

Dominika GUZEK¹, Dominika GŁĄBSKA², Agnieszka WIERZBICKA³

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie; Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji
ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa

¹ Zakład Techniki w Żywieniu, Katedra Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa, e-mail: dominika_guzek@sggw.pl

² Zakład Dietetyki, Katedra Dietetyki, e-mail: dominika_glabska@sggw.pl

³ Zakład Techniki w Żywieniu, Katedra Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa, e-mail: agnieszka_wierzbicka@sggw.pl

GUIDELINES FOR APPLICATION OF THE CONSTANT ON-LINE MEASUREMENTS IN THE BEEF INDUSTRIAL PRODUCTION – USING COMPUTER IMAGE ANALYSIS AND OTHER MODERN TECHNIQUES OF MEASUREMENT

Summary

The aim of the presented analysis was to work out the guidelines for application of the constant on-line measurements of chosen visual features of beef quality in the plant. Nowadays the beef production requires such a possibility to apply measurements and researches on the production line. In the present article, the assessment of possibilities to apply on the industry scale objective measurements that are carried out in laboratory conditions is achieved. The most important beef objective researches are taken into account – texture measurements, components of colour measurements and computer image analysis. Guidelines and assumptions to the procedure during on-line implementation of beef features evaluation are divided into two categories, to improve their applicability: necessary to apply measurements and researches on-line and optional that may facilitate application.

Key words: beef, texture, colour, computer image analysis, research in industry, on-line research

OPRACOWANIE ZAŁOŻEŃ SYSTEMU WSPOMAGANIA PRODUKCJI MIĘSA WOŁOWEGO W PRZEMYSŁE SPOŻYWCZYM W SYSTEMIE CIĄGŁYM ONLINE – Z WYKORZYSTANIEM KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU I INNYCH NOWOCZESNYCH TECHNIK POMIAROWYCH

Streszczenie

Celem pracy było opracowanie i przedstawienie założeń do aplikacji pomiarów cech jakościowych mięsa wołowego w zakładzie produkcji w systemie ciągłym online. Ze strony przemysłu spożywczego jest obecnie bardzo duże zapotrzebowanie na takie badania realizowane na linii produkcyjnej. W niniejszym artykule dokonano oceny możliwości stosowania w warunkach przemysłowych instrumentalnych badań, wykorzystywanych w warunkach laboratoryjnych. Uwzględniono tu najważniejsze obszary instrumentalnego badania cech mięsa wołowego – badanie tekstury, składowych barwy i analizę obrazu mięsa. Opracowane wytyczne i założenia do aplikacji pomiarów na linii produkcyjnej zostały, w celu podniesienia ich aplikacyjności, podzielone na dwie grupy: konieczne do aplikacji pomiarów w systemie ciągłym online oraz fakultatywne – ułatwiające aplikację pomiarów.

Słowa kluczowe: mięso wołowe, tekstura, barwa, komputerowa analiza obrazu, badania w warunkach przemysłowych, badania online

1. Wprowadzenie

Cechy jakościowe mięsa wołowego, zwłaszcza te, które są dostępne do oceny w momencie zakupu, są dla konsumentów, podejmujących decyzję o zakupie, czynnikiem decydującym. Jako najważniejsze, wskazuje się wśród nich barwę, cechy teksturalne, takie jak kruchość i soczystość, jednakże nie bez znaczenia jest również udział i dystrybucja tkanki tłuszczowej i łącznej. Produkowane obecnie w Polsce mięso wołowe nie spełnia oczekiwań konsumentów, którzy postrzegają je jako twarde, o niskiej jakości sensorycznej i zbyt wysokiej cenie, co przyczynia się do spadku popytu na nie.

Niezbędnym elementem działań, które muszą być podjęte przez producentów by podnieść popyt na wołowinę jest, obok kompleksowej analizy oczekiwań konsumentów i przetwórców mięsa wołowego w Polsce, produkcja mająca na celu uzyskanie oczekiwanych wyróżników jakościowych preferowanych przez docelową grupę konsumentów.

Dla produkcji nastawionej na sprecyzowane cechy jakościowe, natomiast, koniecznym jest realizacja badań w warunkach przemysłowych. Istotnym jest tu właśnie przemysłowa skala realizowanych pomiarów – nie badania w skali laboratoryjnej, dotyczące pojedynczych próbek, a zakrojona na szeroką skalę kontrola procesu produkcyjnego, która przyczynić się może do uzyskania oczekiwanej jakości mięsa wołowego i/ lub jego przetworów.

