ประสิทธิภาพการลดเชื้อ *Bacillus cereus* โดยใช้เครื่องฟอกอากาศ

ภารดี อาษา[1], ทัดดาว พาหาทรัพย์อนันต์[1], ภัทรพล สุทธาโร[1], สุรัสวดี เจริญสุข[1] ,วรรณฤทธิ์ วิชัยกำจร[1], เสาวภาคย์ เสียภัย[1], โกวิท สุวรรณหงษ์[1], ทิษฎยา เสมาเงิน[2] และ รจฤดี โชติกาวินทร์[1*]

[1]สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[2]สาขาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
*rotruedee@go.buu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพเครื่องฟอกอากาศในการลดเชื้อก่อโรคเป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental study design) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการลดลงของเชื้อ *B. cereus* ตามธรรมชาติกับการใช้เครื่องฟอกอากาศด้วยแสงยูวีซี การกรองด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพ และการใช้ปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติกออกซิเดชั่น ตั้งแต่ 5 -120 นาที ภายในตู้ชุดทดลองที่สร้างขึ้น โดยเครื่องฟอกอากาศถูกทำการตรวจสอบระบบการทำงานเพื่อไม่ให้มีสิ่งกีดขวางทางเข้า-ออกของลม ผลการศึกษาพบว่าเชื้อ *B. cereus* จะลดลงของตามธรรมชาติประมาณร้อยละ 90 ที่เวลา 90 นาที เมื่อทดสอบกระบวนการใช้แสงยูวีซีพบว่าสามารถลดปริมาณเชื้อได้ร้อยละ 90 ตั้งแต่นาทีที่ 45 เป็นต้นไป วิธีการกรองโดยใช้แผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพชนิด PLA และแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพชนิด PLA/TiO_2 ได้ผลใกล้เคียงกัน คือลดเชื้อได้ร้อยละ 90 เมื่อเวลา 90 นาที ซึ่งใกล้เคียงกับการลดลงตามธรรมชาติ เมื่อทดสอบแผ่นฟิล์มชีวภาพชนิด PLA ร่วมกับยูวีซี พบว่า ปริมาณเชื้อลดลงร้อยละ 90 เมื่อเวลา 80 นาที ในขณะที่ปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติกออกซิเดชั่นร่วมกับแผ่นกรองชีวภาพ PLA/TiO_2 พบว่าสามารถลดเชื้อลงได้ร้อยละ 90 ตั้งแต่ 45 นาที เป็นต้นไป จากข้อมูลเหล่านี้สรุปได้ว่าการใช้เครื่องฟอกอากาศปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติกออกซิเดชั่นร่วมกับแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพชนิด PLA/TiO_2 และการใช้แสงยูวีซีเพียงอย่างเดียวสามารถลดปริมาณละอองลอยชีวภาพในอากาศโดยเฉพาะแบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพดีที่สุด

คำสำคัญ: เครื่องฟอกอากาศ แผ่นฟิล์มชีวภาพ ไทเทเนียมไดออกไซด์ ยูวีซี แบคทีเรีย

Reduction efficiency in *Bacillus cereus* by air purifiers

Paradee Asa[1], Taddao Pahasupanan[1], Pattarapon Suttaro[1], Surassawadee Jareansuk[1],
Wannarit Wichaikamjorn[1], Saowapark Seapai[1], Tistaya Semangoen[2]
and Roturedee Chotigawin[1*]

[1]Department of environmental health, Faculty of public health, Burapha University, Chonburi
[2]Department of medical technology, Faculty of Allied health sciences, Burapha University, Chonburi
*rotruedee@go.buu.ac.th

Abstract

This experimental research design study aims to determine the reduction of *B. cereus* in a natural baseline compared with the effectiveness of air purifiers by photolysis, bioplastic film filtration, and photocatalytic oxidation at 5-120 minutes contact time. This investigation was performed in the experimental cabinet. Air purifier has been inspected to ensure unobstructed airflow in both directions. The result found that the reduction efficiency of bacteria in the natural baseline was 90% at 90 minutes, while photolysis by UVC showed at 45 minutes. The filtration by bioplastic film PLA and PLA/TiO_2 showed similar results, that decreased bacteria by 90% at 90 minutes, as exhibited in the natural baseline. The combination of bioplastic film PLA with UVC presented a 90% reduction of bacteria after 80 minutes. Whereas the combined bioplastic film PLA/TiO_2 has efficacy at 45 minutes. These data can conclude that the photocatalytic oxidation with bioplastic film PLA/TiO_2 and UVC photolysis have high efficiency to decrease bioaerosol, especially, bacteria.

