

マグロの冷凍・保管技術に関する研究 (第2報)

The Studies on the Techniques of Freezing and Storage of *Thunnus Thynnus* (2nd Report)

小谷幸敏・加藤愛・本多美恵

Yukitoshi Kodani, Ai Kato and Mie Honda

前報¹⁾に引き続き、境港産クロマグロを長期保管することを目的として、各種冷凍・保管技術を検討したところ、6ヶ月の保存期間を想定した場合、-35℃以下での保管が必要であると思われた。

In order to perform long term storage of tuna that is unloaded at the Sakaiminato fishing port, many techniques of freezing and storage were examined. Brine Freezing (-30℃) and -35 degrees centigrade storage were able to maintain high quality for more than 6 months.

1. はじめに

鳥取県境港では、6~8月にかけてクロマグロ (*Thunnus thynnus*) が水揚げされ、エラ、内臓が除去されて全国に生マグロとして出荷されている。

筆者らは、前報において、境港産クロマグロの冷凍保管可能な期間を調査した結果、-20℃保管で1ヶ月程度、-30℃ブライン冷凍を組み合わせると2ヶ月程度、-30℃保管だと3ヶ月程度、-40℃だと7ヶ月以上であると推定し、境港で保有する既存の施設では、長期保管は難しいという報告をした。

そこで、今回は、境港に何らかの施設設備を整備することを想定して、長期保管のために最低限必要とされる施設について検討を加えたのでその概要について報告する。

2. 実験方法

2.1 -40℃で保存したクロマグロの品質

前報で試験した-30℃ブライン冷凍した厚さ3cmのクロマグロブロックを、-40℃で12ヶ月、24ヶ月間保管して品質を調査した。

2.1.1 調査項目及び方法

官能検査：マグロを厚さ約5mm程度に切り、刺身としての色調、味、食感、食べたときの香りをそれぞれ5段階で評価した。評価は食品開発研究所職員を中心に7~13名で行った。

評価点 1点：非常に悪い 2点：悪い

3点：何とも言えない 4点：良い

5点：非常に良い

メト化率：尾藤の方法²⁾により測定した。

Ca-ATPase 比活性：0.1M NaCl-Tris-HCl(pH7.5)で抽出した筋原繊維を用いて、新井の方法の簡便法³⁾により比活性(1分間に1mgのタンパク質が遊離するリンの μmol)を測定した。

2.2 -35℃で保管したクロマグロの品質変化

2.2.1 冷凍原料

平成20年7月11日に搬入された境港産クロマグロ1尾を用いた。

2.2.2 冷凍形状

解体したクロマグロの背側赤身肉および腹側トロ肉を約5cmの厚さのブロックに切り、プラスチックフィルムで真空包装して冷凍した。

2.2.3 冷凍方法

-30℃ 浸漬式(ブライン)冷凍

2.2.4 保管温度

-30℃、-35℃、-40℃

2.2.5 保管・調査期間

原料、3ヶ月間、6ヶ月間、12ヶ月間

2.2.6 解凍方法

真空包装された冷凍保管試料を20℃の恒温水槽に25分間(冷凍試料の大きさにより若干調整)入れ、その後品温を一定にするため、5℃に冷却した水に30分浸漬して解凍した。

2.2.7 調査項目および方法

ドリップ量：解凍した試料を低温処理室(約5℃)の中で、試料の入っている袋の角を一部切断してスタンドにぶら下げ、30分間に流出したドリ

ップ重量を測定し、試料重量に対するドリップ割合を算出した。

官能検査：前述 2.1.1. と同様

色調：デジタルカメラで撮影した写真を Adobe photoshop 5.5 を用いて画像解析し、a*値(赤み)を測定した。

メト化率：前述 2.1.1. と同様

塩溶解性：0.1M NaCl-Tris-HCl (pH 7.5)で抽出した筋原繊維を用いて、ミオシンヘビーチェーンの SDS-PAGE ゲル電気泳動パターンを画像解析し、測定した。

Ca-ATPase 比活性：前述 2.1.1. と同様

2.3 特殊冷凍保存試験

2.3.1 冷凍原料

平成 20 年 8 月 1 日に搬入された境港産クロマグロ 1 尾を用いた。

2.3.2 冷凍形状

解体したクロマグロの背側赤身肉を約 5 cm の厚さのブロックに切り、冷凍後プラスチックフィルムで真空包装した。-30 浸漬式(ブライン)冷凍は、プラスチックフィルムで真空包装した後冷凍した。