Dla rozwiązania przedstawionego problemu, konieczne jest podjęcie kompleksowych działań ukierunkowanych na pomiar *online* tych cech, które mogą warunkować ocenę końcową jakości.

2. Cel pracy

Celem prezentowanej pracy było opracowanie założeń do aplikacji pomiarów w zakładzie produkcji mięsa wołowego w systemie ciągłym *online*.

3. Możliwości badania tekstury mięsa wołowego w warunkach laboratoryjnych i w warunkach przemysłowych

Tekstura mięsa wołowego stanowi, z punktu widzenia konsumenta, tę cechę, która w trakcie spożywania decyduje, w dużej mierze w stopniu podświadomym, o akceptacji produktu spożywczego, dlatego zagadnieniu temu poświęca się szczególną uwagę. Zwłaszcza w przypadku mięsa po poddaniu obróbce cieplnej, cechy teksturalne stanowią najistotniejsze wyróżniki, decydujące o akceptacji przez konsumenta. Najbardziej pożądanym jest mięso kruche, soczyste, o niskiej włóknistości, za które konsument jest skłonny zapłacić wyższą cenę – odpowiednią do oferowanej jakości [4].

Kruchość to cecha teksturalna będąca wypadkową długości sarkomerów, pośmiertnej proteolizy, ilości tkanki łącznej i jej struktury (integralności). Mnogość czynników (przyżyciowych i poubojowych), które wpływają na odbieraną przez konsumentów kruchość mięsa wołowego, wskazuje jak złożonym procesem jest jej kształtowanie. Wymaga ono oddziaływania na wszystkie wymienione cechy i musi być procesem zależnym od rodzaju mięśnia, a więc – elementu kulinarnego, którego dotyczy [11].

Do analizy tekstury mięsa wołowego realizowanej w warunkach laboratoryjnych, badacze mogą stosować szereg metod, w zależności od tego czy jest to surowe czy przetworzone mięso. Do najpowszechniej stosowanych zaliczany jest test przecinania z wykorzystaniem noża Warnera-Bratzlera, który pozwala na ocenę tekstury mięsa wołowego, w tym kruchości [3, 12]. Jednakże, w przypadku analiz realizowanych na skalę przemysłową, które wymagają zbadania wielu prób, w krótkim czasie, metoda ta okazuje się nie być optymalna, ze względu na czasochłonność i destrukcyjny charakter. Wymaga ona kosztownego wyposażenia i wykwalifikowanego zespołu badawczego, będącego w stanie przeprowadzić pomiar i zinterpretować jego wyniki. Mięso poddane testowi przecinania z wykorzystaniem noża Warnera-Bratzlera nie może już później trafić do obrotu i do konsumentów.

W związku z tym, badania realizowane *online* – na linii produkcyjnej, z założenia wymagają niedestrukcyjnego charakteru analizy. Zaliczane są do nich spektrometria w bliskiej podczerwieni, tomografia komputerowa, spektrofotometria, metody wykorzystujące promieniowanie X, czy komputerowa analiza obrazu (KAO), która, jako metoda najbardziej aplikacyjna, zostanie omówiona osobno. Na szczególną uwagę zasługują te metody, które pozwalają na równoczesną ocenę kilku czynników jakości mięsa i charakteryzują się wyjątkową aplikacyjnością, wynikających z szybkości i precyzji dokonywanych analiz [1, 2].

Najbardziej przydatne techniki, należące do grupy spektroskopii w podczerwieni, to spektroskopia w bliskiej podczerwieni (NIR – obejmująca pasmo od 700 do 2500 nm) oraz spektroskopia w średniej podczerwieni (MIR – od 2500 do 50000 nm). Metoda ta wymaga niewielkiej próbki badanego materiału, zatem sumaryczny koszt analiz jest niższy niż w przypadku tradycyjnych metod. Jednakże, najistotniejszą zaletą metody wykorzystującej NIR jest jej precyzja, oraz fakt, iż jej wyniki wykazują wysoką korelację z wynikami pomiarów instrumentalnych, zatem do nich mogą być skutecznie odnoszone. Niektórzy badacze wskazują również na możliwość predykcji, na podstawie pomiaru przy wykorzystaniu spektrometrii w bliskiej podczerwieni, zarówno cech teksturalnych, jak i sensorycznych [8].

