

TADEUSZ SZMAŃKO, BEATA WASILEWSKA, WIOLETA DZIESZUK

## WPLYW WARUNKÓW OBRÓBKİ CIEPLNEJ ORAZ PRZECHOWYWANIA NA STRUKTURĘ POŁĘDWICY SOPOCKIEJ

### Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu warunków obróbki cieplnej połędwic w gorącym powietrzu, zróżnicowanej pod względem temperatury medium grzejnego (t.m.g.) oraz czasu ogrzewania (cz.o.), (I. wariant – t.m.g. 85°C, cz.o. 112 min; II. – t.m.g. 85°C i 75°C, cz.o. 180 min; III. – t.m.g. 90°C i 85°C, cz.o. 75 min), na strukturę przetworów, przechowywanych w formie peklowanych półproduktów (P) lub produktów finalnych (F), w temperaturze bliskiej krioskopowej (t.b.k. = -3°C) lub w stanie zamrożonym (-18°C), przez 6 tygodni.

Badania wykazały, że obróbka cieplna przeprowadzona w łagodnych warunkach (II) oraz przechowywanie w t.b.k. powodują minimalne zmiany struktury połędwic.

**Słowa kluczowe:** połędwica sopocka, obróbka cieplna, przechowywanie, struktura.

### Wstęp

Na strukturę przetworów mięsnych może mieć wpływ wiele czynników [3, 8, 12, 16, 21, 22]. Do najważniejszych należą obróbka cieplna i przechowywanie, szczególnie w stanie zamrożonym [21, 22]. Mało poznany jest również wpływ wielu nowych technologii przetwarzania i utrwalania na budowę histologiczną tkanki mięśniowej. Do takich niewątpliwie należy nowo kreowana technologia przechowywania mięsa i przetworów mięsnych w temperaturze bliskiej krioskopowej (t.b.k.) [1, 4, 6]. Technologia ta pierwotnie była stosowana podczas długotrwałego transportu tusz zwierząt rzeźnych [6, 9]. Obecnie czynione są próby wprowadzenia jej również w przechowalnictwie przetworów mięsnych [17, 18, 19, 20, 21, 22].

Ze względu na to, że budowa histologiczna przetworów mięsnych może mieć związek z wieloma ich wyróżnikami jakościowymi, w przedstawionych badaniach podjęto próbę oceny wpływu zróżnicowanych warunków obróbki cieplnej, jak również

przechowywania w **temperaturze bliskiej** krioskopowej oraz w stanie zamrożonym, na strukturę połowców **składowanych** w formie peklowanych półproduktów i przetworów finalnych.

### Material i metody badań

Surowcem do produkcji połowców sopockich były mięśnie: najdłuższy klatki piersiowej (*longissimus thoracis*) i najdłuższy lędźwi (*longissimus lumborum*) wykrawane z półtuszy wieprzowych świń rasy wielkiej białej polskiej, o masie przedubojowej około 110 kg, obu płci, w takiej samej ilości. Do badań pobierano mięśnie pozbawione wady wodnistości, o pH<sub>1</sub> (ustalonym 45 min po uboju) 6,2–6,3. Każdy mięsień dzielono na 3 części, które przeznaczano do produkcji połowców, różnych wariantów doświadczenia (tab. 1).

Tabela 1

Warianty doświadczenia.  
Variants of experiment.

Symbole wariantów Symbols of variants	Znaczenie Meaning
K I, KII, K III	Polędwice sopockie kontrolne (nieprzechowywane), odpowiednio I, II, III wariant obróbki cieplnej. Control, unstored pork loins, respectively Ist, IInd, IIIrd variant of heat treatment.
-3FI, -3FII, -3FIII	Polędwice sopockie przechowywane w formie produktów finalnych w temp. -3°C, odpowiednio I, II, III wariant obróbki cieplnej. Pork loins stored in the form of final product at the temp. of -3°C, respectively Ist, IInd, IIIrd variant of heat treatment.
-3PI, -3PII, -3PIII	Polędwice sopockie przechowywane w formie peklowanych półproduktów, w temp. -3°C, poddane wędzeniu i obróbce cieplnej po przechowywaniu, odpowiednio I, II, III wariant obróbki cieplnej. Pork loins stored as raw-cured products at the temp. of -3°C, next smoked and thermally treated, respectively Ist, IInd, IIIrd variant of heat treatment.
-18FI, -18FII, -18FIII	Polędwice sopockie przechowywane w formie produktów finalnych w temp. -18°C, odpowiednio I, II, III wariant obróbki cieplnej. Pork loins stored in the form of final product at the temp. of -18°C, respectively Ist, IInd, IIIrd variant of heat treatment.
-18PI, -18PII, -18PIII	Polędwice sopockie przechowywane w formie peklowanych półproduktów w temp. -18°C, następnie rozmrożone, poddane wędzeniu i obróbce cieplnej odpowiednio I, II, III wariant obróbki cieplnej. Pork loins stored as raw-cured products at the temp. of -18°C, next thawed, smoked and thermally treated, respectively Ist, IInd, IIIrd variant of heat treatment.

