

OCENA FIZYKOCHEMICZNA I ORGANOLEPTYCZNA JAKOŚCI STEKÓW WOŁOWYCH POCHODZĄCYCH OD RÓŻNYCH RAS BYDŁA

Mariusz FLOREK*, Piotr SKAŁECKI, Piotr DOMARADZKI, Agnieszka KALINIAK-DZIURA, Marek KOWALCZYK, and Tomasz GREGOROWICZ

Katedra Oceny Jakości i Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Lublin;
mariusz.florek@up.lublin.pl; piotr.skalecki@up.lublin.pl; piotr.domaradzki@up.lublin.pl;
agnieszka.kaliniak@up.lublin.pl; marek.kowalczyk@up.lublin.pl

* Korespondencja: mariusz.florek@up.lublin.pl; Tel.: +48-814-456-621

Streszczenie: Ostateczna jakość mięsa wołowego jest uzależniona od czynników genetycznych i pozagenetycznych oraz ich interakcji. Jest to rezultat wszystkich działań podejmowanych na kolejnych etapach produkcji mięsa, począwszy od doboru pożądanej rasy bydła, właściwego żywienia i traktowania podczas chowu i transportu zwierząt oraz ich uboju, aż do właściwie przeprowadzonych czynności technologicznych związanych z wychładzaniem i dojrzewaniem mięsa oraz warunków dystrybucji produktu końcowego. Celem pracy było porównanie wartości odżywczej steków wołowych trzech ras bydła, jak również oceniono wpływ obróbki cieplnej (grillowania) na wyróżniki jakości fizykochemicznej mięsa. W ocenie jakości fizykochemicznej uwzględniono instrumentalny pomiar pH, barwy wg CIE L*a*b*, siły i pracy cięcia w teście szerometrycznym Warner-Bratzlera oraz oznaczono podstawowy skład chemiczny metodami referencyjnymi. Badanie organoleptyczne obejmowało konsumencką ocenę smaku, zapachu, barwy i soczystości. Najmniejszą zawartość wody, białka i popiołu, a jednocześnie najwyższą tłuszczu oznaczono w mięsie rasy wagyu, z kolei największą zawartość wody i popiołu, a najniższą tłuszczu zawierało mięso rasy limousine. Rasy europejskie w porównaniu do japońskiej rasy wagyu zawierały podobną ilość białka. Porównywalny udział kalorii z białka i tłuszczu (51% i 48%) dostarczało mięso rasy limousine, a mięso rasy simentalskiej dostarczało 39% energii z białka i 61% z tłuszczu, zaś steki z rasy wagyu jedynie 15% z białka i aż 85% z tłuszczu. Steki rasy wagyu w porównaniu do ras europejskich były istotnie jaśniejsze, a w porównaniu do steków rasy simentalskiej zawierały większy udział w barwie składowej czerwonej i żółtej. Potwierdzono istotny wpływ grillowania na wyróżniki barwy steków wszystkich ocenianych ras. Istotnie największą stabilnością charakteryzowało się mięso rasy limousine. Istotnie najbardziej kruche było mięso rasy wagyu, natomiast największą siłę i energię cięcia oznaczono dla rasy limousine. Mięso rasy wagyu wykazywało specyficzny zapach i smak, silnie różniący je od mięsa europejskich ras bydła.

Słowa kluczowe: bydło, rasa, wołowina, jakość, grillowanie.

ASSESSMENT OF PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY QUALITY OF BEEF STEAK OF DIFFERENT CATTLE BREED

Abstract: The final eating quality of beef depends on genetic and non-genetic factors and their interaction as a result of all actions taken at successive stages of meat production. The aim of this study was to compare the nutritional value of beef steaks from three cattle breeds, as well as to assess the effect of grilling on the physicochemical quality parameters of meat. Physicochemical quality determinations included instrumental measurement of pH, colour according to CIE L*a*b*, shear force and energy in the Warner-Bratzler test and determination of proximate chemical composition by reference methods. The organoleptic examination included consumer evaluation of taste, aroma, colour and juiciness. The lowest content of moisture, protein and ash, and the highest content of fat was determined in meat of Wagyu breed, while the highest content of moisture and ash and the lowest content of fat was found in meat of Limousine breed. The European breeds compared to the Japanese Wagyu contained a similar amount of protein. Limousine meat provided a comparable proportion of calories from protein and fat (51% and 48%), while Simmental meat provided respectively 39% and 61%, however, Wagyu steaks has delivered only 15% energy from protein and as much as 85% from fat. Wagyu steaks were significantly lighter compared to European breeds, and was more redder and yellow compared to Simmental steaks. A significant effect of grilling on colour of the steaks of all the breeds was confirmed, although the Limousine meat was characterised by the highest stability. Wagyu meat was the most tender, while the highest shear force and energy were determined for Limousine meat. Meat from the Wagyu breed exhibited a specific odour and taste, strongly differentiating it from meat from European cattle breeds.

