

JACEK KIJOWSKI, GRZEGORZ LEŚNIEROWSKI, RENATA CEGIELSKA-
RADZIEJEWSKA

JAJA CENNYM ŹRÓDŁEM SKŁADNIKÓW BIOAKTYWNYCH

Streszczenie

Jaja kurze uważane są za doskonałą żywność oferowaną przez naturę. American Heart Association w 2006 r. zrewidowało swoje wcześniejsze stanowisko i nie ogranicza aktualnie spożycia jaj w tygodniowej diecie. Ze względu na nowo odkryte multifunkcjonalne właściwości jaja są dobrym źródłem bioaktywnych składników, zwanych też nutraceutykami. Dla człowieka mają one znaczenie żywieniowe oraz prozdrowotne. Te cechy zachowują wszystkie jaja kurze, niezależnie od sposobu ich pozyskania. W opracowaniu szczegółowo scharakteryzowano nowo odkryte prozdrowotne właściwości następujących komponentów jaj: lizozymu, cystatyny, awidyny, owotransferyny, lecytyny, luteiny, zeaksantyny, retinolu, cholekaciferolu, α -tokoferolu, foswityny, immunoglobuliny (IgY) i kwasu sialowego. Opisano też jaja projektowane, o składzie wzbogaconym w pożądane składniki, uzyskane w zaplanowanym systemie żywienia ptaków.

Słowa kluczowe: jaja kurze, składniki bioaktywne, jaja wzbogacone

Wprowadzenie

Wielu konsumentów zastanawia się, czy konsumpcja większej liczby jaj kurzych stwarza ryzyko dla ich zdrowia. Obawy pojawiały się od 1972 r. na skutek rozporządzenia przez American Heart Association (AHA) (Stowarzyszenie Kardiologów USA) oświadczenia o charakterze rekomendacji żywieniowej, że tygodniowo nie należy spożywać więcej niż 3 jaj. Głoszono wówczas opinię, że cholesterol w diecie wpływa na jego podwyższoną zawartość w płazmie (osoczu) krwi. Misją społeczną AHA jest dbanie o zdrowy styl życia, ograniczający choroby układu sercowo-naczyniowego i przypadki zawałów. Stowarzyszenie to, zrzeszające głównie autorytety medyczne, zrewidowało po kilkudziesięciu latach podejście do jaj przedstawianych jako źródło nadmiaru cholesterolu, tłuszczu i kalorii. W oficjalnych oświadczeniach AHA nie wymienia już jaj wśród żywności, której należy unikać lub którą powinno się

Prof. dr hab. J. Kijowski, dr hab. inż. G. Leśniewski, dr R. Cegielska-Radziejewska, Katedra Zarządzania Jakością Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań

ograniczać w codziennej diecie oraz nie traktuje ich jako czynnika wzrostu ryzyka chorób serca i układu naczyniowego [1, 37, 39]. Stowarzyszenie nadal rekomenduje nieprzekraczanie w codziennej diecie zdrowego człowieka 300 mg cholesterolu, a chorego (diabetycy, pacjenci z hipercholesterolemią, z wysokim ryzykiem zagrożenia chorobą układu sercowo-naczyniowego) 200 mg cholesterolu, biorąc pod uwagę wszystkie jego źródła, czyli produkty pochodzenia zwierzęcego. Badania naukowe prowadzone przez ostatnie 50 lat w Japonii, USA, Kanadzie i w Europie zmieniły nastawienie do spożywania większej liczby jaj [7, 42]. Średniej wielkości jajo kury zawiera około 200 - 215 mg cholesterolu i to tylko w żółtku. Zastosowanie metod hodowlanych i biologicznych lub zmiana żywienia kur pozwala zmniejszyć jego zawartość w jaju o ok. 25 - 30 % [21, 51]. Do ras kur znoszących jaja o mniejszej zawartości cholesterolu, rzędu 150 mg, należy krajowa Zielononóżka kuropatwiana, którą rekomenduje się na producenta jaj o ograniczonej ilości tego sterolu. Z drugiej jednak strony zmniejszanie zawartości cholesterolu w jajach drastycznie ogranicza wylęgowość jaj, co świadczy o istotnej biologicznej roli cholesterolu w tworzeniu nowego życia [3]. Z zapłodnionego jaja w ciągu 18 - 21 dni wykluwa się pisklę w pełni zdolne do samodzielnego życia. Oznacza to, że jajo zawiera odpowiedni zestaw naturalnych składników niezbędnych do powstania nowego życia. Z uwagi na cenne składniki i znaczącą prozdrowotną wartość dla organizmu człowieka jajo jest doskonałą żywnością funkcjonalną. Wyniki badań przeprowadzonych w ostatnich latach dowodzą, że konieczne należy zrewidować poglądy na rolę jaja kurzego w żywieniu człowieka. Te nowe trendy dobitnie określa sformułowane ostatnio hasło: „*egg every day is OK*” („jajo każdego dnia jest OK”) [39, 53].

Włączenie do codziennej diety jaj, zwłaszcza tzw. projektowanych, funkcjonalnych o zwiększonej roli prozdrowotnej, jest bardzo korzystne [53, 57, 58, 60]. Doniesienia naukowe z ostatnich lat wskazują, że jaja mogą obniżyć ryzyko wystąpienia wielu chorób. Substancje odżywcze z jaja mogą wzmacniać kondycję i uzupełniać niepełną dietę w wymagane składniki [22, 51, 53]. W jajach można stosunkowo łatwo uzupełnić te składniki, których brakuje w odżywianiu całych populacji. Okazuje się bowiem, że zwiększenie zawartości określonych składników w paszy dla drobiu może znacząco zwiększyć ich ilość w jaju [10, 52, 62].

