

Praca oryginalna

Original paper

Właściwości fizykochemiczne i wskaźniki trwałości przechowalniczej wołowiny dojrzewającej na sucho z wykorzystaniem serwatki kwasowej¹⁾

MARIUSZ FLOREK, PIOTR DOMARADZKI, PAWEŁ ŻÓŁKIEWSKI*, BARTŁOMIEJ RUDA**, ZYGMUNT LITWIŃCZUK*, MONIKA KĘDZIERSKA-MATYSEK

Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych, *Instytut Hodowli Zwierząt i Ochrony Bioróżnorodności, Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Akademicka 13, 20-950 Lublin

**Zakład Mięсны „Jasiołka”, JK sp. z o.o., Nadbrzeźna 1, 38-450 Dukla

Otrzymano 31.10.2018

Zaakceptowano 03.01.2019

Florek M., Domaradzki P., Żółkiewski P., Ruda B., Litwińczuk Z., Kędzińska-Matysek M.

Physicochemical properties and indices of shelf life stability of dry aged beef with acid whey

Summary

The aim of the study was to compare the physicochemical properties and indices of shelf life stability of dry aged beef with wet aged beef under vacuum. The research material included two skeletal muscles (LL, *m. longissimus lumborum*, and ST, *m. semitendinosus*) taken from half carcasses of 8 head (3 bulls and 5 steers) of Whiteback cattle. The following parameters were measured: pH and oxidation-reduction potential (pH-metr Elmetron CP-401, ERH-12-6 i ERPt-13), water activity (HygroLab C1, Rotronic), and colour (according to CIE L*a*b* by Konica-Minolta 600d spectrophotometer). Reference methods were used to determine the content of moisture (PN-ISO 1442:2000), total protein (PN-A-04018:1975/Az3:2002, N × 6.25), and ash (PN-ISO 936:2000). The concentration of K, Na, Mg, Zn and Fe was determined by atomic absorption spectrometry using a Varian AA240FS spectrometer. Statistical analysis of the data was performed using STATISTICA 13 (Dell Inc.). The influence of the ageing type on the physicochemical properties and shelf life indices within muscles was verified by one-way ANOVA. A higher content of total protein and minerals, as well as lower hydration of muscle proteins were stated in dry aged beef. In turn, vacuum packaging had a stabilising effect for the colour of fresh meat (a lower value of ΔE), maintained the initial lightness (L*) and significantly increased chromatic saturation (a higher value of a* and b* coordinates). Application of acid whey (together with sea salt) positively influenced shelf life stability of dry aged beef, due to acidity increasing and lowering of moisture content and water activity. The obtained results indicate that beef from Whiteback cattle can be successfully used both for the production of wet aged beef under vacuum and for manufacturing dry aged raw beef. Each direction of use will be decided by the current market demand and consumer preferences. The present results support the need to continue research in this topic taking into account both other native cattle breeds and alternative methods of packaging.

Keywords: beef, dry ageing, wet ageing, acid whey, meat quality

Mięso wołowe ze względu na swoją wartość odżywczą jest zaliczane do cenionych produktów spożywczych o uznanych walorach sensorycznych i kulinarnych. Zawiera niezbędne składniki odżywcze, które wpływają na prawidłowy wzrost oraz rozwój człowieka, w tym aminokwasy egzogenne (40), długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe (28), cynk i żelazo (11, 16), wit. B₁₂ i inne

¹⁾ Pracę zrealizowano w ramach projektu BIOSTRATEG „Kierunki wykorzystania oraz ochrona zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich w warunkach zrównoważonego rozwoju” współfinansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo” (BIOSTRATEG2/297267/2/NCBR/2016).

(25). Głównym składnikiem występującym w mięsie wołowym pod względem ilościowym jest woda, która jest nośnikiem związków chemicznych i ciepła. Zawartość wody w mięsie i zdolność do jej utrzymania i wiązania (wodochłonność) przez białka mięśniowe wpływają na soczystość, kruchość, wygląd i trwałość, jak również determinują przebieg procesów podczas dojrzewania i przetwarzania surowca mięsnego (35).

Właściwie przeprowadzone i odpowiednio długie dojrzewanie mięsa jest niezbędnym etapem w produkcji wołowiny kulinarnej. Jednocześnie jest jednym z najmniej skomplikowanych zabiegów

prowadzących do wzrostu przydatności konsumpcyjnej i technologicznej mięsa wołowego. Wyróżnia się dwie metody prowadzenia tego procesu (36), tzn. na sucho, bez opakowania w atmosferze o monitorowanych parametrach (5) oraz dojrzewanie na mokro w opakowaniu próżniowym lub atmosferze zmodyfikowanej (9). Wykazano, że w rezultacie dojrzewania na sucho zostaje silniej wzmocniona smakowitość wołowiny w porównaniu z różnymi technikami dojrzewaniem na mokro (5, 23, 26).

