

УДК: 599.323.4: 636.087: 620.3

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНИЙ ВПЛИВ ЦИТРАТІВ НАНОЧАСТИНОК ХРОМУ ТА СЕЛЕНУ В ОРГАНІЗМІ ЩУРЕНЯТ

Р. С. Федорук¹, Н. М. Хомин², М. М. Хомин¹
khomynmykh@ukr.net

¹ Інститут біології тварин НААН, вул. В. Стуса, 38, м. Львів, 79034, Україна;

² Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, вул. Пекарська, 50, м. Львів, 79050, Україна

Обґрунтовано доцільність дослідження біологічного впливу цитратів наночастинок Cr і Se, які є недостатньо вивчені щодо фізіолого-біохімічних механізмів їхньої дії в організмі ссавців взагалі, і в сполуках з органічними кислотами зокрема.

Дослідження проведено в умовах віварію ІБТ НААН на самках-сестрах з новонародженими щуренятами, розділеними на 5 груп. Контрольна (I) група — самка з приплодом отримували стандартний раціон (СР) з гранульованого комбікорму і овочів. Тварини II (дослідної) групи, крім СР одержували з 10 дня лактації впродовж 60 діб з питною водою цитрат наночастинок хрому з розрахунку 37,0 мкг Cr/кг м. т./добу, III дослідної — СР та цитрат наночастинок хрому з розрахунку 74,0 мкг Cr/кг м. т./добу, IV дослідної — СР та цитрати наночастинок хрому і селену з розрахунку по 37,0 мкг Cr та Se/кг м. т./добу, V дослідної — СР та цитрати наночастинок хрому і селену з розрахунку по 74,0 мкг Cr та Se/кг м. т./добу.

Дослідження маси тіла самок і щуренят проводили у підготовчий період, а також на 40 і 60 доби випоювання добавок. На 40 і 60 доби щуренята-аналоги піддавались декапітації для взяття крові і визначення вмісту ретинолу, α -токоферолу, Кальцію, неорганічного фосфору, холестеролу, триацилгліцеролів, сечовини та активності

лужної фосфатази. Після декапітації визначали масу тіла щуренят та їхніх внутрішніх органів. У тканинах печінки та м'язів визначали вміст фенолів.

Встановлено, що випоювання щуренятам III групи мінеральної добавки зумовлює зростання активності лужної фосфатази та зменшення вмісту холестеролу у крові, збільшення маси їх тіла, печінки і підшлункової залози. Комплексне випоювання тваринам IV групи меншої кількості цитратів наночастинок Cr і Se сприяло підвищенню інтенсивності дезінтоксикаційних процесів, вмісту фенолсульфатів і фенолглюкуронідів у тканинах печінки та м'язів, збільшенню маси тіла щуренят та їх печінки. За умов збільшення кількості цитратів наночастинок Cr і Se у питній воді тварин V групи, утворення фенолсульфатів та фенолглюкуронідів у тканинах печінки і м'язів зберігалось на рівні IV групи, проте зростала концентрація вільних фенолів, а також збільшувалась маса печінки та шлунку порівняно з цими ж показниками у тварин контрольної групи.

Ключові слова: ЩУРЕНЯТА, КРОВ, М'ЯЗИ, ПЕЧІНКА, ХРОМ, СЕЛЕН, ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL IMPACT NANOPARTICLES OF CHROMIUM AND SELENIUM CITRATE IN THE BODY YOUNG RATS

R. S. Fedoruk¹, N. M. Khomyn², M. M. Khomyn¹
khomynmykh@ukr.net

¹ Institute of Animal Biology NAAS, st. V. Stus, 38, Lviv, 79034, Ukraine;

² Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S.Z.Gzhytskyj, st. Pekarska, 50, Lviv, 79050, Ukraine

The Animal Biology, 2013, vol. 15, no. 4

The necessity of the study of biological effects of citrate nanoparticles of Cr and Se, as of essential, but not enough studied elements towards physiological and biochemical mechanisms of their action in mammals in general, and in compounds with organic acids in particular.

The study was carried out in a vivarium of Institute of Animal Biology of NAAS on females-sisters with newborn rats, divided into 5 groups. Control (I) group — female with offspring fed standard diet (SD) of granulated fodder and vegetables. Animals of II (experimental) group with the SD obtained chromium citrate nanoparticles in dose of 37.0 mg Cr/kg of b.w./day via drinking water from day 10 of lactation during period of 60 days. Animals of III (experimental) group — SD and citrate nanoparticles chromium in dose of 74.0 mg Cr/kg of b.w./day. Animals of IV (experimental) group — SD and were applied citrate nanoparticles of chromium and selenium in the amount of 37.0 mg Cr and Se/kg of b.w./day. Rats of V (experimental) group SD and were applied citrate nanoparticles of chromium and selenium in the amount of 74.0 mg Cr and Se / kg of b.w./day.