Metoda NIR może być stosowana *online* przez cały czas produkcji – jest wykorzystywana do oceny surowca, prawidłowości procesu (bezpośrednio na linii produkcyjnej) oraz gotowego produktu. Przy produkcji wyrobów z mięsa wołowego, zastosowanie analiz tego typu umożliwia dodatkowo dynamiczne wprowadzanie zmian składu surowcowego oraz procesu produkcji, w zależności od uzyskiwanych wyników analiz [13]. Niektórzy autorzy wskazują również na wady stosowania metody NIR, wśród których należy wymienić przede wszystkim konieczność pobrania reprezentatywnej próby i dokładnej jej homogenizacji w celu uzyskania właściwych wyników.

4. Możliwości badania składowych barwy mięsa wołowego w warunkach laboratoryjnych i w warunkach przemysłowych

Barwa mięsa wołowego stanowi najistotniejszy czynnik brany pod uwagę przez konsumentów podczas podejmowania decyzji o jego zakupie. Mają oni świadomość, że barwa świeżego mięsa powinna być charakterystycznie czerwona i wszelkie odstępstwa traktują jako niedopuszczalne, wskazujące na jego zepsucie. Wyłącznie barwa typowa znamionuje dla nich nie tylko świeżość mięsa, ale także jakość ogólną. Wyniki wielu badań potwierdzają, że barwa jest najistotniejszą cechą jakościową na etapie wyboru wielu artykułów spożywczych. Wiąże się to z ograniczonymi możliwościami oceny pozostałych cech jakościowych podczas zakupu, co powoduje, że rola barwy i innych cech wizualnych jest tak istotna i wielu badaczy koncentruje na nich swoją uwagę i badania [5, 7, 15].

Na barwę mięsa wpływ mają obecne w nim barwniki: barwniki gromadzone/ syntetyzowane w organizmie zwierzęcia za życia, barwniki produkowane w wyniku uszkodzenia podczas manipulacji/ przy zastosowaniu nieodpowiednich warunków przetwarzania, barwniki produkowane po uboju w wyniku reakcji enzymatycznych/ nieenzymatycznych, naturalne/ sztuczne barwniki dodane podczas produkcji.

Barwa mięsa wołowego i innych produktów spożywczych mierzona jest z wykorzystaniem urządzeń pozwalających na ocenę jej składowych, aby wyrazić, w sposób obiektywny, odbiór barwy przez konsumentów [9]. Składowe barwy mogą być oceniane przy pomocy trzech współrzędnych w systemie RGB (ang. *red, green, blue* – gdzie każda współrzędna określa nasilenie komponentu barwy: czerwonej, zielonej oraz niebieskiej) lub w systemie $L^*a^*b^*$ (gdzie współrzędna L^* oznacza jasność, a^* – oś barwy czerwonej, b^* – oś barwy żółtej). Pomiar barwy w systemie RGB wykorzystuje fakt, że oko ludzkie odbiera kolor na podobnej zasadzie. Obydwie metody te są szeroko wykorzystywane przy badaniach produktów spożywczych na skalę laboratoryjną [15].

Pomiar składowych barwy zapewnia szybką ocenę parametrów barwy – jest nieskomplikowany, niedestrukcyjny oraz rozmiar sprzętu do pomiaru (fotokolorymetru) i jego poręczność pozwalają na przeprowadzenie badania praktycznie w każdych warunkach. Fakt, iż metoda ta nie wymaga zniszczenia próbki i mięso wołowe poddane ocenie barwy może później trafić do obrotu i być spożyte jest czynnikiem najistotniejszym w aspekcie możliwości zastosowania oceny barwy na linii produkcyjnej [7].

Pomiar barwy może być realizowany na linii produkcyjnej, jako wskaźnik poziomu utlenienia barwnika mio-

globiny, co świadczy o jej stabilności oksydacyjnej i pozwala na prognozowanie zmian podczas dojrzewania i obrotu. Pomiar taki, już we wczesnym okresie po uboju pozwala na prognozowanie stabilności barwy po 3, 7 i 14 dniach dojrzewania. Może on być także realizowany dla różnych mięśni w tuszy, co podnosi aplikacyjność i pozwala na predykcję tej stabilności w zależności od elementu kulinarnego [10].

