

メカジキ加熱肉の歩留まりとテクスチャーに 加熱温度と振り塩が及ぼす影響

米田千恵

千葉大学・教育学部

Effects of Heating Temperature and Sprinkled Salt on the Yield and Texture of Cooked Swordfish Meat

YONEDA Chie

Faculty of Education, Chiba University, Japan

加熱温度と振り塩操作が加熱魚肉の歩留まりやテクスチャー特性に及ぼす影響についてメカジキ肉を用いて調べた。メカジキ生肉に2%食塩を振り塩して30分間放置後、65℃および85℃で60分まで加熱した。加熱肉について、加熱前後の重量変化率、水分含量、保水性（遠心流出率、圧搾肉汁率）、テクスチャー特性を測定した。重量変化率は振り塩の有無、加熱温度の違いで有意差がみられ、加熱温度が高いほど重量が保持され、塩の存在で重量が保持された。85℃加熱においては振り塩有り試料の方が表面の硬さが弱く、塩の有無がテクスチャーに大きく影響していた。一方で65℃加熱試料は振り塩操作で重量が保持されたが、全体の硬さや保水性に顕著な違いはなかった。

The effects of heating temperature and salting operation on the yield and texture characteristics of cooked fish meat were investigated using swordfish meat. Raw swordfish meat was sprinkled with 2% salt (sodium chloride), left for 30 minutes, and then heated at 65℃ and 85℃ for up to 60 minutes. The weight change rate, moisture content, water holding capacity (outflow due to centrifugation, outflow due to pressing), and texture characteristics of the cooked meat were measured. There was a significant difference in the rate of weight change depending on sprinkled salt and the heating temperature; the higher the heating temperature, the more the weight was retained, and the presence of salt meant that the weight was retained. When heated to 85℃, the surface hardness of the sample with sprinkled salt was weaker, and the presence or absence of salt had a large effect on the texture. Although the weight of the sample heated to 65℃ was maintained due to the presence of salt, salt had no effect on the overall hardness or water retention of the meat.

キーワード：メカジキ (swordfish), 加熱歩留まり (cooking yield), テクスチャー (texture)

1. 目 的

古くから魚介類が重要なたんぱく質摂取源であった日本では、多様な調理法を発展させ食文化を築いてきた。魚介類の調理には多くの場合、塩が用いられており、塩を溶かした水に漬ける「立て塩」、直接塩を振りかける「振り塩」といった添加方法がある。塩は塩味を付ける目的のほかに、保存性の向上、うま味の増強、浸透圧による脱水作用を利用して魚の生臭みを取り除くなどの作用がある¹⁾。さらに塩は魚肉たんぱく質と作用して、すり身の結着性や保水性向上にも関わる¹⁾。冷蔵・冷凍技術の進歩や減塩志向によって、塩蔵魚肉ではなく生魚肉として購入する機会も増えてきており、例えば鮭では生食用のサーモン、加熱用として生鮭や塩漬けた塩鮭があり、用途に応じて選択している。中学校技術・家庭科の家庭分野では生肉、生魚を加熱調理する題材があるが、近年魚離れが進み、魚肉を調理する際に塩をどのような目的

で使うのか、調理経験の少ない子どもたちには理解しづらい場合が想定される。また、肉や魚の低温調理が話題となっているが、これは耐熱性の袋に入れて密閉し、60℃前後の水中で湯煎して加熱する調理法である。その利点として、畜肉では肉汁（ドリップ）の流出が少なく、保水性が高い、肉質が適度な硬さとなる、素材の風味が残る、などが挙げられる²⁾。

