

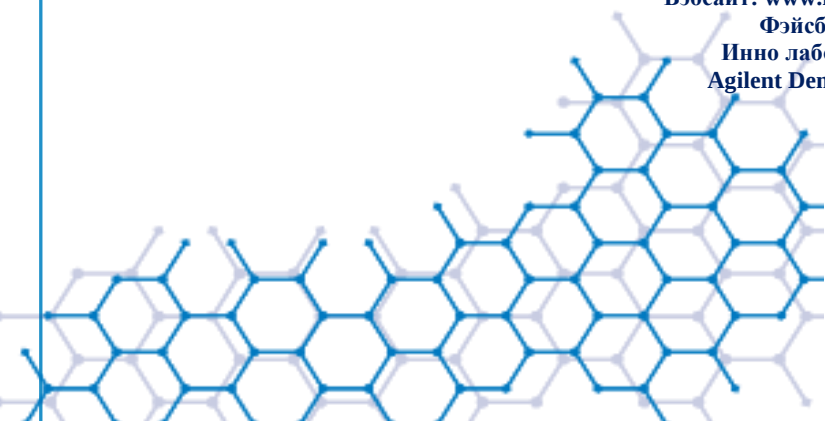


ИННО ХИМИ ЛАБ ХХК

МЭДЭЭЛЛИЙН НЭР:

**ДОТОР ОРЧИН ДАХЬ
FLUOROTELOMER ALCOHOLS БА
PER POLYFLUOROALKYL
ТӨРЛИЙН НЭГДЛҮҮДИЙН
ШИНЖИЛГЭЭ**

Утас: 77051414
И-мэйл: info@innocchem.mn
Вэбсайт: www.medimpex.mn
Фэйсбүүк:
Инно лаборатори
Agilent Demo Center



Мэдээллийн эх сурвалж: [Fluorotelomer Alcohols PFAS Indoor Air 8890-7000E 5994-7706EN.pdf](#)

ШИНГЭН ҮЛ ХЭРЭГЛЭХ, ХАЛУУНЫ ДЕСОРБЦИЙН ХИЙН ХРОМАТОГРАФ ГУРВАН КВАДРОПОЛИЙН БАГАЖИЙН ШИНЖИЛГЭЭ

Абстракт

Шинжилгээнд Agilent 7000E Хийн хроматограф, гурван квадруполь (GC/TQ) бүхий Agilent 8890 GC системийг ашиглаж дотоод орчин дахь агаарын дээжинд Fluorotelomer Alcohols (FTOH)-ийн шинжилгээг хийсэн. GERSTEL TD гэсэн үндсэн систем нь орчны агаараас дээжийг цуглуулж дулааны аргаар аналитийг дээжнээс салгах буюу десорбцлах (TD) боломжийг олгодог бөгөөд харин хийн хроматограф/гурван квадруполь систем (GC/TQ) маш нарийн сонголттойгоор нарийн төвөгтэй дээжин дэх нэгдлүүдийг ялгаж тодорхойлно. Шинжлэхээр төлөвлөсөн дөрвөн FTOH нэгдлүүдийн хувьд 87.5-115.4%-ийн хооронд илрүүлэлт сайтай байж сэргээгдэх чадвар нь харьцангуй стандартын хазайлт (RSD)-аас 4.20-10.2% -ийн хооронд байсан. Дотоод орчны агаарын дээжийг янз бүрийн газраас цуглуулсан. Дээж бүрт наад зах нь нэг FTOH нэгдэл илэрсэн байна. Энэхүү түгээмэл байгаа тархалтаас харахад FTOH-ийн бага концентраци бүхий дотоод орчинд удаан хугацааны туршид өртөх нь хүн амын эрүүл мэндэд сөрөг нөлөөлөл учруулж болзошгүй учраас энэ төрлийн шинжилгээний аргыг хөгжүүлэх шаардлага, хэрэгцээ байгааг харуулж байна

