

Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 1. С. 74-81
Animal Husbandry and Fodder Production. 2022. Vol. 105, no 1. P. 74-81

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА КОРМЛЕНИЯ

Научная статья
УДК 636.085:636.5
doi:10.33284/2658-3135-105-1-74

Экструзионная обработка как фактор, определяющий аминокислотный состав различных компонентов корма для цыплят-бройлеров

Татьяна Николаевна Холодильникова¹, Марина Яковлевна Курилкина², Ксения Николаевна Атландерова³
^{1,2,3}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹icvniims@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3946-8247>

²K_marina4@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0253-7867>

³atlander-kn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3977-4831>

Аннотация. В статье представлены исследования сравнительного анализа аминокислотного профиля компонентов рациона цыплят-бройлеров, подвергнутого экструзионному воздействию. Анализ изучения аминокислотного состава компонентов рациона показал, что отруби пшеничные преобладали над кукурузой по концентрации практически всех исследуемых аминокислот. Процесс экструзии способствовал снижению концентрации гистидина, валина, серина, лизина, пролина и треонина на 28,95; 20; 17,81; 16; 14,9 и 10,72 % в отрубях пшеничных, однако на кукурузу данный процесс повлиял повышением аргинина, гистидина, пролина, аланина на 80; 33; 13; 11 % в сравнении с нативными формами. Однако, несмотря на это, при экструзионном воздействии преобладание отрубей пшеничных над кукурузой было неизменным для всех изучаемых аминокислот за исключением метионина.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормление, экструзия, компоненты рациона, отруби пшеничные, кукуруза, аминокислотный профиль

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0005).

Для цитирования: Холодильникова Т.Н., Курилкина М.Я., Атландерова К.Н. Экструзионная обработка как фактор, определяющий аминокислотный состав различных компонентов корма для цыплят-бройлеров // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 1. С. 74-81. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-74>

THEORY AND PRACTICE OF FEEDING

Original article

Extrusion processing as factor determining the amino acid composition of various feed components for broiler chickens

Tatyana N Kholodilina¹, Marina Ya Kurilkina², Ksenia N Atlanderova³

^{1,2,3}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹icvniims@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3946-8247>

²K_marina4@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0253-7867>

³atlander-kn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3977-4831>

Abstract. The article presents studies of a comparative analysis of the amino acid profile of the components of the diet of broiler chickens subjected to extrusion. An analysis of the study of the amino acid composition of the diet components showed that wheat bran prevailed over corn in terms of the concentration in almost all the studied amino acids. The extrusion process contributed to a decrease in the

concentration of histidine, valine, serine, lysine, proline and threonine by 28.95; 20; 17.81; 16; 14.9 and 10.72% in wheat bran, however, this process affected corn by an increase in arginine, histidine, proline, alanine by 80; 33; 13; 11% compared to native forms. However, despite this, under extrusion exposure, the predominance of wheat bran over corn was unchanged for all studied amino acids, with the exception of methionine.

Key words: broiler chickens, feeding, extrusion, diet components, wheat bran, corn, amino acid profile

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2021-2023 FSBRI FRC BST RAS (No. 0761-2019-0005).

For citation: Kholodilina TN, Kurilkina MYa, Atlanderova KN. Extrusion processing as factor determining the amino acid composition of various feed components for broiler chickens. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(1):74-81. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-74>

Введение.

На сегодняшний день процесс экструзии – хорошо зарекомендовавший себя метод, который активно применяется для производства фармпрепаратов, кормовых и пищевых продуктов. Однако наибольший интерес к процессу экструзии возник в последние несколько лет. По данным ресурса Pub.Med.gov, количество публикаций увеличилось в три раза, это связано с углублённым изучением механохимических преобразований в сырье (Yan X et al., 2015; Andersson AAM et al., 2017; Faridah HS et al., 2020).

Большое значение в разработке экструдированных продуктов имеет понимание химических реакций, которые происходят в процессе обработки. Преобразование углеводного комплекса и денатурация белка являются преобладающими реакциями экструзии. Однако белки, крахмалы, некрахмальные полисахариды могут фрагментироваться, образуя новые реактивные соединения, не встречающиеся в природе (Zare-Sheibani AA et al., 2015; Bolm C and Hernández JG, 2018).

