

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 28 日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24500946

研究課題名(和文) 食品の物理的な“味”が近赤外吸収スペクトルに及ぼすアクションの解明

研究課題名(英文) Investigating the influence of the physical "taste" of food on its near infrared spectrum

研究代表者

陳 介余 (Chen, Jie Yu)

秋田県立大学・生物資源科学部・教授

研究者番号：20315584

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：食品の物理的な“味”(テクスチャー)は、食品のおいしさにとって重要な要素の1つであり、食品の品質評価に欠かせない指標でもある。本研究では、食品の物理的な“味”が近赤外吸収スペクトルに及ぼすアクションおよび物理的な“味”と近赤外吸収スペクトルとの関連性をケモメトリックスの手法で検討した。その結果、近赤外スペクトルは物理的な“味”との間には高い相関係数を示し、硬さ等の物性測定値およびその官能評価値に密接に関連していることが分かった。このことから、近赤外スペクトルが食品の物理的な“味”を迅速計測するのに利用適性が高いと考えられる。

研究成果の概要(英文)：Texture, the physical "taste" of food, is important when evaluating its taste and is an indispensable index for evaluating its quality. This research reports the development of a rapid technique for measuring the physical "taste" of food using near infrared spectroscopy by constructing a system for measuring the NIR spectrum of foods of various shapes. A significant relationship between the texture of food and its near infrared spectra were clearly shown using chemometrics. The textural attributes, hardness and elasticity, were highly correlated with the near infrared spectra of the foods. These results show that near infrared spectroscopy can be applied to the non-destructive measurement of texture, the physical "taste" of food.

研究分野：総合領域

キーワード：テクスチャー 近赤外 物理的味 化学的味 おいしさ 非破壊

1. 研究開始当初の背景

昨今、残留農薬や偽装表示などの問題をはじめ農産物や食品の生産・加工流通での不祥事が続き、“食”の安全・安心に対する国民の関心が急速に高まっている。一方、食は人間が生命を維持するのに必要であるのみならず、人が豊かな生活と生きがいを感じる重要な要素であり、その根底に“おいしさ”がある。おいしく心から満足できる“食”生活を楽しむことは生活の質を高め、健康にもつながるが、おいしい食品の開発には適切かつ客観的な品質（とくにおいしさ）評価技術が不可欠である。

これまででは、味に関わる化学成分の定量はおいしさを評価するための重要な分析であるため、食品の成分さらにその組成の迅速分析技術や非破壊的分析技術の開発を世界的に行ってきた。とくに近赤外分光法を利用した食品の成分の迅速測定技術の開発は大きな成果を収め、一部はすでに実用されている。例えば、りんごの品質選別に近赤外分光法による糖度計測法を採用した。しかし、りんごのおいしさを決める要因には様々あり、味のほか、食感、香などがある。味に関わる成分だけでは食品のおいしさを総合的に判断する指標とはならない。食品のおいしさを評価する基準の一つとして食感を表わすテクスチャーという言葉が食品関連業界では定着しており、このテクスチャーが食品のおいしさに極めて大きな影響を及ぼすことは世界的に認識されている。最近では咀嚼や嚥下機能が低下した非健常者あるいは高齢者の誤嚥による死亡事故の防止を目的とした食品のテクスチャーコントロール技術が考案されつつあり、食品の安全性と機能性という視点からもテクスチャーに注目が集まっている。

食品のテクスチャーの評価は被験者の感覚を数値化する方法やレオロジーを中心とした分析手法により行われているが、いずれの方法でも非破壊的分析評価はできない。一方、近赤外分光法は、分析や計測手法として非破壊・迅速性などの特徴があり、すでに食品の化学的“味”の迅速分析技術として認識されていることから、もし近赤外分光法は食品の物理的な“味”を計測できたら、それぞれの分析技術を融合した“近赤外分光分析機器”で食品の総合評価（おいしさ）の実現が可能であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、食品の形態に応じた近赤外吸収スペクトルの測定システムを構築しながら、食品の物理的な“味”が近赤外吸収スペクトルに及ぼすアクションをケモメトリックスの手法で調べる。そして、物理的な“味”と近赤外吸収スペクトルとの関連性を明らかにする上で、近赤外分光法による食品の物理的“味”の迅速的分析技術を開発する。これまで研究開発された近赤外分光法によ

る食品の化学的“味”や“香り”の分析技術に基づいた評価方法を補い、食品のおいしさ（総合評価）の迅速評価技術の開発をめざす。

3. 研究の方法

食品の内部情報を十分含まれている近赤外スペクトルを得るため、これらの食品の形態に応じたスペクトル測定プローブおよびスペクトル測定のシステムを構築する必要がある。そこで、サンプル測定用プローブを試作しながら、汎用タイプの近赤外分光機器（NIRSystem6500）および光ファイバーを用いて、対象食品の形態に適した近赤外スペクトル測定システムの構築を試みた。

