

WPLYW DIETY Z UDZIAŁEM OLEJU Z LNIANKI SIEWNEJ (*CAMELINA SATIVA*) NA WYNIKI PRODUKCYJNE KUR NIOSEK, SKŁAD CHEMICZNY LIPIDÓW ŻÓŁTKA ORAZ JAKOŚĆ SENSORYCZĄ JAJ*

Mariusz P. Pietras¹, Sylwia Orczewska-Dudek¹, Robert Gąsior²

¹Dział Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa, ²Centralne Laboratorium w Aleksandrowicach,
Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, 32-083 Balice k. Krakowa

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu zastosowania oleju lnianki siewnej jako komponentu mieszanki paszowej dla kur niosek na wskaźniki jakości jaj i profil kwasów tłuszczowych w lipidach żółtek. W doświadczeniu 45 niosek Hy-Line w wieku 23 tygodni przydzielono losowo do trzech grup. Grupa kontrolna (I) otrzymywała standardową mieszankę, zawierającą w swoim składzie 3% oleju rzepakowego. Grupy doświadczalne żywiono mieszankami zawierającymi odpowiednio 1,5% oleju rzepakowego i 1,5% oleju lnianki (grupa II) oraz 3% oleju lnianki siewnej (grupa III). Określono podstawowe wskaźniki produkcyjne, jakość jaj oraz skład chemiczny żółtka i profil kwasów tłuszczowych lipidów żółtka. Ocenie organoleptycznej poddano jaja gotowane. Zastosowanie oleju z lnianki siewnej w żywieniu kur nie wpłynęło ujemnie na wskaźniki produkcyjne, jakość białka i skorupy jaj oraz walory smakowo-zapachowe jaj gotowanych. Stwierdzono natomiast istotny wzrost masy żółtka jaja w grupie kur żywionych paszą zawierającą 1,5% wymienionego oleju. W grupie tej obserwowano również tendencję do wzrostu procentowego udziału żółtka w jaju. Wprowadzenie 3% oleju z lnianki w skład mieszanki paszowej dla niosek wpłynęło na obniżenie zawartości jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) w lipidach żółtka oraz istotny wzrost zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) z grupy n-3, głównie kwasów ALA i DHA, przy jednoczesnym korzystnym spadku stosunku PUFA n-6/PUFA n-3, w porównaniu do grupy kontrolnej.

Oleje roślinne są podstawowym wysokoenergetycznym składnikiem diety zwierząt i ludzi. Są cennym źródłem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA), szczególnie kwasu α -linolenowego (C18:3 ALA) z rodziny n-3 oraz kwasu linolowego (C18:2 LA) z rodziny n-6. Kwasy te są zaliczane do niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, co oznacza, że nie mogą być one syntetyzowane w organizmie zwierząt oraz człowieka i dlatego muszą być dostarczone wraz z pożywieniem (Bartnikowska, 2008). Z kolei kwasy eikozopentaenowy (C20:5 EPA) i dokozaheksaenowy (C22:6 DHA) z grupy n-3 oraz kwas arachidonowy (C20:4 AA) z grupy n-6 mogą

*Praca wykonana w ramach działalności statutowej IZ PIB, temat nr 5224.1.

być dostarczone bezpośrednio w diecie lub mogą być syntetyzowane w organizmie z podstawowych kwasów tłuszczowych z grupy $n-3$ i $n-6$ (Bartnikowska, 2008). Wykazano, że kwasy tłuszczowe $n-3$ oraz $n-6$ wywierają korzystny wpływ na status zdrowotny człowieka i zwierząt (Palmquist, 2009). Szczególnie istotną rolę w organizmie przypisuje się wielonienasyconym kwasom tłuszczowym $n-3$. Badania pokazują, że wzrost udziału wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny $n-3$ w diecie zmniejsza ryzyko zapadalności na choroby układu sercowo-naczyniowego, autoimmunologiczne i nowotworowe (Kłosiewicz-Latoszek, 2002). Niestety współczesna dieta człowieka charakteryzuje się wysokim poziomem spożycia kwasów tłuszczowych z grupy $n-6$ przy niedoborze spożycia kwasów tłuszczowych $n-3$, co skutkuje wzrostem stosunku kwasów $n-6/n-3$ do 20–30:1 (Simopoulos, 2002), podczas gdy korzystny dla zdrowia stosunek tych kwasów powinien mieścić się w zakresie od 1:1 do 4:1 (Simopoulos, 2002). Wysoki, szkodliwy stosunek kwasów $n-6/n-3$ jest spowodowany m.in. zmniejszonym udziałem ryb w diecie oraz produkcją mieszanek paszowych dla zwierząt, w których dominującymi komponentami są ziarna zbóż oraz oleje roślinne charakteryzujące się wysoką zawartością kwasów z grupy $n-6$. W rezultacie, w jajach oraz mięsie uzyskanym od zwierząt żywionych paszami przemysłowymi przeważają kwasy z grupy $n-6$, natomiast kwasy z grupy $n-3$ występują w małych ilościach. W jajach kur żywionych mieszanką przemysłową stosunek kwasów $n-6/n-3$ wynosił 19:9, natomiast jaja od kur żywionych mieszanką zawierającą olej lniany charakteryzowały się znacznie niższym stosunkiem kwasów $n-6/n-3$, który wynosił 1:6 (Simopoulos i Salem, 1992).

