

RMX-5Sil MSカラムによる GC-MS/MS農薬多成分一斉分析の最適化

NOW Foodsによるカラム感度とカラム寿命の比較評価

By Carlos Parra and Ramkumar Dhandapani, PhD

Key Highlights

- 100種類以上の複雑な植物由来マトリックス中の農薬230種類の分析において、RMX-5Sil MSカラムは従来の5silカラムを上回る性能を示しました。
- 卓越した不活性度によりピーク形状とレスポンスが改善され、感度と微量レベルでの定量精度が向上します。
- カラム寿命が長く保持時間も安定しているため、メンテナンスによるダウンタイムが減り、サンプル処理量が増加します。高スループットラボに最適です。



要約: 植物由来マトリックス中の農薬多成分一斉分析 | RMX-5Sil MSカラムの性能評価

GC-MS/MSを用いて、植物由来マトリックス中の農薬多成分一斉分析を高精度で行うためには、分析対象成分の多様性とマトリックスの複雑性の両方に対応できる分析メソッドが必要です。本研究では、100種類以上の植物由来サンプルに存在する農薬230種類を対象に、RMX-5Sil MSカラムと従来の5-シラリレン型 (5sil) カラムの性能を比較しました。TriMax不活性化技術を採用したRMX-5Sil MSカラムは、吸着性が高くマトリックスの影響を受けやすい農薬においても、10 ppbおよび50 ppb双方の濃度レベルで優れたピーク形状と高いレスポンスを示しました。また、回収率、カラム寿命、保持時間安定性においても良好な結果が得られました。これらの利点により、検出感度、頑健性、および分析効率の向上が高まり、ラボの生産性向上と食品安全試験の信頼性向上を支えます。

はじめに: GC-MS/MS農薬多成分一斉分析の課題 | 植物由来マトリックスと高不活性度カラムの重要性

食品安全に対する世界的な関心が高まるにつれ、植物由来の栄養補助食品市場が拡大しています。これに伴い、微量濃度の残留農薬を検出できる頑健な分析メソッドへのニーズが高まっています。品質管理試験や定期的なモニタリングプログラムを通じて消費者の安全を確保するためには、信頼性の高い多成分一斉分析メソッドが不可欠です。GC-MS/MSは高い選択性と検出感度を持ち、化学的に多様な分析対象成分を一回の分析で同時定量できることから、残留農薬試験の主な手法として広く採用されています。しかし、複雑な植物由来マトリックス中の微量農薬を正確に定量することは、依然として難しい課題となっています。

分析対象成分の化学的多様性は、GC-MS/MSによる農薬多成分一斉分析を困難にしている原因の一つです。農薬には有機塩素系、有機リン系、ピレスロイド系、トリアゾール系、くん蒸剤など多くの構造クラスが含まれており、揮発性・極性・熱安定性も広範囲にわたります。また、植物由来マトリックスは高濃度の糖類、脂質、色素、有機酸、テルペン類、その他の内在性化合物を含むことが多く、微量レベルの多成分一斉分析をさらに複雑にします。これらのサンプル成分は、農薬のイオン化を抑制 (イオンサプレッション) または促進 (イオンエンハンスメント) することで分析精度を低下させるだけでなく、注入口やカラム内に蓄積して分析対象成分と反応することもあります。

こうしたマトリックスに起因するロスを低減するうえで、GCシステムの不活性度が重要な役割を果たします。特にインレットライナー、金属表面、およびGCカラムの不活性度合が鍵となります。リン酸エステル、カルバメート、塩素化構造などの反応性官能基を含む農薬の多くは、サンプル流路上の活性点における分解や吸着の影響を受けやすく、カラム内のシラノール基や表面汚染物質が分析対象成分を吸着すると、ピーク形状の悪化やレスポンスの低下を招きます。さらに、マトリックスが不揮発性残留物を蓄積させることで新たな活性点が生じ、こうした相互作用が経時的に悪化することがあります。不活性度の高いGCカラムを使用することで、こうした表面に起因するロスを最小限に抑え、分析対象成分の回収率とメソッド全体の検出感度を向上させることができます。

関連製品

- RMX-5Sil MS GCキャピラリーカラム, 30 m, 0.25 mm ID, 0.25 μ m, 5 m Integra-Guard 付き ([cat.# 17323-124](#))
- RMX-5Sil MS GCキャピラリーカラム, 30 m, 0.25 mm ID, 0.25 μ m, 5 m Integra-Guard & Integra-Transfer Line 付き ([cat.# 17323-124177](#))
- Topaz, Single Taper Inlet Liner, 4.0 mm x 6.5 x 78.5, for Thermo TRACE 1300/1310, 1600/1610 GCs w/SSL inlets, w/Quartz Wool ([cat.# 23447](#))
- Restek リークディテクタ ([cat.# 28500](#))
- Restek 電子式フローメーター ([cat.# 22656](#))
- Q-sep original unbuffered extraction salt packets ([cat.# 25847](#))
- Q-sep AOAC QuEChERS extraction kit ([cat.# 25852](#))

本研究では、GC-MS/MSによる農薬多成分一斉分析を対象に、カラム表面の中和に用いられているTriMax不活性化技術の効果を検証するため、この技術を採用したRMX-5Sil MSカラムと従来の5silカラムのクロマトグラフィー性能を比較しました。TriMax技術は活性点のない優れた不活性流路を実現し、広範囲の活性化合物に対してピーク形状と検出感度の改善が確認されているため[1,2]、GC-MS/MSによる微量レベルの農薬多成分一斉分析に有効であると考えられます。

実験

サンプルおよび標準溶液の調製

実際に使用している条件下でのカラム性能を評価するため、化学組成が大きく異なる100種類以上の複雑なマトリックスを試験に用いました (Table I)。サンプルはQuEChERS法に基づくサンプル前処理および固相抽出 (SPE) クリーンアップ (Figure 1) を経て、230種類の農薬を10 ppbおよび50 ppbとなるように添加しました。本研究ではGC-MS/MSのみを使用しましたが、この抽出手順はGCとLC両方の分析技術に対応した抽出物を得るために開発されているため、いずれの手法においても使用することができます。

マトリックスマッチ検量線標準液は、5種類のマトリックス抽出物をそれぞれ5種類濃度のGCスタンダード溶液 (トルエン中2、5、10、20、50 ppb) で再溶解して調製しました。サンプル分析には合計22種類の内部標準物質を使用しました。そのうち16種類は抽出溶媒中に含まれており、QuEChERS抽出およびクリーンアップ工程における回収率の確認に用いました。残る6種類 (QCスタンダード) は、再溶解した校正用標準溶液およびサンプル抽出物に後から添加し、オートサンプラーの注入再現性の確認に使用しました。

Table I: RMX-5Sil MSカラム性能評価に使用したサンプルマトリックス一覧

サンプル番号	マトリックス詳細
1	Apple Pectin Powder
2	Apple Pectin Powder
3	Vitamin E RM-Matrix
4	Shea Butter
5	Uva Ursi Extract (NLT 15% Arbutin) Powder
6	Mucuna spp. Extract (15% L-Dopa) Powder
7	Curcumin Complex
8	NGMO Lime Oil
9	Organic Raw Pecans
10	Organic Goji Berries
11	Lanolin Oil
12	DHA/EPA Fish Oil Enteric Soft Gels
13	Omega 3 Enteric Coating Soft Gels
14	Uva Ursi Extract (NLT 15% Arbutin) Powder
15	Mucuna spp. Extract (15% L-Dopa) Powder
16	Oat Flour

サンプル番号	マトリックス詳細
17	Creatine Monohydrate 200 Mesh
18	Organic Red Yeast Rice Powder
19	Urox Herbal Powder Blend
20	Cinnamon Honey Almond (w/ Rosemary Extract) Qualification
21	Organic Non-GMO Tamanu Oil
22	Melissa (Lemon Balm) Essential Oil
23	Omega 3 Fatty Acid Fish Oil
24	Omega 3 Fatty Acid Fish Oil
25	Milk Thistle Extract Powder
26	Organic Goji Berries
27	Organic Goji Berries
28	Evening Primrose Oil Bulk Liquid
29	Panax Ginseng Root Powder
30	Organic Eleuthero Root Powder
31	Quercetin with Bromelain Vegetarian Capsules
32	Garlic 500 mg EC Tablets

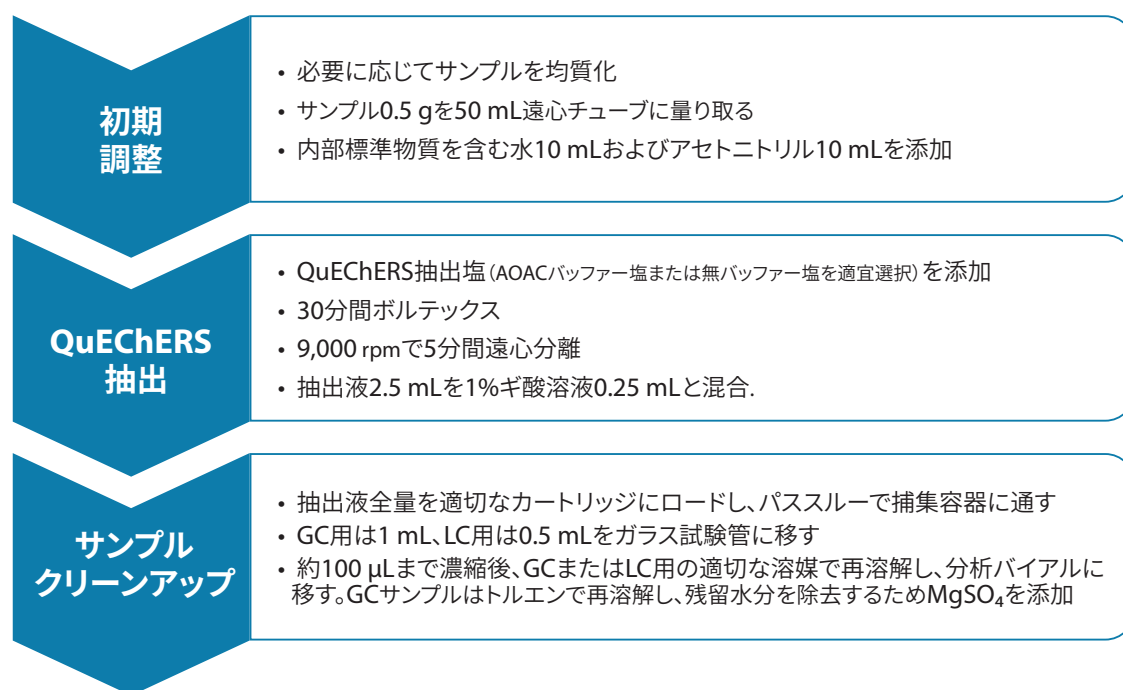
(次ページに続く)

Table I (続き)

サンプル番号r	マトリックス詳細
33	Organic Toasted Sesame Oil
34	Organic Goji Berries (Sunshine Produce New Sample Qualification)
35	Organic Non-GMO Raw Hulled Sunflower Seeds
36	Pau D'Arco Chai Tea Blend
37	Non-GMO Ginger Mint Comfort Tea Blend
38	Non-GMO Oregano Oil
39	Organic Turmeric Root Powder
40	Organic Non-GMO Rose Hip Seed Oil
41	Organic Non-GMO Coconut Sugar
42	Goldenseal Root Powder
43	Milk Thistle Extract Powder
44	Milk Thistle Extract Powder
45	Organic non-GMO Lemon Oil
46	Organic Shea Butter
47	Organic Raw Pecans
48	Ashwagandha Root Standardized Extract Powder
49	Vegetarian Capsules
50	Organic Coconut Sugar
51	American Ginseng Root Extract
52	Ashwagandha Root Standardized Extract Powder
53	Ashwagandha Root Standardized Extract Powder
54	Organic Coconut Milk (50% Fat) Powder
55	Molybdenum Glycinate Powder
56	Floradapt (TM) Intensive GI (AB-i3.1) Probiotic Blend Powder
57	Milk Thistle Extract Powder
58	Organic Non-GMO Rose Hip Seed Oil
59	Organic non-GMO Orange Oil
60	Organic non-GMO Orange Oil (re-injection)
61	Ashwagandha Root Standardized Extract Powder
62	00el Elongated Vegetarian Capsules (R) Plus
63	Organic Non-GMO Pumpkin Seeds
64	Non-GMO Pumpkin Seeds
65	Creatine HMB Powder with Betaine & D3
66	Rhodiola Root Extract (NLT 3% Total Rosavins) Powder
67	Organic non-GMO Virgin Coconut Oil
68	AC Keratin Hydrolysate 30 PF (Active Concepts)
69	Rhodiola Root Extract (NLT 3% Total Rosavins) Powder
70	Organic non-GMO Virgin Coconut Oil

