

## Zmiany barwy i właściwości sensorycznych mięsa wołowego zamrażanego po 7 dniach dojrzewania w modyfikowanej atmosferze

Katarzyna Śmiecińska<sup>#</sup>, Dorota Kubiak,  
Tomasz Daszkiewicz, Paulina Osowiec

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Bioinżynierii Zwierząt,  
Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych,  
ul. Oczapowskiego 5, 10-719 Olsztyn; <sup>#</sup>e-mail: katarzyna.smiecinska@uwm.edu.pl

Celem podjętych badań była ocena barwy, właściwości sensorycznych i siły cięcia mięsa pozyskanego z 10 buhajków mieszańców rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej (phf cb) z rasą belgijską bialo-błękitną (bbb). Pobrane próbki mięśni *longissimus lumborum* (LL) podzielono na części o zbliżonej masie, z których wydzielono 4 grupy doświadczalne, zróżnicowane pod względem warunków przechowywania. Analizowano wpływ na jakość mięśnia LL procesu 7-dniowego dojrzewania w różnych warunkach modyfikowanej atmosfery (grupa B – próżnia; grupa C – 40% CO<sub>2</sub> + 60% N<sub>2</sub>; grupa D – 30% CO<sub>2</sub> + 70% Ar) oraz przechowywania zamrażalniczego mięsa zamrażanego po 7-dniowym dojrzewaniu w różnych warunkach modyfikowanej atmosfery (MA). Proces 7-dniowego dojrzewania w MA o składzie 40% CO<sub>2</sub> + 60% N<sub>2</sub> istotnie wpłynął na rozjaśnienie barwy próbek mięsa. Ośmiomiesięczne zamrażalnicze przechowywanie spowodowało rozjaśnienie barwy próbek dojrzewających w atmosferze o składzie 30% CO<sub>2</sub> + 70% Ar. Próbki mięsa poddane procesowi dojrzewania w różnych warunkach MA charakteryzowały się większym udziałem barwy czerwonej (a\*) i żółtej (b\*), w porównaniu do próbek niepoddanych temu procesowi. Mięso zamrażane po procesie dojrzewania w atmosferze z udziałem Ar miało mniejszy udział barwy czerwonej w porównaniu z mięsem pozostałych grup. Po zamrażalniczym przechowywaniu w mięsie wszystkich analizowanych grup stwierdzono zmniejszenie udziału barwy czerwonej i żółtej. Proces dojrzewania oraz zamrażalniczego przechowywania nie miały wpływu na soczystość mięsa. Natomiast najlepszą kruchością, zarówno przed, jak i po zamrażalniczym przechowywaniu, charakteryzowało się mięso, które dojrzewało w warunkach próżni. Nie stwierdzono istotnego wpływu dojrzewania na wartość siły cięcia próbek ocenianych przed mrożeniem. Próbki mięsa dojrzewające w MA o składzie 30% CO<sub>2</sub> + 70% Ar oceniane po zamrażalniczym przechowywaniu charakteryzowały się mniejszą średnią wartością siły cięcia w porównaniu z mięsem mrożonym nie poddawanym temu procesowi.

**SŁOWA KLUCZOWE:** wołowina / jakość mięsa / dojrzewanie / zamrażalnicze przechowywanie / modyfikowana atmosfera

Roczne spożycie mięsa wołowego w Polsce, pomimo jego walorów smakowo-zapachowych oraz wielu właściwości prozdrowotnych, wynosi niecałe 1,5 kg na jednego mieszkańca [12]. Zwiększenie konsumpcji wołowiny w przyszłości zależy będzie między innymi od poprawy jakości sensorycznej tego mięsa, a zwłaszcza jego tekstury [11, 14]. Zdaniem konsumentów, podstawowymi barierami dla wzrostu konsumpcji wołowiny jest jej wysoka cena oraz brak pewności, że zakupiony produkt będzie cechował się odpowiednią jakością. Ważnym czynnikiem kształtującym zachowania konsumentów na polskim rynku mięsa jest także różnica cen mięsa pozyskiwanego od różnych gatunków zwierząt rzeźnych.

Wyprodukowanie dobrej jakości wołowiny wymaga poznania i zrozumienia czynników determinujących jakość poszczególnych mięśni szkieletowych tuszy bydłowej, gdyż ma to duże znaczenie podczas doboru optymalnych warunków oraz czasu dojrzewania mięsa [10]. Proces dojrzewania stanowi ważny element przy pozyskiwaniu wołowiny kulinarnej. Wywiera on znaczący wpływ na poprawę cech jakościowych, decydujących o przydatności konsumpcyjnej, takich jak kruchość i smakowitość, oraz technologicznej mięsa wołowego. Ostateczną jakość mięsa warunkuje również sposób pakowania [1, 27]. Nieprawidłowo dobrane warunki przechowywania i techniki pakowania mięsa mogą spowodować niepożądane zmiany w mięsie, prowadzące do obniżenia jego wskaźników jakościowych [5].

Zastosowanie odpowiedniej metody utrwalania mięsa jest koniecznością, gdyż jest to surowiec, który łatwo ulega zepsuciu. Podatność mięsa na psucie wynika z jego składu chemicznego, głównie dużej zawartości wody, białek, węglowodanów i tłuszczu, który łatwo ulega utlenianiu. Efektem tego są między innymi zmiany właściwości sensorycznych. Charakter tych zmian uzależniony jest przede wszystkim od surowca oraz zastosowanej technologii przetwarzania i utrwalania.

Proces zamrażalniczego przechowywania jest niezastąpiony przy zagospodarowywaniu surowca mięsnego w okresie nadwyżek jego podaży na rynku oraz odgrywa ważną rolę w światowym eksporcie mięsa. Do najważniejszych czynników determinujących jakość mrożonego mięsa należą: jakość surowca, parametry zamrażania (w tym przede wszystkim szybkość zamrażania), przechowywania i rozmrażania. Oznacza to, że jakość mrożonego mięsa zależy zarówno od zmian pierwotnych, jak i wtórnych, występujących na poszczególnych etapach obróbki zamrażalniczej i przechowalniczej [15]. Zepsucie lub pogorszenie jakości mrożonego mięsa może być wynikiem współdziałania kilku czynników, np. sposobu obróbki poubojowej, stopnia zakażenia mikrobiologicznego, aktywności enzymów tkankowych i bakteryjnych oraz czasu, temperatury i sposobu przechowywania.

