

ПИЩЕВАРЕНИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КУР ПРИ ВВЕДЕНИИ В РАЦИОН ЭКЗОГЕННОЙ ПРОТЕАЗЫ

Вертипрахов В.Г., Борисенко К.В.

*Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства
Российской академии наук*

Россия, Московская область, г. Сергиев Посад

Для цитирования: Вертипрахов В.Г., Борисенко К.В. Пищеварение и биохимические показатели крови кур при введении в рацион экзогенной протеазы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 77–84, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-10

For citation: Vertiprakhov V.G., Borisenko K.V. Pishchevarenie i biokhimicheskie pokazateli krovi kur pri vvedenii v ratsion ekzogennoi proteazy [Digestion and blood biochemical values of hens fed on the diets supplemented with exogenous protease]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 2, pp. 77–84, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-10

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Показано применение экзогенной протеазы на фоне пшенично-соевого рациона кур-несушек кросса Хайсекс белый в возрасте один год с хронической фистулой панкреатического протока. Изучено влияние ферментного препарата Акстра Про на внешнесекреторную функцию поджелудочной железы кур, переваримость питательных веществ, активность пищеварительных ферментов и биохимические показатели крови. Ферментативная активность 1 г препарата Акстра Про составила $897 \pm 47,5$ мг расщепленного казеина в течение одной минуты (мг/(г·мин)), что выше на 77,6% по сравнению с препаратом Панкреатин. Добавка к корму препарата Акстра Про (100 г/т корма) за опытный период не оказывала влияния на количество панкреатического сока, не происходили изменения в ферментативной активности секрета. Изучение динамики выделения ферментов после приема корма позволило заключить, что при использовании экзогенной протеазы при применении пшенично-соевых рационов курам-несушкам наблюдается снижение протеолитической активности сока поджелудочной железы в первые 60 мин после приема корма. На 150-й минуте опыта наблюдается ее повышение в период нейрогуморальной фазы регуляции панкреатической секреции. При этом активность протеаз за опыт существенно не изменяется, переваримость протеина увеличивается на 1,2% по сравнению с контролем. При введении в корм препарата Акстра Про (100 г/т корма) активность щелочной фосфата-

DIGESTION AND BLOOD BIOCHEMICAL VALUES OF HENS FED ON THE DIETS SUPPLEMENTED WITH EXOGENOUS PROTEASE

Vertiprakhov V.G., Borisenko K.V.

*All-Russian Research and Technological Institute of Poultry of the Russian Academy of Sciences
Sergiev Posad, Moscow Region, Russia*

The paper presents the results of feeding cross-bred laying hens of Hisex White breed, one year of age, suffering from chronic fistulae of the main pancreatic duct, on the wheat-soya diet supplemented with exogenous protease. The scope of the study covered the effect of enzymatic preparation Axtra Pro® on exocrine pancreatic function of hens, diet nutrients digestibility, digestive enzyme activity and blood biochemical values. Enzymatic activity of 1 g of preparation Axtra Pro® amounted to 897 ± 47.5 mg of casein split during 1 minute (mg/(ml per min)), which is 77.6% higher compared to preparation Pancreatine. Supplementing feed with the preparation Axtra Pro® (100g/t of feed) did not affect the amount of pancreatic juice, there were no changes in secretory enzymatic activity. The analysis of postprandial enzyme secretion dynamics made it possible to conclude that when laying hens were fed on the wheat-soya diet supplemented with exogenous protease, there was a decrease in proteolytic activity of the pancreatic juice during the first 60 min after the feed intake. After 150 min, i.e. during the neurohumoral phase of the regulation of pancreatic enzyme secretion, there was a rise in proteolytic activity. At the same time protease activity did not undergo insignificant changes during the experiment; digestibility of protein increased by 1.2% compared to the control group. Supplementing diet with the preparation Axtra Pro® (100 g/t of feed) led to the decrease in the activity of alkaline

зы в плазме крови кур уменьшилась на 47,8%, содержание глюкозы – на 9,2% по сравнению с контролем, что свидетельствует о положительном влиянии препарата на функцию пищеварительных желез.

