

Zmiany ubytków masy i właściwości fizykochemicznych mięsa króliczego przechowywanego chłodniczo w różnych warunkach modyfikowanej atmosfery

Iwona Chwastowska-Siwiecka¹, Natalia Skiepmo¹, Andrzej Gugolek²,
Janusz F. Pomianowski³

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski,

¹Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych,

²Katedra Hodowli Zwierząt Futerkowych i Łowiectwa, ul. Oczapowskiego 5, 10-719 Olsztyn,

³Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, pl. Cieszyński 1, 10-957 Olsztyn

Wstęp

Konsumenci mięsa i produktów mięsnych preferują obecnie świeżą żywność o dużej trwałości, bezpieczną pod względem zdrowotnym, a także oczekują jej wysokiej wartości odżywczej, sensorycznej i łatwego przygotowania podczas obróbki termicznej (Dalle Zotte, 2002; Forrester-Anderson i in., 2006). Cechy te charakteryzują mięso królicze, którego produkcja rozwija się szybko i w przyszłości może być atrakcyjną gałęzią przemysłu mięsnego. Dodatkowo, prawie całość pozyskiwanej produkcji mięsa (około 90%) jest przeznaczana na eksport w postaci chłodzonych i mrożonych tuszek króliczych, a także elementów pakowanych (Chwastowska-Siwiecka i Hajduczenia, 2011). Główne cechy, określające jakość mięsa króliczego, obejmują barwę, pH, kruchość i smak. Zależą one od wielu czynników, m. in.: rasy, wieku, płci, systemu żywienia, masy ciała przed ubojem i metody uboju (Kozioł i in., 2015). Jednocześnie, stosowanie tzw. opakowań konserwujących stanowi popularny sposób wydłużenia okresu przydatności świeżego mięsa podczas dystrybucji i sprzedaży detalicznej (Viana i in., 2005). W ostatnim dziesięcioleciu do pakowania mięsa czerwonego wykorzystuje się powszechnie wysoko tlenową atmosferę ochronną, gdzie

zastosowanie stężenia tlenu na poziomie 70–80% zapewnia wytwarzanie oksymyoglobiny w warstwach powierzchniowych (Lund i in., 2007; Vihavainen i Björkroth, 2007). Pozostałe 20–30% modyfikowanej atmosfery stanowi głównie CO₂, który inaktywuje rozwój bakterii poprzez wydłużanie czasu fazy lag. Właściwości wyżej wymienionego gazu i jego 25% stężenie umożliwiają prawie maksymalne zahamowanie rozwoju mikroflory tlenowej (Jeremiah, 2001). Dzięki stosowanym mieszaninom gazów, okres trwałości mięsa pakowanego w MAP (ang. *Modified Atmosphere Packaging*) wynosi 10–14 dni (Kameník i in., 2014). Pakowanie próżniowe jest szeroko rozpowszechnioną metodą przedłużania trwałości mięsa trafiającego do dystrybucji (John i in., 2005). System ten jest niewskazany do pakowania elementów kulinarnych porcjowanych, jak również mięsa czerwonego. Aktualnie zakres systemu próżniowego uległ zdecydowanemu zmniejszeniu na korzyść bardziej skutecznych metod zabezpieczających produkt, związanych z wykorzystaniem monogazów i ich mieszanin, stanowiących atmosferę ochronną (Chwastowska-Siwiecka i Hajduczenia, 2011). Głównym aspektem stosowania atmosfery modyfikowanej jest ustalenie składu mieszaniny gazowej w celu osiągnięcia optymalnych korzyści, wynikających z jej oddziaływania (Jeremiah, 2001). Wymaga

to połączenia ze sobą trzech czynników, które są od siebie zależne, a mianowicie: określonego składu atmosfery ochronnej, materiału opakowaniowego i odpowiednio dobranego systemu pakowania. Gazami dopuszczonymi przez prawo europejskie do kontaktu z żywnością, a szczególnie służącymi do pakowania mięsa są dwutlenek węgla, azot i tlen (European Parliament and Council Directive No. 95/2/EC, 1995; Ruiz-Capillas i Jiménez-Colmenero, 2010; Tománková i in., 2012). Prowadzone są również badania przechowalnicze mięsa oraz jego przetworów, w których wykorzystuje się tlenek azotu i węgla, dwutlenek siarki, hel, ozon, a także argon (Piergiovanni, 1995; Fraqueza i in., 2004; John i in., 2005). Podstawą systemów pakowania w atmosferze modyfikowanej są specyficzne właściwości poszczególnych gazów, których udział w mieszaninie jest dobierany w zależności od rodzaju produktu. Mimo wielu zalet tradycyjnych gazów, w dalszym ciągu poszukuje się nowych oraz komponuje odpowiedni ich skład w celu poprawy właściwości pakowanych surowców i produktów mięsnych, a także wydłużenia terminu przydatności do spożycia (Tománková i in., 2012). Technologia pakowania świeżego mięsa królików w MA opiera się głównie o zastosowanie stężenia CO₂ na poziomie 25–30%, a resztę mieszaniny uzupełnia się azotem.

Z uwagi na powyższe informacje, przeprowadzono badania, których celem było określenie wpływu metody pakowania na ubytki masy oraz właściwości fizykochemiczne mięsa króliczego, przechowywanego chłodniczo przez okres 10 i 20 dni.

Materiał i metody

Materiał doświadczalny stanowiły króliki rasy nowozelandzkiej białej (60 szt.) (fot. 1), pochodzące z fermy hodowlanej w województwie warmińsko-mazurskim. Doświadczenie przeprowadzono w okresie letnim (od czerwca do września). Króliki były utrzymywane w zamkniętym pomieszczeniu, w drewnianych klatkach na głębokiej ściółce. Żywienie w okresie tuczu oraz warunki utrzymania były identyczne dla wszystkich zwierząt. Zastosowano żywienie do woli mieszanką pełnoporcjową granulowaną, zawierającą: 16,5% białka ogólnego, 15,4%

włókna surowego oraz 3,1% tłuszczu surowego, ze stałym dostępem do wody pitnej. Wartość energetyczna podawanej mieszanki wynosiła natomiast 14,63 MJ/kg. Ubój królików w wieku 110 dni (po 24 h głodówce), z reprezentacją płci 1:1 oraz obróbka poubojowa zostały przeprowadzone zgodnie z Rozporządzeniem (WE) Nr 1099/2009. Po oszołomieniu oraz wykrwawieniu króliki oskórowano i wytrzewiono. Bezpośrednio po uboju tuszki wychładzano w komorze chłodniczej w temperaturze $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ przez 24 h.



