



Integration der Analyse ultrakurzkettiger PFAS

Methodenentwicklung für die gleichzeitige Analyse ultrakurzkettiger, alternativer und traditioneller PFAS

Von Shun-Hsin Liang und Mike Chang

Zusammenfassung

Für die gleichzeitige Analyse ultrakurzkettiger, alternativer und traditioneller per- und polyfluorierter Alkylverbindungen (PFAS) in unterschiedlichen Wasserproben wurde eine einfache LC-MS/MS-Methode mit direkter Injektion entwickelt und ausgewertet. Diese Methode wird empfohlen, wenn ein einziges Verfahren zur Analyse von Verbindungen aus allen drei PFAS-Kategorien in Trink- und Brauchwasser gewünscht wird.

Einführung

LC-MS/MS-Methoden für die Analyse traditioneller kurzkettiger (C4, C5) und langkettiger (>C5) per- und polyfluorierter Alkylverbindungen (PFAS) auf Basis der Reversed-Phase (RP)-Chromatografie sind allgemein bekannt. Entsprechend modifiziert können diese Methoden häufig auch für die LC-MS/MS-Analyse alternativer PFAS wie HFPO-DA (GenX) und ADONA verwendet werden. Hierbei handelt es sich um perfluorierte Alkylethercarbonsäuren, die als Ersatzstoffe für PFOA eingesetzt werden. Das in China produzierte F-53B ist ebenso ein PFOS-Ersatzstoff mit zwei polyfluorierten Alkylethersulfonat-Komponenten, 9Cl-PF3ONS und 11Cl-PF3OUdS, die als Analyte in der aktualisierten EPA-Methode 537.1 enthalten sind. Aktuelle LC-Methoden sind jedoch für die Analyse der neuen ultrakurzkettigen (C2, C3) PFAS vor allem aufgrund deren mangelnder Retention auf typischen RP-Säulen möglicherweise nicht geeignet.

Obwohl kurzkettige PFAS (PFBA und PFBS) für spezifische Zwecke eingesetzt werden, haben zahlreiche Untersuchungen das allgegenwärtige Vorkommen von C2- und C3-PFAS in Umweltwasserproben belegt [1,2]. Dazu gehören Trifluoressigsäure (TFA), Perfluorpropansäure (PFPrA), Perfluorethansulfonat (PFEtS) und Perfluorpropansulfonat (PFPrS). In Regen- und Schneeproben aus den USA, Frankreich und Japan wurde PFPrA als überwiegende PFAS (bis zu 45 % der insgesamt nachweisbaren PFAS) identifiziert [3]. Bislang sind die Quellen und das Ausmaß der Kontamination durch diese ultrakurzkettigen PFAS nicht eindeutig geklärt. Eine aktuelle Studie konnte jedoch PFEtS und PFPrS in wasserfilmbildenden Schaummitteln (AFFFs) und im Grundwasser von 11 Militärstützpunkten in den USA (oft für Feuerlöschübungen verwendet) nachweisen [4]. Das lässt vermuten, dass AFFF-Feuerlöschschaum eine Quelle für ultrakurzkettige PFAS sein könnte.

Methoden, mit denen ultrakurzkettige, alternative und traditionelle PFAS gleichzeitig analysiert werden können, sind derzeit äußerst selten. Zur Schließung dieser Lücke haben wir ein Verfahren zur simultanen quantitativen Bestimmung einer Reihe von Verbindungen mit unterschiedlichen Kettenlängen und Strukturen einschließlich C3, C4 und C8 sowie alternativer PFAS in einer Vielzahl von Wasserproben entwickelt.

Experimenteller Teil

Probenvorbereitung

In einem Polypropylenfläschchen wurden 250 µL Aliquote der Wasserprobe mit 250 µL Reagenzwasser:Methanol (40:60) und 5 µL interner Standardlösung (5 ng/mL of ¹³C₂-PFHxA, ¹³C₂-PFOA, ¹³C₄-PFOS in Methanol) vermischt. Das Fläschchen wurde mit einem Polyethylendeckel verschlossen und der Inhalt wurde zur Analyse injiziert.

