

CZYNNIKI WARUNKUJĄCE PRZEBIEG UTLENIANIA LIPIDÓW W MIĘSIE DROBIOWYM*

Żaneta Zdanowska-Sąsiadek, Monika Michalczuk,
Monika Marcinkowska-Lesiak, Krzysztof Damaziak
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. Celem pracy jest przegląd najnowszych wyników badań dotyczących wpływu różnych czynników na przebieg oksydacji lipidów w mięsie drobiowym. Ze względu na znaczny udział nienasyconych kwasów tłuszczowych jest ono szczególnie podatne na procesy utleniania tłuszczów. Oksydacja lipidów prowadzi do pogorszenia jakości produktu lub nawet jego zepsucia. Procesy jęlczenia oksydacyjnego w mięsie mogą być wzmagane poprzez nieodpowiednie postępowanie i niewłaściwe przechowywanie, jak też skutecznie kontrolowane i ograniczane przez dodatek związków o charakterze przeciwutleniającym oraz dzięki zastosowaniu odpowiednich technologii pakowania.

Słowa kluczowe: mięso drobiowe, utlenianie lipidów, przeciwutleniacze, opakowania

WSTĘP

Mięso drobiowe, w porównaniu z mięsem innych gatunków zwierząt, charakteryzuje stosunkowo niewielka zawartość tłuszczu, co decyduje o jego wysokich wartościach dietetycznych i odżywczych. Jednocześnie lipidy w nim zawarte w niemal 70% stanowią nienasycone kwasy tłuszczowe, w tym niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), tj. kwas linolowy w ilości około 16 g/100 g tłuszczu oraz kwas α -linolenowy – 3 g/100 g tłuszczu [Kitessa i Young 2009]. Nienasycone kwasy tłuszczowe (UFA) wykazują korzystny wpływ na organizm człowieka, a spożywanie zalecanej ilości NNKT

*Badania zrealizowano w ramach projektu „BIOŻYWNOŚĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” nr POIG.01.01.02-014-090/09 współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007–2013.

Adres do korespondencji – Corresponding author: Monika Michalczuk, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk o Zwierzętach, Katedra Szczegółowej Hodowli Zwierząt, ul. Ciszewskiego 8, 02-786 Warszawa, e-mail: monika_michalczuk@sggw.pl

może przyczynić się do obniżenia ryzyka występowania choroby wieńcowej, cukrzycy, nadciśnienia tętniczego, stanów zapalnych stawów, a także chorób autoimmunologicznych i nowotworów [Simopoulos 1999]. Jednocześnie wielu autorów zwraca uwagę na problem utleniania lipidów, który jest szczególnie widoczny w produktach zawierających znaczną ilość nienasyconych kwasów tłuszczowych. Z badań Zouari i innych [2010] wynika, że najbardziej podatnym na utlenianie mięsem jest mięso ryb, następnie kolejno mięso: drobiowe, wieprzowe, wołowina i baranina. Jednak w przeciwieństwie do mięsa drobiowego, którego spożycie wśród polskich konsumentów jest znaczne i w 2012 roku wynosiło ponad 26 kg/osobę, spożycie ryb i przetworów rybnych jest niewielkie i wynosiło w tym czasie zaledwie ok. 12 kg/osobę [GUS 2013]. Szybkość utleniania lipidów zależy przede wszystkim od ilości podwójnych wiązań w kwasach tłuszczowych [Cichosz 2008]. Mięso drobiowe jest bogatym źródłem mono- i polienowych kwasów tłuszczowych i przez to wyjątkowo podatne na te procesy.

Reakcje utleniania lipidów są bardzo złożone i mogą przebiegać według różnych mechanizmów, dlatego wyróżniono autooksydację oraz utlenianie fotosensybilizowane – pod wpływem światła. Autooksydacja (samoutlenianie) polega na przyłączeniu się tlenu do kwasów tłuszczowych. Proces autooksydacji jest reakcją łańcuchową i zapoczątkowany przebiega dalej samorzutnie, zapewniając ciągłą dostawę wolnych rodników, które inicjują następne reakcje [Mayes 1995]. Fotosensybilizowane utlenianie lipidów polega na utlenianiu tłuszczu pod wpływem światła. Do zapoczątkowania reakcji niezbędne jest dostarczenie światła oraz sensybilizatora, którym najczęściej są barwniki [Drozdowski 2007].

