

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05477

研究課題名（和文）鮮魚の短期熟成の効果とその原理に関する基礎的研究

研究課題名（英文）Studies on the effect and mechanism of short-term aging of fresh fish meat on the quality

研究代表者

塚正 泰之（TSUKAMASA, Yasuyuki）

近畿大学・農学部・名誉教授

研究者番号：90298943

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 700,000円

研究成果の概要（和文）：生食されることが多いマダイとブリについて熟成による品質向上が認められるかを調べた。マダイ肉中の遊離グルタミン酸は熟成期間中に増加し14日間で3倍にまで増加したが、ブリ肉中のそれは1日後に最大値に達し、それ以降の増減は認められなかった。熟成期間中の肉の軟化に伴うエキス抽出率はいずれの魚種でも増大したことから、グルタミン酸とイノシン酸から求められるうま味強度はマダイで14日、ブリで7日が最大値に達した。冷蔵1日と熟成魚（マダイは14日、ブリは7日）を官能的に比較した結果、いずれの魚種でも熟成期間が長い方が優れていた。以上より、熟成による成分の変化と適正な熟成期間は魚種により異なることが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

魚類は畜産物に比べて鮮度低下が速く、高鮮度で流通、提供することが最重要課題とされてきた。しかし、近年、数日から数十日熟成させた魚類を生食用として提供する飲食店が増え、一種のブームとなっている。魚類の熟成に関する研究例は非常に少なく、熟成の効果や適正な熟成期間などは明らかではない。本研究は、赤身魚としてブリ、白身魚としてマダイを用いることで大まかな種による差を明らかにし、熟成によって呈味に関係する成分に変化があるのか、また、官能評価でも熟成による違いは現れるのかを明らかにした。これにより、従来、調理人によって様々であった熟成方法や熟成期間の指標が得られ、合理的で適切な熟成魚の提供が可能となる。

研究成果の概要（英文）：We investigated whether aging treatment improves the quality of the meats of red sea bream and yellowtail, which are often eaten raw. Free glutamic acid in red sea bream meat increased during the aging period, tripling in 14 days, while that in yellowtail reached a maximum value after 1 day and did not increase thereafter. The rate of extraction increased in all fish species as the meat softened during the aging period, and the maximum umami intensity calculated by glutamic acid and inosinic acid reached 14 days for red sea bream and 7 days for yellowtail. Sensory comparisons between 1 day refrigerated and aged fish (14 days for red sea bream and 7 days for yellowtail) showed that the longer aging period was superior for both fish species. These results confirmed that changes in composition due to aging and the appropriate length of aging varied with the species of fish.

研究分野：水産化学

キーワード：熟成 マダイ ブリ グルタミン酸 イノシン酸 官能評価

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 牛肉や豚肉は、と殺直後は肉が硬すぎて食用に適さないため、従来からと殺後にエージングと呼ばれる熟成期間が設けられている。魚類は一般的に、水揚げ後数日以内に生魚として提供される。魚を刺身等で生食する場合に死後の比較的早い段階で食される理由はいくつかあり、ヒラメやマダイなどの白身魚の刺身の品質評価で重視される硬さが死直後から低下していくこと、うま味成分であるイノシン酸 (IMP) 量が死後 12 時間から 24 時間をピークに減少していくこと、魚体に付着した腐敗菌は低温でも比較的増殖しやすいこと、アミンの元となるトリメチルアミンオキシドを多く含む魚種では、肉中でアミン類などの臭気成分が生成しやすいなど、畜肉に比べて低温貯蔵中の品質低下が速いことなどが挙げられる。

(2) しかし、近年、数週間単位で生魚を寝かせた熟成魚がすし店などで提供され、魚の熟成方法が書籍 やインターネット上で紹介されている。これは、近年、魚の扱いが丁寧で、温度管理なども行き届いており、貯蔵期間が少し延びても直ちに食中毒に至る状況にはないことも寄与していると考えられる。

