



DOI: 10.26898/0370-8799-2018-6-9

УДК 636.52/.58.087.8:612.34

ЭКЗОКРИННАЯ ФУНКЦИЯ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ КУР ПРИ ДОБАВЛЕНИИ В КОРМ ПОДКИСЛИТЕЛЯ

Вертипрахов В.Г., Грозина А.А.

Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук
Московская область, г. Сергиев Посад, Россия

Для цитирования: Вертипрахов В.Г., Грозина А.А. Экзокринная функция поджелудочной железы кур при добавлении в корм подкислителя // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 6. С. 63–69. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-6-9

For citation: Vertiprakhov V.G., Grozina A.A. Ekzokrin-naya funktsiya podzheludochnoi zhelezy kur pri dobavlenii v korm podkislitelya [Exocrine pancreatic function in chickens when adding feed acidifier in their diet]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no. 6, pp. 63–69. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-6-9

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Для профилактики желудочно-кишечных заболеваний животных среди добавок известны подкислители кормов, которые препятствуют развитию патогенной микрофлоры в кишечнике. Установлено положительное влияние препаратов, содержащих органические кислоты, на продуктивность и использование корма у птиц. Имеются сведения о корреляции активности пищеварительных ферментов с микробиотой кишечника у мясных кур. Однако механизм положительного влияния органических кислот на пищеварительную систему остается до конца не изученным. Представлены результаты экспериментов на курах породы Хайсекс белый с хронической фистулой панкреатического протока при использовании в их рационе препарата, содержащего фурановую кислоту. Подкислитель не оказал существенного влияния на активность пищеварительных ферментов поджелудочной железы. Анализ динамики сокоотделения у кур после приема корма с использованием подкислителя показал, что подъем сокоотделения через 30 мин после приема корма в опытный период снизился более чем в 2 раза. Через 150 мин опыта сокоотделение поджелудочной железы уменьшилось на 27,3% по сравнению с контролем, что соответствует нейрохимической фазе регуляции секреции. Анализ динамики активности фермен-

EXOCRINE PANCREATIC FUNCTION IN CHICKENS AS A RESULT OF ADDING FEED ACIDIFIERS IN THEIR DIET

Vertiprakhov V.G., Grozina A.A.

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

Feed acidifiers are used in animal diets for the prevention of proliferation of intestinal pathogenic microorganisms and resulting gastrointestinal digestive disorders. These additives, containing organic acids, have also been found to improve productivity and feed efficiency in poultry. There is information about correlation between digestive enzymes' activity and intestinal microbiota of meat-type chickens. However, the exact mechanism of the beneficial impact of organic acids on the digestion system still remains understudied. The paper presents the results of experiments conducted on Hisex White chicken with chronic fistulae of the main pancreatic duct, fed on a diet supplemented with an acidifier containing 2-furoic acid. No significant effect of this acidifier was found on the digestive pancreatic function. The dynamics analysis showed that the chickens' secretion rate of pancreatic juice after postprandial 30 minutes dropped by over two times in the testing period when using acidifiers in their diet. After 150 minutes this rate was lower by 27.3% compared to the control group, which corresponds the neurochemical phase of secretory regulation. Analysis of enzyme dynamics (amylase, lipase and protease) showed a slight increase in the

тов (амилазы, липазы и протеаз) после приема корма указывает на незначительное увеличение протеолитической активности по сравнению с контролем (1,2–12,4%) в сложнорефлекторную фазу, связанную с вкусовыми качествами корма. Конверсия корма в опытной группе бройлеров при использовании в рационах смеси подкислителя улучшилась на 1,51%. Результативное влияние на процессы пищеварения подкислителя обусловлено его положительным действием на желудочное пищеварение, а также терапевтическим воздействием на патогенную микрофлору кишечника у птицы.

Ключевые слова: секреторная функция, поджелудочная железа кур, подкислители кормов, пищеварительные ферменты

ВВЕДЕНИЕ

Для профилактики желудочно-кишечных заболеваний животных широко используют кормовые добавки, ограничивающие колонизацию кишечника патогенами, в том числе подкислители кормов. В настоящее время рядом зарубежных фирм для применения в животноводстве предложены подкислители разнообразного состава. Терапевтическое действие подкислителей, их способность угнетать патогенную микрофлору зависят от набора входящих в них компонентов и применяемой дозы¹. Имеются сведения о положительном влиянии подкислителей на продуктивность и использование кормов птицей [1, 2], а также о корреляции активности пищеварительных ферментов с микробиотой кишечника у мясных кур² [3].

