

URSZULA BOJARSKA, JADWIGA BATURA, MAREK CIERACH,
MARIUSZ S. KUBIAK

BARWA MIĘŚNIA PIERSIOWEGO (*PECTORALIS SUPERFICIALIS*) INDORÓW A WŁAŚCIWOŚCI FUNKCJONALNE BIAŁEK

Streszczenie

Materiał badawczy stanowiły mięśnie piersiowe (*pectoralis superficialis*) indorów Big 6 ubijanych w warunkach przemysłowych. Pomiaru jasności barwy (L^*) dokonywano od strony wewnętrznej (od kości) 24 h post mortem. Dokonano klasyfikacji mięśni na trzy grupy wg współrzędnej jasności: $L^* < 40$ (I), $L^* 40 \leq L^* < 46$ (II) i $L^* \geq 46$ (III). Wykazano zróżnicowanie jakości mięśni pod względem wybranych wyróżników właściwości funkcjonalnych białek. Najniższą rozpuszczalność białek ogółem (20,29 g/100 g) i sarkoplazmatycznych (7,85 g/100 g) stwierdzono w grupie mięśni, których współrzędna tróchromatyczna kształtowała się na poziomie $L^* \geq 46$ w porównaniu z pozostałymi grupami mięśni. Mięśnie najciemniejsze ($L^*_{24} < 40$) charakteryzowały się najniższym współczynnikiem niestabilności emulsji (odpowiednio w I, II i III grupie: $W_n = 33,21 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$, $38,72 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$, $42,28 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$). Zdolności żelujące homogenatów w grupie mięśni o $L^* < 40$ były wyższe w porównaniu z mięśniami z pozostałych dwóch przedziałów jasności.

Słowa kluczowe: indory, mięsień piersiowy (*pectoralis superficialis*), barwa, funkcjonalność białek.

Wprowadzenie

Niezbędnym warunkiem wyprodukowania wyrobu o odpowiedniej jakości jest właściwy dobór surowca. Przyczyną najczęstszych odchyłeń jakości przetworów są wady surowcowe. Mimo, że problematyka występowania wad mięsa jest znana od wielu lat, to jednak stwarza duże trudności w ich diagnozowaniu w zakładach mięsnych. Występujące wahania jakości surowca oraz brak klasyfikacji uniemożliwia zaproponowanie prawidłowej strategii dalszego jego przetwarzania, a tym samym powoduje, że jakość gotowego wyrobu jest często nieprzewidywalna [11, 12].

Powyższy problem dotyczy m.in. mięsa drobiu. Określenie jakości mięsa drobiu z punktu widzenia jego przydatności technologicznej napotyka podczas uboju wiele

trudności. Pomiar pH po ok. 15 min *post mortem* jest często niemożliwy, szczególnie ze względu na organizację przemysłowego procesu uboju.

Jedną z metod określania wad jakości mięsa PSE lub DFD jest pomiar barwy. Z danych literaturowych wynika, że przyjęte wartości graniczne L^* do oceny wad drobiu grzebiącego nie są jednoznacznie określone. Jednak badania wielu autorów [4, 5, 6, 17] wskazują na celowość klasyfikacji jakości mięśni w oparciu o pomiar jasności barwy. Są także i takie opracowania, które temu zaprzeczają [19].

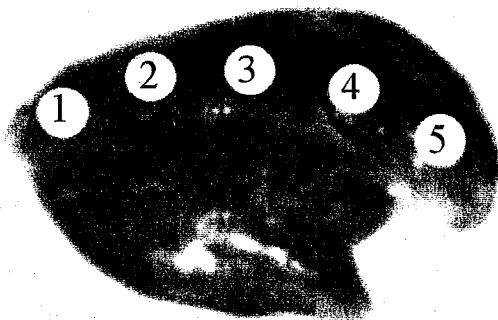
Rozpuszczalność białek, jak wykazały badania prowadzone na mięsie wieprzowym przez Warnera i wsp. [21], a także na mięśniach brojlerów kurzych przez van Laack i wsp. [20], jest istotnym wskaźnikiem określającym jakość mięśni i ich przydatność technologiczną. Warner i wsp. [21] stwierdzili istotnie niższą rozpuszczalność białek (zarówno sarkoplazmatycznych, miofibrylarnych, jak białek ogółem) oraz wyższy stopień denaturacji miozyny (określany miarą aktywności miofibrylarniej ATP-azy) mięśni wieprzowych z wadą PSE w porównaniu z innymi klasami jakościowymi tego gatunku mięsa (RSE, RFN czy DFD). Wcześniejsze badania przeprowadzone przez Kijowskiego i Niewiarowicza [8] wykazały, że zdolności emulgujące białek sarkoplazmatycznych i miofibrylarnych pochodzących z mięśni piersiowych normalnego typu ($pH_{15} = 6,2$) były wyższe niż PSE ($pH_{15} = 5,7$) i DFD ($pH_{15} = 6,5$).

Zagadnienie dotyczące metod klasyfikacji mięsa indyczego pod względem przydatności do przetwórstwa nie jest do końca wyjaśnione. Prawidłowo oceniona jakość mięśni drobiu powinna umożliwić określenie ich przeznaczenia i przydatności technologicznej.

