

Dominika Guzek¹⁾
Dominika Głąbska²⁾
Agnieszka Wierzbicka¹⁾

PORÓWNANIE MOŻLIWOŚCI PROGNOZOWANIA BARWY ŁOPATKI WOŁOWEJ DLA RÓŻNYCH METOD OBRÓBKI CIEPLNEJ

Streszczenie. Celem pracy była analiza możliwości przewidywania barwy łopatki wołowej po obróbce cieplnej prowadzonej z wykorzystaniem różnych metod, w oparciu o komputerową analizę obrazu mięsa surowego. Dokonano pomiaru składowych barwy w systemie RGB. Wcześniejsze badania wskazywały, że składowe barwy R, G oraz B łopatki wołowej korelują z barwą zbrązowionej powierzchni mięsa po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym. Jednakże przedstawione wyniki badań wskazują, że zależność ta nie występuje dla innych metod obróbki cieplnej. Prowadzenie obróbki cieplnej przy zastosowaniu grillowania kontaktowego, czy metody „delta” (pieczenie w piecu przy stałej różnicy temperatury między wnętrzem próby a medium grzewczym) nie umożliwia prognozowania zależności między składowymi barwy mięsa a jego zbrązowionej powierzchni. Wyniki badań wskazują, iż możliwości przewidywania barwy mięsa łopatki wołowej po obróbce cieplnej mogą być uzależnione od rodzaju zastosowanej obróbki.

Słowa kluczowe: mięso wołowe, obróbka cieplna, barwa, RGB, komputerowa analiza obrazu, predykcja.

WSTĘP

Wyniki wcześniejszych badań wskazują, że możliwe jest przewidywanie barwy zbrązowionej powierzchni mięsa łopatki wołowej po obróbce cieplnej w piecu konwekcyjno-parowym [4]. Jako, że barwa stanowi pierwszy wyróżnik wizualny w ocenie konsumenckiej [8], możliwości prowadzenia tego rodzaju prognozowania mogą być szczególnie cenne. Zastosowanie różnych obróbek cieplnych do tego samego typu mięsa wpływa na uzyskanie różnych cech sensorycznych [11]. Typowymi metodami obróbki łopatki wołowej poza pieczeniem są różne techniki jej grillowania, jak również smażenia. Zgodnie ze światowymi standardami, które wskazują najbardziej adekwatne metody obróbki cieplnej związane z charakterystyką danego elementu kulinarnego właśnie te techniki są dla łopatki polecane [10].

¹⁾ Zakład Techniki w Żywieniu, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, e-mail: dominika_guzek@sggw.pl, agnieszka_wierzbicka@sggw.pl

²⁾ Zakład Dietetyki, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, e-mail: dominika_glabska@sggw.pl

Dobór odpowiedniej metody obróbki cieplnej jest szczególnie istotny – warunkuje on jakość gotowej potrawy, w tym zarówno jej cechy sensoryczne (kruchość, soczystość, barwę i smakowość), jak i wartość odżywczą (uzależnioną od czasu i warunków obróbki). W odniesieniu do potraw mięsnych technika obróbki cieplnej powinna być dobrana w ten sposób, aby pozwoliła na wydobycie najbardziej atrakcyjnych cech surowca, zależnych od elementu kulanego oraz stopnia wysmażenia [11].

Jako że, w odniesieniu do łopatki wołowej, udało się zaobserwować interesujące zależności między barwą mięsa surowego a barwą mięsa poddanego procesowi pieczenia, podjęto próbę oceny analogicznych zależności w odniesieniu do innych technik obróbki cieplnej. Jako modelowe techniki obróbki wybrano, spośród polecanych dla łopatki wołowej, grillowanie (będące techniką szeroko stosowaną w przypadku konsumentów przygotowujących mięso wołowe w domu) oraz inną metodę pieczenia – pieczenie w piecu konwekcyjno-parowym metodą „delta” (będące stosowane w przypadku obróbki w gastronomii). Celem pracy była ocena możliwości przewidywania barwy łopatki wołowej po obróbce cieplnej prowadzonej na grillu oraz w piecu konwekcyjno-parowym metodą „delta”, w oparciu o komputerową analizę obrazu mięsa surowego.

