

氏名

Mihiri Priyanwadha
Gunathilake

(論文内容の要旨)

従来実用化されている凍結濃縮法に対し、新しい高品質濃縮法である界面前進凍結濃縮法は容器冷却面に生成した氷相層を一次元的に伝熱方向と逆方向に成長させることで凍結濃縮を行う方法で、従来法である懸濁結晶法と比較して、システム単純化に伴う多くの優れた特長を有し、特にその小規模試験生産への適用可能性は、従来凍結濃縮できなかった多くの食品材料に対する応用への道を拓くため、これまでに存在しなかった食品新素材開発を可能とする。本論文は、この液状食品の新しい高品質濃縮法である界面前進凍結濃縮法の実用化に向けての研究開発経緯を纏めたもので、全体は5章よりなる。

第1章においては、界面濃度分極理論に基づき、固液界面における物質移動方程式の理論的解析を行い、溶質の固液間分配係数は氷結晶成長速度、および、固液界面近傍での物質移動係数により大きく影響されることを理論的に明らかにし、さらに、小型縦型実験装置を用いて、種々のモデル液を用い、生成氷結晶を切断して溶質濃度分布を分析して、上記理論の妥当性を検証した。

第2章においては、処理規模拡大のため、循環流壁面冷却方式により界面前進凍結濃縮装置の10L規模へのスケール・アップを行い、前章において確立した界面濃度分極理論に基づいて、最適操作条件の確立を試みた。

第3章においては、氷結晶部分融解法による収率改善について検討した。界面前進凍結濃縮法を他の濃縮法と比較した場合、試料条件によっては氷結晶への溶質取り込み率が高く収率が低下することが大きな欠点であり、本章においてはこの点の克服法について検討し、氷結晶部分融解法により、必要なレベルまでの収率改善が可能であることを明らかにした。このことは、界面前進凍結濃縮法の欠点を克服し実用化への道を拓く大きなブレークスルーである。

第4章においては、界面前進凍結濃縮法における濃縮特性を、他の濃縮法である減圧蒸発濃縮法および膜（逆浸透）濃縮法と比較検討した。試料として、コーヒー抽出液、およびラ・フランス果汁香气成分凝縮液を、それぞれの方法で濃縮し、香气成分分析を行い、減圧濃縮法（50℃）においては、香气成分のほとんどは気散し、膜濃縮法においては、香气成分の一部、特に低分子のアルコールやエステルは膜透過しやすく、濃縮液は濃縮前の原液と比較して香气成分プロフィールが大きく変化し、これに対して界面前進凍結濃縮では香气成分プロフィールはほとんど変化せず、高品質濃縮が可能であることを明らかにした。

第5章においては、これまでに凍結濃縮法が適用されることのなかった実際の液状食品に界面前進凍結濃縮法を適用して、石川県特産品である加賀棒茶の香气バランスを保ったままでの高濃度濃縮、日本酒原酒の高濃度濃縮によるアルコール度数28.9%の日本酒の試作、リンゴ果汁を濃縮後発酵することによる本格リンゴワイン試作などを行い、これまでにない食品新素材開発を試みた。

以上の研究成果により、高品質濃縮法である界面前進凍結濃縮法の技術基盤が確立し、その応用によるこれまでにない食品新素材開発への可能性も明らかとなった。

氏名

Mihiri Priyanwadha
Gunathilake

(論文審査の結果の要旨)

従来実用化されている凍結濃縮法に対し、新しい高品質濃縮法である界面前進凍結濃縮法は容器冷却面に生成した氷相層を一次元的に伝熱方向と逆方向に成長させることで凍結濃縮を行う方法で、従来法である懸濁結晶法と比較して、システム単純化に伴う多くの優れた特長を有し、特にその小規模試験生産への適用可能性は、従来凍結濃縮できなかった多くの食品材料に対する応用への道を拓くため、これまでに存在しなかった食品新素材開発を可能とする。本論文により、この液状食品の新しい高品質濃縮法である界面前進凍結濃縮法の実用化に向けて、以下に示す重要なブレイクスルーが得られた。

(1) 界面濃度分極理論に基づき、固液界面における物質移動方程式の理論的解析を行い、溶質の固液間分配係数は氷結晶成長速度と固液界面近傍での物質移動係数に大きく影響されることが理論的に明らかとなり、さらに、小型縦型実験装置を用いて、種々のモデル液を用い、生成氷結晶を切断・溶質濃度分布分析により、上記理論の妥当性が検証された。

(2) 処理規模拡大のため、循環流壁面冷却方式により界面前進凍結濃縮装置の10L規模へのスケール・アップが可能となり、界面濃度分極理論により最適操作条件が確立した。

(3) 界面前進凍結濃縮法を他の濃縮法と比較した場合、試料条件によっては氷結晶への溶質取り込み率が高く収率が低下することが大きな欠点であった。この点の克服法について、氷結晶部分融解法により必要なレベルまでの収率改善の可能性が示された。

(4) 界面前進凍結濃縮法における濃縮特性を、他の濃縮法である減圧蒸発濃縮法および膜(逆浸透)濃縮法と比較検討し、界面前進凍結濃縮法の優位性が検証された。試料として、コーヒー抽出液、およびラ・フランス果汁香気成分凝縮液を、それぞれの方法で濃縮し、香気成分分析を行い、減圧濃縮法(50℃)においては、香気成分のほとんどは気散し、膜濃縮法においては、香気成分の一部、特に低分子のアルコールやエステルは膜透過しやすく、濃縮液は濃縮前の原液と比較して香気成分プロフィールが大きく変化し、これに対して界面前進凍結濃縮では香気成分プロフィールはほとんど変化せず、高品質濃縮が可能となることが明らかとなった。

(5) これまでに高品質濃縮法としての凍結濃縮法が適用されることのなかった実際の液状食品に界面前進凍結濃縮法を適用して、石川県特産品である加賀棒茶の香気バランスを保ったままでの高濃度濃縮、日本酒原酒の高濃度濃縮によるアルコール度数28.9%の日本酒の試作、リンゴ果汁を濃縮後発酵することによる本格リンゴワイン試作などが行われ、これまでにない食品新素材開発が試みられた。

以上の研究成果は、高品質濃縮法である界面前進凍結濃縮法の技術基盤を確立し、その応用によるこれまでにない食品新素材開発への可能性を明らかにするものである。

よって、本論文は博士(生物資源環境学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成 25年 11月 29日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(生物資源環境学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。