



Научная статья

УДК 636.087.7:636.52/.58

# Влияние лактулозы как компонента кормовой добавки на обмен веществ и микробиоту слепой кишки цыплят-бройлеров

Анастасия Павловна Иванищева, Елена Владимировна Яшуева, Елена Анатольевна Сизова, Александра Сергеевна Мустафина

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий» Российской академии наук (ФНЦ БСТ РАН)

**Аннотация:** Целью данного исследования была оценка влияния различных компонентов, входящих в состав разрабатываемой новой органо-минеральной кормовой добавки (ОМКД), на рост, обмен веществ и микробиоту слепой кишки цыплят-бройлеров (кросс Арбор Эйкрес, 35 голов в каждой из 3 групп, 1-42 дни жизни). С 7-суточного возраста до конца эксперимента в рацион I опытной группы добавляли четырехкомпонентную ОМКД (лактозу, янтарная кислота, аргинин, кремний), II опытной – трехкомпонентную ОМКД (янтарная кислота, аргинин, кремний). Обе ОМКД вызывали рост продуктивности бройлеров, при этом максимальные показатели роста обеспечивала трехкомпонентная ОМКД: живая масса на 42 сутки во II опытной группе была достоверно выше, чем в контроле, на 17,9% ( $p \leq 0,05$ ), а также превосходила показатель I группы на 6,0%. Переваримость органического вещества, сырого протеина, углеводов и безазотистых экстрактивных веществ более существенно увеличивалась при введении четырехкомпонентной ОМКД, на 5,6% ( $p \leq 0,05$ ), 4,2%, 5,9% ( $p \leq 0,05$ ) и 5,3% соответственно по сравнению с контролем. При этом сырой жир лучше переваривался в присутствии трехкомпонентной ОМКД, на 8,3% ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с контролем. Трехкомпонентная ОМКД оказала более выраженное влияние на некоторые морфологические и биохимические показатели крови цыплят, при этом отсутствие лактулозы приводило к незначительному снижению разнообразия микробиоты кишечника. Таким образом, тестирование разнокомпонентной кормовой добавки показало эффективность использования изученных экспериментальных составов в рационе бройлеров.

**Ключевые слова:** органо-минеральная кормовая добавка, цыплята-бройлеры, микробиом, продуктивность, лактулоза.

**Для цитирования:** Иванищева, А.П. Влияние лактулозы как компонента кормовой добавки на обмен веществ и микробиоту слепой кишки цыплят-бройлеров / А.П. Иванищева, Е.В. Яшуева, Е.А. Сизова, А.С. Мустафина // Птицеводство. – 2024. – № 1. – С. 35-40.

**doi:** 10.33845/0033-3239-2024-73-11-35-40

**Введение.** Птицеводство – одна из «скороспелых» отраслей животноводства, позволяющая удовлетворять растущие потребности в животном белке. Мировое производство мяса птицы за период с 2009 по 2021 гг. увеличилось вдвое, особенно в развивающихся странах [1]. Технологии выращивания и кормления в мясном птицеводстве позволяют за короткий период (35-42 суток) получить тушку, готовую к реализации. Закономерно, что такой высокий темп роста обеспечивается не только полноценными

кормами, но и кормовыми добавками различного направления [2].

Запрет на некоторые антибиотики способствовал развитию использования фитогенов, органических кислот, пребиотиков, пробиотиков и ферментов в качестве альтернативы при выращивании бройлеров. Подобные вещества имеют сравнимые с антибиотиками преимущества в плане повышения продуктивности и благополучия цыплят-бройлеров без каких-либо проблем, связанных со здоровьем. Более того, их ис-

пользование может увеличить среднесуточный привес, массу тушки, коэффициент конверсии корма и пищевую ценность мяса, а также улучшить здоровье кишечника бройлеров.

Одной из перспективных групп подобных веществ являются пребиотики. При этом, на фоне интенсификации и оптимизации птицеводства, мясная продукция должна соответствовать критериям безопасности. По этой причине стратегии внедрения комплексных многофункциональных добавок



будут оставаться востребованными, вследствие отсутствия негативного влияния таких добавок на качество продукции и здоровье человека и животных в сравнении с антибиотиками [3].

