本資料は、Alpha MOS（フランス）にて分析した結果に基づくものです。

目的

自社製品やプロセスを業界のリーディングカンパニーの製品と比較する競争的ベンチマーキングは、企業が一般的に採用している手法です。この種の研究により、競合他社と比較して市場に製品を位置づけ、製品の改善、再設計または再配合化のための指示を与えることが可能となります。
本研究では、電子嗅覚・味覚システムおよびビジュアルアナライザーを用いて、ソーセージのいくつかのブランドを分析し、比較しました。その目的は、リバースエンジニアリング技術によって既存のレシピを再配合化することを目指して、ターゲットとする競合製品に関する詳細な官能情報を得ることでした。



サンプルと分析手法：

サンプル

X 社製品の 6 ロットを 2 つの競合ブランドのソーセージと比較しました。

官能分析システム

フラッシュGCノーズ HERACLES II、電子味覚システム　ASTREE、ビジュアルアナライザー IRIS（Alpha MOS、フランス）を用いて嗅覚、味覚および視覚的属性に関する試験をそれぞれ行いました。

超高速GC 技術を基盤としたフラッシュGC ノーズ HERACLES II（図1）には、極性の異なる2 種類のメタルキャピラリーカラムが並行に配置され（本研究では、微極性のMXT-5 と低／中極性のMXT-1701、長さ10m、内径180µm を使用）、各々に水素炎イオン化検出器（FID）が接続されています。同時に2 つのクロマトグラムが得られるため、保持指標データによる化合物検索の際、より明確な絞り込みが可能となります。
また、ペルチェ式クーラー（0 - 260℃）により温度制御された固相吸着トラップが内蔵されているため、低分子の揮発性化合物の効果的なプレ濃縮を実現し、優れた感度（pg オーダー）を得ることができます。
カラムの高速昇温（最大600℃/min）により、2～3 分程度で測定結果が得られ、分析サイクルもわずか 5～9 分です。



図 1:　フラッシュ GC ノーズ　HERACLES II

装置本体には、サンプリングと注入の自動化のためにオートサンプラ（RSI）が据え付けられています。本システムには、保持指標＆においライブラリ AroChemBase が付属しています。HERACLES II のクロマトグラムから化合物の予備スクリーニングを行うことができます。

電子味覚システム ASTREE（図 2）は、液体センサーアレイを基盤とし、各センサーと参照電極間の電位差の計測を原理としています。個々のセンサーは、固有の有機膜を持ち、膜固有の規則に従って溶液中の化学物質と相互作用します。測定データは、ソフトウェアによって全体的な味のフィンガープリントとして処理されます。



図 2：電子味覚システム　ASTREE

ビジュアルアナライザー IRIS （図 3）は、サンプル全体、または選択された特定部位について、色および形状の詳細な外観評価を行うことができる装置です。



図 3: ビジュアルアナライザー　IRIS

データ取得およびデータ解析は、3システムに共通のソフトウェア AlphaSoft を介して行います。

本分析に最適化された分析パラメータを表1に示します。

表 1: 装置の分析パラメータ

HERACLES パラメータ	
サンプル量	100 mL バイアルに混ぜ合わせたソーセージ 40g
インキュベーション条件	50°C, 20 min
ヘッドスペース注入量	5 mL
トラップ温度	40°C / 240°C (脱着)
カラム昇温条件	40°C (2s) - 280°C (18s) @ 3°C/s
FID 温度	290°C
ASTREE パラメータ	
サンプル調製	ソーセージ 50g を脱イオン水250mL に入れて混合し、懸濁液のデカンテーションしたクリア層を分析に利用。
サンプル量	25 mL
データ取得時間	120 s
IRIS パラメータ	
同じロットの 3 または 4 ソーセージを同時に分析	

