

ELŻBIETA BILLER

WPŁYW WYBRANYCH CECH SUROWCA NA WSKAŹNIK ZBRĄZOWIENIA I TEKSTURĘ MODELOWEGO WYROBU PIECZONEGO Z MIĘSA MIELONEGO

Streszczenie

W pracy określono wpływ wybranych cech surowego mielonego mięsa wieprzowo-wołowego (w układach modelowych), tj.: pH, udziału mięsa wieprzowego i wołowego oraz barwy surowych produktów na wskaźnik zbrązowienia (BI) powierzchni i warstw wewnętrznych, jak również na siłę potrzebną do przecięcia modelowego produktu pieczonego. Przygotowano następujące produkty modelowe z mięsa mielonego: 0 – wieprzowina o naturalnym pH (5,31); K – wieprzowina o wystandaryzowanym pH (5,60); próbki będące mieszaniną mięsa wieprzowego z 5-, 10- i 15-procentowym dodatkiem mięsa wołowego. W modelowych, surowych produktach oznaczono pH oraz zmierzono barwę (L^* a^* b^*). Próbki poddano pieczeniu w opiekaczu gastronomicznym Philips, typ HD4454/A, w temperaturze 185 ± 5 °C, w ciągu 30 min. W modelowych produktach pieczonych zmierzono barwę powierzchni i warstw wewnętrznych oraz oznaczono siłę cięcia [N/cm^2] z zastosowaniem noża Warnera-Bratzlera. Z parametrów charakteryzujących barwę produktów pieczonych wyliczono wskaźnik zbrązowienia (BI). Stwierdzono, że pH oraz składowe barwy L^* (jasność) i b^* (nasycenie barwy żółtej) surowców statystycznie istotnie wpłynęły na BI warstw powierzchniowych modelowych produktów pieczonych, natomiast BI charakteryzujący warstwy wewnętrzne modelowych produktów pieczonych był zależny od pH oraz składowych barwy a^* i b^* surowców. Siła cięcia była determinowana udziałem wołowiny w układzie modelowym, pH oraz składową a^* surowca przed pieczeniem, była ponadto skorelowana z parametrami L^* i b^* warstw powierzchniowych modelowego produktu pieczonego oraz z parametrem L^* , charakteryzującym warstwy wewnętrzne modelowych produktów, nie była natomiast skorelowana ze wskaźnikiem zbrązowienia (BI).

Słowa kluczowe: mielone mięso wieprzowe i wołowe, pieczenie, brązowienie nieenzymatyczne, barwa, wskaźnik BI, tekstura

Wprowadzenie

Cechy jakościowe produktów mięsnych, w tym ich wartość żywieniowa i bezpieczeństwo zdrowotne, zależą m.in od cech surowców, z których się wytwarza [19].

Dr inż. E. Biller, Katedra Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa

Badania kontrolne surowego mięsa, jak i gotowych wyrobów, są czasochłonne, skomplikowane i kosztowne. Można jednak poszukiwać zależności między prostymi do oceny zmiennymi cechami jakościowymi surowców i wytworzonych z nich produktów. Kontrolując te cechy, można z kolei wpływać na jakość gotowych wyrobów oferowanych konsumentom.

Jednym z najprostszych wyróżników charakteryzujących przydatność technologiczną surowego mięsa jest jego pH. Wpływ tego czynnika na cechy tekstury wyrobów gotowych jest znany [9, 11, 15, 19, 24]. Oprócz kształtowania kruchości czy soczystości pH środowiska istotnie wpływa na przebieg reakcji nieenzymatycznego brązowienia [3, 15, 17]. Mięso surowe o zróżnicowanym pH, przygotowywane i obrabiane w identycznych warunkach, może charakteryzować się innym stopniem zbrązowienia [4]. Rodzaj, wartość odżywcza oraz biologiczna aktywność nowo powstałych związków o brązowej barwie zależą od dawki cieplnej zastosowanej podczas obróbki termicznej, np. pieczenia, opiekania czy smażenia. Proces ten ma inny przebieg w warstwach powierzchniowych i wewnętrznych przygotowywanych produktów [4], a jego wynikiem jest nierównomierne zabarwienie obu wymienionych warstw.

Intensywność zabarwienia produktów mięsnych, tworzącego się podczas obróbki termicznej, wpływa na cechy smakowo-zapachowe produktów gotowych do spożycia [18], zawartość w nich związków szkodliwych powstających podczas tej obróbki, w tym mutagennych i kancerogennych amin aromatycznych [6] oraz nowo wytwarzanych substancji o właściwościach przeciwutleniających [5, 23]. Metody badania związków nieenzymatycznego brązowienia wymagają zastosowania kosztownej aparatury. Stopień zbrązowienia można jednak mierzyć prostszą metodą, wykorzystując instrumentalny pomiar barwy, a następnie wyliczyć wskaźnik zbrązowienia (browning index – BI). Jest on istotną miarą intensywności barwy brązowej [16]. Parametr ten nie charakteryzuje cech związków, które znajdują się w mięsie (lub w innych produktach), ale może stanowić proste narzędzie do badania zależności między zmiennymi kształtującymi cechy jakościowe gotowych produktów.

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu podstawowych parametrów mięsa surowego mielonego, obejmujących: pH, rodzaj mięsa (wieprzowe, wieprzowo-wołowe) i jego barwę początkową na cechy tekstury oraz stopień zbrązowienia warstwy powierzchniowej (zewewnętrznej) i warstwy wewnętrznej modelowego mięsnego produktu pieczonego.

Material i metody badań

Przedmiotem badań było mięso wieprzowe (karkówka) i wołowe (udziec), zakupione bezpośrednio w zakładach mięsnych. Mięso rozdrabniano w wilku Predom-Zelmer 186, wykorzystując tarczę przeciskową o średnicy otworów 4 mm, a następnie zamrażano w temp. $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Przed przystąpieniem do doświadczenia technologicznego

mięso rozmrażano, pozostawiając je na 12 h w temp. 4 °C. Następnie przygotowywano produkty modelowe według schematu:

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

W każdej grupie prób modelowych formowano po 10 prostopadłościanów o masie około 80 g każdy i zbliżonych wymiarach $7 \times 5 \times 2$ cm, a następnie poddawano je pieczeniu w opiekaczu gastronomicznym Philips, typ HD4454/A, o temp. komory roboczej 185 ± 5 °C. Czas obróbki wynosił 30 min (po około 15 min pieczenia z każdej strony) do uzyskania temp. 70 °C w centrum geometrycznym produktu modelowego. W gotowych, schłodzonych produktach odcinano dwie warstwy powierzchniowe (zewnętrzne) o grubości ok. 2 mm każda, dzięki czemu uzyskiwano warstwę wewnętrzną (środkową). W każdej z tych warstw mierzono barwę oraz oznaczano cechy tekstury.

