

## ZASTOSOWANIE METOD PRZETWARZANIA OBRAZU DO OCENY ZAWARTOŚCI TŁUSZCZU W MIĘSIE WIEPRZOWYM

Dariusz Tomkiewicz

*Katedra Systemów Sterowania, Politechnika Koszalińska*

Adam Kopeć

*Katedra Inżynierii Spożywczej i Tworzyw Sztucznych, Politechnika Koszalińska*

**Streszczenie.** Ze względu na swoją specyfikę, do oceny jakości produktów spożywczych bardzo często używana jest subiektywna wzrokowa ocena eksperta. Gwałtowny rozwój elektroniki oraz metod przetwarzania danych spowodował że w ostatnich latach coraz powszechniej rozważana jest możliwość zastąpienia eksperta przez system wykorzystujący metody analizy obrazu. W artykule przedstawione są wyniki badań związanych z oceną możliwości zastosowania metod przetwarzania obrazu do oszacowania zawartości tłuszczu w mięsie wieprzowym.

**Słowa kluczowe:** mięso wieprzowe, przetwarzanie obrazów, ilość tłuszczu

### Wprowadzenie

Określenie jakości produktów spożywczych w tym mięsa wieprzowego jest jednym z trudniejszych zadań związanych z pomiarami przemysłowymi. Trudności związane z definicją jakości oraz złożona budowa fizyczną i chemiczną mięsa wieprzowego powodują, że obecnie bardzo często do oceny jakości są używani eksperci, którzy na podstawie oceny sensorycznej (często wzrokowej) oraz swojego doświadczenia klasyfikują mięso do różnych grup jakościowych.

Stosowane są również metody analityczne polegające na pomiarze szeregu mierzalnych czynników określających właściwości fizyczne, chemiczne i mikrobiologiczne żywności. Oznaczenie jakości metodami analitycznymi jest jednak często czasochłonne. Dlatego dąży się do zastąpienia tradycyjnych metod oceny przez metody automatyczne nie wymagające opinii eksperta lub skracające czas potrzebny do oceny. Warunkiem ich stosowania jest jednoznaczność uzyskiwanych wyników, przynajmniej w odniesieniu do kierunku zachodzących zmian w materiale badanym.

Można zauważyć, że rosnąca automatyzacja przetwarzania żywności i stały nacisk na obniżenie kosztów powoduje, że poszukiwane są nowe szybkie i nieniszczące metody pozwalające na oszacowanie jakości żywności nawet gdyby to się wiązało z ich mniejszą dokładnością [Pisula 2004].

Obecnie dzięki stale zwiększającym się możliwościom obliczeniowym sprzętu koniecznego do pozyskiwania i analizy obrazów oraz jego stale obniżającym się cenom interesującą alternatywą dla tradycyjnych metod określania jakości żywności jest zastosowanie metod analizy obrazów. Metody bazujące na analizie obrazu są wykorzystywane obecnie w wielu dziedzinach przemysłu. Najczęściej wykorzystuje się je do: klasyfikacji obiektów, określanie pozycji i położenia obiektów, sprawdzania kompletności, sprawdzanie kształtów i wymiarów, zliczanie elementów. Istnieje zatem możliwość zastosowania tych metod do oceny jakości mięsa szczególnie w przypadku gdy mają one zastąpić eksperta dokonującego oceny wizualnej produktu.

## Cel badań

Głównym celem badań było sprawdzenie czy istnieje możliwość zastosowania metod przetwarzania obrazu do oceny zawartości tkanki tłuszczowej w mięsie wieprzowym.

Celem badań było również wstępne przetestowanie możliwości zastosowania metod przetwarzania obrazu do oceny zawartości tłuszczu tak aby była ona możliwa do zastosowania w warunkach przemysłowych i wykonywana w sposób szybki najlepiej on-line.

