

# การแตกตัวของน้ำมันพืชที่ไม่ใช้บริโภคด้วยความร้อนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยา CaO และ FCC ที่ใช้แล้วในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ

Thermal and catalytic cracking of non edible oil using CaO and used FCC catalysts in a batch reactor

ภาณุพันธ์ พรหมบุตร<sup>1</sup> อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ<sup>1</sup> ปิยะนาถ สมมณี<sup>2</sup> และ ธราพงษ์ วิจิตตานนท์<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี <sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

<sup>3</sup>ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail: panupun.p@gmail.com, kwanchal@kmitl.ac.th,

kspiyana@kmitl.ac.th, tharapong.v@chula.ac.th

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการสังเคราะห์เชื้อเพลิงสังเคราะห์จากการแตกตัวของน้ำมันตุงด้วยความร้อนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะภายใต้บรรยากาศแก๊สไฮโดรเจน 1 บาร์เทก น้ำมันตุงเป็นน้ำมันที่ไม่ใช้บริโภค โดยทั่วไปใช้ในงานเคลือบผิวไม้และโลหะ ตัวแปรที่ศึกษาซึ่งคาดว่าส่งผลต่อร้อยละผลได้ (Yield) ของผลิตภัณฑ์เหลว และองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลว ได้แก่ ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา (แคลเซียมออกไซด์ (CaO) และ FCC ที่ใช้แล้ว (Fluid catalytic cracking: FCC)) และอัตราส่วน โดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา 1 - 3 wt% (0.1 - 0.3 กรัม ตัวเร่งปฏิกิริยาต่อน้ำมันตุง 10 กรัม) อุณหภูมิทำปฏิกิริยา 390, 415 และ 440 °ซ และเวลาทำปฏิกิริยา 30, 45 และ 60 นาที ภาวะที่เหมาะสมของแต่ละตัวเร่งปฏิกิริยาในการแตกตัวของน้ำมันตุง คือ ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO 3 wt% ที่อุณหภูมิ 390 °ซ เวลา 30-45 นาที และตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ที่ใช้แล้ว 1 wt% ที่อุณหภูมิ 390 °ซ เวลา 30 นาที ส่วนที่เป็นแก๊สของเหลว และของแข็งที่ได้จากการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่อุณหภูมิ 390 °ซ เวลา 30 นาที เท่ากับ 18.80, 76.50 และ 4.70 wt% และเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ที่ใช้แล้ว ที่อุณหภูมิ 390 °ซ เวลา 30 นาที เท่ากับ 19.80, 78.00 และ 2.20 wt% องค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลววิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีพร้อมซอฟต์แวร์จำลองการกลั่น (Simulated distillation gas chromatograph) ตามมาตรฐาน ASTM D2887 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ทดสอบการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมตามคาบจุดเดือด ผลิตภัณฑ์เหลวที่ได้จากตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ประกอบด้วยแก๊สลิ้น 9.95 เกลียว 12.05 แก๊สออลฟา 22.95 แก๊สออลฟาหนัก 4.78 และกากน้ำมันหนัก (Long residue หรือ Residue) 26.77 wt% ขององค์ประกอบทั้งหมด และที่ได้จากตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ที่ใช้แล้ว ประกอบด้วยแก๊สลิ้น 12.68 เกลียว 10.73 แก๊สออลฟา 23.40 แก๊สออลฟาหนัก 4.67 และกากน้ำมันหนัก 26.52 wt% ขององค์ประกอบทั้งหมด

## Abstract

*In this work, synthetic fuels by thermal and catalytic cracking of Tung oil, a non edible oil for film coating on wood and metals, in a batch reactor at a constant hydrogen pressure of 1 barg was studied since non edible oils become more attractive alternative resource for synthetic fuels. The influences of types of catalysts (calcium oxide: CaO and used fluid catalytic cracking: FCC), the amounts of catalysts 1 - 3 wt% (0.1 - 0.3 g of the catalyst per 10 g of tung oil), reaction temperature of 390, 415 and 440 °C, and reaction time of 30, 45 and 60 minutes on liquid yield and its composition were investigated. The optimum cracking conditions were achieved from 3 wt% CaO catalyst at 390 °C and 30-45 min, and 1 wt% of used FCC catalyst at 390 °C and 30 min. As a result, by using CaO catalyst at 390 °C and 30 min, gas, liquid and solid fractions were found to be 18.80, 76.50 and 4.70 wt%, and by used FCC catalyst at 390 °C and 30 min were 19.80, 78.00 and 2.20 wt%. The composition distribution in liquid product was analyzed by the simulated distillation gas chromatograph according to ASTM D2887, which is the standard test method for the boiling-range distribution of petroleum fractions. The compositions of cracked liquid product from CaO catalyst were gasoline 9.95, kerosene 12.05, light gas oil 22.95, heavy gas oil 4.78 and long residue 26.77 wt% of total cracking. In case of used FCC catalyst, liquid product consisted of gasoline 12.68, kerosene 10.73, light gas oil 23.40, heavy gas oil 4.67 and long residue 26.52 wt% of total cracking.*

