

ICP-MS による栄養製品中のクロム、セレン、モリブデンの測定

アプリケーションノート

食品検査と農業

著者

Lawrence H. Pacquette, Andre Szabo,
and Joseph J. Thompson
Abbott Nutrition
Global Research Services
3300 Stelzer Rd
Columbus, OH

概要

乳児用調合乳および成人用栄養製品中のクロム (Cr)、セレン (Se)、およびモリブデン (Mo) を高速測定する検証済みの ICP-MS メソッドを、ラボ 1 の Agilent 7500cx ICP-MS からラボ 2 の Agilent 7700x ICP-MS へと問題なく変換できました。このメソッドの大きな特長は、単一セルガスモード (ヘリウムモード) を使用してサンプルを分析できることです。このモードでは、Cr、Mo、および Se に対する多原子干渉を効果的に除去するため、生産性が格段に高まります。今回の実験では、サンプルに内部標準を添加してから密閉容器マイクロ波オープンで分解し、その後 ICP-MS で検出しました。一連の調査により、このメソッドがグローバル参照メソッドとして使用するのにふさわしい候補であることが示されました。実際、栄養製品中に微量濃度で存在する Cr、Mo、および Se の測定メソッドとして、AOAC から Final Action/Official のステータスが与えられています。

はじめに

必須元素の添加による食品の栄養強化は、容易に栄養価を高めることのできる手段として、特に食物摂取不足のおそれのある年齢層および集団向けの栄養製品に広く使用されています。例えば、乳児用調合乳には Se を、また小児および成人向け医療用栄養製品には Se、Cr、および Mo を添加することにより栄養価が強化されています [1,2]。一般に、これらの元素は食品中に微量濃度で存在するため、誘導結合プラズマ発光分光分析法 (ICP-AES) など従来の手法で分析することは困難です。従来の手法では、Cr および Mo を測定できる十分な感度を得るために超音波による噴霧化を用いたり、Se を測定するために水素化物を発生させるなど、標準外のサンプル導入手法が必要になります [3,4,5]。また、グラファイトファーンエス原子吸光分析法 (GF-AAS) を使用する場合は、これらの元素の測定に必要な感度を得るために、複雑な抽出手順を踏まなければなりません。



Agilent Technologies

ICP-MS メソッドは、乳児用調合乳中の Cr、Mo、および Se の分析法として認められている唯一の公式メソッドです (AOAC Official Method 2011.19)。この他、ペットフード (AOAC 986.15, 1988)、飼料 (AOAC 996.17, 1997)、および食品 (欧州規格 EN 14627) 中の Se を測定する水素化物発生 AAS メソッドがあります。また、肥料中の Se、Cr、および Mo を測定する ICP-AES メソッド (AOAC 2006.03) や、乾式灰化 (EN 14082) または加圧分解 (EN 14083; 8) 後に食品中の Cr および Mo を測定する GF-AAS メソッドもあります。ここにあげたすべての EN メソッドは、高く評価されている国際食品規格 (Codex) の承認を得ていない Type IV ステータスにあります。

ICP-MS は、検量線法による栄養食品中の Cr、Se、および Mo (およびその他多くの元素) の測定に必要な感度と選択性を備えた高速多元素分析法です [1,6,7]。ng/L (1 兆分の 1、ppt) レベルというきわめて低い定量下限も実現します。最新世代の ICP-MS 機器には、コリジョンリアクションセル (CRC) が搭載されており、プラズマガス、マトリックス化合物、および酸溶媒から生成される多原子イオンによるスペクトル干渉を低減または排除できます [8,9]。例えば、低濃度の Cr をその主同位体 (m/z 52) で、質量数の等しい $^{40}\text{Ar}^{12}\text{C}$ や $^{35}\text{Cl}^{16}\text{O}^1\text{H}$ などのマトリックススペースの多原子干渉の存在下でも正確に測定できます。また、Se は優先同位体 ^{78}Se での測定が可能です。従来の手法では、 $^{40}\text{Ar}^{38}\text{Ar}$ 多原子オーバーラップが存在するため、この同位体は微量分析には不適とされていました [10,11]。この他、ICP-MS において Cr、Mo、および Se への多原子干渉の原因となる化合物を表 1 に示します。

