

POUBOJOWE METODY OCENY UŻYTKOWOŚCI MIĘSNEJ BYDŁA

Andrzej Węglarz¹, Anna Balakowska¹, Zenon Choroszy²

¹Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Hodowli Bydła, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków

²Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, Dział Genetyki i Hodowli Zwierząt,
32-083 Balice k. Krakowa

W pracy przedstawiono przegląd różnych metod obiektywnej i nieinwazyjnej oceny wartości rzeźnej bydła ze szczególnym uwzględnieniem nowych rozwiązań poprawiających jakość przeprowadzanej oceny. Technika USG pozwala z dużą dokładnością na szacowanie cech wartości rzeźnej na podstawie pomiarów ultrasonograficznych powierzchni mięśni i grubości tłuszczu (korelacje fenotypowe od 0,276–0,719). Jedną z metod do szacowania m.in. składu tkankowego tusz, stosowaną na skalę przemysłową, jest wizyjna analiza obrazu VIA (Video Image Analysis). W wielu ośrodkach naukowych opracowano różne systemy komputerowej analizy obrazu, które umożliwiają również ocenę uformowania i otuszczenia tuszy według klasyfikacji EUROP. System BeefCam umożliwia pomiar barwy mięsa chudego i tłuszczu i na tej podstawie wnioskowanie o kruchości mięsa. Inne techniki przedstawione w pracy dotyczą zastosowania rezonansu magnetycznego (NMR), pomiarów optyczno-igłowych, Bioelektrycznej Analizy Impedancji (BIA) oraz techniki multisensorów.

Słowa kluczowe: bydło, wartość rzeźna, ocena poubojowa, VIA, USG

Znajomość wartości użytkowej zwierząt jest podstawową i niezbędną informacją, służącą do prowadzenia pracy hodowlanej w stadzie. Informacje o wartości użytkowej zwierzęcia uzyskujemy, oceniając cechy, decydujące o jego możliwościach produkcyjnych. Na tej podstawie przeprowadzana jest selekcja zwierząt. O jej skuteczności decyduje między innymi stopień odziedziczalności doskonałych cech. Współczynniki odziedziczalności większości ważnych cech określających wartość rzeźną bydła są wysokie, co oznacza, że doskonalenie ich przez selekcję jest możliwe.

Właściwe określenie wartości rzeźnej zwierzęcia oprócz wykorzystania jej w pracy hodowlanej niezbędne jest w relacjach hodowcy/producenta a zakłady mięsne, w celu obiektywnego określenia ceny za dostarczone zwierzęta do uboju. Wartość rzeźna bydła to składowa oceny użytkowości mięsnej. Można ją oceniać, mając do dyspozycji żywe zwierzę (metody przyżyciowe), lub gdy ocenie podlega tusza (metody poubojowe). Początkowo stosowanymi metodami oceny wartości rzeźnej były chwyt rzeźniczy oraz pomiary zootechniczne, wiążące się z indywidualnymi od-

czuciami klasyfikatora. Jednak okazało się, że metody subiektywne obciążone są zbyt dużym błędem, by można było na nich polegać (Kien i in., 2000). Następstwem tego były utrudnienia w selekcji zwierząt, klasyfikacji tusz oraz określaniu wartości handlowej. Również ocena tusz nie była wystarczająca. Początkowo bazowano głównie na masie ciała, jednak na jej wartość może mieć wpływ zarówno przerost tkanki mięśniowej, jak i tłuszczowej, dlatego nie jest to cecha wystarczająca do scharakteryzowania tuszy. Ponadto konieczne stało się poznanie takich cech, jak kruchość, wodochłonność, barwa, marmurkowatość czy smakowitość mięsa. Stało się to powodem podjęcia prób znalezienia technik obiektywnych, o dużej powtarzalności pomiarów, a do tego wystarczająco szybkich, by mogły zostać zastosowane na skalę przemysłową (Śloniewski i Sakowski, 2000). Dla poprawy oceny zaczęto poszukiwać obiektywnych metod klasyfikacji, zbliżonych do aparaturowych metod oceny mięsności tusz wieprzowych, pozwalających dodatkowo przewidzieć także skład tkankowy tuszy.

W hodowli zwierząt stosowało się i nadal stosuje wiele różnych metod obiektywnej i nieinwazyjnej oceny wartości rzeźnej. Są to między innymi:

- metoda fotogrametrii – na podstawie fotografii uzyskanej przez sprzężone obiektywy stereoskopowe, które w stereoskopie dają trójwymiarowy obraz, z zaznaczonymi liniami określającymi powierzchnie o podobnym stopniu wypukłości, pozwala na mierzenie objętości badanego obiektu, a także otrzymanie dokładnych wymiarów poszczególnych części ciała na żywym zwierzęciu, uzyskując linie konturowe zwierzęcia,

- metoda ultradźwiękowa – w której można zmierzyć grubość tłuszczu podskórnego oraz grubość i powierzchnię przekroju niektórych mięśni (stosowana w ocenie trzody chlewnej; u bydła istnieją niskie korelacje między grubością tłuszczu podskórnego a składem tuszy),

- komputerowa analiza obrazu – za pomocą kamery uzyskuje się obraz, który analizowany jest przez odpowiedni program komputerowy, pozwalający obliczyć parametry geometryczne poszczególnych części ciała zwierzęcia,

- metody biochemiczne – umożliwiają określenie na przykład za pomocą izotopów dodanych do paszy skład tkankowy tuszy lub na podstawie poziomu lipidów krwi – zawartość tłuszczu w tuszy,

- tomografia komputerowa – najbardziej obiektywna i dokładna metoda (stosowana na szeroką skalę w krajach skandynawskich); wynik oceny wartości rzeźnej otrzymywany jest natychmiast w postaci wydruku,

- stosowanie sond optycznych – pomiar różnicy intensywności odbicia światła między tkanką mięśniową a tłuszczową, do badania tkanki łącznej wykorzystuje się zróżnicowaną fluorescencję tej tkanki,

- stosowanie analizatora bioelektrycznej impedancji (BIA) – szacowanie składu tuszy przy wykorzystaniu izolacyjnych właściwości tłuszczu i przewodnictwa tkanki tłuszczowej,

- pomiar szybkości dźwięku – wykorzystuje się różnice w szybkości rozchodzenia się ultradźwięków w poszczególnych rodzajach tkanek,

- elastografia – ultradźwiękowy pomiar ilości i ocena ułożenia drobnych elementów tkankowych – umożliwia określenie struktury badanego mięśnia i jego marmurkowatość.

Stosowane metody oceny wartości rzeźnej bydła często uważane są za mało dokładne i w wielu przypadkach problematyczne, dlatego poszukuje się nowych rozwiązań poprawiających jakość przeprowadzanej oceny.

