

Dr inż. Irena KŁOCZKO
Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, SGGW w Warszawie

WPŁYW WYSOKICH CIŚNIEŃ (UHP) NA NIEKTÓRE WŁAŚCIWOŚCI I STAN HIGIENICZNY MIĘSA WIEPRZOWEGO®

Próbki mięsa wieprzowego, pakowano próżniowo w torebki z folii PAPE, poddawano działaniu ciśnienia izostaticznego 400 Mpa i przechowywano w 4°C do wystąpienia wyraźnych objawów zepsucia. W określonych odstępach czasu część próbek poddawano badaniom sensorycznym i mikrobiologicznym oraz instrumentalnym badaniom tekstury i barwy. Próbki prasowane dłużej zachowywały przydatność do spożycia i posiadały lepszą teksturę, niż próby kontrolne. Ujemną cechą próbek ciśnieniowanych było nadmierne rozjaśnienie naturalnej czerwonej barwy mięsa. Ciśnieniowanie obniżało znacznie ogólną liczbę drobnoustrojów w mięsie, jednak w czasie przechowywania przyrost jednostek tworzących kolonie był w próbach prasowanych wyższy, niż w próbach kontrolnych.

*Wysokie ciśnienie niszczyło nieodwracalnie bakterie *Escherichia coli*.*

*W oddzielnej serii doświadczeń z zastosowaniem ciśnień rzędu 50-300 MPa ustalono, że ciśnienie hydrostatyczne powyżej 200 MPa powoduje pełną dekontaminację mięsa zainfekowanego larwami włośnia *Trichinella spiralis*.*

Słowa kluczowe: ciśnienie izostaticzne, metoda UHP, dekontaminacja wysokim ciśnieniem, miano coli, *Trichinella spiralis*.

WSTĘP

Od szeregu lat coraz większą wagę przywiązuje się do spożywania żywności bezpiecznej, wolnej od skażeń chemicznych i mikrobiologicznych, jednocześnie zachowującej w możliwie najwyższym stopniu cechy i walory żywności naturalnej. Rośnie znaczenie tzw. nietermicznych metod utrwalania żywności, wśród których szczególnie wiele miejsca poświęca się metodzie wysokich ciśnień hydrostatycznych (UHP Ultra High Pressure, lub HPP High Pressure Processing)[1-8]. Szereg produktów spożywczych przygotowanych tą metodą znajduje się już od szeregu lat w ofercie rynkowej. Jak wykazano w licznych badaniach doświadczalnych, zastosowanie wysokich ciśnień wywiera zróżnicowany destrukcyjny wpływ na mikroorganizmy [4,8], zwiększając trwałość przechowalniczą wielu produktów spożywczych, ale jednocześnie zmianie ulega cały szereg cech fizycznych i chemicznych tych produktów [1, 2, 4-7]. Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu wysokiego ciśnienia na niektóre cechy sensoryczne, fizykochemiczne, czystość mikrobiologiczną i parazytologiczną mięsa wieprzowego.

MATERIAŁY I METODYKA

Materiałem badanym było mięso wieprzowe (szynka), pobrane bezpośrednio po badaniach weterynaryjnych w 1 godz. po uboju. Próbki mięsa (100-200 g) pakowano próżniowo w torebki z folii PAPE i poddawano działaniu ciśnienia hydrostatycznego 400 MPa przez 15 min. w temperaturze 22°C. Prasowanie przeprowadzono w Centrum Badań Wysokociśnieniowych PAN, korzystając z prasy izostaticznej typ PI-400/100/300.

Próbki poddane działaniu wysokiego ciśnienia, dalej zwane próbami właściwymi, oraz identycznie przygotowane próbki nie prasowane (próby kontrolne), przechowywano w warunkach chłodniczych w temperaturze 4°C do czasu wystąpienia wyraźnych oznak zepsucia.

