
多相複雑系としての食品レオロジー

酪農学園大学 農食環境学群 食と健康学類

金田 勇

レオロジーとは物体の流動と変形に関する学問である。食品科学においてレオロジーはどのように活用されているのだろうか？すぐに思い浮かぶのは食感の定量化という問題である。1960年代より一軸圧縮変形によるTPA (Texture Profile Analysis)に代表されるような研究手法が提案され、現在も活用されている。このような手法による食感の定量化の試みは重要な研究ではあるものの、咀嚼時の力学的特性を圧縮荷重などのパラメータで整理するという現象論的な考察にとどまる。またその測定パラメータの物理的な定義が曖昧であるという重大な問題を抱えている。ある食品が硬いか柔らかいか？は極言をすれば「食べればわかる」わけであって、高価な試験機を駆使する必要はないのかもしれない（ペロメータが一番正確？）。本稿ではレオロジーという研究手法を食感の定量化という問題ではなく、食品の構造解析の一つの方法としてこれを活用するという考え方を紹介したい。

レオロジーが研究手法として急激に発達したのは高分子物性研究においてである。高分子融液・溶液の線形粘弾性理論は高分子の構造解析に多大な貢献をした。その大きな理由の一つは高分子の分子運動の時間枠がレオロジーで用いられる時間枠と合致しているということが言える。食品を物質科学の観点から眺めると「濃厚コロイド系」とみなすことができ、上述の高分子融液・溶液と空間サイズとしてはほぼ同等である。すなわち食品レオロジー研究には高分子物性研究で培われてきた手法を適用することが可能である。線形粘弾性理論によれば系に与えた力学的刺激に対する応答を観察することで対象とする物質の運動性を見極めることができるわけであるが、例えば一時的ネットワーク構造を形成するある種の高分子物理ゲルは単一のマックスウェルモデルできれいに記述することができ、その系の物質特性値としての緩和時間（緩和機構の特性値）を決めることができる。しかしながら食品のような複雑系においては極めて多数の緩和機構が存在するためにその解析は大変難しい。食品系でよく観察される例としては粘性率あるいは弾性率が変形速度に対してべき乗則に従うというケースである。

$$\eta \propto \dot{\gamma}^{-n} \quad (1)$$

$$G^* \propto \omega^n \quad (2)$$

多くの食品がこのパターンを示すことはよく知られている。最近我々はこのような複雑流体のレオロジー特性と構造の相関を記述する理論モデルである weak-gel model を用いて様々な食品を研究した結果、いくつかの興味深い結果を得ることができた。具体的に線形領域でのレオロジー測定データ（動的弾性率など）が 1, あるいは 2 式に従うような例としてマヨネーズ、米粉でんぷんゲルに関する研究を紹介する。そしてレオロジーデータから食品の構造に関する情報が得られたが見通すことができるか、またその試みの限界について議論したいと考えている。またレオロジーからの構造情報取得という試みに対して必要不可欠な具体的な構造観察の関連についても X線小角散乱による観察例を紹介して議論する。

【講演者の紹介】

北海道大学理学部高分子学科卒 東京工業大学大学院総合理工学研究科修士課程修了

博士（農学）：酪農学園大学(2001年)

帝人(株)、(株)資生堂を経て2007年から酪農学園大学 農食環境学群 食と健康学類 教授

専門分野：食品物性学（主にレオロジー）

所属学会：日本レオロジー学会、日本バイオレオロジー学会、高分子学会、食品科学工学会