Ultrasonograf

Technika USG działa na zasadzie różnic oporu akustycznego ultradźwięków (niesłyszalne fale dźwiękowe o częstotliwości >20 Hz) dla poszczególnych tkanek. Większa różnica gęstości badanych tkanek powoduje większe odbicie fal na ich granicy. Fale te zmieniane są w sygnał elektryczny, zaznaczający się na monitorze w formie czarno-białych kontrastów. Otrzymujemy ruchomy obraz, który może zostać zatrzymany i zapisany w pamięci komputera w celu późniejszej analizy. Możliwy jest pomiar odległości, obwodu i powierzchni (Litwińczuk i in., 2004). Główne zastosowanie ultrasonografu wiąże się jednak z szacowaniem jakości, smakowitości i oceny wyrębów tuszy, co jest ustalane na podstawie badania powierzchni oka połówicy na przekroju między 12. i 13. żebrą oraz grubości zewnętrznej warstwy tłuszczu. Pierwsze próby zastosowania ultrasonografu miały miejsce w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku, jednak spotkały się ze zróżnicowanymi opiniami badaczy. Powrót do zainteresowania metodą nastąpił w latach dziewięćdziesiątych, wraz z wprowadzeniem do użycia aparatów z głowicami liniowymi, dających obraz w czasie rzeczywistym. Pozwalają one korygować ustawienia sondy pomiarowej oraz zapisywać obraz do późniejszego wykorzystania. Zaletę stanowi także cyfrowy zapis i kolorowy obraz. Rozwojowi aparatury towarzyszył wzrost dokładności pomiarów. Robinson i in. (1992) ocenili, że dokładność szacowania powierzchni mięśni i grubości tłuszczu techniką USG jest zbliżona do dokładności badań przeprowadzanych bezpośrednio na tuszy, a korelacja między odpowiadającymi sobie pomiarami wynosi 0,9. Na dokładność pomiarów wpływają m.in. zróżnicowanie stosowanych ultrasonografów oraz doświadczenie obsługujących je ludzi. Jednak przy kilkukrotnym powtórzeniu badania oraz poprzez trening obsługi precyzja pomiarów USG nie budzi większych zastrzeżeń (Słoniewski i in., 2000).

W licznych badaniach próbowano rozwiązać problem szacowania udziału mięsa i tłuszczu w tuszy na podstawie grubości tłuszczu podskórnego oraz powierzchni przekroju mięśni w wybranych punktach. Trudność sprawia w tym przypadku charakterystyczne dla bydła rozmieszczenie tłuszczu w organizmie. Udział tłuszczu międzymięśniowego i śródmięśniowego jest wyższy niż tłuszczu podskórnego, tak więc tłuszcz podskórny ma dwukrotnie niższy wpływ na zmienność procentową tłuszczu całkowitego w tuszy. Ponadto zależność między pomiarami liniowymi (grubość warstwy tłuszczu) bądź powierzchniowymi (przekrój mięśni) a wskaźnikami procentowymi lub liniowymi nie będzie liniowa. Co więcej, związek między wynikami badań zawartości tłuszczu i mięśni w tuszy metodą USG zależy od rasy i masy ciała zwierzęcia (Słoniewski i Sakowski, 2000).

Połączenie ultrasonografu z metodą analizy obrazu video (VIA) ograniczyło ilość tusz zbyt jasnych bądź ciemnych. W USA prowadzone były również badania nad możliwością wykorzystania ultrasonografu w przyporządkowywaniu tusz do odpowiednich stopni jakości i wydajności. Wyniki nie były jednak zadowalające. Metoda ta okazała się zbyt wolna oraz za mało dokładna w szacowaniu wartości wyrębów

i smakowitości, by mogła znaleźć zastosowanie w tego rodzaju klasyfikacji. Z tego też powodu ultrasonograf nie znajduje szerszego zastosowania w zakładach uboju (Smith, 1999).

Tabela 1. Korelacje fenotypowe wyników pomiarów USG z cechami wartości rzeźnej bydła przy $P \leq 0,01$ (Podolak i in., 1999)

Table 1. Phenotypic correlations between ultrasound measurements and slaughter traits of cattle at $P \leq 0.01$ (Podolak et al., 1999)

Wyszczególnienie Item	Pomiary USG Ultrasound measurements		
	grubość tłuszczu podskórnego thickness of subcutaneous fat	grubość <i>m.l.d.</i> <i>m.l.d.</i> thickness	powierzchnia przekroju poprzecznego <i>m.l.d.</i> <i>m.l.d.</i> cross-sectional area
Masa ciała przed ubojem Preslaughter weight	0,559	0,636	0,687
Masa tuszy ciepłej Hot carcass weight	0,561	0,645	0,705
Masa mięsa w półtuszy Weight of meat in half-carcass	0,519	0,659	0,719
Masa kości w półtuszy Weight of bones in half-carcass	0,525	0,620	0,664
Masa tłuszczu w półtuszy Weight of fat in half-carcass	0,328	0,308	0,276
Masa udźca Weight of leg	0,492	0,611	0,665
Masa mięsa w udźcu Weight of meat in leg	0,472	0,611	0,658

Tender-Tec

Inwazyjna metoda Tender-Tec służy do określania stopnia kruchości mięsa. Opiera się na pomiarze rezystancji za pomocą iglicy wprowadzanej w mięsień najdłuższy grzbietu. Głębokość penetracji wynosi do 8 cm, a odczyt dokonywany jest co 75 μ s (Woerner i Belk, 2008).

Pierwszym urządzeniem należącym do tej grupy był Armour Tenderometer opierający swoje działanie na szacującym kruchość panelu sensorycznym oraz wykorzystujący wartość siły cięcia (Harris i in., 1992). W 1998 roku w USA do klasyfikacji i sortowania tusz pod względem kruchości został wprowadzony MIRINZ/MRC Tenderometer. Jego wadą była możliwość użycia jedynie na blacie stołu, przy braku możliwości zastosowania na wiszących tuszach (George, 1998).

Metoda Tender-Tec pozwala na szacowanie wartości jedynie tusz pochodzących od zwierząt dojrzałych. W przypadku tusz zwierząt młodych okazała się ona niewystarczająca. Uzyskiwane wyniki były bardzo słabo skorelowane z wartościami otrzymywanymi przy użyciu innych technik (George i in., 1997 a). Ponadto technika ta nie daje zadowalających wyników w przypadku przewidywania kruchości ugotowanego mięsa na podstawie badania mięśni surowych (George i in., 1997 b; Woerner i Belk, 2008). Z tych względów technologia ta nie znalazła szerszego zastosowania (Woerner i Belk, 2008).

Analiza komputerowa obrazów wideo VIA (Video Image Analysis)

W drugiej połowie lat 90. XX w. w kilku krajach rozwinięto intensywne prace nad systemami bezinwazyjnymi, wykorzystującymi kamery wideo połączone z komputerami, realizujące wizyjną analizę obrazów („Video Image Analysis” w skrócie VIA). Budowa takich systemów stała się możliwa dzięki znacznemu w ostatnich latach postępowi w cyfrowej technice wizyjnej oraz komputerowej. Ważnymi cechami systemów są nieinwazyjność, szybkie pomiary i ich duża powtarzalność. Dobrym rozwiązaniem okazał się również duński system BBC-2, dokonujący dwuwymiarowej (2D) i trójwymiarowej (3D) analizy obrazu. Uzyskiwany obraz jest kolorowy, co pozwala na rozróżnienie tkanki tłuszczowej i mięśniowej w oparciu o barwę (Fabian, 2011). System umożliwia ważenie tusz, klasyfikację według norm EUROP, określenie ich składu pod względem części wyrębowych, zawartości tłuszczu, kości i ogólnej wydajności rzeźnej. W ciągu godziny możliwie jest poddanie ocenie 80–100 tusz (Carometec BCC-2).

Przeprowadzone w Danii na kilku tysiącach tusz testy systemu BCC-2 wykazały prawidłową klasyfikację w 86,4% tusz w zakresie uformowania (skala 15-stopniowa) i 81% w zakresie otluszczenia (skala 5-stopniowa). Przeciętny błąd klasyfikacji uformowania miał wartość 0,57 stopnia dla BCC-2 i 0,73 stopnia dla inspektora klasyfikacji. W klasie otluszczenia błąd wyniósł odpowiednio 0,41 i 0,49 stopnia. Wartości szacowania składu tkankowego tuszy metodą obiektywną (VIA) charakteryzowały się błędem standardowym wynoszącym 0,37–1,34, a w przypadku oceny subiektywnej 0,45–1,63 (Kien i in., 2000).