## Keywords

thermal cracking, catalytic cracking, non edible oil, CaO, used FCC

## 1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานของการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ประเทศไทยจัดเป็นประเทศที่ต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันดิบ น้ำมันสำเร็จรูป และแก๊สธรรมชาติ ในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยนำเข้าพลังงานมากกว่า 65% คิดเป็นมูลค่าประมาณ 1.25 ล้านล้านบาท ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายภายในประเทศ [1] จากสถานการณ์ปัจจุบันที่มีปริมาณสำรองของน้ำมันดิบทั่วโลกลดลง และราคาน้ำมันดิบปรับสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้หลายประเทศมีความพยายามหาแหล่งพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพ และมีมาตรการเกี่ยวกับพลังงานด้านต่างๆ สำหรับประเทศไทยนโยบายของกระทรวงพลังงานประกาศให้การพัฒนาพลังงานทดแทนเป็นวาระแห่งชาติ และ

ส่งเสริมสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนที่สามารถผลิตได้จากภายในประเทศ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังน้ำ ชีวมวล แก๊สชีวภาพ ชยะ และเชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอล ไบโอดีเซล และน้ำมันชีวภาพ) เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ดังนั้นพลังงานจากชีวมวลและเชื้อเพลิงชีวภาพจึงเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพของแหล่งพลังงานทดแทน การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพในระยะเริ่มแรกนิยมใช้วัตถุดิบที่เป็นอาหารของมนุษย์ เช่น การผลิตเอทานอลจากอ้อย และมันสำปะหลัง การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม อย่างไรก็ตาม การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากพืชน้ำมันที่ใช้บริโภคนั้นต้องคำนึงถึงสัดส่วนที่ต้องใช้บริโภค พื้นที่ในการปลูกพืชน้ำมันที่เป็นอาหารและพืชที่เป็นอาหารชนิดอื่นๆ รวมทั้งพื้นที่สำหรับการอยู่อาศัย จึงต้องมีระบบและการวางแผน

การจัดการที่ดี การหาพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนสำคัญต่อการสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ งานวิจัยนี้ศึกษาการสังเคราะห์เชื้อเพลิงสังเคราะห์จากการแตกตัวของน้ำมันตุง (Tung oil หรือ Chinese wood oil) ซึ่งเป็นน้ำมันที่ไม่ใช้เพื่อการบริโภคด้วยความร้อนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะขนาด 70 มิลลิลิตร ภายใต้บรรยากาศแก๊สไฮโดรเจน 1 บาร์เกจ เพราะแก๊สไฮโดรเจนช่วยกระตุ้นการแตกโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอน ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา (แคลเซียมออกไซด์ และ FCC ที่ใช้แล้ว) อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ ตัวเร่งปฏิกิริยา 1 - 3 wt% อุณหภูมิทำปฏิกิริยา 390-440 °ซ และเวลาทำปฏิกิริยา 30-60 นาที

## 2. กฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนการแตกตัวของน้ำมันพืชที่มีไตรกลีเซอไรด์ [2]

1. ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของไตรกลีเซอไรด์เป็นกลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระ

2. ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) ของกลีเซอรอลเป็นแก๊สไฮโดรคาร์บอน และน้ำ

3. ปฏิกิริยาการดึงหมู่คาร์บอกซิล (Decarboxylation) ของกรดไขมันอิสระเกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ตัวเร่งปฏิกิริยาออกไซด์ของโลหะ เช่น แคลเซียมออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ จะช่วยเสริมปฏิกิริยาการดึงหมู่คาร์บอกซิล ดังสมการที่ (1)



แคลเซียมคาร์บอเนตที่เกิดขึ้นสามารถสลายตัวเป็นแคลเซียมออกไซด์ ทำให้การเร่งปฏิกิริยาเป็นไปได้อย่างต่อเนื่อง ดังสมการที่ (2)



4. ปฏิกิริยาการดึงหมู่คาร์บอนิล (Decarbonylation) ของสารประกอบคีโตนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

5. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ได้จากปฏิกิริยา Decarboxylation และ Decarbonylation จะอยู่ในรูปพาราฟินส์ (Paraffins) และโอเลฟินส์ (Olefins) และจะเกิดปฏิกิริยาการแตกตัว (Cracking) ปฏิกิริยาถ่ายโอนไฮโดรเจน (Hydrogen transfer) และปฏิกิริยาไอโซเมอร์ไรเซชัน (Isomerization) ได้ผลิตภัณฑ์สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดเล็กลง

6. สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์จะเข้าไปช่วยแตกตัวสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจากปฏิกิริยา Decarboxylation และ Decarbonylation ให้มีขนาดเล็กลงโดยผ่านปฏิกิริยาของคาร์โบเนียมไอออน

จากงานวิจัยของธนาทิพย์ ศรีสุวรรณ [3] ศึกษาการแตกตัวของน้ำมันตุงด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ชนิดเบสในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ ภายใต้ความดันแก๊สไฮโดรเจน 1 บาร์เกจ พบว่าเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO 2.5 wt% ที่อุณหภูมิ 440 °ซ และเวลาทำปฏิกิริยา 38 นาที ได้ผลิตภัณฑ์เหลว 37.55 wt% องค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลวประกอบด้วย แนฟทา 19.16 wt% เคโรซีน 11.58 wt% และแก๊สออยล์เบา 5.71 wt% ส่วนกรณีตัวเร่งปฏิกิริยา MgO 2.5 wt% ที่อุณหภูมิ 402 °ซ และเวลาทำปฏิกิริยา 30 นาที ได้ผลิตภัณฑ์เหลว 38.83 wt% องค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลวประกอบด้วย แนฟทา 21.43 wt% เคโรซีน 8.37 wt% และแก๊สออยล์เบา 8.01 wt%

รวีวรรณ สวัสดิ์รักษา [4] ศึกษาการแตกตัวของน้ำมันสบู่ดำด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 ในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ ที่ความดันไฮโดรเจน 6.8 บาร์เกจ พบว่าเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 6.35 wt% อุณหภูมิ 426 °ซ และเวลาทำปฏิกิริยา 56 นาที ได้ส่วนที่เป็นแก๊สของเหลว และของแข็ง 25.00, 60.50 และ 14.50 wt% องค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลวประกอบด้วย แก๊สโซลีน เคโรซีน แก๊สออยล์เบา แก๊สออยล์หนัก และกากน้ำมันหนัก 38.35, 0.31, 16.44, 1.56 และ 3.84 wt% ตามลำดับ

คุณทณี ปิ่นเวหา [5] ศึกษาการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วด้วยตัวเร่ง FCC ที่ใช้แล้วในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ ที่ความดันไฮโดรเจน 1 บาร์เกจ พบว่าการแตกตัวด้วย FCC ที่ใช้แล้ว 1.12 wt% ที่อุณหภูมิ 410 °ซ และเวลาทำปฏิกิริยา 46 นาที ได้ส่วนที่เป็นแก๊ส ผลิตภัณฑ์เหลว และของแข็ง 16.84, 78.42 และ 4.74 wt% องค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลวประกอบด้วยเนฟทา เคโรซีน ดีเซล และกากน้ำมันหนัก 33.26, 19.70, 32.25 และ 5.37 wt% ตามลำดับ

### 3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 วิเคราะห์อุณหภูมิการแตกตัวของน้ำมันตุงด้วยเครื่อง Thermogravimetric analyzer (TGA)

3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันตุงก่อนการแตกตัวด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี พร้อมซอฟต์แวร์จำลองการกลั่น Simulated distillation gas chromatograph) ตามมาตรฐาน ASTM D2887

3.3 วิเคราะห์สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยวิธี Brunauer, Emmett และ Teller (BET method)

3.4 ทดสอบการแตกตัวของน้ำมันตุงในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ 70 มิลลิลิตร ภายใต้บรรยากาศแก๊สไฮโดรเจน 1 บาร์เกจ ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ชนิดและอัตราส่วนโดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา 1-3 wt% อุณหภูมิทำปฏิกิริยา 390 - 440 °ซ และเวลาทำปฏิกิริยา 30 - 60 นาที

3.5 ออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบระดับ (3<sup>k</sup> full factorial design)

3.6 วิเคราะห์ปริมาณแก๊ส ผลิตภัณฑ์เหลว และของแข็งที่ได้จากปฏิกิริยาการแตกตัว

3.7 วิเคราะห์องค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลวด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีพร้อมซอฟต์แวร์จำลองการกลั่นตามมาตรฐาน ASTM D2887

## 4. ผลการทดลองและวิจารณ์

การวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีพร้อมซอฟต์แวร์จำลองการกลั่นตามมาตรฐาน ASTM D2887 พบว่าน้ำมันตุงมีกากน้ำมันหนักถึง 60 wt% และจากผลการวิเคราะห์ด้วย TGA อุณหภูมิการแตกตัวของน้ำมันตุงอยู่ที่ 225 - 450 °ซ การแตกตัวสูงสุดที่อุณหภูมิ 430 °ซ ดังนั้นในงานนี้จึงศึกษาการแตกตัวของน้ำมันตุงระหว่าง 390 - 440 °ซ เพื่อให้ได้โมเลกุลที่เหมาะสมสำหรับเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น แก๊สโซลีน เคโรซีน และแก๊สออยล์เบา (น้ำมันดีเซล) ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลองด้วย BET method

