

ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИКОВ НА АКТИВНОСТЬ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ В КИШЕЧНИКЕ У ЦЫПЛЯТ ПРИ РАЗНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ pH

^{1,2}Голованова И.Л., ¹Филиппов А.А., ¹Куливацкая Е.А., ²Скворцова Е.Г.

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Панина РАН, Борок
Ярославской обл. ²Ярославская ГСХА, Ярославль, Российская Федерация

Условия функционирования, в частности pH среды, оказывают значительное влияние на активность пищеварительных ферментов, однако сведения о влиянии пробиотиков на активность ферментов, обеспечивающих начальные этапы ассимиляции белковых и углеводных компонентов корма у продуктивной птицы в зависимости от pH среды, практически отсутствуют. Цель исследования – изучить влияние pH (5.0, 7.4 и 8.3) на активность гликозидаз и протеиназ слизистой оболочки и содержимого (химуса) тонкого кишечника у цыплят белого техасского перепела (ЦП), цыплят кур кросса Росс 308 (ЦРос) и кросса Ломан Браун (ЦЛБ). Цыплята всех контрольных и опытных групп (n=13-15) содержались в одинаковых условиях, в корм птицы опытных групп получали с водой пробиотические препараты (ЦА, курунга – комплексный пробиотик; ЦРос и ЦЛБ, яросил – препарат молочнокислых и бифидобактерий). У ЦП добавка пробиотика в дозе 0.01 г/кг ЖМ в течение 3-х мес. снижала амилалитическую активность в слизистой оболочке кишечника, но повышала её в химусе (P<0.05). У ЦРос добавка пробиотика в дозе 0.6 мл/кг ЖМ. в течение 1-го мес. и у ЦЛБ в течение 2-х мес. не влияла на амилалитическую активность в слизистой оболочке кишечника, но повышала её в химусе при щелочных и нейтральных значениях pH (P<0.05). В целом, активность гликозидаз и протеиназ в слизистой оболочке и в химусе кишечника коррелировала с величиной pH (P<0.05). Наибольший эффект пробиотиков в слизистой оболочке кишечника и в химусе выявлен в зоне нейтральных и щелочных значений pH, а закисление среды снижает ферментативную активность и нивелирует положительные эффекты пробиотиков на кишечные гликозидазы и протеиназы.

Ключевые слова: цыплята, пробиотики, ферменты кишечника, влияние pH

Проблемы биологии продуктивных животных, 2023, 1: 56-62

Введение

Птицеводство является одной из наиболее значимых отраслей экономики России и многих стран мира, обеспечивая население не только полноценным белком (мясо и яйца), но и сырьём для вторичной переработки (перья, пух, помет). Длительное применение антибиотиков привело к накоплению их остатков в продуктах птицеводства, появлению лекарственно-устойчивых бактерий и нарушению баланса нормальной микрофлоры (Manafi et al., 2016; Soomro et al., 2019). В последнее время эффективной заменой антибиотикам стали пробиотики – специально подобранные штаммы микроорганизмов или специфические субстанции микробного, растительного и животного происхождения (Vali, 2009; Sugiharto, 2016; Alagawany et al., 2018; Yadav, Jha, 2019; Popov et al., 2021), которые увеличивают количество полезных бактерий в кишечнике (Vali, 2009; Abou-Kassem et al., 2021), повышают переваримость и усвоение кормов (Taha et al., 2019; Soomro et al., 2019), улучшают показатели роста и качество мяса (Soomro et al., 2019; Скворцова и др., 2019; Филинская и др., 2021), а также способствуют увеличению продуктивности (Abou-Kassem et al., 2021).

Поддержание здоровья кишечника для полноценного переваривания корма и последующего усвоения питательных веществ является основным фактором, обеспечивающим

рост, здоровье и продуктивность сельскохозяйственной птицы. Эффективность переваривания корма в значительной мере зависит от активности ферментов пищеварительного тракта и условий их функционирования. Среди физиологических особенностей пищеварения у птиц можно отметить наличие мощного ферментативного аппарата поджелудочной железы, в то же время быстрое прохождение пищи через кишечник может препятствовать адсорбции панкреатических ферментов на структурах слизистой оболочки кишечника, снижая их вклад в пищеварение. Окончательное переваривание белков, углеводов и жиров происходит в тонком кишечнике, который имеет значительную площадь эпителиального слоя благодаря наличию ворсинок и микроворсинок в слизистой оболочке. Кишечный сок у птиц содержит энтерокиназу и обладает амилазной, мальтазной, сахаразной и пептидазной активностью. Подавляющее большинство ферментов в тонком кишечнике у птиц имеет, как и у млекопитающих, пристеночную локализацию.

