

北里大学大学院獣医学系研究科

博士後期課程学位論文審査の結果と最終試験の成績

2022年2月18日

学位論文題目

微細藻類ユーグレナ給与が鶏卵および鶏肉の品質に及ぼす影響

氏名 渡邊 翔太 所属 動物資源科学専攻 生態環境学

審査委員	主査	北里大学	教授	濱野 美夫	
	副査	北里大学	教授	有原 圭三	
	副査	北里大学	教授	森 淳	
	副査	岩手大学	理事・副学長	喜多 一美	

審査の結果 合格 最終試験の成績 優

北里大学大学院獣医学系研究科

博士後期課程学位論文審査の結果と最終試験の成績

2022年2月18日

学位論文題目

微細藻類ユーグレナ給与が鶏卵および鶏肉の品質に及ぼす影響

氏名 渡邊 翔太 所属 動物資源科学専攻 生態環境学

審査委員 主査 北里大学 教授 濱野 美夫 ㊟





副査 北里大学 教授 有原 圭三 ㊟

副査 北里大学 教授 森 淳 ㊟

副査 岩手大学 理事・副学長 喜多 一美 ㊟

審査の結果 _____ 最終試験の成績 _____

論文審査の要旨および担当者

学位申請者	渡邊 翔太 (DZ18002 生態環境学)
学位論文題目	微細藻類ユーグレナ給与が鶏卵および鶏肉の品質に及ぼす影響
担当者	主査 北里大学 教授 濱野 美夫  副査 北里大学 教授 有原 圭三  副査 北里大学 教授 森 淳  副査 岩手大学 理事・副学長 喜多 一美 

論文審査の要旨

本学位論文は、鶏卵・鶏肉の品質改善に向け、微細藻類ユーグレナの家禽用飼料としての機能性と用途を検討した。緒論（第1章）によれば、ユーグレナはすでに食品やバイオ燃料など多様な用途での利用が進んでいるものの、畜産飼料への活用に関する知見は乏しい状況にある。ユーグレナの成分には、家畜・家禽にとって必要な栄養素が豊富に含まれ、さらには鶏卵や鶏肉の品質改善に期待できる機能性成分も含有している。そこで、本研究は畜産飼料としてのユーグレナの機能性について、これに含まれる色素成分（カロテノイド）および機能性の脂肪酸であるドコサヘキサエン酸を主眼に鶏卵・鶏肉に及ぼす品質改善効果を詳細に調査した。

第2章 鶏ひなの成長試験

これまでにユーグレナを鶏に給与した先行研究はあるものの、農林水

産省が定める評価方法により飼料としてのユーグレナの安全性を評価した報告はない。そこで本章では「飼料の安全性評価基準及び評価手続」に定める条件でユーグレナの安全性評価を実施した。この評価では、自家配合した基礎飼料（対照区）に配合したセルロースパウダーとの代替により、ユーグレナを 1% および 10% 添加した試験飼料を調製し、これらを雄ひなに 6 日間不断給飼した（8～13 日齢）。その結果、「評価方法」の基準となる体重の減少はいずれのユーグレナ給与区でも生じなかったことから、本研究ではユーグレナの飼料添加水準が 10% 以内であれば安全性に問題がないことを確認した。

第 3 章 レイヤーへのユーグレナ給与が卵質に及ぼす影響

本 3 章では、産卵鶏（レイヤー）から得られた食卵の卵質に及ぼすユーグレナの給与効果を明らかにするため、その飼料添加水準を 0、1、2 または 5% とした試験飼料をレイヤーに 28 日間給与した。ここでは特にユーグレナに含まれる色素成分のカロテノイドに注目し、これが卵黄色の調節に有効かどうかについて分析した。本実験では、ユーグレナの給与を開始して 1 週間ごとに鶏卵の卵重、濃厚卵白高、ハウユニット、卵殻強度および卵殻厚を測定したが、いずれの測定項目にもユーグレナ給与の影響はなかった。次いで、卵黄色の色調判定をヨークカラーファンにより測定したところ、試験開始後 21 日までは全てのユーグレナ添加区において卵黄色が強くなる効果が示された。しかし、この効果が試験終了時まで持続したのはユーグレナ 5% 添加区のみであった。また、本実験ではユーグレナの飼料添加水準を高めると、カロテノイドのジアトキサンチンおよびアロキサンチンも同時に増えることが判明した。そこで、これらカロテノイドの 1 日あたり摂取量と卵黄中含量との間について相関

