

Effect of colloidal silver nanoparticles on broiler chickens gut microbiota

M.D. Kucheruk, D.A. Zasiakin

National university of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

03041, Kiev, Geroev Oborony St., 15

Email: kucheruk_md@nubip.edu.ua

Submitted: 10.02.2017. Accepted: 27.03.2017

We tested the colloidal silver nanoparticles as modern drugs for effective long-term reduction of microbial contamination in the air of broiler houses by intestinal rehabilitation of broiler chickens and simultaneous disinfection of water pipes and drinking water. The effective concentration of these solutions was determined. Cobb-500 broilers were used for the experiment. During the experiment, we set quantitative and qualitative composition of microflora of the intestinal contents of broiler chickens. Air samples were examined by sedimentation. We studied the productivity indices of chickens and product quality. Colloidal nanoscale silver solutions delicately spend intestinal sanitation, eliminating pathogens, virtually affecting the symbiotic intestinal flora. Silver nanoparticles helps to rationally correct the microbiocenosis of the intestines of broiler chickens: the composition of symbiotic microorganisms remains virtually unchanged against a statistically significant decrease in the amount of pathogenic and opportunistic microflora. This contributes to the intensification of the digestive process and increases the immune response to the continuously entering with food and water pathogenic microorganisms. The dependence between microbial composition of the intestines of birds and sanitary-hygienic state of air environment of broiler houses were proved.

Keywords: colloidal silver, nanoparticles, broiler chickens, productivity, microbiota, broiler house.

Влияние коллоидного раствора наночастиц серебра на микробиоценоз пищеварительного тракта цыплят-бройлеров

М.Д. Кучерук, Д.А. Засекин

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

03041, Украина, г. Киев, ул. Героев Оборона, 15.

E-mail: kucheruk_md@nubip.edu.ua

Исследована эффективность коллоидных растворов наноразмерного серебра в качестве современных препаратов для эффективного обеззараживания питьевой воды для птицы. Доказано, что одновременно с дезинфекцией водопроводов и воды происходит выборочная санация кишечника цыплят-бройлеров. Установлена нетоксичность этих растворов и их эффективная концентрация. Эксперимент проводился на цыплятах-бройлерах Кобб-500. В ходе исследований произведен анализ количественного и качественного состава микрофлоры воды, воздуха и кишечного содержимого цыплят-бройлеров. Нанорастворы серебра помогают рационально корректировать микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров: состав симбиотических микроорганизмов остается практически неизменен на фоне статистически достоверного уменьшения количества патогенной и условно-патогенной микрофлоры. Это способствует интенсификации процессов пищеварения и повышает иммунный ответ на непрерывно поступающие с кормом и водой патогенные микроорганизмы. Установлена зависимость микробиологического благополучия кишечника птиц и санитарно-гигиенического состояния воздушной среды птичников.

Ключевые слова: эубиоз кишечника птицы, раствор наночастиц серебра, цыплята-бройлеры, продуктивность, микрофлора птичников.

Введение

В процессе роста и развития животных роль микробных популяций желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) занимает важное место. Микроорганизмы-симбионты метаболизируют питательные вещества рациона до конечных продуктов, которые усваиваются как микробами, так и клетками организма животного. При отсутствии патологии, между микрофлорой организма животного и макроорганизмом существует так называемое динамическое равновесие - «зубиоз» ([Cammarota et al. 2014](#); [lebba et al., 2016](#); [Strompfova, 2004](#))

Продуктивность животных зависит также от ряда санитарно-гигиенических и зоотехнических показателей: способа содержания, размера групп, плотности посадки, микроклимата помещений и от организации своевременного и сбалансированного кормления, в соответствии с видовыми, возрастными и физиологическими особенностями организма животных ([Kucheruk, 2016](#)).

Если нормы содержания нарушаются - возникают стрессовые ситуации ([Andreeva, 2004](#)), чреватые срывом адаптационных возможностей организма. При этом снижается общая резистентность организма и его сопротивляемость к возбудителям болезней, ухудшается аппетит и уменьшается усвояемость кормов, возникают расстройства органов пищеварения, теряются приросты живого веса, увеличивается конверсия корма, часто развиваются дисбактериозы кишечника, что может стать причиной гибели молодняка ([Zoetendal, 2008](#)).

