

УДК: 636.2.335.04

DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.4:57-65

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ПРОБИОТИКА ТЕТРАЛАКТОБАКТЕРИН НА КРОЛИКАХ

Остренко К.С., Софронова О.В., Галочкина В.П.

¹*ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФНЦ животноводства – ВИЖ им. Л. К. Эрнста, Борзовск, Калужской обл., Российская Федерация*

Цель исследования - изучить влияние на продуктивность и неспецифическую резистентность животных разных форм препарата тетралактобактерин на кроликах калифорнийской породы. Было сформировано пять групп из 2,5 месячных кроликов по шесть голов в каждой. Контрольные животные находились на основном рационе. Первая опытная группа получала основной рацион + цельную культуральную жидкость, во 2-ой группе дополнительно к ОР в течение месяца задавали препарат из инактивированной нагреванием культуральной жидкости, в 3-й группе задавали ферментативный гидролизат цельной культуральной жидкости, в 4-й группе - надсадочную жидкость, содержащую $2,6 \times 10^5$ КОЕ. Основные параметры крови у кроликов контрольной и опытных групп находились в пределах нормы. У кроликов всех опытных групп повысились показатели неспецифической резистентности - возросли фагоцитарная активность и фагоцитарный индекс, а также бактерицидная активность сыворотки крови ($P < 0.05$). Максимальные значения фагоцитарной и бактерицидной активности наблюдались у животных, получавших ферментативный гидролизат. Содержание лизоцима в сыворотке крови у подопытных животных 1-й и 2-й групп на 29-42% превышало показатели контрольной группы ($P < 0.05$). Наибольший прирост живой массы дали кролики, получавшие цельную культуральную жидкость (1192 г). По показателям морфологического анализа было зафиксировано повышение процента выхода мяса и снижение содержания жира в тушках. Таким образом, установлена эффективность использования различных форм пробиотика тетралактобактерина в кормлении кроликов, обеспечивающая увеличение продуктивности, повышение неспецифической резистентности животных и улучшение качества мяса.

Ключевые слова: пробиотики, лактобациллы, кролики, неспецифическая резистентность, приросты живой массы, качество мяса

Проблемы биологии продуктивных животных, 2020, 4: 57-65.

Введение

В последнее время разработка стратегий по развитию животноводства, снижению производственных затрат и негативного воздействия животноводства на окружающую среду имеет первостепенное значение для ученых-диетологов, микробиологов и биохимиков. За последние 14 лет применение антибиотиков в животноводстве столкнулось со снижением общественного признания из-за токсических эффектов у животных, развития бактериальной устойчивости, побочных эффектов для здоровья человека и негативного воздействия на безопасность и качество продуктов. Добавление в корм пробиотиков и/или пребиотиков стало использоваться в качестве альтернативы применению антибиотиков (Al-Khalafah, 2018; Liuet al., 2019).

В научной литературе имеются сообщения о том, что добавление в корм полигастричным животным препаратов на основе *Lactobacillus* не даёт однозначных результатов по воздействию на здоровье и продуктивность животных (Medina et al., 2002; Van der Peet-Schwering et al., 2007; Kowalik et al., 2012), но применение пробиотических штаммов *Lactobacillus* для моногастричных животных оказывало положительный эффект. Причины вариаций результатов можно объяснить использованием разных типов и доз живых клеток, а также различиями в составе корма, видах животных, физиологическом статусе и возрасте животных (Wagner et al., 1990). Некоторые морфологические структуры желудочно-кишечного тракта не являются общими для всех животных

с однокамерным желудком, тогда как желудок, тонкий и толстый кишечник являются структурами желудочно-кишечного тракта всех животных с однокамерным желудком. Кроме того, пищеварение может различаться у разных видов животных (Ayyat et al., 2018; Elghandour et al., 2020). Кролики, например, используют процесс, называемый копрофагией, чтобы в большей степени использовать клетчатку из корма. В слепой кишке кролики используют огромное количество бактерий для преобразования неперевариваемой клетчатки в легкоусвояемые питательные вещества.

Lactobacillus – это грамположительный бактериальный симбионт кишечника, который можно найти в кишечном тракте позвоночных, включая свиней, мышей, крыс, птиц и людей (Duaret al., 2018). Лактобациллы являются субдоминантом микробиоты кишечника животных, которые также встречаются в других частях тела, в определенных продуктах питания и в свободной среде, богатой питательными веществами. Они представляют собой типы микроорганизмов, на которые иммунная система млекопитающих научилась не реагировать, что признано потенциальной движущей силой в эволюции иммунной системы животных и человека. Совместная эволюция лактобацилл и животных создала основу для постулирования пользы лактобацилл для здоровья и повышения продуктивности животных. Большое значение для изучения взаимодействия *Lactobacillus* – хозяин имеет осознание того, что существует значительный уровень генетической гетерогенности внутри отдельных видов *Lactobacillus* (Molenaar et al., 2005). Поскольку флагеллиновый компонент жгутиков бактерий является мощным индуктором воспалительного иммунного ответа у эукариот (Tallant et al., 2004), можно предположить, что преобладание стабильных штаммов среди изолятов позвоночных обусловлено тем, что они не стимулируют иммунную систему хозяина.

