

Mgr inż. Małgorzata MOCZKOWSKA  
Prof. dr hab. Franciszek ŚWIDERSKI

Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Zakład Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa  
SGGW w Warszawie

## ZWIĄZKI LOTNE KSZTAŁTUJĄCE SMAKOWITOŚĆ MIĘSA®

Praca powstała w ramach Projektu WND-POIG.01.03.01-00-204/09 Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce zgodnie ze strategią „od widelca do zagrody”, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013 (Umowa nr UDA-POIG.01.03.01-00-204/09-05).

*Jedną z najważniejszych składowych jakości produktów żywnościowych, a zwłaszcza mięsa i przetworów mięsnych jest smakowitość, gdyż w dużym stopniu warunkuje ona akceptację konsumenta i późniejsze decyzje zakupowe. Kształtowanie cech smakowo-zapachowych mięsa jest ściśle związane z ilością i właściwościami prekursorów występujących w surowym mięsie oraz procesem obróbki ciepłej. Indukowane termicznie reakcje Maillarda i degradacja tłuszczu podczas obróbki termicznej prowadzą do powstania głównych komponentów smakowitości. Zakres związków smakowo-zapachowych obecnych w mięsie jest bardzo szeroki i obejmuje takie związki jak: węglowodory, aldehydy, ketony, alkohole, furany, pirole, pirydyny, pyrazyny, oksazole, tiazole, związki siarkowe oraz wiele innych.*

**Słowa kluczowe:** mięso, smakowitość, związki lotne, reakcje Maillarda, degradacja tłuszczu.

### WSTĘP

Jakość mięsa, jego walory dietetyczne, smakowitość oraz przydatność technologiczna uzależnione są zarówno od czynników genetycznych, jak i środowiskowych, szczególnie żywieniowych. Pojęcie to obejmuje inherentne właściwości mające wpływ na aplikacyjność mięsa przeznaczonego do dalszego przetwarzania i przechowywania, z których najważniejsze to: bezpieczeństwo, wartość odżywcza, tekstura, wodochłonność, barwa, zawartość i skład tłuszczu, stabilność procesów oksydacyjnych oraz powtarzalność. Jakość technologiczna mięsa jest kompleksową i wielowymiarową właściwością, na którą ma wpływ wiele czynników oraz interakcje pomiędzy nimi [2, 21, 27]. Mięso wieprzowe należy do najczęściej spożywanych na świecie, natomiast publikacji o jego smakowitości jest niewiele [14]. Postrzeganie jakości mięsa przez konsumentów jest silnie związane z jego smakowitością, która obejmuje zespół wrażeń zapachowych i smakowych, związanych z pobudzeniem nerwu trójdzielnego, odbieranych w czasie smakowania. Ponadto na smakowitość mogą wpływać wrażenia dotykowe, zmiany ciepła, ból i/lub wrażenia kinestetyczne [19]. Cecha ta jest jedną z najważniejszych właściwości odpowiadających za jakość sensoryczną mięsa i wyrobów mięsnych, która stanowi przedmiot wielu doświadczeń prowadzonych w celu zrozumienia „chemii smaku” mięsa oraz wyodrębnienia tych czynników podczas procesów produkcji i przetwarzania mięsa, które mają wpływ na jego cechy smakowo-zapachowe [5, 17, 18, 23]. Smakowitość mięsa jest uzależniona od procesów cieplnych, gdyż surowe mięso charakteryzuje się brakiem aromatu lub niewielkim aromatem. Podczas obróbki cieplnej zachodzą indukowane termicznie kompleksowe reakcje pomiędzy nielotnymi składowymi tkanki mięśniowej a tkanką tłuszczową, w wyniku których powstaje wiele produktów odpowiedzialnych za aromat mięsa. Jednakże smakowitość mięsa poddanej obróbce cieplnej jest uzależniona od obec-

ności lotnych substancji powstałych podczas obróbki cieplnej, co determinuje cechy aromatu oraz powstanie najbardziej charakterystycznych cech smakowo-zapachowych mięsa. W mięsie zidentyfikowano około 1000 związków lotnych odpowiadających za jego aromat. Zdecydowana większość tych związków została wykryta w mięsie wołowym, znacznie mniej dotyczy mięsa wieprzowego, czy drobiu [4, 5, 17].

