

蛍光指紋を用いたアボカドの追熟度推定

指導教員 粉川美踏 北村豊

橋本梓 (201410710)

1. 背景と目的

アボカドは未熟な状態で収穫され、適切な追熟を経て食されるが、追熟速度は収穫時の状態や追熟温度に影響を受け、食べごろの見極めは難しい。食べごろのアボカドを消費者に提供するためには、アボカドの追熟度を非破壊で正確に知ることが望まれる。一方、アボカドはクロロフィルやビタミンE等、多くの蛍光物質を含んでいるため、蛍光指紋(自家蛍光の三次元データ)の情報からアボカドの追熟度合いを非破壊で簡便に推定することができるのではないかと考えた。

蛍光指紋計測の利点として、一般的な蛍光測定に比べ情報量が多い点が挙げられる。そのため、どの成分がアボカドの追熟に関係しているかを一度に知ることが可能である。また、非破壊、非接触で迅速な測定が可能であるという利点もある。

本研究では、蛍光指紋を用いてアボカドの追熟度を推定し、食べごろ予測を可能にする技術を開発することを目的とした。

2. 材料と方法

2.1 アボカドの追熟度指標作成

つくば市内のスーパーで店頭に出ているアボカドを購入し、小型卓上試験機(EZ-SX、島津製作所)を用いて実(中身)のかたさを測定した。さらに、官能評価で未熟・食べごろ・過熟を調べ、かたさとの対応を求めた。

2.2 アボカドの蛍光指紋測定とかたさ測定

つくば市内のスーパーで店頭に並ぶ前のアボカド(未熟のもの)をまとめて購入し、約21℃の保温庫で追熟させた。数日おきに5個ずつ取り出し、分光蛍光光度計(FP-8500、日本分光)を用いて蛍光指紋を測定した。測定箇所は、皮2か所、実2か所の計4か所とした。

蛍光指紋測定と同日に、蛍光指紋測定を行った後のアボカドの実のかたさを測定し、2.1で求めた官能評価指標とかたさの関係から、追熟度を決定した。

蛍光指紋の解析には解析ソフトMATLABを用い、主成分分析、PLS回帰分析、判別分析を行った。

2.3 色(RGB色)による追熟度推定

つくば市内のスーパーでアボカドを購入し、スキャナ(GT-X980、エプソン)を用いて色のデータを取得した。その後同日にかたさの測定、追熟度評価を行ったのち、MATLABを用いてPLS回帰分析と判別分析を行った。

3. 結果

かたさと官能評価指標の関係を調べたところ、応力6 N/cm²以上が未熟果、2 N/cm²以上6 N/cm²未満が食べごろ、2 N/cm²未満が過熟果であった。図1に未熟果と過熟果の皮の蛍光指紋を示す。追熟度によって蛍光指紋に顕著な違いが見られた。

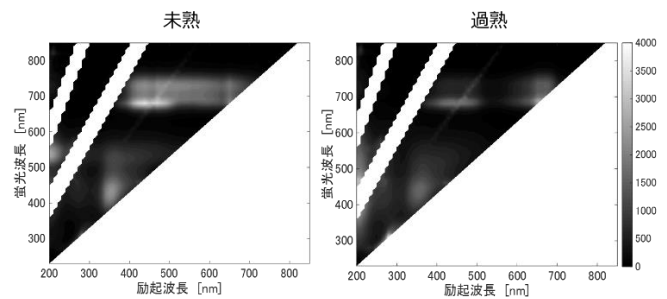


図1 未熟果と過熟果の皮の蛍光指紋

図2に、皮の蛍光指紋とかたさでPLS回帰分析を行った結果を示す。決定係数R²P=0.91、予測誤差RMSEP=1.54の精度のよい推定モデルを得ることができた。どの波長の成分がPLS推定モデルの結果に関係しているかを確認したところ、皮の蛍光指紋で得られたピーク波長と一致し、特にクロロフィルが強く関係しているという結果が得られた。また、判別分析を用いて、蛍光指紋から追熟度を推定した結果、正答率97.5%と非常に良い結果を得ることができた。

