การตรวจการคงอยู่และการถ่ายโอนน้ำหอม โดยเทคนิค Dynamic headspace Gas chromatography-flame ionization detector (HS-GC-FID) สำหรับการประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์

Forensic Application of Headspace Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (HS-GC-FID) to the Examination of Persistence and Transfer of Fragrance

ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง[1] ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี[1] อรทัย เขียวพุ่ม[2] ปิยาภา จันทร์มล[1] และ รักษ์ชนก อินทรสุขศรี[1]

Sirirat Choosakoonkriang[1], Supachai Supalaknari[1], Orathai Kheawpum[2] Piyapa Junmon[1] and Rakchanok Intrarasuksri[1]

[1] ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ [2] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม

[1] Department of Chemistry, [2] Department of Physics, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakorn Pathom, Thailand, 73000

E- mail: Sirirat_157@yahoo.com Tel. 087-6647041

บทคัดย่อ

การถ่ายโอนน้ำหอมสามารถใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ในการจำลองสถานการณ์และยืนยันการสัมผัสกับวัตถุหรือบุคคล งานวิจัยนี้ใช้เทคนิค Dynamic headspace gas chromatography-flame ionization detector (DHS-GC-FID) ตรวจวัดน้ำหอมบนผ้าฝ้ายสีขาวและที่ถูกถ่ายโอนจากการสัมผัส โดยน้ำหอมถูกหยดลงบนผ้าฝ้ายที่สะอาด เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1, 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมงก่อนวิเคราะห์ด้วย DHS-GC-FID ผลการวิจัยพบ α-pinene, β-pinene, d-limonene และ terpinene เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำหอม การศึกษาการคงอยู่ของน้ำหอมพบปริมาณหายไปถึง 90% ภายหลังเก็บไว้ 1 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามยังคงตรวจพบน้ำหอมแม้เก็บผ้าไว้นาน 24 ชั่วโมง (< 5%) การศึกษาพลศาสตร์การถ่ายโอนน้ำหอมกับเวลาของการสัมผัสกับผ้าที่หยดน้ำหอม เมื่อเวลาที่ผ้าสัมผัสกันนานขึ้น (10 - 60 นาที) ตรวจพบจำนวนองค์ประกอบของน้ำหอมมากขึ้นบนผ้าชิ้นที่มาสัมผัส ผลการศึกษาแสดงองค์ประกอบในน้ำหอมที่ระเหยได้ง่ายจะติดอยู่บนผ้าได้ไม่นานและมีโอกาสน้อยที่จะถ่ายโอนไปยังผ้าที่นำมาสัมผัส ผลการทดลองแสดงว่าการใช้วิธีนี้ในการตรวจยืนยันการถ่ายโอนของน้ำหอมอาจช่วยพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

คำสำคัญ : แก๊สโครมาโทรกราฟี น้ำหอม นิติวิทยาศาสตร์

Abstract

Transferred trace fragrances can properly be used in forensic reconstruction scenarios and can help to identify contacts between objects or people. The aim of this work was to study the application of Dynamic Headspace Gas Chromatography equipped with flame Ionization detector (DHS-GC-FID) to the detection of perfume traces on fabrics and the transfer of perfume from fabric contact. Perfume were deposited on white cotton swatches and kept at room temperature for 1, 3, 6, 12 and 24 hours before analyzing by DHS-GC-FID. The most often found fragrance ingredients were α-pinene, β-pinene, d-limonene and terpinene. The persistence of perfume on cotton cloths was

investigated. Approximately 90% losses in the contents of all perfume components were observed in the samples collected at 1 hours after deposition. However, the perfume components on the cloths kept for 24 hours were still detected (< 5%). The dynamics of perfume transfer as a factor of perfume contact time was also studied by placing another cotton swatch in contact with the one with perfume deposition. The longer contact time (10 - 60 minutes) contributed to a higher number of perfume components being transferred onto the contact cotton swatch. The results suggested that when the perfume component was more volatile the less persistence of it on the fabric would be and the perfume components was less likely to be transferred onto another swatch. This study demonstrates the capability of the method used to identify the fragrance transfer that may be applicable in cases of forensic examination.

Keywords : Gas Chromatography, Perfumes, Forensic Science

1. บทนำ

ในกระบวนการยุติธรรม พยานหลักฐานสามารถนำมาซึ่งการพิสูจน์ความจริงของคดีนั้น ๆ พยานหลักฐานแบ่งออกเป็นประเภทได้หลายลักษณะ เช่น พยานบุคคล คือ บุคคลที่มาเบิกความต่อศาลด้วยวาจา พยานเอกสาร คือ ข้อความใด ๆ ในเอกสารที่มีการอ้างเป็นพยาน พยานวัตถุ คือ วัตถุสิ่งของที่คู่ความอ้างเป็นพยาน พยานผู้เชี่ยวชาญ คือ พยานบุคคลซึ่งเป็นผู้มีความรู้เชี่ยวชาญในศาสตร์สาขาใดสาขาหนึ่ง (Khmerwe, 2014) นิติวิทยาศาสตร์ เป็นศาสตร์ที่ผสานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทุกสาขามาประยุกต์ใช้กับพยานหลักฐานประเภทพยานวัตถุ เพื่อประโยชน์ต่อกระบวนการยุติธรรม สามารถใช้ในการคลี่คลายปัญหา นำมาใช้พิสูจน์ข้อเท็จจริงในคดีความต่าง ๆ เพื่อผลในการบังคับใช้กฎหมายและการลงโทษ (Techasomboon, 2017) การนำนิติวิทยาศาสตร์มาใช้ในกระบวนการยุติธรรมเริ่มขึ้นในต่างประเทศตั้งแต่กลางศตวรรษที่ 18 เป็นต้น อาทิเช่น ใช้ลายนิ้วมือในการยืนยันตัวบุคคล ตรวจลักษณะที่แตกต่างกันของปลอกกระสุนปืนที่ยิงออกจากปืนแต่ละกระบอก และการใช้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุมาเปรียบเทียบกับลายพิมพ์ดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัย เป็นต้น ซึ่งวิธีการตรวจพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์เหล่านี้ได้รับการพัฒนามาโดยตลอด และยังคงใช้อยู่อย่างต่อเนื่องเรื่อยมา (Srima, 2020) ปัจจุบันมีการนำนิติวิทยาศาสตร์มาใช้ในกระบวนการยุติธรรมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถพิสูจน์ได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ที่สำคัญคือพยานวัตถุ ซึ่งพยานวัตถุสามารถนำมาพิสูจน์ข้อเท็จจริงที่เกี่ยวพันกับประเด็นแห่งคดีอยู่ในวัตถุพยานเอง การศึกษาหาความสัมพันธ์ของพยานวัตถุที่ได้มีทฤษฎีที่สำคัญที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้กับการพิสูจน์หลักฐาน นั่นคือ Locard’s exchange principle หรือ Locard’s theory เป็นทฤษฎีซึ่งพัฒนาจากแนวความคิดที่ว่า “ทุกการสัมผัสจะมีการทิ้งร่องรอย” (Every contact leaves a trace) โดยมีการพิสูจน์และนำไปใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะการตรวจหาร่องรอยต่าง ๆ โดยมีหลักการ คือ เมื่อวัตถุ 2 ชิ้น สัมผัสกันจะเกิดการแลกเปลี่ยนบริเวณพื้นผิวที่สัมผัสกันของวัตถุนั้น (Forensicchula, 2004)

