

TADEUSZ TRZISZKA, EWA ŁUKASZEWICZ, ŁUKASZ BOBAK,
ARTUR KOWALCZYK, MAREK ADAMSKI, ZBIGNIEW DOBRZAŃSKI

WPLYW WZBOGACENIA PASZY ALGAMI MORSKIMI I SIEMIENIEM LNIANYM NA SKŁAD MORFOLOGICZNY I CECHY FIZYKOCHEMICZNE JAJ PRZEPIÓREK JAPOŃSKICH

Streszczenie

Badano wpływ zastosowania alg morskich i siemienia lnianego, jako źródła kwasów tłuszczowych, w żywieniu nieśnych przepiórek japońskich (*Coturnix coturnix japonica*), w aspekcie poprawy cech fizycznych jaj oraz zawartości cholesterolu i profilu kwasów tłuszczowych w żółtkach. Od 6. tygodnia życia ptaki z grupy kontrolnej (240 samic podzielonych na 6 powtórzeń) otrzymywały *ad libitum* standardową mieszankę typu G-090 (Granum Animals Nutrition, Polska). Grupa doświadczalna (w takim samym układzie) otrzymywała tę samą paszę, lecz wzbogaconą w algi morskie (DHA Gold, Novus, Polska) i siemię lniane, w ilości odpowiednio: 5 i 40 g oraz 0,3 g drożdży selenowych (jako antyutleniacz) na 1 kg mieszanki. Jaja pobierano do badań w 9. (I okres), 13. (II okres) i 17. (III okres) tygodniu nieśności, czyli w 16., 20. i 24. tyg. życia. W trzech okresach nieśności oceniano parametry fizyczne każdej grupy jaj (masa jaja, żółtka, skorupy i białka, barwa żółtka, wytrzymałość i grubość skorupy) i profil kwasów tłuszczowych, które oznaczano przy użyciu chromatografu gazowego sprzężonego ze spektrometrem masowym (GC/MS). Analizę cholesterolu wykonano z użyciem chromatografu cieczowego HP (firmy Agilent Technologies).

Wzbogacenie diety przepiórek japońskich w siemię lniane i algi morskie nie miało wpływu na skład morfologiczny i fizyczne parametry jaja (masę jaja, udział białka, żółtka i skorupy, grubość i wytrzymałość skorupy), spowodowało natomiast istotne obniżenie kwasowości czynnej (pH) białka i żółtka. Ponadto zastosowane dodatki paszowe wpłynęły na istotne zmniejszenie zawartości cholesterolu w żółtku, dwukrotne zwiększenie w nich zawartości kwasu DHA oraz 3 - 4 krotne obniżenie stosunku $n-6/n-3$, co jest bardzo istotne z uwagi na wartość odżywczą i technologiczną jaj.

Prof. dr hab. T. Trziszka, dr inż. Ł. Bobak, Katedra Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością, Wydz. Nauk o Żywności, ul. Chelmońskiego 37/41, 51-630 Wrocław, prof. dr hab. E. Łukasiewicz, dr hab. inż. A. Kowalczyk, Instytut Hodowli Zwierząt, prof. dr hab. Z. Dobrzański, Katedra Higieny Środowiska i Dobrostanu Zwierząt, Wydz. Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, dr hab. inż. M. Adamski, Katedra Hodowli Drobiu, Wydz. Hodowli i Biologii Zwierząt, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich, ul. Mazowiecka 28, 85-084 Bydgoszcz. Kontakt: Tadeusz.Trziszka@up.wroc.pl

Słowa kluczowe: przepiórka japońska, algi, siemię lniane, parametry fizyczne jaj, kwasy tłuszczowe, cholesterol

Wprowadzenie

Chów przepiórek nieśnych jest popularny w Chinach, Japonii, Brazylii, a także w niektórych krajach europejskich – we Francji, w Polsce i w Serbii [10, 21, 24, 25]. Ptaki te cechują się wczesnym dojrzewaniem (nieśność rozpoczynają w 6. tygodniu życia), a w okresie 10 - 12 miesięcy mogą znieść do 300 jaj, o średniej masie 10 - 12 g. Jaja przepiórcze są bardzo cenne pod względem odżywczym. Składem chemicznym różnią się znacznie od jaj kurzych. Zawierają więcej aminokwasów (w tym egzogennych) i mniej tłuszczu. Są też bogatym źródłem żelaza, miedzi, przyswajalnego fosforu, karotenu i witamin z grupy B [9, 12, 16, 35]. Poprzez zabiegi żywieniowe można wzbogacać skład jaj np. w kwasy wielonienasycone lub antyoksydanty [2, 30], a także wykorzystywać masę jajową do pozyskiwania bioaktywnych substancji i preparatów medycznych [5, 13, 14]. Prowadzone są również prace nad wykorzystaniem metod hodowlanych do poprawy cech użytkowych przepiórek, a szczególnie zmiany profilu lipidowego jaj [21, 22]. Przepiórka japońska jest ponadto bardzo dobrym modelem zwierzęcym w badaniach biotechnologicznych, zootechnicznych i biomedycznych.

