การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6
5 - 7 พฤษภาคม 2553 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การผลิตของแข็งและของเหลวจากการคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิต่ำ

Production of solid and liquid from carbonization of sawdust at low temperature

กุลธวัช เทพจันทร์ * วรรณชรีย์ ศรีพจน์
ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
E-mail: pookpui_96@hotmail.com , tonpalm_narak@hotmail.com

Kulthawat Tepjun * Wancharee Srepoj
Department of Industrial Chemistry , Faculty of Science , Chiang Mai University
E-mail: pookpui_96@hotmail.com , tonpalm_narak@hotmail.com

บทคัดย่อ

ศึกษาการคาร์บอไนเซชันขี้เลื่อย โดยมีตัวแปรที่ศึกษาคือ อุณหภูมิ, ปริมาณขี้เลื่อย และเวลาที่ใช้ในการคาร์บอไนเซชัน ช่วงอุณหภูมิที่ศึกษาคือ 400 – 600 องศาเซลเซียส ปริมาณขี้เลื่อย 15 กรัม , 25 กรัม และ 35 กรัม และการคาร์บอไนเซชันที่เวลา 30นาที, 60 นาที และ 90 นาที เพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุดของผลิตภัณฑ์ของแข็งและของเหลวที่ได้จากการคาร์บอไนเซชัน โดยสภาวะที่ได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งมีค่าเลขไอโอดีนสูงสุดคือ ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส, ปริมาณขี้เลื่อย 15 กรัม และเวลาที่ใช้ 90 นาที ส่วนสภาวะที่ได้ปริมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์ของของเหลวมากที่สุดคือ ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส, ปริมาณขี้เลื่อย 15 กรัม และเวลาที่ใช้ 30นาที และวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและหาค่าความร้อน เพื่อให้ทราบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้

Abstract

The carbonization of sawdust was studied. The studied variation was temperatures, quantity of sawdust and hold time. The range of temperature was 400 – 600℃ ,quantity of sawdust was 15 g , 25 g and 35 g and hold time was 30 min , 60 min and 90 min. It was found the optimum of solid and liquid product. For solid product, that gave the highest iodine number was temperature at 600℃ ,quantity of sawdust was 15 g. and hold time 90 min. For liquid product, the maximum yield of liquid product was temperature at 600℃ ,quantity of sawdust was 15 g. and hold time was 30 min. The analysis of physical properties and heating value to investigated the efficiency of liquid product.

1. บทนำ

ในปัจจุบันทั่วโลกมีการสนับสนุนให้นำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ ซึ่งการพลังงานจากชีวมวลมาใช้นั้น เป็นทางเลือกหนึ่งที่เป็นการรักษาสิ่งแวดล้อม เนื่องจากว่าชีวมวลนั้นมีการสะสมพลังงานอยู่ในตัวเองมาก ดังนั้น จึงมีการนำไปใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานความร้อน จึงนิยมนำชีวมวลมาเปลี่ยนองค์ประกอบเคมีโดยความร้อน เช่น การคาร์บอไนเซชัน เป็นกระบวนการสลายตัวของชีวมวลด้วยความร้อนในสภาพอับอากาศ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอไนเซชันจะได้ทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

ผลิตภัณฑ์ก๊าซ ค่าความร้อนของก๊าซที่ได้มีค่าสูงเทียบได้กับเชื้อเพลิงหลายชนิด สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ผลิตภัณฑ์ของเหลว มีสมบัติทางกายภาพอยู่ระหว่างน้ำมันดีเซลและน้ำมันเตา และมีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกับน้ำมันเตา แต่มีปริมาณซัลเฟอร์น้อยกว่าน้ำมันเตา ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานใหม่ได้ และผลิตภัณฑ์ของแข็ง ใช้เป็นตัวดูดซับได้ โดยต้องนำถ่านที่ได้ไปทำการกระตุ้นอีกครั้ง เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวและประสิทธิภาพในการดูดซับ

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำขี้เลื่อยมาบดและคัดขนาด โดยผ่านตะแกรง 60 เมช ซึ่งจะได้ขี้เลื่อยที่มีอนุภาคน้อยกว่า 250 ไมครอน จากนั้นนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง

2.2 การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis)

ชั่งขี้เลื่อย 1.0000 กรัม ใส่ในถ้วยพอสเลน (Porcelain crucible) ที่รู้น้ำหนักแล้ว ทำ 3 ถ้วย นำถ้วยที่ 1(ไม่ติดปิดฝาถ้วยพอสเลน) ไปอบ

ที่ 108 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ นำถ้วยที่ 2 เผาในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที นำถ้วยที่3 เผาในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นเผาต่อที่ 500-815 องศาเซลเซียส นาน 30-60 นาที หลังจากนำถ้วยออกจากเตา ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น สารระเหย เถ้า และคาร์บอนคงตัว

2.3 การทำคาร์บอไนเซชัน

นำขี้เลื่อย 35 กรัม ใส่ในรีทอร์ท(retort) จากนั้นนำไปใส่ในเครื่องคาร์บอไนเซชัน เปิดน้ำที่ใช้ในการควบแน่น ให้อัตราการไหลที่ทำให้ไอส่วนใหญ่ควบแน่นกลายเป็นของเหลว ตั้งอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ 30 นาที แล้วปิดเครื่องทิ้งไว้ให้เย็น แล้วชั่งน้ำหนักของเหลว และของแข็งที่ได้ ทำซ้ำดังวิธีข้างต้น โดยเพิ่มอุณหภูมิทุกๆ 50 องศาเซลเซียส จนถึง 600 องศาเซลเซียส เลือกอุณหภูมิที่ได้ปริมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์ของเหลวมากที่สุด และเลือกอุณหภูมิที่ได้ของแข็งที่ได้ค่าเลขไอโอดีนมากที่สุดมาทำการทดลองซ้ำอีก แต่เปลี่ยนเป็นใช้ปริมาณขี้เลื่อย 25 กรัม และ 15 กรัม ตามลำดับ เลือกปริมาณขี้เลื่อยที่ได้ปริมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์ของเหลวมากที่สุด และเลือกปริมาณที่ได้ของแข็งที่มีค่าเลขไอโอดีนมากที่สุด จากนั้นใช้ปริมาณขี้เลื่อยที่ได้มาทำการทดลองซ้ำแต่เปลี่ยนเวลาเป็น 60 นาที และ 90 นาที ตามลำดับ

2.4 การหาเลขไอโอดีน (วิธีของญี่ปุ่น)

หา f factor เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต 20 มิลลิลิตร และชั่งโพแทสเซียมไอโอไดร์ 2 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขวดที่1 ส่วนขวดที่ 2 เติมเฉพาะสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต 20 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดซัลฟิวริก 5 มิลลิลิตร ลงไปทั้งขวดที่ 1 และขวดที่ 2 นำทั้งสองขวดไปเก็บไว้ในที่มืด หรือเอากระดาษฟอยห่อไว้ ไม่ให้โดนแสงทิ้งไว้ 5 นาที ปรับปริมาตรทั้งสองขวดให้มีปริมาณ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายสีน้ำตาล จากนั้นนำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตจนได้สารละลายสีเหลือง เติมน้ำแป้งปริมาณ 1 มิลลิลตร ลงในสารละลายสีเหลืองทั้งสองขวด ไทเทรตอีกครั้งด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต จนได้สารละลายที่ไม่มีสี บันทึกปริมาตรโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ไป ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง ค่าที่ได้จากขวดที่ 1 คือ ค่า c และค่าที่ได้จากขวดที่ 2 คือ ค่า d และนำมาคำนวณดังสมการ

$$f = \frac{(a)(b/100)(20/250)}{(c-d)(0.003567)}$$

เมื่อ a = ปริมาณของ KIO_3 (กรัม)