Z punktu widzenia trwałości przechowalniczej i bezpieczeństwa zdrowotnego mięsa istotnymi właściwościami fizykochemicznymi są odczyn, aktywność wody czy potencjał oksydoredukcyjny. Wołowina, w której proces glikogolizy poubojowej przebiega prawidłowo, wykazuje pH od 5,4 do 5,8 (13). Aktywność wody z kolei decyduje o przebiegu procesów biologicznych w mięsie, w tym determinuje rozwój drobnoustrojów (34).

W trakcie przetwarzania i przechowywania surowca mięsnego zachodzą przemiany oksydacyjne (6). W tym kontekście szczególnie ważnym zagadnieniem jest trwałość i bezpieczeństwo produktów surowo dojrzewających. Wyższy potencjał antyoksydacyjny surowca wpływa bowiem korzystnie na jakość uzyskanych produktów mięsnych (27).

Barwa mięsa stanowi ważny wskaźnik jakości technologicznej i kulinarnej mięsa. W przypadku mięsa wołowego barwa zależy od zawartości barwników mięśniowych (mioglobiny), składu chemicznego (w tym tłuszczu śródmięśniowego), tekstury i pH (31). Podlega ona zmianom w czasie dojrzewania, czy przechowywania chłodniczego i zamrażalniczego (14, 17). Uzyskanie pożądanej przez konsumentów kruchości uwarunkowane jest wieloma czynnikami przed i poubojowymi, jakkolwiek decydujący w tym kontekście jest złożony proces tenderyzacji (15).

Krajowe wyniki badań wskazują na wysoką zawartość składników mineralnych i korzystny profil kwasów tłuszczowych w mięsie bydła ras rodzimych (11, 21, 28). Potwierdzono ponadto (8, 20, 28), że mięso uzyskane ze zwierząt utrzymywanych w systemie tradycyjnym opartym, o maksymalne wykorzystanie pastwisk, charakteryzuje się mniejszą proporcją kwasów n-6/n-3 i wyższą zawartością pożądanych kwasów tłuszczowych PUFA (zwłaszcza z rodziny n-3). W ramach projektu koordynowanego przez Instytut Zootechniki PIB w Balicach pt. „Kierunki wykorzystania oraz ochrona zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich w warunkach zrównoważonego rozwoju” pozyskanego w II konkursie programu: „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo” – BIOSTRATEG, realizowano podzadanie 5.3 pt. „Wykorzystanie rodzimych ras bydła do produkcji wołowiny kulinarnej o podwyższonych walorach prozdrowotnych”, w którym dokonano oceny jakości mięsa pozyskiwanego z bydła lokalnych ras i produktów wytworzonych na jego bazie.

Celem badań było porównanie wybranych parametrów jakości fizykochemicznej i trwałości przechowalniczej produktów dojrzewających na sucho z wołowiną dojrzewającą na mokro w warunkach próżniowych uzyskanych z dwóch mięśni szkieletowych buhajów rasy białogrzbietaj.

Materiał i metody

Materiał doświadczalny stanowiły dwa mięśnie szkieletowe: odcinek lędźwiowy m. najdłuższego grzbietu (LL – *m. longissimus lumborum*) i półścięgny (ST – *m. semitendinosus*), pobrane z 8 tusz młodego bydła rzeźnego rasy białogrzbietaj (3 buhaje i 5 wolców) utrzymywanego w gospodarstwach niskonakładowych. Zwierzęta o przeciętnej masie ciała $552,5 \pm 38,6$ kg ubijano w wieku 611 ± 75 dni. Przeciętna wydajność poubojowa wynosiła $50,7 \pm 2,2\%$, uformowanie wg klasyfikacji EUROP wahało się od O⁻ do R⁺, zaś otłuszczenie od 1 do 3⁻. Po 48-godzinnym wychłodzeniu, podczas rozbioru technologicznego z obu półtuszy pobierano mięśnie LL i ST. Mięśnie z prawych półtuszy podzielono na 2 części, zważono i zapakowano próżniowo. Jedna z nich stanowiła próbę kontrolną – K (analizy wykonano do 72 godzin po uboju), druga została poddana dojrzewaniu na mokro w warunkach chłodniczych ($2 \pm 1^\circ\text{C}$) przez 35 dni – VP. Mięśnie uzyskane z lewych półtuszy posłużyły do wyprodukowania w Zakładzie Mięsnym „Jasiołka” wołowiny surowo dojrzewającej na sucho zgodnie z własną technologią z wykorzystaniem serwatki kwasowej – DA. Etapy produkcji: przygotowanie surowca (odpowiednie obrobienie i nadanie kształtu elementom); cukrzenie – posypanie elementów cukrem (sacharozą w ilości 2% do masy surowca, w celu dokładnego rozprowadzenia cukru surowce mieszano w masownicy w czasie 5 min) i pozostawienie na 24 godziny w chłodni w temperaturze 4°C ; przemycie serwatką kwasową (zanurzenie surowca w zbiorniku z serwatką kwasową przez 2 minuty w celu usunięcia nadmiaru cukru i wprowadzenia do surowca bakterii kwasu mlekowego); solenie – dodatek soli morskiej w ilości 1,5% masy elementów, dokładne wymieszanie i pozostawienie na 48 godzin w chłodni w temperaturze 4°C ; przemycie serwatką kwasową (zanurzenie surowca w zbiorniku z serwatką kwasową przez 2 minuty w celu usunięcia nadmiaru soli i powtórnego wprowadzenia bakterii kwasu mlekowego); dojrzewanie – umieszczenie elementów w komorze dojrzewalniczej o temp. 20°C i wilgotności względnej 90%; po 2 dniach obniżenie temp. do 18°C i wilgotności do 75%; właściwe dojrzewanie prowadzono przez 35 dni, stosując natrysk z serwatki kwasowej za pomocą zamgławiacza przez 15 minut w zależności od wilgotności w komorze dojrzewalniczej, w tym okresie kontrolowano jakość i wygląd oraz ubytki masy, zaś w razie potrzeby elementy przemywano serwatką kwasową w celu powierzchniowego wprowadzenia bakterii kwasu mlekowego; gotowe produkty pakowano próżniowo i umieszczano w chłodni. Użyta w produkcji serwatka kwasowa o standaryzowanym składzie i pH = 4,3 była wyprodukowana przez wieloletniego kooperanta, certyfikowanego producenta wytwarzającego sery ekologiczne z mleka niepasteryzowanego z terenu Podkarpacia.

