

Zbigniew J. Dolatowski, Joanna Twarda, Małgorzata Dudek

Zmiany uwodnienia mięsa podczas dojrzewania

Changes in hydration of meat during the ageing process

ABSTRACT. Changes occurring in the hydration of meat during *post mortem* ageing have a significant influence on its quality traits, especially tenderness. The aim of the study was to determine relationships between the structural changes taking place in meat during the ageing process and its water holding properties. The studies were carried out on SM muscles removed from the carcasses of young slaughter cattle of Black and White lowland breed 1.5 hours after slaughter. Muscles were packed and aged for 72 hours at 4°C. This was followed by morphological and physico-chemical examinations. The microstructural changes in meat were studied using an electron microscope. Water holding capacity was examined by means of centrifugal method. The ability of the tissue to hold native water was estimated by filter paper press method. The studies were conducted 4, 24, 48 and 72 hours after slaughter for samples stored at 4°C. The results pointed that beef muscle (*m. semimembranosus*) had the highest water holding capacity 4 hours *post mortem* (33,68%) and the lowest (-33,45%) 24 hours *post mortem*. During the ageing process differences in ability of beef tissue to hold native water (filter paper press method) were observed depending on the method of treatment (longitudinally or laterally). Changes in hydration of muscle tissue are probably due to changes in the structure of myofibrillar proteins *post mortem*. The analysis of photographic documentation made for microstructure of the meat samples demonstrated differences in distances between fibrils and various sarcomere degradation grade.

KEY WORDS: cattle, semimembranosus muscle, WHC, sarcomere structure

Interakcja wody i struktur białkowych komórki mięśniowej jest odpowiedzialna za właściwości fizyczne, organoleptyczne i technologiczne, w tym za bardzo pożądaną cechę jakościową mięsa i jego przetworów, jaką jest kruchość. Wzajemne oddziaływanie polipeptydowych łańcuchów białkowych z cząstecz-

kami wody w tkance mięśniowej jest odzwierciedleniem zróżnicowanej budowy strukturalnej i stopnia pofałdowania białek. W przemianach struktury miofibryli po uboju większość badaczy [Offer i in. 1989; Offer, Cousins 1992] upatruje głównej przyczyny zmian zdolności utrzymywania i wiązania wody we włókienku mięśniowym. Według Offera i in. [1989] około 85% wody zawarte jest w przestrzeniach między głównymi komponentami białkowymi włókienka mięśniowego, to jest filamentami aktyny i miozyny, a zmiany ilości wody związanej przez tkankę mięśniową biorą swój początek ze zmian objętości miofibryli w wyniku przemian ich struktury po uboju. Jednym z czynników wpływających na zmianę stopnia uwodnienia mięsa są więc przemiany biochemiczno-strukturalne białek miofibrylarnych, prawdopodobnie związane ze stanem *rigor mortis*. Offer i Cousins [1992] stwierdzili, że w wyniku przemian poubojowych następuje przegrupowanie wody z komórki do przestrzeni pozakomórkowej. Woda gromadząca się w tych przestrzeniach stanowi źródło wycieku. Jednym z czynników wpływających na stopień uwodnienia hydrofilnych koloidów białkowych tkanki mięśniowej są przemiany biochemiczne i strukturalne białek miofibrylarnych, związane ze stanem stężenia poubojowego [Offer i in. 1989; Warner i in. 1997]. Podczas przemian biochemicznych i strukturalnych, związanych ze stanem *rigor mortis* a następnie dojrzewaniem mięsa, zmiana ulega konfiguracja przestrzenna i ładunek elektrostatyczny białek miofibrylarnych, wywołując zmiany jego cech jakościowych i właściwości funkcjonalnych białek mięsa [Schäfer 2002]. Według Offera i Cousinsa [1992] w wyniku zacieśniania struktury białek miofibrylarnych mięśnia w sarkomerze włókienka mięśniowego (komórce mięśniowej), w następstwie przemian poubojowych tworzą się dwa typy przestrzeni pozakomórkowych, w których gromadzi się woda. Po 4–6 godzinach od uboju wolne przestrzenie pojawiają się pomiędzy pęczkami włókienek mięśniowych a siecią *perimysium*. Drugi typ przestrzeni pomiędzy włóknami mięśniowymi a siecią *endomysium* tworzy się po 24–48 godzinach od uboju. Woda wraz z rozpuszczonymi w niej składnikami (np. enzymami glikolitycznymi, białkami sarkoplazmatycznymi, składnikami mineralnymi), gromadząca się w tych przestrzeniach, stanowi źródło wycieku cieplnego, chłodniczego, a nawet rozmrażalniczego. Kristensen i Purslow [2001] wzrost stopnia uwodnienia białkowych struktur mięsa podczas dojrzewania wiążą z degradacją białek cytoszkieletowych, w wyniku której następuje rozluźnienie struktur białek miofibrylarnych. Nienaruszony cytoszkielelet bezpośrednio po uboju jest konieczny do „przełożenia” skurczu białek miofibrylarnych na skurcz całego włókna mięśniowego, co następuje w stanie *rigor mortis*. Degradacja cytoszkieletu podczas dojrzewania usuwa tę zależność i siłę, która powoduje przepływ wody do przestrzeni pozakomórkowych. Możliwy jest więc wówczas dopływ

