

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบำบัดกลีเซอรินจากของเหลือทิ้งจากกระบวนการ ผลิตไบโอดีเซลในระดับชุมชน

Performance Improvement of Glycerine Purification from Biodiesel Residues for Rural Area

วรรณภรณ์ บรรจง¹ และ เกรียงไกร อัครมาศบันลือ^{1,*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

* ติดต่อ: โทรศัพท์: (662) 942-8555 ต่อ 1803, โทรสาร: (662) 579-4576,

E-mail: fengka@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตจะมีส่วนผสมของกลีเซอรินซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีผสมอยู่ กลีเซอรินดิบดังกล่าวสามารถนำมาผ่านกระบวนการเพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์สูงขึ้นและสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหลายอุตสาหกรรมด้วยกันเช่น สบู่ ยา เครื่องสำอาง เป็นต้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการบำบัดกลีเซอรินจากของเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่เหมาะสม เพื่อต่อยอดกระบวนการผลิตให้แก่ชุมชนที่มีเครื่องผลิตไบโอดีเซลอยู่แล้ว และต้องการเพิ่มรายได้จากการขายกลีเซอรินซึ่งมีมูลค่าสูง จากผลการศึกษา สภาวะการทำงานที่เหมาะสมของ เครื่องบำบัดกลีเซอรินขนาด 30 ลิตร พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการกลั่นเมทานอลคือ 95 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 9 ชั่วโมง จะได้เมทานอลออกมาร้อยละ 2.29 โดยปริมาตรของกลีเซอรินดิบ การปรับสภาพความเป็นกลางใช้กรดอะซิติกร้อยละ 1.44 โดยปริมาตรของสารละลายกลีเซอริน หลังจากผ่านไป 5 ชั่วโมง ตะกอนของกรดไขมันจะแยกชั้นกับสารละลายกลีเซอริน ซึ่งมีความบริสุทธิ์เฉลี่ยอยู่ที่ ร้อยละ 49.49 สารละลายกลีเซอรินที่ได้จะถูกนำไป บำบัดด้วยผงคาร์บอนกัมมันต์ในอัตราส่วน 1:4 และ 1:6 โดยน้ำหนักของคาร์บอนกัมมันต์ต่อน้ำหนักสารละลายกลีเซอริน ซึ่งจะได้สีเหลืองอ่อนมากที่สุดในเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้น สารละลายกลีเซอรินจะถูกทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อระเหยเอาน้ำและกรดอะซิติกออกที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส กลีเซอรินที่เหลือจะมีค่า ความบริสุทธิ์เฉลี่ย ที่ร้อยละ 81.6 ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำสบู่ได้ อย่างไรก็ดี เมื่อนำไปวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์พบว่ายังไม่มี ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากความผันผวนของกลีเซอรินในสภาวะเศรษฐกิจตกต่ำ

คำหลัก: ไบโอดีเซล กลีเซอริน การบำบัด เศรษฐศาสตร์

Abstract

Residues from biodiesel production processes have a compound of glycerine incurred by chemical reactions. Such “crude” glycerine can be purified and, then, used as a raw material for several products such as soap, pharmaceutical, and cosmetic. This research is to develop an appropriate procedure to

purify the crude glycerine for rural community. Based on 30 liter glycerin purification equipment, four main procedures are studied. The methanol removal process requires the heating temperature of 95°C. After 9 hours, 2.29% by volume of methanol is retrieved from crude glycerine. The crude glycerine is next neutralized by 1.44% by volume of acetic acid for 5 hours. The fatty acid is separated from glycerine solvent. The concentration of glycerine in the solvent is approximately 49.49%. Then, Color and odor of solvent glycerine are removed by using activated carbon at room temperature for 24 hours with the ratio of 1:4 and 1:6. Finally, it was heated to vaporize the remaining acetic acid and water at the temperature of 130°C. The concentration of glycerine in the solvent or glycerin purity is finally 81.6%. However, the process is still not economically feasible because of the cost variation of glycerine in world market.

Keywords: Biodiesel Glycerine Purification Economics.

1. บทนำ

ในปัจจุบัน กลิเซอรินซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมจากกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มมากขึ้น แต่ส่วนใหญ่ยังคงเป็นของเหลือทิ้ง จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการบำบัดกลิเซอรินที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมจากน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งกลิเซอรินที่ได้นั้นจะมีปริมาณสิ่งเจือปน เช่น เมทานอล กรดไขมันอิสระ ความชื้น และสิ่งเจือปนอื่นๆ ที่มาจากกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลอยู่ ทำให้เกิดแนวความคิดว่าควรนำกลิเซอรินที่เหลือจากการกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาทำการบำบัดเพื่อให้ได้กลิเซอรินที่บริสุทธิ์และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในเชิงอุตสาหกรรมสูง โดยงานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในขั้นตอนต่างๆของการบำบัดกลิเซอริน โดยวิธีการบำบัดกลิเซอรินนั้นมีหลายกระบวนการในการบำบัด ซึ่งในงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการบำบัดด้วยขั้นตอนการ แยกเมทานอลออกจากกลิเซอริน การใช้กรดอะซิติกเพื่อปรับสภาพความเป็นกลางเพื่อหาร้อยละความบริสุทธิ์ของกลิเซอริน การบำบัดสีและกลิ่นด้วยคาร์บอนกัมมันต์ทำให้กลิเซอรินมีความบริสุทธิ์มากขึ้น และการระเหยเพื่อ นำน้ำและกรดอะซิติกออกเพื่อให้ได้กลิเซอรินบริสุทธิ์