Dążąc do zwiększenia zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych z grupy $n-3$ w diecie człowieka, modyfikuje się skład kwasów tłuszczowych lipidów żółtka jaj na drodze żywieniowej (Husveth i in., 2003; Souza i in., 2008). Żywienie kur niosek paszami bogatymi w PUFA $n-3$ powoduje wzrost tych kwasów tłuszczowych w żółtku jaja (Rokka i in., 2002; Filardi i in., 2005; Souza i in., 2008; Lawlor i in., 2010; Pita i in., 2010). Jaja pochodzące od kur niosek otrzymujących w diecie pasze bogate w PUFA z grupy $n-3$ mogą stać się alternatywnym źródłem tych kwasów w stosunku do ryb i roślin oleistych. Modyfikowanie profilu kwasów tłuszczowych żółtka przy użyciu wymienionych komponentów często powoduje pogorszenie jakości sensorycznej jaj przez obecność obcych, niepożądanych zapachów oraz przyczynia się do zmniejszenia stabilności oksydacyjnej lipidów żółtka (Woods i Fearon, 2009; Lawlor i in., 2010).

Najnowsze badania wskazują na możliwość zastosowania oleju i makuchu z lnianki siewnej w żywieniu drobiu bez pogorszenia jakości sensorycznej produktów drobiarskich (Rokka i in., 2002; Jaśkiewicz i Matyka, 2003; Cherian i in., 2009; Aziza i in., 2010 a i b). Ponadto, lnianka siewna (*Camelina sativa*) jest jednym z najbogatszych znanych roślinnych źródeł kwasów tłuszczowych $n-3$, a zwłaszcza niezbędnego kwasu α -linolenowego (C18:3 ALA) (Zubr, 1997, 2009; Hrstar i in., 2011). Zawartość oleju w nasionach lnianki wynosi 500 g/kg (Zubr i Matthaus, 2002). Olej z lnianki siewnej jest specyficzny głównie ze względu na posiadane właściwości odżywcze oraz skład chemiczny. Zawiera około 90% nienasyconych kwasów tłuszczowych, z czego 50% stanowią wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA). Stwierdzono, że skład kwasów tłuszczowych oleju tej rośliny jest korzystniejszy od składu szeregu

innych olei, takich jak olej z oliwek, lnu, rzepaku, czy słonecznika (Zubr i Matthaus, 2002). Olej z lnianki charakteryzuje się wysoką zawartością kwasu α -linolenowego (C18:3 ALA n -3) (39,4%) i znacznie niższą zawartością kwasu linolowego (C18:2 LA n -6) (17,2%) (Flachowsky i in., 1997; Hrstar i in., 2011). Ze względu na wysoki udział nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz korzystny udział kwasów n -3 i n -6, olej z lnianki siewnej został uznany za wysokiej jakości olej jadalny, wykazujący działanie hipocholesterolemiczne (Crowley i Fröhlich, 1998; Karvonen i in., 2002). Według Kritschewsky i Chen (2005) oraz Bartnikowskiej (2008) olej z lnianki jest także źródłem fitosteroli (510,9 mg/100 g) o właściwościach obniżających zawartość cholesterolu we krwi i tym samym przyczynia się do zapobiegania niedokrwiennej chorobie serca. Ponadto, olej z lnianki zawiera wysoki poziom naturalnych antyoksydantów z grupy tokoferoli (791 mg/kg) (Zubr i Matthaus, 2002) co sprawia, że pomimo znacznej ilości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) jest wyjątkowo trwały i nadaje się do spożycia przez okres 6 miesięcy (Budin i in., 1995; Zubr, 2009; Abramowicz i in., 2007).

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu oleju z lnianki siewnej w mieszankach paszowych dla kur na wybrane parametry produkcyjne kur niosek oraz skład chemiczny, w tym profil kwasów tłuszczowych lipidów żółtek i jakość sensoryczną jaj.

Material i metody

Doświadczenie przeprowadzono na 45 nioskach Hy-Line w wieku 23 tygodni podzielonych losowo na trzy grupy. Ptaki utrzymywano na ściółce w przedziałach po 15 szt., w temperaturze otoczenia $20 \pm 2^\circ\text{C}$ oraz dniu świetlnym wynoszącym 14 godzin światła i 10 godzin ciemności. Kury żywiono do woli mieszankami paszowymi przy stałym dostępie do wody. Grupa kontrolna (I) otrzymywała standardową mieszankę zawierającą w swoim składzie 3% oleju rzepakowego. Grupy doświadczalne żywiono mieszankami zawierającymi odpowiednio, 1,5% oleju rzepakowego i 1,5% oleju lnianki (grupa II) oraz 3% oleju lnianki siewnej (grupa III). Informację o składzie i wartości pokarmowej mieszanek zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład i wartość pokarmowa mieszanek dla kur nieśnych (%)
Table 1. Composition and nutrient profile of experimental diets for laying hens (%)

Wyszczególnienie Item	Grupy Group		
	I	II	III
1	2	3	4
Śruta kukurydziana Ground maize	5,00	5,00	5,00
Śruta pszenna Ground wheat	59,53	59,53	59,53
Poekstrakcyjna śruta sojowa (46% b.o.) Extracted soybean meal (46% CP)	21,00	21,00	21,00

cd. tab. 1 – Table 1 contd.

1	2	3	4
Olej rzepakowy Rapeseed oil	3,00	1,50	0,00
Olej lnianki siewnej Camelina oil	0,00	1,50	3,00
Kreda pastewna Ground limestone	8,90	8,90	8,90
Fosforan dwuwapniowy Dicalcium phosphate	1,65	1,65	1,65
NaCl	0,30	0,30	0,30
DL-Metionina DL-Methionine	0,12	0,12	0,12
Premiks wit.-min. (0,5%) Vitamin-mineral premix (0.5%)	0,50	0,50	0,50
Wyliczona zawartość składników pokarmowych Calculated nutrient content			
Energia metab. (MJ/kg) Metabolizable energy (MJ/kg)	11,6		
Białko ogólne Crude protein	17,0		
Lizyna Lysine	0,82		
Metionina Methionine	0,36		
Ca	3,65		
P przyswajalny P available	0,37		

Masę ciała kur określono przed rozpoczęciem doświadczenia (w wieku 23 tygodni) oraz po zakończeniu okresu doświadczalnego (w wieku 27 tygodni). Pobranie paszy określano grupowo. Codziennie notowano ilość zniesionych jaj i określano ich masę. Na podstawie zebranych danych obliczono podstawowe wskaźniki produkcyjne. Do oceny parametrów jakości, jaja zbierano w okresie ostatnich trzech dni doświadczenia. Określono jakość jaj oraz skład chemiczny żółtka.

