

WYKORZYSTANIE KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU DO OCENY WYBRANYCH WYRÓŻNIKÓW JAKOŚCI MIĘSA WOŁOWEGO*

Półtorak A.¹, Gębski J.², Wyrwisz J.¹, Zalewska M.¹, Łopacka J.¹, Ulanicka U.¹,
Żontala K.¹, Stelmasiak A.¹, Moczowska M.¹, Wierzbicka A.¹

¹Samodzielny Zakład Techniki w Żywieniu, ²Katedra Organizacji i Ekonomiki Konsumpcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. Celem przeprowadzonych badań była analiza możliwości wykorzystania stanowiska do komputerowej analizy obrazu (KAO) do oceny wybranych parametrów jakości surowców rolno-spożywczych. Wykorzystując stanowisko do KAO, analizowano możliwość pomiaru marmurkowatości na przykładzie mięsa wołowego. Poziom marmurkowatości istotnie wpływa na cechy fizyczne i sensoryczne surowców i półproduktów rolnych. Ocenianym parametrem jakości mięsa wołowego był poziom marmurkowatości w wybranych mięśniach wołowych. Badaniem objęto 12 mięśni należących do 18 zwierząt pochodzących z tej samej partii ubojowej. Wykonane obrazy materiału badawczego poddane zostały analizie obrazu pod kątem oceny procentowej zawartości w nich pól jasnych, reprezentujących udział tkanki tłuszczowej oraz łącznej. Stanowisko badawcze wyposażone w odpowiednie do tego celu narzędzia (kamera wysokiej rozdzielczości z odpowiednim filtrem polaryzacyjnym umieszczona na statywie, sterowana komputerem). Zgromadzone obrazy poddane zostały analizie ww. wyróżników, wykorzystując do tego celu oprogramowanie Image Pro Plus 7.0.

Słowa kluczowe: komputerowa analiza obrazu, wołowina, tkanka łączna, tkanka tłuszczowa, KAO

Wstęp

Zapotrzebowanie rynku na surowce rolne o wysokiej i powtarzalnej jakości stwarza potrzebę opracowania instrumentalnych metod ich oceny. Instrumentalne metody oceny powinny wyeliminować subiektywność prowadzonych ocen wynikających z czynnika

* Praca powstała w ramach Projektu WND-POIG.01.03.01-00-204/09 Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce zgodnie ze strategią „od widelca do zagrody”, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013 (Umowa nr UDA-POIG.01.03.01-00-204/09-05).

ludzkiego. Wymagane jest, aby opracowane metody dały obiektywną odpowiedź o przydatności produktów w możliwie najkrótszym czasie, np. w przypadku jakości mięsa bezpośrednio na linii ubojowej, co pozwoli na skierowanie surowca właściwym kanałem dystrybucji. Jedną z nowoczesnych metod instrumentalnych jest komputerowa analiza obrazu stanowiąca narzędzie oceny jakości mięsa na podstawie poziomu marmurkowości.

Obecnie głównie oceniany jest wygląd zewnętrzny produktów spożywczych. Pełni on bardzo ważną rolę w ocenie ich ogólnej jakości postrzeganej przez konsumentów. Najczęstszą metodą stosowaną w klasyfikacji mięsa jest jego ocena wizualna dokonywana przez wykwalifikowanych pracowników. Metoda ta jest wykorzystywana od wielu lat, a w przypadku mięsa wołowego wiodącym przykładem standardów oceny eksperckiej jest Beef Carcass Grading Standard (USDA, 1997).

