

# NAUKI INŻYNIERSKIE I TECHNOLOGIE ENGINEERING SCIENCES AND TECHNOLOGIES

2(17)•2015



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu  
Wrocław 2015

Redakcja wydawnicza: Anna Grzybowska  
Redakcja techniczna: Barbara Łopusiewicz  
Korekta: Justyna Mroczkowska  
Łamanie: Beata Mazur  
Projekt okładki: Beata Dębska

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania  
znajdują się na stronie internetowej Wydawnictwa  
[www.nit.ue.wroc.pl](http://www.nit.ue.wroc.pl)  
[www.wydawnictwo.ue.wroc.pl](http://www.wydawnictwo.ue.wroc.pl)

Publikacja udostępniona na licencji Creative Commons  
Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 3.0 Polska  
(CC BY-NC-ND 3.0 PL)



© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu  
Wrocław 2015

**ISSN 2080-5985**  
**e-ISSN 2449-9773**

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Zamówienia na opublikowane prace należy składać na adres:  
Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu  
ul. Komandorska 118/120  
53-345 Wrocław  
tel./fax 71 36 80 602; e-mail: [econbook@ue.wroc.pl](mailto:econbook@ue.wroc.pl)  
[www.ksiegarnia.ue.wroc.pl](http://www.ksiegarnia.ue.wroc.pl)

Druk i oprawa: TOTEM

## Spis treści

<b>Wstęp</b> .....	7
<b>Diana Małgorzata Bobrowska, Patrycja Olszyńska, Monika Imierska, Justyna Czyrko:</b> Nanocebulki węglowe oraz ich potencjalne zastosowanie w biomedycynie.....	9
<b>Małgorzata Korzeniowska, Anna Pudło, Wiesław Kopec:</b> Aktywność przeciwutleniająca tkanek podrobów kurcząt żywionych paszą wzbogaconą w selen i metioninę.....	22
<b>Agnieszka Orkusz, Monika Babiarez:</b> Ocena wybranych zwyczajów żywieniowych młodzieży licealnej.....	31
<b>Agnieszka Orkusz:</b> Pakowanie mięsa drobiowego w modyfikowanej atmosferze.....	41
<b>Renata Prusinowska, Krzysztof Śmigielski:</b> Losses of essential oils and antioxidants during the drying of herbs and spices. A review.....	51
<b>Magdalena Szaniawska, Anna Taraba, Katarzyna Szymczyk:</b> Budowa, właściwości i zastosowanie antocyjanów.....	63
<b>Marta Wesółowska-Trojanowska, Zdzisław Targoński:</b> Hemicelulazy – właściwości, otrzymywanie i zastosowanie.....	79

## Summaries

<b>Diana Małgorzata Bobrowska, Patrycja Olszyńska, Monika Imierska, Justyna Czyrko:</b> Carbon nano-onions and their biomedical applications.....	9
<b>Małgorzata Korzeniowska, Anna Pudło, Wiesław Kopec:</b> Antioxidative activity of the offal tissues of chicken fed with selenium and methionine enriched diet.....	22
<b>Agnieszka Orkusz, Monika Babiarez:</b> Assessment of selected dietary habits of secondary school students.....	31
<b>Agnieszka Orkusz:</b> Modified atmosphere packaging of poultry meat.....	41
<b>Renata Prusinowska, Krzysztof Śmigielski:</b> Straty olejków eterycznych oraz związków o właściwościach przeciwutleniających podczas suszenia ziół i przypraw. Przegląd.....	51
<b>Magdalena Szaniawska, Anna Taraba, Katarzyna Szymczyk:</b> Structure, properties and application of anthocyanins.....	63
<b>Marta Wesółowska-Trojanowska, Zdzisław Targoński:</b> Hemicellulases – properties, application and production.....	79

**Małgorzata Korzeniowska, Anna Pudło, Wiesław Kopeć**

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
e-mail: malgorzata.korzeniowska@up.wroc.pl

