

БИОНАНОМАТЕРИАЛЫ

УДК 621.762

**Н.Ф. Кущевская¹, Н.В. Бошицкая², Т.Е. Бабутина², Л.В. Бусол³,
В.А. Бусол³, В.Т. Лисовенко³, Л.В. Коваленко⁴, И.В. Уварова²**

¹Институт коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского НАН Украины
г. Киев, бульвар Академика Вернадского, 42, Украина, 03142

²Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины
г. Киев, ул. Кржижановского, 3, Украина, 03680

³Национальный научный центр "Институт экспериментальной
и клинической ветеринарной медицины"
г. Харьков, ул. Пушкинская, 83, Украина, 61023

⁴Национальный аграрный университет
г. Киев, ул. Героев обороны, 15, Украина, 03041

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА И МАГНЕТИТА В КАЧЕСТВЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК

Ключевые слова: железосодержащие нанопорошки, методы *in vivo* и *in vitro*, пищевые добавки

*Получены наноразмерные железосодержащие порошки различного фазового состава и дисперсности и исследовано их влияние на живой организм методами *in vivo* и *in vitro*. Нанопорошки получены разложением/восстановлением оксалатов железа в углеводородной и водородной среде при различной изотермической выдержке.*

Проведен сравнительный анализ полученных порошков и порошка железа шведской фирмы "Nygands" марки ASC 100.29, который на протяжении последних лет используется в Швеции как пищевая добавка.

Впервые в практике ветеринарной медицины изучено влияние предложенного в работе железосодержащего нанопорошка на некоторые биохимические процессы организма, в частности на продуктивность и качество мяса цыплят-бройлеров.

Железо является важным элементом, необходимым для развития организма человека и животных. Дефицит железа вызывает снижение веса, роста, замедление умственной деятельности у детей и уменьшение работоспособности у взрослых. Сегодня треть населения Земли страдает от различного вида анемий. Одним из путей решения этой проблемы является введение железа в виде мелкодисперсного порошка в продукты питания.

В мировой практике в качестве пищевых добавок используют карбонильное, электролитическое и восстановленное железо [1].

© Н.Ф. КУЩЕВСКАЯ, Н.В. БОШИЦКАЯ,
Т.Е. БАБУТИНА, Л.В. БУСОЛ,
В.А. БУСОЛ, В.Т. ЛИСОВЕНКО,
Л.В. КОВАЛЕНКО, И.В. УВАРОВА, 2009

В последние годы большой интерес вызывает вопрос усвоения различных форм железа организмом человека [2, 3].

Существуют два основных метода оценки биологической активности железа:

in vivo, когда исследования проводят на лабораторных животных, у которых моделируют анемию, и больных людях;

in vitro, когда исследуют стойкость железного порошка в разведенной соляной кислоте как аналоге желудочного сока. Этим методом пользуются такие известные мировые фирмы по выпуску пищевых добавок, как “OMG” (США), “Hugands” (Швеция), “OMP” (Канада), “Industrial Metal Powders” (Индия).

Целью данной работы было получение наноразмерных железосодержащих порошков различного фазового состава и дисперсности и исследование их влияния на организм методами *in vivo* и *in vitro*.

В качестве объектов исследования были выбраны железосодержащие порошки, полученные разложением/восстановлением оксалатных солей в углеводородной газовой среде [4] и водороде [5]. Фазовый состав порошков анализировали на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3,0 в $\text{Co}_{K\alpha}$ -излучении, удельную поверхность определяли методом тепловой десорбции азота, а размеры частиц – по уширению рентгеновских линий на дифрактограммах методом аппроксимаций в приближении Вильямсона–Холла [10].

