

УДК: 636.597.034:57.085

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.3.145

## ДУОДЕНАЛЬНО-ИЛЕАЛЬНОЕ СООТНОШЕНИЕ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗНЫХ БЕЛКОВЫХ ДОБАВОК В РАЦИОНЕ КУР-НЕСУШЕК

Полина С.И.<sup>1</sup> – асп. кафедры физиологии, этологии и биохимии животных;  
Вертипрахов В.Г.<sup>1\*</sup> – д-р биол. н., проф. кафедры физиологии; Сергеев Н.А.<sup>1</sup> – к.  
биол. н., ст. преподаватель кафедры физиологии, этологии и биохимии животных; Ере-  
менко В.В.<sup>2</sup> – генеральный директор.

<sup>1</sup> РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

<sup>2</sup> ООО «Торговый дом «Дары Кавказа»

\*vertiprakhov63@mail.ru

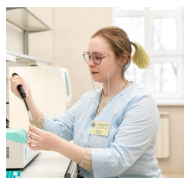
**Ключевые слова:** дуоденальный химус, илеальное содержимое, куры-несушки, трипсин, пищеварительные ферменты.

**Keywords:** duodenal chyme, ileal contents, laying hens, trypsin, digestive enzymes.

Поступила: 12.06.2023

Принята к публикации: 11.09.2023

Опубликована онлайн: 29.09.2023



### РЕФЕРАТ

Создание отечественных кроссов птицы и разработка для них оптимальных рационов является актуальной проблемой, поскольку исследования *in vivo* с применением фистульных технологий в настоящее время малочисленны. В настоящей работе представлены данные по определению дуоденальной и илеальной активности пищеварительных ферментов при использовании в рационе кур-несушек белковых добавок растительного (соевый шрот и жмых) и животного происхождения (рыбная мука и мясокостная мука). Опыты выполняли на курах-несушках (*Gallus gallus* L.) кросса Hisex White (n=24, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022, 2023 гг) с хронической дуоденальной и илеальной фистулой. Всех кур делили методом случайной выборки на 4 группы: 1) 1 контрольная группа – получала ОР (табл.1); 2) 2 опытная группа – в состав рациона вводили добавку 1,5% соевого жмыха, взамен соевого шрота; 3) 3 опытная группа – вводили 1,5% мясокостной муки в рацион, взамен соевого шрота; 4) 4 опытная группа – вводили 1,0% добавку рыбной муки в ОР взамен соевого шрота. Установлено, что белковые добавки по-разному гидролизуются в кишечнике птицы и усваиваются организмом. Так, расщепление соевого белка идет интенсивнее у жмыха, чем у шрота за счет повышения активности трипсина в дуоденуме на 43,6%, а при добавлении рыбной муки активность фермента повышается на 11,8% против мясокостной муки и 101,5% - соевого шрота. При этом усвоение протеина повышается, что сопровождается увеличением активности трипсина в крови при использовании соевого жмыха и в моче при добавлении рыбной муки в рацион кур. С экскрементами наименьшая потеря трипсина наблюдается в группе, получавшей добавку мясокостной муки (выделяется трипсина 9,6% по активности), затем рыбной муки – 16,8% и соевого жмыха – 21,7% от активности в двенадцатиперстной кишке, что свидетельствует об эффективности использования экзо- и эндогенного протеина организмом птицы.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Вопросы создания оптимальных рационов для сельскохозяйственной птицы являются актуальными по причине высокой доли затрат на комбикорма. С целью удешевления комбикорма производители ищут возможность замены дорогостоящих белковых компонентов в рационе птицы (мясокостную муку, рыбную муку) на более дешевые ингредиенты из растительного сырья.

Наиболее широко известным белковым компонентом в рационах животных является соя и продукты её переработки (шрот, жмых), однако количество этой культуры, производимое в РФ не покрывает потребности животноводства страны [1]. Наиболее дорогостоящими компонентами комбикормов для птицы в нашей стране являются, как правило, рыбная мука и соевый шрот [2]. При этом их качество зачастую не соответствует стоимости. На рынке появляются новые добавки животного происхождения, такие как белок личинок *Lucilia spp.*, которые представляют собой ценный источник усвояемых аминокислот [3]. Однако по причине высокой себестоимости, данный продукт не нашел на рынке РФ широкого распространения. Следовательно, вопрос об использовании в кормах птицы белковых добавок полностью не изучен, требует фундаментальных подходов при определении механизмов действия разных белковых добавок. Наиболее перспективным направлением исследования является использование фистульных технологий, но они малочисленны и разноречивы [4-6].

