

養殖フトモズクの保存方法の検討

森本 真由美・安藤 朗彦
(研究部)

養殖フトモズクの消費需要を増やすため、食品としての安全性を確保し、かつ消費者に調理の手間をかけない製品の加工方法を検討することは重要である。現在、直販所で販売しているフトモズクはボイルせずにパッケージングし冷凍保存されているが、解凍後にそのまま食べることができるよう、凍結前にボイル処理を行ったフトモズクの品質評価を行った。解凍後にボイルを行った場合とボイル後に凍結し解凍を行った場合のフトモズクについて、微生物試験、官能検査、色調、剪断強度及び臭気成分の測定を行った結果、官能検査では後者の総合評価が高く、それ以外の試験では両者に数値的な差はでなかった。パッケージング、凍結前のボイル処理は、消費者の手間を省くとともに、従来の製品と遜色ないものであることが明らかとなった。

キーワード：フトモズク、冷凍、色調、剪断強度、臭気成分、製品化

福岡県筑前海は冬季の季節風が強く、漁船漁業は漁閑期となるため、一部の地域では冬季にワカメ養殖、ノリ養殖、カキ養殖が営まれている。さらに近年は、水産海洋技術センターが技術開発したフトモズク養殖が現場に普及し、2009年から生産が本格化している。

フトモズク *Tinocladia crassa* は褐藻ナガマツモ目ナガマツモ科に属し、北海道、太平洋北部、日本海北部を除いた広い範囲に分布している。¹⁾ 同じモズク類で一般に広く知られているオキナワモズクとは形態や食感が異なる別種である。

本県では、養殖フトモズクの生産の本格化に伴い、生産量も年々徐々に増加している。今後さらに需要を増やすために、食品としての安全性を確保し、かつ消費者に調理の手間をかけない製品となるよう、加工方法を検討することは重要である。

漁業者の多くが行っている養殖フトモズクの収穫から出荷までの概要を図1に示した。収穫後に原藻の洗浄と異物除去を行い、2kg程度ずつ真空包装にして凍結後、不定期に解凍して100gずつ計量し、藻体と紫外線照射海水を一緒に真空包装して、再度凍結(以下、再凍結)したものを主に直販所へ出荷している。購入した消費者はこれを食べる前に解凍(以下、再解凍)し、ボイルする必要がある。このため、試食販売時にはボイルの手間を嫌がり購入を控える消費者が多かった。そこで、解凍後消費者がボイルせず食べられるフトモズクの製品の検討を行った。

方 法

サンプルには、 -30°C で凍結保存していた図1工程1の養殖フトモズクを解凍したものをを用いた。消費者による製品再解凍後のボイルを省くため、前処理として再凍結前に原藻を40秒間ボイルし、氷水で冷却後水切りしたものをそれぞれ表1に示した内容で真空包装し、試験区A~Cとして設定した。また、対照区(試験区D)は現在漁業者が一般的に行っている方法に準じ、フトモズク原藻と二次ろ過海水を入れた。すべての試験区及び対照区は -80°C で再凍結した。

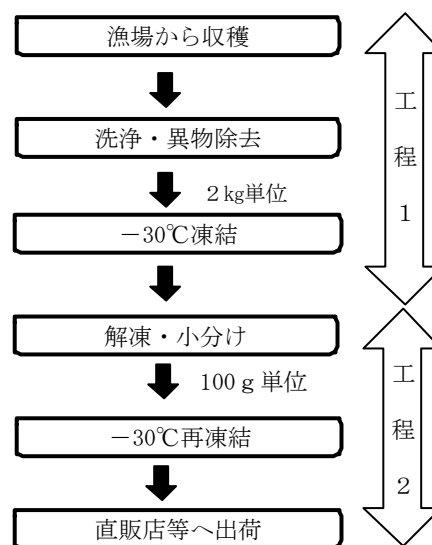


図1 収穫から出荷までの概略フロー図

表1 各試験区の前処理方法

試験区名	前処理方法
A	ボイルした藻体のみ真空包装
B	ボイルした藻体+二次ろ過海水を真空包装
C	ボイルした藻体+滅菌海水を真空包装
対照区 (D)	原藻+二次ろ過海水を真空包装