Celem badań była ocena zróżnicowania właściwości funkcjonalnych białek mięśni indorów klasyfikowanych na podstawie współrzędnej jasności barwy L^* .

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiły mięśnie piersiowe indorów Big 6. Indory ubijano w warunkach przemysłowych (oszołamianie elektryczne: 150–160 mA, 400 Hz, 4 s, oparzenie w temp. 57°C). Tuszki schładzano metodą owiewowo-natryskową. Końcowe schładzanie przebiegało w komorze chłodniczej (temp. 0–2°C). Do badań pobierano mięsień powierzchniowy (*pectoralis superficialis*) bezpośrednio po wydzieleniu z tuszki (24 h p.m.) i usunięciu skóry. Pomiaru jasności barwy (L^*) dokonywano na prawym płacie mięśnia piersiowego ($n = 205$) od strony wewnętrznej (od kości) w pięciu różnych punktach zgodnie z oznaczeniami przedstawionymi na rys. 1. Stosowano aparat Dr Lange Spectro Color LMG 170 z otworem pomiarowym o średnicy 8 mm i źródłem światła D65. Przed pomiarem aparat kalibrowano wobec wzorca bieli i czerni.



Rys. 1. Mięsień piersiowy (*pectoralis superficialis*) z zaznaczonymi punktami pomiaru.

Fig. 1. Breast muscle (*pectoralis superficialis*) with points of measurement marked.

Wybrane do dalszych badań mięśnie ($n = 36$) przewożono w termoizolowanych pojemnikach do Katedry. Bezpośrednio w zmielonej masie mięśni ($\varnothing = 3$ mm) oznaczano pH_{24} , pH_{48} (24 h i 48 h p.m.) przy użyciu elektrody kombinowanej sprzężonej z pH-metrem PHM 201 RADIOMETER COPENHAGEN. Do oznaczeń rozpuszczalności białek sarkoplazmatycznych i białek ogółem (sarkoplazmatycznych i miofibrilarnych) zastosowano dwukrotną ekstrakcję za pomocą buforów o tym samym $\text{pH} = 7,4$, ale o zróżnicowanej sile jonowej. Białka sarkoplazmatyczne ekstrahowano z 2 g rozdrobnionego mięśnia 20 ml 0,03 M roztworu buforowego fosforanu potasu. Białka ogółem ekstrahowano z 1 g rozdrobnionej próbki mięśnia 0,55 M KJ w 0,05 M buforze fosforanu potasu. Próbkę po homogenizacji z buforami przechowywano 24 h w temp. 2°C . Homogenat sączono przez bibułę Whatman 2. Stężenie białek w przesączu oznaczano metodą biuretową. Wyniki przeliczano wobec standardu sporządzonego z białek albuminy wołowej i wyrażano w g/100 g tkanki mięśniowej. Z różnicy zawartości białek ogólnych i białek sarkoplazmatycznych wyliczano zawartość białek miofibrilarnych [20, za: 14]. Oznaczenie stabilności emulsji prowadzono w układzie modelowym: tkanka mięśniowa, 2% roztwór NaCl i olej (1:7:8). Przygotowaną emulsję (30 g) ogrzewano w łaźni wodnej o temp. 70°C w ciągu 30 min. Ilość wycieku po wirowaniu (15 min, 4000 obr./min) mierzono w cylindrze miarowym. Stabilność emulsji wyrażano w postaci współczynnika niestabilności (W_n) określającego ilość wycieku (woda + tłuszcz) w $\text{cm}^3/100$ g emulsji [15]. Ocenę właściwości funkcjonalnych mięśni prowadzono również w oparciu o analizę homogenatów wytworzonych z dodatkiem 0,67 M roztworu NaCl (15g : 60 cm^3). Próbkę mięśnia (15 g) homogenizowano z 60 cm^3 0,67 M roztworu NaCl (8000 obr./min). Homogenat przenoszono do zlewki (poj. 25 cm^3 ; wys. 1 cm) i podgrzewano w łaźni wodnej o temp. 70°C (30 min). Następnie chłodzono w wodzie z lodem i przetrzymywano w chłodziarce (temp. $4-6^{\circ}\text{C}$) przez 24 h. Przed rozpoczęciem analiz utworzone żele pozostawiano 30 min w temp. $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Oznaczenie zdolności żelujących homogenatów mięsa przeprowadzano w

analizatorze tekstury typu TA.XT2i (płaski trzpień o \varnothing 15 mm, prędkość przesuwu 100 mm/min, obciążenie 1 kN, głębokość penetracji 5 mm). Siłę wiążącą żeli oceniano maksymalną siłą penetracji [N] oraz wykonaną pracą potrzebną do zniszczenia żeli [N·s] [10, 11, 16].

Współzależności badanych cech określono współczynnikiem korelacji Pearsona, korzystając z programu Microsoft Excel. Do oceny istotności różnic stosowano test Duncana. Istotność różnic badano porównując wartości krytyczne rozkładu t-Studenta [7].

