

Wpływ ciągłego oraz przerywanego stresu stłoczenia i chłodzenia indyczek na wskaźniki układu antyoksydacyjnego krwi

JERZY TRUCHLIŃSKI, KATARZYNA OGNIK, IWONA SEMBRATOWICZ

Katedra Biochemii i Toksykologii Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt AR, ul. Akademicka 13, 20-934 Lublin

Truchliński J., Ognik K., Sembratowicz I.

Influence of prolonged and interrupted stress from crowding and cooling of turkey-hens on anti-oxidation indices of the blood

Summary

The aim of the study was to evaluate the influence of prolonged and interrupted stress in the form of crowding, temperature decrease and light change on levels of turkey-hen's selected blood indices, including anti-oxidation system factors.

The investigations involved a medium-heavy type of turkey-hen BUT-9, reared from 6 till 16 weeks of life. The birds were randomly divided into 3 groups consisting of 60 turkey-hens each (2 replications of 30 birds each). Group I was the control. Groups II and III were subjected to the experimental factor: stress in the form of crowding, as well as temperature and light changes. The stress exposure frequency was the differentiating factor. Birds from group II were exposed to the stress for a 28-day-period every 2 days for one hour daily. Turkey-hens of group III were stressed for a 28-day period everyday for an hour daily. A three-week break with no stress was applied after 28 days of the experiment. After that period the experimental factors were applied once more for 28 days. Blood for the tests was taken from the birds' wing vein at the end of 9th, 12th and 16th week of life. Corticosterone and malonic dialdehyde (MDA) levels were determined in blood serum to find out if stress factors affected the birds. Quantitative ratio of heterophylls to lymphocytes (H:L) as an indicator of environmental stress was also determined. Moreover, peroxide dismutase activity, glutathione peroxidase and catalase activities in blood erythrocytes as well as zinc, copper and iron in blood serum of turkey-hens were recorded.

Results indicate that except for glutathione peroxidase stress exerted a significant influence on all tested parameters of a turkey-hen's blood. The applied experimental factor appeared to be a higher stress for intensively stressed turkey-hens, which is proved by the significant increase of corticosterone and malonic dialdehyde levels as well as the H:L ratio. A significant dependence between the activities of anti-oxidation enzymes (SOD and CAT) in blood erythrocytes and copper, zinc and iron concentrations in blood serum suggests that anti-oxidation immune mechanisms cannot efficiently protect an organism against any stress during trace element deficiencies. In consequence, it may affect the strengthening of lipid peroxidation processes of poultry exposed to stress.

Keywords: turkey-hens, corticosterone, anti-oxidants

W trakcie przemysłowego, wielkostadnego chowu drobiu ptaki narażone są na szereg czynników stresowych, obniżających efektywność produkcji. Na dużą ilość i różnorodność stresorów zwierzęta rzeźne narażone są zwłaszcza w ostatnim etapie produkcji, którym jest obrót przedubojowy, obejmujący wszystkie czynności od odbioru zwierząt od producenta do ich uboju. W okresie tym zwierzęta narażone są na działanie niekorzystnych bodźców, jak: ważenie, nagłe przemieszczanie, hałas, wibracje, zmiana warunków mikroklimatycznych, zakłócenie stosunków socjalnych i procedury związane z ubojem, wywołujące silny stres, który powoduje w organizmie ptaków obniżenie odporności,

zmiany fizjologiczne i morfologiczne, objawiające się przede wszystkim zmianami w składzie krwi, zmianami w strukturze tkanki mięśniowej oraz powstawaniem wad mięsa (21). Badaniem wpływu czynników stresowych na wskaźniki krwi drobiu rzeźnego zajmowało się wielu autorów. Najczęściej jednak dotyczyły one kształtowania się wskaźników biochemicznych, hematologicznych immunologicznych, a także hormonów tarczycy oraz rdzenia i kory nadnerczy (7-9, 21). W dostępnym piśmiennictwie nie napotkano natomiast danych odnoszących się do wpływu stresu somatyczno-emocjonalnego wywołanego ograniczonymi możliwościami ruchowymi, zmianą temperatury i otoczenia

na układ antyoksydacyjny. Znajomość mechanizmów obrony immunologicznej, jak również antyoksydacyjnej organizmu w warunkach stresowych pozwoli bowiem na udzielenie mu niezbędnej pomocy oraz na stymulowanie procesów odpornościowych poprzez dostarczanie odpowiednich substancji niwelujących stres.

