

Mięso brojlerów jako żywność funkcjonalna

Tadeusz Kubiński, Wojciech Kłys, Ewa Matczuk, Edyta Pietraś

z Instytutu Żywności i Żywnienia w Warszawie

Badania nad bioaktywnymi czynnikami zawartymi w żywności i ich wpływem na zdrowie człowieka prowadzone są od kilkudziesięciu lat, a ich liczba jest bardzo duża. Bioaktywne związki, zwłaszcza niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT) rodziny n-3, mogą pomagać w zapobieganiu występowania wielu chorób o przebiegu przewlekłym, wśród których wymienia się choroby układu krążenia, cukrzycę typu 2, nowotwory, a ostatnio również choroby psychiczne, takie

jak: depresja, otępienie, zespół nadpobudliwości psychoruchowej oraz m.in. reumatoidalne zapalenie stawów i astmę (1, 2, 3, 4). Dlatego też produkcja żywności mającej w swoim składzie oprócz podstawowych składników odżywczych również związki o korzystnym działaniu na zdrowie, budziła i budzi duże zainteresowanie wśród konsumentów. Według Szponara (5) wadliwy sposób żywienia kobiet w wieku prokreacyjnym jest prawdopodobnie jedną z przyczyn ryzyka zmniejszenia

potencjału zdrowia zarówno płodu, jak i ciężarnych kobiet.

Produkcja mięsa na świecie i w Polsce

W światowej produkcji mięsa pierwsze miejsce zajmują Chiny – 27,3%, na drugim miejscu plasują się Stany Zjednoczone – 14,7%, a na trzecim Brazylia 7%. Udział Polski w światowej produkcji mięsa wynosi 1,3% i jest porównywalny z Wielką Brytanią i Wietnamem (6). Według prognoz FAO produkcja mięsa drobiowego na świecie w 2015 r. wyniesie 100,6 mln ton, a w 2030 r. 143,3 mln ton (7). W Polsce mięso drobiowe stanowi 27,3% ogólnego spożycia mięsa, a najwyższe jest ono w grupie emerytów i rencistów – 1,96 kg/miesiąc, czyli 23,52 kg/rok, a najniższe w grupie pracowników – 1,36 kg/miesiąc, czyli 16,32 kg/rok (6), istotne jest więc podnoszenie jego wartości prozdrowotnych.

Spożycie mięsa drobiowego w Polsce wzrosło z poziomu 7,6 kg/osobę/rok w 1990 r. do 26 kg/osobę/rok w 2011 r., co oznacza wzrost o około 250% (8). Według cytowanego autora mięso kurczaka zawiera 81 mg cholesterolu w 100 g, co oznacza, że jest najwyższe wśród innych gatunków mięs, takich jak: indycze, wieprzowe lub wołowe. Podobne wartości podaje Kuna-chowicz i wsp. (9).

Żywnienie zwierząt a wartość prozdrowotna środków spożywczych pochodzenia zwierzęcego

Od wielu lat prowadzone są badania nad zwiększeniem wartości prozdrowotnej żywności pochodzenia zwierzęcego. Najważniejszym czynnikiem dla osiągnięcia tego celu jest żywnienie zwierząt, chociaż pewną rolę odgrywają również czynniki genetyczne. Największa liczba badań dotyczy zwiększenia zawartości długołańcuchowych niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w jajach, mięsie, mleku i przetworach z uwagi na ich udział w patogenezie wielu chorób. Można to osiągnąć, zwiększając w diecie zwierząt poziom kwasów linolowego (LA) i linolenowego (ALA). Organizmy zwierząt nie syntetyzują tych dwóch kwasów i muszą one być dostarczone wraz z paszą. Kwasy linolowy i linolenowy dają początek rodzinom kwasów n-6 i n-3. Istotny jest też stosunek n-6 do n-3 w paszy i produktach spożywczych. Wysoki stosunek jest niepożądany z uwagi na fakt, że rodzina n-6 w drodze dalszych przemian jest metabolizowana do kwasu arachidonowego (AA), a ten z kolei do eikozanoidów – prostaglandyn, prostacyklin i tromboksanów określanych mianem hormonów tkankowych, które pośredniczą w wielu procesach niekorzystnych dla zdrowia. W trakcie przemian metabolicznych kwasy linolowy i linolenowy konkurują do tych samych enzymów desaturaz i elongaz i wzajemnie wpływają na poziom metabolitów w tkankach, dlatego ważny jest stosunek n-3 do n-6 w diecie (1, 2, 3, 4, 10).

Mięso brojlerów jako żywność funkcjonalna

W wielu badaniach wykazano, że skład kwasów tłuszczowych w mięsie brojlerów może być zmieniony poprzez żywienie. Woods i Fearon (11) w pracy przeglądowej podają źródła niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych dla zwierząt oraz ich transfer do mięsa mleka i jaj, zastrzegając jednak, że aktualny wybór tłuszczu lub oleju i postać w jakiej jest włączany do paszy zależy od wielu czynników, w tym ceny i dostępności materiałów paszowych zarówno na lokalnym, jak i światowym rynku. Dieta dla drobiu jest oparta

na zbożach, które dostarczają głównie niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-6 i niewielkie ilości z rodziny n-3. Można ją wzbogacić olejami roślinnymi, algami morskimi, olejem rybnym oraz siemieniem lnianym. Spośród olejów roślinnych najlepszy okazał się olej lniany, który dodany do paszy w ilości 10% na 20 dni przed ubojem prowadzi do najwyższego wzrostu niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 – do 35,28 g/100 g tłuszczu i bardziej korzystnego stosunku n-6 do n-3, podczas gdy na diecie podstawowej zawartość ta wynosi zaledwie 1,29 g/100 g. Algi morskie dodawane do diety brojlerów dają również znaczący wzrost n-3 w pozyskanym mięsie. Autorzy zwracają też uwagę na inne czynniki, które mogą wpływać na skład kwasów tłuszczowych mięsa drobiowego, a należą do nich genotyp, rodzaj i wiek zwierząt (11).

Bogatym źródłem kwasu linolenowego jest olej uzyskany z nasion lnicznika zwanego też lnianką (*Camelina sativa*), który zawiera go 38%. Roślina ta była znana i uprawiana już w starożytności (12). W Polsce uprawa lnianki staje się coraz powszechniejsza.

