

RENATA STANISŁAWCZYK

PRZEBIEG ZMIAN GLIKOLITYCZNYCH W MIĘSIE KOŃSKIM PO CHŁODNICZYM I ZAMRAŻALNICZYM PRZECHOWYWANIU W ZALEŻNOŚCI OD WIEKU ZWIERZĄT

Streszczenie

Celem pracy było określenie, na podstawie dynamiki zmian kwasowości, wpływu wieku koni na przebieg glikolizy zachodzącej w mięsie końskim w czasie chłodniczego i zamrażalniczego przechowywania. Badano próby mięśnia najdłuższego grzbietu pochodzące z tusz końskich. Zwierzęta zostały podzielone na trzy grupy wiekowe: źrebięta (w wieku do 2 lat), konie młode (w wieku od 2 do 10 lat), konie stare (w wieku powyżej 10 lat). Badania przeprowadzono na 25 półtuszach źrebiąt, 35 półtuszach koni młodych i 38 półtuszach koni starych. Mięso końskie charakteryzuje się długotrwałym procesem glikogenolizy. Charakterystyczną cechą procesu dojrzewania mięsa końskiego jest szybkie obniżenie wartości pH oraz długo utrzymująca się wysoka kwasowość, co wpływa pozytywnie na trwałość tego surowca. Mięso końskie przechowywane w warunkach chłodniczych charakteryzowało się niskimi wartościami pH przez 120 h we wszystkich analizowanych grupach wiekowych. W przypadku surowca przechowywanego w warunkach chłodniczych wykazano statystycznie istotne różnice ($p \leq 0,01$) pomiędzy pH_{24} , pH_{48} , pH_{72} (odzwierciedlające przemiany glikolityczne) mięsa źrebiąt i koni dorosłych, determinowane wiekiem zwierząt, natomiast w surowcu przechowywanym w warunkach zamrażalniczych wykazano takie różnice ($p \leq 0,01$) również w tych samych grupach wiekowych, ale w odniesieniu do pH_1 i pH_{24} . We wszystkich grupach wiekowych, zarówno w mięsie chłodzonym, jak i przechowywanym w warunkach zamrażalniczych, proces glikolizy poubojowej przebiegał podobnie, jedynie w mięsie źrebięcym przemiany te przebiegały na nieznacznie niższym poziomie pH. W mięsie przechowywanym w warunkach zamrażalniczych (zarówno przez 1, jak i 3 miesiące) spadek kwasowości był wyraźniejszy i szybszy w porównaniu z surowcem przechowywanym w warunkach chłodniczych bezpośrednio po uboju.

Słowa kluczowe: mięso końskie, przechowywanie, kwasowość czynna, glikoliza

Wprowadzenie

Konina, w porównaniu z innymi gatunkami mięsa, charakteryzuje się dobrą odpornością na psucie i procesy gnilne. Jest to surowiec o wysokiej trwałości. Tę właściwość zawdzięcza specyfice przemian *post mortem* zachodzących w mięśniach, wynika-

jących z dużej zawartości glikogenu, z czym wiąże się długo utrzymujące się zakwaszenie wewnątrz mięśni. Wynika to z przebiegającej beztlenowej glikolizy, której końcowym produktem jest kwas mlekowy powodujący obniżenie pH tkanki mięśniowej [12, 17]. W odróżnieniu od mięsa innych gatunków zwierząt, mięso końskie odznacza się wysoką zawartością glikogenu. Zawartość tego związku w tkance mięśniowej wynosi około 0,9 %, podczas gdy w wołowinie zawartość tego wielocukru waha się od 0,3 do 0,6 %, a w wieprzowinie do 0,2 %. Glikogen nadaje koninie typowy słodkawy zapach i smak, będący istotną wadą mięsa w odczuciu konsumentów [3, 4, 5, 6, 8, 10, 11].

