



## การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากหนังเทียมโพลีไวนิลคลอไรด์ Volatile Organic Compounds Emission from Polyvinyl Chloride Leather

พีรญาณ ไชยกัณฑ์  
Peeraya Chaiyagun

สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล  
Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University  
E-mail : peeraya.pize@gmail.com

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้ เป็นการศึกษาค่าความสัมพันธ์ของรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet: UV) ต่อการกระตุ้นการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds, VOCs) จากหนังเทียมโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride, PVC) โดยทำการศึกษาแบบทดลอง (Experimental study) ให้หนังเทียม PVC สัมผัสรังสี UV ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน ภายใต้การควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างอากาศวิเคราะห์หาชนิดของสาร VOCs ที่ปลดปล่อยออกมาจากหนังเทียม PVC ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (Gas Chromatography-Mass Spectrometry, GC-MS) ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Independent t-test และ Paired t-test กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ผลการศึกษาพบว่า รังสี UV มีผลต่อการกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยสาร VOCs จากหนังเทียม PVC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบสารจำนวน 3 ชนิดที่ปลดปล่อยออกมาจากหนังเทียม PVC เมื่อสัมผัสรังสี UV คือ โทลูอีน (Toluene) (p-value = 0.003), ไซโคลเฮกซาโนน (Cyclohexanone) (p-value = 0.045) และ อะคริลาไมด์ (Acrylamide) (p-value = 0.000) ผลการศึกษาพบว่าระยะเวลาสัมผัสรังสี UV ที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณการระเหยของโทลูอีน และอะคริลาไมด์จากหนังเทียม PVC แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.001) แต่ไม่พบความแตกต่างปริมาณการระเหยของไซโคลเฮกซาโนน (p-value = 0.180)

**คำสำคัญ :** สารอินทรีย์ระเหยง่าย โพลีไวนิลคลอไรด์ รังสีอัลตราไวโอเล็ต หนังเทียม

### Abstract

This study examines the relationship of ultraviolet radiation (UV rays) to stimulate the release of volatile organic compounds (VOCs) from polyvinyl chloride (PVC) synthetic leather, by performing the experimental study where PVC imitation leather was exposed to UV rays at different durations under average temperature control, not more than 25 degrees Celsius. The air samples were collected and analyzed for the types of VOCs emitted from the PVC leatherette using a Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). Statistical data analysis; Independent t-test and Paired t-test were used, statistically significant at 0.05. The results showed that UV had a statistically significant effect on inducing the release of VOCs from PVC leather. Three types of substances released from PVC leather were found when exposed to UV rays; Toluene (p-value = 0.003), Cyclohexanone (p-value = 0.045) and Acrylamide (p-value = 0.000). The results showed that different UV



exposure times had a statistically significant different effect on the volatilization of toluene and acrylamide from PVC leather (p-value = 0.001), but does not affect the volatile cyclohexanone (p-value = 0.180).

**Keywords :** Volatile Organic Compounds, Polyvinyl Chloride, Ultraviolet Radiation, Synthetic Leather

## บทนำ

สารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds, VOCs) เป็นหนึ่งในสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ สาร VOCs หลายชนิดมีความเป็นพิษที่ส่งผลต่อสุขภาพ บางชนิดเป็นสารก่อการระคายเคือง เช่น ไซโคลเฮกซาโนน (Cyclohexanone) บางกลุ่มเป็นสารก่อมะเร็งหรือมีแนวโน้มเป็นสารก่อมะเร็ง เช่น เบนซีน (Benzene), โทลูอิน (Toluene), ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde), ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl chloride), อะคริลามินด์ (Acrylamind) เป็นต้น (สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2555) ด้านสิ่งแวดล้อม เมื่อ VOCs ระเหยสู่บรรยากาศสามารถคงตัวอยู่ในบรรยากาศได้นาน ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศที่มีความเป็นพิษสูง เป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอล (Photo chemical) ทำให้เกิดโอโซนที่ทำให้วัสดุมีสีซีดจาง หักพัง ทำลายชีวิตพืชทางอ้อม ผลผลิตพืชผลลดลงและทำให้เกิดความไวต่อโรคของพืชเพิ่มขึ้น

