

令和 2 年 5 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：2017～2019

課題番号：17K07826

研究課題名(和文) 冷凍中のNAD分解による魚肉の変色遅延効果

研究課題名(英文) Study on the delay effect of discoloration of fish meat by NAD degradation during frozen storage

研究代表者

塚正 泰之 (Tsukamasa, Yasuyuki)

近畿大学・農学部・教授

研究者番号：90298943

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：B1冷凍カツオに対する温度変更処理の最適条件を検討した。-5℃で24時間の温度変更処理が、冷蔵保存中のpH低下とメト化の進行を抑制する最適条件であることが明らかとなった。即殺、急速凍結したクエ、中国イサキ、マアジ、シマアジ、ヒラメ、ハマチ、マダイ、カンパチを対象に、-7℃で24時間の温度変更処理を施し、NAD含量、ATP含量、冷蔵保存中のpH低下に及ぼす影響を調べた。クエ、中国イサキ、マアジ、シマアジ、ヒラメにおいてNADの有意な減少が認められ、中国イサキ、マアジ、シマアジでは冷蔵中のpH低下の抑制効果も確認された。ATP含量は温度変更処理によってマアジとシマアジで有意な減少が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

魚は品質劣化が速いため、冷凍は有効な貯蔵手段であり、高品質を維持する冷凍技術も開発されている。しかし、冷凍肉を解凍、冷蔵した際に起こる品質劣化を防ぐ技術も必要とされる。解凍前に短期間、温度を上げる温度変更処理はその有効な対策と考えられる。本研究では、冷凍カツオ肉の最適な処理条件が-5℃で24時間であることを確認した他、クエ、マアジ、ヒラメ、ハマチ、マダイなど8魚種を対象に、-7℃で24時間の温度変更処理を施し、解凍後の品質との関係が深い、NAD、pH、ATP含量の変化が一樣ではなく、マアジ、シマアジで有効な結果が得られた反面、マダイやハマチにこの条件は適さないことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Optimum condition of temperature treatment on the meat of B1 frozen skipjack was studied. The temperature treatment at -5℃ for 24 h was the optimum condition to suppress the pH decrease and formation of metmyoglobin during chilled storage. We also examined the effects of temperature treatment had on pH, as well as changes in NAD+ and ATP concentrations. The meat of eight different species of fish was studied. The fish were prepared by instant killing, followed by quick freezing and stored at -50℃. A temperature treatment of -7℃ for 24 h before thawing showed a significant reduction of NAD+ in the meats of the longtooth grouper, threeline grunt, Japanese jack mackerel, white trevally, and bastard halibut and a significant reduction of ATP in the meats of the Japanese jack mackerel, and white trevally. A significant effect on the reduction of pH changes was observed in the meats of the threeline grunt, Japanese jack mackerel, and white trevally when stored at 10℃.

研究分野：水産化学

キーワード：冷凍 魚肉 メト化 NAD ATP pH 解凍

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 魚介類は微生物の繁殖や内在性酵素による加水分解反応、酸化反応などによる品質変化が速いため、長期保存のために冷凍貯蔵が用いられており、マグロ類では色素タンパク質であるミオグロビンの酸化(メト化)防止のために60℃付近での超低温貯蔵が必須となっている。食用魚介類の消費量は世界レベルで急激に増大しており、それに伴う世界の水産物貿易輸入量は3593万t(2011年)と膨大な量に達し、大半が冷凍で流通されていることから冷凍技術のさらなる発展が望まれている。

魚介類の冷凍、解凍に関する研究例は国内外を問わずに数多くある。魚肉のpHが冷凍中、冷蔵中を通じて魚肉の品質に大きな影響を与えることはよく知られており、pHが酸性化するほど冷凍中の筋原繊維タンパク質の変性が進行する。¹ また、-5℃から-10℃は、その前後の温度帯よりもマグロのメト化進行が速い特異な温度であることも知られている。² 船上で急速凍結したカツオを用いて-5℃から-10℃に保持した試験において、NADaseによると考えられるNAD⁺の分解が認められ、これにより解糖系の反応が停止し、高いpHとATP濃度を保持して、解凍中の保水性を高めたとの報告がある。³ これは、カツオ缶詰の異常品であるオレンジミートの原因究明の過程で得られた知見に基づいて行われた研究であるが、冷凍中でも活性を示す酵素があり、それによって筋肉成分に変化が生じて解凍後の品質にも影響を及ぼすことを示した貴重な報告である。

