

冷解凍前処理によるマダイ燻製品の食味改良

矢田喜大*, 原 有紀*, 山崎栄次*

Improvement on a Taste of Smoked Red Sea Breams with a Freezing/Thawing Pretreatment

Yoshihiro YADA, Yuki HARA and Eiji YAMAZAKI

In this study, we examined the use of smoking to add a distinctive taste to fillets of a red sea bream, of which quality had deteriorated due to freezing and thawing treatment with drip outflow. The three kinds of samples of red sea bream fillets were prepared: the first and the second comparison group were made up of the samples with one and three cycles of freezing/thawing pretreatments, and a control group was made up of the samples without the pretreatment. The results of free amino acid analysis showed that the free amino acid concentration of the second comparison group was significantly lower than the first comparison group and the control group. This was due to the fact that large amount of free amino acids in the drip were lost with the drip runoff. The analysis of protein elution concentrations by the Bradford method also showed that the second comparison group had a higher concentration up to 30 seconds than the controlled group. This suggests that the smoked red sea breams of the second comparison group tastes good as soon as being chewed despite the decrease in the amount of free amino acids. As a result, it is expected that the quality of a red sea bream, which had deteriorated due to freezing and thawing with drip outflow, can be improved by the pretreatment of smoking.

Keywords: Freezing, Thawing, Smoked Food, Drip Outflow, Amino Acid, Red Sea Breams

1. はじめに

燻製とは、水産物や畜産物などの食材をいぶすこと、またはいぶした製品を示し、この作業を行うことにより食材に燻煙の風味をつけ嗜好性を向上させるとともに、長期間の保存を可能にする。例えば、水産物の燻製品の素材としては魚類、貝類、鯨肉などがあり、味をつけた調味燻製食品、燻製の保存期間をさらに長くした燻製の缶詰食品、鰹節など伝統的な技術による焙乾製品などがある¹⁾。燻製品が作られる過程では、煙に含まれるカルボニル化合物、フェノール化合物、有機酸などの働きにより色彩の変化、風味改良、殺菌などが起こる²⁾。燻製を行うための材料には、チップやウッドと呼ばれる燻煙材があり、サクラやブナなどの樹種が多く用いられてい

る¹⁾。燻製には、一般的に塩漬けや乾燥等の脱水工程や味付けの前処理工程があり、このような前処理と燻製処理の条件、燻煙材等によって品質が大きく異なり、今後も数多くの燻製品が開発される可能性がある。

水産物は冷蔵や冷凍処理されて流通することが一般的であるが、流通過程の温度変化等により品質が劣化する可能性がある。原因としては、冷凍中や冷凍解凍時の温度変動により、魚肉中の水分などが凍結することにより体積膨張した氷結晶が物理的に細胞を破壊し、その後融解することで魚肉中の体液が流出すること³⁾が考えられる。この流出液は通常ドリップと呼ばれ、ドリップには水分だけでなく、そこにタンパク質やアミノ酸等の栄養分が含まれている。実際には、冷凍食品に代表されるように、1回の冷解凍では品質の低下は起こりにくいとされている

* 食と医薬品研究課

が、何らかの理由でドリップが多量に流出した場合やドリップが発生しやすい魚の場合には、相対的に水分が減少し、ぱさぱさした食感になり、美味しさに欠け、食材としての価値が著しく低下する。さらに、ドリップが流出した魚肉は、水に不溶で塩水に可溶性筋原線維タンパク質が顕著に減少しているため、結着力、保水性ともに劣化して加工適性が極めて低くなり³⁾、食材として敬遠される傾向にある。

一方、ドリップの流出に伴い、魚肉内部は多孔質化され、表面積が増加する。このような多孔質化した魚肉を燻煙処理した場合、より多くの燻煙成分を吸着し、燻製品として優れた素材になる可能性がある。また、本来捨てられる可能性のある品質劣化した魚肉を燻煙処理し、高付加価値の燻製品にすることで食品ロス軽減に貢献できる可能性がある。そこで、本研究では、養殖魚として最も利用されている魚種の一つであるマダイを試料として選択し、比較対照の基準としての冷解凍を施さない試料、ドリップを流出させる冷解凍を1回施した試料、およびドリップを積極的に流出させるため冷解凍を3回繰り返した試料に対して、燻製を行った。燻製を行ったマダイの成分や食味、食感について評価し、品質劣化した魚肉の燻製品としての利用可能性について検討したので報告する。

2. 試料および実験方法

2.1 試料

本研究では市販の三重県産の養殖マダイを対象とした。脂が多くなく、内臓の影響が少ないマダイの背側筋肉を試験体とし、厚さ5 mmで、上から見て長方形となるように垂直に切断した。なお、試料一切れの生重量が3.0 gになるように、重量測定を行いながら切り揃えた。