Несмотря на то что экструзия способствует улучшению питательности кормов, в то же время может происходить повреждение и разрыв их пептидных связей (Zilić S et al., 2014; Liu S et al., 2020). Таким образом, в зависимости от выбранных исходных компонентов для экструзии и параметров её проведения структурные преобразования в конечном продукте могут идти как в лучшую, так и в худшую сторону (Куручкин А.А. и др., 2012).

Пшеничные отруби, благодаря входящим в их состав эндосперму, характеризуются высоким содержанием белка и пищевых волокон, являются перспективным сырьём для производства кормов (Martinchik AN and Sharikov AY, 2015; Crawford DE, 2017). Однако наличие большого количества клетчатки ограничивает их использование в рационах птиц. Кукуруза же является наиболее востребованным и дорогим компонентом при составлении рационов. Таким образом, в настоящей работе основное внимание уделяется изучению влияния высокотемпературной кратковременной обработки в одношнековом экструдере на изменение аминокислотного профиля пшеничных отрубей и кормовой кукурузы.

Цель исследования.

Изучение экструзионной обработки как фактора, определяющего аминокислотный состав различных компонентов корма для цыплят-бройлеров.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Пшеничные отруби, зерно кукурузы.

Схема эксперимента. Параметры проведения процесса экструзии были приняты на основании исследований ряда авторов для того, чтобы избежать негативных эффектов реакции Майяра (Gilani SG et al., 2012; Martinchik AN and Sharikov AY, 2015; Avilés-Gaxiola S et al., 2018).

Перед процессом экструзии образцы пшеничных отрубей и кукурузы увлажнялись до 25 %, перемешивались и отволаживались в течение суток. Экструзию проводили на прессе-экструдере, максимальная температура головки шнека экструдера не превышала +140 °С. После экструзии образцы сушились на открытом воздухе, размалывались и хранили в пластиковых пакетах при температуре +4 °С.

Показатели аминокислотного состава экструдированных и нативных образцов определяли в трёх повторностях с использованием стандартных методов. В пробах осуществляли определение аминокислотного состава с помощью системы капиллярного электрофореза по ГОСТ Р 55569. Данные представлены в пересчёте на сухое вещество.

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены в ЦКП БСТ РАН <http://цкп-бст.рф>. Универсальный одношнековый пресс-экструдер ПЭШ-30/4 (Россия), весы лабораторные электронные BM 153 (ООО «ОКБ Веста», Россия), шкаф сушильный LOIP LF 60/350-VS1c принудительной конвекцией «Капель 105» (Россия).

Статистическая обработка. Результаты, полученные в исследованиях, были обработаны с помощью программного комплекса «Statistica 12.0» («Stat Soft Inc.», США). Для статистического анализа использовали параметрический t-критерий Стьюдента.

Результаты исследования.

Анализ данных показал, что аминокислотный профиль белка исследуемых образцов, претерпевает изменения в ходе структурных преобразований, происходящих в процессе экструдирования (рис. 1).

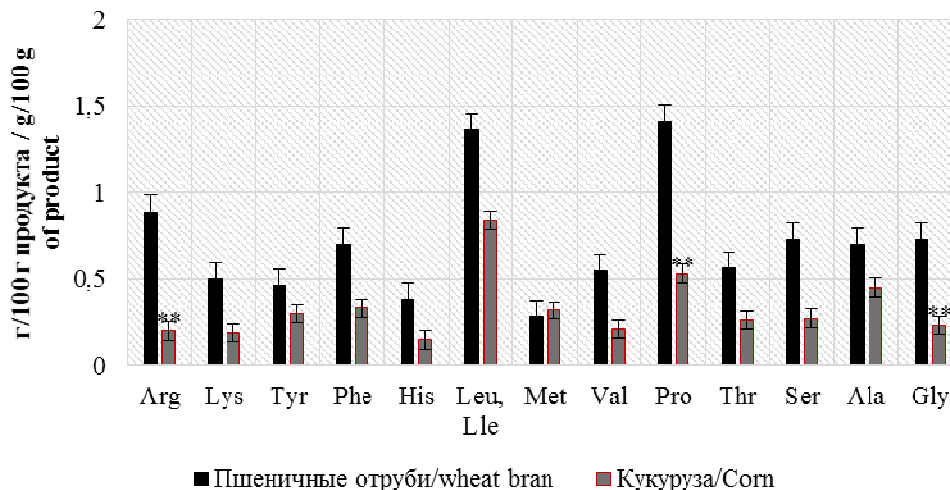


Рис. 1 – Аминокислотный состав компонентов рациона
Figure 1 – Amino acid composition of dietary components

