

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 4 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12398

研究課題名(和文)スラウストキトリッドの脂質生産特性の評価と食品残渣のエコフィード化促進への応用

研究課題名(英文) Investigation of lipid production characteristics of thraustochytrids and application for accelerating transformation of food waste to eco-feed

研究代表者

中井 智司 (Nakai, Satoshi)

広島大学・先進理工系科学研究科(工)・教授

研究者番号：80313295

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、食品残渣を用いてドコサヘキサエン酸(DHA)やエイコサペンタエン酸(EPA)などの有用物質を生産するスラウストキトリッドを培養し、食品残渣と同微生物バイオマスの混合物をDHAやEPAの蓄積により家禽産物を高価値化させる機能性飼料として利用する手法を確立することを目的とした。まず、スラウストキトリッドの脂質生産特性を評価した。次に、食品残渣を用いてスラウストキトリッドを培養し、食品残渣と同微生物のバイオマスの混合物を獲得し、これを家禽に給餌した。そして、バイオマスの混合物の給餌により、鶏卵中のDHA・EPA含有量やもも肉や胸肉のDHA含有量が増加することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、DHAやEPAを生産するスラウストキトリッドという微生物を食品残渣を用いて培養し、結果として得られるバイオマス混合物を、鶏卵や鶏肉といった家禽製品に含まれるDHAやEPAの含有量を増加させられる、家禽飼料のサプリメントとして利用する手法について検討した。実際にバイオマス混合物を産卵鶏に与えた結果、鶏卵中のDHAやEPA、もも肉やむね肉といった鶏肉中のDHAが増加することを確認した。このように、本研究では食品残渣の再利用促進と価値の高い家禽製品の生産を両立させられる成果を得た。

研究成果の概要(英文)：The objectives of this study was to establish methodologies to cultivate thraustochytrids that produce docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids (DHA and EPA) using food residues and to use the resultant mixture of thraustochytrid biomass and food residues as a functional eco-feed giving high values to poultry products via strengthening DHA and EPA contents. First, the lipid production characteristics of the thraustochytrids were investigated. Next, the thraustochytrids were cultivated using the food residues to obtain a mixture of food residues and thraustochytrid biomass, and the mixture was fed to poultry. The results confirmed that feeding of the biomass mixture increased the DHA and EPA content in chicken eggs and the DHA content in thighs and breast meat.

研究分野：環境化学工学

キーワード：スラウストキトリッド DHA EPA 食品残渣 エコフィード 家禽製品

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

野菜類や柑橘類の収穫量と出荷量には大きな差がある。例えば、広島県にてキャベツは年間に 7,270 t、小松菜は 1,370 t、みかんは 19,900 t 出荷されるが、収穫量と出荷量の差はキャベツで 2,930 t、小松菜 300 t、みかんで 4,200 t であり、出荷されない廃棄分が数十%のオーダーで発生している。その一方で、2025 年度の我が国での飼料自給率の目標は 40%とされるが、2017 年の時点で 26%に過ぎず、エコフィード化の一層の推進が求められる。特に地域特産の植物性食品廃棄物は、家禽生産物を差別化すると共にその製品をブランド化する飼料原料ともなる。

そこで、本研究では植物性食品廃棄物を用いて DHA や EPA といった多価不飽和脂肪酸(PUFAs)を生産するラビリンチュラ類を培養し、得られる植物性食品廃棄物とラビリンチュラ類バイオマスの混合物を家禽生産物の飼料に添加する PUFAs サプリメントとして利用する手法に着想した。本サプリメントは、植物性食品廃棄物そのものの添加による効果とスラウストキトリッドバイオマスの効果により PUFAs 含有量を向上と家禽産物の高価値化が可能と期待される。

2. 研究の目的

本研究では、食品残渣を用いて DHA や EPA などの PUFAs を生産するスラウストキトリッドを培養し、食品残渣と同微生物バイオマス混合物を家禽産物を高価値化させる飼料サプリメントとして利用する手法を確立することを目的とし、スラウストキトリッドに利用可能な基質を評価すると共に、食品残渣を用いたスラウストキトリッドの培養を行い、スラウストキトリッドバイオマスと食品残渣との混合物を得た。そして、バイオマス混合物を家禽に給餌し、家禽産物への PUFAs の蓄積を評価した。