2.2 冷凍解凍処理

マダイの切り身を保存用チャック付きポリ袋（ジップロック、旭化成ホームプロダクツ（株））に入れ、出来るだけ空気を抜き、-38℃で12時間以上冷凍後、恒温恒湿器（LH43-12P、ナガノサイエンス（株））内に25℃で約4時間静置し解凍した。これを1サイクルとし、冷解凍1サイクル、および3サイクル繰り返す前処理を施し、それぞれを1回冷凍群、および3回冷凍群とした。なお、比較対照のための基準として、冷解凍を施さない試料を対照群とした。

2.3 乾燥および燻煙処理（燻製）

対照群、1回冷凍群、3回冷凍群のマダイ切り身を、網に敷いたクッキングシートの上に重ならないように置き、燻煙箱（HC-SDE-1、（株）サンフードマシナリ、幅45 cm、高さ113 cm、奥行き58 cm）に入れ、60℃で1時間乾燥後、60℃で1時間、ヒッコリーのチップ（進誠産業（株））を使用して燻煙処理を行った。乾燥と燻煙処理は同一の燻煙箱で行ったため、乾燥終了後直ちに燻煙処理を開始した。以下、燻製を行った試料を燻製試料と呼ぶ。

クッキングシートに接地している面は直接燻煙が当たらないが、身が薄く燻煙成分が行き渡ると考えたため考慮しなかった。燻煙箱内の温度は開始とともに室温から上昇し、15分後に60℃に達した。一部の試料に燻煙箱に付属する温度センサーを刺して中心温度を測定した。燻製後に試料の重量を測定し、重量を燻製前の生重量に対する百分率で算出した。本来、魚の燻製を行う場合、柵の状態のものを燻煙箱内につるして長時間の燻製を行うのが一般的であるが、本研究では、短時間かつ小スケールで試験を行うため、刺身状に切った試料を燻煙箱内に静置して燻製を行った。

2.4 遊離アミノ酸の定量

1匹のマダイの柵から切り出した3つの試験体を遊離アミノ酸の分析に供した。対照群のマダイ切り身（生重量3.0 g）と対照群、1回冷凍群、3回冷凍群の燻製試料にそれぞれ10 mmol/L塩酸を30 mL加え、ホモジナイザー（T25DS1、IKA社）を用いて均質化（4000 rpm、1 min）した後、遠心分離（5000 rpm、10 min、4℃）することにより上清を得た。この上清1.5 mLを採り、ヘキササン0.5 mLを加えて脱脂した。この混合液を遠心分離（15000 rpm、10 min）し、水層部分200 μLを採り、リン酸緩衝液800 μLを加えた全量1.0 mLをPTFEフィルター（Φ0.45 μm）でろ過後、高速液体クロマトグラフ（LC20A Prominence アミノ酸分析システム、（株）島津製作所）で遊離アミノ酸量を測定した。標準液はアミノ酸混合標準液H型（富士フィルム和光純薬（株））を用いた。分析した遊離アミノ酸の項目は、アスパラギン酸（Asp）、スレオニン（Thr）、セリン（Ser）、グルタミン酸（Glu）、グリシン（Gly）、アラニン（Ala）、システイン（Cys）、バリン（Val）、メチオニン（Met）、イソロイシン（Ile）、ロイシン（Leu）、チロシン（Tyr）、フェニルアラニン（Phe）、ヒスチジン（His）、リジ

ン (Lys), アルギニン (Arg) であり, これら遊離アミノ酸の定量値を合わせて総遊離アミノ酸量とした. 各燻製試料の分析値は生重量 3.0 g 当たり換算して示した.

2.5 官能評価

対照群, 1 回冷凍群, 3 回冷凍群の燻製試料を 1~2 日間 4 °C の冷蔵庫に保管後, パネルに供試した. パネルは, 三重県工業研究所に所属する 20~50 歳代の食品加工に従事しない職員 15 名 (男性 11 名, 女性 4 名) とした. 「硬さ」, 「燻煙の風味」, 「噛んだ瞬間の風味」, 「肉汁の量」, 「うま味」および「好み」を評価項目として, 3 つの燻製試料に対して 1 位から 3 位までを評定する順位法により食味試験を行った.

2.6 内部構造観察

対照群, 1 回冷凍群, 3 回冷凍群のマダイの背側筋肉の内部構造観察は FE 型走査電子顕微鏡 (FE-SEM) (JSM-7001F, 日本電子 (株)) を用いて行った. 観察に用いた試験体は燻製を行っていないマダイの背側筋肉を用い, 観察前に真空凍結乾燥機 (F10-80TNNN, (株) 宝製作所) を用いて真空凍結乾燥 (-40 °C) を十分に行った. その後, 鋭利な剃刀 (FAS-10, フェザー安全剃刀 (株)) を用いて身の繊維に並行に切った試料の断面を得た. これらに対し, それぞれファインコート (JFC-1600, 日本電子 (株)) を用いて白金蒸着を行った. 試料に与える影響を小さくするため, 加速電圧を 2 kV とした.

