

たらこ原料としてのスケトウダラ卵の冷凍による
ダメージEffect of Freezing Condition on the Quality of Walleye Pollock (*Theragra
chalcogramma*) Ovary as Tarako Product

内 海 優 渡 辺 学 大 迫 一 史

Yu UCHIUMI Manabu WATANABE Kazufumi OHSAKO

白 井 隆 明 鈴 木 徹[‡]

Takaaki SHIRAI Toru SUZUKI

東京海洋大学海洋科学部食品生産科学科 (108-8477 東京都港区港南 4-5-7)
Department of Food Science and Technology, Tokyo University of Marine Science and Technology
(4-5-7 Kohnan, Minato-ku, Tokyo, 108-8477)

Summary

Tarako and *Mentaiko* are popular seafood products in Japan. They are prepared mainly from frozen Walleye Pollock roe which are mostly transported from Alaska or Russia. Fresh ovary as material for *tarako* products is generally believed to be of much better quality than frozen one, however it is yet to be scientifically evaluated. In this study, the effects of freezing rate on freeze-thaw ovarian quality were investigated through drip amount measurement, sensory test and morphological observation. Results showed that the freezing conditions (i.e. freezing rate and storage period) caused physical damage to the ovary resulting to the change its taste.

Keywords: Quick freezing with liquid nitrogen, Slow freezing, Drip, Frozen storage, Walleye Pollock ovary, Sensory test, Ovarian damage

1. 緒言

食用とされる水産動物の卵には、特に魚類が多く、中でもスケトウダラの卵巣から製造されるたらこ、明太子は流通量の多い魚卵塩蔵品¹⁾である。これらは嗜好品に近く、魚肉に比べて単価が高い場合が多い²⁾。金額としては100グラムあたり、高いもので1000円にもなる。原料としては主にス

ケトウダラ卵巣が用いられるが、現在約9割が輸入であり、残りの1割は日本近海産である。近年、外国産原料卵巣はすべて凍結状態で輸入され、凍結までの過程は船上で行われる。スケトウダラ漁獲、採卵後、卵巣は3~4%の塩水で洗浄され、血液や異物が除去される。卵巣は2kg単位でダンボール箱に詰められた後、-40℃のエアブラスト凍結庫内で凍結、-25℃前後で貯蔵され、加工されるま

[‡] Fax:03-5463-0585 E-mail:toru@kaiyodai.ac.jp

で1年以上保管されることもある。

加工から流通に至るまで未凍結状態のものは少ないが、全体の1割程度の日本産スケトウダラ卵巣の中には、漁獲から加工まで一度も凍結されないものがあり、良品であるとされ商品価値が高い。しかし、そういった市場における評価がありながら、スケトウダラ卵巣の呈味に関する科学的知見は少なく³⁾、かつ凍結卵巣の凍結速度や貯蔵条件が及ぼす品質への影響についても研究されてこなかった。

著者らは近年、製品味にしばしば苦味が生じるという問題を受けて卵巣の成熟度が呈味に及ぼす影響⁴⁾について調査し、未熟な卵巣ほど、好ましくない味(苦味様)を呈することを明らかにした。しかし、スケトウダラ卵巣の成熟度以外の因子における呈味への影響が存在する可能性が考えられた。タラコ製造業者の間では呈味劣化は凍結が原因⁵⁾の1つだとされているが、スケトウダラ卵の冷凍試験⁶⁾やカズノコの液体窒素による凍結⁷⁾についての報告があり、凍結により粒の状態や味が変化すると記しているが、官能の評価方法や観察項目も不十分であり、その後の追試験が必要であるとしているものの、成されてこなかった。

本研究では、凍結による味への影響、特に苦味について検討するため北海道産の未凍結卵巣を用い、初期凍結条件を変え、解凍後のスケトウダラ卵巣の状態を顕微鏡観察、ドリップ量測定、官能検査により評価した。

