

## The effect of citrate Se on the biochemical parameters of rabbit blood

O. Prodanchuk✉

### Article info

Correspondence Author  
O. Prodanchuk  
E-mail:  
[olga271098@gmail.com](mailto:olga271098@gmail.com)Stepan Gzhytskyi National  
University of Veterinary  
Medicine and  
Biotechnologies,  
50, Pekarska str., Lviv,  
79010, Ukraine**Citation:** Prodanchuk, O. (2026). The effect of citrate Se on the biochemical parameters of rabbit blood. *Scientific Progress & Innovations*, 29(1), 231–236. doi: 10.31210/spi2026.29.01.36

The research was conducted at a private rabbit farm on young rabbits of the Termon breed (Hylla). The rabbits were grouped according to similar characteristics (age, body weight, clinical condition) into groups of 5–6 animals, with an average body weight of 1,000–1,200 g. Selenium citrate was obtained from Nanomaterials and Nanotechnologies LLC, Kyiv. At 45 days of age, the animals were divided into four groups: a control group and three experimental groups. The rabbits in the control group were fed a standard pelleted feed and given unlimited access to water in accordance with current regulatory requirements for the feeding and housing of rabbits in commercial settings. The experimental group, in addition to and drinking water, received an aqueous solution of nanotechnology-based selenium citrate at a concentration of 50 µg Se/L throughout the day. Accordingly, the second experimental group received selenium citrate at a concentration of 100 µg Se/L; the third experimental group received selenium citrate at a concentration of 200 µg Se/L. During the experimental period (on days 15 and 30 of the study), daily monitoring was conducted to assess survival, growth rate, and development. Parameters of the platelet component of hemostasis (platelet count, mean platelet volume, hematocrit, platelet distribution width) and the antioxidant system (GPL, TBA-active products, SOD, catalase) in rabbit blood plasma were determined using standard methods. The administration of selenium citrate at concentrations of 50, 100, and 200 µg Se/L resulted in an increase in platelet parameters in the blood of the experimental groups of rabbits, accompanied by a decrease in lipid peroxidation products. The addition of selenium citrate to the rabbits' diet was associated with increased activity of antioxidant defense enzymes in their blood throughout the study period, with a statistically significant increase in catalase activity ( $P < 0.05–0.001$ ) in the blood of rabbits in the experimental groups on days 15 and 30 of the study and superoxide dismutase ( $P < 0.05$ ) in animals in the experimental groups on day 30 of the study. The inclusion of selenium citrate in the rabbits' diet contributed to a reduction in blood cholesterol levels: by day 15, cholesterol levels in animals from experimental groups II and III were 1.6 and 1.4 times lower, respectively ( $P < 0.05$ ), and on day 30 – by 22.8 % and 30.1 % ( $P < 0.05$ ) compared to the control group.

**Keywords:** selenium, rabbits, nanotechnology, catalase, superoxide dismutase, lipid hydroperoxides, malondialdehyde (MDA) products.

## Вплив цитрату Se на біохімічні показники крові кролів

O. В. Проданчук

Львівський національний  
університет ветеринарної  
медицини та біотехнологій  
імені С.З. Гжицького,  
м. Львів, Україна

Дослідження проводили у приватному кролівничому господарстві на молодяку кролів термонської породи Нулла. Кролів формували за принципом аналогів (вік, маса тіла, клінічний стан) у групи по 5–6 тварин, середньою масою тіла 1000–1200 г. Селену цитрат отримали від ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології», м. Київ. У віці 45 днів тварин було поділено на чотири групи – контрольну та три дослідні. Кролі контрольної групи споживали стандартний гранульований комбікорм і воду без обмеження відповідно до чинних нормативних вимог щодо годівлі та утримання кролів у виробничих умовах. І дослідна група, крім стандартного комбікорму з питною водою впродовж доби отримувала водний розчин нанотехнологічного селену цитрату у кількості – 50 мкг Se/л. Відповідно, II дослідна – селену цитрату з розрахунку – 100 мкг Se/л; III дослідна – селену цитрату – 200 мкг Se/л. У дослідний період (15-та і 30-та добу дослідження) проводився щоденний контроль за збереженістю, інтенсивністю росту і розвитку. Показники тромбоцитарної ланки гемостазу (кількість тромбоцитів, середній об'єм тромбоцитів, тромбокрит, ширина розподілу тромбоцитів) та антиоксидантної системи (ГПЛ, ТБК-активні продукти, СОД, каталаза) у плазмі крові кролів визначали за загальноприйнятими методиками. Випоювання цитрату селену у концентраціях 50, 100 та 200 мкг Se/л спричинило підвищення тромбоцитарних показників у крові дослідних груп кролів на тлі зменшення продуктів перекисного окиснення ліпідів. Уведення до раціону кролів цитрату селену характеризувалося підвищенням активності ферментів антиоксидантного захисту у їх крові впродовж усього періоду дослідження з вірогідним збільшенням активності каталази ( $P < 0,05–0,001$ ) у крові кролів дослідних груп на 15 та 30 доби дослідження та супероксиддисмутази ( $P < 0,05$ ) у тварин дослідних груп на 30 добу дослідження. Застосування цитрату селену у раціоні кролів сприяло зниженню рівня холестеролу в крові: на 15-ту добу його вміст у тварин II та III дослідних груп був відповідно у 1,6 та 1,4 раза нижчим ( $P < 0,05$ ), а на 30-ту добу – на 22,8 % та 30,1 % ( $P < 0,05$ ) порівняно з контролем.

