การตรวจวิเคราะห์อินทรีย์ระเหยง่ายที่ถูกปลดปล่อยจากพลาสติก

ผู้จัดทำ: รติมาศ บุญล้อม

บทนำ

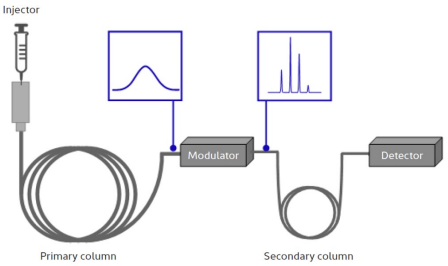
พลาสติก (Plastic) เป็นวัสดุที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นจากสารประกอบอินทรีย์ มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม สามารถหลอมขึ้นรูปเป็นของแข็งรูปทรงต่างๆ ได้ง่าย เพื่อนำมาใช้งานหลากหลายรูปแบบ เช่น ภาชนะ บรรจุภัณฑ์ อุปกรณ์ทางการแพทย์ ชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นต้น การนำพลาสติกมาใช้งานด้านต่างๆ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งก่อนและหลังขึ้นรูปเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

สารระเหย หรือ สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ถูกปลดปล่อยจากพลาสติก เป็นสิ่งหนึ่งที่ต้องตรวจวิเคราะห์ก่อนที่จะนำพลาสติกมาใช้งานเพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น เช่น การนำพลาสติกมาใช้งานที่เกี่ยวข้องกับสินค้าบริโภค สาร VOCs ที่ถูกปลดปล่อยจากพลาสติก อาจจะส่งผลต่อคุณภาพของสินค้านั้นๆ หรือการนำพลาสติก มาผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ภายในห้องโดยสาร ถ้าหากมีปริมาณสาร VOCs จากพลาสติกมากเกินมาตรฐานก็อาจจะส่งผลต่อสุขภาพของผู้ขับขี่เช่นเดียวกัน

วิธีการวิเคราะห์สารระเหย ที่ถูกปลดปล่อยจากพลาสติกโดยมากแล้วจะใช้เทคนิคโครมาโตกราฟี ร่วมกับการเตรียมตัวอย่างชนิด Headspace หรือ Thermal Desorption ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก แต่ในการวิเคราะห์สาร VOCs ผสมจำนวนมากๆ อาจจะต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์นานมากขึ้นเนื่องจากจะต้องใช้คอลัมน์ที่มีขนาดยาวมากกว่าปกติ เพื่อให้เกิดการแยกได้อย่างสมบูรณ์นั่นเอง ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีสองมิติ (GCxGC) ซึ่งเป็นการแยกสารโดยการใช้คอลัมน์สองชนิดที่มีขั้วต่างกัน ทำให้เกิดการแยกสารระเหยผสมได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ช่วยลดระยะเวลาในการวิเคราะห์เมื่อเทียบกับเทคนิค GC

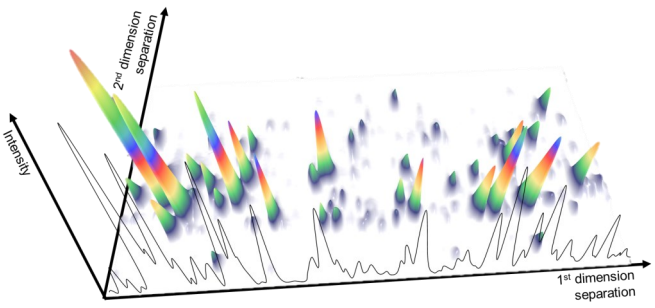
สำหรับวิธี GCxGC จะต้องการการแบ่งสารจากคอลัมน์ที่หนึ่งบางส่วน ส่งเข้าสู่คอลัมน์ที่สองผ่านโมดูเลเตอร์ (Modulator)ซึ่งเกิดขึ้นต่อเนื่องตลอดเวลา และเมื่อแยกสารผสมเรียบร้อยแล้วก็จะถูกตรวจวัดและนำมาประมวลผลต่อไป