Keywords: Air purifier Bioplastic film Titanium dioxide UVC Bacteria

1. บทนำ

ปัจจุบันพบว่าคนส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับคุณภาพอากาศภายในอาคารมากขึ้น จากการศึกษาขององค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency : U.S. EPA) พบว่า มลพิษอากาศภายในอาคารมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์มากกว่ามลพิษภายนอกอาคาร ซึ่งปัญหาส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการทำงานของมนุษย์ แหล่งกำเนิดมลพิษที่ก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร ได้แก่ กิจกรรมของมนุษย์ และสิ่งของเครื่องใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เฟอร์นิเจอร์ เครื่องใช้สำนักงาน เครื่องปรับอากาศ พรมปูพื้น เป็นต้น รวมถึงมลพิษอากาศจากภายนอกที่ปนเปื้อนเข้าสู่ภายในอาคารด้วย ซึ่งมลพิษในอากาศที่สำคัญ ได้แก่ อนุภาคแขวนลอยในอากาศ ฝุ่นละออง และเชื้อจุลินทรีย์ เช่น ไรฝุ่น รา แบคทีเรีย และไวรัส เป็นต้น โดยมลพิษเหล่านี้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบทางเดินหายใจ ระบบการหมุนเวียนของโลหิตและหัวใจ ระบบประสาท ระบบการทำงานของไต ทำให้ภูมิต้านทานของร่างกายลดลง และยังเป็นสาเหตุของการก่อมะเร็งในมนุษย์ด้วย [1] โดยเฉพาะในสถานการณ์ปัจจุบันเกี่ยวกับการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 การอยู่ในพื้นที่หรือตัวอาคารที่เป็นระบบปิดและมีการเปิดเครื่องปรับอากาศช่วยถ่ายเทอากาศภายใน จะเร่งให้การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 นี้

เกิดเร็วขึ้น เนื่องจากไวรัสโควิด-19 ล่องลอยในอากาศและปกคลุมพื้นที่หรืออาคาร ทำให้เชื้อนั้นมีชีวิตอยู่ได้นาน จากปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และชนิดของพื้นผิว การแพร่กระจายของไวรัสโควิด-19 เกิดขึ้นได้บ่อยครั้งเมื่ออยู่ใกล้ชิด หรือมีการสัมผัสโดยตรงกับผู้อื่น ซึ่งมีการแพร่กระจายไวรัสสูงขึ้นเมื่ออยู่ในพื้นที่แออัดหรือมีการระบายอากาศไม่ดี อย่างไรก็ตาม การเพิ่มอัตราการหมุนเวียนของอากาศ ลดอากาศหมุนเวียนซ้ำ และเพิ่มการไหลเวียนของอากาศ ภายในอาคารสามารถลดความเสี่ยงที่เชื้อไวรัสจะแพร่กระจายภายในอาคารได้

ในปัจจุบันการจัดการเชื้อก่อโรคในอากาศภายในอาคารมีด้วยกันหลายวิธี แต่ละวิธีมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป เช่น การใช้แสงยูวีซี (UVC) เป็นรังสียูวีที่มีความยาวคลื่นสั้น หากใช้ด้วยความเข้มหรือระดับปริมาณที่เหมาะสมจะมีคุณสมบัติในการทำลายจุลชีพ ซึ่งรวมถึงเชื้อไวรัส SARS CoV-2 ที่ก่อโรคโควิด-19 ได้ โดยความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการทำลายเชื้อจุลชีพอยู่ที่ประมาณ 200-313 นาโนเมตร โดยค่าที่ดีที่สุดอยู่ที่ 260 นาโนเมตร [2] หากมนุษย์สัมผัสแสง UVC จะทำให้ผิวหนังไหม้ เกิดมะเร็งผิวหนัง อาการอักเสบรุนแรงต่อดวงตาได้ การใช้ก๊าซโอโซน สามารถช่วยลดความเข้มข้นของเชื้อโรคในอากาศได้ และหยุดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลชีพต่าง ๆ ได้ แต่หากสัมผัสด้วยระดับของโอโซนที่สูงเป็นระยะเวลานานจะส่งผลต่อสุขภาพ เช่น การระคายเคืองตา การไอ หายใจติดขัดและเป็นโรคปอดในที่สุด [3] นอกจากนี้ ยังมีการใช้เครื่องฟอกอากาศที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ กัน มาใช้ในการกำจัดเชื้อก่อโรค โดยงานวิจัยของ Yuparat Limmongkon et al [4] ได้ทำการศึกษาการนำเครื่องฟอกอากาศชนิดอิเล็คโตโทรนิคมาใช้ในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์พบว่า สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ *Staphylococcus epidermidis, Bacillus spp, Aspergillus niger* และ *Penicillium citrinum* ได้ร้อยละ 78-98 และการศึกษาของ Kakanang Chantharathip et al [5] ที่ทำการศึกษาการลดจำนวนแบคทีเรียในอากาศของโรงพยาบาลโดยใช้เครื่องฟอกอากาศชนิดอิเล็กทรอนิกส์ที่เสริมและไม่เสริมปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลสิส พบว่าการใช้เครื่องฟอกอากาศที่เสริมปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลสิส สามารถลดปริมาณของแบคทีเรียในอากาศได้สูงสุด โดยที่แผนกผู้ป่วยนอกลดลงร้อยละ 59 - 73 และที่ห้องพักฟื้นแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกพบการลดลงร้อยละ 82 - 83 ขณะที่เครื่องฟอกอากาศที่ไม่เสริมปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลสิสสามารถลดจำนวนแบคทีเรียในอากาศได้เพียงร้อยละ 34-40