Istnieje wiele czynników, które mogą wpływać na przebieg reakcji utleniania lipidów w mięsie, a ich poznanie doprowadziło do opracowania rozwiązań, których celem jest opóźnienie niekorzystnych przemian w produkcji oraz zachowanie pożądanego zapachu i smaku przez jak najdłuższy czas.

CZYNNIKI PRZYSPIESZAJĄCE UTLENIANIE LIPIDÓW MIĘSA DROBIOWEGO

Proces utleniania lipidów mięsa rozpoczyna się tuż po uboju, gdy w wyniku pośmiertnych przemian biochemicznych dochodzi do zaburzenia równowagi pomiędzy aktywnością endogennych przeciwutleniaczy oraz czynników prooksydacyjnych. Do głównych prooksydantów w mięsie należą pierwiastki metali ciężkich, których działanie polega na przyspieszeniu utleniania przeciwutleniaczy oraz samych lipidów w mięsie [Hęś i Korczak 2007]. Metalami odgrywającymi największą rolę w przyspieszaniu procesów utleniania należy żelazo oraz miedź, których wolne jony przejściowe (Fe^{3+} lub Cu^{2+}) po zredukowaniu mogą reagować z nadtlenkami wodoru. W wyniku tej reakcji powstają m.in. rodniki hydroksylowe, które mogą inicjować proces autooksydacji lipidów [Szymańska-Pasternak i in. 2011]. Pikul [2009] podkreśla, że sam proces uboju jest bardzo istotnym elementem, który może zaważyć na szybkości utleniania lipidów. Naturalne następstwa, takie jak przerwanie obiegu krwi i spadek pH mogą przyczynić się do przyspieszenia procesów utleniania lipidów w mięsie.

Proces utleniania lipidów mięsa może być przyspieszony przez procesy technologiczne, którym poddawane jest mięso (porcjowanie, rozdzielanie, mielenie) oraz temperaturę

i czas przechowywania mięsa [Kondratowicz 2006]. Rozdrabnianie mięsa np. poprzez mielenie może wpłynąć na zwiększenie szybkości utleniania lipidów głównie na skutek uszkodzenia błon komórkowych, a w efekcie wystawiania fosfolipidów w nich zawartych na bezpośrednie działanie tlenu i innych czynników przyspieszających oksydację [Pikul 2009]. Intensywność procesów oksydacji w mięsie zależy także od czasu i temperatury przechowywania. Badania Marcinčák i innych [2011] wykazały, że im dłużej mięso jest przechowywane, tym intensywniej postępują reakcje utleniania lipidów. Wzrost zawartości dialdehydu malonowego MDA zaobserwowano w mięsie mrożonym, a także w przechowywanym w warunkach chłodniczych w zależności od czasu przechowywania. Ponadto mięso przechowywane w warunkach chłodniczych (w temperaturze 4°C) przez 14 dni wykazywało wyższą zawartość MDA niż to samo mięso przechowywane 12 miesięcy w warunkach zamrażalniczych (w temperaturze -18°C), co świadczy o korzystnym wpływie niskich temperatur na spowolnienie reakcji autooksydacji.

W związku ze znaczną podatnością mięsa drobiowego na występowanie procesów utleniania lipidów oraz obecnością wielu czynników przyspieszających ten proces należałoby zastosować takie zabiegi, które spowodują zahamowanie oksydacji tłuszczów mięsa. Do najczęściej wykorzystywanych w praktyce metod ograniczających utlenianie lipidów należą: stosowanie przeciwutleniaczy, zarówno pośrednio poprzez wprowadzanie ich do żywienia zwierząt jako składnik paszy [Bölükbaşı i in. 2006], jak i bezpośrednio dodawanych do mięsa [Hęś i in. 2009] oraz stosowanie nowoczesnych metod pakowania [Mielnik i in. 2006].

