

Supplementation of diet results in production of eggs enriched in PUFA

Kubiński T., National Food and Nutrition Institute, Warsaw

The aim of this paper was to present the method of diet supplementation for eggs enrichment in PUFA. The egg is one of the best and relatively non-expensive sources of high quality animal protein. It also contains well balanced composition of various minerals and vitamins. It has been discovered that the fatty acid profile of chicken eggs could be altered significantly by hens' diet. Complying with recent nutritional trends, consumers require balanced and healthy food, thus paying more attention to modified quality of eggs. Their biological effects enriched with omega-3 polyunsaturated fatty acid (n-3 PUFA) can be classified as functional food. If laying hens' diet is supplemented in additives like fish oil, linseed oil, linseed, canola oil and alga oil they are producing eggs enriched in n-3 PUFA thus of the higher much quality.

Keywords: eicosapentaenoic acid, docosahexaenoic acid, fish oil, seed oil, flaxseed, eggs.

Rozróżnia się kilka sposobów wyrażania wartości odżywczej żywności. Najprostszą i najpowszechniejszą metodą jest określenie zawartości składników odżywczych w 100 g części jadalnych albo jednej porcji wybranego produktu. Inną metodą jest wyrażenie zawartości składników odżywczych jako procent rekomendowanego dziennego spożycia (recommended daily intake – RDI; 1). W polskich tabelach wartości odżywczej produktów spożywczych ich zawartość jest określona w 100 g części jadalnych (2).

Wartość odżywcza jaj kurzych

Jaja należą do naturalnej żywności nieprzetworzonej, o wysokiej wartości odżywczej, której nie można sfalszować. Są one zaliczane do najbardziej wielofunkcyjnych środków spożywczych posiadających jeden z najwyższych wskaźników koncentracji składników pokarmowych. Białko zawiera wszystkie egzogenne aminokwasy w korzystnych proporcjach, a rzeczywista jego strawność jest najwyższa spośród wszystkich znanych białek. Jaja charakteryzują się niską wartością energetyczną, mogą więc stanowić składnik diet odchudzających. Żółtko jaja zawiera bardzo dużo fosfolipidów, a głównym ich składnikiem jest lecytyna zawierająca niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT) z rodziny n-3 (omega –3) i n-6 (omega – 6). W tabelach wartości odżywczych dziewięciu krajów Unii Europejskiej i USA zawartość

¹ Przy założeniu, że 17 jaj = 1 kg.

Produkcja jaj kurzych wzbogaconych w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe

Tadeusz Kubiński

z Instytutu Żywności i Żywienia w Warszawie

niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w całym jajku waha się w dość szerokich granicach. Dla kwasu linolenowego (ALA) wynoszą one od 0,02 g we Francji do 0,27 g w Niemczech, dla kwasu linolowego (LA) od 0,89 g w Finlandii do 1,5 g w Belgii. Zawartość kwasu eikozapentaenowego (EPA) zawierają tylko tablice duńskie – 46 mg, a kwasu dokozaheksaenowego (DHA) duńskie – 180 mg i fińskie – 107 mg. Łączna zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych wynosi od 1,2 g w Finlandii do 2,0 g w Danii (1). Polskie tabele składu i wartości odżywczych żywności (2) określają zawartość kwasu linolenowego na 0,70 g, kwasu linolowego na 0,01 g i kwasu dokozaheksaenowego na 0,08 g. Są to wartości niższe niż wyżej cytowane. Wartość odżywcza jaj i ich znaczenie w żywieniu człowieka omawiana jest bardzo szeroko w wielu pracach, dotyczy to zwłaszcza jaj wzbogaconych, w tym głównie w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3 (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9). Liczne badania dowodzą, że jaja kurze z uwagi na obecność wielu bioaktywnych składników zawartych w żółtku, jak i białku, mogą być doskonałym surowcem do produkcji nutraceutyków, jak też innych preparatów biomedycznych (6, 10, 11, 12).

