

学位論文要旨

学位授与申請者

氏名 小林 礼明

題目: Study of dairy flavor by sensory-directed analytical techniques and sensory evaluation
(感覚指向型分析技術と官能評価による乳製品フレーバーの研究)

本研究は、乳製品のおいしさや品質にとって重要な香味寄与成分を明らかにするため、分離分析手法並びに官能評価を統合的に用いて乳製品の研究・考察を行ったものである。

Chapter 1: General Introduction. (序論)

乳の利用は、西アジアで紀元前 7 千年より以前に始まった。紀元前 6 千年前後には、ウシの家畜化によりその乳が利用されるようになった。19 世紀以降の近代では、生乳の流通と共にその衛生管理や食品偽装問題への対応が乳製品の食品化学や食品工学を発達させてきた。

乳製品の製造を含む食品産業は、人口問題や気候変動といった環境の変化に対応する必要がある。さらに食物資源である乳製品を有効に活用していくためには、その製造工程で変化・損失・生成する香味や産地ごとの香味特製の把握を通じて、嗜好性が向上した乳製品を開発していく姿勢が重要である。

これまで乳製品フレーバーの研究が行われてきたものの、その多くが海外の乳製品を対象とした研究であったため、本研究では、日本国内で入手できる乳製品の香味寄与成分に焦点を当て、分離分析手法並びに官能評価を用いて統合的な研究を行った。第 2 章では、種々の食品の原料としても使用されることの多い脱脂粉乳の香気寄与成分について超高温殺菌 (UHT) 牛乳との比較分析を行った。第 3 章では、日本産の全脂粉乳とオセアニア産並びに中国産の全脂粉乳の香気寄与成分を比較解析した。第 4 章では、日本特有の香味表現であるコクという視点から、生クリームのコク寄与成分の特性について明らかにした。第 5 章では、得られた結果の総括を行った。

Chapter 2: Character Impact Odorants of High-heat Skim Milk Powder Isolated by Simultaneous Distillation-Extraction. (連続蒸留抽出法により分離された加熱型脱脂粉乳の特徴香について)

水に溶かした脱脂粉乳、すなわち還元乳は、牛乳とは異なる香気を有する。この還元乳特有香成分を確認するために UHT 牛乳と比較検討した。乳製品の繊細な香りを分離するためにカラム吸着法と連続水蒸気蒸留法を組み合わせることで香気濃縮物を調製した。これら香気濃縮物に匂い嗅ぎガスクロマトグラフィー (GC-O; ガスクロマトグラフィーによって分離した香気成分を検知する方法) の一種である Aroma Extract Dilution Analysis (段階的に希釈した香気抽出液を匂い嗅ぎ分析に供し、最も希釈された抽出液からニオイとして検知された成分の匂いの寄与率を数値化する方法) を適用し、10~3000 の範囲の Flavor Dilution ファクター (FD ファクター) をもつ 58 ピークを見出し、48 成分を同定した。これらの香気成分の中で、methyl

2-methyl-3-furyl disulfide、furfuryl methyl disulfide と bis(2-methyl-3-furyl) disulfide などの分子中に硫黄を持つ furanthiol 類を乳製品中より新たに見出した。還元乳の香気寄与成分はUHT牛乳と共通しており、同等のFDファクターを有することが確認され、特徴的な成分は見出されなかった。このことから、還元乳香気の特徴は、牛乳とも共通する数種の化合物の混合物によって形成されると考察された。そこで、還元乳に関与する特徴香成分を確認するために、Odor Activity Value (濃度を閾値で割った値であり、1以上を示すと香気に寄与していると考えられる)が、10以上の上位8つの香気寄与成分を用いて香料サンプルを調製し、還元乳香気の再現実験を行った。その結果から、これら混合物は還元乳の香気特性を再現しており、それぞれの化合物は還元乳の官能特性と対応していることが示唆された。

Chapter 3: Aroma Impact Compound Analysis of Seven Whole Milk Powders Using GC-O with Detection Frequency Method. (頻度法ガスクロマトグラフィー-オルファクトメトリーを用いた7種の全脂粉乳の特徴香解析)