We wszystkich próbkach z grupy K, VP i DA wykonano po upływie przyjętego czasu przechowywania pomiary następujących właściwości fizykochemicznych. Kwasowość czynną (pH) mięśni szkieletowych (mięsa świeżego) i produktów dojrzewających oznaczono za pomocą elektrody zespolonej ERH-12-6 i pH-metru Elmetron CP-401 waterproof, który kalibrowano w buforach o pH 4 i pH 7.

Potencjał oksydoredukcyjny (E_H , mV) mierzono za pomocą elektrody zespolonej typu ERPt-13 i pH-metru Elmetron CP-401 waterproof. Potencjał elektrody wskaźnikowej odnoszono do potencjału półogniwa odniesienia EODN o schemacie Ag/AgCl, 3 M KCl zastosowanego w elektrodzie ERPt-13 dla temperatury w zakresie 10-20°C.

Aktywność wody (a_w) mięsa i produktów została zmierzona za pomocą aparatu HygroLab C1 firmy Rotronic. Pomiarów dokonywano używając trybu AWQ i stabilizacji 15 min po wcześniejszym uzyskaniu przez próby temperatury pokojowej.

Wyróżniki barwy mięśni i produktów oceniono za pomocą spektrofotometru Konica-Minolta 600d, rejestrując na odsłoniętej powierzchni przekroju mięśnia: L^* – jasność; a^* – udział barwy czerwonej, b^* – udział barwy żółtej, C^* – nasycenie i h° – odcień (7). Barwę porównano również na podstawie całkowitej różnicy barw według wzoru:

$$\Delta E_x = \sqrt{\Delta(L^*_{1,-} - L^*_{2,-})^2 + \Delta(a^*_{1,-} - a^*_{2,-})^2 + \Delta(b^*_{1,-} - b^*_{2,-})^2},$$

gdzie:

ΔE_x – całkowita różnica barwy,

$L^*_{1,-}$, $a^*_{1,-}$, $b^*_{1,-}$ – wartości parametrów barwy mięśni,

$L^*_{2,-}$, $a^*_{2,-}$, $b^*_{2,-}$ – wartości parametrów barwy produktów.

W próbkach mięśni i produktów oznaczano zawartość wody metodą suszenia (103°C) wg PN-ISO 1442:2000; popiołu metodą spopielenia w piecu mufowym (550°C) według PN-ISO 936:2000 i białka ogólnego ($N \times 6,25$) metodą Kjeldahla przy użyciu aparatu Büchi B-324 według PN-A-04018:1975/Az3:2002. W oparciu o oznaczoną zawartość wody i białka obliczono liczbę Federa ($W : B$, proporcja zawartości wody – W do białka – B) charakteryzującą stopień uwodnienia białek mięśniowych.