Prace Gibbsa i wsp. (13) oraz Zhang i wsp. (14) wykazały, że wzbogacenie mięsa brojlerów w sposób naturalny, czyli poprzez dietę bogatą w kwas dokosaheksaenowy (DHA) i kwas eikozapentaenowy (EPA), ma wyjątkowo korzystny wpływ na jego potencjał prozdrowotny.

Kouba i Mourrot (15) stwierdzili, że wprowadzenie do diety drobiu mączek lub oleju lnianego, a także siemienia lnianego jest wartościową i bardzo ważną metodą wzbogacenia mięsa w długołańcuchowe niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3. Jest to wyjątkowo korzystne dla konsumenta spożywającego środki spożywcze pochodzenia zwierzęcego. Przytaczają oni badania, że nie ma konieczności żywienia zwierząt paszą z dodatkiem siemienia lnianego przez długi okres, aby uzyskać najwyższy wzrost niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w produktach. Krótkookresowa suplementacja diety może być korzystna dla przemysłu paszowego, a przede wszystkim ze względów ekonomicznych dla hodowców drobiu. Autorzy sugerują, że powinny być jednak wykonane badania dla określenia optymalnego poziomu niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w diecie brojlerów i czasu suplementacji, aby ograniczyć ryzyko peroksydacji lipidów i innych efektów ubocznych wpływających na jakość środków spożywczych pochodzenia zwierzęcego.

Sayadatii i wsp. (16) podkreślają ważność niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w żywieniu zwierząt,

Broiler meat as functional food

Kubiński T., Kłys W., Matczuk E., Pietraś E., National Food and Nutrition Institute, Warsaw

This paper aims at the presentation of an idea and reality of functional food. Research studies on bioactive factors contained in food and their impact on human health are conducted for decades. Bioactive compounds especially polyunsaturated fatty acids (PUFA), particularly family n-3 (omega-3), can help prevent and reduce the occurrence of many chronic diseases. This paper presents the current knowledge of the use of dietary modification of the fatty acids content in broilers meat. Studies have been focused on increasing the content of fatty acids of n-3 family and improving the ratio of n-6 to n-3 PUFA. Production of broilers meat as functional food could potentially contribute to reducing the risk of various diseases, as well as help treat and improve well-being.

Keywords: broilers, functional food, poultry feed lipid, PUFA, n-3 fatty acids, n-6 fatty acids.

w tym również drobiu. Przytaczają wiele badań, które wykazały jednoznacznie, że skład tłuszczu zawartego w mięsie brojlerów poprzez wprowadzenie do diety kurcząt kwasów linolowego i linolenowego ulega korzystnym zmianom, nabierając cech produktu prozdrowotnego, podają też źródła, w których znajdują się kwasy tłuszczowe z rodziny n-3, są to oleje lniany i rybny, algi morskie i olej rzepakowy. W konkluzji autorzy stwierdzają, że dzięki modyfikacji żywienia można uzyskać mięso brojlerów bogate w długołańcuchowe niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe, którego spożycie wpływa korzystnie na zdrowie ludzi.

Ferrini i wsp. (17) prowadzili badania u kurcząt brojlerów w wieku od pierwszego do 36 dnia, podzielonych na 3 grupy. Grupa I żywiona była niskoenergetyczną dietą podstawową z dodatkiem 0,5% oleju słonecznikowego, grupa II otrzymywała do diety podstawowej dodatek 10% łożu wołowego, a grupa III 10% oleju lnianego. Najwyższą masę ciała uzyskały kurczęta grupy III przy jednoczesnym niższym dziennym spożyciu paszy niż grupa I – 1938 g i 97 g oraz grupa II – 1788 g i 110 g. Autorzy oprócz niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych oznaczali szereg składników, w tym hormony tarczycy – T_3 i T_4 oraz kilka enzymów. Profil kwasów tłuszczowych w diecie znajdował odbicie w profilu kwasów tłuszczowych u kurcząt – zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych była wyższa na diecie z dodatkiem oleju lnianego i wynosiła w tłuszczu brzuszonym 441 g/kg tkanki, przy diecie z dodatkiem 10% łożu wołowego

wynosiła tylko 65,8 g/kg tkanki i jednocześnie była niższa niż na diecie podstawowej – 111 g/kg tkanki. Na diecie III zmniejszało się istotnie ($P \leq 0,05$) odkładanie tłuszczu brzuszego, wyższa była aktywność dehydrogenazy 3-hydroksyacylo-koenzymu A (beta oksydacja) oraz hormonu T_3 w porównaniu do grupy kurcząt żywionych dietą z dodatkiem łożu. Nie odnotowano różnic w wielkości syntezy lipidów.

W konkluzji autorzy stwierdzają, że redukcja tłuszczu brzuszego u kurcząt żywionych dietą bogatą w n-3 w porównaniu do diety z dodatkiem nasyconych kwasów tłuszczowych może być raczej wynikiem wzrostu ich utleniania niż obniżenia syntezy *de novo*. Zmiany w poziomie T_3 sugerują ewentualną rolę tego hormonu w obniżeniu odkładania tłuszczu brzuszego w grupie kurcząt żywionych z dodatkiem oleju lnianego, ale problem ten wymaga dalszych badań.

Badano również wpływ żywienia kur niosek brojlerów na skład kwasów tłuszczowych mięśnia sercowego oraz stężenie ekinazoidów – prostaglandyny E_2 (PGE_2) i tromboksanu A_2 (TXA_2). Kury żywiono dietą suplementowaną 3,5% oleju słonecznikowego (niski poziom n-3), oleju słonecznikowego i oleju rybnego 1,75% + 1,75% (średni poziom n-3) oraz 3,5% oleju rybnego (wysoki poziom n-3). Zapłodnione jaja od tych 3 grup kur inkubowano przez 21 dni. Wylęzione pisklęta żywiono dietą o wysokiej zawartości n-3 przez 42 dni, ale wolną od długołańcuchowych pochodnych n-6 i n-3. Zawartość kwasu arachidonowego w mięśniu sercowym była niższa u kurcząt wylęzonych z jaj otrzymanych od kur żywionych dietą z wysoką lub średnią zawartością n-3 w porównaniu do diety z niską zawartością n-3, aż do wieku 2 tygodni. Stężenie długołańcuchowych niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 było wyższe w mięśniu sercowym u kurcząt wylęzonych z jaj pochodzących od kur żywionych dietą o wysokiej i średniej zawartości n-3 w porównaniu do kurcząt wylęzonych z jaj od kur żywionych dietą o niskiej zawartości n-3. Różnice w stężeniu długołańcuchowych niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych utrzymywały się do 4 tygodni. Jednojądrzaste komórki wyizolowane z krwi kurcząt w wieku 7 dni wytwarzały istotnie mniej PEG_2 i TXA_2 w grupie z wysokim n-3 niż w grupie o niskiej lub średniej zawartości n-3. Wyniki te wskazują, że żółtkowe n-3 pochodzące z diety kur niosek przekładają się na ich wzrost w komórkach młodego organizmu, redukując jednocześnie stężenie kwasu arachidonowego, PGE_2 i TXA_2 podczas wzrostu brojlerów. Wyniki tych badań mogą mieć praktyczne zastosowanie w chowie brojlerów, który trwa 5–6 tygodni.

