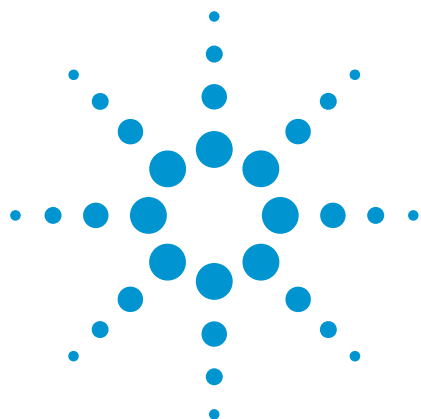




水素化物発生 ICP-MS による 米中の無機ヒ素のハイスループット測定

アプリケーションノート

食品安全性

著者

Ásta H. Pétursdóttir^{1,3}, Stanislav Musil^{1,2},
Nils Friedrich¹, Andrea Raab¹,
Eva M. Krupp¹ and Jörg Feldmann¹

¹ TESLA-Trace Element Speciation
Laboratory, University of Aberdeen,
Aberdeen, AB24 3UE, Scotland, UK

² Institute of Analytical Chemistry of
the ASCR, Brno, Czech Republic

³ Matis, Environment and Genetics
Department, Reykjavik, Iceland



概要

食品中の無機ヒ素 (iAs) の分離と検出のために、水素化物発生 (HG) を使用した ICP-MS による高速かつ高感度なメソッドを開発しました。31 種の市販の米製品における iAs 測定値はすべて、中国で設定された現行の規制での 150 µg/kg という最大量 (ML) を下回りました。HG-ICP-MS で得られた結果と HPLC-ICP-MS で得られた結果を比較して、同等の検出下限が達成されたことが分かりました。

HG-ICP-MS は、米などの食品サンプルの大規模スクリーニングに非常に適しています。分析性能を損なうことなく、従来の HPLC-ICP-MS のアプローチで通常必要となる時間と比べ、ごくわずかの時間で分析を実行できるためです。



Agilent Technologies

はじめに

ヒ素などの有毒である可能性のある化学物質の濃度は、食品安全性を保証するために、厳密に監視されています。ただし、ヒ素の毒性は、全体の濃度ではなく、存在する元素の化学形態（「種」）によって決まります。亜ヒ酸 (As(III)) およびヒ酸塩 (As(V)) という無機ヒ素 (iAs) 種は、発癌性があり、毒性が強いことが知られていますが、一般的な有機ヒ素種であるモノメチルアルソン酸 (MMA) およびジメチルアルシン酸 (DMA) は、比較的毒性が低くなっています [1]。このように毒性が異なるため、多くの研究において、異なるヒ素種を分離して有毒形態を個別に定量分析できるようにする、堅牢かつ信頼性の高い手法を開発することに注力してきました。

異なる種をクロマトグラフィーによって分離してから ICP-MS を使用して個別の種の定量を行う方法は、多くの食品サンプルタイプ中の微量元素のスペシエーションのために推奨される分析アプローチとして、広く受け入れられています。一方で、クロマトグラフィーを使用しないさまざまな方法も存在し、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) よりも時間をかけずにコスト効率を高めてヒ素のスペシエーションを実行できます [2、3]。

このアプリケーションノートでは、ICP-MS による水素化物発生 (HG) を使用した、米サンプル中の iAs のスペシエーションに焦点を当てています。世界の人口の大半が米を主食としていますが、稲は土壌から As を取り込むため、比較的高い濃度の iAs を含んでいます。土壌に含まれる As は、自然に存在するものもあれば、1970 年代まで広く使用されていた As をベースとする農薬などの、人為的なものが原因で存在する場合があります。食品安全性のために、多数のサンプルを iAs に関してスクリーニングするための、単純で時間のかからない分析メソッドが緊急に必要であることは明らかです。