poprzednio wyciśniętej wody z powrotem do struktury miofibryli i wzrost wodochłonności w późniejszym etapie dojrzewania. Dopływ wody pozakomórkowej, po degradacji białek cytoszkieletu (szczególnie titiny), do białek miofibryli wewnątrz komórki ma być wywołany różnicą stężeń białek pomiędzy wewnątrzkomórkowymi a pozakomórkowymi przedziałami.

Pomimo szerokiego zakresu badań nad przemianami biochemiczno-strukturalnymi i uwodnieniem struktur tkanki mięśniowej wiedza na temat mechanizmów poubojowych zmian przestrzennego rozmieszczenia i migracji wody w mięsie, decydujących o kruchości i właściwościach technologicznych, jest w dalszym ciągu oparta na hipotezach. Celem niniejszych badań jest ocena zdolności chłonięcia i utrzymywania wody przez tkankę mięśniową bydła rasy nizinnoczarnej (*m. semimembranosus*) podczas 72 godzin chłodniczego przechowywania.

METODY

Mięsień półbłoniasty (*m. semimembranosus*) o masie 1000–1500 g wykrawano z półtuszy bydła o masie przyżyciowej około 500 kg po około 1,5 godziny od uboju. Do badań pobierano mięsień bez wad jakościowych. Próby mięsa pakowano w woreczki foliowe i przechowywano w temperaturze 4°C. W określonym warunkami badań czasie przechowywania (4, 24, 48 i 72 godziny od uboju) przeprowadzano ocenę zmian wybranych właściwości tkanki mięśniowej. W próbie oznaczano:

a) kwasowość na podstawie wartości pH roztworu sporządzonego z 5 g uprzednio rozdrobnionego mięsa homogenizowanego z 50 ml wody destylowanej o temperaturze otoczenia. Zawiesinę filtrowano przez bibułę filtracyjną. Pomiar wartości pH przesącza wykonywano przy użyciu pH-metru cyfrowego CP-215, wykalibrowanego za pomocą buforów wzorcowych,

