, Verginis P, de Lecea C, Chavakis T, Joosten LAB, Netea MG. Potent induction of trained immunity by Saccharomyces cerevisiae β -glucans. Front Immunol. 2024;15:1323333. doi: 10.3389/fimmu.2024.1323333

18. Wu J, Hu Y, Zhao N, Yang W, Chen Z. The active roles of Rhodotorula mucilaginosa ZTHY2 in regulating antioxidant capacity and immune function of Leizhou black ducks. Front Vet Sci. 2025;12:1494892. doi: 10.3389/fvets.2025.1494892

19. Zhang Q, Liao L, Lyu S. Rhodotorula mucilaginosa A8, a potential helper strain in a vitamin C microbial fermentation process. J Basic Microbiol. 2024;64(7):e2400132. doi: 10.1002/jobm.202400132

References

1. Safonov VA, Mikhailov YV, Semenov SN, Venctsova IY, Marmurova OM. Influence of probiotic bacella-m® on immuno-biochemical indicators of blood of ross-308 cross broiler chickens during vaccination. *Journal of Agriculture and Environment*. 2023;12(40). doi: 10.23649/JAE.2023.40.20
2. Krenev IA, Berlov MN, Umnyakova ES. Antimicrobial proteins and peptides of neutrophilic granulocytes as modulators of complement system. *Immunologiya*. 2021;42(4):426-433. doi: 10.33029/0206-4952-2021-42-4-426-433
3. Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics: a handbook edited by I.P. Kondrakhin. Moscow: KolosS; 2004:519 p.
4. Bogolyubova NV, Nekrasov RV, Bardukov NV, Zelenchenkova AA, Rykov RA, Lakhonin PD, Kolesnik NS, Bogolyubova JA. On the biological effects of melanin in feeding broiler cross Smena 9 chickens (*Gallus gallus* L.). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 2024;59(4):759-772. doi: 10.15389/agrobiology.2024.4.759rus doi: 10.15389/agrobiology.2024.4.759eng
5. Efimov DN, Egorova AV, Emanuilova JV, Ivanov AV, Konopleva AP, Zotov AA, Lukashenko VS, Komarov AA, Egorov IA, Egorova TA, Baikovskaya YuU, Manukyan VA, Saleeva IP, Kavtarashvili ASH, Smolov SV. Guide to working with poultry of the myas cross "Smena 9" with an auto-sexed maternal-parental form. Edited by Fisinin VI. Sergiev Posad: FNC «VNITIP» RAN; 2021:95 p.
6. Matrosova YuV, Ovchinnikov AA, Ovchinnikova LYu, Bryukhanov DS, Nugumanova KA. Comparative assessment of the effect of probiotics on the growth rate and biochemical parameters of the blood of broiler chickens. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(2):60-69. doi:10.33284/2658-3135-105-2-60
7. Miroshnikova EP, Kvan OV, Sheyda EV, Rakhmatullin ShG. The effectiveness of the combined use of Soy-bifidum probiotic and plant extract in feeding broiler chickens. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(4):186-196. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-186
8. Alizadeh M, Rodriguez-Lecompte JC, Yitbarek A, Sharif S, Crow G, Slominski BA. Effect of yeast-derived products on systemic innate immune response of broiler chickens following a lipopolysaccharide challenge. *Poult Sci*. 2016;95(10):2266-2273. doi: 10.3382/ps/pew154
9. Ashry A, Taha NM, Lebda MA, Abdo W, El-Diasty EM, Fadl SE, Morsi Elkamshishi M. Ameliorative effect of nanocurcumin and *Saccharomyces* cell wall alone and in combination against aflatoxicosis in broilers. *BMC Vet Res*. 2022;18(1):178. doi: 10.1186/s12917-022-03256-x
10. Attia YA, Al-Khalaifah H, Abd El-Hamid HS, Al-Harhi MA, Alyileili SR, El-Shafey AA. Antioxidant status, blood constituents and immune response of broiler chickens fed two types of diets with or without different concentrations of active yeast. *Animals*. 2022;12(4):453. doi: 10.3390/ani12040453
11. Fathi MM, Al-Mansour S, Al-Homidan I, Al-Khalaf A, Al-Damegh M. Effect of yeast culture supplementation on carcass yield and humoral immune response of broiler chicks. *Veterinary World*. 2012;5(11):651-657. doi: 10.5455/vetworld.2012.651-657
12. Hu P, Mao J, Zeng Y, Sun Z, Deng H, Chen C, Sun W, Tang Z. Isolation, identification, and function of *rhodotorula mucilaginosa* TZR2014 and its effects on the growth and health of weaned piglets. *Front Microbiol*. 2022;13:922136. doi: 10.3389/fmicb.2022.922136
13. Li Z, Li C, Cheng P, Yu G. *Rhodotorula mucilaginosa* - alternative sources of natural carotenoids, lipids, and enzymes for industrial use. *Heliyon*. 2022;8(11):e11505. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11505
14. Mendieta CR, Gomez GV, Del Rio JCG, Cuevas AC, Arce JM, Avila EG. Effect of the addition of *Saccharomyces Cerevisiae* Yeast cell walls to diets with mycotoxins on the performance and immune responses of broilers. *The Journal of Poultry Science*. 2018;55(1):38-46. doi:10.2141/jpsa.0170019
15. Pankratov TA, Gannesen AV, Nikolaev YA. Regulation of lysozyme activity by human hormones. *Iran Biomed J*. 2023;27(1):58-65. doi: 10.52547/ibj.3614

