

氏名(本籍)	安藤泰雅	(東京都)
学位の種類	博士(工学)	
学位記番号	博甲第6878号	
学位授与年月日	平成26年	3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当	
審査研究科	システム情報工学研究科	
学位論文題目	電気インピーダンス法を用いる青果物および穀物組織の物性評価に関する研究	
主査	筑波大学 教授	工学博士 水谷孝一
副査	筑波大学 教授	工学博士 藪野浩司
副査	筑波大学 教授	Ph.D.(工学) 堀憲之
副査	筑波大学 准教授	博士(工学) 若槻尚斗
副査	筑波大学 助教	博士(工学) 前田祐佳
副査	筑波大学 助教	博士(工学) 海老原格

## 論文の要旨

本論文は、青果物および穀物の電気インピーダンス特性から細胞の状態を推定し、青果物の加工過程および穀物の貯蔵・輸送過程における品質計測法に関するものである。一般に、青果物に貯蔵性を向上させるため加工処理が行われるが、その過程では、テクスチャ等の物理的性質が大きく変化することが知られている。そのため、適切な加工条件を設定するために、これらの物理的品質をリアルタイムに評価できる技術が求められている。一方、穀物の貯蔵・輸送過程では外部環境の変動により、含水率の変化やカビの発生等の品質劣化が問題となっている。現状ではこれらの品質劣化は目視等により検査されているが、人間が介在しない機械的・電子的なモニタリングによる検査が可能になれば、検査の簡略化等に貢献できると考えられる。本研究では、青果物の加工過程および穀類の貯蔵・流通過程における電気インピーダンスの特性の変化から対象組織内の細胞構造の変化を推定することで物理的品質の評価を行う手法の構築を目指している。

第2章では、青果物組織のインピーダンス特性を評価するための等価回路モデルの構築を試みている。先行研究において細胞の等価回路モデルとして提案されている Hayden モデルを基にした修正モデルを提案している。また、この修正モデルの妥当性を評価するために、実験による検証を行っている。その結果、他のモデルと比較し修正モデルは青果物組織のインピーダンス特性に対して高い適合性を示し、青果物のモデルとして妥当であることが示された。

第3章では、代表的な加工処理である乾燥の過程における青果物の細胞状態の変化に関する基礎的な知見を得るため、実験による検証を行っている。モデル組織としてジャガイモ切片を用い、その乾燥過程におけるインピーダンス特性から細胞状態の評価を行っている。乾燥前期においては第2章で

(博甲)

構築した修正モデルが適用され、熱および乾燥ストレスにより細胞膜が損傷を受けていることが推察された。また、吸水過程におけるインピーダンス特性の変化から前期乾燥期間におけるインピーダンス特性の変化が水分量の増減とは独立であり、細胞膜の状態変化に依存するものであることが示されている。これらの結果により乾燥過程における青果物組織の細胞構造の変化が明らかになると共に、電気インピーダンス法による細胞膜健全性の評価法としての可能性を見出した。

第4章では、青果物内部の細胞膜の損傷がその乾燥速度に与える影響について、実験による検証を行っている。実験試料として一般に乾燥青果物として流通するニンジンを用い、その細胞膜の損傷を電気インピーダンス特性より評価、乾燥速度との比較を行っている。実験結果より、細胞膜の損傷が大きいほど、乾燥速度が高くなる傾向が見られ、青果物における細胞膜の状態と乾燥速度は密接に関与することが示されている。この結果は、電気インピーダンス法による乾燥速度の推定に応用できると考えられ、青果物乾燥における最適な乾燥条件の設定やエネルギーコストの削減に有用な知見であると言える。

第5章では、電気インピーダンス法を用いる含水率計測およびカビ検出法の確立を目的とし、玄米含水率の変化およびカビの発生が電気インピーダンス特性に与える影響の評価を行っている。その結果、等価回路パラメータと含水率の関係から含水率の推定、カビ発生の検知の可能性が示された。

以上の成果は、電気インピーダンス法を利用することで対象組織の細胞膜の状態を推定することにより、迅速かつ簡便に加工、流通過程における青果物および穀物組織の品質推定が行えることを示しており、より広い農産食品の物性計測法としての応用が期待される。

## 審 査 の 要 旨

### 【批 評】

本論文は農産食品である青果物や穀物組織の電気インピーダンス特性からその加工・貯蔵・流通等の過程における細胞の状態を推定する物理的な品質計測に関するものである。計測法として用いられた電気インピーダンス法および等価回路解析の手法は、電気化学等で発展してきた手法であるが、植物組織のもつ不均質性を考慮し、独自の等価回路を構築し、細胞の損傷等の状態変化を定量化した点に大きな意義がある。また、提案された等価回路モデルは他の生体組織にも適用できるものであり、その応用性は高い。本論文では、青果物の乾燥過程における物理的品質評価、乾燥速度の予測、玄米の含水率計測・カビ発生の検出への適用を行っているが、その中で得られた成果は、従来人の経験的な知見によって評価されてきた食品の品質計測が、迅速かつ簡便に定量的評価できることを示しており、今後、食品加工の自動化、検査の簡易化などに対する大きな貢献が期待できる。

### 【最終試験の結果】

平成26年1月21日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結 論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。