**Celem artykułu jest przeglądowa prezentacja związków lotnych kształtujących smakowitość mięsa.**

### ZWIĄZKI LOTNE OBECNE W MIĘSIE ODPOWIEDZIALNE ZA JEGO SMAK I ZAPACH

Do chwili obecnej stwierdzono istnienie setek związków występujących w mięsie odpowiedzialnych za smak i zapach produktu finalnego (tab. 1) [3].

Wiele z nich ulega przemianom pod wpływem procesów przechowywania oraz obróbki cieplnej, w wyniku czego powstaje bardziej złożony smak mięsa. Podczas obróbki cieplnej wiele nielotnych prekursorów substancji smakowych ulega rozpadowi bądź bierze udział w reakcjach z innymi związkami, w wyniku których powstają multikompleksy związków lotnych i nielotnych. Kształtowanie smakowitości jest ściśle związane z ilością i właściwościami prekursorów występujących w surowym mięsie [11, 15, 26]. Do najważniejszych prekursorów związków odpowiadających za smakowitość mięsa należą monosacharydy redukujące i ufosforylowane, aminokwasy (w tym cysteina), rybonukleotydy, tiamina, kwasy tłuszczowe oraz produkty ich utleniania. W wyniku ogrzewania tych produktów powstaje aromat mięsny. Badania modelowe reakcji Maillarda zidentyfikowały rybozę i rybozę 5-fosforanu oraz wolny aminokwas – cysteinę jako potencjalne lotne prekursory smaku mięsa. W szczególności zostały wyodrębnione alkilotiazole, acylo-tiazole, tiole, pyrazyny, pirydyny, oraz tiofuran, stanowiące lotne produkty reakcji przemian rybozy i cysteiny [12, 25].

Tabela 1. Wybrane związki lotne kształtujące cechy smakowo-zapachowe występujące w mięsie

Grupa chemiczna	Nazwa związku	Charakterystyczne cechy smakowo-zapachowe
Aldehydy	pentanal	gryzący, cierpki, ostry, migdałowy
	heksanal	trawiasty, tłuszczowy
	heptanal	tłuszczowy, tłusty
	nonanal	mydlany
	3 - (metylotio) propionowy	gotowanych ziemniaków, warzywny
	12-metylotridekanal	wołowy
	Nona-2(E)-enal	tłuszczowy, łożu
Ketony	Deka-2(E), 4(E)-dienal	tłuszczowy, smażonych ziemniaków
	delta - nonalakton	słodki, mleczny
	dekan-2-on	stęchły
	3-hydrokso-2-butanon	maślany
Alkohole	2,3-oktandion	WOF ( <i>warmed over flavor</i> ), przechowalniczy tłuszczu, tłuszczu utlenionego
	1-okten-3-ol	grzybowy
Furany	2-metylo-3-furantiol	pieczonego mięsa
	2-pentylo furan	metaliczny, trawiasty
Lakton	2-metylo-3-[metylotio]furan	mięśny, słodki, siarkowy
Pyrazyny	hydroksymetylofurfural (HMF)	mięśny
Aminokwasy	metylpyrazyna, 2,5- i 2,6-dimetylopyrazyna	pieczeniowy, orzechowy
	glicyna, alanina, lizyna, cysteina, metionina, glutamina	słodki
	kwas asparaginowy, histydyna, asparagina	kwaśny, cierpki
Kwasy organiczne	arginina, leucyna, tryptofan	gorzki
	mlekowy, inozynowy, ortofosforowy, pirolidono-karboksyłowy	słodki, kwaśny, cierpki
Cukry	kwas masłowy	zjełczały
Peptydy funkcjonalne	glukoza, fruktoza, ryboza	słodki
Nukleozydy	hipoksantyna, anseryna, karnozyna	gorzki
	kwas glutaminowy (MSG), inozyno -5'-monofosforan (IMP), guanozyno-5'-monofosforan (GMP)	pikantny, wołowy, rosółowy

Źródło: Brewer M.Ś. 2006, [3].

