

ELŻBIETA BILLER

PRÓBA IDENTYFIKACJI CECH SENSORYCZNYCH MIĘSA PIECZONEGO ZWIĄZKAMI LOTNYMI POWSTAJĄCYMI W MODELOWEJ REAKCJI LIZYNY Z RYBOŻĄ

Streszczenie

Oznaczono substancje lotne powstające w pieczonym produkcie z mielonego mięsa wieprzowo-wołowego i w termicznych reakcjach lizyny z rybożą w celu wyodrębnienia związków identycznych, które powstają w obu procesach. Dodatkowo próbki mięsa po upieczeniu poddano ocenie sensorycznej.

Z mięsa mielonego przyrządzono produkty o różnym udziale wieprzowiny do wołowiny [% (m/m)]: 100 : 0; 95 : 5; 90 : 10; 85 : 15. Obróbkę termiczną próbek przeprowadzono w opiekaczu gastronomicznym Philips, typ HD4454/A, w temp. 185 ± 5 °C. Związki lotne analizowano w warstwach powierzchniowych i wewnętrznych produktów mięsnych. Reakcje lizyny z rybożą przeprowadzono w tej samej temperaturze, zmienny był natomiast czas procesu, który wynosił: 5, 10, 15, 30, 45 i 60 min.

Na podstawie wyników badań określono aktywne sensorycznie substancje lotne, charakterystyczne dla reakcji termicznych zachodzących podczas pieczenia mięsa i w reakcjach lizyny z rybożą, determinujące część cech sensorycznych mięsa. Po zastosowaniu analizy czynnikowej wyodrębniono następujące wspólne istotne zmienne: benzaldehyd, butan-2-on, 1-hydroksypropan-2-on, butan-2,3-diol, octan butylu, heptanal, oktanal, pentan-2,3-dion, 2-pentylfuran, zapach przypalony, posmak goryczki, barwa i zapach mięsny. Następnie wykorzystano analizę PCA do klasyfikacji cech jakościowych badanych produktów mięsnych. Z rzutu przypadków na płaszczyznę czynników wyodrębniono dwa zasadnicze podzbiory symboli punktów, na podstawie których można było od siebie odróżnić cechy jakościowe pochodzące z obu warstw produktów mięsnych. Dodatkowo można było stwierdzić podobieństwa i różnice cech jakościowych poszczególnych próbek w każdym z podzbiorów. Dowiedziono, że w modelowych reakcjach lizyny z rybożą można wyodrębnić takie związki lotne, które będą utożsamiane z cechami sensorycznymi mięsa pieczonego. Można więc uprościć badania produktu do ukierunkowanych analiz modelowych.

Słowa kluczowe: mięso, pieczenie, związki lotne, reakcje lizyny z rybożą, cechy sensoryczne

Wprowadzenie

Związki lotne w żywności, w tym w mięsie, stanowią wskaźnik: źródła pochodzenia surowców, składu recepturowego produktów, stopnia zaawansowania reakcji utlenienia tłuszczów, degradacji białek, cukrów, witamin i reakcji nieenzymatycznego brązowienia (NB) [3, 8, 17, 24, 26]. Wiele związków lotnych wykazuje charakterystyczne cechy smakowo-zapachowe [2, 8, 15, 20]. Dzięki temu mogą one stanowić wstępny wskaźnik cech jakościowych żywności. Np. substancje świadczące o stopniu zjełczenia tłuszczów w wyrobach mięsnych są łatwo identyfikowane przez konsumentów [17, 26]. Poznanie zależności między rodzajami tworzących się związków lotnych w mięsie a cechami sensorycznymi mogłoby mieć zastosowanie praktyczne.

Zmysły człowieka identyfikują wiele substancji lotnych w tym samym czasie i często rozpoznają je jako ich zbiór [10]. Podczas tradycyjnych metod pieczenia, opiekania czy smażenia mięsa zachodzą reakcje chemiczne, przy czym są one inne w warstwach powierzchniowych niż w wewnętrznych. Na powierzchni mięsa zachodzą głównie reakcje Maillarda, ponieważ warstwy te są ogrzewane do wysokiej temperatury i jednocześnie odwadniane [1, 2]. Natomiast temperatura wewnątrz produktu w tym czasie jest niższa niż na powierzchni, co spowalnia reakcje NB [1]. Mimo to większość autorów analizuje ujednoczoną próbkę [6, 7, 12, 24], nie stosując podziału na warstwy: powierzchniową i wewnętrzną. Tym samym pomija się fakt większego zazwyczaj udziału warstwy wewnętrznej w stosunku do powierzchniowej w ogólnej masie mięsa: pieczonego, opiekane, smażonego. Kolejnym istotnym problemem w analizie mięsa i jego pochodnych są wieloskładnikowość i różnorodność ich składu chemicznego. Cechy te są związane z różną zawartością białek, peptydów i aminokwasów, nukleotydów, cukrów oraz tłuszczu w surowcu wyjściowym [18]. Generuje to trudności w prognozowaniu przyszłych zjawisk zachodzących w dwóch analogicznych, ale np. pochodzących z różnych źródeł próbkach. Metodą rozwiązania tego problemu są badania modelowe [16, 30]. W przypadku symulacji zjawisk zachodzących w mięsie, w tym powstawania związków lotnych, wykorzystuje się np. jeden cukier (rybozę lub glukozę) i jeden aminokwas (siarkowy lub lizynę) bądź witaminy [16, 30]. Wyniki takich reakcji są powtarzalne, ponieważ do ich przeprowadzania stosuje się czyste chemicznie składniki. Ich wadą jest jednak to, że odzwierciedlają tylko część procesów chemicznych, które przebiegają w mięsie podczas jego przetwarzania [1]. Dlatego należy poszukiwać zależności pomiędzy zjawiskami zachodzącymi w badaniach modelowych pojedynczych związków i w produktach żywnościowych (mięsie), łącząc je z cechami sensorycznymi. Tylko wtedy zostanie uwzględniona percepcja konsumenta – nadrzędnego adresata każdego produktu. Założono więc, że badając związki lotne powstające w zróżnicowanych próbkach mięsa pieczonego i w reakcji modelowej aminokwasu z cukrem redukującym, można by wyodrębnić takie substancje wspólne, które łączyłyby wyniki badań modelowych z cechami sensorycznymi produktu.

Celem pracy było określenie substancji lotnych wspólnych dla reakcji modelowych lizyny z rybozą i reakcji zachodzących podczas pieczenia mięsa, związanych z jego cechami sensorycznymi.

Material i metody badań

Przygotowanie materiału badawczego

Materiałem do badań były karkówka wieprzowa i udziec wołowy. Mięso zakupiono bezpośrednio w zakładach mięsnych. Surowiec rozdrabniano w wilku Predom - Zelmer 186, przy użyciu tarczy przeciskowej o średnicy otworów 4 mm, a następnie zamrażano w temp. $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Przed rozpoczęciem badań mięso rozmrażano w warunkach chłodniczych (12 h, temp. $4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Z rozmrożonego mięsa przygotowywano próby produktów mięsnych (po 10 próbek w każdej grupie) według schematu:

- próba zerowa (O) – mielone mięso wieprzowe o naturalnym pH (5,31),
- próba kontrolna (K) – mielone mięso wieprzowe, którego pH wystandaryzowano do wartości 5,60 przez dodatek kwasu octowego,
- próby mielonego mięsa wieprzowego z dodatkiem mielonego mięsa wołowego w ilości [% m/m]:
 - a) 5 % mięsa wołowego – grupy próbek o pH: 6,05, 5,51 i 5,42,
 - b) 10 % mięsa wołowego – grupy próbek o pH: 6,34; 5,70 i 5,66,
 - c) 15 % mięsa wołowego – grupy próbek o pH: 6,20; 6,00 i 5,43.

