

冷蔵保存したマルソウダの品質変化

二村和視^{*1}・大島伊織^{*1}・山内 悟^{*2}・山崎資之^{*1}

本研究では、マルソウダの生食利用に向けて、焼津市田尻沖の定置網により漁獲され、氷により冷却された状態で研究室へすみやかに搬入したサンプルを用いて、0, 5, 10°Cで冷蔵保存した際の一般生菌数、ヘム鉄含有量、ヒスタミン濃度、K値の経時変化を調べた。その結果、ミンチ肉を0~5°Cで保管した場合、7日後までは一般生菌数は検出限界以下であり、また普通肉、血合肉共にヒスタミンも検出されなかつたことから、通常の冷蔵温度であれば衛生的な状態が保たれていた。また血合肉は、ヘム鉄含有量が普通肉に比べて高かった。鮮度指標となるK値は、保存1日後では生食の目安となる20%を超えないが、それ以降は増加した。以上から、マルソウダは適切な保存温度で保管すれば、一般生菌数、K値から判断して1日後までは生食して問題なく、またヒスタミンが多く含まれるといわれている血合肉でのヒスタミン蓄積もみられなかつた。

キーワード：マルソウダ、ソウダガツオ、K値、イノシン酸、ヒスタミン、ヘム鉄、血合肉

ソウダガツオと呼ばれる魚種には、ソウダガツオ属のマルソウダ *Auxis rochei* とヒラソウダ *A. thazard* があり、マルソウダは鮮度落ちが早く、主に宗田節として利用されている¹⁾。また、ソウダガツオの水揚げ量が最も多いのは高知県であり²⁾、静岡県でも令和元年以降年間250t以上の水揚げがある³⁾。静岡県伊豆地域ではマルソウダは主に“うずわ”と呼ばれており^{3, 4)}、加工原料の他、沼津市ではうずわ味噌、また伊東市ではうずわ飯として利用され、近年では静岡県や高知県で生食用に高品質化する取り組みもある^{5, 6)}。また、マルソウダについては、鮮度落ちが非常に早く、ヒスタミン食中毒に関連した記載や^{5, 6)}、インターネット上で「マルソウダ ヒスタミン」のキーワード検索を行うと、2024年6月時点では血合肉にヒスタミンが多く含まれるとの記事が散見されるが、これらの根拠は不明であり、ヒスタミン蓄積に関する科学的な知見の蓄積が必要である。

本研究では、マルソウダの生食利用に向けて、一般成分組成及び部位別のヘム鉄含有量の測定と、またヒスタミン産生菌を噴霧したフィレを用いて7日間の保存試験を行い、安全性として一般生菌数、ヒスタミン濃度、品質の評価としてK値、イノシン酸量の経時変化を調べた。

材料および方法

材料には、2023年7月20日に静岡県焼津市の小川魚市場に水揚げされたマルソウダを32尾用いた。これらは午前4時に焼津市田尻沖の定置網により漁獲され、氷により冷却された状態で魚市場へ搬送、

2025年1月14日受理

静岡県水産・海洋技術研究所(本所)業績第1191号

*1 静岡県水産・海洋技術研究所開発加工科

*2 静岡県水産・海洋技術研究所資源海洋科

*3 <https://fish-exp.pref.shizuoka.jp/04library/4-6-5.html>

陸揚げされたものを午前 7 時に採集した。採集したサンプルは水氷を入れたクーラーボックス内に収容し、研究室へすみやかに搬入し、試験に供した。サンプルの大きさは(尾叉長 32.3 ± 1.3 cm, 湿重量 521 ± 62 g; いずれも平均土標準偏差)であった。これらのマルソウダを 3 枚に下し、ハラモ、肋骨及び皮を除去したフィレを作製し、さらに前後方向に 3 等分した中央部分を以下の分析及び保存試験に用いた。

一般成分分析には、前述のフィレ中央部分をミンチ状にして -30°C で凍結保存し、適宜、水分、タンパク質、脂質、灰分含有量を求め、全体を 100%とした時の割合で示した。水分は 105°C 常圧乾燥法、タンパク質の定量には、タンパク質分析装置を用い、改良燃焼デュマ法で測定した。脂質含量はクロロホルム/メタノール混合液により全脂質を抽出し⁷⁾、溶媒を除去後に重量を測定した。灰分は 550°C 灼熱灰化法により灰化後の重量から算出した。

