

おいしさを指標にした新たな冷解凍熟成新鮮魚の開発

Development of the Fresh Fish which Became Better Palatability by Carrying Out Freezing and Defrosting

おいしさを増した生食用冷凍ブリロインの開発

Development of Frozen Yellowtail Loin Block for Sashimi with Better Palatability

小谷幸敏*・加藤愛**・本多美恵**・遠藤路子***

Yukitoshi Kodani, Ai Kato, Mie Honda and Michiko Endo

*食品開発研究所、**食品開発研究所 食品開発科、***米子工業高等専門学校

ブリを急速冷凍（-30℃ブライン冷凍）し、解凍して作成した刺身は、冷凍前に比べて食味が向上するという現象を見出した。この現象を確認するため、ヒトが咀嚼した時に口中に広がるおいしさを想定し、圧縮時に放出される肉汁を調査したところ、冷解凍により肉汁量が増加しただけではなく、肉汁中の成分濃度が上昇しており、附着醤油のグルタミン酸と肉汁中のイノシン酸濃度から、うま味強度¹⁾を試算したところ、冷凍した方が高くなることが確認された。

A case of enhancement of eating quality of sashimi processed by rapid freezing (brine freezing at -30°C) and defrosting of Buri (yellowtail) was observed. In order to investigate this case, we assumed the palatability that spreads in the mouth after chewing well and examined the amount of fish juice produced on fish compression. We observed an increase, not only in the amount of fish juice that was processed by freezing and defrosting but also in the concentration of a component in the fish juice. By preliminary calculation of the umami degree from glutamic acid in the accompanying soy sauce and the concentration of inosinic acid in the fish juice, it was confirmed that the umami degree is higher in frozen fish than in fish that is not frozen..

1. はじめに

食品のおいしさには、ヒトの五感（味覚、視覚、嗅覚、聴覚、触覚）がそれぞれ重要な役割を果たしているが、そのうち、味覚を測定する方法の一つとしてエキス成分の分析が行われることが多い。しかし、そのエキス成分の口中での広がり方の違いによって、おいしさが異なる可能性がある。

筆者ら²⁾は、昆布巻きサバ棒寿司の冷解凍研究を行う中で、測定したエキス成分の総量に変化がなくとも、特殊冷解凍³⁾が、昆布のグルタミン酸とサバのイノシン酸の相互移行を促し、局所的なうま味の相乗効果（熟成）が発生しておいしくなるという現象を見出し、冷解凍熟成と名付けた。

一方、クロマグロやイカといった刺身用素材においても、冷凍品のほうが、未凍結品より、生臭さが少なく、味が良という意見もあることから、昆布巻きサバ棒寿司と類似した現象が起こっている可能性がある

と思われ、その現象の把握と産業化への可能性について研究を行った。

2. 実験方法

2.1 ブリ刺身のおいしさ評価方法の検討

2.1.1 冷解凍によるブリ成分含有量の変化

○供試材料

3個体のブリでフィレを作成し、片身は未凍結のまま、残りの片身は真空包装後、昆布巻きサバ棒寿司の冷解凍処理（特許第3656775号）の手法³⁾に準じて、急速冷凍後-20℃で1週間程度保管後に10℃冷水中で2時間解凍して分析に供した。

○成分測定

• 遊離アミノ酸の測定

5%過塩素酸抽出液をアミノ酸自動分析装置（JLC-500/V2、日本分光）により分別定量を行った。

• イノシン酸の測定

5%過塩素酸抽出液を高速液体クロマトグラフ (LC-10A、島津製作所) により定量した。

K値：イノシン酸測定時に測定される核酸関連物質濃度より計算。

$$K \text{ 値} (\%) = \frac{HxR+Hx}{ATP+ADP+AMP+IMP+HxR+Hx} \times 100$$

ATP: アデノシン三リン酸

ADP: アデノシン二リン酸

AMP: アデノシン一リン酸

IMP: イノシン一リン酸

HxR: イノシン

Hx: ヒポキサンチン

2.1.2 冷解凍によるブリ圧出成分含有量の変化

○供試材料および圧出処理方法

前述 2.1.1 で使用したブリの背肉を約 1 cm 角に切り出し、上下を濾紙 (NO.2、70 mm) で挟み、クリップメータ (RE2-33005S、山電) の 40 mm 円盤状プランジャーを試料の厚さの 50%、80%になるように押し込み、その時の圧縮荷重、濾紙に押し出されたエキス(肉汁)量、遊離アミノ酸、イノシン酸濃度を前述と同様な方法で測定した。

また、回収方法の違いによる肉汁のイノシン酸濃度の違いを確認するため、6 個体の生鮮ブリを用いて、同様に圧出肉汁を回収し、成分分析を行った。また、3,000 回転、10 分間遠心して回収した肉汁についても調査した。

2.1.3 官能検査による評価

○供試材料

生鮮ブリ 6 個体 (A、B、D、E、H、I) から四つ割にしてロインを作成し、背側片身を官能評価し、残りの背側片身は、下記の方法に従って冷凍、保管し、調査日に 10 °C 冷水中で 2 時間解凍して官能評価を行った。なお、ブリ A、B とブリ D、E、さらにブリ H、I は 1 週ずつずらして原料を入手した。各試験日の官能評価は当所職員 11~14 名により行った。

- ブライン冷凍区 1:ブリ A ロインを真空包装後、ブライン(-30 °C)冷凍し、-40 °C 1 週間保管
- 緩慢冷凍区:ブリ B ロインを真空包装後、エア

