

イメージング（見えない物を見る）研究所活動報告書

所長 平 修

研究目的

食と健康について科学的に解明する。健康長寿、健康寿命を食の観点から追求する。現代は、病気になれば、薬で治療するのが常である。しかし、2050年には国内65歳人口が4割を超え、医療費の負担は賄いきれず財政破綻すると予測されている（内閣府調べ）。病気を予防し、健康維持するには、食の機能に頼るしかないと思える。本研究所は、食の機能の見える化を研究の鍵とし、（1）食品の何処にうま味、栄養、機能生成成分が含まれるのかを解明し、食品の高付加価値化を図る。これは、県内外の食品（農産物）を標的とする。

（2）食品含有機能性成分を摂取することで、脳神経疾患発病を予防・遅延させる機序を解明し、将来的に健康寿命を食により延ばすことを目的とする。

本年度は、研究に専念した。

研究メンバー

< 研究代表者（研究所長） >

平 修（福島大学農学群・食農学類・教授）

< 研究分担者（プロジェクト研究員） >

吉永和明（福島大学農学群・食農学類・准教授）

高田大輔（福島大学農学群・食農学類・准教授）

研究活動内容（2020年度）

研究

イメージングMSによる福島県産あんぼ柿の局在解析

福島県は、農業県として数多くの農産物を栽培しており、中でも、果樹の生産量は全国でも上位に入る。しかし、震災以降の風評被害は未だに止まらず、本来、高品質な果樹・果樹加工品が、「福島県産」と表記できず、「国産」として低価格で流通しているのが現状である。高品質であることを示すのに、通常の商品検査結果は数値やスペクトルで表され、専門知識が必要

になり、生産者の努力（規制値以下の農薬使用や品質へのこだわり）が一般消費者へ伝わりにくい。特に、福島産の干し柿（あんぼ柿）は、美味しさだけでなく、日々の体調が良好に保たれるとされるが、科学的根拠は薄いのが現状である。

本研究は、イメージング質量分析技術を駆使して、福島県特産品のあんぼ柿に対して、（1）ビタミン群（ビタミンA₁、B₁、B₆）の局在を品種毎に可視化し、美味しさと健康への影響を科学的に示した（図1）。（成果論文80）

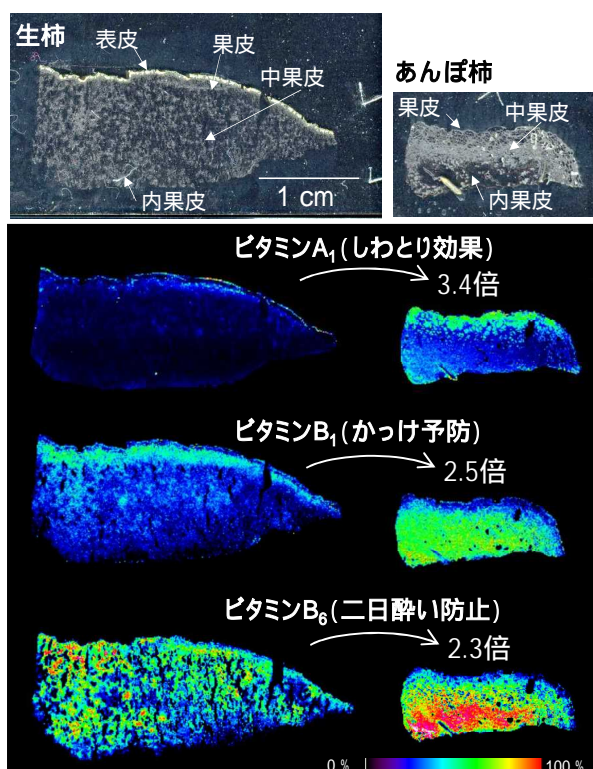
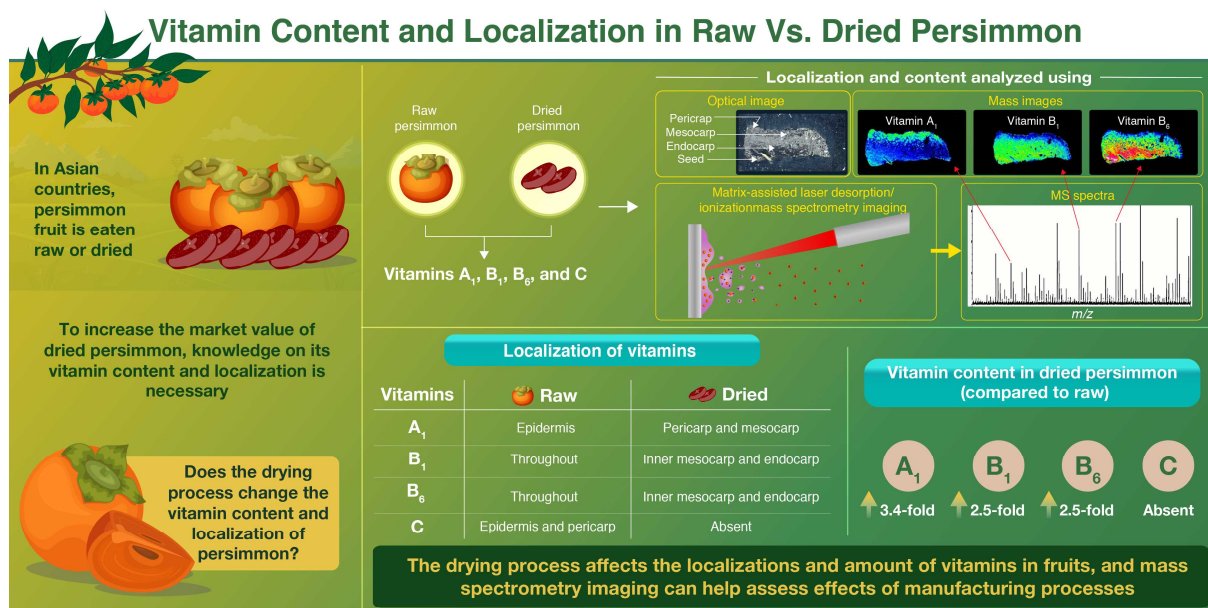


