УДК 637.04:546.57:637.5'65

С.В. ШУЛЯК, кандидат ветеринарних наук,
О.С. ГАЙДЕЙ, кандидат ветеринарних наук,
О.В. КАМІНСЬКА, молодший науковий співробітник,
 Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики
 та ветеринарно-санітарної експертизи, Київ
 E-mail: dia_sveta_@ukr.net

Л.В. ШЕВЧЕНКО, доктор ветеринарних наук, професор,
 Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ
 E-mail: shevchenko_laris@ukr.net

ВПЛИВ РІЗНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ КОЛОЇДНОГО СРІБЛА НА ХІМІЧНИЙ СКЛАД М'ЯСА ПЕРЕПЕЛІВ

Анотація. Пошук альтернативи антибіотикам у перепелівництві передбачає розробку нових засобів з антибактеріальними властивостями та дослідження їх впливу на якість та безпечність одержаної продукції. Серед перспективних засобів у тваринництві та ветеринарній медицині одну з перших позицій займають нанополуки срібла, які мають широкий діапазон антибактеріальної, противірусної, протипаразитарної активності на тлі протизапального, в'яжучого та імуностимулюючого ефектів за досить рентабельних процесів синтезу. При цьому застосування колоїдного срібла в птахівництві безумовно передбачає контроль його вмісту в харчових продуктах, зокрема м'ясі, субпродуктах та яйцях, які, у свою чергу, чинять вплив на здоров'я людини. Встановлено, що за випоювання різних концентрацій розчинів колоїдного срібла перепелам найбільшу кумулюючу здатність мають печінка та трубчасті кістки. Також розподіл і кумуляція наночастинок срібла в різних тканинах перепелів вказують на дозозалежне накопичення срібла. У роботі вивчено вплив різних за концентрацією розчинів колоїдного срібла на деякі показники якості та безпечності м'яса перепелів. Встановлено, що випоювання перепелам протягом всього періоду вирощування розчинів колоїдного срібла в дозах 0,02-2,0 мг/л поліпшує якість м'яса за вмістом протеїну та кальцію і фосфору.

Доведено, що розчини колоїдного срібла впливають на окремі показники мінерального обміну в організмі перепелів, зокрема в м'язах. Дослідження вмісту міді, цинку, заліза та кобальту в м'язах перепелів проводили методом атомно-абсорбційної спектроскопії з атомізацією у полум'ї. Для визначення показників якості використовували загальноприйняті стандартизовані методи. Випоювання перепелам колоїдного розчину срібла в дозах 0,02-2,0 мг/л спричиняє збільшення вмісту міді у м'язах у 1,2-2,1 раза, яке не залежить від дози та тривалості надходження його в організм. Вміст цинку та кобальту в м'язах перепелів суттєво не залежить від дози випоювання колоїдного розчину срібла. Випоювання перепелам розчину колоїдного срібла в дозах 1,0 та 2,0 мг/л не впливає на рівень заліза, а в дозах 0,02 та 0,2 мг/л сприяє збільшенню його вмісту в м'язах в 1,3-3,5 раза.

Ключові слова: мікроелементи, наносрібло, перепели, м'язи, накопичення

Активне впровадження в практику ветеринарної медицини з профілактичною та лікувальною метою препаратів на основі наночастинок срібла передбачає проведення більш глибоких досліджень біохімічних процесів, які відбуваються у тканинах під їх впливом. Дослідження в цьому напрямі обмежені і, враховуючи відсутність даних щодо безпеки регулярного випоювання колоїдного срібла птиці, виникає питання про можливі додаткові ризики. При цьому доведено, що за випоювання

колоїдних розчинів срібла перепелам, на тлі підвищення яєчної продуктивності, відбувається збільшення кількості накопиченого срібла у їстівній частині яєць (Алексеева, Зинина, 2013). Також про вищу інтенсивність засвоєння поживних речовин в організмі свідчить поліпшення гемопоєзу у курчат-бройлерів за випоювання колоїдного срібла протягом 3-6-ї, 11-15-ї, 21-25-ї та 31-42-ї доби (Алексеева, Зинина, 2012; Патрєва, Гроза, 2014а, 2014б, 2014в; Chen et al., 2007), що також може призводити до змін у біо-

хімічних процесах та обміні мікроелементів. Враховуючи властивості срібла, а саме: здатність до кумуляції та тропність до певних тканин, необхідно провести дослідження щодо впливу впоювання різних концентрацій нанополук срібла перепелам на вміст мікроелементів у продукції (Ahmadi et al., 2009; Bhattacharaya and Mukherjee, 2007).