Metoda ta posiada jednak wiele niekorzystnych cech (Hussein i in., 2011). Należą do nich przede wszystkim subiektywność oceny, możliwość dokonania całkowicie odmiennej oceny tego samego mięsa poprzez dwóch ekspertów oraz brak powtarzalności ocen, co ma miejsce, w przypadku gdy ten sam ekspert dwukrotnie dokonuje oceny tej samej próby, oceniając ją w inny sposób. Ponadto ocena ekspercka jest kosztowna i relatywnie powolna (Du i Sun, 2004). Mniej popularne są metody analityczne, polegające na pomiarze wybranych właściwości chemicznych, fizycznych i mikrobiologicznych produktów. Metody te są bardzo skuteczne i dokładne, jednak ze względu na ich czasochłonność, kosztowność oraz konieczność posiadania odpowiednio wyposażonego laboratorium i wykwalifikowanego personelu nie są one stosowane w zakładach przetwórczych. Alternatywą do oceny eksperckiej i analitycznej, eliminującą wady tych metod, może być obiektywna komputerowa analiza obrazu cyfrowego (Jackman i in., 2011).

Systemy przetwarzania i analizy obrazu są powszechnie wykorzystywane do oceny produktów żywnościowych w krajach wysoko rozwiniętych (Japonia, USA). Celem wykorzystania systemów przetwarzania obrazu jest możliwość wyeliminowania błędów ludzkiego podczas oceny produktu oraz skrócenie czasu oceny tak, aby wynik uzyskać w czasie jej trwania (Chmiel i in., 2011). Technika ta opiera się na wykorzystaniu cyfrowej kamery, przeznaczonej do pozyskania obrazu, oraz komputera służącego do jego analizy. Aby zanalizować obraz, będący źródłem informacji, konieczne jest przetworzenie sygnału video na dwuwymiarową matrycę cyfrową. Zapisem z każdej matrycy są piksele, czyli elementy zdjęcia, posiadające przypisaną całkowitą wartość zwaną poziomem szarości. Zazwyczaj stopień szarości pojedynczego piksela jest opisywany liczbowo w granicach od 0 – odpowiadającego czerni – do 255 – odpowiadającym bieli (Basset i in., 2000; Żmijewski, 2008). Po przekształceniu możliwe jest przeprowadzenie dalszych procesów analizy, za które w najbardziej ogólnym pojęciu przyjmuje się segmentację, lokalizację obiektów i wyznaczanie ich cech.

Zaleca się, aby oświetlenie miało charakter jak najbardziej zbliżony do naturalnego światła słonecznego. Obok rodzaju światła, bardzo istotnym czynnikiem jest również jego ustawienie i rozproszenie, gdyż w dużym stopniu decydują one o możliwości późniejszej poprawy kontrastu, redukcji odbić, cieni i zniekształceń powstałych w trakcie przetwarzania obrazu (Dasiewicz, 2010).

Cel i zakres pracy

Celem przeprowadzonych badań była analiza możliwości wykorzystania stanowiska laboratoryjnego komputerowej analizy obrazu do oceny poziomu marmurkowatości na podstawie zawartości tłuszczu śródmięśniowego i tkanki łącznej mierzonego jako procentowy udział pól jasnych w wybranych mięśniach wołowych. Następnie porównanie uzyskanych wyników z klasyfikacją półtuszy przeprowadzoną metodą ekspercką.

Materiał i metodyka

Materiał badawczy stanowiły próby mięsa wołowego, pochodzącego z jednej partii ubojowej. Ocenie poddane zostały przygotowane steki wykonane z wcześniej wypreparowanych mięśni. Listę poddanych analizie mięśni przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Zestawienie mięśni stanowiących materiał badawczy

