

การพัฒนาศักยภาพการตรวจวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในตัวอย่างน้ำ เพื่อรองรับสถานการณ์ฉุกเฉินและสาธารณภัย

โดย นายพิสิฐ วีระพันธ์ นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ปฏิบัติการ
กองห้องปฏิบัติการสาธารณสุขกรมอนามัย

บทนำ

จากสถานการณ์การระเบิดของโรงงานผลิตเม็ดโพลีพลาสติกที่สมุทรปราการ ย่านกิ่งแก้ว เมื่อเช้าวันที่ 5 กรกฎาคม 2564 แรงระเบิดทำให้เกิดความเสียหายเป็นวงกว้าง โรงงานถูกเพลิงไหม้เกือบทั้งหมด และบ้านที่อยู่โดยรอบในรัศมี 1-2 กม. ได้รับแรงระเบิดจนเสียหายเป็นจำนวนมาก



ภาพที่ 1 การควบคุมเพลิงภายในโรงงาน

(ที่มา : <https://www.bbc.com/thai/thailand-57723752>)

การควบคุมเพลิงเป็นไปได้ยาก เพราะโรงงานแห่งนี้เป็นที่เก็บสารเคมีที่เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเม็ดพลาสติก ถึงจัดเก็บสารเคมีที่อยู่ในโรงงานมีขนาดบรรจุกว่า 2,000 ตัน ก่อนเกิดเหตุมีปริมาณสารสไตรีนโมโนเมอร์อยู่ราว 600 ตัน เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ สารเคมีส่วนหนึ่งก็ไหลออกมาเผาไหม้เป็นเชื้อเพลิง

จากเหตุเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้น ส่งผลให้มีไอระเหยของสารสไตรีน และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ กระจายออกไปโดยรอบ เมื่อมีฝนตก หรือปริมาณฝนตกที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่ กทม. และปริมณฑล น้ำฝนจะไปชะล้างกลุ่มควันจากเหตุเพลิงไหม้ ซึ่งเป็นสารพิษแล้วตกลงสู่น้ำ ลากคลอง หรือบ่อน้ำ อาจส่งผลกระทบต่อประชาชนในการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคได้

โดยเฉพาะสารสไตรีนที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่เป็นสารไวไฟสูง สไตรีนจัดเป็นสารเคมีที่มีอันตรายต่อระบบอวัยวะสำคัญของร่างกาย ทั้งระบบ ทางเดินหายใจ ระบบประสาท ระบบสร้างเลือด ตับ และระบบประสาทส่วนกลาง เมื่อได้รับไอระเหยของสารนี้ทางการสูดดมส่งผลให้เวียนศีรษะ ง่วงซึม ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน อ่อนเพลีย หมดสติ ยังมีสารที่อยู่ในกลุ่มตัวทำลาย เช่น คาร์บอน เตตระคลอไรด์ (carbon tetrachloride) โทลูอิน (toluene) โดยรวมแล้ว เป็นสารที่เหนี่ยวนำที่จะทำให้เกิดโรคมะเร็งในอนาคต



ภาพที่ 2 ควันพิษที่เกิดจากเหตุเพลิงไหม้

(ที่มา : <https://mgronline.com/daily/detail/9640000065341>)

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าสาร VOCs มาจากคำว่า Volatile organic Compounds หมายถึงกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่าย กระจายตัวไปในอากาศได้ในอุณหภูมิและความดันปกติ ซึ่งมีองค์ประกอบหลักของสาร ได้แก่ อะตอมของธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และมีองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ ออกซิเจน ฟลูออไรด์ คลอไรด์ โบรไมด์ ซัลเฟอร์ และไนโตรเจน

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในบรรยากาศจัดเป็นอากาศพิษ (Toxic Air) ซึ่งในชีวิตประจำวันเราได้รับสารชนิดนี้จากผลิตภัณฑ์หลายอย่าง เช่น สีทาบ้าน ควันบุหรี่ น้ำยาฟอกสี สารตัวทำละลายในการพิมพ์ อุ่นสีรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรม น้ำยาซักแห้ง น้ำยาสำหรับย้อมผมและตัดผม สารกำจัดศัตรูพืช สารที่เกิดจากการเผาไหม้และปนเปื้อนในอากาศ น้ำดื่ม อาหาร และเครื่องดื่ม

การแบ่งกลุ่มสาร VOCs สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ตามลักษณะของโมเลกุลของสาร คือ