(2) 冷凍に関する最近の報告として、木村らのグループが、魚肉中のATP濃度が高いと冷凍保存中に起こるタンパク質変性や変色などが抑制されると報告^{4~7}しており、ATPを多量に含む高鮮度の魚肉を急速凍結すれば、長期間冷凍保存が可能であると考えられる。しかし、冷凍魚肉中に多量のATPが含まれている場合、解凍時に解凍硬直が起こり、ちぢれや多量のドリップが発生する。⁸ 尾藤は冷凍カツオを-2℃および-3℃で貯蔵すると、12時間以内にATPが消失することや、pH低下の原因となる解糖反応の進行に必要なNAD⁺を-2℃~-7℃で貯蔵すると24時間以内に消失させることができると報告している。⁹ 凍結状態でNAD⁺を消失させることにより冷蔵中のpH低下を抑制できるとする報告はいくつかあり、^{10 11} pHが高く保たれることによって、メト化の進行や魚肉タンパク質の変性が抑制されるという報告もある。^{11 12} しかし、この冷凍貯蔵温度を一時的に変更する作業(以下「温度変更処理」とする)を施すことによる効果は魚種によって異なっており、冷凍カツオ¹¹や冷凍マグロ¹⁰ではATPやNAD⁺の減少、冷蔵保存中のpH低下の抑制やメト化の抑制などの効果が報告されているのに対して、冷凍マサバでは温度変更処理を施すことによるNAD⁺減少速度が遅く、解凍後のpH低下を抑制する効果は得られなかったと報告されている。¹³

このように近年になって冷凍、解凍に関する研究が再び活発になってきたが、同じ処理をしても魚種によって結果が異なるなど、解明すべき点が多く残されていると考えられる。

2. 研究の目的

(1) 過去の研究で温度変更処理によるメト化遅延効果が確認されたB1冷凍カツオについて、温度変更処理の温度と時間を変えて最適な処理条件を明らかにする。

(2) 活魚または極めて高鮮度で入手できる各種魚類(ブリ、カンパチ、アジ、タイ、ヒラメ、クエ、イサキなど)について、温度変更処理におけるNAD⁺分解と魚肉を冷蔵した場合のpH、メト化、ATP含量などの挙動を明らかにすることで、新たな冷凍・解凍技術の開発につながる知見を得る。

3. 研究の方法

(1) B1冷凍カツオに対する温度変更処理条件の検討

実験材料 北緯05°~17°東経150°~162°の漁場で、2016年2月5日から3月10日の間に漁獲された(枕崎港への入港は3月17日)B1カツオ雄節(4分割した背部)を使用した。20本で12.7kgであった。船内で-18℃の塩水で急速凍結し、水揚げ後-50℃以下で保存。納品後、真空パック処理を施し、近畿大学農学部の冷凍庫(-50℃)で保存した。実験に使用する際は4℃の恒温室内で、のこぎりをを用いて約3cmにカットしたものをを用いた。

温度変更処理条件 -50℃で保存した冷凍カツオを冷凍庫(-50℃)から冷蔵庫(5℃)へ移動させ、48時間保存した無処理試料と、-5℃、-7℃、-9℃の3つの温度帯でそれぞれ24時間、48時間、72時間温度変更処理を施した後、5℃で48時間保存した処理試料に分け、pHとメト化率の測定を行った。

メト化率の測定 Tangらの方法¹⁴に従ってメト化率の測定を行った。4℃の恒温室内でカツオ肉を約2g採取し、ミンチにした。それに40mMリン酸Buffer(pH6.8)を遠沈管に入れ、ガラス棒で10分間混合した。遠心分離機(kubota 7780で)25,000×gで15分間遠心分離後、上積み液をピーカーに移し、2.5mlのシリンジで吸引した後、0.45µmのフィルター(MICRODEVICES株式会社 SYRINGE FILTER)で濾過した。濾液の吸光度を分光光度計(HITACHI U-1900)で測定した。波長は、525, 582, 557, 503nmを用いた。計算式は以下のとおりである。