В настоящее время применение пребиотических кормовых добавок в составе рационов имеет огромный интерес для птицеводства, так как они способны избирательно стимулировать рост полезных микроорганизмов и снижать уровень патогенной микрофлоры [4]. Таким образом, использование соединений, имеющих пребиотические эффекты – способ улучшения здоровья кишечника и продуктивности животных при отсутствии антибиотических стимуляторов роста. К группе таких веществ относятся олигосахариды, в частности, дисахарид лактулоза, синтетический структурный изомер молочного сахара (лактозы). Лактулоза – пребиотик с наивысшим индексом пребиотической активности, стимулирует рост лакто- и бифидобактерий в толстом кишечнике, способствует восстановлению нормофлоры, снижению pH содержимого толстой кишки, угнетению роста условно патогенной микрофлоры, улучшению усвое-

ния питательных веществ, повышению иммунитета [5,6].

В связи с этим целью данного исследования стала оценка влияния различных компонентов, входящих в состав новой разрабатываемой органо-минеральной кормовой добавки (ОМКД), на обмен веществ и микробиоту слепой кишки цыплят-бройлеров.

**Материал и методика исследований.** Исследования были проведены на базе ФНЦ БСТ РАН (<http://цкп-бст.рф>). Были сформированы 3 группы цыплят-бройлеров кросса Арбор Эйкрес (n=35, две опытные группы и одна контрольная). С 7-суточного возраста до конца эксперимента в рацион I опытной группы добавляли четырехкомпонентную ОМКД (лактоза, янтарная кислота, аргинин, кремний), II опытной – трехкомпонентную (янтарная кислота, аргинин, кремний). Рацион для всех групп был одинаковым по питательности и нормировался согласно потребностям возрастного периода и рекомендациям ВНИТИП [7]. Исследование переваримости питательных веществ было проведено с помощью стандартных методик и ГОСТов.

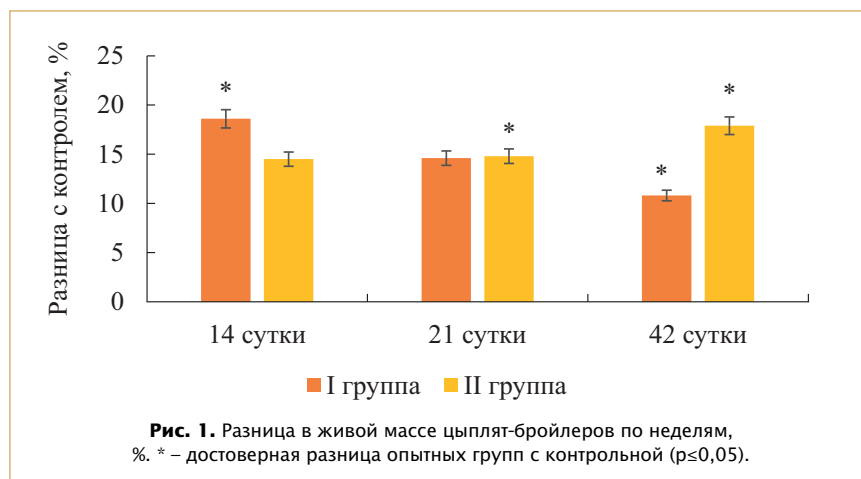
Оценка микробного биоразнообразия включала отбор проб,

выделение, очистку, измерение концентраций ДНК, проведение ПЦР, валидацию и нормализацию библиотек с последующим секвенированием на платформе высокопроизводительного секвенатора второго поколения MiSeq Illumina, (США; ЦКП «Персистенция микроорганизмов», <https://ikvs.info/institut/laboratorii/czkr/>). Выделение ДНК проводили из полостного содержимого слепой кишки.

Биоинформатическая обработка результатов осуществлялась с использованием программы PEAR [8]. Фильтрация, дерепликация, удаление химерных последовательностей, кластеризация, сортировка (отсечки singletons), удаление контаминации проводилась с использованием программы USEARCH. Для фильтрации использован алгоритм fastq\_filter, для репликации – алгоритм derep\_prefix, для кластеризации и удаления химерных последовательностей – алгоритм cluster\_otus. Для визуализации использован ресурс **VAMPS**. Результаты секвенирования обрабатывали с использованием пакета Microsoft Excel (США).

