

Zastosowanie wysokiego ciśnienia hydrostatycznego w celu przedłużenia trwałości past rybnych

ADAM MALICKI, ZDZISŁAW SYSAK*, SZYMON BRUŻEWICZ**,
JOLANTA ŻRÓDŁOWSKA-DANEK, MACIEJ SZPAK

Katedra Higieny Żywności i Ochrony Zdrowia Konsumenta Wydziału Medycyny Weterynaryjnej UP,
ul. Norwida 31, 50-345 Wrocław

*Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów Politechnika Wrocławska, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-372 Wrocław

**Szkola Wyższa Psychologii Społecznej Instytut Nauk o Zdrowiu, ul. Chodakowskiej 19/31, 03-815 Warszawa

Malicki A., Sysak Z., Brużewicz S., Żródłowska-Danek J., Szpak M.

Application of high hydrostatic pressure to extend the shelf-life of traditionally produced fish paste

Summary

The aim of this study was to reveal whether the application of high hydrostatic pressure (HHP) prolongs the shelf-life of traditionally manufactured fish paste stored under refrigeration ($+4 \pm 1^\circ\text{C}$). The experiment was performed on 180 fish paste samples: tuna fish paste, mackerel paste with paprika, mackerel paste with garlic, mackerel paste, and salmon paste. Microbiological status of traditionally manufactured, chemically preserved and pasteurized paste was compared with the status of the paste which had been subjected to a 15-minute HHP treatment (200 MPa, 300 MPa or 400 MPa) at 20°C . The samples were stored under refrigeration for six weeks with microbiological counts determined every two weeks. Directly after manufacturing, the total plate count in the traditionally manufactured paste ranged from 1.0 log cfu/g to 1.8 log cfu/g. An increase of this parameter up to 2.3 log cfu/g was noted after 6-week storage. Additionally, contamination with moulds and yeasts was observed in the traditionally manufactured fish paste after six weeks of storage (mean 2.0 log cfu/g). Neither bacteria nor moulds or yeasts were detected in the HHP-treated fish paste samples at any time point analyzed, irrespective of pressurization conditions (200 MPa, 300 MPa or 400 MPa). In conclusion, this study revealed that 200 MPa of high hydrostatic pressure is sufficient to prolong the shelf-life of traditionally manufactured fish paste stored under refrigeration for up to 6 weeks.

Keywords: fish paste, high hydrostatic pressure

Wysokie ciśnienia hydrostatyczne (High Hydrostatic Pressures, HHP) wykorzystuje się w przemyśle spożywczym w celu utrwalenia żywności od lat 90. XX w. Jest to technologia coraz częściej stosowana jako alternatywa dla tradycyjnych sposobów konserwacji żywności. W wytwarzaniu produktów konserwowanych metodą wysokich ciśnień hydrostatycznych przoduje Japonia (6, 11). Początkowo utrwalano tą metodą głównie produkty roślinne: soki, konfitury, przetwory owocowe (4). Obecnie z powodzeniem wykorzystuje się wysokie ciśnienia hydrostatyczne do przedłużania trwałości produktów pochodzenia zwierzęcego, tj.: surowego mięsa wieprzowego i drobiowego, szynki, pasztetów, sera, mleka lub masy jajecznej (21, 22). W dostępnej literaturze niewiele jest informacji na temat utrwalania produktów rybnych przy użyciu wysokich ciśnień hydrostatycznych (10). Pasty rybne są wyrobami przygotowanymi z mięsa ryb solonych, wędzonych, blanszowanych lub gotowanych wymieszanego z innymi środkami spożywczymi i przy-