性を解析した。その結果、両色素成分の 1 日摂取量とそれら卵黄中蓄積量との間には極めて高い正の相関関係が示された。さらに、通常の卵黄中に多く含まれるカロテノイドのルテインと比較してジアトキサンチンおよびアロキサンチンの抗酸化作用を測定した結果、両色素成分にはルテインと同等の抗酸化力があることがわかった。

以上の結果から、レイヤーへのユーグレナ給与には卵黄色を強くする効果があり、その最適な飼料添加水準は 5% と推定された。さらに、この効果はユーグレナに含まれる主要カロテノイドのうち、抗酸化機能もあるジアトキサンチンおよびアロキサンチンが卵黄へ移行・蓄積することで生じるものと示唆された。

第 4 章 ブロイラーへのユーグレナ給与が肉質に及ぼす影響

第 3 章ではユーグレナに含まれる色素成分のジアトキサンチンおよびアロキサンチンの摂取量が増えれば卵黄色が濃くなるという因果関係を明らかにした。このほか、ユーグレナには多価不飽和脂肪酸のうち n-6 系列脂肪酸のリノール酸が少なく、穀類飼料の脂肪酸組成と異なって n-3 系列脂肪酸のドコサヘキサエン酸を含んでいるという特徴がある。ヒトの食生活における脂肪酸の摂取では、n-6 系列脂肪酸の摂取過多が指摘されており、n-6 系列/n-3 系列脂肪酸比を下げるのが推奨されている。

そこで本章は、このようなユーグレナの色素や特徴的な脂肪酸組成が鶏肉に移行・蓄積し、肉質改善に効果を示すのかは不明であるため、肉用鶏（ブロイラー）におけるモモ肉の品質に及ぼすユーグレナの影響について調査した。本実験では、飼料にユーグレナを 0、1.25、2.5 または 5% の水準で添加した試験飼料を初生（餌付け）から 43 日齢までブロイラーに給与した。その結果、ユーグレナには日増体量や解体成績に対する効

果がなく、モモ肉と腹腔内脂肪の色調にも有意な変化はみられなかった。モモ肉中の脂肪酸においては、n-6 系列脂肪酸のうちで最も多く含まれるリノール酸含量はユーグレナ給与により低下しなかった。しかし、ドコサヘキサエン酸含量はユーグレナ 2.5%および 5%の添加区で有意に増加した。その結果、ユーグレナ 5%添加区については n-6 系列/n-3 系列脂肪酸比の有意な低下が同時に示された。

これらのことから、ユーグレナに含まれるカロテノイドは、鶏卵と異なり、鶏肉または脂肪組織に移行・蓄積しないことが示唆された。鶏肉の脂肪酸含量では、ユーグレナの飼料添加水準が少なくとも 5%以上あればモモ肉におけるドコサヘキサエン酸蓄積を増加させるとともに n-6 系列/n-3 系列脂肪酸比を低減できることが明らかとなった。

第 5 章 比内地鶏へのユーグレナ給与が飼養成績と肉質に及ぼす影響

本章では、飼養期間が長く、肉質も異なる地鶏におけるユーグレナの給与試験を第 4 章のブロイラーの試験条件と同様に実施した。供試鶏の地鶏品種には比内地鶏を選定した。ユーグレナの飼料添加水準は 0、1.25、2.5 または 5%とし、各試験飼料を 161 日間（初生～160 日齢）給与した。

日増体量、解体成績ならびにモモ肉と腹腔内脂肪の色差には、ユーグレナ給与による効果がなかった。モモ肉における脂肪酸含量にはユーグレナ給与水準の変化に応じた増加反応が次のように認められた。脂肪酸の分類上ではユーグレナ給与による差異は示されなかったものの、ユーグレナに特有の飽和脂肪酸の一部がモモ肉中で検出された。しかも、これらの含量は対照区よりも高い値にあった。これと同時にドコサヘキサエン酸含量もユーグレナ添加水準が 2.5 および 5%になると有意に増加

した。このユーグレナ給与で増加したドコサヘキサエン酸含量は、結果として n-6 系列/n-3 系列脂肪酸比を有意な低下をもたらした。

このような結果により、ブロイラーの場合と同様にユーグレナ由来のカロテノイドは、鶏卵とは異なり、鶏肉や脂肪組織の色調に影響を及ぼさないことがわかった。また、地鶏でもユーグレナの飼料添加水準を 2.5% 以上にすればモモ肉中のドコサヘキサエン酸含量を増加させ、かつ n-6 系列/n-3 系列脂肪酸比の低下に誘導できることが改めて示された。