BEZPOŚREDNIE I POŚREDNIE STOSOWANIE PRZECIWUTLENIACZY W MIĘSIE DROBIOWYM

Ze względu na wiele przemian biochemicznych, do których może dochodzić m.in. podczas przechowywania i przetwarzania mięsa drobiowego, stosuje się związki o charakterze przeciwutleniającym, których celem jest ograniczanie niekorzystnych zmian związanych z nasileniem procesów utleniania. W związku z możliwością dwojakiego sposobu zastosowania antyoksydantów można mówić o bezpośrednim lub pośrednim daniu ich do mięsa.

W przetwórstwie drobiowym powszechnie stosowany jest dodatek antyoksydantów bezpośrednio do produktów w celu poprawy ich jakości, w tym głównie ograniczenie występowania specyficznego zapachu i smaku, określanego mianem „zjełczałego”, oraz stabilizację barwy mięsa podczas przechowywania [Hęś i in. 2009, Velasco i Williams 2011]. Do tego celu wykorzystuje się najczęściej przeciwutleniacze syntetyczne, takie jak BHT, galusany czy kwas cytrynowy, które wykazują znaczną skuteczność w hamowaniu procesów oksydacyjnych w mięsie drobiowym [Czech i Ognik 2010]. Jednak ze względu na brak zaufania konsumentów do związków syntetycznych i niechęć do spożywania produktów, w których składzie recepturowym znajdują się takie związki, producenci mięsa poszukują alternatywnych rozwiązań, np. przeciwutleniaczy pochodzenia naturalnego [Velasco i Williams 2011]. Należy zauważyć, że naturalne przeciwutleniacze, takie jak witaminy E i C, karotenoidy, ksantofile, flawonoidy czy fenole stosowane do żywności cieszą się większą akceptacją konsumentów. Mniej obaw budzi także bezpieczeństwo ich

użycia. Jednak mają one również wady, do których należy zaliczyć wyższy koszt oraz mniejszą efektywność w porównaniu z dodatkami syntetycznymi [Fasseas i in. 2007].

Wykorzystuje się również metodę pośredniego wzbogacania mięsa w przeciwutleniające, polegającą na stosowaniu tych substancji w żywieniu drobiu. Najczęściej stosowanym antyoksydantem w żywieniu zwierząt monogastrycznych, w tym także drobiu, jest witamina E, która może w znacznym stopniu zapobiegać także późniejszym procesom oksydacyjnym w mięsie.

Mitsumoto i inni [1993] podkreślili większą skuteczność w ograniczaniu oksydacji lipidów w mięsie po zastosowaniu witaminy E jako dodatku paszowego w żywieniu zwierząt, w porównaniu z witaminą E dodaną bezpośrednio do mięsa. Różnice w efektywności przeciwutleniającej wyjaśniono odmiennym zlokalizowaniem α -tokoferolu w zależności od metody jego zastosowania. Witamina E zastosowana bezpośrednio do mięsa nie wnika do dwuwarstwowej fosfolipidowej struktury błon komórkowych, przez co jej aktywność przeciwutleniająca jest ograniczona. Gdy jest podana jako suplement do paszy dla zwierząt, wówczas staje się integralnym składnikiem wspomnianych struktur i może skuteczniej zapobiegać oksydacji lipidów [Franczyk-Żarów i in. 2007].

Witamina E nie jest jedynym związkiem o właściwościach przeciwutleniających i dodatkiem antyoksydacyjnym stosowanym w żywieniu drobiu. Zadawalające rezultaty w spowalnianiu procesów oksydacji lipidów uzyskano także przy zastosowaniu związków selenu. Pierwiastek ten, dzięki oddziaływaniu na aktywność peroksydazy glutationowej, jest jednym z najbardziej skutecznych, naturalnych antyoksydantów [Wang i in. 2009]. Możliwość wzbogacenia mięsa drobiowego we wspomniane wyżej związki ma istotne znaczenie przy ogólnie stwierdzonych niedoborach w diecie ludzi zarówno witaminy E [Szczepańska i in. 2011, Wolnicka i Taraszewska 2012], jak i selenu [Miezeliene i in. 2011].