Z badań Kwiatkowskiej [13] wynika, że mięso końskie po 15 min od uboju zawierało w zależności od rodzaju mięśni od 73,85 $\mu\text{M/g}$ do 84,30 $\mu\text{M/g}$ glikogenu. Podczas 105 min zawartość glikogenu w mięśniu najdłuższym grzbietu zmniejszyła się o 18,66 $\mu\text{M/g}$, a po następnych 6 h o 2,40 $\mu\text{M/g}$. Podobna szybkość zmian zawartości tego związku utrzymywała się podczas kolejnych 10 h. W wyniku glikolizy, w 1. dobie po uboju początkowa zawartość glikogenu zmniejszyła się o 38,94 $\mu\text{M/g}$, czyli o 46,19 %. Między 24. a 48. godziną w mięśniach końskich nastąpiło dalsze zmniejszenie zawartości glikogenu o 8,82 $\mu\text{M/g}$. Istotne zmniejszenie jego zawartości (o 5,42 $\mu\text{M/g}$) wykazano także po 72 h od uboju. Zawartość glikogenu po 96 h (35,92 $\mu\text{M/g}$) uznano za glikogen resztkowy. Po 144 h przechowywania stwierdzono jeszcze zawartość glikogenu na poziomie 35,08 $\mu\text{M/g}$. Jeszcze większą zawartość glikogenu w mięsie końskim podają Uljanow i Tulenov [16], według których konina bezpośrednio po uboju może zawierać nawet 93,2 $\mu\text{M/g}$ tego składnika. Po upływie 48 h poziom glikogenu obniżył się do 49,72 $\mu\text{M/g}$, a po 120 h w mięsie końskim znajdowało się jeszcze 29,33 $\mu\text{M/g}$ tego składnika.

Spośród wielu czynników poubojowych determinujących jakość mięsa istotne znaczenie wywiera wartość pH. Poziom tej cechy określa stopień zaawansowania procesu dojrzewania surowca, wpływa na jego barwę, wodochłonność, kruchość, smak i trwałość, czyli kształtuje właściwości decydujące o jego przydatności technologicznej i kulinarnej [1, 15]. Według danych literaturowych [19] przyżyciowe pH mięśni wynosi 7,0 - 7,2, a w ciągu pierwszych 8 h po uboju obniża się do 5,6 - 5,7 po czym nadal zmniejsza się do 5,4 - 5,5 po 24 h od uboju. Następnie przez pewien czas pozostaje na tym samym poziomie w wyniku ustania glikogenolizy. Wystąpienie autolizy białek mięśniowych powoduje z kolei wzrost pH. Przyjmuje się, że pH w granicach 5,0 - 5,5 jest tzw. pH końcowym, często określanym terminem pH ostatecznego (pH_u – *ultimate*). Do obniżenia poziomu pH potrzebna jest dostateczna koncentracja glikogenu w tkance mięśniowej [18]. Immonem i wsp. [2] podają, że do obniżenia poziomu pH 1 kg mięśni z 7,2 do 5,5 potrzebne jest około 45 mmol glikogenu.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu wieku koni na przebieg procesu glikolizy mięśniowej (na podstawie dynamiki zmian kwasowości) w mięsie końskim po chłodniczym i zamrażalniczym przechowywaniu.

Material i metody badań

Część eksperymentalną badań przeprowadzono w Ubojni Eksportowej Koni „Jasany” w Jaśle. Materiał badawczy stanowiły źrebięta o masie przedubojowej od 250 do 320 kg oraz konie młode i stare typu pogrubionego o masie od 450 do 650 kg.

Konie zostały podzielone na trzy grupy wiekowe (doświadczalne):

- grupa I – źrebięta, w wieku do 2 lat,
- grupa II – konie młode, w wieku powyżej 2 do 10 lat,
- grupa III – konie stare, w wieku powyżej 10 lat.

