วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

บทความวิจัย

การพัฒนาต้นแบบถังขยะมูลฝอยติดเชื้อในห้องน้ำอาคารสาธารณะ

พันธ์พิสุ จุลพันธ์วัฒนา[1*] ทิพทับทิม สรรเพชุดาศิลป์[1] จิตพัต ฉอเรืองวิวัฒน์[1]
ภัทรารัตน์ ตันนุกิจ[1] และ สิงห์ อินทรชูโต[1, 2]

[1] ศูนย์วิจัยและนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน, บริษัท แมกโนเลีย ควอลิตี้ ดีเวล็อปเม้นต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด
[2] ภาควิชานวัตกรรมอาคาร, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*] ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: panpisu_ju@dtgo.com

วันที่รับบทความ: 13 พฤศจิกายน 2563; วันที่ทบทวนบทความ: 1 เมษายน 2567; วันที่ตอบรับบทความ: 4 มิถุนายน 2567
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 22 สิงหาคม 2567

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบถังขยะมูลฝอยติดเชื้อในพื้นที่ห้องน้ำอาคารสาธารณะให้สามารถทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนมากับขยะเพื่อลดความเสี่ยงของการแพร่ระบาดโรคติดต่อ โดยทำการสำรวจถังขยะในห้องน้ำของห้างสรรพสินค้าและออกแบบต้นแบบถังขยะโดยบูรณาการความรู้ด้านการออกแบบกับหลักการทำลายเชื้อขยะที่ปนเปื้อนสารคัดหลั่ง ซึ่งถังขยะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ (1) ถังชั้นบนสุดสำหรับทิ้งขยะกระดาษชำระ ฝาถังเปิดปิดอัตโนมัติเพื่อลดการสัมผัส (2) ถังชั้นกลางเป็นชั้นที่รวบรวมขยะและทำลายเชื้อ โดยการพ่นน้ำยาทำลายเชื้อให้ทั่วถึงพื้นที่ผิวขยะทั้งหมด ด้วยสารประกอบโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 0.1% ผ่านหัวพ่นหมอก 2 ตำแหน่ง ซึ่งวัสดุเป็นทองเหลืองมีอัตราการไหล 7 ลิตรต่อชั่วโมง สามารถพ่นกระจายน้ำยาได้ทั่วถึงภายในระยะเวลา 45 วินาที แล้วกักขยะส่วนนี้ไว้อีก 15 นาที เพื่อประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อแล้วจึงนำส่งขยะไปยังถังชั้นล่าง (3) ถังชั้นล่างซึ่งออกแบบเป็นลักษณะลิ้นชักสำหรับเปิดจัดเก็บขยะที่ผ่านการทำลายเชื้อแล้วเพื่อนำไปกำจัดเหมือนขยะทั่วไป และผลิตต้นแบบเพื่อประเมินผลการใช้งานจากเจ้าหน้าที่บริหารจัดการอาคารและบุคคลทั่วไป ผลการประเมินพบว่า (1) ถังขยะมูลฝอยติดเชื้อในห้องน้ำสาธารณะต้องสามารถวัดผลด้านการทำลายเชื้อได้จริง (2) บุคคลทั่วไปมีความพึงพอใจในด้านการใช้งาน ความสวยงาม การรับรู้ถึงประโยชน์ของการใช้งาน และการตัดสินใจซื้ออยู่ในระดับมาก (3) สามารถกำจัดเชื้อ *E. Coli* ได้ทั้งหมด และทำลายเชื้อ *B. subtilis* ได้มากกว่า 99.995%

คำสำคัญ: ถังขยะ; ขยะมูลฝอยติดเชื้อ; การฆ่าเชื้อ; เชื้อไวรัสโควิด-19; อาคารสาธารณะ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

บทความวิจัย

Development of Infectious Waste Prototype Bin for Public Toilets in Commercial Buildings

Panpisu Julpanwattana[1*], Tiptaptim Sunpaechudasil[1], Jittapat Choruengwiwat[1], Pattrarat Tannukit[1] and Singh Intrachooto[1, 2]

[1] Research and Innovation for Sustainability Center, Magnolia Quality Development Corporation Limited

[2] Department of Building Innovation, Faculty of Architecture, Kasetsart University

[*] Corresponding author, E-mail: panpisu_ju@dtgo.com

Received: 13 November 2023; Revised: 1 April 2024; Accepted: 4 June 2024
Online Published: 22 August 2024

Abstract: The research aims to create a prototype infectious waste bin for public toilets in commercial buildings to automatically disinfect contaminated toilet paper to prevent the spread of diseases. This study explores commercial buildings to analyze toilet waste management and to design a bin prototype with 3 sections. (1) The first level is a touchless lid for receiving toilet paper waste. (2) The second level is to be sprayed thoroughly over its entire surface with disinfectant (0.1% or 1000 ppm sodium hypochlorite) via 2 positions of fog nozzles made of brass with a flow rate of 7 liters per hour spread disinfectant evenly cover all of the waste within 45 seconds and retrained for 15 minutes to eliminate germs. (3) The waste then passes to the third or bottom level, which operates as a drawer that staff opens to retrieve the waste. The study gathers feedback from facility managers to evaluate the innovative product and establish its credibility. The first factor to be considered is its effectiveness in disinfection. User feedback on functionality, aesthetics, usefulness, and purchase decision is positive. The results of the prototype bin disinfection test showed that it could completely eliminate *E. coli.* and 99.995% to eliminate *B. subtilis.*

Keywords: Bin; Infectious Waste; Disinfection; Coronavirus Disease 2019 (COVID-19); Commercial Building

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

1. บทนำ

การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือโรค COVID-19 สามารถแพร่กระจายได้ทั้งทางฝอยละออง การสัมผัสสารคัดหลั่งของผู้ติดเชื้อ การสัมผัสเชื้อที่ปนเปื้อนตามพื้นผิวของสิ่งของเครื่องใช้ต่าง ๆ [1] ข้อมูลจากศูนย์ปฏิบัติการภาวะฉุกเฉินด้านการแพทย์และสาธารณสุข กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข พบว่าเชื้อโควิดสามารถสะสมในน้ำมูกมากที่สุด 97.9 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือน้ำลาย 88.6 เปอร์เซ็นต์ และลำดับสามคืออุจจาระ 70.8 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อสามารถแพร่กระจายผ่านสิ่งของที่ปนเปื้อนสารคัดหลั่งเหล่านี้ได้ [2] พื้นที่สาธารณะถือเป็นจุดอันตรายที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการสะสมของเชื้อโรครวมถึงห้องน้ำสาธารณะที่เป็นแหล่งสะสมเชื้อโรคเช่นกัน โดยเฉพาะขยะกระดาษชำระที่ใช้เช็ดสิ่งปฏิกูลดังกล่าว ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19 คือ ขยะติดเชื้อไม่ได้จำกัดพื้นที่เฉพาะสถานพยาบาลเท่านั้น แต่กลับพบได้ในชุมชน ทั้งยังมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ขยะติดเชื้อในสถานพยาบาลมีมาตรฐานการบริหารจัดการอย่างชัดเจน [3] แต่การบริหารจัดการขยะติดเชื้อในชุมชนไม่ได้บริหารจัดการเหมือนขยะติดเชื้อในสถานพยาบาล แต่เป็นการบริหารจัดการที่ขาดความรู้และปฏิบัติไม่เหมาะสม [4, 5] ถึงแม้ว่ากรมอนามัยได้แนะนำการรวบรวมขยะติดเชื้อและขยะที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อในชุมชน แต่กลับพบว่ามีการทิ้งขยะเหล่านี้ปะปนกับขยะทั่วไป เช่น กระดาษชำระที่ปนเปื้อนสารคัดหลั่งจากผู้ติดเชื้อที่มีการทิ้งในอาคารสาธารณะโดยเฉพาะขยะภายในห้องสุขาสาธารณะ แต่การบริหารจัดการขยะภายในห้องน้ำอาคารสาธารณะ เช่น ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า คอมมูนิตี้มอลล์ ในปัจจุบันยังคงเป็นการบริหารจัดการแบบขยะทั่วไป ดังนั้นเมื่อเกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัส ทำให้ขยะเหล่านั้นเป็นแหล่งแพร่กระจายเชื้อโรคได้ ซึ่งพบว่าการระบาดในเดือนสิงหาคม 2564 มีมูลฝอยเข้าสู่ระบบกำจัดรวม 14 แห่ง เป็นปริมาณสูงถึง 13,297 ตัน ซึ่งมากเกินศักยภาพของระบบกำจัดที่รองรับได้ เพียง 8,340 ตัน/เดือน และยังมีมูลฝอยที่ตกค้างที่แหล่งกำเนิดอีกจำนวนหนึ่ง [6]