การปล่อย VOCs เป็นปัญหาสำหรับทุกประเทศ ในแคนาดา ปี 2560 มีการปล่อย VOCs 55,000 ตัน สู่ชั้นบรรยากาศ จากอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันและการกลั่นแอลกอฮอล์ ในเมืองเดลี ประเทศอินเดียร้อยละ 80 ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศของเมือง มาจากการปล่อยมลพิษจากการจราจรและการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง (IQAir, 2021) และการศึกษาในปี 2561 ที่ตีพิมพ์ใน Atmospheric Environment พบว่าการเผาทิ้งข้าวโพดในที่โล่งทำให้เกิดการปล่อย VOCs 79 ตัน ในภาคเหนือของประเทศไทย (Sirithian et al., 2018) นอกจากแหล่งปลดปล่อย VOCs สู่บรรยากาศภายนอกอาคารแล้ว สาร VOCs ยังถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดภายในอาคาร ได้แก่ ของอุปโภคบริโภค สี สเปรย์ละออง น้ำหอมปรับอากาศ หมักพิมพ์ ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด และฆ่าเชื้อ วัสดุก่อสร้าง เฟอร์นิเจอร์ รวมถึงชิ้นส่วนพลาสติกที่ใช้ตกแต่งภายในห้องโดยสารรถยนต์ ก็มีสารมลพิษ VOCs ที่เป็นอันตรายแฝงอยู่ในชิ้นส่วนพลาสติกนี้ โดยเฉพาะภายในห้องโดยสารของรถยนต์ใหม่ (Yoshida and Matsunaga, 2006) พลาสติกที่นำมาใช้ผลิตชิ้นส่วนประกอบยานยนต์ ได้แก่ Polypropylene (PP), Polyvinyl Chloride (PVC), Polyurethane (PU), Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) เป็นต้น (สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, 2557) โดยเฉพาะโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride) หรือ “พีวีซี (PVC)”

PCV เรียกว่า เป็นสารพิษแปลงโฉมที่ได้จากไวนิลคลอไรด์โมโนเมอร์ เป็นสารตั้งต้นที่ได้มาจากเอทิลีนและคลอรีน เป็นพลาสติกที่มีพิษมากที่สุดในโลก สามารถก่อให้เกิดความเจ็บป่วยได้ทุกขั้นตอนในวงจรชีวิตของ PVC (วัลย์พร, 2551) แต่ด้วยคุณสมบัติที่ดี สามารถนำกลับมาเปลี่ยนรูปใช้ใหม่ได้ จึงถูกเลือกมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายที่สุดเช่นกัน หนึ่งที่ยืม PVC มักนิยมใช้สำหรับเฟอร์นิเจอร์เพื่อการตกแต่งที่อยู่อาศัย ใช้ทำวัสดุหุ้มเบาะในงานโซฟา เก้าอี้ เบาะรองนั่ง รวมถึงเบาะรถยนต์ แผงหน้าปัด และบานประตู ภายในห้องโดยสารรถยนต์จึงมีสารพิษที่ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศในรูปของ “กลิ่นของรถใหม่” (New car smell) กลิ่นที่หลายคนสุดดมเข้าไปแล้วทำให้มีอาการวิงเวียน ปวดศีรษะ แท้จริงแล้ว คือ กลิ่นของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) (ภัทรเวท, 2555) ที่สามารถระเหยออกมาในอุณหภูมิปกติ และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถในการปลดปล่อย VOCs ได้อย่างต่อเนื่อง จากการศึกษาวิจัยของ Xu et al. (2016) พบว่าห้องโดยสารรถยนต์ที่ใช้วัสดุหุ้มเบาะหนังมีปริมาณสาร VOCs สูงกว่าวัสดุหุ้มเบาะชนิดผ้า การศึกษาวิจัยของ Yoshida and Matsunaga (2006) พบว่าปริมาณของสาร VOCs ยิ่งเพิ่มสูงขึ้นเมื่อตรวจวัดในฤดูร้อนที่มีแสงแดด และการศึกษาของ Saidur et al. (2009) พบว่าเมื่อมีแสงแดดธรรมชาติ



เข้ามาภายในห้องโดยสารรถยนต์จะทำให้อุณหภูมิภายในห้องโดยสารรถยนต์ยิ่งเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ชิ้นส่วนภายในรถยนต์ปลดปล่อย VOCs ออกมาได้เพิ่มขึ้น

ในแสงแดดธรรมชาติ พลังงานจากดวงอาทิตย์ ที่มาในรูปการแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic radiation) ประกอบด้วย รังสีช่วงแสงสว่าง (Visible) รังสีอินฟราเรด (Infrared) และรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet, UV) โดยเฉพาะรังสี UV มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงประมาณตั้งแต่ 10 nm จนถึงประมาณ 400 nm หรือมีพลังงานประมาณ 3 eV จนถึง 120 eV ที่ส่งผลกระทบต่อวัสดุสังเคราะห์โพลิเมอร์ (Polymer), ไบโพลิเมอร์ (Biopolymer) และวัสดุบางอย่างเมื่อถูกกระทบโดยรังสี UV ทำให้วัสดุต่าง ๆ มีสีซีดลง เนื่องจากปฏิกิริยาแสงทำให้วัสดุเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมี (วลัยพร, 2551) อันตรายของรังสี UV ต่อมนุษย์เป็นสาเหตุของมะเร็งผิวหนัง เป็นผลมาจากรังสี UV เข้าไปทำลาย DNA และรังสี UV ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ โดยรังสี UV จะไปยับยั้งกระบวนการการสังเคราะห์แสงของพืช เปลี่ยนองค์ประกอบและทำลาย DNA

