

MARZANNA HEŚ, JÓZEF KORCZAK

Katedra Technologii Żywności Człowieka
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

WPŁYW RÓŻNYCH CZYNNIKÓW NA SZYBKOŚĆ UTLENIANIA SIĘ LIPIDÓW MIĘSA

Streszczenie. W pracy zwrócono uwagę na czynniki, które mogą wpływać na szybkość utleniania się lipidów mięsa. Omówiono aspekty biochemiczne, warunki przechowywania oraz wpływ przetwarzania na jełczenie lipidów mięsa. Przedstawiono wiele sposobów ograniczania jełczenia oksydacyjnego w mięsie i produktach mięsnych wskutek zastosowania związków o charakterze przeciwutleniaczy. Wskazano na możliwości wykorzystania naturalnych substancji przeciwutleniających, które zmniejszają liczbę produktów utleniania tłuszczu, kształtując jednocześnie wartość odżywczą żywności.

Słowa kluczowe: tłuszcze mięsa, utlenianie, katalizatory utleniania, przeciwutleniacze

Wprowadzenie

Autooksydacja lipidów mięsa jest wyjątkowo złożonym procesem, co wynika m.in. z dużej wrażliwości produktów utleniania na rozkład i wchodzenie w reakcje z innymi składnikami mięsa, bardzo złożonego wpływu katalizatorów i naturalnych przeciwutleniaczy w mięsie oraz fotoutleniania zachodzącego równocześnie z autooksydacją. Zmiany powstające w lipidach z udziałem tlenu są wynikiem rodnikowej reakcji autooksydacyjnej o charakterze lawinowym, w której przebiegu można wyróżnić etap inicjacji, propagacji i terminacji łańcucha (FRANKEL 1998, WHEATLEY 2000, DROZDOWSKI 2002).

W wyniku utleniania lipidów mięsa powstaje wiele związków, które są odpowiedzialne za powstawanie jełczałego, niepożądanego zapachu i smaku, nie akceptowanego przez konsumentów (POKORNÝ 1990, MOTTRAM 1998). Należą do nich niskocząsteczkowe substancje lotne, przede wszystkim krótkołańcuchowe aldehydy oraz powstające z nich wskutek utleniania kwasy. Szczególnie niski próg wrażliwości sensorycznej mają nienasycone aldehydy (rzędu ppm, a nawet ppb) (DROZDOWSKI 2002).

Niezależnie od pogorszenia smaku i zapachu, utlenianie lipidów mięsa ma także niekorzystny wpływ na jego barwę, teksturę, wartość odżywczą i bezpieczeństwo żywnościowe (LOGANI i DAVIES 1980, KANNER 1994, GRAY i IN. 1996).

W mniejszym lub większym stopniu ulegają zniszczeniu zawarte w tłuszczach wartościowe składniki – NNKT i witaminy. NNKT jako kwasy wielonienasycone są najbardziej narażone na utlenianie, na skutek czego tracą właściwości biologiczne kwasów niezbędnych. Ponadto tłuszcz zjełczały może niszczyć wartościowe składniki pokarmowe zawarte w innych produktach żywnościowych, z którymi się styka, np. biotynę, ryboflawinę, kwas askorbinowy, kwas pantotenowy, oraz utrudnia wykorzystanie przez ustrój białka znajdującego się w racji pokarmowej (ZIEMLAŃSKI i BUDZYŃSKA-TOPOŁOWSKA 1991, KORCZAK i IN. 2004).

W ostatnich latach przedmiotem wielu prac badawczych jest oddziaływanie utlenionych tłuszczów zawartych w diecie na organizm, a szczególnie ich udział w indukowaniu takich chorób, jak miażdżycy i nowotwory (YAGI 1987, JADHAV i IN. 1996, FRANKEL 1998, KUBOW 1990, ZIEMLAŃSKI i BUDZYŃSKA-TOPOŁOWSKA 1991).

Czynniki wpływające na szybkość utleniania się lipidów mięsa

Szybkość i kierunek utleniania się lipidów mięsa zależy od wielu czynników, m.in. od składu chemicznego, tj. ilości i rodzaju lipidów oraz zawartości wody, obecności naturalnych prooksydantów i antyoksydantów występujących w mięsie, procesów i operacji technologicznych oraz warunków przechowywania (FRANKEL 1993, PIKUL 1993, KANNER 1994).

Skład lipidów

Lipidy zawierające w swoim składzie znaczne ilości fosfolipidów, które charakteryzują się obecnością polienowych kwasów tłuszczowych, są bardziej reaktywne i podatne na utlenianie niż lipidy składające się głównie z acylogliceroli (PIKUL 1991, 1993, IGENE i IN. 1980). Na przykład udział kwasów polienowych w stosunku do ogólnej ilości kwasów tłuszczowych fosfolipidów mięśni piersiowych i udowych kurcząt wynosi odpowiednio 16 i 22%, podczas gdy w acyloglicerolach kwasy te stanowią tylko 3 i 1,5% (PIKUL 1992 a). Analizując poszczególne frakcje fosfolipidów, stwierdzono, że fosfadyloetanolamina odgrywa największą rolę w jełczeniu oksydacyjnym ogrzewanego mięsa. PIKUL i KUMMEROW (1990) wykazali, że w ogólnej ilości fosfolipidów mięsa i skóry kurcząt fosfadyloetanolamina stanowi około 30% i zawiera ponad dwukrotnie więcej kwasów polienowych niż fosfatydylocholina. Najwięcej kwasów polienowych ze wszystkich frakcji fosfolipidów zawiera fosfatydyloinozytol, jednak jego udział w ogólnej ilości fosfolipidów mięsa kurcząt jest znacznie mniejszy – na poziomie około 8%.

