

原料サバの凍結保存条件が冷凍すり身品質へ与える影響

坂本 啓^{*1}・鈴木 貢治^{*1}・畠山 紗織^{*1}・阿部 行洋^{*1}・霜山 まさ子^{*1}

Influence that frozen preservation conditions of raw mackerel (*Scomber japonicas* and *Scomber australasicus*) gives to frozen ground fish meat quality

Kei SAKAMOTO^{*1}, Mistuharu SUZUKI^{*1}, Saori HATAKEYAMA^{*1}, Yukihiro ABE^{*1} and Masako SHIMOYAMA^{*1}

キーワード: サバ, 赤身魚, すり身, 凍結, 保存, ラウンド, ドレス, フィレー, pH, 魚体処理, 炭酸水素ナトリウム

練り製品の主原料であるスケトウダラの冷凍すり身は、漁獲量の減少や他国の需要増により、近年その輸入量は減少し、価格も高騰している。これを受けて地元で水揚げされる赤身魚などの多獲性魚類を用いたすり身に興味を示す企業が出てきている。一方、石巻地域に水揚げされる小型のサバは餌料や輸出向けが主な用途であり、地元で十分に有効利用されていない現状にある。

サバなどの赤身魚の冷凍すり身製造技術を普及する際の課題の1つに、既存の原料と水揚げ時期が重なり、製造ラインが競合することが上げられる。この競合を避ける方法として、製造ラインの閑散期に冷凍原料を利用したすり身製造が考えられ、地元企業からも冷凍原料から弾力のあるすり身を作る技術開発の要望が上がっている。赤身魚であるサバやイワシはスケトウダラなどの白身魚に比べて一般的に魚肉タンパク質の冷凍耐性は高いと言われている。しかし、冷凍した赤身魚を原料としたすり身の品質は、生鮮原料を用いたすり身の品質に比べ著しく劣る場合が多い^{1) 2) 3)}。石巻地域に水揚げされる小型のサバでもその傾向があることが確認されている⁴⁾。掛端¹⁾は、この原因としてラウンド状態での凍結をあげており、冷解凍のダメージに加え、赤身魚に特有とされる死後の魚肉のpH低下によるタンパク変性が原因であると推測される。この改善方法として、原料魚水揚げ直後から魚体を冷却する等の鮮度管理と迅速なすり身加工処理、

そして重曹(炭酸水素ナトリウム, NaHCO₃)等でのアルカリさらし処理によるpH調整が必須であると言われて⁵⁾いる。しかし、漁獲時期の重複等の理由から原料の冷解凍は必須であり、ここに高度な冷凍技術を用いることはコスト的に見て実用的ではない。そこで、もう1つの原因と推測されるpH低下が魚肉に与えるダメージについて、原料凍結の際にpH調整を行うことで緩和できないかを検討することとした。

材料と方法

本研究では、平成22年8月9日及び11月24日に宮城県沿岸の定置網で漁獲され、石巻魚市場に水揚げされた体重300g前後の小型サバ類(マサバ・ゴマサバ)を原料とした。魚体サイズはロットにより異なるが、平均尾叉長は30.7~31.1cm、平均体重は335~355gの範囲であった。また、どのロットもマサバとゴマサバが混じっているが、9割以上がゴマサバであった。

1 重曹溶液への浸漬による原料形態別の魚肉pHの変化

原料の形態によりpH調整の効果が異なることが予想されるため、始めに原料のサバをラウンド、ドレス、フィレーの状態に処理し、重曹濃度を0, 0.25, 0.5, 1, 2, 5%, 飽和(8%程度)に調整した溶液に浸漬して経過時

^{*1}水産技術総合センター水産加工開発部

間と魚肉のpHの関係を調べた。pHの計測には、浸漬した原料の皮なしフィレー（普通肉と血合肉のみ）をフードプロセッサー（National, MK-K78-W）でよく混合した魚肉を用いた。pHは冷凍すり身品質検査基準⁶⁾に沿ってpH計（アズワン（株），1-7726-01）で測定した。

2 保存形態及び重曹濃度によるすり身品質への影響

(1) 原料の凍結方法と冷凍すり身の製造工程

始めに、原料サバを20kgずつそれぞれラウンド、ドレス、フィレーに加工して、冷凍パンに入れ、濃度を0%、1%、5%に調整した重曹溶液を原料全体が完全に浸漬するように容器に注ぎ、-40℃の急速凍結機で凍結した。また、それぞれの原料の腹腔内（フィレーに関しては開いた魚肉の直下）にデータロガーを設置し、凍結及び保管中の肉温変化を記録した。冷凍パンは-20℃前後の温度で3ヶ月程度保存し、その原料から以下の方法により冷凍すり身を作成した。また、凍結前の生鮮原料からも同様の工程で冷凍すり身を作成した。

サバの冷凍すり身の製造工程を図1左に示した。魚体処理は手捌きで行い、採肉はロール式魚肉採肉機（BAADER, 600）、アルカリさらし及び塩水さらしはバッチ式、脱水は水切りストッキングネット（トステムビバ（株），ST-50）による手搾りとそれをさらしに巻いての遠心脱水機

（（株）大道産業，OMD-18）による脱水を併用した。播漬はサイレントカッター（MAINCA, CR-22）、凍結は-40℃急速凍結機（（株）帝国電機製作所，RGH-3）で行った。さらし水の容量は魚肉の5倍量とし、水温は概ね5℃以下になるよう調整した。また、アルカリさらし時のpHは、予め用意した4%の重曹溶液を少しずつ添加しながら、魚肉を入れたさらし水のpHが6.7になるように調整した。

(2) 冷凍すり身の品質評価

①弾力

冷凍すり身品質検査基準⁶⁾に沿って検査用かまぼこを試作し（図1右）、かまぼこの弾力（破断強度，凹み）をレオメーター（サン科学，CR-200D）で測定し、これらの積からゼリー強度（g・cm）を算出してそれぞれのすり身の品質を判定した。結果の図には標準偏差をエラーバーで示した。検査用かまぼこの水分は、75%に調整した。ただし、水分が多く75%に調整できないものについては、加水せずに評価し、その水分を表1に示した。加熱条件は、