Вода - важнейший элемент жизнедеятельности любого живого организма. Она транспортирует растворенные органические и неорганические вещества, необходимые макро и микроэлементы. Однако, система водоснабжения является значительным фактором риска, где размножаются и накапливаются болезнетворные микроорганизмы, вирусы, бактерии, грибки, водоросли, споры, простейшие, причиняющие значительный вред здоровью и даже приводящие к летальному исходу. Поэтому важно, чтобы вода, которую пьет птица, была чистой, свежей, безопасной и в достаточном количестве, а водопровод периодически дезинфицировался.

Антибиотики, используемые для борьбы с контаминантами воды и кормов, к сожалению, истребляют как условно-патогенную, так и полезную микрофлору кишечника. К тому же, выжившая микрофлора повышает свою вирулентность в результате частых пассажей на поголовье животных ([Crouzet, 2015](#)). Мясо и другая продукция, получаемая после такой профилактики, включает в опасном сочетании аллергены, мутагены, токсичные или антипитательные вещества, антибиотикорезистентные микроорганизмы, поэтому важно комплексно оценивать качество и безопасность полученной продукции ([McFarland, 2008](#)).

Актуальным является развитие технологии производства экологически чистой продукции растениеводства и животноводства. Как альтернатива антибиотикам предлагаются препараты серебра, получаемые с использованием новейших нанотехнологических достижений ([Silvestry-Rodriguez, 2007](#)).

Серебро - микроэлемент, необходимый для нормальной деятельности желез внутренней секреции, мозга, печени, костной ткани и др. В концентрации 0,05-0,1 мг / л оно оказывает омолаживающее действие на кровь и благотворно влияет на физиологические процессы в организме ([Podkopaev, 2014](#)). По данным академика АН УССР Кульского Л.А. ([Kulskiy, 1987](#)) действие серебряной воды при одинаковых концентрациях сильнее действия хлора, хлорной извести, гипохлорида натрия и других сильных окислителей.

К серебру, в отличие от антибиотиков, не развивается устойчивость ([Kucheruk et al., 2010](#)), он не вызывает побочных эффектов, имеет широкий спектр противомикробного, противовирусного и противогрибкового действия, оказывает ингибирующее воздействие на прорастание спор ([Kulskiy, 1987](#); [Kim et al., 2012](#)).

Цели исследования. Предложить альтернативу антибиотикам при выращивании цыплят-бройлеров: безопасный и доступный препарат корректирующий, зубиоз кишечника. Изучить возможность его применения в системе водоснабжения и поения птицы, исследовать влияние наночастиц серебра на состав микрофлоры пищеварительного тракта цыплят-бройлеров и их продуктивность. Проанализировать зависимость микробиологического благополучия кишечника птиц и санитарно-гигиенического состояния воздушной среды птичников.

Материал и методы исследований

Цыплята-бройлеры кросса Кобб-500 содержались в виварии ветеринарного факультета НУБП Украины. По принципу аналогов из суточных цыплят были сформированы две группы по 30 голов в каждой. В первом помещении содержались контрольные цыплята, во втором - опытные, которым на 7, 14, 21, 28 и с 35 по 42 сутки воду заменяли 1% коллоидным раствором наночастиц серебра.

Коллоидное серебро - продукт, состоящий из наноразмерных частиц серебра, с образованием взвеси в деминерализованной и деионизированной воде, получается электролитическим методом. Маточный раствор - серого цвета, имеет концентрацию ионов серебра 200 мг / л, в опытах использовали 1% раствор.

Птица получала стандартные сертифицированные полнорационные комбикорма и содержалась на полу при несменной подстилке, цикл выращивания - 42 суток. Санитарно-гигиенические условия и параметры микроклимата во всех отделениях помещения были стандартными и одинаковыми. Для контроля полноценности развития цыплят каждые 10 дней проводились их взвешивания на электронных весах. Содержание, кормление, уход и все манипуляции с птицей осуществляли согласно Европейской конвенции «О защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и научных целей» (Страсбург, 1986) и «Общих этических принципов экспериментов на животных», принятых Первым Национальным конгрессом по биоэтике (Киев, 2001). Эксперименты проводили с соблюдением принципов гуманности, изложенных в директиве Европейского Сообщества ([2010](#)).