Kalibrierstandards und Qualitätskontrollproben

Kalibrierstandards wurden hergestellt, indem Reagenzwasser (Optima LC-MS Wasser) mit zehn PFAS-Analyten in einem Konzentrationsbereich von 5–400 ng/L angereichert wurde. Diese Standardlösungen wurden dann wie im Abschnitt *Probenvorbereitung* beschrieben verarbeitet.

Angereicherte Wasserproben

Leitungswasserproben aus der Restek-Anlage und drei unterschiedliche, von der US-Umweltbehörde EPA zur Verfügung gestellte Wassertypen (Wasser aus dem Chicago River, Grundwasser und Abwasser aus einer öffentlichen Kläranlage) wurden in dieser Studie verwendet. Jeder Wassertyp wurde mit 10 (bzw. 20 ppt für PFPrA) und 80 ppt in zweifacher Ausführung pro Charge angereichert, wobei insgesamt drei Chargen hergestellt und an unterschiedlichen Tagen analysiert wurden. Nichtangereicherte und angereicherte Wasserproben wurden dann wie im Abschnitt *Probenvorbereitung* beschrieben zur chromatografischen Analyse und quantitativen Bestimmung verarbeitet.

Gerät

Die LC-MS/MS-Analyse der ultrakurzkettigen PFAS simultan mit alternativen und traditionellen PFAS wurde mit einer analytischen Raptor C18 Säule und einem Shimadzu Nexera X2 HPLC, gekoppelt an ein SCIEX 4500 MS/MS, durchgeführt. Zwischen dem Pumpenmixer und dem Injektor wurde eine PFAS-Delay-Säule (Art.-Nr. 27854) installiert, um die Koelution von gerätebedingten PFAS mit Zielanalyten in der Probe zu vermeiden. Das Gerät wurde wie folgt verwendet und die Analytübergänge sind in Tabelle I angegeben.

Analytische Säule:	Raptor C18 2.7 µm, 100 mm x 3.0 mm (Art.-Nr. 9304A1E)	
Delay-Säule:	PFAS Delay-Säule (Art.-Nr. 27854)	
Mobile Phase A:	5 mM Ammoniumacetat in Wasser	
Mobile Phase B:	Methanol	
Gradient	Zeit (min)	%B
	0.00	20
	7.00	95
	9.00	95
	9.01	20
	11.0	20
Flussrate:	0.25 mL/min	
Laufzeit:	11 min	
Injektionsvolumen:	10 µL	
Säulentemperatur:	40 °C	
Ionisationsmodus:	ESI-	
Ionenspray-Spannung:	-2000	
Ionenquellentemperatur:	450 °C	

Tabelle I: Ionenübergänge bei der LC-MS/MS-Analyse ultrakurzkettiger PFAS gleichzeitig mit alternativen und traditionellen PFAS.

Peak ID	Verbindung	Precursor-Ion	Produkt-Ion	Interner Standard
1	PFPrA	162.9	119.0	¹³ C ₂ -PFHxA
2	PFBA	212.8	169.0	¹³ C ₂ -PFOA
3	PFPrS	248.8	79.6	¹³ C ₂ -PFHxA
4	PFBS	298.8	79.9	¹³ C ₂ -PFHxA
5	¹³ C ₂ -PFHxA	314.9	270.0	—
6	HFPO-DA	285.0	168.9	¹³ C ₂ -PFOA
7	ADONA	376.9	250.7	¹³ C ₂ -PFOA
8	PFOA	413.1	368.9	¹³ C ₂ -PFOA
9	¹³ C ₂ -PFOA	415.0	370.0	—
10	PFOS	498.8	80.0	¹³ C ₄ -PFOS
11	¹³ C ₄ -PFOS	503.0	80.0	—
12	9Cl-PF3ONS	530.8	350.7	¹³ C ₄ -PFOS
13	11Cl-PF3OUdS	630.7	451.0	¹³ C ₄ -PFOS