坐り加熱を行わずそのまま87℃で30分加熱したもの（以下、坐りなしと言う）、高温坐りに分類される40℃で30分、60分、120分坐らせた後に87℃で30分加熱したもの（以下、それぞれ40℃×30分、60分、120分坐りと言う）、そして低温坐りに分類される20℃及び10℃で24時間坐らせた後に87℃で30分加熱したもの（以下、それぞれ20℃、10℃×24時間坐りと言う）の計6パターンとした。

②明度と色調

①で試作した検査用かまぼこについて、明度（L*）と色調（a*，b*）を色彩色差計（ミノルタ，DR-300）で測定した。結果の図には標準偏差をエラーバーで示した。

③表面離水率

簡易的な離水の指標として、蒲鉾とケーシングの間の離水水分量を測定し、以下の式により表面離水率（%）を算出した。

$$\text{(式) } R_w = \{ (a-c) - b \} * 100 / (a-c)$$

R_w：表面離水率，a：ケーシング込みの蒲鉾重量，
b：離水除去後の蒲鉾重量，c：ケーシング重量

④Ca-ATPase比活性

(1) で作られたすり身について、すり身そのものの品質を測定する評価方法であるCa-ATPase比活性を以下の方法により測定した。

始めに、冷凍すり身を細切したものを2.5g秤量し、これに0.1M KCL, 40mM borate buffer (pH7.0) 液を15ml加え、氷冷しつつホモジナイザー（POLYTRON PT 3000, KINETATICA）を用いて20,000rpmで6分間ホモジナイズした（30秒の休止時間をおきながら1分間ホモジナイズを6回繰り返した）。次に、0.1M KCl (pH7.0) 35 mlで魚肉を洗い、遠心分離機（HITACHI, himac CR 21）を用いて5,000 rpm で10分間遠心分離した。得られた沈殿に0.1M KCl (pH7.0) を50 ml加えてよく攪拌し同条件で再び遠心分離した。以上の洗浄処理を遠心後の上澄み液が透明になるまで繰り返した。最後に、得られた沈殿をホモジナイザーを使って0.1M KCl (pH7.0) 液中に懸濁させ、ピペッターでピペッティングを行って筋原繊維を均質に懸濁した後、50 mlに定容した⁷⁾。

筋原繊維Ca-ATPase比活性の測定は、5mM CaCl₂，500mM KCl，25mM Tris-maleate pH7.0，1mM ATP の反応混液下で25℃における生成無機リンを比色定量した⁸⁾。なお、筋原繊維タンパク質はビュレット法によって比

原料サバの凍結保存条件が冷凍すり身品質へ与える影響

色定量した。反応液が濁りを生じる場合は少量のデオキシコール酸を加え攪拌したものを測定に使用した。

⑤SDS-PAGE法によるタンパク質成分組成

坐りなし、高温坐りでゼリー強度のピークにある40℃×60分坐り、低温坐りでゼリー強度の高い20℃×24時間坐りの加熱条件で得られた検査用かまぼこについて、SDS-PAGE法により加熱ゲル中のタンパク質成分組成を分析した。

それぞれの加熱ゲル0.4g をとり、2% SDS-8M 尿素-2% β-メルカプトエタノール混液7.5mlを加えて加熱攪拌して可溶化させ、タンパク質含量をビュレット法で測定した。続いて可溶化させたタンパク質（各10μg）を、5% ポリアクリルアミドゲルを支持体として電気泳動に供した。タンパク質成分の染色はCoomassie Brilliant Blue R250 により行い、脱色および乾燥した。ゲルの泳動図型はスキャナー（NEC，MultiReader660U）で読み込んだ。SDS-PAGE に供したタンパク質のサブユニット成分組成のうち、ミオシン重鎖（以下、MHCと言う）の成分量をImage Jを用いて測定した。結果は、坐りなしの加熱ゲルより得られたMHCの染色強度を基準にして、それぞれの坐り条件で得られたMHCの染色強度の減少率をミオシン減少率（%）として表した。

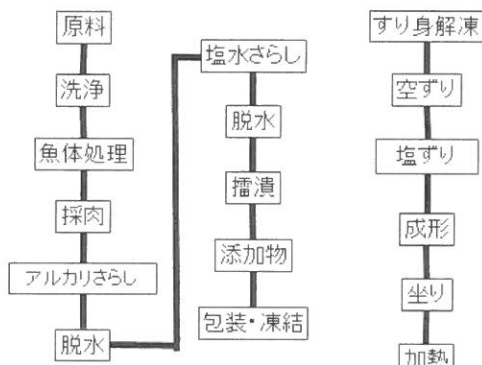


図1 サバ冷凍すり身の製造工程図（左）と検査用かまぼこの製造工程図（右）
※アルカリさらしは30分、塩水さらしは10分とした。

3血抜き及び内臓除去処理によるすり身品質への影響

各試験区ともに原料のサバを20kgとし、ラウンドのままの処理区（以下、ラウンド区と言う）、ラウンドのまま

頭頂部に切れ目を入れ、血液等を流出しやすくした処理区（以下、ラウンド血抜き区と言う）、そしてラウンドのまま開腹して内臓（腎臓以外）を取り出した処理区（以下、ラウンド内臓除去区と言う）を作り、試験2同様冷凍パンに入れて5%重曹溶液で原料全体が完全に浸漬するように容器に満たし、-40℃の急速凍結機で凍結した。また、ラウンド内臓除去区の原料の腹腔内にデータロガーを設置し、凍結及び保管中の肉温変化を記録した。冷凍パンは-20℃前後の温度で2ヶ月程度保存し、その原料から冷凍すり身を作成して冷凍すり身品質検査基準⁶⁾に沿って試験2と同様に評価した。

結果及び考察

1重曹溶液への浸漬による原料形態別の魚肉pHの変化

サバ魚肉の開始時のpHは5.8であった。ラウンド形態では、重曹濃度0%、0.25%、0.5%、1%では試験期間を通してほとんど変化しなかったが、重曹濃度2%、5%、飽和では緩やかに増加した（図2）。

次にドレス形態では、重曹濃度0%、0.25%、0.5%、1%ではほとんど変化しなかったが、重曹濃度2%では緩やかに増加し、重曹濃度5%及び飽和では顕著に増加した（図3）。

