

高圧処理による水産物の軟化及びエキス化方法の検討

市川 稔*・山崎資之*・二村和視*

高圧処理による、魚肉の軟化及び水産物のエキス化の加工方法を検討した。魚肉軟化試験では、カツオ魚肉を試料として40℃で24時間、100MPaの高圧処理を行い、その後90℃で煮熟し物性を測定した。その結果、90℃で煮熟のみ行った試料と比較し有意に軟化したが、常圧下40℃で24時間処理した試料とは有意な差がみられなかった。一方、高圧処理した試料の煮熟前の一般生菌数は、常圧下40℃で24時間処理したものと比較し少なかった。

エキス化試験では、センハダカ、サクラエビ、アサリを試料として、40℃で24時間、100MPaの高圧処理をした。その結果、試料は溶解しエキス化した。また、90℃で煮熟して抽出したエキスと比較し、より高濃度のエキスが得られた。一方、常圧下40℃で24時間処理したエキスは腐敗した。さらに、高圧処理したエキスの煮熟前の一般生菌数は、常圧下で処理したものと比較し少なかった。

これらの試験結果から、高圧処理を用いることで微生物の増殖を抑制しながら魚肉の軟化や水産物をエキス化させることができ、この技術を応用することで、新たな軟化魚肉加工品や低塩分魚醤油等の製造が可能であると考えられた。

キーワード：高圧処理，水産物，軟化，エキス化

高齢化が進行する現代の日本では、「軟らかい」又は「低塩分」などを特徴とする高齢者向けの食品需要が高まっている。水産物はタンパク質を多く含み、低栄養状態になりがちな高齢者に適した食材であるといえる。しかし、本県で水揚げの多いカツオ*Katsuwonus pelamis*は加熱加工すると硬くなる性質がある。また、塩辛や魚醤油といった加熱殺菌工程のない水産加工品では、腐敗を防止するため大量の食塩を添加する必要がある。このように、どちらも高齢者向け食品としてのニーズに対応できていない。そこで、主に非加熱食品の加工に用いられており、軟化加工や殺菌等を目的として利用されている高圧処理技術に着目した。

しかしながら、水産物加工における高圧処理技術の利用は実施例が少なく、十分な知見が得られていない。2012年の世界における高圧加工食品の種類別の割合をみると、全体の29%が野菜及び果実加工品で占められている¹⁾。例えば、イチゴやキウイフルーツといった果物に400MPaから600MPaの高圧処理を行うことで、殺菌及びペクチンの溶出を促進させ、非加熱で風味の良いジャム

が製造されている²⁾。また、水に浸漬させた米に400MPa程度の高圧処理をすることで、食感が向上することが知られており、それを利用した無菌化包装米飯が販売されている³⁾。

次に多いのが肉製品(26%)である。豚肉に400MPaの高圧処理を行うことで軟化することが知られている⁴⁾ほか、ハムやソーセージの製造時においては、加熱殺菌後の包装の際に混入する、腐敗菌の二次殺菌のために高圧処理が利用されており、それにより食品添加物を加えなくても賞味期限の延長が可能となる⁵⁾。その次が飲料への利用(14%)である。茶飲料では風味を損なわず殺菌する技術として、400MPaから700MPaの高圧処理が利用されている⁶⁾ほか、海外では高圧処理により殺菌したフルーツジュースが販売されている¹⁾。

一方、魚介類や水産加工品への利用は13%に留まる。イワシ類に40℃から60℃の温度帯で100MPaの高圧処理をすることで、エキス化する事例⁷⁾及び、カキ類に80MPaの圧力処理をすることで、脱殻が簡便化する事例⁸⁾があるのみである。

2020年3月6日受理

静岡県水産技術研究所(本所)業績第1177号

*静岡県水産技術研究所開発加工科

本研究では、高圧処理機を使用して、高圧処理による魚肉の軟化及び水産物のエキス化加工の知見を得ることを目的に、軟化魚肉加工品や低塩分魚醤等の製造への応用を検討した。

材料と方法

魚肉軟化試験

1.物性測定

試料には、冷凍したカツオの雄節を用いた。クーラー内で氷冷解凍したカツオを厚さ2cmにスライスし、サンプルとした。試験区は計5区設定し、各試験区5サンプルずつ測定した。表1に試験区及び処理条件、図1に試験フローを示した。