Biorąc pod uwagę obecne tendencje wzrostu zainteresowania żywnością zawierającą bardziej nienasycone lipidy, jak również produktami typu żywności wygodnej, należy liczyć się z tym, że będą to produkty bardziej podatne na procesy utleniania. Nasilenie wystąpienia tych zmian jest uwarunkowane przez m.in.: żywienie, gatunkowo zróżnicowaną syntezę triacylogliceroli, dodatki stosowane do paszy, technologicznie zmieniane proporcje tłuszczowców o żywieniowo korzystniejszej ilości wielonienasyconych

kwasów tłuszczowych w syntetyzowanym tłuszczu itp. (ANDRÉS i IN. 2001, RUIZ i IN. 1998, MATTHEWS i IN. 2000, JAKOBSEN 1999, SCHEEDER i IN. 2000, LÓPEZ-FERRER i IN. 1999).

Niezależnie od dużego stopnia nienasycenia kwasów tłuszczowych, fosfolipidy są bardziej podatne na utlenianie niż triacyloglicerole, ponieważ występują w błonach komórkowych w bezpośrednim sąsiedztwie związków katalizujących utlenianie lipidów.

Katalizatory utleniania lipidów występujące w mięsie

Istotnie skraca się okres indukcyjny utleniania się lipidów w obecności soli i pierwiastków metali ciężkich. Metale te mogą przyspieszać zarówno utlenianie naturalnych przeciwutleniaczy występujących w mięsie, jak i bezpośrednio utlenianie samych lipidów. Chociaż wiele metali występujących w mięsie może przyspieszać utlenianie się lipidów, to jednak większość badań dotyczy żelaza. Zarówno żelazo hemowe, wchodzące w skład pierścienia porfirynowego barwników hemowych, jak i żelazo niehemowe (nieorganiczne) katalizują utlenianie lipidów mięsa (PIKUL 1991, 1993, LOVE 1983, MONAHAN i IN. 1993). Żelazo niehemowe odgrywa większą rolę w przyspieszaniu procesów utleniania lipidów mięsa niż żelazo hemowe, szczególnie w środowisku kwaśnym, gdy wartość pH wynosi około 4,5. Nie stwierdzono istotnego oddziaływania katalitycznego żelaza niehemowego, gdy wartość pH przekracza 6,4. Uważa się, że żelazo hemowe może inicjować utlenianie lipidów zarówno w mięsie surowym, jak i ogrzewanym, podczas gdy żelazo niehemowe odgrywa większą rolę w przyspieszaniu procesów utleniania się lipidów w mięsie ogrzewanym (PIKUL 1991).

Chromoproteiny mięsa, takie jak mioglobina, hemoglobina czy cytochromy, mogą same katalizować utlenianie lipidów mięsa surowego i ogrzewanego, mogą też być źródłem tworzenia się żelaza niehemowego (PIKUL 1991, 1993, PEARSON i IN. 1983, LOVE i PEARSON 1974, CHAN i IN. 1997, FRANKEL 1998). Uważa się, że chromoproteiny nie są aktywne katalitycznie, jeżeli występują jako białka natywne o nienaruszonej strukturze. Kiedy jednak mięso jest ogrzewane, struktura komórek ulega uszkodzeniu i siły, które w natywnym układzie utrzymują związki hemowe i lipidy oddzielnie, są eliminowane, w wyniku czego substancje zawierające grupy hemowe mają tendencję do przemieszczania się w tkankach mięśniowych. Jednocześnie związki hemowe pozbawione części białkowej nie rozpuszczają się już w wodzie, lecz w semipolarnych organicznych systemach, co ułatwia przemieszczanie się grup hemowych w polarnych lipidach (PIKUL 1991).