Данные выражены в виде средних значений ± стандартная ошибка среднего значения (M±m). Статистический анализ проводился с использованием программы Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США) и Microsoft Excel. Для оценки бета-разнообразия применен анализ PERMANOVA.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Внесение ОМКД в рацион привело к увеличению живой массы на 18,6% в I группе и на 14,5% во II группе уже с первой недели исследования (рис. 1). К 21 суткам данный показатель продолжал увеличиваться, и разница с





контролем составляла 14,6 и 14,8% в I и II группах соответственно.

На 42 сутки живая масса во II опытной группе была значительно выше, чем в контроле, с разницей 17,9%. Также данная группа превосходила I группу на 6,0%.

Таким образом, внесение разнородной ОМКД, вне зависимости от состава, вызывало рост продуктивности. Однако максимальные показатели роста обеспечила трехкомпонентная кормовая добавка.

К концу эксперимента картина белой крови наглядно демонстрировала отсутствие патологического влияния скармливания ОМКД (табл. 1).

Использование ОМКД привело к изменениям биохимических показателей крови цыплят (табл. 2). Так, концентрация альбуминов в сыворотке крови увеличилась в I группе на 3,5%, а по II группе, напротив, снизилась на 0,9% относительно контрольной группы.

Тестируемая ОМКД стимулировала рост активности аланинаминотрансферазы (АЛТ) во всех группах. Так, в I группе она увеличилась на 5,35% ( $p \leq 0,05$ ), во II группе – на 18,75% относительно контроля. В свою очередь, активность аспаратаминотрансферазы (АСТ) снизилась в I опытной группе на 16,00% ( $p \leq 0,05$ ) и увеличилась во II опытной группе на 3,08%.

В показателях минерального обмена также были некоторые изменения. Содержание Са в плазме крови увеличивался во всех группах: в I опытной – на 3,7%, во II – на 11,1% по сравнению контролем. Уровень Mg повышался во II группе на 14,2%, а в I группе оставался на уровне контроля.

Уровень P снижался по сравнению с контролем в опытных груп-

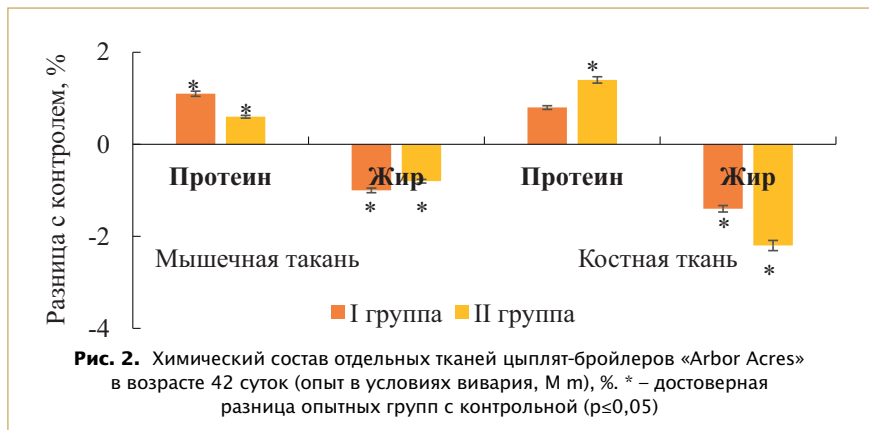
**Таблица 1. Некоторые морфологические показатели крови цыплят-бройлеров «Arbor Acres» в возрасте 42 суток (опыт в условиях вивария,  $M \pm m$ )**

Показатели	Контроль	I группа	II группа
Лейкоциты, $10^9/л$	37,0 $\pm$ 2,23	35,2 $\pm$ 2,82	36,7 $\pm$ 1,51
Лимфоциты, %	62,9 $\pm$ 2,06	68,7 $\pm$ 2,06*	67,3 $\pm$ 5,57

**Таблица 2. Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров «Arbor Acres» в возрасте 42 суток (опыт в условиях вивария,  $M \pm m$ )**