น้ำหอมมีการใช้กันอย่างแพร่หลายโดยคนจำนวนมาก ทั้งชายและหญิงสวมใส่น้ำหอมในชีวิตประจำวันในหลาย ๆ ประเทศน้ำหอมถูกมองว่าเป็นส่วนที่ขาดไม่ได้ของชีวิตและการเพิ่มจำนวนผู้สวมใส่น้ำหอมในชีวิตประจำวันทั้งชายและหญิงมีมากขึ้น น้ำหอมประกอบไปด้วย น้ำมันหอมระเหย สารประกอบที่ให้กลิ่นหอม แอลกอฮอล์ และน้ำ โดยน้ำหอมให้กลิ่น ซึ่งกลิ่นเป็นโมเลกุลขนาดเล็กที่เบาลอยอยู่ในอากาศ เนื่องจากน้ำหอมเป็นสารเคมีหลายชนิดผสมกันจึงมีกลิ่นที่ผสานกัน โดยกลิ่นของน้ำหอมจะขึ้นอยู่กับการระเหยของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบต่าง ๆ ในน้ำหอมจะแสดงกลิ่นออกมาในเวลาที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดโมเลกุลของน้ำหอมโดยกลิ่นสารประกอบของกลิ่นหอมที่พบได้ในธรรมชาติ เช่น อัลดีไฮน์และคีโตน โมเลกุลเหล่านี้มีน้ำหนักเบาและมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดี จึงถูกนำมาใช้เป็นต้นแบบของสารสังเคราะห์ที่เป็นส่วนผสมในน้ำหอม (Katajit, 2018) เนื่องจากน้ำหอมมีส่วนประกอบที่ระเหยได้โดยธรรมชาติ

โดยสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของน้ำหอม ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจะระเหยเร็วกว่าองค์ประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ เนื่องมาจากความสามารถในการกลายเป็นไอที่แตกต่างกัน ผิวหนังและเสื้อผ้าสามารถดูดซับน้ำหอมได้อย่างง่ายดายจากการใช้โดยตรง หรือการสัมผัสกับวัตถุที่มีกลิ่นหอมหรือสัมผัสกับอากาศที่มีสารเคมีที่เป็นส่วนผสมในน้ำหอม (Davidson, 2017; Kasting et al., 2007)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสำหรับการใช้งานทางนิติวิทยาศาสตร์ ที่มีเพิ่มมากขึ้น งานวิจัยของ Rastogi et al. (1995) ได้ศึกษาการวิเคราะห์น้ำหอมในเครื่องสำอางด้วยเทคนิค Gas chromatography - mass spectrometry (GC-MS) โดยทำการศึกษาองค์ประกอบในเครื่องสำอางเพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีที่อาจทำให้เกิดอาการแพ้ ซึ่งได้ศึกษาวิธีการเตรียมตัวอย่างการตั้งสภาวะการทดลองที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์องค์ประกอบที่ระเหยง่าย และในงานวิจัยของ Gordon และ Coulson ในปี 2004 ได้ตรวจสอบแป้งรองพื้น ที่เป็นเครื่องสำอางที่พบบ่อย และง่ายต่อการถ่ายโอนไปยังเสื้อผ้าโดยวิเคราะห์รอยเปื้อนของแป้งรองพื้น ตัวอย่าง 53 ชนิด ด้วยเทคนิค Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), Gas-Chromatography (GC-FID) และการวิเคราะห์ X-ray ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM-EDX) พบว่า เครื่องสำอางที่เปื้อนบนผ้าแค่ 5 ตารางมิลลิเมตร ก็สามารถตรวจพบได้ และสามารถจำแนกชนิดได้ โดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเหล่านี้ โดยเทคนิค FTIR, GC-FID และ SEM-EDX สามารถจำแนกความถูกต้อง คือ 98.3, 93.8 และ 82.0% ตามลำดับ และถ้าใช้เทคนิคทั้งสามนี้รวมกัน สามารถจำแนกได้ถึง 99.7% นอกจากนี้ในปี 2010 Snow และ Bullock ใช้เทคนิค Static headspace extraction-gas chromatography (SHE-GC) ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคนิคที่ใช้กันมากที่สุดสำหรับการวิเคราะห์สารประกอบที่ระเหยได้ง่าย ศึกษาการตรวจวัดน้ำหอมได้มีการศึกษาวิธีการในการวิเคราะห์ของวิธี SHE-GC ให้มีค่า sensitivity เพิ่มขึ้น เพื่อขยายช่วงการใช้งานของ SHE-GC และเพื่อพัฒนาวิธีการให้เป็นระบบมากขึ้น

Gherghel et al. (2016) ได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหอมโดยใช้เทคนิค Gas chromatography - mass spectrometry (GC-MS) เพื่อการวิเคราะห์ร่องรอยของน้ำหอม มีการทดสอบพลวัตของการถ่ายโอนน้ำหอมเพื่อประโยชน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ ผลการทดลองพบว่าเวลาที่ผ้าสัมผัสกับน้ำหอมมีผลต่อปริมาณน้ำหอมที่ตรวจวัดได้ นอกจากนี้เวลาที่ผ้าสัมผัสกับน้ำหอมส่งผลต่อองค์ประกอบของน้ำหอมที่เกิดการถ่ายโอน การศึกษานี้ยังชี้ให้เห็นว่าการสัมผัสสั้น ๆ เพียง 1 นาทีสามารถถ่ายโอนองค์ประกอบของน้ำหอมจำนวนมากได้ Gherghel et al. (2018) ได้พัฒนาการตรวจร่องรอยของสารประกอบอินทรีย์ระเหย (VOCs) ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง โดยวิธีการรวมกันของ headspace solid phase micro extraction (HS-SPME) และ chromatography - mass spectrometry (GC-MS) โดยศึกษาเวลาการสกัด และอุณหภูมิการสกัดที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสาร VOC มีการตรวจสอบความถูกต้องของวิธี เช่น ช่วงการวิเคราะห์ขีดจำกัดของการตรวจวัดและการหาเชิงปริมาณ ความแม่นยำ เป็นต้น วิธีง่าย ๆ ที่มีความไวสูงและมีความทนทานนี้มีศักยภาพที่จะเป็นตัวแทนของวิธีการที่มีประสิทธิภาพสำหรับการตรวจสอบน้ำหอมได้ ต่อมา Gherghel et al. (2019) ได้ทำการทดลองการถ่ายโอนน้ำหอมระหว่างผ้าสองชิ้นและนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค solid phase micro-extraction gas chromatography - mass spectrometry (SPME GC-MS) โดยศึกษาถึงระยะเวลาการคงอยู่ของน้ำหอมระยะเวลาในการสัมผัสและระยะเวลาการเสื่อมของน้ำหอมบนผ้าชิ้นแรกก่อนที่จะถ่ายโอนบนผ้าชิ้นที่สอง การทดลองพบว่าผ้าชิ้นที่สองสามารถตรวจพบน้ำหอมได้แม้เวลาสัมผัสระหว่างผ้าสองชิ้นจะสั้นเพียง 10 วินาทีและแม้ว่าน้ำหอมจะมีอายุมากขึ้นบนผ้าหลักนานถึง 48 ชั่วโมง

ปัญหาการก่อคดีข่มขืนในประเทศไทย ถือว่าเป็นคดีที่เกิดขึ้นและส่วนใหญ่จะยากต่อการจับตัวผู้กระทำผิดมาลงโทษ โดยมีผลสำรวจในปี พ.ศ. 2552-2556 มีการจับกุมได้เพียง 2,400 คดี จากที่แจ้งความไว้ทั้งหมด 4,000 คดี อย่างไรก็ตามจากการสำรวจสถิติอาชญากรรมภาคประชาชน (crime victimization survey) มีผู้หญิงตกเป็นเหยื่อของการถูกข่มขืนมากถึง 31,886 ราย คิดเฉลี่ยเป็น 87 รายต่อ 1 วัน หรือในทุก ๆ 15 นาทีจะมีเหยื่อจากการข่มขืน 1 ราย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่ไม่มีการแจ้งความกับตำรวจถึงประมาณ 87% (Aunahagate, 2014) ดังนั้นการหาพยานหลักฐานที่สามารถชี้ตัวผู้กระทำความผิดโดยปราศจากข้อสงสัยให้ศาลพิจารณาจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ เนื่องจากการสัมผัสใกล้ชิด

ระหว่างเหยื่อและผู้ต้องสงสัยในระหว่างการข่มขืน การวิเคราะห์กลิ่นหอมมีศักยภาพที่จะเป็นเครื่องมือทางนิติวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมที่สามารถใช้ในการปะติดปะต่อเรื่องราวที่เกิดขึ้นและอาจระบุประเภทของการติดต่อและระยะเวลาตั้งแต่ติดต่อได้ อย่างไรก็ตามสิ่งนี้จำเป็นต้องได้รับจากการศึกษาทดลองเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของน้ำหอมในรูปแบบของหลักฐาน