Produkcja i spożycie jaj w Polsce

Według rocznika statystycznego (13) produkcja jaj kurzych na jednego mieszkańca wyniosła w 2009 r. 15,9 kg, co stanowi 1% udziału w produkcji światowej (17 miejsc) i jest identyczny jak w Wielkiej Brytanii, a niższy niż w Niemczech – 1,1%, we Włoszech – 1,3%, w Hiszpanii – 1,3% i we Francji 1,5. Największy udział w produkcji światowej jaj mają Chiny – 37,6% i Stany Zjednoczone – 8,5%. W Europie zajmujemy 7 miejsce w produkcji jaj co wynosi 5,9%. W krajach UE w 2006 r. najwyższe spożycie jaj notowano w Danii (17,5kg), w Hiszpanii (17,5kg) oraz na Węgrzech (17,8kg), a średnia dla 25 krajów wyniosła 13,3 kg, a w Polsce 12,3 kg czyli ok. 209 sztuk/osobę¹ (15). Spożycie jaj w Polsce w 2008 r. wyniosło 409 000 t, a w 2009 r. – 420 000 t, co w przeliczeniu na jednego mieszkańca daje

10,69 kg (182 sztuki) i 11,0 kg (187 sztuk). Konsumpcja jaj na jedną osobę różni się w sposób znaczący pomiędzy poszczególnymi grupami gospodarstw domowych. Najwyższe było ono w gospodarstwach emerytów i rencistów – 198 sztuki w 2008 r. i identycznie w 2009 r., w gospodarstwach domowych rolników wynosiło 194 i 192 sztuki, a najniższe notowano w grupie pracujących na własny rachunek, bo tylko 135 i 136 sztuk w wymienionych wyżej dwóch latach. Według innych źródeł konsumpcja ta była wyższa i wynosiła w latach 2007, 2008 i 2009 odpowiednio 207, 205 i 203 sztuki/osobę/rok (14). Normy Żywienia Człowieka (16) zalecają zasadę nieprzekraczania spożycia 2 jaj/tydzień (104 sztuki/rok), a osoby z hiperlipidemią powinny bardziej ograniczać ich spożycie. Mimo wysokiej wartości odżywczej i relatywnie niskiej ceny, w wielu krajach spożycie jaj nie osiąga rekomendowanego przez WHO poziomu 183 jaj/rok/osobę (3). Jedynym powodem niskiej konsumpcji jaj jest wysoka zawartość cholesterolu w żółtku (1062 mg w 100 g), a wzrost spożycia jaj prowadzi do podwyższenia jego poziomu we krwi. Pogląd na rolę cholesterolu zawartego w jajach na rozwój miażdżycy i ryzyka chorób układu krążenia uległ zmianom. Wyniki wielu badań pokazują, że stosunkowo duża liczba jaj może być konsumowana bez jakichkolwiek zmian w poziomie cholesterolu oraz innych komponentów gospodarki lipidowej w osoczu (3, 5, 6).

Znaczenie niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych dla zdrowia ludzi

Szybkie zmiany w diecie człowieka, jakie miały miejsce w ostatnich 100 latach, spowodowały falę zachorowań na choroby o charakterze przewlekłym, takich jak: otyłość, miażdżycy, nadciśnienie tętnicze, choroby układu sercowo-naczyniowego, cukrzyca typu 2 i niektórych postaci nowotworów (17, 18). Tłuszcz zawarty w produktach spożywczych należy do trzech najważniejszych składników diety dostarczających organizmowi energii, a używany do celów kulinarnych zapewnia żywności przyjemny smak. Żywność pochodzenia

zwierzęcego jest bogata w tłuszcze o wysokiej zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych (NKT) w porównaniu do zawartości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (19). Warunkiem niezbędnym dla zdrowej diety jest żywność zawierająca tłuszcz bogaty w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (20). Wymienione wyżej choroby wynikają nie tylko z obniżonego spożycia niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w ogóle, ale też z niewłaściwego stosunku kwasów z rodziny n-6 do kwasów z rodziny n-3. Wzrost konsumpcji kwasów tłuszczowych n-6 w ostatnich 100 latach jest spowodowany rozwojem nowoczesnych technologii w produkcji żywności: w przemyśle tłuszczowym, agrotechnice oraz wprowadzeniem na szeroką skalę ziarna zbóż do żywienia zwierząt, które są bogate w kwasy tłuszczowe n-6. Doprowadziło to do niekorzystnego stosunku kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 do n-3. W okresie paleolitu wynosił on 0,79, a współcześnie waha się od 4 w Japonii do 16,74 w Stanach Zjednoczonych. Prawidłowo stosunek ten powinien wynosić 1–4/1 (17). Znaczenie niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych dla zdrowia, ich metabolizm w organizmie człowieka i zwierząt jest szeroko omawiany w piśmiennictwie (9, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26).

