

MAŁGORZATA KAŹMIERSKA, BARTOSZ KOSMAŁSKI, BOGDAN JAROSZ,
MAGDALENA LIGOR, TADEUSZ TRZISZKA

WPLYW ZRÓŻNICOWANEGO SYSTEMU CHOWU KUR NA ZAWARTOŚĆ LUTEINY W JAJACH

Streszczenie

Zainteresowanie karotenoidami wynika z ich znaczenia w żywieniu człowieka. Szczególnie luteina oraz zeaksantyna spełniają ważną funkcję w procesie widzenia, a także w profilaktyce chorób cywilizacyjnych. Celem pracy było porównanie zawartości luteiny w jajach pochodzących od niosek ze zróżnicowanego systemu chowu (klatkowy, ściółkowy, wolno wybiegowy) oraz ocena sensoryczna badanych jaj.

Największą zawartość luteiny oznaczono w jajach pochodzących od kur z chowu wolnowybiegowego (średnio o ponad 50 % więcej w porównaniu z innymi grupami). Jaja te zostały wyróżnione także przez panel sensoryczny pod względem smaku (4,9 pkt) oraz zapachu (4,8 pkt). Jaja pochodzące z chowu fermowego, wzbogacone w wielonienasycone kwasy tłuszczowe oraz wit. A + E charakteryzowały się najmniejszą zawartością luteiny (0,21 mg/jajo). Surowiec standardowy, pochodzący od niosek z fermy towarowej, cechował się najwyższym stopniem wybarwienia żółtka (14,8) przy jednoczesnym wysokim poziomie oznaczonego karotenoidu (0,37 mg/jajo).

Słowa kluczowe: jaja konsumpcyjne, karotenoidy, luteina, ocena sensoryczna

Wprowadzenie

Współczesna struktura diety coraz częściej odbiega od zalecanych przez ekspertów zasad [29]. Coraz częściej ośrodki naukowe poszukują nowych form doskonalenia żywności, która w pełni zaspokoi potrzeby organizmu na niezbędne składniki pokarmowe. Osiągnięcia ostatnich lat w zakresie prac zootechnicznych pozwalają na wprowadzanie do treści jaj nie tylko związków tłuszczowych (głównie kwasów tłuszczowych z rodziny omega-3), ale także przyczyniają się do zwiększenia zawartości witamin (szczególnie A oraz E), mikro- oraz makroelementów [2, 5, 7, 11, 14, 26, 33, 30].

Dr inż. M. Kaźmierska, mgr B. Kosmałski, prof. dr hab. T. Trziszka, Katedra Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością, Wydz. Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 Wrocław, dr inż. B. Jarosz, Katedra Chemii, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Norwida 25/27, dr M. Ligor, Katedra Chemii Środowiska i Bioanalitiky, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Gagarina 7

Oprócz wartości odżywczej, równie istotnym wyróżnikiem decydującym o jakości handlowej surowca jajczarskiego jest barwa żółtka. Jej intensywność jest uzależniona przede wszystkim od poziomu karotenoidów w mieszance paszowej. Związki te nie tylko wybarwiają żółtko, ale również są czynnikiem mającym znaczenie w zmniejszaniu ryzyka wystąpienia licznych chorób [1, 4, 13, 16] i z tego względu są obiektem zainteresowań nie tylko dietetyków, ale także osób prowadzących żywieniowe prace hodowlane.

