การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันสบู่ดำบริสุทธิ์

DEVELOPMENT OF JATROPHA OIL PURIFICATION PROCESS

ชนากานต์ อาษาสุจริต[1], ธนิตา สนธิเศวต[1], พิชัย วงศ์หาญ[1], สโรชา เจริญวัย[2]

[1]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
35 หมู่ 3 เทคโนธานี ถ.เลียบคลองห้า ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
[2]ภาควิชาการจัดการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
110/1-4 ถนนประชาชื่น หลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210
โทร 02 954 7356 ต่อ 587 โทรสาร 02 954 7356

Chanakan Asasutjarit[1], Thanita Sonthisawate[1], Phichai Wongharn[1] and Sarocha Charoenvai[2]*
[1]Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Tambon Khlong Ha, Amphoe Khlong Luang, Pathum Thani, 12120
[2]*Department of Energy Management, Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University, Laksi, Bangkok 10210
Tel: 02 954 7300 ext. 587 Fax: 02 954 7356, email: sarochakuk@hotmail.com (Corresponding Author)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งเน้นที่การทดลองกระบวนการกำจัดกัม และกำจัดกรดไขมันอิสระออกจากน้ำมันสบู่ดำ ศึกษาผลของตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชันในน้ำมันสบู่ดำ และศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันสบู่ดำโดยกระบวนการไฮโดรจิเนชัน จากการศึกษาพบว่า กรดฟอสฟอริกสามารถใช้กำจัดยางเหนียวออกจากน้ำมันได้มีประสิทธิภาพ โดยเมื่อใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้น 0.25% และ 0.5 % ค่าการกำจัดฟอสฟอรัสมีค่าใกล้เคียงกัน การทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันสบู่ดำกับกรดฟอสฟอริก คิดเป็นร้อยละ 0.25 โดยน้ำหนักของน้ำมันสบู่ดำ ณ อุณหภูมิที่เหมาะสม 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง วัดค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่หลงเหลืออยู่ในน้ำมันสบู่ดำบริสุทธิ์ได้เพียง 2.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือคิดเป็นปริมาณของสารฟอสฟอรัสที่ลดลงเท่ากับร้อยละ 70.75 โดยน้ำหนักของน้ำมันสบู่ดำ ในการเติมตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชันที่ความเข้มข้น 250 ส่วนในล้านส่วน สามารถเพิ่มค่าเสถียรภาพ หรือยืดอายุของน้ำมันสบู่ดำที่ผ่านการกำจัดยางเหนียวและค่ากรดให้มากขึ้นกว่าน้ำมันที่ไม่มีการเติมตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชันลงไป และจากผลการปรับปรุงสภาพของน้ำมันสบู่ดำโดยอาศัยกระบวนการไฮโดรจิเนชันโดยมี Platinum/alpha-aluminum oxide, 5 %Pt เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สามารถช่วยลดปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันได้

Abstract

Experiments of this project focused on degumming and deacidification of Jatropha oil. Effect of anti-oxidant and oil quality improvement by hydrogenation process was also studied. It was found that phosphoric acid can be used as a reagent for degumming Jatropha oil. The results obtained from experiments with phosphoric acid concentrations of 0.25% and 0.5% were not significantly different. The amount of phosphoric acid used for degumming process was 0.25%wt of raw Jatropha oil. The suitable reaction temperature and time were 90 ºC and 3 hours, respectively. At the optimum operating conditions, phosphorous concentration remaining in the purified oil was only 2.34 ppm, which was 70.75% reduced from its initial value. Anti-oxidant with concentration of 250 ppm was added to the degummed oil. All anti-oxidants selected in this study were found to enhance stability and lifetime of Jatropha oil, compared to the degummed Jatropha oil without anti-oxidant. The hydrogenation reaction was catalyzed by Platinum/ alpha-aluminum oxide, 5% Pt. The result showed that hydrogenation of Jatropha oil helped reducing concentration of unsaturated fatty acid. Unsaturated fatty acid is known as a major cause of oxidation in oil.

1. บทนำ

เนื่องมาจากปัญหาราคาน้ำมันปิโตเลียมที่มีราคาสูงขึ้นมากในปัจจุบัน ประกอบกับปริมาณความต้องการทางด้านพลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาพลังงานทางเลือกอื่นเพื่อเป็นการทดแทนหรือลดการนำเข้าเชื้อเพลิงปิโตเลียมจากต่างประเทศ ซึ่งหนึ่งในพลังงานทางเลือกนั้นได้แก่การนำผลผลิตจากภาคการเกษตรมาใช้เป็นเชื้อเพลิง

ทางชีวภาพแทนการใช้น้ำมันดีเซลและเบนซินในเครื่องยนต์ โดยในปัจจุบันน้ำมันสบู่ดำถือเป็นวัตถุดิบที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องมากจากต้นสบู่ดำสามารถทำการปลูกและเจริญเติบโตได้ทั่วไปในทุกพื้นที่ สบู่ดำเป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่ง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Jathopha curcas L.* มีคุณสมบัติทนความแล้งได้ดี การนำน้ำมันเมล็ดสบู่ดำมาเป็นพลังงานทดแทน สามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือ การใช้น้ำมันสบู่ดำเป็นเชื้อเพลิงโดยตรงสำหรับเครื่องจักรกลทางการเกษตร และการแปรรูปน้ำมันสบู่ดำเป็นไบโอดีเซล (เมทิลเอสเทอร์) สำหรับใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล จากรายงานก่อนหน้านี้เรื่องการนำน้ำมันสบู่ดำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลทางการเกษตร พบว่าน้ำมันสบู่ดำสามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้เช่นเดียวกับน้ำมันพืชชนิดอื่น พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองและการสึกหรอของเครื่องยนต์อยู่ในเกณฑ์ปกติ และองค์ประกอบของไอเสียที่ปล่อยออกมาอยู่ในเกณฑ์มาตราฐาน (กองเกษตรเคมี, 2525) แต่ทั้งนี้ผลการวิจัยดังกล่าวยังเป็นเพียงการทดลองในระยะสั้นเท่านั้น หากพิจารณาคุณสมบัติของน้ำมันสบู่ดำจะพบว่ามีค่าความเป็นกรด (Acid Value) เท่ากับ 38 มก.โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อ กรัมน้ำมัน หรือ คิดเป็นปริมาณกรดไขมันอิสระ (เทียบกับกรดโอเลอิก) ร้อยละ 19.2 (เหลืองอาภาพงษ์, พรชัย, 2549) ซึ่งจะส่งผลต่อการใช้งานในเครื่องยนต์ในระยะยาวได้ โดยจากผลงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าผลของกรดไขมันอิสระหรือกรดอินทรีย์ในไบโอดีเซลมีความสามารถในการกัดกร่อนชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่โลหะได้ เช่น ถังเก็บน้ำมัน หัวฉีดน้ำมัน เป็นต้น รวมถึงปัญหาการอุดตันในไส้กรองที่เร็วกว่าปกติ (www.tistr.or.th, 2008, Goto, S., 2007) นอกจากนี้ความหนืดของน้ำมันสบู่ดำมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลเพื่อลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจึงควรมีการแยกกรดไขมันอิสระออกก่อนที่จะนำไปใช้ในเครื่องยนต์ และเครื่องยนต์ที่เหมาะสมในการใช้น้ำมันสบู่ดำโดยไม่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นสารเอสเทอร์หรือไบโอดีเซลก่อน ควรเป็นเครื่องยนต์ขนาดเล็ก เครื่องจักรกลการเกษตร หรือเครื่องยนต์ที่ไม่มีความซับซ้อนมากนัก

จากข้อมูลดังกล่าว คณะผู้วิจัยและ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) จึงมีแนวคิดดำเนินการศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันสบู่ดำบริสุทธิ์ ในการดำเนินกระบวนการกำจัดกัม (Degumming) การกำจัดกรดไขมันอิสระ (Deacidfication) ออกจากน้ำมันสบู่ดำ ผลของตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่น (Antioxidant) ในน้ำมันสบู่ดำ และศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันสบู่ดำโดยกระบวนการไฮโดรจิเนชั่น (Hydrogenetion reaction)

