赤身魚肉晒し水の繰り返し使用が晒し肉の品質に与える影響

小泉 鏡子,^{1*} 青島 秀治,¹ 高木 毅,¹ 平塚 聖一²

(2021 年 6 月 9 日受付, 2021 年 11 月 29 日受理, 2022 年 2 月 3 日 J-STAGE 早期公開)

¹静岡県水産・海洋技術研究所, ²東海大学海洋学部

Effects of repeated use of fish flesh-soaking water on the quality of soaked fish flesh

KYOKO KOIZUMI,^{1*} SHUJI AOSHIMA,¹ TSUYOSHI TAKAGI¹ AND SEIICHI HIRATSUKA²¹Shizuoka Prefectural Research Institute of Fishery and Ocean, Yaizu, Shizuoka 425-0033, ²The School of Marine Science and Technology, Tokai University, Shimizu, Shizuoka 424-8610, Japan

This study evaluated the manufacturing process of surimi, involving recycling of fish flesh-soaking water after removing lipids and proteins from wastewater. Even after the soaking water was used five times, the lipid, protein, and iron contents in the soaked flesh were significantly lower than before soaking. Therefore, recycling the soaking water did not reduce the effects of water soaking. Of the protein content effused in the wastewater, 57–70% was recovered as heat-coagulated products, reducing the total volume of wastewater to a fifth. Therefore, the loading of the wastewater was greatly reduced. If heat-coagulated products can be converted into food ingredients and reused soaking water extracts can be recycled as raw materials, it may become possible to manufacture surimi without producing any waste materials.

キーワード：赤身魚肉晒し水, 加熱凝集物, 晒し肉, 晒し水の再使用, 品質

近年, 魚の切り身需要の増加に伴って海外における冷凍すり身生産量が減少し, 我が国の冷凍すり身輸入量は減少傾向にある (みなと新聞, 2021.1.29)。さらに, 国内主要魚種の漁獲量減少により, 国産水産加工原料の入手も困難な状況となっている。このため, 国内各地では低利用魚や加工副産物を食用利用するための技術開発が積極的に行われている。高木ら¹⁾はカタクチイワシの頭や内臓を除去せずに丸ごとすり身化する「ラウンドすり身製造法」を開発し, 坂本ら²⁾はこの「ラウンドすり身製造法」に改良を加え, 小型のシログチ, ニギス, サバでも応用可能な技術を開発している。また, 筆者ら³⁾はカツオの冷凍ロイン加工時に大量に派生する削り粉を用いたすり身製造法について報告している。

ところで, すり身の製造工程には「水晒し」と呼ばれる魚肉の洗浄工程が存在する。この工程は, 魚肉中に含まれるゲル形成能阻害物質を除去するために必要と考えられている。⁴⁾しかし, 「水晒し」で生じる廃液 (以下, 晒し廃液) 中には水溶性タンパク質や脂質が大量に含まれていることから, 晒し廃液の汚濁負荷は高く, 廃液処

理経費はすり身製造業者の経営を圧迫する要因の一つとなっている。さらに, 白身魚に比べ筋形質タンパク質, 血合肉及び脂質などが多い多獲性赤身魚⁵⁾や, 血合肉を多く含むロイン削り粉³⁾などの加工副産物等を原料とする場合には, 含窒素化合物や油脂などの影響によりスケトウダラなどの白身魚に比べて, 晒し廃液の汚濁負荷はかなり高くなると考えられる。⁶⁾このため, 晒し廃液の汚濁負荷低減は低利用魚や加工副産物などを原料としてすり身を製造する上で極めて重要な課題と考える。

すり身製造における晒し廃液の汚濁負荷低減に関しては, これまでに幾つかの研究がなされている。渡辺ら⁷⁾はスケトウダラ冷凍すり身製造時における晒し廃液中のタンパク質資源量を推定しており, 晒し廃液中の粗タンパク質のうち 80% 程度が水溶性タンパク質であると報告している。また, 晒し廃液中からのタンパク質の回収については, 岡崎,⁸⁾ 西岡, 志水⁹⁾らにより, 加熱凝集法や pH シフト法などによる回収が試みられている。さらに, 仁木ら¹⁰⁾はスケトウダラすり身工場において第 1 回晒し廃液から pH シフト法と加熱凝集法を組み合わせ

