

Wpływ metody pakowania i czasu chłodniczego przechowywania na liczbę kwasową i wartość TBARS tłuszczu śródmięśniowego oraz właściwości sensoryczne mięsa króliczego

**Iwona Chwastowska-Siwiecka¹, Natalia Skiepmo¹, Janusz F. Pomianowski²,
Jacek Kondratowicz¹**

*Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ¹Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych, ²Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności,
pl. Cieszyński 1, 10-957 Olsztyn*

Wstęp

Zasadniczym kierunkiem użytkowania królików, zarówno w kraju jak i na świecie, jest pozyskiwanie wartościowego mięsa, które stanowi istotny surowiec eksportowy. Mięso królicze jest soczyste, lekkostrawne oraz dietetyczne (Dalle Zotte, 2002; Szkucik i Libelt, 2006). Bardzo ważna w charakterystyce jakości mięsa jest ocena sensoryczna, określona poprzez takie właściwości, jak: zapach, kruchość, soczystość oraz smak. Wygląd zewnętrzny (głównie barwa) mięsa króliczego ulega zmianie w zależności od czasu przechowywania i systemu pakowania. Najprostszą metodą przedłużenia jego trwałości jest chłodnicze przechowywanie w temperaturze wyższej od temperatury zamrażania soku komórkowego (Russell, 2002). W celu przedłużenia okresu trwałości chłodzonego mięsa może ono być przechowywane w atmosferze ochronnej o zmienionym składzie procentowym w stosunku do powietrza atmosferycznego.

W ostatnich kilkunastu latach wykorzystanie pakowania próżniowego uległo wyraźnemu zmniejszeniu na korzyść pakowania w modyfikowanej i kontrolowanej atmosferze (Cayuela i in., 2004). Jednym z najistotniejszych aspektów stosowania atmosfer ochronnych jest ustalenie określonego składu mieszaniny gazów lub monogazu, dobór materiału opakowaniowego oraz odpowiedniego systemu pakowania

w celu przedłużenia okresu trwałości produktu (Orkusz i in., 2005; Cegielska-Radziejewska i in., 2008). Podstawę systemów pakowania w atmosferze modyfikowanej stanowią specyficzne właściwości poszczególnych gazów, które są dobierane indywidualnie w zależności od rodzaju produktów. Badania dotyczące wykorzystania atmosfer modyfikowanych (o różnym składzie i stężeniu gazów) do pakowania tuszek i mięsa króliczego nie są wystarczająco zaawansowane. Dostępne dane literaturowe wskazują jedynie na możliwość zastosowania do pakowania mięsa króliczego próżni oraz monogazów, a mianowicie N₂ (100%) lub CO₂ (100%) i przechowywania w warunkach chłodniczych w temperaturze 0–3°C przez okres od 20 do 28 dni (Vergara i in., 2005; Rodríguez-Calleja i in., 2010).

W związku z tym celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu metody pakowania i czasu chłodniczego przechowywania na świeżość tłuszczu śródmięśniowego oraz jakość sensoryczną mięśni udowych królików.

Materiał i metody

Materiał doświadczalny stanowiły króliki rasy nowozelandzkiej białej (60 osobników), pochodzące z fermy hodowlanej w województwie warmińsko-mazurskim. Doświadczenie przeprowadzono w okresie letnim (od czerwca do września). Króliki utrzymywano w zamknię-

tym pomieszczeniu w drewnianych klatkach na głębokiej ściółce. Żywienie w okresie tuczu oraz warunki utrzymania były podobne 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 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 wychładzalniczej w temperaturze $4\pm 1^\circ\text{C}$ przez 24 h. 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, a mianowicie: część przednią, comber i część tylną. Do dalszego etapu badań wybrano 60 sztuk mięśni udowych, które określono jako normalne, tj. o pH_1 6,1–6,9 (Ludewig i in., 2003; Bielański, 2004; Maj i in., 2008) i pH_{24} 5,80–5,98 (Hulot i Ouhayoun, 1999), a także charakteryzowały się średnią zawartością białka ogólnego – 22,33%, tłuszczu surowego – 0,94%, popiołu surowego – 1,03% i suchej masy – 23,98%. W przeprowadzonym doświadczeniu zastosowano dwa warianty pakowania mięśni udowych, a mianowicie: w próżni (VP) (24 szt.) i w atmosferze gazów ochronnych (MA – 70% Ar + 30% CO_2) (24 szt.), które następnie przechowywano w warunkach chłodniczych. Pozostałe mięśnie udowe (grupa kontrolna) w ilości 12 sztuk przekazano bezpośrednio do analiz jakościowych w laboratorium Oceny Jakości Mięsa Katedry Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych UWM w Olsztynie.

