

ИММУНОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС, МИКРОБИОЦЕНОЗ КИШЕЧНИКА И ВИТАМИННЫЙ ОБМЕН У ПТИЦЫ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ КОМБИКОРМОВ

Резюме. Изучено влияние парообработки полнораціонных комбикормов и добавления в рецептуру компенсаторных доз жирорастворимых витаминов (А, D₃, Е) с целью коррекции их термически индуцированных потерь на показатели иммунобиологического статуса, витаминного обмена и количественного состава микробиоты кишечника сельскохозяйственной птицы. Исследования проводились на перепелах маньчжурской породы яичного направления и курах-несушках кросса Супер Ник. Было установлено достоверное изменение количественного состава резидентной микрофлоры 12-перстной кишки у кур-несушек, содержания IgY, витамина А в желтке яиц перепелов и кур-несушек, параметров иммунобиологической реактивности сыворотки крови перепелов. Также была экспериментально обоснована эффективность замены холекальциферола на его метаболически активный аналог 25(OH)D₃ (кальцидиол) в части улучшения показателей иммунобиологического и биохимического статуса птицы.

Ключевые слова: жирорастворимые витамины, парообработка, термическая обработка комбикормов, яичное птицеводство, микробиота желудочно-кишечного тракта птицы, естественная резистентность, иммуноглобулин класса Y, куры-несушки, перепела.

IMMUNOBIOLOGICAL STATUS, INTESTINAL MICROBIOCENOSIS AND VITAMIN METABOLISM IN POULTRY DURING HEAT TREATMENT OF COMPOUND FEEDS

Abstract. The effect of the process of heat treatment (steam treatment) of compound feeds for poultry and the introduction of additional compensatory doses of fat-soluble vitamins (A, D₃, E) into the diet in order to correct their thermally induced losses on changes in the dynamics of the immunobiological status, vitamin metabolism and quantitative composition of the intestinal microbiota of experimental poultry was studied. The study subjects were quails of the Manchurian egg breed and Super Nick cross laying hens. The experiments revealed significant changes in several key indicators: the quantitative composition of the duodenal resident microflora in laying hens, the concentration of IgY and vitamin A in the egg yolks of both quails and hens, and the natural resistance parameters of quail blood serum. Furthermore, the study experimentally validated the efficacy of substituting vitamin D₃ (cholecalciferol) with its metabolically active analog, 25(OH)D₃ (calcidiol), for enhancing the immunobiological and biochemical status of the experimental poultry.

Key words: fat-soluble vitamins, steam treatment, heat treatment of compound feeds, egg poultry farming, microbiota of the gastrointestinal tract of poultry, natural resistance, class Y immunoglobulin, laying hens, quails.

УДК 636.59+636.52/.58+636.085.64:612.017.11:612.33

Научная статья

DOI 10.69539/2413-287X-2026-02-4-263

АЛМАЗ ГАЗНАВИЕВИЧ МУСИН¹,

кандидат сельскохозяйственных наук, генеральный директор

ORCID: 0009-0001-3977-624X

ЕЛЕНА БАТЫРОВА ТАТЛЫБАЕВА¹,

инженер по качеству

ORCID: 0009-0001-2636-5601

E-mail: e.tatlybaeva@av-ns.com

РИНАТ РАВИЛОВИЧ ГАДИЕВ²,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ORCID: 0000-0001-8779-3047

E-mail: rgadiev@mail.ru

¹ООО «ЭйВи НутриСмарт»

460027, Россия, г. Оренбург, ул. Беляевская, д. 32

²ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ»