W Niemczech opracowano system VBS 2000, który obok oceny tkanek umożliwia również ocenę masy poszczególnych elementów (Fabian, 2011). Testy systemu VBS 2000 przeprowadzone z zastosowaniem 15-stopniowej skali oceny uformowania i otluszczenia pozwoliły stwierdzić, że zgodność z dokładnością +/-1 klasa między klasyfikacją obiektywną (VIA) i subiektywną (klasyfikator) tusz buhajków wynosiła 97,9% dla uformowania i 89,3% dla otluszczenia ($R^2 = 0,90$ i $0,75$, standardowy błąd szacowania 0,93 i 1,20). W przypadku innych badanych kategorii bydła wartości te wynoszą odpowiednio 97,9% i 89,3% oraz 0,61 i 0,91. Oceniając zawartość głównych elementów tusz buhajków (ćwierćtusza przednia, „pistolet”, udziec) wartości R^2 wahały się w granicach 0,96–0,98, a dla elementów kulinarnych, tłuszczu oraz kości 0,76–0,85 (Kien i in., 2000).

Kolejne urządzenie – VBG 2000 – służy do klasyfikacji handlowej tusz. Bada grubość mięśnia najdłuższego grzbietu oraz tkanki tłuszczowej, informuje o powierzchni „oka połędwicy”, na podstawie których szacowana jest ilość mięsa w tuszy. Systemy komputerowej analizy obrazu dają także możliwość oceny mięsa kulinarnego, drobnego i rozdrobnionego (Fabian, 2011).

W stosowanym m.in. w Holandii, Belgii i Francji systemie VCS 2000 umięśnienie oceniane jest na podstawie wielu pomiarów zewnętrznych ćwierćtuszy tylnej. Pod uwagę brana jest grubość tłuszczu podskórnego, mięśni partii lędźwiowej i krzyżowej, powierzchnia tłuszczu podskórnego, kątów wypukłości mięśni itd. (Dasiewicz, 2009).

W 1999 roku porównano systemy BCC-2, VBS 2000 i VIA. Sklasyfikowano 7500 tusz bydła 5 kategorii, używając skali 15-stopniowej i 5-stopniowej uformowania

oraz otłuszczenia. W doświadczeniu brano pod uwagę również ocenę subiektywną, dokonaną przez klasyfikatorów. Otrzymano następujące wyniki:

- całkowita zgodność klasyfikacji uformowania w skali 5-stopniowej między metodami obiektywną i subiektywną wyniosła w przypadku systemów BCC-2 i VIAscan 80% oraz 86% przy zastosowaniu systemu VBS-2000. Gdy zastosowano klasyfikację 15-stopniową (z dokładnością +/- 1 klasa), poszczególne systemy osiągnęły wartości: 91% – VIAscan, 93% – BCC-2 i 96% – VBS-2000,

- całkowita zgodność między metodami obiektywną i subiektywną w 5-stopniowej klasyfikacji otłuszczenia wyniosła: 67% – VIAscan, 70% – VBS-2000, 72% – BCC-2000. Natomiast w skali 15-stopniowej (z dokładnością +/- 1 klasa) zgodność ta miała wartości: 72% – VIAscan, 75% – VBS-2000 i 80% – BCC-2,

- zauważono wpływ kategorii bydła na wyniki klasyfikacji obiektywnej w każdym z 3 systemów,

- współczynnik korelacji oraz błąd szacowania zawartości elementów mięsa kulinarnego uzyskane w przypadku metod obiektywnych wyniosły: $r=0,84$ (BCC-2), $0,87$ (VBS 2000) i $0,85$ (VIAscan), $RSD=1,50$ (BCC-2), $1,56$ (VBS 2000) i $1,54$ VIAscan.

We wszystkich trzech systemach dokładność oceny uformowania okazała się wyższa od dokładności oceny otłuszczenia. Można przyjąć, że wszystkie trzy systemy uzyskały dobre i zbliżone do siebie wyniki (Kien i in., 2000).

Santos i in. (2013) przeanalizowali dane z obrazu przekrojów poprzecznych między parami żeber od 10. do 12., pochodzące od buhajów rasy charolaise, limousine i retinta. Obraz mięśnia *longissimus thoracis* oraz rasa były czynnikami mającymi wysoko istotny wpływ na większość uzyskanych wariacji. Współczynnik korelacji między składem tkankowym widocznym na uzyskanym obrazie a danymi pochodzącymi z dysekcji, wyniósł od 0,18 do 0,59 ($P<0,01$ – $P<0,001$). Współczynnik determinacji R^2 dla przekroju między 12. i 13. żebrzem w odniesieniu do przekrojów między żebrzami 10–12 był wyższy niż ten otrzymany dla przekroju między 9. i 10. żebrzem (odpowiednio $R^2 = 0,535$ – $0,759$ i $R^2 = 0,148$ – $0,502$). Dokładność przewidywania zawartości mięsa chudego, mięśnia *longissimus thoracis* i procentowej zawartości kości wzrosła znacząco, gdy uwzględniono masę tuszy. Wyniki pokazują przydatność tej techniki do przewidywania składu tkankowego z umiarkowaną dokładnością i precyzją.

System VIA oceniany jest jako wartościowe narzędzie do szacowania składu tusz. Może być stosowany w przypadku tusz bądź półtuszy zarówno świeżych, jak i mrożonych. W ostatnim czasie wykorzystano go do określania przekroju poprzecznego mięśnia najdłuższego grzbietu w USA i Kanadzie. W krajach Unii Europejskiej system VIA jest wykorzystywany do potwierdzenia zgodności oceny tuszy z normami i musi być zatwierdzony przez panel pięciu osób sprawdzających (Craigie i in., 2012).

Korzystanie z panelu ekspertów do sprawdzenia systemu w przypadku klasyfikacji EUROP nie jest typowe w normalnych warunkach, gdzie oceny dokonuje pojedynczy klasyfikator. Równanie regresji może być zastosowane do określenia zdolności VIA do przewidzenia jakości i powiązanej z tym możliwości sprzedaży mięsa (współczynnik SMY% – saleable meat yield), jednak dokładność tych przewidywań

jest powiązana z odchyleniem wartości cech w danej próbie mięsa oraz tłuszczu. Zastosowanie tomografii komputerowej do oszacowania składu tuszy (procentowej wydajności chudego mięsa, procentowego udziału tłuszczu, rozmieszczenia podziału mięśni, stosunku masy mięśni do masy kości) mogłoby być właściwą metodą do sprawdzenia systemu VIA. Tomografia komputerowa jest dokładnym, precyzyjnym i niedestrukcyjnym narzędziem do określania składu tkankowego tuszy w łatwy i standaryzowany sposób. Ogólna ocena dokładności pozwala określić system jako dość dobry, ze średnimi wartościami współczynnika determinacji R^2 wynoszącymi 70% dla SMY%, 80% dla procentowego udziału tłuszczu, 82% dla procentowego udziału kości, 90% dla zgodności z klasą według systemu EUROP i 83% dla odtuszczenia. Możliwość podziału tusz według SMY% na porcje wysokiej jakości pozwala na wynagradzanie producentów na tej podstawie. Wynagrodzenie opierające się na wartości SMY% lub procentowej zawartości mięsa chudego w tuszy może przyczynić się do podniesienia jakości produkowanych tusz. Kolejne badania powinny zmierzać w kierunku doskonalenia dokładności przewidywania procentowego udziału tłuszczu i chudego mięsa. W badaniach europejskich większość publikacji na ten temat odnosi się do przewidywania wskaźnika SMY% lub jakości części wyrębowych, wykorzystując system VIA do ustalenia składu tkankowego i klasyfikacji tusz według systemu EUROP. Niewiele jest natomiast badań na temat wykorzystania otrzymanywanych dzięki systemowi wartości określających długość, szerokość, powierzchnię tuszy i wskaźniki do szacowania procentowego udziału chudego mięsa. W rezultacie nie jest jasne, czy szacowanie procentowego udziału chudego mięsa, czy wydajności wysoko jakościowych wyrębów mogą być udoskonalone przez użycie innych zmiennych systemu VIA (Craigie i in., 2012).