องค์ประกอบของเครื่องมือ GCxGC จะประกอบไปด้วยส่วนฉีดสาร คอลัมน์ที่หนึ่ง โมดูเลเตอร์ (Modurator) คอลัมน์ที่สอง และตัวตรวจวัด ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 องค์ประกอบของเครื่อง GCxGC

สำหรับผลการวิเคราะห์ จะแสดงในรูปของโครมาโตแกรมสามมิติ ที่เห็นการแยกสารและขนาดสัญญาณที่เกิดขึ้นในระบบทั้งจากคอลัมน์ที่หนึ่งและคอลัมน์ที่สอง ง่ายต่อการประมวลผลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างโครมาโตแกรมสามมิติจากระบบ GCxGC

ในบทความนี้ได้ใช้เทคนิค GCxGC ร่วมกับตัวตรวจวัดชนิดแมสสเปคโตรมิเตอร์ (Mass Spectrometer, MS) ในการวิเคราะห์สาร VOCs ในตัวอย่างพลาสติกเพื่อศึกษาชนิดและความแตกต่างของสาร VOCs ที่ตรวจพบในตัวอย่างพลาสติกทั้ง 4 ตัวอย่าง

วิธีการเตรียมตัวอย่าง

รูปที่ 3 ตัวอย่างพลาสติกที่ใช้ในการวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่าง 3 กรัมในขวด Headspace ขนาด 20 มล. ปิดฝาให้แน่น แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยระบบ Headspace-Trap-GCxGC-TOF

เครื่องมือวิเคราะห์

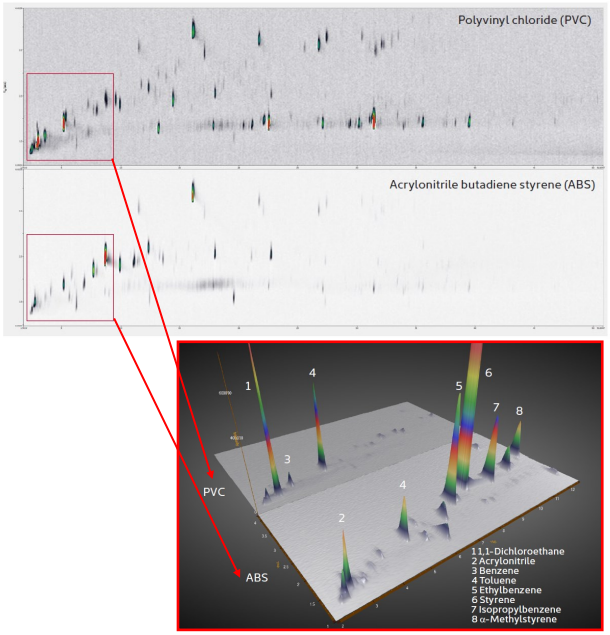
1.เครื่องเตรียมตัวอย่างชนิด HiSorb Sorptive Extraction แบบอัตโนมัติ รุ่น Centri บริษัท Markes International

2.โมดูเลเตอร์ รุ่น INSIGHT® flow modulator บริษัท SepSolve Analytical

3.ตัวตรวจวัดชนิดแมสสเปคโตรมิเตอร์ รุ่น BenchTOF-Select™ time-of-flight MS บริษัท SepSolve Analytical