При сравнении качественных показателей белка двух компонентов кормов было выявлено, что аминокислотный профиль пшеничных отрубей выше по всем показателям относительно кукурузы. Так, из изученного перечня незаменимых аминокислот в отрубях наблюдалось преобладание по: аргинину на 77,5 %, лизину – 62 %, валину – 61,8 %, треонину – 53,6 %, глицину – 68,5 %, фенилаланин – 52,9 %, треонину – 53,6 % ($P \leq 0,001$), гистидину – 60,5 % ($P \leq 0,01$).

Экструзия пшеничных отрубей привела к количественному уменьшению аминокислот (рис. 2).

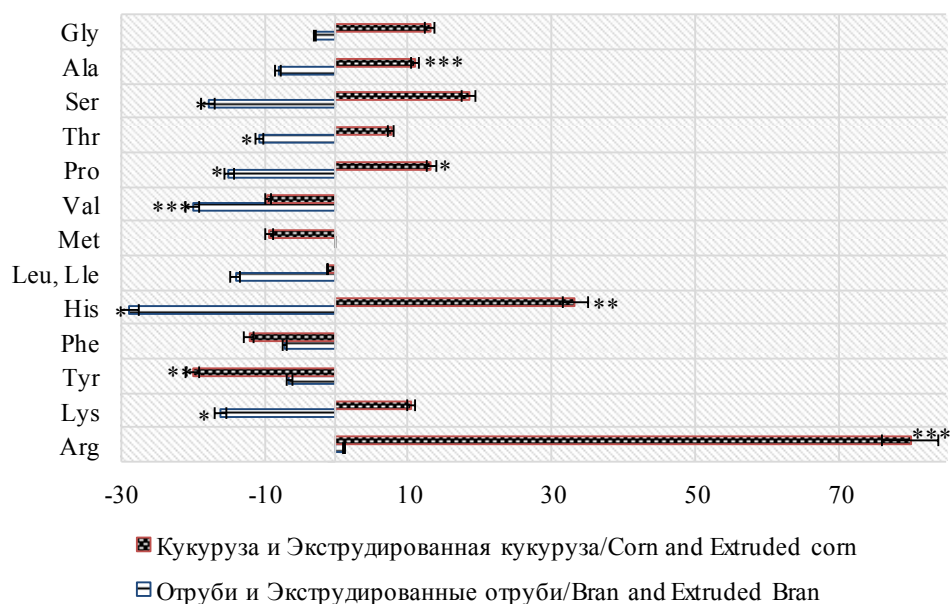


Рис. 2 – Влияние процесса экструзии на аминокислотный состав отрубей и кукурузы, %
Figure 2 – Influence of the extrusion process on amino acid composition of bran and corn, %

Наиболее значимые изменения произошли для гистидина, снижение составило 28,95 %, валина – 20 %, серина – 17,81 %, лизина – 16 %, пролина – 14,9 % треонина – 10,72 %. В то же время повышение концентрации аминокислот в кукурузе после экструзии составило: для аргинина – 80 %, гистидина – 33 %, пролина – 13 %, аланина – 11 %, концентрация тирозина уменьшилась на 20 %. Колебания других аминокислот в экструдате кукурузы не были достоверными.

Процесс экструзии сохранил преобладание аминокислотного состава пшеничных отрубей над кукурузой по всем рассматриваемым аминокислотам, кроме метионина (рис. 3).

