

УДК 636.085

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2022.3.119

ЧТО ПОЛЕЗНО ЗНАТЬ О ПРИМЕНЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ В КОРМАХ И ВОДЕ ДЛЯ ПТИЦЫ

Околелова Т.М.1- д. биол.н., проф., Енгашев С.В.2 –д. вет. н., проф., академик РАН
1 – ООО «НВЦ Агроветзащита»

2 – ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина»

Ключевые слова: Корма, кислотосвязывающие свойства, курочки, петушки, бройлеры, подкислители, живая масса, однородность, сохранность поголовья.

Keywords: Feed, acid-binding properties, chickens, cockerels, broilers, acidifiers, live weight, uniformity, livestock safety.



РЕФЕРАТ

Запрет на использование антибиотических стимуляторов продуктивности птицы, а также рост осведомленности потребителей в сфере пищевой безопасности и здоровья птицы явились стимулом для внедрения альтернативных концепций поддержания здоровья желудочно-кишечного тракта, от состояния которого зависит 70% затрат на корма в структуре себестоимости продукции. Нами обобщены результаты собственных исследований по применению подкислителей через корма и воду. Показано, что для подбора эффективной дозы препарата необходимо определить кислотосвязывающие свойства компонентов (КСС), которые существенно отличаются и если это не учитывать, то добавляя подкислитель в комбикорма с низкими КСС, можно вызвать клоацит. В тоже время на комбикормах с высокими КСС добавка подкислителя способствовала снижению показателя на 20-36%, что приводило к улучшению микробиологического баланса в ЖКТ, повышению переваримости протеина, жира, клетчатки на 3,1; 2,1 и 4,9% соответственно. Использование азота, кальция и фосфора повышалось на 5,6; 4,1; 4,9%, а продуктивность бройлеров на 3,1% при снижении затрат кормов на единицу продукции на 4,21 и 7,38% соответственно в натуральном и денежном выражении. При использовании органических кислот (Кисорг) через воду (300мл/т до pH-4,5) пятикратно по три дня подряд за период выращивания ремонтного молодняка живая масса курочек и петушков повышалась на 1,92% и 2,6%, однородность по массе повышалась соответственно на 5,6% и 7,3%. Эта же смесь кислот при трехкратном применении через воду в количестве 350мл/т (pH 4,0) при выращивании бройлеров способствовала повышению живой массы на 3,1% при снижении затрат кормов на прирост на 4,5%.

ВВЕДЕНИЕ

Основным условием низкозатратного и экологически безопасного производства продуктов птицеводства является состояние пищеварительного тракта, связанное со сбалансированной микрофлорой кишечника. Доказано, что здоровый кишечник является наиболее важным условием

для трансформирования питательных веществ корма в продукцию. Запрет на использование антибиотических стимуляторов продуктивности птицы, а также рост осведомленности потребителей в сфере пищевой безопасности и здоровья является стимулом для внедрения альтернативных концепций производства эколого-

гически безопасной продукции. Источниками попадания патогенных микроорганизмов в организм являются корма и вода. [1,4,9,11]

В связи с этим органические кислоты и подкислители являются частью концепции по замене антибиотических стимуляторов продуктивности. Такая кислота как пропионовая, используются более 40 лет для сокращения роста бактерий и грибов в кормах и сохранения их должного качества. Многолетний научный и производственный опыт показал, что кроме пропионовой кислоты наиболее эффективным антигрибковым и антибактериальным эффектом, включая сальмонеллу и кишечную палочку, в минимальных подавляющих концентрациях обладает муравьиная кислота. [12,13]

Кроме консервирования кормов органические кислоты и их соли используются для снижения кислотосвязывающих свойств (КСС) комбикормов с целью нормализации микрофлоры в желудочно-кишечном тракте, повышения переваримости и использования питательных веществ корма, и профилактики диареи [2, 3, 5-7].