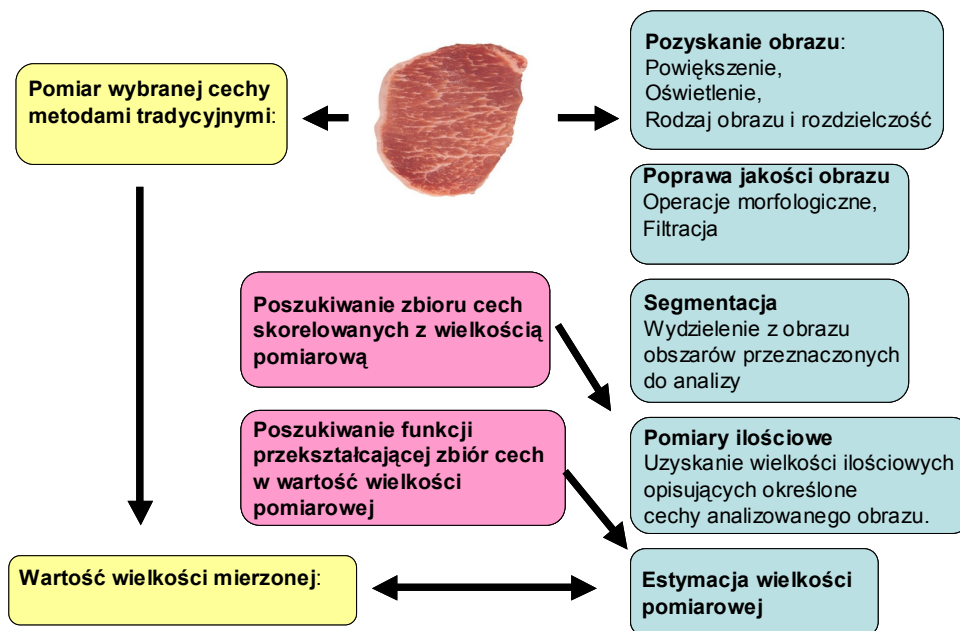
## Metodyka

Aby zastosować metody przetwarzania obrazu jako obiektywną metodę pomiarową musi być spełnionych szereg warunków. Końcowym etapem jest porównanie wyników systemu pomiarowego bazującego na wizji komputerowej z wynikami powszechnie stosowanej obiektywnej metody pomiarowej.

Próbki do badań były pobrane z mięśni najdłuższego grzbietu (*longissimus dorsi*) pochodzącego, pochodzących z trzech tuczników rasy polska biała zwisłoucha, typ mięsny o wadze od 100 do 110 kg. Ze środkowej części mięśni wycięto w poprzek włókien mięśniowych po trzy próbki o grubości 15 mm. Przygotowane próbki mięsa sfotografowano otrzymując obraz przekroju mięśnia najdłuższego grzbietu. Następnie każdą z próbek rozdrobniono maszynką do mięsa o średnicy oczek 3 mm i wymieszano. Z tak przygotowanego materiału przygotowano próbki w celu oznaczenia zawartości tłuszczu metodą odwoławczą Soxhleta [Krełowska – Kułas 1993]. Otrzymano wyniki podzielono na dwa zbiory. Jeden służył do estymacji parametrów modelu a drugi do jego weryfikacji.

Zdjęcia próbek wykonano aparatem cyfrowym NICON COOLPIX5000 (z obiektywem ZOOM NIKKOR 1:2,8 – 4,8; 7,1 – 21,4 mm) umieszczonym na statywie w odległości 36,1 cm od fotografowanego obiektu. Próbki były oświetlone z czterech stron sztucznym światłem. Rozdzielczość zdjęć wynosiła 1024x768. Kolejnym etapem badań było przygotowanie procedury umożliwiającej estymację poszukiwanych wartości na podstawie ich zdjęć cyfrowych. Etapy opracowania procedury zostały przedstawione na rysunku 1.

Głównym problemem w trakcie opracowania metody pomiarowej bazującej na danych pochodzących z obrazu cyfrowego jest nadmiar informacji. Należy zatem z danych opisujących obraz wyodrębnić zbiór cech skorelowanych z wielkością pomiarową i posługując się tymi cechami znaleźć funkcję przekształcającą zbiór cech w wartość wielkości pomiarowej [Tadeusiewicz 1997].