Мета роботи – вивчити вплив різних концентрацій колоїдного срібла на деякі показники якості та безпечності м'яса перепелів.

Матеріали і методи досліджень. Дослід було проведено в умовах ТОВ "Агрокомплекс Фенікс" (Київська область). З цією метою було сформовано за принципом груп-аналогів 5 груп перепелів добового віку по 50 голів у кожній – 4 дослідних та контрольну, яких утримували в окремих секціях. Перепелам дослідних груп впоювали з водою колоїдний розчин наночастинок срібла з 1- до 30-ї доби щодобово, з 31- до 90-ї доби – один раз у декаду у таких дозах: першій групі – 2,0 мг/л, другій – 1,0 мг/л, третій – 0,2 мг/л і четвертій – 0,02 мг/л. Птиці контрольної групи впоювали воду без добавок срібла.

Після закінчення дослідів було здійснено забій перепелів дослідних і контрольної груп та відібрано середні проби грудних м'язів.

У м'язах перепелів визначали масову частку вологи та сухої речовини (ГОСТ 9793-74), білка (ГОСТ 25011-81), жиру (ГОСТ 23042-86), золи, кальцію та фосфору (ГОСТ 31727-2012), вміст безазотистих екстрактивних речовин (БЕР) визначали розрахунковим методом. Вміст міді, цинку, заліза та кобальту у тканинах перепелів визначали методом атомно-абсорбційної спектrophотометрії (ГОСТ 30178-96).

Результати досліджень. Встановлено, що вміст вологи у м'язах перепелів, яким впоювали розчини колоїдного срібла високої концентрації (2,0 та 1,0 мг/л відповідно) знижувався в середньому на 1,0% порівняно з контролем, що вказує на підвищення вмісту в даній тканині сухої речовини (табл. 1). При цьому вірогідне збільшення сухої речовини в м'язах перепелів відбувалося за рахунок підвищення вмісту протеїну в середньому на 2,1% порівняно з контролем. Аналогічне збільшення вмісту протеїну в м'язах перепелів відмічали і за впоювання низьких концентрацій колоїдного срібла (0,2 та 0,02 мг/л відповідно).

Що стосується вмісту жиру та вуглеводів у м'язах перепелів, то колоїдний розчин срібла не впливав на їх накопичення у цій тканині.

Незважаючи на різне надходження з водою до організму перепелів колоїдного срібла, загальний рівень мінеральних компонентів у м'язах залишався стабільним відносно контролю, однак відмічали перерозподіл кальцію та фосфору в цій тканині. При цьому відмічали збільшення вмісту кальцію у м'язах перепелів дослідних груп (за винятком четвертої) порівняно з контролем у межах 0,01-0,02%.

Вміст міді у м'язах перепелів, яким впоювали колоїдний розчин срібла у концентраціях 2,0; 1,0 та 0,2 мг/л, вже на 10-у добу дослідів збільшувався порівняно з контролем в 1,6; 1,7 та 2,1 раза відповідно (табл. 2).

Встановлено, що впоювання перепелам колоїдного розчину срібла в концентрації 0,02 мг/л на 10-у добу не впливало на вміст міді в м'язах. Що стосується цинку, то

1. Хімічний склад м'язової тканини перепелів, % ($M \pm m$, $n=3$)

Показник	Група				
	дослідна				контрольна
	1	2	3	4	
Волога	73,89±0,25*	73,90±0,22*	73,89±0,30	74,70±0,27	74,83±0,22
Суша речовина	26,11±0,14*	26,10±0,25*	26,11±0,31	25,30±0,30	25,17±0,21
Протеїн	25,23±0,20*	25,12±0,06*	25,10±0,08*	25,10±0,21*	23,11±0,15
Жир	1,55±0,02	1,54±0,05	1,54±0,04	1,52±0,05	1,40±0,05
Зола	1,14±0,01	1,13±0,01	1,13±0,01	1,14±0,01	1,13±0,01
БЕР	1,41±0,05	1,44±0,02	1,40±0,01	1,45±0,05	1,56±0,04
Кальцій	0,08±0,002*	0,07±0,001*	0,07±0,002*	0,06±0,002	0,06±0,002
Фосфор	0,58±0,01*	0,55±0,01*	0,51±0,01*	0,50±0,01*	0,35±0,01

Примітка: * $P \leq 0,05$ порівняно з контролем.