表2 フトモズクの官能検査表
官能検査 (順位法)

項目		良い方から順番をつけてください			
		A	B	C	D
1. 外観	海藻の色が好ましい				
	つやがある				
2. におい	香りが好ましい				
3. 食感	(食べたときに) のどごしがよい				
4. 総合評価	どれを好みますか				
5. 意見または感想があればお書きください					

1. 微生物試験

微生物汚染の程度を確認するため、再解凍1日目（再解凍当日）、4日目、6日目、8日目のサンプルについて、一般生菌、大腸菌群、腸炎ビブリオの検査を行った。検査は食品衛生検査指針²⁾の方法に準じて行った。試験には、再凍結から100日後に再解凍し、試験直前まで4℃で冷蔵保存した上記3試験区及び対照区のサンプルを用い、それぞれ包装を開封後、水道水で洗浄してザルで水切りしてから試験に供した。

2. 官能検査

既存の製品との味の違いを把握するため、10名のパネラー（水産海洋技術センター職員及び臨時職員）に対し、再凍結から92日後のサンプルについて官能検査（順位法）を行った。サンプルは真空包装のまま再解凍し、3試験区については水道水で洗浄後に氷水で冷却し水切したものを、対照区については水道水で洗浄した後、40秒間ボイルしてから、氷水で冷却し水切したものを20gずつ白い紙コップに入れ、試験に供した。パネラーには4つのサンプルを食味後、表2に示すアンケート用紙の各項目にそれぞれの順位を記入してもらった。

得られた結果から、次式により、Kendallの一致性の係数W³⁾及び平方和Sを算出し、パネラー10人の判定が一致しているかどうかを解析した。

$$S = \sum_{i=1}^t (T_i - \bar{T})^2 = \sum \left\{ T_i - \frac{n(t+1)}{2} \right\}^2$$

$$W = \frac{12S}{n^3(t^3-t)}$$

T_i : 試験区 i の順位の合計

n : パネラーの人数

t : 試験区の数

i : 試験区の番号（今回はA～Dを1～4に読み替え）

3. 色調の測定

再凍結中の色調の変化を把握するため、再凍結から7日後、14日後、30日後、61日後、92日後のサンプルについて色調（L* a* b*表色系）の測定を行った。サンプルは3試験区と対照区を2と同様の手順で再解凍及び調理し、試験に供した。

各サンプルは試験区ごとに平底の12穴プレートの四隅のウェルに7gずつ入れ、ハサミで十分に細かく切断した。その後、12穴プレートの上を白板で覆い、プレート底部に分光測色計（コニカミノルタ株式会社 Cd-700）を密着させてL*、a*、b*の測定を行った。また、次式により各試験区と対照区の色差（ΔE* a b）を求めた。

$$\Delta E^* a b = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

4. 剪断強度の測定

ボイル後の凍結によるフトモズクの食感への影響を把握するため、官能検査で評価が高かった試験区Cと対照区の再凍結から92日後のサンプルについて剪断強度の測定を行った。サンプルは2と同様の手順で再解凍及び調理し、試験に供した。測定は、成田ら⁴⁾がイシモズクの剪断強度を測定した方法を参考に、クリープメータ（株式会社山電 RE-33005）により次の条件で行った（n=25）。

《測定条件》

プランジャー：カミソリ刃せん断用

試料台上昇速度：1 mm/s

ロードセル：200gf

5. 臭気成分の分析

ボイル後の凍結によるフトモズクの香りへの影響を把握するため、官能検査で評価が高かった試験区Cと対照区の再凍結から92日後のサンプルについて臭気成分の分析に用いた。サンプルは2と同様の手順で再解凍及び調理し、試験に供した。サンプルをそれぞれ5gずつガラ

