

## ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

### 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки)

Научная статья

УДК 636.52/.58.086.78

doi: <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i3pp91-96>

#### Применение кукурузного экстракта в кормлении сельскохозяйственной птицы

Денис Васильевич Осепчук, Андрей Анатольевич Свистунов, Наталья Васильевна Агаркова,  
Александра Александровна Данилова, Сергей Анатольевич Смолин

Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии, г. Краснодар, пос. Знаменский, Россия

e-mail: [skniig@yandex.ru](mailto:skniig@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье представлены результаты изучения эффективности использования 6,50 % кукурузного экстракта (КЭ) и смеси 6,20 % КЭ и перлита (в соотношении 3,42:1) от массы комбикорма для бройлеров Arbor Acres. Цель исследования – изучить влияние полнорационных комбикормов с кукурузным экстрактом на основные зоотехнические показатели, микробиом кишечника и биохимический статус цыплят-бройлеров. Эксперимент проведен в условиях опытного вивария ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» в соответствии с общепринятой методикой. Во второй и третьей опытных группах отмечена тенденция к увеличению живой массы птицы на 4,4 и 1,7 % соответственно в сравнении с контролем. Затраты корма на 1 кг прироста живой массы цыплят были выше контроля на 4,2 и 3,6 %. Сохранность поголовья во второй и третьей группах увеличилась на 2,7 абс.%. По содержанию лакто- и бифидобактерий в слепых отростках птицы контрольной и опытных групп достоверных различий отмечено не было. Установлено достоверное увеличение содержания общего белка в сыворотке крови цыплят-бройлеров третьей группы на 9,0 % ( $P<0,05$ ), глюкозы – на 26,7 % ( $P<0,05$ ), холестерина – на 12,3 % ( $P<0,05$ ), хлоридов – на 2,4 % ( $P<0,01$ ). Произошло достоверное снижение уровня неорганического фосфора в третьей группе на 9,9 % ( $P<0,05$ ). Отношение Ca/P в третьей опытной группе было выше на 13,6 % ( $P<0,05$ ). Однако все показатели находились в пределах референсных значений. Следовательно, применение кукурузного экстракта и смеси КЭ с перлитом не оказало негативного воздействия на организм птицы.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры; кукурузный экстракт; перлит; приросты живой массы; сохранность; затраты кормов; микробиом кишечника; биохимические показатели сыворотки крови

**Для цитирования:** Осепчук Д. В., Свистунов А. А., Агаркова Н. В., Данилова А. А., Смолин С. А. Применение кукурузного экстракта в кормлении сельскохозяйственной птицы // Аграрный научный журнал. 2024. № 3. С. 91–96. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i3pp91-96>.

## ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

Original article

### Application of corn extract in poultry feeding

Denis V. Osepchuk, Andrey A. Svistunov, Natalya V. Agarkova, Aleksandra A. Danilova, Sergey A. Smolin  
Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Krasnodar, Znamensky v., Russia  
e-mail: [skniig@yandex.ru](mailto:skniig@yandex.ru)

**Abstract.** The article presents the results of studying the efficiency of using 6.50 % corn extract (CE) and a mixture of 6.20 % CE and perlite (in a ratio of 3.42:1) by weight of compound feed in compound feed for Arbor Acres broilers. The purpose of the research is to study the effect of complete feed with corn extract on the main zootechnical parameters, intestinal microbiome and biochemical status of broiler chickens. Methods. The experiment was carried out in the conditions of an experimental vivarium of the Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine in accordance with the generally accepted methodology. In the second and third experimental groups, there was a tendency to increase the live weight of birds by 4.4 and 1.7 % compared to the control, respectively. Feed costs per 1 kg of live weight gain of chickens were higher than the control by 4.2 % and 3.6 %. The survival rate in the second and third groups increased by 2.7 abs. %. There were no significant differences in the content of lacto- and bifidobacteria in the caecum of the birds of the control and experimental groups. There was a significant increase in the content of total protein in the blood serum of broiler chickens of the third group by 9.0 % ( $P<0.05$ ), glucose – by 26.7% ( $P<0.05$ ), cholesterol – by 12.3% ( $P<0.05$ ), chlorides – by 2.4% ( $P<0.01$ ). There was a significant decrease in the level of inorganic phosphorus in





the third group by 9.9 % ( $P < 0.05$ ). The Ca/P ratio in the third experimental group was higher by 13.6 % ( $P < 0.05$ ). However, all indicators were within the reference values. Therefore, the use of corn extract and a mixture of CE with perlite did not have a negative effect on the bird's body.

