

※本資料は、Modena Vinegar Consortium (CABM) のランキングシステムによってグレード付されたバルサミコ酢と小売業者から購入したバルサミコ酢商品について、Alpha MOS (フランス) にて分析した結果に基づくものです。

バルサミコ酢は食品の味を増強する調味料として用いられます。バルサミコ酢は、大きく2種類に分類され、最も一般的であるのは工業/商業用の酢で、サラダドレッシングなど、簡単にスーパーマーケットでも見つけられます。もう一方は、高い官能的品質を持つ酢で、木製の樽での長期間の熟成が必要な伝統的な製法で生産されるものです。モデナ(イタリア)はバルサミコ酢の有名な産地で、D.O.P. (Protected Origin Designation: 原産地名称保護制度) の遵守を監督するバルサミコ酢の協会によって、生産は厳しく制限されています。CABM (Consorzio Aceto Balsamico di Modena) の承認を受けるために、製品は特有の基準に適合しなければなりません。

### 目的

酢は、その強烈な刺激のために、官能評価パネルによる試験を多く行うことが難しいものです。本資料は、電子嗅覚・味覚システムを用いた様々なモデナ産バルサミコ酢の香りと味のプロファイル分析について示します。

### フラッシュGCノーズ

電子嗅覚システムHERACLESは、超高速GCをベースとし、各々に検出器のFIDを持つ極性の異なる2種類のショートカラム (DB-5: 微極性、DB-1701: 低/中極性) を内蔵していることから、1回の分析によって同時に2つのクロマトグラムが得られ、ピークの化合物の推定も可能です。注入されたガスサンプルは、カラムの上流に接続されたTenaxトラップで濃縮されることで、高感度の分析を実現しています。高速の昇温率 (最大 20°C/秒) によって分析時間が短縮されることで、1分以内に結果が得られ、5分間隔での分析が可能です。

### AroChembase: 化合物のプレスクリーニングと官能特性を調査するためのKovats Indexライブラリ

AroChemBaseは、専用のソフトウェアであるAlphaSoftのアドオンモジュールです。ライブラリは、化合物名、分子式、CAS番号、分子量、保持指標、官能属性と関連する文献情報から構成されています。

このライブラリを利用することで、化合物のプレスクリーニングが可能となり、HERACLESのクロマトグラムから、サンプルの官能的な特徴を知ることができます。

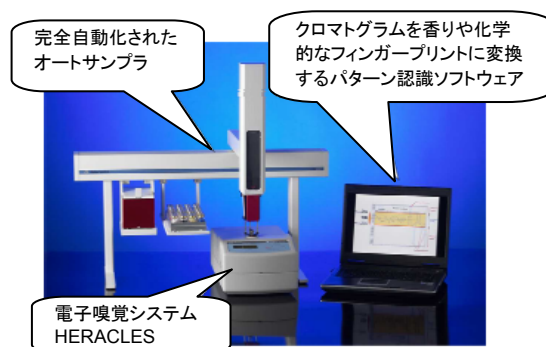


図1: 超高速GCをベースにした電子嗅覚システム HERACLES

### 電子味覚システム

電子味覚システムASTREEは、溶液中の味に寄与する溶解成分を分析する装置で、ChemFET (化学的電界効果トランジスタ) センサーが用いられています。

本研究のために、グローバルな味の評価だけでなく、酸味、塩味あるいは旨味といった味属性のサンプル間のランキングができるように設計されたセンサーセットを用いました。このセンサーセットを用いることで、測定サンプルにとってキーとなる味質のサンプル間の相対強度を、1~12 のスケールで表現することができます。

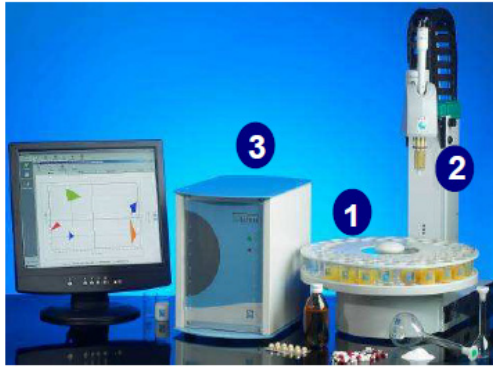


図 2: 電子味覚システムASTREE

- 1 16ポジション(ビーカー容量: 80mL)、または48ポジション(ビーカー容量 25mL)オートサンプラ、写真は48ポジション仕様
- 2 7本の電気化学センサー(相互選択性と部分特異性を持つ)のセットと参照電極1本
- 3 データ取得とオートサンプラ制御のための電気ユニット

## 分析方法

### サンプル

品質の異なるバルサミコ酢14ブランドを分析しました。

表1: 分析したバルサミコ酢サンプル

サンプルラベル	品質
4	最高級 
3	優良 
2	良品 
SD1-SD11 (11ブランド)	サラダドレッシンググレード 

## 分析条件

表2: HERACLESによる香りの分析条件 (ヘッドスペース注入)

