

Н.А. Сергеенкова
В.Г. Вертипрахов ✉
А.В. Шитикова

Российский государственный аграрный
университет — МСХА им. К.А. Тимирязева,
Москва, Россия

✉ vertiprakhov@mail.ru

Поступила в редакцию:
12.07.2023

Одобрена после рецензирования:
12.03.2024

Принята к публикации:
28.03.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-381-4-44-48

Nadezhda A. Sergeenkova
Vladimir G. Vertiprakhov ✉
Aleksandra V. Shitikova

Russian State Agrarian University —
Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russia

✉ vertiprakhov@mail.ru

Received by the editorial office:
12.07.2023

Accepted in revised:
12.03.2024

Accepted for publication:
28.03.2024

Активность трипсина в дуоденальном содержимом цыплят-бройлеров как показатель адаптации к составу рациона

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Применение в птицеводстве нетрадиционных компонентов рациона связано с потребностью отрасли в новых добавках, которые могли бы конкурировать по цене и качеству с соевыми продуктами и кормами животного происхождения. Их использование должно базироваться на всестороннем изучении их химического состава и физиологических свойств.

Методы. Наиболее объективным способом оценки является определение вкусовых ощущений и питательной ценности на фистульной птице по активности пищеварительных ферментов через 60 и 120 мин. с момента кормления при использовании в рационе изучаемых добавок.

Результаты. Эксперименты, выполненные на цыплятах-бройлерах, показали, что из трех добавок (соевый шрот, семена рапса и белый люпин) наибольшее предпочтение подопытные фистульные цыплята отдали люпину белому, поскольку в этом случае наблюдалась более выраженная реакция со стороны активности трипсина по сравнению с контрольным кормом (активность трипсина была выше на 29,0% ($p < 0,05$) в первые 60 мин. после кормления. В этом случае отмечали самые низкие показатели фосфатазно-трипсинового индекса и повышение белкового обмена по биохимическим показателям крови. При использовании семян рапса в кормосмеси наблюдали тенденцию снижения активности трипсина в первые 60 мин. после кормления, что указывает более низкие вкусовые ощущения от этой добавки.

Ключевые слова: активность трипсина, цыплята-бройлеры, дуоденальный химус, вкусовые ощущения, питательная ценность, люпин белый, рапс

Для цитирования: Сергеенкова Н.А., Вертипрахов В.Г., Шитикова А.В. Активность трипсина в дуоденальном содержимом цыплят-бройлеров как показатель адаптации к составу рациона. *Аграрная наука*. 2024; 381(4): 44–48.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-44-48>

© Сергеенкова Н.А., Вертипрахов В.Г., Шитикова А.В.

Trypsin activity in duodenal contents of broiler chickens as an indicator of adaptation to diet composition

ABSTRACT

Relevance. The use of non-traditional dietary components in poultry farming is associated with the industry's need for new additives that could compete in price and quality with soy products and animal feeds. Their use should be based on a comprehensive study of their chemical composition and physiological properties.

Methods. The most objective way of evaluation is the determination of taste and nutritive value on fistulated birds by the activity of digestive enzymes after 60 and 120 minutes from the moment of feeding when using the studied additives in the diet.

Results. Experiments performed on broiler chickens showed that out of three additives (soybean meal, rape seeds and white lupine) the most preference was given to white lupine by experimental fistula chickens, because in this case there was a more pronounced reaction from the side of trypsin activity in comparison with the control feed (trypsin activity was higher by 29,0% ($p < 0.05$) in the first 60 minutes after feeding. In this case, the lowest indices of phosphatase-trypsin index and increase of protein metabolism by blood biochemical indices were noted. When using rape seeds in the feed mixture, a tendency of trypsin activity decrease in the first 60 minutes after feeding was observed, indicating lower palatability of this additive.

Key words: trypsin activity, broiler chickens, duodenal chyme, palatability, nutritional value, white lupin, rapeseed

For citation: Sergeenkova N.A., Vertiprakhov V.G., Shitikova A.V. Trypsin activity in duodenal contents of broiler chickens as an indicator of adaptation to diet composition. *Agrarian science*. 2024; 381(4): 44–48 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-44-48>

© Sergeenkova N.A., Vertiprakhov V.G., Shitikova A.V.