ス瓶に量りとり、純水を5mlとツイスター（ゲステル株式会社製）を加えキャップをし、マグネティックスターラーで攪拌抽出を4時間行った。その後、ツイスターを取り出し、付着物を拭き取った後、以下の分析装置及び分析条件でガスクロマトグラフ/質量分析計（GC/MS）により臭気成分の測定を行った。結果は各成分のピークの面積値を100,000で割った値で示した。

《分析装置》

サンブラ：GERSTEL MPS

ガスクロマトグラフ：Agilent Technologies 7890

質量分析計：Agilent Technologies 8975C MSD

臭い嗅ぎ装置：GERSTEL ODP3

《分析条件》

カラム：DB-VRX（60m, φ0.25mm, 膜厚1.40μm）

キャリアガス：ヘリウム, 1.0ml/sec

イオン化法：EI（電子イオン化）法

イオン化電圧：70eV

結 果

1. 微生物試験

微生物試験の結果を表3に示す。一般生菌数は、試験区Aと試験区Cのすべて、試験区Bの再解凍4, 6, 8日目が300以下/gで、試験区Bの再解凍1日目が 6.4×10^2 /g、対照区が $3.2 \times 10^2 \sim 9.5 \times 10^2$ /gであったが、いずれも 1.0×10^5 /g以下であり、食品衛生上問題はなかった。大腸菌群と腸炎ビブリオはすべて陰性であった。

2. 官能検査

官能検査の結果を表4に示す。各項目のWは0.04～0.82, Sは22～410の範囲にあった。そのうち「つやがある」と「総合評価」の項目は $S > 175.3$ となってお

表3 微生物試験結果

試験区	再解凍からの日数	一般生菌数	大腸菌群	腸炎ビブリオ
A	1日	300以下/g	陰性	陰性
	4日	300以下/g	陰性	陰性
	6日	300以下/g	陰性	陰性
	8日	300以下/g	陰性	陰性
B	1日	6.4×10^2 /g	陰性	陰性
	4日	300以下/g	陰性	陰性
	6日	300以下/g	陰性	陰性
	8日	300以下/g	陰性	陰性
C	1日	300以下/g	陰性	陰性
	4日	300以下/g	陰性	陰性
	6日	300以下/g	陰性	陰性
	8日	300以下/g	陰性	陰性
対照区	1日	9.5×10^2 /g	陰性	陰性
	4日	4.7×10^2 /g	陰性	陰性
	6日	3.2×10^2 /g	陰性	陰性
	8日	3.4×10^2 /g	陰性	陰性

り、10人パネラーの判定に一致がみられた（Sによる検定, $p < 0.01$ ）。

総合評価の順位の合計（ T_i ）は、試験区B及び試験区Cが試験区A及び対照区と比べて低く、ボイル後に海水あるいは滅菌海水と一緒に真空包装した試験区で、対照区よりも高い評価が得られた。また、自由回答欄において対照区で独特の臭いが気になるという意見があった。

3. 色調の測定

各試験区の再凍結期間中の L^* , a^* , b^* の結果を表5

	パネラーNo.	試験区A	試験区B	試験区C	対照区	S	W
海藻の色が好ましい	1	4	2	1	3		
	2	3	1	2	4		
	3	1	3	4	2		
	4	2	3	4	1		
	5	3	1	2	4		
	6	4	3	2	1	22	0.04
	7	1	3	4	2		
	8	3	2	4	1		
	9	2	3	4	1		
	10	1	3	2	4		
合計		24	24	29	23		
つやがある	1	2	3	4	1		
	2	2	3	4	1		
	3	2	3	4	1		
	4	2	3	4	1		
	5	2	3	4	1		
	6	1	4	3	2	410	0.82
	7	2	3	4	1		
	8	1	4	3	2		
	9	2	4	3	1		
	10	1	4	3	2		
合計		17	34	36	13		
香りが好ましい	1	2	1	3	4		
	2	2	3	4	1		
	3	3	1	2	4		
	4	3	1	4	2		
	5	3	2	1	4		
	6	3	4	2	1	20	0.04
	7	1	2	3	4		
	8	4	2	1	3		
	9	2	4	3	1		
	10	3	2	1	4		
合計		26	22	24	28		
のどごしがよい	1	3	2	1	4		
	2	4	1	2	3		
	3	3	1	2	4		
	4	3	1	4	2		
	5	1	2	3	4		
	6	4	2	1	3	110	0.22
	7	1	4	3	2		
	8	3	2	1	4		
	9	3	4	1	2		
	10	3	2	1	4		
合計		28	21	19	32		
総合評価	1	4	2	1	3		
	2	4	1	2	3		
	3	4	1	2	3		
	4	4	1	2	3		
	5	3	1	2	4		
	6	4	3	1	2	178	0.36
	7	1	2	3	4		
	8	4	2	1	3		
	9	3	4	2	1		
	10	2	3	1	4		
合計		33	20	17	30		