W określonych odstępach czasu pobierano część próbek do badań sensorycznych, fizykochemicznych i mikrobiologicznych. Badaniom poddawano ciśnieniowane mięso surowe i mięso gotowane w wodzie przez 30 min. W ramach badań

sensorycznych określano, dla mięsa surowego: wygląd na przekroju, zapach, twardość i elastyczność. W przypadku mięsa gotowanego badanymi wyróżnikami były: barwa, wygląd na przekroju, smakowitość, twardość, elastyczność, kruchość i soczystość. Badania sensoryczne prowadzono w zespole 22-osobowym, stosując skalę ocen od 0 do 10 punktów.

Przeprowadzono również badania instrumentalne niektórych cech sensorycznych. Badaniami objęto twardość, kruchość, elastyczność, kohezyjność, gumowatość i przeżuwalność mięsa surowego i gotowanego. Badania prowadzono przy użyciu uniwersalnego urządzenia testującego INSTRON typ 4301. Wykonano analizę profilową tekstury, polegającą na szczególnej interpretacji krzywej pomiarowej, uzyskanej w teście podwójnego ściskania. Zastosowano ujednolicony stopień ściśnięcia próbki równy 70% oraz szybkość przesuwu elementu roboczego równą 25 mm/min. Do sterowania urządzeniem i obliczania wyników wykorzystano program komputerowy, dotyczący testu ściskania.

W badaniach tych twardość określona była wielkością maksymalnej siły (w kN) podczas pierwszego cyklu ściskania, natomiast za miarę kruchości przyjęto siłę (w kN) odpowiadającą pierwszemu znaczącemu pikowi na krzywej eksperymentalnej podczas pierwszego cyklu ściskania próbki. Miarą elastyczności próbki była zmierzona w mm odległość między początkiem i końcem II cyklu ściskania. Mianem kohezyjności określano stosunek maksymalnej siły w czasie II cyklu ściskania do maksymalnej siły przyłożonej w czasie I cyklu ściskania. Miarą gumowatości określono wartość twardości próbki pomnożoną przez jej kohezyjność, natomiast miarą przeżuwalności był iloczyn gumowatości i elastyczności próbki. Przeprowadzono również instrumentalną ocenę barwy mięsa, korzystając z aparatu Chroma Meter firmy Minolta. Oznaczanymi parametrami były: jasność, dominująca długość fali i nasycenie.

W badaniach parazytologicznych preparaty tkanek mięsnych zainfekowane żywymi larwami *Trichinella spiralis* poddawano, w temperaturze pokojowej, działaniu ciśnienia hydrostatycznego w granicach 50-300 MPa. Preparaty te, po odpowiedniej obróbce, poddawano obserwacjom mikroskopowym przy powiększeniach 40x do 500x. Procent larw żywych w wytrawionych próbkach tkanek określano przez zliczenie 100 larw w kilkunastu polach widzenia i obliczenie wartości średniej dla każdej próbki.

WYNIKI

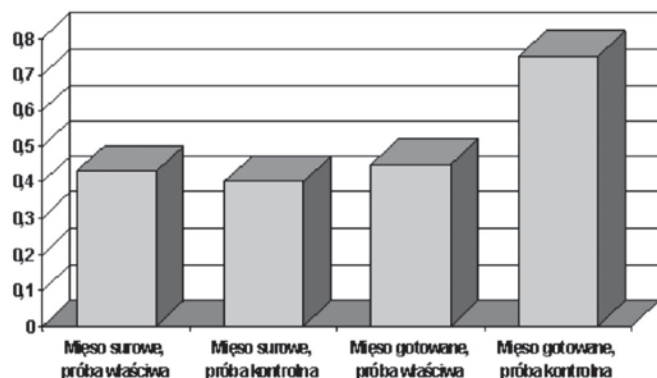
Wyniki badań sensorycznych próbek mięsa wieprzowego poddanych działaniu wysokiego ciśnienia oraz próbek kontrolnych, surowych i gotowanych, po 10 dniach przechowywania w temperaturze 40°C, przedstawiono w Tabeli 1. Jak widać, w przypadku mięsa surowego tylko barwa i wygląd na przekroju zostały wyżej ocenione w próbach kontrolnych, niż w próbach ciśnieniowanych. Pod względem pozostałych wyróżników wyższe oceny uzyskały próbki poddane działaniu wysokiego ciśnienia. W mięsie gotowanym przewaga prób ciśnieniowanych, w opinii zespołu oceniającego, była jeszcze bardziej widoczna, gdyż tylko w przypadku twardości i (nieznacznie) soczystości wyżej ocenione zostały próbki kontrolne.