Karotenoidy są barwnikami szeroko rozpowszechnionymi w przyrodzie. Występują naturalnie w większości żółtych, pomarańczowych i czerwonych owoców oraz warzyw (również w zielonych liściach). Są one wytwarzane przez fotosyntetyzujące organizmy, algi oraz przez wiele gatunków bakterii i grzybów [25]. Występują dwie główne klasy karotenoidów. Pierwszą stanowią karoteny, takie jak α -karoten i β -karoten, złożone jedynie z atomów węgla i wodoru, drugą grupą są ksantofile, które oprócz atomów węgla i wodoru zawierają także tlen [24]. Do przedstawicieli tych związków należy luteina, która powstaje w wyniku hydroksylacji α -karotenu [17]. Może występować w 8 stereoizomerycznych formach, co jest rezultatem obecności 3 asymetrycznych atomów węgla w pozycjach 3, 3' i 6' [6]. Charakteryzuje się większą polarnością niż pozostałe karotenoidy ze względu na obecność grup hydroksylowych w pierścieniu węglowym. Nie ulega przekształceniu do witaminy A, jednak ostatnie badania dowodzą, że jest to związek cechujący się równie silnymi właściwościami przeciwutleniającymi [9]. Wolne rodniki poprzez inicjowanie kaskadowych reakcji mogą atakować i uszkadzać struktury DNA, białek oraz związków lipidowych wchodzących w skład błon komórkowych. Rola luteiny, jako związku rozpuszczalnego w tłuszczach, polega na ochronie tych błon oraz lipoproteinowych komponentów przed reakcjami utlenienia [9]. Karotenoidy przyczyniają się także do inicjowania procesu syntezy białek budujących kanały białkowe w błonach komórkowych. Tym samym usprawniają komunikację międzykomórkową, zapobiegają przerwom w połączeniach i nie pozwalają na niekontrolowany wzrost nieprawidłowych komórek. Obecność karotenoidów w diecie korzystnie wpływa także na zwiększenie syntezy komórek obronnych, limfocytów T oraz limfocytów T cytotoksycznych [9].

Karotenoidy odgrywają istotną rolę w budowie struktur oka oraz w sprawnym funkcjonowaniu aparatu widzenia. Zeaksantyna jest dominującym składnikiem części centralnej plamki żółtej, natomiast w obwodowych jej partiach dominuje luteina. Związki te gromadzą się w warstwie włókien nerwowych siatkówki oka. Główną funkcją tych barwników jest jego ochrona przed atakiem wolnych rodników, które powstają w wyniku ekspozycji oka na światło i są produkowane przez fotoreceptory oraz nabłonek barwnikowy. Ponadto luteina i zeaksantyna mają zdolność absorpcji niebieskiego, wysokoenergetycznego światła, które ma szkodliwy wpływ na siatkówkę oka [15, 18, 23].

Wykazano, że zwiększone spożycie produktów bogatych w luteinę i zeaksantynę wiąże się ze zmniejszeniem ryzyka wystąpienia wysiękowej postaci zwyrodnienia plamki żółtej (*Age-related macular degeneration; AMD*), schorzenia będącego częstą przyczyną upośledzenia wzroku i nieodwracalnej ślepoty, szczególnie u osób w średnim wieku oraz starszych [23]. Szacuje się, że 1,6 % populacji w wieku 50 - 65 lat jest dotkniętych tym schorzeniem, a liczba chorych zwiększa się wraz z wiekiem i u osób powyżej 75 roku życia aż 30 % cierpi na tę chorobę [18]. Dowiedziono, że suplementacja diety luteiną i zeaksantyną powoduje poprawę funkcji wzroku (ostrość widzenia, kontrast, czułość) oraz wzmacnia gęstość plamki żółtej, jednocześnie zmniejszając prawdopodobieństwo wystąpienia AMD [3, 12].

Kolejną z chorób oczu, przed którą chroni zwiększone spożycie luteiny i zeaksantyny jest katarakta (zaćma). Choroba ta odpowiedzialna jest za około 50 % przypadków ślepoty wśród osób starszych. Wywołana jest przez oksydacyjne uszkodzenie błony komórkowej soczewki oka, w wyniku którego podnosi się poziom produktów peroksydacji lipidów, a skutkiem jest jej silne zmętnienie. Doświadczenia epidemiologiczne, w których grupa badawcza przyjmowała więcej luteiny i zeaksantyny w stosunku do grupy kontrolnej wykazały, że ryzyko zachorowania na kataraktę zmniejszyło się u 20 - 50 % badanych osób [9].

