

POTENCJAŁ ORAZ ZASTOSOWANIE KOMPUTEROWEJ ANALIZY I PRZETWARZANIA OBRAZU W PRZEMYŚLE ROLNO-SPOŻYWCZYM

Dominika Guzek, Agnieszka Wierzbicka

*Zakład Techniki w Żywieniu, Katedra Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

Dominika Głąbska

Zakład Dietetyki, Katedra Dietetyki, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. Celem pracy było określenie potencjału oraz możliwości zastosowania komputerowej analizy i przetwarzania obrazu w przemyśle rolno-spożywczym w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem sektora mięsnego. Zakres pracy obejmował analizę dostępnych danych literaturowych dotyczących zastosowania komputerowej analizy obrazu w przemyśle rolno-spożywczym. Zaprezentowano możliwości zdefiniowania parametrów produktów rolno-spożywczych w celu określenia ich jakości przy zastosowaniu instrumentalnego, szybkiego i pozwalającego na uzyskiwanie powtarzalnych wyników metod wizyjnych.

Słowa kluczowe: komputerowa analiza obrazu, pomiar w czasie rzeczywistym, jakość, informacja zwrotna od konsumenta

Wstęp

Aktualna sytuacja na rynku produktów rolno-spożywczych determinowana jest przez wysoką konkurencję. Również regulacje prawne związane z uczestnictwem w Unii Europejskiej wymagają od producentów standaryzacji jakości gotowego wyrobu, przy zachowaniu takich parametrów fizykochemicznych i sensorycznych, które odpowiadają konsumentowi, przy czym jakość produktów rolno-spożywczych zdefiniowana może być jako suma wszystkich tych atrybutów, które powinny składać się na taki produkt, który zostanie zaakceptowany przez konsumentów [Brosnan i Sun 2004]. Konsument oczekują nie tylko wysokiej jakości nabywanych produktów spożywczych, ale przede wszystkim jakości powtarzalnej i wyrównanej. W badaniach stwierdza się, że przemysł spożywczy wydaje średnio ok. 1,5-2,0% wartości swojej łącznej sprzedaży właśnie na kontrolę i ocenę jakości [Luong i in. 1997]. W związku z taką tendencją, coraz więcej badań dotyczących zagadnień inżynierii i technologii produkcji koncentruje się na możliwości zastosowania w pełni zautomatyzowanej i pozbawionej błędów ciągłej kontroli i oceny jakości. W szczególności obszar kontroli związany z pomiarem cech jakościowych, w tym własności fizycznych *on-line* lub *at-line* stanowi najbardziej pożądanym kierunkiem przyszłego rozwoju [Abdullah i in. 2004].

Cel pracy

Celem prezentowanego artykułu było określenie potencjału oraz możliwości zastosowania komputerowej analizy i przetwarzania obrazu w przemyśle rolno-spożywczym w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem sektora mięsnego.

Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do oceny i kontroli wybranych parametrów jakości produktów rolno-spożywczych

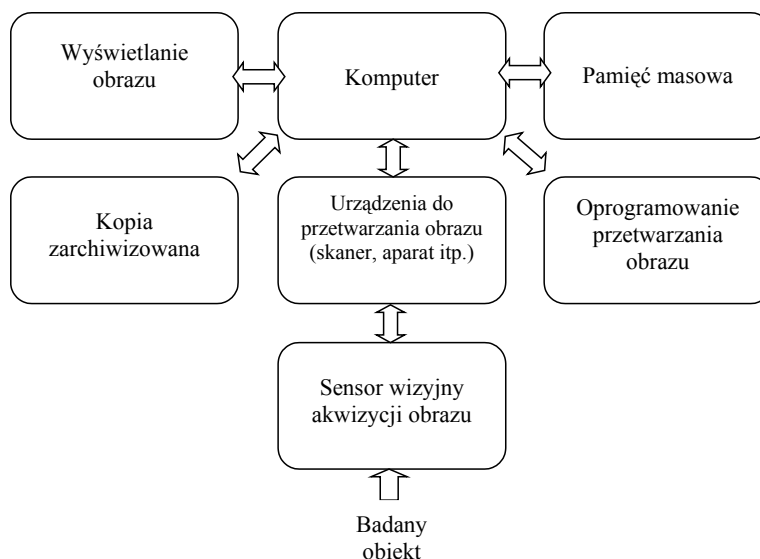
W ostatnim dziesięcioleciu obserwowany był dynamiczny wzrost zastosowania technik aplikacyjnych do oceny jakości żywności i płodów rolnych na podstawie obiektywnych pomiarów instrumentalnych, zwłaszcza technik opartych na analizie obrazu. Przy wykorzystaniu tego rodzaju technik można nie tylko analizować, oceniać, ale również klasyfikować poszczególne cechy produktu, takie jak barwa, tekstura, kształt, wielkość oraz wyznaczać zależności między tymi parametrami [Sánchez i in. 2008]. Komputerowa analiza obrazu jako metoda niedestrukcyjna, pozwalająca uzyskać szybką, powtarzalną i obiektywną ocenę jakości, coraz częściej stosowana jest do pomiaru i predykcji jakości surowców rolno-spożywczych, przy czym czasem pokonuje ona ograniczenia tradycyjnych metod, stosowanych do tej pory [Du i Sun 2005], zwłaszcza tych subiektywnych [Iqbal i in. 2010].

