

Влияние пробиотиков, фитогеника, нерастворимых волокон и микрокристаллической целлюлозы на зоотехнические показатели кур-несушек и морфологические показатели яиц

Д. А. СИЛИН, Е. С. НЕГАНОВА, С. В. ЛЕБЕДЕВ

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация

Резюме. Исследование проводили с целью оценки влияния биологически активных веществ на продуктивность кур-несушек для улучшения морфологических характеристик яиц путем внесения изменений в рацион питания в критические периоды яйцекладки (предкладковый этап и выход на плато яйценоскости). Для экспериментов сформировали 6 групп кур-несушек возрастом 110 суток по 30 голов в каждой методом пар-аналогов. Птица контрольной группы получала стандартный рацион, в опытных группах в корм дополнительно вводили Лактобифадол-Форте (в дозировке 1,5 г/кг), Ветом 1.1 (1,5 г/кг), Дигестаром® П.Е.П. 1000 (1 г/кг), нерастворимые волокна Арбоцел (1 г/кг) и микрокристаллическую целлюлозу (1 г/кг). Добавки включали в состав рациона в течение 100 суток (со 110 по 210 сутки жизни птицы). Использование Arbocel RC Fine обеспечило наилучшую яйценоскость, увеличив ее на 11,1 % ($p \leq 0,05$), по сравнению с контролем. Вторая по эффективности добавка Лактобифадол-Форте способствовала росту величины этого показателя, относительно группы на стандартном рационе, на 8,9 %. Одновременно наблюдали положительное влияние изучаемых средств на массу яиц и их составляющих. Использование Лактобифадола-Форте привело к увеличению средней массы яйца, по сравнению с контролем, на 9,67 % ($p \leq 0,05$), массы желтка – на 12,1 % ($p \leq 0,05$). В группе, получавшей Дигестаром П.Е.П., отмечали повышение толщины скорлупы на 14,9 % ($p \leq 0,05$). Лучшие показатели конверсии корма зафиксированы при использовании Лактобифадола-Форте и Arbocel RC Fine: расход корма снижался соответственно на 17,8 % и 14,7 %. В остальных группах либо наблюдали небольшое преимущество над контролем, либо рост расхода корма.

Ключевые слова: куры-несушки, яичная продуктивность, морфологический состав яиц, пробиотик, клетчатка.

Сведения об авторах: Д. А. Силин, аспирант (e-mail: dasilin@mail.ru); Е. С. Неганова, специалист; С. В. Лебедев, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник.

Для цитирования: Силин Д. А., Неганова Е. С., Лебедев С. В. Влияние пробиотиков, фитогеника, нерастворимых волокон и микрокристаллической целлюлозы на зоотехнические показатели кур-несушек и морфологические показатели яиц // Достижения науки и техники АПК. 2025. Т. 39. № 8. С. 89–95. doi: 10.53859/02352451_2025_39_8_89

The influence of probiotics, phytogenics, insoluble fibres and microcrystalline cellulose on the zootechnical performance of laying hens and the morphological parameters of eggs

D. A. Silin, E. S. Neganova, S. V. Lebedev

Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies, Russian Academy of Sciences, ul. 9 Yanvarya, Orenburg, 460000, Russian Federation

Abstract. The study aimed to evaluate the effect of biologically active substances on the productivity of laying hens to improve the morphological characteristics of eggs by changing the diet during critical periods of egg production (pre-laying stage and reaching the egg production plateau). For the experiments, 6 groups of 110-day-old laying hens, 30 birds each, were formed using the pair-analogue method. Birds in the control group received a standard diet, while in the experimental groups, Lactobifadol-Forte (at a dosage of 1.5 g/kg), Vetom 1.1 (1.5 g/kg), Digestarom® P.E.P. 1000 (1 g/kg), insoluble fibre Arbocel (1 g/kg) and microcrystalline cellulose (1 g/kg) were additionally added to the feed. The additives were included in the diet for 100 days (from 110 to 210 days of life of the bird). Arbocel RC Fine provided the best egg production, increasing it by 11.1 % ($p \leq 0.05$) compared to the control. The second most effective supplement, Lactobifadol-Forte, contributed to an 8.9% increase in this indicator, relative to the group on the standard diet. At the same time, a positive effect of the studied products on the weight of eggs and their components was observed. The use of Lactobifadol-Forte led to an increase in average egg weight, compared to the control, by 9.67 % ($p \leq 0.05$), yolk weight – by 12.1 % ($p \leq 0.05$). In the group receiving Digestarom P.E.P., an increase in shell thickness by 14.9 % ($p \leq 0.05$) was observed. The best feed conversion rates were recorded with Lactobifadol-Forte and Arbocel RC Fine: feed consumption decreased by 17.8% and 14.7%, respectively. The other groups either showed a slight advantage over the control or an increase in feed consumption.

Keywords: laying hens; egg production; egg morphology; probiotic, fibre.

Author Details: D. A. Silin, post graduate student (e-mail: dasilin@mail.ru); E. S. Neganova, specialist; S. V. Lebedev, D. Sc. (Biol.), corresponding member of the RAS, chief research fellow.

For citation: Silin DA, Neganova ES, Lebedev SV. [The influence of probiotics, phytogenics, insoluble fibres and microcrystalline cellulose on the zootechnical performance of laying hens and the morphological parameters of eggs]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2025;39(8):89–95. Russian. doi: 10.53859/02352451_2025_39_8_89

Птицеводство – одна из наиболее динамично развивающихся отраслей сельского хозяйства, особенно в России. Высокие темпы роста отрасли обуславливают экономическую значимость производства пищевых яиц как источника белка [1, 2]. Для удовлетворения растущего спроса на яйца птицеводы используют кормовые добавки, в том числе синтетические антибиотики – стимуляторы роста и противомикробные средства. Однако применение антибиотиков в птицеводстве сопряжено с такими рисками, как нарушение безопасности яиц, развитие устойчивости к антибиотикам, накопление лекарственных форм и дисбаланс микробиоты [3]. По этой причине проводят комплексные исследования для

разработки отечественных форм и рецептов премиксов и их ингредиентов, оказывающих стимулирующее действие на продуктивность и сохранность птицы. К альтернативным веществам можно отнести пробиотики, пребиотики, синбиотики, лекарственные растения и органические кислоты, имеющие направленное действие на иммунитет и устойчивость к патогенным бактериям [4].