試料に等重量の蒸留水を加え真空パックし、その後速やかに90℃に設定したウォーターバス内で30分間煮熟したものを通常処理区とした。また、試料に等重量の蒸留水を加え真空パックしたものを用意し、常圧下で40℃に設定したウォーターバス内で24時間保温処理したものを常圧区とし、低温高圧処理機(株)シナダ、高圧装置SHP100-5B・上限圧力：100MPa)を使用し、温度40℃、圧力100MPaで24時間処理したものを高圧区とした。

また、高圧処理と酵素を併用した場合の効果をみるため、試料と等重量の蒸留水及び試料重量に対して1%の酵素(ヤクルト食品工業(株)、パンチターゼNP-2)を添加したものを用意し、真空パック後、常圧区と同様の条件で処理したものを常圧酵素区とし、高圧区と同様の条件で処理したものを高圧酵素区とした。これらの試験区も通常処理区と同様に、各条件下で処理後90℃に設定したウォーターバス内で30分間煮熟した。煮熟後は直ちに取出して4℃の冷蔵庫で一晩保存し、その後20℃に設定したインキュベーター内で4時間保存後に物性測定を行った。

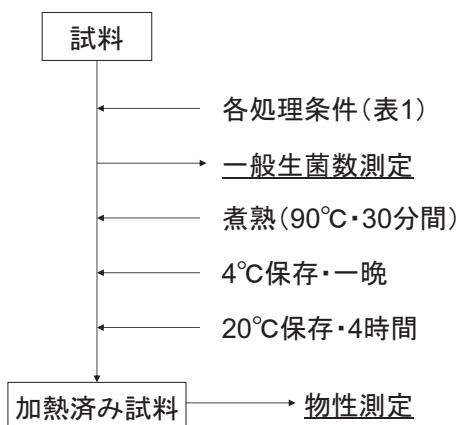


図1 魚肉軟化試験フロー

物性測定は、山崎・高木⁹⁾の方法に従い、クリープメーター(株)山電RE-33.05)を用いて、直系3mm円柱形プランジャー、圧縮速度10mm/秒、クリアランスを試料の厚さの30%とした場合の最大応力を求め、単位面積当たりの最大応力をかたさ[N/m²]とした。なお、各試験区において処理した試料については1枚当たり5回ずつ測定を行い、最大値、最小値を除いた3回の測定値を平均して試料1枚の測定値とし、全試料の測定値を平均して各試験区におけるかたさとした。統計処理は、統計解析ソフトSPSS(Ver16.0)を用いて一元配置分散分析を行い、Tukey法により検定した。

2.一般生菌数

物性測定試験と同じサンプルを用いて、各試験区の試料の一般生菌数を、90℃で煮熟する前に測定した。一般生菌数は、食品衛生検査指針微生物編に記載の方法¹⁰⁾に従い、標準平板菌数測定法により、35℃で48時間培養後の平板上の集落数を測定した。尚、希釈倍率100倍の試料を1mL混釈した際の集落数が30個未満であった試験区に関しては、 3.0×10^3 cfu/mL以下と表示した。

エキス化試験

1.エキス濃度

試料には、冷凍センハダカ*Diaphus suborbitalis*、冷凍サクラエビ*Sergia lucens*及び活アサリ*Ruditapes philippinarum*を用いた。センハダカ及びサクラエビは冷蔵庫で一晩緩慢解凍し、アサリは殻ごと使用した。試験区の設定は魚肉軟化試験と同様とし、各試験区2サンプルずつ測定した。試料の処理についても煮熟までは魚肉軟化試験と同様の処理を行った。ただし、酵素添加量については試料重量の0.1%とした(表1、図2)。処理後冷却し、ふるいで固形物を取り除き、遠心分離(5,000rpm, 10分間)後、No.5Aのろ紙(アドバンテック東洋(株))を用いて吸引ろ過し、得られたろ液をエキスとした。

