

Dr inż. E. BILLER
Zakład Techniki w Żywieniu
Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, SGGW w Warszawie

PROFILE ZWIĄZKÓW ZAPACHOWYCH POWSTAJĄCYCH W RÓŻNYCH WARUNKACH MODELOWEJ REAKCJI LIZYNY Z RYBOZĄ®

Celem artykułu jest przedstawienie opracowanych (w wyniku badań własnych) profili zapachowych charakteryzujących różne etapy reakcji Maillarda. Reakcje przeprowadzono w warunkach symulujących pieczenie/opiekanie mięsa. Reagentami były lizyna i ryboza. Podstawą do opracowania rozrzutu cech aromatycznych była analiza związków lotnych (GC-MS). Zamiast nazw substancji wykorzystano ich cechy sensoryczne. Uzyskano w ten sposób profil specyficznych „nut” zapachowych, które mogą stanowić wskaźnik stopnia zaawansowania reakcji nieenzymatycznego brązowienia. Profil taki można wykorzystać do przygotowywania szczegółowych deskryptorów sensorycznych odzwierciedlających cechy jakościowe mięsa.

Słowa kluczowe: reakcje Maillarda, nieenzymatyczne brązowienie, aromat, związki lotne, mięso.

WPROWADZENIE

Poziom związków lotnych w materiałach spożywczych stanowi wskaźnik: źródła pochodzenia surowców i składu surowcowego produktów (np. identyfikacja zafałszowań), stopnia zaawansowania reakcji utlenienia tłuszczów, degradacji białek, cukrów, witamin i reakcji nieenzymatycznego brązowienia [2, 5, 9, 15, 17, 18, 23]. Wiele związków lotnych charakteryzuje się cechami smakowo-zapachowymi. Dzięki temu mogą służyć jako wstępny „identyfikator” cech jakościowych produktów spożywczych oraz rodzaju i ilości zastosowanych dodatków, np. przypraw. Substancje aromatyczne, zwłaszcza świadczące o stopniu zjełczenia tłuszczu, są łatwo identyfikowane przez konsumentów [11, 18]. Oznacza to, że istnieje możliwość szybkiej „analizy” jakości środka spożywczego za pomocą zapachu. Opracowanie zależności pomiędzy rodzajem tworzących się związków lotnych, a ich cechami sensorycznymi, mogłoby mieć zastosowanie praktyczne. W ten sposób można by wstępnie określić świeżość tłuszczu lub „oszacować” stopień przypalenia produktu. Innym zastosowaniem takiej analizy może być opracowywanie szczegółowych deskryptorów sensorycznych. Można by przeszkolić jurorów do rozpoznawania pojedynczych „nut” zapachowych i przeprowadzać bardzo szczegółowe, precyzyjne, badania sensoryczne.

Celem przeprowadzonej pracy badawczej było „zbudowanie” i „uporządkowanie” profili zapachowych, powstających w wyniku reakcji lizyny z rybozą, przeprowadzanych w wystandaryzowanych warunkach pH, czasu i temperatury.

Doświadczenie zostało tak zaplanowane, aby uzyskać warunki zbliżone do panujących podczas obróbki termicznej mięsa.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań

Materiałem do badań były mieszaniny poreakcyjne uzyskane po ogrzewaniu lizyny z rybozą w czasie 5, 10, 15, 30, 45 i 60 minut. Przygotowano reagenty: 0,1M wodny roztwór L-lizyny (Sigma, czystość $\geq 98\%$) oraz 0,1M wodny roztwór

D-rybozy (SAFC Supply Solution, czystość $\geq 97\%$). Oba roztwory zmieszano w równych objętościach (po 10 cm³). Ich pH doprowadzono do wartości 5,60, dodając bufor fosforanowy o pH 4 (Chempur, Na₂HPO₄·C₆H₈O₇·xH₂O). Próbkę ogrzewano wewnątrz komory roboczej opiekacza gastronomicznego (Philips HD4454/A) w temperaturze 185±5 °C. Temperatura obróbki i wystandaryzowane pH miały symulować warunki opiekania/pieczczenia mięsa. Przebieg doświadczenia i metodykę dokładnie opisano w innej publikacji [1].

Analiza związków lotnych

Związki lotne badano stosując następujące parametry analizy chromatograficznej: temperatura inżektora 200 °C, temperatura pieca 40-220 °C (4°C/min), ciśnienie gazu (hel) 35,2 kPa, temperatura źródła jonów 170 °C, rodzaj kolumny ZB-WAX Plus (30 mx0,25 µmx0,25 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 minut, temperatura termostatowania i ekstrakcji - 60 °C, czas adsorpcji - 30 minut. Do prób dodawano standard wewnętrzny (IS) 1,2-dichlorobenzen (Fluka, czystość $\geq 99\%$). Masa dodanego IS wynosiła 1,306 µg. Wszystkie analizy przeprowadzono trzykrotnie. Badania przeprowadzono w Zakładzie Oceny Jakości Żywności na Wydziale Nauk o Żywności SGGW.

