

氏名(本籍)	植 ^{うえ} 村 ^{むら} 邦 ^{くに} 彦 ^{ひこ} (福岡県)
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	博乙第1,495号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	通電処理による食品の加熱と応用
主査	筑波大学教授 農学博士 吉崎 繁
副査	筑波大学教授 農学博士 前川 孝昭
副査	筑波大学教授 農学博士 木村 俊範
副査	筑波大学助教授 工学博士 小嶋 英一

論文の内容の要旨

食生活の多様化とともに、消費者の加工食品への要求は高度化、多様化し、簡便性、安全性、グルメ志向、健康志向へと広がりを見せている。一方、1996年夏に猛威を振るった病原性大腸菌 O-157 やサルモネラ菌による食品の汚染が大きな社会問題となっている。これらの問題解決に向けて多くの努力がはられているところであるが、本研究の目的は、クリーンなエネルギーである電気的エネルギーを用いて食品の高品質な加工や微生物制御を行うことにより、食品の機能性や安全性の向上に資する新しい食品加工技術の開発を目指すものである。

通電加熱は材料内で均一に発熱する特徴を持つことから、従来、均一な温度で加熱が進むものと予想されていたが、実際に通電加熱を行ってみると、外部加熱とは逆に、材料の中心部の温度が最も高く、周辺部へ近づくほど低くなるため、結果的にはかなり大きな温度差が生じることがわかった。したがって、本研究では味噌ペーストに平行平板電極を用いたバッチ式の通電加熱を行った場合の材料内部の温度分布を、有限要素法を用いて数値的に求めた。その結果、電気伝導率、熱伝導率、比熱の各変数を温度の関数で表すことにより、実測値とよく一致する結果が得られることがわかった。さらに、リング状電極内を流れる味噌の連続通電加熱に同様の計算手法を適用した。まず、リング状電極で形成される電位分布を有限要素法で求め、その電位分布による材料の各部位の発熱量を計算し、時間経過とともに材料が移動するのを各要素のシフトで表すことで材料内部の動的な温度分布を求めることが可能となった。このようにして得られた計算結果は、通電加熱装置出口の実測値とよく一致することがわかった。ついで、電極間距離、印加電圧および材料の流速の各制御因子を変化させた場合の材料の温度分布を計算した。この結果を電極設計にフィードバックすることにより、真の意味で通電加熱による均一・迅速加熱が可能になる。

通電加熱の応用では、各種食用米を加圧(カ)下で通電加熱することで、高温短時間加熱による炊飯を実現した。特に、アミロースを多く含んだタイ米にこの高圧(カ)通電加熱法を適用した場合、炊飯後の物理特性は柔らかく、粘りを増すように変化することがわかった。この理由はDSC、ラピッドビスコアアナライザー等の測定結果より、高温加熱でアミロースの一部が融解し、新たな3次元構造を形成したことによるものと推定される。

電気エネルギーの殺菌への応用として著者が考案した通電殺菌技術は、酵母および大腸菌を含む液状の材料に10kV/am以上の交流電界を印加した場合、通電加熱による材料の温度上昇と電界印加による電気穿孔の併用効果によって殺菌効率が飛躍的に高まることがわかった。さらに、この技術を耐熱性芽胞形成菌の殺菌に適用できるように、加圧型の通電殺菌装置を開発した。加圧通電殺菌装置を用いて加圧(カ)下で通電処理を行うことにより、材料の温度を120℃程度まで高めれば、電界印加の併用効果により短時間で芽胞菌を連続的に殺菌するこ

とが可能となることがわかった。このとき、材料中に含まれるビタミンCの損傷割合が他の加熱殺菌法と比べて少なく、品質面でも優れた殺菌処理が実現されたことがわかった。なお、通電殺菌における電気化学的な副作用の有無について検討するために、大腸菌のDNA検査、pH測定、スカベンジャーによるラジカルの消去実験を行なったところ、通電処理によるDNAの損傷は少なく、pHも変化せず、本殺菌法が活性酸素によるものではないことがわかった。

審査の結果の要旨

本研究は、電気エネルギーを用いて食品の高品質な加工や微生物制御を行うことにより、食品の機能性と安全性の向上に資する新しい食品加工技術の開発を目的としたものである。

通電加熱は、従来、材料内で均一に加熱が進むものと予想されていたが、実際にはかなり大きな温度差が生じることを確かめ、味噌ペーストに平行平板電極を用いたバッチ式の通電加熱を行なった場合の材料内部の温度分布を有限要素法により数値的に求めた。この手法は、電気伝導率、熱伝導率、比熱の各変数を温度の関数で表すことにより、実測値とよく一致することがわかった。ついで、リング状電極内を流れる味噌の連続通電加熱に同様の計算手法を拡張し、材料内部の動的な温度分布を求めることを可能にした。この計算手法は、電極間距離、印加電圧および材料の流速の各制御因子を変化させた場合の材料温度分布を予測でき、通電加熱処理装置の均一・迅速加熱のための電極設計が可能となった。

さらに、通電加熱の応用として、各種食用米を加圧（カ）下で通電加熱することで、高温短時間加熱による炊飯法を開発した。この炊飯法は、特に高アミロース米に有効で、高温加熱によりアミロースの一部融解して新たな3次元構造を構成し、やわらかくねばりの強い炊飯米となることがわかった。また、電気エネルギーの殺菌への応用として、加圧（カ）型の通電殺菌装置を開発した。すなわち、本装置を用いて加圧下で通電処理を行ない、材料温度を120℃程度まで高めれば、電界印加の併用効果により短時間で芽胞菌等を連続殺菌できる。このとき、材料中に含まれるビタミンCの損傷割合は従来の加熱殺菌法と比べて少なく、品質面でも優れたものであることを確かめている。さらに、通電殺菌にともなう電気化学的副作用の有無についても検討を加え、本殺菌法が安全な殺菌法であることを実証している。

以上のように、本研究は通電処理による食品の加熱および殺菌に関し、装置設計の諸元決定に有用な知見と新処理法を開発提示しており、食品の加工法開発を通じて農学分野への寄与は極めて大きいものがあると考えられる。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。