Celem podjętych badań była ocena barwy, właściwości sensorycznych i siły cięcia mięsa buhajków mieszańców rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej (phf cb) z rasą belgijską biało-błękitną (bbb). Analizowano wpływ na jakość mięśnia *longissimus lumborum* (LL) procesu 7-dniowego dojrzewania w różnych warunkach modyfikowanej atmosfery (grupa B – próżnia; grupa C – 40% CO<sub>2</sub> + 60% N<sub>2</sub>; grupa D – 30% CO<sub>2</sub> + 70% Ar) oraz przechowywania zamrażalniczego mięsa zamrażanego po 7-dniowym dojrzewaniu w różnych warunkach modyfikowanej atmosfery (MA).

## Material i metody

Materiał doświadczalny stanowiły tusze 10 buhajków mieszańców  $F_1$  uzyskanych w wyniku krzyżowania towarowego rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej (phf cb) z rasą belgijską biało-błękitną (bbb). Buhajki mieszańce pochodziły z jednego gospodarstwa, w którym utrzymywane były w systemie alkierzowym. Żywnienie oparte było na paszach gospodarskich. W sezonie jesienno-zimowym wykorzystywano siano (do woli), kiszonkę z kukurydzy oraz śrutę z mieszanki zbożowej (ok. 2 kg). W sezonie letnim stosowano zielonkę (do woli), śrutę zbożową oraz siano.

Buhajki poddano ubojowi w wieku około 23 miesięcy. Transport do zakładów mięsnych odbywał się na odległość około 90 km. Średnia masa buhajków po transporcie wynosiła  $762 \pm 47$  kg. W magazynie żywca przetrzymywano je przed ubojem przez około 18 h, w indywidualnych kojcach. Średnia masa tuszy ciepłej wynosiła  $447 \pm 42$  kg. Po zważeniu tusze schładzano w temperaturze  $2^\circ\text{C}$  ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) przez 48 h. Po wychłodzeniu tusz, w celu wykluczenia mięsa wadliwego, mierzono wartość  $\text{pH}_{48}$  mięśnia LL między 1. a 2. kręgiem lędźwiowym. W trakcie podziału tusz na elementy zasadnicze pobierano odcinki lędźwiowe *musculus longissimus dorsi* (LD) między ostatnim i przedostatnim kręgiem piersiowym a ostatnim kręgiem lędźwiowym – *longissimus lumborum* (LL), które po zważeniu pakowano próżniowo i przewożono w izotermicznych pojemnikach do laboratorium. Następnie pobrane mięśnie podzielono na części o zbliżonej masie (ok. 1500 g), z których wydzielono 4 grupy (A, B, C, D):

- część próbek z grupy A poddano badaniom laboratoryjnym bezpośrednio po ich pozyskaniu (tj. po około 54 h od uboju), a pozostałą część zapakowano próżniowo i zamrożono;
- próbki z grupy B zapakowano próżniowo;
- próbki z grupy C zapakowano w modyfikowanej atmosferze (MA) o składzie mieszanki gazowej:  $40\% \text{CO}_2 + 60\% \text{N}_2$ ;
- próbki z grupy D zapakowano w modyfikowanej atmosferze (MA) o składzie mieszanki gazowej:  $30\% \text{CO}_2 + 70\% \text{Ar}$ .

Próbki z grup B, C i D po upływie 7-dniowego dojrzewania w warunkach chłodniczych w temperaturze  $2^\circ\text{C}$  ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) wypakowano; część próbek wykorzystano do przeprowadzenia założonych analiz, a pozostałą część zapakowano próżniowo i zamrożono w powietrzu, w temperaturze  $-26^\circ\text{C}$ , stosując zamrażanie szybkie (5-20 cm/h), a następnie przechowywano w tej samej temperaturze przez 8 miesięcy. Po założonym okresie zamrażalniczego przechowywania próbki rozmrażano w powietrzu, w temperaturze  $2^\circ\text{C}$  ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) do chwili uzyskania w centrum geometrycznym próbek temperatury około  $4^\circ\text{C}$ . Po rozmrożeniu próbki kierowano do badań, w celu określenia ich parametrów jakościowych. Barwę mięsa scharakteryzowano na podstawie wartości parametrów  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  i  $h^\circ$  w układzie CIELAB [4]. Ocenę właściwości sensorycznych przeprowadzono na próbkach bez tłuszczu oraz zewnętrznych błon łącznotkankowych [16]. Zastosowano obróbkę termiczną polegającą na ogrzewaniu mięsa w 0,6% roztworze NaCl w temperaturze  $96^\circ\text{C}$  do momentu uzyskania wewnątrz próbek temperatury  $80^\circ\text{C}$ . W ocenie sensorycznej próbek mięsa, przeprowadzonej przez 5-osobowy zespół o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej, zastosowano 5-punktową skalę ocen (5 pkt. – ocena najwyższa, 1 pkt – ocena naj-

niższa). Siłę cięcia mięsa mierzono po obróbce termicznej, w komorze Warner-Bratzlera aparatu INSTRON 5542 wyposażonego w głowicę pomiarową 500 N. Próbki mięsa poddawano obróbce termicznej w środowisku wodnym w temperaturze 75°C przez 50 minut, a następnie wychładzano w łaźni wodnej przez około 40 minut w stałej temperaturze 1-5°C. Po wychłodzeniu i osuszeniu próbki przechowywano w folii aluminiowej w temperaturze 4°C przez 24 h. Po tym czasie z próbek wycinano cylindry (5 szt.) o średnicy 1,27 cm i wysokości 2 cm. W trakcie pomiaru rejestrowano maksymalną siłę niezbędną do przecięcia każdego z nich w poprzek włókien mięśniowych.

Uzyskane wyniki badań opracowano statystycznie w programie komputerowym STATISTICA, wersja 12.0 [33]. Przedstawione w tabelach wyniki uwzględniają średnie arytmetyczne ( $\bar{x}$ ) i błąd standardowy średniej (SEM) dla poszczególnych cech. W celu określenia zróżnicowania jakości mięśni LL buhajków mieszańców (phf cb x bbb), ocenianych przed zamrożeniem i po zamrażalniczym przechowywaniu, wykorzystano test t-Studenta. W celu oszacowania wpływu na jakość mięśni LL procesu 7-dniowego dojrzewania w różnych warunkach MA przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji. Statystyczną istotność różnic między średnimi grup ustalono przy zastosowaniu wielokrotnego testu rozstępu Duncana.