MATERIAŁ I METODYKA

W ramach zaplanowanych badań przeprowadzono dwie analizy dla prób pobranych i przygotowanych zgodnie z tą samą metodyką, ale poddanych obróbce cieplnej z wykorzystaniem różnych metod – grillowania kontaktowego oraz pieczenia w piecu konwekcyjno-parowym metodą „delta”. Grillowanie kontaktowe zostało przeprowadzone na grillu kontaktowym z dolną i górną powierzchnią ryflowaną przy temperaturze płyty grzewczej wynoszącej 230°C do temperatury wewnątrz próby wynoszącej 71°C. Pieczenie w piecu konwekcyjno-parowym (Küppersbusch CPE 110, Küppersbusch Großküchentechnik GmbH, Gelsenkirchen, Niemcy) realizowano przy zastosowaniu programu „delta”, który w odróżnieniu od konwencjonalnego pieczenia zakłada utrzymanie stałej różnicy temperatur między komorą pieca a wnętrzem próby. W przypadku przeprowadzonej obróbki różnica ta wynosiła 60°C, a obróbka była prowadzona do momentu uzyskania wewnątrz próby temperatury 71°C.

Materiał badawczy stanowiły próby elementów kulinarnych z mięsa wołowego (łopatka) krzyżówek towarowych ras mięsnych z krowami ras mlecznych, zwierzęta zostały wyhodowane w ramach Projektu „Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce zgodnie ze strategią od widelca do zagrody” (UDA-PO-IG.01.03.01-00-204/09-03). Z każdej sztuki pobrano łopatkę, z której połowa poddana była ocenie przed obróbką cieplną (mięso surowe), a druga – po obróbce cieplnej, prowadzonej metodą grillowania kontaktowego lub pieczenia w piecu konwekcyjno-parowym metodą „delta” (rys. 1). Ocenie poddano próby z czterdziestu



Rys. 1. Przedmiot badania – łopatka wołowa surowa oraz poddana obróbce cieplnej z wykorzystaniem metod grillowania kontaktowego oraz pieczenia w piecu konwekcyjno-parowym metodą „delta”

Fig. 1. The object of the research – raw beef blade and beef blade after thermal treatment for grilling and for “delta” thermal treatment in steam-convection oven

różnych łopatek wołowych (dwadzieścia dla grillowania kontaktowego i dwadzieścia dla pieczenia w piecu konwekcyjno-parowym metodą „delta”).

Zgodnie z powszechnie przyjętą metodyką próby surowego mięsa wołowego poddano komputerowej analizie obrazu po upływie 30 minut od wyjęcia z opakowania i podzieleniu ich na plastry o grubości 2,54 cm. Z kolei próby mięsa poddanego obróbce cieplnej analizowano po upływie 30 minut od zakończenia obróbki cieplnej, po osiągnięciu temperatury pokojowej [13]. Do obróbki cieplnej metodą grillowania próby przygotowano analogicznie – były to steki o grubości 2,54 cm. Natomiast w piecu konwekcyjno-parowym metodą „delta” próby mięsa pieczone były w całości, a po zakończonej obróbce dzielone na takie same plastry.

Komputerowa analiza obrazu obejmowała ocenę składowych barwy tkanki mięśniowej surowego mięsa wołowego, ocenę barwy tkanki mięśniowej mięsa wołowego po obróbce cieplnej na przekroju i ocenę barwy zbrązowionej powierzchni mięsa wołowego po obróbce cieplnej będącej wynikiem zachodzącej reakcji Maillarda na powierzchni próby.