The study of body weight of females and young rats was conducted during preparatory period, as well as at days 40 and 60 of supplementation. At days 40 and 60 young rats-analogues were decapitated for blood collection and determination of retinol, α -tocopherol, calcium, inorganic phosphorus, cholesterol,

triacylglycerols, urea and alkaline phosphatases. During the decapitation a body weight of young rats and weight of their internal organs was determined. In the liver and muscle tissues the content of phenols was analyzed.

It has been established that the addition to rats of Group III of mineral supplements leads to increased activity of alkaline phosphatase and reduction of blood level of cholesterol, increase of their body weight and also weight of liver and pancreas. Integrated supplementation of animals of group IV by fewer amount citrate nanoparticles of Cr and Se enhanced the intensity of detoxification processes, content of phenolic sulphates and phenolic glucuronide in liver and muscles, increased body mass of young rats and weight of their liver. Under the condition of the increase in citrate nanoparticles Cr and Se content in drinking water of animals of group V, the formation of phenolic sulphates and phenolic glucuronide in liver and muscle tissues remained at the level similar to fourth group but the concentration of free phenols increased and increased the weight of liver and stomach compared with these parameters in animals of control group.

Keywords: NEWBORN RATS, BLOOD, MUSCLE, LIVER, CHROMIUM, SELENIUM, PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROCESSES

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ЦИТРАТОВ НАНОЧАСТИЦ ХРОМА И СЕЛЕНА В ОРГАНИЗМЕ КРЫСЯТ

Р. С. Федорук¹, Н. М. Хомин², М. М. Хомин¹
khomynmykh@ukr.net

¹ Институт биологии животных НААН, ул. В. Стуса, 38, г. Львов, 79034, Украина;

² Львовский национальный университет ветеринарной медицины и биотехнологий имени С. З. Гжицького, ул. Пекарская, 50, г. Львов, 79050, Украина

Обоснована целесообразность исследования биологического воздействия цитратов наночастиц Cr и Se которые недостаточно изученных относительно физиолого-биохимических механизмов их действия в организме млекопитающих вообще, и в соединениях с органическими кислотами в частности.

Исследование проведено в условиях вивария ИБЖ НААН на самках-сестрах с

новорожденными крысятами, разделенными на 5 групп. Контрольная (I) группа — самка с приплодом получали стандартный рацион (СР) из гранулированного комбикорма и овощей. Животные II (опытной) группы, кроме СР получали с 10 дня лактации в течение 60 суток с питьевой водой цитрат наночастиц хрома из расчета 37,0 мкг Cr/кг м. т./сутки, III опытной — СР и цитрат наночастиц хрома из расчета 74,0 мкг Cr/кг

м. т./сутки, IV опытной — Cr и цитраты наночастиц хрома и селена из расчета по 37,0 мкг Cr та Se/кг м. т./сутки, V опытной — Cr и цитраты наночастиц хрома и селена из расчета по 74,0 мкг Se/кг м. т./сутки.

Исследование массы тела самок и крысят проводили в подготовительный период, а также на 40 и 60 сутки выпаивания добавок. На 40 и 60 сутки крысята-аналоги подвергались декапитации для взятия крови и определения содержания ретинола, а-токоферола, Кальция, неорганического фосфора, холестерина, триацилглицеролов, мочевины и активности щелочной фосфатазы. После декапитации определяли массу тела крысят и их внутренних органов. В тканях печени и мышц определяли содержание фенолов.

Установлено, что выпаивание крысятам III группы минеральной добавки вызывает рост активности щелочной фосфатазы и уменьшение содержания холестерина в крови, увеличение массы их тела, печени и поджелудочной железы. Комплексное выпаивание животным IV группы меньшего количества цитратов наночастиц Cr и Se способствовало повышению интенсивности дезинтоксикационных процессов, содержания фенолсульфатов и фенолглюкуронидов в тканях печени и мышц, увеличению массы тела крысят и их печени. При увеличении количества цитратов наночастиц Cr и Se в воде животных V группы, образование фенолсульфатов и фенолглюкуронидов в тканях печени и мышц сохранялось на уровне IV группы, однако росла концентрация свободных фенолов, а также увеличивалась масса печени и желудка по сравнению с этими же показателями у животных контрольной группы.

