

WPŁYW MASY CIAŁA I PRZEDUBOJOWEGO STRESU CIEPLNEGO NA JAKOŚĆ TUSZKI, MIĘŚNI PIERSIOWYCH I MIĘŚNI NÓG KURCZĄT BROJLERÓW*

Joanna Nowak, Katarzyna Połtowicz*

Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Hodowli Drobiu, 32-083 Balice k. Krakowa

*E-mail: katarzyna.poltowicz@izoo.krakow.pl

*Celem badań było określenie wpływu przedubojowego stresu cieplnego na jakość tuszki, mięśni piersiowych i mięśni nóg 49-dniowych kurcząt brojlerów w zależności od ich masy ciała. Badaniami objęto brojlery Ross 308, które przydzielono przed ubojem do czterech grup pod względem końcowej masy ciała oraz postępowania przedubojowego. Grupa I (o średniej masie ciała) i III (o maksymalnej masie ciała) to ptaki, które były utrzymywane przed ubojem w optymalnych warunkach termicznych (19,5°C), zaś grupę II (o średniej masie ciała) i IV (o maksymalnej masie ciała) stanowiły kurczęta, które podczas trwającego 3 h 15 min oczekiwania na ubój poddano działaniu podwyższonej temperatury otoczenia (35,5°C). Dodatkowo w tym czasie kurczęta z grupy II i IV przebywały w skrzyniach transportowych bez dostępu do paszy i wody. Przed zadziałaniem czynnika termicznego (gr. II i IV) i przed ubojem (gr. I–IV) skontrolowano masę ciała oraz temperaturę rektalną ptaków. Po uboju określono pH_{15min} i temperaturę_{15min} mięśni piersiowych i mięśni nóg (pH-metr CyberScan10). Pomiar kwasowości mięśni powtórzono po 24-godzinnym schładzaniu tuszek, które następnie poddano uproszczonej analizie rzeźnej. Wypreparowane mięśnie piersiowe i mięśnie nóg oceniono pod względem: barwy CIE L*a*b* (Minolta CR310), wycieku wymuszonego (Grau–Hamm), wycieku swobodnego oraz strat termicznych. Z przeprowadzonych badań wynika, że temperatura otoczenia podczas ostatnich godzin życia kurcząt ma wpływ na temperaturę rektalną, masę ciała, wydajność rzeźną, otluszczenie tuszek, a także na temperaturę, wysycenie barwy w kierunku czerwieni (a*) i wyciek wymuszony mięśni piersiowych oraz na pH_{15min} i temperaturę mięśni nóg. Z kolei masa ciała ptaków wpływa istotnie na straty masy tuszek powstałe podczas schładzania oraz na temperaturę mięśni nóg. Stwierdzono wpływ obu zastosowanych czynników eksperymentalnych na straty masy tuszki podczas schładzania oraz na jasność barwy (L*) mięśni piersiowych. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że ekspozycja ptaków na działanie wysokiej temperatury przed ubojem nie obniża jakości i przydatności technologicznej mięsa. W odniesieniu do większości ocenianych cech nie stwierdzono wpływu stresu cieplnego na jakość mięsa w zależności od masy ciała kurcząt. Uzyskane wyniki nie potwierdzają negatywnego wpływu powyższych czynników na kształtowanie się fizyko-chemicznych cech mięsa. Pomimo tego stres cieplny powinien zostać zminimalizowany, aby poprawić dobrostan kurcząt brojlerów podczas transportu i oczekiwania na ubój.*

Słowa kluczowe: kurczęta brojlery, stres cieplny, masa ciała, jakość tuszki, jakość mięsa

Zabiegi, jakim zostają poddane kurczęta w dniu uboju, wpływają w negatywny sposób na ich dobrostan, a w dalszym etapie na jakość mięsa (Savenije i in., 2002). Standardowo do postępowania przedubojowego należą: głodzenie, wyłapywanie, załadunek, transport, wyładunek, oczekiwanie na ubój, zawieszanie na linii ubojowej i ogłuszanie. Tylko w czasie transportu do rzeźni ptaki są często narażone na wiele czynników wywołujących reakcje stresowe. Do czynników tych należą: nieodpowiednia temperatura, niekorzystny mikroklimat, hałas, drgania, uderzenia, wstrząsy, zakłócenie równowagi socjalnej stada, brak dostępu do paszy i wody (Ghareeb i in., 2008; Dadgar i in., 2010). Celem głodzenia przedubojowego jest opróżnienie układu pokarmowego z resztek niestrawionej paszy oraz zredukowanie ewentualnego zanieczyszczenia tuszek podczas patroszenia. Optymalny czas głodzenia kurcząt podawany przez różnych autorów waha się od 4 do 12 h (Kotula i Wang, 1994; Zuidhof i in., 2004; Kim i in., 2007).

Według Kani i in. (2001) najsilniejsze reakcje stresowe wywołują stresory, będące czynnikami o charakterze emocjonalnym (niewłaściwa obsługa, chwytanie zwierząt, transport) oraz polietiologicznym, a więc gdy występują dodatkowo takie czynniki jak: nieodpowiednia temperatura, hałas, głodzenie, brak dostępu do wody.