現行の規制

中国では、米における iAs の最大量 (ML) (0.15 mg/kg) を定義する規制が施行されています [4]。南米の通商圏では、米の総ヒ素の ML が 0.3 mg/kg のものも存在します [5]。国際食品規格 (CODEX) 食品汚染物質部会の第 8 回会合の後に、世界保健機関 (WHO) は、精米中の無機 As について 0.2 mg/kg とするガイドライン案を提示しました [6]。米国および欧州連合では、米の iAs の規制はまだありませんが、米国 FDA および欧州標準化委員会 (CEN) は、食品中の iAs を測定するための標準メソッドを規定することを目的としたプロジェクトを発足させました。

この実験では、米のサンプル中の iAs を測定するための代替メソッドを評価して、時間のかかるクロマトグラフィーを使用しなくても iAs のスペシエーション分析を実行できることを示します。

実験

化学物質および標準試料

すべての標準試料とサンプルは、超純水 (>18 MΩ cm) を使用して用意しました。

試薬 / 標準試料	目的	購入元
1002 mg/L の認定された As 原液	総 As の検量線および HG による測定	Merck 社、英国
ジメチルアルシン酸ナトリウム (DMA, 98 %)	HPLC-ICP-MS での測定	ChemService 社、米国
ロジウム: 1 µg/L	HG 測定の内部標準	Specpure, Alfa Aesar 社、ドイツ
ロジウム: 25 µg/L	総ヒ素の内部標準 / スペシエーション	Specpure, Alfa Aesar 社、ドイツ
ニトリル酸 (69 %)		Fluka 社、英国
硝酸アンモニウム (98 % 以上)		Sigma-Aldrich 社、英国
アンモニウム溶液 (28 %) および炭酸アンモニウム		BDH 社、英国
過酸化水素 (>30 % w/v)、リン酸アンモニウム、水酸化ナトリウム (*LR グレード)		Fisher Scientific 社、英国
塩酸 (32 %, *LR グレード)	水素化物発生反応	Fisher Scientific 社、英国
水素化ホウ素ナトリウム (99 %)		Acros Organics 社、英国
消泡剤 B 乳剤		Sigma-Aldrich 社、USA

使用されたすべての化学物質は、特に明記されていない限り、分析用試薬 (AR) 以上のグレードです。

*LR = 実験用試薬

サンプルおよび参照物質

サンプルには、地元の小売店で購入した 31 種の異なる米製品と、管理下でヒ素にさらされた条件で栽培された米の 12 種のサンプルが含まれていました。市販の米サンプルのサブサンプル (30 g) は、コーヒー・グラインダーを使用して粉碎し、微細な均一の粉末にしました。IMEP-107 の米 (Institute for Reference Materials and Measurements Geel, ベルギー) および米国標準技術局 (NIST) 1568a の米粉末 (ゲイサーズバーグ、メリーランド州、米国) という 2 つの米参照物質を、iAs 濃度測定の品質管理のために使用しました。

サンプル前処理

総 As の測定値のために、CEM Mars マイクロ波システムで、開放されたベッセルでの分解を使用して、それぞれの米サンプルの 0.15 g を 1 mL の濃縮 HNO_3 および 2 mL の H_2O_2 (30 % w/w) で分解しました。すべてのサンプルは、脱イオン化水を使用して、最終的に 30 mL の量になるまで希釈しました。

HPLC-ICP-MS による iAs のスペシエーションのために、米サンプル (0.1 g) を 10 mL の 1 % HNO_3 および 1 % H_2O_2 に抽出しました (5 分 50 °C、5 分 75 °C、10 分 95 °C)。同じ抽出物を、HG-ICP-MS でも分析しました。キャリブレーション標準も、サンプルと同様に、1 % HNO_3 および 1 % H_2O_2 で準備しました。各サンプルを、分析の前に、10 分間 13,000 rpm で遠心分離しました。