図1 生柿とあんぼ柿のビタミン群のイメージングMS像

本成果は、論文化になっており、また、掲載紙のPRデータとしても活用することによって、宣伝ポスターが学会良い作成された（図2）



Localization Analysis of Multiple Vitamins in Dried Persimmon (*Diospyros kaki*) Using Matrix-assisted Laser Desorption/ionization Mass Spectrometry Imaging
 Shikano et al. (2020)
Journal of Oleo Science | Vol. 69, Number 8, pp. 959-964 | DOI: 10.5650/jos.ess20143

JOCs
 Japans Oil Chemists' Society

図2 日本油化学会が作成したあんぽ柿のイメージング MS 研究のポスター

福島のはんぽ柿は、加工することで特にビタミン A が生柿（加工前）にくらべて、3.4 倍増えることが視覚的に分かった。ビタミン A は老化防止の効果があるとされる。美味しいだけでなく、健康にも良いという付加価値を科学的に付けることができた。JA ぶくしま未来との共同研究である。

イメージング MS による揮発性成分の局在解析
 香り成分は揮発性であり、従来のイメージング MS 技術では測定中に揮発して検出できない。また、葉の表面をイメージングする前処理技術も確立されておらず、基礎科学的に解決すべき課題である。

今回は、シソ(*Perilla frutescens* var. *crisp*)の葉をモデルし研究を行った。

シソ特有の香りはペリルアルデヒドと呼ばれる化学物質である。これは、腺鱗(せんりん)とよばれるは表面のカプセルに貯蔵される。本研究では、2つの新規アプローチを行った。

アプローチ : 誘導体化

ペリルアルデヒドのアルデヒド基にグリシンを反応させる(誘導体化反応)を施した(図3)。

これにより、沸点が 497[K]から、716[K]に変化する。一般的に 523[K]以下は揮発性を示すので、グリシン修飾ペリルアルデヒドは揮発性ではないことがわかる。