Tabela 1. Wyniki oceny sensorycznej mięsa surowego i mięsa gotowanego, ciśnieniowanego oraz próbek kontrolnych, n=22

Wyróżniki jakościowe	Mięso surowe		Mięso gotowane	
	Próby właściwe	Próby kontrolne	Próby właściwe	Próby kontrolne
Barwa	5,1 ± 1,22	7,5 ± 0,81	8,1 ± 0,94	6,8 ± 1,08
Wygląd na przekroju	6,5 ± 0,81	7,4 ± 1,11	8,0 ± 1,00	6,1 ± 1,22
Zapach	7,6 ± 1,02	6,2 ± 1,17	7,7 ± 0,90	6,6 ± 1,20
Twardość	5,4 ± 0,80	4,9 ± 1,04	4,9 ± 1,30	6,2 ± 1,17
Elastyczność	6,6 ± 1,20	6,1 ± 1,30	7,2 ± 1,25	7,0 ± 1,10
Smakowitość*)			8,3 ± 1,00	6,6 ± 1,11
Kruchość*)			7,4 ± 1,20	5,9 ± 1,04
Soczystość*)			7,0 ± 1,18	7,1 ± 1,04

*) nie oznaczane dla mięsa surowego

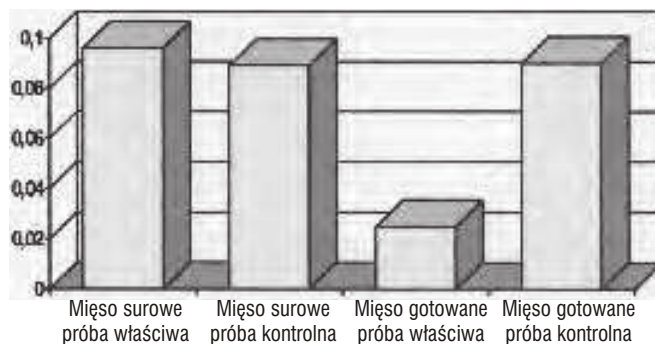
Na Rysunkach 1-6 przedstawiono wyniki instrumentalnych badań tekstury mięsa wieprzowego surowego i gotowanego, próbek poddanych działaniu wysokiego ciśnienia i próbek kontrolnych.



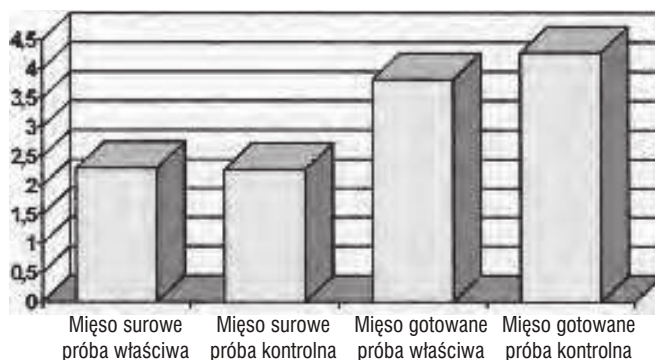
Rys.1. Wyniki instrumentalnych pomiarów twardości (w kN) mięsa surowego i gotowanego, próbek ciśnieniowanych i kontrolnych.

Pod względem twardości (Rys. 1) próbki mięsa wieprzowego, poddane działaniu wysokiego ciśnienia, nie wykazywały istotnych różnic w stosunku do próbek kontrolnych mięsa surowego. Jedynie próba kontrolna mięsa gotowanego wykazywała wyraźnie wyższą twardość, niż inne rodzaje próbek.