Smakowitość mięsa wołowego jest wynikiem przede wszystkim procesów oksydacji tłuszczu i/lub jego degradacji, również pod wpływem działania temperatury (obróbka cieplna). Ponadto istotne znaczenie mają powstające interakcje pomiędzy białkami, peptydami, aminokwasami, cukrami, nukleotydami oraz w wyniku termicznego rozkładu tiaminy. Obecnie sklasyfikowano ponad 800 związków odpowiedzialnych za cechy sensoryczne mięsa wołowego poddanego obróbce cieplnej, przy czym 25 z nich jest charakterystycznych dla zapachu mięsnego. Natomiast w przypadku mięsa wieprzowego zidentyfikowano wiele grup związków chemicznych, wśród których można przede wszystkim wymienić węglowodory, karbonyle, kwasy karboksylowe, estry, laktony, związki zawierające siarkę oraz związki heterocykliczne [25]. Smakowitość mięsa wieprzowego, podobnie jak w przypadku wołowiny, determinowana jest głównie rozkładem tłuszczu oraz wolnych kwasów tłuszczowych. W wyniku tych reakcji powstają nasycone i nienasycone węglowodory, ketokwasy, metylowe pochodne ketonów i wiele innych [16, 25].

## OBRÓBKA CIEPLNA A POWSTAWANIE ZWIĄZKÓW LOTNYCH ODPOWIEDZIALNYCH ZA SMAKOWITOŚĆ MIĘSA

Charakterystyczne cechy smakowitości mięsa poddanego obróbce cieplnej wynikają z reakcji indukowanych termicznie podczas ogrzewania, głównie reakcji Maillarda [4, 16], zachodzących pomiędzy aminokwasami a cukrami redukującymi oraz reakcji degradacji tłuszczu. W obu typach przemian zachodzą kompleksowe reakcje, w wyniku których powstaje wiele związków lotnych zidentyfikowanych w mięsie. W zależności od rodzaju zastosowanej obróbki cieplnej mięso charakteryzuje się różnym profilem smakowo-zapachowym [1, 14, 16]. Uważa się, że prawdopodobnie ten sam układ prekursorów cech sensorycznych odpowiada za profil smakowo-zapachowy mięsa uzyskiwanego po przeprowadzeniu różnego rodzaju procesów obróbki cieplnej. Za smakowitość gotowanego mięsa odpowiedzialne są przemiany białek i azotowych

związków niebiałkowych [12]. Związki heterocykliczne powstające w reakcjach Maillarda, zwłaszcza zawierające siarkę stanowią niezwykle istotną składową smakowości, która odpowiedzialna jest za odczuwanie smaku pikantnego, mięsnego, pieczonego oraz gotowanego. Degradacja lipidów prowadzi między innymi do powstania związków odpowiedzialnych za kształtowanie się specyficznych cech charakterystycznych dla poszczególnych rodzajów mięs [5, 17].