Procesy i operacje technologiczne

Zmiany oksydacyjne lipidów mogą być znacznie przyspieszone podczas przetwarzania mięsa na skutek takich zabiegów, jak mechaniczne oddzielanie mięsa od kości, rozdrabnianie, emulgowanie, restrukturyzacja i ogrzewanie (PIKUL 1992 a). Wszystkie procesy, w wyniku których następuje uszkodzenie błon komórkowych, powodują odsłanianie i wystawianie fosfolipidów na działanie tlenu atmosferycznego, enzymów, barwników hemowych i jonów metali. Czynniki te są przyczyną szybkiego psucia się tłuszczów nawet w surowym (nieogrzanym) mięsie. Nawet nieznaczne napowietrzenie rozdrobnionego surowca jest przyczyną występowania w krótkim czasie po zakończeniu produkcji, a szczególnie po chłodniczym lub zamrażalniczym przechowywaniu,

wysoce niepożądanych, lub wręcz dyskwalifikujących produkt, sensorycznych objawów oksydacyjnego rozkładu tłuszczu. Objawy te nasilają się szczególnie podczas powtórnej obróbki cieplnej, tj. w czasie podgrzewania, smażenia, grillowania itp. Nieprzyjemny smak i zapach charakterystyczny dla nawet bardzo krótko (48 h) chłodniczo przechowywanego mięsa lub przetworów mięsnych, uprzednio poddanych obróbce cieplnej i ponownie ogrzanych, lub spożywanych na zimno, jest opisany w literaturze przez pojęcie „warmed – over flavor” (PIKUL 1992 a, SMITH i IN. 1987, GROS i IN. 1986, PEARSON i IN. 1977). Nie ma ono odpowiednika w języku polskim, ale jest m.in. określane jako smakowitość: zjełczała, rybna, nieświeża, obca, niepożądana, stęchła, zestarażona, rozkładowa, metaliczna, z nutą farby, a nawet przypominająca zapach żołądka drobiu (DUDA 1998).

Badania nad wpływem wybranych metod ogrzewania, tj. pieczenia, ogrzewania mikrofalowego i smażenia zanurzeniowego, różnych części tuszek kurcząt na zakres utleniania się lipidów mięśni i skóry kurcząt zostały przeprowadzone przez PIKULA (1988). Autor wykazał, że zastosowanie powyższych metod ogrzewania powoduje istotny wzrost zawartości aldehydu malonowego w ekstrahowanych lipidach, liczby TBA i fluoryzujących produktów utleniania lipidów w mięśniach i skórze. Dalszy istotny wzrost zawartości badanych wyróżników autor obserwował podczas przechowywania w warunkach chłodniczych uprzednio ogrzanych części tuszek.

Warunki przechowywania

Istotny wpływ na szybkość utleniania tkanek tłuszczowych mają także czynniki zewnętrzne, m.in. światło, tlen i temperatura.

Energia promieniowania świetlnego wydatnie skraca indukcyjny okres utleniania tłuszczów i jest zaliczana do najsilniejszych aktywatorów powstawania wolnych rodników. Szczególną aktywnością cechuje się promieniowanie ultrafioletowe. W warunkach naświetlania promieniowaniem UV zachodzi utlenianie fotosensybilizowane, podczas którego dochodzi do przekształcenia tlenu w jego bardziej reaktywny stan singletowy, co powoduje znaczne przyspieszenie całego procesu utleniania (MIN i LEE 1996, FRANKEL 1998). Ilość hydronadtlenków powstających podczas naświetlania lipidów mięśni promieniowaniem UV różni się w zależności od ich pochodzenia oraz wielu czynników biologicznych (KOŁAKOWSKA 2003). KOŁAKOWSKA i IN. (2000) podają, że stopień fotooksydacji lipidów mięśni ryb jest różnorodny zarówno w obrębie jednego gatunku ryb, jak i w różnych ich gatunkach. Nieznane są natomiast korelacje pomiędzy stopniem fotooksydacji a zawartością jednonienasyconych (MUFA) i wielonienasyconych (PUFA) kwasów tłuszczowych, eikozapentaenowego kwasu (EPA) i dokozaheksaenowego kwasu (DHA) w lipidach ryb (KOŁAKOWSKA 2003).

Temperatura, podobnie jak energia świetlna, w istotnym stopniu determinuje utlenianie lipidów w wyniku stymulowania reakcji tworzenia się wolnych rodników. Niskie plusowe i minusowe temperatury przechowywania surowców tłuszczowych i mięsnych umożliwiają wydłużenie okresu indukcyjnego, co jednak nie oznacza, że zmiany takie nie zachodzą (KANNER 1994, PIKUL 1993).

Możliwości ograniczania jęlczenia lipidów w mięsie

Najistotniejszym sposobem zapobiegającym autooksydacji lipidów jest usuwanie ze środowiska czynników powodujących utlenianie, a więc przede wszystkim usuwanie tlenu, ograniczanie natleniania środowiska, inaktywacja enzymów, unikanie zanieczyszczeń metalami oraz naświetlania. Tego rodzaju aktywność przeciwutleniająca działa prewencyjnie, nie dopuszczając do zmian wskutek braku czynników niezbędnych do przebiegu reakcji (MANIAK i TARGOŃSKI 1996).

Procesy jęlczenia oksydacyjnego w mięsie i produktach mięsnych mogą być również skutecznie kontrolowane i ograniczane wskutek zastosowania przeciwutleniaczy. Związki te mogą być stosowane pojedynczo lub w postaci różnych mieszanek i mogą obejmować wiele dodatków, począwszy od syntetycznych fenolowych przeciwutleniaczy do składników będących naturalnymi przeciwutleniaczami pochodzenia roślinnego (MOURE i IN. 2001, KAUR i KAPOOR 2001, MCCARTHY i IN. 2001 a, b, KORCZAK i IN. 1998 b, PIKUL 1992 b, BALASUNDRAM i IN. 2006, SALMINEN i IN. 2006).