Wyniki i dyskusja

Wstępnie analizując otrzymane wyniki, brano pod uwagę parametry jasności wybranych mięśni ($n = 36$) jako: wartości średnie L^* z trzech pierwszych punktów pomiaru ($L^*_{1(3)}$); z trzech ostatnich punktów pomiaru ($L^*_{2(3)}$); L^* średnie z pięciu pomiarów ($L^*_{3(5)}$) (wszystkie wartości wyliczone zostały z uwzględnieniem testu na wyznaczenie błędu grubego) oraz średnie z pięciu pomiarów bez zastosowania testu na błąd grubo (L^*_5). Uwzględniono również pojedyncze pomiary wykonane w pięciu punktach mięśnia ($L^*_{1 \div L^*_5}$).

Współrzędne trójchromatyczne L^* przyjęte, jako wartość średnia określonej liczby pomiarów ($n = 3 \pm 5$), jak również pomiary jasności w poszczególnych punktach mięśnia piersiowego ($L^*_{1 \div L^*_5}$) ujemnie korelowały ze wskaźnikiem pH określonym zarówno 24 h, jak i 48 h po uboju (tab.1). Oznacza to, że przy wyższej wartości jasności mięśnia należy oczekiwać niższych wartości pH. Współczynniki korelacji kształtowały się na poziomie od $r = -0,54$ do $r = -0,73$. Wszystkie współczynniki korelacji określające współzależność jasności L^* i wskaźnika pH były istotne statystycznie ($p = 0,05$). Na istnienie ścisłej współzależności między pH i wartością parametru barwy L^* wskazują badania Owensa i wsp. [17]. Generalnie mięso o wyższym pH odznacza się barwą ciemniejszą, co jest wynikiem wyższej zawartości wody w komórkach i większej absorpcji światła. Także Mallia i wsp.[13] stwierdzili wysoki współczynnik korelacji pomiędzy pH_{15} a współrzędną jasności ocenianą po 30 min p.m. ($r = -0,58$), oraz 24 h p.m. ($r = -0,64$, $n = 65$). Podobne zależności uzyskał wcześniej Barbut [2] Wartość L^* istotnie korelowała z pH na poziomie $r = -0,71$.

Jak wynika z danych literaturowych [7, 21, 22], wyższej jasności mięśni towarzyszy często obniżona rozpuszczalność białek. Jaśniejsze mięśnie charakteryzują się zwiększonym stopniem denaturacji białek (szczególnie sarkoplazmatycznych), stąd ich rozpuszczalność w miarę wzrostu jasności obniża się. Potwierdzeniem takiej zależności w naszych badaniach był ujemny współczynnik korelacji liniowej określający współzależność tych dwóch parametrów.

Tabela 1

Współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy różnymi wariantami współrzędnej trójchromatycznej L^*_{24} i pH_{24} a wyróżnikami określającymi właściwości funkcjonalne białek mięśnia piersiowego (*pectoralis superficialis*) indorów Big 6 ($n = 36$).

The Pearson's coefficients of correlation between different variants of the trichromatic coordinate L^*_{24} , pH_{24} , and the parameters defining protein's functional properties of the Big 6 ($n = 36$) turkeys breast muscle

Wyszczególnienie Specification		Wartości średnie Average values				Punkty pomiaru Points of measurement					pH_{24}
		$L^*_{1(3)}$	$L^*_{2(3)}$	$L^*_{3(5)}$	L^*_{5}	L^*1	L^*2	L^*3	L^*4	L^*5	
pH_{24}		-0,69 ^a	-0,66 ^a	-0,69 ^a	-0,67 ^a	-0,60 ^a	-0,71 ^a	-0,70 ^a	-0,55 ^a	-0,58 ^a	-
pH_{48}		-0,71 ^a	-0,68 ^a	-0,71 ^a	-0,70 ^a	-0,62 ^a	-0,73 ^a	-0,70 ^a	-0,54 ^a	-0,60 ^a	0,98 ^a
rozpuszczalność białek (g/100g) protein solubility	ogólne total	-0,40 ^a	-0,34 ^a	-0,38 ^a	-0,36 ^a	-0,39 ^a	-0,36 ^a	-0,37 ^a	-0,28	-0,32	0,16
	sarkoplazma- tyczne sarcoplasmic	-0,53 ^a	-0,62 ^a	-0,58 ^a	-0,58 ^a	-0,55 ^a	-0,41 ^a	-0,61 ^a	-0,64 ^a	-0,41 ^a	0,21
	miofibrylarne miofibrillar	-0,09	-0,06	-0,08	-0,08	-0,09	-0,10	-0,07	-0,08	-0,09	0,05
W_N [cm ³ /100 g] Coefficient of emul- sion instability		0,82 ^a	0,79 ^a	0,83 ^a	0,82 ^a	0,78 ^a	0,78 ^a	0,76 ^a	0,71 ^a	0,76 ^a	-0,71 ^a
właściwości homogenatów properties of homogenates	pH	-0,80 ^a	-0,79 ^a	-0,81 ^a	-0,82 ^a	-0,76 ^a	-0,78 ^a	-0,78 ^a	-0,68 ^a	-0,69 ^a	0,67 ^a
	siła penetracji żeli Penetration force of gels [N]	-0,70 ^a	-0,69 ^a	-0,68 ^a	-0,68 ^a	-0,67 ^a	-0,62 ^a	-0,72 ^a	-0,58 ^a	-0,57 ^a	0,56 ^a
	praca pene- tracji Penetration work of gels [N·s]	-0,77 ^a	-0,75 ^a	-0,79 ^a	-0,77 ^a	-0,72 ^a	-0,75 ^a	-0,71 ^a	-0,70 ^a	-0,75 ^a	0,63 ^a

a – współczynniki korelacji statystycznie istotne ($p = 0,05$).

a – statistically significant coefficients of correlation ($p = 0,05$).