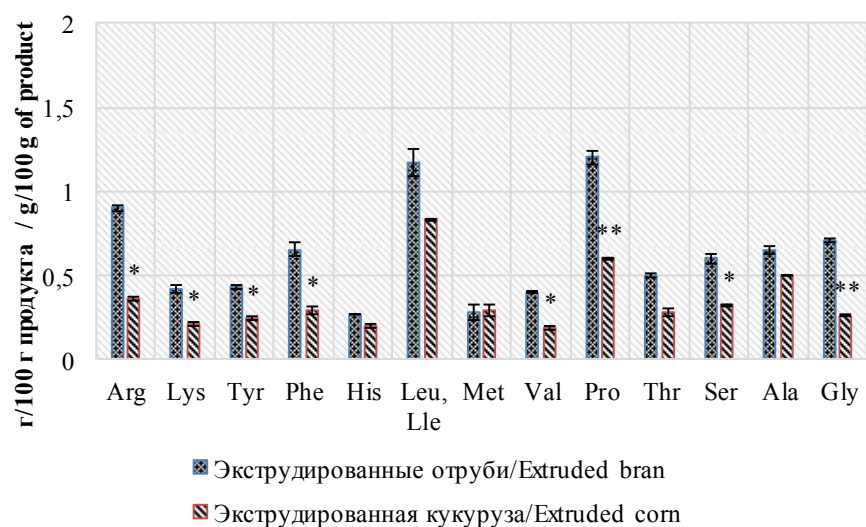


Рис. 3 – Аминокислотный состав компонентов рациона после экструзии
Figure 3 – Amino acid composition of diet components after extrusion

Обсуждение полученных результатов.

Экструзия – кратковременный высокотемпературный процесс, характеризующийся минимальными потерями ценных нутриентов и биологически активных соединений, по сравнению с другими способами термообработки сырья (Haghighi-Manesh S and Azizi MH, 2018). Исследования свойств белкосодержащих продуктов, белковых изолятов и концентратов при экструзии ведутся в нескольких направлениях: инактивация антипитательных факторов (в частности ингибиторов трипсина), улучшение перевариваемости и усвояемости белка, изменение содержания и химическая модификация аминокислот, образование продуктов реакции Майяра с участием аминокислот, формирование функциональных технологических свойств экструдированных белковых продуктов.

При экструзии могут наблюдаться значительные потери ценной аминокислоты лизина и накопление продуктов, представляющих потенциальную опасность для здоровья. Если проводить экструзию быстро, при температуре ниже +180 °С, влажности – не менее 15 % и ограничивать содержание редуцирующих сахаров в подвергаемых экструзии смесях, можно получить безопасный продукт с высокой пищевой ценностью (Курилкина М.Я. и др., 2018; Hejdysz M et al., 2018; Kholodilina T et al., 2021).

В наших исследованиях установлено, что процесс экструзии для пшеничных отрубей приводил к уменьшению содержания аминокислот для гистидина, валина, серина, лизина, пролина, треонина. В то же время повышение концентрации аминокислот в кукурузе после экструзионной обработки наблюдалось для аргинина, гистидина, пролина, аланина. Учёными установлено, что отношение количества незаменимых аминокислот к общему количеству аминокислот снижается до 0,02 % после процесса экструзии, что приводит к некоторому ухудшению качества белка, однако повышает его переваримость за счёт инактивации антипитательных факторов (Hejdysz M et al., 2019; Kiarie EG and Mills A, 2019; Azizian M and Saki AA, 2021; Zhaleh S et al., 2020).

Заключение.

В ходе исследования были определены изменения в аминокислотном профиле изучаемых компонентов рациона после процесса экструзии. Так, экструзионная обработка отрубей пшеничных способствовала снижению концентрации аминокислот относительно нативной формы, но сохраняла преимущество над кукурузой по всем исследуемым аминокислотам. Таким образом, рациональным представляются дальнейшие исследования на организме цыплят-бройлеров с целью изучения переваримости опытных компонентов рациона.