Produkcja jaj wzbogaconych w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe

Możliwość istotnej zmiany w profilu kwasów tłuszczowych w żółtku jaja poprzez stosowanie odpowiedniej diety w żywieniu kur była odkryta już w latach trzydziestych XX w., a jaja wzbogacone w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3 zaliczane są do żywności funkcjonalnej (8). W ostatnich trzydziestu latach badania nad wpływem żywienia kur na zawartość kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 były prowadzone bardzo intensywnie.

W tym celu stosuje się najczęściej w diecie kur dodatek olejów rybnych, mączek rybnych, olejów roślinnych, w tym olej lnianki, zwanego też w Polsce lnianką lub nasiona roślin oleistych, w tym przede wszystkim siemię lniane i rzepak, skoniugowany kwas linolowy (CLA), olej z alg lub niektóre zioła. Wymienione składniki były dodawane pojedynczo lub w różnych układach i ilościach kurom nioskom różnych ras, w wieku powyżej 22–25 tygodni, do podstawowej paszy (27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39).

Badania przeprowadzone przez Cheng i wsp. (27) wykazały korzystny wpływ dodawanego do paszy podstawowej kur oleju z alg, bogatego w kwas dokozaheksaenowy, na jego zawartość w żółtkach jaj i tkankach. Doświadczenie przeprowadzono na

trzech grupach kur niosek, dodając 0,0; 5,0 g i 20,0 g oleju z alg/kg diety podstawowej. Zawartość kwasu dokozaheksaenowego badano po 7 dniach od rozpoczęcia doświadczenia i wyrażone w gramach/kg całkowitej ilości kwasów tłuszczowych żółtka wynosiło 4 g w grupie kontrolnej do 12 i 20 g w grupach doświadczalnych. W badaniach wykonanych po 14 dniach (ostatni dzień żywienia dietą wzbogacaną) stwierdzono dalszy wzrost do 18 i 31 g w porównaniu do 6 g w grupie kontrolnej. Wyniki te świadczą, że kwas dokozaheksaenowy zawarty w paszy pochodzący z oleju z alg jest inkorporowany do żółtka jaja.

Garcia-Lebolar i wsp. (28) badali wpływ dodanego do standardowej diety kur niosek 15 g oleju z ryb morskich (ORM) oraz oleju lnianego (OL) w ilości 1, 2, 3, 4 i 5 g lub 17 g oleju z ryb morskich oraz wymienionych ilości oleju lnianego (10 grup) na skład tłuszczu żółtka, cechy sensoryczne i wielkość produkcji jaj. Typ diety nie wpływał na produktywność kur, całkowitą zawartość lipidów oraz koncentrację nasyconych i jednonienasyconych kwasów tłuszczowych. Stwierdzono natomiast istotny wzrost poziomu kwasu eikozapentaenowego i kwasu dokozaheksaenowego oraz całkowitej zawartości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3, a najlepsze wyniki uzyskano w grupie kur żywionych dietą zawierającą dodatek oleju z ryb morskich w ilości 17 g/kg oraz oleju lnianego – 5 g/kg paszy. Całkowita zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 w żółtku jaja wynosiła przeciętnie 302 mg/100 g jaja i wahała się w granicach od 255 mg w grupie 1 do 360 mg/100 g jaja w grupie 10, które otrzymywały 17 g oleju z ryb morskich i 5 g oleju lnianego. Taka ilość pozwala według Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFFSA) na zalecenie jaj, jako źródła niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 dla człowieka, pomimo nieznacznego pogorszenia jakości sensorycznej, ale akceptowanej przez konsumentów. Dla osiągnięcia takich wartości minimalna zawartość n-3 powinna wynosić 5,86 g/kg paszy, co można osiągnąć, wprowadzając w odpowiedniej ilości oleju z ryb morskich i oleju lnianego.