จากข้อมูลปัญหาและการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องฟอกอากาศโดยใช้ปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติกออกซิเดชั่นกับแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพในการลดปริมาณเชื้อก่อโรค ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการนำแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพที่ไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม [6,7] เคลือบด้วยสารไทเทเนียมไดออกไซด์และนำมาใช้ในเครื่องฟอกอากาศเพื่อลดเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการลดปัญหามลพิษอากาศภายในอาคาร สามารถนำปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติกออกซิเดชั่นมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในงานทางด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม และเป็นการพัฒนาและเพิ่มวิธีทางเลือกในการลด เชื้อก่อโรคในอากาศ

2. วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental study design) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องฟอกอากาศในการลดเชื้อ *B. cereus* โดยใช้ปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติกออซิเดชั่น ที่ระยะเวลาตั้งแต่ 5-120 นาที เปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดลงของเชื้อ *B. cereus* ตามธรรมชาติ (Baseline) กระบวนการใช้แสง (Photolysis) การกรองด้วยแผ่นฟิลม์พลาสติชีวภาพ (Filtration) และการใช้ปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติกออกซิเดชั่น (Photocatalytic Oxidation: PCO)

วิธีดำเนินงาน

ขั้นเตรียมการ

1. การเตรียมเชื้อแบคทีเรีย โดยการนำเชื้อ *B. cereus* มาทำการเพาะลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (PCA) แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำโคโลนีกระจายลงในน้ำเกลือ (0.85% NaCl)

ปริมาตร 9 มิลลิลิตร นำไปผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ให้ได้ค่าอยู่ระหว่าง 0.08 - 0.10 จะได้เชื้อความเข้มข้นเท่ากับ 0.5 McFarland

2. การเตรียมแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพ

2.1 แผ่นฟิล์มชนิด PLA นำสารละลาย Polylactic acid ผสมกับ Bacteria cellulose หลังจากนั้นนำมาเป่าขึ้นรูปให้มีความกว้างของแผ่นฟิล์ม 16 ซม. และความหนา 50 ไมครอน

2.2 แผ่นฟิล์มชนิด PLA/TiO_2 ทำการเตรียมเช่นเดียวกับ PLA แต่เติมไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ผสมลงไปด้วย

3. การเตรียมชุดทดลอง ทำความสะอาดชุดทดลองโดยการเปิดหลอดไฟยูวีซี เป็นเวลา 30 นาที

4. การเตรียมเครื่องฟอกอากาศ ทำการตรวจสอบระบบการทำงานเพื่อไม่ให้มีสิ่งกีดขวางทาง เข้า-ออกของลม

ขั้นดำเนินงาน

1. การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ (Baseline) โดยพ่นเชื้อ *B. cereus* ที่ความเข้มข้น 10^7 CFU/ml ด้วยเครื่อง Nebulizer ในชุดทดลองนาน 15 นาที และทำการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอิมแพคเตอร์ อัตราการดูดอากาศ 28.3 ลิตรต่อนาที โดยเริ่มต้นเก็บตัวอย่างที่เวลา 5-120 นาที จากนั้นนำตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อ่านผลและบันทึกจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น และเปิดหลอดไฟยูวีซี เป็นเวลา 30 นาที เพื่อทำความสะอาดชุดทดลองหลังจากการทดลอง

2. การใช้แสงยูวีซี (Photolysis) ติดตั้งหลอดยูวีซีภายในเครื่องฟอกและเปิดขณะทำการทดลองเช่นเดียวกับการหา Baseline ตัวอย่างตู้ทดลองแสดงในภาพที่ 1