2. 実験試料・実験方法

卵巣試料には2007年の11月から2008年の1月までの間に漁獲されたスケトウダラの未凍結の卵巣約500gを用いた。未凍結の卵巣は以下に示す方法で凍結を施した。

2.1 凍結方法

(a) 液体窒素凍結 デュアービン(高さ30cm×内径7cmの円筒)の8分目まで液体窒素を注ぎ、中心部に温度センサーを取り付けた未凍結卵巣試料を1つずつ浸漬させた。液体窒素の沸騰がおさまったのを確認した後、試料をジッパー付き密閉袋に入れ、-25℃で保存した。この凍結の際の凍結曲線はFig.1上図に示す通りで、約100sの点で温

度が急激に低下していることから、ここで凍結が完了したことがわかる。

(b) 緩慢凍結 未凍結卵巣試料に温度センサーを取り付け、断熱材で包みさらに断熱容器に入れ、-20℃貯蔵庫内で24時間かけて凍結させた。凍結完了後、-25℃で保存した。この凍結の際の凍結曲線はFig.1下図に示す。

(c) -40℃凍結 未凍結卵巣試料をジッパー付密閉袋に入れ、1日間-40℃のストッカー内に放置し、その後-25℃で保存した。

上記の各方法で凍結させた試料をそれぞれ同様(-25℃ストッカー)に一定期間貯蔵した。

なお試料解凍はすべて同様に17℃の流水中に20分放置し、解凍とみなした。

2.2 評価法

(a) ドリップ量測定 試料をジッパー付密閉袋中で既述の方法により解凍した後、袋を斜め45度に傾け、内部のサンプルが袋の底に落下しないように止め、ドリップのみが袋の底に貯まるように固定し5分放置した。袋内に残ったドリップをろ紙(Whatman 90 mm Dia Cat No 1002 090)にしみこませ、また卵巣表面についてはあらかじめ重量を測定したキムワイプでふき取りドリップ量を測定した。

(b) 顕微鏡観察 卵巣試料をほぐし、卵粒を取り出し、つぶさないようにプレパラートに乗せ、実体顕微鏡(リンカム社製LK-600 PMS)で検鏡し、Nicon DIGITAL SIGHT DS-L2により画像を撮影した。

(c) 官能検査 官能検査に参加した被験者は、23歳から25歳までの男性4人、女性6人であった。なおこれら被験者は検査に先立ち、古川の方法により⁷⁾ショ糖、食塩、酒石酸、硫酸キニーネ、グルタミン酸ナトリウムを用い、それぞれ甘味、塩味、酸味、苦味、うま味について識別の練習を行い、上記5味の識別検査および濃度差識別検査において不正解数がそれぞれ1つ以下であった者に本実験での官能検査に適性があることを確認した。

凍結貯蔵0、35、93日後の試料について、以下の組み合わせで、古川の方法による3点識別検査⁸⁾をのべ20人(1人2回の検査)に対して行った。さらに識別可能であった試料かつ先の3点識別検

