

おいしさのぶんせき

食品のおいしさには、おいしさを構成する食品成分の種類と量だけではなく、食品の物理化学特性や食べる人に依存する要因が寄与しており、その数値化が難しい。本稿では、おいしさの要因とおいしさの分析例について簡単に紹介したうえで、おいしさの分析化学を確立するために食品のテクスチャーを考慮することが必要な理由について解説する。

高橋 亮, 西成 勝好

1 食品と分析化学

食品あるいは食物は我々の生命活動の営みを支えるために不可欠な衣食住の中でも最も重要な要素であり、それゆえ古来より関連分野の研究が広く行われてきた。現代における食品関連研究は、農学や水産学など原料の生産に関するもの、保存や流通にかかわるもの、食品工学や調理科学など加工にかかわるもの、生化学など効用検証にかかわるものなど多岐にわたっている。特に2000年以降には「食のQOL向上」と「食の安全・安心」に対してにわかに関心が持たれるようになり、以後各分野で急速に研究が発展した。

分析化学の立場からは、本誌掲載記事の中で食品に関連するものを探してみると、安全性^{1)~17)}、機能性¹⁸⁾、味^{19)~21)}、芳香²²⁾、素材及び調理済み食品の品質²³⁾²⁴⁾、などが対象とされてきたほか、定性及び定量分析技術として質量分析²⁵⁾²⁶⁾や解析法²⁷⁾が関心を集めていることがわかる。特に最近では価格的な安さよりも安全性や品質を重視した食品選びが広く庶民層まで浸透し、食品の品質を保証する手段として分析化学の活躍の場がますます広がられている。産地や消費期限などの偽装表示問題が深刻化する中で、食品原料の輸入大国である日本は流通構造上トレーサビリティを確保することが難しいため、分析技術の向上と分析体制の整備という二つの難しい問題を解決する必要がある。本誌2009年3月号には「食品の安全・安心と分析化学」として特集が生まれ、食品分野における分析化学の役割が概説されている。これらの研究は分析化学という研究手法が食品という多成分多相系の厄介な対象に立ち向かうための有効な手段であることを如実に示している。

食品に求められる重要な機能は、安全であることを前提として、栄養素を摂取するための機能、病気の予防や健康の増進のための生体調節機能、そしておいしさを感じ

じさせるための感覚機能の三つである。味や香りの成分の定性と定量はおいしさを評価するための極めて重要な分析であるが、それだけでは食品のおいしさを総合的に判断する指標とはならない。例えば、食品のおいしさを評価する基準の一つとして食感を表わすテクスチャーという言葉が食品関連業界では定着しており、このテクスチャーが食品のおいしさに極めて大きな影響を及ぼすことは世界的に認識されている²⁸⁾。最近では咀嚼^{そしゃく}や嚥下^{えんげ}機能が低下した非健常者あるいは高齢者の誤嚥による死亡事故の防止を目的とした食品のテクスチャーコントロール技術が考案されつつあり、食品の安全性という視点からもテクスチャーに注目が集まっている。また、宇宙のような極限的空間においてもおいしく食べられる食品の開発にはテクスチャーコントロールは不可欠であると言われている。食品のテクスチャーの評価は被験者の感覚を数値化する方法やレオロジーを中心とした分析手法により行われているが、これらの方法のみでは、やはりおいしさを総合的に判断する指標とはならない。おいしさという極めて主観的な量を定性、定量するためには、それぞれ独立して発展してきた分析技術を融合して、新しい分析化学分野として構築する必要がある。本講義では、おいしさとは何か、またそれを分析するために用いられている方法について紹介する。関連する研究分野は未熟で質的にも量的にも不足しているが、現状の方法を発展させるために必要な技術や方法を多角的に検討するためのアイデアを提案していただくことができれば幸甚である。

2 嗜好性

食品に対する好みは、基本的な傾向として民族・地域・生育環境によって異なり、その上で生涯の食履歴によって経時的に変化する。さらに、一時的には個人の状態によって左右される。例えば、フランス料理、インド料理、日本料理などでそれぞれ用いる素材や調理法が異なるのは、大雑把に言えば民族の違いを反映しており、