使用機器—水素化物発生

Agilent の ICP-MS インテグレートサンプル導入システム (ISIS) 向けの水素化物発生 (HG) アクセサリは、As などの、気体水素化物を形成する元素の高感度分析のために使用されます。図 1 に、この実験で使用した HG-ICP-MS の設定を示します。サンプルを、ASX-500 オートサンプラを通じて導入し、ISIS ペリスタルティックポンプ (PP1) によって水素化物発生装置に移送しました。サンプルを、ミキシングコイルで HCl (5M) と NaBH_4 (2 % (w/v))、および消泡剤 B 乳剤と混合してから、気液分離器 (GLS) に導入しました。次に、iAs を揮発性水素化物として含む気体サンプルを、ICP-MS のメイクアップガスラインを通じて制御されるアルゴンガス流内の ICP-MS スプレーチャンバに移送しました。Rh 内部標準 (IS) を、従来のニューマチックネブライザを通じて ICP-MS のスプレーチャンバに導入し、湿式プラズマ条件を生成しました。メソッド開発の詳細については、以前の文書に記載されています [7]。最適化された使用条件を表 1 に示します。

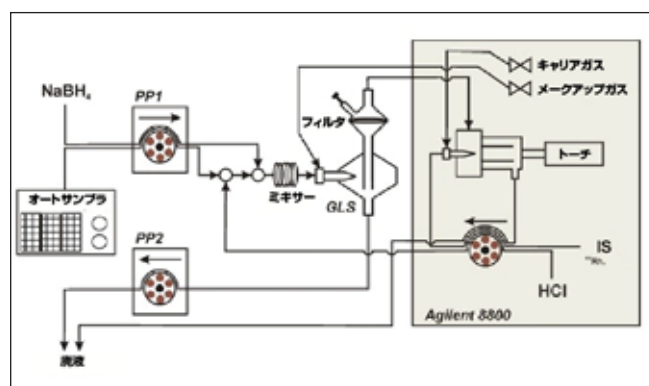


図 1. この実験で使用された HG-ICP-MS 構成の概略図

表 1. 水素化物発生装置の操作パラメータ

パラメータ	値
サンプル流量 (mL/min)	0.5
HCl 流量 (mL/min)	2.5
NaBH_4 流量 (mL/min)	0.5
リアクションコイル容量 (mL)	0.23
HG の Ar 流量 (L/min)	0.3
IS の噴霧の Ar 流量 (L/min)	0.85 ~ 0.95

酸性条件の下で NaBH_4 と共に処理すると、iAs は非常に効率よく揮発性アルシン (AsH_3) に変換されます。一方で有機結合した As 化合物は、変換されないか、または沸点が 35 °C であるジメチルアルシン (CH_3)₂AsH などの揮発性の低いアルシン種のみを形成します。高濃度の HCl を導入すると、揮発性の低いアルシンの生成が減少し、iAs はほとんどアルシンのみに変換され、クロマトグラフィーを使用して種の分離を実行しなくても、iAs 単体の測定が可能になります。

使用機器—ICP-MS

ヒ素の検出のために、HG を、Agilent 8800 トリプル四重極 ICP-MS (ICP-QQQ) に接続しました。ICP-QQQ を、初期メソッド開発に使用しました。これにより、従来の四重極 ICP-QMS と比較して、発生する干渉のモニタリングと制御が容易になるためです。HG を使用したアルシンの選択的形成のためには高濃度の HCl が必要である (塩素が m/z 75 の As での $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}$ 干渉の原因となる可能性が高くなる) ため、重要です。

ICP-QQQ を使用して As を計測する際に推奨されるアプローチは、マスシフトメソッドを使用することです。このメソッドでは、酸素 (O_2) セルガスとの反応により As^+ が AsO^+ に変換されてから、 m/z 91 でプロダクトイオンとして測定されます。ICP-QQQ は、MS/MS モードで動作できます。このモードでは、両方の四重極がユニットマスフィルターとして動作します。Q1 が m/z 75 に設定された場合、As とオノマス干渉のみがリアクションセルに導入されるため、 m/z が 91 のターゲットプロダクトイオン $^{75}As^{16}O^+$ に対する潜在的な干渉は除外されます。ただし、初期の実験では [7]、 O_2 リアクションモード (As が m/z 91 で AsO^+ として間接的に測定される) で得られた HG 結果と、ノーガスモード (As が m/z 75 で直接測定される) で得られた HG 結果に違いはありませんでした。これは HCl が高濃度であるにもかかわらず有意の塩化物の干渉が存在しないことを示しています。そのため、Agilent 7900 ICP-MS のような四重極 ICP-MS 機器を使用して、同一の水素化物発生メソッドによってヒ素を測定できる可能性があります。