Введение/Introduction

Потребность страны в растительном белке, ее продовольственная безопасность, а также условия рыночной экономики определяют необходимость расширения производства высокобелковых и урожайных культур, к которым относится люпин белый. Семена люпина белого содержат 35–40% протеина и 9–12% масла [1]. Корни усваивают фосфор и другие элементы, фиксированные в почве. Благодаря азотфиксации возможно получение достаточно высокого урожая семян и протеина без внесения азотных удобрений. По урожайности семян и белковой продуктивности люпин превосходит сою. В отличие от сои, семена белого люпина практически не содержат ингибиторов трипсина, их можно использовать на корм животным без тепловой обработки [2].

В семенах рапса содержание сырого протеина составляет 22,8%, фосфора — 1,74% [3]. Белок семян рапса богат такими незаменимыми аминокислотами, как лизин, метионин, цистин и триптофан, а из углеводов основную долю составляет сахароза. Химический анализ рапсового масла указывает на высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот: линолевой (26,3%) и линоленовой (12,1%), которые являются незаменимыми для животных [4]. По оценке фармакологической и биологической активности рапса, основанной на традиционном и народном опыте, его рекомендуют к использованию в медицинской практике [5]. Наличие глюконинолатов и эруковой кислоты в семенах рапса сдерживает его использование в кормлении моногастрических животных [3].

С использованием молекулярно-генетических методов было доказано, что в ротовой полости птицы находится достаточное количество рецепторов, чтобы четко различать пять основных вкусовых ощущений: сладкое, кислое, горькое, соленое и вкус умами [6, 7]. Это является физиологической основой для определения основных компонентов в рационе и включения регуляторных механизмов адаптации к составу корма. Известно, что секреторная функция поджелудочной железы тонко адаптируется к белковым, углеводным и жировым ингредиентам корма. Это было показано в опытах на собаках в лаборатории И.П. Павлова (1951 г.), свиньях и птице [8].

Цель работы — сравнить белковые добавки (соевый шрот, семена рапса и люпина белого) по влиянию на активность трипсина в дуоденальном химусе цыплят-бройлеров через 60 и 120 мин. постпрандиального периода, которые соответствуют разным периодам регуляции пищеварения.

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

Исследования выполняли на базе птичника РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева (Россия) в 2023 году, руководствуясь требованиями гуманного отношения к животным¹. Для опытов использовали цыплят-бройлеров кросса Ross 308 20–42-суточного возраста с хронической дуоденальной фистулой. Цыплят оперировали в 15-суточном возрасте, вживляя фистулу в 12-перстную кишку [8].

После восстановления здоровья цыплят-бройлеров (после хирургической операции) через 3–5 суток приступали к физиологическим опытам. Всех цыплят

Таблица 1. Состав рационов цыплят-бройлеров при использовании разных белковых добавок

Table 1. Composition of broiler chicken diets when using different protein supplements

Ингредиент, %	Группа		
	1-я контрольная (шрот соевый)	2-я опытная (семена рапса)	3-я опытная (семена люпина белого)
Пшеница	30,73	75,00	75,00
Кукуруза	30,00	–	–
Шрот соевый 46% СП	23,66	–	–
Рапс (измельченные семена)		24,00	
Люпин белый (измельченные семена)			24,00
Шрот подсолнечный СП 34% СК 20%	7,85	–	–
Масло подсолнечное	3,79	–	–
Сульфат лизина	0,43	–	–
DL-метионин	0,24	–	–
L-треонин	0,08	–	–
Монокальций фосфат (МКФ)	1,30	–	–
Соль поваренная	0,20	–	–
Мел кормовой	0,72	–	–
Витаминно-минеральный премикс	1,00	1,00	1,00

делили методом случайной выборки на 3 группы (по 5 голов в каждой). Первая группа получала основной рацион (ОР), в составе которого был соевый шрот (она служила контролем) (табл. 1).

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 мин. после кормления. Химус центрифугировали с использованием центрифуги Eppendorf MiniSpin® plus (Германия) при 7000 об/мин в течение 5 мин. 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 выполняли по методу Вертипрахова, Грозина (2018 г.) [9], щелочной фосфатазы, кальция и фосфора — с использованием реактивов («ДиаВЕТ», Россия). Фосфатазно-трипсиновый индекс (ФТИ) рассчитывали делением показателя активности щелочной фосфатазы на активность трипсина², который показывал способ оценки адаптации пищеварения птицы к ингредиентному составу рациона. 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, достоверными считали различия при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Испытание рационов, содержащих разные белковые добавки, на цыплятах-бройлерах выполняли на одной птице в одинаковых условиях с целью определения различий в активности трипсина в дуоденальном содержимом через 60 и 120 мин. постпрандиального периода. Данные представлены в таблице 2.