Mięsne peklowano, a następnie, przed lub po przechowywaniu wędzono i pieczono w trzech różnych zakresach temperatury (tab. 2). Wychłodzone wędzonki oraz peklowane półprodukty pakowano próżniowo w folię termokurczliwą cryovac i przechowywano w temp. bliskiej krioskopowej ( $-3^{\circ}\text{C}$ ) lub w stanie zamrożonym ( $-18^{\circ}\text{C}$ ), przez 6 tygodni (odpowiednio grupy doświadczalne -3F, -3P; -18F, -18P).

Po przechowywaniu połówce mrożone ( $-18\text{F}$ ,  $-18\text{P}$ ) rozmrażano (w temp.  $-3^{\circ}\text{C}$ ), a peklowane półprodukty ( $-3\text{P}$ ,  $-18\text{P}$ ) poddawano wędzeniu i obróbce cieplnej (tab. 1)

Tabela 2

Warunki obróbki cieplnej.

The heat treatment conditions.

Wariant Variant	Etap Stage	Średni czas trwania obróbki cieplnej Middle time of heat treatment
I	1 Pieczenie połówce w powietrzu o temp. $85^{\circ}\text{C}$ do momentu osiągnięcia temp. $68^{\circ}\text{C}$ w centrum geometrycznym przetworu. Roasting of pork loins in the air at $85^{\circ}\text{C}$ until the temperature rises to $68^{\circ}\text{C}$ at the geometrical centre of product.	112 min
II	1 Pieczenie połówce w powietrzu o temp. $85^{\circ}\text{C}$ do momentu uzyskania temp. $68^{\circ}\text{C}$ na głębokości 1 cm od powierzchni przetworu. Roasting of pork loins in the air at $85^{\circ}\text{C}$ until the temperature rises to $68^{\circ}\text{C}$ at the depth of 1 cm from the surface of the pork loin. 2 Obniżenie temp. powietrza w komorze wędzarniczej do temp. $75^{\circ}\text{C}$ i pieczenie do momentu uzyskania temp. $68^{\circ}\text{C}$ w centrum geometrycznym przetworu. Lowering of air temperature in the smoking chamber to $75^{\circ}\text{C}$ and roasting until the temperature rises to $68^{\circ}\text{C}$ at the geometrical centre of product.	180 min
III	1 Pieczenie połówce w powietrzu o temp. $90^{\circ}\text{C}$ do momentu uzyskania temp. $68^{\circ}\text{C}$ na głębokości 1 cm od powierzchni połówce. Roasting of pork loins in the air at $90^{\circ}\text{C}$ until the temperature rises to $68^{\circ}\text{C}$ at the depth of 1 cm from the surface of pork loin. 2 Obniżenie temp. powietrza w komorze wędzarniczej do temp. $85^{\circ}\text{C}$ i kontynuowanie pieczenia do momentu osiągnięcia temp. $68^{\circ}\text{C}$ w centrum geometrycznym przetworu. Lowering of air temperature in the smoking chamber to $85^{\circ}\text{C}$ and continuation of roasting until the temperature rises to $68^{\circ}\text{C}$ at the geometrical centre of product.	75 min

oraz wychłodzeniu. Badano przetwory wychłodzone, po zakończonym procesie produkcyjnym (K, -3P, -18P) oraz wyroby po przechowywaniu (-3F), jak również po przechowywaniu i rozmrożeniu (-18 F).

Ogółem materiał badawczy stanowiło 90 polędwic. Wykonano po sześć powtórzeń w każdej grupie eksperymentalnej.

Badania obejmowały:

- oznaczenie indeksu miofibrylarnej fragmentacji (MFI) [11],
- ocenę zmian w budowie histologicznej tkanki mięśniowej i łącznej (śródmięsnej – endomysium i omięsnej wewnętrznej – perimysium) doświadczalnych polędwic, w oparciu o analizę trwałych preparatów histologicznych wykonanych zgodnie z ogólnie przyjętą procedurą histologiczną [2],
- pomiary histometryczne odległości pomiędzy pęczkami i włóknami mięśniowymi, średnicy włókien mięśniowych oraz liczby pęknięć poprzecznych włókien, występujących na jednostce długości. W obrębie każdej wędzonki, w poszczególnych grupach doświadczalnych, wykonano po 100 pomiarów histometrycznych reprezentatywnych preparatów. Pomiary wykonywano za pomocą okularu z wyskalowaną podziałką.

Analizę statystyczną wyników (odchylenie standardowe, analiza wariancji), przeprowadzono w oparciu o program statystyczny Statgraph. Istotność różnic między średnimi określono przy  $p \leq 0,05$  w oparciu o najmniejszą istotną różnicę (NIR).

## Wyniki i dyskusja

Przechowywanie przetworów finalnych (-3F, -18F), jak również peklowanych półproduktów (-3P, -18P), których obróbka cieplna była przeprowadzana po składowaniu, sprzyjało zwiększonej fragmentacji miofibryli (MFI) (tab. 3). Wielu autorów potwierdza, że przechowywanie mięsa i przetworów mięsnych powoduje progresywny wzrost wartości MFI [5, 11].