最後にフィレー形態では、重曹濃度0%、0.25%、0.5%ではほとんど変化しなかったが、重曹濃度1%では緩やかに増加し、重曹濃度2%、5%、飽和では顕著に増加した（図4）。

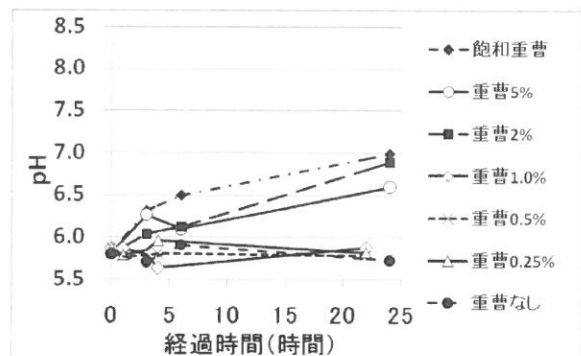


図2 ラウンド形態での重曹浸漬における経過時間と魚肉のpHの関係

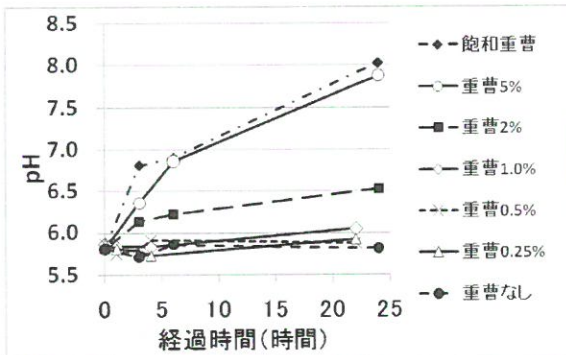


図3 ドレス形態での重曹浸漬における経過時間と魚肉のpHの関係

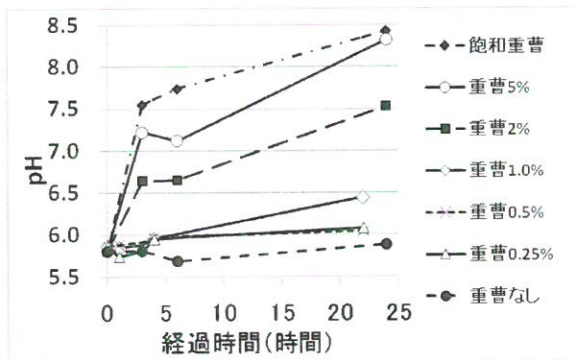


図4 フィレ形態での重曹浸漬における経過時間と魚肉のpHの関係

これらのことから、形態別の重曹溶液への浸漬による魚肉pHの変化は、フィレー、ドレス、ラウンドの順に重曹溶液の影響を受けやすいことが分かった。また、同じ形態では、重曹濃度が高いほどアルカリ側に傾いていたが、高濃度の重曹溶液に長時間浸漬するとpHが高くなりすぎる処理区も見られた。弾力が出やすいかまぼこのpHは6.3~7.5と言われており⁹⁾、魚肉のpH調整を行う際は、原料形態に合った重曹濃度での浸漬が必要であることが示唆された。ただし、本試験は原料に対して十分量の溶液に浸漬したが、市販されている凍結ブロックの場合は原料重量に対する溶液添加割合が低いと考えられ、また冷凍過程での重曹溶液の凍結濃縮なども考えられるため、pH調整効果は本結果と異なる可能性がある。

2保存形態及び重曹濃度によるすり身品質への影響

始めに、原料形態別各工程における魚肉またはすり身のpHと水分及びすり身から試作した検査用かまぼこの肉糊のpHと水分を表1に示す。採肉後の魚肉pHは、どの形態でも重曹濃度が高くなるにつれて高くなった。その後は、水さらし時にpHをほぼ同一に調整しているため差

がなく、凍結前すり身pHは6.9~7.3とほぼ中性付近となった。また、形態別に比較すると、重曹濃度0%, 1%浸漬ではほとんど差がなかったが、重曹濃度5%浸漬ではフィレー形態のpHが高い傾向にあった。これらのことから、どの形態でも重曹浸漬によりpH調整が可能であることが示唆され、また形態別では試験1の結果と同様、フィレー形態の重曹溶液浸漬効果が高いことが分かった。特に、フィレー形態の重曹濃度5%処理区では、魚肉pHが既に中性付近にあり、水さらし時の重曹添加を行わずにすり身を製造することが出来た。このことから、魚肉のpH調整を事前に行うことにより、赤身魚すり身製造工程中の課題の1つであったpH調整を省くことが出来る可能性が示唆された。検査用かまぼこの肉糊のpHは凍結前すり身pHより低い傾向にあるが、6.6~7.0を示しており、弾力の出やすいpH6.3~7.5の範囲に入っていた。

表1 原料別各工程におけるpH及び水分

	採肉後 pH	アルカリさらし 脱水後 pH	塩水さらし 脱水後 pH	凍結前すり身 pH	凍結前すり身 水分(%)	塩ざり後 肉糊 pH	塩ざり後 肉糊 水分(%)
生鮮原料	5.7	6.6	6.8	7.2	78.0	6.7	76.0
ラウンド重曹0%	5.7	6.6	6.8	7.1	74.8	6.7	75.0
ラウンド重曹1%	6.0	6.7	6.8	7.1	76.0	6.7	75.1
ラウンド重曹5%	6.6	6.8	7.0	7.2	76.9	6.8	75.0
ドレス重曹0%	5.9	6.8	7.0	7.3	75.2	7.0	75.0
ドレス重曹1%	6.1	6.6	6.6	6.9	74.1	6.6	75.0
ドレス重曹5%	6.5	6.7	6.9	7.1	76.0	6.8	75.0
フィレー重曹0%	5.7	6.8	6.9	7.2	73.9	6.7	75.1
フィレー重曹1%	6.1	6.7	6.8	7.1	74.8	6.7	75.0
フィレー重曹5%	6.9	6.9	7.0	7.3	76.3	6.9	75.0