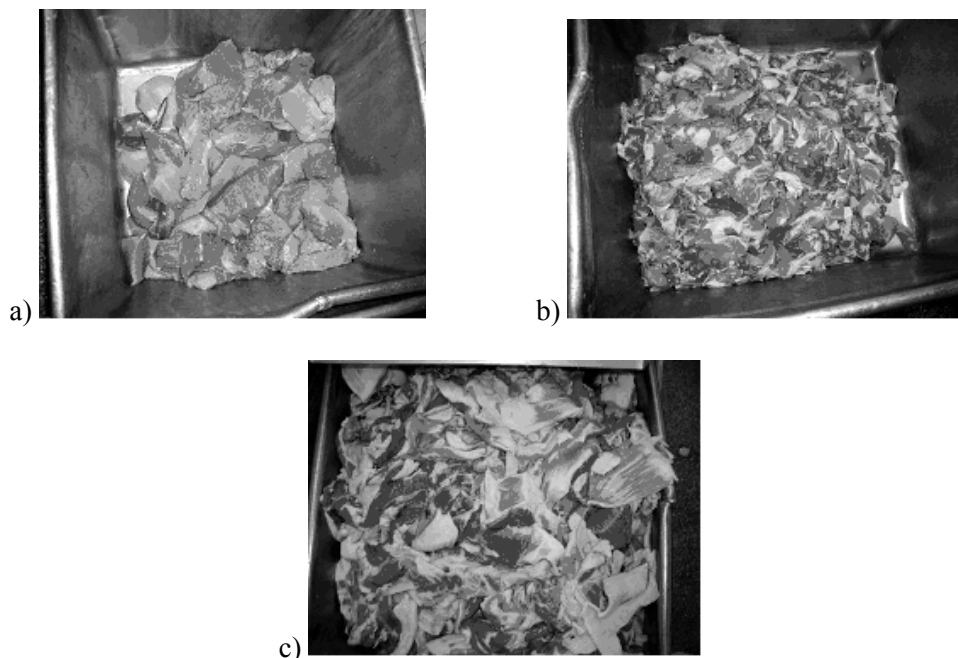


Rys. 1. Etapy opracowania procedury estymującej jakość mięsa wieprzowego  
 Fig. 1. Stages of developing a procedure for pork quality assessment

Kolejne etapy badań związanych z przetwarzaniem obrazów były wykonywane w środowisku MATLAB, z zastosowaniem funkcji znajdujących się w Image Processing Toolbox.

## Zawartość tłuszczu

Jednym z istotnych parametrów umożliwiającym ocenę mięsa wieprzowego jest zawartość tłuszczu międzymięśniowego. W przypadku mięśnia najdłuższego grzbietu istnieje ścisły związek pomiędzy tym parametrem a oceną sensoryczną. Ocenia się że optymalna zawartość tłuszczu powinna wynosić pomiędzy 2% i 3.5%. Zależność ta nie jest liniowa ale przekroczenie granicznych wartości zawartości tłuszczu powoduje gwałtowny spadek ocen jakości mięsa [Morlein 2005]. Ponadto zawartość tkanki łącznej w tym tłuszczu w produktach mięsnych powinna być wyszczególniana na etykietach opisujących skład produktu. Istnieje zatem zapotrzebowanie w przemyśle mięsnym na szybką metodę umożliwiającą określenie ilości tłuszczu i jego klasyfikację ze względu na ten parametr. Obecnie najczęściej jest to wykonywane na linii produkcyjnej przez pracowników dokonujących rozkroju (rysunek 2).