表 1. ICP-MS で Cr、Mo、および Se への多原子干渉の原因となる一般的な化合物

元素	m/z	アバundance (%)	干渉イオン
Cr	52	83.8	$^{40}\text{Ar}^{12}\text{C}^+$ 、 $^{37}\text{Cl}^{14}\text{N}^1\text{H}^+$ 、 $^{36}\text{Ar}^{16}\text{O}^+$ 、 $^{35}\text{Cl}^{16}\text{O}^1\text{H}^+$
Cr	53	9.5	$^{40}\text{Ar}^{13}\text{C}^+$ 、 $^{37}\text{Cl}^{16}\text{O}^+$ 、 $^{38}\text{Ar}^{15}\text{N}^+$ 、 $^{38}\text{Ar}^{14}\text{N}^1\text{H}^+$ 、 $^{36}\text{Ar}^{17}\text{O}^+$ 、 $^{36}\text{Ar}^{16}\text{O}^1\text{H}^+$ 、 $^{35}\text{Cl}^{17}\text{O}^1\text{H}^+$ 、 $^{35}\text{Cl}^{18}\text{O}^+$ 、 $^{36}\text{S}^{17}\text{O}^+$
Mo	95	15.9	$^{79}\text{Br}^{16}\text{O}^+$
Se	78	23.2	$^{38}\text{Ar}^{40}\text{Ar}^+$
Se	80	49.8	$^{40}\text{Ar}_2^+$ 、 $^{32}\text{S}^{16}\text{O}_3^+$ 、 $^{32}\text{S}_2^{16}\text{O}^+$
Se	82	9.2	$^{40}\text{Ar}_2^1\text{H}_2^+$ 、 $^{12}\text{C}^{35}\text{Cl}_2^+$ 、 $^{34}\text{S}^{16}\text{O}_3^+$

Agilent 7500cx ICP-MS を使用して乳児用調合乳および成人用栄養製品中の Cr、Se、Mo を測定するメソッドの詳細は、Pacquette 他による文献 (2011 年) に記載されています。このメソッドを、ヘリウムモードのみを用いる CRC メソッドによって Agilent 7700x ICP-MS へと問題なく変換することができました。このアプリケーションノートでは、メソッド変換のバリデーション手順の一部を詳しく紹介します。

実験手法

機器および試薬

今回の実験はすべて、オクタポールリアクションシステム (ORS³) CRC を搭載した Agilent 7700x ICP-MS で実施しました。この機器には、標準のサンプル導入システム (MicroMist ガラス同軸ネブライザ、石英製 Scott 型スプレーチャンバ、内径 2.5 mm インジェクタ付き石英トーチ) とインタフェース (Ni サンプラおよびスキマコーン) を装着しました。Cr、Mo、および Se の測定時には、ORS³ をヘリウムコリジョンモードで動作させました。また、Agilent ASX-520 オートサンブラを用いてサンプリングを効率化しました。機器の設定とパラメータを表 2 に示します。

表 2. Agilent 7700x ICP-MS の操作パラメータ

パラメータ	値
RF 出力	1,600 W
サンプリング深さ	9 mm
キャリアガス流量	0.9 L/min
引き出し 1 レンズ	0 V
メークアップガス流量	0.2 L/min
スプレーチャンバ温度	2 °C
He セルガス流量	4.5 mL/min
分析対象物/内部標準	$^{52}\text{Cr}/^{60}\text{Ni}$ 、 $^{78}\text{Se}/^{130}\text{Te}$ 、 $^{95}\text{Mo}/^{60}\text{Ni}$