b) wodochłonność mięsa metodą polegającą na rozdzielaniu w polu odśrodkowym homogenatu próbki mięsa z wodą destylowaną [Wierbicki 1962]. Próbkę mięsa (o masie 50 g) rozdrobnionego w wilku przez siatkę 3 mm homogenizowano z 50 ml wody przez jedną minutę w homogenizatorze (MPW-120) przy prędkości obrotowej wrzeciona 10^4 min^{-1} . Homogenat rozdzielano w wirówce laboratoryjnej (WE-2) z przyspieszeniem 1500 g przez 20 minut, po czym określano masy poszczególnych frakcji. Wodochłonność, czyli zdolność przyjmowania i utrzymywania wody obliczano według wzoru: $W = (M_1 - M_2)/M_3 \times 100\%$, gdzie: W – wodochłonność mięsa (%), M_1 – masa wody dodanej (g), M_2 – masa odcieku odlewane po wirowaniu (g), M_3 – masa mięsa w homogenacie (g),

c) zdolność utrzymywania wody własnej przez mięso przez pomiar wielkości powierzchni wyciśniętego soku mięsnego metodą Graua i Hamma [1953]. Próbkę mięsa o masie około 2 g umieszczoną na bibule filtracyjnej Whatman nr 1 wkładano między szklane płytki i obciążano odważnikiem 2 kg. Po upływie 5 minut zdejmowano odważnik i zaznaczano powierzchnię zajmowaną przez mięso oraz wyciśnięty sok mięsny. Oznaczenia wykonywano dla próbek obciążanych wzdłuż i w poprzek włókien mięśniowych oraz dla próbki mięsa rozdrobionego w wilku przez siatkę 3 mm. Wyniki przedstawiano w wielkości powierzchni wyciśniętego soku mięsnego pomniejszonej o powierzchnię próbki mięsa, przeliczając wielkość powierzchni na 1 g surowca ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$),

d) ilość wycieku chłodniczego po 24, 48 i 72 godzinach od uboju na podstawie pomiaru mas prób mięsa przechowywanych w warunkach chłodniczych. Ilość wycieku podawano w procentach w stosunku do masy wyjściowej próby,

e) oceny struktury włókienka mięśniowego dokonano przez analizę fotogramów z mikroskopu elektronowego przy powiększeniu $10000\times$ i $24000\times$. Preparaty mięsa do oceny struktury białek miofibrylarnych wycinano w kilku miejscach próby na głębokości 25–30 mm. Po wstępnym ich przygotowaniu preparaty zabarwiano i wykrawano skrawki półcienkie ($0,5\text{--}0,7 \mu\text{m}$) przy pomocy ultramikrotomu Reichert`am-U₃. Podczas analizy układu białek w preparatach zwracano uwagę na wielkość, rozmieszczenie i strukturę białek miofibrylarnych w sarkomerze włókienka mięśniowego. Badania wykonano w Pracowni Mikroskopii Elektronowej i Skaningowej AR Lublin.

Badania przeprowadzono na próbach pochodzących z ośmiu zwierząt rzeźnych od różnych hodowców. Pomiaru każdego zakresu badań wykonywano minimum w trzykrotnym powtórzeniu. Otrzymane wyniki badań poddano analizie statystycznej.

WYNIKI

Poubojowe przemiany są jednym z najważniejszych czynników kształtujących jakość, a głównie kruchość mięsa. W wielu badaniach obserwuje się, że kruchość dodatnio koreluje z uwodnieniem i zdolnością chłonięcia wody przez substancje białkowe mięśnia [O`Halloran i in. 1997; Lesiów, Ockerman 1999; Pospiech i in. 2003].

Przebieg zmian temperatury mięsa po uboju (tab. 1) wskazuje na to, że właściwie zrealizowano symulację warunków wychładzania mięsa w tuszach bydlęcych po uboju. Temperatura mięsa stopniowo obniżała się z 32°C do 21°C po 4 godzinach od uboju i 16°C po 6 godz. od uboju. Po 24-godzinnym wychładzaniu temperatura mięsa osiągnęła 4°C . Analiza zmian temperatury podczas wychła-

dzania i spadku wartości pH nie wskazuje na możliwość wystąpienia skurczu chłodniczego. Tego zjawiska nie obserwujemy również na fotogramach układu białek miofibrylarnych po 24 godzinach od uboju (ryc. 1. c i d).