2. Вміст мікроелементів у м'язах перепелів за дії колоїдного срібла, мг/кг ($M \pm m$, $n=3$)

Показник	Група				
	дослідна				контрольна
	1	2	3	4	
10-а доба					
Мідь	5,02±0,02*	5,46±0,32*	6,73±0,15*	3,01±0,09	3,18±0,02
Цинк	41,13±0,60	35,74±0,34*	32,00±0,06*	40,35±0,50	41,41±0,46
Залізо	2,18±0,02*	0,89±0,02	3,23±0,07*	1,20±0,01*	0,92±0,07
Кобальт	0,04±0,001	0,06±0,007	0,10±0,006	0,09±0,001	0,05±0,001
30-а доба					
Мідь	7,14±0,08*	4,28±0,12	6,14±0,10*	3,62±0,15	3,78±0,20
Цинк	38,58±0,35*	34,02±0,72	40,07±0,83*	37,55±0,53	35,92±0,46
Залізо	1,16±0,15	1,12±0,01	2,13±0,02*	2,25±0,10*	1,05±0,07
Кобальт	0,01±0,001	0,03±0,009	0,01±0,001	0,03±0,002	0,01±0,004
60-а доба					
Мідь	6,17±0,05*	4,20±0,07*	5,13±0,08*	4,09±0,09*	3,45±0,15
Цинк	36,16±0,67	33,90±0,92	36,19±2,67	36,03±0,12*	34,92±0,15
Залізо	1,17±0,15	0,92±0,01	1,62±0,08*	2,04±0,14*	1,05±0,03
Кобальт	0,01±0,001	0,03±0,007	0,02±0,002	0,03±0,005	0,01±0,009
90-а доба					
Мідь	4,04±0,24	3,77±0,10	4,34±0,14	3,99±0,09	4,05±0,06
Цинк	38,06±0,17*	32,89±0,24*	35,02±0,16*	29,89±0,31*	27,98±0,24
Залізо	0,95±0,02	0,66±0,01	1,04±0,10	1,47±0,20	1,02±0,08
Кобальт	0,02±0,007	0,03±0,004	0,02±0,001	0,01±0,006	0,01±0,002

Примітка: * $P \leq 0,05$ порівняно з контролем

на 10-у добу випоювання перепелам колоїдного срібла його вміст у м'язах птиці першої та четвертої дослідних груп залишався стабільним, а в м'язах птиці другої та третьої дослідних груп знизився на 14 та 23% відповідно.

Вміст заліза у м'язах перепелів за випоювання колоїдного розчину срібла збільшувався на 10-у добу вирощування у птиці першої, третьої та четвертої дослідних груп відповідно у 2,4; 3,5 раза та на 30%, а в птиці другої дослідної групи не змінювався порівняно з контролем. Характеризуючи обмін кобальту в тканинах перепелів на 10-у добу вирощування, слід відмітити відсутність впливу колоїдного розчину на його вміст у м'язах.

Дослідження показників обміну мікроелементів у тканинах перепелів за випоювання колоїдного розчину срібла на 30-у добу вирощування свідчить, що закономірність щодо кумуляції міді у м'язах збереглася у перепелів першої та третьої дослідних груп і була в 1,9 та 1,6 раза вищою, ніж у контролі, тоді як у птиці другої і четвертої дослідних груп вірогідної різниці з контролем за цим елементом не встановлено.