HG-ICP-QQQ の結果を、確立された HPLC-ICP-MS メソッドを使用して得られたデータと比較するために、Agilent 1100 HPLC を ICP-QQQ に接続しました。Hamilton PRP X-100 陰イオン交換カラム (10 μm 、 4.6×250 mm) を、流量 1 mL/min の 20 mM の炭酸アンモニウム (pH 8.5) の移動相と共に使用しました。

表 2: ICP-QQQ の動作条件

	総 As の ICP-QQQ	HG-ICP-QQQ	HPLC- ICP-QQQ
パラメータ	値		
RF 出力 (W)	1550		
キャリアガス流量 (L/min)	1.19	0.93	1.13
メイクアップガス流量 (L/min)		0.3	
スプレーチャンバ温度 ($^{\circ}C$)	2		
サンプリング深さ (mm)	8		
引き出し 1 レンズ (V)	-4	0.5	0
引き出し 2 レンズ (V)	-185	-170	-200
四重極モード	シングル四重極	MS/MS	
セルガスモードと流量 (%)	ノーガス	O_2 (30)	

*水素化物発生スリープガスとして使用

結果と考察

品質管理

NIST 1568a および IMEP-107 で ICP-QQQ によって測定された総 As 濃度は、表 3a に示すように、それぞれの認証値と技能試験の値が十分に一致しました。HG-ICP-QQQ を使用して得られた NIST 1568a および IMEP-107 での iAs のスペシエーション結果は、HPLC-ICP-QQQ を使用して得られた値および報告値と十分に一致しました (表 3b)。

表 3a. ICP-QQQ によって測定された NIST 1568a および IMEP-107 の総 As 濃度

総 As		
	ICP-QQQ ($\mu g/kg$)	認定値 ($\mu g/kg$)
NIST 1568a	295 ± 6 , (n=3)	290 ± 30
IMEP-107	173 ± 1 , (n=3)	$^{*}172 \pm 18$

* 技能試験

表 3b. HG-ICP-QQQ および HPLC-ICP-QQQ を使用して得られた iAs の結果

無機 As			
	HG-ICP-QQQ ($\mu g/kg$)	HPLC-ICP-QQQ ($\mu g/kg$)	報告値 ($\mu g/kg$)
NIST 1568a	94 ± 8 (n=3)	105 ± 4 (n=3)	94 ± 12 [7]
IMEP-107	100 ± 11 (n=15)	110 ± 12 (n=15)	107 ± 14 [8]

カラム回収率は、NIST 1568a では 101 ± 4 % (n=3)、IMEP-107 では 98 ± 9 % (n=12) であり、両方の QC 材料で良好でした。IMEP-107 は、サンプルのすべてのバッチで分析され、それらの複数の測定値から、「1 日のうちの」RSD と「測定日と測定日の間の」RSD が計算されました。1 日ごとの RSD は、HG と HPLC の両方で平均 3 %、すべての測定日のすべての繰り返し分析の RSD は、HG と HPLC の両方で 11 % でした。この結果は、2 つのメソッドの再現性が類似していたことを示します。サンプルのすべてのバッチで、ブランクサンプルを分析しました。