W celu przeprowadzenia analizy chemicznej żółtka z każdej grupy wybrano po 8 jaj. Następnie żółtka jaj suszono metodą liofilizacji na liofilizatorze Christ Beta. Oznaczenie suchej masy żółtka jaj wykonano metodą wagową. Analizę białka surowego przeprowadzono metodą Kjeldahla. Zawartość azotu przy przeliczeniu na białko mnożono przez 6,25. Oznaczenie tłuszczu surowego wykonano na aparacie Tecator Soxtec – system HT zgodnie z ustalonymi w Centralnym Laboratorium Instytutu Zootechniki procedurami w oparciu o aplikacje ASN 3165 firmy Tecator „The extraction of Lipids from Egg”. Substancje tłuszczowe ekstrahowano z próbek liofilizowanych żółtek mieszaniną toluenu i etanolu w stosunku 1:1. Oznaczenie wyższych kwasów tłuszczowych przeprowadzono metodą chromatografii gazowej w postaci

estrów metylowych. Z próbki wyekstrahowano tłuszcz za pomocą mieszaniny chloroformu i metanolu (2/1), według zmodyfikowanej metody Folcha i in. (1957), po czym ekstrakt odparowano w 65°C pod azotem. Pozostałość zmydlno z 0,5 N NaOH w metanolu (20 min. 80°C), a następnie zestryfikowano z BF₃ w metanolu (Morrisom i Smith, 1964) – 10 min. 80°C i dodano heksanu. Po wysoleniu nasyconych roztworem NaCl pobrano warstwę heksanową do fiolki chromatograficznej i oznaczono na chromatografii gazowej VARIAN 3400 (CP-Wax-58, 25 m, 0,53 mm, 1μ, FID, Hel, 6 ml/min) z użyciem autosamplera 8200 CX i programu komputerowego obróbki danych: Varian Star 4.5. Wybrane parametry jakości jaj oraz skorupy określono stosując aparat Egg Quality Measurements (EQM). Ocenie organoleptycznej poddano 24 jaja gotowane. Panel dokonujący oceny sensorycznej jaj składał się z 6 pracowników Instytutu Zootechniki, którzy posiadają wieloletnie doświadczenie w przeprowadzaniu tego typu analiz. Oceniano smak oraz zapach jaj gotowanych w skali od 1 (ocena najgorsza) do 5 (ocena najlepsza).

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji, a istotność różnic weryfikowano testem Duncana wykorzystując program komputerowy SAS w. 9.2, przy użyciu procedury GLM.

Wyniki

Wyniki oznaczeń zawartości kwasów tłuszczowych w olejach stanowiących komponenty mieszanek oraz w mieszankach paszowych dla kur zamieszczono w tabeli 2. Stwierdzono, że wprowadzenie do mieszanek paszowych, 3% oleju lnianki obniżyło zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) oraz istotnie zwiększało zawartość kwasów PUFA z grupy *n-3*.

Tabela 2. Zawartość grup kwasów w olejach i mieszankach paszowych
Table 2. Content of fatty acids groups in the oils and experimental diets

Grupy kwasów Fatty acid groups	Olej rzepakowy Rapeseed oil	Olej lnianki siewnej Camelina oil	Grupy Group		
			I	II	III
SFA	7,69	12,04	19,83	18,82	14,28
MUFA	60,37	17,84	47,39	46,29	39,74
PUFA	30,41	53,40	30,93	32,85	40,80
PUFA <i>n-6</i>	24,37	14,90	26,43	27,91	27,61
PUFA <i>n-3</i>	6,04	38,50	4,49	4,98	13,19
PUFA <i>n-6/n-3</i>	4,03	0,39	5,88	5,60	2,09

Żywienie kur w okresie czterech tygodni mieszankami paszowymi zawierającymi w swoim składzie 1,5% lub 3% oleju lnianki siewnej nie wywarło istotnego wpływu na końcową masę ciała kur, nieśność oraz pobranie i zużycie paszy na 1 kg jaj (tab. 3).

Tabela 3. Parametry produkcyjne niosek
Table 3. Production parameters of laying hens

Parametr Parameter	Grupa Group			
	I	II	III	SEM
Początkowa masa ciała (g) Initial body weight (g)	1823,3	1839,1	1821,2	13,49
Końcowa masa ciała (g) Final body weight (g)	1922,6	1942,7	1928,0	14,41
Przyrost masy ciała od 18. do 27. tygodnia (g/szt.) Weight gain from 18 to 27 weeks (g/bird)	99,3	103,3	106,7	9,95
Nieśność (%) Laying performance (%)	83,3	82,6	83,8	1,11
Pobranie paszy (g/dzień/szt.) Feed intake (g/day/bird)	115,9	120,1	118,7	
Wykorzystanie paszy (kg/kg jaj) Feed conversion (kg/kg eggs)	2,71	2,67	2,69	

Pobranie przez nioski mieszanek z udziałem oleju z lnianki nie wpłynęło ujemnie na masę jaja i jakość białka, natomiast stwierdzono istotny wzrost masy żółtka w grupie kur żywionych paszą zawierającą 1,5% wymienionego oleju. W grupie tej obserwowano również tendencję do wzrostu procentowego udziału żółtka w jaju (tab. 4).