Накопичення цинку в м'язах перепелів на 30-у добу вирощування припинило знижуватися, а в птиці першої та третьої дослідних груп перевищувало аналогічний

показник у контролі на 7 та 11% відповідно. Вміст заліза у тканинах перепелів на 30-у добу випоювання колоїдних розчинів срібла зберігав свою закономірність до збільшення, яке у м'язах птиці третьої та четвертої дослідних груп перевищувало аналогічний показник у контролі в 2 раза. Щодо вмісту кобальту у тканинах перепелів за випоювання колоїдного розчину срібла, то на 30-у добу досліджень його рівень у м'язах птиці не змінювався, порівняно з контролем.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що випоювання перепелам протягом всього періоду вирощування розчинів колоїдного срібла в концентраціях 0,02-2,0 мг/л поліпшує якість м'яса за вмістом протеїну та кальцію і фосфору.
2. Випоювання перепелам колоїдного розчину срібла в дозах 0,02–2,0 мг/л спричиняє збільшення вмісту міді у м'язах у 1,2-2,1 раза, яке не залежить від дози та тривалості надходження його в організм.
3. Вміст цинку та кобальту в м'язах перепелів суттєво не залежить від дози випоювання колоїдного розчину срібла.
4. Випоювання перепелам розчину колоїдного срібла в

дозах 1,0 та 2,0 мг/л не впливає на рівень заліза, а в дозах 0,02 та 0,2 мг/л сприяє збільшенню його вмісту в м'язах в 1,3-3,5 рази.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні впливу нанопрепаратів срібла на мікробну контамінацію продуктів забою перепелів, а також поверхні яєць і тривалість їх зберігання за різних температурних режимів. ■

**С.В. Шуляк, О.С. Гайдей,
О.В. Каминская, Л.В. Шевченко**

Влияние различных концентраций коллоидного серебра на химический состав мяса перепелов

Аннотация. Поиск альтернативы антибиотикам в перепеловодстве предусматривает разработку новых средств с антибактериальными свойствами и исследование их влияния на качество и безопасность производимой продукции. Среди перспективных препаратов в животноводстве и ветеринарной медицине одну из первых позиций занимают наносоединения серебра, которые имеют широкий диапазон антибактериальной, противовирусной и противопаразитарной активности на фоне противовоспалительного, вяжущего и иммуностимулирующего эффектов с достаточно рентабельным процессом синтеза. При этом, применение коллоидного серебра в птицеводстве безусловно предполагает контроль его содержания в пищевых продуктах, в частности мясе, субпродуктах и яйцах, которые, в свою очередь, оказывают влияние на здоровье человека. Установлено, что выпойка различных концентраций растворов коллоидного серебра перепелам способствует накоплению его в печени и трубчатых костях. Также распределение и кумуляции наночастиц серебра в различных тканях перепелов указывают на дозозависимое накопление серебра.

В работе изучено влияние различных концентраций растворов коллоидного серебра на некоторые показатели качества и безопасности мяса перепелов. Установлено, что выпойка перепелам на протяжении всего периода выращивания растворов коллоидного серебра в дозах 0,02-2,0 мг/л улучшает качество мяса по содержанию протеина, кальция и фосфора.

Доказано, что растворы коллоидного серебра влияют на отдельные показатели минерального обмена в организме перепелов, в частности в мышцах. Исследование

содержания меди, цинка, железа и кобальта в мышцах перепелов проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии с атомизацией в пламени. Для определения показателей качества использовали общепринятые стандартизированные методы.

Выпойка перепелам коллоидного раствора серебра в дозах 0,02-2,0 мг/л способствует увеличению содержания меди в мышцах в 1,2-2,1 раза и не зависит от дозы и длительности его поступления в организм. Содержание цинка и кобальта в мышцах перепелов существенно не зависит от дозы выпойки коллоидного раствора серебра. Выпойка перепелам раствора коллоидного серебра в дозах 1,0 и 2,0 мг/л не влияет на уровень железа, а в дозах 0,02 и 0,2 мг/л способствует увеличению его содержания в мышцах в 1,3-3,5 раза.