(計算式)

$$(\text{DeoMb}) = \text{CdeoMb}/\text{CMb} = -0.543R_1 + 1.594R_2 + 0.552R_3 - 1.329$$

$$(\text{OxyMb}) = \text{CoxyMb}/\text{CMb} = 0.722R_1 - 1.432R_2 - 1.659R_3 - 2.599$$

$$(\text{MetMb}) = C_{\text{metMb}}/C_{\text{Mb}} = -0.159R_1 - 0.085R_2 + 1.262R_3 - 0.520$$

$$R_1 = A_{582}/A_{525} \quad R_2 = A_{557}/A_{525} \quad R_3 = A_{503}/A_{525}$$

ATP 関連物質の測定 ミンチ肉 1g を量り取り、ホモジナイザーの容器に入れた。そこに冷却した 5% PCA を 20 mL 加え、ホモジナイザーにかけた。このとき試料の温度が上がらないようにするためにホモジナイザーのジャケットは冷やしたものを使用した。ホモジナイザーは 10,000 rpm で約 30 秒間回転させた。その後、10,000 × g で 5 分間遠心分離機 (kubota 7780) にかけて。そして再びホモジナイザーを用いて 10,000 rpm で 30 秒間回転させ、10,000 × g で 5 分間遠心分離した。遠心分離した後、上澄み液をピーカーに移し、1 M 炭酸ナトリウムをマイクロピペットで吸い、泡が出なくなるまで入れ続けて中和した。その溶液を 100 ml メスフラスコに入れて蒸留水でメスアップした。その後、1 ml のシリンジで吸引し、0.45 μm のフィルター (MICRODEVICES 株式会社 SYRINGE FILTER) を通してバイアル瓶に移した。それを HPLC (日立ハイテクノロジー L-7000 シリーズ) にかけて。カラム (ナカライテスク株式会社製 COSMOSIL packed column 5C18-MS- 4.6ID × 250 mm) を装着し、移動相には (0.2 M NaH₂PO₄, 0.025 M テトラブチルアンモニウムヒドロキシド, 9% メタノール (v/v)) を用いて、流速 0.8 ml/min で 35 分間分析を行い、260 nm で検出した。

(2) 温度変更処理が数種の即殺・急速凍結魚肉の NAD⁺、ATP 含量および pH に及ぼす影響
実験材料 クエ (longtooth grouper, *Epinephelus bruneus*)・中国イサキ (threeline grunt, *Parapristipoma trilineatum*)、シマアジ (white trevally, *Pseudocaranx dentex*)、ヒラメ (bastard halibut, *Paralichthys olivaceus*)、カンパチ (greater amberjack, *Seriola dumerili*) はアーマリン近大より各 3 個体入手し、新宮市の榊食縁に活魚車で輸送した。榊食縁で通常の処理ラインの手順で 8 冷却海水による鎮静化、延髄刺殺、血管切り、神経締め、予冷、フィレー加工、真空包装、急速凍結 (エアブラスト (-55 で 90 分間)) 後、ドライアイス詰め、研究室まで輸送し、使用時まで -50 で保管した。マダイ (red seabream, *Pagrus major*)、マアジ (Japanese jack mackerel, *Trachurus japonicus*)、ハマチ (Japanese amberjack, *Seriola quinqueradiata*) は、大和郡山市内の活魚店から購入した。各 3 個体の活魚を活魚輸送車で大学まで配送してもらい、延髄刺殺、血管切り後、直ちに研究室へ運び、神経締め後にフィレー加工した後、真空パック処理を施し、急速凍結 (ヤマト科学株式会社 BB601, らくらく不凍液 Z10010, -25 40 分間) した後、使用時まで -50 で保存した。

温度変更処理と測定条件 温度変更処理は実用性を考え、24 時間で行うとした。また、高い温度であると温度変更処理中に解糖反応が進行すると考えられることから、本研究では -7 で 24 時間温度変更処理を施した。

