

The experimental birds was kept in cell batteries at a density of 12 heads per 1 m². The feeding was 2.5 cm, watering was carried out with nipple waterers. Indicators of the microclimate of the premises were identical in all groups of birds and corresponded to the established hygienic norms.

The dynamics of live weight and average daily increments of chicken broilers for feeding of sulfate and mixed aligant complex of zinc in different doses were studied. The main advantages of the mixed-alloy complexuse over sulfate are shown and prospects of its application in the composition of mixed foddors are determined.

It was established that feeding of the mixed zinc complex allows to increase the average daily increments and live weight of chicken broilers in different growing periods.

The use of a mixed-alloy complex of zinc at doses corresponding to the introduction of 1 ton of compound feed 50 and 37.5 g of the element increases daily average increments over the entire period of the experiment, respectively, by 3 and 5.2 g or by 5.2 and 9.1 %. At the same time, the live weight of chickens 2 and 3 experimental groups, which mixed with mixed feed received a complex of zinc, increased respectively by 125 and 219 g or 5.2 and 9.1 %.

According to the results of the conducted scientific and economic experiment, it was found that the mixed zigzag complex use of zinc at a dose corresponding to 37.5 grams of element per 1 ton of mixed fodder contributes to better use of nutrients in the feed, which leads to a probable increase in average daily broiler chickens increments from the second decade of cultivation for reducing feed costs.

The use of a mixed-alloy complex of zinc at a dose corresponding to 50 g of element per 1 ton of feed is also conducive to better use of nutrients in feed, but the probable increase in average daily broiler chicken sincrements is only due from the third cultivation decade.

According to the control weights results, it was found out that live chicken broilers weight of the 2nd and the 3rd experimental groups began to dominate the live weight of broiler chickens from the control group from the 14th day of age and until the end of fattening (P <0.05).

The results of the studies showed the benefits of introducing Zinc in the form of a mixed-ligand complex over sulfate, and more effective is the dose corresponding to the introduction of 37.5 g of the element per 1 ton of compound feed.

Key words: mixed zinc complex, zinc sulfate, chicken broilers, live weight, average daily increment, age, control group, experimental group.

Надійшла 12.04.2018 р.

УДК 636.4.053.087.72:612.015

ТОКАРЧУК Т.С., аспірант

Подільський державний аграрно-технічний університет

ПОКАЗНИКИ АНТИОКСИДАНТНОГО СТАТУСУ В СИРОВАТЦІ КРОВІ ПОРОСЯТ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ВІТАМІНУ Е І ЦИТРАТИВ Zn, Fe ТА Ge

Період відлучення поросят від свиноматок є критичним етапом у технології виробництва свинини у промислових умовах. Дія стрес-чинників та утворення вільних радикалів в організмі тварин призводять до порушення обміну речовин та загибелі поросят за умови їх раннього відлучення. Таке явище у свинарстві вимагає застосування мінераловмісних та антиоксидантних препаратів для поросят.

Вітчизняними науковцями розроблено нові препарати вітаміну Е і цитратів Zn, Fe та Ge, проте не досліджено їх вплив на показники антиоксидантного статусу в сироватці крові поросят за раннього їх відлучення від свиноматок.

Доведено, що випоювання препарату вітамін Е та внутрішньом'язове введення комплексу цитратів Zn, Fe та Ge у дозі 2,5 та 3,0 мл на 10 кг маси тіла за три доби до відлучення від свиноматок і на четверту добу після їх відлучення сприяє зменшенню активності супероксиддисмутази у сироватці крові на 28 та 35-ту добу життя тварин. За таких самих умов застосування досліджуваних препаратів виявлено зниження активності каталази у сироватці крові тварин на 28 та 35-ту добу життя. Доведено тенденцію щодо зменшення вмісту церулоплазміну в сироватці крові поросят із дослідних груп.

Ключові слова: супероксиддисмутаза, каталаза, поросята, вітамін Е, цитрати Zn, Fe та Ge, церулоплазмін, антиоксидантний статус.

Постановка проблеми. Інтенсифікація галузі свинарства передбачає проведення раннього відлучення поросят від свиноматок (14, 21 та 28-ма доба життя). Низка біологічних особливостей свиней та виникнення стрес-чинників у поросят зумовлюють технологічну необхідність обов'язкового застосування для них антиоксидантних та мінераловмісних препаратів [1, 2, 3]. Невивченим залишається вплив застосування комплексу цитратів Zn, Fe та Ge і вітаміну Е на показники антиоксидантного статусу в сироватці крові поросят.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Мікроелементи ферум, цинк та германій в організмі тварин мають широке біологічне значення. Ферум бере активну участь у насиченні киснем тканин і організму, є незамінною складовою гемоглобіну тварин і людини. Нестачу цього

металу-біотику в перші дні життя поросят компенсують за рахунок введення ферумвмісних ін'єкційних препаратів органічного і неорганічного походження [4–11].

