

**Владимир Георгиевич Вертипрахов<sup>1✉</sup>, Надежда Алексеевна Сергеевкова<sup>2</sup>, Дарья Дмитриевна Беззубенко<sup>3</sup>, Светлана Игоревна Полина<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

<sup>1</sup>vertiprakhov63@mail.ru

<sup>2</sup>nsergeenkova@rgau-msha.ru

<sup>3</sup>d-bezzubenko@mail.ru

<sup>4</sup>polina\_sveta.93@bk.ru

## НОВЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВКУСОВЫХ И ПИТАТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ БЕЛОГО ЛЮПИНА В КОРМАХ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Цель исследования – разработать новый способ определения вкусовых и питательных свойств белковых добавок для цыплят-бройлеров. Опыты выполняли на цыплятах-бройлерах 20–42-суточного возраста кросса РОСС308 с фистулой 12-перстной кишки. Дуоденальное содержимое собирали через 60 и 120 минут после кормления птицы для определения вкусовых (сложнорефлекторная фаза регуляции пищеварения) и питательных (нейрохимическая фаза) свойств белковой добавки. Было сформировано 4 группы цыплят (по 5 голов в каждой): 1-я контрольная – получала полнорационный комбикорм; 2-я опытная – зерносмесь, состоящую из 25,0 % люпина белого и 74,0 % пшеницы, 1,0 % премикса; 3-я опытная соответственно соотношение 50,0/49,0 %; 4-я опытная – соответственно 75,0/24,0 %. Результаты показали, что активность трипсина через 60 минут после кормления повышалась на 37,6 % ( $p < 0,05$ ) в группе цыплят, получавших кормосмесь, состоящую из 25,0 % люпина белого и 74,0 % пшеницы, по сравнению с полнорационным комбикормом. Самой низкоусвояемой была зерносмесь, состоящая из 75,0 % люпина белого и 24,0 % пшеницы, активность трипсина в химусе снижалась на 26,4 % ( $p < 0,05$ ) по сравнению с полнорационным комбикормом. При этом в сыворотке крови бройлеров опытной группы (25,0 % люпина белого/74,0 % пшеницы) активность трипсина снижалась по сравнению с контрольной группой на 21,5 %, что указывает на снижение обменных процессов. Таким образом, способ изучения активности трипсина дуоденального содержимого в разные фазы регуляции пищеварения позволяет определить эффективную белковую добавку.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, люпин белый, вкус, питательность корма, дуоденальная фистула, химус

**Для цитирования:** Новый способ определения вкусовых и питательных свойств белого люпина в кормах цыплят-бройлеров / В.Г. Вертипрахов [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 4. С. 61–68. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-4-61-68.

**Vladimir Georgievich Vertiprakhov<sup>1✉</sup>, Nadezhda Alekseevna Sergeenkova<sup>2</sup>, Daria Dmitrievna Bezzubenko<sup>3</sup>, Svetlana Igorevna Polina<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

<sup>1</sup>vertiprakhov63@mail.ru

<sup>2</sup>nsergeenkova@rgau-msha.ru

<sup>3</sup>d-bezzubenko@mail.ru

<sup>4</sup>polina\_sveta.93@bk.ru

## A NEW METHOD FOR DETERMINING THE TASTE AND NUTRITIONAL PROPERTIES OF WHITE LUPINE IN BROILER CHICKEN FEED

The purpose of the study is to develop a new method for determining the taste and nutritional properties of protein supplements for broiler chickens. The experiments were performed on 20–42-day-old broiler chickens of the ROSS308 cross with a duodenal fistula. Duodenal contents were collected 60 and 120 minutes after feeding the birds to determine the taste (complex reflex phase of digestion regulation) and nutritional (neurochemical phase) properties of the protein supplement. 4 groups of chickens were formed (5 heads each): 1st control – received complete feed; 2nd experimental – grain mixture consisting of 25.0 % white lupine and 74.0 % wheat, 1.0 % premix; 3rd experimental, respectively, the ratio is 50.0/49.0 %; 4th experimental – 75.0/24.0 %, respectively. The results showed that trypsin activity 60 minutes after feeding increased by 37.6 % ( $p < 0.05$ ) in the group of chickens receiving a feed mixture consisting of 25.0 % white lupine and 74.0 % wheat, compared to complete feed. The lowest digestibility was a grain mixture consisting of 75.0 % white lupine and 24.0 % wheat; trypsin activity in chyme decreased by 26.4 % ( $p < 0.05$ ) compared to complete feed. At the same time, in the blood serum of broilers of the experimental group (25.0 % white lupine/74.0 % wheat), trypsin activity decreased compared to the control group by 21.5 %, which indicates a decrease in metabolic processes. Thus, the method of studying the activity of trypsin in duodenal contents in different phases of the regulation of digestion allows us to determine an effective protein supplement.

