

MARTA CHMIEL, MIROSŁAW SŁOWIŃSKI

## KSZTAŁTOWANIE SIĘ BARWY MIĘSA WOŁOWEGO PODCZAS TRWANIA PROCESU „BLOOMING”

### Streszczenie

Celem niniejszej pracy było wyznaczenie minimalnego czasu niezbędnego do wykształcenia i ustabilizowania się barwy *m. semimembranosus* normalnej jakości (RFN, n = 20) oraz obciążonego cechami DFD – ciemnego, twardego i suchego (n = 20). Surowiec klasyfikowano na grupy jakości na podstawie pomiaru pH przeprowadzonego po 48 h od uboju. Pomiar składowych  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , nasycenia ( $C^*$ ) oraz tonu ( $h^\circ$ ) barwy prowadzono w warunkach chłodniczych od momentu przecięcia powierzchni mięsa (czas 0 min) aż do 190 min trwania "kwitnienia mięsa" („blooming time”). W badanym surowcu oznaczono ilość wycieku po obróbce termicznej, zdolność utrzymania wody własnej, zawartość podstawowych składników chemicznych oraz barwników hemowych ogółem. Na podstawie uzyskanych wyników nie stwierdzono istotnego ( $p \leq 0,05$ ) wpływu „blooming time” na jasność barwy obu grup jakości mięsa. Wskazuje to na możliwość szacowania ostatecznej jasności mięsa wołowego już w momencie przecięcia jego powierzchni, co z kolei umożliwi dokonanie klasyfikacji surowca (na podstawie składowej barwy  $L^*$ ) bez konieczności oczekiwania na stabilizację pozostałych składowych barwy. Stabilizację składowej barwy  $a^*$ , nasycenia ( $C^*$ ) oraz tonu ( $h^\circ$ ) barwy mięsa normalnej jakości (RFN) zaobserwowano w  $15 \div 20$  minucie procesu "blooming", a mięsa DFD po  $20 \div 25$  min.

**Słowa kluczowe:** barwa, „blooming”, mięso wołowe, wada DFD

### Wprowadzenie

Barwa mięsa należy do podstawowych wyróżników jego jakości technologicznej i kulinarnej oraz jest jednym z pierwszych i najważniejszych wyróżników jego oceny konsumenckiej [16, 24, 25, 26, 27, 30]. Prawidłowe określanie barwy mięsa jest niezwykle istotne zarówno dla zakładów przemysłu mięsnego, jak i w badaniach naukowych, w których na podstawie barwy dokonuje się m.in. klasyfikacji i oceny jakości surowca [1, 3, 22, 29, 30]. Jak podają Wulf i wsp. [28] oraz Florek i wsp. [7], pomiar

---

*Dr inż. M. Chmiel, prof. dr hab. M. Słowiński, Katedra Technologii Żywności, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: marta\_chmiel@sggw.pl*

barwy mięsa wołowego jest także ważny ze względu na zależność pomiędzy barwą a pH mięsa.

Czynnikami wpływającymi na barwę mięsa są m.in.: ilość, skład i przemiany barwników, w tym mioglobiny (Mb) [2]. Obecna w tkance mięśniowej mioglobina (Mb) wchodzi w szereg reakcji chemicznych. Podczas ekspozycji mięsa na działanie tlenu początkowo purpurowa barwa mięsa ulega przekształceniu do różowoczerwonej na drodze utleniania mioglobiny (Mb) do oksymoglobiny (OMb). Proces ten zwany jest „kwitnieniem mięsa”, częściej używa się jednak określenia „blooming” [3, 21, 23]. Dane literaturowe podają różne wartości minimalnego czasu „blooming” potrzebnego na wykształcenie/rozwój i ustabilizowanie się barwy mięsa [23, 30]. Brewer i wsp. [3] podają jako minimum 20-minutowy „blooming time”, który pozwala na ustabilizowanie się barwy mięsa wieprzowego. Z kolei Wulf i Wise [30] uważają, że minimalny „blooming time” mięsa wołowego to 30 min, jednak autorzy wykorzystali do jego charakterystyki jedynie składowe  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ , nie uwzględnili natomiast nasycenia ( $C^*$ ) oraz tonu barwy ( $h^\circ$ ). Rentfrow i wsp. [19] twierdzą, że „blooming time” wynoszący 10 ÷ 12 min jest zupełnie wystarczający do ustabilizowania się barwy mięsa wołowego oraz do otrzymywania powtarzalnych wyników jej pomiaru. Niektórzy autorzy podają dużo dłuższy czas stabilizowania się barwy mięsa – nawet do 180 min [9, 23]. Tempo rozwoju i stabilizacji barwy, a więc tempo „blooming” jest uzależnione m.in. od pH mięsa, temperatury jego przechowywania, ilości dostępnego tlenu [13]. Niewiele jest danych dotyczących wpływu „blooming time” na wykształcenie/rozwój i stabilizację barwy mięsa wołowego obciążonego wadą DFD (*dark, firm, dry* – ciemne, twarde, suche).

Celem niniejszej pracy było wyznaczenie minimalnego czasu niezbędnego do wykształcenia i ustabilizowania się barwy *m. semimembranosus* normalnej jakości (RFN) oraz DFD.