サンプル番号r	マトリックス詳細
71	Gigawhite (TM)
72	Organic Textured Vegetable Protein Granules
73	Organic non-GMO Erythritol Powder
74	Milk Thistle Extract Powder
75	Organic Inulin 95% from Chicory Powder
76	Plantservative Wsr (Glenn Corp-Campo Cosmetics)
77	Organic Eleuthero Root Powder
78	Chicken Bone Broth (Stock) Powder
79	Chicken Bone Broth (Stock) Powder
80	Organic Red Yeast Rice Powder
81	Rhodiola Root Extract Powder
82	Organic Non-GMO Natural Raw Cocoa Powder
83	Curcumin Complex (Turmeric Extract [Roots/Rhizomes]) min 95% Granular
84	Organic Non-GMO Regular Rolled Oats
85	Psyllium Husk Powder
86	Astragalus Root Extract (70% Polysaccharides) Powder
87	Black Walnut Hulls Powder
88	Organic Moringa Tea
89	Maca Root Powder
90	Organic Argan Oil
91	Instant Micellar Casein Powder
92	Glucosamine HCL Powder
93	Organic Non-GMO Amaranth Grain
94	Goldenberries (Inca Berries), Dried Organic
95	Organic Inulin from Jerusalem Artichoke
96	NPD Organic Inulin from Chicory
97	Organic D-Mannose Powder
98	Tribulus Extract (NLT 45% Saponins) Powder
99	Horse Chestnut Extract (NLT 20% Aescin) Powder
100	Organic Non-GMO Dandelion Herb FC
101	Panax ginseng Root Powder
102	Organic Aloe Vera Inner-Leaf 200x Powder
103	Organic Inulin from Jerusalem Artichoke
104	Organic Fenugreek Seed Powder
105	Epimedium Extract (3% Icaritin) Granular Powder
106	Zanthin Natural Astaxanthin Complex (10% Extract) Liquid
107	Organic NGMO Enzyme-Treated Stevia Powder

Figure 1: サンプル前処理手順



分析条件

- GC-MS/MSによる農薬多成分一斉分析には

Thermo Scientific TSQ 9610トリプル四重極型質量分析計を搭載したThermo Scientific TRACE 1610 GCを使用

- データ取得および処理には

Thermo Scientific Chromeleonクロマトグラフィーソフトウェアを使用

- 機器条件およびイオンレンジは

Figure 2およびAppendix Iを参照

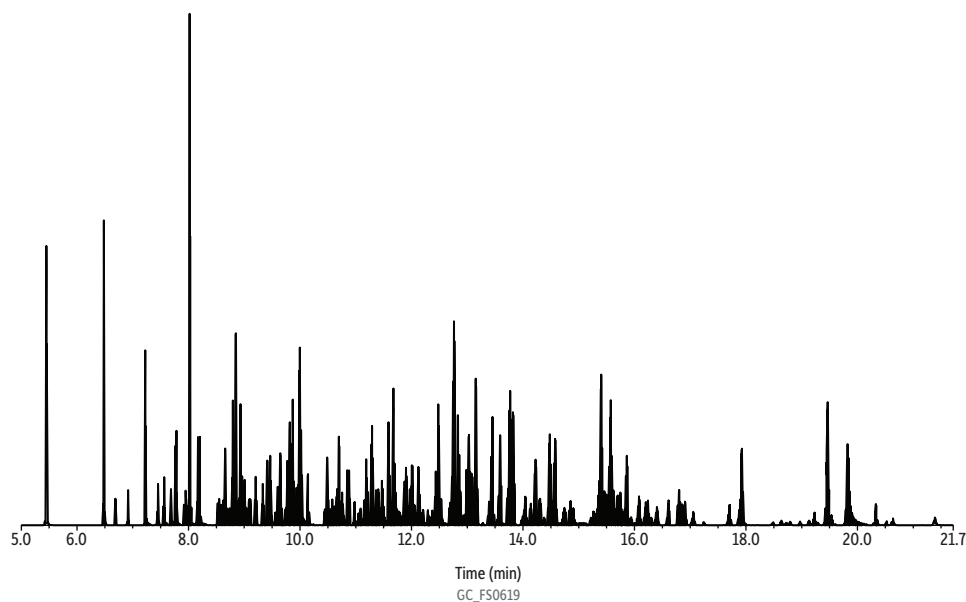
RMX-5Sil MSカラムと従来の5silカラムの性能を比較しました。カラムサイズはいずれも30 m × 0.25 mm ID × 0.25 µmです。分析カラムをマトリックス汚染から保護することを目的とし、従来のカラムには10 m一体型ガードカラムを取り付けて使用しました。RMX-5Sil MSカラムについては、Integra-Guard付きカラムとデュアル (Integra-GuardおよびIntegra-transfer line付き) カラム、2種類のフォーマットを用いました。どちらのフォーマットも、注入口側 (ガード部分) および/または検出器側 (トランスファライン部分) に、固定相のない不活性化処理されたキャピラリーチューブを含む、一体型の構造となっており、手動接続が不要で、リークや定期メンテナンスによるダウンタイムを抑えながらマカラムをマトリックス汚染から効果的に保護します。さらにデュアルフォーマットでは、検出器に向かうIntegra-Transfer line部分に固定相がないことから高温時のブリードが低減されます。その結果、MSをよりクリーンな状態に維持でき、SN比の向上にも寄与します。

結果と考察

GC-MS/MS農薬多成分一斉分析におけるクロマトグラフィー性能の比較 | RMX-5Sil MSカラムの優位性

農薬230種類すべてについて、RMX-5Sil MS (上記2つのフォーマットとも) で22分間の高速分析が可能であり、注入から次の注入までのサイクル時間はわずか35分で、ハイスループット試験の要件を満たしました。カラムの選択性は従来の5silカラムと同等であり、Integra-Guard付きRMX-5Sil MSカラムの代表的なトータルイオンクロマトグラム (TIC) をFigure 2に示します (RMX-5Sil MS カラムのデュアルフォーマット (Integra-GuardおよびIntegra-transfer line付き) でも同様のクロマトグラムが得られます)。以降の実験データはIntegra-Guard付きRMX-5Sil MSカラムで取得したものです。

Figure 2: RMX-5Sil MSカラムによるGC-MS/MS農薬多成分(230成分)一斉分析のTIC (トルエン中50 ppb、ピークリストはAppendix I参照)



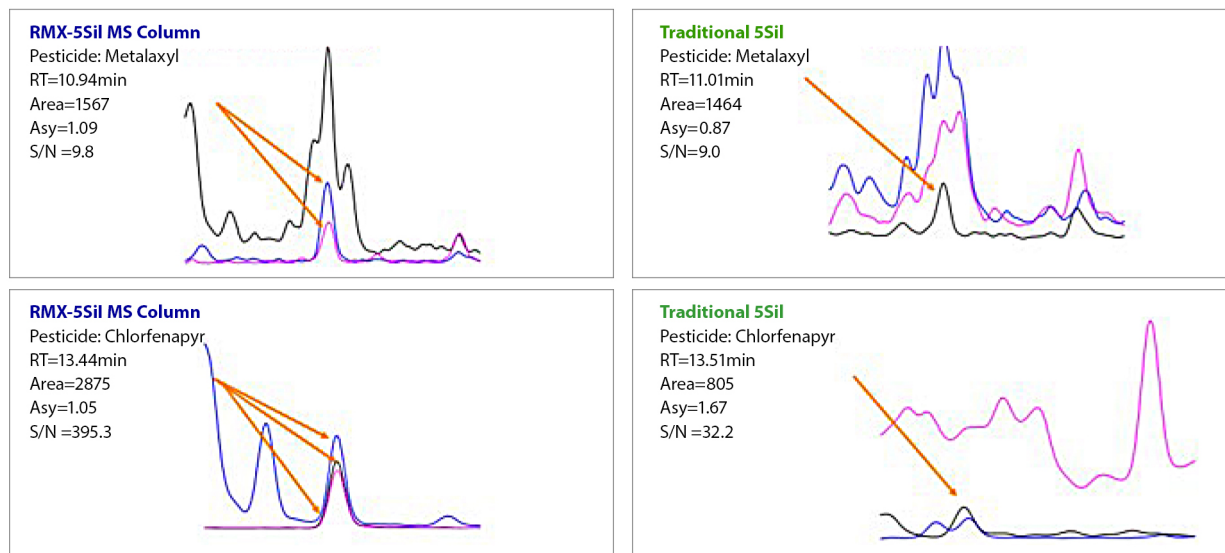
Column	RMX-5Sil MS GC capillary column with 5 m Integra-Guard, 30 m, 0.25 mm ID, 0.25 μ m (cat.# 17323-124)
Standard/Sample Conc.:	Custom standards 50 pg on-column concentration
Injection	
Inj. Vol.:	1 μ L splitless (hold 0.8 min)
Liner:	Topaz 4.0 mm ID single taper liner w/wool (cat.# 23447)
Inj. Temp.:	260 $^{\circ}$ C
Purge Flow:	60 mL/min
Oven	
Oven Temp.:	40 $^{\circ}$ C (hold 1.5 min) to 90 $^{\circ}$ C at 40 $^{\circ}$ C/min (hold 1.5 min) to 180 $^{\circ}$ C at 40 $^{\circ}$ C/min to 250 $^{\circ}$ C at 10 $^{\circ}$ C/min to 280 $^{\circ}$ C at 5 $^{\circ}$ C/min to 320 $^{\circ}$ C at 10 $^{\circ}$ C/min (hold 5 min)
Carrier Gas	
Flow Rate:	He, constant flow 1.4 mL/min
Linear Velocity:	32 cm/sec @ 40 $^{\circ}$ C
Dead Time:	1.56 min @ 40 $^{\circ}$ C
Detector	Thermo Scientific TSQ 9610 Triple Quadrupole GC-MS
Transfer Line Temp.:	280 $^{\circ}$ C
Analyzer Type:	Quadrupole
Tune Type:	PFTBA
Ionization Mode:	EI
Instrument	Thermo Scientific Trace 1610 GC
Notes	See Appendix for compound names, retention times, MRMs, and collision energies.
Acknowledgement	NOW Foods

トータルの分析時間自体はどのカラムでもハイスループット分析に求められる水準を満たしていました。しかし、特にマトリックス効果や汚染が生じやすい複雑なサンプル中の、吸着や分解の影響を受けやすい化合物に関するピーク形状とレスポンスに着目すると、カラム間で顕著な性能差が認められました。**Figure 3**~**Figure 6**は、RMX-5Sil MSカラムが従来の5silカラムを上回るクロマトグラフィー性能を示した代表的な事例です。これらの結果は、RMX-5Sil MSカラムの高い不活性度と頑健性によるものです。