Keywords: cattle, breed, beef, quality, grilling.

1. Wprowadzenie

Mięso wołowe jest źródłem wielu składników o wysokiej wartości biologicznej, w tym przede wszystkim wysoko strawnego białka o doskonale zbilansowanym składzie aminokwasowym, tłuszczu śródmięśniowego zawierającego długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe i skoniugowane izomery kwasu linolowego oraz żelaza (w formie hemowej), cynku, czy witaminy B₁₂ (Jensen i in., 2004; Williams, 2007). Najważniejszymi sensorycznymi wyróżnikami jakości mięsa wołowego są: kruchość, barwa, smak, zapach, marmurkowatość i soczystość. Każda rasa bydła posiada swoje walory pozwalające hodowcy uwzględnić ich przydatność do produkcji surowca mięsnego, preferowane są przy tym rasy w typie mięsnym lub kombinowanym (mięsno-mlecznym). Wśród ras mięsnych utrzymywanych w Europie wyróżnia się małe rasy brytyjskie (np. hereford, czy aberdeen angus), duże rasy francuskie i włoskie (charolaise, limousine, blond d'Aquitaine, czy piemontese) oraz rasy importowane z USA czy Japonii (rasa japońska czarna – wagyu) (Litwińczuk i in., 2005).

Końcowa jakość mięsa wołowego jest uzależniona od wielu czynników genetycznych i środowiskowych oraz ich interakcji. Jest to rezultat wszystkich działań podejmowanych na kolejnych etapach produkcji mięsa, począwszy od właściwego doboru rasy bydła, odpowiedniego żywienia, właściwego traktowania podczas chowu i transportu do ubojni, właściwie przeprowadzonych operacji ogłuszania i uboju oraz możliwie szybkiego schłodzenia tusz, a kończąc na zapewnieniu odpowiednich warunków dojrzewania i dystrybucji produktu końcowego (Domaradzki i in., 2016). Kluczowym etapem i niezbędnym do osiągnięcia właściwej jakości sensorycznej i przydatności kulinarnej mięsa wołowego jest dojrzewanie tzn. złożony proces przemian enzymatycznych (Florek, Domaradzki i in., 2016). W efekcie w mięsie zachodzą korzystne zmiany polegające na poprawie takich właściwości, jak kruchość, soczystość, smakowitość, zdolność do wiązania wody, żelowania, pęcznienia i emulgowania.

Obróbka termiczna mięsa ma na celu przede wszystkim ułatwienie konsumpcji i zwiększenie przyswajania składników pokarmowych oraz nadaje produktowi pożądaných cech sensorycznych i gwarantuje bezpieczeństwo zdrowotne. Proces obróbki termicznej wpływa także na zmianę barwy mięsa, zapachu i tekstury (Półtorak i in., 2014).

Celem pracy było porównanie wartości odżywczej mięsa wołowego różnych ras, jak również ocena wpływu obróbki cieplnej na wyróżniki jakości fizykochemicznej i sensorycznej mięsa wołowego.

2. Materiał i metody badań

Badaniami objęto mięso 3 ras bydła tj. wagyu, simentalskiej i limousine. Materiał badawczy stanowiły steki wołowe pochodzące z antrykotu dostępne w jednej z sieci restauracji specjalizujących się w serwowaniu wołowiny wysokiej jakości. Charakterystykę steków wykorzystanych w badaniach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1.
Charakterystyka materiału badawczego

| Wyszczególnienie | Rasa bydła | | |
|-------------------------------|------------|-------------|-----------|
| | Wagyu | Simentalska | Limousine |
| Kraj pochodzenia rasy | Japonia | Szwajcaria | Francja |
| Kraj hodowli zwierząt | Australia | Polska | Polska |
| Czas dojrzewania steków (dni) | 28 | 60 | 21 |
| Średnia masa steków (g) | 54,1 | 114,2 | 113,5 |
| Średnie pH | 6,09 | 5,58 | 5,74 |

Kwasowość czynną (pH) tkanki mięśniowej oznaczono za pomocą elektrody zespolonej ERH-12-6 i pH-metru Elmetron CP-401 waterproof. Przed rozpoczęciem pomiarów pH-metr kalibrowano w buforach o pH 4 i pH 7.

Wyróżniki barwy steków surowych i po obróbce termicznej oceniono za pomocą miernika nasycenia barwy Minolta CR-310, rejestrując na odsłoniętej powierzchni przekroju mięśnia: L^* – jasność; a^* – barwę czerwoną i b^* – barwę żółtą (CIE, 2004). Stabilność barwy określono na podstawie pomiaru barwy mięsa przed i po obróbce cieplnej według wzoru:

$$\Delta Ex = \frac{L^*_1 - L^*_2}{L^*_1} + \frac{a^*_1 - a^*_2}{a^*_1} + \frac{b^*_1 - b^*_2}{b^*_1}$$

gdzie:

ΔEx – stabilność barwy po ekspozycji,

L^*_1, a^*_1, b^*_1 – wartości parametrów barwy ocenione przed obróbką cieplną,

L^*_2, a^*_2, b^*_2 – wartości parametrów barwy ocenione po obróbce cieplnej.

