

近赤外分光イメージングによるメロンの糖度分布可視化

蔦 瑞樹

Mizuki Tsuta

E-mail: mizukit@affrc.go.jp

目 的

従来はポイント測定であった近赤外分光法を応用し、成分測定を2次元・3次元に拡張する試みがなされている。その1つとして、CCDカメラの各画素を分光器の受光部として扱うことにより、青肉メロン断面の糖度分布を可視化した研究が報告されている。しかしながら、この可視化手法は糖の吸収波長を用いておらず、赤肉メロンには適用できない。そこで本研究では、糖自体の吸収波長を用い、青肉・赤肉メロンおよびその他の果実にも適用可能な糖度分布の可視化手法を開発することを目的とした。

実験装置および方法

【近赤外分光分析】2つの青肉メロンと3つの赤肉メロンについて近赤外分光分析を行い、果肉の拡散反射スペクトルと糖度の実測値について検量線を作成した。この際選択された波長を糖の吸収波長と特定した。

【分光画像の撮影】供試材料としてクインシーメロン（赤肉）を選び、これを半分に分割してサンプルとした。図1に示すように、タングステンハロゲンランプを光源とする近赤外線照射装置を用いてサンプルを照明し、サンプルの反射光を40万画素16bit階調の冷却CCDカメラで撮影した。撮影に際しては、近赤外分光分析により特定された波長のバンド

パスフィルターをスライド式のフィルターホルダーに取り付け、撮影波長を変えられるようにした。また、同サンプルから検量線用サンプルをくり抜き撮影した。検量線用サンプルについては、分光画像の撮影と果汁の糖度測定を繰り返し行った。

【画像処理】撮影した画像のノイズ除去及び照明ムラ補正を行った上で画像の輝度を吸光度に変換した。次に、近赤外分光法の手法を用い、吸光度の2次微分値を計算した。また、同様にして得られた検量線用サンプルの2次微分値と糖度について重回帰分析を行い、検量線を求めた。その検量線を先に求めたサンプル断面画像の2次微分値に適用することにより糖度を算出した。なお、画像補正からここまでの作業は、各画像の各画素に対して行った。最後に、得られた糖度をカラースケールでマッピングし、糖度分布の可視化画像を得た。

実験結果

【近赤外分光分析】近赤外分光分析の結果、902 nm と 874 nm における吸光度の2次

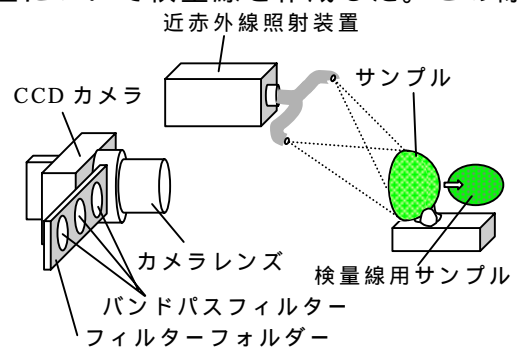


図1 分光画像撮影システム

微分値の組合せが糖度と良好な相関を示すことがわかり、検量線の相関係数は 0.990 であった。

【糖度分布可視化】検量線用サンプルから作成した検量線の相関係数は 0.891 であった。図 2 にこの検量線を用いて糖度分布を可視化した画像の一例を示す。

【ゆらぎ補正法・MSC 処理法の適用】検量線の精度をさらに向上させるため、CCD 素子の温度変動や照明の照度変動に伴う輝度ゆらぎの補正を試みた。具体的には、図 3 に示すようにサンプルと校正用白色板を同時に撮影し、異なる画像間で白色板の輝度が一定になるように画像全体の輝度値を調整した。供試材料としてクインシーメロン(赤肉)を選んで再実験を行い、MSC 処理法を適用して解析を行った結果、検量線の相関係数は表 1 のようになった。ゆらぎ補正法と MSC 処理を同時に適用した場合、検量線の相関係数は 0.965 に向上した。

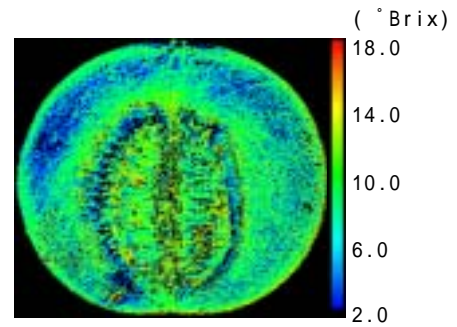


図 2 糖度分布可視化画像 (クインシーメロン)

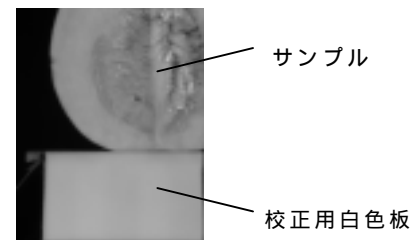


図 3 校正用白色板を用いたゆらぎ補正法

考 察

【近赤外分光分析】本研究で作成した検量線において、第 1 波長 902 nm における吸光度と糖度は比例関係にある。また、様々な果実の検量線において 904 nm ~ 912 nm における果肉の吸光度が第 1 波長として採用されている。従って本研究で作成した検量線は糖自体の吸収波長を採用していると推定され、信頼性は高いと考えられる。

【糖度分布可視化】図 2 の画像は糖度分布のばらつきをより明確に示していたため、果皮周辺部では糖度が低く、種の周辺部に近づくにつれ糖度が増加することが確認できた。さらに、「メロンは底の方が甘い」という一般観念に反し、果実上部にも底部と同様に甘い部分が存在することが明らかになった。以上のことから、本研究で開発した糖度分布の可視化手法は、果実内における糖度分布の正確な把握に有用と考えられる。また、ゆらぎ補正法および MSC 処理法を適用した検量線は実用システムに適用可能な高い精度を持っており、今後、ゆらぎ補正法および MSC 処理法を適用しつつ、糖度分布をさらに精度よく可視化する手法の開発に取り組む予定である。

表 1 再実験で得た検量線の相関係数

MSC 処理	ゆらぎ補正	
	なし	あり
なし	0.852	0.834
あり	0.890	0.965