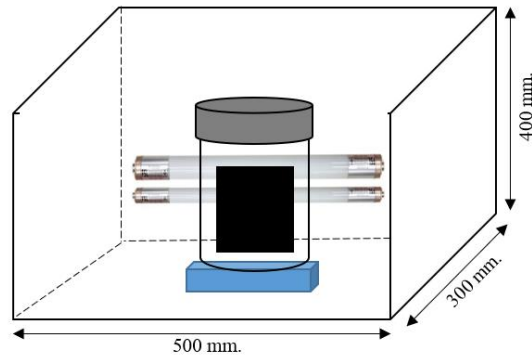
ในการศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet, UV) ต่อการกระตุ้นการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds, VOCs) จากหนังเทียมโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride, PVC) โดยวิธีศึกษาแบบทดลอง (Experimental study) ให้หนังเทียม PVC สัมผัสรังสี UV ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน ภายใต้อุณหภูมิเดียวกัน และเก็บตัวอย่างอากาศไปวิเคราะห์หาชนิดของสาร VOCs ที่ปลดปล่อยออกมาจากหนังเทียม PVC ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (Gas Chromatography-Mass Spectrometry, GC-MS)

## วิธีการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของรังสี UV ต่อการกระตุ้นการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย และศึกษาความสัมพันธ์ของระยะเวลาสัมพัทธ์กับปริมาณสารอินทรีย์ระเหยเมื่อหนังเทียมโพลีไวนิลคลอไรด์สัมผัสรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลาต่างกัน โดยใช้วิธีการศึกษาแบบทดลอง การศึกษานี้แบ่งกลุ่มทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง (หนังเทียม PVC สัมผัสรังสี UV) และกลุ่มควบคุม (หนังเทียม PVC ไม่สัมผัสรังสี UV)

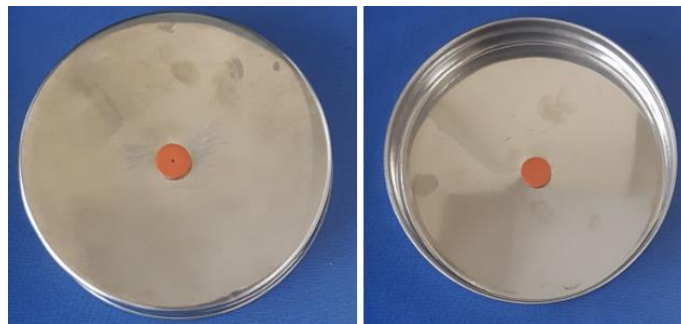
### การเตรียมตัวอย่างและการออกแบบอุปกรณ์การทดลอง

กลุ่มตัวอย่างที่นำมาทำการทดลองของการศึกษานี้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง เป็นหนังเทียม PVC ที่ใช้ทำวัสดุหุ้มเบาะ ผลิตในประเทศไทย มีอายุไม่เกิน 1 ปี แบบชั้นผ้าตาข่าย สีดำ เกรด A ตัดขนาด 100 x 100 mm. จำนวน 9 ชิ้น จากแผ่นหนังเทียม PVC ผืนเดียวกัน ออกแบบอุปกรณ์ทดลอง กล่องไม้ขนาด 300 x 500 x 400 mm. สำหรับติดตั้งหลอดกำเนิดรังสียูวี เอ ความยาวคลื่น 350-400 nm และหลอดกำเนิดรังสียูวีบี ความยาวคลื่น 290-320 nm ขนาด 10 วัตต์ ชนิดละ 1 หลอด (ภาพที่ 1-1) ขวดทดลองเป็นขวดแก้วปริมาตร 1,250 ml (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 mm. สูง 140 mm. หนา 3 mm.) ปิดด้วยฝาอะลูมิเนียมที่เจาะรู ใส่ Septa (ภาพที่ 1-2) บรรจุหนังเทียม PVC ขนาด 100 x 100 mm. จำนวน 1 ชิ้น ในขวดทดลองเพื่อใช้เป็นขวดเก็บตัวอย่างอากาศ กำหนดระยะห่างจากหลอดกำเนิดรังสี UV ถึงหนังเทียม PVC ที่บรรจุในขวดเก็บตัวอย่างอากาศที่ระยะ 500 mm. ซึ่งเป็นระยะที่ตรวจวัดความเข้มแสงของหลอดกำเนิดรังสี UV ที่ส่องผ่านเข้ามาภายในขวดเก็บตัวอย่างอากาศ มีค่าความเข้มรังสี UV 2.8-3.5 mW/cm<sup>2</sup> ซึ่งเป็นค่าความเข้มช่วงเดียวกับรังสี UV ในแสงแดดธรรมชาติ ที่เวลาประมาณ 10.30-11.30 น. และ 14.00-15.00 น.