Ключевые слова: внешнесекреторная функция поджелудочной железы, куры-несушки, панкреатические ферменты

Наиболее оптимальны для птицы комбикорма кукурузно-соевого типа с добавкой продуктов животного происхождения в виде рыбной или мясокостной муки. Однако в связи с высокой стоимостью указанных компонентов в качестве основы комбикормов используют пшеницу, ячмень, рожь, овес, в качестве источников протеина – продукты переработки масличных культур (жмыхи и шроты). Многие корма растительного происхождения имеют ингибирующие и антипитательные вещества, которые оказывают негативное влияние на эффективность их использования и продуктивность птицы. Так, бобовые культуры содержат ингибиторы протеаз, гемагглютинины, сапонины, аллергены, алколоиды, сорго имеет танины, рапс – эруковую кислоту и глюкозинолаты и т.д. [1]. Использование экзогенных ферментов для преодоления негативных эффектов антипитательных факторов, улучшения переваримости компонентов рационов и продуктивности птицы стало нормой в кормлении птицы. Еще одна современная тенденция – использование в кукурузно-соевых рационах специально разработанных смесей ферментов с активностями амилаз, ксиланаз, липаз и протеаз [2–4]. Несмотря на широкое распространение использования кормовых ферментов, реагирование организма птицы на их ввод в рационы бывает различным, поэтому получение устойчивых результатов при использовании ферментов требует ответа на целый ряд вопросов. Основываясь на опубликованных на данный момент результатах исследований [5], можно сделать вывод, что экзогенные ферменты могут переваривать от 25 до 35% той части питательных веществ рациона, которые в норме не перевариваются эндогенными пищеварительными ферментами организма.

phosphatase in hens' blood plasma by 47.8%, and glucose concentration by 9.2% compared to the control group, which proves a positive effect of the preparation on the function of digestive glands.

Keywords: exocrine pancreatic function, laying hens, pancreatic enzymes

С учетом того, что переваримость питательных веществ в рационах, содержащих трудногидролизуемые компоненты, составляет лишь 75%, использование ферментов имеет хорошую перспективу.

Цель работы – изучить влияние ферментного препарата на внешнесекреторную функцию поджелудочной железы кур-несушек, переваримость питательных веществ корма и активность пищеварительных ферментов плазмы крови.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования по изучению внешнесекреторной функции поджелудочной железы выполняли на двух курах Хайсекс белый в возрасте один год, оперированных по методу Ц.Ж. Батоева, С.Ц. Батоевой [6]. Сущность хирургической операции сводилась к «выкраиванию» из двенадцатиперстной кишки отрезка длиной 3,0–3,5 см и трансплантации в него главного панкреатического протока с вживлением двух Г-образных фистул и образованием внешнего анастомоза, позволяющего возвращать панкреатический сок в период вне опытов в двенадцатиперстную кишку.

Физиологический опыт начинали утром в состоянии кур натошак после 14-часового голодания. Кур помещали в специальный станок, в котором они находились в течение трех часов (см. рис. 1). К фистуле из изолированного отрезка прикрепляли с помощью специального резинового переходника микропробирку для сбора панкреатического сока. В первые 30 мин собирали сок после голодания, затем птиц кормили комбикормом в количестве 30 г и продолжали собирать секрет через каждые 30 мин в течение 150 мин (см. табл. 1). Исследования выполняли методом периодов на двух фистулиро-

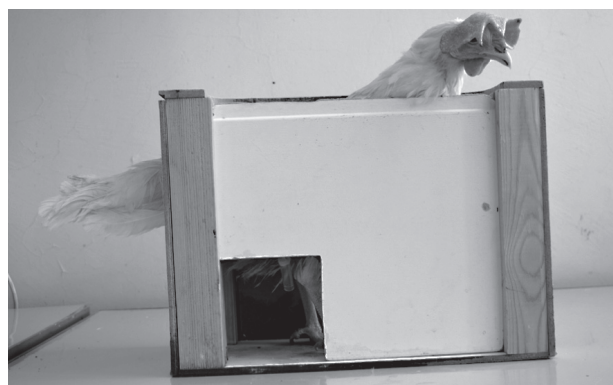


Рис. 1. Курица с хронической фистулой панкреатического протока в период опыта

Fig. 1. A hen suffering from chronic fistulae of the main pancreatic duct during the experiment

