



การปรับปรุงคุณภาพของกลีเซอรอลดิบให้มีความบริสุทธิ์ด้วยถ่านจากแกลบ Improvement of the Crude Glycerol with Carbonized Rice Husk

ชญาณิชฐ์ วิทยาภิรมย์¹ สายรุ่ง ชาวสุภา² และ ภิเชก รุ่งโรจน์ชัยพร^{1*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มความบริสุทธิ์และเพิ่มมูลค่าให้กับกลีเซอรอลดิบ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการกระบวนการผลิตไบโอดีเซล จากการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการเพิ่มความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลที่บำบัดด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ พบว่าความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลมีค่าเท่ากับ 98.69% และ 96.27% ตามลำดับ โดยที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลกับถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบที่ใช้เท่ากับ 5:2 และ 5:3 ตามลำดับ และความใสของกลีเซอรอลที่บำบัดด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ เท่ากับ 95.77% และ 92.46% ตามลำดับ

ABSTRACT

In this research, we studied the purification and value-added of crude glycerol which was a by-product of the biodiesel production. The purification of glycerol was systematically studied by comparison between using activated carbon (AC) and carbonized rice husk (CRH). From the experimental results, the purity of the glycerol treated with weight ratios between glycerol:AC (5:2), and glycerol: CRH (5:3) was 98.69% and 96.27%, respectively. The clarity of glycerol treated with activated carbon and carbonized rice husk was 95.77% and 92.46%, respectively.

คำสำคัญ: กลีเซอรอล ถ่านกัมมันต์ ถ่านจากแกลบ

Keywords: Glycerol, Activated carbon, Carbonized rice husk

¹สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

²ภาคเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

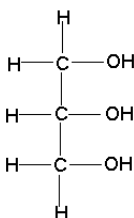
*Corresponding Author, E-mail: krpisak@kmitl.ac.th

บทนำ

การผลิตไบโอดีเซลจะเกิดผลิตภัณฑ์ร่วม คือ กลีเซอรอล ในการผลิตไบโอดีเซลประมาณ 200 ตันต่อวันจะทำให้เกิดผลพลอยได้เป็นกลีเซอรอลดิบไม่น้อยกว่า 14-16 ตันต่อวัน ซึ่งมีลักษณะสีน้ำตาลและไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (นพวรรณ และคณะ, 2552) โรงงานที่มีการผลิตไบโอดีเซลจึงจำเป็นต้องกำจัดในสถานะที่เป็นของเสีย (ก่อฤกษ์ และวีระชัย, 2544; ชัยศรี, 2552) ดังนั้นหากนำกลีเซอรอลเหล่านั้นมาบำบัดให้มีความบริสุทธิ์เพียงพอจะเป็นการเพิ่มมูลค่า

ให้กับผลิตภัณฑ์ ทำให้กลีเซอรอลสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง

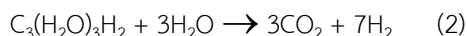
กลีเซอรอล (glycerol) หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กลีเซอริน (glycerin) มีลักษณะเป็นของเหลวใสหนืด ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีพิษ มีรสหวานเล็กน้อย กลีเซอรอล เป็นสารจำพวกโพลีไฮดริก แอลกอฮอล์ (polyhydric alcohol) ที่มีสูตรโมเลกุลเคมีคือ $C_3H_8O_3$ และมีชื่อทางเคมีว่า 1,2,3-โพรเพน ไตรออล (1,2,3-propanetriol) โครงสร้างของกลีเซอรอลแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างของกลีเซอรอล

กลีเซอรอล ละลายได้ดีในเมทานอล เอทานอล ไอโซเมอร์ของโพรพานอล บิวทานอล เพนทานอล รวมทั้งฟีนอล ไกลคอล โพรเพนไดออลเอมีน และสารประกอบที่เป็นเฮเทอโรไซคลิก ไดเอทิลอีเทอร์ เอทิลเอสเทอร์และไดออกเซน ไม่ละลายในไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ที่มีโซ่ยาวของน้ำมันพืชและสัตว์ และตัวทำละลายจำพวกเฮโลเจน เช่น คลอโรฟอร์ม เป็นต้น ดังนั้น กลีเซอรอลจึงสามารถใช้เป็นตัวทำละลายที่มีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมยา อาหาร และเครื่องสำอาง เป็นต้น (Claude et al., 2000; Queste et al., 2006; Haynes et al., 1994; Claude, 1999) นอกจากนั้น กลีเซอรอลยังสามารถเกิดปฏิกิริยาได้เหมือนกับแอลกอฮอล์ทั่วไป จึงมีการนำกลีเซอรอลไปใช้เป็นแหล่งพลังงานชีวมวล (biomass energy) โดยใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนหรือที่เรียกว่าแก๊ส