Figure 3および**Figure 4**は、2種類のマトリックス（アシュワガンダおよびライムオイル）中に50 ppbで添加した3成分（メタラキシル、クロルフェナピル、 β -BHC）の分析結果を示しています。アシュワガンダはアルカロイド、トリテルペノイド系ステロイドラクトン（主要な活性成分であるウィザノライド類）、糖類、油脂類を豊富に含んでおり、これらはシグナルの増強や抑制を引き起こす可能性があります。また、これらの成分はカラム内に蓄積することで、分析対象成分との相互作用や、カラムの寿命低下を引き起こす場合があります。ライムオイルも同様に、テルペン類、テルペノイド、油脂類、色素を含む複雑なマトリックスであり、農薬のシグナル検出を妨害したり、カラムを汚染したりする可能性があります。メタラキシルはライナーやカラムに活性点が存在すると吸着しやすく、特に微量レベルでは精度と再現性の低下につながります。クロルフェナピルも脂質やテルペン類などのマトリックス成分の影響を受けやすく、低濃度での検出が困難になることがあります。 β -BHCは他の異性体との完全な分離が必要なおえ、高脂肪サンプルではマトリックスによるシグナル促進が起きやすいという点で、特に分析が難しい化合物です。また、 β -BHCはライナーやカラムの表面に吸着しやすく、検出感度が大幅に低下する可能性があります。

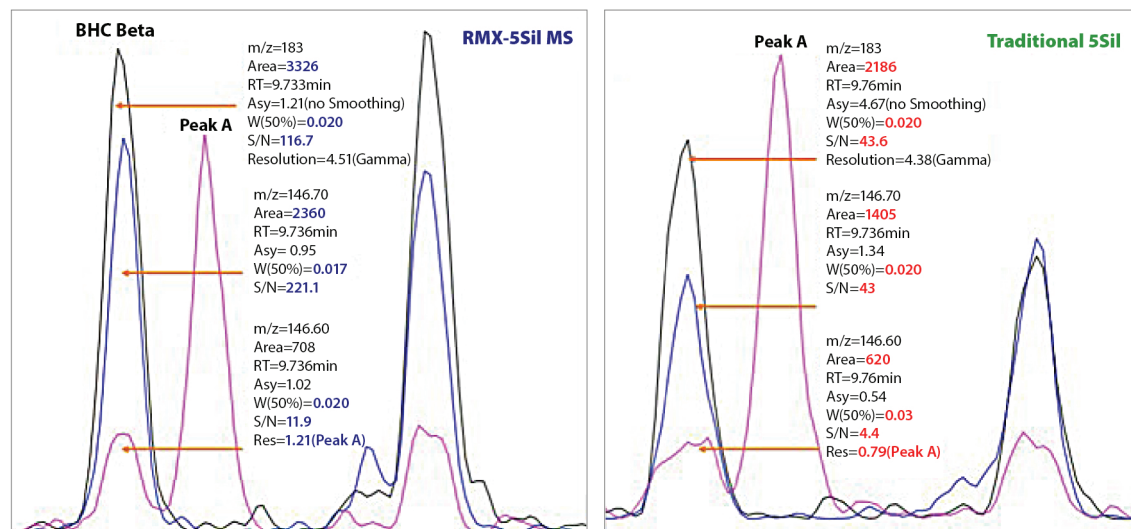
クロマトグラムの比較結果が示すとおり、RMX-5Sil MSカラムでは複雑なマトリックス存在下においても、これらの吸着性の高い化合物で良好なレスポンスが得られました。たとえば、従来の5silカラムではメタラキシルとクロルフェナピルの測定に使用できるプロダクトイオンが1つしか得られず、MS/MS検出に2つのイオンを必要とするSANTEガイドラインを満たせませんでした。一方、RMX-5Sil MSカラムでは高い不活性性により、2~3つのイオンランジションが良好なピーク形状と十分なシグナル強度で検出され、SANTEガイドラインに準拠した確実な同定と定量が可能でした（**Figure 3**）。同様に、ライムオイル中の β -BHCについても、RMX-5Sil MSカラムではより対称的なピークと高いSN比が得られました（**Figure 4**）。特に注目すべき点として、RMX-5Sil MSカラムではm/z 146.60に由来する夾雑物ピーク（Peak A、ピンク色で表示）と β -BHCの分離が大幅に改善しました。 β -BHC確認イオンとPeak A間の分離は、RMX-5Sil MSカラムで1.21、従来の5silカラムでは0.79でした。

Figure 3: 高度に不活性化されたRMX-5Sil MSカラムは、従来の5silカラムと比べて複数のイオンで明瞭なピークが得られ、アシュワガンダ中のメタラキシルおよびクロルフェナピル(50 ppb)を正確に分析できます。



GC_FS0620

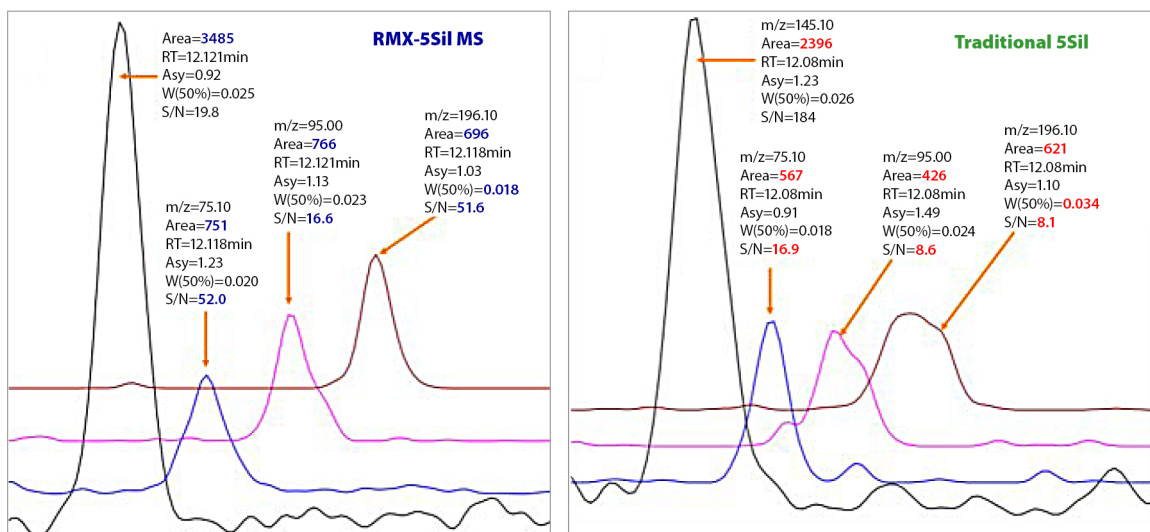
Figure 4: RMX-5Sil MSカラムでは、ライムオイル中の50 ppb β-BHCについて対称性に優れたピークと高いSN比が得られました。夾雑物ピーク(Peak A)との分離も改善されました。



GC_FS0621

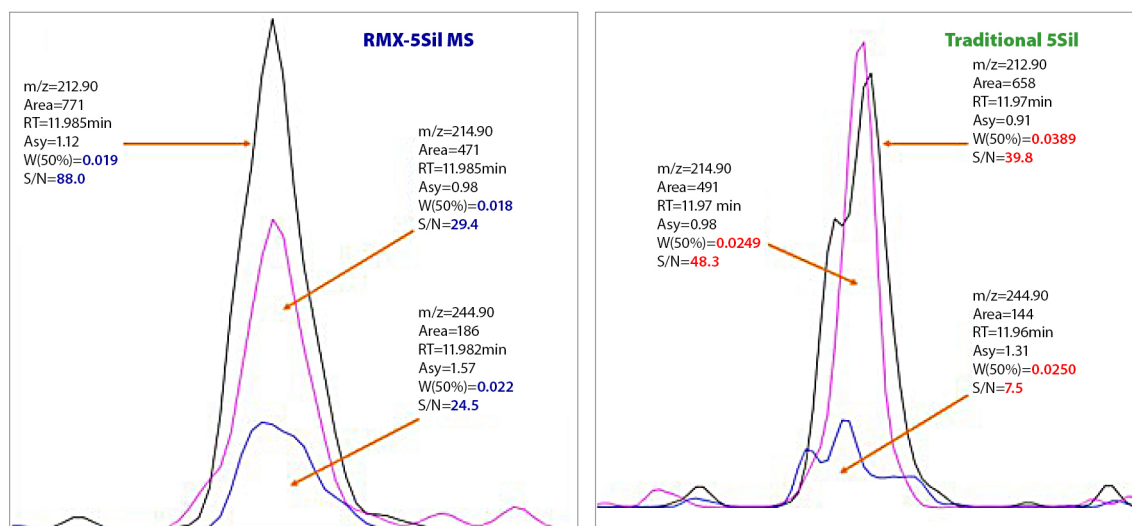
50 ppbでの評価に加え、10 ppbにおけるRMX-5Sil MSカラムと従来の5silカラムのクロマトグラフィー性能も比較しました。**Figure 5**および**Figure 6**が示すとおり、この低濃度条件においても、生ピーカン中のフルオピラムおよびコメ中のフィプロニルの結果は、50 ppbで評価した他の農薬・マトリックスと同様の傾向を示しました。フルオピラムは脂質の影響でイオン抑制が生じやすい化合物です。脂質含量の高いピーカンサンプルでの分析において、RMX-5Sil MSカラムではピーク形状、ピーク面積値、SN比のいずれにおいても改善が確認され、従来の5silカラムとの性能差が明確に現れました (**Figure 5**)。フィプロニルは強い吸着性を示すことから、不活性化されたサンプル流路が不可欠です。RMX-5Sil MSカラムでは対称的なピークと高いレスポンスが得られました (**Figure 6**)。一方、従来の5silカラムでは定量イオンと確認イオンの両方でピーク割れが観察された結果、シグナルが分散し、本来シグナルが強いはずの定量イオンが、ピーク高さでもSN比でも確認イオンを下回る結果となりました。**Table II**には、その他の農薬について複雑なマトリックス中の10 ppbにおけるピーク形状とレスポンスの改善結果をまとめました。RMX-5Sil MSカラムが幅広い農薬に対して高い不活性度と性能上の優位性を発揮していることが確認できます。

Figure 5: 10 ppbにおいて、RMX-5 Sil MSカラムは生ピーカンサンプル中のフルオピラムに対して、より良好なピーク形状とレスポンスを示します。



GC_FS0622

Figure 6: RMX-5Sil MSカラムはコメ中の10 ppb フィプロニルに対して、従来の5silカラムと比較して高いSN比と良好なピーク形状を示しました。従来のカラムでは低いレスポンスとピーク割れ(ピークスピリッティング)が認められました。



GC_FS0623

Table II: RMX-5Sil MSカラムは従来の5silカラムと比較して、多様で複雑な植物由来マトリックス中の広範囲な農薬に対してより良好なピーク形状とレスポンスを示しました。

カラム	農薬	マトリックス	定量イオン			確認イオン		
			m/z	SN比	対称性	m/z	SN比	対称性
RMX-5Sil MS	Trifluralin	Rosemary oil	264.10	61.9	0.99	159.70	8.2	1
Traditional 5sil	Trifluralin	Rosemary oil	264.10	33.1	1.04	159.70	12.5	0.91
RMX-5Sil MS	Chlorpyrifos	Cinnamon bark	258.00	58.7	1.08	286.00	26.9	0.73
Traditional 5sil	Chlorpyrifos	Cinnamon bark	258.00	63.4	1.14	286.00	7.6	1.01
RMX-5Sil MS	Chlorpyrifos	Tapioca starch	258.00	68.4	0.97	286.00	6.2	0.81
Traditional 5sil	Chlorpyrifos	Tapioca starch	258.00	24.9	0.89	286.00	3.6	1.27
RMX-5Sil MS	Propyzamide	Millet (hulled)	145.00	25.4	0.98	74.00	34.5	0.98
Traditional 5sil	Propyzamide	Millet (hulled)	145.00	6.9	1.01	74.00	19.0	1.13
RMX-5Sil MS	Piperonyl butoxide	Egg powder	131.10	30.3	0.97	117.00	41.8	1.22
Traditional 5sil	Piperonyl butoxide	Egg powder	131.10	19.3	1.13	117.00	11.3	0.96
RMX-5Sil MS	Terbufos	Egg powder	128.90	36.8	1.02	174.90	15.9	1.02
Traditional 5sil	Terbufos	Egg powder	128.90	13.4	1.11	174.90	5.2	0.77
RMX-5Sil MS	Chlordane (alpha cis)	Shelled almonds	265.80	135.6	1	268.00	24.9	0.99
Traditional 5sil	Chlordane (alpha cis)	Shelled almonds	265.80	21.4	1.06	268.00	18.1	0.74
RMX-5Sil MS	Permethrin I	Nighttime teas	165.10	19.5	1.17	153.00	8.7	0.93
Traditional 5sil	Permethrin I	Nighttime teas	165.10	3.8	0.97	153.00	4	0.95