Proteiny części białkowej jaja

Skład chemiczny treści jaja: białka i żółtka, jest szczegółowo poznany [16, 59], dlatego można się ograniczyć do przytoczenia następujących danych:

- jajo składa się w 58 % z białka, w 30 % - z żółtka, w 11 % ze skorupy i w 1% z błon podskorupowych,
- białko jaja zawiera blisko 88 % wody, 10,5 % białek, 1 % węglowodanów i 0,5 % związków mineralnych,

- znanych jest około 15 białkowych składników białka jaja, różnych pod względem budowy, funkcji i znaczenia,
- spożycie jednego jaja realizuje ok. 25 % zapotrzebowania dorosłego człowieka na pełnowartościowe białko. Według FAO/WHO białko jaja jest międzynarodowym wzorcem żywieniowej wartości białka ze względu na skład i proporcję zawartych w nim aminokwasów,
- spożycie całego jaja powoduje uczucie „nasylenia”, co sprzyja ograniczeniu pobierania kalorii z pożywienia i utrzymaniu właściwej masy ciała,
- białko jaja jest łatwe do strawienia zarówno dla dzieci jak ludzi w podeszłym wieku, których dotyka często bolesny zanik mięśni (*sarcopenia*),
- dla kobiet w ciąży jajo ma istotną wartość jako źródło pełnowartościowego białka, które służy optymalnemu wzrostowi i rozwojowi dziecka w życiu płodowym, jak również obniża ryzyko niskiej masy porodowej.

Szczególne znaczenie dla antybakteryjnej funkcji białka jaja ma obecność w nim lizozymu, konalbuminy i awidyny oraz inhibitorów różnych enzymów.

Lizozym należy do ważnych składników białka jaja. Został odkryty w 1922 r. przez Fleminga, który przypisywał mu potencjalnie większą rolę niż odkrytej przez siebie kilka lat później (w latach 1928 - 38) penicylinie. Jest to białko o silnych właściwościach antybakteryjnych, chroniących jajo przed inwazją mikroorganizmów, głównie szczepów bakterii gramdodatnich [6, 35, 45]. Po wyizolowaniu z jaja zachowuje te cenne właściwości, stąd duże jego znaczenie praktyczne, zwłaszcza w utrwalaniu żywności, ale także w medycynie, weterynarii i farmacji [17, 18, 19, 27, 28]. Obecnie prowadzone są prace nad poszerzeniem spektrum antybakteryjnego działania enzymu metodą modyfikacji do formy oligomerycznej, która wykazuje nową, tzw. specyficzną aktywność skierowaną także przeciwko bakteriom gramujemnym [13, 14]. Również w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu prowadzone są takie badania. Dotyczą one tej nowej antybakteryjnej aktywności lizozymu oraz sposobów jej użycia. Opracowano dotąd kilka metod modyfikacji enzymu, głównie termicznych i termiczno-chemicznych, prowadzących do jego oligomeryzacji, odpowiedzialnej za polepszenie funkcjonalności białka. Modyfikacje te prowadzą do uzyskania preparatów zawierających od 50 do 70 % oligomerów, w tym 30 - 40 % dimeru, który, zgodnie z obecnym stanem wiedzy, jest głównym czynnikiem powodującym występowanie nowych właściwości lizozymu [27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34].

Cystatyna jest inhibitorem enzymów papainy i ficyny oraz katepsyn i peptydaz. Łańcuch polipeptydowy tego białka wykazuje wysoką (około 44-procentową) homologię sekwencyjną z cystatyną ludzką i charakteryzuje się dużą stabilnością, stąd jej zastosowanie w badaniach klinicznych. Może być także zastosowana jako składnik gum do żucia oraz past do czyszczenia zębów i płynów do płukania jamy ustnej [20]. Hamuje rozwój proteaz cysteinowych wydzielanych przez wirusy, stąd możliwość zasto-

sowania jej do hamowania rozwoju wirusów, w tym wirusa HIV [5, 9, 46, 47]. W Polsce badania nad cystatyną prowadzone są w Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu, przy współudziale innych ośrodków badawczych. W ich efekcie uzyskano nowe informacje o białku, opracowano metody jego pozyskiwania z jaja kurzego oraz określono kierunki wykorzystania [8, 9, 20, 60].

Awidyna wchodzi w skład tzw. naturalnej bariery ochronnej treści jaja. Obok wielu cennych właściwości wykazuje także toksyczne działanie wobec niepożądanych owadów, muchy domowej, muszek uszkadzających oliwki, rozkruszka mącznego, szkodników liści tytoniu. Istnieje więc możliwość jej zastosowania także jako naturalnego pestycydu [51, 59].

Owotransferyna wiąże żelazo, utrudniając dostęp bakterii. Jest więc wraz z lizozymem, cystatyną i awidyną także komponentem bakteriostatycznym jaja [15, 55].

Albumina jaja dominuje w białku jaja. Jest naturalnym biopolimerem i znajduje zastosowanie jako nowy rodzaj, nadających się do spożycia, bezpośrednich opakowań żywności i produktów kapsułkowanych, a wykazuje lepsze właściwości użytkowe niż jadalne osłonki glutenowe, sojowe czy kukurydziane. Stanowi też dobry nośnik zapachów, przeciwutleniaczy i antybakteryjnych substancji stosowanych w żywności [24, 59].

