การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาสูบด้วยการตรวจวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยง่าย

ผู้จัดทำ ดร. ณัฐนี ตั้งกิจอนันต์สิน และ รศ.ดร. ชฎิล กุลสิงห์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

วัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ยาสูบ เช่น ก้นกรอง กระดาษห่อก้นกรอง วัสดุแต่งกลิ่น ตลอดจนยาสูบมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาสูบ ทั้งในด้านกลิ่นและลักษณะทางกายภาพอื่นๆ ซึ่งส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ที่ผ่านมาการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาสูบโดยมากมุ่งเน้นไปที่ประสิทธิผลของการเผาไหม้และสารที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาไหม้ แต่การวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยง่ายในวัตถุดิบเพื่อควบคุมคุณภาพยังไม่แพร่หลายมากนัก ซึ่งคุณภาพวัตถุดิบที่เปลี่ยนแปลงไป อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาสูบทั้งในด้านสีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์ได้

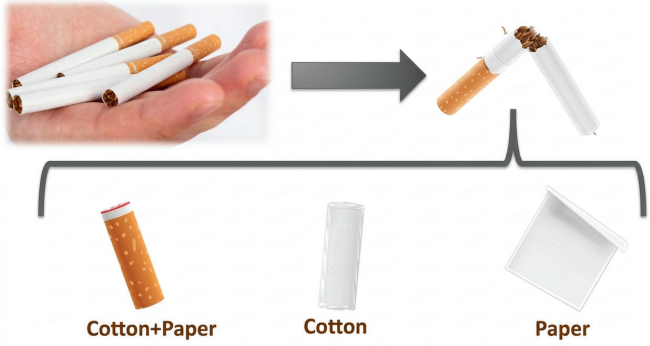
ในทางอุตสาหกรรม มีรายงานปัญหาเกี่ยวกับกลิ่นของผลิตภัณฑ์ที่ผิดปกติและการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น สีของกระดาษหรือก้นกรองมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวอาจเกิดจากสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) ที่อาจถูกปลดปล่อยจากวัตถุดิบ และสามารถถ่ายโอนหรือดูดซับไปยังวัสดุอื่นภายในระบบเดียวกันได้ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์สาร VOCs ในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์จึงมีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ตลอดจนการแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตระดับอุตสาหกรรม

Gas chromatography – Ion Mobility Spectrometry (GC-IMS) เป็นเทคนิคที่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการศึกษาสารระเหยในระดับปริมาณต่ำ เนื่องจากมีความไวสูง ใช้เวลาวิเคราะห์สั้น และสามารถให้ข้อมูลลักษณะเฉพาะของสารระเหยในรูปแบบ Fingerprint ได้นอกจากนี้การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เชิงพหุ (multivariate analysis) เช่น Principal Component Analysis (PCA) ช่วยเพิ่มศักยภาพในการจำแนกและเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคแบบดั้งเดิม เช่น GC-MS นั้น GC-IMS มีจุดเด่นด้านความไวต่อสารกลุ่ม VOCs ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ แต่ใช้ปริมาณตัวอย่างน้อยกว่าและให้ผลลัพธ์ในรูปแบบ two-dimensional separation (retention time × drift time) ซึ่งเพิ่มความสามารถในการจำแนกสารในตัวอย่างที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว

บทความนี้กล่าวถึงการวิเคราะห์สาร VOCs ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ยาสูบ เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบที่เป็นกลิ่นสังเคราะห์ต่อโปรไฟล์ของสาร VOCs ที่ตรวจวัดได้ในผลิตภัณฑ์ยาสูบ ซึ่งจะช่วยในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาสูบได้

วิธีวิเคราะห์

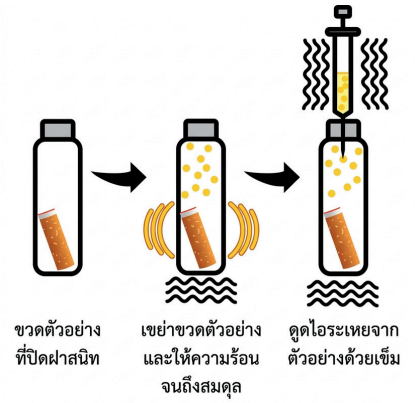
ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ยาสูบ 2 ตัวอย่างที่ใช้วัตถุดิบกลิ่นสังเคราะห์แตกต่างกัน โดยตัวอย่าง No.1 คือตัวอย่างควบคุม และตัวอย่าง No.2 คือตัวอย่างที่เปลี่ยนวัตถุดิบแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของกระดาษห่อก้นกรอง จากนั้นทั้งสองตัวอย่างถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1).ก้นกรอง + กระดาษห่อก้นกรอง 2).ก้นกรอง และ3).กระดาษห่อก้นกรองดังรูปที่1 เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อด้วยเครื่อง Headspace-GC-IMS ดังแสดงในรูปที่ 2