### Wyniki i dyskusja

Barwa jest jedną z najważniejszych cech sensorycznych wołowiny, ocenianych przez konsumenta przed smakowitością i kruchością. Potencjalny nabywca dzięki wizualnej ocenie może wstępnie określić jakość oraz świeżość mięsa i dokonać zakupu [3].

Mięso pakowane w modyfikowanej atmosferze (MA) o składzie 40% CO<sub>2</sub> + 60 % N<sub>2</sub>, oceniane po procesie 7-dniowego dojrzewania (grupa C), charakteryzowało się jaśniejszą barwą (P<0,05) w porównaniu z próbkami mięsa pozostałych grup (tab. 1). Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania (P>0,05) jasności barwy ( $L^*$ ) próbek ocenianych po zamrażalniczym przechowywaniu. Mięso dojrzewające w MA o składzie 30% CO<sub>2</sub> + 70% Ar (grupa D), oceniane po zamrażalniczym przechowywaniu charakteryzowało się jaśniejszą barwą (P<0,05) niż przed mrożeniem.

Mniejszy udział (P<0,01) barwy czerwonej ( $a^*$ ) miały próbki mięsa niepoddane procesowi dojrzewania (grupa A) w porównaniu z przechowywanymi w różnych warunkach MA (tab. 1). Oceniane po mrożeniu próbki z grup A, B, C miały większy (P<0,05) udział barwy czerwonej w porównaniu z próbkami mięsa dojrzewającego w MA o składzie 30% CO<sub>2</sub> + 70% Ar (grupa D). W próbkach mięsa wszystkich analizowanych grup (A, B, C, D) ocenianych przed mrożeniem, stwierdzono większą (P<0,01) średnią wartość parametru  $a^*$ , w stosunku do próbek ocenianych po zamrażalniczym przechowywaniu.

Mięso nie poddane dojrzewaniu przed zamrażaniem (grupa A) charakteryzowało się mniejszym (P<0,01) udziałem barwy żółtej ( $b^*$ ), w porównaniu z próbkami mięsa pozostałych grup (B, C, D) – tabela 1. Natomiast w próbkach mięsa dojrzewających przez 7 dni w próżni (grupa B), ocenianych po zamrażalniczym przechowywaniu, stwierdzono większy (P<0,05) udział barwy żółtej ( $b^*$ ), niż w próbkach mrożonych, dojrzewających w atmosferze o składzie 30% CO<sub>2</sub> + 70% Ar (grupa D). Zamrażalnicze przechowywanie

wpłynęło ( $P \leq 0,01$ ) na zmniejszenie udziału barwy żółtej ( $b^*$ ) w mięsie wszystkich analizowanych grup.

W świeżym mięsie (grupa A) średnia wartość wskaźnika nasycenia barwy ( $C^*$ ) była mniejsza ( $P \leq 0,01$ ), w porównaniu ze średnimi wartościami tego parametru w próbkach dojrzewających w różnych warunkach, ocenianych przed zamrażaniem (grupy B, C, D) – tabela 1. Ocena próbek po zamrażalniczym przechowywaniu wskazała, że próbki z grupy D (dojrzewanie w MA o składzie 30%  $\text{CO}_2$  + 70% Ar) cechowały się mniejszym ( $P \leq 0,05$ ) nasyceniem barwy w porównaniu z próbkami z grupy B oraz C. Zamrażalnicze przechowywanie wpłynęło ( $P \leq 0,01$ ) na nasycenie barwy próbek we wszystkich ocenianych grupach. Wartość parametru  $C^*$  ocenianego w próbkach przed zamrażalniczym przechowywaniem była większa w porównaniu z próbkami przechowywanymi w stanie zamrożenia.

Przeprowadzona analiza wariancji dotycząca odcienia (tonu) barwy ( $h^\circ$ ) nie wykazała zróżnicowania ( $P > 0,05$ ) wartości tego parametru pomiędzy ocenianymi grupami przed ich zamrażalniczym przechowywaniem, tj. po procesie dojrzewania (tab. 1). próbki z grupy A oceniane po mrożeniu charakteryzowały się mniejszą ( $P \leq 0,05$ ) wartością  $h^\circ$  w stosunku do próbek mrożonych (grupa D) dojrzewających w MA o składzie 30%  $\text{CO}_2$  + 70% Ar. Ponadto średnia wartość parametru  $h^\circ$  próbek z grupy A przed mrożeniem była większa ( $P \leq 0,01$ ) w porównaniu z jego wartością po zamrażalniczym przechowywaniu. W pozostałych grupach nie stwierdzono ( $P > 0,05$ ) wpływu zamrażalniczego przechowywania na zróżnicowanie wartości parametru  $h^\circ$ .

Podczas przechowywania mięsa zmienia się zarówno jego barwa powierzchniowa, jak i podpowierzchniowa. Stąd też czas przechowywania mięsa powinien być dostosowany do rodzaju mięsa i mięśnia, temperatury przechowywania oraz rodzaju i sposobu pakowania mięsa, ponieważ czynniki te w dużej mierze warunkują zakres zmian barwy mięsa [34]. Stabilizacja pożądanej barwy mięsa jest możliwa dzięki optymalizacji parametrów przechowywania surowca mięsnego [18]. Badania własne obrazują dynamiczne zmiany wartości parametrów  $a^*$  i  $b^*$  w czasie dojrzewania mięsa w temperaturze chłodniczej w różnych warunkach MA, jak również w czasie jego zamrażalniczego przechowywania (tab. 1). Domaradzki i wsp. [7], w badaniach dotyczących wpływu zamrażanego przechowywania na właściwości fizykochemiczne mięsa wołowego pakowanego próżniowo, wykazali istotny wpływ procesu mrożenia na barwę mięsa. W cytowanych badaniach stwierdzono zmniejszenie jasności (parametr  $L^*$ ) oraz wzrost udziału barwy czerwonej ( $a^*$ ) w próbkach mięsa ocenianych po zamrażalniczym przechowywaniu, w stosunku do średnich wartości tych parametrów ocenianych przed mrożeniem. Czynnikiem decydującym o barwie mięsa są przede wszystkim barwniki mięśniowe – ich ilość, skład oraz przemiany, jakim podlegają. Stwierdzone w badaniach własnych zmiany barwy mięsa były naturalną konsekwencją tych przemian. Przemiany chemiczne podstawowego barwnika mięsa – mioglobiny, w największym stopniu determinują zmiany barwy mięsa w czasie przechowywania i dojrzewania [18, 20]. Na poziom mioglobiny w mięśniach szkieletowych bydła mają wpływ rasa i wiek zwierząt oraz rodzaj mięśnia, co pozostaje w związku z ich aktywnością fizyczną w okresie przyżyciowym [16, 21]. Źródłem zróżnicowania barwy mięsa mogą być różnice w proporcjach między poszczególnymi typami włókien mięśniowych u poszczególnych ras, bądź genotypów bydła [9, 28]. Mioglobina w warunkach podwyższonego ciśnienia cząsteczkowego tlenu przekształca się do jasnoczerwonej