Tabela 4. Wpływ oleju lnianki siewnej na jakość jaj
Table 4. Effect of *Camelina sativa* oil in the diet of laying hens on egg quality

Parametr Parameter	Grupa Group			
	I	II	III	SEM
Masa jaja (g) Egg weight (g)	58,4	60,1	60,2	0,87
Masa białka (g) Albumen weight (g)	38,99	39,67	40,64	0,82
Wysokość białka (mm) Albumen height (mm)	7,26	7,39	6,96	0,13
Jednostki Haugha Haugh units	87,25	87,15	86,6	0,85
Masa żółtka (g) Yolk weight (g)	13,03 a	14,22 b	13,34 ab	0,17
Wysokość żółtka (mm) Yolk height (mm)	22,41	23,71	22,19	0,31
Procent jaja (%) Egg percentage				
żółtko yolk	22,3	23,6	22,1	0,19
białko albumen	66,8	66,0	67,5	0,79

a, b – średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $P \leq 0,05$.

a, b – means with different letters differ significantly, $P \leq 0.05$.

Nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu oleju z lnianki na cechy sensoryczne jaj. W ocenie panelistów, zarówno zapach, jak i smak jaj pochodzących od kur z grup doświadczalnych nie różnił się w porównaniu z grupą kontrolną (tab. 5).

Tabela 5. Cechy sensoryczne jaj gotowanych
Table 5. Sensory characteristics of boiled eggs

Parametr Parameter	Grupa Group			
	I	II	III	SEM
Zapach (pkt.) Aroma (pts.)	4,66	4,65	4,67	0,021
Smak (pkt.) Flavour (pts.)	4,65	4,66	4,64	0,027

Zastosowanie oleju lnianki siewnej w żywieniu kur nie wywarło istotnego wpływu na masę skorupy jaja, jej grubość, gęstość oraz procentowy udział w jaju (tab. 6).

Tabela 6. Wpływ oleju lnianki siewnej na parametry skorupy jaj
Table 6. Effect of *Camelina sativa* oil in the diet of laying hens on eggshell parameters

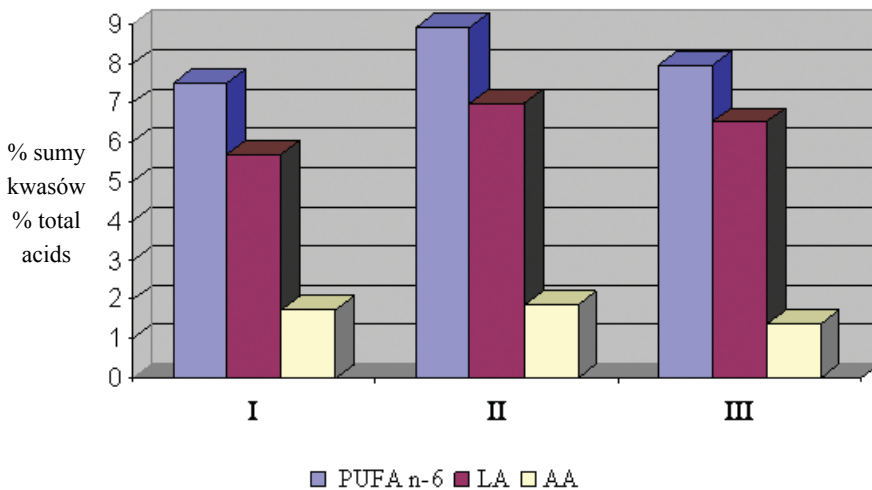
Parametr Parameter	Grupa Group			
	I	II	III	SEM
Masa skorupy (g) Shell weight (g)	6,35	6,28	6,28	0,08
Grubość skorupy (mm) Shell thickness (mm)	0,38	0,37	0,35	0,005
Gęstość skorupy (mg/cm ²) Shell density (mg/cm ²)	83,8	80,4	81,3	1,24
Względna masa skorupy (% masy jaja) Relative shell weight (% egg weight)	10,9	10,4	10,4	0,09

Tabela 7. Wpływ oleju lnianki siewnej na skład chemiczny żółtka jaj (%)
Table 7. Effect of *Camelina sativa* oil on chemical composition of the egg yolk (%)

Parametr Parameter	Grupa Group			
	I	II	III	SEM
Sucha masa Dry matter	47,85	49,01	48,75	0,98
Białko ogólne Crude protein	15,81	15,88	15,95	0,18
Tłuszcz surowy Crude fat	32,13	33,26	33,18	0,81

Nie wykazano istotnego wpływu oleju lnianki siewnej na podstawowy skład chemiczny żółtka jaj. Zawartość suchej masy, białka ogólnego oraz tłuszczu surowego kształtowała się na zbliżonym poziomie we wszystkich badanych grupach (tab. 7).

Wprowadzenie 3% oleju z lnianki w skład mieszanki paszowej dla niosek wpłynęło na obniżenie zawartości jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) w lipidach żółtka oraz istotny wzrost zawartości kwasów PUFA *n-3* w porównaniu do grupy kontrolnej (tab. 8). W obrębie kwasów tłuszczowych PUFA *n-6*, w grupach doświadczalnych obserwowano nieznaczny wzrost zawartości kwasu linolowego (C18:2 LA) oraz obniżanie się zawartości kwasu arachidonowego (C20:4 AA) w lipidach żółtka w porównaniu do grupy kontrolnej (wykres 1). Stosunek kwasów *n-6/n-3* w lipidach żółtek jaj pochodzących z grupy III otrzymującej mieszankę z 3% udziałem oleju z lnianki wynosił 3,22 i był wysoko istotnie niższy w porównaniu z grupą kontrolną oraz z grupą II otrzymującą mniejszy dodatek oleju z lnianki. Profil kwasów tłuszczowych żółtek jaj pochodzących od kur z grupy doświadczalnej II, otrzymującej w diecie 1,5% oleju z lnianki charakteryzował się istotnie niższą zawartością wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z grupy *n-3* w porównaniu do grupy III (tab. 8).



