

RENATA STANISŁAWCZYK, MARIUSZ RUDY

Katedra Przetwórstwa i Towaroznawstwa Rolniczego
Uniwersytet Rzeszowski w Rzeszowie

ZMIANY WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH MIĘSA I TŁUSZCZU KOŃSKIEGO W CZASIE PRZECHOWYWANIA CHŁODNICZEGO I ZAMRAŻALNICZEGO

CHANGES IN SELECTED PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES
OF HORSE MEAT AND FAT DURING COLD AND FROZEN STORAGE

Abstrakt

Wstęp. Chłodzenie i zamrażanie należą do najbardziej popularnych metod utrwalania mięsa i tłuszczu. Niskie temperatury stosowane podczas chłodzenia nie powodują niszczenia struktury i dużych zmian w jakości tkanki mięsnej i tłuszczowej. Zamrażanie mięsa i tłuszczu powoduje zmiany jego jakości, związane bezpośrednio z procesem mrożenia oraz późniejszego przechowywania w stanie zamrożonym. Celem pracy było przeanalizowanie zmian wybranych właściwości fizykochemicznych mięsa i tłuszczu końskiego w czasie przechowywania chłodniczego i zamrażalniczego.

Materiał i metody. Materiał badawczy stanowiły próby mięśnia najdłuższego grzbietu i tłuszczu karkowego pochodzące z 16 półtuszy końskich. Jedną partię próbek mięsa poddano badaniom laboratoryjnym po 48 i 120 h przechowywania chłodniczego. Trzy pozostałe partie próbek mięsa poddano procesowi zamrażania. Po zamrożeniu próbki mięsa końskiego przechowywano przez okres 1, 3 i 6 miesięcy w temperaturze -22°C .

Wyniki. Przedłużenie okresu składowania zamrażalniczego mięsa końskiego do 3 miesięcy (bezpośrednio po rozmrożeniu) przyczyniło się do wyjaśnienia barwy oraz zmniejszenia rozmiaru wycieku termicznego w porównaniu z surowcem przechowywanym w warunkach chłodniczych. Dalsze wydłużenie składowania badanego surowca do 6 miesięcy powodowało pogorszenie jakości mięsa przez pociemnienie jego barwy i zwiększenie rozmiaru wycieku rozmrażalniczego (różnice nieistotne statystycznie), z jednoczesną poprawą wycieku termicznego. W przypadku tłuszczu karkowego przechowywanego zarówno w warunkach chłodniczych, jak i zamrażalniczych wykazano statystycznie istotne różnice w wartościach liczby nadtlenkowej i liczby kwasowej. Podczas mrożenia i przechowywania zamrażalniczego stwierdzono wzrost wartości analizowanych wskaźników.

Wnioski. W badaniach wykazano, że czas przechowywania chłodniczego i zamrażalniczego determinuje właściwości fizykochemiczne mięsa i tłuszczu końskiego, dlatego celowe wydaje się wykonanie dalszych badań w zakresie zmian właściwości fizykochemicznych mięsa i tłuszczu końskiego przechowywanych w warunkach chłodniczych w atmosferze modyfikowanej.

Słowa kluczowe: mięso końskie, tłuszcz koński, właściwości hydratacyjne, kruchość

Wstęp

Polski przemysł mięsny nie ma wystarczającego zaplecza pozwalającego na ubój koni i przetwórstwo tego mięsa. Z tego powodu Polska jest ważnym eksporterem mięsa, a głównymi odbiorcami są Włosi, następnie Francuzi i Belgowie. W Polsce nie ma również tradycji konsumpcji mięsa końskiego, głównie ze względu na jego smak (Kapusta, 2013). Typowy słodkawy posmak surowiec ten zawdzięcza dużej zawartości glikogenu (Dobranić i in., 2009; Kondratowicz i Kawałko, 2001). Mięso końskie składem chemicznym oraz budową histologiczną przypomina wołowinę (Litwińczuk i in., 2008). Konina odznacza się małą zawartością tłuszczu (De Palo i in., 2012; Franco i in., 2011; Lorenzo i Pateiro, 2013; Lorenzo i in., 2013; Tonial i in., 2009). O jej znaczącej wartości biologicznej świadczy duża zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (Lorenzo i Carballo, 2015; Lorenzo i Pateiro, 2013). Cechą wyróżniającą mięso końskie jest duża zawartość białka (Lorenzo i in., 2014) oraz ciemnoczerwona barwa z lekkim odcieniem brązowym (Stanisławczyk i Znamirowska, 2005). Ta nieco mniej korzystna właściwość koniny jest spowodowana dużą zawartością barwnika mięśniowego – mioglobiny (Lorenzo i in., 2014; Seong i in., 2016). Ponadto w surowcu pozyskanym ze sztuk starszych stwierdza się zwykle niepożądaną łykowatość i twardość. Jedną z przyczyn tej wady jest większy udział tkanki łącznej (kolagenu) w porównaniu z innymi rodzajami koniny (Stanisławczyk i Rudy, 2010).

