

2020年7月28日

報道関係者各位

慶應義塾大学先端生命科学研究所
公益財団法人庄内地域産業振興センター

メタボローム解析を活用し加熱・給餌飼料が与える 鶏卵水溶性成分への影響を解析 ー食品分析への新たなアプローチー

慶應義塾大学先端生命科学研究所（以下、慶大先端生命研、山形県鶴岡市）の若山正隆特任講師、同所員であり庄内地域産業振興センター（山形県鶴岡市）の小倉立己研究員を中心とする研究グループは、鶏卵における給餌飼料や加熱処理による水溶性成分の変化を、メタボローム解析技術を活用して明らかにしました。本研究は、バイオクラスター形成促進事業に関連する共同研究の一つで、株式会社半澤鶏卵（山形県天童市）の全面的な協力により実施されました。

私たちが舌で感じる呈味性（※1）は、水溶性成分（※2）で構成されています。従来の栄養成分分析では、加熱や加水分解といった前処理をし、成分の抽出・分析を行っていました。そのため、加熱などの影響により変化する卵黄・卵白中の水溶性成分を評価することは困難でした。

慶大先端生命研では、これらの前処理なしに分析可能なキャピラリー電気泳動質量分析（CE-MS）（※3）法による、水溶性成分のメタボローム解析法（※4）の構築を進めてきました。今回、この解析法を用いて、これまで違いを捉えられなかった卵黄・卵白の差や、加熱・給餌飼料による鶏卵の水溶性成分の変化について解析しました。その結果、加熱および給餌飼料の違いによる水溶性成分の変化を捉えることが可能になりました。この成果をさらに発展させることで、「焼く、蒸す、ゆでる」などの処理工程を経た様々な食品の呈味性成分の評価に応用が可能となります。

本研究成果は学術雑誌「Food Chemistry」（オンライン）にて5月18日（英国時間）に公開されました。

1. 研究のポイント

- ・鶏卵の水溶性成分における加熱や給餌飼料の影響について、メタボローム解析を用いることで明らかにしました。
- ・従来の栄養成分分析法では鶏卵における加熱や給餌飼料の影響を区別できませんでしたが、加水分解を伴わない前処理法と CE-MS 法の組み合わせにより、鶏卵中の成分への影響が評価可能になりました。
- ・加熱することで、卵白中のアミノ酸やフルクトース濃度が高濃度になっていましたが、卵黄中の成分はほとんど変化がみられませんでした。
- ・給餌飼料をトウモロコシから飼料米主体に切り替えることで、卵黄ではベタイン、卵白ではウリジン一リン酸（UMP）が高濃度になることが明らかになりました。

2. 研究背景

私たちが食品を食べるときに感じる呈味性は、アミノ酸や糖など、その多くが水溶性成分で構成され

ています。この水溶性成分は「焼く、蒸す、ゆでる」などの加工工程で変化し、私たちに様々な味覚をもたらします。しかし、従来の栄養成分分析法では、加水分解や加熱といった前処理を行うことで、タンパク質などの高分子成分を低分子化し、各アミノ酸やビタミンなどの成分の分析を行っています。そのため、加工工程における栄養成分の変化が表れず、水溶性成分の変動を理解することは困難でした。

鶏卵は栄養価の高い食品の一つであり、国際連合食糧農業機構（FAO）の定める栄養成分表においてアミノ酸値の指標となっています。近年では給餌飼料を変化させ、高付加価値をつけた鶏卵も多く存在します。しかし、各国が開示している食品標準成分表（※5）では、鶏卵における生とゆでの栄養成分差はみられないほか、給餌飼料による一般栄養成分の変化についてもほとんど調べられていません（図1）。

株式会社半澤鶏卵では、国産種の鶏を飼養し、自社配合した飼料による鶏卵の生産、販売を行っています。商品の中でも、飼料用米を主原料とした飼料を与え、卵黄の色を白くした鶏卵（米飼料卵、※6）は、山形県内では半澤鶏卵でのみ生産・販売しています。米飼料卵は通常のトウモロコシ飼料を与えた鶏が産卵した鶏卵（トウモロコシ卵）と比較し、呈味性が異なることがわかっています。一方で、成分としての違いについては調べられてきませんでした。

近年、質量分析計（※7）などの分析装置の発展に伴い、数多くの成分を網羅的に分析するメタボローム解析法が盛んに行われるようになりました。一般的なメタボローム解析や栄養成分分析法は、加熱や加水分解といった、分析試料の成分組成に影響を与えることが知られている様々な前処理法が用いられています。一方で、慶大先端生命研で用いられる CE-MS 法では、メタノールなどを使い水溶性成分を分析試料から直接抽出するため、これらの前処理を用いずに分析が可能となります。そのため、食品加工工程における様々な要因によって変化する水溶性成分の変化を評価することが可能であると考えられました。