Pomiar pH wykonywano przy użyciu pH-metru CP-411, firmy Elmetron. Aparat kalibrowano, wykorzystując bufor o pH 7 ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, firmy POCH) i pH 4 ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, firmy Chempur). Oznaczenie wykonywano trzykrotnie z dokładnością do 0,01. Temperatura próbek wynosiła ok. 20 °C.

Barwę mierzono spektrofotometrem CR-310 (producent Minolta) w systemie $L^*a^*b^*$ (L^* – jasność [%], a^* – wartość barwy czerwonej [-], b^* – wartość barwy żółtej [-]). Aparat kalibrowano, mierząc płytkę wzorca bieli. Do pomiaru stosowano światło D_{65} .

Pomiar barwy:

- a) mielonego mięsa surowego – barwę oznaczano wykonując po 10 pomiarów z dwóch stron co najmniej 5 próbek, z każdej grupy prób modelowych,
- b) modelowych produktów pieczonych – barwę oznaczano po ich schłodzeniu do temp. ok. 20 °C. Mierzono barwę warstwy zewnętrznej (powierzchni zrumienionej skórki) oraz warstwy wewnętrznej produktu z dwóch stron co najmniej 5 próbek, z każdej grupy prób modelowych.

Na podstawie wartości $L^*a^*b^*$ wyliczano wskaźnik zbrązowienia BI z równania [16]:

$$BI = \frac{[100(x - 0,31)]}{0,17}$$

w którym:

$$x = \frac{(a^* + 1,75L^*)}{(5,645L^* + a^* - 3,012b^*)}$$

Pomiar tekstury – maksymalną siłę cięcia oznaczano aparatem Intron 4301. Wykonywano 5 powtórzeń z każdej próbki. Do cięcia zastosowano płaski nóż Warnera-Bratzlera. Prędkość noża wynosiła 10^{-4} ms^{-1} . Szerokość i wysokość próbek w miejscu przecięcia wynosiły $3,26 \pm 0,51$ i $2,1 \pm 0,26$ cm. W obliczeniach wyników końcowych uwzględniano szerokość każdej próbki [cm], z czego wyliczano powierzchnię cięcia [cm^2]. Wyniki wyrażano jako maksymalną siłę potrzebną do przecięcia jednostki powierzchni próbki [N/cm^2].

Wyniki opracowano statystycznie, wykorzystując pakiet Statistica 10.0. Przeprowadzono analizę wariancji ANOVA i wyliczono wartości współczynników korelacji (r), przyjmując następującą klasyfikację: $0 < r < 0,1$ korelacja nikła, $0,1 \leq r < 0,3$ korelacja słaba, $0,3 \leq r < 0,5$ korelacja przeciętna, $0,5 \leq r < 0,7$ korelacja wysoka, $0,7 \leq r < 0,9$ korelacja bardzo wysoka, $0,9 \leq r < 1$ korelacja prawie pełna. Przeprowadzono ponadto analizę czynnikową oraz analizę składowych głównych metodą PCA.

Wyniki i dyskusja

Wpływ pH surowca na wskaźnik zbrązowienia (BI) mielonego mięsa pieczonego

Na podstawie analizy wariancji stwierdzono ($p < 0,05$), że początkowe pH surowca istotnie wpływało na wartości BI warstw powierzchniowych i warstw wewnętrznych modelowego mięsnego produktu pieczonego (tab. 1).

Zależności te należy tłumaczyć dwoma rodzajami zjawisk: przemianami mioglobiny (Mb) [8, 10, 20] oraz reakcjami nieenzymatycznego brązowienia [3, 17]. Wartość pH mięsa surowego wpływa na proporcje zawartości jasnoczerwonej oksymyoglobiny (OMb) do brązowej metmioglobiny (MMb) [2]. Gdy stosunek zawartości pierwszego związku do drugiego jest niski, to mięso postrzegane jest jako brązowe [12]. OMb i MMb są mniej stabilne w podwyższonej temperaturze niż dezoksymyoglobina (DMb). Dlatego też im więcej jest w mięsie OMb i MMb, tym jego barwa w wyniku ogrzewania szybciej zmienia się na brązową [10]. Podatność wszystkich trzech form Mb na ogrzewanie jest uzależniona od pH. W środowisku kwaśnym (niższe pH) białko szybciej ulega denaturacji [10]. Przemiany te dotyczą głównie wewnętrznych warstw mięsa, ogrzewanych do temp. poniżej $100 \text{ }^\circ\text{C}$, w której reakcje nieenzymatycznego brązowienia są spowolnione [15, 17]. Pod wpływem obróbki termicznej żelazo w metmioglobinie utlenia się i powstaje brązowy hemichrom żelazowy [7, 20]. Mięso zmienia wówczas nieodwracalnie barwę z czerwonej na brązową. Jednocześnie obróbka termiczna sprzyja reakcjom zdenaturowanych białek z cukrami redukującymi, zapoczątkowując przemiany Maillarda, których intensywność jest również uzależniona od pH

[3, 17]. Zjawiska te wyjaśniają, dlaczego w zależności od pH surowca otrzymuje się różny stopień zbrązowienia mięsa po pieczeniu.

Tabela 1

Wartości wskaźnika zbrązowienia (BI) mięsa pieczonego.
Browning Index (BI) values of roasted meat.