Список источников

1. Курочкин А.А., Шабурова Г.В., Воронина П.К. Регулирование функционально-технологических свойств экструдатов растительного сырья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 4. С. 86-91. [Kurochkin AA, Shaburova GV, Voronina PK. The regulation of vegetable raw materials extrudates functional and technological properties. Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2012;4:86-91. (In Russ)].
2. Особенности влияния экструдированного препарата с комплексом высокодисперсных металлов на химический состав продукции цыплят-бройлеров / М.Я. Курилкина, Т.Н. Холодилина, О.А. Завьялов, А.С. Мустафина, Е.О. Жданова // Нанотехнологии в сельском хозяйстве: перспективы и риски: материалы междунар. науч.-практ. конф, (г. Оренбург, 26-27 сент. 2018 г.). Оренбург: ФНЦ БСТ РАН, 2018. С. 92-97. [Kurilkina MYa, Kholodilina TN, Zavyalov OA, Mustafina AS, Zhdanova EO. Peculiarities of the influence of the extruded preparation with the complex of high-dispersed metals on the chemical composition of the production chicken-broilers (Conference proceedings) Nano-

tekhnologii v sel'skom khozyaistve: perspektivy i riski: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Orenburg, 26-27 sent. 2018 g.). Orenburg: FNTs BST RAN; 2018:92-97. (*In Russ*).

3. Andersson AAM, Andersson R, Jonsäll A, Andersson J, Fredriksson H. Effect of different extrusion parameters on dietary fiber in wheat bran and rye bran. *J Food Sci.* 2017;82(6):1344-1350. doi: 10.1111/1750-3841.13741

4. Avilés-Gaxiola S, Chuck-Hernández C, Serna Saldívar SO. Inactivation methods of trypsin inhibitor in legumes: a review. *J Food Sci.* 2018;83(1):17-29. doi: 10.1111/1750-3841.13985

5. Azizian M, Saki AA. Effect of mash, pellet, and extrude diet form on ascetic gene expression (HIF-1 α mRNA) and heart index in broiler chicken. *JAST.* 2021;23(1):17-25.

6. Bolm C, Hernández JG. From synthesis of amino acids and peptides to enzymatic catalysis: a bottom-up approach in mechanochemistry. *Chem Sus Chem.* 2018;11(9):1410-20. doi: 10.1002/cssc.201800113

7. Crawford DE. Extrusion – back to the future: Using an established technique to reform automated chemical synthesis. *Beilstein J Org Chem.* 2017;13:65-75. doi: 10.3762/bjoc.13.9

Faridah HS, Goh YM, Noordin MM, Liang JB. Extrusion enhances apparent metabolizable energy, ileal protein and amino acid digestibility of palm kernel cake in broilers. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2020;33(12):1965-1974. doi: 10.5713/ajas.19.0964

8. Gilani SG, Xiao WC, Cockell KA. Impact of antinutritional factors in food proteins on the digestibility of protein and the bioavailability of amino acids and on protein quality. *Br J Nutr.* 2012;108:315-32. doi: 10.1017/S0007114512002371

9. Haghighi-Manesh S, Azizi MH. Integrated extrusion-enzymatic treatment of corn bran for production of functional cake. *Food Science and Nutrition.* 2018; 6(7):1870-1878. doi: 10.1002/fsn3.738

10. Hejdysz M, Kaczmarek SA, Kubiś M, Jamroz D, Kasproiewicz-Potocka M, Zaworska A, Rutkowski A. Effect of increasing levels of raw and extruded narrow-leafed lupin seeds in broiler diet on performance parameters, nutrient digestibility and AMEN value of diet. *Journal of Animal and Feed Sciences.* 2018;27(1):55-64. doi: 10.22358/jafs/83015/2018

11. Hejdysz M, Kaczmarek SA, Kubiś M, Adamski M, Perz K, Rutkowski A. The effect of faba bean extrusion on the growth performance, nutrient utilization, metabolizable energy, excretion of sialic acids and meat quality of broiler chickens. *Animal.* 2019;13(8):1583-1590. doi: 10.1017/S175173111800366X

12. Kholodilina T, Kurilkina M, Atlanderova K. The elemental status of broiler chickens with the introduction of extruded dietary fibers into the diet. *Trace Elements and Electrolytes.* 2021;38(3):143.

