味覚センサーを用いたみそ,しょうゆの評価

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
巻/号	1077
掲載ページ	p. 485-490
発行年月	2012年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

味覚センサーを用いたみそ，しょうゆの評価

みそ，しょうゆをはじめとして，発酵調味食品は，食品や加工食品等の調味の用途に用いられ，その品質は人の味覚による官能検査によって評価されている。調味食品の味は，多数の呈味成分の複合的な作用が，人の味覚によって感じ取られることで，認識されている。食品の開発研究では，官能検査による評価を行っているが，人の味覚を利用することから，評価値の安定性，多大な労力のために，センサーによる客観的評価値の導入が望まれている。近年では合成脂質膜や半導体をもちいた味センサーや匂いセンサーなどの装置が市販されている。食品の品質管理や新製品開発のために，迅速かつ簡便な評価技術としてセンサー技術が注目されている。著者らは，いち早く味センサーを導入し，長野県特産のみそ，しょうゆの品質評価の試験研究を行ってきた。そこで，味センサーの実際の測定例をあげながら，発酵調味食品における味センサー技術の利点と問題点について解説していただいた。

戸井田　仁一

1. はじめに

食品の品質における味の重要性は改めて言うまでもない。食品の味の評価は，従来人間による官能評価を主体として行われてきた。官能評価の重要性は誰もが認めるところであり，将来的にも変わることはないだろうが，官能評価には課題，限界があるのも事実である。パネラーに個人差がある，体調の影響を受ける，評価した味の特徴を他人に伝えるのが困難であるなどは一例であり，これらを補完する客観性，再現性の高い評価法が求められている。

ここで紹介する味覚センサーは食品の味を測定，数値化し，客観的に評価する装置として，九州大学の都甲潔教授が考案し，20年ほど前に世界で初めて味認識装置として製品化された。長野県工業技術総合センターには味覚センサー（味認識装置）が市販当初から導入され，現在最新機種などが設置，利用されている。味覚センサーは脂質／高分子膜を味物質の受容部として食品試料の電位を測定し，その出力値から味を数値化する。味を数値化，可視化できるため，味覚マップなどを作成して製品の特徴を把握，説明しやすく，社内外へのプレゼン，新製品開発の指標の明確化などに非常に有用なツールである。もちろん食品の味という複雑な概念をこの装置のみで評価するのは困難であろう。事実この装置自体は発展途上の段階にあり，センサーなどの改良を重ねている。我々も基本的には官能評価を補完するツールとして捉えており，官能評価とどの程度一致するか，どのような点でどの程度利用可能か評価を積み重ねるとともに，実際に企業からの測定依頼などに対応している。過去には使用例として都甲[1]，蟻川ら[2,3]から味覚センサーによる清酒，水，おしるこ，だしなどの判別，評価等が報告されている。

本稿では，品質管理，製品開発等への利用を見据え，味覚センサーによるみそ，しょうゆの評価を行った。当センターでは毎年市販味噌研究会，市販しょうゆ研究会を開催し，県内産を主体としたみそやしょうゆの市販品を収集して官能審査を行うとともに，しょうゆについては成分分析を実施している[4]。これらの市販品などのみそ，しょうゆを評価するとともに，分析値や官能評価などと比較検討した[5]ので紹介したい。

Evaluation fo Miso and Soy sause using a Taste Sensor

Jinich Toida (*Nagano Prefecture General Industrial Technology Center*)

2. 味覚センサーを用いた評価法の概要

ここでは味認識装置SA402B（㈱インテリジェントセンサーテクノロジー）を用いた測定・評価法を紹介する。装置には現在第1表のように食品用センサーとして基本5味＋渋味の各味覚に対応した6種類が揃えられている。センサーは人工脂質膜からなり，その表面において試料中の呈味物質と静電相互作用や疎水性相互作用することにより脂質膜の膜電位が変化する。センサーからの電位の出力値を補正，数値変換して各味の強度として表し，最終的に味の強度とバランスによって味の特性を評価する。