みそ汁や正月に食される雑煮が県や郡などの単位で異なることは地域の違いを反映している。生育環境とは、保護者によって習慣的に与えられた幼少時代の味の記憶に起因する要素であり、好き嫌いの傾向がおおむね確立されるため、特に6歳以下の食習慣が重要であると言われる。成人後の嗜好^{しこう}の変化は、対人関係や生活環境、健康状態の大きな変化などが主な要因であり、多かれ少なかれ食べ物の好みは経時的に変化する。本誌リレーエッセイの中でマレーシア出身のLim²⁹⁾が「人間の食べ物とは思えないにおいを放つ納豆や海藻類、それが今では冷蔵庫に常備するほど」と述べたのは、納豆特有の芳香^{えいし}や食感、あるいは曳糸性（thread-forming）のような食品の外観を含めた食品の好みが変化し得ることを示す一つの例であろう。

同一の文化圏で生活していても食べ物の好みは異なるが、食文化の異なる地域間ではさらに事情が複雑になる。日本人の多くがコシヒカリやササニシキのような米を好むのは、メディアによってそれらの銘柄米がおいしいと思込まされているからだけではなく、それらの粘り気を尊重するためである。これに対し、日本を除くアジアや欧米では米粒同士がくっつくような米は嫌われる。どちらを良いとするかは好みの問題であって、科学的な基準で決めることはできず、これはむしろ文化あるいは芸術の評価に似ている。

これらを考慮すると、おいしさに関して何を分析し、また評価すべきか、あるいはそもそもおいしさを分析することの価値が見いだされるかという疑問が生じる。しかし実際には食品工業分野を中心においしさの分析に対する需要は急増しており、分析技術も飛躍的に進歩しつつある。日本一おいしいラーメンや世界一腕の立つシェフを決めることの意義については疑問が残るものの、おいしさを構成する個々の要因についてその大小を評価することができれば、好まれやすい食品を作ることが容易になる。例えば、加工食品は設定した顧客層に応じた味付けを変えて売り上げの増加を期待するのは常識であるし、エアインタイプチョコ（1980）、ナタデココ（1993）、パンナコッタ（1994）、ドンドゥルマを模したトルコ風アイス（2002）など、食感に特徴のある食品を工業技術によって作り出したり模倣したりして新たなマーケットを形成してきた。現状では多くのヒット商品の開発は、食品工業技術の進歩や異種分野の機械技師の勘と経験という恩恵を受けて行われるケースが多く、おいしさの分析技術が活躍できる場はまだ少ない。

3 おいしさの要因

おいしさの要因は食べ物の状態と食べる人の状態に分けて考える必要があり、それぞれ様々な要因がある（表1）。おいしさを評価する際には食べる人の状態にかかわる要因が多く、この理由により、おいしさの統一的评价

表1 おいしさの要因

食品の状態に起因する要因
化学的要因 [味（舌で感じる味わい）] 基本味：酸味、甘味、塩味、苦味、旨味、その他の味：辛味、渋味 [芳香] orthonasal：直接鼻で感じるにおい、retronasal：口に含んで感じるにおい
物理的要因 テクスチャー：口腔内で感じる力学特性、コロイド科学特性、かたさ、やわらかさ、粒度感、滑らかさ、のどごし 食品の温度：口から食道で感じる温度 食品の外観：目で感じる見た目 咀嚼嚥下時の発声音：耳で感じる音
食べる人の状態に起因する要因
環境的要因 生まれ育ち：情報・教育、文化・宗教、気候・風土 時間・空間：食事時間、食事空間、朝・昼・夜、季節、気温・湿度
生理的要因 食欲・空腹の度合い、健康状態、アレルギー、不足物質要求
心理的要因 感情：喜・怒・哀・楽 その他の心理：ストレス

価が難しい。しかし食べる物の状態については、少なくとも個々または数種の要因を分析化学や物理化学の方法によって計測することは可能である。

3.1 おいしさの化学的要因

化学的な要因には、味覚で感知する味と嗅覚で感知する香りがあり、その根拠となる呈味物質と香氣成分は一般に低分子物質である。したがって化学的な味の中で既知の成分はHPLC、GC、MS、NMR、近赤外～赤外分光など馴染み深い手法による高感度な定量分析が可能である。しかし、味を決める呈味物質と香りを決める香氣物質の定量分析のみでおいしさを評価することは、化学的な味についての分析であることを前提にしても、少なくとも次の三点で問題がある。

第一に、呈味物質と香氣成分のすべてが知られているわけではないので、それらを網羅的に分析することは事実上不可能である。今日では先進国を中心に食文化が多様化しており、新しい食材や調理法が次々と導入されている。未知の呈味物質と香氣成分についてはいまだ無数に存在すると考えられており、それらの発見は食品化学において食品中の機能性物質の同定と並ぶ花形研究ではあるものの、天然物についての研究は博物学的な意味合いが強い。