**Ключові слова:** селен, кролі, нанотехнології, каталаза, супероксиддисмутаза, гідропероксили ліпідів, ТБК-активні продукти.



**Бібліографічний опис для цитування:** Prodanchuk O. В. Вплив цитрату Se на біохімічні показники крові кролів. *Scientific Progress & Innovations*. 2026. № 29 (1). С. 231–236.

## Вступ

На сучасному етапі розвитку кролівництва важливим напрямом є науково обґрунтоване використання добавок, що забезпечують підвищення продуктивності тварин завдяки поповненню дефіциту есенціальних мінеральних елементів [1, 7, 17].

Актуальною залишається проблема пошуку нових біологічно активних добавок, що зменшували б негативний вплив різних стрес-факторів, а також здатні підвищувати активність ензимів системи антиоксидантного захисту й знижувати інтенсивність пероксидаційних процесів в організмі кролів [23]. Доцільним є проведення експериментальних досліджень ефективності використання добавок, що містять цитрати мікроелементів та характеризуються високою біодоступністю.

Основними джерелами додаткового забезпечення мікроелементами раціонів сільськогосподарських тварин є їхні солі. Життєво необхідні мікроелементи функціонують як структурні компоненти органічних молекул. Так, Fe входить до складу гемоглобіну та цитохрому, а I – тироксину. Cu, Se, Zn виконують роль важливих кофакторів ферментативних систем. За умов дефіциту будь-якого з цих елементів у раціоні тварин знижується функціональна активність відповідних органічних сполук [11]. Слід зазначити, що між різними джерелами органічних мікроелементів, що застосовуються у годівлі, існують суттєві хімічні, структурні та біодоступні відмінності, які визначають їхню ефективність у забезпеченні фізіологічних потреб організму.

Застосування селеновмісних препаратів у ряді регіонів України зумовлене природним дефіцитом цього мікроелемента у ґрунтах та кормах, що призводить до недостатнього біологічного забезпечення тварин.

Дефіцит селену в раціоні сільськогосподарських тварин зумовлює розвиток низки патологічних станів і дисфункцій. Зокрема, у телят і ягнят виникає білом'язова хвороба, у поросят – дегенеративні процеси в скелетних м'язах, у курчат – ексудативний діатез та панкреатичний фіброз [4, 9]. Патогенетичною основою цих порушень є зниження активності антиоксидантної системи організму, що спричиняє посилення процесів перекисного окиснення ліпідів [2, 14]. Продукти цього процесу (вільні радикали, альдегіди, кетони) спричиняють деструктивний вплив на клітинні структури, зокрема мембрани, білки, нуклеїнові кислоти та ліпіди [3]. У дорослих тварин і птиці дефіцит селену призводить до порушення обміну речовин, зниження репродуктивної функції та імунного захисту, а також до зниження продуктивності.

Селен входить до складу ферментів антиоксидантного захисту організму, зокрема глутатіонпероксидази [2, 4]. Біологічна роль цього ферменту полягає у протидії окислювальному стресу шляхом каталізу відновлення перекису водню та гідроперексидів ліпідів. Антиоксидантна дія селену зумовлена включенням до активного центру селен-залежної глутатіонпероксидази. Se-цистеїн та Se-метіонін, як селеновмісні амінокислоти, зв'язують вільні

радикали та беруть участь в нерадикальному розщепленні ліпідних пероксидів.