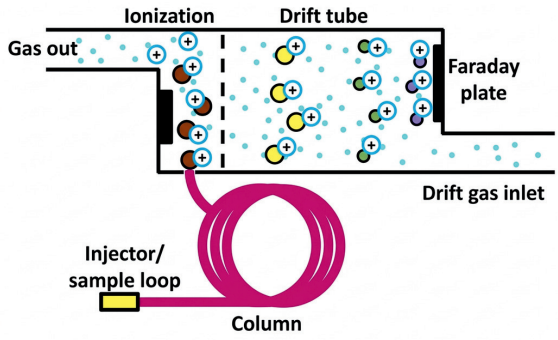
รูปที่ 1 วิธีการแยกชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ยาสูบเพื่อวิเคราะห์สาร VOCs ด้วย GC-IMS

รูปที่ 2 เครื่อง GC-IMS พร้อมเครื่องฉีดสารอัตโนมัติ

วิธีการสกัดตัวอย่างแบบเฮดสเปซตัวอย่างถูกบรรจุในขวดปิดผนึกและให้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุม เพื่อให้สารระเหยเข้าสู่สมดุลในเฟสก๊าซเหนือผิวตัวอย่าง (headspace equilibrium) จากนั้นจึงดูดไอระเหยVOCs ฉีดเข้าสู่ GC-IMS เพื่อแยกและวิเคราะห์ถัดไปดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4

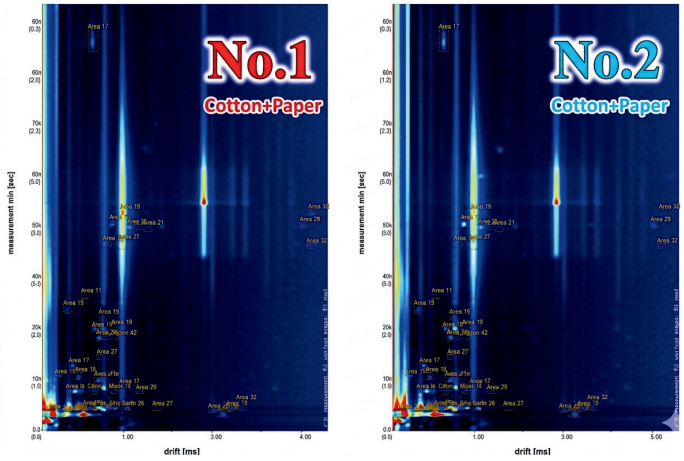


รูปที่ 3 แสดงการสกัดสาร VOCs แบบเฮดสเปซ



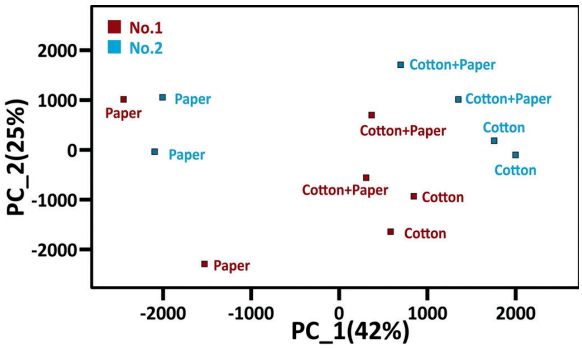
รูปที่ 4 แสดงการทำงานของเครื่อง GC-IMS (การแยกแบบ 2 มิติ)

ผลการวิเคราะห์



รูปที่ 5 โครมาโตแกรมเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่าง No.1 และ ตัวอย่าง No.2

จากรูปที่ 5 พบว่ามีความความแตกต่างของ VOCs ที่ตรวจวัดได้โดยในตัวอย่าง No.2 จะมีจำนวนของสาร VOCs ที่ตรวจวัดได้มากกว่าตัวอย่าง No.1 เพื่อการเปรียบเทียบที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้นจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต่อด้วย PCA โดยได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 6