Ergebnisse und Diskussion

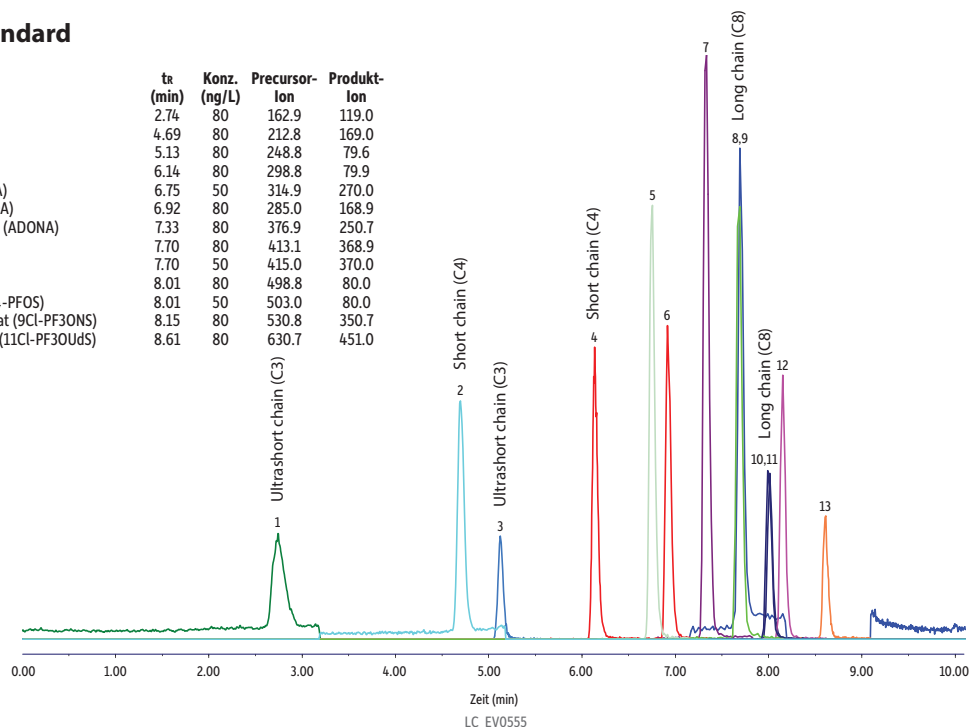
Chromatografische Performance

Die Peakformen, Retention und Intensität der Analyte waren bei den Reagenzwasser- und den Gewässer-/Abwasserproben ähnlich. Bei den Gewässer-/Abwasserproben wurde eine höhere Baseline für das PFPrA-Signal beobachtet (Abbildung 1). Dies hatte jedoch keinen nachteiligen Einfluss auf die Peakintegration und die quantitative Bestimmung des PFPrA. Bei durch zweifache Verdünnung hergestellten Wasserproben wurden keine Matrixeffekte beobachtet.

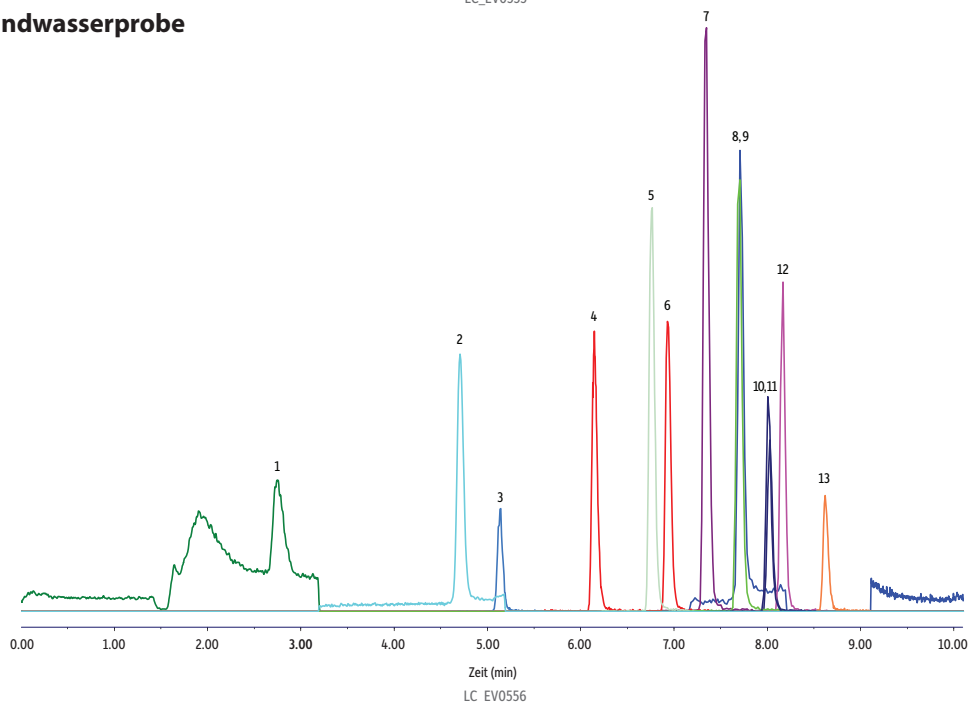
Abbildung 1: Die gleichzeitige LC-MS/MS-Analyse ultrakurzkettiger PFAS zusammen mit alternativen und traditionellen PFAS in verschiedenen Reagenzwasser- und Gewässer-/Abwasserproben ergab gute chromatografische Peakformen und ausreichende Retention.