450001, Россия, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34

Поступила в редакцию: 12.01.2026

Одобрена после рецензирования: 23.01.2026

Принята в публикацию: 03.02.2026

UDC 636.59+636.52/.58+636.085.64:612.017.11:612.33

Research article

DOI 10.69539/2413-287X-2026-02-4-263

ALMAZ G. MUSIN¹,

Ph.D. of Agricultural Sciences, CEO

ORCID: 0009-0001-3977-624X

ELENA B. TATLYBAYEVA¹,

Quality Engineer

ORCID: 0009-0001-2636-5601

E-mail: e.tatlybaeva@av-ns.com

RINAT R. GADIEV²,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

ORCID: 0000-0001-8779-3047

E-mail: rgadiev@mail.ru

¹AVNutriSmart LLC,

460027, Russia, Orenburg, Belyaevskaya Str., 32

²FSBEI HE Bashkir SAU

450001, Russia, Ufa, 50-letiya Oktyabrya Str., 34

Received by editor office: 01.12.2026

Approved in revised: 01.23.2026

Accepted for publication: 02.03.2026



ВВЕДЕНИЕ

Современная интенсификация отрасли птицеводства требует поиска технологических решений, направленных на максимальную реализацию генетического потенциала сельскохозяйственной птицы при сохранении высокого уровня ее здоровья и качества получаемой продукции. При этом одним из ключевых факторов является оптимизация системы кормления, которая в нынешних условиях рассматривается не только как способ обеспечения птицы нутриентами, но и как инструмент управления физиологическим статусом и иммунологической резистентностью ее организма [1–3]. Необходимо отметить, что традиционные стратегии кормления, ранее ориентированные преимущественно на увеличение показателей продуктивности, все чаще дополняются и пересматриваются с позиций нутритивной иммунологии и здоровья кишечника [4–6]. В данном вопросе немаловажное значение имеют функциональный состав и разнообразие микробиоты желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) птицы, которая представляет собой сложную экосистему микроорганизмов, влияющих на пищеварение, эндогенный синтез некоторых витаминов, целостность кишечного барьера и системный иммунный статус организма-хозяина. Будучи первым микробным сообществом, контактирующим с гидролизированным в желудке кормом, она оказывает существенное влияние на усвоение нутриентов, формирование колонизационной резистентности и модуляцию системного иммунитета. Благодаря механизмам прямой конкуренции за питательные вещества в экологической нише кишечника, выработке пептидных антибактериальных веществ (бактериоцинов), синтезу кислот, ингибирующих рост патогенных бактерий, непрямой конкуренции посредством стимуляции врожденного или адаптивного иммунного ответа, микробиота кишечника играет ключевую роль в противостоянии патогенам. Нарушение ее состава под влиянием фактора кормления или дефицита витаминов может привести к снижению естественной резистентности организма, ухудшению усвояемости биологически активных веществ и повышению восприимчивости поголовья к различным инфекциям [7–10].

В связи с этим формирование концепции витаминного питания сельскохозяйственной птицы требует от специалистов комплексного подхода — помимо расчета оптимального соотношения витаминного баланса в рационе, необходим учет и прогнозирование возможных вторичных потерь витаминов, возникающих вследствие воздействия различных факторов кормопроизводства, в первую очередь термической обработки (парообработки) полнорационных комбикормов. Наряду с улучшением переваримости и усвояемости корма, обеспечением биологической безопасности птицеводческого предприятия, снижением риска распространения инфекционных заболеваний, термическая обработка может частично инактивировать термолабильные молекулы витаминов в

составе матрицы корма. При этом важно учитывать, что применяемые справочные данные о потерях витаминов носят лишь оценочный характер, так как фактическая сохранность биологически активных веществ определяется уникальным сочетанием компонентного состава корма и конкретных режимов его обработки [11–14].

Актуальность настоящего исследования обусловлена практической значимостью контроля и прогнозирования термически индуцированных потерь жирорастворимых витаминов (А, D₃, Е) в корме при его парообработке. В частности, было изучено влияние искусственно созданного дефицита жирорастворимых витаминов (А, D₃, Е) в рационе сельскохозяйственной птицы, вызванного влаготепловой обработкой рассыпного комбикорма, на иммунологические (естественная резистентность, IgY), биохимические (содержание витамина А в яйце) и микробиологические (состав микробиоты ЖКТ) показатели. В работе также приведено экспериментальное обоснование полной замены холекальциферола (витамина D₃) на метаболически активную форму — 25(OH)D₃ (кальцидиол), а также проанализировано влияние данной корректировки рациона на изучаемые параметры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование на перепелах яичной продуктивности маньчжурской породы выполнялось на птицеводческом предприятии в Давлекановском районе Республики Башкортостан. Экспериментальную выборку (четыре группы по 40 особей) сформировали по достижении птицей возраста 105 дней, учетный цикл составил пять месяцев. В таблице 1 приведена схема кормления перепелок.

Таблица 1. Схема опыта на перепелках

Группа	Особенности кормления
Контрольная	Базовый комбикорм без термического воздействия
1 опытная	Комбикорм, подвергнутый термической обработке
2 опытная	Термически обработанный комбикорм с добавлением дополнительных уровней витаминов А, D ₃ , Е для возмещения их технологических потерь
3 опытная	Термически обработанный комбикорм с компенсаторными дозами витаминов А, Е и с полной заменой холекальциферола на кальцидиол (25(OH)D ₃)

Исследование на курах-несушках кросса Супер Ник проводили в условиях опытного птичника ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ (г. Уфа). Для данного этапа эксперимента были сформировали три группы птицы по 21 голове в возрасте 245 дней, учетный период составил девять месяцев. В таблице 2 приведена схема кормления кур-несушек.