Bardzo ważnym czynnikiem środowiskowym, który wpływa negatywnie na produkcję drobiarską, jest temperatura. Zmiany temperatury otoczenia zarówno poniżej, jak i powyżej strefy komfortu cieplnego, tzw. strefy termoneutralnej, prowadzą do obniżenia dobrostanu (Skomorucha i in., 2010). Według Olanrewaju i in. (2010) temperatura ciała dorosłych kurcząt wynosi 40,6–41,7°C, a strefa termoneutralna pozwalająca ją utrzymać to 18–24°C. Niestety kurczęta brojlery najczęściej narażone są na przegrzanie i niedotlenienie (Skomorucha i Sosnowka-Czajka, 2017). Zbyt wysoka temperatura otoczenia powoduje reakcję fizjologiczną kurcząt, która obejmuje wzrost częstotliwości oddechów, jak również uruchomienie mechanizmu utraty ciepła na skutek parowania z powierzchni błon śluzowych układu oddechowego poprzez zianie. Stres cieplny wpływa na spadek produktywności, pogorszenie jakości mięsa i często prowadzi do zwiększenia śmiertelności kurcząt (Yalçin i in., 2001; Warris i in., 2005; Zhang i in., 2012). Krótkoterminowe narażenie organizmu ptaka na stres cieplny może spowodować zachwianie parametrów fizjologicznych i metabolicznych, które zwykle wracają do normy po kilku godzinach, lecz kurczęta, które są narażone na wysokie temperatury przez długi czas przed ubojem, nie mają na to szansy. Według Yalçin i in. (2004) natężenie reakcji fizjologicznych kurcząt na stres przedubojowy wzrasta wraz z wiekiem, najprawdopodobniej z powodu rosnącej masy ciała. Wystąpienie i natężenie reakcji stresowych pod wpływem zastosowanego postępowania przed ubojem może zależeć m.in. od linii genetycznej, wieku, tempa wzrostu i masy ciała ptaków (Yalçin i in., 2004; Debut i in., 2003; Berri i in., 2005).

W intensywnej produkcji drobiarskiej wiek uboju jest uzależniony głównie od osiągnięcia pożądanej końcowej masy ciała. W każdym stadzie drobiu rzeźnego występuje duże zróżnicowanie pod względem tego parametru. Podczas jednego cyklu produkcyjnego pozyskiwane jest mięso pochodzące od kurcząt, których masa znacznie odbiega od średniej w grupie, a jego przydatność technologiczna jest często zróżnicowana (Połtowicz i in., 2003). Szybkie tempo przyrostu masy ciała i mięśni kur-

czą przyczyniają się do powstania zaburzeń metabolicznych, a w konsekwencji do obniżenia jakości mięsa (Mutryn i in., 2015).

Ponieważ wykazano, że wraz ze wzrostem ubojowej masy ciała reakcje fizjologiczne kurcząt na procedury przedubojowe są bardziej nasilone (Yalçin i in., 2004), celem niniejszych badań było określenie wpływu przedubojowego stresu cieplnego na jakość tuszki, mięśni piersiowych i mięśni nóg 49-dniowych kurcząt brojlerów w zależności od ich masy ciała.

Material i metody

Materiał doświadczalny stanowiły kurczęta brojlery linii Ross 308 ($n=210$). Pisklęta zostały wylęzione w komercyjnym zakładzie wylęgu drobiu z jaj pozyskanych z wybranej fermy rodzicielskiej. Ptaki były utrzymywane na ściółce, przy obsadzie 12 sztuk/m², w standardowych warunkach środowiskowych i żywione do woli pełnoporcjowymi mieszankami paszowymi: starter, grower i finisz, przeznaczonymi dla kurcząt rzeźnych. Po zakończonym odchowie, w 49. dniu życia, ptaki zostały zważone i przydzielone do 4 grup, po 10 szt. w każdej (5 kurek i 5 kogutków):

Grupa I – kurczęta o masie ciała zbliżonej do średniej utrzymywane przed ubojem w optymalnych warunkach termicznych (19,5°C);

Grupa II – kurczęta o masie ciała zbliżonej do średniej, które podczas trwającego 3 h 15 min oczekiwania na ubój poddano działaniu podwyższonej temperatury otoczenia, wynoszącej 35,5°C;

Grupa III – kurczęta o maksymalnej masie ciała, utrzymywane przed ubojem w optymalnych warunkach termicznych (19,5°C);

Grupa IV – kurczęta o maksymalnej masie ciała, które podczas trwającego 3 h 15 min oczekiwania na ubój poddano działaniu podwyższonej temperatury otoczenia, wynoszącej 35,5°C.

Ptaki przydzielone do grup II i IV wylapano i umieszczono w plastikowych skrzyniach transportowych przeznaczonych do przewozu drobiu, po 10 kurcząt w każdej skrzyni. Wymiary skrzyń transportowych użytych w doświadczeniu wynosiły 0,6 × 0,9 × 0,3 m (szer. × dł. × wys.), a temperatura mierzona w skrzyniach transportowych wynosiła 35,5°C. Przed zadziałaniem czynnika doświadczalnego (grupy II i IV) oraz przed ubojem skontrolowano masę ciała i zmierzono temperaturę rektalną termometrem weterynaryjnym z dokładnością pomiaru $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Kurczęta z grup I i III do momentu uboju przebywały w brojlerni w optymalnych warunkach termicznych oraz miały swobodny dostęp do paszy i wody. Bezpośrednio po wylapaniu z przedziałów skontrolowano ich masę ciała, zmierzono temperaturę rektalną oraz poddano je ubojowi.

Wszystkie ptaki ubito poprzez dekapitację, w celu ustalenia wydajności rzeźnej, jakości tuszki oraz jakości mięśni piersiowych i mięśni nóg.

Kwasowość mięśni określono za pomocą przenośnego pH-metru CyberScan10 (Singapur) wyposażonego w elektrodę szklaną do badania mięsa. Przed przystąpieniem do pomiaru wykonano dwupunktową kalibrację elektrody w buforach kalibracyjnych pH 4,01 i 7,00. Elektrode i sondę umieszczano po kątem 45° w połowie

grubości lewego mięśnia piersiowego (*pectoralis superficialis*) oraz mięśni lewego uda (*biceps femoris*). Pomiarów dokonano w 15. minucie po uboju ($\text{pH}_{15\text{min}}$, pH początkowe) oraz po 24-godzinnym schładzaniu tuszek w temperaturze $+4^{\circ}\text{C}$ ($\text{pH}_{24\text{h}}$, pH końcowe). Schłodzone tuszki poddano uproszczonej analizie rzeźnej, a na podstawie uzyskanych wyników wyliczono straty masy tuszki po schłodzeniu, wydajność rzeźną z podrobami i bez podrobów oraz określono skład tkankowy tuszek. Wyliczono procentowy udział mięśni piersiowych i mięśni nóg, podrobów oraz tłuszczu (sadelkowego i żołądkowego) w stosunku do masy tuszki z podrobami.