Fot. 1. Królik rasy nowozelandzkiej białej
Photo 1. New Zealand White rabbit

W 45. minucie i 24. h *post mortem* w mięśni lewego i prawego uda (*m. biceps femoris*) wykonywano pomiar pH za pomocą pH-metru 340i WTW, używając elektrody szklanej kombinowanej Double Pore firmy Hamilton. Po wychłodzeniu wykonano podział technologiczny tuszek na elementy zasadnicze (fot. 2). Do dalszego etapu badań wybrano 60 sztuk mięśni udowych, które określono jako normalne, tj. o pH₁ 6,1–6,9 (Ludewig i in., 2003; Bielański, 2004; Maj i in., 2008 b) i pH₂₄ 5,80–5,98 (Hulot i Ouhayoun, 1999). W przeprowadzonym doświadczeniu zastosowano dwa warianty pakowania mięśni udowych, a mianowicie: w próżni (VP) (24 szt.) i w atmosferze gazów ochronnych (MA) (24 szt.), które następnie przechowywano w warunkach chłodniczych. Pozostałe mięśnie udowe (grupa kontrolna) w ilości 12 sztuk przekazano bezpośrednio do analiz ilościowo-jakościowych w laboratorium Oceny Jakości

Mięsa Katedry Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych UWM w Olsztynie.

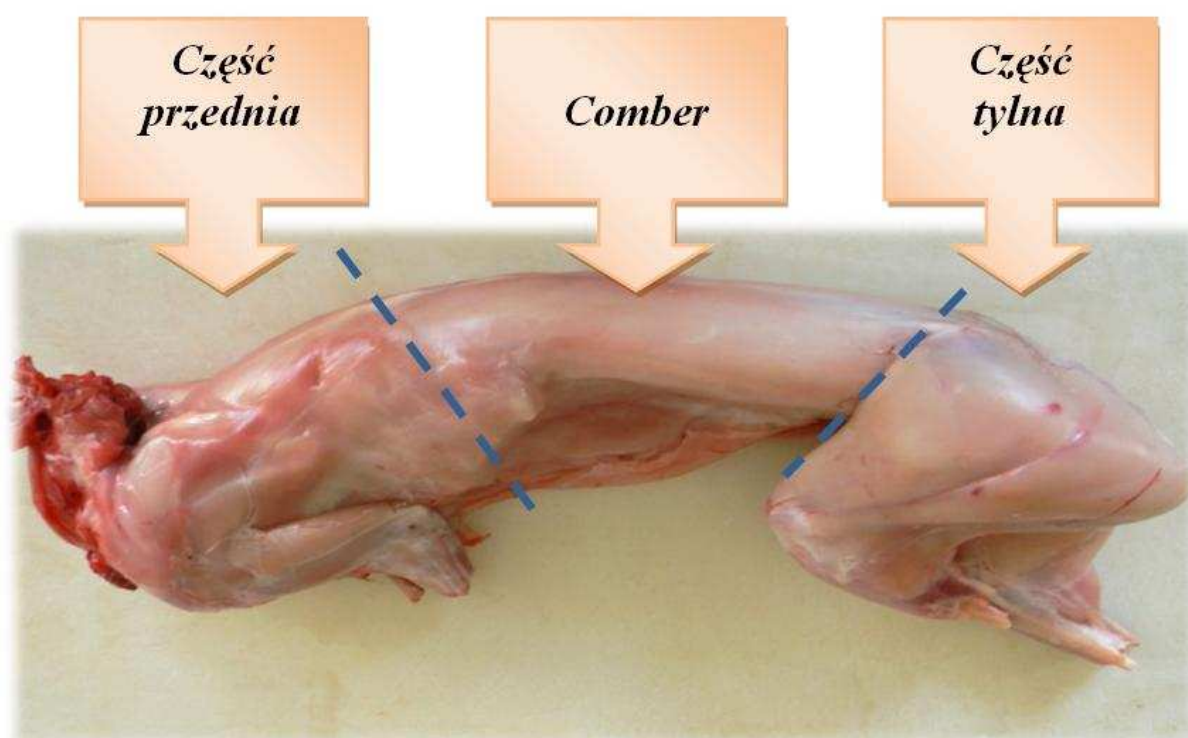
Metoda pakowania mięśni udowych w próżni

Próbki mięśni (24 szt.) wkładano do opakowań termokurczliwych typu laminat PET PVdC/PP firmy PABEX, wykonanych z folii poliestrowej i nieorientowanej polipropylenowej o wysokiej barierowości dla gazów (przenikalność dla: $O_2 = 8,73 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}/0,1 \text{ MPa}$, 23°C , 100% RH; $CO_2 = 23,89 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}/0,1 \text{ MPa}$, 23°C , <1% RH; $H_2O = 4,25 \text{ g}/\text{m}^2/24 \text{ h}$, 38°C , 90% RH). Mięśnie zostały zamknięte w maszynie jednokomorowej, model PP-15, firmy TEPRO S.A. z zastosowaniem zakresu próżni – 98%, a następnie przeniesiono je do szafy wychładzalniczej firmy Frost. Parametry temperatury wewnątrz komory ($4 \pm 1^\circ\text{C}$) oraz wilgotność względna powietrza (85%) były utrzymywane automatycznie za pomocą termostatu przez cały okres 10- i 20-dniowego przechowywania w warunkach chłodniczych.