Zamrażanie jest jedną z najskuteczniejszych metod utrwalania (Jo i in., 2014; Pham, 2008), pozwalającą zachować bardzo dobrą jakość oraz trwałość mięsa (Domaradzki in., 2011). Wskutek zamrażania mięsa intensywnie przebiegają procesy związane z wymrażaniem wody i tworzeniem się kryształów lodu wewnątrz struktur mięśniowych. W wyniku mrożenia mięsa następuje rozluźnienie struktur kapilarnych tkanki mięśniowej, co w konsekwencji prowadzi do zmniejszenia zdolności utrzymywania wody własnej w czasie rozmrażania oraz większych ubytków podczas obróbki cieplnej, tym samym zmniejsza się soczystość mięsa (Migdał i in., 2007). W wyniku wymienionych zmian jakościowych pogarsza się przydatność rozmrożonego mięsa do przetwórstwa. Najlepszą jakość mrożonego mięsa można uzyskać podczas szybkiego zamrażania i późniejszego przechowywania w stałej, możliwie niskiej temperaturze (Chwastowska i Kondratowicz, 2007; Farouk i in., 2004).

Celem pracy było przeanalizowanie zmian wybranych właściwości fizykochemicznych mięsa i tłuszczu końskiego w czasie przechowywania chłodniczego i zamrażalniczego.

Material i metody

Materiał badawczy stanowiły próby mięśnia najdłuższego grzbietu i tłuszczu karkowego, które pobrano z 16 półtuszy koni o masie przedubojowej od 325 do 640 kg w wieku od 4 do 19 lat (3 półtusze – od 4 do 7 lat, 13 półtuszy – od 15 do 19 lat). W celu dokonania oznaczeń cech fizykochemicznych mięsa pobierano po cztery próbki mięsa o masie 700 g z partii mięśnia najdłuższego grzbietu (*m. longissimus dorsi*) na wysokości 13.–14. kręgu piersiowego. Następnie oczyszczano je z tłuszczu zewnętrznego, tkanki łącznej i ścięgien. W celu dokonania oznaczeń cech fizykochemicznych tłuszczu pobrano po cztery próbki o masie 500 g z fałdy tłuszczu karkowego. Jedną partię próbek mięsa i tłuszczu końskiego poddawano badaniom laboratoryjnym w pierwszym tygodniu od momentu uboju (po 48 i 120 h *post mortem*), przechowując je w warunkach chłodniczych (temperatura 6°C), natomiast trzy pozostałe partie próbek mięsa i tłuszczu karkowego zamrożono w oparach ciekłego azotu po 48 h od uboju. Mrożenia mięsa i tłuszczu końskiego dokonano w szafie zamrażalniczej typu Hopkinsa, po wcześniejszym zapakowaniu ich w warunkach próżniowych w woreczki foliowe PA/PE. Średnia temperatura prób w momencie rozpoczęcia mrożenia wynosiła około 4°C. W czasie mrożenia obniżała się do –75°C, a czas tego zabiegu wynosił około 1 h. Po zamrożeniu próbki mięsa i tłuszczu końskiego przechowywano przez okres 1, 3 i 6 miesięcy w temperaturze –22°C. Po wyznaczonym okresie przechowywania w warunkach zamrażalniczych przeniesiono je do laboratorium w celu wykonania analiz. Badania jakości prób były poprzedzone ich rozmrożeniem przez umieszczenie (próby mięsa opakowane) w powietrzu o temperaturze około 10°C na mniej więcej 24 h. Rozmrażanie przzerwano po osiągnięciu wewnątrz badanego mięsa i tłuszczu temperatury około 0°C. Oznaczeń na mięsie chłodzonym dokonano po upływie 48 h. W celu przeanalizowania wpływu procesu dojrzewania na zmiany właściwości fizykochemicznych tkanki mięsnej oznaczeń dokonywano także po upływie okresu dojrzewania mięsa, tj. po 120 h po uboju. W przypadku mięsa przechowywanego w warunkach zamrażalniczych badania wykonywano bezpośrednio po rozmrożeniu oraz – dla porównania cech fizykochemicznych – po 72 h od rozmrożenia (przechowując próbki mięsa pomiędzy wyznaczonymi analizami laboratoryjnymi w warunkach chłodniczych). Oznaczeń na tłuszczu chłodzonym dokonano po upływie 48 h, natomiast na tłuszczu mrożonym i przechowywanym w warunkach zamrażalniczych – bezpośrednio po rozmrożeniu.

W grupie cech fizykochemicznych mięsa określono: kwasowość czynną (pH), jasność barwy (spektrofotometrem), siłę cięcia mięsa surowego i poddanego obróbce termicznej (kruchościomierzem Warnera-Bratzlera), wodochłonność na podstawie wielkości wody wolnej, wyciek termiczny, wyciek rozmrażalniczy.

Kwasowość czynną (pH) mięsa chłodzonego oznaczono w mięśniu najdłuższym grzbietu (*m. longissimus dorsi*) z użyciem elektrody ESAgl – 307 W i mikrokomputera pH/Ion Meter CI-316 firmy Elmetron-Polska. Jasność barwy mięsa (w procentach odbicia) zmierzono spektrofotometrem „Spekol” z przystawką odbiciową Rd45/O przy długości fali 730 nm. Siłę cięcia mięsa surowego i poddanego obróbce termicznej (parzenie w temperaturze 85°C przez 10 min) oznaczono kruchościomierzem (szerometrem), będącym ulepszoną i zmodyfikowaną wersją szerometru Warnera-Bratzlera. Próbkę mięsa (surowego i poddanego obróbce termicznej) w kształcie walców, wycię-

tych korkoborem o średnicy 1,0 cm (wzdłuż włókien mięśniowych), umieszczano kolejno w trójkątnym zagłębieniu płytek nożowych przyrządu tnącego kruchościomierza i rejestrowano wartość siły potrzebnej do ich przecięcia. Za ostateczny wynik pomiaru każdej próby przyjmowano średnią wartość z trzech kolejnych powtórzeń.

