

## ZASTOSOWANIE POMIARÓW GĘSTOŚCI DO OCENY PODSTAWOWEGO SKŁADU CHEMICZNEGO MODELOWYCH UKŁADÓW MIĘSNO-TŁUSZCZOWYCH

Lech Adamczak, Marta Chmiel, Tomasz Florowski, Dorota Pietrzak  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Streszczenie.** Celem niniejszej pracy była ocena możliwości wykorzystania technicznych pomiarów gęstości do szacowania składu chemicznego mięsa. Mieszaniny modelowe uzyskiwano przez wymieszanie rozdrobnionego chudego mięsa wieprzowego (mięsień najdłuższy) z tłuszczem (ślonina). Analizowano mieszaniny o różnym stopniu rozdrobnienia – 10, 4 i 2 mm. W poszczególnych układach wymieniano 10% mięsa na składnik tłuszczowy, uzyskując, poza próbkami mięsa i tłuszczu, 9 mieszanin (o stosunku wagowym mięso/tłuszcz odpowiednio 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 60/40, 70/30, 80/20 i 90/10). Gęstość wyznaczano, dokonując pomiaru masy układu mięsno-tłuszczowego przy znanej jego objętości, którą wyznaczano, umieszczając mieszaniny w 3 różnych rurach pomiarowych o znanej objętości. Wyznaczoną gęstość korelowano z wynikami oznaczeń analitycznych podstawowego składu chemicznego. Wartość uzyskanych współczynników korelacji zależała od stopnia rozdrobnienia układu mięsno-tłuszczowego. W przypadku mniejszych cząstek (2 i 4 mm) uzyskiwano wyższe (w wartości bezwzględnej) współczynniki korelacji (maksymalnie 0,9958 i –0,993) niż przy rozdrobnieniu 10 mm (maksymalnie 0,9814). Badania na układzie modelowym pozwoliły na stwierdzenie, że pomiary techniczne gęstości są metodą o zadowalającej dokładności w szacowaniu składu chemicznego mięsa.

**Słowa kluczowe:** mięso, tłuszcz, gęstość, skład chemiczny

### WSTĘP

Ważnym problemem krajowego przemysłu mięsnego jest znaczne zróżnicowanie składu chemicznego surowca, głównie zawartości tłuszczu. Brak możliwości dokładnej standaryzacji surowca stwarza problemy technologiczne, jak również odgrywa istotną rolę w aspekcie ekonomicznym i prawnym produkcji, związanym na przykład z deklaracją

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: Lech Adamczak, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Nauk o Żywności, Zakład Technologii Mięsa, ul Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa, e-mail: lech\_adamczak@sggw.pl

cją zawartości mięsa w produktach mięsnych (zgodnie z Dyrektywą Komisji 2001/101/WE i wprowadzającym ją Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 10.07.2007 r.) oraz z wkrótce wymaganą deklaracją wartości odżywczej przetworów mięsnych (od 13.12.2016 r. zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 z dnia 25.10.2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności). Z tych powodów znajomość zawartości podstawowych składników chemicznych mięsa powinna stanowić jeden z elementów ścisłej kontroli.

W większości zakładów mięsnych, w przypadku drobnego mięsa przerobowego, klasyfikacja pod względem zawartości tłuszczu opiera się na wizualnej ocenie przeprowadzanej przez pracownika w linii rozbioru i wykrawania. Ocena ta jest jednakże subiektywna i często bardzo niedokładna. Jedynie duże zakłady mięsne, posiadające własne laboratoria przyzakładowe, dokonują oceny składu chemicznego mięsa na podstawie standardowych, odwoławczych metod analiz. Do metod tych należą: metoda Soxhleta [PN-ISO 1444:2000] lub Gerbera (metoda techniczna) do oznaczenia zawartości tłuszczu w mięsie oraz metoda Kjeldahla do oznaczenia zawartość białka [PN-A-04018:1975/ /Az3:2002]. Aby analitycznie oznaczyć zawartość wody, stosuje się metodę suszenia według zmodyfikowanej normy PN-ISO 1442:2000. Wymienione standardowe metody są pracochłonne, drogie i praktycznie niemożliwe do zastosowania *on line* [Prieto i in. 2009]. Ich wadą jest także konieczność pobrania reprezentatywnej próbki z partii produkcyjnej i jej destrukcja w trakcie badania.