При получении порошков в углеводородной газовой среде процесс проводили в закрытой муфельной печи. Полученные продукты охлаждали в особо чистом азоте (99,99%). Использовали одно- и двустадийный режимы, изменяли температуру изотермической выдержки от 550 до 830 °С и время выдержки (максимальное – 2 ч), а также регулировали восстановительную способность системы (для увеличения восстановительного потенциала в исходную смесь оксалата железа – см. табл. 1, порошок № 2 – добавляли необходимое количество сажи, рассчитанное по химической реакции). Таким образом было получено несколько партий порошков, которые по своему фазовому составу и дисперсности могли быть представлены для апроби-

рования в качестве пищевых добавок. Для участия в эксперименте были выбраны порошки № 1 и № 2 (табл. 1).

При получении порошков железа в проточном водороде контролировали скорость подачи водорода (0,8–1,0 л/мин) и его влажность (1–5%). Температуру изотермической выдержки изменяли в диапазоне 390–450 °С, а время – от 4 до 8 ч.

Образцы, выбранные для эксперимента, дают возможность проследить зависимость активности взаимодействия железосодержащих порошков с контрольными средами от количества фазы чистого железа в составе порошка, его дисперсности и удельной поверхности.

В качестве объектов исследования выбраны полученный нами магнетит Fe_3O_4 и порошок шведской фирмы “Hugands” марки ASC 100.29, который на протяжении последних лет используется в Швеции как пищевая добавка в мучные и молочные изделия. Порошок ASC 100.29 получают распылением железного расплава, и, по данным химического анализа, он имеет такой состав: 99,96 масс.% Fe и 0,04 масс.% приходится на Si, Mn, C, O, S, P. Удельная поверхность частиц составляет 0,5–1 м²/г. Остальные партии образцов имели сложный фазовый состав (табл. 1).

В табл. 1 представлены фазовый состав, размер частиц и величина удельной поверхности полученных порошков. Из таблицы видно, что порошком с наибольшей дисперсностью и удельной поверхностью является Fe_3O_4 . С увеличением количества фазы α -Fe дисперсность и удельная поверхность порошков уменьшаются.

Порошки, представленные в табл. 1, исследовали в эксперименте по методу *in vitro*. Была изучена интенсивность растворения этих порошков в дистиллированной воде, в 0,01 н растворе HCl, а также в модельном растворе желудочного сока, содержащем 5,5 г/л соляной кислоты и 1,25 г/л пепсина свиного (в перерасчете на 10% пепсина), выбранных в качестве неорганических контрольных сред. Содержание общего железа определяли по стандартной комплексометрической методике [6]. Оптическую плотность измеряли на фотоэлектроколориметре ФЭК-56ПМ.

Таблица 1. Характеристики синтезированных железосодержащих нанопорошков – исходных и после взаимодействия с модельным раствором желудочного сока

Образец	Условия разложения/восстановления оксалатных солей	Фазовый состав, %		Размер частиц, нм		Удельная поверхность, м ² /г	
		исходный	после эксперимента	исходный	после эксперимента	исходный	после эксперимента
№ 1	Углеродная среда; T = 500 °C; 2 ч	Fe ₃ O ₄ – 100	Fe ₃ O ₄ – 100	34	30	48,2	49,4
№ 2	Углеродная среда; T = 830 °C; 2 ч	α-Fe – 46 Fe ₃ O ₄ – 47 Fe ₂ O ₃ – 7	α-Fe – 43 Fe ₃ O ₄ – 50 Fe ₂ O ₃ – 7	>50 41 28	>50 41 28	27,0	30,0
№ 3	Ток водорода; T = 390 °C; 8 ч	α-Fe – 20 Fe ₃ O ₄ – 80	Fe ₃ O ₄ – 100	215 110	180	8,3	9,3
№ 4	Ток водорода; T = 450 °C; 5 ч	α-Fe – 93 Fe ₃ O ₄ – 7	α-Fe – 73 Fe ₃ O ₄ – 27	270 90	150 85	7,2	9,0

Таблица 2. Количество общего железа в фильтрате биологических и неорганических сред после взаимодействия с исследуемыми порошками