Wykres 1. Zawartość kwasów PUFA *n-6* w lipidach żółtek jaj
Figure 1. The content of *n-6* PUFA in egg yolk lipids

Stwierdzono nieznaczny wzrost poziomu nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA), szczególnie kwasu palmitynowego w żółtku jaj z grupy doświadczalnej III (3% oleju z lnianki), natomiast obniżenie poziomu tych kwasów odnotowano w grupie doświadczalnej II (1,5% oleju z lnianki) (tab. 8).

Tabela 8. Wpływ oleju lnianki siewnej w mieszankach dla kur niosek na skład kwasów tłuszczowych w lipidach żółtek (% sumy kwasów)

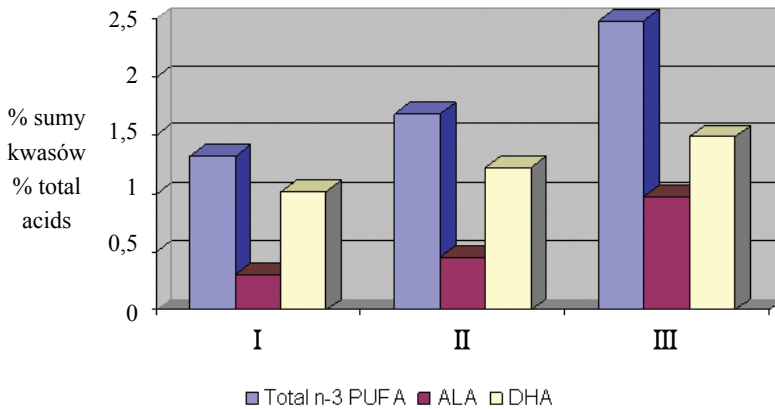
Table 8. Effect of different levels of *Camelina sativa* oil in the laying hens diets on fatty acid composition of the egg yolk lipids (% of total fatty acids)

Kwasy tłuszczowe Fatty acids	Grupy Group			SEM
	I	II	III	
C12:0	0,043	0,058	0,067	0,002
C14:0	0,538	0,521	0,554	0,002
C16:0	31,083 B	30,682 B	32,096 A	0,438
C16:1	4,491 a	3,978 b	4,367 ab	0,158
C18:0	7,809	7,994	7,629	0,133
C18:1	46,696 Aa	45,690 ABa	44,316 Bb	1,178
C18:2 LA	5,688 B	6,978 A	6,518 A	0,319
γ -C18:3	0,068	0,068	0,068	0,001
C20:0	0,008	0,012	0,006	0,001
C18:3 ALA	0,311 C	0,460 B	0,977 A	0,003
C20:4 AA	1,748 A	1,865 A	1,369 B	0,015
C22:1	0,004	0,007	0,008	0,001
C20:5 EPA	0,000	0,001	0,016	0,000
C22:6 DHA	1,016 Bc	1,221 Bb	1,487 Aa	0,026
SFA	39,481 ABb	39,266 Bb	40,354 Aa	0,478
UFA	60,023 ABa	60,268 Aa	59,126 Bb	0,457
MUFA	51,191 A	49,675 B	48,691 B	0,984
PUFA	8,832 B	10,593 A	10,434 A	0,651
PUFA <i>n-6</i>	7,505 Bb	8,912 Aa	7,954 Bab	0,409
PUFA <i>n-3</i>	1,327 C	1,681 B	2,480 A	0,041
DFA	67,832 A	68,262 A	66,755 B	0,458
OFA	31,671 B	31,272 B	32,725 A	0,480
UFA/SFA	1,520 ABa	1,536 Aa	1,466 Bb	0,002
DFA/OFA	2,143 A	2,184 A	2,042 B	0,005
MUFA/SFA	1,297 Aa	1,266 ABa	1,207 Bb	0,002
PUFA/SFA	0,224 B	0,269 A	0,259 A	0,0004
PUFA <i>n-6/n-3</i>	5,664 Aa	5,316 Ab	3,221 Bc	0,061

a, b, c; A, B, C – średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie odpowiednio przy ($P < 0,05$) i ($P < 0,01$).

a, b, c; A, B, C – means with different letters differ significantly at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

Olej lnianki zastosowany w żywieniu kur spowodował istotny wzrost zawartości kwasów α -linolenowego (ALA) i dokozaheksaenowego (DHA) w żółtku jaj (wykres 2).



Wykres 2. Zawartość kwasów PUFA *n-3* w lipidach żółtek jaj
 Figure 2. The content of *n-3* PUFA in egg yolk lipids

Omówienie wyników

Dotychczas przeprowadzone nieliczne badania nad wpływem oleju z lnianki siewnej na jakość i skład chemiczny jaj wskazują, że skład żółtka może być korzystnie zmodyfikowany przez zastosowanie oleju z lnianki w żywieniu kur niosek (Rokka i in., 2002). Również wyniki badań własnych pokazują, iż olej z lnianki siewnej modyfikuje skład kwasów tłuszczowych żółtka w kierunku pożądanym z punktu widzenia dietyki człowieka i nie wywiera ujemnego wpływu na parametry produkcyjne kur niosek oraz nie wpływa na pogorszenie jakości morfologicznej i sensorycznej jaj. Podobnie Cherian i in. (2009) stwierdzili, że pobranie przez ptaki mieszanki z dodatkiem wyłoków z lnianki siewnej na poziomie nie wyższym niż 10%, wpłynęło korzystnie na profil kwasów tłuszczowych żółtka bez pogorszenia parametrów produkcyjnych i jakości jaj. Także Zubr (1997) nie zaobserwował negatywnego wpływu zastosowania makuchu lniankowego w mieszance paszowej dla kur niosek na jakość sensoryczną jaj.