Существует множество кормовых добавок, способствующих улучшению здоровья кишечника. Курунга – это коммерческий пробиотик на основе кисломолочной смеси из натурального коровьего молока, в которой присутствуют лактобактерии и бифидобактерии, уксуснокислые и пропионовокислые микроорганизмы, лактострептококки и молочные дрожжи (произв. ООО Байкал-Биотех). Использование концентрата курунга в рационе (1 г/кг ЖМ) способствовало восстановлению нормальной микрофлоры пищеварительной системы при диарейном симптомокомплексе и оказывало положительное влияние на продуктивные качества перепелов породы фараон (Шмидт, 2012). У цыплят тexasского белого перепела, ежедневно в течение 80 сут получавших с водой концентрат курунга (0.01 г/кг ЖМ), отмечено снижение смертности и снижение кислотности экскрементов (Golovanova et al., 2022).

Пробиотический препарат яросил состоит из молочнокислых и бифидобактерий (*Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus helveticus*, *Bifidobacterium animalis*, *Streptococcus thermophilus*), предназначен для нормализации обмена веществ и кислотно-щелочного равновесия, стимуляции роста, развития и повышения сохранности продуктивных животных.

Известно, что условия функционирования, в частности pH среды, оказывают значительное влияние на активность пищеварительных ферментов. Большинство гликозидаз тонкой кишки у птиц проявляет максимальную активность при pH 6.0–7.5, большинство пептидаз – при pH 8.0–9.5. Однако сведения о влиянии пробиотиков на активность ферментов, обеспечивающих начальные этапы ассимиляции белковых и углеводных компонентов корма у продуктивной птицы в зависимости от pH среды, практически отсутствуют.

Цель данного исследования – изучить влияние pH на активность пищеварительных гликозидаз и протеиназ в кишечнике у продуктивной птицы при введении в рацион пробиотиков.

Материал и методы

Объектами исследования были 3-х месячные цыплята тexasского белого перепела (ЦП), а также цыплята-бройлеры кросса Росс 308 (ЦРос) в возрасте 35 сут. и 2-х мес. цыплята кур кросса Ломан Браун (ЦЛБ). В опытной группе БП (n=15) с 10-го дня после вылупления цыплята получали с водой комплексный пробиотик курунка в дозе 0.01 г на 1 кг живой массы (дозу рассчитывали с учётом ЖМ в конце каждой недели). Три группы ЦЛБ и ЦРос (контрольная и две опытные, n=13); получали пробиотик яросил с питьевой водой в количестве 0.6 мл/кг ЖМ. Гигиенические, экологические и хозяйственные условия были одинаковыми для всех групп; пресная вода подавалась на протяжении всего периода эксперимента. Использовали вакуумные поилки, замену воды в которых проводили 2 раза в сутки. В течение опыта птицам всех групп давали сбалансированный полноценный сухой корм солнышко (ООО Агровит, Балашиха Московской области). Корм содержит только натуральные компоненты без искусственных стимуляторов роста, гормонов, антибиотиков и ГМО. В его состав входит смесь из экструдированного зерна (пшеница, кукуруза, ячмень, соевый шрот, подсолнечный жмых). Питательная ценность 1 кг корма комбикорма составила: метаболическая энергия (2700 ккал),

компоненты, %: сырая клетчатка (0.62), сырой жир (4.87), сырой белок (18.8), аминокислоты лизин (1.18), метионин + цистин (0.92), поваренная соль (0.15), кальций (1.2) и фосфор (0.6). Содержание микроэлементов, мг/кг корма: цинк (50.2), железо (10.2), медь (2.5), йод (0.7), кобальт (1.0), селен (0.15). В состав комбикорма входили также витамины: А (10000МЕ), D₃ (1500МЕ), Е (10.0 мг), К₃ (2.0 мг), В₁ (1.6 мг), В₂ (3.0 мг), В₃ (10.1 мг), В₅ (20.1 мг), В₆ (2.0 мг), В₁₂ (0.025 мг), В_с (0.5 мг), С (30.0 мг), Н (0.1 мг). Все витамины и минеральные компоненты представлены в стабилизированной форме и максимально доступны для усвоения.