สังเคราะห์ (synthetic gas) ผ่านปฏิกิริยาการสลายตัวจากกลีเซอรอล ดังแสดงในสมการที่ 1 หรืออาจใช้กระบวนการรีฟอร์มมิงด้วยไอน้ำ (steam reforming) [8,9] ดังแสดงในสมการที่ 2



แกลบข้าว (rice husk) คือ เปลือกข้าวสาร ที่ได้จากการสีข้าว เป็นส่วนที่เหลือใช้จากการผลิตข้าวสาร เมล็ดมีลักษณะเป็นรูปทรงรี เมื่อยาวสีเหลืองอมน้ำตาลหรือเหลืองนวล ถ่านจากแกลบดำ ประกอบด้วยซิลิกา (SiO_2) ประมาณร้อยละ 70-95 และมีคาร์บอนประมาณร้อยละ 5-30 ที่เหลือเป็น CaO , MgO , Na_2O , K_2O , Al_2O_3 , FeO_3 และ sulphates เมื่อนำแกลบข้าวมาเผา จะเรียกว่า ถ่านจากแกลบ (ดวงพร,

2549; บุญรักษ์, 2553) ซึ่งมีสองลักษณะ คือ เมื่อเผาในสภาวะที่ไม่จำกัดออกซิเจนจะได้ถ่านจากแกลบที่มีปริมาณซิลิกาสูงถึงร้อยละ 95 โดยน้ำหนัก และเมื่อเผาแบบควบคุมออกซิเจนพบว่าถ่านจากแกลบดำจะให้ปริมาณคาร์บอนมากกว่าถ่านจากแกลบขาว ถ้าเผาในอุณหภูมิสูงจะทำให้ซิลิกาอยู่ในรูปผลึกเกิดปฏิกิริยาได้ยาก แต่ถ้าเผาที่อุณหภูมิเหมาะสมประมาณ 700 องศาเซลเซียส จะได้ซิลิการูปอสัณฐานซึ่งว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา และมีคุณสมบัติเป็นรูปพรุนและพื้นที่ผิวสูงสามารถใช้เป็นสารดูดซับเช่นเดียวกับซิลิกาบริสุทธิ์ และแกลบเผายังเป็นวัสดุดูดซับได้ดี ถ้าบดแกลบเผาให้ละเอียดมากขึ้นหรือถูกกระตุ้นด้วยกระบวนการทางเคมีหรือกายภาพจะทำให้มีความสามารถในการดูดซับดียิ่งขึ้น

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการเพิ่มความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลดิบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ด้วยกระบวนการทางเคมี และการดูดซับ (Manosak,

2011; คันธารส, 2550) โดยนำถ่านจากแกลบซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการเผาแกลบเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ในการบำบัดสีของกลีเซอรอล อีกทั้งยังเป็นการลดต้นทุนในการทำให้กลีเซอรอลมีความบริสุทธิ์อีกด้วย

การทดลอง

1. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ

1.1 นำตัวอย่างกลีเซอรอลดิบมากรองสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออกและเก็บในขวดแก้วที่อุณหภูมิห้อง

1.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของ กลีเซอรอลดิบ ได้แก่ ปริมาณกลีเซอรอล ความชื้น ความเป็นกรด-เบสและความหนาแน่น ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วิธีและเครื่องมือที่ใช้ศึกษาสมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ

พารามิเตอร์	วิธีการ/เครื่องมือในการวิเคราะห์
ปริมาณกลีเซอรอล	การไทเทรต/เครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์
ความชื้นหรือน้ำ	วิธีเกรวิเมทรี
% ความใสของสี	เครื่องยูวีสเปกโตรมิเตอร์
ค่าความเป็นกรด-เบส	เครื่องพีเอชมิเตอร์
ความหนาแน่น	ขวดพิคโนมิเตอร์

2. การทำกลีเซอรอลดิบให้บริสุทธิ์

ตอนที่ 1 การกำจัดเบสและเกลือในกลีเซอรอลดิบด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

1.1 ชั่งตัวอย่างกลีเซอรอลดิบ 100 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร

1.2 เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ใช้เวลาจนให้เข้ากันประมาณ 10 นาที จากนั้นปรับ pH ให้มีค่าเท่ากับ 2.5

ตอนที่ 2 การสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซน

2.1 นำกลีเซอรอลจากตอนที่ 1 มาสกัดด้วยเฮกเซนในกรวยแยกขนาด 250 มิลลิลิตร ในอัตราส่วนระหว่างเฮกเซนกับกลีเซอรอล 1:2 โดยปริมาตร ทำการ

เขย่าประมาณ 15 นาที ไขส่วนล่างออกหลังจากตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น และทำการสกัดซ้ำอีก 2 รอบ

2.2 นำมาปรับ pH ให้เป็นกลางด้วย 40% NaOH

ตอนที่ 3 การบำบัดสีของกลีเซอรอลโดยใช้ถ่านกัมมันต์ และถ่านจากแกลบ

3.1 นำถ่านกัมมันต์ ไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 30 นาที

3.2 นำถ่านจากแกลบไปร่อนตะแกรงขนาด 100 เมช แล้วทำเช่นเดียวกับข้อ 3.1

3.3 นำกลีเซอรอลจากตอนที่ 2 มาแช่ในถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลกับสารดูดซับบำบัดสี

อัตราส่วนโดยน้ำหนักของกลีเซอรอล		เวลาในการแช่ (วัน)	อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบเขย่า (rpm)
ต่อสารดูดซับ				
ถ่านกัมมันต์	ถ่านจากแกลบ			
5:1	5:1	1	31	180
5:2	5:2	1	31	180
5:3	5:3	1	31	180
5:4	5:4	1	31	180
5:1	5:1	2	31	180
5:2	5:2	2	31	180
5:3	5:3	2	31	180
5:4	5:4	2	31	180

3.4 กรองกลีเซอรอลออกจากถ่านกัมมันต์ และถ่านจากแกลบ ด้วยเครื่องกรองแบบสุญญากาศ

3.5 นำตัวอย่างที่ได้ไประเหยน้ำออกด้วยเครื่องระเหยแบบลดความดัน

3.6 นำกลีเซอรอลบริสุทธิ์มาวิเคราะห์องค์ประกอบของกลีเซอรอลด้วยฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความใสของสีด้วยเครื่องยูวีวิสสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอรอลด้วยเทคนิคไทเทรต/เครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1.การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ

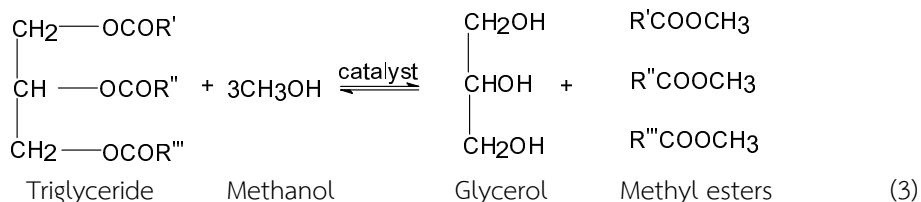
จากการนำกลีเซอรอลดิบที่ได้จากผลผลิตร่วมของการผลิตไบโอดีเซล โดยได้รับการอนุเคราะห์จากกรมอุตสาหกรรมโดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันพืชที่ใช้แล้วด้วยเมทานอล ซึ่งมีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา นำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพเบื้องต้นได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ

พารามิเตอร์	ปริมาณ
ปริมาณกลีเซอรอล	48.17 %
ความชื้นหรือน้ำ	11.73 %
ความเป็นกรด-เบส (pH)	9.97
สี	น้ำตาลเข้ม
ความหนาแน่น	1.0248 g/cm ³

จากตารางที่ 3 แสดงสมบัติทางกายภาพของ กลีเซอรอลดิบ พบว่ามีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสี น้ำตาลเข้มซึ่งมีปริมาณกลีเซอรอล 48.17% ปริมาณน้ำ 11.73% ความหนาแน่น 1.0248 g/cm³ และค่าความเป็นกรด-เบส 9.97 หรือ pH ประมาณ 10 เมื่อเทียบกับกลีเซอรอลมาตรฐานชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกลีเซอรินบริสุทธิ์, 2538) จะเห็นได้ว่ากลีเซอรอลดิบนั้นไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้เนื่องจากยัง