NAD⁺ および ATP 含量の測定試料 各魚種 3 個体の冷凍魚肉を -50 で冷凍状態の無処理試料と、処理を施した直後の処理試料の 2 つに分けて測定を行い、温度変更処理を施すことによる NAD⁺ および ATP 含量の変化を比較した。

pH の測定試料 NAD⁺ や ATP の測定条件と同様に各魚種 3 個体の冷凍魚肉を無処理試料と処理試料に分け、10 の冷蔵庫で 24 時間貯蔵した後、pH の測定を行い比較した。

NAD⁺ および ATP 含量の測定 細切した魚肉に 2 倍量の 5% 過塩素酸を加え 1 分間ホモジナイザー (15 ml チューブ用ホモジナイザー FT-3010SG を装着した専用パワーツール PT-33M) し、2,000 × 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試料液を抽出した。HPLC (日立ハイテクノロジー L-7000 シリーズ) にカラム (Waters 社製 W11931C 001 4.6 × 100 mm) を装着し、移動相には 0.05 M リン酸ナトリウム緩衝液 (pH7.0) (A 液) と 100% メタノール (B 液) の 2 液を用いた。流速は 0.7 ml/min, A 液 100% で 5 分間保持後、1 分間で A 液 80% B 液 20% に濃度を変え 7 分間保持後、1 分間で A 液 100% に濃度変更し 6 分間保持し、260 nm で NAD⁺ を検出した。ATP は (1) と同様の方法を用いた。

4. 研究成果

(1) B1 冷凍カツオに対する温度変更処理条件の検討

過去の研究より、冷凍カツオに -7 ~ -8 で 24 時間温度変更処理を施すことで冷蔵保存中の pH 低下とメト化の抑制ができることが確認されている。^{9 11} しかし、24 時間という特定の時間しか検討されていないことから、-5, -7, -9 の 3 条件でそれぞれ 24 時間, 48 時間, 72 時間温度変更処理を施すことで最適条件を検討した。温度変更処理を施していない無処理試料と温度変更処理を施した処理試料をそれぞれ 5 で 48 時間保存した後メト化率の測定を行い図 1 ~ 図 3 に示す。-5 で 24 時間から 72 時間

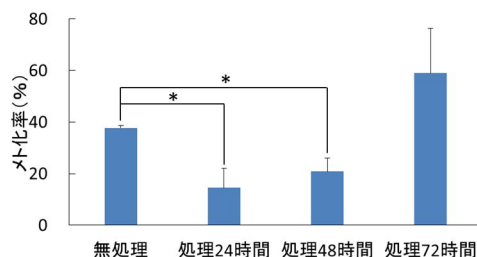


図 1 -5 で処理し、5 48 時間保存後のメト化率

まで温度変更処理を施した後に、5 で 48 時間保存した後のメト化率の変化をそれぞれ図 1 に示す。無処理試料の pH は 5.9 まで低下したのに対し、24 時間処理を施した試料は 6.2 までしか低下せず、無処理試料との間に有意差が認められた。一方、48 時間、72 時間処理を施した試料は無処理試料より高い pH を示していたが、有意差は認められなかった。

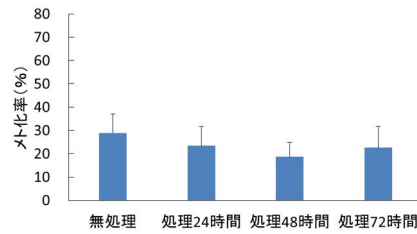
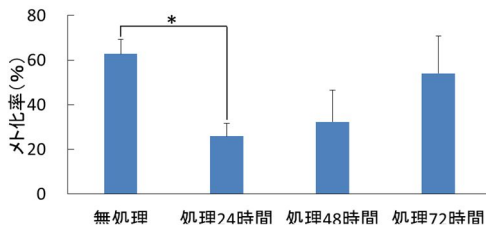