Zarówno luteina, jak i zeaksantyna nie są syntetyzowane przez organizm ludzki, stąd konieczne jest ich dostarczanie w odpowiedniej ilości w diecie. Dzielne spożycie luteiny i zeaksantyny przez większość ludzi jest znacznie mniejsze (1 - 2 mg/dzień) od dawek rekomendowanych, które wynoszą od 6 do 20 mg/dzień [4]. Zawartość luteiny w produktach żywnościowych jest na bardzo zróżnicowanym poziomie. Szczególnie dużo tych barwników znajduje się w niektórych odmianach jarmuzu czy kapusty kędzierzawej (do 39 mg/100 g), szpinaku, natce pietruszki, roszponki (do 18 mg/100 g), brukselce, papryce zielonej, sałacie, koprze ogrodowym, dyni (0,5 - 2,8 mg/100 g). Znaczące ilości luteiny występują także w grochu (do 1,0 mg/100 g) [9, 19, 21]. W owocach poziom tego związku nie przekracza przeważnie 1,0 mg/100 g produktu. Największą zawartość luteiny oznaczono w jeżynach (0,54 mg/100 g) oraz w owocach, takich jak: borówka amerykańska oraz borówka czernica (do 0,3 mg/100 g) [9]. Luteina występuje również w niektórych produktach pochodzenia zwierzęcego. Bardzo dobrym źródłem luteiny mogą stać się jaja zarówno kurze, jak i przepiórcze. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że organizm człowieka lepiej przyswaja karotenoidy z treści jaj w porównaniu z innymi surowcami czy suplementami diety [4, 31].

Polscy konsumenci preferują jaja o żółtopomarańczowej barwie żółtka, dlatego do mieszanek paszowych dodaje się syntetyczne substancje, najczęściej β -karoten, pochodne kwasu apokarotenowego, kantaksantynę lub, coraz częściej, naturalne nośniki substancji barwiących [32]. Surowiec pochodzący od niosek żywionych paszą z dodatkiem kwiatów aksamitek, papryki, lucerny czy marchwi cechuje się intensywnym

niejszą barwą treści jaj oraz pożądanym smakiem i zapachem [27]. Źródłem naturalnych barwników karotenoidowych jest także śruta kukurydziana, susz z lucerny i traw. Lepsze efekty można uzyskać używając ekstraktów tych związków. Intensywność zabarwienia zależy jednak nie tylko od poziomu barwników w diecie, ale także od wzajemnej proporcji i możliwości przetwarzania przez organizm niosek [22].

Rosnąca od kilku lat świadomość społeczna, dotycząca nie tylko produkcji żywności bezpiecznej pod względem zdrowotnym, ale również o wysokiej wartości biologicznej, przyczyniła się do podjęcia badań. Celem pracy było porównanie zawartości luteiny w jajach pochodzących od niosek ze zróżnicowanego systemu chowu oraz określenie akceptacji konsumenckiej badanych jaj.

Materiał i metody badań

Materiał doświadczalny stanowiły jaja pozyskane od stada niosek Zielononózka kuropatwiana (chów ściółkowy) – grupa kontrolna (ZGK) oraz żywiona mieszanką wzbogaconą (ZGW). W obu grupach została użyta standardowa mieszanka paszowa pełnoporcjowa z przemysłowej wytwórni pasz. W grupie doświadczalnej podawano nioskom preparat huminowy – Humokarbowit, DHA Gold (algi) oraz olej lniany. Ocenie poddano także jaja komercyjne (fermowe) zakupione w handlu detalicznym. Do badań wybrano 2 klasy jaj: jaja standardowe (TOP) oraz jaja wzbogacone w wielonienasycone kwasy tłuszczowe i witaminy A + E (OVO). W pracy badano także jaja wiejskie (TWW), pochodzące od kur utrzymywanych w systemie wolnowybiegowym (podstawowym składnikiem paszy, oprócz pszenicy, była zielonka), nabyte bezpośrednio z indywidualnego gospodarstwa rolnego.

