

研究ニュース

No.32

独立行政法人
農業・食品産業技術総合研究機構

食品総合研究所



【写真の説明】：一般公開の様子

主な記事

巻頭言

- 食品をはかる

研究トピックス

- トマトの成熟制御機構の解明
- マイクロチャネル乳化の大型化およびプロセス解析
- もち米の胴割れ検知手法および携帯型デバイスの開発

特許情報

- 新登録特許
- 特許解説

所内ニュース

- 平成26年度 科学技術週間一般公開報告
- 表彰・受賞

海外出張報告

- 第19回国際包装研究機関連盟世界包装会議に参加して
- 第3回食品の口腔プロセスに関する国際会議に参加して

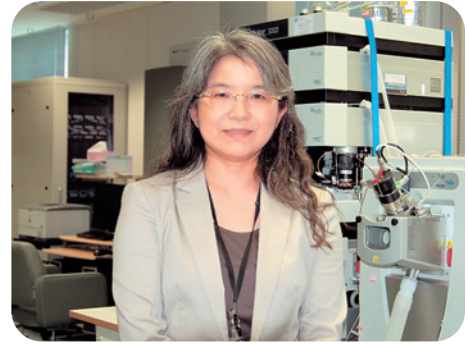
人事情報

- 人事の動き

巻頭言

食品をはかる

食品分析研究領域長 亀山 真由美



「食品をはかる」という日本語は奇異に感じる。「はかる」の代わりに「みる」と書くと、果物や野菜等いろいろな種類の食品を眺めている状況を思い浮かべられるが、「はかる」の場合はそうはいかない。「食品」を、果物→りんご→紅玉と限定していてもイメージが像を結ぶ訳ではない。それは、「はかる」が道具や知識を使って対象の大きさや容量、含まれる構成要素や関連要因を吟味し、答えを出すことまで含まれるためだ。「はかる」と読む常用漢字は、図、計、測、量、諮、謀、の6種であるが、物理量を客観的に求める意味合いと、情報に基づいてヒトが判断したり創出したりする意味合いの両方を持っている字が多いのは興味深い。このうち、科学の分野で使われる「はかる」の漢字は、計、測、量の3つで、長さ、質量、時間、温度等を測定する時に用いられる。主として、精製された単一物質を対象とし、特定条件下でそれが示す値やその条件を厳密に測定して数値として表すことを意味する。

近年、分析技術やコンピュータの処理能力の急速な進歩に伴い、「はかる」ことが変化してきた。ゲノミクスやプロテオミクス、メタボロミクスのように同時に多数の物質情報を「はかる」対象にするようになってきたのだ。これらのオミクスは、生体内の全成分を観測し、何かのトリガーによりどのような成分が変化するかを総体的に捉え、動的な物質循環に基づいて生体内のシステムを解明しようとするものである。このオミクスで使用される、目的物質を定めずに、検出できる成分を全て測るノンターゲット分析法が食品分野にも適用されるようになってきた。ひとつは、食品またはその成分を摂取したときに起こる生体内での反応解析で、食品の安全性や機能性の評価を目的とするものである。もうひとつは食品自体の性質もしくはフードチェーンにおける成分変化の解析を目的とするものである。静的な多成分同時分析については、香気成分分析のように性質が類似した成分を対象としてこれまでも行われてきた。しかし、化学的性質の異なる成分も含め系に存在する多数の成分の変化を解析対象とする、ノンターゲット分析による解析法、メタボロミクスが食品に適用されるようになったのは最近のことである。

地域特産品に含まれる多数の成分を他と比較して特有の成分(群)を見だし、それを差別化の根拠として用いたり、その成分含量の維持・増強が可能な栽培技術の検討を行ったりして、地域特産品の販路拡大を目指している事例がある。また、有機栽培と慣行栽培、露地栽培と温室栽培による農産物の差異比較、収穫後からの経時、貯蔵期間や環境が品質に与える影響の評価にもノンターゲット分析が使用されている。さらに、ワインやウイスキーの熟成過程、チーズや味噌等の発酵過程で、どのような成分が増減するか、それに対応して官能特性がどのように変化するか等、食品を製造する過程でもノンターゲット分析によるアプローチが試みられている。食総研でも外部研究機関と連携して、化学機器分析データと非破壊計測データ、官能評価データを用いた農産物の品質評価法の開発に着手し始めた。

食品の特性は、香り、味、色、食感によって構成される。これらは含まれる成分によって規定される筈であるので、品質の高い食品や、おいしい野菜、味わい深いお酒、風味のよいお茶が、どのような成分がどのような割合で含まれているものであるのか、数値で表現して定義できるようになる日もそう遠くないのかもしれない。今後、「食品をはかる」という言葉から、食品に含まれる成分を網羅的に解析し、品質を評価するというイメージがすぐに浮かぶようになることを期待したい。

研究トピックス

トマトの成熟制御機構の解明

食品バイオテクノロジー研究領域

生物機能制御ユニット 伊藤 康博



1. はじめに

多くの種類の果物は、成熟前には緑色で硬く、酸味や渋味が強い等、食べるのに適さない状態だが、いったん成熟が始まると、果実は鮮やかに着色し、同時にフルーティーな芳香を生じるようになり、また果肉は軟らかく、さらには酸味・甘味が適当なバランスになることで、おいしく食べることができるようになる。しかし成熟適期を過ぎると、劣化が進み、最終的には腐敗して食品としての価値を失う。このように成熟中の変化は果実の品質を決定する重要な要因であり、成熟を制御できれば果実の高品質化あるいは日持ち性の改善につながると期待できることから、成熟研究は果物生産において大変重要な意味があると言える。また、上記のさまざまな成熟中の変化は、色素合成、芳香成分の代謝、細胞壁分解酵素の活性化等、多岐にわたる生物機能が、極めて高い同調性をもって進行することから、この精巧な代謝プログラムの解明は生物学的にも非常に興味深い課題として、世界的に多くの研究者が取り組んでいる最もホットな研究分野の一つである。

本稿では、果実の成熟現象について、筆者らのグループがトマト果実を材料に研究を進めてきた最新の研究成果を紹介する。

2. 成熟しないトマトの変異体

果実の成熟研究の分野では、モデル植物としてトマトが扱われることが多い。トマトは商業的に重要な作物であることに加え、短期間で緑色から鮮やかな赤色へ変化する明快な成熟パターンを示し、またその変化は成熟誘導植物ホルモンとして知られるエチレンに強く影響される典型的な例であることが、研究材料として選ばれてきた要因であろう。また、栽培のしやすさ、培養、組換え等の技術が適用しやすいこと、ゲノムサイズが小さいこと等、多くの利点を持っているが、特に、成熟パターンが様々に変化した特徴的な突然変異体

が多種類見つかってきており、成熟研究の発展に大きく貢献している。例えば、トマトの特徴的な赤色色素であるリコペンを高蓄積する変異体、黄色の色素を蓄積する変異体、あるいは果皮にフラボノイドが蓄積しないピンク系と呼ばれる変異体（日本で好んで生食されている）等があり、実用的な育種にも利用されている。

一方、すべての成熟現象、すなわちリコペンの蓄積、エチレン生成、軟化等が進まなくなる変異体も数種見つかっており、成熟の仕組みを解明するための対照区として広く研究に用いられている。これらの中で筆者らが注目したのは、*ripening inhibitor (rin)* という変異体で、何ヶ月経ってもリコペンの蓄積や軟化が見られない（図1）。またエチレンを外から与えても、成熟を回復させることはできない。さらに、この *rin* 変異体（ホモ接合型）と正常型とを交配して得られる後代の植物（ヘテロ接合型）では、両親の中間型の性質を示す果実、つまり、リコペンが蓄積して赤くなるものの、日持ち性が劇的に改善されるという優れた特徴を示す果実が得られる¹⁾。この *rin* 変異については、MADS ボックス転写因子をコードする遺伝子の一部が欠失していることが原因であると、2002年にコーネル大のグループによって報告された²⁾。