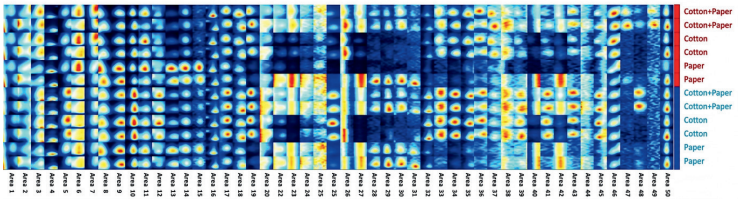


รูปที่ 6 PCA score plot

หลังจากที่ได้ผลการวิเคราะห์ในรูปแบบโครมาโตแกรมของการแยกสารผสมเรียบร้อยแล้ว จึงนำ VOCs profile ที่ได้มาศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปแบบ PCA ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 5 จากกราฟ PCA score plot PC1 = 42%, PC2 = 25% รวมอธิบายความแปรปรวนได้ 67% ถือว่าเพียงพอสำหรับการแยกกลุ่มตัวอย่าง

1.การแยกกลุ่มระหว่าง No.1 และ No.2

ตัวอย่าง No.1 และ No.2 แยกออกจากกันอย่างชัดเจนตามแนว PC1 แสดงว่าการเปลี่ยนกลิ่นสังเคราะห์ของวัตถุดิบมีผลต่อ VOCs profile อย่างมีนัยสำคัญ โดยตัวอย่าง No.2 เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของกระดาษห่อก้นกรองระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการเลื่อนตำแหน่งบน PCA อย่างเป็นระบบ



รูปที่ 6 แสดงตัวอย่าง Fingerprints

2.ผลการวิเคราะห์ขนาดสัญญาณของสาร VOCs ที่ตรวจวัดได้ (GC-IMS fingerprints)

จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าในตัวอย่าง No.2 มีสาร VOCs มากกว่า และ VOCs บางชนิดมีขนาดสัญญาณสูงกว่าในตัวอย่างNo.1 ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของตัวอย่างNo.2 ที่กระดาษห่อก้นกรองเกิดการเปลี่ยนสีระหว่างการเก็บรักษา

โดยขนาดสัญญาณของกลุ่มสาร VOCs ช่วงต้น–กลางของการวิเคราะห์มักสัมพันธ์กับสารกลุ่ม aldehydes, ketones และ small oxygenated ซึ่งเป็นกลุ่มสาร VOCs ที่ให้กลิ่น และอาจจะส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ ผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ดังนั้นในตัวอย่าง No.2 อาจจะมีสารเติมแต่งบางชนิดที่เกิดความเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ทำให้สารเหล่านี้ระเหยออกมาดูดซับเข้าสู่กระดาษ ส่งผลให้เกิดความเปลี่ยนแปลงทั้งสีและกลิ่นของกระดาษห่อก้นกรองนั่นเอง

สรุปผล

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเทคนิค GC-IMS ร่วมกับการวิเคราะห์ผลด้วย PCA มีประสิทธิภาพในการจำแนกความแตกต่างของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ยาสูบที่มีการเปลี่ยนแปลงวัสดุหรือวัตถุดิบ แล้วเกิดการปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ได้อย่างชัดเจน โดยตัวอย่าง No.2 ซึ่งใช้วัตถุดิบชนิดใหม่แสดงรูปแบบของสารVOCs ที่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม No.1 อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในระดับ GC-IMS fingerprints และในระดับขนาดสัญญาณของสาร VOCs โดยผลการศึกษานี้บ่งชี้ว่ากระดาษห่อก้นกรองเป็นแหล่งกำเนิดหลักของการเปลี่ยนแปลง ซึ่งสาร VOCs ที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่าง No.2 แตกต่างจากตัวอย่าง No.1 อย่างชัดเจน ซึ่งสาร VOCs ดังกล่าวอาจจะเกิดการถ่ายโอนหรือถูกดูดซับจากวัตถุดิบไปยังวัสดุที่ใช้เป็นกระดาษห่อก้นกรอง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นและการเปลี่ยนสีของกระดาษ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการตรวจวัดสารVOCsในวัตถุดิบมีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตลอดจนสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

สำหรับการนำเทคนิค GC-IMS ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมคุณภาพการผลิต หรือ การตรวจสอบระบบของกระบวนการผลิตโดยนำผลการวิเคราะห์ VOCs ที่ตรวจวัดได้ของผลิตภัณฑ์ที่ถูกกำหนดเป็นมาตรฐานเปรียบเทียบกับตัวอย่าง ทำให้สามารถคัดกรองคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้อย่างรวดเร็ว ลดขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างอีกทั้งการดูแลรักษาเครื่องมือยังทำได้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายต่ำเพราะทั้งระบบใช้เพียงแก๊สไนโตรเจนและไม่ต้องทำงานภายใต้ระบบสุญญากาศอีกด้วย

บริษัท ซายน์ สเปค จำกัด
10 ซอยกาญจนาภิเษก 0010 แยกสอง
เขตบางแค กทม. 10160
โทร 02 454 8533

thermo scientific
Authorized Distributor

scispec @scispec www.scispec.co.th