2.3.3 冷凍方法

- 40 A 社製フリーザー冷凍
- 50 B 社製フリーザー冷凍
- 30 C 社製フリーザー冷凍
- 30 浸漬式(ブライン)冷凍

2.3.4 保管温度：-30

2.3.5 保管・調査期間

原料、1ヶ月間、3ヶ月間、6ヶ月間、12ヶ月間

2.3.6 解凍方法：前述と同様

2.3.7 調査項目および方法：前述 2.2.7 と同様

2.4 ブロック冷凍試験

2.4.1 冷凍原料

平成 20 年 8 月 1 日に搬入された境港産クロマグロ 1 尾を用いた。

2.4.2 冷凍形状

解体したクロマグロの背側赤身肉を、1/8 ロインに切り、プラスチックフィルムで真空包装して冷凍し

た。

2.4.3 冷凍方法：-30 浸漬式(ブライン)冷凍

2.4.4 保管温度：-30

2.4.5 保管・調査期間

3ヶ月間、6ヶ月間、12ヶ月間

2.4.6 解凍方法

冷凍サンプルを表面肉と内部肉に分割した後、前述 2.2.6 と同様に行った。

2.2.7 調査項目および方法：前述 2.2.7 と同様

2.5 冷凍ブロッククロマグロ解凍試験

2.5.1 解凍原料

前述 3.4 ブロック冷凍試験で用いたサンプルの一部を用いた。

2.5.2 保管・調査期間：6ヶ月間

2.5.2 解凍方法

真空包装された冷凍試料を、株式会社 F 社製解凍庫を用いて、2 で 15 時間解凍した。

2.5.3 調査項目および方法：前述 2.2.7 と同様

3. 結果と考察

3.1 -40 で保存したクロマグロの品質

前報より継続して、-30 でブライン冷凍後、-40 に 12ヶ月、24ヶ月間保管したクロマグロの各種品質測定結果を表 1 に示した。

表 1 -40 で 24 ヶ月間保管したクロマグロの品質

調査項目	貯蔵期間(月)		
	0 ¹⁾	12	24
官能検査 色調	3.52	3.35	4.27
味	3.10	2.79	3.62
食感	3.43	2.58	3.58
香り	2.95	2.80	3.54
ドリップ量(%)	0.43	1.60	0.95
メト化率(%)	28.0	30.6	31.4
塩溶解性(%)	88.2	90.7	98.8
Ca-ATPase活性*	0.084	0.081	0.045

官能検査評点 1点:非常に悪い 2点:悪い
3点:何とも言えない 4点:良い 5点:非常に良い
数字は12~13名のパネラーの平均値

* mol Pi /min/mg protein

¹⁾は前報より引用

その結果、Ca-ATPase 比活性は低下したものの、ドリップ量、メト化率、塩溶解率の変動は少なく、

色調を含めた官能調査においても、24ヶ月間良好な品質が保持できていた。

前報の通り、冷凍保管後の品質には、原料マグロの品質が影響することが考えられるが、品質の良い原料を使用すれば、-40℃ 保管で2年間、品質が保持できるものと思われた。

3.2 -35℃ で保管したクロマグロの品質変化

前報では、-30℃ と-40℃ 保管の間でクロマグロ冷凍保管中の品質変化が大きく異なり、境港で保有する既存の保管庫（-30℃ 以上）では、3ヶ月を超える長期保管は難しいと思われることを報告したが、長期保管のために最低限必要とされる保管温度条件を確認するため、-35℃ での保管について検討し、結果を表2に示した。

表2 各温度で冷凍保管したクロマグロ背肉および腹肉の官能の変化

部位・保管温度	測定項目	冷凍保管期間(月)			
		0(参考)	3	6	12
背肉 -30	色調	3.52	2.38	2.38	2.65
	味	3.10	2.88	3.19	3.19
	食感	3.43	3.15	2.75	2.85
	香り	2.95	2.96	3.31	3.04
背肉 -35	色調	3.52	3.69	3.31	n.t.
	味	3.10	3.54	3.19	n.t.
	食感	3.43	3.58	3.25	n.t.
	香り	2.95	3.15	3.38	n.t.
背肉 -40	色調	3.52	3.88	3.63	3.46
	味	3.10	3.38	3.38	2.85
	食感	3.43	3.27	3.06	3.00
	香り	2.95	2.96	3.31	2.96
腹肉 -30	色調	n.t.	2.96	2.31	2.50
	味	n.t.	3.12	3.31	3.15
	食感	n.t.	3.08	3.06	2.88
	香り	n.t.	3.08	2.94	2.73
腹肉 -35	色調	n.t.	4.08	3.44	n.t.
	味	n.t.	3.73	3.94	n.t.
	食感	n.t.	3.88	3.88	n.t.
	香り	n.t.	3.62	3.63	n.t.

