

複雑なマトリックスの分析において GC ライナがラボ生産性に及ぼす影響

漢方薬マトリックスに含まれる農薬を対象とした
GC/MS 分析に伴うライナ寿命の評価

著者

Siji Joseph, Samuel Haddad,
Thierry Jeanneau,
Ruben Garnica, and
Angela Smith Henry
Agilent Technologies, Inc.

概要

このアプリケーションノートでは、漢方薬（TCM）中の農薬分析向けとして一般的な 3 種類のガスクロマトグラフ用注入口ライナの性能比較について説明します。タンジン根（*Salvia miltiorrhiza*）のマトリックスの調査のために、合計 35 種類の農薬を選択しました。QuEChERS サンプル前処理メソッドを使用して、マトリックスからターゲット化合物を抽出しました。ミッドカラムによるバックフラッシュの構成を使用した Agilent 8890 GC に、Agilent 7000D トリプル四重極質量分析計（GC/TQ）を組み合わせ、分析を実行しました。タンジン根のような複雑な TCM マトリックスの微量分析におけるラボの生産性の向上に対して最適なライナの選択肢を確認するために、平均的なターゲットレスポンスと回収率を使用して、ガラスウール入りの Agilent ウルトライナートスプリットレスシングルテーパライナ、デインプル付きの Agilent ウルトライナートスプリットレス内径 2 mm ライナ、フリット付きの Agilent ウルトライナートスプリットレスシングルテーパライナの分析性能を調査しました。

はじめに

TCM は、2000 年以上にわたり使用されている医療方法です。TCM は広く用いられていることから、中国薬局方は TCM 物質に含まれる農薬の検出と規制に関するガイダンスを公表しました。¹ TCM のお茶、粉末、抽出物は、葉、種子、根、茎、樹皮などの植物から採取されたものです。TCM 中のさまざまな種類の分析対象マトリックスの中でも、傾向としてタンジン根などの根が最も困難で、農薬の検出が複雑になることがあります。TCM マトリックス中の農薬のモニタリングに対して、これまでの GC/TQ 分析が有望であることが示されていますが、マトリックスの移動を抑えることによって、これらのメソッドの最適化を向上させることが可能です。²

GC 注入口ライナは、サンプルインジェクタと分析カラムとの間の接続部として機能します。高温に維持された GC 注入口ライナにより、注入された液相サンプルは気相に変化し、サンプルとキャリアガスが均質に混合されます。次に、ライナによってサンプルが一気にカラムヘッドに移動します。ガラスウールやガラスフリットなど、不活性バリアのあるライナは、より大きな表面積を備えており、サンプルの高速での均一な気化を実現します。また、これらのライナは、複雑なマトリックス残留物から GC カラムと MS イオン源を保護するバリアとして機能します。マトリックスの物理的・化学的な複雑性、ターゲット化合物、注入方法に基づき、幅広い選択肢の中からライナを選べます。

スプリットレス注入モードは微量分析で人気のある手法で、大部分のサンプルを分析カラムへ移動させるために、スプリットバントが閉じられています。スプリットレス注入モードでは、ライナがマトリックス成分によって汚染されやすいため、より頻繁に交換して最適な機器性能を確保する必要があります。分析性能を損なうことなく注入回数を最大限に増やすライナは、機器のダウンタイムを最小化し、ラボの生産性を最大化するために有用です。このアプリケーションノートでは、複雑な TCM マトリックス中の農薬の分析に対し、3 種類のアジレント製ライナの性能を比較します。各ライナタイプの性能は、マトリックススパイクサンプルのスプリットレス注入を繰り返し、35 種類のターゲット農薬のレスポンスと回収率をモニタリングすることにより評価しました。

実験方法

材料および試薬

35 種類のターゲット農薬のカスタム標準混合液とリン酸トリフェニルの内部標準 (ISTD) はどちらも 500 µg/mL の濃度で、AccuStandard 社 (ニューヘイブン、コネチカット州、米国) から購入しました。標準と ISTD はどちらもアセトニトリルで希釈して、作業用標準溶液を調製しました。使用していない場合、すべての標準はメーカーの推奨事項に従って 5 °C または -20 °C で保管しました。LC/MS グレードのアセトニトリルはアジレントから調達しました。サンプル前処理のための酢酸は MilliporeSigma 社 (パーリントン、マサチューセッツ州、米国) から購入しました。