Barwę mięśni oznaczono 24h *post mortem* za pomocą kolorymetru Minolta CR-310 (Konica Minolta, Japan). Kalibrację aparatu przeprowadzono w odniesieniu do wzorca bieli. Na wewnętrznej powierzchni mięśni piersiowych oraz mięśni nóg natychmiast po oddzieleniu od kości wykonano po 2 pomiary barwy z zastosowaniem skali $L^*a^*b^*$ (CIE, 1976). Do badań wybrano powierzchnie wolne od przebarwień i widocznych naczyń krwionośnych mogących wpłynąć na wynik odczytu. Barwę mięśni wyrażono liczbowo przy pomocy wskaźników CIE dla jasności (L^*), wysycenia barwy w kierunku czerwieni (a^*) i wysycenia barwy w kierunku żółci (b^*).

Wyciek swobodny określono na podstawie procentowego ubytku masy mięśni podczas przechowywania chłodniczego. W tym celu z prawego mięśnia piersiowego powierzchniowego i z prawego uda pobrano próbki, które umieszczono w szczelnych zamykanych pojemnikach i przechowywano w chłodni przez 24 godziny w temperaturze $+4^{\circ}\text{C}$. Straty termiczne określono natomiast na podstawie ubytku masy mięśni piersiowych i mięśni nóg podczas gotowania. W tym celu próbki mięśni umieszczono w woreczkach foliowych i gotowano w temp. 100°C do chwili osiągnięcia wewnętrznej temperatury 78°C w najgrubszym miejscu próbki.

Wyciek wymuszony z mięśni piersiowych i nóg wyrażony jako procent zawartości wody wolnej w mięsie określono metodą Graua i Hamma (1953).

Uzyskane wyniki zweryfikowano statystycznie przy pomocy 2-czynnikowej analizy wariancji. W opracowaniu wyników uwzględniono średnie arytmetyczne, standardowy błąd pomiaru (*SEM*), a także efekty główne (A – wpływ masy ciała, B – wpływ temperatury otoczenia) oraz efekt interakcji czynników ($A \times B$). Istotność różnic pomiędzy średnimi ustalono testem Duncana. Ponadto, w celu określenia zmian w temperaturze rektalnej kurcząt przed i po zadziałaniu podwyższonej temperatury otoczenia wykonano 1-czynnikową analizę wariancji, a istotność różnic określono testem t-Studenta. Do obliczeń statystycznych wykorzystano program Statistica 12.

Wyniki

Masa ciała i temperatura rektalna

Średnia masa ciała 49-dniowych kurcząt brojlerów wynosiła 2,7 kg. W tym samym czasie najcięższe ptaki ważyły średnio 3,2 kg. Po zadziałaniu podwyższonej temperatury odnotowano straty masy ciała kurcząt wynoszące od 1,63% (lżejsze) do 1,9% (cięższe). Przed rozpoczęciem doświadczenia temperatura rektalna wszystkich kurcząt kształtowała się na zbliżonym poziomie i wynosiła średnio $41,1^{\circ}\text{C}$ (tab. 1). Po zadziałaniu podwyższonej temperatury otoczenia stwierdzono statystycznie istotny

wzrost temperatury rektalnej o 1°C i 0,8°C, odpowiednio u kurcząt o średniej (grupa II) i maksymalnej masie ciała (grupa IV). Zaobserwowano również istotne różnice w temperaturze rektalnej ptaków przebywających przed ubojem w różnych warunkach środowiskowych. Zarówno ptaki z grupy II, jak i IV charakteryzowały się istotnie wyższą temperaturą mierzoną tuż przed ubojem niż kurczęta utrzymywane w optymalnych warunkach termicznych (grupy I i III; $P \leq 0,01$).

Tabela 1. Wyniki temperatury rektalnej kurcząt brojlerów
Table 1. Evaluation of rectal temperature of broiler chickens

Wyszczególnienie Item (°C)	Grupa/Group				SEM	Masa ciała Body weight (A)	Temperatura Temperature (B)	A × B
	I	II	III	IV				
	średnia masa ciała average body weight	maksymalna masa ciała maximum body weight						
	19,5°C	35,5°C	19,5°C	35,5°C				
Przed zadziałaniem wysokiej temperatury Before exposure to high temperature	–	41,1 A	–	41,0 A	0,13	-	–	–
Przed ubojem Before slaughter	41,2	41,9 B	41,2	42,0 B	0,09	ns	$\leq 0,01$	ns

A, B – wartości w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,01$).

A, B – values in columns with different letters differ significantly ($P \leq 0.01$).

ns – nieistotne statystycznie.

ns – not significant.

Jakość tuszki

Zarówno ubojowa masa ciała kurcząt, jak i współdziałanie tego czynnika z temperaturą otoczenia miały istotny wpływ na straty masy tuszek powstałe podczas ich schładzania (tab. 2). Tuszki lżejszych ptaków, utrzymywanych przed ubojem w optymalnych warunkach termicznych, charakteryzowały się większymi o 0,38 p.p. stratami masy w porównaniu do tuszek kurcząt utrzymywanych w podwyższonej temperaturze oraz o 0,57 p.p., porównując z kurczętami cięższymi, przebywającymi w takich samych warunkach przed ubojem. Różnice te w obu przypadkach były statystycznie istotne na poziomie $P \leq 0,01$. Stwierdzono również wpływ warunków termicznych przed ubojem na wydajność rzeźną ptaków. Wyższą wydajność rzeźną, zarówno z podrobami, jak i bez podrobów, osiągnęły ptaki poddane działaniu podwyższonej temperatury przed ubojem (odpowiednio 81,35% i 78,39%), w porównaniu do kurcząt przebywających w tym czasie w optymalnych warunkach termicznych (odpowiednio 78,88% i 75,82%; $P \leq 0,01$).

Zastosowane czynniki doświadczalne nie wpłynęły istotnie na umięśnienie tuszki oraz udział podrobów jadalnych w tuszce ($P > 0,05$). Pomimo braku statystycznego potwierdzenia, kurczęta poddane działaniu stresu cieplnego wykazywały tendencję do lepszego umięśnienia piersi o 1,61% (grupa II) i 4,03% (grupa IV). Odwrotną tendencję zaobserwowano w stosunku do umięśnienia nóg ($P > 0,05$).

