หลักการและประโยชน์ของ GC - MS

เรืองศิลป์ จินตนาสมบัติ

บทนำ

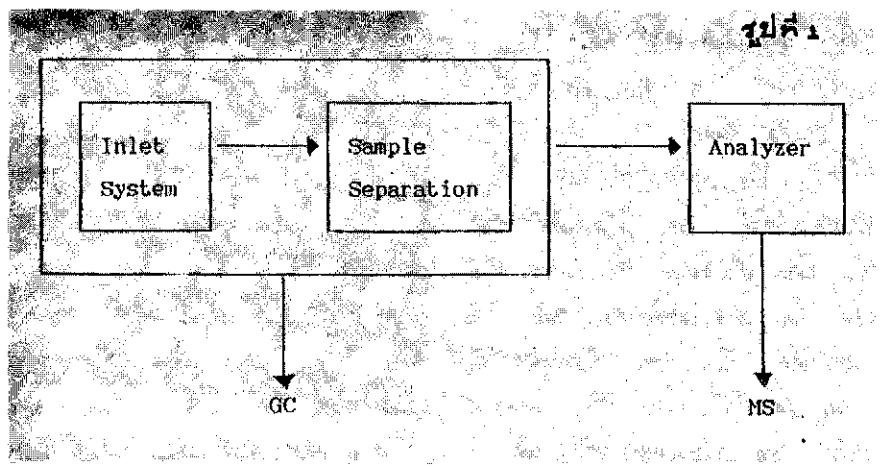
GC - MS เป็นเครื่องมือวิเคราะห์สารตัวอย่างที่นำเครื่อง Gas Chromatograph (GC) มาต่อเข้ากับเครื่อง Mass Spectrometry (MS) โดยที่ GC จะมีหน้าที่เป็นส่วนแยกตัวอย่างแล้วนำสารตัวอย่างเข้าสู่เครื่อง MS ในส่วนของ GC นั้น จะใช้คอลัมน์เป็นแบบ capillary column และใช้ก๊าซฮีเลียม เป็นก๊าซพา (carrier gas) เท่านั้น

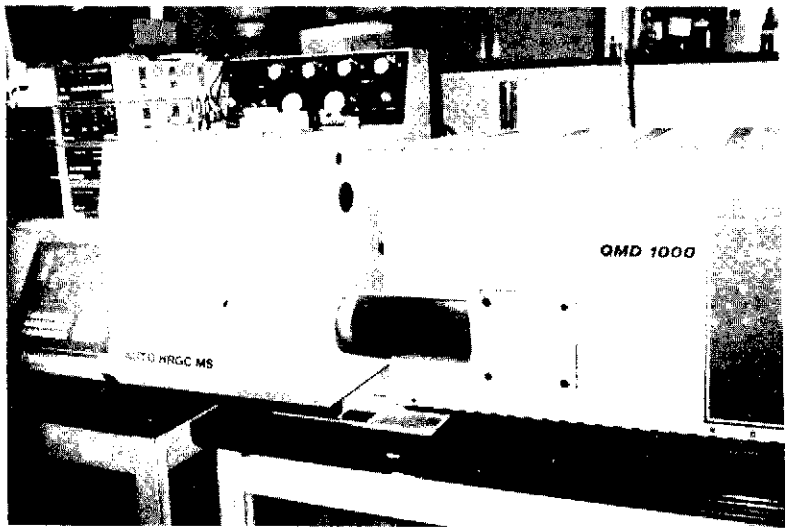
จากหลักการข้างต้น จะเห็นได้ว่า GC - MS อาศัยการทำงานของเครื่อง GC ซึ่งใช้แยกพวกก๊าซหรือสารที่ระเหยง่าย โดยอาศัยหลักการที่สารนั้นถูกดูดซับหรือแผ่กระจายไปในระหว่าง stationary phase และ mobile phase ซึ่ง stationary phase อาจจะเป็นของแข็งหรือของเหลวที่เคลือบอยู่บนของแข็งก็ได้ และ mobile phase เป็นก๊าซ สำหรับความสามารถในการวิเคราะห์ของเครื่อง GC นั้นได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์สารปริมาณน้อย ๆ ได้ ในระดับไมโครกรัมหรือน้อยกว่า ด้วยวิธีการที่ง่าย รวดเร็ว สารที่ออกจากเครื่อง GC จะเป็นสารบริสุทธิ์ในสถานะก๊าซรวมกับก๊าซพา เมื่อนำเครื่อง GC มาประกอบกับเครื่อง MS โดยเครื่อง MS จะทำหน้าที่เป็นเครื่องตรวจวัด (detector) ชนิดหนึ่งของ GC ในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและมวลโมเลกุลของสาร โดยมีหลักการที่ว่าเมื่อโมเลกุลของสารตัวอย่างในสภาวะก๊าซเข้าสู่เครื่อง MS จะถูกทำให้กลายเป็นไอออนที่มีประจุบวก แล้วแยกไอออนและส่วนที่เกิดจากการ fragmentation ของไอออนออกจากกันตามค่ามวลต่อประจุ (mass to charge ratio หรือ m/c) ของไอออนเหล่านั้น หลังจากแยกไอออนเหล่านี้แล้วก็จะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดเพื่อบันทึกข้อมูลออกมาเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง relative abundance กับ m/C เรียกว่า mass spectrum จากหลักการที่กล่าวมา เครื่อง MS สามารถใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างบริสุทธิ์ที่มีปริมาณน้อยเป็นไมโครกรัมหรือน้อยกว่า โดยสารที่นำมาวิเคราะห์จะต้องระเหยง่ายพอควรและสามารถนำ mass spectrum มาใช้ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและมวลโมเลกุลของสารได้ โดยปกติสารตัวอย่างที่จะเข้าไปสู่ส่วนผลิตไอออน (ionization chamber) ของเครื่อง MS จะต้องอยู่ในสภาพก๊าซ ดังนั้นสารที่ออกจากเครื่อง GC จะต้องผ่านบริเวณที่เชื่อมต่อ (interface) ซึ่งบริเวณนี้ ทำให้สารอยู่ในสภาวะความดัน 10^{-4} - 10^{-7} ทอร์ และสามารถแยกก๊าซพาออกไป จะเหลือเฉพาะสารตัวอย่างเท่านั้นที่ผ่านเข้าสู่เครื่อง MS