Пробиотики – непатогенные и нетоксичные микроорганизмы (например, бактерии и дрожжи), вводимые через пищеварительный тракт. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО)/Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) определяет пробиотики как живые микроорганизмы, которые при

введении в адекватных количествах приносят пользу для здоровья хозяина [5]. В основном в качестве пробиотиков в рационе птицы используют бактерии родов *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Pedococcus*, *Streptococcus*, *Bifidobacterium* и *Bacillus*, а также дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* и *Candida* spp [6]. Использование пробиотиков рассматривают как альтернативу антибиотикам, способствующую формированию здоровой кишечной микрофлоры, ускорению роста, снижению заболеваемости и подавлению роста возбудителей болезней пищевого происхождения. На рынке представлено большое количество пробиотических продуктов, которые рекламируют как средства для повышения продуктивности, улучшения здоровья и безопасности в птицеводстве [7]. В исследовании Маломо М. введение пробиотического штамма *Lactobacillus Acidophilus* положительно влияло на продуктивные показатели птицы. Наблюдали увеличение яйценоскости, массы яиц, толщины скорлупы и единиц Хау на фоне снижения потребления корма и затрат корма на 1 кг яйцемассы на протяжении всего продуктивного периода птицы [8].

Фитогенные кормовые добавки классифицируют как сенсорные и вкусовые соединения. Сегодня их активно исследуют в программах кормления птицы. Интерес к этим веществам обусловлен их безопасностью и способностью повышать продуктивность и улучшать здоровье животных благодаря улучшению усвояемости, противомикробной и противовоспалительной активности, антиоксидантному действию, стабилизации кишечной микрофлоры и снижению выбросов в окружающую среду [9]. В патенте на изобретение Шацкого Е. В. с коллегами охарактеризовано введение комплексной фитогенной кормовой добавки, которая позволила увеличить в период с 18 по 38 недели яйценоскость птицы, массу яиц и эффективность использования кормов [10].

Другой альтернативой антибиотикам выступает скармливание умеренного количества клетчатки, которое связано с улучшением переваримости питательных веществ, показателей роста и изменении свойств содержимого кишечника на фоне снижения частоты случаев каннибализма [11]. Источники клетчатки имеют большое разнообразие, однако их общее биологическое действие связано с повышением переваримости протеина, а также усвояемости аминокислот в организме птицы [12]. Применение микрокристаллической целлюлозы может снизить содержание токсичных микроэлементов у птицы и изменения в микробном сообществе слепого отдела кишечника [13]. Для снижения затрат на производство и повышения эффективности использования питательных компонентов корма применяют ферментные препараты, которые обладают множеством полезными качествами – стимулируют поедаемость, выделение слюны, желудочного сока, а также ускоряют обновление верхнего слоя слизистой кишечника [14]. Разнообразие предлагаемых решений в области кормления птицы расширяет спектр исследований, направленных на оценку действия биологически активных веществ в моноварианте для создания препаратов функционального действия. В исследовании Sozcu A. и Ipek A. отражено положительное влияние лигноцеллюлозы на продуктивность птицы. Так, отмечено снижение затрат корма на производство яиц, увеличение яйценоскости и массы яиц, а также толщины скорлупы и индекса желтка [15].

Исследуемые биологически активные вещества зарегистрированы на территории РФ и допущены для использования в кормлении сельскохозяйственной птицы: Лактобифадол-Форте – №ПВР-2-4.17/03338, Ветом 1.1 – №ПВР-1-10.18/03448, Дигестаром П.Е.П.

– №ПВИ-2-24.13/04069, Arbocel RC Fine – ТН ВЭД №4704 29 000 0, микрокристаллическая целлюлоза – №RU.77.99.11.003.E.011345.07.12. Сравнительное исследование по влиянию в критические периоды яйцекладки – предкладковый период и выход на плато яйценоскости – этих биологически активных веществ ранее не проводили. В Российской Федерации зарегистрирован патент №2777100 С1 [10], в котором отражено введение кормовой добавки в критически важные периоды для птицы – предкладковый с 16 по 21 неделю «в этот период молодок кур-несушек начинают подготавливать к яйценоскости и разному – это один из самых важных технологических периодов у кур, во многом определяющий уровень дальнейшей яичной продуктивности птиц», а также в возрасте 21 недели «чтобы повысить адаптационные способности молодой птицы после перевода ее в куры-несушки (в 20 недель)», 24 недели «в это время начинается стремительный разнос птицы и выход на пик яйценоскости» и 30 недель «в это время птица находится на пике яйценоскости, поэтому важно поддержать ее в напряженный стрессовый период».

Цель исследования – оптимизация рациона кур-несушек путем добавления различных биологически активных веществ для повышения их продуктивности и улучшения морфологических характеристик яиц в предкладковый этап (110...140-е сутки) и период выхода на плато яйценоскости (170...210-е сутки).

Условия, материалы и методы. Исследования проводили на курах-несушках кросса Хайсекс-Браун в возрасте 90...210 суток в Федеральном научном центре биологических систем и агротехнологий РАН (Оренбургская обл.).

В соответствии с методом групп-аналогов было сформировано 6 групп 110-суточных кур-несушек ($n = 30$) с живой массой 1200...1300 г в каждой (Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. /И. А. Егоров, В. А. Манукян, Т. Н. Ленкова и др. Сергеев Посад: ВНИТИП, 2013. 51 с.).

Включение препаратов проводили в 2 этапа: первый – 110...140 суток, второй – 170...210 суток. Первый период – предкладковый, в организме птицы резко возрастают потребности во всех питательных веществах корма. Второй период характеризуется как выход на плато яйценоскости – пик продуктивности птицы, во время которого нагрузка на организм достигает максимума и требуется большее количество питательных веществ, а также стимуляция работы желудочно-кишечного тракта и восполнение естественных минеральных резервов организма.

Контрольная группа в 110...210 суточном возрасте получала основной рацион, состоящий из пшеницы, отрубей, соевого и подсолнечного шротов, мясной муки, подсолнечного масла и витаминно-минерального премикса. Курам-несушкам опытных групп в этом же возрасте в рацион вводили добавки путем замены части зернового компонента: I группа – Лактобифадол-Форте (ООО БФ Компонент, Россия) в дозе 1,5 г/кг корма, II группа – Ветом 1.1 (ООО Ветом, Россия) в дозе 1,5 г/кг корма, III группа – Дигестаром® П.Е.П. 1000 (Biomim, Австрия) в дозе 1 г/кг корма, IV группа – нерастворимые волокна древесины Arbocel RC Fine (J. RETTENMAIER & SÖHNE GMBH + CO. KG, Германия) в дозе 1 г/кг корма, V группа – микрокристаллическая целлюлоза (ООО Стоинг, Россия) в дозе 1 г/кг корма. Дозы рассчитаны с учётом рекомендаций производителя и литературных данных.