Pabiu i in. (2011) w swojej pracy starali się sprawdzić przydatność metody VIA do selekcji wyrębów z tusz pod względem ich jakości. Badaniem objęto buhaje i jałówki pochodzące z krzyżowań różnych ras z przewagą udziału ras: belgijskiej błękitnej, angus, fryzyjskiej, charolaise, holsztyńskiej, limousine i simentalskiej. Uzyskane wyręby podzielono na cztery grupy jakościowe odpowiednio: niską, średnią, wysoką i bardzo wysoką. Analiza dotyczyła możliwości szacowania wydajności wyrębów trzema sposobami: 1) w oparciu jedynie o masę tuszy, 2) przez połączenie klasyfikacji EUROP i danych na temat masy, 3) z użyciem systemu VIA i danych o masie. Dokładność szacowania była lepsza, gdy brano pod uwagę proporcję wydajności wyrębów do masy. Gdy masa była jedynym czynnikiem, w oparciu o który przeprowadzano szacowanie, współczynnik determinacji R^2 osiągał wartości od 0,33 do 0,91. Współczynnik ten wzrastał, gdy dane na temat masy połączono z informacjami pochodzącymi z klasyfikacji EUROP ($R^2 = 0,57-0,97$). Natomiast dla oceny polegającej na połączeniu informacji o masie z tymi pochodzącymi z systemu VIA wartości R^2 wyniosły od 0,65 do 0,97.

W wymienionych systemach półtusze na linii ubojowej przemieszczane są mechanicznie na kolejce transportowej i pozycjonowane na metalowej ramie, za którą znajduje się zielone tło. Kolorowy obraz uzyskany na tym tle daje możliwość oceny barwy tłuszczu według klasyfikacji, a trójwymiarowa analiza pozwala na przeprowadzenie pomiarów i zaobserwowanie uformowania tuszy (Dasiewicz, 2009).

Tabela 2. Charakterystyka wybranych systemów komputerowej analizy obrazu VIA (video image analysis)

Table 2. Characteristics of selected video image analysis (VIA) systems

Technologia Technology	1	Sposób działania Mode of action	2	Dokładność oceny (%) Accuracy (%)	3	Uwagi Notes	4	Źródło Source	5
System VIA VIA system		Obraz przekroju <i>m.l.d.*</i> między 12. i 13. żebrem, tusze zimne Cross section of <i>m.l.d.*</i> at the 12th/13th rib interface, cold car- casses		Masa mięsa chudego – 93,6 Zawartość mięsa chudego – 88,7 Masa tusz – 86 Zawartość tłuszczu – 83,8 Weight of lean meat – 93,6 Content of lean meat – 88,7 Weight of fat – 86 Content of fat – 83,8		Oszacowanie dokładności na podstawie przekrojów między żebrami 9., 10. i 11. Prediction of accuracy based on cross-sections at the 9th/10th/11th rib interface		Cross i in. (1983)	
System VIA VIA system		Obraz przekroju <i>m.l.d.*</i> między 12. i 13. żebrem, tusze zimne Cross section of <i>m.l.d.*</i> at the 12th/13th rib interface, cold car- casses		Wydajność odkostnionych elementów tusz (ocena instrumentalna) – 54 Wydajność odkostnionych elementów tusz (ocena mięśni przy użyciu VIA, ocena tusz przez eksperta) – 74,9 Yield of deboned carcass parts (instrumental evaluation) – 54 Yield of deboned carcass parts (instrumental evaluation) analysed by an expert – 74,9		Wyniki tych badań zapoczątkowały prace nad zastosowaniem metody VIA do szacowania wydajności oraz dokładności podziału na klasy pod względem wydajności (Belk i in., 1998) The results of this study prompted work on using VIA method for predicting yield and accuracy of grade classification according to yield (Belk et al., 1998)		George i in. (1996)	
System MARC MARC system		Obraz przekroju po- przecznego 12. żebra 12th rib cross section		Wydajność pojedynczych produktów – 89 Masa pojedynczych produktów – 95 Powierzchnia oka poledwicy – 88 Yield of individual products – 89 Weight of individual products – 95 Loin eye area – 88				Shackelford i in. (1998)	

cd. tabeli 2 – table 2. contd.

1	2	3	4	5
VIAscan dwuskładnikowy Dual component VIAscan	Obraz przekroju <i>m.l.d.</i> między 12. i 13. żebrzem, tusze ciepłe (HAS) lub zimne (CAS) Cross section of <i>m.l.d.*</i> at the 12th/13th rib interface, hot (HAS) or cold carcasses (CAS)	Oszacowanie ogólnej wydajności części rozbioru tuszy na podstawie CAS i HAS – 71 Oszacowanie ogólnej wydajności części rozbioru tuszy na podstawie CAS – 71 Estimation of total yield of carcass parts based on CAS and HAS – 71 Estimation of total yield of carcass parts based on CAS – 71	Pomiar CAS na tuszach zimnych daje dokładniejsze wyniki dotyczące wskaźników wydajności indywidualnej i wydajności części rozbioru tuszy CAS measurement of cold carcasses gives more accurate results for parameters of individual yield and yield of carcass cuts	Cannell i in. (1999)
CVS (computer vision system) dwuskładnikowy Dual component CVS (computer vision system)	Obraz przekroju <i>m.l.d.</i> między 12. i 13. żebrzem, tusze ciepłe (HAS) lub zimne (CAS) Cross section of <i>m.l.d.*</i> at the 12th/13th rib interface, hot (HAS) or cold carcasses (CAS)	Oszacowanie ogólnej wydajności części rozbioru tuszy na podstawie CAS i HAS – 64 Estimation of total yield of carcass parts based on CAS and HAS – 64	Pomiar CAS na tuszach zimnych daje dokładniejsze wyniki dotyczące wskaźników wydajności indywidualnej i wydajności części rozbioru tuszy CAS measurement of cold carcasses gives more accurate results for parameters of individual yield and yield of carcass cuts	Cannell i in. (2002)
CVS (computer vision system)	Obraz przekroju <i>m.l.d.</i> między 12. i 13. żebrzem, tusze zimne Cross section of <i>m.l.d.*</i> at the 12th/13th rib interface, cold carcasses (CAS)	Powierzchnia oka poledwicy – 94 Wzrost dokładności klasy wydajności – 89 Loin eye area – 94 Increase in yield grade accuracy – 89	Wzrost dokładności klasy wydajności poprawia dokładność szacowania wydajności części wyrębowych o 5 do 8% Increase in yield grade accuracy improves predictive accuracy for carcass cuts by 5 to 8%	Steiner i in. (2003)

cd. tabeli 2 – table 2 contd.

