

Senchenko M.A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor

Chugreev M.K., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

Gornich E.A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Melnikova L.E., Associate Professor

Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМБИКОРМА В КРОЛИКОВОДСТВЕ

(Development and use of functional compound food in rabbit breeding)

Реферат. Полноценные экологически безопасные комбикорма с биологически активными ингредиентами могут улучшать физиологическое состояние кроликов, повышать их продуктивность и качество крольчатины. Цель работы – создание и апробация функционального комбикорма с пребиотическим, антиоксидантным, иммуностимулирующим свойствами и его влияние на количество лимфоидной ткани и pH химуса в кишечнике кроликов. Для эксперимента были сформированы две группы (опытная и контрольная) молодняка кроликов породы советская шиншилла методом подбора пар-аналогов по 12 голов (самцов) в каждой. Продолжительность эксперимента 120 суток. Применялся сухой тип кормления. Для приготовления комбикорма в качестве натурального природного сырья использовалась кора осины (*Populus tremula L.*), лактулоза в виде сиропа, янтарная кислота, лизоцим. В состав основной фракции входили: пшеница, ячмень, овёс, кукуруза, сушёные луговые травы. Предложен состав и технология приготовления комбикорма для кроликов «ЯрГАУ-002-КР» с бифидогенным, антиоксидантным, иммуностимулирующим свойствами. В качестве биологически активных ингредиентов использованы: углеводный комплекс, содержащий пребиотик лактулозу, янтарная кислота, лизоцим и натуральное природное сырьё. Изучено влияние использования комбикорма на количество и площадь лимфоидных образований в тонком кишечнике кроликов, на реакцию среды химуса (pH).

Ключевые слова: функциональный комбикорм, кролики, лактулоза, янтарная кислота, лизоцим, лимфоидная ткань, пейеровы бляшки, иммунитет, химус.

Введение. В желудочно-кишечном тракте животных нарушается баланс микрофлоры от применения антибиотиков. При этом угнетается полезная микрофлора, что негативно отражается на работе иммунной системы макроорганизма. Возникают заболевания, которые снова лечат антибиотиками. Исследования в направлении разработки и применения функциональных кормов в кролико-

Abstract. Complete, environmentally friendly feed with biologically active ingredients can improve the physiological condition of rabbits, increase their productivity and the quality of rabbit meat. The purpose of the work is to create and test a functional feed with prebiotic, antioxidant, immunostimulating properties and its effect on the amount of lymphoid tissue and the pH of chyme in the intestines of rabbits. For the experiment, two groups (experimental and control) of young rabbits of the Soviet chinchilla breed were formed by selecting analogue pairs of 12 heads (males) each. The duration of the experiment was 120 days. Dry feeding was used. To prepare the feed, aspen bark (*Populus tremula L.*), lactulose in the form of syrup, succinic acid, and lysozyme were used as natural raw materials. The main fraction includes: wheat, barley, oats, corn, dried meadow grass. The composition and technology for preparing mixed feed for rabbits “YarGAU-002-KR” with bifidogenic, antioxidant, and immunostimulating properties is proposed. The following biologically active ingredients were used: a carbohydrate complex containing the prebiotic lactulose, succinic acid, lysozyme and natural raw materials. The influence of the use of mixed feed on the number and area of lymphoid formations in the small intestine of rabbits and on the reaction of the chyme medium (pH) was studied.

Key words: functional feed, rabbits, lactulose, succinic acid, lysozyme, lymphoid tissue, Peyer's patches, immunity, chyme.

водстве представляются актуальными. Полноценные экологически безопасные комбикорма с биологически активными ингредиентами могут улучшать физиологическое состояние кроликов, повышать их продуктивность и качество крольчатины.

Предлагается состав и технология приготовления комбикорма с бифидогенным, антиоксидантным, иммуностимулирующим свойствами на

основе пребиотика лактулозы, янтарной кислоты, лизоцима и натурального природного сырья.