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สบู่ดำ

สบู่ดำ (Jatropha curcas Linn.) ชื่อสามัญ Physic nut ตามประวัติในอดีตประมาณ 300 ปี นักเดินเรือทะเลพ่อค้าชาวโปรตุเกส ได้นำเมล็ดท่อนพันธุ์สบู่ดำจากอเมริกากลาง มาเผยแพร่ส่งเสริมให้ปลูกกันในเขตร้อนชื้น กึ่งร้อนของทวีปเอเชีย อัฟริกา รวมทั้งประเทศไทย เหมือนกับแหล่งกำเนิดเดิม ในขณะที่เขตอากาศหนาวปลูกไม่ได้ เพื่อใช้น้ำมันสบู่ดำทำสบู่และใช้ส่วนต่างๆ ของต้นสบู่ดำที่สามารถรักษาโรคได้หลายโรคด้วยกัน

ปี 2523 นายระพีพันธุ์ ภาสบุตร เป็นคนไทยคนแรกที่คิดค้นนำน้ำมันสบู่ดำเป็นพลังงานทดแทนน้ำมันดีเซลและเบนซิน นายสุขสันต์ฯ และคณะนักวิชาการ เจ้าหน้าที่กรมวิชาการเกษตร ได้ร่วมกันดำเนินการเป็นผลสำเร็จครบวงจรระดับหนึ่ง ต่อมาปี 2543 ราคาน้ำมันปิโตรเลียมเพิ่มสูงขึ้น จึงได้มีการนำผลงานมาเผยแพร่ผ่านทางบทความวิทยุ โทรทัศน์ แต่ไม่ค่อยมีผู้สนใจเท่าไร ในปี 2547 ธนาคารสมองสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้ให้เงินสนับสนุนดำเนินงานโครงการนำร่องการส่งเสริมใช้น้ำมันสบู่ดำในไร่นา รวม 18 จุด ใน 10 จังหวัด เพื่อจุดประกายสาธิตใช้น้ำมันดิบสบู่ดำ 100% สามารถเดินเครื่องยนต์ดีเซลบนรถไถนาได้ เพื่อเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ พระชนม์มายุ 72 พรรษา พร้อมทั้งได้เผยแพร่ทางสื่อมวลชนเหมือนกับปี 2543 จึงเริ่มมีการตื่นตัวกันเพิ่มขึ้น

ปี 2546 คณะกรรมการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพในคณะกรรมการวางแผนแห่งชาติ ได้แนะนำให้ใช้น้ำมันไบโอดีเซลทดแทนน้ำมันดีเซล 20% ของความต้องการทั้งหมด โดยการประสานงานระหว่างกระทรวงปิโตรเลียม กระทรวงพัฒนาชนบท กระทรวงแก้ไขความยากจนและสิ่งแวดล้อม วัตถุประสงค์คือ จะปลูกสบู่ดำเนื้อที่ 69 ล้านไร่ เพื่อผสมกับน้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันไบโอดีเซล 13 ล้านตัน ในปี 2546

สบู่ดำ (Jatropha curcas Linn.) เป็นไม้ผลยืนต้น เจริญเติบโตง่าย มีความสูง 2-7 เมตร ทนต่อสภาพความ แห้งแล้ง สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย ลำต้น ผล และเมล็ดมีกรด hydrocyanic เช่นเดียวกับมันสำปะหลัง และมีสารพิษ curcin ในเมล็ด เมล็ดสบู่ดำมีปริมาณน้ำมันร้อยละ 35 ของน้ำหนักเมล็ด เมล็ดสบู่ดำจำนวน 4 กิโลกรัม นำมาสกัดน้ำมันได้ 1 ลิตร และที่เหลือเป็นกาก จำนวน 3 กิโลกรัม น้ำมันสบู่ดำสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลกับเครื่องจักรกลทาง การเกษตรได้

โจเกอร์และเจฟเซน (2003) ได้สรุปว่า สบู่ดำถูกนำไปปลูกในที่ต่าง ๆ ทั่วโลก แต่ที่พบมีการปรับตัวได้ดีมักอยู่ในเขตร้อน (tropics) ที่มีฝนตกระหว่าง 300-1,000 มิลลิเมตรต่อปี ในพื้นที่ดินที่มีการระบายน้ำและอากาศดี ในแหล่งที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ แต่ถ้าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์และมีปริมาณฝนตกมากกว่า 1,000 มิลลิเมตรต่อปี เกษตรกรในประเทศต่าง ๆ จะใช้พื้นที่ไปปลูกพืชเศรษฐกิจที่มีผลตอบแทนดีกว่า ดังนั้น ในประเทศไทย ถ้าราคาน้ำมันดีเซลยังคงอยู่ระหว่างลิตรละ 25-30 บาท การปลูกสบู่ดำคงจะต้องปลูกแบบหัวไร่ปลายนา หรือในแหล่งดินด่างภาคกลาง ดินเค็มทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือหรือภาคใต้ หรือที่ลาดเทบนภูเขา ซึ่งจากการสำรวจในปี พ.ศ. 2525 ชดาคร ได้รายงานว่า สบู่ดำสามารถเจริญเติบโตอยู่ได้บนที่สูง 1,130 เมตร จากระดับน้ำทะเลที่อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่

งานวิจัยเพื่อส่งเสริมการใช้น้ำมันที่สกัดได้จากสบู่ดำที่ผ่านมามีทั้งในภาครัฐบาล กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรฯ โดยมีการร่วมมือวิจัยกับภาคเอกชน และภาคการศึกษา มหาวิทยาลัยต่างๆ สำหรับกรอบการวิจัยของน้ำมันสบู่ดำได้แก่ ทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล ทดสอบการใช้น้ำมันสบู่ดำกับรถบรรทุกเล็ก วิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำมันสบู่ดำ สำรวจแหล่งที่เหมาะสมกับการเพาะปลูก วิเคราะห์การใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ตรวจสอบมลภาวะของไอเสีย ทดสอบการสึกกร่อนของเครื่องยนต์ พัฒนาเครื่องไฮโดรลิก และทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์เบนซิน

ผลจากการวิจัยรายงานตรงกันว่า น้ำมันที่สกัดได้จากสบู่ดำสามารถใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องเพิ่มส่วนผสมอื่นๆ เหมาะกับ

เครื่องยนต์สูบเดียวรอบต่ำ ซึ่งเป็นลักษณะของเครื่องจักรกลการเกษตร นอกจากนี้ยังมีปริมาณควันน้อยกว่าน้ำมันดีเซล และไม่มีผลกระทบกับเครื่องยนต์ อีกทั้งมีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถละลายได้ดีทั้งในน้ำมันดีเซลและเบนซิน เมื่อเก็บไว้นานๆ ก็ไม่มีการแยกชั้น โดยเมื่อทดสอบกับรถยนต์บรรทุกเล็กและรถจักรยานยนต์พบว่า น้ำมันสบู่ดำมีคุณลักษณะพิเศษคือ เครื่องยนต์ไม่น็อคเมื่อเดินด้วยความเร็วปกติ ไม่จำเป็นต้องดัดแปลงโครงสร้างของเครื่องยนต์ กลิ่นและจำนวนของคาร์บอนมอนนอคไซด์อยู่ในเกณฑ์ต่ำ และเครื่องยนต์ติดง่าย นอกจากนี้ยังมีการทดสอบการใช้น้ำมันสบู่ดำทดแทนน้ำมันออโต้ลูป ซึ่งผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์และความสิ้นเปลืองของน้ำมันที่ใช้นั้นใกล้เคียงกัน นับว่าน้ำมันสบู่ดำสามารถประโยชน์ในการนำไปผสมกับน้ำมันเบนซิน ใช้เป็นน้ำมันดีเซลในการเติมยานพาหนะ และการใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นต่อไป

กระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำ มีลักษณะที่เหมือนกันกับการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม หรือน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ แต่ความแตกต่างระหว่างน้ำมันสบู่ดำและน้ำมันปาล์มนั้น จะพบว่า น้ำมันปาล์มมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าน้ำมันสบู่ดำ ซึ่งทำให้น้ำมันปาล์มดิบไม่สามารถเก็บไว้ได้นานเท่ากับน้ำมันสบู่ดำ เพราะจะทำให้เกิดค่าความเป็นกรดที่สูง ส่งผลต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วย นอกจากนี้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม จะมีค่าจุดไหลเท และจุดหมอกควันสูงเกินมาตรฐานที่กรมธุรกิจพลังงานกำหนด ขณะที่ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำไม่มีปัญหานี้ อย่างไรก็ตามไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันทั้งสองนี้ ควรมีการเติมสาร Anti-Oxidant เพื่อชะลอการเสื่อมสภาพและเป็นการเพิ่มค่าความเสถียร (Stability) ของน้ำมันที่ไม่ได้ใช้งานทันทีหลังการผลิตด้วย

2.2 สมบัติของน้ำมันสบู่ดำ

2.2.1 สมบัติทางเคมีของน้ำมันสบู่ดำ และน้ำมันดีเซล

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันสบู่ดำและน้ำมันดีเซลแสดงดังตารางที่ 1 ในการสกัดน้ำมันสบู่ดำ ถ้าสกัดเอาน้ำมันเฉพาะจากเมล็ดใน จะได้น้ำมันสบู่ดำที่ให้ความร้อน 9,470 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ในขณะที่ค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ มีดังนี้

น้ำมันดีเซล	10,170	กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม
น้ำมันเบนซิน	10,600	กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม
เอทิลแอลกอฮอล์	6,400	กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมี ของน้ำมันสบู่ดำและน้ำมันดีเซล

ข้อกำหนด	น้ำมันสบู่ดำ	น้ำมันดีเซล	วิธีทดสอบ
1. ความถ่วงจำเพาะที่ 15.6/15.6 °C	0.9188	0.81-0.87	ASTM D1298
2. ซีเทนนันเบอร์	40-45	ไม่ต่ำกว่า 47	ASTM D613
3. ความหนืด (cst) ที่ 40 °C	49.93	1.8-4.1	ASTM D445
4. ปริมาณกาคาร์บอน (%wt)	0.64	ไม่สูงกว่า 0.05	ASTM D189
5. จุดวาบไฟ (°C)	240	ไม่ต่ำกว่า 52	ASTM D93
6. ค่าความร้อน (kJ/kg)	39774	42490	ASTM D240

ที่มา ชุมสันติ แสนทวีสุข และคณะ 2548

2.2.2 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในน้ำมันสบู่ดำ

จากการศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันของน้ำมันสบู่ดำ พบว่าในน้ำมันสบู่ดำประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว 75.41 % โดยน้ำหนัก เป็นกรดไขมันอิ่มตัว 23.34% โดยน้ำหนัก ซึ่งในกรดไขมันอิ่มตัวส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัวสายยาวปานกลางประกอบไปด้วยกรดลอริกและ กรดไมริสติก โดยมีปริมาณ 59.00 % และ 30.00 % โดยน้ำหนักของกรดไขมันอิ่มตัว ตามลำดับ และมีกรดไขมันอิ่มตัวสายยาวปาล์มมิติก 13.09 % โดยน้ำหนักของกรดไขมันอิ่มตัว นอกจากนี้ยังพบกรดไขมันอิ่มตัวสายสั้น คือ กรดคาปริลิค และกรดคาปริก ดังแสดงในตารางที่ 2 (วารีรัตนนุกุล, เกสรี และคณะ, 2550)

เมื่อเปรียบเทียบชนิดและปริมาณกรดไขมันของน้ำมันสบู่ดำเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่น เช่น น้ำมันปาล์ม และน้ำมันเมล็ดทานตะวัน พบว่าน้ำมันสบู่ดำมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่าน้ำมันปาล์มแต่น้อยกว่าน้ำมันเมล็ดทานตะวัน

ตารางที่ 2 ชนิดและกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดสบู่ดำ

กรดไขมัน	ปริมาณกรดไขมัน (%w/w)		
	น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันเม็ดทานตะวัน
กรดไขมันไม่อิ่มตัว	75.41 ± 0.47	46.7-53.4	-
กรดปาล์มมิโตเลอิก	0.55 ± 0.0097	0.1-0.3	<1.0
กรดโอเลอิก	39.59 ± 1.22	37.3-40.8	14.0-65.0
กรดลิโนเลอิก	34.04 ± 1.01	9.1-11.0	20.0-75.0
กรดลิโนเลนิก	1.24 ± 0.33	0-0.6	<0.7

กรดไขมัน	ปริมาณกรดไขมัน (%w/w)		
	น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันเม็ดทานตะวัน
กรดไขมันอิ่มตัว	23.34 ± 0.17	47.0-54.4	-
กรดคาปริลิค	0.83 ± 0.39	-	-
กรดคาปริก	1.00 ± 0.60	-	-
กรดลอริก	59.00 ± 0.56	0.1-1.0	-
กรดไมริสติก	30.00 ± 0.48	0.9-1.5	<0.5
กรดปาล์มมิติก	13.09 ± 0.6	41.8-46.8	3.0-10.0
กรดสเตียริก	12.43 ± 0.66	4.2-5.1	1.0-10.0
กรดไขมันชนิดอื่นๆ	1.25 ± 1.13	-	<0.32

ที่มา : วารีรัตนนุกูล, เกสรี และคณะ (2550)

2.2.3 คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันสบู่ดำ

จากผลงานวิจัยเรื่องการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันสบู่ดำ ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าค่าไอโอดีนในน้ำมันสบู่ดำมีค่า 109.03 ซึ่งมีค่าสูงกว่าของน้ำมันปาล์มแต่น้อยกว่าของน้ำมันเมล็ดทานตะวัน แสดงว่าในน้ำมันเมล็ดสบู่ดำมีจำนวนพันธะคู่มากกว่าในน้ำมันปาล์ม และน้อยกว่าในน้ำมันเมล็ดทานตะวัน วารีรัตนนุกูล, เกสรี และคณะ (2550)

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของน้ำมันสบู่ดำ

คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพ	น้ำมันสบู่ดำ	น้ำมันปาล์มดิบ	น้ำมันเมล็ดทานตะวันดิบ
Saponification number	188.50 ± 9.38[1]	190.1-201.7[1]	188-194[1]
Unsaponification number (%w/w)	0.87 ± 0.15[1]	0.15-0.99[1]	1.5[1]
Iodine value	109.30 ± 1.17[1]	50.6-55.1[1]	130-144[1]
Specific gravity (15 °C)	0.9193 ± 0.0035[1]	0.888-0.889[1]	0.9206[1]
Titer	12 ± 0.15[1]	40-47[1]	16-20 (25°C)[1]
Cloud point (°C)	2 ± 0.15[1]	10.4[1]	-
Viscosity (cp)	37.9 (37°C)[1]	104 (30± 2°C)[1]	69 (20°C)[1]
Phosphorus (ppm)	290[2] / 16.2[3]	20-30[5]	41-324[5]
Acid value (mg KOH/g oil)	0.92[2] / 3-38[4]	3.5 (max 5)[5]	0.79-2.4[5]

ที่มา : [1]วารีรัตนนุกูล, เกสรี และคณะ (2550), [2] GÜBITZ, G. M. *et al.* (1998),
[3] Beerens, Peter (2007), [4]เหลืองอาภาพงศ์, พรชัย (2549),
[5]Hui, Y.H. (Bailey's industrial oil & fat product, 5nd edition, volumn 2)

โดยทั่วไปแล้วน้ำมันพืชดิบที่ได้หลังจากกระบวนการบีบหรือสกัดจากผลหรือเมล็ดของพืชน้ำมันมักจะมีสิ่งปนเปื้อนหรือองค์ประกอบที่ไม่ต้องการปนมากับน้ำมันพืช ตัวอย่างเช่น ความชื้น กรดไขมันอิสระโลหะหนักปนเปื้อน องค์ประกอบที่ได้หลังจากน้ำมันเกิดออกซิเดชั่น (oxidation production) หรือ ฟอสฟอลิปิด(phospholipids) เป็นต้น ทำให้จำเป็นต้องมีการกำจัดสิ่งปนเปื้อนเหล่านี้ออกก่อนที่จะนำน้ำมันที่ได้ไปใช้งานหรือนำไปบริโภคโดยสารที่ต้องมีการกำจัดออกหลักๆ ได้แก่ กรดไขมันอิสระและฟอสฟอลิปิด

