

เครื่องลดกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่บรวมนโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ และท่อผสมแบบสถิต

Acid Catalyzed Reactor in Mixed Crude Palm Oil Using Microwave Irradiation and Static Mixer

สุห์ดี นิเซ็ง^{1,2*} อาริสา โสภารจารย์¹ ภาณุมาศ สุยบางคำ¹ ธนะวิทย์ ทองวิเชียร¹ กฤษณพงศ์ สังขวาสิ¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

²หน่วยวิจัยการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ชุมชนภาคใต้ตอนล่าง วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

Suhdee Niseng^{1,2*} Arrisa Sopajarn¹ Panumas Suybangdum¹ Tanawit Thongwicchan¹

Krisanapong Sangkavasi¹

¹Agricultural Machinery Engineering, Department of Industrial, Rattaphum College,
Rajamangala University of Technology Srivijaya,

²Community Product Value Research Unit Lower Southern Region, Rattaphum College,
Rajamangala University of Technology Srivijaya,

*Corresponding author Email: zuhmech@gmail.com

(Received: April 9, 2020; Accepted: October 22, 2020)

บทคัดย่อ

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่บรวมนที่มีกรดไขมันอิสระสูง จำเป็นต้องลดกรดไขมันอิสระเหลือไม่เกิน 2 mgKOH/g เพื่อไม่ให้เกิดปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชันจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้คลื่นไมโครเวฟและท่อผสมแบบสถิตเพื่อลดกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบด้วยกระบวนการเอสเทอร์ริฟิเคชัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาและค่าความเป็นกรดไม่เกิน 2 mgKOH/g จากการทดลองโดยการป้อนวัตถุดิบให้ไหลผ่านท่อผสมแบบสถิตยาว 5 m และคลื่นไมโครเวฟขนาด 450 W ใช้กรดซัลฟูริก 4 %vol. และใช้เมทานอล 15, 20, 25, และ 30 %vol. ตามลำดับ พบว่าเงื่อนไขที่ดีที่สุดคือการใช้ปริมาณเมทานอล 30 %vol. ทำปฏิกิริยา 9 นาที ซึ่งสามารถลดกรดไขมันอิสระจาก 30.5 mgKOH/g ลงเหลือ 1.93 mgKOH/g (S.D.= 0.02) โดยมีองค์ประกอบของน้ำมันที่ผ่านการลดกรดไขมันอิสระเช่น ไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และโมโนกลีเซอไรด์ใกล้เคียงกับการลดกรดไขมันอิสระโดยใช้ท่อผสมแบบสถิต แต่ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาน้อยกว่า

คำสำคัญ: น้ำมันปาล์มดิบ คลื่นไมโครเวฟ ท่อผสมแบบสถิต

ABSTRACT

Biodiesel production from high free fatty acid mixed crude palm oil need to reduce for free fatty acid less than 2 mgKOH/g. It causes to appear saponification process to make low purity product. This research to apply a microwave irradiation and static mixer for reducing of free fatty acid in mixed crude palm oil by esterification process. The purpose was decrease the reaction time and free fatty acid less than 2 mgKOH/g. From the experiments fed raw materials for circulating into 5 m static mixer and 450 W microwave irradiation and used sulfuric acid 4 %vol., methanol 15, 20, 25, and 30 %vol., respectively. The result indicated that the optimal condition for this research was using methanol 30 %vol. which reacted for 9 min. It was able to decrease free fatty acid from 30.5 mgKOH/g to 1.93 mgKOH/g (S.D.= 0.02). The compositions of esterified oil such as mono-glyceride, di-glyceride, and tri-

glyceride was similar to reduce free fatty acid in mixed crude palm oil using static mixer, but the reaction time was short time.

Keyword: Mixed Crude Palm Oil, Microwave Irradiation, Static Mixer.

1. บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิต 5,090,658 ไร่ เป็นประเทศที่ผลิตน้ำมันปาล์มเป็นอันดับที่ 3 ของโลก [1] จากข้อมูลอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มของ ศูนย์วิจัยกรุงศรี พบว่าในปี 2561 ความต้องการบริโภค น้ำมันปาล์มมีแนวโน้มเติบโตค่อยเป็นค่อยไป แต่อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มของไทยในระยะ 3 ปีข้างหน้า อาจเผชิญแรงกดดันจากอุปทานที่เพิ่มขึ้นจากการขยาย พื้นที่ปลูกในช่วง 5-6 ปีก่อนหน้าตามการส่งเสริมของรัฐ ประกอบกับปริมาณสต็อกน้ำมันปาล์มที่อยู่ในระดับสูง ส่งผลให้ราคาน้ำมันปาล์มของไทยมีแนวโน้มลดลง [2] ดังนั้นการส่งเสริมให้เกิดการใช้น้ำมันปาล์มภายในประเทศ ให้มากขึ้นจึงเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งช่วยพยุงราคาน้ำมันปาล์ม ให้สูงขึ้น การใช้ไขมันพืชเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้ราคาน้ำมันปาล์มสูงขึ้น และเสริมความมั่นคงด้านพลังงาน โดยคาดว่าความต้องการใช้น้ำมันปาล์มดิบในการผลิตไบโอดีเซลในไทยจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความต้องการใช้น้ำมันในภาคขนส่ง และยังมีปัจจัยหนุนจากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและ พลังงานทางเลือกของรัฐบาลที่ตั้งเป้าเพิ่มสัดส่วน B100 ในน้ำมันดีเซลเป็น 10% (หรือ B10) [2]

ปัญหาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบจะต้อง พิจารณาปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ เนื่องจากหากมี ปริมาณกรดไขมันอิสระมากกว่า 2 mgKOH/g (หรือ 1 %wt.) [3] จะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาข้างเคียงใน กระบวนการผลิต ทำให้ไบโอดีเซลที่ได้มีความบริสุทธิ์ต่ำ และผลได้น้อย (yield) วิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถ ทำได้โดยการผลิตไบโอดีเซลแบบ 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ หนึ่งใช้กระบวนการเอสเทอร์ริฟิเคชัน เพื่อลดกรดไขมัน อิสระในน้ำมันปาล์มดิบก่อน จากนั้นนำไปผลิตไบโอดีเซล ในขั้นตอนที่สอง คือ กระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน จะทำให้ได้ไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ที่กำหนดโดยกรมธุรกิจพลังงาน [4]

การผลิตไบโอดีเซลด้วยวิธีการให้ความร้อนด้วยวิธี ทั่วไปจะต้องให้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยานาน แต่การ ให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟจะช่วยลดระยะเวลาใน การทำปฏิกิริยาให้สั้นลง [5] ดังเช่นงานวิจัยของ Daeho

Kim และคณะ ได้ศึกษากระบวนการลดกรดไขมันอิสระ จากกรดโอเลอิกแบบต่อเนื่องด้วยกระบวนการเอสเทอร์ ริฟิเคชันโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ พบว่าสามารถลดกรดไขมัน อิสระลงได้โดยใช้เวลาเพียง 15 นาที ภายใต้เงื่อนไข อัตราส่วนน้ำมันพืชต่อเมทานอล 1: 20 และทำปฏิกิริยาที่ 60 °C [6] Kamath และคณะ ทดลองผลิตไบโอดีเซล แบบสองขั้นตอนจาก crude karanja oil โดยสามารถลด กรดไขมันอิสระเหลือ 1.11%wt. ด้วยคลื่นไมโครเวฟ ขนาด 180 วัตต์ และใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาเพียง 190 วินาที และในขั้นตอนที่สอง สามารถผลิตไบโอดีเซลที่มี ร้อยละผลได้ 91.4% ใช้เวลา 150 วินาที ใช้คลื่นไมโครเวฟ ขนาดเท่ากัน [7] อย่างไรก็ตามแม้ว่าการให้ความร้อนด้วย คลื่นไมโครเวฟจะช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว แต่หากขาดการกระตุ้นให้เกิดการผสมของวัตถุดิบตั้งต้น (น้ำมันพืช แอลกอฮอล์ และตัวเร่งปฏิกิริยา) การใช้คลื่น ไมโครเวฟก็จะไม่สามารถกระตุ้นปฏิกิริยาดังกล่าวให้ สมบูรณ์ขึ้นได้ นักวิจัยได้ประยุกต์ใช้ท่อผสมแบบสลิตซึ่งมี คุณสมบัติสามารถผสมของเหลวได้ดี เช่น K. Somnuk และคณะ ได้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ ที่บรวมน้ำมันสองขั้นตอนด้วยกระบวนการหมุนวนผ่านท่อ ผสมแบบสลิตยาว 5 m พบว่าในขั้นตอนแรก ใช้เมทานอล 19.8 %vol. กรดซัลฟูริก 2.0 %vol. ความเร็วในการป้อน สารเคมี 40 L/h ใช้เวลาทำปฏิกิริยานาน 50 นาที สามารถ ลดค่าความเป็นกรดในน้ำมันปาล์มดิบจาก 30 mgKOH/g เหลือเพียง 2 mgKOH/g และในขั้นตอนที่สอง สามารถ ผลิตไบโอดีเซลให้มีความบริสุทธิ์ 98.65 %wt. โดยใช้เม ทานอล 23.81 %vol. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 11.8 %wt. ใช้เวลาทำปฏิกิริยานาน 60 นาที และความเร็วใน การป้อนสารเคมี 40 L/h [8]