W przypadku każdego steku dokonano akwizycji obrazu (2 zdjęcia – obu stron steku lub dwóch przekrojów oraz w przypadku steków po obróbce cieplnej, także trzecie zdjęcie – powierzchni zewnętrznej zbrązowionej), segmentacji pobranego obrazu w celu wyizolowania interesujących obszarów barwnych (pikseli) tkanki mięśniowej od punktów barwnych tkanki tłuszczowej i tkanki łącznej, losowego wyboru dziesięciu punktów barwnych tkanki mięśniowej w przypadku każdego zdjęcia poddanego akwizycji, oceny składowych barwy każdego punktu barwnego, wyliczenia średniej składowych barwy dla każdej próby.

W procesie analizy obrazu wykorzystywano oprogramowanie Image-Pro Plus 7. Pomiar barwy dokonano w modelu przestrzeni barw opisanym 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 [12].

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

WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 1 przedstawiono zależności między składowymi barwy mierzonymi w systemie RGB prób łopatki wołowej surowej i po obróbce cieplnej (dla wnętrza próby i jej zbrązowionej powierzchni) prowadzonej metodą grillowania kontaktowego. Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w przypadku ocenianych składowych barwy, ani dla wnętrza próby, ani jej zbrązowionej powierzchni dla łopatki wołowej poddanej grillowaniu.

W tabeli 2 przedstawiono zależności między składowymi barwy mierzonymi w systemie RGB prób łopatki wołowej surowej i po obróbce cieplnej (dla wnętrza próby i jej zbrązowionej powierzchni) prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym metodą „delta”. Również w tym przypadku nie stwierdzono korelacji, które pozwoliłyby na stwierdzenie istnienia zależności między barwą mięsa surowego, a poddanego obróbce cieplnej.

Wyniki wcześniej prowadzonych badań [4], wskazywały na występowanie istotnej statystycznie zależności między barwą mięsa surowego a barwą zbrązowionej powierzchni mięsa poddanego obróbce cieplnej. Stwierdzono, że należy prowa-

Tabela 1. Zależności między składowymi barwy mierzonymi w systemie RGB prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej (dla wnętrza próby i jej zbrązowionej powierzchni) prowadzonej metodą grillowania kontaktowego

Table 1. Correlation between RGB system components of colour of beef blade before and after thermal treatment (for meat and browned surface of meat) for grilling thermal treatment

Badana powierzchnia	Składowa barwy	p	R
Wnętrze próby	R	0,423	0,4708
	G	0,583	0,3340
	B	0,611	0,3107
Zbrązowiona powierzchnia	R	0,789	-0,1663
	G	0,697	0,2406
	B	0,481	0,4200

Tabela 2. Zależności między składowymi barwy mierzonymi w systemie RGB prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej (dla wnętrza próby i jej zbrązowionej powierzchni) prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym metodą „delta”

Table 2. Correlation between RGB system components of colour of beef blade before and after thermal treatment (for meat and browned surface of meat) for thermal treatment in steam-convection oven

Badana powierzchnia	Składowa barwy	p	R
Wnętrze próby	R	0,831	-0,1331
	G	0,423	-0,4710
	B	0,172	-0,7184
Zbrązowiona powierzchnia	R	0,695	0,2420
	G	0,666	0,2658
	B	0,789	0,1661

dzić dalsze badania uwzględniające temperaturę końcową procesu obróbki cieplnej. Wyniki te znajdują potwierdzenie w badaniach przeprowadzonych przez Bowers i współpracowników [1], którzy stwierdzili, że barwa steków wołowych poddawanych obróbce cieplnej do tej samej temperatury wewnętrznej różni się w zależności od zastosowanej techniki obróbki cieplnej. Wśród innych czynników mogących wpływać na występowanie zmienionej barwy mięsa wołowego wskazuje się na przykład wartość pH [9], zawartość tłuszczu czy wcześniejsze mrożenie [6]. Stwierdzono, że wyższe pH mięsa przyczynia się do zahamowania typowych procesów zmiany barwy podczas obróbki cieplnej [9].