てタンパク質の回収試験を行い、回収タンパク質はすり身生産量の21.7%に達すると報告している。しかし、スケトウダラよりも晒し廃液の汚濁負荷が高いと考えられる赤身魚や加工副産物を用いた研究はこれまで行われていない。また、晒し廃液の再使用については、多獲性赤身魚の冷凍すり身製造技術の1つとして、最終回の晒し廃液を逐次、前の回の晒し水として再使用する多段逐次返水法に関する記載はあるが,⁵⁾その後本技術に関する報告はなされていない。

本研究では血合肉を多く含む冷凍カツオの加工副産物であるロイン削り粉を材料とし、すり身を製造する際の晒し廃液からタンパク質と脂質を回収した後、その水を排水することなく、再び新たな魚肉に対して晒し水として再使用することにより、晒し水の使用水量と晒し廃液の汚濁負荷を低減させるすり身製造法について検証した。

材料と方法

材料 静岡県焼津市内の冷凍ロイン加工場から、加工時のグラインダー処理で派生したカツオ *Katsuwonus pelamis* の削り粉のうち製造日が異なる5ロットを入手した。削り粉は入手後クーラーボックスに入れ、氷冷しながら30分以内に研究所に持ち帰り、直ちに4 mm 目合いの採肉機 (YS100, ㈱ヤナギヤ製) に投入して、魚肉を回収した。回収した魚肉はチャック付袋に入れ試験に供するまで -40°C で保管し、試験前日17時から翌日の9時まで 5°C の冷蔵庫内で自然解凍したものを試験に供した。

水晒し工程 概要をFig. 1に示した。500 mL ステンレス製遠沈管に魚肉50 gと250 mLの冷蒸留水を入れ、氷冷しながら19,000 rpmで20秒間ホモジナイズ (PHYSCOTRON NS-50, 日音医理工学器械製作所) した後、 $2,500 \times g$ で10分間遠心分離し、その沈殿物を晒し肉として回収した。上清液を500 mLのコニカルベーカーに取り、上層の油膜部分を除去してから、 70°C になるまで沸騰水中で加熱後、プフナーロートを用いて吸引ろ過し、ろ紙 (5B, ADVANTEC 東洋) 上に残存した物質を加熱凝集物として回収した。ろ過後のろ液から分析用サンプル2 mLを採取した後、全量が250 mLになるように冷蒸留水を補充し、再び500 mL遠沈管に入れた。遠沈管内の晒し水が 10°C 以下になるまで氷冷した後、新しい魚肉50 gを加えてホモジナイズした。この操作を5回繰り返して行った。

一般成分 一般成分として水分、脂質含量、粗タンパク質、灰分を分析した。水分は 105°C 常圧乾燥法、粗タンパク質はケルダール法、灰分は 550°C 灼熱灰化法で測定した。脂質含量はBligh & Dyer法のHanson & Olley変法¹¹⁾に準じて測定した。

鉄含有量 水晒し前の魚肉、及び1-5回まで晒し水

Fig. 1 Schematics for the repeated use of soaking water, soaking of frozen skipjack tuna loin by-products, and preparation of heat-coagulated products in the manufacturing of surimi.

を繰り返し使用 (以下、再使用) して得られた晒し肉2 gを硝酸と過塩素酸により湿式灰化後、原子吸光光度計 (Z-8200, 日立) を用いて鉄含有量を測定した。

晒し水の成分分析 1-5回まで再使用した晒し水として、前述のろ過後のろ液から採取した分析用サンプルを用いて以下の分析を行った。Brixは糖用屈折計 (MASTER-A10T, ㈱アタゴ社) を用いて測定し、塩分は塩分測定計 (PAL-ES1, ㈱アタゴ社) を用いて測定した。遊離アミノ酸は、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) アミノ酸分析システム (㈱島津製作所) により分析した。カラムはShim-Pack Amino-Li (㈱島津製作所) を用い、反応試薬にはOPA (オルトフタルアルデヒド) 試薬を使用した。イノシン酸分析はHPLCにより、以下に示す分析条件で行った。