## REAKCJE MAILLARDA A POWSTAWANIE ZWIĄZKÓW LOTNYCH

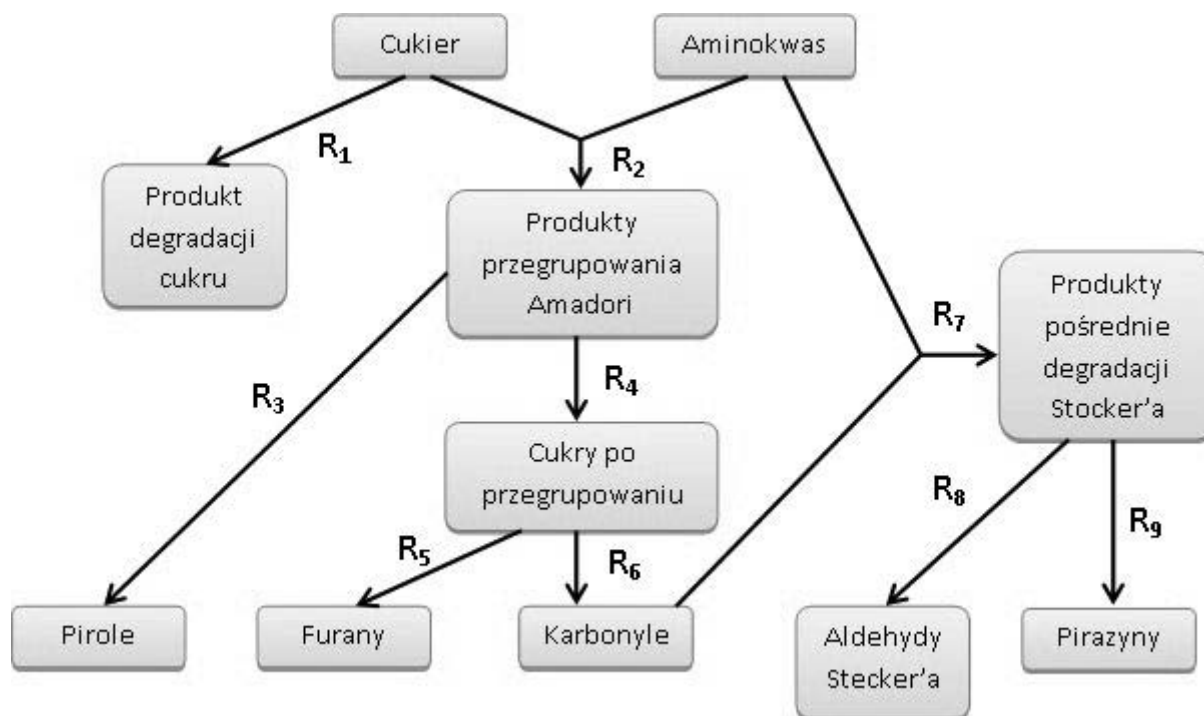
Reakcje zachodzące pomiędzy związkami aminowymi, a cukrami redukującymi nazywane reakcjami Maillarda stanowią jeden z najważniejszych mechanizmów powstawania związków odpowiedzialnych za smakowość żywności poddanej obróbce cieplnej, również mięsa. Oddziaływanie tych reakcji jest wielokierunkowe: indukują one brązowanie produktów spożywczych, kształtują wartość żywieniową, mogą wykazywać działanie antyoksydacyjne, a jednocześnie działanie toksykologiczne (np. powstawanie akryloamidu), oraz w dużym stopniu determinują cechy smakowo-zapachowe [22, 24]. Reakcje Maillarda lub nieenzymatycznego brunatnienia pozwalają na zrozumienie istoty reakcji karbonylowych i aminowych zachodzących w żywności [17]. Reakcje te przebiegają w trzech głównych fazach. W pierwszym etapie następuje kondensacja grupy aminowej i cukru redukującego, prowadząc do powstania N-glikozyloaminy w przypadku, gdy cukier stanowi aldoza, a następnie zachodzi przegrupowanie do związku zwanego produktem Amadori (lub produktem Heyns'a jeżeli cukrem redukującym jest ketoza). Druga faza (zwana pośrednią) reakcji Maillarda rozpoczyna się w momencie powstania produktu Amadori/Heyns'a,

w którym następuje fragmentacja cząsteczki cukru i uwolnienie grupy aminowej. W ostatniej fazie mają miejsce reakcje dehydratacji, fragmentacji, cyklizacji, polimeryzacji, w których ponownie bierze udział grupa aminowa [10, 24]. W miarę postępu procesu powstające półprodukty mogą wchodzić w reakcje z innymi aminami, aminokwasami, aldehydami i uwodnionymi sulfidami poprzez zmianę układu Amadori i degradację Stecker'a [4].

W kształtowaniu związków smakowo-zapachowych ważna jest też degradacja Strecker'a, w której aminokwasy są degradowane przez związki dikarbonylowe (powstające w reakcjach Maillarda), co prowadzi do dezaminacji i do dekarboksylacji aminokwasu. Reakcja cukru bez obecności aminokwasu (karmelizacja) prowadzi do powstania podobnych produktów reakcji, ale w reakcjach Maillarda grupa aminowa stanowi katalizator – w związku z tym reakcja Maillarda przebiega szybciej z wytworzeniem się olbrzymiej liczby bardzo reaktywnych związków pośrednich w porównaniu do procesów karmelizacji. Kierunek przebiegu reakcji jest determinowany przez temperaturę, pH oraz rodzaj środowiska reakcyjnego (rodzaj cukru, rodzaj aminokwasu lub białka) [24] (rys. 1).

