

電気インピーダンス測定を用いた熟成牛肉の非破壊分析法の検討

指導教員 粉川 美踏

副指導教員 北村 豊

大川 真里奈 (201510644)

1. 背景と目的

肉の軟化と風味の改良を目的として、わが国では牛肉に対して屠畜後に2~4℃で2~3週間程度の熟成を行うが¹⁾、熟成の進行度の評価は経験や勘に基づいて行われていることが多い。また、客観的な評価方法として成分検査、テクスチャー分析、保水性測定などの分析が行われているが、これらは時間および費用を要する破壊的な方法である。そこで、迅速、簡易、および非破壊的な牛肉の分析方法の一つとして、電気インピーダンス測定に着目した。

牛肉の熟成過程では筋原線維の脆弱化が起こり、筋肉の電気抵抗が低下する。このとき、筋線維に対して垂直方向のインピーダンスが低下するが、筋線維に対して平行方向のインピーダンスには熟成に伴う変化は見られない²⁾。熟成に伴う絶縁構造の崩壊を利用し、これまでもインピーダンス測定による熟成牛肉の評価を目指す研究が行われてきた。

しかし、これまでのインピーダンス測定で用いられてきた電極には、対象の筋肉を損傷させてしまう突き刺し型が多かった²⁾。また先行研究では、電極と牛肉試料の接触度合いや筋線維の方向を目視で判断していたことが、測定値の誤差の原因となっていた。そこで本研究では、試料に軽く接触させるだけで計測が可能なプレート型電極を使用するとともに、電極に対する試料の位置を制御できる装置を構築し、より高精度かつ安定的に熟成牛肉の非破壊分析を行うことを目指した。

¹⁾飯田：日本調理科学会誌 50 (3)、85~95 (2017)

²⁾村本ら：日本畜産学会報 88 (3)、315~320 (2017)

2. 方法

2.1 測定装置

高さ、角度を制御可能な電動 Z 軸ステージ、回転ステージを組み合わせた。それぞれ、電極と試料の接触度合い、電極に対する試料の角度の調節に用いた。

2.2 測定方法の検討

試料として、熟成が進行していると考えられる交雑種サーロインを使用した。Z 軸ステージで電極と試料を 100 μm ずつ近づけながら LCR ハイテスタ (3532、日置電機) を用いてインピーダンスを測定した。定電圧は 1.0 V および測定周波数は 100 Hz とした。インピーダンスの減少が 50 Ω 以下になった直後の高さを保ちながら、回転ステージで試料を 15° 刻みで 180° 回転させ、各地点でのインピーダンスを測定した。定電圧は 1.0 V、測定周波数は 100 Hz、1000 Hz とした。

測定結果より試料表面の状態の影響が小さいと考えられた、筋線維方向に対して垂直方向と平行方向のインピーダンスの比(インピーダンス比と定義)を、熟成度合いの指標として用いることとした。

2.3 熟成牛肉の分析

試料として、乳用種サーロインを使用した。屠畜日を 0 日とし、熟成開始後 2 日、5 日、9 日、16 日に測定を行った。2.2 と同様の方法でインピーダンスを測定し、インピーダンス比を求めた。破壊的な分析方法の結果との比較のため、インピーダンス測定と同日に剪断力価、熟成ロス、加熱ロス、保水性の測定も行った。

3. 結果と考察

インピーダンス比を求めるため、回転ステージの角度差 90±15° でインピーダンス差が最大となる地点を探し、インピーダンス値が大きい地点を筋線維に対して垂直方向、小さい地点を平行方向と仮定してインピーダンス比を求めた。

図 1 に示すように、剪断力価は 5 日から 9 日にかけて有意に減少した。対して、インピーダンス比には熟成日数による有意差はみられなかったものの、9 日から 16 日にかけて減少する傾向がみられた。有意差はみられなかったが、熟成ロスは 5 日から 9 日にかけて増加、保水性は 2 日から 9 日にかけてわずかに減少した。熟成日数が同一の試料間で測定結果にばらつきがみられたが、同一部位内での位置による肉質の差や、インピーダンス測定時に試料表面が乾燥したことによる影響と考えられる。

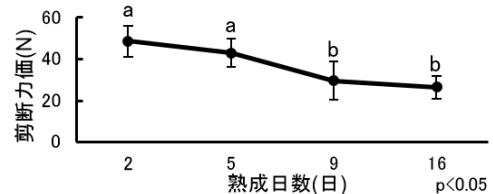


図 1 熟成日数と剪断力価の関係

剪断力価とインピーダンス比に相関はみられなかったが ($R^2=0.0107$)、剪断力価の高いものはインピーダンス比も高い傾向がみられた。図 2 に示すように、2 日から 9 日の保水性とインピーダンス比には負の相関がみられた。このことから、インピーダンス測定の結果より、筋線維の脆弱化の進行以前の保水性を推定できる可能性が示唆された。

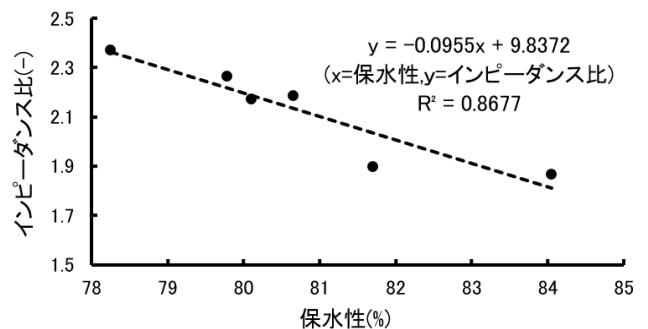


図 2 2 日~9 日の保水性とインピーダンス比の関係