Badaniami objęto 25 półtuszy źrebiąt, 35 półtuszy koni młodych i 38 półtuszy koni starych. W celu określenia dynamiki zmian kwasowości pobierano po 3 próbki mięsa z partii mięśnia najdłuższego grzbietu (*m. longissimus dorsi*) o masie około 700 g, na wysokości 13 - 14 kręgu piersiowego. Następnie usuwano z nich tłuszcz zewnętrzny, tkankę łączną i ścięgna. Pierwszą partię próbek mięsa (25 próbek mięsa źrebięcego, 35 próbek mięsa koni młodych i 38 próbek mięsa koni starych) poddawano badaniom laboratoryjnym w pierwszym tygodniu od momentu uboju, przechowując je w warunkach chłodniczych przez 120 h (temp. 6 °C). Natomiast dwie pozostałe partie próbek mięsa (25 próbek mięsa źrebięcego, 35 próbek mięsa koni młodych i 38 próbek mięsa koni starych) poddano zamrożeniu przy użyciu ciekłego azotu. Mrożenie mięsa końskiego przeprowadzono w szafie zamrażalniczej typu Hopkinsa, po wcześniejszym zapakowaniu ich w warunkach próżniowych w woreczki foliowe PA/PE. Średnia temp. prób w momencie rozpoczęcia mrożenia wynosiła około 4 °C. W procesie mrożenia wynosiła około -75 °C, a czas tego procesu wynosił około 1 h. Po zamrożeniu do temp. -75 °C próbki mięsa końskiego przechowywano przez jeden i trzy miesiące w temp. -22 °C. Po okresie przechowywania (1 i 3 miesiące) w warunkach zamrażalniczych przenoszono je do laboratorium w celu wykonania analiz. Oznaczanie kwasowości prób poprzedzało ich rozmrożenie przez umieszczenie (próby opakowane) w powietrzu o temp. około 10 °C. Rozmrażanie przerywano po osiągnięciu wewnątrz badanego mięsa temp. około 0 °C. Rozmrożone próbki przechowywano w trakcie prowadzenia oznaczeń w warunkach chłodniczych.

Kwasowość czynną (pH) (metodą potencjometryczną) mięsa chłodzonego oznaczano przy użyciu elektrody ESAgl – 307W i Mikrokomputera pH/ION METER CI-316 firmy Elmetron-Polska, 45 min po uboju (pH₁), a następnie co 24 h aż do 120 h od momentu uboju. Kwasowość mięsa rozmrożonego oznaczano w sposób identyczny, określając jako pH₁, po uzyskaniu wewnątrz temp. 0 °C.

W tab. 1. zamieszczono wartości średnie (\bar{x}) każdej z badanych cech oraz wartości odchylenia standardowego (s). Celem stwierdzenia istotności wpływu wieku koni na przebieg przemian glikolitycznych mięsa końskiego zastosowano test istotności różnic i wykonano jednoczynnikową analizę wariancji, którą sprawdzano za pomocą przedziałów ufności Tukey'a. Wszystkie obliczenia statystyczne wykonano w programie komputerowym Statistica, wersja 6,0.

Wyniki i dyskusja

Z analizy wyników pomiarów pH (w zadanych przedziałach czasowych) wynika, że tempo przemian glikolitycznych w mięsie trzech badanych grup koni było charakterystyczne dla tego surowca (tab. 1). Najniższą kwasowością po 45 min od uboju charakteryzowało się mięso źrebięce (pH 6,74). W kolejnych godzinach chłodniczego przechowywania kwasowość wzrosła, osiągając po 48 h wartość pH 5,28, która utrzymywała się na tym poziomie przez kolejne dni. Po 120 h przechowywania chłodniczego wartość pH mięsa źrebięcego osiągnęła 5,35, co wskazywało, że proces dojrzewania nie został jeszcze całkowicie zakończony. Wynik ten świadczy nie tylko o małym tempie przemian biochemicznych, ale również wskazuje na możliwość dalszego przechowywania chłodniczego tego surowca. Wysoką wartość pH₁ mięsa źrebięcego i długo trwający proces glikogenolizy wykazali wcześniej Zin i Znamirska [20]. Według nich wartość pH₁ źrebięciny kształtowała się na poziomie 6,76, a najniższą wartość pH (5,37) mięso to osiągnęło po 72 h chłodniczego przechowywania.