Największą wartość MFI doświadczalnych wędzonek, ogrzewanych w identycznych warunkach, stwierdzono w polędwicach magazynowanych w formie peklowanych półproduktów, zarówno w t.b.k. (-3P), jak również w stanie zamrożonym (-18P). Wędzonki grup doświadczalnych -3P i -18P, I i III wariantu obróbki cieplnej pod względem omawianego wyróżnika różniły się statystycznie istotnie w porównaniu z próbami kontrolnymi (tab. 3). Uzyskane wyniki wskazują, że przechowywanie polędwic w formie peklowanych półproduktów sprzyjało poprawie ich kruchości, (przyjmując, że wartość wskaźnika MFI jest dodatnio skorelowana z tym wyróżnikiem sensorycznym) [5, 11].

Destrukcyjny wpływ na miofibryle miało również wydłużenie czasu ogrzewania polędwic. Największe wartości wskaźnika MFI oznaczono w wędzonkach II wariantu

Tabela 3

Wartości pomiarów histometrycznych tkanki mięśniowej doświadczalnych połędwic (n = 600).

The values of histological measurement of muscle tissue of experimental pork loin (n = 600).

Parametr Parameter	Wariant obróbki cieplnej Thermal treatment	Grupy doświadczalne/Experimental groups					
		K	-3F	-3P	-18F	-18P	
MFI	I	X	4,46a*A**	5,40aAB	5,73aB	5,23aAB	5,56aB
		Sd	0,45	0,52	1,02	0,97	0,94
	II	X	6,06bA	6,30bAB	6,50aAB	5,73aA	7,33bB
		Sd	0,80	0,81	0,98	0,96	1,16
	III	X	4,40aA	5,16aA	5,66aB	5,20aAB	5,53aB
		Sd	0,47	0,79	1,03	0,83	0,40
Odległości pomiędzy pęczkami włókien ( $\mu\text{m}$ ) Distance between fibres bundles ( $\mu\text{m}$ )	I	X	30,65bA	30,32bA	27,72bA	161,69bC	54,52aB
		Sd	1,18	1,64	1,32	13,35	2,68
	II	X	26,02aA	27,60aA	27,19bA	129,43aC	52,78aB
		Sd	1,34	1,58	2,70	4,35	1,86
	III	X	30,56bB	30,21bB	20,79aA	202,60cD	95,97bC
		Sd	1,83	1,80	1,64	14,83	4,49
Średnica włókien ( $\mu\text{m}$ ) Fibres diameter ( $\mu\text{m}$ )	I	X	60,5aA	61,1bA	61,3aA	66,2bB	61,2aA
		Sd	1,9	5,3	3,3	4,2	4,0
	II	X	60,1aA	61,0bA	61,8aA	65,0bB	61,8aA
		Sd	2,4	3,6	4,5	3,4	3,9
	III	X	58,4aA	58,1aA	60,1aA	62,6aB	60,8aA
		Sd	3,6	4,3	3,5	3,6	3,9
Odległość między włóknami ( $\mu\text{m}$ ) Distance between fibres ( $\mu\text{m}$ )	I	X	17,45bC	9,19bA	22,32bD	5,99bA	14,92aC
		Sd	1,6	2,4	2,3	4,5	3,7
	II	X	12,75aB	8,33aA	14,92aA	10,26cA	13,19aB
		Sd	2,5	2,4	3,7	3,6	4,3
	III	X	15,59bB	12,13bB	19,51bC	1,59aA	21,58bC
		Sd	1,9	2,5	2,6	3,7	3,0
Odległość pomiędzy pęknięciami włókien ( $\mu\text{m}$ ) Distance between frac- tures of fibres ( $\mu\text{m}$ )	I	X	> 500	364	46	> 500	179
	II	X	> 500	302	28	> 500	142
	III	X	> 500	426	135	> 500	219

\* Wartości średnie w tej samej kolumnie oznaczone różnymi małymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$ .

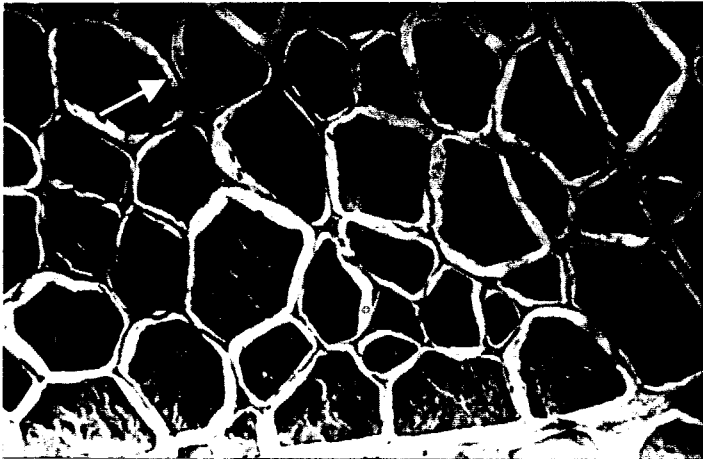
Means in the some column followed by different small letters are significantly differentiated at  $p \leq 0,05$ .

\*\* Wartości średnie w sąsiednich kolumnach na tym samym poziomie, oznaczone różnymi dużymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$ .