パラメータ	条件
サンプル量	1g/20mLバイアル
インキュベーション条件	40°C 20min
サンプリング時間	6s
インジェクタ温度	170°C
トラップ温度	40°C
プレパージ時間	5s
トラップ脱離温度	250°C
トラップクリーニング時間	50s
注入時間	1500ms
カラム温度プログラム	40°C (5s) → 270°C (3s) @ 5°C/s
カラムヘッド圧	16psi
FID温度	280°C
データ取得時間	50s
測定間隔	5min

表3: ASTREEによる味の分析条件

パラメータ	条件
サンプル量	25mL
データ取得時間	120秒
測定間隔	3分

## 香りの分析

### 高品質な酢の香りの特徴づけ

酢のヘッドスペース中に検出された主な揮発性化合物の特徴について、アルカン混合物の分析によって保持指標を算出、Arochembaseを用いて調べました。ほとんどの化合物がエステルとアルデヒドで、全てのサンプルに検出されていたものの、その濃度はサンプル間で異なっていました。例えば、DB-5/DB-1701のそれぞれの保持指標 RI873/RI944で同定された酢酸3-メチルブチル(酢酸イソアミル)と、RI608/RI678に同定された酢酸エチルは、サラダドレッシンググレードのS9と最高級のサンプル4において最も高い濃度を示しました。酢酸エチルは、酢の典型的な揮発性エステルであり、強いフルーティーな香りを付与し、熟成過程の結果として発生します。

表4: 保持指標によって同定されたバルサミコ酢  
ヘッドスペース中の主な揮発性化合物の特徴

保持時間		保持指標		推定された化合物	官能特性
DB5	DB 1701	DB5	DB 1701		
3.3	4.2	376	416	エタナル	刺激臭、 エーテル
3.6	4.5	405	558	プロパナル	エーテル様、 ワイン様、 ぶどう
4.0	4.8	447	580	アセトン/ エタノール	
5.7	7.0	608	678	酢酸エチル	パイナップル
7.1	10.5	654	775	酢酸	酸っぱい
8.8	-	708	-	プロピオン酸 エチル	パイナップル、甘い、 ワイン様、フルーティー
9.8	13.8	731	848	3-メチルブタノール/ 2-メチルブタノール	油っぽい、ウイスキー、 タマネギ、ワイン
11.5	13.2	768	839	酪酸ジメチル	リンゴ
15.1	19.3	827	979	フルフラール	甘い/アーモンド
15.2	16.5	849	913	イソ吉草酸エチル/ 2-メチル酪酸エチル	リンゴ、青 草、プラム
16.3	17.8	873	944	酢酸3-メチル ブチル/酢酸イソアミル	バナナ/西 洋ナシ

品質の優れたサンプル2~4、そして6個の化合物に着目することで、品質のグレードで明確に分類された香りマップ(図3)を得ることができました。選択した6個の化合物の保持指標は、以下の通りです。

- DB-5: 405 - 447 - 607 - 755 - 873
- DB-1701: 516 - 558 - 678

このマップ(図3)において、ベクトルは選択したピーク(保持指標)と品質の関係性を示します。

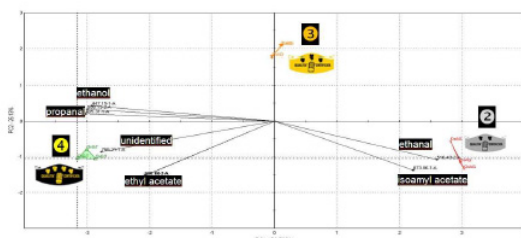


図3: 選択した化合物のピークによる  
サンプル2-4の香りのマップ(主成分分析)

### サンプルの香りのプロファイルの比較

主成分分析によって得られたマップ(図4)は、揮発性成分の組成に基づいたグレードによって明確に識別されていました。高品質なサンプル3、4は、全てのサラダドレッシンググレードのサンプルとは顕著に異なるポジションを示しました。サンプル3、4よりも品質的に劣るサンプル2の香りのプロファイルは、サラダドレッシンググレードのSD1、SD3、SD4、SD5、SD6に類似していました。残りのSD2、SD7、SD8、SD10、SD11は、高品質のサンプル2-4とは全く異なり、SD9は他の2つのグループとも異なっていました。

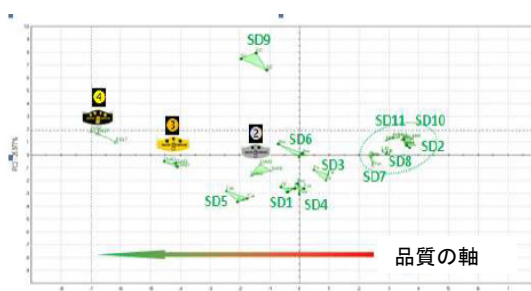


図4: 電子嗅覚システムHeraclesによる  
モデナ産バルサミコ酢の香りのマップ(主成分分析)