**Keywords:** broiler chickens; corn extract; perlite; live weight gain; survival rate; feed costs; intestinal microbiome; biochemical parameters of blood serum

**For citation:** Osepchuk D. V., Svistunov A. A., Agarkova N. V., Danilova A. A., Smolin S. A. Application of corn extract in poultry feeding. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(3):91–96. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i3pp91-96>.

**Введение.** Обеспечение растущего населения мира высококачественной пищей является сложной задачей животноводства. Производство продуктов питания в сельском хозяйстве в следующие 40 лет должно увеличиться примерно на 60 %, чтобы население во всем мире могло быть обеспечено продуктами питания в надлежащем количестве и надлежащего качества [2, 7, 10, 14]. Птицеводство вследствие высокой рентабельности продолжает играть важную роль в обеспечении населения мира безопасным, питательным и доступным животным белком [3, 5, 12].

На сегодняшний день зерно – основной источник энергии в рационах сельскохозяйственных животных и птицы во всем мире. Зерновые являются одним из важнейших источников пищи и для человека, поэтому считаются конкурентной пищей людей и животных. Зерно кукурузы в мировой практике используется в качестве основного источника энергии для птицы и составляет от 40 до 60 % рациона. Для кормления концентратом на основе побочных продуктов требуется меньше пахотных земель (–35 %), снижается углеродный след (–20 %) и потенциал эвтрофикации (–20 %) по сравнению с концентратом на основе зерна злаков [6].

Побочные продукты кукурузы в качестве источника энергии открывают многообещающие возможности, прежде всего сокращение применения съедобных для человека ресурсов в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Из-за высокой концентрации энергии, белка, клетчатки и низкого содержания крахмала по сравнению с кукурузным зерном побочные продукты этой культуры считаются подходящими кормами для сельскохозяйственных животных и птицы. Растительные отходы отвечают требованиям, предъявляемым к сырью для новых кормовых средств, так как содержат целый комплекс биологически активных веществ [8, 11].

Вторичное использование в птицеводстве растительных отходов в качестве сырья для кормовых средств позволит удешевить производство основной продукции. Также это поспособствует экологизации сельского хозяйства, так как энергия, необходимая для производства корма для животных из пищевых отходов, меньше энергии, необходимой для производства корма для животных из сельскохозяйственной продукции [13].

Производство новых кормовых добавок из местного сырья позволит сделать отечественное животноводство более устойчивым, что особенно важно в условиях импортозамещения. Ресурсный потенциал России позволяет отрасли глубокой переработки зерна активно развиваться уже в ближайшем будущем. Особый интерес вызывают продукты глубокой переработки кукурузы, так как в последние годы в Российской Федерации производство зерна кукурузы выросло на 23 %, а сбор в Краснодарском крае составляет 2,5 млн тонн. Кукурузный экстракт является побочным продуктом производства крахмала. За последние годы производство данного продукта выросло до 174 тыс. т. Значит и количество побочного продукта его производства также растет [1, 4].

Побочные продукты переработки кукурузного крахмала содержат большое количество белка и углеводов, которые являются высококачественным сырьем для кормления сельскохозяйственной птицы [9, 15]. Применение кукурузного экстракта в птицеводстве весьма целесообразно, однако данная тема изучена недостаточно. В связи с этим необходим поиск рациональных способов применения кукурузного экстракта, чтобы снизить его возможное негативное влияние на окружающую среду, а также получить малоотходное производство и дополнительную прибыль.

Цель исследований – изучить влияние полнорационных комбикормов с кукурузным экстрактом на основные зоотехнические показатели, микробиом кишечника и биохимический статус крови цыплят-бройлеров.

**Материалы и методы.** В виварии ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (ФГБНУ КНИЦЗВ) был выполнен опыт на цыплятах-бройлерах кросса Arbor Acres

в соответствии с методикой ВНИТИП (Сергиев Посад, 2013). Продолжительность опыта составила 42 дня. Первые три дня – уравнительный период. Птица получала одинаковый гранулированный полнорационный комбикорм-престартер, изготовленный в ООО «Мегамикс Комбикорм» (г. Москва). По истечении 3 дней методом пар-аналогов были сформированы 2 опытные группы цыплят-бройлеров. Кормление птицы в группах осуществляли по схеме, представленной в таблице 1.