Kruchość, wyrażona w newtonach, jest miarą oporu stawianego przez produkt przy jego rozdrabnianiu (np. przy rozgryzaniu i żuciu). Najlepszą kruchością, wynoszącą średnio 0,025 kN, cechowało się mięso wieprzowe ciśnieniowane, po ugotowaniu (Rys. 2).

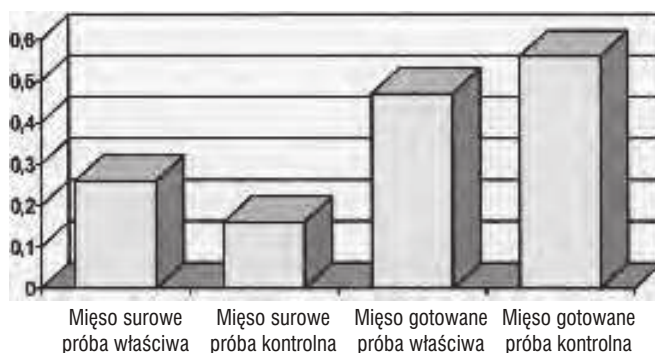


Rys.2. Wyniki instrumentalnych pomiarów kruchości (w kN) mięsa surowego i gotowanego, próbek ciśnieniowanych i kontrolnych.



Rys.3. Wyniki instrumentalnych pomiarów elastyczności (w mm) mięsa surowego i gotowanego, próbek ciśnieniowanych i kontrolnych.

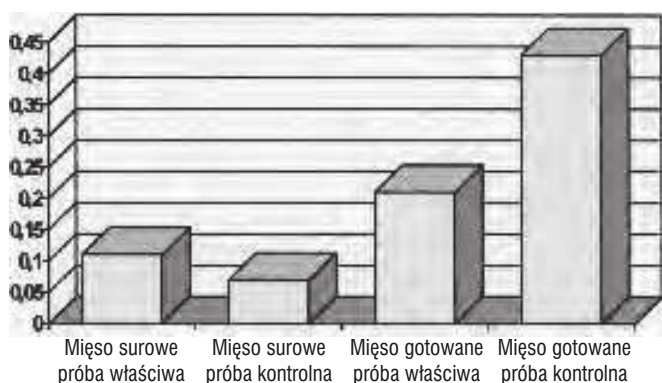
Na Rysunku 3 przedstawiono wyniki instrumentalnych pomiarów elastyczności mięsa wieprzowego, poddane działaniu UHP oraz próbek kontrolnych, surowego oraz po ugotowaniu. Pomiar wykazały, że ciśnieniowanie nie wywiera żadnego istotnego wpływu na elastyczność mięsa, ani w stanie surowym, ani po ugotowaniu.



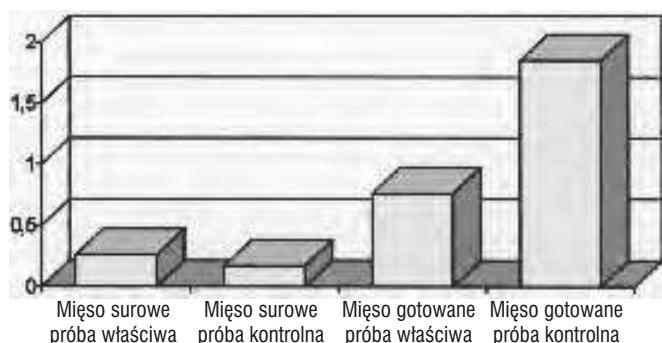
Rys.4. Wyniki instrumentalnych pomiarów kohezji (w J/J) mięsa surowego i gotowanego, próbek ciśnieniowanych i kontrolnych.

Podobnie mało istotny był wpływ ciśnieniowania na kohezję mięsa wieprzowego (Rys. 4). W stanie surowym mięso ciśnieniowane miało wyższą kohezję, niż w próbach kontrolnych, ale po ugotowaniu stwierdzono wręcz odwrotną zależność.

