УДК 636.52/.58:591.1 doi: 10.15389/agrobiology.2017.6.1226rus

АКТИВНОСТЬ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ В ДУОДЕНАЛЬНОМ ХИМУСЕ И ПЛАЗМЕ КРОВИ У ИСХОДНЫХ ЛИНИЙ И ГИБРИДОВ МЯСНЫХ КУР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК В РАЦИОНЕ*

В.И. ФИСИНИН, И.А. ЕГОРОВ, В.Г. ВЕРТИПРАХОВ, А.А. ГРОЗИНА, Т.Н. ЛЕНКОВА, В.А. МАНУКЯН, Т.А. ЕГОРОВА

Для того чтобы получить максимальную продуктивность от сельскохозяйственной птицы, важно знать ее генетически обусловленные возможности и совершенствовать питание, исходя из физиологических особенностей организма. Известно, что рост и развитие птицы определяется становлением пищеварительной системы, и прежде всего экзокринной функции поджелудочной железы. Ранее мы показали, что гибриды значительно опережают цыплят исходных линий по массе поджелудочной железы до 35-суточного возраста. Для более детального изучения физиологии пищеварения необходимо выполнить опыты на фистулированных курах, в том числе сравнив его функциональные особенности у современных кроссов и их исходных линий. В настоящей работе представлены данные таких экспериментов на цыплятах-бройлерах кросса Смена 8 и молодняке кур его исходных линий. В физиологическом эксперименте у этих линий и кросса нами впервые изучена активность пищеварительных ферментов в дуоденальном содержимом и плазме крови на фистулированных особях при использовании в рационе биологически активных добавок нескольких типов (препарат на основе спорового пробиотика, смесь низкомолекулярных органических кислот, препарат на основе комплекса фитобиотика Интебио, кормовая добавка с ферментативной активностью, содержащая комплекс натуральных живых бактерий; ООО «Биотроф», Россия). Установлено, что по активности амилазы в дуоденальном химусе гибриды превосходят цыплят родительской породы плимутрок на 22,0 %, корниш — на 35,8 %, по активности липазы — соответственно в 5,8 и 2,3 раза, что связано с высоким содержанием сырого жира в комбикорме бройлеров. При этом активность протеаз у гибридов оказалась ниже, чем у породы плимутрок (на 9,0 %, P < 0,05), но выше, чем у цыплят породы корниш (на 32,3 %, P < 0,001). Показатели активности амилолитических ферментов в плазме крови у мясных кур имели обратную тенденцию по сравнению с пищеварительными ферментами в кишечнике, в динамике остальных ферментов плазмы крови существенных различий не наблюдалось. Использование в рационе мясных кур низкомолекулярных органических кислот и ферментного препарата оказывает стимулирующее влияние на активность пищеварительных ферментов в дуоденальном химусе и плазме крови в соответствии с физиологическими особенностями птицы.

Ключевые слова: кишечное пищеварение, пищеварительные ферменты, панкреатические ферменты в крови кур, цыплята-бройлеры, исходные родительские линии, мясной кросс, ферменты, пробиотики, фитобиотики, органические кислоты.

Для получения максимальной продуктивности от сельскохозяйственной птицы необходимо знать ее генетический потенциал и совершенствовать питание, исходя из физиологических особенностей (1). Результаты исследований показывают (2, 3), что рост и развитие птицы определяется становлением пищеварительной системы, обеспечивающей начальный этап обмена веществ, от которого во многом зависит переваримость и усвоение питательных веществ корма. Фундаментальные исследования физиологии пищеварения позволяют разрабатывать перспективные системы и технологии питания современных и вновь создаваемых высокопродуктивных пород и кроссов сельскохозяйственной птицы.

В наших исследованиях установлено (4, 5), что рост цыплят зависит от массы поджелудочной железы, которая выполняет не только экзокринную функцию, но и участвует в регуляции обменных процессов за счет выработки гормонов и биологически активных веществ. Результаты свидетель-

* Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда для реализации научного проекта 16-16-04089 «Изучение физиологических и микробиологических особенностей пищеварения кур мясных пород в эмбриональный и постэмбриональный периоды для создания новых технологий кормления, обеспечивающих максимально полную реализацию генетического потенциала птицы».

