

[別紙2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 大西茂彦

野菜の長期保存方法として、冷凍が利用されているが、冷凍傷害により解凍後にその組織が軟化することが問題となる。本論文は、冷凍・解凍後の野菜組織の軟化機構とその防止法についての研究をまとめたもので、5章からなっている。

第1章では、冷凍野菜の栄養成分的あるいは酵素学的変化に関する既往の研究を取りまとめると共に、これらの分野と比較して冷凍野菜の力学物性変化に注目した研究が十分に行われていないことを指摘し、本論文の目的である冷凍・解凍後の野菜組織の軟化機構解明とその防止法の確立の意義が述べられている。

第2章では、野菜の冷凍傷害による軟化現象の定量的評価法について検討している。食品の力学物性測定に利用されている応力緩和法あるいは破断試験法は、検出器と測定試料の機械的カップリング等の問題から本研究には適さないため、これらの問題が生じないリード共振法による力学物性測定法を確立した。また、冷凍傷害による損傷箇所の一つと考えられている細胞原形質膜の健全性を、組織の電気物性変化で評価するインピーダンス測定法及びCole-Coleプロット解析法を確立した。

第3章では、野菜の冷凍傷害による軟化機構に関する検討を行っている。野菜組織の冷凍・解凍後の力学物性及び電気物性を測定した結果、野菜の力学物性が細胞原形質膜の損傷による細胞膨圧喪失の影響で急激に減少することが明らかとなった。細胞膨圧は、新鮮組織の動的弾性率に大きな影響を与えていた。冷凍前後の動的粘性率と冷凍後の動的弾性率については、細胞壁及び細胞間構造の物理的強度との関係が示唆された。次に、冷凍前後の細胞性食品あるいはゲル状食品の電気物性及び力学物性を測定し野菜組織と比較した。細胞性食品である筋肉組織は大部分が筋繊維であるため細胞原形質膜で覆われた閉鎖的な細胞構造の率が植物組織と比較して小さく、冷凍前後で物性がほとんど変化しなかった。肝臓組織は、電気物性から細胞構造が野菜組織と類似すると考えられ、その構造は冷凍・解凍により大きく変化した。ゲル状食品である蒲鉾はいずれの物性もほとんど変化せず、またコンニャクにおいては、冷凍後に電気物性及び力学物性が増加した。以上の結果から、野菜組織が冷凍傷害により容易に軟化するのは、細胞原形質膜及び細胞壁に囲まれた閉鎖的な構造の集合体として構成されているためであると考えられた。野菜組織を加熱した際の電気物性及び力学物性を解析した結果、細胞膨圧の喪失を原因とする初期の組織軟化と細胞壁等の変化に起因する後期の軟化が観察され、野菜組織を冷凍・解凍した際には、この2つの軟化が同時に発生していると考えられた。冷凍傷害によって発生する細胞原形質

膜と細胞壁等の損傷を分離して評価するため、ニンジン及びジャガイモ組織の細胞原形質膜をクロロホルム蒸気で選択的に破壊したものの力学的物性を、冷凍・解凍したもののそれと比較した。その結果、冷凍傷害による組織軟化の主たる原因は細胞膨圧の喪失であり、細胞壁等の損傷は力学物性変化に対して補助的な役割を果たしていることが示唆された。

第4章では、野菜の浸透圧脱水凍結法について検討を行っている。第3章の研究で、冷凍傷害による野菜組織の軟化を抑制するためには、細胞原形質膜の保護が有効であると考えられた。しかし、この膜構造は極めて脆弱であり組織内で氷結晶が生じると容易に損傷を受けるため、その保護のためには組織の凍結率を下げる必要がある。浸透圧脱水は、穏和な条件で組織内の水分含量を減少させることができ、野菜組織の凍結率を下げる前処理として有効と考えられた。ニンジン及びブロッコリーの組織を50%蔗糖溶液中で浸透圧脱水し、冷凍・解凍・復水し力学物性を測定したところ、その動的粘弾性は、無処理で冷凍した組織より高い値を示した。細胞原形質膜の健全性の指標であるCole-Coleの円弧の半径とニンジン及びブロッコリー組織の力学物性の間には、良い相関が見られた。また解凍後に細胞組織から流出するドリップ量あるいは、光学顕微鏡による解凍後の組織表面観察の結果からも、浸透圧脱水した組織は無処理のものより冷凍傷害が少ないことが示唆された。以上の結果から、浸透圧脱水凍結法は、冷凍傷害から細胞原形質膜を保護することで冷凍・解凍後の組織軟化を抑制していると考えられた。

第5章では、本研究の総括を行い、本研究で得られた知見により今後冷凍野菜の力学物性的な品質が向上すると共に、冷凍保存可能な農産物の範囲が飛躍的に拡大するものと結論づけている。

以上、本論文は、野菜の冷凍傷害による組織軟化の機構を新規な手法で解析するとともにその有効な防止法を提案したもので、学術上ならびに応用上貢献するところが少なくない。よって、審査委員一同は、本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。