(3) 書籍 やインターネット上で熟成方法を紹介しているのは、すし職人や魚の販売店など魚のプロフェッショナルであり、熟成が品質面でプラスに働いていることは間違いないと思われる。しかし、熟成魚の品質を科学的に調査した例は多くない。2020 年に南らは、寿司店で提供されている長期熟成魚介類を分析し、熟成中に総遊離アミノ酸とグルタミン酸 (Glu) は増加する一方で、イノシン酸 (IMP) やアデニル酸 (AMP) などの ATP 関連物質は減少することから、遊離アミノ酸の増加が熟成においては呈味性向上に大きな影響があると報告している。これは、熟成の効果に関する最初の学術的な報告である。しかし、この報告では、魚の入手から熟成処理までは寿司店の料理人が行っており、熟成開始の段階で pH が最低値に達していること、K 値が高いことなど水揚げ後の来歴は明らかではない。また、深海を利用して魚を長期熟成させた研究 についても、深海という特殊な環境における熟成によってタンパク質が分解され、遊離アミノ酸が増加するという報告がなされている。しかし、この場合も試料魚の入手までの日数経過は不明である。

2. 研究の目的

(1) 供試魚の入手までの過程は、長期熟成魚の品質に対する影響は少ないかもしれないが、短期・中期の熟成魚では品質を左右する重要な要素と思われる。さらに、赤身魚と白身魚では回遊魚と非回遊性の底生魚という生活様式の違いに起因する成分組成の違いがあることから、それぞれについて熟成の影響を明らかにする。

(2) 多くの魚では死後に筋肉が急速に軟化することから、肉中のエキスは抽出されやすくなると考えられる。そのため、熟成によって呈味成分が増えなかったとしても、熟成肉の呈味性が向上するケースもあると考えられることから、熟成中のグルタミン酸や IMP などのエキス成分の変化だけでなく、エキスの抽出性も併せて熟成の効果を解明する。

(3) うま味に関係する化学成分が増加しても呈味性が高まるとは言えない。そこで、うま味関連物質が増加していると考えられる時期と通常食される冷蔵 1 日の魚を官能検査で比較して、人が食べてわかる程度の違いが表れるのかを明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 熟成がマダイの呈味成分と官能評価に及ぼす影響

熟成処理

1) 塩締めと脱水シートの併用実験 (実験 1) 処理区は、4°C の低温室でフィレ重量の 1% 量の塩化ナトリウムを身側に均一に振りかけて 15 分間放置し、脱水シートで包み、ナイロンポリ包装フィルムに入れて真空包装し、氷水中で熟成させた。熟成 1 日のサンプリング後は脱水シートを使用せず、繊維が肉に付着しないクッキングペーパーで包み、その上からペーパータオルで包んで真空包装して、氷水中で 14 日後まで熟成させた。無処理区は、塩締め、脱水シート処理を行わず、クッキングペーパーとペーパータオルで包んで真空包装して、氷水中で 14 日後まで熟成させた。サンプリング時には、新たな紙と交換してから真空包装して熟成を続けた。

2) 塩締め実験 (実験 2) 処理区は、4°C の低温室でフィレ重量の 1% 量の塩化ナトリウムを身側に均一に振りかけて 15 分間放置し、表面の水分をふき取った後にクッキングペーパーで包み、その上からペーパータオルで包んで真空包装し、4°C の低温室で熟成させた。1 日熟成のサンプリング後は、同様の形態で氷水中で 14 日後まで熟成させた。無処理区は、塩締め以外は処理区と同じ条件で 14 日後まで熟成させた。

エキスの抽出

1) テーパー型ホモジナイザー抽出 細切した魚肉に 2 倍量の 5% 過塩素酸を加えて 1 分間ホモジナイズし、2000 x g で 5 分間遠心分離した。上清を 1 M Na₂CO₃ で中和し、0.45 μm フィルターでろ過してホモジナイザー抽出液とした。

2) パドル式ホモジナイザーによる抽出 実験 1 では、0.5 cm 角にカットした約 3 g の肉を精秤し、プラスチック袋に入れて 5% 過塩素酸を 20 mL 加えて、パドル式ホモジナイザーを用い、6 ストローク/秒で 10 秒間抽出を行った。上清の一部を採取して 1 M Na₂CO₃ で中和し、0.45 μm フィルターでろ過してパドル式ホモジナイザー抽出液とした。実験 2 では、生理食塩水を 15 mL 加えてパドル式ホモジナイザーによる抽出を行い、その後、20% 過塩素酸を 5 mL 加えた。そ