После убоя у птиц каждой экспериментальной группы извлекали кишечник и все дальнейшие работы проводили при температуре 1-3°C для сохранения ферментативной активности. Тонкую кишку разрезали вдоль и при помощи пластикового шпателя удаляли химус. В тонком кишечнике осуществляются конечные этапы гидролиза углеводов и белковых компонентов пищи, поэтому он был выбран для исследования. Слизистую оболочку кишечника отделяли от мышечного слоя с использованием скребка. Для определения активности ферментов готовили отдельно гомогенаты химуса и слизистой оболочки кишечника с добавлением раствора Рингера (6.5 г NaCl, 0.42 г KCl, 0.25 г CaCl₂) в отношении 1/9 (масса/объем).

Суммарную амилолитическую активность (активность ферментов, гидролизующих крахмал: α-амилазы, КФ 3.2.1.1, глюкоамилазы КФ 3.2.1.3 и мальтазы ЕС 3.2.1.20), оценивали по убыли гексоз модифицированным методом Нельсона (Уголев и др., 1969). Активность пептидаз (преимущественно трипсина, ЕС 3.4.21.4) определяли модифицированным методом Ансона по увеличению концентрации тирозина с использованием реактива Фолина-Чокалтеу (Kuz'mina et al., 2021). Растворы субстратов (1.8% раствор растворимого крахмала и 1% раствор казеина) готовили на таком же растворе Рингера. Гомогенаты инкубировали с растворами субстратов при непрерывном перемешивании в течение 30-60 мин при температуре 37°C и pH 5.0, 7.4 или 8.3. Эти значения pH характерны для пищеварительного тракта птиц. Активность ферментов определяли в пяти повторностях с учетом фона (количества гексоз или тирозина в исходном гомогенате). Интенсивность окраски образцов измеряли на спектрофотометре Lambda 25 UV/VIS (Perkin & Elmer, USA) при длине волны 670 нм.

Результаты и обсуждение

Данные по активности пищеварительных ферментов в слизистой оболочке тонкой кишки цыплят перепелов (ЦП), бройлеров кросса Росс 308 (ЦРос) и кросса Ломан Браун (ЦЛБ) при разных значениях pH представлены в табл. 1. Наибольший уровень амилолитической активности у перепелов и бройлеров в отсутствие пробиотиков выявлен при нейтральных значениях pH. Сдвиг pH в кислую сторону ($P < 0.001$) уменьшает амилолитическую активность ($P < 0.001$) при сравнении с таковой при нейтральных значениях pH; сдвиг в щелочную сторону повышает её ($P < 0.05$). В то же время у цыплят ЦЛБ максимум амилолитической активности отмечен при щелочных pH, при нейтральных и кислых значениях pH активность примерно в 2 раза ниже ($P < 0.001$). Добавка пробиотика яросил не влияла на уровень амилолитической активности у кур при всех исследованных значениях pH. У перепелов пробиотик курунга значительно снижала активность гликозидаз на 23% при pH 5.0 и на 30% при pH 7.4 и 8.3 ($P < 0.001$). При этом максимальный тормозящий эффект (на 62 и 34% от активности при pH 7.4 в отсутствие пробиотиков) установлен при кислых значениях pH у перепелов и бройлеров, получавших пробиотики.

Максимальная активность пептидаз в отсутствие пробиотиков отмечена при нейтральных и щелочных значениях pH; сдвиг pH в кислую сторону снижает ее на 32-46%. Добавка пробиотиков тормозит активность протеиназ в большей мере при щелочных значениях pH: у кур во всем диапазоне pH ($P < 0.05$), у перепелов лишь при pH 8.3 (0.01). Наибольший тормозящий эффект на протеолитическую активность выявлен в зоне кислых значений pH.