Результаты исследований показали, что по активности трипсина в первую фазу регуляции пищеварения,

¹ Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS № 123) [рус., англ.]. Страсбург, 18.03.1986.

² Вертипрахов В.Г., Грозина А.А., Кислова И.В. Патент RU 2742175 С1. Способ оценки адаптации пищеварения птицы к ингредиентному составу рациона (опубл. 02.02.2021).

Таблица 2. Активность трипсина в дуоденальном химусе цыплят-бройлеров при использовании разных белковых добавок
Table 2. Trypsin activity in duodenal chyme of broiler chickens using different protein supplements

Показатель	1-я контрольная группа		2-я опытная группа		3-я опытная группа	
	60 мин.	120 мин.	60 мин.	120 мин.	60 мин.	120 мин.
Активность трипсина, ед/л	1408,0 ± 63,4	1692,0 ± 142,5	1583,0 ± 94,0	1609,0 ± 71,0	1817,0 ± 97,1*	1899,0 ± 150,2
Активность щелочной фосфатазы, ед/л	16721,0 ± 1150,5	14961,0 ± 1867,5	15838,0 ± 1070,8	12540,0 ± 997,5	12930,0 ± 2032,3	11230,0 ± 1003,0
Фосфатазно-трипсиновый индекс (ФТИ), ед	11,87	8,84	10,0	7,79	7,12	5,91

Примечание: * различия с контрольной группой (соевый шрот) достоверны при $p < 0,05$.

которая достигает максимальной величины через 60 мин. постпрандиального периода [11, 12], различия наблюдаются между люпином белым и соевым шротом. У птицы реакция на люпин белый более выраженная по сравнению с контрольным кормом, активность трипсина выше на 29,0% ($p < 0,05$). По вкусовым ощущениям, если судить по активности трипсина, люпин белый превосходит семена рапса на 14,8% ($p > 0,05$). Сравнительный анализ фосфатазно-трипсинового индекса (ФТИ) подтверждает, что наиболее здоровое состояние кишечника соответствует использованию люпина белого, затем семян рапса. Самый высокий абсолютный, но менее эффективный по адаптации к питанию показатель у полнорационного корма, содержащего в качестве белой добавки соевый шрот [12].

Данные, полученные через 120 мин. постпрандиального периода, показали, что наиболее эффективным по переваримости протеина является люпин белый, показатель ФТИ которого равен 5,91, что превосходит рапс (7,79) и шрот соевый (8,84). Такая интерпретация показателя ФТИ базируется на том, что активность трипсина определяет уровень метаболизма в организме животных, а активность щелочной фосфатазы связана с разрушением клеток и выходом фермента в тканевую жидкость и кровь. Состояние, когда разрушается меньше клеток и увеличивается обмен веществ, более благоприятно для здоровья и адаптации к питанию у животных.

Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров указывают на изменение обменных процессов у птицы при использовании разных белковых добавок (табл. 3)

Результаты исследований показали, что самая высокая активность трипсина отмечается в группе цыплят-бройлеров, которые получали ОР с соевым шротом. При добавлении семян рапса в кормосмесь (25,0%) активность трипсина снижалась на 69,2% ($p < 0,05$), при добавлении в кормосмесь люпина белого (25,0%) снижение было менее значительным и составило 21,5% по сравнению с контрольной группой. Активность амилазы в сыворотке крови цыплят-бройлеров самая низкая при использовании в рационе добавки рапса (на 30,3% ниже контроля), а при использовании в кормосмеси добавки люпина белого показатель превышает контрольный на 15,3% ($p < 0,05$). Общий белок в крови повышается на 12,7% ($p < 0,05$) у цыплят-бройлеров, получавших люпин белый в составе кормосмеси. Количество мочевой кислоты значительно снижается в крови цыплят, получавших рапс, на 66,7%, люпин белый — на 41,1%.