におい分析

HERACLES II で得られたクロマトグラムの比較により、3種のブランドのソーセージのフレーバープロファイル間にいくつかの有意差があることが示されました（図4）。 1種類のソーセージにのみに存在する複数の揮発性化合物が確認されました。これらの揮発性プロファイルの差は、ほとんどの場合、異なるソーセージに含まれるフレーバーやスパイスの違いに関連しており、製品を口にする時に感じられる風味の有意差を説明しています。

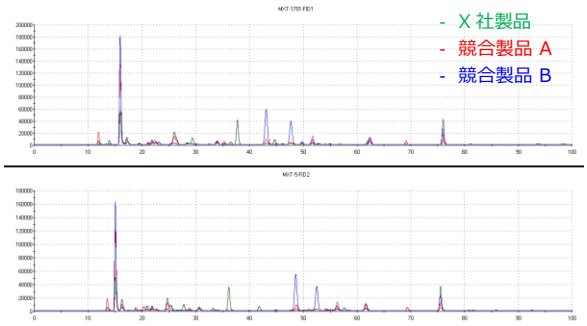


図 4: HERACLES で得られた 3 ブランドのソーセージのクロマトグラムの重ね合わせ

ソーセージのヘッドスペース中に検出された全揮発性化合物のピーク面積を主成分分析（PCA）し、においマップを構築しました（図 5）。

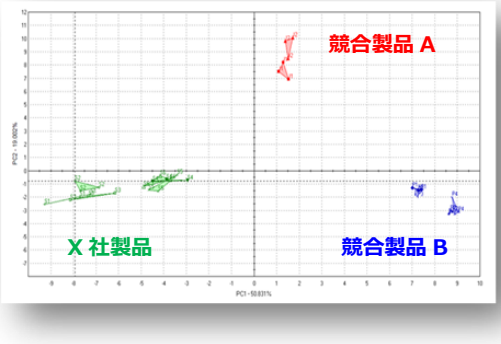


図 5: 主成分分析（PCA）に基づくソーセージのにおいマップ

3 つのブランドのソーセージは、非常に異なるにおいプロファイルを示しました。X 社製品のロットは、競合製品（競合製品 A が最も再現性が高い）よりも再現性に劣る（ロットごとにばらついている）ことが示されました。

ソーセージのフレーバーに含まれる最も顕著な揮発性化合物の特徴について、Kovats インデックスおよび保持指標＆においライブラリ AroChemBase を用いて調べました（表 2）。X 社のソーセージと他のブランドとの間に、フレーバー組成の重要な違いが見られました。 pinene 、 phellandrene 、 anethole 、 fenchone のようなテルペンの存在は、競合製品に芳香ハーブまたはスパイスが高濃度、あるいは異なる質で添加されていることを示唆しています。
競合製品のプロファイルの違いに関与している最も可能性の高いスパイスは、fennel でした（図 5）。