W żywieniu drobiu nieśnego stosuje się różne pasze i dodatki paszowe celem zmiany właściwości fizykochemicznych i funkcjonalnych produkowanych jaj. Źródłem energii i białka jest najczęściej ziarno kukurydzy, śruta sojowa, pszenica, olej rzepakowy. Składniki te uzupełnia się związkami mineralnymi, witaminowymi, aminokwasami, probiotykami. Ostatnio prowadzi się wiele badań nad wprowadzeniem w żywieniu drobiu nieśnego siemienia, oleju lnianego i rybnego oraz alg i glonów morskich, celem wzbogacenia żółtka w kwasy wielonienasycone, zwłaszcza z grupy *n-3* [1, 8, 19, 23].

Nieliczne doniesienia wskazują na celowe i korzystne dla jakości jaj, stosowanie w diecie tych ptaków specjalnych dodatków paszowych, jak: nasiona niektórych roślin, zioła, olej lniany i rybny oraz drożdże [1, 2, 17, 32, 36]. Brak jest natomiast prac dotyczących wpływu alg i siemienia lnianego na właściwości fizyczne i skład chemiczny jaj przepiórczych. Wiadomo, że siemię lniane jest bogatym źródłem nienasyconych kwasów tłuszczowych, zawiera nawet 50,9 % kwasu linolenowego [19].

Celem badań była ocena wpływu zastosowania alg morskich i siemienia lnianego, jako źródła kwasów tłuszczowych, w żywieniu stad towarowych przepiórek japońskich, na poprawę cech fizycznych jaj oraz zawartość cholesterolu i kwasów tłuszczowych w żółtku, ze szczególnym uwzględnieniem kwasów tłuszczowych z grupy *n-3*.

Material i metody badań

Material doświadczalny stanowiło 480 dojrzałych płciowo samic przepiórki japońskiej (*Coturnix coturnix japonica*) z rodu J-11, podzielonych losowo na dwie grupy: kontrolną (K) – żywioną mieszanką standardową oraz doświadczalną (D) – żywioną tą samą mieszanką, ale wzbogaconą w algi morskie, siemię lniane i drożdże selenowe. Przepiórki utrzymywano w bateriach po 40 ptaków w klatce (o powierzchni 1 m²), a każdą grupę stanowiło 6 klatek (powtórzeń), rozmieszczonych w różnych częściach baterii. Ptaki były żywione w grupach K i D do woli (*ad libitum*), przez cały okres doświadczenia, od rozpoczęcia nieśności, tj. od 6. do 24. tygodnia życia. Ptaki utrzymywano w kontrolowanych warunkach środowiskowych, zgodnie z wymogami zawartymi w rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi [29]. W chwili rozpoczęcia nieśności liczba godzin światła na dobę wynosiła 15 i zwiększano ją co dwa tygodnie o 0,5 h aż do 17 h w 20. tygodniu życia. Temperatura powietrza wynosiła 20 - 24 °C, a wilgotność 66 - 75 %.

Paszę podstawową stanowiła mieszanka typu G-090 (Granum Animals Nutrition, Błaszki, Polska) – typowa dla przepiórek nieśnych, w skład której wchodzi: poekstrakcyjna śruta sojowa, pszenica, kukurydza, otręby pszenne, oleje roślinne, węglan wapnia, fosforan jednowapniowy, sól pastewna, premix (makro- i mikroelementy, witaminy, aminokwasy, związki biologicznie czynne). Wartość energetyczna mieszanki G-090 wynosiła 11,7 MJ EM/kg, a zawartość białka ogólnego – 22,0 %. W grupie D przepiórki otrzymywały dodatek w przeliczeniu na 1 kg paszy: 5 g sproszkowanych alg morskich (DHA Gold[®]), 40 g siemienia lnianego (śruta) oraz 0,3 g drożdży selenowych typu Cerosel (jako antyutleniacz). Według danych producenta (Novus, Polska) algi zawierają średnio 55,6 % tłuszczu surowego i 16,7 % białka ogólnego. W profilu kwasów tłuszczowych dominuje kwas DHA (42,3 %), mniej jest kwasu DPA (17,7 %). Siemię lniane (śruta) zawiera 45,0 % tłuszczu i 23,6 % białka. Drożdże selenowe (FZN-P Biocheffa, Sosnowiec) zawierają 500 ppm Se oraz 42,6 % białka ogólnego. Zastosowane ilości dodatków wynikały z obliczeń własnych autorów oraz danych literatury z zakresu paszoznawstwa i żywienia przepiórek [2, 8, 15, 32, 33, 36]. Dodatki te w grupie D tylko nieznacznie zwiększyły zawartość białka i tłuszczu surowego. Według analiz laboratoryjnych przeprowadzonych zgodnie z obowiązującymi procedurami [3], w mieszance kontrolnej i doświadczalnej oznaczono odpowiednio: 90,95 i 90,41 % suchej masy, 12,6 i 11,6 % popiołu surowego, 23,5 i 24,4 % białka surowego, 4,0 i 6,0 % tłuszczu surowego oraz 6,0 i 6,5 % włókna surowego.

