

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	LIAO QIUHONG
論文題目	Fluorescence Spectroscopy Prediction of Fish Freshness (蛍光分光による魚の鮮度予測)		
(論文内容の要旨)			
鮮度は農畜水産物や食品の商品価値を決める重要な要素である。とりわけ魚介類においては流通段階での劣化が早く、鮮度によって用途や調理方法が大きく変わり、商品価値を大きく左右する。魚の鮮度評価に関しては、K値（筋肉中のATPの分解の程度を示す指標）を化学的に定量する手法が広く用いられ、他にもこれまでに数多くの方法が報告されてきた。しかし、その評価方法のほとんどは高価な装置や熟練を要し、時間もかかるため、迅速かつ簡便な鮮度評価の技術が求められている。 本論文は、眼液や鱗片がもつ蛍光物質の特性に着目し、魚の鮮度を迅速かつ簡便に評価する技術への応用可能性を示したものである。ウグイとマダイにおいて、眼液や鱗片が蛍光物質を有していること、その蛍光特性が貯蔵条件下で経時変化すること、さらに化学分析の結果とも総合して鮮度との関連について論じている。 本論文は6章から構成され、第1章で本研究の背景、研究目的、論文の構成を述べた後、第2章では供試魚と各種測定装置について、仕様と原理について述べている。供試魚には、ウグイ（<i>Tribolodon hakonensis</i>）とマダイ（<i>Pagrus major</i>）を用い、それぞれを淡水魚と海水魚のモデル試料とした。蛍光特性の測定には分光蛍光光度計を用い、励起波長と蛍光波長を走査して励起蛍光マトリクス（EEM）を得た。鮮度の評価には、背部筋肉をサンプリングして得たK値を指標とし、電気泳動法による装置を用いた。蛍光物質の定性、定量分析には高速液体クロマトグラフィ（HPLC）やフーリエ変換型赤外分光光度計（FTIR）、試料の観察に走査型電子顕微鏡（SEM）を用いた。 第3章ではウグイの眼液の蛍光特性を測定し、鮮度との関係を論じている。気温20℃、相対湿度80 %の環境下で貯蔵したウグイの眼球から眼液を摘出して分光蛍光光度計で測定したところ、主として4つの蛍光ピークが確認できた。これらは芳香族アミノ酸や尿酸によるものと示唆された。3時間ずつ貯蔵時間を変えたウグイを供試して経時変化を分析したところ、芳香族アミノ酸によると思われる蛍光強度は強弱を繰り返し複雑な挙動を示したのに対し、尿酸によると思われるピークは貯蔵18時間までは線形的に、それ以降は指数関数的に上昇し、それぞれ$R^2=0.90$、$R^2=0.96$と高い相関を示した。またHPLCで尿酸を定量したところ、貯蔵24時間後には開始直後の試料の10倍以上に増加していることが確かめられた。このことから、眼液中の尿酸の蛍光が鮮度評価に有用であることが確かめられた。 第4章ではマダイの眼液を供試して第3章と同様に実験を行い、蛍光特性と鮮度との関係を論じている。マダイにおいてもHPLCにより眼液中の尿酸を定量したところ、貯蔵時間が12、24、36時間と増加するにつれて、尿酸の量は増加するものの、その変化はウグイと比べて緩やかであることが示された。尿酸による蛍光強度は貯蔵時間に対して指数関数的に上昇し、K値との間で$R^2=0.94$の相関が得られた。 第5章ではより迅速かつ魚体への損傷が少ない手法を目指し、マダイの鱗片の蛍光			

特性と鮮度との関係を論じている。22℃で貯蔵したマダイの鱗片を採取し、フロントフェイス法により30°で励起光を照射して蛍光測定を行った結果、コラーゲンとチロシンによると思われる蛍光ピークがそれぞれ見られた。個体差により各々の測定では蛍光強度のばらつきが見られたものの、コラーゲンとチロシンのピークの比に着目したところ、正の相関が得られ、決定係数は $R^2=0.95$ となった。これは、貯蔵期間が長くなるほど、チロシンのピーク強度が相対的に小さくなるためと考えられる。

第6章は本論文の総括をすると共に、成果と課題について述べており、他種の魚を用いた実験、貯蔵条件を変えた実験、実応用に向けた装置開発などへの展開について提案し、締めくくっている。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本研究はウグイとマダイの眼液や鱗片がもつ蛍光特性に着目して鮮度との関係を検証し、新たな魚の鮮度評価技術への応用可能性を示したものである。化学的な操作を多く必要としてきた既存法と比べ、圧倒的に簡便かつ迅速な測定を可能とし、実用性は非常に高い。一方で、これまで農産物の蛍光特性に着目した研究は多く報告されているものの、魚に関する報告は魚肉を対象としたものにとどまっており、個体の非破壊検査に資する技術に関する研究報告はない。本論文では、鮮度の異なる魚を供試して眼液や鱗片がもつ蛍光強度から鮮度推定の可能性を示したものであり、評価できる点は以下の通りである。

1. ウグイやマダイの眼液には複数の蛍光物質が含まれることおよびそれらはアミノ酸や尿酸によるものであることを示した。淡水魚であるウグイの眼液では、尿酸と思われる蛍光強度は貯蔵18時間までは線形的に、それ以降は指数関数的に上昇し、高い相関を示した。また、尿酸の量は貯蔵24時間後には貯蔵開始直後の10倍以上に増加した。
2. 海水魚であるマダイの眼液中の尿酸を定量したところ、貯蔵時間と共に増加するものの、その変化はウグイに比べて緩やかであった。その蛍光強度は貯蔵時間に応じて指数関数的に上昇し、K値との間には高い相関が見られた。
3. 迅速かつ魚体への損傷が少ない鮮度計測手法開発のため、マダイの鱗片を採取して蛍光特性を分析した結果、コラーゲンとチロシンと思われる蛍光ピークがそれぞれ見られ、それらの蛍光強度の比率とK値との間には $R^2=0.95$ の相関が見られた。

以上のように、本論文は魚の眼液や鱗片の蛍光強度とK値との高い相関を明らかにしており、さらなる研究の継続により、今後の魚の鮮度評価に関して大きな貢献が期待できる。このことから生物センシング工学、農業システム工学、フィールドロボティクスの発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成29年10月24日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することと支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）