以上、本研究の成果は、鶏卵・鶏肉の品質改善に有効なユーグレナの機能性・用途を明らかにしたことである。このような知見は、ユーグレナの産業利用の拡大だけでなく、鶏卵・鶏肉の品質に対する消費者ニーズの多様化に応える飼料開発や品質改善策など今後の畜産分野の発展に貢献するものと期待される。よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認め、審査員一同は合格と判定した。

論文審査の要旨および担当者

学位申請者	渡邊 翔太 (DZ18002 生態環境学)
学位論文題目	微細藻類ユーグレナ給与が鶏卵および鶏肉の品質に及ぼす影響
担当者	主査 北里大学 教授 濱野 美夫 ⑩ 副査 北里大学 教授 有原 圭三 ⑩ 副査 北里大学 教授 森 淳 ⑩ 副査 岩手大学 理事・副学長 喜多 一美 ⑩

論文審査の要旨

本学位論文は、鶏卵・鶏肉の品質改善に向け、微細藻類ユーグレナの家禽用飼料としての機能性と用途を検討した。緒論（第1章）によれば、ユーグレナはすでに食品やバイオ燃料など多様な用途での利用が進んでいるものの、畜産飼料への活用に関する知見は乏しい状況にある。ユーグレナの成分には、家畜・家禽にとって必要な栄養素が豊富に含まれ、さらには鶏卵や鶏肉の品質改善に期待できる機能性成分も含有している。そこで、本研究は畜産飼料としてのユーグレナの機能性について、これに含まれる色素成分（カロテノイド）および機能性の脂肪酸であるドコサヘキサエン酸を主眼に鶏卵・鶏肉に及ぼす品質改善効果を詳細に調査した。

第2章 鶏ひなの成長試験

これまでにユーグレナを鶏に給与した先行研究はあるものの、農林水

産省が定める評価方法により飼料としてのユーグレナの安全性を評価した報告はない。そこで本章では「飼料の安全性評価基準及び評価手続」に定める条件でユーグレナの安全性評価を実施した。この評価では、自家配合した基礎飼料（対照区）に配合したセルロースパウダーとの代替により、ユーグレナを 1% および 10% 添加した試験飼料を調製し、これらを雄ひなに 6 日間不断給飼した（8～13 日齢）。その結果、「評価方法」の基準となる体重の減少はいずれのユーグレナ給与区でも生じなかったことから、本研究ではユーグレナの飼料添加水準が 10% 以内であれば安全性に問題がないことを確認した。

第 3 章 レイヤーへのユーグレナ給与が卵質に及ぼす影響

本 3 章では、産卵鶏（レイヤー）から得られた食卵の卵質に及ぼすユーグレナの給与効果を明らかにするため、その飼料添加水準を 0、1、2 または 5% とした試験飼料をレイヤーに 28 日間給与した。ここでは特にユーグレナに含まれる色素成分のカロテノイドに注目し、これが卵黄色の調節に有効かどうかについて分析した。本実験では、ユーグレナの給与を開始して 1 週間ごとに鶏卵の卵重、濃厚卵白高、ハウユニット、卵殻強度および卵殻厚を測定したが、いずれの測定項目にもユーグレナ給与の影響はなかった。次いで、卵黄色の色調判定をヨークカラーファンにより測定したところ、試験開始後 21 日までは全てのユーグレナ添加区において卵黄色が強くなる効果が示された。しかし、この効果が試験終了時まで持続したのはユーグレナ 5% 添加区のみであった。また、本実験ではユーグレナの飼料添加水準を高めると、カロテノイドのジアトキサンチンおよびアロキサンチンも同時に増えることが判明した。そこで、これらカロテノイドの 1 日あたり摂取量と卵黄中含量との間について相関

性を解析した。その結果、両色素成分の 1 日摂取量とそれら卵黄中蓄積量との間には極めて高い正の相関関係が示された。さらに、通常の卵黄中に多く含まれるカロテノイドのルテインと比較してジアトキサンチンおよびアロキサンチンの抗酸化作用を測定した結果、両色素成分にはルテインと同等の抗酸化力があることがわかった。