Целью настоящей работы было изучение ферментативной активности дуоденальных и илеальных ферментов и макроэлементов и сопоставление с данными мочи и сыворотки крови у кур при замене в рационе соевого шрота на соевый жмых, добавку мясокостной или рыбной муки.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHOD

Исследования выполнялись на курах-несушках (*Gallus gallus L.*) кросса Hisex White (n=24, РГАУ-МСХА имени К.А.

Тимирязева, 2022, 2023 гг) с хронической дуоденальной и илеальной фистулой. Обычный и экспериментальный рационы были составлены таким образом, что имели одинаковое содержание сырого протеина (17,7 %).

Все исследования на птице выполнялись, руководствуясь требованиями гуманного отношения к животным (Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS № 123) [рус., англ.] (Страсбург 18.03.1986) [7].

Хирургическую операцию по вживлению дуоденальной и илеальной фистулы выполняли на курах 40-недельного возраста по методу, разработанному в нашей лаборатории [8].

После хирургической операции на курах восстановление здоровья происходит через 3-5 суток, после этого срока можно приступать к физиологическим опытам. Всех кур делили методом случайной выборки на 4 группы: 1) 1 контрольная группа – получала ОР (табл.1); 2) 2 опытная группа – в состав рациона вводили добавку 1,5% соевого жмыха, взамен соевого шрота; 3) 3 опытная группа – вводили 1,5% мясокостной муки в рацион, взамен соевого шрота; 4) 4 опытная группа – вводили 1,0% добавку рыбной муки в ОР взамен соевого шрота.

Определение активности ферментов проводилось на полуавтоматическом биохимическом анализаторе BS 3000M (Sinnova, КНР), HTI BioChem SA (HTI Technology, США) и на автоматическом биохимическом анализаторе BioChem FC-120 (HTI Technology, США), с использованием реактивов HTI Technology. Активность трипсина выполняли по методу Вертипрахова, Грозиной (2018)[9], амилазы и липазы, макроэлементов – с использованием реактивов компании (ДИАБЕТ, РФ).

Весь цифровой материал обрабатывали методом вариационной статистики с использованием таблиц Стьюдента.

Таблица 1

Состав рациона контрольного и опытных периодов

Ингредиент, %	Группа			
	1 контроль- ная	2 опытная	3 опытная	4 опытная
Пшеница	26	26	26	26
Кукуруза	28,4	28,4	28,4	28,4
Шрот соевый 46% СП	17,7	16,2	16,7	15,2
Жмых соевый	-	1,5	-	-
Мясокостная мука СП 42%	-	-	1,5	-
Мука рыбная СП 62%	-	-	-	1,0
Шрот подсолнечный СП 36% СК 19%	10	10	10	10
Масло подсолнечное	5	5	5	5
Монохлоргидрат лизина 98%	0,26	0,26	0,26	0,26
DL-метионин	0,28	0,28	0,28	0,28
L-треонин	0,08	0,08	0,08	0,08
Монокальцийфосфат (МКФ)	1,3	1,3	1,3	1,3
Соль поваренная	0,2	0,2	0,2	0,2
Известняковая мука	9,85	9,85	9,85	9,85
Сульфат натрия безводный	0,12	0,12	0,12	0,12
Сода пищевая	0,13	0,13	0,13	0,13
Холин-хлорид 60%	0,18	0,18	0,18	0,18
Вит-минеральный премикс	0,5	0,5	0,5	0,5

### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Наиболее активно гидролиз питательных веществ корма происходит в тонком отделе кишечника. Это связано с тем, что в восходящее колено 12-перстной кишки выпадают протоки поджелудочной железы и желчи, которые обеспечивают непрерывное в течение суток выделение в кишечник панкреатического сока, богатого амилалитическими, липолитическими и протеолитическими ферментами. Выделение панкреатического сока связано с приемом корма и воды [10,11], поэтому в постпрандиальную фазу пищеварения наблюдается увеличение ферментативной активности. Активность ферментов четко адаптируется к составу рациона [12]. Поэтому определение активности пищеварительных ферментов в дуоденальном химусе через один час после кормления кур наиболее точно отражает процессы адаптации к принятому корму. Данные представлены в табл.2.

Активность трипсина повышалась на 43,6% при замене в рационе соевого шро-

та на жмых, более значительно активность трипсина увеличивалась при добавлении к корму белковых добавок животного происхождения (на 80,2% - при добавлении мясокостной муки и на 101,5% - рыбной муки). Это указывает на то, что процессы гидролиза в кишечнике усиливаются под влиянием более полноценного по своему составу рациона, при этом повышается его переваримость и усвоение организмом птицы [8]. В 3 и 4 опытных группах отмечалось повышение активности амилазы, соответственно, на 42,1% и 58,7% ( $p<0.05$ ) по сравнению с 1 контрольной группой. Активность липазы увеличивалась во 2-й опытной группе на 87,2% ( $p<0.05$ ), в 3 – на 540,7%, в 4 опытной группе – на 401,2% по сравнению с контролем. В количестве макроэлементов наблюдалась обратная динамика: содержание кальция во 2 опытной группе уменьшалась на 18,1%, в 3 опытной группе – на 19,5%, в 4 опытной группе – на 27,8% по сравнению с контрольной группой. Содержание фосфора снижалось