Większa wartość ΔEx wskazuje na mniejszą stabilność barwy.

Podstawowy skład chemiczny mięsa oznaczono metodami referencyjnymi: zawartość wody metodą suszenia (103°C) według PN-ISO 1442:2000; popiołu metodą spopielenia w piecu muflowym (550°C) według PN-ISO 936:2000; białka ogólnego metodą Kjeldahla przy użyciu aparatu Büchi B-324 według PN-75/A-04018:1975/Az3:2002; zawartość tłuszczu metodą Soxhleta (stosując n-heksan jako rozpuszczalnik) przy użyciu aparatu Büchi B-811 według PN-ISO 1444:2000. Wartość energetyczną 100 g mięsa obliczono w oparciu o zawartość białka ogólnego i tłuszczu wykorzystując równoważniki energetyczne dla kJ i kcal (białko 17 i 4, tłuszcz 37 i 9). Dla ww. składników odżywczych określono także wskaźnik jakości żywieniowej NQI (nutritional quality index) za pomocą wzoru podanego przez Hansena i in. (1975), przyjmując do obliczeń referencyjne wartości spożycia energii i składników odżywczych zgodnie z Rozporządzeniem PEiR (UE) Nr 1169/2011 z dnia 25.10.2011 r.

Steki (doprowadzone do temperatury otoczenia) poddawano obróbce termicznej w grillu elektrycznym ze sterowaniem elektronicznym (IntelliGrill firmy MORPHY RICHARDS), rejestrując czas konieczny do uzyskania założonej temperatury wewnętrznej 58°C i temperaturę maksymalną uzyskiwaną w czasie relaksacji steku po wyjęciu z grilla. Steki po uzyskaniu temperatury 18-20°C poddawano badaniom sensorycznym i fizykochemicznym.

Konsumencka ocena organoleptyczna została wykonana w warunkach laboratoryjnych przez zespół złożony z 5 osób. Próby do oceny sensorycznej z poszczególnych steków zostały doprowadzone do temperatury pokojowej. Badanie obejmowało ocenę smaku, zapachu, barwy (atrakcyjność wzrokowa) oraz soczystości w skali 5 punktowej (1 – nieakceptowana, 2 – słaba, 3 – satysfakcjonująca, 4 – dobra, 5 – bardzo dobra) (Greguła-Kania i in., 2019).

Pomiar parametrów w teście szerometrycznym wykonano za pomocą jednokolumnowej maszyny wytrzymałościowej Zwick/Roell Proline B0.5 na próbach mięśni wykorzystanych do oceny wycieku termicznego. Siłę (N) i pracę (J) cięcia mierzono za pomocą noża szerometrycznego Warner-Bratzlera (V-blade). Cięciu poddawane były słupki mięśnia o dł. 4-

5 cm i przekroju powierzchni cięcia 1 cm². Średnią wartość dla próbki obliczono na podstawie 5 powtórzeń. Wyniki pomiarów opracowano za pomocą programu TestXpert® II.

Analizę statystyczną wykonano za pomocą programu STATISTICA 13 (Dell Inc., 2016) wykorzystując analizę jednoczynnikową. Różnice pomiędzy średnimi dla zmiennych w poszczególnych grupach rasowych dla ocenianych parametrów zweryfikowano przy pomocy testu Tukeya. W tabelach podano wartości średnie oraz błąd standardowy średniej (n=9).

3. Wyniki

Wyniki przedstawione w tabeli 2 wskazują na istotne zróżnicowanie zawartości wszystkich składników chemicznych, jak również wskaźników wartości odżywczej w surowym mięsie wołowym ocenianych ras. Istotnie najmniejszą zawartość wody, białka i popiołu, a jednocześnie najwyższą tłuszczu oznaczono w mięsie rasy wagyu. Istotnie największą zawartość wody i popiołu, a jednocześnie najniższą tłuszczu stwierdzono w mięsie rasy limousine. Rasy europejskie w porównaniu do rasy wagyu zawierały zbliżony udział białka. Zawartość i proporcje składników chemicznych wpłynęły na wartość energetyczną mięsa oraz indeks jakości żywieniowej dla białka i tłuszczu w mięsie porównywanych ras bydła. Największą kalorycznością związaną z zawartością tłuszczu w mięsie charakteryzowały się steki rasy wagyu, następnie simentalskiej i limousine. Podobną zależność stwierdzono w przypadku NQI dla tłuszczu, natomiast przeciwną tendencję obserwowano dla białka.