Śmiertelność podczas pierwszych 2 tygodni życia wynosi około 5% i jest problemem w przemysłowej hodowli tych ptaków. Ponadto zaburzenia metaboliczne, jak i zaburzenia w pracy serca u szybko rosnących brojlerów są głównym powodem zachorowalności i śmiertelności kurcząt w wieku 3 dni, a ich szczyt przypada między 21 a 42 dniem wzrostu. Rozważając znaczenie eikozanoidów w patofizjologii różnych stanów chorobowych, istnieje potrzeba dalszych badań nad rolą matczynych i żółtkowych rezerw kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 i n-3 na rozwój piskląt i zapobieganie chorobom serca brojlerów (nagła śmierć sercowa; 18).

Gonzalez-Ortiz i wsp. (19) przeprowadzili badania dla określenia wpływu diety bogatej w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe n-3 na odkładanie tłuszczu i oksydację lipidów we krwi i mięśniach brojlerów. Jako wskaźniki oceny wpływu tłuszczu zawartego w diecie na jego odkładanie zostały użyte: ilość tłuszczu brzuszego, w mięśniu krawieckim (*musculus sartorius*) i wątrobie, którą poddano badaniom histopatologicznym. Do badań użyto 60 kurek brojlerów w wieku 14 dni, a eksperyment trwał do osiągnięcia wieku 50 dni. Kurki podzielono na 2 grupy, jedna żywiona była paszą zawierającą 10% dodatek łożu (grupa S) bogatego w nienasycone kwasy tłuszczowe, druga otrzymywała paszę z dodatkiem 10% zmieszanego w stosunku 1:1 olejów rybnego i rybnego, bogatą w n-3 (grupa N3). Zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych w diecie S wynosiła 46,98%, a w diecie N3 11,62%, natomiast całkowita zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych wynosiła 1,62 i 48,44%, stosunek n-6 do n-3 wynosił dla grupy S – 9,05; a dla N3 – 0,43. Zarówno bezwzględna, jak i względna zawartość tłuszczu brzuszego w grupie N3 była istotnie niższa niż w grupie S ($P < 0,05$). Podobnie zawartość tłuszczu w badanym mięśniu była również statystycznie niższa w grupie N3 niż grupie S ($P < 0,001$). Stężenie aldehydu malonowego, będącego wskaźnikiem peroksydacji tłuszczów mierzone testem TBARS w erytrocytach i wyrażone w mikromolach na mililitr wynosiło w grupie S – 0,23; a w grupie N3 – 0,63 i było statystycznie istotne ($P \leq 0,001$), natomiast w próbce mięśni ze skórą wskaźnik peroksydacji lipidów wyrażony w mikrogramach na gram wynosił 0,37 dla grupy S i 2,31 dla grupy N3. W wątrobie nie notowano zmian makro- i mikroskopowych. Wprowadzenie niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych do diety N3 powodowało wzrost wrażliwości na utlenianie zarówno erytrocytów, jak i tłuszczu mięśniowego. Wyniki te wskazują, że żywienie dietą bogatą w n-3 niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych

wpływa na rozmieszczenie tłuszczu i wrażliwość na utlenianie.

Badano również wpływ mieszaniny kwasów galusowego i linolowego w stosunku 1:1, dodawanej do diety podstawowej, na wskaźniki produkcyjne, antyoksydacyjny potencjał i jakość mięsa uzyskanego z mięśni piersiowych (20). Badania wykonano na 3 grupach brojlerów w wieku od 22 do 36 tygodni życia. Grupa kontrolna otrzymywała paszę Finisher, grupa doświadczalna I dodatek 0,5% wyżej wymienionej mieszanki. Natomiast grupa doświadczalna II otrzymywała 1% tej mieszanki. W konkluzji autorzy twierdzą, że suplementacja paszy w wysokości 1% mieszaniną kwasów galusowego i linolowego może wzmacniać potencjał antyoksydacyjny oraz żywieniową i funkcjonalną jakość mięsa z piersi kurczaka. Odnotowano też w obydwu grupach doświadczalnych wzrost zawartości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w mięśniach piersiowych. W surowicy odnotowano statystycznie nieistotny wzrost poziomu cholesterolu całkowitego, od 139 mg/dl w grupie kontrolnej do 152 mg/dl w grupie suplementowanej w wysokości 1% mieszaniną kwasów galusowego i linolowego, natomiast spadała zawartość triglicerydów z 81 mg/dl do 36 mg/dl, a wzrastało stężenie lipoprotein wysokiej gęstości (HDL), ze 114 mg/dl w grupie kontrolnej do 131 mg/dl, oraz lipoprotein niskiej gęstości (LDL), z 20 mg/dl do 26 mg/dl, ale wszystkie różnice były statystycznie nieistotne. Odnotowano też wzrost produktywności ptaków mierzony skutecznością wykorzystania paszy i przyrostami masy ciała.