ствуют о том, что гибриды значительно опережают цыплят исходных линий по массе поджелудочной железы до 35-суточного возраста.

В настоящее время в научной литературе данные по физиологии пищеварения, полученные на фистулированных курах, немногочисленны (6-9), а результаты подобных исследований в сравнительном аспекте у молодняка гибридов и их исходных линий в доступной научной литературе мы не обнаружили. Установлено (10-13), что пищеварительные ферменты (амилаза, липаза, трипсин) всасываются в кровь и постоянно циркулируют в кровяном русле, однако физиологическая роль панкреатических ферментов в крови полностью не изучена и существует противоречивое мнение об энтеропанкреатической циркуляции пищеварительных ферментов (14).

Очевидно, что повышение конверсии корма в животноводческую продукцию невозможно без эффективной работы пищеварительных желез, способности их адаптироваться к изменяющимся условиям питания. В настоящее время актуальность этой проблемы возрастает в связи с беспрецедентным нарастанием перечня нормируемых параметров питательности рационов, необходимостью замены дорогостоящих и высокопитательных компонентов на низкокалорийные, с содержанием трудногидролизуемых элементов (некрахмальные полисахариды, ингибиторы трипсина, эруковая кислота, глюкозинолаты и т.д.). На рынке в последние годы появилось немало биологически активных добавок для нормализации пищеварения (ферменты, усилители вкуса, подкислители, фито- и пробиотики и т.д.), роль которых для животных и человека изучена недостаточно полно.

Адаптация пищеварительной системы к кормовым добавкам имеет важное значение для сохранения гомеостаза и здоровья птицы, чем определяется актуальность подобных исследований. В физиологическом эксперименте на фистулированных курах нами впервые изучена активность амилазы, протеазы и липазы в кишечном содержимом и плазме крови у исходных линий и их кросса при использовании в рационе различных биологически активных добавок.

Цель настоящей работы — сравнить активность пищеварительных ферментов в дуоденальном химусе и плазме крови кур на фоне применения биологически активных добавок.

Методика. Активность пищеварительных ферментов исследовали в условиях хронических опытов на цыплятах-бройлерах кросса Смена 8 20-42-суточного возраста и на молодняке кур исходных линий этого кросса 49-70-суточного возраста (селекционного-генетический центр «Смена», Московская обл.; отцовская линия — Б5, материнская линия — Б9). Операцию по вживлению фистул в 12-перстную кишку выполняли с соблюдением принципов гуманного отношения к животным, используя седативные и обезболивающие средства. Т-образную фистулу устанавливали в восходящее колено 12-перстной кишки рядом с местом впадения трех панкреатических и двух желчных протоков. Через 3-5 сут после хирургической операции птицы восстанавливались и могли быть вовлечены в исследование.

Физиологический опыт выполняли методом групп (по 5 гол. в каждой), сформированных методом аналогов, в которых в основной рацион птицы вводили изучаемые биологически активные добавки разных типов. Корм был приготовленный в соответствии с зоотехническими нормами. Птица получала корм дозированно: по 30 г на голову утром натощак, остальную часть скармливали в течение дня. Через 1 ч после кормления выполняли сбор дуоденального химуса (5 мл), его тотчас центрифугировали в течение 5 мин при 5000 об/мин и разводили охлажденным раствором Рингера (1:10).

В химусе активность амилазы устанавливали по гидролизу крахмала (15) с использованием КФК-3 («Загорский оптико-механический завод», Россия) при $\lambda = 670$ нм и выражали в миллиграммах расщепленного крахмала на 1 мл химуса в течение 1 мин. Липолитическую активность измеряли на полуавтоматическом биохимическом анализаторе BS-3000P с проточной кюветой («Sinnowa Medical Science & Technology Co., Ltd», Китай) с использованием набора реактивов для липазы (ООО «ДИАКОН-ВЕТ», Россия). Активность протеаз определяли по расщеплению казеина по Гаммерстену («EMD Millipore Corp., Billerica»,США) с колориметрическим контролем на КФК-3 при $\lambda = 450$ нм (16).