ポンプ: LC-6A, 検出器: SPD-6AV, クロマトパック: C-R4A (以上, ㈱島津製作所), カラム: STR-ODS II (150 L × 4.6 mm I.D., 信和化工㈱), 移動相: 100 mM リン酸 (トリエチルアンモニウム) 緩衝液: アセトニトリル = 100:1 (v/v), 流速: 1.0 mL/min, 検出波長: 260 nm。

統計解析 結果は平均値 ± 標準偏差で表し、平均値の差は一元配置分散分析を行った後、Tukey法によ

Table 1 Proximate composition and absolute values of fish meat (unsoaked meat) and soaked meat

Sample	Repeated use frequency	Meat weight (g)	Proximate composition (%)				Absolute values ¹			
			Moisture*	Lipid*	Protein*	Ash**	Lipid* (g)	Protein* (g)	Ash** (g)	Fe** (mg)
Unsoaked meat		50.1±0.2	68.6±1.9a	7.2±1.3a	21.7±0.8a	2.5±0.6a	3.6±0.6a	10.9±0.4a	1.3±0.3a	3.0±0.4a
Soaked meat	1st	42.6±6.1	79.5±2.0b	3.2±0.9b	16.4±1.5b	0.9±0.3b	1.3±0.3b	6.9±0.7b	0.4±0.1b	1.8±0.7b
	2nd	47.2±4.0	81.8±1.7b	2.7±0.6b	12.9±0.8c	2.5±0.6a	1.3±0.2b	6.1±0.4bc	1.2±0.2a	1.8±0.5b
	3rd	49.4±4.1	82.2±1.0b	2.5±0.7b	12.5±0.5c	2.8±1.2a	1.2±0.3b	6.2±0.7bc	1.4±0.5a	2.1±0.8b
	4th	49.8±5.3	83.3±1.2b	2.4±0.6b	11.6±1.2c	2.7±0.9a	1.2±0.3b	5.7±0.3c	1.4±0.5a	1.9±0.6b
	5th	51.6±5.5	82.3±1.8b	2.2±0.5b	12.1±0.3c	3.4±1.5a	1.1±0.3b	6.2±0.6bc	1.7±0.7a	2.0±0.6b

Unsoaked meat and soaked meat, which was soaked using recycled water, were analyzed. The method of preparing the soaked meat is shown in Fig. 1.

¹ Absolute values were calculated by multiplying proximate composition by the weight of the unsoaked and soaked meat.

Values are means ± standard deviations (n = 5). Different letters in the same column indicate significant differences (Tukey's HSD, *p < 0.01, **p < 0.05).

り有意差検定を行った。

結 果

水晒し前後の魚肉の性状 水晒し前の魚肉、及び1-5回まで晒し水を再使用して得られた晒し肉の一般成分組成と絶対量及び鉄含有量を Table 1 に示した。各成分の絶対量は、魚肉及び晒し肉の重量に一般成分組成比を乗じることにより算出した。水分は、水晒し前 68.6%、晒し肉 79.5-83.3% であり、晒し水の再使用回数に関わらず晒し肉の水分は水晒し前に比べて有意に高い値を示した。脂質含量は、水晒し前（一般成分組成比、絶対量 7.2%、3.6 g）に対して晒し肉は 2.2-3.2%、1.1-1.3 g。粗タンパク質は、水晒し前（21.7%、10.9 g）に対して晒し肉は 11.6-16.4%、5.7-6.9 g。鉄含有量は、水晒し前（3.0 g）に対して晒し肉は 1.8-2.1 g であった。以上のように、脂質含量、粗タンパク質、鉄含有量はいずれも再使用回数に関わらず水晒し前に比べて晒し肉で有意に低い値を示した。また、水分、脂質含量、鉄含有量は、再使用回数が 1-5 回の晒し肉の間で有意差はみられなかった。一方、粗タンパク質については、一般成分組成比は再使用回数 1 回に比べて、2-5 回の晒し肉で有意に低い値であり、絶対量では 1 回と 4 回の晒し肉で有意差がみられたが、再使用回数とタンパク質量の間に明らかな関係性は認められなかった。晒し肉の遊離アミノ酸総量を Fig. 2 に示した。再使用回数が増加するにつれて、晒し肉の遊離アミノ酸総量が増加する傾向がみられたが、1-5 回の晒し肉の間では有意差はみられなかった。灰分は、水晒し前（2.5%、1.3 g）に比べて再使用回数 1 回の晒し肉（0.9%、0.4 g）は有意に低い値を示したが、2-5 回の晒し肉は 2.5-3.4%、1.2-1.7 g で再使用回数 1 回に比べて有意に高かった。

