

ICP-MS および Agilent Mass Profiler Professional ソフトウェアによる 茶の原産地の真正性判定

Agilent 7850 ICP-MS および MPP 多変量解析ソフトウェア
によるインドの茶の元素プロファイリング



著者

Dr. Vinay Jain¹, Shuofei Dong²,
and Bappaditya Kanrar³

¹Agilent Technologies, Manesar,
India

²Agilent Technologies (China)
Co. Ltd., Beijing, China

³Tea Research Association,
Kolkata, India

はじめに

茶は世界で最も人気があり、最も広く消費されている飲料の1つで、非常に貴重な農産物として取り扱われています (1)。インドは中国に次いで世界第2位の茶の生産国であり、大部分がアッサム、西ベンガル、トリプラといった北東部の州で生産されています。その他、カングラ (インド北部) やニルギリ (インド南部) にも茶の大農園があります。一般的に、インドの茶は、アッサム (最も多く栽培されている品種)、ダーズリン (品質に優れ、市場価値が最も高い)、およびニルギリ (繊細な香りを持つことで知られている) の3種類に分類されます (2)。

生産者は茶の異なる品種をブレンドし、調和のとれた香りを持つ、一貫した製品を生産します。また、ブレンドすることは、栽培地が西ベンガルに限定されるダーズリンなどの需要が高い品種に対する負担の軽減に役立ちます。しかしながら、消費者がダーズリンティーのパックを購入した場合、品質、つまりラベル表示に基づいて茶の産地を把握することは困難です。ダーズリンなど市場価値が高い茶の品種が、金銭的利益のため、日常的に食品の代用、偽和物混入、不正表示を行う食品偽装業者の標的になりつつあります (3)。産地に基づき販売促進される茶 (およびその他の食品) は、偽和物混入の対象となりやすく、特にその製品の需要が生産可能な量よりも高い場合に、その傾向が強くなります。消費者および生産者の利益を食品偽装から守るため、茶の原産地を区別し、その真正性を検証するための分析メソッドが必要とされます。

植物種、土壌の種類、環境要因、および灌漑や肥料の使用といった農業慣行は、食品および飲料の生産に使用される農産物の元素組成に影響を与える要因です。食品中の多岐にわたる元素の分析は、マイクロ波によるサンプルの酸分解の後に ICP-MS を用いてよく行われます (4-6)。多元素分析の結果から各サンプルの「元素フィンガープリント」が得られ、それによってサンプルの原産地が示されます。このデータは真正性判定の研究に有用で、茶や香辛料、米などの食品に適用されています (3, 7, 8)。

Agilent ICP-MS には、オクタポールリアクションシステム (ORS⁴) が搭載されており、ヘリウム (He) コリジョンモードと運動エネルギー弁別 (KED) を使用して、すべての一般的な多原子干渉を除去できるように最適化されています (9)。He KED モードでは、同じセル設定を多くの元素に使用できるため、食品の真正性判定の研究に必要な高品質の多元素データセットが得られます。Agilent ICP-MS のデータは、大量の質量分析 (MS) データを処理するように設計された多変量解析ソフトウェアパッケージである Agilent Mass Profiler Professional (MPP) と互換性があります。MPP にはデータ分類方法の選択肢が含まれているため、分析者は堅牢なモデルを構築して、未知のサンプルの属性 (サンプルの産地など) を予測できます。

7850 や 7900 といった Agilent ICP-MS は、濃度が 10 桁または 11 桁の直線ダイナミックレンジを実現しているため、食品サンプル中の主要成分と微量成分を 1 回の分析で測定できます。広いダイナミックレンジにより、主要元素のカスタムチューニング条件を排除してメソッドの設定を簡略化すると同時に、範囲外の値に対する再分析を低減できます。

元素プロファイリングを用いた本研究では、150 の茶サンプルの分析を Agilent 7850 ICP-MS を用いて行いました。サンプルは、インドの 8 地域で同時期に栽培されたものを収集しました。7850 ICP-MS により得られた元素データは、MPP ソフトウェアで処理しました。最初の主成分分析 (PCA) により、茶の原産地は、測定した 68 元素のうち 18 元素における濃度の差に基づいて区別できることが示されました。そのため、これらの 18 元素を、その後の分析のために選択しました。MPP ソフトウェアを使用し、異なるクラス予測アルゴリズムを用いる予測モデルを構築し、この予測モデルは 24 の「未知」テストサンプルの産地の特定に使用しました。