Ograniczenia pomiaru barwy z wykorzystaniem fotokolorymetru, stanowią powierzchnia ocenianego mięsa wołowego i liczba koniecznych pomiarów (powtórzeń) gwarantująca uzyskanie wiarygodnego wyniku. Przy niejednorodnym materiale badawczym, głowica, która jest wykorzystywana do pomiaru musi być odpowiednio mała, aby można było przeprowadzić pomiar. Zatem, do pełnej oceny barwy, lepsze mogłyby być inne metody takie jak NIR czy KAO. Metoda NIR pozwala na oszacowanie stężenia mioglobiny, które zależy jest od gatunku oraz typu mięśni. Dzięki temu, że pozwala ona na ocenę różnych parametrów procesu, może być wykorzystana do kontroli jakości produkcji.

Stwierdzić należy, iż możliwe jest prowadzenie oceny składowych barwy mięsa wołowego, z wykorzystaniem tych samych metod, w warunkach laboratoryjnych i przemysłowych [10]. Jednak, konieczne jest wdrażanie metod, pozwalających na równoczesną ocenę wielu cech jakościowych, co pozwoli na szybsze i wszechstronne analizy mięsa podczas produkcji.

5. Możliwości badania analizy obrazu mięsa wołowego w warunkach laboratoryjnych i w warunkach przemysłowych

Podczas zakupu mięsa wołowego, konsument dokonuje wyboru pod wpływem wrażeń wizualnych. Barwa nie jest tu jedynym wyznacznikiem, wpływającym na decyzje konsumentów. Wśród innych wskazuje się grubość warstwy tłuszczu okrywającego, ilość tłuszczu śródmięśniowego, kształt elementu kulinarnego, wygląd na przekroju, itp. Te cechy często są postrzegane przez konsumentów łącznie, jako ogólny wygląd mięsa wołowego i łącznie brane pod uwagę przy ocenie końcowej jakości [10].

Inne cechy wizualne mięsa wołowego, poza barwą, mogą często stanowić parametry trudne do skwantyfikowanej oceny i wymagają odniesienia do konsumenckiej oceny sensorycznej. Wynika to z faktu, że są to cechy oceniane w sposób instynktowny przez konsumentów, którzy opierają się na doświadczeniu w tym zakresie i często są zależne nie tylko od kraju pochodzenia, jego upodobań indywidualnych, czy też płci.

Metoda KAO pozwala na ocenę wszystkich cech wizualnych mięsa wołowego, jak również – na szacowanie cech teksturalnych, na podstawie obrazu powierzchni. W związku z tym, KAO pozwala na bardzo wszechstronną ocenę, zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i na skalę przemysłową [14]. Jest ona obecnie szeroko wykorzystywana podczas badań w laboratoriach, a potencjał do jej wykorzystania w warunkach przemysłowych jest ogromny. Jest to metoda precyzyjna, szybka, niedestrukcyjna, dająca powtarzalne wyniki, a jedno zdjęcie (obraz powierzchni) mięsa wołowego umożliwia równoczesną analizę wielu czynników (barwy tkanki mięśniowej, barwy tkanki tłuszczowej, udziału i dystrybucji tłuszczu śródmięśniowego, występowania i wielkości porów, itp.) [2, 5].

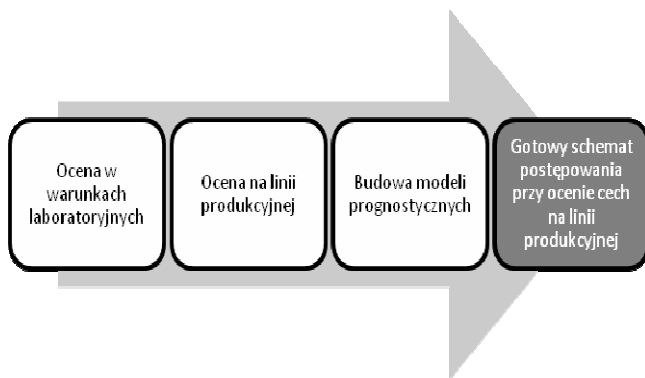
Metoda ta ma pewne ograniczenia – wymaga umiejętności podczas przygotowania próbki (np.: konieczne jest uzyskanie odpowiednio płaskiej powierzchni) i pomiaru, konieczny jest odpowiedni dobór oświetlenia, pobranie obrazu powierzchni oraz dobór metod transformacji algorytmów przekształcania, by uzyskać użyteczny wynik ilościowy lub jakościowy. Czynnikiem szczególnie w przypadku mięsa wołowego, jest dobór odpowiedniego oświetlenia (żarowe, jarzeniowe, halogenowe). Spośród tych rodzajów oświetlenia, wyłącznie żarowe przyczynia się do tego, że barwa mięsa jest naturalna – czerwona. W oświetleniu jarzeniowym ma ono barwę brązową, a w halogenowym – ciemnoczerwoną [6]. Wyniki te potwierdzają analizy konsumenckie – mięso wołowe i inne rodzaje mięsa są najbardziej preferowane przez konsumentów, kiedy ekspozowane są w ladzie chłodniczej, podświetlanej światłem żarowym [2].