Metoda pakowania mięśni udowych w atmosferze gazów ochronnych

Wytrybowane mięśnie udowe w ilości 24 sztuk również umieszczano w identycznych opakowaniach termokurczliwych o wysokiej barierowości dla gazów, które omówiono wyżej. Próby mięśni zostały zamknięte w maszynie jednokomorowej typu PP-15 firmy TEPRO S.A. z zastosowaniem reduktora do mieszanki argon/ CO_2 – 0–32 l/min, firmy GCE Autogen, s.r.o. W trakcie pakowania w maszynie komorowej ustalono przepływ mieszanki gazowej w reduktorze na poziomie 18 l/min pod ciśnieniem 110 bar. Skład mieszaniny gazów ustalono eksperymentalnie, mając na uwadze właściwości fizyczne argonu i CO_2 .

Stężenie gazów w grupie doświadczalnej (MA) wynosiło: 70% Ar + 30% CO_2 . Następnie, próby przeniesiono do szafy wychładzalniczej firmy Frost, gdzie parametry wewnątrz komory, a także czas składowania były identyczne, jak w przypadku pakowania mięśni w próżni.



Fot. 2. Schemat podziału technologicznego tuszki króliczej
Photo 2. Diagram of technological division of rabbit carcasses

część przednia – front part, comber – saddle, część tylna – hind part

Po zakończonym okresie chłodniczego przechowywania (10 i 20 dób) pakowane próbki zostały poddane analizie laboratoryjnej po wstępnym ich przygotowaniu, polegającym na usunięciu tkanki tłuszczowej i błony z powierzchni zewnętrznej mięśni. Badania właściwości fizykochemicznych obejmowały:

- Oznaczenie ubytków masy poprzez ważenie próbek przed i po przechowywaniu w warunkach chłodniczych na wadze elektronicznej firmy Radwag z dokładnością do 0,01 g. Wynik wyrażono w procentach w stosunku do masy początkowej;
- Pomiar odczynu tkanki mięśniowej (próbka zmielona), który wykonano w homogenacie wodnym mięsa (pH_0), przyjmując stosunek ilościowy mięsa do wody redestylowanej w proporcjach 1:1 (PN-ISO, 2002). W tym celu użyto pH-metru 340i z czujnikiem temperatury TFK 150/E, firmy WTW, wyposażonego w elektrodę szklaną kombinowaną (Double Pore) firmy Hamilton. Przed wykonaniem pomiarów urządzenie kalibrowano według buforów o znanym pH;
- Oznaczenie wycieku naturalnego, według Honikela (1998), poprzez zważenie próbki mięsa (około 20 g), umieszczonej w woreczku strunowym (PE) i zawieszanej w inkubatorze w temperaturze powietrza 4°C. Po upływie 24 godzin próbkę ponownie zważono z dokładnością do 0,01 g. Wielkość wycieku naturalnego (%) obliczono na podstawie różnicy masy próbki przed i po chłodniczym przechowywaniu;
- Oznaczenie wycieku termicznego (Honikel, 1998) poprzez pasteryzowanie zważonej próbki mięsa (około 50 g) w woreczkach strunowych (PE), zanurzonych w łaźni wodnej w temperaturze 75°C przez 50 min. Próbki następnie schłodzono (30 min) pod strumieniem zimnej wody, osuszono i zważono z dokładnością do 0,01 g. Wartość wycieku termicznego (%) ustalono, wyliczając różnicę między masą próbki mięsa przed i po obróbce cieplnej;
- Określenie wodochłonności metodą Grau'a i Hamma (Van Oeckel i in.,

1999) poprzez umieszczenie zmielonej próbki (około 300 mg) na bibule Whatman nr 1. Bibulę wraz z próbką wkładano pomiędzy dwie szklane płytki i poddawano naciskowi 5 kg przez okres 5 minut. Po upływie założonego czasu wyciskania obrysowano na bibule granicę powierzchni, zajmowanej przez próbkę mięsa oraz wycieku soku mięsnego, które następnie planimetrowano. Miarą wielkości wycieku wymuszonego soku mięsnego była różnica obu powierzchni, którą przeliczono na 0,3 g, co stanowiło wynik interpretujący wodochłonność (cm^2) (większa wartość – mniejsza wodochłonność mięsa);

- Pomiar siły cięcia poprzez zawijanie próbek mięsa, wykorzystanych do oceny wycieku termicznego, w folię aluminiową i przechowywanie przez 24 h w temperaturze 4°C. Z próbek wycinano cylindry (co najmniej 3 szt.) o średnicy około 1,27 cm i wysokości 2 cm, które przecinano w poprzek włókien mięśniowych w komorze Warner-Bratzlera aparatu INSTRON 5542, wyposażonego w głowicę pomiarową 500 N, poruszającą się z prędkością 100 mm/min. W trakcie cięcia próbek rejestrowano maksymalną siłę niezbędną do ich przecięcia;
- Charakterystykę barwy mięśni na podstawie wartości parametrów L^* , a^* , b^* w układzie CIE LAB (CIE, 1978) metodą odbiciową za pomocą aparatu MiniScan XE Plus, firmy HunterLab przez bezpośredni 3-krotny pomiar ich powierzchni, wykonany w tych samych punktach pomiarowych. Zastosowano źródło światła D_{65} i standardowy obserwator kolorymetryczny o polu widzenia 10°. Pomiar przeprowadzono po 0,5-godzinnym przetrzymywaniu mięśni w temperaturze 4°C. Przed każdą sesją pomiarową aparat kalibrowano wobec wzorca bieli i czerni.

Wyniki badań poddano analizie statystycznej za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji (układ ortogonalny) oraz testu Dunкана, przy użyciu programu komputerowego Statistica, wersja 10.0.

Wyniki i ich omówienie

W tabeli 1 zestawiono dane dotyczące

właściwości fizykochemicznych mięśni udowych, pozyskanych po 24-godzinnym wychładzaniu tuszek królików w komorze wychładzalniczej.