Coraz częściej w praktyce przemysłowej stosowane są nowoczesne metody oceny składu chemicznego mięsa i produktów mięsnych przy użyciu prostych, mało pracochłonnych metod pomiarowych, wykorzystujących bliską podczerwień (NIR) czy też promieniowanie rentgenowskie (X-ray, DXR). Część z tych rozwiązań wykorzystywana jest w systemach *on-line* do oznaczania zawartości tłuszczu, bezpośrednio w linii rozbioru i wykrawania (X-ray, DXR). W przypadku zastosowania bliskiej podczerwieni (NIR) wymagane jest niestety pobranie reprezentatywnej próbki oraz jej rozdrobnienie, a także stworzenie obszernej bazy danych potrzebnej w kalibracji urządzeń. Wadą tych rozwiązań jest również bardzo wysoki koszt urządzeń (od 250 000 do nawet 1 500 000 zł, związany głównie ze stworzeniem rozbudowanej bazy danych), co ogranicza ich dostępność, ze względów ekonomicznych, dla zakładów o małej lub średniej wielkości produkcji.

Z danych literaturowych wynika, że skład chemiczny mięsa (szczególnie zawartość wody i tłuszczu) jest ściśle skorelowany z jego gęstością [Ginzburg in. 1990, Niesteruk 1996]. Może być ona obliczana z zastosowaniem reguły addytywności. Przy założeniu, że składa się ona z wody, białek, tłuszczu i popiołu, gęstość mięsa można wyrazić wzorem:

$$\rho = w\rho_w + b\rho_b + t\rho_t + p\rho_p$$

gdzie:  $w, b, t, p$  – ułamki masowe odpowiednio: wody, białka, tłuszczu, popiołu,  
 $\rho_w, \rho_b, \rho_t, \rho_p$  – gęstość odpowiednio: wody, białka, tłuszczu, popiołu.

Wydaje się, że możliwe jest wykorzystanie tej zależności w praktyce przemysłowej. Stosowane dotychczas metody wyznaczania gęstości mięsa powodowały konieczność zanurzania próbek w płynie/wodzie (metoda hydrostatyczna), co powodowało chłonięcie

przez nie wody lub zniszczenie próbki w przypadku stosowania toluenu, jako cieczy odniesienia. Z tych względów nie mogą być one zastosowane w warunkach przemysłowych. Zastosowanie piknomieteru gazowego jest również trudne do wykorzystania w praktyce przemysłowej ze względu na ograniczenie wielkości próbki, znaczny koszt urządzenia oraz długotrwałość procedury pomiarowej.

Do oznaczania gęstości mięsa możliwe wydaje się zatem wykorzystanie metody piknometrycznej, czyli zastosowanie piknometrów – naczyń o różnych kształtach i znanej objętości.

Celem niniejszych badań była próba oceny możliwości wykorzystania pomiarów gęstości do oszacowania podstawowego składu chemicznego modelowej mieszaniny mięsno-tłuszczowej.

## MATERIAŁ I METODY

Badania wykonano w Zakładzie Technologii Mięsa Katedry Technologii Żywności SGGW w Warszawie. Materiał do badań stanowił mięsień najdłuższy grzbietu (stanowiący składnik mięsny w układzie) oraz podskórna okrywa tłuszczowa (słonina, stanowiąca składnik tłuszczowy). Surowiec niezbędny do realizacji części eksperymentalnej został zakupiony jednorazowo w sieci hipermarketów Makro Cash & Carry. Surowiec mięsny i tłuszczowy rozdrabniano za pomocą wilka laboratoryjnego zaopatrzonego w sito o średnicy oczek 10 mm. Próbki do badań przygotowywano poprzez wymieszanie surowca mięsnego z tłuszczowym, przy czym udział poszczególnych składników zmieniał się w każdym modelowym układzie o 10%, uzyskując 9 mieszanin (o stosunku wagowym mięso/tłuszcz odpowiednio 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 60/40, 70/30, 80/20 i 90/10). Dodatkowo badaniom poddano próbki zawierające tylko surowiec mięsny oraz tylko surowiec tłuszczowy. Łącznie przebadano 11 próbek. Próbki przygotowano jednorazowo. Do pomiarów gęstości mięsa posłużyły rury badawcze o zróżnicowanej średnicy i zbliżonej wysokości, a więc zróżnicowanej także objętości. Zestawienie przyrządów pomiarowych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka przyrządów pomiarowych służących do wyznaczenia gęstości