Identyczne zależności zaobserwowano w wyniku pomiarów 2 pozostałych cech tekstury mięsa wieprzowego, gumowatości i przeżuwalności. Ponieważ z użytkowego punktu widzenia ważniejsze są cechy tekstury mięsa gotowanego można stwierdzić, że działanie UHP wywiera korzystny wpływ na gumowatość (Rys. 5), jak i na przeżuwalność (Rys. 6) mięsa wieprzowego.



Rys.5. Wyniki instrumentalnych pomiarów gumowatości (w kN) mięsa surowego i gotowanego, próbek ciśnieniowanych i kontrolnych.



Rys.6. Wyniki instrumentalnych pomiarów przeżuwalności (w J/J) mięsa surowego i gotowanego, próbek ciśnieniowanych i kontrolnych.

W Tabeli 2 przedstawiono wyniki analizy barwy mięsa wieprzowego, ciśnieniowanego oraz prób kontrolnych. Badania optyczne przeprowadzono po 7 i po 30 dniach przechowywania w warunkach chłodniczych.

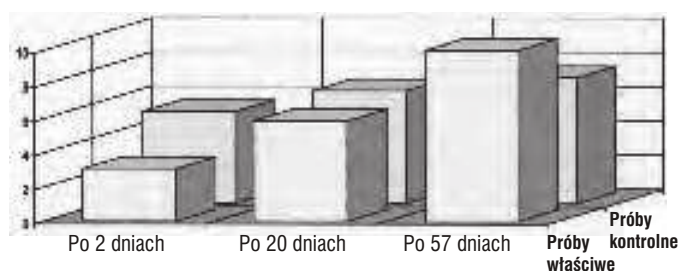
Tabela 2. Wyniki analizy instrumentalnej barwy mięsa wieprzowego, ciśnieniowanego oraz prób kontrolnych

Czas przechowywania w 4°C	Jasność		Dominująca długość fali, nm		Nasylenie	
	Próba właściwa	Próba kontrolna	Próba właściwa	Próba kontrolna	Próba właściwa	Próba kontrolna
Po 7 dniach	37,84	5,39	605	612	0,095	0,640
Po 30 dniach	8,75	4,56	610	615	0,677	0,636

Przedstawione w tabeli średnie wyniki pomiarów jasności potwierdziły znany z wcześniejszych badań fakt destrukcyjnego działania wysokiego ciśnienia na mioglobinę mięsa [1, 6]. Jednocześnie wykazały one, że w czasie przechowywania ma miejsce znaczne obniżenie jasności próbek paskalizowanych. Zmianie ulegają także pozostałe mierzone parametry optyczne: dominująca długość fali i nasylenie barwy. Proces obróbki termicznej próbek paskalizowanych i kontrolnych wyróżnia różnice w jasności wszystkich prób mięsa.

Badania mikrobiologiczne w zakresie oznaczenia całkowitej liczby jednostek tworzących kolonie, oznaczenia liczby drożdży i pleśni w 1g, miana coli i obecności beztlenowych laseczek przetrwalnikujących przeprowadzono po 2, 20 i 57 dniach przechowywania.

Na Rysunku 7 przedstawiono wyniki oznaczeń liczby jednostek tworzących kolonie (jako log j.t.k.) w funkcji czasu przechowywania. Oznaczenia wykonane w dwa dni po



Rys.7. Zmiany liczby jednostek tworzących kolonie (log j.t.k.) w czasie przechowywania mięsa.

ciśnieniowaniu wykazały silny bakteriobójczy efekt tego procesu – obniżenie liczby j.t.k. o ponad dwa rzędy wielkości w stosunku do prób kontrolnych. W miarę wzrastającego czasu przechowywania przyrost j.t.k. był znacznie szybszy w próbach ciśnieniowanych, niż w próbach kontrolnych. Można przypuszczać, że powodem takiej sytuacji było naruszenie struktury tkankowej mięsa pod działaniem wysokiego ciśnienia i stąd lepsze warunki migracji i wzrostu drobnoustrojów w próbach właściwych.

Oznaczenia liczby drożdży i pleśni dały wynik negatywny we wszystkich badanych próbach i we wszystkich terminach – badane mięso było całkowicie wolne od tego rodzaju drobnoustrojów.