第二に、同種の成分でも異なる物質では受容強度が異なるので、単に味物質の定量だけではなく、あらかじめ

表2 甘味物質の種類と甘味強度

甘味物質	使用例 (所在)	相対甘味強度
イソメロース	飲料	1
グルコース	粉末ジュース(果物)	α , 0.8 β , 0.5
スクロース	食品全般 (砂糖)	1
フルクトース	飲料, 菓子 (果物, 蜂蜜)	α , 1.3 β , 1.8
マルトース	菓子 (牛乳)	0.4
ラクトース		0.2
アスパルテーム	飲料	200
スクラロース	飲料, 菓子	600
ステビオサイド	漬物	150
ソルビトール	パン	0.7
マルチトール		0.7
オリゴ糖	腸内菌叢改善	0.5
カップリングシュガー	水飴	0.5
パラチノース	飴, ガム	0.4

表3 味の相互作用

種類	組み合わせ	例	現象
相乗効果	甘味+甘味	飲料	スクロースとサッカリン甘味を増強
	旨味+旨味	だし	L-グルタミン酸 Na とイノシン酸 Na 旨味を増強
抑制効果	酸味+甘味	酢の物	酸味を抑制
	苦味+甘味	コーヒー	苦味を抑制
変調現象	塩味→無味		塩辛いものの後に水を飲む水が甘く感じる
	苦味+酸味		スルメの後にミカンを食べるミカンが苦く感じる
対比効果	甘味+塩味	しるこ	甘味を強める
	旨味+塩味	すまし汁	旨味を強める
	甘味→酸味		菓子の後に果物を食べる酸味を強める
	苦味→甘味		苦い菓の後に飴をなめる甘味を強める

作成した換算式を用いて変換しなくてはならない。表2は甘味物質の例であり、糖の種類やアノマーの違いによって味覚の受容強度が著しく異なることが評価される。

第三に、複数の成分の相互作用に基づく味や香りの対比効果、抑制効果、相乗効果、変調現象による味の変化のうち知られていないペアを予測できないことなどがあり、常法による味の分析には限界がある(表3)。甘味のみを遮蔽する効果を持つギムネマ酸のような物質もある。このように、味覚器に作用して一時的に味覚機能を変化させる物質を味覚修飾物質と呼ぶ。

また、化学的な味の成分は後に述べる食品中の多糖類やタンパク質の物理化学特性を変化させ、結果として食

品のテクスチャーにも影響を及ぼす。逆に、テクスチャーは化学的な味の感覚強度を変化させる。

更に複雑なことに、タンパク質や多糖などの高分子系の食品成分はほとんど無味無臭であるが、一部の高分子系成分に呈味効果があることがわかり、呈味物質の分析対象を低分子だけではなく高分子にまで拡張する必要が生じつつある。酸味を甘味に変化させるミラクリンやクルクリンなどの味覚修飾物質もタンパク質である。

3.2 おいしさの物理的要因

物理的な要因には視覚で感知する外観、聴覚で感知する音、そして触覚で感知する温度やテクスチャーがあり、いずれも従来の分析化学的手法では計測が困難なものである。

料理の外観については、例えば素材に飾り切りを施したり、盛り込みを工夫したりして見栄えを良くすることによっておいしそうに見える工夫がされてきた。また、飲食店ではそれぞれ照明に工夫が凝らされ、その場の雰囲気からおいしさを演出しようとする試みが行われている。音には、例えば生野菜やクラッカーを噛むときに生じる咀嚼音のほか、音楽や雑音など空間に依存するものがある。テクスチャーと温度は食品の硬さ、粘り、なめらかさ、もろさなど食感にかかわるおいしさを決定する極めて重要な要因であり、マクロな性質がレオロジー(粘弾性)測定によって評価され、そのテクスチャーを醸し出す原因となるミクロな性質が電磁波散乱や顕微鏡測定によって評価される。

食品のおいしさにテクスチャーが関与し、特に半固体またはゼリー状食品では和洋を問わずテクスチャーが最も重要な要因であることがよく知られている³⁰⁾。半固体食品の中でも、特に米飯、パン、麺類、豆腐など日常多く食する食べ物はそれ自体に化学的な味の強くないものが多い。これらのものは甘味、酸味、塩味などが強すぎるとエネルギー源として必要な量を食べることはできず、これらの食べ物の嗜好性を決めるのは主としてテクスチャーであることは明白であろう。

