

Dr hab. Krzysztof DASIEWICZ  
Dr hab. Aneta CEGIEŁKA  
Mgr inż. Małgorzata KORNATOWSKA  
Mgr inż. Sławomir ROLA  
Zakład Technologii Mięsa, Katedra Technologii Żywności  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

## WPŁYW PROCESU MIESZANIA DROBNEGO MIĘSA WOŁOWEGO NA DOKŁADNOŚĆ SZACOWANIA ZAWARTOŚCI TŁUSZCZU METODĄ KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU®

Effect of the mixing process of beef trimmings on the accuracy of estimating  
the fat content by the video image analysis method®

**Słowa kluczowe:** komputerowa analiza obrazu, mięso drobne, proces mieszania.

*Celem pracy przedstawionej w artykule była ocena wpływu procesu mieszania drobnego mięsa wołowego na precyzję szacowania zawartości tłuszczu metodą komputerowej analizy obrazu. W badanym mięsie przeprowadzono oznaczenia składu chemicznego stosując metodę spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni. Równocześnie stosując komputerową analizę obrazu określono udział pól białych, czerwonych, nierozpoznanych (przed mieszaniem, po pierwszym i po drugim mieszaniu). Stwierdzono, że wyliczone wysokie współczynniki korelacji pomiędzy zawartością tłuszczu a udziałem pól białych w drobnym mięsie wołowym niezależnie od krotności mieszania wskazują na możliwość szacowania zawartości tłuszczu metodą komputerowej analizy obrazu. Natomiast niewielkie różnice w wyliczonych wartościach współczynników korelacji sugerują możliwość pominięcia procesu mieszania przed szacowaniem zawartości tłuszczu metodą KAO.*

**Key words:** Video image analysis, fat content, beef trimmings, the mixing.

*The aim of this study was to evaluate the influence of mixing process of beef trimmings on the precision of fat content estimation by video image analysis (VIA) method. Determination of chemical composition of beef using near-infrared spectrometry method was carried out. At the same time using video image analysis the content of white, red, unrecognized spots (before mixing, after the first and second mixing) was determined. It was found that there is a possibility, irrespective of the multiplicity of mixing, to use video image analysis to determine the fat content in beef trimmings, based on the high correlation coefficients between fat content and white spots content. However, slight variations in the calculated correlation coefficients suggest that the mixing process may be omitted prior to VIA fat content estimation.*

### WPROWADZENIE

W celu zachowania dobrej pozycji ekonomicznej i zdolności konkurencyjnej producent żywności powinien ograniczyć w produkcji zużycie komponenta najdroższego, którym najczęściej jest surowiec. Zasada ta obowiązuje również w produkcji przetworów z mięsa, ponieważ w sektorze tym koszt zakupu surowca jest zazwyczaj wyższy niż w innych gałęziach przemysłu spożywczego. Handel detaliczny skłania producentów mięsa i przetworów do wytwarzania produktów po najniższych kosztach, ale z zachowaniem wysokiej ich jakości, dlatego też ekonomiczne zarządzanie surowcem jest niezbędne do prawidłowego funkcjonowania przedsiębiorstwa. Na jakość zarówno sensoryczną, jak i żywieniową, a w szczególności na rentowność produkcji w zakładach

mięsnych istotny wpływ ma wykorzystanie tłuszczu, oraz jego standardowy i optymalny udział w produkcie [1, 2, 14, 17].