Świeże jaja wybijano (po 30 sztuk z każdej grupy doświadczalnej) i następnie wydzielano żółtka. Przygotowywano próbki średnie, homogenizując po 10 sztuk żółtek ($n = 3$). Z każdej z prób średnich pobierano do kolby stożkowej około 4 g żółtka, traktowano 40 ml mieszaniny (heksan : chloroform : izopropanol 30 : 30 : 20) a następnie wytrząsano przez 10 h. Po tym czasie ekstrakty sączono do kolb okrągłodennych przez sączki bibułowe (pozostałość odmyta kilkakrotnie octanem etylu i izopropanolem). Po odparowaniu ekstrakty przenoszono ilościowo do kolbek miarowych o pojemności 10 ml przy użyciu mieszaniny heksan : izopropanol (1 : 1). Pobierano 5 ml ekstraktu i hydrolizowano przez 5 min z 15 ml 1M KOH w MeOH w temp. wrzenia pod chłodnicą zwrotną. Po dodaniu 60 ml wody ekstrahowano trzykrotnie 25 ml eteru dietylowego. Zebrane ekstrakty odparowywano i zawieszano w 5 ml izopropanolu. Oznaczenia ogólnej zawartości luteiny w otrzymanych ekstraktach wykonywano z zastosowaniem wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC firmy Agilent 1100). Rozdział chromatograficzny prowadzono w kolumnie YMC C30 (250×4,6 mm ziarna 5 μm), przy użyciu detektora spektrofotometrycznego. Parametry stosowane podczas rozdziału: długości fali: 460 nm; temp. w kolumnie chromatograficznej: 25 °C; skład miesza-

niny ekstrakcyjnej MeOH : THF (90 : 10); natężenie przepływu roztworów – 1,0 ml/min. Wyniki podano w [mg/100 g żółtka] oraz w [mg/jajo], co oznacza przeliczenie na 50 g treści jaja (bez skorupy).

Intensywność wybarwienia żółtka jaj określano za pomocą wachlarza barw wg 15-punktowej skali LaRoche, poprzez porównanie intensywności zabarwienia badanego materiału ze wzorcami barw.

Zakodowane losowo wybranymi liczbami jaja, poddane obróbce termicznej (gotowanie, $t = 5$ min), oceniano za pomocą 5-punktowej skali hedonicznej, gdzie poszczególne cyfry oznaczały: 5 – poziom jakości bardzo dobry, 4 – poziom jakości dobry, 3 – poziom jakości dostateczny, 2 – poziom jakości niedostateczny, 1 – poziom jakości zły.

Ocenę przeprowadzał przeszkolony panel sensoryczny ($n = 10$). Oceniano takie wyróżniki, jak: wygląd ogólny, zapach, tekstura białka, tekstura żółtka, smak.

Uzyskane dane liczbowe opracowano metodami statystycznymi, wykorzystując program komputerowy Statistica wersja 8.0. Program uwzględniał jednokierunkową analizę wariancji (ANOVA) z testem Duncana, poziom istotności $p = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Przeprowadzona analiza porównawcza jaj wykazała zróżnicowaną zawartość luteiny w poszczególnych grupach badawczych. Oznaczone w pracy zakresy tego parametru wahały się w przedziale od 1,17 do 3,84 mg/100 g żółtka (tab. 1). Największą zawartość luteiny oznaczono w jajach pochodzących od kur z chowu wolno wybiegowego (TWW). W jajach tych („wiejskich”) poziom luteiny był średnio ponad 50 % wyższy niż w surowcu z własnego stada doświadczalnego (kury rasy Zielononóżka kuropatwiana). Jaja pochodzące z chowu fermowego, wzbogacone w wielonienasycone kwasy tłuszczowe oraz wit. A + E, charakteryzowały się najmniejszą wartością badanego wyróżnika (0,21 mg/jajo). Prawie dwukrotnie wyższym poziomem badanego karotenoidu (0,37 mg/jajo) cechowały się jaja standardowe, z fermy towarowej, oznaczonej symbolem TOP. Przedstawione wyniki potwierdzają dane uzyskane w doświadczeniach innych autorów. Średnia zawartość luteiny w jajach wynosi 1,58 mg/100 g żółtka [10, 20]. W jajach pochodzących od niosek skarmianych standardową paszą ilość luteiny kształtuje się na poziomie 0,3 mg/jajo. Jeżeli natomiast dieta jest uboga w karotenoidy, poziom może być zdecydowanie niższy i wynosić nawet 0,04 mg/jajo [28]. Zastosowanie paszy bogatej w opisywane barwniki może spowodować ich dziesięciokrotny wzrost w żółtku, w odniesieniu do standardowego żywienia [8].