Dodatki pochodzenia roślinnego są bogatym źródłem substancji biologicznie aktywnych, w tym również związków wykazujących działanie przeciwutleniające, takich jak fenolokwasy, flawonoidy, taniny i katechiny [Szajdek i Borowska 2004]. Stosowanie ziół w żywieniu zwierząt może przyczynić się nie tylko do wydłużenia okresu przechowywania mięsa, ale także do poprawy wyróżników jakości sensorycznej, co może mieć istotne znaczenie z punktu widzenia konsumenta [Marcinčák i in. 2011]. Do ziół o charakterze antyoksydacyjnym najczęściej wykorzystywanych w żywieniu zwierząt należą: rozmaryn, tymianek, oregano i szalwia. Rozmaryn i szalwia są uznane za rośliny o największej aktywności antyoksydacyjnej, ale tymianek i majeranek również wykazują wysoką efektywność w spowalnianiu przemian lipidów spowodowanych utlenianiem [Marcinčák i in. 2008].

TECHNOLOGIE OPAKOWAŃ – CZYNNIKI OGRANICZAJĄCE PROCESY UTLENIANIA LIPIDÓW

Według normy PN-O-79000:1997, opakowanie jest to „wyrób zapewniający utrzymanie określonej jakości pakowanych produktów, przystosowanie ich do transportu i składowania oraz prezentacji (...)”. Rola opakowania zależy jednak w dużym stopniu od rodzaju zapakowanego surowca. W celu ograniczenia niekorzystnych zmian oksydacyjnych

mięso drobiowe powinno być zapakowane w opakowania o niskiej przepuszczalności gazów, a następnie przechowywane w warunkach chłodniczych. W przypadku mięśni z przeważającym udziałem włókien czerwonych, np. w mięsie wołowym, istotny jest proces zmiany barwy mięsa czerwonego spowodowany utlenianiem się zawartego w mięsie barwnika – mioglobiny. Aby zachować atrakcyjną, jasnoczerwoną barwę mięsa spowodowaną powstaniem oksymioglobiny, atmosfera, w jakiej pakowane jest mięso, powinna być bogata w tlen (60–80%) [Šuput i in. 2013]. Dotyczy to jednak mięs o szczególnie mocnym zabarwieniu. W przypadku mięsa drobiowego (kurczęta, indyki), które jest słabo wybarwione, zbyt mała barierowość materiału opakowaniowego w stosunku do tlenu może stać się przyczyną zmian sensorycznych, przyspieszenia reakcji utleniania witamin, barwników oraz tłuszczów.

Do pakowania mięsa drobiowego wykorzystuje się opakowania o zmodyfikowanej atmosferze, w których zastępuje się powietrze atmosferyczne mieszaniną gazów o określonych właściwościach. Sposobem modyfikacji atmosfery jest również pakowanie próżniowe, w którym następuje usunięcie powietrza z opakowania, a następnie jego szczelne zamknięcie. Psucie się surowego mięsa drobiowego następuje zwykle za sprawą wzrostu mikroorganizmów, głównie z rodzajów *Pseudomonas* i *Achromobacter*, których rozwój można skutecznie hamować w atmosferze modyfikowanej zawierającej CO₂. Zwykle do pakowania mięsa drobiowego nie stosuje się domieszek tlenu (z wyjątkiem ciemnych mięs, np. kaczki, strusia) i pakuje się je w atmosferze zawierającej od 20 do 50% dwutlenku węgla oraz od 80 do 50% azotu [Saucier i in. 2000]. Schłodzone mięso drobiowe charakteryzuje stosunkowo krótki okres przydatności do spożycia, jednak przy odpowiednio dobranym opakowaniu oraz metodzie pakowania (tab. 1) okres jego przydatności do spożycia w temperaturze wynoszącej nawet 7°C może wynieść od 10 do 12 dni [Pijanowski i in. 2004].