prawami, rozdrobnionego do stanu jednolitej masy o właściwościach lepko-plastycznych (20). Często także surowcem do produkcji past rybnych jest mięso ryb mrożonych, które nie nadają się do sprzedaży detalicznej w formie filetów ze względu np. na uszkodzenie skóry lub mięśni. Pasty rybne zaliczane są do tzw. żywności wygodnej (convenience food), która nie wymaga dodatkowej obróbki termicznej przed spożyciem. Istotnym problemem w wytwarzaniu tego typu żywności jest okres przydatności do spożycia, który w przypadku większości past rybnych nie przekracza 2 tygodni (9). Pasty rybne, z uwagi na rozdrobnienie oraz skład, bardzo łatwo ulegają zepsuciu, głównie na skutek rozwoju mikroflory. Czynniki mające wpływ na trwałość past rybnych to: stopień rozdrobnienia, obniżona jakość surowców, stosowanie dodatków wazjnych oraz duży udział pracy ręcznej w procesie produkcji. Jakość surowców przeznaczonych do wytwarzania produktów rozdrobnionych jest zazwyczaj niższa od jakości ryb przeznaczonych do produkcji

filetów i dlatego są one bardziej podatne na proces zepsucia (2). Świeże mięso ryb może zawierać 10^8 - 10^9 jtk/g bakterii, co sprzyja zanieczyszczeniu farszu drobnoustrojami w trakcie procesów technologicznych (5). Źródłem mikroflory past rybnych mogą być także dodatki używane do ich produkcji. Są to najczęściej tłuszcze roślinne, majonez, koncentrat pomidorowy, a także przyprawy (12). Drobnoustroje mogą namnażać się w farszu past rybnych dzięki sprzyjającym warunkom pH (ok. 7,0). Konieczne jest obniżenie wartości pH poprzez zastosowanie środków zakwaszających np. dodatku kwasu mlekowego. Aby uzyskać produkt o przedłużonej trwałości, jednocześnie zachowując bezpieczeństwo mikrobiologiczne produktu, wskazane jest zastosowanie chemicznych środków konserwujących (benzoesan sodu, sorbinian potasu, kwas mlekowy), jak i obróbki termicznej na poziomie pasteryzacji. Następnie produkt powinien być szybko schłodzony do temperatury 4°C. Z punktu widzenia konsumenta i producenta żywności długi okres przydatności do spożycia jest cechą wysoce pożądaną.

Celem badań było określenie możliwości przedłużenia trwałości past rybnych produkowanych tradycyjnie poprzez zastosowanie wysokiego ciśnienia hydrostatycznego.

Materiał i metody

W badaniu porównano dwa sposoby utrwalania past rybnych – tradycyjny, z zastosowaniem środków konserwujących (kwas mlekowy 0,5%, sorbinian potasu 0,1%, benzoesan sodu 0,1%) i pasteryzacji (60°C przez 15 min.) oraz utrwalanie z wykorzystaniem wysokiego ciśnienia hydrostatycznego. Materiał badawczy stanowiło pięć rodzajów past rybnych: z tuńczyka, makrelowa z papryką, makrelowa z czosnkiem, makrelowa oraz łososiowa, których skład przedstawiono w tab. 1.

Badania wykonano na 180 próbkach past rybnych. próbki podzielono na dwie grupy. Pierwszą grupę stanowiły pasty konserwowane metodą tradycyjną, drugą grupę – pasty rybne poddane po produkcji działaniu wysokiego ciśnienia hydrostatycznego w wysokościach 200 MPa, 300 MPa i 400 MPa przez 15 minut w temperaturze pokojowej $+20 (\pm 1)^\circ\text{C}$. próbki do badań były pobierane bezpośrednio po produkcji, po zastosowaniu wysokiego ciśnienia hydrostatycznego, a następnie co 2 tygodnie w trakcie przechowywania w warunkach chłodniczych $+4 (\pm 1)^\circ\text{C}$. Oznaczenia ogólnej liczby bakterii tlenowych mezofilnych, liczby bakterii z grupy coli, liczby bakterii *Clostridium perfringens*, obecności pałeczek *Salmonella*, liczby gronkowców koagulazo-dodatnich oraz liczby pleśni i drożdży wykonano wg odpowiednich PN (14-19). Obliczenia statystyczne oraz wykresy wykonano za pomocą programu Microsoft® Excel 2000.