W celu dokonania kolejnych oznaczeń cech fizykochemicznych, tj. wodochłonności na podstawie wielkości wody wolnej oraz wycieku termicznego, próbki mięsa dwukrotnie mielono w wilku laboratoryjnym z zastosowaniem sit o średnicy oczek 4,0 mm. Otrzymaną masę mięsną dokładnie mieszano w celu ujednoczenia próby. Wodochłonność na podstawie wielkości wody wolnej określono, mierząc ilość wody wolnej (%) utraconej przez 300-miligramową próbkę mięsa umieszczoną na bibule (Whatman No 1) i poddaną stałemu naciskowi 2 kg pomiędzy dwiema płytkami szklanymi. Za miarę wodochłonności przyjęto różnicę pomiędzy powierzchnią nacieku a powierzchnią zajmowaną przez mięso (wyrażoną w centymetrach kwadratowych), po uprzednim pomiarze planimetrycznym obydwu powierzchni. Pomiar ten wykonano dwukrotnie oraz obliczono wartość średnią. Wyciek termiczny określono, poddając próbkę mięsa (20 g) obróbce termicznej w łaźni wodnej w temperaturze 85°C przez 10 min (do temperatury mięsa w środku geometrycznym około 70°C). Wielkość wycieku termicznego wyliczono na podstawie różnicy mas przed obróbką i po wychłodzeniu według wzoru:

$$W_t = \frac{M_I - M_{II}}{M_I} \cdot 100\%$$

gdzie: W_t – wielkość wycieku termicznego (%), M_I – masa próbki przed obróbką termiczną (g), M_{II} – masa próbki po obróbce termicznej (g).

Wyciek rozmrażalniczy ustalono po rozmrożeniu mięsa, określając masę wycieku osocza w stosunku do masy próbki z dokładnością do 0,01 g. Wartość tej cechy wyrażono jako procent wycieku według wzoru:

$$W_r = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100\%$$

gdzie: W_r – wielkość wycieku rozmrażalniczego (%), M_1 – masa próbki przed rozmrożeniem (g), M_2 – masa próbki po rozmrożeniu (g).

Wykonano następujące oznaczenia fizykochemiczne tłuszczu końskiego: jasność barwy, liczba nadtlenkowa, liczba kwasowa.

Jasność barwy tłuszczu (w procentach odbicia) zmierzono spektrofotometrem „Spekol” z przystawką odbiciową Rd45/O przy długości fali 630 nm. Oznaczenia liczby nadtlenkowej dokonano zgodnie z normą PN-ISO 3960:1996 (1996), podając wynik w milirównoważnikach aktywnego tlenu w 1 kg próbki. Liczbę kwasową określono zgodnie z wytycznymi zawartymi w PN-ISO 660:1998/Az1:2000 (1998/2000) w miligramach KOH w 1 g próbki.

Uzyskane wyniki pogrupowano i poddano obliczeniom statystycznym, przedstawiając średnie arytmetyczne (\bar{x}) każdej z badanych cech oraz wartości odchylenia standardowego (SD). W obliczeniu zastosowano metodę jednoczynnikowej analizy wariancji, a istotność różnic pomiędzy średnimi ustalono za pomocą testu Tukeya. Obliczenia wykonano w programie Statistica 10 wer. PL.

Wyniki i dyskusja

Wyniki zamieszczone w tabelach 1 i 2 wskazują, iż zmieniająca się kwasowość mięsa była uzależniona od warunków przechowywania. Statystycznie istotne różnice dla tej cechy stwierdzono pomiędzy mięsem przechowywanym chłodniczo przez 48 h po uboju a surowcem składowanym zamrażalniczo przez: 1, 3 i 6 miesięcy bezpośrednio po

Tabela 1. Właściwości fizykochemiczne mięsa i tłuszczu końskiego przechowywanego 48 h w warunkach chłodniczych oraz bezpośrednio po rozmrożeniu surowca składowanego zamrażalniczo