80 ppt Reagenzwasserstandard

Peaks	tr (min)	Konz. (ng/L)	Precursor- ion	Produkt- ion
1. Perfluorpropansäure (PFPrA)	2.74	80	162.9	119.0
2. Perfluorbutansäure (PFBA)	4.69	80	212.8	169.0
3. Perfluorpropansulfonsäure (PFPrS)	5.13	80	248.8	79.6
4. Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	6.14	80	298.8	79.9
5. Perfluor- <i>n</i> -[1,2- ¹³ C ₂]hexansäure (¹³ C ₂ -PFHxA)	6.75	50	314.9	270.0
6. Hexafluorpropylenoxid-dimersäure (HFPO-DA)	6.92	80	285.0	168.9
7. Ammonium-4,8-dioxa-3H-perfluornonanoat (ADONA)	7.33	80	376.9	250.7
8. Perfluorooctansäure (PFOA)	7.70	80	413.1	368.9
9. Perfluor-[1,2- ¹³ C ₂]octansäure (¹³ C ₂ -PFOA)	7.70	50	415.0	370.0
10. Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)	8.01	80	498.8	80.0
11. Perfluor-[1,2,3,4- ¹³ C ₄]octansulfonsäure (¹³ C ₄ -PFOS)	8.01	50	503.0	80.0
12. 9-Chlorhexadecafluor-3-oxanonan-1-sulfonat (9Cl-PF3ONS)	8.15	80	530.8	350.7
13. 11-Chloreicosafluor-3-oxanonan-1-sulfonat (11Cl-PF3OUdS)	8.61	80	630.7	451.0



80 ppt Angereicherte Grundwasserprobe



Säule Raptor C18 (Art.-Nr. 9304A1E)
Dimension: 100 mm x 3 mm ID
Partikelgröße: 2.7 µm
Porenweite: 90 Å
Temperatur: 40 °C
Probe
Konzentration: 80 ppt
Injektionsvolumen: 10 µL