Табл. 1. Структура рецепта и показатели качества комбикорма

Table 1. The recipe structure and quality parameters of the feed

Показатель	%
Пшеница	58,224
Жмых подсолнечный	5,000
Соя экструдированная	19,784
Известняк 36%	9,137
Масло соевое	1,936
Отруби пшеничные	3,847
Монокальций фосфат	1,149
Соль поваренная	0,250
Лизин 98	0,073
Сульфат натрия	0,205
Метионин кормовой 98	0,214
Бленд минеральный 0,08%	0,080
Холин хлорид	0,080
Бленд витаминный 0,02%	0,020
Питательность в 100 г корма:	
ОЭ птицы, ккал	270,00
жир сырой	6,72
клетчатка сырая	4,89
протеин сырой	16,70

ванных курах с двумя повторностями. Контрольный период продолжался 5–7 сут, в этот период куры получали основной рацион. Опытный период отличался от контрольного тем, что в комбикорм добавляли изучаемый препарат в количестве 100 мг/кг корма (см. табл. 2).

Табл. 2. Схема опыта на курах-несушках по изучению влияния экзогенной протеазы на секреторную функцию поджелудочной железы и биохимические показатели крови ($n = 2$)

Table 2. The scheme of the experiment on studying the effect of exogenous protease on secretory pancreatic function and biochemical blood values of laying hens ($n = 2$)

Группа	Особенности кормления
Контрольная	Основной рацион, сбалансированный по всем питательным веществам согласно нормам ВНИТИП (методическое руководство)
Опытная	Основной рацион + протеаза Акстра Про (100 г/т)

Биохимические исследования выполняли следующими методами: определение амилазы по Смитсу – Рою в модификации нашей лаборатории для определения высокой активности фермента [6], протеаз – по гидролизу казеина очищенного по Гаммерстену [6], липазы – на полуавтоматическом биохимическом анализаторе (SINNOWA, Китай) с набором ветеринарных диагностических реагентов для определения концентрации липазы в крови животных компании «ДИАКОН-ВЕТ» (РФ).

Балансовые опыты по изучению переваримости питательных веществ рациона выполняли в соответствии с «Методикой проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы»¹.

Опыт по изучению биохимических показателей крови осуществляли на курах-несушках, аналогичных фистульным, методом групп-периодов (по 5 кур в течение 20 сут). Для выполнения биохимических показателей исследований кровь получали из подкрыльцовой вены до кормления и через один час после приема корма. В пробирки добавляли свежеприготовленный раствор цитрата натрия, кровь центрифугировали при 5000 об./мин в течение 5 мин, полученную плазму изучали биохимическими методами. Исследования выполняли на проточном биохимическом полуавтоматическом анализаторе Sinnowa BS3000P («SINNOWA

¹Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. Молекулярно-генетические методы определения микрофлоры кишечника / под общ. ред. В.И. Фисинина. Сергиев Посад, 2013. 51 с.

Medical Science & Technology Co., Ltd», Китай) с использованием биохимических наборов («ДИАКОН-ВЕТ», Россия). Плазму крови исследовали на активность амилазы и липазы на приборе Chem well 2900 (T) («Awareness Technology», США) с использованием соответствующих наборов реагентов («Human GmbH», Германия). Активность трипсина оценивали на полуавтоматическом биохимическом анализаторе Sinnowa BS-3000P («SINNOWA Medical Science & Technology Co., Ltd», КНР) [7].

