魚類筋原繊維の冷凍耐性に及ぼす筋肉圧搾液の影響^{*1}

志 水 寛・四 方 純・藤 岡 怜

(1973 年 11 月 8 日受理)

Effect of the Press Juice of Fish Muscle on the Insolubilization of Fish Myofibril during Frozen Storage

Yutaka SHIMIZU^{*2}, Jun SHIKATA^{*3} and Satoshi FUJIOKA^{*3}

The insolubilization of fish myofibril (Mf) during frozen storage at -20° or -30°C was investigated with 3 systems, Mf-muscle press juice, Mf-supernatant of heated press juice, and Mf-isotonic NaCl solution. The freeze insolubilization of Mf was retarded by both whole muscle juice and the supernatant of the heated juice. The retarding effect of press juice, however, varied widely among species of fish, while that of the supernatant of heated juice showed little variation. The fish used, in decreasing order of effect, were: red branchiostegus fish, crucian carp, spotted shark, horse mackerel and chub mackerel. The species difference was found to be mainly due to species specific effects of the heat coagulable fraction of muscle press juice. This fraction of branchiostegus fish prevented insolubilization of Mf, while that of chub mackerel or lizard fish not only accelerated the insolubilization but decreased the protective effects of sucrose on Mf during frozen storage.

魚肉を凍結貯蔵したときに起こる筋原繊維（以下 Mf と略記）たん白の不溶化の速さは、魚種によつてそれぞれ異なることが知られているが^{1,2}、それが Mf 自身の耐凍性の差によるものか、あるいは Mf をとり巻く筋漿（以下 SP と略記）成分組成の特異性によるものかについては明らかでない。

一方、魚肉冷凍すり身を製造する場合には、落とし身を水洗することが、すり身に冷凍耐性を付与するために必須の工程とされている³。これについて西谷ら^{4,5}は、スケソウタラ水抽出液に Mf たん白の冷凍変性を促進する効果を認めているが、その後梅本ら⁶はコイとスズキ肉の 0.05 M KCl 抽出液がアクトミオン・ゲルの冷凍変性を抑制することを報告しており、水晒し処理の意義については疑問が残されている。

そこで著者らは、魚肉を凍結貯蔵したときの Mf の不溶化に SP 成分が関与しているかどうか、関与しているとすれば、魚種によつてその影響がどのように異なるかを知るために、以下の実験を試みた。

実 験 方 法

Mf を、同種あるいは異種の魚の筋肉圧搾液（以下 PJ と略記）とその加熱上澄（以下 CJ と略記）、およびこれとほぼ等調とみられる 0.15-0.2 M NaCl に、そのまま、あるいは蔗糖存在下で浸漬凍結し、貯蔵中に起こる溶解性の変化を比較した。

供試魚 死後硬直中の次の 8 魚種を用いた。

アカアマダイ (red branchiostegus fish), *Branchiostegus japonicus*.

マエソ (lizard fish), *Saurus undosquamis*.

マアジ (horse mackerel), *Trachurus japonicus*.

マサバ (chub mackerel), *Scomber japonicus*.

^{*1} 本報を魚肉の原料学的特性に関する研究、第 4 報とする。

^{*2} 高知大学農学部 (Fac. of Agric., Kochi Univ., Nankoku, Kochi, Japan).

^{*3} 林兼産業株式会社 (Hayashikane Sangyo Co., Ltd., Shimonoseki, Yamaguchi, Japan)

ホシサメ (spotted shark), *Mustelus manazo*.

シロザメ (white shark), *Mustelus griseus*.

メジロザメ (requiem shark), *Carcharhinus gangeticus*.

フナ (crucian carp), *Carassius auratus*.

Mf 調製方法 三菱電機製 JM 1000 型ミキサー (速度目盛 3 で 3-5 分間) を用いて、背側筋 70 g を 0.15 M NaCl 700 ml 中で Mf レベルまで細分し、ガーゼで濾過してストロマと筋繊維を除いてから、pH を 6.5 に調節、600×g、10 分間遠心分離後、さらに 700 ml の上記食塩水で洗浄、遠心分離して得た沈殿を供試 Mf とした。

PJ および CJ 調製方法 普通肉をチョンパーにかけてから、汙布に包んでプレスで圧搾し、分離液汁を取り、特記する場合の他は、pH を 6.5 に調節した後、1,100×g、10 分間遠心分離して上澄を PJ とし、これを更に 90°C、10 分間加熱、冷却、遠心分離 (11,000×g、10 分間) して得られる上澄を CJ とした。

試料凍結方法 Mf 5 g と浸漬液 10 ml (蔗糖を必要とするときはこれに 0.75 g を添加) を 20 ml 容量瓶にとり (1 組 2 個)、攪拌混合してから密栓して -30°C で 1 夜凍結、-30°C または -20°C で貯蔵した。