ーブラスト(-10 °C)冷凍し、-10 °C で 1 週間保管

- ブライン冷凍区 2:ブリ D ロインを真空包装後、ブライン(-30 °C)冷凍し、-40 °C で 1 週間保管
- 低温エアースラスト冷凍区:ブリ E ロインを真空包装後、エアースラスト(-40 °C)冷凍し、-40 °C で 1 週間保管
- ブリ H、I は冷凍せずに使用。

○官能評価

筋繊維に対して直角に包丁を入れ、約 5 mm 程度にカットして、刺身醤油を付けて食べたときの刺身としてのおいしさを色調、食感、味、臭い・香りの 4 項目に関して 1~5 の 5 段階で、いずれも点数が高いほうを高評価として、当所職員をパネルとして評価してもらった。

なお、同じ個体の未凍結品と冷凍品を同時に比較することはできないので、未凍結品の A、B ブリは比較対象なしで評価してもらい、冷凍 A、B ブリは 1 週間後に入手した未凍結 D、E ブリと比較する形で官能評価を行った。同様に冷凍 D、E ブリは翌週に入手したブリ H、I 未凍結品と比較した。

2.1.4 赤色灯下での官能評価

真空包装し、-30 °C ブライン冷凍した後、-40 °C で 4 ヶ月間保管中に真空がリークしてしまっていたブリロイン (色調劣化区) と真空包装し、-10 °C エアースラスト冷凍した後、-10 °C で 1 週間保管したブリロインを 10 °C 冷水中で 2 時間解凍し、前述と同様な方法 (蛍光灯下) で官能評価を行った。また、同じ試料を用いて、赤色灯下で官能評価を行い、蛍光灯下で行った評価結果と比較をした。官能評価は当所職員 10 名により行った。

2.2 生食用ブリのおいしさの発現

2.2.1 冷凍・保管条件とおいしさ

真空包装後、-30 °C ブライン冷凍した後、-40 °C で 4 ヶ月間保管ブリロインならびに同様に冷凍し、-20 °C で 4 ヶ月間保管したブリロインを前述同様に解凍し、刺身のおいしさを生鮮ブリ (4 月購入) と比較した。官能評価は当所職員 14 名で行った。

2.2.2 おいしさに関わる要因

2.2.2.1 圧出肉汁成分、濃度

前述 2.1.3 で官能評価を行った試料について 80% 圧縮時に出てくる肉汁量、遊離アミノ酸量、イノシン酸量および、その試料のK値を測定した。

2.2.2.2 圧出肉汁成分、濃度

-20℃に長期間（約1年間）保管した真空包装ブリロインを解冻し、約10gにカットして、刺身として食べる時のように、刺身醤油に浸して、その前後の重量変化を計測し、増加量を醤油付着量として計算した。比較として、表面の肉汁を一度紙で拭き取ったもの、更にわざと水で濡らしたもの、凍らしたのもも同様に醤油付着量を測定した。

2.2.2.3 刺身のおいしさの試算

前述 2.2.2.1 及び 2.2.2.2 で測定した結果をもとに、うま味強度及び推定塩分量を以下の条件に従って試算した。

○刺身のうま味強度の試算条件

- 刺身片 10 g、醤油 0.3 g、醤油のグルタミン酸ナトリウム濃度 1000 mg% (1%)
- 食べて3秒後の唾液総量 0.3 ml（食事時の唾液分泌量 4 ml/分と設定）
- 80%圧出肉汁量の 10/10 量が味に関与すると仮定
- 醤油付着物、唾液、80%圧出肉汁中のうま味強度を試算
- 肉汁量が多くなると醤油付着量が減少すると想定（肉汁量が2%を超えた1%につき、0.1%の醤油付着量が減少すると想定）
- うま味強度 = $u+1200uv$

u : グルタミン酸ナトリウム濃度 (%)

v : イノシン酸 (IMP・Na₂・7.5H₂O) (%)

2.3 ブリロインの高真空包装による色調保持

ブリロインをプラスチック製規格袋に入れ、下記条件で真空包装して-30℃ブラインにて冷凍し、-40℃で1か月保管したものを10℃冷水中で2時間解冻後、刺身として、当所職員14名で官能評価を行った。

- 高真空包装区：真空包装機 (V-952G、TOSEI) に

ブリロインを入れ、時間を99秒間に設定して真空包装を行った。その際の到達真空度は-100.6 kpaで、その圧力に約44秒で達した後、約50秒間維持して真空包装を行った。

- 通常包装区：同様に約30秒間真空包装を行った。その際の到達真空度は-100.5 kpaであった。

2.4 低温熟成ブリと冷解凍熟成の比較

高真空包装して-30℃ブラインにて冷凍し、-40℃で1年間保管したブリロインとラウンド状態で1週間氷温室(-1.5℃)保管したブリ、および検査日当日入手した生鮮ブリをそれぞれ刺身として、背側肉については当所職員8名、腹側肉については4名で官能評価を行った。

2.5 おいしさを増した生食用冷凍ブリロインの提案

真空包装後、-30℃ブラインにて冷凍し、-40℃で1週間保管したブリロインと-20℃エアーストにて冷凍し、-20℃で1週間保管したブリロイン、試験当日に入手したブリ2個体（解体時に肉質の観察より脂ののりが異なっていると思われたもの）を刺身として当所職員13名により官能評価した。