Tabela 1. Właściwości fizykochemiczne wychłodzonych mięśni udowych królików ($\bar{x} \pm s$)
 Table 1. Physicochemical properties of chilled hind leg muscles of rabbit (mean \pm SD)

Wyszczególnienie – Item	Grupa kontrolna – Control group (n=12)
pH _u – pH _{ultimate}	6,06 \pm 0,21
Parametry barwy – Colour parameters:	
L* – jasność – lightness	59,68 \pm 1,98
a* – barwa czerwona – redness	4,98 \pm 1,17
b* – barwa żółta – yellowness	12,08 \pm 1,01
Wyciek naturalny – Natural drip loss (%)	0,83 \pm 0,30
Wyciek termiczny – Cooking loss (%)	21,09 \pm 1,07
Wodochłonność – Water holding capacity (cm ²)	6,13 \pm 0,79
Wartość siły cięcia – Shear force value (N)	6,58 \pm 1,22

W przeprowadzonym doświadczeniu średnia wartość pH_u, mierzona w homogenacie wodnym mięsa wyniosła 6,06. Zbliżone wyniki w przypadku mięśni udów królików nowozelandzkich białych uzyskali Daszkiewicz i in. (2011), a mianowicie 6,07. Duży wpływ na kwasowość mięsa mają czynniki genetyczne, środowiskowe, a także postępowanie przedubojowe (załadunek i rozładunek zwierząt, transport itp.) (Dal Bosco i in., 2000; Daszkiewicz i in., 2011). Jak podają Kozioł i in. (2015), jest to niezbędny parametr, brany pod uwagę przy ocenie okresu trwałości i właściwości technologicznych mięsa. Dodatkowo, kwasowość stanowi jeden z głównych czynników hamujących rozwój mikroflory bakteryjnej, co zapobiega psuciu się produktów. Według wymienionych autorów, jeżeli odczyn mięsa króliczego, przechowywanego co najmniej 24 godziny (pH₂₄), waha się pomiędzy 5,6 a 5,85, to surowiec ten posiada obniżoną trwałość w stosunku do mięsa innych gatunków zwierząt. Jakość funkcjonalna mięsa jest silnie związana z jego wyglądem ogólnym, barwą oraz absorpcją wody, natomiast jakość kulinarna jest łączona ze smakiem, zapachem, kruchością i soczystością. Wrażenie barwy jest jednym z najważniejszych kryteriów przy wyborze i zakupie mięsa przez konsumentów. Na podstawie wzrokowej oceny tej cechy nabywca wnioskuje

o świeżości, a nawet wstępnej jego jakości (Mancini i Hunt, 2005; Łapa i in., 2008). Barwa zależy od ilości i stopnia utlenienia barwników hemowych i może być oceniana metodami sensorycznymi, jak również instrumentalnymi. Uzyskane średnie wartości parametrów barwy mięśni (tab. 1) pozwalają scharakteryzować je jako surowiec o stosunkowo jasnej barwie (L* = 59,68), z małym udziałem składowej barwy czerwonej (a* = 4,98) i dużym udziałem pigmentu żółtego (b* = 12,08). Jasna barwa tego mięsa jest zjawiskiem naturalnym, wynikającym ze zmniejszonej ilości mioglobiny w tkance mięśniowej tych zwierząt, kształtującej się na poziomie 20 mg/100 g (Arneth, 1998). Badania przeprowadzone przez Łapę i in. (2008) na przekroju poprzecznym mięśni kończyny tylnej wykazały, że mięso królików rasy nowozelandzkiej białej i kalifornijskiej było ciemniejsze, co potwierdzają uzyskane przez autorów niższe wartości parametru L*, wynoszące odpowiednio: 57,34 i 58,45. Według Gondret i in. (2005), Pinheiro i in. (2008) oraz D’Agata i in. (2009), mięśnie udowe charakteryzują się ciemniejszą barwą w porównaniu do mięśni najdłuższych grzbietu, a wartości L* mieszczą się w granicach od 50,72 do 55,50 lub są niższe. Udział barwy czerwonej w mięsie jest wypadkową wielu czynników, w tym wzajemnych relacji między

zawartością mioglobiny, oksymoglobiny i metmioglobiny. Zmiany poszczególnych składników, wynikające z zachodzących przemian poubojowych (glikolizy), wpływają na poziom tego wskaźnika w mięsie już po 24 h (Łapa i in., 2008). Według Maj i in. (2008 a), barwa zależy również od takich parametrów, jak: kwasowość, wodochłonność oraz zawartość tłuszczu, a powstające zbyt duże zakwaszenie mięsa wywołuje tzw. „bładość”. Badania wykonane przez wyżej wymienioną autorkę wykazały, że wraz ze wzrostem jasności mięsa króliczego zmniejsza się intensywność oraz maleje składowa czerwonej barwy (a^*), co w konsekwencji powoduje występowanie bardzo jasnego mięsa. Łapa i in. (2006) stwierdzili natomiast, że spadkowi wartości pH_{45} towarzyszy wzrost zażółcenia mięsa króliczego i zmiany pozostałych parametrów oraz jego jasności. Jakość przetwórcza mięsa jest determinowana przez takie właściwości fizykochemiczne, jak wyciek swobodny, termiczny i wymuszony. Na podstawie danych (tab. 1) można stwierdzić, że stan wodochłonności, określony poprzez wyszczególnione wycieki, wskazywał na bardzo dobrą jakość wychłodzonych mięśni udowych królików nowozelandzkich białych. Uzyskane średnie wartości omówionych powyżej parametrów kształtowały się odpowiednio na poziomie: 0,83%, 21,09% i 6,13 cm^2 . Zbliżone wartości wodochłonności mięśni udowych uzyskali Daszkiewicz i in. (2011), tj. 6,97 cm^2 , natomiast zdecydowanie większą wartość, bo aż 12,18 cm^2 odnotowała w swoich badaniach Łabędzka (1990). Jak podaje Pospiech (2000), wartość wycieku swobodnego dla mięsa dobrej jakości powinna mieścić się w przedziale od 2 do 5%. Wskaźnik ten jest bardzo ważny, ponieważ przetwory produkowane z mięsa wodnistego cechują się mniejszą soczystością, gorszym profilem tekstury oraz smakowością (Kończak, 2007). Według Gondreta i in. (2005), wyciek termiczny z mięśni udowych królików wynosił od 23,5 do 24,7%. Dodatkowo, straty masy mierzone ilością wycieku przy obróbce termicznej są znacznie wyższe w mięsie o małej wodochłonności (Bielański, 2004). Kolejnym