Окрім цього, селен регулює метаболізм вітамінів А, С, Е та К [9, 14]. Дефіцит цього елемента в раціоні може негативно позначатися на перетворенні  $\alpha$ -ліноленової кислоти (ALA) в ейкозапентаєнову (EPA) та докозагексаєнову (DHA), що призводить до порушення співвідношення жирних кислот (n-6/n-3) у складі ліпідів клітинних мембран. Додавання селену до кормів тварин сприяє модифікації профілю жирних кислот у м'язовій тканині, що має важливе значення для оптимізації метаболічних процесів і підвищення біологічної цінності продукції [12].

Якщо механізми впливу на організм ВРХ та свиней достатньо вивчені й описані в літературі, то щодо кролів наявні дані є обмеженими. Це зумовлює потребу в поглиблених дослідженнях, спрямованих на з'ясування особливостей метаболічних і фізіологічних реакцій організму кролів за умов впливу нанотехнологічного селену цитрату.

## Мета дослідження

Мета роботи – встановити вплив застосування нанотехнологічного селену цитрату на біохімічні показники крові молодняка кролів.

### Завдання дослідження.

1. Проаналізувати літературні джерела щодо біологічної ролі селену та його впливу на антиоксидантну систему організму.
2. Дослідити зміни біохімічних показників крові під впливом нанотехнологічного селену цитрату у різних концентраціях.
3. Порівняти отримані результати між контрольними та дослідними групами та оцінити ефективність застосування нанотехнологічного селену цитрату для корекції окислювального стресу у кролів.

## Матеріали і методи

Дослідження проводили у приватному кролівничому господарстві на молодняку кролів термонської породи Nulla. Тварин утримували в приміщенні з регульованим мікрокліматом, освітленням, у сітчастих клітках розміром 50×120×30 см відповідно до чинних ветеринарно-санітарних норм.

Кролів формували за принципом аналогів (вік, маса тіла, клінічний стан) у групи по 5–6 тварин із середньою масою тіла 1000–1200 г. Селену цитрат отримали від ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології», м. Київ [15].

У віці 45 діб тварин було поділено на чотири групи – контрольну та три дослідні. Кролі контрольної групи споживали стандартний гранульований комбікорм і воду без обмеження відповідно до чинних нормативних вимог щодо годівлі та утримання у виробничих умовах. I дослідна група, крім питної води, впродовж доби отримувала водний розчин нанотехнологічного селену цитрату у кількості 50 мкг Se/л. Відповідно, II дослідна – селену цитрату з розрахунку – 100 мкг Se/л; III дослідна – селену цитрату – 200 мкг Se/л. У дослідний період

(15-та і 30-та добу дослідження) проводився щоденний контроль за збереженістю, інтенсивністю росту і розвитку. Кров від кролів відбирали з крайової вушної вени шляхом проколу одноразовою голкою у стерильний шприц. Місце відбору крові було оброблено спиртом та розчином димексиду для місцевої гіперемії.

Показники тромбоцитарної ланки гемостазу (кількість тромбоцитів, середній об'єм тромбоцитів, тромбокрит, ширина розподілу тромбоцитів) та антиоксидантної системи (ГПЛ, ТБК-активні продукти, СОД, каталаза) у плазмі крові кролів визначали за загальноприйнятими методиками [24].

Статистичний аналіз одержаних цифрових даних проводили за допомогою програми Statystika для Windows XP [16]. Після порівняння досліджуваних показників та їхніх міжгрупових різниць використовували t-критерій Стьюдента, а результат вважали вірогідним після  $P < 0,05$ .

### Результати та їх обговорення

В організмі ссавців тромбоцити відіграють надзвичайно важливу роль як за фізіологічної норми, так і при патології. В неактивному стані вони мають форму пластинок (плакоїдні клітини), що постійно

циркулюють у крові й виконують ангиотрофічну функцію – підтримують нормальну структуру і функцію судин, їх стійкість до пошкоджуючих чинників, непроникність стосовно еритроцитів, підтримують спазм пошкоджених судин, закупорюють пошкоджені судини шляхом утворення первинної гемостатичної пробки із маси агрегованих тромбоцитів, а також беруть участь у процесах коагуляції, експонують тромбогенну фосфоліпідну поверхню [20].

За результатами дослідження відзначено зміни рівня тромбоцитів, середнього об'єму тромбоцитів, тромбокриту та відносної ширини розподілу тромбоцитів за об'ємом впродовж 30 діб дослідження (табл. 1). На 15 добу кількість тромбоцитів у дослідних групах була вищою порівняно з контролем (Д-I – 4,2% ; Д-II – 6,4% ; Д-III – 11,5%). На 30-ту добу тенденція зберігалася, проте різниці не були статистично вірогідні.