Kartikasari i wsp. (21) badali efekty wzbogacania diety kurcząt olejami roślinnymi zawierającymi kwas linolenowy na akumulację długołańcuchowych niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w mięsie kurczaków. Do badań użyto 60 jednodniowych piskląt podzielonych na 6 grup po 10 ptaków w grupie, z których jedna stanowiła kontrolę. Przez pierwsze 2 tygodnie kurczęta otrzymywały paszę Starter produkowaną przez firmę paszową, a następnie zastąpiono ją 5 dietami eksperymentalnymi. Olej z orzechów makadamii dodano do diety w grupie kontrolnej w ilości – 2,5% oraz do diety 2 ilości – 0,83%. Olej lniany dodawano do diety 1 – 0,25%; diety 2 – 1,67%; diety 3 – 2,5%; diety 4 – 5% i diety 5 – 7,5%. Olej rzepakowy dodano tylko do diety 1 w ilości 2,25%. Skład kwasów tłuszczowych w dietach wyglądał następująco: całkowita zawartość n-3 wahała się od 2,6% w diecie kontrolnej do 41,7% w diecie 5, a stosunek n-6 do n-3 wynosił w grupie kontrolnej 10,5:1, a w grupie eksperymentalnej 5 – 0,6:1. Poziom kwasu linolenowego zmieniał się od 0,3% w grupie kontrolnej do 8% w grupie 5.

Poziom kwasu linolowego w diecie grupy kontrolnej wynosił 2,7%, a w pozostałych dietach wynosił: 1 – 4,0%, 2 – 3,8%, 3 – 3,7%, 4 – 4,3% i 5 – 4,6%. Nie notowano statystycznych różnic w masie ciała między kurczętami na diecie kontrolnej i na pozostałych pięciu dietach. W 28 dniu poziomu długołańcuchowych niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, włączając kwasy eikozapentaenowy, dipikolinowy i dokozaheksaenowy, w mięsie kurcząt wzrastały krzywoliniowo, tak jak wzrastał kwas linolenowy w diecie (od 0,3 do 8%), osiągając 4–9-krotny wzrost powyżej poziomów widocznych u sztuk grupy kontrolnej. Natomiast zawartość kwasu arachidonowego kształtowała się odwrotnie. Im większy był poziom kwasu linolenowego, tym mniejsze było stężenie kwasu linolenowego. Wyniki potwierdzają, że możliwy jest istotny wzrost poziomu długołańcuchowych niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w mięsie drobiowym do 81 mg /100 g tkanki bez potrzeby suplementowania diety olejem rybnym. Ponieważ mięso kurczaków jest najpopularniejszym mięsem na świecie, konsumpcja wzbogaconego mięsa bogatego w długołańcuchowe niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe może prowadzić do poprawy zdrowia społeczeństwa.

Panuje powszechne przekonanie, że mięso brojlerów z chowu wolnego jest bardziej wartościowe niż z chowu przemysłowego. Badania Givensa i wsp. (22) przeczą tej opinii. Przedmiotem badań prowadzonych przez ten zespół badaczy było określenie zawartości tłuszczu i profili kwasów tłuszczowych u brojlerów z chowu konwencjonalnego o deklarowanej wadze 1,3–1,6 kg i wolno wybiegowego. Całkowita zawartość tłuszczu wynosiła około: 14,0 g/100 g dla ugotowanego kurczaka; 2,5 g/100 g dla piersi bez skóry; 8,0 g/100 g dla piersi ze skórą; 9,0 g/100 g dla nogi bez skóry oraz 15,0 g/100 g dla nogi ze skórą. Brak było różnic między chowem wolnym i konwencjonalnym. W mięsie z piersi i nóg kurczaka było istotnie mniej n-3 i n-6 u kurcząt z chowu wolnego, w porównaniu z wartościami otrzymanymi z chowu intensywnego. Konkludując, autorzy nie uzyskali wyników, które potwierdzałyby obiegową opinię, że profil kwasów tłuszczowych w tłuszczu kurcząt z chowu wolnego pozwala na zakwalifikowanie ich jako żywności prozdrowotną w porównaniu z chowem intensywnym, czasami jest wręcz przeciwnie.

Kalogeropoulos i wsp. (23) oceniali zawartość składników odżywczych i mikrośladników bioaktywnych, takich jak: karotenoidy, tokoferole, sterole i skwalen w surowych i upieczonych filetach z piersi kurczaka i udek w 2 grupach kurcząt.

Grupa doświadczalna otrzymywała dietę z dodatkiem mikroalg bogatych w kwas dokozaheksaenowy, a grupa kontrolna żywiona była paszą konwencjonalną. Suplementacja diety kwasem dokozaheksaenowym nie powodowała istotnych zmian w składzie mięsa surowego i zawartości steroli, włączając w to cholesterol, natomiast zarówno cała tuszka, jak i mięso z piersi kurczaka i uda zawierały od 3,1 do 5,6 razy więcej kwasu dokozaheksaenowego. Niższy był stosunek n-6 do n-3 i wynosił 3,2, w porównaniu do wartości 6,8 w grupie kontrolnej. Pieczenie bogatych w kwas dokozaheksaenowy filetów z piersi kurczaka i ud kurczaka powodowało częściową utratę: kwasu dokozaheksaenowego, tłuszczu całkowitego, karotenoidów, steroli, skwalenu i tokoferoli. Straty tych składników były bardziej widoczne w filetach przygotowanych z ud kurczaków, niż w filetach sporządzonych z mięśni piersiowych. Konsumpcja filetów usmażonych z kurcząt żywionych dietą bogatą w kwas dokozaheksaenowy pokrywa istotną część dziennego zapotrzebowania na ten kwas i inne bioaktywne składniki bez przeciążania organizmu cholesterolami.

Hall i wsp. (24) badali wpływ żywienia kur niosek dietą zawierającą różne ilości kwasów tłuszczowych z rodzin n-6 i n-3 na ich skład w żółtkach jaj oraz w tkankach układu immunologicznego – śledzionie i bursie Fabrycjusza oraz produkcję leukotrienów u kurcząt wylężonych z jaj pozyskanych od tych kur. Nioski podzielono na 3 grupy po 24 sztuki w każdej, otrzymywały one przez 46 dni paszę podstawową suplementowaną: grupa I – 3% oleju słonecznikowego (dieta I), grupa II mieszanki 1,5% oleju słonecznikowego i 1,5% oleju rybiego (dieta II), grupa III 3% oleju rybiego (dieta III). Oznaczenia całkowitej ilości kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 w paszy wyrażone w g/100 g kwasów tłuszczowych kształtowały się dla: diety I – 57 g, diety II – 44,4 g dla diety III – 29,3 g, natomiast dla rodziny n-3 wynosiły: 0,8 g; 2,4 g i 6,7 g odpowiednio. Stosunek n-6 do n-3 w paszy osiągał następujące wartości: dieta I – 23,7 dieta II – 6,8 dieta III – 3,3. Z 28 jaj z każdej grupy pobierano żółtka dla określenia poziomów kwasów tłuszczowych, a 300 jaj poddano inkubacji. Zawartość całkowita kwasów tłuszczowych rodziny n-3 wyrażana zarówno g/100 g kwasów tłuszczowych, jak i w mg/g żółtka była istotnie wyższa na diecie III i wynosiła 4,0 g/100 g i 12,1 mg/g. Odwrotnie zachowywała się zawartość n-6 – była ona najniższa na diecie III i wynosiła 13,6 g i 41,3 mg odpowiednio. Wylężone pisklęta żywiono komercyjną mieszanką Starter, zawierającą kwas linolenowy, ale wolną od długołańcuchowych

niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych rodziny n-6 i n-3, profil kwasów tłuszczowych w śledzionie i bursie Fabrycjusza oznaczono w 7, 14 i 21 dniu. Najlepsze wyniki dotyczące całkowitej zawartości rodziny n-3 i n-6 uzyskano u kurcząt wylężonych z jaj od kur z grupy III. Stosunek n-6 do n-3 był najkorzystniejszy również w grupie tych kurcząt i wynosił 2,4 w porównaniu do 4,8 w grupie I i 2,8 w grupie II.

Autorzy oznaczali też wielkość syntezy leukotrienów LTB_4 i LTB_5 . Żywiąc kury paszą bogatą w n-3, uzyskali wzrost produkcji LTB_5 , którego biologiczna aktywność jest niższa niż LTB_4 i może hamować niekorzystne działania LTB_4 , wśród których wymienia się silnie działanie chemotaktyczne, aktywację neutrofilów, jako mediatora procesów zapalnych i anafilaktycznych, natomiast LTB_5 ma bardzo słabe działanie prozapalne. Te wyniki wskazują, że modulując zawartość kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 i n-3 w diecie kur niosek, można zmieniać zawartość leukotrienów u piskląt, co w efekcie prowadzi do zmniejszenia zaburzeń wywołanych procesami zapalnymi.

Zollitsch i wsp. (25) oceniali wpływ czterech różnych źródeł tłuszczu w diecie brojlerów na wzrost jakości tuszki, jakość mięsa i skład kwasów tłuszczowych tłuszczu brzuszego. Grupa I jako źródło tłuszczu otrzymywała mieszaninę tłuszczów, z których jeden był pochodzenia zwierzęcego, a drugi roślinnego. W grupie II zastosowano dodatek oleju sojowego, grupa III dodatek oleju rzepakowego, grupa IV otrzymywała przetworzony tłuszcz zawierający wysoką zawartość kwasów mirystynowego, palmitynowego, stearynowego i behenowego. Do badań użyto 1300 jednodniowych piskląt po 60 szt. w klatce. W każdej grupie wykonano badania w 5 powtórzeniach. Doświadczenie trwało 43 dni. Brojlery, które otrzymywały dodatek olejów roślinnych (grupa: II, III) rosły szybciej, ale różnice były statystycznie nieistotne, lepszy był też współczynnik wykorzystania paszy. Grupa IV wydalala więcej tłuszczu z kałem, a przeprowadzone badania jego składu wykazały, że były to długołańcuchowe nasycone kwasy tłuszczowe. Potwierdziło to hipotezę, że kwasy te nie mogą być metabolizowane przez młode kurczęta. Skład kwasów tłuszczowych w tłuszczu brzuszonym zależał od źródła tłuszczu w diecie. Zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych była istotnie wyższa w grupach II i III. W konkluzji autorzy stwierdzają, że wyniki produkcyjne wyrażone przyrostami masy ciała brojlerów mogą być wyższe poprzez wprowadzenie do diety niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w ilościach wyższych niż zalecane przez NRC (1995), bez ujemnego wpływu na jakość tłuszczu.

Suplementacja diety brojlerów skoniugowanym kwasem linolowym

Shin i wsp. (26) podnoszą problem nadmiernego spożycia niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-6, zarówno przez ludzi, jak i zwierzęta, co może prowadzić do zaburzeń regulacji gospodarki lipidowej i może być odpowiedzialne lub co najmniej przyczyniać się do rozwoju przewlekłych chorób spowodowanych wzrostem odpowiedzi zapalnej organizmu. Odpowiedź ta jest połączona z produkcją reaktywnych form tlenu, które również przyspieszają wystąpienie chorób o charakterze przewlekłym. Stosunek n-6 do n-3 w dietach krajów zachodnich waha się od 10:1 do 25:1, podczas gdy za idealny uważa się stosunek 3:1 do 6:1. Aby zapobiec niekorzystnemu działaniu nadmiernej ilości n-6 zawartych w diecie, powinna być bezwzględnie utrzymana właściwa równowaga między n-6 i n-3. Badacze podjęli próbę obniżenia zawartości n-6, stosując u kurcząt brojlerów diety z kombinowaną zawartością rodziny n-3 i n-9 (kwas oleinowy). Diet tych było 6, a doświadczenie trwało 9 tygodni. Brojlery grupy I otrzymały tłuszcz zwierzęcy i olej roślinny w ilości 5%, dla pozostałych grup pasza podstawowa była suplementowana w różnych układach i proporcjach olejem sojowym, olejem lnianym, olejem z oliwek, olejem rybnym oraz kwasami eikozapentaenowym i dokozaheksaenowym. W konkluzji autorzy stwierdzili, że w żadnej z 6 diet wielkość syntezy PGE₂ nie ulegała zmianie. Odkładanie kwasów tłuszczowych n-6, włączając w to kwasy linolowy i arachidonowy, było obniżone w mięśniach piersiowych i udowych, jeżeli kwasy z rodziny n-3 były podawane przez 9 tygodni. Dodatek kwasu eikozapentaenowego do diety kurcząt nie obniżał odkładania kwasów linolowego i arachidonowego, w takim stopniu jak dokozaheksenowego. Podawane łącznie kwasy eikozapentaenowy i dokozaheksenowy wywierają działanie synergistyczne w obniżaniu stężenia kwasu arachidonowego w mięśniach piersiowych i udowych. Autorzy zalecają dodawanie do paszy mieszanki kwasów eikozapentaenowego i dokozaheksenowego w celu obniżenia akumulacji kwasu arachidonowego w mięśniach piersiowych i udowych. Stosunek n-6 do n-3 uległ znacznemu obniżeniu w 5 grupach i wahał się w mięśniach udowych od 2,4 do 6,1; a w grupie I wynosił 13.