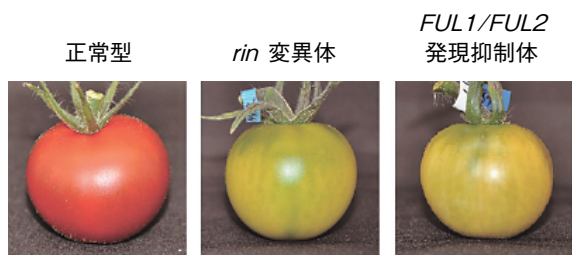


図1. *rin* 変異および *FUL1/FUL2* 発現抑制による成熟進行の阻害

3. 転写因子 RIN の機能解析

筆者らはまず、*rin* 遺伝子座にコードされるタンパク質、転写因子 RIN の機能解析を行った。この研究により、RIN は典型的な MADS ボックス転写因子の標的 DNA 配列に結合すること、mRNA の転写を活性化する機能を有することを明らかにした³⁾。さらに *rin* 変異により、RIN の転写活性化機能に必要な部分のアミノ酸配列が失われていることが分かった。これらの結果より、RIN は成熟に必要な遺伝子の発現を活性化して成熟を誘導する転写因子であるが、*rin* 変異によって遺伝子発現の活性化ができないことが、成熟進行を阻害している原因であると結論付けた³⁾。

次に、RIN によってどのような遺伝子の発現が制御されているかについて研究を進めた。既に *rin* 変異によって発現が低下する遺伝子は多数知られていたが、RIN が作用するメカニズム、つまり RIN がそれらの遺伝子を直接制御しているのか、あるいは RIN が制御する別の転写因子の影響なのかを区別ができず、詳細な作用メカニズムは不明であった。そこで筆者らはトランスクリプトーム解析およびクロマチン免疫沈降法という手法を使って RIN の標的遺伝子を解析し、最終的にはゲノム全体の遺伝子を対象に研究を進めた。その結果、エチレン合成やリコペン合成に関わる遺伝子はもちろん、60以上の代謝経路に関わる遺伝子が RIN の標的であることを明らかにした³⁻⁶⁾。このことは *rin* 変異が一遺伝子の変異に関わらず、成熟のあらゆる過程を阻害するという現象と良く一致する結果である。今後、RIN が制御する個々の代謝経路について詳細に検討することで、成熟中の成分変化に必要な遺伝子が容易に同定できると予想され、得られた成果は、果実成分育種の効率化につながるものと期待される。

4. RIN の補助因子、FRUITFULL ホモログ

RIN が属する MADS ボックスファミリーについては「ABC モデル」と呼ばれる花器官分化制御の一連の研究が非常に有名であり、数種の MADS ボックス転写因子がいろいろな組み合わせで複合体を形成することにより、異なる器官分化の制御を行っている理論モデルがよく知られている。

そこで筆者らは、果実の成熟においても RIN と複合体を形成する MADS ボックス転写因子が存在するのではないかと考え、RIN 結合タンパク質の探索を行った。その結果、シロイヌナズナ FRUITFULL (FUL) のホモログ2種を候補と

して見つけ、それぞれ FUL1、FUL2と命名した。次にこの2つのホモログ遺伝子の機能を解析するために、これらの遺伝子の発現を抑制した組換えトマトを作出した。もし生体内で RIN と FUL ホモログが複合体を形成して機能しているなら、この組換え体は *rin* 変異体と同様、成熟の障害がみられるはずである。なお、2つの FUL ホモログの配列は極めて高い相同性を示し、機能の重複が予想されたので、両方の遺伝子発現を同時に抑制した。その結果、組換え果実は *rin* 変異体と同様、成熟期に達してもリコペンの蓄積が見られず、また成熟期のエチレン生産上昇も抑制され、明らかに成熟が阻害された(図1)⁸⁾。生化学的な解析からも RIN は FUL1あるいは FUL2と結合して機能することを示す結果が得られ⁷⁾、FUL1と FUL2は RIN が成熟制御機能を発揮するために必須な因子であることが明らかになった。ただ不思議なことに、*rin* 変異とは異なり、FUL1/FUL2抑制果実では軟化が正常果と同様に進んだ。しかし正常果で軟化の進行に必要な細胞壁分解酵素の遺伝子群は、*rin* 変異体と同様、組換え体で発現がほとんど見られず、組換え体の軟化は正常型とは異なる原因で生じていると考えられた。さらに検討を重ね、組換え体では *rin* 変異体と比べ果皮キューティクル層が薄くなっていることを見出し、恐らく果皮から蒸散が進みやすいために、異常な軟化が生じたと考えている。

さらに RIN を解析した同様の手法で、FUL ホモログの標的遺伝子をゲノム全体を通じて同定し、RIN の標的と比較した(図2)⁹⁾。すると、大多数の RIN の標的遺伝子が、同時に FUL1/FUL2の標的として同定され、RIN と FUL1あるいは FUL2は複合体を形成して発現制御を行うという仮説に良く合う結果となった。一方、FUL1/FUL2の共通の標的であるが RIN の標的ではない、という例もあり、全標的遺伝子が重複したわけではなかった。これは、抑制組換え体と *rin* 変異体を比べた時、大部分の表現型は一致するが、一部、違う形質がみられたことと矛盾しない結果といえる。

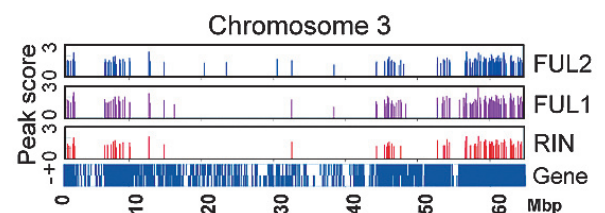


図2. RIN、FUL1およびFUL2の標的ゲノムサイト (第3染色体を例示)

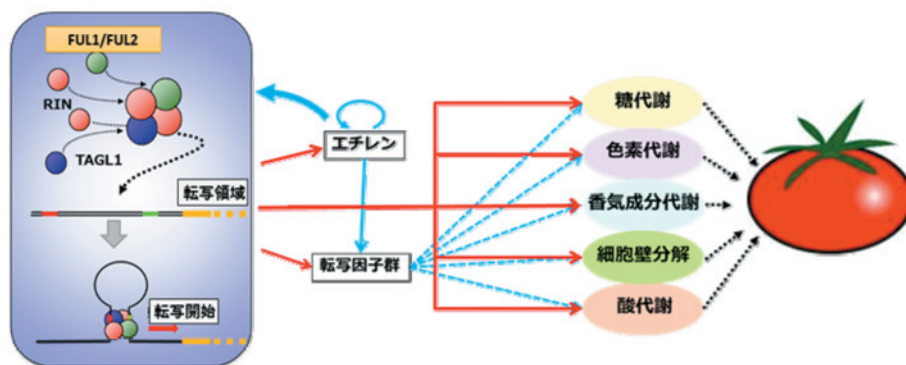


図3. RIN を含む複合体の形成および転写因子複合体による成熟制御の概要

5. おわりに

本稿で紹介した成熟制御に関する研究成果を図3にまとめた。RIN は成熟期に FUL ホモログ、また本稿では紹介しなかった TAGL1 と複合体を形成して活性化する。この複合体がエチレンや他の転写因子を誘導し、それらと協調して機能することにより、成熟に関わる多様な代謝関連遺伝子の発現制御を行う。これらの代謝経路が同時に活性化されることで、短期間に果実形質の劇的な変化を誘導されるのである。