ภาพที่ 1-1 แสดงขนาดกล่องติดตั้งหลอดกำเนิดรังสียูวี และรังสียูวีบี

ตำแหน่งขวดเก็บตัวอย่างอากาศที่มีชั้นทดลองหนังเทียม PVC ขนาด 100 x 100 mm บรรจุภายในขวด



ภาพที่ 1-2 แสดงฝาอะลูมิเนียมปิดขวดทดลองทั้งด้านนอก-ด้านใน ที่เจาะรูใส่ Septa สำหรับใช้ Syringe ในการดึงอากาศ

#### การทดสอบการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่าย และการตรวจวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยง่าย

ก่อนดำเนินการทดลองผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างอากาศทั่วไปภายในห้องที่ทำการทดลอง และตัวอย่างอากาศภายในขวดทดลอง ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (Gas Chromatography-Mass Spectrometry, GC-MS) รุ่น 7890A GC System/5975C inert XL MSD ยี่ห้อ Agilent Technologies ทำการตรวจวัดค่าความเข้มข้นรังสี UV ภายในห้องที่ติดตั้งอุปกรณ์ทดลองด้วยเครื่องวัดแสงยูวี (UVAB Light Meter) และควบคุมอุณหภูมิภายในห้องทำการทดลองที่อุณหภูมิเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในการทดลอง จากนั้นดำเนินการทดสอบการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายในขวดแก้วที่บรรจุชั้นหนังเทียม PVC โดยไม่ได้รับสัมผัสรังสี UV กำหนดระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศที่เวลา 15, 60, 90, 120 และ 150 นาที ควบคุมอุณหภูมิขณะทำการทดลองที่อุณหภูมิเฉลี่ยไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส เมื่อครบตามกำหนดเวลา ใช้ syringe ดูดตัวอย่างอากาศปริมาตร 25 ml ฉีดอากาศเข้าเครื่อง GC-MS ทันที ทำการทดลองซ้ำจำนวน 2 ครั้ง (ขวดที่ 1 และ ขวดที่ 2) เพื่อใช้เป็นกลุ่มควบคุมในการทดลองนี้ ดำเนินการทดสอบการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายในกลุ่มทดลอง คือ ขวดแก้วที่บรรจุชั้นหนังเทียม PVC โดยให้ชั้นหนังสัมผัสรังสี UV ที่เวลา 15, 60, 90, 120 และ 150 นาที ควบคุมอุณหภูมิขณะทำการทดลองที่อุณหภูมิเฉลี่ยไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส ดำเนินการเก็บตัวอย่างอากาศ เมื่อครบตามกำหนดเวลา ใช้ syringe ดูดตัวอย่างอากาศปริมาตร 25 ml ฉีดเข้าเครื่อง GC-MS ทันที ทำการทดลองซ้ำจำนวน 7 ครั้ง (ขวดที่ 3-9) เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในการเก็บตัวอย่างอากาศ



ตัวอย่างอากาศที่เก็บมาจากกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมทั้งหมดจะถูกนำมาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารอินทรีย์ระเหยง่าย ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (Gas Chromatograph-Mass Spectrometer, GC-MS) โดยการวิเคราะห์โครงสร้างของสารตัวอย่างเปรียบเทียบกับโครงสร้างของสารที่มีอยู่ในฐานข้อมูลโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลสำเร็จรูป (Library search) ควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์สารตัวอย่างโดยกำหนดค่า Limit detection ให้โปรแกรมของเครื่อง GC-MS เริ่มวิเคราะห์เปรียบเทียบโครงสร้างของสารเริ่มต้นที่นาที่ที่ 2 ถึงนาที่ที่ 30 แสดงผลชนิดและปริมาณของสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยออกมาในรูปของพื้นที่ใต้กราฟ

การวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้จากการทดลองถูกวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยการใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมานด้วยสถิติ Independent t-test และ Paired t-test เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษามีขนาดเล็ก ( $n < 100$ ) ซึ่งกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่  $P\text{-value} < 0.05$  ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของรังสี UV และระยะเวลาต่อการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากหนังเทียม PVC