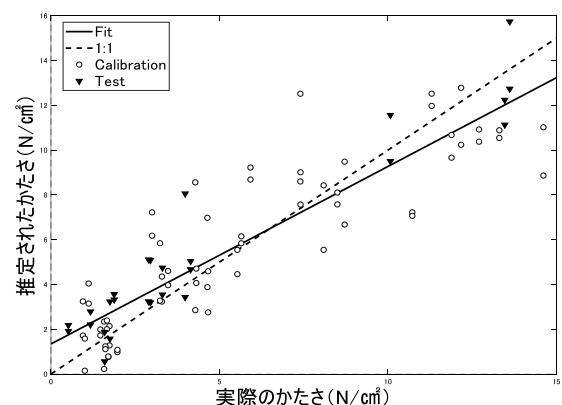


図2 皮 PLS 推定モデル

一方で、RGB色から追熟度を判別したところ、正答率73.3%であった。この結果より、色だけで追熟度を判断するのは難しく、蛍光指紋技術が有効であることが示された。

1) Mark L.D et al. (2013) Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 53 (7)

Evaluation of Beef Quality based on Electrical Impedance Analysis

(電気インピーダンス解析に基づく牛肉の品質評価)

井原 徳文 (201621043)

修論指導教員：北村 豊、粉川 美踏

(背景と目的)

畜肉は世界中で食されている最も重要な食料源の1つである。それゆえに、畜肉の商品としての評価方法の構築は重要な課題であると言える。現在は、破壊的な評価方法である生物化学的な手法や検査員による目視が畜肉の評価方法として採用されているが、これらの手法は一定の技能を有する検査員の必要性や評価に時間を要するなどといった問題がある。そこで、熟成中の畜肉の非破壊な評価方法に関する様々な研究が行われている。その中でも、特に電気インピーダンス分光法(EIS: Electrical Impedance Spectroscopy)は、近赤外分光法や蛍光指紋法などの非破壊な評価方法よりも比較的簡易かつ低コストであり、畜肉の熟成度合いの評価に応用する研究は数多く報告されている。しかしながら、EISに関する研究の多くが、ある任意の周波数数カ所におけるインピーダンス値と畜肉の熟成度合いの関係性についての報告であり、 α や β 分散領域として知られる低周波域のインピーダンス値をすべて利用し、それを結合したものと畜肉の熟成度合いの関係性を示した例はほとんどない。そこで本研究では、 α 、 β 分散領域におけるインピーダンス値を結合することで得られた新しい指標と畜肉の品質と関係性が深いと考えられる物理的な指標との相関関係を求めた。本研究で得られた新しい指標は食肉加工場で利用されることが期待される。

(試料と実験方法)

と殺後2日経過した牛ロース肉 (*longissimus dorsi*, *Bos taurus*) を試料として用いた。試料は0, 2, 7, 21日間真空包装されたまま4°C条件下で熟成された。試料が有する物理的なパラメータとして、ドリップロス、クッキングロス、保水性、剪断力を、さらにインピー

ダンス値を各熟成日数ごとに測定した。なお、インピーダンス値の測定に電極の型が及ぼす影響を調べるために、プレート型、ニードル型、2種類の電極を用いた。インピーダンス値から得られた指標として積分インピーダンス比(IIR)、平均インピーダンス比(NIR)、修正版 AI^Y (Mod AI^Y) が定義され、これらの指標と物理的なパラメータの相関性を求めた。なお、IIR、NIRは、筋繊維に逆らう方向、沿った方向の電流から得られたインピーダンス値の比であるインピーダンス比(IR)を42 Hz から 10.79kHz の領域においてそれぞれ積分、平均化したものである。Mod AI^Y は 96 Hz、3.12 MHz において筋繊維に逆らう方向の電流から得られた各々のインピーダンス値の差に由来する指標である。さらに、熟成中に引き起こされる筋繊維の破壊がインピーダンス値や物理的な指標に及ぼす影響について調べるため、光学顕微鏡を用いた筋繊維の観察も行った。

(結果)