Mięso należące do każdej grupy ujednolicano przez wymieszanie i formowano z niego prostopadłościaki o wymiarach ok. $7 \times 5 \times 2\text{ cm}$ i masie ok. 80 g każdy. Obróbkę termiczną przeprowadzano w komorze roboczej opiekacza gastronomicznego (Philips, typ HD4454/A), w temp. $185 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Czas pieczenia wynosił 30 min, po ok. 15 min z dwóch stron każdej próbki, do uzyskania temp. $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ w środku geometrycznym wyrobu.

Z L-lizyny (Sigma - Aldrich, Inc. Group, Saint Louis, Missouri, USA, czystość $\geq 98\%$) i D-rybozy (Sigma - Aldrich, Inc. Group, Saint Louis, Missouri, USA, czystość $\geq 97\%$) przygotowano roztwory wodne o stężeniu molowym $0,1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Oba roztwory mieszano w równych objętościach ($10 + 10\text{ cm}^3$). Mieszaniny doprowadzano do wartości pH równej 5,60, dodając bufor fosforanowy $\text{Na}_2\text{HPO}_4\cdot\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7\cdot\text{H}_2\text{O}$ o pH 4 (Chempur, Piekary Śląskie, Polska). Próbki ogrzewano wewnątrz komory roboczej opiekacza gastronomicznego (Philips HD4454/A) w temp. $185 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Materiałem do badań były mieszaniny poreakcyjne ogrzewane w ciągu: 5, 10, 15, 30, 45 i 60 min. Temperatura obróbki i pH wyjściowe roztworów miały symulować warunki pieczenia mięsa.

Zakres i metody badań

We wszystkich próbkach surowego mięsa oznaczano pH początkowe, gdyż determinuje ono przebieg reakcji nieenzymatycznego brązowienia i powstawanie związków smakowo-zapachowych [16, 18]. Do pomiaru używano pH-metru CP-411 (Elmetron Sp.j., Zabrze, Polska). Aparat kalibrowano wykorzystując bufor $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \times \text{H}_2\text{O}$ o pH 7 (POCH S. A., Gliwice, Polska) i $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \times \text{H}_2\text{O}$ o pH 4 (Chempur, Piekary Śląskie, Polska). Oznaczenie wykonywano trzykrotnie z dokładnością do 0,01 [-]. Temp. mierzonych próbek wynosiła ok. 20 °C.

W gotowych produktach mięsnych oddzielano warstwy powierzchniowe (maksymalnie 2 mm grubości) od warstw wewnętrznych. Określano średni procentowy (m/m) udział obu warstw. Wynosiły one: warstwa powierzchniowa $16,03 \pm 2,48$ %, warstwa wewnętrzna $86,22 \pm 1,84$ %. Związki lotne analizowano oddzielnie w próbkach obu warstw.

Upieczone produkty oceniano sensorycznie, nie dzieląc próbek na warstwę powierzchniową i wewnętrzną. Ocena została przeprowadzona przez przeszkolony dziesięcioosobowy zespół. Zastosowano metodę skali dziesięciocentymetrowej niestrukturyzowanej. Analizowano siedemnaście różnych wyróżników sensorycznych, z których tylko pięć wykazywało istotne różnice pomiędzy badanymi próbkami gotowych produktów. Były to: barwa (bardzo błada do ciemnobrązowej), zapach mięsny (niewyczuwalny – mocno wyczuwalny), zapach przypalony (niewyczuwalny – mocno wyczuwalny), posmak goryczki (niewyczuwalny – mocno wyczuwalny) i twardość (bardzo miękkie – twarde). Nieistotne były wyróżniki: wygląd ogólny, zapach tłuszczowy, zapach trawiasty, zapach jelki, zapach woskowy, zapach kwaśny, zapach słodki, smak mięsny, smak tłuszczowy, smak przypalony, posmak mydlasty, posmak kwaśny oraz posmak słodki. Deskryptory opracowano na podstawie danych literaturowych [5, 7, 9, 13, 14, 25].

Związki lotne oznaczano chromatograficznie, stosując następujące parametry: temp. inżektora 200 °C, temp. pieca 4 - 220 °C (4 °C/min), ciśnienie gazu (hel) 35,2 kPa, temp. źródła jonów 170 °C, rodzaj kolumny ZB-WAX Plus (30 m \times 0,25 μm \times 0,25 mm), rodzaj urządzenia - Shimadzu GCMS-QP 2010, zastosowane włókno SPME do ekstrakcji związków lotnych z fazy nadpowierzchniowej – 75 μm CAR/PDMS (carboxen/polydimethylsiloxane), termostatowanie próbki przed ekstrakcją – 20 min, temp. termostatowania i ekstrakcji – 60 °C, czas adsorpcji – 30 min. Ekstrakcję związków lotnych prowadzono znad powierzchni próbek mięsa pieczonego (z obu warstw oddzielnie) o masie 0,5 g, a w przypadku mieszanin poreakcyjnych lizyny z rybozą – znad powierzchni próbek o objętości 0,2 cm^3 . Do próbek dodawano standard wewnętrzny (IS) 1,2-dichlorobenzen (Sigma - Aldrich, Inc. Group, Saint Louis, Missouri, USA, czystość ≥ 99 %). Masa dodanego IS wynosiła 1,306 μg . Bada-

nia realizowano w Zakładzie Oceny Jakości Żywności na Wydziale Nauk o Żywności SGGW. Wszystkie analizy przeprowadzono w co najmniej trzech powtórzeniach.

Związki lotne zidentyfikowano następującymi metodami:

1. Porównywano widma masowe związków lotnych z widmami znanych związków zawartych w bibliotekach NIST 147, PAL 600 oraz NIST 02.
2. Wyliczono ich liniowe indeksy retencji (LRI) na podstawie standardu węglowodórów $C_8 - C_{20}$ (Sigma - Aldrich, Inc. Group, Saint Louis, Missouri, USA).
3. Porównano LRI z informacjami podanymi w bazach danych [8, 20]. Nazwy wszystkich związków podano zgodnie z nomenklaturą IUPAC.
4. Pola powierzchni pod pikami zidentyfikowanych związków dzielono przez pole powierzchni pod pikiem IS. W ten sposób wyrażano względny udział każdej substancji w stosunku do ilości standardu wewnętrznego. Szczegóły przebiegu doświadczenia, metodykę oraz LRI wszystkich oznaczonych związków lotnych podano w innej publikacji [1].

Wyniki poddano serii wielowymiarowych testów statystycznych. Zastosowano analizę czynnikową do eliminacji zmiennych nieistotnych, a następnie analizę składowych głównych (PCA) w celu klasyfikacji cech jakościowych przypadków zmiennych istotnych. Do obliczeń wykorzystano program Statistica 10.0 firmy StatSoft.