Obecność przeciwutleniaczy

Naturalne przeciwutleniacze i synergenty występujące w mięsie zwalniają procesy utleniania lipidów, szczególnie mięsa surowego. Wykazano, że w mięśniach zawierających większe ilości tokoferoli procesy utleniania lipidów zachodzą wolniej (PIKUL 1993, YAMAUCHI i IN. 1980).

Jednym z możliwych rozwiązań utrzymania dobrej jakości i trwałości mięsa jest podawanie w mieszankach paszowych związków witaminowo-E aktywnych. Powoduje to wzrost zawartości tokoferoli w tkankach, w tym także w mięśniach, a tym samym zmniejszenie podatności lipidów mięsa na procesy utleniania zarówno w mięsie surowym, jak i w ogrzewanym oraz przechowywanym w stanie schłodzonym. Podawanie paszy wzbogaconej w tokoferole wywiera także korzystny wpływ na wyniki produkcyjne, jakość otrzymanego mięsa i jego wartość odżywczą (PIKUL 1996, 1997, SHELDON i IN. 1997, MERCIER i IN. 1998, JENSEN i IN. 1998, RENERRE i IN. 1999, GATELLIER i IN. 2000, MALCZYK 1999, SAMMET i IN. 2006).

Zastosowanie przeciwutleniaczy jako dodatków do przetworów mięsnych

Przez pojęcie przeciwutleniacze rozumie się nie tylko klasyczne substancje redukujące i wychwytyjące rodniki, jak BHT (*di-tert*-butylohydroksytoluen) lub witaminy A, C i E, lecz również substancje, które wskutek swojego sposobu działania hamują lub powstrzymują reakcje z tlenem. Do tych ostatnich zalicza się kwasy spożywcze i ich sole oraz fosforany na wszystkich stopniach kondensacji, które wiążą jony metali, takie jak np. $Fe^{2+/3+}$, Cu^{+2+} , $Pb^{2+/4+}$, i przez to zapobiegają katalitycznym reakcjom z tlenem bądź je ograniczają (HAREL 1994, DECKER i XU 1998, Zastosowanie przeciwutleniaczy... 1997).

Dodatek fosforanów do mięsa opóźnia procesy utleniania lipidów w ogrzewanym mięsie przez kompleksowanie metali, szczególnie żelaza, które jak wcześniej zaznaczono, jest jednym z głównych prooksydantów w ogrzewanym mięsie. Pirofosforany i sześciometafosforany skutecznie działają na ograniczanie procesów utleniania lipidów ogrzewanego mięsa, natomiast nie zaobserwowano skuteczności działania ortofosforanów (SATO i HEGARTY 1971).

Kwas askorbinowy, askorbinian i jego stereoizomery – izoaskorbinian (erytorbinian) – występują, gdy wartości pH wynoszą od 5 do 6,5, np. w farszach, w postaci anionów jednowartościowych, które łatwo oddają elektrony i jako rodniki wychwytyują inne rodniki. Ostatecznie kończą jako produkty oksydacji w postaci dehydroaskorbinianu (dehydroizoaskorbinianu). Działają w ten sposób redukująco. Kwas askorbinowy może jednak w obecności tlenu, w warunkach katalizy kationami metali ($\text{Fe}^{2+/3+}$), zredukować tlen do nadtlenu wodoru (H_2O_2), który w kolejnym etapie utlenienia (jako środek utleniający) mioglobinę (Fe^{2+} , czerwona) do metmioglobiny (Fe^{3+} , brązowa). Dlatego mięso mielone, do którego dodano kwas askorbinowy, brązowieje na powietrzu. Kwas askorbinowy działa wtedy jako środek utleniający, tworząc nadtlenek. Bez tlenu kwas askorbinowy działa jednak wyłącznie jako środek redukujący, i jony Fe^{3+} w mioglobinie są zredukowane do jonów Fe^{2+} (KANNER 1994, HAREL 1994, Zastosowanie przeciwutleniaczy... 1997).

Skutecznym inhibitorem utleniania lipidów w ogrzewanym mięsie są azotyny, dlatego większość znajdujących się na rynkach światowych gotowych dań i produktów mięsnych, uprzednio ogrzewanych i przechowywanych w warunkach chłodniczych lub w stanie zamrożonym, jest przygotowywana z mięsa peklowanego z dodatkiem azotynów (FREYBLER i IN. 1993, PIKUL 1991, DUDA 1998, MROCZEK i SŁOWIŃSKI 1997).