นอกจากนี้น้ำมันพืชส่วนใหญ่จะมีค่าเสถียรภาพต่อการเกิดออกซิเดชันที่ต่ำ เนื่องจากในน้ำมันที่เป็นวัตถุดิบจะมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง นั่นคือ มีองค์ประกอบกรดไขมันที่มีพันธะคู่ ทำให้ไม่สามารถเก็บน้ำมันไว้ได้นาน น้ำมันเกิดการหืน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีที่จะป้องกันไม่ให้น้ำมันเกิดการหืน ซึ่งปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดการเหม็นหืนของน้ำมันหรือทำให้น้ำมันเกิดการคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชันได้นานยิ่งขึ้น และสามารถเก็บได้นานขึ้นด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันสบู่ดำบริสุทธิ์ ศึกษากระบวนการกำจัดกัม (Degumming) กำจัดกรดไขมันอิสระ (Deacidfication) ออกจากน้ำมันสบู่ดำ ศึกษาผลของตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน (anti-oxidation) ในน้ำมันสบู่ดำ และศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันสบู่ดำโดยกระบวนการไฮโดรจิเนชัน

3. วิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

1. น้ำมันสบู่ดำ

น้ำมันสบู่ดำที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้ถูกทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทั้งทางเคมีและทางกายภาพด้วยวิธีการมาตราฐานของ American Oil Chemist's Society (AOCS) และ American Society of Testing and Material (ASTM) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 มาตราฐานการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายของน้ำมันสบู่ดำ

คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ	วิธีการทดสอบ
ค่าความหนืด ที่ 25 °C, เซนติสโตรก	ASTM. D445
ค่าไอโดดีนแบบวิจส์, เซนติกรัมไอโอดีน/กรัมน้ำมัน	AOCS. Official Method Cd 1-25
ดัชนีหักเห ที่ 25 °C	AOCS. Official Method Cc 7-25
ความถ่วงจำเพาะ ที่ 25 °C	AOCS. Official Method Cc 10a-25
สี (Lovibound scale, cell 5 1/4")	AOCS. Official Method Cc 13e-02
ค่าความร้อน, กิโลแคลอรี/กิโลกรัม	ASTM. D2015
ค่าสปอนนิฟิเคชั่น, มก.KOH/กรัมน้ำมัน	AOCS. Official Method Cd 3-25
ค่าฟอสฟอรัส, ส่วนในล้านส่วน	AOCS. Official Method Ca 12-55
องค์ประกอบของกรดไขมัน (%w/w)	AOCS. Official Method Ce 1-62

2. กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid 85%) จากบริษัท Mallinckrodt Chemicals

3. โพร์พิว กาเลต (Propyl gallate) จากบริษัท Fluka

4. เทอทะรี-บิวทิวไฮโดรควิกโนน (tert-Butylhydroquinone) จากบริษัท Fluka

5. แพลทตินัม แอลฟา-อลูมินา ออกไซด์ ง จากบริษัท MERCK

6. โซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส (Sodium sulfate, AR grade) จากบริษัท Fluka

7. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) จากบริษัท Fluka

8. ก๊าซไฮโดรเจน (hydrogen gas) ความบริสุทธิ์ 99.999% สำหรับการทำไฮโดรจิเนชัน จากบริษัท PRAXAIR (Thailand)

9.ก๊าซไนโตรเจน (nitrogen gas) ความบริสุทธิ์ 99.99% สำหรับการทำไฮโดรจิเนชัน จากบริษัท PRAXAIR (Thailand)

3.2 วิธีการ

ในการวิจัยนี้จะทำการศึกษากระบวนการทำสบู่ดำบริสุทธิ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. ศึกษาวิธีการกำจัดยางเหนียว (degumming) และการกำจัดกรดไขมันอิสระ(deacidfication) ออกจากน้ำมันสบู่ดำ ในระดับห้องปฏิบัติการ
2. ศึกษาการรักษาคุณภาพของน้ำมันสบู่ดำโดยการใช้ตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน (anti-oxidation) ในน้ำมันสบู่ดำ
3. ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันสบู่ดำโดยกระบวนการไฮโดรจิเนชัน (hydrogenetion reaction)

คุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันสบู่ดำ ที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 5 แสดงคุณสมบัติทั้งทางเคมีและกายภาพ รวมถึงองค์ประกอบของกรดไขมัน ในน้ำมันสบู่ดำที่ใช้งานวิจัยนี้

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันสบู่ดำ

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ	น้ำมันสบู่ดำ
ค่าความหนืด ที่ 25 °C (เซนติสโตรก)	63.80
ค่าไอโดดีนแบบวิจส์ (เซนติกรัมไอโอดีน/กรัมน้ำมัน)	59.48
ดัชนีหักเห ที่ 25 °C	1.47
ความถ่วงจำเพาะ ที่ 25 °C	0.91
สี (Lovibound scale, cell 5 1/4")	Y=26.0, R=2.8
ค่าสปอนนิฟิเคชั่น (มก.KOH/กรัมน้ำมัน)	190.47
ค่าฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	8.48
ค่าความเป็นกรด, (ก.โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม)	2.57
ค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน, (110 °ซ)	11.25
องค์ประกอบของกรดไขมัน (%)	
Palmitic acid (C16:0)	14.6
Palmitolic acid (C16:1)	0.7
Hepladecanoic acid (C17:0)	0.1

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ	น้ำมันสบู่ดำ
Stearic acid (C18:0) 6.1	6.1
Oleic acid (C18:1)	43.1
Linoleic acid (C18:2)	35.0
alpha-Linolenic acid (C18:3)	0.2
Arachic acid (C20:0)	0.2

3.2.1. การศึกษาวิธีการกำจัดยางเหนียว (degumming) และการกำจัดกรดไขมันอิสระ (deacidfication) ออกจากน้ำมันสบู่ดำ ในระดับห้องปฏิบัติการ

การกำจัดยางเหนียวออกจากน้ำมันมีด้วยกันหลายวิธี ได้แก่การใช้กรด เช่น กรดฟอสฟอริก กรดไฮโดครอริก และกรดซิตริก เป็นต้น รวมถึงการใช้น้ำร่วมในการกำจัดทำให้การกำจัดยางเหนียวออกจากน้ำมันพืชมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Dijkstra,.A.J. and Opstal, M.V., 1989) โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้กรดฟอสฟอริกในการกำจัดยางเหนียวเนื่องด้วยกรดฟอสฟอริกให้ประสิทธิภาพในการกำจัดยางเหนียวได้ดี

หลังจากไขแยกเอายางเหนียวออกแล้วจึงนำมาทำการสะเทินต่อด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อเป็นการกำจัดกรดฟอสฟอริกที่เหลือค้างอยู่ในน้ำมันสบู่ดำ และเป็นการกำจัดกรดไขมันอิสระออกจากน้ำมันสบู่ดำ โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เปลี่ยนไป แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6_ ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำมันสบู่ดำจากการทดลองการกำจัดยางเหนียว

ตัวอย่าง	ปริมาณฟอสฟอรัส(กรัม/กิโลกรัม)
สบู่ดำดิบ	8.00
สบู่ดำ + กรดฟอสฟอริก (0.25%)	2.22
สบู่ดำ + กรดฟอสฟอริก (0.5%)	1.85

จากผลการทดลองการกำจัดยางเหนียวแสดงให้เห็นว่ากรดฟอสฟอริกมีความสามารถในการกำจัดยางเหนียวออกจากน้ำมันสบู่ดำได้ โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การกำจัดได้ 73.18 และ 78.18 เมื่อใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้น 0.25% และ 0.5 % ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการกำจัดยางเหนียวของน้ำมันเทียบกับการใช้เยื่อเลือกผ่าน (membrane) (Ocha, N. *et al.,* 2001) ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์การกำจัดยางเหนียวของกรดฟอสฟอรัส และเยื่อเลือกผ่าน