前報でメカジキ肉を立て塩法として2%食塩水に1時間浸漬した後、65℃で1時間加熱したときの重量変化やテクスチャー特性を報告した³⁾。加熱による重量変化率は食塩水浸漬と水浸漬、未浸漬試料の間で違いはみられず、加熱肉の硬さにも顕著な違いはみられなかった。家庭での調理では、振り塩によって塩を添加する機会が多いが、振り塩の有無が加熱魚肉の歩留まりやテクスチャー特性に及ぼす影響については詳細に調べられていない。また、魚肉を低温調理した場合の保水性の報告はほとんどない。メカジキはスズキ目メカジキ科の大型魚であり、冷凍フィレーが多く出回り、加熱調理に用いられる。そこで本研究では、冷凍魚肉を加熱調理する際に

連絡先著者：米田千恵 cyone@faculty.chiba-u.jp

振り塩の効果을明らかにするため、メカジキ肉を用いて、加熱温度の違いや振り塩操作の有無が重量変化や保水性、テクスチャーに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 試料と方法

2-1 試料と試料調製

試料として冷凍メカジキ肉（台湾産）を解凍して使用し、45×60×10mmの大きさで約40gに成形した。塩化ナトリウム（試薬特級）を乳鉢、乳棒で磨砕したものを振り塩に用いた。振り塩有り試料には、試料重量の2%の塩化ナトリウムを魚肉表面に均一に振りかけた後ラップフィルムで包み、4℃冷蔵庫内に30分間放置した。

加熱試料の調製にあたっては、試料をナイロンポリ袋に入れて密封し、20℃恒温器に入れ、試料内部温度が20±1℃になったところで加熱した。加熱方法は、水5.8Lを入れた鍋に低温調理器（F9575、富士商）を取り付け、水温65℃または85℃に設定し、15分間または60分間加熱した。所定の加熱時間経過後、鍋から取り出し、ナイロンポリ袋に入れた状態で、試料中心部が20℃以下になるまで氷水で冷却した。冷却後、袋から試料を取り出し、魚肉とドリップに分けて各種測定を行った。

2-2 測定方法

① 外観の観察

加熱前および加熱後の試料について、外観の様子や形状の変化を観察した。

② 重量および重量変化率

重量測定は、加熱前後に行った。加熱試料では表面に付着した凝固物を可能な限り取り除き、魚肉重量を測定した。凝固物や袋内に残った液体をドリップとして扱った。加熱前後の試料重量を用いて以下の計算式により算出した。

$$\text{重量変化率(\%)} = \frac{\text{加熱後重量}}{\text{加熱前重量}} \times 100$$

③ 水分含量測定

赤外線ランプ加熱乾燥法を用いて水分含量を測定した⁴⁾。約2gの試料を細かく刻み、赤外線水分計（F D 600, KETT ELECTRIC LABORATORY）の試料台に載せて、水分含量を測定した。

④ 保水性測定

加熱試料の保水性について、遠心流出率と圧搾肉汁率の2つの方法を用いて測定した⁵⁾。

a. 遠心流出率

加熱試料から0.50gの試料を採取し、精秤した。その後、試料をメンブレンフィルター（0.45μm PTFE Membrane, 直径47mm, ミリポア）で包み、肉片が出てこないようにホチキスで止めた。これを、ガラスビーズ（直径3mm）約150gが入った遠心管（500mL）の中に入れた。その上からガラスビーズ約100gを入れて蓋をし、4℃、3000×gで30分間遠心分離を行った。遠心分離後、試料重量を測定して遠心流出率（%）を算出した。

$$\text{遠心流出率(\%)} = \frac{\text{遠心分離前のサンプル重量} - \text{遠心分離後のサンプル重量}}{\text{遠心分離前のサンプル重量}} \times 100$$

b. 圧搾肉汁率

加熱試料から0.50gの試料を精秤した。試料を中心に、メンブレンフィルター、ろ紙（定性ろ紙No. 2, 直径55mm, アドバンテック）、脱脂綿（5×5cm）を挟んだガーゼの順に重ねたセットを2つ用意し、上下から試料を挟んだ。このセットの上下をアクリル板（7×7cm, 厚さ0.5mm）で挟み、万力プレス機（MP-001, アズワン）で10kg/cm²で2分間加圧した。加圧後、試料重量を測定し、圧搾肉汁率（%）を算出した。

$$\text{圧搾肉汁率(\%)} = \frac{(\text{加圧前のサンプル重量} - \text{加圧後のサンプル重量})}{\text{加圧前のサンプル重量}} \times 100$$