Zawartość wybranych składników mineralnych analizowano po uprzedniej mineralizacji próbek mięsa w kwasie HNO_3 (Suprapur-Merck) w systemie mikrofalowym przy użyciu pieca mikrofalowego MarsXpress (CEM Corporation, Matthews, NC, USA). W zmineralizowanych próbkach oznaczono zawartość potasu (K), sodu (Na), magnezu (Mg), cynku (Zn) i żelaza (Fe). Analizę składników mineralnych przeprowadzono metodą atomowej spektroskopii absorpcyjnej z zastosowaniem atomizacji w płomieniu (FAAS; płomień powietrze-acetylen) przy użyciu spektrometru Spectra 240FS (Varian). Podczas analiz uwzględniono limity oznaczalności (LOQ) i wykrywalności (LOD). Limity wykrywalności (mg/kg) wynosiły, odpowiednio: K – 0,04; Na – 0,01; Mg – 0,47; Zn – 0,01 i Fe – 0,09. Dokładność metod oceniono na podstawie certyfikowanych materiałów odniesienia – DORM-3 oraz Standard Reference Material 1577c Bovine Liver. Ilościowego oznaczenia związków mineralnych dokonano na podstawie krzywej wzorcowej, a wyniki wyrażono w mg/kg świeżej masy. Zawartość żelaza hemowego ($\mu g/100$ g mięsa) obliczono mnożąc ilość hematyny (19) przez współczynnik 0,0882 μg żelaza/ μg hematyny (32).

Analizę statystyczną wykonano za pomocą programu Statistica 13 (10), wykorzystując jednoczynnikową analizę wariancji, weryfikując wpływ sposobu dojrzewania na właściwości fizykochemiczne i parametry trwałości przechowalniczej z uwzględnieniem mięśnia szkieletowego. Różnice pomiędzy grupami zweryfikowano za pomocą testu Tukeya na poziomie $P \leq 0,05$ i $P \leq 0,01$. W tabelach podano wartości średnie oraz odchylenie standardowe.

Wyniki i omówienie

Wpływ techniki dojrzewania na pH, aktywność wody (a_w) i potencjał oksydoredukcyjny (E_H) ocenianych mięśni przedstawiono w tabeli 1. Stwierdzono istotne ($P \leq 0,01$) zróżnicowanie w zakresie ocenianych parametrów pomiędzy produktem surowym długo dojrzewającym (DA) a próbą kontrolną z mięsa świeżego i wołowiną dojrzewającą na mokro w opakowaniu próżniowym (VP). W produkcie DA z LL stwierdzono istotnie najniższą wartość pH i a_w oraz najwyższy potencjał redox. Podobne tendencje dla pH i a_w obserwowano w przypadku ST. Natomiast grupy K i VP (z obu mięśni szkieletowych) istotnie różniły się w zakresie E_H , przy czym istotnie najniższą wartość tego parametru oznaczono w mięsie VP. Osiągnięcie pH końcowego w zakresie 5,3-5,8 zapewnia trwałość mięsa oraz przeciwdziała zbyt szybkim procesom gnilnym. Wartość pH jest podstawowym parametrem oceny jakości mięsa, a jego graniczna wartość w przypadku mięsa świeżego wynosi 6,0, natomiast do produkcji wołowiny kulinarnej nadaje się tylko mięso o pH poniżej 5,8 (41). Stwierdzone w prezentowanych badaniach wartości pH dla mięsa wołowego przechowywanego chłodniczo w warunkach próżniowych są zgodne z danymi literaturowymi dla bydła krajowego (17, 29). Z kolei niskie pH produktów DA świadczy o wytworzeniu metabolitów zakwaszających, pocho-

Tab. 1. Wartość pH, aktywności wody i potencjału oksydoredukcyjnego mięsa wołowego w zależności od techniki dojrzewania

Właściwości fizykochemiczne	K	VP	DA
LL			
pH	5,56 ^b ± 0,05	5,57 ^b ± 0,08	5,33 ^a ± 0,04
a_w	0,962 ^b ± 0,007	0,961 ^b ± 0,011	0,895 ^a ± 0,007
E_H (mV)	121,3 ^b ± 22,7	50,3 ^a ± 10,4	180,2 ^c ± 39,4
ST			
pH	5,57 ± 0,04	5,61 ± 0,07	5,51 ± 0,05
a_w	0,963 ^b ± 0,004	0,963 ^b ± 0,010	0,887 ^a ± 0,020
E_H (mV)	119,2 ^b ± 12,6	61,4 ^a ± 12,6	173,7 ^c ± 17,3

Objaśnienia: LL – mięsień *longissimus lumborum*; ST – mięsień *semitendinosus*; K – próbki kontrolne; VP – mięso dojrzewające w opakowaniu próżniowym; DA – mięso dojrzewające na sucho; a_w – aktywność wody; E_H – potencjał oksydoredukcyjny; A, B, C – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P \leq 0,01$