Для изучения механизма повышения переваримости корма необходимо исследовать вопросы регуляции пищеварения, что возможно при использовании кур с хронической фистулой панкреатического протока, поскольку поджелудочная железа четко адаптируется к качеству принимаемого корма благодаря сложнорефлекторной и гуморальной регуляции.

Подкислители обладают определенными вкусовыми характеристиками, поэтому прежде всего они воздействуют на начало рефлекторной дуги – вкусовые рецепторы

activity of proteases in pancreatic juice (by 1.2–12.4%), compared to the control group, in the phase of complex-reflex regulation of pancreatic secretory activity related to the recognition of the taste qualities of the feed. Feed conversion ratio in the test group of broiler chickens increased by 1.52% when using acidifiers in the diet. The result of the study showed that the use of acidifiers has a beneficial effect on chickens' gastrointestinal digestion as well as an inhibitive action on intestinal pathogens.

Key words: secretory function, chicken pancreas, feed acidifiers, digestive enzymes.

ротовой полости птицы. Чувствительность к вкусовым ощущениям у кур положительно коррелирует с числом вкусовых сосочков, т.е. чем больше сосочков, тем лучше птица чувствует, например, кислый вкус [4, 5]. У бройлерных кур сосочков больше, чем у несушек, поэтому первые более чувствительны к вкусу [6, 7]. Из-за более низкого количества сосочков по сравнению с млекопитающими считалось, что птицы имеют низкую чувствительность к вкусу. Однако недавние исследования с использованием молекулярных маркеров для идентификации вкусовых сосочков показали, что у птиц довольно хорошо развита система восприятия вкусов и количество вкусовых сосочков в их ротовой полости по отношению к ее общему объему довольно высокое [8]. У кур чувствительность к разным типам вкусовых стимулов различна. Например, куры более толерантны к кислому вкусу, чем млекопитающие, однако очень чувствительны к горькому, несмотря на то, что у них меньше подтипов рецепторов данного вкуса, чем у млекопитающих [9]. В связи с этим можно утверждать, что, препарат, поступающий с кормом, обладающий определенным вкусом, оказывает влияние на одну из главных желез пищеварительной системы – поджелудочную железу.

Цель работы – изучить секреторную функцию поджелудочной железы кур при исполь-

¹Колесень В.П. Применение подкислителей кормов в кормлении кур-несушек и цыплят-бройлеров // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр., Гродно, 2017. Т. 37. С. 91–98.

²Егоров И.А., Ильина Л.А., Никонов И.Н. и др. Изучение зависимостей между структурой микробных сообществ кишечника и активностью пищеварительных ферментов организма птицы // Высокопроизводительное секвенирование в геномике: материалы II Всерос. конф. с международным участием. Сер. «Acta Naturae». Новосибирск, 2017. С. 32.

зовании в рационе препарата, содержащего фумаровую кислоту.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования выполняли на трех курах Хайсекс белый в возрасте один год, оперированных по методу Ц.Ж. Батоева, С.Ц. Батоевой [10]. Сущность хирургической операции сводилась к «выкраиванию» из двенадцатиперстной кишки отрезка длиной 2,5–3,0 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. Куры находились в виварии при соблюдении необходимых зоотехнических условий кормления и содержания.

Физиологический опыт начинали утром в состоянии кур натошак после 14-часового голодания. Птиц помещали в специальный станок, в котором они находились в течение 3 ч. К фистуле из изолированного отрезка с помощью специального резинового переходника прикрепляли микропробирку для сбора панкреатического сока. В первые 30 мин собирали сок после голодания, затем птиц кормили комбикормом ПК-1 в количестве 30 г и продолжали собирать секрет через каждые 30 мин в течение 180 мин. Эксперимент выполняли методом периодов: первые 7–10 дней птица получала контрольный ра-

цион (ОР), затем в течение 7–10 дней изучали секреторную функцию поджелудочной железы при добавлении в корм препарата, содержащего фумаровую кислоту в количестве 1 кг/т корма. Опыт выполняли в двух повторностях: в каждой серии использовали по две фистулированные курицы.

Биохимические исследования выполняли следующими методами: определение амилазы – по Смит – Рою в модификации для определения высокой активности фермента [10], протеаз – по гидролизу казеина очищенного по Гаммерстену при калориметрическом контроле (длина волны 450 нм) [10], липазы – на полуавтоматическом биохимическом анализаторе (SINNOWA, Китай) BS-3000P с набором ветеринарных диагностических реагентов для определения концентрации липазы в крови животных компании «ДИАКОН-ВЕТ» (РФ).