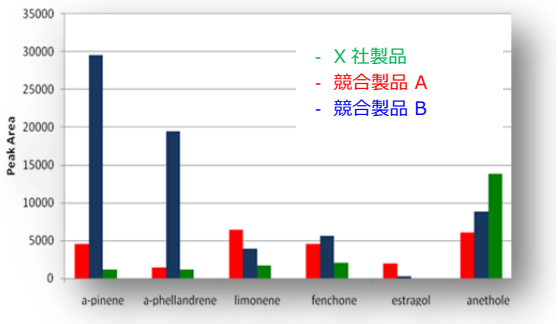


図 5: 3 つの ブランドのソーセージ中の fennel に典型的な揮発性化合物の濃度比較

表 2：ソーセージのフレーバーの要因となる可能性のある揮発性化合物

K MXT-5	K MXT-1701	検索された化合物	におい記述子	競合製品 B	競合製品 A	X 社製品
385	387	butane	-		x	
441	559	ethanol	alcohol	x	x	x
490	593	acetone	fruity		x	x
584	689	butan-2,3-dione	pineapple / buttery		x	x
599	681	butan-2-one	cheese	x		
612	695	ethyl acetate	fruity	x		
612	702	2-butanol	alcohol	x		
663	741	3-methyl butanal	green		x	x
698	744	pentanal / 2,3-pentanedione	green / buttery			x
733	845	3-methyl butanol	cheese		x	x
800	893	hexanal	green / rancid			x
867	979	1-hexanol	fruity			x
948	959	a-pinene	herbal	x	x	
995	1017	a-phellandrene / b-pinene	spice / terpeny	x	x	
1042	1070	limonene	woody / orange	x	x	
1112	1215	fenchone	anisic	x	x	
1132	1215	Limonene oxide	floral	x	x	
1213	1311	estragol (methyl chavicol)	anisic		x	
1306	1421	anethole	anisic	x	x	x

天然スパイスの揮発性化合物は、その多様性および起源によって変化し得ます。 フラッシュ GC ノーズ HERACLES II を用いて起源の異なる 3 種の fennel を分析しました（図 6）。

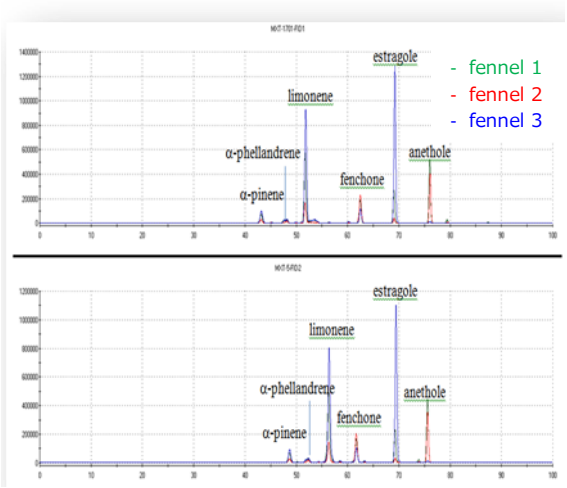


図 6: 起源の異なる 3 種の fennel のクロマトグラム

調査した 3 種の fennel のうち、1 種類は競合製品 B に近い揮発性プロファイルを有しましたが、全体的にすべての fennel はソーセージのフレーバープロファイルと比較して主要な化合物の割合が異なっていました。

味分析

電子味覚システム ASTREE の測定値用いて主成分分析（PCA）に基づく味マップを構築したところ、3 種のソーセージ間に非常に異なる味覚プロファイルが示されました（図 7）。競合製品 A は、味覚の点で他の 2 つと比較し、再現性が低いことが分かりました。

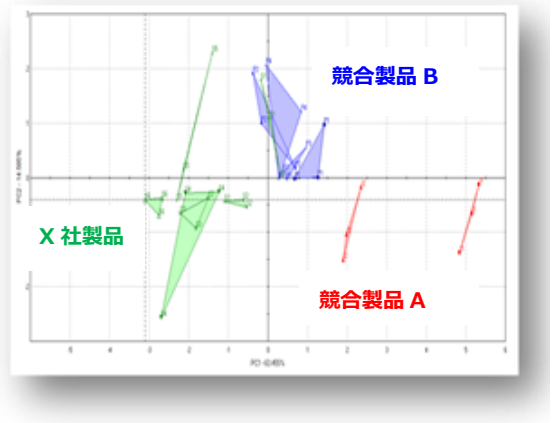


図 7: ASTREE で得られた 3 種類のソーセージの味マップ（主成分分析）

本研究に使用された ASTREE のセンサーセットは、統合ソフトウェア機能と組み合わせ、味覚属性に従ってサンプルをランク付けすることが可能です。サンプルは、0～12 の強度スケールで数値化されます。ソーセージの評価に関わる重要かつ関連する味覚特性は、酸味、塩味、旨味および甘味でした。