後の処理は実験 1 と同様にした。

エキス抽出率 テーパー型ホモジナイザー抽出液中の ATP 関連化合物総量に対するパドル式ホモジナイザー抽出液中の ATP 関連化合物総量の割合を抽出率として求めた。

うまみ強度 山口らの方法 に従い、グルタミン酸ナトリウム (1 水和物, u) と 5'-イノシン酸 2 ナトリウム (7.5 水和物, v) の濃度 (単位は $g/100\text{ mL}$) と定数 ($r = (1.218 \pm 0.057) \times 10^3$) から、うまみ強度 (y) を $y = u + ruv$ の式で求めた。

官能検査 官能検査は、氷水中で 14 日後まで熟成させた試料を用い、対照区には、同条件で 1 晩冷蔵したものをを用いた。22 人 (女性: 7 人、男性: 15 人、年齢層: 20 代) で行った。官能検査項目は味の濃さ、甘味、脂っぽさ、食感、歯ごたえ、後味、外観、総合評価の 8 項目 (8 項目全て、1~5 の 5 段階で点数をつけた) を調べた。試食試料は、厚さ 1 cm の刺身状に切り分けた。

(2) 熟成がブリの呈味成分と官能評価に及ぼす影響

熟成処理 同一個体を 2 分割して無処理区と処理区に分けた。処理区は、4 の低温室でフィレ重量の 1 % 量の塩化ナトリウムを皮と身側に均一に振りかけて 30 分間放置した後に表面をふき取り、脱水シートで包み、脱酸素剤と酸素検知剤各 1 個と一緒にナイロンポリ包装フィルムに入れて真空包装した。4 の低温室で 24 時間貯蔵後、氷水中に移して熟成させた。サンプリングは熟成 0 日, 1 日, 7 日, 13 日に各フィレの頭側を幅 10 mm にカットして分析に供した。熟成 1 日のサンプリング後は脱水シートを使用せず、不織布クッキングペーパーで包み、その上からペーパータオルで包んで、脱酸素剤、酸素検知剤と一緒に真空包装して、氷水中で 13 日後まで熟成させた。無処理区は、塩締め、脱水シート処理を行わず、不織布クッキングペーパーとペーパータオルで包んで真空包装して、氷水中で 13 日後まで熟成させた。サンプリング時には、新たな紙と交換してから真空包装して熟成を継続した。

官能評価 官能評価は、近畿大学農学部生命倫理審査委員会の承認 (承認番号 2021-4A) を受けたもので、パネルには文書によるインフォームド・コンセントを得た上で実施した。熟成区はうまみ強度が最大値となる熟成 7 日とし、対照区としての熟成 1 日区を用いた。

試料を 1cm の厚さに切り、26 名で、外観、食感、歯ごたえ、味の濃さ、甘味、脂っぽさ、後味を 5 段階で評価した。

4. 研究成果

(1) 熟成がマダいの呈味成分と官能評価に及ぼす影響

IMP 含量 実験 1 でテーパー型ホモジナイザー抽出液の IMP は、無処理区、処理区ともに熟成 1 日で急増し、それぞれ 14.2, 13.0 $\mu\text{mol/g}$ であった。その後は緩やかな減少に転じたが、減少幅は無処理区の方が緩やかで熟成 1 日に対する 7 日, 14 日の残存率はそれぞれ 77.6, 71.3% であったのに対して、処理区では 70.2, 67.2% となっていた。パドル式ホモジナイザー抽出液の IMP は、無処理区では熟成 1 日が熟成 0, 3, 7 日以降よりも有意 ($p < 0.05$) に高い値であった。処理区では熟成 1 日が他よりも有意 ($p < 0.05$) に高い値であった。