2.7 タンパク質溶出試験

対照群, 1 回冷凍群, 3 回冷凍群の燻製試料のタンパク質溶出試験を行った. 各燻製試料を約 5 mm 角ずつに切り, ヒトの口腔内の平均温度に近づけるため 40 °C に温めた蒸留水 100 mL に入れ, マグネティックスターラーを用いて攪拌しながら, 一定時間ごとに液体部分を一部採取した. 一度採取した試料からは再度試料を採取しなかった. 採取は燻製試料を攪拌中の蒸留水に投下した時点を 0 秒とし, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 秒後に行った. 採取した液体を発色させた後, マイクロプレートリーダー (51119050, サーモフィッシャーサイエンティフィック (株)) により 595 nm における吸光度を速やかに測定した. タンパク質の検出にはブラッドフォード法⁴⁾を用い, タンパク質濃度はウシ血清アルブミン溶液で検量線を作成し, 推定した.

2.8 統計解析

遊離アミノ酸量は Excel 統計 ver.6.0 ((株) エスミ) を用いて Tukey 法により多重比較検定を行い, 5 % 危険率で有意性を検定した. 官能評価は Newell & MacFarlane の検定を行い, 5 % 危険率で有意性を検定した.

3. 結果と考察

3.1 試料の状態と重量変化

魚肉の冷解凍によるドリップは, 解凍温度を 0 °C に近い温度にすると流出量が少なく, 10 °C 以上ではタンパク質変性が急激に進行するため, 流出量が増



(a) 対照群



(b) 1 回冷凍群



(c) 3 回冷凍群

図 1 燻製前のマダイにおける背側筋肉の外観

加すると報告されている⁵⁾。本研究のねらいは、ドリップの流出による多孔質化が燻煙の吸着量の増加に寄与することを確認することであるため、積極的にドリップを流出させるべく、解凍の温度を25℃とした。また、燻煙処理前の乾燥は食品の表面を多孔質にし、燻煙の成分が浸透しやすくなるという効果がある⁶⁾。そのため、燻煙処理の前に1時間の乾燥を行った。燻製を行う前の試料の外観を図1に示す。図1から、1回冷凍群のマダイの白身部分の外観は対照群の背側筋肉の同部位に比べ、光沢がなく、ややくすみ、3回冷凍群のマダイの同部位の外観はよりくすんでいるように見受けられた。同様に、血合いの部分も1回冷凍群のマダイの外観は対照群のマダイの同部位に比べやや黒ずみ、3回冷凍群のマダイの同部位の外観は顕著に黒ずんでいるように見受けられた。身の水分は表面から抜けていき、表面硬化が生じるため⁸⁾、表面の色合いに影響を及ぼしていると考えられる。

燻製後の重量は出発原料である対照群のマダイの

生重量に対して、対照群の燻製試料は55.2%、1回冷凍群の燻製試料は50.9%、3回冷凍群の燻製試料は45.6%であった。これらの重量から1回目の冷解凍において多くの水分が抜けていることが分かる。冷解凍を繰り返すことで重量が減少していくことから、水分が重要な要因の一つである「身の結着性」は弱まっていき、それに伴って内部構造は脆くなっていくことが推察される。

3.2 遊離アミノ酸分析

遊離アミノ酸分析の結果を表1に示す。対照群における生のマダイの総遊離アミノ酸量は対照群の燻製試料と1回冷凍群の燻製試料に比べ、有意に低い値である一方で、3回冷凍群の燻製試料とは有意な差はなかった。原田らは乾燥温度を20℃と50℃に設定した実験をアジの切り身で行い、乾燥温度が高い方が、5時間後には総遊離アミノ酸量が有意に増加することを報告している⁹⁾。本研究では短時間であったが、マダイの切り身の場合も同様に60℃で乾燥および燻煙処理により、対照群の燻製試料および

表1 各試料の遊離アミノ酸量 (mg/100g)