Badano też stężenie w żółtku jaja kwasów tłuszczowych, jakoś sensoryczną, trwałość jaj i produktywność kur niosek żywionych dietą podwójnie wzbogacaną zawierającą, oprócz olejów o wysokiej zawartości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3, również skoniugowany kwas linolowy. Badania przeprowadzono w trzech układach. Przygotowano dziewięć diet podstawowych, które następnie suplementowano w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny

n-3 w ilości 2,9; 3,7 i 4, 5 g/kg paszy, pochodzących z trzech różnych źródeł. Jedną grupę otrzymywała olej z ryb morskich bogaty w kwas eikozapentaenowy, drugą olej z ryb morskich bogaty w kwas dokozaheksaenowy, a trzecia olej z alg o bardzo wysokiej zawartości kwasu dokozaheksaenowego. Do każdej diety dodawano skoniugowany kwas linolowy w ilości 2,5 g/kg i olej słonecznikowy o wysokiej zawartości kwasu oleinowego w ilości 30 g/kg paszy. Wysoce istotny wzrost zawartości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 w żółtku jaja stwierdzono w grupach otrzymujących dodatek 4,5 g oleju z ryb morskich bogatego w kwas eikozapentaenowy lub kwas dokozaheksaenowy, a najwyższy był w grupie otrzymującej olej z alg. Wyrażony w gramach na kilogram całkowitej ilości tłuszczu był identyczny dla grupy 1 i 2–41,0 g, a w grupie 3 osiągnął 46,0 g, natomiast przy dodatku 2,5 g zawartość ta wynosiła odpowiednio 37,0 g, 35,0 g i 38,0 g/kg całkowitej ilości kwasów tłuszczowych. Poziomy skoniugowanego kwasu linolowego były podobne we wszystkich grupach i wahały się od 6,1 do 7,2 g/kg całkowitej ilości kwasów tłuszczowych żółtka. We wnioskach autorzy stwierdzają, że suplementacja diety podstawowej olejem z ryb morskich lub olejem z alg, które są źródłem bogatym w kwas dokozaheksaenowy lub kwas eikozapentaenowy, pozwala na wzbogacenie żółtka w te związki, ale wpływa na pogorszenie jakości cech sensorycznych jaj do poziomu, który jest jeszcze akceptowany przez konsumentów. W dodatku włączenie do diety skoniugowanego kwasu linolowego pozwala na produkcję jaj podwójnie wzbogaconych (29).

Korzystny wpływ wzbogacania diety kur w olej lniany i olej z ryb morskich na zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w żółtku jaja stwierdzał Kralik i wsp. (30). Prowadzili oni badania na trzech grupach kur, stosując dodatek do paszy podstawowej w grupie 1–1,5% oleju lnianego i 3,5% oleju z ryb morskich, w grupie 2 – 2,5% oleju lnianego i 2,5% oleju z ryb morskich, w grupie 3 – 3,5% oleju lnianego i 1,5% oleju z ryb morskich.

Całkowita zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 w stosunku do całkowitej ilości lipidów żółtka wyrażona w procentach wynosiła dla grup 1, 2 i 3, odpowiednio, 6,80; 7,22, i 8,50, natomiast stosunek n-6: n-3 wynosił 2,96, 2,93 i 2,49. Wzrost poziomu w diecie oleju lnianego, a zmniejszenie oleju z ryb morskich powoduje istotny spadek zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych, a wzrost niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 w żółtkach jaj. Autorzy stwierdzają, że kury posiadają zdolność do syntezy kwasów eikozapentaenowego i dokozaheksaenowego

z kwasu linolenowego, jeżeli otrzymują go w wystarczającej ilości w diecie. Jego poziom w oleju lnianym jest bardzo wysoki i wynosi 56,97% ogólnej zawartości kwasów tłuszczowych (30).

Badano też wpływ diety wzbogaconej trzema gatunkami alg *Macrocyctis pyrifera*, *Sargossum simicola* i *Enteromorpha* spp. u kur niosek na cechy fizyczne jaj, skład lipidów żółtka i cechy sensoryczne. Doświadczenie przeprowadzono na 4 grupach kur, z których jedna stanowiła kontrolę, pozostałe trzy otrzymywały olej z sardynki w ilości 2% oraz jeden z gatunków wysuszonych alg w ilości 10%. Eksperyment trwał 8 tygodni. Nie obserwowano zmian w produktywności i wykorzystaniu paszy. Całkowita zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 wahała się od 3,42% w grupie kontrolnej do 11,9; 10,92 i 10,39% w grupach doświadczalnych. Stosunek n-6: n-3 obniżył się z 7:1 w grupie kontrolnej do 1:1 w grupach doświadczalnych. Najlepsze wyniki uzyskano u kur żywionych dietą z dodatkiem 10% alg *Macrocyctis pyrifera*. Ocena sensoryczna jaj była pozytywna dla każdej grupy (31).