Właściwość	Mięso przechowywane w warunkach chłodniczych, 48 h <i>post mortem</i>	Mięso przechowywane 1 miesiąc w warunkach zamrażalniczych, bezpośrednio po rozmrożeniu	Mięso przechowywane 3 miesiące w warunkach zamrażalniczych, bezpośrednio po rozmrożeniu	Mięso przechowywane 6 miesięcy w warunkach zamrażalniczych, bezpośrednio po rozmrożeniu
Kwasowość czynna, pH	5,58 ^A ±0,06	5,44 ^{B,C,D} ±0,09	5,46 ^{B,C,D} ±0,09	5,47 ^{B,C,D} ±0,07
Jasność barwy mięsa (%)	25,06 ^{A,B,D} ±6,06	28,43 ^{A,B,C,D} ±4,32	32,00 ^C ±4,44	24,31 ^{A,B,D} ±10,37
Zawartość wody (%)	68,76 ±6,25	68,24 ±4,17	68,33 ±6,19	66,48 ±7,68
Siła cięcia mięsa surowego (N/cm ²)	51,11 ^{B,C,D} ±1,39	48,06 ^{B,C} ±0,88	46,00 ^{B,C} ±0,74	59,54 ^D ±1,56
Siła cięcia mięsa poddanego obróbce termicznej (N/cm ²)	98,00 ±1,56	83,18 ±2,49	83,18 ±1,88	86,17 ±2,63
Wyciek termiczny (%)	42,27 ^A ±3,42	24,80 ^{B,D} ±4,45	30,95 ^C ±4,19	27,25 ^{B,D} ±7,35
Wodochłonność na podstawie wielkości wody wolnej (cm ²)	4,85 ^A ±1,75	6,46 ^{A,C} ±1,51	6,75 ^C ±1,70	6,06 ^{A,C} ±1,93
Wyciek rozmrażalniczy (%)	–	6,74 ^B ±3,45	8,68 ^{B,D} ±3,33	9,98 ^D ±3,32
Jasność barwy tłuszczu (%)	51,93 ±11,31	54,68 ±5,41	53,18 ±4,49	54,75 ±3,41
Liczba nadtlenkowa tłuszczu (milorównoważniki na 1 kg)	0,71 ^{A,B} ±0,50	1,43 ^{A,B} ±0,65	2,90 ^C ±1,42	3,16 ^D ±1,27
Liczba kwasowa tłuszczu (mg KOH na 1 g)	0,84 ^A ±0,15	1,02 ^{B,C} ±0,11	1,14 ^{B,C,D} ±0,16	1,30 ^{C,D} ±0,26

Wartości średnie w wierszu oznaczone różnymi literami różnią się od siebie statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$); brak oznaczeń i takie same litery oznaczają brak różnic statystycznie istotnych.

Tabela 2. Właściwości fizykochemiczne mięsa końskiego przechowywanego 120 h w warunkach chłodniczych oraz po 72 h po rozmrożeniu surowca składowanego zamrażalniczo

Właściwość	Mięso przechowywane w warunkach chłodniczych, 120 h <i>post mortem</i>	Mięso przechowywane 1 miesiąc w warunkach zamrażalniczych, 72 h po rozmrożeniu	Mięso przechowywane 3 miesiące w warunkach zamrażalniczych, 72 h po rozmrożeniu	Mięso przechowywane 6 miesięcy w warunkach zamrażalniczych, 72 h po rozmrożeniu
Kwasowość czynna, pH	5,55 ^A ±0,06	5,45 ^{B,D} ±0,10	5,35 ^C ±0,07	5,45 ^{B,D} ±0,07
Jasność barwy mięsa (%)	29,22 ±7,79	30,87 ±4,25	30,43 ±17,15	29,18 ±6,50
Siła cięcia mięsa surowego (N/cm ²)	44,83 ±1,23	47,18 ±1,00	42,86 ±0,49	46,49 ±1,02
Siła cięcia mięsa poddanego obróbce termicznej (N/cm ²)	88,87 ^{A,C} ±1,91	71,41 ^B ±1,62	74,94 ^{A,B,C,D} ±1,88	72,00 ^{A,B,C,D} ±1,46
Wyciek termiczny (%)	30,88 ^A ±3,96	27,33 ^{A,D} ±5,29	27,76 ^{A,D} ±4,16	25,99 ^D ±5,89
Wodochłonność na podstawie wielkości wody wolnej (cm ²)	5,67 ^{A,D} ±1,91	6,88 ^{A,C,D} ±1,65	7,88 ^C ±2,04	5,85 ^{A,D} ±1,63

Wartości średnie w wierszu oznaczone różnymi literami różnią się od siebie statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$); brak oznaczeń i takie same litery oznaczają brak różnic statystycznie istotnych.

rozsmrożeniu (tab. 1). Różnice statystycznie istotne stwierdzono także dla wartości pH pomiędzy mięsem przechowywanym chłodniczo przez 120 h po uboju a surowcem składowanym zamrażalniczo przez: 1, 3 i 6 miesięcy (72 h po rozmrożeniu) oraz pomiędzy mięsem przechowywanym zamrażalniczo przez 3 miesiące (72 h po rozmrożeniu) a tym surowcem w pozostałych okresach przechowywania (tab. 2). Porównując zmiany kwasowości pomiędzy mięsem świeżym a rozmrożonym, stwierdzono wyższy poziom pH mięsa przechowywanego w warunkach chłodniczych.

Na podstawie wyników zamieszczonych w tabelach 1 i 2 należy stwierdzić, iż jedynie mrożenie mięsa końskiego oraz przechowywanie zamrażalnicze przez 3 miesiące (różnice statystycznie istotne) korzystnie zmienia jego barwę na wyraźnie jaśniejszą w porównaniu z surowcem przechowywanym chłodniczo przez 48 h. Do podobnych wniosków doszli Kondratowicz i Sobina (2001), którzy w swoich badaniach wykazali, że najjaśniejszą barwę miało mięso końskie mrożone dwutlenkiem węgla po 2 tygodniach przechowywania chłodniczego. W miarę wydłużania czasu przechowywania zamrażalniczego do 6 miesięcy barwa tego mięsa uległa pociemnieniu.