本研究の成果も含め、近年の成熟研究の進展は目覚ましく、今後果実品質の改善に大いに活用されていくことが予想される。今後、成熟制御による果実品質向上法の開発、あるいは成熟開始を決定する RIN の誘導機構の解明等へ研究を展開していきたい。

※本研究はカゴメ株式会社との共同研究の成果であり、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業の補助を受けて実施した。本稿は藤澤雅樹氏、嶋羊子氏、中野年継氏（いずれも農研機構特別研究員）の成果をとりまとめたものである。

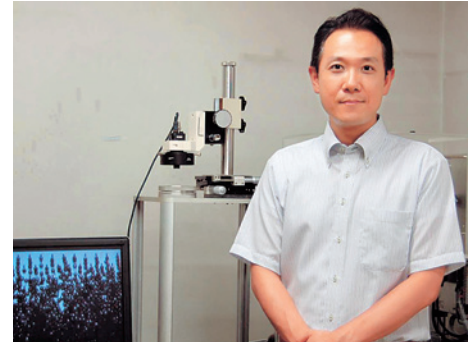
文 献

- 1) Kitagawa M, Ito H, Shiina T, Nakamura N, Inakuma T, Kasumi T, Ishiguro Y, Yabe K, Ito Y (2005) Characterization of tomato fruit ripening and analysis of gene expression in F1 hybrids of the *rin* mutant. *Physiol Plant* 123: 331-338.
- 2) Vrebalov J, *et al.* (2002) A MADS-box gene necessary for fruit ripening at the tomato *rin* locus. *Science* 296: 343-346.
- 3) Ito Y, Kitagawa M, Ihashi N, Yabe K, Kimbara J, Yasuda J, Ito H, Inakuma T, Hiroi S, Kasumi T (2008) DNA-binding specificity, transcriptional activation potential, and the *rin* mutation effect for the tomato fruit-ripening regulator RIN. *Plant J* 55: 212-223.
- 4) Fujisawa M, Nakano T, Ito Y (2011) Identification of potential target genes for the tomato fruit-ripening regulator RIN by chromatin immuno-precipitation. *BMC Plant Biol* 11: 26.
- 5) Fujisawa M, Shima Y, Higuchi N, Nakano T, Koyama Y, Kasumi T, Ito Y (2012) Direct targets of the tomato-ripening regulator RIN identified by transcriptome and chromatin immuno-precipitation analyses. *Planta* 235: 1107-1122.
- 6) Fujisawa M, Nakano T, Shima Y, Ito Y (2013) A large-scale identification of direct targets of the tomato MADS box transcription factor RIN reveals the regulation of fruit ripening. *Plant Cell* 25: 371-386.
- 7) Shima Y, Kitagawa M, Fujisawa M, Nakano T, Kato H, Kimbara J, Kasumi T, Ito Y (2013) Tomato FRUITFULL homologues act in fruit ripening via forming MADS-box transcription factor complexes with RIN. *Plant Mol Biol* 82: 427-438.
- 8) Shima Y, Fujisawa M, Kitagawa M, Nakano T, Kimbara J, Nakamura N, Shiina T, Sugiyama J, Nakamura T, Kasumi T, Ito Y (2014) Tomato FRUITFULL homologs regulate fruit ripening via ethylene biosynthesis. *Biosci Biotechnol Biochem* 78: 231-237.
- 9) Fujisawa M, Shima Y, Nakagawa H, Kitagawa M, Kimbara J, Nakano T, Kasumi T, Ito Y (2014) Transcriptional Regulation of Fruit Ripening by Tomato FRUITFULL Homologs and Associated MADS Box Proteins. *Plant Cell* 26: 89-101.

研究トピックス

マイクロチャンネル乳化の大型化 およびプロセス解析

食品工学研究領域 先端加工技術ユニット 小林 功



1. はじめに

乳化は、水や油などから構成される乳化物であるエマルションを製造する操作であり、主要な食品加工プロセスの一つである。代表的な食品エマルションは、牛乳、バター、マーガリン、マヨネーズ、ドレッシング、果汁飲料、コーヒーホワイトナーである。食品エマルションの製造は、攪拌式乳化機、高速回転乳化機、高圧乳化機、および超音波乳化機が一般的に用いられている。ところが、これらの乳化機を用いて製造されるエマルションの液滴サイズ分布は広く、なおかつ液滴サイズの制御も経験に頼るところが大きい。

液滴サイズが均一な単分散エマルションは、合一と呼ばれる液滴同士の合体に対する安定性の向上や様々な物性の測定、解析、制御などが容易になる点で有利である。筆者らのグループでは、マイクロチャンネル (MC) 乳化と呼ばれる単分散エマルションの製造技術に関する研究開発を進めてきた¹⁾。しかしながら、従来型の MC 乳化基板では、チャンネルの配置状態の制約や基板サイズの大きさに起因する液滴生産性の低さが問題となっていた。

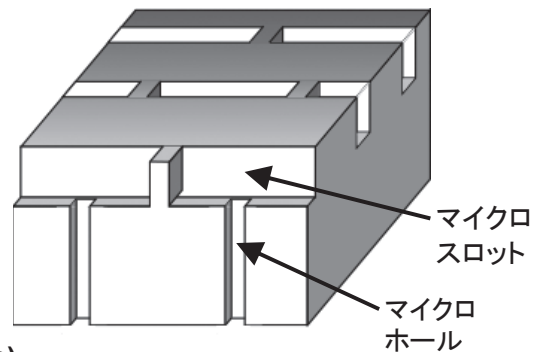
本稿では、筆者らが開発した非対称貫通孔型 MC アレイを有する大型 MC 乳化装置について紹介するとともに、コンピューターを利用した非対称貫通孔型 MC を介した液滴作製プロセスの解析についても説明する。

2. 毎時リットル規模の大型 MC 乳化装置の開発 および基本特性

非対称貫通孔型 MC アレイは、均一サイズのエマルション液滴を大量かつ安定的に製造するために開発された高性能 MC 乳化デバイスである²⁾。非対称貫通孔型 MC は、マイクロホール (入口側) とマイクロスロット (出口側) の連結により形成されている (図 1 a)。単結晶シリコン製の非対称 MC アレイの加工は、反応性イオンエ

ッチングと呼ばれる深堀エッチングにより行われる。大型 MC 乳化装置用に開発された非対称貫通孔型 MC アレイ基板のサイズは 40mm 四方であり、基板中央部に非対称貫通孔型 MC アレイが 4 カ所配置されている (図 1 b)³⁾。この MC 乳化基板には、2.5 万本弱の非対称貫通孔型 MC (マイクロホール部の直径: 17 μm) が加工されている。

(a)



(b)

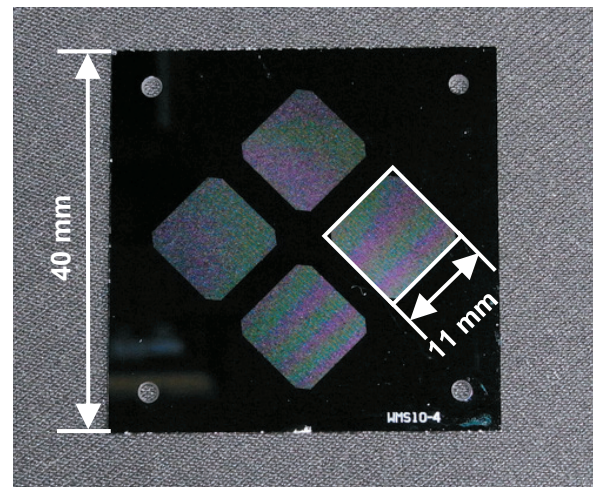


図 1. 非対称貫通孔型 MC アレイの模式図 (a) および非対称貫通孔型 MC アレイ基板の写真 (b)