Tabela 3. Wyniki badań przeżywalności larw Trichinella spiralis

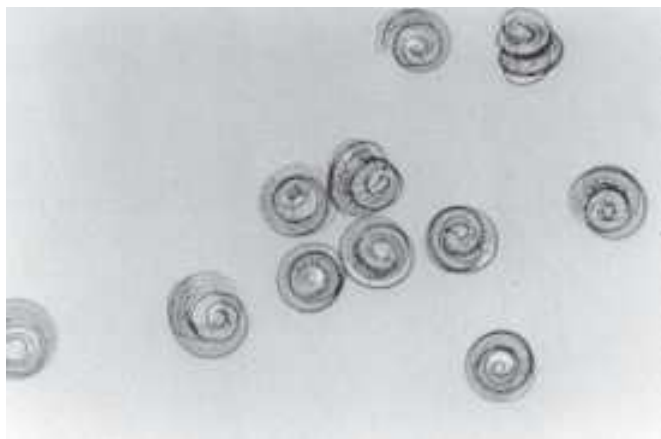
Ciśnienie (Mpa)	Larwy żywe (%)	Larwy martwe (%)
kontrola	97	3
50	93	7
100	90	10
150	91	9
200	0	100
300	0	100

Interesujące wyniki uzyskano w badaniach miana coli: we wszystkich próbkach ciśnieniowanych, niezależnie od czasu przechowywania, miano coli było większe od 0,1g. Jednocześnie w próbach kontrolnych miano coli wynosiło 0,0001 g po 2 dniach, 0,000001 g po 20 dniach i 0,00000001 g po 57 dniach przechowywania.

W żadnej z badanych próbek nie stwierdzono obecności beztlenowych laseczek przetrwalnikujących w 0,1 g.

Wyniki badań przeżywalności larw Trichinella spiralis zebrano w Tabeli 3. Jak widać, larwy tych pasożytów stosunkowo dobrze znoszą ciśnienia hydrostatyczne do 150 MPa – procent larw martwych w preparatach poddanych takim ciśnieniom nie przekraczał 10. Skokową zmianę zaobserwowano przy przejściu od ciśnienia 150 MPa do 200 MPa. Wszystkie preparaty poddane działaniu ciśnienia 200 MPa i 300 MPa nie zawierały w ogóle larw żywych.

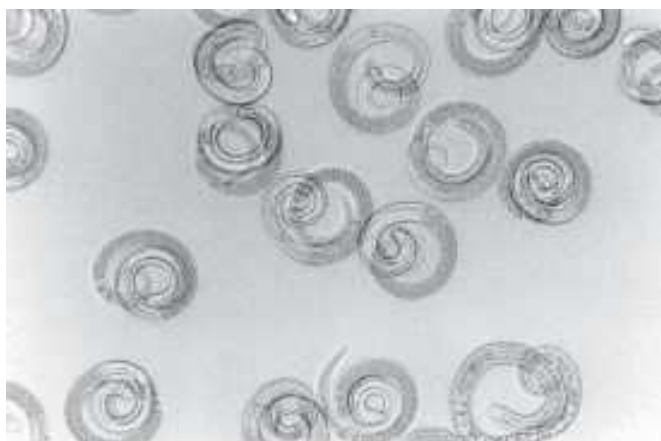
Na rysunkach 8-12 przedstawiono fotografie mikroskopowe (pow. 125x) wytrawione z preparatów tkankowych poddanych działaniu różnych ciśnień hydrostatycznych. Larwy żywe, przedstawione na Rys. 8, pochodzą z próbki kontrolnej, nie poddanej ciśnieniu. Rysunki 9 i 10 przedstawiają larwy żywe wyizolowane z preparatów prasowanych pod ciśnieniem, odpowiednio, 50 MPa i 100 MPa. Jak widać, nawet przy zachowaniu funkcji życiowych, kształt ciała larwy zmienia się z wysokością zastosowanego



Rys. 8. Larwy włośnia (*Trichinella spiralis*) wytrawione z tkanki mięśniowej, próba kontrolna, pow. 125 x.