公式メソッドでは、内部標準として Ni ではなく ^{72}Ge が採用されていますが、チョコレートなどの食品に Ni が含まれることがあるため、今回の実験ではバックグラウンドとして Ni を用いました。

カスタムラボ対照サンプル

最近まで、このメソッドのバリデーションに用いる室内カスタムラボ対照サンプルとして、すべての必須栄養元素を含む均一な粉末を使用していました。現在は、米国国立標準技術研究所 (NIST) 1849a 乳児/成人用栄養配合物標準物質 (メリーランド州ゲイザースバーグ) を使用しています。

サンプル前処理

栄養ラボ対照サンプルは、MARS 5 (CEM 社、ノースカロライナ州マシュース) で温度管理された密閉容器マイクロ波オープンで分解しました。損失を補正するため、また校正済み計量器具でサンプルを希釈しなくても済むように、サンプルの分解前に内部標準を加えました。分解は、できるかぎり多くの有機物を分解するために 2 ステップで実施しました。このときに用いたマイクロ波パラメータを表 3 に示します。

表3. HNO₃ および H₂O₂ による 2 ステップのサンプル分解に用いたマイクロ波操作パラメータ

パラメータ	ステップ 1 HNO ₃	ステップ 2 H ₂ O ₂
100 % 出力	1,600 W	1,600 W
昇温時間	20 分	15 分
ホールド時間	20 分	15 分
温度	200 °C	180 °C
冷却時間	20 分	20 分

サンプル溶液中に炭素が存在すると、Se などイオン化しにくい一部の元素の ICP-MS シグナル強度が高くなることが広く報告されています [10,11,12]。これは、プラズマ中の C⁺ が増加すると、Se (イオン化エネルギー 9.75 eV) から C⁺ (イオン化エネルギー 11.26 eV) への電子移動が促進され、Se のイオン化率が高まるためと考えられます [10]。一般に、このシグナル強度の向上効果は、標準溶液とサンプルの両方にメタノールを加えるなど、すべてのサンプル中の炭素濃度を一定にすることにより確保できます。今回の実験では、密閉容器マイクロ波分解後のサンプルにメタノールを加えました [13,14,6]。分解には約 1.5 時間 (冷却時間を含む) かかります。この処理は自動化されており、過塩素酸を用いなくてもサンプルを完全に分解できます [15]。

キャリブレーション

Cr および Mo については 0、0.8、4、および 20 µg/L (ppb) の標準溶液、また Se については 0、0.4、2、および 10 µg/L の標準溶液を用いて検量線を作成しました。3 種類の分析対象物の検量線の R 値はすべて 0.9995 以上でした (図 1~3)。キャリブレーション標準 (検量線用標準溶液) は、各分析対象物の 1 ppm 原液から重量:重量ベースで調製しました。または、すべての分析対象物が含まれる多元素原液をクラス A 計量ピペットで分注してキャリブレーション標準を調製しました。

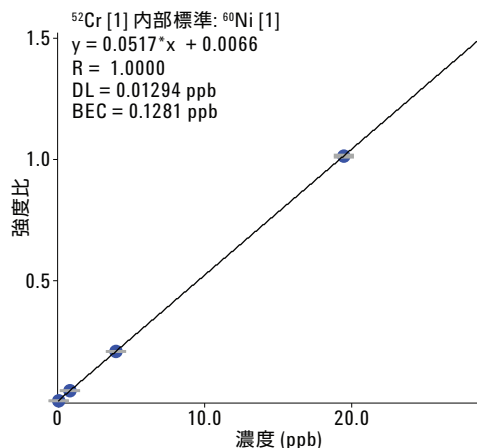


図 1. Cr の一般的な検量線 (R ≥ 0.9995)