W rolnictwie cyfrowa analiza obrazu stosowana jest m.in. w badaniach związanych z ochroną roślin (identyfikacja szkodników i chorób), oceną skuteczności substancji aktywnych, oceną jakości produktów rolniczych, jak również może znajdować zastosowanie w technice rolniczej, gdzie staje się integralną częścią procesów technologicznych [Frączek 2005].

Wizja komputerowa (ang. *computer vision*) jest ważną częścią inżynierii, a inżynieria ma stałe miejsce w naukach rolniczych [Michalek 2010]. W metodzie tej można wyróżnić trzy zasadnicze etapy postępowania. Początkowym etapem warunkującym dalsze prawidłowe postępowanie jest pozyskiwanie obrazu cyfrowego o odpowiednio wysokiej jakości. W skład etapu wchodzi proces akwizycji obrazu, jak również wstępne przetwarzanie obrazu (proces filtracji, usuwania szumów, zniekształceń, uwypuklenia analizowanej cechy itp.). Kolejny etap wiąże się z klasyfikacją lub rozpoznawaniem rejestrowanych obrazów. W pośrednim etapie przetwarzania obrazu badacze starają się wydobywać z obrazu te specyficzne cechy, które mogą stanowić ścisłe rozwiązanie problemów badawczych, by na tej podstawie określać specyficzne parametry do procesu analizy konkretnego problemu badawczego.

W odniesieniu do artykułów rolno-spożywczych krytycznym elementem pomiaru okazuje się odpowiednio przeprowadzona akwizycja obrazu. Im lepiej pozyskany obraz tym precyzyjniej i bardziej bezproblemowo można dokonać analizy wybranych parametrów obrazu. Ważnym parametrem jest właściwe ustawienie i rozproszenie światła, aby uzyskać właściwy kontrast obrazu, zredukować odbicia (poblaski), cień i zniekształcenia powstałe w czasie przetwarzania obrazu i przez to uzyskać powtarzalne wyniki pomiarów [Brosnan i Sun 2004].

Zawarte w obrazach informacje pozwalają pozyskać interesujące badacza cechy, tj.: barwę, rozmiar, kształt i teksturę. Zintegrowane elementy procesu przetwarzania obrazu przedstawiono na rysunku 1, który obrazuje algorytm postępowania podczas zastosowania pomiaru z wykorzystaniem metody komputerowej analizy obrazu.



Rys. 1. Algorytm postępowania podczas zastosowania pomiaru z wykorzystaniem metody komputerowej analizy obrazu

Fig. 1. An algorithm of procedure when employing measurement using computer image analysis method

Przykładem kierunku zmian – zastępowania ocen subiektywnych obiektywnymi – jest klasyfikacja tusz wieprzowych. Wcześniej była ona dokonywana na podstawie oceny wzrokowej. Ponieważ w przypadku takiej subiektywnej oceny mogą występować rozbieżności w wynikach klasyfikacji między klasyfikatorami, co przyczynia się do niedoszacowania półtuszy, zastosowano komputerową analizę obrazu, do oceny instrumentalnej. Pomiarów cech jakościowych do oceny i klasyfikacji półtuszy wieprzowych, przy zastosowaniu tej metody okazały się tak powtarzalne i dokładne, że metoda ta została zaakceptowana przez Komisję Europejską jako oficjalna metoda klasyfikacji tuszy [EC 2008; EC 2009] i jest aktualnie stosowana w kilku rzeźniach w Europie [Oliver i in. 2010].

