

温度条件と死後変化の制御による冷凍赤身魚肉の高品質化に関する研究

著者	中澤 奈穂
学位名	博士(海洋科学)
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2019
学位授与番号	12614博乙第38号
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001875/

博士学位論文内容要旨
Abstract

専攻 Major	応用生命科学専攻	氏名 Name	中澤 奈穂
論文題目 Title	温度条件と死後変化の制御による冷凍赤身魚肉の高品質化に関する研究		

従来、特に沿岸海域で大量に漁獲される赤身魚において「冷凍」は、微生物の増殖を停止し、保管または輸送しやすくするための手段の一つであった。しかし、近年、冷凍技術の発展や消費者ニーズの変化により、高品質な生食用の冷凍赤身魚肉が販売されるようになった。従来から筋肉タンパク質や脂質など個々の成分を抽出して、条件を変えるモデル的な評価手法が活用されてきた。しかし、魚肉の冷凍による影響は、魚種、魚肉の死後変化の段階によって異なり、漁獲前後の生化学的変化、筋肉細胞の組織構造の変化、筋肉タンパク質と水との結合状態の変化等、影響が多岐にわたる。そのため、本来は魚肉そのものを用いて総合的に評価する必要があるが、検証が行われていない部分も多い。

赤身魚肉は、グリコーゲン含量が高く、解糖系酵素活性が高いため、死後および凍結、解凍に伴う pH 低下が早い。この急激な pH 低下は、赤身魚肉の品質劣化の速さの原因とされ、特に結合組織が脆弱な魚種では、解凍肉に身割れ、身崩れ、生臭さが生じ、品質劣化は一層深刻である。

そこで、本論文の主題は、冷凍赤身魚肉の品質向上につながる実用的な温度条件と魚肉の生化学的條件を明確化することを目指して、致死から解凍に至るまでの温度条件と、魚肉の死後変化の進行度合いが冷凍赤身魚肉の性状及び品質に及ぼす影響を明らかにすることである。対象魚種は、生食用の冷凍赤身魚として従来から用いられているマグロと、近年用いられるようになったサバである。以下に、章ごとの内容を示す。

第1部 冷凍マグロの品質制御に関する研究 第2章～第4章

冷凍マグロは既に製造方法が確立されているが、冷凍マグロ業者により生産・流通コストの低減、凍結-解凍方法の改善による高品質化の努力が続けられている。

第2章 冷凍マグロの従来の研究結果による冷凍保管温度は -35°C 以下または -70°C 以下であるのに対して、現在の産業的な冷凍保管温度は -50°C 以下であり、品質と経済性を両立する水産物の冷凍保管温度の設定が課題となっている。なお、市場に流通する冷凍マグロでは、漁獲時の魚体の生死が品質に影響するが、さらに漁獲時に生存していた魚体でも、死後変化の度合いにばらつきが生じていることが明らかにされている。そこで、凍結時点での pH が異なる冷凍マグロを用いて冷凍保管温度による品質への影響を検証した。その結果、凍結時の pH に関わらず、 -45°C 以下の冷凍保管温度では長期間品質が維持されること、また、 -40°C 以上の冷凍保管温度では、凍結時の pH が高い方が品質劣化を抑制できることを明らかにした。

第3章 近年マグロの凍結速度は急速化している。マグロは、魚体が大きいために、表層と内部の凍結速度が異なっており、表層部にある肉と内部の肉との間で、ATPの分解程度や乳酸含量、および氷結晶の大きさに違いが生じている。そこで、死後変化の段階の違いが、冷凍マグロの氷結晶の生成ならびに解凍時の品質に及ぼす影響について調べた。その結果、凍結速度により生じた変化は、凍結直後と十分な冷凍保管温度下では品質に影響がなく、品質への影響の大きさは、冷凍保管温度 $>$ 死後変化の度合い \approx 凍結速度であった。

第4章 解凍の際には、冷凍赤身魚肉中では pH 低下が起こることが特徴的であるが、このことは、冷凍赤身魚肉のタンパク質の安定性や品質にとってマイナスの影響を及ぼす可能性がある。ここで、冷凍赤身魚肉に対して、解凍前に -10°C 付近で一定期間保管する温度処理(解凍前温度処理)を行うと、急速解凍時の解凍硬直が抑制されること、また、解凍後の肉においても pH が維持される現象が報告

されている。しかし、どのような温度条件で本処理を行えば、この現象が安定的に起こるか、また、刺身としての品質への影響、さらに pH の維持機構、品質向上の機構など、実用化につながる検討は殆ど行われていない。そこで、本章ではメバチを用いて解凍前温度処理の効果を調べ、解凍後の pH が維持される効果があること、また品質、特にドリップや食感に良い影響があることを明らかにした。

第2部 冷凍サバの品質制御に関する研究 第5章～第7章

サバは、全国各地で漁獲され、近年は、生食用の冷凍サバも販売されるようになった。しかし、品質に関する情報はまだ不足しているため、品質に関する様々な情報が必要である。

第5章 冷凍サバは、各産地で製造されているが、品質の違いや品質への影響要因は不明であった。そこで、冷凍サバの品質に及ぼす影響要因について調査した結果、脂質含量と死後変化の度合いが品質に影響し、死後変化の早い段階での凍結と漁獲後低温での冷却により品質が向上する可能性が示唆された。

第6章 ATP 含量が高く、pH が高く維持されたまま凍結された冷凍魚肉は、タンパク質の冷凍変性および Mb のメト化が抑制され、品質が高いことが報告されている。一方で、ATP および pH を維持したまま凍結するための、魚肉の冷却条件については明確になっていない。そこでマサバを用いて、 $-30\sim 0^{\circ}\text{C}$ のブライン液中で冷却したときの ATP および pH の変化を調べた結果、ATP と pH の低下を促進するまたは抑制する温度帯があることが明らかになり、ATP と pH を維持したまま凍結するための冷却条件を明らかにした。

第7章 ゴマサバは、筋肉組織が軟弱であり、凍結—解凍により肉質が劣化しやすい。そこで、第4章のメバチと同様に、 -10°C における解凍前温度処理による品質への影響を調べた結果、死後変化および凍結解凍後の pH 低下が抑制され、保水性や食感の改良効果が得られた。また冷凍温度下で起こる一次代謝反応の変化による pH 維持機構を明らかにした。漁獲直後に凍結した鮮度の高い赤身魚肉および特定の冷凍温度下を用いた場合、冷凍保管中に赤身魚肉の代謝反応を進行または抑制させることが可能な場合があり、品質劣化が速い冷凍赤身魚肉の品質を人為的にコントロールできる可能性を示唆した。

第8章では、これらを総合的に論じた。

以上のように、本研究においては、赤身魚肉の鮮度および死後変化段階を考慮し、冷却・凍結・冷凍保管温度を精密にコントロールすることで、冷凍赤身魚肉の品質がさらに向上する可能性を示した。いずれも不確定な部分は残されており、さらなる検証が必要であるが、生食用の冷凍赤身魚肉を製造する際に、どのような因子が品質に関与しているか、また、どのような考え方で温度条件を選択する必要があるかを明らかにしたものであり、様々な冷凍赤身魚肉の製造技術の構築に貢献できると考えられる。