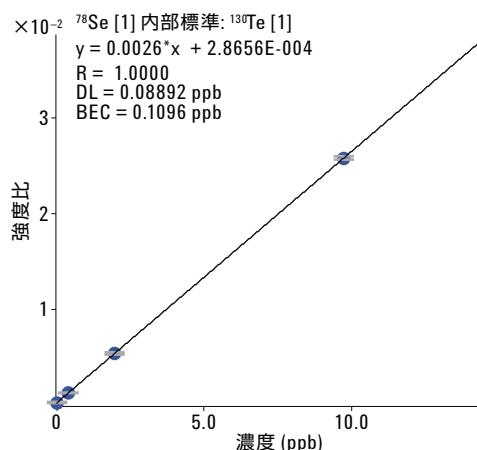


図 2. Se の一般的な検量線 (R ≥ 0.9995)

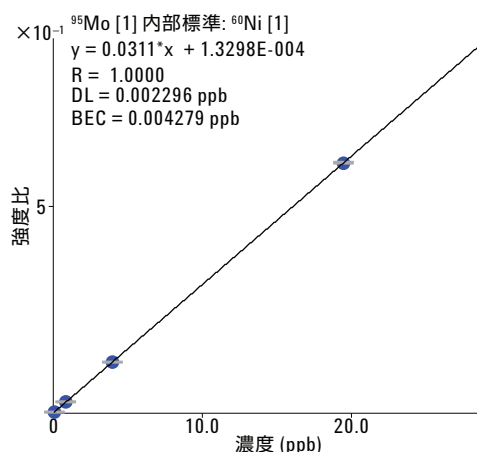


図 3. Mo の一般的な検量線 (R ≥ 0.9995)

メソッド変換データ

ラボ 2 で、3 名の分析者が一般的な手法に従い、12 日間にわたってそれぞれ別の日にラボ対照サンプルの分解物を各日に 4 回ずつ分析し、メソッドの堅牢性を評価しました。また、その結果をラボ 1 の結果と比較しました。

表 4 に、3 名の分析者が 12 日間にわたってそれぞれ別の日にカスタムラボ対照サンプル 10 CLC10_B 中の Cr を測定した結果を示します。各日に実施した対照サンプルの 4 回の分析では、非常に高い精度 (RSD 0.48~2.87 %) が得られました。また、各日に分析した連続 2 回のサンプル濃度 (1 回目と 2 回目または 3 回目と 4 回目) の精度は、RSD 2 % 未満でした (プロトコルで求められる RSD は 7 % 未満)。

3 名のすべての分析者による 12 ポイントの濃度および精度の全体平均は、それぞれ Cr 濃度 1,059.36 ng/g、RSD 2.33 % でした。表 4 の結果から、ラボ 2 で測定した各日 (n = 4) および全体 (n = 12) の Cr の平均濃度が、ラボ 1 で作成した管理図 (図 4) の平均 (Cr 濃度 1,053.00 ng/g) から ±10 % の範囲にあり、3 シグマにおさまっていることがわかります。ラボ 1 で 3 名の分析者が 30 日間にわたって測定した濃度の精度値は RSD 1.6 % でした (表 4)。ラボ 1 の管理図の平均値 (Cr 濃度 1,053.00 ng/g) とラボ 2 の平均値 (Cr 濃度 1,059.36 ng/g) の差は 0.6 % です。