wyróżnikiem, wpływającym na jakość, jest kruchość, stanowiąca wskaźnik tekstury mięsa. Zależy ona od wielu różnych czynników, m. in. od struktury włókien mięśniowych, rodzaju mięśnia oraz zawartości wody i tłuszczu (Łapa i in., 2008). Do czynników poubojowych, które mają istotny wpływ na kruchość, należą zabiegi, jakie wykonuje się na tuszach po uboju (Pospiech i in., 2003). W wykonanym doświadczeniu (tab. 1) średnia wartość siły cięcia mięśni wychłodzonych kształtowała się na poziomie 6,58 N, co wskazywało na mięso miękkie i delikatne.

Wyniki, określające zmiany ubytków masy i właściwości fizykochemicznych mięśni udowych po 10 dobach chłodniczego przechowywania w zależności od metody pakowania, przedstawiono w tabeli 2.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że wielkość ubytków masy, kwasowość końcowa (pH_u), wyciek naturalny, termiczny oraz wartość siły cięcia badanych próbek były zbliżone, a różnice między nimi statystycznie nieistotne w zależności od zastosowanej metody pakowania. Pomimo to zaobserwowano, że ubytki masy i wyciek naturalny były mniejsze o 0,34 i 0,11% w grupie mięśni pakowanych w systemie gazów ochronnych. Odnotowano natomiast istotne ($P \leq 0,05$) pociemnienie barwy mięśni pakowanych z zastosowaniem próżni ($L^* = 55,27$) w porównaniu do próbek przechowywanych w atmosferze ochronnej ($Ar-CO_2$) ($L^* = 58,84$). Uzyskane dane korespondowały z udziałem barwy czerwonej, gdzie istotnie ($P \leq 0,05$) niższą wartość tego pigmentu stwierdzono w mięśniach udowych, pakowanych w mieszaninie argonu i dwutlenku węgla. Nie odnotowano statystycznie istotnych różnic średniej wartości składowej barwy żółtej (b^*) pomiędzy analizowanymi grupami doświadczałnymi (VP, MA). Na podstawie wyników, zawartych w tabeli 2, wykazano istotne różnice w wycieku wymuszonym pomiędzy próbkami pakowanymi w dwóch wariantach. Mięśnie udowe pakowane w 70% $Ar + 30\% CO_2$ charakteryzowały się wyższą wartością tego parametru, wynoszącą 6,47 cm^2 , w porównaniu do próbek przechowywanych w $vacuum$ (4,73 cm^2).

Mięso królicze przechowywane chłodniczo

Tabela 2. Ubytki masy i właściwości fizykochemiczne mięśni udowych po 10 dniach przechowywania w zależności od metody pakowania ($\bar{x} \pm s$)
 Table 2. Weight losses and physicochemical properties of hind leg muscles after 10 days of storage depending on packaging method (mean \pm SD)

Wyszczególnienie <i>Item</i>	Metoda pakowania – <i>Packaging method</i>	
	próżnia (VP) <i>vacuum packaging</i> (n=12)	70% Ar + 30% CO ₂ (MA) <i>protective gas</i> (n=12)
Ubytki masy – <i>Weight losses</i> (%)	3,78 \pm 0,86	3,44 \pm 0,62
pH _u – <i>pH_{ultimate}</i>	6,07 \pm 0,24	6,01 \pm 0,07
Parametry barwy – <i>Colour parameters:</i>		
L* – jasność – <i>lightness</i>	55,27 b \pm 1,80	58,84 a \pm 1,91
a* – barwa czerwona – <i>redness</i>	7,60 a \pm 1,34	6,11 b \pm 1,34
b* – barwa żółta – <i>yellowness</i>	13,20 \pm 0,97	12,21 \pm 0,98
Wyciek naturalny – <i>Natural drip loss</i> (%)	1,14 \pm 0,33	1,03 \pm 0,26
Wyciek termiczny – <i>Cooking loss</i> (%)	23,47 \pm 1,05	24,01 \pm 1,56
Wodochłonność – <i>Water holding capacity</i> (cm ²)	4,73 b \pm 1,46	6,47 a \pm 1,68
Wartość siły cięcia – <i>Shear force value</i> (N)	8,56 \pm 1,07	8,74 \pm 1,63

a, b – wartości średnie oznaczone małymi literami różnią się statystycznie istotnie przy P \leq 0,05.
 a, b – mean values denoted by small superscript letters differ statistically significantly at P \leq 0.05.

Tabela 3. Ubytki masy i właściwości fizykochemiczne mięśni udowych po 20 dniach przechowywania w zależności od metody pakowania ($\bar{x} \pm s$)
 Table 3. Weight losses and physicochemical properties of hind leg muscles after 20 days of storage depending on packaging method (mean \pm SD)

Wyszczególnienie <i>Item</i>	Metoda pakowania – <i>Packaging method</i>	
	próżnia (VP) <i>vacuum packaging</i> (n=12)	70% Ar + 30% CO ₂ (MA) <i>protective gas</i> (n=12)
Ubytki masy – <i>Weight losses</i> (%)	4,51 \pm 0,89	4,37 \pm 0,79
pH _u – <i>pH_{ultimate}</i>	6,04 \pm 0,30	5,91 \pm 0,20
Parametry barwy – <i>Colour parameters:</i>		
L* – jasność – <i>lightness</i>	57,48 \pm 1,84	57,00 \pm 1,98
a* – barwa czerwona – <i>redness</i>	7,98 \pm 1,60	8,73 \pm 1,26
b* – barwa żółta – <i>yellowness</i>	12,75 \pm 1,19	12,59 \pm 1,15
Wyciek naturalny – <i>Natural drip loss</i> (%)	1,02 b \pm 0,21	1,48 a \pm 0,42
Wyciek termiczny – <i>Cooking loss</i> (%)	25,83 \pm 1,85	26,09 \pm 1,19
Wodochłonność – <i>Water holding capacity</i> (cm ²)	3,96 b \pm 0,65	5,36 a \pm 0,94
Wartość siły cięcia – <i>Shear force value</i> (N)	10,82 \pm 1,28	10,07 \pm 1,33

a, b – wartości średnie oznaczone małymi literami różnią się statystycznie istotnie przy P \leq 0,05.
 a, b – mean values denoted by small superscript letters differ statistically significantly at P \leq 0.05.

