

JACEK KONDRATOWICZ, PAULIUS MATUSEVIČIUS

WŁAŚCIWOŚCI TECHNOLOGICZNE MIĘSA WIEPRZOWEGO ZAMROŻONEGO PRZY UŻYCIU CIEKŁEGO AZOTU I METODĄ OWIEWOWĄ W RÓŻNYM CZASIE OD UBOJU

Streszczenie

Materiał do badań stanowiły próby mięśnia najdłuższego lędźwi 60 tusz pochodzących od tuczników o masie przedubojowej około 105 kg, charakteryzujące się normalną jakością. Łącznie pobrano 120 prób, każda o masie około 500 g. Pierwsze 60 prób wycięto z półtuszy lewych w stanie ciepłym po około 1 godz. od chwili uboju. Natomiast pozostałe 60 prób pobrano z półtuszy prawych wychłodzonych w temp. 2°C przez 24 godziny. Następnie obie partie mięsa podzielono na dwie grupy. Pierwszą grupę przeznaczono do zamrażania przy użyciu ciekłego azotu, natomiast drugą w tradycyjnym tunelu owiewowym. Po 2-tygodniowym oraz 6-miesięcznym czasie zamrażalniczego przechowywania pobierano próby do analiz laboratoryjnych. Stwierdzono, że zmiany właściwości technologicznych mięsa wieprzowego zależały od czasu rozpoczęcia zamrażania od uboju, metody mrożenia i czasu zamrażalniczego przechowywania. Mięso niesłodzone mrożone przy użyciu ciekłego azotu po 2-tygodniach zamrażalniczego przechowywania charakteryzowało się wyższą wartością pH, ciemniejszą barwą oraz lepszą wodochłonnością w porównaniu do niesłodzonego i słodzonego mięsa mrożonego metodą owiewową. W czasie 6-miesięcznego zamrażalniczego przechowywania wzrastała stopniowo kwasowość, pojaśniała barwa oraz obniżała się wodochłonność mięsa co prowadziło do mniej wyczuwalnych różnic w jakości mięsa, niezależnie od badanych metod mrożenia.

Słowa kluczowe: mięsao wieprzowe, czas zamrażania od uboju, metody mrożenia, czas przechowywania, jakość.

Wprowadzenie

Utrzymujący się w Polsce wysoki stan pogłowia trzody chlewnej powoduje, że coraz poważniejszym problemem staje się nadprodukcja mięsa wieprzowego. Według danych logistycznych ARR [13] w 2003 r. może ona wynosić nawet ponad 180 tys. ton. Rozwiązaniem tego problemu może być poprawa salda obrotów mięsem w handlu

Dr hab. J. Kondratowicz, Katedra Towaroznawstwa Surowców Zwierzęcych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski 10-719 Olsztyn-Kortowo ul. Oczapowskiego 5, doc. dr P. Matusevičius, Department of Special Zootechny Lithuanian Veterinary Academy, Tilzes 18, LT-3022, Kaunas, Lithuania

zagranicznym, kontynuacja interwencyjnych zakupów wieprzowiny, realizacja dopłat do eksportu półtuszy wieprzowych, jak również wprowadzenie nowych metod technologii zamrażania mięsa wieprzowego.

Badania naukowe dotyczące przebiegu zmian jakościowych mrożonego mięsa wieprzowego przy zastosowaniu ciekłego azotu dostarczyły wielu informacji poznawczych [4, 7, 9, 10]. Stwierdzono m.in., że mięso wieprzowe mrożone przy użyciu ciekłego azotu po rozmrożeniu charakteryzowało się wyższą wartością pH, ciemniejszą barwą oraz większą wodochłonnością w porównaniu z mięsem mrożonym metodą owiewową. W dotychczas przeprowadzonych badaniach analizowano głównie zmiany jakościowe w mięsie chłodzonym i zamrożonym po okresie wstępnego dojrzewania, w czasie którego ustępuje stężenie pośmiertne (łac. *rigor mortis*).