⑤ テクスチャー測定

加熱試料について、卓上型物性測定器（TPU-2 CL, 山電）を用いた圧縮試験によりテクスチャーを測定した。直径2mmの円柱型プランジャーを用い、クリアランスは3mm, 圧縮速度は2.5mm/secとした。

⑥ 統計処理

試料間の比較にはTukeyのHSD法による多重比較検定を用いて、有意差検定を行った。統計的有意水準は5%（p<0.05）とした。

3. 結果

3-1 外観

加熱前のメカジキ肉試料は薄い赤みを帯びており透明度が高いが、加熱後の試料は白みが強くなった。加熱温度が高く、加熱時間が長いほど収縮が大きく、85℃加熱試料では振り塩なし試料の方が振り塩有り試料に比べて変形が大きかった。加熱により魚肉から流出したドリップには液体と豆腐状に凝固した固形物が含まれており、加熱温度が高いほど、ドリップ量は多かった。振り塩無しの加熱試料の表面には豆腐状に凝固した固形物が多くみられ、これは水溶性の筋形質たんぱく質が魚肉より滲出したものである⁶⁾。

3-2 重量変化率

加熱前後の重量変化率をFig. 1に示す。65℃加熱試料の重量変化率は66.7~78.9%で85℃加熱試料のそれ（62.3~72.0%）よりも有意に高かった。同じ加熱温度、加熱時間で振り塩の有無を比較すると、振り塩操作によって重量減少率が8%程度抑えられ、振り塩有り試料は重量変化率が有意に高く、調理歩留まりが高かった。1.5%程度の食塩添加で、魚肉表面から塩が浸透して、魚肉たんぱく質の主要成分である塩溶性の筋原線維たんぱく質が溶解し、保水性を高め調理損失を減少させる⁷⁾。ドリップ重量は加熱試料の重量変化率と逆の増減を示した（データ示さず）。振り塩有りの65℃加熱試料でのみ加熱時間（15分と60分）で有意差がみられた。

3-3 水分含量

加熱試料の水分含量をFig. 2に示す。振り塩無し試料では85℃加熱試料の水分含量（69.8~70.3%）より65℃加熱試料（73.5~74.2%）の方が有意に高く、重量変化率と同じ傾向を示した。同一加熱温度で比較すると、水

分含量に振り塩操作は影響しなかった。

3-4 保水性

加熱魚肉の保水性について、遠心流出率および圧搾肉汁率を調べた結果をFig. 3に示す。振り塩無しの65℃15分加熱試料の遠心流出率は38.3%と最高値で、85℃60分加熱試料（振り塩無し、振り塩有り）のそれは29.6~31.3%と少なかった。シロサケ加熱肉の遠心流出率は26~37%の範囲にあり⁶⁾、メカジキ加熱肉と近い値であった。

次に、圧搾肉汁率は49.7~54.1%の範囲にあり、振り塩無しの85℃60分加熱試料は49.7%と最低で、振り塩有りの65℃15分加熱試料は54.1%と最高であった。保水性は食品組織に水分を保持しているかどうかの指標となるが、重量変化率に示される加熱による離水の状況も影響を与える。振り塩無しの85℃60分加熱試料は加熱による重量減少が多く、水分含量が低いため、遠心分離による分離液量が少ない。一方で、振り塩有りの85℃60分加熱