**Keywords:** broiler chickens, white lupine, taste, nutritional value of feed, duodenal fistula, chyme

**For citation:** A new method for determining the taste and nutritional properties of white lupine in broiler chicken feed / V.G. Vertiprakhov [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(4): 61–68 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-4-61-68.

**Введение.** Повышение конверсии корма в продукцию птицеводства связано прежде всего с эффективным использованием птиц кормового белка, что выдвигает определенные требования к его полноценности, оптимальному соотношению в нем аминокислот, лимитирующих продуктивность, их доступности к всасыванию и использованию в метаболизме. Наиболее сбалансированные по составу белковые компоненты корма положительно влияют на секреторную функцию поджелудочной железы, стимулируют аппетит птицы, повышая идеальную усвояемость аминокислот [1].

В рационах птицы чаще применяются трудногидролизуемые компоненты, которые снижают стоимость кормов, но содержат антипитательные вещества. Поэтому необходима целенаправленная селекционная работа по созданию и распространению новых сортов кормового направления: скороспелых, высокопитательных, с низким содержанием антипитательных факторов, приводящих к снижению переваримости питательных веществ, продуктивности животных и отрицательно влияющих на их здоровье. В последнее время все большее внимание привлекает люпин, что связано с его химическим составом, биологической ценностью семян, отсутствием генетичес-

ки модифицированных сортов. Разные виды и сорта люпина можно выращивать в более суровых климатических условиях и на менее плодородных почвах, где он превосходит сою и другие зерновые [2]. Люпин как кормовая культура ценен в первую очередь тем, что протеина в его семенах вчетверо больше, чем в зерне злаков: 290–420 г на 1 кг сухого вещества. Очень важно и то, что примерно 40–45 % протеина семян люпина составляют аминокислоты, состав и количество которых обеспечивают ему высокую биологическую ценность и высокое качество. Хотя аминокислотный профиль люпина сильно различается в зависимости от видов и сортов [3]. Семена люпина содержат мало крахмала – менее 15 г/кг сухого вещества, 71,1 % жира представлено триацилглицеридами, 14,9 % – фосфолипидами, 5,2 % – свободными стиролами, 3,5 % – гликолипидами, 0,5 % – смесью стеролов и парафинов и 0,4 % – свободными жирными кислотами [4, 5]. Ранее были выполнены исследования по использованию семян белого люпина в комбикормах на цыплятах-бройлерах кросса «Смена 8» с 1 до 35 дней жизни. При замене полножирной сои на белый люпин (15 % от массы рациона) увеличение живой массы у цыплят опытной группы составило 3,6 %, снижение затрат корма

на 1 кг прироста живой массы – 3,5 % по сравнению с контролем. У птицы данной группы отмечено снижение экспрессии генов дефензина и миостатина по сравнению с контрольной группой, что способствовало повышению скорости роста бройлеров. Снижение в 2,02 раза экспрессии гена рецептора соматотропного гормона позволило увеличить рост мышечной ткани цыплят. Исследования дуоденального химуса по определению вкусовых и питательных свойств у цыплят-бройлеров под влиянием люпина белого ранее не проводились, поэтому мы решили восполнить пробел знаний в этом вопросе.

**Цель исследования** – разработать новый способ определения вкусовых и питательных свойств белковых добавок для цыплят-бройлеров.