W dostępnym piśmiennictwie niewiele jest natomiast informacji dotyczących wpływu mrożenia w skroplonych gazach na właściwości technologiczne mięsa wieprzowego poddanego temu procesowi w stanie ciepłym. Bendall [1] oraz Dransfield [2] wskazują na niebezpieczeństwo wystąpienia niekorzystnego zjawiska skurczu rozmrażalniczego w mięsie zamrożonym w stanie *pre-mortis*. Skutki tego uzewnętrzniają się przede wszystkim w postaci zmniejszenia kruchości mięsa oraz zwiększonego wycieku soku mięsnego. Inni autorzy dowiedli [4], że zjawisko to nie zawsze występuje, gdyż wpływa na nie wiele czynników, związanych z wczesną autolizą mięsa, szybkością mrożenia oraz z czasem zamrażalniczego przechowywania.

Możliwość mrożenia mięsa wieprzowego ciekłym azotem, z pominięciem fazy poubojowego wychładzania, może mieć zatem określone znaczenie gospodarcze. Pozytywne efekty będą więc skutkiem likwidacji ubytków masy mięsa występujących w długim procesie wychładzania, eliminacji z procesu mrożenia i przechowywania elementów mniej wartościowych tuszy, jak: kości i tłuszcz oraz wykorzystania dobrych właściwości technologicznych mięsa ciepłego do dalszego przetwórstwa.

Celem badań było określenie wpływu mrożenia mięsa wieprzowego w różnym czasie od uboju na ubytki masy, skład chemiczny i właściwości fizykochemiczne. W badaniach porównano metodę mrożenia przy użyciu skroplonego azotu z tradycyjną owiewową metodą zamrażania w powietrzu.

Materiał i metody badań

Badania przeprowadzono na próbach mięśnia najdłuższego lędźwi (*musculus longissimus lumborum*), pochodzących z 60 tusz tuczników o pokroju zbliżonym do świń mięsnych oraz masie przedubojowej około 105 kg z reprezentacją płci, jak 1:1. Ubój i obróbkę poubojową tusz przeprowadzono zgodnie z przepisami obowiązującymi w przemyśle mięsnym. Po około 45 min od uboju wykonano pomiar kwasowości, tzw. pH₁ w mięśniu najdłuższym lędźwi obu półtuszy przy użyciu pH-metru Master firmy Dramiński. Do doświadczenia wybierano półtusze o mięsie uważanym za nor-

malnej jakości, określone jako RFN, tj. o $pH_1 > 6,3$. Dodatkowym kryterium selekcyjnym było subiektywne określenie barwy i konsystencji mięsa metodą Clausena-Thomsena [6, 14]. Za mięśnie o normalnej jakości mięsa uznano te, które uzyskały notę powyżej 3 pkt (mięso: czerwone, twarde, nie wodniste).

Łącznie pobrano 120 prób mięsa (lewa i prawa półtusza), o masie około 500 g każda. Czas pobierania prób do zamrażania był różny i zależał od ich dalszego traktowania. Pierwsze 60 prób wycięto z półtuszy lewych w stanie ciepłym po ok. 1 godz. od chwili uboju. Natomiast pozostałe 60 prób pobrano z półtuszy prawych wychłodzonych w temp. ok. 2°C przez 24 godz. Po tym czasie wykonano pomiar stopnia zakwaszenia tkanki mięśniowej (pH_{24}), dokonując klasyfikacji prób wg następujących wartości granicznych: RFN (red, firm, non exudative) pH_{24} 5,5–5,7 [6, 8]. Następnie obie partie mięsa podzielono na dwie grupy. Pierwszą grupę przeznaczono do zamrażania przy użyciu ciekłego azotu (60 szt.), natomiast drugą w tradycyjnym tunelu owiewowym (60 szt.). Zaplanowano dwa okresy przechowywania, tj. 0,5 i 6 miesięcy w każdym z wariantów zamrażania ($n = 15$).

Metoda mrożenia przy użyciu skroplonego azotu

Doświadczalne zamrażanie prób mięsa wieprzowego ciekłym azotem w tunelu zamrażalniczym typu BOC przebiegało w sposób typowy dla urządzeń natryskowych [9]. Mięso ciepłe (nieschłodzone), o temp. początkowej ok. 30°C mrożono luzem (bez opakowania) po około 1 godz. od uboju. W trakcie procesu mrożenia temp. w komorze tunelu wahała się od ok. -85 do -100°C . Czas mrożenia do osiągnięcia temp. ok. -28°C wewnątrz prób wynosił 20 min. Mięso schłodzone do temp. ok. 2°C poddawano procesowi zamrażania po 24 godz. od uboju. Proces mrożenia przy zachowaniu identycznych parametrów temperatury jak w przypadku mięsa nieschłodzonego był krótszy i wynosił 16 min.

