

Dominika Guzek*, Dominika Głąbska, Agnieszka Wierzbicka***

ZASTOSOWANIE KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU DO PROGNOZOWANIA BARWY MIĘSA WOŁOWEGO PO OBRÓBCE CIEPLNEJ

Streszczenie. Celem pracy była ocena możliwości przewidywania barwy mięsa wołowego po obróbce cieplnej w oparciu o komputerową analizę obrazu mięsa surowego. Jako model wykorzystano łopatkę wołową, którą poddano obróbce cieplnej w piecu konwekcyjno-parowym. Dokonano pomiaru składowych barwy w systemie RGB, przy wykorzystaniu systemu komputerowej analizy obrazu. Stwierdzono, że składowe barwy R, G oraz B łopatki wołowej nie korelują z barwą mięsa po obróbce cieplnej, ale korelują z barwą jego zbrązowionej powierzchni. Możliwe jest zatem przewidywanie barwy zbrązowionej powierzchni mięsa łopatki wołowej po obróbce cieplnej w piecu konwekcyjno-parowym.

Słowa kluczowe: barwa, RGB, komputerowa analiza obrazu, obróbka cieplna, prognozowanie jakości.

WSTĘP

Barwa mięsa wołowego, stanowiąca istotny czynnik świadczący o jakości mięsa, stanowi przedmiot szczególnego zainteresowania nie tylko producentów żywności, ale przede wszystkim konsumentów. Wynika to z faktu, iż w momencie podejmowania decyzji o zakupie bądź spożyciu elementu kulinarnego mięsa wołowego to cechy wizualne, w tym między innymi barwa, wpływają na podejmowaną decyzję. Charakterystyczna barwa mięsa kojarzona jest ze smakowością, jak również wysokimi walorami sensorycznymi. Barwa nie spełniająca oczekiwań konsumenta może spowodować brak decyzji o zakupie elementu kulinarnego [1]. Niektóre badania wskazują, że w momencie zakupu barwa jest dla konsumenta ważniejszym czynnikiem determinującym wybór rodzaju mięsa [2, 3].

Ocena barwy metodami instrumentalnymi jest szybkie, relatywnie tanie (niewymagające zużycia odczynników) i przede wszystkim niedestrukcyjne. Metody instrumentalne zapewniają obiektywny pomiar barwy, niezależny nie tylko od warunków zewnętrznych i oceniającego, ale również nie podlegający interferencji innych cech próby [4]. Podstawową metodą instrumentalną do analizy barwy mięsa wołowego jest pomiar składowych barwy w systemie RGB [5].

* Zakład Techniki w Żywieniu, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, dominika_guzek@sggw.pl

** Zakład Dietetyki, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, agnieszka_wierzbicka@sggw.pl

W odniesieniu do mięsa wołowego, jak również w innych dziedzinach przemysłu spożywczego, coraz intensywniej rozwijane są obecnie te kierunki, które związane są z szerszym zaangażowaniem narzędzi matematycznych i informatycznych w planowanie procesu produkcyjnego. Związane jest to między innymi z budową modeli prognostycznych, pozwalających, w oparciu o określone cechy surowca, przewidzieć charakterystykę produktu końcowego. W pracy analizowano możliwości przewidywania barwy mięsa wołowego po obróbce cieplnej w oparciu o komputerową analizę obrazu mięsa surowego.

MATERIAŁ I METODYKA

Materiał badawczy stanowiły próby elementów kulinarnych z mięsa wołowego (łopatka) krzyżówek towarowych ras mięsnych ze zwierząt wyhodowanych w ramach Projektu „Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce zgodnie ze strategią od widelca do zagrody” (UDA-POIG.01.03.01-00-204/09-03). Z każdej sztuki bydła pobrano łopatkę, a z nich połowa poddana była ocenie przed obróbką cieplną (mięso surowe), a druga – po obróbce cieplnej. Obróbka cieplna prowadzona była w piecu konwekcyjno-parowym w temperaturze 180°C do momentu osiągnięcia 70°C w centrum geometrycznym próbki. Ocenie poddano próby z dwudziestu różnych łopatek wołowych, charakteryzujących się zróżnicowaną wartością odżywczą oraz cechami fizycznymi.