Образец	Среда	Количество железа в фильтрате, мг/100 мл			
		30 мин	60 мин	120 мин	180 мин
№ 1	H ₂ O _{дист}	0	0	0	0
	0,01 н HCl	0	0	0	0
	модельный р-р желудочного сока	0	0	0	0
№ 2	H ₂ O _{дист}	0	0	0	0
	0,01 н HCl	12,51	14,02	15,01	5,5
	модельный р-р желудочного сока	6,12	10,05	11,24	11,2
№ 3	H ₂ O _{дист}	0	0	0	0
	0,01 н HCl	24,02	24,72	26,25	25,98
	модельный р-р желудочного сока	54,51	76,23	88,36	89,51
№ 4	H ₂ O _{дист}	0	0	0	0
	0,01 н HCl	23,45	39,27	38,58	37,66
	модельный р-р желудочного сока	69,7	73,92	75,07	84,89
№ 5: порошок марки ASC100.29 α-Fe – 99,96	H ₂ O _{дист}	0	0	0	0
	0,01 н HCl	9,3	11,08	12,4	11,6
	модельный р-р желудочного сока	5,01	8,7	10,65	10,7

В табл. 2 представлены результаты взаимодействия исследуемых порошков с контрольными средами. Интенсивность растворения этих порошков в модельном растворе желудочного сока графически изображена на рис. 1.

Из данных табл. 2 следует, что фаза магнетита Fe₃O₄ (порошок № 1) является единственным устойчивым состоянием во всех исследу-

емых средах и не вступает во взаимодействие ни с одной из них. Другие порошки, участвующие в эксперименте, оказались стойкими только в дистиллированной воде. Раствор соляной кислоты в дистиллированной воде активизирует процессы растворения. В этом случае можно предположить протекание двух параллельных процессов – растворения железа соляной кис-

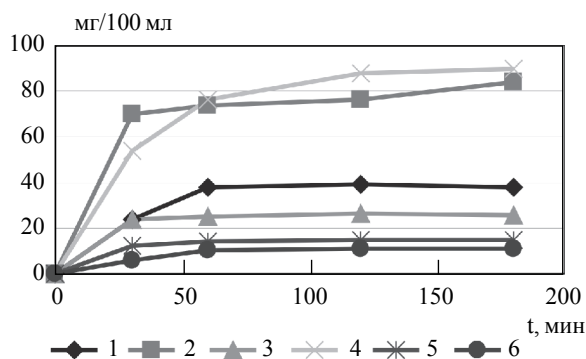


Рис. 1. Интенсивность растворения порошков в 0,01 N HCl (кривые 1, 3, 5) и модельном растворе желудочного сока (кривые 2, 4, 6): кривые 1, 2 – порошок № 4; кривые 3, 4 – порошок № 3; кривые 5, 6 – порошок № 2

лотой с образованием гидратных форм оксидов железа $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ и $[(FeO \cdot Fe_2O_3) \cdot nH_2O]$ и получения в процессе гидролиза $Fe(OH)_3$ [7]. Содержащийся в модельном растворе желудочного сока протеолитический фермент пепсин, активирующийся в присутствии соляной кислоты, дополнительно способствует взаимодействию порошков железа с исследуемой средой, образуя соли железа [3, 7].

Из табл. 1, где представлено изменение фазового состава, дисперсности и удельной поверхности исследуемых порошков после взаимодействия с модельным раствором желудочного сока, видно, что под влиянием указанной среды меняется фазовый состав порошков № 3 и № 4. При этом интересно отметить тот факт, что независимо от состава исходного порошка количественные изменения фазы железа составляют около 20% в обоих случаях, из чего следует, что существует определенное количество α -Fe, которое, взаимодействуя с модельными средами, переходит в Fe_3O_4 и практически не зависит от увеличения времени выдержки (после 180 мин количество железа, выделенного на фильтре, остается неизменным (табл. 2). Об этом также свидетельствует ход кривых на рис. 1: кривая 2 (порошок № 4) практически совпадает с кривой 4 (порошок № 3) в случае эксперимента с модельным раствором желудочного сока, а кривая 1 (порошок № 4) – с кривой 3 (порошок № 3) для случая 0,01 N HCl, хотя

количество железа в исходном порошке № 4 почти в 4,5 раза превышает его количество в порошке № 3. Удельная поверхность этих порошков в результате эксперимента несколько увеличивается (табл. 1).