Ключевые слова: КРЫСЯТА, КРОВЬ, МЫШЦИ, ПЕЧЕНЬ, ХРОМ, СЕЛЕН, ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Для нівелювання впливу технологічних чинників та забезпечення повноцінного живлення організму тварин у світовій практиці застосовують мінеральні добавки, що містять Хром, Селен та інші біогенні мікроелементи [1–

3]. Відомо, що тривалентний Хром бере участь у функціонуванні більшості фізіологічних систем, впливає на обмін вуглеводів, ліпідів і білків. Метаболічний ефект Хрому значною мірою полягає в підсиленні сприйнятливості клітин до дії гормону підшлункової залози — інсуліну, який забезпечує метаболізм глюкози у клітині та завдяки енімам — трипсину і трансферину, у які він входить відбувається регуляція метаболізму холестеролу [2–5]. У свою чергу, Селен є сильнодіючим антиоксидантом. Він входить до складу глутатіонпероксидази (ГП), яка відновлює H_2O_2 і гідропероксиди ліпідів. Активність цього еніму у тканинах організму залежить від кількості спожитого Селену [6, 7]. Однак, застосування Селену в якості добавки для сільськогосподарських тварин у вигляді неорганічної сполуки має певні обмеження через його токсичність, низьку засвоюваність та накопичення в організмі [8, 9].

Цитрати мінеральних речовин є безпечними для здоров'я і дозволені для застосування в харчових продуктах, у т. ч. для дитячого харчування. Солі лимонної кислоти володіють антиоксидантною та радіопротекторною здатністю, а також оптимізуючим впливом на функціонування багатьох систем, у т. ч. серцево-судинної та імунної [8, 10–12].

Поряд з тим, в останні роки стрімко розвивається такий новий напрямок науки, як нанотехнологія, що забезпечує можливість використання наночастинок мікроелементів у тваринництві та ветеринарній медицині [10, 12, 13]. Застосування у годівлі тварин цитратів наночастинок мікроелементів, одержаних на основі нанобіотехнології, забезпечує високу біологічну, технологічну та екологічну ефективність цих сполук [14–16]. Однак, «наноцитрати» мікроелементів були вперше одержані в Україні лише в останні 3–4 роки, тому вивчення їх біологічних ефектів потребує всебічних досліджень, що були розпочаті в ІБТ НААН у 2010 році і продовжуються сьогодні на щурах, кролях, свинях, ВРХ та

бджолах.

У зв'язку з цим, метою досліджень було вивчити фізіолого-біохімічні процеси в організмі молодих щурів за умов випоювання з водою впродовж підсисного періоду різних кількостей цитратів наночастинок хрому та селену і їх поєднання.

Матеріали і методи

Дослід проведено в умовах віварію Інституту біології тварин НААН на самках-сестрах з новонародженими щуренятами, розділеними на 5 груп. Контрольна (I) група — самка з приплодом отримували стандартний раціон (СР) з гранульованого комбікорму і овочів. Тварини II (дослідної) групи крім СР одержували з 10 дня лактації впродовж 60 діб з питною водою цитрат наночастинок хрому з розрахунку 37,0 мкг Cr/кг м. т./добу, III дослідної — СР та цитрат наночастинок хрому з розрахунку 74,0 мкг Cr/кг м. т./добу, IV дослідної — СР та цитрати наночастинок хрому і селену з розрахунку по 37,0 мкг Cr та Se/кг м. т./добу, V дослідної — СР та цитрати наночастинок хрому і селену з розрахунку по 74,0 мкг Cr та Se/кг м. т./добу. Цитрати наночастинок хрому та селену виготовлено за методом Косінова М. В., Каплуненка В. Г. [17].

Дослідження маси тіла самок і щуренят проводили у підготовчий період, а також на 40, 60 доби випоювання добавок. На 40 і 60 добу щуренята-аналоги піддавались декапітації для взяття крові. У крові визначали вміст ретинолу та α -токоферолу (за методом Скурихіна В. Н. та Шабаєва С. В., 1996 в модифікації Олексюк Н. П., Левківської Л. Г., Салиги Ю. Т., 2007) на апараті «Міліхром-4», Кальцію, неорганічного фосфору, холестеролу, триацилгліцеролів, сечовини та активності лужної фосфатази на біохімічному аналізаторі «Humalyzer 2000». У період декапітації визначали масу тіла щуренят та їхніх внутрішніх органів. У тканинах печінки та м'язів визначали вміст фенолів (за методом Палфія Ф. Ю.,

1974), що описаний у довіднику [18]. Отримані числові дані оброблено з використанням стандартного пакету статистичних програм Microsoft EXCEL.