Однако необходимо иметь в виду, что, хотя флагеллин является сильно иммуногенным, он сам по себе не вреден, в действительности индукция дефензинов хозяина пробиотическим штаммом *Escherichia coli* Nissle 1917 индуцируется флагеллином (Schlee et al., 2007). Вполне возможно, что подвижные члены *Lactobacillus* могут быть особенно эффективными пробиотическими штаммами благодаря опосредованным флагеллином взаимодействиям с иммунной системой хозяина, в частности, поскольку выделение таких штаммов из пищевых продуктов может поддержать точку зрения, что их можно относить к бактериям GRAS. Сравнительный геномный анализ *Lactobacillus* (Mohamadzadeh M., et al., 2010) выявил их высокую активность в утилизации углеводов и повышении моторики кишечника (Kparteborg et al., 2002).

Тонкий кишечник содержит $CD4^+ CD8\alpha^+$ двойные положительные интраэпителиальные лимфоциты (DP IELs), которые происходят из кишечных $CD4^+$ Т-клеток в результате подавления фактора транскрипции Throk и выполняют регуляторные функции. Применение антибиотиков приводит к понижению DP IELs Т лимфоцитов, что позволяет предположить, что их интенсивное формирование и дифференциация зависят от микробных факторов (Slifierz et al., 2015; Marcoet et al., 2017; Chuet al., 2017). Было обнаружено, что количество DP IEL у мышей варьировало в разных вивариях, коррелируя с присутствием *Lactobacillus*. Этот вид индуцировал DP IELs у мышей, свободных от микробов, и у мышей, выращенных традиционным способом, без этих клеток. Лактобактерии формировали репертуар DP-IEL-TCR (TCR, Т-клеточный рецептор), но генерировали индольные производные триптофана, которые активировали арил-углеводородный рецептор в $CD4^+$ Т-клетках, позволяя Throk подавлять регуляцию и дифференцироваться в DP IEL. Таким образом, *Lactobacillus* вместе с диетой, богатой триптофаном, может репрограммировать интраэпителиальные $CD4^+$ Т-клетки в иммунорегуляторные Т-клетки (Li et al., 2017; Duar et al., 2017; Zhuang et al., 2017).

Таким образом, введение пробиотических лактобацилл или естественных разновидностей лактобацилл в кишечнике может повлиять на состав и функцию микробиоты из-за конкуренции за питательные субстраты в рационе, превращения субстратов в соединения, которые изменяют физическую среду (например, pH) или проявляют прямой антагонизм за счет производства антимикробных соединений, таких как бактериоцины (Zhuang et al., 2017; Vaghef-Mehraban et al., 2014; de Goffau et al., 2014). В случае лактобацилл, воздействие на иммунную функцию может быть за счёт непосредственного взаимодействия с иммунными клетками, такими как дендритные клетки,

как показано на *L. plantarum* (Riva et al., 2017) и несколько других видов *Lactobacillus* (Teixeira et al., 2013; Kouchaki et al., 2016). Таким образом, *Lactobacillus* у разных видов животных. могут действовать с помощью разных механизмов.

Цель исследования – изучить влияние на продуктивность и неспецифическую резистентность животных разных форм препарата тетралактобактерин (цельная культуральная жидкость, инактивированная нагреванием культура, гидролизованная лизоцимом цельная культуральная жидкость и надосадочная жидкость) на кроликах калифорнийской породы.

Материал и методы

Исследование проведено на базе вивария ВНИИФБиП животных. Объект исследования линейные кролики калифорнийской породы. Было сформировано пять групп из 2,5- месячных кроликов по шесть голов в каждой. Контрольные животные находились на основном рационе. Первая опытная группа получала основной рацион + цельную культуральную жидкость (ОР+КЖ), и состоял из 80 г разнотравного сена и 200 г полнорационных гранул + цельная культуральная жидкость, содержащая $3,4 \times 10^{10}$ КОЕ. Рацион по питательности содержал (г): обменной энергии – 2,1 МДж, кормовых единиц – 212, сухого вещества – 270, сырого протеина – 40, переваримого протеина – 27, сырой клетчатки – 50, кальция – 1,8 и фосфора – 1,0. Животным 2-ой опытной группы дополнительно к ОР по 5 дней в неделю в течение месяца задавали препарат из инактивированной нагреванием культуральной жидкости (ИКЖ), в которой не наблюдалось жизнеспособных клеток. Кроликам 3-ой опытной группы задавали ферментативный гидролизат (ФГ) цельной культуральной жидкости, в которой также не было жизнеспособных клеток, а 4-ей опытной группе – надосадочную жидкость (НЖ), образовавшуюся при центрифугировании (содержащую $2,6 \times 10^5$ КОЕ).