実験方法

標準液

18 の「指標」元素の標準液を、5 % HNO₃ を使用して容量パーセント (v/v) で調製しました。標準液は、多元素標準液-1 (部品番号 8500-6944)、多元素標準液-2A (部品番号 8500-6940)、環境スパイク混合液 (部品番号 5183-4687)、および多元素標準液-4 (部品番号 8500-6942) を含む、アジレントの標準液で調製しました。12 元素 (B、V、Cr、Co、Ni、Zn、Se、Rb、Sr、Mo、Cs、および Ba) は 0.1 ~ 200 ppb で検量線を作成しました。Mg は 1.0 ~ 20 ppm、Mn および Al は 0.1 ~ 2.0 ppm、La、Ce、および Nd は 0.1 ~ 20.0 ppb で作成しました。ロジウム (Rh) 内部標準 (ISTD) 溶液はアジレントの単一元素の Rh 標準 (部品番号 5190-8509) から調製しました。ISTD 溶液 (1.00 mg/L) は T 型コネクタを使用してサンプルとオンラインで混合しました。

サンプル前処理

8 地域 (ドアーズ、カチャール、テライ、ダーズリン、トクライ、トリブラ、アッパーアッサム、およびノースバンク) 合計 150 の茶サンプルが、インドの Tea Research Association から提供されました。各サンプルは乾燥してすりつぶし、約 0.50 ± 0.01 g のサンプルを正確に秤量し、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) マイクロ波分解容器に移しました。各サンプルは、表 1 に示すマイクロ波分解プログラム (Anton Paar、オーストリア) を適用する前に、5 mL HNO₃ および 0.1 mL HCl に入れ、事前分解しました。室温まで冷却し、分解溶液を 50 mL の遠心管に移し、脱イオン水を使用して最大 40 mL に調製しました。すべてのサンプル、メソッドブランク、および添加サンプルは、同じ手順で調製しました (図 1)。

表 1. マイクロ波分解プログラム

ステップ	ランプ時間 (分)	温度、℃	ホールド時間 (分)
I	15	105	3
II	10	160	3
III	10	190	10
IV	-	室温	-

添加サンプルの前処理

定量メソッドの精度をテストするために、ノースバンク地域の茶サンプルからランダムに選択したサンプルに、既知の濃度の元素を添加することによって、添加回収率試験を実施しました。茶サンプルは、通常、分析した元素のうち、Zn、Al、Mg、および Mn を高濃度、B、V、Cr、Co、Ni、Rb、Sr、Mo、および Sr を中濃度、Se、Cs、La、Ce、および Nd を低濃度含みます。したがって、分解前に、ノースバンク地域の茶サンプルに、最終的なサンプル分解溶液に応じて、これらの元素をそれぞれ 1 ppm、100 ppb、および 10 ppb 添加しました。選択したノースバンク地域の茶に、3 回繰り返し添加工し、前処理しました。

装置構成

分析には、超高マトリックス導入 (UHMI) システムおよび ORS⁴ コリジョン/リアクションセル 搭載 Agilent 7850 ICP-MS を使用しました。サンプル導入には Agilent SPS 4 オートサンプラを使用しました。この 7850 には、MicroMist ネブライザ、石英製スプレーチャンバ、2.5 mm のインジェクタ付き石英製トーチ、オフアクシスイオンレンズアセンブリ、およびニッケル製コーンが標準装備されています。すべての元素は、表 2 に示すように、1 つの He KED コリジョンセルモード条件を用いて測定しました。この 7850 は、Agilent ICP-MS MassHunter ソフトウェアで制御し、データは MPP ソフトウェア (バージョン 15.1) を使って処理しました。

表 2. Agilent 7850 ICP-MS の設定条件

パラメータ	設定値
RF 出力 (W)	1550
サンプリング深さ (mm)	9.0
ネブライザガス流量 (L/min)	0.92
スプレーチャンバ温度 (℃)	2.0
レンズチューン	オートチューン
He 流量 (mL/min)	4.3
KED (V)	3