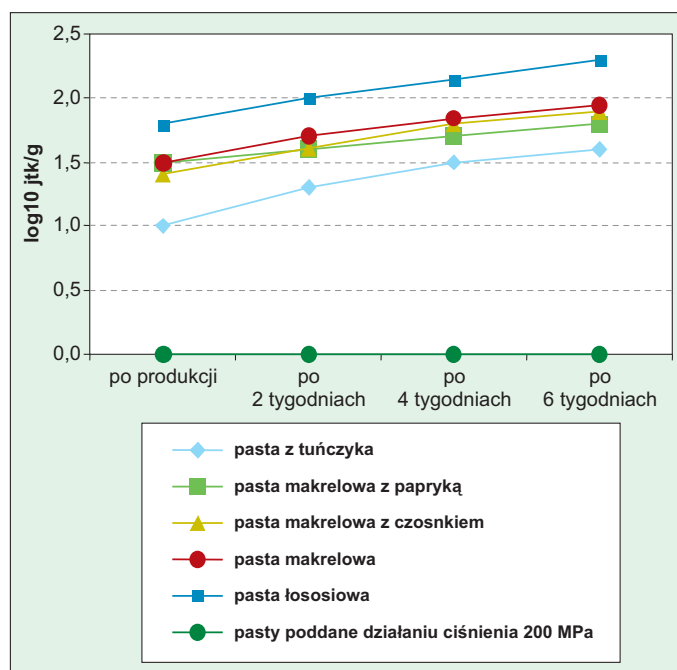
Wyniki i omówienie

Przeprowadzone badania wykazały stosunkowo dobry stan mikrobiologiczny past rybnych produkowanych tradycyjnie (ryc. 1). Ogólna liczba bakterii po

Tab. 1. Skład surowcowy past rybnych

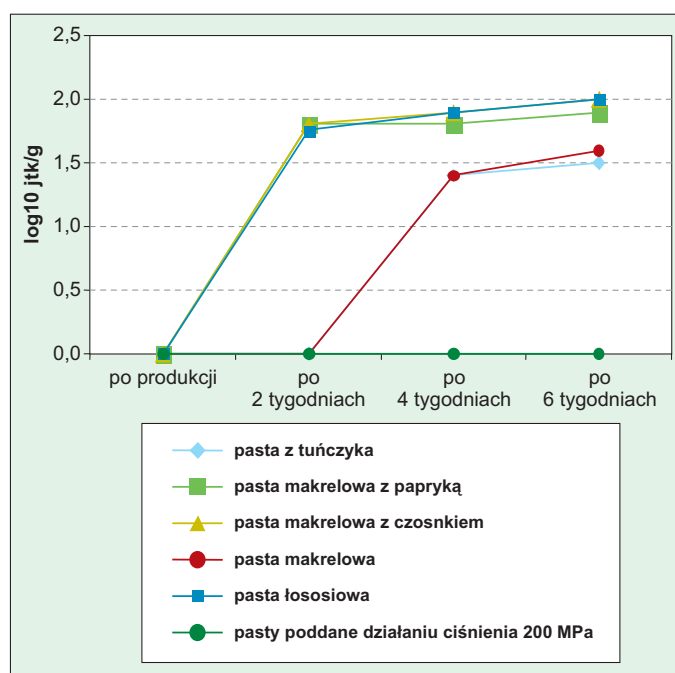
Nazwa pasty rybnej	Skład
Pasta z tuńczyka	Tłuszcz roślinny, mięso z tuńczyka 15%, majonez, koncentrat pomidorowy, papryka 1,2%, sól, aromat dymu wędzarniczego, ekstrakt papryki, substancje konserwujące: benzoesan sodu, sorbinian potasu, regulator kwasowości: kwas mlekowy
Pasta makrelowa z papryką	Tłuszcz roślinny, wędzona makrela 15%, majonez, koncentrat pomidorowy, papryka 1,2%, sól, aromat dymu wędzarniczego, ekstrakt papryki, substancje konserwujące: benzoesan sodu, sorbinian potasu, regulator kwasowości: kwas mlekowy
Pasta makrelowa z czosnkiem	Tłuszcz roślinny, wędzona makrela 15%, majonez, koncentrat pomidorowy, czosnek 4%, sól, aromat dymu wędzarniczego, ekstrakt papryki, substancje konserwujące: benzoesan sodu, sorbinian potasu, regulator kwasowości: kwas mlekowy
Pasta makrelowa	Tłuszcz roślinny, wędzona makrela 16%, majonez, koncentrat pomidorowy, sól, aromat dymu wędzarniczego, ekstrakt papryki, substancje konserwujące: benzoesan sodu, sorbinian potasu, regulator kwasowości: kwas mlekowy
Pasta łososiowa	Tłuszcz roślinny, filet śledziowy à la łosoś, majonez, wędzony łosoś, 10% koncentrat pomidorowy, sól, aromat dymu wędzarniczego, substancje konserwujące: benzoesan sodu, sorbinian potasu, regulator kwasowości: kwas mlekowy