農薬多成分一斉分析における回収率評価 / クルクミンおよびアーモンドサンプルでの比較

GC-MS/MS農薬多成分一斉分析におけるRMX-5Sil MSカラムと従来の5silカラムのクロマトグラフィー性能の比較に加え、回収率を評価する実験も実施しました。この評価を行うために、異なる化学特性を持つ35種類の農薬をクルクミンおよびシナモンハニーコーティングアーモンドに50 ppbで添加しました。クルクミンは極めて複雑なサンプルであり、高濃度のクルクミノイド(フェノール性色素)と揮発性油はマトリックス夾雑物を引き起こし、定量精度を損なう可能性があります。同様に、シナモンハニーコーティングアーモンドも、高脂肪・高糖質であることに加え、シナモンに由来する色素やその他の複雑な植物成分がマトリックス効果を引き起こす可能性があります。両カラムで全農薬の回収率は許容範囲(70~120%)内に収まりましたが、RMX-5Sil MSカラムはより優れた性能を発揮しました。全農薬の平均回収率は、クルクミン中でRMX-5Sil MSカラム94%に対し従来5silカラム88% (Figure 7)、シナモンハニーコーティングアーモンド中では95%対93%でした (Figure 8)。マトリックス効果の影響は個々の農薬によって異なりますが、両カラムにおいて両マトリックス中の全農薬の回収率は比較的安定していました(相対標準偏差(%RSD)の範囲:7~16%)。

Figure 7: クルクミン中50 ppbにおける農薬35種類の回収率データ

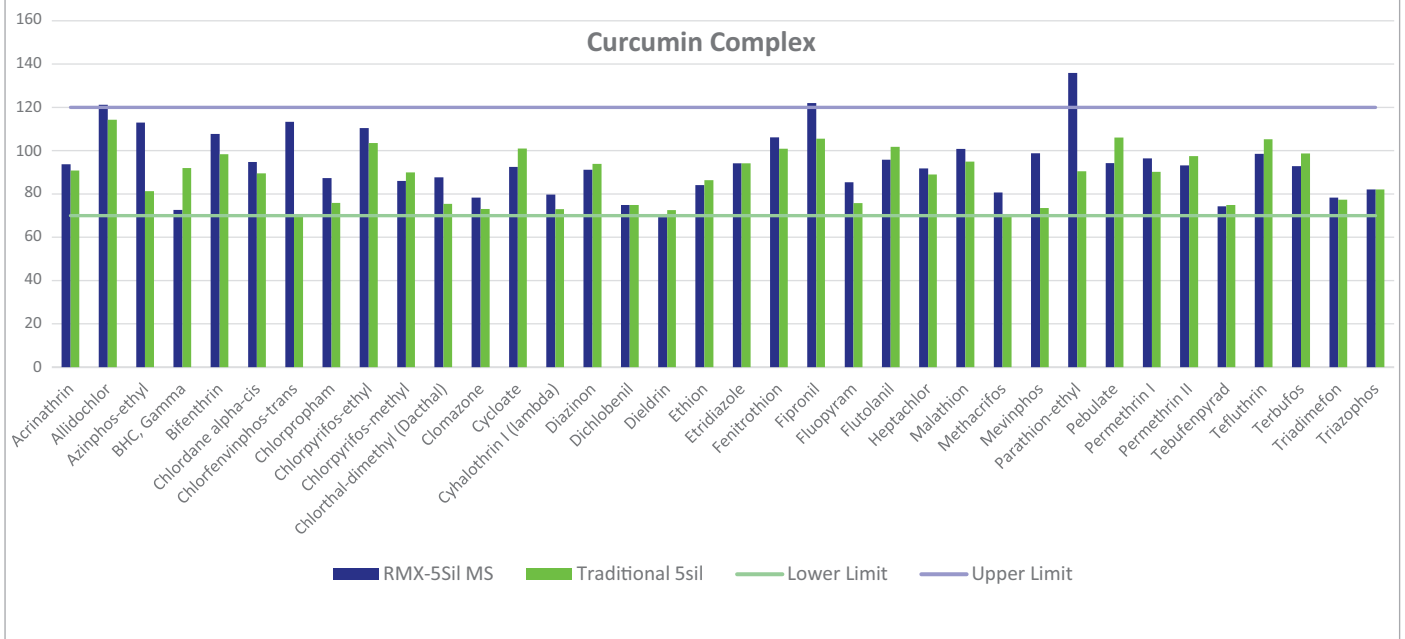
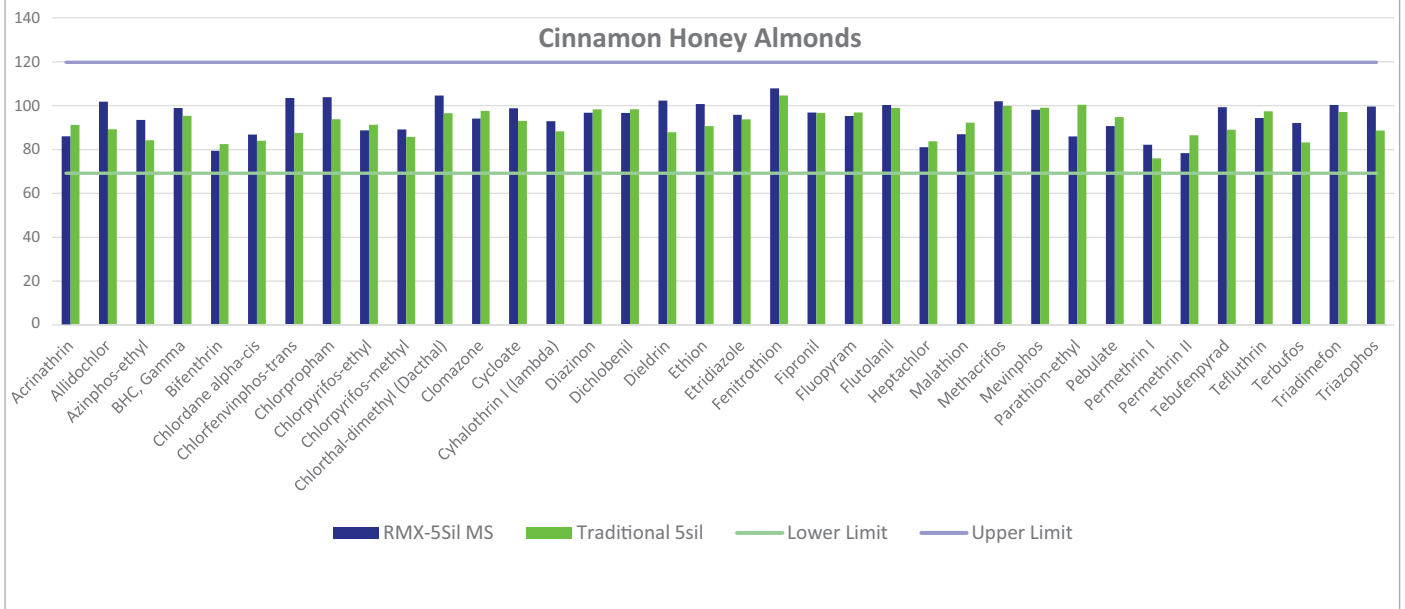


Figure 8: シナモンハニーコーティングアーモンド中50 ppbにおける農薬35種類の回収率データ



カラム寿命評価 | ハイスルーブットラボのダウンタイム削減に貢献

GC-MS/MS農薬多成分一斉分析においてクロマトグラフィー性能は最も重要なカラム特性です。一方で、幅広いマトリックスの大規模なサンプルパネルを日常的に処理するラボにとっては、カラム寿命も実務上欠かせない考慮事項です。カラム寿命が長いほどメンテナンスによるダウンタイムが減り、サンプル分析に充てられる時間が増えるため、ハイスルーブットラボにとって大きなメリットとなります。カラム寿命を確認するこの試験では、全カラムを対象に40時間ごとのセプタムおよびインレットライナー交換を定期メンテナンスとして実施しました。RMX-5Sil MSカラムおよび従来の5silカラムの性能は通常使用中に継続的にモニタリングし、性能が低下し始めた時点でトリミングを実施しました。

Table IIIに示すとおり、RMX-5Sil MSカラムは従来の5silカラムと比較して大幅に長いカラム寿命を示しました。

● 従来の5silカラム (ガード付き)

- トリミング回数: 7回
- 1131回注入・659時間使用後に性能要件を満たせなくなり、カラム寿命終了

● RMX-5Sil MSカラム (Integra-Guard付きフォーマット)

- トリミング回数: 2回
- 1800回注入 (1005時間) 後も性能要件を満たし、引き続き使用可能

● RMX-5Sil MSカラム (デュアル (Integra-GuardおよびIntegra-transfer line付き) フォーマット)

- トリミング回数: 3回
- 1995回注入 (1164時間) 後も性能要件を満たし、引き続き使用可能

なお、本試験は通常のサンプル試験中に実施したため、各カラムの結果はそのカラムが装置に取り付けられていた期間内で集計したものです。Integra-Guard付きフォーマットの数値が小さいのは、取り付け期間が短かったためであり、性能差を示すものではありません。両フォーマットとも、RMX-5Sil MSカラムの高い不活性度によりメンテナンスのダウンタイムが大幅に削減されました。通常であればカラムトリミングが必要となる油脂類のような複雑なマトリックスの分析後も、サンプル分析を継続できました。

Table III: 両フォーマットのRMX-5Sil MSカラムのカラム寿命は従来の5silカラムを上回り、少ないカラムトリミング回数でより多くのサンプルを分析することができました。

	RMX-5Sil MS (Integra-Guard付きフォーマット)	RMX-5Sil MS (デュアル (Integra-Guard and Integra Transfer Line 付き) フォーマット)	従来型の 5sil ガード付き
注入回数	1800	1995	1131
分析総時間 (時間)	1005	1164	659
カラムトリミング回数	2	3	7
試験終了時の状態	まだ性能要件を満たす	まだ性能要件を満たす	カラム寿命終了

保持時間安定性 | カラム交換時のメソッド更新作業を大幅に削減

カラムの使用期間中またはカラム交換時に分析対象成分の保持時間がシフトすると、クロマトグラフィーソフトウェア内の保持時間ウィンドウの更新が必要となります。GC-MS/MS農薬多成分一斉分析のような大規模なパネルを扱う場合、この作業は非常に煩雑です。本研究では780トランジションの検証と取得・処理メソッドの更新が必要となるため、保持時間の安定性はラボの生産性に直結する重要な要素です。

RMX-5Sil MSカラムにおいては、保持時間の安定性が極めて高く、その変動はごくわずかであることが確認されました。Table IVに、同一カラムについて取り付け直後と1800回注入後の保持時間を比較した結果を示します。分析時間全体を通じて、以下3成分について評価を行いました。

- 最も早く溶出する化合物(ジクロルボス): 変化量 0.086分
- 途中で溶出する化合物(クロルピリホスエチル): 変化量 0.125分
- 最後に溶出する化合物(デルタメトリン): 変化量 0.201分

複雑なサンプルマトリックスの数百回に及ぶ注入後も、いずれの化合物においても保持時間の変化は極めて小さく、カラム性能は安定していました。また、新しいRMX-5Sil MSカラムへの交換後も保持時間ウィンドウのシフトは認められず、通常分析中および異なるカラム間でも一貫した保持時間が維持されました。高い保持時間安定性により、メソッド更新のためのダウンタイムが削減され、従来のカラムと比較して大幅に早くサンプル分析を再開できました。