b = % of KIO_3

หาค่า K1 เติมสารละลายไอโอดีนปริมาณ 20 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ นำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต จนสีของไอโอดีนจางลง เติมน้ำแป้ง 1 มิลลิลิตร ลงในสารละลายไอโอดีนที่จางลง และไทเทรตอีกครั้งด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตจนได้สารละลายไม่มีสีบันทึกปริมาตรโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ไป ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง ค่าที่ได้คือ ค่า K1 นำไปหาค่า f ' ดังสมการ

$$f' = \frac{(k_1)(f)}{20}$$

หาค่า K2 ชั่งตัวอย่างน้ำหนัก X.XXXX กรัม (สุ่มน้ำหนักตัวอย่างขึ้นมาเอง) ใส่ในขวดสีน้ำตาลขนาด100 มิลลิลิตร ที่มีฝาปิด และเติมสารละลายไอโอดีน 50 มิลลิลิตร ทำการคนสารละลายเป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิห้องนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifute เพื่อให้ของแข็งเกิดการตะกอน จากนั้นแยกสารละลายของเหลวออกจากของแข็ง และปิเปตของเหลว 10 มิลลิลิตร นำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ไทเทรตจนสีของเหลวจางลงเติมน้ำแป้ง 1 มิลลิลิตร ลงในของเหลวที่สีจางลง ไทเทรตอีกครั้งด้วยสารละลายไธโอซัลเฟตจนของเหลวไม่มีสี บันทึกปริมาตรโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ไป ค่าที่ได้ คือ ค่า k_2 สุ่มน้ำหนักอีก 2 ค่า ทำซ้ำดังวิธีข้างต้น แล้วนำค่าตัวแปรที่ได้ไปคำนวณหาเลขไอโอดีน นำค่า k_2 แต่ละค่าที่ได้ ไปคำนวณหาค่า I_N (Iodine residual concentration) และค่า I (ค่าการดูดซับไอโอดีน)

ดังสมการ $I_N = (k_2)(f)(12.69)(0.1)$

และ $$I = \frac{(10f' - K_2 f)(12.69)(5)}{S}$$

เมื่อ S = น้ำหนักของสารตัวอย่าง (g)

นำค่า I_N และค่า I ที่ได้ทั้ง 3 ค่า มาทำการพล็อตกราฟ ลากเส้นจากแกนที่ ค่า $I_N = 2.5$ ไปชนเส้นกราฟที่พล็อตได้ แล้วไปยังแกน ค่า I ซึ่งค่า I ที่ได้นั้นจะเป็นค่าเลขไอโอดีน

2.5 การหาคุณสมบัติการละลายของผลิตภัณฑ์ของเหลว

นำของเหลวที่ได้จากการคาร์บอไนเซชันมาทำการแยกชั้น และนำของเหลวแต่ละชั้นมาทดสอบการละลายกับน้ำ และเฮกเซน (hexane) สังเกตการณ์ละลายที่เกิดขึ้น

2.6 การหาสมบัติทางกายภาพ และหาค่าความร้อนของผลิตภัณฑ์ของเหลว

จุดขุ่นตัว ใส่น้ำมันลงในหลอดทดลองประมาณ 5 ml. แล้วอุดด้วยจุกคอร์กที่เสียบด้วยเทอร์โมมิเตอร์อยู่ตรงกลาง นำหลอดใส่ไว้ในบีกเกอร์ที่มีน้ำแข็งผสมเกลือ ค่อยๆทำให้เย็นลงช้าๆ ยกหลอดทดลองมาตรวจดูการขุ่นตัวทุกช่วงอุณหภูมิที่ลดลง (ไม่ต้องคน) อุณหภูมิที่เริ่มมองเห็นรอยขุ่นคือ cloud point รายงานค่า cloud point ที่บันทึกได้จากการทดลอง