### **Material i metody badań**

Materiał do badań stanowiło mięso wołowe pozyskane z 40 różnych półtuszy młodego bydła typu ogólnoużytkowego, z chowu towarowego. Wiek zwierząt w momencie uboju wynosił od 13 do 24 miesięcy. Tusze zwierząt, z których pobierano surowiec do badań, zaklasyfikowano głównie do klasy mięsności „O” (około 80 %) według klasyfikacji EUROP. Masa tusz była zróżnicowana i wynosiła 200 ÷ 450 kg. Uboju zwierząt dokonano w warunkach przemysłowych, z zastosowaniem wychładzania dwustopniowego (I<sup>o</sup>: temperatura powietrza 0 °C, czas 6 ÷ 7 h, II<sup>o</sup>: temperatura powietrza 4 °C, czas 30 h, do uzyskania temperatury w centrum termicznym udźca nie wyższej niż 4 °C). Próbkę o masie około 1,5 kg pozyskiwano z *m. semimembranosus* i w każdej z nich po 48 h od uboju dokonywano pomiaru pH w celu klasyfikacji surowca na mięso normalne – RFN (*red, firm, nonexudative, normal* – czerwone, jędrne, niecieknące)

lub obarczone wadą DFD, poprzez wbicie elektrody szklano-kalomelowej oraz czujnika kompensacji temperatury pH-metru CP-411 (Elmetron, Zabrze, Polska) bezpośrednio w badany surowiec. Do kalibrowania pH-metru używano dwóch buforów (o pH 4 i 7). Temperatura badanego mięsa nie przekraczała 4 °C. Kryterium podziału na grupy jakości stanowiło pH równe 5,8. Mięso klasyfikowano jako normalne, jeśli pH < 5,8 a DFD – jeśli pH ≥ 5,8 [20, 26]. Następnie surowiec zapakowany próżniowo przechowywano w warunkach chłodniczych (0 ÷ 2 °C) przez kolejne 24 h. Po tym czasie opakowania próżniowe otwierano i na świeżo przeciętej powierzchni (odcinano plaster o grubości ok. 30 mm) badanych mięśni (czas 0) dokonywano pomiaru składowych barwy L\*, a\*, b\* w skali CIE L\*a\*b\* oraz nasycenia (C\*) i tonu (h°) przy użyciu spektrofotometru Minolta CM2600d (Konica Minolta, Japonia). Stosowano następujące ustawienia aparatu: źródło światła D65, obserwator 10°, otwór głowicy pomiarowej 8 mm. Przed rozpoczęciem oznaczeń urządzenie kalibrowano na wzorcu bieli (L\* 99,18, a\* -0,07, b\* -0,05). Pomiary wykonywano bezpośrednio na świeżo przeciętej powierzchni mięśnia (czas 0 min), co 5 min do 30. minuty, następnie co 10 min do 70. minuty i co 20 minut do 190. minuty od momentu przecięcia. Pomiarów dokonywano w warunkach chłodniczych (0 ÷ 2 °C) w pięciu różnych obszarach na powierzchni, przyjmując wartość średnią za wynik oznaczenia. Próbkę pomiędzy pomiarami przechowywano bez dostępu światła, a w celu ochrony przed obsychaniem powierzchni przykrywano je folią. Po określonych przedziałach czasowych „blooming” pomiary przeprowadzano zawsze w tym samych miejscach na powierzchni badanych próbek. Wykorzystując składowe barwy L\*, a\*, b\* obliczano bezwzględną różnicę barw (między barwą mięsa normalnego a obarczonego wadą DFD). Do tego celu wykorzystano zależność:

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_0 - L^*_1)^2 + (a^*_0 - a^*_1)^2 + (b^*_0 - b^*_1)^2},$$

gdzie:

$\Delta E$  – bezwzględna różnica barw,  $L^*_0$ ,  $a^*_0$ ,  $b^*_0$  – składowe barwy mięsa normalnego;  $L^*_1$ ,  $a^*_1$ ,  $b^*_1$  – składowe barwy mięsa DFD.

Po pomiarach barwy każdą z badanych próbek rozdrabniano w wilku (Mesko WN60; Mesko, Skarżysko-Kamienna, Polska) z siatką o średnicy otworów 3 mm. Tak przygotowany surowiec posłużył do określenia pozostałych wyróżników jakości mięsa. Oznaczano ilość wycieku po obróbce termicznej: do zlewki o pojemności 150 cm<sup>3</sup> odważano po około 30 g rozdrobnionego mięsa z dokładnością do 0,1 g. Mięso ugniatano na dnie zlewki i przykrywano folią. Obróbkę termiczną prowadzono w łaźni wodnej o temp. 72 ± 2 °C przez 30 min. Następnie próbki schładzano w powietrzu przez około 20 min do temp. około 20 °C, zlewano frakcję płynną (wyciek) i próbki ponownie ważono. Ponadto oznaczano zdolność utrzymania wody własnej (WHC) według Grau'a i Hamma [8] w modyfikacji Pohja i Niniivaary [18], zawartość podstawowych

składników chemicznych zgodnie z PN-A-82109:2010 [17] przy wykorzystaniu urządzenia FoodScan (FOSS, Dania) oraz barwników hemowych ogółem metodą Horsneya [10].

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej w programie Statgraphics Plus 4.1. (STSC Inc., Rocville, MD, U.S.A.). Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (One-Way ANOVA) wpływu grupy jakości mięsa na wybrane wyróżniki jego jakości, wpływu „blooming time” oraz wpływu grupy jakości mięsa na składowe  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , nasycenie  $C^*$  oraz ton ( $h^\circ$ ) barwy. Istotność różnic pomiędzy cechami weryfikowano testem Tukeya HSD przy poziomie istotności  $p = 0,05$ .

### Wyniki i dyskusja

Zgodnie z przyjętym kryterium podziału i na podstawie pomiaru pH z 40 próbek *m. semimembranosus* 20 zaklasyfikowano jako mięso normalnej jakości (RFN) oraz 20 – jako DFD (tab. 1).