Stwierdzono, że niezależnie od ubojowej masy ciała kurczęta utrzymywane przed ubojem w podwyższonej temperaturze charakteryzowały się istotnie większym otłuszczeniem tuszek (3,16%) w porównaniu z ptakami przebywającymi w optymalnej temperaturze (2,59%). Różnice te zostały potwierdzone statystycznie przy $P \leq 0,01$.

Tabela 2. Wyniki jakości tuszek kurcząt brojlerów (%)
Table 2. Evaluation of carcass quality of broiler chickens (%)

Wyszczególnienie Item	Grupa / Group				SEM	Masa ciała Body weight (A)	Temperatura Temperature (B)	A × B
	I	II	III	IV				
	średnia masa ciała average body weight							
	19,5°C	35,5°C	19,5°C	35,5°C				
Straty masy tuszki podczas schładzania Carcass weight loss during chilling	2,74 A	2,36 B	2,17 B	2,41	0,05	≤0,01	ns	≤0,01
Wydatność rzeźna z podrobami Dressing percentage with giblets	78,80	81,53	78,96	81,17	0,31	ns	≤0,01	ns
Wydatność rzeźna bez podrobów Dressing percentage without giblets	75,74	78,56	75,89	78,22	0,32	ns	≤0,01	ns
Mięśnie piersiowe Breast muscles	24,90	25,30	25,08	26,09	0,27	ns	ns	ns
Mięśnie nóg Leg muscles	20,54	19,95	20,06	19,90	0,25	ns	ns	ns
Podroby Giblets	3,88	3,65	3,89	3,68	0,06	ns	ns	ns
Tłuszcz Fat	2,43	3,05	2,76	3,27	0,11	ns	≤0,05	ns

A, B – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,01$).

A, B – values in rows with different letters differ significantly ($P \leq 0,01$).

ns – nieistotnie statystycznie.

ns – not significant.

Jakość mięśni piersiowych

Niezależnie od warunków termicznych cięższe kurczęta charakteryzowały się istotnie wyższą temperaturą mięśni piersiowych, średnio o $0,8^{\circ}\text{C}$, w porównaniu do lżejszych kurcząt, u których wyniosła ona $40,46^{\circ}\text{C}$ ($P \leq 0,01$, tab. 3). Równocześnie, niezależnie od masy ciała, po zadziałaniu czynnika termicznego, stwierdzono istotny wzrost temperatury mięśni piersiowych kurcząt o $1,1^{\circ}\text{C}$, która wyniosła średnio $41,44^{\circ}\text{C}$ ($P \leq 0,01$).

Nie stwierdzono istotnego wpływu zastosowanych czynników doświadczalnych na pH mięśni piersiowych, mierzonego w 15 min i 24 h po uboju, które średnio wynosiło odpowiednio 6,53 i 6,13. Stwierdzono jedynie tendencje do mniejszej, o 0,13 jednostki, kwasowości początkowej mięśni piersiowych kurcząt z grupy IV, w porównaniu z ptakami należącymi do grupy III, co przy prawie identycznym pH końcowym wskazuje na większy spadek pH omawianych mięśni ptaków należących do IV grupy.

Zastosowana podwyższona temperatura otoczenia wpłynęła na barwę mięśni piersiowych kurcząt: nastąpił istotny wzrost wysycenia barwy w kierunku czerwonym (a^* ; $P \leq 0,01$). Poza tym omawiane mięśnie były ciemniejsze (niższe L^*) i o mniejszym stopniu nasycenia barwy w kierunku żółci (b^*) w porównaniu do mięśni kurcząt przebywających w optymalnych warunkach przed ubojem. Różnice te nie zostały jednak potwierdzone statystycznie ($P > 0,05$).

Masa ciała nie miała istotnego wpływu na barwę i wodochłonność mięśni piersiowych, zaobserwowano jedynie pewne tendencje. Pomimo braku statystycznego potwierdzenia mięśnie piersiowe lżejszych kurcząt wykazywały wyraźną tendencję do lepszego utrzymania wody własnej, ponieważ traciły mniej wody zarówno na skutek przechowywania chłodniczego (0,59%), jak i podczas wycieku wymuszonego (11,98%), a różnice pomiędzy kurczętami lżejszymi i cięższymi wynosiły odpowiednio 0,08 i 1,08 p.p. Stwierdzono natomiast istotny ($P \leq 0,01$) wpływ temperatury otoczenia na straty masy omawianych mięśni na skutek wycieku wymuszonego, a korzystniejsze wyniki, o 3,22 p.p., zaobserwowano w przypadku kurcząt przebywających przed ubojem w temperaturze $35,5^{\circ}\text{C}$ (średnia 10,91%). Ponadto mięśnie piersiowe tych ptaków (grupy II i IV) charakteryzowały się mniejszym, aczkolwiek niepotwierdzonym statystycznie wyciekami swobodnym oraz mniejszymi stratami termicznymi w zestawieniu z kurczętami przebywającymi do momentu uboju w optymalnych warunkach termicznych. Ubytki te wynosiły 0,15% i 0,61% odpowiednio dla strat na skutek przechowywania chłodniczego oraz obróbki cieplnej mięsa ($P \geq 0,05$).

Jakość mięśni nóg

Czynnik termiczny wpłynął różnicująco na wyniki pH i temperatury mięśni nóg mierzonych w 15. minucie po uboju ($P \leq 0,01$). Mięśnie kurcząt należących do grup II i IV charakteryzowały się istotnie wyższym pH początkowym i wyższą temperaturą w porównaniu do mięśni ptaków z grup I i III. Wyższe pH początkowe, o 0,16 jednostki, u kurcząt przebywających w podwyższonej temperaturze otoczenia, przy niemal jednakowym pH końcowym wynoszącym 6,60 wskazuje na większy spadek pH w ich mięśniach.