จุดไหลเท ใส่น้ำมันลงในหลอดทดลองประมาณ 5 ml. แล้วอุดด้วยจุกคอร์กที่เสียบด้วยเทอร์โมมิเตอร์อยู่ตรงกลาง นำหลอดใส่ไว้ในบีกเกอร์ที่มีน้ำแข็งผสมเกลือ คนตลอดเวลา วัดอุณหภูมิเรื่อยๆ ทุกๆ ช่วง $3^{\circ}C$ ที่ลดลง ยกหลอดขึ้นแล้วเอียงดูว่ามีการไหลตัวของน้ำมันหรือไม่ ถ้าเอียงดูหลอดเกิน 5 วินาที แล้วยังไม่มีการไหลตัวแสดงว่าถึงจุด pour point รายงานจุด pour point จากอุณหภูมิที่บันทึกได้แล้วบวกด้วย $3^{0}C$ จะได้ค่า pour point ที่แท้จริง

ค่าความหนาแน่น หาความหนานแน่นจากขวดวัดความหนาแน่น (density bottle)

ค่าความร้อน ชั่งตัวอย่างประมาณ 1.0000 กรัม ใส่ลงในแคปซูล จากนั้นหาค่าความร้อนโดยวิธี bomb calorimeter

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

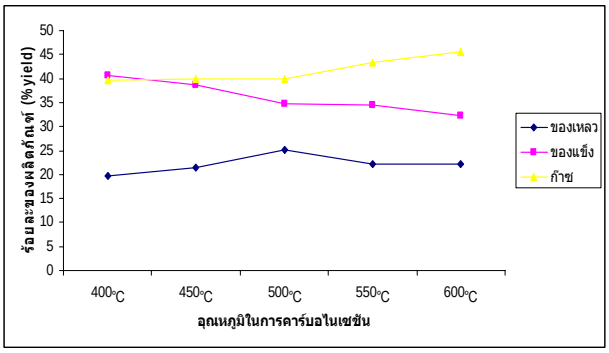
3.1 การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate Analysis)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) ของขี้เลื่อยที่มีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 250 ไมครอน

การวิเคราะห์แบบพรอกซิเมต	dry basis , wt%
ความชื้น	4.03
สารระเหย	74.61
เถ้า	7.58
คาร์บอนคงตัว	13.78

จากการทดลองหาค่า ความชื้น สารระเหย เถ้า และคาร์บอนคงตัว ของขี้เลื่อยหลังจากอบไล่ความชื้นแล้ว ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 1 พบว่าขี้เลื่อยมีสารระเหยอยู่มาก ส่วนความชื้น เถ้า และคาร์บอนคงตัวมีน้อย เนื่องจากขี้เลื่อยเป็นไม้ ซึ่งจะมีเซลลูโลส และลิกนินเป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะสลายตัวเป็นสารระเหยได้ ส่วนความชื้นนั้น ขี้เลื่อยสามารถดูดความชื้นได้มาก จึงต้องทำการอบขี้เลื่อยเพื่อไล่ความชื้นออก ทำให้ได้ค่าความชื้นของขี้เลื่อยน้อย

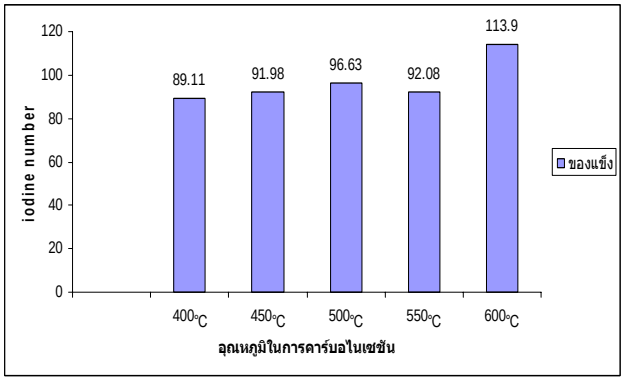
3.2 ผลของอุณหภูมิต่อการคาร์บอไนเซชันขี้เลื่อย



รูปที่ 1 การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการ การคาร์บอไนเซชันขี้เลื่อยปริมาณ 35 กรัม ที่อุณหภูมิ 400 – 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