Metoda mrożenia w tradycyjnym tunelu owiewowym

Mrożenie tradycyjne prób pobranych z mięśnia najdłuższego lędźwi przeprowadzono w owiewowej komorze zamrażalniczej, w temp. -28°C przy szybkości obiegu powietrza 3–4 m/s. Średnia temperatura prób w momencie rozpoczęcia zamrażania oraz tok postępowania były identyczne jak w przypadku prób mrożonych w ciekłym azocie. Czas mrożenia wynosił 18 godz. Wszystkie próby mrożono na tackach, bez opakowania. Po zamrożeniu temp. prób mięsa wynosiła około -28°C .

Zamrożone próby z obu grup doświadczalnych pakowano do woreczków foliowych PA/PE i kartonów ażurowych, które następnie umieszczano w chłodni składowej w temp. -28°C na okres 0,5 i 6 miesięcy.

Metody oceny jakości mięsa

Po wyznaczonym terminie przechowywania zamrażalniczego pobierano sukcesywnie próby mięsa do analiz laboratoryjnych. Badania jakości prób były poprzedzone ich rozmrażaniem w woreczkach polietylenowych, w powietrzu o temp. ok. 5°C. Po osiągnięciu przez próby temp. ok. 1°C rozmrażanie przerywano.

W celu właściwego przygotowania mięsa do analiz laboratoryjnych usuwano zewnętrzna tkankę tłuszczową i ścięgniastą z powierzchni rozmrożonych próbek. Następnie, w wilku laboratoryjnym z siatką o średnicy oczek 2 mm, mięso rozdrabniano, a następnie próby mieszano.

Wykonano następujące analizy ilościowo-jakościowe mięsa:

- ubytki masy prób w procesach: zamrażania, przechowywania i rozmrażania (ogółem), ważąc próbki w poszczególnych etapach technologii chłodniczej z dokładnością do 0,1 g;
- zawartość składników podstawowych (suchej masy, białka ogólnego, tłuszczu i popiołu) metodami konwencjonalnymi [11];
- odczyn mięsa (po rozmrożeniu) na podstawie pomiarów wartości pH homogenatów wodnych mięsa (stosunek ilościowy mięsa do wody destylowanej 1;1), używając elektrody GK 2311C oraz pehametru firmy Radiometer;
- jasność barwy na podstawie procentowego odbicia światła od powierzchni zmielonych prób mięsa, mierzonego w spektrokolorymetrze „Spekol” przy długości fali 560 nm z zastosowaniem przystawki remisyjnej R 45/0 (wzorzec bieli stanowiła płytka z tlenkiem magnezu);
- wodochłonność metodą Grau’a i Hamma [5].

Otrzymane wyniki doświadczenia poddano analizie statystycznej, uwzględniając podstawowe miary statystyczne (\bar{x} , s). Istotność różnic między grupami określono za pomocą testu Duncana stosując program komputerowy Statistica wersja 5,5 A.

Wyniki i dyskusja

Wyniki badań charakteryzujące mięso pod względem jego jakości technologicznej przedstawiono w tab. 1. i 2.

Następstwem utrwalania mięsa za pomocą niskich temperatur są m.in. naturalne ubytki masy. W zależności od ich wielkości następują zmiany w składzie chemicznym przechowywanego mięsa, a także tych jego właściwości jakościowych, które zależą od zawartości wody [3, 12]. Jednocześnie przyjmuje się, że wielkość wycieku mięsa podczas rozmrażania w standardowych warunkach może być jedną z miar stopnia uszkodzenia struktury tkanki mięśniowej w procesie zamrożenia, a więc może stanowić pośrednią ocenę różnych metod mrożenia [7, 8, 12]. Z danych tab. 1. wynika, że łączne ubytki masy mięsa wieprzowego mrożonego, przed i po wychłodzeniu przy użyciu

Tabela 1

Ubytki masy i skład chemiczny mięsa wieprzowego (n = 15).
Weight losses and chemical composition of pork.