Tabela 1. Przebieg zmian temperatury mięsa podczas dojrzewania
Table 1. Temperature of meat while ageing

	Czas od uboju, h Ageing time (hours <i>post mortem</i>)											
	2		4		6		24		48		72	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Temperatura Temperature °C	32	2,4	21	1,9	16	2,6	4	0,4	4	0,1	4	0,1

\bar{x} Średnio SD odchylenie standardowe
 \bar{x} Mean SD standard deviation

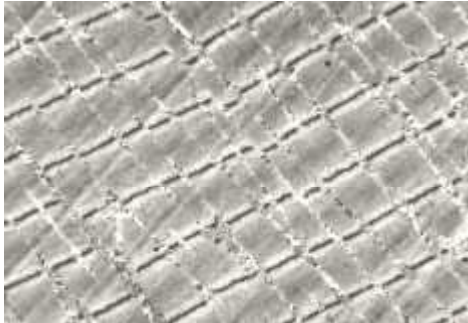
Tabela 2. Przebieg zmian pH i wodochłonności mięsa podczas dojrzewania
Table 2. pH and water holding capacity of meat while ageing

	Czas od uboju, h Ageing time (hours <i>post mortem</i>)							
	4		24		48		72	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
pHpH values	6,25	0,1	5,55	0,1	5,45	0,1	5,45	0,1
Wodochłonność Water holding capacity %	33,68	1,2	-33,45	2,6	-12,09	1,1	3,22	0,5

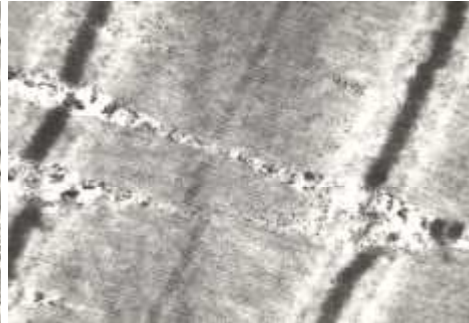
\bar{x} Średnio SD odchylenie standardowe
 \bar{x} Mean SD standard deviation

Wyniki oznaczeń wartości pH badanych prób mięsa (tab. 2) wskazują na przebieg poubojowych zmian kwasowości, typowy dla mięsa normalnego, co stanowiło kryterium wyboru surowca do badań. Kwasowość prób mięsa bezpośrednio po uboju wynosiła około 6,25, w drugiej i trzeciej dobie wartość ta kształtowała się w granicach 5,55–5,45.

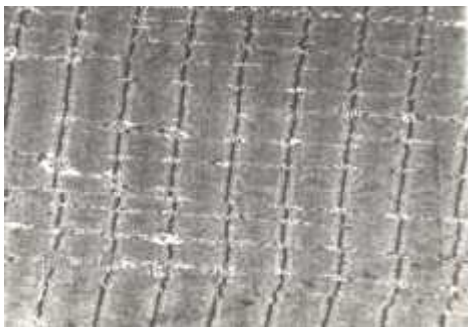
Obserwowana wysoka wodochłonność (na poziomie 34%) mięsa bezpośrednio po uboju (tab. 2) wynika z faktu, że na tym etapie przemian poubojowych mięsa wołowego zmiany struktur białkowych są minimalne w porównaniu ze



a) 2 godziny od uboju ($\times 10000$)
2 hours after slaughter ($\times 10000$)



b) 2 godziny od uboju ($\times 24000$)
2 hours after slaughter ($\times 24000$)