この装置は先味と後味の概念を評価可能である。先味は味わった直後に感じる味であり，後味は旨味のコクなど舌に後まで持続的に残る味に相当する。各味の6種類のセンサーのうち，旨味，苦味，渋味の各センサーは先味と後味，その他は先味のみを評価する。先味は基準液（30mM KCl，0.3mM 酒石酸）の電位に対する試料溶液の相対電位，電位差を測定することにより評価する。一方，後味は先味測定後にセンサーを軽く洗浄した後で，基準液の電位を測定して評価する。これは，苦味物質や渋味物質などが洗い流されず吸着が持続することによって生じる，元の基準電位からのずれを評価する。

試料は液体が対象であり，固体やペースト状の食品は水抽出するなどして液状にした後，遠心分離した上清を用いる。通常測定は4回行い最初の1回を除いた3回測定の平均値を各センサーの測定値としている。

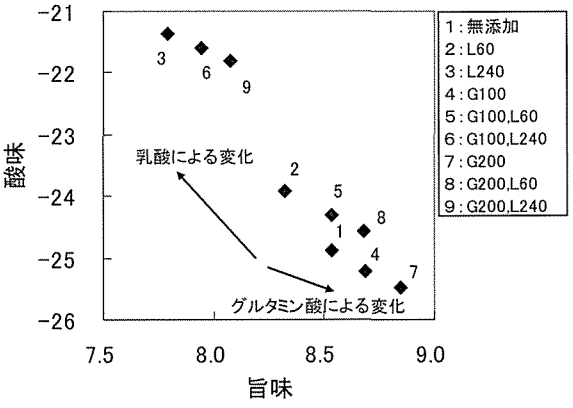
3. 味覚センサーによるみその評価

みその主原料は米，大豆，食塩と種類が少なく，食品添加物はほとんど使用されないシンプルな食品である。そのため，官能評価と味覚センサーとの評価が比較的一致しやすいのではないかと考えた。みその味の変化は基本的に熟成によるものであり，旨味と酸味が特徴的かつ重要である。通常熟成過程において，タンパク質の分解によるグルタミン酸等のアミノ酸増加に伴う旨味の増加と，乳酸発酵による乳酸等の有機酸やアミノ酸の生成に伴いpHが低下し，酸味の増加が認められる。

第1表　食品用センサーの種類

センサー名	先味	後味
旨味センサー	旨味	旨味コク
塩味センサー	塩味	
酸味センサー	酸味	
苦味センサー	苦味雑味	苦味
渋味センサー	渋味刺激	渋味
甘味センサー	甘味	

まず，モデル試験としてみそへグルタミン酸（試薬としてグルタミン酸水素ナトリウム），乳酸を添加した場合の旨味，酸味の変化を味覚センサーにより評価し，二次元マップにより示した（第1図）。その結果，添加前のみそNo.1に対し，グルタミン酸あるいは乳酸の添加に伴い，旨味あるいは酸味の値の増加が認められたが，それぞれ単純に旨味，酸味のみの変化ではなかった。例えばグルタミン酸を添加し100gあたりの添加量を100mg（No.4），200mg（No.7）と増やすと第1図中の矢印に示すような一定方向の変化を示し，旨味値は増加したが，酸味値は減少した。これは，グルタミン酸（グルタミン酸水素ナトリウム）の添加に伴い試料のpHが上昇したため，旨味値の増加とともに酸味値が減少したと考えられる。一方，乳酸添加の場合も，添加量の増加に伴いNo.1，No.2，No.3の順に一定方向への変化を示し，酸味値の増加とともに旨味値は減少した。ここで，旨味センサーの応答はpH



第1図　みそへのグルタミン酸（グルタミン酸水素ナトリウム），
乳酸の添加に伴う応答値の変化
凡例のGの数字はみそ100gあたりのグルタミン酸水素ナトリウム添加量（mg），
Lは100gあたり乳酸添加量（mg）