Таблица 2. Схема опыта на курах-несушках

Группа	Особенности кормления
Контрольная	Базовый рацион — комбикорм, не прошедший паровую обработку
1 опытная	Термически обработанный комбикорм
2 опытная	Термически обработанный комбикорм с добавлением дополнительных уровней витаминов А, D ₃ , Е для возмещения их технологических потерь

В рационах кур-несушек использование метаболита 25(OH)D₃ вместо холекальциферола предусмотрено не было. Определение компенсаторных уровней жирорастворимых витаминов базировалось на результатах пробных испытаний, полученных в лабораторных условиях премиксного завода ООО «ЭйВи НутриСмарт» (г. Оренбург). Расчетные дозы, направленные на нейтрализацию термических потерь, корректировались в соответствии с фактическими показателями сохранности витаминов, зафиксированными при заводской выработке комбикормов.

Птица в обоих экспериментах и во всех группах содержалась в типовых безоконных птичниках. Технологические параметры выращивания: условия содержания, микроклимат, режим освещения, плотность посадки, фронт кормления, соответствовали общепринятым в отрасли нормам. В подготовительную фазу эксперимента всю птицу кормили базовым рационом. С переходом к учетному периоду контрольная группа осталась на прежней схеме питания, а поголовье опытных групп было переведено на потребление комбикормов, прошедших термообработку в соответствующих экспериментальных модификациях.

Исследование микробиоты 12-перстной кишки кур-несушек и определение уровня естественной резистентности сыворотки крови перепелов проводили в ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (Московская область). Уровни иммуноглобулина Y (IgY) в желтке перепелиных яиц определяли методом ИФА в испытательном центре ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (г. Оренбург); содержание витамина А (ретинол) в желтке перепелиных и куриных яиц — методом ВЭЖХ в производственной лаборатории ООО «ЭйВи НутриСмарт».

Образцы 12-перстной кишки, цельная кровь в контрольной и опытных группах отбирались при убойе и вскрытии птицы в заключительный день эксперимента, образцы яиц — в последний месяц экспериментального периода.

Статистическая обработка результатов выполнялась с использованием программного пакета Microsoft Office Excel. Проверка распределения на нормальность осуществлялась по критерию Шапиро-Уилка, оценка достоверности различий между группами — с помощью t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Микробиота тонкого отдела кишечника сельскохозяйственной птицы представляет собой динамичную систему, чувствительную к изменению рациона и условий содержания. Поскольку именно в этом отделе начинается активное взаимодействие химуса с резидентной микрофлорой, мониторинг ее состава имеет решающее значение для предотвращения дисбиозов и развития патогенной флоры [7–10]. Анализ кишечного микробиоценоза птицы позволил выявить основные функциональные группы микроорганизмов: лактобактерии (gen. *Lactobacillus*), энтерококки (gen. *Enterococcus*), лактозоположительная и лактозоотрицательная кишечные палочки (gen. *Escherichia*, *lac+*, *lac-*). Как видно из данных, представленных на рисунке 1, у кур-несушек контрольной и опытных групп лактобактерии являются доминирующим родом, что подтверждает их ключевую роль в нормофлоре ЖКТ птицы. В характере межгрупповой динамики наблюдается экспоненциальный рост количества представителей нормальной микрофлоры в опытных группах по сравнению с контролем: лактобактерий — от $1,5 \times 10^3$ КОЕ/г до 13×10^3 КОЕ/г; энтерококков — от 1×10^3 КОЕ/г до $2,5 \times 10^3$ КОЕ/г; лактозоположительной кишечной палочки — от $0,1 \times 10^2$ КОЕ/г до $3,5 \times 10^2$ КОЕ/г. При этом была зафиксирована отрицательная межгрупповая динамика в количественном соотношении по лактозоотрицательной кишечной палочке — ее количество снизилось с $5,0 \times 10^2$ КОЕ/г в контрольной до $0,5 \times 10^2$ КОЕ/г во 2 опытной группе.