実験 2 でテーパー型ホモジナイザー抽出液の IMP は、無処理区、処理区ともに熟成 1 日で急増し、無処理区は熟成 1 日でピークの 15.6 $\mu\text{mol/g}$ 、処理区は熟成 3 日でピークの 15.8 $\mu\text{mol/g}$ となった。その後は両処理区ともに緩やかな減少に転じ、熟成 7 日以降はほぼ同じ値で推移した。パドル式ホモジナイザー抽出液の IMP は、無処理区、処理区ともに熟成 5 日まで上昇し、その後は緩やかに減少する曲線を描いた。肉からパドル式ホモジナイザーで抽出される IMP 量は、肉中の IMP 比率、組織の軟化によるエキス成分の抽出性の増大、ドリップとして溶出しなかったエキス成分の残存量の 3 者のバランスによって決まると考えられる。

遊離アミノ酸量 実験 1 の熟成前の主要なアミノ酸はタウリンで 26.9 $\mu\text{mol/g}$ あり、全遊離アミノ酸 (42.8 $\mu\text{mol/g}$) の 63% を占めたが、熟成中にタウリン濃度は減少し、熟成 14 日では両区ともに 21 $\mu\text{mol/g}$ 付近となり、約 56% となった。うま味成分として重要な Glu は両区ともに熟成に伴って大幅に増加しており、熟成 0 日に比べて無処理区、処理区の Glu 濃度は、熟成 7 日で 2.2 倍と 2.3 倍、熟成 14 日で 3.2 倍と 2.9 倍であった。実験 2 の両区とも主要なアミノ酸はタウリンで 34.7 $\mu\text{mol/g}$ あり、全遊離アミノ酸 (47.5 $\mu\text{mol/g}$) の 73% を占めたが、熟成中にタウリン濃度は減少し、熟成 14 日では約 62 - 66% となっていた。うま味成分として重要な Glu は両区ともに熟成に伴って増加しており、熟成 0 日に比べて無処理区、処理区の Glu 濃度は、熟成 7 日で 3.4 倍と 2.7 倍、熟成 14 日で 3.9 倍と 3.3 倍であった。

遊離アミノ酸の中で味と最も関係性が高いのは Glu で、7 日間の熟成で 2 倍以上に増加することから短期熟成においても Glu が呈味性の向上に貢献していると考えられる。

パドル式ホモジナイザー抽出率 ATP 関連化合物総量に基づいて、テーパー型ホモジナイザー抽出に対するパドル式ホモジナイザー抽出の割合を求めた。実験 1 の無処理区では熟成 1 日と熟成 5 日が他の熟成期間よりも有意 ($p < 0.05$) に高い 40% 以上の抽出率であった。処理区も熟成 1 日と熟成 5 日が他の熟成期間よりも高い傾向が見られたが、それらと有意差 ($p < 0.05$) が認められたのは熟成 7 日、熟成 14 日との間だけであった。実験 2 は無処理区、処理区ともに熟成 1 日以降に抽出率の上昇が確認されたが、無処理区では熟成 3 日以降、処理区では熟成 5 日のみ熟成 0 日との間に抽出率に有意差 ($p < 0.05$) が認められた。

パドル式ホモジナイザー抽出率は、2 種類の抽出法で得た液中の ATP 関連化合物の総量の比較で求めたため、ATP 分解の程度は影響せず、肉の物性変化に伴う抽出されやすさと、ドリップ流出により肉内部のエキス成分量が減少したことの 2 つが抽出性に関与する。実験 1 では肉に 5%

過塩素酸を加えたが、加えた瞬間に肉の表面が白く変色した。これは、過塩素酸により表面タンパク質が変性したことを示しており、これによって肉からのエキスの抽出性が低下することが危惧された。そこで、実験2では、生理食塩水を添加して抽出を行い、その後、20% 過塩素酸を加えることで過塩素酸の濃度を実験1に合わせた。実験2では実験1のような2つのピークは認められず、熟成5日で最大値に達した。このことから、脱水シートを用いた実験1では、表面の水分が急激に吸収されたことで、内部からの水分の移動が遅れ、熟成3日で一時的に抽出率が低下したものと考えられる。過塩素酸による肉表面の変性の影響については、どの試料も同じ条件であることから、相対的な変化には影響していないと思われる。実験2から考察すると、組織構造の崩壊に伴って肉は軟化し、エキスの抽出性が熟成5日までは徐々に高まる。その一方で、ドリップと共に大量のATP関連化合物が溶出することから、肉中のATP関連化合物の濃度が低下し、結果として抽出されるATP関連化合物の量が減少した可能性がある。