表 4. 3 名の分析者が 12 日間にわたってそれぞれ別の日にカスタムラボ対照サンプル中の Cr を分析した結果

分析者	カスタムラボ対照サンプル 10 (CLC10_B)						RSD (%)
	日	サンプル濃度 (ng/g)				平均 (ng/g)	
1	1	1084.33	1090.81	1096.95	1092.14	1091.06	0.48
	2	1048.87	1062.05	1055.25	1057.55	1055.93	0.52
	3	1063.33	1053.73	1049.73	1054.43	1055.30	0.54
2	1	1082.79	1091.97	1151.06	1090.13	1103.99	2.87
	2	1108.71	1096.43	1062.40	1071.40	1084.73	1.98
	3	1070.82	1055.64	1052.06	1040.06	1054.64	1.20
	4	1074.54	1073.78	1062.18	1069.69	1070.05	0.53
	5	1037.76	1038.63	1048.23	1067.80	1048.11	1.3
	6	1029.96	1025.96	1023.91	1036.40	1029.06	0.5
3	1	1060.53	1056.44	1069.93	1055.33	1060.56	0.63
	2	1031.59	1049.70	1030.33	1032.50	1036.03	0.88
	3	1027.68	1016.48	1022.01	1025.38	1022.89	0.48
ラボ 2 平均	12					1059.36	2.33
ラボ 1 平均	30					1053.00	1.6
全体平均の差 = 0.6 %							

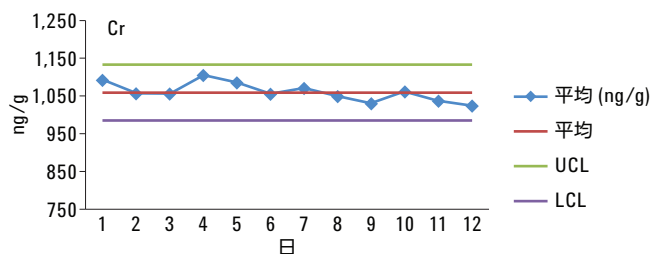


図 4. 3 名の分析者がカスタムラボ対照サンプル中の Cr を分析した結果 (UCL = 上方管理限界、LCL = 下方管理限界)

表 5 に、3 名の分析者が 12 日間にわたってそれぞれ別の日に CLC-10 中の Se を測定した結果を示します。各日に実施した対照サンプルの 4 回の分析では、非常に高い精度 (RSD 0.33~2.53 %) が得られました。また、各日に分析した連続 2 回のサンプル濃度 (1 回目と 2 回目、3 回目と 4 回目) の精度は、RSD 5 % 未満でした (プロトコルで求められる RSD は 7 % 未満)。3 名のすべての分析者による 12 ポイントの濃度および精度の全体平均は、それぞれ Se 濃度 814.72 ng/g、RSD 2.95 % でした。表 5 の結果から、ラボ 2 で測定した各日 (n = 4) およ

び全体 (n = 12) の Se の平均濃度についても、ラボ 1 で作成した管理図 (図 5) の平均 (Se 濃度 813.80 ng/g) から $\pm 10\%$ の範囲にあり、3 シグマにおさまっていることがわかります。表 5 には、ラボ 1 で 3 名の分析者が 30 日間にわたって測定した濃度の精度値が RSD 1.8 % だったことも示されています。ラボ 1 の管理図の平均値 (Se 濃度 813.80 ng/g) とラボ 2 の平均値 (Se 濃度 814.72 ng/g) の差は 0.11 % です。

表 5. 3 名の分析者が 12 日間にわたってそれぞれ別の日にカスタムラボ対照サンプル中の Se を分析した結果

Se	カスタムラボ対照サンプル 10 (CLC10_B)							
	分析者	日	サンプル濃度 (ng/g)				平均 (ng/g)	RSD (%)
1		1	828.10	828.22	822.61	824.78	825.93	0.33
		2	845.40	840.98	832.88	804.89	831.04	2.19
		3	798.69	797.53	777.17	797.34	792.68	1.31
2		1	825.87	837.62	862.65	813.01	834.79	2.53
		2	834.92	821.62	836.35	827.63	830.13	0.82
		3	769.73	783.47	791.78	787.63	783.15	1.22
		4	782.21	767.83	759.76	768.17	769.49	1.21
		5	832.14	858.41	806.10	822.45	829.77	2.6
		6	802.30	826.72	835.72	839.35	826.02	2.0
3		1	787.79	791.76	786.04	794.90	790.12	0.50
		2	830.32	856.54	845.63	838.65	842.78	1.32
		3	821.72	811.66	826.68	822.78	820.71	0.78
ラボ 2 平均	12					814.72	2.95	
ラボ 1 平均	30					813.80	1.78	

