

養殖魚の解凍硬化防止冷凍保存技術の検討

藤田慶之 園田浩二 二宮沢実

Consideration of prevention means of thaw-rigor during frozen storage of cultured fish

FUJITA Yoshiyuki, SONODA Kouji and NINOMIYA Sawami

養殖魚のマダイ、ハマチ及びクロマグロについて、冷凍フィレートの品質向上を目的として、ドリップの発生軽減のための凍結方法によるドリップ量の変化と、貯蔵中の温度処理による解凍硬化の防除条件について検討した。

凍結方法では、緩慢凍結に比べ、急速凍結でドリップ量が減少し、プロトン凍結が最も少なかった。また、 -10°C の温度処理をマダイは7日間、ハマチは8日間、クロマグロは6日間行うことで、ATPが消失され解凍硬化が発生しなくなった。

キーワード：養殖魚、冷凍フィレート、ドリップ、凍結、解凍硬化、ATP

はじめに

愛媛県における魚類養殖は、マダイやハマチを中心に様々な魚種が養殖されている。一方で近年は、魚価の低迷や魚食離れの影響を受けて、生産量は伸び悩んでいる。

出荷の形態も、以前は活魚での出荷が中心であったが、近年では、フィレート加工しての出荷が中心となっており、出荷後は、氷冷や冷蔵で流通もしくは冷凍されて保存・流通している。このうち、冷凍で流通するフィレートでは、解凍した際に身が収縮して硬くなりドリップが大量に出る解凍硬化いわゆる「ちぢれ」が発生することで、品質の低下が問題となっている。

この原因は、養殖魚ならではの、加工・冷凍までの時間が短かく、死後硬直が解ける前の高鮮度状態で凍結されるためである。

そこで本研究では、重要な養殖魚であるマダイ、ハマチ及びクロマグロについて、冷凍フィレートの品質向上を目的として、冷凍方法によるドリップ発生軽減を検討するとともに、冷凍保存中にちぢれを防止する方法について検討したので報告する。

実験方法

1. 材料

試験に供した養殖魚は、愛媛県内で養殖されたマダイ、ハマチ及びクロマグロを、市場や養殖場で、それぞれ生き〆したものを用いた。

用いた部位は、背身の第1棘の前後5cmとし、厚さ1cmにスライスした。マダイ及びハマチは〆後3時間、クロマグロは4～6時間後に冷凍した。

2. 冷凍試験

各サンプルの凍結方法は、 -20°C 緩慢凍結、 -50°C 急速凍結及び -50°C プロトン凍結とした。凍結後は -30°C で保管した。

5°C で4時間かけて解凍し、ドリップの量を測定し、遊離率を求めた（マダイ、ハマチ：N=5、クロマグロ：N=3）。

3. 温度処理試験

解凍硬化の原因となるATP等の核酸関連物は、冷凍中に分解させることにより、解凍硬化を防ぐことができる。^{1)～4)}そこで、各魚種について温度処理試験を行った。^{5)～6)}

プロトン凍結し-30℃で保管した各サンプルを用いて、貯蔵温度を-7℃で10時間～28時間、-10℃で5日間～8日間温度処理を行った。温度処理後は-30℃で保管した後、5℃で4時間かけて解凍し、ちぢれの発生状況を確認した（マダイ、ハマチ：N=5、クロマグロ：N=3）。また、魚肉中のATPの分解を確認するためATP量を測定した（N=3）。

4. ATPの測定

サンプルは、液体窒素で凍結した後、液体窒素をかけながら凍結粉砕した。粉砕物から2gを取り、10%PCAを10ml加え攪拌した。その後、遠心分離（5,000rpm、8分：0℃）し、上清を回収した。10Nと1NのKOH水溶液で中和した後ろ過した。50mlに調整した後、0.2μmメンブレンフィルターでろ過し、高速液体クロマトグラフ（(株)島津製作所製 Prominence）で測定した。

結果と考察

1. 冷凍試験

ドリップの遊離率を図1に示した。

マダイでは、緩慢凍結 7.3±1.8%、急速凍結 7.9±2.1%、プロトン凍結 3.9±0.7%であった。

ハマチでは、緩慢凍結 2.6±1.0%、急速凍結 2.2±0.6%、プロトン凍結 1.6±0.6%であった。

クロマグロでは、緩慢凍結 8.2±1.6%、急速凍結 7.0±1.1%、プロトン凍結 4.4±1.0%であった。

どの魚種も、解凍硬化が見られた。緩慢凍結に比べ急速凍結でドリップが減少する傾向が見られ、プロトン凍結で最もドリップが少なかった。従来の急速凍結に比べ、氷結晶を小さく作製するプロトン凍結は、より細胞の破壊を軽減する効果があると考えられた。

