懇話会 ニュース

日本水産学会水産利用懇話会

平成 10 年度第 2 回講演会を下記により開催した。

テーマ：食べ物の食感を科学する

1. 食感の数値化から品質設計に向けて……森 友彦
2. 新しいテクスチャー測定法、官能評価と機器測定との間で……神山かおる

日 時：平成 11 年 2 月 26 日

場 所：東京水産大学

食感の数値化から品質設計に向けて

森 友彦（京都大学食糧科学研究所）

Developments of Texture Measurement
and Texture Design

Tomohiko Mori
(Research Institute for Food Science,
Kyoto University)

1. はじめに

食感（テクスチャーとも呼ぶ）は、味、香、色とともに食品の美味しさ（あるいは嗜好性、好感性）に関わりを有している。また、食品によっては食感に特徴のあるものが多く見受けられ、食品のタイプを区別する際に食感とその根拠になっている場合もある。さらに、最近では、咀嚼やく運動の能力や神経・精神機能への食感の関与が研究されるようになり、食感の役割や重要性に対する関心が高まっている。このようなことから、食感をできるだけ定量的に取り扱えるようなかたちで表現すること、すなわち、食感を測定することの必要性が増している。

食感は“感じる”性質であり、“かたい・やわらかい”、“弾力性のある・ない”、“歯ごたえ”、“もろい”、“なめらか”、“ネバネバ”、“バリバリ”など色々な用語によってその内容を表現している。これは、感覚的・定性的には大変わかりやすく良いのであるが、物差しや天秤で測る場合のようないわゆる定量的・客観的な表現とは異なるものである。食感を測定するとか定量的に表現することは、ある共通の基準（1 つないしは複数）に基づいて数値的に表わすということである。

物性の測定から食感の内容を数値的に表わそうという研究がすでに多くなされているが、いずれも食感のいくつかの要素（固さ、弾力性、凝集性、付着性など）についてそれぞれを個別に数値表示するにとどまっている。

食感の測定としては、これでは未だ不十分であり、食感の全体的な特徴や差異を数値表現するところまで進める必要がある。

2. 食感の数値化へのアプローチ

食感の測定においては、測るべき対象として成分の種類や組成、それらの化学的・構造的性質（主としてタンパク質、デンプン・多糖類、油脂）、ミクロ・マクロ組織構造、レオロジー・力学的物性などがある。これら測定対象のうち食感により近い位置にある力学的物性の測定から食感の内容を数値的に表現する手法としてテクスチャープロフィール分析法¹⁻³⁾が良く知られている。この手法は、力学的物性として“かたさ”、“凝集性”、“弾力性”などを測定し、それぞれの数値により“やわらかい・かたい”、“もろい・もろくない”、“弾力のある・ない”などの食感をそれぞれ表現するというものである。また、この手法の開発には、テクスチュロメータと呼ばれる測定装置（圧縮式の物性試験機）の開発も同時に行われている。食感の測定は、例にあげたテクスチャープロフィール分析法の内容からもわかるように、食感要素のそれぞれを個別に数値表現するところまで進んできたが、全体的な食感の特徴・差異を数値的に表わすまでにはいたっていなかった。筆者らは、このハードルをクリアするための工夫として、力学的物性の測定に続いて多変量解析の一つである因子分析を測定データについて行うということを試みた。この手法（テクスチャーマッピング法と称している）は力学的物性の測定、測定データセットの因子分析、測定サンプルの 3 次元グラフ表示から構成されており、^{4,5)} 以下にその概要を述べる。

3. テクスチャーマッピング法

力学的物性の測定は、圧縮試験機を使用して、プランジャー（円筒形、断面積は 0.25 あるいは 0.5 cm²）を上下運動することにより圧縮回復試験を行う。これにより 7 種類の力学的特性値が測定される（CW；圧縮仕事量、DW；回復仕事量、LC；線形性、RS；回復率、CM；圧縮率、E；弾性率、F；荷重）。この圧縮回復試験を破断および破断に至るまでの 3 段階の変形状態、すなわち、破断時荷重の 15, 30, 60% および 100%（破断）の合計 4 段階において行う。これにより、7 種力学的特性値×4 段階で合計 28 種類の力学的特性値が求められる。次に、これらの力学的特性値のうち CW, RS, CM, F の 4 段階のものについての測定データセット（110~120 種類の試料の測定データ）を因子分析することにより 3 つの因子が設定され、因子得点が算出される。すなわち、各試料のテクスチャーは 3 つの因子（基準）についての因子得点（数値）により表されるこ