Interpretacja chromatogramów

Związki lotne zidentyfikowano następującymi metodami: 1. Porównywano ich widma masowe z widmami znanych związków zawartych w bibliotekach (NIST 147, PAL 600 oraz NIST 02); 2. Wyliczono ich liniowe indeksy retencji (LRI) na podstawie standardu węglowodorów (Fluka, C₈-C₂₀); 3. Porównywano LRI z informacjami podanymi w bazach danych [5, 13]. Pola powierzchni pod pikami zidentyfikowanych związków podzielono przez pole powierzchni pod pikiem IS. W ten sposób wyrażono względny udział (indeks udziału/ilość) każdej substancji w stosunku do ilości standardu wewnętrznego.

Identyfikacja związków zapachowych

Na podstawie danych literaturowych [5, 13] substancjom aktywnym sensorycznie przypisywano odpowiadające im

określenia (tab. 1). Ich cechy wyrażano maksymalnie dwoma słowami. Przykładowo, heksanal w literaturze [5] jest charakteryzowany jako: zielony, owocowy, żółdziowy, łożowy, rybny, tłuszczowy, ziołowy, liściasty. Przyjęto więc, że ma cechy roślinne (zielone) ale również tłuszczowe (stąd zielony/tłuszczowy). Nonanal jest: pieczeniowy, zielony, łożowy, owocowy, benzynowy, chlorowy, kwiatowy, woskowy, słodki, melonowy, mydlany, tłuszczowy, lawendowy, owoców cytrusowych [5]. Scharakteryzowano go więc jako tłuszczowy z „nutą” owocową: tłuszczowo-owocowy.

Obliczenia ilościowe „aromatów”

Zastąpiono nazwy związków lotnych przypisanymi im określeniami, uwzględniając ich indeksy udziału. Np. po 15 minutach reakcji względne ilości heksanal, (E)-dek-2-enalu i heptanal wynosiły odpowiednio: 98,7, 5,4 oraz 1,2 [-]. Jako „miarę” zapachu zielonego/tłuszczowego przyjęto więc 105,3 [-].

Analiza statystyczna

Wyniki analiz: rodzaje cech, ich „udziały” [-] oraz czas reakcji, poddano analizie skupień; zastosowano też analizę składowych głównych (PCA). Do obliczeń wykorzystano program Statistica 8.0.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

W tab. 1. zawarto „aktywne” sensorycznie związki lotne, które zidentyfikowano po poszczególnych etapach reakcji lizyny z rybozą oraz podano ich cechy zapachowe.

Po przeprowadzeniu analizy skupień uzyskano profil zapachowy charakteryzujący każdy stopień zaawansowania reakcji. Klasyfikację cech przeprowadzono łącznie dla 5 i 10, 15 i 30 oraz 45 i 60 minut ogrzewania (rys. 1, 2, 3). Nie można było przedstawić wspólnej analizy dla wszystkich sześciu etapów procesu, ponieważ była zbyt liczna liczba przypadków.

Po 5 minutach ogrzewania w mieszaninach poreakcyjnych zidentyfikowano związki, które mogły być odpowiedzialne za 13 różnych cech sensorycznych (rys. 1.).

Łączny, średni, udział odpowiadających im substancji, wahał się w granicach od poniżej 10 [-] do około 170 [-] (wartości uwzględnione w legendzie). Taki profil związków aktywnych zapachowo, nie był wyczuwalny sensorycznie dla człowieka. Próbkę określono jako bezwoną. To samo stwierdzono po 10 minutach reakcji. Po 5 minutach procesu najczęściej było związków o cechach „przypalonych” (z powodu obecności pirydyny) oraz owocowych/ostrych (octan butylu oraz octan (Z i E)-heks-3-enylu), i maślanych/śmietankowych (butan-2,3-dion). Pochodne pirydyny powstają w reakcjach rybozy z lizyną w szczególnie dużych ilościach [10]. Butan-2,3-dion jest identyfikowany

Tabela 1. Określenia sensoryczne odpowiadające związkom aktywnym sensorycznie powstającym w reakcji lizyny z rybozą

Table 1. Sensory descriptors corresponding with sensory active volatile compounds being formed in reaction of lysine with ribose