4 おいしさを評価する方法

おいしさを評価する方法には、機器分析による客観的評価法と、嗜好調査や官能評価による主観的評価法があり、それらをつなぐものとして口腔内での咀嚼嚥下過程を生理学的測定により解明しようとする研究が急速に進展している^{31)~33)}。

4.1 客観的方法

呈味成分はHPLCなど、香気成分はGCなど、テクスチャーはレオメーターなどで以前から分析されているほか、色、水分、形状などが分析の対象である。呈味成分については特に種々の簡易分析法が考案されてお

り、例えば屈折率測定から甘味、電量測定や導電率から塩味、pH測定から酸味を分析する方法は一部の食品で比較的精度よく評価される。色という多少なりとも主観的な要素を客観的に評価する方法として、食品業界ではハンター Lab 表色系またはマンセル表色系の基準色と対比させて数値や記号で表す方法あるいはそれらの改良法が用いられている。水分はおいしさの化学的要因と物理的要因の両者に対して極めて大きな影響を及ぼす因子であり、古典的ではあるが絶乾法が最も優れた分析結果を与える。最近では近赤外の吸収を計測する方法や光CT, MRIによって食品内の水の三次元分布が得られるようになってきた。食品の形状では、外形のほかにも表面や切断面のマイクロ～マクロ構造が計測の対象である。マヨネーズなどエマルジョンの粒度分布、デンプンの構造変化、気泡のサイズ分布などがあり、顕微鏡や回折・散乱など電磁波を用いた計測が行われている。

4.2 官能評価

官能評価法は分析機器ではなく人間の感覚を介して食品の特性を計測し、さらに心理学、生理学、統計学などの手法を用いておいしさを数値化する方法であり、主観的評価法の中で代表的なものである。この目的のために選ばれる集団をパネルと呼び、個々の人をパネリストと呼ぶ。官能評価は「食品や食品素材が視覚、触覚、聴覚、味覚、嗅覚きゅうかくなどにより感知されるとき、それらに対する反応を引き起こし、測定、分析するために用いる科学の一規範」と定義されており³⁴⁾、人の五感をセンサーとして食品の品質と嗜好性を評価するものである。食品の成分や構造のわずかな違いを判定する分析型官能評価と、嗜好を評定する嗜好型官能評価がある。官能評価から信頼できるデータを得るためには、パネルの選定から訓練、さらに施設として備えるべき要件や実験法な

ど遵守事項も少なくない³⁵⁾³⁶⁾。分析型官能評価では表4の方法で評価し、嗜好型官能評価では簡易的にt検定や χ^2 検定で統計処理が行われている。

4.3 ケモメトリックス

食品の成分分析は現在ほとんどのものがクロマトグラフィと分光学的手法で行われており、二次元または三次元データ中の場合によっては数百にも及ぶピークを帰属するためにケモメトリックス手法が用いられている。また、人間の持つ五感機能を模倣したバイオセンサーアレイの開発が急速に進みつつあるが、その出力信号は味や香りなどと直接対応しているわけではないので、それらと官能評価の結果を結び付けるためにケモメトリックス手法によるデータ解析は不可欠である。

5 化学的要因に関する分析

5.1 味覚センサー

食品の中には数個から数千個またはそれ以上の呈味物質が含まれ、それらがどのように官能に影響し味として認識されるのかを解明することは難しい。事実、我々の舌は個々の呈味物質そのものを特定して認識しているのではなく、味細胞とのなんらかの相互作用の強さを判定している。つまり、呈味物質に由来するおいしさの分析には、一般の分析機に要求される高い選択性や定量性よりも、広い選択性が要求される。このような概念に基づいて、都甲ら^{37)~39)}は人間の舌を模倣した味覚センサーを開発した。このセンサーは特性の異なる複数の脂質/高分子ブレンド膜を味物質の受容部分とし、それらの電位出力応答パターンから味を数値化する。このセンサーを用いることで基本味の定量を人間以上の精度で行うことができるほか、プリンに醤油を加えるとウニの味になるなど人間の味覚に近い結果が特別な演算を加えることなくしに直接得られる。

5.2 近赤外分光分析

食品素材の生産や流通にかかわる工程では、青果や生肉など調理または加工がされていない素材そのものの品質を評価し管理することが求められ、この目的のために専ら近赤外分光法が用いられる。アミノ酸、タンパク質、アルコール、糖、水など目的とする物質に対する近赤外光の吸収強度からそれらの存在率を求める。近赤外光を用いることの利点は、X線や赤外光と比べて非破壊計測が可能なこと、可視光を用いた場合と比べ浸透性が高いため食品内部の状態を計測可能なこと、そして前処理が不要なため迅速測定が可能なことである。果物の糖度判定や醤油の格付け検査などに実際に利用されている。近赤外分光法で計測しているのは主にO-H, N-H, C-Hの官能基による吸収が主体ではあるが、醤油中の食塩や、穀物中のKやMgの測定例もある。穀物の中