	Raw material	Control	The number of freeze/thaw cycles	
			1	3
Asp	0.23±0.03 ^a	0.15±0.01 ^b	0.14±0.01 ^b	0.24±0.03 ^a
Thr	9.65±1.29 ^a	22.71±2.23 ^b	20.75±1.21 ^{bc}	18.08±1.48 ^c
Ser	0.59±0.60 ^a	4.92±0.34 ^b	4.59±0.31 ^{bc}	3.80±0.20 ^c
Glu	8.42±3.41 ^a	18.57±3.08 ^b	18.95±1.47 ^b	16.45±1.14 ^b
Gly	23.42±1.80 ^a	26.83±4.29 ^a	23.69±3.13 ^a	20.12±1.70 ^a
Ala	15.56±3.87 ^a	25.00±1.21 ^b	24.21±2.17 ^b	19.06±1.37 ^{ab}
Cys	10.24±3.15 ^a	13.18±0.41 ^a	13.44±0.43 ^a	13.50±0.18 ^a
Val	1.62±0.75 ^a	3.98±0.08 ^b	3.92±0.08 ^b	3.42±0.09 ^b
Met	2.20±0.84 ^a	4.06±0.12 ^b	3.98±0.23 ^b	3.22±0.19 ^{ab}
Ile	0.80±0.82 ^a	3.00±0.15 ^b	3.02±0.06 ^b	2.63±0.09 ^b
Leu	2.82±1.33 ^a	7.50±0.25 ^b	7.44±0.44 ^b	4.94±0.27 ^c
Tyr	3.90±1.19 ^a	5.74±0.20 ^b	5.79±0.10 ^b	5.58±0.28 ^b
Phe	6.29±1.26 ^a	9.47±0.16 ^b	9.44±0.41 ^b	8.00±0.32 ^{ab}
His	105.66±7.23 ^a	107.13±5.02 ^a	106.48±4.09 ^a	88.12±3.56 ^b
Lys	61.09±13.01 ^a	75.25±8.00 ^a	79.26±10.78 ^a	57.15±6.28 ^a
Arg	21.65±3.51 ^a	29.12±0.69 ^{bd}	29.53±2.37 ^b	23.72±0.92 ^{acd}
Total	274.14±32.17 ^a	356.62±11.62 ^b	354.62±3.29 ^b	288.03±6.02 ^a

値は平均値±標準偏差として示す (n=3)。

Tukeyの検定により異なる英文字を付した数値間には、5%水準の有意差があることを示す。

1 回冷凍群の燻製試料の遊離アミノ酸量が増加したと考えられる。しかし、グリシン、システインおよびリジンは 60 °Cでの乾燥および燻煙処理で有意な増加は認められなかったが、増加傾向が見られた。ヒスチジンにおいても有意差はなく、ほぼ一定の値であった。豊水、滝口により、ヒスチジンとリジンはメイラード反応により消費されることが報告されている^{10,11)}他、鈴木らにより、カツオ節製造の焙乾工程で遊離アミノ酸中のヒスチジンが燻煙成分との反応により著しく減少すると報告されている¹²⁾。したがって、乾燥および燻煙処理によりヒスチジンの増加が抑制され、結果的にアミノ酸量は対照群に近い値になったと考えられる。

対照群の燻製試料および1回冷凍群の燻製試料の総遊離アミノ酸量には有意差は認められず、ほぼ等しい値であった。出発原料である対照群のマダイの生重量に対する1回冷凍群の燻製試料の重量は、対照群の燻製試料に比べて約4%低かったにもかかわらず、ドリップの流出による遊離アミノ酸量の低下は認められなかった。このことから、1回冷凍群ではドリップは生じるものの、そこに含まれる栄養分は少なく、ドリップの大部分を水分が占めていることを示唆している。すなわち、1回の冷解凍ではドリップ流出による品質劣化は起こりにくいと考えられる。一方、3回冷凍群の燻製試料については、対照群の燻製試料と1回冷凍群の燻製試料に比べて、総遊離アミノ酸濃度が顕著に低下していた。これは、冷解凍の2回目、3回目においてドリップが1回目よりも多量に流出し、そこにタンパク質や遊離アミノ酸が含まれていたからであると考えられる。橋本らは、魚肉の鮮度低下に伴いドリップに含まれるアミノ酸の値は増加する傾向にあり、同時にタンパク質が分解されている可能性があることを報告している¹³⁾。そのため、1回の冷解凍では魚肉の鮮度低下は起きにくく、品質劣化を防止できている可能性が示唆された。一方、3回の冷解凍では、鮮度の低下が進みタンパク質が分解しやすく、遊離アミノ酸が溶出しやすくなった可能性が示唆された。3回冷凍群の燻製試料も60 °Cでの乾燥および燻煙処理により全体的に遊離アミノ酸量が増加したと思われるが、3回の冷解凍によるドリップ流出のマイナス効果の影響の方が大きかったため、結果的に遊離アミノ酸量が低下してしまったと考えられる。