W polskich zakładach mięsnych podział mięsa drobnego jest zazwyczaj zgodny z nieobligatoryjną normą polską PN-A-82014, jednak w przypadku mięsa drobnego pozyskiwanego z tusz wołowych podział taki dokonywany jest ze względu na udział mięsa i tłuszczu. Obejmuje on odpowiednio mięso drobne o procentowym udziale mięsa i tłuszczu 90/10, 80/20 oraz 70/30. Czynności klasyfikacji wykonywane są przez pracowników zakładu na podstawie oceny wzrokowej i doświadczenia przedmiotowego. Mięsa drobne są wykorzystywane, jako podstawowy surowiec do produkcji szerokiej gamy przetworów mięsnych o określonym składzie, dlatego celem jest wprowadzenie standaryzacji

surowca pod względem zawartości tłuszczu i cech jakościowych w tego typu surowcu. Procedura ta pozwoli na wyeliminowanie błędów spowodowanych oceną wzrokową, która jest powszechnie stosowana podczas prowadzenia klasyfikacji drobnego mięsa rozbiorowego [4]. Te aspekty wpłynęły na wzrost zainteresowania producentów szybkimi metodami kontroli surowca. Metody te muszą jednak być obiektywne i uniwersalne, a także powinny działać on-line w liniach produkcyjnych. Takie wymagania może spełniać m.in. komputerowa analiza obrazu (KAO) [5, 17].

Komputerowa analiza obrazu jest techniką badawczą która pozwala na nieinwazyjną ocenę powierzchni badanego produktu. Cechuje ją dokładność i powtarzalność. Obecnie w przemyśle mięsny wykorzystywana jest m.in. w klasyfikacji poubojowej tusz. Badania naukowe wskazują również na możliwość wykorzystania tej techniki badawczej w ocenie jakości mięsa, farszów z gotowego wyrobu, jak również w kontroli procesów technologicznych [3, 7, 8, 9, 12, 15, 16, 20].

Badania przeprowadzone w Zakładzie Technologii Mięsa SGGW wskazują również na możliwość wykorzystania tej techniki badawczej w ocenie jakości mięsa i szacowaniu zawartości tłuszczu w drobnym mięsie wołowym [4]. Brak jest szczegółowych informacji o wpływie operacji jednostkowych np. mieszania na wyróżniki określane metodą KAO. Celowe było więc przeprowadzenie badań wykorzystania tej metody pomiarowej do określenia zawartości tłuszczu w tego rodzaju surowcu.

**Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących wpływu procesu mieszania drobnego mięsa wołowego na precyzję szacowania zawartości tłuszczu metodą komputerowej analizy obrazu.**

## METODYKA BADAŃ

### Material badawczy

W badaniach wykorzystano drobne mięso wołowe, pozyskane w warunkach przemysłowych z wykrawania różnych elementów tuszy wołowej. Badaniom poddano 64 próbki drobnego mięsa wołowego o masie ok. 10 kg każda i zróżnicowanej zawartości tłuszczu (2-35%). Mięso bezpośrednio z linii rozbiorowej przekładano do kuwety pomiarowej i po wyrównaniu powierzchni wykonano serie zdjęć (bezpośrednio przed mieszaniem, po pierwszym mieszaniu i po drugim mieszaniu). Proces mieszania każdej próbki osobno prowadzono przez 3 minuty, przy użyciu laboratoryjnej mieszalarki (TECHNOLOGIES, Polska) o pojemności 20 l wyposażonej w mieszadła łopatkowe. Podczas akwizycji zdjęć aparatem cyfrowym Olympus 1400L zachowano standardowe warunki oświetlenia, barwy tła oraz odległości obiektywu od fotografowanej powierzchni mięsa. W rezultacie wykonano 192 zdjęcia. Następnie z każdej próbki pobrano po około 500 g mięsa i po rozdrobnieniu w wilku laboratoryjnym z zastosowaniem siatki o średnicy 3 mm dokładnie wymieszano. W tak przygotowanych próbkach oznaczono podstawowy skład chemiczny.

### Badania chemiczne i fizyczne

Zawartość podstawowych składników chemicznych (wody, białka i tłuszczu) w badanych próbkach drobnego

mięsa wołowego oznaczono z wykorzystaniem metody spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni (NIR) o długości fali 850 – 1050 nm, za pomocą aparatu FoodScan (Foss Analytical, Dania) zgodnie z normą PN-A-82109:2010 [18] oraz instrukcją obsługi aparatu. Każdorazowo analizowano poprawność przeprowadzonej analizy poprzez weryfikację odpowiednich wskaźników (GlobalH, NeighborhoodH, StatisticT).