---

## **AKTYWNOŚĆ PRZECIWUTLENIAJĄCA TKANEK PODROBÓW KURCZĄT ŻYWIANYCH PASZĄ WZBOGACONĄ W SELEN I METIONINĘ<sup>1</sup>**

---

### **ANTIOXIDATIVE ACTIVITY OF THE OFFAL TISSUES OF CHICKEN FED WITH SELENIUM AND METHIONINE ENRICHED DIET**

---

DOI: 10.15611/nit.2015.2.02

**Streszczenie:** Podroby drobiowe są cennym i łatwo dostępnym źródłem składników odżywczych, jakkolwiek ich skład chemiczny przyczynia się do intensywnego zachodzenia procesów oksydacji pogorszających jakość produktów. Celem pracy była analiza właściwości przeciwutleniających tkanek podrobów kurcząt brojlerów żywionych paszą wzbogaconą w selen i metioninę. Aktywność przeciwutleniającą analizowano metodami DPPH, ABTS, FRAP i TBARS. Wykazano, że tkanki podrobów kurcząt żywionych paszą standardową miały wysoką zdolność do zmiatania wolnych rodników i redukcji żelaza III. Wprowadzenie do paszy selenu przyczyniło się do poprawy zdolności zmiatania wolnych rodników (ABTS, DPPH) przez tkanki żołądka i wątroby oraz redukcji żelaza III (FRAP) tkanek serca i wątroby, co spowodowało wymierne podwyższenie ich stabilności oksydacyjnej. Dodatek metioniny przekraczający 8,2 g/kg paszy prowadził do podwyższenia FRAP tkanki serca oraz wątroby, co jednak nie przyczyniło się do zwiększenia stabilności oksydacyjnej.

**Słowa kluczowe:** tkanki serca, żołądka i wątroby, kurczęta, pojemność antyoksydacyjna, selen, metionina.

**Summary:** The aim of the study was to evaluate the antioxidant properties of selected offals from broiler chickens fed diet supplemented with selenium and methionine. The antioxidant activity was analyzed by DPPH, ABTS, FRAP and TBARS. The offals from chickens fed a standard diet had a high ability to scavenge free radicals and reduce iron III. The incorporation of selenium to chicken diet improved the ability to scavenge free radicals (ABTS, DPPH) by stomach and liver tissues, as well as the ability to reduce iron (FRAP) by heart and liver tissues, which also improved their oxidative stability. The addition of more than 8.2 g/kg feed methionine led to an increase of heart and liver tissue FRAP, which did not contribute to the oxidation stability.

**Keywords:** tissue of chicken gizzard, heart and liver, antioxidative capacity, selenium, methionine.

---

<sup>1</sup> Praca wykonana w ramach projektu nr N N312 253938 pt.: Kształtowanie jakości i walorów prozdrowotnych mięsa kurcząt w wyniku zwiększenia potencjału antyoksydacyjnego. Finansowanego ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Narodowe Centrum Nauki.

## 1. Wstęp

Podroby, tj. serca, wątroby i żołądki, także drobiowe, są dobrym i łatwo dostępnym źródłem składników odżywczych, w tym o wysokiej wartości biologicznej, tj. witamin, peptydów, polienowych kwasów tłuszczowych czy związków o charakterze przeciwutleniającym, kształtujących potencjał antyoksydacyjny, tj. tokoferolu, ubichinonu czy glutationu. Podroby charakteryzujące się wysoką zawartością składników lipidowych, szczególnie wątroba i serce, są szczególnie narażone na niekorzystne procesy utleniania, dlatego też powinny być w bardzo krótkim czasie po pozyskaniu poddane obróbce termicznej lub przetworzeniu. Zagadnienia związane ze stabilnością oksydacyjną podrobów, czyli równowagą pomiędzy składnikami pro- i antyoksydacyjnymi, są zdecydowanie mniej rozpoznane niż mięsa i innych produktów żywnościowych. Stabilność oksydacyjna podrobów jest jednym z głównych parametrów kształtujących jakość produktów mięsnych, do których wytwarzania zostały użyte [McMillin 1996]. Zainteresowanie procesami oksydacji wywołanymi przez rodniki oraz zredukowane formy tlenu wynika ze skutków ich działania na układy biologiczne, spośród których najbardziej istotny jest wpływ na kwasy nukleinowe prowadzący do powstania mutacji uszkodzeń komórek wywołujących m.in. choroby nowotworowe [Rice-Evans 1994]. Inne skutki oksydacji, takie jak: zaburzenia działania enzymów zależnych od grup SH, powstawanie wiązań kowalencyjnych i niszczenie membran komórek, mają zasadnicze znaczenie m.in. dla kształtowania właściwości produktów żywnościowych. Procesy utleniania produktów żywnościowych zachodzą na drodze autooksydacji, fotooksydacji, działalności drobnoustrojów i enzymów. Najgroźniejsze są procesy wywoływane przez reaktywne formy tlenu, do których zalicza się m.in. tlen singletowy ( $^1O_2$ ), nadtlenek wodoru ( $H_2O_2$ ), nadtlenuki lipidów (LOOH). Najlepiej rozpoznany procesem jest oksydacja lipidów prowadząca m.in. do wytworzenia produktów toksycznych, co przyczynia się do utraty wartości biologicznej i odżywczej tłuszczów. Oksydatywne jęczenie tłuszczów pogarsza nie tylko cechy sensoryczne, lecz także wartość żywieniową, która jest tym mniejsza, im głębsze nastąpiły zmiany [Lee, Ahn 2003; Grigioni i in. 2000]. W żywych komórkach procesy oksydacji pozostają w stanie równowagi z procesami naprawczymi, a mechanizm obrony opiera się głównie na układzie enzymatycznym (tj. dysmutaza ponadtlenkowa, katalaza i peroksydaza glutationu) [Terevinto i in. 2010; Pradham i in. 2000] i chemicznym (m.in. tokoferole, karotenoidy, ubichinon, dipeptydy histydynowe, tj. karnozyna i anseryna, glutation, tauryna, karnityna czy kwas L askorbinowy) [Decker, Mei 1996; Mattila, Kumpulainen 2001]. Poziom składników przeciwutleniających w tkankach zwierzęcych jest zależny w największym stopniu od sposobu żywienia. Znanych jest wiele prac dotyczących zastosowania przeciwutleniaczy, głównie  $\alpha$ -tokoferolu, askorbinianu czy naturalnych produktów roślinnych, zarówno w ochronie składników pasz, jak i tkanek zwierzęcych *post mortem* [Young i in. 2003; Kim i in. 2013; Naji i in. 2013]. Pozytywne efekty w przedłużaniu stabilności oksydacyjnej mięsa uzyskiwano ponadto