Duże zainteresowanie badaczy wzbudza skoniugowany kwas linolowy z uwagi na jego potencjalne działanie przeciwnowotworowe, przeciwdziałające oraz obniżające poziom cholesterolu i działanie przeciwcukrzycowe. Najwyższa biosynteza skoniugowanego kwasu linolowego

w wyniku mikrobiologicznej izomeryzacji obecnego w paszy kwasu linolowego ma miejsce w przewodzie pokarmowym przeżuwaczy. Zawartość skoniugowanego kwasu linolowego w surowym mięsie jest najwyższa u bydła i owiec, natomiast znacznie niższa u innych gatunków zwierząt. U brojlerów kurzych waha się ona według różnych źródeł od 0,7 do 1,5 mg/g tłuszczu, a u indyków od 2,0 do 2,5 mg/g tłuszczu. Również w przetworach jego zawartość jest niska. Najwyższą aktywność biologiczną wykazują izomery cis-9, trans-11, trans-10 i cis-12.

Dlatego też u brojlerów badano wpływ różnych poziomów skoniugowanego kwasu linolowego w diecie na wzrost, jakość tuszki oraz skład wolnych kwasów tłuszczowych (27). W badaniach prowadzonych przez Suksombata i wsp. (28) doświadczeniem objęto 480 kurcząt w wieku 3 tygodni, podzielonych na 4 grupy. I grupę stanowiła grupa kontrola, a pozostałe 3 były żywione paszą suplementowaną skoniugowanym kwasem linolowym, w ilości 0,5; 1,0; i 1,5%. Eksperyment w każdej grupie był przeprowadzony w 6 powtórzeniach na 20 kurcząt. W 42 dniu dokonywano uboju, a skład tuszki był określany u 30 ptaków z każdej grupy. Nie stwierdzono różnic istotnych w dziennym pobraniu paszy, ale jej wykorzystanie różniło się istotnie ($P < 0,01$) pomiędzy grupami. Dzielne przyrosty masy ciała były mniejsze w grupach suplementowanych skoniugowanym kwasem linolowym ($P < 0,05$). Ilość tłuszczu brzuszno-udowego ulegała redukcji wraz ze wzrostem ilości skoniugowanego kwasu linolowego w diecie brojlerów. Suplementacja diety skoniugowanym kwasem linolowym wpływała istotnie na wzrost poziomu nasyconych kwasów tłuszczowych zwłaszcza w tłuszczu mięśni ud, natomiast poziom niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych nie ulegał zmianie. Gromadzenie skoniugowanego kwasu linolowego w mięsie wzrastało istotnie ($P < 0,05$) wraz ze wzrostem jego ilości w diecie. To ostatnie zjawisko jest korzystne z uwagi na działanie skoniugowanego kwasu linolowego, o którym wspomniano wyżej.

Zanini i wsp. (29) badali wpływ żywienia kurcząt z dodatkiem oleju sojowego i oleju rzepakowego oraz skoniugowanego kwasu linolowego w ilości 0,0; 0,25; 0,50; 0,75 i 1,0%. Celem badań była ocena wpływu diety z dodatkiem skoniugowanego kwasu linolowego i wymienionymi olejami na zawartość lipidów i ich podatność na utlenianie w warunkach mrożenia oraz chłodniczych. W oleju sojowym całkowita zawartość rodziny n-6 w stosunku do całkowitej zawartości kwasów tłuszczowych wyrażona w procentach wynosiła: 55,4%, a n-3 4,5, natomiast w oleju rzepakowym wartości te wynosiły 20,6 i 6,1% odpowiednio. Stosunek n-6 do n-3 dla oleju

sojowego wynosił 12,31, a dla oleju rzepakowego 3,37. Badania przeprowadzono na 200 kurcząt w wieku 21 dni, a doświadczenie zakończono po osiągnięciu przez nie wieku 45 dni i poddano je ubojowi. Stosowanie paszy z dodatkiem oleju rzepakowego prowadziło do zmniejszenia całkowitej ilości lipidów w mięśniach piersiowych. Autorzy stwierdzili, że istnieje synergistyczny efekt pomiędzy skoniugowanym kwasem linolowym i rodzajem oleju na wzrost oksydatywnej stabilności mięśni piersiowych i udowych podczas mrożenia. Efekt ten był obserwowany do 50 dni dla mięśni uda i 100 dni dla mięśni piersiowych. W warunkach chłodniczych podatność lipidów na utlenianie była również zmniejszona dzięki synergistycznemu działaniu skoniugowanego kwasu linolowego, przy czym efekt ten był bardziej widoczny w połączeniu z olejem rzepakowym niż olejem słonecznikowym. Wyrazem zmniejszenia podatności na utlenianie była redukcja zawartości aldehydu malonowego mierzona testem TBARS. U ptaków żywionych dietą suplementowaną skoniugowanym kwasem linolowym i w połączeniu z olejem słonecznikowym stwierdzono ponad dwukrotny spadek całkowitej zawartości lipidów na diecie bez skoniugowanego kwasu linolowego do 0,36 g/100 g, a przy diecie ze skoniugowanym kwasem linolowym na poziomie 0,5%.

Zhang i wsp. (14) w pracy przeglądowej piszą o konieczności podniesienia wartości prozdrowotnej mięsa i produktów mięsnych dla zmniejszenia ryzyka wystąpienia wielu chorób u człowieka. Cel ten można osiągnąć, dodając do paszy dla zwierząt związki o działaniu prozdrowotnym, w tym między innymi: niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3, skoniugowany kwas linolowy. Ten ostatni wzbudza duże zainteresowanie, działa potencjalnie nie tylko prozdrowotnie, ale także wpływa korzystnie na efekty produkcyjne. Liczne fizjologiczne i biologiczne właściwości są przypisywane skoniugowanemu kwasowi linolowemu, w tym działanie antyoksydacyjne, antyotyłościowe, przeciwnowotworowe i przeciwcukrzycowe. W mięsie brojlerów, które otrzymywały paszę z dodatkiem skoniugowanego kwasu linolowego, była wysoka zawartość tego związku. Liczba badań nad uzyskanymi korzyściami zdrowotnymi u ludzi poprzez spożywanie mięsa i produktów mięsnych o cechach żywności funkcjonalnej jest niewielka i potrzebne są dalsze badania dla uzyskania jednoznacznych dowodów.