W przeprowadzonym doświadczeniu wysoko znaczący wzrost kwasu DHA w grupach doświadczalnych był prawdopodobnie spowodowany procesami desaturacji i elongacji kwasu α -linolenowego zachodzącymi w wątrobie kur niosek (Souza i in., 2008). Stwierdzono również obecność kwasu eikozapentaenowego (C20:5 EPA) z rodziny *n-3* w żółtkach jaj pochodzących od kur z grupy doświadczalnej otrzymującej w mieszance paszowej 1,5% oleju z lnianki siewnej i jego wzrost w żółtkach jaj kur otrzymujących mieszankę z 3% dodatkiem wymienionego oleju. Można przypuszczać, że wzrost EPA w lipidach żółtka nastąpił w wyniku wzrostu poziomu kwasu tłuszczowego α -linolenowego *n-3* i jego konwersji w organizmie do długołańcuchowych pochodnych. Można sugerować, że przedłużenie okresu doświadczalnego mogłoby wpłynąć na dalszy wzrost poziomu tego kwasu w lipidach żółtek jaj.

Podobne wyniki otrzymali Oliveira i in. (2010) oraz Pita i in. (2010), którzy stwierdzili obecność kwasu EPA w żółtkach jaj pochodzących od kur żywionych paszą zawierającą w swoim składzie olej lniany. Wyniki te były zbliżone do tych, jakie otrzymali Cherian i in. (2009) w doświadczeniu na nioskach żywionych paszą zawierającą w swoim składzie 5, 10 i 15% wytlóków z lnianki. Zaobserwowali również istotny wzrost zawartości kwasu α -linolenowego oraz kwasu DHA. Jaja pochodzące od kur żywionych paszą zawierającą olej rybny lub nasiona lnu także odznaczały się istotnie wyższym poziomem kwasów PUFA $n-3$ (Scheideler i Froning, 1996), głównie kwasu α -linolenowego oraz kwasu DHA w porównaniu z grupą kontrolną (Ferrier i in., 1995). W naszych badaniach odnotowano również wysoce istotny wzrost kwasów tłuszczowych z rodziny PUFA $n-3$ w lipidach żółtka jaj w grupie doświadczalnej otrzymującej paszę z 3% udziałem oleju z lnianki w porównaniu do grupy kontrolnej. Otrzymane wyniki były zgodne z wynikami Rokka i in. (2002).

Wyższy poziom AA w lipidach żółtka jaj z grupy II był natomiast spowodowany wysokim poziomem kwasu linolowego (C18:2 LA) będącego prekursorem AA. Kwasy tłuszczowe ALA z rodziny $n-3$ i LA z rodziny $n-6$ konkurują w przemianach metabolicznych o te same enzymy, dlatego zbyt duża ilość kwasu LA w diecie blokuje syntezę długołańcuchowych pochodnych kwasu ALA. Stąd tendencja do obniżania się zawartości kwasu arachidonowego w lipidach żółtek jaj jest efektem wysokiej zawartości kwasu α -linolenowego w diecie kur niosek, który hamuje syntezę kwasu arachidonowego z kwasu linolowego (Cherian i Sim, 1991; Souza i in., 2008). Także Rokka i in. (2002) i Cherian i in. (2009) stwierdzili, że zastosowanie w mieszankach paszowych oleju oraz wytlóków z lnianki, jako źródła wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, spowodowało zmniejszenie ilości kwasu arachidonowego oraz obniżenie w jajach stosunku kwasów $n-6/n-3$ z wartości około 7,54 oraz 14,77 w jajach standardowych do 2,14 oraz 5,60 w jajach modyfikowanych. Również żywienie kur niosek paszami zawierającymi nasiona lnu zmniejszyło stosunek kwasów $n-6/n-3$ z wartości około 13 w jajach standardowych do 2,6 w jajach modyfikowanych (Scheideler i Froning, 1996). Podobnie Cherian i in. (1996) oraz Mazalli i in. (2004) obserwowali obniżenie poziomu kwasu arachidonowego w lipidach żółtka jaj pochodzących od kur żywionych paszą z udziałem oleju bogatego w kwas α -linolenowy. Przedstawione wyniki własne, jak również wyniki wyżej wymienionych autorów były sprzeczne z wynikami Milinsk i in. (2003), według których zawartość kwasu arachidonowego w żółtku jaja nie jest zależna od poziomu PUFA w diecie kur niosek. Ponadto Cobos i in. (1995) nie zaobserwowali zmian w zawartości kwasu arachidonowego w jajach pochodzących od kur otrzymujących w paszy olej sojowy, lniany lub słonecznikowy.

Zaobserwowane w naszej pracy istotne obniżenie zawartości jednonienasyconych kwasów tłuszczowych w lipidach żółtek jaj pochodzących z grup doświadczalnych jest spowodowane tym, że wielonienasycone kwasy tłuszczowe odznaczają się wyższą skutecznością w redukowaniu poziomu MUFA niż SFA w żółtku jaja, ponieważ hamują aktywność $\Delta-9$ reduktazy, enzymu niezbędnego w procesie formowania MUFA i tym samym obniżają ich zawartość w lipidach żółtka (Cherian i Sim, 1991; Souza i in., 2008).

Można przypuszczać, że zmiany w poziomie nasyconych kwasów tłuszczowych pomiędzy grupą II i III wynikają z różnego udziału w diecie kwasów tłuszczowych nasyconych i nienasyconych (Oliveira i in., 2010). Wyniki własne doświadczenia były zbliżone do wyników Cheriana i in. (2009), którzy zaobserwowali zmniejszenie poziomu kwasów SFA, głównie kwasu palmitynowego i stearynowego, w lipidach żółtek jaj pochodzących od kur żywionych paszą zawierającą 15% wytlóków lniankowych.