Показатели	Контроль	I группа	II группа
Альбумины, г/л	11,4 $\pm$ 0,20	11,8 $\pm$ 0,14	11,3 $\pm$ 0,28
АЛТ, ед./л	11,2 $\pm$ 1,90	11,8 $\pm$ 1,12	13,3 $\pm$ 0,77
АСТ, ед./л	373,4 $\pm$ 18,60	313,6 $\pm$ 20,87*	384,9 $\pm$ 16,63
Fe, мкмоль/л	15,5 $\pm$ 1,67	16,5 $\pm$ 1,73	21,5 $\pm$ 1,94*
Mg, ммоль/л	0,7 $\pm$ 0,03	0,7 $\pm$ 0,02	0,8 $\pm$ 0,02
Ca, ммоль/л	2,7 $\pm$ 0,21	2,8 $\pm$ 0,20	3,0 $\pm$ 0,06
P, ммоль/л	2,4 $\pm$ 0,38	2,12 $\pm$ 0,12	2,06 $\pm$ 0,07

**Примечание:** \* - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ( $p \leq 0,05$ ).



**Рис. 2.** Химический состав отдельных тканей цыплят-бройлеров «Arbor Acres» в возрасте 42 суток (опыт в условиях вивария,  $M, m$ ), %. \* – достоверная разница опытных групп с контрольной ( $p \leq 0,05$ )

пах I и II на 11,6% ( $p \leq 0,05$ ) и на 14,1% соответственно.

К концу эксперимента отмечено заметное повышение уровня Fe в опытных группах, на 6,45 и 38,7% относительно контроля.

Внесение экспериментальной ОМКД в состав рациона бройлеров приводит к изменениям в химическом составе мышечной и костной ткани (рис. 2). Так, содержание протеина в скелетной мускулатуре и мясокостном фарше в опытных группах повышалось на величину от 0,8 до 1,4% по сравнению с контролем. Жир в указанных субстратах имел тенденцию к снижению относительно контроля в диапазоне от 0,8 до 2,2% ( $p \leq 0,05$ ).

В эксперименте отмечены изменения переваримости компонентов рациона (рис. 3). В I опытной группе переваримость органического вещества (ОВ) увеличилась по сравнению с контролем на 5,6% ( $p \leq 0,05$ ), сырого протеина (СП) – на 4,2%, углеводов – на 5,9% ( $p \leq 0,05$ ), безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) – на 5,3%. Во II группе рост переваримости ОВ, углеводов и БЭВ несколько отставал от I группы, а переваримость СП в обеих группах была близкой. При этом переваримость сырого жира (СЖ) во II группе возросла более существенно, чем в I группе: на 8,3% ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с контролем.

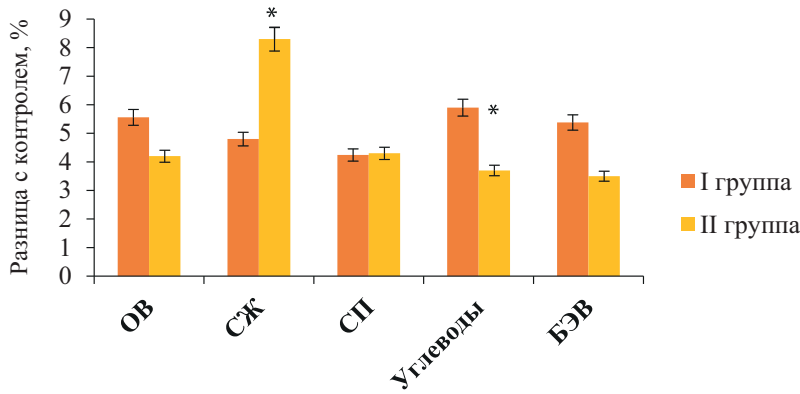


Рис. 3. Переваримость питательных веществ рациона цыплятами-бройлерами «Arbor Acres» в возрасте 42 суток (опыт в условиях вивария,  $M \pm m$ ), %