Metoda przechowywania mięśni udowych królików w próżni i w atmosferze gazów ochronnych

Materiał badawczy – próby mięśni udowych (48 szt.) umieszczano w opakowaniach termokurczliwych typu laminat PET PVdC/PP firmy PABEX, wykonanych z folii poliestrowej

i nieorientowanej polipropylenowej o wysokiej barierowości dla gazów (przenikalność dla: $\text{O}_2 = 8,73 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}/0,1 \text{ MPa}$, 23°C , 100% RH; $\text{CO}_2 = 23,89 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}/0,1 \text{ MPa}$, 23°C , <1% RH; $\text{H}_2\text{O} = 4,25 \text{ g}/\text{m}^2/24 \text{ h}$, 38°C , 90% RH). Mięśnie w ilości 24 sztuk zostały następnie zapakowane próżniowo w maszynie jednokomorowej, model PP-15, firmy TEPRO S.A. z zastosowaniem zakresu próżni – 98%. Pozostałe próby (24 szt.) pakowano w powyższym urządzeniu w mieszaninie gazów ochronnych 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 . Wszystkie próby przeniesiono następnie do szafy wychładzalniczej firmy Frost, gdzie parametry 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.

W celu właściwego przygotowania mięsa (grupa kontrolna oraz próby pakowane po zakończonym okresie chłodniczego przechowywania) do analiz laboratoryjnych usuwano zewnętrzną tkankę tłuszczową i błony otaczające z powierzchni prób. Przedmiotem badań była ocena zmian hydrolitycznych i oksydacyjnych oraz właściwości sensorycznych mięśni udowych. Do oznaczenia liczby kwasowej i TBARS próbki zostały wstępnie zmielone (na siatce o średnicy oczek 3 mm) oraz rozdrobnione w homogenizatorze IKA Ultra Turrax[®]T25. W przypadku pierwszego parametru z rozdrobnionych i wysuszonych próbek mięśni wyekstrahowano tłuszcz metodą Soxhleta według PN-ISO 1444:2000, a następnie określono wartość liczby kwasowej zgodnie z normą (PN-EN ISO 660:2010). Stabilność oksydacyjną tłuszczu śródmięśniowego mięśni, na podstawie wskaźnika TBARS, oznaczano natomiast według metody opisaną przez Rak i Morzyk (2002). Absorbancję próbek mierzono spektrofotometrem Specord 40 firmy Analytik Jena AG (dł. fali 532 nm), a uzyskane wyniki wyrażono w mg aldehy-

du malonowego (MDA) w 1 kg mięsa.

Właściwości sensoryczne mięśni udowych królików określono na próbach poddanych obróbce termicznej w 0,62% roztworze NaCl (stosunek wagowy roztworu do próbki mięsa 2:1) w temperaturze 96°C, do czasu uzyskania wewnątrz próbki temperatury 80°C, według metody Baryłko-Pikielnej i Matuszewskiej (2009). W ocenie mięsa, przeprowadzonej przez 5-osobowy zespół o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej, zastosowano 5-punktową skalę ocen rozszerzoną o noty połówkowe (PN-ISO 4121:1998), uwzględniając następujące wyróżniki jakościowe: zapach, soczystość, kruchość i smakowitość. Dla poszczególnych wyróżników każdemu stopniowi skali była przypisana odpowiednia definicja jakości (1 – zła, 2 – niedostateczna, 3 – dostateczna, 4 – dobra, 5 – bardzo dobra).

Otrzymane wyniki badań poddano analizie statystycznej, wyliczając podstawowe miary (\bar{x} , s). Istotność różnic między wynikami badanych cech w poszczególnych grupach doświadczalnych, z uwzględnieniem metody pakowania i czasu chłodniczego przechowywania określono na podstawie jednoczynnikowej oraz dwuczynnikowej analizy wariancji za pomocą testu Dun-cana, stosując licencjonowany program komputerowy *Statistica* wersja 10.0.

Wyniki i ich omówienie

Wyniki dotyczące liczby kwasowej i wartości TBARS tłuszczu śródmięśniowego oraz oceny właściwości sensorycznych wychłodzonych mięśni udowych królików po 24 godzinach od momentu uboju zestawiono w tabeli 1. W badaniach własnych nie dokonano analizy porównawczej pomiędzy bardzo dobrą jakością wychłodzonych mięśni udowych a mięśniami pakowanymi różnymi metodami i przechowywanymi w warunkach chłodniczych do 20 dni, ponieważ mięśnie wychłodzone charakteryzowały się najwyższą jakością. Uzyskane dane w jednoznaczny sposób potwierdzają, że jakość tłuszczu śródmięśniowego tych mięśni, określona na podstawie liczby kwasowej (2,73 mg 0,1 KOH/g) i wartości TBARS (0,45 mg MDA/kg mięsa) była najlepsza, bez oznak zmian hydrolytycznych i oksydacyjnych. W 5-punktowej ocenie sensorycznej analizowane próbki mięśni