В течение опыта продолжительностью 1,5 месяца ежедневно осуществлялся контроль за общим состоянием животных. Взвешивание производилось в момент постановки эксперимента и по окончании исследования. По завершению исследования из каждой группы было убито по три кролика для определения показателей качества тушек; зобор проб крови был произведен у всех животных из группы произведен отбор крови для биохимических анализов. При разделке была определена масса тушки, внутренних органов, внутреннего и наружного жира.

Взятие крови проводили с соблюдением правил асептики и антисептики в две стерильные пробирки. В одной из пробирок кровь стабилизировали ЭДТА, а другую использовали для получения сыворотки. Количество эритроцитов и лейкоцитов, уровень гемоглобина определяли на автоматическом гематологическом анализаторе Mindray BC 2800. Определяли показатели неспецифической резистентности: фагоцитарную активность клеток крови, бактерицидную активность сыворотки крови, содержание лизоцима (Kaneko et al., 2016). Все биохимические показатели определялись при помощи наборов реагентов производства ЗАО «Диакон-ДС» (Россия).

Результаты и обсуждение

Технология наработки штаммов лактобацилл и питательных форм. Для получения комплексного соединения индивидуально выращивались четыре штамма лактобацилл – LBR 1/90, LBR 5/90, LBR 33/90, LBR 44/90 на питательной среде из сухого обезжиренного молока (СОМ) в концентрации 10%. Каждая культура выращивалась в объеме 0,5 л. Суммарный титр отдельных выращенных культур составлял $2,7-3,9 \times 10^{10}$ КОЕ/мл. В дальнейшем производилось последовательное равномерное смешивание по объёму в соответствующих количествах до получения конечного титра препарата тетралактобактерина не менее 1×10^{10} КОЕ/г.

Технология получения различных форм изучаемой биомассы. Выращенные культуры лактобацилл были разделены на четыре равные части. Одну из частей оставили цельной, вторую часть инактивировали нагреванием, третью часть подвергли ферментативному гидролизу лизоцимом, а четвертую часть разделили центрифугированием (при 3000 об/мин в течение 20 мин) на биомассу лактобацилл и надосадочную жидкость. В эксперименте использовали только надосадочную жидкость (НЖ).

Контрольная группа получала основной рацион с добавкой цельной культуральной жидкости, содержащий $3,4 \times 10^{10}$ КОЕ/мл (ОР+КЖ). Животным 1-ой опытной группы дополнительно к ОР получали инактивированную культуральную жидкость (ИКЖ), животные 2-ой опытной группы получали ферментативный гидролизат (ФГ), 3 группа получала надосадочную жидкость (НЖ) с остаточным содержанием лактобактерий в концентрации $2,6 \times 10^5$ КОЕ/мл. Препараты выпаивали из пипетки по 1 мл индивидуально, ежедневно.

В период опыта все кролики были клинически здоровы, нормально росли и развивались. Скармливание на протяжении 1 месяца различных форм пробиотика не оказало неблагоприятного воздействия на функционирование пищеварительной, сердечно-сосудистой и мочеполовой систем кроликов. Падежа животных в подопытных группах зафиксировано не было.

По завершению исследования был произведен отбор проб у всех подопытных животных и произведен убой по 3 кролика из группы с последующим морфологическим анализом туши убитых животных. При разделке тушек определяли массу внутренних органов и жира.

При проведении послеубойного осмотра тушек и внутренних органов кроликов в них не было обнаружено заметных патологических изменений. Легкие упругие, трахея и бронхи – чистые, отека, абсцессов и кровоизлияний нет. Сердце не увеличено, перикард, эпикард и эндокард без инфильтратов и кровоизлияний.

Печень и селезенка: края острые, паренхима вишневого цвета, очагов некроза и абсцессов нет. Желчный пузырь в норме. Почки обычных размеров без признаков воспаления и кровоизлияний. Серозные оболочки желудка, тонкого и толстого кишечника гладкие и блестящие. Слизистые оболочки серовато-розовые, без геморагий и очагов воспаления. Внутренние органы в основном были обычных размеров, значительных различий между животными опытных и контрольной группами нет.