図2 -7 処理, 5 48 時間保存後のメト化率 図3 -9 処理, 5 48 時間保存後のメト化率

-5 でも処理中に解糖反応が進行していたと考えられる。メト化率については、無処理では 38% まで上昇したのに対し、24 時間処理では 15%、48 時間処理では 21% と有意に低い値を示した。したがって、-5 では 24 時間で NAD⁺ の分解は完了していると判断される。-7 で 24 時間から 72 時間まで温度変更処理を施した後に、5 で 48 時間保存した後のメト化率の変化を図 2 に示す。無処理試料の pH は 5.8 まで低下したのに対し、有意差は認められなかったが 24 時間、48 時間、72 時間処理を施した試料では、それぞれ 5.95, 5.97, 6.07 と pH 低下を抑制する傾向が認められた。メト化率については、無処理では 63% まで上昇したのに対し、24 時間処理では 26% と有意に低い値を示した。48 時間処理では有意差認められなかったが、32% とメト化の進行を抑制する傾向が認められた。-9 で 24 時間から 72 時間目で温度変更処理を施した後に、5 で 48 時間保存した後のメト化率の変化を図 3 に示す。無処理試料の pH は 5.9 まで低下していたのに対し、24 時間、48 時間、72 時間処理を施した試料では有意差は認められなかったが、それぞれ 6.1, 6.3, 6.2 と pH 低下を抑制する傾向が認められた。メト化率については、無処理では 29% までしか上昇せず、24 時間、48 時間、72 時間処理を施した試料では、それぞれ 23, 19, 23% とメト化を抑制する傾向はあったが有意差は認められなかった。-9 での実験に使用した冷凍カツオは、無処理でもメト化率が 29% と低い値であったため、温度変更処理の効果が現れにくかったのではないかと考えられる。また、実験に使用した試料の中で大きな個体差が確認されたため、検体数をさらに増やすことによって新たに有意差が認められる条件もあると考えられる。

(2) 温度変更処理が数種の即殺・急速凍結魚肉の NAD⁺, ATP 含量および pH に及ぼす影響
温度変更処理による NAD⁺ 含量の変化

-50 で保存した 8 種の即殺・急速凍結魚肉をそのまま用いた試料(無処理区)と-7 で 24 時間の温度変更処理を施した試料(処理区)に分け、含 NAD⁺ 量を測定した(図 4)。クエとマアジでは、無処理区の NAD⁺ 含量はそれぞれ 0.04 μmol/g, 0.15 μmol/g であったが、いずれの処理区からも NAD⁺ は検出されず消失していた。中国イサキ, シマアジ, ヒラメについては、無処理区の NAD⁺ 含量は 0.11 μmol/g ~ 0.48 μmol/g の範囲で、温度変更処理を施すことによって 0.04 μmol/g 以下にまで有意に減少した。一方、ハマチ, マダイ, カンパチでは、無処理区と処理区の間には有意差はなく、温度変更処理による NAD⁺ 減少は確認されなかった。

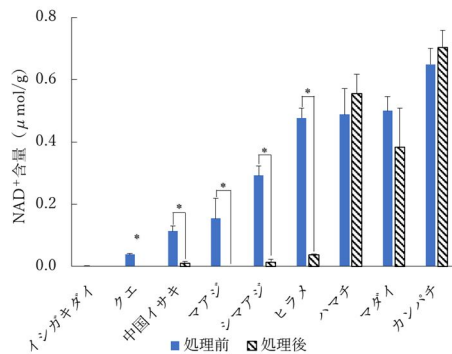


図4 -7 で 24 時間処理した魚肉中の NAD⁺ 含量

温度変更処理による ATP 含量の変化 -50 で保存した 8 種の即殺・急速凍結魚肉の無処理区と処理区の ATP 含量を図 5 に示す。マアジ, シマアジでは無処理区の ATP 含量はそれぞれ 6.93 μmol/g, 6.61 μmol/g であったが、温度変更処理を施すことによって、0.18 μmol/g, 0.23 μmol/g と有意な減少が認められた。また、有意差は認められなかったが、ヒラメでは 84 %, 中国イサキでは 83.5 %, クエでは 64 % の減少が確認された。その他、ハマチでは 15 %, マダイでは 30 %, カンパチでは 21 % と温度変更処理によって ATP 含量が減少する傾向がみられた。-50 で保存した 8 種類の魚肉中の ATP 関連化合物量の総量は、最も高い