W związku z powyższym celem badań było określenie wpływu warunków przewlekłe działającego oraz przerywanego stresu, mającego postać słońca, obniżenia temperatury i zmiany oświetlenia na poziom wybranych wskaźników krwi indyczek ze szczególnym uwzględnieniem wskaźników układu antyoksydacyjnego.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na indyczkach typu średnio-ciężkiego British United Turkey (BUT) 9 odchowywanych od 6. do 16. tygodnia życia na fermie produkcyjnej w Mełgwi-Podzamczu k/Lublina. Wybór gatunku ptaków podyktowany był aktualnym problemem w ich odchowie, gdyż największym problemem natury zdrowotnej, często spowodowanych stresowymi warunkami odchowu występuje u indyków. Zwierzęta podzielono losowo na 3 grupy. W każdej grupie było po 60 indyczek (2 powtórzenia po 30 sztuk). Grupa I stanowiła grupę kontrolną. W grupach II i III zastosowany został stres, który polegał na słońcu, zmianie temperatury i światła. Ptaki wkładano do plastikowych pojemników o wymiarach 85 × 50 × 35 cm (słońce), służących do ich transportu. Pojemniki posiadały otwory, umożliwiające dostęp chłodnego powietrza z otwartego otoczenia (nie osłoniętego od wiatru), do którego ptaki wynoszono na zewnątrz kurnika. Powodowało to raptowną zmianę oświetlenia ze sztucznego na naturalne oraz obniżenie temperatury ok. 20-30°C, gdyż w miesiącach, w których przeprowadzono doświadczenie (grudzień-luty) temperatura powietrza wahała się w granicach +5°C do -10°C. Powyższe zabiegi wykonywano w ciągu dnia, w godzinach południowych, stale o tej samej porze. Warunki doświadczenia zostały dobrane w taki sposób, aby były zbliżone do tych, jakie istnieją podczas trwania procesu produkcyjnego, zwłaszcza w czasie intensywnego chowu w dużych fermach produkcyjnych. Czynnikiem różniącym obie grupy doświadczalne była częstotliwość stresu, z jaką poddawano indyczki. U ptaków z grupy II stres wprowadzono na okres 28 dni, co drugi dzień po jednej godzinie, natomiast w grupie III na okres 28 dni, codziennie po jednej godzinie. Po 28 dniach doświadczenia wprowadzono trzytygodniową przerwę, podczas której indyczki nie były poddawane żadnym eksperymentom. Po przerwie, analogicznie jak poprzednio, przez okres 28 dni zastosowany został stres.

Pod koniec 9., 12. i 16. tygodnia życia z żyły skrzydłowej ptaków pobrano krew do analiz. W celu stwierdzenia, czy na zwierzęta zadziałał stres w surowicy krwi, oznaczono poziom kortykosteronu – wg metody radiokompetencyjnej (22), poziom aldehydu malonowego (MDA) – wg Ledwożywa i wsp. (17). Określono także ilościowy stosunek heterofili do limfocytów (H : L), jako indikatora stresów środowiskowych. Poza tym, w erytrocytach krwi indyczek oznaczono aktyw-

ność dysmutazy ponadtlenkowej, peroksydazy glutationowej i katalazy – przy użyciu gotowych zestawów firmy Randox i Oxis oraz zawartość Zn, Cu i Fe w surowicy – posługując się techniką atomowej spektrometrii absorbcyjnej w aparacie ASA.

