シンポジウム記録 水産物に関わる冷凍研究の課題と展望

II-2. 温度条件による寒冷収縮と解糖作用の制御

中澤奈穂

東京海洋大学大学院

II-2. Control of cold shortening and glycolysis
by temperature control of the fish meat

NAHO NAKAZAWA

*Graduate School of Marine Science and Technology, Tokyo
University of Marine Science and Technology, Minato-ku,
Tokyo 108-8477, Japan*

1. 冷凍魚肉の ATP と pH

ATP,¹⁾ pH²⁾とも、タンパク質の冷凍変性抑制等に影響することが報告されている。そのため、凍結・冷凍保管・解凍の過程において、ATP と pH を適正に制御することができれば、冷凍魚肉の高品質化、高付加価値化につながることを期待される。

2. 冷凍魚肉における寒冷収縮と解糖作用

死後の筋肉の ATP と pH は、筋収縮とそれに伴う解糖により著しく低下する。鮮魚流通の場合は、漁獲時の暴れで ATP が著しく消費されるために、取り上げの際に安静蓄養や活締め（延髄、脊髓破壊）を行う。また魚種によっては、その後の急速な冷却により筋収縮が起こる（寒冷収縮）ため、³⁾ 活締め後は 5℃ 付近とやや高い温度で保管する。一方、冷凍で流通する場合は、取り上げ後、鮮魚とは逆に凍結点以下の低温度まで急速に冷却する。これは、凍結点付近では解糖系関連酵素を含む水溶性成分が濃縮し、解糖およびその他酵素反応が速く進行するためとされており、⁴⁾ その後も魚肉の最終温度を酵素反応がほぼ停止する温度まで低下させる必要がある。

3. 凍結温度と速度による赤身魚肉の ATP と pH の変化

凍結温度および速度が解糖系の進行に及ぼす影響については、古くからタラ⁴⁾等で報告されている。一方で、致死後の pH 低下が大きい赤身魚に関する報告は少ない。そこで赤身魚の ATP と pH の変化について調べた。養殖クロマグロを、活締め後 2 時間以内に凍結速度を変えて最終温度 -50~-40℃ で凍結した。0℃ から -5℃ まで 1 時間以内で低下した場合には、凍結前後で pH は殆ど変わらなかったが、5 時間以上では最大 0.7 低下した。一方で、ATP 含量は 9 時間の場合でも約 3 $\mu\text{mol/g}$ の低下にとどまり、凍結速度の影響は小さかった。次に、蓄養マサバを活締め直後に、-30~0℃

で冷却した。ATP と pH の低下速度は、冷却速度と最終温度によって異なり、-5℃ で冷却した場合に最も低下が速かった。ATP は最終温度 -10℃、pH は -15℃ で低下が停止し、それぞれ停止温度に相違があることが示唆された。これらの結果から、活締め後の冷却速度と温度の制御によって pH と ATP を維持した冷凍マサバ肉を調製することができた。

4. 解凍前温度制御による赤身魚肉の品質制御の可能性

ATP と pH が維持された冷凍赤身魚肉は、解凍時に再び筋収縮と解糖系が進行する。急速解凍すると解凍収縮を起こし、pH は解凍速度に関わらず低下する。ここで解凍前に -10℃ 付近で一時保管すると、解凍前に NAD, ATP が減少して、解凍時の解糖系が停止し、pH を維持した解凍魚肉が得られる魚種がある。⁵⁾ そこで pH と ATP が高い冷凍メバチとゴマサバ肉を用いて調べた結果、-10℃ で 2~3 日間以上保管した後に解凍すると、解凍肉の pH は、メバチで 6.5~6.8、ゴマサバでは 6.2~6.5 を維持した。これらは、官能評価により刺身としての食感が向上する可能性が示唆された。

5. まとめ

凍結時の冷却速度と最終温度の制御により、ATP と pH を高く維持した冷凍赤身魚肉の製造が可能だった。また、高 ATP、高 pH の冷凍魚肉を -10℃ 付近で一時保管してから完全解凍すると、解凍肉の pH が維持される魚種があり、食感が向上する可能性が示唆された。冷凍魚肉の品質向上につながる手法として、今後更に詳細な検討が必要と考えている。

文 献

- 1) 緒方由美, 進藤 譲, 木村郁夫. ATP による魚類筋原線維タンパク質の冷凍変性抑制. 日本水産学会誌 2012; **78**: 461-467.
- 2) 岡崎恵美子. 魚の死後変化. 「新版 食品冷凍技術」(新版食品冷凍技術編集委員会編) 社団法人日本冷凍空調学会, 東京. 2009; 67-72.
- 3) 潮 秀樹. 死後硬直. 「水産利用化学の基礎」(渡部終五編), 恒星社厚生閣, 東京, 2010: 22-26.
- 4) Nowlan SS, Dyer WJ. Glycolytic and Nucleotide Changes in the Critical Freezing Zone, -0.8 to -5C, in Prerigor Cod Muscle Frozen at Various Rates. *J. Fish. Res. Board Can.* 1969; **26**(10): 2621-2632.
- 5) 尾藤方通. カツオ肉の凍結貯蔵中における NAD, ATP 両レベルおよび pH 変化のドリップ量への影響. 日本水産学会誌. 1978; **44**(8): 897-902.