Lp.	Cechy sensoryczne	Rodzaje związków		
1.	zielony/tłuszczowy	heksanal	(E)-dek-2-enal	heptanal
2.	zielony/aldehydowy	oktanal		
3.	migdałowy	(E)-heks-2-enal	pentanal	furan-2-karbaldehyd
4.	gorzkich migdałów	benzaldehyd		
5.	tłuszczowy	(E)-okt-2-enal		
6.	tłuszczowo owocowy	nonanal		
7.	tłuszczowo aldehydowy	deka-2,4-dienal	3-hydroksybutan-2-on	
8.	tłuszczowy/serowy	kwas oktanowy		
9.	ostry/zjełczały	kwas propanowy		
10.	maślany/śmietankowy	butan-2,3-dion		
11.	maślany/ostry	pentan-2,3-dion	pyrazyna	
12.	maślany/zielony	2-pentylfuran		
13.	owocowy	butan-2,3-diol		
14.	słodkich owoców	6-metylhept-5-en-2-on	2-metylbutanian etylu	propanian pentylu
15.	owocowy/bananowy	octan-3-metylbutylu	butanian etylu	3-metylbutan-1-ol
16.	owocowy/ziołowy	octan heksylu		
17.	owocowy/ostry	octan butylu	octan (Z i E)-heks-3-enylu	
18.	kwiatowy/owocowy	butan-1-ol	dl-limonen ¹	linalol ²
19.	karmelowy/słodki	octan etylu		
20.	karmelowy/przypalony	furan-2-ylmetanol		
21.	ziołowy/miętowy	mentol ³	izomenton ⁴	
22.	woskowy/ziołowy	octan terpinylu ⁵		
23.	woskowy	pentan-1-ol	toluen	
24.	drzewiasty/trawiasty	heksan-1-ol		
25.	orzechowy/trawiasty	(E)-heks-2-en-1-ol		
26.	słodki/zjełczały	kwas heksanowy		
27.	grzybowy	okt-2,3-dion		
28.	grzybowy/metaliczny	okt-1-en-3-on		
29.	kwaśny	kwas octowy		
30.	przypalony	pirydyna		
31.	przypalony/pieczeniowy	2-metylpyrazyna		
32.	żywiczy	pinen ⁶		
33.	duszący	propan-2-ol		

¹ 1-metyl-4-prop-1-en-2-ylcykloheksen

² 3,7-dimetylokt-1,6-dien-3-ol

³ (1S,2R,5S)-5-metyl-2-propan-2-cykloheksan-1-ol

⁴ (2R,5R)-2-izopropyl-5-metyl-cykloheksan-1-on

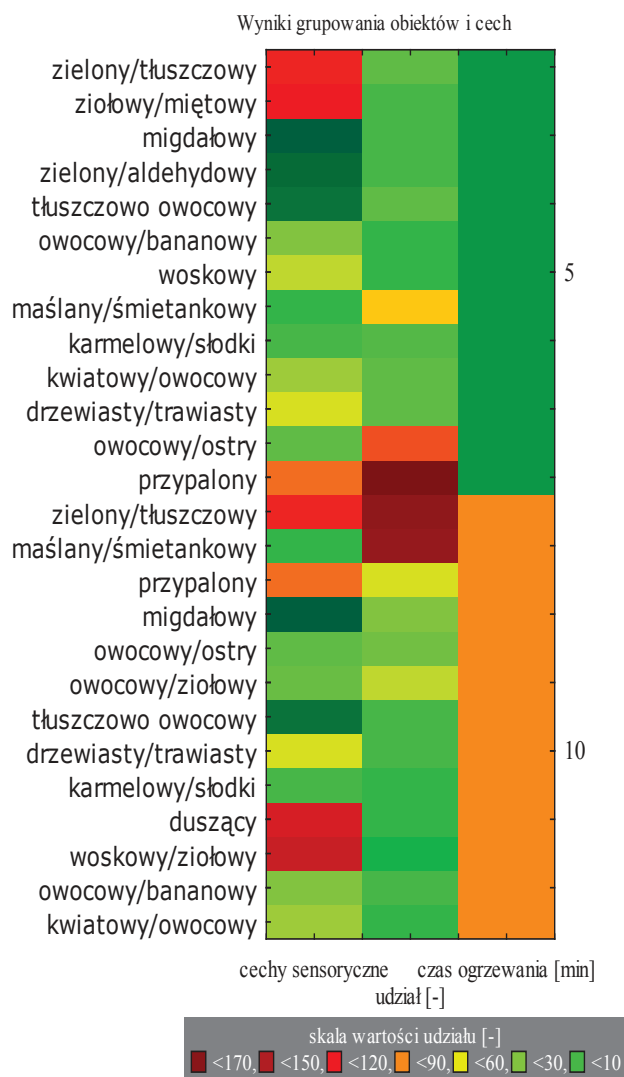
⁵ octan (4-metyl-1-propan-2-ylcykloheks-2-en-1-ylu)

⁶ (1S,5S)-7,7-dimetyl-4-metylidenebicyclo[3.1.1]heptan, (1S,5S)-7,7-dimetyl-4-metylidenebicyclo[3.1.1]heptan

Źródło: Badania własne

w mięsie przez wielu autorów [4, 9, 19]. Również estry powstają w mięsie, jako wtórny produkt reakcji kwasów z alkoхолami [3].

W ilościach mniejszych, od wymienionych powyżej, znajdowały się związki kształtujące takie cechy jak: kwiatowy/owocowy i drzewiasty/trawiasty, zielony/tłuszczowy, tłuszczowo/owocowy. Następny pod względem indeksu udziału był zapach karmelowy/słodki, natomiast najmniej było związków odpowiedzialnych za cechy: ziołowy/miętowy, migdałowy, zielony/aldehydowy, owocowy/bananowy i woskowy.