Jaja do badań, każdorazowo po 30 szt. z grupy K i D, pobierano w 9. (I okres), 13. (II okres) i 17. (III okres) tygodniu nieśności, czyli w 16., 20. i 24. tygodniu życia ptaków. Przed badaniami przechowywano je w chłodni do jednego tygodnia w temp. $3,45 \pm 0,21^{\circ}\text{C}$ i wilgotności względnej powietrza $67,29 \pm 6,48$ %. Z każdego okresu nieśności i grupy do badań morfologicznych i fizycznych przekazywano po 30 jaj. Do

analiz zawartości cholesterolu jedną próbę stanowiły żółtka z 10 jaj, natomiast do analiz zawartości kwasów tłuszczowych w żółtkach wykorzystano wszystkie żółtka, po dokładnym ich zmieszaniu pobierano 3 uśrednione próbki materiału.

Oznaczenia masy całego jaja, żółtka i skorupy wykonywano za pomocą wagi laboratoryjnej Ohaus nr CT600-S. Masę białka obliczano z różnicy masy jaja, żółtka i skorupy. Grubość skorupy [mm] mierzono w dwóch punktach równikowej części jaja, z dokładnością do 1 μm , przy użyciu śruby mikrometrycznej Wilson Wolpert-IP94. Wytrzymałość skorupy [N] oznaczano z wykorzystaniem urządzenia ZWICK/Roell Z 010. Barwę żółtka określano za pomocą wachlarza barw La Roche'a, w skali 1 - 15.

Profil kwasów tłuszczowych oznaczano w tłuszczu żółtka. Ekstrakcję tłuszczu z 2 g żółtka jaja prowadzono według zmodyfikowanej metody Folcha i wsp. [11], stosując roztwór chloroformu i metanolu w stosunku 2 : 1 (v:v). Odważano 50 mg tłuszczu i dodawano 4 ml 0,5 M roztworu NaOH w metanolu. Całość ogrzewano przez 2 min pod chłodnicą zwrotną w temperaturze wrzenia, a następnie dodawano 5 ml 14-procentowego roztworu BF_3 w metanolu i ponownie ogrzewano przez 2 min w temperaturze wrzenia. Po procesie ogrzewania dodawano 2 - 3 ml heksanu oraz 1 ml nasyconego roztworu NaCl. Fazę organiczną po osuszeniu bezwodnym siarczanem magnezu poddawano analizie przy użyciu chromatografu gazowego sprzężonego ze spektrometrem masowym (GC/MS), wykorzystując aparat GC6890/5973 MSD (Agilent Technologies, Inc. CA, USA). Zastosowano kolumnę HP88 Agilent J&W (długość – 100 m, średnica – 0,25 mm, grubość filmu fazy stacjonarnej – 0,20 μm). Gazem nośnym był hel o czystości 6,0 (Air Product; Siewierz; Polska), którego przepływ ustalono na 1 ml/min, nastrzyk próby realizowano z podziałem (split 4 : 1), według programu: temp. początkowa 60°C utrzymywana przez 2 min, ogrzewanie 20°C/min do 180°C, następnie 3°C/min do 220°C, z przetrzymaniem przez 15 min i ostateczne ogrzewanie z prędkością 5°C/min do 250°C i przetrzymaniem przez 8 min. Sumaryczny czas analizy wynosił 50,33 min.

Do oznaczenia cholesterolu naważano 2,5 g żółtka do kolby stożkowej. Następnie dodawano mieszaninę rozpuszczalników (25 ml chloroformu, 20 ml izopropanolu i 20 ml heksanu) i całość wytrząsano przez 15 h. Zawartość kolby przesączano, używając lejka Büchnera i uzyskany klarowny filtrat odparowywano w warunkach zredukowanego ciśnienia, w temp. 30 °C. Pozyskany osad w ilości 100 mg poddawano saponifikacji 12-procentowym etanolemowym roztworem KOH (1 : 100 m/v) w temp. 80 °C przez 15 min. Do schłodzonego roztworu dodawano 5 ml wody destylowanej i ekstrahowano dwukrotnie 10-mililitrowymi porcjami heksanu. Połączone ekstrakty odparowywano w strumieniu gazu obojętnego, a osad rozpuszczano w fazie ruchomej. Analizę cholesterolu wykonywano z zastosowaniem chromatografu cieczowego HP serii 1200 firmy Agilent Technologies, wyposażonego w detektor diodowy DAD (Diode

Array Detector G1315B DAD). Warunki rozdziału chromatograficznego: kolumna Zorbax ODS o wymiarach 25 cm długości, 4,6 mm średnicy i 5 μm średnicy ziarna. Elucja izokrytyczna: faza A – acetonitryl, faza B – alkohol izopropylowy w proporcjach 7 : 3. Kolumnę termostatowano w temp. 35 °C, detekcję prowadzono przy długości fali $\lambda = 210 \text{ nm}$ bez fali odniesienia, przy częstotliwości zbierania danych 1,25 Hz.

Oznaczenia parametrów fizycznych jaj przeprowadzano w laboratorium Zakładu Hodowli Drobiu Instytutu Hodowli Zwierząt, zaś kwasów tłuszczowych i cholesterolu – w laboratorium Katedry Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Wyniki badań opracowano statystycznie. Obliczano wartości średnie i odchylenia standardowe oraz weryfikowano istotność różnic między grupami testem post hoc Duncana, przyjmując poziom istotności $p = 0,05$. Obliczenia wykonywano przy użyciu programu Statgraphics ver. 7.