Próby surowego mięsa wołowego zostały poddane komputerowej analizie obrazu, zgodnie z powszechnie przyjętą metodyką, po upływie 30 minut od wyjęcia prób z opakowania i podzielenia ich na plastry o grubości 2,54 cm [6]. W przypadku prób mięsa poddanego obróbce cieplnej, próby zostały poddane analizie, zgodnie z powszechnie przyjętą metodyką, po upływie 30 minut od zakończenia obróbki cieplnej, kiedy osiągnęły one temperaturę pokojową [7].

Analiza prób obejmowała ocenę składowych barwy tkanki mięśniowej surowego mięsa wołowego, ocenę barwy tkanki mięśniowej mięsa wołowego po obróbce cieplnej w przekroju i ocenę barwy zbrązowionej powierzchni mięsa wołowego po obróbce cieplnej.

W przypadku każdego steku dokonano:

- akwizycji obrazu (dwie fotografie – obu stron steku lub dwóch przekrojów),
- segmentacji pobranego obrazu w celu wyizolowania punktów barwnych (pikseli) tkanki mięśniowej od punktów barwnych tkanki tłuszczowej i tkanki łącznej,
- losowego wyboru dziesięciu punktów barwnych tkanki mięśniowej w przypadku każdej fotografii poddanej akwizycji,
- oceny składowych barwy każdego punktu barwnego,
- wyliczenia średniej składowych barwy dla każdej próby (średnia z 10 punktów dla 2 stron steku).

W procesie analizy obrazu wykorzystywano oprogramowanie Image-Pro Plus 7. Jest to specjalistyczne narzędzie do przetwarzania i analizy obrazu, które pozwala na odczyt, analizę i zapis obrazów w różnych formatach. Pomiar barwy dokonany był w modelu przestrzeni barw, opisywanej współrzędnymi RGB: R – red (czerwonej), G – green (zielonej)

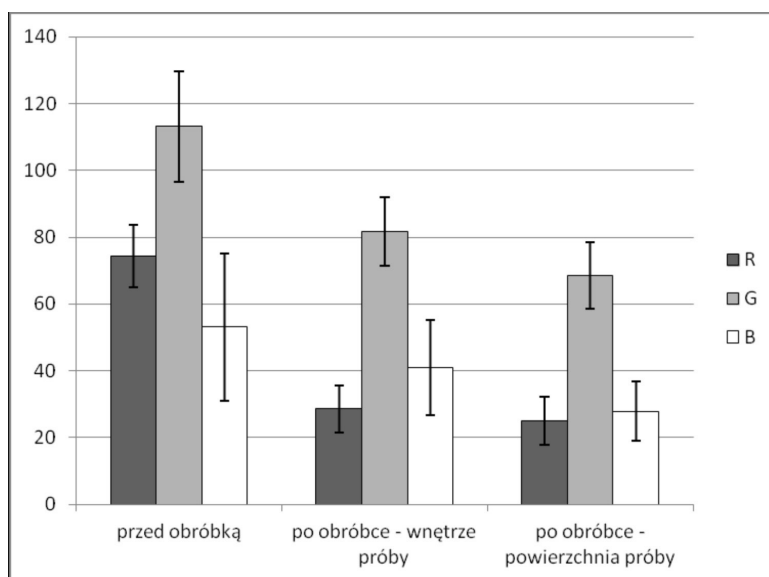
i B – blue (niebieskiej), czyli modelu wynikającym z właściwości odbiorczych ludzkiego oka, powszechnie stosowanego w analizie żywności [8].

Analizę statystyczną z zastosowaniem współczynnika korelacji Pearsona wykonano w programie Statistica 8,0 (StatSoft, Inc.). Przy określaniu istotności różnic przyjęto poziom istotności $\alpha \leq 0,05$, a poziom $\alpha \leq 0,1$ przyjęto jako bliski istotności statystycznej.