Rys. 1. Rozrzut cech zapachowych powstających po 5. i 10 minutach reakcji lizyny z rybozą; wartości podane w legendzie zawierają indeksy udziałów związków lotnych odpowiedzialnych za dane cechy.

Fig. 1. Distribution of aroma features being formed during 5. and 10 minutes' reaction of lysine with ribose; presented in the legend values, include the amount of volatile compounds that are responsible for particular sensory features.

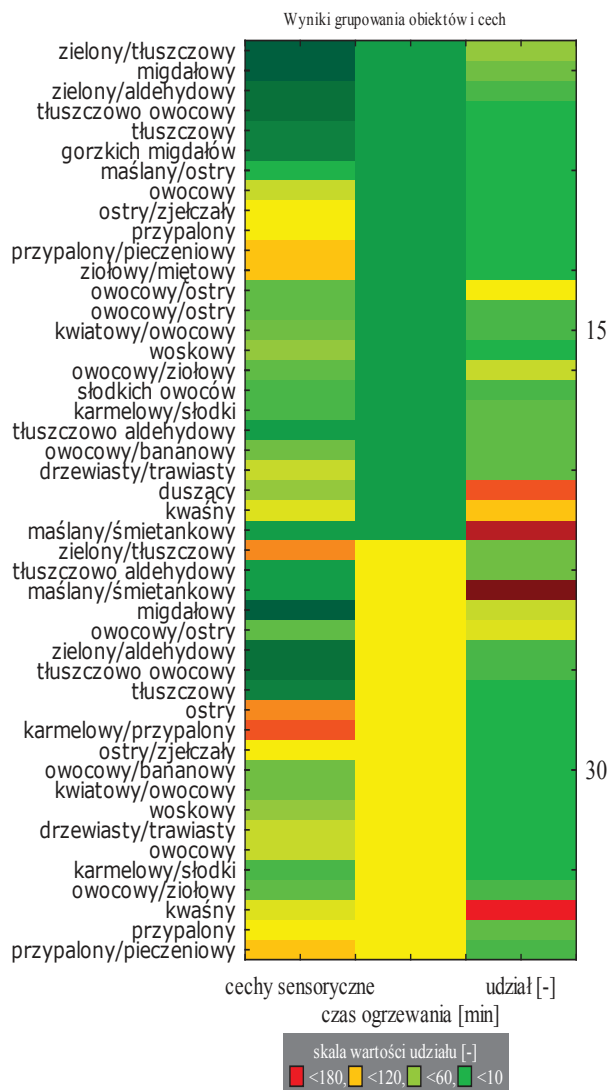
Źródło: Badania własne

Po 10 minutach ogrzewania profil związków się zmienił. Ilościowo najwięcej było substancji nadających próbce cechy zielone/tłuszczowe (głównie heksanal) i maślane/śmietankowe. Aldehydów, w tym heksanal, szczególnie dużo powstaje podczas obróbki termicznej mięsa i stanowią one istotny składnik aromatu mięsnego [12]. Uważa się, że heksanal jest pochodną oksydacji kwasu linolowego [8], ale jak udowodniono [1] powstaje także w reakcjach Maillarda. Związki określone wcześniej jako „przypalone” występowały w mniejszych ilościach. Więcej niż po 5 minutach ogrzewania było substancji o cechach owocowych/zielonych, migdałowych, owocowych/ostrych. Również pozostałe, wspólne dla obu etapów cechy, po 10 minutach procesu, były reprezentowane przez większy udział substancji lotnych

odpowiadających za ich percepcję. W próbkach tych nie było zapachu: ziołowego/miętowego, zielonego/aldehydowego, woskowego, natomiast był owocowy/ziołowy, duszący, woskowy/ziołowy, którego nie było po 5 minutach reakcji.

Posługując się udziałami poszczególnych związków należy podkreślić, że nie uwzględniano w tej analizie ich progów wyczuwalności sensorycznej. Badano jedynie indeksy zawartości substancji lotnych w stosunku do ilości dodanego standardu wewnętrznego.

Po 15 i 30 minutach reakcji zanotowano odpowiednio 24 i 21 różnych cech zapachowych (rys. 2.).



Rys. 2. Rozrzut cech zapachowych charakterystycznych dla 15 i 30 minut procesu; wartości podane w legendzie wyjaśniono powyżej.

Fig. 2. Distribution of the aroma features that are specific for 15 and 30 minutes' reaction; the values included in the legend have been explained above – fig. 1.