加熱凝集物の性状 水晒し後の上清液を加熱ろ過して得られた加熱凝集物の乾物重量とタンパク質量を Fig. 3 に示した。タンパク質量は晒し肉と同様、回収した加熱凝集物の重量にタンパク質組成比を乗じて算出した。乾

Fig. 2 Changes in the total free amino acid content of skipjack tuna loin by-products following the repeated use of soaking water. Bars represent means ± standard deviations (n = 5).

Fig. 3 Changes in the dry weight and protein content of the heat-coagulated products. Bars represent means ± standard deviations (n = 5). Different letters indicate significant differences (Tukey's HSD, p < 0.05).

物重量とタンパク質量はほぼ同様の値であった。加熱凝集物の乾物重量は、再使用回数 1 回（2.2 g）に比べて 3-5 回（3.0-3.2 g）で有意に高く、加熱凝集物のタンパク質量は、再使用回数 1 回（2.2 g）に比べて 4-5 回（3.1-3.2 g）で有意に高かった。晒し肉、加熱凝集物、晒し水中のタンパク質量の割合を Fig. 4 に示した。晒し水中のタンパク質量は、水晒し前の魚肉のタンパク質量が

Fig. 4 Percentages of protein in the soaked skipjack tuna loin by-products, heat-coagulated products, and soaking water. The percentage of protein in the soaking water was calculated by subtracting the percentages of protein in the soaked skipjack tuna loin by-products and heat-coagulated products from that of unsoaked skipjack tuna loin by-products.

Fig. 5 Changes in the Brix value and salinity of the soaking water. Bars represent means $\pm$ standard deviations ($n=5$). Different letters indicate significant differences (Tukey's HSD, $p < 0.05$).

ら晒し肉及び加熱凝集物のタンパク質量を減じて算出した。加熱凝集物のタンパク質量の割合は、晒し水の再使用回数が1回では20.5%であったが、再使用回数が増加するにつれて増加し、5回では29.7%となった。晒し肉、晒し水のタンパク質量の割合と晒し水の再使用回数の間には明らかな関係性は認められなかった。

晒し水の性状 1-5回まで再使用した晒し水（加熱凝集物をろ過した後のろ液）のBrixと塩分をFig. 5に、遊離アミノ酸総量とイノシン酸量をFig. 6に示した。Brixは再使用回数1回では1.3%であったが、再使用回数が増加するにつれて有意に増加し、再使用回数5回では3.6%となった。塩分もBrixと同様、再使用回数が増加するにつれて有意に増加し、再使用回数1回の0.02%が、再使用回数5回では0.58%となった。遊離アミノ酸総量とイノシン酸量も再使用回数が増加する

Fig. 6 Changes in the total free amino acid and inosinic acid contents of the soaking water. Bars represent means $\pm$ standard deviations ($n=5$). Different letters indicate significant differences (Tukey's HSD, $p < 0.05$).