По сравнению с контрольным порошком марки ASC 100.29 полученные нами образцы, имеющие в своем составе α -Fe, более активно взаимодействуют с модельными биологическими жидкостями. Сравнивая порошки с высоким содержанием железа (№ 4 и контрольный № 5), следует отметить, что, несмотря на наличие в составе порошка № 4 фазы оксида Fe_3O_4 , активность его взаимодействия выше в 7–8 раз, а в течение первых 30 мин – в 14 раз. По всей видимости, это можно объяснить большей удельной поверхностью порошка № 4 по сравнению с порошком № 5. Наличие в порошке № 2 фазы Fe_2O_3 снижает активность его взаимодействия с модельными средами, несмотря на высокую дисперсность и удельную поверхность, а также на значительный вклад фазы α -Fe. Можно предположить, что Fe_2O_3 , образуя оксидную пленку на поверхности порошка железа, предохраняет его от дальнейшего окисления, поэтому порошок № 2 наименее активно взаимодействует с контрольными средами (табл. 2) и его фазовый состав и соотношение фаз до и после испытания остаются практически неизменными (табл. 1 и рис. 2).

Однако из табл. 2 видно, что порошок № 2 взаимодействует с рассматриваемыми модельными средами на уровне контрольного порошка № 5, незначительно превышая его показатели. Порошки № 3 и № 4 значительно превосходят контрольный порошок по своей активности, что делает их наиболее перспективными для создания железосодержащих пищевых добавок. Терапевтическая доза этих порошков, разрабатываемых для профилактики железодефицитных анемий, может быть вдвое меньше, чем для порошка марки ASC 100.29. Кроме того, по данным рентгенофазового анализа, для всех порошков при взаимодействии с модельными средами в их твердых остатках не образуется побочных продуктов, вредных для организма человека.