3. 研究の方法

1) 培養に利用可能な基質の評価

スラウストキトリッドとして分離された *Aurantiochytrium* sp.を用いた。酵母エキス、ポリペプトン、グルコースを海水に加えて作成した 790 By+培地をベースとし、グルコース、フルクトース、スクロース、ペクチンといった糖類や糖酸、酢酸ナトリウム、ステアリン酸ナトリウムといった脂肪酸他の 10 種の有機物に変更した改変培地を準備し、増殖量と脂質生産量に基づいて *Aurantiochytrium* sp.に好適な基質を評価した。次に、利用可能な植物性食品残渣を評価するため、10 種の植物性食品残渣を破碎して 105°Cで処理し、滅菌した砂ろ過海水に添加して *Aurantiochytrium* sp.を培養した。*Aurantiochytrium* sp.に好適と考えられた食品残渣については、105°Cで処理することなく砂ろ過海水に添加し、非滅菌下で培養して PUFAs の生産を確認した。

2) サプリメント生産と家禽への給餌

前述の 1)の評価により認められた植物性食品残渣を用いて *Aurantiochytrium* sp.を 200 L スケールの大型培養槽を用いて大量培養した。そして、得られるバイオマス混合物を遠心濃縮し、サプリメントの原料を獲得した。次に、バイオマス混合物をエコフィードとして乾重ベースで市販の家禽用飼料に 10%にて混合し、自由飲水下で白色レグホーン種の産卵鶏に給餌した。そして、産卵数、餌の摂餌量と共に採取した鶏卵の新鮮重量、ならびに卵黄の DHA、EPA 量を分析した。さらに、給餌 28 日後の産卵鶏のもも肉、むね肉の DHA、EPA 含有量を分析した。

4. 研究成果

1) 培養に利用可能な基質の評価

糖類や糖酸、酢酸ナトリウム、ステアリン酸ナトリウムといった脂肪酸を用いて *Aurantiochytrium* sp.を培養した結果、グルコースが最も高い増殖能、脂質生産能を示した(図 1)。このときの脂質含有量は 40%を上回った。一方、ペクチンや酢酸ナトリウムを用いた場合でもグルコースと同レベルの増殖能を示すことが確認された。しかしながら、スターチのように分子量が大きくなると利用能は低くなった。ステアリン酸、ならびに糖類であってもスクロースやキシロースは *Aurantiochytrium* sp.に好適ではなかった。この他、温度は塩分濃度、pH は *Aurantiochytrium* sp.の増殖や脂質生産性に影響することを認め、25°C、pH7 が最も好適であるが、pH4 であっても増殖し、PUFAs を生産可能であることを認めた。

一方、固形の食品残渣を用いた場合でも *Aurantiochytrium* sp.の増殖は可能であった(図 2)。また脂肪酸を分析した結果、醸造業由来の食品残渣 A を用いた際には対照系と同様に DHA のみならず EPA も生成していることが確認された。なお、図中には全て示せていないが、105°Cで処理したレモン外皮といった植物残渣や醸造業由来の食品残渣 B や発酵食品業由来の食品残渣 C も *Aurantiochytrium* sp.の培養に好適であることを見出すに至った。

2) サプリメント生産と家禽への給餌

105°Cで処理しない食品残渣 B 及び C の混合物を用いて *Aurantiochytrium* sp.の大量培養を行った結果、図 3 に示すように *Aurantiochytrium* sp.の増殖が認められた。これより、食品残渣を用いながらも滅菌操作を伴わない *Aurantiochytrium* sp.の培養が可能であることを確認した。また、表