**Объекты и методы.** Все исследования на птице выполняли, руководствуясь требованиями гуманного отношения к животным (Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS № 123) (Страсбург 18.03.1986) [6]. Опыты выполняли на цыплятах-бройлерах кросса РОСС308 20–42-суточного возраста с хронической дуоденальной фистулой. Цыплят оперировали в 15-суточном возрасте, вживляя фистулу в 12-перстную кишку по методу [7]. После восстановления здоровья у цыплят-бройлеров через 3–5 сут после хирургической операции приступали к физиологическим опытам. Всех цыплят делили методом случайной выборки на 4 группы (по 5 голов в каждой), опыты выполняли по следующей схеме (табл. 1).

Таблица 1

**Схема опыта на цыплятах-бройлерах кросса РОСС308 по изучению действия люпина белого на активность трипсина в дуоденальном химусе**

Группа	Рацион
1-я контрольная	Основной рацион, содержащий соевый шрот
2-я опытная	Люпин белый (25,0 %)+ пшеница (74,0 %), витаминно-минеральный премикс 1,0 %
3-я опытная	Люпин белый (50,0 %)+ пшеница (49,0 %), витаминно-минеральный премикс 1,0 %
4-я опытная	Люпин белый (75,0 %)+ пшеница (24,0 %), витаминно-минеральный премикс 1,0 %

Физиологические опыты выполняли утром натощак. Цыплятам давали по 150 г комбикорма на группу, дуоденальный химус (1,0–2,0 мл) собирали через 60 и 120 минут после кормления. Химус центрифугировали с использованием центрифуги Eppendorf MiniSpin® plus (Германия) при 7000 об/мин в течение 5 минут и определяли активность ферментов в надосадочной жидкости, разбавляя ее физиологическим раствором 1:10.

Определение активности ферментов проводилось на полуавтоматическом биохимическом анализаторе BS 3000M (Sinnova, КНР). Активность трипсина определяли по методу Вертипрахова, Грозиной (2018), щелочной фосфатазы, кальция и фосфора – с использованием реактивов компании «ДИАБЕТ» (РФ). Общий анализ крови выполняли на автоматическом биохимическом анализаторе BioChem FC-120 (HTI Technology, США) с использованием реактивов HTI Technology.

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

**Результаты и их обсуждение.** Так как каюля устанавливается в 12-перстную кишку цыплят напротив места впадения панкреатических и желчных протоков, то собранный химус содержал преимущественно панкреатический сок. Результаты показали, что активность трипсина соответствует фазам постпрандиальной регуляции пищеварения, и поэтому материал, полученный через 60 и 120 мин, в некоторых группах отличался (табл. 2).

Из данных таблицы 2 видно, что наиболее высокая активность трипсина отмечается в сложнорефлекторную фазу у корма, содержащего 25,0 % люпина белого и 74,0 % пшеницы, что указывает на более привлекательное по вкусу сочетание компонентов. Во всех остальных опытных группах результаты не имели существенных отличий от контрольной группы. По нейрохимической фазе (через два часа после кормления) высокие показатели активности протеолитического фермента отмечались во 2-й и 3-й опытных группах, где содержание сырого протеина составляло соответственно 18,3 и 25,5 %. В контрольной группе активность трипсина имела

аналогичный показатель при количестве сырого протеина в корме 20,5 %, обеспеченный в основном за счет соевого шрота. Таким образом, увеличение в рационе сырого протеина до 32,7 % за счет люпина приводит к снижению как вкусовых качеств корма, так и переваривающей способно-

сти протеолитических ферментов, активность трипсина по сравнению с контрольной группой снижается на 26,4 %. Это можно объяснить защитной реакцией организма на избыточное поступление белка, переваривание и усвоение которого может привести к отравлению организма.

Таблица 2

**Активность ферментов, содержание кальция и фосфора в дуоденальном химусе у цыплят-бройлеров ( $M \pm m$ ,  $n = 5$ )**

Показатель	Группа			
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная
Активность трипсина, ед/л	1320±50,0/ 1870±165,0	1817±97,1*/ 1899±150,2	1346±113,0/ 1916±167,3	1374±67,1/ 1376±42,2*
Щелочная фосфатаза, ед/л	16721±1150,5/ 14961±1867,5	12930±2032,3/ 11230±1003,0	14235±2302,5/ 11971±1890,8	13629±2115,0/ 9457±1001,0*
Кальций, ммоль/л	40±2,2/47±2,4	11±1,3/10±0,9	11±0,7/10±0,7	11±0,7/9±0,3
Фосфор, ед/л	3,9±0,19/3,4±0,16	2,5±0,28*/2,5±0,18*	2,4±0,27*/1,4±0,23*	1,8±0,5*/1,6±0,31*

Примечание: в числителе – через 60 мин, в знаменателе – через 120 мин после кормления;

\*различия между контрольной группой достоверны при  $p < 0,05$ .