サンプル抽出

タンジン根のマトリックスは地元の TCM 薬局から購入しました。抽出プロトコルは中国薬局方メソッド No. 5 に記載の手順に従いました (図 1)。¹ 簡単に説明すると、サンプルはブレンダを使用してホモジナイズしました。そこから 3 ± 0.1 g を計量して 50 mL コニカルポリプロピレンチューブ (部品番号 5610-2049) に移しました。各チューブに 15 mL の 1 % v/v 酢酸溶液を添加しました。次にこのチューブを 1 分間ボルテックスして、室温で 30 分間インキュベーションしました。各チューブに、2 個のセラミックホモジナイザ (部品番号 5982-9313) とともに 15 mL のアセトニトリルを添加しました。750 rpm で 5 分間、サンプルをさらに振とう機で振とうして抽出しました。次に、6 g の MgSO₄ と 1.5 g の酢酸ナトリウムを含む Agilent QuEChERS 抽出キット (部品番号 5982-5755) を 50 mL チューブに添加しました。サンプルを振とう機に再びセットし、750 rpm で 3 分間振とうしました。抽出後、サンプルをアイスバスで 10 分間冷却してから、4,000 rpm、10 °C で 5 分間遠心分離しました。次に 9 mL の上澄みを 90 mg のグラファイトカーボンブラック (部品番号 64100G) を入れた分散固相抽出チューブ (部品番号 5982-5156) に移し 1 分間ボルテックスしました。その後、750 rpm で 5 分間、サンプルを振とう機で振とうして抽出しました。次にサンプルを 4,000 rpm、10 °C で 5 分間遠心分離しました。5 mL の上澄みをテストチューブに移し、穏やかな窒素ガス流下で乾固するまで蒸発させました。乾固したサンプル残留物を 1 mL のアセトニトリルで再溶解し、4,000 rpm、10 °C で 7 分間遠心分離しました。分析のために、上澄みをアジレントの 1.5 mL 高回収率バイアル (部品番号 5183-2073) に移しました。付録の表 A1 に、サンプル抽出の消耗品の概要を示します。

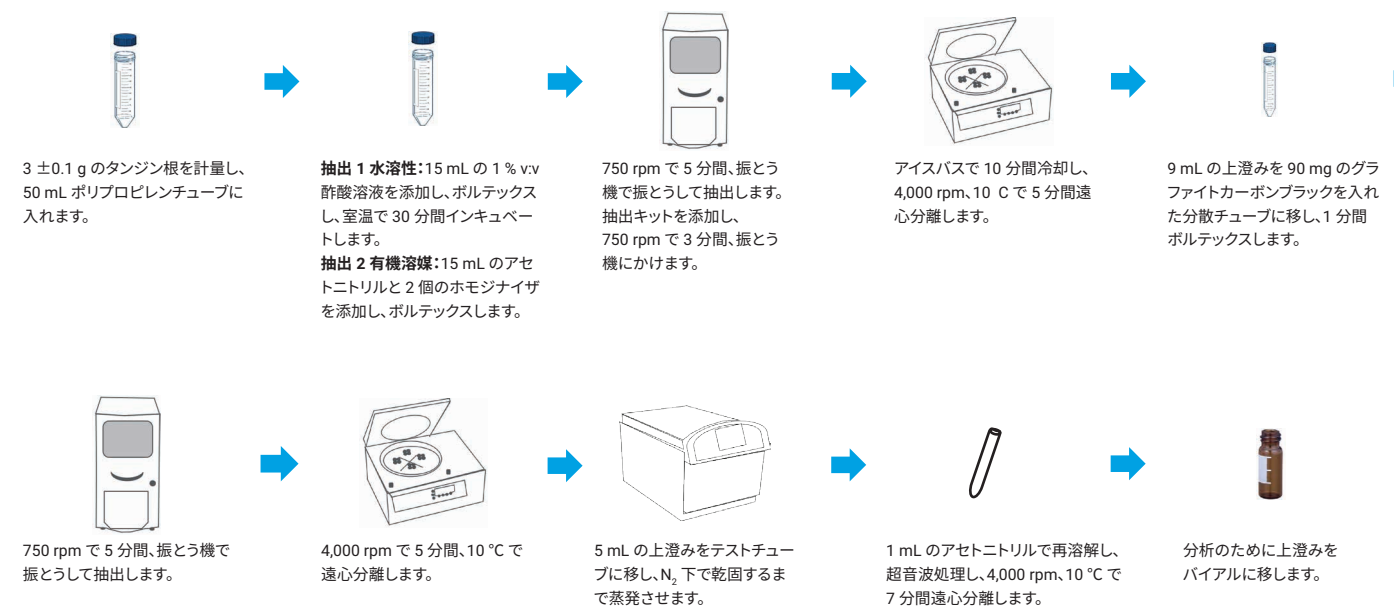


図 1. タンジン根の QuEChERS サンプル前処理プロトコル

装置構成

7000D トリプル四重極 MS システムと組み合わせた 8890 GC を使用して分析を実行しました。連結した 2 本の Agilent J&W DB-17、15 m × 0.25 mm、0.25 μm 分析カラムを使用して、分離と同時にバックフラッシュを促進するために、GC 機器でミッドカラムバックフラッシュ (ユニオンキット部品番号 G1472A と PSD モジュール部品番号 G3559A) を構成しました。Agilent 7693A GC オートサンブラに、Agilent Blue Line 10 μL ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) チップブランジャターパードシリンジ (部品番号 G4513-80203) を取り付けました。この研究では、スプリットレス注入に対し、異なるバリアスタイルの 3 種類のライナタイプを試験しました。表 1 にこれらのライナタイプを示します。

表 1. ライナタイプおよび本文中で使用している略称

ライナの種類	部品番号	本文中での名称
Agilent ウルトライナートスプリットレス、シングルターパ、ガラスウール入り	5190-2293	ウールライナ
Agilent ウルトライナートスプリットレス、ディンプル付き、内径 2 mm	5190-2297	ディンプルライナ
Agilent ウルトライナートスプリットレス、シングルターパ、フリット付き	5190-5112	フリット付きライナ