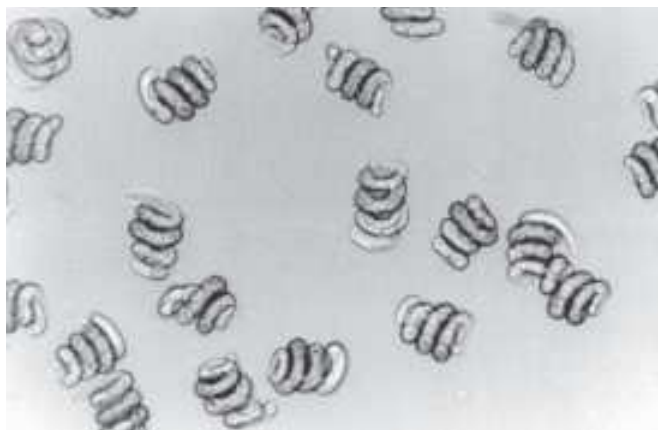


Rys. 9. Larwy włośnia (*Trichinella spiralis*) wytrawione z tkanki mięśniowej poddanej działaniu ciśnienia 50 MPa, pow. 125 x.



Rys. 10. Larwy włośnia (*Trichinella spiralis*) wytrawione z tkanki mięśniowej poddanej działaniu ciśnienia 100 MPa, pow. 125 x.

ciśnienia. Zmiany te są szczególnie wyraźne na Rys. 11, gdzie wciąż jeszcze żywe larwy wykazują silną nadskrętność. Rys. 12 przedstawia larwy martwe wytrawione z tkanki poddanej działaniu ciśnienia 200 MPa. Ciśnienie 200 MPa pozwala uzyskać mięso bezpieczne od włośni, po całkowitej dekontaminacji od pasożytów, a równocześnie daje mięso o niezmienionej barwie i cechach surowego świeżego mięsa. Ta metoda minimalnego przetworzenia surowca mięsnego ma już zastosowanie w wielu krajach i mogłaby być stosowana w przetwórstwie mięsa również w Polsce.



Rys. 11. Larwy włośnia (*Trichinella spiralis*) wytrawione z tkanki mięśniowej poddanej działaniu ciśnienia 150 MPa, pow. 125 x.



Rys. 12. Larwy włośnia (*Trichinella spiralis*) wytrawione z tkanki mięśniowej poddanej działaniu ciśnienia 200 MPa, pow. 125 x.

WNIOSKI

1. Zastosowanie wysokiego ciśnienia (rzędu 400 MPa) korzystnie wpływa na niektóre wyróżniki gotowanego mięsa wieprzowego: twardość, kruchość, gumowatość i przeżuwalność, natomiast niekorzystnie wpływa na barwę, powodując wzrost jasności mięsa ciśnieniowanego, w stanie surowym.
2. Wysokie ciśnienie powoduje całkowite i nieodwracalne zniszczenie bakterii *Escherichia coli* w mięsie wieprzowym.
3. Działanie ciśnienia 400 MPa powoduje obniżenie ogólnej liczby jednostek tworzących kolonie o około 2 rzędy wielkości, jednak w czasie dłuższego przechowywania wzrost liczby drobnoustrojów jest znacznie szybszy w próbkach ciśnieniowanych niż w próbkach kontrolnych.
4. Ciśnienie 200 MPa i wyższe zastosowane w ciągu co najmniej 15 min. powoduje całkowitą dekontaminację mięsa zarażonego larwami *Trichinella spiralis*.

LITERATURA

- [1] Cheftel J. C.: Effect of high hydrostatic pressure on food constituents. *High Pressure and Biotechnology*, 1992, 224, 195-209.
- [2] Hayashi R.: Progress of high pressure use in food industry. *Proceedings of Third International Conference on*

Hot Isostatic pressing – HIP „91”. Theory and Application, 1991, June, 10-14. Osaka, Japan. Elsevier Publ. Co.8.