**Tabela 1 – Table 1**  
 Wartości parametrów barwy mięsa (średnia arytmetyczna  $\pm$ SEM)  
 Values of meat colour parameters (arithmetic average  $\pm$ SEM)

Wyszczególnienie Parameter	Czas przeprowadzania analiz laboratoryjnych Time of laboratory analyses	Sposób postępowania z mięsem – Method of beef processing			
		A bez dojrzewania non-aged beef	B 7 dni dojrzewania w próżni beef aged for 7 days in vacuum packages	C 7 dni dojrzewania w MA o składzie 40% CO <sub>2</sub> + 60% N <sub>2</sub> beef aged for 7 days in MA composed of 40% CO <sub>2</sub> + 60% N <sub>2</sub>	D 7 dni dojrzewania w MA o składzie 30% CO <sub>2</sub> + 70% Ar beef aged for 7 days in MA composed of 30% CO <sub>2</sub> + 70% Ar
<i>L</i> * jasność lightness	przed zamrożeniem before freezing	35,36 <sup>ax</sup> $\pm$ 1,08	35,22 <sup>ax</sup> $\pm$ 1,06	38,10 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,82	35,12 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,66
	po zamrażalniczym przechowywaniu after frozen storage	36,59 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,89	37,60 <sup>ax</sup> $\pm$ 1,21	38,33 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,93	39,14 <sup>xy</sup> $\pm$ 0,96
<i>a</i> * czerwoność redness	przed zamrożeniem before freezing	19,26 <sup>bx</sup> $\pm$ 0,74	24,97 <sup>ax</sup> $\pm$ 1,02	24,10 <sup>ax</sup> $\pm$ 1,01	24,74 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,92
	po zamrażalniczym przechowywaniu after frozen storage	13,29 <sup>xy</sup> $\pm$ 0,50	13,19 <sup>xy</sup> $\pm$ 0,61	13,44 <sup>xy</sup> $\pm$ 0,70	11,48 <sup>xy</sup> $\pm$ 0,54
<i>b</i> * żółtość yellowness	przed zamrożeniem before freezing	20,99 <sup>bx</sup> $\pm$ 1,03	24,83 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,69	24,70 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,67	24,56 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,57
	po zamrażalniczym przechowywaniu after frozen storage	11,83 <sup>by</sup> $\pm$ 0,32	12,76 <sup>xy</sup> $\pm$ 0,38	12,69 <sup>xy</sup> $\pm$ 0,42	11,67 <sup>by</sup> $\pm$ 0,18
<i>C</i> * nasylenie chroma	przed zamrożeniem before freezing	28,73 <sup>bx</sup> $\pm$ 1,04	34,79 <sup>ax</sup> $\pm$ 1,23	34,53 <sup>ax</sup> $\pm$ 1,15	34,85 <sup>ax</sup> $\pm$ 1,03
	po zamrażalniczym przechowywaniu after frozen storage	17,83 <sup>by</sup> $\pm$ 0,49	18,40 <sup>xy</sup> $\pm$ 0,57	18,52 <sup>xy</sup> $\pm$ 0,72	16,41 <sup>by</sup> $\pm$ 0,45
<i>h</i> <sup>o</sup> ton hue	przed zamrożeniem before freezing	46,82 <sup>ax</sup> $\pm$ 1,02	44,94 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,41	45,84 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,69	44,91 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,46
	po zamrażalniczym przechowywaniu after frozen storage	41,79 <sup>by</sup> $\pm$ 1,13	44,21 <sup>ax</sup> $\pm$ 1,43	43,56 <sup>ax</sup> $\pm$ 1,20	45,72 <sup>ax</sup> $\pm$ 1,25

Wartości oznaczone takimi samymi literami w tych samych wierszach wskazują jednolite grupy jednorodne określone testem Duncan'a: a, b, c –  $P \leq 0,05$ ; A, B, C –  $P \leq 0,01$

Values in the same row with the same letters indicate homogeneous groups defined by Duncan's test: a, b, c –  $P \leq 0,05$ ; A, B, C –  $P \leq 0,01$

Wartości oznaczone takimi samymi literami w tych samych kolumnach wskazują jednolite grupy jednorodne określone testem t-Studenta: x, y –  $P \leq 0,05$ ; X, Y –  $P \leq 0,01$

Values in the same row with the same letters indicate homogeneous groups defined by Student's t-test: x, y –  $P \leq 0,05$ ; X, Y –  $P \leq 0,01$



formy utlenowanej – oksymyoglobiny, która w warunkach niskiego poziomu tlenu utlenia się do szarobrazowej metmyoglobiny, ulegającej w określonych warunkach redukcji. Potwierdzeniem postępującego procesu formowania się metmyoglobiny był obserwowany w badaniach własnych, w mięsie po przechowywaniu zamrażalniczym, spadek wartości parametru  $a^*$ . Szybkość tych przemian, a w konsekwencji barwa mięsa, zależy między innymi od: stężenia jonów wodorowych (pH), dostępności  $O_2$ , temperatury, dostępu światła, struktury tkanki, aktywności enzymów redukujących oraz procesów oksydacyjnych tłuszczów [19, 22, 24, 28, 31, 32]. Zmiany barwy mięsa mogą ulegać nasileniu wraz z wydłużeniem czasu przechowywania chłodniczego i zamrażalniczego mięsa. Sprzyja im również silne odwodnienie powierzchniowej warstwy surowca, co ułatwia penetrację cząsteczek tlenu w głąb tkanki. Częściowa tylko odwracalność negatywnych zmian barwy, uzyskiwana po rozmrożeniu mięsa sprawia, że są one wysoce niepożądane. Najprostszą metodą zapobiegania jest zabezpieczanie powierzchni mięsa przed wysuszeniem oraz dostępem tlenu atmosferycznego, co można osiągnąć m.in. poprzez zastosowanie odpowiedniej metody przechowywania mięsa [7].