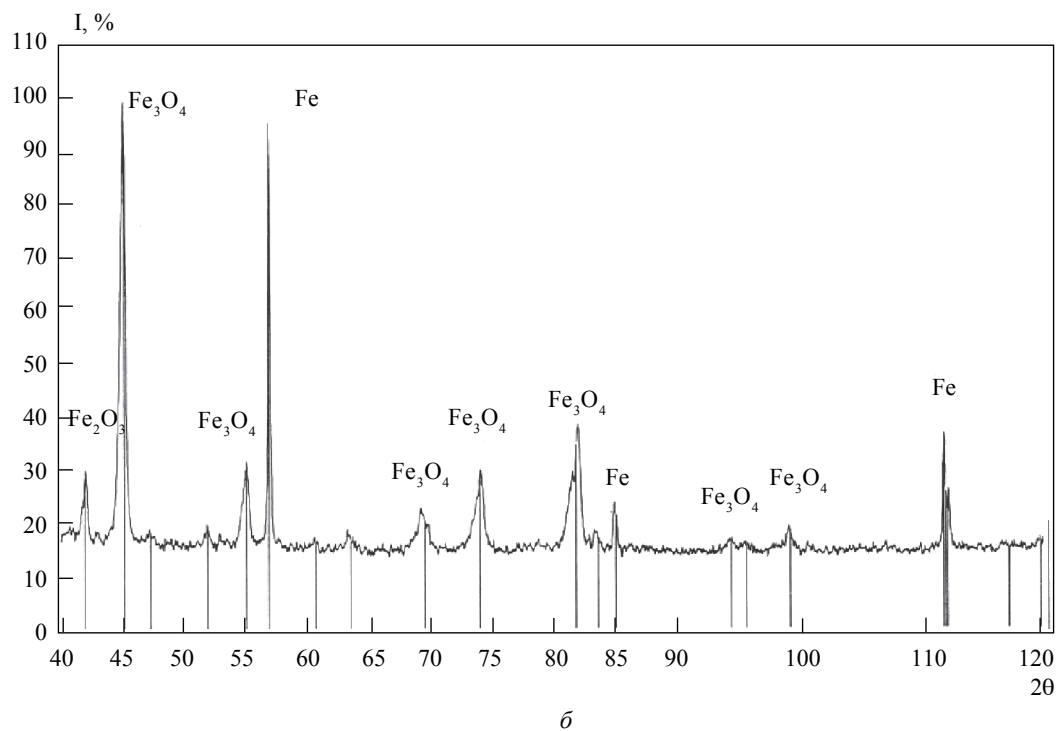
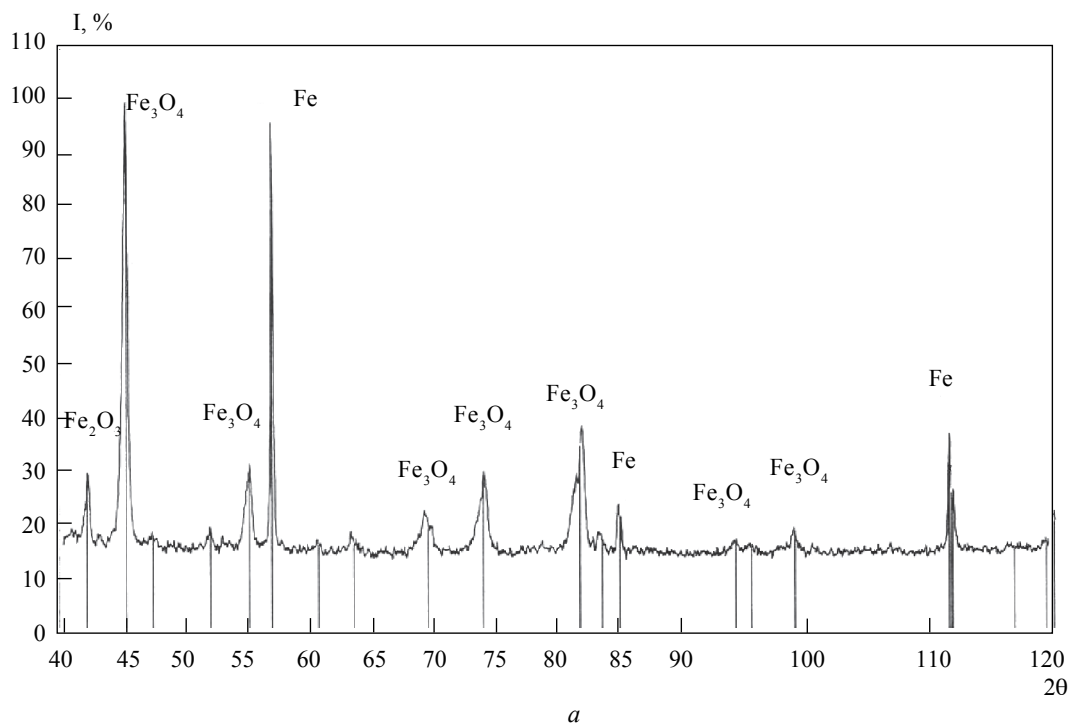


Рис. 2. Дифрактограмма порошка № 2 исходного (а) и после взаимодействия с модельным раствором желудочного сока (б)

Для участия в эксперименте по методу *in vivo* был отобран порошок, полученный разложением/восстановлением оксалатных солей железа при температуре 390 °С, имеющий фазовый состав (масс.%): Fe (50–60), Fe₃O₄ (14–19), Fe₃C (25–30), C₆₀ (0,7–1,9) и удельную поверхность 47,0 м²/г.

Эксперимент проводили на цыплятах-бройлерах класса “Хаберт” на базе экспериментального птичника Харьковской государственной зооветеринарной академии.

Нанопорошок смешивали с комбикормом в количествах 1, 3 и 20 мг/кг корма. Птице контрольных групп скармливали комбикорм без добавления ферромагнетика. Продолжительность эксперимента составляла 38 дней.