วิธีการ	เปอร์เซ็นต์การกำจัดยางเหนียว	วัตุดิบเริ่มต้น
กรดฟอสฟอริก (0.25%)	73.18	สบู่ดำดิบ
กรดฟอสฟอริก (0.5%)	78.18	สบู่ดำดิบ
เยื่อเลือกผ่าน	60.0 – 98.8[1]	น้ำมันถั่วเหลืองดิบ

ที่มา : [1]Ocha, N. *et al.,* 2001

การใช้เยื่อเลือกผ่านในการกำจัดยางเหนียวแสดงผลที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้กรด แต่อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีการใช้เยื่อเลือกผ่านยังมีข้อจำกัดในเรื่องของกำลังการกำจัดต่อครั้งที่น้อยมากเมื่อเทียบกับการใช้กรด รวมถึงเทคโนโลยียังคงอยู่ในช่วงเริ่มต้นของการพัฒนายังไม่เหมาะสมในการที่จะนำมาใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้ (Ocha, N. *et al.,* 2001)

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของค่าฟอสฟอรัสเริ่มต้นของน้ำมันสบู่ดำที่มีค่าน้อยมากโดยหากเทียบกับค่าฟอสฟอรัสตามมาตราฐานไบโอดีเซลตาม ASTM D6751-02 (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2549) กำหนดให้มีค่าได้ไม่เกิน 10 กรัมต่อกิโลกรัม ทำให้ไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดว่าการใช้กรดฟอสฟอริกอย่างเดียวในการกำจัดยางเหนียวนั้น เพียงพอหรือไม่

ในส่วนของการกำจัดกรดไขมันอิสระออกจากน้ำมัน เลือกใช้การทำปฏิกิริยาสะเทินออก กลายเป็นสบู่แล้วจึงล้างออก โดยการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งไม่คิดการสูญเสียอันเกิดจากการดึงยางเหนียวออกแล้วได้ร้อยละ 94 ซึ่งถือว่าให้ผลที่สูงมากอันเนื่องมาจากค่ากรดไขมันอิสระของสบู่ดำดิบเริ่มต้นที่น้อยมาก คือ 2.57 ก. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม

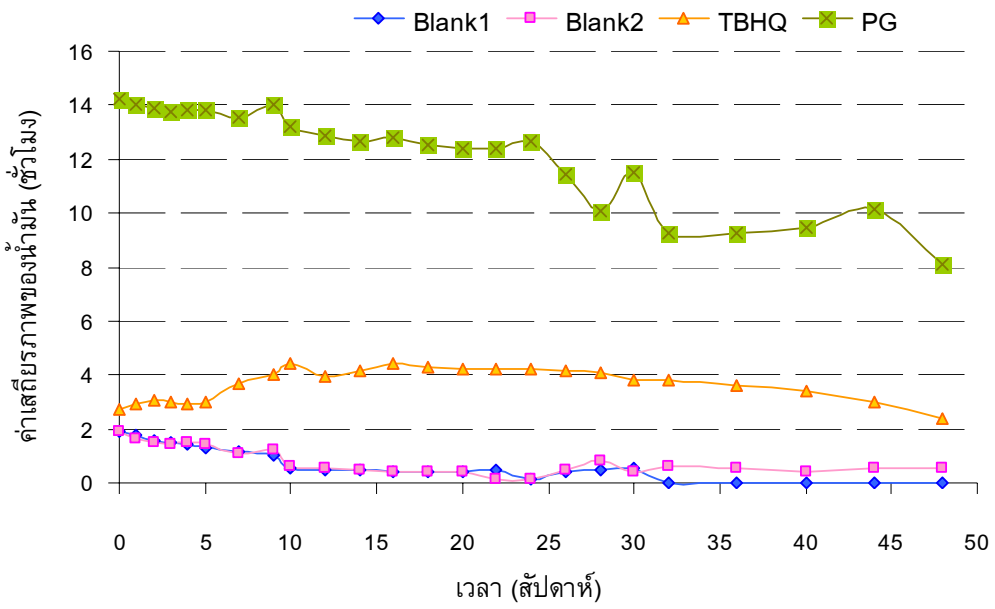
3.2.2 ศึกษาการรักษาคุณภาพของน้ำมันสบู่ดำโดยการใช้ตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน (anti-oxidation) ในน้ำมันสบู่ดำ

ในส่วนที่สองนี้ เป็นงานวิจัยเพื่อศึกษาผลของตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันพืช เพื่อใช้ในการรักษาสภาพของน้ำมันสบู่ดำที่ผ่านกระบวนการกำจัดยางเหนียวและกรดไขมันอิสระออกแล้ว เพื่อให้มีสภาพเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับเครื่องยนต์ต่อไปในอนาคต หากมีการเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน

โดยจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ ทำให้สามารถเลือกตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชันที่เหมาะสมได้สองตัว คือ Propyl gallate และ tert-Butylhydroquinone โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน Propyl gallate แสดงค่าที่ดีที่สุด แต่หากพิจารณาในเรื่องของราคาของตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชันด้วยแล้ว tert-Butylhydroquinone ก็เป็นอีกตัวที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องมาจากอยู่ในช่วงราคาที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ (Thanmongkhon, Y. *et al.*, 2008)

ในการทดลองนี้ได้เลือกความเข้มข้นของ ตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชันต่อน้ำมันสบู่ดำอยู่ที่ 250 กรัมต่อกิโลกรัม ตลอดการทดลองเนื่องด้วยจากการทดลองก่อนหน้านี้ที่ปริมาณ 250 กรัมต่อกิโลกรัมของตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน ให้ผลดีต่อการรักษาสภาพของไบโอดีเซล (Thanmongkhon, Y. *et al.*, 2008)รวมทั้งเพื่อเป็นการลดค่าความคลาดเคลื่อนของการชั่งปริมาณตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน อันเนื่องมาจากปริมาณน้ำมันสบู่ดำที่ใช้ต่อตัวอย่างมีปริมาณน้อยทำให้น้ำหนักของตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชันน้อยตามไปด้วย ทั้งนี้ยังได้แบ่งภาชนะที่ใช้ในการบรรจุออกเป็น สองชนิดคือ พลาสติก(HDPE container) และสังกะสี (aluminum container) เพื่อเป็นการศึกษาอิทธิพลของชนิดวัสดุที่ใช้ในการเก็บ ต่อการเปลี่ยนสภาพของน้ำมันสบู่ดำ

ในส่วนของค่าเสถียรภาพของน้ำมันสบู่ดำที่เปลี่ยนไปตามเวลาของการเก็บ โดยค่าเริ่มต้นของน้ำมันสบู่ดำที่ผ่านกระบวนการกำจัดยางเหนียวและกรดไขมันอิสระ คือ 1.88 ชั่วโมง ซึ่งหากนำมาเปรียบเทียบกับน้ำมันสบู่ดำที่ยังไม่ผ่านกระบวนการกำจัดยางเหนียวและกรดไขมันอิสระ ค่าเสถียรภาพของน้ำมันเริ่มต้นมีค่าสูงมาก คือ 11.25 ชั่วโมง จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า ถึงแม้การกำจัดกำจัดยางเหนียวและกรดไขมันอิสระในน้ำมันสบู่ดำจะมีผลทำให้ค่ากรดไขมันอิสระ และค่าฟอสฟอรัสมีค่าน้อยลงก็ตาม แต่กระบวนการเหล่านี้ยังส่งผลทำให้ค่าเสถียรภาพของน้ำมันสบู่ดำมีค่าลดลงตามด้วย



รูปที่ 1 ค่าเสถียรภาพของน้ำมันสบู่ดำที่เวลาต่าง ๆ

ดังแสดงในรูปที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าเสถียรภาพของน้ำมันสบู่ดำตามเวลาของการเก็บที่เพิ่มขึ้น ที่เวลาเริ่มต้นของการเก็บหรือหลังจากการผสมตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน PG สามารถยืดเวลาของการเสื่อมสภาพของน้ำมันสบู่ดำได้เป็น 12.25 ชั่วโมง ในขณะที่ TBHQ สามารถเพิ่มขึ้นได้เพียง 2.71 ชั่วโมง แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการช่วยยืดอายุค่าเสถียรภาพของน้ำมันสบู่ดำของ PG ที่มีมากกว่า TBHG ในอัตราส่วนของการผสมลงในน้ำมันพืชและสภาวะในการเก็บที่คล้ายคลึงกัน