GC 条件を表 2 に、MS イオン源パラメータを表 3 に示します。マルチプルリアクションモニタリング (MRM) モードを使用してデータを取得し、中国薬局方の推奨事項に基づきトランジションを選択しました (表 A2)。¹ リテンションタイムのシフトはリテンションタイムロッキング (RTL) ソフトウェアツールにより回避しました。RTL については以前の文書に記載されています。³ 100 μg/L の濃度の農薬の混合標準原液を使用してターゲット化合物イソカルボホス (MRM 135.7 & 108.0) のリテンションタイムを 14.05 分にロックしました。Agilent MassHunter ワークステーション GC/MS データ取り込みソフトウェア (バージョン 10.1.49) でデータを取得し、MassHunter Quantitative Analysis ソフトウェア (バージョン 10.2) で処理しました。

表 2. Agilent 8890 GC パラメータ

パラメータ	設定値
注入量	1 µL
注入口	バルスドスプリットレスモードのマルチモード、265 °C
注入口セプタム	ノンスティック、ブリード/温度最適化 11 mm 注入口セプタム (部品番号 8010-0223)
注入バルス圧力	30 psi、0.5 分まで
スプリットベントへのパージ流量	0.5 分で 60 mL/min
セプタムパージ流量	3 mL/min
キャリアガス	ヘリウム
カラム	Agilent J&W DB-17、15 m × 0.25 mm、0.25 µm (2 本) (部品番号 122-4712)
カラム流量	カラム 1 : 1.2 mL/min カラム 2 : 1.5 mL/min カラム 1 で 23.5 分時点でバックフラッシュ、-1 mL/min ~ 26.75 min (カラム昇温速度 100 mL/min)
ポストラン中のカラム流量	4 分間、カラム 1 で 4.15 mL/min、 カラム 2 で 4.57 mL/min
オープン温度プログラム	初期 : 80 °C (保持 : 1 分間) - 昇温 1 : 40 °C /min で 200 °C まで - 昇温 2 : 2 °C /min で 230 °C まで - 昇温 3 : 40 °C /min で 300 °C まで (保持 : 6 分間) 分析後 : 4 分

表 3. Agilent 7000D トリプル四重極構成およびパラメータ

パラメータ	設定値
トランスファーライン	260 °C
イオン化	電子イオン化 (EI)
モード	MRM
イオン源温度	230 °C
四重極温度	150 °C
溶媒ディレイ	6 分
ゲイン係数	10

マトリックス適合キャリブレーション

マトリックス適合キャリブレーション濃度の調製に十分なサンプル量を得るために、プールされたマトリックスブランク抽出物を使用しました。適切な濃度の作業用標準をスパイクし、マトリックスブランクから 5 ポイント抽出後マトリックス適合検量線 (5、10、50、100、200 µg/L) を作成しました。ISTD の濃度は、すべてのキャリブレーション濃度で 50 µg/L に維持しました。各ライナタイプ (表 1) に対し、マトリックスブランクとマトリックス適合キャリブレーションの MRM データを収集し、ISTD 補正を行い検量線を作成しました。

ライナの評価

タンジン根のマトリックスは抽出前に 75 µg/L のターゲット化合物でスパイクし、サンプル前処理プロトコル (図 1) を適用して、各ライナタイプの分析のためにマトリックススパイク済みサンプルを調製しました (表 1)。マトリックス適合キャリブレーション濃度と同様に、ISTD 濃度もマトリックススパイク済みサンプルに対して 50 µg/L に維持しました。マトリックススパイク済みサンプルを連続注入し、ターゲット化合物ごとの絶対レスポンスと回収値をモニタリングしました。各ターゲットの回収値は、それぞれのライナタイプに対し生成したマトリックス適合検量線の式を使用して算出しました。各ライナタイプの最初のライナを用いて作成された検量線を使用して回収値を算出しました。許容性能基準の不合格に対しては、繰り返し注入のレスポンスと回収値の偏差をモニタリングしました。各ライナタイプの許容性能基準は、面積偏向が ±20 % の相対標準偏差 (RSD) のターゲット化合物が 70 %、70 ~ 130 % の回収値のターゲット化合物が 60 % としました。

許容性能基準に対し不合格となった後、カラムをトリミングして (20 cm)、注入口メンテナンスを実行しました。メンテナンスでは、イソプロピルアルコールで湿らせた綿棒でマルチモード注入口を洗浄した後に、セプタムとライナを交換しました。次に機器をすばやく微調整し、RTL を 1 回実行してメソッドを再ロックして、初期状態に相当する機器性能に回復させました。ライナを交換し、メンテナンス手順を行った後に結果が不合格のままである場合は、(注入口とパージ付き Ultimate ユニオンとの間に接続された) カラム 1 を交換しました。