評点 1点:非常に悪い 2点:悪い 3点:何とも言えない
4点:良い 5点:非常に良い
数字は12~13名のパネラーの平均値 n.t.:試験実施なし
0月(参考)は前報¹⁾ 貯蔵試験原料を参考値として示した。

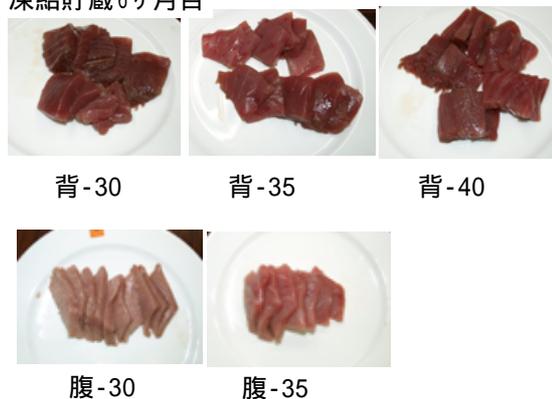
-35℃ 保管に使用していた保管庫が約7ヶ月で停止してしまっただため、6ヶ月までのデータしか得られなかったが、官能的变化は前報と同様-30℃ は、3ヶ月以降品質の劣化が顕著に発生したが、-35℃ では-40℃ に近い値を示し、6ヶ月の保管が可能であると思われた。

そのことは、図1~6に示した各種測定結果から

もうかがわれ、色調、メト化率、ドリップ量、塩溶解率、Ca-ATPase比活性いずれも官能検査結果を裏付けるものであった。

腹肉については、-30℃ 保存では、背肉に比べて色調変化が著しく、冷凍保管の影響を受けやすいと思われたが、-35℃ 保管では6ヶ月保管後も良好な品質を維持していた。このことから、商品価値の高い腹肉を保存する場合には、背肉より厳密な保管温度管理が必要になると思われた。