次に、データロガーの測定結果を図5に示す。最大氷結晶生成帯(0°C~-5°C)の通過時間はドレス形態とフィレー形態では30時間程度であったが、ラウンド形態では48時間程度かかっており、その後もラウンド形態の中心温度の低下はドレス形態及びフィレー形態と比べて遅かった。これは、頭や内臓があり魚体内への熱伝達速度が遅いためと考えられた。

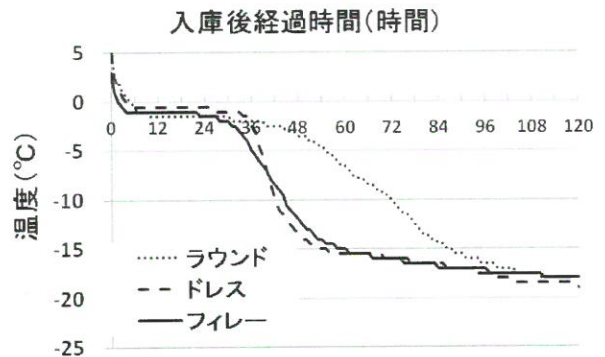


図5 原料形態別冷凍ブロックの中心温度変化

原料サバの凍結保存条件が冷凍すり身品質へ与える影響

次に、弾力の指標であるゼリー強度と凹みと表面離水率について、凍結前の生鮮原料から作った冷凍すり身の結果を図6に示す。ゼリー強度は、坐りなしで82 (g・cm)程度、40℃の高温坐りでは40℃×60分坐りでピークとなり178 (g・cm)であった。サバは低温坐りで弾力が出ることが知られており¹⁰⁾、本原料でも20℃×24時間坐りで489 (g・cm)、10℃×24時間坐りで223 (g・cm)と高温坐りよりも高いゼリー強度を示した。

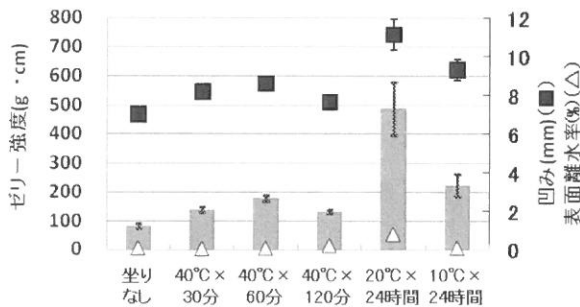


図6 生鮮原料から作成したサバすり身の坐り条件別ゼリー強度・凹み・表面離水率

次に、ラウンド形態原料から作った冷凍すり身の重曹濃度別の結果を図7～9に示す。破断強度と凹みが測定不能になったものは、便宜上0として計算した。ラウンド形態は、重曹濃度0%、1%、5%ともに弾力が低く、ほとんどがレオメーターで計測できなかつた。次に、ドレス形態原料から作った冷凍すり身の重曹濃度別の結果を図10～12に示す。ゼリー強度は重曹濃度0%で112～460 (g・cm)、1%で98～405 (g・cm)、5%で123～591 (g・cm)と重曹5%で高いゼリー強度を示した。これは凹みの増加によるところが大きい。弾力が最も高いのは20℃×24時間坐りであるが、この坐り条件では表面離水率も増加しており、生鮮原料に比べて2～5倍程度の離水が確認された。次に、フィレー形態原料から作った冷凍すり身の重曹濃度別の結果を図13～15に示す。ゼリー強度は重曹濃度0%で72～330 (g・cm)、1%で99～389 (g・cm)、5%で95～513 (g・cm)と重曹濃度が増加するにつれて、ほとんどの坐り条件でゼリー強度も増加した。表面離水率は、高温坐りでも低温坐りでもほとんど差がなく、最もゼリー強度の高かつた20℃×24時間坐りでは生鮮原料と比べて3倍程度の離水が確認された。

次に、重曹濃度5%について形態別に比較すると、ラウ

ンド形態は他の2つと比べてゼリー強度が極端に低かつた。ドレス形態とフィレー形態についてt検定(両側)で有意差を調べたところ、20℃×24時間坐り、10℃×24時間坐りでは有意差がなかつたが(それぞれt(10)=1.51, n.s., t(10)=1.56, n.s.)、坐りなし、40℃×30分坐り、40℃×60分坐り、40℃×120分坐りではドレス形態の方が有意に高かつた(それぞれt(10)=5.23, p<.05, t(10)=3.15, p<.05, t(10)=2.58, p<.05, t(10)=4.19, p<.05)。