Это свидетельствует об усилении белкового обмена в данных группах, приводящего к снижению продуктов переработки белка, что положительно влияет на продуктивность птицы. Липидный обмен в опытных группах значительно снижается (на 69,2% и 84,6%), если судить по количеству триглицеридов в сыворотке крови у цыплят-бройлеров. Это можно объяснить уменьшением содержания жира в рационе. Отмечается снижение кальция в крови в опытной группе с добавкой рапса на 77,8% по сравнению с контрольной группой, а фосфора — в группе с белым люпином (на 24,1%).

Таблица 3. Результаты биохимических исследований крови у цыплят-бройлеров при использовании разных белковых добавок ($M \pm m, n = 5$)

Table 3. Results of blood biochemical studies in broiler chickens using different protein supplements ($M \pm m, n = 5$)

Показатель	Группа		
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная
Активность трипсина, ед/л	172,0 ± 14,5	53,0 ± 3,4 ^a	135,0 ± 5,1 ^a
Активность амилазы, ед/л	720,0 ± 19,5	502,0 ± 12,3 ^a	830,0 ± 35,4 ^a
Глюкоза, ммоль/л	10,0 ± 0,20	7,5 ± 0,19	10,0 ± 1,90
Общий белок, г/л	35,4 ± 0,55	36,0 ± 0,35	39,9 ± 1,89 ^a
Мочевая кислота, мкмоль/л	336,0 ± 19,1	112,0 ± 3,0	198,0 ± 12,9 ^a
Триглицериды, ммоль/л	1,30 ± 0,05	0,40 ± 0,02 ^a	0,20 ± 0,04 ^a
Холестерин, ммоль/л	3,70 ± 0,21	4,50 ± 0,70	4,00 ± 0,04
Кальций, ммоль/л	5,40 ± 0,32	1,20 ± 0,01 ^a	6,50 ± 0,60 ^b
Фосфор, ммоль/л	2,90 ± 0,19	2,90 ± 0,01	2,20 ± 0,05 ^a

Примечание: ^a различия с соевым шротом достоверны при $p < 0,05$, ^b различия между показателями люпина белого и рапсом достоверны при $p < 0,05$.

Таким образом, замена соевого шрота в рационе цыплят-бройлеров на белковые добавки рапс и люпин белый способствует изменению метаболизма в организме птицы и одновременно лучшему усвоению протеина корма.

Долгое время не было четкого понимания функции вкусовой системы птиц, состоящей из вкусовых рецепторов, которые не собраны в сосочки и расположены в основном (60%) в верхнем небе, скрытом в щелях слюнных протоков. 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) [13]. Результаты исследований указывают на наличие систем восприятия горького и умами во вкусовых рецепторах цыплят и широкое распространение T2R7 и T1R1 в полости рта цыплят [14].

Данные о составе и физиологических свойствах кормов имеют огромное значение при составлении рационов. Для оценки вкусовых ощущений и разработки аттрактантов используются этологические методы, где основной критерий — предпочтение животного того или иного корма.

В работе впервые были приведены данные по использованию нового подхода к оценке вкусовых ощущений и питательной ценности компонентов корма, основанной на ферментативной активности дуоденального химуса в разные фазы секреторного процесса поджелудочной железы птицы. Если для животных задача исследователей направлена на повышение продуктивности, то для людей имеет значение регуляция метаболизма при ожирении. Установлено, что при ожирении изменится восприятие вкуса пищи, и это имеет определенные последствия для человека [15].

Выводы/Conclusions

Сравнительный анализ трех белковых добавок позволяет делать следующие выводы: наиболее перспективной добавкой для питания птицы может служить люпин белый, обладающий по ферментативному критерию лучшими вкусовыми свойствами по сравнению с соевым шротом и семенами рапса; показатель ФТИ добавки люпина белого в рационе цыплят-бройлеров имеет самые оптимальные значения в первой и второй