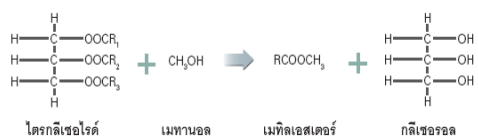
สำหรับงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับกระบวนการบำบัดกลิเซอรินเพื่อให้ได้ความบริสุทธิ์นั้นได้แก่ ก่อฤกษ์ เชียงหว่อง และวีระชัย โคตรคำหาร[1] ได้

ศึกษาการบำบัดกลิเซอรินด้วยการระเหยเมทานอล ปรับความเป็นกรด-ด่างด้วยกรดซัลฟิวริกอัตราส่วนต่างๆ ใช้เอ็กเซนในการกำจัดตัวทำละลายและใช้คาร์บอนกัมมันต์อัตราส่วนต่างๆ พบว่าได้กลิเซอรินบริสุทธิ์ 75.9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จีรพันธ์ ปัญญานันท์[3] ได้ศึกษาการบำบัดกลิเซอรินด้วยการระเหยเมทานอล ปรับความเป็นกรด-ด่างด้วยกรดซัลฟิวริก ใช้คาร์บอนกัมมันต์และกลั่นพบว่าได้กลิเซอรินที่มีความเข้มข้นมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ปิยนาฏ อิทนกุล[4] ได้ศึกษาด้วยการระเหยเมทานอล ปรับสภาพให้เป็นกลางด้วยกรดซัลฟิวริก กลั่นกลิเซอรินและใช้คาร์บอนกัมมันต์ในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าได้กลิเซอรินที่มีความเข้มข้น 98 เปอร์เซ็นต์ สุรารักษ์ บุญโชติ[7] ได้ศึกษาการบำบัดกลิเซอรินด้วยการไล่เมทานอล ใช้กรดซัลฟิวริกโดยใช้สัดส่วนกลิเซอรินต่อกรดซัลฟิวริกโดยน้ำหนัก หลังจากนั้นปรับค่าความเป็นกรดด่างเป็น 5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วนำไปกลั่นกลิเซอรินที่ได้มีความบริสุทธิ์ 94% Ooi et.al.[8] นำ Glycerine Residue มาทำให้บริสุทธิ์ขึ้น โดยการทำให้เป็นกรดด้วยกรด ซัลฟิวริก กรองและแยกกรดไขมันออก ทำให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วนำไประเหยแล้วไปสกัดด้วยตัวทำละลายและกรองอีกครั้ง นำไประเหยตัวทำละลายจะได้กลิเซอรินที่มีความเข้มข้น 51.4% Wearingen[9] ได้ศึกษาการทำกลิเซอรินให้บริสุทธิ์ด้วยการเติมกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 85% ลงในสารละลายกลิเซอรินที่ได้จากกระบวนการผลิตไบ

โอดีเซล จากนั้นนำชั้นของกลีเซอรินมาแยกเมทานอล โดยกลั่นพบว่ากลีเซอรินมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น Yong et.al[10] นำCrude Glycerine มาทำการกลั่นสุญญากาศเป็นผลให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิต (%Yield) ของกลีเซอรินลงและพบว่าเมื่อกลีเซอรินถูกกลั่นแล้วจะมีความบริสุทธิ์สูงถึง 96.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากงานวิจัยดังกล่าวเป็นข้อมูลพื้นฐานต่อการทำความเข้าใจกระบวนการทดลองบำบัดกลีเซอริน ซึ่ง กลีเซอรินที่ผ่านกระบวนการบำบัดให้บริสุทธิ์แล้วในงานวิจัยครั้งนี้จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำกลีเซอรินที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมจากการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาทำให้เกิดประโยชน์

2. แนวทางการบำบัดกลีเซอรินจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์

