ที่ ทส ๐๘๐๓/๑๑๐๕๓

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
เทคโนธานี ตำบลคลองห้า
อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี
๑๒๑๒๐

๑๕ ตุลาคม ๒๕๖๔

เรื่อง รายงานผลการทดสอบเครื่องฆ่าเชื้อโรคในอากาศชนิดใช้งานสัมผัสกับมนุษย์

เรียน กรรมการผู้จัดการ บริษัท เอ็มเอ็มเอ ซิเคียวริตี้ ซีล (ประเทศไทย) จำกัด

อ้างถึง หนังสือบริษัท เอ็มเอ็มเอ ซิเคียวริตี้ ซีล (ประเทศไทย) จำกัด ลงวันที่ ๑๕ มิถุนายน ๒๕๖๔

สิ่งที่ส่งมาด้วย รายงานผลการทดสอบเครื่องฆ่าเชื้อโรคในอากาศชนิดใช้งานสัมผัสกับมนุษย์ จำนวน ๑ เล่ม

ตามหนังสือที่อ้างถึง บริษัท เอ็มเอ็มเอ ซิเคียวริตี้ ซีล (ประเทศไทย) จำกัด ขอนัดหมายเข้าพบเพื่อเข้ารับการทดสอบ (Lab test) เครื่องฆ่าเชื้อโรคในอากาศชนิดใช้งานสัมผัสกับคนได้ ยี่ห้อ UV Care254 และได้หารือร่วมกับ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม เกี่ยวกับรายการส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ของบริษัทฯ และการขอเข้ารับการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในอากาศฯ ในสภาพการใช้งานจริง และศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ได้ทำการทดสอบเครื่องฆ่าเชื้อโรคในอากาศชนิดใช้งานสัมผัสกับมนุษย์ ยี่ห้อ UV Care254 ดังกล่าว ใน ๒ ประเด็น (๑) ทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรค (๒) ทดสอบการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศระหว่างการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ภายในห้องสำนักงาน นั้น

บัดนี้ การทดสอบเครื่องฆ่าเชื้อโรคในอากาศชนิดใช้งานสัมผัสกับมนุษย์เสร็จสิ้นแล้ว จึงขอส่งรายงานผลการทดสอบเครื่องฆ่าเชื้อโรคในอากาศชนิดใช้งานสัมผัสกับมนุษย์ รายละเอียดดังสิ่งที่ส่งมาด้วย โดยสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

๑. ดำเนินการทดสอบการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ จากเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ในสภาพการใช้งานจริง ได้แก่ แบคทีเรียและเชื้อรา เพื่อให้ทราบข้อเท็จจริงเกี่ยวกับประสิทธิภาพของการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศตามหลักวิชาการ ผลการทดสอบโดยสรุป พบว่า จากการทดสอบภายในห้องสำนักงานในสภาพการใช้งานจริง ได้แก่ ห้อง ๑๐๘ ที่มีพื้นที่ใช้สอย ๓๓ ตารางเมตร และห้อง ๓๑๔ ที่มีพื้นที่ใช้สอย ๔๔ ตารางเมตร เครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ สามารถทำการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรียและเชื้อราลงได้ ในระยะเวลาการเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ในช่วงเวลา ๒-๔ ชั่วโมง โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดอยู่ในช่วง ๓๖.๐-๘๐.๕% และมีคุณภาพอากาศตาม IMA class อยู่ในระดับดี - ดีมาก โดยผ่านเกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศของการปนเปื้อนจุลินทรีย์ เนื่องจากปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ภายในห้องมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้ ห้อง ๑๐๘ และห้อง ๓๑๔ ให้ผลประสิทธิภาพ การลดลงของปริมาณจุลินทรีย์ได้มากกว่า ๗๐% และ ๘๐% ตามลำดับ โดยมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยลดลงในระดับเดียวกันที่ไม่เกิน ๕ CFU/dm^2-h และ ไม่เกิน ๕๐ CFU/m^3 หลังจากเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ เป็นเวลา ๒๔ ชั่วโมง

๒. ดำเนินการ...

๒. ดำเนินการตรวจวัดและเก็บตัวอย่างอากาศ จากเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ในการใช้งานจริงอย่างต่อเนื่องภายในห้องสำนักงาน เพื่อทดสอบการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซโอโซน สารปรอท สารกลุ่มคาร์บอนิล และสารอินทรีย์ระเหยง่าย จากเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ในสภาวะ Background ของห้อง ๓๑๐ อาคารศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม และสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ใช้งานภายในห้องสำนักงาน ผลการทดสอบการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ พบว่า ข้อมูลความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศภายในห้องสำนักงานของทั้งสองสภาวะ โดยในสภาวะไม่มีการเปิดใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ และในอีกสภาวะที่มีการเปิดใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นมลพิษทางอากาศไม่แตกต่างกัน กล่าวได้ว่าการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ไม่ก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศภายในห้องสำนักงานรายละเอียดตามสิ่งที่ส่งมาด้วย

๓. สรุปโดยรวมเครื่องฆ่าเชื้อโรคในอากาศชนิดใช้งานสัมผัสกับมนุษย์ ยี่ห้อ UV Care254 มีประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมากกว่า ๗๐% ในสภาพการใช้งานจริง โดยมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยลดลงในระดับเดียวกันที่ไม่เกิน ๕ CFU/dm^2-h และ ไม่เกิน ๕๐ CFU/m^3 หลังจากเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ เป็นเวลา ๒๔ ชั่วโมง และการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ไม่ก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศภายในห้องทำงาน

ทั้งนี้ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ขออนุญาตท่านเผยแพร่ผลการทดสอบเครื่องฆ่าเชื้อโรคในอากาศชนิดใช้งานสัมผัสกับมนุษย์ ในเชิงวิชาการต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายปัญญา วีระเพชรายุทธ)
ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

บริษัท โซล่า เอนเนอร์ยี่ จำกัด

กลุ่มอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน
โทรศัพท์ ๐ ๒๕๗๗ ๑๑๓๖-๗, ๐ ๒๕๗๗ ๔๑๘๒-๙ ต่อ ๑๓๑๔
โทรสาร ๐ ๒๕๗๗ ๑๑๓๘

รายงาน

ผลการทดสอบเครื่องฆ่าเชื้อโรคในอากาศชนิดใช้งานสัมผัสกับมนุษย์

บริษัท โซล-เอ็น เทค จำกัด

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ปี 2564

คณะผู้วิจัย

ที่ปรึกษาโครงการ

1. นายปัญญา วรเพชรายุทธ	ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
2. ดร.หทัยรัตน์ การีเวทย์	ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

คณะผู้วิจัยกลุ่มน้ำและขยะ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

1. นายปัญจา ใยถาวร	ผู้อำนวยการกลุ่มน้ำและขยะ
2. ดร. สุดา อิทธิสุภรณ์รัตน์	นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ
3. นางสาวชวลา เสียงล้ำ	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
4. นายณัฐวุฒิ กระแสสืบ	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม

คณะผู้วิจัยกลุ่มอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

1. ดร.วรรณา เลาวกุล	ผู้อำนวยการกลุ่มอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน
2. ดร.ศิรพงศ์ สุขทวี	นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ
3. นางสาวเพลินพิศ พงษ์ประยูร	นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ
4. นางจันทิราพร ทั่งสุวรรณ	นักวิชาการสิ่งแวดล้อมปฏิบัติการ
5. นายอดุลย์เดช ปัดภัย	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
6. นางศุภนุช รสจันทร์	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
7. นางสาวเต็มเดือน ชานะทร	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
8. นางสาวอรจีรียา ช่างเหล็ก	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
9. นายกมเลศ ทองดีเลิศ	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
10. ดร.เดชี่ หมอกน้อย	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
11. นางสาวรัชตวรรณ เกตุวัง	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
12. นายนิรัน เปี่ยมใย	นายช่างเทคนิค
13. นายอำนาจ มากมาย	เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์

SOR เรซ-ไซ-เอ็น เทค จำกัด

บทที่ 1
บทนำ

1. หลักการและเหตุผล

เครื่องฆ่าเชื้อโรคในอากาศชนิดใช้งานสัมผัสกับมนุษย์ ยี่ห้อ UV Care254 เป็นเครื่องที่นำมาใช้ในการลดเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอากาศด้วยการใช้รังสียูวีซี ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ในการกำจัด ซึ่งได้มีการทดสอบในห้องปฏิบัติการแล้วว่าสามารถทำการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะเปิดใช้งานมีอัตราการฆ่าเชื้อมากกว่า 99.99% ไม่มีการปล่อยก๊าซโอโซนตลอดการใช้งาน ซึ่งได้รับการรับรองคุณภาพจากหลายสถาบัน ใช้อุปกรณ์ที่ได้รับมาตรฐานสากล ผ่านการพิจารณาจากสำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค (สคบ.) ปลอดภัยผ่านการทดสอบจากสถาบันระดับชาติหลายสถาบัน และมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคได้จริง (บทความจาก : https://www.remaxthailand.co.th)) เครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรค แต่เนื่องจากการนำไปใช้งานจริง ที่มีการใช้งานอย่างต่อเนื่องนั้น ยังไม่มีการทดสอบความสามารถของเครื่องดังกล่าวว่ามีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการทดสอบในห้องปฏิบัติการอยู่หรือไม่ และยังไม่มีการทดสอบการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศระหว่างการทำงานของเครื่อง ดังนั้น ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม จึงได้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศของเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯในสภาพการใช้งานจริง และตรวจวัดการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ได้แก่ ก๊าซโอโซน สารปรอท สารกลุ่มคาร์บอนิล และสารอินทรีย์ระเหยง่าย โดยพิจารณาจากชนิดของมลพิษที่อาจมีแหล่งกำเนิดมาจากเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ดังกล่าว

2. วัตถุประสงค์:

2.1 ทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศของเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254

2.2 ประเมินการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจากการใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 และเปรียบเทียบกับดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

2.3 ทดสอบการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซโอโซน สารปรอท สารกลุ่มคาร์บอนิล และสารอินทรีย์ระเหยง่าย จากเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ขณะใช้งานต่อเนื่องภายในห้องสำนักงาน

3. เป้าหมาย

3.1 ผลประสิทธิภาพการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศของเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254

3.2 ผลการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจากการใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ตามดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

3.3 ผลการทดสอบการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซโอโซน สารปรอท สารกลุ่มคาร์บอนิล และสารอินทรีย์ระเหยง่าย จากเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ขณะใช้งานต่อเนื่องภายในห้องสำนักงาน

บทที่ 2
วิธีการศึกษา

1. การทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศของเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254

1.1 การทดสอบความเหมาะสมของห้องที่ใช้ทดสอบก่อนดำเนินการทดสอบเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254

ดำเนินการโดยตรวจสอบลักษณะการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ภายในห้องทดสอบที่เลือกมา จำนวน 5 ห้อง ได้แก่ ห้อง 108, 127, 128, 314 และ 318 ซึ่งมีพื้นที่ใช้สอยแต่ละห้องดังตารางที่ 2.1 ทำการทดสอบด้วยวิธี settle plate (passive air sampling) โดยการวางเพลทที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) สำหรับทดสอบแบคทีเรีย และ Potato Dextrose Agar (PDA) สำหรับทดสอบเชื้อรา โดยใช้จานเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร จำนวนอย่างละ 5 เพลท (การคำนวณการวางจานเลี้ยงเชื้อจากพื้นที่ห้อง อ้างอิงจาก สุนทรี สวนทับทิม และพรเพ็ญ กำนารายณ์, 256 โดยใช้ 100 ตารางฟุต หรือ 9.3 ตารางเมตร/เพลท) วางในตำแหน่งมุมห้องทั้ง 4 มุม จำนวน อย่างละ 1 เพลท และตรงกลางห้อง 1 เพลท ที่สูงจากพื้น 1 เมตร และห่างจากผนังและสิ่งกีดขวาง 1 เมตร เป็นเวลา 1, 2 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยดัดแปลงจากวิธีการ 1/1/1 scheme ของ Index of Microbial Air Contamination (IMA) (Pasquarella et al., 2000) และนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในเพลท รวมทั้ง วัดความชื้นและอุณหภูมิในห้องทดสอบ

ทำการเก็บจานเลี้ยงเชื้อตามเวลาที่กำหนด นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วัน สำหรับเชื้อแบคทีเรีย และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน สำหรับเชื้อรา (สุนทรี สวนทับทิม และพรเพ็ญ กำนารายณ์, 2563) นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น และวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ตารางที่ 2.1 ลักษณะพื้นที่ของห้องทดสอบซึ่งเป็นห้องทำงานของเจ้าหน้าที่

ห้อง	กว้าง (เมตร)	ยาว (เมตร)	พื้นที่รวม ($ม^2$)
108	5.5	6	33
127	5.8	6.1	35.4
128	6.0	6.1	36.6
314	5.5	8	44
318	6	6	36

1.2 การทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศของเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254

1) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar สำหรับทดสอบแบคทีเรีย และ Potato Dextrose Agar สำหรับทดสอบเชื้อรา โดยใช้จานเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร

2) ทดสอบการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี settle plate (passive air sampling) โดยนำจานเลี้ยงเชื้อ จำนวนอย่างละ 5 เพลท สำหรับทดสอบทั้งแบคทีเรียและเชื้อราไปวางในห้องทดสอบที่เลือกมาจากขั้นตอนที่ 1.1 จำนวน 2 ห้อง โดยห้อง 108 มีพื้นที่ทดสอบ 33 ตารางเมตร และห้อง 314 มีพื้นที่ทดสอบ 44 ตารางเมตร โดยวางในตำแหน่งมุมห้องทั้ง 4 มุม จำนวน อย่างละ 1 เพลท และตรงกลางห้อง 1 เพลท ที่สูงจากพื้น 1 เมตร และห่างจากผนังและสิ่งกีดขวาง 1 เมตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ดังรูปที่ 2.1 และ 2.2

3) ทดสอบตามช่วงเวลา โดยเริ่มจากการทดสอบในห้องที่ไม่มีเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254

(control test) ทำตามขั้นตอนในข้อ 2) หลังจากนั้นวางเครื่อง UV Care254 ไว้ภายในห้องในตำแหน่งที่เหมาะสม และทำการทดสอบในลักษณะเช่นเดียวกันตามข้อ 2.2 ในชั่วโมงที่ 2 4 และ 24 ตามลำดับ เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องทดสอบแบบต่อเนื่อง รวมทั้ง วัดความชื้นและอุณหภูมิภายในห้องทดสอบ

4) ทำการเก็บจานเลี้ยงเชื้อตามเวลาที่กำหนด นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วัน สำหรับเชื้อแบคทีเรีย และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน สำหรับเชื้อรา

5) ตรวจนับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น และบันทึกผลข้อมูลที่ได้