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์หลักคือเพื่อพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Dynamic headspace gas chromatography-flame ionization detector (DHS-GC-FID) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีอยู่ทั่วไปในห้องปฏิบัติการและเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว ที่ช่วยในการวิเคราะห์น้ำหอมจากเสื้อผ้าและศึกษาการคงอยู่ของน้ำหอมภายหลังการถ่ายโอน โดยการถ่ายโอนน้ำหอมสามารถเลียนแบบการถ่ายโอนน้ำหอมระหว่างเสื้อผ้าหรือระหว่างบุคคลเพื่อประเมินความสามารถในการตรวจจับของน้ำหอมที่ถูกถ่ายโอนได้ นอกจากนี้การถ่ายโอนน้ำหอมเป็นกระบวนการที่ไม่หยุดนิ่ง การศึกษานี้จึงต้องการทดสอบสมมติฐานที่ว่าอายุของน้ำหอมเพิ่มขึ้นนำไปสู่การตรวจพบของสารเคมีที่มีมวลโมเลกุลที่หนักกว่าบนเสื้อผ้าชิ้นที่สอง และระยะเวลาที่ผ้าสัมผัสกัน จะมีอิทธิพลของปริมาณของน้ำหอมที่ตรวจพบไปยังผ้าชิ้นที่สองเพื่อใช้ในการระบุหรือตรวจสอบอ้างอิงตัวบุคคลจากวัตถุพยานประเภทกลิ่นหรือสารที่สามารถระเหยได้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์

2. วิธีการทดลอง

2.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID)) รุ่น TRACE 1300 จากบริษัท Thermo SCIENTIFIC ประกอบกับอุปกรณ์ฉีดสารตัวอย่างอัตโนมัติ ITEX Dynamic Headspace Tool for TriPlus™ RSH Autosampler คอลัมน์ที่ใช้ BPX-5 (30m × 0.25 i.d.; 5% phenyl/ 95% methyl polysilphenylene), เครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปคสเปคโทรมิเตอร์ (Gas Chromatography-Flame ionization Detector/Mass spectrometer) รุ่น Trace 1310 GC จากบริษัท Thermo SCIENTIFIC ประกอบกับคอลัมน์ TraceGOLD TG-5MS GC Columns (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm), ขวดสำหรับฉีดสารตัวอย่าง (Head-space Vial) , ผ้าฝ้าย 100 %, น้ำหอมแบรนด์จากต่างประเทศ (Sample A, B, C, D, E) และน้ำหอมแบรนด์ท้องถิ่น (Sample F, G, H, I, J) ซึ่งเลือกซื้อจากร้านจำหน่ายน้ำหอมตามท้องตลาดและร้านจำหน่ายน้ำหอมทางออนไลน์

2.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์น้ำหอมด้วยเทคนิค In-Tube Extraction Dynamic Headspace Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (ITEX-DHS-GC-FID)

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำหอมเพื่อให้ได้สภาวะการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการแยกพีคของแต่ละองค์ประกอบ การทดลองโดยการเปลี่ยนอุณหภูมิของคอลัมน์เพื่อให้เหมาะสมกับเครื่องมือ อุปกรณ์ และมีประสิทธิภาพในการแยกพีค แสดงดังตารางที่ 1 ทำการวิเคราะห์โดยปิเปตตัวอย่างน้ำหอมปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใส่ลงในขวดสำหรับฉีดสารตัวอย่าง (Head space-Vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ITEX-DHS-GC-FID โดยตั้งอุณหภูมิอุปกรณ์ในการเตรียมตัวอย่างให้ระเหยกลายเป็นไอ (Incubator) ที่ 40°C เป็นเวลา 5 นาที อุณหภูมิเข็มสำหรับฉีดสารตัวอย่าง 45°C ปริมาตรในการนำเข้าสารตัวอย่าง 500 ไมโครลิตร อุณหภูมิบริเวณฉีดสารตัวอย่าง (Injector) 250°C ตั้งอัตราการนำสารเข้า (Split ratio) ที่ 5:1 อัตราการไหล (Flow rate) 1 มิลลิลิตรต่อนาที แก๊สตัวพาที่ใช้คือฮีเลียม (Helium) และอุณหภูมิของตัวตรวจวิเคราะห์ (Detector) 300°C ทำการทดลองกับน้ำหอมทั้ง 10 ตัวอย่าง ๆ ละ 3 ซ้ำ

ตารางที่ 1 สภาวะสำหรับการตั้งอุณหภูมิของคอลัมน์ใช้วิเคราะห์ด้วยเทคนิค ITEX-DHS-GC-FID

สภาวะที่	สภาวะที่ใช้ในการทดลอง
1	เริ่มต้นที่ 30°C คงไว้ 1 นาที เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจาก 30°C ถึง 240°C ด้วยอัตรา 20°C/นาที แล้วคงที่อุณหภูมิที่ 240°C เป็นเวลา 0.5 นาที
2	เริ่มต้นที่ 40°C คงไว้ 1 นาที เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจาก 40°C ถึง 240°C ด้วยอัตรา 20°C/นาที แล้วคงที่อุณหภูมิที่ 240°C เป็นเวลา 1 นาที
3	เริ่มต้นที่ 60°C คงไว้ 1 นาที เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจาก 60°C ถึง 240°C ด้วยอัตรา 20°C/นาที แล้วคงที่อุณหภูมิที่ 240°C เป็นเวลา 1 นาที
4	เริ่มต้นที่ 30°C คงไว้ 1 นาที เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจาก 30°C ถึง 60°C ด้วยอัตรา 10°C/นาที และเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นอีกครั้งจาก 60°C ถึง 240°C ด้วยอัตรา 20°C/นาที แล้วคงที่อุณหภูมิที่ 240°C เป็นเวลา 1 นาที

2.3 ศึกษาองค์ประกอบในน้ำหอมด้วย GC-MS

นำน้ำหอมแบรนด์ต่างประเทศและน้ำหอมแบรนด์ท้องถิ่นที่เลือกมาศึกษาองค์ประกอบที่อยู่ในน้ำหอมแต่ละองค์ประกอบโดยเทคนิค GC-MS เพื่อให้ทราบถึงสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของน้ำหอม โดยวิเคราะห์โดยใช้ สภาวะการทดลอง อุณหภูมิบริเวณฉีดสารตัวอย่าง (Injector) 250°C ตั้งอัตราการนำสารเข้า (Split ratio) ที่ 5:1 ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สสำหรับพาสารตัวอย่างเข้าคอมลัมน์ไปจนถึงตัวตรวจวิเคราะห์ อัตราการไหล (Flow rate) 1 มิลลิลิตรต่อนาที ตั้ง Solvent Delay 3 นาที และตั้งอุณหภูมิคอลัมน์ที่ 30°C คงไว้ 1 นาที เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจาก 30°C ถึง 240°C ด้วยอัตรา 25°C/นาที แล้วคงที่อุณหภูมิที่ 290°C เป็นเวลา 15 นาที ปริมาณสารที่ฉีดเข้าคอลัมน์มีปริมาตร 1 ไมโครลิตร ตั้งอุณหภูมิส่วนที่ไอของสารผ่านระหว่างเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟีกับเครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์ (Transfer Line) และบริเวณที่เกิดไอออน (Ion Source) ที่ 290°C วิธีที่ทำให้ไอของสารกลายเป็นไอออนคือ Electron Ionization (EI) ซึ่งตั้งค่าพลังงานอยู่ที่ 70 eV ค่ามวลต่อประจุ (m/z) ที่ใช้วิเคราะห์อยู่ในช่วง 10-400 amu. ตั้งค่าอัตราการวิเคราะห์ข้อมูลอยู่ที่ 2 spectra/s โดยเส้นสเปกตรัมจะเทียบกับโปรแกรม National Institute of Standards and Technology (NIST) รุ่น 2.3 เพื่อใช้เปรียบเทียบรูปแบบการแตกมวลของสารตัวอย่างกับข้อมูลของสารที่มีอยู่ในโปรแกรม