Wyniki badań i dyskusja

Stado przepiórek japońskich było wyrównane, charakteryzowało się typową, wysoką nieśnością, szczególnie w pierwszej fazie produkcji, podobnym zużyciem paszy i dobrą zdrowotnością w grupach kontrolnych i doświadczalnych. Wyniki pomiarów składu morfologicznego jaj przedstawiono w tab. 1. Średnie masy jaj pochodzących z grupy kontrolnej i doświadczalnej nie różniły się statystycznie istotnie ($p = 0,05$). W poszczególnych okresach nieśności (I - III) były one podobne (12,6 ÷ 12,8 g). Także masa białka, żółtka i skorupy były podobne w poszczególnych grupach i okresach nieśności. Udział tych części jaja wahał się w granicach odpowiednio [%]: 52,6 ÷ 56,2, 31,5 ÷ 35,4 i 11,6 ÷ 12,4, a istniejące różnice były statystycznie nieistotne ($p = 0,05$). W literaturze publikowane są podobne dane [9, 26], chociaż wiadomo, że genotyp niosek, okres nieśności i skład paszy mają wpływ na wskaźniki produkcyjne stada. Al Darajj i wsp. [2], stosując w paszy dla przepiórek japońskich siemię lniane (dodatek max 6 %), uzyskali istotny wzrost masy jaja, w tym udziału białka (59,02 % vs. 54,7% w grupie kontrolnej). Z kolei Güçlü i wsp. [15], spośród ośmiu różnych źródeł tłuszczów testowanych w żywieniu ptaków tego gatunku, stwierdzili istotny wzrost masy jaja, gdy w diecie było 4 % oleju słonecznikowego lub oleju z oliwek.

Inne parametry jaj (tab. 2), jak wytrzymałość i grubość skorupy, wyrażone jako wartości średnie, były również zbliżone w poszczególnych okresach i grupach, a istniejące różnice były nieistotne.

W literaturze podawane są podobne wartości analizowanych cech skorupy jaj przepiórczych, chociaż wiadomo, że podobnie jak w przypadku wskaźników produkcyjnych, mogą się one znacznie różnić w poszczególnych okresach nieśności [12, 26, 27]. Bez względu na okres nieśności i rodzaj skarmianej mieszanki, barwa żółtka w skali La Roche'a była niska, oscylowała w granicach 3 - 4 pkt. Wiadomo, że barwa

żółtka zależy od zawartości karotenów i witamin w diecie i może wynosić nawet 13,6 pkt [10]. Cytowani wcześniej Güçlü i wsp. [15] twierdzą, że dodatek do paszy oleju z oliwek (4 %), w porównaniu z innymi olejami roślinnymi i olejem rybnym, najskuteczniej poprawia jakość skorupy jaj przepiórek, natomiast Yalcin i wsp. [36] wykazali obniżenie parametrów jakościowych jaj przepiórczych przy nadmiernym udziale w paszy drożdży piekarskich (ponad 8 %).

Tabela 1. Skład morfologiczny jaj przepiórek [g].

Table 1. Morphological composition of quail eggs [g].

Składnik morfologiczny jaja Morphological component of egg	Okres nieśności / Laying period					
	I		II		III	
	Grupa / Group		Grupa / Group		Grupa / Group	
	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental
Całe jajo Whole egg	12,62 ± 0,44	12,59 ± 0,50	12,62 ± 0,33	12,75 ± 0,26	12,79 ± 0,39	12,62 ± 0,33
Żółtko Egg yolk	4,23 ± 0,30	3,98 ± 0,23	4,28 ± 0,20	4,38 ± 0,15	4,53 ± 0,28	4,23 ± 0,19
Białko Egg white	6,82 ± 0,26	7,082 ± 0,30	6,84 ± 0,31	6,88 ± 0,16	6,73 ± 0,27	6,88 ± 0,28
Skorupa Egg shell	1,57 ± 0,07	1,54 ± 0,08	1,50 ± 0,07	1,49 ± 0,06	1,54 ± 0,047	1,53 ± 0,05

Objaśnienia: / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie i ± odchylenia standardowe / Table shows mean values and standard deviations; n = 30; I, II, III – okres nieśności; 9., 13. i 17. tydzień nieśności / I, II III – laying period: 9th, 13th, and 17th week of laying period.

Wyniki pomiarów odczynu (pH) żółtka i białka (tab. 2) wskazują, że w I i II okresie nieśności pH białka było istotnie niższe ($p = 0,05$) w grupie doświadczalnej, natomiast pH żółtka było niższe we wszystkich okresach, w porównaniu z grupą kontrolną. Trudno jednoznacznie wyjaśnić tę zależność, można jedynie przypuszczać, że zastosowane dodatki paszowe mają właściwości zakwaszające. W literaturze przedmiotu brak jest porównawczych danych. Jaja pochodzące od kur rodzimej rasy żółtonóżka kuropatwiana, przechowywane w temp. 21 °C miały odczyn białka w granicach $9,25 \div 9,77$, zaś żółtka – $6,22 \div 6,57$, w zależności od czasu przechowywania [7]. Wiadomo, że niższa kwasowość, szczególnie białka, może być korzystna ze względu na trwałość przechowalniczą jaj [31].