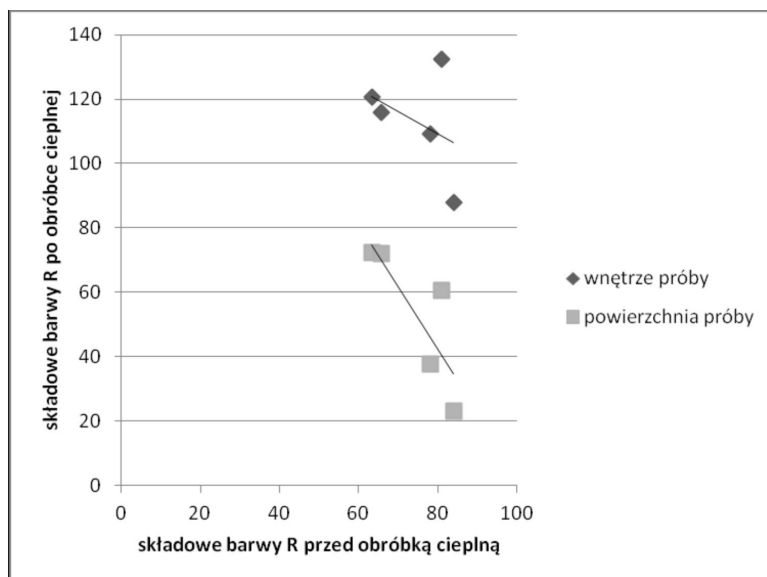
WYNIKI I DYSKUSJA

Składowe barwy prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym przedstawiono na rysunku 1. Badania dotyczące zmian barwy powierzchni produktów spożywczych pozwalają na określenie stałych zmian cech jakościowych [9]. W przypadku mięsa, nie tylko wołowego, ma to szczególne znaczenie dla przewidywania jakości, biorąc pod uwagę, że barwa (zarówno mięsa, jak i tłuszczu) jest tą podstawową własnością fizyczną produktów spożywczych, która wykazuje dobrze udokumentowane korelacje z innymi cechami fizycznymi, chemicznymi, jak i sensorycznymi produktu [10].

Dokonano analizy korelacji składowych barwy R, G oraz B przed i po obróbce cieplnej, przy czym korelowano wartości poszczególnych składowych przed obróbką z wartościami składowych barwy mięsa oraz jego zbrązowionej powierzchni. Zależność między składowymi barwy R prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu



Rys. 1. Składowe barwy prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym
Fig. 1. Components of colour of beef blade before and after thermal treatment conducted in steam-convection oven



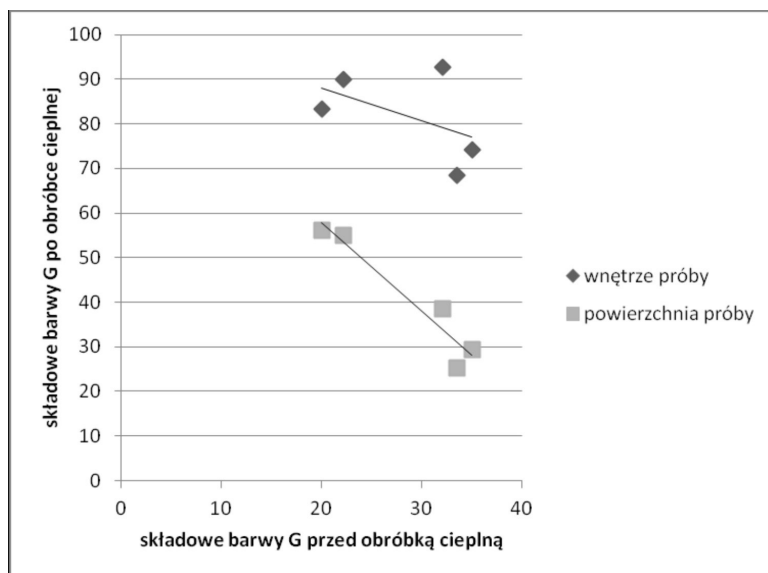
Rys. 2. Zależność między składowymi barwy R prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym (wnętrze próby – $p=0,519$; $R=-0,3875$; powierzchnia próby – $p=0,087$; $R=-0,8226$)

