

## 近赤外分光スペクトルを用いた乾麺の簡易水分測定システムの構築

陳介余<sup>1</sup>, 張函<sup>1</sup><sup>1</sup> 秋田県立大学生物資源科学部応用生物科学科

透過法で乾麺 1 本測定型の近赤外スペクトル測定システム, およびインタラクタンス法で乾麺反射型の近赤外スペクトル測定システムを構築した. 両測定システムで得られたスペクトルを用いて, 水分含量と近赤外スペクトルとの関連性を PLS 回帰分析方法で検討し, その予測誤差を検討した結果, いずれのシステムで, 乾麺試料の水分含量と近赤外スペクトルとの間に関係を示し, 近赤外分光法による乾麺水分の迅速的測定の可能性が示された.

**キーワード:** 乾麺, 水分測定, 近赤外, スペクトル測定, システム

昨年度, 破壊方法および非破壊方法という二つの方法で, 近赤外分光法による乾麺水分の迅速的測定の可能性を検討した結果, 乾麺のまま測定した近赤外スペクトルは水分含量情報を十分に有し, 近赤外スペクトルによる非破壊方法で乾麺水分の迅速測定が可能であることを示した. この結果を踏まえて, 非破壊方法で乾麺の短波長領域の近赤外スペクトルの測定システムを構築してみる.

一般的には, 近赤外スペクトルを取得する方法として, おおまかに透過法と反射法を挙げられる (陳介余, 2007). 乾麺は薄い細長の形をしているので, 透過法と反射法の両方も適していると考えられる. そこで, 透過法と反射法 (インタラクタンス方式 (陳介余ら, 2009)) の両方式を用いて乾麺の近赤外スペクトルの測定システムを構築した. そして, その近赤外分光スペクトルによる乾麺水分測定精度を検討した.

### 試料および方法

#### 乾麺試料

試料として, 讃岐うどん, 稲庭うどん, そば, および中国乾麺などの乾麺を用いた. 中国乾麺試料は

中国上海でのスーパーマーケットから購入し, 他の乾麺試料は, 秋田でのスーパーマーケットから購入した.

#### 乾麺試料の水分含量測定

乾麺の水分測定は, 乾麺試料を低温ミルで粉碎してから, 赤外水分計 (株式会社ケツト FD-240) を用いた. 各試料に対し 2 回測定作業を行い, その平均値を分析値とした.

#### 乾麺試料の近赤外スペクトル測定システムの構築 透過法を用いた場合

近赤外スペクトル測定機器は汎用タイプニレコ, NIRS6500 を用いた. 2 本の光ファイバーを用いて, 乾麺 1 本測定用のシステムを図 1 に示すように構築した. 上側の光ファイバーは光照射用であり, 下側の光ファイバーは光センサー用である. 乾麺試料のホルダーを鉄で試作して, 両光ファイバーの真中にセットした. 乾麺の厚さを考慮して, 700-1100nm の波長範囲を用いた.



図1 乾麺の透過型近赤外スペクトル測定システム

### インタラクタンス方式を用いた場合

透過型の場合と同様に近赤外スペクトル測定機器は汎用タイプニレコ, NIRS6500 を用いた. 本体機器から光照射用と光センサー用を1本の光ファイバーにまとめたインタラクタンス方式の光ファイバー(図2)を用いた. 試作した乾麺試料のホルダーは光ファイバーの上にセットして, 700-1100nm における波長領域の近赤外スペクトルを採集した.

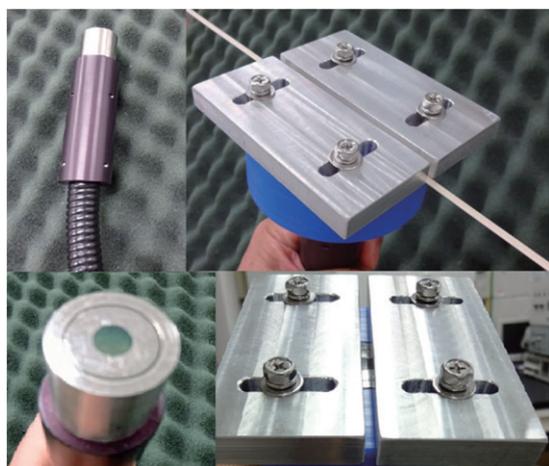


図2 インタラクタンス方式を用いた近赤外スペクトル測定システム

### データ分析

スペクトル解析および目的成分との関連性の解析は Unscrambler ソフトを用いた. 乾麺試料の近赤外スペクトルと目的成分のデータを用いて PLS 回帰分析を行った. キャリブレーション(回帰モデル)の評価はクロスバリデーション法(Full cross validation)を用いた. すなわち, 試料数 n とする場合, n-1 試料でキャリブレーションを作成し, 残り 1 試料で検