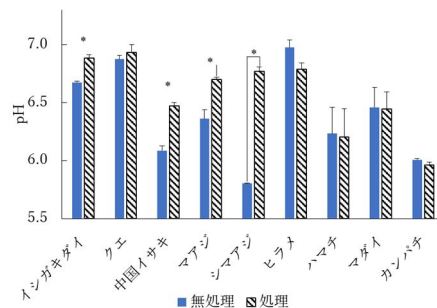


図5 -7 で 24 時間温度変更処理した試料を 10 で 24 時間保存した後の pH

(8.81 μmol/g) の間に約 2 倍の差が認められたが、ATP 含量ほどの差はなかった。8 魚種の処理時間に大きな差はなく、特に、中国イサキ, シマアジ, クエ, ヒラメ, カンパチは全く同じ工程で処理したが、ATP 関連化合物総量に対する ATP の比率には大きな差があり、カンパチ, シマアジは 78 %, 75 % と高かったのに対し、中国イサキ, ヒラメ, クエは、それぞれ 10.8 %, 10.1 %, 3.9 % と他魚種よりも低い値であった。

温度変更処理による冷蔵保存後の pH の変化 -50 で保存した冷凍魚肉を、無処理区と処理区に分け、10 の冷蔵庫で 24 時間貯蔵した後、pH を測定した(図 6)。温度変更処理によって NAD⁺ 含量の減少が認められたクエ、中国イサキ、マアジ、シマアジ、ヒラメのうち、中国イサキ、マアジ、シマアジでは、冷蔵貯蔵後の pH が温度変更処理によって無処理区よりもそれぞれ 0.4、0.3、1.0 ポイント高く保たれており、冷蔵中の pH 低下を有意に抑制することが確認された。一方、クエやヒラメでは温度変更処理による NAD⁺ 含量の減少が確認されたが、冷蔵後の pH では無処理区と処理区間に有意差はなく、冷蔵中の pH 低下抑制効果は確認されなかった。また、温度変更処理による NAD⁺ 含量の減少が認められなかったハマチ、マダイ、カンパチでは、無処理区・処理区共に冷蔵後の pH が低下し、両者間に有意差はなかった。

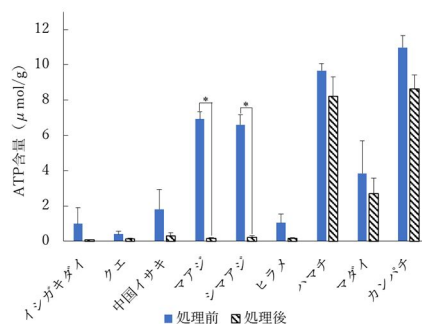


図 6 -7 で 24 時間処理した魚肉中の ATP 含量

NAD⁺については温度変更処理を施すことによって、クエ、中国イサキ、マアジ、シマアジ、ヒラメの 5 魚種において有意な減少が認められた。このうち中国イサキ、マアジ、シマアジでは冷蔵保存中の pH 低下の抑制効果も確認され、NAD⁺ の減少によって冷蔵保存中の解糖反応を停止させることができたと確認された。ATP 含量については温度変更処理を施すことによってマアジとシマアジで有意な減少が認められた。また、クエ、中国イサキ、ヒラメでは有意差は認められなかったが、平均値では温度変更処理を施すことによって ATP 含量が半減しており、解凍時に起こる解凍硬直の抑制に効果が期待される。

8 魚種を使用して温度変更処理の効果を確認したが、魚種によって効果は異なっており、分類学的なグループ分けでの効果の予測は難しいと考えられたため、魚種ごとに温度変更処理の効果の確認を行う必要があると考えられる。今回、温度変更処理の効果が確認されなかった 3 魚種は養殖至適温度が他魚種よりも高めであることから、至適水温の違いが 7 24 時間の効果に関係している可能性はある。