**Таблица 1 – Схема эксперимента (n = 38)**

**Table 1 – Experimental design (n = 38)**

Группа	Период выращивания, дней		
	4–14 (старт)	15–28 (рост)	29–42 (финиш)
1-я контрольная	Полнорационный комбикорм (ПК)	ПК	ПК
2-я опытная	ПК с 6,50 % КЭ	ПК с 6,50 % КЭ	ПК с 6,50 % КЭ
3-я опытная	ПК с 6,20 % смеси КЭ и перлита (в соотношении 3,42:1)	ПК с 6,20 % смеси КЭ и перлита (в соотношении 3,42:1)	ПК с 6,20 % смеси КЭ и перлита (в соотношении 3,42:1)

С 4-го дня выращивания первая (контрольная) группа потребляла полнорационный комбикорм (ПК) без добавок. В ПК для второй группы вносили 6,50 % кукурузного экстракта (КЭ) по массе корма, третьей – 6,20 % смеси КЭ и перлита (в соотношении 3,42:1). По питательности рационы для обеих групп были одинаковыми и соответствовали потребностям данного вида и возраста птицы.

Применяемый в опыте кукурузный экстракт влажностью 52,0 % содержал в своем составе 20,0 % сырого протеина, 2,4 % сырого жира, при 239 ккал обменной энергии в 100 г.

Содержание птицы соответствовало рекомендациям ВНИТИП (2013 г.). Доступ к воде и корму был свободный. Показатели живой массы цыплят определяли посредством индивидуального взвешивания на электронных весах в 4-суточном возрасте (при постановке на опыт), а затем по периодам выращивания. С целью профилактики инфекционно-инвазионных заболеваний проводили ветеринарно-профилактические мероприятия. Ежедневно учитывали массу заданного комбикорма, потерь и остатков кормов. Из полученных данных рассчитывали затраты корма на 1 кг прироста живой массы.

Развитие внутренних органов цыплят-бройлеров (по 3 головы самцов и 3 головы самок) изучали при проведении контрольного убоя в возрасте 42 дня. В испытательном центре «Аргус» ФГБНУ КНЦЗВ определяли состояние микробиоценоза содержимого слепой и толстой кишки, рН химуса кишечника.

Отбор крови птицы осуществляли прижизненно из подкрыльцовой вены. Биохимические показатели сыворотки крови определяли в лаборатории в отделе фармакологии КНИВИ – обособленного структурного подразделения ФГБНУ КНЦЗВ.

Первичный материал обрабатывали методом вариационной статистики с использованием программы. Различия считали статистически достоверными при \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ .

**Результаты исследований.** Применение кукурузного экстракта в кормлении цыплят-бройлеров оказало положительный эффект на приросты живой массы. Так, в контрольной группе на 42-й день выращивания живая масса составила  $2470,2 \pm 46,13$  г, во второй группе отмечали динамику увеличения данного показателя на 4,4 %, в третьей – на 1,7 % относительно контроля.

Среднесуточное потребление комбикорма за весь период опыта в контрольной группе составило 103,3 г, во второй – на 9,3 % больше контрольного показателя, в третьей – на 5,7 %. Возможно, это связано с большей интенсивностью набора живой массы птицы второй группы.

Затраты корма на 1 кг прироста живой массы цыплят в контрольной группе за весь опытный период составили 1,68 кг, во второй группе – на 4,2 %, в третьей – на 3,6 % больше.

Сохранность поголовья птицы за весь опытный период в контрольной группе была на уровне 94,7 %, а в опытных группах данный показатель удалось увеличить на 2,7 абс. %.





В слепых отростках птицы контрольной группы содержание лактобактерий составило  $2,70 \times 10^9$  КОЕ/мл, во второй практически на одном уровне с контролем –  $1,30 \times 10^9$  КОЕ/мл, в третьей незначительно ниже –  $8,50 \times 10^8$  КОЕ/мл.

Содержание бифидобактерий слепых отростков птицы в контроле составило  $3,60 \times 10^7$  КОЕ/мл, во второй и третьей группах оказалось практически на уровне с контролем –  $4,20 \times 10^7$  и  $1,10 \times 10^7$  КОЕ/мл.

Следовательно, применение КЭ и смеси КЭ с перлитом не оказывает негативного влияния на состав микробиома кишечника птицы. В таблице 2 представлены биохимические показатели сыворотки крови цыплят-бройлеров.