Танилцуулга

FTOH буюу Fluorotelomer Alcohols нь per болон polyfluoroalkyl (PFAS)-ийн дэд ангилалд хамаарагдах химийн нэгдлүүд юм. FTOH нь голчлон PFAS-ийн төрлийн нэгдлүүдийг нийлэгжүүлэлтийн өмнөх нэгдлүүд болгож ашигладаг бөгөөд эдгээрт фторжуулсан карбоксилийн хүчил (PFCA), үүнд фторжуулсан октанийн хүчил (PFOA), фторжуулсан гексаны хүчил (PFHxA) зэрэг багтдаг. FTOH нэгдлүүдийн ус болон тос нэвчүүлдэггүй шинж чанараас үүдэн төрөл бүрийн үйлдвэрлэлийн салбарт түүхий эд болгон ашигладаг.

Агаар орчинд агуулагдах PFAS-ын нөхцөл байдал шинээр төрөн гарч буй нэг төрлийн бохирдлын асуудлыг үүсгэж байгаа учраас PFAS-ийн төрлийн нэгдлүүдийн агаар орчинд тодорхойлох шаардлага хэрэгцээг нэмэгдүүлж байна. АНУ-ын Байгаль орчныг хамгаалах агентлаг (EPA)-ийн бусад шинжилгээний арга 50 буюу Other Test Method 50 (OTM-50) нь тогтвортой, суурин эх үүсвэрээс агаар орчинд ялгарах дэгдэмхий фторжуулсан нэгдлүүд болон богино гинжин хэлхээний PFAS нэгдлүүдийг тодорхойлоход ашигладаг. PFAS-ийн нэгдлүүдийг гэр ахуйн болон өргөн хэрэглээний хэд хэдэн төрлийн бүтээгдэхүүнийг хийхэд ашигладаг учраас цаашид PFAS-ийн нэгдлүүдийг агаар орчинд хянах шаардлага гарна гэж үзэж байна.

Гадаад болон дотоод орчны агаарт агуулагдах дэгдэмхий PFAS-ийн концентраци хэмжээ бага байх учраас маш их хэмжээний агаарын дээж авах шаардлагатай болдог. Дулааны десорбци гэдэг нь сорбентоор дүүрсэн хоолой руу агаарыг шингээж авахыг хэлдэг бөгөөд түүний дараа хийн хроматограф масс спектрометр (GC/MS) багажийг ашиглан шинжилгээ хийдэг. Энэ төрлийн шинжилгээ нь их хэмжээний дээжтэй ажиллахад хамгийн тохиромжтой техник аргачлал юм. Гэхдээ маш их хэмжээний матриц хоолойд татагдаж орж байгаа тул шинжлэх гэж буй аналитын дамжуулалтын хувьд зөөгч хийтэй болон интерференцтэй асуудал үүсч болно. Харин GC/TQ нь эдгээр интерференцүүд, арын дуу чимээний ихэнхийг арилгаж чаддаг бөгөөд аналитийг илрүүлэх илүү сонгомол чадамжтай. Дуу чимээг бууруулснаар агаарт байгаа бага хэмжээнд байх PFAS-ийн нэгдлүүдийн агууламжийг тодорхойлоход маш чухал илрүүлэлтийн түвшинг бууруулж өгдөг байна.

Энэхүү мэдээлэл нь дотоод агаарын дээжинд FTOH-ийг тодорхойлох дулааны десорбцийн хийн хроматограф, гурван квадруполь (GC/TQ)- аргыг танилцуулж байна. Шинжилгээний энэ аргын үр дүнтэй байдлыг дотоод агаарын хэд хэдэн дээжийг авах замаар бодит туршилтууд дээр хийж харууллаа.

Туршилт

Багаж хэрэгсэл

Дотоод орчны агаар дахь FTOH-ийн шинжилгээг Agilent-ийн Хийн хроматограф багаж 8890 GC болон гурван квадрополь масс спектрометр (MS) 7000E GC/TQ-хосолмол систем дээр хийсэн. Энэхүү систем нь дээжийг дулааны десорбцийн аргаар цуглуулах GERSTEL TD Core System-ээр мөн тоноглогдсон бөгөөд энэ нь орчны агаарын шинжилгээнд зориулагдсан юм. GC болон MS аргын үзүүлэлтүүдийг 1-3-р хүснэгтэд дэлгэрэнгүй харуулав.