W odniesieniu do innych niż barwa cech wizualnych mięsa, KAO może opierać się na obrazach barwnych lub w skali szarości. Cechy te nie wymagają obrazów barwnych, jednak przy ich wykorzystaniu mogą być one również analizowane. Ocena tych cech opiera się na pomiarze powierzchni i analizach, opierających się na zasadach planimetrii. Zastosowanie odpowiedniego oprogramowania komputerowego umożliwia tu dokładne i precyzyjne analizy, które niemożliwe byłyby przy zwykłej ocenie wizualnej i tradycyjnej ocenie opierającej się na porównaniu z wzorcami oraz klasyfikacji do klas jakościowych [17].

Odnośnie predykcji cech teksturalnych, z wykorzystaniem KAO, stwierdzić należy, że jest to możliwość bardzo obiecująca. Istnieje prawdopodobieństwo szacowania tych cech, w tym szczególnie kruchości, już w drugiej lub trzeciej dobie po uboju. Możliwe jest to dzięki ocenie charakterystyki faktury kolorowych obrazów powierzchni, tak jak konsument jest w stanie na podstawie obserwacji ocenić jego teksturę. Opiera się to na podstawowych cechach, takich jak wielkość, orientacja, czy kontrast, dostrzegane w odniesieniu do obserwowanych komponentów [16, 17].

Metoda KAO, w oparciu o obrazy powierzchni elementów z mięsa wołowego, pozwala na określenie cech tekstury oraz na ich klasyfikację. Można przypuszczać, że przy prawidłowym pobraniu obrazu powierzchni mięsa, możliwe być powinno klasyfikowanie na tej podstawie tusz wołowych – na bardziej kruche, o mniejszej włóknistości i mniej kruche, o większej włóknistości. Jednakże, w tym przypadku celowe jest korzystanie z obrazów barwnych, które pozwalają na precyzyjną obserwację wszystkich cech powierzchni [17].

Istnieje konieczność prowadzenia, w odniesieniu do KAO, dalszych badań, nie tylko w warunkach laboratoryjnych, ale również na linii produkcyjnej. Opracowanie modelu, pozwalającego na precyzyjne prognozowanie cech teksturalnych wymaga licznych prób, tak aby stanowiło metodę, w przyjętym zakresie niezawodną (rysunek). O ile w odniesieniu do cech wizualnych mięsa, nie ma istotnych zastrzeżeń, gdyż na podstawie analizy obrazu, zarówno barwa, zawartość tłuszczu śródmięśniowego, ilość tłuszczu okrywającego, jak i kształt elementu kulinarnego z mięsa wołowego, mogą być oceniane w sposób oczywisty, to w stosunku do oceny cech teksturalnych, mogą być jeszcze pewne zastrzeżenia [5].



Rys. Schemat postępowania przy wdrażaniu oceny cech jakościowych mięsa wołowego na linii produkcyjnej
 Fig. Scheme of the procedure during on-line implementation of beef features evaluation

6. Wytyczne i założenia do aplikacji pomiarów w systemie ciągłym *online* w zakładzie produkcyjnym

Opracowane wytyczne i założenia do aplikacji pomiarów zostały, dla podniesienia ich aplikacyjności, podzielone na dwie grupy. Pierwszą stanowią wytyczne i założenia konieczne do aplikacji pomiarów w systemie ciągłym *online* – ich wdrożenie jest niezbędne dla badań, spełniających funkcję kontroli jakości produkcji i produktu. W tym celu, badania muszą być obiektywne, wiarygodne, powtarzalne, szybkie, dokładne i porównywalne [13]. Drugą stanowią wytyczne i założenia fakultatywne, ułatwiające aplikację pomiarów w systemie ciągłym w zakładzie produkcyjnym. Ich wdrożenie nie jest konieczne, dla realizacji badań, ale mają one ułatwić to zadanie, zwłaszcza w przypadku badań na skalę przemysłową.