Таблица 2

**Активность пищеварительных ферментов и содержание макроэлементов  
в дуоденальном содержимом кур кросса Хайсекс Белый**

Показатель	Группа			
	1 контрольная	2 опытная	3 опытная	4 опытная
Активность трипсина, ед/л	769±44,7	1104±81,4 <sup>a</sup>	1386±153,5 <sup>a</sup>	1550±97,0 <sup>ab</sup>
Активность амилазы, ед/л	20499±1670,9	26026±2267,6	29125±1482,8 <sup>a</sup>	32529±1100,4 <sup>ab</sup>
Активность липазы, ед/л	86±13,1	161±22,5 <sup>a</sup>	551±56,3 <sup>ab</sup>	431±31,3 <sup>ab</sup>
Кальций, ммоль/л	72±3,0	59±3,3 <sup>a</sup>	58±3,5 <sup>a</sup>	52±3,6 <sup>a</sup>
Фосфор, ммоль/л	4,4±0,20	4,2±0,21	3,8±0,13 <sup>a</sup>	2,3±0,13 <sup>ab</sup>

Примечание <sup>a</sup> – различие с 1 контрольной группой достоверно, <sup>b</sup> - достоверное различие между 3 опытной и 4 опытной по сравнению со 2 опытной группой при  $p<0.05$ , здесь и далее

Таблица 3

**Активность ферментов и содержание макроэлементов  
в илеальном химусе кур-несушек**

Показатель	Группа			
	1 контрольная	2 опытная	3 опытная	4 опытная
Активность трипсина, ед/л	314±30,8	240±20,1	133±10,8 <sup>ab</sup>	260±25,7
Активность амилазы, ед/л	191±18,1	342±14,3 <sup>a</sup>	180±17,8	331±32,5 <sup>a</sup>
Активность липазы, ед/л	6±0,6	7±0,6	2±0,2 <sup>a</sup>	4±0,4
Кальций, ммоль/л	1,2±0,20	2,2±0,15	0,8±0,08 <sup>b</sup>	1,8±0,18
Фосфор, ммоль/л	4,9±0,40	6,5±0,62	5,8±0,53	6,0±0,62

Таблица 4

**Количество мочи у кур-несушек и её биохимические показатели**

Показатели		Группа			
		1 к	2 о	3о	4о
Количество мочи за сутки, мл		77±8,6	56±5,0*	29±2,9*	34±10,1*
кальций	В ед объема, ммоль/л	9±0,3	10±1,9	9±1,4	10±0,8
	В суточном объеме мочи, ммоль/мл	0,69	0,56	0,26	0,34
фосфор	В ед объема, ммоль/л	3,0±0,58	0,8±0,09*	1,0±0,24*	1,4±0,59*
	В суточном объеме мочи, ммоль/мл	0,23	0,04	0,03	0,05
трипсин	В ед объема, ед/л	4,0±0,57	4,0±1,1	5,8±1,32	12,3±0,64*
	В суточном объеме мочи, ед/мл	0,31	0,22	0,17	0,42

Примечание: \* - изменение показателя на достоверную величину по сравнению с контролем, при  $p<0.05$

только в 3 и 4 опытных группах при добавлении белка животного происхождения, соответственно, на 13,6% и 47,7% по сравнению с контрольной группой. Следовательно, наиболее выраженная реакция пищеварительных ферментов отмечается на добавку белков и жиров животного происхождения, что обусловлено более полным составом аминокислот и жирных кислот, особенно незаменимых.

Для того, чтобы понять межуточный обмен в организме кур, были выполнены исследования на курах с фистулой подвздошной кишки, от которых имели возможность получать не только илеальное содержимое, но и мочу. Известно, что активность пищеварительных ферментов в подвздошной кишке значительно уменьшается по сравнению с двенадцатиперстной кишкой у кур [13]. Данные представлены в таблице 3.