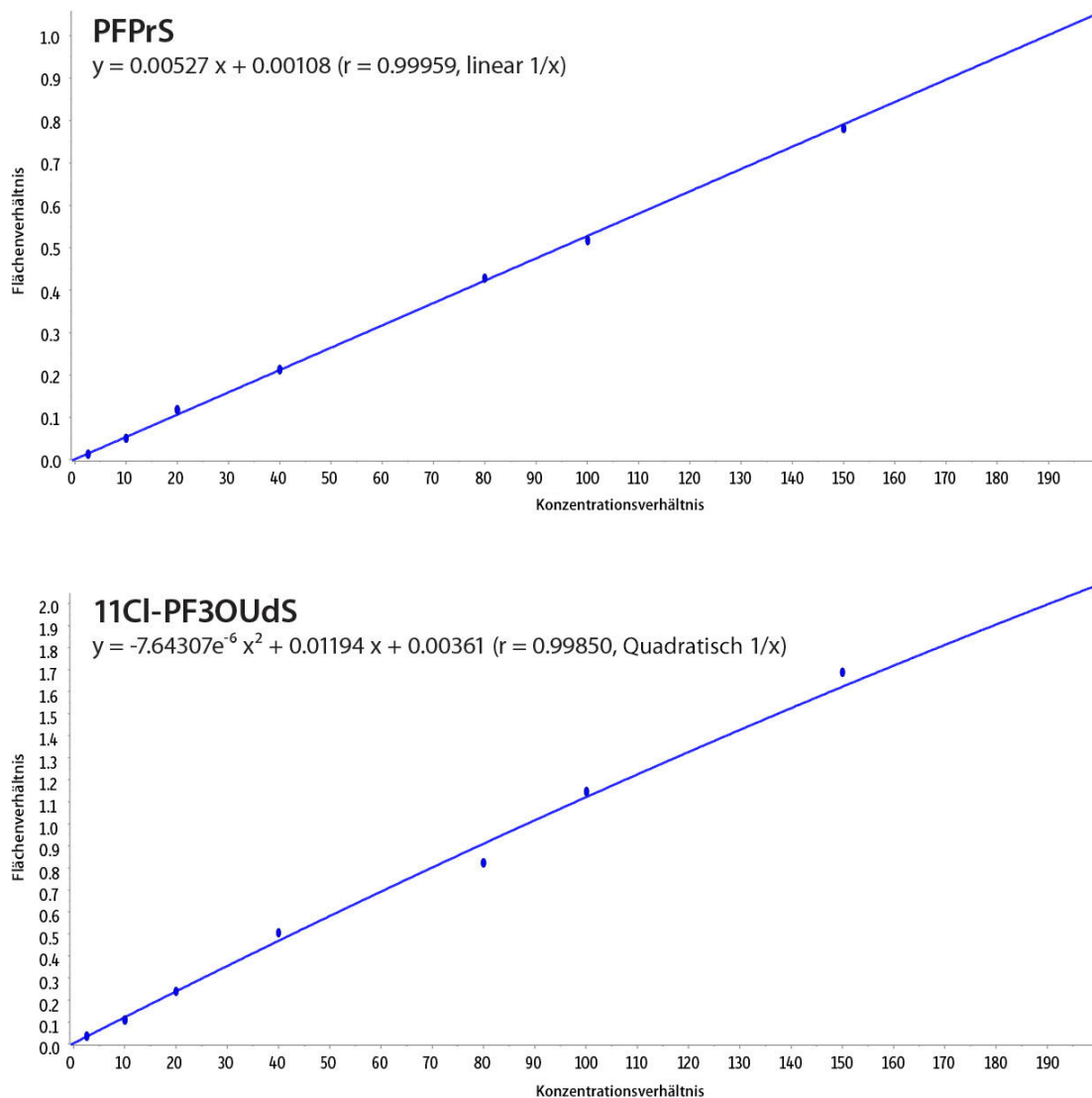
Mobile Phase					
A:	Wasser, 5 mM Ammoniumacetat				
B:	Methanol				
Zeit (min)	Fluss (mL/min)	%A	%B		
0.00	0.25	80	20		
7.00	0.25	5	95		
9.00	0.25	5	95		
9.01	0.25	80	20		
11.0	0.25	80	20		

Detektor MS/MS
Ionisationsmodus: ESI-
Messmodus: MRM
Gerät UHPLC
Anmerkungen Zwischen dem Pumpenmixer und dem Injektor wurde eine PFAS Delay-Säule (Art.-Nr. 27854) installiert.
 In einem Polypropylenfläschchen wurden 250 µL Grundwasserprobe (angereichert mit 80 ppt) mit 250 µL Reagenzwasser: Methanol (40:60) und 5 µL interner Standardlösung (5 ng/mL of ¹³C₂-PFHxA, ¹³C₂-PFOA, ¹³C₄-PFOS in Methanol) vermischt. Das Fläschchen wurde vor der Analyse mit einem Polyethylen deckel verschlossen.

Linearität

Bei dieser LC-MS/MS-Methode zur gleichzeitigen Analyse ultrakurzkettiger PFAS mit alternativen und traditionellen PFAS betrug der Kalibrierbereich 10-400 ppt für PFPrA und 5-400 ppt für alle anderen Analyte. Alle Verbindungen zeigten akzeptable Linearität mit r -Werten $\geq 0,999$ und Abweichungen von weniger als 20 %. ^{11}Cl -PF3OUdS wurde als einziger Analyt mithilfe einer durch quadratische Regression erhaltenen Standardkurve (gewichtet $1/x$) quantifiziert. Alle anderen Analyte wurde mithilfe einer linearen Regressionskurve (gewichtet $1/x$) quantitativ bestimmt (Abbildung 2).

