

※本資料は、タバスコソースについて、Alpha MOS(フランス)にて分析した結果に基づくものです。

1912年、Wilbur Scovilleは、製薬会社である Parke Davisで働きながら、チリペッパーの辛味強度を計測する方法を開発しました。この試験は、スコヴィル味覚テストと呼ばれ、サンプルの希釈と味覚試験を繰り返すものです。チリペッパーに砂糖水を加えて粉碎し、パネリストはその混合液を飲みます。辛味を感じたら混合液を希釈し、辛味を感じなくなるまで希釈→味覚試験を繰り返します。辛味のスコアは、辛味を感じなくなるのに必要な希釈倍率によって定義されます。

チリペッパーの辛味は、100単位で計測され、スコヴィル値0のピーマンから、スコヴィル値300,000の刺激の強いハバネロにまで及びます。唐辛子の辛味の原因物質はカプサイシンで、純度の高いカプサイシンは、スコヴィル値15,000,000を超えます。スコヴィル味覚テストは、試験当日の標準サンプルに依存する主観的な試験と考えられる比較に基づく味覚試験であり、今日ではより洗練された方法が用いられていますが、Wilbur Scovilleに敬意を表して、辛味の計測単位は、現在もスコヴィル値と呼ばれています。

現在の赤唐辛子の辛味を決定する手法

American Spice Trade Association (ASTA) Method 21.0は、長らく工業的に用いられていた古いスコヴィル味覚テストであり、以下の理由からばらつきの非常に大きい手法でした。

- リファレンスサンプルの不足
- 統計的な妥当性の欠如
- 乏しい試験再現性
- サンプル中にエタノールを含む
- 味覚閾値を上げる
- 味覚の疲労が早い
- 熱の増強



従って、1998年の12月にASTAIは、ASTA method 21.0と21.1は辛味を同定するもの、ASTA method 21.3は唐辛子とそれらの粉碎物の辛味の分析(HPLC)の公定法と決めました。

- ASTA Method 21.3の主な利点
 1. 客観的
 2. 標準化され、公的な手法となった
- ASTA Method 21.3の不便な点
 1. サンプル調製に要する時間が長い(抽出に約1時間)
 2. 分析時間が長い(約20分/分析)
 3. 標準溶液が必要

本アプリケーションノートの目的は、HPLCよりも速く、客観的な手法を提示することです。

電子味覚システムは、官能評価、HPLCやGC/MSのデータに基づきトレーニングすることで、液体サンプルの定性的、または定量的な官能的特徴を迅速に分析することができます。また、その信頼性は高く、ごくわずかなサンプル調製のみで、容易に分析することができます。そしてシステムは、トレーニングデータと関連のある結果を与えます。

電子味覚システムの原理は、液相中に溶解している有機/無機化合物を7本の非特異的センサーによって分析するというものです。

主なアプリケーションは、食品、飲料、包装材料や医薬品です。

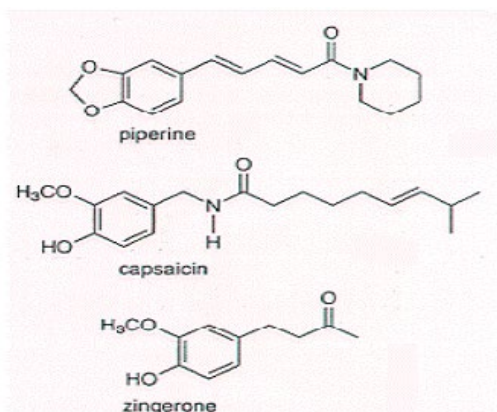
目的1: 辛味強度の予測

Astreeの辛味の定量能力を確認するために、単一化合物の辛味強度を調査しました。

辛味を引き起こすチリペッパーの化学成分は**カプサイノイド**です。唐辛子のカプサイノイド含量の80-90%を占め、唐辛子の刺激の大部分に関与している化合物が2種類あります。これら2種類とは**カプサイシン**と**ジヒドロカプサイシン**と呼ばれています。

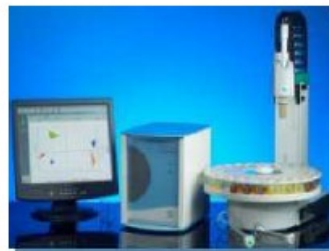
カプサイシンは、唐辛子類の辛味の原因物質で、メキシコ、南アメリカ、ケージャンやアジア料理に含まれています。生姜は、アジア料理に用いられるもう一つの辛い香辛料ですが、その刺激の原因物質は**ジンゲロン**です。