W tabeli 3 zestawiono wartości liczbowe, charakteryzujące ubytki masy i właściwości fizykochemiczne mięśni udowych, pakowanych w systemie próżniowym oraz atmosferze gazów ochronnych po zakończeniu 20-dniowego chłodniczego przechowywania. W niniejszych badaniach nie odnotowano statystycznie istotnych różnic w ubytkach masy, pH_u , parametrach barwy (L^* , a^* , b^*), wycieku termicznym oraz kruchości mięśni w zależności od zastosowanej metody pakowania. Zauważono jednakże nieznacznie większy ubytek masy (o 0,14 %) w grupie mięśni pakowanych w warunkach próżni. Według Kondratowicza i Podlejskiej (2001), wielkość ubytków masy jest zależna od szybkości parowania oraz wycieku soku mięsnego i wzrasta w miarę wydłużania czasu chłodniczego przechowywania. Zaobserwowano także większy spadek, a tym samym wyższą kwasowość końcową w przypadku próbek pakowanych w atmosferze Ar i CO₂, odpowiednio: o 0,13 jednostek pH w porównaniu do mięśni przechowywanych w vacuum. Jak podaje Kondratowicz (2005), może to wynikać z ograniczania przez atmosferę gazów ochronnych zmian proteolitycznych białek mięśniowych, wskutek czego dochodzi do alkalizacji mięśni. Znaczny udział dwutlenku węgla w modyfikowanej atmosferze może powodować obniżenie pH produktu (nadmierne zakwaszenie) poprzez wysoką jego rozpuszczalność w wodzie i tłuszczach, a także może przyczyniać się do zwiększonego ubytku soku mięsnego oraz zapadania opakowań (Dangel, 2007; Lavieri i Williams, 2014). Dodatkowo, jego wysokie stężenie w mieszaninie gazów ochronnych może wpływać niekorzystnie na zmiany smaku i barwy świeżego mięsa, spowodowane szybszym w tych warunkach utlenianiem jasnoczerwonej oksymyoglobiny oraz mioglobiny do brązowej metmyoglobiny (Viana i in., 2005; Chouliara i in., 2008).

W badaniach własnych (tab. 3) wykazano, że wartość jasności barwy i udziału składowej żółtej była podobna w obydwu analizowanych systemach pakowania mięśni i wynosiła średnio: $L^* = 57,24$ i $b^* = 12,67$. Zawartość pigmentu czerwonego (a^*) była natomiast o 0,75 większa w grupie próbek pakowanych z zastosowaniem mieszaniny Ar-CO₂ w stosunku do przechowywanych w próżni. Według Kawalko (2002), bezpośrednim powodem występowania

niekorzystnych zmian barwy przechowywanych próżniowo mięśni piersiowych kurcząt nie jest zastosowanie samego systemu pakowania. Pociemnienie barwy jest spowodowane redukcją utlenowanej formy głównych barwników mięsa – oksymyoglobiny i oksyhemoglobiny do ich formy podstawowej – mioglobiny i hemoglobiny. W badaniach własnych (tab. 3) wykazano, że metoda pakowania wpływa na zmianę wycieku naturalnego i wodochłonności mięsa, co zostało potwierdzone statystycznie ($P \leq 0,05$). Analiza wyżej wymienionych parametrów, dotyczących zdolności przetwórczej mięsa wykazała, że istotnie większy wyciek naturalny i wymuszony wystąpił w grupie mięśni udowych, pakowanych w MA, zawierającej Ar i CO₂. W ocenie stanu uwodnienia tkanki mięśniowej królików ważne jest również określenie wycieku termicznego, którego ilość była podobna, niezależnie od sposobu pakowania próbek, a mianowicie: VP – 25,83% i MA – 26,09%. Jak podaje Łabędzka (1990), mięso wykazuje maksymalną zdolność chłonięcia i wiązania wody bezpośrednio po uboju, co wiąże się z niezmienną jeszcze strukturą tkanki mięśniowej. Rozpatrując natomiast wpływ metody pakowania mięśni po 20 dobach ich chłodniczego przechowywania na zmiany siły cięcia, nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic. Uzyskane średnie wartości dla tej cechy kształtowały się na poziomie: 10,82 N w przypadku pakowania w vacuum i 10,07 N dla próbek chronionych mieszaniną 70% Ar + 30% CO₂.

Podsumowanie i wnioski

W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że wychłodzone mięśnie udowe charakteryzowały się dobrą jakością, wyrażoną poprawnymi parametrami pH_u , barwy, wycieku naturalnego i termicznego oraz wartością siły cięcia. Stwierdzono, że metoda pakowania w mieszaninie Ar i CO₂ wpłynęła na pojaśnienie barwy, a tym samym na obniżenie udziału pigmentu czerwonego analizowanych próbek po 10 dniach chłodniczego przechowywania, co zostało potwierdzone statystycznie. Ponadto, wykorzystanie gazów ochronnych przyczyniło się istotnie do mniejszej zdolności utrzymania wody własnej i dodanej mięśni udowych. W próbkach przechowywanych próżniowo zaobserwowano natomiast tendencję wyższych ubytków masy

i wycieku naturalnego oraz niższego wycieku termicznego. Porównanie zastosowanych systemów pakowania nie wykazało różnic statystycznych pod względem kruchości badanego mięsa.

