วารสารวิศวกรรมศาสตร์และวิจัยประยุกต์
Journal of Engineering and Applied research
Research article
1(1), 22-33

# การประยุกต์ใช้เครื่องสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนในการล้างทำความสะอาดน้ำมันไบโอดีเซล

# Using of Microbubbles Generator for Biodiesel Purification

**ปริญญา พานิชย์[1*] ประไพพิศ ถาวรศรี[1] ทวีศักดิ์ ขัตติยวรรณ[1] ประทาน ศรีชัย[1] พิมพ์ประไพ ไฝสุข[2] สุมาลี เรืองหนู[2] ภรณ์ทิพย์ ศรีหมั่น[2] อภิญญา บุรีศรี[2] วุฒิชัย วัฒนาพันธ์[2] ณัฐภัทร แก้วบุญ[2] พิสมัย วิชราทักษิณ[2] ฉลองรัตน์ วงษ์วรุณ[2] ณัฐพงศ์ ทองจันทร์[2] ธิติมา พานิชย์[3]**

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

[2] วิทยาลัยเทคนิคนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

[3] สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

*รับบทความ 9 พฤษภาคม 2565*
*แก้ไขบทความ 10 สิงหาคม 2565*
*ตอบรับบทความ 16 สิงหาคม 2565*

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีการประยุกต์ใช้เครื่องสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนในการล้างทำความสะอาดน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยปฏิกิริยาทางเคมี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดสิ่งตกค้างและลดค่า pH ของน้ำมันให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องยนต์ ทำการศึกษาโดยการสเปรย์น้ำล้างแบบธรรมดาใน 2 ลักษณะ คือ แบบแขวนและจมและระยะเวลาในการวางทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นนาน 10, 20 และ 30 นาที ทำการล้างน้ำมันซ้ำจำนวนหลายครั้ง และทำการตรวจสอบค่า pH ของน้ำมันที่ได้ พบว่าลักษณะการสเปรย์น้ำไม่มีผลต่อการลดลงของค่า pH ของน้ำมัน การล้างในครั้งแรกและวางไว้นาน 30 นาที ทำให้เกิดการลดลงของค่า pH อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การล้างมากกว่า 1 ครั้ง ระยะเวลาในการวางทิ้งไว้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH อย่างไรก็ตามน้ำมันที่ผ่านการล้างด้วยน้ำธรรมดาจำนวน 6 ครั้งยังคงมีสภาวะเป็นด่าง เมื่อนำเครื่องสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนที่ควบคุมขนาดของฟองโดยใช้ถังความดันในการสร้างน้ำที่ผสมฟองอากาศขนาดไมครอนสำหรับนำใช้ล้างน้ำมันไบโอดีเซล โดยใช้ความดันที่แตกต่างกัน ได้แก่ 0, 2, 4 และ 6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบว่าการสเปรย์น้ำที่ผสมฟองอากาศขนาดไมครอนที่

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน E-mail : parinya.p@pnu.ac.th*

ผลิตโดยใช้ความดัน กิโลกรัมต่อ 4ตารางเซนติเมตร ทำให้ค่าพีเอชของน้ำมันลดลงได้มากที่สุด สามารถทำให้น้ำมันมีค่า pH เป็นกลางโดยใช้จำนวนครั้งในการล้างเพียง 2 ครั้ง ในขณะที่ค่า pH ของน้ำหลังจากล้างจะมีค่าสูงที่สุด ส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนมีค่าใกล้เคียงกันในทุกระดับความดันที่ใช้

**คำสำคัญ :** ล้างน้ำมันไบโอดีเซล, เครื่องสร้างฟองอากาศขนาดไมครอน, ไมโครบับเบิ้ล

วารสารวิศวกรรมศาสตร์และวิจัยประยุกต์
Journal of Engineering and Applied research
1(1), 22-33
Research article

# การประยุกต์ใช้เครื่องสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนในการล้างทำความสะอาดน้ำมันไบโอดีเซล

# Using of Microbubbles Generator for Biodiesel Purification

Parinya Panich[1] Prapaipis Tawonsri[1] Taweesak Kattiyawan[1] Prathan Srichai[1] Pimprapai Faisuk[2] Sumalee Ruangthanu[2] Porntip Srimun[2] Apinya Burisri[2] Wutthichai Wattanapun[2] Nattaphat Kaewboon[2] Pitsamai Watcharataksin[2] Chalongrut Wongwaroon[2] Nattapong Thongjan[2] Thitima Panich[3]

[1] Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University

[2] Narathiwat Technical College, Princess of Naradhiwas University

[3] Faculty of Agricultural Technology, Princess of Songkhla Rajabhat University

*Received 9 May 2022*

*Revised 10 August 2022*

*Accepted 16 August 2022*

## Abstract

This research was related to apply the microbubble generator to purify the crude biodiesel that was synthesized from the chemical reaction which aim to remove some impurities and decrease the biodiesel pH for diesel engine. The study was performed with water spray from 2 positions which was from the top and bottom of biodiesel chamber, the separation of the biodiesel and water was allowed by placing for 10, 20 and 30 mins, the biodiesel were cleaned in several times and the biodiesel pH were detected. It was found that there was no effect of water spray position on biodiesel pH. For the first time cleaning, placing biodiesel for 30 mins caused to decrease the pH significantly. While, more than one time biodiesel cleaning with every placing time has no effect on biodiesel pH. However, biodiesel that was cleaned with water spray for six times were still base. The microbubble generator was applied to produce the microbubble water for biodiesel cleaning using pressure tank

** Corresponding author E-mail : parinya.p@pnu.ac.th*

to control the microbubble size with the pressure at 0, 2, 4 and 6 Kg/cm$^2$. It was revealed that the biodiesel that was cleaned with 4 Kg/cm$^2$ of pressure treated microbubble water had the lowest pH and was able to neutralize pH after cleaning only two times, whereas the pH of microbubble water after cleaning was the highest. The electric power used for the microbubble generator was similar at all pressure levels.