1. กลุ่ม Non-chlorinated VOCs หรือ Non-halogenated Hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่ไม่มีอะตอมของธาตุคลอรีนในโมเลกุล สารกลุ่มนี้มาจากสิ่งแวดล้อม การเผาไหม้ของขยะ พลาสติก วัสดุ สารตัวทำละลาย สีทาวัสดุ ซึ่งทำให้มีผลเสียต่อสุขภาพของผู้ได้รับทำให้ผู้ป่วยเป็นโรคทางเดินหายใจ ตัวอย่างกลุ่มสารนี้ได้แก่

- กลุ่มสาร Aliphatic Hydrocarbons เช่น Fuel oils, Industrial Solvents, Propane, 1,3-Butadiene, Gasoline, Hexane

- กลุ่มสาร Alcohols, Aldehyde, Ketone เช่น Ethyl Alcohol, Methyl Alcohol, Formaldehyde

-กลุ่มสาร Aromatic Hydrocarbons เช่น Toluene, Xylene, Benzene, Naphthalene, Styrene, Phenol

2. กลุ่ม Chlorinated VOCs หรือ Halogenated Hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่มีอะตอมของคลอรีนหรือฮาโลเจนในโมเลกุล ได้แก่สารเคมีที่ใช้สังเคราะห์ในอุตสาหกรรม สารกลุ่มนี้มีความเป็นพิษมากกว่า และเสถียรในสิ่งแวดล้อมมากกว่าสารในกลุ่มสาร Non-chlorinated VOCs นั่นคือ สลายตัวได้ยากในธรรมชาติ และในทางเคมีจะมีความคงตัวสูง สะสมได้นาน รบกวนการทำงานของสารพันธุกรรม ยับยั้งปฏิกิริยาชีวเคมีในเซลล์ มีฤทธิ์ในการก่อมะเร็งหรือกระตุ้นการเกิดมะเร็งได้ สารในกลุ่มนี้มีรายชื่อต่อไปนี้

1,1,1,2- Tetrachloroethane	1,1,1-Trichloroethane	1,1,2,2-Tetrachloroethane
1,1,2-Tetrachloroethane	1,1-Dichloroethane	1,1-Dichloroethylene
1,2,2-Trifluoroethane (Freon 113)	1,2-Dichloroethane	1,2-Dichloropropane
1,2-Trans-Dichloroethylene	1,3-cis-dichlor-1-propane	1-Chloro-2-propene
2-butylene dichloride	Acetylene tetrachloride	Bromodichloromethane
1,3-trans-dichloropropene	Bromoform	Bromomethane
Carbon tetrachloride	Chlorodibromomethane	Chloroethane
Chloroform	Chloromethane	Chloropropane
Cis-1,2-dichloroethylene	Cis-1,3-dichloropropane	Dibromochloropropane
Dibromomethane	Dichlorobromomethane	Dichloromethane (DCM)
Ethylene dibromide	Fluorotrchloromethane (Freon 11)	Glycerol trichlorohydrin
Hexachlorobutadiene	Hexachlorocyclopentadiene	Hexachloroethane

Methylene chloride	Neoprene	Pentachloroethane
Perchloroethylene	Propylene dichloride	Trichlorotrifluoroethane
Monochlorobenzene	Tetrachloroethylene	Trichloroethylene (TCE)
Vinyl chloride	Vinyl trichloride	Vinylidene chloride

ผลกระทบของการปนเปื้อน VOCs ในน้ำและน้ำใต้ดิน

เมื่อสาร VOCs ถูกปล่อยทิ้งหรือเกิดการรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำผิวดินหรืออาจเกิดจากน้ำฝนชะละลายสาร VOCs ที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสาร VOCs ในแหล่งน้ำผิวดิน ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของแหล่งน้ำธรรมชาติ ทำให้เกิดความเป็นพิษขึ้น ซึ่งพืชและสัตว์น้ำไม่สามารถอยู่ได้ ส่งผลให้ ความสมบูรณ์ของระบบนิเวศในแหล่งน้ำลดลง บางกรณีมีการเคลื่อนย้ายสาร VOCs ผ่านชั้นดินปนเปื้อนแหล่งน้ำใต้ดินทำให้น้ำใต้ดินมีสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค

ปัญหาการปนเปื้อนสาร VOCs ในน้ำใต้ดิน โดยเฉพาะสาร VOCs ประเภทสารที่แยกตัวจากน้ำที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ (Nonaqueous Phase Liquids หรือ NAPLs) ซึ่งเป็นสารที่มีศักย์ภาพในการก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนในน้ำใต้ดินมาก เนื่องจากสาร NAPLs มักจะอยู่บนผิวน้ำ ถ้าไหลผ่านบ่อน้ำตื้นจะเห็นได้ชัดเจน ส่วนใหญ่ได้แก่ สารในกลุ่มที่มีองค์ประกอบของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ น้ำมันเชื้อเพลิงที่เก็บไว้ในสถานีบริการน้ำมันต่างๆ มักเก็บไว้ภายในถังเก็บใต้ดิน ซึ่งถึงน้ำมันส่วนมากทำด้วยเหล็ก ประกอบกับน้ำมันเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีฤทธิ์กัดกร่อน จึงมีความเป็นไปได้สูงที่ถึงเหล็กดังกล่าวจะเกิดการผุกร่อน ทำให้เกิดการรั่วไหลของน้ำมันจากถังเก็บใต้ดินลงสู่ดินและซึมลงสู่น้ำใต้ดิน รวมทั้งอาจเกิดการรั่วไหลบริเวณท่อและข้อต่อต่างๆ ด้วย นอกจากนี้บริเวณหลุมฝังกลบมูลฝอยที่มีระบบป้องกันน้ำชะมูลฝอยซึมไหลออกที่ไม่มีประสิทธิภาพสาร NAPLs อาจรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินได้เช่นกัน สาร NAPLs นี้มีความหนืดต่ำมักเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวราบลงสู่ดินและก่อให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินในชั้นดินอุ้มน้ำ (Water Saturated Zone) โดยจะอยู่ในลักษณะของบ่อที่แยกตัวจากน้ำใต้ดิน (NAPLs pools) หรือของเหลวที่แทรกตัวระหว่างเม็ดดิน (NAPLs Blobs or Ganglia) เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงมีอัตราการระเหยต่ำ จึงทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินเป็นเวลานานนับสิบถึงร้อยปี ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพในระยะยาว ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ เช่น เบนซีน โทลูอิน และไซลีน เป็นต้น เนื่องจากสารเหล่านี้มักมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ เมื่อมีการปนเปื้อนในน้ำมักจะลอยอยู่ส่วนบนของชั้นน้ำใต้ดินและหากน้ำใต้ดินมีการไหลก็จะค่อยๆ แพร่กระจายออกไปเป็นบริเวณกว้าง

นอกจากนี้สาร VOCs ประเภทสารพวกแยกตัวจากน้ำที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ (Dense Nonaqueous Phase Liquids: DNAPLs) โดยทั่วไปจะจมอยู่ใต้น้ำ มีความหนืดน้อย มีแรงตึงผิวต่ำ ทำให้สามารถเคลื่อนตัวลงสู่น้ำใต้ดินได้ง่ายกว่าน้ำระเหยง่ายเหมือนแก๊ส ทำให้สามารถเคลื่อนตัวไปในโซนไม่อิ่มตัว หรือชั้นบรรยากาศได้ สารกลุ่มนี้บางชนิดเป็นสารอินทรีย์ที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ เช่น ไตรคลอโรเอทิลีน เตตระคลอโรเอทิลีน 1,1,1- ไตรคลอโรอีเทน เป็นต้น ปัจจุบันมีการนำเข้ามาใช้กันแพร่หลายในอุตสาหกรรม เนื่องจากมีคุณสมบัติในการละลายไขมันจากผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้ดี สารกลุ่ม DNAPLs จะมีความสามารถในการละลายสมบูรณ์และความสามารถในการย่อยสลายต่ำ ทำให้สามารถอยู่ในน้ำใต้ดินและก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินได้เป็นเวลานาน แต่ถึงแม้การละลายในน้ำใต้ดินเพียงเล็กน้อยก็เป็นปริมาณมากที่จะทำให้เกิดอันตรายและเกิดความเป็นพิษได้

ด้วยเหตุนี้ กรมอนามัย จึงได้ประกาศเกณฑ์เสนอแนะคุณภาพน้ำบริโภคเพื่อการเฝ้าระวัง กรมอนามัย พ.ศ. 2563 เพื่อเฝ้าระวังเหตุการณ์ที่ไม่ได้คาดการณ์ไว้ล่วงหน้าที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำบริโภค ทั้งทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพ เช่น สาธารณภัยที่มีผู้ทำให้เกิดขึ้น อุบัติเหตุ หรือโรคระบาดที่มีน้ำเป็นสื่อ เป็นต้น

