

小型マイワシおよびサバ水産加工品の加圧加熱および乾燥処理による骨の軟化と外観の改善

古田 智絵

Effect of Pressure Heating and Drying on the Bone Softening and Appearance of Fish Products Made from Sardines and Short-bodied Mackerels

Tomoe Furuta

In order to manufacture fish products made from sardines and short-bodied mackerels from the coast of Hokkaido that can be eaten with bones, we aimed to develop an improved processing technology. To achieve that, we investigated the heating conditions to soften fish bones using a retort sterilizer and the drying conditions to improve appearance.

Our results revealed that the fish bones became adequately soft for consumption upon pressure heating at 115 °C for at least 40 min and 30 min for sardine and mackerel, respectively. Moreover, the appearance improved as the dripping, crumbling, and curd formation were suppressed after heating upon preceded by drying at 18 °C for 16 h.

KEY-WORDS : Drying, Mackerel, Sardine, Pressure heating

キーワード : 乾燥, サバ, マイワシ, 加圧加熱

北海道沿岸海域では、マイワシおよびサバの漁獲量は増加傾向にあり、マイワシは年間約8万3千t、サバでは年間約1万3千t水揚げされている(2014年~2018年平均)¹⁾。また、水産資源保護法の改正により、2016年からロシアの排他的経済水域におけるサケ・マス流し網漁が禁止され、代替漁業が小型船によるマイワシ・サバ類の棒受網漁となったことから、今後漁獲量が更に増加することが見込まれる^{2,3)}。北海道で水揚げされる小型のマイワシおよびサバの多くは単価の低いフィッシュミールに加工され、主に飼料として利用されている。近年、北海道ではサケやホタテなどの主要な水産物の水揚

げ量が減少していることから、これらの小型マイワシおよびサバを食品向けの加工原料として活用することが求められている。

一方、我が国における国民1人1日当たりの魚介類の摂取量は年々減少し、2008年には、魚介類の摂取量が肉類を下回った⁴⁾。このような「魚離れ」はこれまで若年層の問題であると考えられてきたが、高齢者においても食べにくさから魚料理を敬遠する消費者が増えており、タンパク質の不足が指摘されている。高齢者のタンパク質不足は免疫力の低下による疾病発生の原因となるだけでなく、筋肉量の減少による筋力や身体機能の低下(サ

事業名：経常研究

課題名：道東産マイワシ・サバ類の消費拡大を目指した高度加工技術の開発

ルコペニア)や虚弱状態(フレイル)に繋がるため、医学界で問題提起されている⁵⁾。

大日本水産会が2019年に実施した調査によると、魚が敬遠される主な理由は、「骨が多い」や「下処理、調理の手間」が挙げられており⁶⁾、水産加工企業および消費者の双方から、食べやすく加工された半調理・調理済みの水産物加工食品(ファストフィッシュ)の開発が求められている。

このような背景から、マイワシおよびサバの小型魚を活用し、骨を除く手間のない「骨まで食べられる水産加工品」の製造技術の開発を行った。

魚骨は加圧加熱処理することにより軟化することが知られている⁷⁾。例えば、魚の缶詰は加圧加熱により、殺菌と同時に中骨が軟化するため、容易に食べられる。しかし、加熱による魚骨の軟化度は魚種によって異なることがサケ科魚類について報告されていることから、マイワシ、サバにおいても喫食可能な硬さとなる処理条件が異なると考えられる⁷⁾。また、従来の魚の缶詰やレトルト食品では加熱処理に伴い、ドリップの滲出、身崩れや魚皮の剥離、白色のタンパク質の凝固物(カード)の析出などにより外観が劣化し、品質低下の要因となっている。

そこで本研究では、道産の小型のマイワシおよびサバを対象に、レトルト殺菌装置を用いた加圧加熱処理により、魚骨が喫食可能な硬さとなる加熱条件とともに、加熱前の乾燥処理による外観の改善を検討した。

実験方法

1. 試料

マイワシは2017年7月、サバは同年8月に、北海道釧路市沖で漁獲されたものを入手し、試験まで-20℃で保管したものを試験に供した。平均体重は、マイワシは118.6g、サバは256.5gだった。