本研究では鶏卵を対象に、CE-MS 法などの質量分析計を用いたメタボローム解析による、加熱や給餌飼料が鶏卵の水溶性成分に与える影響について評価を行いました。

3. 研究内容・成果

本研究では、株式会社半澤鶏卵で生産しているトウモロコシ卵と米飼料卵を鶏卵サンプルとして用い（図2）、レンジ加熱および給餌飼料における水溶性成分の変化についてメタボローム解析を行いました。鶏卵で最も成分が異なっていたのは卵黄・卵白の違いであり、加熱や給餌飼料による成分変化はそれぞれの部位で異なる傾向を示していました（図3）。卵白における加熱影響は大きく、アミノ酸やフルクトースの増加が確認されました（図4）。一方、卵黄では加熱による成分変化はほとんどみられません。給餌飼料による成分変化は、米飼料卵において卵黄ではベタイン、卵白では UMP が増加していることが分かりました（図5）。これらの結果は、従来の栄養成分分析による報告とは全く異なる結果となりました（図1,6）。

4. 今後の展開

本研究において質量分析計を用いたメタボローム解析は、食品の加工工程で必ず生じる加熱処理や、畜産に用いる給餌飼料が水溶性成分にどのように影響を与えるかを解析するのに適した方法であることが示されました。今回用いた解析法は、これまでの栄養成分分析法では捉えることができていなかった、水溶性成分の変化について捉えることが可能になりました。今後は農作物や水産物を含む食品について、「焼く、蒸す、ゆでる」などの様々な加工法に対しメタボローム解析法を適用することで、品質の変化に関わる原因要素の特定に役立つものと期待できます。

5. 特記事項

本研究は、山形県「バイオクラスター形成促進事業」の支援によって行われました。

6. 添付資料

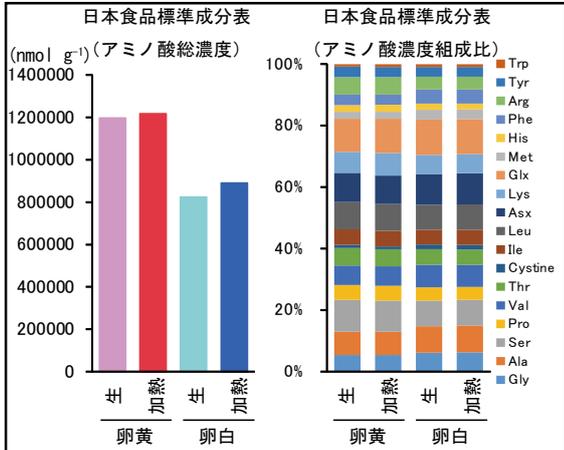


図 1. 日本食品標準成分表における鶏卵の栄養成分分析
 鶏卵の栄養成分は、生と加熱ではほとんど差がないことが報告されています。

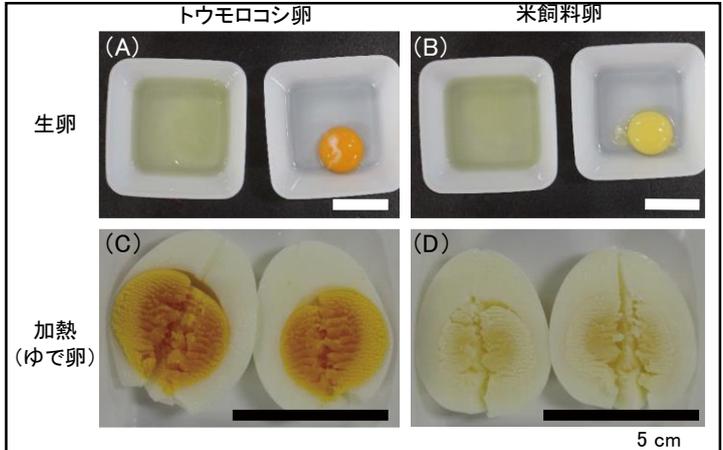


図 2. 実験に用いた鶏卵の写真
 (A, B) 生卵、(C, D) ゆで卵、(A, C) トウモロコシ卵、(B, D) 米飼料卵
 右下のスケールバーは全て 5 cm を示します。