Tabela 2. Cechy jakościowe jaj przepiórek.

Table 2. Quality traits of quail eggs.

Cecha jaja Egg trait	Okres nieśności / Laying period					
	I		II		III	
	Grupa / Group		Grupa / Group		Grupa / Group	
	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental
Wytrzymałość skorupy Shell strength [N]	11,42 ± 4,35	11,52 ± 4,48	12,17 ± 3,99	10,75 ± 4,12	11,84 ± 3,50	13,01 ± 3,61
Grubość skorupy Shell thickness [mm]	0,27± 0,02	0,26 ± 0,03	0,25 ± 0,03	0,25 ± 0,03	0,27 ± 0,02	0,26 ± 0,03
Barwa żółtka Yolk colour [1-15 pkt La'Roche]	2,99 ± 0,88	3,44 ± 1,23	4,12 ± 0,46	3,86 ± 0,65	3,35 ± 0,73	3,29 ± 1,07
pH białka pH of egg white	9,36 ^a ± 0,06	9,28 ^b ± 0,1	9,31 ^a ± 0,09	9,26 ^b ± 0,09	9,22 ± 0,07	9,20 ± 0,04
pH żółtka pH of yolk	6,57 ^a ± 0,13	6,39 ^b ± 0,12	6,56 ^a ± 0,18	6,48 ^b ± 0,09	6,45 ^a ± 0,11	6,30 ^b ± 0,10

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b – wartości średnie w wierszach, dla badanego okresu nieśności, oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values in lines, for analyzed laying period, and denoted by different letters differ statistically significantly ($p < 0.05$). Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.

Ważną cechą chemiczną dla konsumenta jest zawartość cholesterolu w żółtku jaja (tab. 3). Najmniejszą średnią zawartość cholesterolu (8,7 mg/g żółtka lub 37,14 mg/żółtko) stwierdzono w jajach pozyskanych od ptaków z grupy D w 17. tygodniu nieśności, zaś największą (11,28 mg/g żółtka lub 47,71 mg/żółtko) w grupie K, w początkowym okresie nieśności. Bez względu na okres nieśności, zawartość cholesterolu w jajach grupy doświadczalnej była istotnie mniejsza ($p = 0,05$) w porównaniu z grupą kontrolną, co wskazuje na korzystne działanie zastosowanych dodatków paszowych. Bragagnolo i Rodriguez-Amaya [6] oznaczyli podobną (ok. 12 mg) zawartość cholesterolu w 1 g żółtka w przepiórczych oraz kurzych jaj spożywczych. Agah i wsp. [1] wykazali, że w jajach kur Hy-Line zawartość tego związku wynosiła $9,6 \div 10,3$ mg/g żółtka, a zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych w paszy, w tym

stosunek $n-6/n-3$, nie miała wpływu na jego koncentrację w jajach. Natomiast Yalcin i wsp. [37] stosowali w diecie przepiórek japońskich suszone drożdże piwne w ilości 4,5 % i uzyskali istotne zmniejszenie zawartości cholesterolu w żółtku jaj – z 69,9 do 64,3 mg/żółtko. Według innych autorów [4, 28] koncentracja cholesterolu w jajach kurzych jest dość stabilna, ale może zmieniać się w poszczególnych fazach nieśności, natomiast dodatek do paszy niektórych roślin (czosnku, herbaty, ziół), może jedynie w ograniczonym zakresie zmniejszyć zawartość tego sterolu.

Tabela 3. Zawartość cholesterolu w żółtku jaj przepiórek.

Table 3. Content of cholesterol in quail egg yolk.

Cholesterol Cholesterol	Okres nieśności / Laying period					
	I		II		III	
	Grupa / Group		Grupa / Group		Grupa / Group	
	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental
mg/g żółtka mg/g of yolk	11,28 ^a ± 0,05	10,04 ^b ± 0,03	9,99 ^a ± 0,02	9,94 ^a ± 0,02	10,54 ^a ± 0,04	8,79 ^b ± 0,01
mg/żółtko mg/yolk	47,71 ^a ± 0,21	39,92 ^b ± 0,11	42,73 ^a ± 0,08	43,54 ^a ± 0,09	47,64 ^a ± 0,16	37,14 ^b ± 0,05

Objaśnienia: / Explanatory notes:

$n = 10$ (1 $n =$ próba zbiorcza z 10 jaj / 1 $n =$ collective sample of 10 eggs); a, b – wartości średnie w wierszach, dla danego okresu nieśności, oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values in rows, for particular laying period, and denoted by different letters differ statistically significantly ($p < 0.05$). Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.

