

Оптимизация процесса гранулирования комбикормов для молодняка кроликов и оценка их эффективности

Евгения С. Шенцова	¹	evgeniya-shencova@yandex.ru
Елена Е. Курчаева	²	alena.kurchaeva@yandex.ru
Александр В. Востроилов	²	alexandervostroilov@yandex.ru
Лидия А. Есаулова	²	esaulovalida@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

² Воронежский государственный аграрный университет имени им. Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия

Реферат. В состав комбикормов для молодняка кроликов при гранулировании вводили жидкую зерновую патоку в качестве связующего компонента. Для нахождения оптимальных параметров процесса гранулирования комбикормов, содержащих зерновую патоку, были проведены исследования на экспериментальной установке. Для повышения питательной ценности и усвояемости комбикормов в рецепты вводили пробиотические кормовые добавки «Спортермин», «ПроСтор», сорбенты «Карбитокс» и «Фунгистат-ГПК». Для нахождения оптимальных параметров процесса гранулирования комбикормов были проведены исследования на экспериментальной установке, включающей пресс-гранулятор, с применением метода статистического планирования многофакторного эксперимента. Получены математические модели процесса гранулирования комбикормов с зерновой патокой, устанавливающие зависимость крошимости гранул и потребляемой энергии от выбранных факторов: в результате гранулирования рассыпного комбикорма в условиях применения оптимальных режимов получены гранулы хорошего качества. В результате проведения комплексной оценки качества полнорационных гранулированных комбикормов установлено, что полученные комбикорма, исследованные по физико-химическим, органолептическим, микробиологическим показателям и показателям безопасности, соответствовали требованиям, предъявляемым к комбикормам для откормочного поголовья молодняка кроликов. Установлено, что кролики опытных групп, получавшие сбалансированный, составленный в соответствии с детализированными нормами рацион, лучше переваривают питательные вещества кормов по сравнению с контрольными сверстниками, что в дальнейшем оказало положительное влияние на показатели их мясной продуктивности. Обогащение комбикормов для откорма поголовья молодняка кроликов пробиотическими микроорганизмами, входящими в состав используемых пробиотических препаратов, оказывает положительное влияние на мясную продуктивность, сохранность, повышение биологической ценности мяса кроликов. Разработанные рецепты полнорационных комбикормов с вводом кормовых пробиотических добавок позволят повысить их усвояемость на 10–15%.

Ключевые слова: комбикорм, гранулирование, пробиотические добавки, переваримость питательных веществ

Determination of technological parameters of the granulation of mixed fodders for young rabbits and the evaluation of their effectiveness

Evgeniya S. Shentsova	¹	evgeniya-shencova@yandex.ru
Elena E. Kurchaeva	²	alena.kurchaeva@yandex.ru
Aleksandr V. Vostroilov	²	alexandervostroilov@yandex.ru
Lidiya A. Esaulova	²	esaulovalida@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² Voronezh state agrarian University named after them. Petra I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia

Summary. The composition of all-mashes for young rabbits when granulating liquid grain molasses was introduced as a binder. To find the optimal parameters of the process of granulation of all-mashes containing grain molasses, studies were conducted on an experimental setup. To improve the nutritional value and digestibility of all-mashes in the recipes were introduced probiotic feed additive "Sportermin", "Prostor" sorbents "Carbitoks" and "Fungistat-GPK". To find the optimal parameters of the process of granulation of all - mashes, studies were conducted on an experimental setup, including a press granulator, using the method of statistical planning of a multifactorial experiment. Mathematical models of the process of granulation of mixed fodders with grain molasses, establishing the dependence of granularity and energy consumption of the selected factors: as a result of granulation of loose feed under optimal conditions of good quality granules. As a result of a comprehensive evaluation of the quality of complete granulated all-mash we found that the resulting all-mash, investigated by physico-chemical, organoleptic, microbiological and safety indices, meet the requirements for all-mash for feeding young rabbits. It is established that the rabbits of the experimental groups receiving a balanced, prepared in accordance with the detailed rules of the diet are better digested nutrients of the feed compared with the control peers, which further had a positive impact on the performance of their meat productivity. Enrichment of mixed fodders for feeding livestock calves rabbits probiotic microorganisms comprising the probiotic used preparations has a positive influence on meat efficiency, preservation and increase of biological value of rabbit meat. The developed recipes of complete feed with the introduction of feed probiotic additives will increase their digestibility by 10–15%.

Keywords: all-mash, granulation, probiotic additives, nutrient digestibility

Для цитирования

Шенцова Е.С., Курчаева Е.Е., Востроилов А.В., Есаулова Л.А. Оптимизация процесса гранулирования комбикормов для молодняка кроликов и оценка их эффективности // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 176–184. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-176-184

For citation

Shentsova E.S., Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Esaulova L.A. Determination of technological parameters of the granulation of mixed fodders for young rabbits and the evaluation of their effectiveness. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 176–184. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-176-184

Введение

Научные исследования и практика кормления кроликов свидетельствует о том, что лучшее использование питательных веществ, содержащихся в отдельных кормовых средствах, достигается при скармливании их в виде комбикормов.