Rodzaje związków zapachowych tworzących się w reakcjach Maillarda przede wszystkim zależą od rodzaju cukrów i aminokwasów biorących udział w reakcjach, a także od temperatury, czasu, pH i zawartości wody w jakiej przebiega reakcja. Podsumowując: pierwszy z wymienionych czynników warunkuje rodzaj powstających związków, zaś druga grupa czynników wpływa na kinetykę reakcji [10].

Z różnych cukrów, jak i grup aminowych mogą powstawać różne produkty końcowe. Z cysteiny i glukozy głównie powstają związki siarkowe, podczas gdy z tych samych substratów w warunkach utleniania – furany i pirazyny. Wśród powstających związków lotnych w reakcjach Maillarda z glutationu i glukozy można wymienić związki zawierające



**Rys. 1.** Uproszczony schemat kinetyki powstawania związków lotnych w wyniku reakcji Maillarda.

**Źródło:** Jouss F. i inni. 2002, [10].

siarkę, tiofeny, tiazole, oraz cykliczne polisulfidy przy wartości pH 6 i 8 natomiast przy pH bardziej zasadowym jako produkty końcowe najczęściej występują furany [4]. Wymienione związki stanowią jedno z najważniejszych grup odpowiedzialnych za kształtowanie smakowości w wyniku reakcji Maillarda, przy czym każda z nich determinuje określone cechy sensoryczne. Przykładowo pyrazyny są związane z cechami smakowo-zapachowymi żywności poddanej obróbce cieplnej, pieczonej, tostowanej, natomiast pyrazyny alkilowe nadają aromat orzechowy i pieczeniowy [3, 8]. Furany i pochodne furanowe determinują powstanie cech aromatu słodkiego, spalonego, ostrego, jednakże gdy w cząsteczce furanu obecna jest grupa aldehydowa, ketonowa, lub alkoholowa aromat określany jest jako przypalony i karmelowy [9, 24]. Grupą związków lotnych obecnych w mięsie, a na temat której informacji jest niewiele są pirydyny, odpowiedzialne za zróżnicowane cechy sensoryczne. Uważa się, że alkilopirydyny (m.in. aromat gorzki, cierpki, przypalony) nadają mniej pożądane cechy smakowo-zapachowe w porównaniu do acylopirydyn, które odznaczają się aromatem charakterystycznym dla produktów zbożowych [8, 24].

Tworzenie się związków smakowo-zapachowych w reakcjach Maillarda jest bardzo skomplikowane. Główne kierunki reakcji chemicznych prowadzące do powstania różnych grup związków są lepiej lub gorzej poznane, ale nadal nie wiadomo jaki kierunek reakcji jest najbardziej pożądany. Wpływ różnych czynników, włączając w to wpływ pH, zawartości wody, obecność katalizatorów, jest wciąż nieznanym. Rodzaj powstających związków wpływa na cechy smakowo-zapachowe produktu i tak np. w obecności aminokwasów siarkowych tworzą się związki o cechach charakterystycznych dla mięsa, natomiast przy przewadze glicyny – cechy charakterystyczne dla pieczywa i produktów zbożowych [24].