przy suplementacji pasz drobiu selenem [Wang, Xu 2008; Wang i in. 2011; Chen i in. 2013], który podawany jest w dwóch formach, nieorganicznej oraz organicznej, najczęściej razem z metioniną lub cysteiną. Selen w formie nieorganicznej jest tylko w niewielkim stopniu wykorzystywany do syntezy selenoprotein, natomiast jego znaczna część jest wydalana z moczem. Forma organiczna, głównie selenometionina (Se-Met), zostaje absorbowana jako aminokwas, podobnie jak metionina (na takiej samej drodze metabolicznej), i wykorzystywana do syntezy selenoprotein, ulegając włączeniu w nowo syntetyzowane białka mięśni i jaj. Selen wykazuje właściwości przeciwutleniające, pobudza układ immunologiczny do wzrostu produkcji przeciwciał i powoduje zwiększoną aktywność komórek immunologicznych. Synergiczne działanie selenu z witaminą E przyczynia się do opóźniania procesów starzenia oraz przyspieszenia regeneracji komórek. Najnowsze doniesienia literaturowe dotyczą m.in. powiązania wzbogacania paszy zwierząt w związki selenu ze stanem fizjologicznym oraz odpowiedzią immunologiczną organizmu, co jest zupełnie nowym podejściem do tematyki zdrowotności, stabilności oraz cech prozdrowotnych surowców zwierzęcych [Gowdy 2004; Saki i in. 2009], które kształtują jakość końcową produktów. Prace dotyczące potencjału antyoksydacyjnego surowców zwierzęcych są w zasadzie pracami poznawczymi i dotyczą głównie oceny zdolności do zmiatania wolnych rodników (ABTS, DPPH) przez ekstrakty mięśniowe [Sacchetti i in. 2008; Mielnik i in. 2006; Jang i in. 2008]. Wpływ pozostałych czynników na status antyoksydacyjny mięśni opiera się głównie na analizie dynamiki tworzenia się związków redukujących kwas tiobarbiturowy – TBARS [Castellini i in. 2002; Intarapichet, Maikhunthod 2005]. Brakuje natomiast prac wskazujących potencjał antyoksydacyjny podrobów, zwłaszcza w powiązaniu z zastosowanymi modyfikacjami żywieniowymi. Aktywność antyoksydacyjna żywności może być użytecznym narzędziem w przewidywaniu stabilności oksydacyjnej [Jang i in. 2008; Del Carlo i in. 2004], jak również przy ocenie jej potencjalnego wpływu na zdrowie ludzi [Serafini, Del Rio 2004].

Celem badań była analiza właściwości przeciwutleniających tkanek podrobów kurcząt brojlerów żywionych paszą wzbogaconą w selen i metioninę.

## **2. Materiał i metodyka badań**

### **2.1. Materiał badawczy**

Materiał badawczy stanowiły jednodniowe pisklęta kurcząt linii Flex (176 sztuk, Hubbard Polska, Pawłów Trzebnicki). Hybrydy odchowywano grupowo do 14 dnia życia na terenie Stacji Badawczej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu i żywiono je mieszanką typu starter (tab. 1). W 14 dniu życia ptaki przydzielono do 11 grup doświadczalnych po 16 sztuk w powtórzeniu. Kurczęta utrzymywano w kojcach na ściółce i żywiono do woli sypkimi mieszankami treściwymi, w skład których wchodziły syntetyczna DL-metionina (Met) w ilości 0,38, 0,53, 0,68