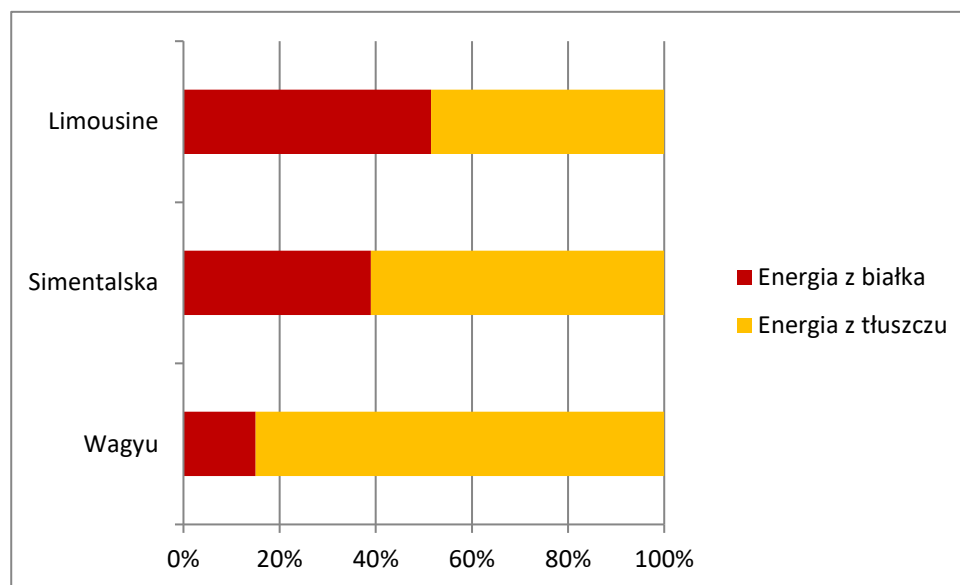
Tabela 2.
Skład chemiczny steków wołowych

| Składnik | Rasa bydła | | | SEM n=9 | Ogółem |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|--------|
| | Wagyu | Simentalska | Limousine | | |
| Woda (g/100 g) | 42,30 ^A | 57,67 ^B | 69,50 ^C | 5,02 | 56,49 |
| Białko (g/100 g) | 16,56 ^a | 22,12 ^b | 20,85 ^b | 1,68 | 19,84 |
| Tłuszcz (g/100 g) | 40,76 ^C | 15,62 ^B | 8,62 ^A | 9,76 | 21,67 |
| Popiół (g/100 g) | 0,38 ^a | 0,86 ^b | 1,04 ^b | 0,12 | 0,76 |
| Energia | | | | | |
| kJ | 1790 ^b | 954 ^a | 673 ^a | 334,1 | 1143,3 |
| kcal | 433 ^b | 229 ^a | 161 ^a | 81,8 | 274,4 |
| NQI białko | 1,5 ^a | 3,9 ^{ab} | 5,2 ^b | 1,1 | 3,6 |

| | | | | | |
|-------------|------------------|------------------|------------------|-----|-----|
| NQI tłuszcz | 2,7 ^b | 1,9 ^a | 1,5 ^a | 0,3 | 2,0 |
|-------------|------------------|------------------|------------------|-----|-----|

Note: NQI – nutritional quality index/indeks jakości żywieniowej.

Na wykresie 1 przedstawiono udział energii z białka i tłuszczu w zależności od rasy bydła. Porównywalną ilość kalorii z białka i tłuszczu (51% i 48%) dostarczało mięso rasy limousine. Mięso rasy simentalskiej dostarczało 39% energii z białka i 61% z tłuszczu, zaś steki z rasy wagyu jedynie 15% z białka i aż 85% z tłuszczu.



Wykres 1. Udział energii z białka i tłuszczu w mięsie wołowym ocenianych ras.

W tabeli 3 przedstawiono wyniki pomiarów parametrów charakteryzujących obróbkę cieplną steków ocenianych ras bydła. Najkrótszy czas grillowania wymagały steki rasy wagyu w porównaniu do steków pozostałych ras. Najniższą temperaturę po relaksacji uzyskało natomiast mięso rasy limousine. We wszystkich próbach po zakończeniu obróbki cieplnej i wyjęciu steków z grilla obserwowano wzrost temperatury.

Tabela 3.

Parametry obróbki cieplnej steków

| Parametr | Rasa bydła | | |
|--|------------|-------------|-----------|
| | Wagyu | Simentalska | Limousine |
| Temperatura grillowania (°C) | 218°C | | |
| Końcowa temperatura (°C) | 58°C | | |
| Czas grillowania (s) | 135 | 165 | 160 |
| Temperatura końcowa po relaksacji (°C) | 70,0 | 69,3 | 66,2 |

W tabeli 4 przedstawiono wyniki pomiarów barwy steków ocenianych ras bydła przed i po grillowaniu. Stwierdzono istotne zróżnicowanie parametrów barwy pomiędzy rasami zarówno przed, jak i po obróbce cieplnej. Mięso rasy wagy, w porównaniu do ras europejskich było istotnie jaśniejsze, a w porównaniu do steków rasy simentalskiej dodatkowo zawierało większy udział składowych barwy czerwonej i żółtej.