Cherian i wsp. (32) badali wpływ długookresowego żywienia kur paszą z dodatkiem skoniugowanego kwasu linolenowego i oleju z ryb morskich na jakość jaj, nieśność, zawartość kwasów tłuszczowych w jajach oraz powstawanie zmian w wątrobie. Badania trwały rok, a w żywieniu stosowano 4 diety; każda grupa liczyła 28 kur. W podsumowaniu badań autorzy stwierdzają, że wprowadzenie do diety skoniugowanego kwasu linolenowego i oleju z ryb morskich w niewielkich ilościach – po 0,25% każdego, nie wpływa ujemnie na produktywność kur, jak też nie wywołuje zmian patologicznych w wątrobie. Inkorporacja skoniugowanego kwasu linolenowego z paszy do jaj wynosiła 4,2 mg/g tłuszczu albo 21 mg/jajo i była wyższa niż w produktach spożywczych pozyskanych od zwierząt przeżuwających, u których wynosi 3 mg/g tłuszczu. Skoniugowany kwas linolowy był obecny tylko w jajach kur, które otrzymywały go z paszą. Jednak jego dodatek do paszy w ilości 0,25% prowadzi do wzrostu stężenia nasyconych kwasów tłuszczowych, z jednoczesną redukcją jednonienasyconych kwasów tłuszczowych. Autorzy zastrzegają, że dla wyciągnięcia ostatecznych wniosków liczba użytych do doświadczenia kur powinna być większa, a czas jego trwania powinien być dłuższy (trwał rok).

Kim i wsp. (33) badali wpływ produktów ubocznych powstających podczas rektyfikacji oleju otrzymanego z safranu łukowego, który zawiera skoniugowany kwas linolowy, na trzech grupach kur, z których pierwsza otrzymywała 2% produktów

ubocznych, druga 2% CLA-80 (zawierał 80% wolnego skoniugowanego kwasu linolenowego), a grupa trzecia stanowiła kontrolę i żywiona była paszą podstawową bez dodatków. Eksperyment trwał 5 tygodni. Podczas trwania doświadczenia obserwowano niewielkie zmiany w nieśności i jakości jaj pomiędzy grupami. W grupie kur, których dieta zawierała produkty uboczne, zawartość skoniugowanego kwasu linolenowego w żółtku jaja po 7 dniach stanowiła 7,3% ogółu kwasów tłuszczowych i utrzymywała się na takim poziomie przez cały czas trwania doświadczenia, a w grupie CLA-80 – 5,74%. W grupach tych wzrosła również istotnie zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych, a spadała jednonienasyconych w stosunku do wartości stwierdzanych w grupie kontrolnej, co jest zjawiskiem niekorzystnym.

Również jaja przepiórek można wzbogacić, wprowadzając do diety siemię lniane.

Najlepsze wyniki uzyskano, dodając do diety podstawowej 5% tego ziarna. Zawartość n-3 wzrastała z 0,71% w grupie kontrolnej do 3,07% przy diecie doświadczalnej. Siemię dodawane w mniejszych ilościach – 1,5 i 3,0% dawało również korzystne efekty. Stosunek n-6: n-3 obniżył się z 21,30 w grupie kontrolnej do 4,52, co jest szczególnie korzystne z punktu widzenia żywienia człowieka. Siemię lniane obecne w diecie przepiórek nie wpływało na zawartość cholesterolu w żółtku (34).

Wskazuje się też na konieczność zwiększenia zawartości tokoferoli w paszy wzbogaconej w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe, aby zapobiec nadmiernej peroksydacji lipidów (28, 35). Jones S. i wsp. (36) prowadzili badania nad inkorporacją dodanego do paszy skoniugowanego kwasu linolenowego do żółtka jaja. Cztery grupy kur otrzymywały z dietą podstawową dodatek skoniugowanego kwasu linolenowego w ilościach 0,0; 0,01, 0,5 i 1,0 g/kg paszy. Dwie ostatnie grupy miały istotnie wyższy poziom skoniugowanego kwasu linolenowego w żółtku, a najwyższe stężenia 3,0 mg/kg lipidów żółtka notowano w 24 i 36 dniu w grupie z dodatkiem 1,0 g skoniugowanego kwasu linolenowego /kg paszy. Ilość ta była podobna jak w produktach spożywczych otrzymanych z mięsa wołowego.