### 4.1 ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ต่อการแตกตัวของน้ำมันตุง

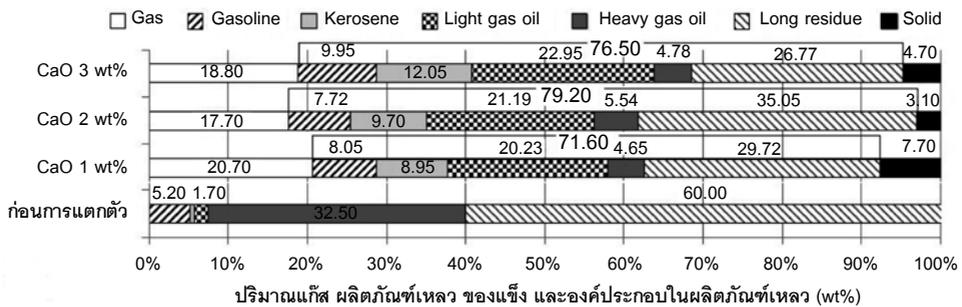
ก. ผลของอัตราส่วนโดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อปริมาณแก๊ส ผลิตภัณฑ์เหลว ของแข็ง และองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลว

จากภาพที่ 1 ที่แสดงผลของอัตราส่วนโดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อการแตกตัวของน้ำมันตุง แม้ว่า CaO 3 wt% จะได้ผลิตภัณฑ์เหลวน้อยกว่ากรณีของ CaO 2 wt% แต่องค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลวที่ได้จากการแตกตัวด้วย CaO 3 wt% ประกอบด้วยแก๊สโซลีน เคโรซีน และแก๊สออยล์เบามากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยให้กากน้ำมันหนักแตกตัวเป็นแก๊สและไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กได้ดี นอกจากนี้เพราะตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ส่งเสริมปฏิกิริยาการดึงหมู่คาร์บอกซิลของกรดไขมันอิสระ CaO จึงทำให้ได้ปริมาณแก๊สมากขึ้น [2] ดังนั้นแสดงว่าตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนัก 3 wt% มีความเหมาะสมในการแตกตัวของน้ำมันตุงมากกว่า 1 และ 2 wt%

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา CaO และ FCC ที่ใช้แล้ว

ชนิดตัวเร่งปฏิกิริยา	พื้นที่ผิวทั้งหมด (m <sup>2</sup> /g)	ปริมาตรรูพรุน (cm <sup>3</sup> /g)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุน (nm)	ลักษณะรูพรุน*
CaO	33.150	0.069	8.348	Meso pore
FCC ที่ใช้แล้ว	110.100	0.155	5.647	Meso pore

หมายเหตุ : \*ตามระบบ IUPAC

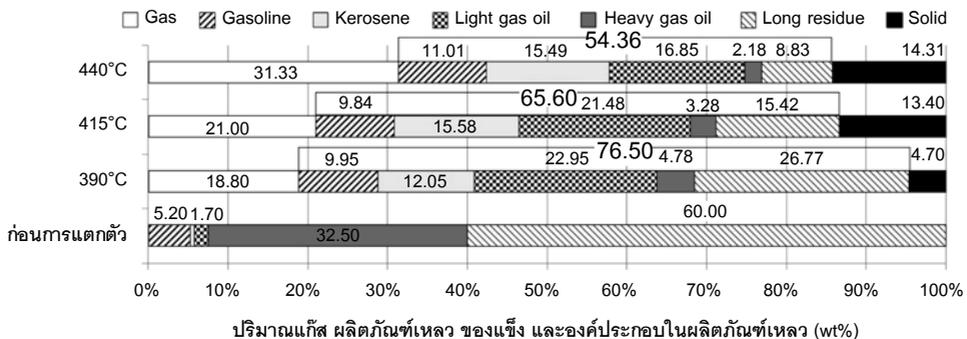


ภาพที่ 1 ปริมาณแก๊ส ผลิตภัณฑ์เหลว ของแข็ง และองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลวจากการแตกตัวของน้ำมันตุงด้วย ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่อุณหภูมิ 390 °ซ และเวลา 30 นาที เปรียบเทียบกับก่อนการแตกตัว

ข. ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อปริมาณแก๊ส ผลิตภัณฑ์เหลว ของแข็ง และองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลว

การแตกตัวของน้ำมันตุงที่ 390, 415 และ 440 °ซ ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา CaO 3 wt% ที่เวลา 30 นาที ดังภาพที่ 2 พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการแตกตัวเป็นแก๊สจะเพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์เหลวลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ H. Tani และคณะ [2]