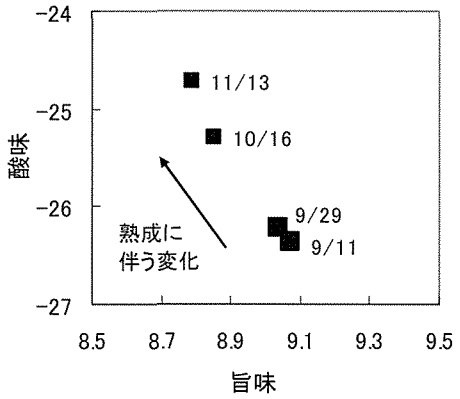
の影響を受けることが知られており，試料のpHが低いほど応答値が減少する。この場合も乳酸添加に伴うpH低下により，旨味値が減少したと考えられる。グルタミン酸と乳酸の両方を添加した場合は，単独での添加による変化のベクトルの和として，それぞれ第1図に示すように変化した。この時グルタミン酸量に対して相対的に乳酸の添加量が多い場合，旨味センサーは，グルタミン酸に伴う応答値の増加以上に乳酸によるpH低下の影響を受けた結果，（見かけとして）応答値が減少する方向に変化したと考えられる。このように味覚センサーによってみその旨味を評価する場合単純には評価できず，pHの影響を考慮する必要があることがわかった。

次いで，実際にみそを仕込み，その熟成経過に伴う味覚センサーの応答変化を調べた。このみそは9/11に仕込み，11/13までの約2ヶ月，30℃で熟成させたものである（第2表）。その間計4回サンプリングし，各時点でのpHは第2表に示すように熟成とともに低下していた。旨味センサー及び酸味センサーの応答結果を第2図に示す。センサーの応答値は熟成とともに矢印で示すように，酸味が増加し，旨味が減少するような変化を示した。このような熟成に伴う酸味の値の増加は，第2表のpHのデータや一般的な官能評価と一致する。一方，旨味の値の減少は一般的な成分値の変化や官能評価とは明らかに逆の応答である。これは先の添加試験と同じ理由により，旨味センサーが熟成に伴う旨味成分による応答値の増加以上にみそのpH低下の影響を受けたためと考えられる。なお，熟成に伴う応答の変化は直線で近似されるように推移しており，この推移がモデル化，数式化できれば同様のタイプの味噌については，熟成度を評価するなどの品質管理に利用できる可能性がある。

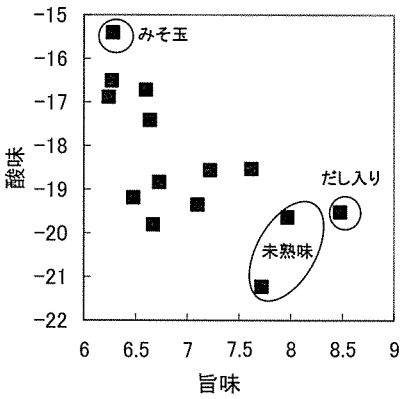
第3図は，市販味噌研究会で収集した各種の長野県産市販みそ14点を旨味センサー及び酸味センサーにより評価した結果である。相対的に淡色系みそは旨味が高く酸味が低い位置，赤色系のみそは旨味が低く酸味が高い位置に多くプロットされた。大まかな傾向として熟成期間が長いみそほど酸味が増加し，旨味が減少するように変遷していく様子が伺え，これは先に述べた単一のみその熟成経過に伴う推移と同様の傾向であった。市販味噌研究会の官能評価において未熟味を指摘されていたみそ2点は近い位置に分布しており，それらは他の試料とはやや離れ，酸味が少なく旨味が多い位置であった。また，みそ玉みそやだし入りみそといった特徴的なみそは，一般的な米みそとは離れた位置にあり，特徴が良く捉えられていた。みそ玉みそは大豆を玉状に成形して数日静置した後仕込むため，乳酸発酵が進んだ酸味の強い特徴を持つみそであるが，味センサーでも酸味が高い値を示した。だし入りみそ

第2表　みその熟成経過及びpHの変化

サンプリング日	pH
9/11（仕込）	5.38
9/29	5.32
10/16	5.23
11/13（熟成終了）	5.15



第2図　みその熟成に伴う味覚センサーの応答変化（旨味，酸味）



第3図　味覚センサーによる長野県産市販みその評価（旨味，酸味）

は酸味の値に比較して非常に旨味が高い値であった。だし入りみそのように添加物として大幅に旨味成分を増強すると明らかに高い旨味値を示し，成分値や官能と合うことがわかった。また，データは示さないが低食塩タイプのみそは塩味センサーの値が低くなり，特徴が捉えられていた。