Wyniki i dyskusja

Procedurę badawczą rozpoczęto od eliminacji spośród ogólnej puli związków lotnych, takich substancji które nie były aktywne sensorycznie [8]. W przypadku warstw powierzchniowych mięsnych produktów pieczonych zidentyfikowano łącznie 117 związków lotnych [1]. Po odrzuceniu związków nieaktywnych sensorycznie i po wykonaniu analizy czynnikowej zredukowano tę liczbę zmiennych do 39 substancji istotnych. W warstwach pod powierzchnią, spośród wszystkich 90 substancji lotnych, ostatecznie pozostało 25. Po różnych etapach reakcji lizyny z rybozą zidentyfikowano łącznie 94 związki lotne [1]. Wśród nich znajdowały się 43 substancje smakowo-zapachowe, które poddano pierwszej analizie czynnikowej. W jej wyniku wyeliminowano zmienne, które nie były powiązane z pozostałymi. Ostatecznie pozostało 28 związków lotnych istotnych, aktywnych sensorycznie. Był to pierwszy etap redukcji zmiennych.

W kolejnym etapie badań, spośród wszystkich związków lotnych istotnych, wyznaczono substancje wspólne dla przemian termicznych zachodzących w warstwach powierzchniowych i w warstwach wewnętrznych produktów mięsnych po pieczeniu oraz w reakcjach modelowych. Wszystkie związki wspólne poddano kolejnej analizie czynnikowej. Ostatecznie otrzymano następujące związki istotne, aktywne sensorycznie: benzaldehyd, butan-2-on, 1-hydroksypropan-2-on, butan-2,3-diol, octan butylu, heptanal, oktanal, pentan-2,3-dion, kwas heksanowy oraz 2-pentylfuran. Substancje te

charakteryzowały jednocześnie: reakcje zachodzące w warstwach powierzchniowych oraz wewnętrznych próbek mięsa po pieczeniu oraz w warunkach modelowych. Związki te wykorzystano następnie do wyliczeń zależności pomiędzy nimi a cechami sensorycznymi produktu upieczonego. Dziesięć wymienionych powyżej związków lotnych, powstających w obydwu badanych warstwach próbek mięsa pieczonego,

Tabela 1

Wartości średnie (\bar{x}) i odchylenia standardowe (s) cech sensorycznych produktów z mielonego mięsa wieprzowo-wołowego po upieczeniu.

Mean values (\bar{x}) and standard deviations (SD) of sensory features of products made of minced pork-beef meat after roasting.

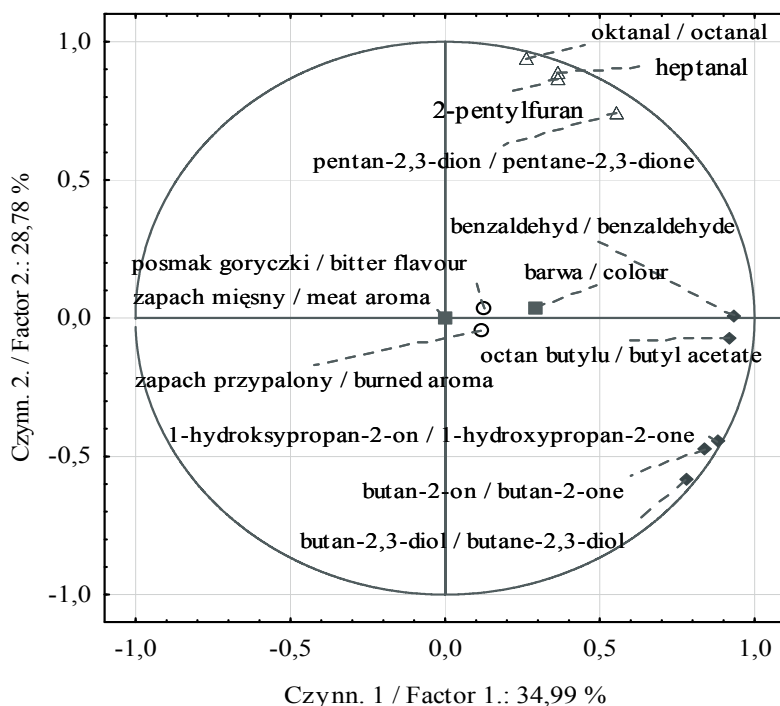
Rodzaj prób Type of samples	Barwa Colour $\bar{x} \pm s / SD$	Zapach mięsny Meat aroma $\bar{x} \pm s / SD$	Zapach przypalony Burnt aroma $\bar{x} \pm s / SD$	Twardość Toughness $\bar{x} \pm s / SD$	Posmak goryczki Bitter flavour $\bar{x} \pm s / SD$
Produkt wieprzowy Pork product	3,61 ± 1,95	6,62 ± 2,01	0,75 ± 1,15*	2,94 ± 1,85	0,57 ± 0,85*
Produkt wieprzowo-wołowy Pork - beef product 5 % mięsa wołowego 5 % of beef meat	6,15 ± 1,17	7,35 ± 1,48	2,06 ± 1,89	5,32 ± 1,88	1,42 ± 1,51*
Produkt wieprzowo-wołowy Pork - beef product 10 % mięsa wołowego 10 % of beef meat	6,44 ± 1,50	6,54 ± 1,90	2,00 ± 1,96	5,78 ± 2,07	1,65 ± 1,97*
Produkt wieprzowo-wołowy Pork - beef product 15 % mięsa wołowego 15 % of beef meat	6,27 ± 1,69	7,32 ± 1,98	1,97 ± 1,83	5,12 ± 2,31	1,70 ± 1,63

Objaśnienia: / Explanatory notes:

- w tabeli podano wartości średnie wyliczone dla dwóch serii produktów wieprzowych (n = 20) i dla trzech serii produktów wieprzowo-wołowych (n = 30) / mean values calculated for two series of pork products (n = 20) and for three series of pork - beef products (n = 30) are presented in the table;

- (*) - przypadki, w których niewielki procent ocen był różny od pozostałych, co spowodowało, że wartości odchylenia standardowych były większe niż wartość średnia / cases, in which small percentage of scores differed from the others; this caused that values of standard deviations were larger than mean value.

Projekcja zmiennych na płaszczyznę czynników (1 x 2) \ Projection of variable onto factor plane (1 x 2)



◆ czynnik / factor 1., △ czynnik / factor 2., ○ czynnik / factor 3., ■ czynnik / factor 4.

Rys. 1. Wyniki grupowania istotnych związków lotnych i cech sensorycznych łączących reakcje zachodzące w warstwach powierzchniowych i wewnętrznych badanych produktów mięsnych, powstających jednocześnie w reakcjach modelowych lizyny z rybozą.

Fig. 1. Clustering results of significant volatile compounds and sensory features that link reactions in surface and inner layers of meat products analyzed, and which, at the same time, are formed in model reactions between lysine and ribose.

oraz wartości cech sensorycznych (tab. 1) poddano kolejnej analizie czynnikowej. Na jej podstawie wykazano, że spośród wszystkich zmiennych poddanych obliczeniom nieistotne były kwas heksanowy i twardość. Obie zmienne można było odrzucić. Po ich pominięciu i ponownym wykonaniu analizy czynnikowej uzyskano cztery czynniki, które wyjaśniały łącznie 84,77 % ogólnej wariancji. Z czynnikiem 1. skorelowane były: benzaldehyd, butan-2-on, 1-hydroksypropan-2-on, butan-2,3-diol oraz octan butylu. Z czynnikiem 2. były związane: heptanal, oktanal, pentan-2,3-dion oraz 2-pentylfuran. Czynnikiem 3. był skorelowany z zapachem przypalonym i posmakiem goryczki, natomiast czynnikiem 4. – z barwą i zapachem mięsnym. Udział poszczególnych czynników w wyjaśnieniu ogólnej wariancji był następujący: czynnik pierwszy – 34,98 %, drugi – 28,78 %, trzeci – 11,45 % oraz czwarty: 9,56 % (rys. 1).