Кормление кур-несушек всех групп осуществляли в соответствии с рекомендациями Всероссийского научно-исследовательского и технологического института птицеводства (ВНИТИП) 1 раз в сутки – групповым методом

[16] с применением метода ступенчатого смешивания при приготовлении комбикорма. Содержание птицы соответствовало методике, изложенной в Руководстве по работе с птицей кросса Хайсекс Браун (*Руководство по работе с птицей кросса Хайсекс Браун / Т. А. Хмельницкая, С. В. Саппинен, О. А. Трошкова и др. Кашино: ОАО ППЗ «Свердловский», 2007. 78 с.*). В ходе исследований руководствовались методикой проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы (*Егоров И. А., 2013*). Птицу содержали в типовых клетках для кур-несушек БН-1 (производство компании Стимул-Инк). Микроклимат в помещении соответствовал требованиям ОНТП-4-88.

Поедаемость и расход корма фиксировали ежедневно путем взвешивания остатков корма. Яичную продуктивность оценивали ежедневно путем подсчета и взвешивания яиц. Морфологические показатели яиц определяли общепринятыми методами. Взвешивание яиц проводили индивидуально ($\pm 0,01$ г) на весах лабораторных Масса-К ВК-3000.1 производства Масса-К (Россия). Лабораторные исследования выполняли на базе ЦКП БСТ РАН (<https://xn----btbumgw.xn--p1ai/>). Для сравнительной оценки эффективности яичной продуктивности использовали европейский коэффициент эффективности (ЕКЭ) и индекс эффективности Т. Тушекова и А. Коровушкина (ИЭ) [17]. Экономическую эффективность рассчитывали из средних показателей по стоимости корма, которая составила 22,6 руб. за 1 кг (<https://agroserver.ru/search/комбикорм+для+кур+несушек/1/0/0/0/0/1/>) и стоимости 10 яиц С1, которая составила 53,1 руб. (<https://agroserver.ru/kurinoe/Y2I0eT18cmVnaW9uPXxb3VudHJ5PXxtZXRrYT0xMjh8c29ydD0xfGFjY2VwdF9nZT0x/1/>).

Статистический анализ данных проводили в программном пакете Statistica 10.0 (StatSoftInc., США) и Microsoft Excel. Результаты статистической обработки включали расчет среднего значения (М) и стандартной ошибки среднего ($\pm$ SEM). Достоверность различий между сравниваемыми показателями определяли с помощью t-критерия Стьюдента при уровне значимости $p \leq 0,05$. Проверку соответствия полученных данных нормальному закону распределения проводили при помощи критерия согласия Шапиро-Уилка, критерия Лиллиефорса и критерия Колмогорова-Смирнова. Гипотеза о нормальности принимали в том случае, если хотя бы два из трех критериев показывали соответствие выборов распределению Гаусса. Гипотеза о принадлежности данных нормальному распределению подтверждена во всех случаях с вероятностью 95 %, что обосновало применение параметрических процедур обработки статистических совокупностей.

Результаты и обсуждение. По сравнению с контролем, введение пробиотика Лактобифадол-Форте снижало поедаемость корма на 5,4 %, концентрата нерастворимых волокон (Arbocel RC Fine) – на 2,6 %, в то время как введение микрокристаллической целлюлозы увеличивало поедаемость на 6,4 %, фитогеника Дигестаром® П.Е.П. 1000 – на 2,9 %, а пробиотика Ветом 1.1 – на 0,7 % (табл. 1). Наибольший

прирост яйценоскости (на 11,1 %, $p \leq 0,05$), по сравнению с контрольной группой, зафиксирован при использовании Arbocel RC Fine; далее в порядке убывания прироста яйценоскости следуют показатели групп, получавших Лактобифадол-Форте (на 8,9 %), Дигестаром® П.Е.П. 1000 (на 7,8 %) и микрокристаллическую целлюлозу (на 5,6 %). Наилучшая конверсия корма (1 кг корма на 10 яиц) отмечена при использовании Лактобифадол-Форте и Arbocel RC Fine, где она была ниже, чем в контрольной группе, на 13 %. Аналогичную тенденцию наблюдали при оценке конверсии корма на килограмм яичной массы – при использовании Лактобифадол-Форте расход корма снизился на 17,8 %, при использовании Arbocel RC Fine – на 14,7 %, по сравнению с контролем.

Снижение поедаемости корма при использовании Лактобифадол-Форте согласуется с результатами исследования Neijat M. с коллегами [18]. Они установили, что пробиотические препараты повышают переваримость питательных веществ (сухого и органического вещества, сырого протеина и нейтральной детергентной клетчатки) в желудочно-кишечном тракте, что, по мнению авторов, позволило птице увеличить энергоотдачу корма и снизить его потребление из-за лучшего усвоения питательных веществ рациона [18].

Снижение поедаемости корма при введении лигнинцеллюлозы (Arbocel RC Fine), по мнению авторов, обусловлено иным механизмом, отличным от влияния пробиотиков. Так, Sozcu A и Ipek A. [15] в своих исследованиях пришли к выводу, что введение 1 % лигнинцеллюлозы оказывает наилучший эффект благодаря стимуляции активности желудка и повышению переваримости питательных веществ. Mateos G.G. с коллегами [19] наблюдали более активное развитие желудка у кур-несушек, предполагая, что более крупные частицы клетчатки, которые сложнее переваривать, накапливаются в просвете желудка и стимулируют развитие органа.

Введение микрокристаллической целлюлозы, напротив, увеличило поедаемость кормов относительно контрольной группы на 6 %. Jha с коллегами [11] выявили, что физические свойства нерастворимой клетчатки способствуют увеличению потребления корма птицей при одновременном повышении ее продуктивности. По мнению авторов, это явление объясняется ускорением прохождения кормовой массы через желудочно-кишечный тракт, что улучшает усвоение питательных веществ и стимулирует потребление кормов [11].