Tabela 3. Wyniki jakości mięśni piersiowych kurcząt brojlerów
 Table 3. Evaluation of breast muscle quality of broiler chickens

Wyszczególnienie Item	Grupa / Group				SEM	Masa ciała Body weight (A)	Temperatura Temperature (B)	A × B
	I	II	III	IV				
	średnia masa ciała average body weight 19,5°C	35,5°C	19,5°C	35,5°C				
pH _{15min}	6,47	6,53	6,50	6,63	0,03	ns	ns	ns
Temperatura _{15min} (°C)	39,97	40,94	40,56	41,94	0,15	≤0,01	≤0,01	ns
Temperatura _{15min} (°C)								
pH _{24h}	6,13	6,11	6,15	6,14	0,02	ns	ns	ns
L*	58,05	57,84	58,47	57,61	0,42	ns	ns	ns
a*	10,42	10,78	9,68	11,41	0,19	ns	≤0,01	ns
b*	8,90	8,75	9,67	8,56	0,20	ns	ns	ns
Wyciek swobodny (%)	0,69	0,48	0,71	0,63	0,05	ns	ns	ns
Drip loss (%)								
Wyciek wymuszony (%)	13,89	10,05	14,37	11,76	0,67	ns	≤0,05	ns
Expressible juice (%)								
Straty termiczne (%)	22,85	23,46	24,28	22,44	0,38	ns	ns	ns
Thermal loss (%)								

ns – nieistotne statystycznie.
 ns – not significant.

Tabela 4. Wyniki jakości mięśni nóg kurcząt brojlerów
Table 4. Evaluation of leg muscle quality of broiler chickens

Wyszczególnienie Item	Grupa / Group				SEM	Masa ciała Body weight (A)	Temperatura Temperature (B)	A × B
	I	II	III	IV				
	średnia masa ciała average body weight							
	19,5°C	35,5°C	19,5°C	35,5°C				
pH _{15min}	6,67	6,89	6,70	6,78	0,03	ns	≤0,01	ns
Temperatura _{15min} (°C)	40,83	41,47	40,85	41,94	0,10	ns	≤0,01	ns
Temperatura _{15min} (°C)								
pH _{24h}	6,61	6,60	6,59	6,58	0,02	ns	ns	ns
L*	47,44 a	47,89	49,37 b	47,24 a	0,32	ns	ns	≤0,05
a*	16,23	16,33	15,56	16,55	0,20	ns	ns	ns
b*	9,09	8,26	8,62	8,18	0,23	ns	ns	ns
Wyciek swobodny (%)	0,32	0,36	0,34	0,37	0,01	ns	ns	ns
Drip loss (%)								
Wyciek wymuszony (%)	8,60	6,59	8,21	10,37	0,57	ns	ns	ns
Expressible juice (%)								
Straty termiczne (%)	26,85	24,44	22,95	23,53	0,69	ns	ns	ns
Thermal loss (%)								

a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (P≤0.05).

a, b – values in rows with different letters differ significantly (P≤0.05).

ns – nieistotne statystycznie.

ns – not significant.

Wykazano istotne różnice w jasności omawianych mięśni, w zależności od obu zastosowanych czynników doświadczalnych ($P \leq 0,05$). Istotnie wyższy wskaźnik L^* , a co za tym idzie jaśniejszą barwą, charakteryzowały się mięśnie nóg kurcząt cięższych, które przebywały przed ubojem w optymalnych warunkach, w porównaniu z tak samo traktowanymi lżejszymi ptakami, oraz w zestawieniu z kurczętami o tej samej masie, ale utrzymywanych w temperaturze $35,5^\circ\text{C}$ ($P \leq 0,05$). Nie wykazano natomiast wpływu zastosowanych czynników eksperymentalnych na pozostałe badane wskaźniki barwy (a^* i b^*).

Nie stwierdzono wpływu masy ciała, temperatury, jak i interakcji badanych czynników na wskaźniki określające utratę wody z tkanki mięśniowej ($P > 0,05$). Równocześnie, pomimo braku statystycznego potwierdzenia, spośród kurcząt o większej masie ciała te, które należały do grupy III ($19,5^\circ\text{C}$), charakteryzowały się mniejszymi stratami na skutek wycieku wymuszonego odpowiednio o 2,16 p.p. w stosunku do strat zaobserwowanych w grupie IV, które wyniosły 10,37%. Odwrotną tendencję zaobserwowano w przypadku mięśni lżejszych kurcząt. Mięśnie nóg ptaków, które przebywały w optymalnych warunkach przed ubojem (grupa I), charakteryzowały się większymi stratami wody: zaobserwowano większy wyciek wymuszony oraz większe straty termiczne odpowiednio o 2,01% i 2,41% niż w mięśniach kurcząt z grupy II ($P > 0,05$).

Omówienie wyników

Temperatura rektalna jest wskaźnikiem fizjologicznym, który odzwierciedla przebieg termoregulacji. Równocześnie jest uważana za wskaźnik stresu termicznego ptaków. Jak podaje wielu autorów, po zastosowaniu stresu cieplnego, obserwuje się straty masy ciała i wzrost temperatury rektalnej kurcząt. Skala zmian tych parametrów zależy głównie od wysokości temperatury i od czasu przebywania kurcząt w podwyższonej temperaturze otoczenia. Menten i in. (2006) zaobserwowali straty masy ciała kurcząt wynoszące 106,7 g już po 2 h przebywania w temperaturze 35°C . Autorzy podają, że po tym czasie nastąpiła również odpowiedź fizjologiczna organizmu ptaków na zastosowany czynnik, czyli wzrost temperatury rektalnej z $40,3^\circ\text{C}$ do 45°C . Wyniki badań Altan i in. (2000) wskazują na stres cieplny u 44-dniowych kurcząt już po 2 h przebywania w temperaturze 39°C , co spowodowało wzrost temperatury rektalnej z $40,7^\circ\text{C}$ do 42°C . Uzyskane przez nas wyniki potwierdzają niekorzystny wpływ przebywania kurcząt przez 3 h 15 min w temperaturze $35,5^\circ\text{C}$ na straty masy ciała i temperaturę rektalną, która wyniosła po tym czasie 42°C . Wielkość ubytków masy zależała od ubojowej masy ciała kurcząt – im były one cięższe, tym obserwowane straty były większe. Według Olanrewaju i in. (2010) temperatura ciała ptaków w optymalnych warunkach termicznych kształtuje się pomiędzy $40,6^\circ\text{C}$ a $41,7^\circ\text{C}$. Po zastosowaniu czynnika doświadczalnego zaobserwowana przez nas temperatura rektalna nieznacznie przewyższyła podaną powyżej normę dla warunków optymalnych. Pomimo to już temperatura ciała wynosząca 42°C wpłynęła na wzrost temperatury mięśni piersiowych i mięśni nóg kurcząt. Może to oznaczać, że z powodu wysokiej temperatury otoczenia ptaki te nie były zdolne do efektywnej termoregulacji.