3. 結果と考察

3.1 ブリ刺身のおいしさ評価方法の検討

ブリ刺身のおいしさの評価方法として、食べたときに口中に広がるエキスの成分測定について検討を行った。

3.1.1 冷解凍によるブリの成分含有量の変化

生および昆布巻サバ棒寿司の冷解凍処理（特許第3656775号）の手法³⁾に準じて、真空包装後、急速冷凍後-20℃で冷凍保管し、1週間後に10℃冷水中で2時間解冻したブリ3個体の平均遊離アミノ酸濃度の測定結果を表1に、イノシン酸濃度の結果を表2に示した。

この結果、未凍結と冷解凍したものでは、遊離アミノ酸、イノシン酸濃度はほぼ変化がないと思われた。遊離アミノ酸において、若干、冷解凍のほうが多いような傾向は見られたが、その差は僅かであり、食味に影響するような差ではないと思われた。

表1 冷解凍によるブリ肉中の遊離アミノ酸の変化

遊離アミノ酸 (mg/100g)	未凍結	冷解凍
タウリン	19.5	21.4
アスパラギン酸	0.0	0.0
スレオニン	4.1	4.1
セリン	6.2	6.2
グルタミン酸	6.1	7.6
グリシン	8.0	8.4
アラニン	22.0	21.9
バリン	3.8	3.7
シスチン	0.0	0.0
メチオニン	0.0	0.0
イソロイシン	6.1	4.3
ロイシン	4.0	4.5
チロシン	3.0	4.8
フェニルアラニン	0.4	0.5
ヒスチジン	1034.1	1176.2
リジン	18.2	3.6
トリプトファン	0.0	0.0
アルギニン	1.8	3.5
プロリン	0.0	0.0
合計	1137.3	1270.5

※3個体ずつの平均

表2 冷解凍によるブリ肉中のイノシン酸濃度の変化

項目	未凍結	冷解凍
K値(%)	21.4	21.8
イノシン酸(μmol/g)	8.3	8.0

各3個体ずつの平均

3.1.2 冷解凍によるブリ肉圧出成分含有量の変化

食べたときに口中に広がるエキス成分を想定した圧出時のエキス(肉汁)量、成分の測定結果を表3、表4に示した。

この結果、圧出時に出てくる肉汁量は冷解凍したものの方が、50%、80%圧出時とも増加し、肉汁中の遊離アミノ酸濃度、80%圧出時のイノシン酸濃度も増加することが分かった。その結果、圧出時の遊離アミノ酸量、イノシン酸量とも未凍結に比べて冷解凍したものは大幅に増えることが分かった。

表3 圧縮(50%)により圧出するブリ肉汁の量及び成分変化

50% 圧縮	魚肉100g	圧出肉汁中濃度		魚肉100g当たりの 圧出量		圧縮荷重(N)
	圧出肉汁量 (g)	遊離アミノ酸 濃度 (mg/g)	イノシン酸 濃度 (μmol/g)	遊離アミノ酸 量 (mg)	イノシン酸量 (μmol)	
未凍結	1.39	2.68	8.52	3.7	11.8	13.43
冷解凍	4.33	10.11	7.96	43.8	34.5	6.19

表4 圧縮(80%)により圧出するブリ肉汁の量及び成分変化

80% 圧縮	魚肉100g	圧出肉汁中濃度		魚肉100g当たりの 圧出量		圧縮荷重(N)
	圧出肉汁量 (g)	遊離アミノ酸 濃度 (mg/g)	イノシン酸 濃度 (μmol/g)	遊離アミノ酸 量 (mg)	イノシン酸量 (μmol)	
未凍結	5.57	8.45	7.62	47.1	42.4	61.0
冷解凍	15.03	10.64	8.01	159.9	120.4	57.6

従来から、冷解凍によりドリップが増加し、このドリップが発生(流出)することにより、おいしさが失われることはよく知られているが、冷解凍によりその成分濃度が増加することはあまり知られていない。

今回、遊離アミノ酸は冷解凍したものの方が明確に圧出肉汁中の濃度が増加したが、イノシン酸については値がばらついていたため、再度確認のために、6個体の生鮮ブリ肉を用いて調査を行い、結果を表5に示した。

この結果、圧力や強い遠心力により浸出した肉汁のイノシン酸濃度が高くなる傾向が確認されたことから、遊離アミノ酸、イノシン酸ともに圧出により容易に押し出される肉汁は濃度が薄く、圧力が強まる、あるいは冷解凍により出てくる肉汁は濃度が濃くなることが確認された。

この原因としては、魚肉中のエキス成分に部分(組織)的な局在があり、遊離アミノ酸、イノシン酸が多い組織に高圧力や冷解凍で組織の一部に損傷、あるいは成分の均質化が起こったことにより、濃い肉汁が出やすくなったことが推察された。

表5 異なる方法により回収した生鮮ブリ肉汁中のイノシン酸量

肉汁回収方法	肉汁液割合 (%)	イノシン酸濃度 (μmol/g)	イノシン酸濃度 (mg%)	魚肉100g当たりの イノシン酸量 (g)
魚肉	—	8.48	295	0.295
50%圧縮	1.46	5.11	178	0.003
80%圧縮	3.98	6.20	216	0.009
遠心ドリップ (3,000rpm,10min)	9.92	9.01	314	0.044

各数値は生鮮ブリ6尾の平均値
使用したブリの鮮度(K値): 8.3~16.3%、平均12.0%

また、当試験においては、官能検査は行わなかったが、昆布巻きサバ寿司の冷解凍を行っている企業で実施された試験において、冷解凍した方がおいしいと評価されたとのことであり、それは、今試験で観察されたこの現象が原因となっている可能性があるのではないかと考えられた。