Активность щелочной фосфатазы имеет различия между 4-й опытной группой и контрольной, преобладая в последней на 36,8 %, что обусловлено снижением обменных процессов при интоксикации большим количеством протеина в кишечнике.

Резкое снижение общего кальция в опытных группах по сравнению с контрольной можно объяснить отсутствием известняка в рационе (монокорм готовился с добавлением витаминно-минерального премикса).

Низкий показатель общего фосфора наблюдается в рационах, содержащих люпин в избыточных количествах, особенно во вторую фазу регуляции. Достоверные различия отмечаются между дозами люпина 25,0 и 75,0 %, что свидетельствует о значительном (на 36,0 %) снижении фосфора в кишечнике. С чем это связано, показали данные биохимических исследований крови у цыплят-бройлеров (табл. 3).

Таблица 3

**Результаты биохимических исследований крови у цыплят-бройлеров при замене основного рациона на зерносмесь, содержащую разные дозы люпина ( $M \pm m$ ,  $n = 5$ )**

Показатель	Группа			
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная
Активность трипсина, ед/л	172±14,5	135±5,1 <sup>a</sup>	89±1,9 <sup>ab</sup>	93±5,9 <sup>ab</sup>
Активность амилазы, ед/л	720±19,5	830±35,4 <sup>a</sup>	922±67,3 <sup>a</sup>	559±47,1 <sup>ab</sup>
Глюкоза, ммоль/л	10±0,2	10±1,9	11±1,2	11±0,9
Общий белок, г/л	35,4±0,55	39,9±1,89 <sup>a</sup>	37,8±2,69	39,2±2,40
Мочевая кислота, мкмоль/л	336±19,1	198±12,9 <sup>a</sup>	144±11,4 <sup>ab</sup>	130±4,9 <sup>ab</sup>
Триглицериды, ммоль/л	1,3±0,05	0,2±0,04 <sup>a</sup>	0,3±0,07 <sup>a</sup>	0,3±0,01 <sup>a</sup>
Холестерин, ммоль/л	3,7±0,21	4,0±0,04	4,1±0,05	4,5±0,04 <sup>a</sup>
Кальций, ммоль/л	5,4±0,32	6,5±0,60	5,8±0,43	6,1±0,35
Фосфор, ммоль/л	2,9±0,19	2,2±0,05 <sup>a</sup>	2,2±0,08 <sup>a</sup>	2,2±0,09 <sup>a</sup>

Примечание: <sup>a</sup> – различия с 1-й контрольной группой достоверно при  $p < 0,05$ ; <sup>b</sup> – различия со 2-й опытной группой достоверно при  $p < 0,05$ .

В сыворотке крови активность трипсина во 2-й опытной группе снижается на 21,5 % ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контрольной группой. При увеличении содержания люпина белого в корме до 50,0 % активность трипсина снижается на 48,3 %, а при 75,0 % – на 46,0 %. То есть активность трипсина, как маркера обменных процессов в организме [8], указывает на уменьшение метаболизма при больших дозах люпина белого в рационе цыплят-бройлеров, что является защитной реакцией для снижения интоксикации. В сравнении со 2-й опытной группой (25,0 % люпина белого) в остальных опытных группах активность остается ниже на 34,1 и 31,1 % соответственно.

Активность амилазы повышается в противовес активности трипсина во 2-й и 3-й опытных группах, что указывает на компенсаторную реакцию со стороны поджелудочной железы, которая направлена на гидролиз протеина в рационе птицы, превышающего норму. В итоге наступает снижение активности трипсина в 4-й опытной группе на 22,4 % по сравнению с 1-й контрольной группой. Увеличение показателя общего белка в сыворотке крови – свидетельство активизации защитных сил организма в поддержании констант (реакции крови, онкотического и осмотического давления и т. д.). Резкое снижение в опытных группах триглицеридов крови обусловлено снижением уровня жира в рационе, а содержание фосфора связано с недостатком энергетических запасов в организме.