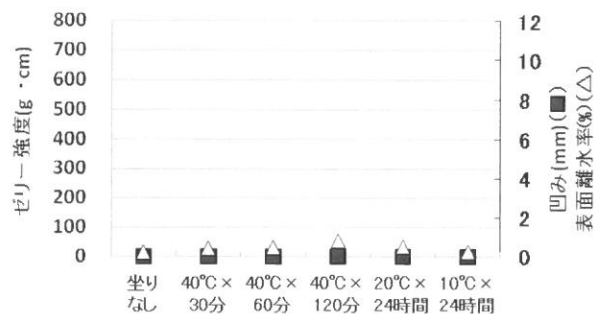


図7 ラウンド形態・重曹0%浸漬サバすり身の坐り条件別ゼリー強度・凹み・表面離水率

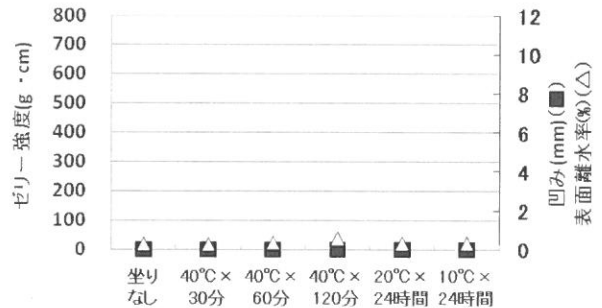


図8 ラウンド形態・重曹1%浸漬サバすり身の坐り条件別ゼリー強度・凹み・表面離水率

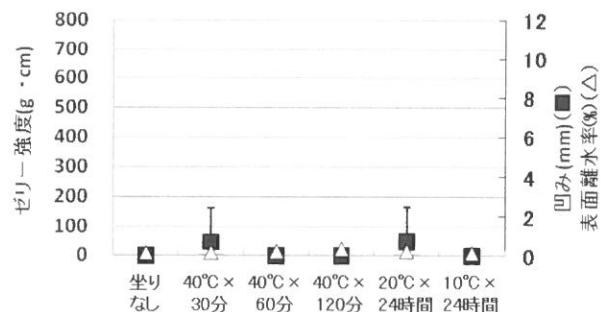


図9 ラウンド形態・重曹5%浸漬サバすり身の坐り条件別ゼリー強度・凹み・表面離水率

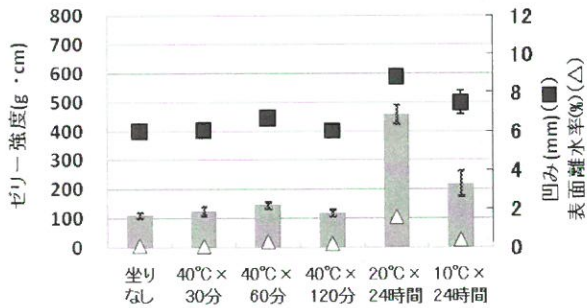


図10 ドレス形態・重曹0%浸漬サバすり身の坐り条件別ゼリー強度・凹み・表面離水率

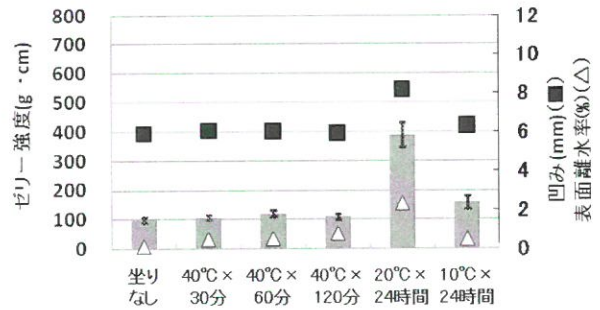


図14 フィレー形態・重曹1%浸漬サバすり身の坐り条件別ゼリー強度・凹み・表面離水率

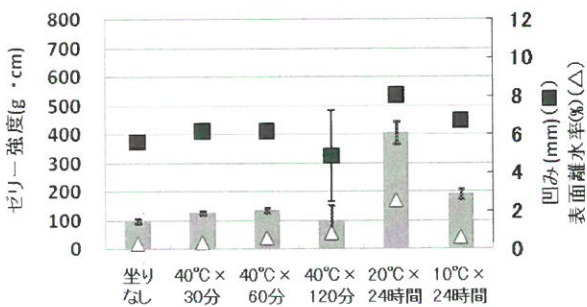


図11 ドレス形態・重曹1%浸漬サバすり身の坐り条件別ゼリー強度・凹み・表面離水率

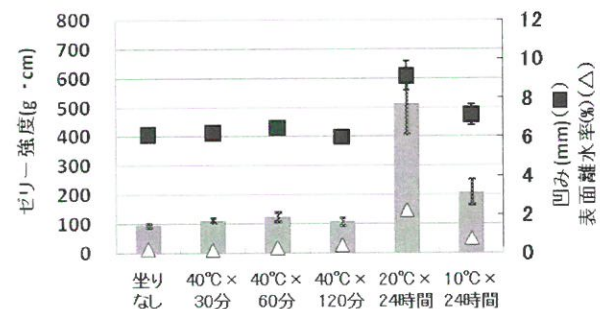


図15 フィレー形態・重曹5%浸漬サバすり身の坐り条件別ゼリー強度・凹み・表面離水率

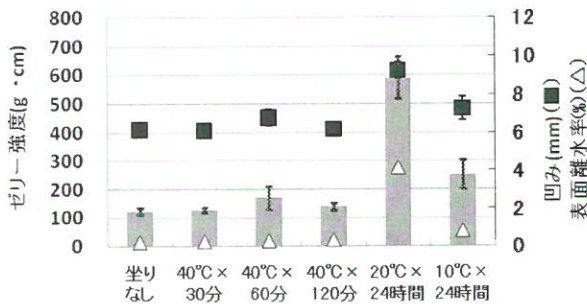


図12 ドレス形態・重曹5%浸漬サバすり身の坐り条件別ゼリー強度・凹み・表面離水率

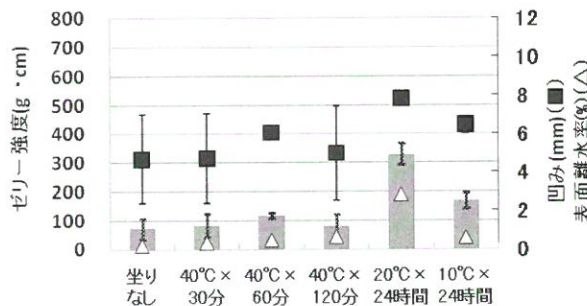


図13 フィレー形態・重曹0%浸漬サバすり身の坐り条件別ゼリー強度・凹み・表面離水率

それぞれのすり身における明度 (L*) 及び色調 (a*, b*) の測定結果を図16, 図17に示す。この図は坐りなし条件の結果を示しているが、他の坐り条件でもほぼ同様の結果であった。L*は65~70の範囲にあるが、これはスケトウダラKA級の蒲鉾の明度 (L*=73.60)⁴⁾ と比較すると若干低い値であった。また、どの形態でも重曹濃度5%でL*が低い傾向にあった。

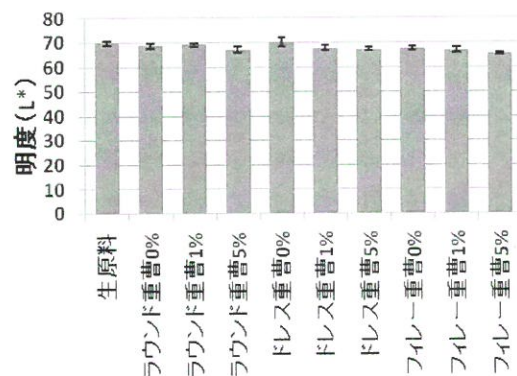


図16 原料形態別すり身の明度 (L*)