うま味強度 Glu と IMP の濃度に基づいてうま味強度を求めた(図1-1)。肉を噛んだ時に肉から出るエキス成分の量が肉の味に反映されると考え、IMP, Glu の総量ではなく、パドル式ホモジナイザーの抽出液の分析値に基づいてうま味強度を計算した。

実験1の無処理区は熟成1日と熟成5日で他の熟成期間よりも有意($p < 0.05$)に高いうま味強度を示した。(図1-1a)一方、処理区は熟成1日が最も高いうま味強度を示した。うま味強度は無処理区が処理区よりも高く、熟成1日から熟成7日までは1.5から2.8倍であった。同一熟成日数で無処理区と処理区を比較すると、熟成1日のみ無処理区が有意($p < 0.05$)に高い値となった。実験2の無処理区は熟成7日まで、処理区は熟成5日まで上昇する傾向があったが、有意差($p < 0.05$)が認められたのは、無処理区では熟成0日と熟成5日以上、処理区は熟成0日と熟成1日以上であった(図1-1b)。うま味強度は無処理区が処理区よりも高い傾向にあり、熟成3日、熟成7日で、それぞれ1.4倍、1.6倍であった。

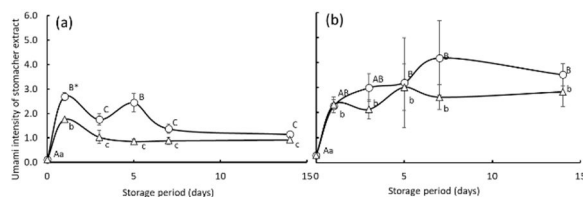


図1-1 マダイ熟成中のうまみ強度の変化
(a)は実験1, (b)は実験2
○は未処理区, ●は処理区

官能評価 味の濃さと後味については、14日熟成の評価が高く、1日冷蔵(2.7, 2.5)と14日熟成(3.5, 3.6)の間に有意差があった。歯ごたえでは、1日冷蔵(3.0)の評価が高く、14日熟成(2.1)と有意差があった。甘味、脂っぽさに有意差はなかった。この結果から、熟成することで味が濃くなることが確認された。

(2) 熟成がプリの呈味成分と官能評価に及ぼす影響

切り身の外観 熟成中のスライス片の外観は熟成13日まで商品価値を下げるほどの血合肉の顕著な褐変は認められなかった。皮付きのフィレの状態で熟成させていることから血合肉の比率が高い皮側のメト化は熟成期間中もほとんど進行せず、血合肉が外部と接触する背骨側の切断面とpHが血合肉よりも低い普通肉との境界部分だけが少しだけ変色したと思われる。

IMP 含量 熟成中のIMPは無処理区、処理区ともに熟成1日が最大値を示し、それぞれ7.60, 6.28 $\mu\text{mol/g}$ で、両者間に有意差はなかった。その後は両区ともに直線的に減少し、熟成13日では、それぞれ1.86, 1.35 $\mu\text{mol/g}$ であったため、塩化ナトリウムによる塩締めと脱水シートは熟成中のIMP濃度に影響を及ぼさなかった。

遊離アミノ酸 熟成中の遊離アミノ酸の総量は熟成0日が最も高い82.1 $\mu\text{mol/g}$ であった。熟成1日以降は13日までほぼ同じ値を示し、無処理区は59.6から62.7 $\mu\text{mol/g}$ 、処理区は53.6から57.4 $\mu\text{mol/g}$ の範囲で、いずれも熟成0日との間に有意差($p < 0.05$)が認められた。また、同じ熟成日数で両区を比較すると熟成1日と13日で処理区の方が有意に($p < 0.05$)低い値となった。Gluは熟成0日が0.35 $\mu\text{mol/g}$ で、無処理区は熟成1日が熟成0日より有意に高い値となり、処理区は熟成1日から13日までほぼ同じ値で熟成0日より有意に($p < 0.05$)高い値であった。マダイの熟成では、熟成期間中にGluは7日の熟成で2倍程度の有意な増加($p < 0.05$)を示したものの、遊離アミノ酸総量は熟成期間中に減少する傾向にあることが示された。プリを用いた本試験では熟成中の遊離アミノ酸総量の熟成1日以降熟成開始時に比べて有意に低い値($p < 0.05$)を示したが、それ以降はほぼ一定の値を保持した。