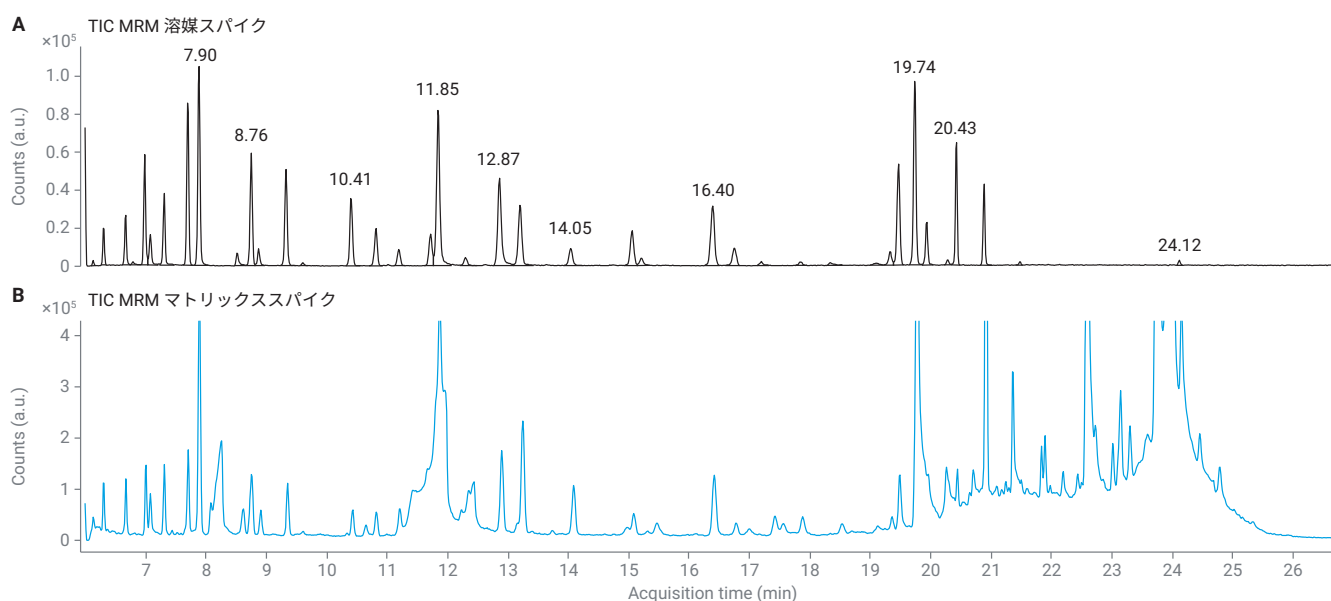
各ライナタイプに対し、3 つ以上の新しいライナを使用して実験を繰り返し、平均のレスポンスおよび回収値を使用してライナ性能を評価しました。ディンプルライナの場合は、1.0 µL のデフォルトの注入量に加え、0.3 µL の調整済み注入量も使用してデータを収集し、より低い気化容量で性能を調査しました。Agilent Blue Line 1 µL GC オートサンブラシリンジ (部品番号 G4513-80215) を使用して、0.3 µL 注入しました。気化容量計算ツールの計算によれば、1.0 µL の注入量はディンプルライナ容量の 138 % まで膨張します。より低い注入量を使用した場合には絶対レスポンスが変化する可能性があるため、注入量は他のライナとの直接比較を行って調査しました。30 psi 圧力バルスで注入量はディンプルライナ容量の 41 % の膨張に留まるため、0.3 µL の調整済み注入量を選択しました。ディンプルライナでは 2 つの注入量の性能は類似していたため、本研究では、評価のために 1.0 µL の注入量を使用しました。

複雑なマトリックスサンプルの連続注入により、高沸点残留物がライナと分析カラムヘッドに堆積し、この結果、ピーク形状の不良、レスポンスの低下、ピークのみスラベリングが生じる可能性があります。このような問題を回避するために、ライナを交換するたびに GC カラムをトリミングしました。この処置により、ライナを交換するたびにカラム長が変化し、これが原因でターゲットリテンションタイムのシフトとピークのみスラベリングが生じる可能性がありましたが、それらの問題を前述の RTL 手順で回避しました。

結果と考察

フィプロニルとフィプロニルスルフィド、ジクロロジフェニルトリクロロエタン (DDT)、ジクロロジフェニルジクロロエチレン (DDE)、ジクロロジフェニルジクロロエタン (DDD) のような、MRM トランジションが類似しているターゲット化合物は、前述の 25 分のクロマトグラフィーメソッドを使用して良好に分離されます。中国薬局方のガイドラインではより長い 51 分メソッドが強調されていますが、*o*-デメトンや *s*-デメトンなどの異性体分離は 25 分メソッドで十分です。この短い時間は、Agilent Intuvo 9000 GC と 7000D トリプル四重極質量分析計を用いた以前の研究をさ

らに裏付けています。² また、ターゲット溶出時間にマトリックスの影響があったとしても、RTL によりターゲットピークの明確な同定が確保されました。この研究で使用したすべてのマトリックス適合検量線は $R^2 \geq 0.995$ で直線性を示しました。



No.	名称	RT	No.	名称	RT	No.	名称	RT	No.	名称	RT
1	<i>o</i> -デメトン	6.32	10	γ -BHC	8.76	19	パラチオン	12.31	28	ホスホランメチル	18.35
2	エトプロホス	6.67	11	フィプロニルデスル フィニル	8.87	20	<i>p,p'</i> -ジコホール	12.87	29	ニトロフェン	19.34
3	クロロジメホルム	7.00	12	β -BHC	9.34	21	イソフェンホスメチル	13.20	30	<i>o,p'</i> -DDT	19.47
4	スルホテップ	7.08	13	δ -BHC	10.41	22	イソカルボホス	14.05	31	<i>p,p'</i> -DDD	19.74
5	ホレート	7.32	14	アルドリン	10.82	23	エンドスルファン I (α 異性体)	15.06	32	エンドスルファン II (β 異性体)	19.94
6	α -BHC	7.70	15	パラチオンメチル	11.19	24	フィプロニルスルホン	15.20	33	<i>p,p'</i> -DDT	20.43
7	テルブホス	7.88	16	フィプロニルスルフィド	11.72	25	<i>p,p'</i> -DDE	16.40	34	硫酸エンドスルファン	20.89
8	<i>s</i> -デメトン	7.90	17	フィプロニル	11.83	26	ディルドリン	16.75	35	クマホス	24.12
9	モノクロトホス	8.52	18	<i>o,p'</i> -ジコホール	11.85	27	フェナミホス	17.46			