ในการแตกตัวของน้ำมันตุงเหลวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา MgO เกิดแก๊สมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งเป็นแก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในงานวิจัยนี้สรุปได้ว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการแตกตัวของน้ำมันตุงคือ 390 °ซ เพราะได้ผลิตภัณฑ์เหลวทั้งหมด 76.50 wt% ซึ่งประกอบด้วยแก๊สไฮโดรคาร์บอน เคโรซีน แก๊สออยล์เบา และแก๊สออยล์หนัก 9.95, 12.05, 22.95 และ 4.78 wt%



ภาพที่ 2 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณแก๊ส ผลิตภัณฑ์เหลว ของแข็ง และองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลวจากการแตกตัวของน้ำมันตุงด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา CaO 3 wt% ที่เวลา 30 นาที เปรียบเทียบกับก่อนการแตกตัว

ในกรณีผลของเวลาในภาพที่ 3 เมื่ออัตราส่วน โดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา CaO และอุณหภูมิ ทำปฏิกิริยาครั้งที่ พบว่าเมื่อเวลาทำปฏิกิริยานาน ขึ้น กากน้ำมันหนักจะแตกตัวเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กได้มากขึ้น เวลาทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม คือ 30 - 45 นาที โดยพิจารณาจากปริมาณผลิตภัณฑ์ เหลวที่ได้องค์ประกอบประเภทแก๊สโซลีน เคโรซีน และ แก๊สฮอยล์เบาในผลิตภัณฑ์เหลว ปริมาณกากน้ำมัน หนักและส่วนที่เป็นของแข็ง รวมทั้งการคำนวณผล รวมของผลได้ของแก๊สโซลีน เคโรซีน และแก๊สฮอยล์ เบา ในผลิตภัณฑ์เหลวที่ได้ที่เวลา 30, 45 และ 60 นาที ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (46.90, 45.41 และ 48.88 wt% ตามลำดับ)

**4.2 ตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ที่ใช้แล้วต่อการ แตกตัวของน้ำมันตุง**

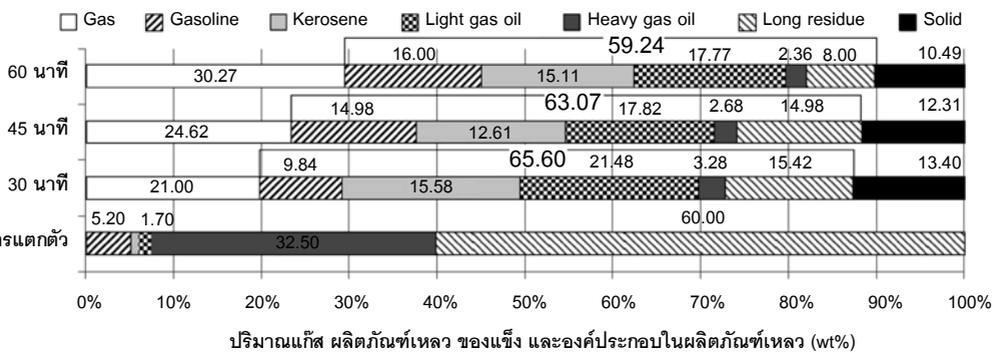
ก. ผลของอัตราส่วนโดยน้ำหนักของตัวเร่ง ปฏิกิริยาต่อปริมาณแก๊ส ผลิตภัณฑ์เหลว ของแข็ง และองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลว

ภาพที่ 4 แสดงผลของอัตราส่วนโดยน้ำหนัก ของตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ที่ใช้แล้วต่อการแตกตัว ของน้ำมันตุง พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ที่ใช้แล้ว 1 wt% ได้ผลิตภัณฑ์เหลวและองค์ประกอบประเภท แก๊สโซลีนสูงกว่าที่ 2 และ 3 wt% มีกากน้ำมันหนัก และส่วนที่เป็นของแข็งน้อยกว่า ตัวเร่งปฏิกิริยา

FCC เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาตระกูลซีโอไลต์ที่มีโครงสร้าง เหมาะสม และความจำเพาะเจาะจงในการเลือกเกิด แนพทา พื้นที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยามีความเป็นกรด ช่วยเร่งการแตกโมเลกุลกากน้ำมันหนักผ่านปฏิกิริยา ของคาร์โบเนียมไอออน และปฏิกิริยาถ่ายโอนไฮโดรเจน เป็นไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กประเภทแก๊ส แก๊สโซลีน เคโรซีน และแก๊สฮอยล์เบา [6]

ข. ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อปริมาณแก๊ส ผลิตภัณฑ์เหลวของแข็ง และองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ เหลว