Кровь для исследований получали натощак из подкрыльцовой вены птицы, добавляли цитрат натрия и центрифугировали при 5000 об/мин в течение 3 мин. 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 (17) на полуавтоматическом биохимическом анализаторе BS-3000P.

Статистическая обработка результатов включала расчет среднего значения (*M*) и стандартные ошибки среднего (±SEM). Достоверность различий оценивали по *t*-критерию Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $P < 0,05$.

Результаты. В опыте исследовали эффект кормовых добавок нескольких типов — пробиотика на основе *Bacillus subtilis*, смеси низкомолекулярных органических кислот, фитобиотика на основе *Bacillus subtilis* с добавкой эфирных масел, ферментативного пробиотика Целлобактерин-Т (ООО «Биотроф», Россия) (табл. 1).

1. Экспериментальные рационы, использованные для изучения влияния кормовых добавок разного типа на пищеварительную функцию мясных цыплят-бройлеров кросса Смена 8 и молодняка кур исходных линий

Группа	Состав рациона
I	Основной рацион растительного типа (ОР), сбалансированный по всем основным питательным веществам
II	ОР + споровый пробиотик на основе *Bacillus subtilis* (500 г/т)
III	ОР + смесь низкомолекулярных органических кислот (1000 г/т)
IV	ОР + фитобиотик на основе *Bacillus subtilis* с добавкой эфирных масел (500 г/т)
V	ОР + Целлобактерин-Т (1000 г/т)

Основной рацион птицы был подобран с учетом норм кормления и различался для исходных линий и их гибрида (табл. 2).

2. Рецепты и питательность комбикормов основного рациона (ОР), **использованных для изучения влияния кормовых добавок разного типа на пищеварительную функцию мясных цыплят-бройлеров кросса Смена 8 и молодняка кур исходных линий**

Ингредиент	Содержание в комбикорме, %	
	ОР гибридов («финиш»)	ОР исходных линий
Пшеница	40,35	49,48
Соевый шрот	2,95	0
Жмых подсолнечный	25,00	18,58
Отруби пшеничные	0	17,31
Кукуруза	17,00	10,00
Кукурузный глютен	4,06	0
Масло соевое	6,98	0
Известняк (36 %)	1,47	2,50
Монокальцийфосфат	0,62	1,04
Соль поваренная	0	0,25
Сульфат натрия	0	0,18
Метионин кормовой	0	0,10
Бленд минеральный (0,08 %)	0	0,08
Холин хлорид	0	0,08

Лизин 98	0,35	0,35
Бленд витаминный (0,02 %)	0	0,02
Премикс	1	0
В 100 г комбикорма содержится:		
обменная энергия, ккал	320	255
жир, г	9,02	5,35
клетчатка, г	5,21	6,73
протеин, г	19,79	15,59

Примечание. «Финиш» — третий по счету рацион для бройлеров (с 21- до 42-суточного возраста).

Результаты исследований показали, что для химуса 12-перстной кишки мясных кур характерна высокая активность пищеварительных ферментов, что согласуется с данными китайских ученых (18) (табл. 3).

3. Активность пищеварительных ферментов в дуоденальном химусе и плазме крови мясных цыплят-бройлеров кросса Смена 8 и молодняка кур исходных линий в зависимости от типа кормовой добавки к рациону (M±SEM, n = 25, физиологический опыт)