Abbildung 2: Standardkurven



Richtigkeit und Genauigkeit

Die nicht angereicherten Wasserproben zeigten unterschiedliche Konzentrationen von C3, C4 und C8 PFAS ohne nachweisbares PFPrS, ADONA, HFPO-DA, 9Cl-PF3ONS und 11Cl-PF3OUdS (Tabelle II). Zur Berechnung der Richtigkeit (% Wiederfindung) wurde die gemessene Menge des Analyten in der angereicherten Probe unter Zuhilfenahme der Konzentration der nichtangereicherten Probe korrigiert. Tabelle III zeigt die Ergebnisse für Richtigkeit und Genauigkeit für die Datensätze aller drei Chargen. Die Richtigkeit der Methode wurde durch Wiederfindungswerte innerhalb von 20 % der nominellen Konzentration bei beiden Konzentrationen der angereicherten Proben und durch den in Reagenzwasser hergestellten LLOQ-Konzentrationsstandard belegt. Die relative Standardabweichung %RSD war kleiner als 15 %, was auf eine akzeptable Genauigkeit der Methode hindeutet.

Tabelle II: PFAS-Konzentrationen in nichtangereicherten Wasserproben.

	Nachgewiesene Konzentration (ng/L)									
	PFPrA	PFBA	PFPrS	PFBS	HFPO-DA	ADONA	PFOA	PFOS	9Cl-PF3ONS	11Cl-PF3OUdS
Leitungswasser	ND	1.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Flusswasser	ND	1.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Grundwasser	9.0	3.4	ND	2.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Abwasser aus öffentlicher Kläranlage	11.7	10.6	ND	3.0	ND	ND	15.0	6.0	ND	ND

Tabelle III: Richtigkeit und Genauigkeit.

Konzentration (ng/L)	Mittlere %-Wiederfindung (%-RSD)								
	Leitungswasser		Flusswasser		Grundwasser		Abwasser aus öffentlicher Kläranlage		Reagenzwasser
	10*	80	10*	80	10*	80	10*	80	5** (LLOQ)
PFPrA	96.9 (11.0)	105 (3.91)	105 (6.57)	95.4 (6.84)	92.0 (9.54)	99.4 (7.40)	94.2 (5.29)	87.2 (8.18)	103 (10.9)
PFBA	99.3 (9.19)	108 (1.81)	108 (5.20)	110 (1.70)	104 (8.21)	108 (6.68)	108 (8.12)	97.1 (8.17)	97.9 (12.0)
PFPrS	100 (4.24)	107 (3.14)	103 (6.71)	105 (2.64)	105 (8.48)	109 (6.68)	109 (5.65)	103 (9.28)	99.1 (8.59)
PFBS	101 (5.20)	106 (1.84)	99.7 (7.54)	105 (2.10)	100 (6.57)	106 (2.82)	103 (1.93)	97.8 (5.85)	96.0 (8.75)
HFPO-DA	96.2 (7.86)	102 (4.64)	96.2 (4.99)	105 (3.94)	95.0 (3.59)	101 (8.92)	92.9 (4.87)	90.3 (7.77)	99.3 (8.54)
ADONA	101 (6.23)	106 (3.82)	97.6 (6.36)	106 (2.32)	98.4 (2.68)	105 (4.08)	98.2 (7.09)	98.2 (7.09)	102 (10.3)
PFOA	105 (8.65)	105 (3.70)	108 (12.1)	107 (3.63)	108 (9.66)	105 (5.26)	99.9 (10.5)	94.5 (7.24)	100 (9.05)
PFOS	99.3 (2.10)	108 (4.24)	112 (1.87)	107 (4.93)	101 (2.96)	102 (2.31)	104 (4.46)	98.3 (5.82)	94.3 (8.85)
9Cl-PF3ONS	95.6 (4.60)	106 (5.93)	105 (5.37)	110 (8.20)	97.2 (4.52)	107 (7.41)	101 (6.52)	99.8 (4.89)	98.8 (5.47)
11Cl-PF3OUdS	114 (8.78)	112 (8.91)	102 (15.0)	91.5 (2.34)	96.7 (5.99)	105 (15.2)	115 (2.67)	103 (8.45)	105 (8.04)
*20 ng/L für PFPrA									
**10 ng/L für PFPrA									