Mf の溶解性の判定 1 組 2 個よりなる試料を解凍し、それぞれ 0.475 M NaCl+0.025 M Na₂HPO₄+0.01 M NaH₂PO₄, 50 ml (最終 μ 0.5), および 0.025 M Na₂HPO₄+0.025 M NaH₂PO₄, 50 ml (最終 μ 0.1) で 1 夜抽出し、両者に溶出する窒素量の差を可溶性 Mf-N とし、全 Mf-N に対する割合をもつて溶解性の指標とした。

実験結果

Mf の不溶化に及ぼす PJ および CJ の影響 Fig. 1 にマエソの無糖および含糖系, Fig. 2 にアマダイ, シロサメ, サバの無糖系における Mf の不溶化の模様を示した。無糖系では、いずれの魚種についても、等張食塩水に較べ PJ と CJ に Mf 不溶化抑制効果が認められる。これは、梅本ら⁶⁾ がアクトミオシン・ゲルで得た結果と一致している。しかし、その効果を PJ と CJ の間で較べてみると、魚種によつてその関係は

Fig. 1. Changes in extractability of lizard fish myofibril suspended in the muscle press juice (●), supernatant of the heated muscle juice (○) and 0.15 M NaCl (Δ) with or without sucrose during frozen storage at -20°C. Extractability of myofibrils was expressed as a percentage of the extractable proteins nitrogen to total nitrogen. Amounts of extractable myofibrillar proteins were obtained from difference between proteins extractable at μ 0.5 (pH 6.8) and at μ 0.1 (pH 6.8). Symbol "B" in abscissa means the time just before freezing.

Fig. 2. Changes in extractability of myofibril suspended in muscle press juice (●), supernatant of heated press juice (○) and 0.2 M NaCl (Δ) during frozen storage at -30°C. Expression of extractability is the same as shown in Fig. 1.

必ずしも同じでない。梅本らのフナとスズキの場合には、PJ が CJ よりも強い Mf 保護効果を示しているが、ここではアマダイと長期貯蔵のシロザメに同様の傾向が認められるものの、エソ、サバ、凍結初期のシロザメでは逆に CJ の効果が優っている。魚種によつて、PJ の熱凝固性区分が Mf の不溶化に対して促進的に作用する場合と、逆に抑制的に作用するものがあることを示している。

エソの場合、蔗糖の Mf 不溶化防止効果は、3つの系すべてに見られるが、食塩水の系に特に顕著である。

魚種による PJ の効果の違い 魚種によつて PJ の Mf 不溶化抑制効果に差が認められるかどうかを調べるために、アマダイの Mf をアマダイ (白身魚)、マアジ (中間肉色魚)、マサバ (赤身魚)、ホシサメ; メジロザメ (軟骨魚) およびフナ (淡水魚) の PJ と CJ (何れも pH を調節せず) 中に浸漬、凍結して、25 日後 (-30°C) に不溶化を比較した。Table 1 および 2 にその結果を示す。

Table 1. Insolubilization of red branchiostegus fish myofibrils suspended in muscle press juice of 5 species of fish (at -30°C for 25 days). Insolubilization was expressed as percentage of myofibrillar proteins insolubilized to those extractable before freezing. Amounts of extractable myofibrillar proteins were obtained as shown in Fig. 1

Myofibril \ Muscle press juice	Red branchiostegus fish (アカアマダイ) pH 6.42	Crucian carp (フナ) pH 6.48	Spotted shark (ホシザメ) pH 6.22	Horse mackerel (マアジ) pH 6.05	Chub mackerel (マサバ) pH 5.90
Red branchiostegus fish	10.3	34.4	38.2	63.6	74.0

Table 2. Insolubilization of red branchiostegus fish myofibrils suspended in supernatant of heated muscle juice of 5 species of fish (at -30° for 25 days). Insolubilization of myofibrils was expressed as shown in Table 1

Myofibril \ Heated muscle juice	Red branchiostegus fish (アカアマダイ) pH 6.62	Crucian carp (フナ) pH 6.38	Requiem shark (メジロザメ) pH 5.93	Horse mackerel (マアジ) pH 6.21	Chub mackerel (マサバ) pH 5.96
Red branchiostegus fish	22.1	41.7	35.9	33.0	41.7

Table 3. Insolubilization of myofibrils in the crossing systems (pH 6.5) made by combining myofibrils of red branchiostegus fish and chub mackerel with those muscle press juice (at -30°C for 25 days). Insolubilization was expressed as shown in Table 1

Myofibril \ Muscle press juice	Red branchiostegus fish		Chub mackerel		0.2 M NaCl + 5% sucrose
	Whole juice	Heated juice	Whole juice	Heated juice	
Red branchiostegus fish (アカアマダイ)	7.9	16.8	82.2	25.0	4.2
Chub mackerel (マサバ)	6.5	65.2	77.6	72.1	4.8

