

# GC/MSを用いたメタボローム解析の チーズ品質評価への応用

森永乳業(株) 食品基盤研究所 食品技術研究部 部長 越智 浩

## はじめに

チーズは、世界中で親しまれている嗜好度の高い乳製品であり、様々な風味、食感、形状のものが存在する。チーズの分類方法は様々であるが、ナチュラルチーズとプロセスチーズに大別できる。概略として、ナチュラルチーズは、生乳、クリーム、低脂肪牛乳等を凝固させ熟成したものであり、プロセスチーズは、一種または数種のナチュラルチーズを粉砕混合し、これに乳化剤等を加えて、加熱、乳化、殺菌し、成形したものである。ナチュラルチーズとプロセスチーズの消費割合を比較すると、チーズの伝統国である欧州では生産・消費のいずれの面からもナチュラルチーズが主流であり、ほとんどの国々でナチュラルチーズの消費割合が90%を超えているが、日本ではプロセスチーズの消費割合が約40%を占めている<sup>1)</sup>。従って、我が国ではナチュラルチーズは直接消費用としてだけでなくプロセスチーズの原料としても重要であり、特にチェダーチーズ及びゴーダチーズがその使用割合から最も高い関心が払われる。

ナチュラルチーズは、乳を出発原料にしてレンネットや乳酸菌スターターを添加し、複数の工程を経て製造され、特に熟成中において生化学的、物理化学的な変化が起こり、独特のフレーバー、アロマ及びテクスチャーが形成される。そこには原料由来の組成の違い、添加される塩類、酵素、乳酸菌、そして熟成中の分解・異化等により様々な化合物が存在することになる。プロセスチーズは、原料ナチュラルチーズの品質に大きく依存し、複数の原料チーズを使用する場合には個々の特徴を把握した上でのブレンドが必要となる。こうした複雑な成分とそのダイナミックな変化を捉え

て科学的に官能特性と関連付けることが困難であるため、チーズ産業においては、品質や製造工程の設計・管理に際して長年の経験に基づく職人的な技能が必要とされてきた。筆者らは、未だ科学的に計測・制御しきれているとはいえないチーズの品質を捉えることができる評価技術の開発を目的として「メタボロミクス」に基づくアプローチを試みたので以下ご紹介する。

## 1. メタボロミクス

生物個体とその生命活動を営む過程において様々な代謝産物(メタボライト)が作り出される。この代謝産物の総体はメタボロームと呼ばれ、メタボロームを網羅的に解析する研究領域がメタボロミクスである。メタボロミクスは、他のオミクス(トランスクリプトミクス、プロテオミクス)とともにポストゲノム研究の有力な研究手法として並び称されるが、メタボロミクスの最大の優位性は、表現型と直接的な相関関係を持ちうること、そして膨大な量の代謝物量データを取得することができるため表現型や代謝の変動等を“高解像度”に捉えることが可能となることといえる<sup>2)</sup>。21世紀に入ってから出現したメタボロミクスは、その後、医療、栄養、創薬、微生物育種、植物生理等に広く応用されつつある。食品科学の分野においても原料や製品に関わる品質、加工、及び安全性等への応用が最近注目を浴びている<sup>3)</sup>。技術面から見ると、メタボロミクスは、サンプル調製・前処理、機器分析、データ処理・解析などの操作単位から成る学際的な領域といえる。なかでもガスクロマトグラフィー、液体クロマトグラフィー、キャピラリー電気泳動などの分離装置に質量分析計を装着したハイスループットで網羅的な機器分析が注目されるが、実際

に運用する上では、得られた膨大なピークデータを処理し、必要に応じて化合物を同定する等して迅速に有用な情報を抽出するインフォーマティクスの要素もかなり重要な位置づけと感じている。

複雑な構成成分をもつチーズは、メタボロミクスの好適な適用対象であると考えられる。チーズの品質をメタボロームの構成によって科学的に理解し、それを品質設計や製造理論へ活用することができればその意義は大きい。本研究においては、分析機器として製造現場への展開まで視野に入れた場合にその再現性・安定性・装置の完成度等から最も産業的に実用性が高いと考えられるガスクロマトグラフィー/質量分析(GC/MS)を用いた。

## 2. GC/MSによるメタボリック プロファイリング

チーズは欧米をはじめ多くの研究がなされており、特に揮発性の香気成分に関する報告は枚挙に遑がない。これに対して、近年、呈味活性を有する水溶性の化合物も着目されつつあるが未だ断片的である。筆者らは、この親水性化合物の領域へ焦点を当て、GC/MSを用いた親水性低分子量化合物のプロファイリングによってチーズのどのような官能特性をどの程度表現することができるのかを検討した。

チーズサンプルは抽出、誘導体化(メトキシ化、シリル化)を行い、GC/MSで分析した。一方、同じサンプルについて、訓練されたパネルを用いて定量的記述分析(Quantitative descriptive analysis (QDA))法<sup>4)</sup>に準拠した官能評価を実施した。GC/MSで得られたピークデータと官能評価データは多変量解析に供した(図1)。PLS (Partial least squares projections to