3.1.3 官能検査による評価

冷解凍によりブリ刺身がおいしくなる可能性が見出されたことから、この現象を検証するため、冷凍方法や保管方法を変えたブリ刺身の官能検査を行い、

結果を表6に示した。

この結果、いずれの冷凍方法を用いたものも、未凍結品に比べて、色調、食感、味、臭い・香りいずれの項目ともに劣るといった結果となった。

ただし、緩慢冷凍区の味、臭い・香りの低下は他に比べて顕著であり、また、今回の試験では、パネル11~14名の平均値を示しているが、中にはブライン冷凍区の試料は味、臭い・香りが未凍結品より良いと評価したパネルも見られた。

表6 ブリ冷凍方法、保管方法が刺身の品質に及ぼす影響（官能評価）

ブリ個体NO.	冷凍処理区	処理	冷凍の有無	官能検査			
				色調	食感	味	臭い・香り
A	ブライン冷凍区1	ブライン(-30℃)冷凍、-40℃保管	未凍結	3.33	3.63	3.88	3.89
			冷解凍	2.45	3.25	3.28	3.07
D	ブライン冷凍区2	ブライン(-30℃)冷凍、-40℃保管	未凍結	3.50	3.42	4.16	3.67
			冷解凍	2.43	2.67	3.45	3.39
E	低温エアースラスト冷凍区	エアースラスト(-40℃)冷凍、-40℃保管	未凍結	3.49	3.77	4.35	3.77
			冷解凍	2.20	2.42	3.25	3.33
B	緩慢冷凍区	エアースラスト(-10℃)冷凍、-10℃保管	未凍結	2.97	3.39	3.54	3.65
			冷解凍	2.59	2.67	2.72	2.78
H	なし	なし	未凍結	3.09	3.55	3.25	3.53
I	なし	なし	未凍結	3.23	3.79	3.39	3.53

冷凍試料は10℃冷水中で2時間解凍後、刺身として官能評価
いずれの項目とも評価は1~5の5段階評価で点数が高いほど高評価 n=11~14

3.1.4 赤色灯下での官能評価

一般に、ブリは冷凍できないと言われており、その原因として冷解凍により色調の劣化が起りやすい魚種であることが挙げられている。

今回行った試料においても色調の劣化が確認されており、そのことが官能検査評価全般を押し下げている可能性があることから、赤色灯下で、色調の影響をできるだけ排除した形で官能検査(図1)を行った。



図1 赤色灯がブリ刺身の色調に与える影響
左: 蛍光灯 右: 赤色灯

結果を表7に示した。その結果、ブライン冷凍

後-40℃で4か月保管中に真空包装が破れ、色調が劣化した試料(色調劣化区)と真空包装後-10℃エアースラスト冷凍後-10℃保管(色調保持区)したブリを官能評価したところ、色調劣化区では、蛍光灯下では悪い評価であったが、赤色灯下では味、臭い・香りが大幅に上昇したのに対して、色調保持区では、蛍光灯下での評価より赤色灯下で低下した。このことは、外観(色調)が他の官能評価項目へ与える影響が大きいということを示しており、冷凍により色調劣化が大きいと言われるブリ等の味覚や香り等を調査する場合には、色調の影響を排除するために、官能検査は赤色灯下で行うことが必要であると思われた。

表7 赤色灯がブリ刺身の官能評価に与える影響

試料	照射光	食べる前		食べたとき		
		色	臭い・香り	食感	味	臭い・香り
①色調劣化区 (-40℃4か月間保管)	蛍光灯	2.10	2.55	3.07	3.05	2.61
	赤色灯		2.49	3.07	3.31	3.16
②色調保持区 (-10℃1週間保管)	蛍光灯	2.65	2.46	2.85	2.83	2.97
	赤色灯		2.28	2.76	2.52	2.70

①色調劣化区: ブリロインを真空包装し、-30℃ブライン冷凍後-40℃に4か月間保管。その間に真空がリークしてしまっていた。
②色調保持区: ブリロインを真空包装し、-10℃エアースラスト冷凍後、-10℃に1週間保管。
*調査日に10℃冷水中で2時間解凍して供試。
*評価は1~5の5段階、いずれの項目も数値が高い方が高評価 n=10

3.2 生食用ブリのおいしさの発現

前述 3.1 では、成分的には冷解凍により、鮮魚よりおいしくなる可能性があることが示唆されたが、実際に食べてみて、おいしくなったという現象が確認されていない。そこで、冷解凍によりおいしくなるという現象の確認とそれに関わる要因の究明、おいしくなる機序等について調査を行った。

3.2.1 冷凍・保管条件とおいしさ

保管温度の異なる冷凍ブリを解凍し、未凍結ブリと赤色灯下で食べ比べを行った。その結果を表8に示した。

その結果、-40℃保管区は未凍結に比べて、色調は劣るものの、味、臭い・香りは高評価であった。それに対して、-20℃保管区はいずれの評価も低かった。

今回の冷凍試験は、寒ブリ(12月)を試料にしていることから、比較した未凍結試料(4月)とは脂ののりが異なる(一般に寒ブリは脂ののりが良い)

ことが影響した可能性があり、更なる調査が必要になるが、冷解凍が味や臭い・香りを向上させる可能性があることが明らかになった。

一方、-20℃保管区は同じ時期の試料でありながら、評価が低かったことから、冷解凍が寒ブリをおいしくすることができるとしても、ある制約の範囲内（冷凍保管は-40℃以下）で起こる現象であろうと思われた。