Применение органических кислот через воду до снижения pH в диапазоне 4,0-4,5 препятствует образованию биопленки, что также способствует улучшению зоотехнических показателей. [8, 10]

Цель исследований. В связи с актуальностью проблемы в задачу исследований входило определение КСС кормов и pH воды для обоснования эффективности применения органических кислот через корма и воду.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

КСС кормов и добавок определяли путем титрования 0,1М раствором соляной кислоты суспензии, полученной путем суспензирования в течение двух часов смеси из 10 грамм корма и 90 мл дистиллированной воды. Добавляемое при этом количество соляной кислоты в мл при титровании суспензии до pH 5,4 или 3 представляет собой КСС корма. [3, 6]

Опыт по использованию препарата КисОрг (смесь органических кислот про-

изводства ООО «АВЗ С-П.») проводили в СП «Светлый» АО «Агрофирма «Восток» на племенном ремонтном молодняке кросса Хайсекс коричневый. После определения pH питьевой воды, препарат из расчета 300 мл на 1т добавляли в воду, доводя pH до 4,5 в течение 3 дней подряд пятикратно за период выращивания птицы (120 дней).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение органических кислот в кормах в качестве альтернативы антибиотическим стимуляторам роста.

Для обеспечения высокой продуктивности птицы при низких затратах корма на продукцию необходимы высокопитательные комбикорма, состоящие из качественных компонентов. Однако и такие комбикорма не всегда охотно поедаются птицей и не обеспечивают высокой продуктивности. Это связано с тем, что при составлении рационов специалисты часто недооценивают способность кормового сырья к связыванию кислот. А между тем в комбикормах реально существуют компоненты, как обуславливающие их кислотность (монокальцийфосфат, кукурузный глютен и т.п.), так и обладающие кислотосвязывающими свойствами, способными нейтрализовать соляную кислоту в желудочно-кишечном тракте (известняк, мел, белковые корма и т.п.). При этом комбикорм, приготовленный на основе компонентов с низкими КСС, имеет ряд преимуществ, особенно для цыплят или в условиях стресса, когда при низких КСС комбикорма предупреждаются расстройства пищеварения.

Результаты определения КСС кормов и некоторых добавок представлены в таблице 1.

Следует отметить, что величина КСС возрастает при понижении pH, до которого титруют суспензию (pH-5;4;3). Из данных таблицы 1 видно, что зерновые корма имеют относительно низкие КСС, в то время как источники протеина (исключение кукурузный глютен) обладают высокими КСС, а это означает, что высокопротеиновые комбикорма в зави-

Таблица 1

КСС некоторых кормов и добавок (титрование до pH=5).

Компоненты	Кислотосвязывающие свойства кормов(КСС)	Компоненты	Кислотосвязывающие свойства корма (КСС)
Ячмень	3,0	Соевые бобы	18,0
Сорго	5,0	Шелуха соевых бобов	8,5
Тритикале	7,0	Льняное семя	7,9
Кукурузный глютен	0	Шрот подсолнечный	16,4
Пшеница	3,7	Жмых подсолнечный	15,0
Рожь	2,7	Мясокостная мука	32,0
Пшеница щуплая	11,4	Мясная мука	26,0
Кукуруза	3,5	Дикальцийфосфат	248
Горох	11,0	Известняк	1750,0
Картофельный белок	3,0	Монокальцийфосфат	0
Люцерновая мука	18,5	Метионин	5,0
Рапс	37,0	Пробиотик Бацелл	19,8
Сухое молоко	6,8	Отруби пшеничные	11,6
Шрот соевый (53%)	28,8	Пробиотик Субтилис	7,1
Отруби ржаные	9,6	Фермент Натугрейн	7,4

симости от набора компонентов могут нейтрализовать соляную кислоту в желудке и, как следствие, нуждаться в подкислении.

Высокими КСС обладают источники кальция (известняк, мел), а также трикальцийфосфат и дикальцийфосфат, а монокальцийфосфат и кукурузный глютен, напротив, хорошо подкисляют среду, благоприятствуя пищеварению. На примере двух пробиотиков видно, что КСС этой группы добавок отличается, что, очевидно, связано с природой и концентрацией бактерий и наполнителя. На КСС готового комбикорма могут по-разному влиять премиксы, приготовленные на разных наполнителях (органические, минеральные) или с использованием разных форм микроэлементов (органоминералы, сульфаты, оксиды и т.п.) Безусловно, представленные данные

являются ориентировочными, так как КСС любого из представленных компонентов будут зависеть от его качества и уровня pH, до которого идет титрование. Но эти данные объективно отражают наличие фактора, негативно влияющего на процессы пищеварения, с которым нельзя не считаться.