Результати й обговорення

Дослідженнями встановлено, що включення протягом двох місяців до стандартного раціону щуренят дослідних груп мінеральних добавок не виявляло вірогідного впливу на вміст у їхній крові жиророзчинних вітамінів А і Е (табл. 1). Лише спостерігалось незначне зниження концентрації ретинолу у крові тварин IV і V дослідних груп на 40 добу та V дослідної групи — на 60 добу згодовування добавок. Натомість, вміст α -токоферолу у крові щуренят V дослідної групи мав тенденцію до підвищення у ці періоди.

На 40-ву добу згодовування добавки спостерігалось збільшення вмісту Кальцію на 5,0 % ($p < 0,05$) у крові тварин III групи. Дещо вищим від контролю був даний показник у щуренят IV і V дослідних груп на 40 та 60-ту доби. Слід відзначити, що у щуренят IV групи на 40-ву добу згодовування комплексної добавки на 10,0 % ($p < 0,05$) зростав рівень неорганічного Фосфору, а у крові тварин V дослідної групи вміст неорганічного Фосфору зростав ще і на 60-ту добу відповідно на 17,6 та 14,1 % ($p < 0,05$).

Згодовування протягом 40 діб мінеральних добавок сприяло зниженню концентрації холестеролу у крові щуренят дослідних груп. За більш тривалого застосування цитратів наночастинок хрому та селену спостерігалось невірогідне підвищення концентрації холестеролу у крові щуренят II, IV і V дослідних груп. Натомість, згодовування протягом 60 діб цитрату наночастинок хрому з розрахунку 74,0 мкг Cr/кг м. т./добу сприяло зменшенню на 26,9 % ($p < 0,02$) вмісту холестеролу у крові щуренят III дослідної групи порівняно до аналогічного показника тварин контрольної групи.

Слід відзначити, що застосування протягом 40 діб комплексної добавки

хрому та селену у раціоні щуренят IV та V дослідних груп сприяло зниженню концентрації у їх крові триацилгліцеролів відповідно на 24,2 % ($p < 0,05$) та 39,2 % ($p < 0,01$). На 60 добу згодовування різної кількості цитратів наночастинок хрому та селену, як окремо, так і у поєднанні між собою не виявляло суттєвого впливу на концентрацію триацилгліцеролів у крові

тварин дослідних груп. Їх рівень порівняно з тваринами контрольної групи дещо зріс, однак дані різниці були невірні.

Також не виявлено вірогідних міжгрупових різниць щодо вмісту сечовини у крові щуренят дослідних груп стосовно контрольної протягом періоду дослідження.

Таблиця 1

Фізіолого-біохімічні показники крові щуренят ($M \pm m$, $n=3-4$)

Показник	Група	Згодовування добавки, діб	
		40	60
Ретинол, мкмоль/л	I	1,61±0,09	1,09±0,22
	II	1,67±0,23	1,33±0,22
	III	1,63±0,20	1,07±0,10
	IV	1,36±0,41	1,23±0,08
	V	1,46±0,18	0,88±0,30
α -Токоферол, мкмоль/л	I	15,98±1,19	15,41±1,40
	II	14,53±0,41	15,76±1,91
	III	15,22±0,40	16,86±0,31
	IV	14,06±1,38	14,98±1,07
	V	16,63±0,39	18,27±1,58
Кальцій, ммоль/л	I	3,37±0,05	3,42±0,12
	II	3,29±0,05	3,54±0,07
	III	3,54±0,03*	3,37±0,08
	IV	3,47±0,01	3,77±0,09
	V	3,52±0,06	3,64±0,04
Фосфор неорг., ммоль/л	I	1,70±0,04	1,49±0,02
	II	1,78±0,10	1,47±0,03
	III	1,73±0,01	1,60±0,09
	IV	1,87±0,03*	1,51±0,03
	V	2,00±0,07*	1,70±0,07*
Холестерол, ммоль/л	I	2,27±0,24	1,67±0,08
	II	2,01±0,28	1,98±0,29
	III	1,87±0,13	1,22±0,06*
	IV	1,93±0,24	2,11±0,23
	V	2,02±0,22	2,40±0,26
Триацилгліце- роли, ммоль/л	I	1,53±0,09	0,68±0,12
	II	1,32±0,18	0,92±0,09
	III	1,42±0,11	0,72±0,10
	IV	1,16±0,03*	0,77±0,18
	V	0,93±0,09**	0,78±0,10
Лужна фосфатаза, є/л	I	1108,0±19,00	698,3±27,14
	II	952,7±63,73	897,8±73,00
	III	1229,3±54,11	1031,3±87,60*
	IV	1041,3±45,17	752,7±45,21
	V	1372,3±84,87*	853,4±77,80
Сечовина, ммоль/л	I	7,95±0,55	9,27±0,48
	II	6,53±0,43	9,23±1,07
	III	8,27±0,75	9,93±0,49
	IV	8,06±0,75	9,47±0,59
	V	8,60±1,00	8,87±0,09