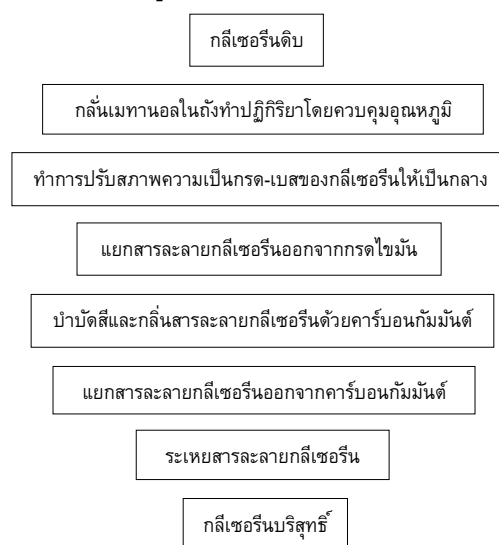
จากกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ที่มีสารตั้งต้นเป็นน้ำมันพืชหรือสัตว์ที่ใช้แล้วนำมาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ดังรูปที่ 1 ซึ่งในน้ำมันที่ได้จากพืชหรือสัตว์ที่ใช้แล้วจะเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มีโครงสร้างโมเลกุลเป็น $C_{35}H_{70}O_6$ ที่เชื่อมต่อกับกรดไขมันมาทำปฏิกิริยากับเมทานอล (Methanol) ซึ่งจะทำให้ได้สารเอสเตอร์ (Ester) หรือไบโอดีเซลและกลีเซอริน (Glycerine) เป็นผลพลอยได้



รูปที่ 1 กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

เนื่องจากกลีเซอรินที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมจากกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลซึ่งเป็นปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันพืชหรือสัตว์ใช้แล้วประกอบด้วยสิ่งเจือปนเป็นอยู่หลายชนิด เช่น ไขมันกรดไขมัน ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ซึ่งเป็นกรดหรือด่าง(ในการทดลองนี้ใช้โซเดียม ไฮดรอกไซด์) เกลือ เป็นต้น

ซึ่งกลีเซอรินมีสีน้ำตาลเข้มจะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หากไม่ได้ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ดังนั้นจึงกล่าวถึงกระบวนการทำให้กลีเซอรินที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ให้มีความบริสุทธิ์มากยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 2 โดยการศึกษาจะเป็นไปเพื่อศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการทำกลีเซอรินให้บริสุทธิ์เพื่อให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขั้นสูง



รูปที่ 2 แผนภาพกระบวนการบำบัดกลีเซอรินดิบ



รูปที่ 3 แสดงเครื่องบำบัดกลีเซอริน

3. วิธีการทดลอง

3.1 การทดลองกระบวนการบำบัดกลีเซอริน

เครื่องบำบัดกลีเซอริน ดังแสดงในรูปที่ 3 สามารถแบ่งวิธีการบำบัดออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 นำกลีเซอรินดิบปริมาณ 30 ลิตร ใส่ในถังที่ 1 เพื่อทดลองแยก เมทานอลออกจากกลีเซอรินดิบ ที่อุณหภูมิ 85, 90 และ 95 องศาเซลเซียส บันทึกปริมาณเมทานอลที่แยกได้ในแต่ละชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก

และปริมาตรกลีเซอรินที่เหลือจากการระเหย จากนั้น นำเมทานอลที่แยกได้ไปทำการวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC) โดยเปรียบเทียบกับเมทานอลมาตรฐาน

ขั้นตอนที่ 2 นำกลีเซอรินดิบที่เหลือจากการแยกเมทานอล มา ทดลองปรับสภาพความเป็นกรด – ด่าง โดยเติมน้ำบริสุทธิ์ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ของกลีเซอรินต่อน้ำบริสุทธิ์ กวนผสมกลีเซอรินและน้ำ ด้วยอัตราการกวน 80 รอบ/นาที เติมกรดอะซีติกที่ ความเข้มข้น 99 เปอร์เซ็นต์ กวนผสมให้เข้ากันวัดค่า pH สารละลายกลีเซอรินจนกระทั่งมีค่า pH=7 (คลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 0.1) บันทึก ปริมาณกรดอะซีติกที่เติมลงไปและค่า pH หลังจากนั้นตั้งกลีเซอรินทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในทุกๆ 3 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างสารละลายกลีเซอรินไปวิเคราะห์ผลเพื่อหาร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอริน ตามมาตรฐาน BS 5711 : Part 3 [6]

ขั้นตอนที่ 3 แยกสารละลายกลีเซอรินออกจากตะกอนของกรดไขมัน นำสารละลายกลีเซอริน ทดลองบำบัดด้วยผงคาร์บอนกัมมันต์ในอัตราส่วน 1:4, 1:6, 1:8, 1:10 และ 1:12 โดยน้ำหนักของคาร์บอนกัมมันต์ต่อสารละลายกลีเซอริน เก็บตัวอย่าง สารละลายกลีเซอรินที่บำบัดในอัตราส่วนต่างๆ ใน ทุกๆ 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปวัดค่า ความเปลี่ยนแปลงของสี ด้วยเครื่องวัดค่าสี Spectro photometer รุ่น cm 3500 d

ขั้นตอนที่ 4 นำสารละลายกลีเซอรินภายหลัง การบำบัดด้วยคาร์บอนกัมมันต์ไประเหยที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เพื่อแยกน้ำและกรดอะซีติกที่อาจหลงเหลืออยู่ ออก สังเกตการเกิดฟองก๊าซภายในถัง ระเหยจนกระทั่งไม่เกิดฟองก๊าซ บันทึกปริมาณ สารละลายกลีเซอริน จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ หาร้อยละความบริสุทธิ์โดยเปรียบเทียบกับกลีเซอริน มาตรฐาน