3. การกรอง (Filtration) ใส่แผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพชนิดต่าง ๆ ในเครื่องฟอก แต่ปิดหลอดไฟยูวีซี และดำเนินการเช่นเดียวกับ Baseline

4. การใช้ปฏิกิริยาโฟโตแคสตาไลติกออกซิเดชั่น (PCO) ทำเช่นเดียวกับการกรองแต่เปิดหลอดไฟยูวีซีขณะทำงานทดลอง

สรุปการดำเนินการทดลองดังตารางที่ 1 และตัวอย่างชุดการทดลองดังภาพที่ 1 และแต่ละขั้นตอนในการทดลองทำการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ

ตารางที่ 1 การดำเนินการทดลองเครื่องฟอกอากาศรูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบการทดลอง	แผ่นฟิล์มพลาสติก	หลอดไฟยูวีซี
Baseline	-	-
Photolysis	-	on
Filtration	PLA และ PLA/TiO_2	-
PCO	PLA และ PLA/TiO_2	on

ภาพที่ 1 ตู้ชุดทดลองในกระบวนการ photolysis

การประเมินผลและการวิเคราะห์ผล

ประสิทธิภาพการลดเชื้อจุลินทรีย์ นำเสนอในรูปของร้อยละ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดลงของเชื้อ Baseline, Photolysis, Filtration และ PCO โดยใช้แผนภูมิภาพ

3. ผลการศึกษา

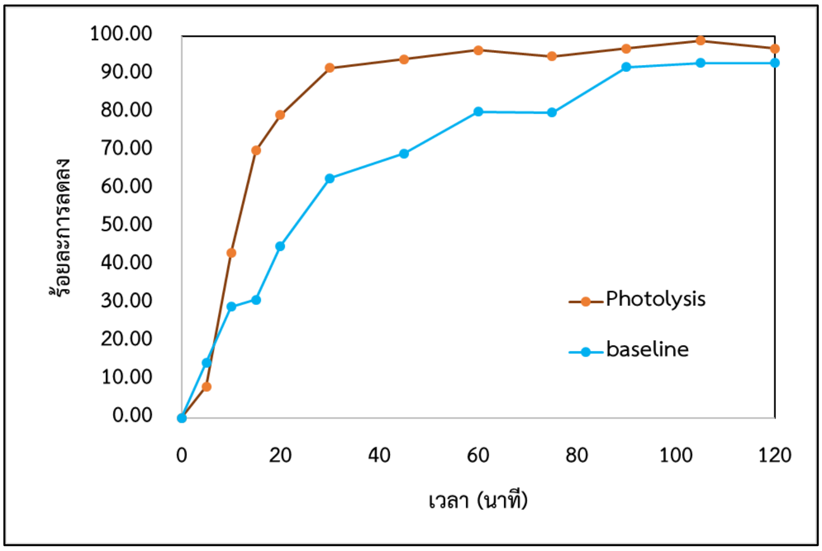
การศึกษาครั้งนี้ทำการทดลองภายในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ 24.9±0.12 องศาเซลเซียส และความชื้น 57.6±1.2 %RH โดยชุดทดลองได้ถูกจัดเตรียมการทดลองไว้ในห้องที่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในห้อง ผลการศึกษาแสดงได้ตามลำดับดังนี้

3.1 Baseline

ผลการศึกษา พบว่า ร้อยละการลดลงของเชื้อ *B. cereus* หลังจากการพ่นเชื้อแล้ว เมื่อเวลาผ่านไป 10 และ 15 นาที มีร้อยละการลดลงของเชื้อ 29.13 และ 31.07 ที่เวลา 30 และ 40 นาที มีร้อยละการลดลงของเชื้อ 62.82 และ 69.32 ตามลำดับ ที่ช่วงเวลา 60 - 75 นาที มีการลดลงของเชื้อมากกว่าร้อยละ 80 และที่ระยะเวลามากกว่า 90 นาที เชื้อลดลงมากกว่าร้อยละ 90 จะเห็นได้ว่าการลดลงของเชื้อตามธรรมชาติจะมากขึ้นตามระยะเวลา แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเวลาผ่านไป 120 นาที เชื้อก็ยังไม่สามารถลดลงจนหมด ดังภาพที่ 2

3.2 Photolysis

ผลการศึกษา พบว่า ร้อยละการลดลงของเชื้อ *B. cereus* หลังจากการพ่นเชื้อแล้ว เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที มีร้อยละการลดลงของเชื้อ 43.30 เมื่อเวลาผ่านไป 15-20 นาที การลดลงของเชื้อมากถึงร้อยละ 70 ที่เวลามากกว่า 30 นาที มีร้อยละการลดลงของเชื้อมากกว่าร้อยละ 90 เมื่อเวลาผ่านไป 120 นาที เชื้อยังคงไม่หมดไป เมื่อเปรียบเทียบการลดลงของเชื้อด้วย photolysis กับ Baseline พบว่า การใช้แสงยูวีสามารถลดเชื้อได้ดีกว่าการลดลงจากธรรมชาติอย่างชัดเจน ดังภาพที่ 2