Means in neighbouring columns on the same level followed by different capital letters are significantly differentiated at  $p \leq 0,05$ .

obróbki cieplnej, których czas pasteryzacji do założonej temperatury w centrum geometrycznym (68°C) trwał najdłużej. Dwukrotnie dłuższy czas pieczenia wędlin II wariantu obróbki cieplnej w porównaniu z przetworami III grupy doświadczalnej powodował zwiększenie wartości MFI nawet o 1,8 jednostki. Korzystny wpływ powolnego ogrzewania na wyróżniki technologiczne przetworów mięsnych jest w piśmiennictwie źródłowym powszechnie odnotowywany [7, 12, 13, 23].

Budowę histologiczną przechowywanych wędzonek porównano ze strukturą wyrobów kontrolnych (K). Ich budowę charakteryzowały stosunkowo niewielkie zmiany. Do najważniejszych można zaliczyć zwiększenie odległości pomiędzy włóknami i pęczkami włókien mięśniowych. Zmiany te były konsekwencją przeprowadzonej obróbki cieplnej. Tkanka mięśniowa w wędzonkach kontrolnych charakteryzowała się zwartą budową i dobrze zachowanym endomysium, (fot. 1).

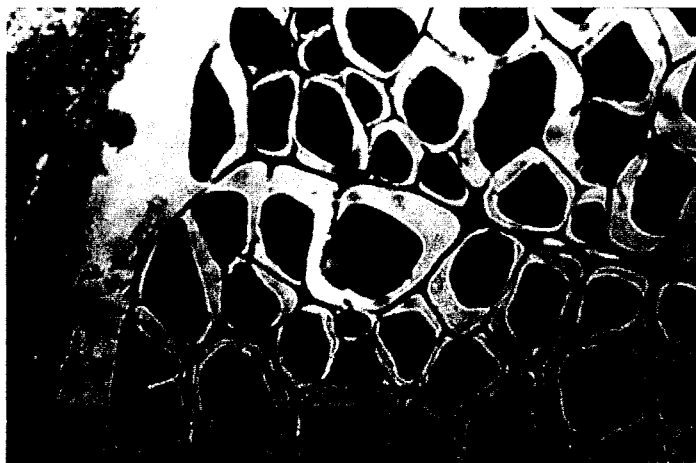


Fot. 1. Obraz histologiczny poledwicy sopockiej nieprzechowywanej, KII. x 270. Strzałka wskazuje endomysium.

Fot. 1. The histological picture of unaged pork loin, KII. x 270. The arrow indicates endomysium.

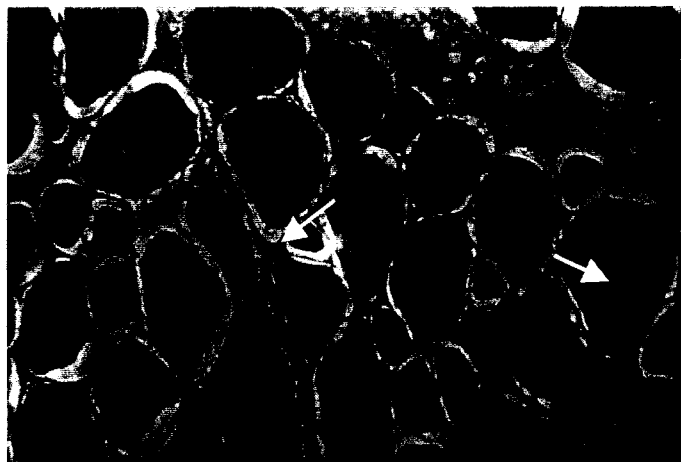
Przestrzenie między pęczkami włókien i pomiędzy włóknami mięśniowymi w obrębie przetworów I i III wariantu obróbki cieplnej cechowały zróżnicowane odległości, spowodowane uszkodzeniem śródmięśniowej tkanki łącznej, która prawdopodobnie dzięki temu, że zachowała pasywne właściwości mechaniczne, powodowała przemieszczanie włókien mięśniowych w miejscu uszkodzenia endomysium (fot. 2). Poledwice ogrzewane w temp. 85 i 75°C, których obróbka cieplna trwała najdłużej (-3F II), po przechowywaniu cechowało, w porównaniu z wyrobami również składowanymi pozostałych wariantów ogrzewania (I i III), mniejsze zaawansowanie zmian morfologicznych (fot. 3). Ich dobrze zachowana budowa w porównaniu ze strukturą przetworów I i III grupy doświadczalnej stwarzała warunki sprzyjające wysokiej zdolności

utrzymywania wody [22]. W tkance mięśniowej przetworów III wariantu obróbki cieplnej, do których zastosowano najbardziej drastyczne warunki ogrzewania (90 i 85°C), endomysium w znacznym stopniu było uszkodzone, a w obrębie perimysium występowały miejsca o budowie ziarnistej i amorficznej (fot. 4).



Fot. 2. Obraz histologiczny poledwicy sopockiej nieprzechowywanej, KIII. x 270.