2. レトルト殺菌装置を用いた加圧加熱処理および乾燥処理条件の検討

レトルト殺菌装置を用いた加圧加熱処理および乾燥処理は図1に示した工程で行った。すなわち、魚を5℃の冷蔵庫で1晩解凍した後、頭と内臓を除去し、マイワシはドレス、サバはこれを更に腹開きにした。処理後の重量は、マイワシは平均71.1g、サバでは平均161.7gであった。これを3%食塩水に5℃で1晩浸漬し、冷風乾燥機(HA-5型、クールドライマシナリー)で、18℃で0~16時間乾燥した。乾燥後、ガスバリア性の5層プラスチックフィルム(ポリエチレンテレフタレート(PET)

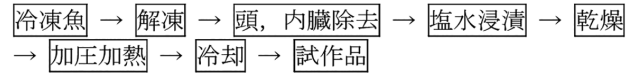


図1 レトルト殺菌装置を用いた水産加工品(試作品)の処理工程

塩水の塩濃度は3%、乾燥は18℃で0~24時間、加圧加熱処理は115℃で10~50分行った。

12μm/ドライラミネート(DLM)/バリア延伸ナイロン(ON)15μm/DLM/無延伸ポリプロピレン(CPP)50μm)のレトルト用三方袋(大日本印刷)を用いて、1尾ずつ真空包装した。真空包装した試料を、レトルト殺菌装置(RCS-40RTGN, 日阪製作所)を用いて加圧加熱処理(115℃・10~50分・0.18MPa)し、加熱終了後に水水で冷却したものを試作品とした。加熱時の試料の中心温度はデータロガー(HiTemp140-PT, Madge Tech)を用いて測定し、F₀値(Z値を10℃としたときに食品の中心が121℃で加熱処理されたのに相当する時間)を算出した。

3. 骨の物性評価

加熱後の試料から脊椎骨を採取し、神経棘と血管棘を取り除いて2cmの長さに切断した。この脊椎骨について、クリープメーター(RE2-33005S, 山電)を用いて、直径10mmの円柱型プランジャーで圧縮速度1mm/秒、格納ピッチ0.03秒で95%まで圧縮し、破断荷重を測定した。また、4名のパネルで試作品を喫食し、脊椎骨が喫食可能となる硬さであるか評価し、3名以上が喫食可能と判定した場合に合格とした。

4. 水分、加熱ドリップの測定および外観評価

水分は試料の背肉を採取し、皮と骨を除去したものを細切りし、常圧加熱乾燥法(105℃)にて測定した。加熱ドリップは、加熱後の試料を開封し、ペーパータオル上で軽く魚肉の裏表面を返した後、重量を測定し、その差を加熱前の試料重量に対する百分率で表した。加熱後の試料の外観については、身崩れおよび表面に形成された白濁凝固物(カード)の量を評価した。

5. 統計処理

2群間の有意差を確認する際は、Student's t-testを行った。また、有意差の検定には危険率5%を用いた。

実験結果および考察

1. 加圧加熱処理がマイワシおよびサバの脊椎骨の物性に及ぼす影響

マイワシおよびサバを115℃で10～50分間加圧加熱処理した際の F_0 値および脊椎骨の硬さについて図2および図3に示した。 F_0 値はマイワシとサバで大きな差はなかった。加熱殺菌において熱伝達は種々の要因により影響を受けることが知られている。例えば、内容物の食品の種類、形状、サイズ、収容方法などが異なると熱伝達速度が変わることが報告されている⁸⁾。今回、試作品の内容量は、マイワシは平均71.5g、サバは平均157.2gであり、マイワシよりサバの方が内容量は多かったが、マイワシはドレス、サバでは腹開きと形態が異なり、表面から脊椎骨までの距離の影響が小さかったため、 F_0 値の差が小さかったと考えられた。また、食品を常温流通する場合、pHが4.6を超え、かつ、水分活性が0.94を超える容器包装詰加圧加熱殺菌食品にあっては、中心部の温度を120℃で4分間加熱する方法、またはこれと同等以上の効力を有する方法で加圧加熱殺菌することが食品衛生法で定められている⁹⁾。本試作品は、マイワシ、サバともに115℃で30分以上の加熱を施したものは F_0 値が4以上となり、上記の条件を満たすことから、一般的なレトルト食品と同様に常温流通が可能であると考えられた。