На 15, 29 и 42 сутки опыта некоторых цыплят усыпляли, придерживаясь биоэтических принципов, вскрывали и отбирали пробы толстого кишечника общепринятыми методами (для контроля микрофлоры). Дальнейшие исследования проводились, следуя стандартной унифицированной методике (Kavruk, Yurkov, 1999). Для выделения бифидо- и лактобактерий использовали среду Блаурокк и среду для выделения лактобактерий. Для выделения микроорганизмов семейства кишечной палочки использовали среды Эндо и XLD; для выделения энтерококков - Бейрд-Паркера, ВСА; для количественного определения грибковой микрофлоры - среду Сабуро. Морфологические признаки выделенных культур определяли методом окрашивания мазков по Граму с последующей микроскопией их. Для определения токсичности водных растворов наночастиц серебра проводили биопробы на инфузории Тетрахимены пириформис.

Для исследования токсичности нанорастворов серебра были приготовлены при помощи разбавления дистиллированной водой следующие концентрации: 0,01; 0,1; 0,25; 0,5; 1, 3, 5, 10% путем разведения маточного раствора, который содержал концентрацию частиц серебра в количестве 200 мг / л с содержанием в них наночастиц размерами 1-100нм. Коллоиды имели слабо кислую реакцию с рН 6,7-6,9 и температуру 20° С. Контролем служила дистиллированная вода.

Ранее были подобраны эффективные концентрации растворов серебра (Kucheruk, 2010) путем определения общего микробного числа водопроводной воды с добавлением 1%, 0,1%, 0,01%, 0,001% концентрации раствора наносеребра. 1% и 0,1% раствор наночастиц серебра полностью освобождает даже загрязненную воду от патогенной и условно-патогенной микрофлоры, в том числе грибковой. А значит, может использоваться как натуральный, нетоксичный дезинфектант для воды и водопроводной сети в животноводческих хозяйствах. 0,01% и 0,001% раствор может использоваться для текущей санации воды, водопроводов и поилок в хозяйствах с удовлетворительным в микробиологическом отношении состоянием воды для поения животных.

Испытания каждой исследуемой концентрации растворов проводили трижды. Во флаконы объемом 10 мл вносили по 1 см³ исследуемых растворов, после чего добавляли 0,1 см³ 3-5 суточной культуры инфузории тетрахимены пириформис и оставляли при комнатной температуре. Через 30 и 60 мин вычисляли эффект биопробы в капле, взятой пастеровской пипеткой, на предметном стекле под микроскопом (увеличение 7x10), просматривая емкость капли и всех ее слоев. Для вычисления степени токсичности в исследуемых и контрольных пробах учитывали количество живых и погибших инфузрий.

Проводили патологоанатомическое вскрытие животных. Экспериментальный материал обработан в соответствии с Glants (1999).

Результаты

Проведенным экспериментом не установлено гибели инфузрий в течение 30 мин во всех исследуемых пробах, что подтверждает наши предположения о нетоксичности исследуемого препарата.

Анализ клинических экспериментальных данных действия раствора коллоидного серебра на видовой состав микрофлоры кишечника цыплят свидетельствует о выраженном бактерицидном действии препарата, заметном даже в толстом кишечнике. Так, количество молочнокислых и бифидобактерий в кишечнике цыплят из контрольной и опытной групп на протяжении опыта была в пределах физиологической нормы. Что касается условно-патогенных бактерий, то их количество в кишечнике цыплят контрольной группы было достоверно выше нормы в течение всего опыта. Хорошо видно эту разницу на примере кишечной палочки, повышенное содержание которой может свидетельствовать о нарушении баланса микрофлоры и развитии дисбактериоза. Положительное действие наночастиц серебра на 28 и 42 сутки жизни цыплят подтверждено также отсутствием роста дрожжевых и плесневых микроорганизмов на агаре Сабуро (табл. 1).