Введение разных видов биоактивных веществ, таких как пробиотики, фитогеники и различные виды клетчатки сопровождалось положительным влиянием на производство яиц благодаря увеличению показателей яйценоскости при снижении конверсии корма. Многие исследователи подтверждают улучшение продуктивных показателей птицы при введении биоактивных веществ. Так, Alagawany M et al. в своем исследовании описали положительное влияние пробиотиков на яйценоскость кур-несушек из-за увеличения переваримости питательных веществ рациона,

Таблица 1. Влияние биологически активных веществ на основные зоотехнические показатели

Вариант	Поедаемость, кг/голов/опыт	Яйценоскость, шт./голов/сутки	Конверсия, 1 кг корма на 10 яиц	Конверсия, 1 кг корма на 1 кг яичной массы
Контрольная группа	13,29 $\pm$ 0,49	0,90 $\pm$ 0,04	1,48	2,86
Лактобифадол-Форте	12,57 $\pm$ 0,57	0,98 $\pm$ 0,08	1,28	2,35
Ветом 1.1	13,38 $\pm$ 0,50*	0,90 $\pm$ 0,04	1,49	2,76
Дигестаром® П.Е.П. 1000	13,67 $\pm$ 0,43	0,97 $\pm$ 0,02	1,41	2,54
Arbocel RC Fine	12,91 $\pm$ 0,55	1,00 $\pm$ 0,02*	1,29	2,44
Микрокристаллическая целлюлоза	14,11 $\pm$ 0,41	0,95 $\pm$ 0,04	1,49	2,79

*различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$.

Таблица 2. Влияние биологически активных веществ на массу яиц и составных частей в 201...210 сутки

Вариант	Масса составных частей яйца, г			
	целого	белка	желтка	скорлупы
Контрольная группа	52,95±0,43	29,32±0,67	17,55±0,24	6,12±0,13
Лактобифадол-Форте	58,07±0,46*	31,96±0,35*	19,67±0,31*	6,41±0,09
Ветом 1.1	52,56±0,57	30,11±0,41	16,67±0,36	5,83±0,16
Дигестаром® П.Е.П. 1000	56,83±0,45*	30,98±0,38*	18,88±0,26*	7,03±0,18*
Arbocel RC Fine	54,43±0,47*	30,32±0,43	18,26±0,29	5,81±0,12
Микрокристаллическая целлюлоза	54,82±0,43*	31,07±0,54*	17,52±0,34	6,23±0,11

*различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$.

связанной с повышением удержания азота и кальция [7]. В исследовании Morelli L. и Sarpurso L. упомянута уникальность различных штаммов пробиотиков, которые при введении в рацион птицы обладают индуцированными эффектами и могут вызывать различные ответные реакции в организме [5].

Фитогеники обладают комплексным действием на продуктивные показатели птицы и качество получаемой продукции. Они стимулируют репродуктивную систему и увеличивают запасы кальция в организме, а также улучшают секрецию поджелудочной железы, влияют на переваривание питательных веществ и, следовательно, оказывают действие на улучшение продуктивности и качества яиц [20]. Другая группа ученых показала, что локальные эффекты на границе кишечника, а также системные изменения проявляются в оптимизации метаболизма макроэлементов, повышая общую резистентность организма птицы и устойчивость к стресс-факторам окружающей среды [9].

В ходе исследования Питч М. и Коренника И. подтверждено положительное влияние нерастворимого концентрата сырой клетчатки на производственные показатели. Отмечено значительное снижение потребления корма благодаря использованию концентратов сырой клетчатки (КСК). Суточная яйценоскость несушек, получавших 0,4 % КСК, увеличилась на 2 % уже в первые 16 недель яйцекладки [21].

Наибольшую массу яйца (табл. 2) отмечали в группе, получавшей Лактобифадол-Форте, превышение контроля составило 9,67 % ($p \leq 0,05$). В группах, получавших Дигестаром П.Е.П. и Микрокристаллическую целлюлозу, величины этого показателя были больше, чем в контроле, на 7,33 % ($p \leq 0,05$) и 3,53 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Авторы связывают рост массы яиц в группе Лактобифадол-Форте при одновременном снижении потребления кормов на 5,42 % с увеличением скорости кишечной ферментации и усилением продукции короткоцепочечных жирных кислот, которые обеспечивают питание клеток кишечного эпителия и улучшают усвоение питательных веществ рациона, в частности кальция и протеина, способствует увеличению питательной ценности яйца и формированию более плотной скорлупы [7].

В схожем исследовании Harrington D. с коллегами [22] изучали влияние фитогеников на основе эфирного масла тимьяна и перечной мяты на рацион птиц и получили результаты, которые показали рост яйценоскости

и увеличение массы яиц, что согласуется с увеличением показателей массы яиц и яйценоскости у птиц, получавших Дигестаром® П.Е.П. 1000. Abdel-Wareth AA. [23] обнаружил, что штамм *Enterococcus faecium* и фрукто-олигосахариды значительно снижали уровень холестерина в сыворотке крови кур и улучшали качество яиц, что также сопровождалось ростом массы белка при введении Лактобифадол-Форте и Ветом 1.1 на 9 % ($p \leq 0,05$) и 2,7 % соответственно.

Разница между группами, получавшими Дигестаром® П.Е.П. 1000 и микрокристаллическую целлюлозу, и контролем по массе белка составила 5,7 % ($p \leq 0,05$) и 6,2 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Наибольшая масса желтка отмечена в группе, получавшей Лактобифадол-Форте (выше контроля на 12,1 %, $p \leq 0,05$). При использовании Дигестаром® П.Е.П. 1000 она увеличивалась, по сравнению с контролем, на 7,6 % ($p \leq 0,05$), одновременно масса скорлупы в этой группе возрастала на 14,9 % ($p \leq 0,05$).

Такие показатели качества яиц, как плотность, индекс формы яйца, белка и желтка, практически не различались между группами (табл. 3). Индекс формы яйца в группе, получавшей Лактобифадол-Форте, был выше, чем в контроле, на 3,4 %, ($p \leq 0,05$), что может свидетельствовать об улучшении товарных качеств продукта. Кроме того, при использовании Лактобифадол-Форте улучшались индексы белка (на 3,2 %, $p \leq 0,05$) и желтка (на 6 %, $p \leq 0,05$).