Table 1

The list of muscles, which constitute the research material

Oznaczenie MSA	Część tuszy	Nazwa polska	Nazwa łacińska
BLD096	Łopatką	Mięsień trojgłowy ramienia - głowa długa	M. triceps brachii caput longum
BRI056	Szponder	Mięsień piersiowy głęboki	M. pectoralis profundus
CUB045	Antrykot	Mięsień najdłuższy grzbietu – najdłuższy klatki piersiowej i lędźwi	M. longissimus dorsi (syn. M longissimus thoracis et lumborum)
EYE075	Zrazowa	Mięsień półścięgnisty	M. semitendinosus
KNU066	Skrzydło	Mięsień prosty uda	M. rectus femoris
KNU099	Skrzydło	Mięsień obszerny boczny	M. vastus lateralis
OUT005	Zrazowa dolna	Mięsień dwugłowy uda	M. biceps femoris (syn. gluteobiceps)
OYS036	Łopatką podgrzebieniowy	Mięsień podgrzebieniowy	M. infrapinatus
RMP231	Krzyżowa	Mięsień najdłuższy grzbietu – najdłuższy klatki piersiowej i lędźwi	M. longissimus dorsi (syn. M longissimus thoracis et lumborum)
STR045	Rostbef	Mięsień najdłuższy grzbietu – najdłuższy klatki piersiowej i lędźwi	M. longissimus dorsi (syn. M longissimus thoracis et lumborum)
TOP001	Zrazowa górna	Mięsień przywodziciel uda	M. adductor femoris
TOP073	Zrazowa górna	Mięsień półbłoniasty	M. semimembranosus

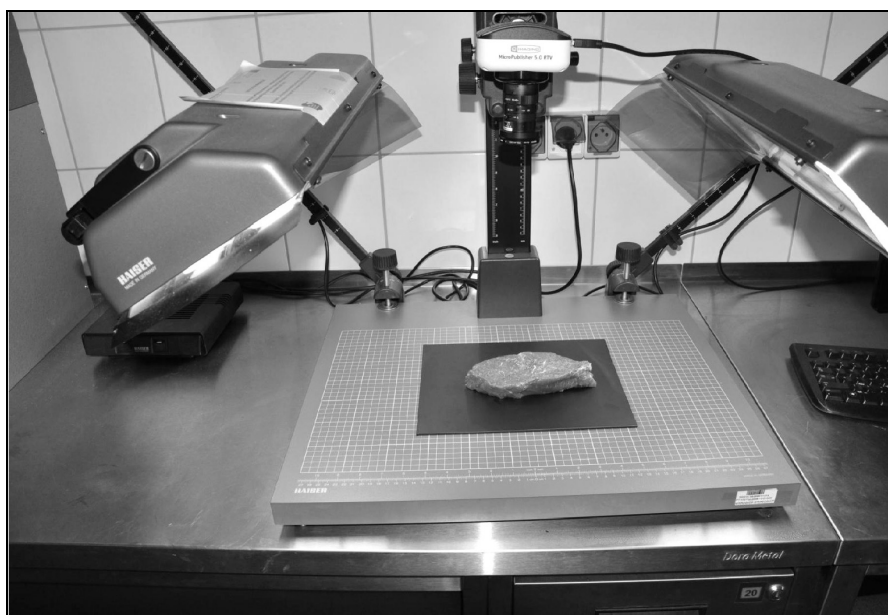
Zwierzęta, z których pobrano materiał badawczy, pochodziły ze stad, które kontrolowane są przez zadanie 2a projektu *Optimalizacja produkcji wołowiny w Polsce zgodnie ze strategią „od widelca do zagrody”*. Materiał badawczy scharakteryzowano na podstawie

pomiaru wartości pH oraz podstawowego składu chemicznego, wykonanego metodą spektroskopii bliskiej podczerwieni (NIRFlex Solids, Büchi Labortechnik AG, Flawil, Szwajcaria).