食品の近赤外スペクトルにおける食品の内容情報を抽出するため、スペクトルの前処理を行った。スペクトルの微分や、MSC 処理などの効率的処理方法を試みて最適な前処理方法を検討した。食品の物理的な“味”と近赤外吸収スペクトルの関係については、重回帰法（MLR）や、主成分重回帰法（PCR）および部分最小自乗重回帰法（PLSR）などのケモメトリックス法で重回帰分析を行いながら、食品のテクスチャーと近赤外吸収スペクトルの間に存在している関連性を調べた。異なるテクスチャーの試料に対し、そのスペクトルの微分やMSCとOSCなどの前処理を施しながら、食品のテクスチャーとの関わりを探り、物理的特性が近赤外吸収スペクトルに及ぼす現象を検討した。

物理的“味”がおいしさに多く寄与する食品のりんごや乾麺などを研究試料として選択して本研究を進めた。りんごや乾麺などの研究対象の試料はできるだけ品種とタイプの多い試料を収集した。数十種類のりんごと乾麺を用いて物理的な“味”と近赤外吸収スペクトルとの関連性を調べた。さらに貯蔵に伴う試料食品の内部変化によるテクスチャーの変化を明らかにすると同時に、近赤外吸収スペクトルに与える影響を調べた。りんごでは、低温と常温の2貯蔵温度条件の下で貯蔵し、週2回で貯蔵りんごのスペクトルを測定して調べる。貯蔵乾麺は同じ会社で生産された3年間の稲庭うどんを用いて検討した。

さらに試験用食品の官能評価結果を用いて、近赤外スペクトルとの関連性をPLS 重回帰分析法で検討することで、近赤外分光法による食品の化学的“味”と物理的“味”の同時分析を行い、食品の総合評価値としたおいしさの迅速評価を試みた。

4. 研究成果

(1) 近赤外スペクトル測定用のプローブの試作および測定

りんごの非破壊スペクトル測定では、りんごの形状と大きさを考慮してインタラクタンス法を採用して光源とセンサが同軸する光ファイバーを用いた。迷光を防ぐため、光源とセンサの間に黒い非常に軟らかいゴム線

を仕切りした。図1に示すようにりんごの良好な近赤外スペクトルをインタラクタンス法で得た。乾麺のスペクトル測定では、粉体セルを利用した拡散反射法を採用して行った。図2に示すように乾麺の拡散反射スペクトルを得た。また、光源とセンサの同軸光ファイバーを利用した反射スペクトル測定プローブを考案し試作した。さらに2本の光ファイバーを利用した透過法スペクトル測定プローブを考案し試作した。図3に示すように滑らかな乾麺の透過スペクトルを得た。

