

Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムによる香辛料への偽和物混入の検出

IR 分光分析とイメージングを用いたターメリック中の偽和物検出の高速化



著者

Wesam Alwan
Agilent Technologies, Inc.

はじめに

香辛料は世界中の料理に欠かせない要素であり、その風味、香り、健康効果が重要な意味を持ちます。より安価な物質や異物による香辛料への偽和物混入は、それが意図的か偶発的かを問わず、食品の品質と消費者の安全の双方に重大な危険をもたらします。多くの場合、このような行為は製品を水増しすること、見栄えを良くすること、または本物の風味に似せることが狙いですが、いずれも最終製品の完全性を損なうこととなります¹。

一般的な偽和物混入の手段には、本物の植物性材料に代わるより安価な代用品や見た目が似ているものの使用、低品質の植物種や植物部位の使用、コーンスターチ、ふすま、おがくずなどの混ぜ物の混入などがあります。製品によっては、風味を良くするために化学薬品を混入したり、砂、チョーク、赤レンガ粉末などの無機物や、色を鮮明にするスーダン色素やローダミン B などの違法な色素を混入するケースもあります^{1~4}。

現在、ハーブや香辛料への偽和物混入を検出するためのツールはいくつかの課題に直面しています。たとえば、複雑なサプライチェーンにわたるサンプリングは一貫性に欠けることが多く、代表的なサンプルを入手するのが困難です⁵。また、サンプルマトリックスが化学的・物理的に複雑なうえ、香辛料および原産地間に自然的な差異があることから、データの解釈は複雑になります⁵。

さらに、すりつぶされたり粉状に加工された香辛料では、植物の元の構造が失われ、特に微粉末であったり本物の材料に物理的に似ている場合には、視覚的にも形態的にも偽和物を同定するのは容易ではありません⁶。

今回の研究では、Agilent 8700 Laser Direct Infrared (LDIR) ケミカルイメージングシステム (図 1) を使用して、赤外線分光分析と顕微鏡を組み合わせたメソッドにより香辛料への偽和物混入を検出しました。



図 1. Agilent Clarity ソフトウェアを搭載した Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムにより、粉末サンプル中の粒子の数、サイズ、化学組成など、粒子の高速ルーチン分析が可能になります。

実験

Agilent Clarity ソフトウェア：本物の香辛料と一般的な偽和物を識別する 8700 LDIR の性能を評価するために、一連の純粋なサンプルと偽和物混入サンプルを調製し、システムの自動粒子分析 (PA) ワークフローを使用して分析しました。

純粋な物質：一般的な香辛料および偽和物の代表として 5 種類の粉末 (ターメリック、パプリカ、黒コショウ、コーンスターチ、砂) を選択しました。各サンプルは、乾燥粉末の状態での低放射率 (low-e) Kevley スライドにそのまま塗布しました。溶媒を加えたりさらに前処理を行ったりせず、本来の粒子形態を維持しました。

ワークフロー：粒子サイズ 20 ~ 500 μm の粒子を分析するために、PA ワークフローを使用しました。各物質について代表的な赤外スペクトルを 4 つまたは 5 つ選択し、「Spices Internal Library」という名前のカスタムスペクトル参照ライブラリにまとめました。ライブラリ内のスペクトルに多様性を持たせるため、さまざまなサイズ (300、200、100、50、および 20 μm) の粒子で生成されたスペクトルを選択しました。

偽和物入りの混合物：ターメリック、コーンスターチ、および砂 (ライブラリの作成に使用したものと同じ粉末) をそれぞれ 5 ~ 10 mg 混合して、偽和物入りの香辛料サンプルを調製しました。この混合物を同様に、8700 LDIR の自動 PA ワークフローを使用して low-e スライドで分析し、Spices Internal Library でスペクトルの照合と同定を行いました。

結果と考察

純粋な香辛料 (ターメリック) の同定

粒子サイズ、形状、および数が異なる粒子の同定における 8700 LDIR およびユーザー作成のライブラリの性能を確認するために、純粋なターメリックサンプルを「未知」として分析しました。

ターメリックサンプルの同定結果から、このメソッドの高いスペクトル照合精度が実証されました。選択した分析領域内では、74 個の粒子が検出され、そのうち 70 個 (94.6%) がカスタムライブラリ内のターメリックの参照スペクトルに一致しました。特に、64 個の粒子が 0.8 を超えるヒットクオリティインデックス (HQI) を達成したことは注目に値します。このことは、強いスペクトル相関と同定データの高い信頼性を示しています (図 2)。