Wytyczne i założenia konieczne do aplikacji pomiarów w systemie ciągłym *online* w zakładzie produkcyjnym:

- pomiar parametrów limitujących z punktu widzenia jakości produktu – konieczny jest pomiar tych cech jakościowych mięsa wołowego, które mogą powodować odrzucenie produktu przez konsumenta (niewłaściwa barwa, tekstura, wygląd na przekroju),
- wykorzystanie technik zapewniających pomiar metodami obiektywnymi – konieczne jest wdrażanie metod, które w założonych warunkach pomiaru dają taki sam wynik cech jakościowych przy wykonaniu go zgodnie z obowiązującą metodyką,
- wykorzystanie technik niedestrukcyjnych – pozwala to na przeprowadzenie większej ilości analiz i ograniczenie kosztów surowcowych,
- powtarzalne wyniki – konieczne jest wykorzystanie technik, które pozwalają na uzyskiwanie powtarzalnych wyników pomiarów cech jakościowych mięsa wołowego, przy wykonaniu go zgodnie z obowiązującą metodyką,
- możliwość szybkiego przeprowadzenia pomiaru (najlepiej w czasie rzeczywistym) – bezcelowe jest wdrażanie metod, w przypadku których na wynik pomiaru należy czekać przez czas dłuższy niż godzina, gdyż nie zapewniają one możliwości dynamicznego i elastycznego dostosowywania warunków i metod produkcji do cech jakościowych surowca,
- możliwie duża dokładność pomiaru, ale wyłącznie na ile jest to konieczne – konieczne jest stosowanie metod i sprzętów/ urządzeń, które umożliwiają pomiar o wy-

sokiej dokładności, jednakże do założonego rzędu wielkości (czasem nie ma potrzeby prowadzić pomiaru o bardzo wysokiej dokładności, a wystarczy pomiar szankowy),

- wykorzystanie technik mających określone zakresy referencyjne – konieczne jest stosowanie metod pomiaru, w przypadku których wyniki pomiaru cech jakościowych mięsa wołowego mogą być porównane z odpowiednimi zakresami referencyjnymi.

Wytyczne i założenia fakultatywne, ułatwiające aplikację pomiarów w systemie ciągłym *online* w zakładzie produkcyjnym:

- wykorzystanie sprzętu/ urządzeń zapewniających możliwość pomiaru kilku właściwości równocześnie – może się to przyczynić do holistycznej oceny jakości i pozwolić na bardziej szczegółową kontrolę jakości produkowanego mięsa wołowego,
- wykorzystanie technik szeroko stosowanych – może to ułatwić szerokie porównania uzyskiwanych wyników pomiaru cech jakościowych mięsa wołowego, z wynikami uzyskiwanymi w badaniach naukowych i uzyskiwanymi przez innych producentów,
- sprzęt/ urządzenia proste w obsłudze – może to przyczynić się do oszczędności czasu i pracy podczas oceny cech jakościowych mięsa wołowego,
- sprzęt/ urządzenia relatywnie tanie nie tylko w zakupie, ale również eksploatacji – może to ułatwić producentom podjęcie decyzji o takiej inwestycji i zwiększyć ilość zakładów, które poddają produkty szczegółowej kontroli jakości na linii produkcyjnej,
- sprzęt/ urządzenia przenośne lub zapewniające możliwość prowadzenia pomiaru w kilku miejscach równocześnie – może to przyspieszyć pomiar cech jakościowych mięsa wołowego i pozwolić na prowadzenie większej liczby pomiarów.