**Keywords :** biodiesel purification, microbubble generator, microbubble

## 1. บทนำ

พลังงานเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานต่อการดำเนินชีวิตของประชาชน [1] และการผลิตในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงต้องมีการจัดหาแหล่งพลังงานให้มีปริมาณเพียงพอควบคู่กับคุณภาพที่ดี และมีราคาที่เหมาะสม ซึ่งปัจจุบันการขยายตัวอย่างรวดเร็วทั้งภาคเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมและสังคม ที่มีผลมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร [2] ทำให้ปริมาณการใช้พลังงานและความต้องการยังมีแนวโน้มที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยจึงต้องนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ โดยในปี พ.ศ. 2563 ประเทศไทยมีความต้องการใช้น้ำมันดีเซลในปริมาณมากถึง 65.5 ล้านลิตรต่อวัน หรือคิดเป็นร้อยละ 51.5 ของปริมาณน้ำมันที่ใช้ภายในประเทศ [3] เป็นสัดส่วนการใช้สูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ จึงถือเป็นพลังงานหลักของประเทศ นอกจากนี้สถานการณ์ราคาเชื้อเพลิงที่ผันผวนตามตลาดโลก ส่งผลให้ประชาชนต้องแบกรับภาระค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานที่สูงขึ้น ดังนั้นเพื่อลดการพึ่งพาพลังงานเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ จึงจำเป็นต้องหาเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีผลผลิตทางการเกษตรจำนวนมาก อีกทั้งราคาผลผลิตที่ตกต่ำ จึงเหมาะที่จะนำเอาผลผลิตทางการเกษตรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันพืชและแปรรูปการผลิตเป็นไบโอดีเซล (Biodiesel) ที่เป็นพลังงานทางเลือก (Alternative Energy) ซึ่งสามารถลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าเชื้อเพลิง ช่วยลดปริมาณมลพิษจากการเผาไหม้ที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มแก่วัตถุดิบทางการเกษตรและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกพืชพลังงาน

การนำไบโอดีเซลไปใช้งานจำเป็นต้องมีความบริสุทธิ์ตามมาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน [4] รวมทั้งการกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ ที่ตกค้าง ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การหมุนเหวี่ยง การกลั่นแบบสุญญากาศ การใช้สารดูดซับ และการใช้แผ่นเมมเบรน เป็นต้น แต่วิธีการดังกล่าวมีกรรมวิธีที่ยุ่งยากหลายขั้นตอนและลงทุนสูง ส่วนการล้างด้วยน้ำ (Water Washing) เป็นวิธีที่ทำได้สะดวก เนื่องจากน้ำไม่สามารถรวมตัวกับไบโอดีเซลได้ ทำให้สามารถชะล้างและแยกสิ่งปนเปื้อนออกได้ง่าย [5] แต่ปัญหาของวิธีดังกล่าว คือ ต้องใช้น้ำปริมาณมากและใช้เวลานานสำหรับการล้างไบโอดีเซลให้มีความบริสุทธิ์ตามมาตรฐาน จึงมีงานวิจัยต่างๆ ที่ศึกษาการเพิ่มความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำในการล้างไบโอดีเซล [6] ซึ่งวิธีการล้างโดยใช้ฟองอากาศขนาดเล็กระดับไมครอนเป็นวิธีที่น่าสนใจ เนื่องจากคุณสมบัติของฟองอากาศขนาดเล็กขนาด 50-200 ไมโครเมตร ทำให้มีแรงลอยตัวต่ำและสามารถอยู่ในของเหลวได้นาน [7] ช่วยเพิ่มโอกาสในการแยกและกำจัดสิ่งเจือปนออกจากไบโอดีเซลได้มากขึ้น โดยฟองอากาศขนาดเล็กจะเป็นตัวพาน้ำมันไบโอดีเซลให้ลอยขึ้นผ่านน้ำที่ตกลงมาด้านล่าง และฟองอากาศขนาดเล็กจะช่วยเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำกับน้ำมันได้มากขึ้น

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดเล็กระดับไมครอน (Microbubble Technology) มาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายทั้งในภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม เช่น ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบการล้างทำความสะอาด การเพาะปลูกพืชและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น สำหรับการสร้างฟองอากาศขนาดเล็กระดับไมครอนสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้การเคลื่อนที่ของของไหล การใช้คลื่นเสียง การใช้ไฟฟ้าเคมีและการสั่นเชิงกล เป็นต้น [8] โดยการสร้างฟองอากาศ