図1, 2に示すように、3種類の電氣的指標(IIR, N.I.R., Mod AI^Y)と剪断力の相関($0.52 \leq R^2 \leq 0.58$)は熟成日数との相関($0.34 \leq R^2 \leq 0.39$)よりも高いものとなった。これより、物理的な指標、インピーダンス値の変化は同個体、同部位間であっても、測定箇所が大きく異なり、畜肉の熟成は必ずしも均一に引き起こされるものではないことが示唆された。加えて、電極の形状は電氣的指標と物理的な指標の関係性に大きく影響を及ぼすことがわかった。筋繊維は熟成が進むにつれて破壊され、この作用がインピーダンス値の低下や剪断力の低下などの物理的な指標の変化に寄与すると考えられたが、光学顕微鏡から得られた画像より破壊された筋繊維を定量化することが困難であるため、その関係性を明確にすることはできなかった。

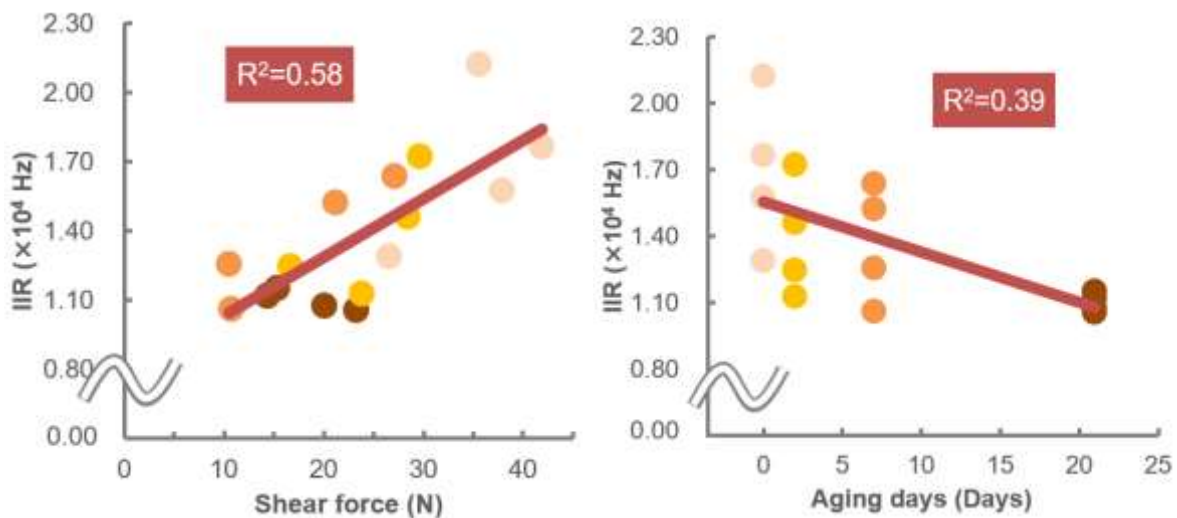


図.1 (左) プレート型電極より得られた IIR と剪断力の関係性

図.2 (右) プレート型電極より得られた IIR と熟成日数の関係性

各々の色 (●, ●, ●, ●) は熟成日数(0, 2, 7, 21) をそれぞれ示す。

Evaluation of Beef Quality based on Electrical Impedance Analysis

(電気インピーダンス解析に基づく牛肉の品質評価)

Shinobu IHARA (201621043)

Supervisors : Yutaka KITAMURA, Mito KOKAWA

(Background and objectives)

Meat is eaten all over the world and is a very important part of the diet. Therefore, determining the evaluation system for meat processing is a very important task. Usually, destructive methods as biochemical analysis or inspection by naked eye is used for evaluation of meat, but these methods are time-consuming and need skilled workers. Hence, there are many studies that focus on non-destructive evaluation methods for aging meat. Especially, Electrical Impedance Spectroscopy (EIS) has been reported as an effective non-destructive evaluation method because of its low cost and simplicity compared with the other non-destructive methods like fluorescence and near-infrared spectroscopy. However, although most of studies related to EIS focused on electrical impedance values using just several frequencies, the relationship between meat quality and combined electrical impedance on lower frequencies known as the α and β -dispersion area is not clear. In the present study, EIS data on the α and β -dispersion area was analyzed to obtain new indexes that correlate with physical properties of meat. The methods developed in this study could be used for quality inspection in the meat slaughterhouse.