図 2. 溶出プロファイルを示している 35 種類の農薬のトータルイオンクロマトグラム (TIC) MRM トレース (A: 200 $\mu\text{g/L}$ アセトニトリルにスパイク、B: 200 $\mu\text{g/L}$ マトリックスにスパイク) 35 種類すべてのターゲット化合物のリテンションタイムの詳細を表に示しました。

サンプル前処理抽出効率

QuEChERS サンプル前処理プロトコルでは、大半のターゲット農薬が効率的に抽出されました。クロロジメホルム、フェナミホス、ホレート、テルブホスなど、いくつかのターゲットでは 30 ~ 70 % の範囲内での回収率の低下が示されましたが、o-デメトンと s-デメトンでは QuEChERS サンプル前処理プロトコルにより <30 % の回収率が得られました。

図 2 に、抽出されたマトリックスと、溶媒中の注入サンプルとの差を示します。各ライナタイプの許容性能基準は、70 ~ 130 % の回収値のターゲット化合物が 60 % としました。ウールライナで 80 %、ディンプルライナでは 71 %、フリット付きライナでは 83 % の成分が回収され、回収値は 70 ~ 130 % の回収率範囲内に収まり、すべてのライナタイプが許容基準を満たしました。

ライナのレスポンスおよび回収率の再現性

マトリックススパイクサンプルの 120 回の繰り返し注入によるウールライナとフリット付きライナと、85 回の繰り返し注入によるディンプルライナに対し、ターゲット化合物のレスポンスを調査しました (図 3)。初回注入では、それぞれのライナタイプでピーク対称性値が <1.5 となりました。繰り返し注入の回数が増えるにつれ、ターゲット化合物のレスポンスは低下しました。ピーク対称性値は 1.5 を上回ることで、許容不可な性能と見なされました。例として、各ライナタイプについて、ジコホール異性体でのレスポンスの低減とピーク対称性の減衰を図 4 に示します。ウールライナによる最初の 50 回の注入、ディンプルライナによる 25 回の注入、フリット付きライナによる 75 回の注入で、ピーク対称性は 1.5 の許容限度内に収まりました。ウールライナによる 45 回の注入、ディンプルライナによる 30 回の注入、フリット付きライナによる 70 回の注入で、レスポンス RSD は 20 % の限界範囲内でした。

レスポンスの所見と同じように、複数の繰り返し注入が増えるにつれ回収値が低下しました (図 5)。ウールライナによる 50 回の注入、ディンプルライナによる 24 回の注入、フリット付きライナによる 70 回の注入で、許容回収率が観察されました。

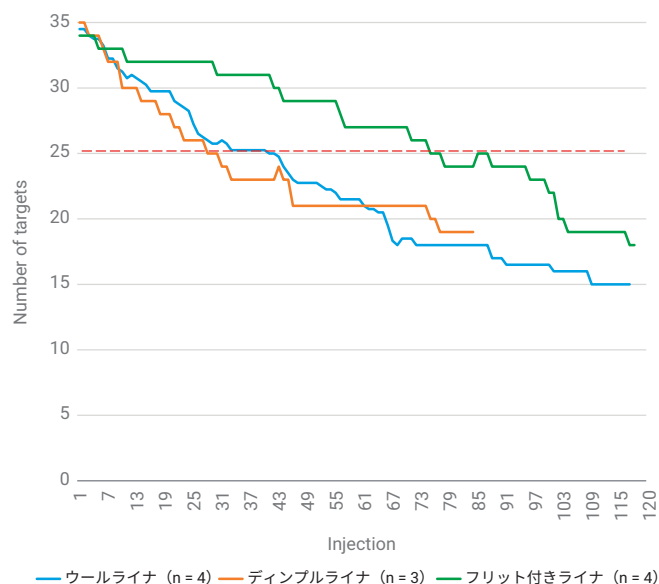


図 3. 26 種類以上のターゲット化合物が 20 % RSD の許容基準を満たす場合に可能な注入回数。赤の点線は、20 % RSD の許容基準を満たしているターゲット化合物が <26 となるカットオフを表しています。