У млекопитающих пищеварительная система, в частности кишечник работает как иммунный орган. В составе иммунологически активной ткани ЖКТ присутствуют структурные лимфоидные образования - пейеровы бляшки [1]. Для их развития в кишечнике должен присутствовать нормальный микробиоценоз [2]. Кроме того, кишечный микробиоценоз оказывает влияние на состав других микробиоценозов макроорганизма и на физиологическое состояние животного. Поэтому особенно важно предупредить возникновение кишечного дисбактериоза [3]. Пейеровы бляшки непосредственно участвуют в развитии местного иммунитета [4]. Их формирование у новорожденных идёт одновременно с формированием микробиоценоза в тонком кишечнике [2]. Поэтому при разработке состава комбикорма внимание уделялось компонентам, которые могли бы оказать положительное влияние на состояние микрофлоры кишечника кроликов. В качестве натурального природного сырья использовалась кора осины (*Populus tremula L.*), содержащая: ароматические и жирные кислоты, дубильные вещества, рафинозу, фруктозу, фенолгликозиды (салицин и его производные) и обладающая противомикробным, противовоспалительным, гепатозащитным, желчегонным, антигельминтным свойствами [5].

Янтарная кислота - источник энергии. Обеспечивает синтез АТФ, нормализует метаболизм в организме, участвует в цикле трикарбоновых кислот Кребса и способствует усилению иммунитета [6]. Безвредность и способность янтарной кислоты оказывать положительное действие даже при низких дозировках, делают её ценным компонентом при создании новых лекарственных средств, пищевых и кормовых добавок [7]. Кроме того, янтарная кислота является антиоксидантом направленного митохондриального действия [8].

Лизоцим - универсальный фермент белковой природы, присутствует у всех живых форм. Он регулирует иммунные и метаболические процессы, защищает организм от патогенных бактерий, грибов, вирусов. Обуславливает иммунный гомеостаз, обладает противовоспалительным эффектом, в том числе и введенный в организм извне [9]. Под воздействием лизоцима происходит гидролиз клеточной стенки бактерий и грибов, при котором образуется мурамилпептид – мощный природный стимулятор иммунитета [10].

Лактулоза – изомер молочного сахара, пребиотик, стимулирующий развитие бифидо- и лактобактерий [11]. Микробиоценоз кишечника играет главную роль в поддержании работы иммунной системы, а галактоолигосахариды стимулируют развитие в нём бифидобактерий. Лактулоза снижает *pH* в кишечнике, повышает резистентность микробиоценоза, способствует ионизации аммиака и его выведению в виде ионов аммония. При этом нормализуется моторика тонкой кишки [12].

Таким образом, перечисленные активные вещества в составе комбикорма могут оказать положительное действие на физиологическое состояние кроликов.

Увеличение объемов использования древесной коры в производстве комбикормов поможет решить экологическую проблему утилизации отходов, возникающих в ходе лесозаготовок [13].

Цель исследований. Цель работы - создание и апробация функционального комбикорма с пребиотическим, антиоксидантным, иммуностимулирующим свойствами и его влияние на количество лимфоидной ткани и *pH* химуса в кишечнике кроликов.

Условия, материалы и методы

Для приготовления комбикорма в качестве натурального природного сырья использовалась кора осины (*Populus tremula L.*) по ТУ 9700-004-0088418944-12. Лактулоза в виде сиропа (RU.77.99.88.003.E. 008433.09.14). Янтарная кислота по ТУ 9197-010-20885466-15. Лизоцим по ТУ 1089.19-030-90692556-2019. В состав основной фракции входили: пшеница, ячмень, овёс, кукуруза, сушёные луговые травы.

Для эксперимента были сформированы две группы (опытная и контрольная) молодняка кроликов породы советская шиншилла методом подбора пар-аналогов по 12 голов (самцов) в каждой. Продолжительность эксперимента 120 суток. Применялся сухой тип кормления.

Площадь пейеровых бляшек рассчитывалась по формуле овала: $S = \pi ab$, где S – площадь эллипса, π – число пи (3.1415), a – длина большой полуоси, b – длина малой полуоси [14].