Из данной таблицы видно, что по активности трипсина в илеальном содержимом лидирует контрольная группа, где выход трипсина из организма птицы составляет 40,8% от активности в двенадцатиперстной кишке, где наблюдается максимум активности в связи с поступлением панкреатического сока. Наименьшее выделение фермента с экскрементами из организма птицы наблюдается в группе, получавшей добавку мясокостной муки (выделяется трипсин 9,6% по активности), затем рыбной муки – 16,8% и соевого жмыха – 21,7% от активности в двенадцатиперстной кишке. Выделение амилазы находится на уровне 1%, что можно объяснить гидролизом со стороны протеаз. В илеальном содержимом мало содержится липазы, судя по активности фермента от 0,36% (3 опытная группа) до 6,98% (1 контрольная группа). Также мало выделяется общего кальция, поскольку он расходуется очень рационально у несушки. Количество фосфора в двенадцатиперстной кишке меньше, чем в илеальном содержимом, что можно объяснить быстрым всасыванием этого элемента в двенадцатиперстной кишке и использованием в межуточном обмене. Следовательно, показатели дуоденально-илеальной

оси активности ферментов свидетельствуют о первом этапе обмена веществ – пищеварении в организме кур, интенсивнее он протекает при использовании соевого жмыха и продуктов животного происхождения. Вторым этапом (межуточный обмен) наилучшим образом виден в результатах состава мочи, поскольку отражает процессы, связанные с составом крови у кур (табл.4).

Результаты исследований показали, что количество мочи за сутки снижается у кур, получавших в качестве белковой добавки соевый жмых (на 27,3%), мясокостную муку (на 62,3%), рыбную муку (на 55,9%) по сравнению с контрольной группой. Задержка выведения мочи связана с повышением уровня жидкости в организме, увеличении артериального давления. Это включает механизм повышения роли калликреин кининовой системы и активировании брадикинина, в котором принимает участие трипсин. Поэтому, видимо, его активность становится выше, чем в контрольной группе. Трипсин, находящийся в моче, поступает туда, видимо, из крови, поэтому может свидетельствовать при своем повышении об изменении метаболизма [14]. Наибольшее увеличение активности трипсина в моче отмечается при добавлении белка животного происхождения: мясокостной муки (на 45,0%) и рыбной муки (на 207,5%). Это свидетельствует о том, что протеин животного происхождения лучше усваивается в кишечнике и способствует повышению активности трипсина в сыворотке крови, излишки которого выделяются с мочой.

Количество общего кальция в моче уменьшалось с учетом суточного количества мочи, а в единице объема существенно не изменялось. Содержание фосфора зависит от состава белковой части рациона и значительно уменьшается при добавлении соевого жмыха (на 73,3%), мясокостной муки (на 66,7%) и рыбной муки (на 53,3%) по сравнению с контрольным периодом. В суточном объеме эти показатели увеличиваютсякратно и уменьшаются, соответственно, в 5,75 раз, 7,67 ра-

**Таблица 5**

**Биохимические показатели крови кур-несушек при использовании  
в составе рациона различных белковых добавок**

Показатели	1к	2о	3о	4о
Амилаза, ед/л	540±57,1	860±22,5*	601±33,5	737±0,7*
Трипсин, ед/л	165±16,7	213±8,1*	72±4,2*	115±12,2
Глюкоза, ммоль/л	10,1±0,31	11,0±0,03*	11,1±0,27	10,9±0,06*
Общий белок, г/л	54,9±1,3	51,8±1,2	55,8±0,3	63,2±1,3*
Триглицериды, ммоль/л	3,4±0,81	0,6±0,03*	0,6±0,05*	1,1±0,01*
Холестерин, ммоль/л	3,2±0,15	3,5±0,35	3,5±0,35	3,5±0,35
Щелочная фосфатаза, ед/л	561±51,6	207±1,8*	477±4,8	496±6,0
Кальций, ммоль/л	4,5±0,45	3,2±0,14	2,8±0,28*	3,1±0,14*
Фосфор, ммоль/л	1,8±0,11	1,7±0,08	1,6±0,16	1,6±0,02

*Примечание: \* - изменение показателя на достоверную величину по сравнению с контролем, при  $p < 0.05$*

за, 4,6 раза по сравнению с контрольным периодом.

Результаты исследования сыворотки крови, полученной от кур, позволили определить физиологическое состояние птицы при использовании в их рационе разных белковых добавок (табл.5).

Данные показали, что активность трипсина повышалась в сыворотке крови у кур, получавших соевый жмых (на 29,1%), и снижалась при добавлении в корм мясокостной муки (на 56,4%) по сравнению с контролем. Активность амилазы повышалась у кур, получавших добавку соевого жмыха на 59,2%, рыбной муки на 36,5% параллельно увеличивается содержание глюкозы в крови на 10,0% и 7,9%, соответственно. Общий белок в сыворотке крови кур повышался при добавлении в рацион кур рыбной муки на 15,1%. В липидном обмене наблюдалось снижение содержания триглицеридов в крови опытных кур на 82,4%, 82,4% и 67,7%, соответственно, по сравнению с контролем. Активность щелочной фосфатазы значительно (на 63,1%) снижалась при замене соевого шрота на соевый жмых. Содержание кальция в крови кур снижается при использовании в рационе добавок животного происхождения: на 37,8% при добавлении мясокостной муки

и на 31,1% при добавлении рыбной муки в сравнении с контролем.