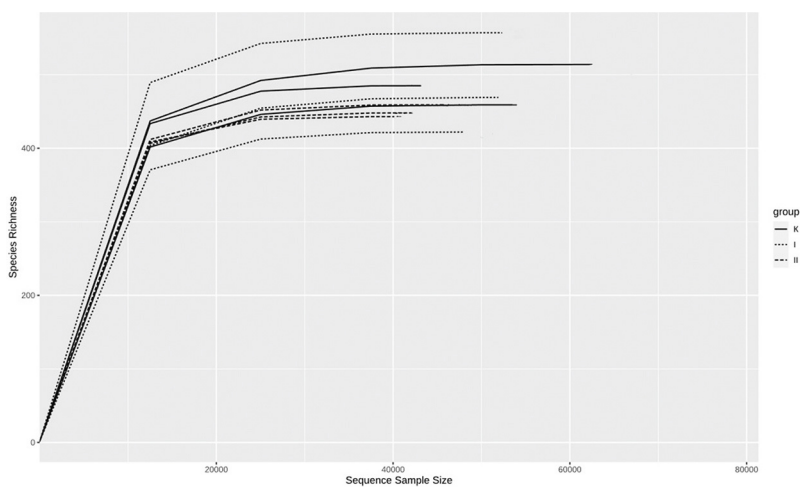


Рис. 4. Кривые разрешения на основе последовательностей для образцов микробиоты слепых отростков кишечника цыплят-бройлеров «Arbor Acres» в возрасте 42 суток

Анализируя состав микробиоты слепой кишки бройлеров, можно говорить о том, что скормливание ОМКД привело к высокому разнообразию таксономических групп. На основе полученных последовательностей и OUT были построены кривые разряжения (рис. 4).

Кривые разряжения всех образцов имели тенденцию выходить на плато к максимуму, что указывало на достаточность глубины секвенирования для характеристики микробиоты кишечника в данном исследовании.

О видовом богатстве и выравнивании обилия видов можно судить по индексу альфа-разнообра-

зия. Отсутствие в ОМКД лактулозы приводило к незначительному снижению разнообразия микробиоты кишечника по результатам расчета индексов Chao1 и ACE. Показатели разнообразия индекс Shannon\_2 и Fisher's alpha показали отсутствие существенных различий между экспериментальными группами (табл. 3).

Анализ PERMANOVA для оценки бета-разнообразия показал наличие незначительного влияния применения ОМКД на расстояние Брея-Кертиса. Значимые различия в организации бактериальных сообществ кишечника отмечались между образцами от контрольной

и II групп, и между образцами от I и II групп ( $p > 0,05$ ).

В эксперименте показано улучшение коэффициента переваримости корма, с максимальным проявлением для углеводов и БЭВ в группе с лактулозой, для протеина и жира – в группе, лишенной лактулозы. Эти результаты указывают на то, что бройлеры, получавшие ОМКД разного компонентного состава, были более эффективны в преобразовании корма в массу тела в период выращивания [9].

Научные работы свидетельствуют о том, что кормовые добавки, имеющие в своем составе лактулозу, стимулируют увеличение продуктивных качеств сельскохозяйственных животных [10]. Данный эффект вызван оптимизацией переваримости и использования питательных веществ корма организмом. Вместе с тем, нами выявлено, что переваримость питательных веществ корма цыплятами обеих опытных групп была значительно выше, чем у контроля.

Общепризнано, что микрофлора кишечника и ее метаболическая активность оказывают существенное влияние на здоровье и продуктивность бройлеров. Предыдущие исследования показали, что желудочно-кишечная ферментативная активность, высота ворсинок подвздошной кишки [11] и уровни короткоцепочечных жирных кислот в слепых кишках увеличивались [12], а количество патогенных бактерий значительно снижалось благодаря стимулирующему действию нескольких пребиотиков на рост полезных бактерий в кишечнике [13].

В целом, многие исследования подтверждают способность лакту-

Таблица 3. Индексы альфа-разнообразия микробиоты кишечника цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			P-value
	I группа	II группа	Контроль	
chao1	486	482,7	450	0,56
ACE	487,1	483,8	451,1	0,32
Fisher's alpha	74	73,9	70,3	0,79
simpson	0,95	0,86	0,96	0,16
shannon	4,14	3,6	4,27	0,13

лозы стимулировать рост полезных для здоровья бифидобактерий, которые благотворно влияют на обмен веществ [14,15].