กล่าวโดยสรุป GC - MS ถูกสร้างขึ้นมาโดยที่ต้องการให้ GC มีหน้าที่หลักในการแยก (separation) สารแต่ละชนิดในสารตัวอย่างออกจากกัน ส่วน MS จะทำหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของสารหรือยืนยันชนิดของสารตัวอย่างนั่นเอง โดยหลักการดังกล่าวสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ ดังรูปที่ 1

ปัจจุบันการใช้ GC - MS ในงานวิเคราะห์สารตัวอย่าง มีขั้นตอนไม่ซับซ้อน เนื่องจากมีการนำคอมพิวเตอร์มาควบคุมการทำงานทุกขั้นตอน โดยผู้ใช้เพียงแต่ศึกษาคำสั่งต่าง ๆ ที่สั่งให้เครื่องทำงาน รวมทั้งการวิเคราะห์ผลที่ได้ ก็มีโปรแกรมสำเร็จรูปที่ถูกบรรจุในคอมพิวเตอร์ไว้ โดยเฉพาะสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างของสารตัวอย่างที่เรียกว่า library searching เพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างของสารตัวอย่างกับโครงสร้างของสารที่ได้บรรจุข้อมูลไว้เรียบร้อยแล้ว ทำให้ GC - MS มีข้อได้เปรียบ (advantages) คือ สามารถแยกสารแต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบในสารตัวอย่างและวิเคราะห์สารแต่ละชนิดได้ในเวลาเดียวกัน จากที่กล่าวมานั้น จะเห็นได้ว่า GC - MS อาศัยหลักการของ GC และ MS เข้ามาประกอบกันโดยใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมการทำงานของ GC และ MS รวมทั้งการแสดงผลของการวิเคราะห์ด้วย ดังรูปที่ 2

รูปที่ 1





รูปที่ 2 GC - MS แบบหนึ่งที่ใช้อยู่ในประเทศเบลเยี่ยม โดยทางซ้ายในรูปจะเป็น GC ที่มีระบบฉีดสารตัวอย่างอยู่ด้านบน ส่วนทางขวามือในรูปจะเป็น MS และมีฝาครอบตรงกลางด้านล่างที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่าง GC กับ MS