เกณฑ์เสนอแนะคุณภาพน้ำบริโภค ในสภาวะเกิดเหตุที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำบริโภค
(เฉพาะสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs))

ลำดับที่	พารามิเตอร์	หน่วยวัด	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1	สไตรีน (Styrene)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.02	GC-MS
2	ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl chloride)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.0003	HPLC, GC
3	เบนซีน (Benzene)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.01	GC-MS, GC/PID
4	โทลูอีน (Toluene)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.7	GC-MS, GC/PID
5	เอทิลเบนซีน (Ethylbenzene)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.3	GC-MS, GC/PID
6	ไซลีนทั้งหมด (Total Xylenes)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.5	GC-MS, GC/PID
7	คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon tetrachloride)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.004	GC-MS, GC/PID, GC/ELCD
8	1,2 ไดคลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.03	GC-MS, GC/PID, GC/ELCD
9	1,2 ไดคลอโรเอทีน (1,2-Dichloroethene)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.05	GC-MS, GC/PID, GC/ELCD
10	ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.02	GC-MS, GC/PID, GC/ELCD
11	เตตระคลอโรเอทีน (Tetrachloroethene)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.04	GC-MS, GC/PID, GC/ELCD
12	ไตรคลอโรเอทีน (Trichloroethene)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.07	GC-MS, GC/PID, GC/ELCD
13	1,1,1-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1-trichloroethane)	มิลลิกรัมต่อลิตร	2	GC-MS, GC/PID, GC/ELCD
14	คลอโรฟอร์ม (Chloroform)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.3	GC
15	โบรโมไดคลอโรมีเทน (Bromo dichloromethane)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.06	GC
16	ไดโบรโมคลอโรมีเทน (Di bromochloromethane)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.1	GC
17	โบรโมฟอร์ม (Bromoform)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.1	GC

กองห้องปฏิบัติการสาธารณสุขกรมอนามัย ในฐานะห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์และทดสอบทางวิทยาศาสตร์ ที่ทำการศึกษ วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการตรวจวิเคราะห์และทดสอบที่ทันสมัยและทันต่อเหตุการณ์ทั้งทางห้องปฏิบัติการ มาตรฐานในเชิงรุกและเชิงรับ จึงดำเนินพัฒนาศักยภาพการตรวจวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในตัวอย่างน้ำ เพื่อใช้ในการเฝ้าระวังอนามัยสิ่งแวดล้อมและคุณภาพน้ำ นำไปสู่การปรับปรุงการดำเนินงานทางสาธารณสุข เช่น การทบทวนความปลอดภัยและการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนของน้ำบริโภคได้อย่างรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์

หลักการวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ของเครื่อง GC-MS/MS

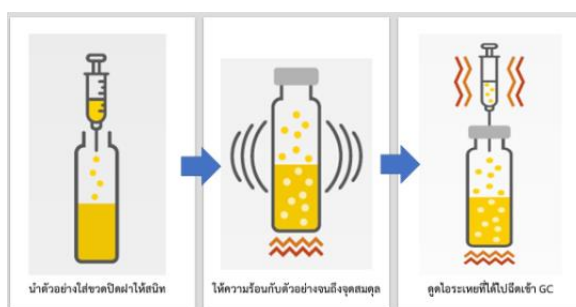
ระบบของ GC-MS/MS จะประกอบไปด้วย 2 ระบบ คือระบบ GC และระบบ MS/MS

ระบบ GC (Gas Chromatography) - เป็นเทคนิคที่ใช้แยกสารประกอบ โดยคุณสมบัติของสารที่ต้องการแยกจะต้องระเหยได้ และเกิดกระบวนการแยกโดยอาศัยหลักการแยกของ Phase 2 Phases คือ Stationary Phase (เฟสที่อยู่กับที่) และ Mobile Phase (เฟสที่เคลื่อนที่) สำหรับ Stationary Phase ในระบบ GC คือ Column และ Mobile Phase คือ Carrier gas เมื่อสารเข้าสู่ระบบของ GC จะถูกให้ความร้อนจนกลายเป็นไอ ที่ Inlet และถูก Carrier gas พาเข้าสู่ Column ที่มีการให้ความร้อนด้วย Oven ทำให้เกิดกระบวนการแยกดียิ่งขึ้น