Wyniki dotyczące pomiarów kwasowości mięsa koni w pozostałych grupach wiekowych, przechowywanego po uboju przez 120 h w warunkach chłodniczych, wskazują na wysokie początkowe jego wartości. W tym przypadku pH w grupie II wynosiło 6,78, a w grupie III 6,80. Z rozkładu wartości liczbowych dotyczących kwasowości w następnych dniach wynika, że proces dojrzewania przebiegał podobnie w mięsie koni młodych i starych. Wykazane niewielkie zmiany wartości pH mięsa pomiędzy grupą II i III nie były statystycznie istotne ($p \leq 0,01$). Stwierdzono, że najwyższe stężenie kwasu mlekowego w koninie uzyskuje się po 2 - 3 dobach przechowywania. Od tego momentu wytworzony kwas mlekowy i uaktywnione enzymy działają przez kilka dni szczególnie na białka tkanki łącznej, poprawiając stopniowo kruchość i jakość sensoryczną koniny. Należy zaznaczyć, że w przypadku źrebięciny wartości pH były niższe. Statystycznie istotne różnice ($p \leq 0,01$) między wynikami pomiarów pH mięsa przechowywanego przez 120 h w warunkach chłodniczych wykazano w mięsie źrebiąt i koni starych w odniesieniu do pH₂₄, pH₄₈ i pH₇₂. Uzyskane wartości liczbowe świadczą o długim okresie trwania procesu glikogenolizy mięśniowej mięsa końskiego we wszystkich grupach wiekowych.

Tabela 1

Kwasowość czynna mięsa koni.
Active acidity of horse meat.

Kwasowość Acidity	Żrebięta / Foals grupa I / Group I		Konie młode / Young horses grupa II / Group II		Konie stare / Old horses grupa III / Group III	
	\bar{x}	s / SD	\bar{x}	s / SD	\bar{x}	s / SD
Kwasowość mięsa przechowywanego przez 120 h w warunkach chłodniczych Acidity of 120 h cold stored meat						
pH ₁	6,74	0,26	6,78	0,22	6,80	0,23
pH ₂₄	5,43 ^{A,C}	0,14	5,53	0,14	5,64 ^{C,A}	0,14
pH ₄₈	5,28 ^{A,C}	0,13	5,40	0,15	5,43 ^{C,A}	0,18
pH ₇₂	5,32 ^{A,C}	0,12	5,39	0,14	5,40 ^{C,A}	0,15
pH ₉₆	5,33	0,11	5,41	0,13	5,46	0,14
pH ₁₂₀	5,35	0,09	5,44	0,12	5,49	0,13
Kwasowość mięsa przechowywanego przez 1 miesiąc w warunkach zamrażalniczych, po rozmrożeniu Acidity of 1 month frozen stored and defrosted meat						
pH ₁	5,37 ^{A,C}	0,14	5,47	0,18	5,58 ^{C,A}	0,11
pH ₂₄	5,30 ^{a,c}	0,11	5,40	0,14	5,43 ^{c,a}	0,14
pH ₄₈	5,37	0,13	5,42	0,14	5,48	0,13
pH ₇₂	5,38	0,15	5,45	0,13	5,51	0,14
pH ₉₆	5,42	0,11	5,52	0,11	5,63	0,12
pH ₁₂₀	5,52	0,09	5,61	0,13	5,68	0,13
Kwasowość mięsa przechowywanego przez 3 miesiące w warunkach zamrażalniczych, po rozmrożeniu Acidity of 3 month frozen stored and defrosted meat						
pH ₁	5,44 ^{A,C}	0,10	5,52	0,17	5,69 ^{C,A}	0,10
pH ₂₄	5,33 ^{A,C}	0,12	5,46	0,17	5,54 ^{C,A}	0,11
pH ₄₈	5,38	0,12	5,51	0,13	5,57	0,10
pH ₇₂	5,40	0,14	5,53	0,17	5,58	0,11
pH ₉₆	5,51	0,11	5,59	0,13	5,65	0,09
pH ₁₂₀	5,58	0,13	5,65	0,11	5,72	0,13