1	2	3	4	5
VIAscan CAS (ocena na zimnych tuszach)	Obraz przekroju <i>m.l.d.</i> między 12. i 13. ze- brem, tusze zimne	Powierzchnia oka pośdwiicy – 88 Wzrost dokładności klasy wydajności – 81 Loin eye area – 88	Wzrost dokładności podziału na klasy wy- dajności Increase in yield grade accuracy	Steiner i in. (2003)
VIAscan CAS (chiller assessment system)	Cross section of <i>m.l.d.</i> * at the 12th/13th rib interface, cold car- casses	Increase in yield grade accuracy – 81		
Analiza obrazu MARC (Meat Animal Research Center)	Obraz przekroju <i>m.l.d.</i> między 12. i 13. ze- brem, tusze zimne	Powierzchnia oka pośdwiicy – 88 Skorygowany wstępny poziom wydajności – 88 Klasa wydajności – 90 Loin eye area – 88		Shackel- ford i in. (2003)
MARC (Meat Animal Research Center) image ana- lysis system	<i>m.l.d.</i> * at the 12th/13th rib interface, cold car- casses	Adjusted preliminary yield grade – 90 Yield grade – 90		

**m.l.d.* – *musculus longissimus dorsi*.

Innym systemem do oceny wizyjnej jest komputerowa analiza obrazu (KAO), umożliwiająca wykonywanie, przetwarzanie i analizę zdjęć. Stanowisko wyposażone jest w komputer, mikroskop z kamerą i drukarkę. Bardzo ważnym czynnikiem jest oświetlenie, mogące wpływać zarówno na jasność, jak i ostrość konturów obrazu, redukcję odbicia, cieni i innych zakłóceń. Najczęściej stosowane rodzaje oświetlenia to: żarowe, jarzeniowe, halogenowe, laserowe, promienie X oraz podczerwień (Borzyszkowski i Cierach, 2009).

Szacowanie cech tuszy polega na wprowadzeniu do komputera obrazu, gdzie określone są parametry geometryczne i poziom jasności. Na proces ten składa się kilka etapów. Pierwszym z nich jest zamiana systemu optycznego dostarczanego poprzez kamerę lub skaner na system elektroniczny, następnie obraz analogowy zamieniany jest na cyfrowy, będący zbiorem dużej liczby danych rozłożonych na punkty. Kolejnym etapem jest wydzielenie obiektu metodą progowania (na podstawie ustalonego progu dzieli się obszary obrazu na jaśniejsze i ciemniejsze). Następuje analiza ilościowa wybranych punktów. Z badanych obiektów usuwane są niepożądane punkty i ich kontury, po czym dokonywany jest pomiar wydzielonych obiektów (Makała, 1995).

Funkcjonowanie komputerowej analizy obrazu jest możliwe dzięki wysokiemu skorelowaniu ($r = 0,62-0,79$) cech rzeźnych – masy ciała, masy tuszy zimnej, masy wyrębów wartościowych oraz masy mięsa w wyrębach wartościowych z wymiarami ciała zwierzęcia, tj. skośną długością tułowia, powierzchnią obwodu ciała w płaszczyźnie bocznej, boczną powierzchnią obwodu udźca i szerokością z barkach (Sakowski i in., 1996).

System stosowany w Polsce wykorzystuje wysoką korelację tłuszczu okołonerkowego z ogólną jego zawartością w tuszy, co pozwala na dokładniejszą klasyfikację pod względem otluszczenia niż w przypadku zastosowania jedynie analizy samego obrazu zewnętrznej strony półtuszy (Wichłacz i Piotrowski, 2003).

W 1998 roku w Zakładach Mięsnych w Lesznie zaczęto używać pierwsze tego typu stanowisko w Polsce. W jego skład wchodzi następujące elementy:

- komora monochromatyczna z wysokim filtrem na obiektywie,
- komputer z monitorem i drukarką,
- układ oświetlający półtuszę zawieszoną na kolejce znajdującej się w odległości 1,5 m od niej,
- czarny ekran zawieszony za kolejką, będący tłem dla półtuszy,
- dwie wagi elektroniczne kolejkowe,
- głośniki przekazujące sygnały dźwiękowe i komunikaty słowne.

Tusze są dwukrotnie ważone – przed i po wyjęciu łoju okołonerkowego, co pozwala na określenie masy łoju. Wartość ta jest wykorzystywana w równaniach regresji. Obraz z kamery wideo pozwala określić takie cechy, jak: długość, szerokość minimalna i maksymalna, rozpiętość, całkowite pole powierzchni półtuszy oraz pole powierzchni otluszczonej i nieotluszczonej (Kien i in., 2000).

Metoda KAO znajduje zastosowanie również przy ocenie jakości technologicznej będąc pomocna przy określaniu ilości wody w mięsie. Próbkę mięsa położoną na bibule chromatograficznej, gipsie lub glinie jest poddawana sile nacisku mającej spowodować wyciek soku. Zawartość wody określona jest przez porównanie powierzch-

ni plamy wycieku z powierzchnią próbki. Początkowo obie powierzchnie wyznaczone były przy użyciu planimetru, jednak sposób ten był dość pracochłonny i nie zawsze wystarczająco dokładny. Do obliczeń starano się też wykorzystać szablon kołowy i oś elipsy. Ostatecznie najlepszym rozwiązaniem okazała się analiza komputerowa obrazu. Zawartość wody szacowana jest na podstawie zdjęć wykonywanych kamerą cyfrową, telewizyjną lub aparatem cyfrowym. Dużym atutem metody jest wysoka dokładność określania pola powierzchni. Znaczenie ma również zdolność bibuły chromatograficznej do pochłaniania barwników hemowych wraz z wyciekającą wodą, co jest pomocne przy określaniu barwy plamki. Zdjęcia zgromadzone w komputerze poddawane są obróbce. Ustalane są wartości progowe dla takich cech, jak jasność i odcień barwy, zaznaczane są kontury plamek, a wyniki pomiarów służą ostatecznie do określenia stopnia zawartości wody. Oprogramowania pozwala także na analizę statystyczną i archiwizację danych (Pipek i in., 2005).

Znacznym problemem mogą być błędy w rozróżnieniu tkanki tłuszczowej i łącznej z powodu podobnej ich barwy. Sytuacja taka może wystąpić przy szczegółowej analizie tkanki mięśniowej. W takim przypadku zastosowanie ma metoda barwienia Van Giesona, polegająca na barwieniu włókien sprężystych w tkance łącznej. Można też barwić jądra komórkowe, w efekcie czego uzyskują one barwę brązowo-czarną, kolagen – czerwoną, a inne elementy tkanki – żółtą (Borzyszkowski i Cierach, 2009).

W IGiHZ PAN w Jastrzębcu przeprowadzone zostały badania stwierdzające istotną statystycznie korelację między składową barwą R, wyznaczoną metodą KAO, a pH, wodochłonnością i ilością wycieku po obróbce termicznej oraz twardości mięsa. Uzyskane wyniki potwierdzają możliwość użycia KAO do szacowania cech technologicznych mięśni (Sakowski, 2000).