全体平均の差 = 0.11 %

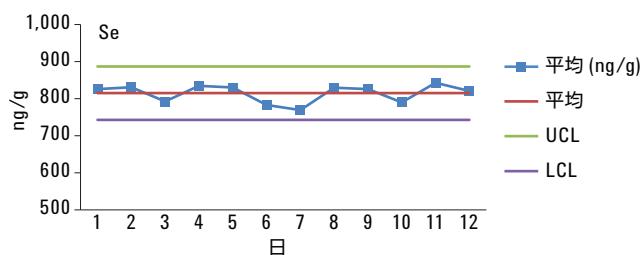


図 5. 3 名の分析者がカスタムラボ対照サンプル中の Se を分析した結果 (UCL = 上方管理限界、LCL = 下方管理限界)

表 6 に、3 名の分析者が 12 日間にわたってそれぞれ別の日に CLC10_B 中の Mo を測定した結果を示します。各日に実施した対照サンプルの 4 回の分析では、非常に高い精度 (RSD 0.28~5.44 %) が得られました。また、各日に分析した連続 2 回のサンプル濃度 (1 回目と 2 回目、3 回目と 4 回目) の精度は、すべての測定について RSD 5 % 未満でした (プロトコルで求められる RSD は 7 % 未満)。ただし、2 日目に分析者 2 により得られた RSD 8 % (Mo 濃度 1462.98 ng/g および Mo 濃度 1641.52 ng/g) は例外です。表 6 では、この結果が強調されています。3 名のすべての分析者による 12 ポイントの濃度お

よび精度の全体平均は、それぞれ Mo 濃度 1641.51 ng/g、RSD 1.94 % でした。表 6 の結果から、ラボ 2 で測定した各日 (n = 4) および全体 (n = 12) の Mo の平均濃度についても、ラボ 1 で作成した管理図の平均 (Mo 濃度 1,696.00 ng/g) から ±10 % の範囲にあり、3 シグマにおさまっていることがわかります。表 6 には、ラボ 1 で 3 名の分析者が 30 日間にわたって測定した濃度の精度値が RSD 1.59 % だったことも示されています。ラボ 1 の管理図の平均値 (Mo 濃度 1,696.00 ng/g) とラボ 2 の平均値 (Mo 濃度 1,641.51 ng/g) の差は 3.0 % です。

表 6. 3 名の分析者が 12 日間にわたってそれぞれ別の日にカスタムラボ対照サンプル中の Mo を分析した結果。プロトコルの上限値を超えている RSD% を強調表示しています。

Mo カスタムラボ対照サンプル 10 (CLC10_B)							
分析者	日	サンプル濃度 (ng/g)				平均 (ng/g)	RSD (%)
1	1	1628.33	1614.66	1620.39	1641.70	1626.27	0.72
	2	1625.22	1621.36	1621.52	1638.34	1626.61	0.49
	3	1624.45	1625.69	1622.69	1633.36	1626.55	0.29
2	1	1639.53	1644.06	1757.45	1655.59	1674.16	3.34
	2	1462.98	1641.52	1631.97	1634.99	1592.86	5.44
	3	1626.86	1635.01	1627.34	1624.31	1628.38	0.28
	4	1706.91	1706.40	1704.52	1725.93	1710.94	0.59
	5	1637.73	1640.49	1652.09	1637.21	1641.88	0.4
	6	1634.95	1631.87	1627.26	1651.66	1636.44	0.6
3	1	1678.21	1679.87	1690.34	1673.59	1680.50	0.42
	2	1626.27	1613.64	1617.34	1619.95	1619.30	0.33
	3	1643.49	1630.91	1631.93	1630.47	1634.20	0.38
ラボ 2 平均	12					1641.51	1.94
ラボ 1 平均	30					1696.00	1.59
全体平均の差 = 3.0 %							