査で正解した被験者に対して2点嗜好検査により苦味および粒々感の有無を調べた。危険率 $P=0.05$ 以下とし有意差を判定した。

- ①液体窒素凍結卵- -40°C 凍結卵
- ②液体窒素凍結卵-緩慢凍結卵
- ③緩慢凍結卵- -40°C 凍結卵

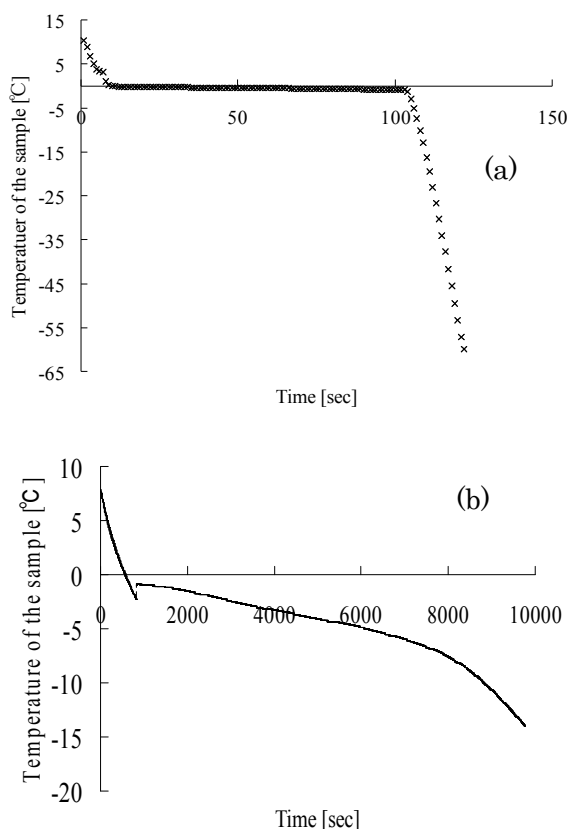


Fig.1 Freezing curve of Walleye Pollock ovary:
(a) Liquid-nitrogen freezing, -196°C , and (b) slow-freezing, -20°C .

3. 結果・考察

3.1 貯蔵中のドリップ量変化

未凍結卵の液体窒素凍結試料、緩慢凍結試料、 -40°C 凍結試料のドリップ量測定結果を Fig.2 に示す。

液体窒素凍結試料において、貯蔵0日後のドリップ流出量は、本研究で用いた方法では検出できなかった。また、貯蔵中徐々に増加したが、93日後においても 1.6 [g/100 g] とほとんどドリップは

見られなかった。 -40°C 凍結試料は、貯蔵1ヶ月までは 1.0 [g/100 g] と微量のドリップ流出であったが、その後急激に増加し、3ヶ月後には 12.0 [g/100 g] となった。一方、緩慢凍結試料は貯蔵0日目でドリップが 4.7 [g/100 g] と多く見られ、その後2週間まではドリップ量はゆっくりとした増加を示し、貯蔵2週間を超えた時点から1ヶ月までの間に 17.4 [g/100 g] にまで急激に増加した。貯蔵3ヶ月後には 21.7 [g/100 g] まで増加し、その後一定値を示す傾向にあった。商業的に凍結され1年間貯蔵されていたスケトウダラ卵巣についても同様に測定したところ、 20 [g/100 g] 前後であったため、これがドリップ量の上限であると考えられる。

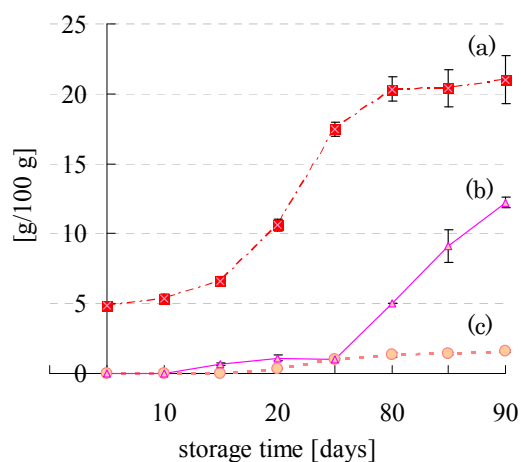


Fig.2 Effect of the freezing rate on the amount of drip after thawing of frozen Walleye Pollock ovaries ($n=5$):

- (a) slowly frozen (low freezing rate), (■); (b) frozen at -40°C (medium freezing rate), (▲); and quickly-frozen with liquid nitrogen (high freezing rate), (○).

3.2 卵の顕微鏡観察

凍結を施した各試料の顕微鏡写真を Fig.3 に示す。

凍結直後(貯蔵0日)では緩慢凍結、 -40°C 凍結試料ゆがみや傷が観察され、それらの程度は、緩慢凍結を施したものが最も大きかった。

貯蔵35日後の写真において、液体窒素および -40°C 凍結試料は卵形を保持していたが、緩慢凍結試料は卵の球形が喪失している卵が多く見られた。

この時期からドロップ量の増加が急激に見られることと卵の変形が一致していた。

貯蔵 93 日後において、緩慢および -40°C 凍結試料は卵の破損および卵内容物の流出が著しい様子が観察できた。一方、液体窒素凍結試料は全体的に球形を保っており、大きな破損は見られなかったが、一部の卵に図の矢印部分にあるような割れが生じたものも観察できた。