13. Kiarie EG, Mills A. Role of feed processing on gut health and function in pigs and poultry: conundrum of optimal particle size and hydrothermal regimens. *Frontiers in Veterinary Science.* 2019;6:19. doi: 10.3389/fvets.2019.00019

14. Liu S, Zhao L, Wang L, Liu H. Microstructure-modified products from stone-milled wheat bran powder improve glycemic response and sustain colonic fermentation. *Int J Biol Macromol.* 2020;153:1193-1201. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.10.249

15. Martinchik AN, Sharikov AY. Effect of extrusion on the retention of amino acids and the nutritional value of the protein. *Vopr Pitan.* 2015;84(3):13-21.

16. Yan X, Ye R, Chen Y. Blasting extrusion processing: The increase of soluble dietary fiber content and extraction of soluble-fiber polysaccharides from wheat bran. *Food Chemistry.* 2015;180:106-115. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.01.127

17. Zare-Sheibani AA, Arab M, Zamiri MJ, Zare-Sheibani AA, Masoud A, Mohammad JZ, Rezvani MR, Dadpasand M, Ahmadi F. Effects of extrusion of rice bran on performance and phosphorous bioavailability in broiler chickens. *J Anim Sci Technol.* 2015;57:26. doi: 10.1186/s40781-015-0059-z

18. Zhaleh S, Golian A, Zerehdaran S. Effects of one week feeding finisher diets containing rolled and extruded flaxseed on performance, lipid peroxidation and Omega-3 fatty acids in breast and thigh meat of broiler chickens. *Poultry Science Journal.* 2020;8(1):83-94. doi: 10.22069/psj.2020.17465.1533

19. Zilić S, Mogol BA, Akıllıoğlu G, Serpen A, Delić N, Gökmen V. Effects of extrusion, infrared and microwave processing on Maillard reaction products and phenolic compounds in soybean J Sci Food Agric. 2014;94(1):45-51. doi: 10.1002/jsfa.6210

References

1. Kurochkin AA, Shaburova GV, Voronina PK. The regulation of vegetable raw materials extrudates functional and technological properties. Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2012;4:86-91.
2. Kurilkina MYa, Kholodilina TN, Zavyalov OA, Mustafina AS, Zhdanova EO. Peculiarities of influence of the extruded preparation with the complex of high-dispersed metals on the chemical composition of the chicken-broilers production (Conference proceedings) Nanotechnologies in agriculture: prospects and risks: materials of international scientific-practical conf, (Orenburg, 26-27 September 2018). Orenburg: FNTs BST RAN; 2018:92-97.
3. Andersson AAM, Andersson R, Jonsäll A, Andersson J, Fredriksson H. Effect of different extrusion parameters on dietary fiber in wheat bran and rye bran. J Food Sci. 2017;82(6):1344-1350. doi: 10.1111/1750-3841.13741
4. Avilés-Gaxiola S, Chuck-Hernández C, Serna Saldívar SO. Inactivation methods of trypsin inhibitor in legumes: a review. J Food Sci. 2018;83(1):17-29. doi: 10.1111/1750-3841.13985
5. Azizian M, Saki AA. Effect of mash, pellet, and extrude diet form on ascetic gene expression (HIF-1 α mRNA) and heart index in broiler chicken. JAST. 2021;23(1):17-25.
6. Bolm C, Hernández JG. From synthesis of amino acids and peptides to enzymatic catalysis: a bottom-up approach in mechanochemistry. Chem Sus Chem. 2018;11(9):1410-20. doi: 10.1002/cssc.201800113
7. Crawford DE. Extrusion – back to the future: Using an established technique to reform automated chemical synthesis. Beilstein J Org Chem. 2017;13:65-75. doi: 10.3762/bjoc.13.9
8. Faridah HS, Goh YM, Noordin MM, Liang JB. Extrusion enhances apparent metabolizable energy, ileal protein and amino acid digestibility of palm kernel cake in broilers. Asian-Australas J Anim Sci. 2020;33(12):1965-1974. doi: 10.5713/ajas.19.0964
9. Gilani SG, Xiao WC, Cockell KA. Impact of antinutritional factors in food proteins on the digestibility of protein and the bioavailability of amino acids and on protein quality. Br J Nutr. 2012;108:315-32. doi: 10.1017/S0007114512002371
10. Haghighi-Manesh S, Azizi MH. Integrated extrusion-enzymatic treatment of corn bran for production of functional cake. Food Science and Nutrition. 2018;6(7):1870-1878. doi: 10.1002/fsn.3.738
11. Hejdysz M, Kaczmarek SA, Kubiś M, Jamroz D, Kaspruwicz-Potocka M, Zaworska A, Rutkowski A. Effect of increasing levels of raw and extruded narrow-leafed lupin seeds in broiler diet on performance parameters, nutrient digestibility and AMEN value of diet. Journal of Animal and Feed Sciences. 2018;27(1):55-64. doi: 10.22358/jafs/83015/2018
12. Hejdysz M, Kaczmarek SA, Kubiś M, Adamski M, Perz K, Rutkowski A. The effect of faba bean extrusion on the growth performance, nutrient utilization, metabolizable energy, excretion of sialic acids and meat quality of broiler chickens. Animal. 2019;13(8):1583-1590. doi: 10.1017/S175173111800366X
13. Kholodilina T, Kurilkina M, Atlanderova K. The elemental status of broiler chickens with the introduction of extruded dietary fibers into the diet. Trace Elements and Electrolytes. 2021;38(3):143.
14. Kiarie EG, Mills A. Role of feed processing on gut health and function in pigs and poultry: conundrum of optimal particle size and hydrothermal regimens. Frontiers in Veterinary Science. 2019;6:19. doi: 10.3389/fvets.2019.00019
15. Liu S, Zhao L, Wang L, Liu H. Microstructure-modified products from stone-milled wheat bran powder improve glycemic response and sustain colonic fermentation. Int J Biol Macromol. 2020;153:1193-1201. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.10.249