Schlussfolgerung

Eine robuste LC-MS/MS-Methode mit direkter Injektion zur quantitativen Bestimmung einer Reihe von PFAS unterschiedlicher Kettenlängen und Strukturen wurde an verschiedenen Wasserprobenmatrices ausgewertet. Die analytische Methode mit einer Raptor C18 (2.7 µm) 100 x 3.0 mm-Säule mit zwischengeschalteter PFAS Delay-Säule erwies sich als schnell, robust und empfindlich mit akzeptabler Richtigkeit und Genauigkeit. Diese Methode ist gut geeignet für Labors, die eine erweiterte Liste von PFAS-Verbindungen analysieren müssen, darunter ultrakurzkettige PFAS bei der Prüfung von Trink- und Brauchwasser.

Literatur

- [1] S. Taniyasu, K. Kannan, L.W.Y. Yeung, K.Y. Kwok, P.K.S. Lam, N. Yamashita, Analysis of trifluoroacetic acid and other short-chain perfluorinated acids (C2-C4) in precipitation by liquid chromatography-tandem mass spectrometry: comparison to patterns of long-chain perfluorinated acids (C5-C18), *Anal. Chim. Acta.* 619 (2008) 221-230.
- [2] J. Janda, K. Nodler, H.-J. Brauch, C. Zwiener, F.T. Lange, Robust trace analysis of polar (C2-C8) perfluorinated carboxylic acids by liquid chromatography-tandem mass spectrometry: method development and application to surface water, groundwater, and drinking water, *Environ. Sci. Pollut. R.* 26 (2018) 7326-7336.
- [3] K.Y. Kwok, S. Taniyasu, L.W.Y. Yeung, M.B. Murphy, P.K.S. Lam, Y. Horii, K. Kannan, G. Petrick, R.K. Sinha, N. Yamashita, Flux of perfluorinated chemicals through wet deposition in Japan, the United States, and other countries, *Environ. Sci. Technol.* 44 (2010) 7043-7049.
- [4] K.A. Barzen-Hanson, J.A. Field, Discovery and implications of C2 and C3 perfluoroalkyl sulfonates in aqueous film-forming foams and groundwater, *Environ. Sci. Technol. Lett.* 5 (2015) 95-99.



Säuleneigenschaften

Phasenklassifikation: C18, Octadecylsilan (L1)
 Ligandentyp: C18 mit Endcapping
 Partikel: 1.8 µm, 2.7 µm oder 5 µm Core-Shell (SPP)
 Porenweite: 90 Å
 Kohlenstoffgehalt: 9% (1.8 µm), 7% (2.7 µm), 5% (5 µm)
 Endcapping: Ja
 Oberfläche: 125 m²/g (1.8 µm), 130 m²/g (2.7 µm), oder 100 m²/g (5 µm)
 Arbeitsbereich:
 pH-Bereich: 2.0 bis 8.0
 Maximaltemperatur: 80 °C
 Maximaldruck: 1034 bar/15000 psi* (1.8 µm), 600 bar/8700 psi (2.7 µm); 400 bar/5800 psi (5 µm)



* Für maximale Lebensdauer wird ein Maximaldruck von 830 bar/12000 psi für 1.8 µm Partikel empfohlen.

Eigenschaften:

- Verträglich mit mäßig sauren bis neutralen mobilen Phasen (pH 2–8).
- Hervorragende Datenqualität für Lebensmittel-, Umwelt-, Bioanalytik- und anderen Anwendungen.

Wechseln Sie zu einer C18 Säule:

- wenn Sie eine Allzwecksäule für Reversed-Phase-Chromatografie benötigen.
- wenn Sie die Retention hydrophober Verbindungen erhöhen möchten.