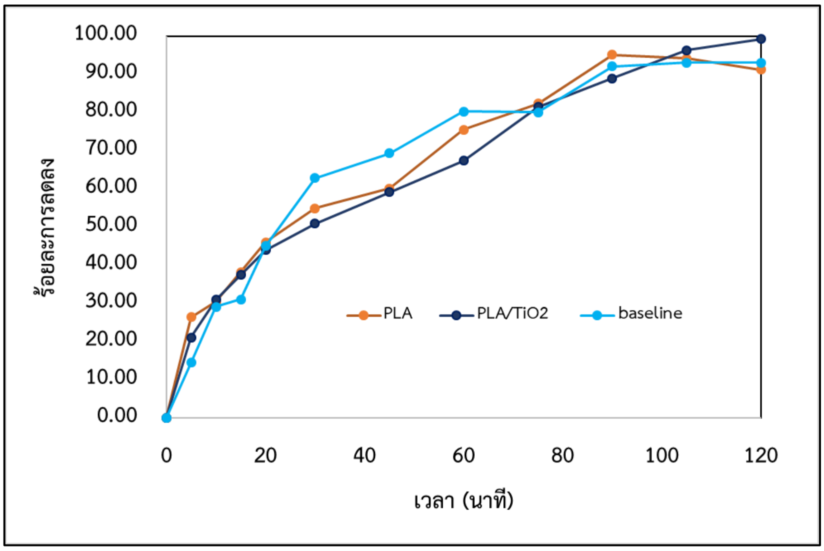
ภาพที่ 2 ร้อยละการลดลงของเชื้อด้วย Photolysis กับการ Baseline

3.3 Filtration

3.3.1 การกรองโดยใช้แผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพชนิด PLA ผลการศึกษา พบว่า ร้อยละการลดลงของเชื้อ *B. cereus* เมื่อเวลาผ่านไป 10 และ 15 นาที คือ 30.39 และ 38.24 และที่เวลา 20 - 30 นาที มีร้อยละการลดลงของเชื้อ 46.08 และ 54.90 ตามลำดับ ในขณะที่เวลามากกว่า 75 นาที ร้อยละการลดลงของเชื้อมากกว่าร้อยละ 82.35

3.3.2 การกรองโดยใช้แผ่นฟิล์มพลาสติกแผ่นกรองชีวภาพชนิด PLA/TiO_2

ผลการศึกษา พบว่า ร้อยละการลดลงของเชื้อ *B. cereus* มีค่าใกล้เคียงกันกับแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพชนิด PLA แต่อย่างไรก็ตามในระยะเวลา 120 นาที การลดลงของเชื้อดังกล่าวยังไม่สามารถลดลงจนหมดเช่นกัน และประสิทธิภาพการกรองของแผ่นฟิล์มทั้ง 2 ชนิดนี้มีร้อยละการลดลงใกล้เคียงกับ กับ Baseline ในทุกช่วงเวลา ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองของแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพกับการลดลงตามธรรมชาติ

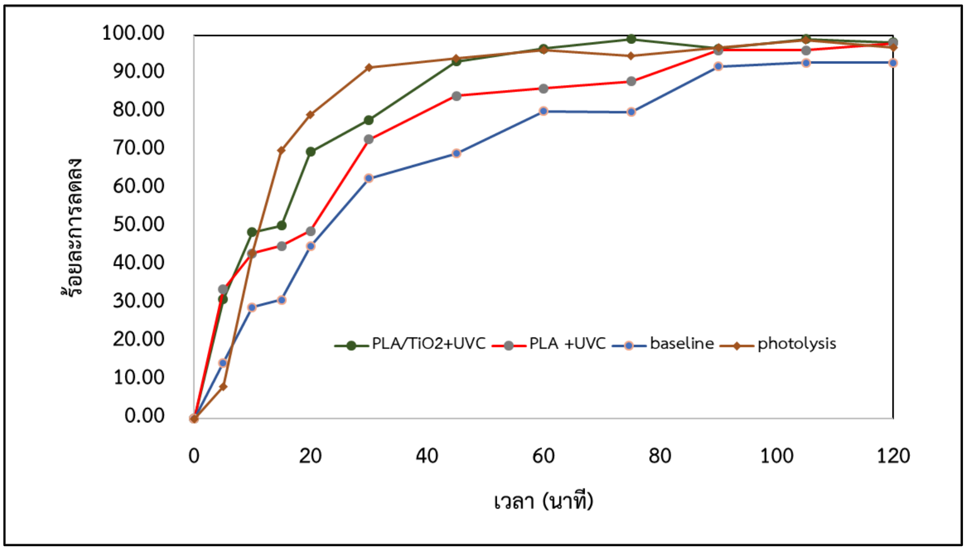
3.4 Photocatalytic oxidation (PCO)