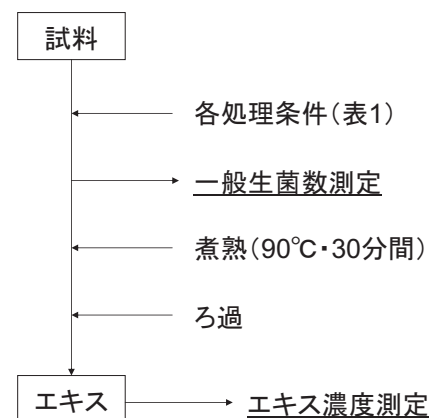


図2 エキス化試験フロー

表1 試験区及び処理条件

	通常処理区	常圧区	常圧酵素区	高圧区	高圧酵素区
処理圧力	—	常圧	常圧	100MPa	100MPa
処理温度	—	40℃	40℃	40℃	40℃
処理時間	—	24時間	24時間	24時間	24時間
添加物	蒸留水	蒸留水	蒸留水及び酵素	蒸留水	蒸留水及び酵素

※酵素は魚肉軟化試験では試料重量の1%、エキス化試験では試料重量の0.1%添加

エキス濃度の測定については、小泉・平塚の方法¹¹⁾に従い、Brix値とエキス分の二つの指標を用いた。Brix値は糖用屈折計(楳アタゴ製、PAL-1)を用いて測定した。エキス分は、エキスを蒸発皿に5mLを量りとり、水を張ったトレー上で加熱して蒸発乾固させ、さらに、105℃で5時間乾燥後の固形物重量を測定して算出した。

2.一般生菌数

1と同様に調整し、各条件で処理した試料の一般生菌数を90℃で煮熟する前に測定した。測定は、魚肉軟化試験と同様の方法で行い、希釈倍率100倍の試料を1mL混釈した際の集落数が30個未満であった試験区に関しては 3.0×10^3 cfu/mL以下と表示した。

2.一般生菌数

一般生菌数の結果を表2に示した。通常処理区の一般生菌数は、 9.4×10^4 cfu/mLであった。これに対し、常圧区は 3.9×10^6 cfu/mLであった。一方、常圧酵素区、高圧区及び高圧酵素区は 3.0×10^3 cfu/mL以下であった。

表2 試験区別のカツオ魚肉の一般生菌数

単位：cfu/mL				
通常処理区	常圧区	常圧酵素区	高圧区	高圧酵素区
9.4×10^4	3.9×10^6	$\leq 3.0 \times 10^3$	$\leq 3.0 \times 10^3$	$\leq 3.0 \times 10^3$

結 果

魚肉軟化試験

1.物性測定

物性測定の結果を図3に示した。通常処理区以外の最大応力は、常圧区が 2.8×10^5 N/m²、常圧酵素区が 1.9×10^5 N/m²、高圧区が 2.5×10^5 N/m²、高圧酵素区が 2.0×10^5 N/m²であり、この4試験区の最大応力はすべて、ユニバーサルデザイン食品の区分1(容易にかめる)で定められた物性規格であるかたさ上限値(5.0×10^5 N/m²)¹²⁾を下回る結果であった。また、この4試験区の最大応力は、通常処理区(6.6×10^5 N/m²)と比較し有意に軟化していたが、4試験区間では優位な差はなく、高圧処理による魚肉の軟化への有意性はみられなかった。また、酵素無添加の試験区も、酵素添加した試験区と同等に軟化しており、酵素添加による有意な効果もみられなかった。

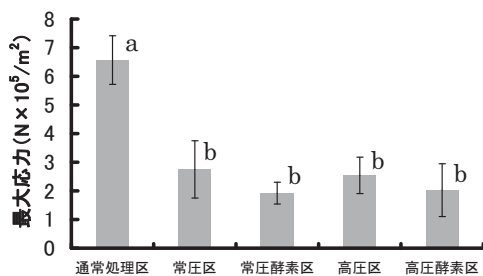


図3 試験区別のカツオ魚肉のかたさ
異なる符号間で有意差あり (p<0.05)

エキス化試験

1.エキス濃度

各エキスのエキス濃度(Brix値及びエキス分)の結果を図4及び図5に示した。高圧区及び高圧酵素区の試料はほぼエキス化していたが、通常処理区の試料は一部エキス化していたものの、完全に溶解していなかった。