Фермент	Группа				
	I	II	III	IV	V
Цыплята-бройлеры кросса Смена 8					
Активность ферментов в химусе					
Амилаза, мг · мл$^{-1}$ · мин$^{-1}$	341±27,4	354±33,3	270±34,5	309±37,3	462±28,2*
Липаза, U/l	1734±215,4	1455±161,8	1069±211,0*	1462±212,7	1749±227,3
Протеазы, мг · мл$^{-1}$ · мин$^{-1}$	33±1,0	31±0,9	32±1,4	33±1,3	36±0,6*
Активность ферментов в крови					
Амилаза, U/l	244±37,2	455±56,1*	386±38,5*	311±50,5	454±43,2*
Липаза, U/l	20±4,1	31±5,0	27±4,5	27±2,9	42±5,5*
Трипсин, U/l	29±2,0	21±2,9*	53±5,3	41±3,8*	35±2,3
Цыплята отцовской линии Б5					
Активность ферментов в химусе					
Амилаза, мг · мл$^{-1}$ · мин$^{-1}$	219±21,1	154±15,6*	231±25,5	155±8,6*	199±25,7
Липаза, U/l	750±54,7	912±92,2	982±76,5*	632±41,7	896±70,5
Протеазы, мг · мл$^{-1}$ · мин$^{-1}$	22±1,8	27±2,0	30±1,7**	22±1,7	28±0,9*
Активность ферментов в крови					
Амилаза, U/l	395±43,5	350±59,5	322±20,5	245±21,5*	436±35,2
Липаза, U/l	29±2,2	32±2,4	28±2,1	38±4,5	42±8,5
Трипсин, U/l	35±5,4	41±1,0	34±3,5	46±6,5	43±9,1
Цыплята материнской линии Б9					
Активность ферментов в химусе					
Амилаза, мг · мл$^{-1}$ · мин$^{-1}$	266±31,0	407±40,5*	305±41,0	348±36,5	215±31,4
Липаза, U/l	301±37,5	212±16,4*	597±50,3**	226±59,7	504±65,0*
Протеазы, мг · мл$^{-1}$ · мин$^{-1}$	36±0,8	37±1,1	36±1,0	34±1,5	35±1,0
Активность ферментов в крови					
Амилаза, U/l	290±25,1	382±33,3*	263±6,5	336±26,2	311±27,6
Липаза, U/l	15±0,9	15±0,1	19±0,6*	16±1,8	25±3,5*
Трипсин, U/l	29±0,5	27±0,5	30±0,9	27±3,2	25±1,7

Примечание. Описание групп см. табл. 1.
*, ** Различия с контролем статистически значимы соответственно при P < 0,05; P<0,001.

Полученные результаты (см. табл. 3) свидетельствуют о том, что у гибридов активность амилазы в дуоденальном химусе выше, чем у кур материнской линии Б9 на 22,0 %, отцовской линии Б5 — на 35,8 % (P < 0,01). Это связано преимущественно с питанием птицы (19, 20), так как в рационе бройлеров по сравнению с таковым у исходных линий содержание клетчатки в 100 г корма на 1,52 % меньше, а легкоусвояемых углеводов больше. По обменной энергии рацион гибридов значительно (на 20,30 %) превосходит комбикорм молодняка исходных линий. Поскольку в рационе бройлеров 9,00 % сырого жира, а в рационе исходных линий его содержание почти в 2 раза ниже (5,35 %), то активность липазы в дуоденальном химусе гибридов выше, чем у цыплят исходных линий: материнской — в 5,8 раза, отцовской — 2,3 раза. По активности протеолитических ферментов в кишечнике отмечена другая закономерность. При высоком содержании сырого протеина в рационе бройлеров активность протеаз на 9,0 % ниже (P < 0,05), чем у кур исходной материнской линии, но на 32,3 %

выше (Р < 0,001), чем у кур отцовской линии. Это может быть связано с неравномерным гидролизом разных компонентов корма вдоль пищеварительной трубки: в первую очередь расщепляются жиры (преимущественно в 12-перстной кишке), а амилаза и протеазы преобладают в тощей кишке (21). Следовательно, пищеварительная система у мясных кур развивается адекватно питательности поступающего корма в зависимости от генетических особенностей, определяющих интенсивность обменных процессов.

Активность амилолитических ферментов в плазме крови у мясных кур имела обратную тенденцию по сравнению с таковой в кишечнике (см. табл. 3). В плазме крови цыплят-бройлеров она была снижена относительно показателей у молодняком кур материнской линии на 18,8 %, отцовской — на 61,9 % (Р < 0,01). Активность липазы в плазме крови изменялась во всех исследуемых группах, но несущественно. По активности протеолитических ферментов также достоверных различий между группами мы не наблюдали. Эти результаты согласуются с гипотезой энтеропанкреатической циркуляции пищеварительных ферментов. Факт наличия панкреатических ферментов в крови подтверждает точку зрения о том, что они могут всасываться в кровоток, поступать с кровью в поджелудочную железу и секретироваться в кишечник повторно, не распадаясь в кишечнике до аминокислот (11, 23, 24).