Анатомическая структура и функции клюва и языка вместе с механикой глотания у птиц способствовали развитию вкусовой системы, лишенной макроструктур, видимых невооруженным глазом человека. Исследования на цыплятах и других птицах показали, что вкусовая система птиц состоит из вкусовых рецепторов, которые не собраны в сосочки и расположены в основном (60 %) в верхнем небе, скрытом в щелях слюнных протоков. Это объясняет длительную задержку в понимании вкусовой системы птиц. Однако недавние исследования показали наличие 767 вкусовых рецепторов в полости рта цыпленка. Цыплята, по-видимому, обладают острым чувством вкуса, позволяющим различать пищевые аминокислоты, жирные кислоты, сахара, хинин, Са и соль среди прочих. Однако у кур и других птиц небольшой репертуар рецепторов горького вкуса (T2R) и отсутствует T1R2 (связанный

со сладким вкусом у млекопитающих). Таким образом, T1R2-независимые механизмы восприятия глюкозы могут быть особенно актуальны у цыплят. Куриный рецептор умами (T1R1 / T1R3) реагирует на такие аминокислоты, как аланин и серин (известно, что они стимулируют рецептор умами у грызунов и рыб). Недавно в желудочно-кишечном тракте и гипоталамусе была обнаружена хемосенсорная система птиц, связанная с энтероэндокринной системой, которая опосредует диалог между кишечником и мозгом, имеющий отношение к контролю потребления корма. В целом понимание системы вкусовых ощущений птиц обеспечивает новые и надежные инструменты для улучшения питания птиц [9]. Установлено, что восприятие горького вкуса опосредуется семейством рецепторов, связанных с G-белком (GPCR), – рецепторами вкуса 2 (T2R) и их нисходящими белками, тогда как вкус сладкого и умами опосредуется рецепторами вкуса 1 семейства GPCR (T1R) и их нисходящими белками. Вкусовые рецепторы и их нижестоящие белки были идентифицированы во вневкусовых тканях млекопитающих, таких как легкие и желудочно-кишечный тракт (ЖКТ), и их активация в ЖКТ была связана с различными метаболическими и эндокринными путями в ЖКТ. Геном цыпленка содержит три рецептора горького вкуса: *ggTas2r1*, *ggTas2r2* и *ggTas2r7*, а также рецепторы сладкого / умами, *ggTas1r1* и *ggTas1r3*, но в нем отсутствует рецептор сладкого, *ggTas1r2*. Экспериментальные данные S.L. Celed-Shoval, S. Druyan, Z. Uni (2015) с использованием ПЦР в реальном времени показали экспрессию генов рецепторов вкуса цыплят *ggTas2r1*, *ggTas2r2*, *ggTas2r7*, *ggTas1r1* и *ggTas1r3* и их нижестоящих генов, кодирующих белок TRPM5,  $\alpha$ -густдудина и PLC $\beta$ 2. Экспрессия этих генов предполагает участие вкусовых путей для восприятия углеводов, аминокислот и горьких соединений в курином ЖКТ [10].

Вкус умами является одним из пяти основных вкусовых качеств наряду со сладким, горьким, кислым и соленым и определяется некоторыми L-аминокислотами и их солями, включая монокалий L-глутамат (MPG). Уникальной характеристикой вкуса умами является то, что он синергически усиливается 5'-рибонуклеотидами, такими как инозин 5'-монофосфат (IMP) [11]. Наши данные согласуются с мнением о том, что цыплята обла-

дают чувством вкуса умами и имеют его вкусовые рецепторы в тканях полости рта, поскольку вкусовые рецепторы умами дифференцированно экспрессированы в разных областях тканей полости рта цыплят [12]. Таким образом, наличие рецепторов в ротовой полости птицы является началом рефлекторной дуги, которая заканчивается в продолговатом мозге (центре пищеварения) и определяет сложнорефлекторную фазу регуляции пищеварения, которая длится до 60–90 мин у цыплят-бройлеров [7]. О том, что нейрогуморальная фаза пищеварения имеет большое значение в оценке питательности, свидетельствуют работы ряда авторов. Установлено, что количество времени, которое корм проводит в передней кишке и, следовательно, окружающая среда в этом сегменте кишечника чрезвычайно изменчивы и могут регулироваться различными методами кормления, такими как структура и состав корма, частота кормления. Морфологические, физиологические и микробиологические характеристики передней кишки оказывают влияние на регуляцию потребления корма, обеспечивают его взаимодействие с экзогенными ферментами [13].