## ผลการวิจัย

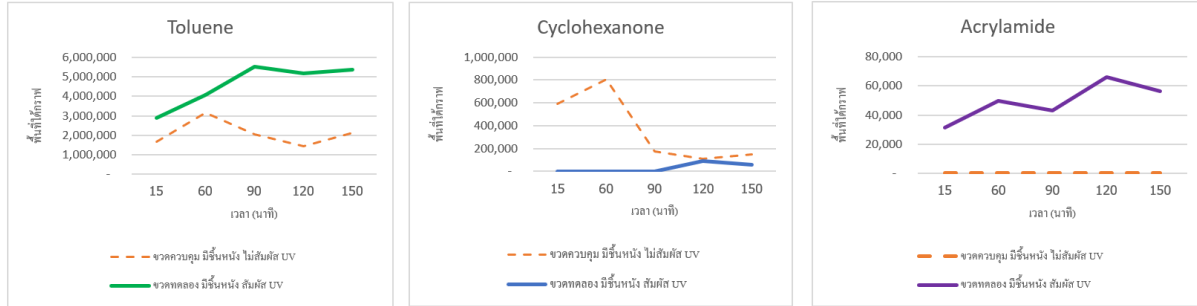
### การทดสอบความสัมพันธ์ของรังสี UV ต่อการกระตุ้นการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากหนังเทียม PVC

ผลการทดลองของกลุ่มควบคุม จำนวน 2 ตัวอย่าง ทำการทดสอบการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยในขวดแก้วที่บรรจุขึ้นหนังเทียม PVC โดยไม่ได้รับสัมผัสรังสี UV กำหนดระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศที่เวลา 15, 60, 90, 120 และ 150 นาที ควบคุมอุณหภูมิขณะทำการทดลองที่อุณหภูมิเฉลี่ยไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส พบสารอินทรีย์ระเหยง่ายจำนวน 2 ชนิด ที่ระเหยออกมาจากขึ้นหนังเทียม PVC คือ โทลูอีน (Toluene) และไซโคลเฮกซาโนน (Cyclohexanone)

ผลการทดลองของกลุ่มทดลอง จำนวน 7 ตัวอย่าง ทำการทดสอบการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยในขวดแก้วที่บรรจุขึ้นหนังเทียม PVC โดยให้ขึ้นหนังสัมผัสรังสี UV กำหนดระยะเวลาในการสัมผัสรังสี UV และเก็บตัวอย่างอากาศที่เวลา 15, 60, 90, 120 และ 150 นาที ควบคุมอุณหภูมิขณะทำการทดลองที่อุณหภูมิเฉลี่ยไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส พบสารอินทรีย์ระเหยง่ายจำนวน 3 ชนิด ที่ระเหยออกมาจากขึ้นหนังเทียม PVC คือ โทลูอีน (Toluene), ไซโคลเฮกซาโนน (Cyclohexanone) และอะคริลาไมด์ (Acrylamide)

**ตารางที่ 1** เปรียบเทียบความแตกต่างการระเหยของ โทลูอีน ไซโคลเฮกซาโนน และอะคริลาไมด์ ด้วยค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของกลุ่มทดลอง (ขึ้นหนังเทียม PVC สัมผัสรังสี UV) และกลุ่มควบคุม (ไม่สัมผัสรังสี UV) ที่ระยะเวลา 15, 60, 90, 120 และ 150 นาที (Independent samples test)

สารเคมี	ตัวแปร	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t-value	p-value
โทลูอีน	สัมผัสรังสี UV	5	4611471.20	1122583.513	4.330	0.003
	ไม่สัมผัสรังสี UV	5	2085181.80	664632.715		
ไซโคลเฮกซาโนน	สัมผัสรังสี UV	5	29702.60	40826.302	2.371	0.045
	ไม่สัมผัสรังสี UV	5	366552.60	314988.977		
อะคริลาไมด์	สัมผัสรังสี UV	5	49338.80	13073.872	8.439	0.000
	ไม่สัมผัสรังสี UV	5	0.00	0.00		



ภาพที่ 1-3 กราฟเส้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณพื้นที่ได้กราฟของขวดควบคุมที่ชั้นหนังไม่สัมผัสรังสี UV และขวดทดลองที่ชั้นหนังสัมผัสรังสี UV ที่เวลา 15, 60, 90, 120 และ 150 นาที