Статистическую обработку результатов исследований выполняли, используя компьютерную программу Excel, определяя среднее значение (M) и стандартные ошибки средней (m). Достоверность различий оценивали по t -критерию Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно [8], что пищеварительная система птицы обладает мощной ферментативной активностью, способной гидролизовать значительно больше субстратов, чем содержится в суточном количестве потребляемого корма. Использование экзогенной протеазы в кормах птицы целесообразно в случаях содержания в рационе добавок с антипитательными веществами, которые препятствуют действию пищеварительных ферментов. Второй причиной использования экзогенных ферментов, которые секретируются пищеварительными железами животных, является замена кормовых антибиотиков на биопрепараты, обеспечивающие профилактику желудочно-кишечного тракта от заболеваний или в качестве комплексной терапии при лечении расстройств пищеварения. При этом важно сопоставить активность пищеварительных ферментов в дуоденальном содержимом животного до применения ферментного препарата с активностью экзогенного фермента. Классическим примером ферментативного препарата, применяемого в медицине, является Панкреатин, который готовят из поджелудочных желез свиней. Мы сопоставили протеолитическую активность Панкреатина с препаратом Акстра Про (см. табл. 3).

Табл. 3. Активность ферментов в препаратах Акстра Про и Панкреатин ($n = 5$)

Table 3. Enzyme activity in preparations Axtra Pro® and Pancreatine ($n = 5$)

Препарат	Амилаза, U/L ¹	Липаза, U/L ²	Протеазы, мг/(г·мин) ³
Акстра Про	36012 ± 1265,3	688 ± 102,9	897 ± 47,5
Панкреатин	35893 ± 5070,1	139820 ± 5450,4	505 ± 14,8

¹Исследования выполнены на полуавтоматическом анализаторе Sinnowa BS3000P (КНР) с использованием набора на панкреатическую амилазу ООО «ДИАКОН-ВЕТ»; ²набор на липазу; ³активность определяли по гидролизу казеина (Ц.Ж. Батоев, 1971 г.).

Данные свидетельствуют о том, что активность общих протеаз в препарате Акстра Про выше на 77,6% по сравнению с Панкреатином, а по активности липазы значительно уступает ему.

Количество панкреатического сока при добавлении в корм протеазы на фоне пшенично-соевого рациона кур существенно не изменялось (см. табл. 4). Наблюдали тенденцию снижения активности панкреатических ферментов, однако достоверную разницу отмечали в уменьшении в опытный период активности амилазы на 34,9% ($p \leq 0,05$).

Табл. 4. Секреторная функция поджелудочной железы кур-несушек при добавке к корму протеазы ($n = 20$, $M \pm m$)

Table 4. Secretory pancreatic function of laying hens when supplementing their diet with protease ($n = 20$, $M \pm m$)

Показатель	Контроль	Опыт
Количество панкреатического сока за 180 мин опыта, мл	8,5 ± 0,52	8,0 ± 0,38
<i>Средняя активность панкреатических ферментов в 1 мл сока</i>		
Амилаза, мг/(мл · мин)	4437 ± 343,5	2890 ± 266,9*
Протеазы, мг/(мл · мин)	219 ± 11,3	202 ± 8,9
Липаза, ед./л	9211 ± 959,2	7407 ± 360,4
<i>Суммарная активность ферментов за 180 мин опыта</i>		
Амилаза, мг/(мл · мин)	38711 ± 4513,1	26011 ± 1545,1
Протеазы, мг/(мл · мин)	1933 ± 134,2	1790 ± 125,8
Липаза, ед./л	83093 ± 9224,6	59775 ± 3140,4

*Разница с контролем достоверна, $p \leq 0,05$.