Table 1. Characteristics of measuring instruments used to determine the density

Nr rury badawczej Number of test tubes	Średnica [cm] Diameter	Wysokość [cm] Height	Objętość [cm <sup>3</sup> ] Volume
1	2,75	9,84	58,44
2	3,5	9,85	94,76
3	4,6	9,9	164,52

Próbki przed pomiarami odpowietrzano, umieszczając materiał we wnętrzu zamykarki próżniowej i kilkakrotnie obniżając ciśnienie do około 25 hPa. Rury pomiarowe napełniano materiałem badawczym, ustawiając je na płycie szklanej. Napełnianie przeprowadzano niewielkimi porcjami materiału w celu uniknięcia powstania wolnych przestrzeni. Górną powierzchnię wyrównywano również za pomocą płytki szklanej. Napełnione rury

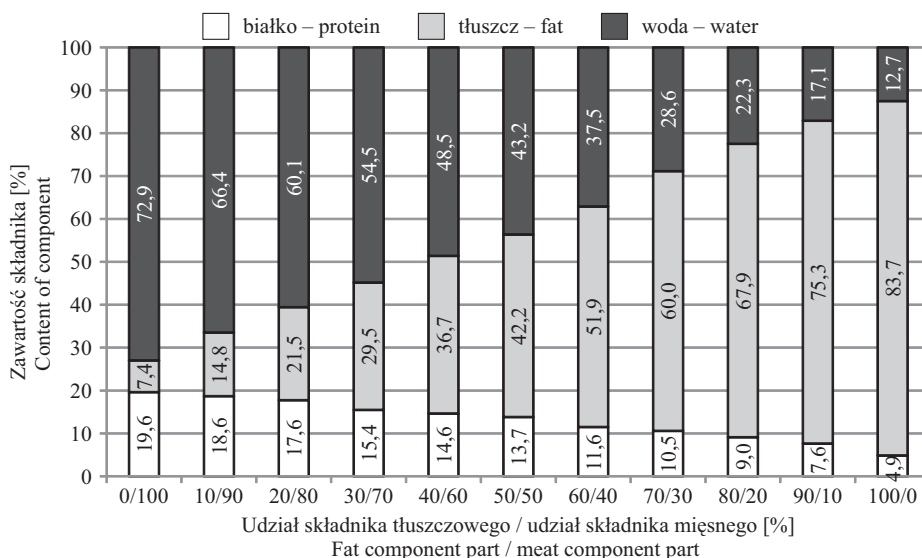
pomiarowe ważono na wadze analitycznej, a za wynik przyjmowano średnią z pięciu pomiarów. Uzyskaną masę próbki dzielono przez jej objętość, uzyskując w ten sposób gęstość mieszaniny mięsno-tłuszczowej. Podczas badań kontrolowano temperaturę materiału przechowywanego w warunkach chłodniczych ( $4 \pm 2^\circ\text{C}$ ).

Po wyznaczeniu gęstości próbek o rozdrobieniu  $\varnothing$  10 mm rozdrobiono je po raz drugi w wilku laboratoryjnym przy użyciu sita o średnicy oczek 4 mm. Powtarzano następnie czynności związane z wyznaczaniem gęstości układu mięsno-tłuszczowego przy dalszym rozdrobieniu. Po zakończeniu tego etapu pomiaru gęstości próbki rozdrobiono w wilku z sitem o średnicy oczek 2 mm i powtórzono procedurę badawczą.

W celu określenia korelacji między gęstością a składem chemicznym próbek metodami odwoławczymi oznaczono zawartość wody [PN-ISO 1442: 2000], zawartość białka [PN-75/A-04018] oraz zawartość tłuszczu [PN-ISO 1444: 2000]. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu Statgraphics 4.1, wyznaczając współczynniki korelacji i równania regresji prostoliniowej.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Wraz ze zmniejszeniem się udziału mięsa w próbce zmniejszała się zawartość wody – od początkowych 72,9% do 12,6%. Dodatek do układu składnika tłuszczowego spowodował zwiększenie się zawartości tłuszczu – od 7,4% w próbce składającej się tylko z mięsa do 83,7% w próbce, którą stanowiła słonina. Wraz ze zmniejszaniem się udziału składnika mięsnego w mieszaninie zmniejszała się zawartość białka – z 19,6 do 4,9% (rys. 1).