ヒスチジン含有量及びヘム鉄含有量の測定には、アルコール殺菌した包丁とまな板でフィレ中央部分を更に普通肉と血合肉に切り分けたものを用いた。ヒスチジンの測定は、Sato *et al*⁸⁾ に、ヘム鉄含有量の測定は大島ら⁹⁾の方法を基に改変した山崎ら¹⁰⁾の方法に従った。

保存試験には前述のフィレを用い、表面に 2 種類のヒスタミン産生菌をそれぞれ 10^2 cfu/mL に調整した培養液を身側から噴霧した。なお、ヒスタミン産生菌には、腸内細菌科細菌の *Klebsiella aerogenes* 及び低温増殖性の *Photobacterium phosphreum*¹¹⁾ を用いた。試験に用いた *K. aerogenes* は、当研究所で採取・保存したものであり、ヒスタミン産生能は、培養開始時の菌濃度 10^6 cfu/mL, 15°C , 24 時間で約 125 ppm であった。また、*P. phosphreum* は東京海洋大学から分与され、当研究所で保管していたものであり、ヒスタミン産生能は、培養開始時の菌濃度 10^5 cfu/mL, 15°C , 24 時間で約 20 ppm であった。噴霧後にチャック付き袋に入れ、保存試験に供した。保存温度は 0, 5, 10°C とし、 0°C はクーラーボックスに水氷を入れて温度を調整した。 5°C は水産・海洋技術研究所本館冷蔵室、 10°C はインキュベーターにて設定し、それぞれの試験温度については、データロガーで連続的に温度測定し、設定温度になっていることを確認した。試験開始時に 4 枚のフィレをサンプリングし(保存期間 0 日とする), 1, 4, 7 日後に各温度条件から 4 枚ずつをサンプリングした。サンプリングしたフィレは、アルコール殺菌した包丁とまな板でミンチにし、一般生菌数、核酸関連化合物含有量の測定に供し、またヒスタミン含有量については普通肉と血合肉に切り分けてからミンチにして測定した。一般生菌数の測定は食品衛生検査指針微生物編¹²⁾に従い測定した。核酸関連化合物含有量は、内山・小川¹³⁾に従って、PCA 抽出液の KOH 中和液を調整し、STR ODS-II カラム (4.6 mm I. D. \times 150 mm L, 信和化工株式会社) を用いて HPLC により分析した¹⁴⁾。なお、K 値は次式に従って算出した。

$$K (\%) = (Hyp + Ino) / (Hyp + Ino + IMP + AMP + ADP + ATP) \times 100$$

ヒスタミン含有量測定には、測定キット (チェックカラーヒスタミン、キッコーマンバイオケミファ株式会社) を用い、説明書に従って測定した。

2 群間の平均値の比較は Excel 統計(株式会社社会情報サービス)を用いて Student の *t* 検定、多群間比較は Tukey 検定により多重比較を行った。

結 果

マルソウダの一般成分組成は、水分 71.3%, タンパク質 25.5%, 脂質 1.8%, 灰分 1.4% であった(表 1)。また、部位別ヒスチジン含有量は、普通肉、血合肉でそれぞれ 1210 ± 148 , 152 ± 31 mg/100g であ

冷蔵したマルソウダの品質変化

り、普通肉で高い値を示し、またヘム鉄含有量は、普通肉(0.4 ± 0.1 mg/100g)よりも血合肉(6.8 ± 2.0 mg/100g)で高かった(表2)。

表1 マルソウダの一般成分組成

成分名	(%)
水分	71.3
タンパク質	25.5
脂質	1.8
灰分	1.4

表2 マルソウダの部位別ヒスチジン及びヘム鉄含有量

部位	ヒスチジン	ヘム鉄
	(mg/100g)	
普通肉	1210 \pm 148*	0.4 \pm 0.1*
血合肉	152 \pm 31*	6.8 \pm 1.9*

*は有意差あり (t検定, $p < 0.01$)