Próbki mięsa zamrażane z pominięciem procesu dojrzewania (grupa A) charakteryzowały się mniej korzystnym ( $P \leq 0,01$ ) natężeniem zapachu, w porównaniu z mięsem tej grupy ocenianym przed zamrażalniczym przechowywaniem (tab. 2). Ponadto próbki z grupy A charakteryzowały się gorszą pożądalnością zapachu po zamrażalniczym przechowywaniu w stosunku do próbek z grupy B ( $P \leq 0,05$ ) oraz D ( $P \leq 0,01$ ). Zapach mięsa z grupy D po zamrażalniczym przechowywaniu był bardziej pożądanym ( $P \leq 0,05$ ) w porównaniu z mięsem grupy C. Pożądalność zapachu próbek z grupy A pogorszyła się ( $P \leq 0,01$ ) po zamrażalniczym przechowywaniu, w porównaniu do próbek tej grupy mięsa ocenianego przed zamrażaniem.

Sposób postępowania z mięsem przed zamrażaniem oraz jego przechowywanie w stanie zamrożenia nie miały istotnego wpływu na natężenie smakowitości (tab. 2). Stwierdzono jedynie, że próbki mięsa dojrzewające w MA o składzie 40%  $CO_2$  + 60 %  $N_2$  charakteryzowały się lepszym ( $P \leq 0,05$ ) natężeniem smakowitości przed zamrażaniem niż po procesie zamrażalniczego przechowywania. Lepszą ( $P \leq 0,05$ ) pożądalnością smakowitości cechowało się mięso oceniane przed zamrażalniczym przechowywaniem, poddawane procesowi dojrzewania przez 7 dni w atmosferze o składzie 30%  $CO_2$  + 70% Ar (grupa D), niż mięso dojrzewające w próżni (grupa B). Mięso świeże nie poddane dojrzewaniu (grupa A) charakteryzowało się lepszą pożądalnością smakowitości w porównaniu z mięsem zamrażalniczo przechowywanym.

Brewer i Novakofski [2] w wyniku przeprowadzonych badań dotyczących jakości sensorycznej mięsa wołowego próżniowo przechowywanego przez okres 0, 7 oraz 14 dni stwierdzili, że czas przechowywania nie miał istotnego wpływu na walory smakowo-zapachowe mięsa. Niedźwiedz i wsp. [25], w badaniach nad wpływem mokrego dojrzewania na teksturę mięśni mieszańców bydła ras mięsnych, nie odnotowali znaczących zmian dotyczących smaku i zapachu oraz soczystości wołowiny w czasie 7-dniowego dojrzewania. Dopiero 14-dniowy okres dojrzewania mięsa miał istotny wpływ na jego jakość, czego dowodem były różnice w ocenie walorów organoleptycznych próbek mięsa. W cytowanych badaniach pożądalność wymienionych cech znacznie wzrosła po 14 dniach przechowywania.

**Tabela 2 – Table 2**  
 Zapach oraz smakowitość (pkt) mięsa (średnia arytmetyczna  $\pm$ SEM)  
 Aroma and taste (points) of meat (arithmetic average  $\pm$ SEM)

Wyszczególnienie Trait	Czas przeprowadzania analiz laboratoryjnych Time of laboratory analyses	Sposób postępowania z mięsem – Beef processing			
		bez dojrzewania non-aged beef	7 dni dojrzewania w próżni beef aged for 7 days in vacuum packages	7 dni dojrzewania w MA o składzie 40% CO <sub>2</sub> + 60% N <sub>2</sub> beef aged for 7 days in MA composed of 40% CO <sub>2</sub> + 60% N <sub>2</sub>	7 dni dojrzewania w MA o składzie 30% CO <sub>2</sub> + 70% Ar beef aged for 7 days in MA composed of 30% CO <sub>2</sub> + 70% Ar
		A	B	C	D
Zapach natężenie Aroma intensity	przed zamrożeniem before freezing po zamrażalniczym przechowywaniu after frozen storage	4,75 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,08 4,30 <sup>ay</sup> $\pm$ 0,08	4,60 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,12 4,55 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,12	4,65 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,11 4,45 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,12	4,65 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,11 4,60 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,10
Zapach pożądalność Aroma desirability	przed zamrożeniem before freezing po zamrażalniczym przechowywaniu after frozen storage	4,80 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,08 4,30 <sup>ay</sup> $\pm$ 0,11	4,75 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,08 4,65 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,11	4,75 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,08 4,50 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,13	4,75 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,08 4,90 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,07
Smakowitość natężenie Taste intensity	przed zamrożeniem before freezing po zamrażalniczym przechowywaniu after frozen storage	4,75 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,08 4,50 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,10	4,70 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,08 4,65 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,11	4,75 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,08 4,40 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,10	4,85 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,08 4,70 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,11
Smakowitość pożądalność Taste desirability	przed zamrożeniem before freezing po zamrażalniczym przechowywaniu after frozen storage	4,85 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,08 4,45 <sup>ay</sup> $\pm$ 0,12	4,65 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,08 4,60 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,10	4,85 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,08 4,61 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,12	4,90 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,07 4,70 <sup>ax</sup> $\pm$ 0,11

Wartości oznaczone takimi samymi literami w tych samych wierszach wskazują grupy jednorodnie określone testem Duncan'a: a, b, c –  $P \leq 0,05$ ; A, B, C –  $P \leq 0,01$

Values in the same row with the same letters indicate homogeneous groups defined by Duncan's test: a, b, c –  $P \leq 0,05$ ; A, B, C –  $P \leq 0,01$