Примітка: у цій і наступних таблицях вірогідність різниць між контрольною і дослідними групами враховували *— $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$

Дослідження активності лужної фосфатази показало, що застосування протягом 40 і 60 діб у раціоні тварин цитрату наночастинок хрому з розрахунку

37,0 мкг Cr/кг м. т./добу та комплексної добавки цитратів наночастинок хрому і селену з розрахунку по 74,0 мкг Cr та Se/кг м. т./добу сприяло підвищенню

активності лужної фосфатази у крові щуренят III та V дослідних груп. Слід відзначити, що цитрат наночастинок хрому сприяв вірогідному зростанню активності даного ферменту на 47,7 % ($p < 0,05$) на 60 добу, тоді як комплексна добавка стимулювала підвищення активності лужної фосфатази на 40 добу на 23,9 % ($p < 0,05$) порівняно з контролем.

Дослідження показників дезінтоксикаційного статусу організму щуренят показало, що на 40-ву добу на 12,4 % ($p < 0,05$) підвищувалося утворення вільних фенолів у печінці щуренят V дослідної групи (табл. 2). Крім цього, у

печінці III, IV і V дослідних груп тварин збільшувався вміст фенолсульфатів відповідно на 50,0 ($p < 0,01$), 60,8 ($p < 0,01$) та 68,2 % ($p < 0,001$) та фенолглюкуронідів на 17,6 ($p < 0,01$) та 9,3 % ($p < 0,05$) відповідно у щуренят IV і V дослідних груп.

На 60-ту добу згодовування тваринам IV і V дослідних груп комплексних мінеральних добавок сприяло підвищенню у їх печінці на 8,8 ($p < 0,05$) та 8,0 % ($p < 0,01$) фенолсульфатів та на 2,7 і 7,8 % ($p < 0,05$) фенолглюкуронідів у тварин цих групи.

Таблиця 2.

Фракційний склад фенолів тканин щуренят різного віку, мкмоль/л, ($M \pm m$, $n=3-4$)

Феноли	Група	Згодовування добавки, дів			
		40		60	
		печінка	м'язи	печінка	м'язи
Вільні феноли	I	53,1±0,57	50,1±0,76	65,4±2,03	58,9±2,40
	II	56,4±1,29	52,6±1,03	67,7±1,08	59,6±1,03
	III	57,4±1,47	51,5±1,66	64,7±0,87	55,8±2,15
	IV	55,3±0,88	52,5±1,93	67,7±1,63	60,2±0,59
	V	59,7±1,16*	57,8±0,88	68,7±1,16	60,1±0,86
Фенол-сульфати	I	55,2±1,95	46,8±1,66	67,7±0,65	59,7±0,98
	II	58,0±1,34	48,5±0,81	67,7±0,85	62,5±1,13
	III	82,8±2,65**	55,0±0,49**	68,2±1,29	63,0±1,46
	IV	88,8±4,13**	56,9±1,81*	73,7±1,13*	69,0±0,98**
	V	92,9±3,80***	57,8±0,99	73,1±0,67**	70,1±1,84**
Фенолглюкуроніди	I	140,5±1,55	128,8±1,96	184,1±3,15	143,6±3,15
	II	139,1±3,39	126,1±3,25	191,8±3,12	153,5±1,62
	III	146,3±1,19	149,5±2,51**	187,3±3,15	157,1±2,38
	IV	165,2±3,52**	154,4±3,15**	189,1±3,31	163,9±3,15*
	V	153,5±2,95*	127,9±3,52	198,5±2,81*	169,3±2,4**

На 40-ву добу у м'язах щуренят III та IV дослідних груп підвищувався вміст фенолсульфатів відповідно на 17,5 ($p < 0,01$) і 21,5 % ($p < 0,05$) та фенолглюкуронідів – на 16,1 і 19,9 % ($p < 0,01$), а на 60-ту добу – у м'язах щуренят IV і V дослідних груп – відповідно фенолсульфатів на 15,6 і 17,5 % ($p < 0,01$) та фенолглюкуронідів – на 14,1 ($p < 0,05$) і 17,9 % ($p < 0,01$).