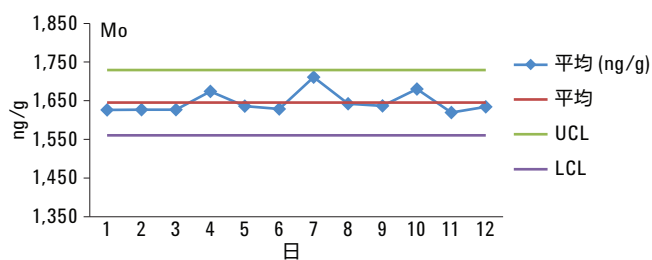


図 6. 3 名の分析者がカスタムラボ対照サンプル中の Mo を分析した結果 (UCL = 上方管理限界、LCL = 下方管理限界)

実質的な定量下限

添加溶液を測定することにより、Cr、Se、および Mo の実質的な定量下限 (PLOQ) を決定しました。これらの溶液の濃度は、最低濃度のキャリブレーション標準の半分で、Cr および Mo は 0.39 ng/mL、Se は 0.195 ng/mL です。表 7 に、3 名の分析者が 6 日間にわたってそれぞれ別の日に分析したときの回収率を示します。

Cr (3 日目の 94.1 % を除く) および Mo の回収率は、96~103 % の範囲でした。6 日間の全体平均回収率は、Cr については 98.2 %、Mo については 100.5 % でした。Se の回収率も表 7 に示しています。Se につ

いて 95~105 % という回収率を達成した日もありましたが、Se の全体平均回収率が 93.2 % だったことから、Se の PLOQ が最低濃度のキャリブレーション標準、すなわち 0.4 ng/mL と同等であると判断しました。以上より、7700x ICP-MS で He ガスモードを用いた場合の Cr、Se、および Mo の PLOQ を 0.4 ng/mL としました。ラボ 1 において Agilent ICP-MS 機器 (7500cx および 7700x) で H₂ セルガスモードを用いた Se の分析では、PLOQ 値 0.2 ng/mL、回収率 95~105 % という結果を達成しました。

表 7. Agilent 7700x ICP-MS で He ガスモードを用いた場合の PLOQ 値の決定

日	元素	添加濃度 (ng/g)	分析者 1	分析者 2	分析者 3	RSD% (n = 3)	回収率 (%)
1	Cr	0.39	0.381	0.379	0.38	0.372	97.44
2			0.373	0.384	0.379	2.055	97.05
3			0.365	0.369	0.367	0.771	94.1
4			0.374	0.379	0.377	0.939	96.54
5			0.4	0.393	0.397	1.248	101.67
6			0.397	0.401	0.399	0.709	102.31
						全体の真度 (%) 98.2	
						全体の RSD (%) 3.2	
1	Se	0.195	0.182	0.158	0.17	9.983	87.18
2			0.202	0.168	0.185	12.995	94.87
3			0.179	0.173	0.176	2.411	90.26
4			0.175	0.212	0.194	13.521	99.23
5			0.18	0.188	0.184	3.074	94.36
6			0.173	0.191	0.182	6.993	93.33
						全体の真度 (%) 93.2	
						全体の RSD (%) 4.4	
1	Mo	0.39	0.393	0.394	0.394	0.18	100.9
2			0.389	0.392	0.391	0.543	100.13
3			0.384	0.392	0.388	1.458	99.49
4			0.386	0.39	0.388	0.729	99.49
5			0.397	0.393	0.395	0.716	101.28
6			0.396	0.398	0.397	0.356	101.79
						全体の真度 (%) 100.5	
						全体の RSD (%) 1	