Uwzględnione współrzędne jasności (zarówno wartości średnie, jak i pojedyncze pomiary) istotnie korelowały z rozpuszczalnością białek ogólnych i sarkoplazmatycznych. Wyższe zależności uzyskano w przypadku pomiarów jasności i rozpuszczalności białek sarkoplazmatycznych ($r = -0,41 \div -0,64$; $p = 0,05$). Istotne, choć niższe współczynniki korelacji określa współzależność jasności mięśni i rozpuszczalności białek ogółem ($r = -0,36 \div -0,40$). Stwierdzone zależności potwierdziły wyniki badań van Laack i wsp. [20], którzy uzyskali wyższe współczynniki korelacji współzależności: jasności i rozpuszczalności białek sarkoplazmatycznych $r = -0,71$ ($n = 40$) oraz jasności i zawartości białek ogółem $r = -0,31$ ($p < 0,05$, $n = 40$).

Stabilność emulsji jest ważnym wskaźnikiem jakości surowca do produkcji przetworów rozdrobnionych. Wynik analizy stabilności emulsji wytworzonej z mięśnia piersiowego wyrażano współczynnikiem niestabilności (W_n). Im wyższy współczynnik niestabilności emulsji (większy jest wyciek wody i tłuszczu), tym otrzymana emulsja jest mniej stabilna. Spośród białek mięśniowych największą zdolność emulgowania mają miozyna i aktomiozyna, czyli białka rozpuszczalne w roztworach soli [9]. Duża lepkość emulsji białek miofibrylarnych zapewnia im większą sztywność i trwałość. Właściwości emulgujące białek miofibrylarnych w znacznym stopniu determinowane są warunkami środowiska. W pewnych warunkach mogą mieć doskonałe cechy emulgujące, w innych prawie ich nie mają [9]. Kretschmar [9] wykazała, na przykładzie mięśni wieprzowych, że białka sarkoplazmatyczne charakteryzują się dobrą stabilnością emulsyjną. Na właściwości te nie mają wpływu ani zmienne warunki pH (4,5–7,0), ani też siła jonowa w całym badanym przedziale przy zawartości soli od 0 do 3,5%.

Rozpuszczalność białek ogółem i sarkoplazmatycznych ujemnie korelowała ze współczynnikiem niestabilności emulsji (tab. 2). Co potwierdza, że przy niższej funkcjonalności białek wzrasta współczynnik niestabilności, czyli obniża się zdolność stabilizowania emulsji. Uzyskana przez Kretschmar [9] wartość stabilności (70%), wyższa o ok. 20% niż aktywność emulsyjna, pozwoliła na przypuszczenie, że również białka sarkoplazmatyczne przez wywołaną ogrzewaniem żelatynizację przyczyniają się do stabilizacji ogrzewanych produktów mięsnych. Wyższą współzależność uzyskano pomiędzy W_n a parametrami określającymi moc żeli z homogenatów ocenianych mięśni.

Wszystkie przyjęte parametry jasności L^* dodatnio korelowały ze współczynnikiem niestabilności W_n . Dodatnia korelacja pomiędzy omawianymi wyróżnikami wskazuje, że ze wzrostem jasności mięśni rośnie wyciek wody i oleju z przygotowanego i poddanego obróbce termicznej modelowego farszu. Oznacza to jednocześnie, że białka mięśni jaśniejszych wykazują mniejszą zdolność stabilizowania emulsji. Najwyższe współczynniki korelacji ($r = 0,82 \div 0,83$) uzyskano w przypadku $L^*_{1(3)}$, $L^*_{3(5)}$ i L^*_5 . Również wysoko korelował współczynnik niestabilności z pomiarami jasności L^* określonymi w przyjętych pojedynczych punktach pomiaru ($r = 0,71 \div 0,78$).

Tabela 2

Współczynniki korelacji Pearsona określające współzależność wyróżników jakości mięśnia piersiowego (*pectoralis superficialis*) indorów Big 6 (n = 36).

The Pearson's coefficients of correlation between different parameters determining the quality of a breast muscle (*pectoralis superficialis*) of turkeys toms type Big 6 (n = 36).