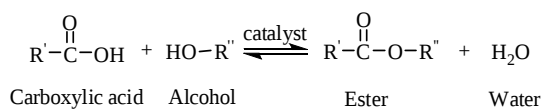
จากที่กล่าวมาข้างต้นจะสังเกตได้ว่าการนำคลื่น ไมโครเวฟมาใช้ในกระบวนการลดกรดไขมันอิสระหรือการ ผลิตไบโอดีเซลมีจุดเด่นในเรื่องของระยะเวลาในการทำ ปฏิกิริยาซึ่งเมื่อเทียบกับการใช้ท่อผสมแบบสลิตแล้วถือว่า ใช้เวลาน้อยมาก แต่การผลิตด้วยการกระตุ้นจากคลื่น ไมโครเวฟจะต้องทำให้วัตถุดิบผสมเป็นเนื้อเดียวกันก่อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษากระบวนการลดกรดไขมันอิสระ ในน้ำมันปาล์มดิบด้วยกระบวนการหมุนวนผ่านท่อผสม

แบบสลิตเพื่อให้วัตถุดิบผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนได้รับการกระตุ้นปฏิกิริยาด้วยคลื่นไมโครเวฟอีกครั้ง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาและค่าความเป็นไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่ได้มีค่าน้อยกว่า 2 mgKOH/g

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน

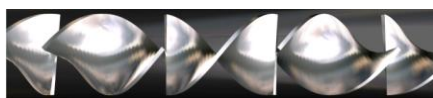
กระบวนการลดกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบใช้ปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน โดยกรดไขมันอิสระทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ ได้ผลิตภัณฑ์คือ เอสเตอร์กับน้ำ โดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา [9] ดังแสดงในรูปที่ 1 สำหรับกระบวนการนี้ต้องการเปลี่ยนเฟส (phase) ของกรดไขมันอิสระให้เป็นไตรกลีเซอไรด์ให้ได้มากที่สุด ซึ่งจะส่งผลดีต่อการนำน้ำมันที่ผ่านการลดกรดไขมันอิสระไปผลิตไบโอดีเซลในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 1 ปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน

2.2 ท่อผสมแบบสลิต

ท่อผสมแบบสลิตเป็นอุปกรณ์ช่วยผสมซึ่งสามารถผสมสารได้หลายสถานะ [10] ภายหลังมีการประยุกต์ใช้ในกระบวนการลดกรดไขมันอิสระและผลิตไบโอดีเซลพบว่าสามารถผสมวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตสามารถเกิดปฏิกิริยาได้สมบูรณ์ [8], [11] ในงานวิจัยนี้ใช้ท่อผสมแบบสลิตชนิดเกลียวสามารถทำจากโลหะแผ่นบาง โดยตัดตามสัดส่วนที่ต้องการแล้วบิดทำมุม 180 องศา ไปตามเข็มนาฬิกา จากนั้นนำเกลียวแต่ละอันมาเชื่อมต่อกันทำมุม 90 องศา ให้ความยาวตามที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ท่อผสมแบบสลิตชนิดเกลียว

2.3 คลื่นไมโครเวฟ

การประยุกต์ใช้คลื่นไมโครเวฟในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลได้รับความสนใจ เนื่องจากสามารถกระตุ้นปฏิกิริยาเคมีให้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ผลได้สูง และต้องการ