Rys. 1. Skład chemiczny próbek układu mięsno-tłuszczowego

Fig. 1. The chemical composition of samples of the meat-fat system

W przypadku korelacji zaobserwowanych przy 10-milimetrowym rozdrobieniu układu stwierdzono istotność jej współczynników między gęstością wyznaczoną za pomocą wszystkich rur pomiarowych a zawartością wszystkich podstawowych składników chemicznych (tab. 2). Zastosowanie rury pomiarowej o największej objętości pozwoliło na uzyskanie wyższych (w wartości bezwzględnej) i istotnych statystycznie współczynników korelacji.

Tabela 2. Analiza statystyczna korelacji między gęstością a podstawowym składem chemicznym modelowego układu mięsno-tłuszczowego o rozdrobieniu  $\varnothing$  10 mm

Table 2. The statistical analysis of correlation between the density and content of basic chemical compounds of model meat-fat system, grinding  $\varnothing$  10 mm

Wyszczególnienie Specification		Gęstość – Density		
		Nr rury badawczej – Number of test tubes		
		1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
Woda Water	p-value	0,0012	0,0000	0,0000
	wsp. korelacji cor. coefficient	0,8403	0,9283	0,9814
	wzór regression model	woda = $-303,61 + 265,30 \cdot \rho_1$	woda = $-518,06 + 441,22 \cdot \rho_2$	woda = $-495,07 + 458,31 \cdot \rho_3$
Tłuszcz Fat	p-value	0,0011	0,0000	0,0000
	wsp. korelacji cor. coefficient	-0,8422	-0,9276	-0,9763
	wzór regression model	tłuszcz = $475,46 - 330,57 \cdot \rho_1$	tłuszcz = $740,57 - 548,13 \cdot \rho_2$	tłuszcz = $709,07 - 566,85 \cdot \rho_3$
Białko Protein	p-value	0,0010	0,0001	0,0000
	wsp. korelacji cor. coefficient	0,8462	0,9178	0,9651
	wzór regression model	białko = $-67,84 + 62,05 \cdot \rho_1$	białko = $-115,61 + 101,31 \cdot \rho_2$	białko = $-109,68 + 104,68 \cdot \rho_3$

<sup>a</sup> Objętość przyrządów pomiarowych: 1 – 58,44 cm<sup>3</sup>, 2 – 94,76 cm<sup>3</sup>, 3 – 164,52 cm<sup>3</sup>.

Volume of measuring instruments: 1 – 58,44 cm<sup>3</sup>, 2 – 94,76 cm<sup>3</sup>, 3 – 164,52 cm<sup>3</sup>.

Rozdrobienie analizowanych modelowych mieszanin mięsno-tłuszczowych z zastosowaniem sita o rozmiarze oczek  $\varnothing$  4 mm spowodowało, że otrzymane współczynniki korelacji były istotne statystycznie i wyższe niż współczynniki stwierdzone w przypadku zastosowania rozdrobienia o większych wymiarach cząstek. Zależność tę zaobserwowano dla wszystkich składników chemicznych i stosowanych przyrządów pomiarowych (tab. 3). W przypadku tego stopnia rozdrobienia nie można jednoznacznie wskazać objętości rury badawczej, która pozwala na osiągnięcie najwyższych (w wartości bezwzględnej) współczynników korelacji.

Również przy 2-milimetrowym rozdrobieniu modelowych układów mięsno-tłuszczowych stwierdzono istotność wszystkich współczynników korelacji wyznaczonych między gęstością a zawartością wody, białka i tłuszczu (tab. 4). Wartość bezwzględna otrzymanych współczynników korelacji była większa niż wyznaczona przy 10-milimetrowym rozdrobieniu cząstek.