จากการทดลองทำการคาร์บอไนเซชันขี้เลื่อยปริมาณ 35 กรัม ในช่วงอุณหภูมิ 400-600 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณของแข็ง และของเหลวดังแสดง ในรูปที่ 1 พบว่าปริมาณของเหลวจากการคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณของเหลวสูงสุด ส่วนปริมาณของแข็งมากที่สุดคือ ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส อุณหภูมิยังไม่สูงพอที่จะทำให้สารระเหยได้ในขี้เลื่อยระเหยออกมาได้หมด ทำให้ยังค้างอยู่ในของแข็งอยู่ จึงส่งผลให้ได้ก๊าซที่ควบแน่นออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ของเหลวน้อย ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งมาก และที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ของเหลวมากขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์ของแข็งจะลดลง และเมื่ออุณหภูมิการทดลองอยู่ที่ 500 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงพอที่จะได้สารระเหยได้ในขี้เลื่อย ระเหยออกมาได้มากที่สุด จึงทำให้ได้ปริมาณของเหลวมาก แต่ที่อุณหภูมิสูงกว่า 500 องศาเซลเซียส จะได้ปริมาณของเหลวน้อยลง เพราะสารระเหยได้จะระเหยออกมาอย่างรวดเร็ว ทำให้สารระเหยที่ได้ออกมานั้น ไม่สามารถควบแน่นได้ทัน ส่วนใหญ่จะกลายเป็นก๊าซออกทางด้านบนของเครื่องคาร์บอไนเซชัน จึงทำให้ได้ปริมาณของเหลวลดลง ส่วนปริมาณของแข็งก็จะมีปริมาณลดลงเช่นกัน

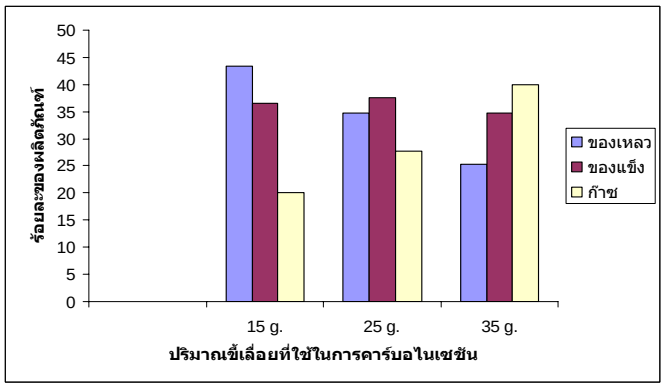
3.3 ผลของอุณหภูมิต่อค่าเลขไอโอดีน



รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเลขไอโอดีนของผลิตภัณฑ์ของแข็ง ที่ได้จากการคาร์บอไนเซชัน ขี้เลื่อยปริมาณ 35 กรัม ที่อุณหภูมิ 400 – 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

จากผลการทดลองเพื่อศึกษาเลขไอโอดีนของถ่านที่ได้จากการคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-600 องศาเซลเซียส จากรูปที่ 2 พบว่าค่าเลขไอโอดีนจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งถ่านที่ได้จากการคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส จะให้ค่าเลขไอโอดีนสูงที่สุด เนื่องจากว่าที่อุณหภูมิสูงจะเป็นการเร่งให้สารระเหยได้ ระเหยออกจากผิวถ่านมากขึ้น ทำให้ผิวของถ่านที่คาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิสูง มีรูพรุนมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ จึงสามารถดูดซับสีของไอโอดีนได้ดีกว่า

3.4 ผลของปริมาณขี้เลื่อยต่อการคาร์บอไนเซชัน

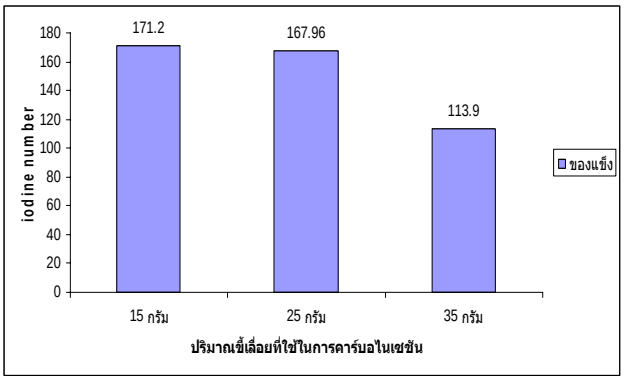


รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบ ร้อยละผลิตภัณฑ์ของเหลว ของแข็ง และก๊าซที่ได้จากการ การ คาร์บอไนเซชันขี้เลื่อยปริมาณ 15 กรัม, 25 กรัม และ 35 กรัม ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา30 นาที