Preferencja dodawania do żywności naturalnych substancji wspomagających o właściwościach funkcjonalnych doprowadziła w ciągu zaledwie kilku lat do tego, że coraz częściej jako czynnik działający przeciwutleniająco, oprócz właściwości przyprawowych, stosuje się ekstrakty rozmarynu (KARPIŃSKA i IN. 2000, SCHWARZ i TERNES 1993, KORCZAK i IN. 1998 a, 1990, MONTERO i IN. 2005), szalwię, tymianek i oregano (NAKATANI 1997, LÖLIGER i IN. 1996) oraz paprykę i czosnek (AGUIRREZÁBAL i IN. 2000). Oprócz innych substancji, które albo występują w niewielkim stężeniu, albo mają ograniczoną aktywność, głównymi składnikami o działaniu antyoksydacyjnym są w przypadku rozmarynu i szalwi kwas karnozowy i karnozol, a w przypadku tymianku – p-cymeno-2,3-diol (HARAGUCHI i IN. 1995, CUVÉLIER i IN. 1994, SCHWARZ i TERNES 1992, Zastosowanie przeciwutleniaczy... 1997).

Podczas pozyskiwania i przetwarzania ekstraktów przyprawowych należy zwracać uwagę na to, żeby nie zniszczyć substancji łatwo utleniających się oraz zachować skuteczność antyoksydacyjną. Dopiero po równomiernym rozprowadzeniu w produkcie, zwłaszcza w cząstkach tłuszczu, uzyskuje się optimum stabilności produktu końcowego.

Zachowanie się substancji czynnych w różnych przetworach mięsnych jest zróżnicowane, a ich tempo i kierunek rozkładu zależy przede wszystkim od parametrów technologicznych, składu kwasów tłuszczowych i stopnia wstępnego uszkodzenia lipidów. W wyniku przeprowadzenia testów przechowalniczych, analizy substancji czynnych, tworzenia heksanalu i oceny przebiegu zmian liczby nadtlenu można w krótkim czasie podać prognozę stabilności lipidów długo magazynowanych przetworów mięsnych.

Kwas karnozowy z rozmarynu chroni przed utlenieniem nie tylko pełnowartościowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe, lecz także szczególnie α -tokoferol. Unika się przez to zmiany zapachu (off-flavour) wywołanego autooksydacją lipidów i zachowane zostają zawarte w nich witaminy (HRAŠ i IN. 2000, HOPIA i IN. 1996, Zastosowanie przeciwutleniaczy... 1997).

Podsumowanie

Procesy jęłczenia oksydacyjnego w mięsie i produktach mięsnych mogą być skutecznie kontrolowane i ograniczane przez zastosowanie związków o charakterze przeciwutleniającym. Umożliwia to dostarczenie konsumentom bezpiecznych produktów żywnościowych o przedłużonej trwałości i większej wartości odżywczej.

Literatura

- AGUIRREZÁBAL M.M., MATEO J., DOMÍNGUEZ M.C., ZUMALACÁRREGUI J.M., 2000. The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausages. *Meat Sci.* 54: 77-81.
- ANDRÉS A.I., CAVA R., MAYORAL A.I., TEJEDA J.F., MORCUENDE D., RUIZ J., 2001. Oxidative stability and fatty acid composition of pig muscles as affected by rearing system, crossbreeding and metabolic type of muscle fiber. *Meat Sci.* 59: 39-47.
- BALASUNDRAM N., SUNDRAM K., SAMMAN S., 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chem.* 99: 191-203.
- CHAN W.K.M., FAUSTMAN C., YIN M., DECKER E.A., 1997. Lipid oxidation induced by oxymyoglobin and metmyoglobin with involvement of H₂O₂ and superoxide anion. *Meat Sci.* 46: 181-190.
- CUVELIER M.E., BERSET C., RICHARD H., 1994. Antioxidant constituents in sage (*Salvia officinalis*). *J. Agric. Food Chem.* 42: 665-669.
- DECKER E.A., XU Z., 1998. Minimizing rancidity in muscle foods. *Food Technol.* 52: 54-59.
- DROZDOWSKI B., 2002. Lipidy. W: *Chemia żywności*. Red. Z.E. Sikorski. WNT, Warszawa: 171-228.
- DUDA Z., 1998. Wybrane zagadnienia stosowania azotynu w przetwórstwie mięsa. *Żywn. Technol. Jakość* 3, 16: 5-42.
- FRANKEL E.N., 1993. In search of better methods to evaluate natural antioxidants and oxidative stability in food lipids. *Trends Food Sci. Technol.* 4: 220-225.
- FRANKEL E.N., 1998. *Lipid oxidation*. The Oily Press, Dundee, U.K.
- FREYBLER L.A., GRAY J.I., ASGHAR A., BOREEN A.M., PEARSON A.M., BUCKLEY D.J., 1993. Nitrite stabilization of lipids in cured pork. *Meat Sci.* 33: 85-96.
- GATELLIER PH., MERCIER Y., ROCK E., RENERRE M., 2000. Influence of dietary fat and vitamin E supplementation on free radical production and lipid and protein oxidation in turkey muscle extracts. *J. Agric. Food Chem.* 48: 1427-1433.
- GRAY J.I., GOMAA E.A., BUCKLEY D.J., 1996. Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Sci.* 43: 111-123.
- GROS J.N., HOWAT P.M., YOUNATHAN M.T., SAXON A.M., McMILLIN K.W., 1986. Warmed-over flavor development in beef patties prepared by three dry heat methods. *J. Food Sci.* 51: 1152-1155.
- HARAGUCHI H., SAITO T., OKAMURA N., YAGI A., 1995. Inhibition of lipid peroxidation and superoxide generation by diterpenoids from *Rosmarinus officinalis*. *Planta Med.* 61: 333-336.
- HAREL S., 1994. Oxidation of ascorbic acid and metal ions as affected by NaCl. *J. Agric. Food Chem.* 42: 2402-2406.
- HOPIA A.I., HUANG S.-W., SCHWARZ K., GERMAN J.B., FRANKEL E.N., 1996. Effect of different lipid systems on antioxidant activity of rosemary constituents carnosol and carnosic acid with and without α -tocopherol. *J. Agric. Food Chem.* 44: 2030-2036.