фазах регуляции пищеварения, что указывает на более высокий уровень адаптации при использовании данной добавки в количестве 25,0% от массы корма; биохимические показатели крови согласуются с результатами ферментативной активности дуоденального содержимого, что может быть основанием объективности гипотезы оценки вкусовых ощущений и питательной ценности компонентов рациона *in vivo* на цыплятах-бройлерах с применением фистульных технологий.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гатаулина Г.Г., Медведева Н.В., Шитикова А.В. Люпин белый (*Lupinus albus* L.) — альтернатива сое: новый сорт Тимирязевский. *Кормопроизводство*. 2020; (1): 36–40. <https://elibrary.ru/saheni>
2. Гатаулина Г.Г., Никитина С.С. Зернобобовые культуры: системный подход к анализу роста, развития и формирования урожая. М.: Инфра-М. 2016; 240. ISBN 978-5-16-011846-8 <https://elibrary.ru/vuhij>
3. Медведев В.В., Хакимов Е.И., Фатыхов И.Ш., Вафина Э.Ф. Биохимический состав сухого вещества надземной биомассы и семян рапса. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2020; 15(2): 29–34. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-29-34>
4. Зыбалов В.С. Яровой рапс — культура больших возможностей на Южном Урале. *АПК России*. 2019; 26(5): 755–762. <https://elibrary.ru/qcufuj>
5. Жидебаева Ж.К., Тилеуберди Н.Н. Перспектива применения рапса (*Brassica napus*) в качестве источника биологически активных веществ. *Молодая фармация — потенциал будущего. Сборник материалов XII Всероссийской научной конференции студентов и аспирантов с международным участием*. СПб.: Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет. 2022; 139–142. <https://elibrary.ru/mksofq>
6. Niknafs S., Roura E. Nutrient sensing, taste and feed intake in avian species. *Nutrition Research Reviews*. 2018; 31(2): 256–266. <https://doi.org/10.1017/S0954422418000100>
7. Yoshida Y. et al. Bitter taste receptor T2R7 and umami taste receptor subunit T1R1 are expressed highly in Vimentin-negative taste bud cells in chickens. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2019; 511(2): 280–286. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2019.02.021>
8. Вертипрахов В.Г. Физиология кишечного пищеварения у кур (экспериментальный подход). М.: Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева. 2022; 175. ISBN 978-5-9675-1887-4 <https://elibrary.ru/vcffiy>
9. Вертипрахов В.Г., Грозина А.А. Оценка состояния поджелудочной железы методом определения активности трипсина в крови птицы. *Ветеринария*. 2018; (12): 51–54. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2018.12.12.51-54>
10. Вертипрахов В.Г., Кислова И.В. Экзокринная функция поджелудочной железы кур-несушек при изменении уровня кальция в рационе. *Международный вестник ветеринарии*. 2019; (4): 118–124. <https://elibrary.ru/lpcyjg>
11. Батоев Ц.Ж. Физиология пищеварения птиц. Улан-Удэ: Издательство Бурятского государственного университета. 2001; 213.
12. Бердников П.П., Сердцев М.И., Самсоненко И.А. Физиологическая сложнорефлекторная фаза пищевого возбуждения поджелудочной железы у мускусных уток. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2012; (8): 105–106. <https://elibrary.ru/pboked>
13. Yoshida Y., Kawabata Y., Kawabata F., Nishimura S., Tabata S. Expression of multiple umami taste receptors in oral and gastrointestinal tissues and synergism of umami taste in chickens. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2015; 466(3): 346–349. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.09.025>
14. Yoshida Y., Kawabata F., Kawabata Y., Nishimura S., Tabata S. Short-term perception of and conditioned taste aversion to umami taste, and oral expression patterns of umami taste receptors in chickens. *Physiology & Behavior*. 2018; 191: 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.03.020>
15. Alessandrini M., Vezzoli A., Mrakic-Spota S., Malacrida S., Micarelli A. Commentary: Is obesity associated with taste alterations? A systematic review. *Frontiers in Endocrinology*. 2024; 14: 1282276. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1282276>