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

Экспериментальные данные показывают, что внешнесекреторная функция поджелудочной железы кур существенно не изменялась при добавлении в корм подкислителя (см. таблицу).

Внешнесекреторная функция кур-несушек при использовании в их рационе добавки подкислителя
Exocrine pancreatic function in laying chickens when using feed acidifiers in their diet

Показатель	Контроль (ОР)		Опыт (ОР + подкислитель)	
	Серия опыта			
	1-я	2-я	1-я	2-я
Количество панкреатического сока 180 мин опыта, мл	9,8 ± 0,16	5,3 ± 0,28	9,7 ± 0,35	5,0 ± 0,18
Средняя активность ферментов в 1 мл панкреатического сока				
Амилаза, мг/(мл · мин)	5972 ± 587,9	2378 ± 235,1	6303 ± 298,7	2339 ± 158,5
Липаза, ед./л	8619 ± 882,7	2712 ± 377,3	7843 ± 820,8	2561 ± 183,5
Протеазы, мг/(мл · мин)	239 ± 31,5	250 ± 23,8	242 ± 7,9	281 ± 13,8
Сумма активности панкреатических ферментов в общем объеме сока за 180 мин				
Амилаза, мг/(мл · мин)	62976 ± 4759,5	13153 ± 1805,1	63500 ± 6673,6	12790 ± 971,4
Липаза, ед./л	78069 ± 8238,4	16201 ± 1833,6	84731 ± 9407,6	11583 ± 2143,8
Протеазы, мг/(мл · мин)	2243 ± 285,4	1511 ± 94,1	2465 ± 323,2	1522 ± 81,5

По количеству панкреатического сока за 180 мин опыта, активности амилазы и липазы в 1-й и 2-й сериях опытов отмечены существенные различия. Во 2-й серии количество сока и активность указанных ферментов значительно ниже, чем в 1-й. Это обусловлено индивидуальными особенностями кур, участвующих в эксперименте. Несмотря на различие в секреторной функции поджелудочной железы между курами в разных сериях опытов, принципиальных различий в пищеварительной деятельности поджелудочной железы в контрольный и опытный период не отмечено. Наблюдалась тенденция увеличения протеолитической активности, но незначительно (1,2–12,4%), что не имело достоверных различий. По суммарной активности ферментов в контрольный и опытный период также достоверных различий не обнаружено.

Для того чтобы понять механизм действия подкислителя на секреторную функцию поджелудочной железы, необходимо проанализировать динамику активности ферментов и сокоотделения после приема корма.

Анализ динамики сокоотделения у кур при использовании подкислителя показывает, что в опытный период через 30 мин после приема корма произошло увеличение сокоотделения в 1,3 раза, в контроле – в 3 раза (см. рис. 1). На 150-й минуте опыта отме-

чено существенное различие в количестве сока у кур: в контрольный период $1,1 \pm 0,08$ мл, в опытный – $0,8 \pm 0,09$ мл, что ниже на 27,3% по сравнению с контролем. Этот период обусловлен нейрохимической фазой регуляции панкреатической секреции, т.е. связан с выработкой гормонов (секретина и панкреозимина), которые выделяются в кишечнике под влиянием поступающего кислого содержимого из желудка.

Динамика активности амилазы представлена на рис. 2. Наиболее существенные различия наблюдали в базальной секреции (до кормления), когда активность амилазы в опытный период на 65% выше, чем в контроле. В дальнейшем наблюдали снижение активности амилазы и на 120-й и 150-й минутах опыта. Показатели в опытный период были ниже контроля на 12,6 и 28,1% соответственно.

Аналогичным образом изменялась активность липазы и протеаз при введении в рацион добавки подкислителя (см. рис. 3, 4).