Таким образом, результаты работы подтверждают эффективность применения термической обработки комбикормов в сочетании с корректировкой уровня жирорастворимых витаминов (А, D₃, Е) в отношении состава и количественных показателей микробиоты 12-перстной кишки кур-несушек, что косвенно свидетельствует о выраженном пребиотическом действии опытных факторов. При этом реализуемая в рамках эксперимента кормовая стратегия привела к значимому увеличению численности доминирующих и сопутствующих полезных бактерий (лактобактерий, энтерококков, лактозоположительной кишечной палочки) и к существенному подавлению роста условно-патогенной лактозоотрицательной кишечной палочки. Данный факт может быть обусловлен тем, что термическая обработка корма повышает доступность определенных субстратов для лактобактерий, а жирорастворимые витамины, обладая иммуномодулирующим и антиоксидантным свойствами, очевидно, формируют более благоприятную среду слизистой оболочки кишечника для симбионтной микрофлоры. Увеличение популяций энтерококков и лактозоположительной кишечной палочки, которые также входят в состав нормальной микрофлоры, говорит о комплексном позитивном сдвиге микробного сообщества в сторону усиления симбионтных функций, что может способствовать более эффективному пищеварению, конкурентному исключению патогенов и синтезу витаминов. Следовательно,

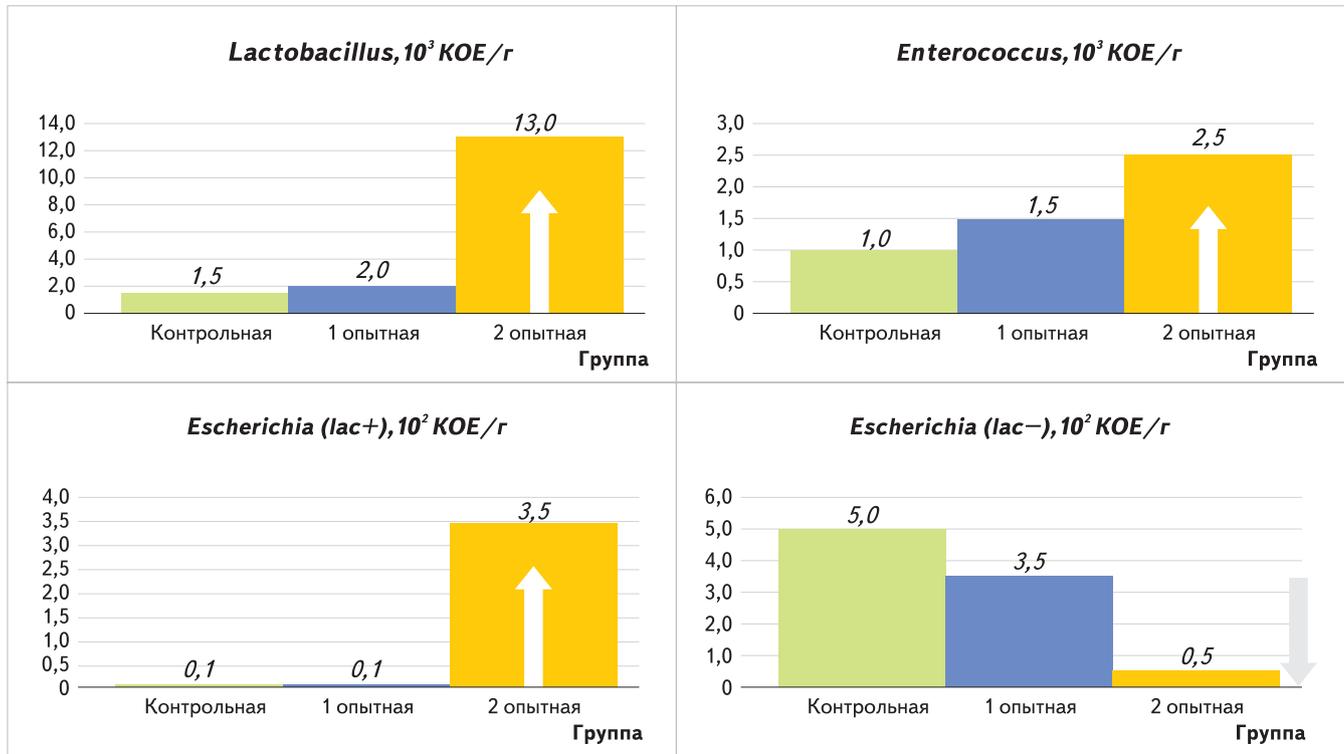


Рис. 1. Состав резидентной микрофлоры 12-перстной кишки кур-несушек

термическую обработку корма можно рассматривать в качестве первичного фактора, улучшающего доступность питательных веществ и санитарное качество корма. Дополнительный ввод жирорастворимых витаминов А, D₃, Е усиливает эффект, что, вероятно, связано с их ролью в поддержании целостности эпителиального барьера, в регуляции иммунного ответа слизистых оболочек (витамины А, D₃) и защите клеток от оксидативного стресса (витамин Е). Это создает оптимальный физико-химический и иммунный фон для развития полезной микрофлоры [13–17].

