

MARTA CHMIEL, KRZYSZTOF DASIEWICZ, MIROSŁAW SŁOWIŃSKI

OCENA JAKOŚCI DROBNEGO MIĘSA WOŁOWEGO METODĄ KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU

Streszczenie

Celem pracy była ocena możliwości zastosowania komputerowej analizy obrazu do szacowania jakości drobnego mięsa wołowego pozyskanego w warunkach przemysłowych z wykrawania i obróbki dolnej zrazowej. Wykonano fotografie badanego mięsa, a następnie przeprowadzono komputerową analizę obrazu. Parametry wyznaczone tą metodą (tj. składowe barwy R, G, B oraz udział pól białych) skorelowano z wyróżnikami jakości mięsa. Stwierdzono nieliczne istotne zależności, co wskazuje na konieczność określenia optymalnych warunków wykonywania fotografii do komputerowej analizy obrazu. Dokładniejsze wyniki stosowania metody komputerowej analizy obrazu uzyskuje się w przypadku badania elementów mięsa o mało zróżnicowanym białym zabarwieniu tkanki tłuszczowej.

Słowa kluczowe: drobne mięso wołowe, komputerowa analiza obrazu (KAO), składowe barwy R, G, B, jakość

Wprowadzenie

O wartości użytkowej i kierunku wykorzystania mięsa decyduje zawartość w nim tkanki mięśniowej, łącznej i tłuszczowej oraz właściwości technologiczne. Drobne mięso wołowe pozyskiwane jest z różnych części tuszy podczas rozbioru i wykrawania elementów zasadniczych. Surowiec taki odznacza się znaczną zmiennością zawartości tkanki tłuszczowej oraz zróżnicowaną jakością. Jakość surowców w dużym stopniu wpływa na jakość gotowego wyrobu, jego akceptowalność i decyzję zakupu. Są to ważne cechy zarówno dla konsumentów, jak i dla przetwórców. Wzrastające wymagania w zakresie jakości i bezpieczeństwa produktów żywnościowych, w tym produktów mięsnych, wymuszają konieczność poszukiwania nowych, obiektywnych, szybkich i bezinwazyjnych metod ich oceny. Powyższe oczekiwania mogą zostać spełnione poprzez zastosowanie m.in. komputerowej analizy obrazu.

Mgr inż. M. Chmiel, dr inż. K. Dasiewicz, dr hab. M. Słowiński, prof. SGGW, Katedra Technologii Żywności, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa

Od szeregu lat prowadzone są badania nad zastosowaniem komputerowej analizy obrazu (KAO) do oceny jakości mięsa. Metoda ta może być wykorzystywana do określenia parametrów geometrycznych badanego obiektu (np. kształt, wielkość) lub też innych jego cech, np.: barwy lub poziomów jasności. Wielu autorów potwierdziło przydatność KAO do oceny jakości mięsa wieprzowego [1, 3, 4, 15, 16, 17, 19], w tym do szacowania zawartości tłuszczu w drobnym mięsie wieprzowym [6], a otrzymane wyniki potwierdziły skuteczność tej metody. Prowadzone były także badania nad zastosowaniem komputerowej analizy obrazu do oceny jakości mięsa wołowego [4, 5, 7, 10, 14] i drobiowego [26], jak również zależności pomiędzy parametrami barwy ocenianymi metodą KAO a metodami fizykochemicznymi [30]. Metodę KAO można także zastosować do szacowania zawartości tłuszczu śródmięśniowego w mięsie wieprzowym [8]. Istnieje również możliwość automatycznej klasyfikacji mięsa wołowego na podstawie marmurkowatości za pomocą KAO [29]. Komputerowa analiza obrazu, jako szybka, powtarzalna oraz nieinwazyjna metoda może zastąpić szereg kosztownych, pracochłonnych pomiarów [20, 25, 27, 28]. Zastosowanie jej w praktyce przemysłowej pozwoliłoby zobiektywizować subiektywną metodę wzrokowej oceny jakości mięsa.

Celem niniejszej pracy było wdrożenie prostej, szybkiej, bezinwazyjnej metody oceny jakości drobnego mięsa wołowego, jaką jest komputerowa analiza obrazu (KAO).