Potwierdzono istotny wpływ obróbki cieplnej na wyróżniki barwy steków wszystkich ocenianych ras, jednakże istotnie najmniejszą całkowitą różnicą barw (największa stabilność) charakteryzowało się mięso rasy limousine.

Tabela 4.

*Parametry barwy wg CIE L*a*b* mięsa w zależności od rasy bydła przed i po obróbce cieplnej*

| Parametr CIE | Rasa bydła | | | SEM n=9 | Ogółem |
|---------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------|--------|
| | Wagyu | Simentalska | Limousine | | |
| Przed obróbką | | | | | |
| L* | 40,17 ^{c x} | 34,36 ^{a x} | 37,13 ^{b x} | 1,09 | 37,22 |
| a* | 19,13 ^{b x} | 15,51 ^{a x} | 17,25 ^{ab x} | 0,69 | 17,30 |
| b* | 4,11 ^{b x} | 1,21 ^{a x} | 2,30 ^{a x} | 0,55 | 2,54 |
| Po obróbce | | | | | |
| L* | 45,85 ^{b y} | 41,57 ^{a y} | 41,75 ^{a y} | 0,92 | 43,06 |
| a* | 30,97 ^{b y} | 26,16 ^{a y} | 27,47 ^{ab y} | 0,98 | 28,20 |
| b* | 10,03 ^{b y} | 6,89 ^{a y} | 7,70 ^{ab y} | 0,63 | 8,21 |
| ΔE | 14,41 ^b | 14,22 ^b | 12,50 ^a | 0,40 | 13,71 |

Note: Średnie oznaczone różnymi literami a,b,c w wierszach pomiędzy rasami różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$. Średnie oznaczone różnymi literami x,y w kolumnach różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$ w zakresie obróbki cieplnej).

W tabeli 5 przedstawiono wyniki pomiaru parametrów w teście szerometrycznym W-B dla steków ocenianych ras bydła po obróbce cieplnej. Istotnie ($P \leq 0,01$) najmniejszą siłę i energię cięcia stwierdzono w przypadku mięsa rasy wagy, natomiast największą wartość tych parametrów oznaczono dla mięsa rasy limousine.

Tabela 5.

Wyniki testu szerometrycznego w zależności od rasy bydła

| Parametr | Rasa bydła | | | SEM n=9 | Ogółem |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|--------|
| | Wagyu | Simentalska | Limousine | | |
| Siła cięcia (N) | 13,5 ^A | 34,4 ^B | 49,5 ^C | 5,4 | 35,4 |
| Energia cięcia (mJ) | 42,4 ^A | 219 ^B | 284 ^B | 37,3 | 202,2 |

Note: Średnie oznaczone różnymi literami A,B,C w wierszach pomiędzy rasami różnią się istotnie przy $P \leq 0,01$.

W konsumenckiej ocenie organoleptycznej w zakresie atrakcyjności wzrokowej najwyższe noty uzyskiwało mięso rasy wagyu w porównaniu do pozostałych ras. W przypadku wyglądu wskazywano na atrakcyjną karmelizację mięsa rasy wagyu oraz odczucie dużej ilości tłuszczu, co wpływało na pożądaną soczystość mięsa. W zakresie zapachu wszyscy oceniający zgodnie wskazywali, że mięso rasy wagyu charakteryzuje się wysoce specyficznym zapachem, który silnie odróżnia się od mięsa dwóch pozostałych ras. Zapach steków z rasy simentalskiej i limousine był naturalny i typowy dla mięsa wołowego. W zakresie smaku i soczystości większość oceniających stwierdziła największą pożądalność smaku wołowiny w odniesieniu do mięsa rasy wagyu. Ponadto mięso tej rasy było bardziej soczyste i charakteryzowało się intensywniejszym smakiem z nutą jełkiego tłuszczu i sfermentowanej trawy. Jeden z oceniających preferował stek z rasy limousine z uwagi na „mniej wątrobowy” w porównaniu do rasy wagyu. Pozostałe osoby oceniające stwierdziły gumowatość mięsa rasy limousine, jakkolwiek było ono bardziej soczyste niż mięso rasy simentalskiej, a ponadto oceniono je jako najtwardsze spośród wszystkich ras. Steki rasy simentalskiej były najmniej soczyste o smaku pośrednim z mięsem innych ras.