uzyskały za wszystkie cechy sensoryczne noty na poziomie od 4,69 do 5,0 pkt., co potwierdza, że mięso królików odznaczało się bardzo dobrą jakością. Wyniki własne mają swoje potwierdzenie w badaniach D'Agaty i in. (2009), w których wykazano, że wartość TBARS mięśni udowych królików po 24 godzinach od uboju kształtowała się średnio na poziomie 0,415 mg MDA/kg, niezależnie od systemu utrzymania zwierząt. Weissman i in. (2012) odnotowali natomiast, że koncentracja MDA w mięśniach udowych królików, oznaczona pierwszego dnia przechowywania chłodniczego w temperaturze 4°C, wynosiła zaledwie 0,127 mg/100 g próby. W doświadczeniu wykonanym przez Marounka i in. (2009) stwierdzono, że w mięśniach tylnych nóg królików Hyplus, żywionych paszą standardową, wartość TBARS nie przekracza poziomu 0,505 mg/kg mięsa. Według Combes i in. (2008), mięso królików wykazuje szczególne cechy specyficzne gatunkowo, a mianowicie jest bardzo kruche, chude, o wyjątkowej smakowitości. Dodatkowo, posiada ono mniej własnego aromatu oraz delikatną konsystencję i dotyczy to zwłaszcza królików ubijanych w wieku od 65 do 110 dni (Ludewig i in., 2003). Jak podają Szukcik i Pyz-Łukasik (2008), tkanka mięśniowa zarówno mieszańców, jak i baranów francuskich odznacza się zapachem niewyczuwalnym lub nikłym, który jest charakterystyczny dla tego gatunku. Jednocześnie mięso królików cechuje się niższym natężeniem zapachu w porównaniu do mięsa innych zwierząt rzeźnych. Cytowani autorzy wykazali, że po 24 godzinach przechowywania tuszek w chłodni nie wystąpiły istotne różnice w wyglądzie i zapachu tkanki mięśniowej w analizowanych grupach, a noty punktowe kształtowały się na poziomie: 4,97 i 4,93.

Wyżej wymienieni badacze odnotowali, że mięśnie udowe baranów francuskich były kruche i soczyste, o czym świadczyły uzyskane noty punktowe na poziomie odpowiednio: 3,96 i 3,98. W oświadczeniu wykonanym przez Kowalską (2008) mięśnie najdłuższe grzbietu królików NB, żywionych paszą kontrolną w ocenie panelu sensorycznego otrzymały wysokie noty za natężenie i pożądalność zapachu oraz smakowitość, kruchość, a także soczystość, mieszczące się w granicach od 4,0 do 4,8 pkt, co określa jakość mięsa na poziomie dobrym i bardzo dobrym.

Szybkość oraz kierunek utleniania się lipidów mięsa zależą od wielu czynników, m.in. od składu chemicznego, tj. ilości i rodzaju lipidów, zawartości wody, obecności enzymów endogennych, fosfolipidów, zawierających zwykle znaczne ilości nienasyconych kwasów tłuszczowych, naturalnych prooksydantów i antyoksydantów występujących w mięsie, procesów i operacji technologicznych oraz warunków

przechowywania (Kanner, 1994; Gašperlin i in., 2006). Procesy hydrolitycznego, jak również oksydacyjnego rozkładu lipidów w sposób decydujący limitują trwałość mięsa w czasie chłodniczego przechowywania (Chwastowska-Siwiecka i Kondratowicz, 2008). Podatność tłuszczów na zmiany oksydacyjne jest tym większa, im wyższa jest zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) (Ribeiro i in., 2014).

Tabela 1. Liczba kwasowa i wartość TBARS tłuszczu śródmięśniowego oraz jakość sensoryczna wychłodzonych mięśni udowych królików ($\bar{x} \pm s$)

Table 1. Acid and TBARS value of intramuscular fat and sensory quality in the chilled thigh muscles of rabbits (mean \pm SD)

Wyszczególnienie – Item	Grupa kontrolna Control group (n=12)
Liczba kwasowa (mg 0,1 KOH/g) – Acid value (mg 0.1 KOH/g)	2,73 \pm 0,63
TBARS (mg MDA/kg mięsa) – TBARS value (mg MDA/kg of meat)	0,45 \pm 0,06
Zapach – natężenie (pkt) – Aroma intensity (points)	5,00 \pm 0,00
Zapach – pożądalność (pkt) – Aroma desirability (points)	5,00 \pm 0,00
Soczystość (pkt) – Juiciness (points)	4,69 \pm 0,37
Kruchość (pkt) – Tenderness (points)	4,81 \pm 0,26
Smakowitość – natężenie (pkt) – Flavour intensity (points)	4,88 \pm 0,23
Smakowitość – pożądalność (pkt) – Flavour desirability (points)	4,88 \pm 0,23