พลังงานน้อย [12] โดยคลื่นไมโครเวฟที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นช่วงความถี่คลื่นไมโครเวฟที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า และการส่งเคราะห์ปฏิกิริยาเคมี คือ 2.45 GHz และความยาวคลื่น 12.25 m

3. วัตถุดิบและอุปกรณ์การทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

น้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวมซึ่งมีกรดไขมันอิสระสูงใช้ผลิตภัณฑ์จากห้างหุ้นส่วนจำกัดรุ่งเรืองกิจน้ำมันปาล์ม ใช้แอลกอฮอล์ชนิดเมทานอล เกรดเชิงการค้าความบริสุทธิ์ 98% และใช้กรดซัลฟิวริกเกรดเชิงการค้าความเข้มข้น 95% เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

3.2 เครื่องลดกรดไขมันอิสระ

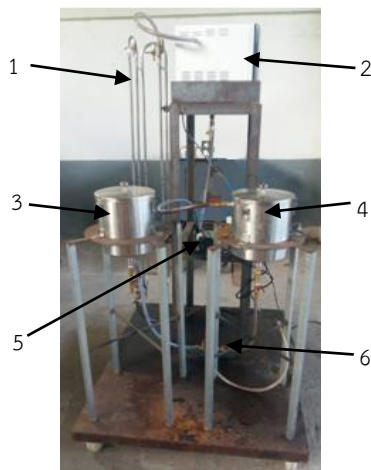
เครื่องลดกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมตามรูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์ของระบบ ประกอบด้วย ถัง T1 ขนาด 5 ลิตร สำหรับใส่น้ำมันปาล์มดิบหีบรวม มีปั๊ม P1 (ยี่ห้อ SANSO, รุ่น PMD-221) ซึ่งมีอัตราการไหล 1.3 l/min เพื่อป้อนน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมเข้าสู่ท่อผสมแบบสลิต (SM) มีความยาว 5 m และเตาไมโครเวฟ (M) ซึ่งมีปั๊ม P2 (ยี่ห้อ SANSO, รุ่น PMD-221) ซึ่งมีอัตราการไหล 1.3 l/min ทำหน้าที่ดูดวัตถุดิบจากไมโครเวฟหมุนเวียนเข้าสู่ถัง T1 มีถัง T2 ขนาด 5 ลิตร สำหรับใส่น้ำมันแอลกอฮอล์และกรดซัลฟิวริก ซึ่งมีปั๊ม P1 สำหรับป้อนสารเคมีเข้าสู่ระบบ เตาไมโครเวฟ (M) เป็นเตาไมโครเวฟแบบครัวเรือน (ยี่ห้อ SAMSUNG, รุ่น ME711K) ซึ่งมีท่อพลาสติกทนความร้อนขดอยู่ภายในสำหรับให้น้ำมันที่ถูกป้อนเข้าสู่ไมโครเวฟได้รับการกระตุ้นปฏิกิริยาจากคลื่นไมโครเวฟอุณหภูมิระหว่างการทำปฏิกิริยาคัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล TM ยี่ห้อ UNION รุ่น UN-305A

3.3 ขั้นตอนการทำงาน

การทำงานของเครื่องตามรูปที่ 4 ขั้นตอนแรกใส่น้ำมันปาล์มดิบลงในถัง T1 เปิดปั๊ม P1 เพื่อให้น้ำมันในถัง T1 เข้าสู่ท่อผสมแบบสลิต จากนั้นไหลเข้าสู่เตาไมโครเวฟซึ่งน้ำมันจะถูกดูดออกจากเตาไมโครเวฟด้วยปั๊ม P2 ซึ่งจะไหลวนเข้าสู่ถัง T1 ใหม่ หมุนเวียนในระบบเพื่อเป็นการเตรียมน้ำมันให้มีอุณหภูมิ $60 \pm 5^\circ\text{C}$ เมทานอลที่ถูกเตรียมไว้ในถัง T2 จะถูกป้อนด้วยปั๊ม P1 ด้วยการเปิดวาล์ว V2 เมื่อเมทานอลเข้าสู่ระบบปล่อยให้เมทานอลกับน้ำมันดิบไหลวนผสมเป็นเนื้อเดียวประมาณ 3 นาที จึงป้อนกรดซัลฟิวริกที่เตรียมไว้ในถัง T2 เข้าสู่ระบบไหลวนในระบบตามระยะเวลาที่กำหนด เวลาในการทำปฏิกิริยาจะเริ่มจับที่ที่ที่เติมซัลฟิวริกเข้าสู่ระบบโดยทำปฏิกิริยา

