

牛肉、マグロ、エビ中の 30 種類の ペルフルオロアルキル化合物および ポリフルオロアルキル化合物の測定

Agilent Captiva EMR PFAS Food II
パススルークリーンアップと LC/MS/MS 検出を使用

著者

Limian Zhao,
Matthew Giardina, and
Emily Parry
Agilent Technologies, Inc.

概要

このアプリケーションノートでは、牛肉、マグロ、エビ中のペルフルオロアルキルおよびポリフルオロアルキル化合物（PFAS）残留物の多成分残留分析メソッドの開発とバリデーションについて説明します。このメソッドでは、QuEChERS 抽出の後に、Agilent Captiva EMR PFAS Food II カートリッジによる EMR ミックスモードパススルークリーンアップと、LC/MS/MS 検出を使用しています。このメソッドの特長は、簡素で効率的なサンプル前処理、高感度な LC/MS/MS 検出、適切な標準検量線を用いた信頼性の高い定量です。Captiva EMR PFAS Food II カートリッジは、動物由来の食品と植物由来の穀類、豆類等の食品の PFAS 分析専用に開発および最適化されています。このメソッドの適合性、感度、真度、精度などについて、AOAC 標準メソッド性能要件（SMPR）に基づいてバリデーションしました。このメソッドが、この研究で評価する 3 つの食品マトリックスに含まれる 4 種類の主要な PFAS ターゲット（ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）、ペルフルオロオktan酸（PFOA）、ペルフルオロノナン酸（PFNA）、ペルフルオロヘキサンスルホン酸（PFHxS））とその他の 26 種類の PFAS ターゲットに必要な定量下限（LOQ）、回収率、再現性を満たしていることを証明しました。

はじめに

ここ数年で、食品中の PFAS 残留物の測定に対する関心は高まっており、より多くの注目を集めるようになっていきます。2023 年 4 月に、欧州委員会は鶏卵、魚、魚介類、肉、内臓肉に含まれる 4 種類の PFAS 化合物 (PFOS、PFOA、PFNA、PFHxS) に関する規制を施行しました。¹ 2023 年 11 月には AOAC が、農産物、飲料、乳製品、鶏卵、魚介類、肉製品、飼料に含まれる 30 種類の PFAS の分析について、SPMR 2023.003 をリリースしました。²

Agilent Captiva EMR PFAS Food カートリッジは、食品中の PFAS の分析専用開発および最適化されています。多種多様な食品マトリックスに対応するため、2 種類のカートリッジ (I および II) が設計されました。Captiva EMR PFAS II カートリッジによる乳児用調製粉乳、牛乳、鶏卵中の PFAS 分析用に開発されたメソッド³ と、Captiva EMR PFAS I カートリッジによる離乳食中の PFAS 分析用に開発されたメソッド⁴ は、優れた性能、信頼性、簡便性を示しました。この研究の目的は、牛肉、マグロ、エビに含まれる 30 種類の PFAS を測定するための完全なワークフローを開発してバリデーションすることです。このワークフローでは、QuEChERS 抽出の後に、Captiva EMR PFAS Food II カートリッジによる EMR ミックスモードパススルークリーンアップと Agilent 6495D トリプル四重極 LC/MS による検出を使用します。

実験方法

材料および試薬

非標識 PFAS と同位体標識された内部標準 (ISTD) 溶液は、Wellington Laboratories (ゲルフ、オンタリオ州、カナダ) から購入しました。メタノール (MeOH)、アセトニトリル (ACN)、イソプロピルアルコール (IPA) は、VWR (ラドナー、ペンシルベニア州、米国) から購入しました。酢酸と酢酸アンモニウムは、MilliporeSigma (バーリントン、マサチューセッツ州、米国) から購入しました。

溶液および標準

標準溶液とその他の試薬の前処理は、以前のアプリケーションノートに記載しています。³

実験装置および材料

この研究では、1290 Infinity II ハイスピードポンプ (G7120A)、Agilent 1290 Infinity II マルチサンプラ (G7167B)、Agilent 1290 Infinity II マルチカラムサーモスタット (G7116A) で構成される Agilent 1290 Infinity II LC システムを使用しました。この LC システムを、Agilent Jet Stream iFunnel エレクトロスプレーイオン源を搭載した Agilent 6495D LC/TQ に連結しました。データの取り込みと解析には、Agilent MassHunter Workstation ソフトウェアを使用しました。

サンプル前処理に使用したその他の機器は以下のとおりです。

- Centra CL3R 遠心機 (Thermo IEC、マサチューセッツ州、米国)
- ジェノグラインダー (メアチエン、ニュージャージー州、米国)
- Multi Reax 試験管シェーカー (Heidolph、シュヴァーバハ、ドイツ)
- ピペットとリピーター (Eppendorf、ニューヨーク州、米国)
- Agilent 加圧式マニホールド SPE カートリッジ 48 本用 (PPM-48、部品番号 5191-4101)
- CentriVap および CentriVap コールドトラップ (Labconco、ミズーリ州、米国)
- 超音波洗浄器 (VWR、ペンシルベニア州、米国)