Tabela 3. Analiza statystyczna korelacji między gęstością a podstawowym składem chemicznym modelowego układu mięsno-tłuszczowego o rozdrobnieniu  $\varnothing$  4 mm

Table 3. The statistical analysis of correlation between the density and content of basic chemical compounds of model meat-fat system, grinding  $\varnothing$  4 mm

Wyszczególnienie Specification		Gęstość – Density		
		Nr rury badawczej – Number of test tubes		
		1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
Woda Water	p-value	0,0000	0,0000	0,0000
	wsp. korelacji cor. coefficient	0,9963	0,9861	0,9896
	wzór regression model	woda = $-297,79 + 264,97 \cdot \rho_1$	woda = $-437,33 + 384,507 \cdot \rho_1$	woda = $-413,22 + 393,66 \cdot \rho_3$
Tłuszcz Fat	p-value	0,0000	0,0000	0,0000
	wsp. korelacji cor. coefficient	-0,9935	-0,9824	-0,9905
	wzór regression model	tłuszcz = $466,08 - 328,51 \cdot \rho_1$	tłuszcz = $638,53 - 476,26 \cdot \rho_2$	tłuszcz = $611,31 - 489,88 \cdot \rho_3$
Białko Protein	p-value	0,0000	0,0000	0,0000
	wsp. korelacji cor. coefficient	0,9824	0,9735	0,9862
	wzór regression model	białko = $-64,82 + 60,68 \cdot \rho_1$	białko = $-96,91 + 88,1609 \cdot \rho_2$	białko = $-92,37 + 91,10 \cdot \rho_3$

<sup>a</sup> Objętość przyrządów pomiarowych: 1 – 58,44 cm<sup>3</sup>, 2 – 94,76 cm<sup>3</sup>, 3 – 164,52 cm<sup>3</sup>.  
Volume of measuring instruments: 1 – 58,44 cm<sup>3</sup>, 2 – 94,76 cm<sup>3</sup>, 3 – 164,52 cm<sup>3</sup>.

Tabela 4. Analiza statystyczna korelacji między gęstością a podstawowym składem chemicznym modelowego układu mięsno-tłuszczowego o rozdrobnieniu  $\varnothing$  2 mm

Table 4. The statistical analysis of correlation between the density and content of basic chemical compounds of model meat-fat system, grinding  $\varnothing$  2 mm

Wyszczególnienie Specification		Gęstość – Density		
		Nr rury badawczej – Number of test tubes		
		1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
Woda Water	p-value	0,0000	0,0000	0,0000
	wsp. korelacji cor. coefficient	0,9958	0,9879	0,9952
	wzór regression model	woda = $-300,18 + 266,84 \cdot \rho_1$	woda = $-436,772 + 383,91 \cdot \rho_2$	woda = $-412,531 + 394,081 \cdot \rho_3$
Tłuszcz Fat	p-value	0,0000	0,0000	0,0000
	wsp. korelacji cor. coefficient	-0,9921	-0,9841	-0,9940
	wzór regression model	tłuszcz = $468,68 - 330,53 \cdot \rho_1$	tłuszcz = $637,793 - 475,487 \cdot \rho_2$	tłuszcz = $609,239 - 489,357 \cdot \rho_3$
Białko Protein	p-value	0,0000	0,0000	0,0000
	wsp. korelacji cor. coefficient	0,9801	0,9746	0,9878
	wzór regression model	białko = $-65,23 + 60,00 \cdot \rho_1$	białko = $-96,71 + 87,96 \cdot \rho_2$	białko = $-91,81 + 90,85 \cdot \rho_3$

<sup>a</sup> Objętość przyrządów pomiarowych: 1 – 58,44 cm<sup>3</sup>, 2 – 94,76 cm<sup>3</sup>, 3 – 164,52 cm<sup>3</sup>.  
Volume of measuring instruments: 1 – 58,44 cm<sup>3</sup>, 2 – 94,76 cm<sup>3</sup>, 3 – 164,52 cm<sup>3</sup>.

Różnice w wartościach bezwzględnych współczynników korelacji między pomiarami dla rozdrobnienia 4 i 2 mm są niewielkie, co wskazuje, że zwiększenie stopnia rozdrobnienia w tym przypadku nie skutkuje poprawą siły korelacji (tab. 3 i 4).