Barwa żółtka odgrywa istotną rolę z uwagi na preferencje konsumentów. Wśród klientów istnieje nieuzasadnione przeświadczenie, że jaja o intensywniejszej barwie żółtka zawierają więcej składników odżywczych i są cenniejszym ich źródłem w codziennej diecie. Z uwagi na to przekonanie konsumenci poszukują surowca o żółtopo-

marażowej barwie żółtka, co odpowiada wartości przekraczającej 12 punktów w skali LaRocha.

Tabela 1

Średnia zawartość luteiny w jajach.
Average content of lutein in eggs.

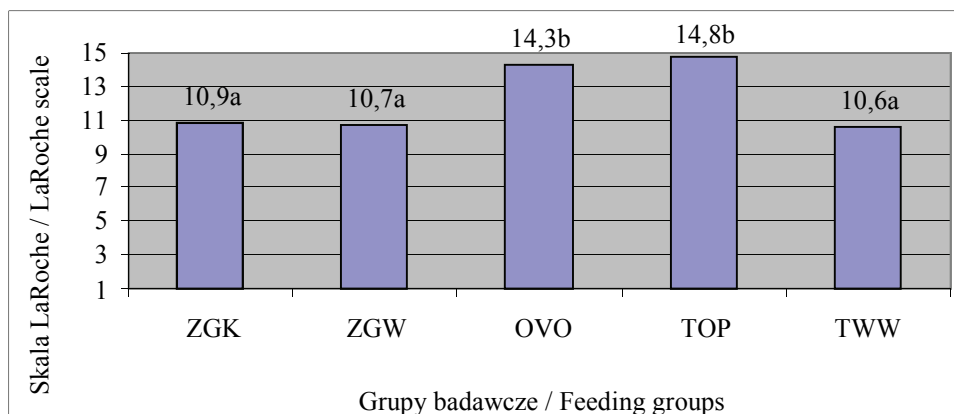
Zawartość luteiny Content of lutein	Grupy żywieniowe Feeding groups				
	ZGK	ZGW	OVO	TOP	TWW
[mg/100 g żółtka] [mg/100 g yolk]	1,51b	1,60b	1,17a	2,10c	3,84d
[mg/jajo] [mg/egg]	0,27b	0,30b	0,21a	0,37c	0,63d

Objaśnienia: Explanatory notes:

a, b, c, d – wartości w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ / values in the columns denoted by different letters differ statistically significantly at $\alpha = 0,05$; ZGK – Zielononóżka kuropatwiana – grupa kontrolna, chów ściółkowy / green legged partridge hens (Polish breed of hens) – control group, bedding system; ZGW – Zielononóżka kuropatwiana, grupa żywiona mieszanką wzbogaconą, chów ściółkowy / green legged partridge hens (Polish breed of hens, group fed enriched mix, bedding system; OVO – jaja wzbogacone w wielonienasycone kwasy tłuszczowe i witaminy A + E, chów klatkowy / eggs enriched with poly-unsaturated fatty acids and vitamins A+E; TOP – standardowe jaja z chowu klatkowego / standard eggs laid by hens raised in a cage system; TWW – jaja wiejskie pochodzące od kur utrzymywanych w systemie wolnowybiegowym / free range eggs laid by hens raised in free-range system.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że surowiec pochodzący od niosek z chowu fermowego (TOP) cechował się najwyższym stopniem wybarwienia żółtka (14,8). Został także najwyższej oceniony za wygląd ogólny w analizie sensorycznej. Należy zwrócić uwagę, że materiał grupy OVO (jaja wzbogacone w długołańcuchowe kwasy tłuszczowe), charakteryzujący się równie intensywną barwą żółtka (14,3), odznaczał się najmniejszą zawartością luteiny. Odwrotną zależność zaobserwowano w jajach wiejskich (TWW), cechujących się doskonałym poziomem luteiny oraz bardzo jasnym wybarwieniem żółtka (10,6). Jaja te zostały wyróżnione najwyższymi ocenami przez panel sensoryczny pod względem smaku (4,9 pkt) oraz zapachu (4,8 pkt).

Analiza statystyczna wyników uzyskanych z przeprowadzonej oceny sensorycznej tekstury żółtka oraz białka (z surowca poddanego obróbce termicznej) nie wykazała statystycznie istotnych różnic.



Rys. 1. Barwa żółtka wg skali LaRoche.

Fig. 1. Egg yolk colour according to LaRoche scale.

Tabela 2

Wyniki oceny sensorycznej jaj.

Results of sensory analysis of eggs

Wyróżniki jakościowe Sensory traits	Miara statyst. Statistical measure	Grupy żywieniowe Feeding groups				
		ZGK	ZGW	OVO	TOP	TWW
Ogólny wygląd General appearance	\bar{X}	4,4ab	4,4ab	4,2a	4,9c	4,8bc
	SD	0,5	0,5	0,6	0,3	0,4
Zapach Aroma	\bar{X}	4,5ab	3,9a	4,0a	4,4ab	4,8b
	SD	0,7	0,7	1,2	0,7	0,4
Tekstura białka Egg white texture	\bar{X}	4,6a	4,6a	4,6a	4,7a	4,7a
	SD	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Tekstura żółtka Egg-yolk texture	\bar{X}	4,4a	4,3a	4,3a	4,1a	4,8a
	SD	0,7	0,7	0,5	1,3	0,4
Smak Taste	\bar{X}	4,5bc	4,1b	3,4a	4,4bc	4,9c
	SD	0,5	0,6	1,3	0,7	0,3

Wnioski

1. Jaja pochodzące od niosek z chowu wolno wybiegowego („wiejskie’’) cechowały się największą zawartością luteiny pomimo bardzo jasnej barwy żółtka. Surowiec ten poddany obróbce termicznej został wyróżniony przez panel sensoryczny pod względem smaku oraz zapachu
2. Standardowy surowiec pochodzący od niosek z chowu fermowego charakteryzował się zarówno wysokim stopniem wybarwienia żółtka, jak i zadowalającą zawartością luteiny.
3. Jaja kurze pochodzące od niosek ze zróżnicowanego systemu chowu mogą stanowić znaczące źródło luteiny w diecie.

Pracę wykonano w ramach projektu nr POIG.01.03.01-00-133/08- pt. "Innowacyjne technologie produkcji biopreparatów na bazie nowej generacji jaj (OVOCURA)". Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego realizowany w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013.