Innym z czynników, które mogą wpływać na niespecyficzną barwę mięsa po obróbce cieplnej są stężenie oraz stabilność barwników w mięsie, czy proces dojrzewania, któremu poddane zostało uprzednio mięso [2]. Wskazane czynniki są niezależne od konsumenta, czy osoby prowadzącej obróbkę cieplną mięsa w gastronomii, ale istnieją jeszcze inne czynniki – ściśle uzależnione od obróbki cieplnej. Wśród nich wskazać należy przede wszystkim technikę zastosowanej obróbki cieplnej (na przykład gotowanie, pieczenie, smażenie, duszenie, grillowanie), warunki obróbki cieplnej (na przykład wymuszony termoobieg, czy stopień zaparowania komory podczas pieczenia). Inne czynniki to czas prowadzenia obróbki, moc grzewcza i efektywność urządzenia lub temperatura końcowa wnętrza próby [16].

Stosowana obróbka cieplna mięsa wołowego wpływa na zmiany barwy mięsa również w zależności od rodzaju elementu czy mięśnia. Końcowa barwa zależy od stopnia formacji żelazohemochromogenu, który jest produktem zależnym od proporcji między początkową ilością mioglobiny a końcową zawartością oksy- i deoksymioglobiny [14, 15].

Inni autorzy sugerują, że końcowa barwa mięsa może być zależna od różnej koncentracji i stabilności cieplnej reagentów proteinowych w mięśniach. Stopień de-

naturacji tych białek w trakcie procesu obróbki cieplnej może wpływać na stopień interakcji i reaktywność między mięśniami oraz denaturację mioglobiny, która w porównaniu z tymi białkami wykazuje małą stabilność [3, 7]. Zmiana barwy mięsa wołowego podczas obróbki cieplnej związana jest między innymi z zachodzącymi w surowcu reakcjami Maillarda – nieenzymatycznym brunatnieniem zachodzącym pod wpływem ogrzewania. Reakcja ta zachodzi między aminokwasami a cukrami redukującymi. Reakcja ta przyczynia się do ukształtowania charakterystycznego aromatu oraz barwy mięsa poddanego obróbce cieplnej i przyczynia się do powstania ponad 2500 komponentów smakowych, które są odpowiedzialne między innymi za charakterystyczny smak mięsa wołowego poddanego obróbce cieplnej [5].

Reakcje Maillarda prowadzą nie tylko do wytworzenia się związków smakowych, ale również komponentów barwy. Intensywność tej reakcji wpływa na przebieg zmian składowych barwy [12], a przez to na zależność między barwą mięsa surowego a poddanego obróbce cieplnej. Przypuszcza się, że o ile obróbka prowadzona z zastosowaniem techniki grillowania jest zbyt intensywna, to obróbka w piecu konwekcyjno-parowym metodą „delta”, jest zbyt łagodna do wytworzenia charakterystycznych zmian. Aby doprowadzić mięso do docelowej temperatury wewnętrznej, w przypadku tej metody potrzeba więcej czasu, niż przy konwencjonalnej obróbce w piecu konwekcyjno-parowym. Co za tym idzie, podejrzewać można, że tylko w przypadku określonych technik obróbki cieplnej można wykazać zależność między składowymi barwy mięsa surowego a składowymi barwy mięsa poddanego obróbce cieplnej. W przypadku grillowania łopatki wołowej oraz jej obróbki w piecu konwekcyjno-parowym metodą „delta” zależności takiej nie stwierdzono. Dla potwierdzenia braku istnienia tych zależności, należałoby przeprowadzić analogiczne badania dla innych wybranych elementów kulinarnych oraz ewentualnie innych warunków procesu, w tym temperatury końcowej wnętrza próby.

WNIOSKI

Analiza wyników pozwoliła wyciągnąć następujące wnioski:

1. Nie stwierdza się istnienia zależności między barwą surowej łopatki wołowej a barwą mięsa poddanego obróbce cieplnej (barwa mięsa na przekroju oraz jego zbrązowionej powierzchni) techniką grillowania ani w piecu konwekcyjno-parowym metodą „delta”.
2. W przypadku prowadzenia obróbki do stopnia *well done* nie ma możliwości predykcji barwy mięsa poddanego obróbce cieplnej techniką grillowania ani w piecu konwekcyjno-parowym metodą „delta” w oparciu o barwę mięsa surowego.
3. Zależności dotyczące barwy mięsa wołowego po obróbce cieplnej są ściśle uzależnione od zastosowanej metody obróbki.