Najwięcej informacji dotyczących cech jakościowych badanych próbek mięsa pieczonego wnosili do modelu związki lotne (łącznie 63,76 %). Nie były one bezpośrednio związane z zapachem przypalonym, posmakiem goryczki, barwą ani zapachem mięsnym, ale stanowiły one ich dopełnienie (21,01 %). Wyniki te potwierdziły dotychczasowe informacje literaturowe. Większość autorów podaje bowiem, że najistotniejszymi wyróżnikami smakowo-zapachowymi w opinii konsumentów są cechy związane z wyczuwaniem zmian oksydacyjnych tłuszczu [2, 7, 15, 22]. W przeprowadzonych badaniach nie wykazano statystycznie istotnej zmienności ($p \leq 0,05$) natężenia tych cech w próbkach mięsa po upieczeniu. Odrzucono: zapach tłuszczowy, zapach trawiasty, zapach jełki, smak tłuszczowy i posmak mydlasty, ale ich pośrednim miernikiem były związki lotne, stanowiące pochodne rozkładu kwasów tłuszczowych. Np. benzaldehyd tworzy się na skutek rozkładu kwasu linolenowego, zawartego głównie w roślinach zielonych [7, 27], którymi karmi się zwierzęta. Jego obecność stwierdza się w obrabianej termicznie wołowinie [13, 27] i wieprzowinie [1, 21, 22]. W badaniach O'Sullivan i wsp. [22] związek ten znajdował się w jednej grupie z cechami smakowo-zapachowymi „trawiasty” oraz cechami kwasu mlekowego – „orzeźwiającej kwasowości”. W reakcjach Maillarda lizyny z rybozą benzaldehyd powstawał w śladowych ilościach po 15 i 60 min ogrzewania (tab. 2). Oznaczało to, że w upieczonych próbkach mięsa jego głównym źródłem był najprawdopodobniej rozkład tłuszczu. Sugestia ta dotyczyła głównie warstw wewnętrznych. Temperatura wnętrza próbek podczas obróbki termicznej była stosunkowo niska w porównaniu z temperaturą warstw powierzchniowych. Powodowało to, że reakcje Maillarda w warstwach wewnętrznych zachodziły wolniej [1] niż rozkład tłuszczu. Więcej benzaldehydu zidentyfikowano w warstwach powierzchniowych niż wewnętrznych, ponieważ wysoka temperatura powierzchni sprzyjała zarówno przebiegowi reakcji NB, jak i intensywnemu rozkładowi tłuszczu. Pod względem zapachu benzaldehyd jest zbliżony do cech migdałów i gorzkich migdałów [8].

Innymi związkami charakterystycznymi dla przemian oksydacyjnych tłuszczu były heptanal i oktanal. Heptanal może powstawać na skutek oksydacji kwasu linolowego [5] lub może być wynikiem przemian nienasyconego aldehydu – (E)-okt-2-enalu [23]. Oktanal jest pochodną oksydacji kwasu oleinowego [4, 5], który jest charakterystyczny dla tkanek zwierząt karmionych paszą treściwą [5]. Descalzo i wsp. [5] wykazali, że heptanal i oktanal były skorelowane dodatnio ze stopniem oksydacji tłuszczu mierzonym wskaźnikiem TBARS. W badanych produktach mięsnych po upieczeniu udział obydwu związków był wielokrotnie większy w warstwach wewnętrznych niż w powierzchniowych. W badaniach modelowych stwierdzono, że poziom obydwu aldehydów wzrastał wraz z czasem ogrzewania reagentów (tab. 2). W próbkach mięsnych po

Tabela 2

Indeksy retencji (LRI) oraz średnie względne udziały (\bar{x}) i odchylenia standardowe (s) istotnych związków lotnych w warstwach powierzchniowych i wewnętrznych produktów z mielonego mięsa wieprzowo-wołowego po upieczeniu oraz po różnych etapach reakcji lizyny z rybozą.

Retention indices (LRI) and relative mean amounts (\bar{x}) and standard deviations (SD) of significant volatile compounds in surface and inner layers of minced pork-beef meat after roasting as well as after various stages of the reaction between lysine and ribose.

Związek Compound	LRI $\bar{x} \pm s / SD$	Warstwy powierzchniowe Surface layers $\bar{x} \pm s / SD$	Warstwy wewnętrzne Inner layers $\bar{x} \pm s / SD$	Czas reakcji lizyny z rybozą [min] Time of reaction between lysine and ribose [min]					
				5	10	15	30	45	60
benzaldehyd / benzaldehyde	1520 ± 6, n = 72	36 ± 21, n = 33	16 ± 11, n = 33	-	-	3 ± 1 n = 3	-	-	10 ± 4 n = 3
butan-2-on / butan-2-one	910 ± 11, n = 72	132 ± 90, n = 33	24 ± 4, n = 33	-	-	-	11 ± 5 n = 3	23 ± 6 n = 3	-
1-hydroksypropan-2-on 1-hydroxypropane-2-one	1296 ± 10, n = 72	140 ± 60, n = 33	17 ± 9, n = 33	-	-	29 ± 5 n = 3	-	353 ± 80 n = 3	-
butan-2,3-diol / butane-2,3-diol	1570 ± 20, n = 75	106 ± 79, n = 33	14 ± 9, n = 3	-	-	3 ± 1 n = 3	7 ± 2 n = 3	10 ± 3 n = 3	-
octan butylu / butyl acetate	1075 ± 3, n = 51	35 ± 20, n = 33	35 ± 5, n = 33	8 ± 3 n = 3	40 ± 10 n = 3	95 ± 20 n = 3	120 ± 32 n = 3	8 ± 3 n = 3	-
heptanal	1186 ± 9, n = 78	87 ± 50, n = 33	570 ± 274, n = 33	-	-	2 ± 1 n = 3	4 ± 1 n = 3	60 ± 20 n = 3	220 ± 70 n = 3
oktanal / octanal	1286 ± 9, n = 81	20 ± 15, n = 33	167 ± 81, n = 33	12 ± 6 n = 3	-	20 ± 9 n = 3	22 ± 13 n = 3	183 ± 30 n = 3	80 ± 23 n = 3
pentan-2,3-dion / pentane-2,3-dione	1062 ± 9, n = 75	12 ± 10, n = 33	82 ± 59, n = 33	-	-	4 ± 2 n = 3	-	9 ± 3 n = 3	190 ± 40 n = 3
2-pentylfuran	1227 ± 8, n = 69	14 ± 6, n = 33	35 ± 27, n = 33	-	-	-	-	-	35 ± 15 n = 3

Objaśnienia: / Explanatory notes:

- LRI – wartości liniowych indeksów retencji / values of linear retention indices;

- znak „-” – oznacza brak związku w próbie / sign „-” marks lack of compound in the sample;

Względne udziały związków lotnych wyliczono, dzieląc pole powierzchni danego związku przez pole powierzchni piksu IS. Pole powierzchni IS przyjęto jako 1000, ponieważ ilości niektórych związków były śladowe / Relative amounts of volatile compounds were calculated by dividing surface area of given compound by surface area of IS. IS surface area was assumed to be 1000, since there were only trace amounts of some compounds.

upieczeniu mogły one więc być wynikiem obydwu typów reakcji. Wysoka temperatura warstw powierzchniowych powodowała, że oba te związki ulegały dalszym przemianom, ponieważ aldehydy są prekursorami szeregu innych substancji lotnych [18, 19]. Z tego powodu ich udział był mniejszy w warstwach powierzchniowych niż w wewnętrznych.