Дослідження фракційного складу фенолів у печінці та м'язах щуренят II, III і IV дослідних груп показали, що з віком тварин і збільшенням тривалості застосування мінеральних добавок, особливо комплексної, організм щуренят адаптується до даного виду добавки, в результаті чого їх дезінтоксикаційна

система починає працювати активніше в результаті чого зростає утворення парних фенольних сполук. Натомість, застосування комплексної мінеральної добавки з більшим вмістом наночастинок Хрому та Селену мало дещо інший вплив на дезінтоксикаційні процеси у печінці щурів V дослідної групи. На фоні підвищення концентрації фенолсульфатів та фенолглюкуронідів у їх печінці залишався великий відсоток вільних фенолів, які є дуже токсичними речовинами для організму тварин. На нашу думку, це пов'язане з надмірним надходженням до організму щуренят V дослідної групи цитратів наночастинок Хрому та Селену, що і викликало

ослаблення дезінтоксикаційних процесів і накопичення у печінці вільних фенолів.

Визначення масометричних показників внутрішніх органів щуренят, результати яких представлені у таблиці 3, свідчать що включення до складу раціону щуренят дослідних груп мінеральних добавок не викликало вірогідних міжгрупових змін маси серця та нирок після 40- і 60-ти діб згодовування добавок. Однак, включення до раціону тварин III

дослідної групи протягом 40 діб цитрату наночастинок хрому зумовлювало зниження маси легень на 25,7 % ($p < 0,05$). Відзначено зниження маси легень на 24,7 % ($p < 0,05$) у тварин IV дослідної групи за згодовування комплексної мінеральної добавки з меншим вмістом цитратів наночастинок Cr та Se стосовно аналогічних показників тварин контрольної групи.

Таблиця 3

Маса органів щуренят різного віку, г, ($M \pm m$, $n=4-10$)

Орган	Група	Згодовування добавки, дні	
		40	60
Серце	I	0,482±0,053	0,496±0,038
	II	0,393±0,037	0,575±0,041
	III	0,359±0,013	0,570±0,015
	IV	0,443±0,032	0,555±0,003
	V	0,424±0,012	0,577±0,028
Легені	I	0,77±0,030	0,96±0,074
	II	0,72±0,055	1,18±0,121
	III	0,57±0,047*	0,75±0,059
	IV	0,58±0,030*	1,13±0,101
	V	0,65±0,038	1,11±0,052
Печінка	I	3,35±0,242	4,59±0,313
	II	2,96±0,180	5,40±0,360
	III	2,66±0,067	6,77±0,379*
	IV	2,83±0,129	6,47±0,358*
	V	3,15±0,105	6,79±0,400*
Нирки	I	0,872±0,090	1,09±0,037
	II	0,685±0,085	1,11±0,032
	III	0,670±0,039	1,24±0,155
	IV	0,695±0,029	1,09±0,075
	V	0,741±0,052	1,26±0,068
Шлунок	I	1,69±0,155	2,59±0,218
	II	1,91±0,163	2,71±0,688
	III	1,55±0,082	3,85±0,719
	IV	2,27±0,276	2,88±0,260
	V	1,72±0,157	3,60±0,354*
Підшлункова залоза	I	0,347±0,039	0,356±0,019
	II	0,290±0,029	0,321±0,018
	III	0,237±0,029	0,482±0,048*
	IV	0,258±0,022	0,331±0,028
	V	0,295±0,018	0,466±0,036*

Згодовування мінеральних добавок протягом 60 діб сприяло підвищенню маси печінки у щуренят III, IV і V дослідних груп відповідно на 47,4, 40,9 та 47,9 % ($p < 0,05$), що може зумовлюватися активацією дезінтоксикаційної функції її тканин з утворенням парних фенольних сполук. Крім цього, цитрат наночастинок хрому спричиняє збільшення маси підшлункової залози на 35,4 % ($p < 0,05$) у тварин III дослідної групи, а цитрати наночастинок хрому та селену — маси

підшлункової залози на 30,9 % ($p < 0,05$) та маси шлунку — на 39,0 % ($p < 0,05$) у тварин V дослідної групи порівняно з аналогічними показниками тварин контрольної групи.

Не виявлено міжгрупової різниці маси тіла щуренят при забої на 40-ву добу від дня згодовування мінеральних добавок (табл. 4). У даного віку тварин вона знаходилася в межах 67,3–84,0 г. Проведений забій щуренят на 60-ту добу показав, що цитрат наночастинок хрому з

розрахунку 37,0 і 74,0 мкг Сг/кг м. т./добу, сприяв збільшенню маси тіла щуренят II та III дослідних груп відповідно на 22,1 (p<0,05) та 33,9 % (p<0,01). Включення до раціону цитрату наночастинок хрому у поєднанні з цитратом наночастинок селену, з розрахунку по 37,0 мкг Сг та

Se/кг м. т./добу, сприяло підвищенню на 19,8 % (p<0,05) маси тіла щуренят IV дослідної групи. Збільшення концентрації цитратів наночастинок хрому та селену у мінеральній добавці не сприяло вірогідному підвищенню маси тіла тварин V дослідної групи.