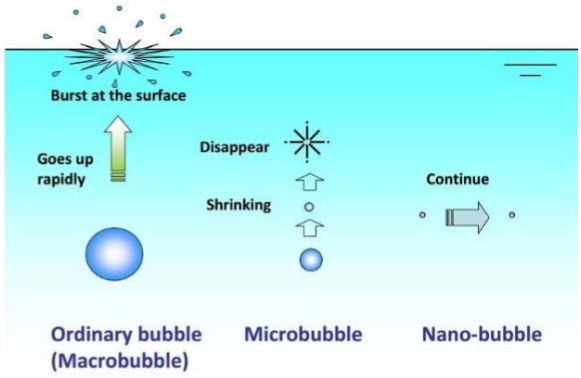
ระดับไมครอนด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของของไหลเป็นวิธีการที่นิยมใช้งานในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากใช้พลังงานน้อยและสามารถใช้งานกับสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย นอกจากนี้มีการพัฒนารูปแบบของตัวกำเนิดฟองอากาศที่ใช้หลักการการเคลื่อนที่ของของไหล เช่น การไหลแบบหมุนเป็นเกลียว (Spiral Liquid Flow Type) การละลายด้วยความดัน (Pressurized Dissolution Type) การไหลผ่านท่อแบบเวนจูรี่ (Venturi Type) และอีเจ็คเตอร์ (Ejector Type) เป็นต้น [9-11] ซึ่งตัวกำเนิดฟองอากาศแต่ละรูปแบบสามารถผลิตฟองอากาศที่มีขนาดเล็กและปริมาณตามต้องการได้ แต่ต่างที่การออกแบบและสร้างตัวกำเนิดที่มีความยากง่ายและต้นทุนการผลิตที่ต่างกัน โดยตัวกำเนิดฟองอากาศแบบเวนจูรี่มีข้อดี คือ โครงสร้างไม่ซับซ้อน สะดวกต่อการติดตั้ง ไม่มีการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนภายใน การบำรุงรักษาน้อย และใช้พลังงานน้อยสำหรับการสร้างฟองอากาศระดับไมครอน จึงเหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งาน นอกจากนี้การใช้ตัวกำเนิดฟองอากาศแบบเวนจูรี่ร่วมกับการใช้ถังความดัน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการแยกตัวของฟองอากาศกับอนุภาคเจือปนได้ [12, 13]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการล้างน้ำมันไบโอดีเซล โดยใช้เครื่องสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนร่วมกับถังความดัน ศึกษาลักษณะการสเปรย์น้ำจากด้านบนและด้านล่างของน้ำมันไบโอดีเซล ระยะเวลาในการล้างน้ำมันไบโอดีเซล และการใช้น้ำผสมฟองอากาศขนาดไมครอนในการล้างน้ำมันไบโอดีเซล ที่มีผลต่อค่า pH ของน้ำมันไบโอดีเซลที่ลดลง และศึกษาพลังงานที่ใช้กับเครื่องสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนร่วมกับถังความดัน ในการสเปรย์น้ำล้างน้ำมันไบโอดีเซล

## 2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 2.1 ทฤษฎีไมโครบับเบิ้ล

ไมโคร/นาโนบับเบิ้ล (Micro/Nano bubbles) เป็นเทคโนโลยีฟองอากาศที่มีอนุภาคขนาดเล็กมาก ระดับไมโครเมตรหรือนาโนเมตร ฟองอากาศระดับไมโครเมตร หรือ ไมโครบับเบิ้ล (Microbubble) มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 10-50 ไมโครเมตร มองเห็นน้ำมีลักษณะคล้ายสีของนม และค่อยๆ ลอยขึ้นสู่ผิวน้ำส่วน ฟองอากาศระดับนาโนเมตร หรือ นาโนบับเบิ้ล (Nanobubble) มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 200 นาโนเมตร มีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าและคงอยู่ในน้ำได้นานกว่าฟองอากาศทั่วไปหลายเดือน เนื่องจากนาโนบับเบิ้ลมีพื้นที่ผิวของอากาศจำนวนมากไม่รวมตัวกันเป็นฟองขนาดใหญ่ ทำให้สามารถละลาย หรือแทรกตัวในตัวกลางที่เป็นของเหลว เช่น น้ำ ได้มากกว่าสภาวะปกติหลายเท่าตัว และทำให้มีแรงลอยตัวต่ำจึงทำให้การลอยขึ้นสู่ผิวน้ำช้ากว่าฟองอากาศทั่วไป ดังแสดงในภาพที่ 1