W literaturze oktanal charakteryzowany jest jako mydlasty, cytrusowy, kwiatowy [25], a heptanal jako rybi [24], tłuszczowy, olejowy [13].

Pochodną rozkładu kwasu linolowego jest 2-pentylfuran, odpowiedzialny za niekorzystne cechy smakowo-zapachowe określane jako tłuszczowe [4, 7]. Związku tego było więcej w warstwach wewnętrznych niż w powierzchniowych (tab. 2), a w reakcjach lizyny z rybozą zidentyfikowano go dopiero po 60 min ogrzewania. Można więc przypuszczać, że w mięsie jego źródłem był głównie rozkład kwasu linolowego. O'Sullivan i wsp. [22] stwierdzili, że oktanal i 2-pentylfuran (obok innych) były związane z jełkimi cechami smakowo-zapachowymi mięsa wieprzowego i stanowiły wskaźnik stopnia oksydacji tłuszczu; 2-pentylfuran był dodatkowo związany z cechami takimi, jak rybi oraz gumowy/siarkowy.

Na temat powiązań kolejnego związku – butan-2-onu z cechami sensorycznymi brak jest informacji w literaturze, pomimo że znajduje się on w wykazie związków lotnych większości badań dotyczących mięsa [7, 11, 22, 25]. O'Sullivan i wsp. [22] wykazali, że butan-2-on znajdował się w grupie takich cech smakowo-zapachowych, jak: wieprzowy, oleju roślinnego, wątrobowy oraz w tej samej ćwiartce co: zjelczwały, gumowy/siarkowy, blaszany, cierpki i kwaśny. W innych źródłach określa się go jako rozpuszczalnikowy, słodki i ostry [25] oraz odpowiedzialny za cechy smakowo-zapachowe gotowanej wołowiny produkowanej przemysłowo [11]. W analizowanych próbkach mięsa pieczonego było go kilkakrotnie więcej w warstwach powierzchniowych niż w wewnętrznych. W reakcjach lizyny z rybozą zidentyfikowano go po 30 i 45 min ogrzewania. W mięsie mógł więc powstawać w obydwu rodzajach przemian jednocześnie, a wysoka temperatura sprzyjała jego tworzeniu się.

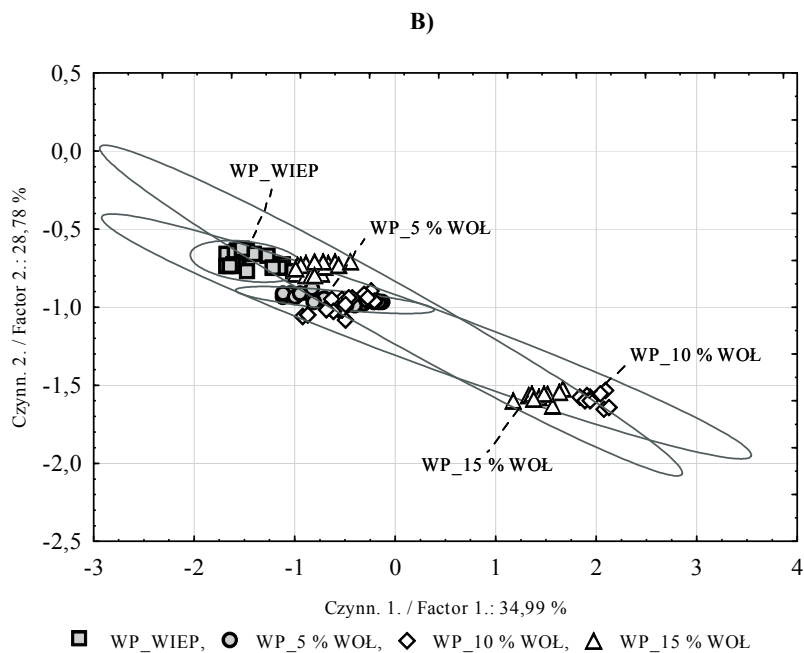
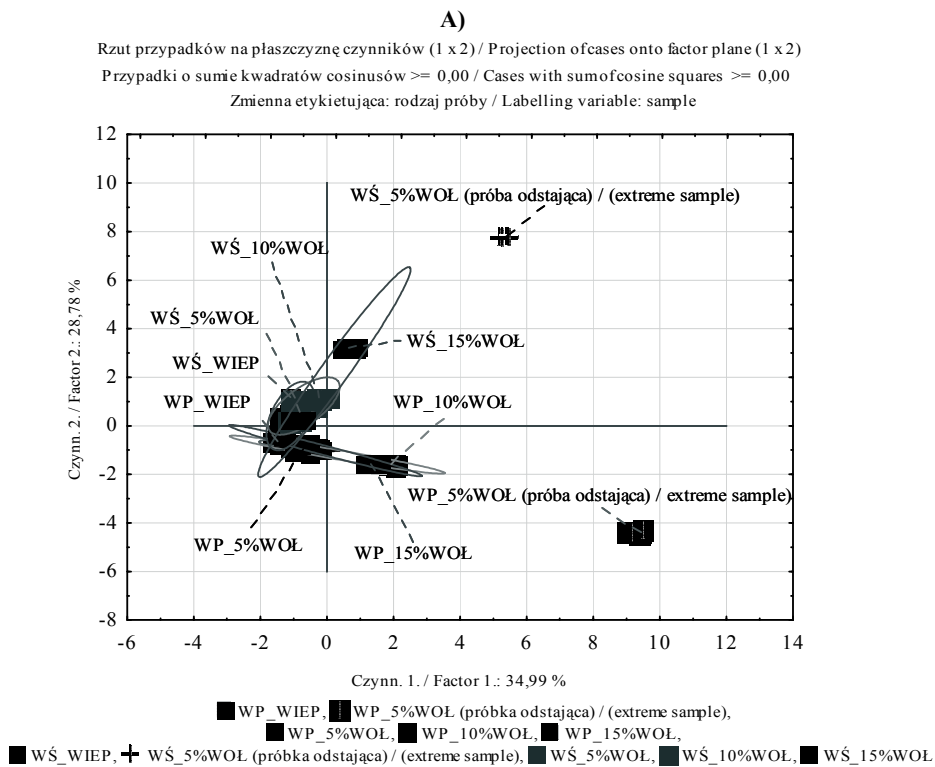
Kolejne dwa związki: 1-hydroksypropan-2-on i pentan-2,3-dion są uważane za typowe pochodne reakcji Maillarda [11, 18]. Pierwszy z nich, 1-hydroksypropan-2-on, powstaje w mięsie w procesie rozkładu rybozy, która ulega dalej reakcjom, tworząc aldehydy Streckera [18]. Stanowi on wskaźnik początkowych reakcji Maillarda [28]. W warstwach powierzchniowych, gdzie temperatura obróbki była wyższa niż w warstwach wewnętrznych i sprzyjała rozkładowi cukrów, 1-hydroksypropan-2-onu było około osiem razy więcej niż w warstwach wewnętrznych. W reakcjach lizyny z rybozą zidentyfikowany został po 15 i 45 min ogrzewania (tab. 2). Pomiędzy 30 a 45 min reakcji musiał następować intensywny rozkład cząsteczek rybozy, ponieważ udział 1-hydroksypropan-2-onu przewyższał udział wszystkich pozostałych związków zidentyfikowanych w tym czasie w mieszaninie poreakcyjnej. Związek ten jest bardzo reak-