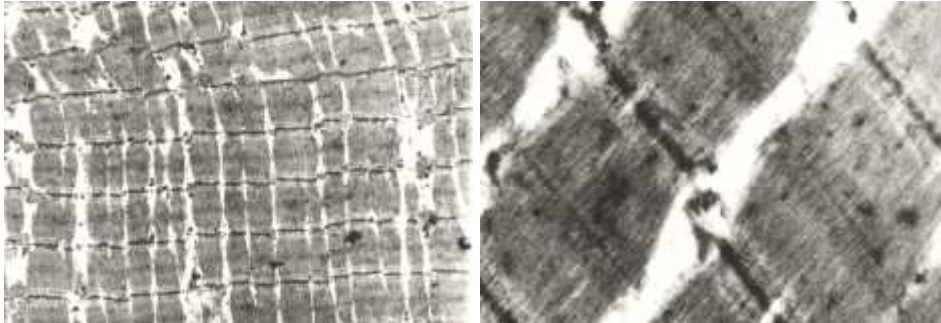


c) 24 godziny od uboju ($\times 10000$)
24 hours after slaughter ($\times 10000$)



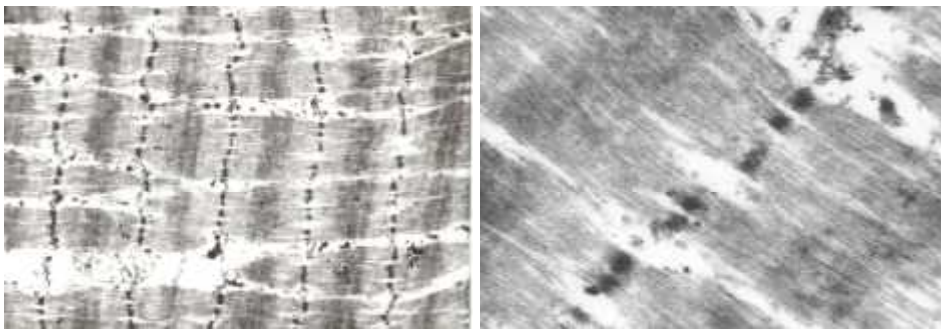
d) 24 godziny od uboju ($\times 24000$)
24 hours after slaughter ($\times 24000$)

Rycina 1. Fotogramy mikrostruktury mięśnia *m. semimembranosus* w mikroskopii elektronowej (przekrój podłużny)



e) 48 godzin od uboju ($\times 10000$)
48 hours after slaughter ($\times 10000$)

f) 48 godzin od uboju ($\times 24000$)
48 hours after slaughter ($\times 24000$)



g) 72 godziny od uboju ($\times 10000$)
72 hours after slaughter ($\times 10000$)

h) 72 godziny od uboju ($\times 24000$)
72 hours after slaughter ($\times 24000$)

Figure 1. Microstructure of *semimembranosus* muscle in electron microscope (longitudinal section)

Tabela 3. Zdolność utrzymywania wody własnej przez nierozdrobnioną i rozdrobnioną tkankę mięśniową, $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ Table 3. Ability of ground and intact meat to hold its own water, $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$

Wskaźnik jakościowy Quality parameter	Czas od uboju, h Ageing time (hours <i>post mortem</i>)							
	4		24		48		72	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Zdolność utrzymywania wody własnej przez nierozdrobnioną tkankę mięśniową, $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ (próbki naciskane wzdłuż włókien) The ability of intact meat to hold its own water $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ (samples pressed longitudinally)	0,33	0,2	1,41	0,2	8,76	0,2	10,69	0,8
Zdolność utrzymywania wody własnej przez nierozdrobnioną tkankę mięśniową, $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ (próbki naciskane w poprzek włókien) The ability of intact meat to hold its own water, $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ (samples pressed laterally)	1,12	0,1	4,62	0,7	5,29	0,2	6,05	0,4
Zdolność utrzymywania wody własnej przez rozdrobnioną tkankę mięśniową, $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ The ability of ground meat to hold its own water, $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$	0,87	0,2	21,86	0,4	22,34	1,0	17,88	1,1