Wartości oznaczone takimi samymi literami w tych samych kolumnach wskazują grupy jednorodnie określone testem t-Studenta: x, y –  $P \leq 0,05$ ; X, Y –  $P \leq 0,01$

Values in the same row with the same letters indicate homogeneous groups defined by Student's t-test: x, y –  $P \leq 0,05$ ; X, Y –  $P \leq 0,01$



Uzyskane w badaniach własnych wyniki wskazują, że zarówno sposób dojrzewania w różnych warunkach MA, jak i proces zamrażalniczego przechowywania nie miały wpływu na soczystość badanego mięsa wołowego (tab. 3). Analiza uzyskanych ocen kruchości wykazała, że próbki mięsa nie poddawane procesowi dojrzewania przed zamrażaniem (grupa A) były mniej kruche ( $P \leq 0,05$ ) niż próbki mięsa dojrzewające w próżni (grupa B). Natomiast mięso oceniane przed zamrażaniem po procesie 7-dniowego dojrzewania (grupa B) charakteryzowało się lepszą kruchością ( $P \leq 0,05$ ), w porównaniu z mięsem niemrożonym dojrzewającym w modyfikowanej atmosferze o składzie 40% CO<sub>2</sub> + 60% N<sub>2</sub> (grupa C). Mięso świeże, nie poddane dojrzewaniu (grupa A), po zamrażalniczym przechowywaniu było mniej kruche ( $P \leq 0,05$ ) w porównaniu z mięsem, które przez 7 dni dojrzewało w próżni (grupa B) oraz w MA o składzie 30% CO<sub>2</sub> + 70% Ar (grupa D). Ponadto mięso po 7 dniach dojrzewania w MA o składzie 40% CO<sub>2</sub> + 60% N<sub>2</sub> (grupa C) charakteryzowało się lepszą ( $P \leq 0,05$ ) kruchością po zamrażalniczym przechowywaniu niż po procesie dojrzewania.

Nie stwierdzono istotnych różnic ( $P > 0,05$ ) pomiędzy średnimi wartościami siły cięcia mięsa analizowanych grup (A, B, C, D) przed zamrażalniczym przechowywaniem wołowiny (tab. 3). Stwierdzono jedynie, że próbki mięsa dojrzewające 7 dni w MA o składzie 30% CO<sub>2</sub> + 70% Ar (grupa D) oceniane po mrożeniu charakteryzowały się mniejszą ( $P \leq 0,05$ ) średnią wartością parametru siły cięcia, w porównaniu z mięsem mrożonym nie poddawanym procesowi dojrzewania. Obniżenie parametru siły cięcia po zamrażalniczym przechowywaniu mięsa zaobserwowali również Domaradzki i wsp. [7]. Niedźwiedz i wsp. [26] podali, że dziesięciodniowy okres dojrzewania spowodował obniżenie wartości siły cięcia badanych mięśni nawet o ponad 10 N w stosunku do wartości wyjściowych. Niedźwiedz i wsp. [25] stwierdzili ponadto, że dojrzewanie próbek mięsa w warunkach próżniowych spowodowało znaczne obniżenie wartości siły cięcia (N) z około 78 N (maksymalna wartość siły cięcia po 2 dniach od uboju) do około 33 N (po 14 dniach dojrzewania). Po 7 dniach dojrzewania siła cięcia uległa obniżeniu o około 40%. Według Destefanisa i wsp. [6] mięso wołowe „kruche” nie może charakteryzować się większą instrumentalną siłą cięcia niż 42,9 N. Kruchość mięsa kształtowana jest podczas endogennej proteolizy białek mięśniowych w okresie poubojowego dojrzewania mięsa [2, 36]. Wzrost kruchości mięsa w czasie dojrzewania jest również efektem osłabienia połączeń titiny i nebuliny z białkami dysków Z oraz degradacji desminy i troponiny T [23, 30]. Wielu badaczy wskazuje, że zasadniczą rolę w przemianach proteolitycznych białek odpowiedzialnych za rozluźnienie struktury mięsa i fragmentację miofibryli odgrywają proteolityczne enzymy nielizosomalne –  $\mu$ - i m-kalpainy [8, 13]. Obie formy kalpain są inaktywowane przez kalpastatynę, pełniącą rolę ich specyficznego inhibitora [35, 37], której przypisuje się dużą rolę w procesie kruszenia mięsa podczas jego dojrzewania [17].

Podsumowując przeprowadzone badania można stwierdzić, że zarówno proces dojrzewania w MA, jak i przechowywania zamrażalniczego mięsa zamrażanego po 7-dniowym dojrzewaniu w różnych warunkach MA, miały wpływ na zmiany parametrów barwy mięsa, a przede wszystkim udział w nim barwy czerwonej ( $a^*$ ) i żółtej ( $b^*$ ) oraz nasycenia barwy. Pogorszenie walorów smakowo-zapachowych po zamrażalniczym przechowywaniu nastąpiło głównie w mięsie, które nie było poddawane procesowi dojrzewania. Proces dojrzewania oraz zamrażalniczego przechowywania nie miały wpływu na soczystość mięsa, kształtowały natomiast jego kruchość, która była najlepsza w mięsie dojrzewającym w próżni,

**Tabela 3 – Table 3**  
 Soeczystość i kruchość (pkt) oraz wartość siły cięcia (N) mięsa (średnia arytmetyczna  $\pm$ SEM)  
 Juiciness, tenderness (points) and shear force (N) of meat (arithmetic average  $\pm$ SEM)