Сбалансированные по основным питательным веществам, они обеспечивают повышение продуктивности на 10–12%, а при обогащении их биологически активными веществами эффективность их повышается на 25–30%.

Питание животных считается полноценным, если они получают в составе рациона все необходимые питательные вещества, смешанные в определённом соотношении для данного вида, возраста и характера продуктивности.

Технология круглогодичного содержания кроликов в закрытых помещениях предусматривает применение гранулированных комбикормов во все биологические периоды.

Гранулированный полнорационный комбикорм имеет ряд преимуществ перед традиционными кормовыми средствами. Гранулы можно засыпать в кормушки на несколько дней, они охотно поедаются животными.

Для кроликов при клеточном разведении кормовыми компонентами рациона являются: зелень злаково-бобовая; сено хорошего качества; сочные корма – корне- и клубнеплоды. Из концентратов кроликам скармливают зерноотходы, комбикорм; из кормов животного происхождения – мясную, мясокостную и рыбную муку [3].

Установлено, что кролики хорошо поедают гранулированный комбикорм [1, 8, 11]. Оптимальный уровень сырого протеина в рационах самок основного стада в период воспроизводства составляет 31,0–39,0 г на голову в сутки, для взрослых кроликов в период покоя 25,0–30,0 г, а также молодняка 1–3 месячного возраста – 22,0–29,0 г. Оптимальный уровень сырой клетчатки в рационах кроликов в период воспроизводства составляет 29,0–36,0 г на голову в сутки, в остальные периоды допускается

23,0–28,0 г на голову в сутки, для молодняка кроликов (возраст от 1 до 3 месяцев) 20,0–32,0 г на голову в сутки [3].

Цель работы – изучение особенностей процесса гранулирования комбикормов для кроликов, выработанных в соответствии с предложенной рецептурой, и определение эффективности полученной продукции.

Материалы и методы

Оптимизацию рецептов полнорационных комбикормов для откорма поголовья молодняка кроликов проводили с использованием программного модуля «КормОптим» в условиях ООО «Корморесурс» (г. Воронеж).

Выработали 3 партии комбикормов, состав которых представлен в таблице 1. Для повышения питательной ценности и усвояемости комбикормов в рецепты вводили пробиотические кормовые добавки «Споротермин», «ПроСтор», сорбенты «Карбитокс» и «Фунгистат-ГПК». Выработку полнорационных гранулированных комбикормов проводили в условиях АО «ВЭКЗ» (г. Воронеж).

В выработанных комбикормах определяли содержание влаги методом высушивания, гигроскопическую влагу – при температуре 100–105 °С до постоянной массы, массовую долю сырого протеина – методом Кьельдаля, сырой жир – в аппарате Сокслета, сырую клетчатку, сырую золу – в соответствии с ГОСТ [4].

Опыт по кормлению кроликов гранулированным комбикормом проводили в закрытом помещении (в металлическом ангаре), оборудованном экспериментальными клетками для кроликов. Динамику живой массы учитывали индивидуальным взвешиванием. Для определения мясной продуктивности провели убой по 3 головы кроликов из каждой группы по методике ВИЖ, оценку качества мяса проводили по стандартным методикам. Эксперимент по определению поедаемости гранул провели в течение 11 дней на 9 кроликах 3-х месячного возраста, в специально оборудованных клетках с поддонами во избежание потерь гранул [5].

Таблица 1.

Рецепты опытных партий комбикормов

Table 1.

Recipes of experimental batches of compound feeds

Наименование Indicator	Содержание в рецепте, % Content in recipe, %		
	ПЗК-92-60-18 (контроль) PSC-92-60-18 (control)	ПЗК-92-62-18 ОПТИМА РЭББИТ PZK-92-62-18 OPTIMA RABBIT	ПЗК-92-63-18 РЭББИТ ПЛЮС PZK-92-63-18 RABBIT PLUS
1	2	3	4
Пшеница Wheat	6,0	6,0	6,0
Ячмень Barley	13,7	8,7	8,7
Ячмень без пленок Barley without films	9,0	–	–
Овес Oat	10,0	20,2	20,3

Продолжение табл. 1 | Continuation of table 1

1	2	3	4
Кукуруза Corn	10,0	–	–
Отруби пшеничные Wheat bran/	15,0	15,0	15,0
Жмых подсолнечный Sunflower meal	16,5	4,9	4,9
Шрот подсолнечный Sunflower meal	8,0	10,0	10,0
Мука травяная люцерны Flour grass alfalfa	10,0	28,5	28,4
Мука мясная Meat flour	–	3,00	3,00
Соль поваренная Table salt	0,2	0,10	0,10
Фосфат обесфторенный Phosphate fluorine free	–	1,4	1,4
Мел кормовой Chalk aft	1,0	1,4	1,4
Пробиотическая кормовая добавка Споротермин Probiotic feed additive Sporotermine	–	–	0,10
Ферментно-пробиотическая добавка Простор Enzyme-probiotic additive ProStor	–	0,10	–
Карбитокс Carbitocs	0,1	–	–
Фунгистат ГПК Fungistat GPK	–	0,20	0,20
КВП П90–1К KVP P90–1 K	0,5	0,50	0,50