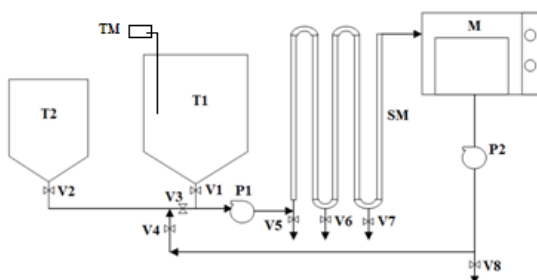
นาน 18 นาที และจะเก็บตัวอย่างไบโอดีเซลมาวิเคราะห์
ทุกๆ 3 นาที (ไหลวนในระบบครบ 2 รอบ) ซึ่งตัวอย่างที่
เก็บจะนำไปแช่ในน้ำแข็งทันทีเพื่อหยุดปฏิกิริยา

สำหรับเงื่อนไขในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้น้ำมัน
ปาล์มดิบจำนวน 3 ลิตร ใช้กรดซัลฟุริก 4 %vol. ใช้คลื่น
ไมโครเวฟ 450 W ใช้เมทานอล 15, 20, 25 และ 30
%vol. ตามลำดับ ในทุกเงื่อนไขจะทำการทดลองซ้ำกัน 3
ครั้ง เพื่อยืนยันผลการทดลอง



หมายเลข	คำอธิบาย
1	ท่อผสมแบบสถิต
2	เตาไมโครเวฟ
3	ถังน้ำมันปาล์มดิบ
4	ถังเมทานอลและกรด
5	ปั๊ม SANSO 1
6	ปั๊ม SANSO 2

รูปที่ 3 อุปกรณ์ของเครื่องลดกรดไขมันอิสระในน้ำมัน
ปาล์มดิบหีบรวม



รูปที่ 4 ผังการทำงานของเครื่องลดกรดไขมันอิสระใน
น้ำมันปาล์มดิบหีบรวม

3.4 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด

ตัวอย่างน้ำมันที่ผ่านการลดกรดไขมันอิสระหลังจาก
ล้างทำความสะอาดสิ่งปนเปื้อนด้วยน้ำแล้ว จะนำไป
วิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดด้วยวิธีของ The American
Oil Chemists' Society Official Method Cd 3a-63 for
Acid Value [13] ดังสมการที่ (1)

$$AV = \frac{ml \times 0.1 \times 56.1}{g} \quad (1)$$

เมื่อ AV = ค่าความเป็นกรด (mgKOH/g)
 ml = ปริมาณสารละลายที่ใช้ (ml)
 g = น้ำหนักน้ำมันตัวอย่าง (g)

3.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำมันด้วยวิธี TLC-FID

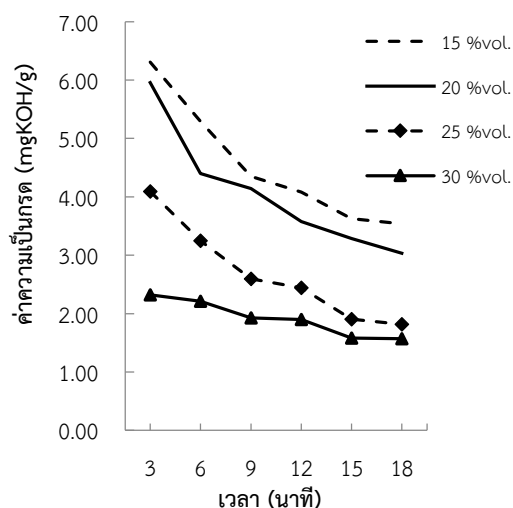
ตัวอย่างน้ำมันที่ต้องการนำไปวิเคราะห์หา
องค์ประกอบด้วยเทคนิค TLC/FID จะต้องล้างด้วยน้ำร้อน
เสียก่อน เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่เหลืออยู่ในน้ำมัน
เนื่องจากหากมีสิ่งปนเปื้อนจะส่งผลการแยกสาร ทำให้
ค่าที่อ่านได้คลาดเคลื่อนจากผลการทดลองจริง การ
วิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำมันด้วยเทคนิค TLC/FID โดย
ใช้เครื่อง IATRON-CAN MK-65 และ Chromarod Type
S-II Quartz (Mishubishi Kagaku Iatron., Japan)