Белковые вещества являются важнейшей составной частью любого организма и поэтому балансирование рациона по протеину является актуальной задачей для птицеводства. В последние годы новая парадигма питания птицы включает использование белков растительного происхождения и синтетических аминокислот. Однако насколько это обосновано с точки зрения физиологии птицы остается еще доказать. Поэтому, применяя фи- стульные технологии на курах, были проведены эксперименты по изучению активности дуоденальных, илеальных ферментов, активности трипсина в моче и биохимических показателей крови при использовании в рационе кур добавок соевого жмыха, мясокостной и рыбной муки.

Результаты исследования согласуются с известными данными [15] в том, что корма животного происхождения обладают сбалансированным набором аминокислот и вызывают наибольшую ответную реакцию со стороны ферментов пищеварительных желез. Протеины растительного происхождения также могут отличаться, в зависимости от технологии обработки исходного сырья, это касается отличий шрота и жмыха, приготовленно-



го из сои. Сравнительные исследования на лактирующих коровах с учетом доступности протеина для всасывания не выявили различий в ферментативно-микробиологических процессах в преджелудках, биохимических показателях крови, молочной продуктивности и составе молока коров опытных групп [16]. Опыты, проведенные на свиньях показали, что необходимо вводить соевый жмых в следующих количествах в рационы растущих свиней: подсолнечный жмых горячего прессования (экструдирования) с низким содержанием клетчатки (8-10%) добавлять в рацион в количестве 3,0% для поросят в возрасте 0-2 мес, 7,0% для поросят в период 2-4 мес и недостающий белок восполнять соевым шротом в количестве 15,0% для поросят в возрасте 0-2 мес, 10,0% - для поросят в возрасте 2-4 мес [17].

Впервые возможность резорбции панкреатических ферментов из тонкой кишки с транспортом в кровотока было показана в научных публикациях сотрудников лаборатории S.S. Rothman [18,19] в середине 1970-х годов. Это открытие противоречило существовавшему постулату, согласно которому все пищевые вещества, поступившие в кишечник в виде сложных молекулярных структур и биополимеров, полностью расщепляются до простых соединений и только в такой форме могут всасываться во внутреннюю среду организма. Радионуклидное мечение ферментов и определение их каталитической активности позволило Н. Goetze, S.S. Rothman [20] установить факт активного всасывания из тонкой кишки кролика и крыс 50–65 % амилазы и 60 % химотрипсина, секретируемых поджелудочной железой в ответ на максимальную стимуляцию в определяемый период времени. Причем амилаза транспортировалась в обоих направлениях, но преобладала активная реабсорбция в кровь. У человека результаты показали активное всасывание из тонкой кишки в кровь 50–70 % трипсина [21]. В исследованиях на цыплятах-бройлерах мы впервые показали кругооборот трипсина в организме

птицы [22]. Эти данные согласуются с результатами других авторов [23,24]. Поэтому илеальные ферменты имеют важное значение в диагностике состояния здоровья кишечника.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Результаты исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Введение в рацион кур добавки соевого жмыха (1,5% от массы корма) увеличивает активность амилазы на 26,9%, липазы – на 87,2% ( $p<0.05$ ), трипсина – на 43,6% ( $p<0.05$ ); добавка мясокостной муки (1,5% от массы рациона) стимулирует выработку ферментов, соответственно, на 42,1% ( $p<0.05$ ), на 540,7% ( $p<0.001$ ), 80,2% ( $p<0.05$ ); добавка рыбной муки (1,0% от массы корма) повышает активность ферментов, соответственно, на 58,7% ( $p<0.05$ ), 401,1% ( $p<0.001$ ), 101,6% ( $p<0.05$ ). Высокий процент увеличения отмечается по липазе, особенно при использовании мясокостной и рыбной муки.

2. В содержимом подвздошной кишки у кур отмечалась минимальная активность трипсина при использовании добавки мясокостной муки, соевого жмыха и рыбной муки, что указывает на поступление фермента в кровь, где его наиболее высокая активность отмечается при использовании добавки соевого жмыха, что соответствует высокому уровню обменных процессов в организме.

3. Минимальный выход трипсина с экскрементами наблюдается в группе, получавшей добавку мясокостной муки (выделяется трипсина 9,6% по активности), затем рыбной муки – 16,8% и соевого жмыха – 21,7% от активности в двенадцатиперстной кишке, что свидетельствует об эффективности использования экзо- и эндогенного протеина организмом птицы.