Profil kwasów tłuszczowych żółtka przedstawiono w tab. 4. Najwięcej wykazano kwasu oleinowego (C18:1) – 31,17 ÷ 43,84 %, a jego zawartość była większa w jajach z grupy kontrolnej. Zwraca uwagę korzystny, ponad dwukrotny wzrost zawartości kwasu DHA oraz 3 - 4-krotne obniżenie stosunku $n-6/n-3$ w jajach z grupy D, w porównaniu z jajami z grupy K, aczkolwiek istniejące różnice były statystycznie nieistotne ($p = 0,05$). Wynika to z dużego udziału kwasów nienasyconych w siemieniu i algach. Warto zacytować wyniki innych badań krajowych.

W badaniach, w których przepiórkom japońskim grupy doświadczalnej, w wieku 20 - 24 tygodni, podawano paszę standardową z dodatkiem 1 % oleju lnianego oraz 0,5 % oleju rybnego, uzyskano istotne różnice pod względem zawartości kwasów tłuszczowych w żółtkach, w porównaniu z grupą kontrolną żywioną samą mieszanką standardową. Wykazano znaczący wzrost zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, zwłaszcza kwasy ALA i DHA oraz korzystne obniżenie stosunku

n-6/n-3, z 17,7 do 4,0 [17]. Z innych badań wynika, że dodatek 4 % oleju sojowego lub rybnego najskuteczniej wzbogaca żółtko jaj przepiórek w kwasy *n-3* (odpowiednio: 1,85 i 1,33 %) [15]. Tokusōglu i wsp. [34] stwierdzili zawartość kwasów *n-3* średnio na poziomie 1,16 % w żółtku surowym i 0,82 % w żółtku jaja ugotowanego na miękko. Stosunek PUFA/SFA wynosił odpowiednio: 0,58 i 0,64, a więc podobnie jak w prezentowanych badaniach własnych.

Tabela 4. Profil kwasów tłuszczowych żółtka jaj przepiórek.
Table 4. Fatty acids profile in yolk of quails eggs.

Kwasy tłuszczowe Fatty acids [%]	Okres nieśności / Laying period					
	I		II		III	
	Grupa / Group		Grupa / Group		Grupa / Group	
	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental
C16:0	26,23	24,45	27,36	25,32	25,31	22,92
C16:1	5,17	4,01	6,72	5,44	6,70	5,58
C18:0	9,67	10,46	11,27	12,29	13,99	15,15
C18:1	43,84	37,84	37,87	33,44	35,05	31,17
C18:2	11,65	14,94	12,50	15,09	13,26	14,75
C18:3	0,46	4,61	0,48	3,87	0,86	5,22
C20:4	2,06	1,33	2,54	1,64	3,26	2,10
C22:5	0,11	0,48	0,18	0,65	0,19	0,58
C22:6	0,80	1,89	1,08	2,26	1,39	2,54
SFA	35,90	34,91	38,63	37,61	39,30	38,07
UFA	64,09	65,10	61,37	62,39	60,71	61,94
MUFA	49,01	41,85	44,59	38,88	41,75	36,75
PUFA	15,08	23,25	16,78	23,51	18,96	25,19
PUFA/SFA	0,42	0,66	0,44	0,63	0,48	0,66
<i>n-3</i>	1,37	6,98	1,74	6,78	2,44	8,34
<i>n-6</i>	13,71	16,27	15,04	16,73	16,52	16,85
<i>n-6/ n-3</i>	10,01	2,33	8,64	2,47	6,77	2,02

Objaśnienia: / Explanatory notes:

n = 3. Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.

Z danych literaturowych wynika, że profil kwasów tłuszczowych w jajach przepiórczych, podobnie jak kurzych czy w tłuszczu mleka, można korzystnie modyfikować.

wać sposobem żywieniowym [1, 2, 13, 18], lecz jednocześnie obniżeniu może ulec jakość sensoryczna (występowanie tzw. rybnego posmaku), co ogranicza wartość handlową takich produktów pochodzenia zwierzęcego [19, 20].

Wnioski

1. Wzbogacenie paszy przepiórek japońskich w siemię lniane i algi morskie nie miało istotnego wpływu na morfologiczne i fizyczne parametry jaja, spowodowało jedynie istotne obniżenie kwasowości czynnej (pH) białka i żółtka.
2. Zastosowane dodatki paszowe wpłynęły na istotne zmniejszenie zawartość cholesterolu w żółtku, dwukrotne zwiększenie zawartość kwasu DHA oraz 3 - 4-krotne obniżenie stosunku kwasów $n-6/n-3$ w żółtku, co jest bardzo ważne ze względu na wartość odżywczą i technologiczną jaj.

Pracę wykonano w ramach projektu finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki – nr N N209 137840.

