

การวิเคราะห์สาร Perfluoro- and Polyfluorinated Alkyl Substances (PFAS) ในอากาศ

ผู้เรียบเรียง : รติมาศ บุญล้อม

บทนำ

Perfluoro- and Polyfluorinated Alkyl Substances (PFAS) คือกลุ่มสารเคมีที่ประกอบด้วยคาร์บอนและฟลูออรีน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 1 เป็นกลุ่มสารที่มีคุณสมบัติทนความร้อน ป้องกันความชื้นและไขมันได้ดี จึงมีการนำสารกลุ่ม PFAS มาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งของต่างๆ เช่น พรม เสื้อผ้า เฟอร์นิเจอร์ บรรจุภัณฑ์กระดาษสำหรับอาหาร และเครื่องครัวเคลือบกันเป็นอน(Non-Stick) เป็นต้น แต่สารกลุ่ม PFAS เป็นสารเคมีที่มีความเสถียรสูงและสามารถคงอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้เป็นเวลานาน ทำให้สารกลุ่ม PFAS เกิดการแพร่กระจายและสะสมในสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจจะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและเป็นอันตรายต่อสุขภาพร่างกายของมนุษย์อีกด้วย

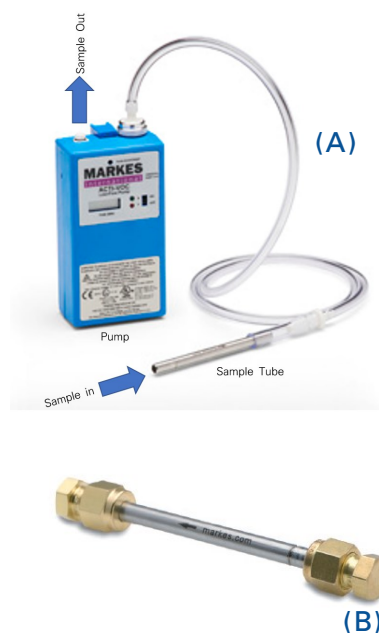


รูปที่ 1 โครงสร้างของสาร PFOS ซึ่งเป็นหนึ่งในสารกลุ่ม PFAS

ปัจจุบันการตรวจวิเคราะห์สารกลุ่ม PFAS จำเป็นต้องใช้หลายเทคนิคการวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ได้อย่างครอบคลุม วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์สารกลุ่ม PFAS ที่ปนเปื้อนในดินหรือน้ำ จะใช้การสกัดด้วยตัวทำละลายหรือการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง (Solid Phase Extraction, SPE) เพื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีของเหลว แต่สำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาสาร PFAS ที่ปนเปื้อนในอากาศ ยังไม่พบวิธีการเตรียมตัวอย่างที่เป็นวิธีมาตรฐาน ในบทความนี้จึงได้นำวิธีการสกัดด้วยเทคนิค Thermal Desorption (TD) มาใช้ในการสกัดสารกลุ่ม PFAS โดยการเติมสารมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นจำนวน 18 ชนิดลงในห้อง (Chamber) ขนาด 20 ลิตร เพื่อจำลองการปนเปื้อนในอากาศ หลังจากเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้วจึงนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์

วิธีการ

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างอากาศ ทำได้โดยการดูดอากาศโดยใช้ปั๊ม (Pump) ผ่านหลอดเก็บตัวอย่าง (Sample Tube) ที่มีตัวดูดซับเพื่อดักจับสารกลุ่ม PFAS ไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2(A) ซึ่งในขั้นตอนนี้ จะต้องมีการกำหนดอัตราการไหลและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณความเข้มข้นของสารกลุ่ม PFAS ที่ตรวจวิเคราะห์ได้ หลังจากเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้วจะต้องมีการปิดหลอดเก็บตัวอย่างทั้งสองด้านด้วยอุปกรณ์ที่ป้องกันการสูญเสียตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 2(B)