การบริหารจัดการขยะมูลฝอยภายในห้องสุขาอาคารสาธารณะเพื่อลดความเสี่ยงที่เกิดจากการแพร่กระจายเชื้อจากขยะมูลฝอยในห้องสุขาอาคารสาธารณะที่อาจปนเปื้อนสารคัดหลั่งจากผู้ใช้บริการ จึงควรมีมาตรการการบริหารจัดการขยะภายในห้องสุขาแตกต่างจากขยะมูลฝอยทั่วไปหรือมีการทำลายเชื้อที่อาจปนเปื้อนกับขยะมูลฝอยตั้งแต่แหล่งกำเนิด เพื่อให้ขยะจากห้องสุขาซึ่งเป็นขยะติดเชื้อหรือขยะเสี่ยงต่อการติดเชื้อ ได้ผ่านการทำลายเชื้อก่อนนำส่งไปกำจัดเหมือนขยะทั่วไป แต่จากการสำรวจห้องสุขาอาคารสาธารณะในปัจจุบันยังคงใช้ถังขยะแบบที่เสี่ยงต่อการกระจายเชื้อโรค เช่น ถังขยะที่ไม่มีฝาปิด หรือถังขยะแบบใช้เท้าเหยียบเปิดฝาถัง แต่ไม่พบถังขยะที่มีการใช้ระบบตรวจจับอัตโนมัติ (Sensor) เพื่อเปิดฝาถังขยะแบบไร้การสัมผัส และมีเพียงถังสำหรับทิ้งขยะผ้าอนามัยในห้องสุขาหญิงเท่านั้นที่แยกชัดเจน และมีกำจัดแบบเฉพาะทาง

คณะผู้วิจัยประกอบด้วยนักออกแบบ พยาบาลวิชาชีพด้านการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อ จึงต้องการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมต้นแบบถังขยะ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

มูลฝอยติดเชื้อที่สามารถทำลายเชื้อโรคได้อัตโนมัติ เพื่อทำลายเชื้อตั้งแต่แหล่งกำเนิดขยะ ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ได้กับพื้นที่ห้องสุขาอาคารสาธารณะที่สามารถทำลายเชื้อตั้งแต่แหล่งกำเนิดขยะและสามารถต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งต้นแบบถังขยะดังกล่าวจะช่วยลดการแพร่กระจายเชื้อไวรัส COVID-19 โดยทำการประเมินผลประสิทธิภาพการทำลายเชื้อจากเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่มักปนเปื้อนมากับขยะกระดาษชำระภายในห้องสุขา ได้แก่ *Escherichia coli* และเชื้อแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ *Bacillus subtilis* ซึ่งแบคทีเรียมีพันธะที่แข็งแรงกว่าเชื้อไวรัสเป็นตัวแทนในงานวิจัย

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย/ทดลอง

2.1 ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาในการบริหารจัดการขยะเสี่ยงติดเชื้อในช่วงสถานการณ์โรคติดต่อระบาด

งานวิจัยนี้ใช้อาคารห้างสรรพสินค้า 101 True Digital Park เป็นอาคารตัวอย่างในการศึกษา โดยดำเนินการดังนี้

1. ทำการสัมภาษณ์บุคลากรในหน่วยงานที่บริหารจัดการอาคารและพนักงานทำความสะอาด จำนวน 10 ท่าน

2. เข้าสำรวจอาคารและบันทึกปริมาณขยะกระดาษชำระจากภายในห้องน้ำอาคาร ที่บริเวณชั้น 1 ซึ่งเป็นบริเวณที่มีผู้ใช้งานมากที่สุดในอาคาร เป็นระยะเวลา 3 วัน โดยแบ่งเป็น ห้องสุขาหญิงมีห้องสุขาย่อย 8 ห้อง และสุขาชาย มีห้องสุขาย่อย 3 ห้อง

3. วิเคราะห์ปัญหาและเป็นแนวทางในการออกแบบต้นแบบถังขยะติดเชื้อในงานวิจัย

2.2 วิเคราะห์แนวทางจัดการความเสี่ยงของการแพร่ระบาดโรคติดต่อจากขยะติดเชื้อ

วิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) จากขยะกระดาษชำระซึ่งใช้ชำระสารคัดหลั่งที่เชื้ออาจสะสมอยู่ ตั้งแต่ขั้นตอนการใช้งานถังขยะต่อเนื่องกันของผู้ใช้บริการอาคารไปจนขั้นตอนการจัดเก็บขยะของพนักงาน ซึ่งนำมาสู่การพัฒนาระบบถังขยะมูลฝอยติดเชื้อสำหรับขยะที่ปนเปื้อนสารคัดหลั่งในห้องน้ำอาคารสาธารณะ

2.3 กำหนดแนวทางแก้ไข

กำหนดแนวทางแก้ไขโดยพัฒนาระบบถังขยะมูลฝอยติดเชื้อสำหรับขยะที่ปนเปื้อนสารคัดหลั่งในห้องน้ำอาคารสาธารณะ ตามขั้นตอนการใช้งาน ดังนี้

1. บูรณาการเทคโนโลยีการเปิดปิดฝาถังด้วยระบบเซ็นเซอร์อัตโนมัติเพื่อลดการสัมผัส

2. ออกแบบถังขยะเพื่อทำลายเชื้อที่ปนเปื้อนสารคัดหลั่งให้กลายเป็นขยะทั่วไปโดยใช้การพ่นสารประกอบโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 0.1% ให้ทั่วถึงพื้นผิวทั้งหมดของขยะกระดาษชำระ ดังนี้

- เปรียบเทียบรูปทรงถังขยะที่เอื้อต่อการกระจายตัวของน้ำยาทำลายเชื้อถึงพื้นผิวขยะกระดาษชำระภายในถัง 3 รูปทรง ได้แก่ ทรงกระบอก ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า และทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส

- เปรียบเทียบการกระจายตัวของน้ำยาทำลายเชื้อและระยะเวลาการพ่นน้ำยาให้ทั่วถึงพื้นผิวขยะจากหัวพ่นน้ำยาต่างรูปแบบ ได้แก่ หัวพ่นสเปรย์ทั่วไป (Foggy) หัวพ่นละอองฝอย (Nano Mist) และหัวพ่นหมอก

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

2.4 ดำเนินการพัฒนาและผลิตต้นแบบถังขยะมูลฝอยติดเชื้อ

1. พัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับควบคุมการทำงานของถังขยะ

การทำงานของถังขยะต้องทำการทำลายเชื้อได้โดยอัตโนมัติ และลดการสัมผัสของผู้ใช้งาน ซึ่งต้องมีการใช้ Motion Sensor เพื่อสั่งการการเปิดปิดฝาถังขยะ และระบบตรวจวัดปริมาณขยะภายในถังและ Timer เพื่อควบคุมระยะเวลาการทำลายเชื้อให้ได้ประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อได้จริง

2. ผลิตต้นแบบถังขยะมูลฝอยติดเชื้อ

- ออกแบบถังขยะให้มีขนาดและรูปทรงที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการทำลายเชื้อและเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานในห้องน้ำสาธารณะ
- ขึ้นรูปต้นแบบถังขยะด้วยวัสดุที่คงทนต่อการใช้งาน และไม่เกิดการกัดกร่อนจากน้ำยาทำลายเชื้อ
- ติดตั้งระบบอิเล็กทรอนิกส์และเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของถังขยะ

2.5 ประเมินผลการใช้งาน และตรวจวัดประสิทธิภาพการทำลายเชื้อ

1. ทำแบบสอบถามความคิดเห็นจากเจ้าหน้าที่บริหารจัดการอาคารสาธารณะ จำนวน 10 ท่าน ถึงการจัดทำมาตรการต่างๆ ในช่วงโรคระบาด COVID-19

2. ทดลองใช้งานต้นแบบถังขยะและสอบถามความเห็นจากผู้ใช้งานอาคารทั่วไป จำนวน 20 ท่าน

3. ประเมินประสิทธิภาพการทำลายเชื้อของต้นแบบถังขยะ โดยใช้เชื้อตัวอย่าง 2 ชนิด ได้แก่

- เชื้อ *Escherichia coli* (*E. coli*) เป็นเชื้อประจำถิ่นในระบบทางเดินอาหาร ไม่สร้างสปอร์ พบว่า *E. coli* เป็นสาเหตุของการติดเชื้อในโรงพยาบาลที่พบในทางเดินปัสสาวะได้บ่อยที่สุด [7] ซึ่งมีโอกาสปนเปื้อนมาในขยะกระดาษชำระในห้องสุขา
- เชื้อ *Bacillus subtilis* (*B. Subtilis*) เป็นเชื้อที่ใช้ตรวจสอบว่า มูลฝอยติดเชื้อได้ผ่านการกำจัดเชื้อโรคได้ตามเกณฑ์มาตรฐานทางชีวภาพ [8]

3. ผลการดำเนินงานวิจัย

3.1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาการบริหารจัดการขยะเสี่ยงติดเชื้อในสถานการณ์การระบาดของโรคติดต่อ

1. การบริหารจัดการขยะจากห้องสุขาในอาคารห้างสรรพสินค้า 101 True Digital Park ดังนี้