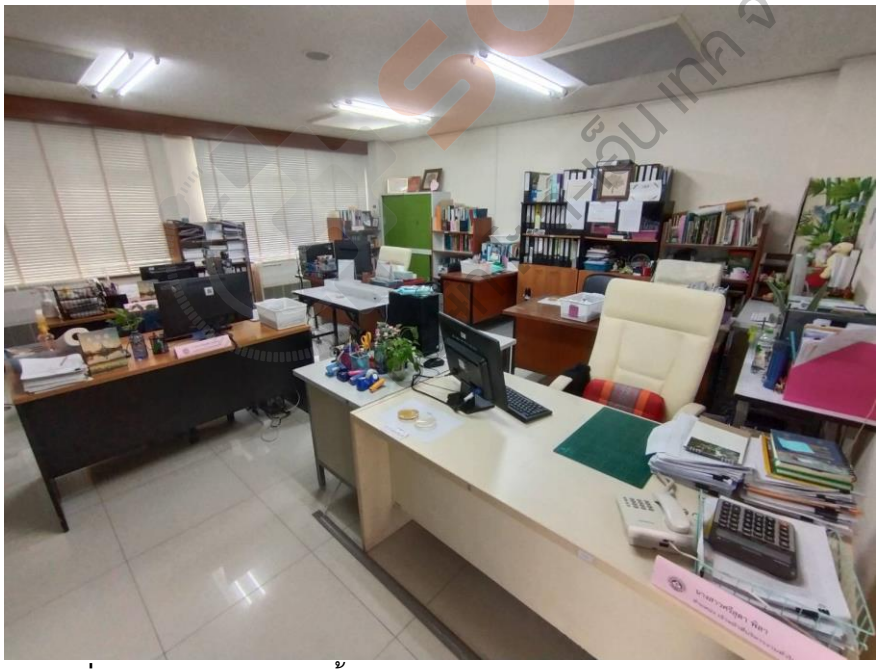
6) ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยจะเริ่มทำการทดสอบในรอบต่อไปหลังการทดสอบรอบก่อนหน้าเสร็จสิ้นไม่น้อยกว่า 1 วัน เพื่อให้สภาวะอากาศภายในห้องทดสอบเป็นปกติ

7) เปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นและประสิทธิภาพการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่มีและไม่มีการใช้งานของเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ด้วยวิธีทางสถิติ ANOVA

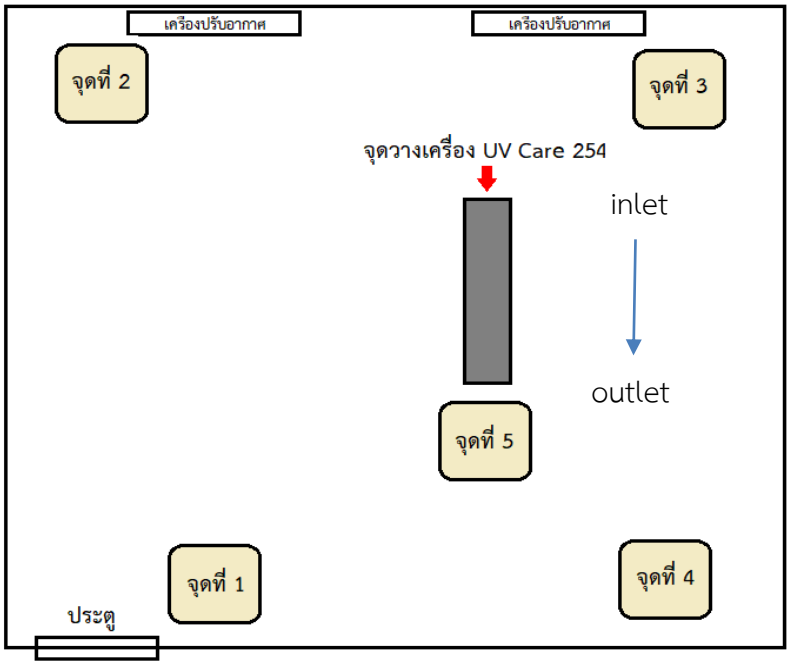
8) คำนวณจำนวนโคโลนีเป็นหน่วย colony forming unit/dm^2-h และนำไปเปรียบเทียบกับดัชนีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศ (IMA) ตามตารางที่ 2.2

9) คำนวณค่าปริมาณจุลินทรีย์จาก CFU/dm^2/h เป็น CFU/m^3 โดยใช้สูตร $N = 5a * 10^4 (bt)^{-1}$ อ้างอิงจาก Fekadu and Getachewu, 2015 โดย N: microbial CFU/m^3 of indoor air, a: number colonies per petri dish, b: dish surface (cm^2), t: exposure time (minutes) เปรียบเทียบค่าตามดัชนีการปนเปื้อนในอากาศ (Department of Occupational Safety and Health, 2010)

1.3 วิเคราะห์ผลและรายงานผลการทดสอบ

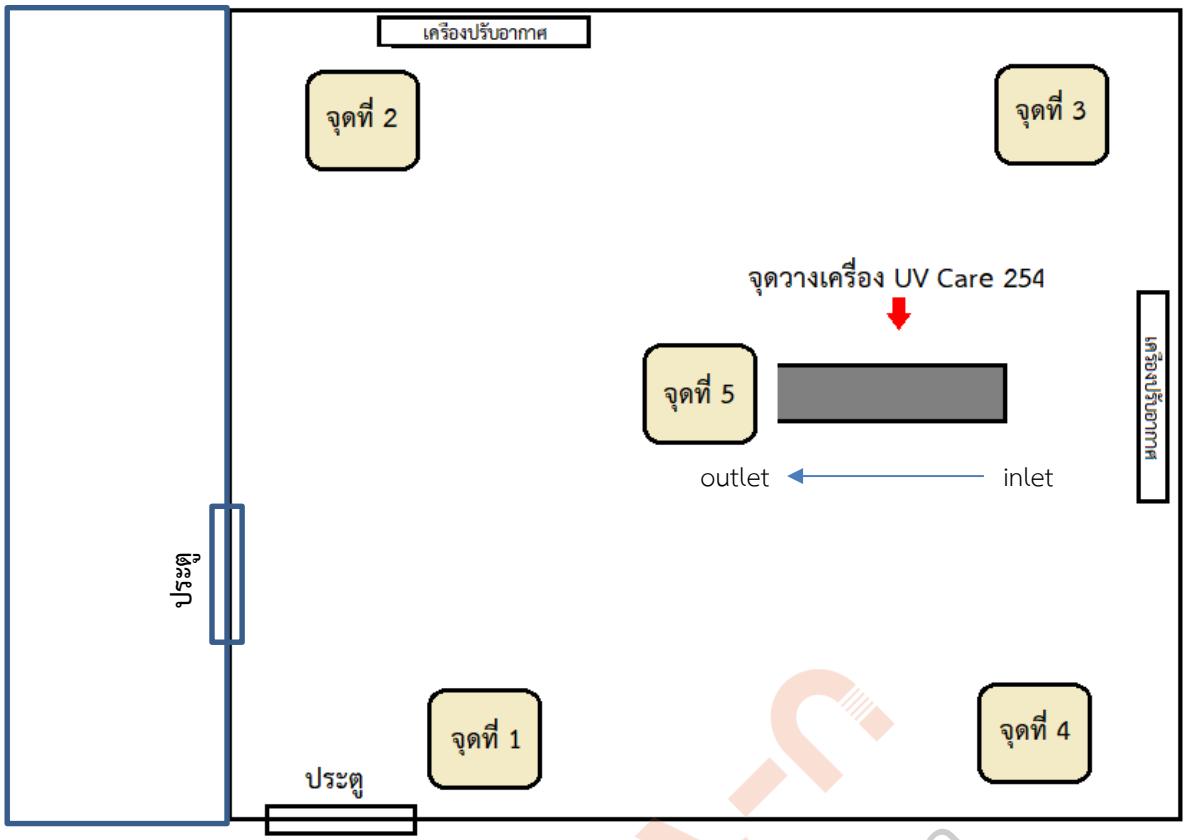


รูปที่ 2.1 (ก) จุดทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศห้อง 108
(เครื่องปรับอากาศเป็นแบบตั้งพื้น โดยเป่าอากาศขึ้นด้านบน)



รูปที่ 2.1 (ข) แผนผังการกำหนดจุดทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศห้อง 108
(เครื่องปรับอากาศเป็นแบบตั้งพื้น โดยเป่าอากาศขึ้นด้านบน)

รูปที่ 2.2 (ก) จุดทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศห้อง 314
(เครื่องปรับอากาศเป็นแบบแขวนผนังด้านบน โดยเป่าอากาศลงด้านล่าง)



รูปที่ 2.2 (ข) แผนผังการกำหนดจุดทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศห้อง 314
(เครื่องปรับอากาศเป็นแบบแขวนผนังด้านบน โดยเป่าอากาศลงด้านล่าง)

ตารางที่ 2.2 ดัชนีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอากาศ (The index of microbial air contamination: IMA)

IMA value	CFU/dm^2/h	Performance	In places at risk
0-5	0-9	Very good	Very high[1]
6-25	10-39	Good	High[2]
26-50	40-84	Fair	Medium[3]
51-75	85-124	Poor	Low[4]
≥ 76	≥ 125	Very poor	-

หมายเหตุ : [1] Ultra clean rooms; reverse isolation, operating room for joint replacement, some procedure of electronics and pharmaceutical industries

[2] Clean room; conventional operating theatres, continuous care unit, dialysis unit

[3] Day hospital, hospital wards, food industries, kitchens

[4] Facilities

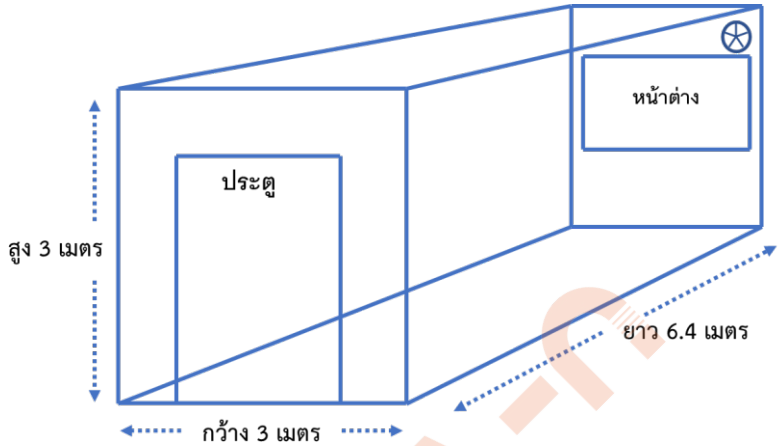
2. ทดสอบการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ

ทดสอบการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซโอโซน สารปรอท สารกลุ่มคาร์บอนิล และสารอินทรีย์ระเหยง่าย จากเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ขณะใช้งานต่อเนื่องภายในห้องสำนักงาน

บริษัท โซล-อินเทค จำกัด

2.1 พื้นที่การศึกษา

จากข้อมูลของเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 จำนวน 1 เครื่อง สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ดีที่สุดในพื้นที่ไม่เกิน 35 ตารางเมตร ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกพื้นที่ศึกษาห้อง 310 ชั้น 3 อาคารศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม เป็นพื้นที่ทดสอบการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ โดยเป็นห้องสำนักงานขนาด 3 เมตร x 6.4 เมตร x 3 เมตร (กว้างxยาวxสูง) คิดเป็นพื้นที่ 19.2 ตารางเมตร คิดเป็นปริมาตรห้อง 57.6 ลูกบาศก์เมตร ห้องมีทางแลกเปลี่ยนอากาศกับภายนอก 3 ช่องทางคือ ทางประตูด้านหน้า ทางหน้าต่างด้านหลัง และทางพัดลมระบายอากาศด้านหลังห้อง ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 สัดส่วนพื้นที่ศึกษาห้อง 310 ชั้น 3 อาคารศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

ห้องลักษณะนี้ เมื่อคิดอัตราการระบายอากาศของห้อง (Air Change Hour หรือ ACH) คือ เมื่อมีการแลกเปลี่ยนอากาศจากภายนอกเพียงช่องทางเดียว และมีการเปิด-ปิดประตูประมาณ 4 ครั้งต่อวันเท่านั้น ซึ่งจำลองมาจากการใช้งานจริง จะมีค่า ACH = 0.3 โดยประมาณ ถือว่าน้อยมาก อากาศในห้องจะถูกเปลี่ยนทั้งหมดคงต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมงในแต่ละครั้ง

ในการศึกษาการเก็บตัวอย่างอากาศ เพื่อทดสอบการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซโอโซน สารปรอท สารกลุ่มคาร์บอนิล และสารอินทรีย์ระเหยง่าย จากเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ในห้องสำนักงาน ทำโดยการเก็บตัวอย่างอากาศในสภาวะ Background และเก็บตัวอย่างอากาศในสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 มีรายละเอียดดังนี้

1) สภาวะ Background ภายในห้องมีอุปกรณ์สำนักงานและเฟอร์นิเจอร์ แสดงดังรูปที่ 2.4 และอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บสารมลพิษทางอากาศในห้อง ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และรูปที่ 2.6 ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อให้ได้ค่าระดับความเข้มข้นพื้นฐาน (Background Concentration) โดยภายในห้องจะเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ ระหว่างวันที่ 5-9 กรกฎาคม 2564 (4 วัน)

2) สภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ในสำนักงาน ภายในห้องมีอุปกรณ์สำนักงานเฟอร์นิเจอร์ และเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ เช่นเดียวกับสภาวะ background เพิ่มเติมคือทำการเปิดใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ตลอด 24 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างในอากาศเพื่อให้ได้ค่าขณะเครื่องทำงาน โดยทำการเก็บตัวอย่างการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ ระหว่างวันที่ 12-16 กรกฎาคม 2564 (4 วัน)

รูปที่ 2.4 แสดงอุปกรณ์สำนักงานและเฟอร์นิเจอร์ในห้องที่ทำการศึกษา

รูปที่ 2.5 แสดงตำแหน่งเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ และ ตำแหน่งเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ในห้องที่ทำการศึกษา

รูปที่ 2.6 แสดงเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ 1) ก๊าซโอโซน 2) สารปรอท 3) สารกลุ่มคาร์บอนิล และ 4) สารอินทรีย์ระเหยง่าย

บริษัท โซล-เอ็นเทค จำกัด

2.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง

สารมลพิษ	วิธีเก็บตัวอย่าง	วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง	เอกสารอ้างอิง
โอโซน	เครื่อง Photometric Ozone Analyzer, Teledyne Instruments, Model 400E สำหรับภายในห้องทำงาน และ Model 400T สำหรับภายนอกอาคาร โดยใช้หลักการให้แสง Ultraviolet ทำปฏิกิริยากับก๊าซโอโซนและวัดการดูดซับแสงซึ่งเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่ช่วงความยาวคลื่น 254 nm โดยทำการตรวจวัดอย่างต่อเนื่องภายในห้องทำงานและภายนอกอาคาร ข้อมูลระดับความเข้มข้นที่ทำการตรวจวัดจะถูกเก็บเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่เป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง	วิเคราะห์ข้อมูลการตรวจวัดก๊าซ O3 ที่ได้จากเครื่อง Photometric Ozone Analyzer, Teledyne Instruments, Model 400E และเปรียบเทียบทางสถิติ ดังนี้ - Two-Sample T-Test - Kernel Density Estimation - Time Series Analysis	วิธีมาตรฐาน US.EPA LIST OF DESIGNATED REFERENCE AND EQUIVALENT METHODS. : Automated Equivalent Method: EQOA-0992-087
สารปรอทในอากาศ	เก็บตัวอย่างด้วยชุดเครื่องเก็บตัวอย่างสารปรอทในอากาศ จำนวน 3 ชุด ใช้หลักการปั๊มดูดอากาศ (NIC รุ่น PS-4) ด้วยอัตราการไหล 0.5 ลิตรต่อนาที ผ่านหลอดดูดซับปรอทในอากาศด้วย gold amalgam เป็นเวลา 24 ชั่วโมง	ใช้หลักการ thermal desorption ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส และตรวจวัดด้วย Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry	วิธีมาตรฐาน US.EPA. Method IO-5 Sampling and Analysis for Atmospheric Mercury
สารกลุ่มคาร์บอนิลในอากาศ	เก็บตัวอย่างด้วยชุดเครื่องเก็บตัวอย่างสารกลุ่มคาร์บอนิลในอากาศ จำนวน 1 ชุดใช้ปั๊มดูดอากาศเข้าไปในหลอด DNPH-cartridge ที่บรรจุด้วย silica เคลือบสาร DNPH หรือ Dinitrophenylhydrazone ที่อัตราการไหลอากาศ 100 มิลลิลิตร/นาที เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ใช้ Ozone scrubber ต่อเข้ากับหลอดเก็บตัวอย่างเพื่อป้องกันโอโซนทำปฏิกิริยากับสาร	การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่องHigh Performance Liquid Chromatography (HPLC)	วิธีมาตรฐาน US.EPA Method TO-11A Determination of Formaldehyde in Ambient Air Using Adsorbent Cartridge Followed by HighnPerformance Liquid Chromatography (HPLC) [Active Sampling Methodology]