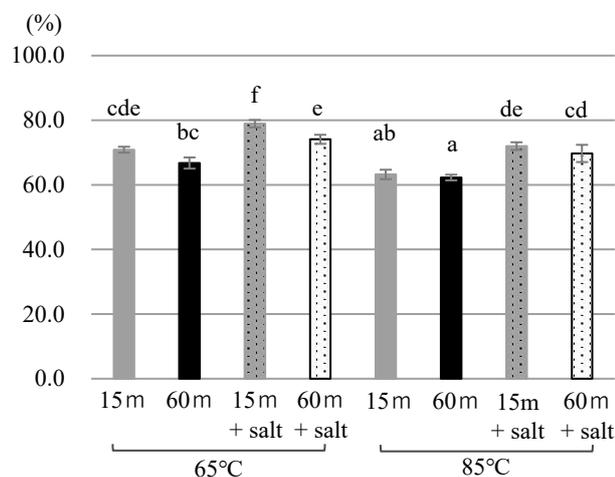


Fig. 1. Weight change (%) of swordfish meat after cooking (n = 3). Different characters (a-f) are significantly different between samples (p<0.05).

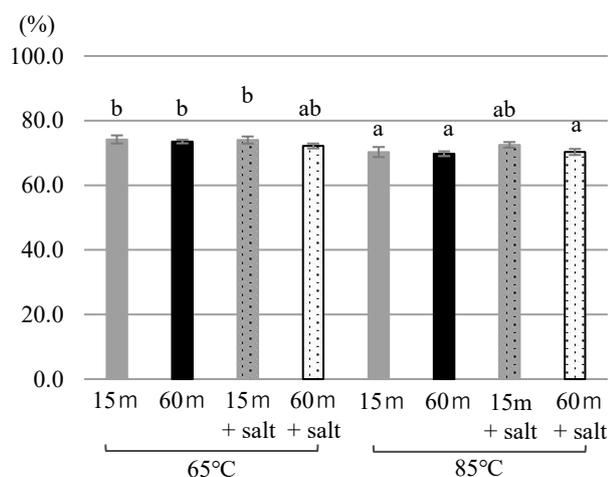


Fig. 2. Water contents (%) of swordfish meat after cooking (n = 3). Different characters (a, b) are significantly different between samples (p<0.05).

試料は塩が共存して保水状態がよいため、水分を離し難かった可能性がある。圧搾肉汁率で最高値（振り塩有りの65℃15分加熱試料）および最低値（振り塩無しの85℃60分加熱試料）を示した試料はそれぞれ重量変化率の最高値および最低値の試料と一致した。

3-5 テクスチャー特性

圧縮試験により得られた最大荷重値（70%圧縮）、中間点（20%圧縮）荷重値をそれぞれ、全体の硬さ、表面の硬さとした（Fig. 4）。全体の硬さは1.21~1.67Nの範囲にあり、振り塩無しの85℃60分加熱試料が最高値で、振り塩有りの85℃60分加熱試料と有意差がみられた。また、表面の硬さは振り塩無し試料が振り塩有り試料より硬く、とくに振り塩無し85℃加熱試料が0.84~0.90Nと高い値で、次いで振り塩無しの65℃15分加熱試料（0.65N）となった。筋原線維たんぱく質の主要成分であるアクチンは68℃前後で変性し、アクチンの熱変性が肉質の硬さに大きく影響するために85℃加熱試料の方が硬くなったと考えられる⁸⁾。一方で、振り塩有り試料は振り塩無しに比べて有意に軟らかく、塩の存在で肉質が軟らかくなった。また、同じ加熱温度では加熱時間の長短は試料の硬さに影響を与えなかった。