Изменения в динамике активности липазы после приема корма в опытный период отмечены на 60-й и 180-й минутах эксперимента, когда показатели были ниже контроля на 13,5 и 17,1% соответственно, однако разница в данном случае недостоверна. В целом в динамике липолитической активности существенных изменений при добав-

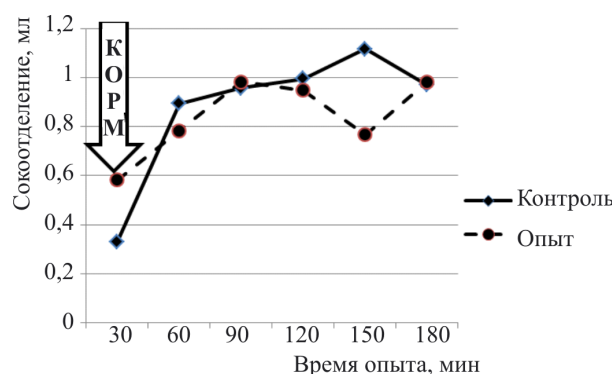


Рис. 1. Влияние подкислителя корма на сокоотделение поджелудочной железы у кур породы Хайсекс белый

Fig. 1. Effect of feed acidifier on the secretion rate of pancreatic juice in Hisex White chickens

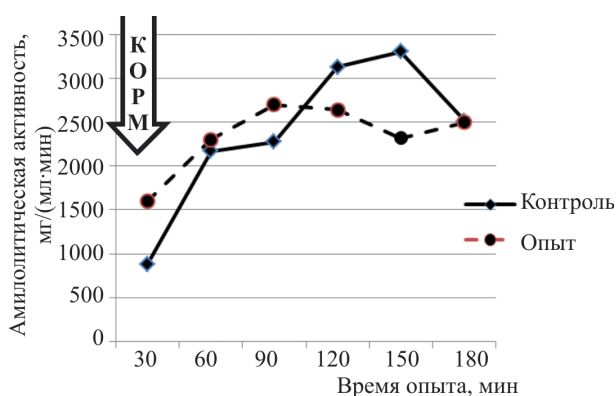


Рис. 2. Динамика амилалитической активности после приема корма при использовании в рационе кур подкислителя

Fig. 2. Dynamics of postprandial amylolytic enzyme activity when using acidifier in the chicken diet

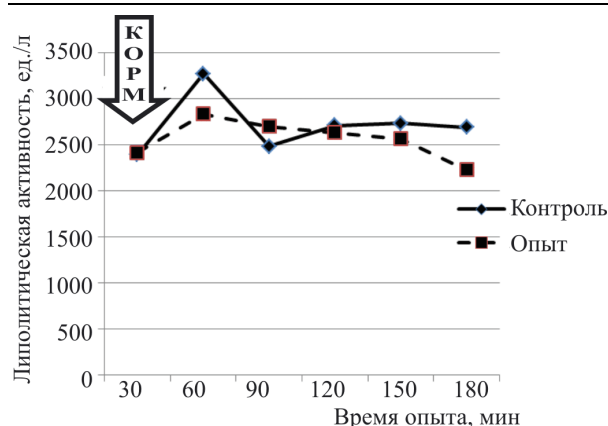


Рис. 3. Динамика липолитической активности после приема корма при добавлении в рацион кур подкислителя

Fig. 3. Dynamics of postprandial lipolytic enzyme activity when using acidifier in the chicken diet

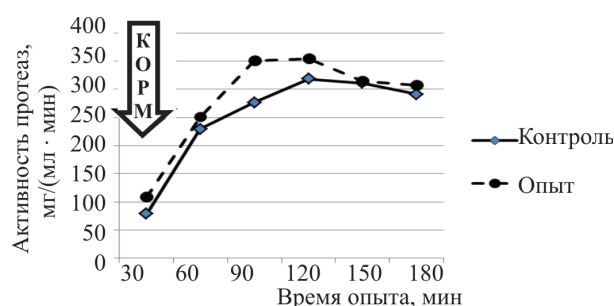


Рис. 4. Динамика активности протеаз в постпрандиальную фазу при использовании в рационе кур подкислителя

Fig. 4. Dynamics of postprandial proteases activity when using acidifier in the chicken diet

лении в рацион подкислителя не отмечено. В динамике активности протеаз в постпрандиальный период существенных различий также не обнаружено. Можно утверждать, что подкислитель, добавленный в корм кур, не оказывает существенного влияния на активность пищеварительных ферментов поджелудочной железы. По-видимому, положительное влияние на процессы пищеварения подкислителя обусловлено действием на желудочное пищеварение и состояние нормальной микрофлоры кишечника.