BeefCam

System ten powstał jako rozszerzenie komputerowej analizy obrazu i przystosowanie tej metody do pomiaru i określenia różnic barwy mięsa chudego i tłuszczu na podstawie wartości wskaźników L^* , a^* i b^* (odpowiednio jasności, nasilenia kolorów czerwonego i żółtego). Umożliwia to wnioskowanie na temat kruchości mięsa. Pomiar dokonywany jest na przekroju mięśnia najdłuższego grzbietu (Woerner i Belk, 2008). Pierwsze badania przydatności systemu potwierdziły, że barwa odpowiada smakowości, niezależnie od różnic w marmurkowatości bądź dojrzałości mięsa. Stwierdzono też wzrost dokładności klasyfikacji dotyczącej jakości w oparciu o spodziewaną smakowość (Belk i in., 1997). Potwierdzono wystarczającą dokładność pomiaru w celu klasyfikowania tusz pod względem twardości mięsa (Jeremiah, 1991). Ustalono też, że metoda ta jest przydatna przy określaniu optymalnego okresu dojrzewania mięsa oraz pozwala na wyeliminowanie tusz zbyt ciemnych (Wulf i in., 1996). Wyle i in. (1999) ustalili, że pomiar twardości BeefCam daje podobne wyniki, jak w przypadku pomiaru określanego przez siłę cięcia. Ważną cechą BeefCam jest nieinwazyjność, co w połączeniu z dość dużą dokładnością zdecydowało, że obecnie trwają badania nad szerszym zastosowaniem tej techniki (Smith, 1999).

Nad zweryfikowaniem przydatności systemu pracowali Vote i in. (2003); do oszacowania kruchości użyto modułu CVS BeefCam. Wyniki badań wskazują przydat-

ność systemu do wyjaśniania zmiennych wartości siły cięcia Warnera-Bratzlera, nawet w przypadku wąskich zakresów marmurkowości mięsa, a uzyskane informacje są przydatne do sortowania tusz pod względem smakowitości steków. Umożliwiają również selektywne stosowanie dojrzewania w przypadku tusz zaklasyfikowanych jako nienadające się do produkcji miękkich steków. Dlatego też system może mieć zastosowanie w podniesieniu jakości wytwarzanych produktów (Woerner i Belk, 2008).

Protonowo-impulsowy jądrowy rezonans magnetyczny (skrót ang. NMR)

Jest to nowa bezinwazyjna i niedestrukcyjna metoda badań małych cząsteczek mięsa. Podczas pomiaru impuls o częstotliwości radiowej przenosi niektóre cząsteczki zawartej w mięsie wody na wyższy poziom energetyczny, co daje możliwość określenia dystrybucji wody w tkankach. Na tej podstawie można wnioskować na temat takich cech mięsa, jak kruchość, konsystencja, smakowitość, wygląd, soczystość, wodochłonność. Pomiar NMR o niskiej indukcyjności pola zostały wykorzystane w warunkach laboratoryjnych do pomiaru czasów relaksacji protonów powracających na niższy stan energetyczny. Posłużyło to do wykazania różnic w jakości mięsa w zależności od rasy zwierzęcia, zaistnienia bądź braku stresorów przed ubojem oraz poddaniu mięsa dojrzewaniu bądź gotowaniu w różnych temperaturach. Metoda ta dostarczyła informacji o wpływie zawartości wody wewnątrzkomórkowej na kruchość oraz szybkości stężenia poubojowego na jakość mięsa (Tornberg, 2000).

Ritota i in. (2012) do swoich badań wykorzystali technikę High Resolution Magic Angle Spinning, będącą odmianą spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego. Prowadzili badania mające na celu określenie profilu metabolicznego mięśni *longissimus dorsi* i *semitendinosus* u buhajków bawoła oraz bydła ras chianina, maremmana, holsztyńsko-fryzyjskiej. Próbkę mięśni zostały poddane badaniu przy pomocy jedno- i dwuwymiarowych obrazów NMR, z pominięciem zmian fizycznych i chemicznych, co pozwoliło na rozpoznanie szukanych metabolitów. Starano się w ten sposób powiązać typ danego mięśnia z rasą. Stwierdzono, że w przypadku bawołów oraz rasy chianina możliwość określenia ilości metabolitów była wysoka, przeciwnie w przypadku zwierząt z pozostałych dwóch grup.

Obecnie prowadzone badania mają na celu określenie gatunków oraz ras bydła na podstawie typu mięśni. Co więcej, znajomość profili metabolicznych mięśni może umożliwić ocenę zmian metabolicznych, mających miejsce w czasie dojrzewania mięsa (Ritota i in., 2012).

Pomiary optyczno-igłowe

Początek wprowadzania tych metod miał miejsce w 1954 roku, kiedy to znalazły one zastosowanie przy ocenie tusz wieprzowych (Rasmussen, 1994). Dopiero w pierwszej połowie lat 80. XX w. powstał aparat HPG (Hennessy Grading Probe) przeznaczony do tusz wołowych (Philips i in., 1987). Jego wprowadzenie wiązało się z zastąpieniem pomiarów ręcznych elektronicznymi, a tym samym istotnym skróceniem czasu pomiarów wykonywanych na ruchomej linii ubojowej (Wichlacz i Piotrowski, 2004). Działanie aparatów optyczno-igłowych oparte jest na pomiarach światła odbitego. Przy ostrym zakończeniu sondy igłowej umieszczona jest dioda będąca źródłem światła oraz odbiornik światła odbitego – fotodetektor. Zróżnicowa-

ne pod wpływem tkanki mięsnej oraz tłuszczowej światło odbite jest rejestrowane przez fotokomórkę, co dostarcza informacji na temat grubości warstwy tłuszczu i mięśni (Rasmussen, 1994). Metoda pomiarów optyczno-igłowych znajduje szerokie zastosowanie w przypadku tusz wieprzowych, jednak w odniesieniu do tusz wołowych została wyparta przez metodę wizyjną (Wichłacz i Piotrowski, 2003). Początkowo stosowano pomiary aparatami optycznymi, jako uzupełnienie badań prowadzonych metodą wizyjną. Mierzono wówczas grubość tłuszczu podskórnego w odległości 10 cm od ogona, a także nad mięśniem najdłuższym grzbietu (Sorensen i in., 1988).

W latach 80. XX w. podjęto pierwsze próby użycia tej metody do szacowania umięśnienia zwierząt. W Danii zostało wprowadzone „Centrum Klasyfikacji Tusz Wołowych” (Beef Classification Center) typu BCC-1. System funkcjonował na zasadzie wielomiejscowych pomiarów tkanki mięśniowej i tłuszczowej, dokonywanych poprzez 7–10 mechanicznie wbijanych sond optyczno-igłowych. Wadami systemu okazała się duża awaryjność i stopień skomplikowania, a także inwazyjne działanie na tusze. Dlatego też nie znalazł on szerokiego zastosowania (Kien i in., 2000).

Pomiarów tych zaprzestano w momencie wprowadzenia systemu wizyjnego BCC-2. Powodami, dla których metoda optyczno-igłowa została wycofana, były utrudnienia w pomiarach wykonywanych na tuszach ciepłych, wiążące się ze zbyt miękką konsystencją tłuszczu, a także z uszkodzeniami warstwy tłuszczu w trakcie skórowania. Ponadto wyniki pomiarów wykonywanych w wymienionych miejscach nie zawsze były wystarczająco wysoko skorelowane z ogólną zawartością tłuszczu w tuszy. Dlatego wykazano niską przydatność pomiarów optyczno-igłowych w szacowaniu wartości tuszy. Połączenie tej metody z metodą wizyjną również nie miało wpływu na wzrost dokładności szacowania (Wichłacz i Piotrowski, 2004).