Таблица 2 – Биохимические показатели сыворотки крови цыплят-бройлеров ( $M \pm m$ ,  $n = 3$ )

Table 2 – Biochemical parameters of blood serum of broiler chickens ( $M \pm m$ ,  $n = 3$ )

Показатель	Группа		
	1-я	2-я	3-я
Общий белок, г/л	29,00±0,78	28,30±0,61	31,60±0,78*
Глюкоза, ммоль/л	9,00±0,76	11,50±0,32	11,40±0,59*
Мочевина, ммоль/л	2,67±0,02	2,60±0,04	2,63±0,06
Холестерин, ммоль/л	3,00±0,08	2,90±0,12	3,37±0,10*
АсАТ, ЕД	244,30±11,40	281,30±20,4	234,00±12,50
АлАТ, ЕД	6,70±0,62	7,30±0,62	6,67±0,24
Кальций общий, ммоль/л	2,90±0,07	2,77±0,02	2,97±0,14
Фосфор неорганический, ммоль/л	2,63±0,09	2,43±0,06	2,37±0,05*
Са/Р	1,10±0,04	1,14±0,03	1,25±0,04**
Общий билирубин, ммоль/л	7,53±0,27	8,10±0,14	7,97±0,49
Прямой билирубин, ммоль/л	0,90±0,08	0,57±0,02	0,83±0,02
Триглицериды, ммоль/л	1,07±0,26	0,80±0,17	0,84±0,04
Креатинин, ммоль/л	27,80±3,50	18,50±0,92	19,10±1,55*
Хлориды, ммоль/л	106,70±0,80	107,80±2,49	109,30±0,59**

\*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$

Все биохимические показатели крови находились в пределах физиологической нормы для данного вида и возраста птицы. Отмечали недостоверное снижение уровня общего белка в сыворотке крови цыплят-бройлеров 2-й группы на 2,4 %; в 3-й группе видно достоверное увеличение данного показателя на 9,0 % ( $P < 0,05$ ) в сравнении с контролем, в пределах физиологической нормы.

Прослеживалась тенденция к увеличению уровня глюкозы в сыворотке крови цыплят второй группы на 27,8 %, а в третьей данный показатель был достоверно выше контроля на 26,7 % ( $P < 0,05$ ), что говорит об энергетической обеспеченности организма птицы.

Содержание мочевины во второй и третьей группах было немного ниже контрольного показателя на уровне тенденции на 2,6 и 1,5 % в пределах установленных норм, что свидетельствует о нормальном функционировании почек при применении КЭ и смеси КЭ с перлитом.

Наблюдали динамику снижения уровня холестерина во 2-й группе на 3,3 %, а в 3-й группе отмечали достоверное увеличение на 12,3 % ( $P < 0,05$ ), в пределах референсных значений. Это говорит о том, что при применении КЭ и смеси КЭ с перлитом у цыплят-бройлеров отсутствуют эндокринные нарушения.

Уровень аспаратаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы в крови цыплят 2-й группы недостоверно увеличился по сравнению с контролем на 15,1 и 8,9 %, а в 3-й группе отмечали динамику снижения на 4,2 и 0,5 %. Все изменения происходили в пределах физиологической нормы, следовательно, функции печени были не нарушены.

Содержание общего кальция во 2-й группе имело тенденцию к снижению на 4,5 % в пределах норм, а в 3-й группе тенденцию к увеличению на 2,4 %, следовательно, процессов вымывания кальция из организма птицы не наблюдалось.

Отмечали динамику снижения уровня неорганического фосфора в крови птицы, потреблявшей кукурузный экстракт, на 7,6 %. В крови птицы, потреблявшей смесь КЭ с перлитом, данный показатель достоверно снизился на 9,9 % ( $P<0,05$ ). Однако показатели не выходили за рамки референсного интервала, следовательно, применение кукурузного экстракта не оказывало негативного влияния на содержание неорганического фосфора, который необходим организму для производства энергии.

По отношению Са/Р во 2-й группе наблюдалась динамика к увеличению на 3,6 %, а в 3-й группе данный показатель был достоверно выше контроля на 13,6 % ( $P<0,05$ ). Значение не выходило за рамки установленных норм. Таким образом, обмен данных микроэлементов в организме птицы нарушен не был.

По содержанию прямого билирубина в крови птицы была видна тенденция к увеличению на 7,6 и 5,8 % соответственно. Следует отметить, что его уровень находился в пределах физиологических норм, что свидетельствовало об отсутствии нарушений проходимости желчных путей.