มีสิ่งเจือปนอยู่มาก โดยพบว่าในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจะมีการใช้น้ำมันที่ใช้แล้วเป็นสารตั้งต้น และสารที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานั้นล้วนเป็นสารอินทรีย์ทั้งสิ้น จึงเกิดสารอินทรีย์เหลือในกลีเซอรอลดิบสูง นอกจากนี้ กลีเซอรอลดิบยังมีสถานะเป็นเบสเนื่องจากการใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาทรานส์-เอสเทอร์ฟิเคชันดังสมการที่ 3 ดังนั้นจึงต้องมีการบำบัด กลีเซอรอลให้บริสุทธิ์เพื่อเพิ่มมูลค่าขึ้น



2. กระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพพบว่า กลีเซอรอลดิบมีสารเจือปนอื่น ๆ อยู่มาก จึงจำเป็นต้องกำจัดหรือแยกสารเจือปนออก เพื่อให้กลีเซอรอลมีความบริสุทธิ์ ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การกำจัดเบสและเกลือ

เนื่องจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมัน จะใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้กลีเซอรอลซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

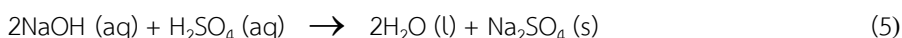
มีสถานะเป็นเบส ดังนั้นจึงต้องกำจัดเบสและเกลือที่หลงเหลือเป็นขั้นตอนแรก โดยจะใช้วิธีการเติมกรดซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายต่อการปฏิบัติ การเติมกรดจะสามารถเปลี่ยนสบู่ที่ปนอยู่ในกลีเซอรอลดิบให้กลายเป็นกรดไขมันซึ่งง่ายต่อการกำจัดออกในขั้นตอนต่อไป

การใช้กรดเพื่อกำจัดเบสออกจากกลีเซอรอลดิบ ปัจจัยที่สำคัญคือค่าความเป็นกรด-เบส จากการศึกษาในงานวิจัยที่ผ่านมา (Cui et al., 2009) พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ ค่าความเป็นกรด-เบส

เท่ากับ 2.5 ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้เลือกการปรับค่าความเป็นกรด-เบสให้เป็น 2.5

จากการทดลอง เมื่อเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น โดยปรับให้ความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 2.5 จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์ พบว่าเมื่อเติมกรดจะทำให้กลีเซอรอลแยกออกเป็น 3 ชั้น ดังรูปที่ 2 และตารางที่ 4 โดยชั้นบนเป็นชั้นที่ประกอบด้วยกรดไขมันอิสระเป็นส่วนใหญ่ซึ่งเกิดจาก

สบู่ที่เจือปนอยู่ในกลีเซอรอลดิบทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก ดังสมการที่ 4 ส่วนชั้นกลางเป็นชั้นที่ประกอบด้วยกลีเซอรอล และชั้นล่างสุดจะประกอบด้วยตะกอนเกลียวโซเดียมซัลเฟต (ของแข็งสีขาว) ของตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกดังสมการที่ 5 โดยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่หลงเหลืออยู่ในกลีเซอรอลดิบจะมีผลต่อการเกิดตะกอนเกลียวดังกล่าว



ตารางที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ เมื่อใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่มีค่า pH เท่ากับ 2.5

ระดับชั้น	ลักษณะทางกายภาพ
ชั้นแรก	ของเหลวชั้น หนืด สีน้ำตาลเข้ม
ชั้นกลาง	ของเหลว ใส สีน้ำตาลแดง
ชั้นล่าง	ตะกอนสีขาว



รูปที่ 2 กลีเซอรอลหลังการกำจัดเบสและเกลียว

ตอนที่ 2 การสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซน

การสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซน ทำเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนในกลีเซอรอลที่สามารถละลายได้ดีในชั้นของตัวทำละลายอินทรีย์ เนื่องจากในการผลิตไบโอดีเซลผลิตภัณฑ์ที่ได้ประกอบด้วยสารอินทรีย์หลายชนิด

นอกเหนือจากกลีเซอรอลแล้ว ยังมีกลีเซอไรด์ชนิดต่าง ๆ เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน กรดไขมันและเมดสี เป็นต้น โดยในการสกัดได้เลือกเฮกเซนเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ เนื่องจากเฮกเซนเป็นตัวทำละลายไม่มี

ข้าวจึงสามารถละลายสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่มีขั้วในกลีเซอรอล

จากการทดลอง พบว่า การสกัดมี 3 ชั้น คือ ชั้นเฮกเซนอยู่ด้านบนมีสีเหลืองอ่อน ชั้นกลางเป็นชั้นอิมัลชันและชั้นล่างสุดคือชั้นกลีเซอรอล เมื่อทำการ