Ocena stanu uwodnienia mięśni udowych, chronionych atmosferą o składzie 70% Ar + 30% CO₂ i przechowywanych w warunkach chłodniczych przez okres 20 dni, wykazała większy ($P \leq 0,05$) wyciek naturalny i istotnie wyższą wartość, określającą wodochłonność. Jednocześnie zaobserwowano zbliżone ubytki masy, wyciek termiczny i kwasowość końcową, mierzoną w homogenacie wodnym oraz wartość siły cięcia mięsa niezależnie od analizowanych

wariantów pakowania. W przypadku parametrów barwy nie stwierdzono wpływu metody pakowania w próżni i mieszaninie gazów na zmiany wartości L^* , a^* i b^* badanych próbek.

W podsumowaniu można stwierdzić, że próżnia oraz atmosfera ochronna (Ar + CO₂) umożliwiły zachowanie dobrej jakości mięśni udowych królików do 20 dni chłodniczego składowania. Uzyskane wyniki dostarczają cennych informacji, przydatnych do opracowania odpowiednich parametrów technologicznych pakowania i przechowywania surowca króliczego w przemyśle mięsnym, dystrybucji i sprzedaży detalicznej.

Literatura

- Arneth W. (1998). *Chemische Grundlagen der Umriitung*. Fleischwirtschaft, 8: 868–874.
- Bielański P. (2004). Wpływ rasy i systemów utrzymania na cechy produkcyjne brojlerów króliczych. *Rocz. Nauk. Zoot., Rozpr. hab.*, 18: 5–86.
- Chouliara E., Badeka A., Savvaidis I., Kontominas M.G. (2008). Combined effect of irradiation and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of chicken breast meat: microbiological, chemical and sensory changes. *Eur. Food Res. Technol.*, 226 (4): 877–888.
- Chwastowska-Siwiecka I., Hajduczenia M. (2011). Jakość sensoryczna mięsa króliczego w zależności od metody pakowania i czasu chłodniczego przechowywania. *Chłodnictwo*, 1–2: 56–61.
- CIE (1978). Recommendations on uniform color spaces, color-difference equations, psychometric color terms. Suppl. No. 2 to CIE publication No. 15 (E-1.3.1), 1971/(TC-1-3), Commission Internationale de L'éclairage. Paris.
- D'Agata M., Preziuso G., Russo C., Dalle Zotte A., Mourvaki E., Paci G. (2009). Effect of an outdoor rearing system on the welfare, growth performance, carcass and meat quality of a slow-growing rabbit population. *Meat Sci.*, 83: 691–696.
- Dal Bosco A., Castellini C., Bernardini M. (2000). Productive performance and carcass and meat characteristics of cage- or pen-raised rabbits. *World Rabbit Sci.*, 8, Suppl., 1: 579–583.
- Dalle Zotte A. (2002). Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livest. Prod. Sci.*, 75: 11–32.
- Dangel S. (2007). Zwei Frischekonzepte: MAP versus Skin. *Fleischwirtschaft*, 8: 32–35.
- Daszkiewicz T., Gugolek A., Janiszewski P., Chwastowska-Siwiecka I., Kubiak D. (2011). Jakość mięsa królików rasy białej nowozelandzkiej pochodzącego z różnych elementów tuszki. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3 (76): 153–161.
- European Parliament and Council Directive No. 95/2/EC of 20 February 1995 on food additives other than colours or sweeteners. *Official Journal of the European Communities*, L 61: 1–40. 18.3.95.
- Forrester-Anderson I.T., Mc Nitt J., Way R., Way M. (2006). Fatty acid content of pasture-reared fryer rabbit meat. *J. Food Compos. Anal.*, 19: 715–719.
- Fraqueza M.J., Bessa R.J.B., Pereira M.S., Ferreira M.C., Barreto A.S. (2004). Effect of Ar/CO₂ modified atmosphere packaging on turkey meat characteristics. *Proc. 50th Int. Congress of Meat Science and Technology*, 8–13.08.2004, Helsinki, Finland, pp. 610–614.
- Gondret F., Larzul C., Combes S., Rochambeau H. de (2005). Carcass composition, bone mechanical properties, and meat quality traits in relation to growth rate in rabbits. *J. Anim. Sci.*, 83: 1526–1535.
- Honikel K.O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.*, 49 (4): 447–457.
- Hulot F., Ouhayoun J. (1999). Muscular pH and related traits in rabbits: a review. *World Rabbit Sci.*, 7: 15–36.
- Jeremiah L.E. (2001). Packaging alternatives to deliver fresh meats using short- or long-term distribu-

tion. Food Res. Int., 34 (9): 749–772.

John L., Cornforth D., Carpenter Ch.E., Sørheim O., Pettee B.C., Whittier D.R. (2005). Color and thiobarbituric acid values of cooked top sirloin steaks packaged in modified atmospheres of 80% oxygen, or 0.4% carbon monoxide, or vacuum. Meat Sci., 69 (3): 441–449.

Kameník J., Saláková A., Pavlík Z., Bořilová G., Hulanková R., Steinhauserová I. (2014). Vacuum skin packaging and its effect on selected properties of beef and pork meat. Eur. Food Res. Technol., 239: 395–402.

Kawałko P. (2002). Zmiany jakości mięsa kurcząt brojlerów w zależności od metody i czasu przechowywania chłodniczego. (Rozpr. dokt.), UWM, Olsztyn.

Kołczak T. (2007). Retencja wody w mięsie. Gosp. Mięś., 10: 30–35.

Kondratowicz J. (2005). Jakość sensoryczna oraz ogólna liczba drobnoustrojów w mięśniach piersiowych kurcząt brojlerów w zależności od metody i czasu przechowywania chłodniczego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 3 (44) (Supl.): 78–87.

Kondratowicz J., Podlejska Ż. (2001). Changes in the sensory quality of pork stored in the air and controlled atmosphere. Natur. Sci., 8: 175–181.

Kozioł K., Maj D., Bieniek J. (2015). Changes in the color and pH of rabbit meat in the aging process. Med. Weter., 71 (2): 104–108.