4. อภิปรายผลการทดลอง

4.1 ผลการลดกรดไขมันอิสระโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ และท่อผสมแบบสถิต

การทดลองลดกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบหีบ
รวมด้วยเงื่อนไขการทดลองที่แตกต่างกัน ปรากฏว่าการ
เพิ่มปริมาณเมทานอลที่สูงขึ้นจะช่วยให้ปฏิกิริยาเอสเทอร์
ริฟิเคชันเกิดขึ้นได้สมบูรณ์เร็วขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5 จะ
เห็นได้ว่า การทดลองโดยใช้เมทานอล 15 %vol. เมื่อทำ
ปฏิกิริยาผ่านไป 18 นาที สามารถลดกรดไขมันอิสระจาก
30.5 mgKOH/g เหลือ 3.54 mgKOH/g (S.D.= 0.03)
เมื่อเพิ่มปริมาณเมทานอลมากขึ้นพบว่า สามารถลดกรด
ไขมันอิสระได้ดียิ่งขึ้น โดยการใช้ปริมาณเมทานอล
30 %vol. สามารถลดกรดไขมันอิสระจาก 30.5
mgKOH/g เหลือ 1.57 mgKOH/g (S.D.= 0.02) ซึ่ง
เป็นไปตามทฤษฎีคือ การเพิ่มเมทานอลที่มากกว่าทาง
ทฤษฎี 100 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็ว
ขึ้นและผลได้ที่สูงขึ้น [14] อย่างไรก็ตามการลดกรดไขมัน

อิสระให้เหลือไม่เกิน 2 mgKOH/g ก็เพียงพอแล้วสำหรับนำไปผลิตไบโอดีเซลในขั้นตอนทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน ดังนั้นเพื่อลดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเงื่อนไขที่แนะนำให้ใช้คือ การใช้ปริมาณเมทานอล 30 %vol. ทำปฏิกิริยา 9 นาที ซึ่งสามารถลดกรดไขมันอิสระลงเหลือ 1.93 mgKOH/g (S.D.= 0.02)



รูปที่ 5 ค่าความเป็นกรดของน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้กลีเซอรีนและทอผสมแบบสถิติ

4.2 คุณสมบัติของน้ำมันที่ผ่านการลดกรดไขมันอิสระจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ผ่านการลดกรดไขมันอิสระดังตารางที่ 1 พบว่าสามารถลดกรดไขมันอิสระเหลือเพียง 0.818 %wt. เมื่อเทียบกับงานวิจัยของ K. Somnuk *et al.*, [8] ได้ทำการลดกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมโดยใช้ทอผสมแบบสถิติเพียงอย่างเดียว พบว่าองค์ประกอบของน้ำมันที่ผ่านการลดกรดไขมันอิสระไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ โมโนกลีเซอไรด์ และเอสเตอร์ มีค่าใกล้เคียงกัน แต่มีระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาแตกต่างกันมาก โดยการลดกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้ทอผสมแบบสถิติอย่างเดียวใช้เวลาทำปฏิกิริยา 50 นาที ในขณะที่งานวิจัยนี้ ใช้ระยะเวลาเพียง 9 นาที จะเห็นได้ว่าการนำกลีเซอรีนมาใช้กระตุ้นปฏิกิริยาจะช่วยลดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมและน้ำมันที่ผ่านการลดกรดไขมันอิสระ

คุณสมบัติ	น้ำมันปาล์มดิบ	ทอผสมแบบสถิติ [8]	ทอผสมแบบสถิติร่วมกับโมโคเวฟ
Free fatty acid (%wt.)	7.272	0.868	0.818
Triglyceride (%wt.)	86.830	80.126	79.906
Diglyceride (%wt.)	4.315	8.459	8.601
Monoglyceride (%wt.)	1.582	1.439	5.286
Ester (%wt.)	0.000	9.877	8.201