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiło drobne mięso wołowe pozyskane w warunkach przemysłowych z wykrawania i obróbki dolnej zrazowej. Badania przeprowadzono na 12 próbkach mięsa. Każdorazowo analizie poddawano próbki mięsa drobnego o masie około 5 kg, które przekładano do pojemnika. W celu wyeliminowania powstawania ewentualnych cieni ręcznie wyrównywano powierzchnię fotografowanego mięsa. Następnie pojemnik umieszczano w stanowisku pomiarowym. Wykonano serie fotografii aparatem cyfrowym Olympus 1400L, w standardowych warunkach, przy oświetleniu żarowym na tle zielonym. Warunki wykonywania fotografii przyjęto na podstawie wcześniejszych badań [6]. Po wykonaniu fotografii pobierano reprezentatywną próbkę mięsa (ok. 0,5 kg) do oceny laboratoryjnej, z 5 różnych miejsc pojemnika. Przed wykonaniem oznaczeń fizykochemicznych mięso rozdrabniano dwukrotnie w wilku laboratoryjnym przy użyciu siatki o średnicy otworów 3 mm.

Zawartość podstawowych składników chemicznych w badanym mięsie oznaczano metodami odwoławczymi: tłuszczu – metodą Soxhleta [23], białka – metodą Kjeldahla [21] oraz wody – metodą suszenia [22]. W badanym mięsie oznaczano także wybrane wyróżniki właściwości technologicznych: pH [24], ilość wycieku po obróbce termicznej (ogrzewając ok. 30 g mięsa w łaźni wodnej w temp. 70 ± 2 °C przez 30 min) [18], zdolność utrzymywania wody własnej (metodą bibułową) [18]. Stosując

program analityczny CARNE 2.2. [13] na uzyskanych fotografiach określano udział pól białych oraz przeprowadzono analizę składowych barwy R, G, B.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej [9] wykorzystując program StatgraphicS 4.1, na poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Wyniki oznaczeń podstawowego składu chemicznego (zawartość: wody, białka, tłuszczu) oraz wybranych wyróżników określających właściwości technologiczne drobnego mięsa wołowego przedstawiono w tab. 1. Uzyskane wyniki są porównywalne pod względem zawartości białka z danymi literaturowymi [5]. Natomiast oznaczona w niniejszej pracy zawartość wody była mniejsza, a tłuszczu większa w porównaniu z wynikami badań prowadzonych przez innych autorów na tym samym elemencie [5, 11, 12]. Rozbieżności w otrzymanych wynikach mogły być spowodowane różnicami w stopniu przetłuszczenia mięsa pozyskanego z wykrawania i obróbki dolnej zrazowej, a także zmiennością osobniczą między zwierzętami, z których pozyskiwane było mięso.

Tabela 1

Zawartość podstawowych składników chemicznych oraz wybrane wyróżniki jakości technologicznej drobnego mięsa wołowego.

Content of basic chemical components and selected technological quality parameters of beef trimmings.

Wyróżnik Parameter	Zawartość wody Water content [%]	Zawartość białka Protein content [%]	Zawartość tłuszczu Fat content [%]
$\bar{X} \pm s$	55,6 ± 1,1	17,9 ± 0,3	25,4 ± 1,2
min	53,3	17,3	23,5
max	57,0	18,3	27,6
Wyróżnik Parameter	pH	Ilość wycieku po ob- róbce termicznej Cooking loss [%]	Zdolność utrzymywania wody własnej Water holding capacity [cm ² /g]
$\bar{X} \pm s$	5,4±0,07	23,3±3,4	18,6±1,9
min	5,3	16,8	15,9
max	5,6	27,7	22,0

Objaśnienia: / Explanatory notes:

n = 12

$\bar{X} \pm s$ – wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation; min – wartość minimalna / minimal value; max – wartość maksymalna / maximum value.

Za najważniejszy wyróżnik określający przydatność technologiczną mięsa wołowego uznawana jest wartość pH. Oznaczona kwasowość czynna badanego drobnego mięsa wołowego mieściła się w przedziale od 5,3 do 5,6. Uzyskane wyniki zbliżone są do literaturowych [11, 12].

Wśród wyróżników określających jakość wołowiny ważne miejsce zajmują także: ilość wycieku po obróbce termicznej oraz zdolność utrzymywania wody własnej. Wyróżniki te w badanych próbach mięsa były zróżnicowane (tab. 1). Potencjalny wpływ na zaobserwowane rozbieżności mógł mieć badany surowiec, który cechował się dużą zawartością tkanki tłuszczowej oraz małą zawartością wody.