結果と考察

検出下限

メソッド作成のため、68 元素に対してデータを採取しました。ただし、クラス予測モデリングに使用するのに十分な変動を示したのは、18 元素のみでした。18 元素の機器検出下限 (IDL) は、検量線ブランク (n=10) の濃度の標準偏差 (SD) を 3 倍した値から計算しました。メソッド検出限界 (MDL) は、希釈係数 80 を適用した後に計算しました (0.50 ± 0.01 g の茶を最終容量 40 mL に分解および希釈)。IDL と MDL を表 3 に示します。低い IDL 値は微量元素の判定に対する 7850 ICP-MS の適合性を示しています。

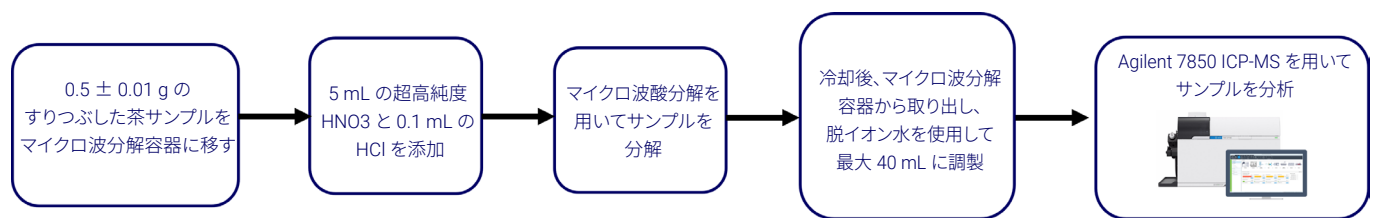


図 1. ICP-MS による茶の分析で用いた分析ワークフロー

表 3. 茶の原産地の区別に用いられた 18 元素の相関係数 (r)、IDL、および MDL

元素	R 値	IDL、 µg/kg	MDL、 µg/kg
11 B	0.9999	0.069	5.48
24 Mg	0.9999	0.003	0.24
27 Al	0.9997	0.007	0.55
51 V	0.9999	0.0003	0.02
52 Cr	0.9999	0.0002	0.01
55 Mn	0.9999	0.017	1.35
59 Co	0.9999	0.003	0.24
60 Ni	0.9997	0.0004	0.03
66 Zn	0.9999	0.001	0.10
82 Se	0.9999	0.004	0.32
85 Rb	1.0000	0.0003	0.02
88 Sr	1.0000	0.0002	0.01
95 Mo	1.0000	0.0003	0.02
133 Cs	0.9999	0.0001	0.01
137 Ba	1.0000	0.0005	0.04
139 La	0.9997	0.00005	0.004
140 Ce	0.9997	0.002	0.13
146 Nd	1.0000	0.001	0.08

内部標準の安定性

Rh を ISTD として使用しました。その理由は、Li や Sc などのその他の可能性がある ISTD 元素とは異なり、茶サンプル中に存在するとは予想されなかったためです。150 の茶サンプルの分解物、メソッドブランク、品質管理 (QC) チェック、および添加回収溶液 (合計で 280 回分析) で構成される分析シーケンスを、11 時間にわたって繰り返し分析しました。図 2 で示すように、すべての ISTD の回収率は ± 20 % の範囲内でした (赤い点線で示す)。この回収率試験では、7850 のプラズマが多様なサンプルマトリックスを効果的に分解でき、長時間の分析で優れた安定性を維持できることが示されました。また、シーケンス中にインタフェース上にマトリックスが多く堆積することがありませんでした。