証し, これを n 回繰り返す方法である. その SECV の計算方法は次の式(1)に示す. その actual は従来法で得た分析値であり, predicted は近赤外分光法による分析値であり, mean は平均値である. 最小のクロスバリデーションの標準誤差(standard Error of cross validation, SECV)で PLS 回帰モデルの適性を評価する.

$$SECV = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(actual - predicted) - \{mean(actual) - mean(predicted)\}]^2}{n-1}} \quad \dots (1)$$

その際, 成分の実測値(従来法によるもの)と予測値の残差の標準誤差(Standard Error of calibration, SEC)を式(2)で求められる.

$$SEC = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (actual - predicted)^2}{n}} \quad \dots (2)$$

### 結果および考察

#### 透過法を用いた場合の乾麺の近赤外スペクトル

図3は透過法を用いた場合の乾麺(讃岐うどん, 稲庭うどん, そば, 日清および中国乾麺)の近赤外スペクトルの1例を示す. 澱粉が多く含まれた小麦粉や穀物類などに類似したスペクトルと見られた. 970nm および 990nm の付近に O-H の伸縮倍音による吸収バンドがあり, 主に澱粉および水の吸収によるものだと考えられる.

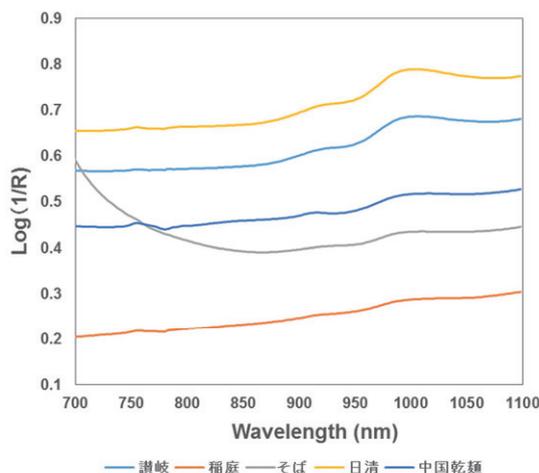


図3 乾麺の近赤外透過スペクトル

### 近赤外スペクトルによる乾麺水分の測定

乾麺試料の水分含量に対して、乾麺の近赤外スペクトル（700-1100nm）を用いて、PLS 回帰分析を行った。その結果は図4に示す。

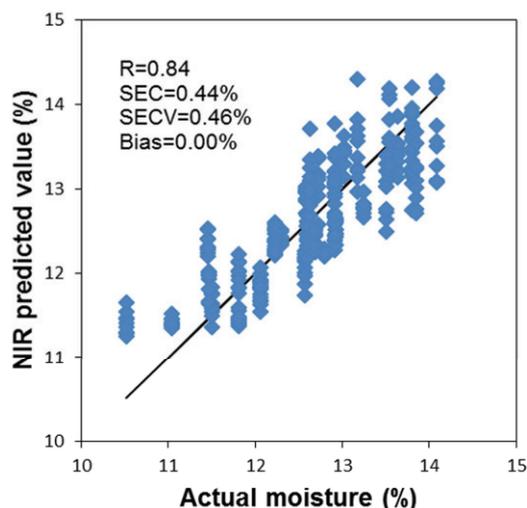


図4 近赤外透過スペクトルによる乾麺水分の測定結果（従来法と NIR 法の比較）

従来法による得た水分値と近赤外分光法による予測した値は 45 度の線に沿ってプロットされ、両者の間に 0.84 という高い相関係数を示した。さらにその予測誤差 SEC と SECV は 0.46%であった。これは昨年に粉体セルを用いた予測精度（0.4~0.5%）とほぼ同程度であった。このことから、この透過方法も将来実際機器開発際に利用できる方式であると考えられる。

### インタラクタンス方式を用いた場合の乾麺の近赤外スペクトル

図5は透過法を用いた場合の乾麺（讃岐うどん、稲庭うどん、そば、日清および中国乾麺）の近赤外スペクトルの1例を示す。透過法と同様に澱粉が多く含まれた小麦粉や穀物類などに類似したスペクトルと見られた。970nm および 990nm の付近に O-H の伸縮倍音による吸収バンドがあり、主に澱粉および水の吸収によるものだと考えられる。またそばの場合、白色に近いうどんと違って深い灰色を有しているため、短波長領域に高い吸光度を示した。