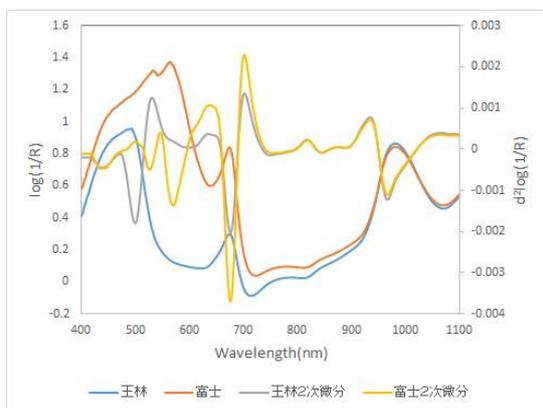


図1 りんごの近赤外スペクトル

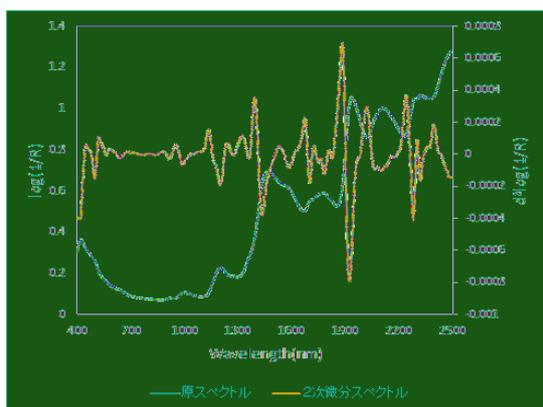


図2 乾麺の近赤外反射スペクトル

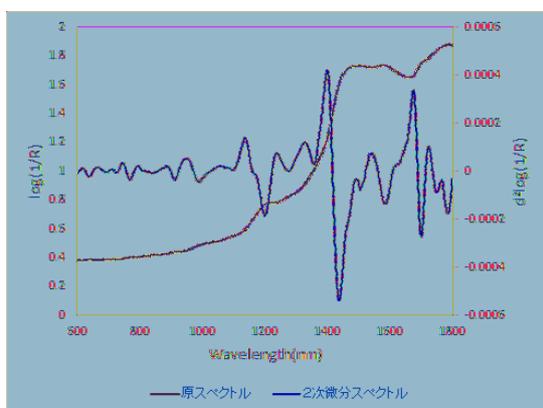


図3 乾麺の近赤外透過スペクトル

(2) りんごのテクスチャーと近赤外スペクトルの関連性—近赤外スペクトルによるりんごの物性測定値および食味評価値の予測

数十種類のりんご試料に対し、テンシプレッサーによる物性測定値（硬さと脆さ）と原近赤外スペクトルおよび2次微分スペクトルの関連性をPLS回帰分析手法で検討した結果、近赤外スペクトルは、硬さとの間には0.66、脆さとの間には0.80という相関係数を示し、物性測定値に密接に関係していることが分かった。また、官能評価試験で得られたりんごの硬さやサクサク感というテクスチャーの間にも、それぞれ0.90と0.89という高い相関係数を示した。その回帰モデルの回帰係数を調べたところ、いずれの場合、750nm、914nmおよび1000nmの波長付近に明確なピークが容易に観察された。りんご物性値に関わる果肉内部の細胞壁のペクチン成分のC-HとO-H官能基によるものだと考えられる。

(3) 茹で麺のテクスチャーと乾麺の近赤外スペクトルの関連性—近赤外スペクトルによる茹で麺の物性測定値および食味評価値の予測

数十種類の乾麺試料に対しても、りんご試験と同様にその茹で麺の官能評価を行ったとともに、テンシプレッサーによる物性測定を行い、乾麺の近赤外スペクトルとの関連性を探ってみた。その結果、硬さや弾力性および凝集性などのテンシプレッサーによる主要物性測定値は、乾麺の近赤外スペクトルに強く関わったことが分かった。近赤外スペクトルは、硬さとの間には0.87、弾力性との間には0.78、凝集性との間には0.90という高い相関係数を示し、物性測定値に密接に関係していることを示した。また、乾麺の近赤外スペクトルは、官能評価試験で得られた茹で麺の硬さ、弾力および粘りというテクスチャーの間にも、それぞれ0.84、0.84および0.75という相対的に高い相関係数を示し、官能評価値にも強い関係を示した。乾麺の近赤外スペクトルによる茹で麺の食味特性および品質の評価可能性が示された。それらの回帰モデルの回帰係数を調べたところ、いずれの場合、790nm、890nm、980nmおよび1060nmの波長付近に正のピークが観察された。波長の790nmと1060nmのところのピークは乾麺成分のたんぱく質のN-H官能基によるものであり、波長890nmと980nmのところのピークは乾麺成分のでんぷんのC-HとO-H官能基によるものである。乾麺の構造に結成する主要成分が、茹で麺のテクスチャーの予測モデルに寄与するものだと考えられる。

(4) 貯蔵に伴うりんごのテクスチャーの変化および近赤外スペクトルに及ぼす影響

3種類のりんご（トキ、千秋、ふじ）を試料として用い、低温と常温の貯蔵試験を行いながら、りんごの物性変化とスペクトルの変化を検討した。いずれの品種のりんごにおいて、貯蔵に伴うりんごのスペクトル変化が確認され、さらにりんごの物性測定値と近赤外

スペクトルの変化との関連性を検討した結果、りんごの硬さ、弾力とサクサク感に関わる物性測定値が近赤外スペクトルとは密接な関係を示し、両者の間には比較的高い相関が得られ、近赤外分光法による貯蔵りんごの物理的な“味”の分析の可能性を示した。りんごの物理的な“味”の予測モデルの回帰係数を検討したところ、糖や酸等の味成分の主な吸収バンドと違って、750nm、914nmおよび1000nmの波長付近に正のピークがあり、C-HとO-Hの官能基による吸収が確認され、りんご果肉構造に関わるペクチンの吸収によるものである可能性を示した。