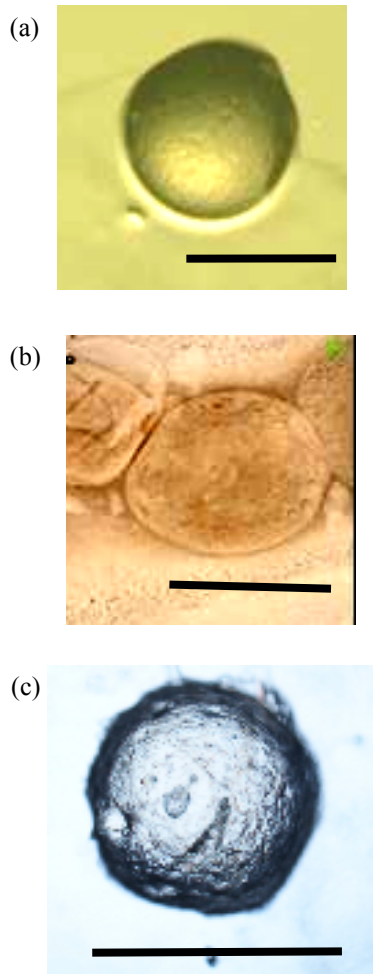


Fig. 3 Images of frozen Walleye Pollock ovaries at 0 day storage:

(a) quickly-frozen with liquid nitrogen (high freezing rate); (b) slowly frozen (low freezing rate); (c) frozen at -40°C (medium freezing rate) (scale bar: 1 mm).

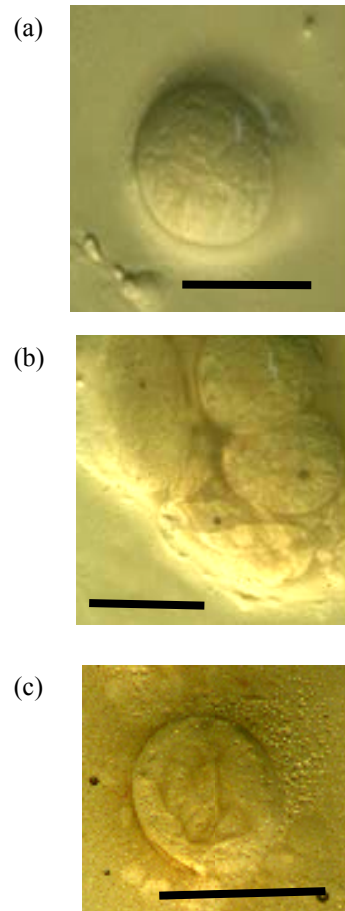


Fig. 4 Images of frozen Walleye Pollock ovaries at 35 days storage:

(a) quickly-frozen with liquid nitrogen (high freezing rate); (b) slowly frozen (low freezing rate); (c) frozen at -40°C (medium freezing rate) (scale bar: 1 mm).

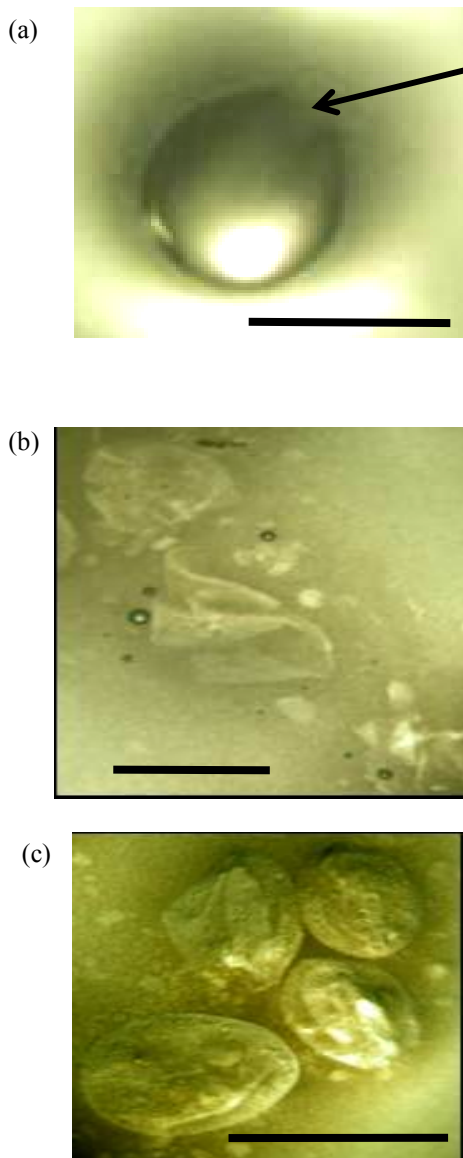


Fig. 5 Images of frozen Walleye Pollock ovaries at 93 days storage:

(a) quickly-frozen with liquid nitrogen (high freezing rate); (b) slowly frozen (low freezing rate); (c) frozen at -40°C (medium freezing rate) (scale bar: 1 mm).

以上ドリップ量および卵の観察写真から、以下のようなことが考えられる。凍結速度が遅く、最大氷結晶生成帯に長い時間滞在すると氷結晶が大きくなる。しかしこの段階では、氷結晶粒のほとんどは卵細胞の大きさ以下のサイズであるため、物理的破壊は起きない。ただし緩慢凍結の場合は、いくらか細胞サイズ以上の氷結晶が生成している

ため、凍結直後でも破壊が見られる。

その後の保存期間で氷結晶成長、再結晶化により氷結晶粒サイズが大きくなるが、初期氷結晶サイズが凍結速度によって小さく保たれている場合氷結晶サイズが細胞のサイズまで達する期間が短くなると考えられる。氷結晶サイズが卵細胞と同等以上になると当然卵細胞は物理的破壊を受けるため、ドリップ流出量が増加すると考えられる。したがって、凍結速度は保管期間中のドリップ流出が激しくなるまでの期間に影響を与えると考えられる。

3.3 官能検査

(a) 凍結貯蔵 0 日目 (凍結直後) の官能検査結果 液体窒素凍結試料と緩慢凍結試料の識別検査の結果、(のべ) 20 人中 15 人の被験者が両試料を有意に識別できた。次にこの 15 人に対する 2 点嗜好検査の結果、液体窒素凍結試料に粒々感が強いと答えた被験者が 15 人全員で有意となり、緩慢凍結試料より液体窒素凍結試料に粒々感が強いという結果となった。しかし苦味に関して有意差はなかった。識別検査から、両試料は官能的に全くの別物であるということが明らかとなり、嗜好検査から液体窒素凍結試料に粒々感が強いということが判明した。一方両試料の苦味の強さに強弱はないということがわかった。

液体窒素凍結試料と -40°C 凍結試料の識別検査の結果、20 人中 12 人がそれぞれを有意に識別できた。この 12 人に対する 2 点嗜好検査の結果、液体窒素凍結試料に粒々感が強いと答えた被験者は 12 人全員であり有意に識別された。一方、苦味に関する同様の検査では両試料において有意な差はなかった。識別検査に有意差が生じたことから、両試料は官能的に全く別物であるということが明らかとなり、粒々感に関する嗜好検査から、液体窒素凍結試料に粒々感が強いことが明らかとなった。しかし苦味についての嗜好検査では有意差が生じなかったことから、両試料の苦味の強さに強弱はないことがわかった。

緩慢凍結試料と -40°C 凍結試料では半数がそれぞれを識別できず、識別不可であるという結果となった。

(b) 凍結貯蔵 35 日目の官能検査結果 液体窒素凍結試料と -40°C 凍結試料の識別検査の結果、被

験者のべ 20 人全員がそれぞれを別物として有意に識別できた。この 20 人に対する 2 点嗜好検査では -40℃凍結試料に苦味が強いと答えた被験者が 16 人で有意に識別された。また液体窒素凍結試料に粒々感が強いと答えた被験者が 20 人全員で有意に識別された。

Table 1 Number of subjects of sensory test who were able to distinguish the difference in the quality of frozen-thawed Walleye Pollock ovaries (n=20).

Storage period (d)	Freezing rate ¹		
	high v.s	high v.s	medium v.s
	slow	medium	slow
0	15 ² _a	12 _a	10
35	20 _a	20 _a	20 _a
93	20 _a	20 _a	20 _a

¹ High: quickly frozen with liquid nitrogen

Medium: frozen at -40℃

Slow: slowly frozen

² Data assigned with different letters in the same row are significantly different from each other.

