

令和 2 年 5 月 21 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K08028

研究課題名(和文) インタラクタンスを基にした分光計測による携帯型農産物内部品質測定システムの構築

研究課題名(英文) Interactance Spectroscopy to Estimate internal quality of agricultural product

研究代表者

張 樹槐 (zhang, shuhuai)

弘前大学・農学生命科学部・教授

研究者番号：90261429

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、主に果肉も赤いリンゴ品種”紅の夢”を対象に、インタラクタンス分光測定による果肉着色度の推定精度及び光路長の影響を検討した。
インタラクタンス分光データとアントシアニン含有量とのPLS統計解析結果より、果皮～果肉深さ(約0mm～12mm)のアントシアニンの着色については、光源と受光部の距離(光路長)を0～3mmに、果肉深さ(皮下約17mm～22mm)の予測には4～7mmを用いるのが有効であると示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

経済発展などに伴い、世界中の消費者からの農産物の安全・安心とともにその品質に対する要求は益々多様化、厳格化している。それに応えるために、今まで以上に海外産と差別化できる高品質の農産物を生産できる管理技術の向上が急務とされている。

本研究で得られたインタラクタンス分光計測による深さ別の果実内部着色度についての基礎知見は、現在の農産物内部品質評価システムをより高精度に改良・発展させるための方向性の一つを示すことができた。

研究成果の概要(英文)：In this study, we estimated the degree of red coloration in "Kurenai-no-Yume" apple flesh by interactance spectroscopy and analyzed the effect of optical path length between light source and detector on the estimation accuracy.

The PLS statistical analyses show the optical path length of 0-3 mm is effective to detect the degree of red coloration at 0-12 mm flesh depth from apple skin and that of 4-7 mm is more useful to predict the flesh coloration at 17-22 mm depth.

研究分野：農業機械学

キーワード：インタラクタンス測定 分光計測 内部成分 非破壊計測

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本などの先進諸国がかつて経験したように、アジアなどの新興国や開発途上国においても、経済発展に伴って農産物の安全・安心とともにその品質に対する要求がより厳しく、多様化している。そのため、日本の農産物の国内販売や海外へ輸出を考える際、海外産と差別化できる今まで以上の高品質なものを生産する必要がある。

このような安全・安心・高品質の農産物を生産するには、品種改良、適切な生産管理及び収穫調製技術に依ることが大きい。その中で、特に農業現場での精密な施肥や病害虫防除などの生育・生産管理は、生産する農産物の品質向上だけでなく、生産コストの低減や環境への負担緩和にも貢献できる。したがって、現場での農産物の精密な生育・生産管理を実現するための手段として、手軽にその生育状況や品質を計測できる機器の研究開発が欠かせないとする。

2. 研究の目的

近年の情報・計測技術の著しい進展の下、分光計測技術も大きな発展を遂げ、リンゴやミカンなどの選果機に代表されるような農産物の収穫後の精密選別技術が広く研究され、すでに実用化されている。しかしながら、農業現場で利用可能な携帯型分光計測機器はいくつか開発されているが、高価などの理由もあり手軽に利用できる段階に至っていない。特に、今日誰にでも持っているスマートフォンと連携できるインタラクタンス測定を応用した分光測定機器は、研究論文で提案されている程度である。

そこで本研究は、測定対象果実などの果皮の情報とともに、果肉部分にある各種化学成分の吸収や透過の分光情報も同時に得られるインタラクタンス測定法を基に、最適な分光測定条件、分光データの統計解析方法、実用的な統計回帰モデルの構築と試作機器の開発を行う。

3. 研究の方法

インタラクタンス測定の場合、測定対象果実へ入射された光源からの入射光は、果皮及び果肉内部で吸収・散乱されながら、その一部が再び離れた別の箇所から透過してくる(以降、透過光と言う)。当然のことであるが、入射光と透過光との距離(以降、光路長と言う)、果皮や果肉の構成成分及びその含有量などは、透過光の波長特性及び強さに影響を及ぼす。

(1) インタラクタンス測定の最適条件

赤肉リンゴ品種「紅の夢」を本研究の主な測定対象に選び、光路長の長短によって透過光の強さや波長特性が大きく変動するインタラクタンス測定において、光路長と透過光の関係を詳細に検討することで、測定対象果実の内部着色度だけでなく、熟度などに深くかかわっている硬度などとの関連性も同時に明らかにすることができる。

(2) 透過光の波長特性と測定対象の内部品質との関連性

インタラクタンス測定の利点の一つは、果皮だけでなく、果肉の情報も得られるところにある。生育中や収穫前後における果肉の硬度、密度などの物性とともに、糖度、酸度、アントシアニン、クロロフィルなどの内部機能性成分の含有量をも詳細に分析し、その分析結果と透過光の波長特性との関連性を重回帰やPLS(偏最小二乗法)などの多変量統計分析を行って、透過光の波長特性に基づく果実熟度や内部品質の非破壊的推定モデルの構築を行う。