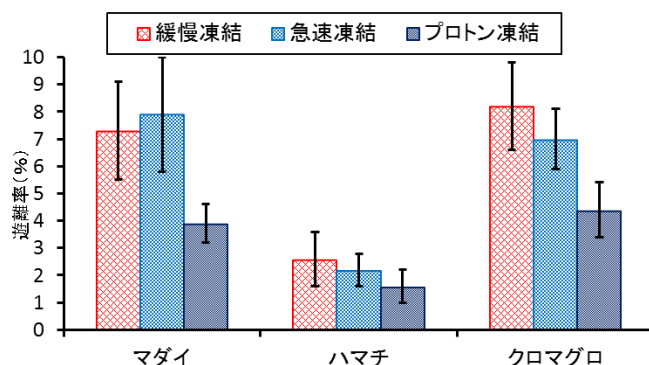


図1 ドリップの遊離率

2. 温度処理試験

解凍硬化の発生状況を表1に示した。

-7℃処理では、マダイは22時間、ハマチは28時間、クロマグロは22時間で解凍硬化は見られなくなった。しかし、解凍後にメト化が起こり、血合い肉が褐変した。^{7)~8)}

-10℃処理では、マダイは7日間、ハマチは8日間、クロマグロは6日間で解凍硬化は見られなくなった。解凍後の血合い肉の褐変は、マダイでは見られなかったが、他では見られた。

表1 解凍硬化の発生状況

処理温度	処理時間	マダイ	ハマチ	クロマグロ
-7℃	10時間	有	有	有
	16時間	有	有	有
	22時間	無	有	無
	28時間	無	無	無
-10℃	5日間	有	有	有
	6日間	有	有	無
	7日間	無	有	無
	8日間	無	無	無

-7℃処理は-10℃処理に比べ短時間で可能であるが、血合い肉の褐変が問題となるため、適さないと考えられた。-10℃処理もマダイ以外は血合い肉の褐変が見られるが、処理時間を考えると最も適していると考えられた。

筋肉中の ATP 量の推移を図 2 に示した。

筋肉中の ATP 量は、マダイでは、温度処理前に $7.6 \pm 1.3 \mu\text{mol/g}$ であった。温度処理-7℃で解凍硬化が見られなくなった処理時間 22 時間では $0.9 \pm 0.1 \mu\text{mol/g}$ に減少していた。-10℃では 7 日間で $1.2 \pm 0.3 \mu\text{mol/g}$ に減少していた。

ハマチでは、温度処理前に $9.7 \pm 2.3 \mu\text{mol/g}$ であった。温度処理-7℃で解凍硬化が見られなくなった処理時間 28 時間では $0.9 \pm 0.2 \mu\text{mol/g}$ に減少していた。-10℃では 8 日間で $1.1 \pm 0.1 \mu\text{mol/g}$ に減少していた。

クロマグロでは、温度処理前に $36.9 \pm 11.9 \mu\text{mol/g}$ であった。温度処理-7℃で解凍硬化が見られなくなった処理時間 22 時間では $1.3 \pm 0.2 \mu\text{mol/g}$ に減少していた。-10℃では 7 日間で $0.8 \pm 0.1 \mu\text{mol/g}$ に減少していた。

