

氏名 高 天齊

論文題目 Non-destructive Quality Assessment of Avocado (*Persea americana* Mill.) Using Fluorescence Technology for Flesh Oil Content Determination

＜ 論文の要約 ＞

本研究は、アボカド (*Persea americana* Mill.) の非破壊的品質評価手法の確立を目的とし、蛍光技術を活用して果実の成熟過程および果肉油分含有量を評価する新しいアプローチを提案した。アボカドは、その高い栄養価と多用途性により世界的に重要な果実であるが、品質評価はこれまで破壊的手法に依存してきた。本論文では、励起-発光マトリックス (Excitation Emission Matrix: EEM) 分析、蛍光画像法、深層学習技術を組み合わせ、油分含有量を正確に予測する非破壊的手法を開発し、その有効性を実証した。

本論文は全8章で構成されており、第1章と第2章では、アボカド産業の現状、品質評価の重要性、及び非破壊的手法の可能性について述べている。伝統的な破壊的評価手法は効率性や正確性に課題があり、新たな非破壊的技術の必要性が高まっている。本研究は、蛍光技術を用いて、アボカド果皮の蛍光特性と油分含有量の関係を明らかにし、機械学習を活用した精密な予測モデルを構築することを目的としている。第3章では、アボカドの生物学的特性、栽培方法、及び品質パラメータ (油分、熟度、外観など) について概説し、従来の破壊的および非破壊的手法の利点と限界を整理している。また、蛍光技術が非破壊的評価において果たす役割について、先行研究を通じて議論した。第4章では、研究対象として使用した日本国内で栽培された「ベーコン」アボカドのサンプル、及び蛍光測定装置について説明している。特に、蛍光画像システムの設計と EEM 分析の手法について詳述している。

第5章では、アボカド果皮における蛍光特性を評価するための詳細な方法論と結果を報告している。励起波長 375 nm における発光ピーク (410 nm および 431 nm) が、カフェ酸やクロロゲン酸などのフェノール系化合物に由来することを特定した。また、これらの蛍光ピーク強度が果肉油分含有量と強い負の相関 ($r = -0.86$) を示すことを明らかにした。第6章では、カスタム設計された蛍光画像システムを使用して、果皮の蛍光特性を基に果肉油分含有量を非破壊的に推定する手法を開発した。果皮表面の蛍光指標 (Surface Fluorescence Index: SFI) を導入し、その値が油分含有量と高い負の相関 ($r = -0.91$) を示すことを実証した。この方法は、果実を高油分と低油分に分類する際に有効であり、交差検証の結果、 R^2 値 0.81 の精度を達成した。さらに、蛍光画像を用いた推定モデルの限界についても議論し、他のアボカド品種やリアルタイム適用への展望を示した。第7章では、EEM データを入力とした畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network: CNN) モデルを開発し、その性能を従来の部分的最小二乗回帰 (PLSR) モデルと比較した。CNN モデルは、 R^2 値 0.8995 を達成し、PLSR モデル (R^2 値 0.6956) を大幅に上回る精度を示した。この章では、機械学習技術が非破壊的評価手法の精度向上にどのように寄与できるかを論じている。

第8章では、本研究の主要な成果を総括し、非破壊的評価手法の実用化に向けた課題と将来の展望を述べている。本研究の成果は、アボカド産業における収穫時期の最適化、選別効率の向上、廃棄物削減に貢献するものであり、他の果物や農産物への応用可能性も秘めている。また、今後の研究では、他のアボカド品種への適用やリアルタイム計測技術の開発が求められる。

本研究は、蛍光技術と深層学習を活用したアボカドの非破壊的品質評価手法を提案し、その有効性を実証した。特に、果皮の蛍光特性を基にした油分含有量の推定モデルは、アボカド産業における実務的な利用に向けた新しい可能性を示唆している。さらに、深層学習技術を用いることで、従来の手法では達成できなかった高精度な予測を実現した点は本研究の重要な貢献である。本研究の成果は、持続可能な農業と食料供給チェーンの発展に寄与することが期待される。