15. Martinchik AN, Sharikov AY. Effect of extrusion on the retention of amino acids and the nutritional value of the protein. *Vopr Pitan.* 2015;84(3):13-21.

16. Yan X, Ye R, Chen Y. Blasting extrusion processing: The increase of soluble dietary fiber content and extraction of soluble-fiber polysaccharides from wheat bran. *Food Chemistry.* 2015;180:106-115. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.01.127

17. Zare-Sheibani AA, Arab M, Zamiri MJ, Zare-Sheibani AA, Masoud A, Mohammad JZ, Rezvani MR, Dadpasand M, Ahmadi F. Effects of extrusion of rice bran on performance and phosphorous bioavailability in broiler chickens. *J Anim Sci Technol.* 2015;57:26. doi: 10.1186/s40781-015-0059-z

18. Zhaleh S, Golian A, Zerehdaran S. Effects of one week feeding finisher diets containing rolled and extruded flaxseed on performance, lipid peroxidation and Omega-3 fatty acids in breast and thigh meat of broiler chickens. *Poultry Science Journal.* 2020;8(1):83-94. doi: 10.22069/psj.2020.17465.1533

19. Zilić S, Mogol BA, Akilhoğlu G, Serpen A, Deliç N, Gökmen V. Effects of extrusion, infrared and microwave processing on Maillard reaction products and phenolic compounds in soybean *J Sci Food Agric.* 2014;94(1):45-51. doi: 10.1002/jsfa.6210

Информация об авторах:

Татьяна Николаевна Холодилина, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий Испытательным центром ЦКП, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)77-39-97.

Марина Яковлевна Курилкина, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Испытательного центра, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)77-39-97.

Ксения Николаевна Атландерова, кандидат биологических наук, научный сотрудник Испытательного центра, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)77-39-97.

Information about authors:

Tatyana N Kholodilina, Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Testing Center of the Central Common Use Center, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 January St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532)77-39-97.

Marina Ya Kurilkina, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher of the Testing Center, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 January St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532)77-39-97.

Ksenia N Atlanderova, Cand. Sci. (Biology), Researcher at the Testing Center, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 January St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532)77-39-97.

Статья поступила в редакцию 02.03.2022; одобрена после рецензирования 10.03.2022; принята к публикации 21.03.2022.

The article was submitted 02.03.2022; approved after reviewing 10.03.2022; accepted for publication 21.03.2022.