i 0,84%, co odpowiada ilości 6,7; 8,2; 9,7 i 11,2 g/kg paszy; drożdże selenowe *Yarrowia lipolytica* szczep *Y. lipolytica* A-6 wytworzone w Katedrze Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (Seo) w ilości 0,037, 0,075 i 0,113%, co odpowiada 0,26; 0,38 oraz 0,5 mg selenu/kg oraz selenin sodu (Sen) w ilości 0,0012, 0,0024 i 0,0036%, co odpowiada 0,26; 0,38 oraz 0,5 mg selenu/kg (tab. 1). Zawartość białka wynosiła ok. 22% w mieszance starter i ok. 20% w mieszankach grower. Poziomy dodatków dobrano na podstawie danych literaturowych, kierując się zasadami dobrej praktyki produkcyjnej oraz wymaganiami prawnymi dotyczącymi dobrostanu zwierząt. Kurczęta chowano na ściółce przez 42 dni, po czym ptaki ubijano i pozyskiwano tkanki podrobów w celu określenia ich zdolności przeciwutleniającej. Bezpośrednio po pozyskaniu i zważeniu podroby, tj. wątroby, żołądki i serca, umieszczano w woreczkach z folii polietylenowej i schładzano w wodzie z lodem, po czym zamrażano do temperatury  $-18^{\circ}\text{C}$ .

**Tabela 1.** Skład mieszanek pasz treściwych dla drobiu**Table 1.** Broiler's feed composition

Składnik paszy	Starter	Grower										
		Kontrola	Met (g)				Seo (mg)			Sen (mg)		
			6,7	8,2	9,7	11,2	0,26	0,38	0,50	0,26	0,38	0,50
Śruta kukurydziana (kg)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Śruta pszenna (kg)	39,7	43,4	43,1	42,8	42,5	42,1	43,2	43,2	43,1	43,3	43,3	43,3
Olej sojowy (kg)	3,3	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Śruta sojowa 3,5-7,0% w s.m. (kg)	32,4	27,3	27,3	27,4	27,5	27,6	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3
Drożdże selenowe (kg)							0,037	0,075	0,113			
Selenin sodu (kg)										0,0012	0,0024	0,0036
Kreda pastewna (kg)	0,37	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Premix (dka-s/g)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
DL-metionina 98% (kg)	0,232	0,228	0,381	0,534	0,687	0,840	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228
EM (MJ)*	12,5	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Białko surowe (g)	227	205	199	200	196	199	202	206	200	206	203	197
Włókno surowe (g)	28,7	27,8	27,8	27,7	27,6	27,6	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8
Tłuszcz surowy (g)	52,1	66,7	66,8	69,9	70,4	71,7	67,9	67,1	68,7	68,7	68,1	68,8
Lizyna (g)	12,6	11,4	11,6	11,5	11,7	11,7	11,4	11,5	11,8	11,7	11,5	11,4
Metionina (g)	5,42	5,17	6,73	8,18	9,87	11,1	5,29	5,30	5,26	5,14	5,25	5,14
Ca (g)	9,30	9,19	9,31	9,11	9,31	9,24	9,04	9,32	9,33	9,26	9,14	9,28
P przyswajalny (g)	4,80	4,64	4,68	4,69	4,66	4,78	4,74	4,65	4,63	4,73	4,63	4,64
Na (g)	1,72	1,68	1,70	1,73	1,67	1,67	1,67	1,72	1,69	1,71	1,73	1,70
Se (mg)	0,154	0,143	0,139	0,141	0,140	0,144	0,257	0,370	0,503	0,265	0,387	0,497

Źródło: na podstawie analiz chemicznych paszy wykonanej w Katedrze Żywnienia Zwierząt i Paszoznawstwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Source: results of the chemical analyses of feed carried out at the Department of Animal Nutrition and Feed Management, The Wrocław University of Environmental and Life Sciences/

## 2.2. Metody badań

Aktywność przeciwutleniającą tkanek podrobów określano na podstawie ich zdolności do zmiatania wolnych syntetycznych rodników ABTS [Re i in. 1999] i DPPH [Yen, Chen 1995]. Wyniki przeliczano na podstawie krzywych wzorcowych wyznaczonych dla różnych stężeń Troloxu i podawano jako ilość mM Troloxu na 1 g próbki. Pojemność antyoksydacyjną analizowano także metodą FRAP [Benzie, Strain 1996] określającą zdolność próbki do redukcji żelaza III do żelaza II. Wyniki przeliczono na podstawie wykonanej krzywej wzorcowej i podano jako ilość mM Troloxu na 1 g próbki. Ponadto w pozyskanych tkankach podrobów kurcząt oznaczono stopień zaawansowania zmian oksydacyjnych w lipidach na podstawie zawartości aldehydu dimalonowego zdolnego do redukcji kwasu tiobarbiturowego [Mei i in. 1994]. Wyniki wyrażono jako stężenie aldehydu dimalonowego (MDA)/g próbki na podstawie krzywej wzorcowej.