Для того чтобы понять механизм действия ферментного препарата на функцию поджелудочной железы, необходимо проанализировать динамику активности фермента после приема корма (см. рис. 2). Данные указывали на существенное снижение активности протеаз в первые 30–60 мин после кормления. В это время регуляция поджелудочной железы обеспечивается сложнорефлекторно и потребленный птицей корм находится в зобе или желудке, а панкреатический сок усиленно отделяется под влиянием импульсов, приходящих по парасимпатическим волокнам блуждающего нерва (*n. vagus*). Следовательно, при сбалансированном рационе действие экзогенной протеазы снижает выработку собственных протеолитических ферментов в «запальном» соке. В период нейрорхимической фазы регуляции панкреатической секреции (120–180 мин) уровень протеаз в соке поджелудочной железы в опытный период на 150-й минуте превышал активность фермента в контрольный период, тем самым выравнивая среднюю активность фермента до и после добавления экзогенной протеазы.

Результаты физиологических опытов по определению переваримости питательных веществ показали, что экзогенная протеаза оказывает влияние на переваримость протеина (см. табл. 5).

В опытной группе переваримость протеина была выше на 1,2% по сравнению с контролем, что свидетельствует о том, что

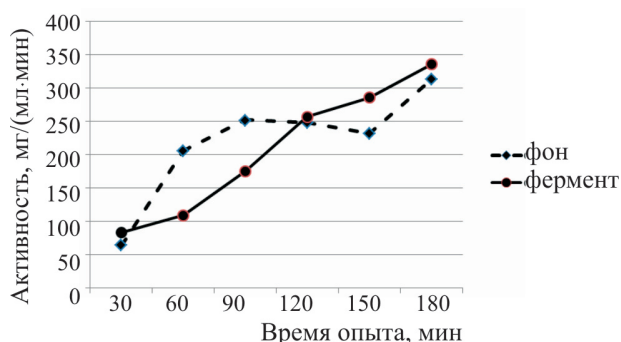


Рис. 2. Динамика активности протеолитических ферментов поджелудочной железы кур-несушек при добавлении в корм протеазы

Fig. 2. Dynamics of proteolytic enzyme activity of laying hens' pancreatic glands when supplementing their diet with protease

Табл. 5. Переваримость питательных веществ у кур-несушек при добавлении в корм препарата Акстра Про ($M \pm m$, $n = 10$)

Table 5. Diet nutrients digestibility of laying hens when supplementing their diet with preparation Aextra Pro® ($M \pm m$, $n = 10$)

Переваримость, %	Контроль	Опыт
Протеин	91,0 ± 0,39	92,2 ± 0,27*
Жир	82,6 ± 0,82	83,2 ± 0,46
Клетчатка	33,1 ± 3,5	26,0 ± 1,44

*Разница с контролем достоверна, $p \leq 0,05$.

часть протеина может перевариваться в зобе птицы под влиянием экзогенных ферментов [9–11].

Известно, что активность трипсина в плазме крови птицы коррелирует при изменении состава рациона с протеазами желудочно-кишечного тракта [12]. В связи с этим одной из задач настоящего исследования стало изучение активности пищеварительных ферментов в плазме крови кур при добавлении к корму экзогенной протеазы (см. табл. 6).

Достоверные изменения наблюдали в активности щелочной фосфатазы при использовании в рационе протеазы (100 г/т корма). Активность фермента в данном случае уменьшилась на 47,8% по сравнению с контролем, что, по-видимому, связано с изменением функции печени. Остальные биохимические показатели плазмы крови при использовании в рационе кур ферментного

Табл. 6. Биохимические показатели крови кур породы Хайсекс белый при использовании в их рационе препарата Акстра Про ($M \pm m$, $n = 15$)

Table 6. Biochemical blood values of laying hens of Hisex White breed when using preparation Aextra Pro® in their diet ($M \pm m$, $n = 15$)

Показатель	Контроль	Опыт
Трипсин, ед./л	162 ± 22,9	147 ± 16,6
Амилаза, ед./л	209 ± 26,9	214 ± 43,1
Липаза, ед./л	48 ± 5,0	66 ± 13,6
Общий белок, г/л	34,6 ± 2,47	34,0 ± 4,08
Щелочная фосфатаза, ед./л	1129 ± 118,7	589 ± 82,2*
Холестерин, ммоль/л	1,9 ± 0,32	2,3 ± 0,68
Триглицериды, ммоль/л	4,9 ± 0,43	5,6 ± 0,61
Глюкоза, ммоль/л	6,5 ± 0,14	5,9 ± 0,22*

*Разница с контролем достоверна, $p \leq 0,05$.