大型 MC 乳化装置の写真を図 2 a に示す³⁾。本装置の心臓部は、非対称貫通孔型 MC アレイ基板が装備された専用の乳化モジュールである。この乳化モジュールは、基板表面における微小液滴の作製を直接観察できる構造を有している (図 2 b)。本装置におけるその他の構成機器は、連続相と分散相の供給部、金属顕微鏡を取り付けた MC 乳化専用架台、および観察・録画用機器である。ちなみに、この大型 MC 乳化装置は市販化されている。

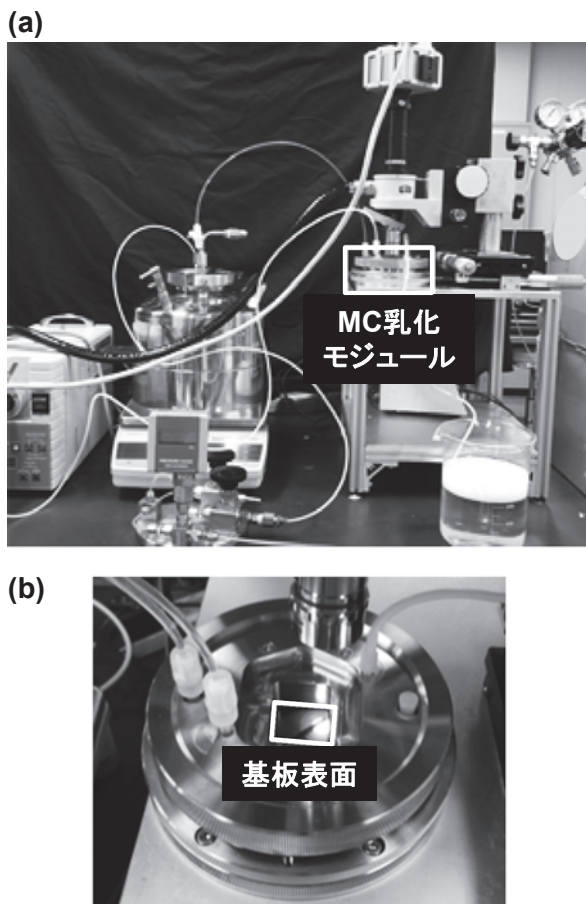


図 2. 大型 MC 乳化装置の写真 (a) および MC 乳化モジュール上面部の画像 (b)

微小液滴の作製は、モジュール内部に供給された分散相 (液滴材料) が非対称貫通型 MC アレイを通過した直後に起きる。非対称貫通型 MC アレイを介した水中油滴 (O/W) 型エマルションの製造例を図 3 a に示す³⁾。分散相である油相 (テトラデカン) がスロット出口を通過した後、サイズが均一な微小油滴 (平均直径: 85 μm) が繰り返し作製されていた。この液滴作製は、連続相のクロスフローによるせん断力を必要としない極めて温和な現象である。そのため、連続相の流通は基本的に作製された液滴の回収にのみ用いら

れる。筆者らは、非対称貫通孔型 MC アレイを用いて作製される均一サイズの微小油滴の生産性に関する検討も行ってきた。図 2 の大型 MC 乳化装置を用いて製造された単分散エマルション液滴のサイズは、分散相流量速度の臨界値以下であればほとんど変化しなかった (図 3 b)。この結果は、安易な乳化操作で単分散エマルションを製造可能であることを示唆している。大型 MC 乳化装置を開発したことにより、最大 1.4 L/h での単分散エマルション液滴の製造を達成した。この液滴製造速度は、年間数十トン規模で単分散エマルション液滴を製造可能であることを示唆している。本乳化装置はモジュールの並列化が可能な構成になっており、液滴生産性のさらなる向上が期待される。

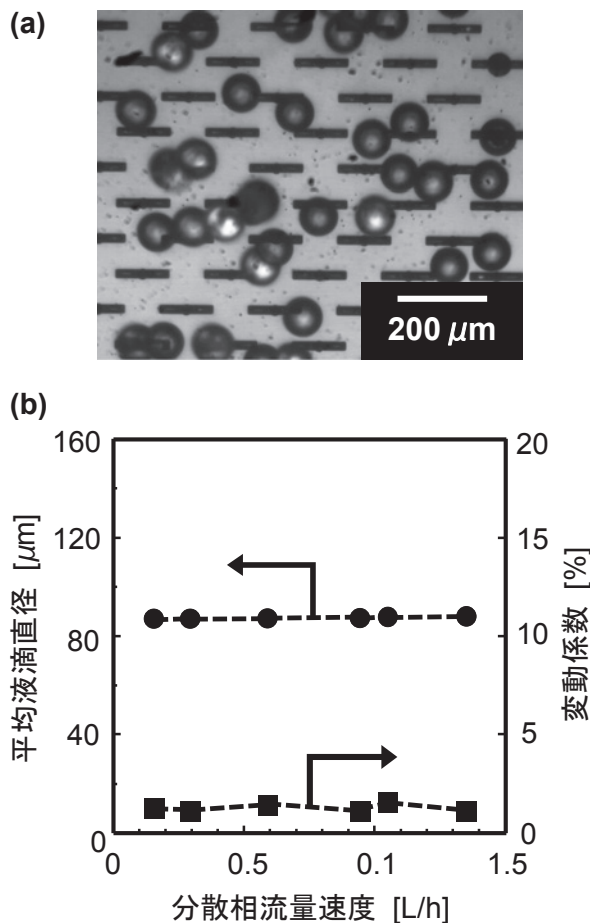


図 3. 非対称貫通孔型 MC アレイを介した均一サイズ微小油滴の作製例 (a) および分散相流量速度が製造されたエマルションの液滴サイズとサイズ分布に与える影響 (b)

3. 液滴作製プロセスのコンピューターシミュレーション

図 2 の大型 MC 乳化装置を用いることにより、微小液滴が作製される様子を上部から観察するこ

とが可能である。しかしながら、顕微鏡観察では非対称貫通孔型 MC の内部における連続相と分散相の流動状態を観察することは困難である。そこで筆者らは、流路内部における流体の流動・圧力状態を数値的・視覚的に詳細解析できる CFD (Computational Fluid Dynamics) ソフトウェアを利用した非対称マイクロ貫通孔を介した液滴作製挙動のシミュレーションと解析を実施した⁴⁾。非対称貫通孔型 MC を介した液滴作製プロセスの CFD シミュレーション結果を図 4 に示す。まず、分散相 (大豆油) が細長い MC を通過した後、油水界面がマイクロスロット内部で円盤状に膨張した。(図 4 a)。マイクロスロットの出口を通過した分散相は、上部空間の中で徐々に拡大していった。その後、マイクロスロット内部の分散相がマイクロスロット上部の空間に急速に流出し、マイクロスロット内部の油水界面にネックと呼ばれるくびれが生じた(図 4 b)。最終的には、ネックが瞬時 (数ミリ秒以内) に切断されて MC サイズの 3 倍程度の大きさの微小油滴が作製された (図 4 c)。微小油滴のサイズと作製に要する時間に関する結果は実験結果と良く一致しており³⁾、CFD シミュレーション結果の妥当性が示された。また、可視化された液滴作製プロセスを詳細に解析したところ、スロット内部の分散相が急速に流出する際、連続相がスロット内部に流入できる十分な微小空間が存在し続ける必要があることも明らかになった。