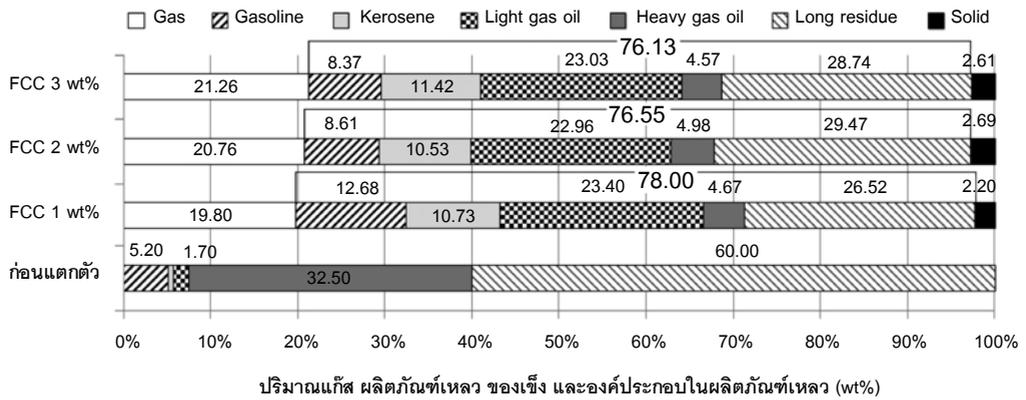
การแตกตัวของน้ำมันตุงด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ที่ใช้แล้ว 1 wt% ที่เวลา 30 นาที ในภาพที่ 5 จะเห็นว่าผลได้ของผลิตภัณฑ์เหลวลดลง เพราะตัวเร่ง ปฏิกิริยา FCC เป็นพวกใช้เพื่อปฏิกิริยาการแตกตัว ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิทำปฏิกิริยายิ่งสูงขึ้น จึงเกิด การแตกตัวมากขึ้น คล้ายกับปฏิกิริยาการแตกตัว ของน้ำมันดิบ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะเกิดผลิตภัณฑ์ ที่ไวต่อปฏิกิริยาซึ่งจะทำปฏิกิริยากันเองได้แก๊ส ไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กเพิ่มขึ้น [7] ดังนั้นสรุปได้ว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการแตกตัวของน้ำมันตุง ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ที่ใช้แล้ว คือ 390 °ซ เพราะ ได้ผลิตภัณฑ์เหลว 78.00 wt% และมีองค์ประกอบ แก๊สโซลีนสูง



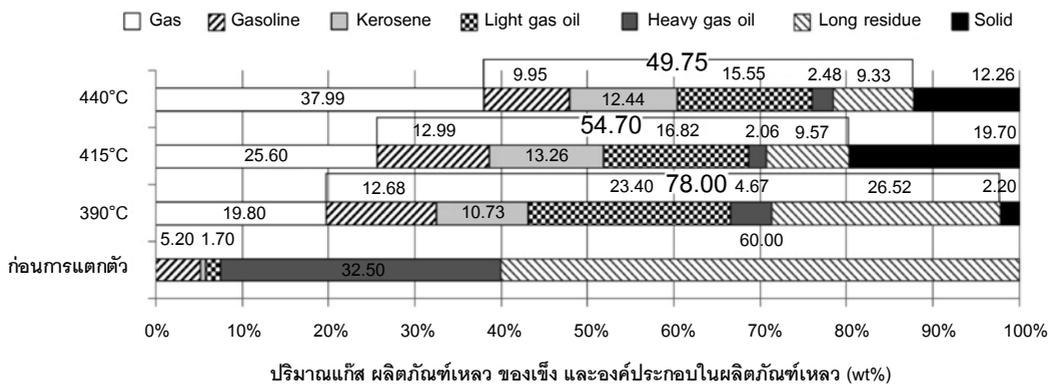
ภาพที่ 3 ผลของเวลาต่อปริมาณแก๊ส ผลิตภัณฑ์เหลว ของแข็ง และองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลวจาก การแตกตัวของน้ำมันตุงด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา CaO 3 wt% ที่อุณหภูมิ 415 °ซ เปรียบเทียบกับก่อน การแตกตัว

ภาพที่ 6 แสดงผลของเวลาต่อการแตกตัวของน้ำมันตุงด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ที่ใช้แล้ว 1 wt% ที่อุณหภูมิ 390 °ซ พบว่าเมื่อเวลาทำปฏิกิริยานานขึ้น จะเกิดการแตกตัวของโมเลกุลขนาดใหญ่เป็นแก๊ส