3.2 การวิเคราะห์ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์

โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 โครงการ คือ โครงการที่ 1 โครงการขายกลีเซอรินดิบโดยไม่ผ่าน

การบำบัด โครงการที่ 2 โครงการขายกลีเซอรินบริสุทธิ์โดยไม่ผ่านการกระบวนการดูดสี โครงการที่ 3 โครงการขายกลีเซอรินบริสุทธิ์โดยผ่านการ กระบวนการดูดสี

โดยทั้ง 3 โครงการ นำไปวิเคราะห์ความ เป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ โดยพิจารณาในเรื่อง ของระยะเวลาคืนทุน อัตราผลตอบแทน ในแต่ละ โครงการและพิจารณาเปรียบเทียบโครงการควบคู่กัน ไป

4. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 ผลการแยกและหาความบริสุทธิ์ของเมทานอล

จากผลการทดลองแยกเมทานอลออกจากกลีเซอรินดิบ จากตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของ ปริมาณการกลั่นเมทานอลโดยใช้เครื่องระเหยภายใต้ สภาวะความดันบรรยากาศ ซึ่งแสดงค่าอุณหภูมิในการ กลั่น ระยะเวลา ปริมาณเมทานอลที่กลั่นได้

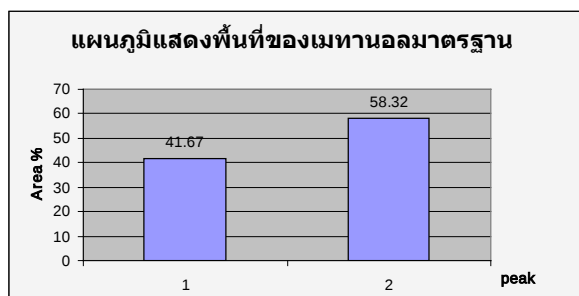
ตารางที่ 1 แสดงปริมาณเมทานอลที่แยกได้ที่อุณหภูมิ ต่างๆ

อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลา (hr)	ปริมาณเมทานอล ที่กลั่นได้ (ml)
85	15	660.9
90	11	679.8
95	9	685.7

จะเห็นว่าที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส สามารถ แยกเมทานอลออกมาได้ปริมาณมากที่สุด โดยใช้ระยะเวลาในการ แยกน้อยที่สุดคือ 9 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากจุดเดือดของเมทานอล คือ 64.7 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อเพิ่มความร้อนให้กับกลีเซอรินดิบเพื่อ ไปใช้ในการระเหยเมทานอล จะมีผลต่ออัตราการ ระเหยของเมทานอลภายในกลีเซอรินดิบ

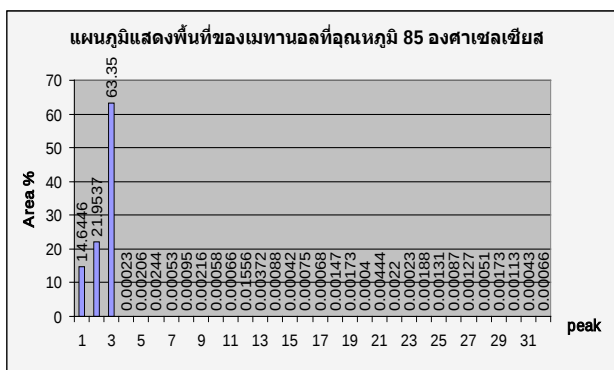
เมื่อนำเมทานอลที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 85, 90 และ 95 องศาเซลเซียส ไปวิเคราะห์ ผลเพื่อหาความบริสุทธิ์เมทานอลด้วยเครื่อง Gas Chromatograph (GC) โดยเปรียบเทียบกับเมทานอลมาตรฐาน [5] แล้ว

พบว่า พื้นที่ของเมทานอลมาตรฐานที่ความบริสุทธิ์ 95 เปอร์เซ็นต์ สามารถแสดงได้ดัง รูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าค่าความบริสุทธิ์ เมทานอลสามารถพิจารณาจากจำนวนพื้นที่ที่เกิดขึ้นโดยเกิดขึ้น 2 peak มีพื้นที่ดังนี้ peak1 = 41.67%, peak 2 = 58.32% และไม่มีpeakอื่นๆเกิดขึ้นเลย