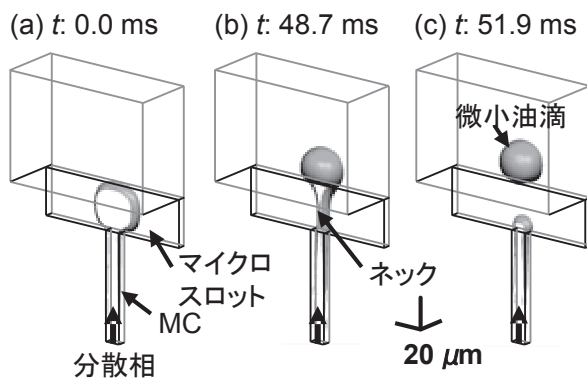


図 4. 非対称貫通孔型 MC を介した微小油滴作製の CFD シミュレーション結果

4. おわりに

非対称貫通孔型 MC アレイ基板が装備された大型 MC 乳化装置を開発したことにより、従来から掲げていた目標であった毎時リットル規模での単分散エマルションの製造が可能になった。MC 乳化装置は市販化されており、主として試験研究用途に利用されている。また、CFD を利用したコンピューターシミュレーションにより、MC 乳化における液滴作製現象の詳細を把握することができた。非対称貫通孔型 MC アレイを用いて製造された単分散エマルションは、種々の食品用単分散微粒子・微小カプセル等の製造に有用な基材でもある。今後のさらなる研究開発により、MC 乳化を食品用のプレミアム単分散マイクロ分散系の実用製造が可能な技術へと進化させていきたい。

文 献

- 1) G. T. Vladisavljević, I. Kobayashi, M. Nakajima; Production of uniform droplets using membrane, microchannel and microfluidic emulsification devices. *Microfluid. Nanofluid.*, 13, 151-158 (2012).
- 2) I. Kobayashi, S. Mukataka, M. Nakajima; Novel asymmetric through-hole array microfabricated on a silicon plate for formulating monodisperse emulsions. *Langmuir*, 21, 7629-7632 (2005).
- 3) I. Kobayashi, M. A. Neves, Y. Wada, K. Uemura, M. Nakajima; Large microchannel emulsification device for mass producing uniformly sized droplets on a liter per hour scale. *Green Process. Synth.*, 1, 353-362 (2012).
- 4) I. Kobayashi, G. T. Vladisavljević, K. Uemura, M. Nakajima; CFD analysis of microchannel emulsification: Droplet generation process and size effect of asymmetric straight flow-through microchannels. *Chem. Eng. Sci.*, 66, 5556-5565 (2011).

研究トピックス

もち米の胴割れ検知手法および携帯型デバイスの開発

食品分析研究領域 品質情報解析ユニット 吉村 正俊



1. はじめに

「もち玄米」は、収穫直後は「うるち玄米」と同様の半透明な状態であるが、乾燥することによって不透明な乳白色にかわる。この現象は一般に「りよく化」¹⁾と呼ばれ、うるち米との区別や品質評価に重要な指標の1つである。農産物検査において未りよく化のもち玄米は異種穀粒(=うるち玄米)とみなされ、この混入率を0.3%以下に下げなければ1等の格付が得られない²⁾。もち玄米を完全にりよく化させるには含水率・乾燥温度を考慮した十分な乾燥が必要である一方、過乾燥によって胴割粒や碎粒が発生し、品質悪化を招く危険性がある^{3,4)}。また、胴割粒は農作物検査において被害粒とみなされ、その混入割合は玄米の品位を決定する大きな要因の1つである²⁾。加えて、胴割粒は潜在的な破碎粒であり、精米時の歩留りに悪影響を及ぼすだけでなく、最終製品の品質をも低下させる。例えば、餅においては粒のまま残って食感を悪化させる要因、赤飯やおこわではその外観を損なう不完全粒となる。このため、もち米生産者及び流通業者においては、加工・流通前にもち玄米の胴割れを検出し、その品質を管理する技術の開発が求められている。

そこで、著者らはもち玄米の胴割れを検知する手法を開発することを目的として、「分光拡散反射イメージング」によって胴割れ検知に最適な観察波長と照明方法を検討した⁵⁾。さらに同手法を基に、目視により白色不透明な胴割粒を判別できる「携帯型デバイス」の開発を行った。本稿ではその成果の概要について述べる。

2. 分光拡散反射イメージング

胴割粒の拡散反射イメージングにおける照明・検出方法の概略を図1に示す。光源にはハロゲンランプを使用した。石英ファイバーおよびロッドレンズを用いて指向性が高く均一な光を、米粒の長軸方向の斜め上方から照射した。また、レンズ

の前方に置いた分光フィルター(バンドパスフィルター)によって観測波長を走査し、分光イメージングを行った。試料台からの反射光が画像に映り込むのを防ぐため、サンプルの下には黒色紙を敷いた。米粒に照射された光のうち、最外層の糠層および胚乳を透過したものは亀裂の部分で拡散反射を起こすため、観察画像において亀裂を境界にした輝度値の差を検出することができる。

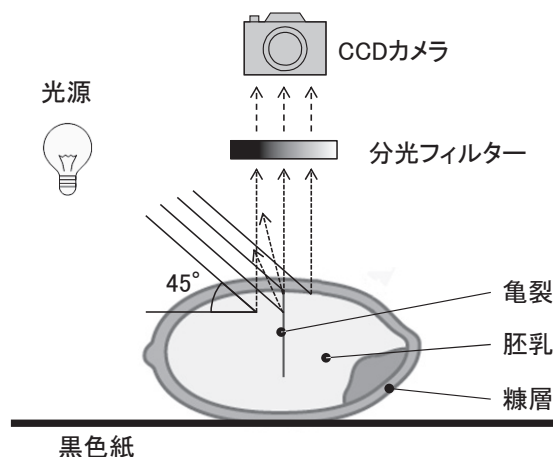


図1. 照明・検出方法の概略

北海道産はくちょうもちの正常粒および胴割粒をサンプルとして、観察波長を400 nm~750 nmまで50 nm 毎に走査した場合の拡散反射画像を図2に示す。観察波長400 nm~450 nmでは粒の像が暗く胴割粒の亀裂を観察することは困難であるのに対し、観察波長500 nm~750 nmでは胴割粒の横割れ亀裂における断続的な輝度変化を観察することができた。したがって、500 nm~750 nmの範囲のいずれかの波長で拡散反射イメージングを行うことによって、胴割粒の亀裂を明確に検出できることが判った。

