

Integrated Lipidomics Study of *Flammulina velutipes* (Enokitake): Characterization of Lipid Metabolic Behaviors from Mycelia to Fruiting Body, and the Utilization of Functional Glucosylceramides

范, 佳欣

<https://hdl.handle.net/2324/7363885>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士 (農学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名	范 佳欣 (FAN JIAXIN) ファン ジアシン
論 文 名	Integrated Lipidomics Study of <i>Flammulina velutipes</i> (Enokitake): Characterization of Lipid Metabolic Behaviors from Mycelia to Fruiting Body, and the Utilization of Functional Glucosylceramide (エノキタケの統合リポミクス研究：菌糸体から子実体における脂質代謝挙動の解明と機能性グルコシルセラミドの活用)
論文調査委員	主 査 九州大学 准教授 清水 邦義 副 査 九州大学 教授 堤 祐司 副 査 九州大学 教授 久米 篤

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

近年、リポミクス技術の発展とともに、食品科学、医学、農学分野等、多岐にわたる領域においての脂質の重要性が明らかになりつつあり、その生理機能や代謝経路に関する研究が進展している。一方、食用キノコの栄養価や機能性成分に関する研究が活発化する中で、脂質に関する関心が高まっているが、その組成や発育段階における変化、脂質成分の代謝メカニズムについては依然として不明な点が多く残されている。食用キノコの機能性食品や医薬品素材としての利用を考えた場合、その栄養価や健康機能を向上させるためには、発育段階や培養条件等の脂質代謝に関する知見の蓄積が不可欠である。また、これらの脂質動態の研究は、真菌生物学に対する新たな視点を提供し、キノコの成長や環境応答の理解を深める上でも重要な意義を持つ。

本研究では、世界的にキノコ産業が急速に成長する一方で、キノコの菌糸体から子実体に至る発育における脂質組成とその動態変化が十分に解明されていない点に着目し、リポミクス技術を活用して、食用キノコの一つであるエノキタケ (*Flammulina velutipes* : 大木白雪 919) の発育段階における脂質動態を総合的に解析している。

まず、エノキタケの菌糸体から成熟した子実体に至るまでの発育段階ごとの脂質組成を明らかにしている。超高速液体クロマトグラフ-飛行時間型質量分析装置 (UPLC-QTOF/MS) を用いた解析により、発育過程における脂質の大きな変動を確認している。特に、子実体発生過程において、セラミド (Cer (d18:1_16:0)、Cer (d19:2_16:0)) の顕著な増加を明らかにしている。さらに、ヘキソシルセラミド (HexCer (d19:2_16:1)、HexCer (d19:2_24:2)) の減少も見出している。これらのことは、既報の知見と合わせると、セラミド系化合物が、発育段階における細胞膜の安定性に強く影響していることを示唆している。一方、ホスファチジルイノシトール (PI (16:0_18:3)、PI (36:6)) が、菌糸体から原基形成期にかけて顕著に減少したことを明らかにしている。さらに、培養温度を 13 度から 7 度に低下させ、菌糸体期から原基形成期に誘導させたところ、脂肪酸ヒドロキシル化脂肪酸類 (FAHFAs) が高含量で保持されており、その後の発育段階にて低下することから、外的温度変化ストレス応答に、FAHFAs が関与する可能性を示している。このように、エノキタケの発育段階における脂質動態を初めて明らかにしている。

次に、エノキタケ菌糸体に対する光環境の影響を調査し、異なる波長および強度の光照射が脂質組成に及ぼす影響を明らかにしている。エノキタケの 2 つの異なる菌株を用いた培養実験により、市販の青色 LED 照射 ($10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) が菌体量を、それぞれの菌株に対して 1.75 倍および 1.53

倍増加させることを見出している。リポドミクス解析の結果、白色 LED 照射下と比較して、青色 LED 照射下にて、ホスファチジルエタノールアミン (PE (18:2_20:3))、ホスファチジルコリン (PC (18:2_19:2))、セラミド (Cer (t19:1_16:0)) の顕著な増加を観察している。これらの結果は、グリセロリン脂質およびスフィンゴ脂質の代謝経路が光条件に大きく影響されることを示している。

さらに、エノキタケの子実体に含まれるグルコシルセラミド ((4*E*,8*E*)-*N*-D-2'-hydroxypalmitoyl-1-*O*-β-D-glycopyranosyl-9-methyl-4,8-sphingadienine) の定量分析を初めて実施している。UPLC-QTOF/MS による定量手法を確立し、本脂質が、菌糸体当たりの含有率が最大になる発育段階についても明らかにしており、本化合物含量を指標とした栽培の可能性を示している。

以上要するに、本論文は、発育段階ごとのリポドミクス解析、環境応答に基づく脂質動態、ならびに特徴的なグルコシルセラミドの単離・定量分析を通じて、エノキタケの包括的な脂質動態の解析に成功している。これらの知見は、エノキタケをはじめとするキノコの発育および環境応答機構の理解を促進し、高付加価値キノコ栽培や、本キノコを原料とした機能性食品の開発にも資するものである。

本論文は、サステイナブル資源科学および森林圏環境資源科学の発展に寄与する価値ある業績と認める。よって、本研究者は博士（農学）の学位を得る資格を有するものと認める。