Tłuszcze żółtka

Tłuszcze żółtka wykazują szczególnie wysoką wartość biologiczną, ponieważ mają dobre proporcje nienasyconych kwasów tłuszczowych w stosunku do nasyconych (jak 2 : 1) oraz zawierają dużo cennych fosfolipidów (ok. 30 % sumy lipidów, z czego 70 % to fosfatydylocholina) [41, 63]. Do szczególnie wartościowych składników żółtka jaja zalicza się specyficzne kwasy tłuszczowe, lecytynę i cholinę, ksantofile, witaminy, fosfitynę oraz immunoglobuliny.

Kwasy tłuszczowe są bogatym źródłem kwasu arachidonowego oraz dokozaheksaenowego (DHA). Zawartość i proporcje tych kwasów mają duże znaczenie dla prawidłowego wzrostu niemowląt i budowy ich centralnego układu nerwowego. Kwasy te stanowią zatem również składniki ulepszonych preparatów mleka dla niemowląt oraz odżywek dla osób starszych i rekonwalescentów [51, 54, 56].

Lecytyna obecna w tłuszczach żółtka jaja zaliczana jest do fosfolipidów, w których reszta fosforanowa zestryfikowana jest choliną. Odgrywa istotną rolę w tworzeniu biologicznych ścian komórkowych, jak również we właściwym transportowaniu przez nie określonych składników. Fosfolipidy jaja, zawierające lecytynę, są naturalnymi substancjami powierzchniowo aktywnymi i znajdują coraz szersze zastosowanie w przemyśle żywnościowym, farmaceutycznym oraz kosmetycznym. Żółtko zawiera ok. trzykrotnie więcej, łatwiej przyswajalnej lecytyny niż soja, główne źródło pozyskiwania tego związku [23, 48, 60]. W ścisłym związku z lecytyną pozostaje inny bar-

dzo ważny składnik tłuszczów żółtka – **cholina**, która wchodzi w skład niektórych fosfolipidów, a w szczególności właśnie lecytyny oraz sfingomieliny. Żółtko jest bogatym źródłem choliny [7], gdyż jedno jajo zawiera jej aż 280 mg, głównie w postaci fosfatydylocholiny. Uważana jest ona za substancję „witaminopodobną” (była wcześniej nazywana witaminą B₄) ze względu na istotne znaczenie biologiczne. Ilość choliny potrzebnej do sprawnego funkcjonowania organizmu człowieka, w tym mózgu, systemu nerwowego i metabolizmu wątroby, jest stosunkowo duża: 0,5 – 4,0 g dziennie. Cholina bierze także udział w transporcie ważnych składników w organizmie człowieka oraz w funkcjonowaniu wszystkich komórek [64]. Istotna jest w diecie kobiet w okresie ciąży, karmiących piersią, gdyż ma wpływ na prenatalny i noworodkowy rozwój mózgu i rdzenia kręgowego (centralnego układu nerwowego). Wykazano, że pobieranie choliny ma też wpływ na poprawę długotrwałej pamięci oraz na funkcje uczenia się. Podawana pacjentom ogranicza ryzyko zespołu wrodzonych wad układu nerwowego (ang. *NTD*), nawet gdy w diecie jest dostarczany kwas foliowy. Ostatnie badania potwierdzają istotne znaczenie choliny dla funkcji pamięci [7]. W badaniach na zwierzętach wykazano, że spadek pamięci związany ze starzeniem się organizmu może być opóźniony, gdy dieta matki będzie suplementowana choliną w czasie ciąży. Pojawiają się też informacje, że dieta zawierająca dużą ilość przyswajalnej choliny (dieta jajeczna) może ograniczać ryzyko wystąpienia demencji, otępienia charakterystycznego dla choroby Alzheimera. Są też informacje o obniżonym, o 24 %, ryzyku raka piersi u kobiet pobierających najwyższy poziom choliny w relacji do tych, które pobierały jej najmniej. Podobny efekt stwierdzono przy dużym spożyciu jaj. Tylko ok. 10 % ludzi pobiera rekomendowaną ilość choliny. Głównym źródłem choliny są: mięso bydlęce, wątroba kurcząt oraz jaja. Jedno jajo dziennie powoduje, że poziom choliny wzrasta do 25 - 50 % rekomendowanego pobrania. Ograniczenia spożycia jaj z obawy o pobieranie w diecie nadmiaru cholesterolu spowodowało krótko- i długoterminowe skutki niedoboru choliny, obserwowane w USA [64, 65].

Fosfatydylocholina, jako źródło choliny w jaju, odgrywa istotną rolę w przemianie kwasu foliowego w czasie trwania ciąży i w rozwoju centralnego układu nerwowego niemowląt i małych dzieci. Bierze również udział w korzystnym dla człowieka metabolizmie tłuszczów, wzmaga funkcje metaboliczne wątroby, ogranicza ryzyko przypadków choroby Alzheimera. Również przypisuje się jej rolę w zmniejszaniu ryzyka wystąpienia chorób nowotworowych.

Ksantofile, w które żółtko jaja jest niezwykle zasobne [11], to biologicznie aktywne substancje należące do karotenoidów (tlenowych karotenów). Jako pomocnicze barwniki fotosyntezy pełnią funkcję przeciwutleniaczy, przez co chronią komórkę, a zwłaszcza chloroplasty, przed szkodliwym działaniem reaktywnych form tlenu [38]. W jajach ptaków pełnią funkcję barwników żółtka, przy czym jasnożółty jego odcień jest charakterystyczny dla jaj pochodzących od kur skarmianych paszą bazującą na

pszenicy lub jęczmieniu. Bardziej intensywną barwę żółtą mają jaja kur skarmianych kukurydzą. Intensywnie pomarańczową – nie zawsze preferowaną przez krajowych konsumentów z uwagi na wrażenie nienaturalnej – uzyskuje się po zastosowaniu paszy z dodatkiem ekstraktu z nagietka. Zatem intensywna barwa żółtka nie zawsze musi pochodzić z podwyższonego poziomu karotenoidów. Intensywne zabarwienie żółtek jest pożądane, gdy przeznaczają się je do produkcji makaronów, pieczywa cukierniczego i majonezu.