-40℃凍結試料と緩慢凍結試料の識別検査の結果、被験者全員が両者をそれぞれ別物として有意に識別できた。これらの 2 点嗜好検査の結果、緩慢凍結試料に苦味が強いと答えた被験者は 20 人中全員で有意に識別されたが、粒々感については両試料に有意差はなかった。

液体窒素凍結試料と緩慢凍結試料の識別検査の結果、被験者全員が両者をそれぞれ別物として識別できた。これらの 2 点嗜好検査の結果、液体窒素凍結試料に粒々感が強いと答えた被験者は 20 人中 20 人全員で、緩慢凍結試料は苦味が強いと答えた被験者は 18 人であった。

(c) 凍結貯蔵 93 日目の官能検査結果 液体窒素凍結試料と -40℃凍結試料の識別検査の結果、両者を識別できた被験者は 20 人中 20 人で有意が生じた。これらの 2 点嗜好検査の結果、液体窒素凍結試料に粒々感が強いと答えた被験者は 20 人、-40℃凍結試料に苦味が強いと答えた被験者は 20 人であった。

-40℃凍結試料と緩慢凍結試料の識別検査の結

果、両者を識別できた被験者は 20 人中 20 人で有意が生じた。これらの 2 点嗜好検査の結果、粒々感と苦味に関して有意差は無かった。

緩慢凍結試料と液体窒素凍結試料の識別検査の結果、被験者のべ 20 人全員がそれぞれを有意に識別できた。これらの 2 点嗜好検査の結果、液体窒素凍結試料に粒々感が強いと答えた被験者が 20 人、緩慢凍結試料に苦味が強いと答えた被験者は 20 人で有意であった。

以上、凍結速度が遅い試料ほど、貯蔵後の呈味劣化が著しくなった。凍結に長時間かけることで氷結晶の成長が進行し卵細胞の破壊が生じ、食感等官能面で差が生じたと考えられる。また -25℃での貯蔵中においても、氷結晶の再結晶化は進行しかつ液状の脂質もまだ存在するため、組織構造の破壊はなお進行すると考えられ、卵の破壊、卵内物質の流出が起こると予測される。卵には脂質が多く含まれ、-25℃においても脂質の劣化は進むため、呈味の劣化につながったと考えられる。

4. 結論

たらこ原料における初期凍結条件の違いが、貯蔵期間中に及ぼす影響について調べた結果、初期凍結条件によって保存期間中の卵の形状の保たれ方に差が生じ、官能的にも大きく変化が見られ、また液体窒素凍結試料以外は凍結貯蔵中にドリップ量が増加することが明らかとなった。さらにドリップ量の増加と卵の損傷は相関し、それらの程度が激しい卵で好ましくない味や風味を強く感じられることが明らかになった。すなわち、凍結速度を早くすることが品質向上に有効に作用することがそのメカニズムも含めて明らかとなった。

文献

- 1) <http://www.maff.go.jp/www/info/bunrui/bun06.html#nen3> 農林水産省ホームページ (2007.10)
- 2) 下中直人：「食材魚貝大百科」, 1 巻, pp.152, 平凡社, 東京 (1999)
- 3) 早瀬仁美, 藤恵子, 梅木陽子, 太田朗子, 松山倫也, 真鍋征一：日本調理学会誌, 35, 250 (2003)

- 4) 内海優, 白井隆明, 渡辺学, 鈴木徹: 食品保蔵学会, 投稿中
- 5) 阪本正博, 河野陽子, 高橋玄夫: 「塩タラコの苦味に関する試験」, 水産物の保蔵に関する試験研究, 北海道立釧路水産試験場事業報告書 pp.113 (1993)
- 6) 佐々木政則, 相沢悟: スケトウダラ卵の冷凍試験, 北海道立水産試験場月報, B1788-38 pp.31 (1981)
- 7) 佐々木政則, 飯田訓之: かずのこの冷凍について, 44, 261, 北水試月報 (1987)
- 8) 古川秀子: 「おいしさを測る-食品官能検査の実際」, pp.7, 幸書房, 東京 (1994)