2.4 การวิเคราะห์การคงอยู่ของน้ำหอมด้วยเทคนิค ITEX-DHS-GC-FID

ผ้าฝ้าย 100% ซึ่งถูกเลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้เนื่องจาก ผ้าฝ้ายเป็นผ้าที่นิยมใช้สำหรับทำเครื่องแต่งกายในชีวิตประจำวัน โดยในการศึกษาครั้งนี้นำผ้ามาตัดเป็นชิ้นขนาด 3 x 3 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำไปวางบนกระจกนาฬิกาที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วปิเปตน้ำหอมตัวอย่างหยดลงไปบนผ้าปริมาตร 100 ไมโครลิตร โดยปริมาตรของน้ำหอม และพื้นที่ของผ้าที่ใช้จำลองมาจากการใส่น้ำหอมของบุคคลทั่วไป ซึ่งเป็นการฉีดน้ำหอมบริเวณข้อพับแขนหรือบริเวณซอกคอ ซึ่งการฉีดน้ำหอม 1 สเปรย์ คิดเป็นปริมาตรน้ำหอมประมาณ 300 ไมโครลิตร และมีพื้นที่สัมผัสประมาณ 3 x 9 เซนติเมตร แล้วปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเก็บตัวอย่างผ้าที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 9 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับภายหลังการหยดน้ำหอม หลังจากนั้นนำชิ้นผ้าใส่ลงในขวด Head space แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ITEX-DHS-GC-FID เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2.3 นำ Chromatogram ที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป ทำการทดลองซ้ำกับตัวอย่างน้ำหอมทั้ง 10 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ครั้ง

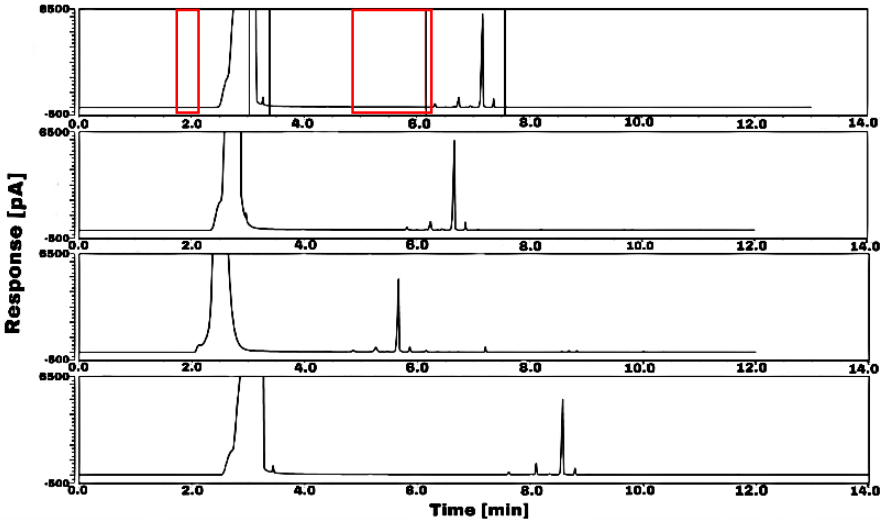
2.5 การวิเคราะห์การถ่ายโอนของน้ำหอมด้วยเทคนิค ITEX-DHS-GC-FID

ตัดผ้าฝ้าย 100% ขนาด 3 x 3 เซนติเมตร มา 2 ชิ้น โดยชิ้นแรกนำไปวางบนกระจกนาฬิกาที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว ปิเปตน้ำหอมตัวอย่างหยดลงไปบนผ้าปริมาตร 100 ไมโครลิตร จากนั้นนำผ้าชิ้นที่สองมาวางทับบนผ้าชิ้นที่ 1 จากนั้นปิดทับด้วยกระจกนาฬิกาอีกหนึ่งชั้น วางวัตถุน้ำหนัก 1 กิโลกรัมทับบนกระจกนาฬิกา ปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที, 30 นาที, และ 60 นาที เก็บตัวอย่างผ้าชิ้นที่สองใส่ลงในขวด Head space แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ITEX-DHS-GC-FID โดยตั้งสภาวะเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2.3 นำ Chromatogram ที่

ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป ทำการทดลองซ้ำกับตัวอย่างน้ำหอมทั้ง 10 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ครั้ง

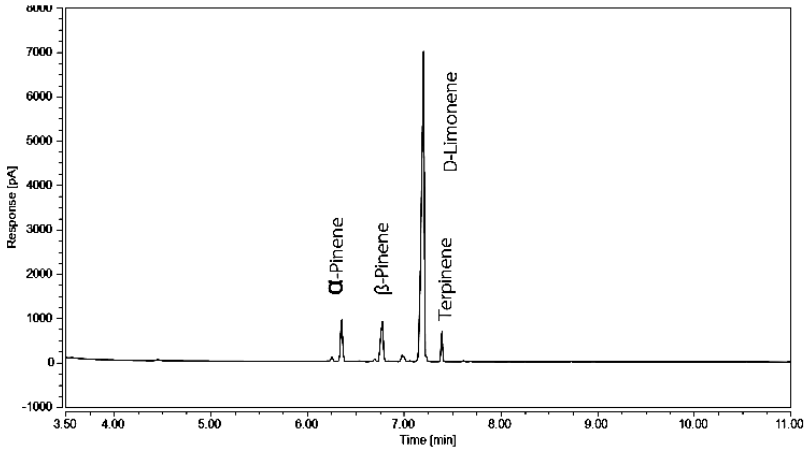
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

เมื่อนำน้ำหอมมาตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ITEX-DHS-GC-FID เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์น้ำหอม ได้ Chromatogram ของพีคต่าง ๆ ที่แสดงองค์ประกอบต่าง ๆ ในน้ำหอม ดังแสดงในภาพที่ 1 แสดง Chromatogram ของตัวอย่างน้ำหอมแบรนด์ต่างประเทศ (Sample A) โดยพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการทดลอง คือ เริ่มต้นที่ 30°C คงไว้ 1 นาที เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจาก 30°C ถึง 240°C ด้วยอัตรา 20°C/นาที แล้วคงที่อุณหภูมิที่ 240°C เป็นเวลา 0.5 นาที ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Chromatogram แสดงพีคของน้ำหอมเมื่อตั้งสภาวะอุณหภูมิคอลัมน์ที่สภาวะที่ (1) (2) (3) และ (4) ในตารางที่ 1 ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ผลของ Chromatogram ของตัวอย่างน้ำหอมเมื่อตั้งอุณหภูมิของคอลัมน์ต่าง ๆ พบว่าเมื่อตั้งอุณหภูมิของคอลัมน์ในสภาวะการทดลองที่ 1 ให้ผลที่เหมาะสมที่สุด โดยสังเกตจากพีคแรกที่เวลา 3.301 นาที สามารถแยกออกจากพีคของตัวทำละลายชัดเจนและเมื่อเทียบกับสภาวะการทดลองที่ 2 และ 3 ซึ่งเมื่อสังเกตจากพีคเมื่อเวลา 6-8 นาที (ภาพที่ 2) จะเห็นลักษณะของพีคที่เป็นองค์ประกอบของตัวอย่างน้ำหอมชัดเจน ไม่ซ้อนทับกัน และใช้เวลาน้อยกว่าในการวิเคราะห์ เมื่อเทียบกันกับสภาวะการทดลองที่ 4 ดังนั้นสภาวะที่ 1 จึงเป็นสภาวะที่เหมาะในการนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำหอมต่อไป



ภาพที่ 2 Chromatogram ของน้ำหอมแบรนด์ต่างประเทศ (Sample A) ที่ช่วงเวลา 3.50 - 11.00 นาที จากเทคนิค ITEX-DHS-GC-FID

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย Retention time (min) ขององค์ประกอบในน้ำหอม

Name	Average Retention Time (min) (n=3)	Standard Deviation
α-Pinene	6.327	0.022
β-Pinene	6.748	0.021
D-Limonene	7.169	0.026
Terpinene	7.364	0.021