Хүснэгт 1. Дотоод орчны агаарын FTOH шинжилгээг хийх Ажилентийн 8890 Хийн хроматограф (GC)-ын аргын үзүүлэлтүүд

Параметр	Хэмжүүр
Аналитик багана	Agilent J&W CP-Select 624 CB GC column, 60 m × 0.25 mm, 1.40 μm (p/n CP7413) Тэмдэглэл: Agilent-ийн J&W DB-624 GC багана нь эдгээр аналитүүдийг салгахад яг адилхан ажиллана
CIS Инлетиин төлөв	Уусгагчийн вент (50 mL/min), split 20:1
CIS Температур	10 °C (0.2 min), 12 °C/s, 280 °C (3 min)
Зуухны температур	50 °C (1 min), 15 °C/min, 280 °C (2 min)
Зөөгч хий	Гелийн хий, 1 mL/min тогтмол урсгал
MS Дамжуулалтын шугамын температур	280 °C
Гүйлтийн хугацаа	18 минут

Хүснэгт 2. Дотоод орчны агаарын FTOH шинжилгээг хийх Ажилентийн 7000E GC/TQ аргаар хийх үеийн үзүүлэлтүүд

Параметр	Хэмжүүр
Квадрополийн температур	280 °C
Ионжуулалт	150°C
EMV төлөв	Электрон ионжуулалтын төлөв (EI)
Gain factor	10
Уусгагчийн саатал	1 min
Сканийн төрөл	MRM
Датагийн хурд	3 cycles/s

Хүснэгт 3. Дотоод орчны агаарын FTOH шинжилгээг хийх Ажилентийн 7000E GT/TQ олон урвалын мониторинг (MRM)-ийн бүртгэлийн аргын үзүүлэлтүүд. Тоологч 1

Суух хугацаа (ms)	Тоологч ион		Баталгаажуулах ион 1		Баталгаажуулах ион 2	
	(m/z)	CE (eV)	(m/z)	CE (eV)	(m/z)	CE (eV)
50	244 → 127	10	95 → 69	15	127 → 77	15
50	344 → 127	10	95 → 69	15	127 → 77	15
25	444 → 127	10	95 → 69	15	127 → 77	15

25	544 → 127	10	95 → 69	15	127 → 77	15
25	129 → 79	20	515 → 96	15	548 → 129	15

Стандартууд

4:2 FTOH, 6:2 FTOH, 8:2 FTOH, 10:2 FTOH стандартуудыг AccuStandard (New Haven, CT)-аас худалдан авсан. 10:2 FTOH [M + 4]-ийг Wellington Laboratories (Guelph, ON, Canada)-аас худалдан авсан.

TD хоолойн стандартыг бэлтгэх

TD -ийн шинжилгээнд бэлдсэн тюрбуу гурван калибровкийн μL болон дотоод стандартыг 10 μL тариураар баяжуулан оруулна. Хуурай азотыг 3 минутын турш 40 mL/min хурдтайгаар гүйлгэнэ.

Дээж бэлтгэл

TD -ийн шинжилгээнд бэлдсэн тюрбуу гурван калибровкийн μL болон дотоод стандартыг 10 μL тариураар баяжуулан оруулна. Бэлтгэсэн PFAS-д сонгомол TD 3.5+ тюрбуудыг SKC Pocket Pump TOUCH дээжлэгч насосд холбогдсон гурван тохируулгатай бага урсгалын тюрбуу баригчид залгасан ба дээжүүдийг 40 mL/min хурдтайгаар 24 цагийн турш TD 3.5+ тюрбуу дээр цуглуулсан.