表8 冷凍ブリロインの品質に及ぼす冷凍・保管温度の影響（官能評価）

試料	照射光	食べる前		食べたとき		
		色	臭い・香り	食感	味	臭い・香り
未凍結	蛍光灯	3.50	3.16	3.47	3.26	3.27
	赤色灯		3.08	3.54	3.24	3.32
冷凍・-40℃保管区 (4か月間)	蛍光灯	3.01	3.09	3.14	3.58	3.31
	赤色灯		3.01	3.49	3.59	3.66
冷凍・-20℃保管区 (4か月間)	蛍光灯	2.02	2.26	2.62	2.70	2.55
	赤色灯		2.19	2.64	2.74	2.24

・冷凍はブリロインを真空包装し、-30℃ブライン冷凍後、各温度（-40℃、-20℃）に4か月間保管。調査日に10℃冷水中で2時間解凍し、供試した。

・評価は1～5の5段階、いずれの項目も数値が高い方が高評価 n=14

3.2.2 おいしさに関わる要因

前述 3.1 では冷解凍によりおいしくなる原因として食べた時に口中で広がる肉汁成分量の増加が推定されたことから、さらに詳細な調査を行った。

3.2.2.1 圧出肉汁成分、濃度

前述 3.1.3 で官能評価を行った試料について 80% 圧縮時に出てくる肉汁量、遊離アミノ酸量、イノシン酸量および、その試料のK値を表9に示した。

その結果、供試した個体による差はあるものの、未凍結での圧出肉汁は、1.33～2.17%と比較的差は小さかったのに対して、冷凍試料は、冷凍、保管方法の違いによって 2.61～8.86%と大きく異なり、いずれも増加した。これにより、圧出遊離アミノ酸、圧出イノシン酸量とも、いずれの冷凍試験区においても未凍結時より増加が見られ、その増加は緩慢冷凍区において最も大きかった。

また、ブライン冷凍区に使用した2個体は、同じ冷凍方法でありながら圧出肉汁量が未凍結時と冷解凍時では増加割合が異なり、増加量が大きかったブライン冷凍区1に比べてブライン冷凍区2は鮮度を表すK値が低かった。サンプルが1例だけであり、今回の結果だけでははっきりはしないが、こ

の鮮度の違いも冷解凍時の圧出肉汁量や圧出遊離アミノ酸量、圧出イノシン酸量に影響する可能性があるのではないかと考えられた。

表9 ブリロインの冷凍方法が圧出肉汁成分に及ぼす影響

試料NO.	冷凍処理区	処理	圧出肉汁量 (g/100g)		圧出遊離アミノ酸量 (mg/100g)		圧出イノシン酸量 (mg/100g)		K値 (%)
			未凍結	冷解凍	未凍結	冷解凍	未凍結	冷解凍	
A	ブライン冷凍区1	ブライン(-30℃)冷凍、 -40℃保管	1.88	5.49	3.17	11.25	0.22	1.41	23.9
D	ブライン冷凍区2	ブライン(-30℃)冷凍、 -40℃保管	2.10	3.90	2.13	4.52	0.51	0.85	16.0
E	低温エアープラスト 冷凍区	エアープラスト(-40℃) 冷凍、-40℃保管	2.17	4.54	1.89	4.88	0.38	0.62	16.6
C	通常エアープラスト 冷凍区	エアープラスト(-20℃) 冷凍、-42℃保管	2.12	6.16	2.97	13.02	0.39	2.04	22.6
B	緩慢冷凍区	エアープラスト(-10℃) 冷凍、-10℃保管	1.33	8.86	1.43	19.38	0.41	2.27	23.8
H	高真空ブライン冷凍 区	高真空ブライン(-30℃)冷 凍、-40℃保管	1.80	2.61	1.50	2.57	0.27	0.28	-

3.2.2.2 醤油の付着、食塩濃度

前述 3.2.2.1 において、緩慢冷凍区の圧出肉汁量が最も高く、圧出遊離アミノ酸、圧出イノシン酸も試験区中で最も高かったことを報告したが、これは、前述 3.1.3 の官能検査結果の緩慢冷凍区の低評価結果と異なり、その時には、「水っぽい」という評価が多く見られたことに、矛盾しているように思われた。

この原因を推察すると、刺身を食するとき、醤油が肉汁により薄まってしまっているのではないかと考え、悪い冷凍保管を行ったブリを試料として、醤油の付着に関する試験を行い、結果を表10に示した。

この結果、冷凍保管状態の悪いブリは、解凍後刺身にした時に肉表面に肉汁が浮いており、その状態で醤油を付けると、醤油の付着量が減少することが確認された。この浮いた肉汁を拭き取ると醤油の付着は大幅に増加することから、肉表面の水が醤油の付着を阻害していることは明らかで、表面を水でぬらすと更に付着量が減少した。醤油の付着量が減少したことが、「水っぽい」という評価につながった可能性が非常に高く、このことは、刺身を食するヒトは、醤油の塩辛さや旨み、酸味、香り等を期待しており、その期待に対して満足が得られない（薄い）ときに、「水っぽい」という表現をしているものと思われる。このことから、刺身を食する時の醤油の付着量、あるいは濃度は刺身のおいしさを感じる大きな要因の一つになっているものと推定された。

表10 長期保管(-20℃)冷凍ブリ刺身への醤油の付着量

ブリの処理	刺身重量 (g)	醤油を付けたときの重量増 (g)	刺身10g当たりの重量増 (g)	刺身10g当たりの重量増平均(g)	片側に醤油を付けた場合 (g)
水をとったもの	9.26	0.55	0.59	0.57	0.29
	10.67	0.45	0.42		
	11.52	0.81	0.70		
	12.07	0.7	0.58		
水が浮いたまま	10.92	0.48	0.44	0.35	0.17
	10.28	0.34	0.33		
	12.83	0.34	0.27		
わざと水で濡らしたもの	11.55	0.39	0.34	0.28	0.14
	11.42	0.25	0.22		
氷つたもの	9.51	0.56	0.59	0.59	0.29