В наших предыдущих исследованиях на бройлерах с канюлей 12-перстной кишки установлено, что наиболее существенно изменялась активность липазы в дуоденальном содержимом: при добавлении в рацион органических кислот активность фермента снижалась на 38,4% по сравнению с контролем. По-видимому, это связано с повышенной переваримостью жира в желудке. Показатели в плазме крови повышались при добавлении в рацион подкислителей: активность амилазы увеличивалась на 58,1%, протеаз – на 82,7%, что связано с изменением обмена веществ. В результате проведенных опытов установлено, что по живой массе бройлеры опытной группы превосходили цыплят контрольной в возрасте 14 сут на 8,3%; 21 сут на 7,7%; 41 сут на 2,6% (петушки) и 2,2% (курочки), в среднем на 2,4% при 100%-й сохранности поголовья в контрольной и опытной группах.

Конверсия корма в опытной группе бройлеров при использовании в рационах смеси подкислителя улучшалась на 1,51%.

Принято считать, что органические кислоты положительно влияют на работу кишечника жвачных, однако доказано, что подкислители действуют главным образом в желудке, где уровень pH ниже pKa (константа диссоциации). Это объясняется тем, что среда кишечного тракта слишком щелочная для того, чтобы снижение pH оказалось значительным. Известно (Губарь В.Л., 1970 г.; Коротко Г.Ф., 1987 г.), что если искусственно ускорить закисление среды в желудке (именно это делают подкислители), то уменьшение секреции наступает не в конце первого часа после приема пищи, а значительно раньше. Исследования на собаках с изолированным желудочком по И.П. Павлову показали, что добавка ферментного препарата гастроветина, содержащего соляную кислоту, усиливала все показатели желудочной секреции³. Следовательно, кислоты действуют главным образом на функцию желудка.

³Пат. №2145502 (Российская Федерация). Ферментный препарат для лечения и профилактики расстройств желудочно-кишечного пищеварения – гастроветин / В.Г. Вертипрахов; заявл. 21.10.1997; опубл. 20.02.2000.

ВЫВОДЫ

1. Использование в рационе здоровых кур-несушек добавки подкислителя, содержащего фурановую кислоту, не оказывает существенного влияния на активность панкреатических ферментов. Применение подкислителя в большей степени влияет на стимуляцию пищеварения в зобе и желудке, а также эффективно воздействует на патогенную микрофлору кишечника.

2. Анализ динамики сокоотделения после приема корма у кур при использовании подкислителя показывает, что подъем сокоотделения через 30 мин после приема корма в опытный период снижается более чем в 2 раза, на 150-й минуте опыта секреция панкреатического сока уменьшается на 27,3% по сравнению с контролем.

3. После приема корма в опытный период отмечено незначительное увеличение протеолитической активности по сравнению с контролем (1,2–12,4%) в сложнорефлекторную фазу, связанную с вкусовыми качествами корма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джафаров А. Использование органических кислот в птицеводстве // Комбикорма. 2010. № 5. С. 67–73.
2. Егоров И.А., Вертипрахов В.Г., Ленкова Т.Н., Манукян В.А., Егорова Т.А., Грозина А.А., Байковская Е.Ю. Использование смеси низкомолекулярных органических кислот в комбикормах для цыплят-бройлеров // Птица и птицепродукты. 2017. № 5. С. 26–28.
3. Егоров И.А., Вертипрахов В.Г., Грозина А.А., Лаптев Г.Ю., Никонов И.Н., Новикова Н.И., Ильина Л.А., Йылдырым Е.А., Филиппова В.А., Дубровин А.В., Манукян В.А., Ленкова Т.Н. Возрастные изменения секреторной функции поджелудочной железы и микрофлоры кишечника у цыплят родительских форм и гибридов мясных кур // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 4. С. 757–766.
4. Miller I.J., Reedy F.E. Variations in human taste bud density and taste intensity perception // Physiology & Behavior. 1990. Vol. 47. P. 1213–1219.

5. Kudo K., Shiraishi J., Nishimura S., Bungo T., Tabata S. The number of taste buds is related to bitter taste sensitivity in layer and broiler chickens // Animal Science Journal. 2010. Vol. 81. P. 240–244.
6. Ganchrow D., Ganchrow J.R. Number and distribution of taste buds in the oral cavity of hatchling chicks // Physiology & Behavior. 1985. Vol. 34. P. 889–894.
7. Kudo K., Nishimura S., Tabata S. Distribution of taste buds in layer-type chickens: scanning electron micro-scopic observations // Animal Science Journal. 2008. Vol. 79. P. 680–685.
8. Rajapaksha P., Wang Z., Venkatesan N., Tehrani K.F., Payne J. Labeling and analysis of chicken taste buds using molecular markers in oral epithelial sheets // Scientific Reports. 2016. N 6. P. 37–47.
9. Hirose N., Kawabata Y., Kawabata F., Nishimura S., Tabata S. Bitter taste receptor T2R1 activities were compatible with behavioral sensitivity to bitterness in chickens // Biochem Biophys Res Commun. 2015. Vol. 460. P. 464–468.
10. Батоев Ц.Ж. Физиология пищеварения птиц: монография. Улан-Удэ: Издательство Бурятского государственного университета, 2001. 214 с.