dzących z serwatki kwasowej, tworzących naturalne i korzystne środowisko utrwalające (37). Za ten fakt odpowiedzialne są bakterie kwasu mlekowego i zachodzące pod wpływem fermentacji zmiany w produkcji. Wzrost bakterii mlekowych i ich dominacja w środowisku oraz zdolność do konkurencji z innymi mikroorganizmami o aminokwasy czy związki, które łatwo ulegają fermentacji, jak np. sacharydy, powoduje ograniczenia możliwości rozwoju innych bakterii, w tym sacharolitycznych i patogennych (38). Dodatkowym czynnikiem zwiększającym bezpieczeństwo zdrowotne produktów dojrzewających na sucho jest była istotnie najniższa wartość a_w ograniczająca dostępność wody dla mikroorganizmów (22). Wójciak i wsp. (39) oceniając wpływ dojrzewania produktów z wołowiny dojrzewającej z udziałem serwatki kwasowej i dodatkowo wędzonych na zimno, obserwowali wzrost potencjału oksydoredukcyjnego z 297 do 358 mV. Podobne tendencje stwierdzono również w prezentowanych badaniach, jednak wartość końcowa E_H była dwukrotnie niższa. Najniższy potencjał E_H stwierdzono w mięsie VP, co było związane z warunkami beztlenowymi panującymi w opakowaniu (2).

Wyniki oceny parametrów barwy wg CIE $L^*a^*b^*$ oraz siły cięcia dla mięśnia LL i ST w zależności od techniki dojrzewania przedstawiono w tabeli 2. W porównaniu z grupą K stwierdzono istotny wpływ techniki dojrzewania na parametry barwy produktów VP i DA uzyskanych po 35 dniach dojrzewania. Istotnie najniższe wartości dla jasności (L^*), udziału barwy czerwonej (a^*) i żółtej (b^*) oraz nasycenia (C^*) stwierdzono w grupie produktów DA, zarówno w przypadku LL jak i ST. Ponadto produkty DA z LL charakteryzowały się istotnie największą wartością odcienia (h°) w porównaniu do pozostałych grup mięsa świeżego. Z kolei przeciwną zależność stwierdzono w przypadku mięśnia ST. Istotnie największy udział barwy czerwonej (a^*) i żółtej (b^*) oraz nasycenie (C^*) wykazywało mięso VP. Potwierdzeniem obserwowanych zmian jest wielkość całkowitej różnicy barwy (ΔE) pomiędzy ocenianymi grupami produktów. Największą zmianę stwierdzono pomiędzy produktem DA i mięsem VP (LL $\Delta E = 11,14$, ST $\Delta E = 10,07$), a w mniejszym zakresie mięsem z grupy K (LL $\Delta E = 8,72$, ST $\Delta E = 8,70$). Z kolei całkowita różnica barwy pomiędzy mięsem świeżym z grupy K i VP okazały się najmniejsze, wynosząc dla LL 4,65, zaś dla ST 4,07. Obserwowane największe zmiany parametrów achromatycznych i chromatycznych instrumentalnie ocenionej barwy mięsa w grupie produktów DA były efektem zmian związanych z przemianami barwników mięśniowych (form mioglobiny) i tekstury tkanki mięśniowej pod wpływem działania soli i dehydratacji w trakcie dojrzewania na sucho, jak również procesów oksydacji lipidów (18). Z kolei zmiany parametrów barwy w mięsie VP były typowe, jak wskazują wyniki innych autorów (1, 24, 33). Pakowanie próżniowe sta-

Tab. 2. Parametry barwy wg CIE $L^*a^*b^*$ mięsa wołowego w zależności od techniki dojrzewania

Parametry barwy	K	VP	DA
LL			
L^*	36,01 ^b ± 1,29	35,76 ^b ± 1,54	28,48 ^a ± 1,75
a^*	13,52 ^b ± 0,90	16,87 ^c ± 1,82	10,28 ^a ± 1,33
b^*	11,95 ^b ± 1,16	14,28 ^c ± 1,46	10,06 ^a ± 0,88
C^*	18,05 ^b ± 1,66	22,11 ^c ± 2,29	14,41 ^a ± 1,34
h°	41,3 ^a ± 2,21	40,3 ^a ± 1,31	44,5 ^b ± 1,81
ΔE K:VP, DA		4,65 ^a ± 1,75	8,72 ^b ± 2,13
ΔE VP:DA		11,14 ± 1,46	
ST			
L^*	38,14 ^b ± 2,08	38,50 ^b ± 1,52	30,06 ^a ± 1,84
a^*	13,73 ^a ± 1,56	16,47 ^b ± 1,15	13,14 ^a ± 1,87
b^*	14,04 ^b ± 0,82	15,92 ^c ± 0,63	12,11 ^a ± 1,45
C^*	19,66 ^a ± 1,45	22,92 ^b ± 0,94	17,87 ^a ± 1,84
h°	45,7 ^b ± 2,92	44,1 ^b ± 2,28	42,8 ^a ± 0,97
ΔE K:VP, DA		4,07 ^a ± 1,73	8,70 ^b ± 2,74
ΔE VP:DA		10,07 ± 2,35	

Objaśnienia: LL – mięsień *longissimus lumborum*; ST – mięsień *semitendinosus*; K – próbki kontrolne; VP – mięso dojrzewające w opakowaniu próżniowym; DA – mięso dojrzewające na sucho; a, b, c – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$; A, B, C – przy $P \leq 0,01$

bilizują mioglobinę dzięki tworzeniu i utrzymywaniu jej form redox (2).