**Заключение.** Таким образом, тестирование разнокомпонентной

ОМКД показало эффективность использования обоих изученных экспериментальных составов в рационе бройлеров. Внесение в рацион ОМКД, вне зависимости от состава, вызывало повышение продуктив-

ности. При этом максимальные показатели роста обеспечила трехкомпонентная ОМКД.

**Исследования выполнены за счет Российского научного фонда, проект №20-16-00078-П.**

### Литература / References

- Alexandratos, N. World Agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision. ESA Working Paper No. 12-03 / N. Alexandratos, J. Bruinsma. - Rome: FAO, 2012. - 154 pp.
- Яськова, Е.В. Эффективность современных технологий выращивания цыплят-бройлеров / Е.В. Яськова, О.Н. Сахно, А.В. Лыткина, А.В. Гапонова, Ю.И. Казорина // Биология в сельском хозяйстве. - 2015. - №2. - С. 47-58.
- Xin, H. Precision livestock farming in egg production / H. Xin, K. Liu // Anim. Front. - 2017. - V. 7. - No 1. - P. 24-31. doi: 10.2527/af.2017.0105
- Учасов, Д.С. Пробиотики и пребиотики в промышленном свиноводстве и птицеводстве / Д.С. Учасов, В.С. Буяров, Н.И. Ярован, И.В. Червонова, О.Б. Сеин. - Орел: Орловский ГАУ, 2014. - 164 с.
- Буяров, В.С. Влияние препарата «Экофилтрум» на гематологические показатели и продуктивность цыплят-бройлеров / В.С. Буяров, И.В. Червонова, Б.Л. Белкин // Вестник ОрелГАУ. - 2012. - №6. - С. 47-49.
- Буяров, В.С. Использование препарата «Экофилтрум» в технологии производства мяса бройлеров / В.С. Буяров, И.В. Червонова // Вестник АПК Ставрополя. - 2015. - №2. - С. 125-129.
- Фисинин, В.И. Кормление сельскохозяйственной птицы / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, И.Ф. Драганов. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. - 344 с.
- Zhang, J. PEAR: a fast and accurate Illumina Paired-End reAd mergeR / J. Zhang, K. Kobert, T. Flouri, A. Stamatakis // Bioinformatics. - 2014. - V. 30. - No 5. - P. 614-620. doi: 10.1093/bioinformatics/btt593
- Ferket, P.R. Alternatives to antibiotics in poultry production: responses, practical experience and recommendations / P.R. Ferket // Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries; T.P. Lyons, K.A. Jacques (Eds.). - Nottingham Univ. Press, 2004. - P. 57-67.
- Сложенкина, М.И. Влияние новых лактулозосодержащих кормовых добавок на биологические свойства мяса цыплят-бройлеров / М.И. Сложенкина, М.В. Фролова, С.С. Курмашева, А.В. Рудковская // Аграрно-пищевые инновации. - 2020. - №4. - С. 61-69. doi: 10.31208/2618-7353-2020-12-61-69
- Xu, Z.R. Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers / Z.R. Xu, C.H. Hu, M.S. Xia, X.A. Zhan, M.Q. Wang // Poult. Sci. - 2003. - V. 82. - No 6. - P. 1030-1036. doi: 10.1093/ps/82.6.1030
- Mookiah S. Effects of dietary prebiotics, probiotic and synbiotics on performance, caecal bacterial populations and caecal fermentation concentrations of broiler chickens / S. Mookiah, C.C. Sieo, K. Ramasamy, N. Abdullah, Y.W. Ho // J. Sci. Food Agric. - 2014. - V. 94. - No 2. - P. 341-348. doi: 10.1002/jsfa.6365
- Kim, G.B. Effect of dietary prebiotic supplementation on the performance, intestinal microflora, and immune response of broilers / G.B. Kim, Y.M. Seo, C.H. Kim, I.K. Paik // Poult. Sci. - 2011. - V. 90. - No 1. - P. 75-82. doi: 10.3382/ps.2010-00732
- Ruiz-Aceituno, L. Metabolism of biosynthetic oligosaccharides by human-derived *Bifidobacterium breve* UCC2003 and *Bifidobacterium longum* NCIMB 8809 / L. Ruiz-Aceituno, M. Esteban-Torres, K. James, F.J. Moreno, D. van Sinderen // Intl. J. Food Microbiol. - 2020. - V. 316. - P. 108476. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108476