Rodzaj próby / Type of sample	pH	BI _{wp} $\bar{x} \pm s / SD$	BI _{ws} $\bar{x} \pm s / SD$
K	5,60	81,99 ^b ± 5,61	43,67 ^b ± 5,57
O	5,31	77,16 ^a ± 0,88	39,95 ^a ± 0,74
5 % mięsa wołowego 5 % of beef meat	6,05	77,17 ^a ± 0,88	44,24 ^b ± 4,17
	5,51	77,57 ^a ± 9,91	38,97 ^a ± 1,94
	5,42	77,41 ^a ± 3,00	45,35 ^b ± 3,83
10 % mięsa wołowego 10 % of beef meat	6,34	75,89 ^a ± 9,08	42,48 ^b ± 5,27
	5,70	82,11 ^b ± 5,77	37,98 ^a ± 1,31
	5,66	74,18 ^c ± 3,34	47,62 ^b ± 6,16
15 % mięsa wołowego 15 % of beef meat	6,20	68,03 ^d ± 4,66	33,84 ^c ± 1,66
	6,00	74,68 ^c ± 6,76	51,08 ^d ± 1,74
	5,43	81,66 ^b ± 8,10	40,73 ^a ± 7,22

Objaśnienia: / Explanatory notes:

BI_{wp} – wartość wskaźnika zbrązowienia warstw powierzchniowych / Browning Index value of surface layers; BI_{ws} – wartość wskaźnika zbrązowienia warstw wewnętrznych / Browning Index value of inner layers;

$\bar{x} \pm s / SD$ – wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation;

a, b, c, d – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values denoted by different superscripts differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Wpływ składu surowcowego na wskaźnik zbrązowienia (BI) mięsa mielonego

Udział mielonego mięsa wieprzowego i wołowego w produkcie modelowym nie miał wpływu na stopień zbrązowienia zarówno warstwy zewnętrznej (powierzchni produktu pieczonego), jak również warstwy wewnętrznej wszystkich badanych modelowych próbek pieczonych ($p > 0,05$).

Zależności między wyróżnikami barwy surowca a BI modelowego produktu pieczonego

Między wartościami jasności (L^*), barwą czerwoną (a^*) i żółtą (b^*) surowca a BI warstw zewnętrznych i wewnętrznych produktu pieczonego wyliczono współczynniki korelacji (tab. 2) i zweryfikowano ich istotność na poziomie $p < 0,05$.

Tabela 2

Współczynniki korelacji (r) między wartościami parametrów barwy mięsa surowego (L^* a^* b^*) a wskaźnikiem zbrązowienia warstw powierzchniowych (BI_{wp}) oraz warstw wewnętrznych (BI_{ws}) mięsa pieczonego.

Coefficients of correlation between colour parameter values of raw meat (L^* a^* b^*) and Browning Index of surface layers (BI_{wp}) and inner layers (BI_{ws}) of roasted meat.

Parametr barwy Colour parameter	BI_{wp}	BI_{ws}
L^*	0,25*	0,17
a^*	-0,04	0,32*
b^*	0,28*	0,43*

Objaśnienie: / Explanatory note:

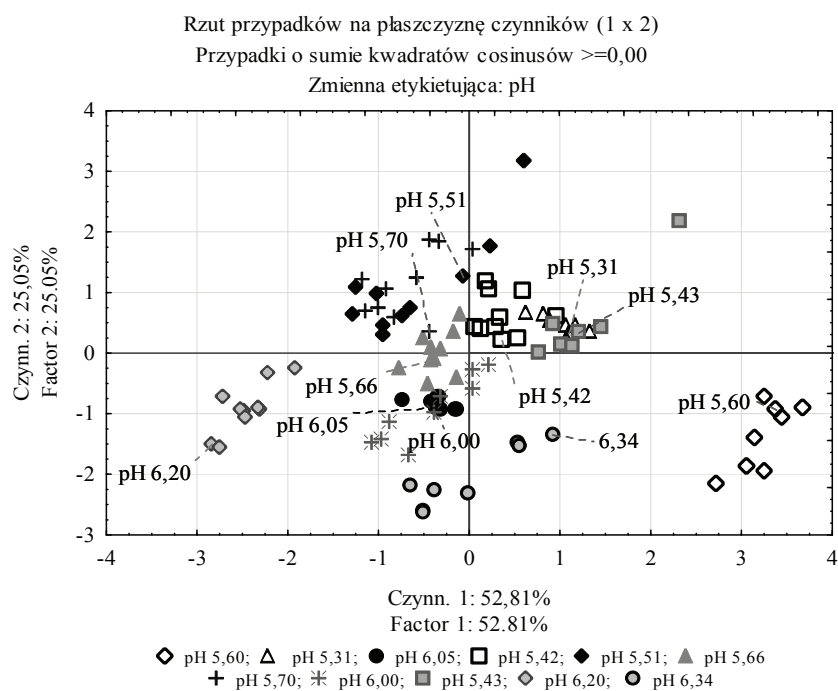
(*) - współczynniki korelacji statystycznie istotne na poziomie $p < 0,05$ / Statistically significant coefficients of correlation at $p < 0.05$.

Jasność była istotnie, ale słabo ($r = 0,25$) skorelowana z BI warstw powierzchniowych. Nie miała natomiast znaczenia w przypadku warstw wewnętrznych produktu pieczonego. Wartości a^* były istotnie przeciętnie skorelowane ($r = 0,32$) ze stopniem zbrązowienia warstw wewnętrznych, natomiast BI warstw powierzchniowych nie był skorelowany z tym wyróżnikiem. Wynik taki był zgodny z zależnościami otrzymanymi przez innych badaczy. Uważa się bowiem, że czerwień jest najważniejszym parametrem barwy, ale tylko w przypadku mięsa surowego. Gdy zmniejsza się zdolność redukcji MMB do OMB, pojawia się brązowa barwa i wartość nasycenia barwy czerwonej maleje [8, 22]. Obróbka termiczna przyspiesza przemiany Mb, powodując jej denaturację i również zmianę barwy z czerwonej na brązową [20]. Proces ten zachodzi w temp. około 55 - 75 °C [20], tzn. w temperaturze, która była charakterystyczna również dla badanych w niniejszej pracy modelowych produktów pieczonych. Uzyskano więc istotną korelację między wartością a^* surowca a BI wewnętrznej warstwy produktu pieczonego. Jej wartość była przeciętna najprawdopodobniej dlatego, że zmiany barwy wewnątrz produktu nie były wyłącznie wynikiem przemian form białek globulinowych, jak to ma miejsce w mięsie surowym, ale jednocześnie zachodziły reakcje termiczne, które także prowadziły do zmiany barwy. W warstwie powierzchniowej (zewewnętrznej) mechanizm zmian był inny niż wewnątrz produktu, ponieważ powierzchnia podczas pieczenia osiągała znacznie wyższą temperaturę niż wewnętrzne warstwy produktu. Sprzyjało to szybszej denaturacji i fragmentacji białek na powierzchni produktu pieczonego oraz ich reakcji z cukrami redukującymi w przemianach Maillarda [20]. Uzyskana w ten sposób brązowa powierzchnia nie zależała od wartości a^* surowca, ponieważ wytworzone barwniki były już wtórnymi produktami reakcji Mb i innych substancji białkowych z cukrami.