1290 Infinity II LC システムの変更には、Agilent InfinityLab PFC ディレイカラム、4.6 × 30 mm (部品番号 5062-8100) を含む Agilent InfinityLab PFC フリー HPLC 変換キット (部品番号 5004-0006) を使用しました。クロマトグラフィーによる分離には、Agilent ZORBAX RRHD Eclipse Plus C18 カラム、2.1 × 100 mm、1.8 μm (部品番号 959758-902) と Agilent ZORBAX RRHD Eclipse Plus C18 カラム、2.1 mm、1.8 μm、圧力上限 1200 bar、UHPLC ガード (部品番号 821725-901) を使用しました。

この他に、次のようなアジレントの消耗品を使用しました。

- Agilent Bond Elut QuEChERS EN 抽出キット、EN 15662 メソッド、バッフア塩、セラミックホモジナイザ (部品番号 5982-5650CH)
- Captiva EMR PFAS Food II カートリッジ、6 mL カートリッジ、750 mg (部品番号 5610-2232)
- ポリプロピレン (PP) スナップキャップおよびバイアル、1 mL (部品番号 5182-0567 および 5182-0542)
- PP スクリューキャップ型バイアルおよびキャップ、2 mL (部品番号 5191-8150 および 5191-8151)
- チューブおよびキャップ、50 mL、50 個 (部品番号 5610-2049)
- チューブおよびキャップ、15 mL、100 個 (部品番号 5610-2039)

研究で使用した消耗品はすべて、許容可能な PFAS 清浄度についてテストおよび検証済みです。

LC/MS/MS 機器の条件

LC/MS/MS メソッド条件は、以前のアプリケーションノートに記載しています。³

サンプル前処理

牛肉、マグロ缶詰、エビのサンプルは、地元の食料品店で購入しました。新鮮な牛肉とエビを細かいサイコロ状に刻み、-20℃で冷凍しました。次に冷凍サンプルをミキサーで細かい粉末にしました。缶詰のマグロは、そのまま細かいペースト状にしました。ホモジナイズしたサンプルはすべて、抽出に使用するか、今後使用するために-20℃で保管しました。

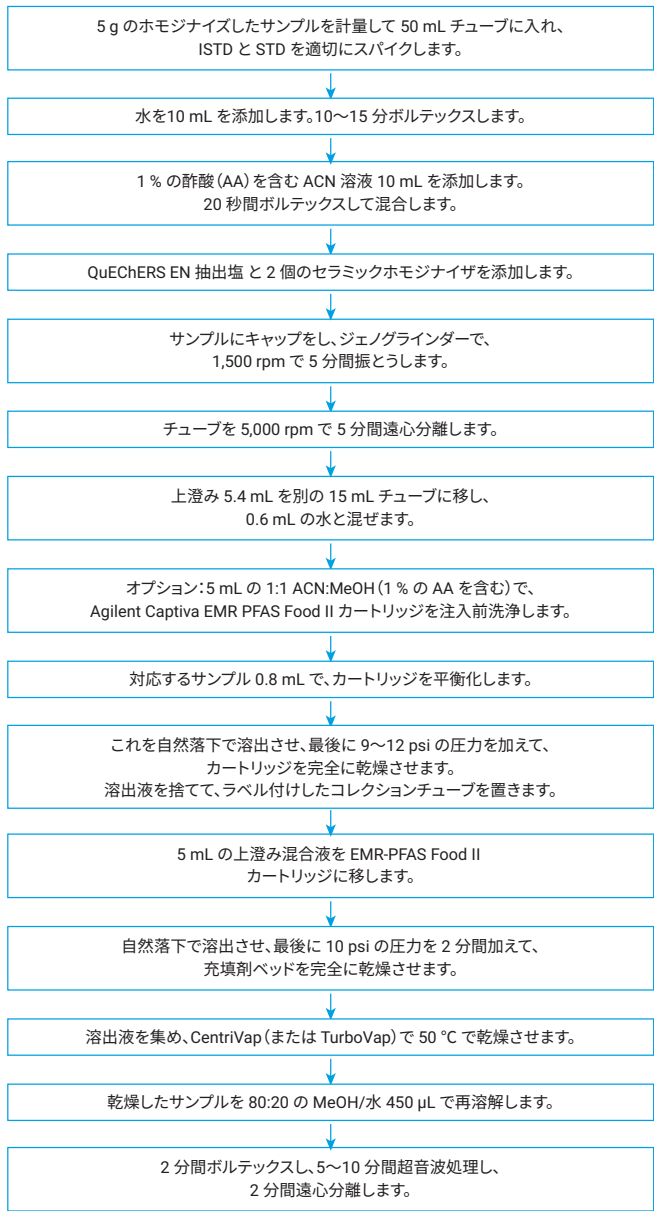


図 1. 牛肉、マグロ、エビでの PFAS 分析のサンプル前処理手順

すべてのホモジナイズしたサンプルで、5 g のサンプルを計量し、抽出のために清潔な PP 50 mL チューブに入れました。非標識 PFAS スパイク溶液と ISTD スパイク溶液を QC サンプルに適切に添加し、ISTD のみをマトリックスブランクに添加しました。スパイク後に、サンプルを 10 ~ 15 秒間ボルテックスしました。これで、サンプル前処理手順 (図 1) を進める準備ができました。