Stwierdzono jednakowe zależności dotyczące zmiany zawartości podstawowych składników chemicznych (tj. wody i białka) dla obu mięśni w zależności od techniki dojrzewania (tab. 3). Istotnie najmniejszy udział wody, zaś największy białka i popiołu stwierdzono w produkcie DA. W konsekwencji produkt ten charakteryzował się najmniejszym stopniem uwodnienia białek mięśniowych. Oczywiście, obserwowane zamiany wynikały z warunków dojrzewania na sucho. Zawartość składników chemicznych w mięsie świeżym (K i VP) była natomiast porównywalna, jakkolwiek istotnie wyższy udział popiołu w LL i ST stwierdzono po okresie dojrzewania próżniowego, jako konsekwencję istotnie wyższej zawartości białka. Stwierdzono ponadto istotne różnice w zawartości pierwiastków (z wyjątkiem Mg) w ocenianych grupach produktów, przy czym ich koncentracja w mięsie świeżym (K i VP) była zbliżona, jako efekt wykorzystania w procesie technologicznym soli morskiej, bogatej w makro- i mikroelementy. Jej zastosowanie jest również korzystne z żywieniowego punktu widzenia, z uwagi na nadmierną podaż NaCl w diecie. Istotnie największa (ponad trzykrotnie w porównaniu z mięsem świeżym K i VP) zawartość Na w produktach DA związana była z zastosowaniem soli w procesie technologicznym, jakkolwiek przeliczając zawartość sodu na udział soli kuchennej można oszacować, że jej ilość nie przekra-

Tab. 3. Udział wody, białka i popiołu oraz zawartość składników mineralnych w mięsie wołowym w zależności od techniki dojrzewania

Składniki chemiczne	K	VP	DA
LL			
Woda (%)	74,22 ^b ± 0,62	74,18 ^b ± 1,81	40,13 ^a ± 4,99
Białko (%)	21,67 ^a ± 0,58	22,82 ^a ± 0,72	38,57 ^b ± 0,45
Woda: białko	3,45 ^b ± 0,08	3,23 ^b ± 0,11	1,05 ^a ± 0,07
Popiół (%)	1,11 ^a ± 0,05	1,81 ^b ± 0,31	5,48 ^c ± 0,13
Na (mg/kg)	488 ^a ± 35,4	520 ^a ± 23,9	17037 ^b ± 323,5
K (mg/kg)	3907 ^a ± 152,6	4165 ^{ab} ± 167,0	4651 ^b ± 254,3
Mg (mg/kg)	220 ± 21,5	238 ± 18,7	278 ± 29,3
Zn (mg/kg)	37 ^a ± 7,6	39 ^a ± 8,2	62 ^b ± 11,0
Fe (mg/kg)	21 ^a ± 2,1	20 ^a ± 1,4	31 ^b ± 2,0
Fe hemowe (mg/100 g)	1,5 ^a ± 0,11	1,6 ^a ± 0,08	2,1 ^b ± 0,15
ST			
Woda (%)	75,00 ^b ± 1,10	74,76 ^b ± 1,40	44,07 ^a ± 1,08
Białko (%)	22,31 ^a ± 0,71	23,49 ^a ± 0,81	39,15 ^b ± 1,27
Woda: białko	3,38 ^b ± 0,06	3,21 ^b ± 0,09	1,12 ^a ± 0,05
Popiół (%)	1,13 ^a ± 0,08	2,35 ^b ± 0,18	5,83 ^c ± 0,39
Na (mg/kg)	502 ^a ± 40,5	538 ^a ± 80,2	15832 ^b ± 223,5
K (mg/kg)	4268 ^a ± 189,6	4505 ^{ab} ± 242,1	4862 ^b ± 187,3
Mg (mg/kg)	273 ± 18,3	258 ± 21,6	280 ± 19,3
Zn (mg/kg)	34 ^a ± 5,4	39 ^a ± 3,1	93 ^b ± 11,0
Fe (mg/kg)	19 ^a ± 1,8	21 ^a ± 4,3	36 ^b ± 2,5
Fe hemowe (mg/100 g)	1,3 ^a ± 0,16	1,3 ^a ± 0,09	1,9 ^b ± 0,28

Objaśnienia: jak w tab. 2

czała w gotowych produktach 4,25%. Należy również podkreślić fakt istotnie wyższej zawartości Zn i Fe (ogółem i hemowego) w produktach DA. Wyższa zawartość Fe hemowego w produktach DA mogła być związana z obecnością związków chelatujących, występujących w dużych ilościach w serwatce kwasowej (np. laktoferyna) (4, 30).