に示した。凍結期間7～92日を通してしてみると、試験区AのL*は13.17～14.97、a*は-1.04～-0.47、b*は9.78～13.27、試験区BのL*は13.23～14.20、a*は-1.36～-0.47、b*は9.48～14.01、試験区CのL*は11.72～14.75、a*は-0.98～-0.58、b*は10.00～12.93、対照区のL*は11.62～13.91、a*は-1.37～-0.79、b*は9.12～10.60であった。また、この結果から算出した試験区A～Cと対照区との色差(ΔE*a b)を図2に示した。試験区Aは0.77～3.64、試験区Bは1.07～3.95、試験区Cは0.82～2.76であり、いずれも色彩管理上一般的に許容範囲とされる(印刷レベルでは同じ色とされる範囲)上限の値6.5を下回っており、明確な色差はなかった。

表5 再凍結中のL*, a*, b*

試験区	凍結期間	L*	a*	b*
A	7	14.97	-0.61	11.40
	14	13.93	-1.04	12.87
	30	13.17	-0.64	9.78
	61	14.56	-0.72	11.34
	92	13.96	-0.47	13.27
B	7	14.20	-0.91	10.11
	14	13.23	-1.36	9.48
	30	13.48	-0.69	10.34
	61	13.58	-0.92	10.13
	92	13.57	-0.47	14.01
C	7	13.52	-0.98	10.19
	14	11.72	-0.93	10.98
	30	13.21	-0.83	10.00
	61	14.75	-0.58	10.73
	92	13.06	-0.69	12.93
対照区	7	13.91	-1.22	9.12
	14	11.62	-1.02	10.04
	30	12.47	-0.92	9.66
	61	12.85	-1.37	9.33
	92	11.59	-0.79	10.60

4. 剪断強度の測定

剪断強度を測定した結果を図3に示した。試験区Cは25gf、対照区は22gfで有意差は認められなかった(t検定, p < 0.05)。

5. 臭気成分の分析

GC/MSで測定した定性結果を表6に示した。試験区C、対照区ともにヘキセナール、ヘキサナール、ヘプタジエナール、オクテナール、エクトカルペン、デカジエナールの6成分が検出された。試験区Cと対照区で大きな差は認められなかった。