図1 テクスチャーマップ (試料の3次元グラフ表示)

となる。そして、各因子を座標軸として因子得点をプロットすることにより、各試料は3次元グラフ上に表示される。筆者らはこれをテクスチャーマップ (図1) と称している。因子分析において、設定された3つの因子の内容は、第1因子が「かたさ」、第2因子が「くずれにくさ(もろさ)」、第3因子が「弾力性」、である。従って、各試料のテクスチャーは「かたさ」と「くずれにくさ」および「弾力性」を基準として区別され、テクスチャーの特徴あるいは違いが3次元グラフ上の位置からわかる。具体的には、CW・F軸(かたさ)に沿って上に向かうとかたくなり、CM軸(もろさ)に沿って左に向かうとくずれやすく、RS軸(弾力性)に沿って右に向かうと弾力性(回復性)が大きくなる。このテクスチャーマップによれば、チーズ類、魚肉ソーセージ、豆腐、カマボコはそれぞれのグループでかたまて分布し、またそれぞれの位置により、従来の方法よりも詳細なテクスチャーの表現が示されている。このように、食品の持つテクスチャーを数値的に表示するとともに視覚的にも把握することができる。

4. テクスチャーマッピング法の応用

テクスチャーマッピング法において3次元グラフ表示をすることにより①基礎研究、②品質管理、③商品開発、④マーケティングのいずれにも役立つものと考えられる。1つずつ説明すると、①様々な測定条件(プランジャーのサイズ・圧縮回復速度・荷重設定・圧縮距離設定など)の組み合わせができるので微妙な物性の差や多様な試料に対応することが可能である。また、食品素材(たんぱく、デンプン、ゲル化剤、油脂など)のテクス

チャー付与能の把握や、それら食品素材の組み合わせによる物性変化、加工温度、経時変化、配合の違いなどによる物性への影響の分析・評価・予測に利用できる。②測定条件を決めて測定することによりルーチンワークとしての測定が簡単で、データの管理・編集・整理なども容易である。③商品のテクスチャーのタイプがわかるので、各種素材を添加したときにどのような食品のタイプになっているのか、また、どの食品タイプに向かっているのかがわかり、これまでの試行錯誤による商品開発にかわる意図的な設計開発を行うことができる。このことは、時間・労力の削減にもなるであろう。④テクスチャーマップの位置と官能評価での好みを照合することにより、テクスチャーへの嗜好性をつかむことができ、将来どんなテクスチャーが流行するのかを予測することにもつながる。

5. 「TexoGraph テキソグラフ」の開発

テクスチャーマッピング法は、前述したように、物性測定と物性値算出、因子分析、3次元グラフ表示の手順を含むため、時間を要し煩雑である。そこで、本手法の簡便化、迅速化を進めるために、新しい装置の開発を数年前から始め、この5月に「TexoGraph テキソグラフ」(マコト技研株式会社)として販売開始するにいたった。本装置は、①軽量・コンパクト(11 kg、スペース的にも楽)、②測定操作が簡便、③測定操作から3次元グラフ表示までの全ての手順をウィンドウズ95に対応したソフトで実行、などの特徴をそなえている。

食品のテクスチャー評価法として筆者らが考案したテクスチャーマッピング法を中心に、テクスチャーが食品

開発におけるキーポイントであり、そのようなテクスチャーを定量的、客観的に評価するための装置開発について述べてきた。この測定法および本装置「TexoGraph テキソグラフ」の実用性が定着するためには、まだまだ多くの食品研究者・技術者の協力、参加が必要である。また、物性・テクスチャー・食感の研究における現在の最大の課題は、主観的方法（官能検査）の値をいかに客観的方法（機器測定値）の値に置き換えられるかであり、それらの相関性が高くなるような測定方法を追求していくことが今後必要である。筆者らの開発した「TexoGraph テキソグラフ」がそのような流れの中で新しいテクスチャーの測定方法として活用され、普及していくことを願っている。