Исследовали клиническое состояние, сохранность, прирост живой массы, гематологические и некоторые биохимические показатели цыплят-бройлеров, после забоя же – состояние внутренних органов, ветеринарно-санитарную оцен-

ку белого и красного мяса, а также показатели таких химических элементов, как Са, Р и Fe. При этом были использованы общепринятые в ветеринарной медицине методы исследований [8].

Пятидневных цыплят разделили на три группы (по 25 голов). Птице первой группы с пятидневного возраста скармливали комбикорм с железосодержащими нанопорошками в концентрации 1 мг/кг комбикорма, второй – 3 мг/кг комбикорма, контрольной группы – комбикорм-аналог без исследуемой добавки.

В период опытов заболеваний и падежа птицы в опытных и контрольной группах не было зарегистрировано. Данные табл. 4 свидетельствуют об активном влиянии добавок нанопорошка на прирост живой массы птицы в период всего опыта: по сравнению с контрольной в первой группе изучаемый показатель возрос в 1,19 раза до 15-дневного возраста; в 1,04 раза – с 15- до 30-дневного; в 1,17 раза – в последний период.

Таблица 4. Динамика среднесуточного прироста живой массы (г) цыплят-бройлеров, получавших с комбикормом железосодержащую добавку в виде нанокomпозиционного порошка железа

Возраст, сутки	1-я группа		2-я группа		Контрольная группа	
	масса цыпленка, г	прирост за сутки, г	масса цыпленка, г	прирост за сутки, г	масса цыпленка, г	прирост за сутки, г
6	146,6		141,8		150,2	
15	352,6	23,6	352,1	23,3	328,4	19,8
30	1089,0	48,8	1045,5	46,2	1030,0	46,7
37	1512,7	60,5	1450,0	57,7	1420,0	55,7
Средне-суточный прирост массы, г		44,1		42,2		40,9
% от контроля		7,8		3,1		

Таблица 5. Данные о сохранности и живой массе цыплят-бройлеров, получавших с кормом порошок ферромагнетика (20 мг/кг корма)

Возраст, сутки	Опытная группа			Контрольная группа			Разница среднего веса цыплят опытной и контрольной групп, г
	количество голов	сохранность, %	масса, г	количество голов	сохранность, %	масса, г	
1	25	100	47,8	25	100	48,3	-1,1
5	25	100	82,6	25	100	86,0	-3,4
14	25	100	410,0	25	100	436,4	-26,4
25	25	100	1055,4	25	100	1073,5	-18,1
31	25	100	1200,6	25	100	1390,0	-189,4
38	25	100	1440,5	25	100	1680,2	-239,7

В течение всего периода скормливания прирост живой массы цыплят-бройлеров первой группы был на 7,8%, а во второй – на 3,1% выше, чем в контрольной. Продуктивность цыплят-бройлеров второй опытной группы была выше, чем контрольной, на 3,1%.

Разница в показателях продуктивности цыплят опытных групп, по-видимому, зависит от концентрации железосодержащей добавки в комбикормах. Для подтверждения или опровержения этого предположения нами была проведена вторая серия опытов на цыплятах-бройлерах той же породы. Птице скормливали комбикорм с добавкой указанного нанопорошка в концентрации 20 мг/кг корма. В данном соотношении добавка приводит к значительному снижению прироста живой массы при высокой сохранности подопытных цыплят-бройлеров и отсутствии клинических признаков патологических процессов, что свидетельствует о высокой биологической активности железосодержащего порошка.

Результаты проведенного опыта (табл. 5) свидетельствуют, что сохранность цыплят-бройлеров опытной и контрольной групп была стопроцентной. Однако цыплята, получавшие с кормом наночастицы железа в концентрации 20 мг/кг корма, на 14-й день опыта отставали в росте по сравнению с контрольными. Эта тенденция сохранялась до конца опыта: к 25-дневному возрасту средний вес птицы первой группы был меньше в 1,2 раза, 31-дневному – в 1,15 раза, к 38-дневному – в 1,19 раза. Отставание в росте не влияло на активность поедания корма и клиническое состояние птицы.