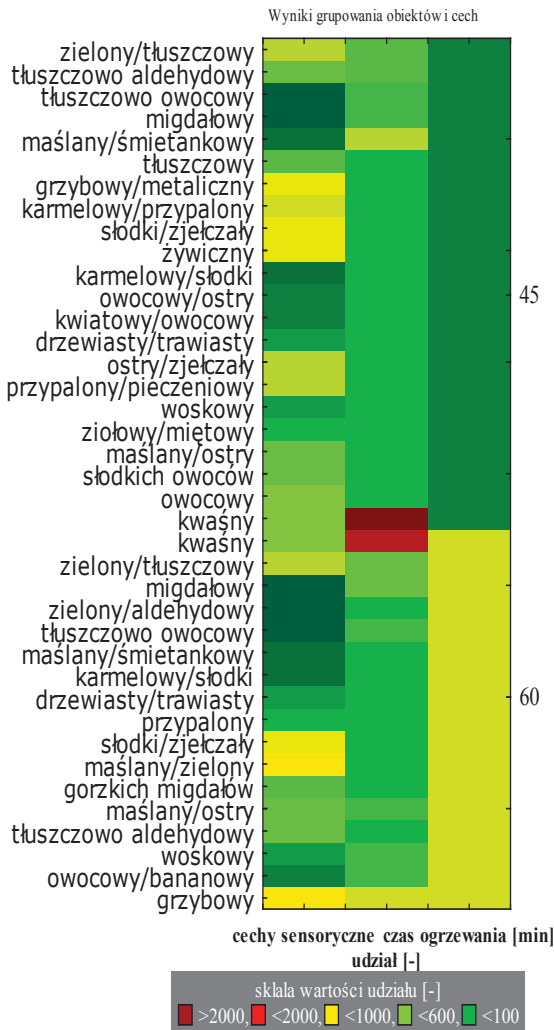
Źródło: Badania własne

Po 15 minutach procesu próbka charakteryzowała się intensywnym zapachem słodkim i owocowym (wyczuwalnymi zmysłem węchu). Po 30 minutach reakcji cechy te (odczuwane powonieniem) były już zupełnie inne: zbliżone do pieczonego piernika lub/i pasztetu. Analiza profilu związków aktywnych sensorycznie w próbce ogrzewanej przez 15 minut

wykazała, że najwięcej było substancji odpowiedzialnych za aromat maślany/śmietankowy, ale także duszący. Cechy duszące nadaje propan-2-ol.

Istotny był udział substancji nadających cechy kwaśne oraz owocowe/ostre. Te pierwsze były wynikiem tworzenia się kwasu octowego. Kwasy organiczne powstają głównie na skutek fragmentacji cukrów – i tutaj głównymi produktami reakcji jest właśnie kwas octowy i kwas formowy [22]. Kwas octowy jest związkiem często identyfikowanym w mięsie [4, 14, 16].

Następne pod względem udziału były związki o aromacie owocowym/ziółowym. W mniejszych poziomach znajdowały się substancje zapachowe odpowiedzialne za cechy karmelowe/słodkie, tłuszczowo aldehydowe, owocowe/bananowe, drzewiaste/trawiaste, zielone/tłuszczowe i migdałowe; następnie: zielone/aldehydowe, kwiatowe/owocowe oraz słodkich owoców. Najmniejszy udział miały związki o cechach: tłuszczowo/owocowe, tłuszczowe, gorzkich migdałów, maślane/ostre, owocowe, ostre/zjełczałe, przypalone, przypalone/pieczeniowe i woskowe.



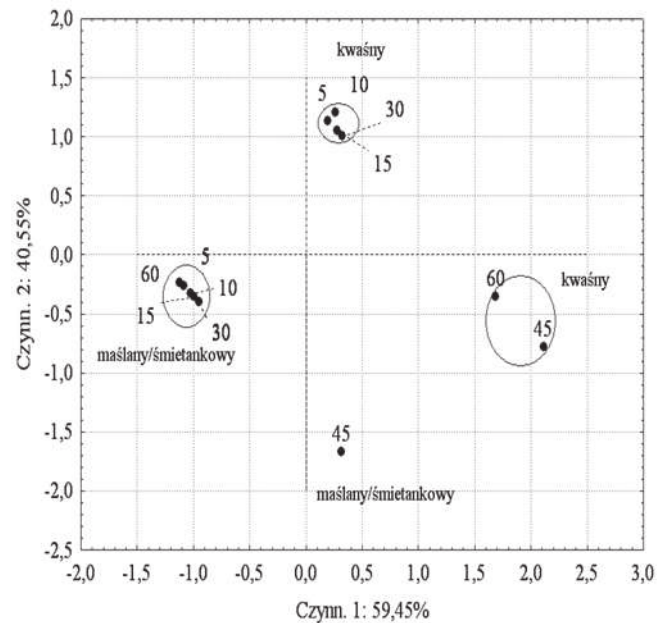
Rys. 3. Cechy zapachowe mieszanin lizyny z rybozą ogrzewanych przez 45 i 60 minut.

Fig. 3. Aroma features of the post-reaction mixtures, obtained as a result of lysine with ribose heating after 45. and 60 minutes of the process.