1 に示すように、バイオマス混合物の DHA 及び EPA の含有も確認した。そこで、こうして得られたバイオマス混合物を産卵鶏に給餌した。

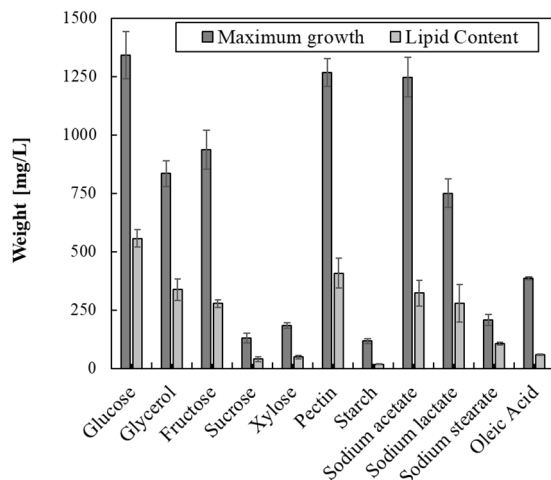


図 1 炭素源改変時の *Aurantiochytrium sp.* の増殖と脂質生産量

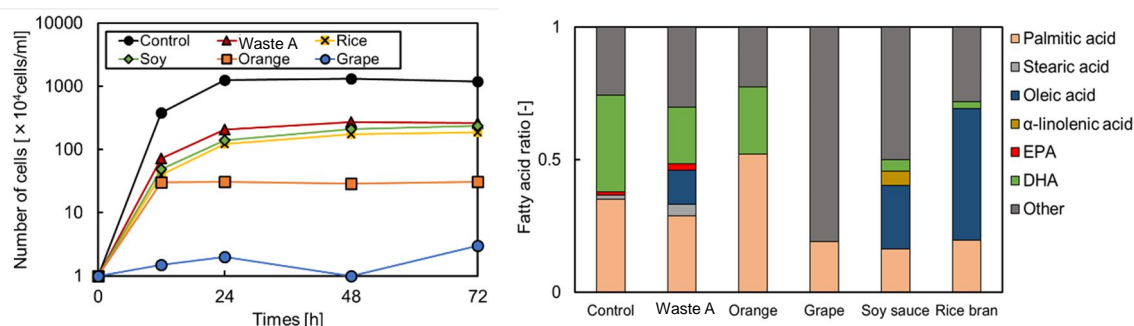


図 2 固形の食品残渣を基質とした場合の *Aurantiochytrium sp.* の増殖とバイオマス混合物の脂肪酸組成

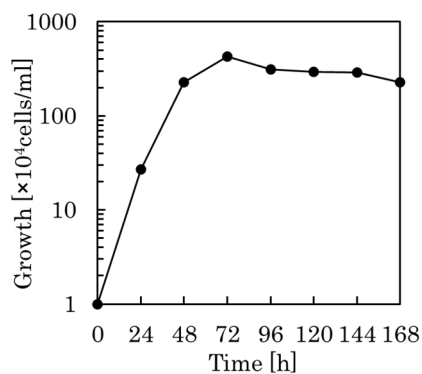


図 3 食品残渣 B と C の混合物を基質とした際の *Aurantiochytrium sp.* の増殖

表 1 *Aurantiochytrium sp.* バイオマスと食品残渣 B と C の混合物の DHA、EPA 含有量[mg/g]

Tank	DHA	EPA
1	18	0.63
2	11	0.29
3	9.4	0.33

バイオマス添加に伴う鶏卵重量や産卵数、飼料摂取量の減少といったネガティブな影響は認められなかった。一方、図 4 に示すようにバイオマス混合物添加により、卵黄中の DHA や EPA の含有量は給餌から 5 日で有意に増加した。また、もも肉やむね肉の DHA、EPA 含有量を分析した結果、EPA は検出されなかったが、対照系のもも肉やむね肉の DHA は 23 mg/100 g、16 mg/100

g となったのに対し、バイオマス混合物添加系では 35 mg/g、26 mg/100 g となり、平均的にバイオマス混合系での DHA 含有量が高くなった。特に、むね肉においてその差は有意であることも認められた。

なお、バイオマス混合物の給餌により、産卵鶏は 1 羽あたり、10000 mg-DHA/Ind.以上の DHA を摂取した。仮に、むね、大腿部の重量が 1000 g であったとして、各部位の DHA 含有量を試算すると 250 mg-DHA/1000 g-breast、350 mg-DHA/1000 g-thigh であり、両肉部位への肉の移行はマイナーであることが認められた。