Ключевые слова: микроэлементы, наносеребро, перепела, мясо, накопление

S.V. Shuliak, Candidate of Veterinary Sciences,
O.S. Haidei, Candidate of Veterinary Sciences,
O.V. Kaminska, Junior Researcher Fellow,
State Research Institute for Laboratory Diagnostics
and Veterinary and Sanitary Expertise
E-mail: dia_sveta_@ukr.net
L.V. Shevchenko, Doctor of Veterinary Sciences,
Professor,
National University of Life and Environmental
Science Ukraine, Kyiv
E-mail: shevchenko_laris@ukr.net

Effect of different concentrations of colloidal silver on the chemical composition of quail meat

Abstract. The search for an alternative to antibiotics in quail breeding involves the development of new agents with antibacterial properties and a study of their effect on the quality and safety of the resulting product. Among the promising drugs on the market of new antimicrobial agents, related to nanotechnology, one of the first positions is nanosilver preparations, which have a wide range of antibacterial, antiviral, antiparasitic, and potent inflammatory drugs. At the same time, the use of colloidal silver in poultry farming certainly has corresponding consequences on the main consumer product – meat, offal and eggs, which, in turn, affect human health. It has been established that with oral administration of various concentrations of solutions of colloidal silver in quail, the liver and tubular bones have the highest cumulative ability, of all the studied tissues. Also, the distribution and cumulation of silver nanoparticles in various quail tissues

indicate a dose-dependent accumulation of silver. The effect of various concentrations of colloidal silver solutions on some indicators of the quality and safety of quail meat was studied. It has been established that boiling quails over the period of growing solutions of colloidal silver in doses of 0.02-2.0 mg/l improves the quality of meat in terms of protein, calcium and phosphorus. Boiling quail of a colloidal silver solution in doses of 0.02-2.0 mg/l leads to an increase in copper content in muscles by 1.2-2.1 times, does not depend on the

dose and period of drinking. The content of zinc and cobalt in the muscles of quail is not significantly dependent on the dose of boiling of a colloidal silver solution. Boiling quails of a solution of colloidal silver in doses of 1.0 and 2.0 mg /l does not affect the level of iron, and in doses of 0.02 and 0.2 mg/l it contributes to an increase in its content by 1.3-3.5 times the muscles.

Key words: trace elements, a solution of silver nanoparticles, quail, muscle, accumulation

Література

- Алексеева С.А., Зинина Е.Н. Местные факторы защиты слизистых оболочек и морфологические показатели крови при применении коллоидного серебра цыплятам. *Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные*. 2013. № 1. С. 11-12.
- Алексеева С.А., Зинина Е. Н. Морфологические показатели качества яиц при выпаивании коллоидного серебра курам-несушкам. *Вестник ветеринарии*. 2012. № 4 (63). С. 129-131.
- ГОСТ 9793-74. Мясные продукты. Методы определения влаги: Введ. 10.01.74. Москва: Издательство стандартов, 1980. 4 с.
- ГОСТ 31727-2012 (ISO 936:1998). Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы: [Действует с 2013-07-01]. М.: Стандартиформ, 2013. 7 с.
- ГОСТ 25011-81. Мясо и мясные продукты. Методы определения белка: [Действует с 1983-01-01]. М.: Стандартиформ, 2003. 7 с.
- ГОСТ 23042-86. Мясо и мясные продукты. Методы определения жира: [Действует с 1988-01-01]. М.: Стандартиформ, 2003. 5 с.
- ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. [Введен в действие 1997-01-01]. М.: Изд-во стандартов, 1996. 7 с.
- Патрєва Л.С., Гроза В.І. Зайбні якості молодняку перепелів при вирощуванні з використанням наносрібла. *Птахівництво: міжвід. темат. наук.-виробн. зб.* Харків, 2014. Вип. 71. С. 131-137.
- Патрєва Л.С., Гроза В.І. М'ясні якості перепелів при відгодівлі з використанням наносрібла. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини*. Харків: ХДЗВА, 2014. Вип. 28. Ч. 1. С. 205-211.
- Патрєва Л.С., Гроза В.І. Хімічний склад м'яса перепелів, вирощених з використанням наносрібла. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2014. Вип. 7 (26). С. 121-124. (Серія: "Тваринництво").
- Ahmadi J., Irani M., Choobchin M. Pathological study of intestine and liver in broiler chickens after treatment with different levels of silver nanoparticles. *World Applied Sciences Journal*. 2009. Vol. 7 (1). P. 28-32.
- Bhattacharaya R., Mukherjee P. Biological properties of "naked" metal nanoparticles. *Advanced drug delivery reviews*. 2008. Vol. 60, № 11. P. 1289-1306.
- Chen D., Xi T., Bai J. Biological effects induced by nanosilver particles: in vivo study. *Biomedical materials*. 2007. Vol. 3, №2. P. 126-128.