- HRAŠ A.R., HADOLIN M., KNEZ Ž., BAUMAN D., 2000. Comparison of antioxidative and synergistic effects of rosemary extract with α -tocopherol, ascorbyl palmitate and citric acid in sunflower oil. *Food Chem.* 71: 229-233.
- IGENE J.O., PEARSON A.M., DUGAN J.R.JR., PRICE J.F., 1980. Role of triglycerides and phospholipids on development of rancidity in model meat systems during frozen storage. *Food Chem.* 5: 263-276.
- JADHAV S.J., NIMBALKAR S.S., KULKARNI A.D., MADHAVI D.L., 1996. Lipid oxidation in biological and food system. W: *Food antioxidants*. Red. D.L. Madhavi, S.S. Deshpande, D.K. Salunkhe. Dekker, New York: 5-53.
- JAKOBSEN K., 1999. Dietary modifications of animal fats: status and future perspectives. *Lipid-Fett* 101: 475-483.
- JENSEN C., LAURIDSEN C., BERTELSEN G., 1998. Dietary vitamin E: quality and storage stability of pork and poultry. *Trends Food Sci. Technol.* 9: 62-72.
- KANNER J., 1994. Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Meat Sci.* 36: 169-189.
- KARPIŃSKA M., BOROWSKI J., DANOWSKA-OZIEWICZ M., 2000. Antioxidative activity of rosemary extract in lipid fraction of minced meat balls during storage in a freezer. *Nahrung* 44: 38-41.
- KAUR C., KAPOOR H.C., 2001. Antioxidants in fruits and vegetables-the millennium's health. *J. Food Technol.* 36: 703-725.
- KOŁAKOWSKA A., 2003. Lipid oxidation in food systems. W: *Chemical and functional properties of food lipids*. Red. Z.E. Sikorski, A. Kołakowska. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida: 133-166.
- KOŁAKOWSKA A., SZCZYGIELSKI M., BIENKIEWICZ G., ZIENKOWICZ L., 2000. Some fish species as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids. *Acta Ichthyol. Piscat.* 30: 59-63.
- KORCZAK J., HEŚ M., JANITZ W., 1998 a. Aktywność naturalnych przeciwutleniaczy z rozmarynu i szałwi w układach wolnych i zestryfikowanych kwasów tłuszczowych. W: *Materiały XXIX Sesji Naukowej KTChŻ PAN „Procesy technologiczne a jakość żywności”*. Wyd. AR-T, Olsztyn: 261-262.
- KORCZAK J., HEŚ M., GRAMZA A., JĘDRUSEK-GOLIŃSKA A., 2004. Influence of fat oxidation on the stability of lysine and protein digestibility in frozen meat products. *Electron. J. Pol. Agric. Univ. Food Sci. Technol.* 7: 1-13.
- KORCZAK J., JANITZ W., POKORNY J., NOGALA-KAŁUCKA M., 1998 b. Synergism of natural antioxidants in stabilizing fats and oils. *Proceedings of World Conference on Oilseed and Edible Oils Processing*. Istanbul, 1996. W: *World Conference on Oilseed and Edible Oils Processing*. Red. S.S. Koseoglu, K.C. Rhee, R.F. Wilson. T. II. *Advances in oils and fats, antioxidants, and oilseed by-products*. AOCS Press, Champaign: 253-255.
- KORCZAK J., PAZOŁA Z., GOGOLEWSKI M., 1990. Właściwości przeciwutleniające przypraw ziołowych z rodziny wargowych (Labiatae). Cz. I. Ocena aktywności przeciwutleniającej w układach modelowych. *Rocz. AR Pozn.* 218, *Technol. Żywn.* 16: 61-74.
- KUBOW S., 1990. Toxicity of dietary lipid peroxidation products. *Trends Food Sci. Technol.* 1: 67-71.
- LOGANI M.K., DAVIES R.E., 1980. Lipid oxidation: biologic effects and antioxidants. A review. *Lipids* 15: 485-495.
- LÖLIGER J., LAMBELET P., AESCHBACH R., PRIOR E.M., 1996. Natural antioxidants: from radical mechanisms to food stabilization. W: *Food lipids and health*. Red. R.E. Mc Donald, D.B. Min. Marcel Dekker Inc., New York: 315-343.
- LÓPEZ-FERRER S., BAUCCELLS M.D., BARROETA A.C., GRASHORN M.A., 1999. n-3 enrichment of chicken meat using fish oil: alternative substitution with rapeseed and linseed oils. *Poult. Sci.* 78: 356-365.
- LOVE J.D., 1983. The role of heme iron in the oxidation of lipids in red meats. *Food Technol.* 37: 117-120.