につれて値が有意に増加した。

考 察

本研究では、晒し水の使用水量と晒し廃液の汚濁負荷を低減させるすり身製造法の実現の可能性について検証することを目的として、赤身魚肉の晒し廃液を排水することなく、使用後にタンパク質と脂質を回収した後、再び晒し水として使用し、再使用回数ごとに晒し肉、加熱凝集物及び晒し水の性状を調べた。さらに、著者らはこれまでに、カツオ血合肉の主要な臭気成分であるヘキサナールの生成に魚肉中の鉄が関与している可能性について報告している¹²⁾ことから、水晒し前の魚肉及び晒し肉の鉄含有量も併せて測定した。本研究の結果、晒し水を1-5回再使用して得られた晒し肉の水分に有意差がみられなかったことから、晒し水を再使用しても晒し肉の脱水効果に差はないものと考えられた。また、水晒し前の魚肉に比べて、晒し肉の脂質、粗タンパク質及び鉄含有量は有意に低く、かつ、脂質及び鉄含有量は、晒し水の使用回数による差がみられなかったことから、晒し水を5回まで再使用しても晒し肉の脱脂効果及びタンパク質や鉄に係る水晒し効果に影響を及ぼさないと考えられた。

渡辺ら⁷⁾はスケトウダラ冷凍すり身製造時における晒し廃液から電解凝集法によりタンパク質を回収した場合、損失タンパク質総量の約40%を回収でき、それは同時に廃液処理の負荷を40%減少させることを意味すると報告している。本研究の結果、水晒し工程により原料赤身魚肉のタンパク質の36-47%が晒し廃液中に流出したが、流失したタンパク質の57-70%が加熱凝集物として回収されたこと、また、廃液量が5分の1に減少することから晒し廃液の汚濁負荷を大幅に低減できると考えた。さらに、志水、西岡¹³⁾は、赤身魚は自身

魚に比べて水溶性タンパク質に占める熱凝固性タンパク質の割合が高いと報告していることから、晒し廃液から加熱により水溶性タンパク質を回収した後、晒し水として再利用する本製造方法は、赤身魚においてより効果的であると考えられた。

赤身魚を原料とした既存のすり身の一般成分については、マイワシ¹⁴⁾、サンマ¹⁵⁾で報告例があるほか、坂本ら²⁾は、カタクチイワシの丸ごとすり身の水分、脂質について報告していることから、これらの値と本研究で得られた晒し肉の灰分以外の一般成分について比較した。その結果、晒し水を5回再使用した晒し肉の水分は、マイワシ・サンマが70-77%であるのに対し82%とやや高く、脂質はマイワシ・サンマの4-8%に対し2%、タンパク質はマイワシ・サンマの15%前後に対し12%とやや低かった。また、カタクチイワシの丸ごとすり身（水晒し回数1回）の水分、脂質とはほぼ同等の値であった。

晒し肉の灰分は、晒し水の再使用回数が1回では水晒し前に比べて有意に低かったものの、再使用回数が2-5回では水晒し前と同程度まで値が増加した。本研究ではカツオの冷凍ロイン加工時に派生する削り粉を材料としているが、冷凍ロインの原料カツオには船上でブライン凍結された際のブライン液（高濃度食塩水）由来の食塩が付着していることから、原料カツオ由来の食塩の影響により、晒し水の再使用回数が増加するにつれて晒し肉の灰分が増加したものと考えられた。灰分の主体が食塩であると考え、晒し水を再使用した晒し肉の塩分濃度は砂糖を添加していない加塩すり身¹⁶⁾と同程度といえる。辻本、飛田¹⁷⁾は、赤身魚の無塩すり身と加塩すり身の冷凍貯蔵中におけるかまぼこ形成能について比較した結果、食塩のみによる加塩すり身は無塩すり身に比べて、貯蔵中のゼリー強度の低下が大きく、食塩濃度が高くなるに従ってその傾向が大きくなる。しかし、クエン酸塩と砂糖を加えると、加塩すり身の方がゼリー強度は高く、貯蔵中の変化も少なくなると報告している。このことから、本研究で得られた晒し肉は、ゼリー強度の強さを重要視しない揚げ蒲鉾や魚肉ソーセージの原料としての利用が期待できると考えた。また、クエン酸塩や砂糖の添加により冷凍貯蔵中の品質劣化の抑制に繋がると考えられた。