Оценка содержания витамина А (ретинол) в желтке выступает интегральным маркером его усвоения и депонирования организмом птицы, что напрямую связано с функционированием ее ЖКТ. В 1 опытной группе, в которой несушкам скармливали только термически обработанный корм, отмечалась тенденция к незначительному, статистически не значимому снижению уровня данного витамина — на 6,17% относительно контроля ($P > 0,05$) (рис. 2). Это может указывать на деградацию части витамина А в процессе тепловой обработки кормовой смеси и, соответственно, недополучения его организмом птицы. В желтке яиц кур 2 опытной группы, потреблявших термически обработанный корм с вводом дополнительных доз жирорастворимых витаминов, содержание витамина А превысило контрольное значение на 8,59% ($P < 0,01$). Таким образом, по характеру межгрупповой динамики содержания витамина А в желтке яиц наблюдается дозозависимый положительный ответ организма кур-несушек 2 опытной группы на ввод в их рацион компенсаторных доз жирорастворимых витаминов.

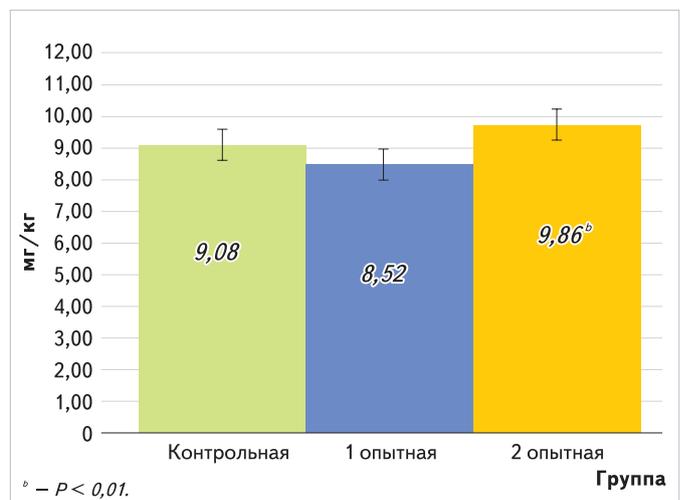


Рис. 2. Содержание витамина А в желтке яиц кур-несушек

Стоит отметить, что выявленная положительная динамика количественного состава нормофлоры кишечника (экспоненциальный рост *Lactobacillus*, *Enterococcus* spp. и лактозоположительной *E. coli*) коррелирует с увеличением концентрации витамина А в желтке яиц кур-несушек. Подобная корреляция может быть обусловлена механизмом оптимизации микробиоценоза 12-перстной кишки, что достигнуто путем снижения бактериальной обсемененности корма вследствие его термической обработки и использования дополнительных уровней жирорастворимых витаминов. Это способствовало усилению абсорбционных процессов в энтероцитах кишеч-

ника. Вместе с тем улучшение морфофункционального состояния эпителия кишечника под влиянием здоровой микробиоты повысило абсорбцию витамина А из рациона и привело к его более эффективному транспорту и последующему депонированию в желтке.

Согласно литературным данным микробиота кишечника принимает непосредственное участие в метаболизме бета-каротина, поступающего с растительным кормом, с образованием ретиналя (предшественника витамина А) и ретиноевой кислоты и влияет на экспрессию собственных ферментов птицы (каротиноид-диоксигеназ) через продукты метаболизма, такие как короткоцепочечные жирные кислоты и желчные кислоты [18–21]. Таким образом, здоровая микробиота кишечника, улучшая метаболизм в энтероцитах, значительно повышает усвоение витамина А, а благодаря собственной ферментативной системе преобразует β-каротин в ретиноиды.

Аналогичная тенденция наблюдалась в характере аккумуляции витамина А в желтке перепелиных яиц (рис. 3). При этом достоверное увеличение содержания витамина удалось зафиксировать во 2 и 3 опытных группах, получавших термически обработанный корм с дополнительными дозами жирорастворимых витаминов, по сравнению с контролем — соответственно на 7,97% и 8,33% ($P < 0,05$).

В опыте на перепелах были оценены основные параметры гуморального звена естественной резистентности — лизоцимная и бактерицидная активности сыворотки крови

(соответственно ЛАСК и БАСК). Как видно из данных таблицы 3, у перепелок всех опытных групп при потреблении термически обработанного корма отмечено статистически значимое ($P < 0,05$) увеличение концентрации лизоцима в сыворотке крови (от 0,54 до 0,59 мг/мл) по сравнению с контролем (0,47 мг/мл), что указывает на стимуляцию гуморального звена иммунитета. Наибольшее значение зафиксировано в 3 опытной группе, где использовалась метаболически активная форма 25(OH)D₃.