Дээжийг оруулах

Дээжийг хуваагдаагүй буюу splitless төлөвт гелийн хийг 3 минутын турш 300 °C-т 50 mL/min хурдтайгаар явуулсны дараа десорбцид оруулна. Аналитууд буюу тодорхойлох гэж буй химийн нэгдлүүд нь 10 °C-д байх Tenax TA-дүүргэлттэй лайнер бүхий GERSTEL хөргөсөн дээж оруулах (Cooled Injection System) CIS 4 системийн инлет дээр баригдана. Десорбц дуусахад маш хурдан 3 минутын турш 280 °C-т инлетиийг халааж аналитуудыг 10:1 сплит төлвөөр багана руу шилжүүлнэ.

Үр дүн ба хэлэлцүүлэг

FTOH стандартуудыг шинжлэх гэж буй дөрвөн нэгдлүүдийн калибровкийн датаг гаргах зорилгоор хэрэглэж байна. Аналитуудыг 0.075 болон 15 ng/тюрбуу концентрацийн хооронд аналитуудын үнэлгээг хийсэн. Хялбар болгохын тулд багажны илрүүлэх хязгаарыг калибровкийн хамгийн бага концентрацийн түвшнээс ойролцоогоор 10 дахин бага байхаар тооцоолсон. Калибровкийн үзүүлэлтүүдийг Хүснэгт 4-т харуулж байна.

Хүснэгт 4. Шинжилгээнд хамрагдаж буй дөрвөн FTOH нэгдлүүдийн калибровкийн муруй ($n = 7$; $N = 21$; хүрээ = 0.075 - аас 15 ng/тюрбуу)

Химийн нэгдлүүд	Калибровка		Багажны илрүүлэх доод хязгаар (ng/tube)
	Relative Response Factor	Харьцангуй Стандартын хазайлт	
4:2 FTOH	0.0497	8.40	0.02
6:2 FTOH	0.0057	7.18	0.02
8:2 FTOH	0.0731	10.1	0.01
10:2 FTOH	0.0698	9.06	0.02

Дөрвөн зорилтот FTOH нэгдлүүдийн сэргээгдэх чадварыг үнэлэв. Сэргээгдэх чадварыг гурван өөр баяжуулсан уусмалын түвшинд (0.075, 0.75, 7.5 нг/хоолой) үнэлэв. Дундаж сэргээгдэх чадвар 87.5-115.4%, RSDs 4.20-10.2% хооронд хэлбэлзэж байна. Дэлгэрэнгүй мэдээллийг 5-р хүснэгтэд үзүүлэв.

Хүснэгт 5. Шинжилгээнд хамрагдаж буй дөрвөн FTOH нэгдлүүдийн сэргээгдэх чадварын статистик (n = 3 баяжуулсан уусмал бүрийн түвшинд)

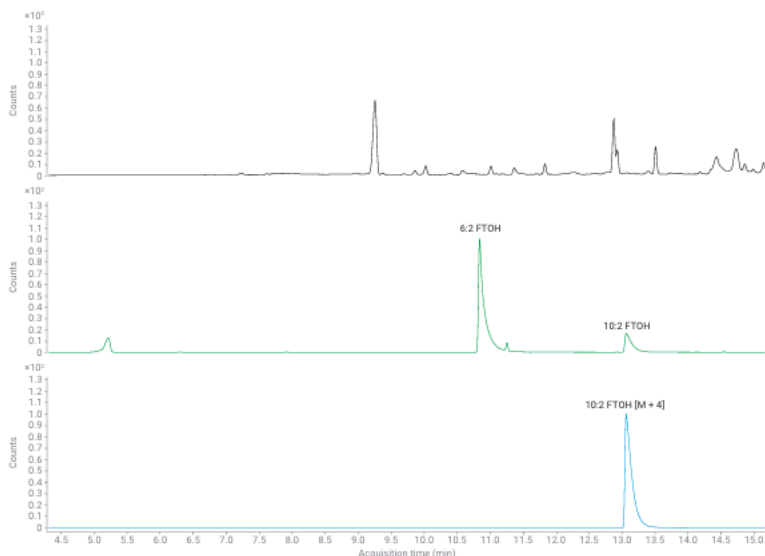
ng/tube	Сэргээгдэх чадвар							
	4:2		6:2		8:2		10:2	
	Дундаж	RSD	Дундаж	RSD	Дундаж	RSD	Дундаж	RSD
0.075	87.5	7.92	101.6	4.2	101.5	6.81	95.3	6.69
0.75	102.1	6.48	108.1	8.24	99.9	5.04	98.9	7.73
7.5	104.9	5.91	115.4	10.2	93.8	9.44	100.3	8.91