Stanowisko przygotowane do KAO wykorzystano do analizy zawartości tłuszczu i tkanki łącznej (na podstawie udziału pól białych) w różnych partiach mięsa wołowego. W stanowisku do komputerowej analizy obrazu zastosowano wysokiej rozdzielczości kamerę cyfrową QImaging, Micro Publisher 5.0 RTV, która ma możliwość wykonywania zdjęć o rozdzielczości do 2560x1920 pikseli, umieszczoną na statywie Kaiser, Copylizer eVision w odległości 30 cm od fotografowanego obiektu. W celu poprawienia jakości zdjęć na obiektywie zainstalowano liniowy filtr polaryzacyjny, dzięki któremu uzyskano efekt ograniczający pojawianie się na fotografii blików spowodowanych odbiciem światła od lustra wody pojawiającej się na powierzchni próby. W stanowisku wykorzystano system oświetlenia Kaiser, składający się z dwóch lamp, zawierających po dwa źródła światła o mocy 36 W każdy, o temperaturze barwowej 5400 K, która jest najbardziej zbliżona do światła dziennego. Dla poprawienia jakości zdjęć w systemie oświetlenia zastosowano również filtr polaryzacyjny Kaiser Polarisationsfilter 5594.

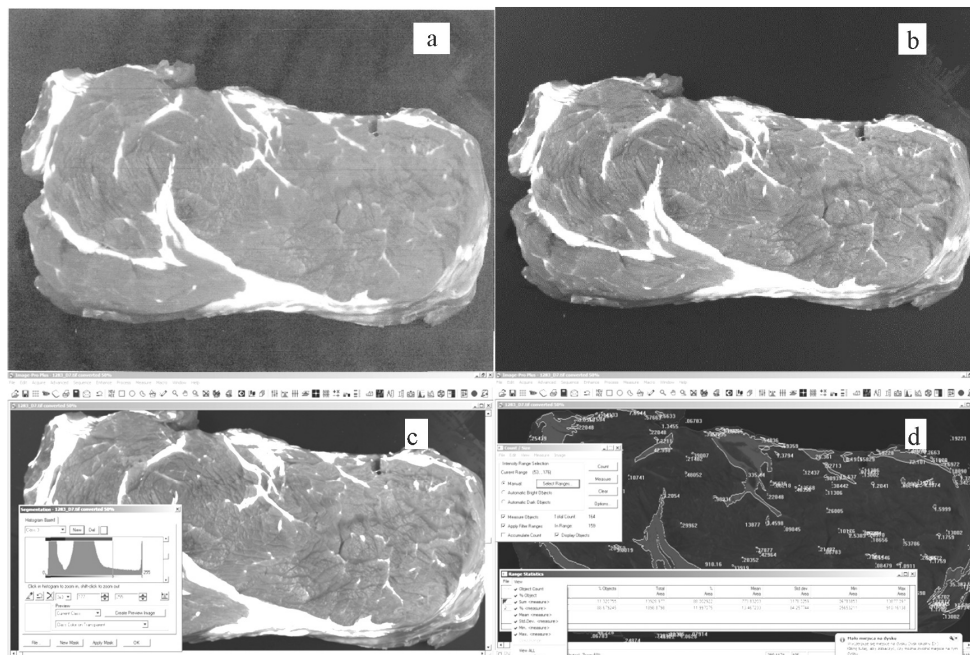
W procesie pozyskiwania obrazu, jak i jego analizie wykorzystano oprogramowanie Image Pro Plus 7.0, Media Cybernetics zainstalowane na komputerze stacjonarnym dedykowanym do tego stanowiska.

Oceniane próby to plastry mięsa o grubości 25 mm krojone prostopadle do włókien, fotografowane techniką cyfrową na czarnym, matowym tle.



Rysunek 1. Stanowisko badawcze do komputerowej analizy obrazu
Figure 1. The test bench for image analysis

Uzyskane obrazy poddane zostały analizie ze względu na zawartość tłuszczu i tkanki łącznej (białych pól występujących na obrazie) (Tomkiewicz i Kopec, 2008).