Ksantofile jaja, takie jak **luteina i zeaksantyna**, mają istotne znaczenie w profilaktyce zdrowotnej oczu, zwłaszcza podczas postępującego z wiekiem pogorszenia widzenia, obniżają bowiem ryzyko wystąpienia degeneracji plamki żółtej oka (*macula lutea*), głównego źródła nieodwracalnej utraty wzroku, jak również katarakty. Luteina z jaja jest trzykrotnie lepiej przyswajalna przez człowieka niż z innych źródeł, przypuszczalnie z powodu rozpuszczenia w lecytynie żółtka. Spożycie 6 jaj w tygodniu powoduje wzrost ksantofili we krwi, ale również zwiększa poziom ksantofili pigmentu regionu żółtej plamki o blisko 50 % [12, 25]. W innych badaniach [40] stwierdzono zmniejszenie ryzyka katarakty, powodującej znaczne koszty leczenia populacji starzejących się ludzi. Zawartość luteiny i zeaksantyny można zwiększyć 5 - 10-krotnie poprzez dodatek ekstraktu nagietka (*marigold*) do paszy. W wielu krajach można kupić jaja wzbogacane w ksantofile.

Witaminy. Jajo jest źródłem niemal wszystkich witamin, z wyjątkiem witaminy C. Szczególnie duża ich zawartość dotyczy rozpuszczalnych w tłuszczach żółtka witamin: A (retinol), D (cholekaciferol) i E (α -tokoferol) [26, 54]. Obecnie u ludzi często obserwowany jest deficyt przede wszystkim witaminy D. Z badań wynika, że 40 % dzieci wykazuje w organizmie niedostateczny poziom tej witaminy, a wśród nastolatków jej niedobór jest jeszcze większy i wynosi 42 %. Z badań przeprowadzonych w USA wynika, że niedobór witaminy D może prowadzić do zwiększonego o 26 % ryzyka zgonu. Badania wskazują również na istotne korelacje pomiędzy wysokim poziomem witaminy D a obniżeniem ryzyka rozwoju chorób chronicznych [14]. W przypadku chorób układu sercowo-kръżeniowego ryzyko zredukowano o 33 %, cukrzycy typu II – o 55 %, syndromu metabolicznego – o 51 %. Syndrom metaboliczny ma miejsce, gdy jednocześnie obserwuje się podwyższony poziom cukru we krwi, nadciśnienie i otyłość – to stan, który medycyna określa jako: „zawał jest kwestią czasu”. Naturalna zawartość witaminy D w jaju może być zwiększona 3 - 5 razy wraz z modyfikacją składu paszy drobiowej [54]. Takie jaja znajdują się już w sprzedaży w wielu krajach.

Innym ważnym składnikiem jaja jest witamina E, która należy do najbardziej skutecznych naturalnych przeciwutleniaczy, a jej zawartość w żółtku jest znacząca i może być jeszcze zwiększona. Jajo jest też dobrym źródłem witamin z grupy B tj. B₁, B₂, B₆, B₁₂, kwasu pantotenowego, niacyny, kwasu foliowego i biotyny [7, 51, 54].

Foswityna stanowi ważny element frakcji granularnej żółtka jaja. Białko to składa się z dwóch frakcji o masie cząsteczkowej 160 i 190 kDa i jest głównym źródłem fosforu występującego w żółtku jaja [9]. Bardzo łatwo tworzy związki kompleksowe z lipowiteliną, występującą w żółtku oraz z jonami metali, takimi jak: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Fe^{2+} i Fe^{3+} . Stanowi nośnik jonów Ca^{2+} i Fe^{2+} oraz wiąże prawie całe żelazo zawarte w żółtku, co decyduje o jej właściwościach antyoksydacyjnych [2]. Charakterystyczną cechą foswityny jest jej skład aminokwasowy, w którym występuje duża ilość seryny (ok. 54 %) przy jednoczesnym braku metioniny, tryptofanu i tyrozyny. Białko wykazuje bardzo dobre właściwości emulgujące i stabilizujące emulsje, lepsze od występujących w innych białkach stosowanych w produkcji żywności. Niekonwencjonalne właściwości foswityny sprzyjają coraz większemu praktycznemu jej wykorzystaniu zarówno w przemyśle spożywczym, jak i farmaceutycznym [20].

Immunoglobuliny (IgY) – poliklonalne przeciwciała, zwykle produkuje się z krwi immunizowanych małych ssaków: myszy, szczurów, królików i in. [4]. Nowe możliwości stworzyła ich produkcja z immunizowanych kur niosek – przeciwciała pojawiają się w żółtku jaja i stamtąd są następnie izolowane [49]. Jajo jest dogodniejszym inkubatorem produkcji specyficznych przeciwciał. Jest również znaczącym źródłem specyficznych dla naturalnego jaja immunoglobulin [44, 50]. W ostatnich latach obserwuje się postęp w produkcji immunoglobulin na skalę przemysłową. Japońska firma biotechnologiczna Taiyo Kagaku od kilku lat produkuje IgY przeciwko bakterii *Streptococcus mutant* wywołującej próchnicę zębów. Przeciwciałami specyficznymi IgY wzbogaca się w Japonii np. cukierki, dzięki czemu dzieci zabezpieczają się przed rozwojem tej cywilizacyjnej choroby.