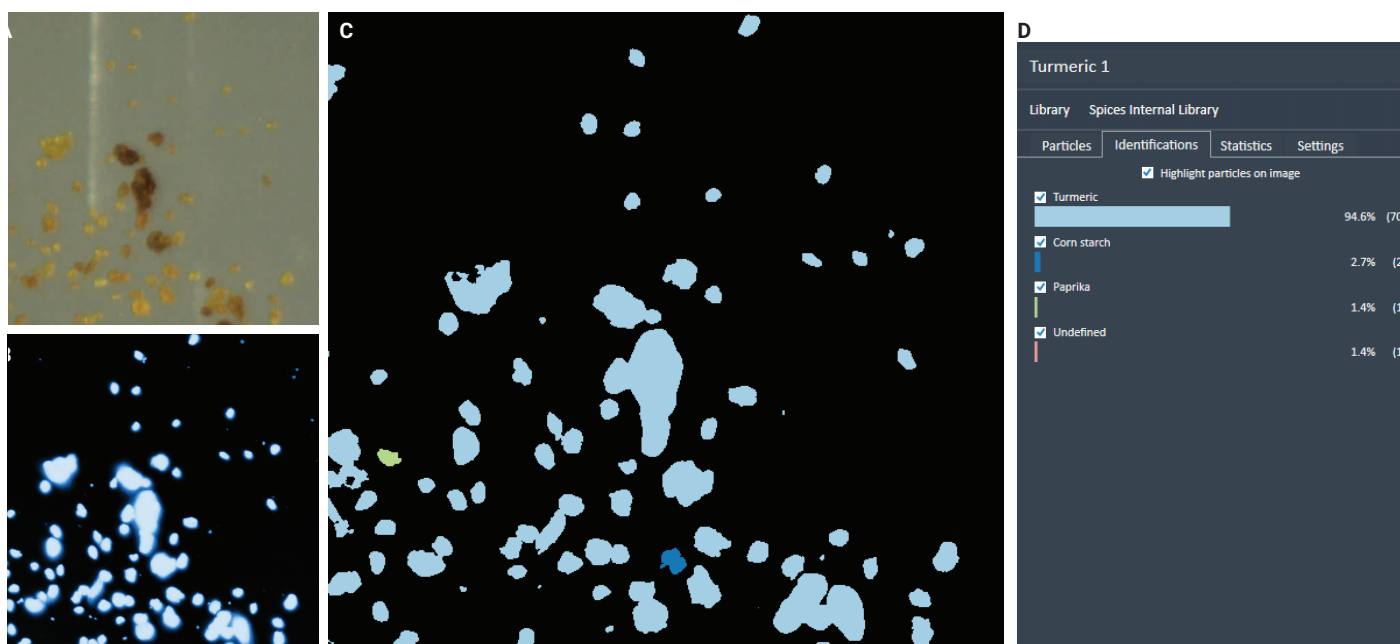


図 2. Agilent 8700 LDIR と Agilent Clarity の自動粒子分析ワークフローにより low-e スライドで分析したターメリックサンプル。(A) 選択した領域の可視イメージ。(B) 1,442 cm^{-1} でスキャンした IR イメージ。(C) 検出された粒子の強調イメージ — 粒子の色はスライド上の粒子の種類に関連付けられています。(D) サンプル中の粒子の同定にもとづいて自動的に生成された統計データ

純粋な偽和物(コーンスターチおよび砂)の同定

ターメリックサンプルと同様に、8700 LDIR は、純粋な形の有機および無機偽和物の同定においても優れた性能を示しました。コーンスターチ（有機偽和物として使用）については、203 個の粒子が検出され、そのうち 201 個（99 %）がコーンスターチのスペクトル形状と一致しました。これらの粒子のうち、198 個の粒子が 0.8 を超える HQI を達成し、同定の堅牢性が確認されました（図 3）。

無機偽和物を代表する砂の特性解析結果も同様に良好で、検出された 25 個の粒子のうち 24 個（96 %）が 0.8 を超える HQI で砂の参照スペクトルに一致し、23 個の HQI は 0.9 を超えました。主にシリカと石英から成る砂は特徴的な赤外スペクトル特性を持つことから、有機マトリックスからの明確な識別を容易に行えました（図 4）。