Таблиця 4

Маса тіла щуренят при забої, г, (M±m, n=4–10)

Показник	Група	Згодовування добавки, діб	
		40	60
Маса тіла	I	84,0±8,39	113,3±5,21
	II	68,0±3,06	138,3±3,18*
	III	67,3±1,20	151,7±6,12**
	IV	72,3±1,45	135,7±3,85*
	V	81,0±2,08	118,3±0,88

Отже, включення у склад раціону щуренят протягом 60 діб мінеральних добавок, особливо комплексної, з меншим вмістом мікроелементів, сприяло підвищенню у крові тварин концентрації Кальцію і неорганічного Фосфору, активності лужної фосфатази, а у тканинах печінки і м'язів — утворенню фенолсульфатів та фенолглюкуронідів, що вказує на активізацію дезінтоксикаційних та покращення фізіолого-біохімічних процесів в організмі тварин. Крім цього, спостерігалось підвищення маси тіла та внутрішніх органів щуренят II, III та IV дослідних груп.

На відміну від них, у щуренят V дослідної групи, комплексна добавка з більшим вмістом цитратів наночастинок хрому та селену негативно впливала на організм тварин і, у першу чергу, на печінку, у якій поруч зі збільшенням утворення парних фенольних сполук вірогідно зростала концентрація вільних фенолів, що, очевидно, вказує на ослаблення дезінтоксикаційних процесів в організмі тварин. За цих умов збільшувалась маса печінки та шлунку на фоні незначного збільшення маси тіла щурів.

Висновки

1. Випоювання з водою протягом 60 діб мінеральної добавки у вигляді цитрату наночастинок хрому з розрахунку 74,0 мкг Сг/кг м. т./добу сприяло зростанню активності лужної фосфатази на 47,7 %, зменшенню вмісту у крові холестеролу на 26,9 %, збільшенню печінки на 47,4 %, підшлункової залози — на 35,4 % та маси тіла — на 33,9 %.

2. Застосування протягом досліду цитратів наночастинок хрому та селену (по 37,0 мкг Сг та Se/кг м. т./добу) сприяло збільшенню вмісту фенолсульфатів у печінці на 8,8 % та фенолсульфатів і фенолглюкуронідів у м'язах відповідно на 15,6 і 14,1 %. Маса тіла тварин та печінки збільшилась відповідно на 19,8 та 40,9 %.

3. Випоювання цитратів наночастинок хрому та селену (по 74,0 мкг Сг та Se/кг м. т./добу) сприяло збільшенню у крові тварин вмісту неорганічного Фосфору на 14,1 %, фенолсульфатів і фенолглюкуронідів у тканинах печінки відповідно на 8,0 та 7,8 % і в м'язах — на 17,5 та 17,9 % і спричиняло підвищення концентрації вільних фенолів у печінці. Відмічено збільшення маси печінки, підшлункової залози та шлунка відповідно на 47,9, 30,9 та 39,0 % за збільшення маси тіла щуренят лише на 4,4 %, що вказує на певний пригнічуючий вплив підвищеної концентрації мікроелементів у мінеральній

добавці на обмінні процеси в організмі тварин.

Перспективи подальших досліджень. Наступні дослідження будуть спрямовані на вивчення впливу різних доз сполук селену, хрому та йоду на фізіолого-біохімічні процеси в організмі великої рогатої худоби, якість одержаної продукції та на відтворювальну здатність корів.

1. Fisinin V., Suraj P. Prirodnye mineraly v kormlenii zhivotnyh i pticy [Natural minerals in of animals and poultry feeding]. *Zhivotnovodstvo Rossii — Stockbreeding of Russia*, 2008, № 9, pp. 62–63. (In Russian).

2. Sedilo H. M. Rol mineralnykh rehovyn u protsesakh vovnoutvorenniya [The role of mineral stuff in the proctss of wool forming]. Lviv, Afisha, 2002. 184 p. (In Ukrainian).

3. Melshnikov E. B., Lankin V. Z., Zenkov N. K., Bondar I. A., Krugovyh N. F., Trufakin V. A. Okislitel'nyj stress. Prooksidanty i antioksidanty [Oxidative stress. Pro-oxidants and antioxidants]. M., Firma «Slovo», 2006, 551 p. (In Russian).