Результаты гематологических и биохимических исследований свидетельствуют о зависимости изучаемых показателей от концентрации нанопорошка в кормовых добавках. У подопытных цыплят-бройлеров 1-й группы по сравнению с птицей из контрольной имели место тенденция к увеличению количества эритроцитов (в 1,3 раза) и уменьшению количества лейкоцитов (в 1,4 раза) при отсутствии существенных изменений в лейкоцитарной формуле, а также увеличение содержания в сыворотке крови мочевой кислоты в 1,2 раза. У птицы 2-й группы отмечали аналогичную закономерность из-

менений упомянутых физиологических показателей.

Добавка железосодержащего порошка в количестве 20 мг/кг корма способствует уменьшению содержания мочевой кислоты в сыворотке крови на 14-й день опыта на 37% ($P \leq 0,05$) на 21-й день – на 20% по сравнению с контрольной группой, а также оказывает отрицательное влияние на формирование иммунных комплексов в крови у птиц – их концентрация снижается на 23% при увеличении содержания серомукоидов на 56% ($P \leq 0,05$), а интенсивность перекисного окисления липидов повышается на 20%. Окислительная активность плазмы крови снижается на 32%.

Добавка нанопорошка в количестве 1 мг/кг корма повышает в крови цыплят концентрацию таких микроэлементов, как железо, фосфор, кальций, выравнивает физиологически оправданное соотношение кальция и фосфора (1:1 в контрольной и 1,9:1 в подопытной группе цыплят (рис. 3).

Послеубойная оценка тушек подопытных цыплят-бройлеров позволила определить органолептические и физико-химические показатели мяса. Исследованиями установлено, что свежее белое и красное мясо опытной и контрольной групп птиц не отличалось по показателям pH, содержанию воды, а также по органолептическим оценкам бульона, вареной и жареной продукции. Данные физико-химических исследований (массовая доля

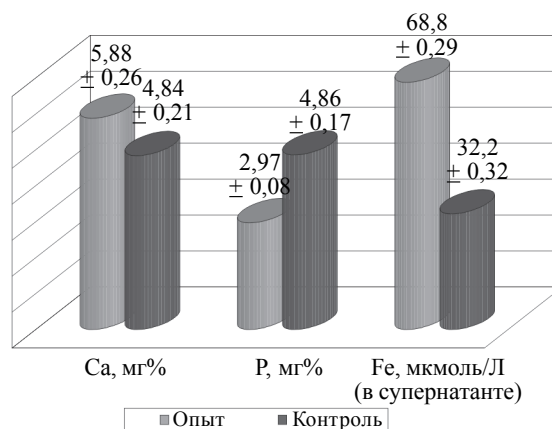


Рис. 3. Содержание Fe, Ca и P в сыворотке крови 38-дневных цыплят-бройлеров 1-й группы

белка, жира, золы, железа и цинка) указывают на отсутствие различий в показателях качества мяса опытной и контрольной групп птицы.

Таким образом, исследование активности взаимодействия синтезированных железосодержащих нанопорошков с модельными биологическими средами методами *in vitro* позволяет рекомендовать их для возможного использования в качестве пищевых добавок. Установлены технологические приемы получения порошков, которые по своим показателям (активность взаимодействия с контрольными средами, дисперсность и величина удельной поверхности) превышают показатели порошка марки ASC 100.29, традиционно применяемого в качестве пищевой добавки. Определены фазовые составы и уровень дисперсности образцов, которые значительно превышают контрольный порошок по своей активности, что делает их наиболее перспективными для создания железосодержащих пищевых добавок (порошки № 3 и № 4). Терапевтическая доза этих порошков может быть вдвое меньше, чем для порошка марки ASC 100.29. Кроме того, все полученные нанопорошки не образуют вредных для живого организма побочных соединений.

Тестирование, синтезированных методом *in vivo* нанопорошков, дает возможность определить оптимальные концентрации их добавок в корм для получения необходимого прироста массы и высококачественного мяса сельскохозяйственной птицы.

