

氏 名 ^イ ^{ワヤン} ^{ブディアストラ} Wayan Budiastira
 学位(専攻分野) 博 士 (農 学)
 学 位 記 番 号 論 農 博 第 2210 号
 学位授与の日付 平成 10 年 11 月 24 日
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
 学 位 論 文 題 目 Optical Methods for Quality Evaluation of Fruits
 (果実の品質評価のための光学的方法)

(主査)

論文調査委員 教授 池田善郎 教授 山崎 稔 教授 梅田幹雄

論 文 内 容 の 要 旨

果実や野菜等の農産物の食味に関する内部品質を非破壊で迅速かつ客観的に判定することは極めて重要な技術であり、従来から種々の物理的な手法の研究が行われている。例えば、電磁波に対する特性と内部品質の関係を求めたり、NMRによる内部の三次元構造の測定等の研究もあり、打音の周波数解析、形状や表皮色、質量・密度の測定等による内部品質の判定方法が開発されている。特に近年、近赤外線に対する性質を利用して果実の内部品質を判定する技術の開発が進められてきたが、糖類の総量を推定するものであり、個別の糖類や有機酸を推定する研究は少ない。

本論文は、果実の内部品質の評価方法としての可視及び近赤外領域での光学的性質をKubelka-Munk理論により検討し、K-M係数と果実の糖類含量との関係を明らかにするとともに、近赤外線反射法による個別の糖類及び有機酸含量の推定の可能性を検討したものである。また、近赤外線透過システムを開発し、果実の光学密度及び光学密度分布の勾配と果実の硬度との関係を求めて、光学的方法による内部品質判定の可能性についても検討しており、その成果の主要な点は以下のように要約される。

1) リンゴ‘ふじ’とナシ‘二十世紀’を対象として波長240-2600nmの紫外から近赤外領域の光学的特性を計測・決定するためにKubelka-Munk理論について検討し、果実の表皮、熟度がK-MパラメータのK/S (K; 吸収係数, S; 散乱係数)に及ぼす影響を決定し、K-M光学係数と糖類含量との関係を求め、K-Mパラメータは表皮と熟度の影響を受けることを明らかにした。すなわち、表皮が存在すると、可視領域では、吸収係数K及びK/Sは増加するが、近赤外領域では、これらの係数は減少する。また、ほとんどの帯域で散乱係数は増加する。リンゴの550nmにおける $\log(1/R_\infty)$ 及びナシの620nmにおける $\log(1/R_\infty)$ と糖類含量の関係は、相関係数が最も高く、rの値は0.91以上であった。従って、波長550nm及び620nmでの $\log(1/R_\infty)$ の値は、それぞれリンゴ及びナシの表皮-果肉試料の糖類含量の予測に応用できる。

2) リンゴ‘ゴールデン・デリシャス’の円筒果肉試料とマンゴ‘ケドン’全姿試料の各糖類とリンゴ酸含量の推定に近赤外分光分析法が使用可能かどうかを検討するために開発したオンライン果実検査システムについて述べ、2種類の重線形回帰法により、1400nmから2000nmの帯域での $\log(1/R)$ と、クロマトグラフ法で求めた各糖類及びリンゴ酸含量の校正曲線を決定した。リンゴについて、SEP(予測値の標準誤差)がリンゴ酸に対する0.08%から果糖に対する0.44%の範囲に変動したのに対して、全ての糖類とリンゴ酸に対して含量の実測値と予測値との相関係数は0.9以上であった。偏りがリンゴ酸に対する0.01%から果糖に対する0.1%の範囲にあったのに対して、変動係数は果糖についての9.7%から蔗糖の16.5%の範囲にあった。これらの結果から、本研究で開発した校正式及び近赤外分光システムは、リンゴの個別の糖類及びリンゴ酸の含量予測に使用可能な精度を有するとの結論を得た。