Uzyskane w wykonanym doświadczeniu wyniki dotyczące zawartości wody w mięsie końskim wskazują, iż proces mrożenia i przechowywania zamrażalniczego nie przyczynił się istotnie do znacznych różnic w zawartości wody w porównaniu z mięsem przechowywanym w warunkach chłodniczych (tab. 1).

Wyniki zamieszczone w tabelach 1 i 2 szczegółowo precyzują rozmiary wycieku rozmrażalniczego osocza z mięsa poddanego procesowi mrożenia i zamrażalniczego przechowywania. Wykazane istotności różnic wskazują, iż jest to cecha uzależniona od czasu zamrażalniczego składowania. Statystycznie istotne różnice dla ilości wycieku rozmrażalniczego stwierdzono pomiędzy mięsem przechowywanym przez 1 i 6 miesięcy w warunkach zamrażalniczych. Zbliżone wyniki badań uzyskano w poprzedniej pracy (Stanisławczyk, 2011). Uzyskany wynik zbliżony jest również do wartości podawanych przez Chwastowską i Kondratowicza (2005), którzy, w zależności od sposobu rozmrażania i czasu przechowywania zamrażalniczego mięsa wieprzowego, stwierdzili ubytki masy w zakresie od 3,74 do 6,98%.

Na podstawie badań własnych należy stwierdzić, iż wielkość wycieku termicznego mięsa oraz wodochłonności oznaczonej na podstawie wielkości wody wolnej to cechy fizykochemiczne również uzależnione od czasu chłodniczego i zamrażalniczego przechowywania. Statystycznie istotne zależności dla ilości wycieku termicznego wykazano pomiędzy mięsem składowanym w warunkach chłodniczych przez 48 h po uboju a surowcem przechowywanym w warunkach zamrażalniczych przez: 1, 3 i 6 miesięcy, bezpośrednio po uboju (tab. 1), oraz pomiędzy mięsem przechowywanym przez 120 h po uboju a surowcem składowanym przez 6 miesięcy, 72 h po rozmrożeniu (tab. 2).

Stanisławczyk i Znamirowska (2005), badając wpływ procesu zamrażalniczego przechowywania na właściwości hydratacyjne mięsa końskiego wykazały wzrost wielkości wycieku termicznego z 24,80 do 30,95%. Podobne prawidłowości wykazali Domaradzki i in. (2011), badając wielkość wycieku termicznego mięsa wołowego.

Uwzględniając wyniki zawarte w tabelach 1 i 2, należy stwierdzić, iż odwrotne tendencje zaistniały w przypadku wodochłonności oznaczonej na podstawie wielkości wody wolnej, gdzie w mięsie przechowywanym w warunkach chłodniczych wartości liczbowe układały się na najniższym poziomie: 4,85 cm² po 48 h i 5,67 cm² po 120 h od uboju. Proces mrożenia i zamrażalniczego składowania przyczynił się – w porównaniu z surowcem przechowywanym w warunkach chłodniczych – do pogorszenia właściwości analizowanej cechy.

Zdaniem Stanisławczyk (2011) oraz Stanisławczyk i Rudego (2010) proces mrożenia i zamrażalniczego przechowywania wpływa na zmianę właściwości hydratacyjnych mięsa końskiego. We wszystkich grupach wiekowych po procesie mrożenia i składowania zamrażalniczego przez 1 i 3 miesiące zaobserwowano pogorszenie zdolności wiązania i zatrzymywania wody. Z kolei Kondratowicz i Sobina (2001) stwierdzili, w miarę wydłużania czasu przechowywania z 2 tygodni do 6 miesięcy, poprawę wodochłonności mięsa końskiego, szczególnie w przypadku prób mrożonych z użyciem skroplonego dwutlenku węgla.

Ważną rolę w ocenie koniny odgrywa jej kruchość mierzona siłą potrzebną do przecięcia próbki mięsa. Cechą charakterystyczną mięsa końskiego jest niedostateczna kruchość, związana z dużą zawartością tkanki łącznej, a szczególnie kolagenu. O korzystnym wpływie procesu dojrzewania na kruchość mięsa końskiego informuje Stanisławczyk (2012). Wyniki zamieszczone w tabeli 1 wskazują, iż kruchość mięsa surowego przechowywanego zamrażalniczo przez okres 1 i 3 miesięcy okazała się bardziej korzystna w porównaniu z wartościami wykazanymi dla surowca po 48 h przechowywania chłodniczego. Wykazane istotności różnic wskazują, iż wydłużenie czasu zamrażalni-

czego składowania mięsa końskiego do 6 miesięcy spowodowało pogorszenie kruchości tego surowca w porównaniu z surowcem składowanym przez 1 i 3 miesiące. W przypadku wydłużania czasu przechowywania (w warunkach chłodniczych) rozmrożonej koniny do 72 h, w każdym terminie, kruchość tego surowca kształtowała się na zbliżonym poziomie (tab. 2).