สารมลพิษ	วิธีเก็บตัวอย่าง	วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง	เอกสารอ้างอิง
	กลุ่มคาร์บอนิลที่อยู่ภายในหลอด และใช้กล่องทำความร้อน (Heater box) ป้องกันความชื้นเข้าไปในหลอดระหว่างเก็บบันทึกข้อมูล		
สารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ	ใช้ถังเก็บตัวอย่างอากาศจำนวน 1 ชุด ขนาด 6 ลิตร ที่มีความดันภายในถังประมาณ 0.05 มิลลิเมตรปรอท หรือ 50 มิลลิทอร์ อาศัยความแตกต่างระหว่างระดับความดันในบรรยากาศกับความดันภายในถังเก็บตัวอย่างอากาศ โดยไม่ต้องใช้ปั๊มดูดอากาศ เก็บตัวอย่าง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของอากาศ (Flow controller)	การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง Preconcentrator- Gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS)	วิธีมาตรฐาน US EPA Compendium Method TO-15 Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Air Collected in Specially Prepared Canisters and Analyzed by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)/Preconcentrator-GC/MS

sol-r บริษัท โซล-เอ็น เทค จำกัด

บทที่ 3
ผลการศึกษา

1. การทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศของเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254

1.1 ผลการทดสอบความเหมาะสมของห้องที่ใช้ทดสอบ

ในช่วงการทดสอบผลการบันทึกอุณหภูมิและความชื้นของแต่ละห้องมีค่าใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.1-27.4 °C ในขณะที่ความชื้นอยู่ในช่วง 42.5-58.4 (% RH) ตลอดช่วงเวลาการทดสอบ ดังตารางที่ 3.1

ผลการเจริญของแบคทีเรียและเชื้อราในแต่ละห้องที่ทดสอบเป็นเวลา 1 2 และ 4 ชั่วโมง แสดงได้ดังตารางที่ 3.2-3.4 พบว่า ในแต่ละห้องของการวางเพลทเป็นเวลา 1 ชม. ค่าเฉลี่ยของแบคทีเรียและเชื้อราที่นับได้อยู่ในช่วง 10-30 และ 5-25 โคโลนี ตามลำดับ โดยห้อง 314 มีการเจริญของจุลินทรีย์มากที่สุด และห้อง 318 มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยที่สุด สำหรับการวางเพลทเป็นเวลา 2 ชม. ห้องที่ทดสอบมีค่าเฉลี่ยของแบคทีเรียและเชื้อราที่นับได้อยู่ในช่วง 10-52 และ 10-26 โคโลนี โดยห้อง 318 มีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์น้อยที่สุด ส่วนห้อง 127 และ 128 มีบางเพลทที่จำนวนจุลินทรีย์มีมากเกินไป จนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ ในขณะที่การวางเพลทเป็นเวลา 4 ชม. ทุกห้องที่ทดสอบมีบางเพลทที่มีจำนวนจุลินทรีย์มากเกินไป จนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนี้ แสดงให้เห็นว่า การวางเพลทเป็นเวลา 1 ชม. จุลินทรีย์อาจมีจำนวนน้อยเกินไปที่จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของประสิทธิภาพของเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ สำหรับการทดสอบการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศต่อไป ส่วนการวางเพลทเป็นเวลา 4 ชั่วโมง อาจจะใช้เวลามากเกินไปจนมีผลทำให้มีจุลินทรีย์เจริญจนไม่สามารถนับแยกจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่ชัดเจนได้ เพราะฉะนั้นการเลือกวิธีการวางเพลทเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จึงเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุด ส่วนห้องที่เลือกทำการทดสอบต่อไปนั้น พบว่า ห้อง 108 ห้อง 314 และห้อง 318 มีจำนวนจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ทั้งหมด แต่ 318 มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยที่สุดใน 3 ห้องนี้ จึงได้ทำการคัดเลือกห้อง 108 และ ห้อง 314 เพื่อทำการทดสอบการลดลงของจุลินทรีย์ในอากาศด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯดังกล่าวต่อไป โดยสามารถศึกษาความแตกต่างประสิทธิภาพของการบำบัดจุลินทรีย์ในอากาศ จากห้อง 108 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 35 ตารางเมตร และห้อง 314 ที่มีพื้นที่ใช้สอยมากกว่า 35 ตารางเมตรได้

ตารางที่ 3.1 อุณหภูมิ และความชื้น ณ เวลาที่ทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศของแต่ละห้อง

ห้อง	พารามิเตอร์	เวลาในการทดสอบ (ชั่วโมง)			
		1	2	4	ค่าเฉลี่ย
108	อุณหภูมิ (°C)	28.0	27.7	26.1	27.3
	ความชื้น (% RH)	44.8	44.8	46.4	45.3
127	อุณหภูมิ (°C)	27.3	28.8	24.7	26.9
	ความชื้น (% RH)	57.2	55.1	62.5	58.3
128	อุณหภูมิ (°C)	26.7	30.1	25.1	27.3
	ความชื้น (% RH)	55.4	46.8	56.9	53.0
314	อุณหภูมิ (°C)	27.5	28.2	24.7	26.8
	ความชื้น (% RH)	47.5	43.4	55.3	48.7

ตารางที่ 3.1 อุณหภูมิ และความชื้น ณ เวลาที่ทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศของแต่ละห้อง (ต่อ)

ห้อง	พารามิเตอร์	เวลาในการทดสอบ (ชั่วโมง)			
		1	2	4	ค่าเฉลี่ย
318	อุณหภูมิ (°C)	26.6	26.7	28.7	27.3
	ความชื้น (% RH)	47.3	38.8	40.3	42.1

ตารางที่ 3.2 ผลจำนวนจุลินทรีย์ที่เปิดเพลทไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ห้อง	จุดที่	จำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ในแต่ละเพลท					
		1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
108	PCA	28	35	19	17	13	22
	PDA	4	4	6	4	6	5
127	PCA	32	19	20	24	4	20
	PDA	18	10	9	17	10	13
128	PCA	18	20	20	33	22	23
	PDA	13	13	20	22	16	17
314	PCA	21	31	34	21	45	30
	PDA	27	17	17	21	43	25
318	PCA	12	4	9	14	11	10
	PDA	10	16	13	11	12	12

ตารางที่ 3.3 ผลจำนวนจุลินทรีย์ที่เปิดเพลทไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ห้อง	จุดที่	จำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ในแต่ละเพลท					
		1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
108	PCA	32	33	30	52	41	38
	PDA	8	12	11	13	5	10
127	PCA	-	39	50	23	38	38
	PDA	25	24	-	18	13	20
128	PCA	40	29	45	45	51	42
	PDA	26	25	28	-	-	26
314	PCA	26	62	41	41	90	52
	PDA	27	18	16	21	35	23
318	PCA	6	5	7	17	15	10
	PDA	3	23	17	14	10	13

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ - หมายถึง ไม่สามารถตรวจนับได้เนื่องจากพบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์จำนวนมาก

บริษัท โซ-เอ็น เทค จำกัด

ตารางที่ 3.4 ผลจำนวนจุลินทรีย์ที่เปิดเพลทไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

ห้อง	จุดที่	จำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ในแต่ละเพลท					
		1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
108	PCA	61	-	52	64	-	59
	PDA	13	23	9	13	15	15
127	PCA	38	46	47	53	34	44
	PDA	48	-	22	-	15	28
128	PCA	-	-	53	57	75	62
	PDA	37	-	32	-	-	35
314	PCA	69	83	75	-	105	83
	PDA	46	20	-	-	-	33
318	PCA	9	10	23	23	11	15
	PDA	16	-	22	12	17	17

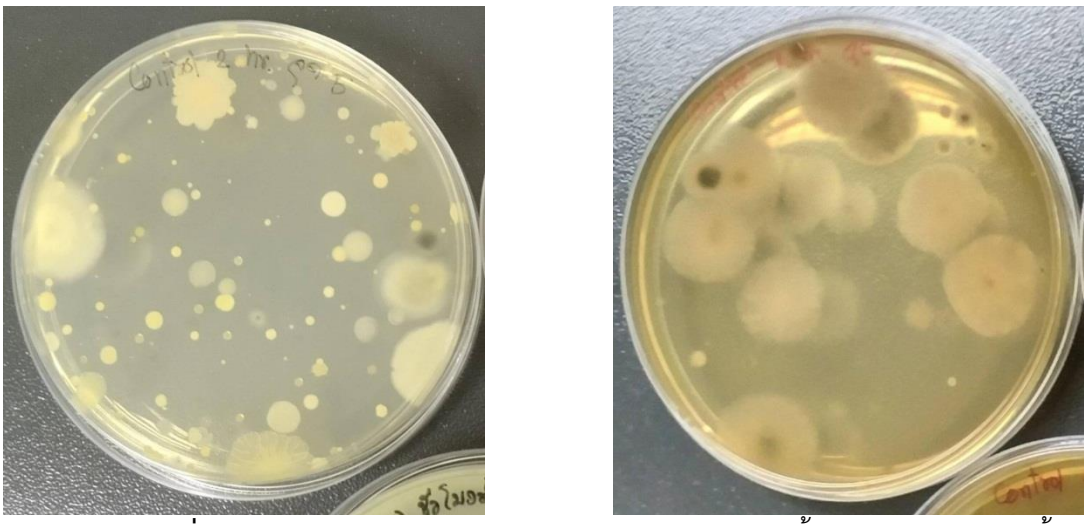
หมายเหตุ: สัญลักษณ์ – หมายถึง ไม่สามารถตรวจนับได้เนื่องจากพบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์จำนวนมาก

1.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดลงของปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศจากเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254

ค่าเฉลี่ยการวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องที่ทดสอบของห้อง 108 และห้อง 314 แสดงดังตารางที่ 3.5 โดยอุณหภูมิและความชื้นในห้อง 108 อยู่ในช่วง 24.4-27.0 °C และ 63.1-64.4 % RH ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิและความชื้นในห้อง 314 อยู่ในช่วง 21.4-21.5 °C และ 62.3-64.7 % RH ตามลำดับ โดยห้อง 108 มีการเปิดเครื่องปรับอากาศเฉพาะช่วงเวลาทำงาน ส่วนห้อง 314 ได้ทำการเปิดเครื่องปรับอากาศไว้ตลอดช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ ซึ่งรูปที่ 3.1 แสดงลักษณะการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างการทดสอบ

ตารางที่ 3.5 อุณหภูมิและความชื้นในห้องที่ทำการทดสอบ (n=7)

ครั้งที่	วันที่ทดสอบ	ห้องทดสอบ	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น(% RH)
1	21-22 กรกฎาคม 2564	108	24.4	63.9
2	2-3 สิงหาคม 2564	108	24.6	63.1
3	24-25 สิงหาคม 2564	108	27.0	64.4
1	2-3 สิงหาคม 2564	314	21.5	62.3
2	10-11 สิงหาคม 2564	314	21.4	64.7
3	16-17 สิงหาคม 2564	314	21.4	64.5



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะการเจริญของแบคทีเรีย(ซ้าย) และเชื้อรา (ขวา)ในอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศในห้อง 108

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อแบคทีเรียในอากาศในห้อง 108 ที่มีพื้นที่ใช้สอย 35 ตารางเมตร สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.6 และรูปที่ 3.2 พบว่า ปริมาณแบคทีเรียจากทั้ง 3 ครั้ง ที่ทำการทดสอบโดยการวางเพลทไว้เป็นเวลา 2 ชม. มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) หลังจากเปิดเครื่อง UV ให้ทำงานภายในห้องไว้ เป็นเวลา 4 ชม. โดยประสิทธิภาพการบำบัดแบคทีเรียอยู่ในช่วง 45.9-74.6 % คุณภาพอากาศตาม IMA class แสดงค่าว่าดีมาก เปรียบเทียบค่าจากตารางที่ 2 โดยมีปริมาณแบคทีเรียอยู่ในช่วง 1.6-7.9 CFU/dm^2-h

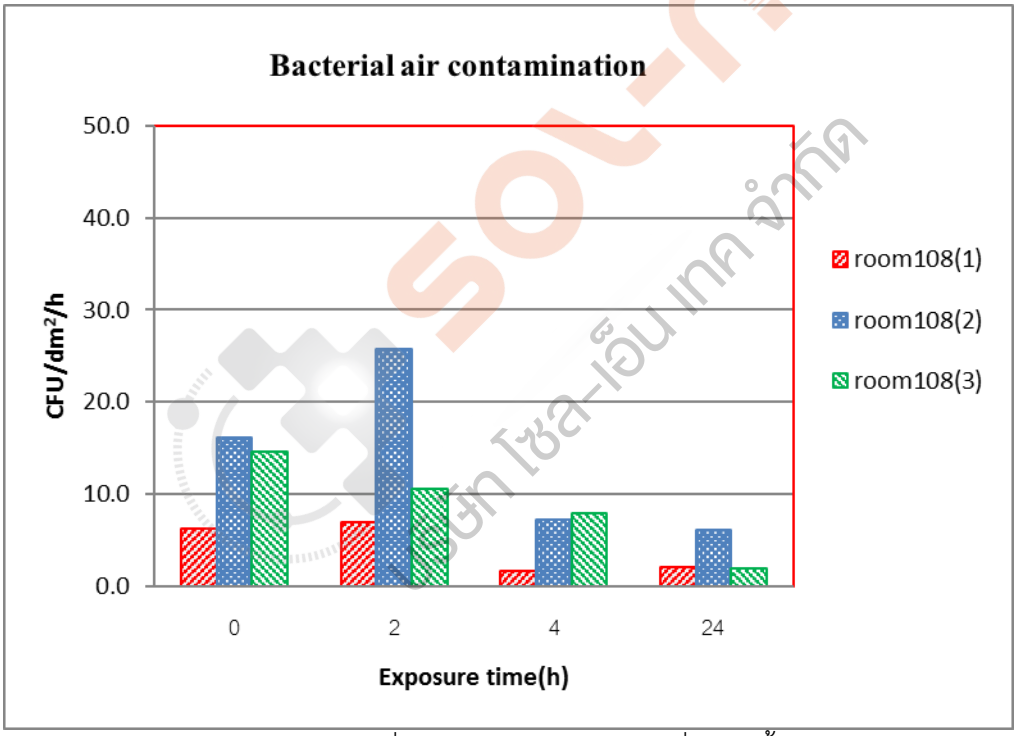
ส่วนผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อราในอากาศภายในห้อง 108 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.7 และรูปที่ 3.3 พบว่า ปริมาณเชื้อรามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยครั้งที่ 1 หลังจากเปิดเครื่อง UV ให้ทำงานภายในห้องไว้ เป็นเวลา 2 ชม. ปริมาณเชื้อราลดลงจากตอนไม่ได้เปิดเครื่อง UV อยู่ที่ 5.7 CFU/dm^2-h ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัดเชื้อราอยู่ที่ 57.8 % ส่วนครั้งที่ 2 และ 3 หลังจากเปิดเครื่อง UV ให้ทำงานภายในห้องไว้ เป็นเวลา 4 ชม. ปริมาณเชื้อราลดลงมาอยู่ในช่วง 5.8-6.6 CFU/dm^2-h โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดอยู่ในช่วง 51.5-63.5 % และคุณภาพอากาศตาม IMA class จากทั้ง 3 ครั้ง แสดงผลจาก ดี เป็น ดีมาก