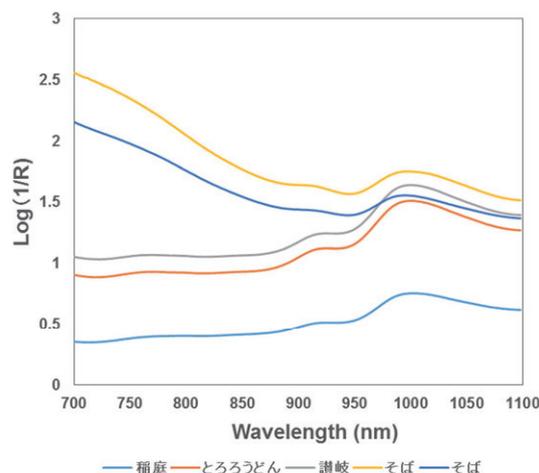


図5 インタラクタンス方式を用いた場合の乾麺の近赤外スペクトル

### 近赤外スペクトルによる乾麺水分の測定

乾麺試料の水分含量に対して、インタラクタンス方式を用いた乾麺の近赤外スペクトル（700-1100nm）を用いて、PLS 回帰分析を行った。その結果は図6に示す。

透過方式と同様に、従来法による得た水分値と近赤外分光法による予測した値は 45 度の線に沿ってプロットされ、両者の間に 0.80 という相関係数を示した。さらにその予測誤差 SEC と SECV は 0.49%であった。これも昨年に粉体セルを用いた予測精度（0.4~0.5%）とほぼ同程度であった。このことから、このインタラクタンス方式も将来実際機器開発際に利用できる方式であると考えられる。インタラクタンス方式は機器の小型に適しているため、将来機器の開発に選択されやすい方式であると考えられる。

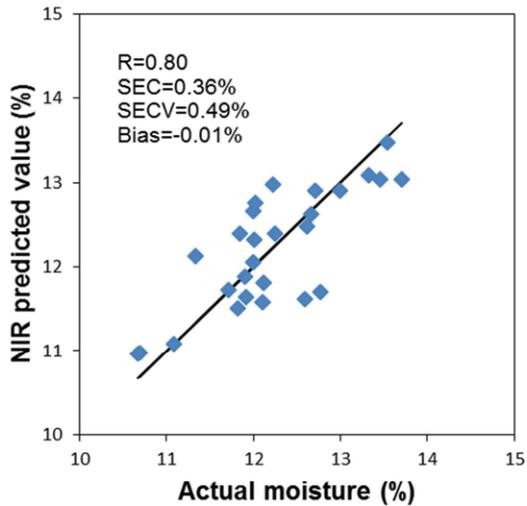


図6 インタラクタンス方式を用いた場合の近赤外スペクトルによる乾麺水分の測定結果（従来法とNIR法の比較）

### 謝辞

本研究は、秋田県立大学平成27年度産業連携・共同研究推進事業の支援を受けて行った。ここに記して謝意を表します。

### 文献

- 陳 介余 (2007). 近赤外分光法による食品素材の理化学特性分析, 日本食品光学会誌, 8(4), 209-220.
- 陳 介余, 張 函, 八木雄介 (2009). 近赤外分光法によるジャガイモの主要成分および糊化粘度特性の非破壊測定, 日本食品科学工学会誌, 56(5), 299-306.

〔平成29年6月30日受付〕  
〔平成29年7月11日受理〕

## Development of a rapid moisture measurement system for dried noodles using near-infrared spectroscopy

---

Jie Yu Chen<sup>1</sup>, Han Zhang<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Department of Biotechnology, Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University*

Two near-infrared spectrum measuring systems for dried noodles were developed. One adopted the transmission method, with two fibers for the irradiation and collection of light, and the other adopted an interaction method with a fiber gathering up the irradiation and collection of light. Using the two spectrum-measuring systems, the relationship between the moisture of dried noodles and near-infrared spectra were examined by the PLS regression analysis method. As a result, a close relationship between the moisture of dried noodles and near-infrared spectra was shown in both measuring systems, and the possibility of the rapid moisture measurement of dried noodles by near-infrared spectroscopy was shown.

**Keywords:** dried noodle, moisture measurement, near infrared spectroscopy, measurement system