(3) 携帯端末を利用した農産物内部品質測定システムの構築

上記果実熟度や内部品質の推定モデルを、試作した携帯端末を利用した農産物内部品質測定システムに実装し、果樹園などの現場においてその測定精度や問題点を詳細に点検確認して、農業現場で利用可能な実用化機器の基盤技術を完成する。

4. 研究成果

平成 29 年度に得られた主な成果は以下の通りである。

(1) 自作したインタラクタンス測定装置と果実表面との垂直距離を 0, 1, 2, 4 mm と設定して測定した分光データと、果皮や果肉の化学成分との間に明らかな関連性が確認され、しかも異なる測定距離でのデータの活用が内部成分の推定精度向上に有効であることが強く示唆された。

(2) 自作したインタラクタンス測定装置における光源と測定プローブとの水平距離を約 2, 4, 6 mm と設定して測定した分光データと、果皮や果肉の化学成分との間にも相関が確認され、それらの有効活用が化学成分の推定精度向上に役に立つと示唆された。

(3) 自作したインタラクタンス測定装置は、分光データの取得に問題なく機能しているが、測定精度などの課題があり、次年度は既に専門業者に改良してもらった機器を用いて、今年度の実験結果の検証及び内部成分の推定モデルの構築を検討していく予定である。

平成 30 年度に得られた主な成果は以下の通りである。

(1) 新規製作したインタラクタンス測定装置における光源と測定プローブとの水平距離を 1~7 mm の 1 mm 間隔と設定して測定した分光データと、果皮や果肉の化学成分との間にも相関が確認され、それらの有効活用が化学成分の推定精度向上に役に立つと示唆された。

(2) 上記分光データと果皮や果肉のアントシアニン含有量との PLS 相関解析結果、分光データによる果皮や果肉内の化学成分を推測できる可能性が確認できた。

(3) 上記分光データと果皮や果肉のアントシアニン含有量との相関解析では、光源と測定プローブとの水平距離に応じて、相関係数の大小に一定の傾向がみられ、いわゆる "バナナ効果" によるものと推測され、今後の応用可能性が示唆された。

(4) 新規製作したインタラクタンス測定装置は、分光データの取得に問題なく機能しているが、果実表面との接触に課題があり、次年度は業者等に改良してもらう予定である。

最終年度の主な成果は以下の通りである。

(1) アントシアニンの分析結果より、果実の陽面と陰面に有意な差があるのは皮(厚さ 2 mm)と深度 7 mm 程度までの果肉であることが分かった。このことから、アントシアニンの生成に直接光(日光)の影響を受けているのはより浅い皮~深度 7 mm までの果肉層であり、深度 7 mm の層では光の影響を直接受けているとは言い難く、アントシアニンの生成には光以外の影響または間接的な光の影響がアントシアニンの生成に関係している可能性も考えられた。

(2) インタラクタンス分光データとアントシアニン含有量との PLS 統計解析結果より、果皮~果肉深さ(約 0 mm~12 mm)のアントシアニンの着色を予測するのに、光源と受光部の距離(光路長)を 0~3 mm に、果肉深さ(皮下約 17 mm~22 mm)の予測には 4~7 mm を用いるのが有効であると示唆された。しかし、果肉深さ(皮下約 12 mm~17 mm)の果肉着色度推定のための有効光路長が明確な傾向を見いだせなかった。今後光路長をより細かく調節できる装置を製作して検討する必要がある。

以上の結果から、本研究で得られたインタラクタンス分光計測による深さ別の果実内部着色度についての基礎知見は、現在の農産物内部品質評価システムをより高精度に改良・発展させるための方向性の一つを示すことができた。

本研究の当初計画にあった携帯端末と連携可能な農産物内部品質測定システムの開発に至っていないが、この間、海外で同様なアイデアによる機器が複数販売されている。今後本研究で得られた知見を基に、市販機器メーカーとの連携を視野に共同研究などを検討していく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Xujun Ye, Sou Takada, Shuhuai Zhang
2. 発表標題 Spatially Resolved Interactance Spectroscopy to Estimate Degree of Red Coloration in Red-fleshed Apple Cultivar 'Kurenai-no-Yume'
3. 学会等名 Proceedings of the 2019 International Joint Conference on JSAM and SASJ, and 13th CIGR VI Technical Symposium joining FWFNNG and FSWG Workshops (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 叶 旭君, 小杉連理, 張 樹槐
2. 発表標題 小型分光センサー「Scio」による黄色品種リンゴ“こうこう”の蜜入り判定
3. 学会等名 2019農食施設CIGR VI国際大会講演要旨
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	叶 旭君 (ye xujun) (10708168)	弘前大学・農学生命科学部・准教授 (11101)	