表4 官能評価結果の解析法

手法	目的	解析法
2点識別試験法	差の識別	二項検定 片側検定
3点比較法	差の識別	二項検定 片側検定
1・2点試験法	差の識別	二項検定 片側検定
2点嗜好試験法	好ましさの比較	二項検定 両側検定
一対比較法	特性の順位決定	Bradley-Terry 法 Thurstone-Mosteller 法 Scheffe 法
順位法	特性の順位決定	Friedman 検定 Kramer 検定 順位相関関数
評価法	特性・好みの数値化	分散分析, t検定
カテゴリー尺度法	特性・好みの数値化	分散分析, t検定
SD法	特性の内容分析	主成分分析, 因子分析

でも米は日本人にとって重要な食材であり、近赤外法によっておいしさを予測する計測器が食味計などとして市販されている。食味計ではタンパク質、脂肪酸、水分、デンプンなどを定量し、その存在量と存在比からメーカー独自の検量線から食味値を算出する仕組みである。一般に米の中のタンパク質含量が少ないほうがおいしい米とされているが、食味を悪くするタンパク質とは別に食味を良くするタンパク質があることがわかり、タンパク含量と米の食味の関係については再検討が行われている。一部の食味計では未炊飯の生米を無粉碎の状態に計測可能なものもあり、嗜好の違いを考慮すれば人間の官能評価値と良い相関が得られることが知られている。

5.3 香気成分

風邪をひいて鼻が利かないときに食べ物の味が分からなくなるように、香りはあらゆる食品の美味しさにおける重要な要素である。食品に含まれる香気成分は食品素材に含まれる固有のものと、加工・調理時に生じるものがあり、特に食品の香りの特徴づける香気成分はキーコンパウンドと呼ばれる。ただし、天然物の香りは1種類の香気成分ではなく、何百という多数の成分から構成されていることが多く、より複雑な香りを演出している。加工食品の多くは香りがほとんどない食品素材に香りを付けたり、食品の製造工程中に失われる香りを補強したり、あるいは食品素材自身が持つあるいは加工時に生じる好ましくない香りをマスキングしたり、といった目的で食品用天然/合成香料が添加されている。香気成分の分析は主にGC、GC/MSによって行われているほか、匂い^{にお}かぎGCの普及によってキーコンパウンドやマスキング剤を効率よく特定・検出できるようになってきた。香気成分を鼻腔から直接吸引したときに感じる匂いと食品を咀嚼しながら口腔を経由する匂いは、強度とともに質も異なることが知られており、両者の官能的差異を体系づけられるかどうかは今後の課題である。

6 物理的要因に関する分析

テクスチャーの客観的評価は主に流動特性、静的及び動的粘弾性、破断特性などのレオロジー測定によって行われる。しかし、力学によって定義された機器分析の結果は必ずしも主観的な評価値と一致せず、経験的評価法や模擬的評価法も多用される。例えば、パンの測定にはコンプレッシメーター、肉の測定にはミートシアメーター、ベーカリー製品の測定にはショートメーターなど、経験的に食品のテクスチャーと関連付けられる計測法がある。また、混練、伸延、咀嚼の動きを模倣した計測法として小麦粉の特性がアミログラフやファリノグラフで、咀嚼特性がテクスチュロメーターで計測されている。おいしさの物理的要因の主観的評価値と客観的評価値を関連付ける方法及び計測技術のいずれにおいても発

展途上の段階にある。

6.1 おいしさとレオロジー

食品を構成する粒子の大きさおよびその界面の特性と口腔内で感じられる滑らかさとは深い関係があると考えられる。チョコレートやアイスクリームなどではかなり技術が進んでいるが、一般の食品についてはほとんど手つかずの状態にあり⁴⁰⁾、今後の発展のためには素材開発の研究者と連携が不可欠である。関連する分野の研究はコロイドおよび界面科学において研究されてきたが、テクスチャーは硬さ、粘り、あるいは弾性率、粘性率のようなレオロジーで扱う性質だけではなく、このような粒度感などを含むものである。したがって、テクスチャー=レオロジー的性質ではなく、テクスチャーには普通のレオロジーの研究対象には含まれない性質が含まれている。食べ物は不均質、非平衡な系であり、レオロジーの対象としても非常に難しい⁴¹⁾。不均質な食品についてのレオロジーの評価結果はケモメトリックスの助けが不可欠であるが研究例は少ない。日本人の主食とされる米飯については国内で多くの研究がなされてきたが、粘着性のある粒体の集合の力学を扱う必要があるため理論的にも実験的にも極めて難しく、これからも一層の研究が必要である。