Stanisławczyk i Znamirska (2005), badając wpływ procesu mrożenia i zamrażalniczego przechowywania na kruchość mięsa końskiego, wykazały, że siła cięcia potrzebna do przecięcia próbki mięsa zmniejszyła się z 48,05 N/cm² po 1-miesięcznym okresie składowania do 45,99 N/cm² po 3-miesięcznym okresie przechowywania. Również w badaniach Stanisławczyk i Rudego (2010) wykazano poprawę kruchości mięsa końskiego we wszystkich grupach wiekowych, zarówno po 1, jak i po 3 miesiącach składowania zamrażalniczego.

Wyniki uzyskane w badaniach własnych wskazują, iż we wszystkich okresach przechowywania kruchość mięsa poddanego obróbce termicznej składowanego w warunkach zamrażalniczych, zarówno bezpośrednio po rozmrożeniu, jak i po 72 h po rozmrożeniu, była korzystniejsza w porównaniu z kruchością mięsa przechowywanego przez 48 h (różnice statystycznie nieistotne) i przez 120 h w warunkach chłodniczych. Proces mrożenia i przechowywania w warunkach zamrażalniczych przez: 1, 3 i 6 miesięcy (bezpośrednio po rozmrożeniu) spowodował nieznaczne zmniejszenie wartości siły cięcia (różnice statystycznie nieistotne). Mięso mrożone 1 miesiąc i przetrzymywane w warunkach chłodniczych 72 h było istotnie statystycznie bardziej kruche niż mięso chłodzone 120 h, w pozostałych wariantach nie odnotowano różnic istotnych statystycznie (tab. 2).

Powszechnie wiadomo, że procesy hydrolitycznego i oksydacyjnego rozkładu lipidów w sposób decydujący limitują trwałość mięsa w czasie zamrażalniczego przechowywania. W wykonanych badaniach wykazano (tab. 1), iż w przypadku tłuszczu karkowego przechowywanego zarówno w warunkach chłodniczych, jak i zamrażalniczych istnieją statystycznie istotne różnice w wartościach liczby nadtlenkowej i liczby kwasowej. Z tabeli 1 wynika, że wartość liczby kwasowej tłuszczu chłodzonego 48 h była istotnie statystycznie mniejsza niż tłuszczu mrożonego przez: 1, 3 i 6 miesięcy. Nie odnotowano różnic istotnych statystycznie w wartości liczby kwasowej tłuszczu mrożonego 1, 3 i 6 miesięcy. Wartość liczby nadtlenkowej wzrastała w tłuszczu mrożonym 1, 3 i 6 miesięcy. Odnotowano różnice istotne statystycznie pomiędzy wartością liczby nadtlenkowej tłuszczu chłodzonego 48 h i mrożonego 1 miesiąc a wartością liczby nadtlenkowej tłuszczu mrożonego 3 i 6 miesięcy. Największa, istotnie statystycznie, wartość liczby nadtlenkowej była w tłuszczu mrożonym 6 miesięcy (tab. 1). Uzyskane wyniki badań własnych są zbieżne z rezultatami Stanisławczyk (2008) oraz Stanisławczyk i Rudego (2015), którzy wykazali w przypadku tłuszczu karkowego przechowywanego zarówno w warunkach chłodniczych, jak i zamrażalniczych statystycznie istotne różnice w wartościach liczby nadtlenkowej i liczby kwasowej. Podczas mrożenia i przechowywania zamrażalniczego autorzy ci stwierdzili wzrost wartości analizowanych wskaźników we wszystkich grupach wiekowych.

Tłuszcz koński pochodzący ze zwierząt młodych jest w zasadzie biały, a pochodzący ze zwierząt starszych, zwłaszcza utrzymywanych na pastwisku – dzięki karotenowi zawartemu w trawie jest intensywnie żółty. W badaniach własnych najmniejszy procent

odbicia światła: 51,93% stwierdzono w tłuszczu karkowym przechowywanym w warunkach chłodniczych po 48 h od uboju (tłuszcz najciemniejszy). Mrożenie oraz przechowywanie zamrażalnicze spowodowało nieznaczne pojaśnienie barwy tłuszczu karkowego w porównaniu z barwą łożu końskiego składowanego w warunkach chłodniczych (różnice statystycznie nieistotne).

Wnioski

1. Czas przechowywania chłodniczego i zamrażalniczego determinuje właściwości fizykochemiczne mięsa i tłuszczu końskiego.

2. Najmniejszą wodochłonność oznaczoną na podstawie wielkości wody wolnej wykazano w surowcu po 48 h przechowywania chłodniczego.

3. Wydłużenie czasu przechowywania zamrażalniczego mięsa końskiego do 6 miesięcy powoduje, w porównaniu z surowcem przechowywanym w warunkach chłodniczych, zmniejszenie rozmiaru wycieku termicznego.

4. Mrożenie nieznacznie zmniejszyło wartości siły cięcia mięsa poddanego obróbce termicznej w porównaniu z wartościami siły cięcia mięsa chłodzonego 48 h.

5. Rozkład analizowanych wyników wskazuje, iż jedynie mrożenie mięsa końskiego oraz przechowywanie zamrażalnicze przez 3 miesiące korzystnie zmienia jego barwę na wyraźnie jaśniejszą. Dalsze wydłużenie składowania badanego surowca – do 6 miesięcy – powoduje pociemnienie jego barwy.