Гематологические исследования до введения в корм различных пробиотических добавок показали, что основные параметры крови животных контрольной и опытных групп находились в пределах физиологической нормы. После проведенных исследований было установлено уменьшение числа лейкоцитов в крови кроликов 2-ой опытной группы – на 18% ($P < 0,05$) (табл. 1). В первой опытной группы наблюдалось существенное повышение числа эритроцитов и гемоглобина на 9 и 11% ($P < 0,05$) соответственно. Количество эритроцитов в крови животных опытных групп было выше, чем в контроле. Кроме того, содержание гемоглобина в крови животных в опыте превышало показатели, как у контрольных животных, так и по нормативным значениям (Tokarz-Deptuła et al., 2015). В лейкоцитарной формуле у кроликов опытных и контрольной групп существенных различий не наблюдалось.

По результатам изучения показателей, отражающих фактор неспецифической резистентности, было установлено, что применение различных форм продуктов биотехнологического синтеза оказывает ярко выраженную стимуляцию неспецифического иммунитета у животных опытных групп. Так, у крольчат всех опытных групп, в сравнении с контролем, фагоцитарная активность и фагоцитарный индекс в сыворотке крови существенно возрастали (табл. 2). Бактерицидная активность увеличивалась до 75,0% у кроликов, получавших ферментативный гидролизат и до 70,1% у животных, получавших инактивированную культуральную жидкость, а у животных, получавших надосадочную жидкость снизилась до 61,2%. Содержание лизоцима в сыворотке крови у животных получавших добавку было существенно выше, чем в контроле, а у животных 2-ой группы это повышение составило 43% относительно контрольной группы.

В ходе проведенных исследований было определены некоторые биохимические показатели, характеризующие белковый и углеводный обмен у животных. Данные представлены в табл. 3. По содержанию общего белка и альбумина как у животных и контрольной, так и опытных групп существенных различий выявлено не было, все показатели укладываются в рамки физиологических норм.

Таблица 1. Гематологические показатели (M±m, n=6)

Показатели	Группы				
	контроль	1 КЖ	2 ИКЖ	3 ФГ	4 НЖ
Количество лейкоцитов, тыс/мкл	6,90±0,7	7,60±0,7	7,41±0,91	6,17±0,37*	7,49±0,34
Количество эритроцитов, млн/мкл	6,29±0,17	6,89±0,09	6,60±0,25	6,81±0,15	6,55±0,19
Гемоглобин, г/л	120,8±1,73	133,8±1,73	131,5±3,81*	131,9±1,49*	130,2±2,93
Лейкоцитарная формула, %					
Базофилы	1,33±0,16	1,47±0,16	1,67±0,18	1,75±0,15	1,33±0,12
Эозинофилы	2,33±0,24	2,33±0,24	2,50±0,21	1,75±0,20	2,33±0,23
Нейтрофилы:					
юные	-	-			
палочкоядерные	0,33±0,1	0,74±0,1	1,00±0,4	0,50±0,2	0,50±0,3
сегментоядерные	16,34±0,2	16,34±0,2	15,83±0,4	16,00±0,3	15,34±0,2
Лимфоциты	77,67±0,5	78,67±0,5	76,00±0,3	77,50±0,2	77,50±0,7
Моноциты	2,00±0,28	2,18±0,28	3,00±0,24	2,50±0,31	3,00±0,19*

Примечание: здесь и далее в таблицах: *P<0,05 по U-критерию Вилкоксона-Манна-Уитни при сравнении с контролем. КЖ - культуральная жидкость; ИКЖ - инактивированная культуральная жидкость; ФГ - ферментативный гидролизат; НЖ - надосадочная жидкость.

Таблица 2. Показатели неспецифической резистентности (M±m, n=6)

Показатели	Группы				
	Контроль	1 КЖ	2 ИКЖ	3 ФГ	4 НЖ
Фагоцитарная активность, %	46,70±1,67	56,20±1,87*	51,70±3,10*	58,30±1,67*	53,3±1,27*
Фагоцитарный индекс	4,77±0,30	5,62±0,48	5,61±0,17*	5,84±0,18*	5,03±0,12
БАСК, %	67,08±2,08	77,02±3,15*	70,08±1,80	75,00±3,23*	61,25±4,5*
ЛСК, кг/мкл	45,6±0,43	55,6±0,87*	58,9±0,91*	64,9±0,61*	53,5±1,89*

Примечания: БАСК, бактерицидная активность сыворотки крови; ЛСК – лизоцим в сыворотке крови.