Гранулы строго по массе засыпали в кормушки, остатки собирали ежедневно, взвешивали и фиксировали в журнале. Количество съеденных гранул определяли как разницу между заданным количеством и остатками. Просыпанные гранулы также взвешивали и учитывали. Балансовый опыт по изучению потребности отсаженного молодняка кроликов в протеине и определению питательности гранул провели по общепринятой методике [5]. Балансовый опыт, проведенный прямым методом, состоял из 2 периодов: предварительного и учетного, каждый сроком по 7 дней. В предварительный период уточняли суточное количество съеденного гранулированного комбикорма, в учетном периоде кормили животных установленной порцией гранул, собирали их остатки и выделения (кал, моча).

Результаты и обсуждение

Сырьё, применяемое для производства комбикормов, по содержанию питательных веществ должно обеспечить нормальное развитие организма кроликов и их продуктивность. Поэтому в комбикорма вводили ряд компонентов, в том числе витамины, микроэлементы в составе премиксов, пробиотические добавки [2, 14, 16].

При расчете рецептов применялись следующие компоненты: зерновое сырьё, продукты его переработки, жмыхи, шроты, мука травяная, сырьё животного и минерального происхождения. В качестве связующего вещества использовали зерновую патоку, полученную в результате гидролиза зерновых компонентов, входящих в состав рецептов. Жидкая зерновая патока содержит 30–35% сухих веществ. Она обладает высокой энергетической питательностью, улучшает углеводно-протеиновый баланс рациона, оказывает положительное влияние на здоровье животных.

Для нахождения оптимальных параметров процесса гранулирования комбикормов, содержащих зерновую патоку, были проведены исследования на экспериментальной установке, включающей пресс-гранулятор, с применением метода статистического планирования многофакторного эксперимента.

Известно, что на эффективность работы пресса влияют конструктивные, кинематические и технологические факторы. На основании исследований однофакторных зависимостей при изучении процесса гранулирования комбикормов с зерновой патокой были выбраны следующие факторы: подача продукта, расход пара, давление пара, зазор между валком и матрицей [6, 7, 15, 17].

В качестве основных критериев, характеризующих процесс гранулирования, выбраны качество готовых гранул, определяемых крошимостью Y_1 , и потребляемая энергия на образование гранул Y_2 . Выбор двух критериев оптимизации позволяет более полно оценивать эффективность процесса гранулирования с учётом влияния одновременно действующих факторов.

При планировании эксперимента были установлены следующие уровни варьирования факторов:

подача продукта X_1	0,7–0,9 т/ч.
расход пара X_2	20–60 кг/ч
давление воздуха X_3	0,2–0,4 МПа
зазор между валком и матрицей X_4	5–9×10 ⁻⁴ м.

Была реализована матрица полнофакторного эксперимента ПФЭ-2⁴.

После реализации эксперимента проведена статистическая обработка данных.

Получены математические модели процесса гранулирования комбикормов с зерновой патокой, устанавливающие зависимость крошимости гранул Y_1 и потребляемой энергии Y_2 от выбранных факторов:

$$Y_1 = 5,1 + 0,612X_1 - 1,304X_2 + 1,451X_4 - 0,714X_1 X_2 + 0,405X_1 X_3 - 0,445X_2 X_3 - 0,463X_2 \cdot X_4$$

$$Y_2 = 12,94 + 0,782X_1 - 2,885X_2 + 0,672X_4 - 1,142X_1 \cdot X_2 + 1,835X_1 \cdot X_4 - 0,692X_2 \cdot X_4 - 0,611X_3 \cdot X_4.$$

После получения математической модели был осуществлен поиск численных значений исследуемых факторов. В результате были установлены следующие оптимальные значения факторов:

$$X_1 = 0,83 \text{ т/ч}; X_2 = 42 \text{ кг/т}; X_3 = 0,30 \text{ МПа}; X_4 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

При этом $Y_1 = 7,4 \%$; $Y_2 = 9,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}$.

При оптимальных значениях факторов, полученных при исследованиях с применением планирования эксперимента, были выработаны

опытные партии комбикормов с зерновой патокой. Установлено, что в результате гранулирования рассыпного комбикорма в условиях применения оптимальных режимов получены гранулы хорошего качества. Их крошимость составила 7,3–7,4%.

Таким образом, проведение процесса гранулирования комбикорма с зерновой патокой для кроликов при оптимальных параметрах позволяет получить продукцию высокого качества.