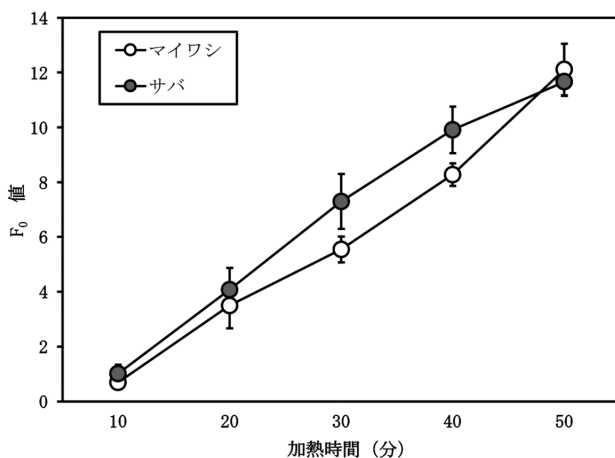


図2 レトルト処理（115℃）における加熱時間と F_0 値の関係

脊椎骨の硬さは、マイワシおよびサバともに、無処理および115℃で10分間の加熱では破断できないほど硬く、測定不能（20N以上）であったが、加圧加熱時間の延長に伴い軟化し、20分から40分にかけて破断強度は大きく低下した。官能評価で骨が喫食可能であるか評価したところ、115℃で30分以上の加熱においてサバの脊椎骨は喫食可能な硬さであると判定されたが、マイワシの脊椎骨は30分では喫食できず、40分以上の加熱で喫食可能と判定された（データ未掲載）。破断強度においても、30分ではサバよりもマイワシの方が有意に高値を示した。これまでに、加圧加熱により魚骨が軟化する要因は、骨中の結合組織であるコラーゲンのゼラチン化により軟化すると報告されている^{10, 11)}。今回、マイワシとサバにおいて、加圧加熱処理時の魚骨の軟化程度が異なる理由に関しては不明であることから、今後、脊椎骨の構造や成分の差異について詳細に調べる必要があると考えられた。

以上より、常温流通可能かつ、骨が喫食可能となる加熱条件はマイワシでは115℃で40分以上、サバでは115℃で30分以上の加熱が必要であると考えられた。ただし、加熱時間が長くなるほど過加熱により、食感や風味の劣化を引き起こすことから、加熱時間は最小限にとどめるのが望ましいと考えられた。

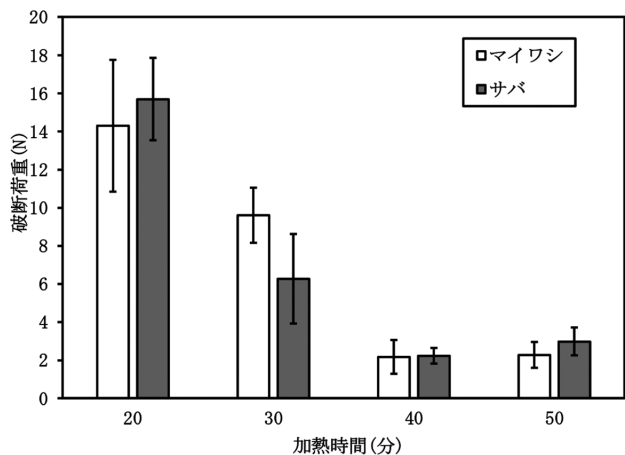


図3 レトルト処理における加熱時間がマイワシおよびサバの脊椎骨の物性に及ぼす影響

加熱温度：115℃

各値は平均値±標準偏差（n=9）で示した。

2. 乾燥処理が加熱後のドリップおよび外観に及ぼす影響

マイワシおよびサバを18℃で0～24時間乾燥した際の水分の変化を図4に示した。マイワシの乾燥前の水分は67.5%であり、乾燥時間に伴って24時間まで緩やかに水分は減少し、24時間後の水分は61.7%となった。一方、サバの乾燥前の水分は72.9%であり、マイワシに比べて乾燥中に急激に水分が減少し、24時間後の水分はサバが54.1%となり、マイワシよりも有意に低い値を示した。

次に、これを115℃で40分間加熱した際のドリップおよび外観について、それぞれ図5および図6に示した。加熱後のドリップは、未乾燥（乾燥0時間）のマイワシでは、25.6%、サバでは24.1%であり、両者に大きな差はなかった。一方、乾燥処理を行ったところ、サバでは8時間まで乾燥時間が長くなるにつれ加熱ドリップが減少し、それ以後は大きな変化がなかった。マイワシでは乾燥により加熱ドリップが減少したが、4～24時間では加熱ドリップ量はほとんど変化しなかった。また、乾燥時間4～24時間ではいずれも、加熱ドリップの量はサバよりもマイワシの方が有意に多かった。乾燥後の水分（図4）と加熱ドリップ（図5）の結果を比較すると、乾燥時間4時間、8時間ではマイワシとサバの加熱前の水分の差はほとんどなかったが、加熱後のドリップはマイワシの方が多かった。ドリップを観察すると、サバに比べてマイワシでは水分とともに油分も流出していたことから、乾燥後に同程度の水分であっても、マイワシで