Szymczyk i wsp. (30) stosowali u brojlerów dietę z dodatkiem skoniugowanego kwasu linolowego i określali jej wpływ na: wzrost, skład tuszki, skład kwasów tłuszczowych w tkance tłuszczowej i w tkance mięśniowej. Do badań użyto 160 brojlerów,

które w 8 dniu życia podzielono na 4 grupy. Grupa kontrolna karmiona był paszą bez dodatku skoniugowanego kwasu linolowego, a grupy doświadczalne żywione były paszą suplementowaną skoniugowanym kwasem linolowym w ilości: 0,5%; 1% i 1,5%. W 42 dniu ptaki poddano ubojowi. Końcowa waga ptaków, które otrzymywały skoniugowany kwas linolowy w diecie była niższa w stosunku do grupy kontrolnej, a największe różnice obserwowano przy 1,5% poziomie tego związku w diecie. Zmniejszyła się zawartość tłuszczu brzuszno-ego z 2,68% w grupie kontrolnej do 1,78% w grupach doświadczalnych. Koncentracja izomerów skoniugowanego kwasu linolowego wzrastała liniowo wraz ze wzrostem skoniugowanego kwasu linolowego w diecie w próbkach tkanek pobranych od brojlerów. Konkludując wyniki badań, autorzy stwierdzają, że żywienie brojlerów wzrastającą ilością skoniugowanego kwasu linolowego (od 0,0 do 1,5%) jest efektywną drogą otrzymania mięsa drobiowego wzbogaconego w skoniugowany kwas linolowy, co może dać potencjalne prozdrowotne efekty przez jego konsumpcję. Z drugiej strony obserwowano zahamowanie wzrostu szczególnie przy 1,5% suplementacji diety tym związkiem. Zmniejszyło się odkładanie tłuszczu brzuszno-ego, ale wpływ na skład kwasów tłuszczowych był niekorzystny – wzrastała ilość nasyconych kwasów tłuszczowych, a spadała mono- i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Wzrastała też istotnie zawartość cholesterolu całkowitego oraz frakcji HDL w osoczu, przy czym najwyższe wartości były na diecie suplementowanej w 1% skoniugowanego kwasu linolowego. Dla określenia optymalnego poziomu skoniugowanego kwasu linolowego w diecie brojlerów potrzebne są dalsze badania, aby otrzymać wzbogacone mięso, unikając jednocześnie potencjalnych szkodliwych ubocznych efektów suplementacji.

Du i Ahn (31) prowadzili badania nad wpływem suplementacji diety kurcząt skoniugowanym kwasem linolowym na metabolizm lipidów. Do doświadczenia użyto kurczęta – brojlery w wieku 3 tygodni. Dietę podstawową suplementowano skoniugowanym kwasem linolowym w ilości: 0; 2 albo 3%. Eksperyment trwał 5 tygodni, a następnie ptaki poddawano ubojowi i stwierdzono, że dodatek skoniugowanego kwasu linolowego prowadzi do wzrostu poziomu triglicerydów, całkowitego cholesterolu oraz frakcji lipoprotein wysokiej gęstości w osoczu. W wątrobie maleje zawartość kwasów linolowego, linolenowego oraz arachidonowego. Maleje także poziom kwasów eikozopentaenowego i dokozaheksaenowego. Różnice w poziomie wymienionych wskaźników były statystycznie istotne. Powyższe wyniki oraz uzyskane przez Szymczyk (30) skłaniają do krytycznego spojrzenia na suplementację

pasz kurcząt w skoniugowany kwas linolowy. Uzyskiwane wyniki przez różne ośrodki nie zawsze były zgodne odnośnie do wpływu suplementacji diety w skoniugowany kwas linolowy na wzrost, skład tuszki i jakość mięsa. Rozbieżności mogą wynikać między innymi z różnic gatunkowych, rasowych, wieku zwierząt, warunków chowu, składu paszy podstawowej oraz czasu i ilości skoniugowanego kwasu linolowego.

Podsumowanie

Z przedstawionego piśmiennictwa wynika, że suplementacja diety drobiu niezbędnymi nienasyconymi kwasami tłuszczowymi przekłada się na wzrost tych kwasów w tkankach, natomiast suplementacja skoniugowanym kwasem linolowym wymaga dalszych badań, ponieważ uzyskane wyniki nie są jednoznaczne. Żywność funkcjonalna bez względu na jej rodzaj mogłaby być produkowana w gospodarstwach ekologicznych. Rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 z 28 czerwca 2007 r. w sprawie produkcji ekologicznej określa zasady prowadzenia rolnictwa ekologicznego. Wśród wymienionych pięciu pakietów ekologicznych brak jest produkcji zwierzęcej, ale są uprawy paszowe (pakiet 5), więc tym bardziej powinna być wymieniona produkcja żywności funkcjonalnej i taki zapis należałoby wprowadzić, ustanawiając jednocześnie kryteria wyboru. Należy podkreślić, że żywność ekologiczna w większości przypadków nie jest tożsama z żywnością funkcjonalną. Produkcja brojlerów, których mięso miałyby właściwości prozdrowotne powinna być nadzorowana, jak też podlegać przepisom prawnym. Taki rodzaj produkcji byłby szansą dla małych gospodarstw rolnych.