凍結貯蔵6ヶ月目



背-30 背-35 背-40
腹-30 腹-35

図1 各温度で6ヶ月間冷凍保管したクロマグロ

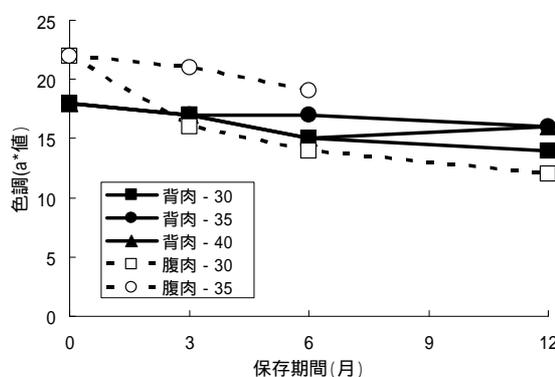


図2 各温度で冷凍保管したクロマグロの色調 (a* 値) の変化

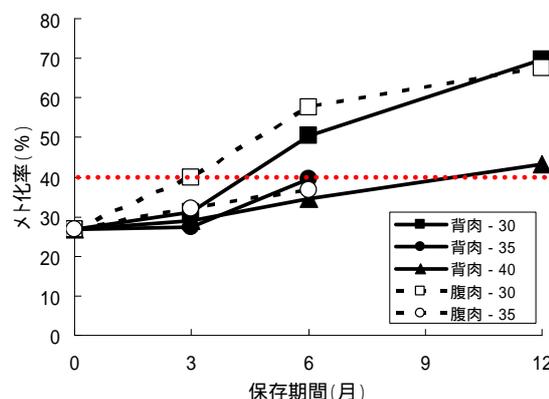


図3 各温度で冷凍保管したクロマグロのメト化率の変化

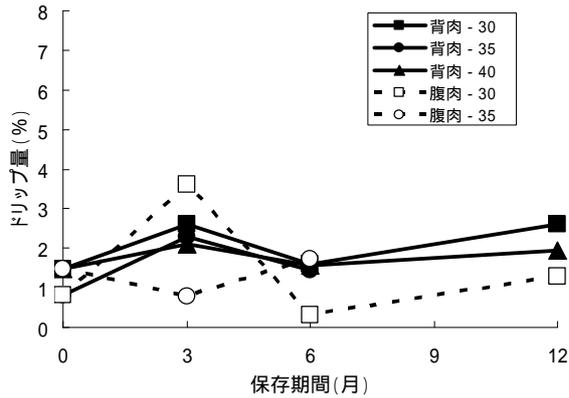


図4 各温度で冷凍保管したクロマグロのドリップ量の変化

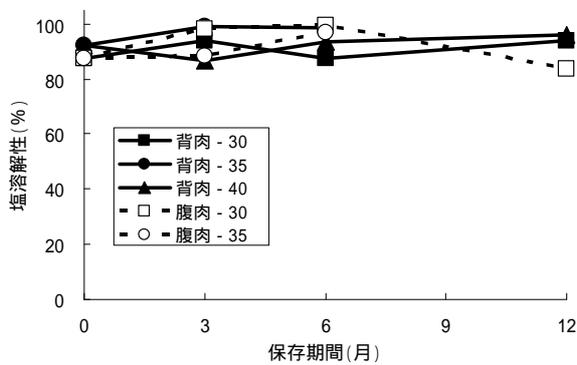


図5 各温度で冷凍保管したクロマグロの塩溶解性の変化

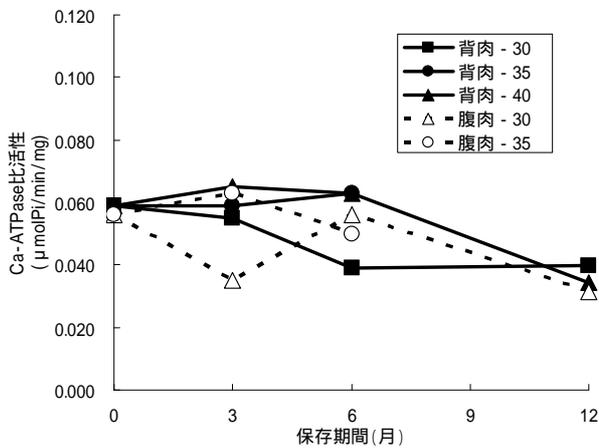


図6 各温度で冷凍保管したクロマグロのCa-ATPase比活性の変化

3.3 クロマグロ特殊冷凍保管中の品質変化

通常のエアブラスト冷凍に電磁場を利用して良好な冷凍を行おうとする装置が開発、販売されていることから、これら特殊冷凍がクロマグロの冷凍保管期間を延長することが出来るかどうかをテストした。

3.3.1 クロマグロ特殊冷凍中の品温の変化

約5cmの厚さのクロマグロブロックを特殊冷凍

したときの中心温度および庫内温度の変化を図7に、冷凍速度を表3に示した。

その結果、A社製フリーザー(-40)が今回行った他の冷凍に比べて冷凍速度が最も速く、6.8 cm/hr(急速冷凍)であった。B社製(-50)およびC社製(-30)フリーザーおよびブライン冷凍(-30)の冷凍速度は、4.6、3.7、3.5 cm/hrであり中速冷凍であった。