Literatura

- [1] Agah M.J., Nassiri-Moghaddam H., Tahmasbi A.M., Lotfollahian H.: Performance and fatty acid compositions of yolk lipid from laying hens fed with locally produced canola seed (*Brassica napus* L.). Res. J. Biol. Sci., 2010, **5** (2), 228-232.
- [2] Al-Darajj H.J., Razuki W.M., Al-Hayani W.K., Al-Hassani A.S.: Effect of dietary linseed on egg quality of laying quail. Int. J. Poult. Sci., 2010, **9** (6), 584-590.
- [3] AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC Int., 18th ed., USA, 2007.
- [4] Azeke M.A., Ekpo K.E.: Egg yolk cholesterol lowering effects of garlic and tea. J. Biol. Sci., 2008, **8**, 456-460.
- [5] Bobak Ł., Siepka E., Gładkowski W., Kiełbowicz G., Dobrzański Z., Wawrzeńczyk C.: Frakcjonowanie masy jajowej z jaj przepiórczych (*Coturnix coturnix japonica*) w nadkrytycznym ditlenku węgla. Przem. Chem., 2013, **92**, 1472-1475.
- [6] Bragagnolo N., Rodriguez-Amaya D.B.: Comparison of the cholesterol content of Brazilian chicken and quail eggs. J. Food Compos. Anal., 2003, **16**, 147-153.
- [7] Calik J.: Zmiany cech jakościowych jaj pochodzących od kur nieśnych Żółtonóżka kuropatwana (Ż-33) w zależności od warunków ich przechowywania. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, **2** (87), 73-79.
- [8] Chojnacka K., Górecki H., Michalak I.: Technologia wytwarzania biologicznych dodatków paszowych z mikroelementami na bazie alg. Przem. Chem., 2009, **88**, 634-636.
- [9] Closa S.J., Marchesich C., Cabrera M., Morales J.C.: Composition of chicken and quail eggs. Arch. Latinoam. Nutr., 1999, **49** (2), 181-185.
- [10] Dukić Stojčić M., Milošević N., Perić L., Jajić I., Tolimir N.: Egg quality of Japanese quail in Serbia (*Coturnix coturnix japonica*). Biotech. Anim. Husband., 2012, **28** (3), 425-431.
- [11] Folch J., Lees M., Stanley G.H.S.: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 1957, **226**, 497-504.
- [12] Genchev A.: Quality and composition of Japanese quail eggs (*Coturnix japonica*). Trakia J. Sci., 2012, **10** (2), 91-101.

- [13] Gładkowski W., Chojnacka A., Kielbowicz G., Pisarski B., Trziszka T., Wawrzeńczyk C.: Fatty acid composition of egg yolk phospholipid fractions following feed supplementation of Lohmann Brown hens with humic-fat preparations. *Food Chem.*, 2011, **26**, 1013-1018.
- [14] Gładkowski W., Chojnacka A., Kielbowicz G., Pisarski B., Trziszka T., Wawrzeńczyk C.: Izolowanie fosfolipidów z liofilizowanych żółtek jaj kurzych. *Przem. Chem.*, 2010, **89 (4)**, 352-355.
- [15] Güçlü B.K., Uyanık F., Işcan K.M.: Effects of dietary oil sources on egg quality, fatty acid composition of eggs and blood lipids in laying quail. *South Afric. J. Anim. Sci.*, 2008, **38 (2)**, 91-97.
- [16] Kaźmierska M., Jarosz B., Korzeniowska M., Trziszka T., Dobrzański Z.: Comparative analysis of fatty acid profile and cholesterol content of egg yolks of different bird species. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2005, **14 (55)**, 69-73.
- [17] Kaźmierska M., Korzeniowska M., Trziszka T., Jarosz B.: Effect of fodder enrichment with PUFA-s on quail eggs. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2007, **57 (4B)**, 281-284.
- [18] Kupczyński R., Janeczek W., Kinal S., Kuczaj M.: Wykorzystanie alg morskich w modyfikacji profilu kwasów tłuszczowych mleka krów. *Med. Weter.*, 2011, **67 (5)**, 304-308.
- [19] Laca A., Paredes B., Diaz M.: Quality characteristic on n-3 polyunsaturated fatty acid-enriched eggs. *J. Anim. Feed Sci.*, 2009, **18**, 101-112.
- [20] Leskanich C.O., Noble R.C.: Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acids composition of avian eggs and meat. *World Poult. Sci. J.*, 1997, **53**, 154-182.
- [21] Maiorano G., Elminowska-Wenda G., Mika A., Rutkowski A., Bednarczyk M.: Effect of selection for yolk cholesterol on growth and meat quality in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Ital. J. Anim. Sci.*, 2009, **8**, 131-142.
- [22] Mennicken L., Ponsuksili S., Tholen E., Thi Kim Khang N., Steier K., Petersen J., Schellander K., Wimmers K.: Divergent selection for omega 3:omega 6 polyunsaturated fatty acid ratio in quail eggs. *Archiv Tierzucht*, 2005, **48 (5)**, 527-534.
- [23] Michalak I., Chojnacka K., Dobrzański Z., Gorecki H., Zielinska A., Korczyński M., Opalinski S.: Effect of macroalgae enriched with microelements on egg quality parameters and mineral content of eggs, eggshell, blood, feathers and droppings. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2012, **95 (3)**, 374-387.
- [24] Minvielle F.: The future of Japanese quail for research and production. *World Poult. Sci. J.*, 2004, **60**, 500-507.
- [25] Nordi W.M., Yamashiro K.C.E., Klank M., Locatelli-Dittrich R., Morais R.N., Reghelin A.I., Molento C.F.M.: Quail (*Coturnix coturnix japonica*) welfare in two confinement systems. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.*, 2012, **64 (4)**, 1001-1008.
- [26] Nowaczewski S., Kontecka H., Rosiński A., Koberling S., Koronowski P.: Egg quality of Japanese quail depends on layer age and storage time. *Folia Biologica*, 2010, **58 (3-4)**, 201-207.
- [27] Oliveira C.A.F., Ogido D.R., Ledoux G.E., Rottinghaus B., Correa B., Reis T.A., Goncalves E.: The quality of eggs from Japanese quail, *Coturnix japonica*, fed rations containing Aflatoxin B₁ and Fumonisin B₁. *J. Poult. Sci.*, 2007, **44**, 29-33.
- [28] Olugbemi T.S., Mutayoba S.K., Lekule F.P.: Moringa oleifera leaf meal as a hypocholesterolemic agent in laying hen diets. *Liv. Res. Rural Develop.*, 2010, **22**, 312-316.
- [29] Rozporządzenie MRiRW z dnia 15 lutego 2010 r. w sprawie wymagań i postępowania przy utrzymywaniu zwierząt gospodarskich, dla których normy zostały określone w przepisach Unii Europejskiej (Dz. U. z 2010 r., nr 56, poz. 344 z późn. zm.).
- [30] Sahin N., Akdemir F., Orhan C., Kucuk O., Hayirli A., Sahin, K.: Lycopene-enriched quail egg as functional food for humans. *Food Int. Res.*, 2008, **41**, 295-300.
- [31] Silversides F.G., Budgell K.: The relationships among measures of egg albumen height, pH and whipping volume. *Poult. Sci.*, 2004, **83**, 1619-1623.