Отримано нанорозмірні залізовмісні порошки різного фазового складу й дисперсності та вивчено вплив їх на живий організм за допомогою методів *in vivo* та *in vitro*. Нанопорошки одержано розкладом/відновленням оксалатів заліза у вуглеводневому та водневому середовищі за різної ізотермічної витримки.

Проведено порівняльний аналіз отриманих порошків та порошку заліза шведської фірми "Hugands" марки ASC 100.29, який упродовж останніх років використовують у Швеції як харчову добавку.

Уперше в практиці ветеринарної медицини досліджено вплив запропонованого в роботі залізовмісного нанопорошку на певні біологічні процеси організму, зокрема на продуктивність та якість м'яса курчат-бройлерів.

Ключові слова: залізовмісні нанопорошки, методи *in vivo* та *in vitro*, харчові добавки

Iron-based nanopowders with different phase composition and dispersion has been obtained and the effect of them on living organism has been investigated *in vivo* and *in vitro*.

Nanopowders were obtained by decomposition/reduction of iron oxalate in hydrocarbonic and hydrogen gaseous media under various isothermal exposures.

A contrastive analysis of the obtained powders and the "Hugands" ASC 100.29 (Sweden) powder used as a food addition has been carried out.

For the first time in veterinary medicine, the effect of nanocomposite ferromagnetic powder on some biochemical processes, organisms, in particular, on the productivity and quality of meat of chicken broilers has been studied.

Key words: iron-based nanopowders, *in vivo* and *in vitro* methods, food additions

1. *Ranum P.* Elemental Iron Powders for food Fortification / Cereal Foods World. – 2001. – V. 46, N 3-B. – P. 137–139.
2. *Павлов Г.В., Фолманис Г.Э.* Биологическая активность ультрадисперсных порошков. – М.: Здоровье, 1999. – 78 с.
3. *Биологическое действие ультрадисперсных порошков низкотемпературного водородного восстановления* / Коваленко Л.В., Павлов Г.В., Фолманис Г.Э. и др. // Перспективные материалы. – 1998. – № 3. – С. 62–67.
4. *Нанодисперсні порошки на основі заліза та його оксидів, перспективні для медичного призначення* / Бабутіна Т.Е., Бошицька Н.В., Івашенко О.А. та ін. // Порошкова металургія. – 2009. – № 5–6. – С. 147–154.
5. *Кущевская Н.Ф.* Физико-химические условия синтеза нанокпозиционных ферромагнитных порошков для биомедицинского применения: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.16.06 / Ин-т коллоидной химии и химии воды им. А.В.Думанского НАН Украины. – К., 2003. – 39 с.
6. *ГОСТ 4011-72.* Вода питьевая. Методы определения общего железа. – М: Изд-во стандартов, 1972. – 9 с.
7. *Бугланов А.А.* Метаболизм железа и металлопротеиды // Вопросы медицинской химии. – 1988. – № 2. – С. 2–7.
8. *Павлов Г.В.* Биологическая активность ультрадисперсного железа на различных биологических моделях в норме и при экспериментальной патологии: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – М., 2000. – 34 с.
9. *Реализация физико-химических свойств наночастиц металлов при создании биологически активных препаратов в медицине, биологии, и сельском хозяйстве* / Арсентьева И.П., Глуценко Н.Н., Фолманис Г.Э. и др. // II Всероссийская конференция по наноматериалам «НАНО-2007». – Новосибирск, 2007. – С. 32–36.
10. *Иверонова В.И., Ревкевич Г.П.* Теория рассеяния рентгеновских лучей. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – 246 с.

ОБЪЯВЛЕНИЕ

**С 1 января 2010 года журнал “Наноструктурное материаловедение”
объявляет конкурс на лучшую статью по тематике издания
для студентов, аспирантов и молодых ученых.**

**В состав жюри конкурса войдут члены редколлегии журнала,
для рецензирования материалов будут привлечены ведущие специалисты
в области наноструктурного материаловедения.**

**Победителя ожидает приз, а статья, занявшая первое место,
будет опубликована в одном из номеров.**

*Редакция журнала
“Наноструктурное
материаловедение”*