15. Иванищева, А.П. Использование пребиотиков на основе олиго- и дисахаридов в птицеводстве - мини-обзор / А.П. Иванищева, Е.А. Сизова, Е.В. Яушева // С.-х. биология. - 2023. - Т. 58. - №4. - С. 609-621. doi: 10.15389/agrobiology.2023.4.609rus

**Сведения об авторах:**

**Иванищева А.П.:** соискатель, специалист-техник лаборатории «Испытательный центр»; nessi255@mail.ru. **Яушева Е.В.:** кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; vasilena56@mail.ru. **Сизова Е.А.:** доктор биологических наук, зам. директора по научной работе; sizova.l78@yandex.ru. **Мустафина А.С.:** младший научный сотрудник.

Статья поступила в редакцию 07.09.2024; одобрена после рецензирования 02.10.2024; принята к публикации 11.10.2024.

**Research article**

***The Effects of Lactulose as an Ingredient of a Mixed Feed Additive on the Metabolism and Cecal Microbiota in Broilers***



Anastasia P. Ivanishcheva, Elena V. Yausheva, Elena A. Sizova, Aleksandra S. Mustafina

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of Russian Academy of Sciences

**Abstract.** *Effects of different compositions of a newly developing organo-mineral feed additive (OMFA) on growth, metabolism, and composition of cecal microbiota were studied on 3 treatments of Arbor Acres broilers (35 birds per treatment, 1-42 days of age). Since 7 days of age to the end of the experiment control treatment was fed standard diets for broilers while diets for experimental treatments were additionally supplemented with 4-ingredient OMFA (treatment I; lactulose, succinic acid, arginine, silicon) or 3-ingredient OMFA (treatment II; succinic acid, arginine, silicon). It was found that both OMFAs resulted in better growth in broilers as compared to control, especially 3-ingredient one: live bodyweight at 42 days of age in treatment II was significantly higher in compare to control by 17.9% ( $p<0.05$ ) and higher by 6.0% in compare to treatment I. The 4-ingredient OMFA was more effective as compared to the 3-ingredient one in the improvements of the digestibility of organic matter (by 5.6% in compare to control,  $p<0.05$ ), crude protein (by 4.2%), carbohydrates (by 5.9%,  $p<0.05$ ), and N-free extract (by 5.3%) while the digestibility of crude fat was more evidently influenced by the 3-ingredient OMFA (by 8.3% in compare to control,  $p<0.05$ ). The 3-ingredient OMFA was also found to render stronger effects on certain morphological and biochemical blood parameters while the absence of lactulose in this additive resulted in slightly lower biodiversity of the cecal microbiota. It was concluded that both compositions tested can be effectively used in diets for broilers.*

**Keywords:** *organo-mineral feed additive, broiler chicks, microbiota, productivity, lactulose.*

**For Citation:** *Ivanishcheva A.P., Yausheva E.V., Sizova E.A., Mustafina A.S. (2024) The effects of lactulose as an ingredient of a mixed feed additive on the metabolism and cecal microbiota in broilers. Ptitsevodstvo, 73(11): 35-40. (in Russ.)*

**doi:** 10.33845/0033-3239-2024-73-11-35-40

(For references see above)

**Authors:**

**Ivanishcheva A.P.:** Aspirant, Technical Specialist of Testing Laboratory Center; nessi255@mail.ru. **Yausheva E.V.:** Cand. of Biol. Sci., Senior Research Officer; vasilena56@mail.ru. **Sizova E.A.:** Dr. of Biol. Sci., Deputy Director for Science; sizova.l78@yandex.ru. **Mustafina A.S.:** Junior Research Officer. Submitted 07.09.2024; revised 02.10.2024; accepted 11.10.2024.

© **Иванищева А.П., Яушева Е.В., Сизова Е.А., Мустафина А.С., 2024**