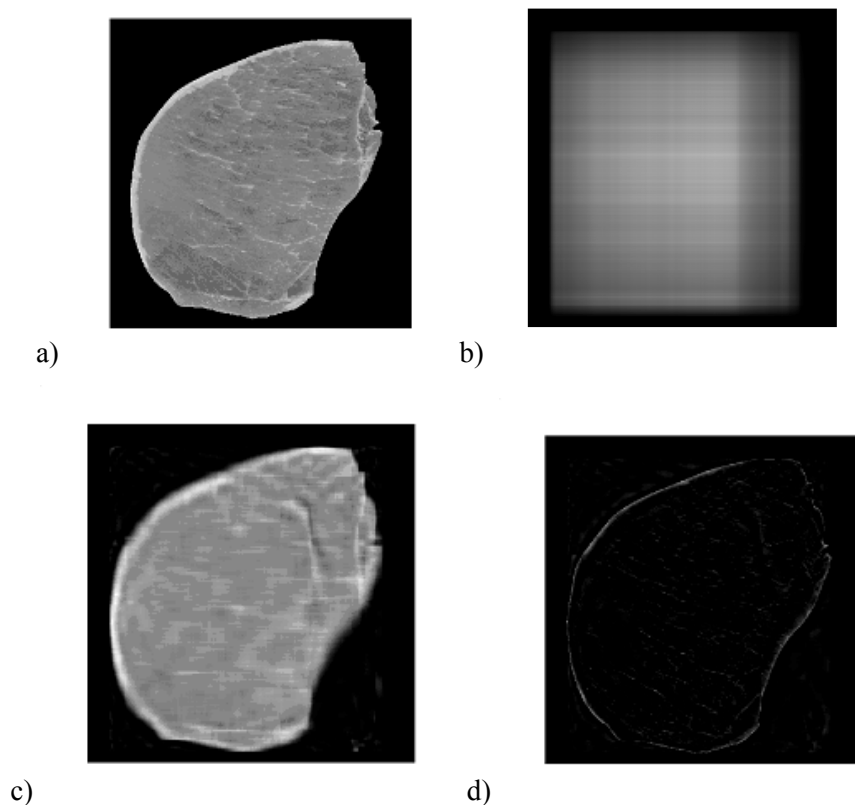


Rys. 2. Klasyfikacja mięsa wieprzowego na trzy grupy jakościowe w zależności od zawartości tłuszczu na linii produkcyjnej w zakładach mięsnych, a) mięso pierwszej klasy (brak tłuszczu), b) mięso drugiej klasy, c) mięso trzeciej klasy.

Fig. 2. Classification of pork into three quality groups according to the fat content, done on a production line in a meat processing plant a) the first class meat (no fat), b) second class meat, c) third class meat.

W opracowywanej metodzie założono, że istnieje liniowa zależność pomiędzy zawartością tłuszczu w mięsie a obszarem, który jest zajmowany przez tkankę tłuszczową na obrazie. Aby określić pole obszaru zajmowanego przez tkankę tłuszczową należało ją wyodrębnić z obrazu. Ze względu na zmienność koloru mięsa zastosowano metodę poprawy właściwości obrazu wykorzystującą rozkład macierzy opisującej składową intensywność obrazu przy użyciu rozkładu na wartości osobliwe (SVD - Singular Value Decomposition). W metodzie tej macierz intensywności zostaje rozłożona na trzy macierze z których jedna zawiera na przekątnej główne wartości własne macierzy oryginalnej. Wartości własne są ortogonalne względem siebie i wraz z odpowiednimi kolumnami i wierszami dwóch pozostałych macierzy pozwala na dekompozycję obrazu na składowe energetyczne.