### Komputerowa analiza obrazu

Zdjęcia wykonano z wykorzystaniem aparatu cyfrowego Olympus 1400L (Olympus Corporation, Japonia). Do pozyskania zdjęć i zapewnienia stałych warunków ekspozycji użyto komory do akwizycji obrazu, w której zastosowano oświetlenie halogenowe oraz zielone tło – warunki akwizycji dobrano na podstawie wcześniejszych badań. Czulość ISO ustawiono na poziomie 200, wielkość przysłony na poziomie 4,0 [4, 5, 6, 10].

Komputerowa analiza obrazu została przeprowadzona przy użyciu programu komputerowego „Carne” - segmentacja i pomiar obrazu były przeprowadzone automatycznie. W programie został zastosowany algorytm uczący k-najbliższych sąsiadów (w tym przypadku k=3). Konieczne było wprowadzenie ręczne danych uczących, czyli określenie kilku pól reprezentujących poszczególne klasy. W analizowanych zdjęciach program wydzielił, następnie poddał analizie ilościowej pola czerwone – mięso oraz pola białe – przedstawiające tłuszcz śródmięśniowy i tkankę łączną, określając ich procentowy udział w stosunku do badanej powierzchni mięsa. Mięso czerwone pokryte tkanką łączną lub pola białe o zabarwieniu różowym były identyfikowane jako pola nierozpoznane [19].

### Analiza statystyczna wyników

Analizę statystyczną przeprowadzono przy użyciu programów STATISTICA 12 i Microsoft Excel. Obliczono wartości średnich, odchylenia standardowego, wartości minimalne, maksymalne, wyliczono też współczynniki korelacji między wartościami uzyskanymi przy pomocy programów komputerowych a wynikami uzyskanymi przy zastosowaniu metod odwoławczych [13].

Dla przypadków o wysokich współczynnikach korelacji wyliczono równania prostych regresji, na podstawie których dokonano dalszych wyliczeń i analiz.

## OMÓWIENIE I Dyskusja Wyników

Uzyskane wyniki dotyczące zawartości podstawowych składników chemicznych badanego mięsa wołowego analizowanego podczas określania wpływu mieszania na dokładność szacowania zawartości tłuszczu i jakości technologicznej zestawiono w tabeli 1.

Drobne mięso wołowe jest układem złożonym. W jego skład wchodzi tkanka mięśniowa, tłuszczowa i łączna. Mięso i tłuszcz podczas pomiaru metodą KAO są rozmieszczone w pojemniku w sposób przypadkowy. Dodatkowo pomiar parametrów metodą wizyjną uwzględnia tylko powierzchnię analizowanego materiału. Proces mieszania miał wyeliminować przypadkowość rozłożenia poszczególnych tkanek (tkanki mięśniowej, tłuszczowej i łącznej) w fotografowanym surowcu.

**Tabela 1. Zawartość podstawowych składników chemicznych drobnego mięsa wołowego analizowanego podczas określania wpływu mieszania na dokładność szacowania zawartości tłuszczu metodą KAO**

**Table 1. Content of the basic chemical components of beef trimmings analysed during determining the influence of mixing accuracy on the estimation of fat content by VIA method**

n=64	Zawartość wody Water content [%]	Zawartość białka Protein content [%]	Zawartość tłuszczu Fat content [%]
x	61,2	18,0	19,7
sd	5,7	1,6	7,4
min	50,0	14,5	5,0
max	73,1	20,8	34,1