Таблица 3. Биохимические показатели сыворотки крови (M±m, n=6)

Группы	Общий белок, г/л	Альбумин, г/л	Глюкоза, моль/л
Контроль	58,89±2,22	36,11±3,21	6,63±0,41
1 КЖ	68,89±2,18	46,11±1,32	6,15±0,28
1 ИКЖ	62,22±6,76	40,74±1,85	6,17±0,17
2 ФГ	70,00±5,09	42,22±0,55	6,32±0,16
3 НЖ	62,22±4,45	41,67±0,08	6,63±0,15
Норма	50 - 75	27 - 46	6,1 - 15,9

При этом содержание глюкозы в образцах от контрольной и опытных групп лишь незначительно превышают нижний порог нормы.

Одним из основных зоотехнических показателей эффективности повышения факторов неспецифической резистентности животных и нормального функционирования системы пищеварения является показатель прироста живой массы. После месячного скармливания биологически активных веществ с пробиотическим действием, было установлено, что наибольший прирост живой массы дали кролики первой опытной группы, которые получали цельную культуральную жидкость. Так, относительный прирост был больше в опытной группе по сравнению с контролем на 13,6%. У кроликов остальных опытных групп, получавших тетралактобактерин в различных форма также зафиксирован прирост, но в менее выраженной форме к концу исследований (табл. 4).

Таблица 4. Прирост живой массы кроликов при введении в рацион различных форм тетралактобактерина ($M \pm m$, $n=6$)

Показатели	Группы				
	контроль	1 КЖ	2 ИКЖ	3 ФГ	4 НЖ
Живая масса, г: в начале опыта	1448±124	1468±164	1432±94	1436±66	1464±110
в конце опыта	2497±336	2660±187	2587±184	2553±144	2613±182
Прирост за опыт, г	1049±49	1192±52	1155±63	1117±73	1149±114
% к контролю	100	113,6	110,1	106,48	109,53

Одним из характерных показателей эффективности применения новых кормовых добавок являются морфологические показатели тучек кроликов (табл. 5). Все тушки соответствовали первой категории. Мышцы были хорошо развиты, остистые отростки не выступали, в паховой области и на холке наблюдались отложения жира. Мясо на разрезе светлое, упругое, слегка влажное, без посторонних запахов.

По убойному выходу тушек наблюдалась разница в массе тушки опытных групп относительно контрольной (табл. 5); максимальный процент выхода был во 2-ой опытной группе – 56,8%, минимальный в контроле – 51,7%.

Наблюдались значительные различия по массе жира в тушке между контрольной и опытными группами и между группами, получавшими различные формы препарата.

Общее количество жира было наименьшим у животных 1-й опытной группы, получавших живую культуру – 16,4 г или 1,1% от всей тушки, что почти в три раза ниже, чем в контрольной группе, а максимальная масса жира наблюдалась в контрольной группе.

Таблица 5. Характеристика тушек кроликов ($M \pm m$, $n=3$)

Показатели	Группы				
	контроль	1 КЖ	2 ИКЖ	3 ФГ	4 НЖ
Средняя живая масса кроликов, г	2497±336	2660±187	2587±184	2553±144	2613±183
Масса тушки, г	1291±182	1475±95	1469±83	1424±87	1460±11
% выхода	51,70±0,97	55,44±1,86	56,79±1,48	55,78±1,08	55,87±0,39
Масса жира, г	46,43±2,04	16,43±2,04*	22,67±7,48*	30,78±8,37	16,58±4,59*
% жира от всей тушки	3,15	1,11	1,54	2,16	1,13

Таким образом, все исследованные формы препарата на основе штаммов *Lactobacillus* проявляют выраженное положительное влияние на состояние неспецифического иммунитета и некоторые показатели продуктивности, в частности, снижают содержание жира в тушке (в группах с КЖ и НЖ), т.е. положительное действие оказывают не только нативные формы лактобацилл, но и продукты их метаболизма.

Заключение

При проведении исследования установлено, что на протяжении опыта все кролики были клинически здоровы, нормально росли и развивались. Заболеваний и падежа во всех группах не было. Основные параметры крови у кроликов контрольной и опытных групп находились в пределах нормы. У кроликов опытных групп повысились показатели неспецифической резистентности, существенно возросли фагоцитарная активность и фагоцитарный индекс, а также бактерицидная активность сыворотки крови. Максимальные значения фагоцитарной и бактерицидной активности наблюдались у животных, получавших ферментативный гидролизат. Содержание лизоцима в сыворотке крови у подопытных животных 1-ой и 2-ой групп на 29-42% превышало показатели контрольной группы. Наибольший прирост живой массы дали кролики, получавшие цельную культуральную жидкость (1192 г). По показателям морфологического анализа было зафиксировано

