

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：32613

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01615

研究課題名（和文）論理的根拠に基づく和食の風味継承を目指す和風調味料のフレーバーオミクス解析

研究課題名（英文）Flavor-omics analysis of Japanese traditional seasonings for inheritance of objective flavor expression

研究代表者

飯島 陽子（YOKO, IIJIMA）

工学院大学・先進工学部・教授

研究者番号：90415456

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、製造中の様々な要因により風味が複雑な和食調味料をターゲットとし、特に味噌を対象に風味の複雑性をあえて前提とした、網羅性および精度の高い成分分析と官能評価を統合したフレーバーオミクス解析を行った。揮発性成分、不揮発性成分について、各種クロマトグラフィ質量分析計による網羅的成分分析を行った。その結果、市販の味噌においては味噌の明度と風味成分組成に相関性があることが明らかとなった。また、発酵熟成に伴う成分変動が風味の変化を生み出すことを客観的に裏付けることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

和食は漠然とした言葉によりおいしさが表現されるため、言葉による伝授によって風味を再現、模倣したり、風味の違いなどを人の言葉から推測したりするのは難しい。本研究が提案する風味特性についての客観的評価、成分分析によるアプローチと官能評価によるアプローチによる統合解析は、風味に関する官能特性に寄与する成分の特定が確実に可能となり、おいしさを分子レベルで解明することができる。この手法を活用すれば、これまで漠然としたおいしさの定義の上に成り立つ和食の風味について、客観的、論理的な裏付けができるだけでなく、おいしさの認識を共通化することができ、その風味の正確な継承が可能となるといえる。

研究成果の概要（英文）：Japanese traditional seasonings have complicated flavor characteristics based on their productions such as fermentation and processing.

In this study, we focused on Miso (soy bean paste) and conducted flavor-omics analysis which integrated comprehensive and accurate ingredient analysis and sensory evaluation. Comprehensive component analysis of volatile and non-volatile components was performed by various chromatography mass spectrometers. As a result, it was revealed that there is a correlation between the lightness of miso and the composition of flavor components in commercially available miso. In addition, we were able to objectively confirm that component changes associated with fermentation and maturation produce influence to flavor characteristics.

研究分野：食品化学

キーワード：フレーバーオミクス メタボロミクス 味噌 官能評価 おいしさ

## 1. 研究開始当初の背景

日本伝統食である和食は国内外を問わず人気があるが、和食のおいしさを語る時、その風味が複雑であるがゆえに、漠然とした、感性による抽象的な表現がされることが多い。そのため、その風味について他の人と互いに認識を共有したり、説明することが難しい。それを解決するためには、和食の風味について、客観的、論理的根拠に基づく判断が必要であるが、和食の風味、おいしさの科学的理解はまだほとんどなされていないのが現状であった。つまり、風味表現の客観的裏付けを示す成分群との関連性が不明であった。このような問題点を解決するには、網羅性を高めた食品全体を俯瞰できるような成分分析と、適切な特性用語を用いた定量的な分析型官能評価が必要であった。

## 2. 研究の目的

本研究では、風味の複雑性をあえて前提とした、これまでにない網羅性および精度の高い成分分析と官能評価を統合したフレーバーオミクス解析によって、和食の風味を分子レベルで調べ、その美味しさを含む風味の定義を明確にすることを目的とした。特に和風調味料(味噌など)に着目し、フレーバーオミクスによる網羅的解析によって、そのおいしさを説明する風味用語とそれに関与する成分を見出そうとした。

## 3. 研究の方法

本研究では味噌をサンプルとし、二つのデータグループを用いた。一つ目は市販の米味噌 25 種類について分析するグループ、二つ目は同一条件下にて熟成期間が 0 日 ~ 77 日まで熟成した味噌(白味噌)を調製し、経時的にサンプリングし、分析するグループである。それぞれについて、ガスクロマトグラフィ質量分析計(GC-MS)による網羅的香気性成分の分析、キャピラリー電気泳動質量分析計(CE-MS)によるイオン性呈味成分の網羅的分析、液体クロマトグラフィ質量分析計(LC-MS)による非イオン性呈味成分の網羅的分析、並びに官能評価を行い、多変量解析に基づく統合解析を試みた。

## 4. 研究成果

### (1) 市販味噌におけるサンプルの特徴付けと風味寄与成分のスクリーニング

25 種類の市販味噌サンプルを用いて、成分分析を行った。その結果、成分成分に基づく味噌の判別は、味噌の色調のうち、 $L^*$  値と相関が高いことが分かった。特に香気成分の生成と  $L^*$  値との相関が高く、 $L^*$  値の低い赤味噌などでは、甘い香りや焦げた香りを呈するマルトール、5-メチルフルフラールや花の香りを呈するフェニルアセトアルデヒド等の香気成分が強く検出された。マルトールや 5-メチルフルフラールはマルトースやグルコースがメイラード反応により、生成する香気成分であり、 $L^*$  値の低い味噌はメイラード反応由来の香気成分が寄与しているのではないかと考えられた。一方、 $L^*$  値が高い白味噌などでは薬品臭を呈する 4-ビニルフェノールやクロブ様の 2-メトキシ-4-ビニルフェノールといったフェノール類の香気成分が強く検出された。これらの香気成分は、麴として使用している米や大豆の細胞壁に存在するフェルラ酸が麴の働きにより脱炭酸反応し生成するものであり、熟成期間が浅いと考えられる色が薄く、 $L^*$  値の高い味噌は原料である大豆や麴由来の香気成分が寄与しているのではないかと考えられ