以上の結果から、レイヤーへのユーグレナ給与には卵黄色を強くする効果があり、その最適な飼料添加水準は 5% と推定された。さらに、この効果はユーグレナに含まれる主要カロテノイドのうち、抗酸化機能もあるジアトキサンチンおよびアロキサンチンが卵黄へ移行・蓄積することで生じるものと示唆された。

第 4 章 ブロイラーへのユーグレナ給与が肉質に及ぼす影響

第 3 章ではユーグレナに含まれる色素成分のジアトキサンチンおよびアロキサンチンの摂取量が増えれば卵黄色が濃くなるという因果関係を明らかにした。このほか、ユーグレナには多価不飽和脂肪酸のうち n-6 系列脂肪酸のリノール酸が少なく、穀類飼料の脂肪酸組成と異なって n-3 系列脂肪酸のドコサヘキサエン酸を含んでいるという特徴がある。ヒトの食生活における脂肪酸の摂取では、n-6 系列脂肪酸の摂取過多が指摘されており、n-6 系列/n-3 系列脂肪酸比を下げるのが推奨されている。

そこで本章は、このようなユーグレナの色素や特徴的な脂肪酸組成が鶏肉に移行・蓄積し、肉質改善に効果を示すのかは不明であるため、肉用鶏（ブロイラー）におけるモモ肉の品質に及ぼすユーグレナの影響について調査した。本実験では、飼料にユーグレナを 0、1.25、2.5 または 5% の水準で添加した試験飼料を初生（餌付け）から 43 日齢までブロイラーに給与した。その結果、ユーグレナには日増体量や解体成績に対する効

果がなく、モモ肉と腹腔内脂肪の色調にも有意な変化はみられなかった。モモ肉中の脂肪酸においては、n-6 系列脂肪酸のうちで最も多く含まれるリノール酸含量はユーグレナ給与により低下しなかった。しかし、ドコサヘキサエン酸含量はユーグレナ 2.5%および 5%の添加区で有意に増加した。その結果、ユーグレナ 5%添加区については n-6 系列/n-3 系列脂肪酸比の有意な低下が同時に示された。

これらのことから、ユーグレナに含まれるカロテノイドは、鶏卵と異なり、鶏肉または脂肪組織に移行・蓄積しないことが示唆された。鶏肉の脂肪酸含量では、ユーグレナの飼料添加水準が少なくとも 5%以上あればモモ肉におけるドコサヘキサエン酸蓄積を増加させるとともに n-6 系列/n-3 系列脂肪酸比を低減できることが明らかとなった。

第 5 章 比内地鶏へのユーグレナ給与が飼養成績と肉質に及ぼす影響

本章では、飼養期間が長く、肉質も異なる地鶏におけるユーグレナの給与試験を第 4 章のブロイラーの試験条件と同様に実施した。供試鶏の地鶏品種には比内地鶏を選定した。ユーグレナの飼料添加水準は 0、1.25、2.5 または 5%とし、各試験飼料を 161 日間（初生～160 日齢）給与した。

日増体量、解体成績ならびにモモ肉と腹腔内脂肪の色差には、ユーグレナ給与による効果がなかった。モモ肉における脂肪酸含量にはユーグレナ給与水準の変化に応じた増加反応が次のように認められた。脂肪酸の分類上ではユーグレナ給与による差異は示されなかったものの、ユーグレナに特有の飽和脂肪酸の一部がモモ肉中で検出された。しかも、これらの含量は対照区よりも高い値にあった。これと同時にドコサヘキサエン酸含量もユーグレナ添加水準が 2.5 および 5%になると有意に増加

した。このユーグレナ給与で増加したドコサヘキサエン酸含量は、結果として n-6 系列/n-3 系列脂肪酸比を有意な低下をもたらした。

このような結果により、ブロイラーの場合と同様にユーグレナ由来のカロテノイドは、鶏卵とは異なり、鶏肉や脂肪組織の色調に影響を及ぼさないことがわかった。また、地鶏でもユーグレナの飼料添加水準を 2.5% 以上にすればモモ肉中のドコサヘキサエン酸含量を増加させ、かつ n-6 系列/n-3 系列脂肪酸比の低下に誘導できることが改めて示された。

以上、本研究の成果は、鶏卵・鶏肉の品質改善に有効なユーグレナの機能性・用途を明らかにしたことである。このような知見は、ユーグレナの産業利用の拡大だけでなく、鶏卵・鶏肉の品質に対する消費者ニーズの多様化に応える飼料開発や品質改善策など今後の畜産分野の発展に貢献するものと期待される。よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認め、審査員一同は合格と判定した。