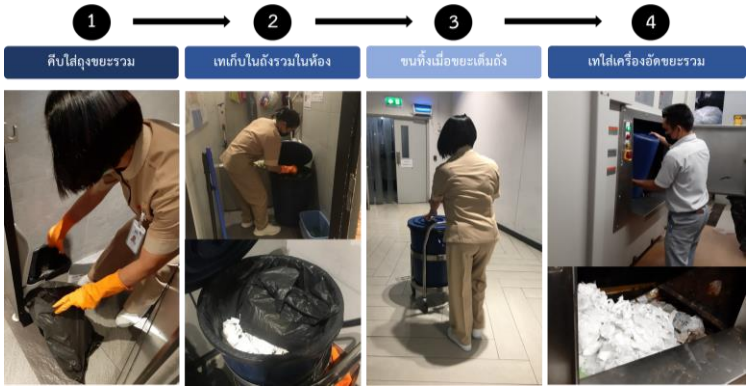
(1) การบริหารจัดการขยะจากห้องสุขาในพื้นที่สาธารณะ เป็นการบริหารจัดการเหมือนขยะทั่วไป

(2) ทางโครงการได้เตรียมภาชนะที่มีถุงขยะสีแดงบรรจุอยู่เพื่อรองรับขยะหน้ากากอนามัย และรวบรวมถุงขยะสีแดงนำส่งให้ทางเจ้าหน้าที่สำนักงานเขตพระโขนงที่เข้ามาให้บริการจัดเก็บขยะนำไปคัดแยกและจัดการด้วยวิธีที่เหมาะสม

(3) การบริหารจัดการขยะผ้าอนามัย ดำเนินการโดยบริษัทเอกชนที่ให้บริการถังสำหรับทิ้งผ้าอนามัยโดยเฉพาะ โดยการนำถังขยะใหม่มาเปลี่ยนทุก ๆ 15 วัน และนำขยะไปกำจัดนอกโครงการ

2. การรวบรวมขยะจากห้องสุขาดำเนินการโดยพนักงานทำความสะอาด ซึ่งจะรวบรวมขยะจากห้องสุขาย่อยทุกห้องทุก 1 ชั่วโมง ตั้งแต่ 10:00 น. ถึง 22:00 น. ส่วนในช่วงที่มีผู้ใช้งานอาคารจำนวนมาก ได้แก่ ช่วงพักกลางวันและหลังเลิกงาน พนักงานทำความสะอาดจะรวบรวมขยะจากห้องสุขาย่อยทุก 15 นาที ขั้นตอนการรวบรวมขยะ ดังรูปที่ 1

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006



รูปที่ 1 การจัดเก็บขยะจากห้องสุขาห้างสรรพสินค้า

(1) คีบขยะออกจากถังขยะย่อยในแต่ละห้องสุขา รวบรวมใส่ถุงดำ

(2) นำขยะที่รวบรวมในถุงดำไปเทในถังขยะรวมภายในห้องเก็บอุปกรณ์

(3) เมื่อขยะเต็มถังจึงจะเข็นไปเทลงเครื่องอัดขยะรวมภายในห้องขยะใหญ่ของอาคาร แล้วจึงมีรถจากเขตมาจัดเก็บออกไปจากอาคารวันละ 1 รอบ

ซึ่งกระบวนการรวบรวมขยะจากห้องสุขาเป็นกระบวนการที่มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อของขยะจากห้องสุขาสู่พนักงานและสิ่งแวดล้อมได้

3. บันทึกข้อมูลน้ำหนักขยะ โดยรวบรวมข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยภายในห้องสุขาอาคารสาธารณะในช่วงที่มีการใช้งานมากที่สุด ได้แก่ 11.00-13.00 น. และ 16.30-18.30 น. เป็นเวลา 3 วัน เพื่อนำปริมาณขยะที่ได้มาใช้เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบถังขยะฆ่าเชื้อ พบว่าปริมาณขยะมากที่สุดที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลา 2 ชั่วโมง (120 นาที) ประมาณ 375 กรัม ซึ่งในทางปฏิบัติช่วงที่มีผู้ใช้งานจำนวนมาก พนักงานจะทำการรวบรวมขยะจากถังขยะย่อยในทุก ๆ 15 นาที ดังนั้น จึงประมาณได้ว่าในหนึ่งรอบ (15 นาที) จะมีขยะอยู่ในห้องสุขาย่อย 47 กรัมภายในถังขยะขนาด 10 ลิตร

3.2 ผลการพัฒนาถังขยะมูลฝอยติดเชื้อในห้องสุขาอาคารสาธารณะ

เมื่อเกิดการระบาดของโรค COVID-19 มีการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้ฆ่าเชื้อบนพื้นผิววัสดุต่าง ๆ เช่น การใช้รังสีฉายเพื่อกำจัดเชื้อโรค (UVGI) แต่มีข้อจำกัดที่เป็นอันตรายหากดวงตาและผิวหนังมีการสัมผัสกับแสงโดยตรง ทำให้ยังต้องใช้งานภายในระบบปิดเท่านั้น [9] และการพัฒนาตู้อบฆ่าเชื้อด้วย Ozone Disinfector โดยใช้หลักการนำอิเล็กตรอนออกจากตัวทำปฏิกิริยาอื่น ๆ ในระหว่างการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ (Oxidation-Reduction (Redox) Reaction) แต่การสัมผัสก๊าซโอโซนที่มีค่าความเข้มข้นสูงจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพหากมีการสูดดมโดยตรง จึงต้องมีการควบคุมปริมาณที่เหมาะสม [10]

นอกจากนี้ยังมีผู้พัฒนาถังขยะฆ่าเชื้อโรคด้วยโอโซนระบบพลาสมาความดันสูง เพื่อจัดการมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดจากสถานพยาบาลขนาดเล็กและห้องปฏิบัติการทดลอง โดยทดลองฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ *Salmonella sp.* ได้ร้อยละ 100 [11]

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

จากการนำเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมมาใช้ในการทำลายเชื้อ ไม่ว่าทั้งการใช้รังสีฉายเพื่อทำลายเชื้อโรค (UVGI) หรือการใช้ก๊าซโอโซน ต่างมีข้อจำกัดด้านความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานหากไม่มีความรู้เพียงพอ ดังนั้นในการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ผู้ใช้งานจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับข้อจำกัดของเทคโนโลยีนั้น ๆ หรือต้องมีผู้เชี่ยวชาญคอยกำกับดูแลอย่างใกล้ชิด ทั้งยังจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบอย่างสม่ำเสมอ จึงเป็นข้อพิจารณาที่ทำให้ยากต่อการนำไปใช้ในที่สาธารณะ

การพัฒนาถังขยะมูลฝอยติดเชื้อในห้องสุขาอาคารสาธารณะจึงควรพิจารณาวิธีการที่ง่ายต่อการใช้งานและการดูแลบำรุงรักษาที่ง่าย โดยมีการออกแบบ 2 ส่วน ประกอบด้วย การออกแบบถังขยะ และการออกแบบระบบการพ่นน้ำยาทำลายเชื้อในถังขยะควบคู่กับรูปทรงถังขยะ (รูปที่ 2) ดังนี้

1. การออกแบบถังขยะ คณะผู้วิจัยกำหนดให้ถังขยะมี 3 ชั้น ได้แก่

- ชั้นบนสุด เป็นชั้นสำหรับทิ้งขยะที่อาจปนเปื้อนสารคัดหลั่ง ควรมีระบบเปิดปิดฝาแบบอัตโนมัติ หรือรูปแบบการเปิดปิดที่ลดการสัมผัสของผู้ใช้งาน
- ชั้นกลาง เป็นชั้นที่รวบรวมขยะที่เสี่ยงติดเชื้อและทำการพ่นหรือทำลายเชื้อที่พื้นผิวขยะด้วยสารประกอบโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 0.1% และกักขยะไว้ไม่ต่ำกว่า 15 นาที เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อ ตามคำแนะนำจากกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข [12]
- ชั้นล่างสุด เป็นชั้นสำหรับเปิดและจัดเก็บขยะที่ผ่านการทำลายเชื้อแล้ว เพื่อนำไปบริหารจัดการตามขั้นตอนทั่วไปของพื้นที่อาคารนั้น ๆ

2. การออกแบบระบบการพ่นน้ำยาทำลายเชื้อในถังขยะควบคู่กับการออกแบบรูปทรงถังขยะเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานภายในถังขยะ

การทดลองครั้งที่ 1

1.1 เพื่อหารูปทรงของถังขยะที่เอื้อต่อการกระจายตัวของน้ำยาทำลายเชื้อต่อพื้นผิวของกระดาษชำระ โดยจำลองถังขยะปริมาตร 10 ลิตร 3 รูปทรง ได้แก่ สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า และทรงกระบอก โดยมีความสูงเท่ากันคือ 25 เซนติเมตร เพื่อควบคุมระยะห่างจากตำแหน่งพ่นน้ำยาถึงพื้นผิวของขยะภายในถังในการทดลอง ทำการเปรียบเทียบการกระจายน้ำยาทำลายเชื้อซึ่งในการทดลองได้ใช้น้ำผสมสีผสมอาหารทดแทนเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบพื้นที่ที่ได้รับน้ำยาทำลายเชื้อได้ชัดเจน โดยจำลองปริมาณขยะกระดาษชำระภายในถัง 47 กรัมเท่ากันทุกกรณี

