

การบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีพ่นรถยนต์
ด้วยเครื่องกรองชีวภาพ

REMOVAL OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS IN SOLVENT VAPOR
OF CAR PAINT USING BIOFILTER

สุภัทสร ฉิมเชิด^{1*} วรากร โคมโสภา² ธรรมรักษ์ ศรีมารุต¹ อรัญ ขวัญปาน¹
ณัฐพร อารีรัชกุล¹ และ รุจีพรรณ แผงจันทา¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร

Suphatsorn Chimcherd^{1*}, Warakorn Chomsopa², Thammarak Srimarut¹, Aran Kwanpan¹,
Nathaporn Areerachakul¹ and Rujipun Phangchandha¹

¹Faculty of Industrial Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok

²Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok

*E-mail: suphatsorn.ch@ssru.ac.th

Received: 2022-01-25

Revised: 2022-05-23

Accepted: 2022-05-25

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องกรองชีวภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีพ่นรถยนต์ อัตราส่วนของตัวกลางที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัด และชนิดของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการบำบัด การทดลองประกอบด้วยตัวกลางผสมปุ๋ยคอก ดินผสมใบก้ามปู ชั่งข้าวโพด และตะกอนน้ำเสีย วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี นำตัวกลางมาผสมกันในอัตราส่วน 2: 1: 3: 1, 2: 2: 2: 1 และ 2: 3: 1: 1 โดยปริมาตร ตามลำดับ ตัวแปรควบคุมใช้ความเข้มข้นไอระเหยตัวทำละลายเท่ากับ 400 ppm ในการทดลองนี้กำหนดระยะเวลาพัก 60 120 และ 180 วินาที ผลการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีพ่นรถยนต์ อัตราส่วนตัวกลางเท่ากับ 2: 3: 1: 1 ผ่านตัวกรองชั้นแรกประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด $90.9 \pm 2.0\%$ ผ่านตัวกรองชั้นที่ 2 ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด $93.5 \pm 1.2\%$ และเมื่อผ่านตัวกรองชั้นที่ 3 ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด $96.4 \pm 0.3\%$ ตามลำดับ รองลงมาเป็นอัตราส่วนตัวกลางเท่ากับ 2: 2: 2: 1 ผ่านตัวกรองชั้นแรกประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด $79.7 \pm 0.3\%$ ผ่านตัวกรองชั้นที่ 2 ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด $85.2 \pm 0.4\%$ และผ่านตัวกรองชั้นที่ 3 ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด $90.2 \pm 0.2\%$ ตามลำดับ ทั้งนี้จุลินทรีย์เด่นในตัวกลางได้แก่ *Bacillus cereus* และ *Candida tropicalis*

คำสำคัญ: การบำบัดไอระเหย สารอินทรีย์ระเหยง่าย ตัวทำละลาย เครื่องกรองชีวภาพ

ABSTRACT

The objectives of this study were to determine efficiency of biofilter in the removal of volatile organic compounds (VOCs) in solvent vapor of a car paint, suitable ratios of media used in the biofilter, and dominant species of microorganisms in the removal process. The media used in this study was a mixture of manure, soil mixed with cow leaves, corn cob and community sewage sludge at the ratios of 2: 1: 3: 1, 2: 2: 2: 1 and 2: 3: 1: 1 by volume. The media mixtures were analyzed for their physical and chemical properties. The control variable was concentration of solvent vapor set at 400 ppm. The retention times were 60, 120 and 180 seconds.

Before the VOCs removal study, the solvent vapor of car paint was analyzed. The results showed that the highest removal efficiency was obtained from the biofilter using the media ratio of 2: 3: 1: 1 with the highest removal efficiency after passing through the 3 media layers at $90.9 \pm 2.0\%$, $93.5 \pm 1.2\%$ and $96.4 \pm 0.3\%$, respectively, followed by the media ratio of 2: 2: 2: 1 with the removal efficiency after passing through the 3 media layers at $79.7 \pm 0.3\%$, $85.2 \pm 0.4\%$, and 90.2 ± 0.2 , respectively. The dominant microorganisms found in all of the media mixture were *Bacillus cereus* and *Candida tropicalis*.

Keywords: Vapor removal, Volatile organic compounds, Solvent vapor, Biofilter

บทนำ

มลพิษทางอากาศเป็นอีกปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ สถานการณ์คุณภาพอากาศของประเทศในปี 2563 ยังมีแนวโน้มทรงตัวและยังพบคุณภาพอากาศที่เกินมาตรฐานในหลายพื้นที่ เช่น ความเข้มข้นสารเบนซีนในบรรยากาศมีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานในบางพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ริมถนนและพื้นที่รอบอุตสาหกรรม ปัจจุบันเบนซีนในบรรยากาศยังเป็นปัญหาหลักทั่วประเทศซึ่งแหล่งกำเนิดหลักมาจากน้ำมันและการใช้สารเคมีและตัวทำละลาย (Pollution Control Department, 2020) สารอินทรีย์ระเหยง่ายหรือที่เรียกกันทั่วไปว่าสาร Volatile Organic Compounds (VOCs) หมายถึง กลุ่มสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยเป็นไอกระจายตัวไปในอากาศได้ที่อุณหภูมิและความดันปกติ (Office of Air and Sound Quality Management, Pollution Control Department, 2008)

สาร VOCs ประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิดที่ถูกปล่อยออกจากผลิตภัณฑ์หลายประเภท แหล่งที่มาหลักของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่สามารถพบได้ทั่วไป เช่น สีทาบ้าน น้ำยาทำความสะอาด น้ำยาไล่แมลง สารกำจัดศัตรูพืช วัสดุก่อสร้าง เครื่องตกแต่งอุปกรณ์สำนักงานกราฟิกและวัสดุหัตถกรรม เป็นต้น (Erika et al., 2017) สาร VOCs มีผลกระทบต่อสุขภาพและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ การดื่มกินทางปาก และการสัมผัสทางผิวหนัง เมื่อร่างกายได้รับสาร VOCs จะส่งผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกัน ระบบประสาท ระบบพันธุกรรม ระบบฮอร์โมน และระบบสืบพันธุ์ สาร VOCs หลายชนิด เช่น เบนซีน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ คลอโรฟอร์ม และไดคลอโรเบนซีน สามารถทำลายโครโมโซมในเซลล์ของอวัยวะต่าง ๆ เช่น ตับ ไต และระบบประสาท โดยสาร VOCs ที่ถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมมาจากการใช้ในชีวิตประจำวันและโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้สาร VOCs เป็นตัวทำละลายและใช้วัตถุดิบที่มีสาร VOCs ในการผลิตเป็นจำนวนมากทำให้เกิดการปนเปื้อน