エキス抽出率 テーパー型ホモジナイザー抽出によるATP関連化合物量の総量とパドル式ホモジナイザー抽出によるATP関連化合物量の総量からエキス抽出率を求めたところ、処理区は熟成14日まで有意($p < 0.05$)な変化は認められなかった。一方、無処理区は熟成7日で熟成0日との間に有意($p < 0.05$)な上昇が認められた。本試験と同様の抽出方法を用いたマダイの熟成試験においては熟成0日より3日以降が有意に高い($p < 0.05$)抽出率を示していた。死後、魚肉は徐々に軟化することが報告されていることから、熟成によって肉が一定程度軟化することでエキスの抽出性が高まったことが考えられる。処理区の熟成7日、13日やさらに軟化が進んでいると考えられる無処理区の熟成13日ではエキス抽出率の有意な上昇が認められなかったが、無処理区の熟成13日のドリップ量は処理区の熟成7日の値と近く、熟成中に大量のエキ스가ドリップとして失われたことがエキス抽出性を低下させたものと思われる。

うま味強度 テーパー型ホモジナイザー抽出液中の濃度からうま味強度を算出した(図2-1)。無処理区,処理区ともに熟成7日のみ他の試験区よりも有意($p < 0.05$)に高い値を示した。無処理区の熟成7日のうま味強度は熟成0日の4.2倍,処理区の熟成7日のうま味強度は熟成0日の2.3倍であった。また,無処理区の熟成7日のうま味強度は処理区の熟成7日より1.9倍高い値($p < 0.05$)であった。Glu, IMPの濃度は無処理区,処理区でほぼ同じ値が認められているが,熟成7日の抽出性の差がうま味強度の差に反映されたものと思われる。無処理区が高い値を示す傾向はマダイの熟成試験でも認められており,処理区はうま味の面で無処理区に劣ると考えられる。

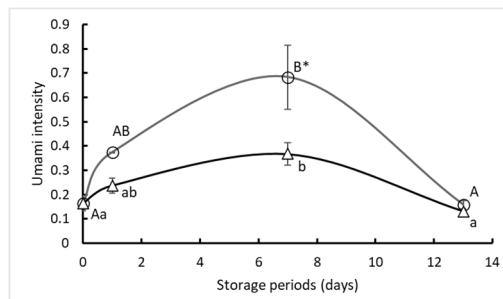


図2-1 プリ熟成中のうま味強度の変化
○は未処理区, △は処理区

この理由は脱水シートの使用と塩締めにより処理区はエキスが大量に内外に流出することから,熟成に伴う肉の軟化によって内部のエキスが抽出されやすい条件になってもエキス自体が無処理に比べて少ないことが起因していると考えられる。

官能評価 熟成1日区と熟成7日区について官能評価で比較した結果を表2-1に示す。外観,食感の好ましさ,甘味,脂っぽさ,総合評価は,脱酸素剤を入れて7日熟成させた方が,脱酸素剤を入れずに1日熟成させた試料よりも有意($p < 0.05$)に高い値であった。一方,歯ごたえは,熟成1日の方が7日熟成よりも有意($p < 0.05$)に高い値であった。後味については,両者間に有意差はなかった。より好ましい方を選択する順位については,熟成7日の方が熟成1日より有意($p < 0.05$)に高い値であった。硬さについては熟成1日区が有意($p < 0.05$)に高いと評価されたが,過去の研究でも冷蔵中に軟化が進行することが報告されており,妥当な結果と言える。食感の好ましさは熟成7日区の方が有意に高い値($p < 0.05$)となった。死後1日以内の魚の肉は非常に歯ごたえがあり,プリにおいてもその歯ごたえが好まれると予想していたが,意外にも有意に柔らかいと評価された熟成7日区が好ましいと評価された。