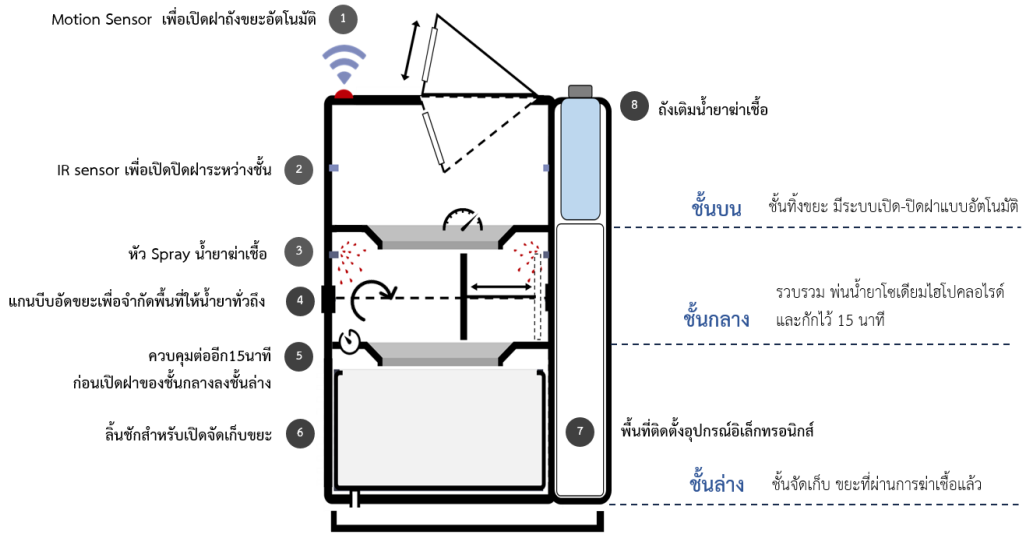
1.2 เพื่อหาอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการกระจายน้ำยาได้ทั่วถึงพื้นผิวกระดาษชำระมี 2 ประเภท ได้แก่ อุปกรณ์หัวสเปรย์ทั่วไป (Foggy) และอุปกรณ์เครื่องพ่นละอองฝอย (Nano Mist) ทำการทดลองโดยใช้อุปกรณ์หัวสเปรย์ทั่วไป (Foggy) ในอัตราการพ่นเฉลี่ย 12.13 มิลลิลิตรต่อนาที และใช้อุปกรณ์เครื่องพ่นละอองฝอย (Nano Mist) ในอัตราการพ่นเฉลี่ย 2.59 มิลลิลิตรต่อนาที โดยทำการทดลองแต่ละกรณีเป็นจำนวน 3 ครั้ง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกระจายตัวของน้ำยาโดยใช้หัวพ่นที่มีลักษณะแตกต่างกัน แล้วพิจารณาสัดส่วนของกระดาษชำระที่ได้รับน้ำยาในปริมาณ 100% 75% 50% 25% และ 0% ดังรูปที่ 3

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าจำนวนแผ่นกระดาษชำระที่ได้รับน้ำยาทั่วถึง (100%) จากการพ่นน้ำยาด้วยหัวสเปรย์ละอองฝอยมีปริมาณมากกว่าการพ่นน้ำยา

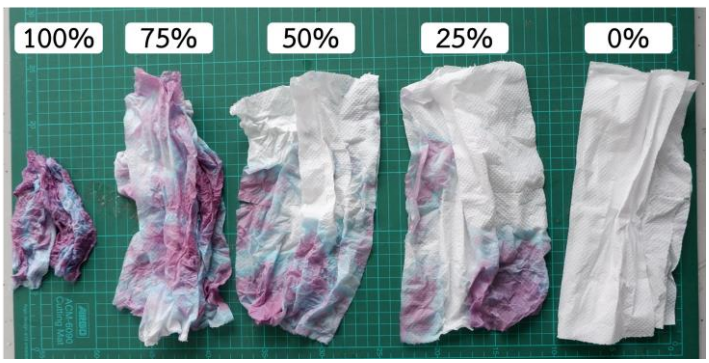
วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

ด้วยหัวสเปรย์ทั่วไป และจำนวนกระดาษชำระที่ไม่ได้รับน้ำยาเลย (0%) จากการพ่นน้ำยาด้วยหัวสเปรย์ละอองฝอยน้อยกว่าการพ่นน้ำยาด้วยหัวสเปรย์ทั่วไปในภาชนะทั้ง 3 รูปทรง

เมื่อเปรียบเทียบกรณีที่พ่นน้ำยาด้วยหัวสเปรย์ละอองฝอย พบว่าจำนวนกระดาษชำระที่ไม่ได้รับน้ำยาเลย (0%) ในถังทรงกระบอกมีปริมาณสูงสุด (43.67%) รองลงมา ได้แก่ ภาชนะรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (39.67%) และภาชนะรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (38.67%) และพบว่าจำนวนแผ่นกระดาษชำระที่ได้รับน้ำยาทั่วถึง (100%) ในถังทรงกระบอกและถังทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีปริมาณเท่ากันคือ (18.33%) ซึ่งมากกว่าในถังรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (14.67%) ดังแผนภูมิที่ 1



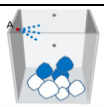
รูปที่ 2 รายละเอียดรูปแบบถังขยะ 3 ชั้น

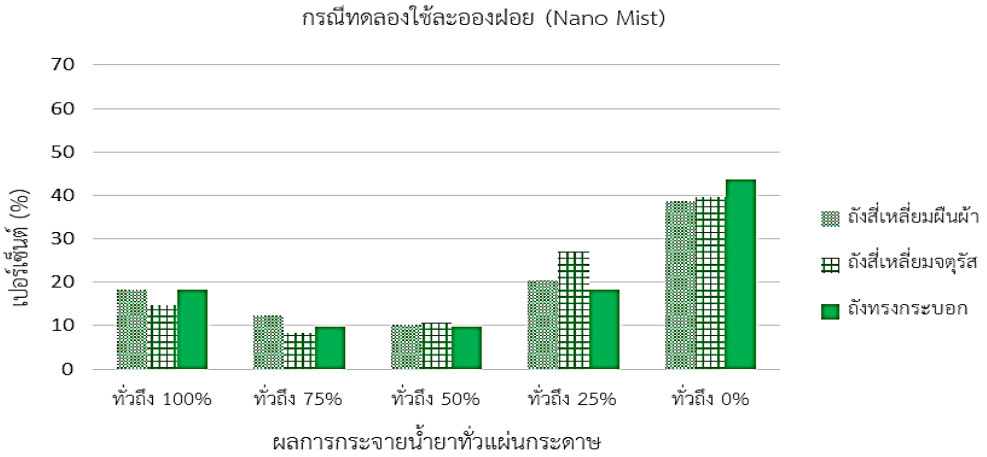


รูปที่ 3 ลักษณะกระดาษชำระที่ได้รับการกระจายน้ำยา 100% 75% 50% 25% และ 0%

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการกระจายน้ำยาภายในถังกรณีใช้ foggy และ Nano Mist

รูปทรง	รูปแบบอุปกรณ์พ่นน้ำยา	ผลการกระจายน้ำยาทั่วแผ่นกระดาษ (คิดเป็นสัดส่วนจากกระดาษทั้งหมดในถัง (%))				
		100%	75%	50%	25%	0%
	สเปรย์ทั่วไป (foggy)	10.33	7.33	8.67	16	58
	ละอองฝอย (Nano Mist)	18.33	12.33	10.33	20.33	38.67
	สเปรย์ทั่วไป (foggy)	10.67	5.67	7.33	17.67	58.33
	ละอองฝอย (Nano Mist)	14.67	8.33	10.67	27	39.67
	สเปรย์ทั่วไป (foggy)	10	6.67	7	15	61.67
	ละอองฝอย (Nano Mist)	18.33	9.67	9.67	18.33	43.67



แผนภูมิที่ 1 กรณีใช้หัวสเปรย์ละอองฝอย (Nano Mist)

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงนำรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าไปพัฒนาต่อเป็นรูปแบบถังขยะฆ่าเชื้อ และทำการศึกษารูปแบบหัวพ่นน้ำยาแบบอื่น ๆ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการกระจายน้ำยาและลดระยะเวลาในการพ่นน้ำยาลง