Таблица 1 Количество микроорганизмов в кишечнике цыплят на 42 сутки, М ± m, lg КОЕ / г; n = 3

Питательная среда		Группы цыплят	
Названия микроорганизмов		Контрольная	Опытная
Бифидобактерии	Блаурокк	7,00±0,10	7,10±0,20
Лактобактерии	Среда для лактобактерий	10,40±0,15	9,99±0,30
Энтерококки	ВСА	5,10±0,11	4,40±0,10
	Бейрд-Паркера	5,40±0,20	4,00±0,40*
БГКП	Эндо	7,10±0,30	4,64±0,10
	XLD	5,20±0,16	4,30±0,18*
Дрожжи, плесени, грибы	Сабуро	4,60±0,10	0

Примечание: в табл. 1-3 * P ≤ 0,05 относительно контроля

Показатели продуктивности цыплят-бройлеров являются важнейшими для отрасли птицеводства сегодня. Как видно из табл. 2, цыплята опытной группы с 20 суток эксперимента активно набирали вес. Разница с контролем стремительно увеличивалась. Сначала на 35 г, в среднем по группе, на 30 сутки - уже на 93 г, на 42 сутки - эта разница достоверно составила 167 г. Убойный выход тушек цыплят опытной группы составлял 2195,85г.

Таблица 2 Динамика привесов цыплят-бройлеров, $M \pm m$, $n = 30$

День опыта	Контрольная группа	Опытная группа
10	173,90 \pm 8,76	173,13 \pm 7,70
20	594,96 \pm 18,54	640,67 \pm 15,21
30	1205,08 \pm 24,19	1298,29 \pm 41,29
42	2028,65 \pm 61,69	2195,85 \pm 41,12*

Следовательно, раствор коллоидного серебра проявил себя, как стимулятор роста. При этом известно, что от функционального состояния микрофлоры в кишечнике зависит здоровье животных и их продуктивность. Соответственно с увеличением живой массы цыплят, увеличилась и масса потрошенной тушки: в контроле средний вес тушки составил 1377,34 г, в опытной группе - 1593,19 г.

В опытной группе цыплят конверсия корма была ниже на 10% по сравнению с контролем.

Приросты массы тела цыплят опытной группы, которым выпаивали разбавленный раствор наночастиц серебра, были выше приростов контрольных цыплят на 8,2%, что доказывает ростостимулирующее действие препарата серебра. Процентное соотношение массы потрошенной тушки к живой массе (табл. 3) наглядно показывает, что высокий выход мяса был получен от животных опытной группы. Убойный выход цыплят второй группы составил 72,55%, по сравнению с контролем – 67,89%, что на 4,66% выше аналогичного показателя в контрольной группе. Такое превосходство в весе тушки достигалось, на наш взгляд, уменьшением веса внутренних органов, особенно кишечника (контроль 91,18 \pm 3,29; опыт 88,00 \pm 3,59) и мышечного желудка (контроль 27,75 \pm 1,25; опыт 26,51 \pm 1,89).

Таблица 3 Соотношение массы тела и массы потрошенной тушки цыплят-бройлеров, $M \pm m$, $n = 30$

Показатель	Контроль	1%-й р-р наносеребра
Масса тела при убое, г	2028,65 \pm 61,69	2195,85 \pm 41,12*
Масса тела, %	100	108,25
Убойный выход, г	1377,34 \pm 52,9	1593,19 \pm 53,76*
Убойный выход, %	67,89	72,55
Конверсия корма, кг	2,22	2,01

При послеубойном осмотре внутренних органов нами установлено, что внешний вид толстого кишечника цыплят опытной и контрольной групп отличался. У цыплят из контроля кишечник на 29 и 42-е сутки опыта был гиперемирован (рис. 1Б), интенсивно-розового цвета с четко очерченными сосудами. Содержимое кишечника было темного цвета (коричневым, иногда зеленоватым), жидким, с неприятным запахом и, порой, с примесями слизи. Это свидетельствует, по нашему мнению, о микровоспалениях кишечника вследствие дисбактериоза и болезнетворного действия патогенных и условно-патогенных микроорганизмов.