Германій бере участь у перенесенні кисню до тканин, знижує рівень кров'яної гіпоксії, активує специфічні клітини імунітету та макрофаги. Елемент має антибактеріальні й антиоксидантні властивості [12].

Метал-біотик цинк діє на ріст і розвиток молодняку тварин, обмін вуглеводів і білків, формування кісток та відтворну функцію. Метал входить до активного центру низки ферментів. Цинк у підвищеній концентрації міститься в деяких клітинах панкреатичної залози. Для профілактики кишкових захворювань поросят у підсисний період вводять оксид цинку [13–20].

Ферум, германій та вітамін Е мають вплив на окисно-відновні процеси, які відбуваються в організмі тварин. Ферум як змінювальний елемент впливає на окиснення в організмі органічних сполук. Германій і вітамін Е мають антиоксидантні властивості.

Метою роботи є встановлення впливу застосування препарату вітаміну Е та комплексу цитратів мікроелементів (Zn, Fe та Ge) на показники антиоксидантного статусу в сироватці крові поросят.

Матеріал і методика дослідження. Для постановки експерименту щодо ефективності використання препарату вітамін Е та комплексу цитратів мікроелементів (Zn, Fe та Ge) сформували чотири дослідні й одну контрольну групу поросят-сисунів. Кількість тварин у кожній групі становила 20 голів. Поросят із контрольної групи додатково не випоювали препарат вітамін Е та не вводили внутрішньом'язово комплекс цитратів мікроелементів. За три доби до відлучення поросят-сисунів із I дослідної групи випоювали препарат вітамін Е із розрахунку 4,5 г на 10 кг живої маси. Випоювання відбувалося протягом доби. Тваринам із II, III та IV дослідної групи аналогічно випоювали препарат вітамін Е у такій самій дозі, що і в контролі. Крім того, дворазово вводили у стегнові м'язи, відповідно, по 2,0, 2,5 та 3,0 мл на 10 кг маси тіла комплекс цитратів мікроелементів Zn, Fe та Ge. Комплекс цитратів мікроелементів вводили поросят за три доби до відлучення від свиноматок і на четверту добу після їх відлучення. Комплекс цитратів Zn, Fe та Ge вводили у внутрішню поверхню стегна. На 24 добу, 28, 35 та 50-ту добу в дослідних тварин відбирали кров для проведення біохімічних досліджень. Поросят відлучали від свиноматок на 28 добу життя. Вага поросят на період відлучення по групах становила 8,6–8,7 кг.

В одержаній із крові поросят сироватці визначали активність супероксиддисмутази (КФ 1.15.1.1) за методом, описаним у [21], каталазну активність (КФ 1.11.1.6) за [22]. Вміст церулоплазміну досліджували за методикою, викладеною у [23]. Одержані цифрові дані біометрично обробляли, застосовуючи методику Монцевічюте-Ерингене [24].

Основні результати дослідження. Ензим супероксиддисмутаза (СОД) (КФ 1.15.1.1) гідролізує супероксид у перекис водню. Ензим виконує антиоксидантну функцію.

У сироватці крові від поросят із контрольної групи активність СОД була на рівні 4,94 ум. од./мл. До введення досліджуваних препаратів активність СОД у тварин із дослідних груп була на рівні контролю (табл. 1).

Таблиця 1 – Активність ензимів системи антиоксидантного захисту та вміст церулоплазміну в сироватці крові поросят (24 доба життя), n=5, M±m

Група	Супероксиддисмутаза, ум. од./мл	Каталаза, мкат/мл	Церулоплазмін, мкг/мл
Контрольна	4,94±0,234	540,1±26,43	750,2±34,52
I дослідна	4,87±0,386	535,2±17,67	764,7±19,43
II дослідна	5,00±0,307	545,1±24,31	748,9±36,32
III дослідна	4,96±0,218	538,7±33,27	756,8±24,74
IV дослідна	4,89±0,198	550,3±17,78	761,3±21,29

Каталаза (КАТ) (КФ 1.11.1.6) – ензим, що гідролізує перекис водню та окиснює за наявності перексиду водню нітриту і низькомолекулярні спирти. Ензим міститься майже в усіх організмах.