(Materials and methods)

Beef loin (*longissimus dorsi* of *Bos taurus*) slaughtered after two days was used as materials, and was wet aged at 4°C for 0, 2, 7, 21 days. After each aging period, physical properties such as drip loss, cooking loss, water holding capacity, and shear force, and EIS data were measured. Two types of electrodes, plate and needle were used for EIS. The following electrical parameters

were determined from the EIS data, Integrated Impedance Ratio (IIR), Normalized Impedance Ratio (NIR), and Modified AI^Y (Mod AI^Y). IIR and NIR were derived by integrating or averaging the Impedance Ratio (IR) from 42 Hz to 10.79 kHz, where IR is the ratio between electrical impedance measured parallel or perpendicular to the muscle fibers. Mod AI^Y was derived by the difference between EIS data of low (96 Hz) and high (3.12 MHz) frequency domains. The relationship between the physical properties and the three electrical parameters were analyzed. Moreover, muscle fibers were observed by optical microscope to unveil the effect of degradation of muscle fibers on changes in the electrical parameter and physical properties.

(Results)

The investigated electrical parameters had higher correlations with shear force ($0.52 \leq R^2 \leq 0.58$) compared to correlations with aging days ($0.34 \leq R^2 \leq 0.39$) as shown in **Fig. 1** and **2**. Changes in physical properties depended much on measuring position despite using the same animal and same muscle, which suggested that aging treatment may not contribute uniformly to changes in physical properties. Moreover, the type of electrode had a large influence on the relationship between electrical parameters and physical properties. Although the observations by the optical microscope suggested that degradation of muscle fiber may contribute to changes in electrical properties and textual properties, it was difficult to make relationships between the images and the electrical parameters or physical properties due to the difficulty of quantification of degraded muscle fibers.

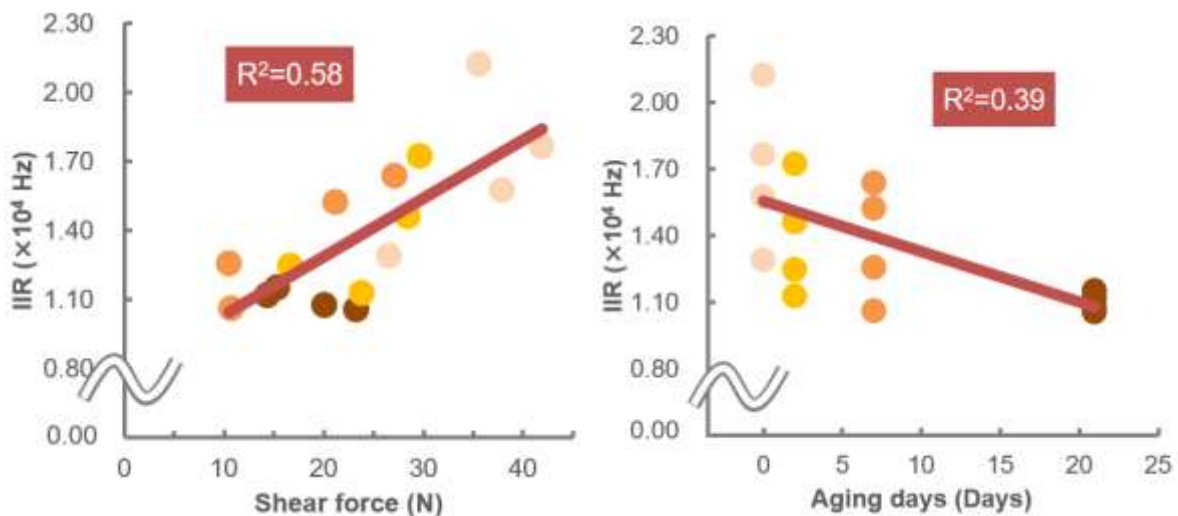


Fig. 1 (Left) Variation of IIR measured by plate type electrode with shear force during aging.

Fig. 2 (Right) Variation of IIR measured by plate type electrode with aging days.

Each different color (●, ●, ●, ●) indicates aging days (0, 2, 7, 21) respectively.