原料サバの凍結保存条件が冷凍すり身品質へ与える影響

次に、色調は生鮮原料 ($a^*=-0.59$, $b^*=+11.58$) と比較して、ラウンド形態では a^* が $-0.25\sim-0.16$ と赤色が若干強く、ドレス形態及びフィレー形態では、それぞれ $+0.09\sim+0.36$, $+0.05\sim+0.60$ とその傾向がさらに強かった。 b^* もラウンド形態では $+11.61\sim+12.24$ で生鮮原料と同等か若干黄色が強く、ドレス形態及びフィレー形態では、それぞれ $+11.97\sim+12.34$, $+12.34\sim+12.49$ とさらに黄色が強かった。

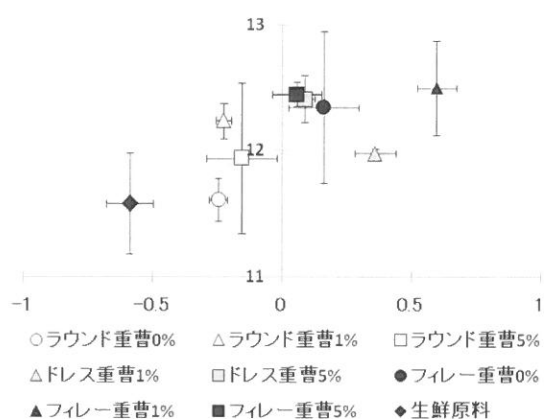


図 17 原料形態別すり身の色調 (a^* , b^*)

次に、ゼリー強度 ($40^\circ\text{C}\times 60$ 分坐り) と Ca-ATPase 比活性の関係を図 18 に示す。これを見ると、生鮮原料がゼリー強度及び Ca-ATPase 比活性ともに最も高かった。また、同じ形態で比較すると、重曹濃度が高いと Ca-ATPase 比活性も高くなる傾向にあった。一般的に、Ca-ATPase 活性は冷凍すり身のゲル形成能と正の相関があると言われており、ドレス形態及びフィレー形態ではその傾向が見られた。しかし、ラウンド形態では弾力がほとんどなく、Ca-ATPase 比活性との相関は見られなかった。

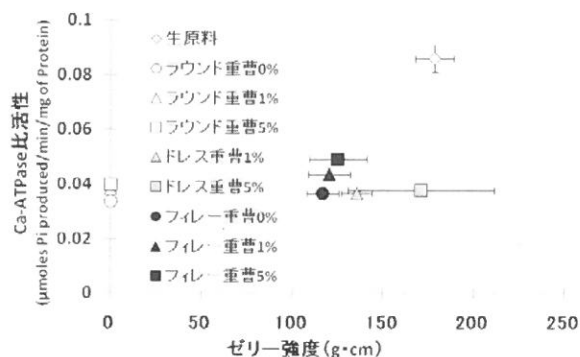


図 18 原料形態別すり身のゼリー強度 ($40^\circ\text{C}\times 60$ 分坐り) と Ca-ATPase 比活性

次に、5%重曹浸漬における形態別すり身について、3パターンの坐り条件の評価用かまぼこの未重合MHCを SDS-PAGEにより解析した泳動ゲルの写真を図 19 に、また坐りなし区を基準としたミオシン減少率を算出したものを図 20 に示した。ドレス形態及びフィレー形態では、 $40^\circ\text{C}\times 60$ 分坐り及び $20^\circ\text{C}\times 24$ 時間坐りのMHCのバンドが薄くなっているのが確認され、これはミオシン減少率の増加として現れている。これらのMHCは架橋構造を作って重合体となり、かまぼこの弾力に寄与していることが伺えた。しかし、ラウンド形態については、坐りなしでもMHCのバンドがほとんど確認できず、MHC重合体のバンドも濃くなっていなかった。また $40^\circ\text{C}\times 60$ 分坐り及び $20^\circ\text{C}\times 24$ 時間坐りについてもバンドが確認できず、ミオシン減少率も算出できなかった。

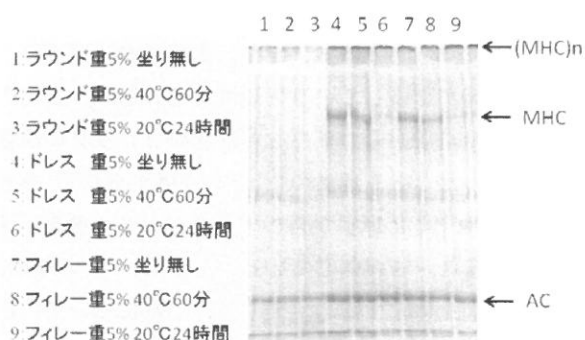


図 19 5%重曹浸漬における形態別すり身から得たかまぼこの SDS-PAGE ゲル
(MHC)_n : ミオシン重合体
MHC : ミオシン重鎖
AC : アクチン

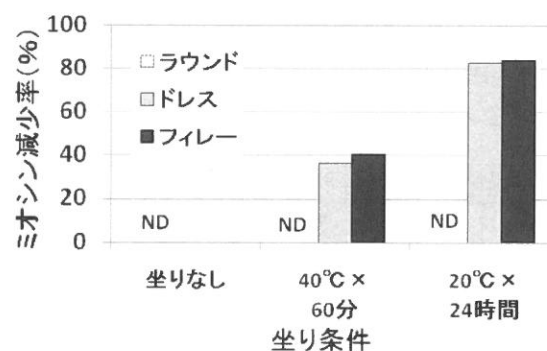


図 20 5%重曹浸漬における形態別すり身のミオシン減少率

これらの結果から、原料をドレス形態またはフィレー形態に処理すること及びその原料で冷凍パン製造時に重

曹溶液を加えて魚肉pHを調整することは、冷凍原料から弾力のあるすり身を作る上で有効であることが分かった。ラウンド形態の弾力が極端に低い理由については、重曹が魚肉内へ浸透しにくいことが原因の1つとも考えられたが、表1の製造工程中のおとし身の魚肉pHでは大きな差が見られないことから、この可能性は低い。また、Ca-ATPase比活性の値がドレス形態やフィレー形態と同程度に出ているにもかかわらず、弾力のみが出ていないことから、Ca-ATPase比活性で評価できない何らかの要因が絡んでいる可能性が示唆された。これは、SDS-PAGEの結果でMHCがほとんど見られないことから、裏付けられた。ATPase活性部位はミオシン頭部のS1部分に存在していることから¹¹⁾、この部位の活性は失われていないが、主に網目構造を構築する尾部のrod部分が分解され、重合体を形成できないのではないかと推察された。このメカニズムには、内臓の消化酵素、水溶性タンパク質、血液の流出等が影響している可能性が考えられ、またデータロガーの結果から、ラウンド形態のブロックの凍結速度が遅かったことも理由の1つとして考えられる。掛端ら¹²⁾は緩慢凍結した原料からのすり身はゼリー強度が著しく低下することを報告している。しかし、この試験結果からは原因を特定するのは難しく、これについては次の試験と合わせて考察する。