Наибольший уровень амилолитической и протеолитической активности в химусе у всех исследованных птиц (получавших и не получавших пробиотики) выявлен при щелочных значениях pH (табл. 2). Сдвиг pH в кислую сторону снижает амилолитическую активность на 36-56%, протеолитическую активность на 61-77% по сравнению с максимальной ($P < 0.001$). Добавка

пробиотиков повышает уровень амилолитической активности у перепелов при всех значениях pH (на 171% при pH 7.4), у кур на 40% при нейтральных и щелочных значениях pH. Активность пептидаз у перепелов растёт при нейтральных и щелочных значениях pH, у кур добавка пробиотика в большинстве случаев тормозит её. При этом максимальный тормозящий эффект для протеиназ и гликозидаз выявлен при кислых значениях pH у птиц, получавших пробиотики.

Таблица 1. Влияние пробиотиков на амилолитическую и протеолитическую активность в слизистой оболочке тонкой кишки цыплят при разных значениях pH, (M±m, n=13-15)

Объект	Пробиотик	pH		
		5.0	7.4	8.3
Амилолитическая активность, мкмоль/(г·мин)				
Перепел	Курунга, контроль	217 ± 6	444 ± 6	404 ± 8
	Курунга, 0.01 г/кг	168 ± 5***	307 ± 6***	281 ± 6***
Цыплята кросса Росс 308	Яросил, контроль	92.0 ± 2.5	155 ± 4	152 ± 5
	Яросил, 0.6 мл/кг	103 ± 7	151 ± 3	152 ± 5
Цыплята кросса Ломан Браун	Яросил, контроль	112 ± 4	107 ± 4	192 ± 7
	Яросил, 0.6 мл/кг	116 ± 6	115 ± 3	173 ± 5
Протеолитическая активность, мкмоль/(г·мин)				
Перепел	Курунга, контроль	4.07 ± 0.09	7.58 ± 0.17	8.00 ± 0.16
	Курунга, 0.01 г/кг	4.21 ± 0.10	7.89 ± 0.07	7.12 ± 0.15**
Цыплята кросса Росс 308	Яросил, контроль	3.82 ± 0.13	6.11 ± 0.10	6.48 ± 0.06
	Яросил, 0.6 мл/кг	3.37 ± 0.07*	4.98 ± 0.09***	4.91 ± 0.06***
Цыплята кросса Ломан Браун	Яросил, контроль	3.68 ± 0.14	5.44 ± 0.10	6.04 ± 0.09
	Яросил, 0.6 мл/кг	3.12 ± 0.07**	4.35 ± 0.10***	4.70 ± 0.07***

Примечание: здесь и в табл. 3: * P<0.05; ** P<0.01; *** P<0.001 по критерию Даннета при сравнении с контролем.

Таблица 2. Влияние пробиотиков на амилолитическую и протеолитическую активность в химусе тонкой кишки при разных значениях pH (мкмоль/(г·мин.)) (M±m, n=13-15)

Объект	Пробиотик	pH		
		5.0	7.4	8.3
Амилолитическая активность				
Перепел	Курунга, контроль	66.0 ± 4.3	68.0 ± 8.8	139 ± 7
	Курунга, 0.01 г/кг	88.0 ± 8.3*	184 ± 5***	190 ± 8***
Цыплята кросса Росс 308	Яросил, контроль	69.3 ± 5.4	135 ± 7	199 ± 6
	Яросил, 0.6 мл/кг	84.0 ± 3.4	191 ± 6***	205 ± 7
Цыплята кросса Ломан Браун	Яросил, контроль г	134 ± 9	211 ± 2	197 ± 6
	Яросил, 0.6 мл/кг	161 ± 17	192 ± 7*	276 ??± 6***
Протеолитическая активность				
Перепел	Курунга, контроль	1.82 ± 0.07	4.74 ± 0.10	5.79 ± 0.14
	Курунга, 0.01 г/кг	1.72 ± 0.04	5.19 ± 0.12*	6.98 ± 0.07***
Цыплята кросса Росс 308	Яросил, контроль	1.91 ± 0.16	6.18 ± 0.13	7.09 ± 0.16
	Яросил, 0.6 мл/кг	1.61 ± 0.07	4.70 ± 0.07***	6.56 ± 0.14*
Цыплята кросса Ломан Браун	Яросил, контроль	2.18 ± 0.04	6.95 ± 0.09	8.35 ± 0.07
	Яросил, 0.6 мл/кг	1.46 ± 0.05***	6.25 ± 0.17**	6.70 ± 0.13***