6. Tłuszcz koński przechowywany w warunkach chłodniczych po 48 h od uboju charakteryzował się najmniejszą wartością liczby nadtlenkowej i liczby kwasowej oraz najmniejszą wartością jasności barwy. Podczas mrożenia i przechowywania zamrażalniczego stwierdzono wzrost wartości analizowanych wskaźników.

Literatura

- Chwastowska, I., Kondratowicz, J. (2005). Właściwości technologiczne mięsa wieprzowego w zależności od czasu zamrażalniczego przechowywania i metody rozmrażania. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 44, 3, 11–20.
- Chwastowska, I., Kondratowicz, J. (2007). Wpływ warunków zamrażalniczego przechowywania i technologii rozmrażania na jakość mięsa. *Chłodnictwo*, 42, 4, 40–44.
- De Palo, P., Maggolino, A., Centoducati, P., Tateo, A. (2012). Colour changes in meat of foals as affected by slaughtering age and post-thawing time. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, 25, 12, 1775–1779. <https://dx.doi.org/10.5713/ajas.2012.12361>
- Dobranić, V., Njari, B., Mioković, B., Cvrtić Fleck, Ž., Kadivc, M. (2009). Chemical composition of horse meat. *Meso*, 11, 62–67.
- Domaradzki, P., Skalecki, P., Florek, M., Litwińczuk, A. (2011). Wpływ przechowywania zamrażalniczego na właściwości fizykochemiczne mięsa wołowego pakowanego próżniowo. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 77, 4, 117–126.
- Farouk, M. M., Wieliczko, K. J., Merts, I. (2004). Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef. *Meat Sci.*, 66, 1, 171–179. [https://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00081-0](https://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00081-0)

Stanisławczyk, R., Rudy, M. (2017). Zmiany wybranych właściwości fizykochemicznych mięsa i tłuszczu końskiego w czasie przechowywania chłodniczego i zamrażalniczego. *Nauka Przyr. Technol.*, 11, 2, 123–134. <http://dx.doi.org/10.17306/J.NPT.00192>

- Franco, D., Rodríguez, E., Purriños, L., Crecente, S., Bermúdez, R., Lorenzo, J. M. (2011). Meat quality of “Galician Mountain” foals breed. Effect of sex, slaughter age and livestock production system. *Meat Sci.*, 88, 2, 292–298. <https://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.01.004>
- Jo, Y.-J., Jang, M.-Y., Jung, Y.-K., Kim, J.-H., Sim, J.-B., Chun, J.-Y., Yoo, S.-M., Han, G.-J., Min, S.-G. (2014). Effect of novel quick freezing techniques combined with different thawing processes on beef quality. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.*, 34, 6, 777–783. <http://dx.doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.6.777>
- Kapusta, F. (2013). Wybrane zagadnienia produkcji i przetwórstwa mięsa w Polsce w pierwszej dekadzie XXI wieku. *Nauki Inż. Technol.*, 9, 2, 67–84.
- Kondratowicz, J., Kawalko, P. (2001). Zmiany masy i jakości sensoryczna mięsa końskiego mrożonego przy użyciu skroplonego dwutlenku węgla i metodą owiewową w czasie 6-miesięcznego przechowywania chłodniczego. *Chłodnictwo*, 36, 6, 43–46.
- Kondratowicz, J., Sobina, J. (2001). Zmiany składu podstawowego i wybranych właściwości fizykochemicznych mięsa końskiego mrożonego przy użyciu skroplonego dwutlenku węgla i metodą owiewową w czasie 6-miesięcznego przechowywania chłodniczego. *Chłodnictwo*, 36, 3, 40–43.
- Litwińczuk, A., Florek, M., Skalecki, P., Litwińczuk, Z. (2008). Chemical composition and physicochemical properties of horse meat from the longissimus lumborum and semitendinosus muscle. *J. Muscle Foods*, 19, 3, 223–236. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4573.2008.00117.x>
- Lorenzo, J. M., Carballo, J. (2015). Changes in physico-chemical properties and volatile compounds throughout the manufacturing process of dry-cured foal loin. *Meat Sci.*, 99, 44–51. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.08.013>
- Lorenzo, J. M., Pateiro, M. (2013). Influence of type of muscles on nutritional value of foal meat. *Meat Sci.*, 93, 3, 630–638. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.007>
- Lorenzo, J. M., Pateiro, M., Franco, D. (2013). Influence of muscle type on physicochemical and sensory properties of foal meat. *Meat Sci.*, 94, 1, 77–83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.01.001>
- Lorenzo, J. M., Sarriés, M. V., Tateo, A., Polidori, P., Franco, D., Lanza, M. (2014). Carcass characteristics, meat quality and nutritional value of horsemeat: a review. *Meat Sci.*, 96, 4, 1478–1488. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.12.006>
- Migdał, W., Wojtysiak, D., Palka, K., Natonek-Wisniewska, M., Duda, I., Nowocien, A. (2007). Skład chemiczny i parametry tekstury wybranych mięśni tuczników rasy polskiej białej zwiślouchej ubijanych w różnym wieku. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 55, 6, 277–284.
- Pham, Q. T. (2008). Advances in food freezing/thawing/freezing concentration modelling and techniques. *Jpn. J. Food Eng.*, 9, 1, 21–32.
- PN-ISO 660:1998/Az1:2000. (1998/2000). Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce – Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości. Warszawa: PKNMiJ.
- PN-ISO 3960:1996. (1996). Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce – Oznaczanie liczby nadtlenkowej. Warszawa: PKNMiJ.
- Seong, P. N., Park, K. M., Kang, G. H., Cho, S. H., Park, B. Y., Chae, H. S., Ba, H. V. (2016). The differences in chemical composition, physical quality traits and nutritional values of horse meat as affected by various retail cut types. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, 29, 1, 89–99. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.15.0049>
- Stanisławczyk, R. (2008). Zmiany zachodzące w tłuszczu końskim podczas chłodniczego i zamrażalniczego przechowywania. *Towarozn. Hig. Prod. Roln.-Spoż. Monogr.*, 26.
- Stanisławczyk, R. (2011). Wpływ wieku koni na zmiany właściwości hydratacyjnych mięsa końskiego w czasie chłodniczego i zamrażalniczego przechowywania. *Chłodnictwo*, 46, 7, 34–37.