Wartości liczbowe określające zmiany liczby kwasowej i wartości TBARS tłuszczu śródmięśniowego mięśni udowych królików w zależności od metody pakowania oraz czasu chłodniczego przechowywania przedstawiono w tabeli 2. Uzyskane dane z analizy dwuczynnikowej ($P \leq 0,01$) potwierdziły interakcję czynników doświadczalnych, jak również zdecydowany wpływ czasu składowania oraz sposobu pakowania na zmiany liczby kwasowej analizowanych próbek. Wykazano, że wraz z wydłużaniem czasu chłodniczego przechowywania wzrasta wartość tego parametru (średnio o 9,88 mg 0,1 KOH/g). Jednocześnie odnotowano, że w grupie mięśni chronionych mieszaniną gazów liczba kwasowa uległa zwiększeniu ($P \leq 0,01$) o 8,43 mg 0,1 KOH/g i po 20 dniach składowania wynosiła 14,16 mg 0,1 KOH/g. W próbkach pakowanych próżniowo wartość tego wyróżnika wzrosła natomiast ($P \leq 0,01$) z 7,80 aż do 19,14 mg 0,1 KOH/g. Porównując metody pakowania stwierdzono, że argon i dwutlenek węgla wpłynęły na otrzymanie niższej liczby kwasowej w mię-

śniach udowych królików w porównaniu do przechowywania w warunkach próżniowych. Z danych wynika, że w 10. i 20. dobie chłodniczego składowania próby chronione mieszaniną Ar+CO₂ charakteryzowały się istotnie ($P \leq 0,01$) mniejszymi zmianami hydrolitycznymi w stosunku do mięśni przetrzymywanych w próżni, odpowiednio o 2,07 i 4,98 mg 0,1 KOH/g. W przeprowadzonych badaniach (tab. 2) nie stwierdzono wpływu działania metody pakowania i czasu chłodniczego przechowywania oraz interakcji tych czynników na zmiany wskaźnika TBARS w mięśniach udowych. Analizowane próbki cechowały się wysoką stabilnością oksydacyjną podczas pakowania w warunkach próżniowych oraz atmosferze gazów ochronnych. Według Berruga i in. (2005), przechowywanie półtuszek króliczych w temperaturze 1°C w atmosferze ochronnej (30% CO₂ + 70% O₂) powoduje znaczny wzrost wartości TBARS z 0,66 (10. doba) do 1,11 mg MDA/kg (20. doba składowania). Najmniejsze zmiany oksydacyjne autorzy odnotowali przy przetrzymywaniu półtu-

szek w MA o składzie 40% CO₂ + 60% N₂ oraz 80% CO₂ + 20% O₂, zarówno w 5., jak i 10. dobie przechowywania, u których wartość TBARS wynosiła odpowiednio: 0,26 i 0,47 mg MDA/kg oraz 0,10 i 0,35 mg MDA/kg. Po zakończeniu składowania w 20. dobie badacze uzyskali rów-

nież niski poziom tego wskaźnika, wynoszący w tych grupach 0,31 i 0,38 mg MDA/kg. Jak podają Berruga i in. (2005), wartość krytyczna koncentracji dialdehydu malonowego, przy której zmiany oksydacyjne mogą być zauważalne przez nabywców, wynosi 2 mg MDA/kg.

Tabela 2. Zmiany liczby kwasowej i wartości TBARS tłuszczu śródmięśniowego mięśni udowych królików w zależności od metody pakowania i czasu chłodniczego przechowywania ($\bar{x} \pm s$)

Table 2. Changes in acid and TBARS value of intramuscular fat in the thigh muscles of rabbits as affected by packaging method and cold storage time (mean \pm SD)

Wyszczególnienie Item	Czas chłodniczego przechowywania (doby) Cold storage time (days)	Metoda pakowania Packaging method		Wpływ Influence		
		próżnia vacuum (n=24)	70% Ar+30% CO ₂ protective gas (n=24)	C	MP	Interakcja Interaction C x MP
Liczba kwasowa (mg 0,1 KOH/g) Acid value (mg 0.1 KOH/g)	10	7,80 AY \pm 0,79	5,73 BY \pm 0,52	**	**	**
	20	19,14 AX \pm 0,94	14,16 BX \pm 0,59			
Wartość TBARS (mg MDA/kg mięsa) TBARS value (mg MDA/kg of meat)	10	0,52 \pm 0,21	0,55 \pm 0,08	ns	ns	ns
	20	0,68 \pm 0,25	0,69 \pm 0,13			

C – czas chłodniczego przechowywania – cold storage time; MP – metoda pakowania – packaging method.

Wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie: A, B – $P \leq 0,01$.

Mean values denoted by different letters in rows are significantly different: A, B – $P \leq 0,01$.

Wartości oznaczone różnymi literami w kolumnach różnią się statystycznie istotnie: X, Y – $P \leq 0,01$.

Mean values denoted by different letters in columns are statistically significantly different: X, Y – $P \leq 0,01$.

** – $P \leq 0,01$ – significant at the level of $P \leq 0,01$; ns – brak różnic statystycznych – not significant.

Według Hęś i Korczaka (2007), podczas oksydacyjnej degradacji lipidów mięsa powstaje wiele związków, które są odpowiedzialne za powstawanie zjełczałego, niepożądanego zapachu i smaku, nie akceptowanego przez konsumentów. Niezależnie od pogorszenia smaku i zapachu, proces ten ma także niekorzystny wpływ na barwę mięsa, teksturę, wartość odżywczą oraz bezpieczeństwo zdrowotne (Gray i in., 1996).

Uzyskane w doświadczeniu noty punktowe, charakteryzujące jakość sensoryczną mięśni udowych królików w zależności od metody pakowania i czasu chłodniczego przechowywania, przedstawiono w tabeli 3. Wykonana analiza dwuczynnikowa nie wykazała istotnego wpływu metody pakowania, jak również interakcji dwóch czynników doświadczalnych na zmiany natężenia i pożądalności zapachu. Stwierdzono natomiast istotne ($P \leq 0,01$) oddziaływanie czasu chłodniczego składowania (z 10 do 20 dni) na pogorszenie tych parametrów (średnio o 0,97

i 0,81 pkt.) w obrębie poszczególnych metod pakowania. Rozpatrując jakość sensoryczną mięśni udowych, przetrzymywanych w warunkach próżniowych odnotowano, że po 20 dniach przechowywania noty za natężenie zapachu uległy obniżeniu ($P \leq 0,01$) z 4,75 do 3,56 pkt., a za pożądalność – z 4,75 do 3,63 pkt. Po zakończeniu chłodniczego składowania, w przypadku próbek pakowanych w atmosferze gazów ochronnych panel sensoryczny ocenił natężenie omawianego parametru niżej (o 0,75 pkt.) w stosunku do punktacji przyznanej po 10 dobach, co zostało potwierdzone statystycznie ($P \leq 0,01$). W powyższej grupie doświadczalnej wykazano podobną zależność w analizie pożądalności zapachu, gdzie ocena końcowa była niższa ($P \leq 0,05$) o 0,5 pkt. Na podstawie danych uzyskanych z analizy jednoczynnikowej stwierdzono, że w 10. dniu przechowywania mięśnie udowe królików pakowane próżniowo odznaczały się lepszym ($P \leq 0,05$) zapachem w porównaniu do prób chronionych 70% Ar i 30% CO₂.

Wpływ pakowania i przechowywania mięsa króliczego na jego jakość

Tabela 3. Jakość sensoryczna mięśni udowych królików w zależności od metody pakowania i czasu chłodniczego przechowywania ($\bar{x} \pm s$)
 Table 3. Sensory quality in the thigh muscles of rabbits as affected by packaging method and cold storage time (mean \pm SD)

Wyszczególnienie <i>Item</i>	Czas chłodniczego przechowywania (doby) <i>Cold storage time (days)</i>	Metoda pakowania <i>Packaging method</i>		Wpływ <i>Influence</i>		
		próżnia <i>vacuum</i> (n=24)	70%Ar+30%CO ₂ <i>protective gas</i> (n=24)	C	MP	Interakcja <i>Interaction</i> C x MP
Zapach – natężenie (pkt) <i>Aroma intensity (points)</i>	10	4,75 aX \pm 0,27	4,38 bX \pm 0,35	**	ns	ns
	20	3,56 Y \pm 0,62	3,63 Y \pm 0,58			
Zapach – pożądalność (pkt) <i>Aroma desirability (points)</i>	10	4,75 aX \pm 0,27	4,38 bx \pm 0,35	**	ns	ns
	20	3,63 Y \pm 0,58	3,88 y \pm 0,52			
Soczystość (pkt) <i>Juiciness (points)</i>	10	4,38 X \pm 0,52	3,94 \pm 0,32	**	ns	**
	20	3,31 BY \pm 0,26	3,75 A \pm 0,27			
Kruchość (pkt) <i>Tenderness (points)</i>	10	4,56 a \pm 0,42	4,13 bY \pm 0,23	*	*	*
	20	4,55 \pm 0,14	4,54 X \pm 0,11			
Smakowitość – natężenie (pkt) <i>Flavour intensity (points)</i>	10	4,50 AX \pm 0,38	3,81 B \pm 0,26	**	ns	**
	20	3,38 Y \pm 0,44	3,75 \pm 0,38			
Smakowitość – pożądalność (pkt) <i>Flavour desirability (points)</i>	10	4,50 AX \pm 0,38	3,81 Bx \pm 0,26	**	*	**
	20	3,38 Y \pm 0,44	3,50 y \pm 0,27			

C – czas chłodniczego przechowywania – *cold storage time*; MP – metoda pakowania – *packaging method*.

Wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie: A, B – $P \leq 0,01$; a, b – $P \leq 0,05$.
Mean values denoted by different letters in rows are significantly different: A, B – $P \leq 0,01$; a, b – $P \leq 0,05$.

Wartości oznaczone różnymi literami w kolumnach różnią się statystycznie istotnie: X, Y – $P \leq 0,01$; x, y – $P \leq 0,05$.

Mean values denoted by different letters in columns are statistically significantly different: X, Y – $P \leq 0,01$; x, y – $P \leq 0,05$.

* – $P \leq 0,05$ – *significant at the level of $P \leq 0,05$* ; ** – $P \leq 0,01$ – *significant at the level of $P \leq 0,01$* ; ns – brak różnic statystycznych – *not significant*.

W tabeli 3 zestawiono również noty punktowe określające soczystość i kruchość ocenianych mięśni. Wykonanie analizy dwuczynnikowej pozwoliło na potwierdzenie interakcji pomiędzy czasem chłodniczego składowania oraz metodą pakowania, zarówno dla pierwszego ($P \leq 0,01$), jak i drugiego wyróżnika ($P \leq 0,05$). Ponadto, w przypadku soczystości odnotowano istotny wpływ ($P \leq 0,01$) czasu przechowywania, natomiast na ocenę kruchości oddziaływały jednocześnie oba czynniki doświadczalne ($P \leq 0,05$). Wraz z wydłużaniem czasu składowania w próbkach pakowanych w VP wykazano pogorszenie wyróżnika soczystości (o 1,07 pkt.), natomiast mięśnie chronione Ar+CO₂ uzyskały wyższe noty punktowe za kruchość (o 0,41 pkt.). Przeprowadzona jednoczynnikowa analiza wariancji potwierdziła istotny ($P \leq 0,01$) wpływ metody pakowania na zmiany soczystości mięsa króliczego w 20. dniu przechowywania, co zostało

wyrażone niższą oceną tego wyróżnika na poziomie 3,31 pkt. w grupie przetrzymywanej w warunkach próżniowych. Pomimo przyznania w 10. dobie składowania niższych ($P \leq 0,05$) not punktowych za kruchość mięśni pakowanych w MA (4,13) w porównaniu do próbek z grupy VP (4,56), ich jakość nadal była określana na poziomie dobrym. Analizując natężenie i pożądalność smakowitości, wykazano istotną interakcję działania obu czynników doświadczalnych na poziomie $P \leq 0,01$. W badaniach własnych nie odnotowano wpływu metody pakowania na zmiany oceny natężenia właściwości smakowo-zapachowych mięsa króliczego. Biorąc pod uwagę czas przechowywania próbek do 20 dni, stwierdzono wyraźne ($P \leq 0,01$) pogorszenie wyróżnika smakowitości (natężenie i pożądalność) w grupie mięśni pakowanych próżniowo (z wartości 4,50 do 3,38 pkt.) do poziomu słabo zdecydowanego i obojętnego. Uzyskane wyniki opisu-

jące wpływ czasu chłodniczego składowania wskazywały na obniżenie pożądalności smakowitości mięsa chronionego Ar+CO₂ po 20 dniach, co zostało potwierdzone statystycznie ($P \leq 0,05$). Mięśnie udowe pakowane w warunkach próżniowych po zakończeniu 10. doby przechowywania (4,50 pkt.) charakteryzowały się wyższymi ($P \leq 0,01$) średnimi notami za smakowitość, zarówno za natężenie i pożądalność w porównaniu do próbek przetrzymywanych w MA (3,81 pkt.). W doświadczeniu wykonanym przez Rodrígueza-Calleja i in. (2010), dotyczącym pakowania mięśni udowych królików NB w próżni, w atmosferze 100% CO₂ oraz 35% CO₂ + 35% O₂ + 30% N₂ i przechowywania do 42 dni w temperaturze $3 \pm 1^\circ\text{C}$ wykazano, że wygląd ogólny mięsa w przypadku pakowania w próżni oceniono wysoko jedynie do 28. dnia składowania, a zapach do 14. dnia. Jak podają cytowani autorzy, najwyższe noty punktowe za zapach i wygląd ogólny uzyskały mięśnie pakowane w atmosferze o stężeniu 100% CO₂ podczas 35-dniowego okresu przechowywania, a najniższe w przypadku pakowania w mieszaninie CO₂ + O₂ + N₂ w 21. dobie.