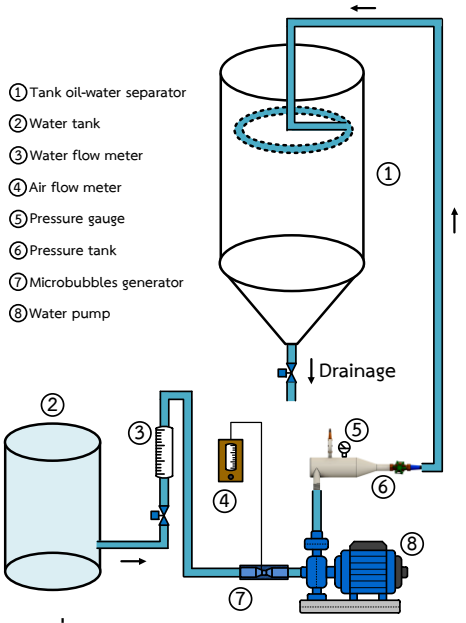

**ภาพที่ 1** ข้อมูลของไมโคร/นาโนบับเบิ้ล [14]

### 2.2 อุปกรณ์การทดลอง

#### 2.2.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาการใช้เครื่องผลิตฟองอากาศขนาดไมครอนร่วมกับถังความดัน โดยชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนจะทำงานร่วมกับตัวกำเนิดฟองอากาศแบบเวนจูรี่ร่วมกับถัง

ความดันทำจากท่อสเตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 76 mm และยาว 178 mm จากนั้นลดขนาดท่อสเตนเลสให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 25.4 mm และต่อด้วยวาล์วน้ำ เพื่อใช้ในการปรับความดันน้ำภายในถังความดันของชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอน และส่วนบริเวณด้านบนของชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนได้ติดตั้งเกจวัดความดันสำหรับสังเกตความดันภายในชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอน และต่อสายยางกับชุดสเปรย์น้ำล้างน้ำมันไบโอดีเซล โดยชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนจะดูดน้ำมาจากถังน้ำ ผ่านเข้าเครื่องสร้างฟองอากาศขนาดไมครอน โดยควบคุมขนาดของฟองอากาศด้วยวาล์วควบคุมความดันในถังชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอน จากนั้นต่อสายยางไปยังชุดสเปรย์น้ำล้างน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งอยู่ด้านบนชุดทดลอง ซึ่งชุดทดลองทำจากอะคิลิคใส โดยมีขนาดเท่ากับ 10 ลิตร เพื่อใช้ในการสังเกตการแยกชั้นของ




**ภาพที่ 2** ผังอุปกรณ์การทดลอง

น้ำมันไบโอดีเซล และด้านล่างของชุดถังล้างจะติดตั้งวาล์วสำหรับถ่ายน้ำที่ใช้ล้างน้ำมันไบโอดีเซลทิ้ง ดังแสดงในภาพที่ 2

### 2.2.2 เงื่อนไขในการทดลอง

ในการศึกษาการใช้ไมโครบับเบิ้ลในการล้างน้ำมันไบโอดีเซล จะทำการศึกษาโดยใช้น้ำมันไบโอดีเซล 1 ส่วน และน้ำที่ใช้ล้างน้ำมัน 1 ส่วน โดยควบคุมการทดลองดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** เงื่อนขในการทดลอง

| เงื่อนไข | ค่าที่เปลี่ยนแปลง |
|---|---|
| ปริมาณอากาศไหลเข้าเครื่องสร้างฟองอากาศขนาดไมครอน (LPM) | 0.3 |
| ความดันในการกำเนิดฟองไมโครบับเบิ้ล ($kg/cm^2$) | 0 , 2 ,4,6 |
| ค่า pH น้ำมันไบโอดีเซลเริ่มต้น | 11-12 |
| ค่า pH น้ำ | 7-8 |
| ตำแหน่งในการสเปรย์น้ำ | บนและล่าง |
| ปริมาตรของถังล้าง (ลิตร) | 10 |

### 2.2.3 วิธีการทดลอง

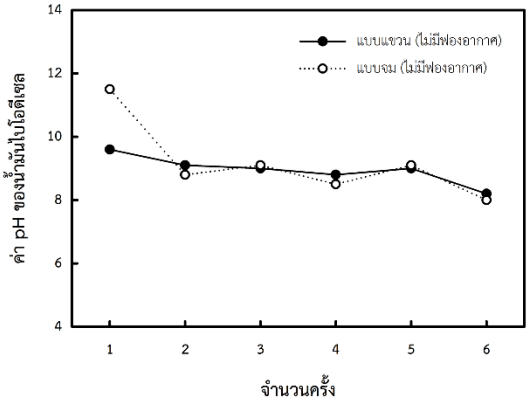
เริ่มต้นด้วยการล้างน้ำมันไบโอดีเซลแบบใช้น้ำธรรมดาล้างน้ำมันไบโอดีเซล โดยทำการศึกษาขั้นต้นจะทำการเปรียบเทียบตำแหน่งการสเปรย์น้ำล้างน้ำมันไบโอดีเซลโดยใช้น้ำ 2 ลิตร ต่อน้ำมันไบโอดีเซล 2 ลิตร และทำการวัดค่า pH ของน้ำมันที่ลดลง หลังจากนั้นทำการศึกษาผลของระยะเวลาในการล้างน้ำมันไบโอดีเซล โดยใช้วิธีการสเปรย์น้ำล้างจากด้านบนซึ่งใช้น้ำ 2 ลิตร ต่อน้ำมันไบโอดีเซล 2 ลิตร และทำการล้างน้ำมันไบโอดีเซล เมื่อน้ำที่ใช้ล้างมีจำนวนครบ 2 ลิตร ทำการหยุดจ่ายน้ำล้าง และจับ