Средняя проба химуса отбиралась в разных отделах ЖКТ. Кислотность химуса определялась посредством *pH*-метра АМТ 28F. За окончательный результат принималось среднее арифметическое значение трёх измерений.

Изучаемые показатели: количество и размеры пейеровых бляшек в тонком кишечнике, *pH* химуса в разных отделах кишечника. Статистическая обработка результатов была проведена по методике Плохинского Н.А. [15].

Результаты исследований и их обсуждения

По особенностям пищеварения кролики относятся к псевдоруминантам. У кроликов развитая слепая кишка предназначена для микробиального пищеварения, что позволяет им использовать много грубых кормов [16].

Для процесса ферментации в слепой кишке должен поддерживаться нормальный баланс микрофлоры. Это имеет важное значение для пищеварения. Есть основания полагать, что некоторые компоненты предлагаемого комбикорма будут этому способствовать, в частности лактулоза и лизоцим.

В ходе исследований изучено влияние комби- корма на количество и размер пейеровых бляшек в тонком кишечнике кроликов. Пейеровы бляшки служат косвенным показателем состояния иммун- ной системы (таб. 1,2)

Таблица 1 - Число пейеровых бляшек в кишечнике кроликов, (n=12)

| Показатели | Опытная группа | Контрольная Группа | Разность, % |
|-------------------------------------------------------------|----------------|--------------------|-------------|
| Число пейеровых бляшек у одного кролика (<i>lim</i>), шт. | 3-8 | 3-7 | |
| Число пейеровых бляшек в группе, шт. | 60 | 57 | +5,26 |
| Число пейеровых бляшек на одного кролика (среднее), шт. | 5,0 | 4,75 | +5,26 |

Таблица 2 - Площадь пейеровых бляшек в кишечнике кроликов, (n=12)

| Показатели | Опытная группа | Контрольная Группа | Разность, % |
|---------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------|-------------|
| Общая площадь пейеровых бляшек в группе, мм ² | 5256,6 | 4229,4 | +24,29 |
| Средняя площадь пейеровых бляшек на одного кролика, мм ² | 438,05 | 352,45 | +24,29 |
| Средняя площадь одной пейеровой бляшки в группе, мм ² | 87,61 | 74,20 | +18,07 |

Из данных таблиц 1 и 2 видно, что среднее количество пейеровых бляшек на одного кролика в контрольной группе составило 4,75 шт., в опытной группе – 5,0 шт. Общее количество пейеровых бляшек в опытной группе оказалось больше, чем в контроле лишь на 3 шт. (на 5,26%) и составило 60 шт.

Общая площадь пейеровых бляшек в контрольной группе составила 4229,4 мм², в опытной

группе - 5256,6 мм², что на 1260,6 мм² (на 24,29%) больше. Средняя площадь пейеровых бляшек на одного кролика в контрольной группе составила 352,45 мм², в опытной группе – 438,05 мм², что на 85,6 мм² (на 24,29%) больше. Средняя площадь одной пейеровой бляшки в контрольной группе составила 74,20 мм², в опытной группе – 87,61 мм², что на 13,41 мм² (на 18,07%) больше.

Таблица 3 - Площадь пейеровых бляшек в кишечнике на одного кролика, (n=12)

| Группы | <i>lim</i> (мм ²) | <i>M</i> ± <i>m</i> (мм ²) | <i>Cv</i> , % | <i>σ</i> , (мм ²) |
|-------------|-------------------------------|----------------------------------------|---------------|-------------------------------|
| Контрольная | 216,0-489,0 | 352,45±18,74 | 30,42 | 101,68 |
| Опытная | 236,0-640,0 | 438,05±22,37* | 21,17 | 86,12 |

P ≤ 0,01

В таблице 3 приведены значения показателей разнообразия изучаемого признака - площади пейеровых бляшек в тонком кишечнике на одного кролика. Лимиты в контрольной группе - в пределах 216,0-489,0 мм², в опытной группе - в пределах 236,0-640,0 мм². Среднеквадратичное отклонение (*σ*) составило в контрольной группе 101,68 мм², в опытной группе - 86,12 мм². Коэффициент вариации в контрольной группе составил 30,42%, в

опытной группе - 21,17%. Значение коэффициента вариации этого признака уменьшилось в опытной группе на 9,25%. Можно предположить, что значения данного показателя в опытной группе оказались более выровненными в результате введения в рацион функционального комбикорма.