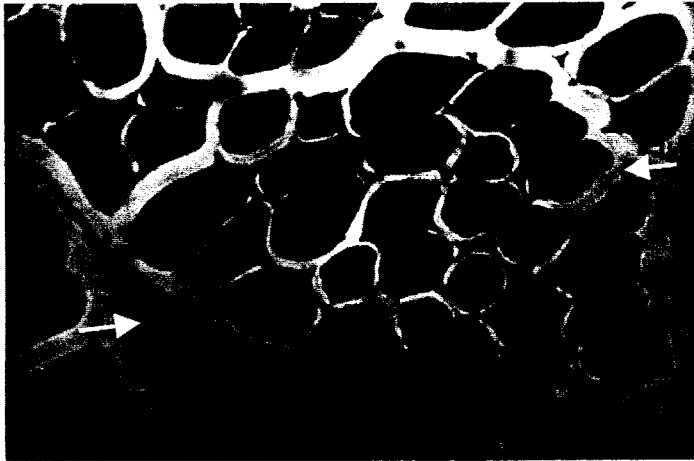
Fot. 2. The histological picture of unstored pork loin, KIII . x 270.



Fot. 3. Obraz histologiczny poledwicy sopockiej, -3FII, x 270. Strzałka I wskazuje endomysium. Strzałka II wskazuje pęknięcie włókna mięśniowego.

Fot. 3. The histological picture of pork loin, -3FII, x 270. Arrow No. I indicates endomysium. Arrow No. II indicates the fracture of fibre muscle.

W wędzonkach przechowywanych, I i III wariantu obróbki cieplnej, pieczonych przed składowaniem (-3F), obserwowano dezorganizację lokalizacji włókien w obrębie pęczków mięśniowych (fot. 4). Powyższe zmiany, które były prawdopodobnie konsekwencją drastycznych warunków obróbki cieplnej (wysokie temperatury i krótki czas ogrzewania), powodowały, że endomysium w różnym stopniu ulegało termohydrolyzie i w rezultacie te jego fragmenty, które zachowały budowę włóknistą, dzięki pasywnym właściwościom mechanicznym i prawdopodobnie utrzymującemu się zespoleniu z włóknami mięśniowymi, powodowały przesunięcie połączonych z endomysium włókien mięśniowych w stronę tych jego fragmentów (endomysium), które charakteryzowała dobrze zachowana budowa włóknista [14, 15, 21].



Fot. 4. Obraz histologiczny połówdwy sopockiej, -3FIII, x 270. Strzałka I wskazuje amorficzną budowę perimysium. Strzałka II wskazuje uszkodzony pęczek.

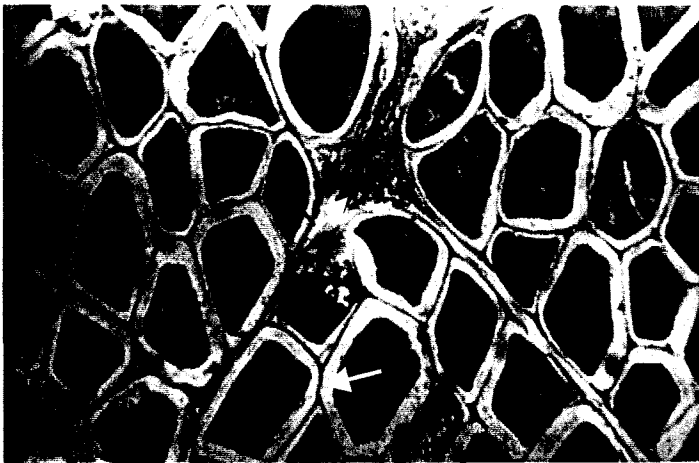
Fot. 4. The histological picture of pork loin, -3FIII, x 270. Arrow No. I indicates amorphous perimysium. Arrow No. II indicates a damaged bundle.

Połówdwy II wariantu obróbki cieplnej charakteryzowały się mniejszą, w porównaniu z przetworami pozostałych grup doświadczalnych, szerokością wolnych przestrzeni pomiędzy pęczkami i włóknami mięśniowymi (tab. 3). We włóknach mięśniowych tych przetworów obserwowano jedynie pojedyncze pęknięcia podłużne i poprzeczne (fot. 3).

Budowę histologiczną tkanki mięśniowej połówdwy przechowywanych w formie peklowanych półproduktów w temp. bliskiej krioskopowej (-3P), cechowały bardziej zaawansowane zmiany w porównaniu ze strukturą wędzonek grupy kontrolnej oraz -3F i -18P. Zmiany te wyrażały się m.in. liczniejszymi pęknięciami poprzecznymi włókien mięśniowych (tab. 3). Przechowywanie przetworów w formie peklowanych półproduktów w temp. -3°C spowodowało powiększenie przestrzeni między włóknami



mięśniowymi, nawet o 13  $\mu\text{m}$ , w porównaniu z wartością tego parametru histometrycznego oznaczoną w wędzoncek przechowywanych w tej samej temp. ( $-3^{\circ}\text{C}$ ) w formie produktów finalnych (tab. 3). Cechą charakterystyczną obrazów histologicznych przetworów wyprodukowanych z peklowanych półproduktów przechowywanych w temp.  $-3^{\circ}\text{C}$ , obok licznych pęknięć poprzecznych włókien mięśniowych, były także zmiany perimysium i endomysium. W obrębie tkanki łącznej obserwowano strukturę ziarnistą, odpowiednio, na powierzchni około 73 i 47% pól widzenia (fot. 5). Ponadto w budowie histologicznej tkanki mięśniowej wędzonek omawianej grupy doświadczalnej (-3P) występowały pojedyncze pęknięcia podłużne włókien. Pomimo opisanych zmian histologicznych tkanki mięśniowej i łącznej połówiec grupy doświadczalnej -3P, nie stwierdzono istotnej dezorganizacji w budowie tych tkanek (fot. 5). Można sądzić, że w połówciach przechowywanych w temp.  $-3^{\circ}\text{C}$  w formie peklowanego półproduktu, endomysium utraciło swoje pasywne właściwości mechaniczne lub nastąpiło osłabienie jego połączenia z włóknami mięśniowymi.