3) マンゴについて、実測値と予測値との相関係数は、蔗糖に対して0.98、リンゴ酸に対して0.99であり、SEPは蔗糖及びリンゴ酸に対してそれぞれ0.16%及び0.18%であった。変動係数は蔗糖については2.6%、リンゴ酸については5.3%であり、偏りは蔗糖について0.06%、リンゴ酸については0.02%であった。これらの結果から、本研究で開発した校正式及び近赤外

分光システムは、蔗糖及びリンゴ酸の含量予測に使用可能な精度を有するものと思われる。

4) リンゴ‘ゴールデン・デリシャス’、‘ラリタン’及びナシ‘二十世紀’を対象として、波長783nmのレーザーダイオードによる光透過法について検討し、光学密度を決定し、硬さとの関係を求めた。光学密度は主として果実の細胞壁構造の変化の影響を受けるとし、透過電子顕微鏡で観察し、繊維状中葉と細胞壁外部は、リンゴが軟化するにつれて壊変し溶解することを確認した。光学密度はリンゴ及びナシの硬さの正確な予測には使用できないが、この種の試料の硬軟差を判定する程度のシステムには使用できる。

以上の結果から、光学的に内部品質を判定する方法は、果実の糖類及び酸含量の推定に有効な技術になるものとの結論を得た。

論文審査の結果の要旨

果実の品質を評価するための光学的方法は農産物の食味に関する内部品質を非破壊で迅速かつ客観的に判定する技術として基本的なものと考えられている。本論文は、可視及び近赤外領域の光学的特性と果実の糖類の総含量、個別の糖類及びリンゴ酸含量との関係を求め、各成分含量推定の可能性を検討したもので、評価すべき点は次の通りである。

1) リンゴ‘ふじ’とナシ‘二十世紀’を対象として波長240nm-2600nmの紫外から近赤外領域の光学的特性を計測・決定するためにKubelka-Munk理論について検討し、果実の表皮、熟度がK-MパラメータのK/S (K; 吸収係数, S; 散乱係数) に及ぼす影響を決定し、K-M光学係数と糖類含量との関係を求め、K-Mパラメータは表皮と熟度の影響を受けることを明らかにした。リンゴの550nmにおける $\log(1/R_\infty)$ の値及びナシの620nmにおける $\log(1/R_\infty)$ の値と糖類含量の関係は相関係数が最も高く、波長550nm及び620nmでの $\log(1/R_\infty)$ の値は、それぞれリンゴ及びナシの表皮-果肉試料の糖類含量の予測に応用できる。

2) リンゴ‘ゴールデン・デリシャス’の円筒果肉試料とマンゴ‘ケドン’全姿試料の個別の糖類とリンゴ酸含量の推定に近赤外分光分析法が使用可能かどうかを検討するためにオンライン果実検査システムを開発し、2種類の重線形回帰法により、1400nmから2000nmの帯域での $\log(1/R)$ と、クロマトグラフ法で求めた個別の糖類及びリンゴ酸含量の校正曲線を決定した。リンゴの全ての糖類とリンゴ酸に対して含量の実測値と予測値との相関係数は0.9以上であった。マンゴについては、実測値と予測値との相関係数は、蔗糖に対して0.98、リンゴ酸に対して0.99であり、これらの結果から、本研究で開発した校正式及び近赤外分光システムは、リンゴの個別の糖類とリンゴ酸、マンゴの蔗糖及びリンゴ酸の各含量の予測が可能な精度を有すると考えられる。

3) リンゴ‘ゴールデン・デリシャス’‘ラリタン’及びナシ‘二十世紀’を対象として、波長783nmのレーザーダイオードによる光透過法について検討し、光学密度を決定し、光学密度と果実の硬さとの関係を求めた。光学密度はリンゴ及びナシの硬さを正確には予測できないが、この種の試料の硬軟差を判定するシステムには使用できる可能性がある。

以上のように、本論文は光学特性により果実の糖類及び酸の含量推定が可能であることを確認し、果実の内部品質の非破壊評価システム開発のための有効な手法を提示するものであり、農産加工学、農産物性論並びに農産物品質管理技術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10年10月13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。