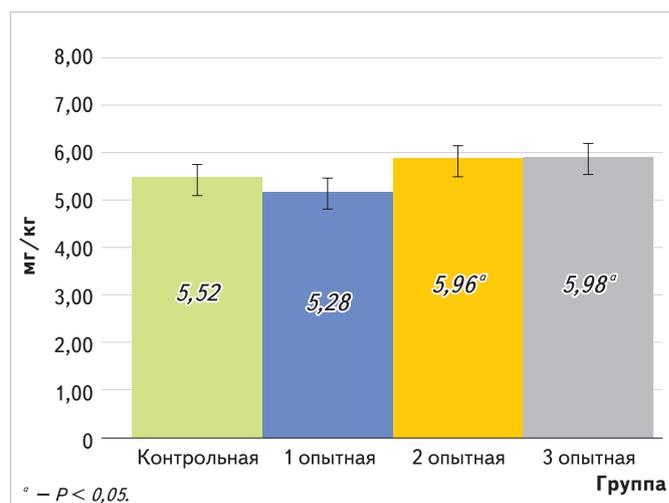


Рис. 3. Содержание витамина А в желтке яиц перепелок

Литература/Literature

- Околелова, Т. М. Кормление сельскохозяйственной птицы: учебники и учебные пособия для кадров массовых профессий [Текст] / Т. М. Околелова. — М. : Агропромиздат, 1990. — 111 с.
- Подобед, Л. И. Руководство по минеральному питанию сельскохозяйственной птицы [Текст] / Л. И. Подобед, А. Н. Степаненко, Е. А. Капитонова. — Одесса: Акватория, 2016. — 360 с.: ил.
- Фисинин, В. И. Кормление сельскохозяйственной птицы [Текст] / В. И. Фисинин, И. А. Егоров, И. Ф. Драганов. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011. — 344 с.
- Каплин, В. С. Применение желточных антител птиц в медико-биологических исследованиях [Текст] / В. С. Каплин, О. Н. Каплина // Лабораторные животные для научных исследований. — 2023. — Том 6. — № 3. — С. 54–67. — <https://doi.org/10.57034/2618723X-2023-03-04>.
- Chen, L. Effects of dietary lysozyme supplementation on growth performance, intestinal morphology, immune function, antioxidant capacity, and gut microbiota in broilers [Text] / L. Chen, W. Peng, T. Wang, S. Ma, X. Wang, B. Dai, R. Zhang, C. Yang, Y. Wu // Poultry Science. — 2025. — № 104(11). — 16 p. — <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105741>.
- Naeem, M. Probiotics in Poultry: Unlocking Productivity Through Microbiome Modulation and Gut Health [Text] / M. Naeem, D. Bourassa // Microorganisms. — 2025. — № 13. — 21 p. — <https://doi.org/10.3390/microorganisms13020257>.
- Николаева, А. А. Влияние пробиотиков на формирование микрофлоры желудочно-кишечного тракта цыплят-бройлеров [Текст] / А. А. Николаева, А. М. Марданова, Г. Ф. Хадиева, М. Т. Лутфуллин // Материалы международной научно-практической конференции «Биотехнологии микроорганизмов». — г. Минск, 27–29 ноября 2019 г. — С. 130–133.
- Мухаммадиев, Р. С. Продуктивность, иммунный статус и микробиота кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион пробиотиков на основе *Lactiplantibacillus plantarum* SG66 и/или *Bacillus subtilis* GA24 [Текст] / Р. С. Мухаммадиев, Р. С. Мухаммадиев, Р. Л. Валиуллин, М. Г. Барышев, В. Г. Гумеров, А. С. Мухаммадиева, А. И. Самсонов, Б. А. Садыков // Известия ТСХА. — 2025. — № 1. — С. 182–200. — <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2025-1-182-200>.
- Скворцова, Л. Н. Функции микрофлоры желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственной птицы [Текст] / Л. Н. Скворцова // Научный журнал КубГАУ. — 2020. — № 161(07). — 8 с. — DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-161-005>.
- Rychlik, I. Composition and Function of Chicken Gut Microbiota [Text] / I. Rychlik // Animals. — 2020. — № 10. — 20 p. — <https://doi.org/10.3390/ani10010103>.
- Yang, P. Evaluation of Extrusion Temperatures, pelleting parameters, and vitamin forms on vitamin stability in feed [Text] / P. Yang, H. Wang, M. Zhu, Y. Ma. Animals. — 2020. — 10, 894. — 19 p. — <https://doi.org/10.3390/ani10050894>.