ピペリンは、白コショウと黒コショウの活性成分であり、その防虫効果のために植物に用いられます。



そこで、辛味の原因となる4種類の主要な化合物について、最初に分析を行いました。

食品や飲料向けに設計された7本のセンサーアレイを持つ電子味覚システムAstreeを用いて、全てのサンプルを分析しました。



サンプル量: 100mL
温度: 室温
測定間隔: 180秒
データ取得時間: 120秒

分析1: 辛味物質の識別

● サンプル

カプサイシン (M.W.=305.40)
ジヒドロカプサイシン (M.W.=307.40)
ジンゲロン (M.W.=194.23)
ピペリン (M.W.=285.34)

● サンプル調製

50mgのサンプルを100mLのエタノールで溶解

● 結果

4種類の化合物は、Astreeによって識別されました。

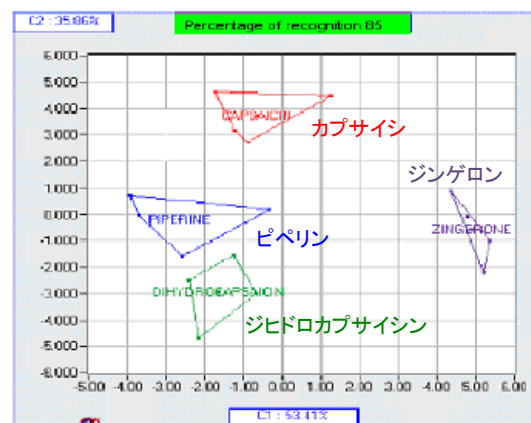


図 1: 全サンプルの判別分析

上記の結果のように、電子味覚システムは、種類の異なる辛味物質を識別できることが示されました。次に、辛味の程度の定量化について検証を行いました。

分析2: ジンゲロン定量

濃度の異なるジンゲロン溶液について、調査を行いました:

- 0.1M(S1): 4.856g / 250mLエタノール
- 0.075M: 75ml S1 / 100mLエタノール
- 0.050M: 50ml S1 / 100mLエタノール
- 0.020M: 20ml S1 / 100mLエタノール
- 0.010M: 0.486g / 250mLエタノール



表 1: 分析した溶液のスコヴィル値

サンプル	スコヴィル値
0.1M溶液	10000
0.075M溶液	7500
0.050M溶液	5000
0.020M溶液	2000
0.010M溶液	1000

結果

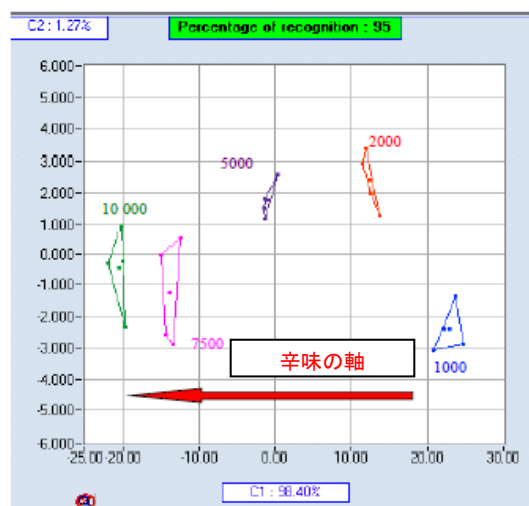


図 2: ジンゲロン溶液の判別分析

Astreeは、濃度の異なるジンゲロン溶液を明確に識別することができました(図2参照)。また、濃度の軸が横軸(C1)に表現されていました。

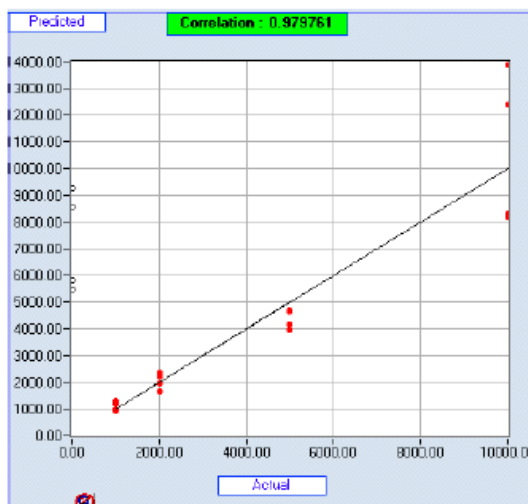


図 3: ジンゲロン濃度定量のためのPLSモデル

スコヴィル値1000、2000、5000、10000のサンプルをトレーニング用サンプルとし、7500のサンプルを未知サンプルとしてプロジェクトすることによってモデルのバリデーションを行いました。