4. Dyskusja

Ogrzewanie mięsa powoduje denaturację części globinowej mioglobiny, która precypituje wraz z innymi białkami mięsa. Denaturacja mioglobiny (i innych białek) zaczyna się po osiągnięciu przez mięso temperatury 55°C, a największa denaturacja cieplna występuje w zakresie 75°-80°C. Po ogrzaniu mięsa do temperatury, która powoduje denaturację mioglobiny, zachodzą zmiany jego barwy. Mięso staje się szare lub brunatne, w zależności od gatunku mięsa. O różnicach w barwie mięsa ogrzewanego decyduje gatunek, czy zawartość mioglobiny (Florek, Junkuszew i in., 2016). Temperatura denaturacji mioglobiny jest wyższa w mięsie o większej ogólnej zawartości barwników hemowych. Mięso starszych zwierząt wykazuje szybsze zbrunatnienie podczas ogrzewania niż mięso zwierząt młodych (Kończak, 2007).

Ogrzewanie barwników mięsa - mioglobiny, oksy- i metmioglobiny w normalnym świeżym mięsie (pH 5,3-5,7) powoduje powstawanie szarego pigmentu żelazohemochromu globiny mięsa gotowanego (Mendenhall, 1989). Nawet przy tej samej wewnętrznej temperaturze mięso o wysokim pH (>6,0) jest bardziej czerwone niż o niskim pH (5,5) i wydaje się niedogotowane, zaś po wystawieniu na powietrze, powstaje jasno czerwona barwa (utlenowana) charakterystyczna dla mięsa świeżego (Abril i in., 2001). Podobne obserwacje stwierdzono w prezentowanych badaniach, bowiem mięso rasy waguay o najwyższym pH (6,09) charakteryzowało się po obróbce cieplnej istotnie większym udziałem barwy czerwonej ($a^*=30,97$), w porównaniu do rasy simentalskiej (pH=5,58 i $a^*=26,16$) i limousine (pH=5,74 i $a^*=27,47$).

Generalnie wpływ rasy bydła na jakość konsumpcyjną mięsa jest niewielki. Potwierdzono znaczący wpływ genotypu na większą twardość mięsa wołowego u bydła *Bos indicus* (zebu lub brahman), co jest uwarunkowane późnym dojrzewaniem i temperamentem bydła indyjskiego, jak również charakterem tkanki łącznej (Harper, 1999) i wyższą aktywnością kalpastatyny (O'Connor i in., 1997). Poprawę kruchości mięsa bydła *Bos indicus* obserwowano natomiast przy większej marmurkowatości (Wheeler i in., 1994). W przypadku ras bydła europejskiego (*Bos taurus*) obserwowany wpływ genotypu związany jest z takimi czynnikami, jak otluszczenie lub szybkość dojrzewania oraz zróżnicowanym składem włókien mięśniowych (Matthews, 2011).

Wheeler i in. (2005) podają, że europejskie rasy kontynentalne (charolaise, limousine, simmental i gelbvieh) są mniej otluszczone i lepiej umięśnione, lecz mniej marmurkowane niż rasy brytyjskie (hereford i angus). Nie wykazano natomiast różnic w kruchości i smakowitości mięsa porównywanych 7 ras. Podobnie takich różnic w ocenie sensorycznej kruchości, soczystości i smakowitości, nie potwierdzono porównując mięso wołców mieszańców hereford lub angus z buhajami norwegian red, swedish red and white, fresian oraz waguay. Na świecie wśród konsumentów zdania są podzielone odnośnie pożądanej ilości tłuszczu śródmięśniowego w mięsie wołowym (Monsón i in., 2005). W Europie zachodniej i środkowej poszukiwane jest mięso nieznacznie marmurkowane, w krajach Ameryki Północnej i Południowej oraz Azji najchętniej spożywane jest mięso silnie marmurkowane (Gotoh i in., 2009). Do ras bydła o najlepszej marmurkowatości mięsa zalicza m.in.: waguay, jersey, angus, holstein-fresian. Gotoh i in. (2009) potwierdzili istotne zróżnicowanie rasy japanese black w porównaniu do ras europejskich w zakresie zawartości IMF i marmurkowatości oraz otluszczenia tusz.

Wheeler i in. (2004) podają siłę cięcia W-B dla mięśnia najdłuższego grzbietu z rasy waguay na poziomie 3,53 kg (ok. 35 N). W późniejszych badaniach Wheeler i in. (2005) podają natomiast siłę cięcia dla rasy limousine i simentalskiej na poziomie 4,3 kg (ok. 42 N). Podobne tendencje obserwowano również w niniejszej pracy. Biorąc pod uwagę wyniki podane przez Berry (1993) oraz Belew i in. (2003) jako kruche traktuje się steki dla których siła cięcia W-B nie przekracza 3,9 kg (38.2 N). Shackelford i in. (1991) oraz Destefanis i in. (2008) wskazują, że progowa wartość siły cięcia W-B dla kruchej wołowiny wynosi odpowiednio 45,1 N i 42,9

N. Boleman i in. (1997) sugerują natomiast podział na 3 kategorie kruchości mięsa w zależności od siły cięcia W-B dla steków: kruche 2,27-3,58 kg (22,3-35,1 N), średnio kruche 4,08-5,40 kg (40,0-53,0 N), i twarde 5,90-7,21 kg (57,9-70,7 N). Przyjmując ten podział, można stwierdzić, że steki z rasy waguay należy zaklasyfikować jako bardzo kruche, z simentalskiej jako kruche, a rasy limousine jako średnio kruche.