#### DUODENAL-ILEAL RATIO OF DIGESTIVE ENZYMES WHEN USING DIFFERENT PROTEIN SUPPLEMENTS IN THE DIET OF LAYING HENS

Polina S.I.<sup>1</sup> – postgraduate student of the Department of Physiology, Ethology and

Biochemistry of Animals; **Vertiprakhov V.G.**<sup>1\*</sup> – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Physiology; **Sergeenkova N.A.**<sup>1</sup> – Candidate of Biology, Senior lecturer of the Department of Physiology, Ethology and Biochemistry of Animals; **Eremenko V.V.**<sup>2</sup> – General Director.

<sup>1</sup>RGAU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

<sup>2</sup> LLC "Trading house "Gifts of the Caucasus"

### ABSTRACT

Creation of domestic poultry crosses and development of optimal diets for them is an urgent problem, since in vivo studies using fistula technologies are currently few. The present work presents data on determination of duodenal and ileal activity of digestive enzymes when protein additives of vegetable (soybean meal and cake) and animal origin (fish meal and meat and bone meal) are used in the diet of laying hens. Experiments were performed on laying hens (*Gallus gallus* L.) of Hisex White cross (n=24, K.A. Timiryazev Russian State Agricultural Academy, 2022,2023) with chronic duodenal and ileal fistula. All chickens were divided by random sampling method into 4 groups: 1) 1 control group - received OR (Table 1); 2) 2 experimental group - 1.5% soybean cake was added to the diet instead of soybean meal; 3) 3 experimental group - 1.5% meat and bone meal was added to the diet instead of soybean meal; 4) 4 experimental group - 1.0% fish meal was added to the OR instead of soybean meal. It was found that protein additives are differently hydrolyzed in the intestine of birds and assimilated by the organism. Thus, the breakdown of soy protein is more intensive in cake than in meal due to the increase of trypsin activity in duodenum by 43.6%, and when fish meal is added, the activity of the enzyme increases by 11.8% against meat and bone meal and 101.5% against soy meal. At the same time, protein digestion increased, accompanied by an increase in trypsin activity in blood when soybean cake was used and in urine when fish meal was added to the diet of chickens. With feces the least loss of trypsin is observed in

the group that received meat and bone meal supplementation (9.6% of trypsin activity is excreted), then fish meal - 16.8% and soy cake - 21.7% of activity in duodenum, which indicates the efficiency of exo- and endogenous protein utilization by poultry organism.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Линников П.И. Российский рынок сои: тенденции, перспективы развития // Аграрный научный журнал. 2018. 10. С.81-86.
2. Егоров И.А., Вертипрахов В.Г., Ленкова Т.Н., Манукян В.А., Егорова Т.А., Грозина А.А., Никонов И.Н. Использование белого люпина в комбикормах для мясных кур исходных линий и цыплят-бройлеров селекции СГЦ «Смена» // Птицеводство. 2020. 7-8. С.11-17.
3. Журавлев М.С., Вертипрахов В.Г., Кощеева М.В., Буряков Н.П., Смаглюк М.И., Истомин А.И. Стандартизированная илеальная усвояемость аминокислот белкового концентрата на основе личинок мух *Lucilia* spp. (Diptera: Calliphoridae) и его влияние на показатели крови у цыплят-бройлеров (*Gallus gallus* L.) // Сельскохозяйственная биология. 2020. 55 (6 ) С. 1233-1244. doi: 10.15389/agrobiology.2020.6.1233rus).
4. 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 Science. 2012. 91.P. 1641-1646 (doi: 10.3382/ps.2011-02081)
5. Борисенко К.В., Vertiprakhov V.G. Активность пищеварительных ферментов дуоденального содержимого при введении в рацион цыплят-бройлеров экзогенной протеазы. В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологии. Сборник научных трудов Международной учебно-методической и научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня основания ФГБОУ ВО МГАВМиБ - МВА имени К.И. Скрябина. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образова-