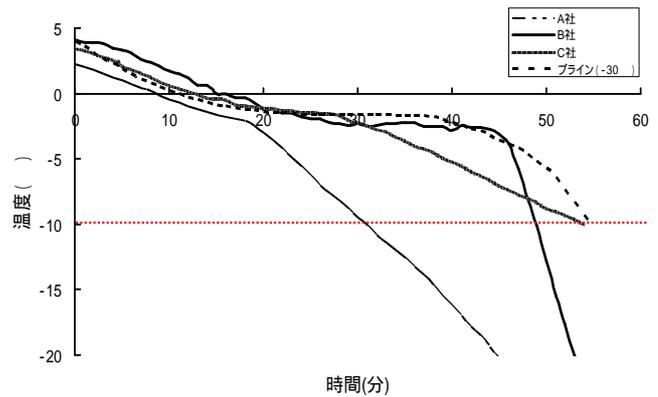


図7 各特殊冷凍中のクロマグロの中心温度の変化

表3 各特殊冷凍のクロマグロ冷凍速度

凍結方法	凍結速度 (cm/hr)
A社(-40)	6.8
B社(-50)	4.4
C社(-30)	3.7
ブライン凍結(-30)	3.5

3.3.1 クロマグロ特殊冷凍保管中の品質の変化

電磁場を利用した特殊冷凍を行ったクロマグロの-30で保管中の官能検査結果を表4に、各種品質測定結果を図8~13に示した。

その結果、特殊冷凍したクロマグロは、ブライン冷凍したものに比べて、色調(a*値(赤み))およびドリップ量が、わずかではあるが低下が遅くなる傾向が見られたものの、いずれも6ヵ月後には色調が劣化したことから、-30の保管では、特殊冷凍を用いても6ヶ月間良好な品質を保持することは難しいと思われた。

表4 各特殊冷凍クロマグロ-30 保管中の官能の変化

冷凍方法	調査項目	冷凍保管期間(月)			
		1	3	6	12
A社	色調	3.38	3.31	2.54	3.04
	味	2.88	3.38	3.05	3.19
	食感	3.25	3.42	3.29	3.08
	香り	3.14	3.35	2.83	3.12
B社	色調	3.67	3.19	2.65	2.77
	味	2.96	3.38	3.23	3.27
	食感	2.83	3.58	3.38	3.31
	香り	3.04	3.46	3.19	3.35
C社	色調	3.25	3.23	2.92	2.65
	味	2.92	3.35	3.27	3.12
	食感	3.00	3.35	3.15	3.15
	香り	2.50	3.27	3.12	2.88
ブライン 凍結	色調	3.42	3.62	2.69	2.38
	味	3.21	3.58	3.46	3.04
	食感	3.04	3.73	3.38	3.31
	香り	2.75	3.58	3.28	3.04

評点 1点:非常に悪い 2点:悪い 3点:何とも言えない
4点:良い 5点:非常に良い
数字は12~13名のパネラーの平均値



図8 各特殊冷凍後6ヶ月間保管(-30)したクロマグロ (ブロック冷凍は1/8ロインを-30 ブライン冷凍)