なお、晒し肉の鉄含有量は晒し水の再使用回数に関わらず水晒し前に比べ有意に低かったことから、晒し水の再使用が直接晒し肉の臭気成分の増加に繋がる可能性は低いと考えられるが、前報¹⁸⁾で報告したように、すり身の臭気発生抑制のためには脂質及び水溶性タンパク質の除去が重要である。

加熱凝集物については、晒し水の再使用回数が増加するにつれて回収量が増加した。また、回収した加熱凝集

物の乾物重量とタンパク質含量はほぼ一致していたことから、加熱凝集物は晒し水中に溶出した水溶性タンパク質が主成分であると考えられた。また、晒し水の再使用回数が増加するにつれて加熱凝集物の回収率が増加した理由は、晒し水の塩分の増加に伴って原料赤身魚肉中の塩溶性タンパク質が晒し水中に少量溶出し、それが加熱凝集したこと、晒し水のイオン強度の増加により晒し水中の水溶性タンパク質の加熱凝集能が増加したことなどが考えられた。

これまでの研究^{9,10)}では、すり身製造時の水晒し廃液から回収したタンパク質をタンパク増量剤として各種練り製品に添加する利用方法について検討がなされており、仁木ら¹⁰⁾はすり身に対し10%程度の添加であれば練り製品の品質に影響を与えないと報告している。一方、隈部ら¹⁹⁾は、あじ塩干品製造時に使用する塩汁と呼ばれる調味液を加熱殺菌処理して再利用する際に大量に発生する、アジから塩汁中に溶出したタンパク質を主成分とする加熱凝固物について、洗浄し塩分や臭気を除去することによって味噌やソースなど食品素材として利用できる可能性を示唆している。本研究で得られた加熱凝集物についても、タンパク増量剤としてだけでなく、広く食品素材としての利用の可能性について検討することにより、さらなる高付加価値化に繋がることが期待された。

晒し水（加熱凝集物をろ過した後のろ液）については、再使用回数が増加するにつれてBrix、塩分、遊離アミノ酸総量、イノシン酸量が増加したことから、水晒しを繰り返す毎に原料赤身魚肉からエキス成分が抽出され、晒し水の各成分の値が増加したものと考えられた。晒し水の再使用回数の増加に伴う塩分の増加については、晒し肉の灰分同様、原料カツオに付着しているブライン液由来の食塩の影響によるものと推察された。なお、晒し水の再使用回数の増加に伴って塩分や遊離アミノ酸総量等の濃度の増加幅が小さくなる傾向がみられた。これは、晒し水の塩分や遊離アミノ酸類の濃度の増加に伴って、水晒し前の魚肉と晒し水中の各成分の濃度差が小さくなり、晒し水への移行量が減少したためと考えられた。

静岡県焼津地域では鰹節製造が盛んに行われており、鰹節製造時の煮熱水はエキス原料として有効利用されている。静岡県内のエキスメーカーに対する聞き取り調査の結果、煮熱水等をエキス原料として利用するためには、Brixで3%以上の濃度が必要とすることであった。本研究において5回再使用した晒し水のBrixは3.3-3.7%といずれも3%以上であったことから、エキス原料として有効利用の可能性が示された。

本研究の結果から、晒し水を再使用しても赤身魚肉の脱脂効果や洗浄効果は低下しないことが確認されたが、晒し水中の低分子水溶性成分の濃度が増加するのに伴

い, 晒し肉中にも徐々にアミノ酸が蓄積するとともに, 原料由来と思われるミネラルの蓄積がみられた。このことから, 原料の種類, ミネラル等の蓄積濃度や晒し肉の用途によっては再使用回数の削減, 晒し肉に対する晒し水の割合の増加, さらに, より強い脱水方法を用いる等の工程の改良が必要と考えられた。また, 本製造法を実機レベルで実用化するに当たっては, 晒し廃液の加熱・冷却工程の効率化, 低コスト化が解決すべき課題である。一方, 晒し水からの加熱凝集物の回収率はタンパク質ベースで原料赤身魚肉の21-30%であったことから, これを食品素材等として利用することにより, 資源の有効活用だけでなく晒し廃液の汚濁負荷低減, ひいては廃液処理経費の低減に大きく寄与できるものと考えられた。さらに, 水晒し, 遠心分離後に除去した油膜に含まれる脂質のほか, 再使用によりエキス濃度が増加した晒し水をエキス原料として利用可能となれば廃棄物をほとんど出さないすり身製造が可能になると考えられた。