Możliwości wykorzystania komputerowej analizy obrazu do optymalizacji procesu produkcji mięsa wołowego

Wiele ośrodków badawczych i rozwojowych prowadzi obecnie badania zależności między jakością technologiczną surowców spożywczych, w tym również mięsa wołowego, a ich cechami zewnętrznymi, w tym cechami wizualnymi, identyfikowanymi z wykorzystaniem systemów wizyjnych (pomiar barwy, geometrii, tekstury powierzchni) [Zapotoczny 2005].

Dla konsumentów, jak i dla producentów mięsa, bardzo ważne są te czynniki i cechy produktu, które świadczą o jego wysokiej jakości, a które są determinowane w dużej mierze przez umięśnienie i otłuszczenie [Brunso i in. 2005]. Udział tłuszczu ma istotne znaczenie technologiczne, gdyż kształtuje teksturę oraz wpływa na odbiór soczystości i smakowitości przez to, że tłuszcz jest nośnikiem smaku produktu [Areth 2001].

Z analizy literatury wynika, iż aktualnie komputerowe systemy analizy obrazu znalazły zastosowanie w przemyśle mięsnym do oceny mięsności i klasyfikacji tusz dużych zwierząt rzeźnych i tuszek drobiowych, określenia barwy mięsa, określenia marmurkowatości, oceny jakości gotowych przetworów, monitoringu procesu produkcyjnego (tabela 1).

Tabela 1. Możliwości aplikacji komputerowej analizy obrazu wykorzystywane na świecie w celu bezpośredniej oceny oraz predykcji i oceny pośredniej

Table 1. Possibilities of applying computer image analysis used throughout the world for the purposes of direct evaluation and prediction, and indirect evaluation

Oceniany surowiec rolno-spożywczy		Czynniki oceniane bezpośrednio	Czynniki poddawane predykcji oraz ocenie pośredniej
Mięso surowe	Mięso wołowe	– barwa – marmurkowatość – dojrzałość szkieletowa	– klasa jakości – wydajność – skład podstawowy mięsa – kruchość
	Mięso wieprzowe	– barwa – marmurkowatość	– klasa jakości – skład podstawowy mięsa
	Mięso jagnięce	– brak badań	– klasa jakości
	Ryby i owoce morza	– wielkość – kształt – barwa	– brak badań
	Tuszki drobiowe	– detekcja splenomegalii – ocena wnętrzości i uszkodzeń skóry	– klasa jakości – stan zdrowia zwierząt
Mięso poddane obróbce cieplnej		– skurcz (objętość i kształt elementu) – porowatość – barwa	– wydajność – zawartość wody – tekstura
Owoce (np. owoce cytrusowe, jabłka, truskawki)		– kształt – barwa – uszkodzenia powierzchni – stopień zabrudzenia	– klasa jakości – stopień dojrzałości – kruchość/ miękkość – zawartość związków rozpuszczalnych
Warzywa (np. oliwki)		– uszkodzenia powierzchni – barwa	– klasa jakości – kruchość/ miękkość
Ziemniaki		– uszkodzenia i wady powierzchni – barwa	– klasa jakości
Ziarna zboża, ryż, kukurydza		– wielkość – kształt – barwa – zanieczyszczenie grzybami	– tekstura – zawartość wody i jej dystrybucja – zawartość związków rozpuszczalnych – klasa jakości
Sery twarde		– zdolność topienia – wady struktury	– zawartość tłuszczu
Pieczywo		– barwa – kształt – wielkość	– tekstura

Źródło: opracowanie własne na podstawie literatury

W odniesieniu do produkcji mięsa wołowego i możliwości zastosowania w tym procesie instrumentalnej metody pomiaru, jaką jest komputerowa analiza obrazu szczególnie istotny jest fakt, że metoda ta jest powtarzalna, wystandaryzowana i precyzyjna. Co za tym idzie, pozwalać to może na zastosowanie jej w monitoringu produkcji surowca mięsnego pod względem cech jakościowych i zawartości tłuszczu, co może wyeliminować przypadkowość produkcji i przynieść pozytywne efekty ekonomiczne [Dasiewicz 2010].