表 2: トレーニング結果

サンプル	Astreeデータによる予測値	スコヴィル値 (実測値)	実測値と予測値の差
1000	1096	1000	96
2000	2051	2000	51
5000	4361	5000	639
10000	10691	10000	691

表 3: スコヴィル値7500のサンプルの予測結果

サンプル	Astreeデータによる予測値	スコヴィル値 (実測値)	実測値と予測値の差
7500	7278	7500	222

電子味覚システムAstreeは、ジンゲロン溶液の濃度を決定、スコヴィル値を定量することができました。予測誤差は222で実測値の3%未満であり、高い予測精度を示しました。

目的2: タバスコソースの辛味との相関

Astreeを用いて、化合物単体と同様に、最終製品の分析を行いました。以下は、4種類のタバスコソースの辛味の定量を試みた分析の概略です。

サンプル

分析するサンプルとして4種類のタバスコソースを選びました。

表 4: 分析した4種類のタバスコソースサンプル

サンプル	組成	ラベル	スコヴィル値
Tabasco original	酢、チリ、食塩	Original	3700
Tabasco garlic	酢、チリ、水、食塩、ニンニク	Garlic	1500
Tabasco jalapeno	酢、ハラペーニョ、唐辛子、水、食塩、スターチ、キサンタンガム、アスコルビン酸	Green	900
Tabasco Chipotle	酢、チポトレペッパー、水、食塩、砂糖、ガーリックパウダー、香辛料	Chipotle	2000

結果

識別性



- Astreeによる分析によって、識別性を容易に確認することができました(図4)。
- 4種類のタバスコは明確に識別されました。各軸の情報量は、横軸C1が66%、縦軸C2が31%であり、これら2つの軸によって、主に識別されていることがわかりました。

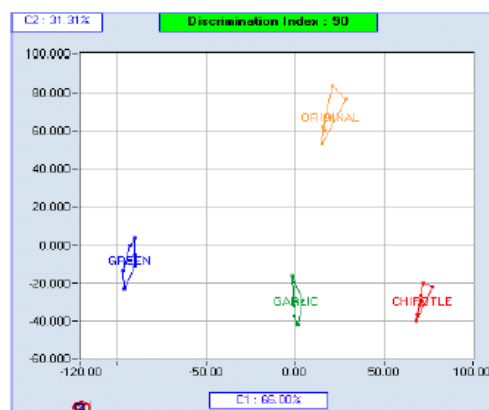


図 4: タバスコソースサンプルの主成分分析

定量

図5のPLSモデルの相関係数Rが示すように、スコヴィル値とAstreeのデータは非常に高い相関性を示しました($R > 0.99$)。官能評価(スコヴィル値)とAstreeデータによる予測値の差の平均は71で、4サンプルのスコヴィル値の平均2025の4%未満の誤差で、高い精度を示しました。

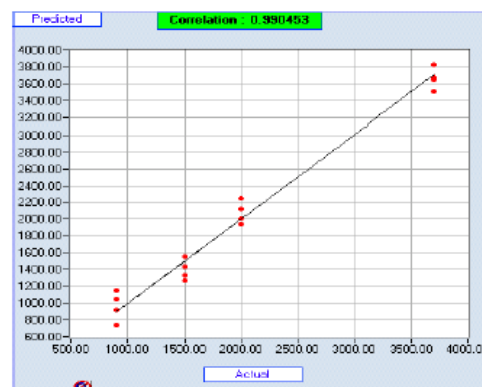


図 5: タバスコソース4サンプルによるPLSモデル

表 5: Astreeデータによるトレーニング結果

サンプル	Astree 予測値	予測値の RSD (相対標準偏差)	スコヴィル値(実測値)	実測値と予測値の差
Green	961	152	900	61
Garlic	1397	108	1500	103
Chipotle	2081	113	2000	81
Original	3661	112	3700	39