3.4.1 แผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพชนิด PLA ร่วมกับแสงยูวีซี

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 10-20 นาที การลดลงของเชื้อร้อยละ 40-49 ที่เวลา 30-75 นาที ปริมาณเชื้อลดลงประมาณร้อยละ 80-89 และที่เวลามากกว่า 90 นาที มีร้อยละการลดลงของเชื้อมากถึงร้อยละ 96-98 ซึ่งการลดลงของเชื้อโดยใช้แผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพชนิด PLA ร่วมกับแสงยูวีซี จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น โดยการใช้แผ่นฟิล์มชนิด PLA ร่วมกับแสงยูวีซีมีประสิทธิภาพดีกว่าใช้แผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพชนิด PLA เพียงอย่างเดียว

3.4.2 แผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพชนิด PLA/TiO_2 ร่วมกับแสงยูวีซี

ผลการศึกษา พบว่า ร้อยละการลดลงของเชื้อโดยวิธีนี้ หลังจากการพ่นเชื้อแล้ว 15 นาที มีค่ามากกว่า ร้อยละ 50 และแนวโน้มการลดลงของเชื้อเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และพบว่า หลังจากเวลา 45 นาทีเป็นต้นไป สามารถลดเชื้อลงได้มากกว่าร้อยละ 90 โดยการใช้แผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพชนิด PLA/TiO_2 ร่วมกับแสงยูวีซี มีประสิทธิภาพดีกว่าแผ่นฟิล์มพลาสติกชนิด PLA/TiO_2 เพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกับข้อ 3.4.1 ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบร้อยละการลดลงของเชื้อโดยใช้ปฏิกิริยา PCO กับการกรองและการลดลงตามธรรมชาติ

4. อภิปรายผลการทดลอง

การลดลงของเชื้อตามธรรมชาติ พบว่า ร้อยละการลดลงของเชื้อ *B. cereus* ตามธรรมชาติ ที่เวลา 75 นาที มีมากกว่าร้อยละ 90 และเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลามากขึ้น อย่างไรก็ตามการลดลงของเชื้อดังกล่าวยังไม่สามารถลดลงได้จนหมด ซึ่งการลดลงของเชื้อที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการตกตัวตามแรงโน้มถ่วงโลก [8]

การลดลงของเชื้อด้วย Photolysis พบว่า เชื้อ *B. cereus* สามารถลดลงได้ดีที่สุดเมื่อเวลาผ่านไป มากกว่า 30 นาที ถึงร้อยละ 90 โดยการลดลงของเชื้อด้วยแสงยูวีซีดีกว่าการลดลงจากธรรมชาติอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yuparat Limmongkon et al [4] ได้ทำการศึกษาการกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศของเครื่องฟอกอากาศชนิดต่าง ๆ พบว่า เครื่องฟอกอากาศชนิด UVC สามารถกำจัดแบคทีเรีย *B. subtilis* ได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากรังสียูวีซีเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความยาวคลื่น 100-280 นาโนเมตร มีความสามารถในการทำลายเชื้อโรค โดยจะทำลายโครงสร้างกรดนิวคลีอิก ซึ่งเป็นองค์ประกอบของดีเอ็นเอและอาร์เอ็นเอของเชื้อโรค [2]

การลดลงของเชื้อด้วย Filtration โดยใช้แผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพชนิด PLA และ PLA/TiO_2 กับการลดลงตามธรรมชาติมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเวลาผ่านไป 120 นาที แผ่นฟิล์มชนิด PLA/TiO_2 สามารถลดเชื้อได้ดีกว่า เนื่องจากบนแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพนี้มีส่วนผสมของไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ซึ่งมีคุณสมบัติที่เรียกว่า Bactericidal effects [9]