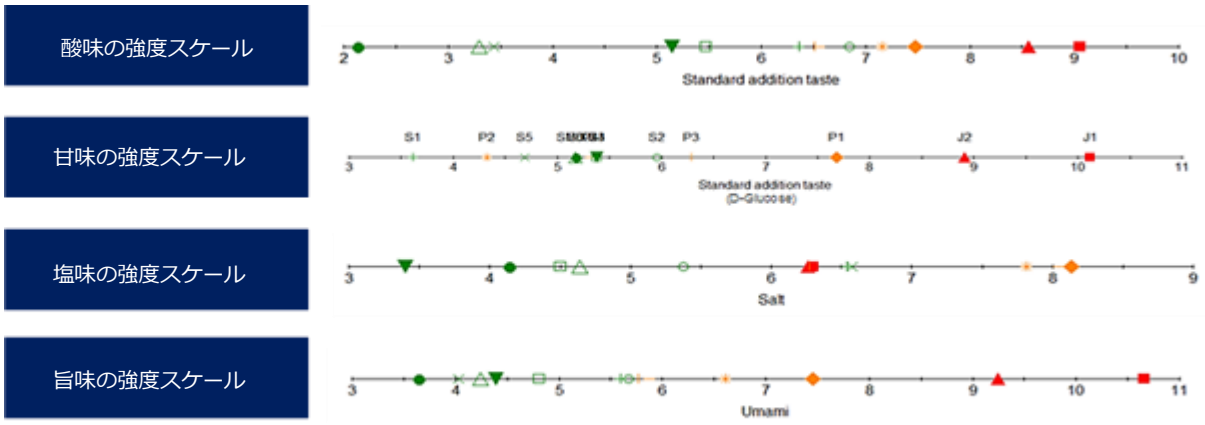


図 6： ASTREE による味覚属性に基づくソーセージのランキング

競合他社のブランドと比較して、X 社製品は、酸味、甘味、塩味、旨味がやや少ないことが示されました（図 6）。

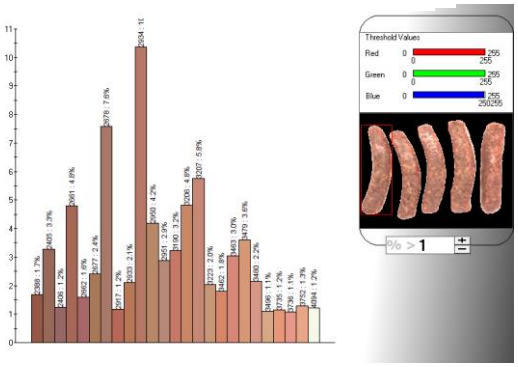
外観分析

カラーチェッカーでの校正後、ビジュアルアナライザー IRIS で外観の特徴付けを行いました。組成（脂肪含有量、着色料、香辛料...）に関連する外観の様相は、消費者の視覚的感覚に影響を与えるため、ソーセージの官能的ベンチマーキングにとって重要なパラメータとなります。

IRIS による分析は、異なるサンプルの画像を取得することから始まります。 1 つ画像が 4096 色のスペクトルとして処理され、代表的な表面色の割合が計算されます（図 7）。

茶色～ピンク色の色合いの様々な色が、ブランドに従って異なる比率で示されました。

競合製品 B



競合製品 A

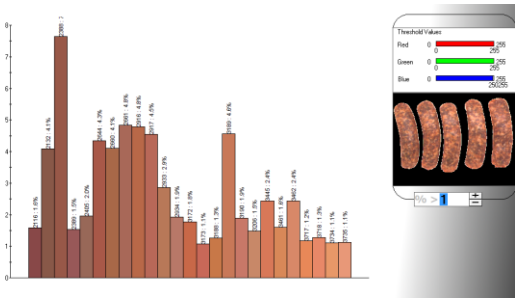
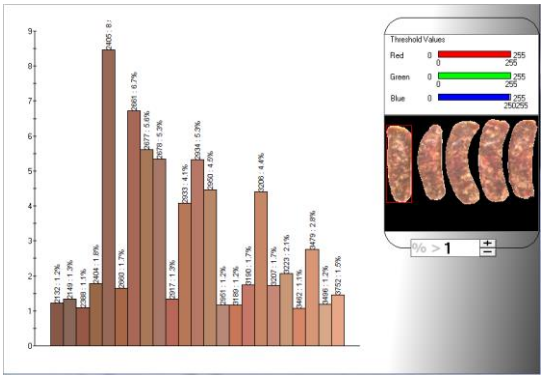