Существует большой разброс данных по протеину в шротах, других белковых и зерновых кормах. Источники кальция также имеют разный его уровень, что, безусловно, повлияет на их КСС. Именно по этой причине мы не рекомендуем использовать наш табличный материал по КСС кормов при расчете рецептов комбикормов, а предлагаем определить КСС того сырья, которое имеется в хозяйстве, по методике, описанной выше и использовать фактический результат, который позволит грамотно применить подкисли-

Таблица 2

Основные результаты опыта на курах

Показатель	Группы	
	Контрольная	Опытная
Поголовье курочек на начало опыта, гол	26880	26320
Поголовье курочек на конец опыта, гол	26647	26131
Сохранность, %	99,13	99,28
Поголовье петушков на начало опыта, гол	1200	1280
Поголовье петушков на конец опыта	1170	1265
Сохранность, %	97,50	98,83
Живая масса курочек на конец опыта, г	1355	1381
Однородность кур по массе	86,0	91,6
Живая масса петушков на конец опыта, г	1920	1970
Однородность петухов по массе, г	85,6	92,9

тель. Нам известны производственные случаи, когда подкислитель был добавлен в количестве 3 кг/т в комбикорма для бройлеров, содержащие в рецептуре монокальцийфосфат в количестве 1,8% и кукурузный глютен в количестве 5% без учета их КСС, что привело к массовым клоацитам у недельных цыплят, так как других факторов, вызывающих клоацит (высокий уровень клетчатки, грубый помол кормов, наличие пленчатых культур и т.п.), не было. Этот же подкислитель в наших опытах на бройлерах обеспечил хороший зоотехнический результат на комбикормах с высокими КСС за счет повышенных дозировок гороха (20%) и прочих белковых кормов [20]. А именно, в группе бройлеров, получавших подкислитель, КСС комбикорма снижались на 20-36% (ростовой и финишный рационы) по сравнению с контролем, количество лактобактерий в кишечном содержимом у бройлеров опытной группы повышалось до 106 против 103 у контрольных цыплят. Улучшение микробиологического баланса в желудочно-кишечном тракте

цыплят из опытной группы за счет подкислителя способствовало повышению переваримости протеина на 3,1%, жира на 2,1% и клетчатки на 4,9%. Использование азота, кальция и фосфора повышалось на 5,6%, 4,1 и 4,9% соответственно. При этом живая масса птицы повышалась на 3,1% при снижении затрат кормов на единицу продукции на 4,21% и 7,38% соответственно в натуральном и денежном выражении. Однако, несмотря на пользу подкислителей, исходя из нашего и зарубежного опыта, использовать их нужно ориентируясь на рецептуру и КСС комбикорма. Как правило, комбикорма для бройлеров в первый период выращивания и индюшат имеют более высокий уровень протеина и могут нуждаться в подкислении в зависимости от рецептуры и наличия компонентов с высокими КСС.

В комбикормах для кур целесообразно использовать подкислитель во вторую фазу продуктивности, когда повышается уровень кальция в рационе и отсутствует монокальцийфосфат, снижается переваримость и усвоение питатель-

ных и минеральных веществ [2, 3, 6].

Важной особенностью действия короткоцепочных и среднецепочных кислот является то, что в отличие от антибиотиков при их использовании не вырабатывается привыкание патогенной микрофлоры. Среди других преимуществ органических кислот, называют их позитивное влияние на морфологическую структуру кишечника (увеличение кишечных ворсинок) и, как следствие, на повышение способности к всасыванию питательных и минеральных веществ, к поглощению энергии. Короткоцепочные органические кислоты, такие как фумаровая и лимонная довольно широко применялись и применяются в птицеводстве и свиноводстве, как в составе различных смесей, так и самостоятельно [16, 17, 19, 21]. Наши исследования показали, что применение фумаровой кислоты в комбикормах для бройлеров, ремонтного молодняка и кур в количестве 0,15%, в комбикормах для утят в количестве 0,25% активизирует анаболические процессы, что выражается в повышении использования азота, энергии и минеральных веществ корма. Повышается активность аминотрансфераз, содержание макроэргических соединений. Высокий уровень синтетических процессов в организме коррелирует с экономичным использованием энергии для этих целей, что находит подтверждение в большем содержании белка в мышечной ткани. При этом повышается продуктивность птицы на 1,7- 4,5%, снижаются затраты корма на продукцию на 1,4-5,0%. За счет повышения использования макро- и микроэлементов улучшается качество скорлупы, что выражается в снижении величины упругой деформации яиц на 1,0-5,0%. Установлена тенденция к повышению содержания витаминов А, Е, В2 в яйце [3, 4, 6]. Высокая эффективность применения фумаровой кислоты в птицеводстве и свиноводстве связана с ее более низким показателем константы диссоциации ($pK_a=3,03$) по сравнению с другими кислотами. Близкие показатели константы диссоциации имеет лимонная ($pK_a=3,14$) и молочная кислоты