### 品質管理モデル

モデナ産のバルサミコ酢がMBVコンソーシアムの品質仕様と合致することを保証するために、最高級の品質を持つサンプル4をゴールドスタンダードとした品質管理モデルを構築しました。このモデルは高品質の酢の認証に有用です。

サラダドレッシンググレードの全てのサンプルは、最高級品の領域(図5の緑のバンド)に対して外れ値を示し、良品の領域(赤のバンド)あるいは優良品(橙のバンド)の境界線付近を示しました。主成分分析モデル(図4)で示された結果と同様に、SD9だけが、全てのグレードとは顕著に異なる特徴的なプロファイルを示しました。

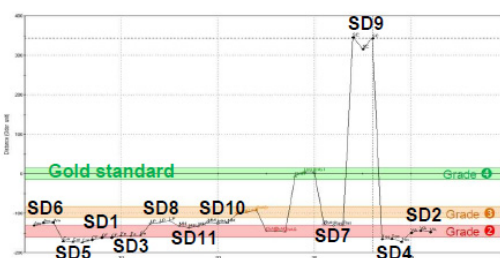


図5: バルサミコ酢の統計的品質管理(SQC)チャート



## 味の分析

### サンプルの味のプロファイルの比較

電子味覚システムASTREEの測定によって、主成分分析を用いた味のマップを構築することができました(図6)。

最高級品のサンプル4は、他のサンプルとは顕著に異なるポジションを示しました。

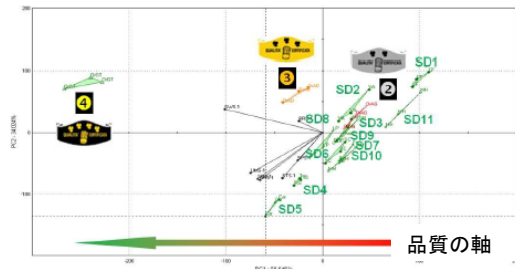


図6: バルサミコ酢の味のマップ(主成分分析)

酸味と旨味の2次元マップでは、サンプル2-4の特徴は異なっていました: サンプル4は、サンプル2、3よりも酸味と旨味が弱いという結果で、サンプル2と3は、酸味と旨味がほぼ同等でした。サラダドレッシンググレードのうち、SD1とSD5は、2つの属性について他のサンプルとは極端に異なる結果を示しました。SD2、SD11とSD6は、サンプル2、3に近い特徴を示しました。

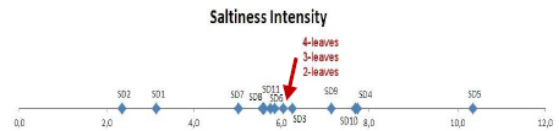


図8: 塩味強度に基づいたバルサミコ酢の分類

サンプル2-4の、塩味強度は同等でした(図8)。一方、サラダドレッシンググレードのサンプル間の塩味強度は、顕著な違いが認められました。

### 酸味、旨味と塩味のランキング

酸味の強度は、酢の全体の味の評価において最も優先され、発酵と熟成の時間に関係しています。

旨味は、酢のような発酵製品において、もう一つの注目すべき味質です。ブドウの種類や果実の熟成度に応じて溶解成分の組成が変化し、経時とともに味が変わります。

全てのサンプルの酸味と旨味についてランク付けし、その結果を2次元マップにプロットしました(図7)。

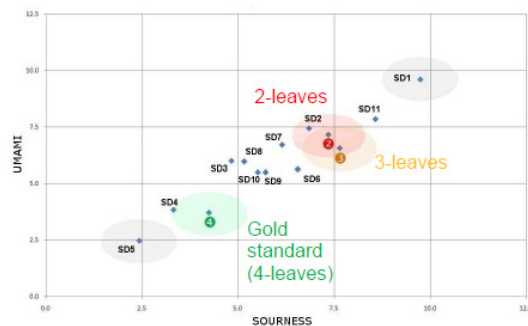


図7: 電子味覚システムASTREEによるバルサミコ酢の酸味-旨味マップ

## 結論

電子嗅覚システムHERACLESは、グレードに基づく香りの品質と良好な相関を示し、グレードの異なる酢を明確に識別することができました。この結果は、本システムが未知、あるいは疑わしいサンプルのプロファイルの確認や、香りの違いの原因の迅速な同定に有用であることを示しています。

電子味覚システムASTREEによって、酸味、旨味そして塩味という3つの味属性について、サンプルの識別に関する補足的な情報が得られました。最高級のサンプル4は、サンプル2、3よりも酸味が弱いという結果を示し、サンプル2、3よりも酸味がまろやかになっている可能性が考えられました。

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。

2011年12月