Czynnikiem potwierdzającym użyteczność i aplikacyjny charakter komputerowej analizy obrazu, jest fakt, że cechy wizualne w dużej mierze korelują z oceną sensoryczną, zarówno realizowaną przez zespoły eksperckie, jak i konsumenckie. Badania Cannata i in. [2010] wskazują na to, iż wizualna ocena marmurkowatości może być stosowna jako ocena odbioru właściwości sensorycznych mięsa. Niemniej jednak część z autorów stwierdza, że selekcja surowca bazująca wyłącznie na wizualnej ocenie marmurkowatości nie zastąpi danych o profilu sensorycznym [Cannata i in. 2010], chociaż inni autorzy sugerują, iż dostępne są już rozwiązania w pełni spełniające postawione z tego zakresu oczekiwania [Fortin i in. 2005].

Jest zrozumiałe, że zawartość tłuszczu, w tym tłuszczu śródmięśniowego (marmurkowatość) nie jest jedynym źródłem zmienności jakości sensorycznej mięsa. Inne czynniki wpływające na kruchość, soczystość i inne cechy sensoryczne to m.in. pH, czas i warunki dojrzewania *post mortem* [Zhang i in. 2006], tempo spadku pH, rodzaj mięśnia, rasa [Loneragan i in. 2007].

Do tej pory zostały stworzone i implementowane automatyczne metody pomiaru i oceny zmiany wymiarów (kurczenie się) szynki w trakcie obróbki cieplnej z zastosowaniem komputerowej analizy obrazu [Du i Sun 2005], jak również automatyczne metody oceny charakterystyki porów w szynce przy zastosowaniu kamery video [Du i Sun 2006]. Natomiast w przypadku oceny tekstury przy zastosowaniu analizy obrazu badacze przedstawili jedynie algorytmy mające służyć do charakterystyki struktur mięsa [Valous i in. 2009].

Podsumowanie

Komputerowa analiza obrazu tekstury nadal nastęrcza problemów badaczom, niemniej jednak jest rozwijana przez badaczy obok oceny innych cech wizualnych (marmurkowatości, barwy, cech jakościowych). Zaletą komputerowej analizy jest archiwizacja danych, która pozwala powrócić do danych i wprowadzić korektę, czy zestawzić je z innymi danymi, co stwarza szersze możliwości analizy czy metaanalizy. Wielu uczonych i badaczy wskazuje na to narzędzie komputerowo-wizyjnych ocen i analiz, jako na ten obszar inżynierii, który staje się najbardziej obiecującą gałęzią nauk aplikacyjnych [Tan 2004].

Potencjał i zastosowanie komputerowej analizy i przetwarzania obrazu w przemyśle rolno-spożywczym, w tym oceny *on-line* (realizowane w sposób niedestrukcyjny w czasie rzeczywistym) warunkuje powtarzalność jakości na zaprojektowanym, zadanym przez producenta i spodziewanym przez konsumenta poziomie.