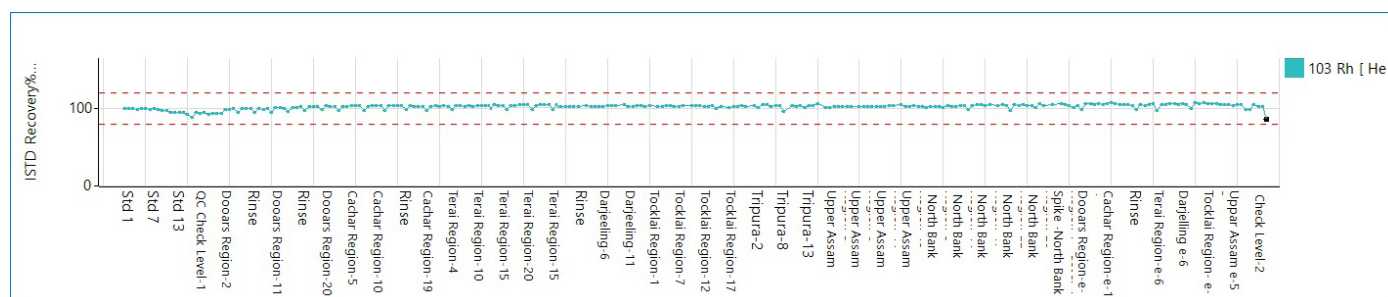


図 2. Agilent 7850 ICP-MS を用い、11 時間 (280 回分析) にわたって測定された ISTD 回収率 (一部のサンプル名を表示)。

品質管理チェック

QC チェックとして、10.0 µg/L の 15 元素および 1.0 µg/L の La、Ce、および Nd を含む標準液の分析を、バッチ分析前後に行いました。測定値間のドリフト (% 差) は、すべての元素において 5.0 % 未満であり、これにより、再び 7850 ICP-MS の安定性と堅牢性が示されました (表 4)。

表 4. Agilent 7850 ICP-MS を用いて、11 時間にわたる分析の前後に測定された QC チェック溶液

元素	QC 溶液中の 濃度 µg/L	濃度測定値		
		分析 1、 µg/L	分析 2、 µg/L	*ドリフト (%)
11 B	10.0	9.94	9.70	2.5
24 Mg	10.0	10.37	9.87	5.0
27 Al	10.0	10.70	10.46	2.4
51 V	10.0	9.93	9.61	3.2
52 Cr	10.0	9.87	9.55	3.1
55 Mn	10.0	9.82	9.44	3.8
59 Co	10.0	9.88	9.66	2.2
60 Ni	10.0	9.59	9.33	2.6
66 Zn	10.0	10.07	9.91	1.6
82 Se	10.0	10.53	10.04	4.9
85 Rb	10.0	9.69	9.36	3.2
88 Sr	10.0	9.67	9.35	3.2
95 Mo	10.0	9.60	9.67	0.7
133 Cs	10.0	9.58	9.41	1.8
137 Ba	10.0	9.97	9.93	0.4
139 La	1.0	0.95	0.95	0.1
140 Ce	1.0	0.95	0.95	0.0
146 Nd	1.0	1.00	1.00	0.0