3.3 官能評価

各燻製試料の官能評価の結果を図2に示す。1回冷凍群は「硬さ」、「うま味」、「燻煙の風味」、「噛んだ瞬間の風味」の評価項目について、対照群との間に有意差が認められた。「肉汁の量」について有意差は認められなかったが、対照群を1位とするパネルが多かった。これは「硬さ」と対応しているように見受けられ、対照群の水分量が多かったためであると考えられる。「うま味」、「燻煙の風味」、「噛んだ瞬間の風味」など、「味」に関する3項目において、1回冷凍群が3回冷凍群より高評価であった理由として、アミノ酸含量が影響していると考えられる。1回冷凍群はドリップ流出によるアミノ酸量の低下が見られず、水分量は低下した一方、3回冷凍群はアミノ酸含量が大きく低下し、水分量も低下したと推察される。対照群と比較すると、水分量が少ない方が燻製には有利であると考えられるが、内在するアミノ酸含量が有意に少ないため、1回冷凍群を1位とするパネルが多かったのではないかとされる。これらの結果から、魚肉の燻製において、冷解凍を経た魚肉の方が内部の水分量が減少するという意味では、有利であると考えられるものの、アミノ酸含量が減少してしまうという意味のマイナス効果の方が大きくなったことを考慮すると、1回冷凍群の方がよいと思われる。

3.4 内部構造観察

FE-SEMを用いて試料を撮影した結果を図3に示す。図3(a)については、断面が繊維状になっており、繊維の隙間は確認できるが、比較的密集していることが分かる。一方、図3(b)(c)については、繊維方向が判断できなくなるほどではないが、繊維の表面の損壊が認められる。Sigurgisladottirらは冷解凍によりサーモンの身の細胞が壊れ、細胞外の面積が増加することを報告している¹⁴⁾。冷解凍による身の損壊が細胞レベルで起きることから、冷解凍によるドリップ流出が魚肉の内部構造に影響を与えていることが分かった。このように身が損壊したサンプルは柔らかくなる傾向がある。

その一方で、3.1で述べたように、水分の重量百分率の減少は、1回冷凍群の燻製試料では4.3% (=55.2% - 50.9%)、3回冷凍群の燻製試料では9.6% (=55.2% - 45.6%)であり、これらの水分の減少はサンプルを硬くさせる効果がある。しかるに、図2に示した官能評価の結果では、1回冷凍群の燻製試料は対照群の燻製試料に比べ有意に硬いと認められ