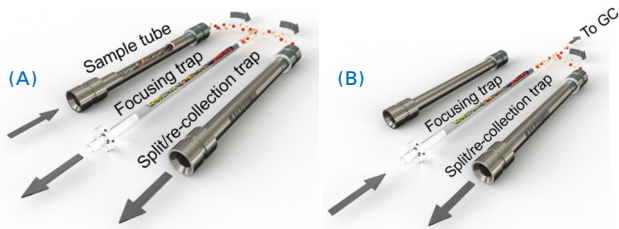


รูปที่ 2 วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ (A) และหลอดเก็บตัวอย่างที่เก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว (B)

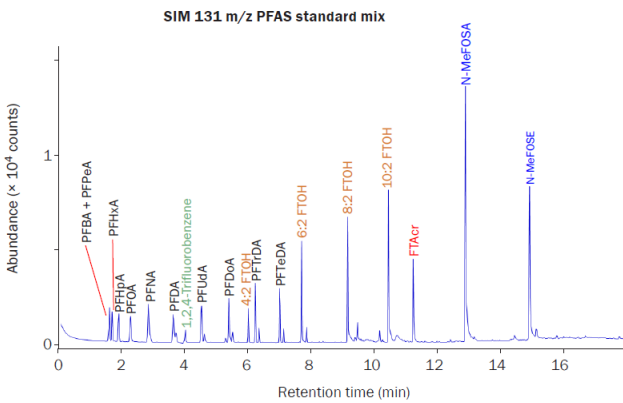
สำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TD-GC/MS มีขั้นตอนการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ

1. **Tube Desorption** เป็นการให้ความร้อนกับหลอดเก็บตัวอย่างเพื่อให้สาร VOCs ถูกชะออกสู่ Focusing trap ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง -30 ถึง 50 องศาเซลเซียส และยังสามารถเลือกแบ่งตัวอย่างที่ถูกชะออกมา สู่ Sorbent Tube เปล่าเพื่อเก็บตัวอย่างไว้วิเคราะห์ซ้ำได้อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3A

2. **Trap Desorption** คือการให้ความร้อนกับ Focusing Trap ด้วยความรวดเร็ว โดยสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้สูงสุด 425 องศาเซลเซียสด้วยความเร็วสูงสุด 100 องศาเซลเซียสต่อวินาที เพื่อชะสาร VOCs เข้าสู่ระบบ GC ซึ่งการชะสาร VOCs ออกจาก Focusing Trap เป็นแบบ Backflush จึงทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการนำสาร VOCs เข้าสู่ระบบ GC และยังสามารถเลือกแบ่งตัวอย่างที่ถูกชะออกมาสู่ Sorbent Tube เปล่าเพื่อเก็บตัวอย่างไว้วิเคราะห์ซ้ำได้อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3B



รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ TD (A) Tube Desorption และ (B) Trap Desorption



รูปที่ 4 โครมาโตแกรมผลการวิเคราะห์สาร PFAS ที่ทำการทดสอบด้วยเทคนิค TD-GC/MS

ผลการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่าการใช้เทคนิค TD-GC/MS สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์สารกลุ่ม PFAS ได้ โดยสามารถตรวจวัดสาร PFAS ทั้ง 18 ชนิดที่ใช้ในการทดสอบ โดยให้ค่า %RSD ของการวิเคราะห์ซ้ำ (Repeatability) <6% ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ซ้ำของสารมาตรฐาน PFCAs ความเข้มข้น 2 นาโนกรัม FTOHs ความเข้มข้น 12.5 นาโนกรัมและ N-MeFOSE/N-MeFOSA/FTAc 16.6 นาโนกรัม

Compound	Mass in tube	m/z	%RSD (n = 5)
Perfluoroalkylcarboxylic acids			
PFBA + PFPeA	2 ng/μL	131	4.13
PFHxA			4.19
PFHpA			4.14
PFOA			3.12
PFNA			3.70
PFDA			3.23
PFUdA			4.35
PFDoA			3.55
PFTeDA			3.45
PFTeDA			3.73
Fluorotelomer alcohols			
4:2 FTOH	12.5 ng/μL	95	1.79
6:2 FTOH			2.29
8:2 FTOH			2.45
10:2 FTOH			3.45
Fluorotelomer acrylates			
8:2 FTAc	16.6 ng/μL	131	2.45
Perfluorooctanesulfonamide and perfluorooctanesulfonamidoethanol			
N-MeFOSA	16.6 ng/μL	131	1.37
N-MeFOSE			5.80

สรุปผลการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์สารกลุ่ม PFAS จำนวน 18 ชนิดด้วยเทคนิค TD-GC/MS พบว่าการใช้หลอดเก็บตัวอย่างของเทคนิค TD เป็นวิธีสกัดที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อกลุ่มสาร PFAS ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้แม้ความเข้มข้นของสารจะอยู่ในระดับต่ำ และการใช้เทคนิค TD ในการเตรียมตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์ก็ยังเป็นการเพิ่มความเข้มข้นอีกชั้น ทำให้การใช้เทคนิคนี้มีความไวสูง (Sensitivity) ในการตรวจวัดสารกลุ่ม PFAS อีกทั้งการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค TD ไม่ใช้สารละลายอินทรีย์ในการสกัดช่วยลดความเสี่ยงให้กับผู้ปฏิบัติงาน และยังช่วยลดของเสียอันตรายในห้องปฏิบัติการได้อีกด้วย

เครื่องมือที่เกี่ยวข้อง



เครื่องเตรียมตัวอย่างแบบ Thermal Desorption รุ่น TD100-xr ที่รองรับตัวอย่างได้สูงสุด 100 ตัวอย่าง ระบบวัดตัวอย่างซ้ำ และ ระบบทดสอบการรั่วไหลในทุกตัวอย่าง ทำให้ไม่ผิดพลาดทุกการวิเคราะห์

ISQ™ 7000 Single Quadrupole Mass Spectrometer



เครื่อง GC/MS ชนิด Single Quadrupole พร้อมระบบ Pre-Filter แบบ S-Shape ช่วยลดสัญญาณรบกวนในการวิเคราะห์ มี Dual Filament ช่วยให้สะดวกในการทำงาน สามารถเลือกการวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้งโหมดสแกนช่วงมวลที่กำหนด (Full Scan) หรือ เลือกเฉพาะมวลที่สนใจ (Selected Ion Monitoring ,SIM) หรือทำทั้งสองโหมดได้พร้อมๆ กัน (FS/SIM Simultaneous) โดยผลการวิเคราะห์สามารถทำได้ทั้งการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ



Centri® Automated Extraction and Enrichment

Centri® เป็นเครื่องที่มีระบบการเตรียมตัวอย่างโดยการใช้ความร้อนเพื่อสกัดสาร VOCs โดยรวมเทคนิคที่ปราศจากการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัด ช่วยลดของเสียจากห้องปฏิบัติการ และเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน โดยมีเทคนิคการสกัดประกอบด้วยเทคนิคต่างๆ ดังนี้

HS (Head Space) และ HS-trap เทคนิคการสกัดด้วยการให้ความร้อนกับตัวอย่างเพื่อให้สาร VOCs ระเหยกลายเป็นไอและนำไอนั้นมาวิเคราะห์ด้วยระบบ GC หรือ GCMS

SPME (Solid Phase Micro Extraction) และ SPME-trap เป็นเทคนิคที่สกัดสาร VOCs ที่ใช้ความร้อนและตัวดูดซับ ที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อสารที่ต้องการวิเคราะห์ ความไวจะสูงขึ้นเมื่อเทียบกับ HS

HiSorb™ (High-capacity Sorptive Extraction) เป็นการสกัดโดยใช้ตัวดูดซับที่สามารถวิเคราะห์ได้ช่วงความเข้มข้นกว้างกว่า SPME สามารถสกัดได้ทั้งแบบเฮดสเปซและจุ่มลงในตัวอย่าง

Thermal Desorption, TD เทคนิคการวิเคราะห์สำหรับสาร VOCs ในอากาศโดยผ่านการเก็บตัวอย่างผ่านหลอดเก็บตัวอย่าง ทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้ได้กับตัวอย่างอื่นได้ด้วยโหมดการวิเคราะห์แบบ Direct Desorption อีกด้วย

ติดตามแอปพลิเคชันอื่น ๆ ได้ที่ <https://www.scispec.co.th>



บริษัท ชายน์ สเปค จำกัด
10 กาญจนานิกะ ซอย 0010 แยกสอง
เขตบางแค กทม. 10160



scispec



@scispec



scispec.co.th