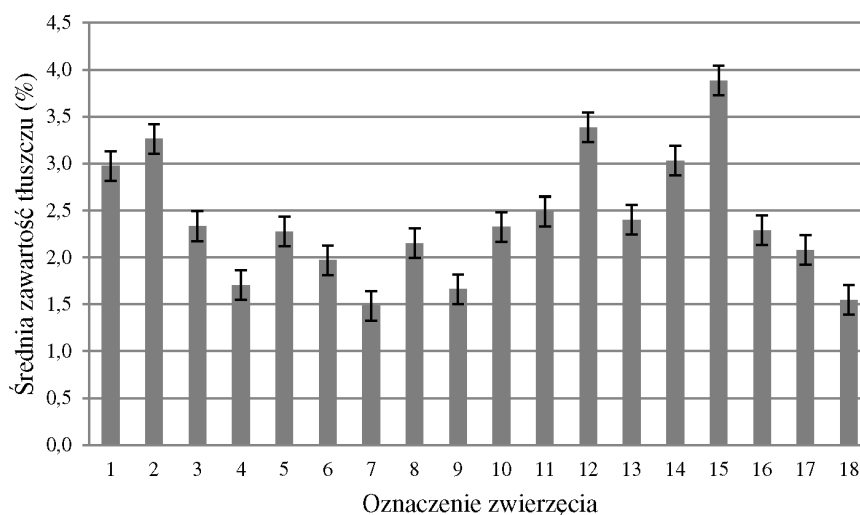
Rysunek 2. Fazy przetwarzania obrazu: a) obraz przed obróbką, b) obraz po poprawie jakości oraz konwersji do wersji czarno-białej, c) Obraz na etapie progowania, d) obraz po segmentacji z wyodrębnionymi polami jasnymi i ciemnymi

Figure 2. Image processing stages: a) image before processing, b) image after quality improvement and conversion to black and white version, c) Image at the thresholding stage, d) image after segmentation with isolated light and dark fields

Do oceny zawartości tłuszczu i tkanki łącznej w fotografowanych próbach wykorzystano oprogramowanie Image Pro Plus 7.0, Media Cybernetics. Pierwszym etapem była poprawa jakości uzyskanego zdjęcia, polegająca na wykorzystaniu oferowanych przez program filtrów, takich jak *hi-pass* (7x7) czy medianowego (3x3), oraz poprawy parametrów zdjęcia, takich jak: jasność, kontrast i Gamma (rys. 2a). Następnie zdjęcie przekształcono do formatu czarno-białego (rys. 2b) oraz przeprowadzono segmentację (Chen i Qin, 2008). Proces segmentacji (rys. 2c, d) pozwolił na wyodrębnienie na zdjęciu koloru białego, który odpowiedzialny jest za prezentację tłuszczu oraz tkanki łącznej, i porównaniu jego udziału (białych pól) w powierzchni analizowanej próby (Jackman i in., 2011).

Wyniki badań

Uzyskane wyniki poddano analizie. Dokonano oceny średniej zawartości tłuszczu w badanych mięśniach pochodzących od poszczególnych zwierząt oznaczonych od 1 do 18. Średnia zawartość tłuszczu w badanym mięsie zawierała się w granicach pomiędzy 1,5% a 4%. Połowę ocenianej populacji stanowiły zwierzęta, których średnia zawartość tłuszczu w badanych mięśniach znajdowała się w granicach pomiędzy 2% a 3%. Średnią zawartość tłuszczu poniżej 2% odnotowano u 5 badanych zwierząt, zaś powyżej 3% – u 4 zwierząt. Maksymalną, wynoszącą 3,88 % średnią zawartość tłuszczu wykryto w mięsie pochodzącym od zwierzęcia oznaczonego numerem 15 (rys. 3). Poddane KAO mięso pochodziło w większości od zwierząt chudych, mających małą, bo poniżej 2%, zawartość tłuszczu śródmięśniowego.