Olej pozyskany z nasion lnicznika (*Camelina sativa*) należącego do rodziny Brassicaceae jest bogaty w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3, a szczególnie kwas linolenowy – 38% ogółu kwasów tłuszczowych. Z tego względu użyto go w badaniach u kur do produkcji jaj wzbogaconych. Grupa doświadczalna kur otrzymywała do diety standardowej dodatek 5% oleju z lnicznika przez 3 tygodnie, po czym pobierano jaja do analizy. Całkowita zawartość kwasu linolenowego

w paszy wyniosła w grupie kontrolnej 4,58%, a w doświadczalnej 33,32%. W żółtkach jaj grupy kontrolnej zawartość całkowita tych związków wyniosła 1,85%, a w doświadczalnej 6,83%. Stosunek n-6 do n-3 wynosił w grupie kontrolnej 7,54, a w doświadczalnej 2,14. Również ocena sensoryczna jaj wypadła bardzo dobrze, lepiej niż przy dodatku oleju lnianego (37).

Dodatek suszonej portulaki (*Portulaca oleracea*) w ilości 20 g/kg paszy do diety kur podnosił istotnie zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w jajach, wzrost nieśności i wagi jaj oraz obniżał stosunek n-6: n-3. Natomiast poziom cholesterolu nie ulegał zmianom (38).

Szymczyk i Pisulewski (39) prowadzili badania nad wpływem skoniugowanego kwasu linolenowego na skład kwasów tłuszczowych i zawartość cholesterolu w lipidach żółtka, dodając go przez 12 tygodni do komercyjnej diety kur niosek w ilościach 0, 5, 10 i 20 g/kg. Obecny w paszy skoniugowany kwas linolowy manifestował się stopniowym wzrostem izomerów CLA w lipidach żółtka. Jednocześnie wzrastał też istotnie poziom nasyconych, a obniżał jednonienasyconych kwasów tłuszczowych. Spadała też znacząco zawartość kwasów linolenowego i linolenowego z 14,2 do 7,7% i z 1,3 do 0,3 odpowiednio oraz kwasów dokozaheksaenowego i arachidonowego, a poziom cholesterolu nie uległ zmianie. Autorzy badań stwierdzają, że jaja otrzymane od kur żywionych dietą z dodatkiem skoniugowanego kwasu linolenowego nie mogą być zaliczone do żywności funkcjonalnej.

Samman i wsp. (40) porównywali skład kwasów tłuszczowych jaj pochodzących od kur z chowu klatkowego (konwencjonalnego), organicznego i kur żywionych dietą wzbogaconą w kwasy tłuszczowe z rodziny n-3. Tylko w tej ostatniej grupie żółtka zawierały wyższą sumaryczną zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 – 6,57% całkowitej zawartości kwasów tłuszczowych, natomiast pomiędzy pierwszymi dwiema grupami różnic nie stwierdzono – wynosiła ona 1,36 i 1,34%.

Istnieją też możliwości bezpośredniego dodawania oleju z ryb morskich, bogatego w kwasy eikozapentaenowy i dokozaheksaenowy, do produktów spożywczych, w ilościach, które nie prowadzą do zmian sensorycznych nieakceptowanych przez konsumentów, stosując między innymi do tego celu techniki mikroenkapsulacji (41, 42).

Wydaje się, że produkcja jaj kurzych wzbogaconych w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe mogłaby być szansą rozwoju dla małych gospodarstw rolnych w Polsce.