宮永史香 (201410736)

1. 背景と目的

日本の食料自給率は40%を切る低い水準に留まっており、大きな原因として米の消費減少が挙げられている。グルテンフリーの米を用いたパンを作ることは、米の消費拡大に貢献するだけでなく、小麦アレルギーやセリアック病の人も食べられる製品を提供できるという利点がある。本研究では、粒状の高アミロース米に水を加えて炊飯・糊化させた後、高速せん断攪拌によりゲル状にした米ゲルを用い、米粉と混ぜ合わせてグルテンフリーパンを作製した。本研究の目的は、米粉の物理・化学特性が米粉と米ゲルのパンの特性に与える影響を解明することである。

2. 方法

2.1 米ゲル及びパンの作製

米ゲル中の米は高アミロース米であるモミロマンの玄米を使用し、米粉は、原料米(玄米、精白米、もち米)や製粉方法(気流式粉碎、胴搗式粉碎)が異なる7種類の米粉(1~7と付番)を使用した。また、副原料として、砂糖、塩、オリーブオイル、ドライイーストを使用した。米ゲル中の水は米の2倍量とし、加水は全体の水分含量が米の総量と同量になるようにした。

米ゲルは炊飯したモミロマン玄米をフードプロセッサー(DLC-10PRO Cuisinart)で攪拌して作製した。米ゲルと米粉、副原料をフードプロセッサーで攪拌した後、ホームベーカリー(SD-BMT1001 Panasonic)の「米粉パン(小麦なし)」モードで発酵、焼成した。

2.2 比容積及び硬さの測定

焼成後、室温で1時間放冷した後、パンの重量と体積を測定し、比容積を算出した。比容積は体積/重量と定義した。測定後、ポリ袋に入れて室温で保存した。翌日、パンをパンカッターで1.5 cm厚に切断し、硬さの測定を行った。

2.3 アミロース含量、デンプン損傷度、粒度分布

アミロース含量の測定には、アミロース/アミロペクチン測定キット(Megazyme)を使用した。デンプン損傷度の測定には、損傷デンプン測定キット(Megazyme)を使用した。米粉の粒度分布は、レーザ回折式粒子径分布測定装置(SALD-2200 島津製作所)で測定し、溶媒に95%エタノールを使用した。

3. 結果と考察

3.1 パンの比容積、硬さ

比容積は、コシヒカリ精白米を製粉した米粉2の試料で最大値(2.0 cm³/g)、もち米を製粉した米粉7の試料で最小値(1.3 cm³/g)を示した。また、精白米を気流式粉碎した米粉2~4の試料は軟らかく、胴搗式粉碎した米粉6の試料は硬くなった。

3.2 米粉のアミロース含量、デンプン損傷度、粒度分布と比容積、硬さの関係

米粉のアミロース含量は、もち米を製粉した米粉7が1.8%、うるち米を製粉した米粉1~6は15~19%であった。比容積、硬さとの相関は見られなかった。

米粉のデンプン損傷度は3.7~14%であった。デンプン損傷度と比容積には図1に示すように負の相関が見られた。デンプン損傷度が上がると米粉の吸水率が上がり、生地が硬くなることが原因と考えられる。また、硬さとの相関は見られなかった。

米粉のメジアン径(d50径)は20~56 μm、d90径は129~244 μmであった。メジアン径と比容積、硬さに相関は見られなかったが、d90径と硬さには正の相関が見られた。粒径が大きな粒が入っている米粉のパンは硬くなる傾向があることがわかった。

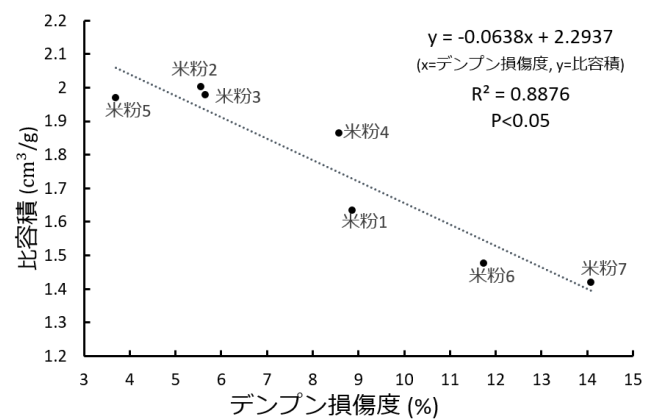


図1 デンプン損傷度と比容積の散布図

4. まとめ

米粉と米ゲルのパンの比容積には米粉のデンプン損傷度が、硬さには米粉のd90径が影響していることがわかった。デンプン損傷度が低く、最大粒子径が小さい米粉を使用することで、膨らみがよく軟らかいパンができると考えられる。