Wyszczególnienie Specification	Miara statystyczna Statistical measure	Czas rozpoczęcia zamrażania od uboju / Time of commencing the freezing process after slaughter										Statystyczna istotność różnic Statistical sign ificance of differences
		Nieschłodzone (1h) / Precooling					Schłodzone (24h) / After cooling					
		Metoda mrożenia / Freezing method										
		LN ₂					Ow					
		Czas przechowywania [miesiące] / Storing periods [months]										
		0,5 (A)	6 (B)	0,5 (C)	6 (D)	0,5 (E)	6 (F)	0,5 (G)	6 (H)			
Ubytki masy (łącznie) [%] Weight losses (Total) [%]	\bar{x} s	2,18 ± 0,48	2,55 ± 0,55	3,06 ± 0,89	3,04 ± 0,52	2,17 ± 0,55	3,13 ± 0,76	3,63 ± 0,68	3,67 ± 0,51		A,E < C,D,F,G,H ** B < F* ; G,H ** C,D < G,H *	
Sucha masa Dry matter [%]	\bar{x} s	24,44 ± 1,25	25,11 ± 1,28	25,91 ± 1,37	25,96 ± 1,31	24,99 ± 1,17	25,27 ± 1,19	26,30 ± 1,28	26,36 ± 1,16		A < C,D,G,H ** B,E,F < G,H **	
Białko ogólne Total protein [%]	\bar{x} s	21,32 ± 0,53	22,16 ± 0,87	22,41 ± 0,94	22,42 ± 0,98	21,36 ± 0,59	22,15 ± 0,88	22,51 ± 0,84	22,54 ± 0,75		A,E < B,C,D,F,G,H **	
Tłuszcz Fat [%]	\bar{x} s	1,27 ± 0,56	1,43 ± 0,52	1,55 ± 1,08	1,58 ± 1,02	1,35 ± 0,58	1,46 ± 0,49	1,79 ± 0,78	1,79 ± 0,70		A < G,H *	
Popiół Ash [%]	\bar{x} s	1,15 ± 0,05	1,06 ± 0,08	1,05 ± 0,06	1,04 ± 0,08	1,09 ± 0,06	1,05 ± 0,06	1,05 ± 0,06	1,03 ± 0,04		A > E* ,B,C,D,F,G,H ** E > C,D,F,G,H *	

* – różnica statystycznie istotna na poziomie $\alpha = 0,05$ / statistically significant differences at a level $\alpha = 0,05$;

** – różnica statystycznie istotna na poziomie $\alpha = 0,01$ / statistically significant differences at a level $\alpha = 0,01$;

LN₂ – metoda mrożenia przy użyciu ciekłego azotu / freezing method using liquid nitrogen;

Ow – metoda mrożenia w tunelu owiewowym / freezing in a ventilation tunnel.

Właściwości fizykochemiczne mięsa wieprzowego (n = 15).
Physical and chemical properties of pork.

Wyszczególnienie Specification	Miara statystyczna Statistical measure	Czas rozpoczęcia zamarzania od uboju / Time of commencing the freezing process after slaughter										Statystyczna istotność różnic Statistical significance of differences
		Nieschłodzone (1h) / Precooling					Schłodzone (24h) / After cooling					
		Metoda mrożenia / Freezing method					Ow					
		LN ₂		Ow			LN ₂		Ow			
		Czas przechowywania [miesiące] / Storing periods [months]										
pH ₁	\bar{x}	6,63	6,72	6,68	6,74	6,63	6,65	6,68	6,74	6,68	6,74	-
	s	± 0,27	± 0,30	± 0,17	± 0,18	± 0,27	± 0,18	± 0,17	± 0,18	± 0,17	± 0,18	
pH ₂₄	\bar{x}	-	-	-	-	5,72	5,71	5,87	5,84	5,87	5,84	-
	s	-	-	-	-	± 0,14	± 0,19	± 0,18	± 0,17	± 0,18	± 0,17	
pH (po rozmrożeniu) (after thawing)	\bar{x}	6,41	5,66	6,11	5,87	5,57	5,56	5,84	5,72	5,84	5,72	A,C > B,E,F,H ** A,C > D,G * A > C * DG > EF **
	s	± 0,47	± 0,24	± 0,43	± 0,18	± 0,15	± 0,17	± 0,17	± 0,14	± 0,17	± 0,14	
Jasność barwy Colour brightness [%]	\bar{x}	12,57	20,27	17,07	19,57	17,73	17,9	19,87	21,27	19,87	21,27	A < B,C,D,E,F,G,H ** C,E,F < H*,B*
	s	± 4,11	± 4,08	± 2,49	± 3,21	± 3,24	± 3,76	± 3,43	± 4,95	± 3,43	± 4,95	
Wodochłonność Water-holding capacity [cm ²]	\bar{x}	4,95	7,18	8,17	10,14	7,98	10,83	8,55	10,22	8,55	10,22	A < B,C,D,E,F,G,H ** B,C,E < D,F,H ** G < D,F,H *
	s	± 1,51	± 2,00	± 1,71	± 1,06	± 1,94	± 1,77	± 1,47	± 1,38	± 1,47	± 1,38	