Wyszczególnienie Specification		Rozpuszczalność białek Protein solubility			W _n
		ogólne total	sarkopl. sarcoplasmic	miofibr. miofibrillar	
W _n [cm ³ /100g] Coefficient of emulsion instability		-0,35 ^a	-0,32 ^a	-0,18	
Właściwości żeli Properties of gels	siła penetracji [N] Penetration force of gels	0,04	0,19	-0,16	-0,64 ^a
	praca penetracji [N·s] Penetration work of gels	0,11	0,27	-0,05	-0,79 ^a

W_n – współczynnik niestabilności / coefficient of instability

a – współczynnik korelacji statystycznie istotny (p = 0,05)

a – statistically significant coefficients of correlation (p = 0,05)

Wartość współrzędnej jasności L* korelowała również ujemnie z maksymalną siłą (r = -0,57÷-0,72) i pracą penetracji (r = -0,70÷-0,77), określającymi zdolności żelujące homogenatów. Wraz ze wzrostem jasności mięśni piersiowych, siła żelowania obniżała się i malała twardość żeli. Jest to najprawdopodobniej spowodowane zmniejszeniem właściwości funkcjonalnych białek w mięsie (spowodowanym częściową denaturacją podczas szybkiego spadku pH i zbliżania się do punktu izoelektrycznego). Pietrzak i wsp. [cyt. za 20] wykazali obecność fosforylasy we frakcji miofibrilli mięśni indyckich z wadą PSE. Obecność fosforylasy białek sarkoplazmatycznych we frakcji miofibrilarnej wskazywała na obniżenie rozpuszczalności, będące wynikiem denaturacji.

Barbut i Mittal [3] prowadząc badania na mięśniach piersiowych i udowych indyków zaobserwowali, że wzrost wartości pH powoduje powstawanie żeli o twardszej strukturze. Żele o najmniejszej twardości powstawały przy pH 5,5. Zniszczenie struktury takiego żelu wymagało stosowania siły 0,88 kPa. Najtwardsze żele powstały przy pH 6,5, a siła niszcząca żel wynosiła 27,17 kPa.

Podsumowując analizę współczynników korelacji stwierdzono, że uzyskane współzależności pomiędzy wyróżnikami współrzędnej jasności określonej jako wartość średnia (określonej liczby pomiarów) z przyjętymi wyróżnikami właściwości funkcjonalnych białek były zbliżone. W większości badanych współzależności największe współczynniki korelacji współrzędnej jasności (L*1÷L*5), ocenianej w wybranych

punktach mięśnia, a wskaźnikami oceniającymi funkcjonalność białek mięśni uzyskano w punkcie L*3.

Tabela 3

Wyróżniki jakości ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) mięśnia piersiowego (*pectoralis superficialis*) indorów przy różnych przedziałach wartości L*₂₄.

The parameters of quality ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) the breast muscle (*pectoralis superficialis*) the turkeys toms for different ranges of 'L*₂₄' values

L* ₂₄		L* ₂₄ < 40	40 ≤ L* ₂₄ < 46	L* ₂₄ ≥ 46
Cecha Parameter				
n		16	13	7
L* ₂₄		32,42 ^a ± 1,06 min-max 23,71 – 38,91	42,02 ^b ± 0,46 min-max 39,70 – 45,39	48,51 ^c ± 0,72 min-max 45,76 – 51,79
pH ₂₄		5,97 ^a ± 0,05 5,59 – 6,71	5,63 ^{bA} ± 0,01 5,55 – 5,69	5,63 ^{bA} ± 0,01 5,53 – 5,75
pH ₄₈		6,04 ^a ± 0,06 5,66 – 6,68	5,74 ^{bA} ± 0,02 5,62 – 5,86	5,72 ^{bA} ± 0,03 5,63 – 5,87
rozpuszczalność białek (mg/100g) Solubility of Proteins	ogólne total	21,64 ^a ± 0,20 18,95 – 22,53	21,95 ^a ± 0,35 20,36 – 23,57	20,29 ^b ± 0,55 17,61 – 21,94
	sarkopl. miofibrillar	8,95 ^a ± 0,15 8,22 – 10,07	8,60 ^a ± 0,16 7,68 – 9,70	7,85 ^b ± 0,16 7,41 – 8,55
	miofibr. miofibrillar	12,70 ^a ± 0,20 11,70 – 13,95	13,35 ^b ± 0,36 11,96 – 14,81	12,44 ^a ± 0,36 10,14-14,41
W _N (cm ³ /100g) Coefficient of emulsion instability		33,21 ^a ± 1,05 24,95 – 42,10	38,72 ^b ± 1,03 33,24 – 43,26	42,28 ^c ± 0,77 39,89 – 46,55

\bar{x} – wartość średnia / mean value,

SEM – odchylenie standardowe / standard deviation,

a, b, c – wartości średnie w wierszu oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie (p = 0,05),

a, b, c – the mean values within one row, which have different superscripts do not significantly vary (p = 0.05),

A – wartości średnie w kolumnie oznaczone tą literą różnią się statystycznie istotnie (p = 0,05),

A – the mean values within one column, which have an 'A' superscript vary statistically significantly (p = 0.05).