เมื่อเปรียบเทียบกับการปนเปื้อนของแบคทีเรียและเชื้อรากับดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศมาเลเซีย (ประเทศไทยไม่มีข้อกำหนดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในคุณภาพอากาศ) ที่กำหนดไว้ว่าไม่ควรเกิน 500 CFU/m^3 สำหรับเชื้อแบคทีเรีย และไม่ควรเกิน 1,000 CFU/m^3 สำหรับเชื้อรา (Department of Occupational Safety and Health, 2010) พบว่าห้องที่ทดสอบผ่านเกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศตั้งแต่ต้น

ตารางที่ 3.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อแบคทีเรียในห้อง 108

No.	UV exposure time (h)	Colony mean	CFU/dm^2/h	Removal efficiency (%)	IMA class	Air quality index (≤500 CFU/m^3)	During time (*p*-value)
1	0	8.0	6.3	-	very good	52.4	-
	2	8.8	6.9	-	very good	57.6	0.969
	4	2.0	1.6	74.6	very good	13.1	0.016
	24	2.6	2.0	71.0	very good	17.0	0.033
2	0	20.4	16.1		good	133.6	-
	2	32.8	25.8		good	214.8	0.007
	4	9.2	7.2	55.3	very good	60.3	0.005
	24	7.8	6.1	76.4	very good	51.1	0.006
3	0	18.6	14.6	-	good	121.8	-
	2	13.4	10.5	28.1	good	87.8	0.144
	4	10.0	7.9	45.9	very good	65.5	0.008
	24	2.4	1.9	81.9	very good	15.7	0.000

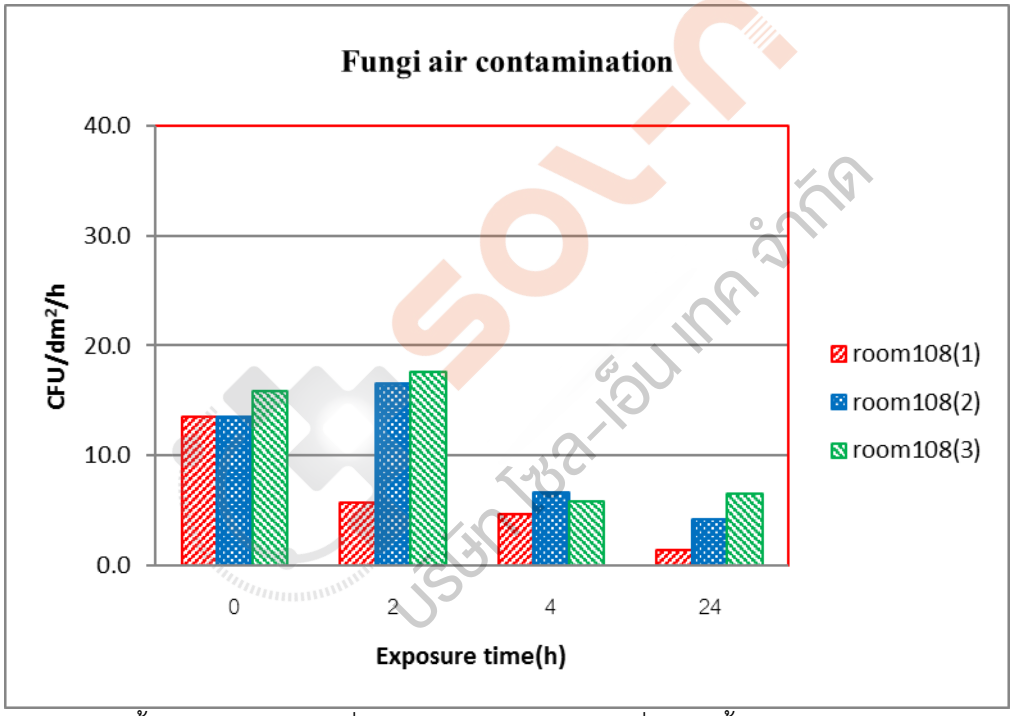
หมายเหตุ: ค่าจุลินทรีย์ปนเปื้อน < 10 CFU/m^3 เทียบเท่ากับ < 3.5 CFU/dm^2/h (Friberg et al., 1999)



รูปที่ 3.2 ปริมาณแบคทีเรียในเวลาต่างๆ ที่ทดสอบการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ในห้อง 108

ตารางที่ 3.7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อราในห้อง 108

No.	UV exposure time (h)	Colony mean	CFU/dm^2/h	Removal efficiency (%)	IMA class	Air quality index (≤1,000 CFU/m^3)	During time (p-value)
1	0	17.2	13.5	-	good	112.7	-
	2	7.2	5.7	57.8	very good	47.2	0.000
	4	6.0	4.7	65.2	very good	39.3	0.000
	24	1.8	1.4	89.6	very good	11.8	0.000
2	0	17.2	13.5	-	good	112.7	-
	2	21.0	16.5	-	good	137.5	0.255
	4	8.4	6.6	51.1	very good	55.0	0.002
	24	5.4	4.2	68.9	very good	35.4	0.000
3	0	20.2	15.9	-	good	132.3	-
	2	22.4	17.6	-	good	146.7	0.910
	4	7.4	5.8	63.5	very good	48.5	0.006
	24	8.2	6.5	59.1	very good	53.7	0.010



รูปที่ 3.3 ปริมาณเชื้อราในเวลาต่างๆ ที่ทดสอบการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ในห้อง 108

1.2.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศในห้อง 314

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดแบคทีเรียในอากาศในห้อง 314 ที่มีพื้นที่ใช้สอย 44 ตารางเมตร ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 35 ตาราเมตร สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.8 และรูปที่ 3.4 พบว่า ในการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 3 หลังจากเปิดเครื่อง UV ให้ทำงานภายในห้องไว้ เป็นเวลา 4 และ 2 ชม. ตามลำดับ ปริมาณแบคทีเรียลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับยังไม่ได้เปิดใช้งานเครื่อง UV โดยปริมาณแบคทีเรียลดลงมาอยู่ที่ 10.2 และ 8.0 CFU/dm^2-h ตามลำดับ ชม. โดยประสิทธิภาพการบำบัดแบคทีเรียอยู่ที่ 49.0 และ 80.5 % ตามลำดับ และคุณภาพอากาศตาม IMA class แสดงผลอยู่ในระดับดี และดีมาก ตามลำดับ จะเห็นว่าครั้งที่ 3 ร้อยละประสิทธิภาพการบำบัดแบคทีเรียสูงกว่าครั้งที่ 1 เกือบเท่าตัว อาจเป็นเพราะจำนวนแบคทีเรียเริ่มต้นภายในห้องทั้ง 2 ครั้ง มีความแตกต่างกันมาก ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 พบว่า ปริมาณแบคทีเรียภายในห้อง นอกจากไม่มีการลดจำนวนลง ยังมีการเพิ่มจำนวนขึ้นอีกด้วย ซึ่งจาก

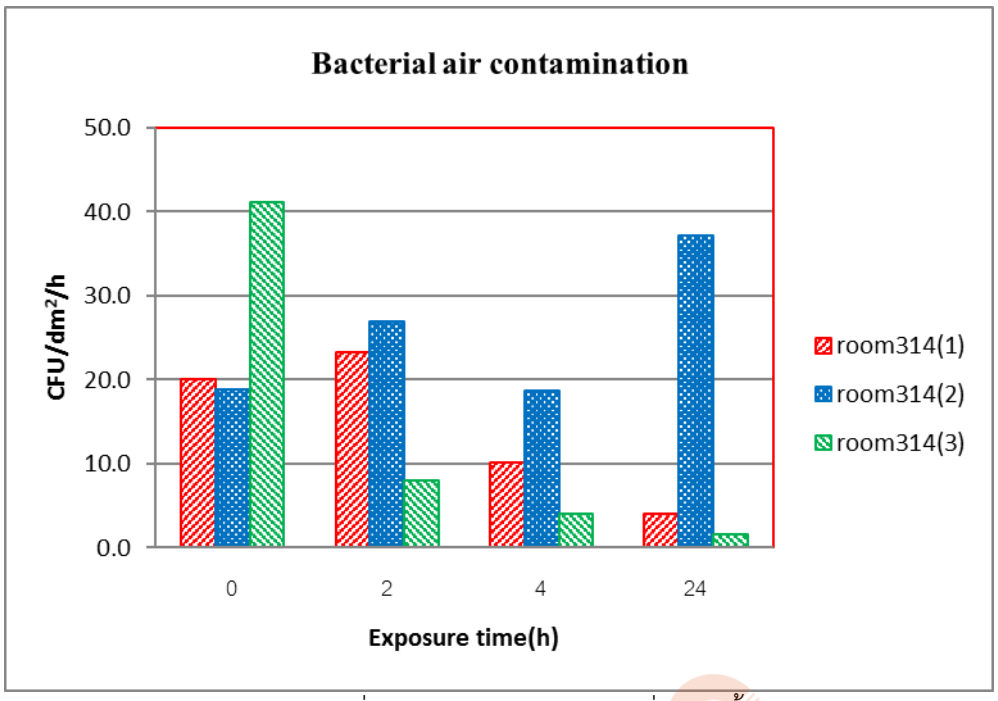
การสังเกตของผู้ทดสอบ พบว่าอาจเป็นเพราะในวันที่ทดสอบ เจ้าหน้าที่มีการเปิดประตูเข้า-ออก ห้องเป็นจำนวนบ่อยครั้งมาก มีการรับประทานอาหารภายในห้องตอนกลางวัน ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุทำให้มีการสะสมของเชื้อแบคทีเรียภายในห้องเป็นจำนวนมาก และการเปิดประตูเข้า-ออกบ่อยครั้ง ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องที่จะทำงานโดยการให้อากาศไหลผ่านเข้าไปสัมผัสรังสียูวีเพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์อยู่ภายในตัวเครื่องที่มีอัตราการไหลผ่านของอากาศอย่างช้าๆ ทำงานได้ไม่เพียงพอกับปริมาณอากาศที่เข้ามาแทนที่ภายในห้องจากการเปิดประตูเข้า-ออกบ่อยครั้งได้ ซึ่งในครั้งที่ 3 ผู้ทดสอบจึงได้นับความถี่ของการเปิดประตูเข้า-ออก ของห้อง 314 และ ห้อง 108 พบว่า มีจำนวนครั้งของการเปิดประตูอยู่ที่ 39 และ 25 ครั้ง ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเครื่องสามารถทำการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลงได้ภายในช่วงเวลา 2-4 ชั่วโมง

ส่วนผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อราในอากาศ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.9 และรูปที่ 3.5 พบว่าปริมาณเชื้อราให้ผลที่แตกต่างจากแบคทีเรีย โดยปริมาณเชื้อราจากการทดสอบครั้งที่ 1 มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) หลังจากเปิดเครื่อง UV ให้ทำงานภายในห้องไว้ เป็นเวลา 4 ชม. โดยมีปริมาณเชื้อราอยู่ที่ 9.6 CFU/dm^2-h มีประสิทธิภาพการบำบัด 61.1% ในขณะที่ ปริมาณเชื้อราจากการทดสอบครั้งที่ 2 และ 3 มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) หลังจากเปิดเครื่อง UV ให้ทำงานภายในห้องไว้ เป็นเวลา 2 ชม.โดยมีปริมาณแบคทีเรียอยู่ในช่วง 10.2-13.7 CFU/dm^2-h และประสิทธิภาพการบำบัดอยู่ในช่วง 36.0-68.1% ทั้งนี้ คุณภาพอากาศตาม IMA class แสดงค่าในระดับดีทั้ง 3 ครั้งของการทดสอบ จากการที่ปริมาณเชื้อราให้ผลที่แตกต่างกันกับปริมาณแบคทีเรียในการทดสอบครั้งที่ 2 อาจเป็นเพราะแบคทีเรียมีการเจริญเติบโตที่ไวกว่าเชื้อรา ทำให้เครื่องทดสอบ UV ไม่สามารถทำการกำจัดเชื้อแบคทีเรียได้ดีเท่าที่ควรหากมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรอากาศภายในห้องที่มากเกินไปอันเนื่องมาจากความถี่ของการเปิดประตูเข้า-ออกบ่อยครั้ง

เช่นเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกับการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรากับดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศมาเลเซีย ที่กำหนดไว้ว่าไม่ควรเกิน 500 CFU/m^3 สำหรับเชื้อแบคทีเรีย และไม่ควรเกิน 1,000 CFU/m^3 สำหรับเชื้อรา (Department of Occupational Safety and Health, 2010) พบว่าห้องที่ทดสอบผ่านเกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศตั้งแต่ต้น

ตารางที่ 3.8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อแบคทีเรียในห้อง 314

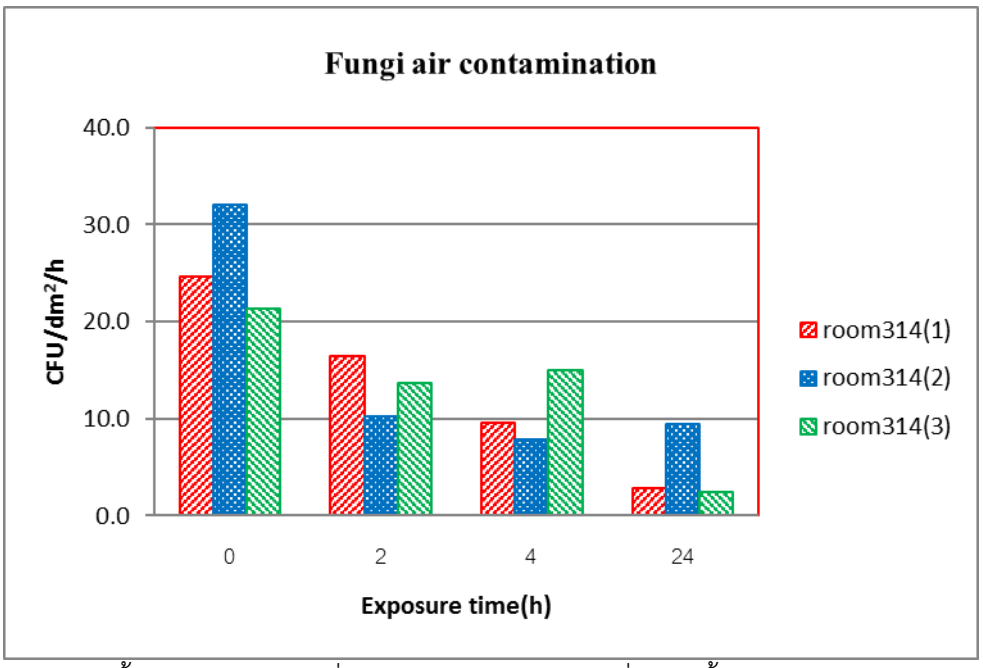
No.	UV Exposure time (h)	Colony mean CFU/dm^2/h		Removal efficiency (%)	IMA class	Air quality index (≤500 CFU/m^3)	During time (p-value)
1	0	25.4	20.0	-	good	166.4	-
	2	29.6	23.3	-	good	193.9	0.720
	4	13.0	10.2	49.0	good	85.1	0.028
	24	5.2	4.1	79.5	very good	34.1	0.000
2	0	24.0	18.9	-	good	157.2	-
	2	34.2	26.9	-	good	224.0	0.330
	4	23.8	18.7	1.1	good	155.9	1.000
	24	47.2	37.1	-	good	309.1	0.005
3	0	52.2	41.1	-	fair	341.9	-
	2	10.2	8.0	80.5	very good	66.8	0.000
	4	5.2	4.1	90.0	very good	34.1	0.000
	24	2	1.6	96.1	very good	13.1	0.000



รูปที่ 3.4 ปริมาณแบคทีเรียในเวลาต่างๆ ที่ทดสอบการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ในห้อง 314