**А****Б****Рис. 1** А - Кишечник цыплят опытной группы; Б - кишечник цыплят контрольной группы

Кишечник цыплят опытной группы был кремового цвета (рис. 1А), не растянутым и не пораженным, содержимое было хорошо переваренным, полужидким и соответствовало физиологической норме. Значит, коллоидный раствор наночастиц серебра положительно влияет на микрофлору кишечника, которая начинает лучше функционировать и эффективнее перерабатывать питательные вещества корма, что положительно влияет на микроструктуру тканей

кишечника. При таких условиях кишечник не растягивается и не зашлаковывается, вследствие чего снижается конверсия корма (табл. 3).

В соответствии с "Ветеринарно-санитарными правилами для птицеводческих предприятий и требований к их проектированию", предельно допустимыми концентрациями микроорганизмов в 1 м³ воздуха помещений для выращивания молодняка птицы на полу определены 200 тыс. микробных тел; для содержания взрослой птицы на полу - 500 тыс. микробных тел в 1 м³.

Однако, в нашем эксперименте, где условия содержания птицы в опытной и контрольной группах были максимально приближены, общее микробное число воздуха помещения не соответствовало санитарно-гигиеническим нормам (рис. 2А). При этом общее микробное число воздуха уже на 7-е сутки выращивания в обеих группах цыплят превышало норму в 20 и 23 раза соответственно, в конце периода выращивания - почти в 60 раз. Однако, следует отметить, что в помещении вивария, где цыплята получали серебро, в воздух выделялось меньшее количество бактерий по сравнению с контролем (рис. 2А).

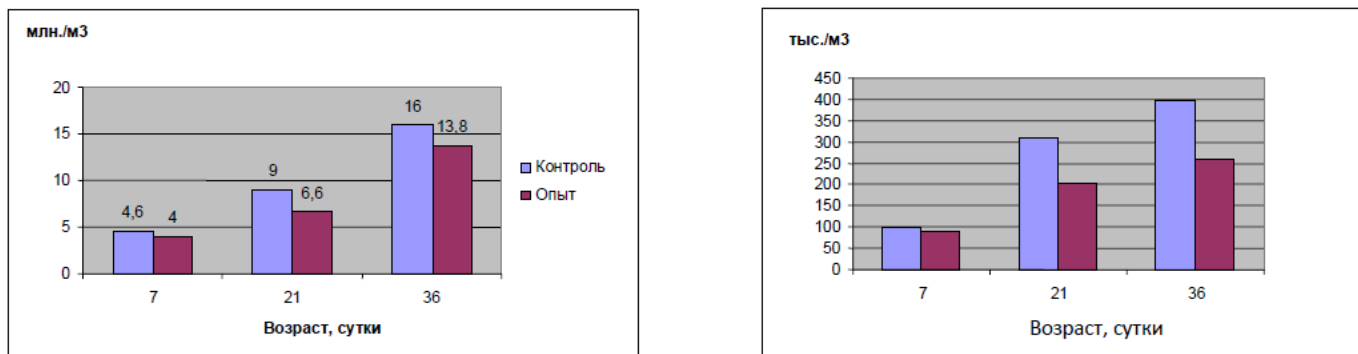


Рис. 2 А - Общее микробное число воздуха; Б - количество БГКП в воздухе птичника.

В соответствии с периодом выращивания значительно увеличивалось количество бактерий группы кишечной палочки (БГКП). Но в воздухе помещения, где содержались цыплята опытной группы, отмечена тенденция к уменьшению количества этих микроорганизмов по сравнению с контролем (рис. 2А, Б). Это можно объяснить тем, что после выпаивания 1% раствора серебра цыплятам, с пометом выделялось меньшее количество условно-патогенной микрофлоры, которая, впоследствии, с подсохшими частицами поднималась в воздух и создавала «микробную усталость» птичников. Другие параметры микроклимата птичников (температура, относительная влажность, освещенность, скорость движения воздуха, концентрация вредных газов) соответствовали санитарно-гигиеническим нормам и требованиям руководства по содержанию и выращиванию бройлеров кросса Кобб-500 (табл. 4).