3.2.2.3 刺身のおいしさの試算

ブリ刺身のおいしさに醤油が重要な役割をはたすことが明らかになったが、醤油の中には食塩や遊離アミノ酸、中でも強い旨みを有するグルタミン酸が多く含まれている。グルタミン酸と魚類も多く含まれているイノシン酸は相乗効果がある¹⁾ことがよく知られている。刺身を咀嚼したときに魚肉中から出てくる肉汁成分の中にはイノシン酸が豊富に含まれることから、醤油に含まれるグルタミン酸と混ざることによって旨みが発生しているのではないかという仮説を設定し、前述 3.1.3 で行ったブリ冷凍方法、保管方法が刺身の品質に及ぼす影響調査試験に使用した試料を用いた表 9 に示したデータを使用して、刺身のうま味強度ならびに、推定塩分量を算出し、結果を表 11 に示した。

この結果、表 9 では緩慢冷凍区の 80% 圧出肉汁中のイノシン酸が試験区中最も多くなったが、今回試算したうま味強度は他の試験区試料に比べて相対的に低めになった。これは、圧出水分が増加したことにより醤油の付着量が減少し、グルタミン酸のうま味強度への関与が減少したためであると思われる。また、緩慢冷凍区は冷解凍による塩分濃度の低下が顕著であった。

今回、前述 3.1.3 で行った官能検査は、赤色灯下で行ったものではなかったため、正確なおいしさは評価できておらず、官能評価との対比は十分ではないが、エアースラスト凍結ではあまり良い評価は得られていないことや、緩慢凍結ではさらに低い評価であったことなどを考慮すると、好評価が得られるうま味強度は、最低 20 以上は必要であり、推定塩分は、

3.5~4.0%以上は必要ではないかと推定された。

この結果をもとに、80% 圧出肉汁量とおいしさの関係をシミュレーションし、図 2 に示した。

この結果、圧出肉汁量は 2~6% 程度がおいしいと感じることが出来る範囲ではないかと推定された。

表 11 ブリの圧出肉汁が刺身のうま味強度、推定塩分量に及ぼす影響

試料 NO.	冷凍処理区	処理	刺身のうま味強度 ※		推定塩分量 (%)	
			未凍結	冷解凍	未凍結	冷解凍
A	ブライン冷凍区 1	ブライン(-30℃)冷凍、-40℃保管	28.9	41.7	5.71	3.57
D	ブライン冷凍区 2	ブライン(-30℃)冷凍、-40℃保管	49.2	44.5	5.56	4.34
E	低温エアースラスト冷凍区	エアースラスト(-40℃)冷凍、-40℃保管	41.6	40.2	5.51	4.01
C	通常エアースラスト冷凍区	エアースラスト(-20℃)冷凍、-20℃保管	29.0	48.8	5.54	3.30
B	緩慢冷凍区	エアースラスト(-10℃)冷凍、-10℃保管	17.9	38.2	6.14	2.45
H	高真空ブライン冷凍区	高真空ブライン(-30℃)冷凍、-40℃保管	32.5	36.9	5.77	5.16

※刺身のうま味強度の試算条件
 ・刺身片 10g ・醤油 0.3g ・醤油のグルタミン酸ナトリウム濃度 1000mg%(1%)
 ・食べて3秒後の唾液総量 0.3ml (食事時の唾液分泌量 4ml/分と設定)
 ・80% 圧出肉汁量の 10/10 量が味に関与すると仮定
 ・醤油付着物、唾液、80% 圧出肉汁中のうま味強度を試算
 ・肉汁量が多くなると醤油付着量が減少すると想定(肉汁量が2%を超えた1%につき、0.1%の醤油付着量が減少すると想定)
 ・うま味強度 = $u + 1200 \cdot v$
 u : グルタミン酸ナトリウム濃度 (%) v : イノシン酸(IMP・Na₂・7.5H₂O) (%)

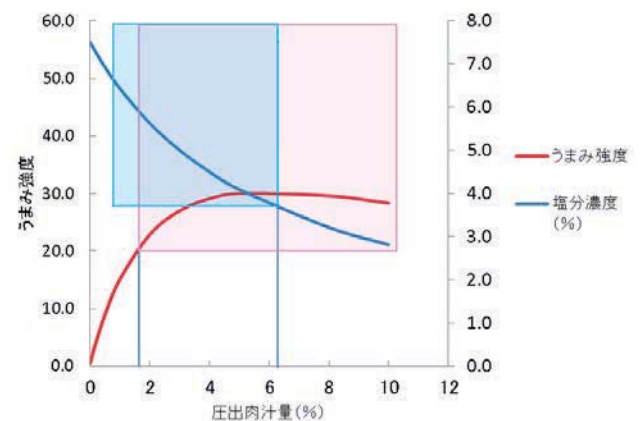


図2 ブリ刺身のおいしさ発現のシミュレーション

3.3 ブリロインの高真空包装による色調保持

前述の通り、冷凍ブリの品質に関して、その発生条件は限定的ではあるが、未凍結時に比べておいしいと感じる状態を作り出すことが可能であることが分かってきたが、色調が悪いことが実用化に際しての大きな課題となる。そこで、色調劣化の大きな原因と考えられる筋肉中のミグロビン、あるいは血液のヘモグロビンの酸化によるメト化に影響を与える酸素の影響を極力小さくする目的で、凍結前の真空包装を検討し、結果を表 12 に、その時の写真を図 3 に示した。