< 引用文献 >

- 1 福田 裕, 山内寿一, 柞木田善治, 川村 満, 第 15 回水産物利用加工試験研究全国連絡会議試料, 81-84 (1981)
- 2 尾藤方通, 東海水研報, 84, 84-87 (1976)
- 3 日水誌, 44, 897-902 (1978)
- 4 緒方由美, 進藤穰, 木村郁夫. ATP による魚類筋原線維タンパク質の冷凍変性抑制. 日水誌 2012; 78: 461-467.
- 5 Inohara K, Kimura I, Yuan C. Suppressive effect of ATP on autoxidation of tuna oxymyoglobin to metmyoglobin. *Fish. Sci.* 2013; 79: 503-511.
- 6 井ノ原康太, 黒木信介, 尾上由季乃, 濱田三喜夫, 保聖子, 木村郁夫. 筋肉内 ATP による冷凍カンパチ血合肉の褐変抑制. 日水誌 2014; 80: 965-972.
- 7 緒方由美, 岩根里歩, 木村郁夫. 高濃度のアデノシン三リン酸存在下で凍結し解凍したヒラメ肉の性状. 日水誌 2018; 84: 835-842.
- 8 馬龍濱, 山中英明, 和田俊, 高居陸雄. コイの解凍硬直に及ぼす致死および解凍条件の影響. 日水誌 1993; 59: 145-150.
- 9 尾藤方通. カツオ肉の凍結貯蔵中における NAD, ATP 量レベルおよび pH 変化のドリップ量への影響. 日水誌 1978; 44: 897-902.
- 10 中澤奈穂, 福島英登, 和田律子, 福田裕, 岡崎恵美子. 冷凍メバチ肉の解凍前温度制御による pH 維持効果と解凍肉の品質. 日水誌 2016; 33: 197-204.
- 11 塚正泰之, 中村康平, 永戸達郎, 山本敬五郎, 森田智一, 平岡智樹, 福田隆志, 伊藤智弘, 安藤正史. 冷凍カツオ肉の肉色保持技術に関する研究. 日水誌 2018; 84: 111-118.
- 12 Thavaraj W, Pansawat N, Konno K. Thermal denaturation profiles of catfish and tilapia myofibrils as affected by pH for heating. *Fish. Sci.* 2012; 78: 431-439.
- 13 守谷圭介, 中澤奈穂, 大迫一史, 岡崎恵美子. 解凍前温度処理が冷凍マサバ *Scomber japonicus* 肉の嫌氣的代謝および解凍後 pH と血合い肉色調に及ぼす影響. 日水誌 2017; 83: 785-794.
- 14 J.Tang, C.Faustman, T.A.Hoagland (2011) Equations for Spectrophotometric Determination of Myoglobin Redox Forms in Aqueous Meat Extracts. *Food Chemistry* : 127 (2) 656-661.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 TSUKAMASA YASUYUKI, YAMASHITA HIROSHI, TAKASHIMA AKINORI, MATSUURA RYOUHEI, ANDO MASASHI, FUKUDA TAKASHI, YAMAMOTO SHINJI, NASU TOSHIRO, ARIJI MASAHIKO, MASUMA SHUKEI	4. 巻 66
2. 論文標題 Quality evaluation of cultured eel-flavored Amur catfish, <i>Silurus asotus</i> , by chemical analysis and sensory evaluation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AQUACULTURE SCIENCE	6. 最初と最後の頁 235-242
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 -

1. 著者名 TSUKAMASA YASUYUKI, NAKAMURA KOHEI, NAGATO TATSURO, YAMAMOTO KEIGORO, MORITA TOMOKAZU, HIRAOKA TOMOKI, FUKUDA TAKASHI, ITOH TOMOHIRO, ANDO MASASHI	4. 巻 84
2. 論文標題 冷凍カツオ肉の肉色保持技術に関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本水産学会誌	6. 最初と最後の頁 111 ~ 118
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2331/suisan.17-00028	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 西口修平, 福田隆志, 安藤正史, 塚正泰之
2. 発表標題 温度変更処理が数種の高ATP含有冷凍魚肉の品質に及ぼす影響
3. 学会等名 令和2年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----