จากการทดลองทำการคาร์บอไนเซชันขี้เลื่อยปริมาณ 15 กรัม 25 กรัม และ 35 กรัม จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าร้อยละผลิตภัณฑ์ของเหลวที่มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณขี้เลื่อยลดน้อยลง โดยปริมาณขี้เลื่อย 15 กรัม จะได้ร้อยละผลิตภัณฑ์ของเหลวมากที่สุด เนื่องจากว่าในการคาร์บอไนเซชัน เมื่อปริมาณขี้เลื่อยในรีทอร์ทมาก ทำให้มีที่ว่างในรีทอร์ทน้อย จึงทำให้เกิดแรงดันมาก เมื่อสารระเหยระเหยออกมาก็จะไม่สามารถควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวได้ทัน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซที่มากขึ้น เมื่อใช้ปริมาณขี้เลื่อยในการคาร์บอไนเซชันมากขึ้น ดังนั้นขี้เลื่อยปริมาณ 35 กรัม จะให้ร้อยละผลิตภัณฑ์ก๊าซมากที่สุด ส่วนผลิตภัณฑ์ของแข็ง ขี้เลื่อย 25 กรัม ที่ใช้ในการคาร์บอไนเซชัน

จะให้ร้อยละผลิตภัณฑ์ของแข็งมากที่สุด รองลงมาคือที่ปริมาณ15 กรัม และ 35 กรัม ตามลำดับ

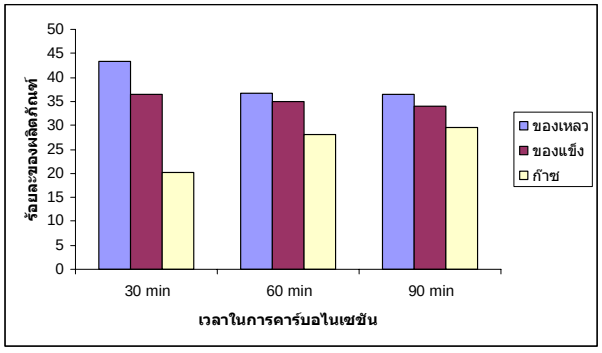
3.5 ผลของปริมาณขี้เลื่อยต่อค่าเลขไอโอดีน



รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเลขไอโอดีนของผลิตภัณ์ของแข็งที่ได้จากการคาร์บอไนเซชันขี้เลื่อยปริมาณ 15 กรัม, 25 กรัม และ 35 กรัม ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

จากผลการทดลองเพื่อศึกษาเลขไอโอดีนของถ่านที่ได้จากการคาร์บอไนเซชันขี้เลื่อยปริมาณ 15 กรัม 25 กรัม และ 35 กรัม จากรูปที่ 4 พบว่าค่าเลขไอโอดีนจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ปริมาณขี้เลื่อยในการคาร์บอไนเซชันต่ำลง จากการทดลองปริมาณขี้เลื่อย 15 กรัม ที่ใช้ในการคาร์บอไนเซชัน จะให้ค่าเลขไอโอดีนสูงสุด เนื่องจากว่า ในการคาร์บอไนเซชันนั้น เมื่อมีปริมาณขี้เลื่อยในรีทอร์ทมากขึ้น จะทำให้อนุภาค ขี้เลื่อยเกิดการแพ็คตัวมากขึ้น ทำให้สารที่ระเหยได้ระเหยออกไปได้ยาก ทำให้ผิวของถ่านนั้นเกิดรูพรุนน้อยกว่า การใช้ขี้เลื่อยในปริมาณที่น้อยกว่า