Bioelektryczna Analiza Impedancji (BIA)

Jest to technologia niedestrukcyjna, dająca możliwość poznania ogólnej masy mięśni, masy mięśni bez tłuszczu oraz części wyrębowych (Marchello i in., 1999). Funkcjonowanie systemu opiera się na cechach oporności i reaktancji prądu zmiennego, którym poddawane są tkanki. Stopień umięśnienia i otłuszczenia określany jest dzięki zdolności mięśni do przewodzenia prądu oraz właściwościom izolacyjnym tłuszczu (Cross i Belk, 1994). Urządzenia wykorzystujące te techniki są proste w użyciu i przenośne, dlatego mogą być szeroko stosowane przez producentów bydła, przetwórców i detalistów. Wykazano wysoką dokładność metody w określaniu ogólnej masy mięśni oraz poszczególnych części tuszy (Marchello i Slinger, 1994). Pomimo tego bioelektryczna analiza impedancji nie jest szerzej stosowana. Powodem jest stwierdzenie wpływu masy tuszy na pomiar (Woerner i Belk, 2008).

Multisensory

Są to urządzenia zastępujące organy zmysłu. Badania przy ich użyciu umożliwiają określenie gatunku, stopnia dojrzałości i świeżości mięsa. Ich konstrukcja oparta jest na wynikach badań nad ludzkimi zmysłami smaku i powonienia, metodach analizy instrumentalnej (frakcyjna chromatografia gazowa) oraz systemach czujników. W skład systemu, jakim jest nos elektryczny wchodzi szereg czujników (sensorów)

fizycznych, chemicznych i elektronicznych. Urządzenie nie wykrywa pojedynczych zapachów, ale określa sumę różnych parametrów określających zapach. Czujniki gazu emitują sygnały elektroniczne, które są następnie przetwarzane przy użyciu równań matematycznych pod kątem rozpoznawania wzorca. Techniki matematyczne dają możliwość rozpoznawania określonych wzorców zapachowych w innych próbkach oraz odróżniania dla wzorców innych próbek. Zapachy rozróżniane są w oparciu o dane na temat stężenia gazu, a także zapachowych i bezzapachowych komponentów. Obecnie jeszcze niezbyt popularne multisensory mogą znaleźć szerokie zastosowanie w kontrolowaniu procesu dojrzewania mięsa oraz w ocenie świeżości mięsa i jego przetworów (Ahlers i in., 2010)

Przedstawione w pracy poubojowe metody oceny użyteczności mięsnej bydła pozwalają na obiektywną ocenę wartości rzeźnej zwierząt oraz tusz i mogą być podstawą zwiększenia zaufania hodowców-producentów żywca do przemysłu mięsnego przy sprzedaży materiału rzeźnego na wagę bitą ciepłą (wbc). Dążenie do poprawy dokładności oceny wartości rzeźnej, w tym jakości mięsa, powoduje, że poszukuje się nowych obiektywnych metod, które można stosować w praktyce. W przypadku każdej z nich kładziony jest nacisk na dokładność i powtarzalność pomiarów oraz możliwość określenia poszczególnych cech tuszy, możliwość stosowania na linii ubojowej, odporność na błędy obsługi i panujące warunki zewnętrzne (uderzenia, temperaturę, wilgotność), a także możliwość szybkiej i dokładnej rekaliibracji.

Piśmiennictwo

- Ahlers H., Reisch R., Wang L. (2010). Elektronisch riechen, schmecken etc. B. Behr's Verlag GmbH & Co. KG Hamburg.
- Belk K.E., Cannell R.C., Tatum J.D., Smith G.C. (1997). Video imaging systems for composition and quality. Paper presented at the Meat Industry Research Conf., October 28, Chicago, IL.
- Belk K.E., George M.H., Tatum J.D., Hilton G.G., Miller R.K., Koochmarai M., Reagan J.O., Smith G.C. (2001). Evaluation of the Tendertec beef grading instrument to predict the tenderness of steaks from beef carcasses. *J. Anim. Sci.*, 79: 688–697.
- Borzyszkowski M., Cierach M. (2009). Możliwości zastosowania komputerowej analizy obrazu w przemyśle mięsnym. *Gospodarka Mięsna*, 1: 14–15.
- Cannell R.C., Tatum J.D., Belk K.E., Wise J.W., Clayton R.P., Smith G.C. (1999). Dual-component video image analysis system (VIASCAN) as a predictor of beef carcass red meat yield percentage and for augmenting application of USDA yield grades. *J. Anim. Sci.*, 77: 2942–2950.
- Cannell R.C., Belk K.E., Tatum J.D., Wise J.W., Chapman P.L., Scanga J.A., Smith G.C. (2002). Online evaluation of a commercial video image analysis system (Computer Vision System) to predict beef carcass red meat yield and for augmenting the assignment of USDA yield grades. *J. Anim. Sci.*, 80: 1195–1201.
- Carometec BCC- 2 Fully Automatic Beef Classification Center – www.carometec.com.
- Craigie C.R., Navajas E.A., Purchas R.W., Maltin C.A., Bünge L., Hoskin S.O., Ross D.W., Morris S.T., Roehle R. (2012). A review of the development and use of video image analysis (VIA) for beef carcass evaluation as an alternative to the current EUROP system and other subjective systems. *Meat Sci.*, 92: 307–318.
- Cross H.R., Belk K.E. (1994). Objective measurements of carcass and meat quality. *Meat Sci.*, 36, p. 191.
- Cross H.R., Gilliland D.A., Durland P.R., Seideman S. (1983). Beef carcass evaluation by use of a video image analysis system. *J. Anim. Sci.*, 57: 908–917.
- Dasiewicz K. (2009). Bezinwazyjna analiza mięsa. *Magazyn przemysłu mięsnego*, 8–9: 48–50.