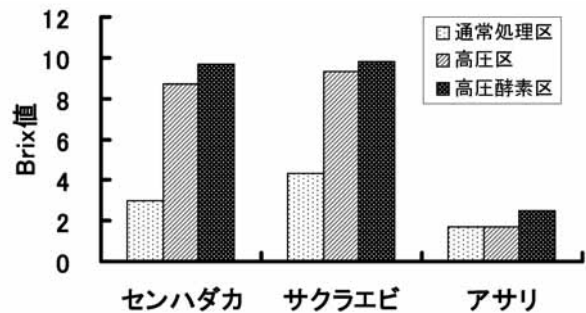


図4 各エキスのBrix値

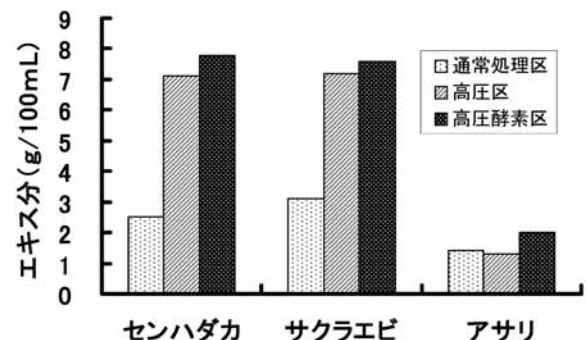


図5 各エキスのエキス分

一方、常圧区及び常圧酵素区は全てのエキスから腐敗臭が発生し、食用に適さないと判断したため、エキス濃度の測定は行わなかった。また、エキス化した試験区においても、骨や殻はエキス化せずに残った。

センハダカ及びサクラエビエキスでは、通常処理区より高圧区及び高圧処理区の方が、エキス濃度が高い値となった。また、酵素を添加した高圧酵素区は、高圧区と比べよりエキス濃度が高い値であった。一方、アサリエクスでは、通常処理区及び高圧区においては、エキス濃度に差はみられなかったが、高圧酵素区においては、エキス濃度が高い値を示した。

2. 一般生菌数

各エキス的一般生菌数の結果を表3に示した。通常処理区的一般生菌数は、センハダカエキスでは 3.0×10^3 cfu/mL以下、サクラエビエキスでは 2.7×10^4 cfu/mL、アサリエクスでは 3.1×10^3 cfu/mLであった。これに対し、常圧区及び常圧酵素区はセンハダカエキスでは 4.3×10^4 cfu/mL及び 7.1×10^4 cfu/mL、サクラエビエキスでは 2.6×10^8 cfu/mL及び 2.7×10^8 cfu/mL、アサリエクスでは 2.3×10^6 cfu/mL及び 5.5×10^6 cfu/mLと高い値となった。一方、高圧処理した高圧区及び高圧酵素区では、全てのエキスで 3.0×10^3 cfu/mL以下であった。

表3 各エキス的一般生菌数

単位：cfu/mL

	通常処理区	常圧区	常圧酵素区	高圧区	高圧酵素区
センハダカ	$\leq 3.0 \times 10^3$	4.3×10^4	7.1×10^4	$\leq 3.0 \times 10^3$	$\leq 3.0 \times 10^3$
サクラエビ	2.7×10^4	2.6×10^8	2.7×10^8	$\leq 3.0 \times 10^3$	$\leq 3.0 \times 10^3$
アサリ	3.1×10^3	2.3×10^6	5.5×10^6	$\leq 3.0 \times 10^3$	$\leq 3.0 \times 10^3$

考 察

魚肉軟化試験では、常圧処理及び高圧処理したカツオ魚肉は、40℃で24時間処理することによりどちらも軟化した。また、酵素無添加でも、酵素添加した魚肉と同等に軟化した。これらのことから、カツオ魚肉に内在する自己消化酵素の働きにより軟化したと考えられた⁹⁾。

一方、煮熟前の魚肉の一般生菌数を測定したところ、高圧処理した試験区は 3.0×10^3 cfu/mL以下であったのに対し、常圧区は、 3.9×10^6 cfu/mLであった。一般的に食品における腐敗の目安となる生菌数は $10^7 \sim 10^8$ cfu/mLと言われており¹³⁾¹⁴⁾、この値は初期腐敗に近い状態であっ