Tabela 1. Wybrane wyróżniki jakości mięsa wołowego o cechach RFN i DFD

Table 1. Selected quality characteristics of beef mat with RFN and DFD characteristics

Wyróżnik / Characteristic	Grupa jakości mięsa Meat quality group	
	RFN	DFD
pH	5,6 ± 0,1	6,4 ± 0,3
Ilość wycieku po obróbce termicznej Thermal drip [%]	15,7 <sup>a</sup> ± 2,8	5,6 <sup>b</sup> ± 2,3
Zdolność utrzymywania wody własnej Water holding capacity [cm <sup>2</sup> /g]	22,3 <sup>a</sup> ± 2,3	10,6 <sup>b</sup> ± 3,6
Zawartość wody Water content [%]	74,7 <sup>a</sup> ± 1,5	74,0 <sup>a</sup> ± 1,1
Zawartość białka Protein content [%]	20,4 <sup>a</sup> ± 0,9	20,2 <sup>a</sup> ± 0,6
Zawartość tłuszczu Fat content [%]	2,6 <sup>a</sup> ± 0,7	3,2 <sup>a</sup> ± 0,8
Zawartość barwników hemowych ogółem Total heme pigment content [ppm hemin]	258,0 <sup>a</sup> ± 29,3	254,9 <sup>a</sup> ± 31,2

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 20; a, b – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ) / mean values in columns and denoted by different letters differ statistically significantly ( $p \leq 0.05$ ).

Badane mięso obarczone wadą DFD charakteryzowało się istotnie ( $p \leq 0,05$ ) większą zdolnością utrzymywania wody własnej (na co wskazują niższe wartości tego

wyróżnika) oraz mniejszą ilością wycieku po obróbce termicznej w porównaniu z mięsem normalnej jakości (tab. 1). Na podstawie przeprowadzonej jednoczynnikowej analizy wariancji nie stwierdzono istotnych ( $p > 0,05$ ) różnic pod względem zawartości białka ogółem, tłuszczu i wody pomiędzy badanymi grupami jakości *m. semimembranosus*. Ponadto nie stwierdzono istotnych ( $p > 0,05$ ) różnic pod względem zawartości barwników hemowych ogółem pomiędzy grupami jakości badanego mięsa (tab. 1).

Analizę wpływu grupy jakości badanego mięsa wołowego na składowe  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , nasycenie  $C^*$  oraz ton ( $h^\circ$ ) barwy podczas procesu „blooming” przedstawiono w tab. 2. Wyniki badań wielu autorów wskazują na istnienie zależności pomiędzy pH mięsa a jasnością jego barwy. Mięso DFD jest ciemniejsze od mięsa normalnego [3, 5, 6, 16, 27, 29, 30]. Podobną tendencję zaobserwowano także w niniejszych badaniach. Przez cały czas trwania pomiaru barwy, tj. do 190. minuty mięso obarczone wadą DFD w porównaniu z RFN charakteryzowało się istotnie niższą jasnością  $L^*$  barwy (tab. 2). Ponadto charakteryzowało się ono także istotnie niższym udziałem barwy czerwonej ( $a^*$ ) oraz nasyceniem barwy ( $C^*$ ) – tab. 2. W przypadku składowej barwy  $b^*$  (udział barwy żółtej) nie stwierdzono istotnych ( $p > 0,05$ ) różnic pomiędzy mięsem RFN a DFD tylko w początkowym czasie „blooming” (tj. w pierwszych 5 min od wyeksponowania powierzchni mięśnia na działanie tlenu atmosferycznego – czas 0 i 5 min). Po 10 min trwania procesu „blooming” mięso DFD charakteryzowało się istotnie ( $p \leq 0,05$ ) niższą wartością składowej barwy  $b^*$  w porównaniu z mięsem normalnej jakości (tab. 2). Tendencja ta utrzymywała się do ostatniego wyznaczonego w badaniu czasu pomiaru.

Ton barwy  $h^\circ$  był istotnie wyższy ( $p \leq 0,05$ ) w przypadku mięsa DFD do 130. minuty trwania „blooming”, natomiast pod koniec analizowanego czasu (tj. od 150. minuty) nie stwierdzono istotnych różnic tonu barwy ( $h^\circ$ ) mięsa normalnej jakości oraz DFD (tab. 2). W trakcie ekspozycji powierzchni badanego mięsa na działanie tlenu atmosferycznego purpurowoczerwona mioglobina (Mb) ulegała stopniowemu utlenowaniu do różowoczerwonej oksymoglobiny (OMb). Oznaczone w niniejszych badaniach wyższe wartości parametrów  $a^*$ ,  $b^*$  i nasycenia barwy  $C^*$  oraz niższa wartość tonu barwy  $h^\circ$  (tab. 2) mięsa RFN w stosunku do mięsa DFD wynikały prawdopodobnie z większej ilości oksymoglobiny (OMb) w warstwie tkanki penetrowanej przez światło [12]. Bardziej otwarta i rozluźniona mikrostruktura mięsa RFN, w porównaniu z mięsem DFD, spowodowała, że w powierzchniowej warstwie gromadził się sok mięsny. Obecna w nim oksymoglobina (OMb) miała wpływ na wartości wymienionych chromatycznych parametrów barwy. Przy niższym pH, a więc takim, jakim charakteryzuje się mięso RFN, w porównaniu z DFD, mioglobina wykazuje większą podatność na utlenowanie i utlenienie. Jak podają Karamucki i wsp. [11, 12] oraz Lindahl i wsp. [15], oksymoglobina (OMb) cechuje się dużym udziałem barwy czerwonej ( $a^*$ ), żółtej ( $b^*$ ) oraz wysokim nasyceniem barwy ( $C^*$ ). Według niektórych autorów występowanie

poszczególnych form chemicznych mioglobiny na powierzchni mięsa wpływa także na jasność ( $L^*$ ) jego barwy [14].