การลดลงของเชื้อด้วย PCO โดยร้อยละการลดลงของเชื้อจากแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพร่วมกับยูวีซีมากกว่าการลดลงของเชื้อตามธรรมชาติ, Pholоlysis และ Filtration สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nutcha Wechosotsakda [10] ได้ศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสแตฟฟิโลค็อกคัสด้วยกระบวนการโฟโตแคสตาไลติก พบว่า การศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* ใน สภาวะที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา TiO_2 และมีแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเลต แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพ ในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* อย่างเห็นได้ชัด และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kornkanok Ubolchollakhat and Ketsinee Salabsri [11] ศึกษาประสิทธิภาพการต่อต้านแบคทีเรีย *E. coli* ของฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์เจือเงินสำหรับระบบกรองน้ำดื่ม พบว่า ไทเทเนียมไดออกไซด์เจือเงินมีประสิทธิภาพการต่อต้านแบคทีเรีย *E. coli* ได้ดีที่สุดทั้งภายใต้แสงยูวี แสงฟลูอเรสเซนต์ และ สภาวะมืด และยังคงมีประสิทธิภาพการต่อต้านแบคทีเรีย *E. coli* ดีแม้ว่าทำการศึกษาในภาวะที่มีพลังแสงน้อย และสอดคล้องกับการศึกษาของ Siyi Lu และคณะ [12] และ Chaiwat Naunchan และคณะ [13] พบว่าการใช้ TiO_2 ร่วมกับ UVC สามารถกำจัดเชื้อ *E.coli* ได้ นอกจากนี้ยังพบงานวิจัยของ Nina Bono และคณะ [14] พบว่ากระบวนการโฟโต้แคสตาไลติกออกซิเดชั่นยังสามารถกำจัดไวรัสได้โดยเฉพาะในช่วงสถานการณ์โควิดที่เกิดขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลสิส เกิดจากการที่แสง UVC มาตกกระทบบนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบอยู่บนแผ่นกรอง ทำให้อิเลคตรอนที่ปกติจะอยู่เฉพาะในชั้นพลังงานต่ำ (ชั้นวาเลนซ์) ในไทเทเนียมไดออกไซด์ดูดพลังงานนั้นเอาไว้จนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดข้ามช่องว่างของชั้นพลังงานไปสู่ชั้นพลังงานที่สูงกว่าได้ (ชั้นคอนดักชั่น) ทิ้งให้เกิดเป็นรูว่างอยู่ในชั้นพลังงานเดิม ซึ่งรูว่างนี้สามารถ ทำปฏิกิริยากับละอองไอน้ำ หรือไฮดรอกไซด์ที่มาจากการแตกตัวของน้ำ กลายเป็นอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล ($^{\circ}OH$) ส่วนอิเลคตรอนที่ขึ้นไปอยู่ในชั้นคอนดักชั่นแล้ว ก็สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่อยู่รอบๆกลายเป็น อนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์ ($O_2^{\cdot -}$) ซึ่งทั้งคู่ล้วนแต่เป็นตัวออกซิไดซ์และตัวรีดิวซ์ที่รุนแรง สามารถสลายผนังเซลล์ของ จุลินทรีย์จนทำให้องค์ประกอบภายในเซลล์รั่วไหลออกมา และทำลายจุลินทรีย์จนตายได้ในที่สุด [9] ทั้งนี้ประสิทธิภาพของไทเทเนียมไดออกไซด์ในการกำจัดจุลินทรีย์เกิดได้ทั้งจาก hydroxyl radical, superoxide radical, perhydroxyl radical และ hydrogen peroxide โดย superoxide radical และ perhydroxyl radical มีอำนาจในการทำลายผนังเซลล์และเซลล์เมมเบรนของจุลินทรีย์ ส่วน hydrogen peroxide เป็นตัวการสำคัญในการทำลายจุลินทรีย์ด้วยการซึมผ่านเซลล์เมมเบรน ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะถูกทำลายในอัตราที่ต่างกันเนื่องจากโครงสร้างและความหนาของเซลล์ที่แตกต่างกัน โดยไวรัสจะถูกทำลายได้ไวกว่าแบคทีเรียและสปอร์ของแบคทีเรียมาก [2]

ดังนั้นสรุปได้ว่า การใช้เครื่องฟอกอากาศปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติกออกซิเดชั่นร่วมกับแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพชนิด PLA/TiO_2 และการใช้แสงยูวีซีเพียงอย่างเดียวสามารถลดปริมาณ *B. cereus* ในอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเครื่องฟอกอากาศที่ทำการศึกษานี้เป็นการนำแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากพืชซึ่งสามารถย่อยสลายง่ายและไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมนำมาใช้ในเครื่องฟอกอากาศเพื่อลดเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ทำให้ลดปัญหาการเกิดมูลฝอยและส่งเสริมเทคโนโลยีสอดคล้องกับฐานเศรษฐกิจ BCG ที่มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาที่ยั่งยืน

5. ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย/ข้อจำกัด

5.1 การทดลองครั้งนี้ไม่ได้ทำการศึกษาถึงกลไกการกำจัดเชื้อก่อโรค และไม่ได้ทำการศึกษาถึงอายุของแผ่นฟิล์มชีวภาพที่ใช้ในเครื่องฟอกอากาศ

5.2 ควรนำเครื่องฟอกอากาศที่ถูกพัฒนาขึ้นไปใช้จริงในสถานที่ต่าง ๆ เช่น โรงพยาบาล อาคารสำนักงาน เพื่อช่วยลดปริมาณของเชื้อ

5.3 ในการศึกษาครั้งนี้ทำการทดลองกับเชื้อเพียงชนิดเดียว ควรมีการทดลองหรือเพิ่มชนิดของเชื้อเป็นเชื้อรา เพื่อขยายผลการทดลองได้มากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คณะสาธารณสุขศาสตร์ และคณะสหเวชศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือตลอดการทดลอง และได้รับทุนสนับสนุนการศึกษาครั้งนี้บางส่วนจากงบประมาณเงินรายได้คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Siriporn Srithewin & Ganjana Nathapindhu. (2012). Ambient Microbial Contamination in Different Hospital Scales. *KKU Res J (GS)*, 12 (1), 92-101. (in Thai)

[2] Paradee Chuaybamrong, (2014). *airborne microbe disinfection technology for hospital*. Chulalongkorn press. (in Thai)

[3] Tawach Julasri, Chonnatee Kalaket, Piput Somchai and Kamolrat Somchai. (2022). Building a microcontroller-controlled air purifier, in Proceedings 2022, *The 8 th National Conference on Technology and Innovation Management NCTIM 2022*, (pp 1-10). (in Thai)

[4] Yuparat Limmongkon, Pipat Sribenjalux & Paradee Chuaybamroong. (2009). Capability of electronic-filter air purifier on airborne microorganism removal. *Journal of Medical technology and physical therapy,* 21 (3): 246-256. (in Thai)

[5] Kakanang Chantharathip, Pipat Sribenjalux & Paradee Chuaybamroong. [2013]. Reduction of airborne bacteria in hospital using electronic air purifier with and without photocatalysis reactions. *Journal of Medical technology and physical therapy,* 25 (3): 236-245. (in Thai).

[6] Kreetachat, T. (2015). Removal of VOCs by photocatalytic oxidation using nano-TiO2/PLA biocomposite. *Journal of Environmental Biology*, 36, 617-624.

[7] Kreetachat, T., Kruenate, J. & Suwannahong, K. (2013). Preparation of TiO2/Bio-Composite Film by Sol-Gel Method in VOCs Photocatalytic Degradation Process. *Applied Mechanics and Materials*, 390, 552-556.

[8] Chuleewan Thunyasirinon. (2007). Removal efficiency of airborne microorganism by UVC coated with titanium dioxide. [Master of public health]. Khonkaen University. [in Thai]

[9] Chotigawin, R, Sribenjalux, P, Supothina, S, Jeff Johns, Charerntanyarak, L & Chuaybamroong, P. (2010). Airborne microorganism disinfection by photocatalytic HEPA filter. *EnvironmentAsia*. 3(2), 1-7

[10] Nutcha Wechosotsakda. (2018). *Growth Inhibition on Staphylococcus auraus by Photocatalytic Process.* [Master of Civil Engineering]. Rajamangala University of Technology Thanyaburi. [in Thai]

11 Kornkanok Ubolchollakhat & Ketsinee Salabsri. (2016). *Antibacterial properties of TiO_2 doped with Ag application for drinking water treatment*, in Proceedings 2016, the 13th KU-KPS Conference, (pp.2059-2066). [In Thai]

[12] Siyi Lu, Ge Meng, Can Wang, & Hong Chen. (2021). Photocatalytic inactivation of airborne bacteria in a polyurethane foam reactor loaded with a hybrid of MXene and anatase TiO2 exposing {0 0 1} facets. *Chem Eng J.* 404: 126526. Doi: 10.1016/j.cej.2020.126526.

[13] Chaiwat Naunchan, Kowit Suwannahong & Sulak Sumitsawan. (2018). Antimicrobial Surface by Photocatalytic Oxidation. *Thai Environmental Engineering Journal (TEEJ),* 32(2):17-23. (in Thai).

[14] Nina Bono, Federica Ponti, Carlo Punta & Gabriele Candiani. (2021). Effect of UV Irradiation and TiO_2-Photocatalysis on Airborne Bacteria and Viruses: An Overview. *Materials*, 14, 1075. Doi.org/10.3390/ma14051075.