เวลาจนเกิดการแยกชั้นของน้ำมัน และน้ำ โดยสังเกตุจากชุดทดลองซึ่งทำจากอคริลิคใส ซึ่งจะเห็นการแยกชั้นของน้ำมัน และน้ำได้อย่างชัดเจน โดยการทดลองแรกจะควบคุมเวลาที่ใช้ในการแยกชั้น 10, 20, 30 นาทีตามลำดับ เพื่อดูค่า pH ของน้ำมันที่ลดลง หลังจากนั้นทำการศึกษาการล้างน้ำมันไบโอดีเซล โดยใช้ชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนร่วมกับถังความดันที่ 0, 2, 4, 6 kg/cm$^2$ และควบคุมอากาศไหลเข้าเครื่องสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนที่ 0.3 LPM โดยที่ความดัน 0 kg/cm$^2$ จะปล่อยอากาศให้ไหลเข้าสู่เครื่องสร้างฟองอากาศขนาดไมครอน ที่อัตตราการไหล 0.3 LPM แต่จะไม่มีการปิดวาล์วน้ำที่ทางออกจากถังความดัน จึงทำให้ได้น้ำผสมฟองอากาศไหลออกโดยไม่มีความดันภายในถังความดัน และทำการสังเกตุค่า pH น้ำมันไบโอดีเซลที่ลดลง และค่า pH ของน้ำที่ผ่านการล้างน้ำมันไบโอดีเซล และจำนวนครั้งที่ใช้ในการล้างน้ำมันไบโอดีเซลจนมีค่า pH ของน้ำมันมีค่าเป็นกลาง และสุดท้ายจะทำการวัดค่าพลังงานที่ใช้กับปั๊มน้ำเพียงอย่างเดียว เนื่องจากพลังงานที่ใช้จะมีในส่วนของปั๊มน้ำของชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนร่วมกับถังความดันเพียงอย่างเดียว ส่วนอากาศที่เข้าเครื่องสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนอากาศจะถูกดูดเข้าไปได้เองบริเวณท่อทางเข้าปั๊ม และควบคุมอากาศการไหลเข้า 0.3 LPM โดยจะทำการศึกษาพลังงานที่ใช้กับปั๊มน้ำของเครื่องสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนร่วมกับถังความดันที่ 0, 2, 4, 6 kg/cm$^2$ ที่ใช้ในการสเปรย์น้ำล้างน้ำมันไบโอดีเซล

## 3.ผลการทดลอง

### 3.1 ผลของลักษณะการสเปรย์น้ำล้างน้ำมันไบโอดีเซลต่อค่า pH ของน้ำมัน

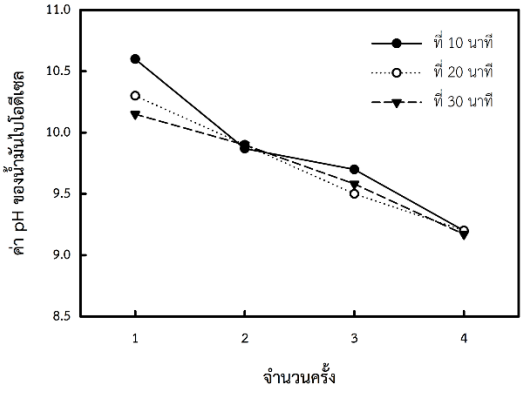
ในการล้างน้ำมันไบโอดีเซล จะใช้น้ำในการล้างน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อล้างทำความสะอาดตะกอนในน้ำมัน และสารเคมีที่ใช้ในการทำน้ำมันไบโอดีเซลที่มีฤทธิ์กัดกร่อนชิ้นส่วนเครื่องยนต์ให้น้ำมันมีสภาพความเป็นกลาง จึงได้ศึกษาลักษณะกระบวนการสเปรย์น้ำล้างน้ำมันไบโอดีเซลต่อค่า pH ของน้ำมันโดยจะทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการสเปรย์น้ำจากด้านบนชุดทดลอง โดยสเปรย์น้ำใส่น้ำมันด้านล่าง และอีกกรณีจะเป็นการสเปรย์น้ำในน้ำมันด้านล่างโดยการจุ่มลงในน้ำมัน หลังจากนั้นทิ้งให้น้ำมันเกิดการแยกชั้นกับน้ำจนหมดโดยใช้เวลา 30 นาที หลังจากนั้นทำการปล่อยน้ำที่ใช้ในการล้างทิ้ง และนำน้ำมันที่ผ่านการล้างมาทำการวัดค่า pH ของน้ำมัน ซึ่งพบว่ากระบวนการสเปรย์น้ำล้างจากด้านบน น้ำมันไบโอดีเซลจะมีค่าที่ลดลงมากกว่าแบบสเปรย์จากด้านล่างในครั้งที่ 1 แต่ในการล้างครั้งต่อไปลักษณะการสเปรย์น้ำไม่มีผลต่อการลดลงของค่า pH ของน้ำมันไบโอดีเซล ดังแสดงในภาพที่ 3




ภาพที่ 3 ผลของลักษณะการสเปรย์น้ำล้างน้ำมันไบโอดีเซลที่มีผลต่อค่า pH ของน้ำมันที่ลดลง