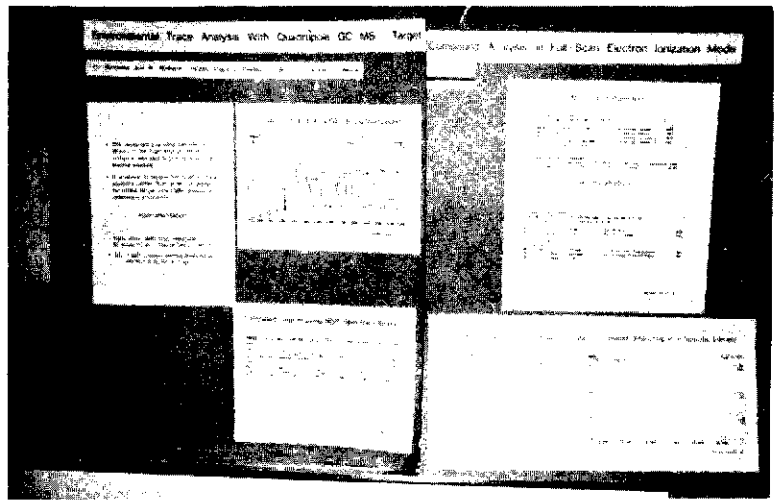
การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องด้วยเครื่อง GC - MS สามารถแยกพร้อมกับการวิเคราะห์ชนิดของสารได้ในเวลาเดียวกัน โดยที่ GC - MS จะมีประสิทธิภาพสูงมากในการนำมาใช้ยืนยัน (confirmation) ผลการวิเคราะห์ขั้นสุดท้ายหลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิธีการและเครื่องมือชนิดอื่น ๆ มาแล้ว เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วย GC - MS จะให้ผลถูกต้องถึง 99.99% และเนื่องจาก GC - MS ใช้สารตัวอย่างในปริมาณน้อย จึงถูกนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้าน Forensic Science เช่น ในประเทศแถบยุโรปตะวันตกและสหรัฐอเมริกาจะใช้ GC - MS ในการตรวจพิสูจน์ยาเสพติด โดยเฉพาะโคเคน เฮโรอีน และมอร์ฟีน รวมทั้งสารที่ได้จากกระบวนการ metabolites ของยา นอกจากนี้ยังใช้ในการวิเคราะห์วัตถุมีพิษ สารมีพิษชนิดต่าง ๆ ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม ดังรูปที่ 3

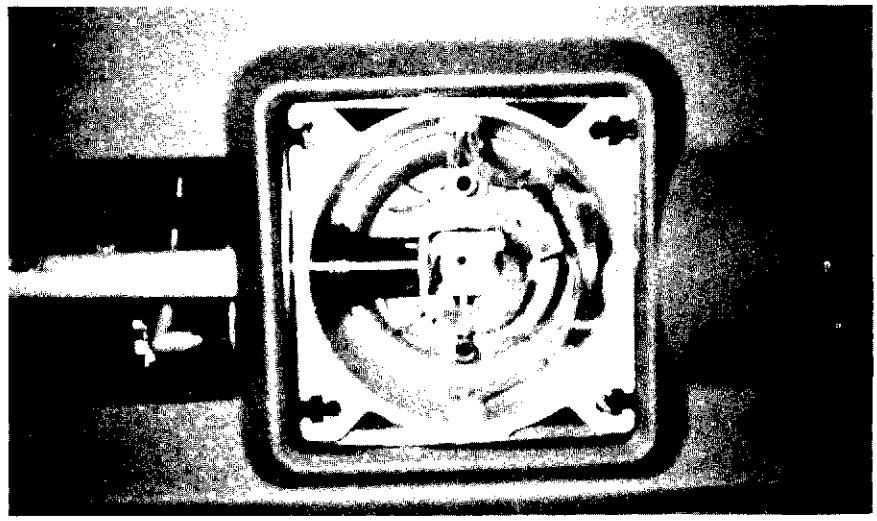
กล่าวโดยสรุปแล้ว GC - MS มักจะถูกนำไปประยุกต์ใช้เป็นประโยชน์ในงานที่เกี่ยวข้องกับกฎหมาย เนื่องจากให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องสูงมาก โดยเฉพาะผลการวิเคราะห์ที่มีผลทางอาญา ซึ่งต้องการผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องมากที่สุด รวมทั้งการวิเคราะห์และวิจัยสารที่มีองค์ประกอบซับซ้อน เพื่อที่จะหาโครงสร้างขององค์ประกอบนั้น ๆ