3. もち米胴割粒透視器の開発

上述の拡散反射イメージングの原理を元に、株

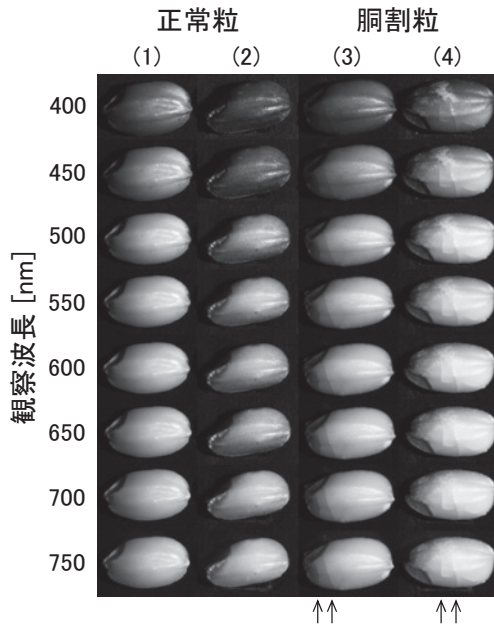


図2. もち玄米の長軸方向（図右側）より斜光照明を行った場合の拡散反射画像（図中↑は亀裂の位置）

株式会社ケツト科学研究所ともち米胴割粒透視器の共同開発を行った⁶⁾。

本器 TX-300の外観を図3に示す。本器は胴割粒の細かい亀裂の目視観察を容易にするためのルーペ、環境からの光を防ぐための遮光フード、取り外し可能な試料トレイなどからなり、検査時には取り外した試料トレイに米粒を並べ、本体に取り付けて目視検査を行う。

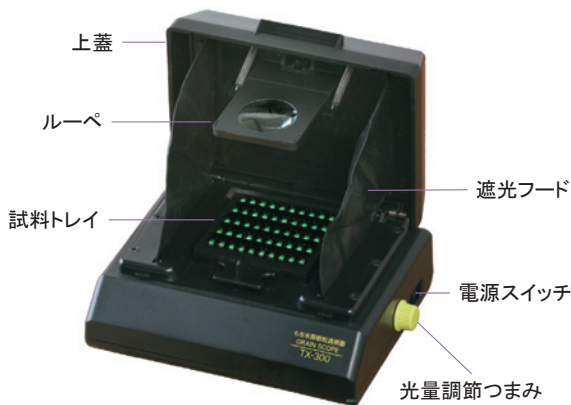


図3. もち米胴割粒透視器 TX-300の外観

本器の光学系の概略を図4に示す。器械底面には高輝度緑色LEDを一粒ごとに配置し、試料トレイの入射口から照射された光がプリズムにより胴割れ断面の垂直方向へ進む側位照明方式を採用した。米粒の中を若干透過した光は胴割れ断面で拡散反射を起こし、本器搭載のルーペを通して肉

目で観察すると、亀裂が筋のように見える。なお、高輝度LEDには発光中心波長525 nmのものを使用しており、亀裂を検知しやすい波長範囲から人の視感度が最も高い緑色を採用した⁷⁾。

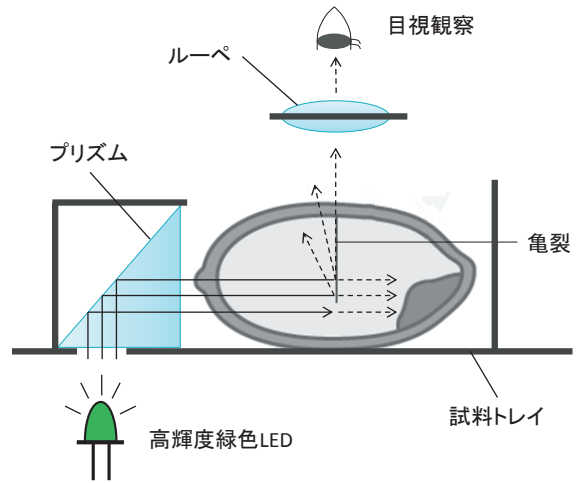


図4 TX-300の光学系概略

本器による観察結果の例を図5に示す。左側はもち玄米の正常粒，右側は胴割粒であり、矢印は亀裂の場所を示している。上段は室内蛍光灯の下で、下段は図左側面からの高輝度緑色LEDによる照明で、それぞれデジタルカメラによって撮影した画像である。胴割粒の中央の亀裂を境に左右で輝度値の差が明確に観察できることが判る。

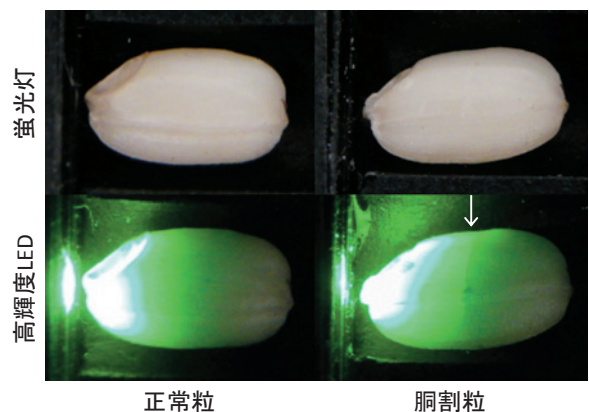


図5 TX-300による正常粒と胴割粒の観察例（図中↓は亀裂の位置）

4. まとめ

分光拡散反射イメージングによるもち玄米の胴割れ検知手法を開発し、その原理を基に携帯型デバイス（もち米胴割粒透視器 TX-300）の共同開発を行った。本器では米粒の亀裂で拡散反射光を発生させる光学系を装置化し、胴割粒の検知は肉

眼で行うハイブリッド方式を採用した。うるち米に比較して製造量の少ないもち米の場合、検査装置開発に投入できるコストや導入価格が限られ、また複数の現場で少量を検査することが多いため、本器のような低コストかつ検査場所を選ばないハイブリッド方式も1つの選択肢として考えられる。本器の開発によって、従来の技術では困難だったもち玄米胴割粒の容易な目視検知が可能となった。本器は2013年5月に製品化され、現場への導入が始まっている。

文 献

- 1) 畠山俊彦, 真崎聡, 加藤武光, 山本寅雄(1993) 水稻もち品種におけるりょく化及びうるち化現象, 秋田県農試研報, 33, 1 - 9.
- 2) 農林水産省 (2001) 農産物規格規程 (平成13年2月28日農林水産省告示第244号).
- 3) 中江克己 (1977) もち米の乾燥について, 九州農業研究, 39, 165.
- 4) 馬場崎一俊, 坂本五十夫, 城島昇, 樋口忠良 (1977) もち米乾燥に関する研究, 九州農業研究, 39, 166.
- 5) 吉村正俊, 蔦瑞樹, 杉山純一, 笠井康, 粉川美踏, 藤田かおり, 柴田真理朗 (2014) 光学的手法に基づく「もち米」の胴割れ検知に関する基礎的研究, 農業情報研究, 23(2), 49 - 58.
- 6) 株式会社ケット科学研究所 (2013) もち米胴割粒透視器 TX-300, http://www.kett.co.jp/products/c_14/268.html (2014年5月1日 参照)
- 7) Wyszeccki, G. and Stiles, W.S. (2000) Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae (2nd ed.), Wiley-Interscience.