Таблица 3. Показатели естественной резистентности сыворотки крови перепелок

Группа	Показатель			
	Общая лизоцимная активность (лизис), %	Лизоцим, мкг/мл сыворотки	Удельная единица активности, ед. акт./мг белка	БАСК, %
Контрольная	40,20 ± 0,93	0,47 ± 0,03	2,71 ± 0,13	64,33 ± 3,86
1 опытная	40,76 ± 2,59	0,54 ± 0,01 ^a	3,28 ± 0,55	67,67 ± 2,94
2 опытная	37,31 ± 1,24	0,56 ± 0,02 ^a	2,77 ± 0,09	74,78 ± 3,07 ^a
3 опытная	36,16 ± 0,95 ^a	0,59 ± 0,04 ^a	3,62 ± 0,54	74,73 ± 1,48 ^a

^a — $P < 0,05$.

Общая лизоцимная активность статистически значительно снизилась только в 3 опытной группе (36,16% против 40,20% в контроле; $P < 0,05$). В 1 и 2 опытных группах этот показатель был сопоставим с контролем либо имел статистически незначимую тенденцию к снижению. Показатель удельных единиц активности белка был более высоким в 1 и 3 опытных группах, хотя статистически достоверной разницы в межгрупповой динамике по данному показателю зафиксировано не было ($P > 0,05$). Наиболее выраженный и статистически значимый эффект был выявлен по параметру БАСК, отражающему суммарную бактерицидную активность сыворотки крови — во 2 и 3 опытных группах его значение возросло в среднем на 16% по сравнению с контролем ($P < 0,05$). Полученные данные позволяют предположить, что компенсация витаминного баланса, нарушенного термической обработкой корма,

с использованием метаболически активной формы витамина 25(OH)D₃ сдвигает гуморальное звено естественной резистентности птицы в положительную сторону.

Важным аспектом оценки иммунологического статуса перепелов является изучение уровня материнского иммунитета, который передается потомству через яйцо. Основным функциональным компонентом этого процесса является иммуноглобулин Y (IgY), концентрирующийся в значительном количестве в желтке и обеспечивающий пассивную защиту молодняка в первые дни жизни. Содержание IgY в желтке напрямую коррелирует с активностью гуморального звена иммунитета самки и ее способностью к синтезу защитных белков. Учитывая важную роль витамина D₃ и его активных метаболитов в поддержании и регуляции неспецифического и специфического иммунитета, анализ концентрации IgY позволяет оценить

- Riaz, M. Stability of Vitamins during Extrusion [Text] / M. Riaz, M. Asif, R. Ali // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. — 2009. — № 49. — P. 361–368. — <https://doi:10.1080/10408390802067290>.
- Abdollahi, M. R. Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value [Text] / M. R. Abdollahi, V. Ravindran, B. Svihus // *Animal Feed Science and Technology*. — 2013. — № 179. — P. 1–23. — <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2012.10.011>.
- Borojani, F. G. The Effects of Hydrothermal Processing on Feed Hygiene, Nutrient Availability, Intestinal Microbiota and Morphology in Poultry — A Review [Text] / F. G. Borojani, B. Svihus, H. G. von Reichenbach, J. Zentek // *Animal Feed Science and Technology*. — 2016. — 220. — P. 187–215. — <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.07.010>.
- Cox, N. A. Effect of the Steam Conditioning and Pelleting Process on the Microbiology and Quality of Commercial-Type Poultry Feeds [Text] / N. A. Cox, D. Burdick, J. S. Bailey, J. E. Thomson // *Poultry Science*. — 1986. — № 65. — P. 704–709. — <https://doi:10.3382/ps.0650704>.
- Никулин, В. Н. Биологически активные вещества и добавки в птицеводстве: учеб. пособие для магистров направления подготовки 36.04.02 Зоотехния [Текст] / В. Н. Никулин, Т. В. Коткова. — Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2016. — 202 с.
- Combs, G. F. The Vitamins. Fundamental aspects in Nutrition and Health. Third edition [Text] / G. F. Combs Jr. // *Nutritional Sciences* Cornell University Ithaca, New York. — Elsevier Academic Press. — 2008. — 583 p.
- Середа, Т. И. Особенности конверсии каротина и витамина А в организме кур в системе «кровь – печень – яйцо» [Текст] / Т. И. Середа, М. А. Дерхо, Л. М. Разумовская // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. — 2014. — № 3 (47). — С. 172–175.
- Deng, S. Integrated Analysis of Carotenoid Metabolism, Lipid Profiles, and Gut Microbiota Reveals Associations Fundamental to Skin Pigmentation in Lingshan Chickens [Text] / S. Deng, W. Yang, S. Hu, L. Li, J. He, G. Bian // *Animals*. — 2025. — № 15. — 17 p. — <https://doi.org/10.3390/ani15192832>.
- O'Byrne, S. M. Retinol and retinyl esters: biochemistry and physiology [Text] / S. M. O'Byrne, W. S. Blamer // *Journal of Lipid Research*. — 2013. — № 54. — p. 1731–1743.
- Von Lintig, J. Carotenoid Metabolism at the Intestinal Barrier [Text] / J. von Lintig, J. Moon, J. Lee, S. Ramkumar // *Biochim Biophys Acta Mol Cell Biol Lipids*. — 2020. — № 11. — p. 50. — <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2019.158580>.
- Geng, Y. Dietary vitamin D₃ supplementation protects laying hens against lipopolysaccharide-induced immunological stress [Text] / Y. Geng, Q. Ma, Z. Wang, Y. Guo // *Nutrition & Metabolism*. — 2018. — № 15:58. — 14 p. — <https://doi.org/10.1186/s12986-018-0293-8>.
- Abascal-Ponciano, G. A. Dietary 25-Hydroxyvitamin D₃ Supplementation Modulates Intestinal Cytokines in Young Broiler Chickens [Text] / G. A. Abascal-Ponciano, S. F. Leiva, J. J. Flees, L. P. Avila, J. D. Starkey, C. W. Starkey // *Frontiers in Veterinary Science*. — 2022. — № 9. — p. 11. — <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.947276>.