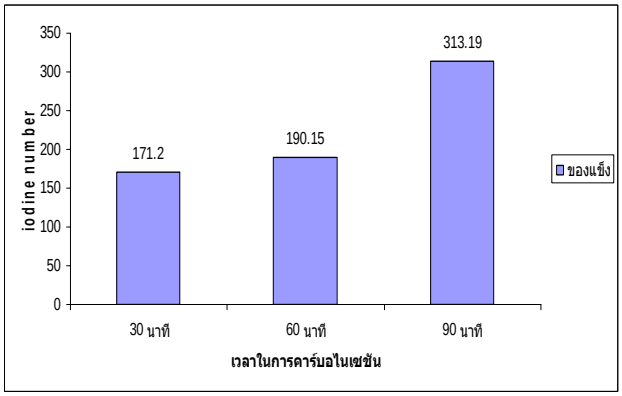
3.6 ผลของเวลาต่อการคาร์บอไนเซชัน



รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบ ร้อยละผลิตภัณฑ์ของของเหลว ของแข็ง และก๊าซ ที่ได้จากการ การคาร์บอไนเซชันขี้เลื่อยปริมาณ 15 กรัม อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ที่เวลา 30 นาที , 60 นาที และ 90 นาที

จากการทดลองทำการคาร์บอไนเซชันที่เวลา 30 นาที 60 นาที และ 90 นาที ผลที่ได้ดังรูปที่ 5 พบว่าที่เวลาในการคาร์บอไนเซชันที่เวลา30นาทีจะให้ปริมาณร้อยละผลิตภัณฑ์ของเหลวมากที่สุด เนื่องจากว่าผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ควบแน่นออกมานั้น จะควบแน่นออกมาในช่วงเวลาสั้นๆ เวลาหนึ่งเท่านั้น และเมื่อเวลาในการคาร์บอไนเซชันที่นานขึ้น จะทำให้ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้เกิดการแตกตัว ทำให้ได้ปริมาณของเหลวที่ลดลง ส่วนปริมาณร้อยละผลิตภัณฑ์ของแข็งนั้นจะมีค่าลดลงที่เวลาในการคาร์บอไนเซชันมากขึ้น เนื่องจากว่าสารที่ระเหยได้สามารถระเหยออกไปได้มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ได้ร้อยละผลิตภัณฑ์ของก๊าซที่เพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาในการคาร์บอไนเซชันที่มากขึ้น

3.7 ผลของเวลาต่อค่าเลขไอโอดีน



รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าเลขไอโอดีนของผลิตภัณฑ์ของแข็ง ที่ได้จากการคาร์บอไนเซชันขี้เลื่อยปริมาณ 15 กรัม อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส และ 600 องศาเซลเซียส ที่เวลา 30 นาที , 60 นาที และ 90 นาที

จากผลการทดลองเพื่อศึกษาเลขไอโอดีนของถ่านที่ได้จากการคาร์บอไนเซชันที่เวลา 30 นาที 60 นาที และ 90 นาที จากผลการทดลองดังรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้เวลาในการคาร์บอไนเซชันที่เพิ่มขึ้น จะได้ค่าเลขไอโอดีนที่สูงขึ้น ซึ่งเวลาในการคาร์บอไนเซชันที่ 90 นาที ได้ค่าเลขไอโอดีนที่สูงกว่า 60 นาทีและ 30 นาทีมาก เนื่องจากว่า เวลาในการคาร์บอไนเซชันที่เพิ่มขึ้นทำให้สารระเหยได้ระเหยออกจากผิวของถ่านได้มากขึ้น ทำให้ผิวถ่านนั้นเกิดรูพรุนขึ้นมาก สามารถดูดซับสีของไอโอดีนได้ดี ถ้าใช้เวลาในการคาร์บอไนเซชันน้อยเกินไป ทำให้สารระเหยได้ ระเหยออกไปได้น้อย หรืออาจจะระเหยออกไปได้ไม่หมด เมื่อสิ้นสุดเวลาในการคาร์บอไนเซชัน ทำให้สารระเหยที่ระเหยออกไปจากรีทอร์ทไม่หมด กลับมาอุดตันรูพรุนของถ่าน ทำให้ได้ค่าเลขไอโอดีนที่ต่ำ