На 24-ту добу активність ензиму КАТ у поросят із контрольної групи була на рівні 540,1 мкат/мл. Відхилення активності ензиму в сироватці крові дослідних груп було в межах від 0,3 (III дослідна група) до 1,0 % (IV дослідна група), що не переважало величини похибки.

Церулоплазмін (ЦП) – білок, що регулює процес окиснення Феруму з Fe²⁺ на Fe³⁺. ЦП бере участь в окисно-відновних процесах в організмі тварин, нейтралізуючи вільні радикали.

Вірогідної різниці між показниками вмісту ЦП у сироватці крові поросят дослідних і контрольної групи на 24-ту добу життя не встановлено.

Таким чином, активність КАТ, СОД та вміст ЦП у сироватці крові поросят-сисунів дослідних груп на 24-ту добу були майже аналогічними контролю, що підтверджувало правильність підбору груп-аналогів.

У сироватці крові тварин із контрольної групи на 28-у добу життя активність ензиму СОД становила 6,55 ум. од./мл. Серед піддослідних груп цей показник був найвищим. У поросят із I дослідної групи активність СОД була меншою, порівняно із контролем, на 15,7 %. Різниця виявилася вірогідною (табл. 2).

За введення комплексу цитратів мікроелементів у дозі 2,0 мл на голову в поєднанні з вітаміном Е у поросят виявлено зменшення активності СОД на 18,9 % відносно контролю. У тварин із III дослідної групи на 28-му добу життя активність ензиму була нижчою, ніж у контрольній групі, на 21,5 % ($p \leq 0,05$).

Вірогідне зниження активності СОД встановлено у сироватці крові поросят IV дослідної групи.

Доведено, що на 35-ту добу в сироватці крові тварин із контрольної групи активність СОД знижується на 7,8 %, порівняно з його активністю на 28-у добу життя.

Активність ензиму СОД у сироватці крові поросят із II дослідної групи була нижчою, ніж у контролі, на 14,4 %. Застосування комплексу цитратів цинку, ферум, германію і препарату вітаміну Е супроводжується вірогідним зменшенням активності ензиму в сироватці крові тварин із III дослідної групи. Відхилення становило 14,4 %. Виявлено вірогідне зниження активності СОД у сироватці крові тварин із IV дослідної групи.

На 50-ту добу життя у поросят із контрольної групи активність СОД становила 4,87 ум. од./мл. Показник був меншим, порівняно з даними, на 35-ту добу на 19,4 %.

Таблиця 2 – Активність ензимів системи антиоксидантного захисту та вмісту церулоплазміну в сироватці крові, $n=5$, $M \pm m$

Група	Супероксиддисмутаза, ум. од./мл	Каталаза, мкат/мл	Церулоплазмін, мкг/мл
Контрольна на 28 добу	6,55±0,231	637,4±17,63	783,3±37,43
на 35 добу	6,04±0,217	617,3±15,48	791,2±28,54
на 50 добу	4,87±0,299	542,7±31,73	769,8±44,86
I дослідна на 28 добу	5,52±0,282*	583,7±15,63*	778,2±16,54
на 35 добу	5,47±0,345	573,8±28,97	768,5±23,11
на 50 добу	4,71±0,534	538,7±17,38	762,4±20,07
II дослідна на 28 добу	5,31±0,361*	570,4±20,02*	776,4±15,09
на 35 добу	5,17±0,405	560,4±39,78	770,5±25,15
на 50 добу	5,02±0,352	547,7±22,77	765,7±21,30
III дослідна на 28 добу	5,14±0,372*	559,7±23,77*	777,3±27,84
на 35 добу	5,17±0,215*	547,8±23,71*	768,5±17,43
на 50 добу	4,95±0,437	549,7±37,09	771,4±31,90
IV дослідна на 28 добу	5,22±0,297*	568,5±19,97*	772,2±23,41
на 35 добу	5,12±0,197*	553,7±20,17*	765,8±15,35
на 50 добу	5,03±0,097	545,7±25,57	769,4±22,94

Примітка.* – вірогідність відмінностей у значеннях показників між контрольною та дослідними групами – ($p \leq 0,05$).

Активність СОД у сироватці крові тварин із дослідних груп на 50-ту добу життя вірогідно не відрізнялася від контролю.

