

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (農学)	氏名	曾我部 知史
学位授与の要件	学位規則第4条第1・2項該当		
論 文 題 目			
凍結乾燥スープのコラプス抑制に関する研究 (Prevention of the collapse for freeze-dried soup products)			
論文審査担当者			
主 査	教 授	川 井	清 司
審査委員	教 授	羽 倉	義 雄
審査委員	教 授	上 野	聡
〔論文審査の要旨〕			
<p>真空凍結乾燥（凍結乾燥）は他の乾燥法と比較して、材料が被る化学的、物理的損傷が小さいことが特徴であり、医薬品、食品、微生物の常温安定化に用いられている。凍結乾燥には処理時間が長く、エネルギー使用量が多いことから製造コストが高くなるというデメリットがある。乾燥効率改善のために棚加熱による潜熱供給が行われているが、条件によっては凍結乾燥物に収縮や発泡（コラプス）が起こり、多孔質構造が失われた結果、外観の悪化や乾燥効率および復水率の低下を招くことが問題視されている。コラプスは材料の凍結濃縮ガラス転移温度 (T_g') と密接に関わる現象であると認識されており、コラプスを抑制するには材料に T_g' の高い水溶性材料（マルトデキストリンなど）を添加し、系の T_g' を引き上げることが有効である。また、コラプスは材料の降伏応力 (σ_{yield}) とも密接に関わっており、系の σ_{yield} が高ければ、T_g' が低くてもコラプスしないことが明らかにされている。</p> <p>凍結乾燥スープは代表的な凍結乾燥食品の一つであるが、T_g' や σ_{yield} が低いため、コラプスし易く、長時間の凍結乾燥操作を余儀なくされている。スープの T_g' や σ_{yield} を高めるにはマルトデキストリンなどの改質剤を相当量加える必要があるため、味や風味などへの影響を考慮すると実用的とはいえない。このような背景の下、本論文ではスープに少量のゼラチンを加えることで系をゲル化させ、凍結乾燥時のコラプスを抑制する方法を新たに提案した。スープ中のゼラチンゲルネットワークが構造的な支えとなり、凍結乾燥物のコラプスを強固に抑制すると期待される。また、ゼラチンゲルは 25–33°C 程度で融解するため、凍結乾燥物をお湯で戻す際には速やかな溶解性が期待される。</p> <p>本論文の目的は、ゼラチンによるスープのゲル化が凍結乾燥スープの加工性および品質に及ぼす影響を明らかにすることであった。1 章では上記の研究背景と目的が述べられた。</p> <p>2 章では凍結乾燥、コラプス、実験で使用した測定装置などに関する基礎的な知見が説明された。</p> <p>3 章では市販スープの組成を参考にしたスープモデル（NaCl, スクロース, グルタミン酸ナトリウムの混合物）を試料とし、ゼラチン並びに比較のために用いられた糊化コーン</p>			

スターチおよび水溶性マルトデキストリンの添加が、スープの T_g' , σ_{yield} , ゲル強度に及ぼす影響について調べた結果が報告された。いずれの試料も測定温度範囲内で T_g' を示さないこと、3%糊化コーンスターチは σ_{yield} を高めること、ゼラチンは系をゲル化させ、添加濃度の増加によってゲル強度が高まること、3%ゼラチンおよび 3%水溶性マルトデキストリンは NaCl の共晶を妨げることなどが明らかにされた。

4 章では 3 章で用いた各種スープ試料の凍結乾燥特性（コラプス発生の有無，乾燥時間）および凍結乾燥物の性質（水分含量，水分活性，破損耐性，溶解率）について調べた結果が報告された。いずれの凍結乾燥試料も十分に低い水分含量および水分活性を示した。1%糊化コーンスターチ試料を除くすべての試料において，高分子添加は凍結乾燥時のコラプス抑制に効果があった。水溶性マルトデキストリンはいずれの添加濃度においても乾燥固体の破損耐性が低かった。また，糊化コーンスターチは破損耐性（1%添加時）ならびに溶解率（3%添加時）が低かった。一方，ゼラチンは 1%添加において市販品と同等の破損耐性と高い溶解率をもたらしたが，3%添加によって溶解率は低下した。棚温度を 25°C から 50°C へ引き上げた場合，乾燥時間の短縮が可能であった。以上の結果より，1%ゼラチン添加によってスープをゲル化し，棚温度 50°C で凍結乾燥することが，乾燥時間の短縮，コラプス抑制，凍結乾燥スープとしての品質維持において，有効な条件であることが明らかにされた。

5 章では 4 章で導いた凍結乾燥条件が，凍結乾燥が困難といわれている低分子の糖（トレハロース，スクロース，グルコース）並びに糖アルコール（マルチトール，ソルビトール，還元水あめ）水溶液の凍結乾燥に及ぼす影響について調べた結果が報告された。ゼラチン無添加試料はトレハロースを除いて発泡（スクロース，マルチトール）や潮解（グルコース，還元水あめ，ソルビトール）が発生した。ゼラチン添加試料は，いずれにおいても著しいコラプス（発泡および潮解）は起こらなかったが，グルコース，ソルビトール，還元水あめ試料に関しては部分的な収縮が認められた。この挙動は凍結乾燥における 1 次乾燥過程における品温と T_g' との温度差から予測可能なことが示された。

6 章では以上の研究内容を総括し，今後の展望が述べられた。近年の凍結乾燥食品市場では，これまでの主力であったスープや味噌汁類に加え，甘味飲料を含む新たな製品がリリースされており，製品は多様化している。ゼラチンを用いたゲル化によるコラプス抑制アプローチは，これまで凍結乾燥できなかつた，或いは著しく困難であった素材を凍結乾燥し，製品化する上で広く貢献し得ることが述べられた。

以上，審査の結果，本論文は統合生命科学研究科学位論文評価基準を満たし，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。