Uzyskane wyniki poddawano analizie statystycznej w programie Statistica version 10 (StatSoft Poland). Wykonywano obliczenia metodą wariancji jedno- i wieloczynnikowej ANOVA testem Duncana przy poziomie istotności  $p \leq 0,05$ .

## 3. Omówienie wyników z dyskusją

W literaturze przedmiotu znanych jest wiele metod analizy aktywności przeciwutleniającej, przy czym większość z nich ma zastosowanie głównie do tkanek roślinnych. W prezentowanej pracy zastosowano metody oparte na zdolności tkanek do gaszenia wolnych rodników (DPPH, ABTS) oraz redukcji żelaza III (FRAP), które dają miarodajne wyniki również dla surowców zwierzęcych [Alam i in. 2013].

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że tkanki serca kurcząt żywionych paszą standardową charakteryzowały się stosunkowo wysoką, w porównaniu z tkanką mięśniową [Sacchetti i in. 2008], aktywnością przeciwutleniającą analizowaną metodami określającymi zdolność tkanki do zmiatania wolnych syntetycznych rodników DPPH oraz ABTS (tab. 2).

Suplementacja diety kurcząt związkami selenu, szczególnie w ilości 0,5 mg/kg bez względu na formę pierwiastka, prowadziła do istotnego ( $p \leq 0,05$ ) zwiększenia zdolności tkanki serca do zmiatania wolnego rodnika ABTS; z 16,5  $\mu\text{M}$  Troloxu/g dla grupy kontrolnej do 17,9  $\mu\text{M}$  Troloxu/g serca kurcząt żywionych paszą zawierającą selen w formie organicznej oraz do 18,5  $\mu\text{M}$  Troloxu/g dla nieorganicznej formy selenu. Wprowadzenie do diety kurcząt selenu, jak również metioniny, zwiększało istotnie ( $p \leq 0,05$ ) zdolność tkanki serca do redukcji jonów żelaza oznaczoną metodą FRAP (tab. 2).

Tkanki żołądka kurcząt grupy kontrolnej wykazywały wysoką, porównywalną do serca, zdolność do zmiatania wolnych rodników DPPH (21,8  $\mu\text{M}$  Troloxu/g) oraz ABTS (17,6  $\mu\text{M}$  Troloxu/g) – tab. 2. Suplementacja paszy kurcząt metioniną nie wpływała na aktywność przeciwrodnikową tkanek żołądka, podczas gdy dodanie do



**Tabela 2.** Właściwości przeciwutleniające tkanek podrobów kurcząt Flex żywionych paszą z dodatkiem selenu oraz metioniny**Table 2.** Antioxidant properties of Flex chicken offal tissues after dietary modulation with selenium and methionine

		DPPH [ $\mu\text{M}$ Trolox/g]	ABTS [ $\mu\text{M}$ Trolox/g]	FRAP [ $\mu\text{g}$ Fe/g]	TBARS [ $\mu\text{g}$ MDA/g]
Żołądek gizzard	kontrola	21,8 a	17,6 b	1,04 ab	9,09 bc
	Met 6,7	22,7 ab	15,1 a	1,05 ab	9,18 c
	Met 8,2	22,7 ab	17,6 b	1,03 a	9,36 c
	Met 9,7	23,3 abc	17,7 b	1,08 ab	9,45 c
	Met 11,2	23,1 abc	18,3 bc	1,06 ab	9,27 c
	Seo 0,26	23,3 abc	18,9 cd	1,08 ab	8,32 a
	Seo 0,38	23,3 abc	19,8 d	1,09 ab	8,23 a
	Seo 0,5	24,7 c	20,9 e	1,13 b	8,05 a
	Sen 0,26	23,4 abc	18,9 cd	1,10 ab	8,22 a
	Sen 0,38	23,8 bc	19,0 cd	1,09 ab	8,23 a
	Sen 0,5	23,0 abc	19,3 cd	1,12 ab	8,41 ab
	F	2,07	19,53	1,26	5,86
p	0,124	<0,001*	0,353	0,004*	
Serce heart	kontrola	21,55 bcd	16,48 ab	1,073 a	7,36 bcd
	Met 6,7	20,17 ab	16,05 a	1,165 bc	7,91 de
	Met 8,2	21,33 bcd	16,42 ab	1,149 bc	8,05 e
	Met 9,7	21,50 bcd	16,92 abc	1,157 bc	7,95 e
	Met 11,2	21,99 cd	16,29 a	1,181 c	7,77 cde
	Seo 0,26	22,79 d	16,29 a	1,131 bc	7,18 b
	Seo 0,38	20,20 ab	17,35 bcd	1,165 bc	6,55 a
	Seo 0,5	19,57 a	17,90 de	1,125 b	6,32 a
	Sen 0,26	20,53 abc	17,45 cd	1,168 bc	7,95 e
	Sen 0,38	22,05 cd	18,49 e	1,143 bc	7,14 b
	Sen 0,5	20,01 ab	18,49 e	1,162 bc	7,23 bc
	F	5,22	10,28	3,37	12,26
p	0,006*	<0,001*	0,029*	<0,001*	
Wątroba liver	kontrola	12,50 a	7,54 a	1,85 a	13,09 g
	Met 6,7	13,46 ab	8,91 a	1,86 a	12,32 fg
	Met 8,2	14,01 b	8,58 a	2,03 b	12,05 efg
	Met 9,7	14,32 bc	8,28 a	2,01 b	12,50 fg
	Met 11,2	14,23 bc	9,36 a	2,02 b	12,91 g
	Seo 0,26	13,44 ab	11,25 b	2,33 e	11,59 def
	Seo 0,38	14,21 bc	11,06 b	2,30 d	10,86 bcde
	Seo 0,5	15,09 c	14,13 c	2,31 de	9,86 a
	Sen 0,26	13,71 b	11,78 b	2,21 c	10,36 bcd
	Sen 0,38	13,93 b	14,34 c	2,21 c	11,32 cdef
	Sen 0,5	14,45 bc	14,13 c	2,22 c	10,18 bc
	F	4,99	21,35	448,76	8,57
p	0,007*	<0,001*	<0,001*	0,001*	