HG-ICP-QQQ と HPLC-ICP-QQQ の結果の比較

さまざまな種類の米粒の総ヒ素の抽出効率率は、平均で 91 ± 10 % (73 ~ 111 % の範囲から) であり、おおむね良好でした。ML に関しては、調査したすべてのサンプルで、含有する iAs は $150 \mu g/kg$ 未満であり、施行されている中国の ML と、FAO/WHO が共同で提案している iAs の CODEX ML の両方を下回っています。HPLC のカラム回収率は、すべてのサンプルで定量的でした (94 ± 10 %)。

iAs、DMA、および総 As について測定された値の要約を表 4a および b に示します。HG-ICP-MS および HPLC-ICP-MS を使用して測定された iAs の結果は、十分な一致を示しています。米で検出される主なヒ素種は iAs および DMA であり、MMA はごく微量です。このメソッドは、アルシンの選択的発生のために HCl (5 M) および NaBH₄ を使用します。ここで、ほぼ AsH₃ のみが形成されます。DMA はジメチルアルシンとして 2 ~ 4 % で、わずかな割合のみを占めます。このことは、ヒ素にさらされた条件で栽培された米の結果によっても確認されます (表 4b)。サンプルには DMA が高濃度で含まれていますが、HG-ICP-MS で測定された iAs は、

HPLC-ICP-MS を使用して得られた結果と十分に一致しています。MMA は、このメソッドで、およそ 40 % の効率でメチルアルシンを形成します。ただし、MMA は一般に米には含まれない (または微量のみ含まれる) ため、これは iAs の定量に影響しないはずで

表 4a. HG-ICP-QQQ および HPLC-ICP-QQQ によって測定された 31 種の米製品中の iAs のスペシエーション結果。DMA と MMA について、ICP-QQQ が測定した総 As 濃度についての結果も示しています。すべてのデータ ± SD (スペシエーションの場合は n=3、総 As の場合は n=2 または 3)。

米製品	HG iAs	HPLC iAs	HPLC DMA	HPLC MMA*	総 As
	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)
アルポリオリゾット	113 ± 13	120 ± 18	63 ± 7	<LOQ	236 ± 15
有機アルポリオリゾット	109 ± 12	119 ± 13	60 ± 8	<LOD	150 ± 7
バスマティ、1	41 ± 4	53 ± 7	8 ± 1	<LOD	100 ± 12
バスマティ、2	76 ± 6	88 ± 6	28 ± 4	<LOD	91 ± 8
バスマティ (白)	72 ± 11	69 ± 9	24 ± 1	<LOD	240 ± 5
有機バスマティ (白)	95 ± 3	104 ± 3	21 ± 2	<LOD	117 ± 13
玄米	127 ± 6	137 ± 5	35 ± 2	<LOD	205 ± 2
日本米	101 ± 5	99 ± 5	123 ± 1	<LOQ	252 ± 10
長粒米 (白)	89 ± 2	85 ± 1	16 ± 1	<LOD	121 ± 11
長粒米、1	103 ± 2	94 ± 1	218 ± 9	<LOQ	392 ± 23
長粒米、2	40 ± 2	52 ± 10	39 ± 3	<LOQ	111 ± 8
長粒米、白	47 ± 2	61 ± 4	19 ± 4	<LOD	102 ± 9
有機長粒米 (茶色)	111 ± 7	131 ± 14	54 ± 7	<LOQ	207 ± 15
有機 (白)	65 ± 4	65 ± 2	11 ± 1	<LOD	92 ± 4
バエリヤ、1	60 ± 5	65 ± 2	38 ± 1	1.2 ± 0.1	136 ± 1
バエリヤ、2	66 ± 4	70 ± 3	17 ± 1	<LOD	121 ± 6
スペイン産バエリヤ	67 ± 2	67 ± 3	13 ± 1	<LOD	109 ± 7
ライスブディング	124 ± 9	125 ± 11	44 ± 5	<LOD	202 ± 4
米粉	40 ± 1	46 ± 5	19 ± 2	<LOD	102 ± 6
カルナローリリゾット米	81 ± 2	82 ± 4	84 ± 2	<LOD	210 ± 15
リゾット米	97 ± 11	114 ± 10	72 ± 9	<LOQ	221 ± 17
FLG タイ (白)	88 ± 3	102 ± 3	52 ± 5	<LOD	197 ± 9
タイ産ジャスミン米	61 ± 4	64 ± 3	49 ± 5	<LOD	143 ± 3
タイ産ジャスミン米 (白)	62 ± 4	62 ± 3	49 ± 2	<LOD	171 ± 5
ベトナム産ライスパーパー	21 ± 2	28 ± 1	<LOQ	<LOD	58 ± 10
白米	71 ± 5	76 ± 5	14 ± 4	<LOQ	124 ± 1
全粒	133 ± 2	127 ± 2	151 ± 12	7.2 ± 0.3	370 ± 19