У цыплят-бройлеров добавление в корм пробиотика (см. табл. 3) не приводило к существенным изменениям ферментативной активности в дуоденальном содержимом. Однако при этом в плазме крови активность амилазы повышалась на 86,5 % (Р < 0,05), а активности трипсина уменьшалась на 37,6 % (Р < 0,05). Снижение протеолитической активности, по-видимому, обусловлено конкурирующим действием спорового пробиотика на пищеварительные ферменты, особенно протеолитические (24-27). У молодняка кур отцовской линии Б5 пробиотик не оказал существенного влияния на активность пищеварительных ферментов в тонком отделе кишечника и плазме крови, но у материнской линии Б9 он способствовал увеличению активности амилазы в кишечном содержимом на 53,0 % (Р < 0,05). Аналогичные изменения происходили в плазме крови: активность амилазы увеличилась на 31,7 % (Р < 0,05). В опытный период в кишечнике отмечалось снижение активности липазы на 29,6 % по сравнению с контролем.

Следовательно, применение пробиотика в рационе мясных кур оказывает избирательное действие на активность пищеварительных ферментов: у бройлеров изменяется активность ферментов в крови, у кур исходной материнской линии — повышается амилолитическая активность в кишечнике и плазме крови, но снижается активность кишечной липазы.

Низкомолекулярные органические кислоты — одни из наиболее эффективных заменителей антибиотиков. Эти соединения (в том числе в виде солей) обладают высокой антибактериальной активностью. В нашем опыте они наиболее существенно изменяли активность липазы в дуоденальном содержимом: у контрольных цыплят-бройлеров эта активность была высокой, но при добавлении в рацион органических кислот снижалась на 38,4 %. В плазме крови показатели повышались: при добавлении в рацион органических кислот активность амилазы увеличивается на 58,2 %, протеаз — на 82,7 % (Р < 0,05). У курах исходных линий органические кислоты способствовали повышению активности липазы (на 30,9 % — у линии Б5, на 98,3 % — у линии Б9) и протеаз (на 36,4 % — у линии Б5) в дуоденальном содержимом кишечника по сравнению с контролем. Следовательно, можно предположить, что органические кислоты стимулируют выработку желудочного сока, который усиливает активность панкреатиче-

ских ферментов, главным образом липазы, в кишечнике птицы, а также повышает активность амилазы и трипсина в крови бройлеров и липазы — в крови молодняка кур материнской линии.

Результаты, полученные при добавлении в рацион фитобиотика, свидетельствуют о его стимулирующем действтии на процессы пищеварения у цыплят-бройлеров и молодняка кур отцовской линии, которое проявлялось увеличением активности трипсина в крови соответственно на 41,4 % ($P < 0,05$) и 31,4 %. Учитывая важную роль трипсина в регуляции метаболизма и увеличении диаметра кровеносных сосудов, в этих случаях можно ожидать повышение аппетита и усиление белкового обмена.

Ферментные препараты в качестве добавки к кормам используются в птицеводстве достаточно широко, но механизм их влияния на процессы пищеварения полностью не изучен. Наши эксперименты с включением в рацион ферментного препарата Целлобактерин-Т показали (см. табл. 3), что в кишечнике бройлеров этот ферментный препарат повышал активность амилазы на 35,5 %, протеаз — на 9,1 % ($P < 0,05$) по сравнению с контролем. В это же время возрастала активность панкреатических ферментов в плазме крови: амилазы — на 86,1 %, липазы — на 110,0 %, трипсина — на 20,7 % ($P < 0,05$) по сравнению с контролем. Показатели липолитической (у особей линии Б9) и протеолитической активности (у линии Б5) в дуоденальном содержимом повышались при включении в рацион ферментного препарата (см. табл. 3), при этом аналогичные изменения происходили в плазме крови.