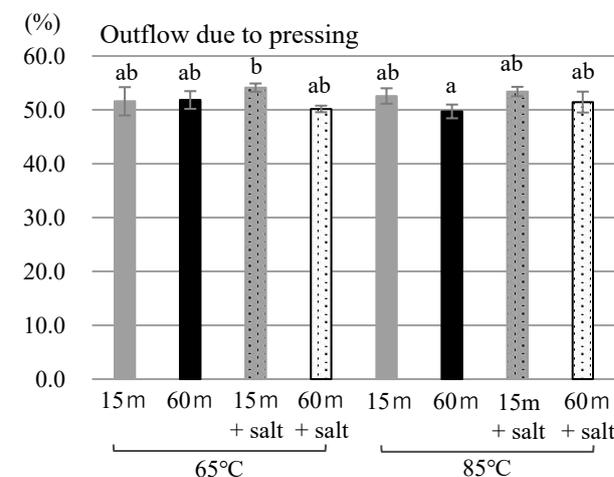
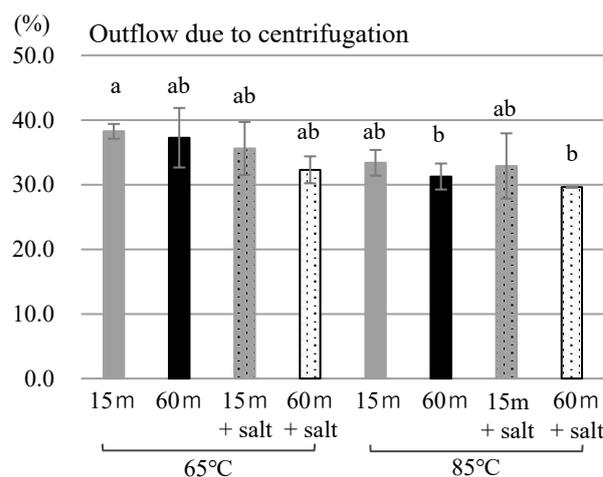


Fig. 3. Water holding capacity (%) of swordfish meat after cooking (n = 3). Different characters (a, b) are significantly different between samples (p<0.05).

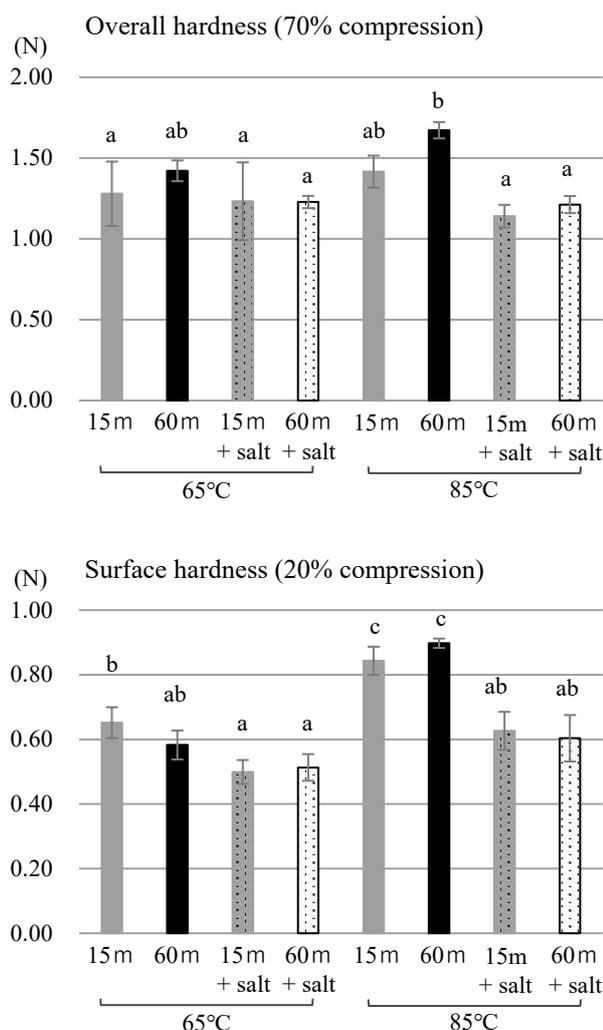


Fig. 4. Physical properties of cooked samples from swordfish (n = 3). Different characters (a, b, c) are significantly different between samples ($p < 0.05$).