Fig. 2. Correlation between R component of colour of beef blade before and after thermal treatment conducted in steam-convection oven (meat – $p=0,519$; $R=-0,3875$; browned surface of meat – $p=0,087$; $R=-0,8226$)

konwekcyjno-parowym przedstawiono na rysunku 2. W przypadku wnętrza plastra mięsa stwierdzono brak korelacji składowej R ($p=0,519$; $R=-0,3875$), ale w przypadku zbrązowionej powierzchni zależność była bliska istotności statystycznej ($p=0,087$; $R=-0,8226$). Zależność między składowymi barwy G prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym przedstawiono na rysunku 3. W przypadku wnętrza próby stwierdzono brak korelacji składowej G ($p=0,391$; $R=-0,5002$), ale w przypadku zbrązowionej powierzchni zależność była istotna statystycznie ($p=0,009$; $R=-0,9807$). Zależność między składowymi barwy B prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym przedstawiono na rysunku 4. W przypadku wnętrza łopatki wołowej stwierdzono brak korelacji składowej B ($p=0,134$; $R=-0,7629$), ale w przypadku zbrązowionej powierzchni zależność była istotna statystycznie ($p=0,002$; $R=-0,9868$).

Zbrązowiona powierzchnia próby mięsa wołowego po obróbce cieplnej jest wynikiem zachodzących reakcji Maillarda jako nieenzymatycznych interakcji między aminokwasami i cukrami redukującymi [11]. Reakcje te wpływają na powstanie różnych produktów pośrednich i uzyskanie brązowego, charakterystycznego zabawienia, przez tworzenie melanoidyny, i tym samym na zmianę składowych barwy [12].

Również w badaniach innych autorów dotyczących zmiany barwy mięsa wołowego można stwierdzić silne korelacje między niektórymi składowymi barwy, co świadczy o tym,

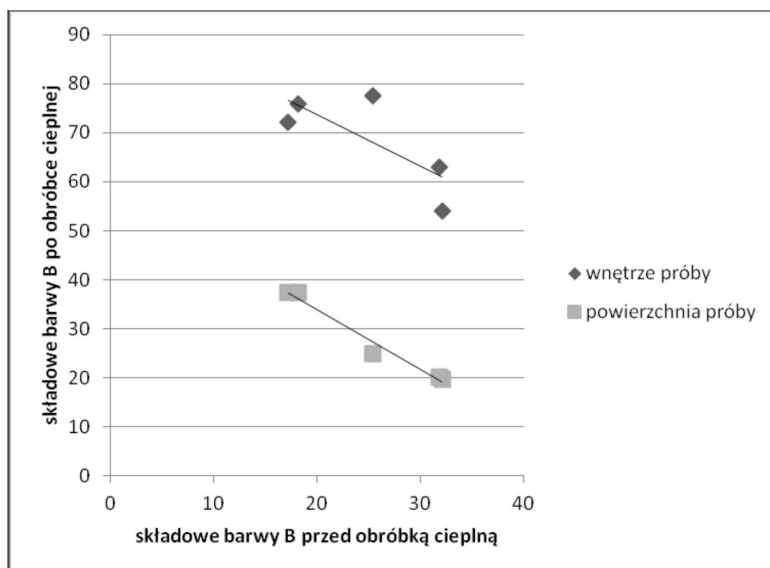


Rys. 3. Zależność między składowymi barwy G prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym (wnętrze próby – $p=0,391$; $R = -0,5002$; powierzchnia próby – $p = 0,009$; $R = -0,9807$)