Ранее было установлено, что добавка в питьевую воду пробиотика Ярослав в количестве 0.2 и 0.6 мл/кг ЖМ вызывает разнонаправленные изменения активности пищеварительных ферментов слизистой оболочки тонкой кишки у цыплят-бройлеров кросса Росс 308 и цыплят кросса Ломан Браун (Голованова и др., 2022). Повышение амилолитической активности ускоряет скорость гидролиза углеводов, способствуя более быстрому их перевариванию, в то время как снижение активности мальтазы и пептидаз замедляет скорость гидролиза дисахаридов и белков в тонкой кишке цыплят. Эти результаты показывают, что сила и направленность влияния пробиотиков на активность пищеварительных ферментов зависит от дозы пробиотика, локализации ферментов (химус или слизистая оболочка), а также от возраста и кросса птиц (Голованова и др., 2022).

В данном исследовании установлено, что величина эффекта пробиотиков зависит от pH внутрикишечной среды. Наибольший эффект пробиотиков на активность гликозидаз и пептидаз в слизистой оболочке и в химусе тонкой кишки у цыплят отмечен при нейтральных и щелочных значениях pH. Разный эффект пробиотиков на ферменты химуса и слизистой оболочки кишки обусловлен различиями в наборе ферментов, гидролизующих белки и углеводы в полости и на структурах слизистой оболочки. Ферменты поджелудочной железы (α -амилаза, а также трипсин, поступающий в кишечник в неактивном виде в виде трипсиногена для последующей активации энтерокиназой) находятся в полости кишечника в составе химуса, а также адсорбируются на эпителии слизистой оболочки кишечника. При этом активность мальтазы, принимающей участие в гидролизе крахмала, тесно связана со щеточной каймой энтероцитов, а в химусе её обычно не наблюдают. Необходимо отметить, что в составе химуса функционируют не только панкреатические ферменты птиц, но и многочисленные ферменты микробиоты. Более высокая активность пищеварительных ферментов ускоряет начальное усвоение основных компонентов пищи, а также способствует их более быстрому перевариванию. Соответственно, снижение активности пищеварительных гликозидаз и пептидаз может негативно сказываться на этих процессах.

Заключение

Добавка в питьевую воду пробиотика Курунга у перепелов в течение первых месяцев жизни снижает амилолитическую активность в слизистой оболочке кишечника, но повышает её в кишечном химусе. У цыплят-бройлеров кросса Росс 308 и у цыплят кросса Ломан Браун добавка пробиотика Ярослав не влияет на амилолитическую активность в слизистой оболочке кишечника, но повышает её в химусе, при этом протеолитическая активность в слизистой оболочке и химусе кишечника снижается. Закисление среды (сдвиг pH до 5.0) снижает уровень амилолитической и протеолитической активности в слизистой оболочке и химусе кишечника. Наибольший эффект пробиотиков выявлен в зоне нейтральных и щелочных значений pH.

Список литературы

1. Голованова И.Л., Филиппов А.А., Куливацкая Е.А., Скворцова Е.Г. Влияние пробиотика Ярослав на активность пищеварительных ферментов в кишечнике цыплят. // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 1. С. 42-48.
2. Скворцова Е.Г., Кузьмина В.В., Филинская О.В., Вострова У.А. Влияние микробиологического препарата ЭМ-Курунга на некоторые показатели жизнедеятельности цыплят. // Известия Оренбургского государственного университета. 2019. № 6. С. 297-300.
3. Уголев А.М., Иезуитова Н.М., Масевич Ц.Г., Надирова Т.Я., Тимофеева Н.М., 1969. 216 с.
4. Филинская О.В., Скворцова Е.Г., Бушкарёва А.С., Коновалов А.В. Физико-химические свойства мяса цыплят-бройлеров при использовании пробиотика «Яросил». // Вестник АПК Верхневолжья. 2021. №4. С. 52-56.
5. Шмидт Г.О. Микробиоценоз пищеварительного тракта перепелов в онтогенезе и его коррекция ЭМ-Курунгой при диарейном симптомокомплексе: автореф. дисс. ... к.б.н. Новосибирск, 2012. 17 с.
6. Abou-Kassem, D.E., Elsadek M.F., Abdel-Moneim A.E., Mahgoub S.A., Elaraby G.M., Taha A.E., Elshafie M.M., Alkhawtani D.M., Abd El-Hack M.E., Ashour E.A. Growth, carcass characteristics, meat quality, and