4.ซอฟแวร์ ChromCompare+ บริษัท SepSolve Analytical

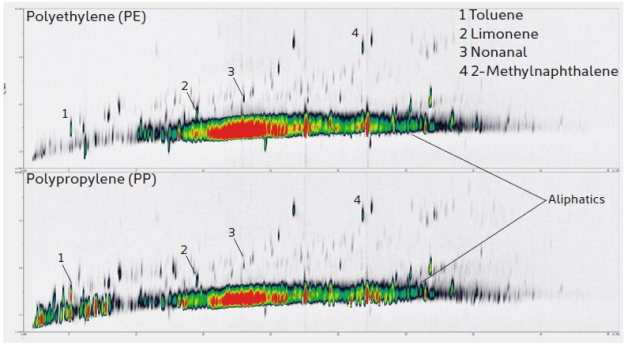
ผลการวิเคราะห์



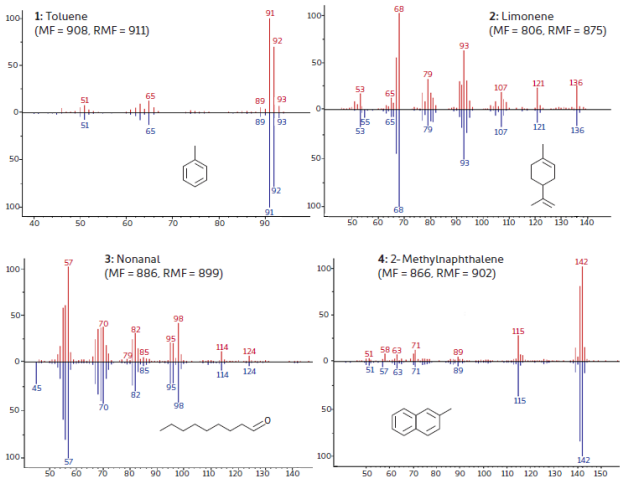
รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง PVC และ ABS แสดงในรูปแบบสีและส่วนขยายในรูปแบบโครมาโตแกรมสามมิติ

ผลการวิเคราะห์สาร VOCs ที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่าง Polyvinyl chloride (PVC) และ Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) พบว่ามีองค์ประกอบของสาร VOCs ที่ตรวจวัดในตัวอย่างทั้งสองชนิดจำนวนมาก หากดูผลการวิเคราะห์ในรูปแบบสีหรือ color plots จะพบว่าจำนวนชนิดและปริมาณของสาร VOCs ที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่างทั้งสองชนิดมีความคล้ายคลึงกัน แต่เมื่อขยายภาพเพื่อดูผลเปรียบเทียบเพิ่มเติม พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนของจำนวนชนิดและปริมาณของสาร VOCs ที่ตรวจวัดได้จากพลาสติกทั้งสองชนิดนี้ ดังแสดงในรูปที่ 4

ผลการวิเคราะห์สาร VOCs ที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่าง polyethylene (PE) และ polypropylene (PP) พบว่ามีสัญญาณรบกวนจากสารกลุ่ม aliphatic hydrocarbons ดังแสดงในรูปที่ 5 แต่ด้วยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GCxGC ทำให้สามารถแยกสาร VOCs ที่สนใจออกในคอลัมน์ที่สองได้ และสามารถวิเคราะห์ผลโดยเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล NIST Library เพื่อรายงานความน่าจะเป็นของสารได้ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 5 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง PE และ PP



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบสเปคตรัมของตัวอย่าง (สีแดง) กับสเปคตรัมของฐานข้อมูล (สีน้ำเงิน)

Compound	^1t_R (min)	^2t_R (s)	Peak area			
			ABS	PVC	PP	PE
2-Propenenitrile	2.7295	1.4679	4.86E+06			
1,1-Dichloroethane	2.9797	1.3928		9.57E+06		
Benzene	3.5916	1.5916	4.59E+05	1.12E+06	4.36E+05	7.62E+05
Trichloroethylene	4.0406	1.5987		1.21E+05		
Methyl methacrylate	4.0825	1.7270	4.99E+05			
2-Methylbutan-1-ol	4.6014	1.7993			1.79E+06	
Toluene	5.1851	1.8720	2.65E+06	5.89E+06	9.62E+06	4.53E+06
Tetrachloroethylene	6.0833	1.9076	9.59E+04		9.69E+05	1.20E+06
Vinylcyclohexene	6.8880	1.9000	1.43E+06			
Chlorobenzene	7.2325	2.2958		1.71E+05		
Ethylbenzene	7.6859	2.1922	6.56E+06	8.21E+04	2.08E+05	3.56E+05
p-Xylene	7.9714	2.1607	7.59E+05	3.55E+05	8.33E+05	1.69E+06
Styrene	8.6607	2.4232	7.06E+07			1.73E+06
Butylprop-2-enoate	8.9517	2.4392	3.53E+06	8.18E+05	8.81E+05	
1,3-Dichloro-2-butene	9.6728	2.3724		3.86E+05	3.04E+05	
Isopropylbenzene	9.9191	2.3076	4.83E+06	3.82E+05		7.51E+04
p-Ethyltoluene	11.4666	2.4235	6.63E+05		1.42E+05	3.42E+05
Benzaldehyde	11.4963	3.5493	6.70E+05	1.98E+05		2.04E+05
Mesitylene	11.8127	2.4081			3.95E+05	1.99E+05
α-Methylstyrene	12.3531	2.6876	2.81E+06	3.74E+05	4.68E+04	5.37E+04
3,4-Dichlorobut-1-ene	13.1667	2.9685		5.65E+04		
Octanal	13.2818	2.4981	4.36E+05	3.49E+04	3.47E+04	1.94E+05
3-Carene	13.5756	2.1554			2.43E+05	1.09E+06