ของสาร VOCs ออกสู่สิ่งแวดล้อมก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อประชาชนที่อาศัยรอบโรงงานหรือเขตนิคมอุตสาหกรรมต่าง ๆ (Disaster Prevention and Management Research and Development Center, 2008)

การลดมลพิษทางอากาศถือเป็นความท้าทายด้านสิ่งแวดล้อมในเมืองใหญ่ ๆ ของโลกซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในประเทศกำลังพัฒนา การพัฒนาเมืองอย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดการปล่อยแก๊สมลพิษมากขึ้น ระบบกรองชีวภาพ (Biofilter) เป็นกระบวนการหนึ่งที่ใช้ในการกำจัดมลพิษที่เป็นสาร VOCs ในต่างประเทศได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนในการดำเนินการต่ำ การควบคุมดูแลไม่ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้สูงมากนักและเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงเมื่อดำเนินการได้อย่างถูกต้องเหมาะสม แต่ในการดำเนินระบบกรองชีวภาพที่ผ่านมามีประสบการณ์ในเรื่องความดันลดของระบบ การอัดตัวของตัวกลาง (Compaction) การอุดตันเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การควบคุมความชื้นของตัวกลางภายในระบบ รวมทั้งข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์สูงสุดของระบบกรองชีวภาพสำหรับประเทศไทยยังไม่เป็นที่แพร่หลาย (Gurjar et al., 2008)

งานวิจัยนี้จึงนำเครื่องกรองชีวภาพมาใช้ในการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายลายสีพ่นรถยนต์ โดยใช้ปุ๋ยคอก ดินผสมใบก้ามปู ชังข้าวโพด และตะกอนน้ำเสีย ผสมกันเป็นตัวกลาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องกรองชีวภาพระดับห้องปฏิบัติการในการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายลายสีพ่นรถยนต์ เวลาพักที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายลายสีพ่นรถยนต์และอัตราส่วนของตัวกลางที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายลายสีพ่นรถยนต์

วิธีการ

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ ดำเนินการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัด เวลาพักที่เหมาะสมและพารามิเตอร์ต่างๆ ในการบำบัดไอระเหยของตัวทำละลายลายสีพ่นรถยนต์ด้วยเครื่องกรองชีวภาพแบบใช้ตัวกลาง

การกำหนดความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายเริ่มต้น ได้ตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายภายในสถานประกอบการผู้พ่นสีรถยนต์ทั้งภายนอกและภายในห้องพ่นสี ก่อนการพ่นสี ระหว่างการพ่นสี และหลังการพ่นสี พบความเข้มข้นสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 40 - 350 ส่วนในล้านส่วน ทดลองบำบัดไอระเหยโทลูอีน ไซลีน และทินเนอร์ซึ่งมีโทลูอีนเป็นองค์ประกอบหลักโดยใช้ตัวกลางปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ตะกอนจุลินทรีย์ และเศษไม้ ในอัตราส่วน 60: 10: 20: 10 พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดที่ความเข้มข้น 50 - 200 ส่วนในล้านส่วนมีค่ามากกว่า 90% ที่เวลาพักพัก 90 วินาที ประสิทธิภาพการบำบัดไอระเหยทินเนอร์ ที่ความเข้มข้น 50 100 200 300 และ 400 ส่วนในล้านส่วน ที่เวลาพักพักสูงสุด 90 วินาที เท่ากับ $99.3 \pm 0.3\%$ $99.1 \pm 0.4\%$ $95.6 \pm 0.4\%$ $87.4 \pm 4.1\%$ และ $70.5 \pm 5.8\%$ ตามลำดับ ในงานวิจัยนี้จึงทดลองใช้ความเข้มข้นสูงขึ้นเป็น 400 ส่วนในล้านส่วน และได้เปลี่ยนตัวกลางที่ใช้และเพิ่มเวลาพักพัก (Wongphan et al., 2018)

1. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ

1.1 วัสดุตัวกลาง

วัสดุตัวกลางที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ปุ๋ยคอก:ดินผสมใบก้ามปู:ชังข้าวโพด:ตะกอนน้ำเสีย โดยใช้อัตราส่วน คือ 2: 1: 3: 1, 2: 2: 2: 1 และ 2: 3: 1: 1 โดยปริมาตร ตามลำดับ

1.1.1 ปุ๋ยคอก เป็นวัสดุตัวกลางเสริมที่ใช้ในการทดลองนี้ เนื่องจากมีปริมาณจุลินทรีย์ที่หนาแน่น มีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำและมีความพรุนทำให้อากาศถ่ายเทได้ดี โดยเป็นปุ๋ยคอกจากมูลไก่ผสมแกลบ ดังภาพที่ 1 (ก)

1.1.2 ดินผสมใบก้ามปู เป็นวัสดุตัวกลางเสริมที่ใช้ในการทดลองนี้คือดินผสมใบก้ามปู เป็นดินที่ประกอบด้วยดินร่วนผสมใบก้ามปูหมักรวมกันเพื่อเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน สามารถหาได้ทั่วไปในที่นี้ซื้อจากร้านขายต้นไม้อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี ดังภาพที่ 1 (ข)

1.1.3 ชังข้าวโพด เป็นวัสดุตัวกลางหลักที่ใช้ในการทดลองนี้ซึ่งวัสดุเหลือใช้ที่หาง่ายและพบมากในเขตพื้นที่ภาคกลาง ชังข้าวโพดมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและสามารถเก็บความชื้นได้ดี ช่วยลดการอัดแน่นของตัวกลาง งานวิจัยนี้ขอชังข้าวโพดจากร้านขายข้าวโพดต้ม เมื่อได้ชังข้าวโพดแล้วให้นำไปล้างน้ำเพื่อกำจัดน้ำเกลือในชังข้าวโพดออก (ล้างน้ำประมาณ 3 ครั้ง) จากนั้นนำไปตัดเป็นท่อน ยาวท่อนละ 2 เซนติเมตร แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดที่มีตะแกรงร่อนขนาด 0.5 เซนติเมตร นำชังข้าวโพดที่บดแล้วไปผึ่ง 3 ชั่วโมง จึงเก็บใส่ถุงนำไปแช่ตู้เย็นเพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง ดังภาพที่ 1 (ค)