Aktywne systemy pakowania mogą ograniczać procesy oksydacyjne lipidów w mięsie, modyfikując warunki wewnątrz opakowania. Możliwe jest to dzięki zastosowaniu substancji aktywnych, posiadających właściwości absorbujące tlen, zwanych absorberami lub pochłaniaczami tlenu. Przy ich zastosowaniu można obniżyć zawartość tlenu do 0,01%. Do najczęściej stosowanych absorberów tlenu należą związki chemiczne ulegające procesom utlenienia, enzymy oraz barwniki światłoczułe (sproszkowane żelazo, kwas askorbinowy, nienasycone węglowodory, nienasycone kwasy tłuszczowe). Absorbery w momencie kontaktu z wolnymi rodnikami lub pojedynczymi atomami tlenu ulegają utlenieniu, tworząc nieszkodliwe dla produktu związki. Ich zadaniem jest zapobieganie degradacji wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w produkcie. Do najpopularniejszych form absorberów należą saszetki umieszczane w opakowaniu luzem lub etykiety przyklepane do jego wnętrza. Coraz częściej można również spotkać pochłaniacze tlenu wbudowane w materiał opakowaniowy. Ilość absorbentu dobierana jest w odniesieniu do zawartości resztkowego tlenu wewnątrz opakowania, barierowości opakowania, a także szybkości utleniania się lipidów produktu, która to z kolei jest zależna od ilości i rodzaju lipidów, zawartości wody, procesów i operacji technologicznych oraz warunków przechowywania [Lee 2010].

Bolumar i inni [2011] w swoich badaniach stwierdzają, że rodzaj zastosowanego opakowania ma wpływ na stopień utleniania się lipidów mięsa drobiowego. Wykazali między innymi, że opakowania aktywne z dodatkiem ekstraktu z rozmarynu w znacznym

Tabela 1. Wady i zalety pakowania próżniowego oraz pakowania w modyfikowanej atmosferze w odniesieniu do mięsa drobiowego

Table 1. Advantages and disadvantages of vacuum packaging and modified atmosphere packaging in relation to poultry meat

Pakowanie w atmosferze modyfikowanej Modified atmosphere packaging	Pakowanie próżniowe Vacuum packaging
Zalety – Advantages	
<p>Ochronne działanie gazów bez konieczności stosowania substancji konserwujących lub dodatków chemicznych³:</p> <ul style="list-style-type: none"> – dwutlenek węgla hamuje wzrost bakterii gramujemnych, drożdży oraz pleśni, – azot opóźnia rozwój mikroorganizmów tlenowych, zapobiega deformacji opakowań. 	<p>Zapobiega^{3,4}:</p> <ul style="list-style-type: none"> – wysuszeniu produktu, – procesom utleniania się lipidów w mięsie, – rozwojowi drobnoustrojów mezofilnych, psychotrofowych oraz psychrofilnych, w tym także z rodzaju <i>Pseudomonas</i>.
Wady – Disadvantages	
<ul style="list-style-type: none"> – pakowanie w atmosferze z wysokim stężeniem tlenu prowadzić może do utleniania się lipidów w mięsie, pogorszenia walorów smakowo-zapachowych oraz barwy zapakowanych produktów³, – dwutlenek węgla jest gazem łatwo rozpuszczalnym w wodzie i tłuszczach – w przypadku zbyt dużego jego stężenia może wnikać w produkt, powodując deformację (zapadnięcie się) opakowania oraz przyczyniać się do powstawania delikatnego posmaku kwaśnego w wyniku powstania kwasu węglowego (H₂CO₃)³, – efekt działania zależy od przenikalności gazów przez materiał opakowaniowy¹ 	<ul style="list-style-type: none"> – ryzyko rozwoju drobnoustrojów beztlenowych¹, – efekt działania zależy od przenikalności gazów przez materiał opakowaniowy¹, – ryzyko deformacji zapakowanych tuszek², – wycieku znacznej ilości soku mięsnego wewnątrz opakowania²

¹ – Krala 1997; ² – Postolski 1998; ³ – Walsh i Kerry 2002; ⁴ – Zhou i in. 2010

stopniu mogą ograniczyć procesy oksydacyjne. Jednocześnie udowodnili, że efektywność hamowania procesu oksydacji tłuszczów zależała od miejsca położenia płaszczyzny przekroju i jest największa w powierzchniowej warstwie badanego materiału mającej bezpośredni kontakt z wewnętrzną powierzchnią opakowania.