Marcotte i inni [2008] określili wartość współczynników korelacji między gęstością produktów drobiowych a podstawowym składem chemicznym na zdecydowanie niższym poziomie (zawartość wody 0,53, zawartość tłuszczu -0,39, zawartość białka -0,05). W przypadku tych badań najwyższy współczynnik korelacji (w wartości bezwzględnej) stwierdzono między gęstością a zawartością węglowodanów w analizowanych wyrobach (-0,83). W badaniach tych autorów podkreślono również wpływ temperatury pomiaru na uzyskiwaną gęstość produktów. W badaniach Zorba i Şükrü [2006] stwierdzono, że gęstość emulsji mięsnej jest uzależniona od wzajemnego udziału w niej wołowiny, wieprzowiny i mięsa drobiowego, z czego można wnioskować o uzależnieniu gęstości mięsa od gatunku zwierzęcia, z którego to mięso pochodzi.

Nowoczesną i szybką metodą szacowania jakości i składu chemicznego mięsa jest komputerowa analiza obrazu (KAO). W licznych badaniach stwierdzono możliwość jej zastosowania do oznaczania jedynie zawartości tłuszczu [Dasiewicz i Szymański 2005, Dasiewicz i Mierzińska 2006, Dasiewicz i in. 2007, 2008, 2010, Chmiel i in. 2011a, b], natomiast wyniki niniejszych badań wskazują na możliwość wykorzystania pomiarów gęstości do szacowania poziomu wszystkich podstawowych składników mięsa.

W badaniach nad wykorzystaniem tomografii komputerowej do określenia składu chemicznego szynek peklowanych metodą suchą stwierdzono, iż metoda ta może być wykorzystana do szacowania poziomu zawartości soli i wody (współczynniki determinacji na poziomie 0,80–0,90), natomiast nie jest wystarczająco dokładna do szacowania poziomu tłuszczu w produkcie [Fulladosa i in. 2010].

Przeniesienie badań modelowych na warunki przemysłowe może być trudne ze względu na liczne czynniki warunkujące gęstość mięsa. Podstawowym elementem będzie zachowanie stałej temperatury pomiarów. Dodatkowo należy rozważyć kwestie związane z wpływem żywienia na skład tkanki tłuszczowej, a więc również możliwą zmianę jej gęstości, w zależności od warunków hodowlanych [Smet i in. 2004, Wood i in. 2004, 2008].

## WNIOSKI

Pomiary we wszystkich zastosowanych rurach badawczych pozwoliły na osiągnięcie istotnych korelacji o wysokich współczynnikach między gęstością a składem chemicznym. Wartość uzyskanych współczynników korelacji zależy od stopnia rozdrobnienia modelowego układu mięsno-tłuszczowego. W przypadku mniejszych cząstek (2 i 4 mm) uzyskiwano wyższe współczynniki korelacji niż przy rozdrobnieniu 10 mm. Badania na układzie modelowym pozwoliły na stwierdzenie, że pomiary techniczne gęstości są metodą o zadowalającej dokładności w szacowaniu składu chemicznego. Wydaje się celowe kontynuowanie badań z wykorzystaniem surowca w warunkach przemysłowych.