1.1.4 ตะกอนน้ำเสีย เป็นวัสดุตัวกลางเสริมที่เป็นแหล่งจุลินทรีย์ที่สำคัญ ซึ่งการทดลองนี้เลือกใช้ตะกอนน้ำเสียที่ผ่านการรีดน้ำแล้วจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม กรุงเทพมหานคร ดังภาพที่ 1 (ง)



(ก) ปุ๋ยคอก



(ข) ดินผสมใบก้ามปู



(ค) ชังข้าวโพด



(ง) ตะกอนน้ำเสีย

ภาพที่ 1 ตัวกลางที่ใช้ในการทดลอง

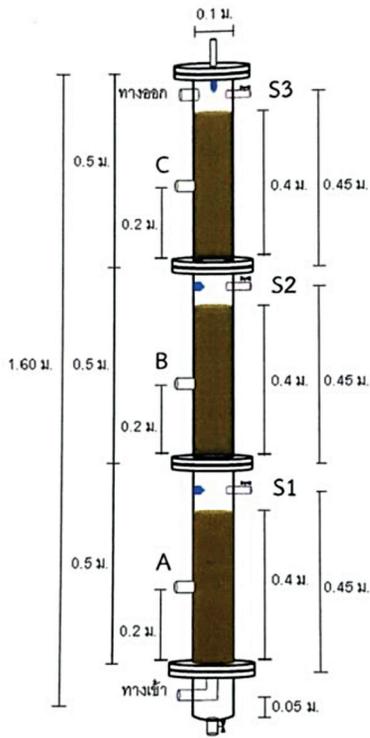
วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวกลาง ได้แก่ ความเป็นกรดต่าง ความชื้น ความหนาแน่น ความพรุน ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม โดยส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ทุกพารามิเตอร์ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวกลาง

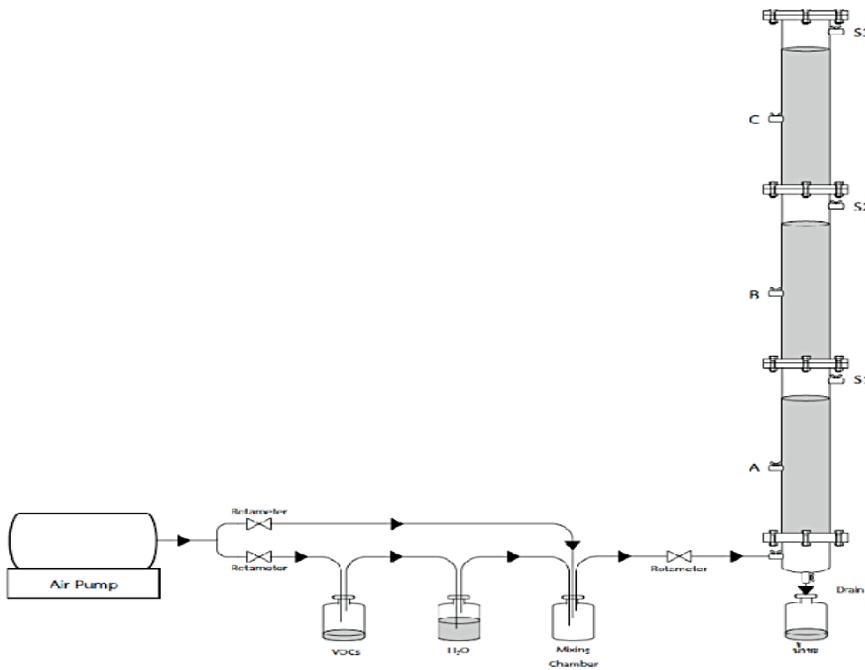
ตัวแปร	วิธีทดสอบ
ความเป็นกรดต่าง	Electronic pH Meter Method
ความชื้น	JIS M 8812-1984
ความหนาแน่น	JIS 1474-1976
ความพรุน	Phase Relationship
ปริมาณไนโตรเจน	Kjeldahl Method
ปริมาณฟอสฟอรัส	Ascorbic Acid Method
ปริมาณโพแทสเซียม	Atomic Absorption Spectrophotometer

1.2 เครื่องกรองชีวภาพ

เครื่องกรองชีวภาพที่ใช้ในการทดลองนี้ทำด้วยท่ออะคริลิกใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 0.10 เมตร ความสูง 1.60 เมตร โดยแบ่งเป็น 3 ชั้น (ชั้นล่าง ชั้นกลาง และชั้นบน) กำหนดให้บรรจุตัวกลาง ชั้นละ 0.40 เมตร จุดทางเข้าไอระเหยของตัวทำละลายที่ระดับ 0.05 เมตร จุดเก็บตัวอย่างขาออก 3 จุด (S1, S2, S3) ที่ระดับ 0.45 เมตร วัดจากฐานของแต่ละชั้นและใช้เป็นหัวกระจายน้ำเพื่อรักษาปริมาณความชื้นให้แก่ตัวกลาง ช่องเก็บตัวอย่างอากาศมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร มีจุดวัดความชื้นของตัวกลาง อุณหภูมิของตัวกลาง และความเป็นกรดต่างของตัวกลาง 3 จุด (A, B, C) ที่ระดับ 0.2 เมตร วัดจากฐานของแต่ละชั้น นอกจากนี้ที่ฐานเครื่องกรองชีวภาพยังมีท่อและวาล์วเพื่อใช้รองรับน้ำชะ ดังภาพที่ 2 ในการทดลองนี้กำหนดระยะเวลาพักที่ 60 120 180 วินาที ติดตั้งระบบป้อนไอระเหย ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 เครื่องกรองชีวภาพที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 3 เครื่องกรองชีวภาพพร้อมระบบการป้อนไอร่ะเหย