PODSUMOWANIE

Na podstawie omówionych danych literaturowych można stwierdzić, że istnieje wiele czynników kształtujących tempo przebiegu procesów utleniania lipidów w mięsie drobiowym. Proces uboju, przetwarzanie i dłuższe przechowywanie mięsa to główne czynniki odpowiedzialne za przyspieszenie oksydacji lipidów. Zastosowanie przeciwutleniaczy oraz nowoczesnych systemów pakowania może w znacznej mierze przyczynić się do ograniczenia procesów utleniania lipidów w mięsie drobiowym.

LITERATURA

- Bölkübaşı Ş.C., Erhan M.K., Özkan A., 2006. Effect of dietary thyme oil and vitamin E on growth, lipid oxidation, meat fatty acid composition and serum lipoproteins of broilers. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 36, 189–196.
- Bolumar T., Andersen M.L., Orlien V., 2011. Antioxidant active packaging for chicken meat processed by high pressure treatment. *Food Chem.* 129, 1406–1412.
- Cichosz G., 2008. Oleje roślinne a zagrożenie nowotworami. *Przegląd Mleczarski* 4, 4–12.
- Czech A., Ognik K., 2010. Wpływ dodatku mieszaniny syntetycznych przeciwutleniaczy na wskaźniki metabolizmu u indyczek. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 544, 53–62.
- Drozdowski B., 2007. Lipidy. W: *Chemia żywności sacharydy lipidy i białka*. Praca zbiorowa pod redakcją Z.E. Sikorskiego, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 112–140.
- Fasseas M.K., Mountzouris K.C., Tarantilis P.A., Polissiou M., Zervas G., 2007. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. *Food Chem.* 106, 1188–1194.
- Franczyk-Żarów M., Kostogrys R.B., Pisulewski P., 2007. Potencjał przeciwutleniający żywności pochodzenia zwierzęcego. W: *Przeciwutleniacze w żywności. Aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne*. Praca zbiorowa pod red. W. Grajka, Wydawnictwo WNT, Warszawa, 217–228.
- GUS 2013. Mały Rocznik Statystyczny Polski.
- Heś M., Gramza-Michałowska A., Szymandera-Buszka K., 2009. Wpływ wybranych metod ogrzewania oraz zamrażalniczego przechowywania na utlenianie się lipidów w produktach mięsnych z dodatkiem przeciwutleniaczy. *Bromat. Chem. Toksykol.* 3, 455–459.
- Heś M., Korczak J., 2007. Wpływ różnych czynników na szybkość utleniania się lipidów mięsa. *Nauka. Przyroda. Technologie. Jakość* 1 (1), 1–11.
- Kitessa S.M., Young P., 2009. Echium oil is better than rapeseed oil in enriching poultry with n-3 PUFA, including eicosapentaenoic acid and docosapentaenoic acid. *Brit. J. Nutr.* 101, 709–715.
- Kondratowicz J., 2006. Czynniki kształtujące jakość mięsa drobiowego przechowywanego w warunkach chłodniczych. *Chłodnictwo* 3 (XLI), 45–49.
- Krala L., 1996. Pakowanie i przechowywanie dzielonych kurcząt w modyfikowanej atmosferze. *Chłodnictwo* 11, 37–42.
- Lee K.T., 2010. Quality and safety aspects of meat products as affected by various physical manipulations of packaging materials. *Meat Sci.* 86, 138–150.
- Marcinčák S., Cabadař R., Popelka P., Šoltýsová L., 2008. Antioxidative effect of oregano supplemented to broilers on oxidative stability of poultry meat. *Slov. Vet. Res.* 45 (2), 61–66.
- Marcinčák S., Mesarčová L., Popelka P., Čertík M., Šimková J., Marcinčáková D., Mařa P., Zachar P., Mártonová M., 2011. The influence of dietary supplementation with *Melissa officinalis* and combination of *Achillea millefolium* and *Crataegus oxyacantha* on oxidative stability of stored poultry meat. *J. Anim. Feed Sci.* 20, 236–245.
- Mayer P.A., 1995. Lipidy o znaczeniu fizjologicznym. W: *Murray R.K., Granner D.K., Mayer P.A., Rodwell V.W., Biochemia Harpera*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 173–187.
- Mielnik M.B., Olsen E., Vogt G., Adeline D., Skrede G., 2006. Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. *Food Sci. Technol.* 39, 191–198.
- Miezeliene A., Alencikiene G., Gruzauskas R., Barstys T., 2011. The effect of dietary selenium supplementation on meat quality of broiler chickens. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15, 61–69.
- Mitsumoto M., Arnold R.N., Schaefer D.M., Cassens R.G., 1993. Dietary versus postmortem supplementation of vitamin e on pigment and lipid stability in ground beef. *J. Anim. Sci.* 71, 1812–1816.