Dodatek serwatki kwasowej (oraz soli morskiej) wpływa korzystnie na trwałość przechowalniczą surowej wołowiny, stabilizując środowisko dojrzewania poprzez zwiększenie kwasowości oraz obniżenie zawartości i aktywności wody. Pakowanie próżniowe z kolei wpływa stabilizująco na barwę świeżego mięsa, utrzymując początkową jasność i zwiększając nasycenie chromatyczne. Uzyskane wyniki wskazują, że mięso wołowe pozyskane z rasy białogrzbieta może zostać z powodzeniem wykorzystane zarówno do produkcji wołowiny kulinarnej dojrzewającej na mokro w opakowaniu próżniowym lub do produkcji wołowiny surowej długo dojrzewającej. O kierunku wykorzystania zdecydować będzie aktualne zapotrzebowanie rynku i preferencje konsumenckie. Jakkolwiek istnieje uzasadniona potrzeba kontynuacji szerszych badań z tego zakresu uwzględniających zarówno inne rasy rodzime jak i alternatywne metody pakowania.

Piśmiennictwo

1. Abril M., Campo M. M., Sanudo C., Alberti P., Negueruela A. I.: Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Sci.* 2001, 58, 69-78.
2. Allen K., Cornforth D.: Comparison of spice-derived antioxidants and metal chelators on fresh beef color stability. *Meat Sci.* 2010, 85, 613-619.
3. Baird B.: Dry aging enhances palatability of beef. *Beef Safety/Quality Issues Update*, 2008, 27-28.
4. Brodziak A., Król J., Litwińczuk Z.: Whey protein content and fatty acids profile in milk of cows used in intensive and conventional production systems with regard to stage of lactation. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 2015, 39, 745-750.
5. Campbell R. E., Hunt M. C., Levis P., Chambers E.: Dry-aging effects on palatability of beef longissimus muscle. *J. Food Sci.* 2001, 66, 196-199.
6. Cheng J. H.: Lipid Oxidation in Meat. *J. Nutr. Food Sci.* 2016, 6, 494.
7. CIE, Commission International de l'Eclairage: Colorimetry. 3rd ed. Commission International de l'Eclairage. Vienne, Austria 2004, p. 16-20.
8. Costa P., Roseiro L. C., Bessa R. J. B., Padilha M., Partidário A., Marques de Almeida J., Calkins C. R., Santos C.: Muscle fiber and fatty acid profiles of Mertolenga-PDO meat. *Meat Sci.* 2008, 78, 502-510.
9. DeGeer S. L., Hunt M. C., Bratcher L. C., Crozier-Dodson B. A., Johnson D. E., Stika J. F.: Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times. *Meat Sci.* 2009, 83, 768-774.
10. Dell Inc., 2016. Dell Statistica (data analysis software system), version 13. software.dell.com.
11. Domaradzki P., Florek M., Staszowska A., Litwińczuk Z.: Evaluation of the Mineral Concentration in Beef from Polish Native Cattle. *Biol. Trace Elem. Res.* 2016, 169, 328-332.
12. Domaradzki P., Litwińczuk Z., Litwińczuk A., Florek M.: Zmiany tekstury i właściwości sensorycznych wybranych mięśni szkieletowych różnych kategorii bydła rzeźnego w okresie 12-dniowego dojrzewania próżniowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2016, 4, 37-52.
13. Domaradzki P., Litwińczuk Z., Litwińczuk A., Florek M.: Zmiany właściwości fizykochemicznych i sensorycznych mięsa wołowego w zależności od warunków jego dojrzewania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2016, 3, 35-53.
14. Domaradzki P., Skalecki P., Florek M., Litwińczuk A.: Wpływ przechowywania zamrażalniczego na właściwości fizykochemiczne mięsa wołowego pakowanego próżniowo. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2011, 4, 117-126.
15. Florek M., Domaradzki P., Litwińczuk Z.: Teorie dotyczące naturalnych procesów kruszenia mięsa po uboju. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2016, 2, 34-48.
16. Florek M., Junkuszew A., Skalecki P., Domaradzki P., Bojar W., Litwińczuk Z., Gruszecki T. M.: Porównanie wartości rzeźnej tusz i jakości żywieniowej mięsa jagniąt i cieląt rzeźnych. *J. Anim. Sci. Biol. Bioecon.* 2017, XXXV, 4, 7-15.
17. Florek M., Litwińczuk A., Skalecki P., Ryszkowska-Siwko M.: The changes of physicochemical properties of bullocks and heifers meat during 14 days of ageing under vacuum. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 2007, 57, 281-288.
18. Gök V., Obuz E., Akkaya L.: Effects of packaging method and storage time on the chemical, microbiological, and sensory properties of Turkish pastirma – a dry cured beef product. *Meat Sci.* 2008, 80, 335-344.
19. Hornsey H. C.: The colour of cooked cured pork I. Estimation of the nitroxi-dehaem pigments. *J. Sci. Food Agric.* 1956, 7, 534-540.
20. Indurain G., Beriain M. J., Sarries M. V., Insausti K.: Effect of weight at slaughter and breed on beef intramuscular lipid classes and fatty acid profile. *Animal* 2010, 41771-41780.
21. Iwanowska A., Pospiech E., Lyczynski A., Rosochacki S., Grześ B., Mikołajczak B., Iwańska E., Rzościńska E., Czyżak-Runowska G.: Evaluation of variations in principal indices of the culinary meat quality obtained from young bulls of various breeds. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 2010, 9, 133-149.
22. Kaban G.: Sucuk and pastirma: Microbiological changes and formation. *Meat Sci.* 2013, 95, 912-918.
23. Khan M. I., Jung S., Nam K. C., Jo C.: Postmortem Aging of Beef with a Special Reference to the Dry Aging. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 2016, 36, 159-169.