a,b,c,... wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy  $p \leq 0,05$ ; a,b,c,... means in column with common letters do not differ significantly at  $p \leq 0,05$ ; \* - różnice istotne statycznie przy  $p \leq 0,05$ ; \* - statistically significant difference at  $p \leq 0,05$ ; F - wartość testu F Fishera-Snedecora; F - Fisher-Snedecor F-test value; p - graniczny poziom istotności; p - probability value.

Źródło: [StatSoft 2006].

Source: [StatSoft2008].

diety ptaków 0,5 mg/kg selenu w postaci drożdży selenowych poprawia istotnie ( $p \leq 0,05$ ) zmiatanie wolnego rodnika DPPH o prawie 15%, a syntetycznego rodnika ABTS o prawie 20%. W przypadku ABTS dodatek selenu w formie nieorganicznej (już w dawce 0,26 mg/kg) również efektywnie zwiększa zdolność tkanki żołądka do wygaszania aktywnego rodnika. Nie stwierdzono istotnego ( $p \leq 0,05$ ) wpływu modyfikacji diety kurcząt Flex na zdolność tkanki żołądka do redukcji żelaza III do żelaza II (FRAP). Zaawansowanie zmian oksydacyjnych lipidów żołądka było wyższe niż w sercu i wynosiło średnio 9,1  $\mu\text{g MDA/g}$  dla grupy kontrolnej, przy czym wprowadzenie do paszy związków selenu już na poziomie 0,26 mg/kg, bez względu na formę, prowadziło do zmniejszenia ilości substancji tworzących się w czasie utleniania lipidów średnio do poziomu 8,2  $\mu\text{g MDA/g}$  próbki.

Analiza właściwości przeciwutleniających tkanek wątroby kurcząt wykazała, że najwyższą zdolność do zmiatania wolnych rodników DPPH i ABTS posiadały tkanki wątroby pozyskanej od ptaków karmionych paszą zawierającą 0,5 mg/kg dodatek selenu w formie połączeń organicznych, tj. drożdży selenowych (odpowiednio 15,9  $\mu\text{M Troloxu/g}$  oraz 14,1  $\mu\text{M Troloxu/g}$ ). Ponadto w przypadku rodnika ABTS suplementacja paszy seleninem sodu prowadziła do istotnego ( $p \leq 0,05$ ), prawie dwukrotnego wzrostu zdolności do gaszenia substancji rodnikowej w odniesieniu do materiału kontrolnego. Wprowadzenie do paszy metioniny w ilości powyżej 8,2 g/kg nie miało wpływu na gaszenie rodnika ABTS, natomiast powodowało wyższą zdolność substancji zawartych w tkankach wątroby do zmiatania wolnego rodnika DPPH oraz do zwiększenia zdolności redukcji żelaza III do żelaza II. Wyższe wartości FRAP w stosunku do kontroli (1,9  $\mu\text{M Fe/g}$ ) uzyskano także dla tkanek wątroby ptaków karmionych paszą zawierającą związki organiczne i nieorganiczne selenu. Tkanki wątroby, która charakteryzuje się wysoką zawartością tłuszczu oraz związków mineralnych działających prooksydatywnie, charakteryzowały się najwyższymi wartościami wskaźnika TBARS spośród wszystkich analizowanych tkanek. Ilość produktów oksydacji w tkankach wątroby grupy kontrolnej wynosiła średnio 13,1  $\mu\text{g MDA/g}$ , podczas gdy w grupie z metioniną zaobserwowano tendencję do niższych wartości TBARS. Suplementacja paszy drobiu związkami selenu prowadziła do istotnego ( $p \leq 0,05$ ) zmniejszenia zawartości produktów oksydacji lipidów w tkankach wątroby do 9,9-11,6  $\mu\text{g MDA/g}$  oraz 10,2-11,3  $\mu\text{g MDA/g}$ , odpowiednio dla ptaków żywionych paszą z dodatkiem drożdży selenowych i seleninu sodu. Pozytywny wpływ selenu na ochronę tkanek wątroby kurcząt przeciwko zmianom wywoływanym przez wolne rodniki obserwowali również Dvorska i in. [2007].