Piśmiennictwo

1. Seuess-Baum I.: *Bioactive Egg Compounds. Nutritional evaluation of egg compounds*. Springer –Verlag, Berlin Heidelberg 2007, s. 117-144.
2. Kunachowicz H., Nadolna J., Przygoda B., Iwanow K.: *Tabele składu i wartości odżywczych żywności*. PZWL, Warszawa 2005, s. 81-89
3. Narahari D.: Nutritionally enriched eggs. *Poultry Int.* 2001, **40**, 22-30.
4. Wężyk S.: Wpływ paszy na wartość dietetyczną jaj spożywczych. *Pol. Drob.* 2007, **3**, 51-52.
5. Sparks N.H.C.: The hen's egg – is its role in human nutrition changing? *World's Poultry Sci. J.* 2006, **62**, 308-315.
6. Hawrylak R., Klys W.: Wpływ spożycia jaj na zdrowie – nowe trendy w żywieniu człowieka. *Żyw. Człow. Metab.* 2011, **38**, 62-71.
7. Cherian G., Sim J. S.: Changes in the breast milk fatty acids and plasma lipids of nursing mothers following consumption of n-3 polyunsaturated fatty acid enriched eggs. *Nutrition* 1996, **12**, 8-12.
8. Surai P.F., Sparks N.H.C.: Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. *Trend Food Sci. Technol.* 2001, **12**, 7-16.
9. Bovet P., Faeh D., Madeleine G., Viswanathan B., Paccaud F. Decrease in blood triglycerides associated with the consumption of eggs of hens fed with food supplemented with fish oil. *Nutr. Metab. Cardiovas. Dis.* 2007, **17**, 280-287.
10. Gill C.: Formulation for nutraceutical eggs. *Feed Int.* 2001, **22**, 16-19.
11. Trziszka T., Dobrzański Zb.: Wykorzystanie surowca jajczarskiego do produkcji nutraceutyków i preparatów biomedycznych. *Pol. Drob.* 2010, **5**, 10-11.
12. Kassis N.M., Beamer S.K., Matak K.E., Tou J.C., Jaczyński J.: Nutritional composition of novel nutraceutical egg products developed with omega-3-rich oils. *Food Sci. Tech.* 2010, **43**, 1204-1212.
13. *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej* 2011, **71**, 287, 748, 830.
14. Rynek Drobiu i jaj nr 36 oraz Zintegrowany System Rolniczych Informacji Rynkowych www.minrol.gov.pl
15. Sluis W.: EU egg production is slowly declining. *World Poultry* 2007, **23**, 10-11.
16. Szostak W.B., Szostak-Węgierek D.: *Cholesterol*, Praca zbiorowa pod redakcją naukową Jarosz M. Bułhak-Jachimczyk B.: Normy Żywienia Człowieka. PZWL Warszawa 2008, s. 130-136.
17. Simopoulos A.P.: Importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids: evolutionary aspects. *Wld. Rev. Nutr. Diet.* 2003, **92**, 1-22.
18. Jelińska M.: Kwasy tłuszczowe – czynniki modyfikujące procesy nowotworowe. *Biul. Wyd. Farm. AMW* 2005, **1**, 1-9 (<http://biuletynfarmacji.wum.edu.pl>).
19. Szponar L., Mojska H., Oltarzewski M.: *Tuszcze* Praca zbiorowa pod redakcją naukową Jarosz M. Bułhak-Jachimczyk B.: Normy Żywienia Człowieka. PZWL, Warszawa 2008, s. 91-128.
20. Zevenbergen H., de Bree A., Zeelenberg M., Laitinen K., van Duijn G., Floter E.: Foods with a high fat quality are essentials for healthy diets. *Ann. Nutr. Metab.* 2009, **54** (suppl 1), 15-24.
21. Gogus U., Smith Ch.: n-3 omega fatty acids: a review of current knowledge. *Inter. J. Food Sci. Tech.* 2010, **45**, 417-436.
22. Riediger N. D., Othman R. A., Suh M., Moghadasian M. H.: A Systemic Review of the roles of n-3 fatty acids in health and disease. *J. Am. Diet Assoc.* 2009, **109**, 668-679.
23. Bartnikowska E., Kulasek G.: Znaczenie nienasyconych kwasów tłuszczowych w żywieniu człowieka i zwierząt (cz. II). Niedobory i dietetyczne leczenie niedoborów *Magazyn Wet.* 1994, **5**, 34-38.
24. Kulasek G., Krasicka B., Świerczewska E.: Jaja i tuszki drobiowe wzbogacone w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe – nowe kierunki produkcji drobiarskiej. *Magazyn Drobiarstwo* 1996, **1**(5), 5-9.
25. Rose E.L., Holub B.J.: Effects of a liquid egg product containing fish oil on selected cardiovascular disease risk factors: A randomized crossover trial. *Food Res. Int.* 2006, **39**, 910-916.