メソッド性能の評価

Captiva EMR PFAS Food II カートリッジによる EMR ミックスモードパススルークリーンアップについては、過去の研究で、カートリッジによるサンプルクリーンアップ中のマトリックス除去、ターゲット回収率、再現性を詳しく評価しました。³ その後、メソッド全体をバリデーションしました (キャリブレーションの調査、メソッド LOQ の測定、回収率の真度と精度など)。ターゲット LOQ の要件はさまざまであるため、5 段階のプレスパイクした QC レベルサンプルを、レベルごとに 4 ~ 5 回レプリケートして前処理しました。さらに、マトリックスコントロールサンプル中のターゲットの定量のために、マトリックスブランクを 5 ~ 7 回レプリケートして前処理しました。これは真度評価のために重要です。一部の PFAS では、マトリックスからの影響が不可避であるためです。表 1 に、マトリックスゼロブランクとプレスパイク QC の PFAS 標準および ISTD スパイクを示します。

表 1. グループ II の食品マトリックスのマトリックス適合 QC サンプルとマトリックスゼロサンプル

	牛肉		マグロ		エビ	
サンプル量 (g)	5		5		5	
濃度係数	5 倍		5 倍		5 倍	
マトリックススパイク 済みサンプル	スパイク濃度 (µg/kg)					
	標準*	内部標準	標準*	内部標準	標準*	内部標準
ゼロ	－	0.2	－	0.2	－	0.2
PR-QC 1	0.02	0.2	0.02	0.2	0.02	0.2
PR-QC 2	0.04	0.2	0.04	0.2	0.04	0.2
PR-QC 3	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
PR-QC 4	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2
PR-QC 5	1.0	0.2	1.0	0.2	1.0	0.2

* 濃度は、28 種類の PFAS ターゲットの一般的な濃度のみを示します。一般的な濃度は PFBA では 10 倍、PFPeA では 2 倍です。

結果と考察

EMR ミックスモードパススルークリーンアップ

Captiva EMR PFAS Food カートリッジでは、従来の QuEChERS 抽出の後にマトリックスを総体的に除去できます。つまりこれは、炭水化物、有機酸、色素、脂肪や脂質、その他の疎水性および親水性マトリックス共溶出物などのマトリックス干渉を除去するための、シンプルで効率的な手順です。Captiva EMR PFAS Food I カートリッジにはシンプルな構造の少量の充填剤が含まれており、植物由来の生鮮食品や加工生鮮食品（果物、野菜、離乳食、ジュースなど）の分析に推奨されます。EMR PFAS Food II カートリッジにはより複雑な構造の多量の充填剤が含まれており、動物由来の生鮮食品、加工生鮮食品やドライフード（牛乳、鶏卵、肉、魚、乳児用調製粉乳など）、植物由来の穀類、豆類等の飼料と食品、

油の分析に推奨されます。EMR ミックスモードパススルークリーンアップは、QuEChERS 抽出後に使用される従来の分散 SPE (dSPE) クリーンアップと比べて、複数の食品マトリックスにおける PFAS の回収率と再現性、マトリックス除去が非常に優れていました。^{3,4}

また、GC/MS フルスキャンと LC/Q-TOF トータルイオンクロマトグラム (TIC) スキャンを使用して、サンプルクリーンアップ中のマトリックス除去も評価しました。図 2 に、牛肉、マグロ、エビのサンプル抽出液で EMR ミックスモードパススルークリーンアップを実行した場合と実行しない場合の、GC/MS フルスキャン評価を使用したクロマトグラムの比較を示します。図 3 に、マグロサンプル抽出液で EMR クリーンアップと従来の dSPE クリーンアップを実行した場合の、LC/Q-TOF TIC スキャン評価を使用したクロマトグラムの比較を示します。この結果から、EMR ミックスモードパススルークリーンアップを使用するとマトリックス除去が大幅に改善されることがわかります。