Lavieri N., Williams S.K. (2014). Effects of packaging systems and fat concentrations on microbiology, sensory and physical properties of ground beef stored at 4±1°C for 25 days. Meat Sci., 97 (4): 534–541.

Ludewig M., Treel N. van, Fehlhaber K. (2003). Schlachtausbeute und Fleischqualität von Mastkaninchen in Abhängigkeit vom Alter. Fleischwirtschaft, 6: 101–103.

Lund M.N., Lametsch R., Hviid M.S., Jensen O.N., Skibsted L.H. (2007). High-oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of porcine *longissimus dorsi* during chill storage. Meat Sci., 77: 295–303.

Łabędzka S. (1990). Niektóre właściwości fizykochemiczne mięsa królików. Roczn. Nauk. Zoot., 17, 1–2: 53–62.

Łapa P., Maj D., Bieniek J., Barabasz B., Węglarz A. (2006). Analiza zależności między wskaźnikami jakości mięsa króliczego rasy castorex. Roczn. Inst.

Przem. Mięś. Tłuszcz., XLIV, 2: 207–221.

Łapa P., Maj D., Bieniek J. (2008). Barwa i tekstura mięsa królików ras mięsnych i ich mieszańców. Med. Wet., 64 (4A): 454–456.

Maj D., Łapa P., Bieniek J. (2008 a). Korelacje fenotypowe między wskaźnikami jakości mięsa królików ras mięsnych. Roczn. Nauk. PTZ, 4 (2): 105–113.

Maj D., Bieniek J., Łapa P. (2008 b). Jakość mięsa rasy białej nowozelandzkiej i kalifornijskiej oraz ich mieszańców. Med. Wet., 64 (3): 351–353.

Mancini R.A., Hunt M.C. (2005). Current research in meat color. Meat Sci., 71 (1): 100–121.

Piergiovanni L. (1995). Modified atmosphere packaging of food. Food Sci. Technol., 15: 37–54.

Pinheiro V., Silva S.R., Silva J.A., Outor-Monteiro D., Mourão J.L. (2008). Growth and carcass characteristics of rabbits housed in open-air or standard systems. Proc. 9th World Rabbit Congress on Meat Quality and Safety, Verona, Italy, 10–13.06.2008, pp. 1421–1424.

PN-ISO 2917:2001/Ap1:2002. Mięso i przetwory mięsne. Pomiar pH. Metoda odwoławcza.

Pospiech E. (2000). Diagnostowanie odchyleń jakościowych mięsa. Gosp. Mięś., 4: 68–71.

Pospiech E., Iwańska E., Grześ B. (2003). Kruchość mięsa kulinarnego i możliwości jej poubojowego kształtowania. Roczn. Inst. Przem. Mięś. Tłuszcz., XL: 71–83.

Rozporządzenie Rady (WE) Nr 1099/2009 z dnia 24 września 2009 r. w sprawie ochrony zwierząt podczas ich uśmiercania (Dz. Urz. UE, L 303: 1–30).

Ruiz-Capillas C., Jiménez-Colmenero F. (2010). Effect of an argon-containing packaging atmosphere on the quality of fresh pork sausages during refrigerated storage. Food Control, 21: 1331–1337.

StatSoft Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10.0. Tulsa, OK, USA. www.statsoft.com

Tománková J., Bořilová G., Steinhauserová I., Gallas L. (2012). Volatile organic compounds as biomarkers of the freshness of poultry meat packaged in a modified atmosphere. Czech. J. Food Sci., 30 (5): 395–403.

Van Oeckel M.J., Warnants N., Boucqueé Ch.V. (1999). Comparison of different methods for measuring water holding capacity and juiciness of pork versus on-line screening methods. Meat Sci., 51 (4): 313–320.

Viana E.S., Gomide L.A.M., Vanetti M.C.D. (2005). Effect of modified atmospheres on microbiological, color and sensory properties of refrigerated pork. *Meat Sci.*, 71: 696–705.

Vihavainen E.J., Björkroth K.J. (2007). Spoilage of value-added, high-oxygen modified atmosphere packaged raw beef steaks by *Leuconostoc gasicomitatum* and *Leuconostoc gelidum*. *Int. J. Food Microbiol.*, 119: 340–345.

CHANGES IN THE WEIGHT LOSSES AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF RABBIT MEAT STORED UNDER REFRIGERATION IN DIFFERENT MODIFIED ATMOSPHERES

Summary

The objective of this study was to determine the effect of packaging method on the weight losses and physicochemical properties of rabbit meat stored refrigerated for 10 and 20 days.

The experimental material comprised 60 New Zealand White rabbits aged 110 days and originating from the same animal breeding farm. After the completed fattening, the rabbits were slaughtered. Carcasses were chilled at a temperature of approximately $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 24 h. After this time, technological division of carcasses was performed. The hind leg muscles (24 samples) were vacuum packed and other 24 samples were packed in modified atmosphere (70% Ar + 30% CO₂). The muscle samples were stored in refrigeration conditions for 10 and 20 days. The chilled and packed muscles (control group – 12 samples), after the accomplishment of cold storage time, were analysed to assess their quantitative and qualitative parameters.

The results of the study demonstrated that the method of packing and mixture of Ar and CO₂ increased ($P\leq 0.05$) the colour lightness (58.84) and decreased the share of a red pigment (6.11) of samples analysed after 10 days of refrigerated storage. Moreover, the use of protective gases contributed significantly to lower water holding capacity (6.46 cm²). In assessing the state of hydration thigh muscles protected under the atmosphere of Ar and CO₂ and stored under refrigeration for 20 days demonstrated greater ($P\leq 0.05$) natural drip loss (1.48%) and significantly higher water holding capacity (5.36 cm²). It can be concluded that the vacuum and protective atmosphere of Ar and CO₂ ensure good quality of rabbit thigh muscle up to 20 days of chilled storage.

Fot. w art.: I. Chwastowska-Siwiecka



Fot. D. Kowalska