Wykonane fotografie drobnego mięsa wołowego pozyskanego z wykrawania i obróbki dolnej zrazowej poddano analizie za pomocą programu komputerowego. Wyznaczono składowe barwy R, G, B (ang. *Red* – czerwona, *Green* – zielona, *Blue* – niebieska) oraz określono udział pól białych występujących na obrazie – odpowiadający tkance tłuszczowej i łącznej. Wartości średnie R, G, B wynosiły odpowiednio: 187,4; 63,9 i 59,6 jednostki, natomiast średni udział pól białych wynosił 17,7 %.

W celu zbadania zależności między składowymi barwy R, G, B a zawartością podstawowych składników chemicznych mięsa oraz jego właściwościami technologicznymi, dokonano próby ich skorelowania. Również by zbadać możliwość wykorzystania komputerowej analizy obrazu do szacowania zawartości tłuszczu przeprowadzono analizę korelacji pomiędzy udziałem pól białych (wyznaczonych metodą KAO) a zawartością tłuszczu.

Uzyskane wartości współczynników korelacji wskazują na nieliczne istotne zależności (tab. 2). Stwierdzono ujemną istotną korelację pomiędzy składowymi barwy R, B a zawartością wody. Wyliczone współczynniki korelacji i determinacji wynosiły odpowiednio $r = -0,70^*$ i $R^2 = 49,0\%$; $r = -0,59^*$ i $R^2 = 35,1\%$ (rys. 1 i 2).

Zależności te są zgodne z wynikami prowadzonych wcześniej prac, w których stwierdzono istotne korelacje pomiędzy składową barwą B a zawartością wody w mięsie [5]. W niniejszej pracy nie stwierdzono istotnych zależności pomiędzy składowymi barwy mierzonymi metodą komputerowej analizy obrazu a zawartością białka w badanym drobnym mięsie wołowym (tab. 2).

Przeprowadzona analiza statystyczna między składowymi barwy wyznaczonymi metodą komputerowej analizy obrazu a wybranymi wyróżnikami jakości technologicznej badanego drobnego mięsa wołowego nie wykazała istotnych korelacji (tab. 2). Stwierdzone zależności są odmienne od wyników uzyskanych w pracach związanych z zastosowaniem komputerowej analizy obrazu do szacowania jakości najdłuższego mięśnia wołowego. W badaniach tych wykazano możliwość wykorzystania tej metody do szacowania zdolności utrzymywania wody własnej oraz pH tego mięsa [5]. W tym przypadku barwa tłuszczu, w związku z jego niewielką ilością, nie miała wpływu na wartości składowych barwy wyznaczonych metodą KAO. Na obrazach większy udział

stanowiła tkanka mięśniowa, stąd większa liczba zaobserwowanych istotnych korelacji, w przeciwieństwie do korelacji uzyskanych w niniejszych badaniach.

Tabela 2

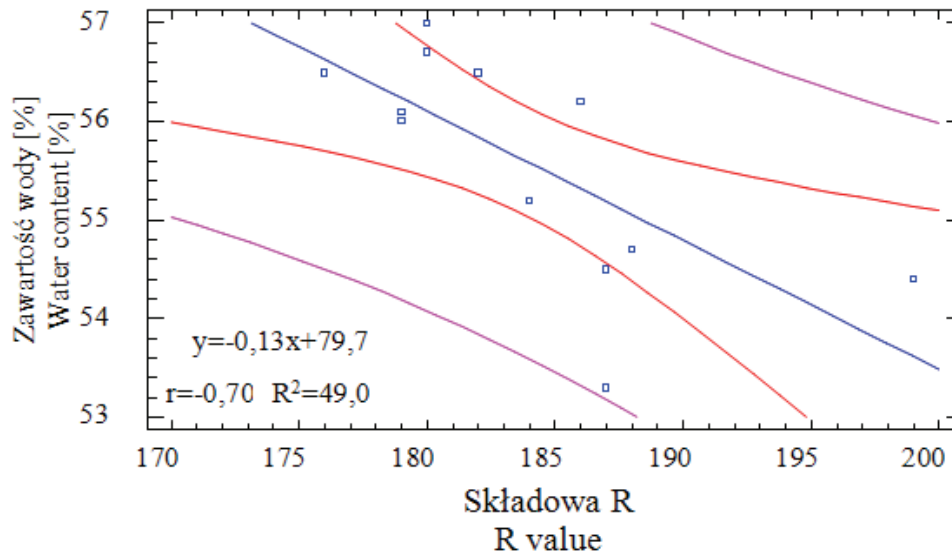
Współczynniki korelacji między składowymi barwy określonymi za pomocą komputerowej analizy obrazu a zawartością wody i białka oraz wybranymi wyróżnikami jakości technologicznej drobnego mięsa wołowego.