1.3 การเดินระบบ

ในแต่ละวันทำการเดินระบบวันละ 8 ชั่วโมง โดยมีบีมลมทำหน้าที่อัดอากาศให้ไหลผ่าน Rotameter เพื่อควบคุมอัตราการไหล และต่อไปยังท่อที่ติดกับภาชนะบรรจุสารตัวทำละลาย โดยไอระเหยของสารตัวทำละลายจะระเหยขึ้นมาผสมกับอากาศ เมื่ออากาศผสมกับไอระเหยของสารตัวทำละลายแล้วจะไหลผ่านไปยังจุดแยก จากนั้นจึงเข้าสู่ระบบของเครื่องกรองชีวภาพ ทั้งนี้ต้องควบคุมความชื้นของตัวกลางให้มีค่าประมาณ 60% ตลอดเวลาที่เดินระบบ

การตรวจวัดความเข้มข้นไอระเหยขาเข้าและขาออก อุณหภูมิของตัวกลาง ความเป็นกรดต่างของตัวกลาง ความชื้นของตัวกลาง ความดันลดของตัวกลาง ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในระบบ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัด

พารามิเตอร์	เครื่องมือและอุปกรณ์	รุ่น/ขนาดเครื่องมือ	ระยะเวลา
ความเป็นกรดต่างของตัวกลาง	เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง	Garman Soil pH meter/ pH 3-10	ก่อนเริ่มการทดลองในแต่ละวัน
ความชื้นของตัวกลาง	เครื่องวัดความชื้นในดิน	E.M. System Soil Test/ Moisture 1-100%	ก่อนเริ่มการทดลองในแต่ละวัน
อุณหภูมิของตัวกลาง	เทอร์โมมิเตอร์	Branan/10-100 องศาเซลเซียส	ก่อนเริ่มการทดลองในแต่ละวัน
ความดันลดของตัวกลาง	มานอมิเตอร์	Dwyer/ รุ่น 477-3	ทุก 1 ชั่วโมง วันละ 8 ชั่วโมง
อัตราการไหลของอากาศ	โรตามิเตอร์	Dwyer/ 5-25 ลิตรต่อนาที	ควบคุมตลอดเวลา
ความเข้มข้นสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด	เครื่องวัดความเข้มข้นสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดแบบพกพา	MiniRAE 3000/ 0.1-15,000 ส่วนในล้านส่วน	ทุก 5 นาที วันละ 8 ชั่วโมง
ความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี	Shimadzu GC-2010	ทุก 1 ชั่วโมง วันละ 8 ชั่วโมง

2. วิธีดำเนินการทดลอง

2.1 การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของไอระเหยของตัวทำละลาย

ตัวทำละลายที่ใช้ในการทดลองจากร้านขายสีตามท้องตลาดทั่วไป (ยี่ห้อ Sun Super Thinner) วิเคราะห์ห้องค์ประกอบสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีพ่นรถยนต์ที่ใช้ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph (GC-FID) รุ่น GC-2010 ยี่ห้อ Shimadzu ตั้งค่าสถานะเครื่อง Gas Chromatograph ปิดเต ตัวทำละลาย 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดเก็บสารละลาย (vial) ขนาด 1 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิททิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 นาทีจากนั้นใช้เข็มฉีดยาขนาด 1 มิลลิลิตร ดึงตัวอย่างแก๊สจากขวด เก็บสารละลายที่ตำแหน่ง headspace แล้วฉีดตัวอย่างดังกล่าวเข้าทางด้านบนของ Injection port โดยให้ดัน Syringe ให้ชนกับ Needle guide ของ Injector แล้วจึงกด plunger ดันสารตัวอย่างใน Syringe เข้าสู่ภายใน Injector พร้อมกับกดปุ่ม START บนเครื่อง GC แล้วจึงดึง Syringe ออกจาก Injector และรอจนเครื่อง GC วิเคราะห์สาร ตัวอย่างเสร็จ

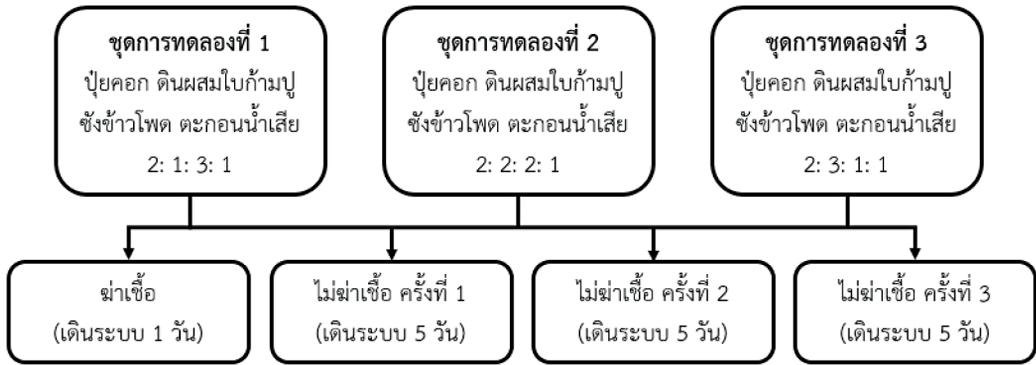
2.2 การตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ตรวจวัดได้แก่ ความชื้นของตัวกลาง อุณหภูมิของตัวกลาง ความเป็นกรด-ด่างของตัวกลาง การทรุดตัวของตัวกลาง ความดันลด ความเข้มข้นของสารตัวทำละลายขาเข้า-ขาออก ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ขาเข้า-ขาออก

2.3 การเตรียมตัวกลางและบรรจุตัวกลาง

ตัวกลางที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ปุ๋ยคอก ดินผสมใบก้ามปู ชั่งข้าวโพด และตะกอนน้ำเสียในการผสมตัวกลางเพื่อให้ได้ตัวกลางที่มีความชื้นในการทดลองตามที่ต้องการจะต้องมีการเติมน้ำลงไป ดังนั้นจึงต้องมีการหาปริมาณความชื้นของตัวกลางทุกชนิดก่อนผสม โดยการเตรียมตัวกลางที่จะบรรจุเข้าไปในระบบมีขั้นตอนดังนี้ ชั่งน้ำหนักตัวกลางแต่ละชนิดโดยใช้ค่าความหนาแน่นของตัวกลางแต่ละชนิดไปคำนวณหาน้ำหนักเพื่อเตรียมตัวกลางผสม