Piśmiennictwo

- Olmedilla-Alonso B., Jimenez-Colmenero F., Sanchez-Muniz F. J.: Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Sci.* 2013, **95**, 919–930.
- Decker E. A., Park Y.: Healthier meat products as functional food. *Meat Sci.* 2010, **86**, 49–55.
- Jelińska M.: Kwasy tłuszczowe – czynniki modyfikujące procesy nowotworowe. *Biul. Wydz. Farm. AMW* 2005, **1**, 1–9.
- Kubiński T.: Żywność funkcjonalna. *Życie Wet.*, 2010, **85**, 932–935.
- Szponar L.: Zmniejszenie ryzyka zagrożenia zdrowia kobiet w wieku prokreacyjnym poprzez wpływ na sposób żywienia – założenia do strategii. *Rozprawa habilitacyjna*, 2013, s.18.
- Główny Urząd Statystyczny: *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej* 2012, Warszawa, 2012, **289**, 821.
- Bruinsma J.: *World Agriculture: Towards 2015/2030 An FAO Perspective*, FAO, 2003.
- Borys A.: Mięso końskie wykorzystanie i jakość. *Program XXXIX Dni Przemysłu Mięsnego*, Maj 2013, s. 1–15.
- Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K.: *Jem zdrowo*, PZWL, 2011.
- Jing M., Gakhar N., Gibson R. A., House J. D.: Dietary and ontogenic regulation of fatty acid desaturase and elongase expression in broiler chickens. *Prostaglandin Leukot. Essent. Fatty Acids* 2013, **89**, 107–113.
- Woods V. B., Fearon A. M.: Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: A review. *Livestock Sci.* 2009, **126**, 1–20.

- Rokka T., Alén K., Valaja J., Ryhänen E.-L.: The effect of a Camelia sativa enriched diet on the composition and sensory quality of hen eggs. *Food Res. Int.* 2002, **35**, 253–256.
- Gibbs R. A., Rymer C., Givens D. I.: Postgraduate Symposium: Long-chain n-3 PUFA: intakes in the UK and the potential of a chicken meat prototype to increase them. *The Proceed. Nutrit. Soci.* 2010, **69**, 144–155.
- Zhang W., Xiao Sh., Samaraweera H., Lee E. J., Ahn D. U.: Review. Improving functional value of meat products. *Meat Sci.* 2010, **86**, 15–31.
- Kouba M., Mouro J.: A review of nutritional effects on fat composition of animal products with special emphasis on n-3 polyunsaturated fatty acids. *Biochimie* 2011, **93**, 13–17.
- Sayadati S. A., Mirzaei-Aghsaghali A., Fathi H., Davoudi J.: Importance essential fatty acids (n-6 and n-3) in animal nutrition: II: Poultry. *Ann. Biol. Res.* 2013, **3**, 1177–1190.
- Ferrini G., Manzanilla E. G., Menoyo D., Esteve-Garcia E., Baucells M. D., Barroeta A. C.: Effects of dietary n-3 fatty acids in fat metabolism and thyroid hormone levels when compared to dietary saturated fatty acids in chickens. *Livestock Sci.* 2010, **131**, 287–291.
- Cherian G., Bautista-Ortega J., Goeger D. E.: Maternal dietary n-3 fatty acids alter cardiac ventricle fatty acid composition, prostaglandin and thromboxane production in growing chicks. *Prostaglandin Leukot. Essent. Fatty Acids* 2009, **80**, 297–303.
- Gonzalez-Otriz G., Sala R., Canovas E., Abed N., Barroeta A. C.: Consumption of dietary n-3 fatty acids decreases fat deposition and adipocyte size, but increases oxidative susceptibility in broiler chickens. *Lipids* 2013, **48**, 705–717.
- Jung S., Choe J. H., Kim B., Yun H., Kruk Z. A., Jo Ch.: Effect of dietary mixture of gallic acid and linoleic acid on antioxidative potential and quality of breast meat from broilers. *Meat Sci.* 2010, **86**, 520–526.
- Kartikasari L. R., Hughes R. J., Geier M. S., Makrides M., Gibson R. A.: Dietary alpha-linolenic acid enhances omega-3 long chain polyunsaturated fatty acid levels in chicken tissues. *Prostaglandin Leukot. Essent. Fatty Acids* 2012, **87**, 103–109.
- Givens D. I., Gibbs R. A., Rymer C., Brown R. H.: Effect of intensive vs. free range production on the fat and fatty acid composition of whole birds and edible portions of retail chickens in the UK. *Food Chem.* 2011, **127**, 1549–1554.
- Kalogeropoulos N., Chiou A., Gavala E., Christea M., Andrikopoulos N. K.: Nutritional evaluation and bioactive microconstituents (carotenoids, tocopherols, sterols and squalene) of raw and roasted chicken fed on DHA-rich microalgae. *Food Res. Intern.* 2010, **43**, 2006–2013.
- Hall J. A., Jha S., Skinner M. M., Cherian G.: Maternal dietary n-3 fatty acids alter immune cell fatty acid composition and leukotriene production in growing chicks. *Prostaglandin Leukot. Essent. Fatty Acids* 2007, **76**, 19–28.
- Zollitsch W., Knaus W., Aichinger F., Lettner F.: Effects of different dietary fat sources on performance and carcass characteristics of broilers. *Animal Feed Sci. Tech.* 1997, **6**, 63–73.
- Shin D., Choi S. H., Go G., Park J. H., Narciso-Gaytan C., Morgan C. A., Smith S. B., Sanchez-Plata M. X., Ruiz-Feria C. A.: Effects of dietary combination of n-3 and n-9 fatty acids on the deposition of linoleic and arachidonic acid in broiler chicken meats. *Poultry Sci.* 2012, **91**, 1009–10017.
- Schmid A., Collomb M., Sieber R., Bee G.: Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Sci.* 2006, **73**, 29–41.
- Suksombat W., Boonmee T., Lounglawan P.: Effects of Various Levels of Conjugated Linoleic Acid Supplementation on Fatty Acid Content and Carcass Composition of Broilers. *Poultry Sci.* 2007, **86**, 318–324.
- Zanini S. F., Colnago G. L., Bastos M. R., Pessotti B. M. S., Casagrande F. P., Lima V. R.: Oxidative stability and total lipids on thigh and breast meat of broilers fed diets with two fat sources and supplemented with conjugated linoleic acid. *LWT-Food Sci. Technol.* 2006, **39**, 717–723.
- Szymczyk B., Pisulewski P. M., Szczurek W., Hanzakowski P.: Effects of conjugated linoleic acid on growth performance, feed conversion efficiency, and subsequent carcass quality in broiler chickens. *Br. J. Nutr.* 2001, **85**, 465–473.
- Du M., Ahn D. U.: Dietary CLA affects lipid metabolism in broiler chicks. *Lipids* 2003, **38**, 505–511.
- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi: Projekt Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich 2014–2020 wersja I 26 lipca 2013, s. 152–157.

Doc. dr hab. Tadeusz Kubiński, Instytut Żywności i Żywienia, ul. Powsińska 61, 02-903 Warszawa