

Wpływ genotypu oraz miejsca wypasu owiec na wskaźniki hematologiczne oraz redox krwi¹⁾

KRZYSZTOF PATKOWSKI, KATARZYNA OGNIK*, MARIUSZ KULIK**,
MONIKA GREGUŁA-KANIA, TOMASZ M. GRUSZECKI

Instytut Hodowli Zwierząt i Ochrony Bioróżnorodności, *Katedra Biochemii i Toksykologii,

**Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Akademicka 13, 20-950 Lublin

Otrzymano 21.11.2018

Zaakceptowano 01.02.2019

Patkowski K., Ognik K., Kulik M., Greguła-Kania M., Gruszecki T. M.

Effect of sheep's genotype and grazing site on haematological and redox status indicators

Summary

The aim of the study was to determine the effect of sheep's genotype and grazing site on their hematological and redox status indicators. The experiment was carried out on sheep of the Świniarka and Uhruska breeds grazed in naturally valuable areas (xerothermic grasslands) and kept in a sheepfold. Several blood indices were determined by ABACUS Junior Vet, including the numbers of leukocytes, thrombocytes and erythrocytes, hemoglobin and procalcitonin concentrations, hematocrit, the mean red cell volume and the average hemoglobin concentration in red blood cells, the percentages of lymphocytes, monocytes and granulocytes, the degree of erythrocyte anisocytosis and the degree of variation in platelet volume. The concentrations of lipid peroxides and malonic dialdehyde, the activity of superoxide dismutase and catalase and total antioxidant potential were determined by spectrophotometric methods. The study showed that Świniarka sheep had a greater antioxidant potential and higher white blood cell counts than Uhrusian sheep. It was found that sheep's grazing place had a significant influence on the antioxidant status and hematological indicators of their blood. An improvement in antioxidant potential and hematological blood parameters was achieved in sheep grazed in naturally valuable areas, that is, in the Stawska Góra nature reserve and on xerothermic grasslands in Gródek and Kąty, compared to sheep fed in a sheepfold.

Keywords: sheep, genotype, feeding, blood, antioxidant potential

Głównym zagrożeniem dla istnienia i funkcjonowania muraw kserotermicznych, zaliczanych do terenów przyrodniczo cennych, jest sukcesja wtórna. Utrzymanie pełnej zmienności zbiorowisk i zachowanie bogactwa florystycznego tych terenów jest zabiegiem trudnym, ale prowadzone w rozsądny sposób, poprzez ekstensywne formy użytkowania, tj. wypas zwierząt, pozwoli na czynną ochronę tych siedlisk. Sposób żywienia owiec, jak również skład gatunkowy roślinności na terenie wypasu, mogą przyczynić się do zmiany ich metabolizmu i wywierać wpływ na ich zdrowotność, odporność i produktywność. Roślinność pastwiskowa terenów przyrodniczo cennych jest bogata zarówno w zioła, jak i rośliny nie zaliczane do typowych ziół, ale często charakterystyczne dla danego siedliska. Właściwości chemiczne roślinności

pastwiskowej są uwarunkowane zawartością substancji biologicznie czynnych, tj. alkaloidów, saponin, glikozydów, flawonoidów, garbników, olejków eterycznych, kwasów organicznych, śluzów roślinnych i pektyn oraz goryczy. Wysoka koncentracja wtórnych metabolitów roślinnych sprawia, że te rośliny wykazują działanie antyoksydacyjne i przeciwzapalne. Skarmiane w postaci świeżej, jak również w formie wyciągów, mogą stanowić doskonałe uzupełnienie tradycyjnego żywienia owiec, wpływając korzystnie na ich zdrowie i produktywność. Istotne jest również, że owce zjadając rośliny zielne, pomijają najcenniejsze dla muraw kserotermicznych gatunki, które najczęściej zawierają niekorzystne dla przeżuwaczy substancje biologicznie czynne, np. alkaloidy, garbniki, olejki, substancje gorzkie (np. wilczomlecz sosnka, przetacznik kłoso-wy, czyściec prosty, lepnica zwisła czy macierzanka piaskowa). Dzięki temu cenne gatunki flory pozostają trwałym elementem szaty roślinnej, a produkty pochodzenia zwierzęcego, tj. mleko czy mięso, wolne są od substancji potencjalnie toksycznych obecnych

¹⁾ Praca wykonana w ramach projektu „Kierunki wykorzystania oraz ochrony zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich w warunkach zrównoważonego rozwoju” współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo” – BIOSTRATEG, nr umowy: BIOSTRATEG2/297267/14/NCBR/2016.

w roślinach. Należy jednak podkreślić, że oprócz żywienia na zmiany w metabolizmie zwierząt (w tym stan antyoksydacyjny) może również wpływać wiele innych czynników, w tym: genotyp, płeć i wiek zwierząt, a także okres badań.

Wolne rodniki są generowane w sposób ciągły w organizmie zwierząt w wyniku szeregu endogennych procesów metabolicznych obejmujących enzymy redox i bioenergetyczne przenoszenie elektronów oraz narażenia na mnóstwo egzogennych substancji chemicznych w środowisku otoczenia (32). Ponadto stres oksydacyjny pojawić się może na skutek zmian w żywieniu lub warunkach bytowania zwierząt, stanie fizjologicznym czy chorobie. Zdolność organizmu do przeciwdziałania stresowi oksydacyjnemu zależy od statusu i aktywności cząsteczek antyoksydantów, w tym nieenzymatycznych i enzymatycznych przeciwutleniaczy. Miarą statusu antyoksydacyjnego organizmu jest równowaga pomiędzy czynnikami utleniającymi, tj. produktami peroksydacji lipidów (rodniki, nadtlenki lipidów lub aldehydy) a substancjami przeciwutleniającymi, zarówno endo-, jak i egzogennymi. Istnieje wiele różnych składników przeciwutleniających w surowicy i tkankach, których zadaniem jest unieczynnienie toksycznych reaktywnych form tlenu i innych molekuł związanych z ich obecnością. Zdolność antyoksydacyjna organizmu nie odzwierciedla stężenia tylko pojedynczego antyoksydantu, ale wynika ze współdziałania szeregu związków pełniących funkcje antyoksydacyjne. W celu określenia statusu antyoksydacyjnego powinno się analizować kilka wskaźników przeciwutleniających, co pozwala na odzwierciedlenie powiązań pomiędzy nimi oraz skutków ich działania we właściwy sposób (2). Z kolei Erel (8) uważa, że już pomiar całkowitego potencjału antyoksydacyjnego (FRAP) może dostarczyć wystarczających informacji potrzebnych do oceny stopnia równowagi pomiędzy utleniaczami i przeciwutleniaczami. Enzymy antyoksydacyjne są wrażliwym markerem stresu oksydacyjnego, a zarówno zwiększoną, jak i zmniejszoną aktywność obserwuje się w różnych stanach chorobowych, związanych ze zwiększoną generacją wolnych rodników. Mechanizm działania uwidacznia się poprzez zwiększenie aktywności i syntezy enzymów przeciwutleniających lub wykorzystanie tych biokatalizatorów w reakcjach przeciworodnikowych (27). Zdaniem van den Broek i wsp. (3) przy wyjątkowo wysokiej produkcji wolnych rodników, aktywność enzymów antyoksydacyjnych zwiększa się w celu ochrony integralności strukturalnej i funkcjonalnej organizmu. Należy zaznaczyć, że aktywność enzymów antyoksydacyjnych bardzo różnorodnie kształtuje się pod wpływem

działania takiego samego czynnika na organizm. Prawdopodobnie uzależnione jest to m.in. od wyjściowego statusu redox organizmu (21).

Z kolei wskaźniki hematologiczne mogą być przydatne przy analizie żywienia i stanu odżywienia zwierząt, ujawniać występowanie zaburzeń metabolicznych oraz określać ogólny stan homeostazy organizmu. Na ich podstawie można wnioskować zarówno o ogólnym stanie zdrowia zwierząt, jak i obecności anomalii chorobowych, także tych związanych ze schorzeniami metabolicznymi.

Celem badań było określenie wpływu genotypu owiec oraz miejsca ich wypasu na wskaźniki hematologiczne oraz statusu redox krwi.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na maciorkach rasy świniarka i uhruska. Zwierzęta w okresie wegetacyjnym były utrzymywane w warunkach wypasu kontrolowanego na terenie trzech obiektów przyrodniczo cennych: Stawska Góra, Gródek i Kąty (tab. 1) oraz grupa kontrolna utrzymywana w owczarni. Materiałem badawczym była krew pobrana od maciorek w 6. tygodniu przebywania na terenie obiektów badawczych. Wszystkie maciorki w tym czasie były w okresie jałowości. Do analiz pobrano krew od 20 matek świniarek i 20 uhruskich w każdym analizowanym obiekcie.

Krew do badań pobierano rano w spoczynku, z żyły szyjnej zewnętrznej do próbek (2 ml) z antykoagulantem K-EDTA. Aktywność dysmutazy ponadtlenkowej (SOD), aktywność katalazy (CAT), nadtlenki lipidów (LOOH), malonodialdehyd (MDA), a także całkowity potencjał antyoksydacyjny (FRAP) zostały określone we krwi zgodnie z metodami opisanymi przez Ognik i Werteleckiego (25).

We krwi pełnej na analizatorze hematologicznym ABACUS Junior Vet (Diatron, Austria) oznaczono liczbę leukocytów (WBC), trombocytów (PLT), erytrocytów (RBC), stężenia hemoglobiny (HGB) i prokalcytoniny (PCT), wskaźnik hematokrytowy (HCT), wskaźnik średniej objętości krwinki czerwonej (MCV, mean corpuscular volume) oraz średniego stężenia hemoglobiny w krwince czerwonej (MCHC, mean corpuscular hemoglobin concentration), odsetek limfocytów (LYM), monocytów (MID) oraz granulocytów (GRA). W celu oznaczenia zróżnicowania wielkości erytrocytów i objętości płytek krwi wykorzystano stopień anizocytozy erytrocytów (RDW, red cell distribution width) i stopień zróżnicowania objętości płytek krwi (PDW, platelets distribution width).

Dane analizowano programem Statistica wersja 1.3, przy użyciu dwuczynnikowej analizy wariancji, do weryfikacji istotności różnic zastosowano test Duncana.

Tab. 1. Charakterystyka obszarów badań

Charakterystyka	Obszar wypasu		
	Gródek	Kąty	Stawska Góra
Forma ochrony	Zachodniowołyńska Dolina Bugu PLH060035 Natura 2000	Kąty PLH060010 Natura 2000	Stawska Góra PLH060018 Rezerwat przyrody
Siedlisko przyrodnicze (kod)	Murawy kserotermiczne <i>Festuco-Brometea</i> (6210)		

Wyniki i omówienie

Wpływ genotypu. Przeprowadzone badania wykazały, że w osoczu krwi maciorek rasy świniarka poziom FRAP i aktywność SOD były istotnie wyższe ($P < 0,001$ i $P < 0,001$) niż u owiec uhruskich (tab. 2). Nie odnotowano wpływu genotypu owiec na poziom

MDA, LOOH oraz aktywność CAT. Uzyskane zawartości wskaźników czerwonokrwinkowych krwi (tab. 3) mieściły się w zakresie wartości referencyjnych (0-110 $\mu\text{mol l}^{-1}$) (3). U maciorek uhruskich wartości wskaźników czerwonokrwinkowych, tj. RBC, HGB, MCHC, MCV, RDW oraz Ht były wyższe ($P < 0,001$) niż

Tab. 2. Wskaźniki statusu redox krwi ($\bar{x} \pm \text{SD}$; n = 20)

Rasa i obiekt		Wskaźniki				
		FRAP ($\mu\text{mol/l}$)	SOD (U/ml)	CAT (U/ml)	MDA ($\mu\text{mol/l}$)	LOOH ($\mu\text{mol/l}$)
Uhruska – owczarnia		367,47 ± 36,30	31,78 ± 1,23	6,34 ± 2,58	1,01 ± 0,51	20,63 ± 8,66
Uhruska – Gródek		417,25 ± 21,24	72,44 ± 37,54	5,31 ± 4,52	0,86 ± 0,43	33,89 ± 13,85
Uhruska – Kąty		545,01 ± 36,85	82,64 ± 34,82	4,06 ± 3,08	0,94 ± 0,48	14,92 ± 10,38
Uhruska – Stawska Góra		607,26 ± 56,19	57,43 ± 24,50	4,34 ± 2,06	0,80 ± 0,45	35,62 ± 16,27
Świniarka – owczarnia		405,76 ± 48,26	41,85 ± 20,39	5,31 ± 2,54	0,75 ± 0,60	15,53 ± 5,40
Świniarka – Gródek		443,18 ± 30,70	75,43 ± 39,18	6,43 ± 5,12	1,08 ± 0,39	30,16 ± 15,03
Świniarka – Kąty		567,89 ± 59,21	78,34 ± 24,85	2,68 ± 1,92	0,76 ± 0,62	12,96 ± 8,44
Świniarka – Stawska Góra		637,19 ± 73,94	78,34 ± 36,17	6,00 ± 2,83	0,55 ± 0,39	38,62 ± 23,23
Efekt genotypu (G)	Uhruska	484,25 ± 104,25	61,07 ± 33,52	5,02 ± 3,26	0,91 ± 0,47	26,27 ± 15,21
	Świniarka	513,51 ± 103,48	68,49 ± 34,25	5,10 ± 3,58	0,79 ± 0,54	24,32 ± 17,92
Efekt obiektu (O)	owczarnia	386,62 ^c ± 46,40	36,82 ^d ± 15,15	5,83 ^a ± 2,58	0,88 ^b ± 0,57	18,08 ^b ± 7,58
	Gródek	430,22 ^b ± 29,24	73,93 ^b ± 37,91	5,86 ^a ± 4,81	0,97 ^a ± 0,42	32,03 ^a ± 14,39
	Kąty	556,46 ^a ± 50,05	80,49 ^a ± 29,94	3,38 ^b ± 2,63	0,86 ^b ± 0,56	13,94 ^b ± 9,40
	Stawska Góra	622,23 ^a ± 66,58	67,89 ^c ± 31,57	5,17 ^a ± 2,59	0,68 ^c ± 0,44	37,12 ^a ± 19,86
P-value	Efekt G	0,0002	0,1147	0,8677	0,1295	0,3701
	Efekt O	< 0,001	< 0,001	0,0022	0,0464	0,0000
	Efekt interakcji G × O	0,9015	0,2709	0,0959	0,1095	0,5743

Objaśnienie: a, b, c, d – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$

Tab. 3. Wskaźniki hematologiczne – czerwonokrwinkowe ($\bar{x} \pm \text{SD}$; n = 20)

Rasa i obiekt		Wskaźniki					
		RBC ($10^6/\mu\text{l}$)	HGB (g/dl)	HCT (%)	MCV (fI)	MCHC (g/dl)	RDWc (%)
Uhruska – owczarnia		9,54 ± 1,20	12,03 ± 1,55	28,59 ± 3,44	30,05 ± 1,70	42,07 ± 1,31	21,16 ± 1,01
Uhruska – Gródek		9,59 ± 2,95	13,11 ± 1,13	29,52 ± 2,69	28,25 ± 1,45	44,47 ± 1,52	21,39 ± 1,05
Uhruska – Kąty		9,72 ± 0,97	12,28 ± 0,91	28,02 ± 2,28	28,90 ± 1,86	44,10 ± 1,70	21,27 ± 0,91
Uhruska – Stawska Góra		9,65 ± 1,29	12,28 ± 1,32	27,67 ± 3,03	28,80 ± 2,12	44,45 ± 2,26	21,67 ± 1,28
Świniarka – owczarnia		7,49 ± 0,94	9,77 ± 1,20	24,69 ± 2,62	33,10 ± 3,09	39,57 ± 2,69	19,34 ± 1,11
Świniarka – Gródek		9,18 ± 1,53	11,73 ± 1,56	26,66 ± 3,59	29,40 ± 2,98	44,13 ± 3,04	20,45 ± 1,09
Świniarka – Kąty		7,94 ± 2,05	10,37 ± 1,96	24,26 ± 4,42	31,45 ± 4,88	43,05 ± 4,23	21,68 ± 1,48
Świniarka – Stawska Góra		8,40 ± 2,22	11,86 ± 2,50	27,98 ± 5,41	35,65 ± 10,10	42,22 ± 2,82	21,73 ± 2,71
Efekt genotypu (G)	Uhruska	9,63 ± 1,75	12,43 ± 1,30	28,45 ± 2,92	29,00 ± 1,88	43,77 ± 1,98	21,36 ± 1,07
	Świniarka	8,26 ± 1,83	10,93 ± 1,04	25,89 ± 4,34	32,40 ± 6,33	42,25 ± 3,62	20,79 ± 1,96
Efekt obiektu (O)	owczarnia	8,51 ± 1,49	10,90 ^c ± 1,78	26,64 ^b ± 3,61	31,58 ^a ± 2,90	40,82 ^b ± 2,44	20,23 ^b ± 1,38
	Gródek	9,39 ± 2,33	12,42 ^a ± 1,52	28,08 ^a ± 3,48	28,82 ^c ± 2,38	44,30 ^a ± 2,38	20,92 ^b ± 1,16
	Kąty	8,83 ± 1,82	11,33 ^b ± 1,79	26,14 ^b ± 3,97	30,18 ^b ± 3,86	43,57 ^a ± 3,23	21,47 ^a ± 1,23
	Stawska Góra	9,03 ± 1,89	12,07 ^a ± 1,99	27,82 ^{ab} ± 4,33	32,23 ^a ± 7,99	43,34 ^a ± 2,77	21,69 ^a ± 2,09
P-value	Efekt G	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,0003	0,0140
	Efekt O	0,1707	0,0000	0,0461	0,0038	0,0000	< 0,001
	Efekt interakcji G × O	0,1822	0,0611	0,0321	0,0316	0,2188	0,0036

Objaśnienie: jak w tab. 2.

u świniarek. We krwi maciorek rasy świniarka zanotowano wyższy poziom WBC ($P < 0,001$), a w obrazie białokrwinkowym większą liczbę LYM ($P < 0,001$), MID ($P < 0,001$) oraz GRA ($P < 0,001$) aniżeli u owcy uhruskiej (tab. 4). We krwi owiec o genotypie świniarka stwierdzono większy poziom MPV ($P < 0,002$) oraz PDV ($P < 0,001$) niż u maciorek uhruskich (tab. 5).

Wpływ obiektu. Wypasanie owiec na obszarach przyrodniczo cennych wyraźnie wpłynęło na różnicowanie się wskaźników statusu redox krwi (tab. 2). U owiec wypasanych na obszarze murawy kserotermicznej w Kątach i rezerwacie przyrody Stawska Góra stwierdzono większy poziom FRAP w osoczu krwi ($P < 0,001$) niż w osoczu krwi owiec utrzymy-

Tab. 4. Wskaźniki hematologiczne – białokrwinkowe ($\bar{x} \pm SD$; $n = 20$)

Rasa i obiekt	Wskaźniki				
	WBC ($10^3/\mu\text{l}$)	LYM ($10^3/\mu\text{l}$)	MID ($10^3/\mu\text{l}$)	GRA ($10^3/\mu\text{l}$)	
Uhruska – owczarnia	6,25 ± 2,08	3,52 ± 1,12	0,03 ± 0,01	2,69 ± 1,11	
Uhruska – Gródek	6,71 ± 2,43	3,61 ± 1,24	0,03 ± 0,01	3,05 ± 1,34	
Uhruska – Kąty	6,32 ± 1,97	3,59 ± 1,16	0,03 ± 0,01	2,70 ± 1,15	
Uhruska – Stawska Góra	6,76 ± 1,99	4,34 ± 1,40	0,03 ± 0,01	2,37 ± 0,80	
Świniarka – owczarnia	10,75 ± 3,97	5,30 ± 1,54	0,05 ± 0,02	5,40 ± 2,80	
Świniarka – Gródek	11,14 ± 4,09	4,69 ± 2,40	0,05 ± 0,02	6,39 ± 2,63	
Świniarka – Kąty	10,83 ± 3,04	5,41 ± 1,57	0,05 ± 0,01	5,36 ± 2,21	
Świniarka – Stawska Góra	10,99 ± 4,09	5,40 ± 2,59	0,05 ± 0,02	5,53 ± 2,31	
Efekt genotypu (G)	Uhruska	6,50 ± 2,10	3,77 ± 1,26	0,03 ± 0,01	2,70 ± 1,13
	Świniarka	10,93 ± 3,76	5,20 ± 2,07	0,05 ± 0,01	5,67 ± 2,49
Efekt obiektu (O)	owczarnia	8,50 ± 3,87	4,41 ± 1,61	0,04 ± 0,01	4,04 ± 2,51
	Gródek	8,92 ± 4,01	4,15 ± 1,96	0,04 ± 0,01	4,72 ± 2,67
	Kąty	8,57 ± 3,40	4,50 ± 1,65	0,04 ± 0,01	4,03 ± 2,20
	Stawska Góra	8,86 ± 3,81	4,87 ± 2,13	0,04 ± 0,01	3,95 ± 2,34
P-value	Efekt G	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	Efekt O	0,9077	0,3105	0,9659	0,2546
	Efekt interakcji G × O	0,9975	0,6103	0,8610	0,8218

Tab. 5. Wskaźniki układu krzepnięcia krwi ($\bar{x} \pm SD$; $n = 20$)

Rasa i obiekt	Wskaźniki				
	PLT ($10^3/\mu\text{l}$)	PCT (%)	MPV (fl)	PDWc (%)	
Uhruska – owczarnia	410,10 ± 139,41	0,26 ± 0,09	6,13 ± 0,74	31,54 ± 3,07	
Uhruska – Gródek	351,65 ± 174,75	0,31 ± 0,46	5,86 ± 0,60	29,43 ± 2,68	
Uhruska – Kąty	366,65 ± 166,47	0,22 ± 0,10	6,02 ± 0,52	31,42 ± 2,50	
Uhruska – Stawska Góra	255,50 ± 147,42	0,15 ± 0,08	5,95 ± 0,76	29,69 ± 2,25	
Świniarka – owczarnia	523,70 ± 179,97	0,33 ± 0,11	6,48 ± 0,35	34,00 ± 1,99	
Świniarka – Gródek	413,20 ± 197,87	0,40 ± 0,68	6,20 ± 0,62	31,42 ± 2,71	
Świniarka – Kąty	348,80 ± 182,40	0,21 ± 0,11	5,98 ± 0,44	30,84 ± 2,55	
Świniarka – Stawska Góra	290,15 ± 223,70	0,19 ± 0,15	6,64 ± 1,05	31,69 ± 2,68	
Efekt genotypu (G)	Uhruska	345,98 ± 164,74	0,23 ± 0,25	5,99 ± 0,66	30,52 ± 2,77
	Świniarka	393,96 ± 211,32	0,29 ± 0,37	6,33 ± 0,71	31,99 ± 2,74
Efekt obiektu (O)	owczarnia	466,90 ^a ± 169,99	0,30 ^c ± 0,11	6,30 ± 0,60	32,77 ^a ± 2,84
	Gródek	382,42 ^b ± 185,85	0,36 ^a ± 0,58	6,03 ± 0,63	30,42 ^b ± 2,84
	Kąty	357,72 ^b ± 172,60	0,21 ^b ± 0,10	6,00 ± 0,48	31,13 ^a ± 2,51
	Stawska Góra	272,82 ^c ± 187,82	0,16 ^c ± 0,12	6,29 ± 0,97	30,68 ^{ab} ± 2,64
P-value	Efekt G	0,0902	0,2909	0,0018	0,0004
	Efekt O	< 0,001	0,0329	0,0689	0,0003
	Efekt interakcji G × O	0,4196	0,8431	0,1209	0,0374

Objaśnienie: jak w tab. 2.

wanych w owczarni. We krwi owiec wypasanych na Stawskiej Górze odnotowano zmniejszenie zawartości MDA ($P < 0,001$) i zwiększenie aktywności SOD ($P < 0,001$) w osoczu krwi w porównaniu do zawartości tych wskaźników w osoczu krwi owiec żywionych w owczarni. W osoczu krwi owiec wypasanych w rezerwacie Stawska Góra lub na terenie siedliska Gródek odnotowano większą zawartość LOOH ($P < 0,001$) w porównaniu do owiec żywionych w owczarni. W osoczu krwi owiec wypasanych na murawach kserotermicznych w Kątach aktywność CAT była niższa ($P < 0,002$) niż u owiec utrzymywanych w owczarni.

We krwi owiec wypasanych na terenie Stawskiej Góry i Gródka stwierdzono wyższą liczbę RBC ($P < 0,001$) w porównaniu do owiec żywionych w owczarni (tab. 3). W przypadku poziomu hematokrytu odnotowano istotną interakcję genotyp \times obiekt ($P < 0,003$), wynikającą z faktu, że w przypadku maciorek uhruskich wpływ siedliska uwidocznił się w postaci zwiększenia poziomu HTC, zaś u świniarki nie zaobserwowano takiego efektu. Odnotowano również istotną interakcję genotyp \times obiekt w wielkości MCV, co wynika z faktu, że siedlisko spowodowało zmniejszenie wielkości krwinek czerwonych u maciorek uhruskich, zaś u świniarki warunki siedliskowe nie wpłynęły na wartość tego wskaźnika. Rodzaj siedliska nie wpłynął na zmiany wartości wskaźników białokrwinkowych zarówno u owiec uhruskich, jak i u świniarek.

Analiza poziomu wskaźników krzepnięcia krwi wykazała, że wypasanie owiec w rezerwacie Stawska Góra spowodowało zmniejszenie PLT ($P < 0,001$) i PCT ($P < 0,03$) oraz zwiększenie PDW ($P < 0,001$) w porównaniu wartości tych wskaźników odnotowanych we krwi owiec utrzymywanych w owczarni. W przypadku RDW zaobserwowano interakcję genotyp \times obiekt, co wynikało z faktu, że u maciorek świniarek siedlisko wyraźnie zwiększyło PDW ($P < 0,03$), zaś u owiec uhruskich nie zaobserwowano tego zjawiska (tab. 5).

Odpowiedź statusu antyoksydacyjnego, jak również zmiany w kształtowaniu się wskaźników metabolizmu owiec determinowane mogą być wieloma czynnikami, między innymi: żywieniem, genotypem, płcią, wiekiem zwierząt, okresem okołoporodowym lub laktacji (22-24). Badania własne wykazały, że owce świniarki posiadają wyższy potencjał antyoksydacyjny oraz wyższą wartość wskaźników białokrwinkowych niż maciorki uhruskie. Z kolei we krwi owiec uhruskich stwierdzono wyższą wartość wskaźników czerwono-krwinkowych niż u maciorek o genotypie świniarka. Badania przeprowadzone przez Ognik i wsp. (22) na jagniętach potwierdzają, że genotyp może mieć wpływ na potencjał antyoksydacyjny. Genotyp jagnięt rasy PON determinował większe wartości wskaźników statusu redox (SOD, FRAP, MDA, wit. C) w odniesieniu do wartości tych wskaźników u jagnięt o genotypie BCP.

Żywienie owiec wywiera znaczący wpływ na ich oddech. Przyczynić się może także do przyżyciowej modyfikacji przemian metabolicznych, a w konsekwencji do poprawy zdrowia zwierząt. Wyniki badań własnych wskazują, iż wypasanie owiec na terenach przyrodniczo cennych (zwłaszcza na terenie rezerwatu Stawska Góra) zwiększyło całkowity potencjał antyoksydacyjny i zmniejszyło stężenie MDA w osoczu krwi, w porównaniu do owiec żywionych w owczarni. Zwiększanie potencjału antyoksydacyjnego jest zjawiskiem bardzo pożądanym, gdyż wzmacnia mechanizmy antyoksydacyjne zapobiegające utlenianiu biologicznych makrocząstek i neutralizację rodników hydroksylowych. Zwiększenie poziomu FRAP po podaniu preparatu białkowo-ksantofilowego z lucerny u owiec stwierdzili Ognik i wsp. (22). Zmniejszenie stężenia MDA wskazuje na ograniczenie nasilenia peroksydacji lipidów, którego wysoki poziom charakteryzuje niepożądane procesy oksydacji. Najbardziej podatnymi substratami na uszkodzenia wolnych rodników są lipidy, a MDA jest ostatnim produktem ich peroksydacji i zarazem kluczowym wskaźnikiem stresu oksydacyjnego (24). Oznaczanie poziomu MDA pozwala na ocenę stopnia zaawansowania peroksydacji lipidów i pośrednio na ocenę poziomu wolnych rodników. Stanowi również niezawodną metodę oceny stopnia nadtlenkowego uszkodzenia błony komórkowej, ponieważ aldehyd ten pojawia się w znacznej ilości jako produkt uboczny podczas peroksydacji. Proces ten prowadzi początkowo do utraty ciągłości, a ostatecznie do przerwania błon komórkowych, czego skutkiem jest martwicza śmierć komórki (12). Trudne do wytłumaczenia jest stwierdzenie u owiec ze Stawskiej Góry jednoczesne zmniejszenie poziomu MDA i zwiększenie LOOH. MDA i LOOH są biologicznymi markerami stresu oksydacyjnego i jako główne produkty peroksydacji wielonienasyconych kwasów tłuszczowych informują o stopniu uszkodzenia błon komórkowych, a zachodząca w niewielkim stopniu peroksydacja lipidów jest procesem fizjologicznym (9). Zaobserwowana zależność może jedynie świadczyć o zachwianiu wydajności enzymatycznego systemu obrony antyoksydacyjnej (19). Potwierdzeniem tej hipotezy jest jednoczesne zwiększenie aktywności SOD, która przyczynia się do usuwania wolnych rodników ze środowiska komórkowego, katalizując reakcję dysmutacji dwóch rodników ponadtlenkowych do nadtlenku wodoru i tlenu (35). Zwiększenie aktywności SOD należy uznać za zjawisko korzystne, gdyż może wskazywać na mobilizację systemu antyoksydacyjnego do ochrony integralności strukturalnej i funkcjonalnej organizmu (3). Zwiększenie aktywności SOD stwierdzono u owiec po podaniu wyłoków z pomidorów lub wyciągu z winogron (32) oraz u szczurów otrzymujących sok z wiśni (29), a działanie stymulujące obronę antyoksydacyjną przypisano fenolom (28). Zmniejszona aktywność SOD uwidacznia się podczas peroksydacji w mitochondriach i mikrosomach, kiedy

powstają duże ilości LOOH. Aktywność SOD u owiec wypasanych w Gródku, Kątach i w rezerwacie Stawska Góra jest wyższa niż u owiec z owczarni i świadczy o nasileniu reakcji dysmutacji, czyli reakcji obronnych ustroju. Mechanizm tej reakcji związany jest z rozkładem rodnika ponadtlenkowego do mniej toksycznego nadtlenu wodoru. Niekorzystne działanie rodnika ponadtlenkowego wiąże się z utlenianiem jonów Fe^{+2} i Cu^{+2} , będących kofaktorami enzymów wielu reakcji enzymatycznych, co wprowadza duże zmiany w potencjale oksydacyjno-redukcyjnym komórki. Dodatkowo rodnik ten inicjuje oksydacyjne modyfikacje białek, lipidów i DNA, udokumentowane w licznych pracach doświadczalnych. Zwiększenie aktywności SOD i zmniejszenie poziomu MDA po podaniu owcom wytłocznym z owoców aronii stwierdzili Lipińska i wsp. (15). Najprawdopodobniej na skutek zachodzących w sposób ciągły w ustroju reakcji wolnorodnikowych, związanych z mitochondrialnym i mikrosomalnym układem transportu elektronów wzrósł poziom LOOH, co zwiększyło aktywności SOD i CAT. Hipoteza taka jest zgodna z doniesieniami Heidarpour i wsp. (12), którzy uważają, że aktywność CAT zwiększa się, gdy wzrasta stężenie nadtlenu lipidowych, co zaobserwowano u owiec ze Stawskiej Góry oraz Gródka. Przypuszczalnie roślinność na terenach przyrodniczo cennych charakteryzowała się wysokim potencjałem antyoksydacyjnym i uzupełniała niedobory niskocząsteczkowych przeciwutleniaczy, stymulując w ten sposób mechanizmy obrony antyoksydacyjnej u owiec. Analizując wartości wszystkich ocenianych wskaźników statusu antyoksydacyjnego i statusu redox u owiec wypasanych w rezerwacie Stawska Góra można sądzić, że system antyoksydacyjny był na tyle sprawny, że nie dopuścił do generacji wolnych rodników, czego przejawem było stwierdzone u tych zwierząt wyraźne zmniejszenie stężenia MDA i zwiększenie FRAP. Zmniejszenie poziomu MDA u owiec i kóz wypasanych na pastwisku, w porównaniu do zwierząt otrzymujących gotową mieszankę paszową stwierdzili Nawito i wsp. (18). Zdaniem Ognik i Krauze (21) jednoczesne zmniejszenie stężenia MDA i zwiększenie aktywności CAT i SOD wskazuje na silną mobilizację mechanizmów obronnych organizmu. Autorzy ci uważają, że w sytuacji stresu oksydacyjnego i zwiększonej produkcji reaktywnych form tlenu w mitochondriach nastąpiłaby aktywacja komórkowej obrony antyoksydacyjnej, czego skutkiem byłoby zmniejszenie aktywności CAT (18). Sevi i wsp. (31) zauważyli, że wypas owiec i kóz może inicjować stres żywieniowy i niekorzystnie wpływać na samopoczucie zwierząt, z powodu sezonowych zmian ilości i jakości ziół na pastwisku. Z kolei Mohebbi-Fani i wsp. (17) uważają, że stres oksydacyjny może towarzyszyć żywieniu niskiej jakości paszą, ubogą w witaminy A i E. Dodatkowo poziom kwasu askorbinowego u przeżuwaczy może niekorzystnie zmniejszać się podczas osłabienia procesu glukoneogenezy w wątrobie, zwykle przy źle zbi-

lansowanej dawce pokarmowej (18). Prawdopodobnie roślinność na terenie rezerwatu Stawska Góra bogata jest w substancje biologicznie czynne, stymulujące produkcję antyoksydantów drobnocząsteczkowych. Na pozytywny wpływ przeciwutleniaczy pochodzenia roślinnego, tłumiących mechanizmy powstawania wolnych rodników i niwelujących stres ze względu na stymulację reakcji przeciwutleniających, stosowanych w żywieniu owiec wskazują także Deger i wsp. (6) oraz Ognik i wsp. (22). Skuteczność zwiększenia stężenia przeciwutleniaczy wskutek wzbogacania diety kurcząt i indyków w substancje roślinne lub prebiotyki potwierdzają rezultaty badań innych autorów (19, 20). Zdaniem Heidarpour i wsp. (12), zwiększenie aktywności CAT może wynikać również ze zwiększonej syntezy i aktywności samego białka enzymatycznego, co obserwuje się w momencie zwiększenia stężenia LOOH i jest proporcjonalne do wzrostu stężenia tego związku w surowicy. Zdaniem Droge (7), zwiększenie aktywności CAT obserwuje się także w stanach zapalnych, podczas których jako mechanizm obronny organizmu uruchamiany jest proces fagocytozy generujący wytwarzanie dużych ilości H_2O_2 , który aktywuje CAT.

Z kolei u owiec wypasanych w Kątach poziom FRAP był wyższy, zaś MDA i LOOH, porównywalny z tym, jaki stwierdzono u owiec z owczarni. Bardzo silnie zwiększona aktywność SOD stwierdzona u owiec z Kątów sugeruje nasilenie reakcji dysmutacji. U owiec wypasanych w Gródku zaobserwowano nieznacznie zwiększony poziom FRAP, znaczące zwiększenie aktywności SOD oraz poziom produktów peroksydacji lipidów, czyli MDA i LOOH. Stan taki wskazywać może, że szata roślinna na terenie wypasu w Gródku najmniej korzystnie wzmacniała obronę antyoksydacyjną i nie hamowała reakcji oksydacji lipidów. Zdaniem Nawito i wsp. (18), na wskaźniki stresu oksydacyjnego mają wpływ wartości odżywcze składników paszy oraz modyfikacja substratów metabolicznych, decydujących o biosyntezie i przemianach tych związków w tkankach. Wykazano, że karmienie krów mlecznych paszą o wysokim poziomie skrobi potęguje stres oksydacyjny, prawdopodobnie ze względu na zmiany komórkowe związane z fosforylacją oksydacyjną (11). Zdaniem Osawa i wsp. (26), żywienie owiec paszami bogatymi w skrobię w niewielkim stopniu wpływa na homeostazę redox, redukując ilość energii uzyskaną z glikolizy i cyklu pentozofosforanowego. Aktas i wsp. (1) uważają, że zwiększony poziom produktów peroksydacji lipidów, takich jak MDA, zwiększa też ryzyko wystąpienia chorób pasożytniczych, zarówno narządowych, jak i skórnych, u owiec i innych przeżuwaczy.

W przypadku wskaźników czerwonych krwinek siedlisko w Gródku i Stawskiej Górze wyraźnie wpłynęło na zwiększenie poziomu HGB. U owcy uhruskiej pod wpływem siedliska wypasu zwiększył się poziom HCT, zaś zmniejszył się MCHC i RDW. Nie odnotowano zmniejszenia poziomu HCT u owiec ze stano-

wisk cennych przyrodniczo, w porównaniu do owiec z owczarni, co należy uznać za zjawisko korzystne. Zdaniem Heidarpour i wsp. (12) obniżenie poziomu hematokrytu, może wiązać się z podwyższonym poziomem MDA, który pojawia się w wyniku degradacji błon komórek erytrocytów we krwi owiec. Według Sato i wsp. (30), erytrocyty z uwagi na ich rolę fizjologiczną i zdolność do generowania wolnych rodników, uważane są za komórki pośredniczące w reakcjach oksydacyjnych. Wysoki poziom wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, ciągła ekspozycja na wysokie stężenie tlenu i obecność żelaza, łatwo ulegającego utlenieniu, sprawia, że erytrocyty są bardzo wrażliwe i wysoce podatne na uszkodzenia oksydacyjne (12). Wyniki badań przedstawione przez Degera i wsp. (6) udowadniają, że stosowanie przeciwutleniaczy w żywieniu owiec może znacząco tłumić mechanizmy powstawania rodników i stres ze względu na stymulację reakcji antyoksydacyjnych. Stwierdzono (12), że stosowanie ekstraktu ziół (m.in. dzwonkowca kosmatego, rozwaru wielkokwiatowego, bylicy włosowatej, cynamonowca wonnego, rabarbar dłoniastego i in.) w żywieniu owiec powoduje zmniejszenie LOOH i zwiększenie FRAP, co wskazuje na ich wysoką aktywność przeciwutleniającą i przeciwdrobnoustrojową. Badania przeprowadzone przez Fu (10) na myszach wykazały, że białka liści lucerny obniżały stężenie MDA i zwiększały poziom FRAP. Działanie stymulujące na stan antyoksydacyjny odnotowano również po podaniu koncentratu białko-ksantofilowego z lucerny do mieszanki paszowej dla indyków (13) i kurcząt (5). Wyniki niniejszych badań nie wykazały znaczącego wpływu genotypu owiec na analizowane markery krwi statusu redox.

We krwi owiec wypasanych na terenach Stawskiej Góry i Kątów stwierdzono zwiększony poziom RDW. Wskaźnik ten odzwierciedla heterogeniczność wymiarów erytrocytu, wykorzystywany do analizowania i rozróżniania rodzajów anemii w praktyce klinicznej oraz jako marker procesów zapalnych (13). Zwiększenie wartości tego wskaźnika może sugerować także niedobory żelaza. Obniżona wartość MCV, stwierdzona u owiec z Gródka może być spowodowana znaczącym zwiększeniem poziomu LOOH i MDA pod wpływem wypasu na tym terenie. Zmniejszona wartość MDV, czyli średnia objętość krwinek może wynikać z niedoborów żelaza w krwince, na przykład z powodu jego utleniania (Fe^{+2}/Fe^{+3}), co wiąże się z utratą jego aktywności biologicznej. W hemoglobinie atom żelaza występuje na drugim stopniu utlenienia i tylko taka postać tego jonu jest zdolna do wiązania tlenu. Dodatkowo na peroksydację bardzo wrażliwe są lipidy, zarówno w błonach komórkowych, co powoduje niszczenie ich struktury, jak i w hemoglobinie, co prowadzi do powstawania methemoglobiny (4). Zdaniem tego autora powstające w procesie peroksydacji LOOH mogą utleniać Fe^{+2} , niekorzystnie zmieniając proporcję jonów Fe^{+2}/Fe^{+3} . W przypadku gdy stężenie Fe^{+2} osiągnie odpowiednio niską wartość, peroksydacja lipidów

w liposomach rozpoczyna się, zwiększenie poziomu Fe^{+3} sprzyja bardzo szybkiej inicjacji peroksydacji lipidów wyrażanej syntezą LOOH. LOOH mogą zatem wzmacniać peroksydację lipidów, nie tylko bezpośrednio poprzez dostarczanie rodników lipidowych, ale również pośrednio poprzez przyspieszenie utleniania Fe^{+2} do Fe^{+3} . Dodatkowo autooksydacja Fe^{+2} wiąże się z produkcją anionorodnika ponadtlenkowego oraz nadtlenu wodoru (4). U owcy uhruskiej wypasanej w Gródku można zauważyć, że roślinność obecna na terenie wypasu nie wpłynęła na błony biologiczne erytrocytów, co być może tłumaczy zwiększenie poziomu LOOH i MDA.

Wypasanie na obszarach przyrodniczo cennych w Kątach, Gródku i Stawskiej Górze korzystnie zmniejszyło poziom PCT w porównaniu do owiec utrzymywanych w owczarni. Z uwagi na fakt, że PCT jest wskaźnikiem reakcji zapalnych zachodzących w ustroju, uzyskany wynik wskazuje na korzystny wpływ roślinności na terenie wypasu na zdrowotność owiec. PDW najkorzystniej zmniejszyło się u owiec wypasanych w Gródku. Wskaźnik ten mówi o różnicowaniu objętości pomiędzy płytkami krwi, a niska jego wartość wskazuje na większą homogenność tych krwinek. Genotyp świniarki predysponował tę rasę do silniejszej anizocytozy, obrazowanej wzrostem PDW, co świadczy o największym różnicowaniu objętości pomiędzy płytkami krwi. U tej rasy wyraźnie zarysował się wpływ obiektu wypasu na wielkość trombocytów. U owcy uhruskiej krwinki te były bardziej jednorodne.

Maciorki świniarki posiadają większy potencjał antyoksydacyjny oraz wyższą wartość wskaźników białokrwinkowych niż owce uhruskie. Miejsce wypasu owiec ma znaczący wpływ na status antyoksydacyjny oraz wskaźniki hematologiczne krwi. Wypasanie owiec na obszarach przyrodniczo cennych powoduje poprawę potencjału antyoksydacyjnego oraz wskaźników hematologicznych krwi owiec w porównaniu do zwierząt utrzymywanych w owczarni.

Piśmiennictwo

1. Aktas M. S., Kandemir F. M., Kirbas A., Hanedan B., Aydin M. A.: Evaluation of oxidative stress in sheep infected with *Psoroptes ovis* using total antioxidant capacity, total oxidant status, and malondialdehyde level. *J. Vet. Res.* 2017, 61, 197-201, doi:10.1515/jvetres-2017-0025.
2. Barham S., Truchliński J., Ognik K.: Peroksydacja lipidów w narządach szczerów przy ostrym zapaleniu trzustki (Peroxidation of lipids in rats' organs during acute pancreatitis). *Med. Weter.* 2006, 62, 440-443.
3. Broek A. H. van den, Huntley J. F.: Sheep scab: the disease, pathogenesis and control. *J. Comp. Pathol.* 2003, 128, 79-91.
4. Chaudhuri S., Varshney J. P., Patra R. C.: Erythrocytic antioxidant defense, lipid peroxidase level and blood iron, zinc and copper concentrations in dogs naturally infected with *Babesia gibsoni*. *Res. Vet. Sci.* 2008, 85, 120-124.
5. Czech A., Ognik K., Grell R. E.: Efficacy of a mixture of synthetic antioxidant and protein-xanthophyll alfalfa concentrate in turkey hens feeding. *Arch. Geflügelk.* 2012, 76, 105-112.
6. Deger Y., Ertekin A., Deger S., Mert H.: Lipid peroxidation and antioxidant potential of sheep liver infected naturally with distomatosis. *Türki Parazitol. Derg.* 2008, 32, 23-26.
7. Dröge W.: Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol. Rev.* 2002, 82, 47-95.

8. *Erel O.*: A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. *Clin. Biochem.* 2004, 37, 277-285.
9. *Esmailnejad B., Tavassoli M., Asri-Rezaei S., Dalir-Naghadeh B.*: Evaluation of antioxidant status and oxidative stress in sheep naturally infected with *Babesia ovis*. *Vet. Parasitol.* 2012, 185, 124-130.
10. *Fu X.*: Effect on plant leaf protein on lipotropy peroxidase system of rats. *Chin. J. Vet. Sci. Technol.* 2003, 11, 1-18.
11. *Gabai G., Testoni S., Piccinini R., Marinelli L., Stradaioli G.*: Oxidative stress in primiparous cows in relation to dietary starch and the progress of lactation. *Anim. Sci.* 2004, 79, 99-108.
12. *Heidarpour M., Mohri M., Borji H., Moghaddas E.*: Oxidant/antioxidant balance and trace elements status in sheep with liver cystic echinococcosis. *Comp. Clin. Pathol.* 2013, 22, 1043-1049, doi 10.1007/s00580-012-1523-5.
13. *Hu L., Li M., Ding Y., Pu L., Liu J., Xie J., Cabanero M., Li J., Xiang R.*: Prognostic value of RDW in cancers: a systematic review and meta-analysis. *Oncotarget.* 2017, 28, 16027-16035.
14. *Krauze M., Grela E. R.*: Effects of an alfalfa concentrate in turkey diets on performance and some blood parameters. *Arch. Geflügelk.* 2010, 74, 226-232.
15. *Lipińska P., Atanas G., Atanasov D., Palka M., Józwick A.*: Chokeberry Pomace as a Determinant of Antioxidant Parameters Assayed in Blood and Liver Tissue of Polish Merino and Wrzosówka Lambs. *Molecules* 2017, 22, 1461, doi:10.3390/molecules22111461
16. *Luo H., Lin S., Ren F., Wu L., Chen L., Sun Y.*: Antioxidant and Antimicrobial Capacity of Chinese Medicinal Herb Extracts in Raw Sheep Meat. *J. Food Prot.* 2007, 70, 1440-1445.
17. *Mohebbi-Fani M., Mirzaei A., Nazifi S., Shabbooe Z.*: Changes of vitamins A, E, and C and lipid peroxidation status of breeding and pregnant sheep during dry seasons on medium-to-low quality forages. *Trop. Anim. Health Prod.* 2012, 44, 259-265.
18. *Nawito M. F., Amal R. Abd El Hameed, Sosa A. S. A., Mahmoud K. Gh. M.*: Impact of pregnancy and nutrition on oxidant/antioxidant balance in sheep and goats reared in South Sinai, Egypt. *Veterinary World* 2016, 9, 801-805.
19. *Ognik K., Czech A., Stachyra K.*: Effect of a natural versus a synthetic antioxidant, and sex and age on the redox profile in the blood of growing turkeys. *South Afr. J. Anim. Sci.* 2013, 43, 473-481.
20. *Ognik K., Krauze M.*: Dietary supplementation of mannanoligosaccharides to turkey hens on their growth performance and antioxidant status in the blood. *South Afr. J. Anim. Sci.* 2012, 42, 379-388.
21. *Ognik K., Krauze M.*: The potential for using enzymatic assays to assess the health of turkeys. *World's Poultry Sci. J.* 2016, 72, 535-550.
22. *Ognik K., Patkowski K., Grela E. R.*: Effect of a protein-xanthophyll concentrate From alfalfa and of genotype and sex of lambs on their blood redox profile. *Bull. Vet. Inst. Pulawy* 2012, 56, 165-169.
23. *Ognik K., Patkowski K., Gruszecki T. M., Kostro K.*: Redox status in the blood of ewes in the perinatal period and during lactation. *Bull. Vet. Inst. Pulawy* 2015, 59, 557-562.
24. *Ognik K., Patkowski K., Gruszecki T. M., Kostro K., Cholewińska E.*: Blood antioxidant potential in growing lambs of synthetic SCP line. *Small Rum. Res.* 2017, 149, 73-76.
25. *Ognik K., Wertelecki T.*: Effect of different vitamin E sources and levels on selected oxidative status indices in blood and tissues as well as on rearing performance of slaughter turkey hens. *J. Appl. Poultry Res.* 2012, 2, 259-271.
26. *Osawa T., Kato Y.*: Protective role of antioxidative food factors in oxidative stress caused by hyperglycemia. *Annal. N.Y. Acad. Sci.* 2005, 1043, 440-451.
27. *Pande G., Akoh C. C.*: Organic acids, antioxidant capacity, phenolic content and lipid characterisation of Georgia-grown underutilized fruit crops. *Food Chemistry* 2010, 120, 1067-1075.
28. *Rawal A., Muddeshwar M., Biswas S.*: *Rubia cordifolia*, *Fagonia cretica* linn and *Tinospora cordifolia* exert neuroprotection by modulating the antioxidant system in rathippo campallices subjected to oxygen glucose deprivation. *Complement. Altern. Med.* 2004, 4, 1.
29. *Šarić A., Sobočanec S., Balog T., Kušić B., Šverko V., Dragović-Uzelac V., Levaj B., Čosić Z., Maćak Šafranko Z., Marotti T.*: Improved Antioxidant and Anti-inflammatory Potential in Mice Consuming Sour Cherry Juice (*Prunus Cerasus* v. *Maraska*). *Plant Foods Hum. Nutr.* 2009, 64, 4231-4237.
30. *Sato Y., Kanazawa S., Sato K., Suzuki Y.*: Mechanism of free radical induced hemolysis of human erythrocytes: II. Hemolysis by lipid soluble radical initiator. *Biol. Pharm. Bull.* 1998 21, 250-256.
31. *Sevi A., Casamassima D., Pulina G., Pazzona A.*: Factors of welfare reduction in dairy sheep and goats. *Ital. J. Anim. Sci.* 2009, 8, 81-101.
32. *Sgorlon S., Stradaioli G., Zanin D., Stefanon B.*: Biochemical and molecular responses to antioxidant supplementation in sheep. *Small Rumin. Res.* 2006, 64, 143-151.
33. *Sreelatha S., Padma P. R.*: Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity. *Plant Foods Hum Nutr.* 2009, 64, 303-311, doi: 10.1007/s11130-009-0141-0.
34. *Winnicka A.*: Wartości referencyjne podstawowych badań laboratoryjnych w weterynarii. SGGW, Warszawa 2011.
35. *Zelko I. N., Mariani T. J., Folz R. J.*: Superoxide dismutase multigene family: a comparison of the CuZn-SOD (SOD1), Mn-SOD (SOD2), and EC-SOD (SOD3) gene structures, evolution, and expression. *Free Radic. Biol. Med.* 2002, 33, 337-349.

Adres autora: dr inż. Krzysztof Patkowski, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin; e-mail: krzysztof.patkowski@up.lublin.pl