Źródło: Badania własne

W następnym etapie reakcji dominowały cechy maślane/śmietankowe tak jak poprzednio, ale udział związków, które były za nie odpowiedzialne był większy. Aromat maślany/śmietankowy był już dominujący po 10 minutach procesu, a średni udział związku kształtującego ten zapach (butan-2,3-dionu) systematycznie ulegał intensyfikacji od 10 do 30 minuty reakcji. Wymieniona substancja więc mogłaby być wykorzystana jako wskaźnik stopnia zaawansowania omawianej reakcji. Kolejnym charakterystycznym aromatem był kwaśny, który „wzrósł” po 30 minutach, w stosunku do 15 minut ogrzewania. Związków nadających zapach kwaśny nie było ani po 5, ani po 10 minutach procesu. Po 30 minutach reakcji kolejną dominującą cechą, mierzona indeksem udziału odpowiednich związków lotnych, była owocowa/ostra, a następną – migdałowa. Dalej w kolejności należy wymienić aromaty: zielony/tłuszczowy, tłuszczowo aldehydowy oraz przypalony. Mniej było związków odpowiedzialnych za cechy takie jak zielony/aldehydowy oraz tłuszczowo owocowy, a także owocowy/ziółowy. Najmniej ilościowo było substancji nadających takie cechy zapachowe, jak tłuszczowy, ostry, karmelowy/przypalony, ostry/zjełczały, owocowy/bananowy, kwiatowy/owocowy, woskowy, drzewiasty/trawiasty, owocowy, karmelowy/słodki i przypalony/pieczeniowy. Po 30 minutach procesu brak było w stosunku do 15 minuty takich cech zapachowych jak gorzkich migdałów, maślane-go/ostrego, zielonego/miętowego, słodkich owoców, duszącego, natomiast zidentyfikowano związki nadające aromaty, których nie było po 15 minutach ogrzewania i były to ostry oraz karmelowy/przypalony.

Po 45 i 60 minutach reakcji zidentyfikowano odpowiednio 22 i 17 różnych cech zapachowych (rys. 3.).



Rys. 4. Wynik klasyfikacji zapachów maślany/śmietankowy i kwaśny metodą PCA; 5, 10, 15, 30, 45, 60 – czas reakcji.

Fig. 4. Results of the classification of buttery/creamy and sour aroma by PCA method; 5, 10, 15, 30, 45, 60 – reaction’s time.

Źródło: Badania własne

Po 45 i 60 minutach reakcji najwięcej było związku odpowiedzialnego za cechy zapachowe kwaśne. Udział kwasu octowego w tej fazie procesu wzrósł wielokrotnie w stosunku do poprzednich etapów, co można zauważyć analizując skalę legendy na poszczególnych rysunkach (rys. 3.). Wciąż bardzo istotny udział w ogólnym profilu zapachowym posiadał zapach maślany/śmietankowy. Po 60 minutach procesu był on reprezentowany przez mniejszy niż po 45 minutach średni poziom butan-2,3-dionu, natomiast ilość ta była wciąż bardzo duża, bo w skali podanej w legendzie reprezentowała grupę substancji o indeksie udziału zawartym pomiędzy 100 a 600 [-]. Fakt ten potwierdził wcześniejsze spostrzeżenie, że aromat ten może być wyznacznikiem stopnia zaawansowania reakcji. Indeks udziału butan-2,3-dionu wzrastał od 10 do 45 minuty ogrzewania, a następnie zmniejszał się. Drugim wskaźnikiem mogą być cechy kwaśne, które również ulegały intensyfikacji (mierzonej poziomem zawartości kwasu octowego) od 15 do 60 minuty procesu. Po 60 minucie reakcji charakterystycznym zapachem był grzybowy. Nie występował on po żadnym wcześniejszym etapie ogrzewania, a w końcowej fazie miał znaczny udział w kształtowaniu się cech zapachowych. Jego obecność może więc oznaczać bardzo zaawansowany etap reakcji, graniczący z przypaleniem próbki, ponieważ po 60 minutach mieszanina reakcyjna była ciemno brązowa i raczej nieprzyjemna pod względem cech sensorycznych. Związkiem odpowiedzialnym za cechy grzybowe był oktan-2,3-dion. Substancja ta została wcześniej zidentyfikowana przez wielu autorów w mięsie [4, 15, 21, 23].

Po 45 minutach procesu, na trzecim miejscu pod względem udziału, były związki odpowiedzialne za cechy: zielony/tłuszczowy i tłuszczowo aldehydowy, następnie tłuszczowo owocowy i migdałowy, a najmniej związków „reprezentowało” takie aromaty jak: tłuszczowy, grzybowy/metaliczny, karmelowy/przypalony, słodki/zjełczały, żywiczny, karmelowy/słodki, owocowy/ostry, kwiatowy/owocowy, drzewiasty/trawiasty, ostry/zjełczały, przypalony/pieczeniowy, woskowy, ziołowy/miętowy, maślany/ostry, słodkich owoców i owocowy.