- microbial aspects of growing quail fed diets enriched with two different types of probiotics (*Bacillus toyonensis* and *Bifidobacterium bifidum*). // *Poult. Sci.* 2021. Vol. 100. nr 1. P. 84-93.
7. Alagawany M., Elnesr Sh.S., Farag M.R. The role of exogenous enzymes in promoting growth and improving nutrient digestibility in poultry. // *Iran J. Vet. Res.* 2018. Vol. 19. nr 3. P. 157-164.
 8. Golovanova I.L., Skvortsova E.G., Filinskaya O.V., Bushkareva A.S., Mostofina A.V., Filippov A.A., Kulivatskaya E.A., Postrash I.Y. Effect of kurunga probiotic on growth parameters, the activity of intestinal glycosidases and peptidases, and excreta quality in quail conditions. // *J. Compl. Med. Res.* 2022. Vol. 13. nr 1. P. 6-11.
 9. Kuz'mina V.V., Skvortsova E.G., Pivovarova E.A., Bushkareva A.S., Vostrova U.A., Poltoratskaya A. Influence of sapropel on the activity of intestinal peptidases of broiler chickens. // *J. Indon. Trop. Anim.* 2021. Vol. 46. nr 1. P. 67-74.
 10. Manafi M., Hedayati M., Khalaji S. Effectiveness of phytogenic feed additive as alternative to bacitracin methylene disalicylate on hematological parameters, intestinal histomorphology and microbial population and production performance of japanese quails. // *Asian-Austr. J. Anim Sci.* 2016. Vol. 29. nr 9. P. 1300-1308.
 11. Popov I., Algburi A.R., Prazdnova E., Mazanko M., Elisashvili V., Bren A., Chistyakov V., Tkacheva E., Tkachev V., Donnik I., Ivanov Yu., Rudov D., Weeks R., Chikindas M.L. A review of the effects and production of spore-forming probiotics for poultry. // *Animals.* 2021. Vol. 11. nr 7. e.1941. <https://doi.org/10.3390/ani11071941>
 12. Soomro R.N., El-Hack M.E.A., Shah S.S., Taha A.E., Alagawany M., Swelum A.A., Hussein E.O.S., Ba-Aawdh H.A., Saadeldin I., El-Edel M.A., Tufarelli V.. Impact of restricting feed and probiotic supplementation on growth performance, mortality and carcass traits of meat-type quails. // *Anim. Sci. J.* 2019. Vol. 90. nr10. P. 1388-1395.
 13. Sugiharto S. Role of nutraceuticals in gut health and growth performance of poultry. // *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 2016. Vol. 15. nr 2. P. 99-111.
 14. Taha A.E., Hassan S.S., Shewita R.S., El- seidy A.A., Abd El- Hack M.E., Hussein E.O.S., Saadeldin I.M., Swelum A.A., El- Ede M.A. Effects of supplementing broiler diets with coriander seed powder on growth performance, blood haematology, ileum microflora and economic efficiency. // *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2019. Vol. 103. nr 5. P. 1474-1483.
 15. Vali N. Probiotic in quail nutrition: a review // *Intern. J. Poult. Sci.* 2009. Vol. 8. nr 12. P. 1218-1222.
 16. Yadav S., Jha R. Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. // *J. Anim. Sci. Biotech.* 2019. Vol. 10. e 2. DOI: 10.1186/s40104-018-0310-9

References (for publications in Russian)