Table IV: RMX-5Sil MSカラムでは、複雑なマトリックスサンプルの数百回の注入後も保持時間の変動が極めて小さいことが確認されました。

農薬	カラム取り付け時の保持時間 (min)	1800回注入後の保持時間 (min)	保持時間変化 (min)
Dichlorvos	6.757	6.671	0.086
Chlorpyrifos ethyl	11.429	11.304	0.125
Deltamethrin	21.560	21.359	0.201

まとめ: RMX-5Sil MSカラムによるGC-MS/MS農薬多成分一斉分析の性能向上 | 検出感度・カラム寿命・保持時間安定性の総合評価

植物由来サンプル中の農薬を正確に定量するには、分析対象成分の化学的多様性と複雑なマトリックスの両方に対応できるメソッドが必要です。本比較研究を通じて、GCカラムの不活性度がGC-MS/MS農薬多成分一斉分析の性能を大きく左右することが明らかになりました。

230種類の農薬と100種類以上の植物由来マトリックスを対象とした評価において、RMX-5Sil MSカラムは従来の5silカラムと比較して優れたクロマトグラフィー性能を示しました。TriMax不活性化技術による高い不活性度は、10 ppbおよび50 ppbの両濃度においてピーク形状とSN比を改善し、信頼性の高い定量結果をもたらしました。特に吸着性の高い農薬やマトリックスの影響を受けやすい農薬においてその効果は顕著であり、従来のカラムで見られたシグナルの低下やピーク形状の歪みが改善されました。

クロマトグラフィー性能に加え、RMX-5Sil MSカラムは安定した回収率を示すとともに、トリミング回数を抑えながら、従来のカラムを大きく上回るカラム寿命が確認されました。数百回の注入後およびカラム交換時においても保持時間の変動は極めて小さく、メソッド更新のためのダウンタイムを最小限に抑えることができます。

以上の結果から、RMX-5Sil MSカラムは感度と運用効率を高めることで、微量レベルのGC-MS/MS農薬多成分一斉分析に実質的な利点をもたらすといえます。本カラムを使用することで、ラボはデータ品質を保ちながら生産性を高めることができ、ひいてはより効果的な食品安全・品質管理プログラムの運用が可能となります。

参考文献

1. E. Pack, J. Hoisington, C. English, R. Dhandapani, and C. Myers, 微量レベル半揮発性有機化合物のGC-MS/MS一斉分析法 (EPA Method 8270E), Application note, EVAN4919-JA, Restek Corporation, 2025. <https://discover.restek.com/ja/application-notes-ja/evan4919-ja/evan4919/comprehensive-trace-level-gc-ms-ms-semivolatiles-method-epa-method-8270e-ja>
2. Y. Hiramatsu and R. Dhandapani, 微量半揮発性有機化合物分析: RMX-5Sil MSカラムの評価 (島津製作所との共同発表), Application note, EVAN5254-JA, Restek Corporation, 2026. <https://discover.restek.com/ja/application-notes-ja/evan5254-ja/trace-level-semivolatiles-analysis-an-evaluation-of-the-rmx-5sil-ms-column-ja>

Appendix I

化合物	保持時間 (min)	プレカーサ	プロダクト	衝突 エネルギー
1,4-Dichlorobenzene-d4 ISTD	5.351	149.9	78	28
1,4-Dichlorobenzene-d4 ISTD	5.351	149.9	115	14
1,4-Dichlorobenzene-d4 ISTD	5.351	115	78	12
Naphthalene-d8 ISTD	6.436	136	108.1	18
Naphthalene-d8 ISTD	6.436	136	134.1	18
Naphthalene-d8 ISTD	6.436	136	84.1	20
Dichlorvos-d6 ISTD	6.657	191	99.1	10
Dichlorvos-d6 ISTD	6.657	191	115	15
Dichlorvos-d6 ISTD	6.657	226	115.1	15
Dichlorvos-d6 ISTD	6.657	226	191	5
Dichlorvos	6.669	185	93	10
Dichlorvos	6.669	145	109	10
Dichlorvos	6.669	220	185	5
Dichlorvos	6.669	145	113	15
Allidochlor	6.906	132	49	24
Allidochlor	6.906	132	56.1	8
Allidochlor	6.906	138.1	95.9	6
Dichlobenil	7.224	170.9	99.9	24
Dichlobenil	7.224	170.9	136	14
Dichlobenil	7.224	172.8	99.8	24
Biphenyl	7.451	151.8	125.8	24
Biphenyl	7.451	154.1	115	26
Biphenyl	7.451	154.1	127.4	30
Mevinphos	7.564	127	95	14
Mevinphos	7.564	127	109	10
Mevinphos	7.564	192	127	10
3,4'-Dichloroaniline	7.683	161	90	20
3,4'-Dichloroaniline	7.683	161	98.9	22
3,4'-Dichloroaniline	7.683	161	125.5	14
Etridiazole	7.758	182.8	139.9	14
Etridiazole	7.758	211	139.9	20
Etridiazole	7.758	211	182.9	10
Propham	7.759	120.1	77.1	15
Propham	7.759	137	93.1	10
Propham	7.759	179.1	120.2	15
Propham	7.759	179.1	137.1	10
Pebulate	7.777	128.1	57.1	8
Pebulate	7.777	161	128	10
Pebulate	7.777	203	160	15
N-(2,4-dimethylphenyl)formamide	7.919	120	77.1	15
N-(2,4-dimethylphenyl)formamide	7.919	149.1	106.1	16
N-(2,4-dimethylphenyl)formamide	7.919	149.1	121.1	6
Methacrifos	7.946	125	79	6
Methacrifos	7.946	180	93	10
Methacrifos	7.946	240	180	10
Tetrahydrophthalimide (THPI)	7.98	151	77.1	20
Tetrahydrophthalimide (THPI)	7.98	151	79.9	6
Tetrahydrophthalimide (THPI)	7.98	151	122.1	8
Acenaphthene-d10 ISTD	8.024	160.1	132	24
Acenaphthene-d10 ISTD	8.024	162.1	160.1	18
Acenaphthene-d10 ISTD	8.024	164	162.1	16
Chloroneb	8.033	190.9	113	14
Chloroneb	8.033	193	113	8
Chloroneb	8.033	206	141	20
2-Phenylphenol	8.171	170.1	115	34
2-Phenylphenol	8.171	170.1	141.1	22
2-Phenylphenol	8.171	171	142	25
Pentachlorobenzene	8.204	249.8	143.6	38
Pentachlorobenzene	8.204	249.8	178.5	24
Pentachlorobenzene	8.204	249.8	214.8	16
Tecnazene	8.205	214.8	143.6	20
Tecnazene	8.205	214.8	178.7	10
Tecnazene	8.205	214.8	179.9	15
Fluorene-d10 ISTD	8.619	174.2	94.1	40
Fluorene-d10 ISTD	8.619	174.2	146.1	25
Fluorene-d10 ISTD	8.619	176.2	122.1	40
Propachlor	8.656	120	50.9	35
Propachlor	8.656	120	77	15
Propachlor	8.656	120	92	15
Diphenylamine	8.798	168.1	139	24
Diphenylamine	8.798	168.1	167.1	22
Diphenylamine	8.798	169.2	167.1	14
Ethalfuralin	8.828	276	202	14
Ethalfuralin	8.828	276	248.1	8
Ethalfuralin	8.828	315.9	276.1	8

化合物	保持時間 (min)	プレカーサ	プロダクト	衝突 エネルギー
2,3,5,6-Tetrachloroaniline	8.844	230.8	157.9	18
2,3,5,6-Tetrachloroaniline	8.844	230.8	159.8	18
2,3,5,6-Tetrachloroaniline	8.844	230.8	194.8	10
Cycloate	8.848	83.1	55.1	6
Cycloate	8.848	154.1	55.1	18
Cycloate	8.848	154.1	83.1	8
Trifluralin	8.923	306.1	159.7	20
Trifluralin	8.923	306.1	206	10
Trifluralin	8.923	306.1	264.1	8
Chlorpropham	8.933	171	127	8
Chlorpropham	8.933	213	127	14
Chlorpropham	8.933	213	171	6
Benfluralin	8.957	292	159.7	20
Benfluralin	8.957	292	206.1	10
Benfluralin	8.957	292	264	8
Sulfotepp	9.008	202	145.9	10
Sulfotepp	9.008	265.9	145.9	15
Sulfotepp	9.008	322	202	10
Phorate	9.203	75	47	8
Phorate	9.203	121	65	8
Phorate	9.203	260	75	8
Diallate-cis	9.205	234.1	150	18
Diallate-cis	9.205	235.8	152	18
Diallate-cis	9.205	235.8	194	12
Diallate-trans	9.323	234.1	150	18
Diallate-trans	9.323	235.8	152	18
Diallate-trans	9.323	235.8	194	12
BHC, Alpha	9.331	182.8	146.7	12
BHC, Alpha	9.331	218.8	146.6	20
BHC, Alpha	9.331	218.8	183	8
Hexachlorobenzene-C13 ISTD	9.419	287.8	217.9	30
Hexachlorobenzene-C13 ISTD	9.419	287.8	252.9	20
Hexachlorobenzene-C13 ISTD	9.419	287.8	182.9	40
Hexachlorobenzene	9.42	283.8	213.8	30
Hexachlorobenzene	9.42	283.8	248.8	18
Hexachlorobenzene	9.42	285.8	250.8	18
Pentachloroanisole	9.473	266.8	238.9	12
Pentachloroanisole	9.473	279.9	236.9	22
Pentachloroanisole	9.473	279.9	264.9	10
Dichloran (Botran)	9.49	160	124.1	8
Dichloran (Botran)	9.49	176	148	12
Dichloran (Botran)	9.49	206	176	10
Atrazine-d5	9.55	220.2	205.1	10
Atrazine-d5	9.55	205.1	105.1	15
Atrazine-d5	9.55	205.1	127.1	10
Atrazine	9.561	200	122.1	8
Atrazine	9.561	200	132	8
Atrazine	9.561	215.1	58.1	12
Diazinon oxon	9.604	137.1	84.1	10
Diazinon oxon	9.604	217	119.1	10
Diazinon oxon	9.604	273.1	137.1	10
Diazinon oxon	9.604	273.1	217.1	10
BHC, Beta	9.643	182.8	146.7	12
BHC, Beta	9.643	218.8	146.6	20
BHC, Beta	9.643	218.8	183	8
Clomazone	9.645	125	89	14
Clomazone	9.645	138	74.9	24
Clomazone	9.645	138	111	12
Profluralin	9.661	318.1	199	15
Profluralin	9.661	318.1	284.1	10
Profluralin	9.661	330.2	69.1	20
Quintozene	9.735	213.8	141.9	28
Quintozene	9.735	213.8	178.9	14
Quintozene	9.735	294.8	236.9	14
Terbutylazine	9.758	214	71	16
Terbutylazine	9.758	214.1	104	16
Terbutylazine	9.758	214.1	132	10
Diazinon-d10	9.764	314.2	183.2	15
Diazinon-d10	9.764	183.2	139.2	20
Diazinon-d10	9.764	232.1	135.1	15
Terbufos	9.776	230.9	128.9	22
Terbufos	9.776	230.9	174.9	12
Terbufos	9.776	230.9	203	8
BHC, Gamma	9.782	182.8	146.7	12
BHC, Gamma	9.782	218.8	146.6	20

(次ページに続く)

Appendix I (続き)