Fot. 5. Obraz histologiczny połówci sopockiej, -3P, x 270. Strzałka I wskazuje ziarnistą budowę perimysium. Strzałka II wskazuje włóknistą budowę endomysium.

Fot. 5. The histological picture of pork loin, -3P, x 270. Arrow No. I indicates granular perimysium. Arrow No. II indicates fibrous endomysium.

Największe nasilenie niepożądanych zmian przechowalniczych w budowie tkanki mięśniowej stwierdzono w połówciach przechowywanych w stanie zamrożonym, w formie produktu finalnego ( $-18^{\circ}\text{F}$ ) (fot. 6). Wyniki te są zgodne z wcześniejszymi badaniami [16, 22]. Tkanka mięśniowa tych przetworów wykazywała liczne uszkodzenia przez kryształy lodu, które występowały zarówno w przestrzeniach między pęczkami włókien, jak również wewnątrz oraz pomiędzy włóknami mięśniowymi. Kryształy te powodowały deformację pęczków włókien, miejscami występujące silne zespolenie

włókien oraz zanik wolnych przestrzeni pomiędzy włóknami, charakterystycznych dla tkanki mięśniowej poddanej obróbce cieplnej. Równocześnie obserwowano zwiększenie przestrzeni między pęczkami włókien, sięgające nawet ponad 200  $\mu\text{m}$  szerokości (fot. 6). Z wcześniejszych badań wynika, że wyżej opisane zmiany powodują pogorszenie zdolności utrzymywania wody w wędzonkach [16, 22].



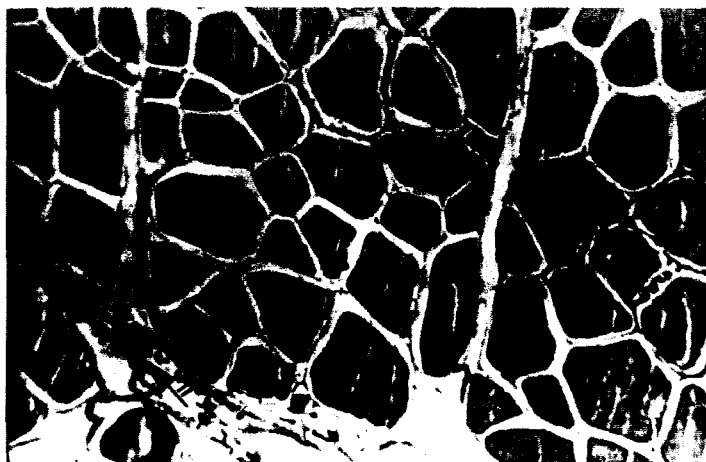
Fot. 6. Obraz histologiczny polędwicy sopockiej, -18FII, x 270. Strzałka I wskazuje uszkodzone perimysium. Strzałka II wskazuje zdeformowane włókno mięśniowe. Strzałka III wskazuje zlepione włókna mięśniowe.

Fot. 6. The histological picture of pork loin, -18FII, x 270. Arrow No. I indicates damaged perimysium. Arrow No. II indicates a deformed muscle fiber. Arrow No. III indicates fibers which are pressed together.

Perimysium i endomysium przetworów grupy doświadczalnej -18F charakteryzowała głównie budowa włóknista i amorficzna. Były one uszkodzone przez kryształy lodu powstające w przestrzeniach wewnątrz- i zewnątrzkomórkowych. Włókna mięśniowe ściśnięte przez lód tworzący się w przestrzeniach między pęczkami, na przekrojach poprzecznych stwarzały wrażenie „grubowłóknistości” mięśnia (fot. 6). Poszczególne włókna w wyniku licznych pęknięć podłużnych charakteryzowała większa grubość w porównaniu z ww. elementami struktury przetworów przechowywanych innych wariantów. Bez względu na przyjęte warunki obróbki cieplnej, wędzonki składowane w temp.  $-18^{\circ}\text{C}$  cechowała podobna budowa. Zaobserwowane zmiany struktury histologicznej wyrobów magazynowanych w stanie zamrożonym są zgodne z wynikami badań innych autorów [10, 16, 21, 22].