Inne składniki jaja kurzego

W makroskopowej budowie jaja ptaków, oprócz żółtka i białka, występuje także skorupa wraz z błonami podskorupowymi, błona witelinowa otaczająca żółtko oraz chalazy. Do niedawna składniki te, uzyskiwane jako uboczne produkty procesu wybijania i filtracji w przetwórstwie jaj, traktowane były jako nieużyteczne i wykorzystywane jedynie do produkcji mączek dodawanych do pasz dla zwierząt. Znaczący postęp technologiczny związany z nowymi metodami badań i coraz doskonalszą aparaturą badawczą pozwolił na wyodrębnienie z tych utylizacyjnych produktów wielu różnorodnych substancji, czyniąc je pełnowartościowymi częściami jaja. Na szczególną uwagę zasługują związki mineralne oraz kwas sialowy.

Związki mineralne – w jaju występują cenne pierwiastki, jak: fosfor, selen, żelazo, cynk, stosunkowo łatwo przyswajalne z naturalnych połączeń organicznych stanowiących odpowiednio ok. 16, 29, 9 i 9 % rekomendowanego dziennego ich pobrania. Skorupa jaja jest dobrym źródłem przyswajalnego wapnia i po odpowiednim spreparowaniu stanowi źródło cennych preparatów farmaceutycznych (wiele wytwarzanych

w Japonii), podawanych m.in. kobietom cierpiącym na osteoporozę [36, 43]. Wielką zaletą jaja jako źródła witamin, związków mineralnych, związków biologicznie aktywnych (luteina), bioaktywnych białek jest ich wysoka biologiczna dostępność oraz przyswajalność [61].

Kwas sialowy – to stosunkowo niedawno odkryty składnik żółtka, błony witelinowej otaczającej żółtko i ubocznych produktów powstających przy produkcji ciekłych i suszonych przetworów jajecznych tj. skretków białkowych zwanych chalazami i błon podskorupowych. Jest produkowany na skalę przemysłową. Wykorzystanie izolowanego z jaja kwasu sialowego to nowa koncepcja tworzenia kolejnej generacji leków przeciwwzapalnych i doustnych przeciwzapalnych na bazie węglowodanów. Ten związek obecny w sialooligosacharydach białka jaja jest silnym czynnikiem antywirusowym i antybakteryjnym [16]. Znalazł już zastosowanie w hamowaniu infekcji rotawirusowej (*rotavirus diarrhoea*), wywołującej groźne biegunki u dzieci i u podróżnych.

Jaja kurze projektowane (ang. *designed eggs*)

Kilka lat temu w produkcji żywności została uruchomiona linia wzbogacania (fortyfikacji) żywności w pożądane składniki. Technicznie stosunkowo łatwo jest zmodyfikować skład kwasów tłuszczowych żółtka poprzez podawanie odpowiednich komponentów nioskom w paszy. Dzięki temu można w znacznym stopniu podwyższyć poziom określonych składników [41, 52, 58, 63]. Głównym źródłem pasz wzbogaczanych w kwasy polienowe *n-3* są względnie tanie mączki rybne, inne produkty pochodzenia morskiego, fitoplankton oraz ziarna lnu bogate w te składniki [10, 41]. W celu ochrony przed pojawianiem się w jajach obcego, niepożądanego zapachu i smaku, podaje się ściśle określone ilości przeciwutleniaczy, głównie tokoferoli. Na międzynarodowym rynku żywności jest już wielu producentów tak zmodyfikowanych jaj, np. jaja-Omega, Columbus, super-egg, greckie jaja [7]. Wzbogacanie zawartości jaj stosowane już w praktyce obejmuje: wielonienasycone kwasy tłuszczowe, kwasy polienowe *n-3*, witaminy A, D, E, K i mikroelementy, jak selen i jod [56, 57]. Oprócz projektowanych, wzbogaczanych jaj, wytwarza się wzbogacone płynne produkty, np. jaja dla seniorów wzbogacają się w DHA, kofeinę, witaminy B₁₂ i D [54]. Podobne produkty mogą też być kierowane do kobiet w ciąży, karmiących matek i młodych sportowców, w tym kulturystów budujących większą masę mięśni.

Zapotrzebowanie na żywność wygodną, bezpieczną i wspomagającą zdrowie jest znaczące i ciągle rosnące. Jaja mogą być żywnością o charakterze nutraceutyków, tj. żywności o funkcjach prozdrowotnych, a nawet leczniczych, które można w bardzo naturalny sposób pobierać [41, 60].

Jaja wzbogacone mogą zawierać kilkakrotnie więcej cennych biologicznie aktywnych składników np. [39]:

- 6 razy więcej kwasu α -linolowego (15 % Rekomendowanego Dziennego Pobrania - RDA),
- 3 razy więcej DHA – kwasu dokozaheksaenowego (100 % RDA),
- 3 razy więcej witaminy D (30 % RDA),
- 4 razy więcej kwasu foliowego (70 % RDA),
- 6 razy więcej witaminy E (66 % RDA),
- 6 razy więcej luteiny i zeaksantyny,
- 2,5 razy więcej jodu (100 % RDA),
- 4 razy więcej selenu (45 % RDA).