16. Udensi J, Loskutova E, Loughman J, Byrne HJ. Raman spectroscopic analysis of human blood serum of glaucoma patients supplemented with macular pigment carotenoids. *J Biophotonics*. 2024;17(8):e202400060. doi: 10.1002/jbio.202400060
17. Vuscan P, Kischkel B, Hatzioannou A, Markaki E, Sarlea A, Tintoré M, Cuñé J, Verginis P, de Lecea C, Chavakis T, Joosten LAB, Netea MG. Potent induction of trained immunity by *Saccharomyces cerevisiae* β -glucans. *Front Immunol*. 2024;15:1323333. doi: 10.3389/fimmu.2024.1323333
18. Wu J, Hu Y, Zhao N, Yang W, Chen Z. The active roles of *Rhodotorula mucilaginosa* ZTHY2 in regulating antioxidant capacity and immune function of Leizhou black ducks. *Front Vet Sci*. 2025;12:1494892. doi: 10.3389/fvets.2025.1494892
19. Zhang Q, Liao L, Lyu S. *Rhodotorula mucilaginosa* A8, a potential helper strain in a vitamin C microbial fermentation process. *J Basic Microbiol*. 2024;64(7):e2400132. doi: 10.1002/jobm.202400132

Информация об авторах:

Ольга Анатольевна Артемьева, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологии, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: 8(4967)651133.

Мария Валентиновна Довыденкова, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории микробиологии, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: 8(4967)651133.

Ксения Алексеевна Березова, младший научный сотрудник лаборатории микробиологии, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: 8(4967)651133.

Евгения Николаевна Колодина, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории микробиологии, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: 8(4967)651133.

Дарья Александровна Никанова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории микробиологии, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: 8(4967)651133.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Коммерческие и финансовые организации не принимали участия в разработке исследования, сборе, анализе или интерпретации данных, написании рукописи или принятии решения о публикации результатов.

Information about the authors:

Olga A Artemyeva, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher at the Microbiology Laboratory, Moscow Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: 8(4967)651133.

Maria V Dovydenkova, Cand. Sci. (Agriculture), Researcher at the Microbiology Laboratory, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: 8(4967)651133.

Ksenia A Berezova, Junior Researcher, Microbiology Laboratory, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: 8(4967)651133.

Evgeniya N Kolodina, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher at the Microbiology Laboratory, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: 8(4967)651133.

Daria A Nikanova, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher at the Microbiology Laboratory, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: 8(4967)651133.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest. Commercial and financial organizations were not involved in the development of the study, the collection, analysis, or interpretation of data, the writing of the manuscript, or the decision to publish the results.

Статья поступила в редакцию 01.09.2025; одобрена после рецензирования 12.10.2025; принята к публикации 15.12.2025.

The article was submitted 01.09.2025; approved after reviewing 12.10.2025; accepted for publication 15.12.2025.