Parametr charakteryzujący nasycenie barwy żółtej b^* był istotnie skorelowany z indeksem zbrązowienia warstwy wewnętrznej produktu pieczonego ($r = 0,43$) i z indeksem BI warstwy zewnętrznej (powierzchni) produktu pieczonego ($r = 0,28$).

Wszystkie badane zmienne (pH, wartości L^* i b^* surowca oraz BI produktów) były ze sobą istotnie powiązane. Ostatecznie uzyskano trzy czynniki, które wyjaśniały łącznie 93,70 % ogólnej wariancji. Z czynnikiem 1. związane były wskaźniki barwy surowca, które wyjaśniały 52,81 % ogólnej wariancji. Z czynnikiem 2. była związana wartość wskaźnika BI produktów (w ten sposób wyjaśniano dodatkowo ponad 25 % wariancji), a z czynnikiem 3. – pH początkowe (15,82 % wariancji).

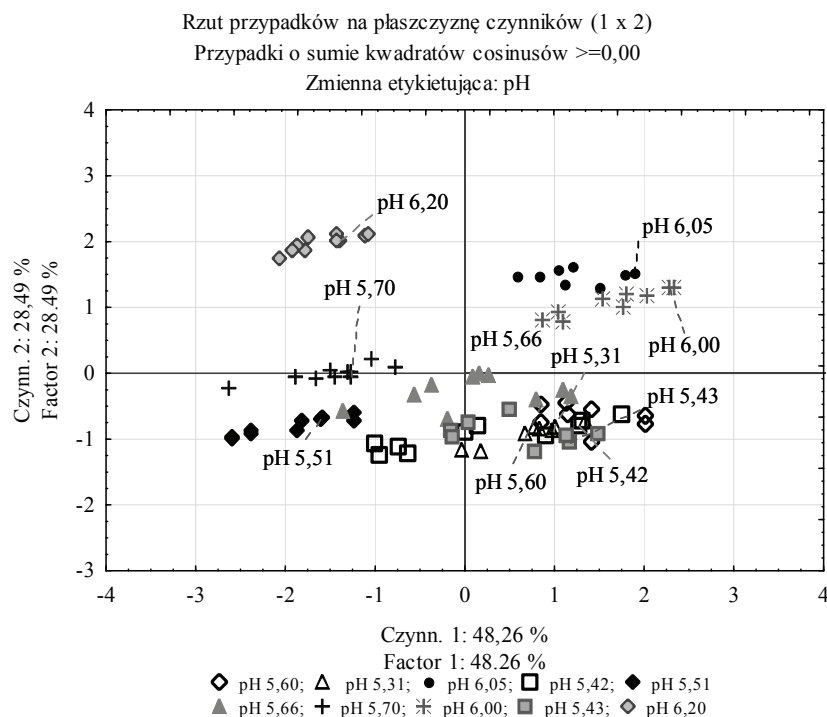
Zależności wyliczone w analizie czynnikowej zweryfikowano po dokonaniu klasyfikacji przypadków metodą PCA. W ten sposób porównano cechy charakteryzujące powierzchnię wszystkich badanych pieczonych produktów modelowych, uzależnione od takich cech surowca, jak: wartość L^* (jasność) i b^* (nasycenie barwy żółtej).



Rys. 1. Klasyfikacja cech jakościowych warstw zewnętrznych (powierzchni) modelowych pieczonych produktów mięsnych w zależności od cech surowca (pH, L^* i b^*) oraz wskaźnika zbrązowienia (BI) próbek po pieczeniu; jednakowe symbole punktów oznaczają różne przypadki tych samych próbek; jako zmienną grupującą zastosowano pH surowców.

Fig. 1. Classification of qualitative features of external layers (surfaces) of model roasted meat products depending on parameters (pH, L^* and b^*) of raw material and on Browning Index (BI) of samples after roasting; the same markers of points denote various cases of the same samples; pH of raw materials was applied as grouping variable.

Z rozrzutu punktów przedstawionych na rys. 1. wynika, że po pieczeniu warstwy powierzchniowe mięsa o pH początkowym 5,60, 6,20 i 6,34 były zupełnie różne od pozostałych. Próbki o pH 5,31 i 5,43 były do siebie zbliżone (punkty nachodziły na siebie). Próbkę o pH 5,42 charakteryzowały cechy podobne do właściwości próbek modelowych z mięsa surowego o pH: 5,31 (i 5,43), 5,51, 5,66 i 6,00. Cechy próbek o pH 5,70 i 5,51 oraz 6,00 i 6,05 były zbliżone. Punkty modelowych próbek mięsa o pH 5,66 sytuowały się pomiędzy próbkami o pH: 5,42, 6,00 i 6,05 oraz 5,51 i 5,70.



Rys. 2. Klasyfikacja cech jakościowych warstw wewnętrznych modelowych pieczonych produktów mięsnych w zależności od cech surowca (pH, L^* i b^*) oraz wskaźnika zbrązowienia (BI) próbek po pieczeniu; jednakowe symbole punktów oznaczają różne przypadki tych samych próbek; jako zmienną grupującą zastosowano pH surowców.

Fig. 2. Classification of qualitative features of inner layers of model roasted meat products depending on parameters (pH, L^* and b^*) of raw material and on Browning Index (BI) of samples after roasting; the same markers of points denote various cases of the same samples; pH of raw materials was applied as grouping variable.

Podobną procedurę analityczną przeprowadzono w przypadku cech charakteryzujących wewnętrzne warstwy modelowych próbek pieczonych. Do analizy czynnikowej zastosowano następujące zmienne: BI produktów pieczonych oraz wartości pH, a^* i b^* surowców. Wszystkie zmienne były istotne. Uzyskano trzy czynniki, które łącznie

wyjaśniały 93,96 % ogólnej wariancji. Czynniki 1. wyjaśniał 48,25 % wariancji i związane z nim były parametry barwy a^* i b^* . Z czynnikiem 2. skorelowane było pH, natomiast z czynnikiem 3. – BI produktów pieczonych. Czynniki 2. i 3. wyjaśniały odpowiednio 28,49 i 17,22 % ogólnej wariancji. Poddając te zmienne analizie klasyfikacji przypadków PCA uzyskano zbiory danych przedstawione na rys. 2.