REFERENCES

1. Gataulina G.G., Medvedeva N.V., Shitikova A.V. White lupine (*Lupinus albus* L.) — soybean alternative: new variety Timiryazevskiy. *Fodder Journal*. 2020; (1): 36–40 (in Russian). <https://elibrary.ru/saheni>
2. Gataulina G.G., Nikitina S.S. Leguminous cultures: system approach to the analysis of growth, development and formation. Moscow: *Infra-M*. 2016; 240 (in Russian). ISBN 978-5-16-011846-8 <https://elibrary.ru/vuhij>
3. Medvedev V.V., Khakimov E.I., Fatykhov I.Sh., Vafina E.F. Biochemical composition of dry substance of above-ground biomass and rape seeds. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2020; 15(2): 29–34 (in Russian). <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-29-34>
4. Zyalov V.S. Spring rape as a culture with great opportunities in the Southern Urals. *Agro-industrial complex of Russia*. 2019; 26(5): 755–762 (in Russian). <https://elibrary.ru/qcufuj>
5. Zhidibaeva Zh.K., Tileuberdi N.N. The prospect of using rapeseed (*Brassica napus*) as a source of biologically active substances. *Young pharmacy — potential of the future. Proceedings of the XII All-Russian scientific conference of students and postgraduates with international participation*. St. Petersburg: St. Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University. 2022; 139–142 (in Russian). <https://elibrary.ru/mksofq>
6. Niknafs S., Roura E. Nutrient sensing, taste and feed intake in avian species. *Nutrition Research Reviews*. 2018; 31(2): 256–266. <https://doi.org/10.1017/S0954422418000100>
7. Yoshida Y. et al. Bitter taste receptor T2R7 and umami taste receptor subunit T1R1 are expressed highly in Vimentin-negative taste bud cells in chickens. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2019; 511(2): 280–286. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2019.02.021>
8. Vertiprakhov V.G. Physiology of intestinal digestion in chickens (experimental approach). Moscow: *Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev*. 2022; 175 (in Russian). ISBN 978-5-9675-1887-4 <https://elibrary.ru/vcffiy>
9. Vertiprakhov V.G., Grozina A.A. The estimation of pancreatic functionality in chicken using tryptic activity in blood serum. *Veterinary medicine*. 2018; (12): 51–54 (in Russian). <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2018.12.12.51-54>
10. Vertiprakhov V.G., Kislova I.V. The exocrine pancreatic function in laying hens fed different calcium levels. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2019; (4): 118–124 (in Russian). <https://elibrary.ru/lpcyjg>
11. Batoev Ts.Zh. Physiology of digestion of birds. Ulan-Ude: *Buryat State University Publishing House*. 2001; 213 (in Russian).
12. Berdnikov P.P., Serdtsev M.I., Samsonenko I.A. Physiological complex reflex phase of alimentary excitation of pancreas in muscovy duck. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2012; (8): 105–106 (in Russian). <https://elibrary.ru/pboked>
13. Yoshida Y., Kawabata Y., Kawabata F., Nishimura S., Tabata S. Expression of multiple umami taste receptors in oral and gastrointestinal tissues and synergism of umami taste in chickens. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2015; 466(3): 346–349. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.09.025>
14. Yoshida Y., Kawabata F., Kawabata Y., Nishimura S., Tabata S. Short-term perception of and conditioned taste aversion to umami taste, and oral expression patterns of umami taste receptors in chickens. *Physiology & Behavior*. 2018; 191: 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.03.020>
15. Alessandrini M., Vezzoli A., Mrakic-Spota S., Malacrida S., Micarelli A. Commentary: Is obesity associated with taste alterations? A systematic review. *Frontiers in Endocrinology*. 2024; 14: 1282276. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1282276>

ОБ АВТОРАХ

Надежда Алексеевна Сергеевкова
кандидат биологических наук
nsergeenkova@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8769-951X>
Тел. 8 (977) 832-94-90

Владимир Георгиевич Вертипрахов
доктор биологических наук, доцент
vertiprahov@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3240-7636>
Тел. 8 (915) 492-63-63

Александра Васильевна Шитикова
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
plant@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5943-0430>

Российский государственный аграрный университет —
МСХА им. К.А. Тимирязева,
ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127434, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Nadezhda Alekseevna Sergeenkova
Candidate of Biological Sciences
nsergeenkova@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8769-951X>
Phone 8 (977) 832-94-90

Vladimir Georgievich Vertiprahov
Doctor of Biological Sciences, Associate Professor
vertiprahov@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3240-7636>
Phone 8 (915) 492-63-63

Aleksandra Vasilyevna Shitikova
Doctor of Agricultural Sciences, Professor
plant@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5943-0430>

Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural
Academy,
49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russia



**АГРОРУСЬ
PRO 2024**

28-30 АВГУСТА 2024

**33-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ
АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА**



**КОНГРЕССНАЯ
ПРОГРАММА**

**ЭКСПОЗИЦИИ
РЕГИОНОВ РОССИИ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЕ
ЭКСПОЗИЦИИ**

**ЦЕНТР
ДЕЛОВЫХ
КОНТАКТОВ**

**ОТРАСЛЕВОЙ
КОНКУРС
«ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ»**



ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ
НА НАШ
TELEGRAM-КАНАЛ
@AGRORUS1



КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ
ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

AGRORUS.EXPOFORUM.RU
ТЕЛ.: +7 (812) 240-40-40, ДОБ. 2980, 2427, 2434



6+