Wędzonki wyprodukowane z polędwic przechowywanych w stanie zamrożonym w formie peklowanych półproduktów odznaczały się dobrze zachowanym układem pęczków włókien mięśniowych, jednak w obrębie włókien obserwowano nieliczne

pęknięcia podłużne (fot. 7). Omięsną wewnętrzną (perimysium) charakteryzowała budowa włóknista z wyraźnymi śladami ziarnistości. Procentowy udział perimysium o budowie ziarnistej zwiększał się wraz z wydłużeniem czasu obróbki cieplnej połówki. Cechą specyficzną budowy tkanki mięśniowej przetworów tej grupy doświadczalnej były, powiększone przez tworzące się kryształy lodu, przestrzenie między pęczkami włókien, jednak były one mniejsze od występujących w przetworach grupy doświadczalnej -18F.



Fot. 7. Obraz histologiczny połówki sopockiej, -18PII, x 270. Strzałka I wskazuje pęknięte włókno mięśniowe. Strzałka II wskazuje ziarnistą budowę perimysium.

Fot. 7. The histological picture of pork loin, -18PII, x 270. Arrow No. I indicates the fracture of fibre muscle. Arrow No. II indicates granular perimysium.

W wyrobach grupy -18P szerokość przestrzeni między pęczkami włókien i między włóknami zwiększała się wraz ze wzrostem temperatury obróbki cieplnej, przyjmując w przetworach grup doświadczalnych II, I, III odpowiednio odległości około 53, 55 i 96  $\mu\text{m}$  (pomiędzy pęczkami włókien) oraz około 13, 15 i 22  $\mu\text{m}$  (między włóknami), (tab. 3). Częstotliwość występowania pęknięć poprzecznych włókien mięśniowych, niezależnie od sposobu przechowywania przetworów, była tym mniejsza im dłużej trwała obróbka cieplna. W miarę wydłużania czasu ogrzewania, w wyrobach wariantów doświadczalnych III (75 min), I (112 min) i II (180 min) średnia liczba pęknięć poprzecznych na jednostce długości włókien zmniejszała się, występowały one odpowiednio co 426 (III), 364 (I) i co 302  $\mu\text{m}$  (II).

Warunki obróbki cieplnej zastosowane w I wariantcie doświadczenia powodowały stosunkowo niewielkie zmiany budowy tkanki łącznej (omięsnej wewnętrznej i śródmięsnej), w przetworach grup doświadczalnych -18F i -18P. Około 80% tkanki charakteryzowała budowa włóknista. W połówkach pieczonych w temp. 85 i 75°C (II), przechowywanych w stanie zamrożonym, perimysium charakteryzowało się

przechowywanych w stanie zamrożonym, perimysium charakteryzowało się głównie budową włóknistą, z nieznacznym udziałem struktury amorficznej i śladami budowy ziarnistej.

Badania wykazały, że najmniejsze zmiany w budowie tkanki mięśniowej powodowały warunki obróbki cieplnej zastosowane w II wariantcie doświadczalnym, natomiast najmniejszą destrukcję tkanki łącznej niezależnie od zastosowanych wariantów obróbki cieplnej zaobserwowano w polędwicach przechowywanych w formie peklowanych półproduktów (-3P, -18P). Tkanka mięśniowa tych wyrobów odznaczała się jednak znaczną fragmentacją miofibrili.

Zastosowane czynniki doświadczalne nie wywarły wpływu na średnicę włókien mięśniowych, była ona wyrównana i wynosiła około 60  $\mu\text{m}$ . Pewne jej zróżnicowanie najprawdopodobniej było spowodowane zmiennością osobniczą, a także destrukcyjnym oddziaływaniem warunków zamrażalniczych, m.in. ściśnięciem i deformacją włókien mięśniowych (fot. 6).

## Wnioski

1. Łagodne warunki obróbki cieplnej polędwic (niska temperatura, wydłużony czas ogrzewania), przeprowadzonej zarówno przed ich przechowywaniem, jak również po składowaniu, sprzyjały nieznacznym zmianom struktury.
2. Wydłużony czas obróbki cieplnej oraz przechowywanie polędwic w formie peklowanych półproduktów powodowały zwiększoną fragmentację miofibrili.
3. Ze względu na minimalne zmiany struktury, przeznaczone do magazynowania przetwory mięsne powinny być przechowywane w t.b.k. ( $-3^{\circ}\text{C}$ ), natomiast peklowane półprodukty mogą być składowane zarówno w t.b.k., jak również w stanie zamrożonym.
4. Bez względu na zastosowane warunki obróbki cieplnej, przechowywanie przetworów mięsnych w stanie zamrożonym powoduje niepożądane zmiany ich struktury.

*Praca była finansowana ze środków KBN, w latach 2001–2003, jako projekt badawczy.*

## Literatura

- [1] Anon.: Transport of export chilled meat. Meat Research News Letter, CSIRO Division of Food Research Meat Research Laboratory. Brisbane, 1987, 1, 1.
- [2] Bagiński S.: Technika mikroskopowa. PWN, Warszawa 1975.
- [3] Bernal V.M., Stanley D.W.: Effect of cooking temperature on the fracture behaviour of pre-rigor bovine *sternomandibularis muscle*. Can. Inst. Food Sci. Technol. J., 1987, 20, (1), 56.
- [4] Eustace I.J., Bill B.A.: Investigation of temperature minima for the storage of chilled meat. Proc. 34th ICoMST, Brisbane, 1988, p. 228.