文 献

- 1) A. S. Szczesniak: Classification of textural characteristics, *J. Food Sci.*, **28**, 385 (1963).
- 2) A. S. Szczesniak, M. A. Brandt, and H. H. Friedman: Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and the sensory methods of texture evaluation, *J. Food Sci.*, **28**, 397 (1963).
- 3) H. H. Friedman, J. E. Whitney, and A. S. Szczesniak: The texturometer, a new instrument for objective texture measurement, *J. Food Sci.*, **28**, 390 (1963).
- 4) 姜 日, 林由佳子, 松村康生, 森 友彦: 力学的特性値によるテクスチャー数量化表示の手法, 日本咀嚼学会誌, **1**, 33 (1991).
- 5) I. J. Kang, Y. Matsumura, and T. Mori: Characterization of texture and mechanical properties of heat-induced soy protein gels, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **68**, 339 (1991).

新しい食品テクスチャー測定法 —官能評価と機器測定との間で—

神山かおる（農水省食総研）

Novel Methods to Measure Food Texture between
Sensory Evaluation and Instrumental Measurements

Kaoru Kohyama
(National Food Research Institute)

1. 物性測定とテクスチャー

食品物性は、古くから食品の加工・流通段階において、品質管理の指標として役立ってきた。このような場合は、必ずしも食べられる試料を試験するのではなく、試料の物理的性質を、再現性、客観性をもった方法で表現することが目的である。当然ながら、ヒトの感覚であるテクスチャーと一致する必然性はない。

一方「おいしさ」を調べるには、摂食段階を考える必要がある。すなわち食べられる状態での食品の硬さや粘り、滑らかさ等に関わる性質を測定するのである。ま

た、日本がこれから迎える超高齢社会では、「食べやすさ」を支配する食品物性はますます重要となってくる。

食品のテクスチャーは、食べたときに口腔内の皮膚や筋肉の感触によって決められる総合的な感覚のことで、個人差があるし、絶対値があるわけではない。従来は官能評価が唯一の評価方法であった。官能評価は、本来「おいしさ」や「噛みやすさ」「飲み込みやすさ」のような複雑な要素の評価には優れた手法であるが、一度に調べられる試料数の制限、客観性の乏しさ、言語による表現ができない乳幼児/高齢者・障害者における困難さ等の決定的短所もある。

2. テクスチャー機器測定の問題点

一般に、テクスチャーを機器を用いて調べるには、テクスチュロメーターやレオメーターのような物性試験器で、試料に変形を与えたときに生じる応力（圧力）を何らかの力学センサで検出することが多い。変形の大きさ、変形の軌跡、速度、何回変形を与えるか、試料およびプランジャーまたはプローブと呼ばれる装置側の治具の大きさや形、測定温度等がいろいろ検討されている。しかし、次のような問題点がある。

- ① 測定で得られた値が、装置に特有で一般的な単位ではなく、他者のデータとの比較が困難である。
- ② ヒトの咀嚼動作は非常に複雑であり、忠実に再現できる装置がない。
- ③ 機器測定では装置側の変形は無視できるほど小さいが、ヒトの皮膚は軟らかく、感覚器側も変形している。
- ④ ヒトは口腔内に多数分布する感圧点でテクスチャーを知覚しているが、機器ではセンサが一つである。
- ⑤ 食品は不均一かつ非平衡の系であるのに、試料内の空間的なばらつきや咀嚼中に大きく変動する物理的性質を測定していない。
- ⑥ 通常の食品の力学的性質は、温度とそれを観察する時間によって変わるのに、機器の条件は咀嚼にはほど遠い。

このうち①は実験者が少し注意すれば解決できる問題であるが、②～⑥は咀嚼中の食物物性（口腔内物性）を測ることによって、解決することができると考えられる。

3. 口腔内物性の評価

咀嚼圧等の口腔内の圧力測定や咀嚼運動の解析は、歯科医学や発声学分野で行われてきたが、つい最近になるまで食品物性の違いにより生じる影響には注目されなかった。咀嚼中の物性を測る、先進的な試みの例を挙げ