た。

## (2) 熟成期間が成分組成に与える影響

熟成期間を経時的に設定し、成分分析を行った結果、仕込み直後の味噌と熟成 77 日後の味噌ではクロマトグラムの組成が大きく異なることがわかった。また、主成分分析結果では、多くの水溶性成分が熟成に従って経時的に増加することがわかった。特に Glutamic acid を始めとするアミノ酸類、糖類の増加が大きく、味噌の熟成に従い麹菌によるたんぱく質・オリゴ糖の分解が進むことが裏付けられた。しかしながら、増加パターンは異なり、熟成初期に大きく増加する成分群、なだらかに増加する成分群があり、熟成期間におけるターニングポイントがあることが考察された。香気性成分については、SA-SBSE(solvent-assisted stir bar solid extraction)法で抽出を行った。香気成分データについて主成分分析を行った結果、熟成が進むにつれて、香気成分組成が大きく変化した。ローディングプロットにより、熟成によって減少する成分よりも増加する成分の方が多いことが分かった。特に isoamyl acetate などのエステル類が増加していたことから、耐塩性酵母などの微生物の作用によりアセチル化が進んでいると考えられた。また、味噌の特徴香気成分と知られる 2-ethyl-4-hydroxy-5-methyl-3(2H)-furanone や methionol などが熟成が進むにつれて増加していた。また、LC-MS および CE-MS の結果から、大豆イソフラボンのグルコシド配糖体である Genistin や Daidzin と推定される化合物やペプチド、アミノ酸の変動が大きく、大豆イソフラボンの非配糖体である Genistein や Daidzein などのアグリコンが増加することが分かった。これは、熟成期間に伴い大豆イソフラボンは味噌の熟成中に配糖体から加水分解によってアグリコンへと分解することが明らかとなった。また、多くのアミノ酸やペプチドが熟成により増加することが客観的にみられ、これらの増加が熟成味の深みに関係することが分かった。一方、大豆サポニンも大豆イソフラボンと同様に配糖体で存在している。しかしながら、大豆サポニンと推定される化合物は配糖体と非配糖体がどちらも熟成による変動は見られなかった。すなわち、大豆サポニンは大豆イソフラボンと違って味噌の熟成期間中には分解せず、安定的に存在していることが推測できた。また、これらの化合物以外にも構造未知ではあるが、味噌の熟成中にペプチドと思われる成分の変動が見出され、その構造解明が今後の課題である。また、官能評価は新型コロナウイルス感染拡大のため、実施が予定より遅れ、現在データ解析中であり、今後統合解析によって風味相関成分の可視化を行い、味噌の風味特徴に關与する成分を解明する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 8件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 飯島陽子
2. 発表標題 食品の質に関わる成分バラエティを考える : フレーバーオミクスによる展開
3. 学会等名 日本食品分析学会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯島陽子
2. 発表標題 食品の品質評価における香気分析技術-フードメタボロミクスの活用
3. 学会等名 日本油化学会2021年度年会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯島陽子
2. 発表標題 メタボローム解析技術を活用した食品の質的評価
3. 学会等名 日本食品・機械研究会 : 第18回高付加価値食品開発のためのフォーラム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯島陽子
2. 発表標題 食品の品質評価における香気分析技術: フードメタボロミクスの活用
3. 学会等名 日本油化学会2021年度年会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯島陽子
2. 発表標題 食品の質に関わる成分バラエティを考える : フレーバーオミクスによる展開
3. 学会等名 日本食品分析学会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯島陽子
2. 発表標題 フードオミクスによる 食品の質的研究展開
3. 学会等名 第26回 日本フードファクター学会 学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 有本恭子、中野優子、望月寛子、齋藤昌義、早川文代
2. 発表標題 NHK「きょうの料理」のみそ 料理の変化について
3. 学会等名 日本調理科学会2021年度大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浅間陽香、飯島陽子
2. 発表標題 味噌の熟成による水溶性成分組成の変化
3. 学会等名 日本食品科学工学会第66回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoko Iijima, Azusa Miwa, Hikaru Inagaki, Yusuke Ito, Kikuo Sasamoto, Takeharu Nakahara, Akio Obata, Nobuo Ochiai
2. 発表標題 High-efficient and High-throughput volatile flavor analysis of fermented seasonings using SA-SBSE
3. 学会等名 Metabolomics 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯島陽子
2. 発表標題 植物性食品の質的特性に対するその因子探索とフードメタボロミクスによる展開
3. 学会等名 日本農芸化学会関東支部会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯島陽子
2. 発表標題 発酵調味料のフレーバーオミクス解析のための香気分析技術の確立
3. 学会等名 JASIS 日本生物工学会ジョイントセミナー ライフサイエンスイノベーションズ (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Yoko Iijima, Naomi Okubo, Fukuyo Tanaka (eds: E. Pichersky N. Dudareva)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 CRC Press	5. 総ページ数 428
3. 書名 Biology of Plant Volatiles	

1. 著者名 飯島陽子 (福崎英一郎: 監修)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 (株)エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 326
3. 書名 食品分野におけるメタボリックプロファイリング	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>研究室HP https://kait-iijimalab.jimdofree.com/</p> <p>フードミクスで食品の品質を評価する 飯島陽子 (一財)食品分析開発センターSUNATECメールマガジン 2020年</p>
---

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	早川 文代 (Hayakawa Fumiyo)  (00282905)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門・ユニット長  (82111)	
研究分担者	佐藤 大 (Sato Masaru)  (30454052)	公益財団法人かずさDNA研究所・ゲノム事業推進部・特任研究員  (82508)	
研究分担者	及川 彰 (Oikawa Akira)  (50442934)	山形大学・農学部・教授  (11501)	

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
---------	---------