Wyniki i omówienie

Wyniki badań dotyczące poziomu kortykosteronu, stosunku heterofili do limfocytów oraz dialdehydu malonowego w surowicy krwi indyczek zestawiono w tab. 1. Przedstawione dane wskazują na wyraźną reakcję ptaków na zastosowany czynnik doświadczalny, tzn.: słońce, obniżenie temperatury o ok. 20°C oraz zmianę oświetlenia ze sztucznego na naturalne. Wyrażała się ona w postaci wzrostu poziomu kortykosteronu oraz podwyższeniem wskaźnika H : L, zwłaszcza w grupie III (stres z większą częstotliwością). Oba te parametry u ptaków z tej grupy były istotnie ($p \leq 0,05$) wyższe niż u indyczek z grupy kontrolnej, zarówno w pierwszym, jak i powtórnym okresie stosowania stresu. Wzrost poziomu kortykosteronu we krwi kurcząt w stresie immobilizacji zanotowali również Wiśniewski i wsp. (24) oraz Fitko i wsp. (8). Z kolei badania Jakubowskiego i wsp. (13) nad stresem przewlekłym u świń wykazały obniżony poziom hormonów stresogennych. Pomimo powyższych rozbieżności wydaje się jednak, że wykazany w badaniach własnych wyższy poziom kortykosteronu we krwi indyczek poddanych eksperymentowi świadczy o stworzeniu im bardziej stresogennych warunków odchowu. Świadczyć może o tym również wykazany w badaniach wyższy wskaźnik H : L, a także wyższy poziom dialdehydu malonowego (szczególnie w III grupie ptaków), będącego końcowym i głównym produktem peroksydacji lipidów. Podwyższenie stężenia kortykosteronu w surowicy jest powszechnie uznanym indykatorem reakcji stresowych i stanowi konsekwencję pobudzenia wegetatywnego układu nerwowego oraz osi podwzgórze-przysadka-nadnercze (6, 13). Z kolei zmiany stosunku heterofili

Tab. 1. Poziom wybranych wskaźników krwi indyczek poddanych stresowi ($\bar{x} \pm s$)

Grupa	Pobranie krwi (tydzień życia)	Kortykosteron nmol/l	H : L 1 : 1	MDA nmol/l
I – Kontrola	9.	12,30 ^b ± 1,08	0,63 ^b ± 0,16	1,12 ^b ± 0,21
	12.	12,37 ± 2,54	0,67 ± 0,10	1,10 ± 0,31
	16.	10,92 ^b ± 2,18	0,70 ^b ± 0,09	1,09 ^b ± 0,18
II – Stres przez 28 dni, co drugi dzień po 1 godzinie	9.	12,81 ^b ± 1,26	0,64 ^b ± 0,18	1,18 ^{ab} ± 0,22
	12.	11,56 ± 2,03	0,62 ± 0,11	1,27 ± 0,40
	16.	13,42 ^{ab} ± 1,08	0,79 ^{ab} ± 0,13	1,25 ^{ab} ± 0,33
III – Stres przez 28 dni codziennie po 1 godzinie	9.	15,18 ^a ± 2,09	0,83 ^a ± 0,12	1,40 ^a ± 0,31
	12.	12,43 ± 1,22	0,70 ± 0,14	1,29 ± 0,36
	16.	16,31 ^a ± 2,16	0,89 ^a ± 0,11	1,54 ^a ± 0,42

Objaśnienia: a, b – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ (porównanie do kontroli)

do limfocytów, zdaniem niektórych autorów (24), są nawet lepszym wskaźnikiem stresu przewlekłego niż oznaczenie poziomu kortykosteronu w surowicy. Wielu badaczy stwierdzało na podstawie wzrostu wskaźnika H : L we krwi wpływ różnych obciążeń środowiskowych, na które narażone są ptaki w okresie odchowu, związanych m.in.: z warunkami termicznymi (1, 5, 6, 12, 23), fotoklimatem (2, 7), gęstością obsady (11, 16, 18). O zachwianiu równowagi między neutralizacją a produkcją reaktywnych form tlenu świadczyć może stwierdzony w badaniach własnych wzrost poziomu MDA w grupach indyczek poddanych stresowi. W grupie III, poddawanej działaniu stresu z większą częstotliwością, wzrost ten był widoczny już po pierwszych 28 dniach wprowadzenia czynnika doświadczalnego i wynosił ok. 20%. Wprowadzenie trzytygodniowej przerwy w eksperymencie przyczyniło się do wyrównania wartości tego wskaźnika we wszystkich grupach doświadczalnych. Ponowne wprowadzenie czynnika doświadczalnego na okres 28 dni spowodowało wzrost poziomu dialdehydu malonowego, który był szczegól-

nie widoczny w III grupie indyczek. Wyższy poziom MDA odnotowano także w surowicy indyczek z grupy II, jednak nie był on statystycznie istotny.