Энэхүү шинжилгээний бодит хэрэглээг харуулахын тулд худалдааны төв, оффисын барилга байгууламж болон хувийн орон сууцны хэд хэдэн газрын дотоод орчны агаарыг дээжээр авсан. Жишээ болгож хроматограммыг 1-р зурагт үзүүлсэн бөгөөд бүх үр дүнг Хүснэгт 6-д жагсаав.

Хүснэгт 6. Агаар дахь FTOH-ийн нэгдлүүд болон тэдгээрийн ууршилтын концентрац

Байрлал	6:2		10:2	
	ng/m ³	RSD	ng/m ³	RSD
Том өрөө	16.1	8.5	3.06	11.4
Гал тогооны өрөө	12.0	14.7	7.34	16.7
Гол лаборатори	16.5	1.62	3.19	4.20
Хуучин оффис	9.42	8.69	9.57	3.58
Агуулах	4.56	12.2	Илрээгүй	Илрээгүй
Сургалтын өрөө	3.47	9.71	Илрээгүй	Илрээгүй

Дээд талын хроматограмм нь скан горимд цуглуулсан өгөгдөл учраас олон пиктэй нийт ионы хроматограммыг харуулж байгаа бөгөөд FTOH-ийн хувьд ялгагдахуйц пик харагдахгүй байна. Олон урвалын хяналт (MRM)-ын горимыг ашиглан ижил дээжийг шинжлэхэд GC/TQ багажны жинхэнэ чадлыг харуулж байна. MRM горимыг ашигласнаар шинжлэхээр төлөвлөж буй FTOH-ын пикүүд тодорхой харагдах бөгөөд арын дуу чимээг арилгасны улмаас мэдрэмтгий байдал хэдэн магнитудаар сайжирч (дунд ба доод хроматограмм) тоон агууламжийг гаргахад хялбар болж байна. Ийм нарийн төвөгтэй хроматограмм нь ихэвчлэн энэ ажилд туршсан агаарын дээж гэх мэт харьцангуй цэвэр, доторх орчинд их хэмжээний агаараас дээж авсан шинжилгээний үр дүнд үүсдэг. GC/TQ нь MRM бүртгэх горимын маш сайн сонгомол чадамжийн улмаас аналитик мэдрэмж, давтагдах тогтвортой байдлыг ихээхэн сайжруулдаг.



Бүх дээжинд хамгийн багадаа FTOH-ийн нэг нэгдэл илэрсэн байна. FTOH 6:2 нь бүх дээжинд илэрсэн. Уурын концентраци $3.47\text{--}16.5\text{ ng/m}^3$ хооронд хэлбэлзсэн. Мөн FTOH 10:2 нь зургаан байршлын дөрөв дээр илэрсэн. Харин агуулах болон сургалтын өрөөнд илрээгүй байна. Уурын хэмжээ $3.58\text{--}16.7\text{ ng/m}^3$ байсан. Хэдийгээр концентрацийн түвшин бага байгаа ч гэсэн дээж бүрд FTOH-ийн нэгдлүүд илэрч байгаа нь олон нийтийн эрүүл мэндийн талаас болон аналитик химийн талаас тус тус авч үзэхэд судлах шаардлагатайг харуулж байна. Удаан хугацааны турш бага концентрацитай ч дотоод орчны нөхцөлд өртөх нь эрүүл мэндэд аюултай байж болно. Түүнчлэн яг нарийвчилсан тооцоолол үр дүнг баталгаатай гаргахын тулд PFAS-тай холбоотой аналитуудын үүсгэгч эх үүсвэр, арилгагчдыг шинжилгээний явцад сайн тооцож EPA OTM-50-д заасан ёсоор зайлуулах хэрэгтэй.