Zastosowanie podwyższonej temperatury otoczenia wpłynęło na poprawę wydajności rzeźnej kurcząt, niezależnie od ich ubojowej masy ciała. Uzyskane różnice spowodowane były prawdopodobnie obserwowanymi ubytkami masy ciała na skutek zastosowanego czynnika termicznego oraz z powodu braku w tym czasie dostępu do paszy. Według Bilgili (2002) utrata masy ciała ptaka po zastosowanym głodzeniu może wahać się $0,3\div 0,6\%$ żywej wagi na godzinę. Menten i in. (2006) stwierdzili, że fizjologiczne zmiany, jakich doświadczają ptaki podczas ostrej fazy stresu cieplnego, obejmują również zmiany w proporcji poszczególnych elementów tuszki. W przeciwieństwie do nich w naszych badaniach nie wykazano zmian w proporcji mięśni piersiowych i mięśni nóg w tuszkach, jak również nie stwierdzono wpływu zastosowanych czynników doświadczalnych na udział podrobów w tuszkach kurcząt. Uzyskane przez nas wyniki wskazują natomiast, że temperatura otoczenia miała wpływ na udział tłuszczu w tuszkach kurcząt i był on wyższy u ptaków przebywających w podwyższonej temperaturze otoczenia. Także Amad i in. (1992) zwrócili uwagę na większą zawartość tłuszczu w tuszkach kurcząt w warunkach stresu cieplnego.

Po zastosowaniu stresu cieplnego, zwłaszcza u cięższych kurcząt, zaobserwowaliśmy wysoką temperaturę mięśni piersiowych i nóg wynoszącą $41,94^{\circ}\text{C}$ oraz większy zakres spadku pH mięśni niż u kurcząt przebywających w optymalnej temperaturze otoczenia. Kwasowość końcowa była niemal jednakowa we wszystkich grupach w zależności od rodzaju badanego mięśnia. Wyniki te różnią się od tych spotykanych w literaturze naukowej. Akşit i in. (2006) uzyskali istotnie niższe pH końcowe mięśni piersiowych u kurcząt utrzymywanych 2 h przed ubojem w temperaturze 34°C , w porównaniu z ptakami przebywającymi w temperaturze otoczenia wynoszącej 22°C . Jak podają Sandercock i in. (2001), przedubojowy stres cieplny pogarsza jakość mięsa poprzez przyśpieszenie pośmiertnego metabolizmu i tempa wyczerpania zapasów glikogenu mięśniowego, powodując, że mięso jest blade i wodniste. Podobnie Northcutt i in. (1994) stwierdzili, że mięśnie piersiowe kurcząt wystawionych przed ubojem na działanie $40\text{--}41^{\circ}\text{C}$ przez 1 h były blade i charakteryzowały się większym wyciekaniem soku mięsnego na skutek przechowywania chłodniczego niż mięśnie ptaków przebywających w optymalnych warunkach. Według Feng i in. (2009) wysoka temperatura mięśni powoduje obniżanie początkowego pH, wzrost jasności barwy i ilości wycieku swobodnego. Powyższe przytoczone wyniki badań nie są zgodne z uzyskanymi przez nas, gdzie przebywanie kurcząt przed ubojem w podwyższonej temperaturze otoczenia wpłynęło na uzyskanie korzystniejszej wodochłonności ich mięśni piersiowych: mniejszy wyciek swobodny i wymuszony oraz dodatkowo spowodowało istotne zwiększenie wskaźnika wysycenia barwy w kierunku czerwieni (a^*). Również Akşit i in. (2006) stwierdzili u kurcząt utrzymywanych 2 h przed ubojem w temperaturze 34°C większe wysycenie barwy mięśni piersiowych w kierunku czerwieni, w porównaniu do ptaków utrzymywanych w optymalnej temperaturze otoczenia (22°C), zaś pozostałe parametry barwy nie uległy zmianie. Podobnie jak w naszych badaniach Berri i in. (2005) stwierdzili mniejsze straty na skutek wycieku z mięśni piersiowych kurcząt linii ciężkich, przebywających przed ubojem przez 3,5 h w temperaturze 35°C . Na brak negatywnego wpływu stresu cieplnego na jakość mięśni piersiowych wskazują także wyniki Debut i in. (2003), którzy dodat-

kowo stwierdzili, że mięśnie udowe kurcząt są bardziej wrażliwe na stres cieplny niż mięśnie piersiowe. Autorzy ci wykazali, że głównym skutkiem stresu cieplnego (2 h, temp. 35°C) u kurcząt było niższe pH końcowe mięśni udowych, co doprowadziło do ich jaśniejszego zabarwienia i większych strat termicznych. Nasze badania tego nie potwierdziły, gdyż nie stwierdzono istotnego pogorszenia jakości mięśni nóg kurcząt przebywających przed ubojem w podwyższonej temperaturze otoczenia. Jedynie w przypadku cięższych kurcząt zaobserwowano tendencję do większych strat na skutek wycieku wymuszonego z mięśni nóg. Natomiast w przypadku kurcząt lżejszych narażenie ich na stres cieplny nieznacznie poprawiło wyniki związane z wyciekami wymuszonym i termicznym.