Na podstawie rozrzutu wyników (rys. 2) można wyodrębnić cechy wewnętrznych warstw modelowych produktów pieczonych otrzymanych z próbek mięsa surowego o pH początkowym wynoszącym: 5,51, 5,70, 6,05 6,00 i 6,20. Cech próbek pieczonych o pH początkowym surowca mięsnego wynoszącym: 5,31, 5,42, 5,43 i 5,60 nie można było oddzielić. Próbkę otrzymaną z surowca o pH 5,66 charakteryzowały cechy zbliżone do próbek otrzymanych z surowca o pH 5,31, 5,42, 5,43, 5,60 i 5,51.

Wyliczono współczynnik korelacji między BI produktów pieczonych w przypadku obydwu porównywanych warstw (powierzchniowej i wewnętrznej). Wartość tego współczynnika była zbliżona do 0, co oznaczało, że brązowienie warstw powierzchniowych i wewnętrznych zachodziło inaczej.

Wpływ pH i składu surowcowego na teksturę modelowych pieczonych produktów mięsnych

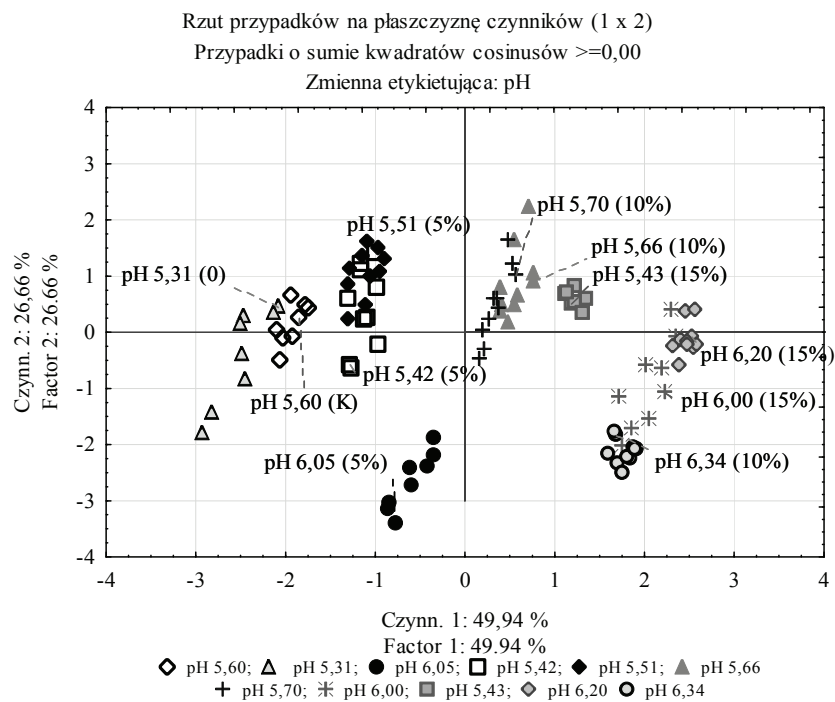
Wykazano, że pH początkowe surowca mięsnego istotnie wpływało na siłę cięcia modelowego produktu po upieczeniu ($p < 0,05$). Wpływ na tę zmienną wykazywał także udział wieprzowiny oraz wołowiny w próbkach produktów modelowych (w przypadku obu zmiennych $p = 0$). Przyczyny zmienności tekstury mięsa pieczonego w zależności od pH surowca są złożone. Uważa się, że są one związane m.in. ze zdolnością białek do zatrzymywania wody, co z kolei jest uzależnione od pH [1, 11, 13, 21]. Wykazano, że dodatek kwasów organicznych do mięsa indukuje uwodnienie białek mięśniowych i tkanki łącznej, przyspiesza proteolizę białek i ich mięknięcie oraz powoduje większą wodochłonność kolagenu podczas obróbki termicznej [14, 21]. W niniejszej pracy nie badano tych zmiennych.

Wpływ barwy surowca na cechy tekstury modelowych produktów pieczonych wyrażone siłą cięcia

Badając współczynniki korelacji między wartościami barwy czerwonej surowca a siłą potrzebną do przecięcia mięsa po pieczeniu wykazano, że zależność ta była istotna, ale słaba ($r = 0,22$). Wartości L^* i b^* , charakteryzujące barwę, nie miały znaczenia, co może być związane ze zmianami Mb, które są ściśle skorelowane z wartością parametru a^* . Fakt ten tłumaczy niska wartość współczynnika korelacji ($r = 0,22$).

Wszystkie istotne zmienne, tzn. siła cięcia, pH modelowych wyrobów z mielonego surowca mięsnego, udział mięsa wieprzowego i wołowego w produktach modelo-

wych i wartość parametru barwy a^* poddano analizie czynnikowej. Uzyskano 3 czynniki, które łącznie wyjaśniały 91,16 % ogólnej wariancji. Z czynnikiem 1. (49,94 % wariancji) były związane: udział mięsa wieprzowego i wołowego w modelowych produktach oraz pH. Z czynnikiem 2., który wyjaśniał 26,66 % wariancji, związany był parametr charakteryzujący barwę a^* , natomiast z czynnikiem 3. – siła cięcia niezbędna do przecięcia modelowego produktu pieczonego (14,56 %). Zmienne te poddano klasyfikacji cech metodą PCA (rys. 3).



Rys. 3. Różnice cech jakościowych modelowych produktów pieczonych uwzględniające: udział mięsa wieprzowego i wołowego w produktach modelowych, pH modelowych surowców mięsnych, wartość a^* charakteryzująca barwę surowców oraz siłę cięcia niezbędną do przecięcia modelowego produktu pieczonego; jednakowe punkty oznaczają przypadki charakterystyczne dla tych samych próbek; zmiennymi grupującymi są pH i udział wołowiny w układach modelowych (5, 10, 15 %).

Fig. 3. Differences between qualitative features of model roasted products including: content of pork and beef meat in model products, pH of model roasted products, a^* value representing colour of raw materials, and shear force necessary to cut model roasted product; the same points denote cases being distinctive for the same samples; pH and content of beef meat in model setups (5, 10, 15 %) are grouping variables.