Полученные комбикорма по органолептическим показателям соответствовали требованиям ГОСТ 32897–2014 (таблица 2) [10].

Таблица 2.

Основные показатели качества выработанных комбикормов

Table 2.

The main indicators of quality of the developed compound feeds

Показатель Indicator	ПЗК-92-60-18 (контроль) PSC-92-60-18 (control)	ПЗК-92-62-18 ОПТИМА РЭББИТ PZK-92-62-18 OPTIMA RABBIT	ПЗК-92-63-18 РЭББИТ ПЛЮС PZK-92-63-18 RABBIT PLUS
Массовая доля влаги, % Mass fraction of moisture, %	14,0	13,7	13,8
Диаметр гранул, мм Diameter of granules, mm	4,7	4,7	4,7
Крошимость гранул, % Granularity, %	7,6	7,3	7,3
Проход через сито с отверстиями 2 мм, % Passage through a sieve with 2 mm holes, %	9,0	8,0	8,0

Полученные гранулы имели цилиндрическую форму с глянцевой и матовой поверхностью без посторонних примесей и плесени. Цвет – от серого до коричневого в соответствии с цветом входящих в рецептуру компонентов. Массовая доля сырого протеина в опытных и контрольном вариантах комбикормов составила не менее 16,3%. Токсичность и патогенная микрофлора не обнаружены.

Комбикорма, соответствовали требованиям стандартов по влажности и крупности (ГОСТ Р 51899-2002).

В ходе определения качества полученных комбикормов установлено, что они однородны по содержанию соли и мела. Показатель степени однородности в комбикормах для молодняка кроликов не ниже 70%.

Изменение качества разработанных комбикормов в процессе их хранения изучали по следующим показателям: содержание растворимых и легкогидролизуемых углеводов, витаминов В₁ и В₂, атакуемость углеводов и протеина гидролитическими ферментами и санитарно-гигиеническим показателем. В гранулированном комбикорме определяли токсичность, наличие сальмонелл, кишечную палочку, общую бактериальную обсемененность (таблица 3).

Использование в составе комбикорма комплексов пробиотика-сорбента способствовало снижению бактериальной обсемененности полученного комбикорма. Другие показатели не претерпели существенных изменений при хранении.

Так, содержание витаминов В₁ и В₂, растворимых и легкогидролизуемых углеводов осталось на прежнем уровне. Это свидетельствует о высокой степени сохранности биологических веществ.

В результате проведения комплексной оценки качества полнорационных гранулированных комбикормов установлено, что полученные комбикорма, исследованные по физико-химическим, органолептическим, микробиологическим показателям и показателям безопасности, соответствовали требованиям, предъявляемым к комбикормам для откормочного поголовья молодняка кроликов.

Исследования эффективности полнорационных гранулированных комбикормов проводились на поголовье молодняка кроликов породы советская шиншилла в возрасте 60 суток, подобранных по принципу групп-аналогов и разделенных на 3 группы. В каждой группе было подобрано по 10 голов. Кролики всех групп содержались в одинаковых условиях. Исследования были проведены в условиях частного хозяйства Воронежской области в 2018 году.

Кролики 1 группы (контрольной) получали комбикорм ПЗК-92-60-18, кролики 2 группы (1-й опытной) получали комбикорм ПЗК-92-62-18 ОПТИМА РЭББИТ и 3 группы (2-й опытной) получали ПЗК-92-63-18 РЭББИТ ПЛЮС в соответствии с нормами кормления и потребности в энергии.

Таблица 3.

Качество комбикормов серии ПКЗ-92 в процессе хранения

Table 3.

Quality mixed feed series PKZ-92 during storage

Показатель Indicator	Комбикорм Mixed fodder		
	ПЗК-92-60-18 (контроль) PSC-92-60-18 (control)	ПЗК-92-62-18 ОПТИМА РЭББИТ PZK-92-62-18 OPTIMA RABBIT	ПЗК-92-63-18 РЭББИТ ПЛЮС PZK-92-63-18 RABBIT PLUS
Свеже выработанный/ после 30 суток хранения/ Freshly prepared / after 30 days of storage			
Растворимые углеводы, % Soluble carbohydrates, %	4,8/4,7	4,5/4,5	4,9/4,8
Легко гидролизующиеся углеводы, % Easily hydrolyzed carbohydrates, %	34,9/33,4	37,5/36,8	33,5/33,2
Витамин В ₁ , мг% Vitamin B ₁ , mg%	0,23/0,22	0,20/0,19	0,22/0,21
Витамин В ₂ , мг% Vitamin B ₂ , mg%	0,22/0,20	0,25/0,23	0,22/0,20
Атакуемость углеводов амилазными ферментами, мг/г Atachment carbohydrates amilolitics coenzymes, mg/g	46,1/45,8	100,8/99,6	102,2/101,5
Атакуемость протеина протеолитическими ферментами, мг/г Protein susceptibility by proteolytic enzymes, mg / g	4,5/4,3	4,5/4,3	4,5/4,3
Микробные клетки, КОЕ в 1 г Microbial cells, CFU in 1 g	2×10 ⁴ / 3×10 ²	3×10 ² / 1×10 ²	1×10 ² / 1×10 ²
Сальмонеллы КОЕ в 25 г. Salmonella CFU in 25 g	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют
Кишечная палочка, E.coli/г E. coli / g	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют

Динамика живой массы отражает характер и уровень кормления поголовья молодняка кроликов [9]. На этапе постановки эксперимента масса кроликов контрольной и опытных групп была практически одинаковой и составила в среднем 39,6 г. По достижении возраста

120 суток кролики 1-й группы (контрольной) характеризовались живой массой, которая была меньше массы особей 1-й опытной группы на 138,0 г, или 4,33% ($P < 0,05$), 2-й опытной группы – на 244,9 г, или 7,74% ($P < 0,01$) (таблица 4).

Таблица 4.

Динамика живой массы кроликов, г ($X \pm S_x$)

Table 4.

Dynamics of live weight of rabbits, g ($x \pm S$)

Возраст, суток Age, days	Группа Group		
	1 группа (контроль) 1 group (control)	2 группа (1 опытная) 2 group (1 st experimental grup)	3 группа (2 опытная) 3 group (2 nd experimental grup)
1	39,58±0,12	39,60 ± 0,16	39,78±0,15
60	1587,14 ± 22,67	1597,43±18,54	1591,29±21,27
120	3180,5±20,17	3318,8±22,24	3425,4±21,09
Средне-суточный прирост Average daily growth	26,55±0,75	27,02±0,86	29,23±0,74
Сохранность, % Safety, %	90,0	90,0	100,0

Показатели убоя животных дают представление о количественной стороне мясной продуктивности животного. Но такие показатели, как предубойная масса, масса парной туши и ее выход, не дают полного представления о пищевой ценности. Важным является морфологический состав туш, который отражает количественное соотношение мышечной, жировой, костной и соединительной тканей.

Высокая биологическая пластичность и приспособленность к самым различным условиям содержания выделяет кроликов из всех сельскохозяйственных животных. Следует отметить, что недостаточное и несбалансированное кормление приводит к задержке роста отдельных частей тела животных, особенно

снижается выход мышечной ткани и возрастает доля костной и соединительной тканей. Поэтому результаты исследования морфологического состава тушек кроликов позволяют более точно охарактеризовать изменения, которые происходят на фоне применения полнорационных гранулированных комбикормов с добавлением пробиотических добавок и сорбентов. Установлено, что использование гранулированных комбикормов с добавлением иммобилизованной высушенной споровой биомассы бактерий *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* способствует повышению сохранности и резистентности сельскохозяйственных животных, а также нормализации микробиоценоза и увеличения приростов живой массы [14, 16].

Процессы пищеварения не ограничиваются основной функцией – перевариванием питательных веществ и всасыванием их в крови одновременно пищеварение оказывает влияние на весь организм животного через промежуточный и общий обмен веществ [16, 18]. По количеству и химическому составу веществ, принятых животным, количеству и составу выделившегося кала судят о степени переваримости и роли пищеварительного тракта в обмене веществ.

Переваримость питательных веществ рационов у всех животных варьировала в пределах от 41,19% до 75,31% (таблица 5).

Коэффициенты переваримости в опытных группах были достоверно больше: в 1-й опытной группе, потреблявшей ПЗК-92-62-18

ОПТИМА РЭББИТ: сырого протеина на 16,07%, сырой клетчатки на 12,79%, сухого вещества на 12,09%, органического вещества на 10,76% ($P < 0,01$). Переваримость сырого протеина во 2-ой опытной группе кроликов, потреблявшей ПЗК-92-63-18 РЭББИТ ПЛЮС составила 68,66%, контрольной – 53,24%.

Сырая клетчатка переваривалась кроликами 2-й опытной группы на 48,64%, 1-й опытной группой на 41,19%, что соответственно на 18,08% и 12,79% выше (разница достоверна $P < 0,01$), чем в контрольной группе. Сухое вещество переваривалось кроликами на 74,45%, органическое вещество – на 75,21%, что на 15,56% и 11,19% эффективнее контрольной группы.

Таблица 5.

Переваримость питательных веществ ($M \pm m$, $n = 3$), %

Table 5.