Literatura

- [1] Adams C.A.: The transformation of lutein: colouring agent to polyvalent nutritive. In: The amazing egg. J.S Sim, H.H Sunwoo Eds. University of Alberta Press, 2006, pp. 181-191.
- [2] Baucells M.D., Crespo N., Barroeta A.C., Lopez-Ferrer S., Grashorn M.A.: Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. Poultry Sci., 2000, **79**, 51-59.
- [3] Bunce G.E.: Nutrition and eye disease of the elderly. J. Nutr. Biochem., 1994, **5**, 66-77.
- [4] Chung H.Y., Rasmussen H.M., Johnson E.J.: Lutein bioavailability is higher from lutein-enriched eggs than from supplements and spinach in men. J. Nutr., 2004, **3**, 1887-1893.
- [5] Cytawa A.: Czy istnieje możliwość modyfikacji składu jaj kurzego? Polskie Drobiarstwo, 2000, **3**, 6-8.
- [6] Dachtler M., Kohler K., Albert K.: Reverse-phase high-performance liquid chromatographic identification of lutein and zeaxanthin stereoisomers in bovine retina using a C₃₀ bonded phase. J. Chrom., 1998, **B, 720**, 211-216.
- [7] Dvorska J.E., Yaroshenko F.O., Karadas F., Surai P.F.: Selenium enriched eggs: a route toward improving human selenium status. In: The amazing egg. J.S Sim, H.H Sunwoo Eds. University of Alberta Press, 2006, pp 111-138.
- [8] Hammershoj M., Kidmose U., Steinfeldt S: Deposition of carotenoids in egg yolk by short-term supplement of coloured carrot (*Daucus carota*) varieties as forage material for egg-laying hens. J. Sci. Food Agric., 2010, **90**, 1163-1171.
- [9] Hamułka J., Wawrzyniak A.: Likopen i luteina – rola prozdrowotna i ich zawartość w produktach. Wyd. SGGW, Warszawa 2004.
- [10] Heinonen M.I., Ollilainen V., Linkola E.K., Varo P.T., Koivistoinen P.E.: Carotenoids in Finnish foods: vegetables, fruits and berries. J. Agric. Food Chem., 1989, **37 (3)**, 655-659.