* バッチ分析 (分析 1) の前およびバッチ分析 (分析 2) の後に測定された QC チェック溶液中の濃度の差

茶サンプルの定量結果

インドの 8 地域の茶の分解物を、7850 ICP-MS を用いて分析しました。

表 5 で示すように、定量結果の変動 (%) は各地域で 5 % 未満でした。

表 5. 8 地域の 15 または 20 の茶サンプルの 18 元素の平均測定濃度。希釈倍率換算済単位：mg/kg

元素	ドアーズ地域		カチャール地域		テライ地域		ダージリン地域		トクライ地域		トリブラ		アッパーアッサム		ノースバンク	
	平均濃度 (n = 20)	変動 (%)	平均濃度 (n = 20)	変動 (%)	平均濃度 (n = 20)	変動 (%)	平均濃度 (n = 15)	変動 (%)	平均濃度 (n = 20)	変動 (%)	平均濃度 (n = 15)	変動 (%)	平均濃度 (n = 20)	変動 (%)	平均濃度 (n = 20)	変動 (%)
B	12	2.0	15	1.8	9.7	2.1	12	2.1	6.4	2.3	14	3.2	9.9	2.4	11	2.7
Mg	2245	0.6	1989	0.9	2183	1.3	1951	0.8	2337	1.5	1418	2.9	2162	1.5	1988	2.2
Al	853	0.7	734	0.8	922	1.3	559	1.2	579	1.5	349	3.0	630	1.5	759	2.0
V	0.19	4.9	0.22	2.8	0.25	3.6	0.25	2.7	0.23	2.4	<MDL	-	0.10	3.6	8.3	3.0
Cr	7.9	4.6	19	1.0	21	1.1	0.54	2.4	7.9	1.6	0.32	4.9	0.84	2.1	12	2.7
Mn	639	0.8	637	1.0	504	1.2	384	1.0	817	1.3	540	3.0	308	1.3	1088	2.0
Co	0.18	4.4	0.34	1.6	0.39	2.8	0.14	4.2	0.30	1.3	0.15	2.9	0.12	2.6	1.2	2.8
Ni	5.9	4.3	7.7	1.1	7.6	2.7	8.2	0.9	8.0	1.7	3.4	2.8	2.5	1.3	8.9	3.8
Zn	32	4.4	20	0.9	33	4.9	41	0.9	37	1.5	27	2.9	27	1.6	31	2.2
Se	0.85	3.9	0.27	4.9	0.19	4.8	0.19	4.7	<MDL	-	0.20	4.1	0.31	4.6	0.19	3.1
Rb	23	0.5	44	1.0	67	1.6	71	1.4	29	1.4	54	2.9	35	1.5	93	2.2
Sr	6.3	0.7	11	1.2	12	1.6	12	1.0	16	1.3	13	2.9	16	1.5	11	2.3
Mo	0.90	2.9	0.25	3.1	0.23	3.6	<MDL	-	<MDL	-	<MDL	-	<MDL	-	1.0	4.8
Cs	0.36	2.9	0.16	1.6	0.17	1.7	0.10	2.0	<MDL	-	0.12	2.9	0.13	2.1	0.13	2.0
Ba	19	4.9	31	1.0	33	0.8	21	0.9	33	1.2	31	2.9	37	1.4	41	2.2
La	0.13	1.7	0.40	1.1	0.15	2.0	0.16	1.2	0.14	1.5	0.12	2.9	0.15	1.9	0.21	4.3
Ce	0.21	1.1	0.33	1.0	0.28	1.8	0.28	1.5	0.24	2.5	0.18	3.0	0.20	1.4	0.38	2.2
Nd	0.10	2.4	0.29	2.2	0.12	3.1	0.14	2.2	0.12	3.8	<MDL	-	0.21	1.7	0.24	3.0

添加回収率およびマトリックス効果の評価

定量メソッドの精度を試験するため、ノースバンク地域の茶サンプルの 1 つに対して、添加回収率試験を実施しました。表 6 に示すように、茶サンプルの 3 種類の添加サンプルをそれぞれ分析し、添加回収率を計算しました。平均添加回収率 (n=3) は、100 ± 10 % 以内で、測定値の %RSD は 5 % 未満でした。この優れた回収率は、すべての元素に対して、サンプルマトリックスに起因するマトリックス効果による影響がないことを示しています。

表 6. 3 回繰り返して前処理したノースバンク地域の茶の添加サンプルに対する、Agilent 7850 ICP-MS による分析の真度と精度

元素	添加していない サンプルの濃度、 mg/kg	添加 濃度、mg/kg	添加サンプルの 濃度、mg/kg	平均 回収率、 % (n = 3)	RSD、 %
11 B	11.4	8	18.7	92	3.7
24 Mg	1987	80	2071	105	4.8
27 Al	763	80	837	93	4.0
51 V	8.3	8	16.5	103	0.7
52 Cr	12.0	8	20.6	107	1.1
55 Mn	1087	80	1160	92	2.1
59 Co	1.4	8	9.5	101	2.0
60 Ni	8.7	8	16.8	102	1.0
66 Zn	33	80	118	107	1.4
82 Se	0.18	0.8	0.99	101	1.4
85 Rb	94	8	101	97	1.7
88 Sr	11.5	8	18.9	93	3.3
95 Mo	0.98	8	8.7	96	0.5
133 Cs	0.14	0.8	0.87	92	0.8
137 Ba	42	8	49	95	2.2
139 La	0.23	0.8	0.99	95	3.6
140 Ce	0.39	0.8	1.21	103	4.0
146 Nd	0.25	0.8	1.1	101	3.5

MPP ソフトウェアを用いたデータ解析

150 の茶サンプルで測定された 18 元素の ICP-MS データを組み合わせ、Agilent MPP 多変量解析ソフトウェアにインポートし、統計解析を実施しました。MPP ソフトウェアには、t 検定などのさまざまな検定、分散分析 (ANOVA)、モデル構築アルゴリズム、箱ひげ図、相関解析およびクラスター解析などが含まれています。