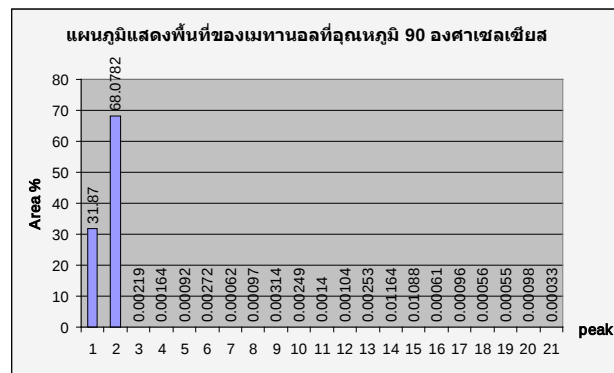


รูปที่ 4 พื้นที่เมทานอลมาตรฐานที่มีความบริสุทธิ์ที่ 95 เปอร์เซ็นต์

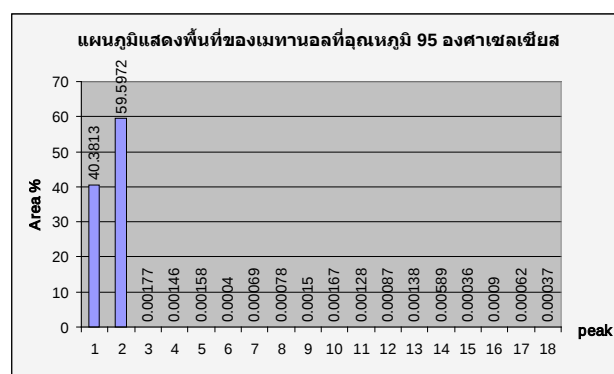
เมทานอลที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 85 90 และ 95 องศาเซลเซียส แสดงพื้นที่ที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 5, 6 และ 7 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส มีลักษณะพื้นที่ใน 2 peakแรกของเมทานอล ใกล้เคียงกับเมทานอลมาตรฐานมากที่สุด เหมาะที่จะนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล เนื่องจากเมทานอลที่แยกออกมามี peak อื่นๆเกิดขึ้นนั้นหมายความว่ายังมีสารอื่นๆเจือปนซึ่งสารดังกล่าวคาดว่าจะเป็ สารเคมีที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลนั่นเอง



รูปที่ 5 พื้นที่ของเมทานอลที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส



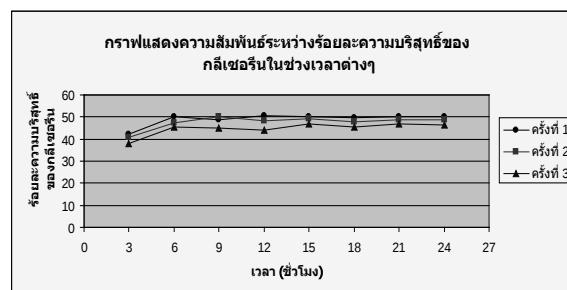
รูปที่ 6 พื้นที่ของเมทานอลที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส



รูปที่ 7 พื้นที่ของเมทานอลที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส

4.2 ผลการหาลอยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอริน ภายหลังการปรับสภาพเป็นกลางด้วยกรดอะซิติก

จากรูปที่ 8 ผลของการหาลอยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินภายหลังการปรับสภาพเป็นกลางด้วยกรดอะซิติกในทุกๆ 3 ชั่วโมง นำตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์เพื่อหาลอยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอริน

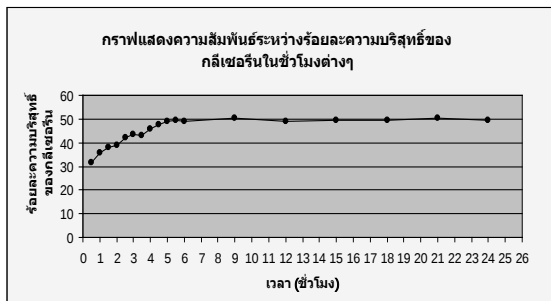


รูปที่ 8 ร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินภายหลังการปรับสภาพเป็นกลางทุกๆ 3 ชั่วโมง

พบว่าร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินที่ได้ในทุก 3 ชั่วโมงนั้น ในชั่วโมงที่ 3 ได้ร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินน้อยที่สุด ภายหลังชั่วโมงที่ 6

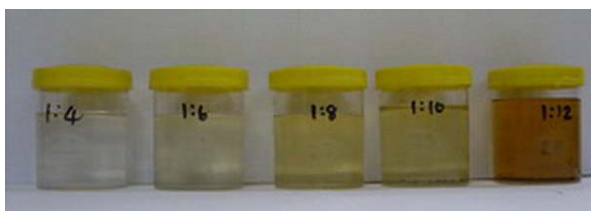
เป็นต้นไปร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินที่ได้ในแต่ละช่วงเวลาการทดลองแต่ละครั้ง เริ่มมีค่าใกล้เคียงกันสามารถกล่าวได้ว่าระยะเวลาในการตกตะกอนมีผลต่อร้อยละปริมาณกลีเซอรินในการแยกชั้นจากการปรับสภาพความเป็นกลางด้วยกรดอะซิติก

นอกจากนี้ยังทำการทดลองเพื่อหาระยะเวลาเริ่มต้นของร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอริน โดยทำการทดลองเก็บตัวอย่างสารละลายกลีเซอรินในทุกๆ ครั้งชั่วโมง ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1-6 หลังจากชั่วโมงที่ 6 เก็บตัวอย่างสารละลายทุกๆ 3 ชั่วโมงเช่นเดิม นำไปวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอริน ดัง รูปที่ 9 พบว่าร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินในทุกๆ ชั่วโมงนั้น มีลักษณะกราฟค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 – 5 แสดงว่า สามารถแยกสารละลายกลีเซอรินออกจากภายหลังการปรับสภาพด้วยกรดอะซิติกเพื่อให้เป็นกลางได้ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 5 โดยที่ร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินมีค่าเฉลี่ย 49.49