เมื่อพิจารณาตัวอย่าง Chromatogram ของน้ำหอมแบรนด์ต่างประเทศ (Sample A) จากเทคนิค ITEX-DHS-GC-FID ที่แสดงดังภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าพีคแยกออกจากกันอย่างสมบูรณ์ สามารถทำการวิเคราะห์ภายในเวลา 11 นาที จาก Chromatogram ของน้ำหอมตัวอย่างนี้ พบพีคที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำหอมทั้งหมด อยู่ 4 พีค และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของน้ำหอมโดยใช้เทคนิค GC-MS โดยใช้การเปรียบเทียบกับการแตกมวลของพีคที่ Retention time ต่าง ๆ กับสารองค์ประกอบต่าง ๆ ในฐานข้อมูล MS ได้ผลการทดลองว่าองค์ประกอบหลักของน้ำหอมปรากฏพีคที่สูง ซึ่งทั้ง 4 องค์ประกอบนี้คือ α-Pinene, β-Pinene, D-Limonene, และ Terpinene (ตารางที่ 2) และเมื่อทำการทดลองวิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำหอมทั้ง 10 ตัวอย่าง ได้ผลการทดลองโดยแสดงเฉพาะองค์ประกอบหลักที่สำคัญเป็นองค์ประกอบในน้ำหอม ดังแสดงในตารางที่ 3

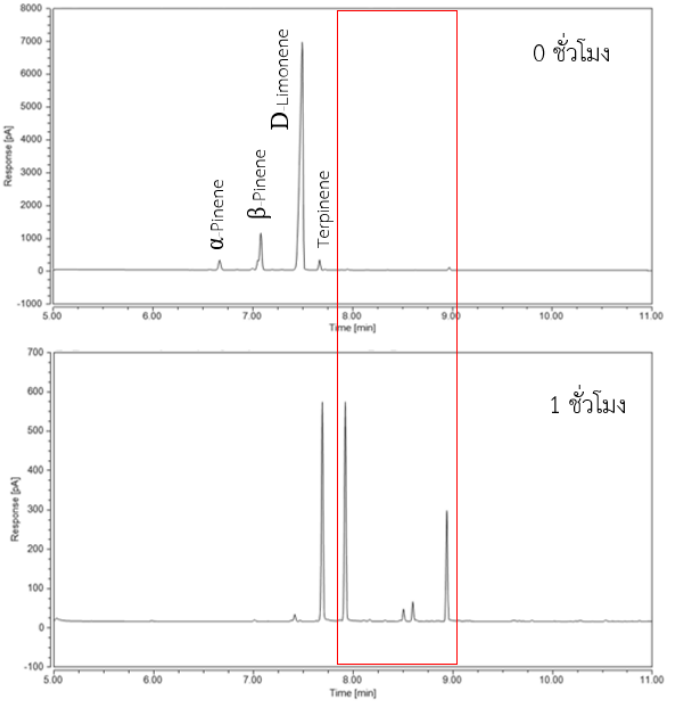
ตารางที่ 3 องค์ประกอบที่สำคัญของน้ำหอมตัวอย่างทั้ง 10 ชนิด

ชนิดน้ำหอม	องค์ประกอบที่สำคัญ
Sample A	α-Phellandrene, α-Pinene, Humulene, β-Pinene, trans- α-Bergamotene, D-Limonene, Terpinene
Sample B	α-Pinene, Santolina triene, β-Phellandrene, β-Pinene, β-Ocimene, D-Limonene, Terpinene
Sample C	Butanoic acid, α-Pinene, β-Phellandrene, β-Pinene, o-Cymene, Terpinene, Linalool, 3-Carene, Methyleugenol
Sample D	α-Pinene, 3-Carene, β-Pinene, o-Cymene, Terpinene, Linalool, Santolina triene
Sample E	α-Phellandrene, α-Pinene, β-Pinene, D-Limonene, Terpinene, o-Cymene
Sample F	α-Pinene, Santolina triene β-Pinene, D-Limonene, Terpinene, Linalool, 3-Carene, Methyleugenol
Sample G	α-Pinene, β-Pinene, o-Cymene, D-Limonene, Terpinene, trans-Rose oxide Methyleugenol

ชนิดน้ำหอม	องค์ประกอบที่สำคัญ
Sample H	Ethanolamine, 3-Carene, α-Pinene, α-Asarone, β-Myrcene, D-Limonene, Terpinene
Sample I	α-Pinene, β-Pinene, D-Limonene, Santolina triene
Sample J	α-Pinene, β-Phellandrene, β-Pinene, o-Cymene, D-Limonene, Terpinene

จากตารางที่ 3 พบว่าในน้ำหอมส่วนใหญ่ที่ใช้ในการทดลองนี้จะมีองค์ประกอบพื้นฐานเดียวกันทั้ง 4 องค์ประกอบ นั่นคือ α-Pinene, β-Pinene, D-Limonene, และ Terpinene ผลการทดลององค์ประกอบหลักที่ได้นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rastogi et al. (2001) ซึ่งพบสารเหล่านี้เป็นองค์ประกอบหลักที่พบบ่อยในผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหอมเป็นองค์ประกอบหลักที่ใช้ทั่วไปในครัวเรือนและสำนักงานนั่นเอง นอกจากองค์ประกอบทั้ง 4 แล้วจะมีพีคของสารที่เป็นองค์ประกอบอื่น ๆ ปรากฏขึ้นหลายสิบพีคซึ่งขึ้นอยู่กับตามกลิ่นและส่วนผสมที่แตกต่างกันของน้ำหอมแต่ละชนิด น้ำหอมแต่ละกลิ่นจึงมีองค์ประกอบที่หลากหลายและมีองค์ประกอบที่เฉพาะ ซึ่งในน้ำหอมแต่ละแบรนด์จะให้กลิ่นของน้ำหอมมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ซึ่งแต่ละพีคที่มีความเฉพาะเจาะจงกับน้ำหอมแต่ละตัว ผลการทดลองนี้อาจจะมีประโยชน์ในการยืนยันชนิด ยี่ห้อของน้ำหอมได้ และสามารถใช้พิสูจน์น้ำหอมแบรนด์แท้และน้ำหอมปลอมได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Teodoro et al. (2017) โดยเมื่อนำน้ำหอมไปศึกษาด้วยเทคนิค paper spray mass spectrometry พบว่าที่ตำแหน่งของพีคที่ปรากฏที่ Retention time เดียวกันจะสามารถระบุได้ว่าเป็นสารเคมีตัวเดียวกันแต่ปริมาณหรืออัตราส่วนที่ผสมในน้ำหอมจะแตกต่างกันและจะปรากฏที่พื้นที่ใต้พีคที่ไม่เท่ากัน และเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Rastogi et al. (1995) ที่สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ ในน้ำหอมในเครื่องสำอางด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟฟี

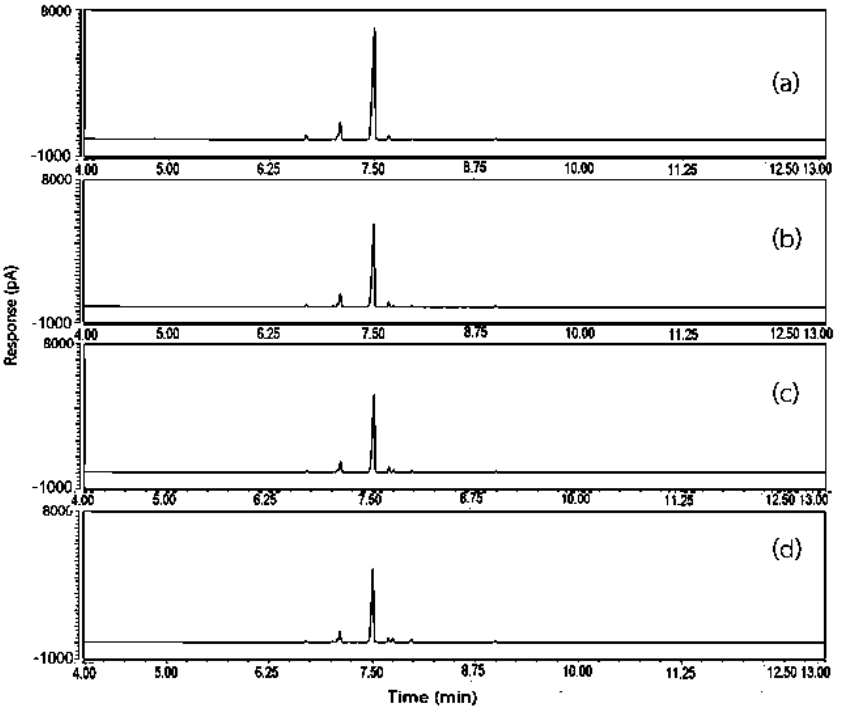
ในการทดลองวิเคราะห์การคงอยู่ของน้ำหอม ด้วยเทคนิค ITEX-DHS-GC-FID โดยการฉีดน้ำหอมลงบนผ้าฝ้ายแล้วปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเก็บตัวอย่างผ้าที่เวลา 0 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับเพื่อ นำไปวิเคราะห์โดยเทคนิค ITEX-DHS-GC-FID ได้ผล Chromatogram ดังตัวอย่างของน้ำหอมแบรนด์ต่างประเทศ (Sample A) แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 Chromatogram ของน้ำหอมแบรนด์ต่างประเทศ (Sample A) เมื่อฉีดลงบนผ้าแล้วปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องและเก็บตัวอย่างผ้ามาวิเคราะห์ที่เวลา 0 ชั่วโมง และ 1 ชั่วโมง