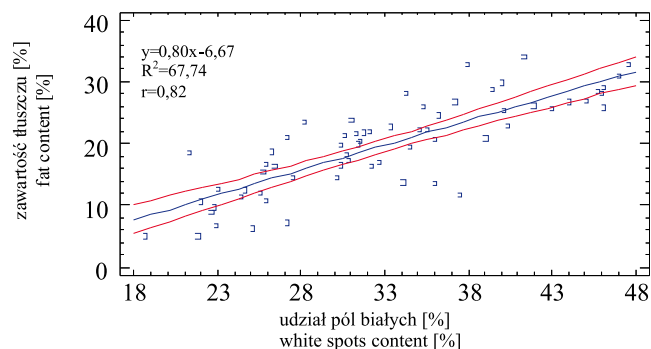
x – wartość średnia, sd – odchylenie standardowe, min, max – wartość minimalna, maksymalna

x – mean value, sd – standard deviation, min, max – minimum, maximum values

**Źródło:** Badania własne

**Source:** Own research

Zarówno średni udział pól białych, udział pól czerwonych i nierozpoznanych, oznaczonych metodą komputerowej analizy obrazu, na fotografiach badanego drobnego mięsa wołowego, nie był istotnie różnicowany przez przeprowadzony proces mieszania, niezależnie od jego krotności. Przed procesem mieszania udział pól białych wahał się od 18,7% do 47,6% przy wartości średniej wynoszącej 32,9%, po pierwszym mieszaniu wartość ta wynosiła średnio 32,6% (przy rozrzucie wartości od 18,9% do 49,8%). Natomiast udział pól białych oznaczony metodą KAO w próbkach mięsa po drugim mieszaniu oscylował w granicach od 16,1% do 49,5% (przy wartości średniej 33,2%). Średni udział pól



**Rys. 1. Krzywa korelacji pomiędzy udziałem pól białych wyznaczonych metodą komputerowej analizy obrazu a zawartością tłuszczu oznaczonego metodą spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni w drobnym mięsie wołowym bezpośrednio z linii produkcyjnej (przed mieszaniem).**

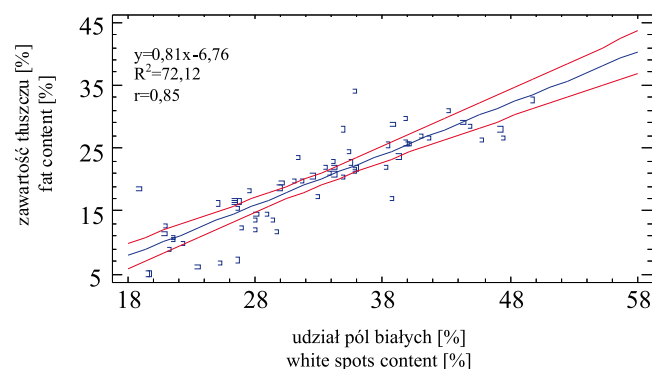
**Fig. 1. Correlation between the white spots content determined by video image analysis method and fat content determined by near infrared spectrometry method in beef trimmings obtained directly from the production line (before mixing).**

**Źródło:** Badania własne

**Source:** Own research

czerwonych wahał się w przedziałach 64,7-65,2 jednostki, natomiast średni udział pól nierozpoznanych kształtował się na poziomie 2,1; 2,2; 2,1 jednostki (odpowiednio przed, po pierwszym, po drugim mieszaniu).

Pomimo, że przeprowadzona analiza wariancji nie wykazała istotnego wpływu mieszania na oznaczony udział pól białych metodą KAO – to przeprowadzona analiza korelacji pomiędzy udziałem pól białych a zawartością tłuszczu oznaczoną metodą bliskiej podczerwieni, wykazała celowość stosowania procesu mieszania badanego mięsa wołowego.