Neijat M. с коллегами [18] в своем исследовании отметили, что включение *Bacillus subtilis* способствовало увеличению содержания в яйце уровня альбумина и единиц Хау (показатель качества белка) в течение всего производственного цикла. Авторы также указывают, что способность пробиотиков усиливать пищеварительные процессы благодаря стимуляции бактерий в желудочно-кишечном тракте положительно влияет на толщину скорлупы. В наших исследованиях в группах, получавших пробиотики Лактобифадол-Форте и Ветом 1.1, она была больше, чем в контроле, на 4,5 % ($p \leq 0,05$) и 3 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Кишечная микрофлора, влияя на микробный баланс яйцевода через клоаку, может изменять состав организмов, разлагающих органический матрикс, что в свою очередь способствует изменению прочности скорлупы [24]. В группе, получавшей фитогеник Дигестаром® П.Е.П. 1000, отмечено улучшение морфологических показате-

Таблица 3. Влияние биологически активных веществ на морфологические показатели яиц кур-несушек в 201...210 сутки

Вариант	Плотность яиц, г/см ³	Индекс формы яйца	Индекс белка	Индекс желтка	Толщина скорлупы, мм	Единицы Хау
Контрольная группа	1,09±0,02	79,28±0,71	6,32±0,07	42,35±0,76	0,331±0,002	77,71±5,12
Лактобифадол-Форте	1,08±0,02	81,94±0,86*	6,52±0,05*	44,87±0,65*	0,346±0,004*	80,82±6,47
Ветом 1.1	1,09±0,02	79,16±0,81	6,44±0,09	43,26±0,87	0,341±0,003*	78,35±5,64
Дигестаром® П.Е.П. 1000	1,10±0,03	79,45±0,75	6,35±0,15	42,73±0,69	0,351±0,005*	79,14±6,39
Arbocel RC Fine	1,09±0,03	80,08±0,74	6,42±0,11	43,44±0,76	0,338±0,003	81,41±5,79
Микрокристаллическая целлюлоза	1,10±0,03	79,94±0,82	6,47±0,10	44,17±0,81	0,343±0,004*	78,48±6,05

*различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$.

Таблица 4. Влияние биологически активных веществ на эффективности яичной продуктивности птицы

Показатель	Контрольная группа	Лактобифадол-Форте	Ветом 1.1	Дигестаром® П.Е.П. 1000	Arbocel RC Fine	Микрокристаллическая целлюлоза
ЕКЭ	5,50±0,03	6,67±0,04*	5,80±0,05*	6,65±0,04*	6,55±0,03*	6,11±0,04*
ИЭ	29,52±0,05	38,41±0,03*	31,79±0,04	35,52±0,05*	36,66±0,03*	30,82±0,04*

*различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$.

лей качества яиц, которые характеризуются единицами Хау (на 1,8 %) и увеличение скорлупы (на 6 %, $p \leq 0,05$).

Введение микрокристаллической целлюлозы в рацион птицы также положительно повлияло на толщину скорлупы, увеличив ее на 3,6 % ($p \leq 0,05$). Ни Н. с коллегами [25] при оценке применения волокон шелковицы, отметили аналогичное утолщение скорлупы яиц. Desbruslais A. с соавторами [26] связывают полученный эффект со способностью многих видов клетчатки снижать уровень pH в кишечном содержимом, что приводит к повышению усвояемости минералов, в том числе кальция, необходимого для формирования скорлупы, из-за их повышенной растворимости в кислой среде.

Таблица 5. Экономическая эффективность введения биологически активных веществ в рацион кур-несушек

Показатель	Группа					
	контроль-ная	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная	V опытная
Конверсия, кг корма на 10 яиц	1,48	1,28	1,49	1,41	1,29	1,49
Поедаемость, кг/голов/опыт	13,3±0,49	12,6±0,57	13,4±0,50*	13,7±0,43	12,9±0,55	14,1±0,41
Цена 1 кг добавки, руб.	0	779	1240	712	870	760
Потреблено добавки 1 гол за эксперимент, руб.	0	14,7	24,9	9,75	11,2	10,7
Общие затраты на корма за эксперимент на 1 гол, руб.	300,58	299,46	327,74	319,37	302,74	329,36
Стоимость добавок на 1 кг корма, руб.	0,00	1,17	1,86	0,71	0,87	0,76
Затраты корма на 10 яиц, руб.	33,45	30,42	36,45	32,87	30,28	34,81
Экономическая эффективность, %	37,01	42,70	31,36	38,10	42,98	34,45

*стоимость 1 кг корма – 22,60 руб., реализационная стоимость 10 яиц – 53,10 руб.

Оценка гематологических показателей крови не выявила достоверных различий, по сравнению с контрольной группой. Все значения находились в пределах физиологических норм (Методические рекомендации по гематологическим и биохимическим исследованиям у кур современных кроссов: метод. Рекомендации / сост. И. В. Насонов, Н. В. Буйко, Р. П. Лизун и др. Минск: РУП Институт экспериментальной ветеринарии имени С. Н. Вышелецкого национальной академии наук Беларуси, 2014. 32 с.). Это позволяет заключить, что исследованные добавки не оказывают негативного влияния на гемопоэз птицы.

Наибольшие различия с контрольной группой по показателю ЕКЭ выявлены в группах, получавших Лактобифадол-Форте, Дигестаром® П.Е.П. 1000 и Arbocel RC Fine, величины этого показателя были выше, чем в контроле, на 21,3 % ($p \leq 0,05$), 20,9 % ($p \leq 0,05$) и 19,1 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Согласно результатам оценки индекс эффективности (ИЭ) в группах, получавших Лактобифадол-Форте, Дигестаром® П.Е.П. 1000, Arbocel RC Fine и микрокристаллическую целлюлозу, были выше, чем в контрольной группе, на 30,2 % ($p \leq 0,05$), 7,8 %, 20,3 % ($p \leq 0,05$), 24,4 % ($p \leq 0,05$) и 4,4 % ($p \leq 0,05$) соответственно (табл. 4).

Согласно результатам сравнения ЕКЭ и ИЭ наименьшие различия между коэффициентами наблюдали при использовании Ветом 1.1 и Дигестаром® П.Е.П. 1000. Однако разница в группах, получавших Лактобифадол-Форте, Arbocel RC Fine и микрокристаллическую целлюлозу, составляла от 5 % до 9 %. Различия в показателях, по мнению авторов, объясняются недостатками при расчете ЕКЭ, в котором учитывают только общее количество яйцемассы в килограммах и коэффициент конверсии корма. Использование большего количества

показателей в ИЭ позволяет более детально оценить эффективность применения добавок.