W badaniach przeprowadzonych przez Połtowicz i in. (2003) nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w jakości mięsa pochodzącego od różniących się masą ciała kurcząt, podobnie jak w prezentowanych tu badaniach, które zostały przeprowadzone na cięższych ptakach. Jedynie w przypadku cięższych kurcząt wykazano niepotwierdzone statystycznie tendencje do pogorszenia wodochłonności mięśni piersiowych spowodowanej obserwowanym większym wyciekami swobodnym i wymuszonym oraz większym wyciek wymuszony i jednocześnie mniejsze straty termiczne z mięśni nóg, w porównaniu do mięśni kurcząt lżejszych. Bianchi i in. (2006) wykazali, że mięśnie piersiowe kurcząt o masie ciała powyżej 3,3 kg są ciemniejsze w porównaniu do mięśni ptaków lżejszych niż 3 kg. Nasze badania nie potwierdziły tych wyników, gdyż ptaki różniące się ubojową masą ciała charakteryzowały się zbliżonymi parametrami określającymi barwę.

W literaturze naukowej niewiele jest informacji dotyczących wpływu stresu cieplnego na jakość mięsa kurcząt w zależności od ubojowej masy ciała. Podobnie jak Petracci i in. (2001) uważamy, że temperatura, w jakiej kurczęta przebywają przed ubojem, nie wpływa jednoznacznie na cechy jakości mięsa, a obserwowane w literaturze naukowej różnice w wynikach są niewątpliwie spowodowane przez wpływ innych czynników przedubojowych, które występują równocześnie.

Podsumowanie i wnioski

Z przeprowadzonych badań wynika, że temperatura otoczenia podczas ostatnich godzin życia kurcząt ma wpływ na temperaturę rektalną, masę ciała, wydajność rzeźną, otluszczenie tuszek, a także na temperaturę, barwę (a^*) i wyciek wymuszony mięśni piersiowych oraz na $pH_{1,5min}$ i temperaturę mięśni nóg. Z kolei masa ciała ptaków wpływa istotnie na straty masy tuszek powstające podczas schładzania oraz na temperaturę mięśni nóg. Stwierdzono wpływ obu zastosowanych czynników eksperymentalnych na straty masy tuszki podczas schładzania oraz na jasność barwy (L^*) mięśni piersiowych. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że ekspozycja ptaków na działanie wysokiej temperatury przed ubojem nie obniżyła jakości i przydatności technologicznej mięsa. W odniesieniu do większości ocenianych cech wpływ stresu cieplnego na jakość mięsa nie różnił się w zależności od masy ciała kurcząt. Uzyskane wyniki nie potwierdzają negatywnego wpływu powyższych czynników na kształtowanie się fizyko-chemicznych cech mięsa.

Problematyka stresu cieplnego jest ciągle aktualna. Pomimo tego, że jakość mięsa kurcząt przebywających w wysokiej temperaturze nie pogorszyła się, a nawet

w przypadku wielu parametrów uległa poprawie, stres cieplny powinien zostać zminimalizowany, aby poprawić dobrostan ptaków podczas transportu i oczekiwania na ubój.

Piśmiennictwo

- Akşit M., Yalçın S., Özkan S., Metin K., Özdemir D. (2006). Effect of temperature during rearing and crating on stress parameters and meat quality of broilers. *Poultry Sci.*, 85: 1867–1874.
- Altan Ö., Altan A., Çabuk M., Bayraktar H. (2000). Effect of heat stress on some blood parameters in broilers. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 24: 145–148.
- Amad A., Poetschke J., Müller I., Chhum Pith L. (1992). Differentiation of fattening and slaughtering performance and carcass quality of broiler genotypes with and without the dwarf factor and fast or slow feathering under heat stress. *Beitr. Trop. Landwirtschaft. Veterinarmed.*, 30: 407–425.
- Berri C., Debut M., Santé-Lhoutellier V., Arnould C., Boutten B., Sellier N., Baéza E., Jehl N., Jégo Y., Duclos M.J., Le Bihan-Duval E. (2005). Variations in chicken breast meat quality: implications of struggle and muscle glycogen content at death. *Br. Poultry Sci.*, 46: 572–579.
- Bianchi M., Patracci M., Cavani C. (2006). The influence of genotype, market live weight, transportation, and holding conditions prior to slaughter on broiler breast meat color. *Poultry Sci.*, 85: 123–128.
- Bilgili S.F. (2002). Slaughter quality as influenced by feed withdrawal. *World Poultry Sci. J.*, 58: 123–130.
- CIE (1976). Supplement No. 2 to: Recommendations on uniform color spaces – Color difference equations. *Psychometric Color Terms. Commission Internationale de l'Éclairage (1971) tc-1-1. CIE Publication No. 15 (E-1.3.1), Paris, France.*
- Dadgar S., Lee E.S., Leer T.L.V., Burlingette N., Classen H.L., Crowe T.G., Shand P.J. (2010). Effect of microclimate temperature during transportation of broiler chickens on quality of the pectoralis major muscle. *Poultry Sci.*, 89: 1033–1041.
- Debut M., Berri C., Baéza E., Sellier N., Arnould C., Guémené D., Jehl N., Boutten B., Jégo Y., Beaumont C., Le Bihan-Duval E. (2003). Variation of chicken technological meat quality in relation to genotype and preslaughter stress conditions. *Poultry Sci.*, 82: 1829–1838.
- Feng J., Zhang M., Zheng S., Xie P., Ma A. (2009). Effects of high temperature on multiple parameters of broilers *in vitro* and *in vivo*. *Poultry Sci.*, 87: 2133–2139.
- Ghareeb K., Awad W.A., Nitsch S., Abdel-Raheem S., Böhm J. (2008). Effect of transportation on stress and fear responses of growing broilers supplemented with prebiotic or probiotic. *Int. J. Poultry Sci.*, 7: 678–685.
- Grau R., Hamm R. (1953). Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. *Naturwiss.*, 40: 29–30.
- Kania B.F., Matczuk J., Cieciera M. (2001). Neurofarmakologiczne podstawy łagodzenia stresu. *Med. Weter.*, 57: 719–722.
- Kim D.H., Yoo Y.M., Kim S.H., Jang B.G., Park B.Y., Cho S.H., Seong P.N., Hah K.H., Lee J.M., Kim Y.K., Hwang I.H. (2007). Effect of the length of feed withdrawal on weight loss, yield and meat color of broiler. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, 20: 106–111.
- Kotula K.L., Wang Y. (1994). Characterization of broiler meat quality factors as influenced by feed withdrawal time. *J. Appl. Poultry Res.*, 3: 103–110.
- Menten J.F.M., Barbosa Filho J.A.D., Silva M.A.N., Silva I.J.O., Racanicci A.M.C., Coelho A.A.D., Savino V.J.M. (2006). Physiological responses of broiler chickens to preslaughter heat stress. *World Poultry Sci. J. – XII European Poultry Conference, Book of Abstracts-Suppl.*, 62. Verona-Italy. 10–14.09.2006, ss. 254–257.
- Mutryn M.F., Brannick E.M., Fu W., Lee W.R., Abasht B. (2015). Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA-sequencing. *BMC Genomics*, 16: 399.