Tabela 2. Wartości składowych  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , nasycenia  $C^*$  oraz tonu ( $h^\circ$ ) barwy mięsa wołowego o cechach RFN i DFD

Table 2.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  components, Chroma  $C^*$ , and hue angle ( $h^\circ$ ) of colour of beef meat with RFN and DFD characteristics

Czas blooming Blooming time [min]	Grupa jakości mięsa Meat quality group	Składowa barwa / Color component					$\Delta E$
		$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$	
0	RFN	32,0 <sup>aA</sup> ± 2,0	12,8 <sup>aA</sup> ± 0,6	15,8 <sup>aA</sup> ± 0,5	20,4 <sup>aA</sup> ± 0,5	51,0 <sup>aA</sup> ± 1,9	11,2
	DFD	21,3 <sup>aB</sup> ± 4,2	9,6 <sup>aB</sup> ± 1,3	15,5 <sup>aA</sup> ± 1,3	18,3 <sup>aB</sup> ± 1,0	58,5 <sup>abcB</sup> ± 5,5	
5	RFN	32,5 <sup>aA</sup> ± 2,8	15,5 <sup>abA</sup> ± 1,1	19,7 <sup>bA</sup> ± 0,6	25,1 <sup>abA</sup> ± 1,2	52,0 <sup>aA</sup> ± 1,3	11,6
	DFD	21,9 <sup>aB</sup> ± 4,2	11,0 <sup>abB</sup> ± 1,3	18,0 <sup>abA</sup> ± 1,8	21,2 <sup>abB</sup> ± 1,7	58,9 <sup>bcB</sup> ± 3,7	
10	RFN	32,5 <sup>aA</sup> ± 2,5	16,3 <sup>abA</sup> ± 0,8	20,7 <sup>bcA</sup> ± 0,6	26,3 <sup>bA</sup> ± 0,8	51,9 <sup>aA</sup> ± 1,3	11,5
	DFD	22,3 <sup>aB</sup> ± 4,8	11,3 <sup>abB</sup> ± 1,5	18,7 <sup>abB</sup> ± 1,8	21,9 <sup>abB</sup> ± 2,2	59,2 <sup>cb</sup> ± 2,8	
15	RFN	32,3 <sup>aA</sup> ± 2,3	17,1 <sup>bA</sup> ± 1,1	21,7 <sup>bcA</sup> ± 1,4	27,7 <sup>bA</sup> ± 1,8	51,9 <sup>aA</sup> ± 1,3	11,5
	DFD	22,2 <sup>aB</sup> ± 4,0	12,1 <sup>abB</sup> ± 1,0	19,3 <sup>abB</sup> ± 1,2	22,9 <sup>abB</sup> ± 1,3	58,1 <sup>abcB</sup> ± 1,9	
20	RFN	32,6 <sup>aA</sup> ± 2,5	17,2 <sup>bA</sup> ± 1,0	21,8 <sup>bcA</sup> ± 1,3	27,8 <sup>bA</sup> ± 1,6	51,8 <sup>aA</sup> ± 1,3	11,9
	DFD	22,2 <sup>aB</sup> ± 4,2	11,9 <sup>abB</sup> ± 1,6	19,5 <sup>cbB</sup> ± 2,0	23,0 <sup>bbB</sup> ± 2,1	58,9 <sup>abcB</sup> ± 2,8	
25	RFN	32,5 <sup>aA</sup> ± 2,3	17,7 <sup>bA</sup> ± 1,1	22,3 <sup>bcA</sup> ± 1,5	28,5 <sup>bA</sup> ± 1,6	51,5 <sup>aA</sup> ± 1,1	11,5
	DFD	22,5 <sup>bB</sup> ± 4,2	12,5 <sup>bbB</sup> ± 1,3	20,0 <sup>bbB</sup> ± 1,6	23,7 <sup>bbB</sup> ± 1,6	58,3 <sup>abcB</sup> ± 2,5	
30	RFN	32,5 <sup>aA</sup> ± 2,5	17,7 <sup>bA</sup> ± 1,1	22,3 <sup>bcA</sup> ± 1,4	28,5 <sup>bA</sup> ± 1,7	51,6 <sup>aA</sup> ± 1,1	11,6
	DFD	22,8 <sup>aB</sup> ± 4,3	12,0 <sup>abB</sup> ± 1,9	19,4 <sup>abB</sup> ± 2,0	23,0 <sup>bbB</sup> ± 2,0	58,6 <sup>abcB</sup> ± 3,1	
40	RFN	32,8 <sup>aA</sup> ± 2,7	18,1 <sup>bA</sup> ± 1,4	22,7 <sup>bcA</sup> ± 1,6	29,0 <sup>bA</sup> ± 2,2	51,5 <sup>aA</sup> ± 1,0	11,9