Digestibility of nutrients ($m \pm m$, $n = 3$), %

Показатель Indicator	Группа Group		
	1 группа (контроль) 1group (control)	2 группа (1 опытная) 2group (1 st experimental grup)	3 группа (2 опытная) 3group (2 nd experimental grup)
Сырой протеин Crude protein	53,24±1,25	61,80±1,14	64,66±1,17
Сырая клетчатка Crude fiber	41,19±2,48	46,46±2,81	48,64±2,18
Сухое вещество Dry matter	64,42±1,95	72,21±1,93	74,45±1,85
Органическое вещество Organic matter	66,34±1,60	73,48±1,66	75,31±2,22

Таким образом, кролики опытных групп, получавшие сбалансированный, составленный в соответствии с детализированными нормами рационов лучше переваривают питательные вещества кормов по сравнению с контрольными сверстниками, что в дальнейшем оказало положительное влияние на показатели их мясной продуктивности.

Проведенный анализ морфологического состава охлажденных тушек кроликов показал, что включение в рацион кроликов гранулированного комбикорма, обогащенного комплексом пробиотик-сорбент оказало благоприятное влияние на выход мышечной ткани (таблица 6).

Предубойная живая масса, а также масса парной тушки кроликов опытных групп была выше по сравнению с массой животных контрольной группы.

Наиболее высокая предубойная масса была во 2-й опытной группе кроликов и составила 3275,4 г. По сравнению с контрольной группой кроликов предубойная масса 2 опытной группы кроликов была больше на 134,5 г или 4,29%, по сравнению с 1 опытной группой на 69,3 г, или 2,20% ($P < 0,05$).

Таблица 6.

Морфологический состав тушек ($n = 3$)

Table 6.

Morphological composition of carcasses ($n = 3$)

Показатель Indicator	1 группа (контроль) 1group (control)	2 группа (1 опытная) 2group (1 st experimental grup)	3 группа (2 опытная) 3group (2 nd experimental grup)
Предубойная живая масса, г Preslaughter live weight, g	3140,5±21,17	3209,8±25,64	3275,4±18,57
Масса парной тушки, г The mass of carcass meat, g	1798,0±21,17	1889,5±21,17	2085,0±21,17
Убойный выход, % Lethal output, %	58,36±0,15	59,42±0,21	62,33±0,17
Выход мякоти, % The output of pulp, %	71,82±2,45	73,25±2,49	76,86±3,18
Индекс мясности Meat index	3,26±0,78	3,55±0,62	4,49±0,55

Во 2-й опытной группе кроликов выход тушки составил 62,33%, что больше по сравнению с контрольной и 1-й группами на 6,8 и 4,89% соответственно.

Кролики 1 опытной группы превосходили животных контрольной группы по массе парной тушки на 91,5 г (5,08%; $P < 0,05$), 2 опытной группы – на 287 г. (15,96%; $P < 0,01$). Аналогичная закономерность была отмечена по выходу мышечной ткани, полученной после обвалки. Кролики контрольной группы уступали по данному показателю сверстникам опытных групп на 1,99 и 5,04% соответственно; $P < 0,01$).

Рассчитанный индекс мясности показал, что кролики 2-й опытной группы, получавшие гранулированный комбикорм ПЗК-92-63-18 РЭББИТ ПЛЮС (комплекс Споротермин-Фунгистат-ГПК) имеют больший показатель индекса мясности – 4,49, по сравнению с кроликами 1-й опытной группы, получавшей гранулированный комбикорм ПЗК-92-62-18 ОПТИМА РЭББИТ (комплекс ПроСтор – Фунгистат-ГПК) и контрольной, получавшей комбикорм ПЗК-92-60-18 – 3,55 и 3,26 единиц соответственно.

Показатели качества мяса напрямую зависят от химического состава и энергетической ценности [12–14]. В таблице 7 представлен химический состав мяса кроликов.

Таблица 7.

Химический состав мяса кроликов, $M \pm s$

Table 7.

Chemical composition of rabbit meat, $m \pm s$

Показатель Indicator	Группа Group		
	1 группа (контроль) 1 group (control)	2 группа (1 опытная) 2 group (1 st experimental group)	3 группа (2 опытная) 3 group (2 nd experimental group)
Массовая доля влаги, % Mass fraction of moisture, %	73,40±0,55	72,80±0,66	72,30±0,58
Массовая доля белка, % Mass fraction of protein, %	19,40±0,29	20,02±0,32	20,55±0,40
Массовая доля жира, % Mass fraction of fat, %	6,17±0,46	6,14±0,42	6,10±0,41
Массовая доля золы, % Mass fraction of ash, %	1,03±0,05	1,04±0,03	1,05±0,04

Применение при кормлении кроликов пробиотических добавок совместно с сорбентами способствовало повышению массовой доли белка в мышечной ткани. Содержание массовой доли белка и жира в мышечной ткани кроликов контрольной группы и опытных групп отличалось незначительно, достоверных различий выявлено не было, хотя наименьшее количество жира отмечено у кроликов 2 опытной группы, получавшей гранулированный комбикорм ПЗК-92-63-18 РЭББИТ ПЛЮС.