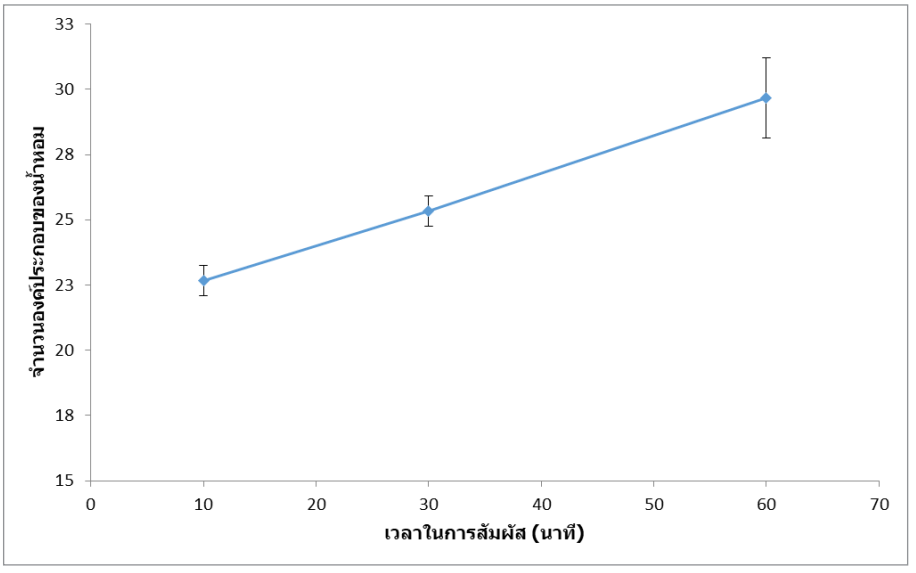
จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าพีคที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำหอมทั้ง 4 พีคคือ α-Pinene, β-Pinene, D-Limonene และ Terpinene ที่แสดงใน Chromatogram ที่เวลา 6.00-8.00 นาที แสดงพื้นที่พีคที่ลดลงอย่างชัดเจน เมื่อปล่อยทิ้งไว้ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าพื้นที่ใต้พีคของสารประกอบทั้ง 4 มีปริมาณหายไปประมาณมากกว่า 90% และภายหลังจากปล่อยทิ้งไว้นาน 3 ชั่วโมง ปริมาณสารดังกล่าวหายไปมากกว่า 95% และเมื่อพิจารณา Chromatogram ที่เวลา 7.30 - 9.00 นาที ในภาพที่ 3 ยังคงตรวจพบองค์ประกอบอื่น ๆ ของน้ำหอมจำนวนหนึ่ง ที่เวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง ซึ่งคาดว่าจะเป็นสารองค์ประกอบที่มีความสามารถในการระเหยกลายเป็นไอได้ช้ากว่าสารกลุ่มแรก อย่างไรก็ตามยังคงตรวจพบองค์ประกอบอื่น ๆ ของน้ำหอมจำนวนหนึ่ง ที่มีความสูงของพีคต่ำมาก แม้จะเก็บผ้าไว้ที่อุณหภูมิห้องนานถึง 24 ชั่วโมง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ Chromatogram ของน้ำหอมที่เวลาเริ่มต้น ซึ่งเมื่อทดสอบกับน้ำหอมตัวอย่างอื่น ๆ ทั้งหมด 10 ตัวอย่างก็พบผลการทดลองเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gherghel et al. (2018) ที่ได้ทำการวิเคราะห์สารประกอบของน้ำหอมที่ระเหยง่าย ซึ่งผลการทดลองตรงกันคือมีส่วนประกอบของน้ำหอมที่ระเหยไปเมื่อปล่อยผ้าทิ้งไว้ทำให้องค์ประกอบบางตัวไม่สามารถตรวจพบได้ ทั้งนี้อุณหภูมิในการปล่อยให้น้ำหอมระเหยก็มีผลต่อชนิดขององค์ประกอบนั้น ๆ

การวิเคราะห์การถ่ายโอนของน้ำหอมด้วยเทคนิค ITEX-DHS-GC-FID โดยการฉีดน้ำหอมลงบนชิ้นผ้าฝ้ายขนาด 3 x 3 เซนติเมตร (ผ้าชิ้นที่ 1) จากนั้นนำผ้าฝ้ายอีกชิ้นหนึ่ง (ชิ้นที่ 2) ที่มีขนาดเท่ากันมาวางทับกันแล้วกดทับให้แนบสนิทด้วยขวดที่มีน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม ปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเก็บตัวอย่างผ้าชิ้นที่สองมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ITEX-DHS-GC-FID ที่เวลา 10 นาที 30 นาที และ 60 นาที ตามลำดับ ได้ผลการทดลองแสดง Chromatogram ดังตัวอย่างของน้ำหอมแบรนด์ท้องถิ่น (Sample F) แสดงในภาพที่ 4

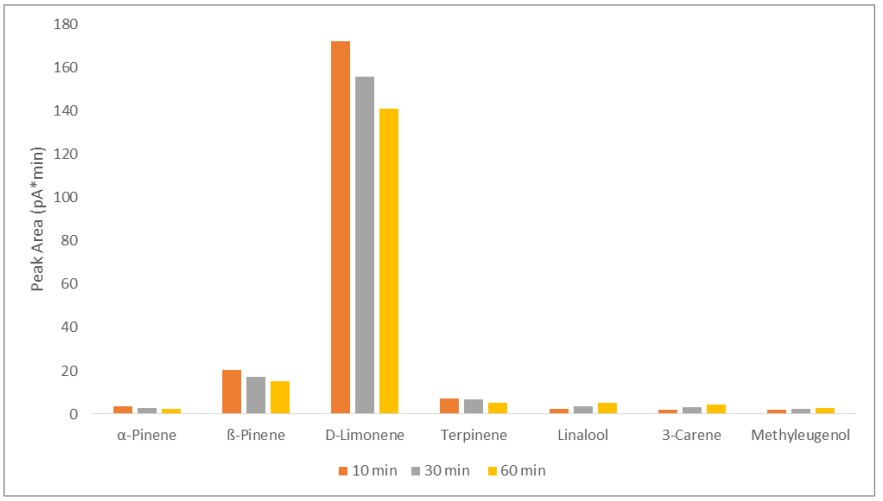


ภาพที่ 4 Chromatogram ของน้ำหอมแบรนด์ท้องถิ่น (Sample F) ที่วิเคราะห์จากผ้าชิ้นที่ 1 (a) ที่เวลา 0 ชั่วโมง และ Chromatogram ของน้ำหอมแบรนด์ท้องถิ่น (Sample F) ที่วิเคราะห์จากผ้าชิ้นที่ 2 ภายหลังวางทับบนผ้าชิ้นที่ 1 ที่เวลาต่าง ๆ คือ (b) ที่เวลา 10 นาที (C) ที่เวลา 30 นาที และ (d) ที่เวลา 60 นาที ตามลำดับ