	DFD	23,5 <sup>aB</sup> ± 5,1	11,7 <sup>abB</sup> ± 2,1	19,0 <sup>abB</sup> ± 3,2	22,6 <sup>abB</sup> ± 3,1	58,6 <sup>abcB</sup> ± 1,6	
50	RFN	32,8 <sup>aA</sup> ± 2,6	18,3 <sup>bA</sup> ± 2,3	22,7 <sup>bcA</sup> ± 2,2	29,2 <sup>bA</sup> ± 3,1	51,3 <sup>aA</sup> ± 0,9	11,7
	DFD	23,3 <sup>aB</sup> ± 5,7	12,3 <sup>abB</sup> ± 2,5	19,4 <sup>bbB</sup> ± 3,5	23,4 <sup>bbB</sup> ± 3,3	57,6 <sup>abcB</sup> ± 1,8	
60	RFN	32,8 <sup>aA</sup> ± 2,1	18,3 <sup>bA</sup> ± 2,2	22,7 <sup>bcA</sup> ± 2,3	29,1 <sup>bA</sup> ± 3,1	51,2 <sup>aA</sup> ± 0,8	11,5
	DFD	23,5 <sup>aB</sup> ± 3,7	12,3 <sup>abB</sup> ± 3,0	19,5 <sup>cbB</sup> ± 3,7	23,5 <sup>bbB</sup> ± 3,9	57,8 <sup>abcB</sup> ± 2,1	
70	RFN	32,9 <sup>aA</sup> ± 2,2	18,5 <sup>bA</sup> ± 1,9	22,9 <sup>caA</sup> ± 2,0	29,4 <sup>bA</sup> ± 2,8	51,1 <sup>aA</sup> ± 0,8	11,8
	DFD	23,6 <sup>aB</sup> ± 5,2	12,1 <sup>abB</sup> ± 3,0	19,3 <sup>abB</sup> ± 3,8	23,1 <sup>bbB</sup> ± 3,8	58,2 <sup>bcB</sup> ± 3,0	
90	RFN	33,1 <sup>aA</sup> ± 1,9	18,3 <sup>bA</sup> ± 2,8	22,5 <sup>bcA</sup> ± 2,8	29,0 <sup>bA</sup> ± 4,0	51,0 <sup>aA</sup> ± 0,7	12,1
	DFD	23,7 <sup>aB</sup> ± 4,7	11,9 <sup>bbB</sup> ± 3,3	18,5 <sup>abB</sup> ± 5,2	22,4 <sup>abB</sup> ± 5,3	57,0 <sup>abcB</sup> ± 1,4	
110	RFN	33,2 <sup>aA</sup> ± 1,8	18,0 <sup>bA</sup> ± 4,3	22,1 <sup>bcA</sup> ± 4,6	28,5 <sup>bA</sup> ± 6,2	50,9 <sup>aA</sup> ± 1,0	12,0
	DFD	23,9 <sup>aB</sup> ± 5,3	11,8 <sup>abB</sup> ± 3,8	17,8 <sup>abB</sup> ± 7,2	21,8 <sup>abB</sup> ± 7,1	55,6 <sup>abcB</sup> ± 4,0	
130	RFN	33,7 <sup>aA</sup> ± 1,5	18,2 <sup>bA</sup> ± 4,4	21,9 <sup>bcA</sup> ± 5,4	28,5 <sup>bA</sup> ± 6,9	50,2 <sup>aA</sup> ± 1,6	12,1
	DFD	24,1 <sup>aB</sup> ± 6,1	12,1 <sup>abB</sup> ± 4,7	17,7 <sup>abB</sup> ± 8,1	21,8 <sup>abB</sup> ± 8,6	54,8 <sup>abcB</sup> ± 3,6	
150	RFN	33,6 <sup>aA</sup> ± 1,7	18,3 <sup>bA</sup> ± 3,9	21,4 <sup>bcA</sup> ± 6,2	28,2 <sup>bA</sup> ± 7,1	49,0 <sup>aA</sup> ± 4,2	11,8
	DFD	24,3 <sup>aB</sup> ± 5,9	12,1 <sup>abB</sup> ± 4,4	17,5 <sup>abB</sup> ± 1,8	21,6 <sup>abB</sup> ± 9,1	54,1 <sup>abA</sup> ± 6,1	
170	RFN	33,6 <sup>aA</sup> ± 2,2	18,3 <sup>bA</sup> ± 4,3	22,2 <sup>bcA</sup> ± 5,0	28,8 <sup>bA</sup> ± 6,6	50,5 <sup>aA</sup> ± 0,9	11,6
	DFD	25,1 <sup>aB</sup> ± 6,9	12,1 <sup>abB</sup> ± 4,2	17,3 <sup>abB</sup> ± 8,2	21,5 <sup>abB</sup> ± 7,6	54,5 <sup>aA</sup> ± 5,4	
190	RFN	33,8 <sup>aA</sup> ± 2,4	18,4 <sup>bA</sup> ± 5,0	22,1 <sup>bcA</sup> ± 5,9	28,8 <sup>bA</sup> ± 7,8	50,1 <sup>aA</sup> ± 1,3	11,8
	DFD	25,1 <sup>aB</sup> ± 7,7	12,0 <sup>abB</sup> ± 5,5	17,3 <sup>abB</sup> ± 9,5	21,5 <sup>abB</sup> ± 10,0	54,6 <sup>abA</sup> ± 3,7	