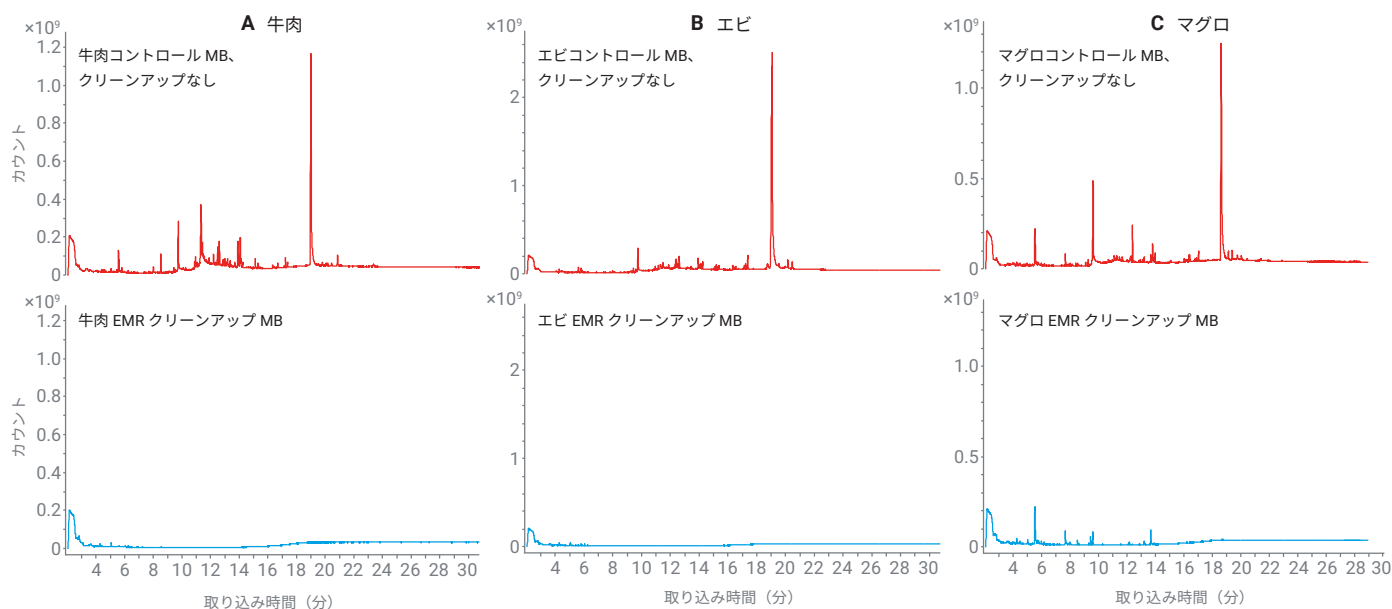


図 2. Agilent Captiva EMR PFAS Food II カートリッジを使用した EMR ミックスモードパススルークリーンアップによる食品マトリックス除去 (GC/MS フルスキャンを使用)。(A) 牛肉抽出液、(B) エビ抽出液、(C) マグロ抽出液

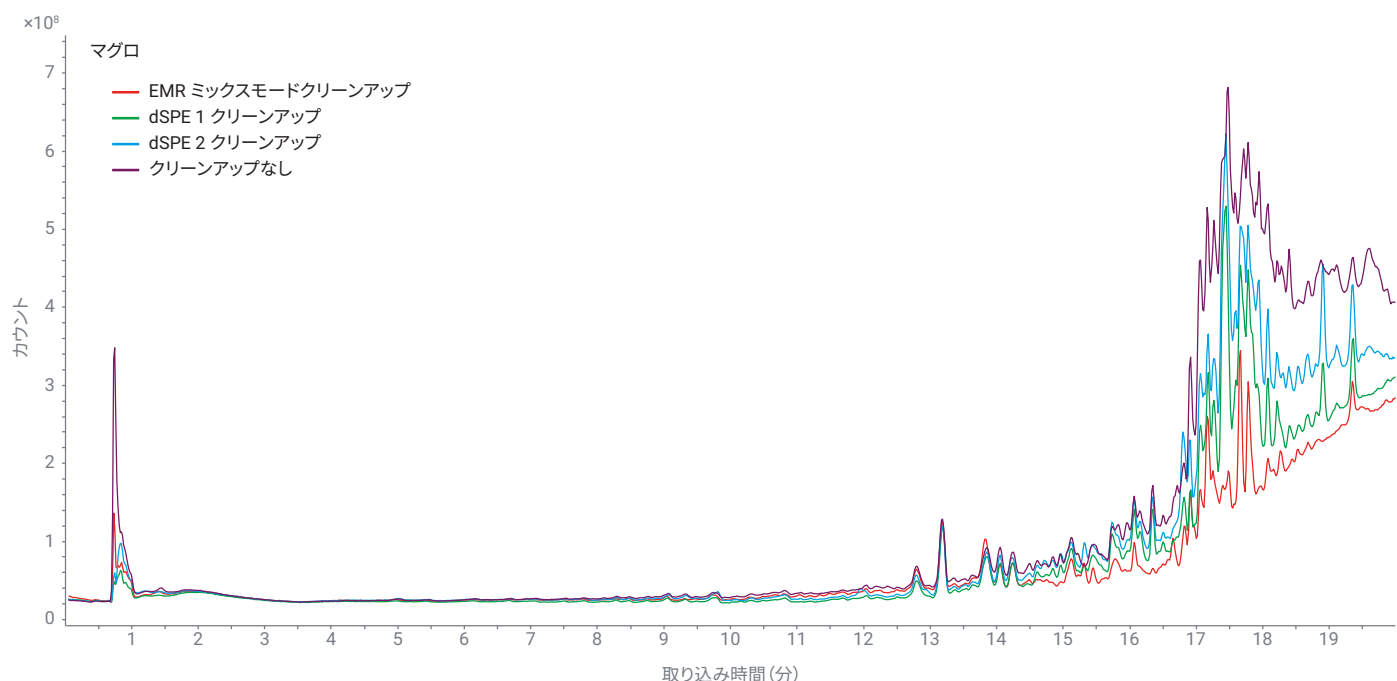


図 3. QuEChERS 抽出後のマグロサンプル抽出液の、EMR ミックスモードパススルークリーンアップと従来の dSPE クリーンアップによる食品マトリックス除去の比較 (LC/Q-TOF TIC (+) スキャンを使用)