Coefficients of correlation between colour values, determined by video image analysis, and water and protein content, and selected technological quality parameters of beef trimmings.

Składowe barwy wyznaczone metodą KAO Colour values determined by video image analysis	Zawartość wody Water content	Zawartość białka Protein content	
R	-0,70*	-0,10	
G	-0,57	-0,05	
B	-0,59*	-0,13	
Składowe barwy wyznaczone metodą KAO Colour values determined by video image analysis	pH	Ilość wycieku po obróbce termicznej Cooking loss	Zdolność utrzymywania wody własnej Water holding capacity
R	0,26	0,13	-0,12
G	0,20	0,41	-0,06
B	0,07	0,44	-0,12

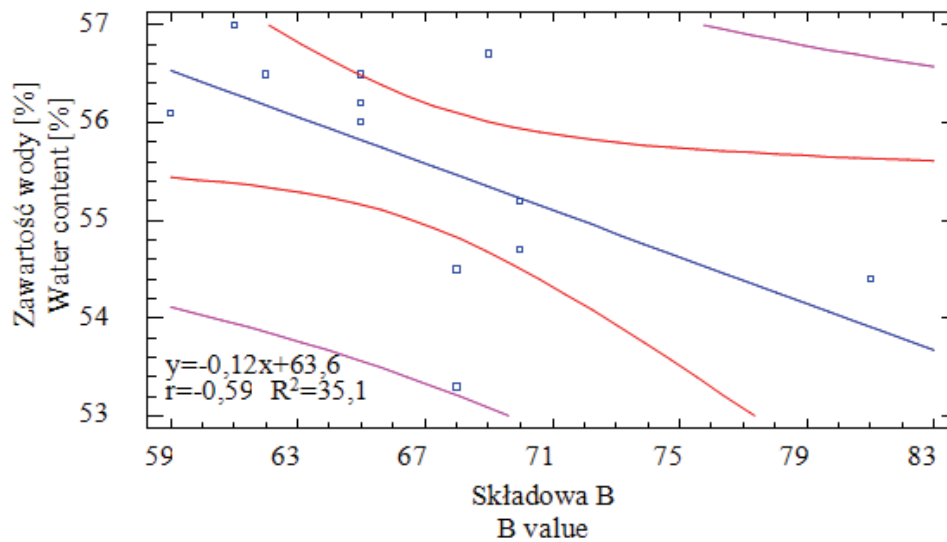
*korelacja istotna statystycznie przy $\alpha \leq 0,05$ / correlation statistically significant at $\alpha \leq 0.05$.

Pozyskiwanie fotografii jest bardzo ważnym etapem w metodzie komputerowej analizy obrazu, gdyż od niego w znacznej mierze zależy uzyskanie prawidłowych wyników. Niezbędne jest zatem właściwe dobranie warunków, w których będą one wykonywane. Różnice pomiędzy wynikami prac innych autorów a uzyskanymi w niniejszej pracy prawdopodobnie spowodowane zostały zastosowaniem innego rodzaju oświetlenia podczas pozyskiwania obrazu. Zastosowanie żarowego źródła światła mogło w istotny sposób wpłynąć na wartości składowych barwy, a także ich zależności z badanymi właściwościami technologicznymi.



Rys. 1. Krzywa regresji pomiędzy składową barwy R wyznaczoną metodą KAO a zawartością wody oznaczoną metodą suszenia w badanym drobnym mięsie wołowym.

Fig. 1. Regression curve of R value determined using VIA method and water content determined by drying method in beef trimmings analyzed.



Rys. 2. Krzywa regresji pomiędzy składową barwy B wyznaczoną metodą KAO a zawartością wody oznaczoną metodą suszenia w badanym drobnym mięsie wołowym.

Fig. 2. Regression curve of B value determined using VIA method and water content determined by drying method in beef trimmings analyzed.