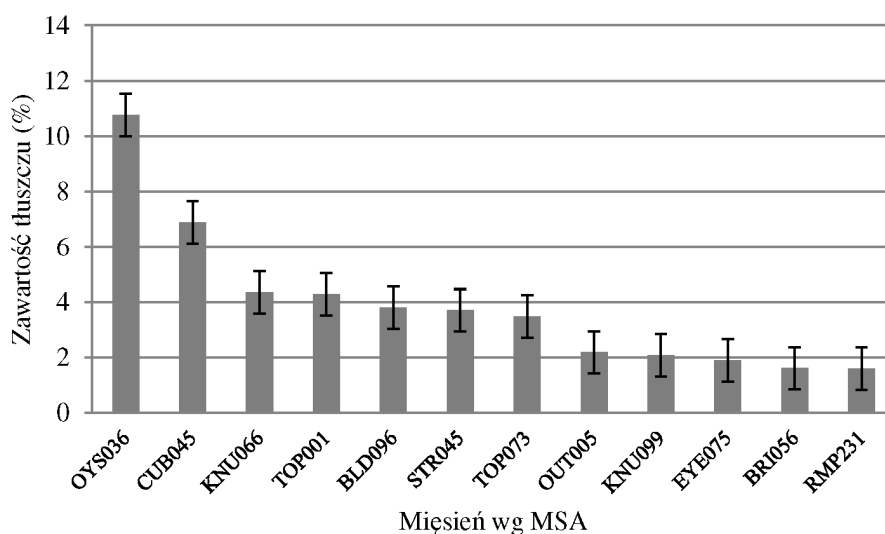


Rysunek 3. Średnia zawartość tłuszczu we wszystkich badanych mięśniach zwierząt z analizowanej populacji

Figure 3. Average fat content in all tested muscles of animals of the analyzed population

Szczegółowej analizie poddano próby pochodzące od sztuki, która zawierała największą średnią zawartość tłuszczu śródmięśniowego. Rysunek 4 przedstawia zawartość tłuszczu śródmięśniowego wraz z tkanką łączną w poszczególnych analizowanych mięśniach, oznaczonych zgodnie z zasadami MSA (Meat Standard Australia). Największą (10,76%) zawartość tłuszczu śródmięśniowego zaobserwowano w mięśniu OYS036 (mięsień podgrzebieniowy – *m. infraspinatus*), należącym do łopatki oraz CUB045 (6,88%) (mięsień najdłuższy grzbietu – najdłuższy klatki piersiowej i lędźwi – *m. longissimus dorsi* (syn. *m. longissimus thoracis et lumborum*)), występującym w antrykocie. Najmniejszą zawartość białej tkanki zaobserwowano w mięśniach: piersiowym głębokim – *m. pectoralis profundus* (BRI056), występującym w szponderze, oraz RMP231, należącym do krzyżowej. Zawar-

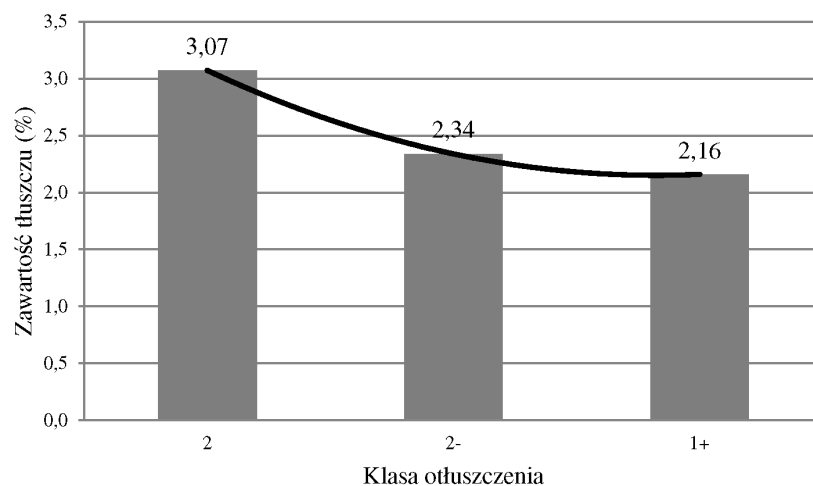
tość tłuszczu w tych mięśniach wynosiła po 1,6%. W mięsie ocenianej tuszy dały się zauważyć trzy kategorie mięśni ze względu na zawartość tłuszczu śródmięśniowego: kategoria o zawartości tłuszczu ok. 2% (OUT005, KNU099, EYE056, BRI056 oraz RMP231), kategoria mięśni o zawartości tłuszczu ok. 4% (KNU066, TOP001, BLD096, STR045 oraz TOP073) i kategoria, w której zawartość tłuszczu wynosiła powyżej 6% (OYS036 i CUB045).