สกัดซ้ำอีก จะเห็นได้ว่าชั้นเฮกเซนมีลักษณะใสไม่มีสี แสดงว่าไม่มีสิ่งปนเปื้อนอยู่ในชั้นเฮกเซน โดยกลีเซอรอลมีความบริสุทธิ์เท่ากับ 79.71% ซึ่งจากการสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนทำให้กลีเซอรอลมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นประมาณ 30%



รูปที่ 3 กลีเซอรอลหลังจากการสกัดด้วยเฮกเซน

ตอนที่ 3 การบำบัดสีของกลีเซอรอลด้วยสารดูดซับโดยใช้ถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ

เนื่องจากลักษณะของกลีเซอรอลที่ได้จากการสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซน มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองอ่อน ซึ่งจะเป็นสีที่เข้มกว่ากลีเซอรอลมาตรฐาน จึงต้องนำกลีเซอรอลมาบำบัดสีต่อไป

ดังนั้นในงานวิจัยได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดสีของกลีเซอรอลด้วยตัวดูดซับ โดยศึกษาชนิดของสารดูดซับ เวลา และปริมาณของตัวดูดซับ (กรัมของกลีเซอรอลต่อกรัมของตัวดูดซับ) ในที่นี้คือ ถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบโดยใช้เวลาในการเขย่า

1 และ 2 วัน ตามลำดับ ที่ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที ดังตารางที่ 5

จากการทดลองโดยศึกษาหาเวลาและอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างสารดูดซับทั้งสองชนิดต่อกลีเซอรอลซึ่งจากผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วน 5:2 ส่วนถ่านจากแกลบที่อัตราส่วน 5:3 ปั่นกวนเป็นเวลา 1 วัน สามารถบำบัดสีและทำให้ความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลมีปริมาณดีที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่น ๆ ในเวลา 2 วัน โดยอัตราส่วนดังกล่าวสามารถบำบัดได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5 การบำบัดสีของกลีเซอรอลด้วยถ่านกัมมันต์ และถ่านจากแกลบ ในอัตราส่วนต่าง ๆ เป็นเวลา 1 และ 2 วัน

อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ		เวลาในการแช่ (วัน)	อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบเขย่า (rpm)	ความใสของสี(%)	
กลีเซอรอลต่อสารดูดซับ					ถ่าน	ถ่าน
กัมมันต์	จากแกลบ				กัมมันต์	จากแกลบ
5:1	5:1	1	31	180	65.42	54.36
5:2	5:2	1	31	180	95.77	75.22
5:3	5:3	1	31	180	94.99	92.46
5:4	5:4	1	31	180	87.91	91.74
5:1	5:1	2	31	180	90.91	87.51
5:2	5:2	2	31	180	93.23	87.89
5:3	5:3	2	31	180	91.06	88.84
5:4	5:4	2	31	180	92.53	88.75

ตารางที่ 6 ปริมาณกลีเซอรอลก่อนและหลังจากการทำให้บริสุทธิ์ด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ

กลีเซอรอล	ความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล (%w/w)	
	วิธีไทเทรต	วิธีวัดด้วยรีแฟรคโตมิเตอร์
กลีเซอรอลดิบ	48.17	48
กลีเซอรอลที่ยังไม่ได้บำบัดสี	79.71	76
กลีเซอรอลที่บำบัดสีถ่านกัมมันต์	98.69	98
กลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านจากแกลบ	96.27	96

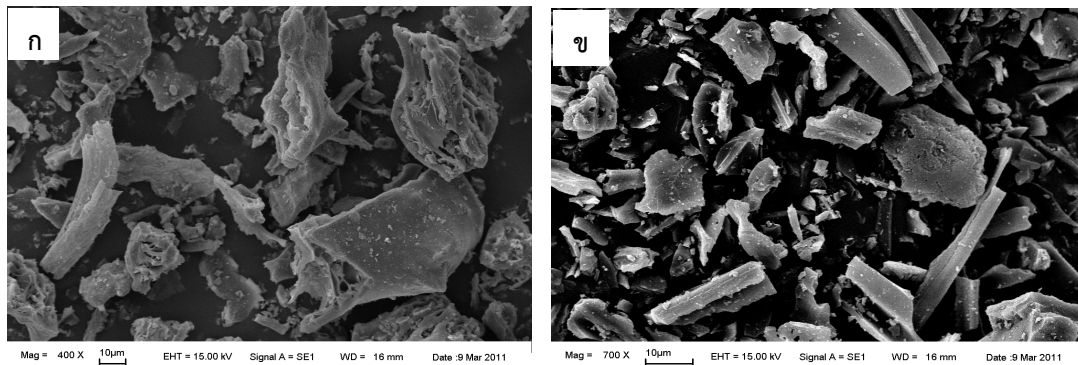
เมื่อสามารถหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดสีได้ จึงนำกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดสีแล้วมาหาปริมาณความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลด้วยวิธีการไทเทรต ดังแสดงในตารางที่ 6

จากการวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล ดังตารางที่ 6 พบว่า เมื่อใช้วิธีการหาปริมาณของกลีเซอรอลด้วยวิธีไทเทรต (Muangthai et al., 2009) และเปรียบเทียบกับวิธีวัดด้วยรีแฟรคโตมิเตอร์ พบว่ามีค่าความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลไม่แตกต่างกันมากนัก สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างสองวิธีคือมีค่าความละเอียดที่ต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบความบริสุทธิ์และความใสของ

กลีเซอรอลจากการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ พบว่ากลีเซอรอลที่บำบัดด้วยถ่านกัมมันต์มีความบริสุทธิ์มากกว่ากลีเซอรอลที่บำบัดด้วยถ่านจากแกลบเพียงประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุเนื่องจากเมื่อตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM ดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่าขนาดอนุภาคของถ่านกัมมันต์ที่ใช้มีขนาดสม่ำเสมอและเล็กกว่าถ่านจากแกลบ ทำให้เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับเพื่อบำบัดสีถ่านกัมมันต์จึงมีการดูดซับได้ดีกว่าถ่านจากแกลบเล็กน้อย แม้ว่ากลีเซอรอลที่บำบัดด้วยถ่านจากแกลบอาจมีประสิทธิภาพน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ หากแต่เราสามารถเพิ่ม

ประสิทธิภาพของการดูดซับของถ่านจากแกลบได้ โดยการนำถ่านจากแกลบที่ได้มาบดย่อยให้มีขนาดเล็กลง