($pK_a=3,08$). Улучшение показателей продуктивности птицы с помощью добавок органических кислот (муравьиная, фумаровая, пропионовая) было отмечено не только в наших исследованиях, но и в работах других отечественных и зарубежных ученых [17, 21, 22]. Авторы отмечали положительное влияние упомянутых кислот на переваримость и использование питательных веществ корма, как на фоне полноценного кормления, так и при недостатке протеина, метионина и цистина в комбикорме. Отмечалось существенное снижение бактериальной обсемененности тушек и содержимого слепых отростков сальмонеллой. Последнее относится к действию пропионовой кислоты и формиата кальция [14, 15].

Применение органических кислот через воду.

Известно, что в большинстве случаев вода, используемая в птицеводстве, имеет существенное бактериальное загрязнение, главным образом *E. Colli*, *Salmonella*, *Campilobacter*, *Pseudomonas* и др. бактерии, которые, образуя биопленку, представляют серьезную угрозу для качества воды, так как они защищают патогенные микроорганизмы от многих дезинфицирующих средств. Хорошие показатели качества воды на входе в систему поения птичника могут существенно измениться в связи с загрязнением ее из-за наличия биопленки в баках и трубах системы поения. Поэтому следует поддерживать замкнутость системы поения с плотно закрывающимися крышками, чтобы исключить попадание света и избежать роста плесени и микроскопических водорослей. Необходимо следить за состоянием труб и накопительных емкостей. При плохом качестве воды и/или плохой системе поения требуется проводить систематическое лечение птицы через питьевую воду [8].

К сожалению, при посещении птицефабрик приходится сталкиваться с отсутствием системы водоподготовки и обеззараживания воды. Не редки случаи поения птицы из открытых водоемов без контроля качества воды вообще. Такая вода, как правило, мутная с затхлым запахом,

не только в системе поения, но и до попадания в нее. Отсюда возникают проблемы с дисбактериозом, со снижением продуктивности птицы и появлением грязных яиц. Проблема усугубляется в жаркое время года, когда температура воды повышается и увеличивается ее потребление птицей [2, 3, 5, 6].

В настоящее время для очистки воды от примесей рекомендуется использовать сетчатые фильтры с размером ячейки 40-50 микрон. Минимум раз в год или чаще, если существуют проблемы с водой или продуктивностью поголовья, следует проводить общее исследование воды [8].

В связи с актуальностью проблемы, для уничтожения патогенной микрофлоры в воде, а также для нормализации процессов пищеварения и обмена веществ в организме животных и птицы широко применяют смеси органических кислот и их солей, как в сухом, так и в жидком виде [2, 3, 6, 8]. Целесообразность такой подготовки воды доказана перед вакцинацией птицы через воду, оптимальные значения pH которой находятся в диапазоне 6,8-7,2. Наши исследования, представленные в таблице 2 показали, что использование подкислителя КисОрг, состоящего из смеси муравьиной, пропионовой, молочной кислот и формиата натрия с содержанием действующих веществ не менее 74% через воду в количестве 300мл/т (pH-4,5) в течение 3 дней подряд пятикратно за период выращивания ремонтного молодняка способствовало повышению живой массы курочек на 1,92% и однородности поголовья по этому показателю на 5,6% по сравнению с контролем. Разница в живой массе петушков в пользу опытной группы составила 2,6% при более высокой однородности по этому показателю с разницей в 7,3% также в пользу птицы из опытной группы.