- Pijanowski E., Dłużewski M., Dłużewska A., Jarczyk A., 2004. Ogólna technologia żywności. Wydawnictwo WNT, Warszawa, 486–509.
- Pikul J., 2009. Lipidy mięsa drobiowego. W: Przetwórstwo mięsa drobiu – podstawy biologiczne i technologiczne. Praca zbiorowa pod redakcją T. Smolińskiej, W. Kopcia, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław, 149–177.
- PN-O-79000:1997 Opakowania. Terminologia.
- Postolski J., 1998. Opakowanie – ważny czynnik jakości i trwałości mrożonej żywności. *Chłodnictwo* 2, 33–37.
- Saucier L., Gendron C., Gariépy C., 2000. Shelf life of ground poultry meat stored under modified atmosphere. *Poult. Sci.* 79, 1851–1856.
- Simopoulos A.P., 1999. Essential fatty acids in health and chronic disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 70, 560–569.
- Šput Z.D., Lazić L.V., Lević B.L., Pezo L.L., Tomović M.V., Hromiš M.N., 2013. Effect of specific packaging conditions on myoglobin and meat color. *Food & Feed Res.* 40 (1), 1–10.
- Szajdek A., Borowska J., 2004. Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4, 5–28.
- Szczepańska B., Malczewska-Lenczowska J., Wajszczyk B., 2011. Ocena spożycia witamin i składników mineralnych przez dziewczęta z warszawskiego gimnazjum sportowego. *Probl. Hig. Epidemiol.* 92, 644–647.
- Szymańska-Pasternak J., Janicka A., Bober J., 2011. Witamina C jako oręż w walce z rakiem. *Onkol. Prak. Klin.* 1, 9–23.
- Velasco V., Williams P., 2011. Improving meat quality through natural antioxidants. *Chi. J. Agric. Res.* 71 (2), 313–322.
- Walsh H.M., Kery J.P., 2002. Meat Packaging. W: Meat Processing. Improving quality. Praca zbiorowa pod red. J. Kerry, D. Ledward, CRC Press, 417–451.
- Wang Z.G., Pan X.J., Peng Z.Q., Zhao R.Q., Zhou G.H., 2009. Methionine and selenium yeast supplementation of the maternal diets affects color, water-holding capacity, and oxidative stability of their male offspring meat at the early stage. *Poult. Sci.* 88, 1096–1101.
- Wolnicka K., Taraszewska A., 2012. Ocena zawartości witamin i składników mineralnych w całodziennej racji pokarmowej uczniów V i VI klas wybranych warszawskich szkół podstawowych. *Probl. Hig. Epidemiol.* 93, 408–413.
- Zhou G.H., Xu X.L., Liu Y. 2010. Preservation technologies for fresh meat – A review. *Meat Sci.* 86, 119–128.
- Zouari N., Elgharbi F., Fakhfakh N., Bacha A.B., Gargouri Y., Miled N., 2010. Effect of dietary vitamin E supplementation on lipid and color stability of chicken thigh meat. *Afr. J. Biotechnol.* 9, 2276–2283.

FACTORS CONDITIONING LIPID OXIDATION IN POULTRY MEAT

Summary. The aim of this study is to review the latest researches on the impact of various factors on the course of lipid oxidation in poultry meat. Due to the large content of unsaturated fatty acids, poultry meat is exposed to oxidation, which causes deterioration of its quality. The processes of oxidative rancidity in meat may be exacerbated by inappropriate the proceedings and improper storage, as well as effectively controlled and limited by the addition of an antioxidant compounds and the use of appropriate packaging technology.

Key words: poultry meat, lipid oxidation, antioxidants, packing