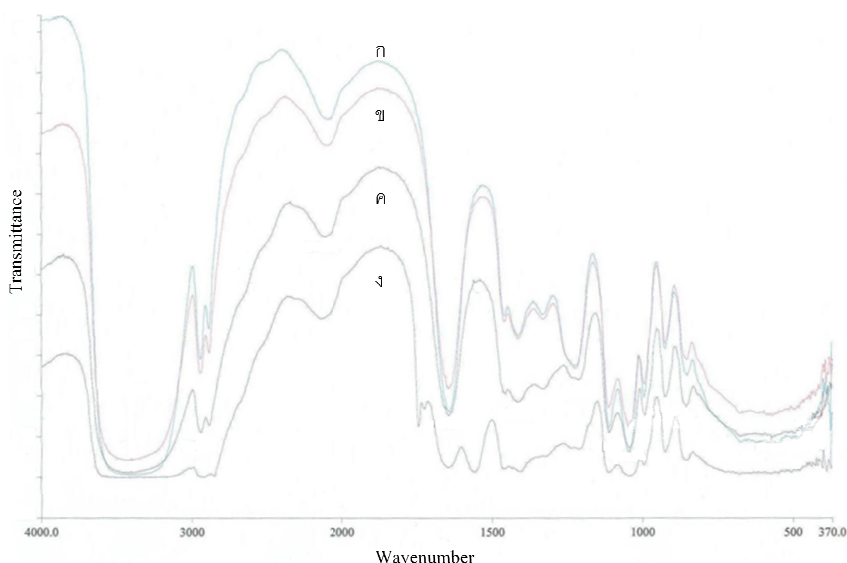
ก่อนที่จะนำไปบำบัดสีของกลีเซอรอลต่อไป



รูปที่ 4 SEM (ก) ถ่านจากแกลบ และ (ข) ถ่านกัมมันต์

เมื่อตรวจสอบองค์ประกอบของกลีเซอรอลด้วยฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (FTIR) ดังแสดงในรูปที่ 5 จากผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลทางอินฟราเรดสเปกโตรสโกปีของกลีเซอรอลมาตรฐาน สามารถแสดงหมู่ฟังก์ชันและเลขคลื่นได้ดังนี้ ในช่วงเลขคลื่น $3,200\text{--}3,700\text{ cm}^{-1}$ คือ O-H stretching ของแอลกอฮอล์ $2,840\text{--}3,000\text{ cm}^{-1}$ คือ C-H stretching สำหรับ C-OH stretching ได้แก่ช่วงเลขคลื่น $1,010\text{--}1,100\text{ cm}^{-1}$ ของแอลกอฮอล์ปฐมภูมิ (primary alcohol) $1,100\text{--}1,200\text{ cm}^{-1}$ ของแอลกอฮอล์ทุติยภูมิ (secondary alcohol) และ $1,200\text{--}1,500\text{ cm}^{-1}$ ของแอลกอฮอล์ตติยภูมิ (tertiary alcohol) เมื่อนำกลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านแกลบมาทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลทางอินฟราเรด-

สเปกโตรสโกปีโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลอินฟราเรดสเปกโตรสโกปีของกลีเซอรอลมาตรฐาน พบว่าสเปกตรัมส่วนใหญ่มีหมู่ฟังก์ชันสอดคล้องกับกลีเซอรอลมาตรฐาน นอกจากนี้ในกลีเซอรอลดิบพบพีคที่เลขคลื่น $1,500\text{--}1,600\text{ cm}^{-1}$ และ $1,700\text{--}1,800\text{ cm}^{-1}$ คือ C=O stretching ซึ่งเป็นพีคของหมู่คาร์บอกซิลของกรดไขมันหรือพีคของหมู่เอสเทอร์ของไบโอดีเซล (Mahamuni et al., 2009) แต่กลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์ และถ่านแกลบไม่ปรากฏพีคที่เลขคลื่นดังกล่าว อีกทั้งจาก $^1\text{H-NMR}$ ไม่พบพีคอื่นนอกจากสเปกตรัมกลีเซอรอล เช่น พีคที่แสดงหมู่ฟังก์ชันของไบโอดีเซลหรือน้ำมันพืช (Gelberd et al., 1995) แสดงว่ากลีเซอรอลที่บำบัดได้ไม่มีสิ่งเจือปนของกรดไขมันหรือสารตั้งต้นอื่นอยู่



รูปที่ 5 FTIR (ก) กลีเซอรอลมาตรฐาน (ข) กลีเซอรอลที่ใช้ถ่านกัมมันต์ (ค) กลีเซอรอลที่ใช้ถ่านจากกลีบ และ (ง) กลีเซอรอลดิบ

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเพิ่มความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล และเป็น การเพิ่มมูลค่าให้กับกลีเซอรอลที่เป็นผลพลอยได้จาก กระบวนการผลิตไบโอดีเซล เนื่องจากเมื่อบำบัดให้ กลีเซอรอลบริสุทธิ์ โดยนำไปเทียบกับกลีเซอรอล มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.337-2545 ขึ้น คุณภาพอุตสาหกรรมแล้วสามารถนำไปใช้ประโยชน์ใน อุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมสบู่ อุตสาหกรรม เครื่องสำอาง ใช้ในการแพทย์ เป็นต้น โดยเริ่มจากการ นำกลีเซอรอลดิบมาวิเคราะห์ทางกายภาพเบื้องต้น พบว่า กลีเซอรอลมีสีน้ำตาลเข้ม มีปริมาณกลีเซอรอล 48.17% ความชื้น 11.73% ความหนาแน่น 1.0248 g/cm³ และความเป็นกรด-เบส 10 และได้ทำการบำบัด 3 ขั้นตอน เมื่อผ่านการกำจัดเบสและเกลือด้วยกรด ซัลฟิวริกเข้มข้นที่ความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 2.5 จากนั้นสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซนหรือกำจัดกรดไขมัน

อิสระและปรับความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 7 โดยใช้ อัตราส่วนของเฮกเซนต่อกลีเซอรอลเท่ากับ 1:2 โดย ปริมาตรและเปรียบเทียบการบำบัดสีของกลีเซอรอล ด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากกลีบ พบว่าอัตราส่วน โดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลกับถ่านกัมมันต์ที่ เหมาะสม เท่ากับ 5:2 ในเวลา 1 วันมีปริมาณกลีเซอรอล 98.69% ความใสของสีเท่ากับ 95.77% และมีความหนาแน่น 1.2618 g/cm³ ส่วนอัตราส่วนโดย น้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลกับถ่านจากกลีบที่ เหมาะสมเท่ากับ 5:3 ในเวลา 1 วันมีปริมาณกลีเซอรอล 96.27% ที่ความใสเท่ากับ 92.46% และความหนาแน่น 1.2617 g/cm³ วิธีการบำบัดกลีเซอรอลด้วย ถ่านจากกลีบ นอกจากจะเพิ่มมูลค่าของกลีเซอรอลดิบที่ได้จากผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล แล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของถ่านจากกลีบที่เป็นวัสดุ เหลือทิ้งจากโรงไฟฟ้าหรือเหลือใช้จากการเกษตร เนื่องจากถ่านจากกลีบสามารถบำบัดสีของกลีเซอรอล