保存試験の際の一般生菌数の変化を表3に示した。7日間の保存期間中、0°C及び5°Cでの保存では検出限界以下であったが、10°C保存では1日後に 3.2×10^5 cfu/gで、7日後には 10^6 cfu/g以上に増加した。ヒスタミン含有量については、0°C及び5°C保存の際は7日後まで普通肉及び血合肉では検出限界以下であった(表4)。またヒスタミン含有量は10°C保存でも4日後まではヒスタミンは検出されず、7日目の普通肉で平均13.9ppmを示したが、血合肉では検出されなかった(表4)。

表3 マルソウダ保存時の一般生菌数の変化

保存温度	保存期間 (日)			
	0	1	4	7
0°C	-	-	-	-
5°C	-	-	-	-
10°C	-	3.2×10^5	8.2×10^4	$> 10^6$

-:300cfu/g以下

表4 マルソウダ保存時のヒスタミン含有量の変化

保存温度	保存期間 (日)							
	0		1		4		7	
	普通筋	血合筋	普通筋	血合筋	普通筋	血合筋	普通筋	血合筋
0°C	-	-	-	-	-	-	-	-
5°C	-	-	-	-	-	-	-	-
10°C	-	-	-	-	-	-	13.9	-

-:検出限界 (10ppm) 未満

K値は試験開始時に3.8%であり、1日後では20%以下であったが、保存期間と共に増加し、特に保存温度が高くなるとK値が増加する傾向があった(図1)。イノシン酸は、試験開始時と1日後のいずれの保存温度も500mg/100g以上であったが、4日後以降減少し、特に保存温度が高いほど有意に減少する傾向があった(図2, $p < 0.05$)。