6 tygodniach przechowywania wynosiła maksymalnie 2,3 log jtk/g. próbki past rybnych poddanych działaniu wysokiego ciśnienia hydrostatycznego (200 MPa, 300 MPa i 400 MPa) nie wykazały obecności bakterii w tym badaniu zarówno po zastosowaniu wysokich ciśnień hydrostatycznych, jak i w trakcie całego okresu przechowywania próbek. W związku z bardzo niskim poziomem zanieczyszczenia bakteriologicznego próbek past rybnych uzyskano „sterylizację” produktu



Ryc. 1. Zmiany ogólnej liczby bakterii tlenowych mezofilnych w doświadczalnych pastach rybnych

po zastosowaniu wysokich ciśnień hydrostatycznych, o czym świadczy fakt, że próbki poddane działaniu HHP nie wykazały obecności bakterii w trakcie całego badania, tj. w trakcie 6 tygodni. Tak skuteczne działanie ciśnienia hydrostatycznego w wysokości 200 MPa jest zaskakujące. Drobnoustroje wykazują o wiele wyższą tolerancję na działanie wysokiego ciśnienia hydrostatycznego. Najbardziej wrażliwe na działanie wysokich ciśnień hydrostatycznych są drobnoustroje Gram-ujemne, które ulegają rozpadowi przy ciśnieniu 300 MPa. Z kolei bakterie Gram-dodatnie ulegają inaktywacji dopiero przy zastosowaniu ciśnienia w wysokości 600 MPa i wyższym (6, 10, 13). Wrażliwość drobnoustrojów znajdujących się w pastach rybnych na działanie ciśnienia w wysokości 200 MPa może wynikać z obecności chemicznych środków konserwujących w produkcji oraz zastosowania kwasu mlekowego do obniżenia pH produktu (11). W trakcie produkcji metodą tradycyjną (z zastosowaniem środków konserwujących i pasteryzacji) część drobnoustrojów ulega zniszczeniu, a część tylko uszkodzeniu metabolicznemu. Drobnoustroje, które pozostają w żywności, mimo uszkodzeń struktur komórkowych mają szansę na regenerację dzięki właściwościom żywności, która jest dla nich dobrą pożywką (11). Zastosowanie po produkcji techniki HHP, jako dodatkowej metody utrwalania past rybnych, uniemożliwia drobnoustrojom regenerację uszkodzonych komórek. W badanych pastach rybnych użyto dodatku benzoesu sodu i sorbinianu potasu w celu redukcji drobnoustrojów zawartych w farszu. Benzoes sodu jest środkiem konserwującym, którego działanie jest skierowane głównie przeciwko bakteriom. Bakteriobójcze działanie kwasu benzoesowego polega na hamowaniu aktywności enzymów biorących udział w cyklu glikolitycznym oraz uszkodzaniu struktury ściany komórkowej drobnoustrojów. Sorbinian potasu zapobiega przede wszystkim namnażaniu pleśni i drożdży w produkcji. Osłabiona struktura ściany komórkowej drobnoustrojów jest bardziej podatna na działanie wysokich ciśnień hydrostatycznych, a to z kolei sprzyja ich redukcji w produkcie poddanym działaniu wysokich ciśnień hydrostatycznych (8). Przeżywalność mikroorganizmów w żywności poddanej działaniu wysokich ciśnień hydrostatycznych maleje w miarę zwiększania kwasowości produktu. Doświadczalne pasty rybne produkowane tradycyjnie są wyrobami o pH poniżej 5,0, co jest związane z zastosowaniem dodatku kwasu mlekowego. Obniżenie pH produktu powinno umożliwiać skuteczne działanie środków konserwujących, ponieważ zarówno benzoes sodu, jak i sorbinian potasu działają antyseptycznie tylko w formie niezdysocjowanej w pH poniżej 5,0 (3, 7, 11). Niskie pH produktu także sprzyjało uwrażliwieniu drobnoustrojów zawartych w produkcie na działanie wysokiego ciśnienia hydrostatycznego. Przez cały okres przechowywania w badanych próbkach past rybnych konserwowanych tradycyjnie nie stwierdzono bakterii z grupy *coli*, *Clo-*