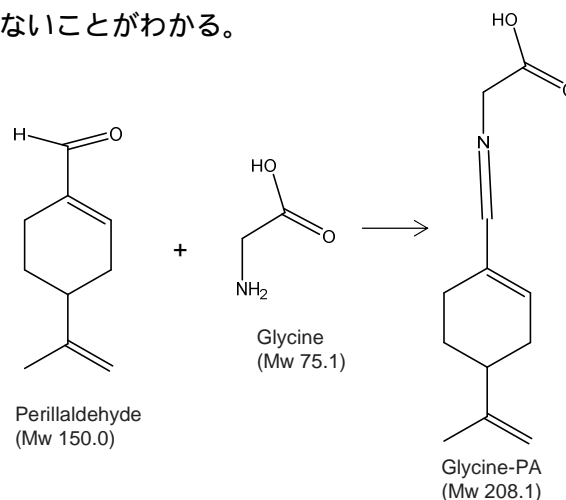


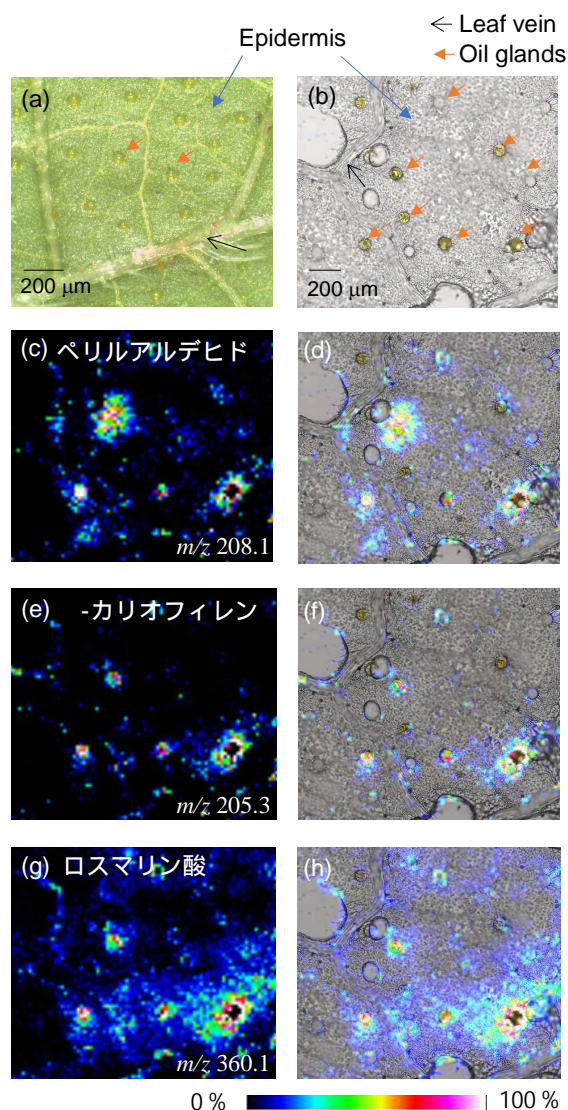
図3 グリシン修飾ペリルアルデヒドの反応

アプローチ : 表面剥離技術の開発

葉のような薄いサンプルの表面切片は、従来技術では作製が困難である。そこで、シアノアクリレート系接着剤を葉表面に滴下し、ガラス表面に表面物質を剥離・接着することで、表面環境を変化させることなく、転写することに成功した(特願 2020-182791)。

アプローチ & より作成したシソ葉表面のイメージング MS を行った。

ペリルアルデヒドおよびシソ 2 次代謝物のカリオフィレンは鱗鱗部位に局在していた。従来の知見を視覚的に裏付けた世界初のデータである。ロスマリン酸は腺鱗だけでなく表皮（葉肉細胞）にも局在が見られた。葉肉細胞でロスマリン酸が産生され、腺鱗に輸送される前を捉えたと考えられる（図 4）。（論文 81）



まとめ

イメージング MS は世界で注目される技術であり、福島大学に装置・科学者・技術者が揃っていることは良い意味で稀有である。実際に、論文 78 を読んだとのことで、海外から 2 件、

測定依頼があった。また、R23 次補正予算（https://www.mext.go.jp/b_menu/boshu/detail/mext_00102.html）にも福島大学が採択され、研究施設・設備・機器のリモート化・スマート化を質量分析を軸に推し進めることが決定されている。これは、本学の外部利用制度があつてのことで、2 年間で約 1100 万円の外部収入があつたことも採択理由となっている。

今後も微力ではあるが、大学と連携し、本研究所を通して世界に先駆けた「見える」サイエンスを展開していきたい。

成果

論文

83. S. Taira*, A. Kiriake-Yoshinaga, H. Shikano, R. Ikeda, S. Kobayashi, K. Yoshinaga ‘Localization analysis of essential oils in perilla herb (*Perilla frutescens* var. *crispa*) using derivatized mass spectrometry imaging’ *Food Science & Nutrition* (2021)

82. H. Asakura, T. Yamakawa, Takashi, T. Tamura, R. Ueda, S. Taira, Y. Saito, K. Abe, T. Asakura "Transcriptomic and metabolomic analyses provide insights into the upregulation of fatty acid and phospholipid metabolism in tomato fruit under drought stress" *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 69, 2894-2905 (2021)

81. 塩野克宏、平修 「質量分析イメージングによる複数の植物ホルモンの可視化」*植物の生長調節* 55 84-91 (2020) （表紙）

80. H. Shikano, Y. Miyama, R. Ikeda, H. Takeshi, J. Suda, K. Yoshinaga and S. Taira* ” Localization analysis of multiple vitamins in dried persimmon (*Diospyros kaki*) using matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry imaging” *Journal of Oleo Science* 69, 959-964 (2020)

79. K. Yoshinaga, H. Ishikawa, S. Taira, A. Yoshinaga-Kiriake, Y. Usami, N. Gotoh, "Selective visualization of administrated arachidonic and docosahexaenoic acids in brain using combination of simple stable isotope-labeling technique and imaging mass spectrometry" *Analytical Chemistry* 92, 8685–8690 (2020)

78. K. Shiono, S. Taira* "Imaging of multiple plant hormones in roots of rice (*Oryza sativa*) using nanoparticle assisted laser desorption/ionization mass spectrometry" *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 68, 6770-6775 (2020)

特許出願

【出願番号】特願 2020-182791【発明者】平 修、鹿野仁美、新田洋司 【発明の名称】イメージング質量分析用薄切片の作製方法、及び生体表面における対象物質の局在解析方法【出願人】福島大学【出願日】令和 2 年 10 月 30 日

特許第 6685587 号(P6685587) 【出願番号】特願 2015-238621【発明者】平 修【発明の名称】イメージング質量分析用薄切片の作製方法、及び生体表面における対象物質の局在解析方法【出願人】福島大学