

氏 名	小 森 友 明 こ もり とも あき
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 498 号
学位授与の日付	昭 和 47 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	食品冷凍に関する伝熱工学的研究

(主 査)
論文調査委員 教授 水 科 篤 郎 教授 吉 田 文 武 教授 佐 藤 俊

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は食品冷凍における熱移動機構を理論的に考察し、実測値と比較検討した結果を報告したもので7章よりなっている。

第1章の緒論では食品冷凍の問題点と、既報の研究につき述べ本研究の目的を明らかにしている。

第2章では食品を半無限固体として取り扱った場合の解析と平板状の豆腐による実験結果について述べているが、食品寸法が非常に大きい場合、あるいは平板状固体の場合には、半無限固体としての近似解が、冷凍特性曲線、冷凍時間計画を検討するのに充分適用できることを示した。

第3章では有限厚さの平板状食品の凍結について、凍結厚さと温度分布の近似解を求め、やはり豆腐による実測値と比較した。また前章の半無限固体としての取り扱いの意義と妥当性について検討を加えた。半無限固体としての解析には厳密解が存在するが、有限厚さの場合には近似解しか得られない。しかもその近似解にも適用限界がある。凍結面が中心近傍に来た場合、凍結面の熱収支が温度分布の対称性、曲率の増加により、理論的表示と実際の現象があわなくなるため、従来用いられている擬定常的取り扱いに乗りかえなければ、凍結完了時間および中心近傍の凍結厚さと時間の関係を解析的に求めることはできないことがわかった。しかし近似解の適用範囲内では理論値と実測値はよく一致する。

第4章では円柱状試料として、バター、チョコレート、およびアイスクリームを用いて凍結実験を行ない、温度分布、凍結厚さの時間的変化について、実測値と解析結果の比較を行なったが、これらは概してよく一致している。

第5章では球状試料の凍結についての解析結果とパラフィンを用いた実測値と比較検討している。

第4章、第5章共に第3章と同じく、凍結面が中心附近まで進んだ時には、擬定常的取り扱いに乗りかえなければならないことを示している。また平板、円柱、球の順に近似解の適用性が悪くなってくことも示しているが、これはこの種の問題の一般的傾向といえよう。

第6章では凍結過程に発生する熱応力について解析的並びに実験的に検討を加え、従来金属の凝固など

で見られる熱応力と冷凍操作におけるそれとは相似的に取り扱い得ることを示している。そして被凍結食品は凍結時において、力学的には弾塑性域の共存する複雑な過程にあることを示し、急速凍結の必要性を明らかにする一指針を与えた。また金属材料学的に考察されている熱衝撃、熱疲労あるいは破壊現象と冷蔵期間中における被冷凍食品の物理的な組織変性を結びつける提案を行なっている。

第7章では補足的に、現在工業的に生産されている凍豆腐を取り上げ、上述の解析の近似解の妥当性を凍結時間、温度分布、応力分布等に関する計算例より検討した。

最後に総括的結論と、今後の食品冷凍の問題点を述べて結びとしている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、食品凍結における熱移動現象を伝熱工学的立場から、理論的に解析し、実験により解析結果の妥当性およびその実用的な食品凍結への適用性を検討したもので、その成果はつぎのように要約される。

1. 既報の数学的解析による厳密解および食品冷凍分野で用いられている凍結理論による解は、種々の形状を有する試料を凍結する実際例には適用できない。本論文では各種冷凍食品の形状は板状、円柱状、球状に分類できるとして、これらの形状につき実際例に適用できる近似解を理論的に導いた。とくに円柱状、球状試料についての解析はほとんど行なわれておらず、これらの形状の食品の凍結理論については全く新しい取り扱いを行なった。

2. 各種の形状の試料について凍結実験を統一的に行なった例はなく、実験的にも貴重な結果を得た。

3. 従来この種の問題の解析は農学の分野で独自に取り扱われて来たため、工学的取り扱いはあまりなされていない。したがって既報の近似解および解析解が、実験結果とどの程度一致するかを確認されたものは非常に少なく、実際の凍結過程での熱移動を明確に扱った凍結理論は提出されていない。本論文は、理論的に導出した近似解を実験結果を用いて検討し、その実際への適用性を確認した。その結果、各モデルについて統一された凍結理論を展開している。

4. 金属材料などについて、求められている熱衝撃および熱疲労と熱応力の関係を、凍結冷蔵中の食品にも適用し、食品組織の物理的変性の原因を定量的に究明する手がかりを与えた。

以上要するに本研究は、食品冷凍における熱移動現象を伝熱工学的に研究し、各種形状の試料を冷凍する際の冷凍特性曲線、冷凍時間計画を得る上に、より実用的な解析法を得ようとしたものであり、充分その目的を達している。したがって学術上、工業上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。