

近赤外分光によるトマトの糖度計測技術の開発

本間 稔規, 澤山 一博, 新井 浩成, 馬場 直志*
宮下 行雄**, 青山 達仁**

Development of Measurement techniques for evaluating Sugar content in Tomatoes by NIR spectroscopy

Toshinori HONMA, Kazuhiro SAWAYAMA, Hironari ARAI
Naoshi BABA, Ikuo MIYASHITA, Tatsuji AOYAMA

抄 録

近年, 農産物の品質や安全性に対する消費者の要求が高く, 収穫や選果段階での品質検査が重要になってきている。特に, 外観からは判断できない内部の品質検査が重要となってきた。

本研究では, 照射した光からトマトのスペクトルを計測するハードウェア, およびそのスペクトルデータと糖度の実測値を用いて, トマトの糖度を推定するための解析ソフトウェアの開発を行い, 良好な性能が得られることを確認した。

キーワード : 近赤外分光, 非破壊, 品質検査, 糖度, PLS

Abstract

There are many consumers who concern about the safety and the quality of agricultural products. With this background, it is important to conduct quality evaluation when assorting, harvesting or cultivating. Particularly, the evaluation of the internal quality of agricultural products becomes to be more important. In this research effort, hardware to acquire spectrum data from tomatoes and also software for calibration using PLS algorithm were developed, so as to predict the sugar content in tomatoes using information of those spectrum data.

KEY-WORDS : Near Infrared Spectroscopy, Non-Destructive, Quality Evaluation, Sugar Content, PLS

1. はじめに

近年, 農産物の輸入自由化や国内の市場競争の激化により, これまで以上に道内農産物の生産のコストの低減化が求

められている。一方, 食品や農産物への品質や安全性に対する消費者の要求もますます高くなってきており, これに対応するため, 収穫や選果段階での品質検査が重要となってきた。

一般に, 収穫段階や, 選果場における農産物の品質検査は, 色, つや, 形状などの外観の検査, また熟度や糖度, 酸度, 腐れなどの内部品質検査とに分けられる。これらの品質検査は, 通常人手により行われており, 特に内部の品質については, 抜き打ちでサンプルを取り出し, 破壊して検査を行っている。これらの作業は熟練した技術と多大な労力を要するこ

* 北海道大学

**東洋農機㈱

* Hokkaido University

**Toyo Agricultural Machinery, M.F.G Co., Ltd

事業名: 重点領域特別研究

課題名: 農作物品質の光学的非破壊計測技術の開発

ともあり、作業者の確保が難しいのが現状である。このようなことから、品質検査に関わるコストの削減を図るため、当該作業の自動化、省力化が望まれている。

これらを背景として、本研究では、農産物に光を照射し、その反射光および透過光に含まれる光学情報をもとに非破壊で品質を計測する手法の開発を行い、これを利用した農産物の品質管理の高度化、選別作業の効率化、および自動化を可能とする計測システムの開発を行うことを目的としている。対象とする農産物は、道内の農業機械メーカ、食品加工業者などから、非破壊検査の要望のあったトマトを取り上げた。また、評価する品質については糖度を取り上げ、可視-近赤外光領域の分光計測に関する技術開発について検討を行った。

2. 計測装置

光学計測によって計測対象のトマトの糖度を高精度に推算するためには、トマト内部に存在する糖度成分による光の吸収を計測する必要があり、その情報が含まれる光はトマト内部で拡散、減衰する。そのためセンシングには高いSN比を確保できる光学系が必要である。光を用いて農産物の内部品質を非破壊で計測するための光学系の配置としては、照射した光の反射光を受光する配置(図1(a))と、照射した光が内部で散乱して透過した光を受光する配置(図1(b))とに分けられる。農産物内部の糖度情報を得るためには、図1(a)のような、光源とセンサが同じ側にあり、かつ対象から離れている配置では、内部で散乱される光よりも表面で反射する光の強度が強くなるため適さない。さらに、実用的な装置を想定した場合には、機構はできるだけ簡便で、かつ光源部やセンサ部は計測対象に非接触であることが望ましい。以上より、本研究では、図1(b)のような配置を用い、高いSN比を確保することが可能な光源、および計測対象から内部で散乱して透過してきた光を効率よくマルチチャンネル分光器へ導くための集光レンズ系の設計に重点をおいて計測装置を開発した。計測システムの概略を図2に、構成を図3に、仕様