Podsumowanie i wnioski

1. Uzyskane wyniki dotyczące oznaczenia liczby kwasowej i wartości TBARS, a także przeprowadzonej oceny sensorycznej wskazują na wysoką atrakcyjność wychłodzonych mięśni udowych królików, o czym świadczy wysoka stabilność hydrolityczna i oksydacyjna oraz noty punktowe przyznane za podstawowe wyróżniki jakościowe na poziomie bardzo dobrym.
2. Stwierdzono, że mięśnie udowe pakowane

w mieszaninie Ar i CO₂ charakteryzowały się zdecydowanie niższą wartością liczby kwasowej w porównaniu do próbek przechowywanych próżniowo. Jednocześnie wykazano, że czas chłodniczego składowania do 20 dni wpłynął istotnie na wzrost zmian hydrolitycznych mięsa króliczego.

3. W miarę wydłużania czasu chłodniczego przechowywania odnotowano, że poziom produktów utleniania tłuszczu śródmięśniowego, określony wartością TBARS był nadal niski i niezależny od zastosowanego systemu pakowania.
4. Otrzymane w badaniach wyniki wskazują, że na ocenę punktową wszystkich analizowanych wyróżników jakości sensorycznej mięśni wpływał głównie czas składowania w warunkach chłodniczych. Po zakończeniu 20-dniowego przechowywania odnotowano obniżenie wartości cech sensorycznych, co zostało wyrażone niższymi notami za zapach, soczystość i smakowitość w obu grupach doświadczalnych.
5. Z przeprowadzonego doświadczenia wynika, że mięśnie udowe pakowane w atmosferze Ar+CO₂ i przechowywane w warunkach chłodniczych przez okres 10 dni uzyskały niższe noty punktowe w ocenie zespołu laboratoryjnego za wszystkie wyróżniki sensoryczne, oprócz soczystości, w stosunku do próbek przetrzymywanych próżniowo.
6. Stwierdzono, że po 20 dobach chłodniczego składowania mięśnie udowe chronione 70% Ar + 30% CO₂ charakteryzowały się większą soczystością, co zostało potwierdzone statystycznie.

Literatura

- Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I. (2009). *Sensoryczne badania żywności. Podstawy-Metody-Zastosowania*. Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków, ss. 99–108.
- Berruga M.I., Vergara H., Linares M.B. (2005). Control of microbial growth and rancidity in rabbit carcasses by modified atmosphere packaging. *J. Sci. Food Agric.*, 85, 12: 1987–1991.
- Bieleński P. (2004). Wpływ rasy i systemów utrzymania na cechy produkcyjne brojlerów króliczych. *Rocz. Nauk. Zoot., Rozpr. Hab.*, 18: 5–86.
- Cayuela J.M., Gil M.D., Bañón S., Garrido M.D. (2004). Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the quality of pork loin. *Eur. Food Res. Technol.*, 219: 316–320.
- Cegielska-Radziejewska R., Tycner B., Kijowski J., Zabielski J., Szablewski T. (2008). Quality and shelf life of