Wśród enzymów o antyoksydacyjnej aktywności najczęściej wykorzystywanymi wskaźnikami w ocenie stanu antyoksydacyjnego organizmu są: dysmutaza ponadtlenkowa (SOD), peroksydaza glutationowa (PG_x), oraz katalaza (CAT). Dane dotyczące ich aktywności w erytrocytach krwi indyczek zestawiono w tab. 2. Jak wynika z zamieszczonych w niej wartości, nie stwierdzono uchwytnej zmian w aktywności peroksydazy glutationowej w erytrocytach indyczek poddanych stresowi przerywanemu (grupa II), jak i ciągłemu (grupa III). Uzyskane wyniki wskazują również, iż zastosowany czynnik eksperymentalny w obu grupach ptaków nie wpłynął w istotny sposób na aktywność dysmutazy ponadtlenkowej zarówno po 4, jak i po 7 tygodniach obserwacji. Wyraźny ($p \leq 0,05$) spadek aktywności tego enzymu u indyczek z grupy II i III odnotowano dopiero po 11 tygodniach obserwacji. W erytrocytach stresowanych ptaków już po 4 tygodniach obserwacji stwierdzono istotnie niższą niż w grupie kontrol-

Tab. 2. Aktywność enzymów antyoksydacyjnych (U/g Hb) w erytrocytach indyczek ($\bar{x} \pm s$)

Grupa	Pobranie krwi (tydzień życia)	Dysmutaza ponadtlenkowa (SOD)	Peroksydaza glutationowa (PG _x)	Katalaza (CAT)
I – Kontrola	9.	476,4 ^{ab} ± 50,3	5,30 ± 0,82	1416,2 ^a ± 93,2
	12.	522,4 ^{ab} ± 22,1	5,31 ± 0,42	1295,9 ± 89,3
	16.	468,1 ^a ± 31,2	5,99 ± 0,52	1343,1 ^a ± 56,2
II – Stres przez 28 dni, co drugi dzień po 1 godzinie	9.	505,2 ^{ab} ± 91,3	5,80 ± 0,48	1305,2 ^b ± 71,3
	12.	543,1 ^a ± 40,1	5,52 ± 0,70	1315,6 ± 82,2
	16.	416,5 ^b ± 60,1	5,86 ± 0,72	1320,9 ^{ab} ± 95,6
III – Stres przez 28 dni codziennie po 1 godzinie	9.	424,8 ^b ± 57,6	5,06 ± 0,86	1223,6 ^b ± 81,2
	12.	548,6 ^a ± 32,3	4,86 ± 0,65	1362,1 ± 93,2
	16.	412,8 ^b ± 38,2	6,29 ± 0,33	1109,6 ^b ± 81,3

Objaśnienia: jak w tab. 1.

Tab. 3. Zawartość składników mineralnych w surowicy krwi indyczek (mg/l) ($\bar{x} \pm s$)

Grupa	Pobranie krwi (tydzień życia)	Cu	Zn	Fe
I – Kontrola	9.	1,52 ^a ± 0,20	1,38 ± 0,32	2,14 ± 0,84
	12.	1,42 ^a ± 0,18	2,05 ^a ± 0,16	2,10 ± 0,35
	16.	1,26 ^a ± 0,14	2,02 ^a ± 0,22	2,28 ^a ± 0,68
II – Stres przez 28 dni, co drugi dzień po 1 godzinie	9.	0,91 ^b ± 0,09	1,53 ± 0,13	2,25 ± 0,58
	12.	1,09 ^b ± 0,12	1,82 ^{ab} ± 0,17	2,29 ± 0,62
	16.	1,16 ^b ± 0,07	1,95 ^{ab} ± 0,23	2,06 ^{ab} ± 0,47
III – Stres przez 28 dni codziennie po 1 godzinie	9.	1,05 ^b ± 0,12	1,49 ± 0,25	2,18 ± 0,74
	12.	1,12 ^b ± 0,17	1,56 ^b ± 0,14	2,08 ± 1,01
	16.	1,08 ^b ± 0,15	1,63 ^b ± 0,31	1,82 ^b ± 0,89