повышение процента выхода мяса и снижение содержания жира в тушках. Таким образом, установлена эффективность использования различных форм пробиотика тетралактобактерина в кормлении кроликов, обеспечивающая увеличение продуктивности, повышение неспецифической резистентности животных и улучшение качества мяса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лабутина Н.Д., Юрина Н.А., Юрин Д.А., Тлещерук И.Р. Повышение мясной продуктивности цыплят-бройлеров при скармливании биодобавки // В сб.: Материалы международной научно-практической конференции «Наука XXI века: проблемы, перспективы и актуальные вопросы развития общества». – Краснодар. – 2019. – С. 274-277.
2. Омельченко Н.Н., Омельченко Н.А., Босых И.Н. Влияние пробиотиков на продуктивные качества кроликов первого поколения // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2016. – Т. 5. – № 1. – С. 90-95.
3. Черненко Е.Н., Миронова И.В., Гизатов А.Я. Влияние скармливания препарата Биогумитель на убойные качества и морфологический состав туши кроликов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4. – С. 146-148.
4. Черненко Е.Н., Миронова И.В. Качество мяса кроликов при скармливании пробиотика «Биогумитель» // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 10. – С. 104-108.
5. Юрина Н.А., Кононенко С.И., Данилова А.А., Власов А.Б. Способ повышения биологического статуса и продуктивности сельскохозяйственной птицы // Ветеринария и кормление. – 2018. – № 5. – С. 38-40.
6. Al-Khalaifah H.S. Benefits of probiotics and/or prebiotics for antibiotic-reduced poultry // Poult.Sci. – 2018. – Vol. 97. – P. 3807-3815.
7. Ayyat M.S., Al-Sagheer A.A., Abd El-Latif K.M., Khalil B.A. Organic selenium, probiotics, and prebiotics effects on growth, blood biochemistry, and carcass traits of growing rabbits during summer and winter seasons // Biol. Trace Elem. Res. – 2018. – Vol. 186. – No. 1. – P. 62-173. DOI: 10.1007 / s12011-018-1293-2
8. Chu D.M., Ma J., Prince A.L., Antony K.M., Seferovic M.D., Aagaard K.M. Maturation of the infant microbiome community structure and function across multiple body sites and in relation to mode of delivery // Nat. Med. – 2017. – Vol. 23. – P. 314-323.
9. de Goffau M.C., Fuentes S, Van Den Bogert B., Honkanen H., De Vos W.M., Welling G.W., Hyöty H., Harmsen H.J.M. Aberrant gut microbiota composition at the onset of type 1 diabetes in young children // Diabetologia. – 2014. – Vol. 57. – P. 1569-1577.
10. Duar R.M., Lin X.B., Zheng J., Martino M.E., Grenier T., Pérez-Muñoz M.E., Leulier F., Gänzle M., Walter J. Lifestyles in transition: evolution and natural history of the genus *Lactobacillus* // FEMS Microbiol. Rev. – 2017. – Vol. 41. – Suppl 1. – S27–S48. DOI:10.1093/femsre/fux030
11. Duar R.M., Frese S.A., Fernando S.C., Burkey T.E., Tasseva G., Peterson D.A., Blom J., Wenzel C.Q., Szymanski C.M., Walter J. Experimental determination of host adaptation of *Lactobacillus reuteri* to different vertebrate specie // Appl. Environ. Microbiol. – 2017. – Vol. 83. – P. 1-44.
12. Elghandour M.M.Y., Tan Z.L., Abu Hafsa S.H., Adegbeye M.J., Greiner R., Ugbo E.A., Cedillo Monroy J., Salem A.Z.M. *Saccharomyces cerevisiae* as a probiotic feed additive to non and pseudo-ruminant feeding: a review // J. Appl. Microbiol. – 2020. – Vol. 128. – No. 3. – P. 658-674. DOI: 10.1111/jam.14416.
13. Gonzalez F.J., Jiang C., Patterson A.D. An intestinal microbiota-farnesoid X receptor axis modulates metabolic disease // Gastroenterology. – 2016. – Vol. 151. – P. 845-859.
14. Kaneko M., Emoto Y., Emoto M. A simple, reproducible, inexpensive, yet old-fashioned method for determining phagocytic and bactericidal activities of macrophages // Yonsei Med. J. – 2016. – Vol. 57. – No. 2. – P. 283-290. DOI: 10.3349/yjm.2016.57.2.283
15. Kouchaki E., Tamtaji O.R., Salami M., Bahmani F., Daneshvar Kakhaki R., Akbari E., Tajabadi-Ebrahimi M., Jafari P., Asemi Z. Clinical and metabolic response to probiotic supplementation in patients with multiple sclerosis: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial // Clin. Nutr. – 2016. – Vol. 224 – P. 1245-1249. DOI: 10.1016/j.clnu.2016.08.015
16. Knarreborg A., Simon M.A. et al. Effects of dietary fat source and subtherapeutic levels of antibiotic on the bacterial community in the ileum of broiler chickens at various ages // Appl. Environ. Microbiol. – 2002. – Vol. 68. – No. 12. – P. 5918-5924.
17. Kowalik B., Skomial J., Pajak J.J., Taciak M., Majewska M., Belzecki G. Population of ciliates, rumen fermentation indicators and biochemical parameters of blood serum in heifers fed diets supplemented with yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) preparation // Anim. Sci. Paper Rep. – 2012. – Vol. 30. – P. 329-338.