- chilled, pretreated MAP poultry meat products. *Bull. Vet. Inst. Puławy*, 52: 603–609.
- Chwastowska-Siwiecka I., Kondratowicz J. (2008). Effect of deep-freeze storage time and thawing method on intramuscular lipid oxidation and sensory quality of pork loin. *Pol. J. Vet. Sci.*, 11, 2: 113–117.
- Combes S., González I., Déjean S., Baccini A., Jehl N., Juin H., Cauquil L., Gabinaud B., Lebas F., Larzul C. (2008). Relationships between sensory and physicochemical measurements in meat of rabbit from three different breeding systems using canonical correlation analysis. *Meat Sci.*, 80, 3: 835–841.
- 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.
- D'Agata M., Prezioso 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, 4: 691–696.
- Gašperlin L., Polak T., Rajar A., Skvarèa M., Lender B. (2006). Effect of genotype, age at slaughter and sex on chemical composition and sensory profile of rabbit meat. *World Rabbit Sci.*, 14: 157–166.
- Gray J.I., Gomaa E.A., Buckley D.J. (1996). Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Sci.*, 43: 111–123.
- Hęś M., Korczak J. (2007). Wpływ różnych czynników na szybkość utleniania się lipidów mięsa. *Nauka Przyr. Technol.*, 1, 1, #3: 1–11.
- Hulot F., Ouhayoun J. (1999). Muscular pH and related traits in rabbits: a review. *World Rabbit Sci.*, 7: 15–36.
- Kanner J. (1994). Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Meat Sci.*, 36: 169–189.
- Kowalska D. (2008). Effect of dietary supplementation with rapeseed and fish oil mixture and antioxidant on rabbit meat quality. In: *Proc. 9th World Rabbit Congress. Meat Quality and Safety*. Verona, Italy, June 10–13, pp. 1371–1376.
- Ludewig M., Treel N. van, Fehlhaber K. (2003). Schlachtausbeute und Fleischqualität von Mastkaninchen in Abhängigkeit vom Alter. *Fleischwirtschaft*, 6: 101–103.
- Maj D., Bieniek J., Łapa P. (2008). Jakość mięsa królików rasy białej nowozelandzkiej i kalifornijskiej oraz ich mieszańców. *Med. Weter.*, 64, 3: 351–353.
- Marounek M., Dokoupilova A., Volek Z., Hoza I. (2009). Quality of meat and selenium content in tissues of rabbits fed diets supplemented with sodium selenite, selenized yeast and selenized algae. *World Rabbit Sci.*, 17, 4: 207–212.
- Orkus A., Wołoszyn J., Okruszek A. (2005). Shelf life and colour characteristics of thigh muscles of turkey packaged under modified atmosphere. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 14/55, Supl., 1: 99–102.
- PN-ISO 4121:1998. Analiza sensoryczna. Metodologia. Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania.
- PN-ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczu wolnego.
- PN-EN ISO 660:2010. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości.
- Rak L., Morzyk K. (2002). Chemiczne badanie mięsa. *Wyd. AR, Wrocław*, ss. 3–147.
- Ribeiro T., Lordelo M.M., Costa P., Alves S. P., Benevides W.S., Bessa R.J.B., Lemos J.P.C., Pinto R.M.A., Ferreira L.M.A., Fontes C.M.G.A., Prates J.A.M. (2014). Effect of reduced dietary protein and supplementation with a docosahexaenoic acid product on broiler performance and meat quality. *Brit. Poultry Sci.*, 55, 6: 752–765.
- Rodríguez-Calleja J.M., Santos J.A., Otero A., García-López M.-L. (2010). Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the shelf life of rabbit meat. *CyTA- J. Food*, 8, 2: 109–116.
- 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).
- Russell N.J. (2002). Bacterial membranes: the effects of chill storage and food processing. An overview. *Int. J. Food Microbiol.*, 79, 1–2: 27–34.
- StatSoft Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10.0. Tulsa, OK, USA. www.statsoft.com
- Szkucik K., Libelt K. (2006). Wartość odżywcza mięsa królików. *Med. Weter.*, 62, 1: 108–110.
- Szkucik K., Pyz-Łukasik R. (2008). Zmienność cech sensorycznych mięsa królików w zależności od rasy i części zasadniczej tuszki. *Med. Weter.*, 64, 11: 1308–1310.
- Vergara H., Berruga M.I., Linares M.B. (2005). Effect of gas composition on rabbit meat quality in modified atmosphere packaging. *J. Sci. Food Agric.*, 85, 12: 1981–1986.
- Weissman D., Davoust D., Picard E., Troislouches G., Cousin A., Launay C. (2012). Validation of the relation between *in vivo* antioxidant status and shelf life of rabbit meat by the KRL method. In: *Proc. 10th World Rabbit Congress. Meat Quality & Products Quality*. Sharm El- Sheikh, Egypt, September 3–6, pp. 937–941.

THE EFFECT OF PACKAGING METHOD AND COLD STORAGE TIME ON ACID AND TBARS VALUE OF THE INTRAMUSCULAR FAT AND SENSORY QUALITY OF RABBIT MEAT

Summary

The objective of this study was to determine the effect of the packaging method and cold storage time on the intramuscular lipid oxidation and sensory quality of rabbit meat.

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 (control group – 12 samples) and packed muscles, after the accomplishment of cold storage time, were analysed to assess their quantitative and qualitative parameters.

On the basis of the obtained results it was demonstrated that chilled thigh muscles of rabbits were characterized by a high hydrolytic and oxidation stability and very good sensory quality. It has been found that the thigh muscles packaged in a mixture of Ar and CO₂ were characterized by a significantly lower acid value compared to the samples stored under anaerobic conditions. The longer the time of cold storage it is noted that TBARS value was still low and independent of the packaging system used. After the end of the 20-day storage was recorded a decrease in the value of sensory attributes, as expressed in lower scores for the aroma, juiciness and flavour in both experimental groups. It has been shown that the thigh muscles packed in an atmosphere of Ar and CO₂ for a period of 10 days under refrigerated conditions had lower scores for all sensory discriminants, with the exception of juiciness, in relation to the vacuum-packed samples.

Key words: rabbit meat, packaging method, cold storage time, sensory quality, acid and TBARS value



Fot. D. Kowalska