Na akceptację konsumencką kulinarną wołowiny wpływa wiele czynników zewnętrznych i właściwości samego surowca (Hocquette i in., 2012). Do najważniejszych atrybutów jakości mięsa wołowego należą wygląd (barwa i zawartość tłuszczu zewnętrznego i śródmięśniowego), właściwości odżywcze (zawartość białka i tłuszczu) oraz jakość spożywcza (kruchość i smakowitość) (Domaradzki i in., 2020). Satysfakcja związana z konsumpcją mięsa wołowego to efekt kombinacji kruchości, soczystości i smakowitości mięsa (Koohmaraie i in., 2002). Większość konsumentów za najważniejszy wyróżnik jakości wołowiny uznaje kruchość (Koohmaraie, 2004). Jednak należy ona do jednej z najbardziej zmiennych właściwości mięsa, gdyż jej końcową wartość determinuje wiele czynników biologicznych (np. gatunek, wiek, płeć i typ mięśnia) i środowiskowych (żywienie, stres przedubojowy, warunki uboju i wychładzania, dojrzewanie) (Dransfield, 1994).

5. Podsumowanie

Wykazano istotny wpływ rasy bydła na wartość odżywczą tkanki mięśniowej i wyróżniki jakości fizykochemicznej mięsa wołowego po grillowaniu. Steki pochodzące od rasy waguay w porównaniu do rasy simentalskiej i limousine, charakteryzowały się największą zawartością tłuszczu, lecz najniższą białka, dostarczając z tych składników odpowiednio 85% i 15% energii. Mięso rasy waguay było istotnie najjaśniejsze i kruche w porównaniu do pozostałych ras, a ponadto wykazywało specyficzny zapach i smak, silnie różnicujący je od mięsa europejskich ras bydła limousine i simentalskiej.

Bibliografia

1. Abril, M., Campo, M.M., Sañudo, C., Alberti, P., and Negueruela A.I. (2001) Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Science*, 58, 69-78. doi: 10.1016/S0309-1740(00)00133-9
2. Belew, J.B., Brooks, J.C., Mckenna, D.R., and Savell, J.W. (2003) Warner–Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science*, 64, 507-512. doi: 10.1016/S0309-1740(02)00242-5
3. Berry, W.E. (2003) Tenderness of beef loin steaks as influenced by marbling level, removal of subcutaneous fat, and cooking method. *Journal of Animal Science*, 71, 2412-2419. doi: 10.2527/1993.7192412x
4. Boleman, S.J., Boleman, S. L., Miller, R.K., Taylor, J.F., Cross, H.R., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M., Shackelford, S.D., Miller, M.F., West, R.L., Johnson, D.D., and Savell, J.W. (1997) Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *Journal of Animal Science*, 75, 1521-1524. doi: 10.2527/1997.7561521x
5. CIE (2007) *Colorimetry*. (pp. 6-20). Commission International de l’Eclairage. Vienna Austria.
6. Dell Inc. (2016) *Dell Statistica* (data analysis software system), version 13. software.dell.com.
7. Destefanis, G., Brugiapaglia, A., Barge, M.T., and Dal Molin, E. (2009) Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner–Bratzler shear force. *Meat Science*, 78, 153-156. doi: 10.1016/j.meatsci.2007.05.031
8. Domaradzki, P., Florek, M., and Litwińczuk, A. (2016) Czynniki kształtujące jakość mięsa wołowego. *Wiadomości Zootechniczne*, LIV, 160-170.
9. Domaradzki, P., Florek, M., and Litwińczuk, Z. (2020) Kształtowanie profilu smakowo-zapachowego mięsa wołowego w procesie dojrzewania na sucho. *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 1, 5-30. doi: 10.15193/zntj/2020/122/319
10. Dransfield E. (1994) Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. *Meat Science*, 36, 105-121. doi: 10.1016/0309-1740(94)90037-X
11. Florek, M., Domaradzki, P., and Litwińczuk, Z. (2016) Teorie dotyczące naturalnych procesów kruszenia mięsa po uboju. *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2, 34-48. doi: 10.15193/zntj/2016/105/113
12. Florek, M., Junkuszew, A., Bojar, W., Bracik, K., Krupa, P., Kaliniak, A., Greguła-Kania, M., and Gruszecki, T.M. (2016) Effect of sex, muscle, and processing temperature on heme iron content in lamb meat. *Animal Science Papers and Reports*, 34, 257-268.
13. Gotoh, T., Albrecht, E., Teuscher, F., Kawabata, K., Sakashita, K., Iwamoto, H., and Wegner, J. (2009) Differences in muscle and fat accretion in Japanese Black and European cattle. *Meat Science*, 82, 300-308. doi: 10.1016/j.meatsci.2009.01.026
14. Greguła-Kania, M., Gruszecki, T.M., Junkuszew, A., Juszczuk-Kubiak, E., and Florek, M. (2019) Association of CAST gene polymorphism with carcass value and meat quality in two synthetic lines of sheep. *Meat Science*, 154, 69-74. doi: 10.1016/j.meatsci.2019.04.007
15. Hansen, R.G., Wyse, B.W., and Sorenson, A.W. (1979) *Nutrition quality index of food*. Westport, CT: AVI Publishing Co.
16. Harper, G.S. (1999) Trends in skeletal muscle biology and the understanding of toughness in beef. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50, 1105-1129.
17. Hocquette, J.-F., Botreau, R., Picard, B., Jacquet, A., Pethick, D.W., and Scollan, N.D. (2012) Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat Science*, 92, 197-209. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.04.007
18. Jensen, W.K., Devine, C., and Dikeman, M. (2004) *Encyclopedia of Meat Sciences*. Elsevier Academic Press.
19. Kołczak, T. (2007) Barwa mięsa. *Gospodarka Mięsna*, 9, 12-16.
20. Koohmaraie, M. (2004) Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science*, 36, 93-104. doi: 10.1016/0309-1740(94)90036-1
21. Koohmaraie, M., Kent, M.P., Shackelford, S.D., Veiseth, E., and Wheeler, T.L. (2002) Meat tenderness and muscle growth: Is there any relationship. *Meat Science*, 62, 345-352. doi: 10.1016/S0309-1740(02)00127-4