Порушення окремих функцій тромбоцитів зумовлює дисбаланс у системі гемостазу організму. Тромбоцити відіграють ключову роль у формуванні резистентності, оскільки першими реагують на інфекцію. Унаслідок цього утворюються специфічні антитіла, що зв'язуються з поверхнею антигену, формуючи комплекс «антиген-антитіло» [21].

**Таблиця 1**

Показники тромбоцитарної ланки гемостазу кролів за дії нанотехнологічного селену цитрату ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Показник	Група	Періоди досліджень		
		підготовчий, 45 доба життя	дослідний (доба життя /період вивчення добавок)	
			60/15	75/30
Тромбоцити, $10^9/\text{л}$	К	431,8±22,76	455,1±10,53	462,2±13,72
	Д – I	465,6±14,53	474,8±31,20	471,8±26,97
	Д – II	478,0±15,28	484,8±12,84	486,0±40,07
	Д – III	485,6±20,67	507,4±33,15	498,0±15,75
Середній об'єм тромбоцита, фл	К	4,90±0,10	5,01±0,06	5,34±0,04
	Д – I	5,02±0,06	5,16±0,13	5,52±0,09
	Д – II	5,07±0,06	5,18±0,09	5,47±0,13
	Д – III	5,24±0,12	5,20±0,09	5,64±0,08
Тромбокрит, %	К	0,213±0,013	0,207±0,026	0,260±0,014
	Д – I	0,219±0,026	0,242±0,009	0,282±0,008
	Д – II	0,233±0,004	0,262±0,003	0,289±0,007
	Д – III	0,252±0,014	0,266±0,004*	0,294±0,004
Ширина розподілу тромбоцитів за об'ємом, %	К	12,90±0,62	13,56±0,33	14,20±0,46
	Д – I	13,72±0,21	14,25±0,10	14,87±0,38
	Д – II	13,90±0,13	14,38±0,15	15,20±0,17
	Д – III	14,10±0,07	14,45±0,22	15,33±0,19*

Примітка: \* $P < 0,05$  – вірогідні різниці показників дослідних груп порівняно з контрольною групою.

Суттєвих змін між групами кролів за показником середнього об'єму тромбоцитів упродовж дослідження не виявлено. Встановлено, що середній обсяг тромбоцитів на 15 добу дослідження був вищим у всіх дослідних групах в середньому у 1,03 рази порівняно до контролю. На 30-ту добу дослідження найвищий рівень середнього об'єму тромбоцита спостерігали у Д-III групі (5,64±0,08) порівняно з контрольною групою (5,34±0,04). Середній об'єм тромбоцитів відображає взаємозв'язок їхнього розміру з функціональною активністю, вмістом біологічно активних речовин у гранулах та схильністю до адгезії й змін перед агрегацією.

Тромбокрит як параметр клінічного аналізу крові відображає частку периферичної крові, яку займають

кров'яні пластинки – тромбоцити. Тромбоцитарні показники не виходили за межі фізіологічних значень, що вказує на відсутність порушень у механізмах гемостазу та імунної відповіді [20]. У кролів дослідних груп тромбокрит суттєво не змінювався протягом дослідного періоду. Проте, у тварин Д-III був вірогідно вищим на 28% ( $P < 0,05$ ) порівняно до контролю. На 30-ту добу дослідження тромбокрит коливався в межах від 0,282±0,008% до 0,294±0,004% на тлі 0,260±0,014% у контрольній групі.

На 15-ту добу дослідження ширина розподілу тромбоцитів за об'ємом суттєво не змінювалася впродовж всього періоду дослідження у дослідних групах 14,25; 14,38; 14,45%. Водночас, на 30 добу ширина розподілу тромбоцитів за об'ємом характери-

зувалася вищим рівнем у кролів Д-I та Д-II груп порівняно до контролю. Проте за результатами дослідження у Д-III спостерігали, що ширина розподілу тромбоцитів за об'ємом була вищою на 7,9 % порівняно з контролем.

Стан організму в цілому характеризує біохімічний склад крові, з якої надходять поживні речовини до

клітин багатьох тканин організму, а також життєво важливі мікроелементи. За результатами дослідження виявлено зміни показників системи антиоксидантного захисту в крові кролів після вживання у різних кількостях цитрату селену спостерігали вірогідні різниці на 15-ту і 30-ту добу дослідження (табл. 2).