Mieszanki z 10% i 15% udziałem wytlóków z lnianki siewnej wpłynęły na zmniejszenie masy żółtka (Cherian i in., 2009). Zbliżone wyniki otrzymali Novak i Scheideler (2001) oraz Bean i Lesson (2003) stosując w żywieniu kur niosek 10% udział nasion lnu. W doświadczeniu własnym odnotowano natomiast istotny wzrost masy żółtka oraz zaobserwowano tendencję do wzrostu procentowego udziału żółtka w jaju w grupie kur żywionych mieszanką zawierającą 1,5% oleju z lnianki w porównaniu do kur otrzymujących mieszankę z 3% udziałem wymienionego oleju. Nie jest jasne, dlaczego niższy poziom oleju z lnianki prowadzi do zwiększenia masy żółtka.

Na uwagę zasługuje fakt, że korzystne zmiany w profilu kwasów tłuszczowych żółtka jaj pod wpływem dodatku oleju z lnianki obserwowane w przeprowadzonych badaniach nie pogarszają wskaźników oceny sensorycznej.

W oparciu o uzyskane wyniki można stwierdzić, że zastosowanie 3% oleju z nasion lnianki siewnej w żywieniu kur niosek może być efektywnym sposobem modyfikacji profilu kwasów tłuszczowych lipidów żółtka przy zachowaniu wysokich walorów smakowo-zapachowych jaj.

Piśmiennictwo

- Abramowić H., Butinar B., Nikolić V. (2007). Changes occurring in phenolic content, tocopherol composition and oxidative stability of *Camelina sativa* oil during storage. *Food. Chem.*, 104: 903–909.
- Aziza A.E., Quezada N., Cherian G. (2010 a). Feeding *Camelina sativa* meal to meat type chickens: Effect on production performance and tissue fatty acid composition. *J. Appl. Poultry Res.*, 2: 157–168.
- Aziza A.E., Quezada N., Cherian G. (2010 b). Antioxidative effect of dietary *Camelina* meal in fresh, stored or cooked broiler chicken meat. *Poultry Sci.*, 89: 2711–2718.
- Bartnikowska E. (2008). Fizjologiczne działanie polienowych kwasów tłuszczowych z rodziny *n-3*. *Tłuszcze Jadalne*, 1–2: 10–15.
- Bean L.D., Lesson S. (2003). Long-term effects of feeding flax seed on performance and egg fatty acid composition of Brown and White hens. *Poultry Sci.*, 82: 388–394.
- Budin J.T., Breene W.M., Putnam D.H. (1995). Some compositional properties of *Camelina sativa* seeds and oils. *Food Sci.*, 72 (3): 309–315.
- Cherian G., Campbell A., Parker T. (2009). Egg quality and lipid composition of eggs from hens fed *Camelina sativa*. *J. Appl. Poultry Res.*, 18: 143–150.
- Cherian G., Sim J.S. (1991). Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty acid composition of eggs, embryos and newly hatched chicks. *Poultry Sci.*, 70: 917–922.
- Cherian G., Wolfe F.H., Sim J.S. (1996). Dietary oils with added tocopherols: Effects on egg or tissue tocopherols, fatty acids, and oxidative stability. *Poultry Sci.*, 75: 423–431.
- Cobos A.L., Delahoz L., Cambero M.I., Ordonez J.A., (1995). Dietary modification and hen strain dependence of egg yolk lipids. *Food Res. Int.*, 28: 71–76.
- Crowley J.G., Fröhlich A. (1998). Factors affecting the composition and use of *Camelina*. Teagasc publication. Crops Research Centre, Oak Park, Carlow, Ireland.