W badaniach nie zaobserwowano także istotnych zależności między udziałem pól białych (odpowiadających tkance tłuszczowej i łącznej) a zawartością tłuszczu oznaczoną odwoławczą metodą Soxhleta. Współczynnik korelacji wynosił $r = 0,21$. Brak istotnych zależności spowodowany mógł być faktem, że program CARNE 2.2. jest zbyt mało czuły na niewielkie różnice zawartości tłuszczu w badanych próbkach mięsa. W przypadku drobnego mięsa wołowego pozyskanego z wykrawania i obróbki dolnej zrazowej zawartość tłuszczu mieściła się w przedziale od 23,5 do 27,6 %. Istotnym problemem w rozróżnieniu na obrazie poszczególnych rodzajów tkanek jest małe zróżnicowanie barwy zarówno tkanki mięśniowej, jak i tłuszczowej oraz występowanie tkanki łącznej. W badaniach użyto surowca pozyskanego z wykrawania i obróbki dolnej zrazowej. Mięso takie cechuje się dużą zawartością tłuszczu. Ze względu na zróżnicowanie barwy tłuszczu, a w szczególności jego różowoczerwonego odcienia zaistniała możliwość błędnej interpretacji poszczególnych pikseli obrazu przez program komputerowy, a następnie błędnej klasyfikacji obszarów zajętych przez tłuszcz. Stąd też mógł wynikać niski współczynnik korelacji pomiędzy udziałem pól białych a zawartością tłuszczu oznaczoną odwoławczą metodą Soxhleta.

Wnioski

1. Stwierdzone istotne zależności pomiędzy składowymi barwy R i B a zawartością wody w badanym drobnym mięsie wołowym wskazują na możliwość wykorzystania komputerowej analizy obrazu do szacowania zawartości tego składnika w mięsie. Jednak w celu potwierdzenia tych zależności istnieje konieczność prowadzenia dalszych badań w tym kierunku.
2. Brak istotnych zależności między składowymi barwy R, G, B a wartością pH, ilością wycieku po obróbce termicznej, zdolnością utrzymywania wody własnej drobnego mięsa wołowego wskazuje na znaczne ograniczenie możliwości wykorzystania metody KAO do oceny jakości technologicznej drobnego mięsa wołowego. Może to wynikać ze znacznego zróżnicowania barwy tłuszczu w mięsie pozyskanym z wykrawania i obróbki dolnej zrazowej.

Praca finansowana z grantu nr N312 239435 MNiSW w latach 2008-2010.

Literatura

- [1] Du C.J., Sun D.W.: Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends. Food Sci. Technol.*, 2004, **15**, 230-249.
- [2] Dasiewicz K., Pisula A, Cegielka A.: The use of computer image analysis for pork trimmings quality evaluation under industrial conditions. *Animal Sci. Proc.*, 2007, **1**, 31-32.