**Таблиця 2**

Активність основних ензимів антиоксидантного захисту та вміст продуктів пероксидного окиснення ліпідів у плазмі крові ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Показник	Група	Періоди досліджень	
		підготовчий, 45 доба життя	дослідний (доба життя /період вживання добавок) 60/15 75/30
Супероксиддисмутаза, од/мг протеїну	К	4,76±0,29	4,22±0,42 5,01±0,24
	Д-I	4,29±0,37	3,77±0,37 5,77±0,35
	Д-II	4,50±0,13	4,81±0,10 6,01±0,36*
	Д-III	4,10±0,12	4,71±0,09 6,52±0,34*
Каталаза, ммоль/хв×мг протеїну	К	3,89±0,22	3,63±0,26 3,59±0,15
	Д-I	3,93±0,44	5,04±0,39* 4,70±0,37*
	Д-II	4,26±0,28	5,60±0,42** 4,90±0,29**
	Д-III	4,68±0,31	5,78±0,05*** 5,30±0,25***
Гідроперокси ліпідів, Од Е/мл	К	2,31±0,02	1,62±0,08 2,13±0,03
	Д-I	2,54±0,11	1,22±0,03** 1,65±0,09***
	Д-II	2,37±0,04	1,14±0,03*** 1,42±0,10***
	Д-III	2,22±0,06	1,29±0,04** 1,50±0,05***
ТБК-активні продукти, нмоль/мл	К	1,89±0,05	1,56±0,08 1,25±0,17
	Д-I	1,82±0,05	1,11±0,06** 0,76±0,03*
	Д-II	1,86±0,05	1,38±0,05 0,62±0,02**
	Д-III	1,73±0,03	1,23±0,05* 0,71±0,07*

Примітки: \*P < 0,05; \*\*P < 0,01; \*\*\*P < 0,001 – вірогідні різниці показників дослідних груп порівняно з контрольною групою.

Для перебігу біохімічних процесів метаболізму в організмі кролів важливе значення має каталаза. Відомо, що до антиоксидантних ферментів, які одними з перших забезпечують захист від впливу вільних радикалів, здатність окиснювати низькомолекулярні спирти і нітроти та брати участь у процесах клітинного дихання належить каталазі [22]. Синтез каталази, так само як інших пероксисомних ферментів, здійснюється на вільних полісомах із подальшим посттрансляційним механізмом перенесення ферментів усередину пероксисом. Здебільшого концентрація каталази регулюється залежно від метаболічних потреб клітини. Рівень каталази пов'язаний з кисневим метаболізмом [8, 18].

У крові кролів II і III дослідних груп активність супероксиддисмутази на 15 добу дослідження була дещо вищою порівняно до контролю (табл. 2). На 30 добу дослідження відзначено вірогідно вищу активність супероксиддисмутази в крові кролів II і III дослідних груп відповідно на 20,0 і 30,1 % порівняно з контрольною групою. Це може вказувати про позитивний вплив вживання органічної сполуки селену на активність антиоксидантних ферментів у їх крові, особливо супероксиддисмутази, що захищає мембрани клітин організму від ушкоджуючої дії вільних радикалів і є одним з основних елементів антиоксидантної системи в організмі тварин [10].

Дослідження активності каталази в плазмі крові кролів за вживання різної концентрації цитрату селену найвищі значення встановлено на 15-ту добу дослідження. Рівень каталази характеризувався вірогідно вищими (1,4–1,6 раза; P<0,05–0,001) показниками активності в крові кролів I, II та III дослідних

груп порівняно з контролем. На 30-ту добу дослідження за вживання селену цитрату встановлено підвищення активності каталази на 30,9 % (P<0,05), 36,5 % (P<0,01) та 47,6 % (P<0,05) відповідно у I, II і III дослідних групах порівняно до контролю, що свідчить про активацію антиоксидантної системи організму та посилення його захисних механізмів.

Продукти перекисного окиснення деформують мембрани клітин, порушують їхню осмотичну резистентність і електричний потенціал, окислюють тіолові сполуки та SH-групи білків мембран. Утворення продуктів перекисного окиснення ліпідів контролюється системою антиоксидантного захисту, яка не тільки запобігає розвитку вільнорадикальних реакцій, утворенню супероксид-аніона та пероксидів, а й підтримує високу активність окисно-відновних процесів, забезпечує елімінацію кінцевих кисневих метаболітів із залученням їх до енергетичного обміну та активації процесів синтезу [6, 8].

