

# 食品の研究開発における成分分析および構造解析が果たす役割

山口 秀 幸

味の素株式会社 イノベーション研究所

## 1. はじめに

企業の研究所では新しい製品やサービスの基となる基礎的な研究から、レシピや生産法の開発など、商品化に至る様々なプロセスを多くの部門が連携して仕事をしている。そのような中、分析部門は研究開発において主に2つの役割を担っている。1つは品質保証であり、安心と安全を守るため、製品が定められた基準を満たしているかを判断すること、あるいはそのための分析法を開発することである。もう1つは、開発現場では解決不可能な問題の原因究明や未知なる現象を“発見”することである。何れにおいても分析研究者が苦心するのは、溶液から固体まで様々な性状の試料に対し適切な分析法を適用し、限られた時間の中で問題解決に繋がるような知見を開発者に提供することである。本稿では、食品メーカーの分析担当者としての立場から食品の分析研究について概説した後、近年になり活用が盛んになってきたNMRの有用性について紹介する。

## 2. 成分分析と構造解析

食品は、味・香り・食感の3つの要素が揃って意味のある状態になるが、それぞれの要素に対する分析のアプローチは異なる。また、ある開発品に合わせて分析法を準備しても、対象となる開発品が変われば改めて最初から準備し直すことになり、例えば、血液や尿など同じ対象を継続的に分析する場合に比べその都度の対応が多くなる。分析部門には、様々な試料が持ち込まれ状況の多様さに苦慮するが、食品の分析試料としての複雑さを成分と構造の2つの視点から考えると

整理しやすいと考えている。ここで、鶏だしを分析対象として考えてみる。鶏だしを味わうと、鶏に特有の風味と、とろみのような食感を感じる。鶏だしに特徴的な、味・香り・食感に寄与する成分が適切な比率で存在することで、我々は鶏だしとして認識している。これを分析的に説明するには、低分子成分から高分子成分まで、何がどれくらい入っているか、を明らかにすればよい。すなわち、成分的視点から鶏だしの食品としての特徴を説明することができる。次に、米飯の場合を考えてみる。米飯は澱粉と水が主成分であり、これに若干の蛋白質と風味に寄与する低分子成分が含まれているが、米飯の食品としての特徴を説明するには米飯の粒や澱粉の糊化の程度など、形や状態についても説明する必要がある。このように、成分的視点のみでは説明が困難な固体試料としての特徴を総じて“構造”とよぶことにする。構造は成分の場合とは違い、何か1つの分析法に長けているだけでは対応が難しい。成分的視点では説明ができないと判断された場合には、まず、評価しようとする食品の官能特性を改めて定義し直し、その中でもとくに制御したい特性が何であるかを明確にする。次に、その特性が発現する構造的要因について考え仮説を立て、必要な構造解析法を準備する。基本的な姿勢ではあるが、注意深く対応しないと“構造”という言葉の意味の広さゆえに混乱が生じ、解決の糸口が見つからないまま研究が長期化することもある。

## 3. 味や香り成分の探索について

味や香りの研究では古くからクロマトグラフィーや質量分析が用いられており、単離された各フラクションを実際に味わいながら着目している官能特性の要因を調べていた。しかしながら、移動相が有機溶媒であるなど実験系そのものが食用に適さない場合は味わいながら評価すること自体が不可能であり、また着目する官能特性が複数の成分から成る場合、評価の途中で性質が変わり見失うなど、方法論としての限界があった。近年ではPCやソフトウェアの高性能化に伴い、多変量解析など複雑な統計解析が身近になり、分析および官能評価データとの回帰分析などケモメトリクス的な

### 著者略歴

山口秀幸

2000年 奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス研究科分子生物学専攻博士前期課程修了 修士、同年 味の素株式会社入社 中央研究所研究員、2014年 味の素株式会社 イノベーション研究所主任研究員（現職）

手法も取り入れられるようになった。これにより、実際にフラクションを味わうことをせずに着目する官能特性に対応する成分を推定することが可能になった。ここで用いられる分析法としては香り成分であればGC/MS/sniffingが用いられるが、近年になり呈味成分の場合はLC/MSに加えNMRも積極的に用いられるようになった [1,i].

#### 成分分析法としてのNMRの有効性

NMRは医薬品開発における有機合成や天然物化学の分野で発達し、原子と原子の繋がりを調べ、化学的な構造を明らかにするための分析法として長く活用されてきた。一方、質量分析に比べ感度の面で課題があり微量成分の検出には不向きであった。近年になりNMRパルスの送受信コイルをHeガスで冷却し熱雑音を低減させる画期的なプローブが開発され感度が飛躍的に向上したこと、NMRスペクトルが電子化され実測スペクトルとライブラリとのマッチングが簡便にできるようになったことにより [ii], 成分分析の方法としての可能性が拓かれた。NMRを用いた成分分析においては、ほとんどの場合、最も感度の良い $^1\text{H}$ 核を基軸とした測定法が用いられる。溶液の $^1\text{H}$ -NMRでは試料中に溶解している全 $^1\text{H}$ 核由来する信号が観測されることから、 $^1\text{H}$ -NMRでは有機物全体すなわち食品であれば呈味成分全体を俯瞰していることになる。また、場合によっては、溶解している香り成分も観測されることがある。信号強度には定量性があり、成分ごとに検量線を作成する必要がない点も魅力であり、調理や製法の違いによる成分の量的変化を簡便に捉えることができる。一方、限られたスペクトル範囲の中に多数の信号が重なり合って観測されることが課題となっており、着目する信号のみを選択的に捉えるようなNMR測定面での工夫が必要になる。また、NMR解析ソフトに高度なシグナル分離の機能が加わるなど、技術的な進歩も著しい。