Установлено, что размер частиц модулирует экспрессию генов, кодирующих важные пищеварительные ферменты и переносчики питательных веществ, и, таким образом, напрямую влияет на продуктивность птицы [14]. Результаты исследований роли трипсина в обменных процессах в организме птицы и других животных позволяют заключить, что трипсин как гормоноподобное вещество обеспечивает адаптацию пищеварения к составу рациона [15–17]. Следовательно, в период нейрогуморальной фазы регуляции пищеварения в кишечнике состав рациона и размер частиц корма оказывает влияние на адаптацию к этим факторам пищеварительных ферментов.

**Заключение.** Итак, восприятие вкуса является важнейшим биологическим механизмом, влияющим на выбор и потребление пищи и воды у животных, причем в сложнорефлекторную фазу регуляции пищеварения это наиболее важный фактор, определяющий выделение ферментов. Наиболее информативным показателем вкусовых и питательных свойств разных рационов является активность трипсина. Увеличение активности трипсина при смене контрольного корма на

опытный, содержащий 25,0 % люпина белого, указывает на привлекательный белковый вкус люпина в данной дозе. Увеличение содержания люпина белого в корме до 50,0 и 75,0 % влечет снижение сложнорефлекторной реакции на данный компонент рациона и вызывает торможение секреторной функции пищеварительных желез. В сыворотке крови наблюдаются параллельные изменения активности трипсина дуоденальным показателям, что можно объяснить корреляцией к содержанию в кишечнике и что согласуется с результатами ранее опубликованных исследований [15]. Таким образом, использование нового метода оценки вкусовых и питательных свойств компонентов корма, апробированного на люпине белом, позволяют заключить, что метод имеет перспективу и требует дальнейших исследований на птице и других животных.

#### Список источников

1. Панкреатическая секреция и усвоение аминокислот в кишечнике кур при разных источниках белка в рационе / В.И. Фисинин [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52, № 2. С. 374–381. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.2.374rus.
2. Экспрессия генов, состав микробиома кишечника и биохимические показатели крови при использовании белого люпина в комбикормах для бройлеров / И.А. Егоров [и др.] // Птицеводство. 2020. № 12. С. 15–20. DOI: 10.33845/0033-3239-2020-69-12-15-20.
3. Горох, люпин, вика, бобы: оценка и использование в кормлении сельскохозяйственных животных / В.М. Косолапов [и др.]. М.: Угрешская типография, 2009. 374 с.
4. Van Barneveld R.J. Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus* spp.) seed to improve livestock production efficiency // Nutr. Res. Rev. 1999. V. 12. P. 203–230.
5. Ленкова Т.Н., Зевакова В.К. Сравнительный анализ питательной ценности семян люпина и соевого шрота // Птица и птицепродукты. 2012. № 3. С. 24–26.
6. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS № 123) (Страсбург 18.03.1986). URL:

- [http://conventions.ru/view\\_base.php?id=19432](http://conventions.ru/view_base.php?id=19432) (дата обращения: 23.02.2024).
7. *Вертипрахов В.Г.* Физиология кишечного пищеварения у кур (экспериментальный подход). М.: РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022. 208 с.
  8. *Вертипрахов В.Г., Селионова М.И., Малородов В.В.* Трипсин – новый маркер метаболизма у животных // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. Биологические науки. 2023. № 1. С. 53–58. DOI: 10.26897/2949-4710-2023-1-53-58.
  9. *Niknafs S, Roura E.* Determination of nutrients, flavor and feed intake in avian species. *Nutrition Review*. 2018;31(2):256-266. DOI: 10.1017/S0954422418000100.
  10. *Celed-Shoval SL, Druyan S, Uni Z.* Bitter, sweet and umami taste receptors and downstream signaling effectors: expression in the embryonic and growing chick gastrointestinal tract // *Poult Sci*. 2015;94(8):1928-1941. DOI: 10.3382/ps/pev152.
  11. Expression of multiple umami taste receptors in oral and gastrointestinal tissues and synergism of umami taste in chickens / *Y. Yoshida [et al.] // Community Biochemistry*. 2015;466(3):346–349. DOI: 10.1016/j.bbrc.2015.09.025.
  12. Short-term perception and conditioned taste aversion of umami taste and oral expression patterns of umami taste receptors in chickens / *Y. Yoshida [et al.] // Physiological Behavior*. 2018;191: 29–36. DOI: 10.1016/j.physbeh.2018.03.020.
  13. *Rodrigues I, Choct M.* The foregut and its manipulation via feeding practices in the chicken // *Poult Sci*. 2018;97(9):3188–3206. DOI: 10.3382/ps/pey191.
  14. Upregulation of genes encoding digestive enzymes and nutrient transporters in the digestive system of broiler chickens by dietary supplementation of fiber and inclusion of coarse particle size corn / *SK Kheravii [et al.] // BMC Genomics*. 2018;19(1):208. DOI: 10.1186/s12864-018-4592-2.
  15. *Vertiprakhov, V. G., Ovchinnikova N.V.* (2022) Trypsin activity in poultry pancreatic juice and blood increases simultaneously during the postprandial period // *Front. Physiol*. 13:874664. DOI: 10.3389/fphys.2022.
  16. *Vertiprakhov V.G., Trukhachev V.I., Ovchinnikova N.V.* Trypsin cycling in poultry is associated with metabolic regulation // *Front. Physiol*. 2023. 14:1226546. DOI: 10.3389/fphys.2023.1226546.
  17. *Kuzmina I.V., Ovchinnikova N.V., Tolpygo S.M.* Serum Activity of Proteolytic Enzyme Trypsin in Rats under Conditions of Water and Food Deprivation // *Bull Exp Biol Med*. 2023. 175, 608–611. DOI: 10.1007/s10517-023-05910-2.

## References

1. Панкреатическая секреция и усвоение аминокислот в кистеchnике кур при разных источниках белка в рационе / *V.I. Fisinin [i dr.] // Sel'skokozyajstvennaya biologiya*. 2017. Т. 52, № 2. С. 374–381. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.2.374rus.
2. `Ekspressiya genov, sostav mikrobioma kistechnika i biohimicheskie pokazateli krovi pri ispol'zovanii belogo lyupina v kombikormah dlya brojlerov / *I.A. Egorov [i dr.] // Pticevodstvo*. 2020. № 12. С. 15-20. DOI: 10.33845/0033-3239-2020-69-12-15-20.
3. Goroh, lyupin, vika, boby: ochenka i ispol'zovanie v kormlenii sel'skokozyajstvennykh zhivotnykh / *V.M. Kosolapov [i dr.]*. М.: Ugreshskaya tipografiya, 2009. 374 s.
4. *Van Barneveld R.J.* Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus* spp.) seed to improve livestock production efficiency // *Nutr. Res. Rev*. 1999. V. 12. P. 203–230.
5. *Lenkova T.N., Zevakova V.K.* Sravnitel'nyj analiz pitatel'noj cennosti semyan lyupina i soevogo shrota // *Ptica i pticeprodukty*. 2012. № 3. С. 24–26.
6. Evropejskaya konvenciya o zaschite pozvonochnykh zhivotnykh, ispol'zuemykh dlya `eksperimentov ili v inyh nauchnykh celyah (ETS № 123) (Strasburg 18.03.1986). URL: [http://conventions.ru/view\\_base.php?id=19432](http://conventions.ru/view_base.php?id=19432) (data obrascheniya: 23.02.2024).
7. *Vertiprahov V.G.* Fiziologiya kistechnogo pischevareniya u kur (`eksperimental'nyj podhod). М.: RGAU – MSHA imeni K.A. Timiryazeva, 2022. 208 s.
8. *Vertiprahov V.G., Selionova M.I., Malorodov V.V.* Tripsin – novyj marker metabolizma u zhivotnykh // *Izvestiya Timiryazevskoj sel'skokozyaj-*