は水分のほか油分も流出しやすいため、加熱後のドリップ量に差が生じたと考えられた。山口ら¹²⁾は、キダイとイボダイについて、加圧加熱処理時のドリップと魚の乾燥の関係を調べており、本結果と同様に、乾燥処理により加熱ドリップが著しく減少すると報告している。キダイよりもイボダイの方が、加熱ドリップが多いことについては、魚の元来持つ水分の量ではなく、加圧加熱処理に対する組織の保水性の差と推定している。このことから、加熱ドリップの差はマイワシとサバの筋肉の保水性の違いも関係していることも推察された。

次に、加熱後の外観を観察したところ、マイワシ、サバともに未乾燥（乾燥0時間）では表面やドリップ中に白濁凝固物が観察され、身崩れも生じていた。一方、乾燥することにより、いずれも身崩れは抑制されたが、表面およびドリップ中の白濁凝固物は16時間以降でほとんど観察されなかった。サケやサバの缶詰などでは加熱によりタンパク質が収縮し、ドリップとともに魚肉中の可溶性の筋形質タンパク質が溶出してカードを生じ、外観が損なわれるため品質低下の要因となることが知られている^{13, 14)}。本試験で生じた白濁凝固物もこれらと同様のものと考えられる。本実験では、マイワシ、サバともに加圧加熱前に乾燥することにより、加熱後のカードの生成が抑制された。本実験で、乾燥によりカードの生成が抑制されたのは、乾燥により水分が減少しただけでなく、表面が硬化することにより、加熱に伴うドリップとともに可溶性のタンパク質が表面に溶出されるのが