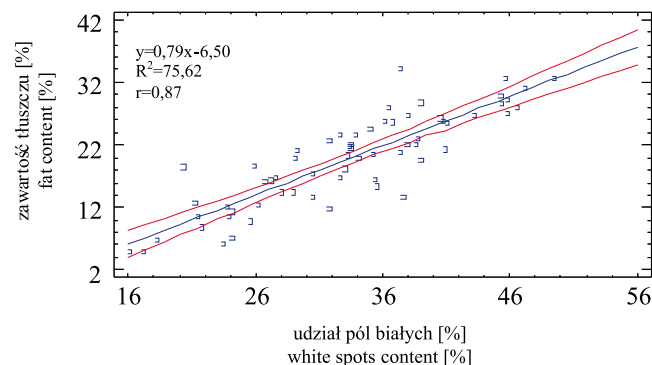


**Rys. 2. Krzywa korelacji pomiędzy udziałem pól białych wyznaczonych metodą komputerowej analizy obrazu a zawartością tłuszczu oznaczonego metodą spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni w drobnym mięsie wołowym po pierwszym mieszaniu.**

**Fig. 2. Correlation between the white spots content determined by video image analysis method and fat content determined by near infrared spectrometry method in beef trimmings after the first mixing.**

**Źródło:** Badania własne

**Source:** Own research



**Rys. 3. Krzywa korelacji pomiędzy udziałem pól białych wyznaczonych metodą komputerowej analizy obrazu a zawartością tłuszczu oznaczonego metodą spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni w drobnym mięsie wołowym po drugim mieszaniu.**

**Fig. 3. Correlation between the white spots content determined by video image analysis method and fat content determined by near infrared spectrometry method in beef trimmings after the second mixing.**

**Źródło:** Badania własne

**Source:** Own research

Najniższy współczynnik korelacji ( $r=0,82$ ;  $y=0,80x-6,67$ ;  $R^2=67,74$  rysunek 1) wyliczono dla oznaczeń wykonanych przed mieszaniem. Wyższe wartości współczynników korelacji, pomiędzy udziałem pól białych a zawartością tłuszczu uzyskano po pierwszym i drugim mieszaniu (mieszanie pierwsze –  $r=0,85$ ;  $y=0,81x-6,76$ ;  $R^2=72,12$ ; mieszanie drugie –  $r=0,87$ ;  $y=0,79x-6,50$ ;  $R^2=75,62$ ; rysunki 2 i 3). Należy zwrócić szczególną uwagę na czas i efekt mieszania, który w dużym stopniu zależy od kształtu mieszadeł, oraz szybkości ich obrotów. Źle dobrane parametry procesu, powodują intensyfikację zjawisk ubocznych, do których należy np. deformacja mięsa [11]. Należy więc rozważyć czy wzrost współczynnika korelacji o 0,05 jednostki jest na tyle istotny, żeby stosować często czasochłonny i energochłonny proces mieszania.

**Tabela 2.** Średnia zawartość tłuszczu oznaczona metodą spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni oraz metodą komputerowej analizy obrazu (KAO)\* w badanym drobnym mięsie wołowym

**Table 2.** The average fat content determined by near infrared spectrometry and video image analysis (VIA)\* method in the analyzed beef trimmings

Zawartość tłuszczu Fat content [%]				
n=64	Metoda spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni  Near infrared spectrometry method	KAO* Przed mieszaniem  VIA* Before mixing	KAO* Po pierwszym mieszaniu  VIA* after the first mixing	KAO* Po drugim mieszaniu  VIA* after the second mixing
x	19,7	19,5 <sup>a</sup>	19,6 <sup>a</sup>	19,8 <sup>a</sup>
sd	7,6	6,1	6,2	6,4
min	2,4	7,6	7,8	5,3
max	34,4	30,7	32,5	31,7

\* zawartość tłuszczu obliczona na podstawie równania regresji pomiędzy udziałem pól białych oznaczonych metodą komputerowej analizy obrazu a zawartością tłuszczu oznaczoną metodą spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni w mięsie wołowym po kolejnych krotnościach mieszania

