

論文題名

養殖コイの各筋タイプ微細構造とその保存中における変化に関する研究

長崎大学大学院水産・環境科学研究科

梁 佳

魚類の体側筋は、皮下から順番に血合筋部、中間筋部、普通筋があり、それらが分離して層状を成して構成されていることが知られている。それらの各筋肉は酵素組織化学的性質や代謝特性から分類され、異なる筋タイプで構成されていることが分かっている。これまで魚類の肉質軟化は筋原線維の崩壊に伴う因子と、主にコラーゲン線維を中心とした細胞外マトリックスの崩壊による因子によるものと考えられてきた。これまでの研究では、大型養殖コイを用いてピンク筋の組織学的特性と鮮度低下に伴う死後の組織崩壊の様相を、白筋や赤筋と比較から明らかにすることを目的とした。

研究方法として養殖コイの凍結切片を用いたATPase染色とグリコーゲン染色により筋タイプの判別を行い、各筋タイプ別の鮮度（ATP 関連化合物）変化を測定するとともに、各筋タイプ別の保存中における変化について、筋原線維の因子から明らかにするために、透過型電子顕微鏡による筋細胞内微細構造変化の観察を行った。さらに、魚類の肉質軟化因子の主になる細胞外組織結合の因子から明らかにするために、筋肉の破断強度を測定するとともに、走査型電子顕微鏡によるコラーゲン線維を中心とした細胞外マトリックス観察も行った。

第 1 章では、本研究の目的と意義、本研究に関連した従来の研究および本研究の概要について述べた。

第 2 章では、魚類の肉質軟化について筋原線維崩壊に伴う因子の点から、ピンク筋の組織学的特性や死後の組織崩壊の様相を明らかにするため、養殖コイを氷蔵し、各筋タイプ別の生鮮度低下に伴う微細構造の変化は透過型電子顕微鏡（TEM）を用いて検討した。その結果、3 種類の筋タイプにおける ATP 関連化合物総量をそれぞれ比較すると、白筋、ピンク筋、赤筋の順で多かった。K 値の上昇は、赤筋、ピンク筋、白筋の順に速かった。Z 線のジクザク構造、筋小胞体、ミトコンドリアの崩壊も、赤筋、ピンク筋、白筋の順に速かった。また、グリコーゲン様顆粒の消失も、赤筋、ピンク筋、白筋の順に速かったという結果を得ている。以上より、ピンク筋の細胞内小器官の崩壊が白筋のそれより速かったことから、

第3章では、養殖コイを氷蔵し、各筋タイプの鮮度（K値）を測定するとともに、電子顕微鏡による細胞化学的 Mg^{2+} -ATPase 活性局在の観察を行い、鮮度変化に伴う Mg^{2+} -ATPase 活性とその局在を、白筋、ピンク筋および赤筋との比較で明らかにしようとした。3種類の筋タイプにおける ATP 関連化合物総量は、白筋、ピンク筋、赤筋の順で多かった。K値の上昇は、赤筋、ピンク筋、白筋の順に速かった。 Mg^{2+} -ATPase 活性の局在は筋原線維の A 帯、筋小胞体膜、ミトコンドリア膜およびクリステに明瞭なリン酸鉛の沈殿として観察され、保存中の失活は赤筋、ピンク筋、白筋の順に速く、ピンク筋の自己消化酵素の活性或いは安定性が白筋と赤筋の中間程度ではないかと考察した。以上より、普通筋部へのピンク筋介在の多寡が肉質劣化の遅速に影響すると考察した（投稿中）。

第4章では、魚類の肉質軟化について細胞外マトリックスの崩壊に伴う因子の点から、各筋タイプ別の物性値（破断強度）の変化と各筋タイプの細胞外マトリックスの変化の関係を明らかにするため、養殖コイを氷蔵し、各筋タイプ別の生鮮度低下を測定し、筋タイプ別の物性変化を測定すると共に、筋細胞外マトリックスの微細構造の変化を走査型電子顕微鏡（SEM）によって検討した。その結果、物性値では、即殺直後には赤筋赤筋 > ピンク筋 > 白筋の順で高かった。保存中を通じて白筋は変化がほぼ無かったが、ピンク筋・赤筋共に物性値は低下した。保存7日目では赤筋 > ピンク筋 > 白筋の順で高かった（投稿中）。また、養殖コイの各筋タイプに対するアルカリ浸軟法によるコラーゲン線維の走査型電子顕微鏡観察のための組織固定方法を検討し、コイの各筋タイプに対する最適組織固定の前固定条件（2.5%グルタルアルデヒド・2%パラホルムアルデヒド、0.1Mリン酸バッファー、pH 7.2）を確立した（長崎大学水産学部研究報告 2013, 94, 25-28）。本方法を用いてマトリックスの検討を行ったところ、各筋タイプの細胞外マトリックスはハニカム様の構造を呈しており、マトリックスの崩壊は $W \gg P \geq R$ の順に早かった。以上の結果から、普通筋部における P の介在の多寡は保存中における普通筋軟化速度の遅速に影響すると考察した。

第5章では、コイにおける各筋タイプの特徴をとりまとめると共に、魚類の普通筋部におけるピンク筋の介在の程度が鮮度ののみならず物性をふまえた肉質全般に影響することを考察した。