Таблица 4 Санитарно-гигиенические показатели воздуха птичника, М±m, n=10

Период, сутки	Температура под брудером, °С	Температура помещения, °С	Относительная влажность, %	Атм. давление, мм.рт.ст	Освещенность, лк	Скорость движения воздуха, м/с	Углекислый газ, %	Аммиак, мг/л
1-10	33,0±2,5	28,0±1,5	75,0±1,2	746,0±2,2	25,0±2,5		0,05±0,01	0,02±0,004
11-20	31,0±2,0	27,0±2,0	70,0±1,4	738,0±1,5	20,0±2,3	0,5-2,0	0,10±0,02	0,01±0,002
21-30	28,5±2,5	27,0±1,5	68,0±1,7	736,0±1,9	15,0±1,5		0,12±0,03	0,01±0,003
31-42	24,0±2,5	25,0±1,5	65,0±1,5	735,0±1,8	10,0±1,0		0,12±0,02	0,01±0,001

* - $p \leq 0,05$ по сравнению с контролем

Полученные нами результаты согласовываются с данными зарубежных и отечественных исследователей ([Shahverdy, 2007](#), [Pedahzur, 1995](#)), которые отмечают, что серебро стимулирует иммунитет, стабилизирует обмен веществ в организме и обезвреживает бактерии, вирусы и грибки, оставаясь относительно толерантным к симбиотической микрофлоре ([Hidaka, 2005](#)). Благодаря новейшим технологиям эти свойства серебра могут быть многократно усилены за счет особенностей влияния наночастиц на различные биологические объекты ([Roberfroid et al. 1995](#)). В нанорастворах серебро применяется в ничтожно малых дозах, поэтому применяемые растворы нетоксичны, что доказано проведенными нами исследованиями.

Выводы

Исходя из результатов исследований обоснованно применение 1% раствора наночастиц серебра как альтернативу антибиотикам в процессе выращивания цыплят-бройлеров. Изучена возможность его применения в системе водоснабжения и поения птицы. Доказано, что одновременно с обеспечением санитарной чистоты водопроводов, поилок и питьевой воды производится санация пищеварительного тракта цыплят-бройлеров. Это обусловлено созданием условий, способствующих развитию симбиотических микроорганизмов, которые, в свою очередь, интенсифицируют процессы пищеварения и иммунного ответа.

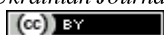
Однопроцентный раствор наночастиц серебра при его выпаивании в течении суток 1 раз в неделю, а перед убоем ежедневно, способствует увеличению привесов птиц, улучшая их здоровье и снижая конверсию корма. Применение наносеребра ведёт к уменьшению количества патогенной микрофлоры, в том числе грибковой, практически не влияя на концентрацию лакто- и бифидобактерий в кишечнике цыплят-бройлеров. Установлена зависимость микробиологического благополучия кишечника птиц и санитарно-гигиенического состояния воздушной среды птичников. Наши исследования свидетельствуют в пользу рекомендации коллоидного раствора наночастиц серебра как безопасного и доступного препарата для дезинфекции водопроводов, санации питьевой воды и коррекции зубиоза кишечника цыплят-бройлеров.