эффективность различных схем витаминного питания не только для здоровья взрослой птицы, но и в формировании иммунного резерва для потомства [4, 17, 22, 23]. На рисунке 4 показано изменение характера аккумуляции IgY в желтке перепелиных яиц.

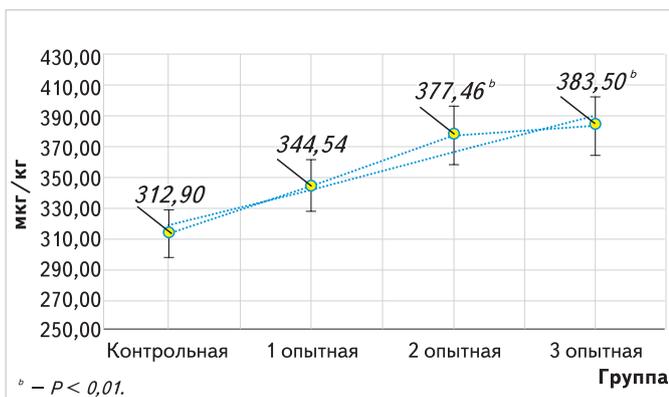


Рис. 4. Содержание IgY в желтке яиц перепелок

Между группами наблюдался экспоненциальный рост содержания IgY — от контрольной группы (312,9 мкг/г) к 3 опытной группе (383,50 мкг/г). При этом статистически достоверная разница была зафиксирована между 2 и 3 опытными группами и контрольной группой (+20,63%, +22,56%, соответственно; P < 0,01). Увеличение концентрации IgY в желтке в опытных группах относительно контроля может быть связано с улучшением усвояемости питательных веществ после тепловой обработки корма, а также с возможной инактивацией антипитательных факторов, что положительно повлияло на метаболизм, микробиоту кишечника и синтез иммунных компонентов.

Использование при этом жирорастворимых витаминов, выполняющих роль иммуномодуляторов и антиоксидантов, особенно важно, поскольку снижает стресс, вызываемый изменением рациона или условий содержания.

ВЫВОДЫ

Предложенная кормовая стратегия, сочетающая в себе термическую обработку (парообработку) комбикорма с вводом компенсаторных доз жирорастворимых витаминов (A, D₃, E), оказывает выраженное пребиотическое действие, позволяет улучшить состав микробиоты 12-перстной кишки птицы. Корреляция между позитивными сдвигами в микробиоте и повышением содержания ретинола в желтке яиц кур-несушек и перепелок свидетельствует о комплексном положительном влиянии опытных факторов на метаболизм витамина A, когда здоровая микробиота, наряду с улучшением состояния эпителия кишечника, способствует более эффективной абсорбции, биоконверсии провитаминов и транспорту ретинола. Кроме того, у перепелов опытных групп зафиксировались улучшение показателей гуморального иммунитета и резистентности, увеличение концентрации IgY в желтке.

Таким образом, комплексное применение термической обработки корма с оптимизацией рациона путем ввода компенсаторных доз жирорастворимых витаминов и активного метаболита витамина D₃ кальцидиола обосновывает эффективную концепцию формирования витаминного баланса в условиях современного кормопроизводства. Это позволяет оптимизировать состав кишечного микробиоценоза, повысить общую резистентность организма птицы и усилить характер аккумуляции витаминов в желтке яиц сельскохозяйственной птицы. ■