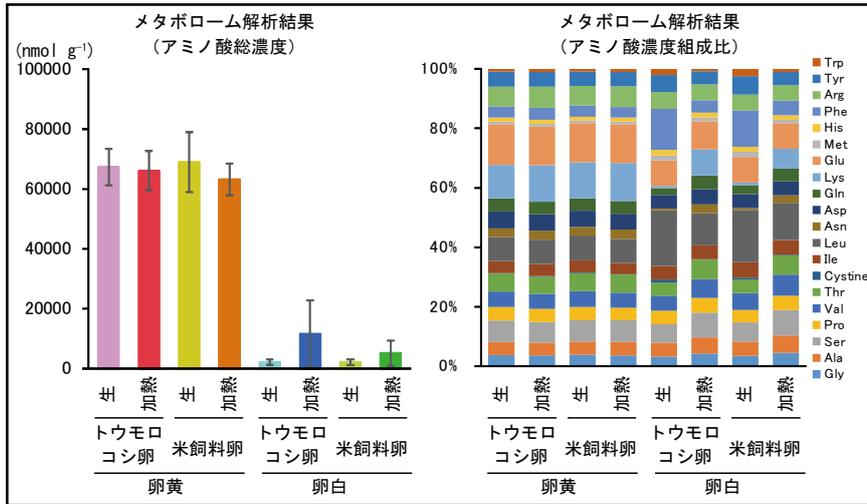


図 3. メタボローム解析における鶏卵の水溶性成分分析
 メタボローム解析を用いることで、様々な要因による鶏卵成分への影響を調べることができます。

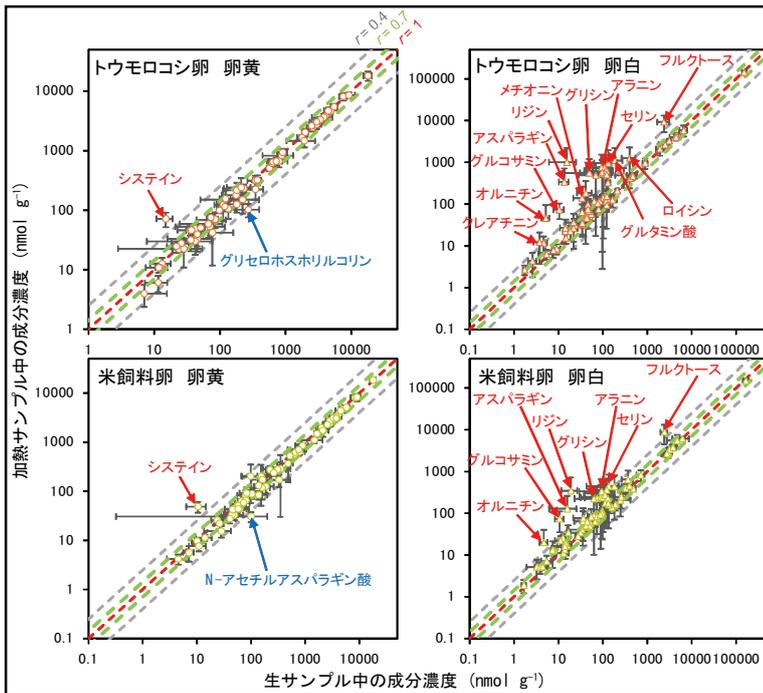


図 4. 生および加熱サンプル中の水溶性成分の濃度相関性

赤字は加熱サンプルで高濃度な成分、青字は生サンプルで高濃度な成分。卵白では加熱により、トウモロコシ卵および米飼料卵に含まれるアミノ酸やフルクトースが高濃度になりましたが、米飼料卵はトウモロコシ卵より高濃度になった成分の種類が少数でした。卵黄ではトウモロコシ卵および米飼料卵に含まれる成分のうち、加熱によって高濃度になった成分の種類はわずかでした。

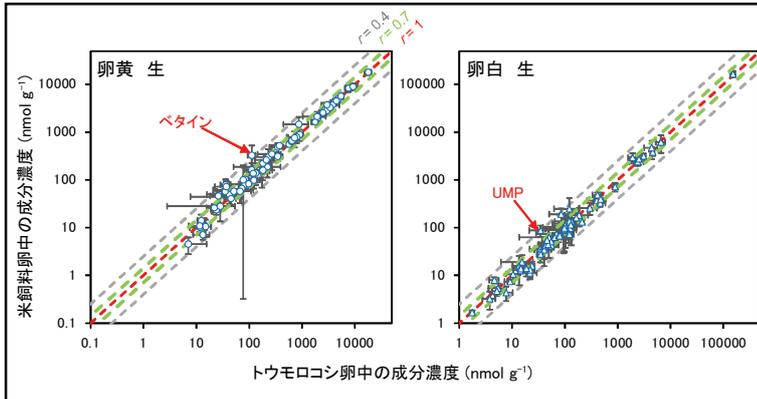


図 5. トウモロコシ卵と米飼料卵中の水溶性成分の濃度相関性

赤字は米飼料卵で高濃度な成分、青字はトウモロコシ卵で高濃度な成分。給餌飼料をトウモロコシから米飼料に変えることで、卵黄ではベタイン、卵白では UMP が増加することが示されました。