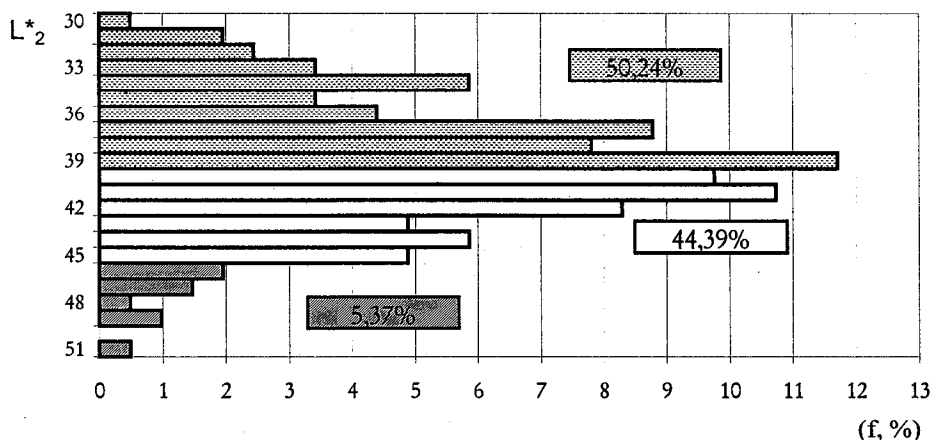
Badane w doświadczeniu mięśnie podzielono w dalszej kolejności na grupy, kierując się klasyfikacją mięśni indycznych proponowaną przez Qiao i wsp. [18]. Przyjęto podział, uwzględniając wartość jasności określoną w jednym punkcie pomiaru L*3 (tab. 3). Analiza procentowego udziału mięśni piersiowych (*pectoralis superficialis*) indorów Big 6 (n = 205) w przyjętych zakresach parametru jasności barwy L*3 wykazała, że największy udział stanowiły mięśnie o wartości parametru L*₂₄ < 40 (51%).

Nieznaczny tylko udział (ok. 5 %) w badanej populacji stanowiły mięśnie o wartości parametru jasności $L^* > 46$ (rys. 2).

Wartości średnie L^* 3 określone w przyjętym podziale istotnie różniły się między grupami. Takiego zróżnicowania nie stwierdzono w poziomie stężenia jonów wodorowych określonego wskaźnikiem pH. Średnie wartości pH mięśni (pH_{24} , pH_{48}) w przedziale $40 \leq L^* < 46$ (II); i $L^* \geq 46$ (III) były zbliżone. Istotnie wyższe wartości pH końcowego $pH_{24} = 5,97$ i $pH_{48} = 6,04$ charakteryzowały mięśnie w grupie I ($L^* < 40$).

Mięśnie piersiowe (*pectoralis major*) brojlerów kurzych, w badaniach Allen i wsp. [1], przy średnich wartościach $L^* < 46$ wykazały pH 6,22 (mierzone 24 h po uboju), a przy $L^* > 50$ pH było niższe i wynosiło 5,81.

Analizując średnie wskaźniki rozpuszczalności białek, określone w przyjętym podziale mięśni, stwierdzono inne zależności pomiędzy grupami. Rozpuszczalność białek ogółem, jak i sarkoplazmatycznych, nie różnicowała mięśni z dwóch pierwszych grup. Rozpuszczalność białek ogółem była wyższa o $1,35 \div 1,76$ g/100 g mięśnia w stosunku do mięśni normalnych ($L^* \geq 46$). Podobne zależności uzyskano przy oznaczeniu białek sarkoplazmatycznych. Rozpuszczalność białek sarkoplazmatycznych była wyższa o $0,75 \div 1,00$ g/100 g w stosunku do mięśni w grupie III. Można przyjąć, że ta cecha nie różnicowała mięśni o jasności $L^* < 46$, określanych jako mięśnie ciemne [18]. W ocenie rozpuszczalności białek miofibrylarnych nie wykazano wyraźnych zależności. Van Laack i wsp. [20] stwierdzili również istotne, ale mniejsze różnice w rozpuszczalności białek sarkoplazmatycznych (na poziomie 6 mg/g), jak i białek ogółem (na poziomie 7 mg/g) w odniesieniu do mięśni określanych jako wodniste ($L^* = 60,0$ przy $pH_{24} = 5,70$) oraz normalne ($L^* = 55,1$ przy $pH_{24} = 5,96$).



Rys. 2. Histogram rozkładu częstotliwości (f, %) jasności (L^*_{24}) mięśnia piersiowego (*pectoralis superficialis*) indorów BIG 6.

Fig. 2. The frequency histogram (f, %) of brightness (L^*_{24}) of a BIG 6 turkey toms' breast muscle (*pectoralis superficialis*).

Tabela 4

Wartości pH i właściwości żelujące ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) homogenatów z mięśnia piersiowego (*pectoralis superficialis*) indrów Big 6 przy różnych przedziałach wartości L^*_{24} .

The pH value and gelatinizing properties ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) of homogenates from a breast muscle (*pectoralis superficialis*) of turkey toms type Big 6 for different ' L^*_{24} ' locker values.