## LITERATURA

- Chmiel M., Słowiński M., Dasiewicz K., 2011a. Application of computer vision systems for estimation of fat content in poultry meat. *Food Control* 22, 1424–1427.
- Chmiel M., Słowiński M., Dasiewicz K., 2011b. Lightness of the color measured by computer image analysis as a factor for assessing the quality of pork meat. *Meat Sci.* 88, 566–570.
- Dasiewicz K., Szymański P., 2005. Optymalizacja warunków szacowania metodą komputerowej analizy obrazu zawartości tłuszczu w drobnym mięsie wieprzowym klasy II. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2, 44–49.
- Dasiewicz K., Mierzwińska I., 2006. The use of a computer digital analysis for evaluating the quality of pork trimmings. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 5 (2), 85–91.
- Dasiewicz K., Pisula A., Cegiełka A., 2007. The use of computer image analysis for pork trimmings quality evaluation under industrial conditions. *Anim. Sci.* 1 (Proc.), 31–32.
- Dasiewicz K., Pisula A., Słowiński M., Noga A., 2008. Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do szacowania jakości peklowanego drobnego mięsa wieprzowego klasy II. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (59), 52–60.
- Dasiewicz K., Słowiński M., Pisula A., Chmiel M., 2010. Wpływ procesu mieszania drobnego mięsa wieprzowego na dokładność szacowania metodą komputerowej analizy obrazu zawartości tłuszczu i wybranych wyróżników jakości technologicznej. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 552, 47–55.
- Dyrektywa Komisji 2001/101/WE z dnia 26.11.2001 r. zmieniająca dyrektywę 2000/13/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do etykietowania, prezentacji i reklamy środków spożywczych. *Dz. Urz. UE*, L 31 z 28.11.2001.
- Fulladosa E., Santos-Garcés E., Picouet P., Gou P., 2010. Prediction of salt and water content in dry-cured hams by computed tomography. *J. Food Eng.* 96, 80–85.
- Marcotte M., Taherian A.R., Karimi Y., 2008. Thermophysical properties of processed meat and poultry products. *J. Food Eng.* 88, 315–322.
- Ginzburg A.S., Gromow M.A., Krasowskaja G.I., 1990. *Tieplofiziceskije charakteristiki pischeczych produktow. Sprawocznik izdiela 3 dopoloczennoje i piererabotannoje. WO. Agrompromizdat, Moskwa.*
- Niesteruk R., 1996. *Właściwości termofizyczne żywności. Część I. Rozprawy Naukowe nr 33. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok.*
- PN-A-04018:1975/Az3 Oznaczenie zawartości azotu metodą Kjeldahla i przeliczenie na białko.
- PN-ISO 1442:2000 Mięso i przetwory mięsne. Oznaczenie zawartości wody.
- PN-ISO 1444:2000 Mięso i przetwory mięsne. Oznaczenie zawartości tłuszczu wolnego.
- Prieto N., Ross D.W., Navajas E.A., Nute G.R., Richardson R.I., Hyslop J.J., Simm G., Roehe R., 2009. On-line application of visible and near-infrared reflectance spectroscopy to predict chemical, physical and sensory characteristics of beef quality. *Meat Sci.* 83, 96–103.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 10.07.2007 r. w sprawie znakowania środków spożywczych. *Dz.U. z 2007 r., nr 137, poz. 966.*
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 z dnia 25.10.2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności, zmiany rozporządzeń Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1924/2006 i (WE) nr 1925/2006 oraz uchylenia dyrektywy Komisji 87/250/EWG, dyrektywy Rady 90/496/EWG, dyrektywy Komisji 1999/10/WE, dyrektywy 2000/13/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, dyrektywy Komisji 2002/67/WE i 2008/5/WE oraz rozporządzenia Komisji (WE) nr 608/2004. *Dz. Urz. UE*, L 304/18, z 22.11.2011.
- Smet S., Raes K., Demeyer D., 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Anim. Res.* 53, 2, 81–98.



- Wood J.D., Richardson R.I., Nute G.R., Fisher A.V., Campo M.M., Kasapidou E., Sheard P.R., Enser M., 2004. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Sci.* 66, 21–32.
- Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson R.I., Hughes S.J., Whittington F.M., 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.* 78, 343–358.
- Zorba O., Şükrü K., 2006. Optimization of emulsion characteristics of beef, chicken and turkey meat mixtures in model system using mixture design. *Meat Sci.* 73, 611–618.

## THE USE OF THE DENSITY MEASUREMENTS TO EVALUATE THE BASIC CHEMICAL COMPOSITION OF MODEL MEAT-FAT SYSTEMS

**Summary.** The aim of this study was to evaluate the possibility of using the technical density measurements to estimate the chemical composition of meat. The model mixtures were obtained by mixing minced lean pork meat (*m. longissimus*) with fat (lard). The mixtures with different degree of mincing – 10, 4 and 2 mm were analyzed. In particular systems 10% of meat was replaced by fat. Beside samples of meat and fat, 9 mixtures (with weight ratio meat/fat 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 60/40, 70/30, 80/20 and 90/10 respectively) were prepared. The density was determined by measuring the weight of meat-fat system with its known volume. The mixtures were placed in 3 test tubes with different known volumes. Obtained density was correlated with the results of basic chemical compounds of meat evaluated by analytical methods. The obtained values of correlation coefficients depended on the degree of mincing of model meat-fat system. For smaller pieces (2 and 4 mm) correlation coefficients (in absolute value) were higher (maximum 0.9958 and –0.993) than 10 mm pieces (maximum 0.9814). Studies on the model system had confirmed that the technical density measurements had satisfactory accuracy for the estimation of the chemical composition of meat.

**Key words:** meat, fat tissue, density, basic chemical composition