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b, c – różnice statystycznie istotne na poziomie $p \leq 0,05$ (w wierszach) / difference significance level $p \leq 0.05$ (in rows);

A, B, C – różnice statystycznie istotne na poziomie $p \leq 0,01$ (w wierszach) / difference significance level $p \leq 0.01$ (in rows).

Zdaniem Kwiatkowskiej [13] poubojowa glikoliza ma pośredni wpływ na kształtowanie większości cech jakościowych mięsa, ponieważ jej przebieg wpływa na aktywność enzymów proteolitycznych. Najczęściej z przebiegiem procesu pośmiertnej glikolizy wiąże się poprawę kruchości mięsa. Poubojowa glikoliza w mięsie wołowym wpływa na wzrost kruchości tego surowca, barwę i jego właściwości hydratacyjne. Z kolei zawartość glikogenu reszkowego wpływa na zwiększenie trwałości mięsa,

utrzymanie napięcia mięśni, obecność cukrów prostych, a także zmianę smaku mięsa po obróbce cieplnej przez produkty reakcji nieenzymatycznego brązowienia.

Otrzymane wyniki badań własnych korespondują z pracami wielu innych autorów, którzy potwierdzają niską kwasowość mięsa końskiego i długo trwający proces glikolizy w tym surowcu. Zin i wsp. [21] wykazali w mięsie źrebiąt najwyższą kwasowość (pH 5,37) dopiero po 72 h, a następnie wartość pH kształtowała się na bardzo niskim poziomie w kolejnych dniach chłodniczego przechowywania. Z kolei w przypadku mięsa koni młodych i starych (3 - 7 lat, 8 - 13 lat i 14 - 20 lat) w początkowych godzinach przechowywania glikoliza przebiegała szybciej, gdyż najniższe pH stwierdzono we wszystkich grupach wiekowych już po 48 h (odpowiednio: 5,39; 5,40 i 5,33). Należy zaznaczyć, że we wszystkich grupach wiekowych pH₁ kształtowało się na wysokim poziomie, odpowiednio: 6,76; 6,75; 6,47 i 6,95. Weyermann i Dzapo [17] wykazali początkowe pH₁ mięsa końskiego wynoszące 6,85, a po 24 h przechowywania wartość ta uległa obniżeniu do 5,65. Ponadto autorzy ci zaobserwowali, że wartość pH₂₄ wzrastała wraz z wiekiem ubijanych koni. Z kolei Ley [14] oznaczył wartość pH₁ w mięśniu najdłuższym grzbietu na poziomie 6,88. Po 48 h przechowywania pH mięsa obniżało się bardzo wolno, osiągając po 72 h wartość 5,80.

Porównano także wyniki charakteryzujące pH po 1 i 3 miesiącach przechowywania mięsa w warunkach zamrażalniczych (tab. 1). Rozmrożone próbki mięsa źrebięcego po 1-miesięcznym okresie przechowywania charakteryzowały się pH wynoszącym 5,37, a po 3 miesiącach – 5,44. Podczas przechowywania mięsa przez 120 h w warunkach chłodniczych (po rozmrożeniu), najniższą wartość pH źrebięcina osiągnęła po 24 h (5,30 po 1 miesiącu i 5,33 po 3 miesiącach). W trakcie dalszego przechowywania wartość pH mięsa systematycznie wzrastała, odpowiednio do: 5,52 i 5,58 po 120-godzinym okresie chłodniczego przechowywania.