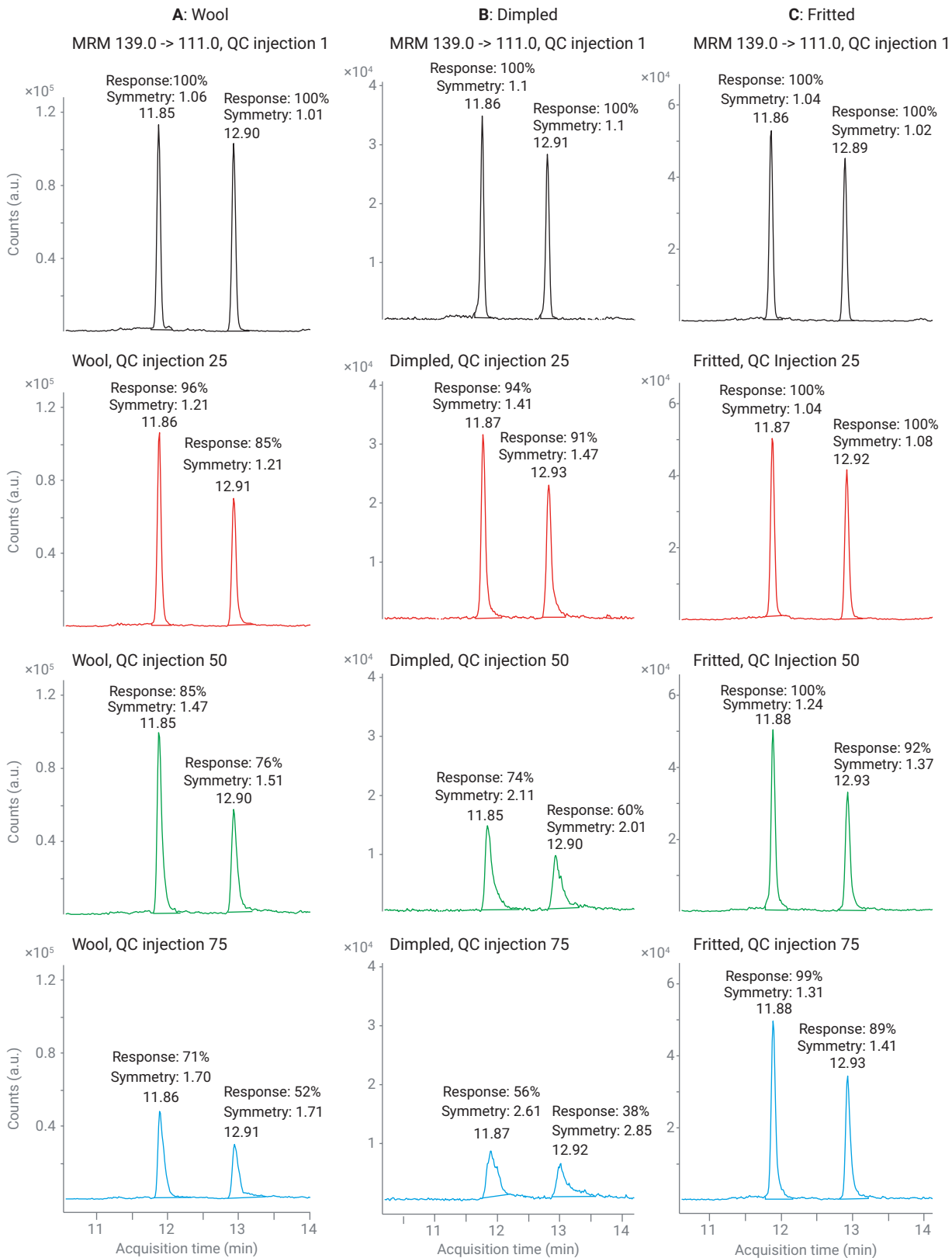


図 4. *o,p'*-ジコanol (リテンションタイム : 11.8) と *p,p'*-ジコanol (リテンションタイム : 12.9) の MRM データ (139.0 & 111.0)、注入回数 01 (黒色トレース)、25 (赤色トレース)、50 (緑色トレース)、75 (青色トレース)、ウール (A-左)、ディンプル付き (B-中央)、フリット付き (C-右) ライナを使用。各 MRM ウィンドウにレスポンス低下の比率とピーク対称性値が含まれています。

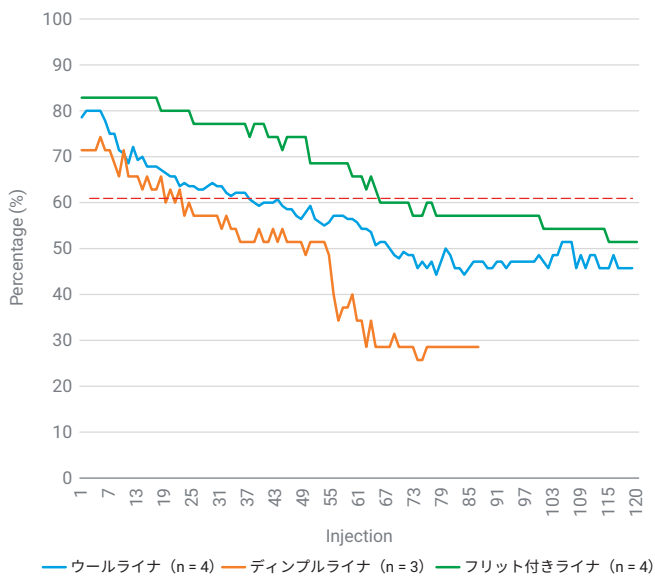


図 5. マトリックスの回収率に基づき、少なくとも 60 % のターゲット化合物が 70 ~ 130 % の許容回収率基準を満たした場合に、可能な注入回数。赤の点線は、すべてのターゲット化合物のうち少なくとも 60 % のターゲット化合物の回収率が 70 ~ 130 % の許容回収率基準を満たさない、カットオフを表しています。

3 種類すべてのライナタイプの平均寿命を算出し、図 6 にまとめました。タンジン根の農薬の分析に関してフリット付きライナは他のライナタイプより優れた性能を示し、平均寿命は注入 70 回でした。フリット付きガラスバリアにより、マトリックス残留物がカラムヘッドに侵入するのが防止され、カラム寿命が延びました。