В ходе исследований определялось значение рН химуса в разных участках пищеварительного тракта (таб. 4)

Таблица 4. - Среднее значение рН химуса в ЖКТ кроликов, (n=12)

| Отдел ЖКТ | Контрольная группа | Опытная группа | Разность, % |
|------------------------|--------------------|----------------|-------------|
| Тонкий кишечник | 7,7 | 7,3 | 5,2 |
| Слепая кишка | 6,4 | 5,7 | 10,9* |
| Червеобразный отросток | 8,6 | 7,5 | 12,8* |
| Ободочная кишка | 7,5 | 7,1 | 5,3 |
| Прямая кишка | 6,9 | 6,4 | 7,2 |
| Желудок | 6,1 | 5,7 | 6,6 |

* - разница достоверна p≤0,01

Данные таблицы 4 показывают, что при использовании предложенного функционального комбикорма в кормлении кроликов породы советская шиншилла в указанных нормах, отмечается по группам животных смещение средних значений рН

во всех изучаемых отделах ЖКТ в кислую сторону. В желудке среднее значение рН сместилось от 6,1 до 5,7 (на 6,6%), в тонком кишечнике – от 7,7 до 7,3 (на 5,2%), в слепой кишке – от 6,4 до 5,7 (на 10,9%), в червеобразном отростке – от 8,6 до 7,5

(на 12,8%), в ободочной кишке – от 7,5 до 7,1 (на 5,3%), в прямой кишке – от 6,9 до 6,4 (на 7,2%).

Коэффициент вариации (C_v) значений этого показателя по опытной группе составил: в желудке 6,18% (в контроле 5,35%), в тонком отделе кишечника 7,21% (в контроле 3,94%), в слепой кишке 11,72% (в контроле 8,65%), в червеобразном отростке 12,86% (в контроле 10,24%), в ободочной кишке 7,29% (в контроле 6,48%), в прямой кишке 8,53% (в контроле 7,11%).

Выводы. У кроликов породы советская шиншилла в двенадцатиперстной и в толстом кишечнике пейеровы бляшки не обнаружены. Присутствуют они в тощей и подвздошной кишках.

Использование предложенного комбикорма обусловило у кроликов породы советская шиншилла увеличение общей площади пейеровых бляшек в тонком кишечнике, являющимися косвенными показателями состояния иммунной системы. Она оказалась больше у кроликов опытной группы, чем в контроле в среднем на 24,29% и составила 5256,6 мм.² Принципиально значимого увеличения числа пейеровых бляшек не установлено.

В ходе исследований также установлены значения водородного показателя pH химуса в разных отделах ЖКТ кроликов. Применение комбикорма «ЯрГАУ-002-КР» в кормлении кроликов этой породы подкисляет содержимое пищеварительной

системы во всех изученных её отделах: в желудке, в тонком кишечнике, в слепой кишке, в червеобразном отростке, в ободочной кишке, в прямой кишке.

Есть основания полагать, что при гидролизе лактулозы микрофлорой толстой кишки образуются молочная, муравьиная и уксусная кислоты. С повышением кислотности усиливается перистальтика, происходит увеличение осмотического давления, что приводит к переходу аммиака из крови в кишечник и переводу его в ионизированную форму. Снижается образование и абсорбция азотсодержащих токсинов в толстом кишечнике.

Таким образом, использование функционального комбикорма оказывает положительное влияние на состояние кишечного микробиоценоза, от которого, в свою очередь, в значительной степени зависит работа иммунной системы. Показатель pH в данном случае можно использовать в качестве сигнального при контроле состояния среды кишечника, в которой находится микробиоценоз.

Расширение масштабов применения отходов лесной промышленности в производстве кормов для животных может значительно снизить их себестоимость и оказать реальное содействие в решении весьма актуальной экологической проблемы по рациональному использованию значительных объёмов порубочных остатков, возникающих при лесозаготовках.