26. Atakisi E., Atakisi O., Yaman H., Arslan I.: Omega-3 fatty acid application reduces yolk and plasma cholesterol levels in Japanese Quails. *Food Chem. Tox.* 2009, **47**, 2590-2593.
27. Cheng C.H., Shen T.F., Chen W.L., Ding S.T.: Effects of dietary algal docosahexaenoic acid oil supplementation on fatty acid deposition and gene expression in laying Leghorn hens. *J. Agric. Sci.* 2004, **142**, 683-690.
28. Garcia-Lebollar P., Cachaldora P., Alvarez C., De Blas C., Mendez J.: Effect of the combined supplementation of diets with increasing levels of fish and linseed oils on yolk fat composition and sensorial quality of eggs in laying hens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2008, **140**, 337-348.
29. Cachaldora P., Garcia-Rebollar P., Alvarez C., Mendez J., De Blas J.C.: Double enrichment of chicken eggs with conjugated linoleic acid and n-3 fatty acids through dietary fat supplementation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2008, **144**, 315-326.
30. Kralik G., Skrtic Z., Suchy P., Strakova E., Gajcovic Z.: Feeding fish oil to laying hens to increase then-3 PUFA of egg yolk. *Acta. Vet. Brno.* 2008, **77**, 561-568.
31. Carrilo S., Lopez E., Casas M.M., Avila E., Castillo R.M., Carranco M.E., Calvo C., Perez –Gil F.: Potential use of seaweeds in the laying hen ration to improve the quality of n-3 fatty acid enriched eggs. *J. Appl. Phycol.* 2008, **20**, 721-728.
32. Cherian G., Gonzalez D., Ryu K.S., Georger M.P.: Long-term feeding of conjugated linoleic acid and fish oil to laying hens: effects on hepatic histopathology, egg quality and lipid components. *J. Appl. Poult. Res.* 2007, **16**, 420-428.
33. Kim J.H., Choi N. J., Park H.G., Kim I.H., Lee H.G., Song M.K., Hang K.Y., Kim Y.J.: Utilization of oil by-product from the purification process of conjugated linoleic acid as feeding supplements for the accumulation of conjugated linoleic acid in the egg yolk. *Poultry Sci.* 2008, **87**, 64-70.
34. Da Silva W.A., Elias A.H.N., Aricetti J.A., Sakamoto M.L., Murakami A.E., Gomes S.T.M., Visentainer J.V., do Souza N.E., Matsushita M.: Quail egg yolk (Coturnix coturnix Japonia) enriched with-omega-3 fatty acid. *Food Sci. Technol.* 2009, **42**, 660-663.
35. Cherian G., Traber M.G., Goeger M.P., Leonard S.W.: Conjugated linoleic acid and fish oil in laying hen diets: effects on egg fatty acids, thiobarbituric acid reactive substances, and tocopherols during storage. *Poultry Sci.* 2007, **86**, 953-958.
36. Jones S., Ma D. W. L., Robinson F.E., Field C.J., Clandinin M.T.: Isomers of conjugated linoleic acid (CLA) are incorporated into egg yolk lipids by CLA-fed laying hens. *J. Nutr.* 2000, **130**, 2002-2005.
37. Rokka T., Alen K., Valaja J., Rhyhanen E.L.: The effect of a Camelina sativa enriched diet on the composition and sensory quality of hen eggs. *Food Res. Internat.* 2002, **35**, 253-256.
38. Aydin R., Dogan I.: Fatty acid profile and cholesterol content of egg yolk from chickens fed diets supplemented with purslane (Portulaca oleracea L.). *J. Sci. Food Agric.* 2010, **90**, 1759–1763.
39. Szymczyk B., Pisulewski P. M.: Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition and cholesterol content of hen egg yolks. *Br. J. Nutr.* 2003, **90**, 93-99.
40. Samman S., Kung E.P., Carter L.M., Foster M.J., Ahmad Z.J., Phuyal J.L., Petocz P.: Fatty acid composition of certified organic, conventional and omega-3 eggs. *Food Chem.* 2009, **116**, 911-914.
41. Kolanowski W., Swiderski F., Berger S.: Possibilities of fish oil application for food products enrichment with omega-3 PUFA. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 1999, **50**, 39-49.
42. Champagne C.P., Fustier P.: Microencapsulation for the improve delivery of bioactive compounds into foods. *Current Opin. Biotechnol.* 2007, **18**, 184-190.