その結果、通常行う真空包装に比べて、真空時間を延ばす（真空度-100.6 kpa 到達後約 50 秒間維持）ことによって色調の大幅な改善が可能であることが判明した。

以上の結果より、色調改善はまだ防止技術が確立できた訳ではないが、今まで冷凍ブリの開発において課題となっていた色調劣化が、通常行う真空包装よりかなり長時間の真空を行うことによって改善できることが明らかになり、前述の冷解凍による旨み向上は、あたかも魚肉を熟成させた時のようにおいしくすることが出来る技術の実用化の目処が立ったことから、このように処理した冷凍魚を、「冷解凍熟成新鮮魚」と命名した。

表12 冷解凍ブリロインの品質に及ぼす真空度の影響（官能評価）

表 冷解凍ブリロインの品質に及ぼす真空強度の影響（官能評価）

試料	食べる前		醤油なし			醤油あり	
	色調	臭い・香り	食感	味	臭い・香り	味	臭い・香り
①高真空包装区 (真空度-100.6kpa到達後50秒間維持)	3.32	2.93	3.21	3.04	3.00	3.61	3.61
②通常包装区 (真空度-100.5kpa到達、到達時間約30秒)	1.96	2.32	2.32	2.38	2.27	3.35	3.18

・試料はブリロインをプラスチック製規格袋に入れ、真空包装して-30℃フラインにて凍結し、-40℃1か月保管したものを10℃冷水中で2時間解凍後刺身として評価
・評価は1～5の5段階評価で点数が高いほうが高評価 n=14

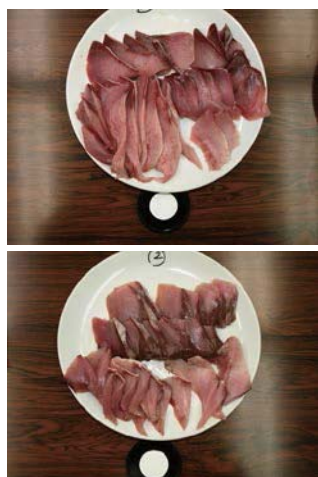


図3 ブリ冷凍に及ぼす真空包装（真空度）の影響
上:高真空 下:通常真空

3.4 低温熟成ブリと冷解凍熟成の比較

前述の通り、冷解凍熟成新鮮魚は、あたかも未凍結魚を熟成させたようなおいしさが発現できると思われたことから、ブリを用いて低温熟成との比較を行い、結果を表13、図3に示した。

この結果、ブリを-1.5℃の氷温室に1週間保管し

たブリは、当日解体した鮮魚に比べて、血合肉を中心とした部位に色調の劣化（褐変）が発生しており、ロイン加工後に前述の高真空包装し、-30℃フラインで冷凍、-40℃で1年間保管したブリの血合肉部の変色（濃色化）とは少し異なる色調であった（図3）。この傾向は蛍光灯下での色評価に顕著に表れており、鮮魚区に比べて冷解凍熟成区が最も低い評価となった。

一方、食味に関しては、冷解凍熟成区の味、臭い・香りが最も評価が高く、鮮魚区より優れていると判断された。氷温熟成区に関しては、赤ランプ下での味は鮮魚区に比べてやや高評価であったが、蛍光灯下や腹側肉の味で鮮魚区より低評価であり、臭い・香りについてはいずれも低評価であった。

以上の結果より、低温熟成よりも冷解凍熟成のほうが味、臭い・香りに関しては、より優れた評価を得られる可能性があることが判明した。また、色調に関しても低温熟成においても一定の劣化は起こることから、色調の改善研究は継続する必要があるとしても、冷解凍熟成という領域は、魚をおいしく食べるための新たな技術となり得ると考えられる。

表13 ブリの熟成方法別（氷温、冷解凍）官能評価試験

試験区	照明	部位 (人数)	官能評価前				醤油をつけての官能評価			
			色	食感(硬さ)	味	臭い・香り	色	食感(硬さ)	味	臭い・香り
①鮮魚区	蛍光灯	背側肉 (8人)	3.68	3.68	3.55	3.45	3.23	3.45	3.35	3.10
②氷温熟成区			2.59	3.18	3.70	3.70	3.00	3.25	3.19	3.25
③冷解凍熟成区			2.31	2.81	3.31	2.94	3.00	3.38	3.31	3.31
①鮮魚区	赤ランプ	背側肉 (8人)	3.25	4.00	4.00	4.00	2.25	3.13	3.25	3.38
②氷温熟成区			3.25	3.75	4.25	4.00	3.25	3.75	4.25	4.00
③冷解凍熟成区			3.25	3.75	4.25	4.00	3.25	3.75	4.25	4.00

①鮮魚区:検査日当日入手
②氷温熟成区:ラウンド、-1.5℃7日間保管
③冷解凍熟成区:ロイン、高真空包装、-30℃フライン冷凍、-40℃1年間保管、10℃冷水中で2時間解凍
・評価は1～5の5段階、いずれの項目も数値が高い方が高評価