Эта же смесь кислот, применяемая нами для санации поилок при выращивании бройлеров (6-7;22-26;32-35дни) в количестве 350 мл/т воды (до pH-4,0), способствовала повышению среднесуточного прироста бройлеров на 3,1%, при снижении затрат кормов на прирост на

4,5%. Сохранность птицы повышалась на 1,6%.

ВЫВОДЫ

1. Органические кислоты и их комплексы с солями (подкислители) при добавлении в корма способствуют снижению их буферной емкости, что благоприятно сказывается на микробиологическом балансе в желудочно-кишечном тракте и процессах пищеварения. Кроме того, кислоты с короткой структурной цепью, входящие в состав подкислителей, такие как фумаровая и лимонная используются для синтеза АТФ в цикле Кребса и способствуют выработке дополнительной энергии в организме животных и птицы, что благоприятно сказывается на их продуктивности.

2. При подборе эффективной дозы подкислителей для включения в комбикорма необходимо ориентироваться на их рецептуру, и наличие в ней компонентов с высокими КСС (источники протеина и кальция). На фоне содержания в комбикорме монокальцийфосфата и кукурузного глютенa нормы ввода подкислителя могут быть снижены.

3. При выборе оптимальной дозы органических кислот для санации поилок и воды необходимо ориентироваться на pH optimum 4,0-4,5.

WHAT IS USEFUL TO KNOW ABOUT THE USE OF ORGANIC ACIDS IN FEED AND WATER FOR POULTRY

Okolelova T.M.,¹ Doctor of Biological Sciences, Professor

Engashev S.V.² Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences

1 – «AVZ» Ltd., 2 – FGBOU VO Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K.I. Skryabin

ABSTRACT

The ban on the use of antibiotic stimulators of poultry productivity, as well as the growing awareness of consumers in the field of food safety and poultry health, were an incentive for the introduction of alternative concepts for maintaining the health of the gastrointestinal tract, on the condition of which 70% of feed costs in the structure of the cost of production depend. We have

summarized the results of our own research on the use of acidifiers through feed and water. It is shown that in order to select an effective dose of the drug, it is necessary to determine the acid-binding properties of the components (KSS), which differ significantly and if this is not taken into account, then adding an acidifier to compound feeds with low KSS can cause cloacitis. At the same time, on compound feeds with high KSS, the addition of an acidifier contributed to a decrease in the indicator by 20-36%, which led to an improvement in the microbiological balance in the gastrointestinal tract, an increase in the digestibility of protein, fat, fiber by 3.1; 2.1 and 4.9%, respectively. The use of nitrogen, calcium and phosphorus increased by 5.6; 4.1; 4.9%, and the productivity of broilers by 3.1% while reducing feed costs per unit of production by 4.21 and 7.38%, respectively, in physical and monetary terms. When using organic acids (KisOrg) through water (300 ml/t to pH-4.5) five times for three days in a row during the period of rearing repair young, the live weight of chickens and roosters increased by 1.92% and 2.6%, the uniformity by weight increased by 5.6% and 7.3%, respectively. The same mixture of acids, when applied three times through water in an amount of 350ml / t (pH 4.0) when growing broilers, contributed to an increase in live weight by 3.1% while reducing feed costs by 4.5%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 1.Моисеенко, Н. Н. Контроль патогенных микроорганизмов в кормах повысит продуктивность кур-несушек / Н. Н. Моисеенко // Птицеводство. – 2020. – № 3. – С. 45-48. – DOI 10.33845/0033-3239-2020-69-3-45-48.
- 2.Околелова, Т. М. Болезни, возникающие при неправильном кормлении и содержании птицы / Т. М. Околелова, Р. И. Шарипов, Т. Р. Шарипов. – Алматы : Нур-Принт, 2018. – 264 с.
- 3.Околелова, Т. М. Научные основы кормления и содержания сельскохозяйственной птицы / Т. М. Околелова, С. В. Енгашев. – Москва : ООО "Издательский Центр РИОР", 2021. – 439 с. – ISBN 978-5-369-02037-1. – DOI 10.29039/02037-1.