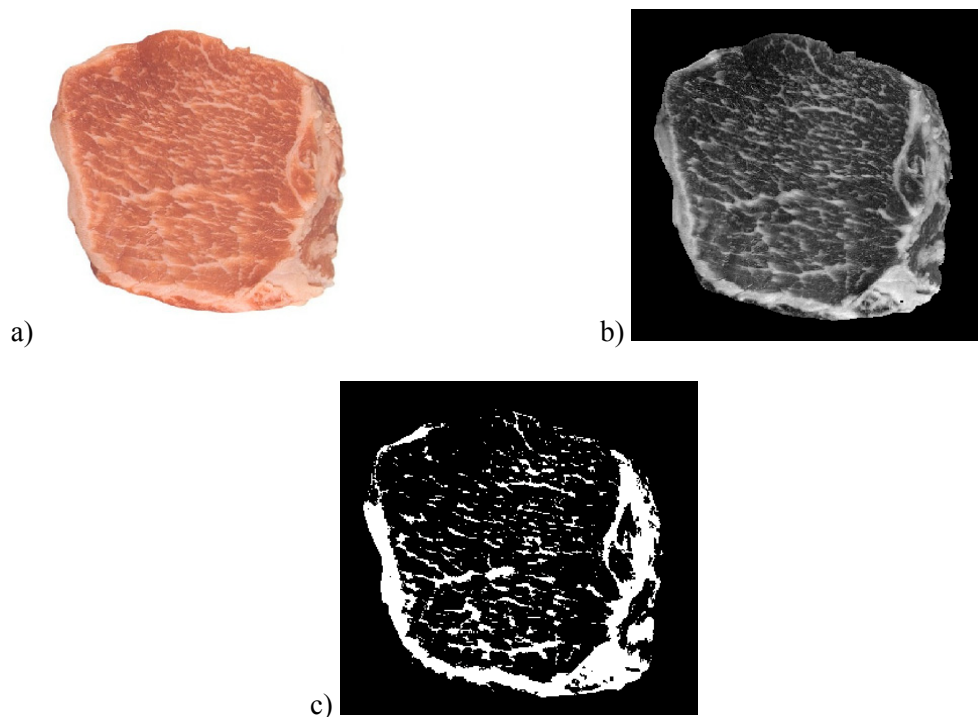
Dodając składowe do siebie możemy uzyskać oryginalny obraz. Wartości własne umożliwiają wyodrębnienie składowych energetycznych obrazu, im większą jest wartość własna macierzy tym składowa ma większy wpływ na obraz (rysunek 3) [Zawada-Tomkiewicz 2006].



Rys. 3. Kolejne etapy rozkładu obrazu metodą SVD, a) zdjęcie oryginalne, b) obraz zrekonstruowany z pierwszej wartości własnej macierzy obrazu, c) obraz zrekonstruowany z wartości własnych od drugiej do szesnastej, d) obraz zrekonstruowany z wartości własnych od siedemnastej do dwieście sześćdziesiątej

Fig. 3. Successive stages of image distribution using the SVD method, a) original photo, b) image reconstructed from the first eigenvalue of the image matrix, c) image reconstructed from the 2<sup>nd</sup> to 16<sup>th</sup> eigenvalues, d) image reconstructed from the 17<sup>th</sup> to 260<sup>th</sup> eigenvalues

Po rozkładzie obrazu oryginalnego odtworzono go przy użyciu tylko tych wartości własnych, które umożliwiają uwypuklenie obszarów, na których znajdowała się tkanka tłuszczowa. Następnie przeprowadzono segmentację histogramową (rysunek 4). Otrzymano w ten sposób obszar zajmowany na obrazie przez tkankę tłuszczową. Przy zachowaniu stałej odległości pomiędzy badaną próbką i kamerą można określić zależność pomiędzy ilością pikseli opisującą tkankę tłuszczową a polem powierzchni tkanki tłuszczowej badanej próbki.



Rys. 4. Etapy oznaczania zawartości tłuszczu w mięsie, a) zdjęcie oryginalne, b) zdjęcie intensywności, c) zdjęcie po etapie segmentacji  
 Rys. 4. Stages of determining the fat content of meat, a) original photo, b) photo of the intensity, c) photo taken after the segmentation stage

W kolejnym etapie opisano zależność pomiędzy obszarem zajmowanym przez tkankę tłuszczową na obrazie a zawartością tłuszczu. Tkanka tłuszczowa znajduje się nie tylko na powierzchni badanej próbki ale również w jej wnętrzu. Do opisu tej zależności wykorzystano równanie prostej, której parametry wyznaczono metodą najmniejszych kwadratów. Otrzymano funkcję:

$$y = 0,63x + 0,5 \quad (1)$$

gdzie:

$x$  – obszar opisujących tkankę tłuszczową na obrazie

Następnie przeprowadzono weryfikację wyników na zbiorze danych które nie były używane do estymacji parametrów modelu. Wyniki weryfikacji zostały przedstawione w tabeli 1.