\* fat content calculated based on the regression equation between the white spots content determined by video image analysis method and fat content determined by near infrared spectrometry method in beef trimmings after mixing

x – wartość średnia, sd – odchylenie standardowe, min, max – wartość minimalna, maksymalna

x – mean value, sd – standard deviation, min, max – minimum, maximum values

a, b – średnie w wierszach oznaczone różną literą różnią się statystycznie przy poziomie istotności  $\alpha \leq 0,05$

a, b – average in rows marked with different letter are significantly different at level of significance  $\alpha \leq 0,05$

**Źródło:** Badania własne

**Source:** Own research

Na podstawie otrzymanych równań regresji pomiędzy udziałem pól białych oznaczonych metodą KAO a zawartością tłuszczu oznaczoną metodą bliskiej podczerwieni wyliczono zawartość tłuszczu w badanych próbkach drobnego mięsa wołowego (tabela 2).

Z przedstawionych w tabeli 2 wyliczonych zawartości tłuszczu obliczonych na podstawie równań regresji pomiędzy udziałem pól białych oznaczonych metodą komputerowej analizy obrazu a zawartością tłuszczu oznaczoną metodą spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni w mięsie wołowym po kolejnych krotnościach mieszania wynika, że metoda ta może być stosowana. Jednocześnie niewielkie różnice w wyliczonych wartościach współczynników korelacji wskazują na możliwość pominięcia procesu mieszania przed szacowaniem zawartości tłuszczu metodą KAO.

## PODSUMOWANIE

W pracy przedstawionej w artykule dążono do oceny wpływu krotności mieszania na precyzję szacowania zawartości tłuszczu i wybranych wyróżników jakości technologicznej w drobnym mięsie wołowym przy użyciu komputerowej analizy obrazu.

Surowiec do badań stanowiło drobne mięso wołowe pochodzące z rozbioru przemysłowego. Próbki mięsa sfotografowano (przed mieszaniem, po jednokrotnym i dwukrotnym mieszaniu) przy użyciu aparatu cyfrowego w standardowych warunkach pomiarowych. W wyniku przeprowadzonej KAO wyznaczono udział pól białych (odpowiadający tkance tłuszczowej), czerwonych i nierozpoznanych. W badanym mięsie określono zawartość białka, wody oraz tłuszczu metodą spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni. Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano następujące stwierdzenia i wnioski:

Podstawowy skład chemiczny badanego drobnego mięsa wołowego był typowy dla tego rodzaju surowca. Stwierdzone duże zróżnicowanie w zawartości tłuszczu pomiędzy poszczególnymi próbkami wskazują na konieczność prowadzenia kontroli zawartości tłuszczu w każdym pojemniku rozbiorowym.

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej nie stwierdzono istotności różnic w średnim udziale pól białych i czerwonych w zależności od krotności mieszania drobnego mięsa wołowego.

Otrzymane wysokie współczynniki korelacji pomiędzy zawartością tłuszczu oznaczoną metodą spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni a udziałem pól białych w drobnym mięsie wołowym niezależnie od krotności mieszania wskazują na możliwość szacowania zawartości tłuszczu metodą komputerowej analizy obrazu. Niewielkie różnice w wyliczonych wartościach współczynników korelacji wskazują na możliwość pominięcia procesu mieszania przed szacowaniem zawartości tłuszczu metodą KAO.

## LITERATURA

[1] **ARNETH W. 2001.** „Beispiele physikalisch-chemischer Schnellmethoden zur Fett- und Wasseranalyse“. Fleischwirtschaft 81: 75.