ตารางที่ 3.9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อราในห้อง 314

No.	UV exposure time (h)	Colony mean	CFU/dm^2/h	Removal efficiency (%)	IMA class	Air quality index (≤1,000 CFU/m^3)	During time (p-value)
1	0	31.4	24.7	-	good	205.7	-
	2	21.0	16.5	33.2	good	137.5	0.148
	4	12.2	9.6	61.1	good	79.9	0.003
	24	3.6	2.8	88.7	very good	23.6	0.000
2	0	40.6	32.0	-	good	265.9	-
	2	13.0	10.2	68.1	good	85.1	0.000
	4	10.0	7.9	75.3	very good	65.5	0.000
	24	12.0	9.4	70.6	good	78.6	0.000
3	0	27.2	21.4	-	good	178.1	-
	2	17.4	13.7	36.0	good	114.0	0.008
	4	19	15.0	29.9	good	124.4	0.029
	24	3	2.4	88.8	very good	19.6	0.000



รูปที่ 3.5 ปริมาณเชื้อราในเวลาต่างๆ ที่ทดสอบการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ในห้อง 314

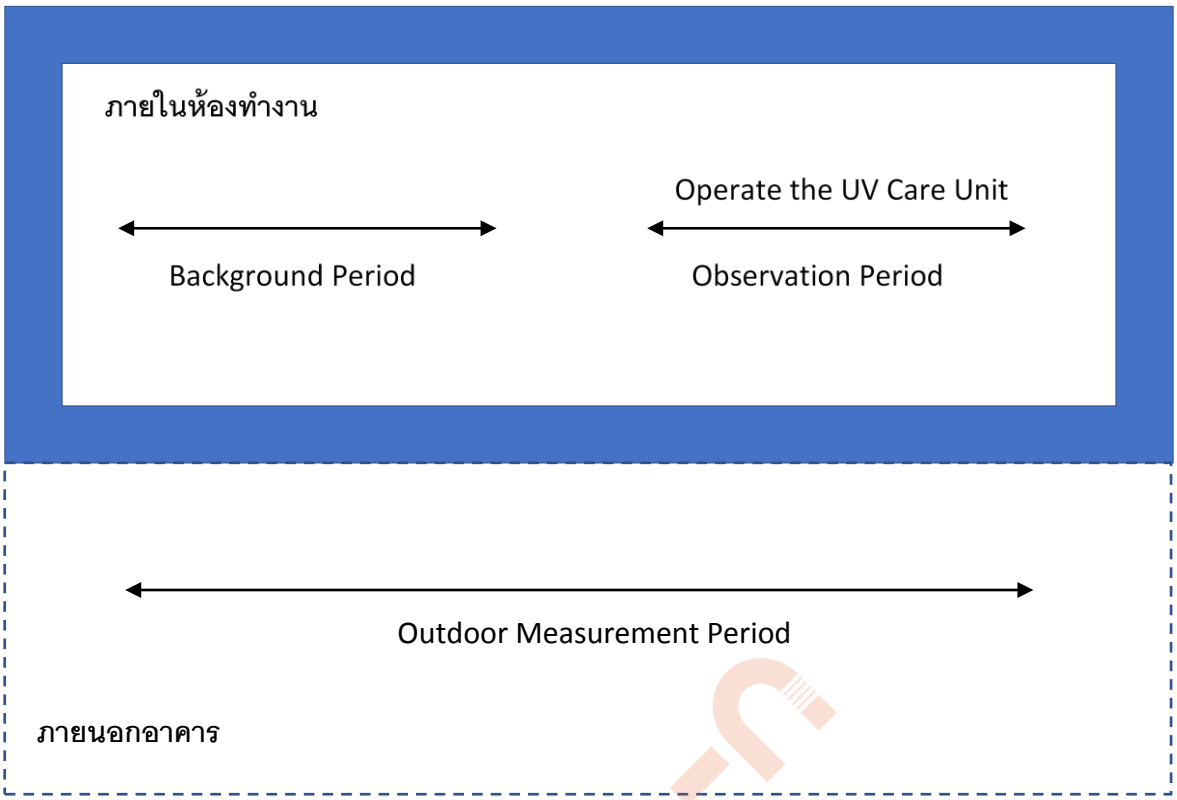
2. ทดสอบการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ

ผลการตรวจวัดมลพิษทางอากาศ 4 ชนิด ได้แก่ ก๊าซโอโซน สารปรอท สารกลุ่มคาร์บอนิล และสารอินทรีย์ระเหยง่าย ในห้องสำนักงานในสภาวะ Background และสภาวะที่มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care 254 มีรายละเอียดผลการทดสอบดังนี้

2.1 โอโซน

ในการศึกษาระดับความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่อาจเกิดจากการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ครั้งนี้ จะทำการตรวจวัดด้วยเครื่อง Photometric Ozone Analyzer, Teledyne Instruments, Model 400E สำหรับภายในห้องทำงาน และ Model T400 สำหรับภายนอกอาคาร ที่ใช้วิธีการตามข้อกำหนดของกรมควบคุมมลพิษ และ US. EPA โดยทำการตรวจวัดอย่างต่อเนื่องภายในห้องทำงานและภายนอกอาคาร ข้อมูลระดับความเข้มข้นที่ทำการตรวจวัดจะถูกเก็บเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่เป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง โดยมีกรอบวิธีการศึกษาแสดงดังรูปที่ 3.6

การตรวจวัดก๊าซโอโซนในห้องทำงานจะเริ่มทำการตรวจวัดระหว่างวันที่ 6-9 กรกฎาคม 2564 โดยไม่มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 เพื่อให้ได้ค่าระดับความเข้มข้นเป็นพื้นฐาน (Background Concentration) หลังจากนั้นทำการเปิดใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ระหว่างวันที่ 12-16 กรกฎาคม 2564 (Observation Period) และสำหรับการตรวจวัดก๊าซโอโซนภายนอกอาคารตลอดทั้งสองช่วงระยะเวลาการทดลองเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและควบคุมปัจจัยที่เกิดจากการผันแปรของระดับความเข้มข้นในบรรยากาศภายนอกซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระดับความเข้มข้นในห้องทำงาน



รูปที่ 3.6 กรอบแนวคิดวิธีการศึกษาของก๊าซโอโซน

ในการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของโอโซนในสภาวะ Background 6-9 กรกฎาคม 2564 (3 วัน) พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยภายในห้องทำงานและภายนอกอาคารอยู่ที่ 7.95 ppb และ 12.39 ppb ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความเข้มข้นสูงสุดภายในห้องทำงานและภายนอกอาคารอยู่ที่ 16.80 ppb และ 39.17 ppb ตามลำดับ สำหรับในสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ 12-16 กรกฎาคม 2564 (4 วัน) ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโอโซนภายในห้องทำงานและภายนอกอาคารอยู่ที่ 8.01 ppb และ 16.81 ppb ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นสูงสุดภายในห้องทำงานและภายนอกอาคารอยู่ที่ 19.30 ppb และ 63.00 ppb ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3.10 และมีค่าความเข้มข้นไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย 100 ppb

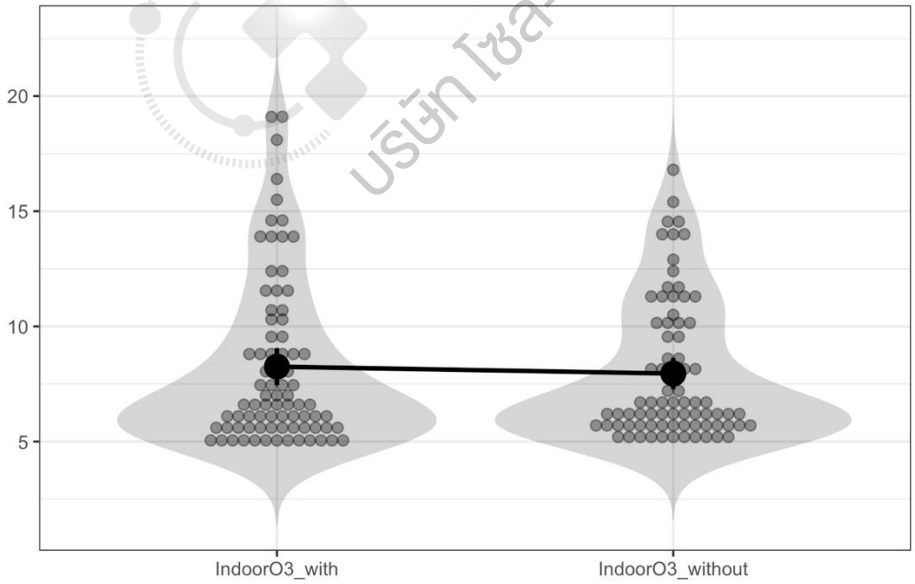
เมื่อพิจารณาค่าแตกต่างของความเข้มข้นเฉลี่ยของโอโซนในห้องทำงานระหว่างช่วงสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ และช่วงสภาวะ Background (ไม่มีการเปิดใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ) พบว่ามีค่าความแตกต่างน้อยมากเท่ากับ 0.06 ppb สามารถสื่อได้ว่าเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ไม่ก่อให้เกิดโอโซนซึ่งเป็นสารมลพิษทางอากาศ อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นระหว่างสองช่วงเวลาที่ไม่แตกต่างกันมากนี้ต้องทำการทดสอบทางสถิติต่อไปว่าข้อมูลทั้งสองชุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ขณะที่ความเข้มข้นสูงสุดของโอโซนภายนอกอาคารช่วงสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ มีค่าสูงกว่าช่วงสภาวะ Background เท่ากับ 23.83 ppb ซึ่งค่าความเข้มข้นนี้สอดคล้องกับการสังเกต ในช่วงสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ มีแสงแดดจ้ากว่าช่วงสภาวะ Background นอกจากนี้ยังสื่อให้เห็นว่าความเข้มข้นภายในห้องทำงานไม่ได้เพิ่มขึ้นมากตามไปด้วย ยิ่งเป็นเหตุผลสนับสนุนให้เห็นว่าเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ไม่ได้ทำให้เกิดโอโซนที่เป็นมลพิษทางอากาศในขณะที่มีการใช้งานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯดังกล่าว

ตารางที่ 3.10 แสดงผลการตรวจวัดโอโซนภายในและภายนอกห้องทำงาน

ความเข้มข้นของโอโซน (ppb)		สภาวะ Background	สภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254
ค่าความเข้มข้นสูงสุดของโอโซน	ภายในห้องทำงาน ภายนอกอาคาร	16.80 39.17	19.30 63.00
ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโอโซน	ภายในห้องทำงาน ภายนอกอาคาร	7.95 12.39	8.01 16.81

และจากการทดสอบ Two-Sample T-Test ระหว่างข้อมูลความเข้มข้นของโอโซนภายในห้องทำงานของทั้งสองช่วงเวลาโดยช่วงเวลาหนึ่งไม่มีการเปิดใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV-Care254 และในอีกช่วงเวลาหนึ่งมีการเปิดใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV-Care254 โดยสมมติฐาน H0 คือ ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดข้อมูลมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 95% (p = 0.05) โดยผลการคำนวณการทดสอบ Two-Sample T-Test พบว่ามีค่า p-Value = 0.574 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน H0 คือ ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นโอโซนระหว่างที่มีและไม่มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ของทั้งสองชุดข้อมูลมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 95% ชี้ให้เห็นได้ว่าการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ไม่ก่อให้เกิดก๊าซโอโซนภายในห้องทำงานที่ระดับนัยสำคัญ 95%

ในส่วนถัดมาเพื่อแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของข้อมูลความเข้มข้นของโอโซนภายในห้องทำงานที่มีและไม่มีการเปิดใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV-Care254 โดยใช้ Violin Plot ที่แสดงการกระจายตัวโดยใช้ Kernel Density Estimation (แรเงาแสดงในรูปที่ 3.7) โดยค่าความเข้มข้นโอโซนรายชั่วโมงที่ตรวจวัดได้แสดงเป็นจุดสีเทา และวงกลมสีดำแสดงถึงค่าเฉลี่ย (Mean) ของชุดข้อมูล การกระจายตัวทั้งสองชุดข้อมูลที่มีและไม่มีการเปิดใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ มีลักษณะคล้ายกันโดยข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ที่ความเข้มข้นต่ำประมาณ 5.5 ppb และมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์ Two-Sample T-Test และการกระจายตัว สามารถกล่าวได้ว่าเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศก๊าซโอโซนระหว่างเปิดใช้งาน

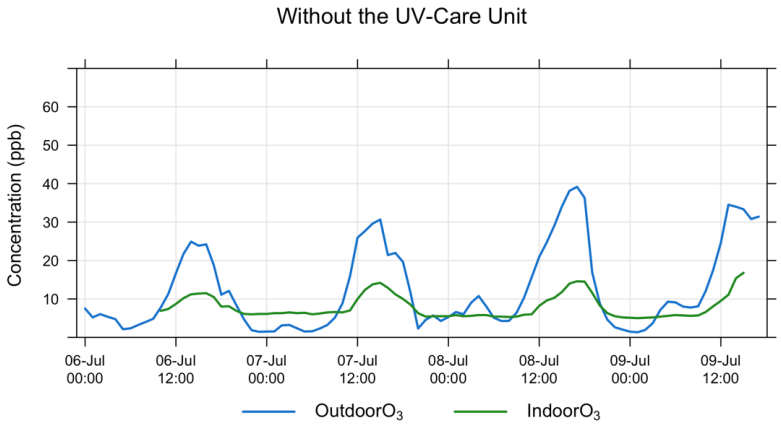


รูปที่ 3.7 แสดง Violin Plot ของก๊าซโอโซนในห้องทำงานระหว่างช่วงเวลาที่มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 (IndoorO3_with) และไม่มีการใช้งาน (IndoorO3_without)

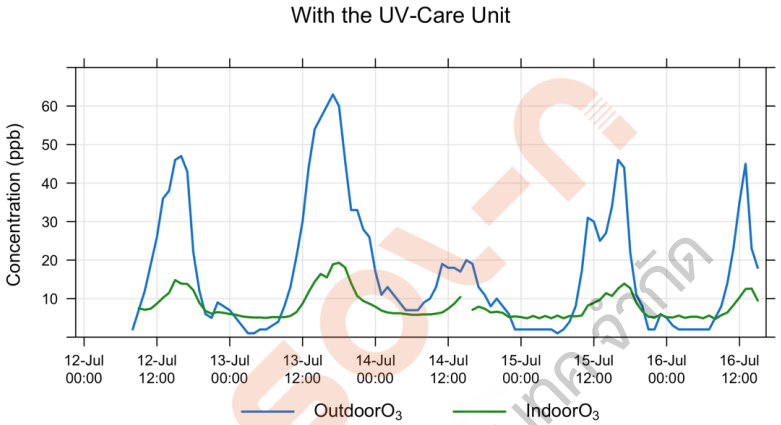
จาก รูปที่ 3.7 จะเห็นว่าความเข้มข้นสูงสุดของการกระจายตัวของก๊าซโอโซนในห้องทำงานระหว่างช่วงที่มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 มีค่ามากกว่าช่วงที่ไม่มีการใช้งานอยู่เล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสภาวะแวดล้อม

ทางสภาพอากาศภายนอกอาคารที่ก่อให้เกิดก๊าซโอโซนมากในช่วงวันที่มีแสงแดดแรง ดังนั้น การวิเคราะห์ Time Series ระหว่างก๊าซโอโซนภายในและภายนอกอาคารจะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงว่ามีความสัมพันธ์สอดคล้องกันอย่างไร

ก



ข



รูปที่ 3.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงของก๊าซโอโซนในห้องทำงานระหว่าง (ก) ช่วงเวลาที่ไม่มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 และ (ข) มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254