รูปที่ 9 ร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินภายหลังการปรับสภาพเป็นกลางทุก ๆ ชั่วโมง

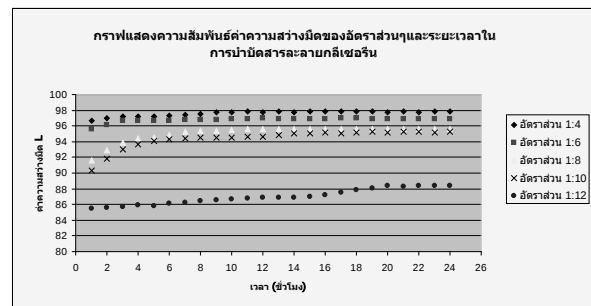
4.3 ผลของการทดลองบำบัดด้วยคาร์บอนกัมมันต์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง



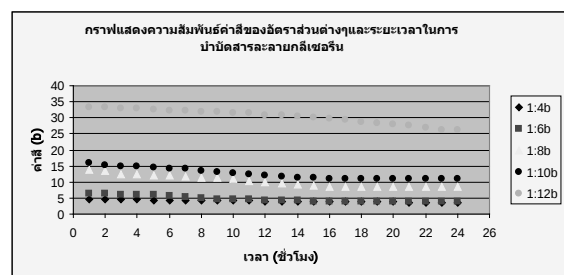
รูปที่ 10 แสดงลักษณะสีของสารละลายกลีเซอรินภายหลังการบำบัดด้วยคาร์บอนกัมมันต์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

จากรูปที่ 10 แสดงลักษณะสีของสารละลายกลีเซอรินภายหลังการบำบัดด้วยคาร์บอนกัมมันต์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้สายตาในการสังเกต ในการบรรยายเปรียบเทียบคุณลักษณะของสีที่เห็นเป็นการยากและไม่มีความชัดเจนเพียงพอ ดังนั้นจึงนำตัวอย่างสารละลายกลีเซอรินที่บำบัดด้วยคาร์บอนกัมมันต์ในอัตราส่วนต่างๆ ไปวัดค่าสี ด้วยเครื่อง Spectrophotometer เพื่อตรวจสอบหาค่าสีที่แท้จริง [2]

จากรูปที่ 11 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงความสว่าง - มืดของสารละลายกลีเซอรินภายหลังการบำบัดด้วยอัตราส่วนและเวลาต่างๆ พบว่าค่าความสว่าง - มืด (L) ในอัตราส่วน 1:4 และ 1:6 มีค่าความสว่างใกล้เคียงกัน โดยกราฟมีลักษณะค่อยๆ เพิ่มขึ้นทีละน้อยจนกระทั่งมีค่าความสว่างเริ่มคงที่



รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ค่าความสว่าง-มืด ในการบำบัดด้วยคาร์บอนกัมมันต์ในอัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ค่าสี b ในการบำบัดด้วยคาร์บอนกัมมันต์ในอัตราส่วนต่างๆ

ผลของการบำบัดด้วยคาร์บอนกัมมันต์ในอัตราส่วนต่างๆ แสดงค่าสี b ซึ่งค่า b บ่งบอกลักษณะสีเหลือง ดังรูปที่ 12 เห็นได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดด้วยคาร์บอนกัมมันต์ในอัตราส่วนต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดพบว่า ที่อัตราส่วน 1:4

และ 1:6 มีค่า b ค่อยๆลดลง ตามระยะเวลาในการบำบัด จนกระทั่งค่า b มีค่าใกล้เคียงและเริ่มคงที่ เนื่องจากเวลาในการบำบัดเพิ่มขึ้น ค่า b

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากค่าความสว่าง – มีด และค่า b แล้วพบว่าปริมาณคาร์บอนกัมมันต์มีผลต่อความใสของสารละลาย กลีเซอริน หากใช้ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์มากก็จะสามารถดูดซับสิ่งเจือปนได้มาก และอัตราส่วนที่ทำให้สารละลายกลีเซอรินมีสีเหลืองอ่อนมากที่สุดคือ อัตราส่วน 1:4 และ 1:6 ทั้งนี้เนื่องจากค่า b ใกล้เคียงกันมาก โดยมีค่าเฉลี่ย $L = 97.69$, $b = 4.37$

4.4 ผลการหาร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินภายหลังการระเหย

จากการ ทดลอง ผลของการหาร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินพบว่ากลีเซอรินที่ผ่านกระบวนการบำบัดมีความบริสุทธิ์โดยเฉลี่ย 81.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลีเซอรินมาตรฐาน ที่มีความบริสุทธิ์ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่ายังมีความบริสุทธิ์ที่ต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรินที่ได้จากการทดลองยังมีความบริสุทธิ์ไม่เพียงพอเพราะยังมีสารอื่นๆเจือปนอยู่ โดยไม่สามารถแยกออกได้ด้วยกระบวนการทดลองที่ออกแบบ อย่างไรก็ตามกลีเซอรินที่ได้จากการทดลองนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำสบู่ได้