Podsumowanie

Jaja kurze należą do najbardziej wartościowych produktów żywnościowych i ze względu na swoje multifunkcjonalne właściwości szeroko wykorzystywane są w przemyśle żywnościowym. Należy oczywiście pamiętać o tym, że dla ptaków głównym celem znoszenia jaj jest wydanie nowego życia, a cel ten może być zrealizowany tylko dzięki temu, że ich jaja zawierają niezbędne do życia składniki, z których większość wykazuje tzw. aktywność biologiczną. Natomiast z punktu widzenia człowieka jaja to z jednej strony żywność, a z drugiej – źródło tych życiodajnych substancji. Zawarte w jajach białka, lipidy, substancje mineralne, węglowodany, witaminy oraz inne bioaktywne substancje wykorzystywane są do produkcji żywności o właściwościach prozdrowotnych oraz preparatów o znaczeniu medycznym. Te niezwykle cechy zachowują wszystkie kurze jaja znajdujące się na rynku, niezależnie od sposobu ich produkcji. Nie ma bowiem racjonalnych przesłanek twierdzenie, że jaja od kur z chowu ekologicznego, z dostępem do wybiegu oraz innych alternatywnych chowów są dla konsumenta bardziej wartościowe od konwencjonalnie produkowanych w systemie intensywnym, wielkofermowym (w klatkach czy klatkach ulepszonych zgodnie z wymaganiami UE), jeśli nie zastosowano specjalnych procedur żywienia. Odmienne proporcje biologicznie aktywnych składników w jajach pojawiają się w zależności od diety kur, sposobu ich żywienia, innych komponentów celowo dodawanych do paszy. Należy się jednak liczyć ze znacznym wzrostem kosztów produkcji jaj, np. wzbogacanych w kwasy wielonienasycone *n-3*.

Jak dowodzą wyniki badań mikrobiologicznych, skorupy jaj z chowów alternatywnych są silniej zanieczyszczone mikrobiologicznie pałeczkami *Salmonella Enteritidis* niż te z ferm produkcji konwencjonalnej, nadzorowanych przez odpowiedzialne służby weterynaryjne. Właśnie skorupy jaj są głównym źródłem przeniesienia tych patogenów do żywności. Zanieczyszczenie pałeczkami z rodzaju *Salmonella* treści jaja, czyli białka, a zwłaszcza żółtka, zdarzają się bardzo sporadycznie. Dodatkowo

przed infiltracją bakterii do centrum jaja chronią liczne antybakteryjne składniki, które opisano w artykule.

Jaja charakteryzują się określonymi właściwościami, które pod względem funkcjonalnym są ważne w technologii żywności. Są użytkowane do klarowania wina i soków, pokrywania powierzchni wyrobów piekarniczych, nadawania połysku ciastkom i wyrobom piekarniczym, do zmiękczenia pieczywa i zapobiegania jego kruszeniu, do zagęszczania sosów itp.

Literatura

- [1] American Heart Association Nutrition Committee: Diet and lifestyle recommendations revision 2006: a scientific statement from the American Heart Association Nutrition Committee. *Circulation*, 2006, **114** (1), 82-96.
- [2] Anton M.: Composition and structure of egg components. In: *Bioactive egg compounds*. Eds. R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 1-24.
- [3] Botsoglou N.A., Yannakopoulos A.L., Fletouris D.J., Tserveni-Gouissi A.S., Psomas I.E.: Yolk fatty acid composition and cholesterol content in response to level and form of dietary flaxseed. *J. Agric. Food Chem.*, 1998, **46**, 4652-4656.
- [4] Bukowski R., Podlasz P., Wąsowicz K.: Ptasie przeciwciała IgY – zalety i zastosowania. *Postępy Biol. Komórki*, 2005, **32** (4), 597-602.
- [5] Chen G.H., Tang S.J., Chen C.S., Jialg S.T.: Overexpression of soluble form of chicken cystatin in *Escherichia coli* and its purification. *J. Agric. Food Chem.*, 2000, **48**, 2602-2067.
- [6] Danyluk B., Kijowski J.: Wpływ monomeru lizozymu na rozwój bakterii *Clostridium tyrobutyricum*. *Przem. Spoż.*, 2001, **12**, 16-19.
- [7] Froning G.M.: The amazing egg. In: *The Amazing Egg*. Eds.: J.S. Sim, H.H. Sunwoo. University of Alberta, Edmonton, Canada, 2006, pp. 17-32.
- [8] Gołąb K., Gburek J., Gawel A., Warwas M.: Changes in chicken egg white cystatin concentrations and isoforms during embryogenesis. *Br. Poultry Sci.*, 2002, **42**, 394-398.
- [9] Gołąb K., Warwas M.: Białka jaja kurzego – właściwości biochemiczne i zastosowanie. *Adv. Clin. Exp. Med.*, 2005, **14**, 1001-1010.
- [10] Grabowski T.: Jaja spożywcze Omega-3. *Polskie Drobiarstwo*, 2006, **2**, 17-20.
- [11] Grashorn M.A., Steinberg W.: Deposition rates of canthaxanthin in egg yolks. *Arch. Geflugelkd.*, 2002, **66**, 258-262.
- [12] Handelman G.J., Nightingale Z.D., Lichtenstein A.H., Schaefer E.J., Blumberg J.B.: Lutein and zeaxanthin concentrations in plasma after supplementation with egg yolk. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1999, **70**, 247-251.
- [13] Ibrahim H.R.: On the novel catalytically – independent antimicrobial function of hen egg-white lysozyme: A conformation – dependent activity. *Nahrung*, 1998, **42**, 187-193.
- [14] Ibrahim H.R., Higashiguchi S., Sugimoto Y., Aoki T.: Role of divalent cations in the novel bactericidal activity of the partially unfolded lysozyme. *J. Agric. Food Chem.*, 1997, **4**, 89-94.
- [15] Juneja L.R.: Egg yolk lipids. In: *Hen eggs-their basic and applied science*. Eds.: T. Yamamoto, R.L. Juneja, H. Hatta, M. Kim. CRC Press Inc. New York 1997, pp. 73-98.
- [16] Juneja L.R.: Biological characteristics of egg components, specifically sialyloligosacchrides in egg yolk. In: *Egg nutrition and biotechnology*. Eds.: J.S. Sim, S. Nakai, W. Guenter. CABI Wallingford, UK, 2000, pp. 233-242.