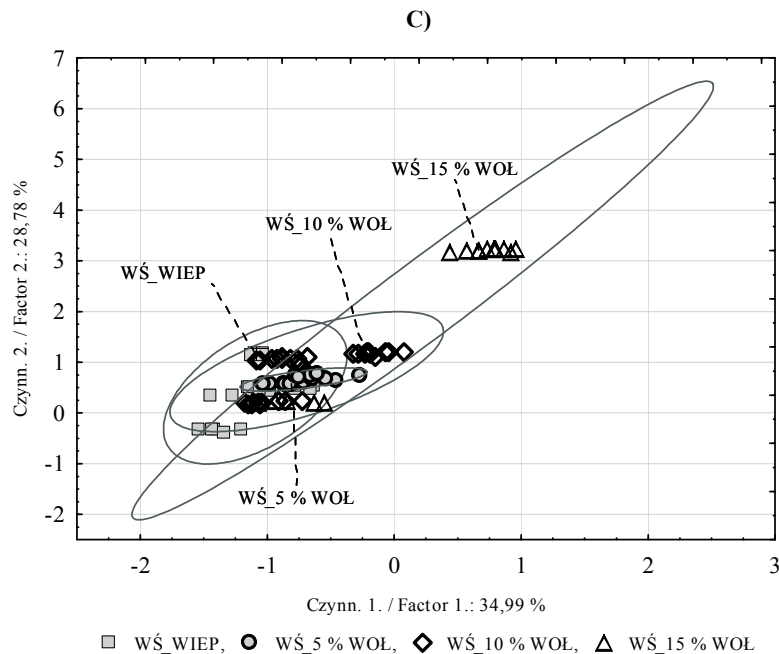
tywny [18] i ulega kolejnym przemianom. Po 60 min ogrzewania już go nie zidentyfikowano. W warstwach powierzchniowych próbek mięsa upieczonego występował wielokrotnie wyższy poziom tego związku niż w warstwach wewnętrznych. Wynik ten potwierdzał zauważone wcześniej różnice w kierunkach przebiegu reakcji w obydwu przypadkach. W warstwach wewnętrznych najprawdopodobniej przeważały przemiany związane z oksydacją tłuszczu, natomiast w warstwach powierzchniowych zachodziły intensywnie obydwa rodzaje reakcji.

1-Hydroksypropan-2-on jest słodki i karmelowy [8]. Podobnymi cechami charakteryzuje się pentan-2,3-dion. W badaniach olfaktometrycznych mięsa cechy smakowo-zapachowe pentan-2,3-dionu określono jako maślane, cytrynowe, słodkie i owocowe [11]. Wymienia się go wśród związków kształtujących cechy karmelowe i maślane wołowiny [12]. Związek ten jest obecny również w wieprzowinie [1, 6] oraz w jagnięcinie [29]. Podczas ogrzewania lizyny z rybozą zaobserwowano tendencję zwiększania udziału pentan-2,3-dionu wraz z wydłużaniem czasu procesu. Jego maksymalny udział oznaczono w końcowej fazie reakcji. W warstwach wewnętrznych mięsa było go więcej niż w powierzchniowych, gdzie zapewne szybciej ulegał dalszym przemianom. Taki wynik sugerował, że w warstwach wewnętrznych także zachodziły reakcje Maillarda, ale w innym tempie.

Związkiem, który nie jest szeroko opisywany w literaturze przedmiotu jest butan-2,3-diol. Zidentyfikowano go np. w mięsie jagnięcym [27], wołowinie [24] oraz w mięsie wieprzowym i wieprzowo-wołowym [1]. W wielu badaniach analizuje się jego formę ketonową – butan-2,3-dion, który pochodzi z rozkładu cukru w mięsie [7]. Cechy sensoryczne obydwu form tego związku, alkoholowa i ketonowa, są określane jako maślane, karmelowe i owocowe [8]. W warstwach powierzchniowych było ponad siedem razy więcej butan-2,3-diolu niż w wewnętrznych. W reakcjach lizyny z rybozą butan-2,3-diol powstawał po 15, 30 i 45 min procesu i w tym czasie jego udział wzrastał. Najprawdopodobniej więc w badanych upieczonych produktach mięsnych źródłem tego związku były głównie reakcje NB.

Ostatni związek – octan butylu był charakterystyczny głównie dla warstw powierzchniowych i reakcji Maillarda. W warstwach wewnętrznych zidentyfikowano go tylko w próbkach produktu pochodzących z jednej grupy. W pozostałych go nie stwierdzono. Estry w mięsie powstają jako wtórne produkty reakcji termicznych alkoholi z kwasami tłuszczowymi [13]. Ich powstawaniu sprzyjała wysoka temperatura warstw powierzchniowych próbek mięsa podczas pieczenia. Uważa się, że estrów jest w mięsie niewiele [14], co potwierdziło przeprowadzone doświadczenie. Wynik taki uzyskuje się najprawdopodobniej dlatego, że zwyczajowo bada się uśrednione próbki mięsa obrobionego termicznie bez podziału na warstwy powierzchniowe i wewnętrzne [6, 12, 15].





Objaśnienia: / Explanatory notes:

- kody próbek: / codes of samples:

WP_WIEP – warstwy powierzchniowe produktów wieprzowych / surface layers of pork products;
 WP_5 % WOŁ, WP_10 % WOŁ, WP_15 % WOŁ – warstwy powierzchniowe produktów wieprzowych z odpowiednio 5, 10 i 15 % dodatkiem wołowiny / surface layers of pork products containing respectively: 5, 10, and 15 % w/w of beef meat; WS_WIEP – warstwy wewnętrzne produktów wieprzowych / inner layers of pork products; WS_5 % WOŁ, WS_10 % WOŁ, WS_15 % WOŁ – warstwy wewnętrzne produktów wieprzowych z 5, 10 i 15 % dodatkiem wołowiny / inner layers of pork products with 5, 10, and 15 % w/w of beef meat added.

Rys. 2. Klasyfikacja przypadków cech jakościowych warstw powierzchniowych i wewnętrznych produktów z mięsa pieczonego, uwzględniająca wyznaczone wcześniej zmienne istotne; A – obraz wszystkich próbek łącznie z wynikami odstającymi WP_5 % WOŁ i WS_5 % WOŁ (próbka odstająca); B – rozrzut przypadków warstw powierzchniowych; C – rozrzut przypadków warstw wewnętrznych.