4.5 การวิเคราะห์ผลเชิงเศรษฐศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน ดังตารางที่ 2 ในปี 2549 และปี 2552 เมื่อวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนพบว่าโครงการที่ 1 ไม่ต้องมีระยะเวลาคืนทุนเลย เนื่องจากไม่มีต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรใดๆ เมื่อพิจารณาโครงการที่ 2 และ 3 นั้น มีต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรเกิดขึ้นเนื่องจากผ่านกระบวนการบำบัดพบว่าโครงการที่ 2 ในปี 2549 มีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุดคือ 0.2 ปี ส่วนในปี 2552 นั้นไม่พบระยะเวลาคืนทุนเลย จะเห็นได้ว่าราคาของกลีเซอริน และต้นทุนผันแปรมีผลกระทบต่อระยะเวลาคืนทุนที่เกิดขึ้น หากพิจารณาในส่วนของระยะเวลาคืนทุน พบว่าโครงการที่ 1 เหมาะสมในการลงทุนมากกว่าโครงการที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 แสดงระยะเวลาคืนทุนของโครงการต่างๆ ในปี 2549 และปี 2552

รายการ	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	
	ปี 2549	ปี 2552
1. โครงการที่ 1	-	-
2. โครงการที่ 2	0.2	-17.55
3. โครงการที่ 3		
3.1 อัตราส่วน 1:4	-0.27	-0.21
3.2 อัตราส่วน 1:6	-3.28	-0.36
3.3 อัตราส่วน 1:8	0.85	-0.50
3.4 อัตราส่วน 1:10	0.38	-0.74
3.5 อัตราส่วน 1:12	0.27	-1.21

ผลการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม เมื่อคิดเทียบโครงการ จากการหาอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่มเมื่อคิดเทียบโครงการโดยเปรียบเทียบโครงการที่ 1 โครงการที่ 2 และโครงการที่ 3 ดังตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่มโครงการที่ 1 เทียบโครงการที่ 2 ในปี 2549 ให้อัตราผลตอบแทนมากที่สุดคือ 365 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าในปี 2549 โครงการที่ 2 มีความน่าลงทุนมากที่สุดในทั้ง 3 โครงการ ส่วนในปี 2552 พบว่าโครงการที่ 1 มีความน่าลงทุนมากที่สุดเนื่องจากอัตราผลตอบแทนเมื่อคิดเทียบกับโครงการที่ 2 และโครงการที่ 3 แล้ว พบว่าไม่เกิดอัตราผลตอบแทนเพิ่มขึ้นเนื่องจากส่วนเพิ่มรายได้ลดลง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่มเมื่อคิดเทียบโครงการต่างๆ

รายการ	อัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม	
	ปี 2549	ปี 2552
1. โครงการที่ 1 เทียบโครงการที่ 2	365%	-
2. โครงการที่ 1 เทียบโครงการที่ 3		
2.1 อัตราส่วน 1:4	-	-
2.2 อัตราส่วน 1:6	-	-
2.3 อัตราส่วน 1:8	-	-
2.4 อัตราส่วน 1:10	128 %	-
2.5 อัตราส่วน 1:12	239 %	-

ผลการวิเคราะห์หาราคาขายที่เหมาะสมเมื่อกำหนดให้อัตราผลตอบแทนเป็น 6.75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อ

พิจารณาในส่วนของราคาขายที่เหมาะสมเมื่อกำหนดให้อัตราผลตอบแทนเป็น 6.75 เปอร์เซ็นต์ เทียบเท่ากับดอกเบี้ยเงินกู้ของธนาคารกรุงไทย ดังนั้นสามารถหารราคาขายได้ดังตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าราคาขายสูงขึ้นเมื่อมีขั้นตอนการบำบัดเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากราคาต้นทุนที่ใช้ในการบำบัดเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย จึงส่งผลทำให้ราคาขายสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งโครงการที่ 1 เทียบโครงการที่ 2 มีแนวโน้มความเป็นไปได้ในการขายกลีเซอรินเซอริน กิโลกรัมละ 13 บาทมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับราคาขายอื่นๆที่มีราคาสูงจนเกินกว่าราคาตลาดซื้อขายในปัจจุบัน

ตารางที่ 4 แสดงราคาขายที่เหมาะสมเมื่อกำหนดให้อัตราผลตอบแทนเป็น 6.75 เปอร์เซ็นต์

รายการ	ราคาขาย (บาท/กก.)	
	ปี 2549	ปี 2552
1. โครงการที่ 1 เทียบโครงการที่ 2	19.27	13.00
2. โครงการที่ 1 เทียบโครงการที่ 3		
2.1 อัตราส่วน 1:4	220.27	185.7
2.2 อัตราส่วน 1:6	75.32	60.56
2.3 อัตราส่วน 1:8	53.50	41.97
2.4 อัตราส่วน 1:10	40.23	30.91
2.5 อัตราส่วน 1:12	33.21	25.2

จากผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ดังกล่าวจะเห็นว่า ราคาขายมีผลกระทบต่อระยะเวลาคืนทุน อัตราผลตอบแทนที่เกิดขึ้น ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ในปัจจุบันราคาขายกลีเซอรินบริสุทธิ์ 81.6 เปอร์เซ็นต์ โดยผ่านกระบวนการบำบัดในขั้นตอนที่ออกแบบในโครงการที่ 2 และโครงการที่ 3 ยังไม่เหมาะสมต่อการลงทุน ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวพบว่า โครงการที่ 1 เหมาะสมในการลงทุนมากที่สุดเมื่อเทียบกับโครงการที่ 2 และโครงการที่ 3

5. สรุปผลการทดลอง

1. อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการกลั่นเพื่อแยกเมทานอลคือ 95 องศาเซลเซียส สามารถแยกปริมาณเมทานอลได้ร้อยละ 2.29 ใช้เวลา 9 ชั่วโมง
2. จากการศึกษาวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของเมทานอลที่ได้จากการกลั่นพบว่า ที่อุณหภูมิ 95

องศาเซลเซียส มีความบริสุทธิ์ของเมทานอลใกล้เคียงกับเมทานอลมาตรฐานมากที่สุด

3. ร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินภาย

หลังการปรับสภาพเป็นกลางด้วยกรดอะซิติกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า สารละลายกลีเซอรินเริ่มแยกชั้นในชั่วโมงที่ 5 โดยมีร้อยละความบริสุทธิ์ 49.49

4. ผลของการทดลองบำบัดสารละลายกลีเซอรินเพื่อฟอกสีและลดกลิ่นด้วยคาร์บอนกัมมันต์ในอัตราส่วนต่างๆ ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าอัตราส่วน 1:4 และ 1:6 ให้ค่าสีเหลืองอ่อนใสได้ดีกว่าอัตราส่วนอื่นๆ

5. จากการศึกษาผลของการหาร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินพบว่ากลีเซอรินที่ผ่านกระบวนการบำบัดมีความบริสุทธิ์โดยเฉลี่ย 81.6 เปอร์เซ็นต์

6. จากการศึกษาการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่า ความบริสุทธิ์และสีของกลีเซอรินมีผลต่อราคาขาย โดยกระบวนการบำบัดกลีเซอรินที่ออกแบบเพื่อให้ได้กลีเซอรินที่มีความบริสุทธิ์ 81.6 เปอร์เซ็นต์นั้น เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาคืนทุนตลอดจนอัตราผลตอบแทนแล้วพบว่า ปัจจุบันยังไม่เหมาะสมต่อการลงทุน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2551 ขอขอบคุณบริษัทซีพีเอฟ จำกัดมหาชน สาขามหาชัยในการเอื้อเฟื้อกลีเซอรินดิบ ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ไพศาล คงกาญจนา และ ผศ.ดร.เกรียงไกร อัครมาศบัณฑิต ในการให้คำปรึกษางานวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ก่อฤกษ์ เชียงหว่อง และวีระชัย โคตรคำหาร (2544). การศึกษาเบื้องต้นจากการทำกลีเซอรินสังเคราะห์ไปโอดีเซลให้บริสุทธิ์. สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [2] จาตุพงศ์ วาฤทธิ์ (2551). การวัดค่าสี. คุณสมบัติทางการภาพของผลผลิตทางการเกษตร. แหล่งที่มา : <http://coursewares.mju.ac.th/ea341/>

- [3] จีรพันธ์ ปัญญานันท์ (2548). การบำบัดกลีเซอรินจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลเพื่อเพิ่มมูลค่า. สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [4] ปิยนาง อิทนกุล (2544). การทำกลีเซอรอลที่จากการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพให้บริสุทธิ์. สาขาวิศวกรรมปิโตรเคมี. คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [5] รุจิลักษณ์ รัตตะรมย์ (2551). *ก๊าซโครมาโตกราฟี*. แหล่งที่มา <http://www.cyberclass.msu.ac.th/>
- [6] สำนักงานมาตรฐานผลิตอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (2538). กลีเซอรินบริสุทธิ์. มอก. 337.
- [7] สุรารักษ์ บุญโชติ (2546). การทำให้บริสุทธิ์ของกลีเซอรินที่ได้จากปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [8] Ooi, T.L. et.al. (2001). Crude Glycerine Recovery from Glycerol residue waste from a Palm Kernel Oil Methyl Ester Plant. *Journal of oil Palm Research*, Vol. 13 No.2, December 2001, pp.16-22.
- [9] Wearingen, T.S. (1999). *Separating glycerine /FFAs*. Available online at <http://www.journeytoforever.html>
- [10] Yong, K.C. et.al. 2001. Refining of Crude Glycerine Recovered from Glycerol residue by Simple Vacuum Distillation. *Journal of oil Palm Research*. Vol. 13 No.2, December 2001, pp. 39-44.