た。高圧処理によるエキス製造においては、100MPa程度の圧力処理により微生物の増殖を抑制できることが知られている⁷⁾が、今回の結果から、魚肉においても高圧処理による微生物の増殖抑制効果があると考えられた。また、酵素を添加して常圧下で処理した常圧酵素区においても一般生菌数が 3.0×10^3 cfu/mL以下であったことから、常圧処理でも、酵素を添加することで微生物の増殖抑制効果があることが示唆された。この結果については、添加した酵素の働きが影響したと考えられるが、再度同様の試験を行い検証する必要がある。

通常、加熱殺菌することで微生物は死滅するため、常圧下で処理した魚肉も、その後の90℃・30分間の煮熟処理により生菌は死滅すると考えられる。しかし、赤身魚の魚肉では、ヒスタミンによるアレルギー様食中毒に留意する必要がある。赤身魚には、ヒスタミンの前駆物質であるヒスチジンが700~1,800mg/100gと、白身魚(数mg~数十mg/100g)に比べ非常に多く含まれている¹⁵⁾。魚肉に含まれるヒスタミンは、ヒスタミン生成菌により生成されるが、ヒスタミンは熱に安定であり、加熱殺菌した魚肉でもヒスタミン中毒の恐れがある。ヒスタミン生成菌の一種である *Morganella morganii* や *Photobacterium damsela* は、40℃付近でも増殖が可能であることが知られている¹⁵⁾が、今回行った試験では、カツオ魚肉を常圧下に40℃で24時間静置すると、一般生菌数が 10^6 cfu/mL程度に増加することが判明している。これらのことから、高圧処理を用いることでヒスタミン生成菌をはじめとした微生物の増殖を抑制しつつ魚肉を軟化加工することが可能であり、ヒスタミン中毒のリスクを減らした軟化魚肉加工品の製造が可能であると考えられた。今後は、軟化に要する時間及び至適温度の検討を行い、より効率の良い処理条件を見つけて出す必要がある。

エキス化試験では、常圧下で処理した試験区のエキス的一般生菌数は、センハダカでは 10^4 cfu/mL、サクラエビでは 10^8 cfu/mL、アサリでは 10^6 cfu/mL程度であり、サクラエビでは腐敗状態、アサリでも初期腐敗に近い状態に達していた。また、全てのエキスから腐敗臭が発生し、食用に適さないと考えられた。

一方、高圧処理した試験区のエキスの煮熟前的一般生菌数は、全て検出限界値(3.0×10^3 cfu/mL)以下であった。特にサクラエビ及びアサリでは、高圧処理区の生菌数が、通常処理区の生菌数を下回っていることから、高圧処理が殺菌的に作用した可能性も考えられた。また、高圧処理区のエキス濃度は、センハダカ及びサクラエビでは通常処理区より著しく増加しており、アサリにおいて

も、高圧区では増加はみられなかったものの、高圧酵素区では増加していた。

これらのことから、高圧処理により微生物の増殖を抑制しつつエキス化できることが明らかとなった。また、高圧酵素区の結果から、高圧処理と酵素添加を組み合わせることで、より濃度の高いエキス抽出が可能であると考えられた。この技術を応用することで、塩分を減らした魚醤油等の調味エキスの開発が期待できる。通常、魚醤油は原料の魚介類に、腐敗防止のため重量比20～30%の食塩を添加し、原料に内在する酵素の作用により半年から2年近く熟成・エキス化させ製造される⁶⁾。高圧処理を用いることで、酵素が働く35℃から40℃付近の温度帯でも腐敗せず処理することができ、数時間から数日間という非常に短時間でのエキス製造が可能になると考えられる。また、腐敗防止のための大量の塩分添加も必要とせず、食塩添加量も調整できるため、塩分量を抑えることができる。

今回の試験で得られた、高圧処理による魚肉の軟化及び水産物のエキス化の加工技術を応用することで、酵素等無添加の軟化魚肉加工品や減塩分魚醤油といった新たな水産加工品の製造が可能になると考えられた。