図3 ブリの保存（熟成）比較
上:高真空包装ロイン、-40℃1年間保管
中:ラウンド、-1.5℃7日間保管
下:鮮魚

3.5 おいしさを増した生食用冷凍ブリロインの提案

冷解凍熟成新鮮魚の実用化を図る上で必要となると考えられる、原料品質(脂質含有量)の違いの影響について調査を行い、結果を表14に示した。

この結果、実測は行っていないが、肉質の外観から脂質含有量が少ないと推察された試料は、脂質含有量が多いと推察された試料に比べて色調、食感、味、臭い・香りの評価がいずれも低く、前述3.2.2で示したとおり、鮮度低下した試料では冷解凍時に発生する圧出肉汁の増加が大きくなる可能性もあることから、冷解凍熟成新鮮魚の品質のばらつきを少なくするためには、脂質のり具合や鮮度が安定した原料を使用することが望ましいものと思われた。このことから、山陰地方で冬季に漁獲される、脂ののった鮮度の良い寒ブリは、この冷解凍熟成新鮮魚に適しているのではないかと考えられた。

冷凍方法に関しては、前述3.3で示したように、高真空包装を行った後、ブライン(-30℃)冷凍を行い、解凍は温度の過度な上昇を抑制するために、10℃冷水中での解凍が良いと思われ、冷凍保管温度については、前述3.2.1で-40℃以下での保存が必要であるとしたが、過去の筆者ら⁴⁾が行ったマグロの冷凍研究において、-30℃では色調劣化が起りやすいが、-35℃以下で大幅な改善が出来ることを報告しており、-35℃以下の保存を行えば、年間を通じておいしい、冷解凍熟成新鮮魚を提供出来るのではないかと考えられる。日本海側屈指の漁港である境港は、-35℃以下の大型冷凍保管機能を有していないことから、当技術を実用化するためには、-35℃以下の低温保管施設等のインフラ整備も必要になると考えられた。

表14 冷解凍熟成ブリロインの品質に及ぼす原料品質の影響(官能評価)

試料	食べる前		醤油を付けて食べた時		
	色調	臭い・香り	食感	味	臭い・香り
1 ブライン冷凍(-30℃)、 -40℃保管(1週間)	3.00	3.04	3.35	3.62	3.35
2 エアープラスト冷凍(-20℃)、 -20℃保管(1週間)	2.88	2.88	2.65	3.25	3.17
3 生鮮魚(脂少なそう)	2.69	2.88	3.12	2.86	3.04
4 生鮮魚(脂少し多そう)	3.64	3.13	3.65	3.54	3.32

・冷凍品は、調査日に10℃冷水中で2時間解凍して供試。
・評価は1~5の5段階、いずれの項目も数値が高い方が高評価 n=13

4. おわりに

- 1) 口中で広がるおいしさを表現する方法として、圧縮度を変化させて出てくる遊離アミノ酸、イノシン酸濃度及び圧出量を測定する方法を考案した。
- 2) ブリロインを真空包装し、特殊冷解凍³⁾して、未凍結時の成分と比較したところ、遊離アミノ酸などの成分含有量に差は見られなかったが、噛みしめたときに口腔中に広がると思われる肉汁中の成分は、濃度、量ともに増加するという現象を観察した。
- 3) ブリロインは冷凍保管中に色調の劣化(褐色化)が進行してしまいやすく、色調以外の官能検査項目への影響も懸念されることから、赤色灯を照射しながら官能評価を行うことを試みたところ、より正確な官能評価が行われる可能性が得られた。
- 4) ブリロインの凍結品と未凍結品を官能評価したところ、-20℃保管では食感、食味の低下、ならびに臭気の発生が大きかったが、-30℃ブライン凍結後-40℃保管(4ヶ月)したものは、未凍結品に比べても食味・香りが高いという評価が得られた。
- 5) 刺身として食べたときのおいしさの指標を醤油の刺身への付着量、醤油のグルタミン酸濃度、唾液の分泌量、刺身を噛んだときのエキスの放出量、エキスのイノシン酸濃度からうま味強度を試算したところ、ブリを冷解凍した方が生鮮魚より、うま味強度が高くなった。
- 6) これが、冷解凍品のほうがおいしいと感じられる原因となっている可能性があり、これは、未凍結低温領域で起こる熟成に類似している。つまり、適切な条件で行われた冷凍、保管、解凍は、魚介類にあたかも熟成させたような特性を付与することができるのではないかと考えられたことから、筆者らはこれを冷解凍熟成新鮮魚と命名した。
- 7) ブリロイン冷凍保管中の色調保持のために、高真空状態で包装、-30℃ブライン凍結、-40℃保管を行ったところ、従来の真空包装に比べて顕著な色調保持効果が見られた。
- 8) 低温熟成と冷解凍熟成を比較したところ、いずれも色調の変化は見られるものの、冷解凍熟成のほうが、

味、臭い・香りに関しては、よりすぐれた評価を得られる可能性があることが分かった。

- 9) 冷解凍熟成の効果を十分に発揮するには、脂質含量が多く、高鮮度な原料を使い、高真空包装を行い、 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ のブライン凍結後、 $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下の低温下で保管することが必要であると思われた。

文 献

- 1) 須山三千三, 鴻巣章二編; 水産食品学, 恒星社厚生閣, p.83, (1989).
- 2) 小谷幸敏, 加藤愛, 本多美恵, 内田茂樹; 昆布巻きサバ寿司の冷解凍熟成技術, 鳥取県産業技術センター研究報告, 16, p.24-27, (2013).
- 3) 内田雄一郎; 食品の冷凍保存・解凍方法, 特許第 3656775 号, 特許公報 (2005).
- 4) 小谷幸敏, 加藤愛, 本多美恵; マグロの冷凍・保管技術に関する研究(第 2 報), 鳥取県産業技術センター研究報告, 12, p.13-19, (2009).