全脂粉乳はその粉状の形態のため、取り扱いやすく、輸送しやすくかつ良好な保存性がある。全脂粉乳は生産地域で消費されるだけでなく、世界中に商品として流通している。全脂粉乳の香味はそのおいしさや品質を決めるうえで重要な要素である。日本、中国とオセアニアの全脂粉乳を対象に、共通するおよび特徴的な香気成分の探索を行った。高真空蒸留の一種である Solvent Assisted Flavor Evaporation (SAFE) により全脂粉乳の匂いを抽出し、これを頻度法 GC-O (複数の評価者が、同じ抽出液を用いて匂い嗅ぎ分析を行い、特定の保持時間で匂いを検知できた評価者の割合が多い成分に香気活性があると評価する方法) により分析し、41の香気寄与成分を検出した。9人の評価者での頻度法 GC-O により、検知頻度7以上の香気成分は有意な香気活性があると判断して1を与え、それ以外は0とするバイナリーデータのマトリクスを作成し、主成分分析 (PCA: 多変量データの特徴をできるだけ少数の主成分で記述したり、もとの変数間の相関関係を分析したりするための手法) に供した。PCAの結果、第一主成分と第二主成分が、全体の70%を表現しており、第二主成分の主成分負荷量を考慮することで全脂粉乳は産地ごとに分類することができた。PCAの結果をさらに解析することで、産地ごとに異なる全脂粉乳の匂いが、特徴的香気成分の存在ではなく、共通している香気寄与成分のバランスに起因することが明らかとなった。

Chapter 4: Investigation of Koku Impact Compounds in Sweet Cream on the Basis of Sensory Evaluation and Separation Techniques. (官能評価と分離手法に基づいた生クリームコク寄与成分の研究)

生クリームやチーズなどが持つ濃厚で深い味わいは、乳製品のもつおいしさにかかわる重要な因子であり、日本では、「コク」という言葉で表現される。生クリームの分画を行い、順次その分画物を官能評価することで、生クリームのコクに寄与する成分の探索を行った。具体的には、分画手法にSAFE、アセトニトリル抽出、サイズ排除クロマトグラフィー、シリカゲルクロマトグラフィーを用い、その分画物を擬似生クリームに添加し、匂いの影響を受けないように鼻を閉じた状態で9~13人の評価者にて7段階尺度の官能評価を行った。サイズ排除クロマトグラフィーまでの分画結果から、生クリームの多くを占めるトリグリセライドにはコクが感じられないことが明らかとなった。シリカゲルクロマトグラフィー分画物の官能評価から、特定の画分にコクが見られ、そのGC-MS分析より、主要成分として、コレステロール、7種の中鎖脂肪酸類および3種の長鎖脂肪酸族 δ -ラクトン類が同定された。こ

れら成分を用いて擬似生クリームを調製し、再現実験を行った結果、長鎖脂肪酸類と長鎖脂肪族 δ -ラクトン類が、生クリームのコクに寄与していることが示された。

Chapter 5: Conclusions. (総括と結論)

以上の分離分析手法並びに官能評価を統合的に用いて行った研究から得られた結論についてまとめを行った。脱脂粉乳の香気寄与成分の探索の結果、furanthiol 類が検出され、これら成分が脱脂粉乳の特徴香に寄与していることが明らかとなった。全脂粉乳の産地別寄与成分の探索では、頻度法 GC-O と主成分分析を組み合わせることにより、従来の方法より迅速に全脂粉乳の香気特性に応じた産地の比較解析が可能となった。生クリームのコク寄与成分の探索では、コク寄与成分がクリームの主成分であるトリグリセライドにあるのではなくそこから遊離した脂肪酸などに存在することを明らかにできた。これらの結果は、いずれも乳製品のおいしさ向上に寄与するものであり、今日の食品産業の課題の一つである乳製品の有効活用とさらに嗜好性の向上した乳製品の開発における解決法に役立てられる。