#### 4. 食品の構造と食感について

味や香りが化学的な効果であるのに対し、食感は物理的な効果である。食品開発の現場では食感について粘弾性など力学的な計測法によって評価することが多いが、食感が発現するメカニズムを説明するには、素材がどのような構造を形成することで物性発現に至っているかを理解する必要がある。そのためには、構造の特徴を捉えるための分析法が必要となる。食感がとくに重要視される米飯や麺類など澱粉系食品をはじめとして、肉、卵、豆など、様々な食品素材を対象に各種顕微鏡を用いた食品の構造観察が盛んに行われてきた。これらは食品組織学とよばれ、食品素材を加熱調

理した時に生じる組織の構造変化について研究されてきた [2]。また、食品構造を制御することで食感を設計する試みとして食品構造工学が提案されている [3]。一方、顕微鏡以外の構造解析法としてMRIが用いられることもある。MRIは水の分布を可視化する分析法であり、水を指標とした内部構造が観察される。麺やパスタの中芯感など、食感に寄与する構造を直接観察した例が報告されている [4]。

#### MRIとX/CT

MRIは病院で画像診断法として用いられる装置であり、医学の分野で発達してきた。食品の研究に用いられるMRI装置としては、ラット、マウスなど動物用の小型装置を転用するか、あるいは有機化学の研究で用いられる縦型マグネットのNMR装置に専用のプローブを追加することでも実験が可能である。最も感度の高い $^1\text{H}$ 核が用いられることがほとんどであるが、食品分野では $^{23}\text{Na}$ 核や $^{31}\text{P}$ 核も興味深い観測対象となる。 $^{23}\text{Na}$ 核では、生ハムなど畜肉系加工食品を対象として調味液が浸透する様子などが観察されている [5]。MRI画像のコントラストは、水分量に加え、水分子の運動性によっても影響を受ける。観測核を $^1\text{H}$ としてミニトマトのような水分を多く含む試料を測定した場合、画像の明るさは主に水分量を示していると考えてよいが、例えば測定パラメータの1つであるTEの値を長く設定するとゼリー部分、すなわち分子運動性の高い自由水を多く含む部分が強調されて観測される (図1)。端的に言えば、自由水と結合水の違いを区別することができる。一方、MRIでは水もしくは溶解している成分をプローブとして構造解析をすることから、固体試料の分析は基本的に不可能である。このような場合、MRIと対をなす構造解析法としてX/CTが有効である。X/CTはX線の透過度の違いを利用して構造の情報を得る分析法であり、この装置も医学の分野で画像診断法として発達してきた。2005年に主に材料科学の分野を対象としたデスクトップサイズの高分解能X/CT装置が開発されたことをきっかけに、食品の構造解析法として積極的に用いられるようになった。例えば、パンのクラムとよばれる気泡状もしくは網目状の構造の解析に活用された例など、膨化食品への応用例が多くみられる [6]。

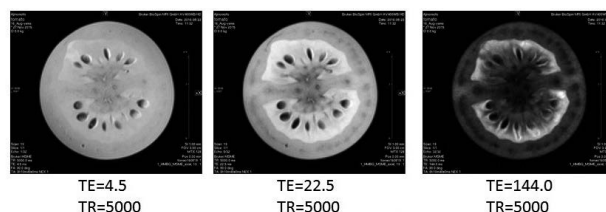


図1 ミニトマトのMRI画像

## 5. おわりに

食品の成分分析と構造解析に関する考え方、および具体的な分析法について概説した。分析法は常に進化しており、不可能が可能になる迄の時間は短いと感じている。分析技術の進歩を絶えずフォローし応用していきたいと考えている。

## 引用文献

- 1) F. Wei, K. Furihata, T. Miyakawa, Ma.Tanokura, A pilot study of NMR-based sensory prediction of roasted coffee bean extracts, *Food Chem.*, **152**, 363-369 (2014).
- 2) 田村咲江, 木村利昭, 食品・調理・加工の組織学, 学窓社 1999.
- 3) 中村卓, 食感による美味しさのデザイン, 食品と開発, (4), 7-12 (2017).
- 4) K. Irie, T. Kawahara, T. Hirauchi, Akemi K. Horigane,

Mitsuru Yoshida, Analysis of moisture distribution and texture of quick boil spaghetti, *LWT - Food Sci. Technol.*, **80**, 364-370 (2017).

- 5) C. Vestergaard, J. Risum, J. Adler-Nissen,  $^{23}\text{Na}$ -MRI quantification of sodium and water mobility in pork during brine curing, *Meat Sci.*, **69**, 663-672 (2005).
- 6) S. Wang, P. Austin, S. Bell, It's a maze: The pore structure of bread crumbs, *J. Cereal Sci.*, **54**, 203-210 (2011).

## 引用 URL

- i) PCA of NMR Data. Advantages of an Integrated Approach. (<http://mestrelab.com/software/mnova/>)
- ii) The Human Metabolome Database. (<http://www.hmdb.ca/>).

本稿は化学工学会第49回秋季大会(2017年9月20日名古屋大学)で発表した要旨(CC119)の原稿を一部改訂して転載したものである。