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

การทดลองครั้งที่ 2

จากการทดลองครั้งที่ 1 ทำให้ทราบได้ว่าการพ่นละอองน้ำยาทำลายเชื้อหรือน้ำผสมสีที่ใช้ทดแทนในการทดลองนั้นมีความเป็นไปได้น้อยที่จะกระจายได้ทั่วถึงพื้นผิวกระดาษชำระทั้งหมดภายในถังภายในระยะเวลาที่ยอมรับได้ เนื่องจากการใช้งานถังขยะจริงในอาคารห้างสรรพสินค้าหรืออาคารสาธารณะมักมีการใช้งานที่ต่อเนื่อง จึงต้องคำนึงถึงระยะเวลาการทำงานของกระบวนการทั้งหมดในถังให้เหมาะสมต่อปริมาณการทิ้งกระดาษชำระที่เกิดขึ้น คณะผู้วิจัยจึงได้ปรับเปลี่ยนวิธีการในการพ่นน้ำยาจากหัวสเปรย์ทั่วไปและหัวสเปรย์ละอองฝอย เป็นการใช้ระบบหัวพ่นหมอกคล้ายแบบที่มีการนำไปพัฒนาซุ้มประตูฆ่าเชื้ออัตโนมัติ [13] ซึ่งรับแรงดันได้ 1.5-3.0 บาร์ ด้านในมีการออกแบบเป็นเกลียวเพื่อป้องกันการติดตะกอนที่อาจปะปนมากับน้ำ สามารถปรับระยะการกระจายได้ที่ 0.5 - 0.9 เมตร อัตราการไหล 7 ลิตรต่อชั่วโมง วัสดุเป็นทองเหลือง ดังรูปที่ 4 ดังนั้น การทดลองครั้งที่ 2 เป็นการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของถังขยะติดเชื้อในห้องสุขาและประสิทธิภาพของหัวสเปรย์พ่นหมอก

รูปที่ 4 หัวพ่นหมอก

คณะผู้วิจัยได้นำผลการทดลองครั้งที่ 1 มาใช้ในการประกอบถังต้นแบบโดยการนำขนาดและรูปทรงถังสี่เหลี่ยมผืนผ้ามาใช้เป็นส่วนถังชั้นกลาง ซึ่งเป็นชั้นที่ทำการพ่นน้ำยาทำลายเชื้อ และทดลองใช้หัวสเปรย์พ่นหมอก ในการพ่นน้ำยาทำลายเชื้อ ดังนี้

1.1 ทำการทดลองพ่นน้ำยาทำลายเชื้อผ่านหัวพ่นหมอกเป็นระยะเวลา 2 นาที โดยอ้างอิงมาจากระยะเวลาที่ใช้ในการพ่นสเปรย์ทั่วไป (Foggy) และใช้กระดาษชำระปริมาณ 47 กรัม ตามการทดลองครั้งที่ 1 ผลการทดลองพบว่าสัดส่วนกระดาษชำระที่ได้รับน้ำยาเป็นพื้นที่ทั่วถึง 100% มีสัดส่วนร้อยละ 30.67 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่มากขึ้นหากเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของหัวสเปรย์ Foggy และ Nano mist ในการทดลองครั้งที่ 1 แต่ยังมีกระดาษชำระที่ไม่ได้รับน้ำยาเลย 0% อยู่ร้อยละ 52

1.2 เพิ่มระบบการบีบอัด โดยเพิ่มแผ่นบีบอัดขึ้นภายในชั้นกลางของถังขยะนี้ เพื่อจำกัดพื้นที่ปริมาตรของขยะให้น้อยลงและให้สามารถเข้าถึงน้ำยาได้มากขึ้น จากการทดสอบ 3 ครั้ง พบว่ามีกระดาษชำระที่ได้รับน้ำยาทั่วถึงเต็มแผ่นเป็นสัดส่วนมากขึ้น คือร้อยละ 46 และกระดาษชำระที่ไม่ได้รับน้ำยาเลยลดลงเหลือร้อยละ 17.46 หากเทียบกับผลในข้อ 1.1

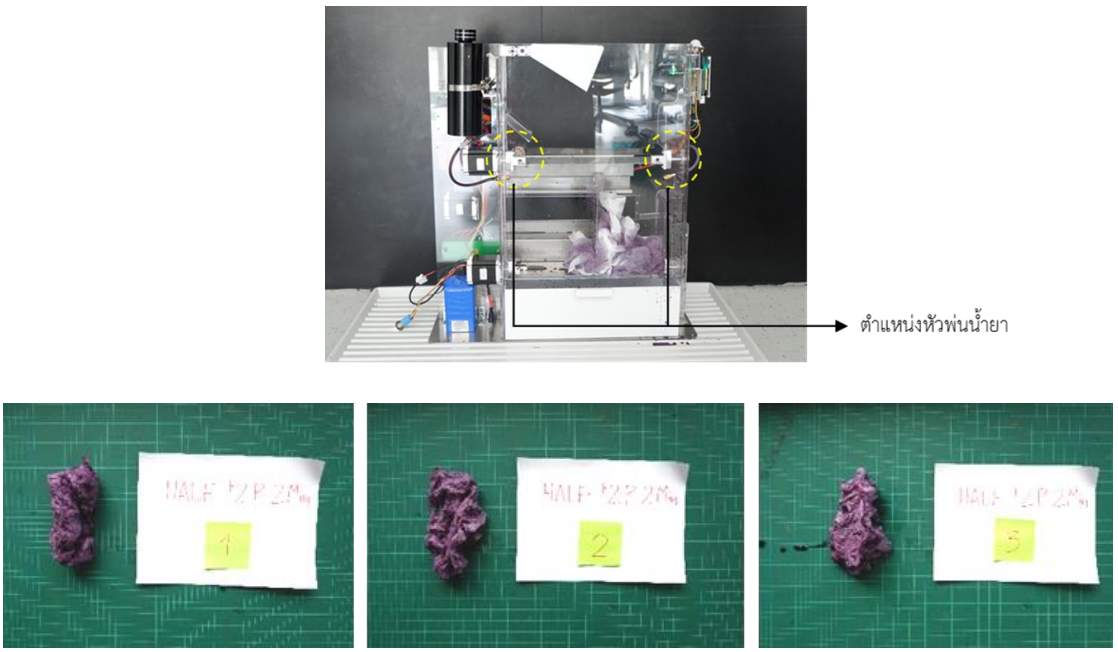
1.3 ทดลองลดปริมาณขยะกระดาษชำระในชั้นกลางหรือชั้นพ่นน้ำยาทำลายเชื้อลงร้อยละ 50 เนื่องจากการสังเกตผลการทดลองที่ผ่านมาพบว่ายังคงมีขยะกระดาษชำระส่วนหนึ่งที่ไม่สามารถเข้าถึงน้ำยาได้ ซึ่งถึงแม้ว่าลดปริมาณกระดาษชำระลง ถังขยะนี้ก็ยังคงสามารถรองรับขยะได้มากถึง 47 กรัม ภายใน 15 นาที ตามปริมาณและระยะเวลาต่อรอบของการจัดเก็บของเจ้าหน้าที่ทำความสะอาดที่ได้จากขั้นตอนแรกของการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

วิจัย โดยการแบ่งรองรับขยะที่ถังชั้นบนครึ่งหนึ่งและปล่อยขยะกระดาษชำระลงมาชั้นกลางเพียงครึ่งเดียว หรือประมาณ 24 กรัม พ่นน้ำยาเป็นเวลา 2 นาที เช่นเดิม จากการทดสอบจำนวน 3 ครั้ง พบว่ามีกระดาษชำระที่ได้รับน้ำยาทั่วถึงเต็มแผ่นหรือ 100% เป็นสัดส่วนร้อยละ 63 และกระดาษที่ไม่ได้รับน้ำยาเลยหรือ 0% เหลือเพียงแค่ร้อยละ 1

1.4 ทดลองเพิ่มตำแหน่งสเปรย์น้ำยาทำลายเชื้อจากเดิม 1 ตำแหน่งเป็น 2 ตำแหน่งที่ด้านซ้ายและขวาของถังชั้นกลาง (รูปที่ 5) ทำการทดลองพ่นน้ำยาที่ระยะเวลา 2 นาทีเท่าเดิม จำนวน 3 ครั้ง พบว่ากระดาษทั้งหมดได้รับการกระจายน้ำยาได้ทั่วถึง 100% เป็นร้อยละ 100 ทั้ง 3 ครั้ง และมีลักษณะจับตัวเป็นก้อน (รูปที่ 5)

1.5 การทดลองเพื่อศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการฉีดพ่นน้ำยาทำลายเชื้อของถัง เพื่อให้ถังขยะมีความพร้อมและรองรับการใช้งานที่ต่อเนื่องได้เร็วที่สุด โดยได้ทดลองทำการฉีดพ่นน้ำยาจำลองให้กระดาษชำระปริมาณ 24 กรัม และสังเกตผลการกระจายน้ำยาที่พื้นผิวกระดาษชำระ ซึ่งใช้ระยะเวลาในการฉีดพ่นน้ำยา 1.30 นาที 1.00 นาที 45 วินาที และ 30 วินาที ตามลำดับ พบว่าระยะเวลาต่ำสุดที่สามารถพ่นน้ำยาได้ทั่วถึงกระดาษชำระ 24 กรัม คือ 45 วินาที