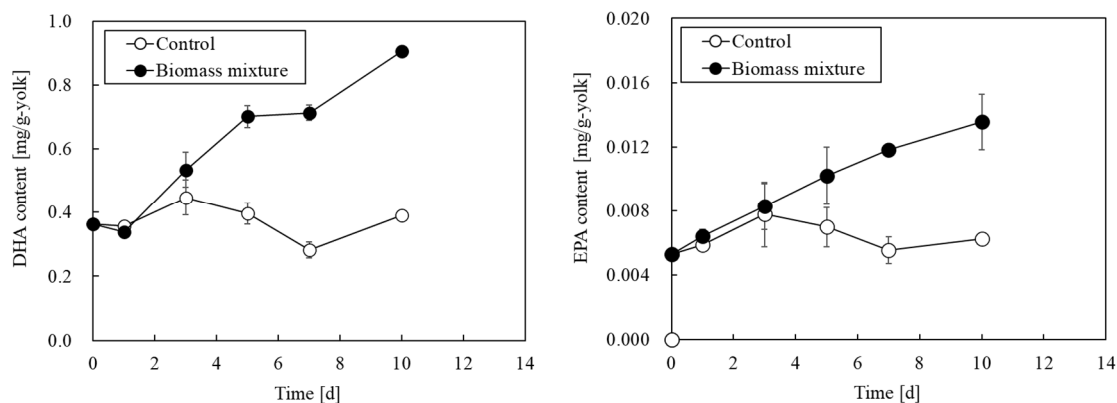


図4 バイオマス混合物の給餌による鶏卵中の DHA (左) 及び EPA (右) 含有量の増加

一連の結果は、食品残渣を用いながらも滅菌操作を伴わずに *Aurantiochytrium* sp. の培養は可能であること、培養によって得られるバイオマス混合物は家禽産物の DHA や EPA といった PUFAs 含有量を増加させる家禽飼料サプリメントとして利用可能であることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nurlaili Humaidah, Satoshi Nakai, Wataru Nishijima, Takehiko Gotoh	4. 巻 34
2. 論文標題 Effects of dilution on removal of organic carbon and nitrogen from miso-production wastewater by <i>Aurantiochytrium</i> sp. L3W and resultant fatty acid production	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Science	6. 最初と最後の頁 18-26
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11353/sesj.34.18	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 2件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 浅尾 航、中井 智司、西嶋 涉、後藤 健彦、新居 隆浩
2. 発表標題 食品廃棄物を用いて培養した <i>Aurantiochytrium</i> sp. バイオマスの給餌によるDHA強化家禽産物の生産
3. 学会等名 化学工学会 第52回秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Asao W, Nakai S, Nishijima W, Gotoh T, Nii T
2. 発表標題 Production of Eco-feed using <i>Aurantiochytrium</i> sp. and its application for poultry breeding
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference Online2021（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中井智司
2. 発表標題 炭素循環による持続的な食料生産への一步
3. 学会等名 第34回環境工学連合講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浅尾 航・中井 智司・西嶋 涉・後藤 健彦・新居 隆浩
2. 発表標題 Aurantiochytrium sp. L3W株を用いた植物性残渣の高機能エコフィード化
3. 学会等名 化工学会 第51回秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Megumi FURUTA, Satoshi NAKAI, Nurlaili HUMAIDAH, Wataru NISHIJIMA, Takehiko GOTOH
2. 発表標題 Production of Fish Feed Additive from Food Wastes Using
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Nakai, Nurlaili Humaidah, Takehiko Gotoh, Wataru Nishijima, Tetsuji Okuda, Masaki Ohno
2. 発表標題 A novel strain of Aurantiochytrium sp. and its growth characteristics usable for cultivation in food industry wastewater without sterilization toward to production of polyunsaturated fatty acids
3. 学会等名 MESCYT 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	西嶋 涉 (Nishijima Wataru) (20243602)	広島大学・環境安全センター・教授 (15401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	新居 隆浩 (Nii Takahiro) (90804873)	広島大学・統合生命科学研究科(生)・助教 (15401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
インドネシア	Institut Teknologi Sepuluh Nopember			