Rysunek 4. Zawartość tłuszczu w poszczególnych mięśniach z tuszy o największej średniej zawartości tłuszczu w badanej populacji
 Figure 4. The fat content of the various muscles of the carcass with the highest average fat content of the study population

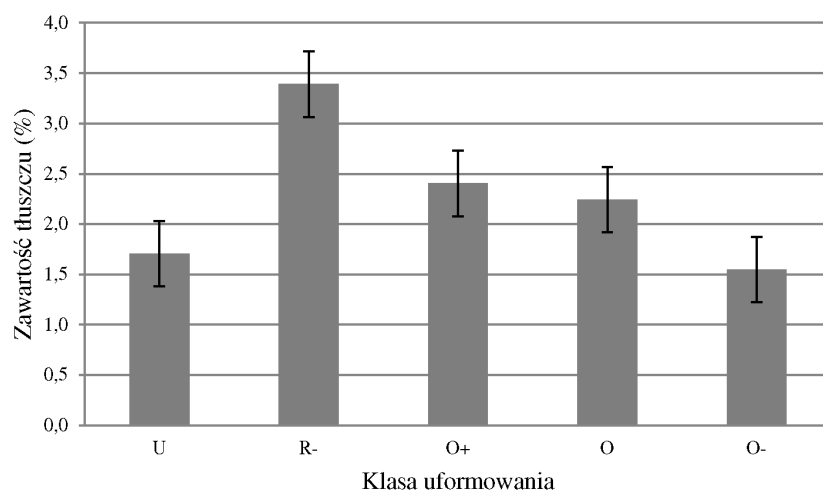
Porównując uzyskane wyniki dotyczące zawartości tłuszczu śródmięśniowego w stosunku do klasyfikacji poubojowej EUROP, można stwierdzić, że zaobserwowano zależność zgodną z przeprowadzoną kwalifikacją przez rzeczoznawcę w ubojni (rys. 5). Pomimo że wszystkie tusze charakteryzowały się stosunkowo niską zawartością tłuszczu (klasy 1+ (10 tusz), 2- (4 tusze) oraz 2 (4tusze)). Zależność ta przedstawiona jest na rysunku 5.

Na rysunku 6 zaobserwowano również relację pomiędzy klasą uformowania, a zawartością tłuszczu śródmięśniowego. Im lepsze uformowanie, tym zawartość tłuszczu była większa. Wyjątek stanowi jedna sztuka, która jako jedyna w tej populacji została przez klasyfikatora przypisana do klasy uformowania „U” (umięśnienie bardzo dobre), zaś KAO oceniła średnią zawartość tłuszczu w mięśniach tej sztuki na 1,55%. Wynik ten został potwierdzony oceną odtuszczenia przyznaną tej tuszy przez klasyfikatora, która wynosiła 1+ (otłuszczenie niskie).