รูปที่ 5 ทดลองพ่นน้ำยาด้านซ้ายและขวาของชั้นกลาง และภาพกระดาษชำระที่ผ่านการพ่นน้ำยา

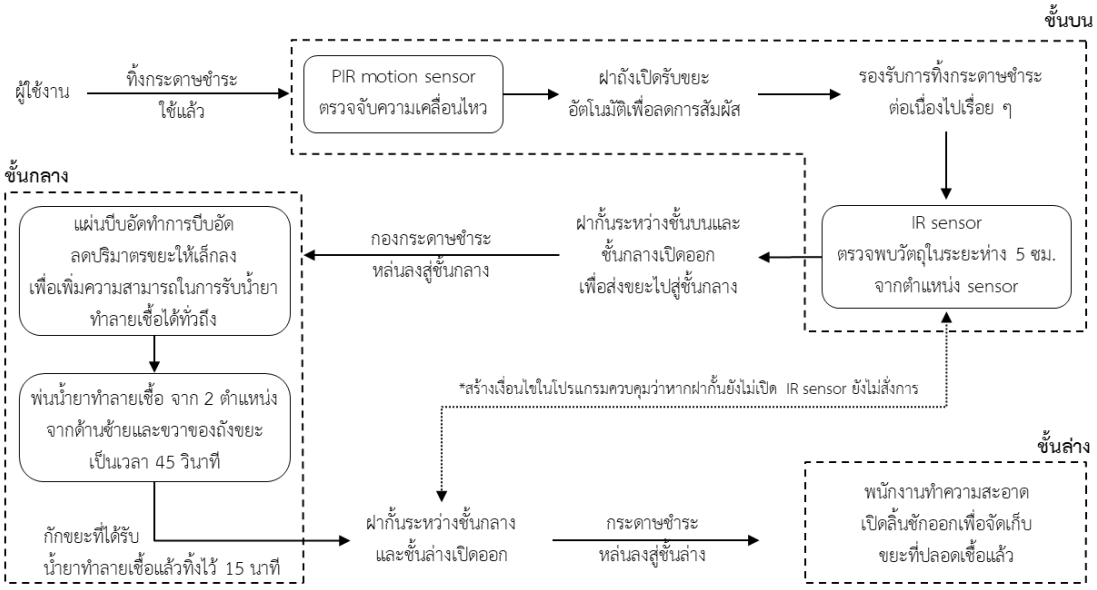
วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

3.3 จัดทำต้นแบบถังขยะมูลฝอยติดเชื้อ และประกอบอุปกรณ์สำหรับควบคุมการทำงานถังขยะต้นแบบ

1. แนวทางการพัฒนาต้นแบบถังขยะมูลฝอยติดเชื้อและกระบวนการทำงานของถังต้นแบบ

ทำการวางแผนและออกแบบกระบวนการทำงานของถังขยะในส่วนชั้นอื่น ๆ ได้แก่ ชั้นบนและชั้นล่างต่อไป เพื่อให้มีความสัมพันธ์กันในกระบวนการทำงานทั้งหมดของถังขยะ โดยถังชั้นบนต้องควบคุมการเปิดปิดฝาถังแบบอัตโนมัติเพื่อหลีกเลี่ยงการสัมผัสของผู้ใช้งานที่ใช้งานต่อเนื่องกัน และร่างแนวทางควบคุมการเปิดปิดฝากั้นระหว่างแต่ละชั้นโดยต้องคำนึงถึงระยะเวลาในการที่ผิววัตถุต้องสัมผัสน้ำยาทำลายเชื้อและกักเก็บไว้ในระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้ปลอดภัยแล้วจึงส่งต่อไปยังชั้นเปิดจัดเก็บขยะหรือชั้นล่างของถังขยะ เพื่อให้พนักงานทำความสะอาดที่ทำหน้าที่จัดเก็บขยะเหล่านี้ปลอดภัยจากการสัมผัสเชื้อหรือเกิดความเสี่ยงต่อการฟุ้งกระจายของเชื้อโรคที่ปนเปื้อนมากับขยะได้ กระบวนการทำงานของต้นแบบถังขยะดังรูปที่ 6

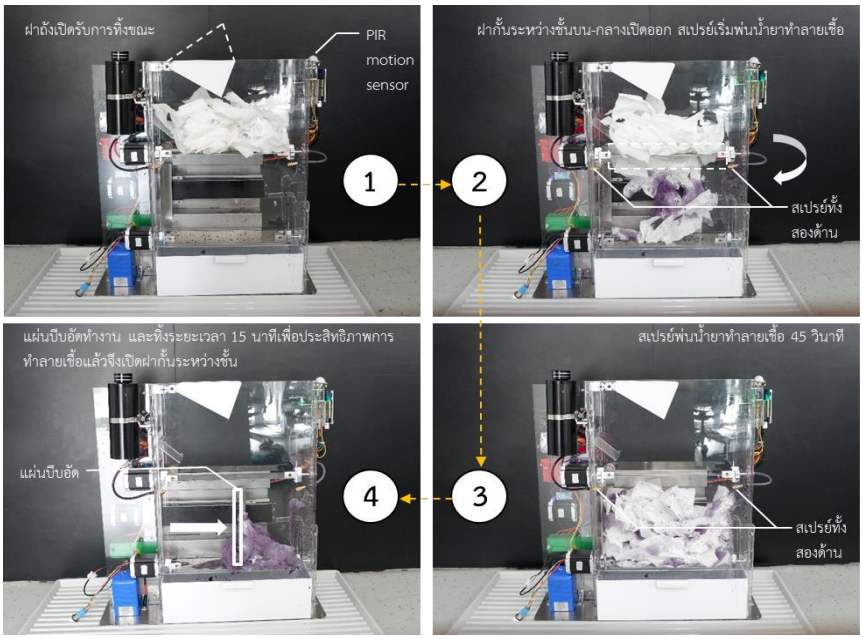
เมื่อร่างกระบวนการทำงานของถังขยะแล้วจึงได้ดำเนินการสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานจริง และประกอบรายการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ รวมทั้งเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานภายในถังให้เป็นแบบอัตโนมัติ โดยมีรายละเอียดและตำแหน่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังรูปที่ 7 และนำข้อมูลจากแบบจำลองมาร่างและออกแบบต้นแบบถังขยะมูลฝอยติดเชื้อเพื่อใช้เป็นแบบในการสั่งผลิตต้นแบบจริงในลำดับถัดไป โดยแนวคิดของต้นแบบจริงนั้นต้องมีการคำนึงถึงขนาดโดยรวมของถัง โดยมีขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร และสูง 65 เซนติเมตร รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อให้สามารถ



รูปที่ 6 กระบวนการทำงานของถังขยะมูลฝอยติดเชื้อสำหรับอาคารสาธารณะ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

จัดวางในห้องน้ำสำหรับอาคารสาธารณะซึ่งมีพื้นที่ค่อนข้างจำกัดได้ และเสนอแนะตำแหน่งจัดวางภายในห้องน้ำสาธารณะให้สัมพันธ์ต่อการใช้งานจริง นอกจากนี้การออกแบบต้องคำนึงถึงการซ่อมบำรุงที่สะดวกและการเปิดเติมน้ำยาทำลายเชื้อโดยพนักงานทำความสะอาดของอาคารทั่วไป และวิธีการเปิดเก็บรวบรวมขยะเพื่อนำไปจัดการต่อตามแนวทางของอาคารนั้น ๆ ได้ง่าย และตำแหน่งนั้นต้องปลอดภัยจากการสัมผัสน้ำซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ (รูปที่ 8)



รูปที่ 7 อธิบายขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองถังขยะต้นแบบ

รูปที่ 8 ตำแหน่งวางถังขยะต้นแบบในห้องน้ำ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

หมายเลข 1 ตำแหน่งเสียบสาย Adapter สำหรับชาร์จแบตเตอรี่
หมายเลข 2 ปุ่มสำหรับเปิด/ปิด ถังขยะ
หมายเลข 3 ตำแหน่ง PIR Motion Sensor สำหรับเปิดฝาถังขยะ และหน้าจอแสดงสถานะการทำงานของถัง
หมายเลข 4 ตำแหน่งเปิดฝาเกลียวเพื่อเติมน้ำทำลายเชื้อ
หมายเลข 5 ลิ้นชักชั้นล่างของถังขยะสำหรับเปิดจัดเก็บขยะที่ผ่านการทำลายเชื้อแล้ว

รูปที่ 9 ส่วนประกอบการใช้งานถังขยะมูลฝอยติดเชื้อ

3.4 การประเมินผลการใช้งาน

ทำการประเมินผลความต้องการและการใช้งานนวัตกรรมถังขยะทำลายเชื้อในห้องน้ำอาคารสาธารณะ โดยแบ่งออกเป็นส่วนความเห็นจากเจ้าหน้าที่บริหารจัดการอาคารสาธารณะ และความคิดเห็นจากผู้ใช้งานโดยตรง