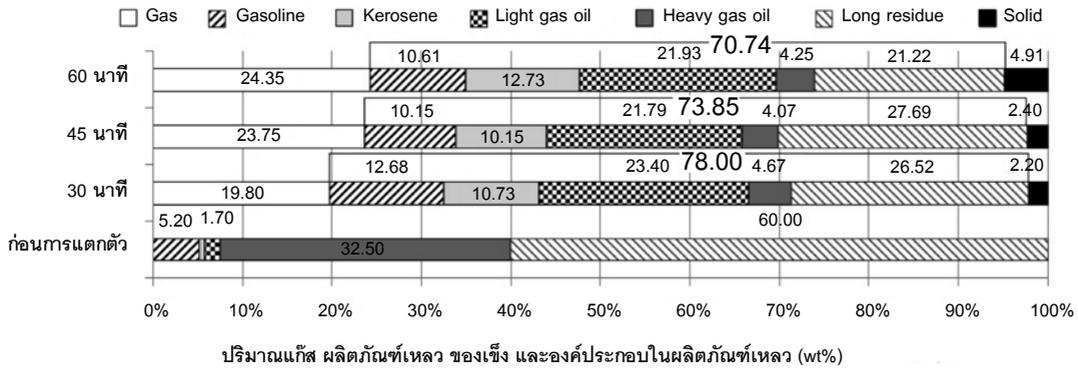
มากขึ้น และผลิตภัณฑ์เหลวลดลง ดังนั้นในงานวิจัยนี้ที่เวลาทำปฏิกิริยา 30 นาที ได้ผลิตภัณฑ์เหลวมากที่สุด โดยมีองค์ประกอบแก๊สและแก๊สไฮโดรคาร์บอนสูง



ภาพที่ 4 ปริมาณแก๊ส ผลิตภัณฑ์เหลว ของแข็ง และองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลวจากการแตกตัวของน้ำมันตุงด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ที่ใช้แล้วที่อุณหภูมิ 390 °ซ และเวลา 30 นาที เปรียบเทียบกับก่อนการแตกตัว



ภาพที่ 5 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณแก๊ส ผลิตภัณฑ์เหลว ของแข็ง และองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลวจากการแตกตัวของน้ำมันตุงด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ที่ใช้แล้ว 1 wt% ที่เวลา 30 นาที เปรียบเทียบกับก่อนการแตกตัว



ภาพที่ 6 ผลของเวลาต่อปริมาณแก๊ส ผลิตภัณฑ์เหลว ของแข็ง และองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เหลวจากการแตกตัวของน้ำมันตุงด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ที่ใช้แล้ว 1 wt% ที่อุณหภูมิ 390 °ซ เปรียบเทียบกับก่อนการแตกตัว

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้จากงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่น จะเห็นว่าเมื่อเทียบกับงานของธนาทิพย์ [3] ซึ่งศึกษาการแตกตัวของน้ำมันตุงเช่นเดียวกัน ที่อุณหภูมิการแตกตัวสูงกว่า และเวลาทำปฏิกิริยาใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาผลได้ของผลิตภัณฑ์เหลวและผลรวมของแก๊สไฮโดรเจน เคโรซีน

และแก๊สออยล์เบาในผลิตภัณฑ์เหลว พบว่าได้ต่ำกว่าในงานวิจัยนี้ (37.55 และ 36.45 wt% กรณีตัวเร่งปฏิกิริยา CaO และ 38.83 และ 37.81 wt% กรณีตัวเร่งปฏิกิริยา MgO) ส่วนงานของรวีวรรณ [4] ที่ศึกษาการแตกตัวของน้ำมันสบูดำด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 ที่ใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลกับงานวิจัยที่ศึกษาการแตกตัวของน้ำมันพืชที่ไม่ใช่ธัญพืช

สารตั้งต้น	ธนาทิพย์ ศรีสุวรรณ [3]		รวีวรรณ สวัสดิ์รักษา [4]	งานวิจัยนี้	
	น้ำมันตุง	น้ำมันตุง	น้ำมันสบูดำ	น้ำมันตุง	น้ำมันตุง
เครื่องปฏิกรณ์	แบบกะ		แบบกะ	แบบกะ	
ตัวเร่งปฏิกิริยา	CaO	MgO	HZSM-5	CaO	FCC ที่ใช้แล้ว
พื้นที่ผิวทั้งหมด (m <sup>2</sup> /g)	8.10	89.00	563.97	33.15	110.10
อัตราส่วนโดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา (wt%)	2.5	2.5	6.35	3	1
อุณหภูมิทำปฏิกิริยา (°ซ)	440	402	426	390	390
เวลาทำปฏิกิริยา (นาที)	38	30	56	30	30
ปริมาณสารตั้งต้น (กรัม)	20	20	20	10	10
ความดันแก๊สไฮโดรเจน (barg)	1	1	6.8	1	1
ผลได้ของผลิตภัณฑ์เหลว (wt%)	37.55	38.83	60.50	76.50	78.00
แก๊สไฮโดรเจนในองค์ประกอบทั้งหมด (wt%)	19.16	21.43	38.35	9.95	12.68
เคโรซีนในองค์ประกอบทั้งหมด (wt%)	11.58	8.37	0.31	12.05	10.73
แก๊สออยล์เบาในองค์ประกอบทั้งหมด (wt%)	5.71	8.01	16.44	22.95	23.40