### 3.2 ผลของระยะเวลาในการล้างน้ำมันไบโอดีเซลต่อค่า pH ของน้ำมันที่ลดลง

ในการศึกษาผลของระยะเวลาในการล้างน้ำมันไบโอดีเซลต่อค่า pH ของน้ำมันที่ลดลง โดยจะทำการจับเวลาที่ใช้ในการล้างน้ำมันไบโอดีเซลตั้งแต่สเปรย์น้ำจากด้านบนจนได้อัตราส่วนน้ำมัน 1 ส่วนต่อน้ำ 1 ส่วน จากนั้นทำการปิดน้ำ และทำการทิ้งให้น้ำกับน้ำมันมีการแยกชั้นจนหมด โดยทำการศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการล้างน้ำมัน โดยจะศึกษาเวลาที่ใช้ในการล้าง 10, 20, 30 นาที ซึ่งพบว่าระยะเวลาในการล้างน้ำมัน ครั้งที่ 1 จะมีผลต่อการลดลงของค่า pH ของน้ำมัน โดยใช้เวลา 30 นาที ค่า pH ของน้ำมันลดลงดีที่สุดเมื่อเทียบกับระยะเวลาอื่นๆ แต่ในการล้างครั้งต่อไปพบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการล้างน้ำมันไบโอดีเซลจะค่า pH ที่ลดลงใกล้เคียงกัน ดังแสดงในภาพที่ 4



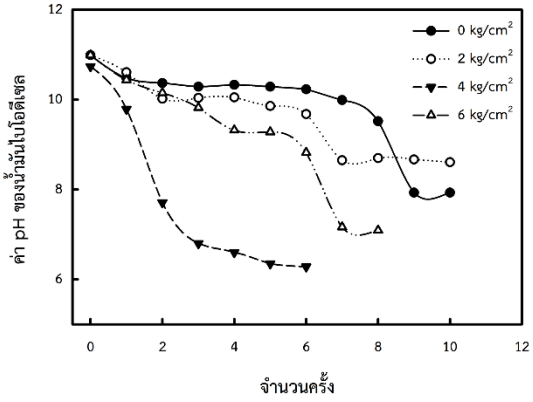

**ภาพที่ 4** ผลของระยะเวลาในการล้างน้ำมันไบโอดีเซลต่อค่า pH ของน้ำมันที่ลดลง

### 3.3 ผลของน้ำผสมฟองอากาศขนาดไมครอนที่ควบคุมขนาดฟองจากถังความดันในการสเปรย์น้ำล้างน้ำมันไบโอดีเซลที่มีผลต่อค่า pH น้ำมันที่ลดลง

จากการศึกษาการใช้ชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนมาสเปรย์น้ำล้างน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งควบคุมขนาดฟองอากาศด้วยถังความดัน โดยควบคุมความดันที่ 0, 2, 4, 6 kg/cm$^2$ และใช้อัตราส่วนน้ำมันไบโอดีเซล 1 ส่วนต่อด้วยน้ำผสมฟองอากาศขนาดไมครอน 1 ส่วน และใช้เวลาในการล้าง 30 นาที พบว่าการสเปรย์น้ำกับชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนที่ควบคุมขนาดฟองด้วยถังความดันที่ 4 kg/cm$^2$ ค่า pH ของน้ำมันมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับกรณีอื่นๆ และพบว่าในการล้างเพียง 2 ครั้ง สามารถทำให้ค่า pH ของน้ำมันมีค่าเป็นกลางได้ เนื่องจากน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมครอน จะมีฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมาก จึงทำให้สารเคมีที่ใช้ในการทำน้ำมันไบโอดีเซลลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อพิจารณาการใช้ชุดสร้างฟองขนาดไมครอนร่วมกับถังความดันที่ 0, 2, 6 kg/cm$^2$ ค่า pH ของน้ำมันจะลดลงอย่างช้าๆ แต่ในกรณีที่ใช้ชุดสร้างฟองอากาศร่วมกับถังความดัน 6 kg/cm$^2$ จะลดลงอย่างลวดเร็วในช่วงของการล้างครั้งที่ 7 และจำนวนครั้งในการล้างก็จะน้อยกว่ากรณีอื่น เนื่องจากฟองอากาศที่ความดัน 6 kg/cm$^2$ จะให้ฟองอากาศที่มีขนาดเล็กกว่าความดันอื่น จึงทำให้ฟองอากาศที่ลอยตัวขึ้นสู่ผิวด้านบนที่เป็นน้ำมันไบโอดีเซลทำได้ยากกว่าจึงทำให้ค่า pH ของน้ำมันไบโอดีเซลลดลงอย่างช้าๆเช่นเดียวกับ ความดัน 0, 2 kg/cm$^2$ ซึ่งมีฟองอากาศขนาดใหญ่จึงทำให้ฟองอากาศลอยขึ้นสู่ผิวน้ำอย่างรวดเร็วส่วนน้ำก็จะตกลงข้างล่างอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ค่า pH ของน้ำมันลดลงอย่างช้าๆ และใช้จำนวนครั้งในการล้างมากขึ้น [12,13] ดังแสดงในภาพที่ 5