主成分分析

PCA (p カットオフ値 <0.05) を実行して、地域に基づき、茶サンプルのグループ間に有意差があるかどうかを検証しました。PCA 手法は、グループの分離に対する元素の相対的な寄与を評価します。図 3 の 3 次元 (3D) PCA スコアは、18 元素の元素プロファイリングに基づく、さまざまな原産地の茶サンプル間の大きな変動を示しています。分散比の合計の 72 % を、最初の 3 つの次元、PC1 (X 軸、38.68 %)、PC2 (Y 軸、19.87 %)、および PC3 (Z 軸、13.66 %) が占めました。PCA ローディング値によると、茶の原産地間の分離は PC1 の Sr、Ba、および B、PC2 の Cs、La、および Rb、PC3 の Mo、Ce、および Nd に起因するものでした。

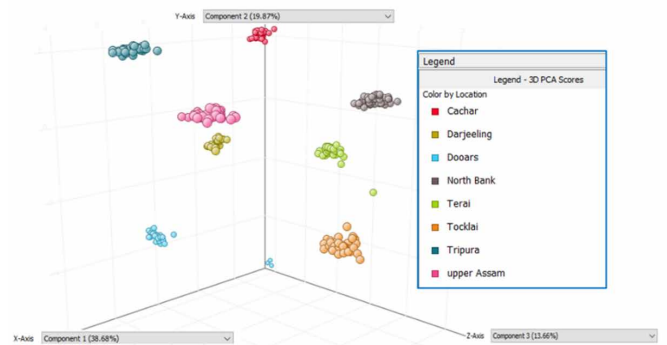


図 3. 元素プロファイリングに基づいて 150 の茶サンプルの 3D-PCA スコアが示す原産地の区別。プロットの X 軸、Y 軸、Z 軸は、PCA 結果の上位 3 つの成分を表します。

クラス予測解析

クラス予測解析は、未知のサンプルを以前に決定されたグループに偏りなく割り当てることができる有用な手法です。MPP ソフトウェアには、複数のクラス予測アルゴリズムが含まれています。アルゴリズムの選択肢には、SIMCA (Soft Independent Modeling of Class Analogy)、ランダムフォレスト、線形判別分析 (LDA)、PLS 判別分析 (PLSDA)、決定木、サポートベクターマシン (SVM)、単純ベイズ、およびニューラルネットワークなどがあります。分類モデルの構築には、これらのクラス予測アルゴリズムのいずれかを使用できます。

予測モデルの構築

食品のクラス予測アルゴリズムで一般的に用いられる LDA および SVM を使用して、予測モデルを構築し、茶サンプルの原産地を特定しました。すべての解釈は平均化なしの産地の値を用いて実施しました。メソッドを構築するため、茶サンプルを 8 地域それぞれからランダムに選択しました (ダージリンおよびトリプラから 12 サンプル、その他すべての地域から 18 サンプル)。残りの 24 サンプル (8 地域それぞれから 3 サンプル) は、2 つの予測モデルの精度をテストするための未知として使用しました。

予測モデルのテスト

LDA および SVM モデルを使用して得られた予測される産地の結果を表 7 に示します。24 の「未知」茶サンプルの産地は、2 つの予測モデルを使用して正しく特定され、高い信頼度が示されました。