BIBLIOGRAFIA

1. Bowers J., Craig J., Kropf D.H., Tucker T.: Flavor, color, and other characteristics of beef *longissimus* muscle heated to seven internal temperatures between 55 and 85°C. *Journal of Food Science*, vol. 52, 1987: 533–536.
2. Gašperlin L., Žlender B., Abram V.: Colour of beef heated to different temperatures as related to meat ageing. *Meat Science*, vol. 59, 2001: 23–30.
3. Geileskey A., King R., Corte D., Pinto P., Ledward D.A.: The kinetics of cooked meat haemoprotein, formation in meat and model systems. *Meat Science*, vol. 48, 1997: 189–199.
4. Guzek D., Głąbska D., Wierzbicka A.: Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do prognozowania barwy mięsa wołowego po obróbce cieplnej. *Postępy Nauki i Techniki*, vol. 12, 2012: 131–113.
5. Jousse F., Jongen T., Agterof W., Rusell S., Braat P.: Simplified scheme of flavor formation by the Maillard reaction. *Journal of Food Science*, vol. 67, 2002: 2534–2542.
6. King N.J., Whyte R.: Does It Look Cooked? A Review of Factors That Influence Cooked Meat Color. *Journal of Food Science*, vol. 71 (4), 2006: 31–40.
7. Lytras G.N., Geileskey A., King R.D., Ledward D.A.: Effect of muscle type, salt and pH on cooked meat haemoprotein formation in lamb and beef. *Meat Science*, vol. 52, 1999: 189–194.
8. Mancini R.A., Hunt M.C.: Current research in meat color. *Meat Science*, vol. 71. 2005: 100–121.
9. Mendenhalle V.T.: Effect of pH and Total Pigment Concentration on the Internal Color of Cooked Ground Beef Patties. *Journal of Food Science Volume*, vol. 54 (1), 1989: 1–2.
10. MLA - Meat & Livestock Australia, A practical guide to cooking Australian beef and lamb. MLA Australia, 2007.
11. Polkinghorne R.J., Nishimura T., Neath K.E., Watson R.: Japanese consumer categorisation of beef into quality grades, based on Meat Standards Australia methodology. *Animal Science Journal*, vol. 82, 2011: 325–333.
12. 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.
13. 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.
14. Van Laack R., Berry B., Solomon M.: Effect of precooking conditions on color of cooked beef patties. *Journal Food Protection*, vol. 59, 1996: 976–983.
15. Varnam A., Sutherland J.: *Meat and meat products*. London: Chapman & Hall, 1995, p. 430.
16. Wharton M.D., Apple J.K., Yancey J.W.S., Sawyer J.T., Lee M.S.: Internal Color and Tenderness of the Infraspinatus Are Affected by Cooking Method and Degree of Doneness. Arkansas Animal Science Department Report 2008.

COMPARISON OF POSSIBILITIES OF PREDICTION OF BEEF BLADE COLOUR FOR VARIOUS METHODS OF THERMAL TREATMENT**Summary**

The aim of the presented research was to assess the possibilities of prediction of beef blade colour for various methods of thermal treatment, on the basis of computer image analysis of beef before

thermal treatment. The measurement of RGB components of colour was conducted. It was observed, that in spite of denoted previously correlation of components of colour of raw blade with components of colour of blade after thermal treatment conducted in steam-convection oven, in case of other methods of thermal treatment such correlations are not observed. Neither for grilling nor for “delta” thermal treatment in steam-convection oven, correlations were not observed both for colour of meat and browned surface of meat. It was concluded, that prediction of colour of beef blade after thermal treatment depends on applied thermal treatment.

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

Badania zostały wykonane 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).