- stvennoj akademii. Biologicheskie nauki. 2023. № 1. S. 53–58. DOI: 10.26897/2949-4710-2023-1-53-58.
9. *Niknafs S, Roura E.* Determination of nutrients, flavor and feed intake in avian species. *Nutrition Review.* 2018;31(2):256-266. DOI: 10.1017/S0954422418000100.
  10. *Celed-Shoval SL, Druyan S, Uni Z.* Bitter, sweet and umami taste receptors and downstream signaling effectors: expression in the embryonic and growing chick gastrointestinal tract // *Poult Sci.* 2015;94(8):1928-1941. DOI: 10.3382/ps/pev152.
  11. Expression of multiple umami taste receptors in oral and gastrointestinal tissues and synergism of umami taste in chickens / *Y. Yoshida [et al.] // Community Biochemistry.* 2015;466(3):346-349. DOI: 10.1016/j.bbr.2015.09.025.
  12. Short-term perception and conditioned taste aversion of umami taste and oral expression patterns of umami taste receptors in chickens / *Y. Yoshida [et al.] // Physiological Behavior.* 2018;191: 29-36. DOI: 10.1016/j.physbeh.2018.03.020.
  13. *Rodrigues I, Choct M.* The foregut and its manipulation via feeding practices in the chicken // *Poult Sci.* 2018;97(9):3188-3206. DOI: 10.3382/ps/pey191.
  14. Upregulation of genes encoding digestive enzymes and nutrient transporters in the digestive system of broiler chickens by dietary supplementation of fiber and inclusion of coarse particle size corn / *SK Kheravii [et al.] // BMC Genomics.* 2018;19(1):208. DOI: 10.1186/s12864-018-4592-2.
  15. *Vertiprakhov, V. G., Ovchinnikova N.V.* (2022) Trypsin activity in poultry pancreatic juice and blood increases simultaneously during the postprandial period // *Front. Physiol.* 13:874664. DOI: 10.3389/fphys.2022.
  16. *Vertiprakhov V.G., Trukhachev V.I., Ovchinnikova N.V.* Trypsin cycling in poultry is associated with metabolic regulation // *Front. Physiol.* 2023. 14:1226546. DOI: 10.3389/fphys.2023.1226546.
  17. *Kuzmina I.V., Ovchinnikova N.V., Tolpygo S.M.* Serum Activity of Proteolytic Enzyme Trypsin in Rats under Conditions of Water and Food Deprivation // *Bull Exp Biol Med.* 2023. 175, 608-611. DOI: 10.1007/s10517-023-05910-2.

Статья принята к публикации 11.01.2024 / The article accepted for publication 11.01.2024.

Информация об авторах:

**Владимир Георгиевич Вертипрахов**<sup>1</sup>, исполняющий обязанности заведующего кафедрой физиологии, этологии и биохимии животных, доктор биологических наук, доцент  
**Надежда Алексеевна Сергеенкова**<sup>2</sup>, старший преподаватель кафедры физиологии, этологии и биохимии животных, кандидат биологических наук  
**Дарья Дмитриевна Беззубенко**<sup>3</sup>, аспирант кафедры физиологии, этологии и биохимии животных  
**Светлана Игоревна Полина**<sup>4</sup>, ассистент кафедры физиологии, этологии и биохимии животных

Information about the authors:

**Vladimir Georgievich Vertiprakhov**<sup>1</sup>, Acting Head of the Department of Physiology, Ethology and Biochemistry of Animals, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor  
**Nadezhda Alekseevna Sergeenkova**<sup>2</sup>, Senior Lecturer at the Department of Physiology, Ethology and Biochemistry of Animals, Candidate of Biological Sciences  
**Daria Dmitrievna Bezzubenko**<sup>3</sup>, postgraduate student at the Department of Physiology, Ethology and Biochemistry of Animals  
**Svetlana Igorevna Polina**<sup>4</sup>, Assistant at the Department of Physiology, Ethology and Biochemistry of Animals