(5) 乾麺貯蔵に伴う茹で麺のテクスチャーの変化および近赤外スペクトルに及ぼす影響

貯蔵稲庭うどん試料を用いても貯蔵に伴う茹で麺の物性測定値の変動を調べながら乾麺の近赤外スペクトルに及ぼす影響を検討した結果、茹で麺の物性測定値と乾麺の近赤外スペクトルは貯蔵時間に伴い変化し、貯蔵時間との間に比較的に高い相関が認められた。さらに茹で麺の物性測定値と乾麺の近赤外スペクトルを用いてPLS回帰分析法で調べたところ、硬さや弾力性および凝集性などのテンシプレッサーによる物性測定値は、貯蔵乾麺の近赤外スペクトルに強く関わっていることが分かった。近赤外スペクトルは、硬さとの間には0.84、弾力性との間には0.71、凝集性との間には0.81という高い相関係数を示した。貯蔵乾麺の近赤外スペクトルを用いれば、乾麺の貯蔵時間と茹で麺の物性測定値を予測することができることを示した。それらの予測モデルの回帰係数を調べたところ、780nmおよび1060nmの波長付近にピークが観察された。これらのピークは乾麺成分のたんぱく質のN-H官能基によるものであるので、乾麺の構造に関わった主要成分のたんぱく質が、茹で麺のテクスチャーの予測モデルに寄与することと考えられる。

(6) 近赤外分光法によるりんごおよび茹で麺のおいしさの予測

数十種類のりんご試料に対し、テンシプレッサーによる物性測定値を含む理化学分析と近赤外スペクトル測定を行い、りんごの官能評価試験による食味評価値との関連性をケモメトリックスの手法で検討したところ、近赤外スペクトルと理化学分析値のいずれも食味評価値と密接に関係していることが認められた。また、理化学分析値によるものにより、近赤外スペクトルによるりんごのおいしさの予測値のほうが精度高いことが分かった。これは理化学分析値より近赤外スペクトルにはおいしさにとってより多い情報が含まれていると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- 1) Jie Yu Chen, Han Zhang, Yelian Miao, The Effect of Quantity of Salt on the Drying Characteristics of Fresh Noodles, Agriculture and Agricultural Science Procedia 2 (2014) 207 – 211, doi: 10.1016/j.aaspro.2014.11.029.
- 2) Jie Yu Chen, Han Zhang, Yelian Miao, Jinkui Ma, Tomohiro Tuchiya, Prediction of the sensory attributes of apples using physicochemical measurements and visible and near infrared spectroscopy, Proceedings of NIR 2013, Published by IRSTEA – France Institut National de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture, pp778-781 (2014) DOI: 10.14758/NIR2013.021 (20 E1 EXTRA PAPERS.pdf)
- 3) 陳 介余, 張 菡, 唐沢篤樹, 乾麺の食味評価に関する基礎研究. 美味技術学会誌, 12(2):3-9, 2013

[学会発表] (計 7 件)

- 1) Jie Yu Chen, Han Zhang, Yelian Miao, Ryousuke Ito, Tomohiro Tuchiya, Prediction of the sensory attributes of boiled noodles using physicochemical measurements and near-infrared spectroscopy, 4th Asian Near Infrared Symposium, Daegu, Korea, 2014.06.17-20.
- 2) Han Zhang, Yelian Miao, Noboru Kashimura, Jie Yu Chen, Nondestructive Measurement of Textural Properties of Apples by near Infrared Reflectance Spectroscopy, 4th Asian Near Infrared Symposium,

Daegu, Korea, 2014.06.17-20.

- 3) Jie Yu Chen, Yelian Miao, Jinkui Ma, Hiroki Inoue and Han Zhang, Nondestructive Evaluation of the Taste Quality for Apple Fruit Using Near Infrared Spectroscopy, The 3th Asian Near Infrared Symposium, Bangkok, Thailand, 2012.05.15-18.
- 4) Jie Yu Chen, Han Zhang, Yelian Miao, Effect of Quantity of Salt on the Drying Characteristics of Fresh Noodles, 2nd International Conference on Agricultural and Food Engineering, Kuala Lumpur, Malaysia, 2014.12.1-3.
- 5) Han Zhang, Syun Sasaki, Yelian Miao, Jinkui Ma, and Jie Yu Chen, Determination of Rind Visco Analyzer Parameters in Mixed Cereal Flour Materials by Near Infrared Spectroscopy, The 3th Asian Near Infrared Symposium, Bangkok, Thailand, 2012.05.15-18.
- 6) 張 函, 佐々木 駿, 新田陽佳, 馬 金魁, 陳 介余, 複数澱粉系原料の混合による糊化特性および加工適性の変化, 日本食品工学会第 13 回(2012 年度)年次大会, 札幌市北海道大学、2012.08.09-10.
- 7) 陳 介余, 張 函, 新田陽佳, 唐沢篤樹, うどん(乾麺)の食味評価に関する基礎研究, 日本美味技術学会第 12 回(2012 年度)年次大会, 鳥取市、2012.11.09-10.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

陳 介余 (CHEN, Jie Yu)

秋田県立大学・生物資源科学部・教授

研究者番号：20315584

(2) 研究分担者

張 函 (ZHANG, Han)

秋田県立大学・生物資源科学部・准教授

研究者番号：10315608