22. Litwińczuk, Z., Szulc, T., Pogorzelska, J., Wroński, M., and Ziemiński, R. (2005) Hodowla i użytkowanie bydła. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
23. Matthews, K.R. (2011) *Review of published literature and unpublished research on factors influencing beef quality*. EBLEX R&D. Agriculture and Horticulture Development Board, UK.
24. Mendenhall, V.T. (1989) Effect of pH and total pigment concentration on the internal color of cooked beef patties. *Journal of Food Science*, 54, 1-2. doi: 10.1111/j.1365-2621.1989.tb08552.x
25. Monsón, F., Sañudo, C., and Sierra, I. (2005) Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*, 71, 471-479. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.04.026
26. O'Connor, S.F., Tatum, J.D., Wulf, D.M., and Green, R.D. (1997) Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. *Journal of Animal Science*, 75, 1822-1830. doi: 10.2527/1997.7571822x
27. PN-A-04018:1975/Az3:2002. Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczenie azotu metodą Kjeldahla i przeliczenie na białko.
28. PN-ISO 1442:2000. Mięso i przetwory mięsne. Określenie zawartości wody.
29. PN-ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne. Określenie zawartości tłuszczu wolnego.
30. PN-ISO 936:2000. Mięso i przetwory mięsne. Określenie zawartości popiołu ogólnego.
31. Półtorak, A., Wyrwisz, J., Moczowska, M., and Marcinkowska-Lesiak, M. (2014) Wpływ procesu dojrzewania i obróbki termicznej na kształtowanie jakości mięsa wołowego pozyskanego z systemu jakości. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2, 112-119.
32. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 1169/2011 z dnia 25.10.2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności, zmiany rozporządzeń Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1924/2006 i (WE) nr 1925/2006 oraz uchylecia dyrektywy Komisji 87/250/EWG, dyrektywy Rady 90/496/EWG, dyrektywy Komisji 1999/10/WE, dyrektywy 2000/13/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, dyrektyw Komisji 2002/67/WE i 2008/5/WE oraz rozporządzenia Komisji (WE) nr 608/2004 (Dz.U. L 304 z 22.11.2011, str. 18).
33. Shackelford, S.D., Morgan, J.B., Cross, H.R., and Savell, J.W. (1991) Identification of threshold levels for Warner-Bratzler shear force in beef top loin steaks. *Journal of Muscle Foods*, 2, 289-296.
34. Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., and Koch, R.M. (1994) Effect of Marbling Degree on Beef Palatability in *Bos taurus* and *Bos indicus* Cattle. *Journal of Animal Science*, 72, 3145-3151.
35. Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., Shackelford, S.D., and Koohmaraie, M. (2004) Characterization of biological types of cattle (Cycle VI): Carcass, yield, and longissimus palatability traits. *Journal of Animal Science*, 82, 1177-1189. doi: 10.2527/2004.8241177x
36. Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., Shackelford, S.D., and Koohmaraie, M. (2005) Characterization of biological types of cattle (Cycle VII): Carcass, yield, and longissimus palatability traits. *Journal of Animal Science*, 83, 196-207. doi: 10.2527/2005.831196x
37. Williams, P.G. (2007) Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, 64, 113-119. doi: 10.1111/j.1747-0080.2007.00197.x