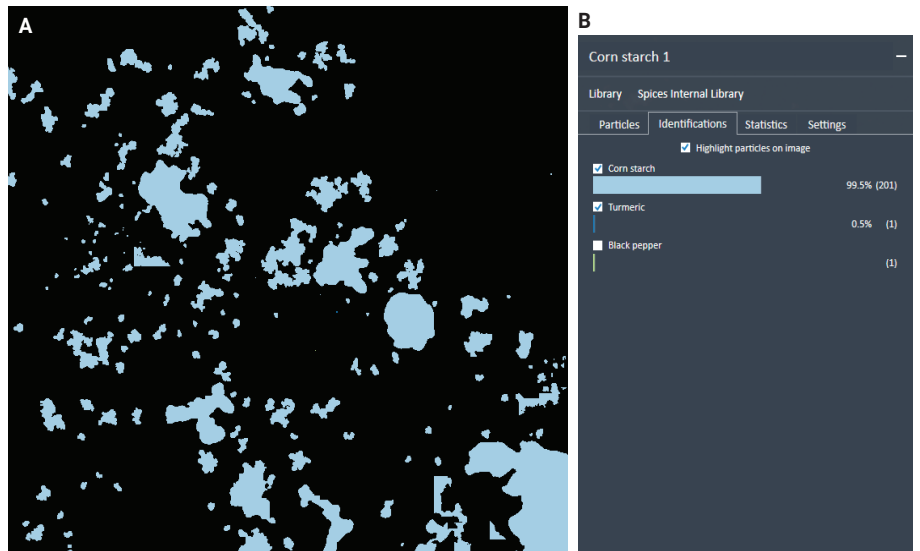


図 3. Agilent 8700 LDIR と Agilent Clarity の自動粒子分析ワークフローにより low-e スライドで分析したコーンスターチ粉末。(A) 検出された粒子 — 強調表示された粒子の色はスライド上の粒子の種類に関連付けられています。(B) サンプル中の粒子の同定にもとづいて自動的に生成された統計データ

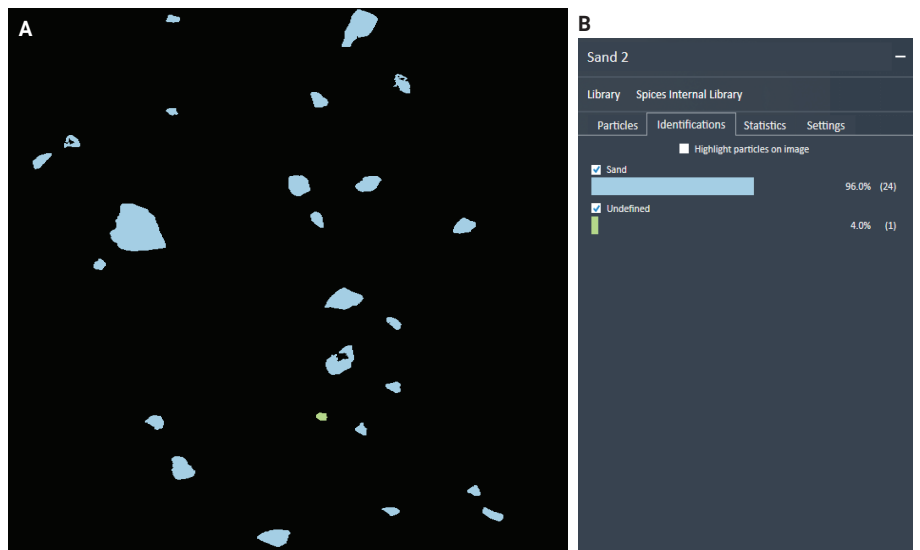


図 4. Agilent 8700 LDIR と Agilent Clarity の自動粒子分析ワークフローにより low-e スライドで分析した砂サンプル。(A) 検出された粒子の強調イメージ — 粒子の色はスライド上の粒子の種類に関連付けられています。(B) サンプル中の粒子の同定にもとづいて自動的に生成された統計データ

偽和物入りの香辛料混合物

複雑な香辛料混合物中の偽和物を検出する 8700 LDIR システムの性能を評価するために、ターメリック粉末にコーンスターチと砂を混合してテストサンプルを調製しました。システムにより、4.85 × 14.58 mm のスキャン領域内で 351 個の粒子が検出されました。そのうち 337 個 (96 %) が、高い信頼性でのスペクトルとの一致 (HQI > 0.8) を達成しました。