PJ の効果は魚種間で著しい差があり、最も抑制効果の顕著なアマダイと最も効果の低いマサバの間では、Mf 不溶化率が 7 倍にも開いている。それに比べると、CJ の効果には魚種による差が小さくアマダイが他の 4 種にくらべて比較的強い効果を示している他は、大差が認められない。

このような結果は、PJ の効果の魚種による差が、主としてその熱凝固性成分の性質の違いに由来していることを示唆している。この点を更に確かめると共に、Mf 自身の耐凍性も比較しようとして、pH 6.5 に調節したアマダイとサバの Mf と压榨液を互いに組み合わせて凍結してみた (Table 3)。8 つの組み合わせにおける Mf の不溶化率を比較検討してみると、アマダイの PJ に含まれる熱凝固区分は Mf の不溶化を強く抑制しているのに、サバの同じ区分は却つて不溶化を促進しているように見える。このような熱凝固区的作用の違いが、両魚種の PJ の効果に大差をもたらしているのであろう。この場合、CJ、すなわち PJ に含ま

れる非熱凝固区分の Mf の不溶化に及ぼす影響は、凝固区分に較べるとかなり弱く、魚種間⁷⁾大差がない。一方、Table 3 の結果は、Mf 自身の冷凍耐性もアマダイとサバの間で差があることを示している。蔗糖溶液やアマダイの PJ に浸漬したときは、その強い保護作用によつて明らかでないが、作用の弱い CJ 浸漬系では明瞭である。

考 察

以上の結果を総合してみると、ここで扱った Mf と PJ の系を魚肉のモデルと考えた場合、その冷凍耐性に関係する要因として、筋漿熱凝固区分の Mf 変性促進あるいは抑制効果、筋漿非熱凝固区分の Mf 変性抑制効果、および Mf 自身の耐凍性の 3 つを挙げることができよう。

筋漿熱凝固区分が、アマダイでは変性抑制の方向に働くのに、サバでは反対に促進的に作用するということは一見不可解である。後者の場合、浸漬系を凍結する前、あるいは解凍後たん白抽出操作の過程で Mf が不溶化したのではないかと疑い、その PJ に Mf を 4 時間 (0°C) まで接触させてみたが、その限りでは溶解性に変化を生じなかつた。この区分の Mf に対する作用の機構は不明であるが、筋漿たん白中の熱凝固区分の占める割合及びその組成は、魚種によつてそれぞれ特徴的であるから⁷⁾、その中に変性抑制因子と促進因子が共存し、その組成が魚種によつて異なるということも考えられるかも知れない。

魚肉の水溶性成分が Mf たん白の冷凍変性に及ぼす効果についてみると、梅本ら⁶⁾の結果と西谷ら^{4,5)}の結果は相反している。梅本らはその原因を試料条件の違いによるのではないかと考えたが、今回の Mf レベルでの結果は、むしろアクトミオシン・ゲルで行なつた同氏らの結果と合っている。また、中村⁸⁾がスケトウタラの水晒肉で行なつた実験の結果でも、水添加区より水溶性区分添加区の方が、僅かではあるがアクトミオシンの不溶化が遅れている。

したがつて、魚肉の冷凍耐性は水晒しによつて向上するとはいえないようで、魚種によつてはむしろ低下することが考えられる。ただ、エソの場合蔗糖を含む系で、PJ 共存化におけるよりも、単独あるいは CJ 共存下における方が、Mf の安定性が向上することを示した Fig. 1 の結果は、熱凝固区分の糖効果阻害性を示したものと注目される。詳細は今後の研究にまたねばならないが、現行の冷凍すり身製造工程における水晒し処理の合理性を示唆しているのかも知れない。

文 献

- 1) W. J. DYER and J. R. DINGLE: in "Fish as Food" (ed. by G. BORGSTROM), Vol. 1, Academic Press, New York, 1961, pp. 311-320.
- 2) 志水 寛: 冷凍, **41**, 182-187 (1966).
- 3) 西谷喬助: 特許公報, 昭 37-9257.
- 4) 西谷喬助・武田二美雄・田元 馨・田中 修・福見 徹・久保 正・鳥谷部憲男: 北水試月報, **17**, 373-384 (1960).
- 5) 西谷喬助・武田二美雄・田元 馨・田中 修・北林 透: 北水試月報, **18**, 391-397 (1961).
- 6) 梅本 滋・村木義雄: 東海水研報, **60**, 191-194 (1969).
- 7) 志水 寛・西岡不二男: 本誌, **40**, 267-270 (1974).
- 8) 田元 馨: ニュー・フッド・インダストリー, **13**, (12), 62 (1971).