24. Kim Y. H., Hunt M. C., Mancini R. A., Seyfert M., Loughin T. M., Kropf D. H., Smith J. S.: Mechanism of lactate-color stabilization in injection-enhanced beef. *J. Agric. Food Chem.* 2006, 54, 7856-7862.
25. Kondjoyan A., Kohler A., Realini C. E., Portanguen S., Kowalski R., Clerjon S., Gatellier P., Chevolleau S., Bonny J., Debrauwer L.: Towards models for the prediction of beef meat quality during cooking. *Meat Sci.* 2014, 97, 323-331.
26. Laster M. A., Smith R. D., Nicholson K. L., Nicholson J. D. W., Miller R. K., Griffin D. B., Harris K. B., Savell J. W.: Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups. *Meat Sci.* 2008, 80, 795-804.
27. Lee B. J., Hendricks D. G., Cornforth D. P.: Antioxidant effects of carnosine and phytic acid in a model beef system. *J. Food Sci.* 1998, 63, 394-398.
28. Litwińczuk Z., Domaradzki P., Florek M., Żółkiewski P.: Chemical composition, fatty acid profile, including health indices of intramuscular fat, and technological suitability of the meat of young bulls of three breeds included in a genetic resources conservation programme, fattened in a low-input system. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2016, 34, 387-397.
29. Litwińczuk Z., Florek M., Domaradzki P., Żółkiewski P.: Właściwości fizykochemiczne mięsa buhajków trzech rodzimych ras – polskiej czerwonej, białogrzbiekiej i polskiej czarno-białej oraz simentalskiej i polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2014, 5, 53-62.
30. Litwińczuk Z., Król J., Brodziak A., Barłowska J.: Changes of protein content and its fractions in bovine milk from different breeds subject to somatic cell count. *J. Dairy Sci.* 2011, 94, 684-691.
31. Mancini R. A., Hunt M. C.: Current research in meat color. *Meat Sci.* 2005, 71, 100-121.
32. MERCK Index: An encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals. 11 ed. Merck and Company. Rahway, N.J. 1989, 1605.
33. Oliete S., Carballo J. A., Vareal A., Moreno T., Monserrat L., Sanchez L.: Effect of weaning status and storage time under vacuum upon physical characteristics of meat of the RubiaGallega breed. *Meat Sci.* 2006, 73, 102-108.
34. Patach Z.: Aktywność wody ważny parametr trwałości żywności. *Jakość Żywności* 2008, 4, 22-26.
35. Pearce K. L., Rosenfold K., Andersen H. J., Hopkins D. L.: Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes. *Meat Sci.* 2011, 89, 11-124.
36. Smith R. D., Nicholson K. L., Nicholson J. D. W., Harris K. B., Miller R. K., Griffin D. B., Savell J. W.: Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. *Meat Sci.* 2008, 79, 631-639.
37. Wójciak K. M., Dolatowski Z. J.: Shelf life of organic roast pork enriched with acid whey-plant extracts combination. *J. Food Quality* 2016, 39, 171-180.
38. Wójciak K. M., Karwowska M., Dolatowski Z. J.: Use of acid whey and mustard seed to replace nitrites during cooked sausage production. *Meat Sci.* 2014, 96, 750-756.
39. Wójciak K. M., Krajmas P., Solska E., Dolatowski Z. J.: Application of acid whey and set milk to marinate beef with reference to quality parameters and product safety. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 2015, 14, 293-302.
40. Wu G.: Amino acids: Metabolism, functions and nutrition. *Amino Acids* 2009, 37, 1-17.
41. Yancey E. J., Dikeman M. E., Hachmeister K. A., Chambers IV E. C., Milliken G. A.: Flavor characterization of top blade, top sirloin, and tenderloin steaks as affected by pH, maturity, and marbling. *J. Anim. Sci.* 2005, 83, 2618-2623.

Adres autora: prof. dr hab. inż. Mariusz Florek, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin; e-mail: mariusz.florek@up.lublin.pl