さらに、ディンプルライナでは、分析を繰り返す場合、1 μ L の固定注入量においてより多くのマトリックス残留物がカラムに移動しました。これにより、他の 2 つのライナよりもカラムをより頻繁に交換する必要がありました。フリット付きライナのレスポンスデータでは、個々の化合物がライナの劣化に対して異なる反応を示しました。ただし、新しいライナを取り付けて、上述のメンテナンス手順を実施すると、大半のケースで機器機能が初期状態にまで回復します (図 7)。

p,p'-DDD のレスポンスは安定的で、100 回の注入を通じて性能は許容可能なままでした。p,p'-ジコホールではレスポンスが徐々に低下しますが、これはライナを交換するたびに回復します。ホスホランメチルのレスポンスはライナの劣化に対し非常に敏感で、注入を繰り返すごとにレスポンスが急速に劣化しました。ただし、p,p'-ジコホールと同じように、ライナを交換した後に、ホスホランメチルのレスポンスは初期の結果にまで回復しました。他のターゲット化合物の例とは異なり、100 回の繰り返し注入を通じてホレートのレスポンスは低下し続け、ライナを交換しても信号強度は回復しません。ホレートで得られた所見は、トリミングした部分以外のカラムの状態、イオン源のクリーンさ、調査対象のマトリックスのターゲット安定性など、ライナの性能以外の他の要因による可能性があります。

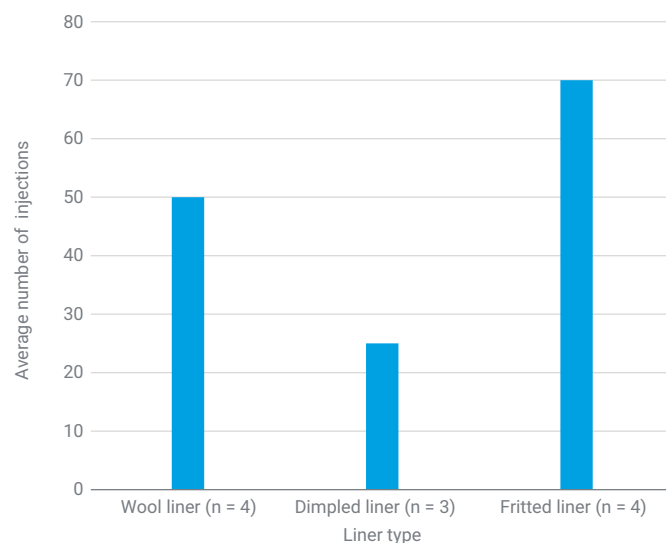


図 6. ライナの許容性能基準を上回る前の平均注入回数

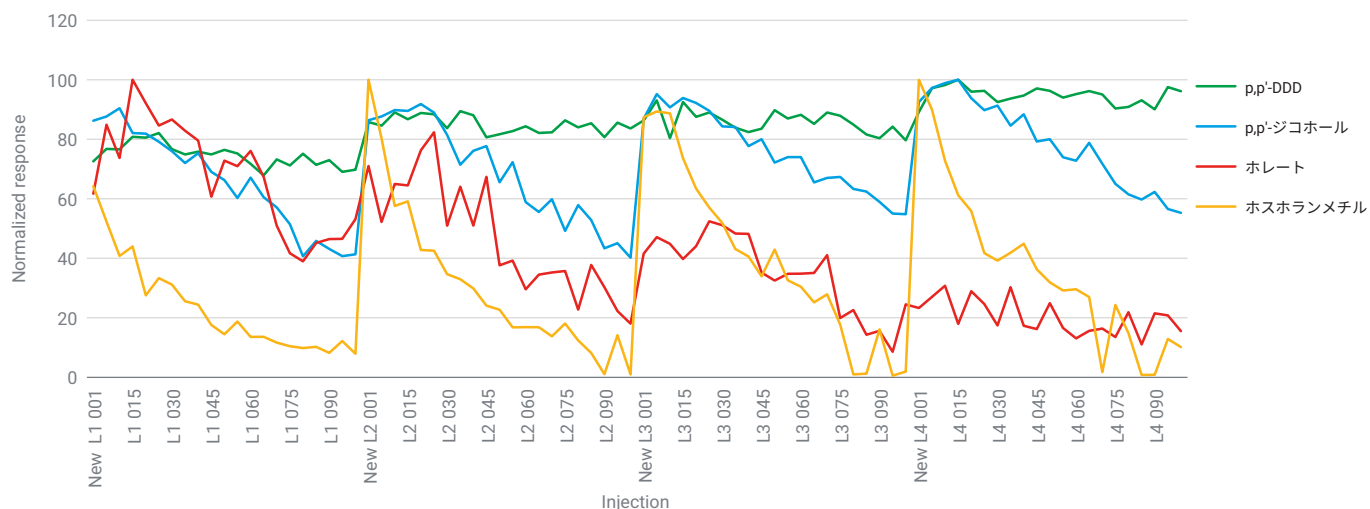


図 7. 4 種類のターゲット化合物の正規化後のレスポンス。フリット付きライナを使用した、マトリックス抽出サンプルの 100 回の繰り返し注入。合計 400 回の注入に対し、100 回の注入ごとにライナを交換しました。