Po 60 minutach ogrzewania, po cechach kwaśnych i grzybowych, należy wymienić: zielony/tłuszczowy i migdałowy, następnie tłuszczowo/owocowy, maślany/ostry, woskowy, owocowy/bananowy, a jako ostatnie pod względem indeksów udziału związków macierzystych: zielony/aldehydowy, maślany/śmietankowy (wymieniony wcześniej), karmelowy/słodki, drzewiasty/trawiasty, przypalony, słodki/zjełczały, maślany/zielony i gorzkich migdałów.

Powyższa analiza pozwoliła na wyodrębnienie dwóch związków aktywnych sensorycznie, które zmieniały się w „uporządkowany” sposób, a ich udział był znaczący. Wykorzystując tę wiedzę (związki odpowiedzialne za cechy maślane/śmietankowe oraz kwaśne), przeprowadzono analizę składowych głównych (rys. 4). Na jej podstawie można było sklasyfikować podobieństwa i różnice intensywności obu cech po różnych etapach reakcji. Po 5, 10, 15 i 30 minutach ogrzewania zapach kwaśny był podobny (wówczas ilość kwasu octowego sukcesywnie wzrastała). Aromat kwaśny zupełnie się zmienił po 45 i 60 minutach procesu. Po tych etapach reakcji poziom kwasu octowego był ponad dwa razy większy niż udział standardu wewnętrznego. Oznaczało to,

że znaczny udział kwasu octowego w próbce mógł sugerować zaawansowany stopień reakcji Maillarda.

Indeks udziału związku odpowiedzialnego za zapach maślany/śmietankowy był najwyższy po 45 minutach ogrzewania. Próba ta była zupełnie inna pod tym względem od pozostałych.

Przedstawiona powyżej symulacja umożliwiła sklasyfikowanie cech zapachowych mieszanin poreakcyjnych i przełożenie wyników szczegółowych badań analitycznych na prostszy i bardziej praktyczny „język”. Potwierdzono tym samym, że wiedza na temat pojedynczych cech zapachowych może być bardzo przydatna do opracowywania deskryptorów sensorycznych oceny mięsa oraz do szkolenia wysoko wyspecjalizowanych zespołów badawczych. Dzięki przeprowadzonej powyżej analizie wyłoniono związki, które mogłyby stanowić wskaźnik intensywności zmian chemicznych zachodzących podczas procesów przetwórczych produktów spożywczych, głównie mięsnych ze względu na obecność rybozy jako reagenta. Praca nawiązuje też do innych metod oceny mięsa przedstawionych np. przez Gozdecką [7] oraz Gozdecką i Szorca [6] oraz do metod oceny zagospodarowania odpadów z przetwórstwa mięsnego charakteryzujących się dużą ilością lotnych produktów zapachowych [8, 20].

WNIOSKI

1. Zastępując nazwy związków lotnych charakterystycznymi dla nich określeniami sensorycznymi, opracowano profil zapachowy mieszanin poreakcyjnych uzyskanych po ogrzewaniu lizyny z rybozą w wystandardyzowanych warunkach czasu i temperatury.
2. Na podstawie uzyskanego rozrzutu pojedynczych cech zapachowych, można by opracować uniwersalne określenia sensoryczne, przydatne do badania mięsa i jego przetworów.
3. W wyniku analizy „zidentyfikowano” aromaty, które mogłyby służyć jako wskaźnik stopnia zaawansowania reakcji nieenzymatycznego brązowienia w mięsie i jego pochodnych. Zapachami tymi były maślany/śmietankowy i kwaśny.
4. Proponowany sposób opracowywania i interpretacji wyników uzyskiwanych po analizie związków lotnych nie był wcześniej publikowany w literaturze. Może być on przydatny do opracowywania nowoczesnych i doskonałych metod oceny sensorycznej produktów spożywczych, łącząc badania chemiczne z sensorycznymi i przyczyniając się do postępów w dziedzinie analizy żywności i przetwórstwa spożywczego.