EMR ミックスモードパススルークリーンアップの重要な特長として、PFAS ターゲット回収率とマトリックス除去の改善のほかに、サンプル回収量の向上が挙げられます。サンプルの回収量は通常、食品中の PFAS の分析には非常に重要です。必要な LOQ が低～中範囲の ppt レベルであり、メソッドの感度向上には後濃縮ステップの使用が必要であるためです。従来の dSPE クリーンアップではサンプル量の約 50 % が失われていましたが、EMR ミックスモードクリーンアップではサンプルの回収量が 90 % を超えるため、後濃縮が容易で、一貫したサンプル再溶解が可能です。

サンプル前処理手順

EMR ミックスモードパススルークリーンアップを使用すると、サンプル前処理手順全体のステップが減って手順が簡素化されるため、時間、手間、消耗品を節約できます。新たに開発されたメソッドには、QuEChERS 抽出と EMR パススルークリーンアップという 2 つの主要プロセスが含まれます。従来のメソッドには、QuEChERS 抽出、dSPE クリーンアップ、WAX SPE 抽出という 3 つの主要プロセスが含まれます。⁵過去のアプリケーションノート³の図 5 は、2 つのサンプル前処理メソッド手順の比較を示しています。新しいメソッドではステップが少ないシンプルな手順を使用しているため、明らかに時間と手間が減っています。前処理用のサンプル量が同じである場合、従来のメソッドでの所要時間は新しいメソッドの

2 ～ 3 倍です。また、新しいメソッドでは、従来のメソッドより溶媒や消耗品の使用も削減できます。新しいサンプル前処理メソッドを使用すると、このようなメリットがすべて得られます。そのため、ラボのサンプル分析の全体的な生産性が向上します。

全体的なメソッドバリデーション

AOAC SMPR ガイダンスに従い、牛肉、マグロ、エビ中の 30 種類の PFAS ターゲットを測定するための新しいメソッドをバリデーションしました。表 2 に、試験対象食品マトリックスにおける PFAS ターゲット LOQ の要件を示します。

表 2. 牛肉、マグロ、エビでの LOQ の AOAC SMPR 要件

食品 マトリックス	LOQ (µg/kg)		
	PFHxS、PFOA、PFNA、PFOS	PFBA および PFPeA	その他の PFAS
牛肉	≤ 0.1	≤ 1	≤ 1
マグロ	≤ 0.1	≤ 1	≤ 1
エビ	≤ 0.3	≤ 3	≤ 3

メソッド LOQ

研究の評価対象の 3 種類の食品マトリックスではすべて、マトリックスブランクで正の検出が発生しました。このため、マトリックスバックグラウンド補正が必要となり、ターゲット回収率のメソッドバリデーションで利用しました。マトリックスブランクを 5～7 回レプリケートして前処理してから、次の式に基づいてメソッドのレポート対象最小 LOQ を算出しました。

$$LOQ_{cal} = 10 \times SD_{MBs}$$

各項の説明：

- LOQ_{cal} は、メソッドのレポート対象定量下限です。
- SD_{MBs} は、マトリックスブランク (MBs) の 5～7 回のレプリケートから検出された発生ターゲットの標準偏差 (SD) です。

次に、バリデーション済み QC の最小スパイクレベル (レポート対象の最小 LOQ と同等かそれ以上) に基づいて、メソッドの LOQ を決定しました。表 3 に、各マトリックス中の各ターゲットの、レポート対象最小算出 LOQ (LOQ_{cal}) とバリデーション済みメソッドの LOQ (LOQ_{val}) を示します。

主要な PFAS ターゲットでは、3 種類の試験対象マトリックスすべてにおいて、バリデーション済みメソッドの LOQ が、PFHxS、PFOA、PFOS で必要な LOQ 以下となりました。PFNA のバリデーション済みメソッドの LOQ は、マグロとエビで必要な LOQ 以下でしたが、牛肉で必要な LOQ を超えていました。これは、マトリックスでの正の検出の発生によるものです。その他の PFAS ターゲットでは、3 種類のマトリックスすべてにおいて、バリデーション済みメソッドの LOQ が、必要な LOQ 以下となりました。マグロサンプルと牛肉サンプルでは、PFOS の取り込みウィンドウにコール酸 (TCDCa) が表示されました。ただし、クロマトグラフィー分離によって、このような PFOS に対する干渉をベースライン分離したため、PFOS ターゲットピークの同定と積分には影響しませんでした。図 4 に、牛肉、マグロ、エビ中の主要ターゲットのマトリックスブランクとバリデーション済みメソッドの LOQ のクロマトグラムを示します。

