

電磁応答に基づく熟成食肉の肉質評価技術の開発

電気通信大学大学院情報理工学研究科機械知能システム学専攻・准教授 村松 大陸

■ 目的

市販食肉には、原産地、畜種、部位などが表示されており、購入の重要な基準となっている。しかし、脂肪交雑、食感、風味、うま味といった、食肉の「おいしさ」に関する情報は表示されていない。これらの特徴は食肉の熟成状態により大きく変化するため、熟成過程や熟成を終え市販される状態で肉質を評価することが重要である。本研究では、食肉熟成過程の電磁応答特性を計測できるシステムを構築し、牛肉と豚肉の食肉サンプルを用いてその基本性能を検証する。

■ 方 法

提案する食肉熟成過程の電磁応答測定システムは、熟成庫、温湿度計、プローブ、同軸ケーブル、チャネルスイッチ、電磁応答測定器から構成される。食肉熟成の方法としてドライエイジングを採用し、専用熟成庫を導入した。庫内の食肉に取り付ける測定用プローブは、同軸ケーブルとチャネルスイッチを介し電磁応答測定器に接続される。今回は複数の周波数における電磁応答を評価するため、測定器としてインピーダンスアナライザを用いた。食肉に穿刺し内部品質を安定計測することを目的に、穿刺型セミリジッド同軸プローブを試作した。本プローブはセミリジッド同軸構造のため、数 kHz～数 GHz の広帯域で安定的に利用可能で、穿刺型なので肉の内部状態の測定も可能かつ安定した界面状態のため長期間の測定にも適している。本プローブを食肉に穿刺すると、内外導体間に高周波の電磁界が発生し、食肉の状態によってその応答が変化する。

評価に用いる食肉サンプルは、(a)牛もも肉ブロック、(b)豚もも肉ブロックの2種類とした。(a)は赤身が多く脂肪交雑はほとんどなく、牛肉の脂肪交雑基準12段階では1等級の脂肪交雫に分類される。(b)もそのほとんどが赤身であり、(a)と同じく脂肪交雫はほとんどない。各食肉サンプルは $60 \times 60 \times 100 \text{ mm}^3$ 程度にトリミングして実験に用いた。熟成過程の電磁応答は多様なパラメータで測定可能だが、今回は測定が比較的容易な中間周波数帯を評価周波数の候補として想定し、10 kHz-10 MHz で食肉のバイオインピーダンスを14日間にわたって測定した。

■ 結果および考察

各食肉サンプルのインピーダンスは測定開始直後に急増した。この変化は測定開始後ごく短い時間に生じており、熟成状態や保水量は原因でなく、穿刺直後でプローブと食肉の境界面状態が不安定だった影響である。14日間の全体的な傾向として、いずれのサンプルと周波数でもインピーダンスが減少した。これは時間経過とともに熟成が進み細胞膜が破壊され細胞内液が流出し、細胞膜がつくる等価キャパシタが消滅したことと、高導電率の細胞内液を介し電流が流れ経路のインピーダンスが減少したことが理由である。10 kHz-10 MHz のインピーダンスの経時変化はいずれも類似の下降傾向で、中間周波数帯では熟成過程で進行する細胞膜崩壊と導電経路の再編が周波数によらず一様に生じることが明らかとなった。また、牛と豚のサンプルでインピーダンス変化傾向は同じだった。また、庫内温度変化の影響が少ないので1 MHz以下の測定周波数だった。

■ 結語

開発した食肉熟成過程の電磁応答測定システムの有用性が確認された。さらにシステムの評価を通して得られた知見は、食肉熟成における長期かつ非破壊の肉質管理を実現するうえで有用な基盤情報となり、将来的な熟成度自動判定アルゴリズムなどへの展開に貢献すると期待される。