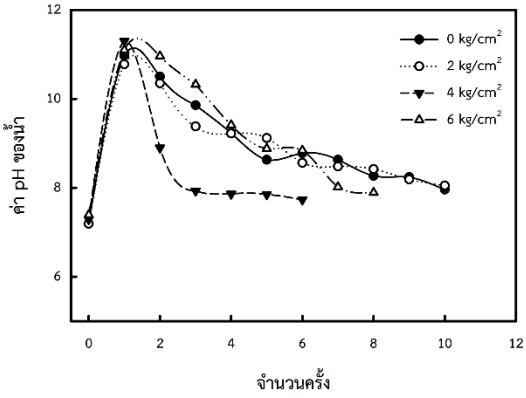
### 3.4 ผลของค่า pH น้ำผสมฟองอากาศขนาดไมครอนที่ควบคุมขนาดฟองจากถังความดันที่ผ่านกระบวนการล้างน้ำมันไบโอดีเซล

จากการศึกษาการใช้ชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนมาสเปรย์น้ำล้างน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งควบคุมขนาดฟองอากาศด้วยถังความดัน โดยควบคุมความดันที่ 0, 2, 4, 6 kg/cm$^2$ โดยใช้อัตราส่วนน้ำมัน




**ภาพที่ 5** ผลของน้ำผสมฟองอากาศขนาดไมครอนที่ควบคุมขนาดฟองจากถังความดันในการสเปรย์น้ำล้างน้ำมันไบโอดีเซลที่มีผลต่อค่า pH น้ำมันที่ลดลง

ไบโอดีเซล 1 ส่วนต่อด้วยน้ำล้าง 1 ส่วน พบว่าน้ำที่สเปรย์จากชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนร่วมกับถังความดัน ที่ 0, 2, 4, 6 kg/cm$^2$ น้ำที่ใช้ในการล้างจะมีค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างมากในครั้งที่ 1 เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ในการทำไบโอดีเซลมีปริมาณที่สูงในตอนต้น จึงทำให้น้ำที่ผ่านกระบวนการล้างน้ำมันไบโอดีเซลมีค่า pH สูงขึ้น และเมื่อล้างน้ำมันครั้งต่อไป ค่า pH น้ำที่ผ่านกระบวนการล้างจะมีค่าที่ลดลง โดยน้ำผสมฟองอากาศขนาดไมครอนที่ควบคุมขนาดด้วยถังความดันที่ 4 kg/cm$^2$ จะมีค่า pH ของน้ำที่ผ่านกระบวนการล้างลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากน้ำผสมฟองอากาศขนาดไมครอนที่ควบคุมด้วยถังความดันที่ 4 kg/cm$^2$ จะล้างเอาสารเคมีที่ใช้ในการทำน้ำมันไบโอดีเซลให้ลดลงดีที่สุด จึงทำให้น้ำที่ผ่านกระบวนการล้างน้ำมันไบโอดีเซลครั้งต่อไปจึงมีค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยน้ำผสมฟองอากาศขนาดไมครอนที่ควบคุมขนาดฟองด้วยถังความดันที่ 4 kg/cm$^2$ มีค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็วด้วย เมื่อพิจารณาน้ำที่สเปรย์จากชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนที่ควบคุมขนาดฟองด้วยถังความดันที่ 0, 2, 6 kg/cm$^2$ น้ำที่ใช้ในการล้างจะมีค่า pH สูงขึ้น และจะค่อยๆลดลงตามจำนวนครั้งที่ใช้ในการล้าง เช่นเดียวกับค่า pH น้ำมันที่ค่อยลดลงตามจำนวนครั้งของการล้าง เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ในการทำไบโอดีเซลค่อยๆลดลง จึงทำให้ค่า pH ของน้ำค่อยๆลดลงด้วยตามจำนวนครั้งที่ล้าง ดังแสดงในภาพที่ 6




**ภาพที่ 6** ผลของ pH น้ำหลังการล้างน้ำมันแบบแขวนน้ำ 1 ส่วน ต่อ น้ำมัน 1 ส่วน

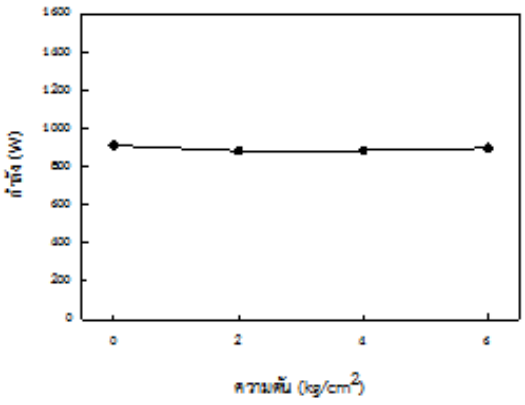
### 3.5 ผลของพลังงานที่ใช้ในการสเปรย์น้ำล้างจากชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอน

จากการทดสอบพลังงานที่ใช้ในชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนที่ใช้ในการสเปรย์น้ำล้างน้ำมันไบโอดีเซล พบว่าพลังงานที่ใช้ในชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนมีค่าการใช้พลังงานที่ใกล้เคียงกันทุกความดันที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 7

### 4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการใช้ไมโครบับเบิ้ลในการล้างน้ำมันไบโอดีเซลสามารถสรุปได้ว่า

1. ในการสเปรย์น้ำล้างน้ำมันไบโอดีเซลผลของลักษณะการสเปรย์น้ำไม่มีผลต่อค่า pH ของน้ำมันที่ลดลง