- ния «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина». 2019. С. 211-212.
6. Гогина Н.Н., Вертипрахов В.Г. Активность пищеварительных ферментов при экспериментальном микотоксикозе // Птицеводство. 2018. 11-12. С. 26-28.
7. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS № 123) [рус., англ.] (Страсбург 18.03.1986). Электронный ресурс: [http://www.conventions.ru/view\\_base.php?id=19432](http://www.conventions.ru/view_base.php?id=19432)
8. Вертипрахов В.Г. Физиология кишечного пищеварения у кур (экспериментальный подход): монография. М., РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022. 208с.
9. Вертипрахов, В.Г., Грозина, А.А. Оценка состояния поджелудочной железы методом определения активности трипсина в крови птицы // Ветеринария. 2018. 6, 51-54. doi: 10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54.
10. Батоев Ц.Ж. Физиология пищеварения птиц. Улан-Удэ. 2001.С. 10-63.
11. Вертипрахов В.Г. Особенности секреторной функции поджелудочной железы цыплят-бройлеров и возможности коррекции пищеварения животных ферментными препаратами на цеолитовой основе: дисс. д-ра биол. наук. Новосибирск. 2004. С. 59-60.
12. Фисинин В.И., Егоров И.А., Вертипрахов В.Г., Грозина А.А., Ленкова Т.Н., Манукян В.А., Егорова Т.А. Активность пищеварительных ферментов в дуоденальном химусе и плазме крови у исходных линий и гибридов мясных кур при использовании биологически активных добавок в рационе // Сельскохозяйственная биология. 2017. 52 (6). С. 1226-1233. doi: 10.15389/agrobiology.2017.6.1226 rus
13. Вертипрахов В.Г., Кислова И.В., Овчинникова Н.В., Кошечева М.В. Жировой обмен у кур-несушек на фоне разного липидного компонента в рационе // Ветеринария и кормление. 2022, 6. С. 16-20. doi CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-6-4
14. Вертипрахов В.Г., Селионова М.И., Малородов В.В. Сравнительный анализ активности трипсина в сыворотке крови и молоке коров и коз // Молочное и мясное скотоводство. 2022. 6. С. 54-57. doi 10.33943/MMS.2022.48.12.010.
15. Журавлев М.С., Вертипрахов В.Г., Кошечева М.В. [и др.] Стандартизированная илеальная усвояемость аминокислот белкового концентрата на основе личинок мух *Lucilia spp.* (Diptera: Calliphoridae) и его влияние на показатели крови у цыплят-бройлеров (*Gallus gallus L.*) // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55 (6). С. 1233-1244. doi 10.15389/agrobiology.2020.6.1233rus.
16. Харитонов, Е. Л. Сравнительные исследования использования соевого шрота и жмыха в рационах лактирующих коров в эквивалентных количествах по обменному протеину // Молочное и мясное скотоводство. 2018. 2. С. 17-20.
17. Тарасенко, О.А., Головкин Е.Н., Кононенко С.И. Улучшение конверсии белка жмыхов и шротов у растущих свиней // Проблемы биологии продуктивных животных. 2009. 1. С. 49-57.
18. Götze, H., Rothman S.S. Enteropancreatic circulation of digestive enzyme as a conservation mechanism // Nature. 1975. Vol. 257. P. 607-609;
19. Liebow, C., Rothman S.S. Enteropancreatic circulation of digestive enzymes // Science. 1975. Vol. 189. P. 472-474.
20. Goetze, H., Rothman S.S. Amylase transport across ileal epithelium in vitro // Biochim. Biophys. Acta. 1978. Vol. 512, N 1. P. 214-220.
21. Heinrich H.C. [et al.] Enteropancreatic circulation of trypsin in man // Klin. Wschr. 1979. Vol. 57, N 23. P. 1295-1297.
22. Вертипрахов, В.Г., Грозина А.А., Долгорукова А.М. Активность ферментов поджелудочной железы у цыплят-бройлеров на разных этапах пищеварения // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, 4. С. 509-515.
23. Коротыко, Г.Ф. Рециркуляция ферментов пищеварительных желез. Краснодар:

ЭДВИ, 2011. 144 с.

24. Onderci M. [et al.] Efficacy of supplementation of alpha-amylase-producing bacterial culture on the performance, nutrient use, and gut morphology of broiler chickens fed corn-based diet // *Poultry Sci.* 2006. Vol. 85, N 3. P. 505–510.

## REFERENCES

1. Linnikov P.I. Russian soybean market: trends, development prospects // *Agrarian scientific journal.* 2018. 10. P.81-86.  
2. Egorov I.A., Vertiprakhov V.G., Lenkova T.N., Manukyan V.A., Egorova T.A., Grozina A.A., Nikonov I.N. The use of white lupine in feed mixtures for meat chickens of original lines and broiler chickens selected by the SMC "Smena" // *Poultry farming.* 2020. 7-8. P.11-17.  
3. Zhuravlev M.S., Vertiprakhov V.G., Koshcheeva M.V., Buryakov N.P., Smaglyuk M.I., Istomin A.I. Standardized ileal digestibility of amino acids of a protein concentrate based on the larvae of *Lucilia* spp. (Diptera: Calliphoridae) and its effect on blood parameters in broiler chickens (*Gallus gallus* L.) // *Agricultural biology.* 2020. 55 (6) pp. 1233-1244. doi: 10.15389/agrobiol.2020.6.1233rus).  
4. 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 Science.* 2012. 91.P. 1641-1646 (doi: 10.3382/ps.2011-02081)  
5. Borisenko K.V., Vertiprakhov V.G. Activity of digestive enzymes of duodenal contents when exogenous protease is introduced into the diet of broiler chickens. In the collection: Current problems of veterinary medicine, animal science and biotechnology. Collection of scientific works of the International educational, methodological and scientific-practical conference dedicated to the 100th anniversary of the founding of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education MGAVMiB - MBA named after K.I. Scriabin. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy

of Veterinary Medicine and Biotechnology - MBA named after K.I. Scriabin." 2019. pp. 211-212.