Fig. 2. Case classification of quality features of surface and inner layers of roasted meat products including earlier determined significant factors; A – image of all samples including extreme results: WP_5 % WOŁ, and WS_5 % WOŁ (extreme sample); B – scatter of cases of surface layers; C – scatter of cases of inner layers.

Zależności między cechami sensorycznymi próbek upieczonych produktów mięsnych a wyszczególnionymi związkami lotnymi poddano weryfikacji. Przeprowadzono grupowanie wszystkich przypadków metodą analizy składowych głównych PCA. Rezultaty przedstawiono na rys. 2 (A, B i C).

Wykorzystując wartości ww. zmiennych uzyskano obraz ich rzutu na płaszczyznę. W ten sposób można było sklasyfikować wszystkie badane próbki mięsa po upieczeniu. Można było odróżnić umiejscowienie symboli punktów warstw powierzchniowych od punktów warstw wewnętrznych (rys. 2 A). Potwierdzono tym samym, że w obydwu warstwach reakcje termiczne, prowadzące do powstania różnych cech jakościowych gotowych produktów, zachodziły inaczej. Dodatkowo można było wyeliminować próbki odstające. Cechy odmienne od wszystkich pozostałych były charakterystyczne dla jednej grupy próbek zawierającej 5 % dodatku wołowiny do wieprzowiny. Różnice dotyczyły zarówno umiejscowienia symboli punktów warstw powierzchniowych (WP_5 % WOŁ (próbka odstająca)), jak i wewnętrznych (WŚ_5 % WOŁ (próbka odstająca)). Pozostałe dwie grupy próbek, w których składzie surowcowym był dodatek 5 % wołowiny, nie różniły się od siebie.

Następnie przeprowadzono szczegółową analizę wyników, rozpatrując oddzielnie rozrzut symboli punktów warstw powierzchniowych (rys. 2 B) i wewnętrznych (rys. 2 C), z pominięciem próbek o wartościach odstających. Stwierdzono, że cechy warstw powierzchniowych próbek upieczonej wieprzowiny (WP_WIEP) były inne niż próbek z dodatkiem wołowiny. Dodatkowo cechy produktów mięsnych z 10 i 15-procentowym udziałem wołowiny można było podzielić na dwa oddzielne podzbiory. Oznaczało to, że w tych grupach próbek, pomimo identycznych proporcji wieprzowiny do wołowiny, reakcje termiczne przebiegały inaczej. Mogło być to spowodowane czynnikami związanymi ze specyfiką surowców, głównie z ich różnymi początkowymi wartościami pH [1].

Rozmieszczenie symboli większości punktów charakteryzujących warstwy wewnętrzne badanych próbek uniemożliwiało ich rozdzielenie (rys. 2 C). Oznaczało to, że procesy termiczne zachodzące wewnątrz tych próbek były do siebie zbliżone. Najprawdopodobniej było to związane z niższą temperaturą warstw wewnętrznych w porównaniu z warstwami powierzchniowymi podczas obróbki termicznej i z różną intensywnością przebiegu reakcji oksydacji i Maillarda. Można było rozróżnić tylko dwa skupiska symboli punktów. Odzwierciedlały one cechy jakościowe jednej z grup produktów zawierającej 10 % dodatku wołowiny do wieprzowiny oraz jednej z grup próbek zawierającej 15 % udziału mięsa wołowego. Różnice w rozmieszczeniu symboli cech tych próbek najprawdopodobniej wynikały z różnic cech jakościowych surowców, z których przygotowywano produkty [1].

Wnioski

1. Stosując wielowymiarowe metody statystyczne można wyodrębnić takie związki lotne smakowo-zapachowe, powstające w reakcjach modelowych aminokwasu z cukrem redukującym, które będą związane z cechami sensorycznymi mięsa pieczonego. Oznacza to, że badania nad reakcjami termicznymi zachodzącymi w pro-

- duktach mięsnych i nad kształtowaniem ich cech sensorycznych można uprościć do doświadczeń modelowych.
2. W przypadku pieczonych produktów mięsnych przygotowanych z mielonych surowców wieprzowych i wieprzowo-wołowych, wyznacznikiem reakcji zachodzących w warstwach powierzchniowych i wewnętrznych oddzielnie, oraz w reakcjach modelowych lizyny z rybozą, było dziewięć związków lotnych: benzaldehyd, 1-hydroksypropan-2-on, butan-2-on, butan-2,3-diol, octan butylu, heptanal, oktanal, 2-pentylfuran i pentan-2,3-dion. Jednocześnie były one związane z cechami sensorycznymi tych produktów.
 3. Związki lotne: benzaldehyd, 1-hydroksypropan-2-on, butan-2-on, butan-2,3-diol i octan butylu wykazują cechy smakowo zapachowe maślane, karmelowe i owocowe. Heptanal, oktanal i 2-pentylfuran nadają produktom cechy tłuszczowe. Obecność wszystkich tych związków w próbkach mięsa po pieczeniu mogła być wynikiem zarówno reakcji oksydacji tłuszczu, jak i nieenzymatycznego brązowienia.
 4. Cechy sensoryczne produktów stanowiły dopełnienie cech smakowo-zapachowych związków lotnych. Były to cechy, których nie miały wymienione związki lotne: posmak goryczki, zapach przypalony, zapach mięsny i barwa.
 5. Wykorzystując wartości wszystkich wymienionych zmiennych (związków lotnych i cech sensorycznych) sklasyfikowano różnice między cechami jakościowymi badanego mięsa pieczonego, uwzględniając podział na warstwy powierzchniowe i wewnętrzne.

Badania sfinansowano z funduszy na działalność statutową Katedry Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW w Warszawie.

Literatura

- [1] Biller E.: Studia nad brązowaniem nieenzymatycznym i kształtowaniem cech smakowo-zapachowych w warunkach modelowych i w mięsie pieczonym. Wyd. SGGW, Warszawa 2011.
- [2] Byrne D.V., Bredie W.L.P., Mottram D.S., Martens M.: Sensory and chemical investigations on the effect of oven cooking on warmed-over flavour development in chicken meat. *Meat Sci.*, 2002, **61**, 127-139.
- [3] Bzducha A., Obiedziński M.W.: Badania nad związkami lotnymi serów z przerostem pleśni techniką analizy fazy nadpowierzchniowej (SPME) i chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią masową (GC/MS). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **2 (47)** Supl., 36-47.
- [4] Chen J., Ho C.-T.: The flavor of pork. In: *Flavor of meat, meat products and seafoods*. Ed. F. Shahidi. Ed. Blackie Academic and Professional, Londyn 1998, pp. 61-83.
- [5] Descalzo, A.M., Insani, E.M., Biolatto, A., Sancho, A.M., Garcia, P.T., Pensel, N.A.: Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. *Meat Sci.*, 2005, **70**, 35-44.