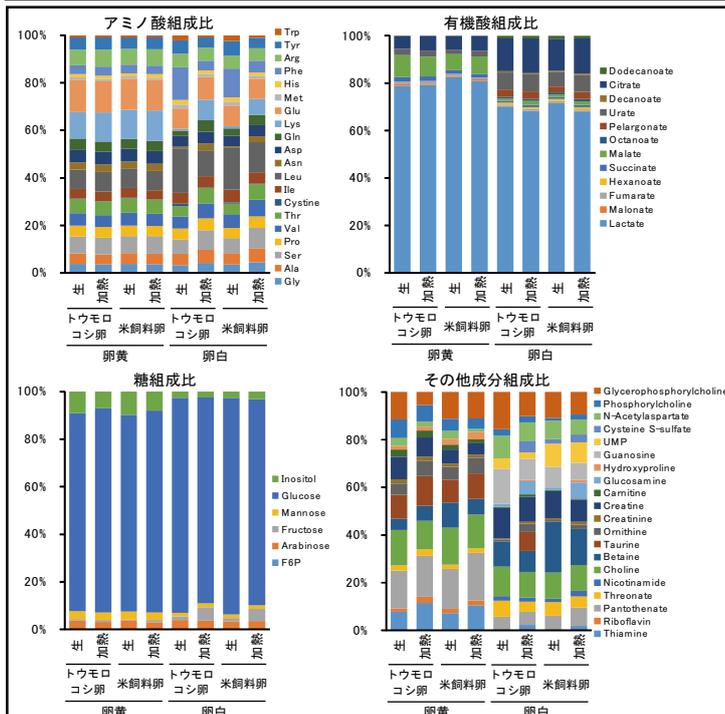


図 6. メタボローム解析による鶏卵中水溶性成分の濃度組成比

メタボローム解析による水溶性成分の網羅的解析を行うことで、従来の栄養成分分析では調べることができなかった加熱や飼料の影響を捉えることが可能になりました。

<原論文情報>

タイトル: Effects of feed crops and boiling on chicken egg yolk and white determined by a metabolome analysis

著者: Tatsuki Ogura*, Masataka Wakayama†, Yujin Ashino, Rie Kadowaki, Miyu Sato, Tomoyoshi Soga, and Masaru Tomita (*: 筆頭著者、†: 責任著者)

掲載誌: 「Food Chemistry」(オンライン)

DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127077

<用語解説>

- ※1 呈味性・呈味成分: ヒトが舌で感じる、甘みやうまみといった五味に関わる成分
- ※2 水溶性成分: 水に溶けやすい成分群の総称。アミノ酸や糖といった呈味性に関わる成分の多くは水溶性である。
- ※3 CE-MS: キャピラリー電気泳動質量分析法。サンプルの泳動時に電気を流すことで、サンプル中に含まれる様々な成分の分画を行う。分画された成分は質量分析計で分析することで、各成分の同定及び定量を行うことが可能となる。
- ※4 メタボローム解析: 網羅的な解析手法の一つ。サンプル中に含まれる多種多様な成分を一度に解析することで、サンプルが持つ成分的な特徴や成分の変動を理解することが可能となる。
- ※5 食品標準成分表: 各食品が持つ栄養成分量が記載された表。栄養指導や生活習慣病の予防などの観点から、教育・研究や行政などで広く活用されている。
- ※6 米飼料卵: (商品名「いではのさくら 白」) 株式会社半澤鶏卵が生産、販売している卵黄が白い鶏卵。通常の鶏卵はトウモロコシを主原料とした飼料で飼養しているが、この卵は県内産飼料米を主原料とした自社配合の飼料で飼養することで、白い卵黄の鶏卵を生産している。
- ※7 質量分析計: 物質が持つ質量を測定し、物質の同定及び定量を行うことが可能な分析装置。様々な分析法を活用する事で、アミノ酸や糖など、数多くの成分を網羅的に解析することが可能となる。

・研究内容についてのお問い合わせ先

慶應義塾大学先端生命科学研究所 渉外担当

TEL: 0235-29-0802 FAX: 0235-29-0809 E-mail: office@ttck.keio.jp

・研究材料についてのお問い合わせ先

株式会社 半澤鶏卵

TEL: 023-655-2556 FAX: 023-655-3723 E-mail: info@summotti.com

・研究事業についてのお問い合わせ先

公益財団法人 庄内地域産業振興センター バイオ産業推進室

TEL: 0235-29-1620 E-mail: bio@shanai-sansin.or.jp

公益財団法人 山形県産業技術振興機構

TEL: 023-647-3130 FAX: 023-647-3139