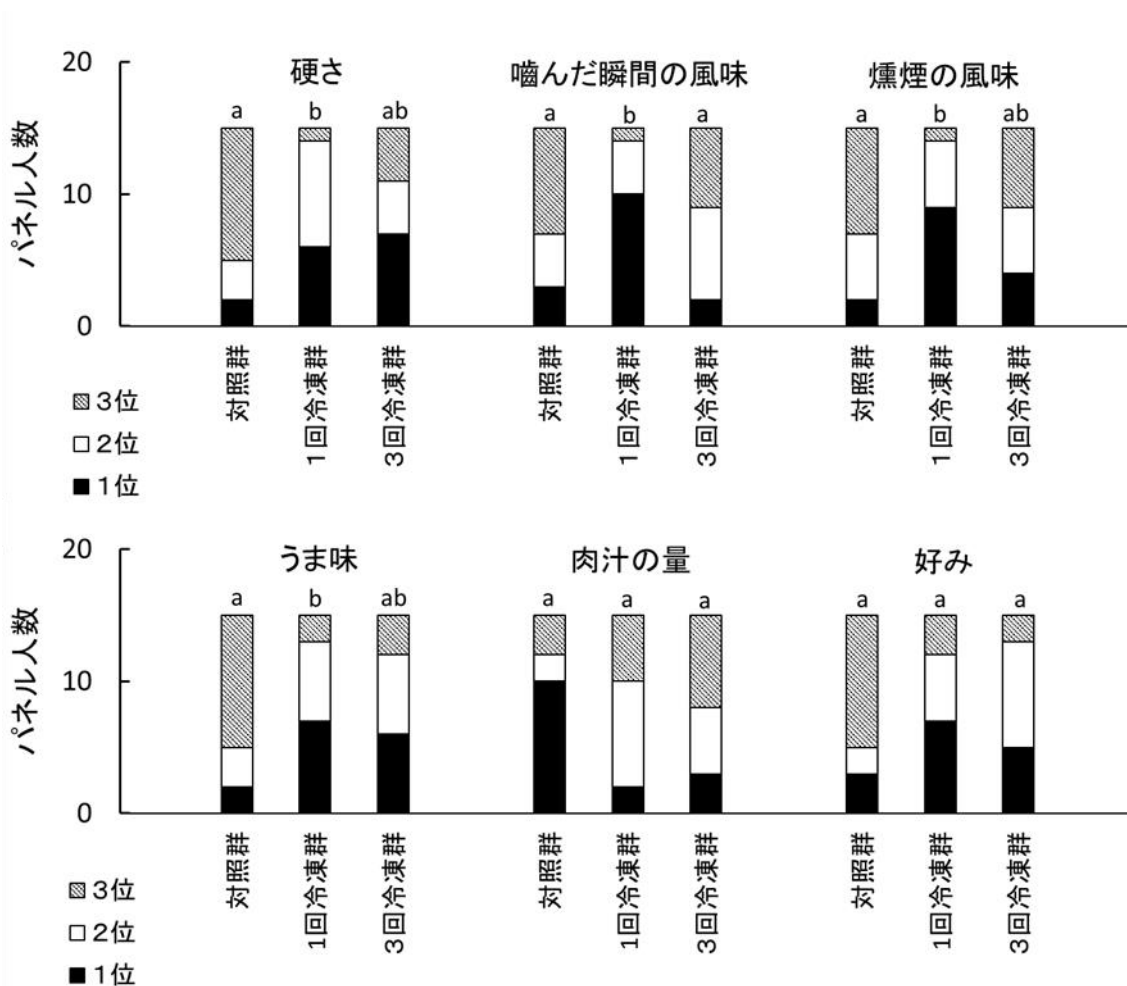


図2 官能評価結果 (n = 15)

異なる英文字を付した数値間には5%水準の有意差があることを示す (Newell & MacFarlane の検定表)。

た。これは水分減少による硬化効果が身の損壊による軟化効果を上回ったものと考えられる。これに対し、3回冷凍群の燻製試料の硬さは、対照群の燻製試料および1回冷凍群の燻製試料に対して有意差は認められず、両者の間に位置づけられた。これは、冷解凍の回数が3回まで増えると、水分減少による硬化が一段と進むものの、身の損壊による軟化がそれを上回るほどに進んだものと考えられる。

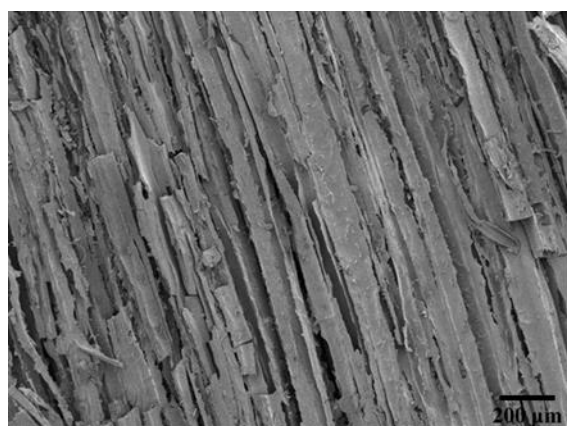
以上をまとめると、1回冷凍群に対する3回冷凍群のように、身の損壊が進んだサンプルは柔らかくなる可能性があると思われるが、対照群に対する1回冷凍群のように、重量減少に伴う水分量の減少によりむしろ硬くなった場合もあることから、燻製においては、身の損壊と水分量の減少が互いにトレードオフの関係にあると考えられる。

3.5 タンパク質溶出試験

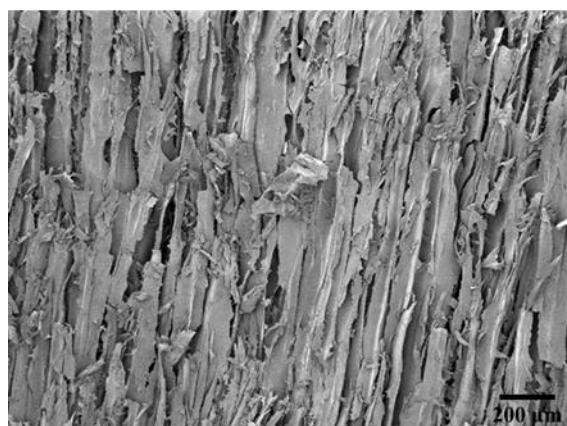
本実験に関しては繰返し測定を行わなかった

め、以下に述べる大小や類似性に関するコメントについては統計的な有意性を検証できていないことを予め断っておく。

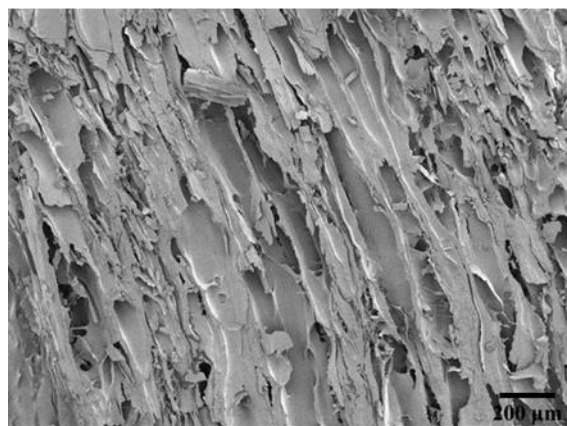
はじめに、各燻製試料から溶液中への経時的なタンパク質の溶出の結果について図4に示す。図4から10 sec時点を初濃度とすると、初期の溶出タンパク質濃度は3回冷凍群が最も高い値となり、冷解凍なしの対照群と比較すると約2倍になっていた。3回冷凍群に次ぐのは1回冷凍群であった。3.3の官能評価では、1回冷凍群では「噛んだ瞬間の風味」を強く感じる傾向があったが、本節で上記した初期の溶出タンパク質濃度に関する実験結果、すなわち3回冷凍群の初濃度(10 sec時点)が対照群および1回冷凍群より大きいという実験結果とは整合しなかった。なお、これら3群のタンパク質溶出量の経時変化について、対照群と1回冷凍群は全体として3回冷凍群より大きな増加率で同程度かつ単調に増加し