*LOQ: HG-ICP-QQQ: 5 µg/kg、HPLC-ICP-QQQ: 1.1 µg/kg LOD: HG-ICP-QQQ: 1.5 µg/kg、HPLC-ICP-QQQ: 0.3 µg/kg

表 4b. ヒ素にさらされた条件で栽培された米からの 12 種の米粒サンプルについて HG-ICP-QQQ および HPLC-ICP-QQQ によって測定された iAs のスペシエーション結果。HPLC-ICP-QQQ による DMA と MMA についての結果、および ICP-QQQ が測定した総 As 濃度についての結果も示しています。すべてのデータ ± SD (スペシエーションの場合は n=3、総 As の場合は n=2 または 3)。

米サンプル	HG iAs	HPLC iAs	HPLC DMA	HPLC MMA	総 As
	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)
低 As 曝露 1	229 ± 2	230 ± 2	66 ± 1	<LOD	323 ± 19
低 As 曝露 2	184 ± 4	209 ± 8	275 ± 10	<LOD	484 ± 5
低 As 曝露 3	213 ± 25	213 ± 8	168 ± 7	<LOQ	384 ± 21
低 As 曝露 4	287 ± 7	288 ± 13	42 ± 4	<LOQ	350 ± 15
低 As 曝露 5	372 ± 34	380 ± 29	101 ± 2	<LOQ	489 ± 20
低 As 曝露 6	184 ± 4	184 ± 5	79 ± 1	<LOD	292 ± 11
高 As 曝露 1	208 ± 8	223 ± 4	91 ± 4	<LOD	332 ± 7
高 As 曝露 2	240 ± 2	220 ± 11	790 ± 5	7 ± 1	1015 ± 59
高 As 曝露 3	258 ± 14	237 ± 11	660 ± 25	5 ± 1	923 ± 6
高 As 曝露 4	426 ± 16	438 ± 22	214 ± 6	1.2 ± 0.4	630 ± 100
高 As 曝露 5	399 ± 55	374 ± 45	798 ± 61	1.7 ± 0.4	1259 ± 48
高 As 曝露 6	249 ± 14	245 ± 14	494 ± 8	<LOD	746 ± 35

表 4a の結果は、すべての市販の米製品中の iAs の濃度が、(iAs 抽出物の回収率の低さを補正しても) FAO/WHO の CODEX ML 案の 200 µg/kg および中国の 150 µg/kg という ML を下回っていることを示しています。As 含有量の評価が総 As 濃度のみに基づく場合は、サンプルの 32 % (31 種中の 10 種) で CODEX ML 案を超過し、42 % (31 種中の 13 種) で現行の中国の ML を超過することになります。iAs として存在する As の割合は、調査した市販の米サンプルの総 As 濃度の 26 ~ 84 % の範囲でした。

MMA が検出されたサンプルで、ほとんどのケースで濃度は LOQ を下回っており、どのサンプルでも 7 µg/kg を超えませんでした。これは、米国 FDA が実施した大規模な調査 (1300 を超える米製品のサンプルが測定された) と一致しています [9]。米国 FDA の調査では、97 % を超える米製品の MMA のレベルが LOD または LOQ を下回りました (13 µg/kg 未満)。サンプルの 1 % のみで含有量が 20 µg/kg を超え、報告された最も高い濃度は 25 µg/kg でした。MMA が、米の総 As 濃度での決定要因ではないことを前提とすることができます。このように低い濃度では、MMA は HG-ICP-QQQ による iAs の測定に影響しません。