Analiza rozrzutu poszczególnych przypadków wskazuje, że cechy charakteryzujące dwie próbki modelowych produktów pieczonych, otrzymane z surowca: o pH 6,05

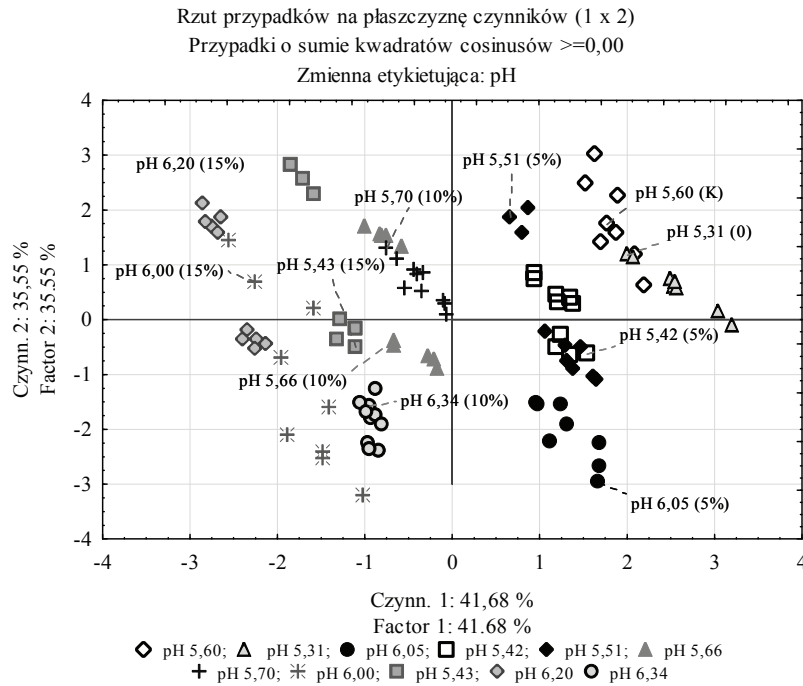
(z 5-procentowym udziałem wołowiny) oraz o pH 5,43 (z 15-procentowym udziałem wołowiny) były bardzo podobne. Zbliżonymi cechami charakteryzowały się również próbki produktów pieczonych otrzymanych z surowca o pH 6,00 i 6,20 (z 15-procentowym udziałem wołowiny), o pH 5,66 i 5,70 oraz o pH 5,42 i 5,51. Odróżnić można było cechy próbki przygotowanej tylko z mięsa wieprzowego (pH 5,31 i pH 5,60) od próbek zawierających dodatek mięsa wołowego. Po przeprowadzeniu analizy wykazano, że w zależności od: początkowego pH surowca mięsnych produktów modelowych, nasycenia barwy czerwonej (wartość parametru a^*), udziału wieprzowiny i wołowiny w produkcie oraz siły potrzebnej do przecięcia produktu pieczonego, uzyskuje się różne cechy jakościowe, które można klasyfikować i porównywać.

Badanie zależności między stopniem zbrązowienia modelowych produktów pieczonych a siłą cięcia

Wiedząc, że zmiany pH surowca i barwa surowca wpływały na stopień zbrązowienia modelowych produktów pieczonych oraz na siłę potrzebną do ich przecięcia, przypuszczano, że wskaźnik BI może być również ściśle związany z siłą cięcia. Jednak współczynniki korelacji wskazujące na zależność między siłą cięcia a wskaźnikiem BI, charakteryzującym warstwy zewnętrzne i wewnętrzne produktów pieczonych nie były statystycznie istotne. Wykonano więc analizę korelacji między pojedynczymi wyróżnikami barwy produktów pieczonych a siłą cięcia. Uzyskano istotne, przeciętne wartości współczynników r , które w przypadku wartości charakteryzujących barwę warstw zewnętrznych (powierzchni) wyrażoną parametrami L^* i b^* w powiązaniu ze wskaźnikiem BI wynosiły odpowiednio: $r = -0,44$ i $r = -0,36$, a w odniesieniu do warstw wewnętrznych modelowych produktów $r = -0,39$. Przeprowadzono również analizę czynnikową następujących zmiennych: udziału mięsa wieprzowego i wołowego, pH surowych produktów modelowych, siły cięcia oraz wartości L^* i b^* charakteryzujących cechy warstw powierzchniowych modelowych produktów pieczonych. Wszystkie zmienne okazały się istotne; uzyskano 3 czynniki, które łącznie wyjaśniały 89,37 % ogólnej wariancji. Czynniki 1. związany był z cechami surowca (udziałem mięsa wieprzowego i wołowego w układzie) oraz pH tego układu surowców i wyjaśniał 41,68 % ogólnej wariancji, czynnik 2. charakteryzował barwę modelowego produktu pieczonego, natomiast czynnik 3. odpowiadał sile cięcia. Czynniki 2. i 3. wyjaśniały odpowiednio 35,55 i 12,14 % wariancji. Zmienne te poddano analizie metodą PCA, aby sklasyfikować cechy poszczególnych przypadków (rys. 4).

Metodą PCA wykazano, że zupełnie różnymi cechami charakteryzowały się warstwy zewnętrzne modelowych produktów pieczonych otrzymanych z surowca o najwyższym pH (6,34) oraz o pH 6,05. Pierwsze z wymienionych zawierały 10-, a drugie 5-procentowy dodatek wołowiny w surowym produkcie modelowym. Próbkę o pH

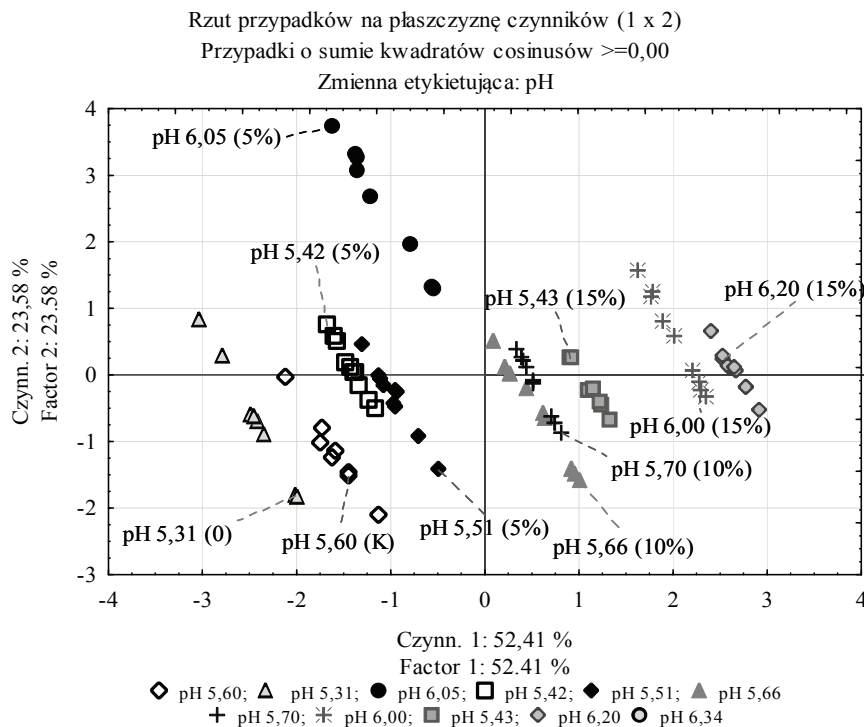
6,00 i 6,20 (w obu przypadkach udział wołowiny w układzie surowcowym wynosił 15 %) charakteryzowały się podobnymi cechami.