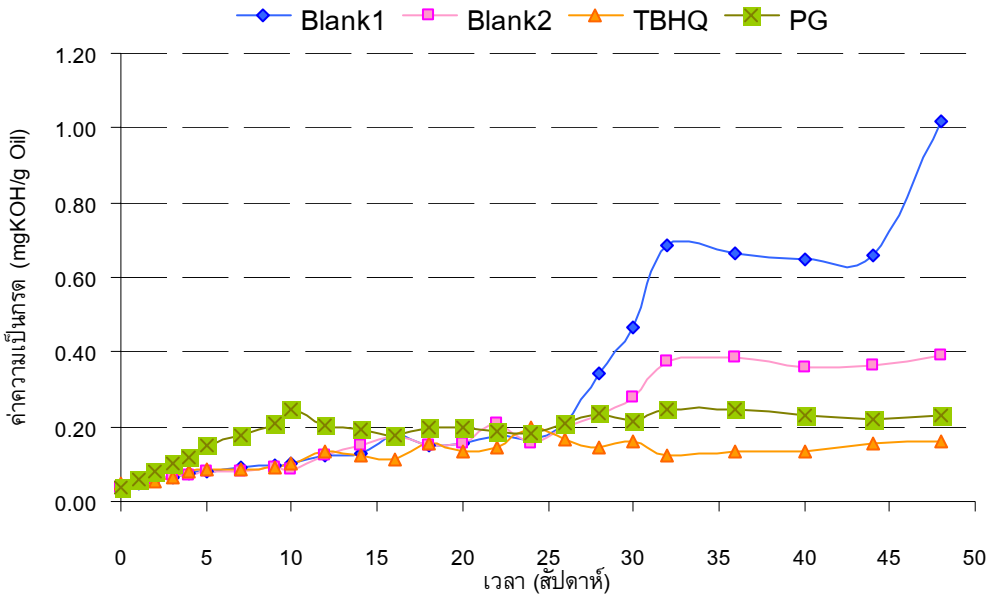
โดยในช่วงแรกของการเก็บเป็นการเก็บข้อมูลทุกอาทิตย์ ตั้งแต่ 1 ถึง 5 สัปดาห์ของการทดลอง เนื่องจากเป็นระยะที่คาดว่ามีการเปลี่ยนแปลงเร็วที่สุด จึงทำการเก็บข้อมูลทุกสัปดาห์ หลังจากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลทุกสองสัปดาห์ต่อครั้ง โดยจากข้อมูลที่เก็บจนถึง สัปดาห์ที่ 48 ในส่วนของน้ำมันสบู่ดำที่ไม่มีการเติมตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน แสดงค่าการลดลงตามเวลาที่เก็บในปริมาณเล็กน้อย โดยน้ำมันที่เก็บไว้ในภาชนะสังกะสีและภาชนะพลาสติกแสดงค่าการลดลงที่ไม่แต่ต่างกันมากนัก

ในส่วนของน้ำมันสบู่ดำที่มีการเติม PG ลงไปแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มลดลง ในระดับเล็กน้อย แต่เมื่อถึงสัปดาห์ที่ 24 ค่าค่าเสถียรภาพของน้ำมันสบู่ดำแสดงแน้วโน้มในการลดลงในอัตราที่มากกว่าในตอนแรกของการเก็บมาก แสดงให้เห็นว่า PG เมื่อเติมลงไปในน้ำมันสามารถช่วยยืดอายุของน้ำมันได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งของการเก็บเท่านั้น อันเนื่องมาจากการเสื่อมสภาพของตัว PG นั้นเอง

ในขณะที่ค่าเสถียรภาพของน้ำมันสบู่ดำที่ได้เติม TBHQ ลงไปในน้ำมันสบู่ดำแสดงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บมากขึ้นและคงที่

ในระยะหลังของการเก็บและมีแนวโน้มในการที่จะลดลงหรือแสดงการเสื่อมสภาพของ TBHQ เมื่อระยะเวลาในการเก็บมากขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าค่าเสถียรภาพของน้ำมันสบู่ดำอาจเนื่องมาจากการกวนผสมระหว่าง TBHQ และน้ำมันไม่ดีพอในช่วงแรกของการทดลองทำให้เมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น TBHQ ที่ไม่ละลายผสมกันก่อนหน้านี้เริ่มละลายออกมากทำให้เสมือนว่ามีตัวยับยั้งมากขึ้น จึงส่งผลให้ค่าเสถียรภาพของน้ำมันสบู่ดำเพิ่มขึ้นในช่วงสัปดาห์ที่ 5 และ 10 ของการทดลอง

ในการศึกษาอิทธิพลของชนิดภาชนะพลาสติกและสังกะสี ต่อค่าความเสถียรภาพการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน ดังรูปที่ 1 พบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความเสถียรภาพของน้ำมัน Blank 1 และ Blank 2 มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าอิทธิพลของชนิดภาชนะไม่ส่งผลต่อ ค่าเสถียรภาพของน้ำมัน



รูปที่ 2 ค่ากรดของน้ำมันสบู่ดำที่เวลาต่าง ๆ

รูปที่ 2 แสดงค่าความเป็นกรดของน้ำมันสบู่ดำที่เปลี่ยนไปตามเวลาการเก็บที่เพิ่มมากขึ้น โดยในช่วงแรกของการทดลอง PG แสดงค่าที่เพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อเทียบกับ TBHQ, Blank 1(ไม่เติม anti-oxidant ภายในภาชนะพลาสติก) และ Blank 2 (ไม่เติม anti-oxidant ภายในภาชนะสังกะสี) แต่ในช่วงท้ายของการทดลองค่าความเป็นกรดของ Blank 1 (แสดงค่าที่สูงที่สุด รองลงมาคือ Blank 2 และ PG ในขณะที่ TBHQ แสดงค่าความเป็นกรดที่ต่ำที่สุดในกลุ่ม

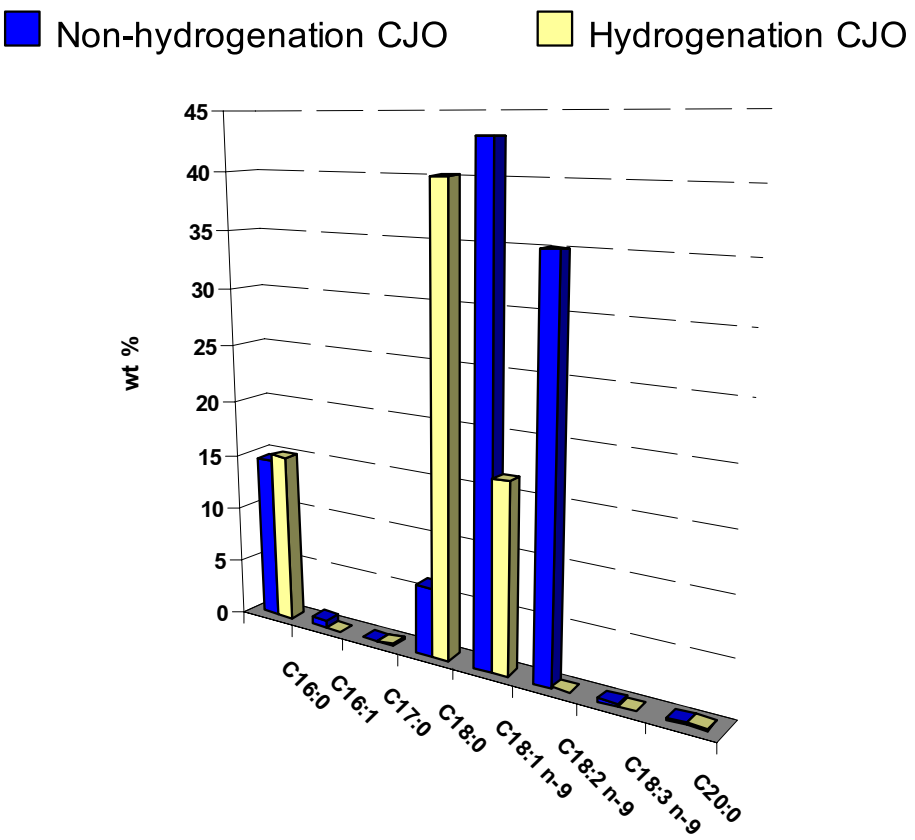
จากผลการวิเคราะห์รูปที่ 2 สามารถสรุปได้ว่าภาชนะพลาสติก + TBHQ เมื่อนำมาใช้เป็นตัวยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันพืช แสดงค่ากรดที่น้อยมากเมื่อเทียบกับภาชนะพลาสติก (Blank1) ภาชนะสังกะสี (Blank2) และภาชนะพลาสติก + PG