7. Podsumowanie

Istnieje możliwość prowadzenia badań jakości mięsa wołowego w systemie ciągłym *online*, jednakże nie ma praktycznych możliwości wykorzystania tu tych samych metod, które są stosowane przy pomiarach w warunkach laboratoryjnych. Ponadto, istnieje możliwość prowadzenia badań barwy oraz analizy obrazu mięsa wołowego w systemie ciągłym *online*. Pozwala to na kompleksową ocenę badanego mięsa wołowego – pod kątem cech wizualnych, czyli tych, które bierze pod uwagę konsument podczas wyboru mięsa i podejmowania decyzji o jego zakupie. Podkreślić należy, iż wdrożenie pomiarów realizowanych w systemie ciągłym *online* w zakładzie produkcyjnym, wymaga przyjęcia konkretnych założeń do aplikacji pomiarów. Spełnienie wszystkich wytycznych koniecznych, jest niezbędne dla praktycznej możliwości aplikacji – bez ich wypełnienia, nie jest realizowana funkcja celu badań obiektywnych, wiarygodnych, powtarzalnych, szybkich, dokładnych i porównywalnych.

Badania zrealizowano w ramach projektu „Optymalizacja produkcji wołowej w Polsce zgodnie ze strategią od widelca do zagrody” współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Priorytet 1. Badania i rozwój nowoczesnych technologii, Działanie 1.3. Wsparcie projektów B+R na rzecz przedsię-

biorców realizowanych przez jednostki naukowe, Poddziałanie 1.3.1. Projekty rozwojowe (Umowa nr UDA-POIG.01.03.01-00-204/09-05).

8. Bibliografia

- [1] 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*, 2004, nr 61, s. 125-135.
- [2] Brosnan T., Su D.-W.: Improving quality inspection of food products by computer vision—a review. *Journal of Food Engineering*, 2004, nr 61, s. 3-16.
- [3] Denoyelle C., Lebihan, E.: Intramuscular variation in beef tenderness. *Meat Science*, 2003, nr 66, s. 241-247.
- [4] Di Monaco R., Cavella S., Masi P.: Predicting sensory cohesiveness, hardness and springiness of solid foods from instrumental measurements. *Journal of Texture Studies*, 2008, nr 39, s. 129-149.
- [5] Gerrard D. E., Gao X., Tan J.: Beef marbling and colour score determination by image processing. *Journal of Food Sciences*, 1996, nr 61, s. 145-148.
- [6] Gunasekaran S.: Computer vision technology for food quality assurance. *Trends in Food Science & Technology*, 1996, nr 7, s. 245-256.
- [7] He D.J., Yang Q., Xue S.P., Geng N.: Computer vision for colour sorting of fresh fruits. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 1998, nr 14, s. 202-205.
- [8] King D.A., Shackelford S.D., Wheeler T.L.: Use of visible and near-infrared spectroscopy to predict pork longissimus lean color stability. *Journal of Animal Sciences*, 2011, doi:10.2527/jas.2011-413.
- [9] Lu J., Tan J., Shatadal P., Gerrard D.E.: Evaluation of pork color by using computer vision. *Meat Sciences*, 2000, nr 56, s. 57-60.
- [10] Mancini R.A., Hunt M.C.: Current research in meat color. *Meat Sciences*, 2005, nr 71, s. 100-121.
- [11] Morgan J.B., Savell J.W., Hale D.S., Miller R.K., Griffin D.B., Cross H.R., Shackelford S.D.: National beef tenderness survey. *Journal of Animal Sciences*, 1991, nr 69, s. 3274-3283.
- [12] Obuz E., Dikeman M.E., Loughin T.M.: Effects of cooking method, reheating, holding time, and holding temperature on beef *longissimus lumborum* and *biceps femoris* tenderness. *Meat Sciences*, 2003, nr 65, s. 841-851.
- [13] Shackelford S.D., Wheeler T.L., Koohmaraie M.: On-line classification of US Select beef carcasses for longissimus tenderness using visible and near-infrared reflectance spectroscopy. *Meat Sciences*, 2005, nr 69, s. 409-441
- [14] Tan J.: Meat quality evaluation by computer vision. *Journal of Food Engineering*, 2004, nr 61, s. 27-35.
- [15] 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 Sciences*, 2009, nr 81, s. 132-141.
- [16] Vote D.J., Belk K.E., Tatum J.D., Scanga J.A., Smith G.C.: Online prediction of beef tenderness using a computer vision system equipped with a BeefCam module. *Journal of Animal Sciences*, 2003, nr 81, s. 457-465.
- [17] Zheng C., Sun D.-W., Zheng L.: Recent developments and applications of image features for food quality evaluation and inspection – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 2006, nr 17, s. 642-655.