Таким чином, у період відлучення поросят у сироватці крові підвищується активність ферменту СОД (контрольна група) у відповідь на виникнення надмірної концентрації вільних супероксидних радикалів. Введення цитратів та препарату вітаміну Е сприяє зменшенню утворення супероксидних радикалів, що підтверджується зменшенням активності СОД у сироватці крові дослідних поросят.

На 28-му добу життя активність КАТ у сироватці крові поросят із контрольної групи була на рівні 637,4 мкат/мл. За вживання препарату вітаміну Е активність КАТ у сироватці крові поросят із I дослідної групи знижується на вірогідну величину порівняно з контролем.

У сироватці крові тварин із II дослідної групи спостерігається зниження активності КАТ на 10,5 % ($p \leq 0,05$) відносно активності ензиму в контролі. На 28-му добу життя у сироватці крові

поросят із III дослідної групи встановлено зниження активності КАТ на 12,2 % ($p \leq 0,05$) відносно контролю. Аналогічні результати були виявлені у поросят із IV дослідної групи.

Дослідження активності ензиму КАТ показало, що у тварин із контрольної групи на 35-ту добу життя показник становив 617,3 мкат/мл. У цей період у поросят із III та IV дослідних груп виявлено вірогідне зниження активності КАТ у порівнянні з контролем.

На 50-ту добу життя вірогідної різниці в активності КАТ у сироватці крові поросят із дослідних і контрольної груп не виявлено.

У поросят із контрольної групи концентрація ЦП у сироватці крові була на рівні 783,3 мкг/мл. На 28 добу у тварин із I дослідної групи вміст ЦП у сироватці крові вірогідно не відрізнявся від показників контролю.

За введення комплексу цитратів мікроелементів та випоювання препарату вітамін Е виявлено зниження вмісту ЦП у поросят із III та IV дослідних груп на невірогідну величину.

На 35-ту добу життя у сироватці крові тварин із контрольної групи вміст ЦП був більшим на 1,0 % відносно цього показника на 28-му добу.

Застосування комплексу цитратів мікроелементів спричинило тенденцію щодо зниження ЦП у сироватці крові поросят II, III та IV дослідних груп.

Виявлено, що без застосування препаратів у період відлучення і в перші 7–8 діб після відлучення (контрольна група) у тварин підвищується вміст ЦП у сироватці крові як реакція на стреси і підвищення окисних процесів в організмі поросят.

Тенденція зменшення вмісту ЦП у сироватці крові поросят із дослідних груп відносно контролю є підтвердженням ефективної антиоксидантної дії препарату вітамін Е та комплексу цитратів цинку, феруму та германію.

Висновки. 1. Введення поросят 2,5 та 3,0 мл на 10 кг маси тіла комплексу цитратів мікроелементів та препарату вітамін Е сприяє зменшенню утворення супероксидних радикалів на 28 та 35-ту добу життя тварин.

2. Випоювання поросят препарату вітамін Е в дозі 4,5 г на 10 кг маси тіла та дворазове внутрішньом'язове введення комплексу цитратів мікроелементів Zn, Fe та Ge у дозі 2,5 та 3,0 мл на 10 кг маси тіла приводить до зниження активності каталази у сироватці крові тварин на 28 та 35-ту добу життя. За цих умов встановлено тенденцію щодо зниження вмісту церулоплазміну в сироватці крові поросят із дослідних груп.