Bibliografia

- Abdullah M.Z., Guan L.C., Lim K.C., Karim A.A.** 2004. The applications of computer vision system and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. *Journal of Food Engineering*. Nr 6. s. 125-135.
- Brosnan T., Sun D.** 2004. Improving quality inspection of food products by computer vision – a review. *Journal of Food Engineering*. Nr 61. s. 3-16.
- Brunso K., Bredahl L., Grunert K.G., Scholderer J.** 2005. Consumer perception of the quality of beef resulting from various fattening regimes. *Livestock Production Science*. Nr 94. s. 83-93.
- Cannata S., Engle T.E., Moeller S.J., Zerby H.N., Radunz A.E., Green M.D., Bass P.D., Belk K.E.** 2010. Effect of visual marbling on sensory properties and quality traits of pork loin. *Meat Science*. Nr 85. s. 428-434.
- Dasiewicz K.** 2010. Badania nad wpływem rodzaju oświetlenia na dokładność szacowania zawartości tłuszczu metodą komputerowej analizy obrazu w modelowych mieszaninach mięsa i tłuszczu wieprzowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 2008. 4 (59). s. 52-60.
- Du C. J., Sun D.-W.** 2005. Correlating shrinkage with yield, water content and texture of pork ham by computer vision. *Journal of Food Process Engineering*. Nr 28. s. 219-232.
- Du C. J., Sun D.-W.** 2006. Automatic measurement of pores and porosity in pork ham and their correlations with processing time water content and texture. *Meat Science*. Nr 72. s. 294-302.
- Fortin A., Robertson W. M., Tong A. K. W.** 2005. The eating quality of Canadian pork and its relationship with intramuscular fat. *Meat Science*. Nr 69. s. 297-305.
- Frączek J.** 2005. Cyfrowa analiza obrazu w technice rolniczej. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 6 (66). s. 149-158.
- Iqbal A., Valous N. A., Mendoza F., Sun D.-W., Allen P.** 2010. Classification of pre-sliced pork and Turkey ham qualities based on image colour and textural features and their relationships with consumer responses. *Meat Science*. Nr 84. s. 455-465.
- Lonergan S. M., Stalder K. J., Huff-Lonergan E., Knight T. J., Goodwin R. N., Prusa K. J., Beitz D. C.** 2007. Influence of lipid content on pork sensory quality within pH classification. *Journal of Animal Science*. Nr 85. s. 1047-1079.
- Luong J. H. T., Bouvrette P., Male, K. B.** 1997. Developments and application of biosensors in food analysis. *Tibtech*. Nr 15. s. 369-377.
- Michalek R.** 2010. Przyszłość inżynierii rolniczej na tle projektowanych zmian w nauce i szkolnictwie wyższym. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 4 (122). s. 7-13.
- Oliver A., Mendizabal J.A., Ripoll G., Albertí P., Purroy A.** 2010. Predicting meat yields and commercial meat cuts from carcasses of young bulls of Spanish breeds by the SEUROP method and an image analysis system. *Meat Science*. Nr 84. s. 628-633.
- Sánchez A. J., Albarracín W., Grau R., Ricolfe C., Barat J. M.** 2008. Control of ham salting by using image segmentation. *Food Control*. Nr 19. s. 135-142.
- Tan J.** 2004. Meat quality evaluation by computer vision. *Journal of Food Engineering*. Nr 61. s. 27-35.
- Valous N. A., Mendoza F., Sun D.-W., Allen P.** 2009. Colour calibration of a laboratory computer vision system for quality evaluation of pre-sliced hams. *Meat Science*. Nr 81. s. 132-141.
- Zapotoczny P.** 2005. Wpływ rozdzielczości i kompresji obrazu na błąd pomiaru geometrii oraz barwy ziarniaków zbóż. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 8 (68). s. 417-425.
- EC (European Community) 2008. Commission Decision of 28 July 2008 amending Decision 2006/784/EC as regards the authorisation of a method for grading pig carcasses in France (notified under document number C(2008) 3803). *Official Journal of the European Union*. 221.
- EC (European Community) 2009. Commission Decision of 19 December 2008 authorising methods for grading pig carcasses in Spain (notified under document number C(2008) 8477). *Official Journal of the European Union*. 6.

THE POTENTIAL AND USE OF COMPUTER ANALYSIS AND IMAGE PROCESSING IN THE AGRICULTURAL AND FOOD INDUSTRY

Abstract. The purpose of the presented article was to determine the potential and possibilities for employing computer analysis and image processing in the agricultural and food industry in Poland, with particular consideration of meat production sector. The scope of works included analysis of available data from the literature concerning the use of computer image analysis in the agricultural and food industry. It presents possibilities for defining parameters of the agricultural and food products in order to determine their quality using visual methods that would be instrumental, quick and allow to obtain repeatable results.

Key words: computer image analysis, measurement in real time, quality, feedback information from consumer

Adres do korespondencji:

Dominika Guzek; e-mail: dominika_guzek@sggw.pl
Zakład Techniki w Żywieniu
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 159c
02-776 Warszawa