- [2] **BRIENNE J.P., C. DENOYELLE, H. BAUSSART, J.D. DAUDIN 2001.** „Assessment of meat fat content using dual energy X-ray absorption”. *Meat Science* 57: 235-244.
- [3] **BROSNAN T., D.W. SUN 2004.** „Improving quality inspection of food products by computer vision – a review”. *Journal of Food Engineering* 61: 3-16.
- [4] **CHMIEL M., K. DASIEWICZ, M. SŁOWIŃSKI 2010.** „Wpływ rozdrobnienia mięsa wołowego na dokładność szacowania zawartości tłuszczu metodą komputerowej analizy obrazu”. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 17(5): 159-166.
- [5] **DASIEWICZ K. 2010.** „Badania nad wpływem rodzaju oświetlenia na dokładność szacowania zawartości tłuszczu metodą komputerowej analizy obrazu w modelowych mieszaninach mięsa i tłuszczu wieprzowego”. *Nauka Przyroda Technologie* 4(5): 8-16.
- [6] **DASIEWICZ K. 2013.** Studia nad wykorzystaniem komputerowej analizy obrazu do szacowania jakości drobnego mięsa pozyskanego z dużych zwierząt rzeźnych. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- [7] **DASIEWICZ K., A. PISULA, M. SŁOWIŃSKI, A. NOGA 2008.** „Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do szacowania jakości peklowanego drobnego mięsa wieprzowego klasy II”. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 15(4): 52-60.
- [8] **DASIEWICZ K., M. CHMIEL 2011.** „Wykorzystanie komputerowych systemów wizyjnych w technologii żywności. Część I”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 21(1): 127-131.
- [9] **DASIEWICZ K., M. CHMIEL 2011.** „Komputerowa analiza obrazu w technologii mięsa”. *Magazyn Przemysłu Mięsnego* (3-4): 40-42.
- [10] **DASIEWICZ K., P. SZYMAŃSKI 2005.** „Optymalizacja warunków szacowania (metodą komputerowej analizy obrazu) tłuszczu w drobnym mięsie wieprzowym klasy II”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 15(2): 44-47.
- [11] **DOLATA W. 2011.** „Operacje jednostkowe stosowane w przetwórstwie mięsa” w *Mięso - Podstawy Nauki i Technologii* (red. A. Pisula, E. Pospiech). Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- [12] **DU C.J., D.W. SUN 2004.** „Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation”. *Trends in Food Science and Technology* 15: 230-249.
- [13] **GÓRECKI T. 2011.** Podstawy statystyki z przykładami w R. Legionowo Wydawnictwo BTC: 306-324.
- [14] **HANSEN P.W., I. THOLL, C. CHRISTENSEN, H-C. JEHG., J. BORG, O. NIELSEN, B. ØSTERGAARD, J. NYGAARD, O. ANDERSEN 2003.** „Batch accuracy of on-line fat determination”. *Meat Science* 64: 141-147.
- [15] **JACKMAN R., D.W. SUN, P. ALLEN 2011.** „Recent advances in the use of computer vision technology in the quality assessment of fresh meats”. *Trends in Food Science & Technology* 22: 185-197.
- [16] **MALAMAS E.N., E.G.M. PETRAKIS, M. ZERVAKIS, L. PETIT, J.D. LEGAT 2003.** „A survey on industrial vision systems, applications and tools”. *Image and Vision Computing* 21: 171-188.
- [17] **PISULA A., K. DASIEWICZ, A. FLIS 2004.** „Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do standaryzacji składu chemicznego drobnego mięsa wieprzowego kl. II w ciągłych liniach robiorowych”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 8-12.
- [18] **PN-A-82109:2010.** Mięso i przetwory mięsne -- Oznaczanie zawartości tłuszczu, białka i wody -- Metoda spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni (NIT) z wykorzystaniem kalibracji na sztucznych sieciach neuronowych (ANN).
- [19] **SALWIN M. 2014.** Wizualna ocena jakościowa mięsa przy użyciu metody k-najbliższych sąsiadów. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki.
- [20] **SUN D.W. 2007.** „Computer vision technology for food quality evaluation”. *Food Science and Technology*, International Series, Academic Press.