L^*_{24}	$L^*_{24} < 40$	$40 \leq L^*_{24} < 46$	$L^*_{24} \geq 46$
Cecha Parameter			
n	16	13	7
pH homogenatu homogenate	$5,71^a \pm 0,05$ min-max 5,42 – 6,30	$5,45^b \pm 0,02$ min-max 5,36 – 5,51	$5,31^c \pm 0,05$ min-max 5,29 – 5,42
Siła penetracji [N] Penetration force	$0,44^a \pm 0,04$ 0,13 – 0,62	$0,14^b \pm 0,01$ 0,08 – 0,15	$0,07^b \pm 0,02$ 0,07 – 0,10
Praca penetracji [N·s] Penetration work	$0,77^a \pm 0,10$ 0,22 – 1,35	$0,25^b \pm 0,02$ 0,16 – 0,43	$0,19^b \pm 0,02$ 0,15 – 0,23

Oznaczenia jak w tab. 3. / Denotation as in Tab.3.

Oceniając mięśnie wskaźnikiem niestabilności emulsji (W_n), w przyjętym podziale obserwowano wzrost wartości tego wyróżnika w miarę wzrostu jasności mięśni. Potwierdza to obniżenie funkcjonalności białek, jako składnika stabilizującego emulsje w złożonym układzie modelowym. Zróżnicowanie jakości mięśni pomiędzy badanymi grupami jasności było istotne. W I, II i III grupie W_n wynosiło odpowiednio: 33,21 cm³/100 g, 38,72 cm³/100 g, 42,28 cm³/100 g. Uzyskane homogenaty II grupy mięśni (II. $40 \leq L^* < 46$) i III ($L^* \geq 46$) charakteryzowały się niską wartością wskaźnika pH (5,31 do 5,48) (tab. 4). Znacznie wyższe wartości charakteryzowały homogenaty z mięśni najciemniejszych ($L^* < 40$). Wartość średnia pH kształtowała się na poziomie 5,71 (tab. 3). Najtwardsze żele powstały z mięśni ciemnych ($L^* < 40$). Różniły się one istotnie w porównaniu z mięśniami pozostałych dwóch grup. Brak zdolności właściwego żelowania obserwowano w przypadku mięśni II i III grupy jasności. Siła penetracji wynosiła odpowiednio 0,14 N i 0,07 N. Wynikało to z niskiej wartości pH homogenatów. W tych dwóch grupach mięśni średnie wartości pH homogenatów były najbardziej zbliżone do punktu izoelektrycznego białek mięśniowych. Zróżnicowanie jakości mięśni pod względem wybranych wyróżników właściwości funkcjonalnych białek pomiędzy badanymi grupami jasności było istotne, gdy jako kryterium podziału przyjęto wartość L^*_{24} .

Wnioski

- 1) Współrzędne trójkromatyczne L^* , przyjęte jako wartość średnia określonej liczby pomiarów ($n = 3 \pm 5$), jak również pomiary jasności w poszczególnych punktach

- mięśnia piersiowego ($L^*_{1÷L^*5}$) ujemnie korelowały ze wskaźnikiem pH ($r = -0,55 ÷ -0,71$).
- 2) Wszystkie przyjęte parametry jasności L^* ujemnie korelowały z wyróżnikiem rozpuszczalności białek ogólnych ($r = -0,34 ÷ -0,40$) i sarkoplazmatycznych ($r = -0,41 ÷ -0,62$). Ze współczynnikiem niestabilności emulsji określono dodatnią współzależność ($r = 0,71 ÷ 0,83$). Wartość współrzędnej jasności korelowała istotnie z maksymalną siłą penetracji przy określaniu właściwości żelujących homogenatów ($r = -0,49 ÷ -0,67$).
 - 3) Zróżnicowanie jakości mięśni pomiędzy badanymi grupami jasności było istotne, gdy jako kryterium podziału przyjęto wartość L^*_3 . Wykazano zróżnicowanie jakości mięśni pod względem wybranych wyróżników właściwości funkcjonalnych białek.
 - 4) Najniższą rozpuszczalność białek ogółem (20,29 g/100 g) i sarkoplazmatycznych (7,85 g/100 g) stwierdzono w grupie mięśni, których współrzędna trójchromatyczna kształtowała się na poziomie $L^* \geq 46$ w porównaniu z pozostałymi grupami mięśni.
 - 5) Mięśnie najciemniejsze ($L^*_{24} < 40$) charakteryzowały się najniższym współczynnikiem niestabilności emulsji (odpowiednio w I, II i III grupie: $W_n = 33,21 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$, $38,72 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$, $42,28 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$).
 - 6) Zdolności żelujące homogenatów grupy mięśni o $L^* < 40$ były wyższe w porównaniu z mięśniami pozostałych dwóch przedziałów jasności.