Błąd oszacowania zawartości tłuszczu został obliczony z równania opisującego błąd pomiaru uzyskanego na podstawie modelu opisanego równaniem (1) [Mańczak 1983].

$$Y \pm \text{diag}(t_{\alpha,s} \sigma \sqrt{1 + V(V^T V)^{-1} V^T}) \quad (2)$$

gdzie:

- $V$  – macierz pomiarowa dla eksperymentu weryfikującego,
- $\sigma$  – estymowane odchylenie standardowe resztek modelu,
- $t_{\alpha,s}$  – współczynnik rozkładu t-Studenta dla prawdopodobieństwa równego 0,9.

Tabela 1. Porównanie wyników uzyskanych z estymatora i metodą Soxhleta  
Table 1. Comparison of the results obtained using the estimator and Soxhlet's method

Metoda Soxhleta [%]	Wartość estymowana [%]
2,68±0,1	2,97±0,85
6,52±0,1	6,73±1,45
4,29±0,1	3,89±0,47

## Wnioski

Zastosowanie metod przetwarzania obrazu umożliwia ocenę zawartości tłuszczu w mięsie wieprzowym. Jednak stosując te metody należy być bardzo ostrożnym, gdyż na wyniki w dużym stopniu mają wpływ czynniki związane z utrzymaniem stałych parametrów oświetlenia, odległości od badanego obiektu itp. Jest to łatwe do osiągnięcia w warunkach laboratoryjnych natomiast w warunkach przemysłowych może to sprawiać trudności. Duże znaczenie ma również prawidłowa segmentacja obrazu tzn. wyodrębnienie badanego obiektu od tła oraz usunięcie tych elementów obrazu, które zakłócają pomiar. W przypadku gdy oceniamy zawartość tłuszczu w mięsie musimy usunąć obszary zajęte przez tło, na którym znajdowały się próbki mięsa oraz tkankę mięśniową. W badaniach nie były uwzględniane innego typu zanieczyszczenia np. kawałki kości itp., które występują w normalnych warunkach przemysłowych i które muszą być uwzględnione w procedurze estymującej.

## Bibliografia

- Krelowska-Kulas M.** 1993. Badanie jakości produktów spożywczych, PWE, Warszawa. ISBN 83-208-0902-9.
- Mańczak K., Nahorski Zb.** 1983. Komputerowa identyfikacja obiektów dynamicznych. PWN, Warszawa. ISBN 83-01-02889-0.
- Morlein D., Rosner F., Brand S., Jenderka K., Wicke M.** 2005. Non-destructive estimation of the intramuscularly fat content of the longissimus muscle of pigs by means of spectral analysis of ultrasound echo signals, Meat Science 69. ISSN 0309-1740.

- Pisula A., Dasiewicz K., Flis A.** 2004. Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do standaryzacji składu chemicznego drobnego mięsa wieprzowego kl. 2 w ciągłych liniach rozbiorowych, Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego nr 1, Warszawa. ISSN 0867-793X.
- Tadeusiewicz R., Korohoda P.** 1997 Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów, Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków 1997. ISBN 83-86476-15-X.
- Zawada-Tomkiewicz A., Storch B.** 2006. SVD Analysis of a Machined Surface Image for the Tool Wear Estimation, DAAAM Baltic Industrial Engineering Tallin. ISBN 9985-894-92-8.

## **THE USE OF IMAGE PROCESSING METHODS TO EVALUATE THE FAT CONTENT OF PORK**

**Abstract.** Because of its specificity, the assessment of food quality is often effectuated by a subjective, visual valuation of an expert. Owing to the rapid development of electronics and data processing methods, in recent years the possibility of replacing an expert with a system using image analysis methods has been considered. The paper presents the results of studies concerned with the evaluation of the possibilities of using image processing methods to assess the fat content of pork.

**Key words:** pork, image processing, fat content

**Adres do korespondencji:**

Dariusz Tomkiewicz; e-mail [dariusz.tomkiewicz@tu.koszalin.pl](mailto:dariusz.tomkiewicz@tu.koszalin.pl)  
Politechnika Koszalińska  
ul. Raławicka 15  
75-640 Koszalin