1. จากการสอบถามความเห็นเจ้าหน้าที่บริหารจัดการอาคารสาธารณะ เช่น อาคารสำนักงาน อาคารห้างสรรพสินค้า จำนวน 10 ท่าน พบว่า

1.1 ร้อยละ 60 ให้ความเห็นว่าหากมีนวัตกรรมถังขยะทำลายเชื้อในห้องน้ำอาคารสาธารณะสำหรับทิ้งขยะจำพวกกระดาษชำระใช้แล้ว มีความจำเป็นอย่างมากต่ออาคารสาธารณะ และร้อยละ 80 คิดว่าหากในห้องน้ำอาคารสาธารณะที่บริหารจัดการอยู่ได้มีการใช้นวัตกรรมถังขยะทำลายเชื้อ จะสร้างความน่าเชื่อถือต่อผู้ใช้บริการอาคารเป็นอย่างมาก

1.2 จัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่จะใช้ในการพิจารณาจัดหาถังขยะทำลายเชื้อมาใช้ในห้องน้ำอาคารสาธารณะ โดยการให้คะแนนปัจจัยแรก 8 คะแนน และลดลงไป 7 และ 6 คะแนน ในปัจจัยที่ให้ความสำคัญเป็นลำดับที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 พบว่าปัจจัยที่ได้น้ำหนักมากที่สุด ได้แก่ ต้องสามารถวัดผลได้ว่ามีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อโรคได้จริงเป็นสัดส่วนคะแนนร้อยละ 62.5 รองลงมาคือพิจารณาจากการใช้งานง่ายและการดูแลบำรุงรักษาน้อย เป็นสัดส่วนคะแนนร้อยละ 57.5 ปัจจัยที่สามคือราคาหรือมูลค่าในการลงทุนเป็นสัดส่วนคะแนนร้อยละ 45 ตามลำดับ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

ตารางที่ 2 ลำดับคะแนนที่ผู้บริหารจัดการอาคารใช้พิจารณาในการจัดหาถังขยะทำลายเชื้อในห้องน้ำ

ปัจจัยที่จะพิจารณาเลือกจัดหาถังขยะทำลายเชื้อในห้องน้ำอาคารสาธารณะ (สำหรับทิ้งขยะจำพวกกระดาษชำระใช้แล้ว)	สำนักงาน								ห้างฯ		รวมคะแนน
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ราคาหรือมูลค่าในการลงทุน		8	8	6	7				7		36
ความสวยงาม							6		6	8	20
การใช้งานง่ายและดูแลบำรุงรักษาต่ำ		6	7		6	6	7		8	6	46
การใช้งานแพร่หลายในอาคารอื่น ๆ											0
จำเป็นต้องทำตามกฎหมายหรือข้อบังคับ								8			8
ลูกค้าหรือผู้ใช้งานอาคารให้ความสำคัญ	6			8				7			21
สามารถวัดผลได้ว่ามีประสิทธิภาพกฆ่าเชื้อโรคได้จริง	8		6	7		8	8	6		7	50
สามารถจัดทำได้ง่าย สะดวกต่อใช้งานในพื้นที่เดิม	7	7			8	7					29

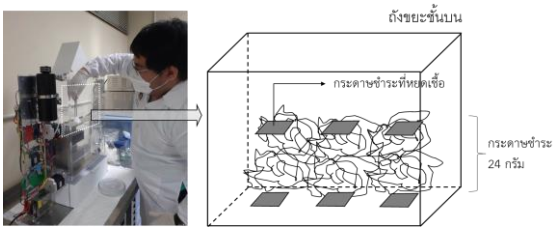
2. ประเมินความคิดเห็นจากผู้ทดลองใช้งานถังขยะต้นแบบ จำนวน 20 ท่าน ในปัจจัยความพึงพอใจด้านการใช้งาน, ความพึงพอใจด้านความสวยงาม, การรับรู้ถึงประโยชน์ของการใช้งาน และปัจจัยต่อการตัดสินใจซื้อ พบว่ามีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 4 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ($\overline{X}$=4.00, S.D.=0.79) โดยมีความพึงพอใจต่อขนาดของถังขยะต้นแบบต่ำสุด คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 3.45 ($\overline{X}$=3.45, S.D.=0.83) จากการสัมภาษณ์เพิ่มเติมพบว่าผู้ทดลองส่วนใหญ่เห็นว่าถังขยะต้นแบบมีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับพื้นที่ห้องสุขาในอาคารสาธารณะทั่วไปที่มีพื้นที่ภายในจำกัด จึงเห็นว่าการนำถังขยะต้นแบบนี้ไปใช้งานอาจทำได้ไม่แพร่หลาย และความพึงพอใจที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ($\overline{X}$=4.35, S.D.=0.81) ได้แก่ ผู้ทดลองสามารถใช้งานถังขยะต้นแบบนี้ได้ด้วยตนเองตั้งแต่ครั้งแรกที่ได้ใช้งาน และความพึงพอใจสีของถังขยะต้นแบบ

เมื่อศึกษาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ถังขยะที่สืบค้นจากร้านจำหน่ายสินค้าและบริการเกี่ยวกับอาคารโฮมโปรพบว่าสินค้าถังขยะในปัจจุบันเริ่มมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้ เช่น มีระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อควบคุมการเปิดปิดของฝาถังอัตโนมัติลดการสัมผัสด้วยมือ แต่ราคาค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับถังขยะรูปแบบอื่น ๆ ในขนาดใกล้เคียงกัน และวัสดุหลักของถังขยะที่แตกต่างกันมีผลต่อราคาของสินค้า โดยถังขยะที่ใช้สเตนเลสเป็นวัสดุหลักจะมีราคาสูงกว่าถังขยะที่ใช้พลาสติกเป็นวัสดุหลัก ถังขยะขนาด 12 ลิตร ที่มีระบบเซ็นเซอร์ ราคา 1,390 บาท แต่ยังไม่มีถังขยะที่มีนวัตกรรมทำลายเชื้อจำหน่าย

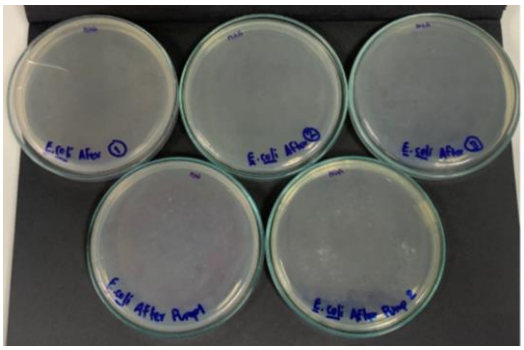
วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

3.5 การตรวจวัดประสิทธิภาพการทำลายเชื้อ

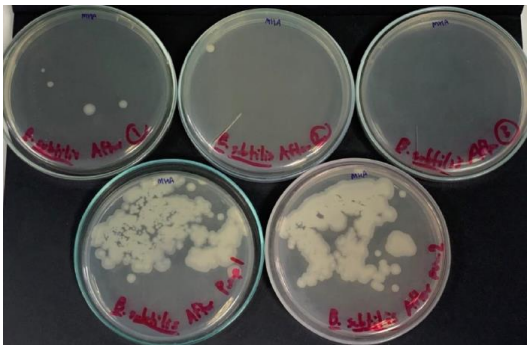
คณะผู้วิจัยได้ปรึกษาและดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการทำลายเชื้อของถังขยะต้นแบบโดย ผศ.ดร.อดิศักดิ์ ร่มแสง หน่วยวิจัยโรคอุบัติใหม่และอุบัติซ้ำแบคทีเรีย ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ ม.มหิดล โดยนำเชื้อ ได้แก่ เชื้อ *Escherichia coli* และเชื้อ *Bacillus subtilis* ที่ความเข้มข้น 10^8 CFU/mL ปริมาตร 1 มิลลิลิตร มาหยดบนกระดาษชำระจำนวน 6 แผ่น แล้วนำกระดาษชำระที่หยดเชื้อนี้ผสมกับกระดาษชำระอื่น ๆ ให้ได้น้ำหนัก 24 กรัม ไปผ่านการทิ้งลงถังขยะต้นแบบให้ผ่านกระบวนการทำลายเชื้อในถังแล้วเปรียบเทียบปริมาณเชื้อก่อนและหลัง โดยมีตำแหน่งการวางแผ่นกระดาษชำระที่ปนเปื้อนเชื้อ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ตำแหน่งการวางกระดาษชำระที่ปนเปื้อนเชื้อ