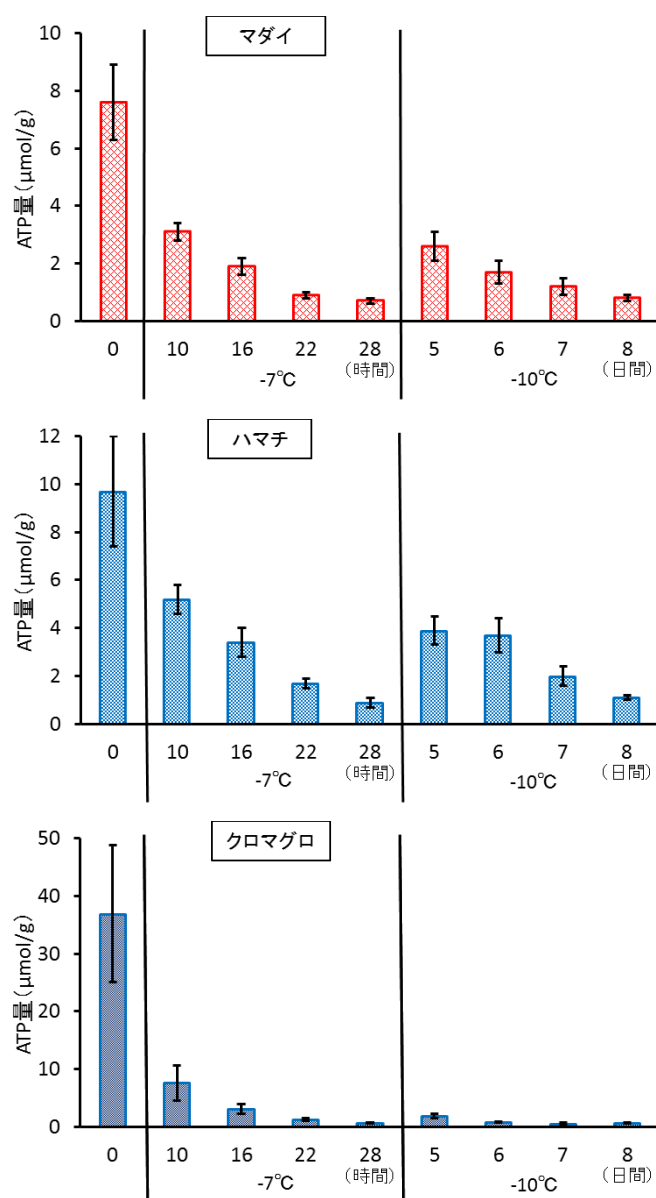


図 2 筋肉中の ATP 量の推移

ま と め

冷凍フィレの品質向上のため、マダイ、ハマチ及びクロマグロの養殖魚について、ドリップの発

生の軽減のため、凍結方法によるドリップ量の変化と、貯蔵中の温度処理による解凍硬化の防除条件について検討し、次のことが明らかとなった。

1. 緩慢凍結に比べ、急速凍結でドリップ量が減少し、プロトン凍結が最も少なかった。
2. -7°C の温度処理で、マダイは22時間、ハマチは28時間、クロマグロは22時間で解凍硬化は見られなくなったが、血合い肉の褐変が見られたため、処理温度として適さないと考えられた。
3. -10°C の温度処理で、マダイは7日間、ハマチは8日間、クロマグロは6日間で解凍硬化は見られなくなった。マダイ以外で血合い肉の褐変が見られたが、処理時間から処理温度として適していると考えられた。
4. -10°C の温度処理で、筋肉中のATP量は、マダイでは最初 $7.6 \pm 1.3 \mu\text{mol/g}$ から $1.2 \pm 0.3 \mu\text{mol/g}$ に減少した。同様に、ハマチで $9.7 \pm 2.3 \mu\text{mol/g}$ から $1.1 \pm 0.1 \mu\text{mol/g}$ に減少し、クロマグロで $36.9 \pm 11.9 \mu\text{mol/g}$ から $0.8 \pm 0.1 \mu\text{mol/g}$ に減少した。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、クロマグロのサンプリングに御協力いただきました愛媛大学南予水産研究センター、愛媛県農林水産研究所水産研究センター、日本配合飼料(株)、辻水産(株)、(株)極洋の関係者並びに、吉岡ベラスケス・ファン・アレハンドロに御礼申し上げます。

文 献

- 1) Bito M: J. Soc. Sci. Fish., **44**, 897-902 (1978).
- 2) Bito M: Bull Tokai Reg. Fish Res. Lab., **103**, 65-972 (1980).
- 3) 山中英明他: 水産学シリーズ 86, 魚類の死後硬直 (1991).
- 4) 村田裕子他: 水産技術, **1**(1), 37-41, (2008).
- 5) Imamura S et al: Fish. Sci., (2012).
- 6) 舟橋均他: 冷凍, **81**, 200-203 (2006).
- 7) 平岡芳信他: 冷凍, **81**, 187-191 (2006).
- 8) 森岡克司他: 日本水産学会誌, **79**(6), 1009-1016 (1974).