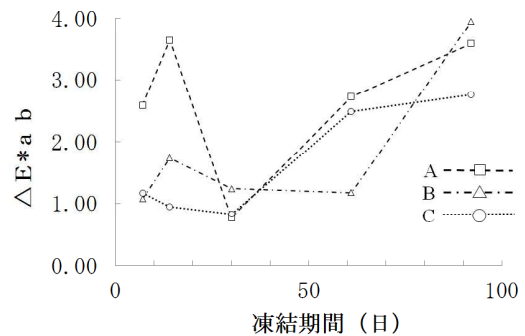


図2 再凍結期間中の各試験区と対照区との色差

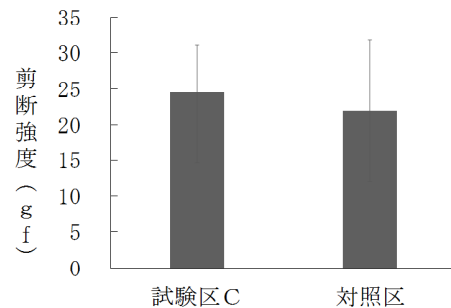


図3 再解凍後の対照区と試験区Cの色差

表6 再解凍1日目の臭気成分

ピークNo.	保持時間 (分)	検出成分	CasNo.	試験区C*	対照区*	臭質
1	22.10	ヘキセナール	6789-80-6	28	28	青臭い
2	22.21	ヘキサナール	66-25-1	120	140	青臭い
3	28.55	ヘプタジエナール	4313-03-5	56	38	生臭い
4	29.98	オクテナール	2548-87-0	48	34	青臭い
5	31.87	エクトカルペン	33156-93-3	100	160	磯の臭い
6	33.94	デカジエナール	25152-84-5	99	64	生臭い

*結果欄の数値は各成分のピークの面積値を100,000で割った値

考 察

微生物試験において、すべての試験区で一般生菌数が $1.0 \times 10^5/\text{g}$ 以下、大腸菌群と腸炎ビブリオは陰性となっていたことから、4℃の冷蔵保存で解凍8日目までは食品衛生上の問題はなく、微生物汚染の程度は既存の製品と差はないと考えられた。また、再凍結から7～92日後における対照区に対する各試験区の $\Delta E^*a b$ は、試験区Aが0.77～3.64、試験区Bが1.07～3.95、試験区Cが0.82～2.76といずれも6.5を超えず、明確な色差は認められなかった。このことより、食前のボイル工程を再凍結前に行うか、再解凍後に行うかは微生物汚染の程度及び色調へ影響しないと考えられる。

次に各試験区の味の違いを把握するために行った官能検査の結果では、5項目のうち「つやがある」と「総合評価」の2項目が $S > 175.3$ となり、10人のパネラーの判定に一致がみられ、「総合評価」では再凍結前にボイルを行い、藻体と海水または滅菌海水を入れた試験区である試験区B及びCの方が液体を入れていない試験区A及び対照区よりも評価が高かった。

そこで、「総合評価」で最も評価の高かった試験区Cと対照区で食感の違いを把握するため剪断強度の測定を行ったが、有意差は認められず、また、香りの違いを把握するための臭気成分の測定でも、数値による差は認められなかった。このことは、機械では判別できないものの、人間の舌で感知できる微妙な差が存在するものと推測される。

以上のことから、フトモズク製品の製造工程において、原藻をボイル処理後に滅菌等海水とともにパッケージングすることは、食品衛生上の支障はなく、色合い、歯ご

たえ、臭いも既存の商品と遜色がないことが確認され、食味の上でも評価の高い商品になるものと考えられた。本報の試験区Cを製品化する場合、従来の作業工程にボイル及び冷却を新たに組み込む必要があるが、この工程は特別な機器を必要としないため、特に設備投資をせずに取り組むことができる。また、試験区Cには滅菌海水を使用した。現在使用している紫外線殺菌海水を煮沸後、常温まで冷却した海水で代用可能である。新たな工程を入れることにより作業時間がある程度増加するため、多少の販売価格の上乗せが必要になるが、購入後の消費者によるボイルの手間が軽減される利点を販売時にアピールすることで相殺も可能と推測される。同様に製造コストの課題はあるが、既存の製品の主流である100g入りのものとは別に、1人が1回に食べる量(約20g)に小分けしたパッケージにするなどより消費者が使いやすい製品を作ること、調理作業の軽減と併せて新たな需要の掘り起こしが期待できる。

文 献

- 1) 堀輝三. 第2巻褐藻・紅藻類. 藻類の生活史集成 内田老鶴圃, 東京. 1993; 28-29.
- 2) 三田政吉. 食品衛生検査指針 微生物編 (社)日本食品衛生協会, 東京. 1990; 67-91, 134-151.
- 3) 古川秀子. おいしさを測る—食品官能検査の実際— 幸書房, 東京. 1994; 26-28.
- 4) 成田正直, 坂東忠男, 眞岡孝至, 麻生真悟, 佐藤暁之, 宮崎亜希子, 清水茂雅. 宗谷産イシモズクを用いた冷凍食品の開発. 水産技術 2014; 6(2); 185-192.