จาก รูปที่ 3.8ก และ 3.8ข แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของก๊าซโอโซนที่มีค่าสูงในช่วงเวลาประมาณ 14.00 น. ซึ่งเป็นผลมาจากเป็นช่วงเวลาที่มีแสงแดดแรงส่งผลให้มีการเกิดปฏิกิริยา Photochemical Reactions ที่ก่อก๊าซโอโซนดีขึ้น สำหรับสภาวะ Background (รูปที่ 3.8ก) จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซโอโซนภายนอกอาคารอยู่ที่ประมาณ 40 ppb ในวันที่ 8 กรกฎาคม 2564 แต่ระดับความเข้มข้นของก๊าซโอโซนภายในห้องทำงาน (เส้นสีเขียว) มีค่าประมาณ 15 ppb และระดับโอโซนภายในห้องทำงานที่ไม่มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 มีค่าในช่วงประมาณ 5-18 ppb สำหรับสภาวะขณะเปิดเครื่อง (รูปที่ 3.8ข) จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซโอโซนภายนอกอาคารอยู่ที่ประมาณ 62 ppb ในวันที่ 13 กรกฎาคม 2564 และระดับโอโซนภายในห้องทำงานที่มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 มีค่าในช่วงประมาณ 5-20 ppb จะเห็นได้ว่าระดับความเข้มข้นของโอโซนภายนอกอาคารจะมีค่าสูงกว่าภายในห้องทำงาน อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นของโอโซนภายในอาคารนั้นค่อนข้างคงที่อยู่ในช่วง 5-20 ppb ซึ่งหมายถึงเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ดังกล่าว ที่ทำงานนั้นไม่ก่อให้เกิดก๊าซโอโซนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ขณะที่ความเข้มข้นภายนอกอาคารนั้นจะเปลี่ยนแปลงสูงต่ำแตกต่างกันไปตามสภาพแสงแดด

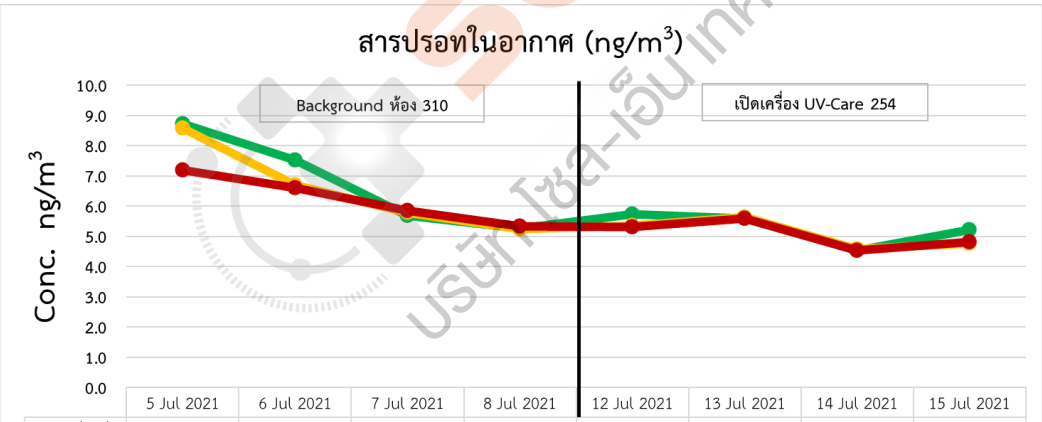
ระหว่างตลอดช่วงระยะเวลาการศึกษา พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซโอโซนภายนอกอาคารอยู่ที่ประมาณ 62 ppb และมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของประเทศไทย ที่ 100 ppb สำหรับค่าความเข้มข้นของก๊าซโอโซนภายในห้องทำงานนั้นมีค่าต่ำกว่าภายนอกอาคาร โดยระดับโอโซนภายในห้องทำงานที่ไม่มีการใช้

งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 มีค่าในช่วงประมาณ 5-18 ppb ระดับโอโซนภายในห้องทำงานที่มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 มีค่าในช่วงประมาณ 5-20 ppb ซึ่งในช่วงระยะเวลานี้ค่าความเข้มข้นภายนอกอาคารมีค่าสูง

จากการทดสอบ Two-Sample T-Test ระหว่างข้อมูลความเข้มข้นของโอโซนภายในห้องทำงานของทั้งสองช่วงเวลาโดยช่วงเวลาหนึ่งไม่มีการเปิดใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 และในอีกช่วงเวลาหนึ่งมีการเปิดใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 มีค่า p-Value = 0.574 ซึ่งมากกว่า 0.05 ซึ่งหมายถึงค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นโอโซนในห้องทำงานระหว่างที่มีและไม่มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 95% อีกนัยหนึ่งกล่าวได้ว่าการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ดังกล่าว ไม่ก่อให้เกิดก๊าซโอโซนซึ่งเป็นสารมลพิษทางอากาศภายในห้องทำงานที่ระดับนัยสำคัญ 95%

2.2 สารปรอทในอากาศ

จากการเก็บตัวอย่างของสารปรอทในอากาศด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างจำนวน 3 ชุด ในสภาวะ Background (5-8 กรกฎาคม 2564) พบว่ามีค่าความเข้มข้นสารปรอทในอากาศอยู่ในช่วง 5.3-8.7 ng/m^3, 5.2-8.6 ng/m^3, 5.3-7.2 ng/m^3 ตามลำดับ และการเก็บตัวอย่างสารปรอทในอากาศในสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 (12-15 กรกฎาคม 2564) พบว่ามีค่าความเข้มข้นสารปรอทในอากาศอยู่ในช่วง 4.5-5.7 ng/m^3, 4.6-5.6 ng/m^3, 4.5-5.6 ng/m^3 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นสารปรอทในอากาศจะพบว่าในวันที่ 5-6 กรกฎาคม 2564 มีค่าสูงกว่าวันที่ 7-8 กรกฎาคม 2564 เนื่องจากสภาวะของเครื่องปรับอากาศไม่สามารถเปิดได้ตลอด 24 ชั่วโมง ใน 2 วันแรก และพิจารณาค่าแตกต่างของความเข้มข้นสารปรอทในอากาศในสภาวะ Background และสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ในสภาวะเดียวกันภายในห้อง (7-15 กรกฎาคม 2564) พบว่ามีค่าความแตกต่างน้อยมากและแนวโน้มของค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.9



	5 Jul 2021	6 Jul 2021	7 Jul 2021	8 Jul 2021	12 Jul 2021	13 Jul 2021	14 Jul 2021	15 Jul 2021
เครื่องที่ 1	8.7	7.5	5.7	5.3	5.7	5.6	4.5	5.2
เครื่องที่ 2	8.6	6.7	5.8	5.2	5.4	5.6	4.6	4.8
เครื่องที่ 3	7.2	6.6	5.9	5.3	5.3	5.6	4.5	4.8

รูปที่ 3.9 ค่าความเข้มข้นของสารปรอทในอากาศ

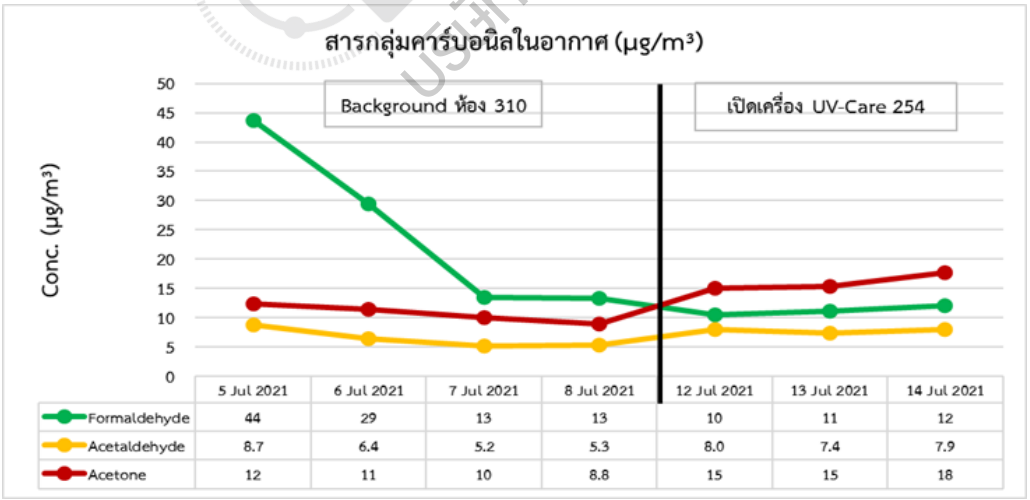
และเมื่อพิจารณาค่าสารปรอทในอากาศที่สภาวะเปิดเครื่องปรับอากาศ 24 ชั่วโมง ของสภาวะ Background วันที่ 7-8 กรกฎาคม 2564 (2 วัน) เพื่อดูปริมาณสารปรอทในอากาศภายในห้อง พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.5 ng/m^3, 5.5 ng/m^3 ,5.6 ng/m^3 ตามลำดับ และในสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 วันที่ 12-15 กรกฎาคม 2564 (4 วัน) เพื่อตรวจวัดปริมาณสารปรอทขณะเครื่องทำงาน พบว่ามีค่าเฉลี่ยของสารปรอทในอากาศเท่ากับ 5.3 ng/m^3, 5.1 ng/m^3, 5.1 ng/m^3 ตามลำดับ และจากการศึกษาความเข้มข้นของสารปรอทในอากาศภายในอาคารสำนักงานที่ไม่มีแหล่งกำเนิดปรอท (G. Loupa & C. Polyzou & A. M. Zarogianni .2017) มีความเข้มข้นในช่วง 3 - 5 ng/m^3 โดยปัจจัยบางอย่างที่มีผลต่อ ความเข้มข้นของสารปรอทในอากาศ เช่น อุณหภูมิห้อง ขนาดห้อง (ปริมาตร) การ

ระบายอากาศ แหล่งปรอทถูกรบกวนและสะสมในอากาศก่อนทำการวัดภายในห้อง เป็นต้น แสดงให้เห็นว่าเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ไม่ก่อให้เกิดสารปรอทในอากาศ

และจากการทดสอบ Two-Sample T-Test ระหว่างข้อมูลความเข้มข้นของสารปรอทในอากาศด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างจำนวน 3 ชุด ระหว่างสภาวะ Background และสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 โดยสมมติฐาน H0 คือ ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดข้อมูลมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 95% (p = 0.05) โดยผลการคำนวณจากการทดสอบ Two-Sample T-Test พบว่ามีค่า p-Value = 0.50, 0.406 และ0.292 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน H0 คือ ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสารปรอทในอากาศระหว่างที่มีและไม่มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ของทั้งสองชุดข้อมูลมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 95% แสดงให้เห็นว่าการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ดังกล่าว ไม่ก่อให้เกิดของสารปรอทในอากาศที่ระดับนัยสำคัญ 95%

2.3 สารกลุ่มคาร์บอนิล

จากการเก็บตัวอย่างสารกลุ่มคาร์บอนิลในอากาศ พบสารกลุ่มคาร์บอนิลในอากาศ จำนวน 3 ชนิด คือ Formaldehyde, Acetaldehyde และ Acetone ในสภาวะ Background (5-8 กรกฎาคม 2564) พบว่ามีค่าความเข้มข้นสารกลุ่ม Formaldehyde, Acetaldehyde และ Acetone อยู่ในช่วง 13-44 µg/m³, 5.2-8.7 µg/m³, 8.8-12 µg/m³ ตามลำดับ และในสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 (12-14 กรกฎาคม 2564) พบว่ามีค่าความเข้มข้นสารกลุ่ม Formaldehyde, Acetaldehyde และ Acetone อยู่ในช่วง 10-12 µg/m³, 7.4-8.0 µg/m³, 15-18 µg/m³ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นสารกลุ่ม Formaldehyde, Acetaldehyde และ Acetone ในอากาศจะพบว่าในวันที่ 5-6 กรกฎาคม 2564 มีค่าสูง เนื่องจากสภาวะของเครื่องปรับอากาศไม่สามารถเปิดได้ตลอด 24 ชั่วโมง ภายในห้องมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งสารดังกล่าวอาจมาจากแหล่งกำเนิดที่เป็นเฟอร์นิเจอร์ที่ทำจาก Particle board ภายในห้อง และพิจารณาค่าแตกต่างของความเข้มข้นสารกลุ่มคาร์บอนิลในอากาศ สภาวะ Background และสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ในสภาวะเดียวกันภายในห้อง (7-14 กรกฎาคม 2564) พบสาร Formaldehyde และ Acetaldehyde มีค่าความแตกต่างน้อยและแนวโน้มของค่าใกล้เคียงกัน ส่วนสาร Acetone พบว่าในสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 มีแนวโน้มสูงกว่าสภาวะ Background ของห้อง ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ค่าความเข้มข้นของสารกลุ่มคาร์บอนิลในอากาศ

และเมื่อพิจารณาค่าสารกลุ่มคาร์บอนิลในอากาศ จำนวน 3 ชนิด คือ Formaldehyde, Acetaldehyde และAcetone ที่สภาวะเปิดเครื่องปรับอากาศ 24 ชั่วโมง ของสภาวะ Background วันที่ 7-8 กรกฎาคม 2564 (2 วัน)

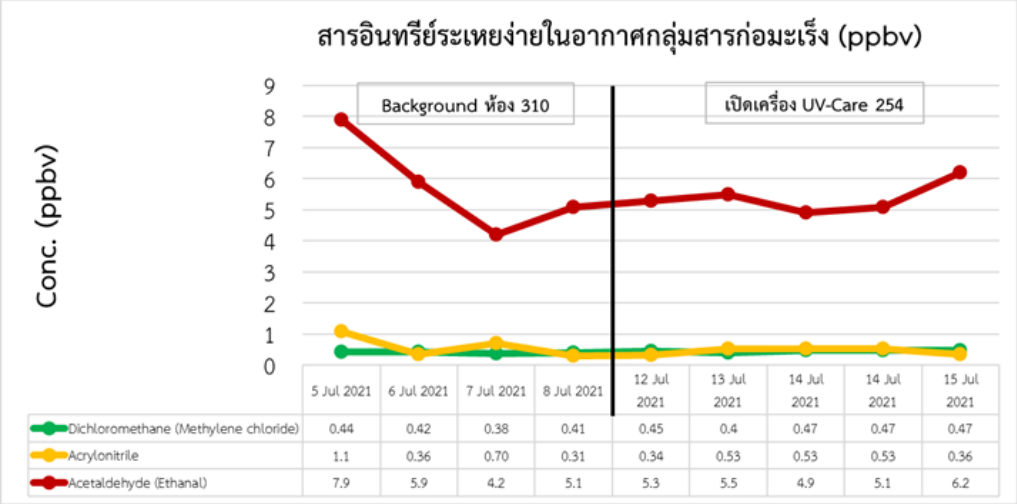
พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13 µg/m³, 5.2 µg/m³, 9.5 µg/m³ ตามลำดับ และในสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 วันที่ 12-14 กรกฎาคม 2564 (3 วัน) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของสารกลุ่ม Formaldehyde, Acetaldehyde และ Acetone ในอากาศ เท่ากับ 11 µg/m³, 7.8 µg/m³, 16 µg/m³ ตามลำดับ จะพบว่าค่าความเข้มข้นของสาร Acetaldehyde และ Acetone เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจมาจากแหล่งกำเนิดที่เป็นเฟอร์นิเจอร์ภายในห้อง และค่าความเข้มข้นของสาร Formaldehyde ลดลงเล็กน้อย ซึ่งค่าความเข้มข้นของสารดังกล่าวอยู่ในช่วงเดียวกันกับการศึกษาความเข้มข้นของสารกลุ่มคาร์บอนิลในอากาศภายในอาคาร ที่บ้าน พิพิธภัณฑ์ และสำนักงาน (Armando Ba´ez 2002) ซึ่งพบความเข้มข้นเฉลี่ยของ Formaldehyde, Acetaldehyde และ Acetone ในช่วง 11 – 97 µg/m³, 5 - 47 µg/m³ และ 17 - 89 µg/m³ ตามลำดับ และการศึกษาความเข้มข้นของสารกลุ่มคาร์บอนิลในอากาศภายนอกอาคาร พบความเข้มข้นเฉลี่ยของ Formaldehyde, Acetaldehyde และ Acetone ในช่วง 4 - 32 µg/m³, 6 - 28 µg/m³ และ 12 - 60 µg/m³ ตามลำดับ