Wyszczególnienie Trait	Czas przeprowadzenia analiz laboratoryjnych Time of laboratory analyses	Sposób postępowania z mięsem – Beef processing			
		A	B	C	D
Soeczystość Juiciness	przed zamrożeniem before freezing	4,40 <sup>AX</sup> $\pm$ 0,07	4,70 <sup>AX</sup> $\pm$ 0,08	4,50 <sup>AX</sup> $\pm$ 0,11	4,50 <sup>AX</sup> $\pm$ 0,13
	po zamrażalniczym przechowywaniu after frozen storage	4,50 <sup>AX</sup> $\pm$ 0,10	4,55 <sup>AX</sup> $\pm$ 0,12	4,20 <sup>AX</sup> $\pm$ 0,08	4,25 <sup>AX</sup> $\pm$ 0,19
Kruchość Tenderness	przed zamrożeniem before freezing	3,85 <sup>AX</sup> $\pm$ 0,21	4,65 <sup>AX</sup> $\pm$ 0,08	4,05 <sup>AX</sup> $\pm$ 0,20	4,20 <sup>AX</sup> $\pm$ 0,19
	po zamrażalniczym przechowywaniu after frozen storage	4,25 <sup>AX</sup> $\pm$ 0,11	4,70 <sup>AX</sup> $\pm$ 0,13	4,55 <sup>AY</sup> $\pm$ 0,05	4,60 <sup>AX</sup> $\pm$ 0,12
Siła cięcia Shear force	przed zamrożeniem before freezing	33,68 <sup>AX</sup> $\pm$ 2,86	30,99 <sup>AX</sup> $\pm$ 2,71	35,93 <sup>AX</sup> $\pm$ 3,19	32,01 <sup>AX</sup> $\pm$ 3,34
	po zamrażalniczym przechowywaniu after frozen storage	39,36 <sup>AX</sup> $\pm$ 3,11	34,29 <sup>AX</sup> $\pm$ 3,69	34,01 <sup>AX</sup> $\pm$ 1,85	27,10 <sup>AX</sup> $\pm$ 3,35

Wartości oznaczone takimi samymi literami w tych samych wierszach wskazują jednorodnie określone testem Duncan'a: a, b, c –  $P \leq 0,05$ ; A, B, C –  $P \leq 0,01$

Values in the same row with the same letters indicate homogeneous groups defined by Duncan's test: a, b, c –  $P \leq 0,05$ ; A, B, C –  $P \leq 0,01$

Wartości oznaczone takimi samymi literami w tych samych kolumnach wskazują jednorodnie określone testem t-Studenta: x, y –  $P \leq 0,05$ ; X, Y –  $P \leq 0,01$

Values in the same row with the same letters indicate homogeneous groups defined by Student's t-test: x, y –  $P \leq 0,05$ ; X, Y –  $P \leq 0,01$

ocenianym zarówno przed, jak i po zamrażalniczym przechowywaniu. Nie stwierdzono istotnego wpływu dojrzewania na parametr siły cięcia próbek mięsa ocenianych przed mrożeniem, co przypuszczalnie można tłumaczyć zbyt krótkim czasem tego procesu.

## PIŚMIENNICTWO

1. BELCHER J.N., 2006 – Industrial Packaging developments for the global meat market. *Meat Science* 9, 143-148.
2. BREWER S., NOVAKOFSKI J., 2008 – Consumer sensory evaluations of aging effects of beef quality. *Journal of Food Science* 73 (1), 78-82.
3. CARPENTER C.E., CORNFORTH D.P., WHITTIER D., 2001 – Consumer preferences for beef colour and packaging did not affect eating satisfaction. *Meat Science* 57, 359-363.
4. COMMISSION INTERNATIONALE DE'L ECLAIRAGE (CIE), 1978 – Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms. Supplement No. 2 to CIE Publication No. 15 (E1.3.1.) 1971/(TC-1-3), Bureau Central d la CIE, Paris.
5. D'AGATA M., NUVOLONI R., PEDONESE F., RUSSO C., D'ASCENZI C., PREZIUSO G., 2010 – Effect of packaging and storage time on beef qualitative and microbial traits. *Journal of Food Quality* 33 (1), 352-356.
6. DESTEFANIS G., BRUGIAPAGLIA A., BARGE M.T., DAL MOLIN E., 2008 – Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. *Meat Science* 78, 153-156.
7. DOMARADZKI P., SKAŁECKI P., FLOREK M., LITWIŃCZUK A., 2011 – Wpływ przechowywania zamrażalniczego na właściwości fizykochemiczne mięsa wołowego pakowanego próżniowo. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 4 (77), 117-126.
8. GEESINK G., KUCHAY S., CHISHTIA.H., KOOHMARAIE M., 2006 –  $\mu$ -Calpain is essential for postmortem proteolysis of muscle proteins. *Journal of Animal Science* 84, 2834-2840.
9. HOCQUETTE J.F., RENAND G., LEVÉZIEL H., PICARD B., CASSAR-MALEK I., 2006 – The potential benefits of genetics and genomics to improve beef quality – review. *Animal Science Papers and Reports* 24 (3), 173-189.
10. KOŁCZAK T., 2008 – Jakość wołowiny. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 1 (56), 5-22.
11. KONARSKA M., GUZEK D., GŁĄBSKA D., WIERZBICKA A., 2012 – Systemy klasyfikacji mięsa wołowego a jego realna jakość. *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie – Problemy Rolnictwa Światowego* 27 (1), 94-104.
12. KONARSKA M., SAKOWSKA A., GUZEK D., GŁĄBSKA D., WIERZBICKA A., 2014 – Czynniki determinujące spożycie mięsa wołowego na świecie i w Polsce w latach 2000-2012. *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie – Problemy Rolnictwa Światowego* 14 (29), z. 2, 98-106.
13. KOOHMARAIE M., GEESINK G.H., 2006 – Contribution of post mortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science* 74, 34-43.
14. KOSICKA-GEBSKA M., PRZEŹDZIECKA N., GEBSKI J., 2010 – Tendencje zmian w spożyciu mięsa wołowego w Polsce w latach 2000-2009. *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie – Problemy Rolnictwa Światowego* 10 (25), 49-59.