препарата остались без изменений, что согласуется с результатами исследований секреторной функции поджелудочной железы кур.

Изучение биохимических показателей в динамике после приема корма показало, что наиболее мобильными показателями были изменение активности в плазме крови трипсина и содержание глюкозы (см. табл. 7). Так, активность трипсина в постпрандиальную фазу пищеварения при использовании протеазы увеличивалась в 2,1 раза. Содержание глюкозы в крови кур при использовании протеазы повышалось через один час после кормления на 21,0% ($p \leq 0,05$).

Проведенные исследования на цыплятах-бройлерах показывают, что наиболее целесообразно применять ферментный препарат Акстра Про в рационах с добавкой гороха в количестве 5–10% от массы корма [13]. В этом случае отмечали повышение протеолитической активности дуоденального химуса на 24,3–36,8% по сравнению с контрольным пшенично-соевым рационом. Это объясняется тем, что в механизме действия экзогенной протеазы важным направлением является разрушение антипитательных факторов, нарушающих гидролиз белкового субстрата [14].

Табл. 7. Биохимические показатели крови кур породы Хайсекс белый в пре- и постпрандиальную фазу при введении в корм экзогенной протеазы

Table 7. Biochemical blood values of laying hens of Hisex White breed in pre- and postprandial phase when supplementing their diet with exogenous protease

Показатель	До кормления	После кормления
Трипсин, ед./л	175 ± 23,4	362 ± 56,1*
Амилаза, ед./л	214 ± 43,1	218 ± 32,7
Липаза, ед./л	66 ± 13,6	86 ± 1,5
Общий белок, г/л	39 ± 3,8	39 ± 3,9
Щелочная фосфатаза, ед./л	589 ± 82,2	1304 ± 387,7
Холестерин, ммоль/л	3,3 ± 0,53	2,1 ± 0,64
Триглицериды, ммоль/л	6,8 ± 0,86	5,3 ± 0,48
Глюкоза, ммоль/л	6,2 ± 0,35	7,5 ± 0,2*

*Разница с состоянием натощак достоверна, $p \leq 0,05$.

Исследования, выполненные на курах с хронической фистулой панкреатического протока, указывают на то, что добавка 5% сои от массы корма оказывает стимулирующее влияние на протеолитическую активность: базальная активность ферментов увеличивается в 1,7 раза. При использовании в рационе 5% добавки гороха активность протеаз поджелудочной железы в 1 мл секрета уменьшается: амилазы – на 44,7%, протеаз – на 36,2%. Добавка ферментного препарата протосубтилина на фоне гороха в корме стимулирует панкреатическую секрецию: активность амилазы увеличивается на 14%, протеаз – на 12%, в объеме сока за опыт – соответственно на 19 и 20% [15]. Следовательно, ферментный препарат на фоне гороха оказывает положительное влияние на секреторную функцию поджелудочной железы кур-несушек.

В научной литературе встречаются данные о том, что использование комбикормов с 20% гороха, обогащенных кормовой протеазой, полученной от экспрессии *Bacillus subtilis*, обеспечивает повышение уровня переваримости сухого вещества корма на 1,9%, жира – на 1,0, клетчатки – на 1,7%, доступности практически всех незаменимых аминокислот ($p < 0,05$) на 0,9–7,3% по сравнению с контролем². Следовательно, при добавлении в рацион животных экзогенной протеазы следует учитывать ингредиентный состав кормов, поскольку эффективность применения данного препарата связана с наличием антипитательных факторов.

ВЫВОДЫ

1. При использовании экзогенной протеазы на пшенично-соевых рационах кур-несушек отмечено снижение протеолитической активности сока поджелудочной железы в первые 60 мин после приема корма, а затем повышение на 150-й минуте опыта в период нейрогуморальной фазы регуляции панкреатической секреции. При этом активность протеаз за опыт существенно не изменяется. Это следует учитывать при введении в рацион экзогенной протеазы, эффективность ко-

²Мустафин А.С. Горох в комбикормах для кур-несушек: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Сергиев Посад, 2008. 15 с.