5. สรุป

การประยุกต์ใช้อุปกรณ์กระตุ้นปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างทอผสมแบบสถิติและคลื่นไมโครเวฟ ในกระบวนการลดกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมปรากฏว่าผลการทดลองเป็นไปตามวัตถุประสงค์สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ภายใต้เงื่อนไขใช้ปริมาณเมทานอล 30 %vol, กรดซัลฟูริก 4 %vol. ทำปฏิกิริยานาน 9 นาที สามารถลดค่ากรดไขมันอิสระให้เหลือต่ำกว่า 2 mgKOH/g โดยที่องค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และโมโนกลีเซอไรด์ ใกล้เคียงกับการใช้ทอผสมแบบสถิติเพียงอย่างเดียว

2. การใช้คลื่นไมโครเวฟร่วมกับทอผสมแบบสถิติในกระบวนการลดกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมสามารถลดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเหลือเพียง 9 นาที ในขณะที่การลดกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้ทอผสมแบบสถิติอย่างเดียวใช้เวลาทำปฏิกิริยานาน 50 นาที [8]

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ สนับสนุนงานวิจัย และนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร ได้แก่ นายปฐมพร นวลแก้ว และนายจิระพงษ์ คงปาน ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Office of Agricultural Economics. (2018, Nov 5). Oil Palm 2018 [Online]. Available: <http://www.oae.go.th>
- [2] C. Chusuwan. (2018, Nov 5). Palm Industrial [Online]. Available: <https://www.krungsri.com>
- [3] K. Somnuk, P. Smithmaitrie and G. Prateepchaikul, "Optimization of continuous acid- catalyzed esterification for free fatty acids reduction in mixed crude palm oil using static mixer coupled with high- intensity ultrasonic irradiation," *Energy Conversion and Management*, vol. 68, pp. 193–199, 2013.
- [4] J. Surachai and G. Prateepchaikul, "Enhancement of the Two-Stage Process for Producing Biodiesel from High Free Fatty Acid Mixed Crude Palm Oil," *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, vol. 45, pp. 1094-1104, 2011.
- [5] J. Milano, H.G. Ong, H.H. Masjuki, A.S. Silitonga, W.H. Chen, F. Kusumo, S. Dharma and A.H. Sebayang, "Optimization of biodiesel production by microwave irradiation-assisted transesterification for waste cooking oil- Galophyllum inophyllum oil via response surface methodology," *Energy Conversion and Management*, vol. 158, pp. 400–415, 2018.
- [6] D. Kim, J. Choi, G.J. Kim, S.K. Seol and S. Jung, "Accelerated esterification of free fatty acid using pulsed microwaves," *Bioresources Technology*, vol. 102, pp.7229-7231, 2011.
- [7] V. Kamath H, I. Regupathi and M.B. Saidutta, "Optimization of two step karanja biodiesel synthesis under microwave irradiation," *Fuel Processing Technology*, vol. 92, pp. 100-105, 2011.
- [8] K. Somnuk, S. Niseng and G. Prateepchaikul, "Optimization of high free fatty acid reduction in mixed crude palm oils using circulation process through static mixer reactor and pilot-scale of two-step process," *Energy Conversion and Management*, vol. 80, pp. 374-381, 2014.
- [9] D.Y.C Leung, X. Wu and M.K.H Leung, "A review on biodiesel production using catalyzed Transesterification," *Applied Energy*, vol. 87, pp. 1083-1095, 2010.
- [10] L.F. Albright, *Albright's Chemical Engineering Handbook*. New York: CRC Press, 2008.
- [11] S. Niseng, K. Somnuk and G. Prateepchaikul, "Optimization of base-catalyzed transesterification in biodiesel production from refined palm oil via circulation process through static mixer reactor," *Advanced Materials Research*, vol. 931-932, pp. 1038-1042, 2014.
- [12] H. Ding, W. Ye, Y. Wang, L. Li, D. Liu, J. Gui, C. Song and N. Ji, "Process intensification of transesterification for biodiesel production from palm oil: Microwave irradiation on transesterification reaction catalyzed by acidic imibazolium ionic liquids," *Energy*, vol. 144, pp. 957-967, 2018.
- [13] Cd 3a-63 Method for Acid Value Volume III, Official Method and Recommended Practices of American Oil Chemists Society, 1998.
- [14] S. Lestari, P. Maki-Arvela, J. Beltramini, G.Q. Max Lu and D.Y. Murzin, "Transforming Triglycerides and Fatty Acids into Biofuels," *ChemSusChem*, vol. 2, pp. 1109-1119, 2009.