Вживання цитрату селену тваринам дослідних груп супроводжувалося зменшенням процесів пероксидації ліпідів в їхній крові порівняно з контролем. Зокрема, у крові кролів дослідних груп порівняно з контрольною спостерігали вірогідне зменшення вмісту гідропероксидів ліпідів на 15-ту та 30-ту добу дослідження. Зокрема, на 30-ту добу дослідження вміст ГПЛ у крові тварин дослідних груп був нижчим на 22–32 % (P<0,05–0,001) порівняно з контролем.

Вміст ТБК-активних продуктів, що є кінцевим метаболітом перекисного окиснення ліпідів, характеризувався більш вираженими змінами за умов впливу застосованих добавок цитрату селену і був вірогідно

меншим у крові тварин дослідних груп порівняно з контрольною протягом випоювання.

Характерно, що рівень ТБК-активних продуктів у крові кролів I групи був вірогідно нижчим у 1,4 ( $P<0,01$ ) та 1,6 ( $P<0,05$ ) рази відповідно на 15-ту та 30-ту добу дослідження порівняно з контрольною групою. У крові тварин дослідних груп цей показник вірогідно зменшувався на першому і другому етапах дослідження відповідно у II – 1,1 та 2,0 ( $P<0,01$ ) рази, у III – 1,2 ( $P<0,05$ ) та 1,8 ( $P<0,05$ ) рази порівняно з аналогічними показниками тварин контрольної групи.

Холестерол та триацилгліцероли належать до показників ліпідного обміну в організмі тварин.

### Таблиця 3

Вміст триацилгліцеролів та холестеролу в плазмі крові кролів за дії нанотехнологічного селену цитрату ( $M\pm m, n=5$ )

Показник	Група	Періоди досліджень	
		підготовчий, 45 доба життя	дослідний (доба життя /період випоювання добавок) 60/15 75/30
Холестерол, ммоль/л	К	1,33±0,16	1,29±0,13 1,23±0,08
	Д – I	1,48±0,20	1,01±0,15 1,15±0,05
	Д – II	1,69±0,11	0,78±0,13* 0,95±0,04
	Д – III	1,11±0,07	0,94±0,08* 0,85±0,13*
Триацилгліцероли, ммоль/л	К	0,75±0,12	1,82±0,23 1,55±0,23
	Д – I	0,63±0,09	1,18±0,09 0,84±0,14*
	Д – II	0,99±0,10	1,51±0,19 0,89±0,04*
	Д – III	0,85±0,05	1,28±0,09 0,91±0,08*

Примітка: \* $P < 0,05$  – вірогідні різниці показників дослідних груп порівняно з контрольною групою.

На 30-ту добу дослідження в плазмі крові тварин II і III дослідних груп його рівень був відповідно нижчим на 22,8 та 30,1 % ( $P < 0,05$ ) порівняно з контролем, що свідчить про більше використання у їх організмі холестеролу за впливу селену цитрату.

За результатами дослідження встановлено, що вміст триацилгліцеролів у плазмі крові кролів усіх дослідних груп був вірогідно нижчим на 30-ту добу дослідження порівняно з контролем. Отримані результати можуть свідчити про активацію процесів метаболічного нагромадження пластичних компонентів клітинних мембран та енергетичних потреб тканин організму, що було виражено більше за дії органічної сполуки селену.

### Висновки

1. Випоювання цитрату селену у концентраціях 50, 100 та 200 мкг Se/л спричинило підвищення тромбоцитарних показників у крові дослідних груп кролів на тлі зменшення продуктів перекисного окиснення ліпідів.

2. На 30-ту добу застосування цитрату селену спостерігали тенденцію до підвищення кількості тромбоцитів та тромбокрити в крові кролів дослідних груп, однак ці зміни не досягали рівня статистичної вірогідності та залишалися в межах фізіологічних параметрів.

3. Уведення до раціону кролів цитрату селену характеризувалося підвищенням активності ферментів антиоксидантного захисту впродовж усього періоду дослідження з вірогідним збільшенням активності каталази ( $P<0,05-0,001$ ) у крові кролів

Холестерол, як структурний компонент плазматичних мембран клітин ссавців, слугує попередником у біосинтезі стероїдних гормонів, вітаміну D, оксистеролів і жовчних кислот. Триацилгліцероли становлять основну форму нейтральних жирів, що складаються з однієї молекули гліцеролу та трьох залишків вищих жирних кислот. Вони забезпечують депонування ліпідів і є ключовими резервуарами метаболічної енергії для організму [13, 19].