3血抜き及び内臓除去処理によるすり身品質への影響

始めに、原料形態別各工程における魚肉またはすり身のpHと水分及びすり身から試作した検査用かまぼこの肉糊のpHと水分を表2に示す。採肉後の魚肉pHから凍結前すり身pH及び塩すり後肉糊pHとも、3処理区でほとんど差がなかった。

表2 原料別各工程における pH 及び水分

	採肉後 pH	アルカリさらし脱水後 pH	塩水さらし脱水後 pH	凍結前すり身 pH	凍結前すり身水分(%)	塩すり後肉糊 pH	塩すり後肉糊水分(%)
生鮮原料	6.0	6.9	7.1	7.5	79.7	7.0	77.3
ラウンド重曹5%	6.4	7.0	7.0	7.4	77.5	7.1	75.2
ラウンド血抜き重曹5%	6.5	7.0	7.0	7.4	77.5	7.1	75.2
ラウンド内臓除去重曹5%	6.5	6.9	7.0	7.4	77.5	7.1	75.2

次に、データロガーの測定結果を図21に示す。温度変

化はラウンド区とほぼ同様に变化し、試験2のドレス形態やフィレー形態と比べて温度低下は緩やかであった。

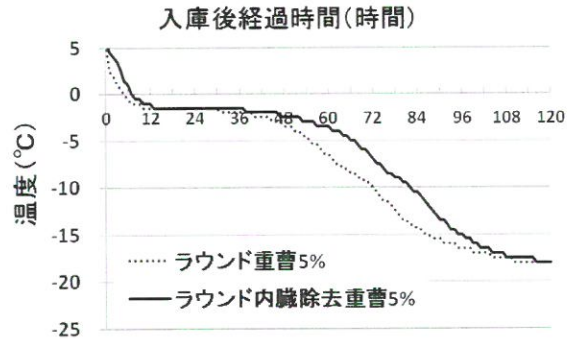


図21 原料形態別冷凍ブロックの中心温度変化

次に、弾力の指標であるゼリー強度と凹みと表面離水率について、各処理区の結果を図22~24に示す。ラウンド区及びラウンド血抜き区では共にゼリー強度が低かった。しかし、ラウンド内臓除去区では、試験2のドレス形態やフィレー形態に匹敵する弾力が確認された。

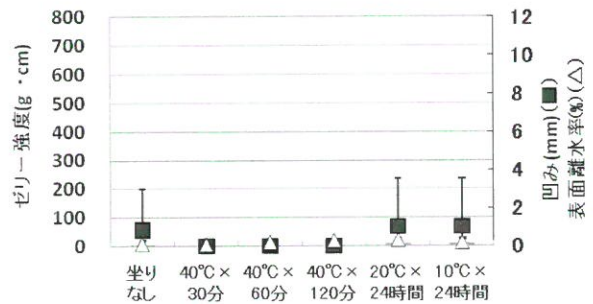


図22 ラウンド区・重曹5%浸漬サバすり身の坐り条件別ゼリー強度・凹み・表面離水率

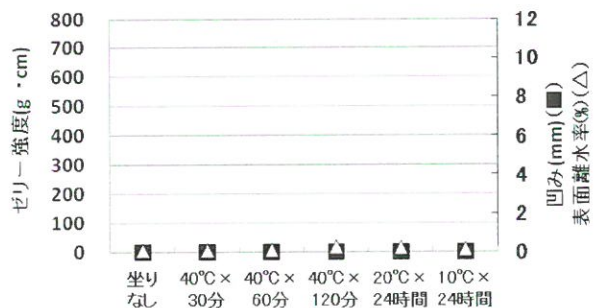


図23 ラウンド血抜き区・重曹5%浸漬サバすり身の坐り条件別ゼリー強度・凹み・表面離水率

原料サバの凍結保存条件が冷凍すり身品質へ与える影響

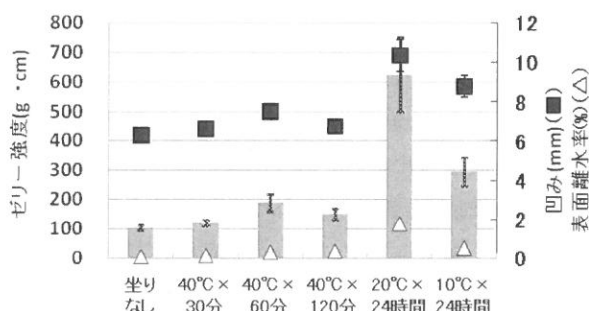


図24 ラウンド内臓除去区・重曹5%浸漬サバすり身の坐り条件別ゼリー強度・凹み・表面離水率

それぞれの処理区の評価用かまぼこ（坐りなし）の明度（L*）は70～71の範囲、色調はa*が-0.81～-0.98、b*が+11.61～+12.45の範囲にあり、同ロットの生鮮原料の値（L*=70.69、a*=-1.68、b*=+9.09）と比較して、L*はほとんど差がないが、a*は赤色方向に、b*は黄色方向に傾いていた。

次に、それぞれの処理区のスリ身について、3パターンの坐り条件の評価用かまぼこの未重合MHCをSDS-PAGEにより解析した泳動ゲルの写真を図25に示した。ラウンド区及びラウンド血抜き区では、試験2のラウンド区と同様に坐りなしでのMHCのバンドがほとんど確認できず、MHC重合体のバンドも濃くなっていなかった。一方、ラウンド内臓除去区では坐りなしでのMHCのバンドが確認され、40°C×60分坐り及び20°C×24時間坐りのMHCのバンドも薄くなっていた。ミオシン減少率については、ラウンド内臓除去区では40°C×60分坐りで18.2%、20°C×24時間坐りで78.1%であったが、ラウンド区及びラウンド血抜き区では算出できなかった。