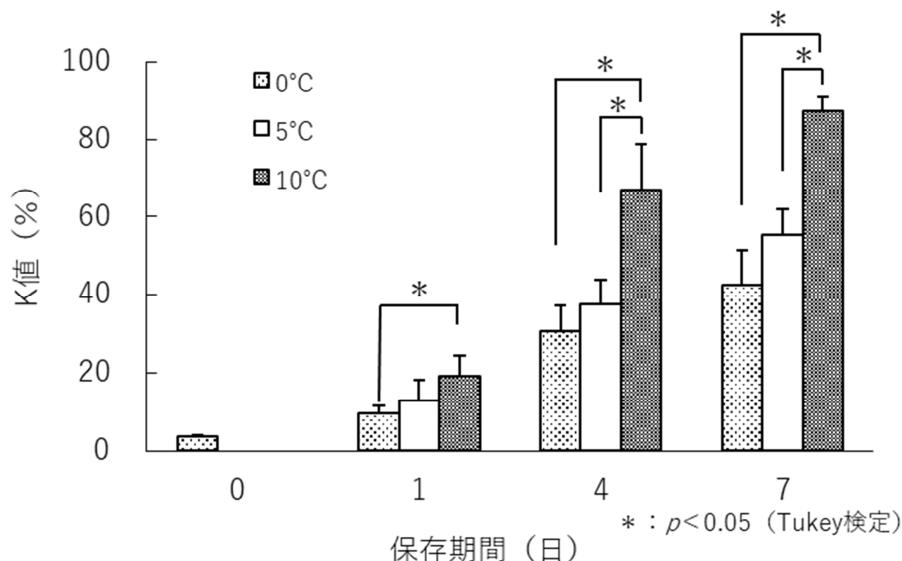


図1 マルソウダ保存温度別のK値の変化

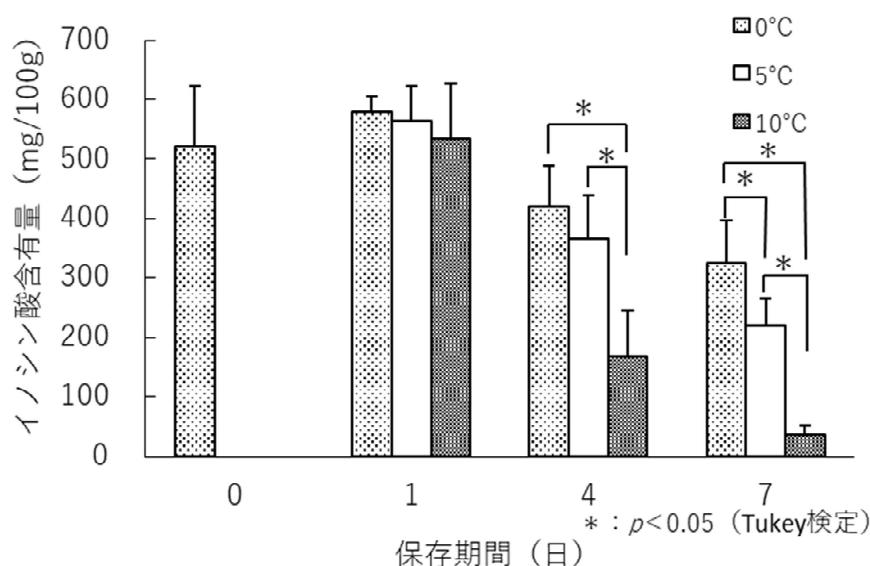


図2 マルソウダ保存温度別のイノシン酸含有量の変化

考 察

ソウダガツオの一般成分は、100gあたり水分69.9g、タンパク質25.7g、脂質2.8g、灰分1.3gであることが報告されており¹⁵⁾、本研究でのマルソウダの成分組成(表1)と大きな違いはなかった。

保存試験の結果、0~5°Cで保管した場合、7日後までは一般生菌数は検出限界以下であり(表3)、またヒスタミンも検出されなかったことから、通常の冷蔵温度であれば衛生的な状態が保たれていることが明らかになった。特にヒスタミンについては、インターネット上で血合肉にヒスタミンが多く含まれるとの記事が確認できるが、血合肉は普通肉よりもヒスチジン含有量が約

冷蔵したマルソウダの品質変化

1/10と少なく(表2), 血合肉がヒスタミン食中毒の主要因になるとは考えにくい。一方で, 血合肉は, ヘム鉄含有量が普通肉に比べて高く(表2), マグロ類の血合肉¹⁰⁾と同等, かつ豚レバー¹⁶⁾よりも高く, 栄養学的な観点からみると有用な食用部位である。

鮮度指標となるK値は, 保存1日後では生食の目安となる20%を超えないが, それ以降は増加している(図1)。松本ら⁵⁾は, 定置網で漁獲されたマルソウダを海水氷で保存すると24時間後まではK値が20%以下であること, スラリーアイスを用いることで高鮮度を維持できることを報告している。また, 小関¹⁷⁾は各種魚類のK値変化についてまとめているが, “ソウダガツオ”は本研究でのマルソウダと同程度のK値の変化, すなわち氷冷保存で7日後に50%となり, さらに前述の松本らの報告での氷海水での保存時と同様のK値の変化を示した。以上のことからK値から判断すると長期間保存したマルソウダは生食に向かないと考えられた。しかし, 一方で10日以上適切な条件で保存した熟成魚肉では, K値が40%以上でも生食が可能であり, 呈味成分等が大きく変化することが報告されており¹⁸⁾, 微生物等の衛生上の問題がなければ, K値のみを指標とせず, 呈味成分, においやテクスチャー等から品質を総合的に判断する必要があると考えられた。

以上から, マルソウダは適切な保存温度で保管すれば, 一般生菌数, K値から判断して1日後までは生食して問題なく, また血合肉でのヒスタミン蓄積もみられなかった。今後, マルソウダも活締めなど他の魚種で行われている鮮度保持技術を適応することで高鮮度化・高品質化できれば, 魚価の向上に繋がると考えられる。