รูปที่ 11 เชื้อ *E. coli* หลังผ่านถังขยะทำลายเชื้อ



รูปที่ 12 เชื้อ *B. subtilis* หลังผ่านถังขยะทำลาย

จากการทดสอบประสิทธิภาพการทำลายเชื้อพบว่ากระบวนการทำลายเชื้อภายในถังนั้น มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อโรคได้จริง ซึ่งสามารถกำจัดเชื้อ *E. Coli* ได้ทั้งหมด (รูปที่ 11) และลดปริมาณเชื้อ *B. subtilis* มากกว่า 99.995% แต่ยังไม่สามารถกำจัดเชื้อ *B. subtilis* ได้อย่างสมบูรณ์ (รูปที่ 12) ซึ่งต้องทำการวิเคราะห์หาแนวทางการพัฒนาต่อไปอาจเกิดจากการได้รับน้ำยาที่ไม่ทั่วถึง หรือได้รับน้ำยาในระยะเวลาที่น้อยเกินไป เป็นต้น

4. บทสรุป

โครงการการพัฒนาถังขยะมูลฝอยติดเชื้อในห้องน้ำอาคารสาธารณะ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบถังขยะมูลฝอยติดเชื้อในพื้นที่ห้องน้ำอาคารสาธารณะให้สามารถทำลายเชื้อที่อาจปนเปื้อนมากับขยะ เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงของการแพร่ระบาดโรคติดต่อโดยบูรณาการความรู้ด้านการออกแบบกับการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อ และออกแบบถังขยะให้มีระบบทำลายเชื้อจากสารคัดหลั่งที่ปนเปื้อนขยะมูลฝอยก่อนการส่งไปกำจัด ทำให้ขยะติดเชื้อที่ผ่านกระบวนการทำลายเชื้อภายในถังขยะเปลี่ยนเป็นขยะทั่วไป การออกแบบถังขยะมูลฝอยติดเชื้อในห้องน้ำอาคารสาธารณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร และสูง 65 เซนติเมตร เพื่อความเหมาะสมในการวางภายในห้องน้ำสาธารณะที่พื้นที่จำกัด และเหมาะสมต่อระดับการใช้งานจริง ไม่กระทบต่อความสวยงามในการมองเห็น รวมทั้งยังออกแบบให้มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อโดยออกแบบให้ถังขยะมี 3 ชั้น ได้แก่ ถังชั้นบนสุด เป็นชั้นทิ้งขยะกระดาษชำระที่ปนเปื้อนสารคัดหลั่ง ใช้ระบบเปิดปิดฝาแบบอัตโนมัติ ถังชั้นกลางเป็นชั้นที่รวบรวมขยะที่เสี่ยงติดเชื้อซึ่งรับมาจากถังชั้นบนและทำการพ่นน้ำยาทำลายเชื้อไปที่พื้นผิวขยะโดยใช้สารประกอบโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 0.1% ส่วนถังชั้นล่างสุดออกแบบเป็นลิ้นชักเพื่อรองรับขยะกระดาษชำระที่ผ่านการพ่นน้ำยาทำลายเชื้อแล้ว ทำให้ขยะส่วนนี้เป็นขยะทั่วไปและเจ้าหน้าที่ทำความสะอาดทำการเปิดจัดเก็บขยะต่อไป นอกจากนี้ยังออกแบบให้สะดวกต่อการเติมน้ำยาทำลายเชื้อโดยเจ้าหน้าที่ทำความสะอาดของอาคาร

การประเมินผลจากการสอบถามเจ้าหน้าที่บริหารจัดการอาคารสาธารณะอย่างห้างสรรพสินค้าและอาคารสำนักงาน เห็นว่าปัจจัยที่จะใช้พิจารณาในการเลือกจัดทำมาตรการถังขยะทำลายเชื้อในห้องน้ำอาคารสาธารณะที่สำคัญลำดับแรกคือสามารถวัดผลได้ว่ามีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อโรคได้จริง ซึ่งจากการทดสอบประสิทธิภาพการทำลายเชื้อโดยถังขยะต้นแบบในงานวิจัยพบว่าสามารถกำจัดเชื้อ *E. Coli* ได้ทั้งหมด และลดปริมาณเชื้อ *B. subtilis* ให้ลดลงได้ แต่ยังไม่สามารถกำจัดเชื้อ *B. subtilis* ได้อย่างสมบูรณ์ และได้มีการทดลองใช้งานเพื่อประเมินผลการใช้งานถังต้นแบบโดยบุคคลทั่วไป พบว่าความพึงพอใจที่ได้รับคะแนนสูงสุดคือสามารถใช้งานถังขยะต้นแบบนี้ได้ด้วยตนเองตั้งแต่ครั้งแรกที่ใช้งาน และความพึงพอใจในสีของถังขยะต้นแบบในขณะที่ความคิดเห็นที่ได้รับคะแนนต่ำสุดคือความพึงพอใจในขนาดของถังขยะต้นแบบ

ต้นแบบถังขยะฆ่าเชื้ออัตโนมัติที่เป็นผลผลิตจากงานวิจัยสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ในระบบอุตสาหกรรม เหมาะสำหรับการใช้งานในอาคารสาธารณะทั่วไป ทำให้มีปริมาณและความต้องการค่อนข้างสูง ดังนั้นในอนาคตสามารถเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นไปได้ในทางธุรกิจ ช่วยลดความเสี่ยงต่อการกระจายเชื้อโรคจากขยะที่ปนเปื้อนสิ่งปฏิกูลในห้องน้ำ สร้างความปลอดภัยให้ทั้งผู้ใช้งานอาคารและเจ้าหน้าที่บริหารจัดการอาคาร สร้างความมั่นใจให้ผู้บริโภคมากขึ้น ทำให้ผู้ประกอบการมีภาพลักษณ์ที่ดีจากการใส่ใจและรักษาสุขอนามัยของลูกค้า และช่วยลดปริมาณขยะติดเชื้อที่อาจกระจายในชุมชนและนำไปจัดการได้อย่างปลอดภัย

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2563 ดำเนินการและได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานผู้ให้ทุนเป็นอย่างดี รวมทั้งผู้ร่วมงานและหน่วยงานอื่น ๆ ภายในองค์กร บริษัท แมกโนเลีย ควอลิตี้ ดีเวล็อปเม้นต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และช่วยประสานงานตลอดการดำเนินโครงการวิจัยนี้ และขอขอบคุณบริษัท อินทิเกรซ โซลูชั่น จำกัด ที่ได้มีส่วนช่วยเหลือในการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์จากงานวิจัยฉบับนี้ ทำให้ผลงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ รวมทั้งขอบคุณโครงการวัน-โอ-วัน ทรูดิจิทัลพาร์ค

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.08.006

(101 True Digital Park) และเจ้าหน้าที่ทุกคนที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นอาคารตัวอย่าง และสนับสนุนข้อมูล และผศ.ดร.อดิศักดิ์ ร่มแสง ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ ม.มหิดล ซึ่งเป็นผู้อนุเคราะห์การตรวจวัดเชื้อจุลชีพเพื่อประเมินประสิทธิภาพต้นแบบในงานวิจัยนี้

คณะผู้วิจัยหวังว่าผลงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อสาธารณะ หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจต่อไป และขอมอบคุณงามความดีและประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้ให้กับผู้มีพระคุณทุกท่าน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/faq_more.php. (Accessed on 25 May 2022)

[2] https://www.anamai.moph.go.th/ewt_dl_link.php?nid=16722. (Accessed on 7 July 2020)

[3] P. Akkajit, Infectious waste and infectious waste management in hospitals. Environmental Journal, 2019, 21(1), 31-39. (in Thai)

[4] R. Takoporn, Infectious waste management behaviors within household: a case study of Chombueng, Ratchaburi province, Thesis, Silpakorn University, Thailand, 2015.

[5] W. Khawboonchu, The factors that have an effect on infectious waste management by public health personnel in Kanchanaburi, Thesis, National Institute of Development Administration, Thailand, 2009.

[6] S. Chandanachulaka, S. Tookaew, P. Krabkran, T. Hirunrueng, P. Sridaromont, Study for improving infectious waste management efficiency in Thailand, Thailand Journay of Health Promotion and Environmental Health, 2021, 44(3), 115-128. (in Thai)

[7] N. Indrawattana, M. Vanaporn, Nosocomial infection, Journal of Medicine and Health Sciences, 2015, 22(1), 81-92.

[8] https://hpc2service.anamai.moph.go.th/envdata/files/8.pdf (Accessed on 7 June 2023)

[9] https://web.tcdc.or.th/th/Articles/Detail/Covid-UV-C (Accessed on 9 July 2020)

[10] https://siamrath.co.th/n/149956 (Accessed on 9 July 2020)

[11] H. Jatana, M. Jongsuphanphong, T. Pankrib, P. Chantawon, Design and development of disinfected bin using ozonization with high pressure plasma system, The Journal of Applied Science, 2016, 15(2), 1-11.

[12] https://covid19.anamai.moph.go.th/web-upload/2xdccaaf3d7f6ae30ba6ae1459eaf3dd66/m_document/6736/34126/file_download/49d59084c556cf0dea1d97c97d4cb0e0.pdf (Accessed on 7 July 2020)

[13] C. Polpong, C. Ngamsang, W. Polpong, K. Buapha, Automatic sterilization arched entrance, Industrial Technology Journal Surindra Rajabhat University, 2022, 7(1), 58-65.