表 3. 3 種類の食品マトリックス中の 30 種類の PFAS ターゲットの、メソッドのレポート対象最小算出 LOQ (LOQ_{cal}) とバリデーション済み LOQ (LOQ_{val})

ターゲット	牛肉		マグロ		エビ	
	LOQ _{cal}	LOQ _{val}	LOQ _{cal}	LOQ _{val}	LOQ _{cal}	LOQ _{val}
PFBA	0.248	0.4	0.308	0.4	0.056	0.4
PFPeA	0.005	0.04	0.025	0.04	NA	0.04
PFBS	0.002	0.02	0.005	0.02	0.007	0.02
4:2 FTS	0.003	0.02	0.006	0.02	NA	0.02
PFPeS	0.011	0.02	0.008	0.02	NA	0.02
PFHxA	0.002	0.02	0.006	0.02	NA	0.02
HFPO-DA	NA	0.02	0.006	0.02	0.006	0.02
PFHpA	0.009	0.02	0.01	0.02	0.005	0.02
PFHxS*	0.010	0.02	0.005	0.02	NA	0.02
DONA	NA	0.02	NA	0.02	NA	0.02
6:2 FTS	0.004	0.02	0.005	0.02	0.007	0.02
PFOA*	0.008	0.02	0.01	0.02	0.025	0.04
PFHpS	NA	0.02	NA	0.02	0.001	0.02
PFNA*	0.134	0.4	0.01	0.02	0.026	0.1
PFOS*	0.006	0.02	0.021	0.04	0.025	0.1
9Cl-PF3ONS	NA	0.02	0.005	0.02	0.001	0.02
8:2 FTS	NA	0.02	NA	0.02	0.001	0.02
PFNS	0.008	0.02	NA	0.02	0.054	0.1
PFDA	NA	0.02	NA	0.02	0.001	0.02
PFDS	NA	0.02	NA	0.02	0.006	0.02
PFUnDA	0.011	0.02	0.037	0.02	0.049	0.1
PFOSA	0.002	0.02	0.005	0.02	0.007	0.02
11Cl-PF3OUdS	NA	0.02	NA	0.02	NA	0.02
PFUnDS	NA	0.02	NA	0.02	NA	0.02
PFDoDA	NA	0.02	0.013	0.04	0.033	0.04
10:2 FTS	0.003	0.02	NA	0.02	0.001	0.02
PFDoS	0.001	0.02	NA	0.02	NA	0.02
PFTTrDA	NA	0.02	0.013	0.1	0.050	0.1
PFTTrDS	NA	0.02	NA	0.02	0.008	0.02
PFTeDA	NA	0.02	0.006	0.02	0.021	0.1