18. Li D., Chen H., Mao B., Yang Q., Zhao J., Gu Z., Zhang H., Chen Y.Q., Chen W. Microbial biogeography and core microbiota of the rat digestive tract // *Sci. Rep.* – 2017. – Vol. 7. – P. 1-16.
19. Liu L, Zeng D., Yang M., Wen B., Lai J., Zhou Y., Sun H., Xiong L., Wang J., Lin Y., Pan K., Jing B., Wang P., Ni X. Probiotic *Clostridium butyricum* improves the growth performance, immune function, and gut microbiota of weaning rex rabbits // *Probiotics Antimicrob. Proteins.* – 2019. – Vol. 11. – No. 4. – P. 1278-1292. DOI: 10.1007/s12602-018-9476-x
20. Marco M.L, Heeney D., Binda S. et al. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond // *Curr. Opin. Biotechnol.* – 2017. – Vol. 44. – P. 94-102.
21. Medina B., Girard I.D., Jacotot E., Julliard V. Effect of a preparation of *Saccharomyces cerevisiae* on microbial profiles and fermentation patterns in the large intestine of horses fed a high fiber or a high starch diet // *J. Anim. Sci.* – 2002. – Vol. 80. – P. 2600-2609.
22. Mohamadzadeh M., Durmaz E. et al. Targeted expression of anthrax protective antigen by *Lactobacillus gasseri* as an anthrax vaccine // *Future Microbiol.* – 2010. – Vol. 5. – No. 8. – P. 1289-1296.
23. Molenaar D., Bringel F. et al. Exploring *Lactobacillus plantarum* genome diversity by using microarrays // *J. Bacteriol.* – 2005. – Vol. 187. – No. 17. – P. 6119-6127.
24. Riva A., Borgo F., Lassandro C., Verduci E., Morace G., Borghi E., Berry D. Pediatric obesity is associated with an altered gut microbiota and discordant shifts in Firmicutes populations // *Environ. Microbiol.* – 2017. – Vol. 19. – P. 95-105.
25. Schlee M., Wehkamp J. et al. Induction of human beta-defensin 2 by the probiotic *Escherichia coli* Nissle 1917 is mediated through flagellin // *Infect. Immun.* – 2007. – Vol. 75. – No. 5. – P. 2399-2407.
26. Slifierz M.J., Friendship R.M., Weese J.S. Longitudinal study of the early-life fecal and nasal microbiotas of the domestic pig // *BMC Microbiol.* – 2015. – Vol. 15. – P. 1-12.
27. Tallant T., Deb A. et al. Flagellin acting via TLR5 is the major activator of key signaling pathways leading to NF-kappa B and proinflammatory gene program activation in intestinal epithelial cells // *BMC Microbiol.* – 2004. – Vol. 4. – P. 3-27. DOI: 10.1186 / 1471-2180-4-33
28. Teixeira T.F.S., Grześkowiak Ł.M., Salminen S., Laitinen K., Bressan J., Gouveia Peluzio M.. Faecal levels of Bifidobacterium and Clostridium coccoides but not plasma lipopolysaccharide are inversely related to insulin and HOMA index in women // *Clin. Nutr.* – 2013. – Vol. 32. – P. 1017-1022.
29. Temiraev V.Kh., Baeva A.A., Vityuk L.A., Mamukaev M.N., Yurina N.A., Ktsoeva I.I., Bobyleva L.A., Tsagaraeva E.A., Kokov T.N., Vologirova F.A. Effect of probiotics on digestive metabolism in growing and laying poultry birds // *J. Livest. Sci.* – 2020. – Vol. 11. – No. 1. – P. 33-39.
30. Tokarz-Deptuła B., Niedźwiedzka-Rystwej P., Adamiak M., Hukowska-Szematowicz B., Trzeciak-Ryczek A., Deptuła W. Hematological parameters in Polish mixed breed rabbits with addition of meat breed blood in the annual cycle // *Pol. J. Vet. Sci.* – 2015. – Vol. 18. – No. 4. – P:689-695. DOI: 10.1515/pjvs-2015-0089
31. Vaghef-Mehrabany E., Alipour B., Homayouni-Rad A., Sharif S-K., Asghari-Jafarabadi M., Zavvari S. Probiotic supplementation improves inflammatory status in patients with rheumatoid arthritis // *Nutrition.* – 2014. – Vol. 30. – P. 430-435.
32. Van der Peet-Schwering C.M., Jansman A.J., Smidt H., Yoon I. Effects of yeast culture on performance, gut integrity, and blood cell composition of weanling pigs // *J. Anim. Sci.* – 2007. – Vol. 85. – P. 3099-3109.
33. Wagner D.G., Quinonez J., Bush L.J. The effect of corn or wheat based diets and yeast culture on performance, ruminal pH, and volatile fatty acids in dairy calves // *Agri-Practice.* – 1990. – Vol. 11. – P.7-12.
34. Zhuang X., Xiong L, Li L., Li M., Chen M. Alterations of gut microbiota in patients with irritable bowel syndrome: A systematic review and meta-analysis // *J. Gastroenterol. Hepatol.* – 2017. – Vol. 32. – P. 28-38.