特許情報

新 登 録 特 許

発 明 の 名 称	国 名	特許番号	登録日	特 許 権 者
Extract of E.coli cells having mutation in ribosomal protein S12, and method for producing protein in cell-free system using the extract (S12リボソームタンパク質に変異を有する大腸菌細胞抽出液及びそれを用いる無細胞系によるタンパク質の製造方法)	アメリカ	8623626	26. 1. 7	食品総合研究所 (独)理化学研究所
アスペルギルス・オリザの新規変異株及び選択マーカー	日 本	5473179	26. 2. 14	食品総合研究所 (株)月桂冠
Method for detecting and quantifying endogenous wheat DNA sequence (コムギ内在性DNA配列の検出・定量方法)	アメリカ アメリカ	8652783 8722397	26. 2. 18 26. 5. 13	食品総合研究所 (株)日清製粉グループ 本社
サイクロデキストランの製造方法およびサイクロデキストラン合成酵素の製造方法	日 本	5481716	26. 2. 28	食品総合研究所 (学)樟蔭学園
色素化合物及びその製造方法、並びに着色料	日 本	5487795	26. 3. 7	食品総合研究所 九州沖縄農業研究センター (国)香川大学 (株)神戸天然物化学
Granulating method and granulating device (造粒方法及び造粒装置)	韓 国	1384552	26. 4. 7	食品総合研究所 (株)ポッカコーポレーション
Process for producing microsphere with use of metal substrate having through-hole (貫通孔を有する金属製基板を用いたマイクロスフィアの製造方法)	中 国	Z L 20091020 8816. 2	26. 4. 23	食品総合研究所 (株)クラレ 中嶋光敏
植物細胞壁成分から変換された α -グルカンを保持する菌体の製造方法	日 本	5527723	26. 4. 25	食品総合研究所
加熱媒体発生方法	日 本	5540209	26. 5. 16	食品総合研究所 (有)梅田事務所 (株)タイヨー製作所
米粉パン類生地の製パン性向上方法	日 本	5540347	26. 5. 16	食品総合研究所

特許解説

植物細胞壁成分から変換された α -グルカンを保持する菌体の製造方法

特許の概要

植物細胞壁を加水分解して得た単糖を資化し、 α -グルカンに変換する性質を有する *Sporosarcina sp.* N52等の細菌またはその変異株を培養し、単糖を資化させることで、菌体乾燥重量あたり10%以上の α -グルカンを菌体内に蓄積させることを特徴とする、 α -グルカンを保持する菌体の製造法です。

○従来技術の特長

植物細胞壁成分であるヘミセルロースやペクチンなどの多糖は、加水分解によってキシロース、アラビノースやガラクトロン酸などの単糖に変換しても、発酵基質としての利用性が低いため、一部の機能性糖質への用途を除いて変換利用技術が殆ど検討されていません。また、セルロース系バイオエタノール製造時に副生する廃液中には、発酵微生物が資化しきれなかった単糖が遊離しており、その有効利用が期待されています。

○本特許の技術的特長

植物細胞壁成分である種々の単糖を資化し、菌体内 α -グルカンに変換する能力をもつ *Sporosarcina sp.* N52等の細菌を用いることで、産業利用価値の高いグルコース残基への変換が可能となりました。 α -グルカンを蓄積した菌体は固液分離によって回収し、濃縮することが可能です。また、 α -グルカンは酸または澱粉分解酵素により容易にグルコースに変換でき、エタノール等の発酵製造に用いることができます。

○活用可能な分野

利用性の低い植物細胞壁成分を、発酵原料、飼料や食料としての価値をもつ α -グルカンに変換することで、資源の有効利用が可能となります。工業廃液等の処理時にBODを低下させつつ、有機物から α -グルカンを製造することができます。



図1. バイオエタノール蒸留廃液中に含まれる細胞壁由来単糖の α -グルカンへの変換

所内ニュース

平成26年度 科学技術週間一般公開報告

平成26年度の科学技術週間の一般公開を4月18日(金)、19日(土)の両日にかけて行いました。昨年に引き続き「来て見て触れて！食の科学」をキャッチフレーズに、参加型・体験型の催し物をたくさん用意しました。

18日は食品総合研究所内で開催し、朝から雨が降り肌寒い天候となりましたが、1,251名の皆様にご訪問いただきました。

最新の研究成果をパネルで紹介したほか、身近な材料を使っての簡単な食品加工実験(写真1)、近赤外分光法でイチゴ(とちおとめ)の糖度を測定し、測定後に試食して判定結果の確認(写真2)、『『きき米』にチャレンジ』コーナーでは3品種(茨城産こしひかり、山形県産つや姫、北海道産ゆめぴりか)を用意し、食べ比べてお米の違い(硬さ、粘り、香り)を体験(写真3)、ごはんパンの試食品の配布(写真4)などを行いました。

19日は「食と農の科学館」にある食品総合研究所展示ブースにおいて、「簡易衛生検査を体験してみよう！」と題し、身近な汚れを調べる体験(写真5)をして頂きました。この実験は、極めて微量な汚れ(実際には細菌類を構成しているタンパク質)を簡易かつ迅速に検出できる検査キットを用いて調理器具等の衛生状態をチェックするものであり、食品工場ならびに家庭での衛生状態の改善にヒントを与えることが本来の目的です。

また、食生活や食の安全に関する意識についてのアンケートを併せて実施(写真6)しました。

来年も楽しい企画を開催する予定ですので、皆様のご来所をお待ちしております。



所内ニュース

表彰・受賞

(受賞日順に掲載)

2013年農林水産研究成果10大トピックス

(平成25年12月16日)

受賞対象：「新規食品素材「米ゲル」—多彩な用途で小麦の代替と食品の低カロリー化に期待—

【業績の概要】高アミロース米を原料に、新規ゲル素材の製造法を開発しました。柔らかいゼリータイプから高弾性のゴム状まで幅広い物性を持つ素材が調製できます。米粉に加工する必要がなく、低コストで生産が可能となります。今後、小麦粉を使わない代替食品、油脂を低減した低カロリー食品等への利用が期待されます。



杉山 純一 (すぎやま じゅんいち)
食品工学研究領域 計測情報工学ユニット
上席研究員

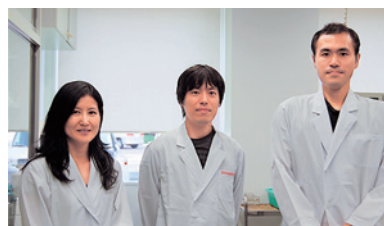
日本食品化学学会 第9回論文賞

(平成26年5月22日)

受賞対象：「Development and evaluation of a novel DNA extraction method suitable for processed foods」

【業績の概要】加工食品の遺伝子検査をより簡易なものにするため、加工食品から簡便迅速にDNAを抽出する手法について検討しました。種々の条件検討を行い、最適なDNA抽出・精製条件をもつシリカ膜法を確立しました。6種類の加工食品を用いて既存の4種類のDNA抽出法と比較を行い、DNAの収量、純度及び操作性の各指標において、新たに開発した方法が既存の方法と同等かそれ以上の性能を有することを明らかにしました。

受賞者：著者全6名(うち当所職員2名)



向かって左から 橋田上席研究員、
峯岸上席係長、真野研究員

峯岸 恭孝 (みねぎし やすたか)
株式会社ニッポンジーン 上席係長

真野 潤一 (まの じゅんいち)
食品分析研究領域 GMO検知解析ユニット
研究員

加藤 康夫 (かとう やすお)
富山県立大学大学院生物工学専攻

橋田 和美 (きった かずみ)
食品分析研究領域 GMO検知解析ユニット
上席研究員

穂山 浩 (あきやま ひろし)
国立医薬品食品衛生研究所

手島 玲子 (てしま れいこ)
国立医薬品食品衛生研究所

海外出張報告

第19回国際包装研究機関連盟世界包装会議に参加して

食品工学研究領域 食品包装技術ユニット 北澤 裕明

2014年6月15日～18日まで、オーストラリアのメルボルンにあるビクトリア大学で開催された19th IAPRI World Conference on Packaging (第19回国際包装研究機関連盟世界包装会議)に参加しました。この国際会議は、世界でトップクラスにある包装関係の研究機関約80機関が定期的に開催しており、今回の主催機関はビクトリア大学でした。

約200の研究機関から包装に関する研究者が参集する標記学会大会において、「Shock Analysis during Fruit Export from Japan to Neighbouring Regions (日本から近隣諸国への果実輸出における衝撃解析)」について口頭で発表を行いました。発表内容は自身の研究課題「農産物・食品の高付加価値化を支える評価手法の開発と活用」と関連するものであり、国産果実輸出時における輸送衝撃の適切な計測及びそれに基づく損傷予測と、解析結果に基づく包装改良の取り組みについて扱ったものです。