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie  $\pm$  odchylenia standardowe / Table shows mean values  $\pm$  standard deviations;  $n = 20$ ; wpływ „blooming time”: a, b, c – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi małymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ) / effect of „blooming time”: a, b, c – mean values in rows and denoted by different lower-case letters differ statistically significantly ( $p \leq 0.05$ ); wpływ grupy jakości mięsa: A, B – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ) / effect of meat quality group: A, B – mean values in rows and denoted by different upper-case letters differ statistically significantly ( $p \leq 0.05$ ).

Obliczone na podstawie składowych barwy  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  bezwzględne różnice barw  $\Delta E$  pomiędzy mięsem normalnej jakości oraz DFD kształtowały się powyżej 11 w odniesieniu do wszystkich analizowanych czasów „blooming”, co oznacza, że różnica barwy pomiędzy badanymi grupami jakości mięsa była wyraźna (tab. 2). Uzyskane różnice barwy mięsa normalnej jakości oraz DFD nie były natomiast wynikiem różnic zawartości barwników hemowych ogółem, gdyż zawartość barwników kształtowała się na zbliżonym poziomie (tab. 1).

Jak podają Feldhusen i Reinhard [4], Mancini i Hunt [16] oraz Karamucki i wsp. [11], w próbkach mięsa zróżnicowanego pod względem pH należy oczekiwać różnego zakresu i tempa zmian barwy. Związane jest to z różnym zakresem oraz niejednakową szybkością pośmiertnego obniżania pH. Przykładowo stabilność barwy mięsa jest mniejsza, gdy jego pH jest niższe. W niniejszych badaniach stwierdzono, że „blooming time” mięsa nie różnicował wartości składowej barwy  $L^*$  obu badanych grup jakości mięsa (tab. 2). Jasność barwy mięsa normalnej jakości oraz DFD była zatem stabilna w czasie trwania procesu „blooming”. Należy jednak zwrócić uwagę na duży rozrzut wartości składowej barwy  $L^*$  mięsa DFD w poszczególnych pomiarach czasowych. Jak podają Lee i wsp. [13], najszybszy i największy wzrost jasności  $L^*$  następuje w ciągu pierwszych 10 min ekspozycji na działanie tlenu świeżo przeciętej powierzchni mięsa wołowego. Autorzy odnotowali niewielki, lecz ciągły wzrost wartości składowej barwy  $L^*$  w kolejnych minutach eksperymentu aż do 120. minuty jego trwania. W niniejszych badaniach w ciągu 190 min trwania procesu „blooming” nastąpił jedynie niewielki wzrost jasności barwy mięsa. Składowa  $L^*$  nie była wrażliwa na „blooming time”, możliwa jest zatem klasyfikacja surowca na podstawie pomiaru składowej barwy  $L^*$  na świeżo przeciętej powierzchni mięsa bez konieczności poddawania go procesowi „blooming”. Uzyskane wyniki są zbliżone do wyników przedstawionych przez Brewera i wsp. [3] oraz Škrlepa i Čandek-Potokar [21], którzy również nie stwierdzili istotnego wpływu czasu „blooming” na składową barwę  $L^*$  mięsa wieprzowego. Natomiast Wulf i Wise [30] podają, że stabilizacja jasności barwy mięsa wołowego zachodzi po 30 min, przy czym  $L^*$  jest składową, w porównaniu z  $a^*$  i  $b^*$ , najmniej wrażliwą na proces „blooming”, który w badaniach autorów mierzony był przez 93 min.

Podczas „blooming time” zaobserwowano wzrost wartości składowej barwy  $a^*$  zarówno mięsa normalnej jakości (RFN), jak i DFD. W przypadku mięsa RFN wartość

składowej barwy  $a^*$  wzrosła od momentu przecięcia powierzchni próbki do 190. minuty o 5,7 jednostki, natomiast w przypadku mięsa DFD – o 2,4 jednostki, a największy wzrost obserwowano w ciągu pierwszych 15 min od wyeksponowania powierzchni próbek na działanie tlenu (tab. 2). Stabilizacja składowej barwy  $a^*$  nastąpiła po 15 min w przypadku mięsa normalnej jakości. Zbliżone wyniki otrzymali Rentfrow i wsp. [19]. Według autorów nasycenie barwą czerwoną wzrasta do 9. minuty oraz stabilizuje się po 12. minucie „blooming time”. Lee i wsp. [13] badali zmiany barwy różnych mięśni wołowych w czasie trwania „blooming time” i zaobserwowali ponad 50-procentowy wzrost składowej barwy  $a^*$  w ciągu pierwszych 10 min ekspozycji świeżo przeciętej powierzchni mięsa na działanie tlenu. W przypadku mięsa DFD stabilizacja składowej barwy  $b^*$  nastąpiła dopiero po kolejnych 10 min procesu „blooming”, a więc po 25 min. Wulf i Wise [30] podają jeszcze dłuższy czas stabilizacji zarówno składowej barwy  $a^*$ , jak i  $b^*$ , która następuje dopiero po 78. Minucie procesu „blooming”. Tak rozbieżne wyniki mogły się wiązać z różnicami w surowcu użytym do badań (różne mięśnie).

Zaobserwowano istotny wzrost udziału barwy żółtej ( $b^*$ ) podczas „blooming time” mięsa wołowego RFN i DFD. Największy wzrost wartości składowej  $b^*$  odnotowano w ciągu pierwszych 5 min ekspozycji świeżo przeciętej powierzchni mięsa w atmosferze tlenu (tab. 2). Zbliżone wyniki otrzymali Lee i wsp. [13]. Odnotowali oni największy wzrost udziału składowej barwy  $b^*$  mięsa wołowego w pierwszych 10 minutach „blooming time”, natomiast maksymalny wzrost nasycenia barwą żółtą nastąpił w ciągu pierwszej godziny. Również Rentfrow i wsp. [19] podają, że wartości składowej barwy  $b^*$  nie zmieniają się już po upływie 9 ÷ 12 min, a czas ten jest wystarczający do ustabilizowania się tej składowej barwy mięsa wołowego. W niniejszych badaniach w miarę upływu czasu udział barwy żółtej wzrastał zarówno w przypadku mięsa RFN jak i DFD, jednak po 70. minucie nastąpiło obniżenie wartości składowej barwy  $b^*$  obu grup jakości mięsa (tab. 2). Do wyznaczenia momentu stabilizacji tej składowej barwy niezbędne wydaje się przeprowadzanie dalszych pomiarów po 190. minucie. Ostatecznie wartość składowej barwy  $b^*$  wzrosła od momentu ekspozycji świeżo przeciętej powierzchni mięsa o 6,3 jednostki w przypadku mięsa RFN, a tylko o 1,8 w przypadku mięsa obarczonego wadą DFD (przy najwyższym wzoście w 25. Minucie procesu „blooming” – 4,5 jednostki, tab. 2). Jak podają Škrlep i Čandek-Potokar [21], największe zmiany podczas trwania procesu „blooming” mięsa wieprzowego obserwuje się w przypadku składowej  $b^*$ . W badaniach wymienionych autorów składowa ta ustabilizowała się po 26 min.