化合物	保持時間 (min)	ブレイカーサ	プロダクト	衝突 エネルギー
BHC, Gamma	9.782	218.8	183	8
Pentachlorobenzonitrile	9.783	272.9	237.9	16
Pentachlorobenzonitrile	9.783	274.8	204.9	28
Pentachlorobenzonitrile	9.783	274.8	239.9	18
Diazinon	9.812	137.1	54.1	20
Diazinon	9.812	137.1	84.1	12
Diazinon	9.812	179.1	121.5	26
Propyzamide	9.821	172.9	74	38
Propyzamide	9.821	172.9	109	8
Propyzamide	9.821	172.9	145	14
Fluchloralin	9.833	264	159.5	14
Fluchloralin	9.833	264	206.1	8
Fluchloralin	9.833	306	264	8
Fonofos	9.867	137	109	6
Fonofos	9.867	246	109	10
Fonofos	9.867	246	137	6
PCB 18 ISTD	9.924	186.1	151.1	18
PCB 18 ISTD	9.924	256	186	22
PCB 18 ISTD	9.924	258	186	22
Pyrimethanil	9.939	198.1	117.9	30
Pyrimethanil	9.939	198.1	157.6	18
Pyrimethanil	9.939	198.1	182.9	14
Tefluthrin	9.993	177	127	14
Tefluthrin	9.993	177	137	16
Tefluthrin	9.993	197	141.1	10
Phenanthrene-d10 ISTD	9.998	188	158.1	34
Phenanthrene-d10 ISTD	9.998	188	160.1	20
Phenanthrene-d10 ISTD	9.998	188	184.1	28
Isazophos	10	161	119	8
Isazophos	10	161	146	6
Isazophos	10	118.9	76	18
Chlorothalonil	10.006	263.9	168	24
Chlorothalonil	10.006	263.9	228.9	18
Chlorothalonil	10.006	265.8	133	36
Terbacil	10.017	160	76	12
Terbacil	10.017	160	117	8
Terbacil	10.017	161.2	144	12
Disulfoton	10.024	88	45	18
Disulfoton	10.024	88	59.8	6
Disulfoton	10.024	185.9	96.9	16
Triallate	10.144	86.1	43.3	6
Triallate	10.144	268	183.9	18
Triallate	10.144	268	226	12
BHC, Delta	10.151	182.8	146.7	12
BHC, Delta	10.151	218.8	146.6	20
BHC, Delta	10.151	218.8	183	8
Pentachloroaniline	10.455	264.8	193.6	18
Pentachloroaniline	10.455	264.8	202.8	20
Pentachloroaniline	10.455	264.8	229.3	12
Endosulfan ether	10.467	238.9	203.9	16
Endosulfan ether	10.467	241	206	15
Endosulfan ether	10.467	307	24.1	10
Dimethachlor	10.489	134	77	24
Dimethachlor	10.489	134	105.1	12
Dimethachlor	10.489	197	148.1	10
Propanil	10.5	160.9	99	24
Propanil	10.5	160.9	125.7	16
Propanil	10.5	217	161	8
Acetochlor	10.543	223.1	132.1	20
Acetochlor	10.543	174.1	146.1	15
Acetochlor	10.543	162.1	147.1	15
Acetochlor	10.543	162.1	144.1	10
Chlorpyrifos-methyl	10.582	125	47	12
Chlorpyrifos-methyl	10.582	125	79	10
Chlorpyrifos-methyl	10.582	286	93	12
Vinclazolin	10.622	186.8	124	18
Vinclazolin	10.622	198	145	14
Vinclazolin	10.622	212	172	14
PCB 28 ISTD	10.643	186.1	151.1	18
PCB 28 ISTD	10.643	256	186	22
PCB 28 ISTD	10.643	258	186	22
Transfluthrin	10.669	127	91.1	8
Transfluthrin	10.669	163	91.1	12
Transfluthrin	10.669	163	143	14
Parathion-methyl	10.67	246	106.1	20

化合物	保持時間 (min)	ブレイカーサ	プロダクト	衝突 エネルギー
Parathion-methyl	10.67	246	136.1	10
Parathion-methyl	10.67	263	109	15
Alachlor	10.686	160.1	130.1	25
Alachlor	10.686	188.1	132.1	20
Alachlor	10.686	188.1	130	32
Alachlor	10.686	188.1	160.1	8
Tolclofos methyl	10.698	265	219.9	20
Tolclofos methyl	10.698	265	250	12
Tolclofos methyl	10.698	266.8	252	12
Propisochlor	10.752	162	144	10
Propisochlor	10.752	223.1	132.1	20
Propisochlor	10.752	223.1	147.1	10
Cymiazole	10.759	218.1	144.1	15
Cymiazole	10.759	218.1	185.1	10
Cymiazole	10.759	130.1	77	20
Cymiazole	10.759	170.1	155.1	15
Metalaxyl	10.781	206	132	12
Metalaxyl	10.781	249.2	146.1	22
Metalaxyl	10.781	249.2	190.1	8
Fenchlorfos	10.85	124.9	79	6
Fenchlorfos	10.85	285	240	20
Fenchlorfos	10.85	285	270	13
Heptachlor	10.88	99.8	39	26
Heptachlor	10.88	99.8	65	12
Heptachlor	10.88	271.8	236.9	12
Pirimiphos-methyl	10.978	290.1	125	20
Pirimiphos-methyl	10.978	290.1	233	8
Pirimiphos-methyl	10.978	305.1	180.1	8
Prodiamine	10.988	321	203	15
Prodiamine	10.988	321	216	15
Prodiamine	10.988	321.1	279.1	6
Fenitrothion	11.044	260	125.1	12
Fenitrothion	11.044	277	109	16
Fenitrothion	11.044	277	260	6
o,p-dicofol	11.091	139	75.1	25
o,p-dicofol	11.091	139	111	15
o,p-dicofol	11.091	141	113	15
o,p-dicofol	11.091	250	139	15
Malathion	11.154	92.8	63	8
Malathion	11.154	125	79	6
Malathion	11.154	173.1	99	12
Linuron	11.165	160	73	30
Linuron	11.165	160	133	15
Linuron	11.165	248	61.1	10
PCB 52 ISTD	11.168	220	150	30
PCB 52 ISTD	11.168	255	220	14
PCB 52 ISTD	11.168	290	220	24
Dichlofluanid	11.189	123	51	32
Dichlofluanid	11.189	123	77	18
Dichlofluanid	11.189	223.9	123	10
Pentachlorothioanisole	11.219	262.7	192.9	28
Pentachlorothioanisole	11.219	295.7	245.9	30
Pentachlorothioanisole	11.219	295.7	262.9	12
Chlorpyrifos-diethyl-d10	11.253	197.9	170	15
Chlorpyrifos-diethyl-d10	11.253	324.1	260	15
Chlorpyrifos-diethyl-d10	11.253	259.9	167	20
Metolachlor	11.297	162.1	132.9	14
Metolachlor	11.297	238.1	132.8	26
Metolachlor	11.297	238.1	162.2	10
Chlorpyrifos-ethyl	11.315	196.7	168.9	12
Chlorpyrifos-ethyl	11.315	314	258	15
Chlorpyrifos-ethyl	11.315	314	286	12
Fenthion	11.37	278	79	30
Fenthion	11.37	278	109	18
Fenthion	11.37	278	169	14
Chlorthal-dimethyl (Dacthal)	11.41	300.7	222.9	22
Chlorthal-dimethyl (Dacthal)	11.41	300.7	272.9	12
Chlorthal-dimethyl (Dacthal)	11.41	332	301	15
Parathion-ethyl	11.429	139.1	81.1	10
Parathion-ethyl	11.429	291.1	81	24
Parathion-ethyl	11.429	291.1	137	6
Aldrin	11.458	262.7	191	30
Aldrin	11.458	262.7	192.9	28
Aldrin	11.458	298	193	35
Anthraquinone	11.466	180	152	12

(次ページに続く)

Appendix I (続き)

化合物	保持時間 (min)	プレカーサ	プロダクト	衝突 エネルギー
Anthraquinone	11.466	208	151.7	22
Anthraquinone	11.466	208	180	10
Triadimefon	11.486	208	111	20
Triadimefon	11.486	208	126.7	12
Triadimefon	11.486	208	180.8	8
Dichlorobenzophenone, 4,4'	11.586	111	74.9	12
Dichlorobenzophenone, 4,4'	11.586	139	74.9	26
Dichlorobenzophenone, 4,4'	11.586	139	111	12
Pirimiphos-ethyl	11.612	304	168.1	12
Pirimiphos-ethyl	11.612	318.1	166.1	12
Pirimiphos-ethyl	11.612	318.1	182.1	10
Triphenylmethane ISTD	11.615	244.2	165.1	30
Triphenylmethane ISTD	11.615	244.2	167.2	10
Triphenylmethane ISTD	11.615	244.2	243.2	10
Diphenamid	11.681	166.8	152	16
Diphenamid	11.681	239.1	72.1	10
Diphenamid	11.681	239.1	167.1	8
Fenson	11.681	77	51	14
Fenson	11.681	141	50.9	30
Fenson	11.681	141	77	8
Bromophos-methyl (Bromophos)	11.691	125	79	6
Bromophos-methyl (Bromophos)	11.691	328.9	313.8	14
Bromophos-methyl (Bromophos)	11.691	330.8	315.8	14
MGK264-1	11.706	164.1	67	8
MGK264-1	11.706	164.1	80	24
MGK264-1	11.706	164.1	98	12
Isopropalin	11.721	280.1	117.8	26
Isopropalin	11.721	280.1	180.2	10
Isopropalin	11.721	280.1	238.2	8
Chlorfenvinphos-cis	11.824	266.9	159	14
Chlorfenvinphos-cis	11.824	266.9	203	10
Chlorfenvinphos-cis	11.824	323	266.9	14
Pendimethalin	11.859	252.1	161	14
Pendimethalin	11.859	252.1	162	8
Pendimethalin	11.859	252.1	191.3	8
Cyprodinil	11.87	224.1	196.9	20
Cyprodinil	11.87	224.1	208	18
Cyprodinil	11.87	225.1	209.7	16
Fipronil	11.88	366.9	212.9	28
Fipronil	11.88	366.9	244.9	20
Fipronil	11.88	368.8	214.9	30
Metazachlor	11.899	133.1	117.3	22
Metazachlor	11.899	133.1	132.1	12
Metazachlor	11.899	209	132.1	16
MGK264-2	11.909	164.1	67	8
MGK264-2	11.909	164.1	80	24
MGK264-2	11.909	164.1	98	12
Isodrin	11.945	146.8	111.1	10
Isodrin	11.945	192.9	123	28
Isodrin	11.945	192.9	157.2	20
Chlozolinate	11.949	259	152.9	26
Chlozolinate	11.949	259	187.9	12
Chlozolinate	11.949	331	259	8
Penconazole	11.973	158.9	89	28
Penconazole	11.973	248	157	22
Penconazole	11.973	248	192	12
Chlorfenvinphos-trans	11.995	266.9	159	14
Chlorfenvinphos-trans	11.995	266.9	203	10
Chlorfenvinphos-trans	11.995	323	266.9	14
Fluopyram	12.007	173	75.1	40
Fluopyram	12.007	173	95	25
Fluopyram	12.007	173	145.1	15
Fluopyram	12.007	223	196.1	15
Tolyfluanid	12.016	137	65.1	28
Tolyfluanid	12.016	137	91.1	18
Tolyfluanid	12.016	238	137	10
Bromfenvinphos-methyl	12.033	109	79	6
Bromfenvinphos-methyl	12.033	294.9	79.1	30
Bromfenvinphos-methyl	12.033	294.9	109	16
Allethrin (Bioallethrin)	12.054	123.1	41.1	24
Allethrin (Bioallethrin)	12.054	123.1	81.1	8
Allethrin (Bioallethrin)	12.054	136.1	93.1	12
Heptachlor epoxide	12.086	262.9	192.9	30
Heptachlor epoxide	12.086	352.8	262.9	16
Heptachlor epoxide	12.086	354.7	264.9	12