Na podstawie wyników pomiaru kwasowości mięsa pozostałych grup wiekowych (gr. II i gr. III) po rozmrożeniu można stwierdzić, że wiek ubijanych koni nie wpłynął statystycznie istotnie na wartości pH. Należy jednak zaznaczyć, że wraz z wiekiem ubijanych koni kwasowość mięsa przyjmowała niższe wartości. Początkowe pH po rozmrożeniu mięsa koni młodych po 1 miesiącu przechowywania w warunkach zamrażalniczych wynosiło 5,47, a w mięsie koni starych 5,58, co wskazuje na zwiększanie się wartości pH z wiekiem koni. Z danych zamieszczonych w tab. 1. wynika, że po 24 h przechowywania w warunkach chłodniczych, po rozmrożeniu, pH mięsa koni w grupie II się obniżyło do 5,40, osiągając najniższą wartość, a w następnych dniach systematycznie wzrastało, osiągając wartość 5,61 po 120 h przechowywania. Mięso koni z grupy III osiągnęło najniższe pH, równe 5,43, również po 24 h po rozmrożeniu, a podczas dalszego przechowywania kwasowość malała, osiągając po 120 h chłodniczego przechowywania pH 5,68. Wykazano statystycznie istotne różnice ($p \leq 0,01$) pod względem poziomu kwasowości po 45 min i 24 h od uboju pomiędzy mięsem

źrebiąt i koni dorosłych. Dodatkowo należy zaznaczyć, że w porównaniu z przebiegiem przemian glikolitycznych w mięsie przechowywanym w warunkach chłodniczych po uboju, spadek kwasowości w mięsie przechowywanym w warunkach zamrażalniczych był statystycznie istotny ($p \leq 0,01$).

Podobny zakres przemian glikolitycznych wykazano w mięsie przechowywanym przez 3 miesiące w warunkach zamrażalniczych (tab. 1). Wraz z wiekiem koni i czasem zamrażalniczego przechowywania pH mięsa po rozmrożeniu zwiększało się, osiągając wartość 5,52 w grupie koni młodych i 5,69 w grupie koni starych. Jak w przypadku źrebięciny, pH mięsa w pozostałych grupach wiekowych osiągnęło najniższy swój poziom (5,46 i 5,54) po 24 h, a w trakcie dalszego przechowywania wartość pH mięsa systematycznie wzrastała do 5,65 w grupie II i 5,72 w grupie III. Uwzględniając wpływ wieku zwierząt na przemiany zachodzące podczas dojrzewania mięsa przechowywanego przez 3 miesiące w warunkach zamrażalniczych, wykazano statystycznie istotne różnice ($p \leq 0,01$) między wynikami pH₁ i pH₂₄ mięsa źrebiąt i koni dorosłych.

Porównując przebieg procesu glikolizy mięśniowej pomiędzy mięsem świeżym a rozmrożonym stwierdzono, że końcowe pH mięsa mrożonego (zarówno przez 1 jak i 3 miesiące) we wszystkich grupach wiekowych było wyższe od końcowego pH wykazanego w mięsie świeżym przechowywanym w warunkach chłodniczych po 120 h składowania od uboju. Świadczy to o możliwości dłuższego przechowywania mięsa świeżego w warunkach chłodniczych w porównaniu z surowcem mrożonym, po jego rozmrożeniu.

Otrzymane wyniki badań można odnieść do pracy Kondratowicza i Sobiny [9], którzy po dwóch tygodniach zamrażalniczego przechowywania (mrożenie LCO₂) mięsa końskiego zmierzili pH równe 5,45, natomiast po 3 miesiącach – 5,88. Otrzymane wyniki badań własnych (tab. 1) są również zbieżne z rezultatami Kondratowicza i Bąka [7], którzy przechowywali mięso końskie przez 2 tygodnie oraz przez 3 miesiące, oznaczając w nim pH odpowiednio 5,32 i 5,43. W przeprowadzonych badaniach wzrost pH mięsa autorzy ci uzasadniają specyfiką mięsa końskiego i wpływem atmosfery dwutlenku węgla. Przyczyny limitujące szybkość procesu glikolizy, m.in. zawartość glikogenu, jego budowa i oddziaływanie enzymów glikolitycznych, tłumaczą uzyskane wyniki przebiegu zmian pH w funkcji czasu przechowywania mięsa [7].