具体的には、168 個の粒子 (47.9 %) がコーンスターチとして、139 個 (39.6 %) がターメリックとして、22 個 (6.3 %) が砂として同定されました。その一方で、わずかな割合 (約 6 %) が、サンプルには存在しない黒コショウおよびパプリカと一致しました。この結果は、ターメリックへのスペクトル干渉が原因と考えられます。

8700 LDIR システムの可視光イメージ機能では、黄色のターメリックとそれ以外の粒子を明確に目視判別することで、サンプルの組成を手動で確認することができました (図 5A)。概して、8700 LDIR では、多数の粒子で構成される複雑な混合物において、香辛料と偽和物が効果的に識別されました (図 5)。

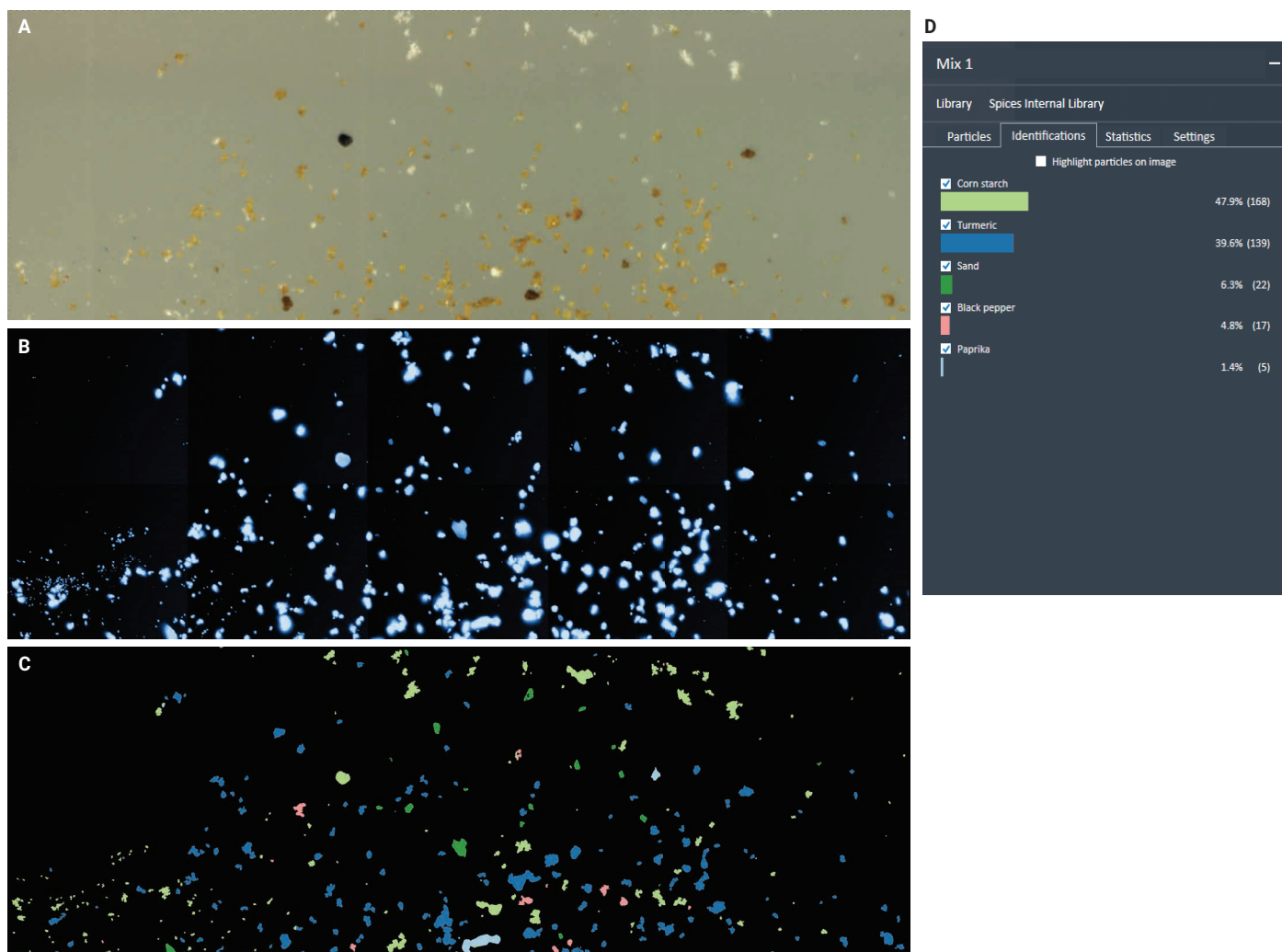


図 5. Agilent 8700 LDIR と Agilent Clarity の自動粒子分析ワークフローにより low-e スライドで分析した偽和物入りの香辛料混合物。(A) 選択した領域の可視イメージ。(B) 1,442 cm⁻¹ でスキャンした IR イメージ。(C) 検出された粒子の強調イメージ — 粒子の色はスライド上の粒子の種類に関連付けられています。(D) サンプル中の粒子の同定にもとづいて自動的に生成された統計データ