ปัญหาและอุปสรรค

GC - MS เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ที่มีส่วนประกอบละเอียดและซับซ้อนมาก ราคาจึงค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับเครื่องมือวิเคราะห์ชนิดอื่น นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์แต่ละครั้งก็สูง เพราะการใช้ก๊าซฮีเลียมที่มีความบริสุทธิ์ถึง 99.999% เป็นก๊าซพา เป็นก๊าซที่มีราคาแพง รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการดูแลบำรุงรักษาสูง และวิธีการดูแลแก้ปัญหาในการวิเคราะห์ (trouble shooting) ค่อนข้างยุ่งยากซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้เป็นอุปสรรคสำคัญ ตัวอย่างเช่นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่วิเคราะห์มวลในเครื่อง MS มีส่วนประกอบขนาดเล็กและละเอียดมาก ต้องใช้เทคนิคและวิธีการบำรุงรักษาเป็นพิเศษ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์สารมีพิษที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม ด้วยเครื่อง GC - MS ชนิดหนึ่ง ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงาน



รูปที่ 4 อุปกรณ์วิเคราะห์มวลแบบ Quadrupole ท่อสีขาวทางซ้ายมือในรูป เป็นท่อที่ต่อจาก GC มายัง MS

ปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของการใช้ GC - MS คือสถานที่ตั้งและสภาพแวดล้อม เช่น ระดับอุณหภูมิ ความชื้น รวมทั้งระบบไฟฟ้าและอื่น ๆ ดังนั้นแนวความคิดในการที่จะนำ GC - MS มาใช้งานซึ่งจากที่กล่าวถึงปัญหาและอุปสรรคข้างต้นนั้น อาจจะสรุปได้ว่าความสามารถของ GC - MS ที่จะนำมาใช้นั้นมีประโยชน์ต่องานวิเคราะห์และวิจัยมากกว่าปัญหาต่าง ๆ ซึ่งสามารถแก้ไขได้

เอกสารอ้างอิง

1. Skoog D A and West D M. **Principles of instrumental analysis,** Second Edition, Holt-saunders, Japan 1980
2. วิชัย ริ้วตระกูล การประยุกต์สเปคโตรสโคปีในเคมีอินทรีย์. นำอักษรการพิมพ์, พ.ศ. 2526
3. เพริศพิชญ์ คณาธารณา ทฤษฎีแกสโครมาโตกราฟี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2526

ปูนซีเมนต์แมกนีเซียมออกซิคลอไรด์

ดร.สุจินดา โชติพานิช

ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุที่มีประโยชน์กับโลกมนุษย์เราอย่างยิ่ง นอกจากเป็นวัสดุสำคัญสำหรับการก่อสร้างแล้ว ยังใช้ในงานอื่น ๆ ได้อีกมาก ปูนซีเมนต์มีอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดมีส่วนประกอบทางเคมี คุณสมบัติ ตลอดจนความเหมาะสมในการใช้งานต่างกันออกไป ชนิดที่พวกเราทุกคนรู้จักดี คือปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ เพราะถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในการก่อสร้างอาคาร บ้านเรือน ที่อยู่อาศัย และถนนหนทางทั่วไป ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ทำจากการเผาวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ หินปูนกับหินดินดานในเตาหมุนที่อุณหภูมิสูง เกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมซิลิเคตขึ้น สารดังกล่าวจะทำปฏิกิริยากับน้ำและแข็งตัว ยึดติดแน่นกับสารอื่นที่ผสมเติมเข้าไป เกิดโครงสร้างที่แข็งแรง ทนต่อการใช้งานที่ตากแดดตากฝนตลอดเวลาได้ดี นอกจากปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์แล้ว ยังมีปูนซีเมนต์อีกชนิดหนึ่งซึ่งน่าสนใจยิ่ง เพราะมีสมบัติเด่นอยู่หลายประการ เหมาะกับการใช้งานพิเศษเฉพาะด้าน ปูนซีเมนต์ดังกล่าว คือ ปูนซีเมนต์แมกนีเซียมออกซิคลอไรด์

ปูนซีเมนต์แมกนีเซียมออกซิคลอไรด์มีชื่อเรียกหลายชื่อ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ซอเรล (Sorel) ปูนซีเมนต์แมกนีไซต์ ปูนซีเมนต์แมกนีเซียมพลาสติก เป็นต้น ได้มีการค้นพบปูนชนิดนี้ในปี ค.ศ. 1867 โดยนักวิทยาศาสตร์ชื่อ ซอเรล มีสมบัติดีกว่าปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์หลายประการ อาทิ ไม่จำเป็นต้องบ่มเปียก ทนไฟได้ดี มีสภาพนำความร้อนต่ำ ทนต่อการ