

主論文審査の要旨

ヘナ (Henna) は、北部アフリカやヨーロッパ、インドなどに生育するミソハギ科の常緑低木であり、染料の原料として古代から利用されてきたのに加え、近年では当該植物中に生理活性を有する諸成分 (例えば、Lawsone という芳香環化合物やポリフェノール様物質は紫外線予防効果、便秘改善効果、更年期障害の緩和効果などに優れている) が含まれていることが確認されている。これまでに汎用的に利用されている抽出技術には水蒸気蒸留法や有機溶剤抽出法がある。しかしながら、水蒸気蒸留法は水を抽出溶剤としており環境負荷が低いものの、100°C程度の高温場での抽出操作であるため、芳香性に優れた低沸点成分を回収することが困難である。また、有機溶剤抽出法では低沸点成分も抽出可能であるものの、①抽出物中の残留溶剤を完全に除去出来ない、②抽出操作に長時間を要する、といった環境面での課題がある。これらの事由から、芳香性や機能性に優れた低沸点成分を、穏和な条件で、環境にやさしい溶剤を用いて、短時間で抽出することが可能な画期的な抽出法が期待されていた。このような背景の下、本論文では水や二酸化炭素といった環境溶媒を加圧・加温した亜臨界・超臨界状態を抽出場として選定し、かつマイクロ波照射を導入した新規複合抽出技術を提案し、その基礎抽出データの取得を試みた。また、本手法と超臨界二酸化炭素抽出法、亜臨界水抽出法との抽出効率を比較し、本手法の優位性を明確にすることを旨とした。

本論文は全6章から構成されており、第1章の序論に続き、第2章では超臨界二酸化炭素抽出によるLawsone抽出についての検討結果とともに、ポリフェノールを抽出するために亜臨界水抽出法も採用して、その高収率回収を目指した結果を整理した。超臨界二酸化炭素抽出法は常温近傍で操作可能であるため省エネ効果は期待できるものの、抽出対象であるLawsoneの溶解度が低く、抽出効率が悪いことから本手法は不適であることを確認した。一方、亜臨界水抽出法では高極性のポリフェノール様物質を温度160°C近傍、処理時間30分程度で約50%の収率で得られることを見出した。第3章では、亜臨界水抽出法よりも穏和な条件 (120°C程度が好ましい) での短時間処理により、Lawsoneおよびポリフェノール様物質を最大約76%の抽出効率で得ることに成功した。ただし、連続的なマイクロ波照射により非等温反応 (温度上昇) となり、抽出する成分の品質維持には不向きであり、改善する必要があることを確認した。第4章では、パルスマイクロ波を導入した亜臨界水抽出法を用いることで、等温での抽出操作を実現した。また、抽出操作温度を常温近傍 (30~60°C) にまで低減してもLawsoneおよびポリフェノール様物質を高い収率で得られることを見出した。第5章では、パルスマイクロ波照射を亜臨界水中で実施することで抽出したLawsoneおよびポリフェノール様物質について、生理活性測定 (本研究では抗酸化活性を評価) を実施し、他の抽出法により得た抽出成分の活性と比較・検討した。その結果、パルスマイクロ波亜臨界水抽出法を用いて回収した抽出物が最も高い抗酸化活性を有することを見出した。第6章では以上の結果を総括した。

以上、学位論文提出者は、これまで水蒸気蒸留法や有機溶媒抽出法に代替するのが亜臨界水抽出法であると考えられてきた常識を覆す新しい知見・手法を創出した点で貢献度は極めて高く、今後の実用化へ向けた基礎研究として高く評価できる。したがって、本論文は博士論文として学位授与に値するものと判定した。

最終試験の結果の要旨

審査委員会は、学位論文提出者に対して、本論文の内容および専門分野についての口頭試験を行った結果、論文提出者は当該研究分野について十分な知識および研究遂行能力があり、外国語による論文作成能力と口頭発表能力についても研究者として十分な能力を有すると認めた。学位論文提出者は、これらの内容を査読付き国際誌論文2編に掲載済みおよび査読付き国際会議プロシーディング4編に公表しており、査読付き国際誌論文1編を投稿中である。また、これに関連する国際会議等で6件発表しており、本専攻講座の学位審査基準を十分に満たしている。以上より、審査委員会は、学位論文提出者の最終試験を合格と判定した。

審査委員	複合新領域科学専攻複合新領域科学講座担当准教授	佐々木 満
審査委員	名古屋大学分子化学工学分野教授	後藤 元信
審査委員	複合新領域科学専攻複合新領域科学講座担当教授	伊原 博隆
審査協力者	産業創造工学専攻物質生命化学講座担当助教	キタイン アルマンド