**ภาพที่ 7** ผลของพลังงานที่ใช้ในการสเปรย์น้ำล้างจากชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอน

2. ระยะเวลาในการล้างน้ำมันไบโอดีเซลจะมีผลในครั้งที่ 1 โดยที่การล้างน้ำมันไบโอดีเซลโดยใช้เวลาในการล้างและรอให้น้ำมันแยกชั้นกับน้ำโดยใช้เวลา 30 นาทีดีที่สุด และหลังจากนั้นเวลาในการล้างไม่มีผลต่อการลดลงของค่า pH น้ำมันไบโอดีเซล

3. ในการสเปรย์น้ำล้างโดยใช้ชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนที่ควบคุมขนาดฟองด้วยถังความดันที่ 4 kg/cm$^2$ ค่า pH ของน้ำมันลดลงได้มากที่สุด สามารถทำให้น้ำมันมีค่า pH เป็นกลางโดยใช้จำนวนครั้งในการล้างเพียง 2 ครั้ง ซึ่งสามารถประหยัดน้ำในการล้างได้เป็นอย่างมาก

4. ในการสเปรย์น้ำล้างโดยใช้ชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนที่ควบคุมขนาดฟองด้วยถังความดันที่ 4 kg/cm$^2$ ค่า pH ของน้ำที่ผ่านกระบวนการล้างน้ำมันไบโอดีเซล มีค่าเพิ่มสูงในครั้งที่ 1 และ จะลดลงอย่างรวดเร็ว ในการล้างครั้งต่อไป

5. พลังงานที่ใช้ในชุดสร้างฟองอากาศขนาดไมครอนร่วมกับถังความดัน มีการใช้พลังงานที่ใกล้เคียงกันทุกการทดลอง

**5. กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบคุณโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ที่สนับสนุนน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลในการทดลองในครั้งนี้

**6. เอกสารอ้างอิง**

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน. 2559. แผนปฏิบัติการอนุรักษ์พลังงาน 5 ปี (พ.ศ. 2560-2564). กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.

[2] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2560. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564). กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.

[3] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, กระทรวงพลังงาน. 2564. รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2564. กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.

[4] กรมธุรกิจพลังงาน, กระทรวงพลังงาน. 2562. กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอรของกรดไขมัน. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 136 ตอนพิเศษ 123 ง.

[5] อมราภรณ์ แก้วชะฎา และ ธนพร ไวพานิชการ. (2558). การเพิ่มความบริสุทธิ์ไบโอดีเซลที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์ม โดยการล้างด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบช่องจุลภาค. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 25, ฉบับที่ 1, หน้า 127-135. http://dx.doi.org/10.14416/j.kmutnb.2014.10.001

[6] อโนทัย สุธีรยงประเสริฐ, กำพล ประทีปชัยกูร และ ธีระยุทธ หลีวิจิตร. (2551). ปริมาณการใช้น้ำในการทำความสะอาดไบโอดีเซลในแบบกะโดยการสเปรย์น้ำร่วมกับการผสมด้วยฟองอากาศ. การประชุมวิชาการเครือข่าย

วิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.

[7] Liu, C., Hiroshi, T., Zhang, J., Zhang, L., Yang, J., Huang, X. & Kubota, N. (2013). Successful application of Shirasu porous glass (SPG) membrane system for microbubble aeration in a biofilm reactor treating synthetic wastewater. Separation and Purification Technology, 103(-), 53-59. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2012.10.023

[8] Agarwal, A., Ng, W. J. & Liu, Y. (2011). Principle and applications of microbubble and nanobubble technology for water treatment. Chemosphere, 84(9), 1175-1180.

[9] Onari, H., Saga, T., Watanabe, K., Maeda, K. & Matsuo, K. (1999). High functional characteristics of micro-bubbles and water purification. Resources Processing, 46(4), 238-244. https://doi.org/10.4144/rpsj1986.46.238

[10] Terasaka, K., Hirabayashi, A., Nishino, T., Fujioka, S. & Kobayashi, D. (2011). Development of microbubble aerator for waste water treatment using aerobic activated sludge. Chemical Engineering Science, 66(14), 3172-3179.

[11] Nakatake, Y., Kisu, S., Shigyo, K., Eguchi, T. & Watanabe, T. (2013). Effect of nano air-bubbles mixed into gas oil on common-rail diesel engine. Energy, 59(15), 233-239

[12] สุธิดา ตีระธัญญา. 2546. ผลของความดันในถังอัดความดันต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดตะกอนขั้นต้นโดยใช้การลอยตัวด้วยอากาศละลายสำหรับน้ำเสียโรงงานอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ (วศ.ม.) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[13] แสงนวล ศรีรัตน์ชัชวาล และ อนุรักษ์ ปีติรักษ์สกุล. 2560. กระบวนการลอยตะกอนแบบอากาศละลาย. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 27, ฉบับที่ 1, หน้า 205-217. http://dx.doi.org/10.14416/j.kmutnb.2016.11.001

[14] Takahashi, M., Chiba, K. & Li, P. (2007). Free-radical generation from collapsing microbubbles in the absence of a dynamic stimulus. The Journal of Physical Chemistry B, 111(6), 1343-1347.