3. Подальші дослідження спрямовані на встановлення впливу комплексу цитратів мікроелементів та препарату вітамін Е на економічні показники вирощування поросят.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Beaumont C. Multiple regulatory mechanism act in concert to control ferroportin expression and heme iron recycling by macrophages. *Haematologica*. 2010, 95. P. 1233–1236.
2. Bhattarai S., Nielsen J.P. Early indicators of iron deficiency in large piglets at weaning. *J Swine Health Prod*. 2015, 23. P. 10–17.
3. Bruininx E., Swinkels J., Permentioer C., Jetten C., Gentry J., Schrama J. Effect of an additional iron injection on growth and humoral immunity of weaning pigs. *J Swine Health Prod*. 2000. 23. P. 10–17.
4. Dziaman T., Jurgowiak M., Olinski R. Association between body iron stores and level of oxidatively modified DNA bases. *Biotechnologia*. 2011. 2. P. 159–165.
5. Brun E. Haemoglobin Status in 3 Weeks Piglets in Herds with Different Strategies for Iron Supply. *IPVS Congress, Melbourne, 2000*. 62 p.
6. Hansen S.L., Trakooljul N., Spears J.W., Liu H.C. Age and dietary iron affect expression of genes involved in iron acquisition and homeostasis in young pig. *J Nutr*. 2010. 140. P. 215–236.
7. Jolliff J.S., Mahan D.C. Effect of injected and dietary iron in young pigs on blood hematology and postnatal pig growth performance. *J Anim Sci*. 2011. 89. P. 4068–4080.
8. Kievit G.P. Needle-free injection devices versus regular injection techniques for iron supplementation to piglets. *Utrecht University Repository*. 2012. URL: https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/289405/Needle-free_injection_piglets_.
9. Starzynski R.R., Laarakkers C.M., Tjalsma H., Swinkels D.W., Pieszka M., Stys A., Mickiewicz M., Lipinski P. Iron supplementation in suckling piglets: How to correct iron deficiency anemia without affecting plasma hepcidin levels. *PLoS One*. 2013. 8(5). e64022. DOI: 10.1371/journal.pone.0064022.
10. Данчук В. Профілактика анемії у новонароджених поросят. *Тваринництво України*. 2002. № 2. С. 23–25.
11. Веред П.І., Герасименко В.Г., Бітюцький В.С. Обмін заліза у поросят при використанні антианемічних препаратів вітчизняного та закордонного виробництва. *Матеріали науково-практичної конференції «Проблеми становлення галузі тваринництва в сучасних умовах»*. Вінниця, 2005. С. 155–160.
12. Menchikov L. G., Ignatenko M. A. Mechanism of drug action biological activity of organo germanium compounds (a review). *Khimiko-Farmatsevticheskii Zhurnal*. 2012. Vol. 46. No 11. P. 3–6.

13. Cavaco L.M. Antimicrob Agents Chemother. 2010. 54(9). P. 3605–3608. DOI: 10.1128/AAC.00058-10.
14. Slifierz M.J. Zoonoses and Public Health. 2014. DOI: 10.1111/zph.12150.
15. Mogielnicka-Brzozowska M., Wysocki P., Strzezek J., Kordan W. Zinc-binding proteins from boar seminal plasma - isolation, biochemical characteristics and influence on spermatozoa stored at 4 °C. ActaBiochim Pol. 2011. 58, P. 171–177.
16. Borah S., Sarmah B.C., Chakravarty P., Naskar S., Dutta D.J., Kalita D. Effect of zinc supplementation on serum biochemicals in grower pig. Journal of Applied Animal Research. 2014. 42(2). P. 244–248.
17. Pamela J., Fraker, K., Louis E.K. Reprogramming of the immune system during zinc deficiency. Annual Review of Nutrition. 2004. 24. P. 277–298.
18. Mocchegiani E., Mecocci P. Effects of zinc supplementation on antioxidant enzyme activities in healthy old subjects. Exp. Gerontol. 2008. 43. P. 445–51.
19. Borah S., Sarmah B. C., Chakravarty P., Kalita D. Effect of zinc supplementation on certain enzymes in pigs. Indian Journal of Animal Research. 2012. 46 (2). P. 202–204.
20. Снітинський В.В., Гложик І.З., Данчук В.В. Біологічні аспекти вільнорадикального окислення у сільськогосподарських тварин у зв'язку з фізіологічним станом і вмістом цинку у раціоні. Фізіол. журнал. 2002. Т. 48, № 2. С. 191–192.
21. Чевари С., Чаба И., Секей Й. Роль супероксиддисмутазы в окислительных процессах клетки и метод определения ее в биологических материалах. Лаб. дело. 1985. № 11. С. 678–681.
22. Корольюк М.А., Иванова А.И., Майорова И.Т., Токарев В.Е. Метод определения активности каталазы. Лаб. дело. 1988. № 1. С. 16–19.
23. Ravin H.A. Secretion of digestive enzyme by pancreas with minimal transit tissue. J. Lab. Clin. Med. 1961. V. 58. P. 161–168.
24. Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1970. 422 с.