* - różnica statystycznie istotna na poziomie $\alpha = 0,05$ / statistically significant differences at a level $\alpha = 0,05$;

** - różnica statystycznie istotna na poziomie $\alpha = 0,01$ / statistically significant differences at a level $\alpha = 0,01$;

LN₂ - metoda mrożenia przy użyciu ciekłego azotu / freezing method using liquid nitrogen;

Ow - metoda mrożenia w tunelu owiewowym / freezing in a ventilation tunnel.

ciekłego azotu, po dwóch tygodniach zamrażalniczego przechowywania były podobne i wynosiły około 2,17%. Jednocześnie były one w tym okresie przechowywania istotnie niższe od ubytków masy prób zamrożonych metodą owiewową, które wynosiły w mięsie nieschłodzonym 3,06% i schłodzonym 3,63%. Ubytki masy mięsa wykazywały tendencję wzrostu w miarę wydłużania zamrażalniczego przechowywania do 6 miesięcy, lecz ich wzrost był istotnie większy w mięsie zamrożonym metodą owiewową w porównaniu z ubytkami masy mięsa mrożonego w ciekłym azocie. Z uzyskanych danych wynika, że wielkość ubytków masy mięsa nie wykazywała związku przyczynowego z czasem rozpoczęcia zamrażania mięsa po uboju. A zatem, zastosowanie mrożenia porcjowanego mięsa wieprzowego przy użyciu ciekłego azotu zmniejszyło straty masy surowca mięsnego w porównaniu do stosowanej powszechnie metody owiewowej. Można więc uznać, że to ma znaczenie ekonomiczne w przypadku przeznaczenia mięsa mrożonego do sprzedaży, a nie do przetwórstwa.

Analizując podstawowy skład chemiczny mięsa wieprzowego uwzględniono zawartość suchej masy, białka ogólnego, tłuszczu i popiołu.

Na podstawie uzyskanych wyników (tab. 1) wykazano, że zastosowanie metody mrożenia i czas zamrażalniczego przechowywania wpłynęły istotnie na zawartość suchej masy mięsa wieprzowego. Bogatsze w suchą masę było mięso mrożone metodą owiewową niż przy użyciu ciekłego azotu. W miarę przedłużania czasu zamrażalniczego przechowywania w obu metodach mrożenia zarejestrowano zwiększenia udziału suchej masy. Wzrost ten był jednak większy w próbach mięsa zamrożonych metodą owiewową w porównaniu z mięsem mrożonym przy użyciu ciekłego azotu. Tendencje wzrostu względnej zawartości suchej masy w próbach mięsa, w zależności od zastosowanej metody mrożenia i czasu przechowywania, są zrozumiałe w świetle omawianych poprzednio zmian ubytków masy mięsa w badanych podgrupach doświadczalnych. Zmiany zawartości białka ogólnego i tłuszczu w mięsie kształtowały się podobnie jak suchej masy. Poziom tych składników wzrastał, szczególnie w miarę wydłużania czasu zamrażalniczego przechowywania do 6 miesięcy, w mięsie mrożonym metodą owiewową. Jak już wykazano, przy dłuższym przechowywaniu ubytki wody z mięsa były większe, zawartość suchej masy wzrastała, a tym samym zwiększała się procentowa zawartość jej składników.

Potwierdzeniem zarejestrowanych zależności są wyniki charakteryzujące zawartość popiołu w mięsie. Wyrażony w liczbach względnych spadek wartości tego składnika w czasie 6-miesięcznego zamrażalniczego przechowywania, spowodowany był prawdopodobnie większym wyciekami samoczynnym z mięsa w czasie rozmrażania, a co za tym idzie, większym ubytkiem składników mineralnych [7, 12].