เมื่อชั่งน้ำหนักตัวกลางแต่ละชนิดในอัตราส่วนที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว ให้นำไปผสมกันในถังขนาด 20 ลิตร คลุกเคล้าส่วนผสมตัวกลางทั้งหมดให้เข้ากัน แล้วปรับความชื้นโดยการพรมน้ำลงไปทีละน้อย ให้ค่าความชื้นอยู่ที่ประมาณ 60% จึงนำตัวกลางผสมที่ได้บรรจุลงในท่ออะครีลิกแต่ละชั้น โดยไม่ต้องบดอัดตัวกลาง แต่ให้ใช้วิธีการเขย่าเพื่อให้มีช่องว่างระหว่างตัวกลางน้อยที่สุดจากนั้นวัดความสูงของตัวกลางให้อยู่ที่ 40 เซนติเมตร โดยวัดจากฐานแต่ละชั้น ความเข้มข้นไอระเหยของตัวทำละลายขาเข้าเริ่มต้น 400 ส่วนในล้านส่วน ใช้เวลาในการเดินระบบครั้งละ 5 วัน วันละ 8 ชั่วโมง



ภาพที่ 4 แผนผังชุดการทดลอง

2.4 การป้อนไอร่ะเหยของตัวทำละลาย

การทดลองบำบัดไอร่ะเหยของตัวทำละลายใช้ความเข้มข้นขาเข้าเริ่มต้น 400 ส่วนในล้านส่วน อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่เครื่องกรองชีวภาพ 3.14 ลิตรต่อนาที เวลาพัก 60 120 และ 180 วินาที

ประสิทธิภาพการบำบัด (Removal Efficiency) แสดงถึงประสิทธิภาพการบำบัดไอร่ะเหยของตัวทำละลาย (Kanpayan, 2005) ดังสมการ

$$\text{Removal Efficiency (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100$$

โดยที่ C_{in} = ความเข้มข้นของสารตัวทำละลายเข้าระบบ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_{out} = ความเข้มข้นของสารตัวทำละลายออกจากระบบ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

3. วิธีการวิเคราะห์การศึกษาชนิดจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระบบ

เตรียมตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์จากตัวกลางผสมโดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างตัวกลางที่ใช้ 10 กรัม ลงในปิกรอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0.85% ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน แล้วใช้ปิเปตดูดตัวอย่างเพื่อนำไปเจือจางตามลำดับ (Serial dilution)

นำอาหารเลี้ยงเชื้อ 3 ชนิด ได้แก่ Nutrient Agar (NA) Lactobacillus MRS Agar และ Blood Agar Base ที่หลอมเหลวและมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส เทลงในจานเพาะเชื้อ จากนั้นนำตัวอย่างเชื้อที่ละลายแล้วจากแต่ละหลอดมาผสมเข้ากับอาหารเลี้ยงเชื้อในจานเพาะเชื้อ แก้วงานเพาะเชื้อเบา ๆ เพื่อให้เชื้อกระจายตัว แล้วรอจนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งจึงนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำออกมานับจำนวนโคโลนี (Gabriel & Paulo, 2016)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ตัวกลางที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยคอก ดินผสมใบก้ามปู ซังข้าวโพด และตะกอนน้ำเสีย โดยนำไปทดสอบลักษณะทางกายภาพและเคมีของตัวกลาง ได้แก่ ความเป็นกรดต่าง ความชื้น ความหนาแน่น ความพรุน และ

ธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) ดังตารางที่ 3 ทุกพารามิเตอร์ส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีพบว่า

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของตัวกลาง

พารามิเตอร์ ที่ทดสอบ	ปุ๋ยคอก	ดินผสม ใบก้ามปู	ซังข้าวโพด	ตะกอน น้ำเสีย	อัตราส่วนของตัวกลางผสม		
					2: 1: 3:	1: 2: 2:	1: 2: 3:
ความเป็นกรดต่าง	7.84	6.79	6.11	5.83	6.72	6.83	7.05
ความชื้น (%)	32.09	2.82	23.72	3.59	62.22	65.97	67.82
ความหนาแน่น (ก./ลบ.ซม.)	0.28	0.69	0.13	0.57	ไม่ได้ ตรวจวัด	ไม่ได้ ตรวจวัด	ไม่ได้ ตรวจวัด
ความพรุน (%)	63.73	38.05	69.49	51.70	56.24	56.03	54.66
ธาตุอาหาร (%) (N : P : K)	0.61: 0.37: 1.45	0.16: 1.74: 0.15	0.55: 0.37: 0.05	ไม่ได้ ตรวจวัด	ไม่ได้ ตรวจวัด	ไม่ได้ตรวจ วัด	ไม่ได้ ตรวจวัด

หมายเหตุ: วิเคราะห์ที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ผลการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสี่พ่นรถยนต์

การบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสี่พ่นรถยนต์ความเข้มข้นขาเข้า 400 ส่วนในล้านส่วน เวลาพัก 60 120 และ 180 วินาที เติมน้ำวันละ 8 ชั่วโมง ครั้งละ 5 วัน เพื่อทดสอบ ประสิทธิภาพการบำบัดของตัวกลาง โดยใช้อัตราส่วนตัวกลางปุ๋ยคอก ดินผสมใบก้ามปู ซังข้าวโพด ตะกอนน้ำเสีย ที่อัตราส่วนตัวกลางเท่ากับ 2: 1: 3: 1, 2: 2: 1 และ 2: 3: 1: 1 โดยปริมาตร ตามลำดับ ทำการวัดค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยทุก ๆ 5 นาที ใช้เวลาในการเดินระบบชุดการทดลอง 5 วัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำในแต่ละชุดการทดลอง และทำการทดลองแบบควบคุม (Control) โดยนำตัวกลางผสมทั้ง 3 อัตราส่วนไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ก่อนนำไปทดลองบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสี่พ่นรถยนต์

การบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสี่พ่นรถยนต์โดยใช้ตัวกลางที่อัตราส่วน 2: 1: 3: 1

การบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสี่พ่นรถยนต์ความเข้มข้นขาเข้า 400 ส่วนในล้านส่วน โดยใช้ตัวกลางปุ๋ยคอก ดินผสมใบก้ามปู ซังข้าวโพด และตะกอนน้ำเสีย ที่อัตราส่วนตัวกลางเท่ากับ 2: 1: 3: 1 ค่าที่รายงานเป็นผลจากค่าเฉลี่ยรายวันจากการทดลอง 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่าเมื่อไอระเหยผ่านตัวกรองชั้นแรกเวลาพัก 60 วินาที ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด $69.1 \pm 0.5\%$ เมื่อไอระเหยผ่านตัวกรองชั้นที่ 2 เวลาพัก 120 วินาที ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด $75.8 \pm 0.3\%$ และเมื่อไอระเหยผ่านตัวกรองชั้นที่ 3 เวลาพัก 180 วินาที ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด $78.5 \pm 0.2\%$ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความเข้มข้นสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสี่พ่นรถยนต์เมื่อผ่านตัวกลางที่อัตราส่วน 2: 1: 3:1

Day	Total VOCs Inlet (ppm)	Total VOCs Outlet (ppm)					
		เวลากักพัก			ประสิทธิภาพการบำบัด (%)		
		60 วินาที	120 วินาที	180 วินาที	60 วินาที	120 วินาที	180 วินาที
1	406.6 ± 0.9	254.5 ± 2.7	247.7 ± 5.9	237.6 ± 6.9	37.4 ± 0.5	39.1 ± 1.3	41.6 ± 1.6
2	406.4 ± 1.2	219.0 ± 8.7	205.1 ± 6.6	195.4 ± 10.2	46.1 ± 2.0	49.5 ± 1.6	51.9 ± 2.5
3	405.2 ± 2.4	182.8 ± 8.4	169.5 ± 6.9	157.2 ± 6.0	54.9 ± 2.0	58.2 ± 1.6	61.2 ± 1.4
4	404.4 ± 1.1	131.1 ± 2.5	107.2 ± 8.9	100.8 ± 6.6	54.9 ± 0.5	73.5 ± 2.1	75.1 ± 1.6
5	403.7 ± 1.9	124.8 ± 2.2	97.7 ± 1.8	87.0 ± 1.3	69.1 ± 0.5	75.8 ± 0.3	78.5 ± 0.2

การหลุดตัวของตัวกลางและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างเดินระบบโดยใช้ตัวกลางที่อัตราส่วน 2: 1: 3: 1 พบว่าเมื่อเริ่มทดลองการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสี่พ่นรถยนต์ด้วยเครื่องกรองชีวภาพ ตัวกลางที่บรรจุในเครื่องกรองชีวภาพที่เวลากักพัก 60 120 และ 180 วินาทีค่าความดันลดของตัวกลางเริ่มต้นที่ 4.4 ± 0.2 , 4.3 ± 0.1 และ 4.2 ± 0.2 นิ้วน้ำ ตามลำดับ หลังจากเดินระบบ 5 วัน ตัวกลางในเครื่องกรองชีวภาพหลุดตัวทำให้ช่องว่างในตัวกลางน้อยลง ส่งผลให้ความดันลดของตัวกลางต่ำสุดมีค่า 2.3 ± 0.2 , 2.1 ± 0.2 และ 1.7 ± 0.2 นิ้วน้ำ ตามลำดับ

การบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสี่พ่นรถยนต์โดยใช้ตัวกลางที่อัตราส่วน 2: 2: 2: 1

การบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสี่พ่นรถยนต์ที่ความเข้มข้นของไอระเหยขาเข้า 400 ส่วนในล้านส่วน โดยใช้ตัวกลางปุ๋ยคอก ดินผสมใบก้ามปู ช้างข้าวโพด และตะกอนน้ำเสีย ที่อัตราส่วนตัวกลางเท่ากับ 2: 2: 2: 1 ค่าที่รายงานเป็นผลจากค่าเฉลี่ยรายวันจากการทดลอง 3 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าเมื่อไอระเหยผ่านตัวกรองชั้นแรกเวลากักพัก 60 วินาที ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด $79.7 \pm 0.3\%$ เมื่อไอระเหยผ่านตัวกรองชั้นที่ 2 เวลากักพัก 120 วินาที ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด $85.2 \pm 0.4\%$ และเมื่อไอระเหยผ่านตัวกรองชั้นที่ 3 เวลากักพัก 180 วินาที ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด $90.2 \pm 0.2\%$ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสี่พ่นรถยนต์เมื่อผ่านตัวกลางที่อัตราส่วน 2: 2: 2: 1

Day	Total VOCs Inlet (ppm)	Total VOCs Outlet (ppm)					
		เวลากักพัก			ประสิทธิภาพการบำบัด (%)		
		60 วินาที	120 วินาที	180 วินาที	60 วินาที	120 วินาที	180 วินาที
1	404.7 ± 1.9	237.0 ± 6.7	212.9 ± 14.8	209.3 ± 11.1	41.4 ± 1.6	47.4 ± 3.4	48.3 ± 2.5
2	406.2 ± 1.7	154.5 ± 0.5	132.0 ± 9.6	110.8 ± 12.0	62.0 ± 0.2	67.5 ± 2.3	72.7 ± 2.8
3	406.0 ± 3.0	102.7 ± 7.1	86.5 ± 7.4	73.5 ± 0.4	74.7 ± 1.7	78.7 ± 1.8	81.9 ± 0.1
4	406.1 ± 1.6	88.8 ± 2.8	73.4 ± 2.5	55.2 ± 2.9	78.1 ± 0.6	81.9 ± 0.3	86.4 ± 0.7
5	406.3 ± 0.9	82.4 ± 1.5	60.3 ± 1.8	39.7 ± 0.9	79.7 ± 0.3	85.2 ± 0.4	90.2 ± 0.2

การหลุดตัวของตัวกลางและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างเดินระบบโดยใช้ตัวกลางที่อัตราส่วน 2: 2: 2: 1 พบว่าเมื่อเริ่มทดลองการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสี่พ่นรถยนต์ด้วยเครื่องกรองชีวภาพ ตัวกลางที่บรรจุในเครื่องกรองชีวภาพที่เวลากักพัก 60 120 และ 180 วินาทีค่าความดันลดของตัวกลางเริ่มต้นที่ 4.4 ± 0.1 , 4.3 ± 0.1 และ 4.1 ± 0.1 นิ้วน้ำ ตามลำดับ หลังจากเดินระบบ 5 วัน ตัวกลางในเครื่องกรองชีวภาพหลุดตัว ทำให้ช่องว่างในตัวกลางน้อยลง ส่งผลให้ความดันลดของตัวกลางต่ำสุดมีค่า 2.8 ± 0.5 , 2.8 ± 0.4 และ 2.7 ± 0.2 นิ้วน้ำ ตามลำดับ

การบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสี่พ่นรถยนต์โดยใช้ตัวกลางที่อัตราส่วน 2: 3: 1: 1

การบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสี่พ่นรถยนต์ความเข้มข้นขาเข้า 400 ส่วนในล้านส่วน โดยใช้ตัวกลางปุ๋ยคอก ดินผสมใบก้ามปู ชั่งข้าวโพด และตะกอนน้ำเสีย ที่อัตราส่วนตัวกลางเท่ากับ 2: 3: 1: 1 ค่าที่รายงานเป็นผลจากค่าเฉลี่ยรายวันจากการทดลอง 3 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าเมื่อไอระเหยผ่านตัวกรองชั้นแรกเวลากักพัก 60 วินาที ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด $90.9 \pm 2.0\%$ เมื่อไอระเหยผ่านตัวกรองชั้นที่ 2 เวลากักพัก 120 วินาที ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด $93.5 \pm 1.2\%$ และเมื่อไอระเหยผ่านตัวกรองชั้นที่ 3 เวลากักพัก 180 วินาที ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด $96.4 \pm 0.3\%$ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ความเข้มข้นสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีฟ่นรยนต์เมื่อผ่านตัวกลางที่อัตราส่วน 2: 3: 1: 1

Day	Total VOCs Inlet (ppm)	Total VOCs Outlet (ppm)					
		เวลากักพัก			ประสิทธิภาพการบำบัด (%)		
		60 วินาที	120 วินาที	180 วินาที	60 วินาที	120 วินาที	180 วินาที
1	405.1 ± 2.2	160.3 ± 1.1	148.4 ± 3.6	143.3 ± 3.2	60.4 ± 0.1	63.4 ± 0.9	64.6 ± 0.8
2	403.9 ± 2.0	113.3 ± 7.1	103.4 ± 9.0	95.6 ± 4.7	72.0 ± 1.8	74.4 ± 2.3	76.3 ± 1.2
3	405.1 ± 1.7	64.1 ± 5.0	51.6 ± 6.3	43.6 ± 7.6	84.2 ± 1.2	87.3 ± 1.5	89.2 ± 1.8
4	405.4 ± 1.7	47.0 ± 5.2	35.5 ± 1.7	24.2 ± 1.7	88.4 ± 1.3	91.2 ± 0.4	94.0 ± 0.4
5	404.1 ± 2.0	36.6 ± 8.0	26.2 ± 4.8	14.6 ± 1.1	90.9 ± 2.0	93.5 ± 1.2	96.4 ± 0.3

การหลุดตัวของตัวกลางและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างเดินระบบโดยใช้ตัวกลางที่อัตราส่วน 2: 3: 1: 1 พบว่าเมื่อเริ่มทดลองการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีฟ่นรยนต์ด้วยเครื่องกรองชีวภาพ ตัวกลางที่บรรจุในเครื่องกรองชีวภาพที่เวลากักพัก 60 120 และ 180 วินาทีค่าความดันลดของตัวกลางเริ่มต้นที่ 4.3 ± 0.1 , 4.2 ± 0.1 และ 4.1 ± 0.0 นิ้วน้ำ ตามลำดับ หลังจากเดินระบบ 5 วัน ตัวกลางในเครื่องกรองชีวภาพหลุดตัว ทำให้ช่องว่างในตัวกลางน้อยลง ส่งผลให้ความดันลดของตัวกลางต่ำสุดมีค่า 3.3 ± 0.0 , 3.1 ± 0.1 และ 2.9 ± 0.1 นิ้วน้ำ ตามลำดับ

การบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีฟ่นรยนต์โดยใช้ตัวกลางที่ปราศจากจุลินทรีย์

เพื่อยืนยันว่าการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีฟ่นรยนต์ด้วยเครื่องกรองชีวภาพอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ จึงได้ทดลองนำตัวกลางแต่ละอัตราส่วนไปฆ่าเชื้อและทดลองบำบัดไอระเหยของตัวทำละลายสีฟ่นรยนต์ พบว่าไม่สามารถบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีฟ่นรยนต์ได้ ค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายขาออกมีค่าสูงกว่าขาเข้า เนื่องจากไม่มีจุลินทรีย์ทำหน้าที่ในการบำบัดส่งผลให้สารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีฟ่นรยนต์เกิดการสะสมภายในชั้นตัวกลางเพิ่มขึ้นและไม่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นในระบบ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายโดยใช้ตัวกลางที่ปราศจากจุลินทรีย์

อัตราส่วน ตัวกลาง	Total VOCs Inlet (ppm)	Total VOCs Outlet (ppm)		
		เวลากักพัก 60 วินาที	เวลากักพัก 120 วินาที	เวลากักพัก 150 วินาที
2: 1: 3: 1	405.9 ± 0.4	907.4 ± 155.3	1,224.7 ± 234.6	1,517.4 ± 351.5
2: 2: 2: 1	404.1 ± 0.6	931.8 ± 178.9	1,294.5 ± 280.7	1,589.3 ± 356.5
2: 3: 1: 1	406.7 ± 0.4	956.4 ± 164.0	1,348.1 ± 298.9	1,660.7 ± 389.6

ผลการวิเคราะห์ชนิดของจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในตัวกลางผสมทั้งก่อนและหลังการบำบัดได้แก่ จุลินทรีย์สายพันธุ์ *Bacillus* เป็นแบคทีเรียรูปร่างแท่ง (rod shape) ย้อมติดสีแกรมบวก (Gram positive bacteria) อยู่ในวงศ์ *Bacillaceae* เจริญได้ดีทั้งในสภาพมีอากาศและไม่มีอากาศ ทนความร้อน ความแห้งแล้ง สารเคมี และสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่าง ๆ ได้ดีส่วนมากพบได้ในดิน และยีสต์ในวงศ์ *Candida* ซึ่งเป็นเชื้อรา (fungi) ลักษณะเซลล์มีรูปทรงกลมหรือรูปไข่ ผิวด้านหน้าโคโลนีเรียบหรือย่น มีความสามารถในการก่อโรค ตารางที่ 8 แสดงจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในตัวกลางก่อนใช้และหลังใช้ทดลอง