REFERENCES

1. Beaumont, C. Multiple regulatory mechanism act in concert to control ferroportin expression and heme iron recycling by macrophages. Haematologica. 2010, no. 95, pp. 1233–1236.
2. Bhattarai, S., Nielsen, J.P. Early indicators of iron deficiency in large piglets at weaning. J Swine Health Prod. 2015, no. 23, pp. 10–17.
3. Bruininx, E., Swinkels, J., Permentioer, C., Jetten, C., Gentry, J., Schrama, J. Effect of an additional iron injection on growth and humoral immunity of weaning pigs. J Swine Health Prod. 2000, no. 23, pp. 10–17.
4. Dziaman, T., Jurgowiak, M., Olinski, R. Association between body iron stores and level of oxidatively modified DNA bases. Biotechnologia. 2011, no. 2, pp. 159–165.
5. Brun, E. Haemoglobin Status in 3 Weeks Piglets in Herds with Different Strategies for Iron Supply. IPVS Congress, Melbourne, 2000, 62 p.
6. Hansen, S.L., Trakooljul, N., Spears, J.W., Liu, H.C. Age and dietary iron affect expression of genes involved in iron acquisition and homeostasis in young pig. J Nutr. 2010, no. 140, pp. 215–236.
7. Jolliff, J.S., Mahan, D.C. Effect of injected and dietary iron in young pigs on blood hematology and postnatal pig growth performance. J Anim Sci. 2011, no. 89, pp. 4068–4080.
8. Kievit, G.P. Needle-free injection devices versus regular injection techniques for iron supplementation to piglets. Utrecht University Repository. 2012. Retrieved from: https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/289405/Needle-free_injection_piglets_.
9. Starzynski, R.R., Laarakkers, C.M., Tjalsma, H., Swinkels, D.W., Pieszka, M., Stys, A., Mickiewicz, M., Lipinski, P. Iron supplementation in suckling piglets: How to correct iron deficiency anemia without affecting plasma hepcidin levels. PLoSOne. 2013, no. 8(5), e64022. DOI: 10.1371/journal.pone.0064022.
10. Danchuk, V. (2002). Profilaktyka anemii' u novonarodzhennyh porosjat [Prevention of anemia in newborn pigs]. Tvarynyctvo Ukrainy [Animal husbandry of Ukraine], no. 2, pp. 23–25.
11. Vered, P.I., Gerasymenko, V.G., Bitjuc'kyj, V.S. (2005). Obmin zaliza u porosjat pry vykorystanni antyanemichnyh preparativ vitchyznjanogo ta zakordonnogo vyrobnyctva [The exchange of iron in piglets with the use of anti-anamnetic drugs of domestic and foreign production]. Materialy naukovo–praktychnoi' konferencii' «Problemy stanovlennja galuzi tvarynyctva v suchasnyh umovah» [Materials of the scientific-practical conference "Problems of the formation of livestock industry in modern conditions"]. Vinnytsia, pp. 155–160.
12. Menchikov, L. G., Ignatenko, M. A. Mechanism of drug action/biological activity of organo germanium compounds (a review). Khimiko-Farmatsevticheskii Zhurnal. 2012, Vol. 46, no. 11, pp. 3–6.
13. Cavaco, L.M. Antimicrob Agents Chemother. 2010, no. 54(9), pp. 3605–3608. DOI: 10.1128/AAC.00058-10.
14. Slifierz, M.J. Zoonoses and Public Health. 2014. DOI: 10.1111/zph.12150.
15. Mogielnicka-Brzozowska, M., Wysocki, P., Strzezek, J., Kordan, W. Zinc-binding proteins from boar seminal plasma - isolation, biochemical characteristics and influence on spermatozoa stored at 4 °C. ActaBiochim Pol. 2011, no. 58, pp. 171–177.
16. Borah, S., Sarmah, B.C., Chakravarty, P., Naskar, S., Dutta, D.J., Kalita, D. Effect of zinc supplementation on serum biochemicals in grower pig. Journal of Applied Animal Research. 2014, no. 42(2), pp. 244–248.
17. Pamela, J., Fraker, K., Louis, E.K. Reprogramming of the immune system during zinc deficiency. Annual Review of Nutrition. 2004, 24, pp. 277–298.
18. Mocchegiani, E., Mecocci, P. Effects of zinc supplementation on antioxidant enzyme activities in healthy old subjects. Exp. Gerontol. 2008, no. 43, pp. 445–51.
19. Borah, S., Sarmah, B. C., Chakravarty, P., Kalita, D. Effect of zinc supplementation on certain enzymes in pigs. Indian Journal of Animal Research. 2012, no. 46 (2), pp. 202–204.
20. Snityns'kyj, V.V., Glozhyk, I.Z., Danchuk, V.V. (2002). Biologichni aspekty vil'noradykal'nogo okyslennja u sil'skogos-podars'kyh tvaryn u zv'jazku z fiziologichnym stanom i vmistom cynku u racioni [Biological aspects of free radical oxidation in farm animals in connection with physiological state and zinc content in ration].