Rysunek 5. Średnia zawartość tłuszczu śródmięśniowego w grupach o tym samym poziomie otluszczenia w klasyfikacji EUROP

Figure 5. The average content of intramuscular fat in groups with the same level of fat in the EU Beef Carcass Classification



Rysunek 6. Zawartość tłuszczu śródmięśniowego w mięśniach zwierząt należących do poszczególnych klas uformowania według klasyfikacji EUROP

Figure 6. The content of intramuscular fat in the muscles of animals belonging to different classes according to the EU Beef Carcass Classification

Podsumowanie i wnioski

1. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, iż zaproponowane laboratoryjne stanowisko do komputerowej analizy obrazu mięsa wołowego może być wykorzystane do budowy systemu do oceny poziomu marmurkowatości bezpośrednio na linii ubojowej.
2. Przebieg zmian procentowej zawartości tkanki tłuszczowej i łącznej określone za pomocą KAO były zgodne ze zmianami oceny stopnia otluszczenia półtuszy przeprowadzonej przez klasyfikatora na linii ubojowej.
3. Średnia zawartość tłuszczu śródmięśniowego w ocenianych tuszach zawierała się w granicach od 1,55% do prawie 4%, co było zgodne z wynikami uzyskanymi z pomiaru wykonanego metodą spektroskopii bliskiej podczerwieni.
4. W tuszy o największej średniej zawartości tłuszczu (3,88%), najwięcej, bo 10,76%, stwierdzono go w mięśniu OYS036 (mięsień podgrzebieniony – *m. infraspinatus*), należącym do łopatki; najmniejszą zaś zawartością tłuszczu, wynoszącą 1,6%, charakteryzował się RMP231 (mięsień najdłuższy grzbietu – najdłuższy klatki piersiowej i lędźwi – *m. longissimus dorsi* (syn. *m. longissimus thoracis et lumborum*)).

Literatura

- Basset, O.; Buquet, B.; Abouelkaram, S.; Delachartre, P.; Culioli, J. (2000). Application of texture image analysis for the classification of bovine meat. *Food Chemistry*, 69, 437-445.
- Chen, K.; Qin, Ch. (2008). Segmentation of beef marbling based on vision threshold. *Computers And Electronics In Agriculture*, 62, 223-230.
- Chmiel, M.; Słowiński, M.; Dasiewicz, K. (2011). Application of computer vision systems for estimation of fat content in poultry meat. *Meat Science*, 22, 1424-1427.
- 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*, 5, t.4, 1-8.
- Du, C.-J.; Sun, D.-W. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 230-249.
- Jackman, P.; Sun, D.-W.; Allen, P. (2011). Recent advances in the use of computer vision technology in the quality assessment of fresh meats. *Food Science & Technology*, 22, 185-197.
- Tomkiewicz, D.; Kopeć, A. (2008). Zastosowanie metod przetwarzania obrazu do oceny zawartości tłuszczu w mięsie wieprzowym. *Inżynieria Rolnicza*, 2(100), 299-306.
- USDA (1997). *United States standards for grades of carcass beef*. Washington, DC, USA.
- Żmijewski, T. (2008). Możliwości wykorzystania komputerowej analizy obrazu w przemyśle mięsnym. *Rzeźnik Polski*, 6(107), 50-51.

THE USE OF COMPUTER IMAGE ANALYSIS IN THE EVALUATION OF SELECTED BEEF QUALITY FEATURES

Abstract. The aim of this study was to analyze the possibility of using the computer image analysis to assess content of intramuscular fat in the selected beef muscle. The analysis included 12 muscles from 18 animals from the same batch of slaughter. Slaughtered animals, the young cattle for slaughter under the age of 24 months old. Animals belong to the class A (carcasses of young bulls under the age of 2 years old) and E (carcasses of other heifers) according to the EU Beef Carcass classification. Images of the researched material were subjected to image analysis to evaluate the percentage of light in these fields representing fat and collagen. The test stand was equipped with high resolution computer controlled camera with a suitable polarizing filter placed on a tripod. The collected images were subjected to analysis of the selected parameters for using the software Image Pro Plus 7.0.

Key words: computer image analysis, beef, collagen, fat

Adres do korespondencji:

Andrzej Półtorak; e-mail: andrzej_poltorak@sggw.pl
Samodzielny Zakład Techniki w Żywieniu
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 159C
02-776 Warszawa