Fig. 3. Correlation between G component of colour of beef blade before and after thermal treatment conducted in steam-convection oven (meat – $p=0,391$; $R = -0,5002$; browned surface of meat – $p = 0,009$; $R = -0,9807$)

że komputerowa analiza obrazów może mieć zastosowanie jako szybka i precyzyjna metoda określania barwy mięsa i może posłużyć do prognozowania wybranych cech [13]. Mimo iż nie stwierdzono korelacji składowych barwy mięsa przed obróbką, z przekrojem mięsa po obróbce, to w przypadku wszystkich składowych barwy (R, G, B) stwierdzono istotne lub bliskie istotności statystycznej zależności składowych barwy mięsa przed obróbką z barwą zbrązowionej powierzchni próby. Badania te znajdują potwierdzenie w informacjach przytaczanych przez innych badaczy, że umiejętne zastosowanie analizy barwy może skutkować rzetelną oceną i prognozowaniem jakości analizowanych produktów spożywczych [14].

Przytoczone obserwacje, poparte analizą statystyczną, wskazują na możliwość budowy modelu predykcyjnego, pozwalającego wnioskować o pewnych cechach produktu, w oparciu o wyniki analizy określonych cech surowca. Po przeprowadzeniu dalszych badań – dotyczących obróbki prowadzonej w różnych warunkach, a przede wszystkim w różnych temperaturach i różnym czasie, możliwe byłoby kompleksowe potraktowanie tego zagadnienia. Możliwe jest prognozowanie barwy mięsa poddanego obróbce cieplnej na podstawie barwy mięsa surowego oraz informacji dotyczących założonych warunków procesu. Jest to związane z tym, że za barwę zbrązowionej powierzchni mięsa wołowego odpowiadają nie tylko aminokwasy i cukry redukujące znajdujące się w mięsie surowym, ale również warunki prowadzenia obróbki cieplnej, co w konsekwencji może wpływać na preferencje konsumentów w odniesieniu do mięsa [15].



Rys. 4. Zależność między składowymi barwy B prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym (wnętrze próby – $p=0,134$; $R=-0,7629$; powierzchnia próby – $p=0,002$; $R=-0,9868$)

Fig. 4. Correlation between B component of colour of beef blade before and after thermal treatment conducted in steam-convection oven (meat – $p=0,134$; $R=-0,7629$; browned surface of meat – $p=0,002$; $R=-0,9868$)

Reasumując, reakcje chemiczne zachodzące w trakcie procesu obróbki cieplnej produktów spożywczych, w tym mięsa wpływają nie tylko na zmianę wartości odżywczej, ale także cech wizualnych produktu, w tym jego barwy. Proces obróbki cieplnej prowadzony w domu, czy też w gastronomii powinien, poza uzyskaniem pożądanych cech sensorycznych, gwarantować również bezpieczeństwo mikrobiologiczne [15]. Zakładając, że ten podstawowy warunek jest spełniony, to instrumentalna ocena wizualna, korespondująca z oceną konsumentką, może znaleźć swoje szczególne miejsce w przemyśle spożywczym, jako jeden z istotnych czynników określania jakości mięsa po obróbce cieplnej i przewidywaniem akceptowalności konsumentkiej [11].

WNIOSKI

Analiza wyników pozwoliła określić następujące wnioski:

1. W badanych próbach łopatki wołowej po obróbce cieplnej w piecu konwekcyjno-parowym stwierdzono, że składowe barwy surowego mięsa wołowego mierzone w systemie RGB, nie korelują z barwą mięsa po obróbce cieplnej, ale korelują z barwą zbrązowionej powierzchni próby.

2. Barwa surowego mięsa wołowego (łopatki) stanowić może, przy stałych warunkach prowadzenia procesu obróbki cieplnej, dobry wskaźnik prognozowania barwy powierzchni tego mięsa po obróbce cieplnej.
3. Istnieje możliwość przewidywania barwy zbrązowionej powierzchni mięsa wołowego po obróbce cieplnej w oparciu o komputerową analizę obrazu przy założonych warunkach procesu.