Ryc. 2. Zmiany liczby drożdży w doświadczalnych pastach rybnych

stiridium perfringens, pałeczek rodzaju *Salmonella* oraz gronkowców koagulazo-dodatnich. W badanych próbkach nie stwierdzono obecności pleśni przez cały okres przechowywania, co prawdopodobnie ma związek z zastosowaniem sorbinianu potasu jako substancji konserwującej. Natomiast od 2. tygodnia przechowywania z próbek past rybnych produkowanych tradycyjnie izolowano drożdże, których liczba znacząco wzrastała, osiągając po 6 tygodniach przechowywania w warunkach chłodniczych wartość 2,0 log jtk/g (ryc. 2). W próbkach pobranych z past rybnych poddanych działaniu wysokich ciśnień hydrostatycznych nie wykryto pleśni i drożdży przez cały okres badania, tj. przez 6 tygodni. Komórki drożdży w stacjonarnej fazie wzrostu są bardziej odporne na działanie ciśnienia niż komórki w fazie logarytmicznego wzrostu i ulegają rozpadowi pod wpływem ciśnienia wyższego niż 400 MPa. Ponadto komórki małe są mniej wrażliwe niż komórki duże (6, 7). Prawdopodobnie zastosowanie środków konserwujących uwrażliwiło komórki drożdży na działanie wysokich ciśnień hydrostatycznych o niższych parametrach (200 MPa). W przeprowadzonym badaniu uzyskano redukcję bakterii o ponad 2 cykle logarytmiczne. Według dostępnych danych piśmiennictwa, taki poziom redukcji uzyskiwano przy zastosowaniu ciśnienia powyżej 400 MPa (11). Zastosowanie wysokich ciśnień hydrostatycznych w połączeniu z wysoką temperaturą powoduje redukcję drobnoustrojów w żywności nawet na poziomie 8D (1). Aby obniżyć koszty stosowania wysokich ciśnień hydrostatycznych, jako techniki utrwalania żywności, można wziąć pod uwagę jednoczesne połączenie chemicznych środków konserwujących, niskiej pasteryzacji oraz HHP. W dobie wzrastającego zainteresowania konsumentów żywnością wygodną o długim okre-

się trwałości zastosowanie techniki wysokich ciśnień hydrostatycznych stwarza nowe możliwości przedłużania trwałości produktów spożywczych pochodzenia zwierzęcego.

Wnioski

W oparciu o uzyskane wyniki można sformułować następujące wnioski:

1. Zastosowanie wysokiego ciśnienia hydrostatycznego po produkcji past rybnych powoduje redukcję bakterii tlenowych mezofilnych.

