

論文審査の要旨及び担当者

No.1

報告番号	甲 乙 第 号	氏 名	Shahlizah Binti Sahul Hamid
論文審査担当者	主 査	政策・メディア研究科委員	兼環境情報学部教授 富田 勝
	副 査	政策・メディア研究科委員	兼環境情報学部教授 曾我 朋義
		政策・メディア研究科委員	兼環境情報学部教授 金井 昭夫
		政策・メディア研究科	特任講師 若山 正隆
学力確認担当者：			
<p>(論文審査の要旨)</p> <p>Shahlizah Binti Sahul Hamid 君の学位請求論文は <i>Seaweed metabolomics and its applications</i> と題され、全5章で構成されている。邦題は「海藻のメタボローム解析およびその応用」である。海藻は食品のみならず医薬品、化粧品などの工業利用を含めて経済的に重要な農産品の一つである。海藻の持つ様々な代謝物質(化学成分)は人間や他の生物にとって有益である部分を持っているが、陸生植物と比較して海藻の代謝物質に関する情報は限られている。メタボローム解析は複数の代謝物質を網羅的に一斉分析する手法であるが、海藻をメタボローム解析した事例はほとんどなく、従来の分析法では抽出条件も同一ではない。請求者は海藻の親水性代謝物質について、質量分析計を用いたメタボローム解析系の構築を目指し、乾燥条件、抽出条件の検討を行った。確立された方法を用いて海藻の3種類の分類群(褐藻、紅藻、緑藻)とその特徴をメタボローム解析で明らかにした。さらに加熱過程における海藻の成分変化も解析し、加熱時間の最適条件についての考察を行った。</p> <p>第1章では世界における海藻の利用例と需要の拡大などの利用変化を紹介し、併せて本研究における主たる分析手法であるメタボローム解析を紹介している。海藻研究において、統一された手法での網羅的な分析例がほとんどない。本章は、海藻におけるメタボローム解析手法の確立が重要であることを提示し、手法の確立と実際の海藻研究へ発展させる本研究全体の概要像を紹介している。</p> <p>第2章では海藻の親水性代謝物質について、質量分析計を用いたメタボローム解析系の構築をめざし、乾燥条件と抽出条件の検討を行った。食用褐藻であるオキナワモズク (<i>Cladosiphon okamuranus</i>)、コンブ (<i>Saccharina japonica</i>)、ワカメ (<i>Undaria pinnatifida</i>) について、異なる乾燥法(凍結乾燥、40℃、80℃でのオープン乾燥) および異なる前処理方法(クロロホルムを含む、もしくは含まないメタノール/水抽出)を比較して評価した。その結果、凍結乾燥が40℃および80℃でのオープン乾燥と比較して、より多くの代謝物質で高い濃度を保持することができた。一方、抽出方法におけるクロロホルムの有無は乾燥手法の違いよりも影響が小さかった。これらにより、海藻のメタボローム解析における統一的な乾燥方法を確立することができた (Hamid et al. <i>J. Appl. Phycol.</i> 30: 3335-3350, 2018)。</p>			

第3章では、褐藻、紅藻、緑藻という海藻類の3分類について、メタボローム解析での識別が可能であるのかを第2章で確立した手法を用いて解析した。従来、3種の海藻分類群間には多糖類の構成、光合成色素にも特徴があることが知られているが、系統分類には分子生物学手法が主に用いられる。一方、海藻類におけるアミノ酸、有機酸、糖類の同一分析条件での先行研究はほとんどない。今回、日本北部の山形県（日本海）の庄内沿岸域および北海道室蘭市で採取した4種の褐藻、5種の紅藻、2種の緑藻において異なる前処理方法（クロロホルムを含む、もしくは含まないメタノール/水抽出）で抽出し、各海藻の代謝物プロファイルの違いを解析した。その結果、クロロホルムの有無は全体の代謝物のプロファイルには影響は与えることはなかった。褐藻、紅藻、緑藻のそれぞれの分類群内での特徴を主成分分析で確認すると種による特徴が確認されたが、全代謝物質での系統関連性はなく、糖類のみに着目した場合に限り3種の海藻分類群の特徴が確認できた。すなわち褐藻ではマンニトール、緑藻ではブドウ糖、果糖、ショ糖が多く、紅藻では種により特徴的な糖類が異なっていた（Hamid et al. *Planta* 249: 1921-1947, 2019）。

第4章ではワカメ (*Undaria pinnatifida*) の可食部である包葉とその孢子体であるメカブにおける加熱に伴う構成成分の変化を解析した。従来、ワカメの可食部についてのみ加熱時間に伴う色の変化が解析されてきた。しかしながら加熱に伴う代謝物質の変化は明らかでなく、最適なゆで時間等の提案も構成成分によるものではない。本研究ではワカメとメカブを異なった時間、沸騰水に入れてブランピングして構成成分の変化を解析し、加熱の最適時間の検討を行った。その結果、両者とも代謝物質濃度は生の時が最も高く、加熱に伴い大部分の代謝物質が減少した。ワカメでは加熱開始20秒、メカブでは加熱開始40秒程度の時に代謝物質濃度が高く、生の茶褐色から鮮やかな緑色を呈した色に変化していた。さらなる加熱により、アミノ酸、有機酸、糖類が海藻から減少したが、アミノ酸、糖類の構成比は変化しなかった。以上の手法は、食品の加熱評価手法として他の海藻類をはじめ食品全般に適用が可能であるといえる。

上記の議論を踏まえ、第5章では実施内容を総括するとともに将来の研究の方向性を記述している。

(1) 海藻におけるメタボロミクスを用いた分析手法の確立し、(2) その手法を用いた研究として、系統分類という基礎的な研究分野に水溶性代謝物質の側面からアプローチしたこと、(3) 海藻を食するときの加熱調理における物質変化の解釈を行ったことは、食品科学的な応用利用を含めた研究として非常に評価できる。第2章および第3章で論じられた研究内容については既に国際論文誌に掲載されている。第4章についても既に国際論文誌に投稿済みであるとともに、国際学会で最優秀口頭発表賞を受賞するなど、高い評価を得ている。

論文審査の要旨及び担当者

No.3

以上により、請求者は今後独立した研究者として研究活動を構築し発展する能力を有していると評価できる。よって本学位請求論文は博士（学術）の学位授与の要求水準をみたすものと認められる。