- Fabian M. (2011). Techniki wizyjne do oceny jakości mięsa. *Gospodarka Mięсна*, 5: 12–16.
- George M.H. (1998). Palatability Assurance Critical Control Points for Beef. Ph.D. Dissertation. Meat Science Program, Department of Animal Sciences, Colorado University, Fort Collins, pp. 1–236.
- George M.H., Dolezal H.G., Tatum J.D., Morgan J.B., Wise J.W., Calkins C.R., Reagan J.O., Smith G.C. (1996). USDA yield grades, total body electrical conductivity and video image analysis technologies for predicting cutability of sides of steer/heifer carcasses. Beef Program Report. Department of Animal Sciences, Colorado State University, Fort Collins, CO.
- George M.H., O'Connor S.K., Tatum J.D., Koohmaraie M., Boleman S., Reagan J.O., Gordon T., Smith G.C. (1997 a). Evaluation of the Tender-Tec Beef Grading Instrument to predict the tenderness of the steaks from beef carcasses I. Youthful carcasses. 1997 Beef Program Report. Department of Animal Sciences, Colorado State University, Fort Collins Co., pp. 89–99.
- George M.H., Hilton G.G., Tatum J.D., Reagan J.O., Gordon T., Smith G.C. (1997 b). Evaluation of the Tender-Tec Beef Grading Instrument to predict the tenderness of steaks from beef carcasses. II Heifer, heiferette and cow carcasses, Beef program Report. Department of Animal Sciences. Colorado State University, Fort Collins, CO, pp. 101–110..
- Harris J., Savell J.W., Smith G.C., Cross H.R. (1992). Armour Tenderometer readings and beef tenderness. Mimeograph Report. Meats and Muscle Biology Section, Department of Animal Science, Texas A&M University, College Station TX, pp. 1–17.
- Jeremiah L.E., Tong A.K.W., Gibson L.L. (1991). The usefulness of muscle color and pH for segregating beef carcasses into tenderness groups. *Meat Science*, 30: 97–114.
- Kien S., Wichłacz H., Borzuta K. (2000). Aparaturowa klasyfikacja tusz wołowych w Unii Europejskiej i w Polsce. *Konf. nauk.: Perspektywy produkcji mięsa wołowego w aspekcie przystąpienia Polski do UE*. Leszno, 28–29.09.2000, ss. 1–9.
- Litwińczuk Z., Litwińczuk A., Barłowska J., Florek M. (2004). Surowce zwierzęce ocena i wykorzystanie. PWRiL, Warszawa.
- Litwińczuk Z., Szulc T. (2005). Hodowla i użytkowanie bydła, PWRiL, Warszawa.
- Makala H. (1995). Komputerowa analiza obrazu w technologii żywności ze szczególnym uwzględnieniem technologii mięsa. *Gospodarka Mięсна*, 9: 24–28.
- Marchello M.J., Slanger W.D. (1994). Bioelectrical impedance can predict skeletal muscle and fat-free skeletal muscle of beef cows and their carcasses. *J. Anim. Sci.*, 72: 3118–3123.
- Marchello M.J., McLennan J.E., Dhuyvetter D.V., Slanger W.D. (1999). Determination of saleable product in finished cattle and beef carcasses utilizing bioelectrical impedance technology. *J. Anim. Sci.*, 77: 2965–2970.
- Pabiou T., Fikse W.F., Cromie A.R., Keane M.G., Näsholm A., Berry D.P. (2011). Use of digital images to predict carcass cut yields in cattle. *Livest. Sci.*, 137: 130–140.
- Philips D., Herrod W., Schafer R.J. (1987). The measurement of subcutaneous fat depth on hot beef carcasses with the Hennessy Grading Probe. *Aust. J. Exp. Agr.*, 27: 335–338.
- Pipek P., Schleusener H., Pudil F., Jeleníková J. (2005). Bewertung von Wasserbindungsvermögen mittels Videoimageanalyse. *Fleischwirtschaft*, 6: 101–103.
- Podolak G., Litwińczuk Z., Jankowski P. (1999). Współzależności między wskaźnikami przyżyciowej i poubojowej oceny wartości rzeźnej bydła. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 44: 371–378.
- Rasmussen M.K. (1994). Klasyfikacja tusz wieprzowych w Danii. Materiały Symposium Międzynarodowego: Aparaturowa klasyfikacja tusz wieprzowych. Poznań, 1994.
- Ritota M., Casciani L., Failla S., Valentini M. (2012). HRMAS-NMR spectroscopy and multivariate analysis meat characterisation. *Meat Sci.*, 92: 754–761.
- Sakowski T., Cytowski J., Dymnicki E., Oprządek J.M. (1996). Accuracy of digital image processing in the estimation of slaughter value of two groups of bulls. *Pr. Mat. Zoot.*, 6: 27–36.
- Sakowski T., Dasiński K., Słowiński M., Słoniewski K. (2000). Obiektywizacja oceny użytkowości rzeźnej bydła i cech fizyczno-chemicznych mięsa wołowego za pomocą komputerowej analizy obrazu. *Prz. Hod.*, 8: 37–39.
- Santos R., Pena F., Juarez M., Aviles C., Horcada A., Molina A. (2013). Use of image analysis of cross-sectional cuts to estimate the composition of the 10th-11th-12th rib-cut of European lean beef bulls. *Meat Science*, 94: 312–319.
- Shackelford S.D., Wheeler T.L., Koohmaraie M. (1998). Coupling of imaging analysis and tenderness classification to simultaneously evaluate carcass cutability, longissimus area, subprimal cut weights, and tenderness of beef. *J. Anim. Sci.*, 76: 2631–2640.

- Shackelford S.D., Wheeler T.L., Koohmaraie M. (2003). On-line prediction of yield grade, longissimus muscle area, preliminary yield grade, adjusted preliminary yield grade, and marbling score using the MARC beef carcass image analysis system. *J. Anim. Sci.*, 81: 150–155.
- Słoniowski K., Sakowski T. (2000). Wykorzystanie pomiarów ultradźwiękowych do doskonalenia użyteczności rzeźnej bydła. *Prz. Hod.*, 8: 37–39.
- Smith G.C. (1999). New technologies for precision selection management and marketing of beef. Presented at the Washington State University, Beef Information Days in Pullman, WA on April 16, 1999.
- Sorensen S.E., Klastrup S., Petersen F. (1988). Classification of bovine carcasses by means of video image analysis and reflection probe measurements. 34th International Congress of Meat Science and Technology, pp. 635–638.
- Steiner R., Wyle A.M., Vote D.J., Belk K.E., Scanga J.A., Wise J.W., Tatum J.D., Smith G.C. (2003). Real-time augmentation of USDA yield grade application to beef carcasses using video image analysis. *J. Anim. Sci.*, 81: 2239–2246.
- Tornberg E. (2000). Proton pulse NMR measurements in beef and pork in relation to the quality traits. Investigations of myosystems with NMR, 27–27.10.2000, Helsingör, Denmark.
- Vote D.J., Belk K.E., Tatum J.D., Scanga J.A., Smith G.C. (2003). Online prediction of beef tenderness using a computer vision system equipped with a BeefCam module. *J. Anim. Sci.*, 81, 2: 457–465.
- Wichłacz H., Piotrowski E. (2003). Przydatność polskiej metody do wizyjnej oceny i klasyfikacji tusz wołowych. *Gospodarka Mięсна*, 8: 30–33.
- Wichłacz H., Piotrowski E. (2004). Przydatność pomiarów optyczno-igłowych. *Gospodarka Mięсна*, 12: 28–36.
- Woerner D.R., Belk K.E. (2008). The history of instrument assessment of beef. A focus on the last ten years. Cattleman's Beef Board and National Cattleman's Beef Association, Centennial, CO.
- Wulf D.M., Tatum J.D., Green R.D., Golden B.L., Smith G.C. (1996). Genetic influences of beef longissimus palatability in Charolais and Limousin-sired steers and heifers. *J. Anim. Sci.*, 74: 2394–2405.
- Wyle A.M., Cannell R.C., Belk K.E., Goldberg M., Hartnett J., Tatum J.D., Smith G.C. (1999). Effectiveness of using the HunterLab BeefCAM system to sort beef carcasses into differing product lines, across four different packing facilities and from both source verified and non-source verified fed cattle based on projected tenderness of subsequently aged and cooked product. Interim Report to the National Cattleman's Beef Association. Department of Animal Science, Colorado University, Fort Collins, CO., pp. 1–14.

Zatwierdzono do druku 20 I 2014

ANDRZEJ WĘGLARZ, ANNA BALAKOWSKA, ZENON CHOROSZY

Post-slaughter methods for evaluation of meat performance in cattle

SUMMARY

This article presents an overview of different methods for objective and noninvasive evaluation of slaughter value in cattle, with special regard to new solutions that improve assessment quality. Ultrasound technique is a highly accurate method used to predict slaughter traits based on ultrasound measurements of muscle area and fat thickness (phenotypic correlations of 0.276–0.719). One of the methods to predict carcass tissue composition, used on a commercial scale, is Video Image Analysis (VIA). Many research centres have developed different computer image analysis systems, which also evaluate carcass confir-

mation and fatness according to the EUROP grading system. The BeefCam system measures lean and fat colour, which enables meat tenderness to be determined. Other techniques presented in the paper are nuclear magnetic resonance (NMR), optical probe measurements, Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) and multisensorial technique.

Key words: cattle, slaughter value, VIA