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณา Chromatogram ของน้ำหอมบนผ้าชิ้นที่สอง พบพีคขององค์ประกอบต่าง ๆ ในน้ำหอมที่ถูกถ่ายโอนมายังผ้าชิ้นที่สอง ที่ retention time ต่าง ๆ จากภาพที่ 4 แสดงตัวอย่าง Chromatogram ภาพที่ 4 (a) พบพีค α-Pinene ที่เวลา 6.687 นาทีและ D-Limonene ที่เวลา 7.252 นาที บนผ้าชิ้นที่ 1 แต่ที่เวลาเดียวกันบนผ้าผืนที่ 2 ภาพที่ 4 (b) พบพีคดังกล่าวแสดงถึงการถ่ายโอนจากผ้าชิ้นที่ 1 ไปยังผ้า ชิ้นที่ 2 เมื่อผ้าสัมผัสกันนาน 10 นาที และเมื่อเวลาในการสัมผัสนานขึ้นเป็น 60 นาที ภาพที่ 4 (d) ก็ยังคงพบพีคทั้งคู่นี้ เมื่อพิจารณาปริมาณการถ่ายโอนของน้ำหอมพบว่า ปริมาณของน้ำหอมบนผ้าชิ้นที่ 2 มีพื้นที่ใต้พีคลดลงเมื่อเทียบกับพื้นที่ใต้พีคขององค์ประกอบนั้น ๆ บนผ้าชิ้นที่ 1 ในทุกองค์ประกอบในน้ำหอม เนื่องจากการถ่ายโอนมีบางส่วนเท่านั้นที่ถูกถ่ายโอนไป ซึ่งเมื่อพิจารณาจากจำนวนองค์ประกอบทั้งหมดพบว่าการถ่ายโอนนั้นไม่ครบทุกองค์ประกอบ ตัวอย่างเช่นสำหรับน้ำหอมแบรนด์ท้องถิ่น F ที่เวลา 0 ชั่วโมง บนผ้าชิ้นที่ 1 พบพีคซึ่งแสดงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ในน้ำหอมทั้งหมด 50 พีค แต่เมื่อพิจารณา Chromatogram ของน้ำหอมบนผ้าชิ้นที่ 2 พบว่าเมื่อผ้าสัมผัสกับผ้าชิ้นที่ 1 นาน 10 นาที พบพีคองค์ประกอบของน้ำหอมเพียง 23 องค์ประกอบ หรือคิดเป็น 46% ที่ถ่ายโอนจากชิ้นที่ 1 ไปชิ้นที่ 2 และเมื่อเวลาในการสัมผัสกันของผ้านานขึ้นจาก 10 นาทีเป็น 60 นาที ก็จะพบจำนวนองค์ประกอบของน้ำหอมที่เพิ่มขึ้นเป็น 30 องค์ประกอบ จำนวนที่เพิ่มคิดเป็น 14% แสดงดังตัวอย่างการพลอตกราฟระหว่างจำนวนองค์ประกอบของน้ำหอมที่เกิดขึ้นบนผ้าชิ้นที่สองของน้ำหอมแบรนด์ท้องถิ่น (Sample F) กับเวลาในการสัมผัสกันของผ้าในภาพที่ 5 ผลการศึกษานี้แสดงว่าเมื่อองค์ประกอบของน้ำหอมที่ระเหยได้ง่ายก็จะคงติดอยู่บนผ้าได้น้อยและองค์ประกอบนี้มีโอกาสน้อยที่จะถ่ายเทไปยังแผ่นผ้าตัวอย่างที่นำมาสัมผัส และยังปรากฏกระบวนการระเหยหายไปขององค์ประกอบต่าง ๆ ในน้ำหอมเกิดขึ้นเมื่อน้ำหอมถูกฉีดทิ้งไว้บนผ้านานขึ้น สังเกตได้จากพื้นที่ใต้พีคของตัวอย่างองค์ประกอบในน้ำหอม ภาพที่ 5 และ 6 พื้นที่ใต้พีคจะลดลงแม้เวลาในการสัมผัสกับผ้าชิ้นแรกนานขึ้น ผลการศึกษานี้ที่ได้นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gherghel et al. (2018) ที่พบว่ากระบวนการการถ่ายโอนของน้ำหอมบนผ้าขึ้นกับแรงกดและเวลาที่ผ้าสัมผัสกัน



ภาพที่ 5 กราฟระหว่างจำนวนองค์ประกอบของน้ำหอมที่ถ่ายเทลงบนผ้าชิ้นที่สอง (จำนวนพีค) ของน้ำหอมแบรนด์ท้องถิ่น (Sample F) กับระยะเวลาเมื่อผ้าชิ้นที่สองสัมผัสกับผ้าชิ้นที่ 1 (mins) (n=3)



ภาพที่ 6 กราฟแท่งแสดงพื้นที่ใต้พีคขององค์ประกอบในน้ำหอมแบรนด์ท้องถิ่น (Sample F) ที่วิเคราะห์จาก Chromatogram ขององค์ประกอบต่างๆบนผ้าชิ้นที่ 2 ภายหลังวางทับบนผ้าชิ้นที่ 1 ที่เวลาต่าง ๆ

นอกจากนี้จากการวิเคราะห์กราฟแท่งแสดงพื้นที่ใต้พีค ซึ่งแสดงถึงปริมาณขององค์ประกอบต่าง ๆ ในน้ำหอมที่ถูกถ่ายโอนบนผ้าชิ้นที่ 2 ภายหลังสัมผัสกับผ้าชิ้นที่ 1 ที่เวลาต่าง ๆ (ภาพที่ 6) พบว่าสำหรับพีคบางองค์ประกอบอาทิเช่น α-Pinene, ß-Pinene D-Limonene และ Terpinene เป็นต้น เมื่อระยะเวลาในการที่ผ้าสัมผัสกันเพิ่มขึ้นจาก 10 นาที ไปเป็น 30 นาที และ 60 นาที พบว่าปริมาณขององค์ประกอบในน้ำหอมที่ถ่ายโอนมีค่าลดลง (ภาพที่ 6) เหตุผลของการลดลงอาจเนื่องจากเมื่อเวลาที่เพิ่มขึ้นพื้นผิวของชิ้นส่วนผ้าสัมผัสกันนานขึ้นปริมาณการถ่ายเทเพิ่มขึ้น แต่มีกระบวนการระเหยไปขององค์ประกอบนั้น ๆ ในน้ำหอมที่เกิดขึ้นพร้อมกันไปด้วย กระบวนการระเหยเกิดขึ้นเร็ว เพราะโมเลกุลเหล่านี้มีจุดเดือด และความดันไอที่อุณหภูมิที่เท่ากันไม่สูงมาก อย่างไรก็ตามในบางองค์ประกอบ อาทิเช่น Linalool 3-Carene และ Methyleugenol เป็นต้น เมื่อระยะเวลาในการที่ผ้าสัมผัสกันเพิ่มขึ้นจาก 10 นาที ไปเป็น 60 นาที พบว่าปริมาณขององค์ประกอบในน้ำหอมที่ถ่ายเทมีค่าเพิ่มขึ้น นั่นอาจเป็นเพราะเมื่อเวลาที่เพิ่มขึ้นพื้นผิวของชิ้นส่วนผ้าสัมผัสกันนานขึ้นปริมาณการถ่ายเทเพิ่มขึ้น แต่มีกระบวนการระเหยไปขององค์ประกอบนั้น ๆ ในน้ำหอมที่เกิดขึ้นพร้อมกันแต่องค์ประกอบเหล่านี้มีการระเหยได้ช้าเมื่อเทียบกับกระบวนการถ่ายโอนที่เพิ่มขึ้นเมื่อเวลานานขึ้นนั่นเอง ซึ่งโมเลกุลเหล่านี้มีจุดเดือดและความดันไอที่อุณหภูมิที่เท่ากันที่สูงกว่าโมเลกุลของ α-Pinene, ß-Pinene D-Limonene และ Terpinene นั่นเอง ดังภาพที่ 6 โดยเมื่อใช้เทคนิค ITEX-DHS-GC-FID ตรวจวิเคราะห์กับน้ำหอมทั้ง 10 ตัวอย่างก็ได้ผลการทดลองที่คล้ายคลึงกันซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของคุณ Gherghel et al. (2018) ศึกษาโดยพบว่าชนิดของผ้าระยะเวลาในการที่ปล่อยให้ผ้าสัมผัสกันและอุณหภูมิส่งผลต่อการโอนถ่ายน้ำหอม

