

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 （ 農 学 ）	氏名	久本 高央
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
論 文 題 目			
電気インピーダンス測定による低温調理食肉の熱変性過程の捕捉に関する研究			
論文審査担当者			
主 査	教 授	羽 倉	義 雄
審査委員	教 授	川 井	清 司
審査委員	教 授	上 野	聡
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文は、レトルトパウチ中の食肉の熱変性過程における状態変化を、電気インピーダンスを測定することで捕捉し、加熱加工食品の評価に新しい評価軸を加えることで、より高品質な管理ができる可能性について述べたものである。論文は以下の6章から構成されている。</p>			
<p>第1章 序論</p> <p>本論文の序論として、研究の背景、関連分野の既往の研究、食品の調理過程の品質管理における問題点、特に包装容器外からの品質管理に関する解決すべき課題と研究の目的を述べている。</p>			
<p>第2章 食肉の加熱中のインピーダンス測定</p> <p>牛、豚、鶏の食肉をレトルトパウチ内に封入し、シリコンオイル中で加熱する過程の電気インピーダンスを計測することで、食肉の熱変性の状態変化をレトルトパウチの外から非破壊的に捉えることができるかについて検討した。その結果、加熱温度範囲内に相変化等の物性変化がない試料である酸化アルミニウムと食肉を比較すると、加熱前と100℃に達温後に降温した同温度でのインピーダンスの値に差が現れていることを見出した。</p>			
<p>第3章 周波数固定による低温調理豚肉のインピーダンス変化の連続測定</p> <p>低温調理された食肉を想定し、65℃、75℃、85℃、95℃で長時間加熱した際のインピーダンスの変化を計測した。その結果、処理温度がより高温になるに従い、40℃における加熱前後のインピーダンスの差(<math>\Delta Z </math>)が大きくなることを見出した。この結果から、<math>\Delta Z </math>がタンパク質変性の程度を表す指標になるとの仮説を設定した。</p>			
<p>第4章 DSCによる加熱豚肉のエンタルピー変化の測定</p> <p>第3章と同一条件で調製した試料(65℃、75℃、85℃、95℃の各温度で長時間加熱した豚肉)をDSC(示差走査熱量測定)に供することで、未変性のタンパク質がどの程度残存</p>			

しているかを明らかにした。さらに、第3章で提起した $\Delta|Z|$ とタンパク質の変性程度の関係について検討を行った。その結果、非加熱の豚肉の計測結果と比較して65°Cで加熱処理した試料は低温側(50°C~70°C)のピークが消失していたものの、主にアクチンに由来すると考えられる高温側(70°C~85°C)のピークは残っていた。75°Cで加熱処理した試料は低温側(50°C~70°C)のピークが消失し高温側(70°C~85°C)のピークも非加熱や65°C処理と比較して小さくなっていた。85°C、95°Cで加熱処理した試料は低温側、高温側共にピークは消失していた。これらのタンパク質の変性に伴うエンタルピーの変化は、各処理温度での $\Delta|Z|$ と反比例の関係を示した。以上の結果より、タンパク質の変性程度を $\Delta|Z|$ で表現できることを明らかにした。

#### 第5章 加熱温度の違いによる豚肉の硬さとインピーダンスの関係

第4章でタンパク質の変性程度と $\Delta|Z|$ の関係が明らかになった。そこで、変性したタンパク質の構造の変化は、加熱調理によるテクスチャーの変化となって現れると考え、材料試験機を使用して、 $\Delta|Z|$ と各温度での加熱処理豚肉の硬さの関係について検討を行った。65°Cで処理した試料は、弾性を示す直線的な荷重の増加の後、ピークトップ直前でわずかな降伏を示し、直ちに試料の破断が起こった。75°Cで処理した試料では明瞭な降伏点が見られ、85°C、95°Cで処理した試料では降伏点が顕著に表れた。この結果から弾性ひずみエネルギーに着目し、各処理温度での弾性ひずみエネルギーを整理したところ、85°C、95°Cで処理した試料では、弾性ひずみエネルギーが大きく減少しており、65°Cで処理した試料は85°C、95°Cで処理した試料よりも有意に弾性ひずみエネルギーが大きな値を示していた。さらに、食肉の熱変性の程度を示す $\Delta|Z|$ と弾性ひずみエネルギーの関係を検討した結果、 $\Delta|Z|$ と弾性ひずみエネルギーに負の相関があることを明らかにした。以上の結果より、 $\Delta|Z|$ を用いることで、食肉の食感を表現できることを明らかにした。

#### 第6章 総括

本研究を総括し、今後の課題および研究の発展の方向性を述べた。

本申請博士論文は、パウチに封入された食肉のインピーダンスにより、食肉の熱変性の程度を定量的に捕捉できることを明らかにした。さらに、低温調理のような一定温度でのタンパク質変性の変化を連続的に計測できることも明らかにした。これらの成果は、食品科学の分野から食品産業での応用に至るまでの広い領域で貢献できるものと評価した。審査の結果、本論文の著者は博士(農学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。