торой связана с наличием антипитательных факторов, снижающих питательную ценность и переваримость субстратов в корме.

2. В опытной группе переваримость протеина была выше на 1,2% по сравнению с контролем, что свидетельствует о том, что часть протеина может перевариваться в зобе птицы под влиянием экзогенных ферментов.

3. При введении в корм препарата Акстра Про (100 г/т корма) активность щелочной фосфатазы в плазме крови кур уменьшалась на 47,8%, содержание глюкозы – на 9,2% по сравнению с контролем, что указывает на положительное влияние препарата на функцию пищеварительных желез.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ленкова Т.Н., Егорова Т.А., Сысоева И.Г. Новый отечественный энзим // Птицеводство. 2016. № 6. С. 17–20.
2. Cowieson A.J., Hruby M., Pierson E.E.M. Evolving enzyme technology: Impact on commercial poultry nutrition // Nutrition Research Reviews. 2006. Vol. 19. P. 90–103.
3. Adeola O., Cowieson A.J. Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production // Journal of Animal Science. 2011. N 89. P. 3189–3218.
4. Slominski B.A. Recent advances in research on enzymes in poultry diets // Poultry Science. 2011. N 90. P. 2013–2023.
5. Ravindran V. Feed Enzymes: The science, practice, and metabolic realities // Journal of Applied Poultry Research. 2013. Vol. 22. N 3. P. 628–636. DOI: 10.3382/japr.2013-00739
6. Батоев Ц.Ж. Физиология пищеварения птиц: монография. Улан-Удэ: Издательство Бурятского государственного университета, 2001. 214 с.
7. Вертипрахов В.Г., Грозина А.А. Оценка состояния поджелудочной железы методом определения активности трипсина в крови птицы // Ветеринария. 2018. № 6. С. 51–54. DOI: 10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54
8. Фисинин В.И., Вертипрахов В.Г., Грозина А.А. Новые подходы к оценке функции пищеварения у кур // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 1. С. 49–53.
9. Bedford M.R., Schulze H. Exogenous enzymes in pigs and poultry // Nutrition Research Reviews. 1998. N 11. P. 91–114. DOI: 10.1079 / NRR19980007

10. Selle P.H., Ravindran V. Microbial phytase in poultry nutrition // Animal feed science and technology. 2007. N 135. P. 1–41.
11. Bedford M.R., Partridge G.G. Enzymes in Farm Animal Nutrition // CAB International. 2011. Wallingford, UK.
12. Фисинин В.И., Вертипрахов В.Г., Туттов В.Ю., Грозина А.А. Динамика активности пищеварительных ферментов и содержания депонированного оксида азота в плазме крови петушков после кормления // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2018. Т. 104. № 8. С. 976–983. DOI: 10.7868/S0869813918070080
13. Вертипрахов В.Г., Борисенко К.В., Грозина А.А. Секреторная функция поджелудочной железы кур при вводе протеазы // Птицеводство. 2018. № 11–12. С. 23–25.
14. Bedford M.R., Schulze H. Exogenous enzymes for pigs and poultry // Nutrition Research Reviews. 1998. N 11. P. 91–114.
15. Вертипрахов В.Г., Тесаревская Т.Б. Влияние добавки гороха на секреторную функцию поджелудочной железы кур // Вестник Красноярского ГАУ. 2011. № 4. С. 111–115.