結論

ICP-MSによる乳児用調合乳および成人用栄養製品中のCr、Se、およびMoの高速測定メソッドを次世代ICP-MSに問題なく変換することができました。新たなメソッドの大きな特長は、単一セルガスモード(ヘリウムモード)を使用して分析できることです。このモードでは、Cr、Mo、およびSeに対する多原子干渉を効果的に除去しながら、あらゆるサンプルを分析できるため、生産性が格段に高まります。今回の実験では、サンプルに内部標準を添加して、利便性の高い密閉容器マイクロ波で分解し、その後、感度と特異性に優れたICP-MSで検出しました。今回の調査により、このメソッドが、栄養製品中に微量濃度で存在するCr、Mo、およびSeを測定するグローバル参照メソッド(AOACやInternational Formula Council)としてふさわしいことが示されました。

この手法の詳細については、Pacquette 他による「Journal of AOAC Int」(2011年、volume 94、1240~1252ページ)をご覧ください。

References

1. Cubadda, F.; Raggi, A.; Testoni, A.; Zanasi, F. J. AOAC Int. **2002**, 85, 113–121.
2. Sharpless, K. E.; Thomas, J. B.; Christopher, S. J.; Greenberg, R. R.; Sander, L. C.; Shantz, M. M.; Welch, M. J.; Wise, S.A. Anal. Bioanal. Chem. **2007**, 389, 171–178.
3. Cubadda, F.; Raggi, A. Microchem. J. **2005**, 79, 91–96.
4. Dedina, J.; Tsalev, D. (1995) Hydride Generation and Atomic Absorption Spectrometry, Vol. 130; John Wiley and Sons: Hoboken, NJ, 1995.
5. Stibilj, V.; Mazej, D.; Falnoga, I. Anal. Bioanal. Chem. **2003**, 377, 1175–1183.
6. Phifer, E. C. J. AOAC Int. **1995**, 78, 1497–1501.
7. Giannenas, I.; Nisianakis, P.; Garvriil, A.; Kontopidis, G.; Kyriazakis, I. Food Chem. **2009**, 114, 706–711.
8. Wilbur, S. (2007) Performance Characteristics of the Agilent 7500cx: Evaluating Helium Collision Mode for Simpler, Faster, More Accurate ICP-MS; Application note, Agilent Technologies, Inc. Publication number 5989-6663EN, **2007**.
9. Peachey, E.; Hearn, R.; Elahi, S. (2008) Multi-Element Determination of Heavy Metals in Dietary Supplements Using Collision/Reaction Cell ICP-MS; Application note, Agilent Technologies, Inc. Publication number 5989-7959EN, **2008**.
10. Kralj, P.; Verber, M. Acta Chim. Slov. **2003**, 50, 633–644.
11. Gammelgaard, B.; Jons, O. J. Anal. Atom. Spectrom. **1999**, 14, 867–874.
12. Olivas, R. M.; Quétel, C. R.; Donard, O. F. X. J. Anal. Atom. Spectrom. **1995**, 10, 865–870.
13. Poitevin, E.; Nicolas, M.; Gravelleau, L.; Richoz, J.; Andrey, D.; Monard, F. J. AOAC Int. **2009**, 92, 1484–1518.
14. Nardi, E. P.; Evangelista, F. S.; Tormen, L.; Saint'Pierre, T. D.; Curtuis, A. J.; Sousa, S. S.; Barbosa, F. Food Chem. **2009**, 112, 727–732.
15. Dalpozzo, R.; Bartoli, G.; Sambri, L.; Melchiorre, P. Chem. Rev. **2010**, 110, 3501–3551.

詳細情報

これらのデータは一般的な結果を示したものです。アジレントの製品とサービスの詳細については、アジレントのウェブサイト(www.agilent.com/chem/jp)をご覧ください。

www.agilent.com/jp

アジレントは、本文書に誤りが発見された場合、また、本文書の使用により付随的または間接的に生じる損害について一切免責とさせていただきます。

本資料に記載の情報、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。

アジレント・テクノロジー株式会社

©Agilent Technologies, Inc. 2015

Printed in Japan

May 11, 2015

5991-5865JAJP



Agilent Technologies