Закключение

Получены математические модели процесса гранулирования комбикормов с зерновой патокой, устанавливающие зависимость крошимости гранул и потребляемой энергии от выбранных факторов:

В результате проведения комплексной оценки качества полнорационных гранулированных комбикормов установлено, что полученные комбикорма, исследованные по физико-

химическим, органолептическим, микробиологическим показателям и показателям безопасности, соответствовали требованиям, предъявляемым к комбикормам для откормочного поголовья молодняка кроликов.

При оптимальных значениях факторов, полученных при исследованиях с применением планирования эксперимента, были выработаны опытные партии комбикормов с зерновой патокой. Установлено, что в результате гранулирования рассыпного комбикорма в условиях применения оптимальных режимов гранулы хорошего качества. Их крошимость и удельный расход электроэнергии соответствовала установленным требованиям.

Обогащение комбикормов для откорма поголовья молодняка кроликов пробиотическими микроорганизмами, входящими в состав используемых препаратов оказывает положительное влияние на мясную продуктивность, сохранность, повышение биологической ценности мяса кроликов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ревазов Ч.В. Переваримость питательных веществ у кроликов калифорнийской породы // Научная жизнь. 2017. № 1. С. 69–75.
2. Жидик И.Ю., Заболотных М.В. Влияние цеолита природного холинского месторождения на минеральный и витаминный состав мяса кроликов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. № 6 (117). С. 144–148.
3. Макарец Н.Г. Кормление сельскохозяйственных животных. Калуга: Изд-во «Ноосфера», 2012. 640 с.
4. Методические указания по оценке качества и питательности кормов. М. 2002, 75 с.
5. Кладовщиков В.Ф., Самков Ю.А. Методические указания. Изучение переваримости питательных веществ корма, баланса азота и энергии у пушных зверей. М., 1975. 50 с.
6. Ланге П. Производство гранулированного комбикорма // Комбикорма. 2010. № 6. С. 67–68.
7. Устинова Л. Комплексная линия для работы гранулированного комбикорма // Комбикорма. 2011. № 2. С. 47–48.
8. Смирнова И.Р., Чувакин Р.А. К использованию комбикормов в рационах кроликов // Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. РАЗВИТИЕ НАУКИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ. 2017. С. 31–34.
9. Ландихова Е.Л., Осипова Н.В. Влияние оптимизированного кормления на продуктивные качества кроликов породы советская шиншилла // Новое в науке XXI века. Межвузовский научный сборник. 2007. № 5. С. 22–25.
10. ГОСТ 32897 – 2014 Комбикорма для пушных зверей, кроликов и нутрий. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 15 с.
11. Колотыгина И.А. Эффективность использования в кормлении пушных зверей сухих полнорационных комбикормов // Молодежь и наука. 2016. № 1. С. 64.
12. Dietary protein quality evaluation in human nutrition : Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO, 2013. 66 p. URL: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.
13. Молчанова Е.Н., Сусликов Г.М. Оценка качества и значение пищевых белков // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 1. С. 16–22.
14. Giang H.H., Viet T.Q., Ogle B., Lindberg J.E. Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with a complex of lactic acid bacteria alone or in combination with *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces boulardii* // LivestSci. 2012. № 143. P. 132–41.
15. Шенцова Е.С., Панин И.Г., Гречишников В.В., Панин А.И. Оценка погрешностей содержания питательных и биологически активных веществ в комбикормовой продукции // Вестник ВГУИТ. 2015. № 4. С. 109–115.
16. Востроилов А.В., Курчаева Е.Е. Использование пробиотического препарата "Ветом3.0" в рационах кормления кроликов // Сборник статей IX Международной научно-практической конференции «Прорывные научные исследования: проблемы, закономерности, перспективы» в 4 частях. 2017. С. 156–159.

17. Панин И.Г. Вероятностная методика расчета рецептов комбикормов // Аграрная наука. 2004. № 10. С. 13–15.

18. Алексеев Г.В., Гончаров М.В., Лей А.Г., Кривоустов В.В. Численные подходы к моделированию процесса экспандирования. Вестник ВГУИТ. 2017, № 79(2), С. 53–60. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-2-53-60>