4. 味覚センサーによるしょうゆの評価

市販しょうゆ研究会で収集した長野県産品を主体とする市販しょうゆ52点[4](内訳は第3表）を味覚センサーにより評価するとともに，官能評価や食塩，窒素分などの成分値と比較し相関を調べた。

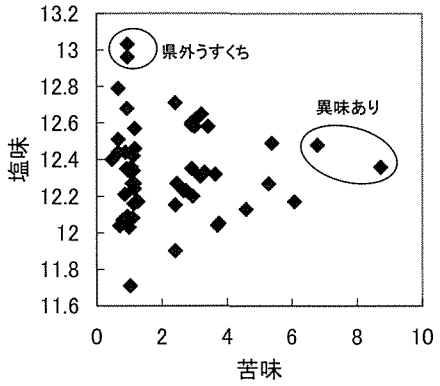
苦味センサー及び塩味センサーによる評価結果を第4図に示す。しょうゆの食塩濃度は一般的にこいくちよりうすくち，県内品より県外品の方が高い傾向であり，特に県外うすくちしょうゆ2点は18%以上と収集品の中で最も高い成分値であった。この県外うすくちしょうゆ2点の塩味の値は他の試料より明らかに高く，特徴を捉えていた。また，官能評価で異味ありと指摘されたしょうゆが同じ県内メーカー産の2点みられたが，これらは図のように近い位置に分布しており，苦味の値が高かった。苦味センサーがこれらのしょうゆの異味の原因物質に応答を示した可能性があり，苦味センサーによる異味の検出に利用できる可能性がある。

次いで旨味センサー及び酸味センサーにより市販こいくちしょうゆ39点を評価した（第5図)。その結果，大まかに旨味の値によって製造方式別に分かれるような分布をしていた。すなわち，ほとんどの本醸造タイプはおおよそ旨味の値が8以下，一方混合醸造及び混合方式のほとんどは酸味の値に比べ比較的旨味の値が高く，旨味の値はおおよそ8以上であった。混合醸造や混合方式のしょうゆは本醸造に比べて特に旨味の官能評価が高いとか，成分的に全窒素やホルモール窒素含量が特に高い傾向は認められないので，混合醸造及び混合方式のしょうゆに使用されるアミノ酸液が旨味センサーに強く応答し，旨味の値を高めていることが推測される。

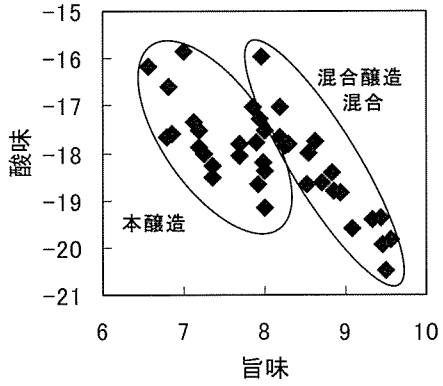
また，市販しょうゆ52点について味覚センサーによる測定値を主成分分析した結果を第6図に示した。データ解析の結果，各主成分への寄与率から，第1主成分は苦味，第2主成分は酸味と関連性が高い項目と考えられた。大まかに第2主成分の値は，県内こいくち本醸造が最も高く，続いて県内こいくち混合醸造及び混合，県内うすくち本醸造，県内うすくち混合の順に低くなる傾向がみられた。一方，県内品の第1主成

第3表　収集した市販しょうゆの内訳

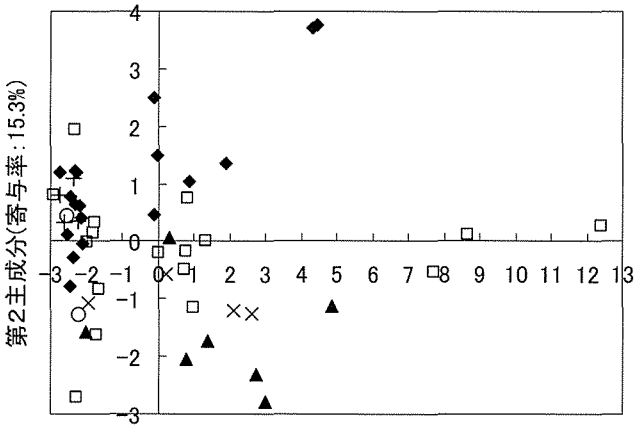
種別	点数
県内こいくち本醸造	18
県内こいくち混合醸造，混合	17
県外こいくち本醸造	4
県内うすくち本醸造	4
県内うすくち混合	7
県外うすくち本醸造	2
合計	52