- [3] Hugas M., Garriga M., Monfort J. M.: New mild technologies in meat processing: high pressure as a model technology, *Meat Science*, 2002, 62, 359-371.
- [4] Kłoczko I., Chudoba T.: Zastosowanie wysokich ciśnień hydrostatycznych do utrwalania przetworów rybnych, *Przemysł Spożywczy*, 1997, 51, 7, 46-48.
- [5] Lewicki P.: Zastosowanie wysokich ciśnień w technologii żywności, *Przemysł Spożywczy*, 1992, 11, 280-283.
- [6] MacFarlane J. J.: High pressure technology and meat quality, *Developments in Meat Science*, 1985, 3rd ed., Elsevier Publ., 135-184.
- [7] Okamoto M., Kawamura Y., Hayashi R.: Application of high pressure to food processing: textural comparison of pressure and heat induced gels of food proteins, *Agricultural Biology and Chemistry*, 1990, 54, 183-189.
- [8] Shigehisa T., Ohmori T., Saito A.: Effects of high hydrostatic pressure on characteristics of pork slurries and inactivation of microorganisms associated with meat and meat products, *International Journal of Food Microbiology*, 1991, 12, 207-216.

EFFECT OF HIGH PRESSURE (UHP) ON SOME PROPERTIES AND HYGIENIC STATE OF PORK MEAT

SUMMARY

Samples of fresh pork meat were vacuum-packed in polyamide-polyethylene foil, subjected to isostatic pressure of 400 MPa and stored at 4°C until visible symptoms of spoiling. In definite time intervals certain numbers of the samples, as well as of non-pressurized control samples, were subjected to sensoric and instrumental quality assessments involving determinations of general appearance, flavour, hardness, colour, texture etc. both in raw and boiled state. Total no. of colony-forming units and coli titre were also determined.

The pressurisation increased the shelf life of the meat and improved its sensoric properties except of the colour which appeared too bright because of hemoglobine destruction. The pressure applied reduced the total no. of colony-forming units by about two log units, but the overall growth of bacteria during the storage was much more rapid in pressurised samples than that in the controls.

The pressurisation destroyed completely and irreversibly the Escherichia coli in the meat samples.



IMS – Maszyny Spożywcze sp. z o.o.

ul. Otwocka 1B

03-759 Warszawa

tel. 0-22 619 20 98; fax 0-22 619 14 02; e-mail: imsms@op.pl

Dorobek naukowo-badawczy i rozwojowy zlikwidowanego w 2006 roku Instytutu Maszyn Spożywczych w Warszawie wniósł trwały wkład w Inżynierię przetwórstwa rolno-spożywczego w naszym kraju i dotychczas jest w wielu rozwiązaniach wiodący.

Niektóre maszyny i urządzenia dawniej produkowane przez Instytut nadal są wytwarzane przez tych samych specjalistów, pod tym samym adresem przez zakład produkcyjny należący do firmy „IMS – Maszyny Spożywcze „, Sp. z o. o., będący jednocześnie Zakładem Doświadczalnym dla studentów Zarządzania i Inżynierii Produkcji Wyższej Szkoły Menedżerskiej w Warszawie.

Produkowane przez naszą Firmę urządzenia to:

1. Formierka wyrobów kulinarnych
 - a. przystawka do pierogów 7, 15, 20, 30 gr.
 - b. przystawka do pasztecików 35, 70 gr.
 - c. przystawka do kopytek
 - d. przystawka do pyz i klusek śląskich
 - e. urządzenie do mączenia
2. Formierka pyz nadziewanych
3. Nadziewarka pączków
4. Formierka pyz jednorodnych
 - a. przystawka do knedli całowocowych
5. Naleśniarka
 - a. przystawka do nakładania farszu
6. Stół obrotowy
7. Głowice do formowania osłonek białkowych
8. Wytłaczarka makaronu
9. Separator do oddzielania mięsa od kości
10. Przecieraczka do warzyw
11. Odsączarka do kapusty
12. Pompy krzywkowe do cieczy gęstych