(a) 対照群



(b) 1回冷凍群



(c) 3回冷凍群

図3 FE-SEMによるマダイの切断面のSEM像

ている。その一方で、3回冷凍群は増加が比較的緩やかであり、かつ経過時間100secの時点では対照群や1回冷凍群よりかなり小さい値にしか到達しなかった。

また、タンパク質自体には呈味性がない¹⁵⁾ものの、溶出したタンパク質の一部は遊離アミノ酸に分解されている可能性があることも考える必要がある。ここで、3.2で述べたように、3回冷凍群は3回の冷解

凍による鮮度低下により、対照群および1回冷凍群に比べ、タンパク質が分解しやすく、初期時点で遊離アミノ酸が溶出しやすくなった可能性がある。このことから、アミノ酸の総合的な量だけでなく、初期の溶出しやすさも呈味に影響を与えていると考えられる。すなわち、3回冷凍群は、ドリップとして栄養分は減少したが(3回冷凍群 < 対照群, 1回冷凍群(表1, Total参照)), 遊離アミノ酸が溶出しやすくなった(3回冷凍群 > 1回冷凍群 > 対照群(図4, 10sec参照))により舌に感じる美味しさ、つまり「うま味」は1回冷凍群に比しても変わらないか、対照群に比べればむしろより美味しく感じる(1回冷凍群b, 3回冷凍群ab, 対照群a(図2「うま味」参照))ということが示唆される。

次に、図4の経時の後半で3回冷凍群の溶出タンパク濃度が逆転して1回冷凍群や対照群と比較して低下した理由として、3回冷凍群は3回の冷解凍によりアミノ酸やタンパク質がドリップとして多量に流出してしまっただけでなく、燻製開始時点で内在する栄養分が少なくなってしまうものと考えられる。すなわち、燻製開始時点では、対照群および1回冷凍群では、内在する栄養分が3回冷凍群と比較して圧倒的に多かったと考えられる。

以上をまとめると、まず、噛んだ瞬間には、3回冷凍群は「硬さ」が1回冷凍群と比較すると弱かったため、溶出タンパク質の初濃度が高くなり、「噛んだ瞬間の風味」を感じやすい傾向にあったものと考えられる。次に、咀嚼が進んだ時点では、3回冷凍群は前述のとおり燻製開始時点で内在するアミノ酸量が少なかったこと、および経過時間100secの時点での溶出タンパク量が少なかったことが相俟って、その「うま味」は1回冷凍群より劣る結果になったと思われる。

4. 結論

本研究では、冷解凍を1回および3回行い、品質を劣化させたマダイの燻製品を作製し、品質劣化した魚肉の燻製品としての利用可能性について検討した。遊離アミノ酸の分析結果としては、1回冷凍群の燻製試料の総遊離アミノ酸量は対照群の燻製試料とほぼ等しく、3回冷凍群の燻製試料は総遊離アミノ酸量が対照群の燻製試料と比較して有意に低下していた。これはドリップ流出により遊離アミノ酸が減少したからであると考えられる。しかしながら、