Rys. 4. Klasyfikacja cech jakościowych warstw zewnętrznych modelowych produktów pieczonych w zależności od: udziału mięsa wieprzowego i wołowego w produkcie modelowym, początkowego pH surowca, siły cięcia oraz wartości L^* i b^* warstw zewnętrznych produktów pieczonych.

Fig. 4. Classification of qualitative features of external layers of model roasted products depending on: contents of pork and beef meat in model product, initial pH, shear force of raw material, and L^* and b^* values of external layers of roasted products.

Analogicznie zbadano zależności między udziałem mięsa wieprzowego i wołowego w produkcie modelowym, ich pH, siłą cięcia potrzebną do przecięcia produktu upieczonego oraz jasnością (L^*) warstw wewnętrznych produktów po upieczeniu. Wszystkie zmienne były istotne. Otrzymano trzy czynniki, które łącznie wyjaśniały 91,86% ogólnej wariancji. Czynn timer 1. był skorelowany z cechami surowca, tj z udziałem mięsa wieprzowego i wołowego w produkcie modelowym oraz pH surowca. Wyjaśniał on 52,41 % ogólnej wariancji. Czynn timer 2. był związany z siłą cięcia (23,58 % wariancji), a czynn timer 3. - z jasnością barwy (L^*) warstwy wewnętrznej modelowych produktów pieczonych (15,87 % ogólnej wariancji). Klasyfikację cech warstw wewnętrznych modelowych produktów pieczonych metodą PCA przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Różnice między cechami jakościowymi warstw wewnętrznych modelowych produktów pieczonych, związane ze składem surowcowym (udział mięsa wieprzowego i wołowego w produkcie modelowym), pH surowca, siłą cięcia potrzebną do przecięcia produktu pieczonego i wartością L^* charakteryzującą jasność barwy warstw wewnętrznych produktów pieczonych; przypadki pogrupowano według różnego pH surowca i udziału wołowiny w modelowych próbkach (5, 10, 15 %).

Fig. 5. Differences between qualitative features of inner layers of model roasted products correlated with composition of raw material (content of pork and beef meat in model product), pH of raw material, shear force necessary to cut model roasted product, and L^* value representing colour brightness of inner layers in roasted products; cases were grouped according to various pH of raw material and content of beef in model samples (5, 10, 15 %).

Na podstawie analizy cech charakteryzujących warstwę wewnętrzną modelowych produktów pieczonych stwierdzono, że próbki otrzymane z surowców o pH 5,42 i 5,51 (z 5-procentowym dodatkiem mięsa wołowego w produkcie modelowym) oraz próbki o pH 5,66 i 5,70 (z 10-procentowym dodatkiem wołowiny) były do siebie zbliżone.

Wnioski

1. W zależności od pH modelowego produktu złożonego z mielonego mięsa wieprzowego i wołowego, parametrów charakteryzujących barwę tego układu: jasności (L^*) i nasycenia barwy żółtej (b^*), uzyskiwano różne wartości wskaźnika zbrą-

- zowienia (BI) warstw powierzchniowych (zewnątrznych) modelowych produktów pieczonych, niezależnie od udziału mięsa wieprzowego i wołowego.
2. Wartości BI, charakteryzujące cechy warstw wewnętrznych modelowych produktów pieczonych, zależały istotnie od pH surowca i wartości charakteryzujących barwę modelowego produktu z mięsa surowego a^* i b^* , nie zależały natomiast od udziału mięsa wieprzowego i wołowego w produkcie modelowym. Brązowienie warstw wewnętrznych, zachodzące podczas pieczenia badanych produktów modelowych, różniło się istotnie od brązowienia charakterystycznego dla warstw zewnętrznych (powierzchni modelowych produktów pieczonych).
 3. Siła cięcia potrzebna do przecięcia modelowego produktu pieczonego zależała od cech surowców, tj. pH modelowego produktu z surowego mięsa mielonego oraz stopnia jego nasycenia barwą czerwoną (a^*), co było związane z udziałem mięsa wołowego i wieprzowego w układzie surowcowym.
 4. Siła cięcia potrzebna do przecięcia modelowego produktu pieczonego nie zależała od stopnia zbrązowienia warstwy powierzchniowej i wewnętrznej modelowych produktów pieczonych, była natomiast skorelowana z jasnością barwy (L^*) produktu pieczonego i stopniem nasycenia barwą żółtą (b^*) w przypadku warstwy zewnętrznej oraz z jasnością barwy (L^*) wewnętrznej produktu pieczonego.
 5. Siła cięcia potrzebna do przecięcia modelowego produktu pieczonego determinowana udziałem wołowiny w układzie modelowym, pH oraz składową barwy a^* surowców była skorelowana z parametrami L^* i b^* warstw powierzchniowych modelowego produktu pieczonego oraz z parametrem L^* charakteryzującym warstwy wewnętrzne modelowych, pieczonych produktów mięsnych, nie była natomiast skorelowana ze stopniem zbrązowienia wyrażonym wskaźnikiem BI.
 6. Udział mielonego mięsa wieprzowego i wołowego w modelowym układzie surowcowym kształtował cechy tekstury produktów otrzymanych po procesie pieczenia.
 7. Badanie zależności między cechami charakteryzującymi produkt surowy i produkt poddany pieczeniu umożliwia wytwarzanie wyrobów o znanych i kontrolowanych cechach barwy i tekstury.