REFERENCES (for publications in Russian)

1. Chernenkov E.N., Mironova, I.V., Gizatov, A.Ya. [Effect of feeding the Biogumitel preparation on the slaughter qualities and morphological composition of rabbit carcasses]. *Izvestiya Orenburgskogo GAU - Proceedings of Orenburg State University.* 2014, 4: 146-148.
2. Chernenkov E.N., Mironova I.V. [The quality of rabbit meat when feeding the probiotic "Biogumitel"]. *Vestnik Altajskogo GAU – Herald of Altai State Agrarian University.* 2015, 10: 104-108.
3. Labutina N.D., Yurina N.A., Yurin D.A., Tletseruk I.R. [Increasing the meat productivity of broiler chickens when feeding supplements]. In: *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauka XXI veka: problema, perspektivy i aktual'nye voprosy razvitiya obshchestva»* (Materials of the international scientific-practical conference: Science of the XXI century: problems, prospects and topical issues of the development of society). Krasnodar, 2019: 274-277.

4. Omel'chenko N.N., Omel'chenko N.A., Bositykh I. N. [Influence of probiotics on the productive qualities of first generation rabbits]. *Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauchnogo tsentra po zootekhnii i veterinarii - Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine*. 2016, 5(1): 90-95.
5. Yurina N.A., Kononenko S.I., Danilova A.A., Vlasov A.B. [A way to improve the biological status and productivity of poultry]. *Veterinariyaikormlenie -VeterinaryandNutrition*. 2018, 5: 38-40.

Study of the efficiency of different forms of tetralactobacterin probiotic on rabbits

Ostrenko K.S. Sofronova O.V., Galochkina V.P.

Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition, Branch of Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Borovsk, Kaluga oblast, Russian Federation

ABSTRACT. The aim was to study the effect on productivity and nonspecific resistance of animals of different forms of tetralactobacterin probiotic in rabbits of Californian breed. Five groups of 2.5 month old rabbits were formed with 6 rabbits each. Control animals were fed the basic diet (BD). Experimental group 1 received the BD + whole culture liquid, in group 2, in addition to the BD for a month, a preparation from the culture liquid inactivated by heating was given, in group 3, enzymatic hydrolyzate of whole culture liquid, in group 4 - supernatant containing 2.6×10^5 CFU. The main blood parameters in rabbits of the control and experimental groups were within the normal range. In the rabbits of the experimental groups, the indices of nonspecific resistance, the phagocytic activity and the phagocytic index, as well as the bactericidal activity of blood serum were increased. The maximum values of phagocytic and bactericidal activity were observed in animals treated with enzymatic hydrolyzate. The content of lysozyme in the blood serum in experimental animals of the 1st and 2nd groups was 29-42% higher than that of the control group. The greatest gain in live weight was given by rabbits receiving whole culture fluid (1192 g). Among the indicators of morphological analysis, an increase in the percentage of meat yield and a decrease in the fat content in carcasses were recorded. Thus, the effectiveness of using various forms of the probiotic tetralactobacterin in feeding rabbits has been established, providing an increase in productivity, an increase in the nonspecific resistance of animals and an improvement in the quality of meat.

Keywords: probiotics, lactobacillus, rabbits, natural resistance, live weight gain, meat quality

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2020, 4: 57-65

Поступило в редакцию: 10.10.2020

Получено после доработки: 12.11.2020

Остренко Константин Сергеевич, д.б.н., зав. лаб., тел. +7(910)916-66-58, Ostrenkoks@gmail.com;

Софронова Ольга Владимировна, к.т.н., н.с., тел. +7(910)517-59-42, sova60@rambler.ru;

Галочкина Валентина Петровна, д.б.н., с.н.с., тел. +7 (903)394-72-20