Stwierdzono istotny wpływ „blooming time” na parametr barwy  $C^*$  mięsa normalnej jakości i DFD (tab. 2). Wartość nasycenia barwy w trakcie „blooming time” wzrastała w obu grupach jakości badanego mięsa wołowego, najintensywniej w pierwszych 5 ÷ 10 min, a następnie systematycznie do 70. minuty, natomiast wyraźniejszy



wzrost odnotowano w przypadku mięsa RFN. Po 70. Minucie procesu „blooming”, podobnie jak w przypadku składowej barwy  $b^*$ , wartości nasycenia barwy  $C^*$  obniżyły się (tab. 2). W przypadku mięsa normalnej jakości istotne zmiany odnotowano jednak tylko w pierwszych 10 min, a DFD – w pierwszych 20 min trwania procesu „blooming”. Zbliżone wyniki otrzymali Lee i wsp. [13]. Według tych autorów podczas pierwszych 60 min trwania „blooming time” zachodzi wzrost nasycenia barwy  $C^*$  w mięsie wołowym, natomiast w ciągu pierwszych 10 min obserwuje się największe zmiany. Rentfrow i wsp. [19] podają, że stabilizacja tego parametru następuje już po 12 min. Według Brewera i wsp. [3] oraz Škrlepa i Čandek-Potokar [21] stabilizacja nasycenia barwy  $C^*$  mięsa wieprzowego następuje po 18 ÷ 20 min procesu „blooming”.

Nie stwierdzono istotnego wpływu „blooming time” na ton barwy ( $h^o$ ) mięsa wołowego normalnej jakości (tab. 2). Zaobserwowano jedynie niewielkie obniżenie wartości tego parametru barwy po 130. minucie trwania procesu „blooming”. W przypadku barwy mięsa obciążonego wadą DFD stwierdzono niewielki istotny wzrost wartości tonu barwy w pierwszych 10 min trwania „blooming”. Z kolei od 110. minuty obserwowano obniżenie wartości (nawet do poziomu niższego niż początkowy) i w kolejnych minutach stabilizację tego parametru barwy (tab. 2). Według Lee i wsp. [13] wartość tonu barwy  $h^o$  mięsa wołowego wzrasta w czasie trwania „blooming”, a jego stabilizacja następuje po 60. minucie. W niniejszych badaniach mięso DFD charakteryzowało się mniej stabilnym tonem barwy w porównaniu z mięsem normalnej jakości (tab. 2).

## Wnioski

1. Badane mięso wołowe (*m. semimembranosus*) normalnej jakości (RFN) cechowało się w przypadku większości analizowanych okresów czasowych procesu „blooming” istotnie jaśniejszą barwą  $L^*$ , większym udziałem barwy czerwonej ( $a^*$ ) i żółtej ( $b^*$ ), nasyceniem barwy ( $C^*$ ) oraz niższym tonem barwy ( $h^o$ ) w porównaniu z mięsem DFD.
2. W przypadku mięsa wołowego normalnej jakości podczas trwania procesu „blooming” wykształcenie oraz stabilizacja składowej barwy  $a^*$ , nasycenia ( $C^*$ ) oraz tonu ( $h^o$ ) barwy nastąpiły w ciągu 15 ÷ 20 min od wyeksponowania próbek mięsa na działanie tlenu atmosferycznego. W przypadku mięsa obciążonego wadą DFD czas ten był dłuższy i wynosił 20 ÷ 25 min.
3. Nie stwierdzono istotnego wpływu „blooming time” na jasność barwy ( $L^*$ ) mięsa RFN i DFD. Wskazuje to na możliwość szacowania ostatecznej jasności mięsa wołowego już w momencie przecięcia jego powierzchni, co z kolei umożliwi dokonanie klasyfikacji surowca (na podstawie  $L^*$ ) bez konieczności oczekiwania na stabilizację pozostałych składowych barwy.