REFERENCES

1. Dzhaifarov A. Ispol'zovanie organicheskikh kislot v ptitsevodstve [Use of organic acids in poultry production]. *Kombikorma* [Compound Feeds magazine]. 2010, no. 5, pp. 67–73. (In Russian).
2. Egorov I.A., Vertiprakhov V.G., Lenkova T.N., Manukyan V.A., Egorova T.A., Grozina A.A., Baikovskaya E.Yu. Ispol'zovanie smesi nizkomolekulyarnykh organicheskikh kislot v kombikormakh dlya tsyplyat-broilerov [Use of the mixture of low-molecular organic acids in compound feeds for broiler-chickens]. *Ptitsa i ptitseprodukty* [Poultry and poultry production], 2017, no. 5, pp. 26–28. (In Russian).
3. Egorov I.A., Vertiprakhov V.G., Grozina A.A., Laptev G.Yu., Nikonov I.N., Novikova N.I., Il'ina L.A., Iyldyrym E.A., Filippova V.A., Dubrovin A.V., Manukyan V.A., Lenkova T.N. Vozrastnye izmeneniya sekretornoi funktsii podzheludochnoi zhelezy i mikroflory kishechnika u tsyplyat roditel'skikh form i gibridov myasnykh kur [Age-related changes in pancreatic secretory function and intestinal microflora

- in chickens of parental forms and hybrids of meat-type chickens]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2017, vol. 52, no. 4, pp. 757–766. (In Russian).
4. Miller I.J., Reedy F.E. Variations in human taste bud density and taste intensity perception. *Physiology & Behavior*, 1990, vol. 47, pp. 1213–1219.
 5. Kudo K., Shiraishi J., Nishimura S., Bungo T., Tabata S. The number of taste buds is related to bitter taste sensitivity in layer and broiler chickens. *Animal Science Journal*, 2010, vol. 81, pp. 240–244.
 6. Ganchrow D., Ganchrow J.R. Number and distribution of taste buds in the oral cavity of hatchling chicks. *Physiology & Behavior*, 1985, vol. 34, pp. 889–894.
 7. Kudo K., Nishimura S., Tabata S. Distribution of taste buds in layer-type chickens: scanning electron micro-scopic observations. *Animal Science Journal*, 2008, vol. 79, pp. 680–685.
 8. Rajapaksha P., Wang Z., Venkatesan N., Tehrani K.F., Payne J. Labeling and analysis of chicken taste buds using molecular markers in oral epithelial sheets. *Scientific Reports*, 2016, no. 6, pp. 37–47.
 9. Hirose N., Kawabata Y., Kawabata F., Nishimura S., Tabata S. Bitter taste receptor T2R1 activities were compatible with behavioral sensitivity to bitterness in chickens. *Biochem Biophys Res Commun*, 2015, vol. 460, pp. 464–468.
 10. Batoev Ts.Zh. *Fiziologiya pishchevareniya ptits* [Digestion physiology of poultry]. Ulan-Ude: Izdatel'stvo Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta [The Publisher of Buryat State University], 2001, 214 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Вертипрахов В.Г.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующий отделом; Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук; **адрес для переписки:** Россия, 141311, Московская область, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, 10; e-mail: vertiprakhov63@mail.ru

Грозина А.А., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук

AUTHOR INFORMATION:

✉ **Vertiprakhov V.G.**, Doctor of Science in Biology, Head Researcher, Division Head; Federal Scientific Center All-Russian Research and Technological Poultry Institute of the Russian Academy of Sciences; **address:** 10, ul. Ptitsegradskaya, Sergiev Posad, Moscow Region, 141315, Russia, e-mail: vertiprakhov63@mail.ru

Grozina A.A., Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; Federal Scientific Center All-Russian Research and Technological Poultry Institute of the Russian Academy of Sciences

Дата поступления статьи 11.09.2018
Received by the editors 11.09.2018