และจากการทดสอบ Two-Sample T-Test ระหว่างข้อมูลความเข้มข้นของสารกลุ่มคาร์บอนิลในอากาศ จำนวน 3 ชนิด คือ Formaldehyde ,Acetaldehyde และ Acetone ระหว่างสภาวะ Background และสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 โดยสมมติฐาน H0 คือ ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดข้อมูลมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 95% (p = 0.05) โดยผลการคำนวณจากการทดสอบ Two-Sample T-Test พบว่า Formaldehyde มีค่า p-Value = 0. 05 ซึ่งเท่ากับ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน H0 คือ ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสาร Formaldehyde ระหว่างที่มีและไม่มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ของทั้งสองชุดข้อมูลมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 95% แสดงให้เห็นว่าการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ดังกล่าว ไม่ก่อให้เกิดของสาร Formaldehyde ในอากาศ และพบว่า Acetaldehyde และ Acetone มีค่า p-Value = 0.007 และ0.008 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H0 คือ ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสาร Acetaldehyde และ Acetone ระหว่างที่มีและไม่มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ของ ทั้งสองชุดข้อมูลมีค่าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 95% ซึ่งอาจมาจากแหล่งกำเนิดที่เป็นเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ในอาคาร ผลิตภัณฑ์จากไม้ วัสดุก่อสร้าง (เช่น ผลิตภัณฑ์จากไม้) พรม ภายในห้อง (Armando Ba´ez 2002)

2.4 สารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ

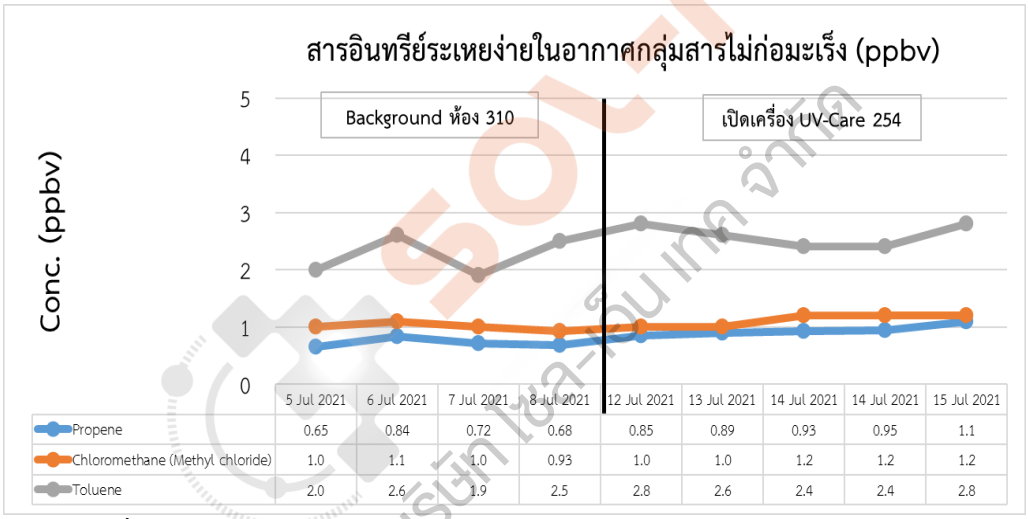
จากการเก็บตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศภายในห้องทำงาน พบสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มก่อมะเร็งและไม่ก่อมะเร็ง จำนวน 6 ชนิด คือ สารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มก่อมะเร็ง จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ Dichloromethane, Acetaldehyde และ Acrylonitrile และสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มไม่ก่อมะเร็ง จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ Propene, Chloromethane และ Toluene ในการศึกษาสารอินทรีย์ระเหยง่ายในสภาวะ Background (5-8 กรกฎาคม 2564) พบค่าความเข้มข้นของสาร Dichloromethane, Acetaldehyde และ Acrylonitrile อยู่ในช่วง 0.38-0.42 ppbv, 0.31-1.1 ppbv, 4.2-7.9 ppbv ตามลำดับ และสาร Propene, Chloromethane และ Toluene อยู่ในช่วง 0.65-0.84 ppbv, 0.93-1.1 ppbv, 1.9-2.6 ppbv ตามลำดับ และการศึกษาสารอินทรีย์ระเหยง่ายในสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 (12-15 กรกฎาคม 2564) พบค่าความเข้มข้นของสาร Dichloromethane, Acetaldehyde และ Acrylonitrile อยู่ในช่วง 0.40-0.47 ppbv, 0.34-0.53 ppbv, 4.9-6.2 ppbv ตามลำดับ และสาร Propene, Chloromethane และ Toluene อยู่ในช่วง 0.85-1.1 ppbv, 1.0-1.2 ppbv, 2.4-2.8 ppbv ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศจะพบว่าในวันที่ 5-6 กรกฎาคม 2564 มีค่าสูง เนื่องจากสภาวะของเครื่องปรับอากาศไม่สามารถเปิดได้ตลอด 24 ชั่วโมง และภายในห้องมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และอาจมาจากแหล่งกำเนิดที่เป็นเฟอร์นิเจอร์ภายในห้อง (Toshiko Tanaka-Kagawa, Hideto Jinno,2010) และพิจารณาค่าแตกต่างของความเข้มข้นสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มก่อมะเร็งและไม่ก่อมะเร็งในอากาศ สภาวะ Background และสภาวะ

ขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ในสภาวะเดียวกันภายในห้อง (7-15 กรกฎาคม 2564) พบว่ามีค่าความแตกต่างน้อย และแนวโน้มของค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.11 และ 3.12



	5 Jul 2021	6 Jul 2021	7 Jul 2021	8 Jul 2021	12 Jul 2021	13 Jul 2021	14 Jul 2021	14 Jul 2021	15 Jul 2021
Dichloromethane (Methylene chloride)	0.44	0.42	0.38	0.41	0.45	0.4	0.47	0.47	0.47
Acrylonitrile	1.1	0.36	0.70	0.31	0.34	0.53	0.53	0.53	0.36
Acetaldehyde (Ethanal)	7.9	5.9	4.2	5.1	5.3	5.5	4.9	5.1	6.2

รูปที่ 3.11 ค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศสารกลุ่มก่อมะเร็ง



	5 Jul 2021	6 Jul 2021	7 Jul 2021	8 Jul 2021	12 Jul 2021	13 Jul 2021	14 Jul 2021	14 Jul 2021	15 Jul 2021
Propene	0.65	0.84	0.72	0.68	0.85	0.89	0.93	0.95	1.1
Chloromethane (Methyl chloride)	1.0	1.1	1.0	0.93	1.0	1.0	1.2	1.2	1.2
Toluene	2.0	2.6	1.9	2.5	2.8	2.6	2.4	2.4	2.8

รูปที่ 3.12 ค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายอากาศกลุ่มสารไม่ก่อมะเร็ง

และเมื่อพิจารณาค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มก่อมะเร็งจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ Dichloromethane, Acetaldehyde และ Acrylonitrile และสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มไม่ก่อมะเร็งจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ Propene, Chloromethane และ Toluene ที่สภาวะเปิดเครื่องปรับอากาศ 24 ชั่วโมง ของสภาวะ Background ของห้อง 310 วันที่ 7-8 กรกฎาคม 2564 (2 วัน) พบว่า Dichloromethane, Acetaldehyde และ Acrylonitrile มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.40 ppbv , 4.6 ppbv, 0.50 ppbv ตามลำดับ และ Propene, Chloromethane และ Toluene มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.70 ppbv, 0.96 ppbv, 2.2 ppbv ตามลำดับ และในสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 วันที่ 12-15 กรกฎาคม 2564 (4 วัน) พบว่า Dichloromethane, Acetaldehyde และ Acrylonitrile มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.45 ppbv, 5.4 ppbv, 0.46 ppbv ตามลำดับ และ Propene, Chloromethane และ Toluene มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.94 ppbv, 1.1 ppbv, 2.6 ppbv ตามลำดับ โดยทั้งสองสภาวะพบว่ามีค่าต่ำกว่าค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศ 24 ชั่วโมง ในบรรยากาศของประเทศไทยชี้ให้เห็นว่าสารดังกล่าวยังไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศและสุขภาพอนามัย ค่าเฝ้าระวังสาร Dichloromethane, Acetaldehyde และ Acrylonitrile สำหรับ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 60.5 ppbv, 477.9 ppbv, 4.6 ppbv

ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศในสภาวะ Background อยู่ในช่วงของการศึกษา (Al-Mudhaf, Humood F. 2021) ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศภายในจากอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ พบสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มก่อมะเร็ง ได้แก่ Dichloromethane และ Acetaldehyde อยู่ในช่วง 0.20-96.9 และ 0.50-38.5 ppbv และสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มไม่ก่อมะเร็ง ได้แก่ Propene, Chloromethane และ Toluene อยู่ในช่วง 0.70-627.0 ppbv, 0.30-48.5 ppbv และ 0.50-185.0 ppbv ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ไม่ก่อให้เกิดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 3.11

และจากการทดสอบ Two-Sample T-Test ระหว่างข้อมูลความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มก่อมะเร็งจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ Dichloromethane, Acetaldehyde และ Acrylonitrile และสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มไม่ก่อมะเร็งจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ Propene, Chloromethane และ Toluene ระหว่างสภาวะ Background และสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 โดยสมมติฐาน H0 คือ ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดข้อมูลมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 95% (p = 0.05) โดยผลการคำนวณจากการทดสอบ Two-Sample T-Test พบว่าสาร Dichloromethane, Acetaldehyde, Acrylonitrile, Chloromethane และ Toluene มีค่า p-Value = 0.067, 0.152, 0.853, 0.062 และ 0.126 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน H0 คือ ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสาร Dichloromethane, Acetaldehyde, Acrylonitrile, Chloromethane และ Toluene ในอากาศระหว่างที่มีและไม่มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV-Care254 ของทั้งสองชุดข้อมูลมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 95% แสดงให้เห็นว่าเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ไม่ก่อให้เกิดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ และสาร Propene มีค่า p-Value = 0.004 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H0 คือ ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสาร Propene ในอากาศระหว่างที่มีและไม่มีการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV-Care254 ของทั้งสองชุดข้อมูลมีค่าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 95% เมื่อพิจารณาจะพบค่าความเข้มข้นของสาร Propene เพิ่มขึ้นน้อยมาก ซึ่งเป็นสารกลุ่ม Aliphatic hydrocarbons ที่สามารถพบได้ในบรรยากาศ ที่มีการกระจายของสารจากแหล่งกำเนิดและการแลกเปลี่ยนอากาศภายในและภายนอกของห้องสำนักงาน (Al-Mudhaf, Humood F. 2021)

จากการเก็บตัวอย่างอากาศ เพื่อทดสอบการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซโอโซน สารปรอท สารกลุ่มคาร์บอนิล และสารอินทรีย์ระเหยง่าย จากเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ในห้องสำนักงาน โดยการเก็บตัวอย่างอากาศในสภาวะ Background ของห้อง 310 อาคารศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม และเก็บตัวอย่างอากาศในสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ผลการวิเคราะห์ก๊าซโอโซน สารปรอท สารกลุ่มคาร์บอนิล และสารอินทรีย์ระเหยง่าย สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.11 รายละเอียดผลการวิเคราะห์รายวันสรุปไว้ในดังตารางที่ 3.12 และเปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศที่ตรวจวัดได้ในสภาวะbackgroundของการศึกษานี้กับงานวิจัยของ Al-Mudhaf, Humood F. (2021) ที่ศึกษาความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศภายในอาคารจากอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.11 ค่าเฉลี่ยสารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดได้ ในสภาวะbackground ของห้อง 310 และสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254

พารามิเตอร์		Background ห้อง 310	สภาวะขณะเปิดเครื่อง UV Care 254
Ozone (ppb)	ภายในห้องทำงาน	16.8	19.3
	ภายนอกอาคาร	39.1	63.0
Mercury (ng/m^3)	เครื่องที่ 1	5.5	5.3
	เครื่องที่ 2	5.5	5.1
	เครื่องที่ 3	5.6	5.1
Carbonyl ($\mu g/m^3$)	Formaldehyde	13	11
	Acetaldehyde	5.2	7.8
	Acetone	9.5	16
VOCs (ppbv)	Propene	0.70	0.94
	Freon 12 (Difluoro dichloromethane)	0.33	0.36
	Freon 22 (Chlorodifluoromethane)	1.1	0.90
	Chloromethane (Methyl chloride)	0.96	1.1
	Acetaldehyde (Ethanal)	4.6	5.4
	Freon 11 (Trichlorofluoromethane)	0.26	0.29
	Pentane	0.42	0.44
	Isoprene (2-Methyl-1,3-butadiene)	0.50	0.45
	Acrylonitrile	0.50	0.46
	Acetone	9.2	9.4
	Dichloromethane (Methylene chloride)	0.40	0.45
	Hexane	0.62	1.2
	1-Propanol	0.62	0.54
	Butanal	2.2	1.4
	Methyl vinyl ketone	0.74	0.52
	2-Butanone (Methyl Ethyl Ketone)	1.2	1.2
	Toluene	2.2	2.6

บริษัท โซล-เอ็น เทค จำกัด

ตารางที่ 3.11 ค่าเฉลี่ยสารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดได้ ในสภาวะbackground ของห้อง 310 และสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 (ต่อ)

พารามิเตอร์		Background ห้อง 310	สภาวะขณะเปิดเครื่อง UV Care 254
VOCs (ppbv)	Hexanal	0.66	0.46
	Ethylbenzene	0.86	0.85
	m+p-Xylene	0.88	0.88
	o-Xylene	0.32	0.34

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น 2 วัน สภาวะ Background ห้อง 310 (7-8 กรกฎาคม 2564)
ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น 4 วัน สภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 (12-15 กรกฎาคม 2564)

sol-m
บริษัท โซล-เอ็ม เทค จำกัด

ตารางที่ 3.12 ปริมาณสารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดได้ ในสภาวะbackground ของห้อง 310 และสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254

พารามิเตอร์		Background ห้อง 310				สภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254			
		5 ก.ค. 64	6 ก.ค.64	7 ก.ค.64	8 ก.ค.64	12 ก.ค.64	13 ก.ค.64	14 ก.ค.64*	15 ก.ค.64
Mercury (ng/m^3)	เครื่องที่ 1	8.7	7.5	5.7	5.3	5.7	5.6	4.5	5.2
	เครื่องที่ 2	8.6	6.7	5.8	5.2	5.4	5.6	4.6	4.8
	เครื่องที่ 3	7.2	6.6	5.9	5.3	5.3	5.6	4.5	4.8
Carbonyl ($\mu g/m^3$)	Formaldehyde	44	29	13	13	10	11	12	-
	Acetaldehyde	8.7	6.4	5.2	5.3	8.0	7.4	7.9	-
	Acetone	12	11	10	8.8	15	15	18	-