### Literatura

- [1] Abril M., Campo M.M., Önenç A., Sañudo C., Albertí P., Negueruela A.L.: Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Sci.*, 2001, **58**, 69-78.
- [2] Beriain M.J., Goni M.V., Indurain G., Sarries M.V., Insausti K.: Predicting *Longissimus dorsi* myoglobin oxidation in aged beef based on early *post-mortem* colour measurements on the carcass as a colour stability index. *Meat Sci.*, 2009, **81**, 439-445.
- [3] Brewer M.S., Zhu L.G., Bidner B., Meisinger D.J., McKeith F.K.: Measuring pork color: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. *Meat Sci.*, 2001, **57**, 169-176.
- [4] Feldhusen F., Reinhard H.J.: Farbveränderungen der Oberfläche von Schweinemuskulatur bei verschiedenen relativen Kühlluftfeuchtigkeiten. *Fleischwirtschaft.*, 1994, **74**, 765-768.
- [5] Fischer K.: Fleischfehler müssen nicht sein. *Fleischwirtschaft.*, 2001, **10**, 21-24.
- [6] Fischer K.: Fleischfehler müssen nicht sein. *Fleischwirtschaft.*, 2001, **11**, 16-21.
- [7] Florek M., Litwińczuk A., Skalecki P., Ryszkowska-Siwko M.: Changes of physicochemical properties of bullocks and heifers meat during 14 days of ageing under vacuum. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2007, **57/3**, 281-288.
- [8] Grau R., Hamm R.: Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung Fleisch. *Fleischwirtschaft.*, 1952, **4**, 195-297.
- [9] Honikel K.O.: Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.*, 1998, **49**, 447-457.
- [10] Horsney M.C.: The colour of cooked pork. *J. Sci. Food Agric.*, 1956, **7**, 534.
- [11] Karamucki T., Gardzielewska J., Jakubowska M., Rybak K., Garczewska J.: The relationship between colour and pH in cold-stored quail breast muscle. *Ann. Anim. Sci.*, 2013, **13**, 401-413.
- [12] Karamucki T., Jakubowska M., Rybarczyk A., Gardzielewska J.: The influence of myoglobin on the colour of minced pork loin. *Meat Sci.*, 2013, **94**, 234-238.
- [13] Lee M.S., Apple J.K., Yancey J.W.S., Sawyer J.T., Johnson Z.B.: Influence of vacuum-aging period on bloom development of the beef gluteus medius from top sirloin butts. *Meat Sci.*, 2008, **80**, 592-598.
- [14] Lindahl G., Karlsson A.H., Lundstöm K., Andersen H.J.: Significance of storage time on degree of blooming and colour stability of pork loin from different crossbreeds. *Meat Sci.*, 2006, **72**, 603-612.
- [15] Lindahl G., Lundstöm K., Tronberg E.: Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the colour of pork loin and ham from pure breed pigs. *Meat Sci.*, 2001, **59**, 141-151.
- [16] Mancini R.A., Hunt M.C.: Current research in meat color. *Meat Sci.*, 2005, **71**, 100-121.
- [17] PN-A-82109:2010. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczu, białka i wody. Metoda spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni (NIT) z wykorzystaniem kalibracji na sztucznych sieciach neuronowych (ANN).
- [18] Pohja N.S., Niinivaara F.P.: Die Bestimmung des Wasserbindung des Fleischesmittels der Konstantdruckmethode. *Fleischwirtschaft.*, 1957, **9**, 193-195.
- [19] Rentfrow M.L., Linville M.L., Stahl C.A., Olson K.C., Berg E.P.: The effects of the antioxidant lipoic acid on beef longissimus bloom time. *J. Anim. Sci.*, 2004, **82**, 3034-3037.
- [20] Silva J.A., Patarata L., Martins C.: Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Sci.*, 1999, **52**, 453-459.
- [21] Škrlep M., Čandek-Potokar M.: Pork color measurement as affected by bloom time and measurement location. *J. Muscle Food.*, 2007, **18**, 78-87.
- [22] Strzyżewski T., Bilka A., Krysztofiak K.: Zależność pomiędzy wartością pH mięsa a jego barwą. *Nauka Przyroda Technol.*, 2008, **2/2**, #12.

- [23] Tapp W.N., Yancey J.W.S., Apple J.K.: How is the instrumental color of meat measured? *Meat Sci.*, 2011, **89**, 1-5.
- [24] Troy D.J., Kerry J.P.: Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat Sci.*, 2010, **86**, 214-226.
- [25] Valous N.A., Mendoza F., Sun D.W., Allen P.: Colour calibration of a laboratory computer vision system for quality evaluation of pre-sliced hams. *Meat Sci.*, 2009, **81**, 132-141.
- [26] Viljoen H.F., de Kock H.L., Webb E.C.: Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. *Meat Sci.*, 2002, **61**, 181-185.
- [27] Warris P.D., Brown S.N., Paściak P.: The colour of the adductor as a predictor of pork quality in the loin. *Meat Sci.*, 2006, **73**, 565-569.
- [28] Wulf D.M., O'Connor S.F., Tatum J.D., Smith G.C.: Using objective measures of muscle color to predict beef longissimus tenderness. *J. Anim. Sci.*, 1997, **75**, 684-692.
- [29] Wulf D.M., Page J.K.: Using measurements of muscle color, pH and electrical impedance to argument the current USDA beef quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. *J. Anim. Sci.*, 2000, **78**, 2595-2607.
- [30] Wulf D.M., Wise J.W.: Measuring muscle color on beef carcasses using the L\*a\*b\* color space. *J. Anim. Sci.*, 1999, **77**, 2418-2427.

## BEEF COLOUR EVOLUTION DURING BLOOMING

### Summary

The objective of the research study was to determine the minimum time required to develop and stabilize the colour of *m. semimembranosus* of normal quality (RFN, n = 20) and of that showing DFD characteristics, i.e. dark, firm, and dry (n = 20). The raw material was classified into quality groups on the basis of pH measured 48 h after slaughter. The L\*, a\*, b\* colour components, Chroma (C\*), and hue angle (h°) were measured under the cooling conditions, during the time period from intersecting the meat surface (time: 0 minute) until the blooming time of meat was 190 min. In the raw material, there were determined: thermal drip, water holding capacity (WHC), contents of basic chemical components and of total heme pigments. Based on the results obtained, no significant ( $p \leq 0.05$ ) effect was found of the blooming time on the colour brightness of meat in the two meat quality groups. This indicates the possibility to estimate the final brightness of beef meat at the time its surface is being intersected, which will, in turn, allow the classification of raw material (based on L\* colour component) without having to wait for the stabilization of the other colour components. The stabilization of a\* colour component, Chroma (C\*), and hue angle (h°) of normal quality (RFN) meat was reported at the 15<sup>th</sup> to 20<sup>th</sup> minute of the blooming phase, and that of DFD meat at the 20<sup>th</sup> to 25<sup>th</sup> minute thereof.

**Key words:** colour, blooming, beef, DFD defect ☒