3.2.3 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันสบู่ดำโดยกระบวนการไฮโดรจิเนชัน (Hydrogenation reaction)

ในส่วนนี้เป็นการทดลองเพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันสบู่ดำให้มีคุณสมบัติการคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชันได้นานยิ่งขึ้น และสามารถเก็บได้นานขึ้นด้วย ก่อนการนำไปใช้กับเครื่องยนต์ ด้วยเหตุนี้การทำปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันจึงได้ถูกเลือกมาเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้ และศึกษาผลของการทำปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชั่นของน้ำมันสบู่ดำเบื้องต้น โดยใช้ Platinum/ alpha-aluminum oxide (5%Pt) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถหาได้ในระดับอุตสาหกรรม

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทำปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันของน้ำมันสบู่ดำโดยน้ำมันสบู่ดำที่บรรจุอยู่ในหลอดใส่ตัวอย่าง ถูกให้ความร้อนผ่านน้ำมันซิลิโคนซึ่งถูกควบคุมอุณหภูมิโดยเทอร์โมมิเตอร์และส่งผลต่อไปที่ตัวควบคุม ซึ่งมีความละเอียดในการตั้งอุณภูมิอยู่ที่ ± 2 °C โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ คือ Platinum/ alpha-aluminum oxide (5%Pt) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถหาได้ในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งจะต้องนำไปทำการกระตุ้นก่อนนำมาใช้งานด้วยการใช้ก๊าซไฮโดรเจนไหลผ่าน

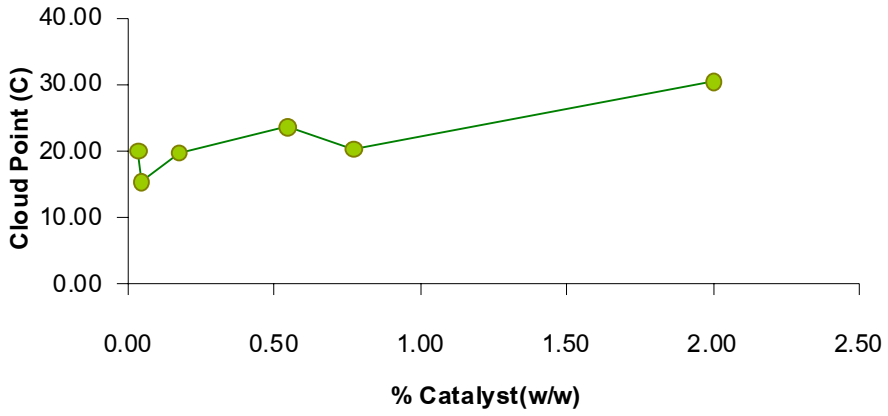
จากรูปที่ 3 แสดงกราฟเปรียบเทียบองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันสบู่ดำ ก่อนและหลังการทำปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน โดยน้ำมันสบู่ดำที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทำไฮโดรจีเนชันของน้ำมันมีค่าต่ำ ซึ่งนำไปสู่ปัญหาต่อการใช้งานกับเครื่องยนต์ เช่น ปัญหาการอุดตันในหัวฉีด การอุดตันในตัวกรองเร็วกว่าปกติ รวมถึงความหนืดที่สูงขึ้นทำให้มีปัญหาต่อเครื่องยนต์สะดุดได้ ทั้งยังอาจเกิดการแปรสภาพกลายเป็นสารที่มีฤทธิ์กัดกร่อนระบบการลำเลียงเชื้อเพลิง และอุปกรณ์ต่างๆ ภายในเครื่องยนต์ที่เป็นยาง (www.tistr.or.th, 2008, Goto, S., 2007)



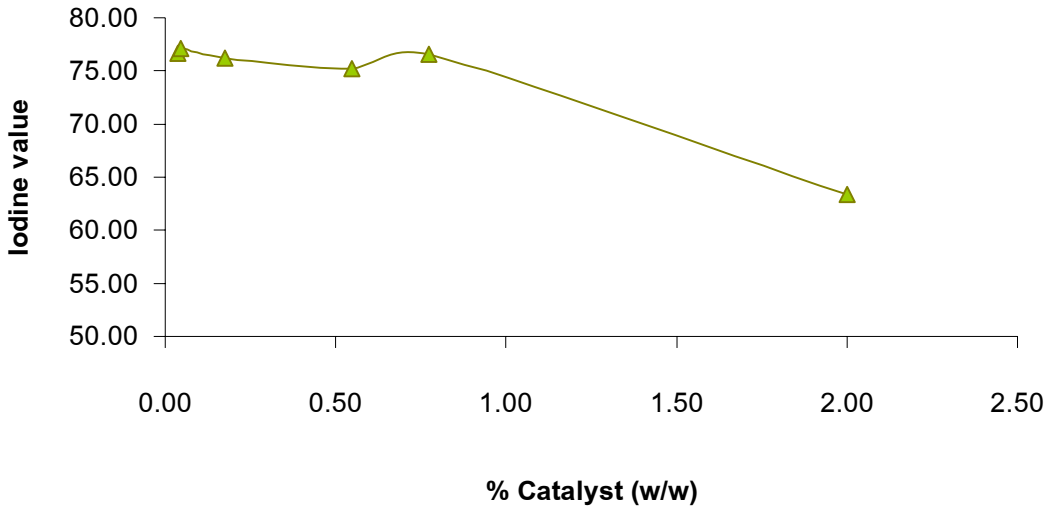
รูปที่ 3 องค์ประกอบของกรดไขมันอิสระในน้ำมันสบู่ดำก่อนและหลังทำปฏิกิริยาไฮโดจิเนชัน

จากการทำปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันของน้ำมันสบู่ดำ เห็นได้ว่าองค์ประกอบที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวถูกเปลี่ยนการเป็นกรดไขมันอิ่มตัว เช่น Stearic acid (C18:0) จากปริมาณ 6.1 เป็น 40.1 % และปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวของ Oleic acid (C18:1) และ Linoleic acid (C18:2) ลดลงเหลือ 16.6 และ 0.1 %ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเนื่องจากการลดปริมาณ Oleic acid (C18:1) และ Linoleic acid (C18:2) น้อยลงส่งผลให้จุดขุ่นตัวของน้ำมันสบู่ดำเพิ่มขึ้นทำให้ กลายสภาพเป็นของแข็ง

จากการทดลองในการทำปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน พบว่าค่าจุดขุ่นที่เปลี่ยนไปเมื่อเพิ่มตัวเร่งปฏิกิริยา Platinum/ alpha-aluminum oxide (5%Pt) โดยค่าจุดขุ่นแสดงแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น โดยเมื่อพิจารณาในช่วงระหว่าง 0.05 ถึง 2.00 ร้อยละโดยมวลของน้ำหนัก แสดงดังรูปที่ 4 แต่ถ้าน้ำมันสบู่ดำมีจุดขุ่น(Cloud Point) สูงมากก็ไม่ดี เนื่องจากจะทำให้เกิดการอิ่มตัวของน้ำมันสบู่ดำทำให้จุดไหลเทต่ำ เพราะมีความหนืดสูง ดังนั้นจากรูปที่ 4 จุดขุ่นจะอยู่ที่ประมาณ 20 ºC



รูปที่ 4 ค่าจุดขุ่นหลังจากทำการปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันน้ำมันสบู่ดำ ที่ปริมาณตัวเร่ง Platinum/ alpha-aluminum oxide (5%Pt) ต่าง ๆ (100 องศาเซลเซียส, 60 นาที)



รูปที่ 5 ค่าไอโอดีนหลังจากการทำปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันน้ำมันสบู่ดำ ที่ปริมาณตัวเร่ง Platinum/ alpha-aluminum oxide (5%Pt) ต่าง ๆ (100 องศาเซลเซียส, 60 นาที)