15. LEYGONIE C., BRITZ T.J., HOFFMAN L.C., 2012 – Impact of freezing and thawing on the quality of meat: review. *Meat Science* 91, 93-98.
16. LIU CH., ZHANG Y., YANG X., LIANG R., MAO Y., HOU X., LU X., LUO X., 2014 – Potential mechanism of carbon monoxide and high oxygen packaging in maintaining color stability of different bovine muscles. *Meat Science* 97, 189-196.
17. LONERGAN S.M., HUFF-LONERGAN E., WIEGAND B.R., KRIESE-ANDERSON L.A., 2001 – Post mortem proteolysis and tenderization of top loin steaks from Brangus cattle. *Journal Muscle Foods* 12, 121-136.
18. MANCINI R.A., HUNT M.C., 2005 – Current research in meat color. *Meat Science* 71, 100-121.
19. MANCINI R.A., RAMANATHAN R., SUMAN S.P., DADY G., JOSEPH P., 2011 – Effects of succinate on ground beef color and premature browning. *Meat Science* 89, 189-194.
20. MANCINI R.A., SEYFERT M., HUNT M.C., 2008 – Effects of data expression, sample location and oxygen partial pressure on initial nitric oxide metmyoglobin formation and metmyoglobin-reducing-activity measurement in beef muscle. *Meat Science* 79, 244-251.
21. MANCINI R.A., SUMAN S.P., KONDA M.K.R., RAMANATHAN R., 2009 – Effect of carbon monoxide packaging and lactate enhancement on the color stability of beef steaks stored at 1°C for 9 days. *Meat Science* 81, 71-76.
22. MOHAN A., HUNT M.C., BARSTOW T.J., HOUSER T.A., BOPP C., HUEBER D.M., 2010 – Effects of fibre orientation, myoglobin redox form, and postmortem storage on NIR tissue oximeter measurements of beef longissimus muscle. *Meat Science* 84, 79-85.
23. MUROYA S., NAKAJIMA I., OE M., CHIKUNI K., 2006 – Difference in postmortem degradation pattern among troponin T isoforms expressed in bovine longissimus, diaphragm, and masseter muscles. *Meat Science* 72, 245-251.
24. NASSU R.T., UTTARO B., AALHUS J.L., ZAWADSKI S., JUAREZ M., DUGAN M.E.R., 2012 – Type of packaging affects the colour stability of vitamin E enriched beef. *Food Chemistry* 135, 1868-1872.
25. NIEDŹWIEDŹ J., OSTOJA H., CIERACH M., 2012 – Tekstura mięśnia *longissimus thoracis et lumborum* mieszańców bydła ras mięsnych, poddawanego dojrzewaniu metodą mokrą. *Acta Agrophysica* 19 (3), 631-640.
26. NIEDŹWIEDŹ J., ŹMIJEWSKI T., OSTOJA H., CIERACH M., 2011 – Porównanie wartości maksymalnej siły cięcia wybranych mięśni z tylnej ćwierćtuszy wołowej. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* 50 (3), 57-58.
27. O'SULLIVAN M., KERRY J., 2009 – Sensory and quality properties of packaged meat. Department of Food and Nutritional Sciences, University College Cork, Cork, Irish Republic, 585-604.
28. PASTSART U., BOEVER M. DE, CLAEYS E., SMET S. DE, 2013 – Effect of muscle and post-mortem rate of pH and temperature fall on antioxidant enzyme activities in beef. *Meat Science* 93, 681-686.
29. PN-ISO 4121:1998. Analiza sensoryczna. Metodologia. Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania.
30. POSPIECH E., GRZEŚ B., MIKOŁAJCZAK B., IWAŃSKA E., ŁYCYŃSKI A., 2007 – Proteins of meat as a potential indicator of its quality – a review. *Polish Journal and Food Nutrition Science* 57 (1), 11-16.

31. RAMANATHAN R., MANCINI R.A., DADY G.A., BUITEN C.B. VAN, 2013 – Effects of succinate and pH on cooked beef color. *Meat Science* 93, 888-892.
32. RAMANATHAN R., MANCINI R.A., JOSEPH P., SUMAN S.P., 2013 – Bovine mitochondrial oxygen consumption effects on oxymyoglobin in the presence of lactate as a substrate for respiration. *Meat Science* 93, 893-897.
33. STATSOFT INC., 2012 – STATISTICA (data analysis software system), version 12.0. Tulsa, OK, USA.
34. VITALE M., PÉREZ-JUAN M., LLORET E., ARNAU J., REALINI C.E., 2014 – Effect of aging time in vacuum on tenderness, and color and lipid stability of beef from mature cows during display in high oxygen atmosphere package. *Meat Science* 96, 270-277.
35. WENDT A., THOMPSON V.F., GOLL D.E., 2004 – Interaction of calpastatin with calpain: A review. *Biological Chemistry* 385, 465-472.
36. WU G., FAROUK M.M., CLERENS S., ROSENVOLD K., 2014 – Effect of beef ultimate pH and large structural protein changes with aging on meat tenderness. *Meat Science* 98, 637-645.
37. ZAMORA F., AUBRY L., SAYD T., LEPETIT J., LEBERT A., SENTANDREU M.A., OUALI A., 2005 – Serine peptidase inhibitors, the best predictor of beef ageing amongst a large set of quantitative variables. *Meat Science* 71, 730-742.

Katarzyna Śmiecińska, Dorota Kubiak,  
Tomasz Daszkiewicz, Paulina Osowiec

## Changes in the colour and sensory properties of beef frozen after seven days of ageing in a modified atmosphere

### Summary

The aim of the study was to evaluate the colour, sensory properties and shear force values of meat from ten young bulls produced by crossing Polish Black-and-White Holstein-Friesian cows with Belgian White Blue bulls. The quality of the longissimus lumborum (LL) muscle was determined after seven-day aging under various modified atmosphere (MA) conditions (vacuum – group B; 40% CO<sub>2</sub> + 60% N<sub>2</sub> – group C; 30% CO<sub>2</sub> + 70% Ar – group D) followed by freezing and frozen storage. The process of seven-day ageing in MA composed of 40% CO<sub>2</sub> + 60% N<sub>2</sub> significantly increased the colour lightness of the beef samples. Eight-month frozen storage increased colour lightness in the meat samples aged in MA composed of 30% CO<sub>2</sub> + 70% Ar. Meat samples aged under various MA conditions had a higher contribution of redness (*a*<sup>\*</sup>) and yellowness (*b*<sup>\*</sup>) than non-aged beef. Meat samples frozen after ageing in MA containing Ar had less redness than the samples from other groups. After frozen storage, meat samples from all groups had less redness and yellowness. Ageing and frozen storage had no significant effect on the juiciness of the beef. The beef aged in vacuum conditions was the most tender, both before and after frozen storage. Ageing had no significant influence on the shear force of meat samples evaluated before freezing. Meat samples aged in MA composed of 30% CO<sub>2</sub> + 70% Ar evaluated after frozen storage had lower average shear force values than beef that had not been aged prior to freezing.

**KEY WORDS:** beef / meat quality / ageing / frozen storage / modified atmosphere