Spośród wielu wskaźników określających właściwości technologiczne mięsa w badaniach własnych uwzględniono: kwasowość, barwę i wodochłonność. Kwasowość mięsa jest jedną z najbardziej obiektywnych cech informujących o szybkości

glikolizy poubojowej, stanowiącej podstawową przyczynę zróżnicowania jakości mięsa oraz jego trwałości [6]. Analizując zamieszczone w tab. 2. wartości pH_1 mierzone po 45 min od chwili uboju tuczników można stwierdzić, że użyte w doświadczeniu próby mięśnia najdłuższego lędźwi charakteryzowały się dobrą jakością. Wartości wskaźnika pH_1 we wszystkich badanych podgrupach doświadczalnych były zgodne z założeniami metodycznymi i statystycznie nieistotne. Mieściły się w granicach norm referencyjnych (od 6,6 do 6,7), odpowiadających standardom jakościowym mięsa normalnego RFN (pH_1 powyżej 6,3) bez oznak wodnistości [6]. W grupach mięsa przeznaczonego do mrożenia po schłodzeniu, uzyskane wartości pH oznaczone po 24 godz. od uboju wynosiły od 5,7 do 5,8 i odpowiadały kryteriom jakościowym mięsa normalnego RFN (pH_{24} 5,5–5,8) [6]. W niniejszych badaniach określając wartości kwasowości końcowej mięsa (mierzonej po rozmrożeniu i etapach przechowywania mięsa) w badaniach własnych stwierdzono istotne różnice w poziomie pH, a tym samym w jego jakości, zależne od czasu rozpoczęcia zamrażania od uboju, metody mrożenia i czasu przechowywania w stanie zamrożonym. Charakteryzując przebieg zmian pH w zależności od czasu rozpoczęcia zamrażania od uboju stwierdzono, że mięso nieschłodzone, mrożone skroplonym azotem, po 2 tygodniach zamrażalniczego przechowywania cechowało się najwyższymi wartościami pH (6,41), zatem mniejszą kwasowością niż mięso mrożone metodą owiewową pH (6,11). Najszybszy spadek pH odnotowano w mięśniach schłodzonych mrożonych zarówno metodą kriogeniczną, jak i owiewową. Po dwóch tygodniach przechowywania wskaźnik ten wynosił odpowiednio 5,57 i 5,84. Niewątpliwie uzyskane wysokie wartości pH po rozmrożeniu w mięsie nieschłodzonym, szczególnie zamrożonym przy użyciu ciekłego azotu, wynikały z nagłego spowolnienia procesu glikogenolizy na skutek szybkiego zamrożenia. W trakcie długotrwałego zamrażalniczego przechowywania stwierdzono wyraźny wzrost kwasowości (spadek pH) w mięsie wraz z wydłużeniem tego okresu z 0,5 do 6 miesięcy, niezależnie od zastosowanych metod mrożenia. W rezultacie poziom kwasowości mięsa po tym czasie przechowywania wskazywał na podobną jakość mięsa zamrożonego przy użyciu ciekłego azotu i metodą owiewową. Zaobserwowane prawidłowości mogą być interpretowane jako efekt postępującego procesu glikogenolizy i gromadzeniu się kwaśnych produktów przemian w czasie zamrażalniczego przechowywania i procesie rozmrażania. Jednakże intensywność tych przemian była większa w mięsie zamrożonym w stanie ciepłym niż po wychłodzeniu.

Istotnym wskaźnikiem określającym przydatność technologiczną mięsa jest barwa. Jasność barwy mięsa zależy od wielu czynników, m.in.: stężenia jonów wodorowych, zawartości tłuszczu. Jednak w największym stopniu jest ona uwarunkowana poziomem barwników mięśniowych [11]. W badaniach (tab. 2) stwierdzono istotny wpływ czasu rozpoczęcia zamrażania od uboju i metod mrożenia na jasność barwy mięsa. Mięso nieschłodzone mrożone przy użyciu ciekłego azotu przechowywane