6. Gogina N.N., Vertiprakhov V.G. Activity of digestive enzymes in experimental mycotoxicosis // *Poultry farming.* 2018. 11-12. pp. 26-28.

7. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental or Other Scientific Purposes (ETS No. 123) [Russian, English] (Strasbourg 03/18/1986). Electronic resource: [http://www.conventions.ru/view\\_base.php?id=19432](http://www.conventions.ru/view_base.php?id=19432)

8. Vertiprakhov V.G. Physiology of intestinal digestion in chickens (experimental approach): monograph. M., RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazeva, 2022. 208 p.

9. Vertiprakhov, V.G., Grozina, A.A. Assessment of the condition of the pancreas by the method of determining trypsin activity in the blood of birds // *Veterinary Medicine.* 2018. 6, 51-54. doi: 10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54.

10. Batoev Ts.Zh. Physiology of digestion in birds. Ulan-Ude. 2001.S. 10-63.

11. Vertiprakhov V.G. Features of the secretory function of the pancreas of broiler chickens and the possibility of correcting animal digestion with zeolite-based enzyme preparations: dissertation. Doctor of Biology Sci. Novosibirsk 2004. pp. 59-60.

12. Fisnin V.I., Egorov I.A., Vertiprakhov V.G., Grozina A.A., Lenkova T.N., Manukyan V.A., Egorova T.A. Activity of digestive enzymes in duodenal chyme and blood plasma in original lines and hybrids of meat chickens when using biologically active additives in the diet // *Agricultural biology.* 2017. 52 (6). P. 1226-1233.doi: 10.15389/agrobiol.2017.6.1226 rus

13. Vertiprakhov V.G., Kislova I.V., Ovchinnikova N.V., Koshcheeva M.V. Fat metabolism in laying hens against the background of different lipid components in the diet // *Veterinary medicine and feeding.* 2022, 6. pp. 16-20. doi CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-6-4

14. Vertiprakhov V.G., Selionova M.I., Malorodov V.V. Comparative analysis of trypsin activity in blood serum and milk of

- cows and goats // Dairy and meat cattle breeding. 2022. 6. pp. 54-57. doi 10.33943/MMS.2022.48.12.010.
15. Zhuravlev M.S., Vertiprakhov V.G., Koscheeva M.V. [etc.] Standardized ileal digestibility of amino acids of a protein concentrate based on the larvae of *Lucilia* spp. flies. (Diptera: Calliphoridae) and its effect on blood parameters in broiler chickens (*Gallus gallus* L.) // Agricultural biology. 2020. T. 55 (6). pp. 1233-1244. doi 10.15389/agrobiolgy.2020.6.1233rus.
16. Kharitonov, E. L. Comparative studies of the use of soybean meal and cake in the diets of lactating cows in equivalent quantities for metabolic protein // Dairy and beef cattle breeding. 2018. 2. pp. 17-20.
17. Tarasenko, O.A., Golovko E.N., Kononenko S.I. Improving the protein conversion of cakes and meals in growing pigs // Problems of biology of productive animals. 2009. 1. pp. 49-57.
18. Götze, H., Rothman S.S. Entero-pancreatic circulation of digestive enzyme as a conservation mechanism // Nature. 1975. Vol. 257. P. 607–609;
19. Liebow, C., Rothman S.S. Entero-pancreatic circulation of digestive enzymes // Science. 1975. Vol. 189. P. 472–474.
20. Goetze, H., Rothman S.S. Amylase transport across ileal epithelium in vitro // Biochim. Biophys. Acta. 1978. Vol. 512, N 1. P. 214–220.
21. Heinrich H.C. [et al.] Enteropancreatic circulation of trypsin in man // Klin. Wschr. 1979. Vol. 57, N 23. P. 1295–1297.
22. Vertiprakhov, V.G., Grozina A.A., Dolgorukova A.M. Activity of pancreatic enzymes in broiler chickens at different stages of digestion // Agricultural biology. 2016. T. 51, 4. pp. 509–515.
23. Korotko, G.F. Recirculation of digestive gland enzymes. Krasnodar: EDVI, 2011. 144 p.
24. Onderci M. [et al.] Efficacy of supplementation of alpha-amylase-producing bacterial culture on the performance, nutrient use, and gut morphology of broiler chickens fed corn-based diet // Poultry Sci. 2006. Vol. 85, N 3. P. 505–510.