Wnioski

1. Mięso końskie przechowywane w warunkach chłodniczych charakteryzowało się niskimi wartościami pH przez 120 h we wszystkich analizowanych grupach wiekowych, wskazując na długotrwały proces glikolizy.
2. W przypadku surowca przechowywanego w warunkach chłodniczych wykazano statystycznie istotne różnice ($p \leq 0,01$) pomiędzy pH₂₄, pH₄₈, pH₇₂ (odzwierciedlające przemiany glikolityczne) mięsa źrebiąt i koni dorosłych, determinowane wie-

kiem zwierząt, natomiast w surowcu przechowywanym w warunkach zamrażalniczych wykazano różnice ($p \leq 0,01$) w tych samych grupach wiekowych, ale w odniesieniu do pH_1 i pH_{24} .

3. Przebieg procesu glikogenolizy, charakteryzowany zmianami wartości pH, był bardzo podobny we wszystkich grupach wiekowych, jedynie w mięsie źrebięcym przemiany te przebiegały na niższym poziomie pH. W mięsie przechowywanym w warunkach zamrażalniczych (zarówno przez 1, jak i 3 miesiące) obniżenie kwasowości było wyraźniejsze i szybsze w porównaniu z surowcem przechowywanym po uboju w warunkach chłodniczych.

Literatura

- [1] Barbieri G., Pizza A., Gianni C.: Relationship between physical and chemical attributes of beef and pork muscles and processing suitability. *Ital. J. Food Sci.*, 2004, **1 (16)**, 59-68.
- [2] Immonen K., Ruusunen M., Puolanne E.: Some effects of residual glycogen concentration on the physical and sensory quality of normal pH beef. *Meat Sci.*, 2000, **55**, 33-38.
- [3] Kondratowicz J.: Effect of natural fat addition on changes in the weight and sensory quality of horsemeat frozen according to different methods. *Nat. Sci.*, 2001, **8**, 183-192.
- [4] Kondratowicz J.: Changes in the weight and taste quality of horsemeat frozen by means of liquid carbon dioxide and the ventilation method during 6-month cold storage. *Pol. J. Nat. Sci.*, 2002, **10 (1)**, 149-195.
- [5] Kondratowicz J., Bąk T.: Changes in the weight and taste qualities of horsemeat frozen by means of liquid carbon dioxide and a ventilation method during 3-month cold storage. *Nat. Sci.*, 1998, **1**, 229-239.
- [6] Kondratowicz J., Bąk T.: Effect of different methods of freezing on weight losses and taste qualities of 'normal' and 'enriched' horsemeat during 6-month cold storage. *Rocz. Inst. Przem. Mięś. i Tł.*, 1998, T. **XXXV/1**, 77-87.
- [7] Kondratowicz J., Bąk T.: Effect of different methods of freezing on some chemical and physicochemical properties of 'normal' and 'enriched' horsemeat during 3-month cold storage. *Rocz. Inst. Przem. Mięś. i Tł.*, 1998, T. **XXXV/1**, 67-76.
- [8] Kondratowicz J., Kowalko P.: Zmiany masy i jakości sensoryczna mięsa końskiego mrożonego przy użyciu skroplonego dwutlenku węgla i metodą owiewową w czasie 6-miesięcznego przechowywania chłodniczego. *Chłodnictwo*, 2001, **6**, 43-46.
- [9] Kondratowicz J., Sobina I.: 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*, 2001, T. **XXXVI**, **3**, 40-43.
- [10] Kortz J., Gardzielewska J.: Mięśne użytkowanie koni (cz. I). *Koń Polski*, 1988, **2**, 10-11.
- [11] Kortz J., Gardzielewska J.: Wartość użytkowa mięsa końskiego (cz. II). *Koń Polski*, 1988, **3**, 16.
- [12] Korzeniowski W., Kwiatkowska A., Jankowska B.: Warto polubić koninę. *Przeł. Gastr.*, 1999, **8**, 8-9.
- [13] Kwiatkowska A.: Glikoliza w mięśniach szkieletowych tusz końskich w zależności od temperatury poubojowej przechowywania i jej wpływ na cechy jakościowe mięsa. *Wyd. UWM, Olsztyn* 2002.
- [14] Ley T.: Untersuchungen zu postmortalen Veränderungen in Pferdeschlachtierkörpern, *Fleischwirtschaft*, 1996, **76**, **2**, 172-175.
- [15] Riette L.J.M. van Laack, Kauffman R.G., Greaser M.L.: Wyznaczniki końcowego pH mięsa. *Rocz. Inst. Przem. Mięś. i Tł.*, 2001, T. **XXXIII**, 47-54.