Следует отметить, что использованные добавки влияют на активность пищеварительных ферментов в содержимом желудочно-кишечного тракта птицы, взаимодействуя с огромным количеством физико-химических факторов, а также с быстро меняющейся микробиотой. Поэтому задача составления рецептур и схем применения добавок состоит в том, чтобы, используя различные свойства и механизмам действия пробиотиков, фитобиотиков, подкислителей, ферментов и пр., стабилизировать состав микрофлоры в кишечной экосистеме и поддержать здоровье кишечника, а также служить дополнительным источником энергии (28).

Таким образом, гибридные цыплята-бройлеры по активности пищеварительных ферментов в дуоденальном химусе превосходят молодняк исходных линий (исключение — протеазы у материнской линии). По активности амилазы в плазме крови гибриды уступают курам исходных линий, что обусловлено типом питания птицы. Применение пробиотика не оказывает существенного влияния на активность ферментов 12-перстной кишки у здоровой птицы, за исключением кур материнской линии (активность амилазы повышается, липазы — снижается). При этом в крови наблюдаются повышение активности амилазы у бройлеров и кур материнской линии. Органические кислоты влияют на пищеварение, повышая активность липазы в кишечнике кур исходных линий, а также протеаз — у особей отцовской линии, тогда как активность пищеварительных ферментов крови возрастает у бройлеров и кур материнской линии. Фитобиотики не оказывают существенного влияния на пищеварительные ферменты в кишечнике, но, поступая в кровь, повышают активность трипсина у бройлеров и кур отцовской линии. Использованный ферментный препарат способствовал росту активности пищеварительных ферментов в кишечнике и плазме крови у гибридов (за исключением липазы в кишечнике), а также протеаз в дуоденальном содержимом у кур отцовской линии и липазы в кишечнике и крови у кур материнской линии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фисинин В.И. Состояние и вызовы будущего в развитии мирового и российского птицеводства. Мат. XVIII Межд. конф. «Инновационное обеспечение яичного и мясного птицеводства России». Сергиев Посад, 2015: 9-25.
2. Сомова О.В. Морфометрические показатели экзокринного отдела поджелудочной железы кур в разные возрастные периоды. Ученые записки УО ВГАВМ, 2012, 1(48): 142-145.
3. Кырылив Б.Я., Гунчак А.В. Активность гидролитических ферментов органов пищеварительного тракта кур в онтогенезе. Вестник Сумского национального аграрного университета, 2016, 5: 170-174.
4. Егоров И.А., Вертипрахов В.Г., Ленкова Т.Н., Манукян В.А., Грозина А.А., Егорова Т.А. Возрастные изменения панкреатических ферментов в организме цыплят-бройлеров. Птицеводство, 2017, 2: 23-29.
5. Vertiprakhov V.G., Grozina A.A., Andrianova E.N. Adaptation of pancreatic and intestinal proteases to dietary protein level in chicken. Proc. 21st European Symposiums on Poultry Nutrition. Salou—Vila-seca, Spain, 2017: 190.
6. Батоев Ц.Ж., Батоева С.Ц. Методика наложения фистул для изучения секреции поджелудочной железы и желчеотделения у птиц. Физиологический журнал СССР, 1970, 56(12): 1867-1868.
7. Kokue E., Hayama T. Chronic pancreatic fistula in chicken. Jap. J. Zootech. Sci., 1971, 43(6): 340-341.
8. Ren L.Q., Zhao F., Tan H.Z., Zhao J.T., Zhang J.Z., Zhang H.F. Effects of dietary protein source on the digestive enzyme activities and electrolyte composition in the small intestinal fluid of chickens. Poultry Sci., 2012, 91(7): 1641-1646 (doi: 10.3382/ps.2011-02081).
9. Degolier T.F., Place A.R., Duke G.E., Carraway R.E. Neurotensin modulates the composition of pancreatic exocrine secretions in chickens. Journal of Experimental Zoology, 1999, 283: 455-462
10. Уголев А.М., Иезуитова Н.Н., Масевич Ц.Г., Надирова Т.Я., Тимофеева Н.М. Исследование пищеварительного аппарата у человека. Л., 1969.
11. Коротько Г.Ф. Формирование ферментного компонента секретов пищеварительных желез (обзор). Физическая культура, спорт — наука и практика, 2013, 1: 51-57.
12. Laporte J.C., Tremolieres J. Regulation hormonale de la sécrétion enzymatique du pancrйas exocrine. Comptes rendus de l'Académie des Sciences. ser. D, 1971, 273: 1205-1207.
13. Isenman L., Liebow C., Rothman S. The endocrine secretion of mammalian digestive enzymes by exocrine glands. Am. J. Physiol., 1999, 276: 223-232.
14. Rothman S., Liebow C., Isenman L. Conservation of digestive enzymes. Phsyol. Rev., 2002, 82: 1-18 (doi: 10.1152/physrev. 00022.2001).
15. Мерина-Глузкина В.М. Сравнительная оценка сахарифицирующего и декстринирующего методов при определении активности амилазы крови здоровых и больных острым панкреатитом. Лабораторное дело, 1965, 3: 142-146.
16. Батоев Ц.Ж. Фотометрическое определение активности протеолитических ферментов в поджелудочной железе, соке по уменьшению концентрации казеина. Сборник научных трудов Бурятского СХИ (Улан-Удэ), 1971, 25: 122-126.
17. Mikhailova A.G., Khairullin R.F., Demidyuk I.V., Kostrov S.V., Grinberg N.V., Burova T.V., Grinberg V.Y., Rumsh L.D. Cloning, sequencing, expression, and characterization of thermostability of oligopeptidase B from *Serratia proteamaculans*, a novel psychrophilic protease. Protein Expres. Purif., 2014, 93: 63-76 (doi: 10.1016/j.pep.2013.10.011).
18. Krogdahl A. Digestion and absorption of lipids in poultry. J. Nutr., 1985, 115(5): 675-685.
19. Фисинин В.И., Вертипрахов В.Г., Грозина А.А., Хасанова Л.В. Панкреатическая секреция и усвоение аминокислот в кишечнике кур при разных источниках белка в рационе. Сельскохозяйственная биология, 2017, 52(2): 374-381 (doi: 10.15389/agrobiology.2017.2.374rus).
20. Батоев Ц.Ж. Физиология пищеварения птиц. Улан-Удэ, 2001.
21. Wiseman J. Variations in starch digestibility in non-ruminants. Anim. Feed Sci. Tech., 2006, 130(1-2): 66-77 (doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.01.018).
22. Layer P., Go V.L.W., DiMagno E.P. Fate of pancreatic enzymes during small intestinal aboral transit in humans. Am. J. Physiol., 1986, 251(4 Pt 1): G475-480 (doi: 10.1152/ajpgi.1986.251.4.G475).
23. Вертипрахов В.Г., Грозина А.А., Долгорукова А.М. Активность ферментов поджелудочной железы у цыплят-бройлеров на разных этапах пищеварения. Сельскохозяйственная биология, 2016, 51(4): 509-515 (doi: 10.15389/agrobiology.2016.4.509rus).
24. Esmaeilipour O., Moravej H., Shivazad M., Rezaian M., Aminzadeh S., Van Krimpen M.M. Effects of diet acidification and xylanase supplementation on performance, nutrient digestibility, duodenal histology and gut microflora of broilers fed wheat based diet. Br. Poult. Sci., 2012, 53(2): 235-244 (doi: 10.1080/00071668.2012.681771).