Säuleneigenschaften:

Partikel:
 5 µm, sphärisch, vollporös
 pH-Bereich: 2.5 bis 8.0
 Maximaltemperatur: 80 °C
 Maximaldruck:
 1034 bar/15000 psi

Raptor C18 LC Säulen (USP L1)

Chromatografische Eigenschaften

Wenn Sie eine Universalsäule für Ihre LC-Analyse benötigen, sollten Sie nicht einfach irgendeine C18-Säule nehmen. Wählen Sie den hohen Durchsatz, die Effizienz und die langlebige Robustheit der Raptor C18-Säule. Diese traditionelle C18-Säule mit Endcapping bietet die höchste hydrophobe Retention aller Raptor-Phasen und ist mit mobilen Phasen in einem Arbeitsbereich von mäßig sauer bis neutral (pH-Wert 2-8) verträglich. Egal, ob für die Lebensmittelsicherheit, bei der Umweltanalytik oder in bioanalytischen Laboratorien - diese Phase liefert konsistent hervorragende Datenqualität in kürzerer Zeit für unzählige Reversed-Phase-Anwendungen, Matrices und Verbindungsklassen. Wenn Sie Ihre Kosten reduzieren und Ihre Profitabilität erhöhen möchten, benötigen Sie Säulen mit höherer Standzeit, Daten die reproduzierbar sind und kürzere Analysezeiten für Ihre vorhandenen HPLC und UHPLC Geräte. Und das erreichen Sie mit der einzigen Universal-C18-Säule, die Ihnen *Gesteigerte Selektivität* bietet.

Länge	2.1 mm Art.-Nr.	3.0 mm Art.-Nr.	4.6 mm Art.-Nr.
1.8 µm Säulen			
30 mm	9304232	—	—
50 mm	9304252	930425E	—
100 mm	9304212	930421E	—
150 mm	9304262	—	—
2.7 µm Säulen			
30 mm	9304A32	9304A3E	9304A35
50 mm	9304A52	9304A5E	9304A55
100 mm	9304A12	9304A1E	9304A15
150 mm	9304A62	9304A6E	9304A65
5 µm Säulen			
30 mm	—	930453E	—
50 mm	9304552	930455E	9304555
100 mm	9304512	930451E	9304515
150 mm	9304562	930456E	9304565
250 mm	—	—	9304575

PFAS Delay-Säule

Chromatografische Eigenschaften

Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS) gehören zu einer Gruppe weit verbreiteter persistenter Industriechemikalien, die überall in der Umwelt und in menschlichen Proben weltweit anzutreffen sind. Aufgrund ihrer Inertheit werden PFAS in Schläuchen und anderen medienberührenden Bauteilen von HPLC-Systemen verwendet, wo sie in die mobile Phase gelangen und die Probenanalyse stören können. Diese Kontamination ist besonders bei Spurenanalysen problematisch, z. B. bei der Analyse gesundheitsrelevanter Trinkwasserkonzentrationen im ppt-Bereich. Da in vielen Laboratorien Konzentrationen im einstelligen ppt-Bereich analysiert werden und der Nachweis im Sub-ppt-Bereich angestrebt wird, kann eine PFAS-Kontamination durch HPLC-Bauteile die korrekte Identifizierung und Quantifizierung von PFAS in Proben unmöglich machen. Zur Vermeidung dieses Problems wird Resteks neue PFAS Delay-Säule verwendet, die systembedingte PFAS abfängt und aufhält ("delays"), so dass sie die Probenanalyse nicht länger stören können. Diese Delay-Säule ist eine universelle Lösung, die mit allen HPLC oder UHPLC-Geräten bis zu 1034 bar (15000 psi) und mit allen analytischen Säulen (vollporös oder Core-Shell) verwendet werden kann.

Länge	2.1 mm ID, Art.-Nr.
5 µm Säulen	
50 mm	27854

Haben Sie Fragen?

Bitte kontaktieren Sie uns telefonisch unter 06172 2797-0 oder per Email an info.de@restek.com!

Restek Patente und Marken sind Eigentum der Restek Corporation. (Eine vollständige Liste finden Sie unter www.restek.com/Patents-Trademarks.) Andere Marken in der Literatur oder auf der Website von Restek sind Eigentum ihrer jeweiligen Inhaber. Eingetragene Marken von Restek sind in den USA und möglicherweise auch in anderen Ländern registriert.

© 2019 Restek Corporation. Alle Rechte vorbehalten.

www.restek.com



Lit. Art.-Nr. EVAN3073-DE

Sie möchten keine weiteren Informationen von Restek erhalten? Bitte informieren Sie uns kurz. Telefon: 06172 2797-0, Email: info.de@restek.com