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

Literatura

- [1] Aktaş N., Aksu M.I., Kaya M.: The effect of organic acid marination on tenderness, cooking loss and bound water content of beef. *J. Muscle Foods*, 2003, **14**, 181-194.
- [2] Aktaş N., Kaya, M.: The influence of marinating with weak organic acids and salts on the intramuscular connective tissue and sensory properties of beef. *Eur. Food Res. Technol.*, 2001, **213**, 88-94.

- [3] Biller E.: Nieenzymatyczne brązowienie w zależności od obróbki wstępnej. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 2010, **546**, 29-34.
- [4] Biller E.: Studia nad brązowaniem nieenzymatycznym i kształtowaniem cech smakowo-zapachowych w warunkach modelowych i w mięsie pieczonym. Wyd. SGGW, Warszawa 2011.
- [5] Biller E.: Właściwości przeciwutleniające związków nieenzymatycznego brązowienia. Post. Tech. Przetw. Spoż., 2010, **2**, 30-32.
- [6] Borgen E., Solyakov A., Skog K.: Effects of precursor composition and water on the formation of heterocyclic amines in meat model systems. Food Chem., 2001, **74**, 11-19.
- [7] Faustman C., Sun Q., Mancini R., Suman S.P.: Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. Meat Sci., 2010, **86**, 86-94.
- [8] Friedrich L., Siró I., Dalmadi I., Horváth K., Ágoston R., Balla Cs.: Influence of various preservatives on the quality of minced beef under modified atmosphere at chilled storage. Meat Sci., 2008, **79**, 332-343.
- [9] Hoffman L.C., Kroucamp M., Manley M.: Meat quality characteristics of springbok (*Antidorcasmaur supialis*): Sensory meat evaluation as influence by age, gender and production region. Meat Sci., 2007, **76**, 774-778.
- [10] Hunt M.C., Sorheim O., Slinde E.: Color and heat denaturation of myoglobin forms in ground beef. J. Food Sci., 1999, **64**, 847-851.
- [11] Jehlíková J., Pipek P., Staruch L.: The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef. Meat Sci., 2008, **80**, 870-874.
- [12] Jose C.G., Pethick D. W., Jacob R.H., Gardner G.E.: CT scanning carcasses has no detrimental effect on the colour stability of *m. longissimus dorsi* from beef and sheep. Meat Sci., 2009, **81**, 183-187.
- [13] Ke Sh., Huang Y., Decker E.A., Hultin H.O.: Impact of citric acid on the tenderness, microstructure and oxidative stability of beef muscle. Meat Sci., 2009, **82**, 113-118.
- [14] Medyński A., Pospiech E., Kniat R.: Effect of various concentrations of lactic acid and sodium chloride on selected physico-chemical meat traits. Meat Sci., 2000, **55**, 285-290.
- [15] 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.
- [16] Mohammadi A., Rafiee Sh., Emam-Djomeh Z., Keyhani A.: Kinetic models for colour changes in kiwifruit slices during hot air drying. World J. Agric. Sci., 2008, **4** (3), 376-383.
- [17] Monti S.M., Bailey R.G., Ames J.M.: The influence of pH on the non-volatile reaction products of aqueous Maillard model systems by HPLC with diode array detection. Food Chem., 1998, **62** (63), 369-375.
- [18] Mottram D.S.: Flavour formation in meat and meat products: a review. Food Chem., 1998, **62** (4), 415-424.
- [19] Pospiech E., Borzuta K.: Cechy surowcowe a jakość mięsa. Roczn. Inst. Przem. Mięś. Tłuszcz., 1998, **35** (1), 7-33.
- [20] Ramírez M.R., Morcuende D., Estévez M., Cava R.: Effects of the type of frying with culinary fat and refrigerated storage on lipid oxidation and colour of fried pork loin chops. Food Chem., 2004, **88**, 85-94.
- [21] Sawyer J.T., Apple J.K., Johnson Z.B.: The impact of lactic acid concentration and sodium chloride on pH, water-holding capacity, and cooked color of injection-enhanced dark-cutting beef. Meat Sci., 2008, **79**, 317-325.
- [22] Strzyżewski T., Bilka A., Krysztofiak K.: Zależność pomiędzy wartością pH mięsa a jego barwą. Nauka Przyr. Technol., 2008, **2** (2), 1-9.
- [23] Sumaya-Martinez M.T., Thomas S., Linard B., Binet A., Guerard F.: Effect of Maillard reaction conditions on browning and antiradical activity of sugar-tuna stomach hydrolysate model system. Food Res. Int., 2005, **38**, 1045-1050.

- [24] Zhang S.X., Farouk M.M., Young O.A., Wieliczko K.J., Podmore C.: Functional stability of frozen normal and high pH beef. *Meat Sci.*, 2005, **69**, 765-772.

EFFECT OF SELECTED PARAMETERS OF RAW MATERIAL ON BROWNING INDEX AND TEXTURE OF MODEL PRODUCT OF ROASTED MINCEMEAT

S u m m a r y

In the research study, the effect was determined of selected parameters of raw pork-beef mincemeat (in model setups), i.e. of pH, contents of pork and beef meat, and colour of raw products, on the degree of Browning Index (BI) of the surface and inner layers, as well as on the shear force necessary to cut the model roasted product. The following model products were prepared using mincemeat: 0 – pork meat having a natural pH value (5.31); K –pork meat having a standardized pH value (5.60); samples of pork-beef meat mix with the per cent content of beef meat being 5, 10, and 15 % of the mix. In the model raw samples, the pH value was determined and the colour ($L^*a^*b^*$) was assessed. The meat samples were roasted in a HD4454/A gastronomic roaster by Phillips Co., at 185 ± 5 °C, during a 30 min. period. The colour of the external surface and inner layers of the roasted model products was assessed, and the shear [N/cm^2] was determined with the use of a Warner-Bratzler knife. Based on the parameters that characterised the colour of the roasted products, the Browning Index (BI) was calculated. It was found that the pH value and the colour parameters L^* (brightness) and b^* (saturation of the yellow) of raw meat significantly impacted the BI of the surface layers of roasted products, whereas the BI that characterized the inner layers depended on pH and the a^* and b^* colour parameters of the raw materials. The shear force depended on the content of beef meat in the model setup, pH, and the a^* component of the raw material prior to roasting; moreover, it was correlated with the L^* and b^* parameters of the surface layers of the model roasted product, as well as with the L^* parameter that characterized the inner layers of the model products; however, the shear force was not correlated with the Browning Index BI.

Key words: beef and pork mince meat, roasting, non-enzymatic browning, colour, BI Browning Index, texture 