przez okres 2 tygodni charakteryzowało się najniższym procentem odbicia światła (12,57), a więc ciemniejszą barwą w porównaniu z pozostałymi grupami mięsa. Analizując przebieg zmian jasności barwy mięsa w funkcji czasu przechowywania zaobserwowano zjawisko pojaśniania barwy mięsa w miarę wydłużania czasu przechowywania zamrażalniczego w okresie od 2 tygodni do 6 miesięcy. Wyniki pomiarów charakteryzujących jasność barwy były w tym okresie odbiciem wartości pH po rozmrożeniu badanych grup mięsa. Otrzymane wyniki nie wskazały jednak w sposób jednoznaczny, która z badanych metod mrożenia wpływała korzystniej na zachowanie barwy mięsa wieprzowego w czasie długotrwałego 6-miesięcznego zamrażalniczego przechowywania. Odnotować można było jednak pewne tendencje przejawiające się nieco ciemniejszą barwą mięsa schłodzonego mrożonego ciekłym azotem w porównaniu z analogiczną grupą mięsa zamrożonego metodą owiewową.

Bardzo ważnym wskaźnikiem funkcjonalnym mięsa jest jego wodochłonność, czyli zdolność wiązania wody przez struktury białkowe tkanki mięśniowej. Zależy ona między innymi od wartości pH, będącej miernikiem zmian poubojowych, ale również szybkość zamrażania może w znacznym stopniu zmienić tę właściwość mięsa poprzez naruszenie mikrostruktury komórkowej [3, 7, 12]. W doświadczeniu (tab. 2), najmniejszym wyciekaniem wody z mięsa, a tym samym lepszą wodochłonnością charakteryzowało się mięso nieschłodzone mrożone przy użyciu ciekłego azotu, po 2 tygodniach przechowywania zamrażalniczego, w porównaniu z pozostałymi grupami mięsa. Różnice te utrzymywały się do 6. miesiąca przechowywania mięsa w niskich temperaturach. W pozostałych grupach im kwasowość mięsa była bliższa punktowi izoelektrycznemu białka, tym bardziej zmniejszała się wodochłonność mięsa w miarę przedłużania czasu przechowywania do 6 miesięcy. W rezultacie, w tym okresie badań mięso było mniej wodochłonne, a różnice między badanymi metodami mrożenia oraz czasem rozpoczęcia zamrażania od uboju zostały zniwelowane.

Podsumowując wykonane badania, można stwierdzić, że zmiany wartości poszczególnych wskaźników fizykochemicznych w analizowanym materiale doświadczalnym wykazywały widoczne prawidłowości. Mięso nieschłodzone, mrożone przy użyciu ciekłego azotu, po 2 tygodniach przechowywania charakteryzowało się wyższą wartością pH, ciemniejszą barwą oraz większą wodochłonnością, a zatem zachowało najlepsze właściwości technologiczne w porównaniu z nieschłodzonym i schłodzonym mięsem mrożonym metodą owiewową. W miarę wydłużania czasu zamrażalniczego przechowywania do 6 miesięcy, wzrastała stopniowo kwasowość mięsa, jaśniała barwa oraz obniżała się wodochłonność mięsa, co prowadziło do mniej wyczuwalnych różnic w jakości technologicznej mięsa zamrożonego badanymi metodami w różnym czasie od uboju.

Wnioski

1. Wielkość ubytków i zawartość składników podstawowych mięsa wieprzowego nie wykazywały związku z zastosowanym czasem rozpoczęcia zamrażania od uboju, natomiast zależały od metody mrożenia i czasu zamrażalniczego przechowywania.
2. Ubytki masy mięsa wykazywały tendencję wzrostu w miarę wydłużania czasu zamrażalniczego przechowywania z 0,5 do 6 miesięcy, lecz ich wzrost był istotnie większy w mięsie zamrożonym metodą owiewową w porównaniu z ubytkami masy mięsa zamrożonego przy użyciu ciekłego azotu. Zmiany względnego udziału ilości podstawowych składników mięsa były zależne od ubytków masy mięsa podczas zamrażalniczego przechowywania i zawartości suchej masy mięsa, co powodowało wzrost zawartości składników podstawowych.
3. Stwierdzono, że zmiany właściwości technologicznych mięsa wieprzowego zależały od czasu rozpoczęcia zamrażania od uboju, metody mrożenia i czasu zamrażalniczego przechowywania. Mięso nieschłodzone mrożone przy użyciu ciekłego azotu po 2 tygodniach zamrażalniczego przechowywania charakteryzowało się wyższą wartością pH, ciemniejszą barwą oraz lepszą wodochłonnością w porównaniu z nieschłodzonym i schłodzonym mięsem mrożonym metodą owiewową. W miarę wydłużania czasu zamrażalniczego przechowywania do 6 miesięcy wzrastała stopniowo kwasowość mięsa, jaśniała barwa oraz obniżała się wodochłonność mięsa co prowadziło do mniej wyczuwalnych różnic w jakości mięsa niezależnie od zastosowanych metod mrożenia.