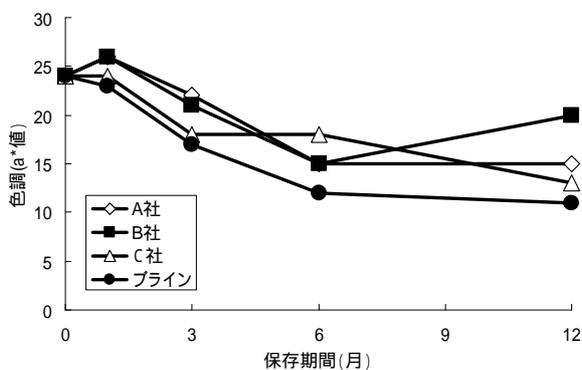


図9 各特殊冷凍後-30 保管したクロマグロの色調(a*値)の変化

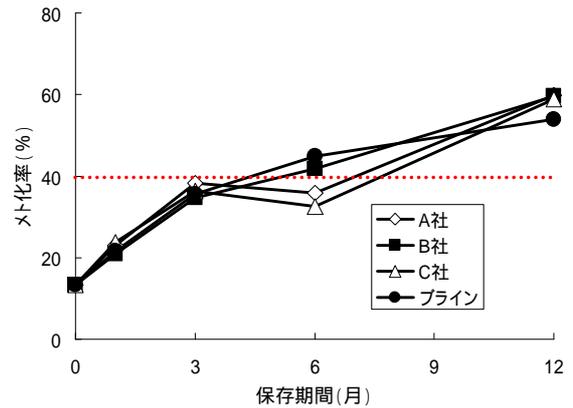


図10 各特殊冷凍後-30 保管したクロマグロのメト化率の変化

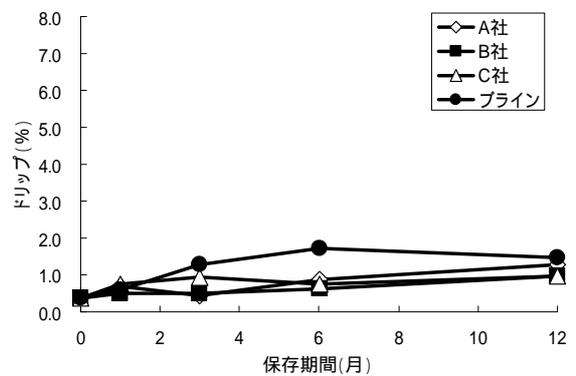


図11 各特殊冷凍後-30 保管したクロマグロのドリップの変化

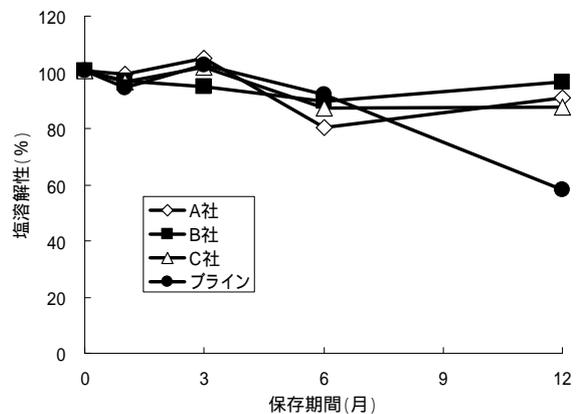


図12 各特殊冷凍後-30 保管したクロマグロの塩溶解性(%)の変化

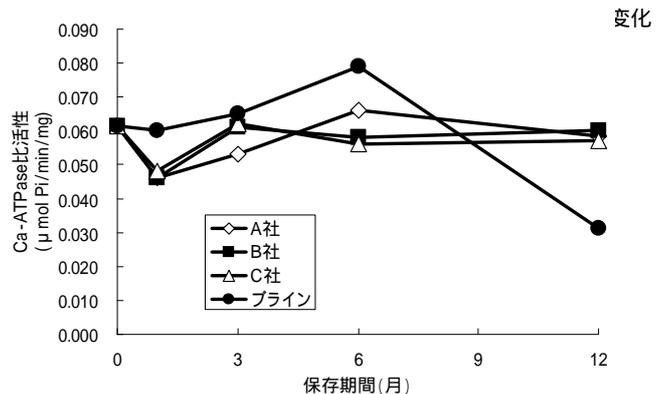


図13 各特殊冷凍後-30 保管したクロマグロのCa-ATPase比活性の変化

3.4 クロマグロブロック冷凍保管中の品質の変化

1/8 ロインカットしたクロマグロブロックをブライン冷凍(-30℃)した後-30℃に保管して、品質変化を調査した結果を図14~16に示した。

その結果、メト化率は表面肉に比べて内部肉において若干上昇が早い傾向が見られ、12ヶ月になると逆に表面肉のほうが高くなる傾向が見られた。これは、ミオグロビンが低酸素分圧(3~4 mmHg)のときに、自動酸化速度が著増する⁴⁾ことと関連があると思われる。尾藤ら⁵⁾の研究では-20℃以下での報告はないが、今回調査した結果、-30℃でも注意が必要であることが分かった。