REFERENCES

1. Revazov Ch. V. Digestibility of nutrients in rabbits of California breed. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific life] 2017. no. 1. pp. 69–75. (in Russian)
2. Zhedik I. Yu., Zabolotnykh V.M. The Influence of natural zeolite of mine of the deposit on mineral and vitamin composition of rabbit meat. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Krasnoyarsk state agrarian University] 2016. no. 6 (117). pp. 144–148. (in Russian)
3. Makartsev N. G. Kormlenie sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh [Feeding of farm animals: Textbook for universities] Kaluga, Publishing house "Noosphere", 2012. 640 p. (in Russian)
4. Metodicheskie ukazaniya po ocenke kachestva i pitatel'nosti kormov [Guidelines for the evaluation of feed quality and nutrition] Moscow, 2002, 75 p. (in Russian)
5. Kladovshikov F.V., Samkov Y.A. Metodicheskie ukazaniya. Izuchenie perevarimosti pitatel'nyh veshchestv korma, balansa azota i ehnergii u pushnyh zverey [Guidelines. Study of digestibility of feed nutrients, nitrogen and energy balance in fur animals] Moscow, 1975. 50 p. (in Russian)
6. Lange P. Production of granular all-mash. *Kombikorma* [All-mashes] 2010. no. 6. pp. 67–68. (in Russian)
7. Ustinova L. Complex line for the production of granulated *Kombikorma* [All-mashes] .2011. no. 2. pp.47–48. (in Russian)
8. Smirnova I.R., Chuvakin R.A. To the use of compound feed in the rabbit rations. *Materialy Mezhdunarodnoj (zaочноj) nauchno-prakticheskoy konferencii. RAZVITIE NAUKI V SOVREMENNOM MIRE* [Materials of the International (extramural) scientific-practical conference. The DEVELOPMENT OF SCIENCE IN the MODERN WORLD] 2017. pp. 31–34. (in Russian)
9. Landikhova E.L., Osipova N.V. Influence of the optimized feeding on productive qualities of rabbits of breed Soviet chinchilla. *Novoe v nauke XXI veka. Mezhvuzovskij nauchnyj sbornik* [New in science of XXI century. Interuniversity scientific collection] 2007. no. 5. pp. 22–25. (in Russian)
10. GOST 32897 – 2014 Kombikorma dlya pushnyh zverey, krolikov i nutrij. Obshchie tekhnicheskie usloviya [All-mash for fur animals, rabbits and nutria. General specifications] Moscow, STANDARTINFORM, 2016. 15 p. (in Russian)
11. Kolotygina I.I. Use efficiency in the feeding the dry animal feed. *Molodezh i nauka* [Youth and science] 2016. no. 1. pp. 64. (in Russian)
12. Diet protein quality evaluation in human nutrition : Report of an FAO Expert Consultation. Rome, FAO, 2013, 66 p. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.

13 Molchanova E.N., Sukanek G.M. Evaluation of the quality and value of food proteins. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and processing of agricultural products] 2013. no. 1. pp. 16–22. (in Russian)

14 Giang H.H., Viet T.Q., Ogle B., Lindberg J.E. Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplied with a complex of lactic acid bacteria alone or in combination with *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces boulardii*. *Liv-ing Sci.* 2012. no. 143. pp. 132–41.

15 Shencova E.S., Panin I.G., Grechishnikov, V.V., Panin A.I. Assessment of errors in content of nutrient and biologically active substances in the all-mash production. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET] 2015. no. 4. pp. 109–115 (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгения С. Шенцова д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, evgeniya-shencova@yandex.ru

Елена Е. Курчаева к.т.н., доцент, докторант кафедры частной зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, alena.kurchaeva@yandex.ru

Александр В. Востроиллов д.с.-х.н., профессор, заведующий кафедрой частной зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, alexander-vostroilov@yandex.ru

Лидия А. Есаулова к.б.н., доцент, кафедра общей зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, esaulovalida@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Евгения С. Шенцова предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

Елена Е. Курчаева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Александр В. Востроиллов предложил методику проведения эксперимента

Лидия А. Есаулова консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018

16 Vostroilov A.V., Kurchaeva E.E. The use of probiotic preparation "Vetom 3.0" in the diet of feeding rabbits. *Sbornik statej IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Proryvnye nauchnye issledovaniya: problemy, zakonomernosti, perspektivy»* [Collection of articles IX International scientific and practical conference "Breakthrough research: problems, patterns, prospects" (in 4 parts)] 2017. pp. 156–159. (in Russian)

17 Panin I.G., Probabilistic method of calculation of all-mash recipes feed. *Agrarnaya nauka* [Agricultural science] 2004. no. 10. pp. 13–15. (in Russian)

18 Alekseev G.V., Goncharov M.V., Leu A.G., Krivopustov V.V. Numerical approaches to expansion process modeling. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the VSUET]. 2017. no. 79(2). pp. 53–60. (In Russian) <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-2-53-60>

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgeniya S. Shentsova Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, evgeniya-shencova@yandex.ru

Elena E. Kurchaeva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, PhD student of chair of private animal husbandry, Voronezh state agrarian University named after Emperor Peter I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, alena.kurchaeva@yandex.ru

Aleksandr V. Vostroilov Dr. Sci. (Agr.), head. chair of private zootechnics, Voronezh state agrarian University named after Emperor Peter I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, alexandervostroilov@yandex.ru

Lidiya A. Esaulova Cand. Sci. (Biol.), associate professor, department of General animal science, Voronezh state agrarian University named after Emperor Peter I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, esaulovalida@yandex.ru

CONTRIBUTION

Evgeniya S. Shentsova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Elena E. Kurchaeva review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Aleksandr V. Vostroilov consultation during the study

Lidiya A. Esaulova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.1.2018

ACCEPTED 8.20.2018