LITERATURA

- [1] **BILLER E. 2011.** Studia nad brązowaniem nieenzymatycznym i kształtowaniem cech smakowo-zapachowych w warunkach modelowych i w mięsie pieczonym. Wyd. SGGW, Warszawa.
- [2] **BZDUCHA A., OBIEDZIŃSKI M.W. 2006.** *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, 2 (47) Supl., 36-47.
- [3] **CHEN J., HO C.-T. 1998.** *The flavor of pork*. In: Flavor of meat, meat products and seafoods. Ed. 2. Shahidi F. Ed. Blackie Academic and Professional, Londyn, pp. 61-83.
- [4] **ELMORE J.S., MOTTRAM D.S., HIERRO E. 2000.** *Two-phase solid-phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry for the analysis of volatile aroma compounds in cooked pork*. J. Chromatogr. A, 905, 233-240.
- [5] **EL-SAYED A.M.** *The Pherobase: Database of Insect Pheromones and Semiochemicals*. HortResearch, Lincoln, New Zealand, (baza danych).
- [6] **GOZDECKA G., SZORC J. 2006.** *Badania wpływu elektrostymulacji wysokonapięciowej na zmiany pobojowe elementów tuszy wołowej*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 1, 35-39.
- [7] **GOZDECKA G. 2006.** *Zastosowanie obiektywnej metody kolorymetrycznej do oceny barwy mięsa*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 2, 35-37.
- [8] **LEE J. KIM D.-H., CHANG P.-S., LEE J. 2007.** *Headspace-solid phase microextraction (HS-SPME) analysis of oxidized volatiles from free fatty acid (FFA) and application for measuring hydrogen donating antioxidant activity*. Food Chem. 105, 414-420.
- [9] **MACHIELS D., ISTASSE L. 2003.** *Evaluation of two commercial solid-phase microextraction fibers for the analysis of target aroma compounds in cooked beef meat*. Talanta, 61, 529-537.
- [10] **MEYNIER A., MOTTRAM D.S. 1995.** *The effect of pH on the formation of volatile compounds in meat-related model system*. Food Chem., 52, 361-366.
- [11] **MILDNER-SZKUDLARZ S., ZAWIRSKA-WOJTASIAK R., KORCZAK J., JELEŃ H. H. 2007.** *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., 57 (2), 195-202.
- [12] **MOTTRAM D.S. 1998.** *Flavour formation in meat and meat products: a review*. Food Chem., 62 (4), 415-424.
- [13] **MOTTRAM R.** The LRI and Odour Database. Flavour Research Group, School of Food Biosciences, University of Reading, UK, (baza danych).
- [14] **POLIGNÉ I., COLLIGNAN A., TRYSTRAM G. 2001.** *Characterization of traditional processing of pork meat into boucané*. Meat Sci., 59, 377-389.
- [15] **RAES K., BALCAEN A., DIRINCK P., DE WINNE A., CLAEYS E., DEMEYER D., DE SMET S. 2003.** *Meat quality, fatty acid composition and flavor analysis in Belgian retail beef*. Meat Sci., 2003, 65, 1237-1246.
- [16] **RIVAS-CAÑEDO A., JUEZ-OJEDA C., NUÑEZ M., FERNÁNDEZ-GARCÍA E. 2011.** *Volatile compounds in ground beef subjected to high pressure processing: A comparison of dynamic headspace and solid-phase microextraction*. Food Chem., 124, 1201-1207.
- [17] **SADOWSKA A., BILLER E. 2011.** *Brunatnienie nieenzymatyczne wybranych produktów spożywczych – skutki negatywne i pozytywne*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 2, 85-88.
- [18] **TIKK K., HAUGEN J.-E., ANDERSEN H.J., AASLYNG M.D. 2008.** *Monitoring of warmed-over flavor in pork using the electronic nose – correlation to sensory attributes and secondary lipid oxidation products*. Meat Sci., 80, 1254-1263.
- [19] **WETTASINGHE M., VASANTHAN TH., TEMELLI F., SWALLOW K. 2001.** *Volatile flavour composition of cooked by-product blends of chicken, beef and pork: a quantitative GC-MS investigation*. Food Res. Int., 34, 149-158.
- [20] **WÓJTOWICZ A., MOŚCICKI L. 1998.** *Metoda zagospodarowania odpadów hodowlanych i przetwórstwa mięsnego*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 1/2, 45-48.
- [21] **YANG SP., LEE JM. LEE JC., LEE JH. 2007.** *Effects of riboflavin-photosensitization on the formation of volatiles in linoleic acid model systems with sodium azide or D₂O*. Food Chem., 105, 1375-1381.
- [22] **YU A.-N., SUN B.-G., TIAN D.-T., QU W.-Y. 2008.** *Analysis of volatile compounds in traditional smoke-cured bacon (CSCB) with different fiber coating using SPME*. Food Chem., 110, 233-238.
- [23] **YU A.-N., ZHANG A.-D. 2010.** *The effect of pH on the formation of aroma compounds produces by heating a model system containing L-ascorbic acid with L-threonine/L-serine*. Food Chem., 119, 214-219.

FLAVOUR PROFILES OF VOLATILE COMPOUNDS BEING FORMED IN THE MODEL

SUMMARY

The aim of the investigations was to elaborate the profiles of flavor that have been obtained as a result of various stages of Maillard's reactions. These reactions were held in such conditions that imitated baking/broiling browning of meat. Lysine and ribose were used as reagents. The basis of the description of the distribution of aroma features was the analysis of the volatile compounds (by GC-MS method). The sensory features of the volatile compounds were used instead of the names of them. It was the way in which the specific profile of the single score of flavour has been obtained. These single flavour features can be the markers of the degree of the advancement of the non-enzymatic browning reaction. This profile could be used for preparing of the detailed sensory descriptors that reflect the features of meat's quality.

Key words: Maillard reactions, non-enzymatic browning, aroma, flavor, volatile compounds, meat.