References

- Alekseeva, S.A., & Zinina, E.N. (2013). Mestnyye faktoryi zaschityi slizistyih obolochek i morfologicheskie pokazateli krovi pri primenenii kolloidnogo serebra tsiyplatam [Local protective factors of mucous membranes and morphological indicators of blood when using colloidal silver for chickens]. *Rossiyskiy veterinarnyy zhurnal. Selskhozaystvennyye zhivotnyye*, 1, 11-12. [in Russian].
- Alekseeva, S.A., & Zinina E.N. (2012). Morfologicheskie pokazateli kachestva yaits pri vyipaivaniy kolloidnogo serebra kuram-nesushkam [Morphological indicators of the quality of eggs when evaporating colloidal silver to laying hens]. *Vestnik veterinarii*, 4 (63), 129-131. [in Russian].
- ГОСТ 9793-74. (1980). Myasnyye produkty. Metodyi opredeleniya vlagi [Meat products. Moisture determination methods]: Vved. 10.01.74. Moskva: Izdatelstvo standartov, 4. [in Russian].
- ГОСТ 31727-2012 (ISO 936:1998). (2013). Myaso i myasnyye produkty. Metod opredeleniya massovoy doli obschey zolyi [Meat and meat products. Determination of total ash]: [Deystvuet s 2013-07-01]. M.: Standartinform, 2013, 7. [in Russian].
- ГОСТ 25011-81. (2003). Myaso i myasnyye produkty. Metodyi opredeleniya belka [Meat and meat products. Protein determination methods]: [Deystvuet s 1983-01-01]. M.: Standartinform, 7. [in Russian].
- ГОСТ 23042-86. (2003). Myaso i myasnyye produkty. Metodyi opredeleniya zhira [Meat and meat products. Fat determination methods]: [Deystvuet s 1988-01-01]. M.: Standartinform, 5. [in Russian].
- ГОСТ 30178-96. (1996). Syire i produkty pischevyye. Atomno-absorbtsionnyy metod opredeleniya toksichnykh elementov [Raw material and food-stuffs. Atomic absorption spectrometric method of determination of toxic elements]: [Vveden v deystvie 1997-01-01]. M.: Izd-vo standartov, 7. [in Russian].
- Patrieva, L.S., & Hroza, V.I. (2014a). Zabiini yakosti molodniaku perepeliv pry vyroshchuvanni z vykorystanniam nanosribla [Slaughter qualities of young quails when grown using nanosilver]. *Ptkhivnytsstvo: mizhvidomchyi tematychnyi naukovy-vyrobnychyi zbirnyk IT NAAN*, 71, 131-137. [in Ukrainian].
- Patrieva, L.S., & Hroza, V.I. (2014b). Miasni yakosti perepeliv pry vidhodivli z vykorystanniam nanosribla [Quality of quail meat during nano-medium fattening] *Problemy zooinzhenierii ta veterynarnoi medytsyny*. Kharkiv: KhDZVA, 28(1), 205-211. [in Ukrainian].
- Patrieva, L.S., & Hroza, V.I. (2014b). Khimichnyi sklad miasa perepeliv, vyroshchenykh z vykorystanniam nanosribla [Chemical composition of quail meat grown using nanosilver]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrraroho universytetu*, 7(26), 121-124. [in Ukrainian].
- Ahmadi, J., Irani, M., & Choobchin, M. (2009). Pathological study of intestine and liver in broiler chickens after treatment with different levels of silver nanoparticles. *World Applied Sciences Journal*, 7(1), 28-32. [in English].
- Bhattacharaya, R., & Mukherjee, P. (2008). Biological properties of "naked" metal nanoparticles. *Advanced drug delivery reviews*. 60. 11.1289-1306. [in English].
- Chen, D.Xi,T., & Bai, J. (2007). Biological effects induced by nanosilver particles: in vivo study. *Biomedical materials*, 3, 2, 126-128. [in English].