- [3] Dasiewicz K., Pisula A., Słowiński M., Noga A.: Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do szacowania jakości peklowanego drobnego mięsa wieprzowego klasy II. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, **4 (59)**, 52-60.
- [4] Dasiewicz K., Słowiński M., Sakowski T., Oprządek J., Wiśniach A., Dymnicki E., Słoniewski K.: The attempt of Video Image Analysis use for estimation of meat quality of beef breeds bulls. *E. J. P.A.U. Series Food Sci. Technol.*, 2003, **6**, issue 2.
- [5] Dasiewicz K., Słowiński M., Sakowski T.: Próba zastosowania komputerowej analizy obrazu do oceny jakości mięsa wołowego. *Gosp. Mięś.*, 1998, **50 (4)**, 40-44.
- [6] Dasiewicz K., Szymański P.: Optymalizacja warunków szacowania metodą komputerowej analizy obrazu zawartości tłuszczu w drobnym mięsie wieprzowym klasy II. *Post. Techn. Przetw. Spoż.*, 2005, **16/27 (2)**, 44-49.
- [7] Dasiewicz K., Słowiński M., Walasek M., Cegiełka A.: The use of colour measurements for determining the quality of meat from young cattle and culled cows. *Animal Sci. Proc.*, 2007, **1**, 33-34.
- [8] Faucitano L., Huff P., Teuscher F., Garipey C., Wegner J.: Application of computer image analysis to measure pork marbling characteristics. *Meat Sci.*, 2005, **69**, 537-543.
- [9] Gawęcki J., Wagner W.: *Podstawy metodologii badań doświadczalnych w nauce o żywieniu i żywności*. PWN, Warszawa 1984.
- [10] Gerrard D.E., Gao X., Tan J.: Determining beef marbling and color scores by image processing. *J. Food Sci.*, 1998, **61**, 145-148.
- [11] Grześkowiak E., Borzuta K., Strzelecki J.: Porównanie jakości różnych mięśni tusz młodego bydła rzeźnego rasy ncb. *Gosp. Mięś.*, 2006, **58 (9)**, 16-18.
- [12] Grześkowiak E., Strzelecki J., Borzuta K., Borys A.: Jakość podstawowych elementów kulinarnych tusz młodego bydła. *Gosp. Mięś.*, 2006, **58 (8)**, 30-33.
- [13] Instrukcja programu komputerowego CARNE 2.2., 2004.
- [14] Jackman P., Sun D.W., Allen P.: Automatic segmentation of beef longissimus dorsi muscle and marbling by an adaptable algorithm. *Meat Sci.*, 2009, **83**, 187-194.
- [15] Lu J., Tan J., Shatadal P., Gerrard D.E.: Evaluation of pork color by using computer vision. *Meat Sci.*, 2000, **56**, 57-60.
- [16] Mancini R.A., Hunt M.C.: Current research in meat color. *Meat Sci.*, 2005, **71**, 100-121.
- [17] Mendoza F., Dejmek P., Aguilera J.M.: Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Posth. Biology Technol.*, 2006, **41**, 285-295.
- [18] Mitek M., Słowiński M. (pod red.): *Wybrane zagadnienia z technologii żywności. Technologia mięsa i jaj*. Wyd. SGGW, Warszawa 2006, ss. 269-286.
- [19] O'Sullivan M.G., Byrne D.V., Martens H., Gidskehaug L.H., Andersen H.J., Martens M.: Evaluation of pork colour: prediction of visual sensory quality of meat from instrumental and computer vision methods of colour analysis. *Meat Sci.*, 2003, **65**, 909-918.
- [20] Papadakis S.E., Abdul-Malek S., Kamdem R.E., Yam K.L.: A versatile and inexpensive technique for measuring color foods. *Food Technol.*, 2000, **54**, 48-51.
- [21] PN-75/1-04018. Oznaczenie zawartości azotu metodą Kjeldahla i przeliczenie na białko.
- [22] PN-ISO 1442: 2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczenie zawartości wody.
- [23] PN-ISO 1444: 2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczenie zawartości tłuszczu wolnego.
- [24] PN-ISO 2917: 2001. Mięso i przetwory mięsne. Pomiar pH.
- [25] Rius-Vilarrasa E., Bünger L., Maltin C., Matthews K.R., Roehe R.: Evaluation of Video Image Analysis (VIA) technology to predict meat yield of sheep carcasses on-line under UK abattoir conditions. *Meat Sci*, 2009, **82**, 94-100.
- [26] Słowiński M., Majewska M., Dasiewicz K.: Wykorzystanie komputerowej analizy obrazu do oceny zawartości tłuszczu w mięsie kurcząt. *Post. Techn. Przetw. Spoż.*, 2007, **17/30 (1)**, 13-16.
- [27] Tan J.: Meat quality evaluation by computer vision. *J. Food Eng.*, 2004, **61**, 27-35.

- [28] Yam K.L., Papadakis S.: A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *J. Food Eng.*, 2004, **61**, 137-142.
- [29] Yoshikawa F., Toraichi K., Wada K., Nobuyuki O., Ostu N., Nakai H., Mitsumoto M., Katagishi K.: On a grading system for beef marbling. *Pattern Rec. Letters*, 2000, **21**, 1037-1050.
- [30] Zheng C., Su, D.W., Zheng L.: Recent developments and applications of image features for food quality evaluation and inspection – a review. *Trends Food Sci. Technol.*, 2006, **17**, 642-655.

QUALITY EVALUATION OF BEEF TRIMMINGS BY VIDEO IMAGE ANALYSIS

S u m m a r y

The objective of the study was to assess the possibility of applying video image analysis when evaluating the quality of beef trimmings obtained whilst cutting and trimming the bottom rump, under the industrial conditions. The images of analyzed meat were taken, and, then, a video image analysis was performed. The parameters determined using the VIA method (i.e. R, G, B colour values and the content of white fields) were correlated with the meat quality parameters. Several significant relationships were found; thus, there is a necessity of determining optimal conditions for taking images to be analyzed with the use of video image analysis. The use of video image analysis produces results that are more exact in the case of meat with an adipose tissue of poorly differentiated white colouring.

Key words: beef trimmings, video image analysis (VIA), R, G, and B colour values, quality ☒