- 4.Околелова, Т. М. Роль кормления в профилактике незаразных болезней птицы / Т. М. Околелова, С. В. Енгашев. – Москва : Издательский Центр РИОР, 2019. – 268 с. – ISBN 978-5-369-02013-5. – DOI 10.29039/02013-5.
- 5.Организация системы контроля инфекционных болезней птиц, применения антимикробных препаратов и выпуска безопасной продукции птицеводства / Сост. С.В.Щепеткина. — СПб.: ФГБОУ ВО СПбГАВМ, 2018. — С. 161-166.
- 6.Руководство по использованию органических кислот и подкислителей в птицеводстве / В. И. Фисинин, Т. М. Околелова, Е. Н. Андрианова [и др.] ; Рос. академия с.-х. наук; Всерос. научно-исслед. и технол. ин-т птицеводства, под общей редакцией академика РАСХН В.И. Фисинина и д-ра биол. наук, проф. Т.М. Околеловой. – Сергиев Посад : Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 2011. – 26 с.
- 7.Сомерс, Ф. Как снизить потери от некротического энтерита и дисбактериоза в птицеводстве / Ф. Сомерс, Р. Тимошенко // Комбикорма. – 2017. – № 3. – С. 70-71.
- 8.Справочник по выращиванию бройлеров Росс. – 2018. – 139с.
- 9.Спринг, П. Антибиотики и стимуляторы: есть ли альтернатива? / П. Спринг // Комбикорма. – 2001. – №5. – С.54-55.
- 10.Управление производственными рисками в промышленном птицеводстве / Под науч.редакцией Т.М. Околеловой, С.В. Енгашева. – Москва: РИОР, 2021. – 96с. – (Наука и практика). – DOI: <https://doi.org/10.29039/02055-5>
- 11.Черников, А. Е. Биозащита - залог эффективного производства мяса бройлеров / А. Е. Черников // Птицеводство. – 2017. – № 7. – С. 43-46.
- 12.Шастак, Е. Синтетическое против натурального: мифы и реальность / Е. Шастак // Комбикорма. – 2017. – № 3. – С. 73-74.
- 13.Шастак, Е. Эффективность различных ингибиторов плесени при консервации сырья / Е. Шастак // Комбикорма. – 2020. – № 9. – С. 90-92.
- 14.Izat A.L., Fdams M.H., Cabel M.C. Ef-

- fect of formic acid or calcium formate in feed on performance and microbiological characteristics of broilers // Poultry Science. - 1990. - V.69. - P.1876-1882.
- 15.Izat A.L., Tidwell N.M., Thomas R.A. Effects of a buffered propionic acid in diets on the performance of broiler chickens and on the mikroflora of the intestine and carcass // Poultry Science. - 1990. - V.69 - P.818-826.
- 16.Kirchgessner M., Roth F.X., Stein-ruch U. Ergotroper Effekt von Fumar-saure bei suboptimaler Proteinmenge und-qualitat im Futter auf die Produk-tionsleistung von Legehennen // Arch. Geflügelk. - 1992. - V. 56. - P.27-36.
- 17.Kirchgessner M., Roth F.X., Stein-ruch U. Nutritive Wirkung von Fumar-saure bei Anderung der Proteinqualitat und des Proteingehaltes im Futter auf die Mastleistung von Broilern // Arch. Geflügelk. - 1991. - V. 55. - P. 224-232
- 18.Konieczka P., Nowicka K., Madar M. Effects of pea extrusion and enzyme and probiotic supplementation on performance, microbiota activity and biofilm formation in the broiler gastrointestinal tract // British Poultri Science. - 2018. - V.52.N6. - P.658-665.
- 19.Luckstadt C., Senkoyle N, Akyurek H. Acidifier - a modern alternative for antibiotic free feeding in livestock production, with special focus on broiler production. // Veterinarija ir Zootechnika. - 2004. - T.27 (49).-P. 91-93.
- 20.Okolelova T., Shchukina S. Usingefficiency of acidifying agent Biotronic and enzymes in mixed feed with high pea content for broilers // World, poultry science journal. – 2006. - V.62. – P.395.
- 21.Patten J.D. and Waldroup P.W. Use of organic acids in broiler diets // Poultry Science. - 1998. - V.67. - P. 1178-1182.
- 22.Skinner J. T., Izat A.L., Waldroup P.W. Research note: Fumaric acid enhances performance of broiler chickens // Poultry Science. – 2009 - V.70. - P.1444-1447.