6.2 液状食品

スープをはじめとする液状食品のテクスチャーに関しては、さらさらした感じや粘りのある状態を粘度として表わすことが可能である。最もよく用いられるのはせん断粘度で、せん断応力をせん断速度で割った値として得られる。せん断応力がせん断速度に比例するニュートン流体ではせん断粘度がせん断速度に依存しないが、非ニュートン流体ではせん断粘度はせん断速度により異なる。したがって、液状食品のテクスチャーを客観的に表現するためには、個々の液状食品のせん断速度と粘度の関係、言い換えれば飲み込む速さと粘度の関係を数値化する必要がある。この研究の先駆者 Wood⁴²⁾は、同じ粘度と感じられたスープ（非ニュートン流体）と糖溶液（ニュートン流体）のせん断粘度のせん断速度依存性を調べ、せん断速度 50 s^{-1} での粘度が等しかったことから、口腔内での粘性感知は、このせん断速度においてなされていると推論した。その後 Shama と Sherman⁴³⁾は、高粘度の液状食品は低いせん断速度で、また低粘度の液状食品は高いせん断速度で低いせん断応力で飲まれること、つまり、さらさらした液体はかなり速い速度で飲み込み、どろどろした液体はゆっくり飲み込むことを明らかにした。食品を飲み込む速さの調節は液状食品だけでなく固体食品でも行われており⁴⁴⁾、食べ物が口に取り込まれた後に舌と硬口蓋^{こうがい}でテクスチャーが認識され、粘度が低いまたは柔らかい食べ物は弱い力で、粘度

が高いまたは硬い食べ物は強い力で喉の奥に押し出されるように嚥下が行われ、人間が食品を飲み込む速度としてそのテクスチャーによって嚥下しやすい状態を保っていることがわかる。Morrisら⁴⁵⁾は、液状食品の粘度の機器測定値と官能評価による口腔内での濃厚感 (thickness) との関係調べ、濃厚感 T が粘度 η の 2.2 乗に比例することを見いだした。このような指数則は感覚生理学において Fechner の法則として知られており、光の強さと人が感じる明るさ、液体の温度と手を浸したときの熱さ冷たさ、デシベルで測った音の強さと人の感じる音の強さなどについても同様な式が成立する。濃厚感 T と粘度 η の指数関係は η をせん断粘度ではなく複素粘度とすれば普遍的に成立する。

6・3 テクスチャーとおいしさ

呈味成分の含量その他の条件が仮に等しくても、テクスチャーの違いによって官能評価の結果も大きく異なることが知られており、特に半固体食品や固体食品でその影響が著しい。食品のテクスチャーはレオロジー的性質を反映しており、食品のレオロジー的性質を変化させると同時に化学的な味も変化する。単においしさを追求するためにテクスチャーを制御するだけではなく、高齢化社会を迎えて誤嚥事故の防止のために「噛み易さ」や「飲み込み易さ」を考慮した食品設計のためにテクスチャーの重要性はますます増加している。呈味効率あるいはフレーバーリリース、つまり化学的な味の感覚強度とテクスチャーとの関係についての研究の歴史は浅いが、この 10 年ほどの間に大きく飛躍した⁴⁶⁾⁴⁷⁾。テクスチャーの制御は増粘剤、ゲル化剤、安定剤、乳化剤、タンパク素材等、ハイドロコロイドを主体としたテクスチャーモディファイヤー素材によって広く行われている。これらのハイドロコロイドは加工食品の調理において今や不可欠であり、最近ではネットショップや専門店等を通して個人レベルでも入手できるようになってきた。特に高分子系の増粘多糖類は少量の添加でレオロジー特性を大きく変化させることができるため、テクスチャーモディファイヤーの中心的な存在となっている。

6・4 増粘多糖

多糖溶液の粘度は濃度の増加に従い増加するが、粘度と濃度の両対数プロットはある臨界濃度において勾配が変わる直線になる。この濃度は糸まり状高分子の重なり合い濃度 c^* と呼ばれており、高分子のモル質量によって異なる。この高分子の濃度の代わりに固有粘度と濃度の積を横軸にとると、分岐のない直鎖状の多糖ではその種類によらず例外なく粘度の濃度依存性が c^* で折れ曲がる一本の直線で表される。多糖濃度が c^* よりも低い領域では官能評価による呈味強度が一定なのに対し、 c^* よりも高いところでは多糖濃度の増加に伴い呈味強度