化合物	保持時間 (min)	プレカーサ	プロダクト	衝突 エネルギー
Quinalphos	12.124	146	118.1	10
Quinalphos	12.124	157.1	102	22
Quinalphos	12.124	157.1	129	14
Triadimenol	12.188	112	57.6	8
Triadimenol	12.188	128	65	18
Triadimenol	12.188	168.2	70	10
Triflumizole	12.198	179	144	14
Triflumizole	12.198	206	179	14
Triflumizole	12.198	206	186	8
Captan	12.199	149	70	20
Captan	12.199	149	78.8	14
Captan	12.199	149	105	6
Procymidone	12.199	212	172	10
Procymidone	12.199	285.1	96.1	10
Procymidone	12.199	285.1	257.1	10
Folpet	12.303	104	76	10
Folpet	12.303	130	102	12
Folpet	12.303	259.9	130.1	14
Bromophos-ethyl	12.368	96.9	65	16
Bromophos-ethyl	12.368	96.9	78.9	12
Bromophos-ethyl	12.368	302.7	284.8	14
Chlorbenside	12.442	125	62.8	28
Chlorbenside	12.442	125	89	14
Chlorbenside	12.442	125	99	16
Tetrachlorvinphos	12.462	109	79	6
Tetrachlorvinphos	12.462	328.9	109	18
Tetrachlorvinphos	12.462	330.8	109	18
Chlordane alpha-cis	12.477	372.8	265.8	20
Chlordane alpha-cis	12.477	374.7	265.8	20
Chlordane alpha-cis	12.477	376.6	268	20
DDE-o,p'	12.479	246	176.1	28
DDE-o,p'	12.479	317.8	246	20
DDE-o,p'	12.479	317.8	248	18
Paclbutrazol	12.515	125	89	14
Paclbutrazol	12.515	236	125	12
Paclbutrazol	12.515	236	167	10
Paclbutrazole-phenyl-d4	12.515	240.1	129.1	15
Paclbutrazole-phenyl-d4	12.515	240.1	171.1	10
Paclbutrazole-phenyl-d4	12.515	242.1	131.1	15
Bromfenvinphos	12.685	266.9	159	14
Bromfenvinphos	12.685	266.9	203	10
Bromfenvinphos	12.685	323.1	266.9	10
Fenamiphos	12.689	154	139	10
Fenamiphos	12.689	216.9	202	12
Fenamiphos	12.689	303.1	195.2	8
Chlordane gamma-trans	12.697	372.8	265.8	20
Chlordane gamma-trans	12.697	374.7	265.8	20
Chlordane gamma-trans	12.697	376.6	268	20
Endosulfan I	12.712	194.7	125	22
Endosulfan I	12.712	194.7	159.4	8
Endosulfan I	12.712	240.6	205.9	14
Flutriafol	12.716	123	75	24
Flutriafol	12.716	123	95	12
Flutriafol	12.716	219	123	12
Nonachlor-cis	12.75	406.8	297.9	15
Nonachlor-cis	12.75	406.8	299.9	15
Nonachlor-cis	12.75	406.8	334.9	10
Flutolanil	12.751	173	95	28
Flutolanil	12.751	173	145	14
Flutolanil	12.751	281	173	10
Iodofenfos	12.831	125	47	12
Iodofenfos	12.831	125	79	6
Iodofenfos	12.831	376.8	361.8	16
Chlorfenson	12.832	111	75	14
Chlorfenson	12.832	174.9	75	28
Chlorfenson	12.832	174.9	111	10
Fludioxonil	12.834	153.7	127	8
Fludioxonil	12.834	248	127	26
Fludioxonil	12.834	248	153.8	18
Prothiofos	12.872	266.7	220.9	18
Prothiofos	12.872	266.7	238.9	8
Prothiofos	12.872	308.9	239	14
Pretilachlor	12.893	202.1	145.5	14
Pretilachlor	12.893	202.1	174.2	8
Pretilachlor	12.893	238.1	146.1	10

(次ページに続く)

Appendix I (続き)

化合物	保持時間 (min)	ブレイカーサ	プロダクト	衝突 エネルギー
Profenofos	12.946	296.7	268.9	10
Profenofos	12.946	336.9	266.9	12
Profenofos	12.946	336.9	308.9	8
Oxadiazon	12.991	174.9	76	28
Oxadiazon	12.991	174.9	112	12
Oxadiazon	12.991	174.9	147.2	6
Tricyclazole	13.027	162.1	135	10
Tricyclazole	13.027	189	161.9	10
Tricyclazole	13.027	189.2	135.1	15
DDE-p,p'	13.035	246	176.1	28
DDE-p,p'	13.035	317.8	246	20
DDE-p,p'	13.035	317.8	248	18
Oxyfluorfen	13.075	252	146	30
Oxyfluorfen	13.075	252	169.8	28
Oxyfluorfen	13.075	252	224	10
Myclobutanil	13.084	179	90	28
Myclobutanil	13.084	179	125	14
Myclobutanil	13.084	179	151.7	8
Bupirimate	13.105	208.1	140.1	12
Bupirimate	13.105	208.1	165	12
Bupirimate	13.105	273.1	193.2	8
Flusilazole	13.115	206	151.3	14
Flusilazole	13.115	233	151.9	14
Flusilazole	13.115	233	164.9	16
DDD-o,p'	13.16	235	165.1	20
DDD-o,p'	13.16	235	199	14
DDD-o,p'	13.16	236.8	165	20
Dieldrin	13.184	262.8	192.9	28
Dieldrin	13.184	262.8	227.8	16
Dieldrin	13.184	262.9	191	30
Dieldrin	13.184	277	24.1	10
Chlorfenapyr	13.276	136.9	102	12
Chlorfenapyr	13.276	248.9	112	24
Chlorfenapyr	13.276	248.9	137.1	18
Fluazifop-butyl	13.399	282	91.1	18
Fluazifop-butyl	13.399	282	238.1	16
Fluazifop-butyl	13.399	383.1	282.1	14
Perthane (Ethylan)	13.461	223.1	167	12
Perthane (Ethylan)	13.461	223.1	179	20
Perthane (Ethylan)	13.461	223.1	193	28
Nitrofen	13.462	202	139	24
Nitrofen	13.462	283	202	10
Nitrofen	13.462	283	253	10
Endrin	13.549	262.8	192.9	28
Endrin	13.549	280.8	245.3	8
Endrin	13.549	245	173	16
Chlorobenzilate	13.586	111	75.1	14
Chlorobenzilate	13.586	139	74.9	26
Chlorobenzilate	13.586	139	111	12
Endosulfan II	13.728	158.9	123	12
Endosulfan II	13.728	194.7	159	8
Endosulfan II	13.728	240.6	205.8	12
Ethion	13.733	153	97	10
Ethion	13.733	230.9	128.9	22
Ethion	13.733	230.9	174.9	12
DDD-p,p'	13.777	235	165.1	20
DDD-p,p'	13.777	235	199	14
DDD-p,p'	13.777	236.8	165	20
Chlorthiophos	13.788	268.9	205	14
Chlorthiophos	13.788	296.9	268.9	8
Chlorthiophos	13.788	324.9	269	12
Endosulfan sulfate	13.813	238.7	203.9	12
Endosulfan sulfate	13.813	271.7	234.9	12
Endosulfan sulfate	13.813	271.7	236.8	12
Nonachlor-trans	13.817	406.8	297.9	15
Nonachlor-trans	13.817	406.8	299.9	15
Nonachlor-trans	13.817	406.8	334.9	10
Acclonifen	13.828	212	182.1	15
Acclonifen	13.828	264	194	15
Acclonifen	13.828	212	127.1	30
Acclonifen	13.828	212	155.1	20
DDT-o,p'	13.832	235	165.1	20
DDT-o,p'	13.832	235	199.5	20
DDT-o,p'	13.832	236.8	165	20
Endrin aldehyde	13.988	173	138.1	16

化合物	保持時間 (min)	ブレイカーサ	プロダクト	衝突 エネルギー
Endrin aldehyde	13.988	344.9	281	8
Endrin aldehyde	13.988	249.9	214.9	25
Endrin aldehyde	13.988	345	245	15
Triazophos	14.003	161	105.7	12
Triazophos	14.003	161	134.1	8
Triazophos	14.003	257	162	12
Sulprofos	14.045	156	108	30
Sulprofos	14.045	156	141	14
Sulprofos	14.045	322	156.1	10
Tris(1,3-dichloroisopropyl)phosphate ISTD	14.119	75	49	16
Tris(1,3-dichloroisopropyl)phosphate ISTD	14.119	378.9	159	10
Tris(1,3-dichloroisopropyl)phosphate ISTD	14.119	380.9	159	10
Carfentrazone-ethyl	14.146	290	99.9	36
Carfentrazone-ethyl	14.146	311.9	150.7	18
Carfentrazone-ethyl	14.146	340.1	312.1	10
4,4'-Methoxychlor olefin	14.232	238.1	152.1	30
4,4'-Methoxychlor olefin	14.232	238.1	223.1	10
4,4'-Methoxychlor olefin	14.232	308	238.1	16
Carbophenothion	14.237	157	45	12
Carbophenothion	14.237	199	142.9	10
Carbophenothion	14.237	342	157	10
Norflurazon	14.258	145	74.7	28
Norflurazon	14.258	145	95	12
Norflurazon	14.258	303	145	20
Edifenphos	14.312	172.9	65.1	30
Edifenphos	14.312	172.9	109	8
Edifenphos	14.312	310	109	26
Lenacil	14.382	153	82.1	16
Lenacil	14.382	153	110	14
Lenacil	14.382	153	135.6	12
DDT-d8 ISTD	14.43	243.1	206.1	15
DDT-d8 ISTD	14.43	244.1	174.1	20
DDT-d8 ISTD	14.43	245.1	173.1	20
DDT-p,p'	14.48	235	165.1	20
DDT-p,p'	14.48	235	199.5	10
DDT-p,p'	14.48	236.8	165	20
Hexazinone	14.551	127.7	83	10
Hexazinone	14.551	171.1	71.1	14
Hexazinone	14.551	171.1	85.1	12
o,p'-Methoxychlor	14.581	121.1	78.1	20
o,p'-Methoxychlor	14.581	227.1	121.1	16
o,p'-Methoxychlor	14.581	228.1	122.1	16
Tebuconazole	14.742	125	89	14
Tebuconazole	14.742	125	99	16
Tebuconazole	14.742	250	125	20
Propargite	14.744	135.1	107.1	15
Propargite	14.744	150.1	135.1	8
Propargite	14.744	173	135	12
Triphenylphosphate (TPP) ISTD	14.802	215	168.1	16
Triphenylphosphate (TPP) ISTD	14.802	326.1	168.6	28
Triphenylphosphate (TPP) ISTD	14.802	326.1	325.3	10
Piperonyl butoxide	14.856	176.1	103.1	22
Piperonyl butoxide	14.856	176.1	117	18
Piperonyl butoxide	14.856	176.1	131.1	12
Nitralin	14.871	274	169	12
Nitralin	14.871	274	216	8
Nitralin	14.871	316.2	274	8
Resmethrin	14.895	123.1	81.1	8
Resmethrin	14.895	143	128	10
Resmethrin	14.895	171	127.9	14
Captafol	14.911	150.1	77.2	24
Captafol	14.911	150.1	79	6
Captafol	14.911	183.1	79.1	8
Pyridaphenthion	15.203	199	77.1	24
Pyridaphenthion	15.203	199	92.1	14
Pyridaphenthion	15.203	340	199.1	8
Carbosulfan	15.217	323.2	160.2	10
Carbosulfan	15.217	160.1	104.1	10
Carbosulfan	15.217	118.1	62.1	10
Carbosulfan	15.217	160.1	62.1	15
Iprodione	15.227	314	245	10
Iprodione	15.227	315.7	247	10
Iprodione	15.227	315.7	273	8
Tetramethrin peak 1	15.277	164	77.1	22
Tetramethrin peak 1	15.277	164	107.1	12

(次ページに続く)

Appendix I (続き)