結論

Agilent 水素化物発生装置/ISIS を Agilent 8800 ICP-QQQ と組み合わせて使用して、43 種の米製品サンプルの抽出物で、無機ヒ素 (iAs) を低 ppb レベルで定量しました。HG-ICP-QQQ を使用して得られた結果は、広い直線範囲にわたって HPLC-ICP-QQQ の値と十分に一致しており、検出下限は同等でした。

マイクロ波抽出を使用して単純なサンプル前処理を実行した後に、HG-ICP-QQQ による iAs と DMA の迅速な分離をオンラインで実行しました。以前の実験で、サンプルごとに通常 1 回当たり 5 分から 10 分の時間がかかる HPLC によるスペシエーションと比較して、HG-ICP-QQQ でサンプル (測定を 5 回繰り返す) ごとに必要な合計分析時間は 4 分のみであることが分かっています [10]。また、HG メソッドのデータハンドリングは、ピーク積分が不要であるため、簡単でもあります。

新しい HG-ICP-MS メソッドは、短時間で分析を実行でき、スルーブットが高く、操作が単純かつ信頼性があります。そのため、このメソッドは、多数の食品サンプルのスクリーニングに非常に適しており、食品、特に米をベースとする製品中の iAs の日常的な測定に対する需要の高まりに対応することができます。

関連情報

本実験の詳細については以下の論文を参照してください。

Hydride generation ICP-MS as a simple method for determination of inorganic arsenic in rice for routine biomonitoring by Ásta H. Pétursdóttir, Nils Friedrich, Stanislav Musil, Andrea Raab, Helga Gunnlaugsdóttir, Eva M. Krupp and Jörg Feldmann, *Anal. Methods*, 2014, 6, 5392-5396.DOI: 10.1039/C4AY00423J.

参考文献

1. European Food Safety Authority, Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal* 2009, 7(10):1351.

2. Rasmussen, R. R.; Qian, Y. T.; Sloth, J. *J. Anal.Bioanal.Chem.*2013, 405, 7851-7857.

3. Vieira, M. A.; Grinberg, P.; Bobeda, C. R. R.; Reyes, M. N. M.; Campos, R. C. *Spectrochim.Acta, Part B:At.Spectrosc.*2009, 64, 459-476.

4. U.S. Department of Agriculture:China, Peoples Republic of FAIRS Product Specific Maximum Levels of Contaminants in Foods 2006; China, 2006.

5. Codex Committee on Contaminants in Food - March 2012 Report.Joint FAO/WHO Food standards programme.Sixth session.CX/CF 12/6/8.2012.

6. Report of the Eighth Session of the Codex Committee on Contaminants in Foods, 2014.CL 2014/11-CF.FAO/WHO Codex Alimentarius Commission, Rome, Italy.

7. de la Calle, M. B.; Emteborg, H.; Linsinger, T. P. J.; Montoro, R.; Sloth, J. J.; Rubio, R.; Baxter, M. J.; Feldmann, J.; Vermaercke, P.; Raber, G., Does the determination of inorganic arsenic in rice depend on the method?*Trac-Trends Anal.Chem.*2011, 30, (4), 641-651.

8. Tyson, J., The Determination of Arsenic Compounds:A Critical Review. *ISRN Analytical Chemistry* 2013, 2013, 24.

9. FDA, U. Analytical Results from Inorganic Arsenic in Rice and Rice Products Sampling; 2013.

10. Stanislav Musil, Ásta H. Pétursdóttir, Andrea Raab, Helga Gunnlaugsdóttir, Eva Krupp, and Jörg Feldmann, Speciation without Chromatography Using Selective Hydride Generation:Inorganic Arsenic in Rice and Samples of Marine Origin, *Anal.Chem.*2014, 86, 993-999.

www.agilent.com/chem/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、製品仕様など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

Published July 16, 2015

5991-6055JAJP



Agilent Technologies