Энэхүү судалгаагаар Agilent 8890 GC болон Agilent 7000E GC/TQ систем нь дотоод орчны дээжинд FTOH нэгдлүүдийн шинжилгээнд ямар ач холбогдолтойг харуулж байна. GC/TQ систем нь GERSTEL TD Core системээр тоноглогдсон бөгөөд энэ нь орчны агаарын дулаан десорбцийн аргаар дээж авах боломжийг олгож байна. Энэхүү сонгомол GC/TQ шинжилгээний арга нь сэргээгдэх чадвар, тогтвортой байдал, мэдрэмтгий байдлыг хангасан. Бодит орчинд дотоод орчны агаараас авсан бүх дээжинд FTOH нэгдлүүд илэрсэн учраас энэ ажилд дүрслэгдсэнтэй адил аргуудын хэрэгцээг баталсан. Дотоод орчны агаарын бодит жишээнүүд нь бүх жишээнд FTOH нэгдлүүд байсан учраас энэ судалгаагаар харуулж буй шинжилгээний аргачлал нь шаардлагатай болохыг баталж байна.

Ишлэл

1. Other Test Method 50 (OTM-50) Sampling and Analysis of Volatile Fluorinated Compounds from Stationary Sources Using Passivated Stainless-Steel Canisters. United States Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-01/otm-50-release-1_0.pdf (accessed 2024-07-16)

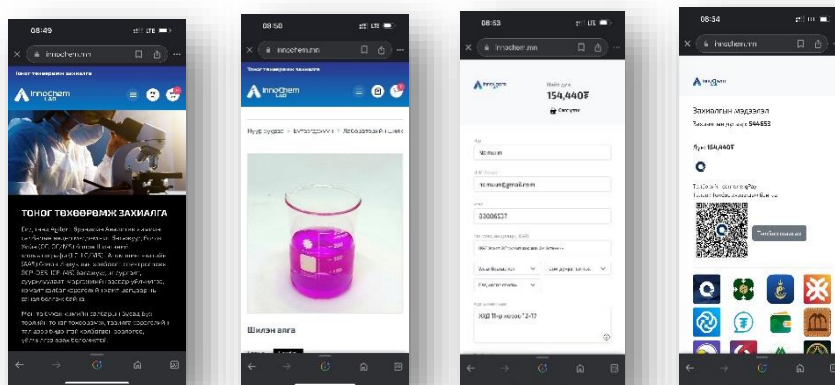
Инно Хими Лаб ХХК – ийн танилцуулга:**Үйлчилгээний нэр төрөл:**

- Хүнс, хүрээлэн буй орчны шинжилгээний лабораторийн шинжилгээ
- Химийн тоног төхөөрөмж, багаж хэрэгсэл, бодис, урвалжийн худалдаа
- Химийн тоног төхөөрөмжийн суурилуулалт, засвар үйлчилгээ
- Химич, химийн мэргэжилтний сургалт, зөвлөгөө

Бүтээгдэхүүний нэр төрөл:

- Тоног төхөөрөмж
- Багаж хэрэгсэл
- Урвалж, уусмал
- Стандарт бодис, оношлуур
- Химийн бодис
- Шил сав, дагалдах хэрэгсэл

Хэрэглэгчидийнхээ цаг завьг хэмнэх, тасралтгүй ажиллагааг дэмжих үүднээс www.innochem.mn онлайн худалдааны сайтыг нэвтрүүлээд байна.

**Инно лаборатори**

- Химийн лабораторийн мэргэжилтнүүдэд өндөр хүчин чадал бүхий тоног төхөөрөмжтэй ажиллах орчин бүрдүүлэх, чадамжийг сайжруулах
- Хүнсний болон хүрээлэн буй орчны аюулгүй байдлыг хангахад лабораторийн шинжилгээг олон улсын стандартын дагуу нэвтрүүлж хувь нэмрээ оруулах

Шинжилгээний хүрээ:

- Пестицидийн үлдэгдлийн шинжилгээ
- Усанд болон тосонд уусдаг витаминь шинжилгээ
- Хүрээлэн буй орчны бохирдлын шинжилгээ