- [11] Horrocks L.A., Yeo Y.K.: Docosahexaenoic acid-enriched foods: production of eggs and health benefits. In: *Egg Nutrition and Biotechnology*. J.S Sim., S. Nakai, W Gunter Eds. Wallingford: CABI Publishing, 2000, pp. 173-180.
- [12] Landrum J.T., Bone R.A., Joa H., Kilburn M.D., Moore L.L. Sprague K.E.: A one year study of the macular pigment: the effect of 140 days of lutein supplement. *Exp. Eye Res.*, 1997, **65**, 57-62.
- [13] Leeson S.: Lutein enriched eggs: transfer of lutein into eggs and health benefits. In: *The amazing egg*. J.S Sim, H.H Sunwoo Eds. University of Alberta Press, 2006, pp. 171-179.
- [14] Leskanich C., Noble R.: Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acids composition of avian eggs and meat. *World's Poult. Sci. J.*, 1997, **53** (2), 156-183.
- [15] Mares-Perlman, J.A., Millen A.E., Ficek T.L., Hankinson S.E.: The body of evidence to support a protective role for lutein and zeaxanthin delaying chronic disease. *J. Nutr.*, 2002, **132**, 518S-524S.
- [16] Moeller S.M., Jacques P.F., Blumberg J.B.: The potential role of dietary xanthophylls in cataract and age-related macular degeneration. *J.A.C. Nutr.*, 2000, **19** (5), 522S-527S.
- [17] Moszczyński P., Pyć R.: Retinol i karotenoidy. W: *Biochemia witamin. Witaminy lipofilne i kwas askorbinowy*. PWN, Warszawa 1999, ss. 43-47.
- [18] Mozaffarieh M., Sacu S., Wedrich A.: The role of the carotenoids, lutein and zeaxanthin, in protecting against age-related macular degeneration: A review based on controversial evidence. *Nutr. J.*, 2003, **2** (20), 1-8.
- [19] Murillo E., Meléndez-Martínez A.J., Portugal F.: Screening of vegetables and fruits from Panama for rich sources of lutein and zeaxanthin. *Food Chem.*, 2010, **122**, 167-172.
- [20] O'Neill M.E., Carroll Y., Corridan B., Olmedilla B., Granado F., Blanco I., Van den Berg H., Hinnerling I., Rousell A.M., Chopra M., Southon S., Thurnham D.I.: A European carotenoid database to assess carotenoid intakes and its use in a five-country comparative study. *Br. J. Nutr.*, 2001, **85**, 499-507.
- [21] Perry A., Rasmussen H., Johnson E.J.: Xanthophyll (lutein,zeaxanthin) content in fruits, vegetables and corn and egg products. *J. Food Comp. Analysis*, 2009, **22**, 9-15.
- [22] Rachwał A.: Efektywność naturalnych związków oprawiających barwę żółtka jaj. *Polskie Drobiarstwo*, 2006, **1**, 15-18.
- [23] Ribaya-Mercado J.D., Blumberg J.B.: Lutein and zeaxanthin and their potential roles in disease prevention. *J.A.C. Nutr.*, 2004, **23** (6), 567S-587S.
- [24] Rodriguez-Bernaldo de Quiros A., Costa H. S.: Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. *J. Food Comp. Analysis*, 2006, **19**, 97-111.
- [25] Sajilata M.G., Singhal R.S., Kamat M.Y.: The carotenoid pigment zeaxanthin - a review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety*, 2008, **7**, 29-49.
- [26] Sim J.S.: Designer egg concept: perfecting egg through diet enrichment with ω -3 PUFA and cholesterol stability. In: *Egg Nutrition and Biotechnology*. J.S Sim., S. Nakai, W Gunter Eds. Wallingford: CABI Publishing, 2000, pp. 135-150.
- [27] Strojny J., Krawczyk J., Cywa-Benko K., Wężyk S.: Upodobania jaj konsumentów. *Polskie Drobiarstwo*, 1998, **6**, 3-5.
- [28] Surai P.F., Speake B.K., Sparks N.H.C.: Carotenoids in avian nutrition and embryonic development. 1. Absorption, availability and levels in plasma and egg yolk. *J. Poultry Sci.*, 2001, **38**, 1-27.
- [29] Szostak W.: Żywnienie w profilaktyce metabolicznych chorób cywilizacyjnych. *Przem. Spoż.*, 2003, **11**, 17-19.
- [30] Trziszka T.: Jajo jako doskonałe źródło życiodajnych składników. *Optymalnik*, 2006, **5** (45), 14-17.
- [31] Wężyk S.: Globalne jajo. *Polskie Drobiarstwo*, 2001, **5**, 13-14.
- [32] Wężyk S.: Znaczenie kantaksantyny w żywieniu drobiu. *Polskie Drobiarstwo*, 2003, **8**, 18-20.
- [33] Zduńczyk Z.: Modyfikacja składu jaja kurzego – możliwości i mankamenty. *Polskie Drobiarstwo*, 2001, **7**, 38-40.

EFFECT OF DIVERSIFIED HEN RAISING SYSTEM ON LUTEIN CONTENT IN EGGS**S u m m a r y**

The interest in carotenoids results from their importance in human nutrition. Particularly, lutein and zeaxanthin play a vital role in the process of seeing, as well as in the lifestyle disease prophylaxis. The objective of the study was to compare the content of lutein in eggs laid by hens from a diversified raising system (cage, bedding, and free-range system) and to sensory assess the eggs under analysis.

The highest content of lutein was determined in eggs laid by hens kept in a free-range system (over 50 % on average compared to other groups). These eggs were also emphasised in the sensory panel as those with the best taste (4.9) and aroma (4.8). The eggs, laid by hens raised in a poultry farming system and enriched with polyunsaturated fatty acids and vitamins A+E, were characterized by the lowest content of lutein (0.21 mg/egg). The standard material, obtained from laying hens raised in a commercial farm, was characterized by the highest egg yolk coloration (14.8) and, at the same time, by a high level of carotenoid determined (0.37 mg/egg).

Key words: eggs for consumption carotenoids, lutein, sensory analysis ☒