目的3: タバコソースの辛味の予測

目的2で用いたサンプルについて、希釈倍率を変えた複数のサンプルを調製してAstreeで分析しました。得られた定量モデルの妥当性を検証するために、サンプルの一部を未知サンプルとしてプロジェクトすることでさらなる検証を行いました。

サンプル

サンプルは、表6の重量を100gの水で溶解して調製しました。

サンプル	重量(g)	ラベルとスコヴィル値
Original	50	O_3700
Original	45	O_3330
Original	35	O_2590
Chipotle	50	C_2000
Chipotle	45	C_1800
Garlic	50	GA_1500
Garlic	40	GA_1200
Green	50	GR_900
Green	25	GR_450
Green	5	GR_90
Green	2.5	GR_45

表 6: 希釈したタバコソースサンプル

結果

識別性

タバコソースの種類によって識別されただけでなく、辛味の強度の違いによっても識別することができました(図6)。

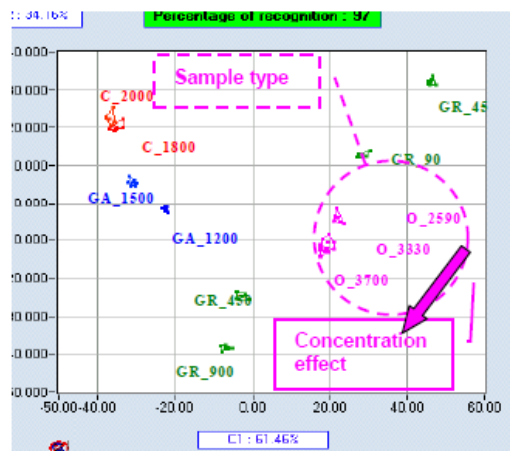


図 6: 希釈したサンプルの判別分析

Astreeの辛味の定量能力を確認するために、以下のサンプルセットでPLSモデルを構築、未知サンプルとしたサンプルの予測精度を検証しました:

- トレーニングセット: O_3700, O_3330, GR_900, GR_450, GR_90, GR_45
- 未知サンプル: O_2590, C_2000

定量

Astreeのデータからの予測値と官能評価によって得られた実測値の直線性は良好でした(相関係数R=0.96)(図7)。

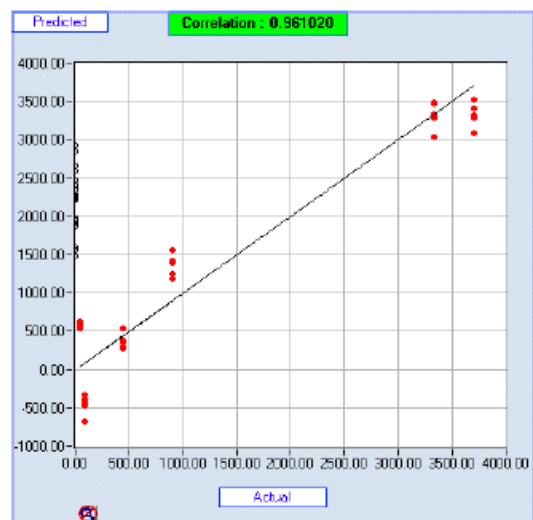


図 7: 希釈したサンプルのPLSモデル

未知サンプルとしてプロジェクトされたサンプルは、以下の予測値を示し、実測値と予測値の差は、高いものでも10%程度でした。

表 7: 未知サンプルの予測結果

サンプル	Astree 予測値	スコヴィル値 (実測値)	実測値と予測値の差
O_2590	2675	2590	85
C_2000	2250	2000	250

結論 - 電子味覚システムによる辛味の評価

電子味覚システムAstreeを用いることで、辛味の原因物質単体だけでなく、最終製品の辛味を正確に予測することができました。

官能評価は、評価方法を誤ると主観的なものになってしまいますが、Astreeによって得られたデータをもとに主成分分析や判別分析といった多変量解析手法を用いることによって、より客観的な表現が可能となります。

また、HPLCによる分析は、サンプル調製や機器による分析そのものに時間を要しますが、Astreeによる分析では、最小限のサンプル調製のみで分析時間も短いため、より迅速に辛味を評価することができます。

本資料は発行時の情報に基づいて作成されており、予告なく改訂することがあります。

2012年4月