 \bar{x} Średnio SD odchylenie standardowe \bar{x} Mean SD standard deviation

strukturami w stanie przyżyciowym [Offer i in. 1989; Offer, Cousins 1992] z nieznacznie zmienionymi lub pozostającymi na poziomie przyżyciowym strukturami białkowymi w sarkomerze włókienka mięśniowego. W stanie *pre-rigor* struktura białek mięśniowych na poziomie sarkomeru jest rozluźniona i mięso bardzo dobrze chłonie i utrzymuje wodę własną. Zjawisko to obserwujemy przy analizie właściwości technologicznych tkanki mięśniowej bezpośrednio po uboju (tab. 3). Na tym etapie przemian zdolność utrzymywania wody własnej przez nierozdrobnioną tkankę mięśniową przy sile działającej wzdłuż włókien była bardzo wysoka i wynosiła $0,33 \text{ cm}^2 \text{g}^{-1}$. Mniejszą zdolność utrzymywania wody własnej wykazywały próby mięsa rozdrobnionego ($0,87 \text{ cm}^2 \text{g}^{-1}$) i nierozdrobnionego, gdy siła nacisku działała w poprzek włókien mięśniowych ($1,12 \text{ cm}^2 \text{g}^{-1}$). Na fotogramach mikrostruktury obserwowane są wszystkie typowe elementy budowy sarkomeru, rozluźnienie białek miofibrilarnych widoczne jest głównie w pasmie anizotropowym (ryc. 1a i b). Obserwujemy dobrze widoczne grube pasmo białek miozyny z napęcznieniem poszczególnych włókien.

Etap największych przemian struktury i właściwości technologicznych to okres 24 i 48 godzin od uboju. Można sądzić, że mięso wchodzi w stan *rigor*

mortis, w którym następuje zacieśnienie rozluźnionej struktury białek w tkance. Przedstawione fotogramy wskazują na to, że w strukturze sarkomeru zaszły istotne zmiany, obserwowane szczególnie po 48 godz. od uboju (ryc. 1e i f). Nastąpiło skrócenie linii Z, a część środkowa (w pasmie M) sarkomeru uległa rozszerzeniu. Zwiększyły się przestrzenie między sarkomerami, szczególnie w pobliżu linii Z. Na podstawie otrzymanych wyników oznaczeń wodochłonności (tab. 2) i zdolności utrzymywania wody własnej (tab. 3) można przypuszczać, że część wody ze struktur białkowych uległa przemieszczeniu między wiązki miofibryli, a one same mają mniejszą zdolność chłonięcia wody. Oznaczenia wodochłonności, wykonane po 24 godzinach od uboju, dowodzą, że na tym etapie przemian poubojowych badane mięso nie wykazywało zdolności przyjmowania wody obcej i cechowało się znacznym ubytkiem wody własnej (wodochłonność wynosiła -33,45%). Po 24 godz. od uboju, mimo że nie obserwuje się jeszcze istotnych zmian struktury (ryc. 1c i d), co może wynikać z metody przygotowania preparatów, otrzymane wyniki właściwości technologicznych świadczą o tym, że mięso wchodzi w stan *rigor mortis*. Obrazy mikrostruktury tkanki mięśniowej (ryc. 1g i h) po 72 godzinach od uboju wskazują na zmniejszenie wolnych przestrzeni między sarkomerami w porównaniu z obrazem tkanki po 48 godzinach od uboju (ryc. 1e i f). Sugeruje to ustępowanie stanu stężenia poubojowego i włączenie uprzednio wyciśniętej wody w struktury miofibryli. Świadczy o tym również znaczący (w porównaniu ze stanem po 24 godzinach od uboju) wzrost wodochłonności mięsa (tab. 1) od -12,09% w drugiej do 3,22% w trzeciej dobie od uboju. To zjawisko potwierdza ustępowanie stanu *rigor mortis*.