References

- Andreeva, N.L. (2004) Izuchenie bakterialnykh infektsiy na ptitsefabrikakh [The study of bacterial infections in poultry farms]. Veterinariya, 5, 14–16 (in Russian).
- Cammarota, G., Ianiro, G., Bibbò, S., Gasbarrini, A. (2014). Fecal microbiota transplantation: a new old kid on the block for the management of gut microbiota-related disease. J. Clin. Gastroenterol, 48, 80–84.
- Crouzet, L., Rigottier-gois, L., Serron, P. (2015). Potential use of probiotic and commensal bacteria as non-antibiotic strategies against vancomycin-resistant enterococci. FEMS Microbiol. Lett., 362, fnv012.
- Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes Text with EEA relevance. Available from: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32010L0063/>.
- Glants, S. (1999) Mediko-biologicheskaya statistika [Medico-biological statistics]. Moscow, Russia: Praktika (in Russian).
- Hidaka, H., Eida, T., Takizawa, T. (2005). Bifidobacteria and microflora. Journal of Applied Microbiology, 5, 37–50.
- Iebba, V., Totino, V., Gagliardi, A. (2016) Eubiosis and dysbiosis: the two sides of the microbiota. New Microbiologica, 39, 1–12.
- Kavruk, L.S., Yurkov, V.M. (1999). Optimizatsiya mikrobiotsenoza pomeshchenii zhivotnovodcheskikh ferm kak osnova nespetsificheskoi profilaktiki stoilovykh infektsii zhivotnykh i poluchenie moloka vysokogo sanitarnogo kachestva. Problemy veterinarnoi sanitarii, gigieny i ekologii (dezinfektsiya, dezinseksiya, deratizatsiya). Proceed. Int. Conf., Moscow (in Russian).
- Kim, M., Koo, J.B., Baeg, K.J., Noh, Y.Y. (2012) Effect of curing temperature on nano-silver paste ink for organic thin-film transistors. Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 12(4), 3272–3275. DOI: 10.1166/jnn.2012.5639.
- Kucheruk, M.D., Solomon, V.V., Zasiiekin, D.A. (2010) Likuvalna ta profilaktychna diia koloidnykh rozchyniv nanochastynok sribla [Medical and prophylactic effect of colloidal solutions of silver nanoparticles]. Available from: <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/veterinary-medicine-and-pharmaceuticals/veterinary-medicine-and-zooengineers/2651-kucheruk-md-solomon-bb-zaskn-yes/> (in Ukrainian)
- Kucheruk, M.D. (2016). Sanitarno-higienichni aspekty korektsii mikroendoeokolohii kyshechnyky tvaryn [Sanitation aspects of animal gut correction] The World of Science and Innovation. Ivanovo, LLC "Scientific World" (in Ukrainian).
- Kul'skiy, L.A. (1987) Serebryanaya voda [Silver water]. Kiev, Naukova Dumka (in Russian).
- Le Ouay, B., Stellacci, F. (2015) Antibacterial activity of silver nanoparticles: A surface science insight. Nano Today, 10(3), 339–354. DOI: 10.1016/j.nantod.2015.04.002
- McFarland, L.V. (2008). Antibiotic-associated diarrhea: epidemiology, trends and treatment. Future Microbiol. 3, 563–578.
- Pedahzur, R., Ovadia, L., Fattall, B., I. Shuval, H. (1995). The interaction of silver ions and hydrogen peroxide in the inactivation of E. coli: a preliminary evaluation of a new long acting residual drinking water disinfectant Water Science and Technology 31, 5–6.
- Podkopaev, D.O., Shaburova, L.N., Balandin, G.V. (2014). Comparative evaluation of antimicrobial activity of silver nanoparticles. Nanotechnologies in Russia, 9,(1–2), 93–97. DOI: 10.1134/S1995078014010121
- Roberfroid, M.B., Bornet, F., Bouley, C., Cummings, J.H. (1995). Colonic microflora: nutrition and health. Nutrition Reviews, 53, 127–130.
- Shahverdy, A.R., Fakhimi, A., Shahverdi, A.R., Minaian, S. (2007). Synthesis and effect of silver nanoparticles on the antibacterial activity of different antibiotics against Staphylococcus and Escherichia coli. Nanomedicine-Nanotechnology biology and medicine, 3(2), 168–171. DOI: 10.1016/j.nano.2007.02.001
- Silvestry-Rodriguez, N., Bright, K.R., Uhlmann, D.R., Gerba, C.P. (2007). Inactivation of Pseudomonas aeruginosa and Aeromonas hydrophila by silver in tap water. Environmental Science and health, 42 (11), 122–128.
- Strompfova, V., Laukova, A., Ouvehand, A. (2004). Lactobacilli and enterococci – potential probiotics for dogs. Folia microbial, 49, 2003–2007.
- Zoetendal, E.G., Rajilic-Stojanovic, M., de Vos, W.M. (2008). High-throughput diversity and functionality analysis of the gastrointestinal tract microbiota. Gut, 57(11), 1605–1615. DOI: 10.1136/gut.2007.133603

Citation:

Kucheruk, M.D., Zasiiekin, D.A. (2017). Effect of colloidal silver nanoparticles on broiler chickens gut microbiota. Ukrainian Journal of Ecology, 7(1), 71–76.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0. License