図 6 に示すように、コーンスターチと砂はどちらも特徴的な IR スペクトルプロファイルを示しているため、ターメリックとの明確な識別が可能です。Clarity ソフトウェアの一次微分スペクトルの照合を使用すれば、スペクトル分離能が向上し、微細な赤外スペクトル特性を識別できるようになり、この香辛料への偽和物混入の分析アプローチを強化することができます。

結論

今回の研究により、Agilent Clarity ソフトウェアを搭載した Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムが、すりつぶされた香辛料への偽和物混入を検出する有効なツールとして適していることが実証されました。このシステムで自動粒子分析 (PA) ワークフローを使用することで、各成分の特徴的な IR スペクトル形状にもとづいて、ターメリックと有機 (コーンスターチ) および無機 (砂) 偽和物をすばやく確実に識別することができました。

化学的に類似した種は IR プロファイルが重なり合うため、その識別は課題として残されています。ただし、8700 LDIR システムのカスタムスペクトルライブラリ作成機能により、ターゲットを絞って真正性を確認する柔軟性もたらされ、ラボでは進化する分析ニーズにシステムを適応させることができます。

8700 LDIR メソッドの重要な利点は、サンプル前処理に時間も手間もかからないことです。乾燥粉末を low-e スライドで直接分析でき、溶媒や抽出は不要です。ハイスループットの自動 PA ワークフローと内蔵のイメージング機能を組み合わせることにより、8700 LDIR は食品検査ラボのルーチン分析に適した実用的な時短ソリューションを実現します。