อุณหภูมิ และเวลาทำปฏิกิริยาสูงกว่า พบว่าได้ผลิตภัณฑ์เหลวต่ำกว่างานวิจัยนี้ แต่องค์ประกอบของแก๊สในผลิตภัณฑ์เหลวสูงกว่างานวิจัยนี้มาก เพราะตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 มีรูพรุนขนาดเล็กและความจำเพาะเจาะจงต่อการเลือกเกิดแก๊สสูง สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยา CaO และ FCC ที่ใช้แล้วซึ่งใช้ในงานวิจัยนี้มีรูพรุนขนาดกลาง สามารถเร่งปฏิกิริยาการแตกตัวสูง และให้ค่าการเลือกเกิดแก๊สออกอลีนสูง [8]

## 5. สรุปผลการวิจัย

น้ำมันพืชที่ไม่ใช้บริโภคมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นทางเลือกของเชื้อเพลิงชีวภาพ และเป็นที่ยอมรับว่าเชื้อเพลิงชีวภาพจะไม่เพิ่มแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ การแตกโมเลกุลของน้ำมันด้วยความร้อนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาสร้างคุณค่า (Value creation) ให้กับน้ำมันจากการเปลี่ยนจากน้ำมันหนักในน้ำมันดิบให้เป็นองค์ประกอบที่มีมูลค่า เช่น แก๊สออกอลีนเบา (ดีเซล) และเคโรซีน จากงานวิจัยนี้ภาวะที่เหมาะสมที่ได้ผลิตภัณฑ์เหลวสูงสุด และมีองค์ประกอบของเชื้อเพลิงที่มีมูลค่า คือ ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO 3 wt% ที่อุณหภูมิ 390 °C และเวลา 30 - 45 นาที โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์

ของตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ที่ใช้แล้ว ที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา FCC 1 wt% ที่อุณหภูมิ 390 °C และเวลา 30 นาที ภายใต้บรรยากาศของแก๊สไฮโดรเจน 1 บาร์เกจ ตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ที่ใช้แล้วอยู่ในตระกูลซีโอไลต์จึงมีความจำเพาะเจาะจงต่อการเลือกเกิดแก๊สสูงมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ผลิตภัณฑ์เหลวที่ได้จากตัวเร่งปฏิกิริยา CaO 76.50 wt% ประกอบด้วยแก๊ส 9.95 เคโรซีน 12.05 แก๊สออกอลีนเบา 22.95 แก๊สออกอลีนหนัก 4.78 และกากน้ำมันหนัก 26.77 wt% ขององค์ประกอบทั้งหมด ส่วนผลิตภัณฑ์เหลวที่ได้จากตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ที่ใช้แล้ว 78 wt% ประกอบด้วยแก๊ส 12.68 เคโรซีน 10.73 แก๊สออกอลีนเบา 23.40 แก๊สออกอลีนหนัก 4.67 และกากน้ำมันหนัก 26.52 wt% ขององค์ประกอบทั้งหมด

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์การเรียนรู้และบริการวิชาการเครือข่ายแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี ที่เอื้อเพื่อเครื่องมือและอุปกรณ์ และสถานที่ทำวิจัยและคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงพลังงาน. (2556). สถานการณ์พลังงานปี 2554 และแนวโน้มปี 2555. [Online]. Available from: [http://www.energy.go.th/sites/all/files/situation54\\_trend55.pdf](http://www.energy.go.th/sites/all/files/situation54_trend55.pdf).
- [2] Tani, H., Hasegawa, T., Shimouchi, M., Asami, K., and Fujimoto, K., (2011). Selective catalytic decarboxy-cracking of triglyceride to middle-distillate hydrocarbon, *Catalysis Today* V. 164 : 410 - 414.
- [3] ธนาทิพย์ ศรีสุวรรณ. (2554). การแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยาของน้ำมันดิบเป็นเชื้อเพลิงเหลวบนตัวเร่งปฏิกิริยารูทิลีนชนิดเบส. ปริญญาโทวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- [4] รวีวรรณ สวัสดิ์รักษา. (2552). การแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยาของน้ำมันสบู่ดำเป็นเชื้อเพลิงเหลวบน HZSM-5. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [5] กุณฑณี ปิ่นเวหา. (2554). การแยกสลายด้วยความร้อนของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วบนตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีใช้แล้ว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [6] วิทยา เรื่องพรวิสุทธิ (2554). เคมีพื้นผิว และปฏิกิริยาเร่ง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป. หน้า 104 - 106.
- [7] ปราโมทย์ ไชยเวช. (2552). ปีโตรเลียมเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 391 - 393.
- [8] Maher, K.D., and Bressler, D.C., (2007). Pyrolysis of triglyceride materials for the production of renewable fuels and chemicals, *Bioresource Technology* V. 98: 2351 - 2368.