第4図　味覚センサーによる市販しょうゆの評価(苦味，塩味)



第5図　味覚センサーによる市販こいくちしょうゆの評価(旨味，酸味)



第6図　市販しょうゆの評価(主成分分析)

凡例：◆，県内こいくち本醸造；　□，県内こいくち混合醸造及び混合；
+，県外こいくち本醸造；　×，県内うすくち本醸造；
▲，県内うすくち混合；　○，県外うすくち本醸造

分の値は広範囲にわたっており，メーカーによって高低の特徴があるようであった。ちなみに，第1主成分の値が特に高いしょうゆ2点は先述した異味を指摘された同じメーカーのものである。県外品はこいくち，うすくちいずれも第1主成分の値が低く，点数が少ないこともあるが，比較的固まって分布していた。

次に市販しょうゆの成分分析値[4]と各センサーにより評価した値の相関を調べた。食塩濃度と塩味の値は相関係数 R = 0.82 と高い相関を示した。pH と酸味は R = -0.52 とある程度の相関がみられた。全窒素やホルモール窒素といった窒素関連成分値と旨味系との相関はそれほど高くなく，最も相関が高かったホルモール窒素と旨味コクでも R = 0.39，全窒素と旨味コクは R = 0.34 であった。また，エキスと旨味コクは R = 0.31 であった。

5. おわりに

味覚センサーにより市販品などのみそ，しょうゆを評価し，味の特徴の把握，品質管理等での利用が可能か検討した。全体的に塩味や酸味の評価値は成分値や官能と比較的相関が高く，充分評価に使える印象を受けた。旨味についてはセンサーが pH の影響により成分値や官能とは矛盾する傾向が見られた。少なくとも pH の影響を考慮に入れる必要があり，更に数値補正をするなどの工夫があればなお良いと感じた。だし入りみそやみそ玉みそなどの特徴的な味の評価は可能であり，更にみその熟成度の評価，苦味の評価によるしょうゆの異味の検出といった品質管理等での利用の可能性も示唆された。

以上のように現状の味覚センサーは利用できる点と課題がある。更に性能の向上が期待され，特に官能と相関の高いセンサーの開発は永遠の課題であろう。官能に近いということでは人間の舌の味蕾やレセプターを味の評価，味物質のスクリーニングに用いる研究などが行われている。将来的にはこれらを味覚センサーとして利用することも考えられるが，課題が多く現状では実現可能性は低いと思われる。現状の味覚センサーのように安定な化学物質を応答膜部分に用いることは現実的に妥当な選択である。また，味覚はマクロで総合的な感覚であるので，味物質とレセプターのように特異性が高い応答システムより，現在のようなセンサーはある意味合目的である気もする。味覚を客観的に数値化可能なツールは食品業界にとって利用価値の大きいものである。良く言われるように世界中でも味覚が非常に敏感，繊細な日本人から世界初の味を評価する機器が開発されたというのは必然的であるようにも思え，誇らしくもある。センサーなどの改良を進め，更に優れた機器として育って欲しいと願っている。

〈長野県工業技術総合センター　食品技術部門〉

参考文献

1) 都甲潔．食と感性，光琳出版，p161-170,（1999）
2) 蟻川幸彦，桑原秀明，近藤君夫，斉藤洋三，戸井田仁一，小原忠彦．長野食工試研報，**29**, 41-45（2001）
3) 蟻川幸彦，山口秀人，戸井田仁一，近藤君夫，小原忠彦．長野食工試研報，**29**, 46-47（2001）
4) 吉川茂利，戸井田仁一，高野久美子，岡村ゆき子，近藤君夫．長野県工技センター研報，**5**, p.F22-F25（2010）
5) 戸井田仁一，蟻川幸彦：長野県工技センター研報，**6**, F1-F4（2011）