Literatura

- [1] Allen C.D., Fletcher D.L., Northcutt J.K., Russell S.M.: The relationship of broiler breast meat colour and pH to shelf-life and odour development. *Poultry Sci.*, 1997, 76, 1024 – 1046.
- [2] Barbut S.: Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. *Food Res. Int.*, 1993, 26, 39-40.
- [3] Barbut S., Mittal G.S.: Effects of pH physical properties of white and dark turkey meat. *Poultry Sci.*, 1993, 72, 1557-1565.
- [4] Barbut S, McCurdy R, Quinton M.: Seasonal effect on the pale, soft, exudative (PSE) occurrence in turkey breast meat. XII European Symposium on the quality of poultry meat., Zaragoza, 1995, 24-25 September, pp. 173-176.
- [5] Fletcher D.L., Qiao M., Smith D.P.: The relationship of raw broiler breast meat colour and pH to cooked meat colour and pH. *Poultry Sci.*, 2000, 79, 784-788.
- [6] Fletcher D.L.: Poultry meat quality. *World's Poultry Sci. J.*, 2002, 6 (58), 131-135.
- [7] Józwiak J., Podgórski J.: Statystyka od podstaw. PWE, Warszawa 1998.
- [8] Kijowski J., Niewiarowicz A: Emulsifying properties of proteins and meat from broiler breast muscles as affected by their initial pH values. *J. Food Technol.*, 1978, 13, 451-459.
- [9] Kretzschmar U.: Funktionelle Eigenschaften von Sarkoplasmaproteinen.2. Emulgiereigenschaften. *Fleischwirt.*, 1995, 75, 1354-1357.

- [10] Lesiów T.: Prognozowanie jakości wyrobów z mięsa kurcząt na podstawie reologicznych właściwości homogenatów. Monografie i opracowania nr 139. Prace Naukowe nr 889. Wyd AE im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wrocław 2001, s. 1-135.
- [11] Lesiów T.: Właściwości żelujące homogenatów mięsa kurcząt oznaczone metodą penetrometryczną i TMA. XXXII Sesja Naukowa KTiChŻ PAN nt.: Technologia żywności a oczekiwania konsumentów. SGGW. Warszawa, 6-7.09. 2001, s. 1-5
- [12] Lesiów T., Kijowski J.: Impact of PSE and DFD meat on poultry processing. A review. Pol. J. Food Sci. Nutr., 2003, **12/53**, 3-9.
- [13] Mallia J.G., Barbut S., Vaillancourt J.-P., Martin S.W., McEwen S.A.: A Dark, Firm Dry-Like Condition in Turkeys Condemned for Cyanosis. Poultry Sci., 2000, **79**, 281-285.
- [14] Mejbaum-Katzenellenbogen, Mochnacka I.: Kurs praktyczny z biochemii. PWN. Warszawa 1969.
- [15] Pikul J. (red.): Ocena technologiczna surowców i produktów przemysłu drobiarskiego., Wyd. AR, Poznań, 1993.
- [16] Pospiech E., Medyński A., Dolata K.: Gel and emulsion stability of meat treated with pyrophosphates and carbonates by enhanced addition of water. Roczn. IPM i T 1998, **35/1**, 89-94.
- [17] Owens C.M., Hirschler E.M., McKee S.R., Martinez-Dawson R., Sams A.R.: The characterization and incidence of pale, soft, exudative turkey meat in a commercial plant. Poultry Sci., 2000, **79**, 553-558.
- [18] Qiao M., Fletcher D.L., Smith D.P., Northcutt J.K.: The influence of broiler breast meat colour variation on chemical composition. Poultry Sci. 2000, **79** Suppl., 232.
- [19] Taubert E., Wicke M., von Lengerken G., Ttoeger K.: Untersuchung der Zusammenhänge zwischen externen Belastungsfaktoren und der Fleischqualität von Puten. Fleischwirt., 2002, **4**, 108-111.
- [20] Van Laack R. L., J., M., Liu C.-H., Smith M.O., Loveday H.D.: Characteristics of Pale, Soft, Exudative Broiler Breast Meat. Poultry Sci. 2000, **79**, 1057 – 1061. Mięśnie piersiowe kurcząt i indyków z wadą PSE. Mięso i Wędliny 2001, **6**, 48 – 50, (tłumacz.).
- [21] Warner R.D., Kauffman R.G., Greaser M. L.: Muscle Protein Changes *Post Mortem* in Relation to Pork Quality Traits. Meat Sci. 1997, **3** (45), 339-352.

THE COLOUR OF TURKEY TOMS' BREAST MUSCLE AND THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF PROTEIN

Summary

Breast muscles (*pectoralis superficialis*, $n = 36$) constituted the material investigated. They were derived from Big 6 turkey toms. The birds were slaughtered under the industrial conditions. The colour brightness (L^*) was measured on the right wing breast muscle from inside (from bone) 24 h post mortem. The muscles were divided into three groups according to their co-ordinate of brightness: $L^* < 40$ (I), $40 \leq L^* < 46$ (II) and $L^* \geq 46$ (III). The quality differentiation of the muscles investigated was determined with regard to the selected distinguishing factors of the functional properties of proteins. The lowest solubility values of the total proteins (20.29 g / 100g) and sarcoplasmatic proteins (7.85g/100g) were stated in the group of muscles with a three-chromatic co-ordinate reaching a $L^* \geq 46$ level if compared with other groups of muscles. The darkest muscles ($L^*_{24} < 40$) were characterized by the deepest coefficient of emulsion instability (suitably for I, II and III group: $W_n = 33.21 \text{ cm}^3/100\text{g}$, $38.72 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$, $42.28 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$). The gelatinising capabilities of homogenates were higher in the group of muscles with $L^* < 40$ if compared to the muscles from the two other ranges of brightness.

Key words: turkey toms, breast muscle (*pectoralis superficialis*), colour, protein functionality. ☒