- [17] Kiczka W.: Od monomeru do dimeru lizozymu. *Życie Wet.* 1994, **4A**, 131-136.
- [18] Kijowski J., Leśniewski G.: Wykorzystanie lizozymu do utrwalania żywności w diagnostyce medycznej i farmakologii. *Biotechnologia*, 1995, **2 (29)**, 130-141.
- [19] Kijowski J., Marciszewska C., Cegielska-Radziejewska R.: Quality and microbiological stability of chilled chicken breast muscles treated with a lysozyme solution. *Pol. J. Food Nutrition Sci.*, 2002, **11/52, (2)**, 47-54.
- [20] Kopeć W.: Rozdział treści jaja na składniki oraz wytwarzanie produktów izolowanych z jaj o wysokiej wartości biologicznej lub funkcjonalnej. W: *Jajczarstwo*. Red. T. Trziszka. Wyd. AR we Wrocławiu, Wrocław 2000, ss. 409-436.
- [21] Kovac-Nolan J., Philips M., Mine Y.: Advances in the value of eggs and egg components for human health. *J. Agric. Food Chem.*, 2005, **53**, 8421-8431.
- [22] Kritchevsky S.B., Kritchevsky D.: Egg consumption and coronary heart disease: an epidemiologic overview. *J. Am. Coll. Nutr.*, 2000, **19**, 549-555.
- [23] Lange R.: Egg lecithin's: processing technologies and potential for health-based applications. In: *The Amazing Egg*. Eds.: J.S. Sim, H.H. Sunwoo. University of Alberta, Edmonton, Canada, 2006, pp. 195-218.
- [24] Lechevalier V., Croguennec T., Nau F., Guérin-Dubiard C.: Ovalbumin and gene-related proteins. In: *Bioactive egg compounds*. Eds. R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 51-60.
- [25] Lesson S.: Lutein-enriched eggs transfer of lutein into eggs and health benefits. In: *The Amazing Egg*. Eds.: J.S. Sim, H.H. Sunwoo. University of Alberta, Edmonton, Canada, 2006, pp. 171-180.
- [26] Lesson S., Caston L.J.: Vitamin enrichment of eggs. *J. Appl. Poult. Res.*, 2003, **12**, 24-26.
- [27] Leśniewski G.: Fizykochemiczne metody modyfikacji i pomiaru aktywności lizozymu. *Rozpr. nauk.*, 387. Wyd. AR w Poznaniu, Poznań 2007, **387**, ss. 1-104.
- [28] Leśniewski G.: Nowe sposoby fizykochemicznej modyfikacji lizozymu. *Nauka Przyroda Technologie*, 2009, **3 (4)**, 1-18.
- [29] Leśniewski G., Borowiak R.: Wysokotemperaturowa modyfikacja lizozymu. *Acta Sci. Pol. Biotechnol.*, 2010, **9 (2)**, 23-32.
- [30] Leśniewski G., Borowiak R.: Zastosowanie rezorcyny jako środka ochronnego lizozymu podczas jego wysokotemperaturowej modyfikacji. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **2 (81)**, 131-142.
- [31] Leśniewski G., Cegielska-Radziejewska R.: Potential possibilities of production, modification and practical application of lysozyme. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2012, **11 (3)**, 223-230.
- [32] Leśniewski G., Cegielska-Radziejewska R., Kijowski J.: Antibacterial activity of thermally modified lysozyme. *EJPAU Food Sci. Technol.*, 2001, **4 (2)**, 1-9.
- [33] Leśniewski G., Cegielska-Radziejewska R., Kijowski J.: Thermally and chemical thermally modified lysozyme and its bacteriostatic activity. *World's Poultry Sci. J.*, 2004, **60**, 303-309.
- [34] Leśniewski G., Kijowski J.: Próba otrzymania dimeru lizozymu z białka jaja kurzego. *Mat. XXXI Sesji Naukowej Komitetu Technologii i Chemii Żywności PAN*, Poznań 2000, ss. 309-310.
- [35] Leśniewski G., Kijowski J.: Lysozyme. In: *Bioactive egg compounds*. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 33-42.
- [36] Mann K., Macek B., Olsen J.: Proteomic analysis of the acid-soluble organic matrix of the chicken calcified eggshell layer. *Proteomics*, 2006, **6**, 3801-3810.
- [37] Mc Namara D.J.: The impact of egg limitations on coronary heart disease risk: do the numbers add up?. *J. Am. Coll. Nutr.*, 2000, **19 (5)**, 5405-5485.
- [38] Mc Namara D.J.: Egg xanthophylls and health implications. In: *The Amazing Egg*. Eds.: J.S. Sim, H.H. Sunwoo. University of Alberta, Edmonton, Canada, 2006, pp. 95-110.
- [39] Mc Namara D.J.: Eggs: A world of possibilities. *World Poultry*, 2010, **26 (7)**, 36-37.