ระบบ MS/MS (tandem Mass Spectrometer) - จะทำหน้าที่เป็น Detector ในการตรวจวัดมวลต่อประจุ (mass to charge ratio หรือ m/z) ของสารที่ผ่านออกมาจากเครื่อง GC ซึ่งจะทำงานภายใต้สภาวะสุญญากาศ (Vacuum) โดยที่ MS/MS จะเปลี่ยนสถานะของสารจากโมเลกุลให้กลายเป็น ion (m/z) ก่อนทำการตรวจวัด ซึ่ง MS/MS จะทำการคัดกรอง ion (m/z) โดยผ่าน MS 2 ตัว เลือกมวลต่อประจุ ที่จำเพาะเจาะจงที่สุด บางครั้งจึงสามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่า GC-MS/MS

การสกัดตัวอย่างด้วยเทคนิคเฮดสเปซ (Headspace)

เฮดสเปซ เป็นเทคนิคการเตรียมตัวอย่างที่นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์ตัวทำละลาย โดยขั้นตอนการทำงานเริ่มจากนำตัวอย่างใส่ในขวดปิดสนิท แล้วให้ความร้อนกับตัวอย่างเพื่อให้สารผสมที่ต้องการวิเคราะห์ระเหยออกจากตัวอย่าง จากนั้นจึงนำไอระเหยของสารที่สนใจเข้าสู่เครื่อง GC เพื่อแยกและวิเคราะห์ถัดไป วิธีการนี้ช่วยลดขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ให้สามารถทำได้รวดเร็วและไม่ยุ่งยาก ลดการใช้สารละลายในการสกัด และลดสารละลายของเสียอีกด้วย



ภาพที่ 3 การเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคเฮดสเปซ (Headspace)

การเก็บตัวอย่างและรักษาสภาพตัวอย่างก่อนส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ

เก็บตัวอย่างน้ำโดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างแบบแก้วสีชาขนาด 25 หรือ 40 มล. ใช้ฝาปิดแบบเกลียวที่มีรูตรงกลางและมีแผ่นยางทำจาก TFE หรือ ซิลิโคน ล้างขวดเก็บตัวอย่าง, ฝาปิด, และแผ่นยางด้วยน้ำยาซักฟอก ล้างด้วยน้ำก็้อกและน้ำกลั่น และทำให้แห้งที่ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนใช้งาน

หมายเหตุ: อย่าให้ความร้อนกับแผ่นยางซิลิโคนเป็นระยะเวลานาน (มากกว่า 1 ชั่วโมง) เพราะซิลิโคนจะสลายตัวลงอย่างช้าๆ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

ตอนนี้ยังไม่มีสารรักษาสภาพตัวอย่างแบบใช้ได้ทุกสภาพตัวอย่าง (ideality) ให้เก็บตัวอย่างแช่เย็น (ควรอยู่ที่ 4 องศาเซลเซียส) และวิเคราะห์ทันที

1. ตัวอย่างและฟิลแบลนค์ (Field Blanks) ที่มีองค์ประกอบของ VOCs แต่ไม่มีคลอรีนตกค้าง ให้เติม HCl (4 หยด 6N HCl/ตัวอย่าง 40 มล.) เพื่อป้องกันการย่อยสลายทางชีวภาพและปฏิกิริยา dehydrohalogenation
หมายเหตุ: HCl อาจมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ปริมาณเล็กน้อยให้ตรวจสอบก่อนการนำไปใช้

2. ตัวอย่างที่มีคลอรีนตกค้างและฟิลแบลนค์ (Field Blanks) ให้เติมสารรีดิวซ์ โดยทั่วไปใช้กรดแอสคอร์บิก (25 มก./ตัวอย่าง 40 มล.) ในการหาปริมาณด้วยเทคนิค GC/MS ในขณะที่โซเดียมไฮโอซัลเฟต (3 มก./40 มล.) เหมาะกับเครื่อง GC ดีเทคเตอร์แบบอื่นๆ

ตารางคำแนะนำในการเติมสารรักษาสภาพเพื่อวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ระเหย

Constituents	Chlorinated Matrix	Non-Chlorinated Matrix
Halocarbons	Reducing agent, then HCl	HCl
Aromatics	Reducing agent, then HCl	HCl
THMs	Reducing agent (HCl optional)*	None required
EDB/DBCP	None required	None required