4. สรุป

การศึกษาวิจัยนี้ศึกษาการตรวจวิธีการคงอยู่และการถ่ายโอนน้ำหอม โดยเทคนิค ITEX Dynamic Headspace Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (ITEX-DHS-GC-FID) โดยศึกษาจากตัวอย่างน้ำหอมแบรนด์ต่างประเทศ 5 ตัวอย่างและน้ำหอมแบรนด์ท้องถิ่น 5 ตัวอย่างจากการวิเคราะห์พบว่าองค์ประกอบหลักของน้ำหอมที่พบบ่อยได้แก่ α-pinene, ß-pinene, d-limonene และ terpinene ซึ่งพบองค์ประกอบเหล่านี้ทั้งหมดในน้ำหอมถึง 6 ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาน้ำหอมแต่ละยี่ห้อจะมีองค์ประกอบที่เฉพาะดังนั้นเมื่อพิจารณาจาก Chromatogram ที่ได้จะพบพีคที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่แตกต่างและมีความสูงของพีคที่ไม่เท่ากัน จากการศึกษาพบว่าเทคนิค ITEX-DHS-GC-FID ใช้ในการพิสูจน์เอกลักษณ์ของน้ำหอม ยืนยันชนิดยี่ห้อของน้ำหอม และพิสูจน์น้ำหอมแบรนด์แท้และน้ำหอมปลอมได้

นอกจากนี้จากการศึกษาการคงอยู่ของน้ำหอมบนผ้าฝ้ายตัวอย่าง พบว่าน้ำหอมเมื่อถูกหยดลงผ้ากระบวนการระเหยของน้ำหอมเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ในการทดลองพบพีคที่เป็นองค์ประกอบในน้ำหอมมีพื้นที่ใต้พีคที่ลดลงและเมื่อเวลาปล่อยผ้าทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนานขึ้นการระเหยของน้ำหอมยังดำเนินต่อไป พีคของน้ำหอมส่วนใหญ่เริ่มต้นระเหยและปริมาณหายไปประมาณ 90% ภายหลังจากปล่อยทิ้งไว้แค่ 1 ชั่วโมง องค์ประกอบที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจะสามารถระเหยไปได้เร็วแต่โมเลกุลขนาดใหญ่จะระเหยไปได้ช้าอย่างไรก็ตาม พบว่าน้ำหอมที่ถูกฉีดไว้บนผ้าที่อุณหภูมิห้องแม้ผ่านไปนานถึง 24 ชั่วโมง ยังคงตรวจพบองค์ประกอบของน้ำหอมจำนวนหนึ่ง ดังนั้น ITEX-DHS-GC-FID สามารถตรวจองค์ประกอบของน้ำหอมบนเสื้อผ้าได้ และจากการศึกษาการถ่ายโอนน้ำหอมบนผ้าฝ้ายสองผืน โดยศึกษาจากระยะเวลาการสัมผัสกันของผ้าทั้งสองชิ้นพบว่ากระบวนการการถ่ายโอนน้ำหอมเป็นกระบวนการพลศาสตร์ มีทั้งกลไกการถ่ายเทองค์ประกอบในน้ำหอมที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากพื้นผิวของชิ้นส่วนผ้าสัมผัสกันนานขึ้นเมื่อเวลาที่ผ้าทั้งสองชิ้นสัมผัสกันนานขึ้น โดยพบว่าเมื่อเวลาที่ผ้าสัมผัสกันนานขึ้นจำนวนพีค หรือองค์ประกอบของน้ำหอมที่พบก็เพิ่มขึ้น

จากการศึกษาพบว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เทคนิค ITEX-DHS-GC-FID ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก วิเคราะห์ได้รวดเร็ว ไม่ต้องเตรียมตัวอย่าง สามารถวิเคราะห์หาองค์ประกอบของน้ำหอมที่มีปริมาณน้อยบนผ้าผ้ายตัวอย่างและองค์ประกอบของน้ำหอมที่ถูกถ่ายโอนเมื่อผ้าทั้งสองชิ้นมีการสัมผัสกัน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจพิสูจน์หาหลักฐานเพื่อใช้ในการยืนยันตัวผู้กระทำความผิด เมื่อมีการสัมผัสกันของผู้ต้องสงสัยและเหยื่อ โดยเฉพาะในคดีข่มขืน หรืออาจจะมีการสัมผัสหรือถ่ายโอนกับวัสดุหรือสิ่งของในสถานที่เกิดเหตุ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการสืบสวนสอบสวนกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์ต่อไปได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ผลงานนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย โครงการหลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขานิติวิทยาศาสตร์ จากกองทุนส่งเสริมและพัฒนาคณะวิทยาศาสตร์ สาขานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร สัญญาเลขที่ SC-FS-2563-01

6. เอกสารอ้างอิง

Aunahagate, I. 2014. **Rape to death: some observations**. Retrieved from https://tdri.or.th/2014/07/rape-and-execute. (In Thai)

Davidson, A. R. 2017. **A study of the potential evidential value of perfumes, antiperspirants and deodorants in forensic science**. Doctoral thesis, Staffordshire University, UK.

Forensicchula. 2004. **Important person, Edmond Locard**. Retrieved from http://www.forensicchula.net/FMJ/journal/topic/locard.pdf. (In Thai)

Gherghel, S., R. M. Morgan, J. F. Arrebola-Liébanas, R. Romero-González, C. S. Blackman, A. Garrido-Frenich and I. P. Parkin. 2018. **Development of a HS-SPME/GC–MS method for the analysis of volatile organic compounds from fabrics for forensic reconstruction applications**. Forensic science international, 290, 207-218.

Gherghel, S., R. M. Morgan, J. F. Arrebola-Liébanas, C. S. Blackman and I. P. Parkin. 2019. **Fragrance transfer between fabrics for forensic reconstruction applications**. Science & Justice, 59(3), 256-267.

Gherghel, S., R. M. Morgan, C. S. Blackman, K. Karu and I. P. Parkin. 2016. **Analysis of transferred fragrance and its forensic implications**. Science & Justice, 56(6), 413-420.

Gordon, A., and S. Coulson. 2004. **The evidential value of cosmetic foundation smears in forensic casework**. Journal of Forensic Science, 49(6), JFS2004176-2004179.

Katajit, P. 2018. **Chemistry of perfume**. Retrieved from https://www.scimath.org/article-chemistry/item/7851-2018-02-22-02-20-01. (In Thai)

Khmerwe. 2014. **Chapter 2 Evidence**. Retrieved from http://khmerwe.blogspot.com/2014/11/44.html. (In Thai)

Rastogi, S., S. Heydorn, J. Johansen and D. Basketter. 2001. **Fragrance chemicals in domestic and occupational products**. Contact dermatitis, 45(4), 221-225.

Rastogi, S. C. 1995. **Analysis of fragrances in cosmetics by gas chromatography-mass spectrometry**. Journal of High Resolution Chromatography, 18(10), 653-658.

Snow, N., and G. Bullock. 2010. **Novel techniques for enhancing sensitivity in static headspace extraction-gas chromatography**. Journal of Chromatography A, 1217(16), 2726-2735.

Srima, S. 2020. **The role of forensic science in the judicial process**. Retrieved from https://library.parliament.go.th/th/radioscript/bthbathnitiwithyasastrkabkrabwnkaryutithrrm. (In Thai)

Teodoro, J., H. Pereira, D. Correia, M. Sena, E. Piccin and R. Augusti. 2017. **Forensic discrimination between authentic and counterfeit perfumes using paper spray mass spectrometry and multivariate supervised classification**. Analytical Methods, 9(34), 4979-4987.

Techasomboon, S. 2017. **Forensic Science and enhancement of justice**. Retrieved from http://www.dsdw2016.dsdw.go.th/doc_pr/ndc_2560-2561/PDF/8546p. (In Thai)

(Received: x/Xxx/20xx, Revised: x/Xxx/20xx, Accepted: x/Xxx/20xx)