Stanisławczyk, R., Rudy, M. (2017). Zmiany wybranych właściwości fizykochemicznych mięsa i tłuszczu końskiego w czasie przechowywania chłodniczego i zamrażalniczego. *Nauka Przyr. Technol.*, 11, 2, 123–134. <http://dx.doi.org/10.17306/J.NPT.00192>

- Stanisławczyk, R. (2012). Wpływ procesu dojrzewania na zmiany właściwości fizykochemicznych mięsa końskiego w czasie chłodniczego przechowywania. *Chłodnictwo*, 47, 5, 38–41.
- Stanisławczyk, R., Rudy, M. (2010). Zmiany właściwości fizykochemicznych mięsa chłodzonego i mrożonego w zależności od wieku koni. *Chłodnictwo*, 45, 12, 36–39.
- Stanisławczyk, R., Rudy, M. (2015). Wpływ wieku uboju koni na zmiany zachodzące w tłuszczu końskim w czasie zamrażalniczego przechowywania. *Nauka Przyr. Technol.*, 9, 1, #10. <http://dx.doi.org/10.17306/J.NPT.2015.1.10>
- Stanisławczyk, R., Znamirska, A. (2005). Changes in physico-chemical properties of horse-meat during frozen storage. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 4, 2, 89–96.
- Tonial, I. B., Aguiar, A. C., Oliveira, C. C., Bonnafé, E. G., Visentainer, J. V., de Souza, N. E. (2009). Fatty acid and cholesterol content, chemical composition and sensory evaluation of horsemeat. *South Afr. J. Anim. Sci.*, 39, 4, 328–332.

CHANGES IN SELECTED PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF HORSE MEAT AND FAT DURING COLD AND FROZEN STORAGE

Abstract

Background. Cooling and freezing are the most popular methods of meat and fat preservation. During cooling low temperatures do not destroy the structure of meat and fatty tissue or cause big changes in their quality. The freezing of meat and fat causes changes in their quality, which are directly connected with the freezing process followed by frozen storage. The aim of the study was to analyse changes in selected physicochemical properties of horse meat and fat during cold and frozen storage.

Material and methods. Samples of the longest dorsal muscle and neck fat collected from 16 horse semi-carcasses were used as the research material. One batch of the meat samples was subjected to laboratory analyses after 48 and 120 h of cold storage. The other three batches were frozen and stored for 1, 3 and 6 months at a temperature of -22°C .

Results. The extension of frozen storage of horse meat to 3 months (directly after defrosting) caused colour brightening and reduced thermal dripping, in comparison with the cold-stored raw material. Further extension of storage to 6 months decreased the meat quality by darkening its colour and caused greater thawing dripping (no statistically significant differences) with simultaneous improvement of thermal dripping. There were statistically significant differences both in peroxide and acid values for cold-stored and frozen neck fat. The values increased during freezing and frozen storage.

Conclusions. The study showed that the time of cold and frozen storage determined physicochemical properties of horse meat and fat. Therefore, it seems appropriate to conduct further research on changes in physicochemical properties of horse meat and fat stored under cooling conditions in modified atmosphere.

Keywords: horse meat, horse fat, hydration properties, tenderness

Stanisławczyk, R., Rudy, M. (2017). Zmiany wybranych właściwości fizykochemicznych mięsa i tłuszczu końskiego w czasie przechowywania chłodniczego i zamrażalniczego. *Nauka Przyr. Technol.*, 11, 2, 123–134. <http://dx.doi.org/10.17306/J.NPT.00192>

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Renata Stanisławczyk, Katedra Przetwórstwa i Towaroznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Rzeszowski w Rzeszowie, ul. Żelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów, Poland, e-mail: rstanisl@univ.rzeszow.pl

Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:

24.04.2017

Do cytowania – For citation:

*Stanisławczyk, R., Rudy, M. (2017). Zmiany wybranych właściwości fizykochemicznych mięsa i tłuszczu końskiego w czasie przechowywania chłodniczego i zamrażalniczego. *Nauka Przyr. Technol.*, 11, 2, 123–134. <http://dx.doi.org/10.17306/J.NPT.00192>*