ที่ผ่านการบำบัดได้ โดยมีความแตกต่างเพียง 3% จาก ถ่านกัมมันต์ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีสำหรับกลีเซอรอล บริสุทธิ์ขึ้นคุณภาพอุตสาหกรรม

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กรมอุทกหารเรือธนบุรี และ โรงไฟฟ้าเดชาไบโอกรีน

เอกสารอ้างอิง

ก่อฤกษ์ เชียงว่อง และวีระชัย โคตรคำหาร. (2544). การศึกษาเบื้องต้นการทำกลีเซอรินจากการสังเคราะห์ไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมศาสตร์เคมี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

คันธารส จักรตอน. (2550). การทำกลีเซอรินให้บริสุทธิ์จากผลพลอยได้ของอุตสาหกรรมการผลิตซีเมนต์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17.

ดวงพร แก่นแก้ว. (2549). การดูดซับฟลูออไรด์โดยใช้ดินเหนียวที่ปรับสภาพด้วยถ่านจากกลบดำ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์. (2552). การผลิตกลีเซอรอลบริสุทธิ์จากของเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน 29-30 ม.ค. 2552.

นพวรรณ ชัญญานิษ, วัฒนา ปิ่นเสม และบุญมี บุญยะผลานันท์. (2552). การทำกลีเซอรินจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 19 (1).

บุญรักษ์ กาญจนวรณชัย. (2553). ถ่านจากกลบของเหลือสารพัดประโยชน์. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 22 พ.ค. 2553.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกลีเซอรินบริสุทธิ์: มอก. 337 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กระทรวงอุตสาหกรรม 2538.

Claude, S. (1999). Research of new outlets for glycerol-recent developments in France. Lipid. 101.

Claude, S., Heming, M., Hill, K. (2000). Development of glycerol market. Part I. Markets and applications. Lipid Tech. Newslett. 105.

Cortright, R.D, Davda R.R., and Dumesic J.A.. (2002). Hydrogen from catalytic reforming of biomass derived hydrocarbons in liquid water. Nature 418: 964.

Gelbard, G., Bres, O., Vargas, R.M., Vielfaure, F., Schuchardt, U.F. (1995). ¹H nuclear magnetic resonance determination of the yield of the transesterification of rapeseed oil with methanol. J. Am. Oil Chem. Soc. 72: 1239.

Haynes, M.P., Buckley, H.R., Higgins, M.L. and Pieringer, R.A. (1994). Synergism between the antifungal agents. Antimicrob. Agents Chemother 38: 1523.

Manosak, R. (2011). Sequential refining of crude glycerol derived from waste used-oil methyl ester plant via a combined process of chemical and adsorption. Fuel Process. Technol 92: 92.

Muangthai, P., Depatii, N., Kanthuskampol, A. and Tatriyasri, S. (2009). Utilization of dairy waste from milk industry in production of glycerine and biodiesel. International Conference on the Role of Universities in Hands-On Education Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang-Mai, Thailand 23-29 August 2009.

Mahamuni, Naresh N. and Adewuyi, Yusuf G. (2009). Fourier Transform Infrared Spectroscopy

- (FTIR) Method To Monitor Soy Biodiesel and Soybean Oil in Transesterification Reactions, Petro-diesel-Biodiesel Blends, and Blend Adulteration with Soy Oil. *Energ. Fuel* 23: 3773–3782.
- Queste, S., Bauduin, P., Touraud, D., Kunz, W. and Aubry, J.M. (2006). Short chain glycerol 1-monoethers - a new class of green solvosurfactants. *Green Chem.* 8: 822.
- Cui, Y., Galvita, V., Rihko-Struckmann, L., Lorenz, H. and Sundmacher, K. (2009). Steam reforming of glycerol: The experimental activity of $\text{La}_{1-x}\text{Ce}_x\text{NiO}_3$ catalyst in comparison to the thermodynamic reaction equilibrium. *Appl. Catal. B-Environ.* 90: 29.