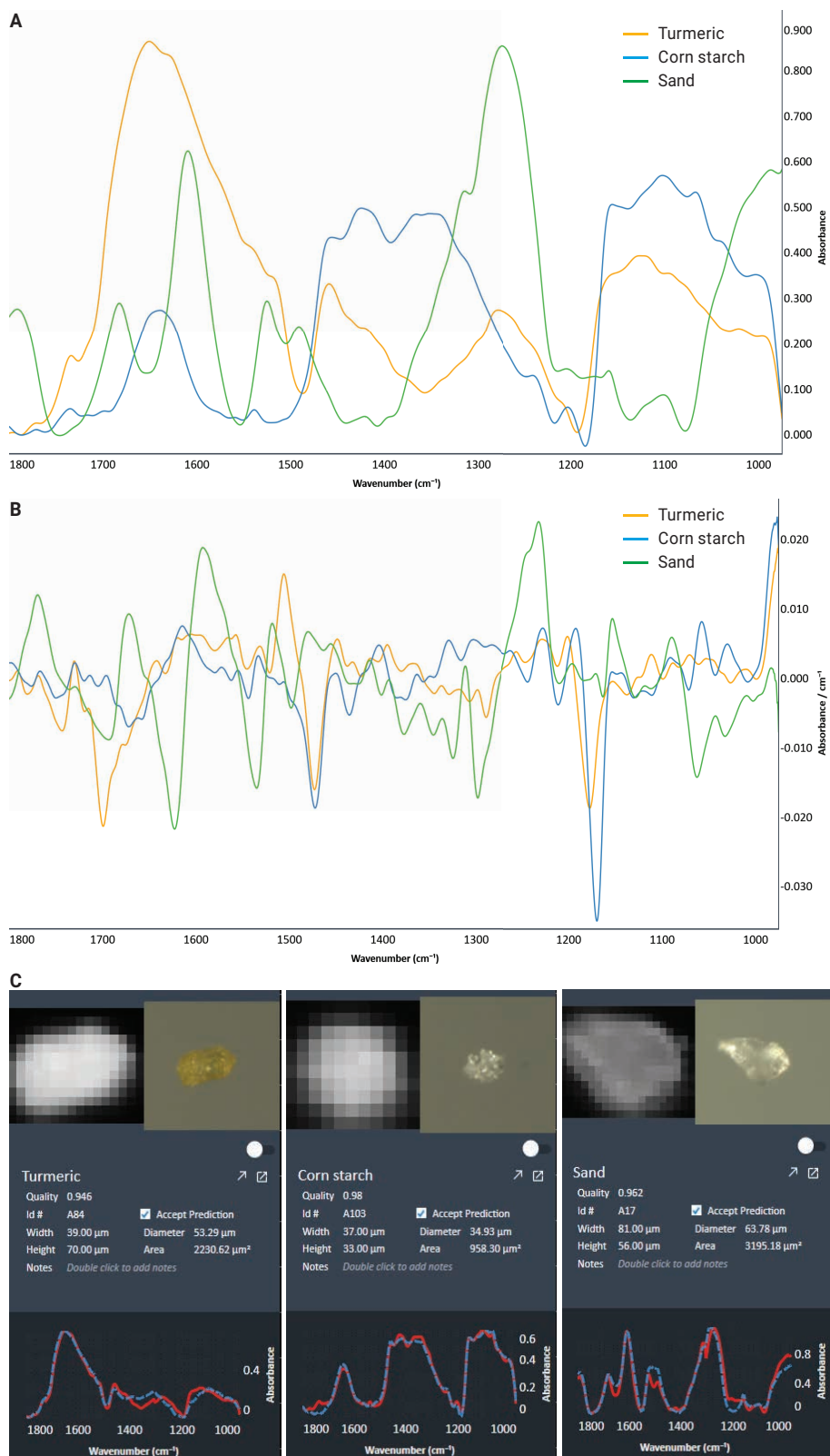


図 6. ターメリック (黄色)、コーンスターチ (青色)、砂 (緑色) の IR スペクトルの重ね表示。(A) 吸収スペクトル。(B) 照合に使用した一次微分スペクトル。(C) ライブラリスペクトル (青色の破線) との照合により同定された、偽和物入りの香辛料混合物サンプル中の粒子 (赤色の実線) の例

参考文献

1. Osman, A. G.; Raman, V.; Haider, S.; Ali, Z.; Chittiboyina, A. G.; Khan, I. A. Overview of Analytical Tools for the Identification of Adulterants in Commonly Traded Herbs and Spices. *J. AOAC Int.* **2019** Mar 1, 102(2), 376–385. doi: 10.5740/jaoacint.18-0389. Epub 2019 Jan 15. PMID: 30646970
2. Wang, Y. H.; Avula, B.; Nanayakkara, N. P.; Zhao, J.; Khan, I. A. Cassia Cinnamon as a Source of Coumarin in Cinnamon-Flavored Food and Food Supplements in the United States. *J. Agric. Food Chem.* **2013** May 8, 61(18), 4470-6. doi: 10.1021/jf4005862. Epub 2013 Apr 29. PMID: 23627682
3. Muggeridge, M.; Clay, M. *Handbook of Herbs and Spices*, K. V. Peter (Ed.), Woodhead Publishing, Philadelphia, PA; 2001; pp 13–21.
4. Velázquez, R.; Rodríguez, A.; Hernández, A.; Casquete, R.; Benito, M. J.; Martín, A. Spice and Herb Frauds: Types, Incidence, and Detection: The State of the Art. *Foods*, **2023**, 12, 3373. <https://doi.org/10.3390/foods12183373>
5. Wilkes, T.; Hancock, P.; Gray, K.; Elahi, S.; Haughey, S.; Logan, N.; Elliott, C. Review of Methods for the Analysis of Culinary Herbs and Spices for Authenticity. *FSA Research and Evidence*, **2024**. <https://doi.org/10.46756/sci.fsa.fod541>
6. Negi, A.; Pare, A.; Meenatchi, R. Emerging Techniques for Adulterant Authentication in Spices and Spice Products, *Food Control* **2021**, 127, 108113. ISSN 0956-7135, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108113>

詳細情報

- Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステム
- Agilent Clarity ソフトウェア
- マイクロプラスチック技術の FAQ
- 水中のマイクロプラスチック分析
- 乳児用調製粉乳中のマイクロプラスチックの正確な特性解析

ホームページ

www.agilent.com/chem/jp

カスタムコンタクトセンター

0120-477-111

email_japan@agilent.com

本製品は一般的な実験用途での使用を想定しており、医薬品医療機器等法に基づく登録を行っておりません。本文書に記載の情報、説明、製品仕様等は予告なしに変更されることがあります。

DE-010764

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2025

Printed in Japan, November 10, 2025

5994-8800JAJP