Отмечали динамику снижения уровня триглицеридов в сыворотке крови птицы опытных групп на 25,2 и 21,5 % соответственно, но в пределах норм. Избыток триглицеридов депонируется в жировую ткань, следовательно, при применении КЭ и смеси КЭ с перлитом данный показатель имел динамику к снижению, что говорит об отсутствии риска излишнего отложения жира в организме птицы.

Уровень креатинина достоверно снизился в сыворотке крови птицы опытных групп на 33,5 и 31,3 % соответственно, но в пределах норм. Это свидетельствует о том, что нарушений выделительной системы у птицы отмечено не было.

Во 2-й группе была отмечена динамика увеличения содержания хлоридов на 1,0 %, а в 3-й группе достоверно выше на 2,4 % ( $P<0,01$ ). Однако показатели находились в пределах референсного интервала, что свидетельствует об отсутствии негативного влияния КЭ и смеси КЭ с перлитом на нормальную кислотность в желудке птицы и позволяет организму переваривать белки.

**Заключение.** Исследования показали, что применение кукурузного экстракта в количестве 6,50 и 6,20 % кукурузного экстракта в смеси с перлитом (в соотношении 3,42:1) по массе комбикорма при выращивании цыплят-бройлеров кросса Arbor Acres не оказывает негативного воздействия на организм птицы, обеспечивает высокую интенсивность роста и конверсию кормов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изучение хозяйственно ценных признаков и технологических свойств коллекции *Zea mays* L. ВИР / М. Р. Гоникова [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 4. С. 56–64.
2. Кадыльников Д. Р. Использование новых кормовых источников в кормлении птиц // Разработки и инновации молодых исследователей: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. молодых исследователей. 2019. С. 103–105.
3. Оценка продуктивности кур «REDBRO М» для органического птицеводства / Е. Э. Епимахова [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2021. № 24-2. С. 171–177.
4. Результаты использования кукурузного экстракта в кормлении цыплят-бройлеров / А. А. Свистунов [и др.] // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2021. Т. 10. № 2. С. 27–30.
5. Янкина О. Л., Приходько А. Н., Ким Н. А. Современные тенденции кормления птицы // Аграрный вестник Приморья. 2020. № 2(18). С. 64–67.
6. A Gaussian process regression model to predict energy contents of corn for poultry / A. A. Baiz, H. Ahmadi, F. Shariatmadari, M. A. Karimi, Torshizi // Poultry Science. 2020. Vol. 99. P. 5838–5843.
7. Bioactive compounds in food waste: a review on the transformation of food waste to animal feed / A. Georganas, E. Giamouri, A. C. Pappas, G. Papadomichelakis, F. Gallioui, T. Manios, E. Tsiplakou, K. Fegeros, G. Zervas // Foods. 2020. No. 9. P. 1–18.
8. Byproduct-based concentrates in Swedish dairy cow diets – evaluation of environmental impact and feed costs / M. Lindberg, M. Henriksson, S. B. Jacobsson, M. B. Lundberg // Acta Agriculturae Scandinavica, Section A. // Animal Science. 2021. No. 70. P. 132–144.





9. Comprehensive utilization of corn starch processing by-products: A review / R. Zhang, S. Ma, L. Li, M. Zhang, S. Tian, D. Wang, K. Liu, H. Liu, W. Zhu, X. Wang // *Grain & Oil Science and Technology*. 2021. Vol. 4. P. 89–107.
10. Fròna D., Szenderak J., Rakos M. H. The challenge of feeding the world // *Sustainability*. 2019. No. 20(5816). P. 1–18.
11. Feeding corn germ instead of corn grain on the performance of Holstein dairy cows fed low-forage diet and human-edible feed conversion efficiency / A. Noormohammadi, G. R. Ghorbani, M. Alikhani, A. Sadeghi-Sefidmazgi, H. Rafiee, J. K. Drackley // *Animal*. 2022. Vol. 16. P.100541.
12. Poultry industry paradigms: connecting the dots / F. L. S. Castro, L. Chai, J. Arango, C. M. Owens, P. A. Smith, S. Reichelt, C. Du Bois, A. Menconi // *Journal of Applied Poultry Research*. 2023. Vol. 32. P. 100310.
13. Production of animal feed from food waste or corn? Analyses of energy and exergy / M. Rahmani, M. Azadbakht, B. Dastar, E. Esmaeilzadeh // *Bioresource Technology Reports*. 2022. Vol. 20. P. 101213.
14. Van Dijk M., Morley T., Rau M.L., Saghai Y. A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050 // *Nature Food*. 2021. No. 2. P. 494–501.
15. Yang M., Long S., He T. Research progress on application of cornstarch wet processing by-products in livestock and poultry production // *Chinese Journal of Animal Nutrition*. 2021. No. 33. P. 1–11.