Wyniki oznaczeń zdolności utrzymywania wody własnej (tab. 3) wykazują znaczące zróżnicowanie w zależności od kierunku siły działającej na włókna mięśniowe. Oddziaływanie w poprzek włókien mięśniowych umożliwia wyciśnięcie wody ze struktury miofibryli, a oddziaływanie prostopadłe uwalnia wodę zawartą w przestrzeniach między pęczkami włókienek mięśniowych. W prowadzonych badaniach po 48 godzinach od uboju obserwowano ubytek znacznych ilości wody z przestrzeni pozakomórkowych (zdolność utrzymywania wody wynosiła $8,76 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$), mniejszy wyciek obserwowano ze struktur miofibryli ($5,29 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$). Natomiast po 72 godzinach od uboju relacje zdolności utrzymywania wody własnej ulegają zmianie. Na tym etapie przemian poubojowych ubytki wody własnej z przestrzeni pozakomórkowych były znacznie większe ($10,69 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$) w porównaniu z ubytkami zaobserwowanymi przy oznaczeniach wykonywanych w poprzek włókien mięśniowych ($6,05 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$).

Interesujące wyniki przemian wodochłonności można zaobserwować przy mechanicznym zniszczeniu struktur tkankowo-białkowych (rozdrabnianie).

Spowodowało to zmianę zdolności utrzymywania i chłonięcia wody w porównaniu z nierozdrobnioną tkanką (tab. 3). Najmniejszą zdolnością utrzymywania wody własnej cechowało się mięso rozdrobnione po 48 godzinach od uboju ($22,34 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$). W trzeciej dobie od uboju badane próby charakteryzował również duży ubytek wody własnej, zdolność utrzymywania wody kształtowała się na poziomie $6,05\text{--}17,88 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$. Wyniki badań wodochłonności znalazły potwierdzenie w ilościach ubytków chłodniczych. Największe ubytki masy mięsa w postaci wycieku chłodniczego (tab. 4) obserwowano w drugiej dobie od uboju, średni ubytek wynosił około 1,9%. W kolejnej dobie ubytki masy kształtowały się na poziomie 1,7%.

Tabela 4. Ilość wycieku chłodniczego podczas chłodniczego przechowywania, %

Table 4. Chilling loss while ageing, %

	Czas od uboju, h Ageing time (hours <i>post mortem</i>)					
	24		48		72	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Wyciek chłodniczy Chilling loss during ageing %	0,54	0,1	1,89	0,2	1,69	0,3

\bar{x} Średnio SD odchylenie standardowe

\bar{x} Mean SD standard deviation

Otrzymane wyniki badań wskazują na to, że mięso wołowe pozyskane z krajowego bydła o użytkowaniu mleczno-mięsnym, będące przedmiotem badań, cechuje się podobnym przebiegiem przemian poubojowych, jak mięso bydła ras mięsnych [Offer i in. 1989; Offer, Cousins 1992; den Hertog-Meischke i in. 1997]. Stan *rigor mortis* obserwujemy w czasie pomiędzy 24–48 godzin od uboju. Wzrost wodochłonności i mniejsze ubytki chłodnicze w trzeciej dobie od uboju sugerują stopniowe ustępowanie stanu stężenia pośmiertnego. Mechaniczne zniszczenie struktury tkanki mięśniowej poprzez jej rozdrobnienie wywołuje zmianę jej zdolności do utrzymywania wody własnej w porównaniu z nierozdrobnionymi próbkami mięsa. Ma to szczególne znaczenie z punktu widzenia specyfiki przetwórstwa mięsa, gdyż znaczną część przetwarzanego mięsa wołowego stanowią wędliny o bardzo różnym stopniu rozdrobnienia. W przetwórstwie mięsa wodę rozpatruje się nie tylko jako naturalny, dominujący składnik tkanki mięśniowej, lecz również jako substancję dodawaną w procesie przetwórczym i wpływającą na wydajność procesów przetwórczych, a w konsekwencji na cechy reologiczne gotowych wyrobów. Poprawie właściwości tech-

nologicznych (w tym zdolności wiązania i utrzymywania wody) w okresie, gdy dopiero rozpoczyna się stopniowy wzrost stopnia uwodnienia mięsa (w okresie 48–72 godzin od uboju), może sprzyjać stosowanie fizycznych metod przyspieszających osiągnięcie przez mięso pożądaných cech technologicznych: oddziaływania mechanicznego [Tyszkiewicz, Kłossowska 1997], stosowania wysokich ciśnień, prądu elektrycznego [den Hertog-Meischke i in. [1997], wibracji i ultradźwięków [Dolatowski 1999].