4. 考 察

畜肉、魚肉ともに可食部の大部分は骨格筋であり、筋線維が束ねられた筋束の集まったものであり、筋線維の周りを筋形質たんぱく質が充たしている。加熱により、たんぱく質は熱凝固し、離水するため、加熱肉は生肉より硬くなる。畜肉や魚肉の低温調理は、たんぱく質の熱変性の進行を制御し、重量損失が少ない。また、塩は味付けや保存の目的で使用されるが、塩溶性の筋原線維たんぱく質は食塩を加えると可溶化し、protein-water matrixの形成が促進され、保水性が向上する⁶⁾。本研究では冷凍メカジギ肉を振り塩操作して、加熱温度を65°Cと85°Cに設定し、加熱肉の歩留まりとテクスチャー特性を調べた。

振り塩無し試料は加熱前重量の62~71%になり、表面に豆腐状に凝固した筋形質たんぱく質が観察された。一方で、振り塩有り試料は表面の凝固物が少なく、調理歩

留まりが高かった。保水性や肉の硬さは85°C加熱試料で食塩添加の影響がみられたが、65°C加熱試料はたんぱく質変性が制御されているため、保水性や肉の硬さに食塩の効果は明確にみられなかった。しかしながら、重量変化率は65°C加熱試料においても振り塩の有無による差異がみられた。

中学校家庭科の教科書で魚の調理題材は、煮魚、焼き魚（ムニエル、塩焼き、蒲焼き）、つみれ汁が掲載されているが、生魚の加熱操作が題材の中核であるため、振り塩操作に焦点をあてることは少ない。塩とたんぱく質の関連からすり身など細切肉の調理を取り上げる、塩は味付けの基本であるが過剰摂取が懸念されることから、健康との関連から塩の役割を考える、調理実験として振り塩操作の有無と加熱後重量の測定を扱うなど、発展的な内容として取り扱うことが可能であろう。また、食品の選択の単位において、魚の購入形態を加工食品と関連づけて学習することも理解を深めることにつながる。

謝 辞

本研究はJSPS科研費22K02176の助成を受けたものです。実験に協力いただいた河村美希氏に謝意を表す。

引用文献

- 1) 一社) 農文協 (2014), 塩, 「地域食材大百科 第13巻」, 農文協, 2014, pp. 502-506
- 2) 山崎清子, 島田キミエ, 渋谷祥子, 下村道子, 市川朝子, 杉山久仁子, 米田千恵, 大石恭子 (2021), 第7章 獣鳥肉の調理, 「NEW調理の理論. 第二版」, 同文書院, pp. 226-273
- 3) 米田千恵 (2023), メカジギ生肉および加熱肉のpH調整による性状変化, 千葉大学教育学部研究紀要, 71, 311-315
- 4) 日本食品科学工学会編 (1996), 第1章 一般成分および関連成分, 「新・食品分析法」, 光琳, p. 18
- 5) 独) 家畜改良センター (2023), 食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル, <http://www.nlbc.go.jp/gijutumanyuaru/manual21/manman21-1.pdf>, (2023/10/14)
- 6) 柴田圭子, 渡邊容子, 早瀬明子, 安原安代 (2012), 冷凍および解凍シロサケ (*Oncorhynchus keta*) の調理特性と食味, 日本調理科学会誌, 45, 289-296
- 7) Kong, F., Oliveira, A., Tang, J., Rasco, B. and Crapo, C. (2008), Salt effect on heat-induced physical and chemical changes of salmon fillet (*O. gorbusha*), *Food Chem.*, 106, 957-966
- 8) Ishiwatari, N., Fukuoka, M., Sakai, N. (2013), Effect of protein denaturation degree on texture and water state of cooked meat, *J. Food Engineering*, 117, 361-369