表 7. 24 の「未知」茶サンプルの予測される産地の結果。1 に近い値は信頼度が高いことを示しています。

サンプル名	実際の産地	SVM 予測モデル		LDA 予測モデル	
		予測される産地	信頼度尺度	予測される産地	信頼度尺度
未知 C1	カチャール	カチャール	0.907	カチャール	0.986
未知 C2	カチャール	カチャール	0.910	カチャール	0.967
未知 C3	カチャール	カチャール	0.907	カチャール	0.977
未知 D1	ドアーズ	ドアーズ	0.912	ドアーズ	0.976
未知 D2	ドアーズ	ドアーズ	0.916	ドアーズ	0.966
未知 D3	ドアーズ	ドアーズ	0.905	ドアーズ	0.964
未知 Da1	ダーズリン	ダーズリン	0.886	ダーズリン	0.981
未知 Da2	ダーズリン	ダーズリン	0.891	ダーズリン	0.979
未知 Da3	ダーズリン	ダーズリン	0.906	ダーズリン	0.980
未知 NB1	ノースバンク	ノースバンク	0.919	ノースバンク	0.978
未知 NB2	ノースバンク	ノースバンク	0.921	ノースバンク	0.989
未知 NB3	ノースバンク	ノースバンク	0.919	ノースバンク	0.989
未知 T1	トリブラ	トリブラ	0.898	トリブラ	0.985
未知 T2	トリブラ	トリブラ	0.886	トリブラ	0.977
未知 T3	トリブラ	トリブラ	0.877	トリブラ	0.940
未知 Te1	テライ	テライ	0.902	テライ	0.980
未知 Te2	テライ	テライ	0.905	テライ	0.986
未知 Te3	テライ	テライ	0.911	テライ	0.983
未知 To1	トクライ	トクライ	0.884	トクライ	0.987
未知 To2	トクライ	トクライ	0.887	トクライ	0.981
未知 To3	トクライ	トクライ	0.895	トクライ	0.993
未知 UA1	アッパーアッサム	アッパーアッサム	0.901	アッパーアッサム	0.985
未知 UA2	アッパーアッサム	アッパーアッサム	0.913	アッパーアッサム	0.988
未知 UA3	アッパーアッサム	アッパーアッサム	0.910	アッパーアッサム	0.985

結論

Agilent 7850 ICP-MS を用いて、インドの 8 地域の 150 の茶サンプルを対象に、68 の主要元素および微量元素を測定しました。7850 の広いダイナミックレンジとヘリウムコリジョンセルモードにより、同じ設定条件を用いて 1 回のバッチファイルですべての元素を測定することができました。多元素データバッチは、Agilent Mass Profiler Professional (MPP) 多変量解析ソフトウェアによって処理されました。主成分分析 (PCA) をデータに適用することで、地域に応じて、茶に含まれる 18 元素の濃度にある程度の変動があることが示されました。食品真正性判定の研究でよく使用される 2 つのクラス予測モデル (SVM および LDA) を用い、18 元素に基づいてクラス予測モデルを構築しました。2 つのモデルにより、価値が高いダーズリンを含む、24 の「未知」茶テストサンプルの原産地を正しく特定しました。

元素フィンガープリント ICP-MS メソッドは、さまざまな食品の原産地を特徴づける可能性を有しています。その結果は、本物の製品の産地の確認や、偽和物混入や不正表示が行われた製品の特定に使用することも可能です。

参考文献

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Commodities: Tea, accessed March 2022, <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities/tea/en/>
2. Indian Chamber of Commerce, Sector: Tea, accessed March 2022, <https://www.indianchamber.org/sectors/tea/>
3. Jenny Nelson, Helene Hopfer, Authentication of Specialty Teas: An Application Note. Food Qual. Safety, **2018**, December, accessed March 2022 <https://www.foodqualityandsafety.com/article/specialty-tea-authentication/>
4. Jenny Nelson, Elaine Hasty, Leanne Anderson, Macy Harris, US FDA EAM 4.7 ICP-MS メソッドに従った 食品中の元素測定, Agilent publication, [5994-2839JAJP](#)
5. Shuofei Dong, Jenny Nelson, Michiko Yamanaka, Routine Analysis of Fortified Foods using the Agilent 7800 ICP-MS, Agilent publication, [5994-0842EN](#)
6. Kazuhiro Sakai, Junichi Takahashi, Ed McCurdy, Application of the Agilent 7900 ICP-MS with Method Automation function for the routine determination of trace metallic components in food CRMs, Agilent publication, [5991-4556EN](#)
7. Jenny Nelson et al., Determining the metal content of the spices and identifying the country of origin, Food Qual. Safety, **2019**, accessed March 2022, <https://www.foodqualityandsafety.com/article/authentic-spices-identifying-country-origin/>
8. Fei Xu et.al., ICP-MS および統計モデリングを用いた元素プロファイリングによる米の真正性判定, Agilent publication, [5994-4043JAJP](#)
9. Octopole Collision/Reaction Cell and Helium mode, Agilent publication, [5994-1172EN](#)

ホームページ

www.agilent.com/chem/jp

カスタムコンタクトセンタ

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。

DE88247626

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2022

Printed in Japan, March 15, 2022

5994-4583JAJP