พารามิเตอร์		Background ห้อง 310				สภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254				
		5 ก.ค. 64	6 ก.ค. 64	7 ก.ค. 64	8 ก.ค. 64	12 ก.ค. 64	13 ก.ค. 64	14 ก.ค. 64*		15 ก.ค. 64
								Duplicate 1	Duplicate 2	
VOCs (ppbv)	Propene	0.65	0.84	0.72	0.68	0.85	0.89	0.93	0.95	1.1
	Freon 12	0.35	0.36	0.38	0.28	0.28	0.28	0.41	0.41	0.40
	Freon 22	1.3	0.93	0.91	1.2	0.79	1.0	1.0	0.82	0.90
	Chloromethane (Methyl chloride)	1.0	1.1	1.0	0.93	1.0	1.0	1.2	1.2	1.2
	Acetaldehyde (Ethanal)	7.9	5.9	4.2	5.1	5.3	5.5	4.9	5.1	6.2
	Freon 11	0.27	0.26	0.27	0.26	0.27	0.26	0.31	0.31	0.3

บริษัท โซล-เอ็น เทค จำกัด

พารามิเตอร์		Background ห้อง 310				สภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254				
		5 ก.ค. 64	6 ก.ค. 64	7 ก.ค. 64	8 ก.ค. 64	12 ก.ค. 64	13 ก.ค. 64	14 ก.ค. 64*		15 ก.ค. 64
								Duplicate 1	Duplicate 2	
VOCs (ppbv)	Pentane	0.48	0.48	0.44	0.40	0.45	0.38	0.41	0.42	0.54
	Isoprene (2-Methyl-1,3-butadiene)	1.0	0.35	0.69	0.31	0.32	0.54	0.50	0.52	0.36
	Acrylonitrile	1.1	0.36	0.70	0.31	0.34	0.53	0.53	0.53	0.36
	Acetone	15	12	8.5	9.8	9.4	8.2	9.1	9.1	11
	Dichloromethane (Methylene chloride)	0.44	0.42	0.38	0.41	0.45	0.4	0.47	0.47	0.47
	Hexane	0.60	0.85	0.44	0.80	0.42	1.3	1.0	1.0	2.1
	1-Propanol	2.2	0.67	0.44	0.81	0.99	0.36	0.43	0.43	0.51
	Butanal	3.0	2.0	2.5	1.8	1.3	1.4	1.2	1.3	1.9
	Methyl vinyl ketone	0.94	0.78	0.73	0.75	0.26	0.54	0.55	0.55	0.69
	2-Butanone (Methyl Ethyl Ketone)	1.5	1.5	0.91	1.5	1.6	1.1	1.0	1.0	1.2
	Toluene	2.0	2.6	1.9	2.5	2.8	2.6	2.4	2.4	2.8
	Hexanal	1.0	0.76	0.49	0.82	0.40	0.49	0.44	0.44	0.54
	Ethylbenzene	1.2	0.95	0.77	0.95	0.76	0.88	0.88	0.86	0.89
	m+p-Xylene	1.2	0.9	0.82	0.94	0.72	0.89	0.96	0.95	0.90
	o-Xylene	0.45	0.33	0.30	0.34	0.30	0.31	0.39	0.38	0.31

หมายเหตุ : *วันที่ 14 กรกฎาคม ทำการเก็บตัวอย่างแบบ Duplicate ของสารอินทรีย์รเหยง่ายในอากาศ, - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

บริษัท โซล-ยูนิเคม จำกัด

ตารางที่ 3.13 เปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศที่ตรวจวัดได้ ในสภาวะbackground ของการศึกษานี้ และงานวิจัยของ Al-Mudhaf, Humood F.2021

พารามิเตอร์		Background ห้อง 310 ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม	งานวิจัยการศึกษาของ Al-Mudhaf, Humood F.2021 ช่วงค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้
VOCs (ppbv)	Propene**	0.70	0.70-627.0
	Freon 12 (Difluoro dichloromethane)	0.33	-
	Freon 22 (Chlorodifluoromethane)	1.1	-
	Chloromethane (Methyl chloride) **	0.96	0.30-48.5
	Acetaldehyde (Ethanal)*	4.6	0.50-38.5
	Freon 11(Trichlorofluoromethane)	0.26	-
	Pentane	0.42	-
	Isoprene (2-Methyl-1,3-butadiene)	0.50	0.20-17.6
	Acrylonitrile*	0.50	-
	Acetone	9.2	0.40-520.0
	Dichloromethane(Methylene chloride) *	0.40	0.20-96.9
	Hexane	0.62	0.40-17.5
	1-Propanol	0.62	0.30-240.0
	Butanal	2.2	-
	Methyl vinyl ketone	0.74	-
	2-Butanone (Methyl Ethyl Ketone)	1.2	0.20-115.0

บริษัท โซล-เอ็น เทค จำกัด

ตารางที่ 3.13 เปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศที่ตรวจวัดได้ ในสภาวะbackground ของการศึกษานี้ และงานวิจัยของ Al-Mudhaf, Humood F.2021 (ต่อ)

พารามิเตอร์		Background ห้อง 310 ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม	งานวิจัยการศึกษาของ Al-Mudhaf, Humood F.2021 ช่วงค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้
	Toluene**	2.2	0.50-185.0
	Hexanal	0.66	0.10-34.0
	Ethylbenzene	0.86	0.20-71.8
	m+p-Xylene	0.88	-
	o-Xylene	0.32	0.30-61.70

หมายเหตุ : * คือ สารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศกลุ่มสารก่อมะเร็ง

** คือ สารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศกลุ่มสารไม่ก่อมะเร็ง

sol-e บริษัท โซล-เอ็น เทค จำกัด

บทที่ 4
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

1. การทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศของเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254

จากผลการทดสอบการการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ จากเครื่องฆ่าเชื้อโรคในอากาศชนิดใช้งานสัมผัสกับมนุษย์ ยี่ห้อ UV Care254 ที่ทำการทดสอบในห้องสำนักงานในสภาพการใช้งานจริง ได้แก่ ห้อง 108 ที่มีพื้นที่ใช้สอย 33 ตารางเมตร มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเป็นแบบตั้งพื้น โดยแอร์เป่าอากาศขึ้นด้านบน และห้อง 314 ที่มีพื้นที่ใช้สอย 44 ตารางเมตร มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเป็นแบบแขวน โดยเครื่องปรับอากาศเป่าอากาศลงด้านล่าง พบว่า เครื่องฆ่าเชื้อโรคในอากาศชนิดใช้งานสัมผัสกับมนุษย์ ยี่ห้อ UV Care254 สามารถทำการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย และเชื้อรา ลงได้ ในระยะเวลาการเปิดเครื่อง อยู่ในช่วง 2-4 ชั่วโมง โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดอยู่ในช่วง 36.0-80.5% และมีคุณภาพอากาศตาม IMA class อยู่ในระดับดี – ดีมาก โดยผ่านเกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศของการปนเปื้อนจุลินทรีย์ เนื่องจากปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ภายในห้องมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้ ห้อง 108 และ ห้อง 314 ให้ผลประสิทธิภาพการลดลงของปริมาณจุลินทรีย์ได้มากกว่า 70 และ 80 % ตามลำดับ โดยมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยลดลงในระดับเดียวกันที่ไม่เกิน 5 CFU/dm^2-h และ ไม่เกิน 50 CFU/m^3 หลังจากเปิดเครื่องยูวีเป็นเวลา 24 ชม.

2. ข้อเสนอแนะการทดสอบประสิทธิภาพการลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศของเครื่องฆ่าเชื้อโรค

2.1 เนื่องจากสภาพการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องที่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากคุณลักษณะของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ อาจมีผลต่อระยะเวลาการทำงานของเครื่อง UV ให้มีการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน

2.2 เมื่อพิจารณาจากความถี่ของการเปิดประตูเข้า-ออก อาจมีส่วนสำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศลดลง ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับนำไปใช้เป็นข้อแนะนำในการใช้งานของเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพต่อไป

2.3 ในการทดสอบนี้ เป็นการศึกษาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศด้วยวิธี settle plate (passive air sampling) โดยอาศัยการตกสะสมของจุลินทรีย์ในอากาศตามระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งโดยเฉลี่ยอัตราการตกสะสมของจุลินทรีย์ อยู่ที่ 0.46 ซม./วินาที (Pasquarella et al., 2000) ซึ่งเป็นข้อจำกัดของวิธีทดสอบที่สามารถแสดงได้ถึงแนวโน้มการลดลงของจุลินทรีย์ จึงควรมีการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดลงของจุลินทรีย์กับวิธีการเก็บตัวอย่างอากาศที่ใช้เครื่องมือเฉพาะทางที่เรียกว่า active air sampling

2.4 แม้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ภายในห้องทดสอบจะผ่านเกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศที่แนะนำไว้ แต่หากมีการนำไปใช้งานในห้องที่มีปริมาณจุลินทรีย์ในระดับที่สูงขึ้นกว่านี้ ควรมีการทดสอบด้านความเสี่ยงต่อสุขอนามัยของผู้ใช้ด้วย

3. การทดสอบการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ จากเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254

จากการเก็บตัวอย่างอากาศ เพื่อทดสอบการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซโอโซน สารปรอท สารกลุ่มคาร์บอนิล และสารอินทรีย์ระเหยง่าย จากเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ในห้องสำนักงาน โดยการเก็บตัวอย่างอากาศในสภาวะ Background ของห้อง 310 อาคารศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม และเก็บตัวอย่างอากาศในสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ผลการวิเคราะห์ก๊าซโอโซน สารปรอท สารกลุ่มคาร์บอนิล และสารอินทรีย์ระเหยง่าย สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยสารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดได้ ในสภาวะbackground ของห้อง 310 และสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254

พารามิเตอร์		Background ห้อง 310	สภาวะขณะเปิดเครื่อง UV Care 254
Ozone (ppb)	ภายในห้องทำงาน	16.8	19.3
	ภายนอกอาคาร	39.1	63.0
Mercury (ng/m^3)	เครื่องที่ 1	5.5	5.3
	เครื่องที่ 2	5.5	5.1
	เครื่องที่ 3	5.6	5.1
Carbonyl ($\mu g/m^3$)	Formaldehyde	13	11
	Acetaldehyde	5.2	7.8
	Acetone	9.5	16
VOCs (ppbv)	Propene	0.70	0.94
	Freon 12 (Difluoro dichloromethane)	0.33	0.36
	Freon 22 (Chlorodifluoromethane)	1.1	0.90
	Chloromethane (Methyl chloride)	0.96	1.1
	Acetaldehyde (Ethanal)	4.6	5.4
	Freon 11 (Trichlorofluoromethane)	0.26	0.29
	Pentane	0.42	0.44
	Isoprene (2-Methyl-1,3-butadiene)	0.50	0.45
	Acrylonitrile	0.50	0.46
	Acetone	9.2	9.4
	Dichloromethane (Methylene chloride)	0.40	0.45
	Hexane	0.62	1.2
	1-Propanol	0.62	0.54
	Butanal	2.2	1.4
	Methyl vinyl ketone	0.74	0.52
	2-Butanone (Methyl Ethyl Ketone)	1.2	1.2

SO-T บริษัท ไซส-เอ็น เทค จำกัด

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยสารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดได้ ในสภาวะbackground ของห้อง 310 และสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 (ต่อ)

พารามิเตอร์		Background ห้อง 310	สภาวะขณะเปิดเครื่อง UV Care 254
	Toluene	2.2	2.6
	Hexanal	0.66	0.46
	Ethylbenzene	0.86	0.85
	m+p-Xylene	0.88	0.88
	o-Xylene	0.32	0.34

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น 2 วัน สภาวะ Background ห้อง 310 (7-8 กรกฎาคม 2564)
ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น 4 วัน สภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 (12-15 กรกฎาคม 2564)

จากการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อทดสอบการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซโอโซน สารปรอท สารกลุ่มคาร์บอนิล และสารอินทรีย์ระเหยง่าย จากเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ในห้องสำนักงาน โดยการเก็บตัวอย่างอากาศ ในสภาวะ Background ของห้อง 310 อาคารศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม และเก็บตัวอย่างอากาศในสภาวะขณะเปิดเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ผลการวิเคราะห์พบว่า ข้อมูลความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศในห้องทำงานของทั้งสองสภาวะ โดยในสภาวะไม่มีการเปิดใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 และในอีกสภาวะที่มีการเปิดใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรค UV Care254 ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นมลพิษทางอากาศ ไม่แตกต่างกัน กล่าวได้ว่าการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคฯ ดังกล่าว ไม่ก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศภายในห้องทำงาน

SOLA บริษัท โซล-เอ็น เทคโนโลยี

เอกสารอ้างอิง

Department of Occupational Safety and Health, Ministry of Human Resources, Malasia. Industry Code of Practice on Indoor Air Quality 2010.

Fekadu, S. and Getachewu, B. 2015. Microbiological assessment of indoor air of teaching hospital wards: a case of JIMMA University specialized hospital. Ehiop J Health Sci. 25(2): 117-122.

Friberg, B., Friberg, S., Burman, L.G. 1999. Inconsistent correlation between aerobic bacterial surface and air counts in opeating rooms with ultra clean laminar air flows; proposal of a new bacteriological standard surface contamination. J Hosp. Infect. 42: 287-293.

Pasquarella, C., Pitzurra, O., Savino, A. 2000. The index of microbial air contamination. Journal of Hospital Infection, 46: 241-256.

สุนทรีย์ สวนทับทิม และพรเพ็ญ กำนารายณ์. การตรวจวัดสภาพแวดล้อมและการสำรวจชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในอากศของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การแพทย์. วารสารวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี ปีที่ 28 ฉบับที่ 8 สิงหาคม 2563.

Kasumoto Naoki, Kiga Nanami, Hiraoka Shigeni, Kawashima Norimichi and Tokuoka Yoshikazu, Generation and Decomposition of Ozone Gas by Ozone and Ozoneless Mercury Bulbs Excited by Microwave, Research Bulletin Toin University of Yokohama, 187-191,.2017,

Holger Claus, Ozone Generation by Ultraviolet Lamps, Photochemistry and Photobiology, Special Issue Invited Review, 97: 471-476, 2021.

Fumiyo Takeuchi,Mitsuo Ozaki, Evaluation of VOC Emission from Electrical component, 2008.

Toshiko Tanaka-Kagawa, Hideto Jinno, Yoko Furukawa, Tetsuji Nishimura, Volatile organic compounds (VOCs) emitted from furniture and electrical appliances, 2010.

Heidi Salonen ,Tunga Salthammer ,Lidia Morawska ,Human exposure to ozone in school and office indoor environments, 2018.

G. Loupa & C. Polyzou & A. M. Zarogianni & K. Ouzounis & S. Rapsomanikis , Indoor and outdoor elemental mercury: a comparison of three different cases ,2017.

Armando Ba´ez*, Hugo Padilla, Roc´ıo Garc´ıa, Ma.del Carmen Torres, Irma Rosas, Rau´l Belmont, Carbonyl levels in indoor and outdoor air in Mexico City and Xalapa, Mexico ,2002.

US.EPA LIST OF DESIGNATED REFERENCE AND EQUIVALENT METHODS. : Automated Equivalent Method: EQOA-0992-087.

US.EPA. Method IO-5 Sampling and Analysis for Atmospheric Mercury.

US.EPA Method TO-11A Determination of Formaldehyde in Ambient AirUsing Adsorbent Cartridge Followed by HighPerformance Liquid Chromatography (HPLC) [Active Sampling Methodology].

US EPA Compendium Method TO-15 :Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Air Collected in Specially Prepared Canisters and Analyzed by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)/Preconcentrator-GC/MS, 1999.

ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง กำหนดค่าเฝ้าระวังสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 24 ชั่วโมง ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126 ตอนพิเศษ 13ง 27 มกราคม 2552.

Al-Mudhaf, Humood F., Abu-Shady, Abdel-Sattar I., and Al-Khulaifi, Nabeel M. , Indoor and Outdoor Volatile Organic Compounds at ffice Buildings in Kuwait ,2021.

บริษัท โซล-เอ็น เทค จำกัด