Расчет экономической эффективности введения биологически активных веществ показал, что наименьшие затраты корма на производство 10 яиц были отмечены в группах, получавших Лактобифадол-Форте и Arbocel RC Fine (затраты снизились относительно контрольной группы на 9,04 % и 9,48 % соответственно), а также в группе с Дигестаром® П.Е.П. 1000 (на 1,73 %). В то же время, при использовании Ветом 1.1 и микрокристаллической целлюлозы затраты корма оказались выше контрольных значений на 8,96 % и 4,06 % соответственно (табл. 5). Наибольшую экономическую эффективность продемонстри-

ровали группы с Лактобифадол-Форте и Arbocel RC Fine: их экономическая эффективность превысила контроль на 5,7 % и 5,97 % соответственно.

Выводы. Исследования подтвердили положительное влияние введения биологически активных веществ в рацион кур-несушек в критические периоды яйцекладки на продуктивность и морфологические характеристики яиц. Наибольшее повышение яйценоскости, по сравнению с контролем, отмечали при добавлении Arbocel RC Fine – на 11,1 % ($p \leq 0,05$), Лактобифадола-Форте – на 8,9 % ($p \leq 0,05$) и Дигестарма П.Е.П. – на 7,8 % ($p \leq 0,05$). Самую высокую конверсию корма наблюдали при введении в состав рациона Лактобифадола-Форте и Arbocel RC Fine, разница с контролем составила 13,0 % и 14,7 %. У птиц, получавших Лактобифадол-Форте, масса яиц была выше, чем у особей на основном рационе, на 9,67 % ($p \leq 0,05$), Дигестаром П.Е.П. – на 7,33 % ($p \leq 0,05$), микрокристаллическую целлюлозу – на 3,53 %, ($p \leq 0,05$). Наибольшую толщину скорлупы отмечали в группе, получавшей Дигестаром П.Е.П., где она была больше, чем в контроле, на 14,9 % ($p \leq 0,05$). Использование Лактобифадола-Форте повышало массу белка яйца на 9 %, желтка – на 12,1 % ($p \leq 0,05$). Оценка эффективности добавок в индексах ЕКЭ и ИЭ выявила преимущество групп, получавших Лактобифадол Форте, Arbocel RC Fine и Дигестаром П.Е.П.

По сравнению с контрольной группой, введение Лактобифадола-Форте привело к увеличению экономической эффективности на 5,7 %, использование Arbocel RC Fine способствовало росту величины этого показателя на 5,97 %.

Для комплексного повышения продуктивности и экономической эффективности целесообразно отдавать предпочтение Arbocel RC Fine или Лактобифадолу-Форте.

Выбор между ними зависит от основной цели – максимизация яйценоскости (Arbocel RC Fine) или улучшение массы и состава яиц (Лактобифадол-Форте).

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, проект № 25-16-00259.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Экспериментальные исследования выполняли в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых

Государств «Об обращении с животными», ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.), протоколы Женевской конвенции и принципы надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009), руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными (ГОСТ 34088-2017). Протокол настоящего исследования одобрен комитетом по Биоэтике ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (протокол № 5 от 23.12.2024).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Use of lactulose as a prebiotic in laying hens: Its effect on growth, egg production, egg quality, blood biochemistry, digestive enzymes, gene expression and intestinal morphology / H. S. Elkomy, I. I. Koshich, S. F. Mahmoud, et al. // *BMC Vet Res*. 2023. Vol. 19. No. 1. Article 207. URL: <https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-023-03741-x> (дата обращения: 08.06.2025). doi: 10.1186/s12917-023-03741-x.
2. Фисинин В. И. Динамика и перспективы развития мирового и отечественного птицеводства. Результаты работы яичного и мясного птицеводства России в 2024 году // *Птицеводство*. 2025. № 3. С. 4–10.
3. Effects of dietary *Clostridium butyricum* and fructooligosaccharides, alone or in combination, on performance, egg quality, amino acid digestibility, jejunal morphology, immune function, and antioxidant capacity of laying hens / U. E. Obianwuna, K. Qiu, J. Wang, et al. // *Front Microbiol*. 2023. Vol. 14. Article 1125897. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2023.1125897/full> (дата обращения: 08.06.2025). doi: 10.3389/fmicb.2023.1125897.
4. Alsherify S. M., Hassanabadi A. Effects of adding different levels of fructooligosaccharide to diet on productive performance, egg quality traits, immune response and blood metabolites in commercial laying hens // *Vet Med Sci*. 2024. Vol. 10. No. 5. Article e1550. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/vms3.1550> (дата обращения: 06.06.2025). doi: 10.1002/vms3.1550.
5. Morelli L., Capurso L. FAO/WHO guidelines on probiotics, 10 years later // *Journal of Clinical Gastroenterology*. 2012. Vol. 46. P. S1–S2. URL: https://journals.lww.com/jcge/citation/2012/10001/fao_who_guidelines_on_probiotics__10_years_later.2.aspx (дата обращения: 10.06.2025). doi: 10.1097/MCG.0b013e318269fdd5.
6. Effects of dietary *Lactobacillus acidophilus* and *Bacillus subtilis* on laying performance, egg quality, blood biochemistry and immune response of organic laying hens / C. Forte, L. Moscati, G. Acuti, et al. // *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 2016. Vol. 100. No. 5. P. 977–987. doi: 10.1111/jpn.12408.
7. The use of probiotics as eco-friendly alternatives for antibiotics in poultry nutrition / M. Alagawany, M. E. Abd El-Hack, M. R. Farag, et al. // *Environ. Sci. Pollut. Res*. 2018. Vol. 25. No. 11. P. 10611–10618. doi: 10.1007/s11356-018-1687-x.
8. Маломо М. Влияние пробиотического штамма *Lactobacillus acidophilus* LL 116, содержащегося в кормовой добавке "Lactoferm LAG", на яйценоскость и качество яиц у кур-несушек // *Птицеводство*. 2020. № 12. С. 36–40.
9. Possible molecular mechanisms by which an essential oil blend from star anise, rosemary, thyme, and oregano and saponins increase the performance and ileal protein digestibility of growing broilers / H. Reyer, J. Zentek, K. Manner, et al. // *J. Agric. Food Chem*. 2017. Vol. 65. P. 6821–6830. doi: 10.1021/acs.jafc.7b01925.
10. Патент № 2777100 С1 Российская Федерация, МПК А23К 50/75. Способ кормления яичных кур: № 2021109193; заявл. 02.04.2021; опубл. 01.08.2022 / Е. В. Шацких, О. Г. Лоретц, Е. Н. Латыпова и др.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный аграрный университет".
11. Jha R., Mishra P. Dietary fiber in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, performance, gut health, and on the environment: A review // *J Anim Sci Biotechnol*. 2021. Vol. 12. No. 1. Article 51. URL: <https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-021-00576-0> (дата обращения: 11.06.2025). doi: 10.1186/s40104-021-00576-0.
12. Бахарева А. А., Александрова С. С. Использование ферментной добавки в рационе птиц // *Эпоха науки*. 2018. № 15. С. 115–120.
13. Влияние фитобиотических и пробиотических веществ, а также пищевых волокон и энтеросорбента на функциональные показатели и состав кишечного микробиома кур-несушек / Д. А. Силин, С. В. Лебедев, И. А. Вершинина и др. // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2025. № 1. С. 49–57. doi: 10.31857/S2500262725010091.
14. The effects of the fiber source and xylanase supplementation on production, egg quality, digestibility, and intestinal morphology in the aged laying hen / A. Abdollahi, A. Karimi, A. A. Sadeghi, et al. // *Poult Sci*. 2021. Vol. 100. No. 3. Article 100936. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579120309871?via%3Dihub> (дата обращения: 09.06.2025). doi: 10.1016/j.psj.2020.12.033.
15. Sozcu A., Ipek A. The effects of lignocellulose supplementation on laying performance, egg quality parameters, aerobic bacterial load of eggshell, serum biochemical parameters, and jejunal histomorphological traits of laying hens // *Poult. Sci*. 2020. Vol. 99. No. 6. P. 3179–3187. doi: 10.1016/j.psj.2020.01.024.
16. Методическое пособие по кормлению сельскохозяйственной птицы / И. А. Егоров, В. А. Манукян, Т. Н. Ленкова и др.; под общ. ред. В. И. Фисинина, И. А. Егорова. Сергеев Посад: ВНИТИП, 2021. 357 с.
17. Кавтарашвили А. Ш. Усовершенствованные методики ускоренного определения эффективности производства птицеводческой продукции // *Вестник ОрёлГАУ*. 2014. № 5 (50). С. 182–186.
18. Effect of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* DSM29784 on hen performance, egg quality indices, and apparent retention of dietary components in laying hens from 19 to 48 weeks of age / M. Nejati, R. B. Shirley, J. Barton, et al. // *Poult. Sci*. 2019. Vol. 98. P. 5622–5635. doi: 10.3382/ps/pez324.
19. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics / G. G. Mateos, E. Jimenez-Moreno, M. P. Serrano, et al. // *J. Appl. Poult. Res*. 2012. Vol. 21. P. 156–174.
20. Abdel-Wareth A. A. A., Lohakare J. D. Productive performance, egg quality, nutrients digestibility, and physiological response of brown hens fed various dietary inclusion levels of peppermint oil // *Anim. Feed Sci. Technol*. 2020. Vol. 145. P. 1–31. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840120304582> (дата обращения: 13.06.2025). doi: 10.1016/j.anifeeds.2020.114554.
21. Путч М., Коренник И. Клетчатка в кормлении кур-несушек: важен правильный выбор // *Животноводство России*. 2021. № 4. С. 32–33.
22. Application of aromatic plants and their extracts in the diets of laying hens / D. Harrington, H. Hall, D. Wilde, et al. // *Academic Press*. 2020. P. 187–203. doi: 10.1016/B978-0-12-814700-9.00011-X.
23. Abdel-Wareth Selim A. A., Hussein E. Effect of dietary supplementation of thymol, synbiotic and their combination on performance, egg quality and serum metabolic profile of Hy-Line Brown hens // *Br Poult Sci*. 2016. Vol. 57. No. 1. P. 114–122. doi: 10.1080/00071668.2015.1123219.

24. Prenatal and early postnatal behavioural programming in laying hens, with possible implications for the development of injurious pecking / E. N. De Haas, R. C. Newberry, J. Edgar, et al. // *Front. Vet. Sci.* 2021. Vol. 8. Article 678500. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2021.678500/full> (дата обращения: 16.06.2025). doi: 10.3389/fvets.2021.678500.
25. Mulberry branch fiber improved lipid metabolism and egg yolk fatty acid composition of laying hens via the enterohepatic axis / H. Hu, A. Li, C. Shi, et al. // *Microbiome*. 2024. Vol. 12. No. 1. Article 73. URL: <https://microbiomejournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40168-024-01788-y> (дата обращения: 17.06.2025). doi: 10.1186/s40168-024-01788-y.
26. Dietary fibre in laying hens: a review of effects on performance, gut health and feather pecking / A. Desbruslais, A. Wealleans, D. Gonzalez-Sanchez, et al. // *World's Poultry Science Journal*. 2021. Vol. 77. No. 4. P. 797–823. doi: 10.1080/00439339.2021.1960236.