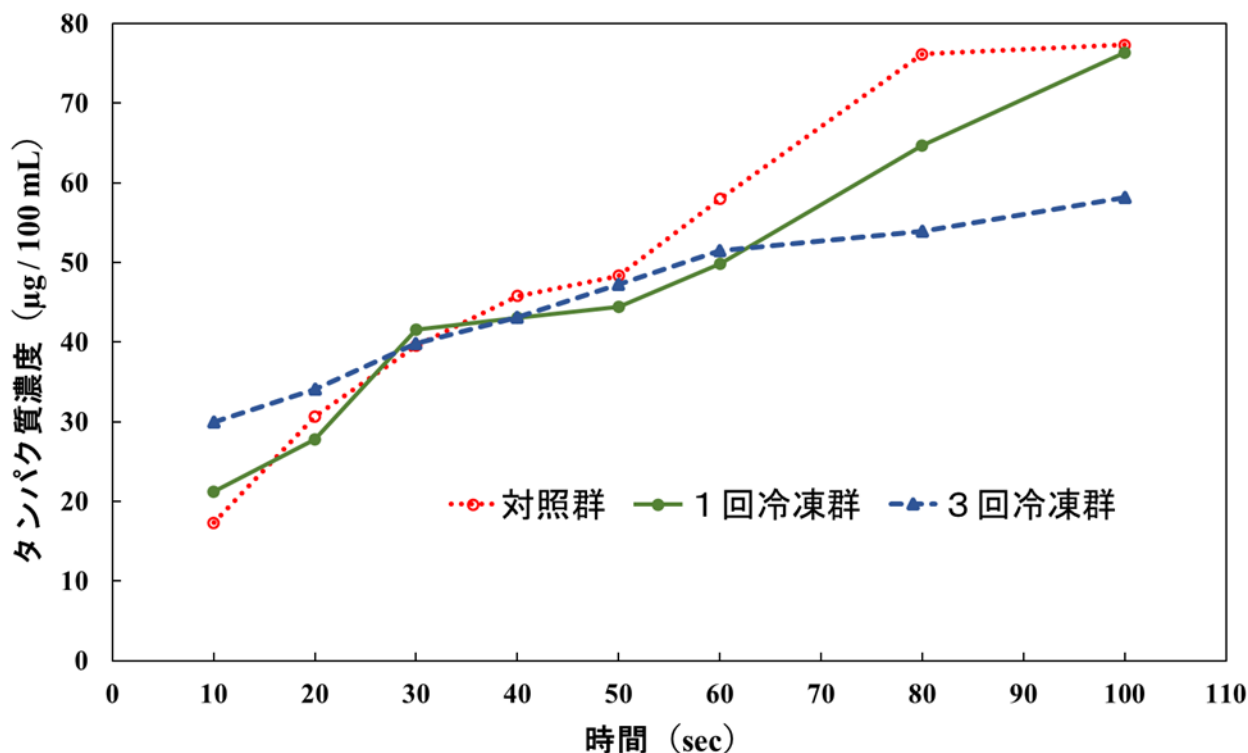


図4 溶出タンパク質濃度の経時変化（試料1g当たり）（n=1）

官能評価とタンパク質溶出試験の結果から、冷解凍によりドリップが流出した燻製試料は内部構造が脆く変化したことにより、咀嚼によりすぐに美味しさを強く感じるということが示唆され、燻製を行うことで製品の価値を向上させる可能性が見出された。また、一般的な燻製工程を考えると、冷解凍により水分量が低下した魚は塩漬けや乾燥などによる脱水工程を省略できる可能性がある。本研究で実施できなかった、魚の鮮度やうまみに関わる核酸関連物質や燻製のにおいの分析についても、今後検討していく予定である。

参考文献

- 坂本尚ほか：“食品加工総覧加工編”。農山漁村文化協会，第6巻，p634 (2002)
- 金田尚志ほか：“加工食品の実際知識”。東洋経済新報社，p49-51 (1976)
- 御木英昌：“冷凍品”。水産食品の加工と貯蔵。恒星社厚生閣，p79-80 (2005)
- 日本生物工学会編：“生物工学実験書”。1章 生物工学基本操作，培風館，p24-27 (1992)
- 小林りかほか：“冷凍マグロ魚肉の解凍過程におけるタンパク質変性がドリップ流出量に与える影響”。Trans. of the JSRAE, 32(2), p151-161 (2015)
- 平野正男ほか：“今さら聞けない肉の常識”。食肉通信社，(1999)
- 梶谷志乃：“燻製品製造工程における熱と物質移動解析”。東京海洋大学大学院博士学位論文 (2010)
- 田中和夫：“わが国の水産物の乾燥および乾燥機の現状”。真空，4, p105-114 (1960)
- 原田恭行ほか：“冷風乾燥と焙焼に伴うマアジ塩干品の呈味成分の変化”。日本食品科学工学会誌，63(3), p117-126 (2016)
- 豊水正道：“魚肉の褐変”，日本水産学会誌，33, p894-899 (1967)
- 滝口明秀：“煮干しいわしの室温および低温貯蔵中における脂質酸化および褐変”。日本水産学会誌，58, p489-494 (1992)
- 鈴木敏博ほか：“かつお節エキス成分のばい乾工程中的変化”。日本食品工学会誌，41, p550-556 (1994)
- 橋本加奈子ほか：“冷凍前の鮮度がゴマサバ冷凍品のドリップと氷結晶生成に及ぼす影響について”。日本水産学会誌，81(1), p124-129 (2015)

- 14) Sjöfn Sigurgísladóttir et al.: "Effect of freezing/thawing on the microstructure and the texture of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*)", *Food Research International.*, 33, p857-865 (2000)
- 15) 河合美佐子: "味を決めるアミノ酸". 生物学基礎講座-バイオよもやま話, 生物工学会誌, 89, p679-682 (2011)