จากตารางที่ 1 ในกลุ่มควบคุมที่ชั้นหนังเทียม PVC ไม่ได้รับสัมผัสรังสี UV พบโทลูอีน และไซโคลเฮกซาโนนสามารถระเหยออกมาจากชั้นหนังเทียม PVC ที่ไม่ได้สัมผัสรังสี UV แต่ไม่พบการระเหยของอะครีลาไมด์ ภายใต้การควบคุมอุณหภูมิขณะทำการทดลองที่อุณหภูมิเฉลี่ยไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส

ในกลุ่มทดลอง เมื่อให้ชั้นหนังเทียม PVC สัมผัสรังสี UV พบว่าโทลูอีนระเหยออกมาจากชั้นหนังเทียม PVC มีค่าเฉลี่ยของพื้นที่ได้กราฟเพิ่มขึ้น 2 เท่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม รังสี UV มีผลทำให้โทลูอีนระเหยออกมาจากชั้นหนังเทียม PVC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} = 0.003$ ) ไซโคลเฮกซาโนน เมื่อชั้นหนังเทียม PVC สัมผัสรังสี UV พบการระเหยมีค่าเฉลี่ยพื้นที่ได้กราฟลดลงเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของพื้นที่ได้กราฟในกลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 1-3 กราฟเส้นแสดงการระเหยของไซโคลเฮกซาโนนที่ชั้นหนังเทียม PVC ไม่ได้รับสัมผัสรังสี UV มีค่าเฉลี่ยของพื้นที่ได้กราฟลดลงหลังเวลาผ่านไป 60 นาที จนถึงนาทีที่ 120 แต่กลับพบว่าชั้นหนังเทียม PVC ที่ได้รับสัมผัสรังสี UV ที่เวลา 120 นาที มีการระเหยของไซโคลเฮกซาโนนออกมาจากชั้นหนังเทียม PVC เพิ่มขึ้น 17 เท่า รังสี UV มีผลทำให้ไซโคลเฮกซาโนนระเหยออกมาจากชั้นหนังเทียม PVC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} = 0.045$ ) และจากผลการทดลองไม่พบการระเหยของอะครีลาไมด์ออกมาจากชั้นหนังเทียม PVC ที่ไม่ได้สัมผัสรังสี UV และเมื่อให้ชั้นหนังเทียม PVC สัมผัสรังสี UV มีผลทำให้อะครีลาไมด์ระเหยออกมาจากชั้นหนังเทียม PVC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} = 0.000$ )

**การทดสอบความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการสัมผัสรังสี UV ต่อปริมาณการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่าย**

ผลการทดลองให้หนังเทียม PVC สัมผัสรังสี UV ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน กำหนดระยะเวลาสัมผัสรังสี UV และเก็บตัวอย่างอากาศไปวิเคราะห์หาปริมาณโทลูอีน ไซโคลเฮกซาโนน และอะครีลาไมด์ ที่ระเหยออกมาที่เวลา 15, 60, 90, 120 และ 150 นาที



ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณการระเหยของโทลูอีน ไโซโคลเฮกซาโนน และอะครีลาไมด์ ด้วยค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟ ที่ขึ้นหนังเทียม PVC สัมผัสรังสี UV ที่เวลาแตกต่างกัน (Paired samples test)

สารเคมี		จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t-value	p-value
โทลูอีน	ระยะเวลาที่สัมผัสรังสี UV	5	87.0000	52.39275	9.186	0.001
	ปริมาณพื้นที่ใต้กราฟ	5	4611471.20	1122583.513		
โซโคลเฮกซาโนน	ระยะเวลาที่สัมผัสรังสี UV	5	87.0000	52.39275	1.624	0.180
	ปริมาณพื้นที่ใต้กราฟ	5	29702.60	40826.301		
อะครีลาไมด์	ระยะเวลาที่สัมผัสรังสี UV	5	87.0000	52.39275	8.451	0.001
	ปริมาณพื้นที่ใต้กราฟ	5	49338.80	13073.872		

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณการระเหยกับระยะเวลาที่ขึ้นหนังเทียม PVC สัมผัสรังสี UV ที่เวลาแตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่าระยะเวลาสัมผัสรังสี UV ที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณการระเหยของโทลูอีน และอะครีลาไมด์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} = 0.001$ ) โดยพบปริมาณการระเหยออกมาของโทลูอีนมีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟสูงสุด แต่ไม่พบความแตกต่างปริมาณการระเหยของโซโคลเฮกซาโนน ( $p\text{-value} = 0.180$ )

### อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

รังสี UV มีผลต่อการกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากขึ้นหนังเทียม PVC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากรังสี UV เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีโฟตอนพลังงานสูงสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับเคมีวัสดุ ส่งผลให้โครงสร้างเคมีวัสดุของหนังเทียม PVC เกิดการเปลี่ยนแปลง และปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยออกมาจากหนังเทียม PVC จำนวน 3 ชนิด คือ โทลูอีน โซโคลเฮกซาโนน และอะครีลาไมด์ ซึ่งโทลูอีนเป็นสารกลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน และโซโคลเฮกซาโนน เป็นสารกลุ่มคีโตน (Ketone) (สุทัศน์, 2557) สามารถดูดกลืนแสงรังสี UV จึงถูกปลดปล่อยออกมาจากหนังเทียม PVC ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Decio et al. (2012) พบว่าแสงยูวีมีผลกับพันธะของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนช่วยเพิ่มอัตราการสลายตัว และงานวิจัยของ Brodzik et al. (2014) พบว่า วัสดุโพลีเอทิลีนที่ผสมหนังสังเคราะห์ ภายในรถยนต์ที่มี Sunroof สามารถระบุได้ว่า อะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนสามารถระเหยออกมาจากวัสดุเหล่านี้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ TVOC เพิ่มขึ้น และพบสารโซโคลเฮกซาโนน เป็น 1 ในสารประกอบ 10 ชนิดที่มีอัตราส่วนความเข้มข้นสูง และสามารถระบุความเข้มข้นของโทลูอีนเพิ่มขึ้นในเบาะรถยนต์ที่ติดตั้งผ้าใยสังเคราะห์สีดำ-ขาว และวัสดุหนังสังเคราะห์ สำหรับอะครีลาไมด์มีคุณสมบัติเป็นโมเลกุลเดี่ยว ทำให้ง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชัน (Polymerization) และสลายได้ง่ายเมื่ออยู่ภายใต้รังสี UV (จิตติมา, 2551)

ระยะเวลาที่ให้หนังเทียม PVC สัมผัสรังสี UV แตกต่างกันที่เวลา 15, 60, 90, 120, 150 นาที มีผลต่อปริมาณการระเหยของโทลูอีน และอะครีลาไมด์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบปริมาณการระเหยของโทลูอีนสูงสุด จากค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟ ตารางที่ 2 สอดคล้องกับงานวิจัย Decio et al. (2012) ทำการศึกษาเพื่อตรวจวัดการสลายตัวของสารในอากาศภายในอาคารที่มีและไม่มีแสงยูวี พบว่าการใช้แสงยูวีช่วยเพิ่มอัตราการปล่อยโทลูอีน และโซลินได้อย่างมากและอัตราการปลดปล่อยสารจะลดลงตามเวลา



### สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้สามารถยืนยันได้ว่ารังสี UV ที่ค่าความเข้มรังสีจากหลอดกำเนิดรังสี UV 2.8-3.5 mW/cm<sup>2</sup> ซึ่งเป็นค่าความเข้มช่วงเดียวกับรังสี UV ในแสงแดดธรรมชาติ ที่เวลาประมาณ 10.30-11.30 น. และ 14.00-15.00 น. มีผลต่อการกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากหนังเทียม PVC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หนังเทียม PVC นิยมนำมาใช้เป็นวัสดุหุ้มเฟอร์นิเจอร์เพื่อการตกแต่งที่อยู่อาศัย ในงานโซฟา เก้าอี้ปรับนอน เก้าอี้สำนักงาน สตุล เตี้ยนอน เบาะรองนั่ง เบาะนั่งสมาธิ รวมถึงวัสดุหุ้มเบาะในรถยนต์ PVC ถูกคิดค้นและผลิตที่ประเทศเยอรมนีที่มีอากาศเย็น แต่ถูกนำมาใช้งานในประเทศที่มีอากาศร้อน รวมทั้งปัจจุบันอาคารสำนักงาน ที่พักอาศัย นิยมใช้กระจกเข้ามาเป็นทางเลือกในการตกแต่งอาคาร เช่น ห้องผู้บริหาร ห้องทำงานที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก หากมีการนำเฟอร์นิเจอร์หนังเทียม PVC มาใช้ตกแต่งภายในห้องทำงานอาจได้รับสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยออกมาจากหนังเทียม PVC และแม้แต่รถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์สาธารณะหรือรถตู้รับส่งเด็กนักเรียนอนุบาล หากมีการนำวัสดุหนังเทียม PVC ตกแต่งอยู่ภายในรถ และใช้รับส่งในช่วงเวลาเลิกเรียน อาจได้รับสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ปลดปล่อยออกมาจากหนังเทียม PVC และส่งผลกระทบต่อสุขภาพเมื่อสูดดมเข้าไปในร่างกาย