- [6] Elmore J.S., Mottram D.S., Hierro E.: Two-phase solid-phase micro-extraction combined with gas chromatography-mass spectrometry for the analysis of volatile aroma compounds in cooked pork. *J. Chromatogr. A*, 2000, **905**, 233-240.
- [7] Elmore, J.S., Cooper, S.L., Enser, M., Mottram, D.S., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G.: Dietary manipulation of fatty acid composition in lamb meat and its effect on the volatile aroma compounds of grilled lambs. *Meat Sci.*, 2005, **69**, 233-242.
- [8] El-Sayed A.M.: *The Pherobase: Database of Insect Pheromones and Semiochemicals*. HortResearch, Lincoln, New Zealand, (baza danych).
- [9] Gandemer G.: Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Meat Sci.*, 2002, **62**, 309-321.
- [10] García-González D.L., Tena N., Aparico-Ruiz R., Morales M.T.: Relationship between sensory attributes and volatile compounds quality of dry-cured hams. *Meat Sci.*, 2008, **80**, 315-325.
- [11] Machiels D., Istasse L., van Ruth S. M.: Gas chromatography-olfactometry analysis of beef meat originating from differently fed Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus bulls. *Food Chem.*, 2004, **86**, 377-383.
- [12] Machiels D., Istasse L.: Evaluation of two commercial solid-phase micro-extraction fibers for the analysis of target aroma compounds in cooked beef meat. *Talanta*, 2003, **61**, 529-537.
- [13] Macleod G.: The flavor of beef. In: *Flavor of meat, meat products and seafoods*. Ed. F.Shahidi. Ed. 2. Blackie Academic and Professional, London 1998, pp. 27-60.
- [14] Marušić N., Petrović M., Vidaček S., Petrak T., Medić H.: Characterization of traditional Istrian dry-cured ham by means of physical and chemical analyses and volatile compounds. *Meat Sci.*, 2011, **88**, 786-790.
- [15] Meinert L., Andersen L.T., Bredie W.L.P., Bjerregaard Ch., Aaslyng M.D.: Chemical and sensory characterisation of pan-fried pork flavour: Interactions between raw meat quality, ageing and frying temperature. *Meat Sci.*, 2007, **75**, 229-242.
- [16] Meynier A., Mottram D.S.: The effect of pH on the formation of volatile compounds in meat-related model system. *Food Chem.*, 1995, **52**, 361-366.
- [17] Mildner-Szkudlarz S., Zawirska-Wojtasiak R., Korczak J., Jeleń H.: A comparison of human and electronic nose responses to flavour of various food products of different degree of lipids oxidation. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2007, **57 (2)**, 195-202.
- [18] Mottram D.S.: The chemistry of meat flavor. In: *Flavor of meat, meat products and seafoods*. Ed. F.Shahidi. Ed. 2. Blackie Academic and Professional, London 1998, pp. 5-26.
- [19] Mottram D.S.: Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chem.*, 1998, **62 (4)**, 415-424.
- [20] Mottram R.: *The LRI and Odour Database*. Flavour Research Group. [online]. School of Food Biosciences, University of Reading, UK [dostęp: 02.01.2012]. Dostępna w Internecie: <http://www.odour.org.uk/lriindex.html>.
- [21] Nurjuliana M., Che Man Y.B., Hashim D.M., Mohamed A.K.S.: Rapid identification of pork for halal authentication using the electronic nose and gaschromatography mass spectrometer with head-space analyzer. *Meat Sci.*, 2011, **88**, 638-644.
- [22] O'Sullivan M.G., Byrne D.V., Jensen M.T., Andersen H.J., Vestergaard J.: A comparison of warmed-over flavour in pork by sensory analysis, GC/MS and the electronic nose. *Meat Sci.*, 2003, **65**, 1125-1138.
- [23] Resconi V.C., Campo M.M., Montossi F., Ferreira V., Sañudo C., Escudero A.: Relationship between odour-active compounds and flavour perception in meat from lambs fed different diets. *Meat Sci.*, 2010, **85**, 700-706.

- [24] Rivas-Cañedo A., Juez-Ojeda C., Nuñez M., Fernández-García E.: Volatile compounds in ground beef subjected to high pressure processing: A comparison of dynamic headspace and solid-phase micro-extraction. *Food Chem.*, 2011, **124**, 1201-1207.
- [25] Schindler S., Krings U., Berger R.G., Orlien V.: Aroma development in high pressure treated beef and chicken meat compared to raw and heat treated. *Meat Sci.*, 2010, **86**, 317-323.
- [26] Tikik K., Haugen J-E., Andersen H.J., Aaslyng M.D.: Monitoring of warmed-over flavor in pork using the electronic nose – correlation to sensory attributes and secondary lipid oxidation products. *Meat Sci.*, 2008, **80**, 1254-1263.
- [27] Vasta V., Luciano G., Dimauro C. Röhrle F., Priolo A., Monahan F.J., Moloney A.P.: The volatile profile of longissimus dorsi muscle of heifers fed pasture, pasture silage or cereal concentrate: Implication for dietary discrimination. *Meat Sci.*, 2011, **87**, 282-289.
- [28] Wang Y., Juliani H.R., Simon J.E., Ho Ch-T.: Amino acid – depended formation pathways of 2-acetylfuran and 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3[2H]-furanone in the Maillard reaction. *Food Chem.*, 2009, **115**, 233-237.
- [29] Wilches D., Rovira J., Jaime I., Palacios C., Lurueña-Martínez M. A., Vivar-Quintana A. M., Revilla I.: Evaluation of the effect of a maternal rearing system on the odour profile of meat from suckling lamb. *Meat Sci.*, 2011, **88**, 415-423.
- [30] Yu A-N., Zhang A-D.: Aroma compounds generated from thermal reaction of L-ascorbic acid with L-cysteine. *Food Chem.*, 2010, **121**, 1060-1065.

ATTEMPT TO IDENTIFY SENSORY FEATURES OF ROASTED MEAT USING VOLATILE COMPOUNDS IN MODEL REACTION BETWEEN LYSINE AND RIBOSE

S u m m a r y

The volatile compounds were determined produced in a roasted product of minced pork-beef meat and in thermal reactions between lysine and ribose for the purpose of identifying the same compounds produced those two processes. Additionally, upon completion of the roasting process, the sensory features of meat samples were analyzed.

The minced meat was used to make products of various percentage rates of pork and beef amounts contained therein [% (w/w)]: 100:0; 95:5; 90:10; and 85:15. The samples were thermally processed in a Phillips gastronomic roaster, type HD4454/A, at a temperature of 185 ± 5 °C. The volatile compounds were analyzed in the surface and inner layers of the meat products. The reactions between lysine and ribose were performed at the same temperature; the process times were changed as follows: 5, 10, 15, 30, 45, and 60 minutes.

Based on the research results, there were determined the sensorily active volatile compounds appearing characteristic for the thermal reactions occurring while roasting meat, and those produced during the reactions between lysine and ribose to determine some sensory features of meat. Using a factor analysis, the following significant, common variables were identified: benzaldehyde, butan-2-one, 1-hydroxypropan-2-one, butane-2,3-diol, butyl acetate, heptanal, octanal, pentane-2,3-dione, 2-pentylfuran, burnt aroma, bitter flavour, colour and aroma of meat. Next, a PCA analysis was used to classify the quality features of the meat products analyzed. On the basis of the projection of the cases onto the factor plane, two major subsets of point markers were identified; based thereon it was possible to distinguish between the quality features originating from the two layers of the meat products. Moreover, it was possible to find similarities of and differences among the qualitative features of the individual samples

in each of the two subsets. It was evidenced that volatile compounds could be identified in the model reactions between lysine and ribose that might be equated with the sensory features of roasted meat. Thus, the analyses of the product could be made simpler by using detail-focused model analyses.

Key words: meat, roasts, volatile compounds, reactions between lysine and ribose, sensory features 