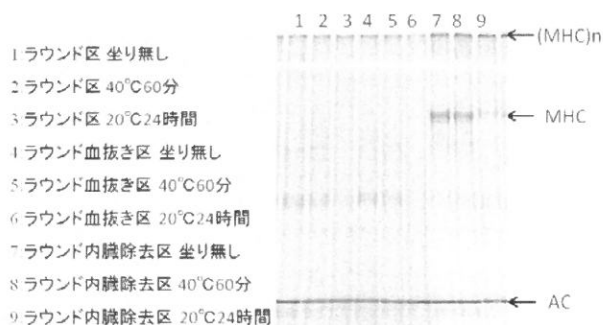


図25 ラウンド形態における魚体処理別すり身から得たかまぼこのSDS-PAGEゲル

これらの結果と試験2の結果を合わせると、ラウンド形

態で凍結した原料から弾力のあるすり身が得られない原因としては、内臓由来の消化酵素等によるMHCの分解が有力であると考えられた。ただし、より詳細な原因解明には、消化酵素活性や分解されたタンパク質の検出、加熱前のMHCの動向などを調べる必要がある。

以上のことから、冷凍サバを原料とした冷凍すり身を作る際は、内臓を除去した形態で原料を凍結することで、比較的ゲル形成能の高いすり身が得られることが分かった。また、原料を凍結する際に重曹溶液などで間隙を満たすことにより、pHの低下が抑制され、さらにゲル形成能の高いすり身ができることも示唆された。

石巻市内のスリ身製造企業への聞き取りによれば、原料魚の魚体処理を別企業に依頼することもあり、またこれらの原料の一部はドレス形態で凍結され、後日製造ラインが空いた際に原料として利用されているとのことであった。また、冷凍ブロック製造企業への聞き取りから、冷凍ブロックを作る際に原料の間隙を満たす溶液は専用タンクからポンプで供給されていること、エビなどの冷凍ブロックを製造する場合にはこのタンクに乾燥防止剤等の薬品を入れて供給しており、重曹などの溶液も供給可能であることが分かっている。これらのことから、本結果を現場に普及する際には、既存の設備、流通形態の利用が可能であると考えられる。さらに、重曹はコストが安く（130円/kg程度）、仮に15kgの冷凍ブロックの間隙に3Lの5%重曹溶液を満たすとした場合のコストは20円/ブロック程度となることから、コスト面からも十分普及可能であると言える。ただし、今回の試験で用いた赤身魚のスリ身製造工程は、現場の製造ラインにそのまま適用できない工程も含まれているため、さらし方法やさらし時間等の条件について今後現場の工程とすりあわせていく必要がある。

要約

石巻魚市場に水揚げされた体重300g前後の小型サバを原料として、冷凍保存時の形態（ラウンド、ドレス、フィレー）及び浸漬溶液の重曹濃度を変えた冷凍ブロックを作成し、一定時間経過後にその原料からすり身を製造し、その品質を評価した。

1) 原料形態別の重曹溶液への浸漬による魚肉pHの変化

- は、フィレー、ドレス、ラウンドの順に重曹溶液の影響を受けやすかった。また、重曹濃度が高いほど魚肉pHはアルカリ側に傾いた。
- 2) ドレス形態及びフィレー形態で保存した原料からは比較的弾力のあるすり身が得られ、これに重曹を添加することで、さらにゲル形成能の高いすり身を作ることが出来た。
- 3) フィレー形態の重曹濃度5%処理区では、魚肉pHが既に中性付近まで上がっていたことから、pH調整した冷凍ブロックを用いることにより、赤身魚すり身製造工程中の課題であった水さらし時のpH調整を省くことが出来る可能性が示唆された。
- 4) ラウンド形態で凍結した原料からはよい弾力のすり身は得られなかったが、これは内臓由来の消化酵素等がミオシン重鎖を分解していることが原因と考えられ、内臓を取り除くことで、ドレス形態及びフィレー形態と同等のゲル形成能をもつすり身が得られた。

参考文献

- 1) 掛端甲一(1978) 鮮度保持及び練り製品化適性に関する試験. 昭和52年度試験研究報告, 青森県水産物加工研究所, 1-27
- 2) 福田裕・村井裕一・柞木田善治・川村満(1978) 凍結サバのすり身化適性について. 昭和52年度試験研究報告, 青森県水産物加工研究所, 28-32
- 3) 掛端甲一(1979) 魚体の大きさによる鮮度と蒲鉾形成能について. 昭和53年度試験研究報告, 青森県水産物加工研究所, 1-19
- 4) 坂本啓・佐藤金三・霜山まさ子(2010) 地元の水揚げされる魚類(サバ)を用いたすり身製造技術. 宮城県水産研究報告, 宮城県水産技術総合センター, 63-67
- 5) 木村郁夫(2003) 原料魚と製造技術の特徴. かまぼこの科学と技術, 恒星社厚生閣, 東京, 132-140
- 6) 西岡不二男(1994) 冷凍すり身の品質検査基準. 日水誌, 60, 282-283
- 7) 加藤登・野崎恒・小松一宮・新井健一(1979) スケトウダラ冷凍すり身の一新品質判定法 冷凍すり身筋原繊維ATPase比活性とかまぼこ形成能の関係, 日水誌, 45, 1027-1032
- 8) 新井健一(1974) 水産物化学・食品学実験書. 恒星社厚生閣, 東京, 191-194
- 9) 岡田稔(2008) かまぼこの足の形成. かまぼこの科学, 成山堂, 東京, 64-71
- 10) 福田裕(2003) 原料魚のゲル化特性. かまぼこの科学と技術, 恒星社厚生閣, 東京, 51-63
- 11) 尾島孝男(2003) 魚介類筋肉タンパク質の構造と機能. かまぼこの科学と技術, 恒星社厚生閣, 東京, 1-32
- 12) 掛端甲一(1982) 冷凍サバ及びサバ冷凍すり身の凍結温度によるねり製品適性について. 昭和56年度試験研究報告, 青森県水産物加工研究所, 1-6