Zarówno tkanki serca, jak i żołądka charakteryzowały się istotnie wyższą zdolnością do gaszenia wolnych rodników, w porównaniu z tkankami wątroby, co mogło być związane ze znacznie niższą zawartością lipidów w tych podrobach. Jak wykazał Sacchetti i in. [2008], frakcja hydrofilowa mięśni kurcząt, zarówno piersiowych, jak i nóg, wykazywała około 40-krotnie wyższą aktywność przeciwrodnikową w odniesieniu do frakcji hydrofobowej. Ponadto Wu i in. [2011] udowodnili, że frakcja lipofilowa mięśni ma znacznie mniejszy wpływ na aktywność przeciwutleniającą niż składniki frakcji hydrofilowej.

## 4. Podsumowanie

Tkanki podrobów pozyskane z kurcząt żywionych paszą standardową charakteryzowały się stosunkowo wysoką aktywnością przeciwutleniającą, analizowaną zarówno zdolnością tkanki do zmiatania wolnych rodników, jak i zdolnością do redukcji żelaza III.

Suplementacja paszy kurcząt brojlerów selenem przyczyniła się do poprawy zdolności zmiatania wolnych rodników (ABTS, DPPH) przez tkanki żołądka i wątroby, jak również zdolności redukcji żelaza III (FRAP) tkanek serca i wątroby, co przyczyniło się wymiennie do podwyższenia ich stabilności oksydacyjnej. Zwiększenie poziomu dodatku metioniny do paszy kurcząt w ilości przekraczającej 8,2 g/kg prowadziło do podwyższenia FRAP tkanek serca oraz FRAP i DPPH tkanek wątroby, co jednak nie przyczyniło się do poprawy ogólnej stabilności oksydacyjnej tych podrobów.

Podziękowania dla pracowników Katedry Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu za pomoc w przeprowadzeniu doświadczenia żywieniowego na zwierzętach.

## Literatura

- Alam N., Bristi N.J., Rafiquzzaman M., 2013, *Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity*, Saudi Pharmaceutical Journal, vol. 21, s. 143-152.
- Benzie I.F.F., Strain J.J., 1996, *The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay*, Analytical Biochemistry, vol. 239, s. 70-76.
- Castellini C., Mugnai C., Dal Bosco A., 2002, *Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality*, Meat Science, vol. 60, s. 219-225.
- Chen G., Wu J., Chang L., 2013, *The effect of different selenium levels on production performance and biochemical parameters of broilers*, Italian Journal of Animal Science, vol. 12, s. 486-491.
- Decker E.A., Mei L., 1996, *Antioxidant mechanisms and applications in muscle foods*, Proceedings of Reciprocal Meat Conference (AMSA), vol. 49, s. 64-72.
- Del Carlo M., Sachetti G., DiMattia C., Compagnone D., Mastrocola D., Liberatore L., Cichelli A., 2004, *Contribution of the phenolic fraction to the antioxidant activity and oxidative stability of olive oil*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 52, s. 4072-4079.
- Dvorska J.E., Pappas A.C., Karadas F., Speake B.K., Surai P.F., 2007, *Protective effect of modified glucomannans and organic selenium against antioxidant depletion in the chicken liver due to T-2 toxin-contaminated feed consumption*, Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, vol. 145, no 4, s. 582-587.
- Gowdy K.M., 2004, *Selenium supplementation and antioxidant protection in broiler chickens*, North Carolina State University, MSc Thesis, s. 1-172.
- Grigioni G.M., Margaria C.A., Pensel N.A., Sanches G., Vaudagna S.R., 2000, *Warmed-over flavour analysis in low temperature-long time processed meat by an "electronic nose"*, Meat Science, vol. 56, s. 221-228.
- Intarapichet K.O., Maikhunthod B., 2005, *Genotype and gender differences in carnosine extracts and antioxidant activities of chicken breast and thigh meats*, Meat Science, vol. 71, s. 634-642.
- Jang A., Liu X.D., Shin M.H., Lee B.D., Lee S.K., Lee J.H., Jo C., 2008, *Antioxidative potential of raw breast meat from broiler chicks fed a dietary medicinal herb extract mix*, Poultry Science, vol. 87, s. 2382-2389. doi:10.3382/ps.2007-00506.