Objaśnienia: jak w tab. 1.

nej aktywność katalazy: w grupie II o 8%, zaś w grupie III o 13,6%. Pod koniec 7 tygodnia obserwacji tj. (po trzytygodniowej przerwie w stosowaniu czynnika doświadczalnego) aktywność katalazy była dosyć zbliżona we wszystkich grupach doświadczalnych. Ponowne wprowadzenie czynnika eksperymentalnego w postaci stresu istotnie przyczyniło się do obniżenia aktywności katalazy w erytrocytach indyczek grupy III, co w porównaniu z grupą kontrolną stanowiło wartość niższą o 17,4%. Nieznacznie niższą niż w grupie kontrolnej aktywność tego enzymu odnotowano również w II grupie ptaków, jednak różnica ta okazała się nieistotna statystycznie. Brak prac nad wpływem stresu na poziom enzymów antyoksydacyjnych u indyków utrudnia porównanie i konfrontację oraz pełne odniesienie wyników badań własnych do rezultatów innych autorów. Wyniki obniżonej aktywności dysmutazy ponadtlenkowej w miarę zwiększania stresu w postaci wysiłku fizycznego u koni uzyskała Bis-Wencel i wsp. (4). Podobnie, efekt obniżonej aktywności enzymów antyoksydacyjnych u ludzi poddanych 5-dniowemu unieruchomieniu odnotował Pawlak i wsp. (20).

Wśród wielu składników mineralnych biorących udział w reakcjach antyoksydacyjnych na szczególną uwagę zasługują jony metali przejściowych: manganu, selenu, miedzi, cynku i żelaza, gdyż wchodzi one w skład centrów katalitycznych enzymów. Optymalna ich zawartość w surowicy krwi pozwala na prawidłowe funkcjonowanie enzymatycznych systemów antyoksydacyjnych, a wszel-

kie niedobory prowadzą do obniżenia aktywności tych enzymów (14). Zawartość składników mineralnych w surowicy krwi indyczek przedstawiono w tab. 3. Stwierdzono istotne różnice między grupami odnośnie do zawartości Cu. U indyczek poddawanych stresowi (grupy II, III) podczas trwania całego eksperymentu obserwowano istotnie niższą niż w grupie kontrolnej zawartość Cu. Wiadome jest bowiem, że stres powoduje wyczerpanie poszczególnych antyoksydantów, dlatego też spadek poziomu miedzi w surowicy krwi ptaków poddanych stresowi mógł być skorelowany ze znacznym obniżeniem aktywności dysmutazy ponadtlenkowej w erytrocytach krwi. Na istnienie zależności między stężeniem miedzi w surowicy a aktywnością SOD w erytrocytach wskazują wyniki badań przeprowadzonych na zwierzętach i ludziach (3, 10, 15, 19). W koncentracji cynku znaczne różnice między grupami zaznaczyły się dopiero po 7 tygodniach obserwacji. Najniższą zawartość Zn odnotowano w surowicy indyczek z grupy III po 7 i 11 tygodniach, co w odniesieniu do wartości uzyskanych dla grupy kontrolnej stanowiło różnicę statystycznie istotną. Cynk, podobnie jak miedź, jest aktywatorem dysmutazy ponadtlenkowej i peroksydazy glutationowej. Spadki zawartości tych składników mogą więc świadczyć o zużywaniu ich na potrzeby obrony antyoksydacyjnej organizmów poddanych stresowi. Natomiast wyższy ich poziom świadczyć może o tym, że organizm jest wolny od stresu lub jego wpływ na organizm nie jest nadmiernie uciążliwy (14). Znaczne ($p \leq 0,05$) obniżenie koncentracji żelaza w porównaniu z kontrolą odnotowano jedynie w III grupie ptaków pod koniec eksperymentu (16. tydzień życia). Spadek poziomu tego pierwiastka mógł być przyczyną obniżonej aktywności katalazy, gdyż żelazo nadaje właściwości antyoksydacyjne temu enzymowi (14).

Z przedstawionych danych wynika, że wprowadzenie czynnika stresowego w postaci słoczenia ptaków, zmiany oświetlenia i temperatury wywarło istotny wpływ na wszystkie, oprócz peroksydazy glutationowej, badane parametry krwi indyczek. Dyskusję nad tymi wynikami utrudnia jednak brak w dostępnym piśmiennictwie danych z podobnych badań na indykach, a także bardzo zróżnicowane wyniki uzyskiwane przez innych autorów w badaniach na kurczętach brojlerach i kurach nioskach (8, 9, 24). Jedną z możliwych przyczyn tych rozbieżności może być siła stresora i czas jego oddziaływania. Zastosowany stres w niniejszych badaniach okazał się jednak dla indyczek (szczególnie z grupy III) dość znacznym stresem, o czym świadczyć może istotny wzrost poziomu kortykosteronu już w pierwszym okresie stresowania. Stwierdzona w niniejszych badaniach istotna zależność pomiędzy aktywnością enzymów antyoksydacyjnych (SOD i CAT) w erytrocytach krwi a stężeniem Cu, Zn i Fe w surowicy sugeruje, że niedobór tych pierwiastków w okresie odchowu ptaków (szczególnie w warunkach stresu) może pogłębiać procesy peroksydacji lipidów. Nie ulega więc wątpliwości, iż odpowiednia suplementacja

pierwiastkami śladowymi może zmniejszyć nasilenie procesów peroksydacji lipidów u zwierząt narażonych na stres.

Piśmiennictwo

1. *Al-Murrani W. K., Kassab A., Al-Sam H. Z., AL-Athari A. M. K.*: Heteophil/lymphocyte ratio as a selection criterion for heat resistance in domestic fowls. Br. Poult. Sci. 1997, 38, 159-163.
2. *AL-Saadi M. A.*: Wpływ zróżnicowanego żywienia oraz oświetlenia na kształtowanie się podstawowych wskaźników fizjologicznych i użytkowych młodych indyków rzeźnych. Praca dokt. ART, Olsztyn 1991.
3. *Bertinatti J., Iskander M., L-Abbe M. R.*: Copper deficiency induces the upregulation of the copper chaperone for Cu/Zn superoxide dismutase in weanling male rats. J. Nutr. 2003, 133, 28-31.
4. *Bis-Wencel H., Saba L., Oddó J., Nowakowicz-Dębek B., Kaproń B.*: Wybrane wskaźniki stanu oksydacyjnego koni przed okresem intensywnego użytkowania rekreacyjnego i w trakcie jego trwania. Medycyna Wet. 2002, 58, 992-994.
5. *Davis G. S., Siopes T. D.*: Adrenal cortical response of tom poults. Poult. Sci. 1985, 64, 2189-2194.
6. *Davis G. S., Siopes T. D.*: The absence of sex and age effects on the corticosterone response of turkey poults to adrenocorticotrophic hormone and temperature stressor. Poult. Sci. 1989, 68 (3), 846-849.
7. *Fitko R., Jakubowski K., Roszko E., Potrzuska I., Zieliński H.*: Narastanie oporności kurcząt do przewlekłe powtarzanego stresu. Medycyna. Wet. 1992, 48, 29-31.
8. *Fitko R., Jakubowski K., Roszko E., Zieliński H., Potrzuska I.*: Poziom kortykosteronu i wskaźników odporności kurcząt w stresie immobilizacji i po stosowaniu środków immunomodulujących. Medycyna. Wet. 1992, 48, 298-300.
9. *Fitko R., Zieliński H., Roszko E., Faruga A.*: Wpływ różnego poziomu żywienia i oświetlenia na wskaźniki hematologiczne i biochemiczne krwi indyków. Acta Acad. Agricult. Tech. Ols. Vet. 1992, 20, 171-178.
10. *Gehre M., Zbylut J., Włodarczyk A.*: Wybrane wskaźniki metabolizmu żelaza u krów z hypokuprozą. Medycyna. Wet. 1999, 55, 31-39.
11. *Gill S. P. S., Sharma M. L.*: Effect of flooring system and stocking density on the performance of broilers. Indian J. Poult. Sci. 1992, 27, 21-28.
12. *Hester P. Y., Muir W. M., Craig J. V., Albright J. L.*: Group selection for adaptation to multiple-hen cages: response to social and cold stress. Poult. Sci. J. 1995, 74 (Suppl. 1), 102.
13. *Jakubowski K., Fitko R., Roszko E., Zieliński H., Potrzuska I.*: Poziom hormonów nadnerczy i niektóre wskaźniki odporności u swni w stresie przewlekłym. Medycyna. Wet. 1993, 49, 91-92.
14. *Kleczkowski M., Kluciński W., Sikora J., Kasztelan R.*: Rola wybranych składników mineralnych w procesach oksydacyjnych organizmu. Medycyna Wet. 2004, 60, 242-245.
15. *Kleczkowski M., Kluciński W., Sitarz E., Jurek A., Shaktur A., Ogryczak D.*: The influence of mineral on superoxide dismutase activity in the blood of cows. Proc. IV Central European Buiatric Congress, Zagreb 2003, 23-27 April, s. 430-434.
16. *Kowalski A., Mormede P., Jakubowski K., Jedlińska-Krakowska M.*: Susceptibility to stress of Big-6 type turkeys subjected to different kinds of stress in light of assorted hormonal, biochemical, immunological and behavioural indices. Pol. J. Vet. Sci. 2001, 4 (2), 65-68.
17. *Ledwożyw A., Michalak J., Stepień A., Kędziolka A.*: The relation-ship between plasma triglycerides, cholesterol, total lipids and lipid peroxidation products during human atherosclerosis. Clin. Chim. Acta. 1986, 155, 275-284.
18. *Mashaly M. M., Webb M. L., Youtz S. L., Roush W. B., Graves H. B.*: Changes in serum corticosterone concentration of laying hens as a response to increased population density. Poult. Sci. 1984, 63, 2271-2274.
19. *Ognik K., Sembratowicz I., Modzelewska-Banachiewicz B.*: Stężenie wybranych pierwiastków i aktywność enzymów antyoksydacyjnych we krwi indyczek otrzymujących Echinovit C oraz pochodną 1,2,4-triazolu. J. Elementol. 2004, 9, 445-449.
20. *Pawlak W., Kędzióra J., Żołyński K., Kędzióra-Kornatowska K., Błaszczak J., Witkowski P.*: Aktywność enzymów antyoksydacyjnych i peroksydacja lipidów w krwinkach czerwonych podczas 5-dniowego unieruchomienia w łóżku. Mat. Zjazdu Pol. Tow. Biochem. Metabolizm tlenowy w warunkach fizjologii, patologii i wysiłku fizycznego. Białystok 15-18 wrzesień 1998, s. 137.
21. *Prost E.*: Miopatie obciążeniowe (stresowe) – schorzenia mięśni zwierząt rzeźnych – ich patogenese oraz wpływ na wartość użytkową zwierząt. Medycyna. Wet. 1981, 37, 193-199.
22. *Siegel H. S., Gould N. R.*: Gen. Comp. Endocrinol. 1982, 48, 348-350.
23. *Sokołowicz Z., Ruda Z.*: Wpływ wysokiej temperatury otoczenia w początkowym okresie odchowu na stężenie kortykosteronu w plazmie krwi kurcząt brojlerów. Nauk. Vis. Lviv. Dierzav. Akad. Vet. Med. 2000, 2, 47-50.
24. *Wiśniewski J., Grabowska G., Rotkiewicz Z., Fitko R.*: Pierwotna i wtórna odpowiedź immunologiczna kurcząt w stanie stresu wywołanego długotrwałym unieruchomieniem. Medycyna Wet. 1989, 45, 31-33.

Adres autora: prof. dr hab. Jerzy Truchliński, ul. Akademicka 13, 20-934 Lublin; e-mail: jtruchlinski@interia.pl