が低下する⁴⁸⁾。また、ゲル状食品の場合には、ゲルの破壊歪みが小さいほど呈味強度が増加する⁴⁹⁾。これはおそらく、破壊歪みが小さいほど感覚受容器官との接触面積が広くなり呈味強度が増加するからであると考えられる。

7 さらに深く学ぶために

- 高橋 亮, 西成勝好: インターネット講座レオロジー, (2010), <http://www.chem-bio.gunma-u.ac.jp/~rheolab/Reading.html> (2010年4月30日, 最終確認)
- 西成勝好監修: “食品ハイドロコロイドの開発と応用”, (2007), (シーエムシー出版).
- B. A. Lewis, A. M. Stephen, G. O. Phillips, P. A. Williams (Ed): “*Food Polysaccharides and Their Applications*”, (2006), (Marcel Dekker).
- 早川文代: “食べる日本語”, (2006), (毎日新聞社).
- 西成勝好, 大越ひろ, 神山かおる, 山本 隆編: “食感創造ハンドブック”, (2005), (建帛社).
- 早川文代: “食語のひととき”, (2004), (毎日新聞社).
- 日本フードスペシャリスト協会編: “食品の官能評価・鑑別演習”, (1999), (弘学出版).
- 西成勝好, 中沢文子, 勝田啓子, 戸田 準編: “新食感事典”, (1999), (サイエンスフォーラム).
- 松本幸雄: “食品の物性とは何か”, (1991), (弘学出版).

文 献

- 1) 米谷民雄: ぶんせき, **2002**, 691.
- 2) 村本光二: ぶんせき, **2005**, 217.
- 3) 新垣雄光: ぶんせき, **2008**, 236.
- 4) 佐藤恭子: ぶんせき, **2008**, 401.
- 5) 堀江正一: ぶんせき, **2009**, 14.
- 6) 高野伊知郎: ぶんせき, **2009**, 69.
- 7) 日佐和夫: ぶんせき, **2009**, 117.
- 8) 永山敏廣: ぶんせき, **2009**, 120.
- 9) 堀江正一: ぶんせき, **2009**, 124.
- 10) 田中敏嗣: ぶんせき, **2009**, 127.
- 11) 小路正博: ぶんせき, **2009**, 129.
- 12) 大城直雅: ぶんせき, **2009**, 133.
- 13) 堤 智昭: ぶんせき, **2009**, 136.
- 14) 龜山 浩: ぶんせき, **2009**, 140.
- 15) 安井明美: ぶんせき, **2009**, 144.
- 16) 太田彦人: ぶんせき, **2009**, 146.
- 17) 袴塚高志: ぶんせき, **2009**, 149.
- 18) 龜山真由美: ぶんせき, **2002**, 138.
- 19) 谷口 晃, 池崎秀和: ぶんせき, **2001**, 408.
- 20) 都甲 潔: ぶんせき, **2002**, 608.
- 21) 都甲 潔: ぶんせき, **2003**, 597.
- 22) 下田満哉, 狩野広美: ぶんせき, **2002**, 75.
- 23) 石田信昭: ぶんせき, **2001**, 78.
- 24) 堀江秀樹: ぶんせき, **2001**, 254.
- 25) 龜山真由美: ぶんせき, **2003**, 556.
- 26) 龜山真由美: ぶんせき, **2006**, 23.