## ZWIĄZKI LOTNE POWSTAJĄCE Z DEGRADACJI FRAKCJI TŁUSZCZOWEJ

Kilkaset związków lotnych obecnych w mięsie poddanym obróbce cieplnej pochodzi z degradacji lipidów, w tym wymienia się węglowodory alifatyczne, aldehydy, ketony, alkohole, kwasy karboksylowe, a także estry [17, 20, 25]. Zidentyfikowane zostały również niektóre aromatyczne związki, zwłaszcza węglowodory oraz heterocykliczne utlenione związki takie jak laktony i alkilofurany [5, 17, 26]. Związki te powstają przede wszystkim w wyniku procesów oksydacji tłuszczu zawartego w mięsie i przetworach mięsnych. Jednakże, narażenie na działanie powietrza, przechowywanie oraz procesy ogrzewania mogą powodować oksydację tłuszczu, skutkującą powstaniem niekorzystnych cech smakowo-zapachowych (posmak zjełczały, siarkowy, itp.) określanych mianem „warmed – over flavour” (WOF). Wymienione związki stanowią produkty procesów utleniania kwasów tłuszczowych. Podczas długotrwałego przechowywania niektóre reakcje prowadzą do powstania obcych posmaków, jednakże w przypadku mięsa poddanego obróbce cieplnej reakcje te przebiegają szybciej prowadząc do uzyskania różnorodnego profilu związków lotnych. Ponadto procesy te mogą przyczynić się do powstania również niepożądanych cech smakowości (smak i zapach) mięsa. Nienasycone kwasy tłuszczowe podlegają w większym stopniu autooksydacji

w porównaniu do nasyconych kwasów tłuszczowych. Ponadto fosfolipidy charakteryzujące się wyższą proporcją nienasyconych kwasów tłuszczowych w porównaniu do trójglicerydów stanowią bardzo ważne źródło związków lotnych podczas obróbki cieplnej [5, 17]. W wyniku utleniania lipidów mięsa powstaje wiele związków, które są odpowiedzialne za powstawanie zjełczałego, niepożądanego zapachu i smaku, nieakceptowanego przez konsumentów. 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). Procesy oksydacyjne przebiegające w mięsie stanowią istotny problem, któremu należy przeciwdziałać [6, 13]. Procesy oksydacji tłuszczu prowadzą do degradacji lipidów, jak również białek (także barwników) i są głównymi przemianami odpowiedzialnymi za pogorszenie jakości mięsa oraz produktów mięsnych. Zmiany te powodują obniżenie smakowości, pogorszenia barwy i wartości odżywczej, jak również ograniczają długość okresu przydatności do spożycia mięsa i jego przetworów. Stabilność oksydacyjna mięsa zależna jest od równowagi pomiędzy ilością antyoksydantów i prooksydantów oraz od składu kwasów tłuszczowych, w tym wielonienasyconych (PUFA), zawartości cholesterolu, białek i barwników [7]. Tkanka mięśniowa zawiera triacyloglicerydy śródmięśniowe, jak również fosfolipidy. W związku z tym, wśród lotnych substancji odpowiadających za smakowość mięsa poddanego obróbce cieplnej znajdują się również związki tłuszczorozpuszczalne. Wartości progowe odczuwania zapachu dla tłuszczopochodnych związków są generalnie wyższe w porównaniu do heterocyklicznych związków zawierających w cząsteczce atom siarki lub azotu, które powstają z wodnorozpuszczalnych prekursorów. Jednakże znaczenie związków lotnych powstałych z degradacji tłuszczu nie jest tak istotne, jak relatywnie niska koncentracja związków heterocyklicznych. Nasycone i nienasycone aldehydy zawierające od 6 do 10 atomów węgla w cząsteczce stanowią główne związki lotne obecne w mięsie poddanym obróbce cieplnej i pełnią istotną rolę w kształtowaniu aromatu mięsa opisywanego jako tłuszczowy, ziemisty, a 2,4-dekadienal jest charakterystycznym związkiem dla produktów smażonych. Uważa się, że aldehydy alifatyczne odpowiedzialne są za aromat tłuszczowy mięsa poddanego obróbce cieplnej [5, 17]. Smakowość charakterystyczna dla różnych rodzajów mięs związana jest z tkanką tłuszczową. Aldehydy stanowiące główne produkty degradacji tłuszczu są prawdopodobnie związane z głównymi cechami specyficznymi dla poszczególnych gatunków mięs. Wyższa proporcja nienasyconych kwasów tłuszczowych w tkance tłuszczowej mięsa wieprzowego i drobiu, w porównaniu do mięsa wołowego czy baraniny, skutkuje powstaniem większej liczby nienasyconych lotnych aldehydów, które to związki mogą być istotne przy określaniu specyficznych aromatów charakterystycznych dla poszczególnych gatunków mięs [5, 17].