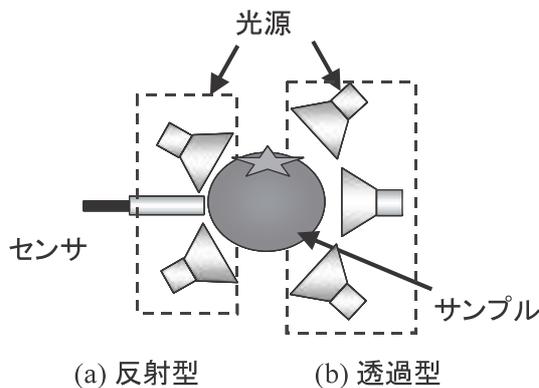


図1 センサと光源の配置

を表1に示す。

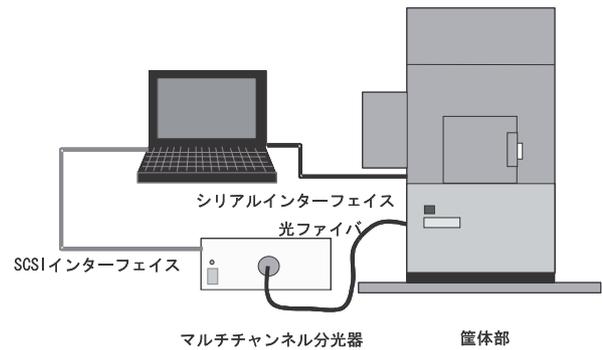


図2 計測システム概略図

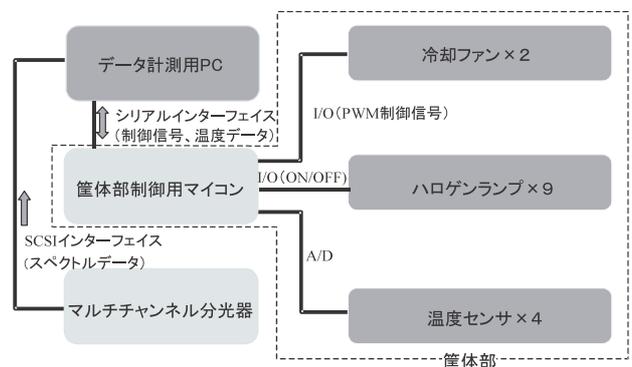


図3 計測システム構成

表1 計測システムの仕様

項目	仕様
分光装置	浜松ホトニクス製 マルチチャンネル分光器 C7473-37
光源部	ハロゲンランプ (12V100W) × 9
電源	12V150W × 10
冷却ファン	12V7W (流量 3m ³ /min) × 2
温度センサ	S8100B × 4
制御用マイコン	秋月電子通商製 H8/3048F
データ計測用PC	IBM ThinkPad (Windows2000Professional SP2)

2.1 光源部

光源部は、9つの各ハロゲンランプの光軸が計測対象物で交差するような配置とした(図4)。この光源部においては、筐体部に設置されている制御用マイコンにより各ハロゲンランプのON/OFFをそれぞれ独立に行う。また、糖度として計測される成分(蔗糖など)は、それに含まれる-CH₂基の伸縮振動により一定の波長範囲の光を吸収する¹⁾が、温度により吸収される割合が変化する。試作した実験装置は光源部から発生する熱が計測対象に影響を及ぼすことが考えられるため、筐体部の内部に温度センサを配置し、計測対象の雰囲気温度監視を行い、計測時には冷却ファンを用いて排熱し



図4 光源部

ている。

2.2 センサ部

試作実験装置ではマルチチャンネル分光器へ計測光を導く光ファイバの先端部(図5)にホルダ(図6)を取り付けている。このホルダの先端にはレンズを配置し、光ファイバ先端部に効率よく光を集光できるようにした(図7)。

2.3 データ計測部

計測データの収集および計測システムの制御を行うプログラムを作成し、ノート型PCに搭載した(図8)。このプログラムでは、マルチチャンネル分光器の各種の設定や筐体部の制御用マイコンとのシリアル通信の設定・表示、計測した筐体部内の温度表示、冷却ファンの制御および状態表示、ハロ



図5 光ファイバ先端部



図6 光ファイバ先端ホルダ

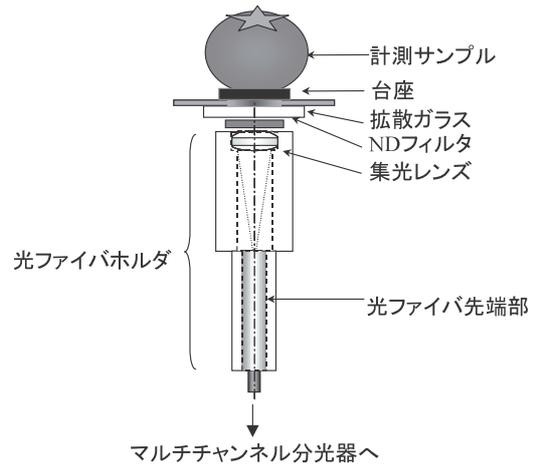


図7 センサ受光側光学系の配置

ゲンランプの点灯状態表示、収集した分光データの表示を行っている。また、計測と同時に分光データを自動的に保存できるように設計した。



図8 データ計測用PC表示画面

3. 解析方法

計測システムにより得られたトマトのスペクトルデータから糖度を推定するには、その二次微分スペクトルを説明変数、糖度を目的変数として重回帰分析を行い、キャリブレーションモデルを作成することが必要がある。ここで解析対象とする可視・近赤外光領域(600~1100nm)ではOH, CH, NHなどの官能基による吸収が互いに重なり、また吸収も弱い¹⁾。そのため、説明変数間で相関が大きくなる場合が多く、重回帰分析では多重共線性²⁾が問題になる。そこで、本研究では多重共線性による問題を回避し、説明変数、目的変数とともに潜在変数で表現することにより、全ての変数の情報を利用可能なPLS(Partial Least Squares)アルゴリズム³⁾を用いた解析プログラムを開発した。図9に以上のキャリブレーションモデル作成の流れを示す。

3.1 説明変数

キャリブレーションモデルを作成するための説明変数には