保管12ヵ月後に表面肉のほうがメト化率が高かったのは、酸素による酸化が進行したのではないかと思われる。

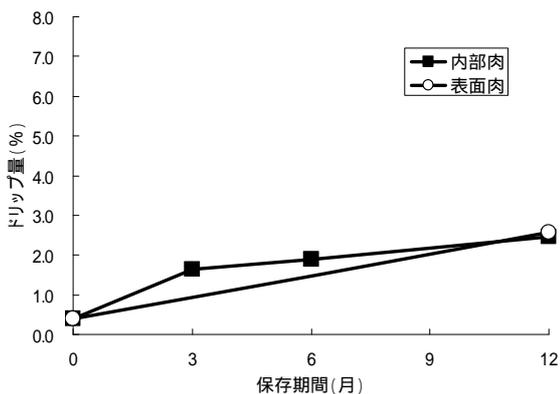


図14 ブロック冷凍後-30℃保管したクロマグロのドリップ量の変化

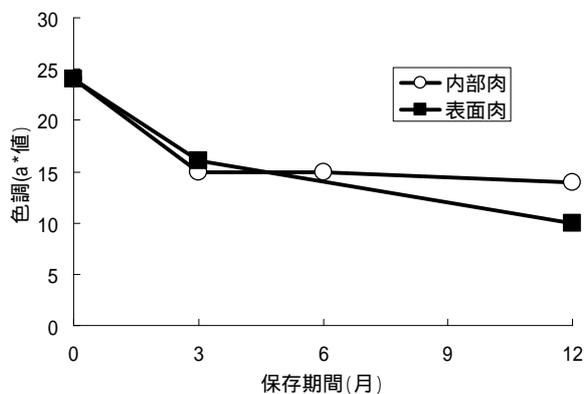


図15 ブロック冷凍後-30℃保管したクロマグロの色調(a*値)の変化

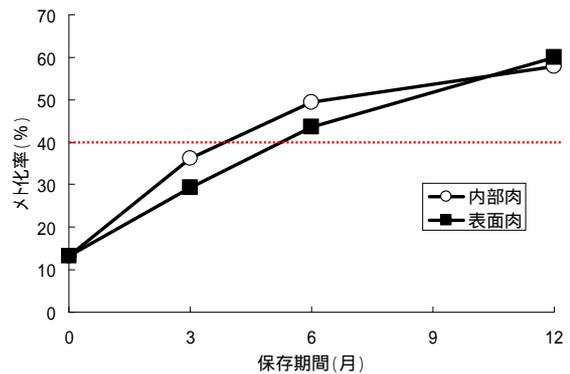


図16 ブロック冷凍後-30℃保管したクロマグロのメト化率の変化

3.5 冷凍クロマグロブロック装置解凍の効果

電磁場を利用した解凍装置を使用して解凍した、大型ブロック冷凍クロマグロ(-30℃ 6ヶ月間)の品質を表5、図17に示した。その結果、電磁場を利用した解凍装置を使用した場合、流水での急速冷凍に比べて、ドリップは若干少ない傾向が見られたが、メト化が進行しやすいといわれる0~-10℃を通過する時間が長いためか、メト化率が高くなる傾向が見られた。

解凍装置は、試料を前夜投入して翌朝に解凍できているといった時間調整のメリットや、過解凍がなく二次加工しやすいといったメリットがあるが、クロマグロ場合は、変色のリスクが大きくなるのではないかとと思われる。

表5 解凍装置を使用したマグロブロック(-30℃ 6ヶ月月保管) 解凍後の品質

解凍方法	ドリップ (%)	メト化率 (%)	塩溶解性 (%)	Ca-ATPase 比活性*
解凍装置使用	1.11	60.0	94.9	0.109
急速解凍	1.90	49.5	102.5	0.072

* μmole/min/mg Protein



図17 解凍装置を使用して解凍したマグロブロックの品質

4. おわりに

- (1) -30 でブライン冷凍後、-40 に24ヶ月間保管したクロマグロの品質を調査したところ、良好な品質を保持していた。
- (2) -30 でブライン冷凍したクロマグロを、-35 に保管することにより、6ヶ月以上の保管が可能になることが分かった。
- (3) クロマグロの背肉に比べて腹肉は保管温度の影響を受けやすい傾向が見られた。
- (4) 電磁場を使用して特殊冷凍したクロマグロは、保管(-30)中、-30 ブライン冷凍に比べてドリップ量やメト化がわずかに少ない傾向が見られたが、6ヶ月間の品質を維持することは出来なかった。
- (5) 1/8 ロインカットしてブライン冷凍(-30)した後、-30 に保管したクロマグロは、表面肉より内部肉でメト化の進行が早い傾向が見られた。
- (6) 電磁場を利用した解凍装置は、流水等による急速解凍に比べ、過解凍がなく二次加工しやすいといったメリットがあるが、クロマグロの場合は、解凍に長時間を要することにより、変色のリスクが高まることが推察される。

恒星社厚生閣, p189-194, (1974).

- 4) 松浦文雄ほか; 日水誌 28, 210, (1962).
- 5) 尾藤方通; 東海水研報, 84, 51, (1976).

謝 辞

本研究を行うにあたり、中浦食品株式会社様および株式会社菱豊フリーズシステムズ様に装置を使用させて頂きました。深くお礼申し上げます。なお、本研究は、鳥取県受託事業「平成20年度マグロ冷凍技術導入試験」により行われたものであることをここに明記します。

文 献

- 1) 小谷幸敏, 本田美恵, 加藤愛; マグロの冷凍保管技術に関する研究(第1報), 鳥取県産業技術センター研究報告, 11, p18-24, (2008).
- 2) 尾藤方通; 水産生物化学・食品学実験書, (株) 恒星社厚生閣, p275-280, (1974).
- 3) 新井健一; 水産生物化学・食品学実験書, (株)