## PODSUMOWANIE

1. Smakowość mięsa i innych produktów żywnościowych stanowi wypadkową kombinacji cech charakterystycznych dla smaku i zapachu. Podczas obróbki cieplnej mięsa jego cechy sensoryczne kształtowane są na skutek reakcji Maillarda oraz degradacji lipidów. Związki powstające w wyniku

tych przemian to przede wszystkim aldehydy i ketony, jednak największy wpływ na rozwinięcie cech sensorycznych mają głównie furany i pyrazyny, które charakteryzują się dość niskim progiem wyczuwalności.

2. Rozkład termiczny tłuszczu warunkuje powstanie aromatu tłuszczowego, który jest charakterystyczny dla danego gatunku zwierząt rzeźnych.

3. Reakcje Maillarda zachodzące w czasie obróbki termicznej są przede wszystkim odpowiedzialne za powstanie dużej liczby heterocyklicznych związków, których ilość zależy od rodzaju i sposobu prowadzenia obróbki termicznej. Obecność tych związków determinuje powstanie zróżnicowanego aromatu w procesach przebiegających w temperaturze około 100°C w środowisku wodnym (gotowanie) oraz w procesie prowadzonym w wysokich temperaturach 180-230°C charakterystycznych dla procesu grillowania i smażenia.

4. Węglowodany oraz aminokwasy zawierające siarkę (cysteina) stanowią niezbędne prekursorzy reakcji Maillarda zachodzących w mięsie i są odpowiedzialne za powstawanie związków lotnych warunkujących pożądany aromat mięsa.

5. Sposób prowadzenia obróbki termicznej (rodzaj obróbki, parametry czasowo-temperaturowe) wpływa na powstawanie związków odpowiedzialnych za cechy smakowo-zapachowe mięsa oraz jego wartość odżywczą.