- Ferrier L.K., Caston L.J., Lesson S., Squires J., Weaver B.J., Holub B.J. (1995). α -linolenic acid and docosahexaenoic acid enriched eggs from hens fed flaxseed: Influence on blood lipids and platelet phospholipid fatty acids in humans. *Am. J. Clin. Nutr.*, 62: 81–86.
- Filardi R.S., Junqueira O.M., Laurentiz A.C., Casartelli E.M., Aparecida Rodrigues E., Francellino Araujo L. (2005). Influence of different fat sources on the performance, egg quality, and lipid profile of egg yolks of commercial layers in the second laying cycle. *J. Appl. Poultry Res.*, 14: 258–264.
- Flachowsky G., Langbein T., Bohme H., Schneider A., Aulrich K.K. (1997). Effect of false flax expeller combined with short-term vitamin E supplementation in pig feeding on the fatty acid pattern, vitamin E concentration and oxidative stability of various tissues. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 78: 187–195.
- Folch J., Lees M., Stanley G.H.S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226: 497–509.
- Hrastar R., Cheng L.Z., Xu X., Miller R.L., Košir I.J. (2011). *Camelina sativa* oil deodorization: Balance between free fatty acids and colour reduction and isomerized byproducts formation. *J. Am. Oil Chem Soc.*, 88: 581–588.
- Husveth F., Rozsa L., Bali G., Papocsi P. (2003). *n*-3 fatty acid enrichment of table eggs by adding a fish oil preparation to the diet of laying hens. *Arch. Geflügelkd.*, 67: 198–203.
- Jaśkiewicz T., Matyka S. (2003). Application of *Camelina sativa*, its seeds, extrudate and oil cake in diets for broiler chickens and the effect on rearing indices and carcass quality. *Ann. Anim. Sci.*, 2 (Supl.): 181–184.
- Karvonen H.M., Aro A., Tapola N.S., Salminen I., Uusitupa M.I., Sarkkinen E.S. (2002). Effect of alpha-linolenic acid-rich *Camelina sativa* oil on serum fatty acids composition and serum lipids in hypercholesterolemic subjects. *Metabolism*, 51: 1253–1260.
- Kłósiewicz-Latoszek L. (2002). Znaczenie kwasów tłuszczowych omega-3 w profilaktyce chorób sercowo-naczyniowych. *Żywnie człowieka i metabolizm*, 29: 78–87.
- Kritchevsky D., Chen S.C. (2005). Phytosterols health benefits and potential concerns: a review. *Nutr. Res.*, 25: 413–428.
- Lawlor J.B., Gaudette N., Dickson T., House J.D. (2010). Fatty acid profile and sensory characteristics of table-eggs from laying hens fed diets containing microencapsulated fish oil. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 156: 97–103.
- Mazalli M.R., Faria D.E., Salvador D., Ito D.T. (2004). A comparison of the feeding value of different sources of fat for laying hens: 2. Lipid, cholesterol, and vitamin E profiles of egg yolk. *J. Appl. Poultry Res.*, 13: 280–290.
- Milinsk M.C., Murakami A.E., Gomes S.T.M., Matsushita M., De Souza N.E. (2003). Fatty acid profile of egg yolk lipids from hens fed diets rich in *n*-3 fatty acids. *Food Chem.*, 83: 287–292.
- Morrison W.R., Smith L.M. (1964). Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. *J. Lipid Res.*, 5: 600–608.
- Novak C., Scheideler S.E. (2001). Long-term effects of feeding flaxseed-based diets. 1. Egg production parameters, components and eggshell quality in two strains of laying hens. *Poultry Sci.*, 80: 1480–1489.
- Oliveira D.D., Baião N.C., Cançado S.V., Grimaldi R., Souza M.R., Lara L.J.C., Lana A.M.Q. (2010). Effects of lipid sources in the diet of laying hens on the fatty acid profiles of egg yolks. *Poultry Sci.*, 89: 2484–2490.
- Palmquist D.L. (2009). Omega-3 fatty acids in metabolism, health, and nutrition and for modified animal products food. *Prof. Anim. Sci.*, 25: 207–249.
- Pita M.C.G., Carvalho P.R., Piber Neto E., Mendonça Junior C.X. (2010). Effect of marine and vegetal sources on the hen diets on the PUFAs and PUFAs *n*-3 in laying hens egg yolk and plasm. *Int. J. Poultry Sci.*, 9: 148–151.
- Rokka T., Alen K., Valaja J., Ryhanen E.-L. (2002). The effect of a *Camelina sativa* enriched diet on the composition and sensory quality of hen eggs. *Food Res. Int.*, 35: 253–256.
- Scheideler S.E., Froning G.W. (1996). The combined influence of dietary flaxseed variety, level, form and storage conditions on egg production and composition among vitamin E-supplemented hens. *Poultry Sci.*, 75: 1221–1226.

- Simopoulos A.P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed. Pharmacother*, 56: 365–379.
- Simopoulos A.P., Salem N.J. (1992). Egg yolk as a source of long-chain polyunsaturated fatty acids in infant feeding. *Am. J. Clin. Nutr.*, 55: 411–414.
- Souza, J.G., Costa F.G.P., Queiroga R.C.R.E., Silva J.H.V., Schuler A.R.P., Goulart C.C. (2008). Fatty acid profile of eggs of semi-heavy layers fed feeds containing linseed oil. *Braz. J. Poult. Sci.*, 10: 37–44.
- Woods V.B., Fearon A.M. (2009). Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: a review. *Livest. Sci.*, 126: 1–20.
- Zubr J. (1997). Oil-seed crop: *Camelina sativa*. *Ind. Crop Prod.*, 6: 113–119.
- Zubr J. (2009). Unique dietary oil from *Camelina sativa* seed. *Agro. Food Ind. Hi. Tech.*, 20: 42–46.
- Zubr J., Matthaus B. (2002). Effects of growth conditions on fatty acids and tocopherols in *Camelina sativa* oil. *Ind. Crop Prod.*, 15: 155–162.

Zatwierdzono do druku 3 X 2012

MARIUSZ P. PIETRAS, SYLWIA ORCZEWSKA-DUDEK, ROBERT GAŚSIOR

Effect of diet with *Camelina sativa* oil on the performance of laying hens, chemical composition of yolk lipids and sensory quality of eggs

SUMMARY

The aim of this study was to determine the effect of using *Camelina sativa* oil in compound feed for laying hens on egg quality and fatty acid profile of yolk lipids. In the experiment, 45 Hy-Line laying hens at the age of 23 weeks were randomly assigned to three groups. The control group (I) received the standard mixture which contained 3% rapeseed oil. Experimental groups were fed on mixtures containing 1.5% rapeseed oil and 1.5% camelina oil (group II) and 3% camelina oil (group III). The basic production parameters, the quality of eggs, the chemical composition of yolk and the fatty acid profile of yolk lipids were determined. Boiled eggs were subjected to organoleptic evaluation. The use of camelina oil in the diet of laying hens did not negatively affect the production parameters or the albumen and eggshell quality or the sensory quality of boiled eggs. We found a significant increase in egg weight in the group of hens fed a diet containing 1.5% camelina oil. In this group there was also a tendency for increased proportion of yolk in the egg. The introduction of 3% camelina oil to the compound feed for laying hens resulted in a decrease in the content of monounsaturated fatty acids (MUFA) in yolk lipids, a significant increase in the content of *n-3* PUFA (mainly ALA and DHA), and a beneficial decrease in the *n-6/n-3* PUFA ratio compared to the control group.

Key words: laying hens, eggs, *Camelina sativa*, polyunsaturated fatty acids