発表後に多くの質問を受け、この分野における関心の高さを実感し、有意義でした。



メルボルン市内にて (向かって左から2番目)

海外出張報告

第3回食品の口腔プロセスに関する国際会議に参加して



食品機能研究領域 食品物性ユニット 神山 かおる

3rd International Conference on Food Oral Processing (第3回食品の口腔プロセスに関する国際会議)が、2014年6月29日～7月2日にオランダのワーゲニンゲン市にあるホフ・ファン・ワーゲニンゲン会議場で開催され、主催者側からの招待により参加しました。

この会議は、食べることの物理学、生理学、心理学に関する研究発表が行われる国際集会です。今回はヨーロッパ諸国を中心に約150件の発表がありました。その中には自身が担当する食味・食感特性の評価法に関する研究課題、及び本年度開始されたJSPS科学研究費基盤研究で行っている食品テクスチャーとフレーバーとの関連の研究発表もあり、食品を口に入れた時の食味・食感に関する最新の研究情報を得ることができました。

招待研究者として、Oral sensing of food properties (食品の性質の口腔内センシング)についてレビューした基調講演を行いました。また、自身の研究成果の中から、Mouthful size effects on mastication effort during eating of various hydrocolloid gels as model foods (摂食中の咀嚼量に及ぼす一口量の影響～多様なハイドロコロイドゲルをモデル食品として)、Ultrasound Doppler imaging of the oesophagus illustrates the effects of volume on bolus kinematics (食道の超音波ドップライメージングによる一口量が食塊運動に及ぼす影響)、Characteristics of softened foodstuffs prepared with macerating enzymes by freeze-thaw impregnation (軟化酵素を凍結含浸させて調製した軟らかい食品素材の特性)の3件についてポスター発表を行いました。

本会議については、VLAG (オランダの4つの大学と5つの調査機構で構成される連携大学院)の当該国際会議ホームページ (<http://www.vlaggraduateschool.nl/fop2014/>) に集合写真及び会場内の写真が掲載されています。また、本学会の基調講演、一般講演を集めて、Journal of Texture Studies誌の特別号が、今年末から来年にかけてオンライン版で発行される予定になっています。

多忙な時期に、海外出張をお許しいただいた関係諸氏、資料の準備を手伝っていただきました中課題「食味・食感評価技術」の担当者諸氏、広島県立総合技術研究所食品工業技術センター他の共同研究者の皆様に感謝申し上げます。

人事情報

人 事 の 動 き

日 付	配 属 先	配 属 元	氏 名
26. 3. 31	定年退職	企画管理部会計チーム長	高梨 典子
26. 3. 31	辞職(千葉大学へ)	食品工学研究領域上席研究員 (流通工学ユニット長)	椎名 武夫
26. 3. 31	命 農林水産省大臣官房厚生課長	企画管理部審議役	岡本 裕
26. 3. 31	命 独立行政法人農業生物資源研究所 統括管理主幹	企画管理部管理課長	宮本 憲二
26. 3. 31	命 農林水産省農林水産技術会議事務局 研究専門官	食品工学研究領域主任研究員 (ナノバイオ工学ユニット)	小堀 俊郎
26. 4. 1	命 企画管理部審議役	東北農業研究センター 企画管理部審議役	和出 朝美
26. 4. 1	命 企画管理部業務推進室調査役	畜産草地研究所企画管理部 業務推進室運営チーム長	斉藤 三行
26. 4. 1	命 企画管理部管理課長	独立行政法人農業生物資源研究所 ジーンバンク事業推進室長	原 哲志
26. 4. 1	命 企画管理部管理課会計チーム長	農林水産技術会議事務局筑波事務所 研究交流課連携係長	染谷 栄次
26. 4. 1	命 企画管理部管理課会計チーム主査 (会計)	企画管理部管理課庶務チーム主査 (厚生)	増田 友洋
26. 4. 1	命 企画管理部情報広報課課長補佐	農林水産技術会議事務局筑波事務所 情報システム課システム専門官	青木 隆之
26. 4. 1	命 企画管理部情報広報課 情報広報係長	独立行政法人農業生物資源研究所 情報管理室主査	藤田 博之
26. 4. 1	命 本部 統括部総務課秘書係長	企画管理部管理課会計チーム主査 (会計)	仁平 悦子
26. 4. 1	命 本部 連携普及部 情報システム課情報調整係長	企画管理部情報広報課 情報広報係専門職	石井 馨
26. 4. 1	命 花き研究所企画管理室調査役	企画管理部業務推進室調査役	高津 武
26. 4. 1	命 畜産草地研究所企画管理部 管理課庶務チーム長	企画管理部情報広報課課長補佐	折原 孝志
26. 4. 1	命 放射性物質影響研究コーディネーター	食品安全研究領域主任研究員	濱松 潮香
26. 4. 1	命 放射性物質影響研究 コーディネーター室付	食品安全研究領域	八戸 真弓

日付	配属先	配属元	氏名
26. 4. 1	命 食品機能研究領域主任研究員 (機能性成分解析ユニット)	農林水産技術会議事務局研究専門官	後藤 真生
26. 4. 1	命 食品安全研究領域上席研究員 (化学ハザードユニット長) (中課題推進副責任者)	本部 総合企画調整部企画調整室 兼男女共同参画推進室主任研究員	久城 真代
26. 4. 1	命 食品安全研究領域上席研究員 (食品衛生ユニット長) (中課題推進責任者)	食品安全研究領域主任研究員 (食品衛生ユニット長)	稲津 康弘
26. 4. 1	命 食品素材科学研究領域上席研究員 兼 企画管理部業務推進室	食品素材科学研究領域上席研究員 (脂質素材ユニット長)	長尾 昭彦
26. 4. 1	命 食品工学研究領域上席研究員 (製造工学ユニット長) (中課題推進責任者)	食品工学研究領域上席研究員 (製造工学ユニット長)	岡留 博司
26. 4. 1	命 食品工学研究領域主任研究員 (製造工学ユニット)	食品機能研究領域主任研究員 (食品物性ユニット)	佐々木朋子
26. 4. 1	命 食品工学研究領域主任研究員 (流通工学ユニット)	食品安全研究領域主任研究員 (食品衛生ユニット)	根井 大介
26. 4. 1	命 食品バイオテクノロジー研究領域 上席研究員(生物機能解析ユニット長) (中課題推進責任者)	食品バイオテクノロジー研究領域 上席研究員(生物機能解析ユニット長)	岡本 晋
26. 4. 1	命 食品機能研究領域 (平成29年3月31日まで)	任期付採用	荻田 佑
26. 4. 1	命 食品分析研究領域 (平成29年3月31日まで)	任期付採用	吉村 正俊
26. 4. 1	命 食品工学研究領域 (平成29年3月31日まで)	任期付採用	安藤 泰雅



入場
無料

研究成果展示会 2014

同時開催 公開講演会

■日程：11月7日(金) 9:30~16:00

■会場：つくば国際会議場 (TXつくば駅より徒歩10分)



100名の研究者全員がポスター展示でお出迎え

農研機構 食品総合研究所

連携共同推進室 ☎ 029-838-7990



NARO



食品総合研究所 研究ニュース 第32号

平成26年10月発行



発行 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
食品総合研究所
<http://www.naro.affrc.go.jp/nfri/>

〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12
TEL：029-838-7992（企画管理部情報広報課）