結論

このアプリケーションノートでは、複雑な TCM マトリックスを分析する場合の、ラボの生産性と分析結果の品質における GC 注入口ライナの選択の重要性について明らかにしています。複雑なマトリックスのルーチン分析のためのライナの選択は、農薬の検出において問題の原因となる可能性があるため、特に重要です。今回の結果では、フリット付きの Agilent ウルトライナートスプリットレスシングルテーパライナは、70 回のマトリックス注入という最長の寿命と最も堅牢な結果を示し、漢方薬のタンジン根など、困難なマトリックスでの信頼性の高い分析に役立つことが実証されました。分析ワークフロー全体が、ラボの生産性と、信頼性の高い分析結果を左右します。本文書で説明した手法と同様に、信頼性に優れたサンプル前処理法も不可欠です。

参考文献

1. Method No. 5, Multi-Residue Determination Method for Banned Pesticides in Medicinal Materials and Decoction Pieces (Plants), *the Chinese Pharmacopoeia*, **2020**.
2. Zhang, J. Screening of Pesticide Residues in Traditional Chinese Medicine with the Agilent Intuvo 9000 GC, *Agilent Technologies application note*, publication number 5994-4044EN, **2021**.
3. Retention Time Locking with the MSD Productivity ChemStation, *Agilent Technologies*, publication number 5989-8574EN, **2008**.

付録

表 A1. サンプル前処理に使用した消耗品

消耗品	部品番号
Agilent QuEChERS 抽出キット	5982-5755
分散 SPE キット	5982-5156
GCB Bond Elut カーボン、バルク	64100G
セラミックホモジナイザ、50 mL、100 個	5982-9313
50 mL コニカルポリプロピレンチューブ	5610-2049
高回収率バイアル、1.5 mL、100 個	5183-2073
PTFE/赤、シリコン圧着スクリューキャップ 100 個	5190-7024

表 A2. ターゲット化合物と ISTD の MRM パラメータ (MS1 および MS2 分離能: LowRes)

化合物名	プリカーサ イオン	プロダクト イオン	ドウェル (ms)	CE (eV)
アルドリノ	254.9	220	10	20
アルドリノ	262.7	192.7	10	30
α-/β-/γ-/δ-BHC	181	145	10	15
α-/β-/γ-/δ-BHC	218.7	182.9	10	5
クロロジメホルム	117	90	10	20
クロロジメホルム	152	117	10	15
クロロジメホルム	196	181	10	5
クマホス	361.8	225.8	10	15
クマホス	361.8	109	10	15
p,p'-DDE	316	246	10	25
p,p'-DDE	246	176	10	30
o,p'-DDT/p,p'-DDT/p,p'-DDD	235	199	10	15
o,p'-DDT/p,p'-DDT/p,p'-DDD	235	165	10	25
p,p'-DDT/p,p'-DDD	237	165	10	25
o,p'-/ p,p'-ジコホル	139	111	10	15
o,p'-/ p,p'-ジコホル	250	139	10	15
ディルドリノ	262.9	193	10	35
ディルドリノ	276.8	240.7	10	10
エンドスルファン I (α異性体)	240.8	205.6	10	15
エンドスルファン I (α異性体)	194.9	159	10	10
エンドスルファン II (β異性体)	206.8	171.8	10	15
エンドスルファン II (β異性体)	194.8	159	10	10
硫酸エンドスルファン	273.8	238.9	10	15
硫酸エンドスルファン	271.8	141	10	40
硫酸エンドスルファン	271.8	236.7	10	15
エトプロホス	199.7	157.8	10	5
エトプロホス	157.8	96.7	10	20
フェナミホス	217	202.1	10	10
フェナミホス	303.1	153.9	10	30
フェナミホス	303.1	122	10	20
フィブロニル	367	255	10	25
フィブロニル	351	255	10	20
フィブロニル	367	213	10	35

化合物名	プリカーサ イオン	プロダクト イオン	ドウェル (ms)	CE (eV)
フィブロニルデスルフィニル	388	281	10	35
フィブロニルデスルフィニル	388	333	10	20
フィブロニルスルフィド	420	255	10	20
フィブロニルスルフィド	420	351	10	12
フィブロニルスルホン	383	255	10	20
フィブロニルスルホン	383	213	10	32
イソカルボホス	120.7	65	10	20
イソカルボホス	135.7	108	10	15
イソフェンホスメチル	199	65	10	40
イソフェンホスメチル	199	121	10	15
モノクロトホス	192	127.1	10	10
モノクロトホス	127	109	10	12
ニトロフェン	201.8	138.7	10	28
ニトロフェン	282.8	253	10	10
ニトロフェン	282.8	201.8	10	15
o-/s-デメトン	88	45	10	25
o-/s-デメトン	88	60	10	4
パラチオン	139	109	10	10
パラチオン	291	81	10	30
パラチオン	291	109	10	25
パラチオンメチル	263.1	79	10	35
パラチオンメチル	263.1	109	10	13
ホレート	260	75	10	5
ホレート	230.8	128.6	10	25
ホスホランメチル	167.8	109	10	10
ホスホランメチル	91.9	63.8	10	10
スルホテップ	321.8	201.9	10	20
スルホテップ	322	174	10	15
テルブホス	230.9	129	10	25
テルブホス	230.9	175	10	13
リン酸トリフェニル (TPP) ISTD	326	233	10	18
リン酸トリフェニル (TPP) ISTD	326	215	10	25

ホームページ

www.agilent.com/chem/jp

カスタマコンタクトセンタ

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。

DE75217917

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2022

Printed in Japan, November 30, 2022

5994-5546JAJP