2. Użycie wysokiego ciśnienia hydrostatycznego jest skuteczną metodą przedłużenia trwałości past rybnych.

Piśmiennictwo

1. *Alpas H., Kalchayanand N., Bozoglu F., Ray B.*: Interactions of high hydrostatic pressure, pressurization temperature and pH on death and injury of pressure-resistant and pressure-sensitive strains of foodborne pathogens. *Int. J. Food Microbiol.* 2000, 60, 33-42.
2. *Azanza Ma. P. V., Ortega M. P., Valdezco R. G.*: Microbial quality of rellenado milkfish (*Chanos chanos*, Forskal). *Food Contr.* 2001, 12, 365-371.
3. *Benito A., Ventoura G., Casadei M., Robinson T., Mackey B.*: Variation in resistance of natural isolates of *Escherichia coli* O157 to high hydrostatic pressure, mild heat, and other stresses. *Appl. Environ. Microbiol.* 1999, 4, 1564-1569.
4. *Buzrul S., Alpas H., Largeteau A., Bozoglu F., Demazeau G.*: Compression heating of selected pressure transmitting fluids and liquid foods during high hydrostatic pressure treatment. *J. Food Engin.* 2008, 85, 466-472.
5. *Gram L., Huss H. H.*: Microbiological spoilage of fish and fish products. *Int. J. Food Microbiol.* 1996, 33, 121-137.
6. *Hać-Szymańczuk E., Mroczek J.*: Zastosowanie techniki wysokich ciśnień w technologii żywności, a szczególnie w przetwórstwie mięsa. *Medycyna Wet.* 2006, 62, 637-640.
7. *Kalchayanand N., Sikes A., Dunne C. P., Ray B.*: Interaction of hydrostatic pressure, time and temperature of pressurization and pediocin AcH on inactivation of foodborne bacteria. *J. Food Prot.* 1998, 61, 425-431.
8. *Kolakowski E.*: Substancje konserwujące żywność. Część I. *Przem. Spoż.* 2000, 54 (4), 46-51.
9. *Kolakowski E.*: Technologia mrożonych przetworów rybnych. Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1984.
10. *Malicki A., Sysak Z., Brużewicz S.*: Pressurization effect on *Salmonella* sp. within the fish meal. *Bull. Vet. Inst. Pulawy* 2005, 49, 215-217.
11. *Malinowska-Pańczyk E., Kołodziejska I.*: Wpływ połączonego działania wysokiego ciśnienia i innych czynników na mikroorganizmy. *Medycyna Wet.* 2007, 63, 515-518.
12. *Meldrum R. J., Smith R. M. M., Ellis P., Garside J.*: On behalf of the Welsh Food Microbiol. Forum: Microbiological quality of randomly selected ready-to-eat foods sampled between 2003 and 2005 in Wales, UK. *Int. J. Food Microbiol.* 2006, 108, 397-400.
13. *Pietrzak D., Hać-Szymańczuk E., Mroczek J.*: Wpływ wysokiego ciśnienia hydrostatycznego na jakość pasztetów z udziałem mięsa drobiowego odzyskanego mechanicznie. *Medycyna Wet.* 2007, 63, 870-873.
14. Polska Norma: PN-EN ISO 4833:2004. Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby drobnoustrojów. Metoda płytkowa w temperaturze 30°C.
15. Polska Norma: PN-EN ISO 6579:2003. Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda wykrywania *Salmonella* spp.
16. Polska Norma: PN-EN ISO 6888-1:2001. Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby gronkowców koagulazo-dodatnich (*Staphylococcus aureus* i innych gatunków) Część 1: Metoda z zastosowaniem pożywki agarowej Baird-Parkera.
17. Polska Norma: PN-EN ISO 7937:2005. Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby *Clostridium perfringens*. Metoda liczenia kolonii.
18. Polska Norma: PN-ISO 21527-1:2009. Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby drożdży i pleśni – Część 1: Metoda liczenia kolonii w produktach o aktywności wody wyższej niż 0,95.
19. Polska Norma: PN-ISO 4832:2007. Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania bakterii z grupy coli. Metoda płytkowa.
20. *Sikorski Z. E.*: Ryby i bezkręgowce morskie: pozyskiwanie, właściwości i przetwarzanie. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2004.
21. *Sysak Z., Malicki A., Brużewicz S.*: Effect of high hydrostatic pressures on *E. coli* in the buffered peptone water. *Acta Sci. Pol.* 2003, 11-16.
22. *Szczawińska M., Szczawiński J.*: Możliwości inaktywacji *S. enteritidis* oraz *S. aureus* w szynce wieprzowej pakowanej próżniowo. *Ann. UMCS* 2000, sec. DD, LV, 251.

Adres autora: dr hab. Adam Malicki prof. nadzw. UP, ul. Norwida 31, 50-375 Wrocław; e-mail adam.malicki@up.wroc.pl