図 7： IRIS で得られた 3 種類のソーセージの色スペクトル

X 社製品



異なるソーセージの全体的な外観的特徴を迅速かつ簡単に比較するために、IRIS で測定された色および形状をパラメータとし、主成分分析による外観マップを構築しました（図 8）。

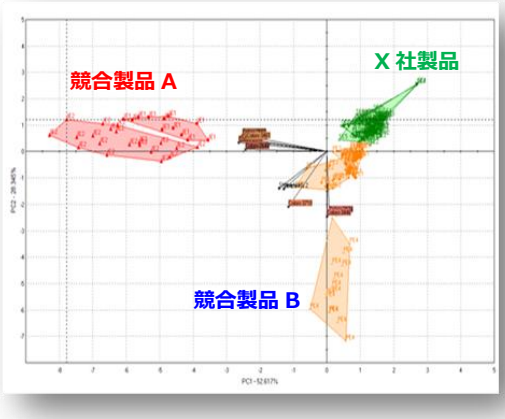


図 8： IRIS で測定されたソーセージ上の色および形状をパラメータに適用した外観マップ（主成分分析）

色と形状の基準に基づく外観プロファイルの比較により、ブランド間の明確な違いが示されました。

- 3 種のブランドの差異は、ほとんどが茶色の強度と相関がある。
- X 社製品は競合製品 B に近く、競合製品 A とは全く異なる。
- 競合製品 B は、ロット間が離れているため、外観の点で他の製品よりも再現性が低い。

X 社製品を基準品質とした統計的品質管理（SQC）モデルからの品質管理チャートを構築しました（図 9）。

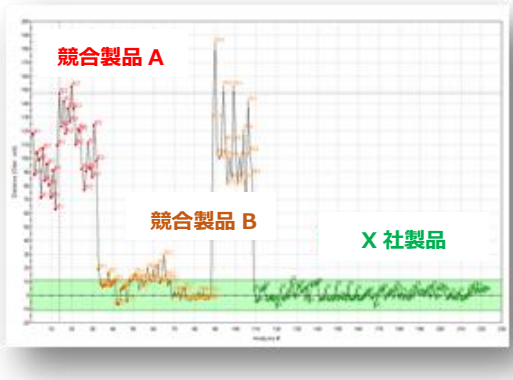


図 9：ソーセージの外観の品質管理チャート

許容可能な品質（緑色のバンド）の領域内に競合製品 B の 3 つのロットがプロットされていますが、4 つ目のロットはこの領域外にあります。品質管理チャートは、ソーセージの外観が適合しているか否かを迅速に判断することが可能です。

結論

様々なソーセージのブランドについてフラッシュ GC ノーズ　HERACLES II を用いた分析により、サンプル間の主要な差異がにおいやフレーバー特性に関連していることが示されました。
ソーセージの味は、特に塩味、甘味、旨味および酸味のある特性に関して、よく識別されることも判明しました。
全体の外観評価では、色および色分布の点で大きな差異を示し、一部の製品の外観における高い変動性を知ることもできました。

以上のことから、官能分析システムがソーセージのような加工製品のベンチマーキングのためのツールとして非常に有用であることが示唆されました。さらに、各種官能分析システムによる分析結果を統合することで、ヒトの感覚に近い、多面的な官能分析へと発展させることが可能となります。

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。　2016年12月