表2-1 熟成したプリの官能評価結果

	熟成1日	熟成7日	p
外観	2.96 ± 0.2	4.19 ± 0.15	<1%
歯ごたえ	3.19 ± 0.17	2.07 ± 0.16	<1%
食感の好ましさ	3.26 ± 0.16	4.11 ± 0.15	<1%
甘味	2.3 ± 0.2	3.7 ± 0.2	<1%
脂っぽさ	2.5 ± 0.2	4.1 ± 0.15	<1%
味の濃さ	3.0 ± 0.2	4.4 ± 0.12	<1%
後味	3.37 ± 0.2	3.41 ± 0.2	
総合評価	3.0 ± 0.2	4.44 ± 0.12	<1%
順位	1.92 ± 0.05	1.08 ± 0.05	<1%

<引用文献>

「おいしさの科学」企画委員会.「おいしさの科学シリーズ2 熟成 豊かなるスローフードの世界」エヌ・ティー・エス,東京.2011.

荒川信彦.肉の熟成について.調理科学 1979; 12: 194 - 202.

坂口守彦.「どんな魚がうまいか」成山堂書店,東京.2012.

山中英明.魚介類の死後変化.「魚介類の鮮度と加工・貯蔵(改訂版)」(渡邊悦生編著)成山堂書店,東京.1998; 2 - 27.

藤井建夫.鮮度と微生物.「魚介類の鮮度と加工・貯蔵(改訂版)」(渡邊悦生編著)成山堂書店,東京.1998; 28 - 60.

「魚食革命 津本式 究極の血抜き(完全版)」(津本光弘監修)内外出版社,東京.2020.

「魚食革命 津本式と熟成(目利き/熟成法/レシピ)」(津本光弘,白山洸,保野淳,最上翔,高橋希元監修)内外出版社,東京.2020.

「新版 すしの未来を切り拓く すしの雑誌 第17集」旭屋出版,東京.2018.

Minami S, Takatori M, Shirayama A, Okita A, Nakamura Y, Takahashi K. Taste components and texture of long-term aged fish and shellfish sashimi. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2020; doi: 10.2331/suisan.20-00014 (in Japanese with English abstract).

Nakayama Y, Sato T, Takatori M, Hirama T, Oshima K, Takahashi K. Impacts of deep sea aging on quality of greater amberjack (*Seriola dumerili*) and bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) meats. *LWT-Food Science and Technology* 2021; 146: 111326.

Yamaguchi S, Yoshikawa T, Ikeda S, Ninomiya T. The synergistic taste effect of monosodium glutamate and disodium 5'-guanylate. *Biosci Biotechnol Biochem*, 1968; 42: 378-381 (in Japanese with English abstract).

Ando M, Toyohara H, Shimizu Y, Sakaguchi M. Post-mortem tenderization of fish muscle proceeds independently of resolution of rigor mortis. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1991; 57:1165-1169.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 TSUKAMASA YASUYUKI、FUKUDA TAKASHI、ANDO MASASHI	4. 巻 88
2. 論文標題 Effects of sodium chloride treatment and short-term aging on the amount of taste-related compounds in meat of red sea bream <i>Pagrus major</i>;	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 NIPPON SUISAN GAKKAISHI	6. 最初と最後の頁 503～514
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2331/suisan.21-00040	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 山崎勝利・山野 善正・山本隆・黒田素央・池崎秀和・小川雅廣・赤澤隆志・中野隆男・山田昌治・小野伴忠・小林正人・佐々木啓介・渡邊源哉・都築政起・島田謙一郎・鈴木啓一・坂口守彦・若松純一・中野康行・水野壮・藤里俊哉・八田一・松石昌典・塚正泰之・飯田文子・臼井照幸・早川徹・井越啓司・入江謙太郎・前橋健二・林清・中村梨乃	4. 発行年 2022年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 396
3. 書名 タンパク質のおいしさ科学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------