## LITERATURA

- [1] AASLYNG M.D., SCHAFER A. 2008. *The effect of free fatty acids on the odour of pork investigated by sensory profiling and GC-O-MS*. European Food Research and Technology, 226, 937-948.
- [2] BONNEAU M., LEBRET B. 2010. *Production systems and influence on eating quality of pork*. Meat Science, 84, 293-300.
- [3] BREWER, M.S. 2006. *The chemistry of beef flavor – executive summary*. University of Illinois. <<http://www.beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch/The%20Chemistry%20of%20Beef%20Flavor.pdf>>.
- [4] CALKINS C.R., HODGEN J.M. 2007. *A fresh look at meat flavor*. Meat Science, 77, 63-80.
- [5] ELMORE J.S., MOTTRAM D.S. 2009. *Flavor development in meat*. Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat, 111-146.
- [6] GANDEMER G. 2002. *Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products*. Meat Science, 62, 309-321.
- [7] HAAK L., RAES K., SMET K., CLAEYS E., PAELINCK DE SMET S. 2006. *Effect of dietary antioxidant and fatty acid supply on the oxidative stability of fresh and cooked pork*. Meat Science, 74, 476-486.
- [8] HO CH.T. 1996. *Thermal generation of Maillard aromas*. [w:] Ikan R., *The Maillard reaction*. Wyd. Wiley, Jerusalem, Israel.
- [9] HODGEN J.M.J. 2006. *Factors influencing off-flavor in beef*. University of Nebraska, Lincoln.
- [10] JOUSSE F., JONGEN T., AGTEROF W., RUSSELL S., BRAAT P. 2002. *Simplified kinetic scheme of flavor formation by the Maillard Reaction*. Food Chemistry and Toxicology, 67(7), 2534-2542.
- [11] KOUTSIDIS, G., ELMORE, J. S., ORUNA-CONCHA, M.-J., CAMPO, M. M., WOOD, J. D., MOTTRAM, D. S. 2008a. *Water-soluble precursors of beef flavour: I. Effect of diet and breed*. Meat Science, 79, 124-130.
- [12] KOUTSIDIS, G., ELMORE, J.S., ORUNA-CONCHA, M.-J., CAMPO, M.M., WOOD, J.D., MOTTRAM, D.S. 2008b. *Water-soluble precursors of beef flavour: II. Effect of post-mortem conditioning*. Meat Science, 79, 270-277.
- [13] LEE M., CHOI J., CHOI Y., HAN D., SHIM H., CHUNG H., KIM C. 2010. *The antioxidative properties of mustard leaf (Brassica juncea) kimchi extracts on refrigerated raw ground pork meat against lipid oxidation*. Meat Science, 84, 498-504.
- [14] MEINERT L., SCHÄFER A., BJERGEGAARD C., AASLYNG M.D., BREDIE W.L.P. 2009a. *Comparison of glucose, glucose 6-phosphate, ribose, and mannose as flavor precursors in pork; the effect of monosaccharide addition on flavour generation*. Meat Science, 81, 419-425.
- [15] MEINERT L., TIKK K., TIKK M., BROCKHOFF P.B., BREDIE W.L.P., BJERGEGAARD C., AASLYNG M.D. 2008. *Flavour formation in pork semimembranosus: Combination of pan-temperature and raw meat quality*. Meat Science, 80, 249-258.
- [16] MEINERT L., TIKK K., TIKK M., BROCKHOFF P.B., BREDIE W.L.P., BJERGEGAARD C., AASLYNG M.D. 2009b. *Flavour development in pork. Influence of flavour precursor concentrations in longissimus dorsi from pigs with different raw meat qualities*. Meat Science, 81, 255-262.
- [17] MOTTRAM D.S. 1998. *Flavour formation in meat and meat products: a review*. Food Chemistry, 62, 415-426.
- [18] MURIEL E., ANTEQUERA T., PETRON M.J., ANDRES A.I., RUIZ J. 2004. *Volatile compounds in Iberian dry-cured loin*. Meat Science, 68, 391-400.
- [19] PN-EN ISO 5492:2009. *Analiza sensoryczna – Terminologia*.
- [20] RIUS A.M., HORTO'S M., GARCIA-REGUEIRO J.A. 2005. *Influence of volatile compounds on the development of off-flavours in pig back fat samples classified with boar taint by a test panel*. Meat Science, 71, 595-602.
- [21] ROSENVOLD K., ANDERSEN H.J. 2003. *Factors of significance for pork quality – a review*. Meat Science, 64, 219-237.
- [22] SADOWSKA A., BILLER E. 2011. *Brunatnienie nieenzymatyczne wybranych produktów spożywczych – skutki negatywne i pozytywne*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 2, 85-87.
- [23] SASAKI K., MOTOYAMA M., MITSUMOTO M. 2007. *Changes in the amounts of water-soluble umami-related substances in porcine longissimus and biceps femoris muscles during moist heat cooking*. Meat Science, 77, 167-172.
- [24] VAN BOEKEL M.A.J.S. 2006. *Formation of flavour compounds in the Maillard reaction*. Biotechnology Advances, 24, 230-233.
- [25] VARAVINI S., SHOBNGOB S., BHIDYACHAKORAWAT M., SUPHANTHARIKA M. 2000. *Production of Meat-Like Flavor*. Science Asia, 26, 219-224.

- [26] VASTA V., PRIOLO A. 2006. *Ruminant fat volatiles as affected by diet. A review.* Meat Science, 73, 218-228.
- [27] WOOD J.D., NUTE G.R., RICHARDSON R. I., WHITTINGTON F., SOUTHWOOD O., PLASTOW G., MANSBRIDGE R., DA COSTA N., CHANG K.C. 2004. *Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs.* Meat Science, 67, 651-667.

## THE PROFILE OF VOLATILE COMPOUNDS RESPONSIBLE FOR FLAVOR OF MEAT

### SUMMARY

*One of the major components of the food quality, especially meat and meat products, is flavor because it largely determines consumer acceptance and subsequent purchase decisions. Forming the meat flavor characteristic is closely related to the amount and properties of the precursors present in raw meat and heat treatment processes. Thermally induced Maillard reactions and lipid degradation lead to creation the major components of flavor. Range of flavor compounds present in meat is very broad and includes such compounds as hydrocarbons, aldehydes, ketones, alcohols, furans, pyrroles, pyridine, pyrazine, oxazole, thiazoles, sulfur compounds and many others.*

**Key words:** *meat, flavor, volatile compounds, Maillard reactions, lipid degradation.*