Застосування цитрату селену сприяло зменшенню вмісту холестеролу на 1,6 та 1,4 рази ( $P<0,05$ ) відповідно у крові кролів II та III дослідної групи на 15-ту добу дослідження (табл. 3).

дослідних груп на 15 та 30 доби дослідження та супероксиддисмутази ( $P<0,05$ ) на 30 добу.

4. Застосування цитрату селену у раціоні кролів сприяло зниженню рівня холестеролу в крові: на 15-ту добу його вміст у тварин II та III дослідних груп був відповідно у 1,6 та 1,4 рази нижчим ( $P<0,05$ ), а на 30-ту добу – на 22,8 % та 30,1 % ( $P<0,05$ ) порівняно з контролем.

### ДЕКЛАРАЦІЇ

#### Етична заява

Автори заявляють, що всі проведені дослідження повністю відповідають загальноприйнятим нормам гуманного ставлення до тварин та принципам біоетики. Клініко-експериментальна частина роботи виконана з суворим дотриманням вимог чинного законодавства України, зокрема Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (№ 3447-IV) [5], а також Директиви 2010/63/EU Європейського Парламенту та Ради від 22 вересня 2010 року про захист тварин, що використовуються для наукових цілей.

Забір крові з крайової вушної вени кролів виконували малоінвазивно, з дотриманням асептики та застосуванням місцевих засобів для покращення мікроциркуляції. Під час експерименту тваринам забезпечували належні умови утримання в індивідуальних клітках, збалансовану годівлю, якісний догляд та повну мінімізацію стресових і дискомфортних чинників.

#### Фінансування

Дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.

### Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів.

### Подяки

Немає.

### Декларація щодо використання ІІІ та технологій на основі ІІІ

Автор заявляє, що не використовував штучний інтелект або технології на основі ІІІ під час підготовки цього рукопису.