- [5] Gerelt B., Ikeuchi Y., Suzuki A.: Meat tenderization by proteolytic enzymes after osmotic dehydration. *Meat Sci.*, 2000, **56**, 311.
- [6] Gill C.O. Effect of temperatures during distribution on meat storage life. *Meat Focus Int.*, 1993, **9**, 399.
- [7] Hsiu-Lan Guo, Ming-Tsao Chen.: Effects of cooking time on chemical and rheological properties in the marinated and spiced pork shank. 42nd ICoMST, D-18, 1996, p. 164.
- [8] Katsaras K., Peetz P.: Morphological changes in dark cutting beef when heated. *Fleischwirtschaft*, 1990, **70** (1), 68.
- [9] Lowry P.D., Gill C.O.: Microbiological considerations in cold storage of meat. Proc. I. I. R, Conf. D<sub>3</sub>. Hamilton. New Zealand. 1982, **1**, 93.
- [10] Ngapo T.M., Reynolds I.H.B., Mawson R.F.: Freezing rate and frozen storage effects on the ultrastructure of samples of pork. *Meat Sci.*, 1999, **53**, 159.
- [11] Olson D.G., Parrish F.C., Stromer M.H.: Myofibril fragmentation and shear resistance of three muscles during postmortem storage. *J. Food Sci.*, 1976, **41**, 1036.
- [12] Palka K.: Zmiany w mikrostrukturze i teksturze mięśni bydłych podczas dojrzewania poubojowego i ogrzewania. *Zesz. Nauk. AR im. H. Kołłątaja w Krakowie*, 2000, **270**, 1.
- [13] Pospiech E., Domagała A., Kałuża E., Stefańska D.: Wpływ ogrzewania na rozgotowalność kolagenu mięsa. *Rocz. AR Poznań CCLXX, Technol. Żywn.*, 1995, **19** (1), 87.
- [14] Purslow P.P.: Strain-included reorientation of an intramuscular connective tissue network: implications for passive muscle elasticity. *J. Biomech.*, 1989, **22** (1), 21.
- [15] Silva T.J.P., Orcutt M.W., Forrest J.C., Bracker C.E., Judge M.D.: Effect of heating rate on shortening, ultrastructure, and fracture behavior of prerigor beef muscle. *Meat Sci.*, 1993, **33**, 1.
- [16] Szmańko T.: Wpływ przechowywania w stanie zamrożonym szynki wieprzowych nie puszkowanych na wybrane parametry fizykochemiczne, obraz histologiczny oraz poziom lotnych N-nitrozoamin. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Technol. Żywn.*, III, 1984, **149**, 23.
- [17] Szmańko T., Duda Z., Ogonowska D.: The quality of uncanned ham as influenced by long-term storage at cryoscopic temperature. Recent advances and developments in the refrigeration of meat by chilling. International Institute of Refrigeration. Bristol, Commission C 2, 1986, p. 329.
- [18] Szmańko T., Duda Z., Kajdan L., Kubis B.: Storage of selected sort of processed meat product at cryoscopic temperature - an attempt at energy conservation. Changes in proteins, amino acids balance and in vitro digestibility of cured smoked raw pork-loin. *Acta Aliment. Pol.*, 1988, **2**, 145.
- [19] Szmańko T., Duda Z., Kuba J.: Changes of selected quality parameters of cured, smoked raw pork-loin during storage at near cryoscopic temperature, 36th ICoMST, Cuba Havana III, 1990, p. 819.
- [20] Szmańko T., Sieniowski S.: Gefrierlagerung von geräucherten Schweinefleisch. Veränderungen der Sarkoplasmaproteine und ausgewählter physikalisch-chemischer Eigenschaften bei Lagerung in Gefrierpunktnähe. *Fleischwirtschaft*, 1991, **71/11**, 1337.
- [21] Szmańko T., Honikel K.O., Hofmann K.: Changes in histological structure and physicochemical properties of raw, cured, smoked pork loins resulting from freezing near cryoscopic temperature. *Die Nahrung* 1995, **39** (5/6), 432.
- [22] Szmańko T.: Ocena efektywności przechowywania wędzonek w temperaturze bliskiej krioskopowej oraz w stanie zamrożonym (badania modelowe). *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*, 1998, **334**, CLIV, 1.
- [23] Wood J.D., Nute G.R., Fursey G.A.J., Cuthberston A.: The effect of cooking conditions on the eating quality of pork. *Meat Sci.*, 1995, **40**, 127.

## **THE INFLUENCE OF DIFFERENT CONDITIONS OF THERMAL PROCESSING AND STORAGE ON STRUCTURE OF PORK LOINS**

### **S u m m a r y**

The purpose of the research was to determine the influence of different conditions of thermal processing of pork loins: I – temp. 85°C, time 112 min., II – temp. 85° and 75°, time 180 min., III – temp. 90° and 85°, time 75 min on the structure of processed meat products, stored as cured semiproducts (P) or final products (F) at near cryoscopic temperature (-3°C) or in frozen conditions (-18°C).

Soft heat treatment (II) and storage of processed meat products at near cryoscopic temperature induced minimal changes of their structure.

**Key words:** pork loin, heating, storage, structure. ☒