* 主要な PFAS ターゲット。

赤字は、このマトリックスのターゲットの LOQ_{val} レベルが必要な LOQ レベルを超えていることを示します。

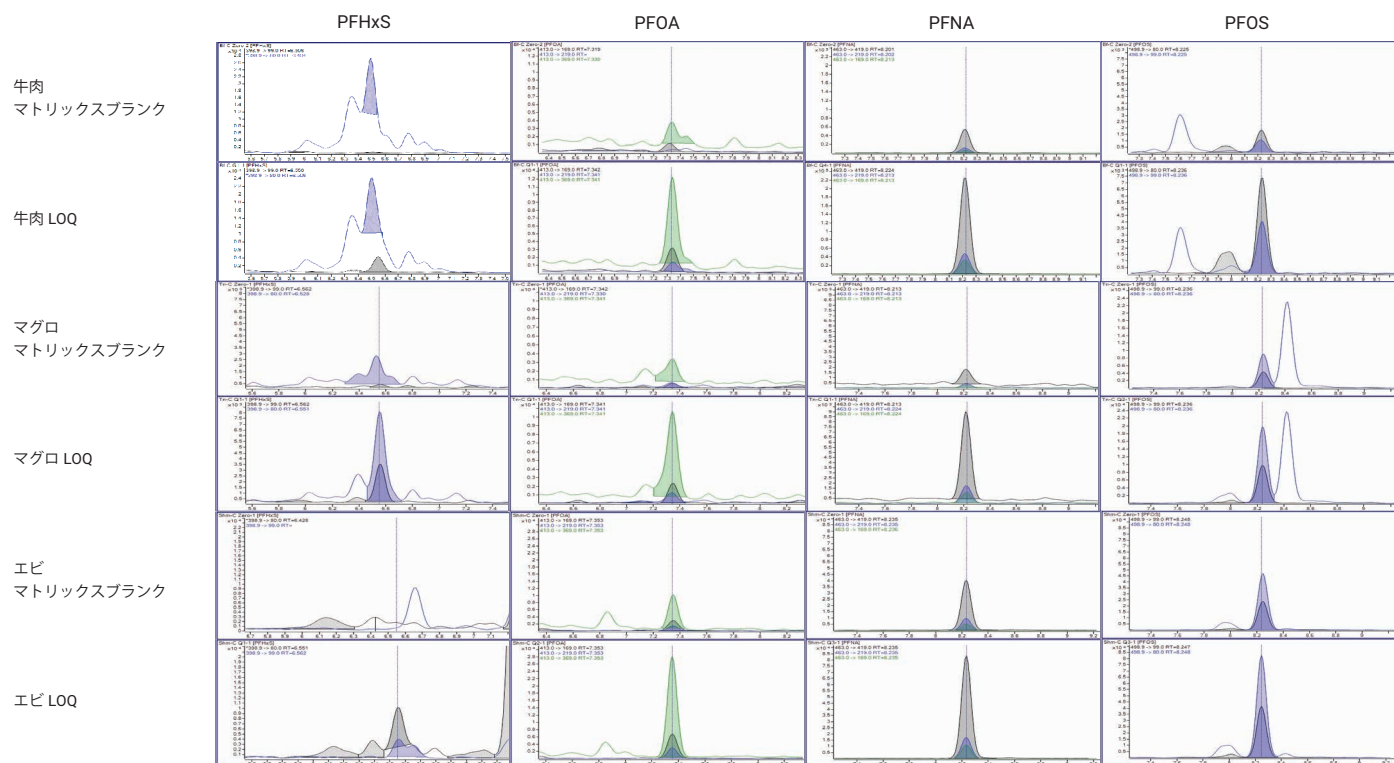


図 4. 牛肉、マグロ、エビのマトリックスブランクと LOQ の、主要な PFAS ターゲット (PFHxS、PFOA、PFNA、PFOS) のクロマトグラム。
各マトリックスの LOQ レベルは、表 3 をご覧ください。

メソッドキャリブレーション

18 種類の PFAS の同位体標識 ISTD を使用すると、同じ標準検量線を用いて別の食品マトリックスサンプルの PFAS 定量に使用できます。このため、食品マトリックスごとのマトリックス適合検量線が不要です。これでサンプル試験の生産性を大幅に上げ、時間とコストを節約し、サンプル分析の一貫性を改善できます。

検量線の範囲は、食品マトリックスに必要な LOQ、サンプル前処理で導入された濃度係数、機器のメソッド感度に基づいて決定しました。牛肉、マグロ、エビでは高い検出レベルが必要なため、20 ~ 10,000 ng/L のキャリブレーション設定範囲を使用しました。この結果、30 種類の PFAS ターゲットすべてで、500 倍の検量線ダイナミックレンジと相関係数 $R^2 > 0.99$ が確認されました。

メソッドの真度と精度

牛肉、マグロ、エビで、メソッドの回収率と再現性（RSD）をバリデーションしました。許容基準²は、PFOS、PFOA、PFHxS、PFNAの回収率が80～120%、3種類のマトリックスすべての再現性（RSD%）が $\leq 20\%$ です。対応する同位体 ISTD ありのその他の PFAS ターゲットの許容基準は、回収率が65～135%、RSD が $\leq 25\%$ です。対応する同位体 ISTD なしのその他の PFAS ターゲットの許容基準は、回収率が40～140%、RSD が $\leq 30\%$ です。

最終レポート用バリデーション結果には、マトリックスごとに3つのQCレベル（LOQ、中、高）が含まれます。表3にバリデーション済みメソッドのLOQを示します。中レベルの結果は5～10倍のLOQ、高レベルのQCは20～50倍のLOQで報告されています。2つの例外（牛肉のPFNAとエビのPFTrDA）があり、0.4 $\mu\text{g/kg}$ と1 $\mu\text{g/kg}$ の2つのレベルがレポート対象となっています。これは、サンプルマトリックスコントロールにおいて発生する正の検出が大きいからです。

図5に、牛肉、マグロ、エビでのPFAS分析のメソッドバリデーションの回収率と再現性（RSD）のまとめを示します。全体として、試験対象の食品マトリックスの30種類のターゲットすべてにおいて、RSDの結果は良好でした。主要なPFASターゲットは、すべてのマトリックスのすべてのスパイクレベルで、回収率とRSDの許容基準を満たしました。その他のPFASターゲットは、3種類のマトリックスのすべてのスパイクレベルで、回収率とRSDの許容基準を満たしました（マグロのPFOSAでのLOQレベルの回収率（62%）を除く）。対応する同位体標識ISTDありのターゲットは、対応する同位体標識ISTDなしのターゲットより、優れた定量結果を示しました。また、大きなマトリックス正の検出の発生が、スパイク回収率の結果に影響しました。