ตารางที่ 1 ชื่อสาร VOCs ที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่างพลาสติก

จากตารางที่ 1 แสดงรายชื่อสาร VOCs ที่ตรวจวิเคราะห์ได้ในตัวอย่างพลาสติกทั้ง 4 ตัวอย่าง พบว่าสาร VOCs บางชนิดสามารถตรวจพบได้ในตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่าง เช่น สารเบนซีน (Benzene) สารโทลูอีน (Toluene) สารเอทิลเบนซีน (Ethylbenzene) เป็นต้น ซึ่งสารที่ตรวจวัดได้เหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของพลาสติกได้ ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์เม็ดพลาสติก หรือพลาสติกที่ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ แล้ว เช่นการวิเคราะห์พลาสติกชิ้นส่วนยานยนต์ การวิเคราะห์พลาสติกสำหรับบรรจุอาหาร เป็นต้น

สรุปผลการทดสอบ

จากผลการวิเคราะห์สาร VOCs ในตัวอย่างพลาสติกด้วยเทคนิค GCxGC-MS พบว่าสามารถแยกและวิเคราะห์สาร VOCs ที่มีความซับซ้อนได้แม้ว่าจะมีสัญญาณรบกวนจากสารอื่นและสามารถใช้ผลการวิเคราะห์ที่ได้ นำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล NIST Library เพื่อทำนายชนิดของสารได้ เหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพการผลิตหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์

เครื่องมือที่เกี่ยวข้อง

Centri® (Markes International) เครื่องเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์สาร VOCs ในตัวอย่างของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยสามารถรองรับการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคต่างๆ ดังนี้

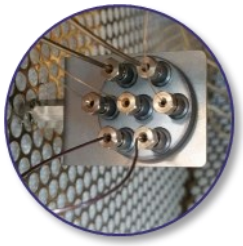
-Headspace and Headspace–trap

-HiSorb™ high-capacity sorptive extraction

-SPME and SPME–trap

-Thermal desorption

INSIGHT® Flow modulator (SepSolve Analytical)



ระบบโมดูเลเตอร์ชนิดใช้การควบคุมอัตราการไหล ซึ่งเป็นระบบที่ไม่ใช้สารหล่อเย็นในการทำงาน ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้งาน และใช้งานได้ต่อเนื่องยาวนานเหมาะกับห้องปฏิบัติการที่มีตัวอย่างจำนวนมาก

BenchTOF2™ เครื่องแมสสเปคโตรมิเตอร์ที่รองรับการทำงานร่วมกับระบบ GCxGC ได้อย่างมีประสิทธิภาพพร้อมด้วยฟังก์ชัน Tandem Ionisation เพื่อตอบโจทย์งานวิเคราะห์วิจัยได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น

ChromCompare+ ซอฟแวร์สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องมือและประมวลผลการวิเคราะห์ของระบบ GCxGC ที่มีฟังก์ชันการวิเคราะห์ครอบคลุมทั้งการวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ตลอดจนฟังก์ชัน การประมวลผลข้อมูลเชิงสถิติต่างๆ

ติดตามแอพพลิเคชั่นอื่น ๆ ได้ที่ https://www.scispec.co.th

SciSpec

บริษัท ซายน์ สเปค จำกัด
10 กาญจนาภิเษก ซอย 0010 แยกสอง
เขตบางแค กทม. 10160
โทร 02-454-8533

/scispec

@scispec

ThermoFisher SCIENTIFIC