Литература

1. **Jung C., Hugot J. P., Barreau F.** Peyer's Patches: The Immune Sensors of the Intestine // *Int. J. Inflamm.* 2010. Vol. 10. P. 1-12.
2. **Brandtzaeg P.** The mucosal immune system and its integration with the mammary glands // *JPediatr.* 2010. Feb. 156 (2 Suppl): P. 8-15.
3. **Данилевская Н.В., Субботин В.В.** Дисбактериозы у мелких домашних животных / Москва: Зоомедлит, 2013. 64 с. (Серия «Мастер-класс»).
4. **Singh N., Gallagher H.C., Song R., Dhinsa J.K., Ostroff G.R., De Jesus M.** RNA isolation from Peyer's patch lymphocytes and mononuclear phagocytes to determine gene expression profiles using nanostring technology // *J Biol Methods.* 2018. 5(3). P. 95. doi: 10.14440/jbm.8.
5. **Гаврилина М.В.** Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции // сб. науч. тр. Вып. 65. Пятигорск: Пятигорская ГФА. 2010. 838 с.
6. **Кондрашова М.Н.** Регуляция янтарной кислотой энергетического обеспечения и функционального состояния ткани: автореферат дис. на соискание ученой степени доктора биологических наук. АН СССР. Ин-т биол. физики. Пушино, 1971. 59 с.
7. **Евлевский А.А., Швец О.М., Евлевская Е.П., Арутюнова И.П.** Новые иммунометаболические препараты для применения в ветеринарии // Материалы за 7 Международна практична конференция. Найновити постижения на Европейската наука. София «Бял ГРАД-БГ». 2011. С. 3-6
8. **Белоусов Ю. Б.,** ред. Современный подход к цитопротекторной терапии/ Методическое пособие для врачей. М., 2010. 30 с.
9. **Калюжин О.В.** Антибактериальные, противогрибковые, противовирусные и иммуномодулирующие эффекты лизоцима: от механизмов к фармакологическому применению // Эффективная фармакотерапия / Педиатрия. 2018. № 1 (14). С.69-72.
10. **Moutsopoulos N.M., Moutsopoulos H.M.** The oral mucosa: A barrier site participating in tissue-specific and systemic immunity // *Oral Dis.* 2018. 24(1-2). P. 22-25. doi: 10.1111/odi.12729.
11. **Афанасьев Ю.И., Юрина Н.А., Котовский Е.Ф.** Гистология, цитология и эмбриология / М. - 2002. – 325-347 с.
12. **Наместников Е.В., Лопаткина Т.Н.** Печеночная энцефалопатия при хронических заболеваниях печени: лечение и профилактика. М. 2004
13. **Mokhiev A., Rukomajnikov K., Gtrasimova M., Medvedev S.** Dynamically Changing Environment1 // *J. Korean Wood Sci. Technol.* 2021. 49(3). P. 254-266.
14. **Mokhiev A., Rukomajnikov K., Gtrasimova M.,**

- Medvedev S.* Dynamically Changing Environment1 // J. Korean Wood Sci. Technol. 2021. 49(3). P. 254-266.
15. **Плохинский Н.А.** Биометрия / Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 367 с.
16. **Hamid, P. H. Prastowo S., Kristianingrum Y. P.** Intestinal and hepatic coccidiosis among rabbits in Yogyakarta, Indonesia // Veterinary World. 2019 №12(8). - P. 1256–1260.

Поступила в редакцию: 25.11.2023 г.

Принята к публикации: 07.02.2024 г.

Сенченко М.А., к.с.-х.н., доцент, доцент кафедры «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции», senchenko@yarcx.ru, **Чугреев М.К.**, д.с.-х.н., доцент, заведующий кафедрой «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции», chugreev_mk@mail.ru, **Горнич Е.А.**, к.с.-х.н., доцент кафедры «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции», gornich@yarcx.ru, **Мельникова Л.Э.**, доцент кафедры «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции», l.melnikova@yarcx.ru. ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия