Wpływ dodatku organicznych i mineralnych form selenu w mieszankach dla loch i ich potomstwa na wyniki produkcyjne i wybrane wskaźniki fizjologiczne¹⁾

ANNA SZUBA-TRZNADEL, TOMASZ HIKAWCZUK, ADAM CIURA*, BOGUSŁAW FUCHS

Katedra Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt,
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. J. Chelmońskiego 38C, 51-630 Wrocław
*Przedsiębiorstwo „Arkop” Sp. z o.o., ul. Kolejowa 34A, 32-332 Bukowno

Otrzymano 05.06.2017

Zaakceptowano 09.08.2017

Szuba-Trznadel A., Hikawczuk T., Ciura A., Fuchs B.

Effect of organic and mineral selenium sources on production performance and selected physiological indicators in swine

Summary

The study was conducted on sows (hybrids of wbp × pbz breeds) and their offspring (until day 75 of life) kept on a farm. The aim of the experiment was to compare the effects of different sources of selenium (Se) on the production performance of the animals, Se content in their blood, the level of Se in sow's colostrum, as well as Gpx, haptoglobin and immunoglobulin levels in the serum of sows and their offspring. Experimental feed mixtures for pregnant sows (LP), lactating sows (LK) and piglets (prestarter and starter) in each treatment had an identical basic composition, differing only in the type of selenium forms. Group I received a mineral form of Se in an amount of 0.2 mg/kg; group II received a mixture of a Se amino acid chelate and the mineral form of Se (0.1 mg/kg of each); group III received a Se amino acid chelate (0.2 mg/kg), and group IV received Se-enriched yeasts (0.2 mg/kg). Beneficial effects of the organic forms of Se were evident already in the lactation period. Sows, especially those from group II receiving 0.2 mg/kg of organic Se, had a higher feed intake, which was related to a higher milk production during lactation. As a result, on the weaning day, piglets from this group were significantly heavier than the other piglets. After weaning, as well, the piglets in this group were significantly heavier. These results were confirmed by parameters of blood serum and whey colostrum. Selenium as a chelate was more available than the mineral and enriched yeast forms. For this reason, the animals receiving the chelate were healthier (fewer inflammations were noted). The animals in this group also showed a better feed conversion compared with the others. The Gpx level in sows' serum varied depending on the treatment. The highest level of this parameter was determined in sows from group III (receiving 0.2 mg/kg of organic Se), and it differed significantly from its value in the control group. The results showed that the Gpx level was related to the Se concentration in blood serum, which was also confirmed by a higher production of selenocysteine (a part of Gpx). Cells of the animals from this group were better protected against free radicals. Administration of 0.1 mg/kg of organic Se positively affects the performance of animals, but the recommended level in feed is 0.2 mg/kg of a selenium-containing amino acid.

Keywords: selenium, performance, physiological indicators, swine

Selen jest pierwiastkiem niezbędnym w intensywnej produkcji zwierzęcej, gdyż pozytywnie wpływa na wyniki produkcyjne loch i ich potomstwa, a także na jakość i wartość odżywczą mięsa wieprzowego (3, 11). Niedobory selenu w diecie świń powodują poważne konsekwencje zdrowotne i produkcyjne, jak również indukują wystąpienie chorób związanych ze zwiększeniem stresu oksydacyjnego u zwierząt.

U loch mogą sprzyjać wystąpieniu m.in. syndromu MMA (22), u prosiąt zwiększają ryzyko wystąpienia kolibakteriozy.

Ze względu na możliwość łatwego przedawkowania selenu podawanego w formie nieorganicznej, a tym samym doprowadzenia do selenozy w paszy coraz częściej stosuje się organiczne połączenia selenu z aminokwasami, np. selenometionina (2). Pierwiastek ten jest stosowany również w postaci drożdży wzbogaconych w Se. Badania wykazały, że formy organiczne są lepiej przyswajalne niż nieorganiczne, a także mniej

¹⁾ Praca zaprezentowana na XLVI Sesji Naukowej Sekcji Żywienia Zwierząt Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury Polskiej Akademii Nauk, Lublin, 21-23.06.2017 r.

toksyczne dla zwierząt (10, 24). Spallholz i wsp. (19) w swych badaniach stwierdzili wyższą aktywność antyoksydacyjną organicznych form selenu w porównaniu ze źródłami nieorganicznymi tego pierwiastka. Ponadto organiczne formy Se korzystnie wpływają na wodochłonność, barwę i smak mięsa wieprzowego (16, 18).

Selen jest jedną ze składowych enzymu peroksydazy glutationowej, która odgrywa ważną rolę w eliminacji wolnych rodników (3, 15), stąd też pierwiastek ten spełnia ważną rolę w ograniczeniu stresu oksydacyjnego zwiększającego się w warunkach intensywnej produkcji zwierzęcej i dlatego jego dodatek do diety zwierząt pozwala ograniczyć negatywny wpływ produktów oksydacji na jakość mięsa wieprzowego, a tym samym na zdrowie konsumentów. Produkt ten wykorzystywany w żywieniu człowieka może ograniczać ryzyko wystąpienia nowotworów (7).

Stres oksydacyjny może mieć negatywny wpływ na wskaźniki produkcyjne wysoko wydajnych loch (4), stąd zaopatrzenie loch w witaminę E i Se sprzyja lepszej ich plenności (8). Zastosowanie organicznych form selenu w żywieniu loch wpływa na zwiększenie liczby uzyskiwanych prosiąt i zmniejszenie liczby martwych prosiąt (17). Stwierdzono również wzrost koncentracji Se w sianie i mleku, co przekłada się na wyniki produkcyjne i zdrowotność potomstwa (12, 17, 23). Prosiąta są narażone na stres oksydacyjny głównie po urodzeniu (ze względu na niewystarczająco działający system antyoksydacyjny organizmu) oraz w okresie odłączenia (z uwagi na zmianę diety oraz pomieszczenia, gdzie zwierzęta narażone są na działanie „nowych” patogenów) (5). Prosiąta urodzone przez lochy, które w diecie otrzymywały Se w formie organicznej, wykazywały wyższy jego poziom we krwi (8, 12).

Ponieważ suplementacja selenem diety loch korzystnie wpływa na wzmocnienie odporności i zdrowotności odchowywanych przez nią prosiąt, przeprowadzono eksperyment, który miał określić stopień poprawy wskaźników gospodarczych oraz wskaźników stresu antyoksydacyjnego u loch oraz ich potomstwa. Dokonano zatem porównania chelatu aminokwasowego selenu (wyprodukowanego przez firmę Arkop) z drożdżami selenowymi oraz formami mineralnymi tego pierwiastka stosowanymi w mieszankach paszowych na tych samych poziomach.

Materiał i metody

Doświadczenie żywieniowe przeprowadzono w fermie przemysłowej (na lochach mieszańcach ras wbp × pbz krytych knurem rasy wbp). Lochy po pokryciu ważono i wstawiano po 10 sztuk do kójców grupowych. Grupy doświadczalne formowano przez 4 następujące po sobie tygodnie. Przez całą ciążę lochy otrzymywały 1 raz dziennie po 2,5 kg suchej sypkiej mieszanki (przeznaczanej dla loch prośnych typu LP), uniemożliwiając wzajemne objadanie się. Lochy miały nieograniczony dostęp do wody. Następnie (od 86. dnia ciąży) dzienne dawki paszy (przeznaczanej dla loch karmiących typu LK) do wyprosienia wynosiły 3,5 kg/szt. Dziesięć dni przed porodem lochy wstawiono do kójców porodowych. Podczas laktacji przez pierwszych 6 dni od porodu zwiększano dawkę mieszanki po 0,5 kg, rozpoczynając od dawki podstawowej (wynoszącej 3,5 kg). Od 7. dnia laktacji paszę podawano do woli w zależności od pobrania. Każda locha miała nieograniczony dostęp do wody. Urodzone żywo i martwo prosiąta rejestrowano zaraz po urodzeniu. W drugim dniu życia każdej sztuce podano żelazo w formie iniekcji domięśniowej. W kójcach porodowych zapewniono lochom pełny komfort temperaturowy. Dla loch wynosił on 19°C, dla prosiąt 30°C. Dokarmianie prosiąt ssących przy lochach karmiących rozpoczęto mieszanką typu prestarter od 10. dnia życia. Mieszkankę prestarter podawano do karmników miskowych. W celu niedopuszczenia do skażenia bakteryjnego paszy co 8 godzin usuwano zalegające niewyjady. W 19. dniu życia prosiątom podano drugą porcję żelaza w postaci iniekcji. W 28. dniu życia wszystkie prosiąta przeniesiono do warchlakarni. Żywienie mieszanką prestarter kontynuowano do 45. dnia, zgodnie z przyjętym układem doświadczenia. Od 46. do 75. dnia stosowano mieszanki starter. Zwierzęta pobierały mieszanki do woli z autokarmników. Jednocześnie warchlakom zapewniono stały dostęp do samoczynnych poidel z kontrolowanym przepływem wody, dostosowanym do ich potrzeb.

Lochy otrzymywały mieszanki zawierające różne źródła selenu do wyprosienia, a następnie w okresie karmienia prosiąt. Doświadczenie kontynuowano także w trakcie odchovu potomstwa (do 75. dnia życia prosiąt). Układ doświadczenia ilustruje tabela 1. Mieszanki doświadczalne dla loch prośnych (LP), karmiących (LK) oraz prosiąt (prestarter i starter) w obrębie poszczególnych grup żywieniowych charakteryzowały się identycznym składem podstawowym, różniły się jedynie rodzajem form selenu (grupa I otrzymywała mineralny dodatek Se w ilości 0,2 mg/kg; II – mieszaninę chelatu aminokwasowego Se oraz mineralny dodatek Se w ilości po 0,1 mg/kg; III – chelat aminokwasowy Se w ilości 0,2 mg/kg oraz grupa IV – drożdże selenowe w ilości 0,2 mg/kg (tab. 2 i 3).

Tab. 1. Układ doświadczenia

Lochy i prosiąta	Grupy doświadczalne			
	I kontrolna Mineralny dodatek Se – 0,2 mg/kg	II Aminokwasowy Se – 0,1 mg/kg, mineralny Se – 0,1 mg/kg	III Aminokwasowy Se – 0,2 mg/kg	IV Forma organiczna Se – 0,2 mg/kg
Liczba loch, szt.	10	10	10	10
Średnia liczba prosiąt, szt.	100	100	100	100

Tab. 2. Skład mieszanek dla loch prośnych (LP) i loch karmiących (LK) oraz ich wartość pokarmowa

Komponenty, %	Lochy prośne (LP)	Lochy karmiące (LK)
Śruta jęczmienna	35,877	30,077
Śruta żytnia	30,000	10,000
Śruta pszenna	–	10,000
Śruta kukurydziana	–	15,000
Otręby pszenne (> 9% włókna)	25,000	15,000
Poekstrakcyjna śruta sojowa (> 46% białka ogólnego)	–	8,000
Poekstrakcyjna śruta rzepakowa 00 (< 3% tłuszczu)	6,500	7,500
MPU LP 2,5%*	2,500	–
MPU LK 3,0%**	–	3,000
Krew suszona	–	1,000
Absorbent toksyn	0,100	–
Amino Care Swine***	0,003	0,003
Zakwaszacz płynny	–	0,300
Dodatek selenu, mg/t: Grupa I – selenin sodu 200; Grupa II – selenin sodu 100 + Amino Selstar 100; Grupa III – Amino Selstar 200; Grupa IV – Sel-Plex 200		
Wartość pokarmowa mieszanek treściwych dla loch:		
Energia metaboliczna, MJ	11,50	12,20
Białko ogólne, %	12,60	16,10
Tłuszcz surowy, %	2,29	3,07
Włókno surowe, %	5,88	5,32
Lizyna, %	0,632	0,956
Metionina, %	0,23	0,351
Treonina, %	0,44	0,614
Tryptofan, %	0,163	0,204
Wapń, %	0,798	0,879
Fosfor ogólny, %	0,556	0,573
Selen, mg	0,40	0,40

Objaśnienia: *Skład mieszanki mineralno-witaminowej (MPU Mineralna LP Extra 2,5%): Ca – 27,7%; P – 0,23%; Na – 6,70%; Liz – 5,10%; Met – 1,30%; Tre – 0,5%; J – 35 mg; wit. A – 525 000 j.m.; wit. D3 – 70 000 j.m.; wit. E – 3500 mg; wit. K – 175 mg; B1 – 70 mg; B2 – 245 mg; B6 – 140 mg; B12 – 1750 mcg; biotyna – 14 000 mcg; niacyna – 1050 mg; kwas foliowy – 200 mg; kwas pantotenowy – 4000 mg; cholina – 21 000 mg; betaina – 12 000 mg; przeciwutleniacz. **Skład mieszanki mineralno-witaminowej (MPU Mineralna LK Extra 3%): Ca – 25,0%; P – 2,10%; Na – 6,7%; Liz – 5,9%; Met – 2,5%; Tre – 0,50%; J – 30 mg; wit. A – 450 000 j.m.; wit. D3 – 60 000 j.m.; wit. E – 3000 mg; wit. K – 150 mg; B1 – 60 mg; B2 – 210 mg; B6 – 120 mg; B12 – 1500 mcg; biotyna – 12 000 mcg; niacyna – 900 mg; kwas foliowy – 120 mg; kwas pantotenowy – 450 mg; cholina 7500 mg; fitaza, substancje aromatyczne; przeciwutleniacz. ***Amino Care Swine Arkop (300 g/t): Mn – 6%; Zn – 15%; Cu – 3%

W trakcie doświadczenia kontrolowano masę ciała zwierząt oraz pobranie przez nich paszy. Lochy były ważone w momencie pokrycia, 90. dniu ciąży, przy wyproszeniu oraz w czasie odłączenia od prosiąt. Dodatkowo w poszczegól-

Tab. 3. Skład mieszanek dla prosiąt (prestater i starter) i ich wartość pokarmowa

Komponenty, %	Prestarter	Starter
ExtruMax Z	31,173	–
Extramax Premium	15,000	–
Śruta jęczmienna	10,000	43,523
Śruta pszenna	10,000	30,000
Śruta sojowa ekstrudowana	10,400	5,000
Preparat serwatkowo-tłuszczowy	10,000	–
Mączka rybna (65% białka ogólnego)	4,500	1,500
Poekstrakcyjna śruta sojowa (> 46% białka ogólnego)	4,500	12,000
Olej sojowy	–	2,000
Premiks dla prosiąt*	4,000	3,000
Absorbent toksyn	0,100	0,100
Amino Care Prosięta**	0,007	0,007
Max-Acid PW liquid	0,300	0,350
Dodatek selenu, mg/t: Grupa I – selenin sodu 200; Grupa II – selenin sodu 100 + Amino Selstar 100; Grupa III – Amino Selstar 200; Grupa IV – Sel-Plex 200		
Wartość pokarmowa mieszanek treściwych dla prosiąt:		
Energia metaboliczna, MJ	14,70	13,60
Białko ogólne, %	17,90	17,10
Tłuszcz surowy, %	8,05	4,88
Włókno surowe, %	2,71	3,59
Lizyna, %	1,40	1,19
Metionina, %	0,51	0,41
Treonina, %	0,85	0,74
Tryptofan, %	0,26	0,22
Wapń, %	0,80	0,62
Fosfor ogólny, %	0,68	0,53
Selen, mg	0,40	0,40

Objaśnienia: *Skład mieszanki mineralno-witaminowej: Ca – 16,80%; P – 4,20%; Na – 4,00%; Liz – 11,00%; Met – 4,00%; Tre – 4,50%; Try – 0,54%; J – 25 mg; wit. A – 500 025 j.m.; wit. D3 – 50 025 j.m.; wit. E – 3750 mg; wit. K – 125 mg; wit. C – 2500 mg; B1 – 88 mg; B2 – 175 mg; B6 – 125 mg; B12 – 1500 mcg; biotyna – 6250 mcg; niacyna – 750 mg; kwas foliowy – 75 mg; kwas pantotenowy – 375 mg; cholina – 1200 mg; przeciwutleniacz; enzymy fitaza i β -ksylanaza; mieszanina probiotyków. **Amino Care Swine Arkop (300 g/t): Mn – 1,6%; Zn – 6,3%; Cu – 7,9%; Fe – 6,3%

nych okresach rejestrowane było pobranie paszy. Potomstwo loch ważono po urodzeniu, w momencie odłączenia lochy (w 28. dniu ich życia), w 45. i 75. dniu życia. W poszczególnych okresach notowano również pobranie paszy. Skład chemiczny mieszanek paszowych oraz zawartość selenu określono zgodnie z metodami AOAC (1).

W trakcie doświadczenia od loch (trzykrotnie) oraz od prosiąt (dwukrotnie) pobrano krew z żyły szyjnej. W surowicy krwi określono poziom selenu, status oksydacyjny (TAS) oraz aktywność peroksydazy glutationowej (Gpx). Dodatkowo, u prosiąt wykonano proteinogram według standardowo przyjętych metod dla tego typu oznaczeń. Białko

całkowite w oparciu o metodę biuretową, albuminy oraz frakcje α -, β -, γ - globulinową metodą elektroforezy bibulowej. Dodatkowo oznaczono poziom haptoglobiny przy użyciu metody gwajakolowej (9). Od loch karmiących w 2. dniu laktacji pobrano także próbki siary, w której oznaczono poziom selenu i aktywność peroksydazy glutationowej.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy zastosowaniu programu Statistica 12 (20), wykorzystując test jednoczynnikowej analizy wariancji do określenia różnic statystycznych w obrębie badanego parametru zastosowano test rozstępu Duncana. Istotność różnic określano przy $p \leq 0,05$ i $0,01$.

Wyniki i omówienie

Wyniki produkcyjne loch. Selen odgrywa ważną rolę w procesach oksydacyjnych i jego wpływ na wyniki produkcyjne ujawnia się dopiero przy znacznym niedoborze. W większości prowadzonych badań (17) nie stwierdzano istotnych różnic w parametrach produkcyjnych loch w ciąży, stąd też badania te nie przedstawiają zmian masy ciała i pobrania paszy w okresie ciąży.

W tab. 4 zestawiono wyniki produkcyjne w odniesieniu do loch prośnych i karmiących. Masa ciała loch w dniu pokrycia była bardzo podobna, wahając się od 232,5 kg (grupa IV) do 248,13 kg (grupa II). Z grup I i II usunięto zwierzęta, które nie zaszły w ciążę (1 i 2 sztuki, odpowiednio). W grupach III i IV wszystkie zwierzęta zaszły w ciążę po pierwszym pokryciu. W trakcie ciąży i laktacji nie stwierdzono różnic międzygrupowych w zakresie przyrostów i spadków masy ciała zwierząt.

Średnie dzienne pobranie mieszanek typu LK, stosowanych w okresie laktacji, było bardzo dobre

i wynosiło około 7,70 kg w całej populacji objętej obserwacjami. Najwyższe dzienne pobranie paszy w trakcie laktacji zanotowano w grupie III, co było różnicą istotną w porównaniu do pozostałych grup ($p < 0,01$).

Selen poprzez korzystny wpływ na status antyoksydacyjny w organizmie loch odgrywa ważną rolę w przeżywalności zagnieżdżonych zarodków, a następnie płodów w macicy (17, 23). Średnia liczba prosiąt urodzonych (przydatnych do dalszego wychowu) we wszystkich grupach była zbliżona i wynosiła średnio 11,5 szt. od lochy. Zwraca uwagę wyższy poziom prosiąt martwo urodzonych oraz wybrakowanych (w grupach I i II, odpowiednio: 1,22 i 1,25 w przeliczeniu na lochę, natomiast w grupach III i IV wskaźnik ten wynosił 0,7 i 0,8). W dostępnych badaniach Chen i wsp. (4) stwierdzili niższą liczbę urodzonych martwo prosiąt niezależnie od formy selenu, podawanego z udziałem 90 IU witaminy E. Uzyskany w przeprowadzonym doświadczeniu wynik plenności loch w warunkach chowu towarowego należy uznać za zadowalający. Straty prosiąt w czasie odchowu przy matkach były bardzo niskie – nie przekroczyły nawet 3,5% (wynikały one z przygniecen prosiąt przez maciory).

Korzystne efekty z zastosowania organicznych form Se wyraźnie są widoczne już w okresie laktacji loch. Lochy, szczególnie z grupy III, pobierające w paszy 0,2 mg/kg selenu organicznego, zareagowały wyższym pobraniem mieszanki LK. Opierając się na różnicach strat masy ciała zwierząt w trakcie laktacji ta dodatkowa ilość paszy w całości została przetworzona na mleko. Z tego powodu w dniu odsadzenia potomstwo macior z tej grupy było znacznie cięższe niż pozostałe zwierzęta, także po odsadzeniu. W dniu zakończenia odchowu

warchlaki z tej grupy wykazywały od 1,20 kg do 1,50 kg wyższą masę ciała w porównaniu do pozostałych grup.

Wyniki produkcyjne prosiąt. W tab. 5 zestawiono wyniki produkcyjne prosiąt i warchlaków. Średnia masa ciała prosiąt w dniu odsadzenia wykazywała istotne zróżnicowanie międzygrupowe ($p < 0,05$). Prosięta z grupy III były najcięższe, co na pewno wiązało się z nieco lepszą mlecznością loch, pobierających w tej

Tab. 4. Wyniki produkcyjne loch

Oznaczone parametry	Grupy doświadczalne				Wartość p
	I kontrolna	II	III	IV	
Liczba loch, szt.	9	8	10	10	
Średnia masa ciała, kg					
– w dniu pokrycia	244,56 ± 33,69	248,13 ± 19,85	247,5 ± 28,60	232,5 ± 39,81	0,70
– w 90. dniu ciąży	303,56 ± 33,07	305,63 ± 21,01	305,0 ± 30,64	290 ± 42,43	0,71
– w dniu urodzenia prosiąt	272,44 ± 33,10	247,38 ± 21,53	276,5 ± 31,56	261 ± 41,22	0,75
– w dniu odsadzenia prosiąt	258,33 ± 32,83	261,25 ± 22,94	266,5 ± 31,36	248 ± 41,58	0,69
Pobranie paszy LK, szt./kg					
– dzienne od 2. do 28. dnia laktacji	7,56 ^A ± 0,35	7,57 ^A ± 0,42	8,13 ^B ± 0,47	7,55 ^A ± 0,27	0,00
Ogólna liczba prosiąt urodzonych, szt.:	112 ± 3,21	101 ± 1,99	125 ± 1,58	122 ± 2,06	0,98
Liczba prosiąt, szt.					
– żywo urodzonych	101 ± 1,03	91 ± 1,24	118 ± 1,03	114 ± 2,07	0,85
– niezdolnych do dalszego odchowu (braki i martwe sztuki)	11 ± 1,30	10 ± 1,28	7 ± 0,95	8 ± 1,03	0,57
– w 28. dniu życia	98 ± 0,74	89 ± 1,10	114 ± 0,9	111 ± 1,73	0,84
Straty, %	2,97	2,00	3,38	2,63	
Średnia masa ciała, kg/szt.					
– w dniu urodzenia prosiąt	1,65 ± 0,30	1,60 ± 0,22	1,55 ± 0,24	1,65 ± 0,26	0,81
– w dniu odsadzenia prosiąt	7,82 ^a ± 0,34	7,99 ± 0,09	8,22 ^b ± 0,09	7,94 ^a ± 0,11	0,03
Pobranie paszy prestarter, szt./kg					
– do 28. dnia życia	0,22 ^{Aa} ± 0,00	0,23 ^{Ab} ± 0,01	0,25 ^B ± 0,01	0,23 ^{Ab} ± 0,01	0,00

Objaśnienie: różnice w kolumnach pomiędzy grupami oznaczone A, B istotne przy $p \leq 0,01$; a, b przy $p \leq 0,05$

Tab. 5. Wyniki produkcyjne prosiąt i warchlaków

Oznaczone parametry	Grupy doświadczalne				Wartość p
	I kontrolna	II	III	IV	
Liczba warchlaków, szt.	98	89	114	111	
Średnia masa ciała, kg					
– w 28. dniu	7,82 ^a ± 0,34	7,99 ± 0,09	8,22 ^b ± 0,09	7,94 ^a ± 0,11	0,03
– w 45. dniu	13,40 ± 0,50	13,78 ± 0,25	14,05 ± 0,11	13,85 ± 0,43	0,07
– w 75. dniu	31,67 ^A ± 0,52	32,95 ^B ± 0,14	33,64 ^C ± 0,09	33,22 ^B ± 0,08	0,00
Przyrost dzienny, g					
– od 28. do 45. dnia	328 ± 25,18	340 ± 14,35	343 ± 10,87	347 ± 28,17	0,53
– od 45. do 75. dnia	609 ^A ± 25,32	639 ^B ± 12,05	653 ^B ± 3,85	646 ^B ± 14,32	0,00
Wykorzystanie paszy, kg/kg					
– od 28. do 45. dnia	1,72 ± 0,06	1,69 ± 0,08	1,64 ± 0,01	1,68 ± 0,05	0,20
– od 45. do 75. dnia	1,93 ^A ± 0,07	1,84 ^B ± 0,04	1,81 ^B ± 0,01	1,81 ^B ± 0,04	0,00

Objaśnienie: różnice w kolumnach pomiędzy grupami oznaczone A, B, C istotne przy $p \leq 0,01$; a, b przy $p \leq 0,05$

grupie blisko 0,5 kg dziennie więcej paszy niż w innych grupach. Ponadto, uzyskany wynik można również wiązać z lepszym statusem antyoksydacyjnym prosiąt otrzymujących organiczny selen w paszy (5, 8).

Po odsadzeniu do końca skarmiania mieszanki pre-starter najwyższe tempo wzrostu prosiąt odnotowano w grupie III, a najniższe w I (kontrolnej), gdzie prosięta także zużywały najwięcej paszy na kg przyrostu. W tym przypadku było to jedynie tendencją, gdyż występujące różnice nie zostały potwierdzone statystycznie. W drugim okresie odchowu po przejściu na mieszankę starter nadal najniższe tempo wzrostu, jak i najwyższe zużycie paszy na kg przyrostu odnotowano w grupie I (kontrolnej), a występujące różnice w porównaniu do pozostałych trzech grup okazały się istotne statystycznie ($p < 0,01$). Może to świadczyć, że dodatek Se w formie organicznej korzystnie wpłynął na uzyskane wyniki produkcyjne.

Wszystkie uzyskane wyniki produkcyjne loch prośnych, karmiących, prosiąt i warchlaków wskazują na bardzo wysokie standardy produkcyjne wszystkich zwierząt. Podłożem tego były precyzyjnie zaprojektowane i wykonane pasze, które zastosowano w trakcie doświadczenia. Można domniemywać, że duży udział w uzyskaniu bardzo dobrych standardów produkcyjnych przyniosło zastosowanie organicznych form związków Fe, Zn, Cu i Mn podawanych w formie premiksu.

Tab. 6. Zawartość selenu (Se) w surowicy i sianie loch ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) ($n = 7$)

Zwierzęta	Grupy doświadczalne				Wartość p
	I kontrolna	II	III	IV	
Surowica					
Lochy prośne (84. dzień ciąży)	125,40 ^A ± 6,94	153,00 ^B ± 19,47	224,40 ^C ± 11,67	158,11 ^B ± 17,05	0,00
Lochy karmiące (25. dzień laktacji)	184,12 ^{Aa} ± 20,96	241,80 ^B ± 23,74	364,09 ^C ± 13,41	209,10 ^{Ab} ± 12,89	0,00
Prosięta (28. dzień życia)	72,05 ^{Aa} ± 16,77	116,60 ^B ± 12,00	126,40 ^B ± 11,57	90,25 ^{Ab} ± 12,29	0,00
Warchlaki (45. dzień życia)	92,01 ^A ± 21,13	109,13 ^A ± 21,64	144,05 ^B ± 15,22	104,20 ^A ± 20,70	0,00
Siara					
Lochy karmiące (1. dzień laktacji)	97,09 ^A ± 20,119	152,10 ^B ± 21,63	230,71 ^C ± 21,51	148,12 ^B ± 26,76	0,00

Objaśnienie: jak w tab. 5

Wyniki oznaczeń w surowicy i sianie.

W tab. 6 zestawiono wyniki oznaczeń zawartości selenu w surowicy i sianie loch. W 84. dniu ciąży poziom selenu w surowicach wykazywał istotne różnicowanie międzygrupowe. Najwyższy poziom tego pierwiastka zanotowano w grupie III, co było różnicą istotną w porównaniu z pozostałymi grupami ($p < 0,01$). Niższą koncentrację analizowanego

składnika (o około 29% i 32%) stwierdzono w grupach IV i II w porównaniu do grupy III ($p < 0,01$). Jednocześnie wartości te były istotnie wyższe w odniesieniu do grupy I ($p < 0,01$).

W 25. dniu laktacji poziom selenu w surowicy loch wykazywał duże podobieństwo do poprzedniego okresu. Najwyższy poziom tego pierwiastka odnotowano w grupie III, co było różnicą istotną w porównaniu z pozostałymi grupami ($p < 0,01$). W grupach II i IV koncentracja tego składnika była także istotnie wyższa w odniesieniu do grupy I (przy $p < 0,01$ i $p < 0,05$, odpowiednio).

Podobny obraz zawartości selenu w surowicy zanotowano u prosiąt i warchlaków w 28. i 45. dniu życia. Najwyższą zawartością Se w surowicy charakteryzowała się grupa III, co było wartością istotną w porównaniu z pozostałymi grupami ($p < 0,01$). W grupach II i IV (w obydwóch okresach, tj. 28. i 45. dniu życia) koncentracje selenu w surowicach kształtowały się na porównywalnym poziomie. Do podobnych wniosków doszli w swoich badaniach Gelderman i Clapper (6), którzy porównując ze sobą koncentrację Se w surowicy krwi prosiąt, stwierdzili wyższą jej wartość w odniesieniu do potomstwa loch otrzymujących w diecie organiczną formę tego pierwiastka. Natomiast w badaniach Svobody i wsp. (21) stwierdzono istotnie wyższą koncentrację selenu w krwi prosiąt (w 3. i 14. dniu ich życia) pochodzących od loch otrzymujących w diecie selen organiczny w postaci drożdży. W badaniach tych zaobserwowano również istotnie wyższy poziom tego pierwiastka w wątrobie, sercu i mięśniach zwierząt pobierających w paszy formy organiczne selenu (21).

W przeprowadzonym doświadczeniu zawartość selenu w siarze wykazywała duże podobieństwo do koncentracji tego pierwiastka w surowicy krwi ($p < 0,01$). Najwyższą zawartość selenu stwierdzono w grupie III, co było różnicą bardzo istotną w porównaniu do pozostałych grup ($p < 0,01$). Jednocześnie w grupach II i IV koncentracja selenu była istotnie wyższa w odniesieniu do grupy I ($p < 0,01$).

Oceniając uzyskane wyniki można stwierdzić, że najlepsze wykorzystanie selenu odnotowano w grupie III, gdzie stosowano dodatek 0,2 mg/kg selenu w postaci aminokwasowej. W tej grupie zawartość selenu w surowicy i siarze we wszystkich przypadkach była najwyższa. W grupach II i IV odnotowano w zasadzie porównywalne wyniki. Uzyskane rezultaty wskazują, że dodatek 0,1 mg/kg selenu nieorganicznego podawanego łącznie z 0,1 mg/kg selenu aminokwasowego wywarł podobny wpływ na jego zawartość w surowicach i siarze, jak dodatek 0,2 mg/kg selenu organicznego w postaci drożdży wzbogaconych w selen. Zdecydowanie najslabiej przyswajany był selen mineralny dodawany w ilości 0,2 mg/kg. W badaniach Yoon i McMillan (23) nie wykazano zróżnicowania w zawartości Se w surowicach loch otrzymujących różne poziomy i formy badanego pierwiastka. Autorzy jedynie wskazywali na tendencję ($p = 0,06$) wyższych ilości selenu u loch otrzymujących 0,3 mg/kg organicznego selenu (w postaci drożdży wzbogaconych w selen). Podobnie najwyższe wartości Se w surowicy odnotowano w dniu urodzenia prosiąt pochodzących od loch otrzymujących w diecie suplement organicznego selenu w porównaniu do grupy kontrolnej (0 mg/kg). Natomiast nie stwierdzono zróżnicowania między grupami doświadczalnymi w dniu odsadzenia prosiąt ($p = 0,53$) (23). Badania innych autorów, Mahan i Peters (14), wskazują na wzrost zawartości Se w siarze i mleku wraz z uzupełnianiem dawki w Se. Cytowani badacze odnotowali znaczący wzrost Se, stosując formy organiczne tego pierwiastka (14).

W tab. 7 zestawiono wyniki proteinogramów surowic prosiąt w 28. i 45. dniu życia. W tym okresie zwierzęta były żywione mieszankami typu prestarter. Oznaczone wartości białka całkowitego i jego frakcji świadczą o dobrym statusie zdrowotnym tych zwierząt. Odnotowana w 28. dniu życia, w grupach III i IV,

Tab. 7. Proteinogram surowic prosiąt w 28. i 45. dniu życia ($g \cdot l^{-1}$) ($n = 10$)

Oznaczone parametry	Grupy doświadczalne				Wartość p
	I kontrolna	II	III	IV	
28. dzień życia					
Białko całkowite	45,23 ± 4,74	49,87 ± 2,23	53,04 ± 7,35	51,19 ± 4,03	
Albuminy	27,36 ^A ± 1,98	27,67 ^A ± 1,8	24,83 ^{AB} ± 2,34	22,49 ^B ± 3,62	0,00
α-globuliny	9,29 ^A ± 1,29	10,85 ^{AB} ± 2,58	12,16 ^B ± 1,34	9,08 ^A ± 1,66	0,01
β-globuliny	9,13 ± 1,05	9,56 ± 2,89	8,21 ± 0,98	7,87 ± 1,93	0,32
γ-globuliny	5,41 ± 0,73	4,96 ± 1,39	4,66 ± 0,98	5,79 ± 0,61	0,72
45. dzień życia					
Białko całkowite	42,69 ± 2,92	43,09 ± 3,28	48,73 ± 13,75	44,39 ± 2,06	
Albuminy	19,51 ± 2,23	21,32 ± 2,37	18,45 ± 3,11	20,45 ± 2,80	0,24
α-globuliny	11,37 ± 2,6	10,79 ± 1,21	12,25 ± 1,74	11,71 ± 1,95	0,56
β-globuliny	6,74 ± 0,81	6,31 ± 0,91	8,36 ± 3,56	7,41 ± 1,04	0,25
γ-globuliny	5,07 ± 0,69	4,67 ± 0,38	9,67 ± 11,67	4,81 ± 0,59	0,33

Objaśnienie: różnice w kolumnach pomiędzy grupami oznaczone A, B istotne przy $p \leq 0,01$

Tab. 8. Aktywność peroksydazy glutationowej (Gpx) w surowicy loch prośnych i karmiących oraz poziom IgG w siarze loch ($n = 7$)

Oznaczone parametry		Grupy doświadczalne				Wartość p
		I kontrolna	II	III	IV	
Lochy prośne						
Gpx	U · ml ⁻¹	1,931 ^a ± 1,051	2,991 ± 0,662	3,60 ^b ± 0,482	2,817 ± 1,024	0,04
Lochy karmiące						
Gpx	U · ml ⁻¹	1,69 ± 1,004	1,789 ± 0,396	2,091 ± 0,864	1,577 ± 0,538	0,73
IgG	g · l ⁻¹	114,17 ± 34,02	118,88 ± 33,52	124,41 ± 30,19	115,93 ± 39,47	0,93

Objaśnienia: różnice w kolumnach pomiędzy grupami oznaczone a, b istotne przy $p \leq 0,05$

wyższa koncentracja albumin świadczy o lepszym wykorzystaniu paszy w tych grupach. Wskazują na to również uzyskane wyniki produkcyjne (tab. 5). W 45. dniu życia warchlaki ze wszystkich grup wykazywały w surowicy podobne wskaźniki świadczące o dobrym statusie zdrowotnym zwierząt. W podobnych badaniach Gelderman i Clapper (6), porównując organiczną i nieorganiczną formę Se, stwierdzili wyższą koncentrację IgA, IgG i IgM w siarze i mleku loch otrzymujących w paszy nieorganiczną formę selenu.

W tab. 8 podano aktywność peroksydazy glutationowej (Gpx) w surowicy loch prośnych i karmiących. Podano także pod ocenę siary; w jej serwatce oznaczono poziom immunoglobulin IgG. Poziom Gpx oznaczony w surowicy loch prośnych z grupy III wykazywał istotne zróżnicowanie w porównaniu z grupą I ($p < 0,05$). Uzyskane wyniki wskazują, że poziom Gpx był związany z koncentracją selenu w surowicy krwi. Świadczy to również o zwiększonej produkcji selenocysteiny obecnej w Gpx. Zatem komórki zwierząt z tej grupy były lepiej chronione przed utlenianiem.

W surowicy loch karmiących poziom peroksydazy glutationowej nie wykazywał istotnego zróżnicowania, można mówić jednak o tendencjach. Najwyższy

Tab. 9. Poziom haptoglobiny (Hp), aktywność peroksydazy glutationowej (Gpx) oraz status oksydacyjny (Trolox) oznaczony w surowicy prosiąt w 28. i 45. dniu życia (n = 10)

Oznaczone parametry		Grupy doświadczalne				Wartość p
		I kontrolna	II	III	IV	
28. dzień życia						
Hp	g · l ⁻¹	1,28 ± 0,88	1,27 ± 0,93	0,92 ± 0,92	0,59 ± 0,82	0,41
Gpx	U · ml ⁻¹	2,946 ± 0,428	3,037 ± 1,015	3,766 ± 0,246	3,133 ± 0,862	0,14
Trolox	mM · ml ⁻¹	1,728 ± 1,36	1,839 ± 1,92	3,219 ± 1,96	1,998 ± 1,87	0,54
45. dzień życia						
Hp	g · l ⁻¹	1,77 ^b ± 0,5	1,29 ^b ± 0,65	0,57 ^{Aa} ± 0,49	0,86 ^A ± 0,47	0,00
Gpx	U · ml ⁻¹	3,203 ± 0,913	3,464 ± 0,36	3,96 ± 1,208	3,335 ± 0,64	0,64
Trolox	mM · ml ⁻¹	0,675 ± 0,64	0,852 ± 0,59	2,526 ± 1,84	1,32 ± 1,37	0,11

Objaśnienie: jak w tab. 4

poziom tego wskaźnika zanotowano (podobnie jak poprzednio) w grupie III, otrzymującej jako dodatek do paszy selen organiczny.

Ocena surowicy siar pod względem poziomu immunoglobulin Ig nie wykazywała istotnego zróżnicowania ($p > 0,05$). Odnotowano jedynie tendencję wyższych poziomów ocenianych składników w grupie III. Można stwierdzić zatem, że wyższy poziom selenu oznaczonego w surowicy i siarze loch z grupy III miał związek z ocenianymi wskaźnikami.

W tab. 9 zestawiono wyniki oceny surowicy prosiąt i warchlaków (w 28. i 45. dniu życia) pod względem aktywności peroksydazy glutationowej (Gpx) oraz statusu oksydacyjnego (Trolox), także poziomu haptoglobiny (Hp) charakteryzującej stany zapalne. Poziom haptoglobiny (Hp) w 28. i 45. dniu życia w grupach I i II kształtował się na wyższym poziomie niż w grupach III i IV. Istotne różnice zanotowano tylko w drugim okresie ($p < 0,01$). Uzyskane wyniki wskazują, że dodatek 0,2 mg/kg selenu organicznego chronił zwierzęta przed negatywnym wpływem czynników zewnętrznych, manifestując się ograniczeniem stanów zapalnych u prosiąt.

Poziom Gpx (w 28. i 45. dniu życia prosiąt) kształtował się na podobnym poziomie, nie wykazując istotnego zróżnicowania międzygrupowego. Najwyższy status oksydacyjny wykazywały prosięta z grupy III, co można wiązać z najwyższą koncentracją selenu w surowicy krwi. Podobną tendencję w swoich badaniach stwierdzili Svoboda i wsp. (21), gdzie poziom Gpx w pełnej krwi prosiąt był wyższy w odniesieniu do potomstwa loch otrzymujących w paszy organiczny Se, jednak różnica w poziomie peroksydazy we krwi prosiąt, których matki otrzymywały w diecie selen w formie nieorganicznej, nie była istotna statystycznie ($p > 0,05$). W badaniach Yoon i McMillan (23) nie stwierdzono wpływu czynnika doświadczalnego na poziom immunoglobulin typu G oraz zawartość Gpx u prosiąt. Autorzy wskazywali jednak na wyższą zawartość Gpx w dniu urodzenia prosiąt, które były potomstwem loch otrzymujących organiczną formę Se (drożdże selenowe) w mieszankach (23). Wyniki

uzyskane przez Mahan (12) wskazują natomiast, że aktywność Gpx wzrasta wraz z wiekiem, ale nie zależy od formy stosowanego w paszy dodatku Se. Jednocześnie obserwowano wzrost koncentracji Se w surowicy spowodowany uzupełnianiem diety zwierząt w ten pierwiastek (12). Mahan i Kim (13) wykazali, że aktywność Gpx u odsadzonych prosiąt była podobna niezależnie od poziomu i formy Se w diecie, jednakże suplementacja paszy w Se (organiczny lub nieorganiczny) przyczyniła się do wzrostu Se

w surowicy krwi.

Zastosowanie organicznych form selenu w porównaniu z selenem nieorganicznym (mineralnym) przyniosło szereg korzyści związanych z osiąganymi wynikami produkcyjnymi i statusem zdrowotnym zwierząt. Prosięta z grup, których matki podczas ciąży były żywione paszą z udziałem selenu organicznego, rodziły się w mniejszej liczbie martwe i mniej ich brakowano jako nienadające się do dalszego odchowu. Lochy karmiące otrzymujące w paszy 0,2 mg/kg selenu organicznego (chelat aminokwasowy Se) lepiej o ok. 0,5 kg dziennie pobierały mieszankę niż zwierzęta z innych grup. Z tego powodu wykazywały wyższą mleczność, czego efektem były wyższe o ok. 0,2 kg masy ciała ich potomstwa w 28. dniu życia. Pobranie mieszanki prestarter przez prosięta z tej grupy (do odsadzenia) wynosiło 0,25 kg/sztukę i było wyższe niż w pozostałych grupach, co również oprócz mleczności miało istotny wpływ na ich masy ciała przy odsadzeniu.

W 75. dniu życia, kiedy warchlaki przekwalifikowano na tucz, zwierzęta ze wszystkich grup wykazywały jak na ten wiek wysokie masy ciała niezależnie od poziomu i rodzaju selenu. Najwyższą masę ciała uzyskały warchlaki otrzymujące w paszy selen organiczny. Były one od 1,28 do 1,97 kg cięższe niż zwierzęta otrzymujące w paszy mineralną postać selenu. Najlepsze rezultaty osiągnęła grupa III. Uzyskane wyniki znajdują odzwierciedlenie w oznaczonych składnikach surowicy krwi i surowicy siar. Postać aminokwasowa selenu była lepiej przyswajalna w porównaniu z selenem mineralnym i selenem organicznym (w postaci drożdży selenowych). Z tego powodu zwierzęta wykazywały wyższy status zdrowotny (odnotowany w postaci mniejszej liczby stanów zapalnych). Także lepiej wykorzystywały składniki paszy, co przekładało się na ich wyższe tempo wzrostu w porównaniu z innymi grupami.

Poziom dodatku selenu aminokwasowego już na poziomie 0,1 mg/kg paszy wywarł korzystne efekty produkcyjne, jednak rekomendowanym poziomem w paszy powinna być koncentracja selenu aminokwasowego wynosząca 0,2 mg/kg mieszanki.

Piśmiennictwo

1. AOAC: Official Methods of Analysis. Inter. 19th ed. AOAC Inter., Gaithersburg, MD, USA 2012.
2. Bobček B., Lahučky R., Mrázová J., Bobček R., Novotná K., Vašíček D.: Effects of dietary organic selenium supplementation on selenium content, antioxidative status of muscles and meat quality of pigs. Czech J. Anim. Sci. 2004, 49, 411-417.
3. Calvo L., Toldrá F., Rodríguez A. I., López-Bote C., Rey A. I.: Effect of dietary selenium source (organic vs. mineral) and muscle pH on meat quality characteristics of pigs. Food Sci. Nutr. 2017, 5, 94-102.
4. Chen J., Han J. H., Guan W. T., Chen F., Wang C. X., Zhang Y. Z., Lv Y. T., Lin G.: Selenium and vitamin E in sow diets: I. Effect on antioxidant status and reproductive performance in multiparous sows. Anim. Feed Sci. Tech. 2016a, 221, 111-123.
5. Chen J., Han J. H., Guan W. T., Chen F., Wang C. X., Zhang Y. Z., Lv Y. T., Lin G.: Selenium and vitamin E in sow diets: I. Effect on selenium status and antioxidant status of the progeny. Anim. Feed Sci. Tech. 2016b, 221, 101-110.
6. Gelderman A., Clapper J.: Effects of inorganic or organic selenium on immunoglobulins in swine. J. Anim. Sci. Biotech. 2013, 4, 47-56.
7. Gromadzińska J., Reszka E., Bruzelius K., Wasowicz W., Åkesson B.: Selenium and cancer: biomarkers of selenium status and molecular action of selenium supplements. Eur. J. Nutr. 2008, 47, 29-50.
8. Håkansson J., Hakkarainen J., Lundeheim N.: Variation in vitamin E, glutathione peroxidase and retinol concentrations in blood plasma of primiparous sows and their piglets, and in vitamin E, selenium and retinol contents in sows' milk. Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci. 2001, 51, 224-234.
9. Jones G. E., Mould D. L.: Adaptation of the guaiacol (peroxidase) test for haptoglobins to a microtitration plate system. Rev. Vet. Sci. 1984, 37, 87-92.
10. Kim Y. Y., Mahan D. C.: Comparative effects of high dietary levels of organic and inorganic selenium on selenium toxicity of growing – finishing pigs. J. Anim. Sci. 2001, 79, 942-948.
11. Li J.-G., Zhou J.-C., Zhao H., Lei X.-G., Xia X.-G., Gao G., Wang K.-N.: Enhanced water-holding capacity of meat was associated with increased Sepw1 gene expression in pigs fed selenium-enriched yeasts. Meat Sci. 2011, 87, 95-100.
12. Mahan D. C.: Effect of organic and inorganic selenium sources and levels on sow colostrum and milk selenium content. J. Anim. Sci. 2000, 78, 100-105.
13. Mahan D. C., Kim Y. Y.: Effect of organic and inorganic selenium of two dietary levels on reproductive performance and tissue selenium concentration in first parity gilts and their progeny. J. Anim. Sci. 1996, 74, 2711-2718.
14. Mahan D. C., Peters J. C.: Long-term effects of dietary organic and inorganic selenium sources and levels on reproducing sows and their progeny. J. Anim. Sci. 2004, 82, 1343-1358.
15. Mateo R. D., Spallholz J. E., Elder R., Yoon I., Kim S. W.: Efficacy of dietary selenium sources on growth and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed diets containing high endogenous selenium. J. Anim. Sci. 2007, 85, 1177-1183.
16. Morrissey P. A., Sheehy P. J. A., Galvin K., Kerry J. P., Buckley D. J.: Lipid stability in meat and meat products. Meat Sci. 1998, 49, 73-86.
17. Quesnel H., Renaudin A., Le Floch N., Jondreville C., Péro M. C., Taylor-Pickard J. A., Le Dividich J.: Effect of organic and inorganic selenium sources in sow diets on colostrum production and piglet response to a poor sanitary environment after weaning. Animal 2008, 2, 859-866.
18. Schwarz C., Ebner K. M., Furtner F., Duller S., Wetscherek W., Wernert W., Kandler W., Schedle K.: Influence of high inorganic selenium and manganese diets for fattening pigs on oxidative stability and pork quality parameters. Animal 2017, 11, 345-353.
19. Spallholz J. E.: On the nature of selenium toxicity and carcinostatic activity. Free Radic. Biol. Med. 1994, 17, 45-64.
20. Statsoft Inc. (data analysis software system), 2014, ver. 12.
21. Svoboda M., Ficek R., Drábek J.: Efficiency of organic selenium from Se-enriched yeasts on selenium transfer from sows to piglets. Acta Vet. Brno 2008, 77, 515-521.
22. Wuryastuti H., Stowe H. D., Bull R. W., Miller E. R.: Effects of vitamin E and selenium on immune responses of peripheral blood, colostrum and milk leukocytes of sows. J. Anim. Sci. 1993, 2464-2472.
23. Yoon I., McMillan E.: Comparative effects of organic and inorganic selenium on selenium transfer from sows to nursing pigs. J. Anim. Sci. 2006, 84, 1729-1733.
24. Zhan X.-A., Wang M., Zhao R.-Q., Li W.-F., Xu Z.-R.: Effects of different selenium source on selenium distribution, loin quality and antioxidant status in finishing pigs. Anim. Feed Sci. Tech. 2007, 132, 202-211.

Adres autora: dr inż. Anna Szuba-Trznadel, ul. J. Chelmońskiego 38C, 51-630 Wrocław; e-mail: anna.szuba-trznadel@upwr.edu.pl