WNIOSKI

1. Otrzymane wyniki badań świadczą o tym, że mięso młodego bydła rzeźnego rasy nizinnej czarno-białej zachowuje się podczas przemian poubojowych podobnie jak mięso ras mięsnych opisywanych w literaturze problemu przemian biochemiczno-strukturalnych i kształtowania kruchości. Badania wykazały, że mięso młodego bydła rzeźnego po 72 godzinach od uboju uzyskuje odpowiednie właściwości technologiczne do przetwórstwa i kulinarnego wykorzystania.

2. Przeprowadzone badania i ocena statystyczna wyników wykazała, że mięso bydła badanej rasy, pozyskiwane od różnych hodowców, ma zbliżone właściwości technologiczne po uboju przy uwzględnieniu odpowiedniego wieku i masy pozyskiwanego żywca rzeźnego.

PIŚMIENICTWO

- den Hertog-Meischke M.J.A., Smulders F.J.M., van Logtestijn J.G., van Knapen F. 1997. The effect of electrical stimulation on the water-holding capacity and protein denaturation of two bovine muscles. *J. Animal Sci.* 75, 118–124.
- Dolatowski Z.J. 1999. Wpływ obróbki ultradźwiękami o niskiej częstotliwości na strukturę i cechy jakościowe mięsa. *Rozprawy naukowe AR w Lublinie*, 221.
- Grau R., Hamm R. 1953. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. *Naturwiss.* 40, 29–30.
- Kristensen L., Purslow P.P. 2001. The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: role of cytoskeletal proteins. *Meat Sci.* 58, 17–23.
- Lesiów T., Ockerman H.W. 1999. Functional and sensory attributes of SM and LM bull muscles of normal pH values depending on time of aging. *Polish J. Food Nutr. Sci.* 8/49, 3, 61–70.
- O'Halloran G.R., Troy D.J., Buckley D.J. 1997. The relationship between early *post mortem* pH and the tenderisation of beef muscles. *Meat Sci.* 45, 239–251.
- Offer G., Cousins T. 1992. The mechanism of drip production: formation of two compartments of extracellular space in muscle post mortem. *J. Sci. Food Agric.* 58, 107–116.

-
- Offer G., Knight P., Jeacocke R., Almond R., Cousins T., Elsey J., Parsons N., Sharp A., Starr R., Purslow P. 1989. The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food Microstructure* 8, 151–170.
- Pospiech E., Grześ B., Łyczyński A., Borzuta K., Szalata M., Mikołajczak B. 2003. Muscle proteins and their changes in the process of meat tenderization. *Animal Science Papers and Reports* 21, Supplement 1, 133–151.
- Schäfer A., Rosenvold K., Purslow P.P., Andersen H.J., Henckel P. 2002. Physiological and structural events post mortem of importance for drip loss in pork. *Meat Sci.* 61, 355–366.
- Tyszkiewicz I., Kłossowska B.M. 1997. Mechanical tenderisation of pork meat: Protein and water release due to tissue damage. *J. Sci. Food Agric.* 73, 179–185.
- Warner R.D., Kauffman R.G., Greaser M.L. 1997. Muscle protein changes in relation to pork quality traits. *Meat Sci.* 45, 339–352.
- Wierbicki E., Tiede M.G., Burrell R.C. 1962. Die Bestimmung der Fleischquellung als Methode zur Untersuchung der Wasserbindungskapazität von Muskelproteinen mit geringen salthaltevermögen. *Fleischwirtschaft.* 10, 948–951.