- LOVE J.D., PEARSON A.M., 1974. Methmyoglobin and nonheme iron as prooxidants in cooked meat. *J. Agric. Food Chem.* 22: 1032-1034.
- MALCZYK E., 1999. Wpływ systemu żywienia kurcząt na procesy oksydacyjne zachodzące w mięsie przechowywanym chłodniczo. *Żywn. Technol. Jakość* 3: 137-150.
- MANIAK B., TARGOŃSKI Z., 1996. Przeciwtleniacze naturalne występujące w żywności. *Przem. Ferm. Owoc.-Warzywny* 4: 7-10.
- MATTHEWS K.R., HOMER D.B., THIES F., CLADER P., 2000. Effect of whole linseed (*Linum usitatissimum*) in the diet of finishing pigs on growth performance and on the quality and fatty acid composition of various tissues. *Br. J. Nutr.* 83: 637-643.
- MCCARTY T.L., KERRY J.P., KERRY J.F., LYNCH P.B., BUCKLEY D.J., 2001 a. Assessment of the antioxidant potential of natural food and plant extracts in fresh and previously frozen pork patties. *Meat Sci.* 57: 177-184.
- MCCARTY T.L., KERRY J.P., KERRY J.F., LYNCH P.B., BUCKLEY D.J., 2001 b. Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties. *Meat Sci.* 58: 45-52.
- MERCIER Y., GATELLIER PH., VIAU M., REMIGNON H., RENERRE M., 1998. Effect of dietary fat and vitamin E on lipid and protein oxidation in turkey meat during storage. *Meat Sci.* 48: 301-317.
- MIN D.B., LEE H.-O., 1996. Chemistry of lipid oxidation. W: *Food lipids and health*. Red. R.E. McDonald, D.B. Min. Marcel Dekker, Inc., New York: 241-267.
- MONAHAN F.J., CRACKED R.L., GRAY J.I., BUCKLEY D.J., MORRISSEY P.A., 1993. Catalysis of lipid oxidation in muscle model system by hem and inorganic iron. *Meat Sci.* 34: 95-106.
- MONTERO P., GIMÉNEZ B., PÉREZ-MATEOS M., GÓMEZ-GUILLÉN M.C., 2005. Oxidation stability of muscle with quercetin and rosemary during thermal and high-pressure gelation. *Food Chem.* 93: 17-23.
- MOTTRAM D.S., 1998. Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chem.* 62: 415-424.
- MOURE A., CRUZ J.M., FRANCO D., DOMÍNGUEZ J.M., SINEIRO J., DOMÍNGUEZ H., NÚÑEZ M.J., PARAJÓ J.C., 2001. Natural antioxidants from residual sources. *Food Chem.* 72: 145-171.
- MROZIEK J., SŁOWIŃSKI M., 1997. Peklowanie mięsa-technologie, korzyści i zagrożenia. *Mięso Wędł.* 6: 34-37.
- NAKATANI N., 1997. Antioxidants from spices and herbs. W: *Natural antioxidants: chemistry, health, effects and applications*. Red. F. Shahidi. AOAC Press, Champaign, IL: 64-75.
- PEARSON A.M., GRAY J.I., WOLZAK A.M., HORENSTEIN N.A., 1983. Safety implications of oxidized lipids in muscle foods. *Food Technol.* 37: 121-129.
- PEARSON A., LOVE J., SHORLAND F., 1977. Warmed-over flavor in meat, poultry and fish. *Adv. Food Res.* 23: 2-61.
- PIKUL J., 1988. Oddziaływanie różnych metod ogrzewania oraz chłodniczego przechowywania na utlenianie się lipidów w podstawowych częściach tuszek kurcząt. *Rocz. AR Pozn. Rozpr. Nauk.* 175.
- PIKUL J., 1991. Powstawanie obcego, niepożądanego zapachu i smaku w mięsie ogrzewanym i przechowywanym w warunkach chłodniczych. *PTTŻ – Oddział Wielkopolski, Seria popularnonaukowa nr 4, Poznań.*
- PIKUL J., 1992 a. Utlenianie lipidów i powstawanie obcego zapachu oraz smaku w ogrzewanym i przechowywanym mięsie. *Cz. I. Gosp. Mięsna* 7: 20-23.
- PIKUL J., 1992 b. Utlenianie lipidów i powstawanie obcego zapachu oraz smaku w ogrzewanym i przechowywanym mięsie. *Cz. II. Gosp. Mięsna* 8: 22-26.
- PIKUL J., 1993. Chemiczna ocena jakości lipidów mięsa drobiu. W: *Ocena technologiczna surowców i produktów przemysłu drobiarskiego*. Wyd. AR, Poznań: 104-118.
- PIKUL J., 1996. Wpływ rodzaju i jakości tłuszczów oraz dodatku tokoferoli w paszach drobiowych na utlenianie lipidów mięsa drobiu podczas przetwarzania i przechowywania. *Post. Drob.* 34, 2: 10-20.