จากรูปที่ 5 แสดงค่าค่าไอโอดีนที่เปลี่ยนไปเมื่อเพิ่มตัวเร่งปฏิกิริยา Platinum/ alpha-aluminum oxide (5%Pt) โดยค่าไอโอดีนแสดงแนวโน้มลดลงขึ้นเมื่อปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นก็แสดงว่าการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันดีขึ้น ซึ่งทำให้น้ำมันสบู่ดำมีเสถียรภาพที่ดีขึ้น

4. สรุปผล

1. กรดฟอสฟอริก สามารถใช้กำจัดยางเหนียวออกจากน้ำมันได้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการกำจัดด้วยเยื่อเลือกผ่าน

2. ในส่วนของการรักษาสภาพน้ำมันสบู่ดำโดยการเติมตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชันที่ความเข้มข้น 250 ส่วนในล้านส่วน สามารถเพิ่มค่าเสถียรภาพ หรือยืดอายุของน้ำมันสบู่ดำที่ผ่านการกำจัดยางเหนียวและค่ากรดให้มากขึ้นกว่าน้ำมันที่ไม่มีการเติมตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชันลงไป

3. ค่าความเป็นกรดที่เปลี่ยนไปต่อเวลาของน้ำมันสบู่ดำที่มีการเติมและไม่เติมตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน โดยจากผลการทดลองแสดงค่าความเป็นกรดที่มากขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บมากขึ้น ทั้งนี้ น้ำมันสบู่ดำที่ถูกเติม TBHQ ลงไปแสดงค่าความเป็นกรดที่เปลี่ยนไปต่อเวลาน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับน้ำมันสบู่ดำที่มีการเติมตัวยับยั้ง และไม่มีการเติมตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน

4. จากผลการปรับปรุงสภาพของน้ำมันสบู่ดำโดยอาศัยกระบวนการไฮโดรจิเนชันโดยมีPlatinum/ alpha-aluminum oxide, 5%Pt เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สามารถช่วยลดปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันได้

5. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันสบู่ดำบริสุทธิ์ จากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันสบู่ดำกับกรดฟอสฟอริก คิดเป็นร้อยละ 0.25 โดยน้ำหนักของน้ำมันสบู่ดำ เพื่อทำปฏิกิริยากำจัดยางเหนียวนั้น อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งสามารถวัดค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่หลงเหลืออยู่ในน้ำมันสบู่ดำบริสุทธิ์ได้เพียง 2.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ppm) หรือ คิดเป็นปริมาณของสารฟอสฟอรัสที่ลดลง เท่ากับร้อยละ 70.75 โดยน้ำหนักของน้ำมันสบู่ดำ

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผู้ร่วมงานในหน่วยงานสังกัดสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดยได้รับความอนุเคราะห์จากทุกฝ่าย ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานโครงการ จึงใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

1. กรมธุรกิจพลังงาน. 2548. กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอส เทอร์ของกรดไขมัน. ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 122 ตอนพิเศษ 70ง: 12
2. กองเกษตรเคมี และกองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร. 2525. เดินเครื่องด้วยน้ำมันสบู่ดำ “สบดำ”. ม.ป.ท.
3. ตันติเจริญยศ, ประโยชน์. 2549. “ประโยชน์ด้านอื่นๆของต้นสบู่ดำ”ในชำนาญ ฉัตรแก้ว และคณะ.สบู่ดำ: พืชพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟันนี่ พับบลิชชิ่ง.
4. ภาสบุตร, ระพีพันธ์ สุขสันต์ สุทธิผลไพบูรณ์ ไพจิตร จันทรวงศ์ วีระศักดิ์ อนัมบุตร มาลี ประภาวัติ วิไล กาญจนภูมิ และอรวรรณ หวังดีธรรม. 2525. การใช้น้ำมันสบู่ดำเดินเครื่องยนต์ดีเซล. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร.
5. วารีรัตนนุกูล, เกสรี จันจิรา จันทร์โฉม พรพรรณ ศรีพงษ์พันธุ์กุล และ ณกัญภัทร จินดา. 2550. ไตรกลีเซอไรด์และคุณสมบัติไบโอดีเซลบางประการจากน้ำมันเมล็ดสบู่ดำ. โครงการสัมมนาวิชาการเรื่อง. “การประชุมเชิงวิชาการสบู่ดำแห่งชาติครั้งที่1”. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน: 29-30 พฤษภาคม 2550.

6. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, โครงการการพัฒนาและสาธิตการทดลองผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำ, ธันวาคม 2548-ตุลาคม 2549.
7. กรมส่งเสริมการเกษตร, "สบู่ดำ โครงการส่งเสริมการผลิตพืชพลังงานทดแทน", www.doae.go.th
8. ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซล สำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ. 2549 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 123 ตอนพิเศษ 79 ง วันที่ 21 กรกฎาคม 2549
9. สุขสันต์ สุทธิผลไพบูลย์, บทความของวุฒิอาสา "สบู่ดำในต่างประเทศ", 17 มิถุนายน 2551 สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, http://brainbank.nesdb.go.th/ผลงานวุฒอาสา/บทความของวุฒอาสา/tabid/222/articleType/ArticleView/articleId/235/.aspx
10. Aponte, C. Hernandea. 1978. Estudio de Jatroaha curcas L. como recurso biotico. Diplomo thesis. Universis Veracruz, Yalapa-Insiquez, Mexico.Bailey's Industrial oil and fat products, 5th vol.2, edited by Y.H. Hui, JOHN WILEY & SONS,INC., USA. 1996
11. Beerens, Peter. 2007. Screw-pressing of Jatropha Seeds for Fuelling Purposes in Less Developed Countries. Thesis work TUe.
12. Dailo, N. 1994. Trees and hedges in the agricultural systems in Faranah prefecture. Flamboyant 31: 24-29.
13. Dijkstra, A.J. and Martin V.O. 1989. The Total Degumming Process. J.Am.Oil.Chem.Soc. 66 (7):1002-1009.
14. Duke, J.A. 1985. CRC Handbook of Medicinal Herbs. CRC Press Inc. Boca Raton, F1.Goto, Shinichi. 2008. Benchmarking of Biodiesel Fuel Standards for Vehicles in East Asia. ForthBiomass - Asia Workshop. November 20-22, 2007. Malaysia.
15. GÜBITZ, G. M., MITTELBACH M. andTRABI M. 1999. Exploitation of the tropical oil seed plantJatropha Curcas L. Bioresource technology. ; vol. 67, pp. 73-82.
16. Heller J. 1996. Physic nut (Jatropha curcas L.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 1. Institute of plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany and International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
17. Márcia Pereira de Souza, José Carlos Cunha Petrus, Lireny A. Guaraldo Gonçalves and Luiz Antonio
18. Viotto. 2008. Degumming of Corn Oil/Hexane Miscella using a Ceramic Membrane. Journal of Food Engineering 86(4); 557-564.
19. Ochoa, N., C. Pagliero, J. Marchese and M. Mattea. 2001. Ultrafiltration of Vegetable Oils Degumming by Polymetic Membranes. Separation and purification technology. 22-23: 417-422.
20. Pan, L. G., A. Nol, A. Campana, M. Barrera, M. C. Tomas and M. C. Añón. 2001.Influence of the Operation Conditions on Acid Degumming Process in Sunflower oil. J.Am.Oil.Chem.Soc. 78: 553-554.
21. Spaak, J.D. 1990. Boiser les Iles du Cap-Vert-porquoi, comment. Pour qui Bois For Trop 225: 47-54.
22. Yoothana Thanmongkhon, Panida Thepkhun, Thanita Sonthisawate, Amornrat Suemanotham, Phichai Wongharn, Kasamar Petchtabtim, Pattarin Daycharugk, Peesamai Jenvanitpanjakul and Yuji Yoshimura. 2008. Stability Testing for Biodiesel Storage. Pure and applied chemistry international conference (PACCON). Bangkok, Thailand. January 30 – February 1.
23. http://www.tistr.or.th/APEC_website/APEC_pdfs. November, 2008.