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย “การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากหนังเทียมโพลีไวนิลคลอไรด์” ได้ดำเนินการศึกษาวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ ขอขอบคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิ รศ.ดร.ประมุข โอศิริ ในการให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางการศึกษาวิจัยให้สามารถแก้ไขอุปสรรคปัญหาที่พบตลอดระยะเวลาของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ แม้ในช่วงเวลาที่ยากลำบากจากสถานการณ์โควิด ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญที่ส่งผลกระทบให้การทดลองล่าช้าออกไปด้วยข้อจำกัดในสถานการณ์โควิด แต่ด้วยความเมตตา และการสนับสนุนของอาจารย์จึงทำงานวิจัยครั้งนี้เกิดความสำเร็จอย่างดี

ขอขอบคุณท่าน รศ.ดร.สมพร กันทรดุษฎี เตรียมชัยศรี ในคำแนะนำเพื่อปรับปรุงงานวิจัยให้สมบูรณ์ ให้คำชี้แนะในการแก้ไขงานวิจัย ท่านอาจารย์คอยมอบกำลังใจ ตลอดจนถึงติดตามให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยจนสามารถทำงานวิจัยได้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณคุณแม่บุญยืนและคุณพ่อสมพล ไชยกันท์ กำลังใจสำคัญของผู้วิจัยในการเอาชนะทุกอุปสรรคและปัญหา ช่วยทำอุปกรณ์ในการทดลอง และการเห็นความภาคภูมิใจของท่านทั้งสองจึงเป็นเป้าหมายสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยมีแรงผลักดันที่จะทำงานวิจัยนี้ให้สำเร็จ

ขอบคุณนายพงศศิษฐ์ ไชยกันท์ ผู้เป็นน้องชายที่เป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยตัดสินใจเข้าศึกษาในระดับปริญญาโทและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยเอาชนะทุกอุปสรรคอย่างไม่ย่อท้อ

### เอกสารอ้างอิง

จิตติมา เจริญพานิช. (2551). อะคริลิไมด์: ก่อตัวได้ง่ายกำจัดไม่ยาก. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 1(1), 68-79.

<http://dspace.lib.buu.ac.th/xmlui/handle/1234567890/2454>

ภัทรเวท ทริพิมพ์. (2555). VOC มหันตภัยเงียบจากเบาะหนังในรถยนต์. *ยานยนต์สาร สถาบันยานยนต์*, 11(96), 7-10.

สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. (2557). พลาสติกสำหรับรถยนต์. *Plastics Intelligence Monthly*, 6(11), 1-10.

สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2555) *คู่มือวิชาการ เรื่องสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ (Volatile Organic Compounds : VOCs)*. กรุงเทพฯ : สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึกในพระบรมราชูปถัมภ์.





วัลย์พร มุขสุวรรณ. (2551, 14 มีนาคม). *พลาสติกในชีวิตประจำวัน : ตอนที่ 2 โพลีไวนิลคลอไรด์*. 2551.

<http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=4&ID=12>

Brodzik, K., Faber, J., Łomankiewicz, D. and Gołda-Kopek, A. (2014). In-vehicle VOCs composition of unconditioned, newly produced cars. *Journal of Environmental Sciences*, 26(5), 1052-1061.

Decio, M., Cerulli, T., Gariboldi M. and Tuccillo, F. (2012). *Influence of UV Light on Voc Emissions*.

[https://cdnmedia.mapei.com/docs/global-publications/2012healthybuildings-brisbane-uvlight.pdf?sfvrsn=7b276d79\\_64](https://cdnmedia.mapei.com/docs/global-publications/2012healthybuildings-brisbane-uvlight.pdf?sfvrsn=7b276d79_64)

IQAir. (2021). *Volatile Organic Compounds*. <https://www.iqair.com/blog/air-quality/volatile-organic-compounds>

Sirithian, D., Thepanondh, S., Sattle, M. L. and Laowagul, W. (2018). Emissions of volatile organic compounds from maize residue open burning in the northern region of Thailand. *Atmospheric Environment*, 176, 179-187.

Saidur, R., Masjuki, H. H. and Hasanuzzaman, M. (2009). Performance of an improved solar car ventilator. *International Journal of Mechanical and Materials Engineering (IJMME)*, 4(1), 24-34.

Xu, B., Wu, Y., Gong, Y., Wu, S., Wu, X., Zhu, S. And Liu, T. (2016). Investigation of volatile organic compounds exposure inside vehicle cabins in China. *Atmospheric Pollution Research*, 7(2), 215-220.

<https://doi.org/10.1016/j.apr.2015.09.005>

Yoshida, T. and Matsunaga, I. (2006). A case study on identification of airborne organic compounds and time courses of their concentrations in the cabin of a new car for private use. *Environment International*, 32(1), 58-79.