謝 辞

サンプル収集において御協力を賜った小川漁業協同組合及び株式会社酒井漁業に, 厚く御礼申し上げる。

文 献

- 1) 野村明(2005): そうだ節. 全国水産加工品総覧(福田裕・山澤正勝・岡崎恵美子監修), 光琳, 東京, 493~495.
- 2) 農林水産省(2022): 2-2 大海区都道府県振興局別統計魚種別漁獲量. 令和4年漁業・養殖生産統計. <http://www.e-stat.go.jp/>
- 3) 松岡玳良(1975): 伊豆半島各地の魚の方言(I), 伊豆分場だより(静岡県水産試験場伊豆分場), 180, 19~25.
- 4) 大高吟之助(1970): ウヅワ釣漁業. 伊東漁業史下巻, 伊東市, p133.
- 5) 松本泰典・黒原健郎・下元道夫・多田昭介・山口薰・中越竜夫・北村和之(2011): マルソウダガツオ(メジカ)の鮮度保持法の検討. 高知工科大学紀要, 8, 199~206.
- 6) 鈴木勇己(2021): 活ソウダガツオ「陽の丸」誕生, 伊豆分場だより(静岡県水産・海洋技術研究所伊豆分場), 367, 13.
- 7) Hanson SWF., Olley J., (1963): Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates. *J. Biochem.*, 89, 101~102.
- 8) Sato M., Nakano T., Takeuchi M., Kumagai T., Kanno N., Nagahisa E., Sato Y. (1995): Specific

- determination of histamine in fish by high-performance liquid chromatography after diazo coupling. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **59**, 1208~1210.
- 9) 大島晴美・佐野満昭・牛尾房雄・河村典久・山田貞二・斎藤勲・早川順子(1997)：吸光光度法による食品中のヘム鉄の分析. *衛生化学*, **43**, 237~242.
- 10) 山崎資之・倉石祐・鈴木進二・平塚聖一(2024)：マグロ類4種における魚肉中の部位別ヘム鉄含量と一酸化炭素濃度. *日本水産学会誌*, **90**, 40~42.
- 11) 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**, 61~71.
- 12) 伊藤武・小久保彌太郎・工藤泰雄(1990)：細菌数. *食品衛生検査指針微生物編*, 社団法人日本食品衛生協会, 東京, 67~79.
- 13) 内山均・小林宏(1974)：魚類生鮮度のカラムクロマトグラフィーによる簡易判定. *水産生物化学・食品学実験書*(斎藤恒行・内山均・梅本滋・河端俊治編), 恒星社厚生閣, 東京, 269~274
- 14) 島津製作所(2011)：マグロ肉中のヌクレオチドの分析(K値の測定)-LC, 分野別データブックシリーズ-分析ガイド食品編, 第6版, 1.21.
- 15) 文部科学省(2023)：日本食品標準成分表(八訂)増補版.
https://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/mext_00001.html
- 16) 小島一良・安井明美(1993)：動物性食品中のヘム鉄及び非ヘム鉄の分別定量法. *日本食品工業学会誌*, **40**, 35~41.
- 17) 小関聰美・北上誠一・加藤登・新井健一(2006)：魚介類の死後硬直と鮮度(K値)の変化. *東海大学紀要海洋学部*, **4**(2), 31~46.
- 18) 南駿介・高取宗茂・白山洸・沖田歩樹・中村柚咲・高橋希元(2020)：長期熟成魚介類刺身の呈味成分およびテクスチャー. *日本水産学会誌*, **86**, 418~426.

Changes in the quality in Bullet tuna *Auxis rochei* stored under different refrigeration conditions

Kazumi Nimura, Iori Ohshima, Satoru Yamauchi and Motoyuki Yamazaki

Abstract In this study, changes in general bacteria count, heme iron content, histamine concentration and K value were examined in refrigerated Bullet tuna samples stored at 0, 5, and 10°C. The results showed that when minced meat was stored at 0-5°C, the general bacterial count remained below the detection limit for up to 7 days, and histamine was not detected in either ordinary muscle or dark muscle, indicating that hygienic conditions were maintained at standard refrigeration temperatures. Heme iron content was higher in dark muscle than in ordinary muscle. The K value, an indicator of freshness, did not exceed 20%, the threshold for fresh consumption, on the first day of storage but increased thereafter. The results indicate that Bullet tuna can be safely consumed raw within on day of storage at appropriate temperatures, based on the general bacteria counts and K values. Additionally, no histamine accumulation was observed in dark muscle, despite its known tendency to contain high levels of histamine.

Key words: Bullet tuna, *Auxis rochei*, K value, Inosinic acid, Histamine, Hem iron, Dark muscle