1. Golovanova I.L., Filippov A.A., Kulivatskaya E.A., Skvortsova E.G. [Effect of probiotic Yarosil on the activity of digestive enzymes in the intestines of chickens]. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya* (Bulletin of the APK Upper Volga). 2022. 1: 42-48.
2. Skvortsova E.G., Kuz'mina V.V., Filinskaya O.V., Vostrova U.A [Effect of microbiological preparation EM-Kurung on some vital signs of chickens]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* (Bulletin of the Orenburg State University). 2019. 6: 297-300.
3. Ugolev A.M., Iezuitova N.M., Masevich C.G., Nadirova T.YA., Timofeeva N.M. *Issledovanie pishchevaritel'nogo apparata u cheloveka. Obzor sovremennykh metodov* (Study of the human digestive system. Review of modern methods). Leningrad: Nauka Publ., 1969. 216 p.
4. Filinskaya O.V., Skvortsova E.G., Bushkareva A.S., Konovalov A.V. [Physical and chemical properties of meat of broiler chickens when using the probiotic Yarosil]. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya* (Bulletin of the APK of the Upper Volga Region). 2021. 4: 52-56.
5. Shmidt G.O. *Mikrobiocenoz pishchevaritel'nogo trakta perepelov v ontogeneze i ego korrekciya EM-Kurungoj pri diarejnom simptomokomplekse* (Microbiocenosis of the digestive tract of quails in ontogeny and its correction by EM-Kurunga in case of diarrheal symptom complex). Extended Abstr. Diss. Cand. Sci. Biol. Novosibirsk, 2012. 17 p.

UDC 577.15:63

**Effect of probiotics on the activity of intestinal digestive enzymes
in chickens at different pH**

^{1,2}Golovanova I.L., ¹Filippov A.A., ¹Kulivatskaya E.A., ²Skvortsova E.G.

¹*Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Yaroslavl oblast;*

²*Yaroslavl State Agricultural Academy, Yaroslavl, Russian Federation*

ABSTRACT. Functioning conditions, in particular, pH of the environment, have a significant impact on the activity of digestive enzymes; however, there is practically no information about the effect of probiotics on the activity of enzymes that provide the initial stages of assimilation of protein and carbohydrate components of the feed in productive poultry, depending on the pH of the environment. The aim was to study the effect of pH (5.0, 7.4 and 8.3) on the activity of glycosidases and proteinases of the mucous membrane and contents (chyme) of the small intestine in chickens of white Texas quail (Tq), chickens of Ross 308 cross (ChRos) and Loman Brown (ChLB) cross. Chickens of all control and experimental groups (n=13-15) were kept under the same conditions, the birds of the experimental groups received probiotic preparations with water in the feed (Tq, kurunga, a complex probiotic; ChRos and ChLB, yarosil, a preparation of lactic acid and bifidobacteria). In Tq, the addition of a probiotic at a dose of 0.01 g/kg LW for 3 months. reduced amylolytic activity in the intestinal mucosa, but increased it in the chyme (P<0.05). Probiotic supplement in ChRos at a dose of 0.6 ml/kg LW for 1 mo and in ChLB for 2 mo. did not affect amylolytic activity in the intestinal mucosa, but increased it in the chyme at alkaline and neutral pH values (P<0.05). In general, the activity of glycosidases and proteinases in the intestinal mucosa and chyme correlated with the pH value (P<0.05). The greatest effect of probiotics in the intestinal mucosa and chyme was found in the zone of neutral and alkaline pH values, and acidification of the medium reduced the enzymatic activity and neutralized the positive effects of probiotics on intestinal glycosidases and proteinases.

Keywords: chickens, probiotics, intestinal enzymes, proteinases, glycosidases, pH effects

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh (Productive Animal Biology), 2023, 1: 56-62

Поступило в редакцию: 23.01.2023

Получено после доработки: 20.02.2023

Сведения об авторах:

Голованова Ирина Леонидовна, д.б.н., г.н.с., 8(920)127-13-72. golovanova@ibiw.ru

Филиппов Андрей Андреевич, к.б.н., с.н.с. andron183@ibiw.ru

Куливацкая Екатерина Алексеевна, м.н.с. ekulivk@gmail.com

Скворцова Елена Гамеровна, к.б.н., доц. e.skvorcova@yarcx.ru