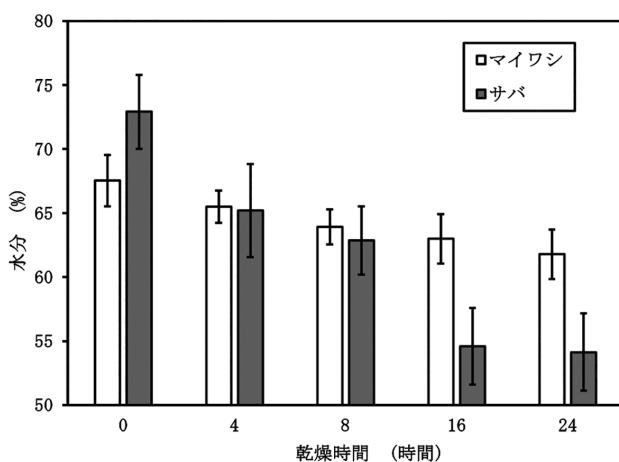


図4 乾燥時間がマイワシおよびサバの水分に及ぼす影響

乾燥温度：18℃

各値は平均値±標準偏差 (n=3) で示した。

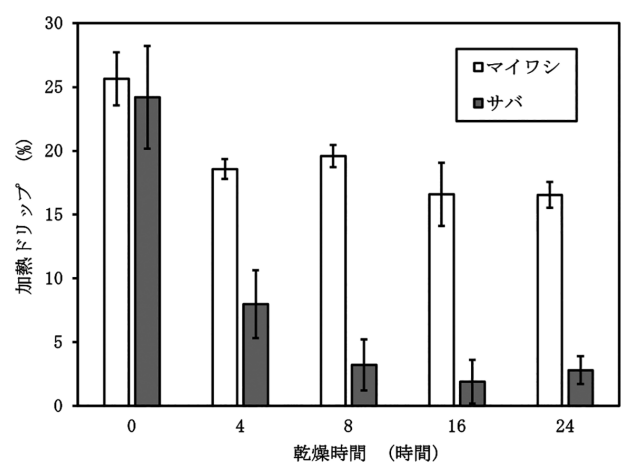


図5 加熱前の乾燥時間がマイワシおよびサバのレトルト処理後のドリップに及ぼす影響

各時間乾燥した試料を115℃で40分間加熱した。

各値は平均値±標準偏差 (n=5) で示した。

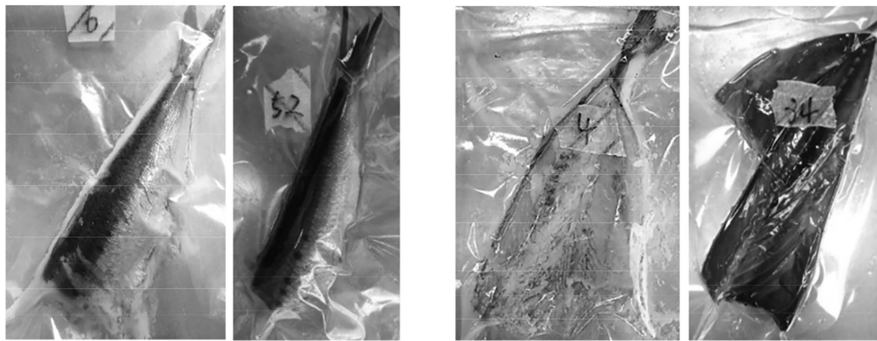


図6 乾燥時間がマイワシおよびサバの加熱処理後の外観に及ぼす影響

左から、マイワシ0時間、マイワシ16時間、サバ0時間、サバ16時間乾燥したものを115℃で40分間加熱したもの

抑制されたためであると考えられた。

以上より、加圧加熱処理前に魚を乾燥することにより、加熱後のドリップおよび身崩れが抑制され、16時間以上乾燥することにより、カードの生成も抑制されることが明らかになった。

要 約

北海道産の小型のマイワシおよびサバを活用した骨まで食べられる水産加工品の製造技術を開発するため、レトルト殺菌装置を用いた加圧加熱処理により魚骨を軟化させ、喫食可能な骨の硬さとなる加熱条件を検討するとともに、加熱前の乾燥処理による外観の改善を検討した。その結果、加圧加熱後の骨の物性は、マイワシでは115℃で30分以上、サバでは115℃で40分以上の加熱により喫食可能な硬さとなった。また、加熱処理前に魚体を18℃で16時間乾燥することにより、加熱後のドリップ、身崩れ、カードの生成などが抑制され、外観を改善することが可能であることが明らかとなった。

文 献

- 1) 北海道水産林務部 (2014-2018). 平成26年～平成30年北海道水産現勢.
- 2) 小泉悠 (2015). ロシア サケ・マス流し網漁を禁止する法律. 外国の立法 (月刊版264-2); 立法情報・翻訳・解説, pp.14-15.
- 3) 北海道水産林務部 (2017). 「平成28年度 水産業・漁村の動向等に関する年次報告」の概要, p.1.
- 4) 厚生労働省 (2020). 平成29年国民健康・栄養調査報告, p.192.
- 5) 荒井秀典 (2018). IV. フレイル・サルコペニア. 日本内科学会雑誌, 107(12), pp.2444-2450.
- 6) 一般社団法人 大日本水産会 (2019). 男女1000人に聞いた食事・調理・魚食動向. 2019年(令和元年)度水産物消費嗜好動向調査, pp.36-37.
- 7) 谷川英一 (1969). 第13章 肉類缶詰製造の際の化学変化, 食品加工シリーズ 第8巻 缶詰製造学, 恒星社厚生閣, 東京, pp.265-266.
- 8) 戸塚英夫 (2002). 第4章 加熱殺菌および冷却. 缶・ビン詰・レトルト食品, 飲料製造講義 I (総論編), 社団法人 日本缶詰協会, 東京, pp.638-652.
- 9) 食品, 添加物等の規格基準 (昭和34年厚生省告示第370号), 厚生労働省法令等データベース.
- 10) 平岡芳信, 城敦子, 成田公義, 平山和子, 菅忠明 (2001). 養殖ハマチ中骨のレトルト処理によるコラーゲンのゼラチン化と軟化. 日本水産学会誌, 67(2), pp.261-266.
- 11) 八木恭子 (1977). 缶詰食品の組織学的研究 缶詰の製造工程におけるサバの骨の組織変化について. 家政学会誌, 28(7), pp.458-462.
- 12) 山口寿行 (2017). キダイおよびイボダイの加圧加熱処理による骨の軟化と形態保持技術. 山口県農林総合技術センター研究報告, 8, pp.23-25.
- 13) Akiba M., Yamaguchi K., Suzuki M. (1968). CURD IN CANNED SALMON: I. Formation of Curd by Heating Flesh from Frozen Salmon. 北海道大学水産学部研究彙報, 19(2), pp.156-160.
- 14) Tanikawa E., Inoue Y., Akiba M., Numakura T. (1952). STUDIES ON THE MANUFACTURE OF CANNED MACKEREL. PART V. STUDIES ON THE FORMATION OF CURD IN CANNED MACKEREL. 北海道大学水産学部研究彙報, 3(1), pp.23-30.