- 27) 相島鐵郎：ぶんせき，2001，15.
 28) *Food Qual. Prefer.*，13，237 (2002).
 29) リム リーワ：ぶんせき，2009，157.
 30) 松本伸子，松元文子：調理科学，10，97 (1977).
 31) C. Wilkinson, G. B. Dijkstra, M. Minekusy : *Trends Food Sci. Technol.*，11，442 (2000).
 32) 神山かおる：化学と生物，47，133 (2009).
 33) J. Chen : *Food Hydrocoll.*，23，1 (2009).
 34) IFT : *Food Technol.*，35，50 (1981).
 35) L. M. Poste, D. A. Mackie, G. Butler, E. Larmond : “*Laboratory Methods for Sensory Analysis of Food*”, (1991), (Ministry of Supply and Services Canada, Ottawa).
 36) M. Meilgaard, G. V. Civille, B. T. Carr : “*Sensory Evaluation Techniques*”, (2006), (CRC Press).
 37) 都甲 潔：“味覚を科学する”，(2002)，(朝倉書店).
 38) 都甲 潔編著：“感性バイオセンサー”，(2001)，(朝倉書店).
 39) K. Toko : “*Biomimetic Sensor Technology*”, (2000), (Cambridge University Press).
 40) E. Imai, K. Saito, N. Hatakeyama, K. Hatae, A. Shimada : *J. Texture Stud.*，30，59 (1999).
 41) 松本幸雄，日本レオロジー学会誌，6，39 (1978).
 42) F. W. Wood : *S. C. I. Monograph*, No. 27, 80 (1968).
 43) F. Shama, P. Sherman : *J. Texture Stud.*，4，111 (1973).
 44) T. Takahashi, T. Nitou, N. Tayama, A. Kawano, H. Ogoshi : *J. Texture Stud.*，33，585 (2003).
 45) A. N. Cutler, E. R. Morris, L. J. Taylor : *J. Texture Stud.*，14，377 (1983).
 46) J. H. F. Bult, R. A. de Wijk, T. Hummel : *Neurosci. Lett.*，

- 411，6 (2007).
 47) G. Savary, C. Lafarge, J.-L. Doublier, N. Cayot : *Food Res. Int.*，40，709 (2007).
 48) Z. V. Baines, E. R. Morris : “*Gums and Stabilisers for the Food Industry 4*”, Edited by G. O. Phillips, D. J. Wedlock, P. A. Williams, p. 193 (1988), (IRL Press, Oxford, UK).
 49) E. R. Morris : “*Food Hydrocolloids—Structures, Properties, and Functions*”, Edited by K. Nishinari, E. Doi, p. 201 (1994), (Plenum Press, New York, USA).



高橋 亮 (Rheo TAKAHASHI)

群馬大学大学院工学研究科応用化学・生物化学専攻 (〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1)。群馬大学大学院工学研究科生産工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。《現在の研究テーマ》食品分析，食品レオロジー，分離分析機器開発，光・小角X線散乱。《主な著書》“食品ハイドロコロイドの開発と応用”(分担執筆)(シーエムシー出版)。



西成勝好 (Katsuyoshi NISHINARI)

大阪市立大学大学院生活科学研究科 (〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本町3-3-138)。東京大学院理学系研究科相関理化学専攻単位取得退学。理学博士。《現在の研究テーマ》食品レオロジー，高分子物理。《主な著書》“食品ハイドロコロイドの開発と応用”(監修)(シーエムシー出版)。

新刊紹介

環境測定と分析機器—信頼性のある測定・分析のために—第2版

高田芳矩・小熊幸一・平野義博・坂田 衛 共著

本書は、「環境分析のための機器分析」の教科書および実務書として(社)日本環境測定分析協会が昭和55年(1980年)より重版してきたものを，信頼性確保を中心とした情勢の変化に合わせて平成15年(2003年)にタイトルを改めて発行された書籍の第2版である。この7年あまりのうちに，環境問題はより国際的な社会問題となり，環境計測はより高度な分析技術を国際的な品質管理・精度管理の下で実施しなくてはならない時代になった。これを踏まえて第2版では，まず環境規制や公定法に関する世界動向と分析現場への要求事項である信頼性

保証に関する内容が総論としてまとめられている。続いて試料の取扱いの章では，現状に合わせて固体試料の対象を廃棄物や土壌，底質等へ広げ，分析機器の章では，環境分析に用いる各種分析機器の原理と汎用機器としての使い方に絞ってコンパクトにまとめるなど，実際に環境計測にかかわる人間にとって，時代の要請を反映した必要事項が実用的に構成されている。もう一つ特徴的な点としては，環境用連続分析計・自動測定器を独立した章にまとめ，最近の多種多様の機器に関する解説書としたことで，環境計量士国家試験対策をはじめ，現在の環境計測の現場で実際に必要な内容を網羅している。環境規制の分野においては，今後も国内外の動向や分析要請が絶えず変化していくことが予想され，その中で環境計量における国際整合性はますます重要となるであろう。環境基準そのものは目まぐるしく変わっていても，本書は環境計測にかかわる分析者がもつべき基本的な知識と信頼性に関する理解のエッセンスをまとめた教科書のかつ実用的なハンドブックとして活用できる。

(ISBN 978-4-931340-76-3・A5判・493ページ・4,500円+税・2010年刊・社団法人日本環境測定分析協会)