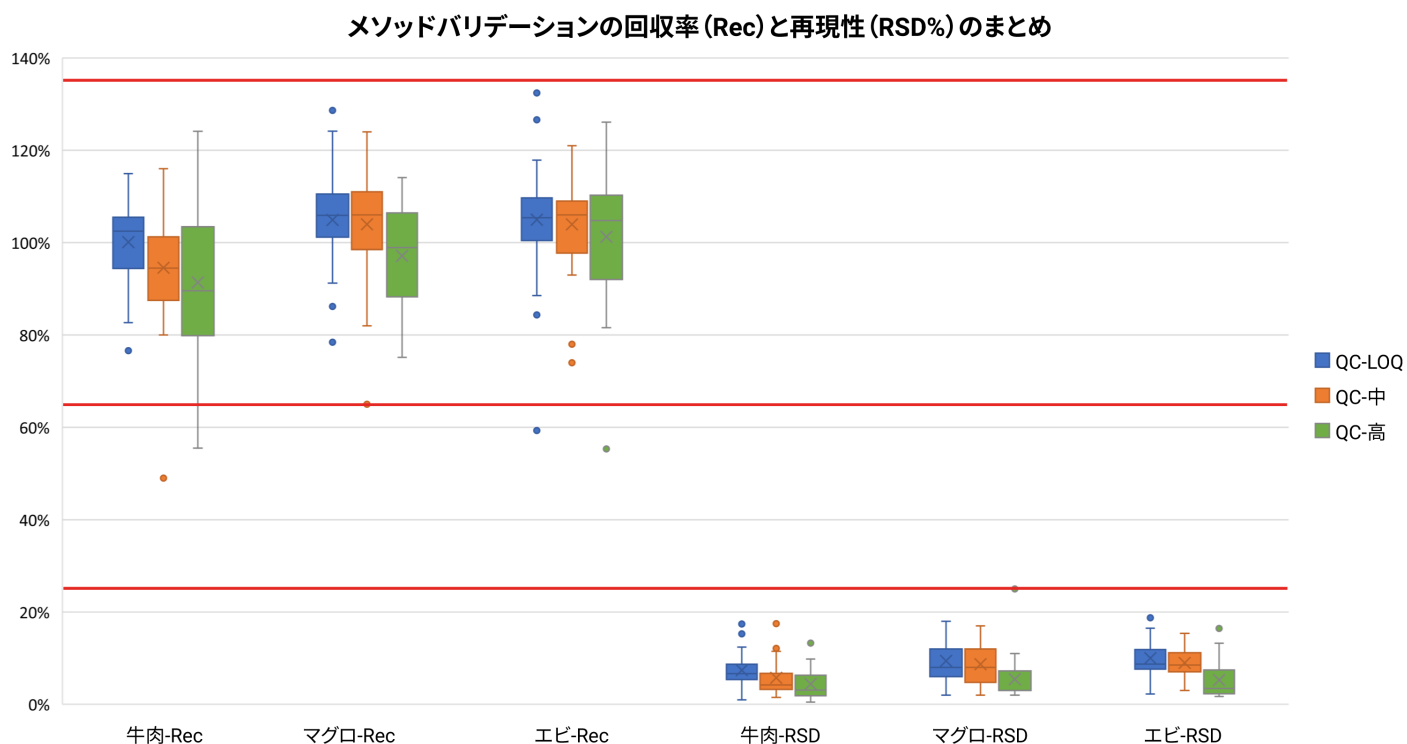


図5. 牛肉、マグロ、エビでのPFAS分析のメソッドバリデーションの回収率と再現性（RSD%）のまとめ

結論

牛肉、マグロ、エビ中の 30 種類の PFAS ターゲット用に、QuEChERS 抽出の後に Agilent Captiva EMR PFAS Food II カートリッジによる EMR ミックスモードパススルークリーンアップと LC/MS/MS 検出を使用する、シンプルで迅速かつ信頼性の高いメソッドを開発してバリデーションしました。この EMR ミックスモードパススルークリーンアップでは、従来の dSPE クリーンアップと比べて、マトリックス除去、PFAS 回収率、サンプル量回収率が大幅に改善されました。また、このメソッドはシンプルであるため、時間と手間を節約でき、ラボ全体の生産性が向上します。許容基準を用いてメソッド全体のバリデーションを実行し、メソッド性能が AOAC SMPR 2023.003 に記載されている要件を満たすことを示しました。

参考文献

1. EUR-Lex (**2023**) Consolidated Text: Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on Maximum Levels for Certain Contaminants in Food and Repealing Regulation (EC) No 1881/2006.
2. AOAC (**2023**) Standard Method Performance Requirements (SMPRs) for Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Produce, Beverages, Dairy Products, Eggs, Seafood, Meat Products, and Feed (AOAC SMPR 2023.003).
3. Zhao, L.; Giardina, M.; Parry, E. 乳児用調製粉乳、牛乳、鶏卵中の 30 種類のペルフルオロアルキル化合物およびポリフルオロアルキル化合物の測定, *Agilent Technologies application note*, publication number 5994-7366JAJ, **2024**.
4. Zhao, L.; Giardina, M.; Parry, E. 離乳食中の 30 種類のペルフルオロアルキル化合物およびポリフルオロアルキル化合物の測定, *Agilent Technologies application note*, publication number 5994-7367JAJ, **2024**.
5. Genualdi, S.; Young, W.; Peprah, E.; *et al.* Analyte and Matrix Method Extension of Per- And Polyfluoroalkyl Substances in Food and Feed. *Anal. and Bioanal.Chem.* **2024**, 416, 627–633. doi: 10.1007/s00216-023-04833-1.

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。

DE09563718

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2024

Printed in Japan, June 7, 2024

5994-7368JAJ