4. Yermakov V. V. Biogeokhimiya selena i ego znachenie v profilaktike endemicheskikh zabolevaniy cheloveka [Biochemistry of Selenium and its role in prevention of endemic]. *Vestnik otdeleniya nauk o Zemle RAN — Bulletin of the Department of Earth RAS*. Moskva, 2004, № 1 (22), pp. 1–17 (In Russian).

5. Ovchinnikova T. Selen: I yad i protivoyadie [Selenium: the poison and the antidote]. *Zhivotnovodstvo Rossii — Livestock Russia*, 2005, pp. 45 (In Russian).

6. Solohub L. I., Antonyak H. L., Babych N. O. Khrom v orhanizmi lyudyny i tvaryn. Biokhimichni, imunolohichni ta ekolohichni aspekty [Chromium in human and animal orgznism. Biochemical immunological and ecological aspects]. Lviv, Yevrosvit, 2007. 128 p. (In Ukrainian).

7. Anderson R. A., Polonsky M. M., Bryden N. A. Stability and absoption of chromium and absoption of chromium histidinate complexes by humans. *Biol. Trace. Elem. Res*, 2004, Vol. 101, №3, pp. 211–218.

8. Salata O. V. Application of nanoparticles in biology and medicine. *J. Nanobiotech*, 2004, pp.1–6.

9. Paton B., Moskalenko V., Chekman I., Movchan B. Nanonauka i nanotekhnolohiyi: tekhnichnyy, medychnyy ta sotsialnyy aspekty [Namoscience and nanotechnologies, technical, medical and social aspects]. *Visnyk NAN Ukrayiny — Bulletin of NAS Ukraine*, 2009, № 6, pp.18–26 (In Ukrainian).

10. Borusevuch V. B., Borusevuch B. V., Kaplunenko V. G., Kosinov M. V. Nanotehnologiya u veterinarniy meditsini [Nanotechnology in veterinary medicine]. Kiev, Lira, 2009. 232 p. (In Ukrainian).

11. Nesli S., Jozef L. Kokini Nanotechnology and its applications in the food sector. *Trends in Biotechnology*, 2009, Vol. 27, № 2, pp. 82–89.

12. Jain K. K. Nanomedicine: application of nanobiotechnology in medical practice. *Med. Princ. Pract.*, 2008. Vol. 17. № 2, pp. 89–101.

13. Vincent J. B. The nutritional biochemistry of chromium (III). Department of Chemistry the University of Alabama Tuscaloosa USA. 2007. 279 p.

14. Sharma C, et al. Single-walled carbon nanotubes induces oxidative stress in rat lung epithelial cells. *J. Nanosci Nanotechnol*, 2007; 7 (7): 2466–72.

15. Khomyn M. M., Kropyvka S. Y. Vplyv tsytratu khromu ta selenu, oderzhanykh na osnovi nanotekhnolohiyi, na orhanizm shchuriv [Effect of selenium and chromium citrate derived from nanotechnologies, the body of rats]. *Nauk. tekhn. byul. Instytutu biologiyi tvaryn NAAN ta DNDKI vetpreparativ ta kormovykh dobavok — Scientific and technical bulletin of Institute of Animal Biology And State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives*, 2012. Vyp. 13, № 3–4, S. 41–47 (in Ukrainian).

16. Lesyk Ya. V., Fedoruk R. S., Kropyvka S. Y. Fizioloho-biokhimichni pokaznyky krovi kroliv za vvedennya do ratsiony nanoakvatsytratu ta khloridu khromu [Physiological and biochemical blood parameters of rabbits by administration in the diet nanoakvatsytratu and chromium chloride]. *Naukovo-teoretychnyy zbirnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahrekolohichnoho universytetu — Scientific Technical Collection Zhytyomyrskoho National University agroecological*, 2012, № 1 (32), T. 3, Ch. 1, S. 329–334 (in Ukrainian).

17. Patent Ukrayiny na korysnu model №23550. Sposib eroziyno-vybukhovoho dysperhuvannya metaliv. [Useful model patent of Ukraine №23550. Vethod of erosion-explosive dispersion of metals] M. V. Kosinov, V. H. Kaplunenko /MPK (2006) V 22 F 9/14/ opubl. 25.05.07, № 7 (in Ukrainian).

18. Vlizlo V. V., Fedoruk R. S., Ratych I. B. ta in. Laboratorni metody doslidzhen u biolohiyi, tvarynnytsvi ta veterynarniy medytsyni [Laboratory methods of investigation in biology, stock-breeding and veterinary] *dovidnyk — reference book*. Lviv, SPOLOM, 2012. 764 p. (In Ukrainian).