BIBLIOGRAFIA

1. Leon K., Mery D., Pedreschi F., Leon J.: Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. *Food Research International*, vol. 39. 2006: 1084-1091.
2. Iqbal A., Valous N. A., Mendoza F., Sun D.-W., Allen P.: Classification of pre-sliced pork and Turkey ham qualities based on image colour and textural features and their relationships with consumer responses. *Meat Science*, vol. 84. 2010: 455-465.
3. Valous N. A., Mendoza F., Sun D.-W., Allen P.: Colour calibration of a laboratory computer vision system for quality evaluation of pre-sliced hams. *Meat Science*, vol. 81. 2009: 132-141.
4. Abdullah M. Z., Guan L. C., Lim K. C., Karim A. A.: The applications of computer vision system and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. *Journal of Food Engineering*. vol. 6. 2004: 125-135.
5. Tan J.: Meat quality evaluation by computer vision. *Journal of Food Engineering*, vol. 61. 2004: 27-35.
6. Tapp W. N., Yancey J. W. S., Apple J. K.: How is the instrumental color of meat measured? *Meat Science*, vol. 89 (1). 2011: 1-5.
7. Barbera S., Tassone S.: Meat cooking shrinkage: Measurement of a new meat quality parameter. *Meat Science*, vol. 73(3). 2006: 467-474.
8. Sun X., Chen K., Berg E. P., Magolski J. D.: Predicting Fresh Beef Color Grade Using Machine Vision Imaging and Support Vector Machine (SVM) Analysis. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, vol. 10 (12). 2011: 1504-1511.
9. Briones V., Aguilera J. M.: Image analysis of changes in surface color of chocolate. *Food Research International*, vol. 38. 2005: 87-94.
10. Mendoza F., Dejmek P., Aguilera J. M.: Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biology and Technology*, vol. 41 (3), 2006: 285-295.
11. Mogol B. C., Yıldırım A., Gokmen V.: Inhibition of enzymatic browning in actual food systems by the Maillard reaction products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 90 (15). 2010: 2556-256.
12. Saricoban C., Yilmaz M. T.: Modelling the Effects of Processing Factors on the Changes in Colour Parameters of Cooked Meatballs Using Response Surface Methodology. *World Applied Sciences Journal*, vol. 9 (1). 2010: 14-22.
13. Larraín R. E., Schaefer D. M., Reed J. D.: Use of digital images to estimate CIE color coordinates of beef. *Food Research International*, vol. 41. 2008: 380-385.

14. De Silva L.C., Pereira A., Punchihewa A.: "Food Classification using Color Imaging", published in the proceedings of the Annual Conference on Image and Vision Computing (IVCNZ 2005), University of Otago, Dunedin, New Zealand, 28-29 November 2005.
15. King N. J., Whyte R.: Does it look cooked? A review of factors that influence cooked meat color. *Journal of Food Science*, vol. 71. 2006: 31-40.

Badania zostały wykonane przez Zespół Komputerowej Analizy Obrazu w ramach Projektu „Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce zgodnie ze strategią od widelca do zagrody” współfinansowanego przez Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (nr umowy UDA-POIG.01.03.01-00-204/09-03)

APPLICATION OF COMPUTER IMAGE ANALYSIS FOR BEEF BLADE COLOUR AFTER THERMAL TREATMENT PREDICTION

Summary

The aim of the presented research was to assess the possibilities of colour of beef after thermal treatment prediction, on the basis of computer image analysis of beef before thermal treatment. The applied model was beef blade and thermal treatment was conducted in steam-convection oven. The measurement of RGB components of colour was conducted, using the computer image analysis system. It was observed, that R, G and B components of colour of beef blade were not correlated with components of colour of meat after thermal treatment, but were correlated with components of colour of browned surface of meat. It was concluded, that prediction of colour of browned surface of meat after thermal treatment conducted in steam-convection oven is possible.

Key words: colour, RGB, computer image analysis, thermal treatment, quality prediction.