- [40] Moeller S.M., Jacques P.F., Blumberg J.B.: The potential role of dietary xanthophylls in cataract and age-related macular degeneration. *J. Am. Coll. Nutr.*, 2000, **19**, 522-527.
- [41] Nain S., Renema R.A., Korver D.R., Zuidhof M.J.: Characterization of the *n-3* polyunsaturated fatty acid enrichment in laying hens fed an extruded flax enrichment source. *Poult. Sci.*, 2012, **91**, 720-732.
- [42] Nakamura R.: Innovative egg products and future trends in Japan. In: *Egg uses and processing technologies. New developments*. Eds.: J.S. Sim, I.S. Nakai, CABI International, Wallingford, UK, 1994, pp. 34-45.
- [43] Nys Y., Gautron J.: Structure and formation of eggshell. In: *Bioactive egg compounds*. Eds. R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin, 2007, pp. 99-115.
- [44] Palaniyappan A., Das D., Kammila S., Suresh M.R., Sunwoo H.H.: Diagnostics of severe acute respiratory syndrome-associated coronavirus (SARS-CoV) nucleocapsid antigen using chicken immunoglobulin Y. *Poult. Sci.*, 2012, **91**, 636-642.
- [45] Proctor V.A., Cuningham F.E.: The chemistry of lysozyme and its use as a food preservative and a pharmaceutical, *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 1988, **26** (4), 359-395.
- [46] Réhault S.: Proteases. In: *Bioactive egg compounds*. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 81-83.
- [47] Réhault S.: Antiproteases. In: *Bioactive egg compounds*. Eds. R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 81-92.
- [48] Rossi M.: Use of lecithin and lecithin fractions. In: *Bioactive egg compounds*. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 229-240.
- [49] Schade R., Chacana P.A.: Livetin fractions (IgY). In: *Bioactive egg compounds*. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 25-31.
- [50] Schade R., Zhang X.Y., Terzolo H.R.: Use of IgY antibodies in human and veterinary medicine. In: *Bioactive egg compounds*. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 213-221.
- [51] Seuss-Baum I.: Nutritional evaluation of egg compounds. In: *Bioactive egg compounds*. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2007, pp. 117-144.
- [52] Sim J.S.: Designer egg concept: perfecting egg through diet enrichment with ω -3 PUFA and cholesterol stability. In: *Egg nutrition and biotechnology*. Eds.: J.S. Sim, S. Nakai, W. Guenter. CABI Wallingford, UK, 2000, pp. 135-150.
- [53] Sim J.: Why designer eggs? A Canadian story for egg lovers around the world. In: *The Amazing Egg*. Eds.: J.S. Sim, H.H. Sunwoo. University of Alberta, Edmonton, Canada, 2006, pp. 1-13.
- [54] Sirri F., Barroetta A.: Enrichment in vitamins. In: *Bioactive egg compounds*. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 171-182.
- [55] Superti F., Ammendolia M.G., Berlutti F., Valenti P.: Ovotransferrin. In: *Bioactive egg compounds*. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 43-50.
- [56] Surai P.F., Papazyan T.T., Speake B.K., Sparks N.H.C.: Enrichment in selenium and other trace elements. In: *Bioactive egg compounds*. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 183-190.
- [57] Surai P.F., Simons P.C.M., Dvorska J.E., Aradas F., Sparks N.H.C.: Antioxidant – enriched eggs: opportunities and limitations. In: *The Amazing Egg*. Eds.: J.S. Sim, H.H. Sunwoo. University of Alberta, Edmonton, Canada, 2006, pp. 68-93.
- [58] Surai P.F., Sparks N.H.C.: Designer eggs: From improvement of egg composition to functional food. *Trends Food Sci. Technol.*, 2001, **12**, 7-16.

- [59] Trziszka T.: Budowa i skład chemiczny jaja. W: Jajczarstwo. Red. T. Trziszka. Wyd. AR we Wrocławiu, Wrocław 2000, ss. 147-188.
- [60] Trziszka T.: Nowej generacji nutraceutyki na bazie surowca jajczarskiego. Mat. Konf. PTTŻ nt. Żywność wzbogacona i nutraceutyki. Oddz. Małopolski PTTŻ, Kraków 2009, ss. 18-19.
- [61] Wellman-Labadie O., Picman J., Hincke M.T.: Avian antimicrobial proteins: structure, distribution and activity. *World's Poultry Sci. J.*, 2007, **63**, 421-437.
- [62] Wężyk S.: Wpływ paszy na wartość dietetyczną jaj spożywczych. *Polskie Drobiarstwo*, 2007, **3**, 51-53.
- [63] Yannakopoulos A.L.: Egg enrichment in omega-3 fatty acids. In: *Bioactive egg compounds*. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 159-170.
- [64] Zeisel S.H.: Choline needed for normal development of memory. *J. Amer. Coll. Neutr.*, 2000, **19**, 528-531.
- [65] Zeisel S.H.: Choline: the "new" essential nutrient. *Nutrition close-up. Special report*. 2003, Egg Nutrition Center, Washington, [//www.eggnutritioncenter.org/page/nutrition-close-up-special-reports](http://www.eggnutritioncenter.org/page/nutrition-close-up-special-reports).

CHICKEN EGGS: SOURCE OF VALUABLE BIOACTIVE COMPONENTS

S u m m a r y

Chicken eggs are considered to be nature's perfect food. In 2006, the American Heart Association have revised their previous standpoint and, presently, they do not limit egg consumption in the weekly diet plan. Considering the newly discovered multifunctional properties, chicken eggs are a rich source of bioactive compounds known, also, as nutraceutics. The latter are important nutrients and medicals for humans. All chicken eggs retain those special features irrespective of how they are obtained. In the paper, there were characterized in detail the newly discovered pro health properties of the following egg components: lysozyme, cystatin, avidin, ovotransferrin, lecithin, lutein, zeaxanthin, retinol, cholecalciferol, α -tocopherol, phosvitin, immunoglobulin (IgY), and sialic acid. There were also described the designed eggs the composition of which was enriched with desirable components, to be obtained under a feeding schedule for those birds.

Key words: chicken eggs, bioactive components, enriched eggs 