ตารางที่ 8 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในตัวกลางก่อนใช้และหลังใช้ทดลอง

อัตราส่วน ตัวกลางผสม	อาหารที่ใช้ ในการเพาะเชื้อ	จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ ที่พบในตัวกลางก่อนการทดลอง (CFU/g ตัวอย่างดิน)	จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ ที่พบในตัวกลางหลังการทดลอง (CFU/g ตัวอย่างดิน)
2: 1: 3: 1	Nutrient Agar	1.77×10^9	1.19×10^9
	Lactobacillus MRS Agar	1.37×10^8	1.01×10^8
	Blood Agar Base	1.32×10^6	1.00×10^6
2: 2: 2: 1	Nutrient Agar	3.00×10^9	7.85×10^8
	Lactobacillus MRS Agar	2.85×10^9	5.65×10^8
	Blood Agar Base	1.54×10^8	3.65×10^7
2: 3: 1: 1	Nutrient Agar	2.26×10^7	2.85×10^7
	Lactobacillus MRS Agar	2.56×10^7	6.70×10^6
	Blood Agar Base	1.64×10^9	8.00×10^8

สรุป

การศึกษาการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีพ่นรถยนต์ด้วยเครื่องกรองชีวภาพนี้เป็นการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ณ ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาดำเนินการทดลองที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 26 - 29 องศาเซลเซียส) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องกรองชีวภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีพ่นรถยนต์ศึกษาอัตราส่วนขอตัวกลางที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีพ่นรถยนต์ด้วยเครื่องกรองชีวภาพและวิเคราะห์ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการบำบัดโดยใช้ตัวกลางได้แก่ ปุ๋ยคอก ดินผสมใบก้ามปู ช้างข้าวโพด และตะกอนน้ำเสีย ในอัตราส่วน 2: 1: 3: 1, 2: 2: 2: 1 และ 2: 3: 1: 1 โดยปริมาตร ตามลำดับ ผลการศึกษาการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีพ่นรถยนต์ด้วยเครื่องกรองชีวภาพโดยใช้ความเข้มข้นขาเข้า 400 ส่วนในล้านส่วน ใช้เวลากักพัก 60 120 และ 180 วินาที พบว่าอัตราส่วนตัวกลาง 2: 3: 1: 1 มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดมากกว่า 95% ดังตารางที่ 5 และเป็นอัตราส่วนที่มีความดันลดของตัวกลางน้อยที่สุด จุลินทรีย์สามารถดำรงชีวิตและเจริญเติบโตได้ดีเมื่อเทียบกับอีก 2 ชุดการทดลอง ส่งผลให้ชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดเมื่อเทียบกับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในอีก 2 ชุดการทดลอง นอกจากนี้เมื่อเทียบกับมาตรฐานของ Office of Environmental Health and Safety พบว่าค่า TLV ของโทลูอีนมีค่าไม่เกิน 20 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งชุดการทดลองที่ 3 อัตราส่วนตัวกลาง 2: 3: 1: 1 มีปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีพ่นรถยนต์ที่บำบัดไม่หมดและผ่านจากระบบระบายสู่ภายนอก 14.4 ส่วนในล้านส่วน ที่เวลากักพัก 180 วินาที ซึ่งต่ำกว่าค่า TLV ดังนั้นการใช้ระบบกรองชีวภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีพ่นรถยนต์ก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศสามารถลดผลกระทบต่อผู้อาศัยโดยรอบสถานประกอบการได้ ส่วนในเรื่องกลิ่นเนื่องจากค่า Odor Threshold Value ของโทลูอีนมีค่าต่ำมากคือ 0.2 ส่วนในล้านส่วน ถึงแม้ความเข้มข้นจะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในแง่สุขภาพ แต่อาจยังคงได้กลิ่นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในไอระเหยของตัวทำละลายสีพ่นรถยนต์บ้างในวันที่สภาพบรรยากาศไม่เอื้ออำนวยต่อการแพร่กระจายของมลพิษ (Office of Environmental Health and Safety, 2012)

เอกสารอ้างอิง

- Disaster Prevention and Management Research and Development Center. (2008). **Volatile Organic Compounds**. Retrieved from <http://www.dpm.nida.ac.th/main/index.php/articles/chemical-hazards/item/92> [2021, 19 Mar.]
- Erika, P., Rasa, V., Dagnija, B., & Kaspars, I. (2017). Experimental study of droplet biofilter packed with green sphagnum to clean air from volatile organic compounds. **Energy Procedia**, **128**, 373-378.
- Gabriel, M. A., & Paulo, E. C. (2016). Customized Computer Vision and Sensor System for Colony Recognition and Live Bacteria Counting in Agriculture. **Sensors and Transducers**. **201**(6), 65-77.
- Gurjar, B. R., Butler, T., Lawrence, M. G., & Lelieveld, J. (2008). Evaluation of emissions and air quality in megacities. **Journal of Atmospheric Environment**, **42**(7), 1593-1606.

- Kanpayan, J. (2005). **Removal of acetone vapor by biofiltration**. (Degree). Chulalongkorn University. Bangkok Thailand.
- Office of Air and Sound Quality Management, Pollution Control Department. (2008). **Air and noise pollution issues management and management in 2008**. Retrieved from <http://air4thai.pcd.go.th/webV2/download.php?grpIndex=1> [2021, 25 Oct.]
- Office of Environmental Health and Safety. (2012). **Exposure Limits and Odor Thresholds**. Boston: Massachusetts.
- Pollution Control Department. (2020). **Thailand's Air and Noise Pollution Situation and Management in 2020**. Retrieved from http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_report.cfm [2021, 20 Oct.]
- Wongphan, L., Panwadee, S., Netnapa, Ch., & Paphana, Kh. (2018). Organic Solvent Vapor Treatment with Bio filter. **Journal of Applied Sciences**, 17(1), 51-63. (In Thai)

.....