25. Polansky O., Sekelova Z., Faldynova M., Sebkova A., Sisak F., Rychlik I. Important metabolic pathways and biological processes expressed by chicken cecal microbiota. Appl. Environ. Microbiol., 2016, 82: 1569-1576 (doi: 10.1128/AEM.03473-15).
26. Wise M., Siragusa G. Quantitative analysis of the intestinal bacterial community in one- to three-week-old commercially reared broiler chickens fed conventional or antibiotic-free vegetable based diets. J. Appl. Microbiol., 2007, 102(4): 1138-1149 (doi: 10.1111/j.1365-2672.2006.03153.x).
27. Molnar A.K., Podmaniczky B., Kurti P., Tenk I., Glávits R., Virág G., Szaby Z. Effect of different concentrations of *Bacillus subtilis* on growth performance, carcass quality, gut microflora and immune response of broiler chickens. Br. Poult. Sci., 2011, 52(6): 658-665 (doi: 10.1080/00071668.2011.636029).
28. Zdunczyk Z., Jankowski J., Kaczmarek S. Determinants and effects of postileal fermentation in broilers and turkeys. Part 1: gut microbiota composition and its modulation by feed additives. World's Poult. Sci. J., 2015, 71(1): 37-57 (doi: 10.1017/S0043933915000045).

ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства РАН,
141311 Россия, Московская обл., г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, 10,
e-mail: vertiprakhov63@mail.ru, alena_fisinina@mail.ru

Поступила в редакцию 8 июня 2017 года

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [*Agricultural Biology*], 2017, V. 52, № 6, pp. 1226-1233

ACTIVITY OF DIGESTIVE ENZYMES IN DUODENAL CHYMUS AND BLOOD IN BROILERS OF PARENTAL LINES AND THE MEAT CROSS DEPENDING ON DIETARY BIOACTIVE ADDITIVES

V.I. Fisinin, I.A. Egorov, V.G. Vertiprakhov, A.A. Grozina, T.N. Lenkova, V.A. Manukyan, T.A. Egorova

Federal Scientific Center All-Russian Research and Technological Poultry Institute RAS, Federal Agency of Scientific Organizations, 10, ul. Ptitsegradskaya, Sergiev Posad, Moscow Province, 141315 Russia, e-mail alena_fisinina@mail.ru, vertiprakhov63@mail.ru (corresponding author)
ORCID:
Fisinin V.I. orcid.org/0000-0003-0081-6336
Egorov I.A. orcid.org/0000-0001-9122-9553
Vertiprakhov V.G. orcid.org/0000-0002-3240-7636
Grozina A.A. orcid.org/0000-0002-3088-0454
Lenkova T.N. orcid.org/0000-0001-8026-3983
Manukyan V.A. orcid.org/0000-0003-4564-4427
Egorova T.A. orcid.org/0000-0002-5102-2248
The authors declare no conflict of interests
Acknowledgements:
Supported by Russian Science Foundation (science project 16-16-04089)
Received June 8, 2017
doi: 10.15389/agrobiology.2017.6.1226eng

Abstract

The achievement of maximal productivity in poultry requires knowledge of the genetic productivity potential and adjustment of nutrition according to bird's physiological peculiarities. It is well established that early growth and development in poultry depend on the functional formation of the digestive system. Exocrine function of the pancreas plays one of the most important roles in this process. Earlier studies showed that the weight of the pancreas in broiler hybrid chicks is substantially higher compared to the parental lines till 35 days of age. Detailed comparative investigation of the corresponding distinctions in the digestion, however, requires physiological studies on fistulated chicks. The aim of the study presented was to determine and compare the activities of digestive enzymes in duodenal digesta and blood in hybrid broiler chicks (cross Smena 8) and in chicks of parental lines (Cornish and Plymouth Rock) when using bioadditives of several types, i.e. a spore forming probiotic, the mixture of low molecular weight organic acids, phytobiotic complex Intebio, feed additive with living bacteria (OOO Biotrof, Russia). It was found that amylase activity in the duodenal digesta was 22.0 % higher in the hybrid and 35.8 % higher in Cornish parental line as compared to Plymouth Rock line; lipase activity was higher 5.8- and 2.3-fold, respectively, due to the high dietary level of crude fat. The activity of proteases, however, was significantly lower in hybrids (by 9.0 %, $p < 0.05$) as compared to Plymouth Rock line and 32.3 % higher when compared to Cornish chicks ($p < 0.001$). The activity of blood amylolytic enzymes followed the reverse trend compared to the duodenal digesta; activity of other blood enzyme bore no differences between the genotypes. A diet formulation, as a proportion of protein, fat, and carbohydrates, can substantially influence the activity of the digestive enzymes in the intestinal lumen and in blood. Low molecular weight organic acids and the enzyme-based preparation in the diets for meat-type chicken stimulate activity of digestive enzymes in the duodenal digesta and blood with respect to the genotypic physiological peculiarities of the birds.

Keywords: intestinal digestion, digestive enzymes, blood pancreatic enzymes, broiler chicks, parental lines, meat cross, enzymes, probiotics, phytobiotics, organic acids.