## REFERENCES

1. Study of economically valuable features and technological properties of the collection *Zea mays* L. VIR / M. R. Gonikova, V. I. Khoreva, V. G. Gol'dshcheyn, L. P. Nosovskaya, L.V. Adikayeva, E. B. Khatefov. *Works on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(4):56–64. (In Russ.).
2. Kadil'nikov D. R. Using new food sources in birds feeding. Developments and innovations of young researchers: materials of the II All-Russian. scientific-practical conf. young researchers. 2019. P. 103–105. (In Russ.).
3. Evaluation of the productivity of chickens “REDBRO M” for organic poultry farming / E. E. Epimakhova, A. V. Vrana, R. I. Shkurat, N. I. Kudryavets. *Current Problems of Intensive Development of Livestock Farming*. 2021;(24-2): 171–177. (In Russ.).
4. Results of using corn extract in feeding broiler chickens / A. A. Svistunov, N. V. Agarkova, D. V. Osepchuk, A. A. Perezva. *Scientific Basis for Productivity Improvement, Animal Health and Food Security*. 2021;10( 2):27–30. (In Russ.).
5. Yankina O. L., Prikhod'ko A. N., Kim N. A. Current trends in poultry feeding. *Agrarnyy Vestnik Primor'ya*. 2020;2(18):64–67. (In Russ.).
6. A Gaussian process regression model to predict energy contents of corn for poultry / A. A. Baiz, H. Ahmadi, F. Shariatmadari, M. A. Karimi Torshizi. *Poultry Science*. 2020;99:5838–5843.
7. Bioactive compounds in food waste: a review on the transformation of food waste to animal feed / A. Georganas, E. Giamouri, A. C. Pappas, G.Papadomichelakis, F. Galliou, T. Manios, E.Tsiplakou, K. Fegeros, G. Zervas. *Foods*. 2020;(9):1–18.
8. Byproduct-based concentrates in Swedish dairy cow diets – evaluation of environmental impact and feed costs / M. Lindberg, M. Henriksson, S. B. Jacobsson, M. B. Lundberg. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A. Animal Science*. 2021;(70):132–144.
9. Comprehensive utilization of corn starch processing by-products: A review / R. Zhang, S. Ma, L. Li, M. Zhang, S. Tian, D. Wang, K. Liu, H. Liu, W. Zhu, X. Wang. *Grain & Oil Science and Technology*. 2021;(4):89–107.
10. Fròna D., Szenderak J., Rakos M. H. The challenge of feeding the world. *Sustainability*. 2019;20(5816):1–18.
11. Feeding corn germ instead of corn grain on the performance of Holstein dairy cows fed low-forage diet and human-edible feed conversion efficiency / A. Noormohammadi, G. R. Ghorbani, M. Alikhani, A. Sadeghi-Sefidmazgi, H. Rafiee, J. K. Drackley. *Animal*. 2022;(16):100541.
12. Poultry industry paradigms: connecting the dots / F. L. S. Castro, L. Chai, J. Arango, C. M. Owens, P. A. Smith, S. Reichelt, C. Du Bois, A. Menconi. *Journal of Applied Poultry Research*. 2023;32:100310.
13. Production of animal feed from food waste or corn? Analyses of energy and exergy / M. Rahmani, M. Azadbakht, B. Dastar, E. Esmaeilzadeh. *Bioresource Technology Reports*. 2022;20:101213.
14. Van Dijk M., Morley T., Rau M.L., Saghai Y. A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. *Nature Food*. 2021;(2):494–501.
15. Yang M., Long S., He T. Research progress on application of cornstarch wet processing by-products in livestock and poultry production. *Chinese Journal of Animal Nutrition*. 2021;(33):1–11.

Статья поступила в редакцию 27.07.2023; одобрена после рецензирования 30.08.2023; принята к публикации 05.09.2023.

The article was submitted 27.07.2023; approved after reviewing 30.08.2023; accepted for publication 05.09.2023.