References

1. Elkomy HS, Koshich II, Mahmoud SF, et al. Use of lactulose as a prebiotic in laying hens: Its effect on growth, egg production, egg quality, blood biochemistry, digestive enzymes, gene expression and intestinal morphology. *BMC Vet Res* [Internet]. 2023 [cited 2025 Jun 8];19(1): Article 207. Available from: <https://bmvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-023-03741-x>. doi: 10.1186/s12917-023-03741-x.
2. Fisinin VI. [Dynamics and prospects for the development of global and domestic poultry farming. Results of Russian egg and meat poultry farming in 2024]. *Ptitsvodstvo*. 2025;(3):4-10. Russian.
3. Obianwuna UE, Qiu K, Wang J, et al. Effects of dietary *Clostridium butyricum* and fructooligosaccharides, alone or in combination, on performance, egg quality, amino acid digestibility, jejunal morphology, immune function, and antioxidant capacity of laying hens. *Front Microbiol* [Internet]. 2023 [cited 2025 Jun 8];14: Article 1125897. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2023.1125897/full>. doi: 10.3389/fmicb.2023.1125897.
4. Alsherify SM, Hassanabadi A. Effects of adding different levels of fructooligosaccharide to diet on productive performance, egg quality traits, immune response and blood metabolites in commercial laying hens. *Vet Med Sci* [Internet]. 2024 [cited 2025 Jun 6];10(5): Article e1550. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/vms3.1550>. doi: 10.1002/vms3.1550.
5. Morelli L, Capurso L. FAO/WHO guidelines on probiotics, 10 years later. *Journal of Clinical Gastroenterology* [Internet]. 2012 [cited 2025 Jun 10];46:S1-S2. Available from: https://journals.lww.com/jcge/citation/2012/10001/fao_who_guidelines_on_probiotics_10_years_later.2.aspx. doi: 10.1097/MCG.0b013e318269fdd5.
6. Forte C, Moscati L, Acuti G, et al. Effects of dietary *Lactobacillus acidophilus* and *Bacillus subtilis* on laying performance, egg quality, blood biochemistry and immune response of organic laying hens. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 2016;100(5):977-87. doi: 10.1111/jpn.12408.
7. Alagawany M, Abd El-Hack ME, Farag MR, et al. The use of probiotics as eco-friendly alternatives for antibiotics in poultry nutrition. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2018;25(11):10611-8. doi: 10.1007/s11356-018-1687-x.
8. Malomo M. [Effect of the probiotic strain *Lactobacillus acidophilus* LL 116 contained in the feed additive "Lactoferm LAG" on egg production and egg quality in laying hens]. *Ptitsvodstvo*. 2020;(12):36-40. Russian.
9. Reyer H, Zentek J, Manner K, et al. Possible molecular mechanisms by which an essential oil blend from star anise, rosemary, thyme, and oregano and saponins increase the performance and ileal protein digestibility of growing broilers. *J. Agric. Food Chem.* 2017;65:6821-30. doi: 10.1021/acs.jafc.7b01925.
10. Shatskikh EV, Loretts OG, Latypova EN, et al. Sposob kormleniya yaichnykh kur [Method of feeding egg-laying hens]. Russian Federation patent RU 2021109193. 2022 Aug 1. Russian.
11. Jha R, Mishra P. Dietary fiber in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, performance, gut health, and on the environment: A review. *J Anim Sci Biotechnol* [Internet]. 2021 [cited 2025 Jun 11];12(1): Article 51. Available from: <https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-021-00576-0>. doi: 10.1186/s40104-021-00576-0.
12. Bakharev AA, Aleksandrova SS. [Using an enzyme supplement in poultry diets]. *Epokha nauki*. 2018;(15):115-20. Russian.
13. Silin DA, Lebedev SV, Vershinina IA, et al. [Influence of phyto-biotic and probiotic substances, as well as dietary fiber and enterosorbent on the functional parameters and composition of the intestinal microbiome of laying hens]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*. 2025;(1):49-57. Russian. doi: 10.31857/S2500262725010091.
14. Abdollahi A, Karimi A, Sadeghi AA, et al. The effects of the fiber source and xylanase supplementation on production, egg quality, digestibility, and intestinal morphology in the aged laying hen. *Poult Sci* [Internet]. 2021 [cited 2025 Jun 9];100(3): Article 100936. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579120309871?via%3Dihub>. doi: 10.1016/j.psj.2020.12.033.
15. Sozcu A, Ipek A. The effects of lignocellulose supplementation on laying performance, egg quality parameters, aerobic bacterial load of eggshell, serum biochemical parameters, and jejunal histomorphological traits of laying hens. *Poult. Sci.* 2020;99(6):3179-87. doi: 10.1016/j.psj.2020.01.024.
16. Egorov IA, Manukyan VA, Lenkova TN, et al., authors; Fisinin VI, Egorov IA, editors. Metodicheskoe posobie po kormleniyu sel'skokhozyajstvennoj ptitsy [Methodological guide to feeding agricultural poultry]. Sergiev Posad (Russia): VNITIP; 2021. 357 p. Russian.
17. Kavtarashvili AS. [Improved methods for accelerated determination of poultry production efficiency]. *Vestnik OrelGAU*. 2014;(5):182-6. Russian.
18. Nejlat M, Shirley RB, Barton J, et al. Effect of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* DSM29784 on hen performance, egg quality indices, and apparent retention of dietary components in laying hens from 19 to 48 weeks of age. *Poult. Sci.* 2019;98:5622-35. doi: 10.3382/ps/pez324.
19. Mateos GG, Jimenez-Moreno E, Serrano MP, et al. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *J. Appl. Poult. Res.* 2012;21:156-74.
20. Abdel-Wareth AAA, Lohakare JD. Productive performance, egg quality, nutrients digestibility, and physiological response of bovans brown hens fed various dietary inclusion levels of peppermint oil. *Anim. Feed Sci. Technol* [Internet]. 2020 [cited 2025 Jun 13];145:1-31. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840120304582>. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114554.
21. Pitch M, Korennik I. [Fiber in laying hen diet: Choosing the right one is important]. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2021;(4):32-3. Russian.
22. Harrington D, Hall H, Wilde D, et al. Application of aromatic plants and their extracts in the diets of laying hens. [place unknown]: Academic Press; 2020. p. 187-203. doi: 10.1016/B978-0-12-814700-9.00011-X.
23. Abdel-Wareth Selim AA, Hussein E. Effect of dietary supplementation of thymol, synbiotic and their combination on performance, egg quality and serum metabolic profile of Hy-Line Brown hens. *Br Poult Sci*. 2016;57(1):114-22. doi: 10.1080/00071668.2015.1123219.
24. De Haas EN, Newberry RC, Edgar J, et al. Prenatal and early postnatal behavioural programming in laying hens, with possible implications for the development of injurious pecking. *Front. Vet. Sci* [Internet]. 2021 [cited 2025 Jun 16];8: Article 678500. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2021.678500/full>. doi: 10.3389/fvets.2021.678500.
25. Hu H, Li A, Shi C, et al. Mulberry branch fiber improved lipid metabolism and egg yolk fatty acid composition of laying hens via the enterohepatic axis. *Microbiome* [Internet]. 2024 [cited 2025 Jun 17];12(1): Article 73. Available from: <https://microbiomejournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40168-024-01788-y>. doi: 10.1186/s40168-024-01788-y.
26. Desbruslais A, Wealleans A, Gonzalez-Sanchez D, et al. Dietary fibre in laying hens: a review of effects on performance, gut health and feather pecking. *World's Poultry Science Journal*. 2021;77(4):797-823. doi: 10.1080/00439339.2021.1960236.

Поступила в редакцию 31.06.2025 После доработки 14.07.2025 Принята к публикации 18.08.2025