Literatura

- [1] Bendall J.R.: Structural and Biochemical changes during the cooling and freezing of meat. *Inst. Food Sci. Technol. Proc.*, 1971, 3, 124-129.
- [2] Dransfield E.: Influence of freezing on the eating quality of meat. *Bull. Inst. Int. Froid*, 1974, 6, 1416-1420.
- [3] Facco Sillveria E. T., Sillviera N.F.A., Beraquet N.J.: The influence of studding techniques on some quality aspects of pig meat. *Proc. Int. Congr. of Meat Sci. and Technol. Barcelona*, 1998, 44, 1072-1073.
- [4] Gardin T.: Solving livestock handling problems. *Vet. Med.*, 1994, 89, 989-998.
- [5] Grau R., Hamm R.: Eine Einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Fleisch. *Fleischwirt.*, 1952, 32, 295.
- [6] Kauffman R. G.: Odkrycia dotyczące jakości mięsa u świń. *Trzoda Chlewna*, 1997, 10, 31-35.
- [7] Kondratowicz J.: Wpływ nowoczesnych metod mrożenia na jakość mięsa i tłuszczu wieprzowego po różnym okresie przechowywania w niskich temperaturach. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst., Zootechnica*, 1991, 34, 3-61.
- [8] Kondratowicz J.: Changes in the physicochemical properties of normal quality, PSE and DFD pork depending on the freezing method and time of storage. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2002, 12(13), 149-157.

- [9] Kondratowicz J., Matusievičius P.: Use of low temperatures for food preservation, *Veterinarija ir Zootechnika*, 2002, **17(39)**, 88-92.
- [10] Kondratowicz J., Bąk T., Denaburki J.: Effect of cryogenic- ventilation freezing on the quality of pork during cold storage. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2003, **12/53**, 39-42.
- [11] Rak L., Morzyk K.: Chemiczne badania mięsa. WAR, Wrocław 2002, s. 87-146.
- [12] Sobina I.: Badania zmian jakości mięsa wieprzowego normalnego i wadliwego (PSE i DFD) w procesie autolizy w zależności od temperatury składowania. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst., Zootechnica*, 1998, **2**, 1-98.
- [13] Zasoby Internetowe.: Pierwszy Portal Rolny. <http://www.ppr.pl/PPR Home. jsp>, 2003.
- [14] Znaniecki P.: Zarys obrotu, oceny i przetwórstwa surowców pochodzenia zwierzęcego. PWRiL, Warszawa 1983.

TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF PORK MEAT FROZEN IN LIQUID NITROGEN AND BY THE VENTILATION METHOD AT DIFFERENT PERIODS AFTER SLAUGHTER

Summary

The experimental material were samples of the lumbar muscle (*m.longissimus lumborum*) taken from 60 carcasses of fattening pigs with a live weight of ca. 105 kg, their quality was considered normal. 120 samples (ca. 500 g each) were collected in total. 60 samples were taken from the hot left sides, ca. one hour after slaughter. The other 60 samples were taken from right sides chilled at a temperature of 2° C for 24 hours. Then, the two groups of samples were divided into two subgroups for the purpose of freezing them in liquid nitrogen or in a traditional ventilation chamber. After the two weeks and, then, after the six months of cold storing, some meat samples were collected for laboratory analyses. It was found that changes in their technological properties depended on three factors: a time elapsed between the slaughtering action and the moment of starting with the freezing process, a freezing method applied, and the cold storing period. After two weeks of cold storing, the samples taken from hot carcasses and frozen in liquid nitrogen showed a darker colour, a higher pH value, and a better water-holding capacity if compared with the meat samples frozen using a ventilation method (for both hot and chilled carcass samples). During the six months of cold storage, the pork acidity increased, the meat colour became brighter, and the water-holding capacity of the meat decreased, thus, the differences in the meat quality were less distinct regardless of the freezing method employed.

Keywords: pork, time from slaughter to freezing, freezing methods, time of cold storage, quality. ❖