- [32] Szczerbińska D., Tarasiewicz Z., Sulik M., Kopczyńska E., Pyka B.: Effect of the diet with common flax (*Linum usitatissimum*) and black cumin seeds (*Nigella sativa*) on quail performance and reproduction. *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 2012, **30** (3), 261-269.
- [33] Tarasiewicz Z., Ligocki M., Szczerbańska D., Majewska D., Dańczak A.: Different level of crude protein and energy–protein ratio in adult quail diets. *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 2006, **49**, 325-331.
- [34] Tokuşoğlu O.: The quality properties and saturated and unsaturated fatty acid profiles of quail egg: the alterations of fatty acids with process effects. *Int. J. Food. Sci. Nutr.*, 2006, **57** (7-8), 537-545.
- [35] Tunsaringkarn T., Siritwong W., Tungjaroenchai W.: Chemical compositions of eggs from chicken, quail and snail-eating. *Thai J. Agric. Sci.*, 2011, **44** (5), 478-486.
- [36] Yalçın S., Oğuz F., Güçlü B., Yalçın S.: Effects of dietary dried baker's yeast on the performance, egg traits and blood parameters in laying quails. *Trop. Anim. Health Prod.*, 2009, **41**(1), 5-10.
- [37] Yalçın S., Oğuz F., Güçlü B., Yalçın S.: Effects of the usage of dried brewing yeast in the diets on the performance, egg traits and blood parameters in quails. *Animal*, 2008, **2** (12), 1780-1785.

**EFFECT OF ENRICHING FEEDS WITH ALGAE MARINE AND LINSEED ON
MORPHOLOGICAL COMPOSITION AND PHYSICAL AND CHEMICAL
CHARACTERISTICS OF JAPANESE QUAIL EGGS**

S u m m a r y

The effect was studied of the application of algae marine and linseed as a source of fatty acids to feeding Japanese quail hens (*Coturnix coturnix japonica*) in terms of improving physical characteristics of eggs as well as the content of cholesterol and fatty acid profile in the yolk. Once the birds from a control group (240 females, divided into 6 replicates) were 6 weeks old, they were given *ad libitum* a standard G-090 feed (Granum Animals Nutrition, Poland). The experimental group (of the same structure) received the same feed, which, however, was enriched with algae marine (DHA Gold, Novus, Poland) and linseed in the amount of 5 g and 40 g, respectively, plus 0.3 g of selenium yeast (as an antioxidant) per 1 kg of feed. For further analysis, the eggs were collected in the 9th (period I), 13th (period II), and in the 17th week (period III) of production, i.e. in the 16th, 20th, and 24th week of age. During the three egg-laying periods, physical parameters of eggs in each group were assessed (weight of egg, of shell, of yolk and of egg white, yolk colour, and shell strength and thickness) as was the fatty acid profile; those parameters were determined by a gas chromatograph coupled with a mass spectrometer (GC/MS). Cholesterol was analyzed using an HP liquid chromatograph (produced by Agilent Technologies).

Enriching the feed of Japanese quail with algae marine and linseed had no effect on the morphological composition and physical parameters of egg (egg weight, percent contents of egg white, yolk and shell, thickness and strength of the shell), but it caused the active acidity (pH) of the egg white and yolk to significantly decrease. In addition, the applied additives caused the cholesterol level in the yolk to significantly decrease, the content of DHA acid in yolk to double its amount, and the n-6/n-3 ratio to decrease 3-4 times, what is very important as regards the nutritional and technological value of eggs.

Key words: Japanese quail, algae, linseed, physical parameters of eggs, fatty acids, cholesterol ☒