化合物	保持時間 (min)	ブレイカーサ	プロダクト	衝突 エネルギー
Tetramethrin peak 1	15.277	164	135.1	8
Endrin ketone	15.366	209.2	138.4	30
Endrin ketone	15.366	316.8	208.9	28
Endrin ketone	15.366	316.8	281	10
Phosmet	15.387	160	50.9	34
Phosmet	15.387	160	76.9	22
Phosmet	15.387	160	133	10
Bifenthrin	15.391	165.1	163.6	24
Bifenthrin	15.391	181	165.9	10
Bifenthrin	15.391	181	179	12
EPN	15.447	157	77	22
EPN	15.447	169	77	22
EPN	15.447	169	141	8
Tetramethrin peak 2	15.452	164	77.1	22
Tetramethrin peak 2	15.452	164	107.1	12
Tetramethrin peak 2	15.452	164	135.1	8
Bromopropylate	15.481	184.9	75.5	30
Bromopropylate	15.481	184.9	156.9	12
Bromopropylate	15.481	340.8	185	14
Bifenazate	15.512	196.1	141.1	20
Bifenazate	15.512	199.1	170.1	15
Bifenazate	15.512	258.1	199.1	10
Bifenazate	15.512	300.2	258.1	10
Chrysene-d12 ISTD	15.567	240.2	212.1	28
Chrysene-d12 ISTD	15.567	240.2	236.1	32
Chrysene-d12 ISTD	15.567	240.2	238.2	16
Methoxychlor	15.576	227.1	141.1	32
Methoxychlor	15.576	227.1	169.1	22
Methoxychlor	15.576	227.1	212.1	8
Fenpropathrin	15.609	97.1	55.1	6
Fenpropathrin	15.609	181	126.8	28
Fenpropathrin	15.609	181	151.9	22
p,p'-Dicofol	15.709	139	75.1	25
p,p'-Dicofol	15.709	139	111	10
p,p'-Dicofol	15.709	252	111	30
p,p'-Dicofol	15.709	252	139	10
Tebufenpyrad	15.727	276.1	171	10
Tebufenpyrad	15.727	318.1	131.1	14
Tebufenpyrad	15.727	318.1	145.1	14
Fenazaquin	15.85	146.2	118.2	15
Fenazaquin	15.85	160.1	117.1	20
Fenazaquin	15.85	160.1	145.1	10
Phenothrin-cis Test	15.917	123.1	81.1	10
Phenothrin-cis Test	15.917	183.1	153.1	15
Phenothrin-cis Test	15.917	183.1	165.1	10
Phenothrin-cis Test	15.917	183.1	168.1	10
Phenothrin-cis	15.921	123.1	41.1	24
Phenothrin-cis	15.921	123.1	79.1	14
Phenothrin-cis	15.921	123.1	81.1	8
Phenothrin-trans Test	16.068	123.1	81.1	10
Phenothrin-trans Test	16.068	183.1	153.1	15
Phenothrin-trans Test	16.068	183.1	165.1	10
Phenothrin-trans Test	16.068	183.1	168.1	10
Tetradifon	16.071	159	74.8	32
Tetradifon	16.071	159	111	20
Tetradifon	16.071	159	131	6
Phenothrin-trans	16.073	123.1	41.1	24
Phenothrin-trans	16.073	123.1	79.1	14
Phenothrin-trans	16.073	123.1	81.1	8
Phosalone	16.193	121.1	65	10
Phosalone	16.193	182	74.8	30
Phosalone	16.193	182	111	14
Leptophos	16.234	171	51	38
Leptophos	16.234	171	77.1	18
Leptophos	16.234	171	124.3	10
Azinphos-methyl	16.277	132	77	12
Azinphos-methyl	16.277	160	50.9	34
Azinphos-methyl	16.277	160	77	16
Pyriproxyfen	16.385	136.1	78	20
Pyriproxyfen	16.385	136.1	96	10
Pyriproxyfen	16.385	226.1	186.1	12
Cyhalothrin I (lambda)	16.597	180.9	152	22
Cyhalothrin I (lambda)	16.597	197.1	141.1	10
Cyhalothrin I (lambda)	16.597	207.9	180.9	8
Mirex	16.798	236.8	142.9	24

化合物	保持時間 (min)	ブレイカーサ	プロダクト	衝突 エネルギー
Mirex	16.798	273.8	238.8	14
Mirex	16.798	272	236.8	14
Acrinathrin	16.82	181	152	22
Acrinathrin	16.82	208.1	180.9	8
Acrinathrin	16.82	289	93.1	8
Pyrazophos	16.849	221	148.7	14
Pyrazophos	16.849	221	193.1	8
Pyrazophos	16.849	231.9	204.1	10
Fenarimol	16.895	139	74.9	26
Fenarimol	16.895	139	111	12
Fenarimol	16.895	219	107	10
Azinphos-ethyl	17.042	132	51	26
Azinphos-ethyl	17.042	132	77	12
Azinphos-ethyl	17.042	160	77	16
Pyraclufos	17.231	139.2	96.9	6
Pyraclufos	17.231	194	138	18
Pyraclufos	17.231	360	194.1	12
Trans-Permethrin-Phenoxy-d5 1	17.686	163	127.1	10
Trans-Permethrin-Phenoxy-d5 1	17.686	188.1	160.2	10
Trans-Permethrin-Phenoxy-d5 1	17.686	188.1	172.2	15
Permethrin I	17.698	183	165.1	10
Permethrin I	17.698	183	168.1	10
Permethrin I	17.698	183.1	153	8
Trans-Permethrin-Phenoxy-d5 2	17.866	163	127.1	10
Trans-Permethrin-Phenoxy-d5 2	17.866	188.1	160.2	10
Trans-Permethrin-Phenoxy-d5 2	17.866	188.1	172.2	15
Permethrin II	17.874	183	165.1	10
Permethrin II	17.874	183	168.1	10
Permethrin II	17.874	183.1	153	8
Coumaphos	17.882	362	99	10
Coumaphos	17.882	362	226	25
Coumaphos	17.882	209.9	182	10
Fluquinconazole	17.896	340	108.1	36
Fluquinconazole	17.896	340	298	16
Fluquinconazole	17.896	340	313	14
Pyridaben	17.914	147.1	117.1	20
Pyridaben	17.914	147.1	119.1	8
Pyridaben	17.914	147.1	132.1	12
Prochloraz	17.996	180.1	69.1	15
Prochloraz	17.996	180.1	138.1	12
Prochloraz	17.996	308	70	12
Cyfluthrin I	18.475	199.1	170.1	20
Cyfluthrin I	18.475	206.1	151.1	20
Cyfluthrin I	18.475	226	206.1	10
Cyfluthrin I	18.475	163	127.1	6
Cyfluthrin II	18.624	163	127.1	6
Cyfluthrin II	18.624	199.1	170.1	20
Cyfluthrin II	18.624	206.1	151.1	20
Cyfluthrin II	18.624	226	206.1	10
Cyfluthrin III	18.705	163	127.1	6
Cyfluthrin III	18.705	199.1	170.1	20
Cyfluthrin III	18.705	206.1	151.1	20
Cyfluthrin III	18.705	226	206.1	10
Cyfluthrin IV	18.791	163	127.1	6
Cyfluthrin IV	18.791	199.1	170.1	20
Cyfluthrin IV	18.791	206.1	151.1	20
Cyfluthrin IV	18.791	226	206.1	10
Cypermethrin I	18.958	163	127.1	6
Cypermethrin I	18.958	165	127.1	10
Cypermethrin I	18.958	165	129.1	10
Cypermethrin II	19.121	163	127.1	6
Cypermethrin II	19.121	165	127.1	10
Cypermethrin II	19.121	165	129.1	10
Cypermethrin III	19.21	163	127.1	6
Cypermethrin III	19.21	165	127.1	10
Cypermethrin III	19.21	165	129.1	10
Flucytrin peak 1	19.215	157	107.1	12
Flucytrin peak 1	19.215	199.1	107.1	22
Flucytrin peak 1	19.215	199.1	157.1	8
Cypermethrin IV	19.271	163	127.1	6
Cypermethrin IV	19.271	165	127.1	10
Cypermethrin IV	19.271	165	129.1	10
Etofenprox	19.459	163.1	77.1	32
Etofenprox	19.459	163.1	107.1	10
Etofenprox	19.459	163.1	135.1	6

(次ページに続く)

Appendix I (続き)

化合物	保持時間 (min)	プレカーサ	プロダクト	衝突エネルギー
Acequinocyl (degradant)	19.467	188.1	131.1	20
Acequinocyl (degradant)	19.467	189.1	115.1	20
Acequinocyl (degradant)	19.467	342.2	160.1	22
Flucythrinate peak 2	19.53	157	107.1	12
Flucythrinate peak 2	19.53	199.1	107.1	22
Flucythrinate peak 2	19.53	199.1	157.1	8
Perylene-d12	19.82	132.2	118.1	12
Perylene-d12	19.82	260.1	256.1	34
Perylene-d12	19.82	264.2	260.1	36
Fluridone	19.875	328.1	189.1	38
Fluridone	19.875	328.1	258.8	24
Fluridone	19.875	329.1	328.5	12
Fenvalerate 1	20.311	125	89	14
Fenvalerate 1	20.311	167	89	32

化合物	保持時間 (min)	プレカーサ	プロダクト	衝突エネルギー
Fenvalerate 1	20.311	167	125	10
Fluvalinate peak 1	20.506	180.8	152.1	22
Fluvalinate peak 1	20.506	250	55.1	16
Fluvalinate peak 1	20.506	250	199.9	18
Fluvalinate peak 2	20.617	180.8	152.1	22
Fluvalinate peak 2	20.617	250	55.1	16
Fluvalinate peak 2	20.617	250	199.9	18
Fenvalerate 2	20.626	125	89	14
Fenvalerate 2	20.626	167	89	32
Fenvalerate 2	20.626	167	125	10
Deltamethrin	21.377	252.8	172	8
Deltamethrin	21.377	181	152.1	20
Deltamethrin	21.377	252.8	92.9	16



注目製品

RMX-5Sil MS GCキャピラリーカラム

- 化合物との相互作用を防ぎ、安定した微量分析の長期運用を可能にすることを目的に開発された次世代TriMax不活性化処理を採用
- 安定した固定相特性により、検量線の再作成頻度を抑え、信頼性の高いデータ取得をサポート
- カラム活性点を抑えた高い不活性度により、カラムと相互作用しがちな化合物でもピーク形状の乱れを抑制
- 良好なピーク形状を維持することで、幅広い化合物に対して確かな定量分析を実現
- 優れたカラム性能により、分析メソッドの統合が可能となり、ラボ全体の生産性向上に貢献
- 吸着損失を抑えた高い実効感度により、少量抽出条件でも確かな定量分析が可能

カタログ番号	製品名	入数単位
17323-124	RMX-5Sil MS GCキャピラリーカラム, 30 m, 0.25 mm ID, 0.25 µm, 5 m Integra-Guard付き	ea.
17323-124177	RMX-5Sil MS GCキャピラリーカラム 30 m, 0.25 mm ID, 0.25 µm, 5 m Integra-Guard & Integra-Transfer Line付き	ea.

Topaz Single Taper注入口ライナー



カタログ番号	製品名	入数単位
23447	Topaz, Single Taper Inlet Liner, 4.0 mm x 6.5 x 78.5, for Thermo TRACE 1300/1310, 1600/1610 GCs w/SSL inlets, w/Quartz Wool, Premium Deactivation	5-pk.

Restekリークディテクタ

カタログ番号	製品名	入数単位
28500	Restekリークディテクタ (専用キャリングケース、ユニバーサルACアダプタ (米国・英国・欧州・オーストラリア・日本対応)、6フィート(約1.8m)USB充電ケーブル)	ea.



Restek ProFLOW 6000電子式フローメーター

カタログ番号	製品名	入数単位
22656	Restek ProFLOW 6000 Electronic Flowmeter	ea.



Q-sep QuEChERS Extraction Salt Packets Only (Original)

カタログ番号	製品名	入数単位
25847	Q-sep QuEChERS Extraction Salt Packets Only (Original), 4 g MgSO ₄ , 1 g NaCl	50 packets



Q-sep QuEChERS Extraction Kit (AOAC)

カタログ番号	製品名	入数単位
25852	Q-sep QuEChERS Extraction Kit (AOAC), 6 g MgSO ₄ , 1.5 g NaOAc入り50 mL 遠心チューブ	50 packets & 50 tubes



Restekの特許および商標に関する情報については、www.restek.com/patents-trademarksをご覧ください。Restekからの情報配信や停止設定について変更をご希望の場合は、www.restek.com/subscribeより手続きが可能です。販売に関するお問合せやその他のご質問は、直接弊社までお気軽にご連絡ください。

© 2026 Restek Corporation. All rights reserved.

www.restek.com



Lit. Cat.# FSAN5585-JA