文 献

- 高木 毅, 石田典子, 加藤 登. 食用不快部位を含む水産原料からの食肉製造方法. 特許第4918654号, 2012.
- 坂本 啓, 三浦 悟, 鈴木貢治, 阿部行洋, 霜山まさ子, 石田典子. リファイナーを用いた丸ごとすり身の製造技術開発. 宮城県水産研究報告 2012; **12**: 35-40.
- Aoshima S, Hiratsuka S, Koizumi K, Ikegaya K, Suzuki Y, Kato N. Development of a method of manufacturing surimi from by-product of frozen skipjack tuna loin. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2012; doi: 10.2331/suisan.78.482 (in Japanese).
- 西岡不二男. 水晒. 「魚肉ねり製品—研究と技術」(志水寛編) 恒星社厚生閣, 東京. 1984; 62-73.
- 藤井 豊. 加工技術. 「多獲性赤身魚の有効利用」(日本水産学会編) 恒星社厚生閣, 東京. 1981; 76-88.
- 大島 浩. 排水処理・廃棄物利用. 「多獲性赤身魚の有効利用」(日本水産学会編) 恒星社厚生閣, 東京. 1981; 116-126.
- Watanabe H, Takai R, Sekigawa A, Hasegawa H. An estimation of the amount of protein lost in the effluent from frozen surimi manufacture. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1982; doi: 10.2331/suisan.48.869 (in Japanese with English abstract).
- 岡崎恵美子. すり身製造工程で排出される魚肉筋形質タンパク質の回収と利用に関する基礎的研究. 中央水産研究所研究報告 1994; **6**: 79-160.
- Nishioka F, Shimizu Y. Recovery of proteins from washings of minced fish meat by PH-shifting method. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1983; doi: 10.2331/suisan.49.795 (in Japanese with English abstract).
- Niki H, Kato T, Deya E, Igarashi S. Recovery of protein from effluent of fish meat in producing surimi and utilization of recovered protein. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1985; doi: 10.2331/suisan.51.959 (in Japanese with English abstract).
- Hanson SWF, Olley J. Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates. *J. Biochem.* 1963; **89**: 101-102.
- Hiratsuka S, Aoshima S, Koizumi K, Kato N. Changes of the volatile flavor compounds in dark muscle of skipjack tuna during storage. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2011; doi: 10.2331/suisan.77.1089 (in Japanese with English abstract).
- Shimizu Y, Nishioka F. Species variations in heat coagulation properties of fish actomyosin-sarcoplasmic proteins systems. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1974; doi: 10.2331/suisan.40.267 (in Japanese with English abstract).
- Kurokawa T. Quality of commercial frozen surimi of sardine. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 1982; doi: 10.3136/nskkk1962.29.48 (in Japanese with English abstract).
- 北川雅彦. サンマ冷凍すり身の製造条件と品質解析. 冷凍 2010; **85**: 584-590.
- 田元 馨, 秀里尊寿, 福見 徹. すり身の凍結と応用に関する研究 9 加塩すり身の貯蔵性について. 北水試月報 1965; **22**: 165-170.
- 辻本敏雄, 飛田 清. 赤肉魚のねり製品原料化試験—Ⅱ マサバ肉の冷凍すり身凍結貯蔵試験. 茨城県水産試験場試験報告 昭和42年度 1968; 137-141.
- Koizumi K, Hiratsuka S, Aoshima S, Kato N. Influences of freshness and washing frequency on the quality of washed meat prepared from dark muscle of skipjack tuna. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2012; doi: 10.2331/suisan.78.736 (in Japanese with English abstract).
- Kumabe C, Koizumi K, Hiratsuka S. Characterization of the physicochemical properties and volatile compounds of a thermocoagulation product recovered from brine used in salted-dried horse mackerel production. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 2014; doi: 10.3136/nskkk.61.475 (in Japanese with English abstract).