- Kim Y.J., Lee G.D., Choi I.H., 2013, *Effects of dietary supplementation of red ginseng marc and  $\alpha$ -tocopherol on the growth performance and meat quality of broiler chicken*, Journal of the Science of Food and Agriculture, vol. 94, no 9, s. 1816-1821.
- Lee E.J., Ahn D.U., 2003, *Effect of antioxidant on the production of off-odor volatiles and lipid oxidation in irradiated turkey breast meat and meat homogenates*, Journal of Food Science, vol. 68, s. 1631-1638.
- Mattila P., Kumpulainen J., 2001, *Coenzymes Q9 and Q10: contents in foods and dietary intake*, Journal of Food Composition and Analysis, vol. 14, s. 409-417.
- McMillin K.W., 1996, *Initiation of oxidative processes in muscle foods*, Proceedings of Reciprocal Meat Conferences (AMSA), vol. 49, s. 53-63.
- Mei L., Cru A.D., Decker E.A., 1994, *Role of antioxidant enzymes in the development of warmed over flavour in pork*, Journal of Food Lipids, vol. 1, s. 273-283.
- Mielnik M.B., Rzeszutek A., Veberg A., 2006, *Relationship between antioxidative activity and oxidative stability of various types of poultry meat during chill storage*, Proceedings of XII European Poultry Conference, Verona, Italy, CD, s. 1-6.
- Naji T.A., Amadou I., Abbas S., Zhao R.Y., Shi Y.H., Le G.W., 2013, *Phytosterol supplementation improves antioxidant enzymes status and broiler meat quality Pakistan*, Journal of Food Science, vol. 23, s. 163-171.
- Pradham A.A., Rhee K.S., Hernandez P., 2000, *Stability of catalase and its potential role in lipid oxidation in meat*, Meat Science, vol. 54, s. 385-390.
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.A., 1999, *Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay*, Free Radical Biology and Medicine, vol. 26, s. 1231-1237.
- Rice-Evans C.A., 1994, *Formation of free radicals and mechanism of action in normal biochemical processes and pathological states*, [w:] *Free radical damage and its control*, ed. C.A. Rice-Evans, R.H. Burdon, Elsevier Science B.V., Amsterdam, s. 131-151.
- Sacchetti G., DiMattia C., Pittia P., Martino G., 2008, *Application of a radical scavenging activity test to measure the total antioxidant activity of poultry meat*, Meat Science, vol. 80, s. 1081-1085.
- Saki A.A., Mirzaaghatabar F., Zamani P., Aliarabi H., 2009, *Effect of different levels of methionine and metabolizable energy in response to immune system in broilers diets*, Proceedings of 19<sup>th</sup> European Symposium on the Quality of Poultry Meat, 21-25 June 2009, Turku, Finland, CD, s. 1-12.
- Serafini M., Del Rio D., 2004, *Understanding the association between dietary antioxidants, redox status and disease: Is the Total antioxidant capacity the right tool?*, Redox Report, vol. 9, s. 145-152.
- StatSoft, 2006, *Elektroniczny podręcznik statystyki PL*, Kraków, <http://www.statsoft.pl/textbook/stathome.html>.
- Terevinto A., Ramos A., Castroman G., Cabrera M.C., Saadoun A., 2010, *Oxidative status, in vitro iron-induced lipid oxidation and superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase activities in rhea meat*, Meat Science, vol. 84, s. 706-710.
- Wang Y.B., Xu B.H., 2008, *Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens*, Animal Feed Science and Technology, vol. 144, s. 306-314.
- Wang Y.X., Zhan X.A., Yuan D., Zhang X.W., Wu R.J., 2011, *Effects of selenomethionine and sodium selenite supplementation on meat quality, selenium distribution and antioxidant status in broilers*, Czech Journal of Animal Science, vol. 56, s. 305-313.
- Wu D.J., Pan X.J., Wang Z.G., Peng Z.Q., Zhao L.Y., Zhang Y.W., 2011, *Effect of maternal selenium and methionine on poultry products (egg and meat). Qualities and oxidative stability*, [w:] Hany El-Shemy (ed.), *Soybean and Nutrition*, In Tech, s. 269-288.
- Yen G.Ch., Chen H.Y., 1995, *Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity*, Journal of Agriculture and Food Chemistry, vol. 43, s. 27-32.
- Young J.F., Stagsted J., Jensen S.K., Karlsson A.H., Henckel P., 2003, *Ascorbic acid,  $\alpha$ -tocopherol, and oregano supplements reduce stress-induced deterioration of chicken meat quality*, Poultry Science, vol. 82, s. 1343-1351.