REFERENCES

1. Lenkova T.N., Egorova T.A., Sysoeva I.G. Novyi otechestvennyi enzym [New domestic enzyme]. *Ptitsevodstvo* [Poultry], 2016, no. 6, pp. 17–20. (In Russian).
2. Cowieson A.J., Hruby M., Pierson E.E.M. *Evolving enzyme technology: Impact on commercial poultry nutrition. Nutrition Research Reviews*, 2006, vol. 19, pp. 90–103.
3. Adeola O., Cowieson A.J. Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. *Journal of Animal Science*, 2011, no. 89, pp. 3189–3218.
4. Slominski B.A. Recent advances in research on enzymes in poultry diets. *Poultry Science*, 2011, no. 90, pp. 2013–2023.
5. Ravindran V. Feed Enzymes: The science, practice, and metabolic realities. *Journal of Applied Poultry Research*, 2013, vol. 22, no. 3, pp. 628–636. DOI: 10.3382/japr.2013-00739
6. Batoev Ts.Zh. *Fiziologiya pishchevareniya ptits* [Physiology of poultry digestion]. Ulan-Ude: *Izdatel'stvo Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta* [Publishing house of Buryat

- State University], 2001, 214 p. (In Russian).
7. Vertiprakhov V.G., Grozina A.A. Otsenka sostoyaniya podzheludochnoi zhelezy metodom opredeleniya aktivnosti tripsina v krovi ptitsy [Assessment of poultry pancreatic gland condition by determination of trypsin activity in poultry blood]. *Veterinariya* [Journal Veterinariya], 2018, no. 6, pp. 51–54. DOI: 10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54. (In Russian).
 8. Fisinin V.I., Vertiprakhov V.G., Grozina A.A. Novye podkhody k otsenke funktsii pishchevareniya u kur [New approaches to chicken digestion function assessment]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka Veterinariya* [Russian Agricultural Veterinary Science], 2018, no. 1, pp. 49–53. (In Russian).
 9. Bedford M.R., Schulze H. Exogenous enzymes in pigs and poultry. *Nutrition Research Reviews*, 1998, no. 11, pp. 91–114. DOI: 10.1079/NRR19980007
 10. Selle P.H., Ravindran V. Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal feed science and technology*, 2007, no. 135, pp. 1–41.
 11. Bedford M.R., Partridge G.G. Enzymes in Farm Animal Nutrition. *CAB International*, 2011, Wallingford, UK.
 12. Fisinin V.I., Vertiprakhov V.G., Titov V.Yu., Grozina A.A. Dinamika aktivnosti pishchevaritel'nykh fermentov i soderzhaniya deponirovannogo oksida azota v plazme krovi petushkov posle kormleniya [Dynamics of postprandial digestive enzyme activity and content of nitrogen oxide stored in cockerels' blood plasma]. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova* [Russian Journal of Physiology], 2018, vol. 104, no. 8, pp. 976–983. DOI: 0/7868/S0869813918070080. (In Russian).
 13. Vertiprakhov V.G., Borisenko K.V., Grozina A.A. Sekretornaya funktsiya podzheludochnoi zhelezy kur pri vvode proteazy [Secretory pancreatic function of hens followed by introduction of protease]. *Ptitsevodstvo* [Poultry], 2018, no. 11–12, pp. 23–25. (In Russian).
 14. Bedford M.R., Schulze H. Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nutrition Research Reviews*, 1998, no. 11, pp. 91–114.
 15. Vertiprakhov V.G., Tesarivskaya T.B. Vliyanie dobavki gorokha na sekretornuyu funktsiyu podzheludochnoi zhelezy kur [Effect of pea supplement on secretory pancreatic function of hens]. *Vestnik Krasnoyarskogo GAU*. [The Bulletin of KrasGAU], 2011, no. 4, pp. 111–115. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Вертипрахов В.Г.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующий отделом; **адрес для переписки:** Россия, 141300, Московская область, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, 10; e-mail: Vertiprakhov63@mail.ru

Борисенко К.В., аспирант

AUTHOR INFORMATION:

✉ **Vertiprakhov V.G.**, Doctor of Science in Biology, Head Researcher, Division Head; **address:** 10, Ptitsegradskaya str., Sergiev Posad, Moscow Region, 141300, Russia, e-mail: vertiprakhov63@mail.ru

Borisenko K.V., post-graduate student

*Дата поступления статьи 11.12.2018
Received by the editors 11.12.2018*