- Northcutt J.K., Foegeding E.A., Edens F.W. (1994). Water holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. *Poultry Sci.*, 73: 308–316.
- Olanrewaju H.A., Purswell J.L., Collier S.D., Branton S.L. (2010). Effect of ambient temperature and light intensity on physiological reactions of heavy broiler chickens. *Poultry Sci.*, 89: 2668–2677.
- Petracci M., Fletcher D.L., Northcutt J.K. (2001). The effect of holding temperature on live shrink, processing yield, and breast meat quality of broiler chickens. *Poultry Sci.*, 80: 670–675.
- Połtowicz K., Calik J., Wężyk S., Sosnówka-Czajka E., Wojtysiak D., Paściak P. (2003). Wpływ masy ciała kurcząt brojlerów na wybrane parametry technologiczne mięsa drobiowego. *Rocz. Nauk. Zoot. Supl.*, 17: 525–528.
- Sandercok D.A., Hunter R.R., Nute G.R., Mitchell M.A., Hocking P.M. (2001). Acute heat stress-induced alterations in blood acid-base status and skeletal muscle membrane integrity in broiler chickens at two ages: implications for meat quality. *Poultry Sci.*, 80: 418–425.
- Savenije B., Lambooi E., Gerritzen M.A., Venema K., Korf J. (2002). Effects of feed deprivation and transport, early postmortem muscle metabolites, and meat quality. *Poultry Sci.*, 81: 699–708.
- Skomorucha I., Sosnówka-Czajka E. (2017). Physiological parameters in broiler chickens reared under different housing systems during a period of high temperatures. *Acta Sci. Pol. Zootechnica*, 16: 25–34.
- Skomorucha I., Sosnówka-Czajka E., Muchacka R. (2010). Effect of thermal conditions on welfare of broiler chickens of different origin. *Ann. Anim. Sci.*, 10: 489–497.
- Warriss P.D., Pagazartundua A., Brown S.N. (2005). Relationship between maximum daily temperature and mortality of broiler chickens during transport and lairage. *Br. Poultry Sci.*, 46: 647–651.
- Yalçın S., Özkan S., Türkmüt L., Siegel P.B. (2001). Responses to heat stress in commercial and local broiler stocks. 1. Performance traits. *Br. Poultry Sci.*, 42: 149–152.
- Yalçın S., Özkan S., Oktay G., Cabuk M., Erbayraktar Z., Bilgili S.F. (2004). Age-related effects of catching, crating, and transportation at different seasons on core body temperature and physiological blood parameters in broilers. *J. Appl. Poultry Res.*, 13: 549–560.
- Zhang Z.Y., Jia G.Q., Zuo J.J., Zhang Y., Lei J., Ren L., Feng D.Y. (2012). Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. *Poultry Sci.*, 91: 2931–2937.
- Zuidhof M.J., McGovern R.H., Schneider B.L., Feddes J.J.R., Robinson F.E., Korver D.R. (2004). Effects of feed withdrawal time on the incidence of fecal spillage and contamination of broiler carcasses at processing. *J. Appl. Poultry Res.*, 13: 171–177.

Zatwierdzono do druku 8 I 2018

JOANNA NOWAK, KATARZYNA POŁTOWICZ

Effect of body weight and preslaughter heat stress on quality of carcass, breast muscles and leg muscles in broiler chickens

SUMMARY

The aim of the study was to determine the effect of pre-slaughter heat stress on the carcass, breast and leg muscles quality in 49-day-old broiler chickens depending on their body weight. Ross 308 broilers were assigned before slaughter to four groups according to final body weight and pre-slaughter handling. Groups I (medium body weight) and III (maximum body weight) were kept under optimal thermal conditions (19.5°C) before slaughter, while groups II (medium body weight) and IV (maximum body weight) were exposed to higher ambient temperature (35.5°C) during pre-slaughter waiting time of 3 h 15 min.

In addition, during that time chickens from groups II and IV were kept in transport crates without access to feed and water. Before exposure to the thermal factor (groups II and IV) and before slaughter (groups I-IV), the birds were measured for body weight and rectal temperature. After slaughter, the $\text{pH}_{15\text{min}}$ and temperature_{15min} of breast and leg muscles were determined with a CyberScan10 pH meter. The measurement of muscle acidity was repeated after 24-hour chilling of the carcasses, which were later subjected to simplified slaughter analysis. The dissected breast and leg muscles were evaluated for CIE $L^*a^*b^*$ colour (Minolta CR310), expressible juice (Grau-Hamm), drip loss, and thermal loss. The present study showed that ambient temperature during the last few hours of life had an effect on rectal temperature, body weight, dressing percentage, carcass fatness, as well as on the temperature, redness (a^*) and expressible juice of breast muscles, and on the $\text{pH}_{15\text{min}}$ and temperature of leg muscles. In turn, the birds' body weight had a significant effect on carcass weight losses during chilling and on leg muscle temperature. Both experimental factors had an effect on carcass weight losses during chilling and on colour lightness (L^*) of breast muscles. It is concluded from the results obtained that exposure of the birds to high temperature before slaughter does not adversely affect the quality and technological suitability of the meat. For most of the traits under analysis, no effect of heat stress on meat quality depending on chickens' body weight was observed. The results obtained fail to confirm the negative effect of the above factors on the physicochemical characteristics of the meat. Nevertheless, heat stress should be minimized to improve broiler welfare during transport and pre-slaughter waiting.

Key words: broiler chickens, heat stress, body weight, carcass quality, meat quality