- PIKUL J., 1997. Zapobieganie utlenianiu lipidów mięsa drobiu poprzez wzbogacanie pasz związkami witaminowo-E aktywnymi. Gosp. Mięsna 1: 34-38.
- PIKUL J., KUMMEROW F.A., 1990. Relative role of individual phospholipids on thiobarbituric acid reactive substances formation in chicken meat, skin and swine aorta. J. Food Sci. 55: 1243-1248.
- POKORNÝ J., 1990. Effect of lipid degradation on taste and odor of foods. Nahrung 34: 887-897.
- RENERRE M., PONCET K., MERCIER Y., GATELLIER PH., METRO B., 1999. Influence of dietary fat and vitamin E on antioxidant status of muscles of turkey. J. Agric. Food Chem. 47: 237-244.
- RUIZ J., CAVA R., ANTEQUERA T., MARTIN L., VENTANAS J., LÓPEZ-BOTE C.J., 1998. Prediction of the feeding background of Iberian pigs using the fatty acid profile of subcutaneous, muscle and hepatic fat. Meat Sci. 49: 155-165.
- SALMINEN H., ESTÉVEZ M., KIVIKARI R., HEINONEN M., 2006. Inhibition of protein and lipid oxidation by rapeseed, camelina and soy meal in cooked pork meat patties. Eur. Food Res. Technol. 223: 461-468.
- SAMMET K., DUEHLMEIER R., SALLMANN H.P., CANSTEIN C., MUEFFLING T., NOWAK B., 2006. Assessment of the antioxidative potential of dietary supplementation with α -tocopherol in low-nitrite salami-type sausages. Meat Sci. 72: 270-279.
- SATO K., HEGARTY G.R., 1971. Warmed-over flavor in cooked meats. J. Food Sci. 36: 1098-1102.
- SCHIEDER M.R.L., GLÄSER K.R., EICHENBERGER B., WENK C., 2000. Influence of different fats in pig feed on fatty acid composition of phospholipids and physical meat quality characteristics. Eur. J. Lip. Sci. Technol. 102: 391-401.
- SCHWARZ K., TERNES W., 1992. Antioxidative constituents of *Rosmarinus officinalis* and *Salvia officinalis*. Isolation of carnosic acid and formation of other phenolic diterpenes. Z. Lebensm.-Unters.-Forsch. 195: 99-103.
- SCHWARZ K., TERNES W., 1993. Rosmarin extrakte als natürliche Antioxydantien. Lebensmitteltechnik 12: 58-59.
- SHELDON B.W., CURTIS P., DAWSON P.L., FERKET P.R., 1997. Effect of dietary vitamin E on the oxidative stability, flavor, color, and volatile profiles of refrigerated and frozen turkey breast meat. Poult. Sci. 76: 634-641.
- SMITH D.M., SALIH A.M., MORGAN R.G., 1987. Heat treatment effects on warmed-over flavor in chicken breast meat. J. Food Sci. 52: 842-845.
- WHEATLEY R.A., 2000. Some recent trends in the analytical chemistry of lipid peroxidation. Trends Anal. Chem. 19: 617-628.
- YAGI K., 1987. Lipid peroxides and human diseases. Chem. Phys. Lipids 45: 337-351.
- YAMAUCHI K., NAGAI Y., OHASHI T., 1980. Quantitative relationship between alpha tocopherol and polyunsaturated fatty acids and its connection to the development of oxidative rancidity in porcine skeletal muscle. Agric. Biol. Chem. 44: 1061-1065.
- Zastosowanie przeciwutleniaczy jako dodatków do przetworów mięsnych. 1997. Mięso Wędl. 5: 80-81.
- ZIEMLAŃSKI Ś., BUDZYŃSKA-TOPOŁOWSKA J., 1991. Ocena żywieniowa tłuszczów utlenionych. Przem. Spoż. 45: 98-100.

THE INFLUENCE OF DIFFERENT FACTORS ON THE KINETICS OF THE LIPID OXIDATION IN MEAT

Summary. Factors which may influence the kinetics of the lipid oxidation in meat were reviewed. Aspects of the biochemistry, storage conditions and the influence of the technological

processes on the oxidation of lipids are described. Some antioxidants which may limit the oxidation processes in raw meat and meat products were presented. Some natural antioxidants decreasing the amounts of the lipid oxidation products and increasing the nutritional value of food are indicated.

Key words: meat lipids, oxidation, oxidizing catalyst, antioxidants

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Marzanna Hęś, Józef Korczak, Katedra Technologii Żywności Człowieka, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań, Poland, e-mail: marzahes@au.poznan.pl, korczakj@au.poznan.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 5.03.2007

*Do cytowania – For citation: Hęś M., Korczak J., 2007. Wpływ różnych czynników na szybkość utleniania się lipidów mięsa. *Nauka Przyr. Technol.* 1, 1, #3.*