ควรมีการตรวจสอบสารเจือปนของสารรีดิวซ์และกรดด้วยแบลนค์ (Blank) เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีตัวรบกวนในการวิเคราะห์ เติมสารรีดิวซ์ก่อนเติม HCl ในตัวอย่าง สารรีดิวซ์อาจเป็นผงที่เพิ่มลงในขวดตัวอย่างก่อนเก็บตัวอย่าง

อย่าเติม HCl ในตัวอย่างที่มี chlorinated compound เพราะอาจเกิดการก่อกวนของ chlorinated volatiles

การเติมสารรีดิวซ์ ควรตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 1 นาที เพื่อลดคลอรีนตกค้าง เติม HCl 1:1 4 หยด (หรือปริมาณอื่น ๆ ที่เพียงพอที่จะลด pH ของตัวอย่างให้มี pH < 2.0) ปิดขวดตัวอย่างแน่นด้วย TFE เก็บตัวอย่างที่ 4 องศาเซลเซียสทันที วิเคราะห์ตัวอย่างภายใน 14 วัน

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. การเตรียมตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์

เตรียมตัวอย่าง โดยการเปิดตัวอย่าง 5 mL ลงในขวดสำหรับเทคนิค HS ขนาด 20 mL แล้วเติมเกลือ NaCl ประมาณ 1 กรัม เพื่อนำไปวิเคราะห์ HSGC-MS/MS ต่อไป

2. สภาวะของระบบ Headspace

Oven Temp.	80.0 °C
Sample Line Temp.	90.0 °C
Equilibrating Time	15.00 min
GC Cycle Time	45.00 min

3. สภาวะเครื่อง GC

Column	DB-5ms GC Columns (30 m L x 0.32 mm I.D. x 0.25 mm)
Injection Mode	Split
Split Ratio	3.0
Carrier Gas	Helium
Pressure	48.6 kPa
Column Flow	1 mL/min
Total Program Time	21.00 min
Column Oven Temp.	

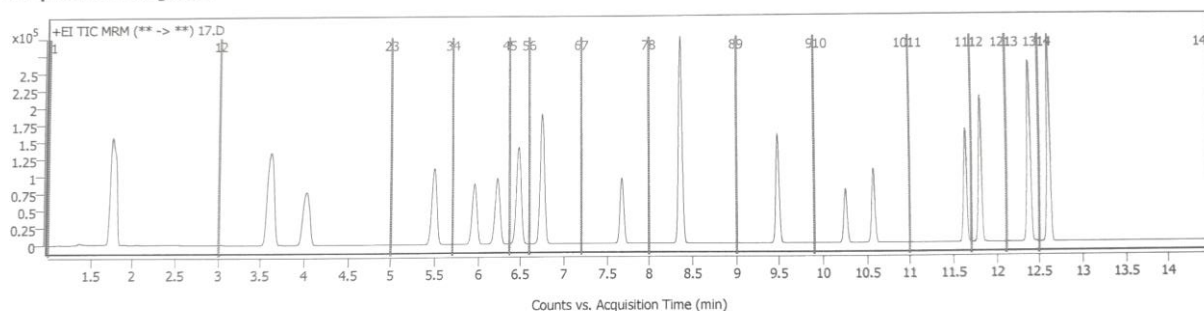
Rate (°C /min)	Temperature (°C)	Hold time (min)
	40.0	2.00
10.00	230.0	0.00

4. สภาวะของเครื่อง MS/MS

Ion Source Temp.	200.0 °C
Interface Temp.	230.0 °C
Ionization Mode	El (Electron ionization)
Mode	MRM

5. โครมาโตแกรมของการวิเคราะห์ VOCs

Sample Chromatograms



เอกสารอ้างอิง

1. แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ เล่ม 2 (Principles and Techniques of Instrumental Analysis PART II Chromatography and Others), ปีที่พิมพ์ 2555
2. สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย. คู่มือวิชาการ เรื่องสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ (Volatile Organic Compounds : VOCs). พิมพ์ครั้งที่ 1. 2555
3. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. Washington, DC:APHA, 2016 Part 6000 INDIVIDUAL ORGANIC COMPOUNDS
4. Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) present in the interiors of car by using GCMS/MS with static and dynamic headspace. ASMS 2015 ThP 138