文 献

- 山本和貴(2013)：食品高圧加工の現状. 進化する高圧加工技術－基礎から最新の応用事例まで－(重松亨・西海理之編), エヌ・ティー・エス, 東京, 281～288.
- 堀江雄・木村邦男・井田雅夫・吉田泰博・大亀邦仁(1991)：加圧法によるジャム製造に関する研究. 日本農芸化学会誌, **65**(6), 975～980.
- 山崎彬・小林篤・大原絵里(2013)：高圧処理を利用した無菌化包装米飯の開発. 進化する高圧加工技術－基礎から最新の応用事例まで－(重松亨・西海理之編), エヌ・ティー・エス, 東京, 271～280.
- 金娟廷・川野亜紀・高橋智子・大越ひろ(2006)：豚肉の物性及び嗜好性に及ぼす高圧処理の影響. 日本調理科学会誌, **39**(1), 10～15.
- 山本和貴(2009)：高圧力を活用した食品加工 その1 総論. 日本調理科学会誌, **42**(6), 417～423.
- 衣笠仁・竹尾忠一・福元研治・石原正美(1992)：茶飲料の高圧処理による殺菌効果と成分変化. 日本農芸化学会誌, **66**(4), 707～712.
- 野口椽史・野口賢二郎・森川篤史(2013)：まるごとエキス開発事例. 進化する高圧加工技術－基礎から最新の応用事例まで－(重松亨・西海理之編), エヌ・ティー・エス, 東京, 261～269.
- 中省三(2013)：カキむき身生産ライン開発事例. 進化する高圧加工技術－基礎から最新の応用事例まで－(重松亨・西海理之編), エヌ・ティー・エス, 東京, 141～150.
- 山崎資之・高木毅(2012)：魚肉の消化性, 物性を向上させるUD加工技術研究. 平成23年度静岡県水産技術研究所事業報告, 66～67.
- 浅尾努・小久保彌太郎(2015)：細菌数. 食品衛生検査指針微生物編, 公益社団法人日本食品衛生協会, 東京, 150～162.
- 小泉鏡子・平塚聖一(2017)：乾燥工程が煮干しだし汁の臭気成分に及ぼす影響. 日本水産学会誌, **83**(2), 199～206.
- 藤崎享(2012)：ユニバーサルデザインフードの現状. 明日の食品産業2012年11月号(2012), 財団法人食品産業センター, 東京, 20～25.
- 藤井建夫(1995)：魚の腐敗と防止法. 魚介類の鮮度と加工・貯蔵(渡邊悦生編), 成山堂書店, 東京, 37～38.
- 川井英雄・廣末トシ子(2012)：改訂食品衛生学実験, 恒星社厚生閣, 東京, 77.
- 藤井建夫(2006)：アレルギー様食中毒. 日本食品微生物学会雑誌, **23**(2), 61～71.
- 平岡芳信(2005)：魚醤油・エキス製品総覧. 全国水産加工品総覧(福田裕・山澤正勝・岡崎恵美子編), 光琳, 東京, 589～591.

Investigation of a high-pressure treatment for the processing method to soften fish meat and liquefy marine products

Ryo Ichikawa, Motoyuki Yamazaki and Kazumi Nimura

Abstract We investigated the use of a high-pressure treatment in the processing method to soften fish meat and liquefy marine products. In the softening experiment, the fish meat of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) was treated under high pressure at 100 MPa and 40°C for 24 h. The fish meat was boiled at 90°C and then its physical properties were measured. The fish meat from the high-pressure treatment followed by boiling was softer than the boiled meat without the high-pressure treatment. Moreover, the aerobic plate count from the fish meat of the high-pressure treatment before boiling was less than the count from fish meat kept under normal pressure conditions at 40°C for 24 h. In the liquefied experiment, samples of Sen-hadaka (*Diaphus suborbitalis*), Sergestid shrimp (*Sergia lucens*), and Japanese little neck (*Ruditapes phillipinarum*) were treated under high pressure at 100 MPa and 40°C for 24 h and then the liquefied samples were boiled and filtered. These extract had a higher concentration than the extract of the sample that was only boiled. However, the extract under normal pressures condition at 40°C for 24 h went rotten. These results suggest that the applying a high-pressure treatment to the processing method of fish meat is an innovative process to soften fish meat and reduce salt in fish sauce.

Key words: high-pressure treatment, marine products, soften, extract