- [16] Uljanov S.D., Tulenov E.T.: Study of autolytic changes in horse meat. *Proceed. Europ. Meet. Meat Res. Work.*, 1976, **22**, B 4:1-B 4-6.
- [17] Weyermann F., Dzapo V.: Untersuchungen zur postmortalen pH-Wert – Situation beim Pferd. *Fleischwirtschaft*, 1997, **77**, 1119-1121.
- [18] Young O.A., West J., Hart A.L., van Otterdijk F.F.H.: A method for early determination of meat ultimate pH. *Meat Sci.*, 2004, **66**, 493-498.
- [19] Zin M. (Red.): *Utrwalanie i przechowywanie żywności*. Wyd. UR, Rzeszów 2008.
- [20] Zin M., Znamirowska A.: Porównanie wartości rzeźnej i jakości mięsa źrebiąt i koni dorosłych. *Towarzystwo Naukowe w Rzeszowie, Wydz. Nauk Rolniczych i Leśnych*, 1999, **4 (7)**, 97-103.
- [21] Zin M., Znamirowska A., Budzyński M.: Wartość rzeźna koni i jakość mięsa w zależności od wieku koni. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska*, 1999, **28**, 211-220.

COURSE OF GLYCOLYTIC CHANGES IN HORSE MEAT AFTER COLD AND FROZEN STORAGE DEPENDING ON AGE OF ANIMALS

S u m m a r y

The objective of the research study was to determine, based on the dynamics of changes in acidity, the effect of age of horses on the course of muscle glycolysis progressing in horse meat during cold and frozen storage. Samples of the longest dorsal muscle from horse carcasses were analyzed. The animals were divided into three age groups: foals (their age up to 2 years), young horses (their age between 2 and 10 years), and old horses (their age above 10 years). The research comprised 25 carcasses of foals, 35 carcasses of young horses, and 38 carcasses of old horses. The horse meat is characterized by a long-lasting process of glycogenolysis. The characteristic feature of the maturation process of horse meat is a rapid drop in the pH value and long-lasting high acidity; this has a positive effect on the stability of the meat material. In all the age groups analyzed, the horse meat stored under the cold conditions was characterized by low pH values during a period of 120 h. As regards the material stored under the cold conditions, statistically significant ($p \leq 0.01$) differences were reported between pH_{24} , pH_{48} , pH_{72} (to reflect glycolytic changes) of the meat of foals and adult horses depending on the age of the animals, whereas, in the case of the meat material stored under the frozen conditions, such differences ($p \leq 0.01$) were found in the same age groups; however, they referred to pH_1 and pH_{24} . In all the age groups, both in the cold stored and frozen stored meat, the process of post mortem glycolysis proceeded in a similar way, except for the meat of foals, in which those transformations proceeded at a slightly lower pH level. In the meat stored under the frozen conditions (1 and 3 months), the decrease in the acidity was more evident and faster compared to the meat material stored under the cold conditions immediately after slaughter.

Key words: horse meat, storage, active acidity, glycolysis 