### References

1. Abdelsalam, M., & Fathi, M. (2023). Improving productivity in rabbits by using some natural feed additives under hot environmental conditions — A review. *Animal Bioscience*, 36 (4), 540–554. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0354>
2. Banuelos, G. S., Lin, Z.-Q., & Caton, J. (2023). Editorial: Selenium in soil-plant-animal systems and its essential role for human health. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1237646. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1237646>
3. Chandimali, N., Bak, S. G., Park, E. H., Lim, H.-J., Won, Y.-S., Kim, E.-K., Park, S.-I., & Lee, S. J. (2025). Free radicals and their impact on health and antioxidant defenses: a review. *Cell Death Discovery*, 11 (1), 19. <https://doi.org/10.1038/s41420-024-02278-8>
4. Drutel, A., Archambeaud, F., & Caron, P. (2013). Selenium and the thyroid gland: more good news for clinicians. *Clinical Endocrinology*, 78 (2), 155–164. <https://doi.org/10.1111/cen.12066>
5. Pro zakhyst tvaryn vid zhorstokoho povodzhennia [On the protection of animals from cruelty]: Zakon Ukrainy No. 3447-IV. (2006). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, (27), Art. 230. [in Ukrainian]
6. Fedoruk, R. S., Tesarivska, U. I., Kovalchuk, I. I., Tsap, M. M., Kaplunenko, V. H., Koleschuk, O. I., & Khrabko, M. I. (2021). Biological effects of iodine, selenium, sulfur citrates in broiler chickens. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12 (3), 523–530. <https://doi.org/10.15421/022172>
7. Hashem, N. M., Abd El-Hady, A. M., & Hassan, O. A. (2017). Inclusion of phytochemical feed additives comparable to vitamin E in diet of growing rabbits: Effects on metabolism and growth. *Annals of Agricultural Sciences*, 62 (2), 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2017.11.003>
8. Iskra, R. Ya. (2012). Funktsionalnyi stan systemy antyoksydantnoho zakhystu v pečintsii ta skeletnykh miazakh kroliv za dii riznykh doz khromu [Functional state of the antioxidant defense system in the liver and skeletal muscles of rabbits under the action of different doses of chromium]. *Visnyk Kyivskoho Natsionalnoho Universytetu Imeni Tarasa Shevchenka. Biologiya*, 60, 4–6. [in Ukrainian]
9. Duntas, L. H. (2010). Selenium and the thyroid: A close-knit connection. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 95 (12), 5180–5188. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-0191>
10. Lesyk, Ya. V., Fedoruk, R. S., & Kropyvka, S. I. (2012). Hematolohichni pokaznyky ta antyoksydantnyi status orhanizmu kroliv za vypoivuvannia tsytratu i khlorydu khromu [Hematological parameters and antioxidant status of the rabbit body under the influence of chromium citrate and chloride]. *Biologiya Tvaryn*, 14 (1–2), 141–149. [in Ukrainian]
11. López-Alonso, M., Rivas, I., & Miranda, M. (2025). Trace mineral imbalances in global health: Challenges, biomarkers, and the role of serum analysis. *Nutrients*, 17 (13), 2241. <https://doi.org/10.3390/nu17132241>
12. Moustafa, K.-E. M. El., EL-Hosseiny, H. M., Shaheen, G. F., El-Kotamy, E. M., Ghoniem, A. E., Younan, G. E., El-Nahrawy, M. M., Farag, M. E., & Mohamed, M. S. (2024). Impact of different forms of selenium supplementation on growth and physiological performance of New Zealand white rabbits. *Tropical Animal Health and Production*, 56 (4), 131. <https://doi.org/10.1007/s11250-024-03970-8>
13. Oguro, H. (2019). The roles of cholesterol and its metabolites in normal and malignant hematopoiesis. *Frontiers in Endocrinology*, 10, 204. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00204>
14. Palazzetti, S., Rousseau, A.-S., Richard, M.-J., Favier, A., & Margaritis, I. (2004). Antioxidant supplementation preserves antioxidant response in physical training and low antioxidant intake. *British Journal of Nutrition*, 91 (1), 91–100. <https://doi.org/10.1079/bjn20031027>
15. Kosinov, M. V., & Kaplunenko, V. H. (2009). *Sposib otrymannia karboksylyativ metaliv. Nanotekhnolohiia otrymannia karboksylyativ metaliv* [Method for obtaining metal carboxylates. Nanotechnology for obtaining metal carboxylates] (Ukrainian Patent No. 38391). State Intellectual Property Service of Ukraine. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/276279/> [in Ukrainian]
16. Petrovska, I., Salyha, Yu., & Vudmaska, I. (2022). *Statystychni metody v biolohichnykh doslidzhenniakh* [Statistical methods in biological research]. Ahrarna Nauka. [in Ukrainian]
17. Placha, I., Pogány Simonová, M., & Lauková, A. (2022). Natural feed additives and novel approaches for healthy rabbit breeding. *Animals*, 12 (16), 2111. <https://doi.org/10.3390/ani12162111>
18. Popoiu, S., Teodoru, A.-M., Levandovschi, N., & Coman, C. (2021). Hematological and biochemical dynamics of rabbits and guinea pigs used for scientific purposes at Cantacuzino Institute, Bucharest. *Revista Română de Medicină Veterinară*, 31 (2), 69–80.
19. Postoi, R. V., Karpovskiy, V. I., & Postoi, V. V. (2019). Cholesterol and triacylglycerols content in blood of dry sows depending on peculiarities of nervous system activity. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 15 (5), 138–147. <https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.05.014>
20. Rublenko, M. V., & Andriievskiy, V. H. (2008). Ahrehatsiia trombotsytiv u sobak ta svynei u normi [Platelet aggregation in dogs and pigs in norm]. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 2, 118–120. [in Ukrainian]
21. Sela-Culang, I., Kunik, V., & Ofra, Y. (2013). The structural basis of antibody-antigen recognition. *Frontiers in Immunology*, 4, 302. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2013.00302>
22. Serra, V., Castrica, M., Agradi, S., Curone, G., Vigo, D., Di Giancamillo, A., Modina, S. C., Riva, F., Balzaretto, C. M., De Bellis, R., Brecchia, G., & Pastorelli, G. (2023). Antioxidant activity of different tissues from rabbits fed dietary bovine colostrum supplementation. *Animals*, 13 (5), 850. <https://doi.org/10.3390/ani13050850>
23. Skowron, M., Zaleska-Fiolka, J., Blaszczyk, U., Chwalińska, E., Owczarek, A., & Birkner, E. (2018). Antioxidant enzyme activities in rabbits under oxidative stress induced by high fat diet. *Journal of Veterinary Research*, 62 (2), 199–205. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2018-0019>
24. Vlizlo, V. V., Fedoruk, R. S., & Ratyck, I. B. (2012). *Laboratorni metody doslidzen u biologii, tvarynyntstvi ta veterynarnii medytsyni* [Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine]. Spolom. [in Ukrainian]

### ORCID

O. Prodanchuk 

<https://orcid.org/0009-0006-6564-2938>



2026 by the author(s). This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.