3.8 สมบัติการละลายของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากการคาร์บอไนเซชันขี้เลื่อย

ตารางที่ 2 การละลายในตัวทำละลายเฮกเซนและน้ำ ของของเหลวผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอไนเซชัน ขี้เลื่อยปริมาณ15 กรัม อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที

ผลิตภัณฑ์ของเหลว	ชนิดตัวทำละลาย	
	เฮกเซน	น้ำ
ชั้นบน	ไม่ละลาย	ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
ชั้นล่าง	ละลายได้ส่วนน้อย	ละลายได้ส่วนมาก

จากผลการทดลองในตารางที่ 2 พบว่าผลิตภัณฑ์ของเหลวชั้นบนละลายในตัวทำละลายน้ำ และผลิตภัณฑ์ของเหลวชั้นล่างสามารถละลายได้ในน้ำได้ส่วนมาก และละลายได้ในเฮกเซนเป็นส่วนน้อย จึงคาดว่าของเหลวชั้นบนมีสารประกอบที่มีขั้ว และของเหลวชั้นล่าง

อาจจะมีทั้งสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดใดชนิดหนึ่งที่ไม่มีขั้วอยู่เล็กน้อย และมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีขั้วอยู่เป็นส่วนมาก ซึ่งสอดคล้องกับค่าความร้อน (heating value) ที่ได้จากการทดลองโดยวิธี Bomb Calorimeter พบว่าของเหลวชั้นล่างมีค่าความร้อนที่สูง แสดงถึงการมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอยู่มาก

3.9 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางความร้อนของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้ เปรียบเทียบกับสมบัติทางกายภาพของน้ำมันปิโตรเลียม และน้ำมันชีวภาพ

สมบัติทางกายภาพ	จุดขุ่นตัว (℃)	จุดไหลเท (℃)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	ค่าความร้อน (kcal/l)
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	-	-	0.57	6,360
น้ำมันเบนซิน	-	-	0.64	7,250
น้ำมันเครื่องบิน	-	-	0.79	8,250
น้ำมันก๊าด	-	-	0.90	8,250
น้ำมันดีเซล	-15	-16.7	-	8,700
น้ำมันเตา	-	-	-	9,500
ยางมะตอย	-	-	1.08	9,840
Bio-oil จากเนื้อในเมล็ดปาล์ม	-	-	1.01	9,615
Bio-oil จากกะลาปาล์ม	-	-	1.18	7,566
Bio-oil จากกากมันสำปะหลัง	-	-	1.16	4,120
ของเหลวชั้นบน	10.5	<-17	1.0379	3,287
ของเหลวชั้นล่าง	-	-12	1.1837	8,678

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ของเหลวมีจุดไหลเทที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และใกล้เคียงกับน้ำมันชีวภาพที่ได้จากกากมันสำปะหลัง ส่วนจุดขุ่นตัวนั้นผลิตภัณฑ์ของเหลวชั้นบนมีค่าจุดขุ่นตัวที่ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ส่วนผลิตภัณฑ์ของเหลวชั้นล่างไม่สามารถสังเกตเห็นได้ เนื่องจากของเหลวมีความหนืดมาก และมีสีน้ำตาลดำ และในการเปรียบเทียบค่าความร้อนนั้นพบว่า ผลิตภัณฑ์ของเหลวชั้นล่างมีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงน้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา และมีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกับน้ำมันชีวภาพจากเนื้อในเมล็ดปาล์ม กับน้ำมันชีวภาพจากกะลาปาล์ม ส่วนผลิตภัณฑ์ของเหลวชั้นบนนั้นมีค่าความร้อนที่ต่ำกว่าน้ำมันปิโตรเลียม แต่มีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกับน้ำมันชีวภาพที่ได้จากกากมันสำปะหลัง ส่วนค่าความหนาแน่นนั้นผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้มีค่าความหนาแน่นที่มากกว่าน้ำมันปิโตรเลียม แต่มีความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกับน้ำมันชีวภาพ จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และค่าความร้อนของผลิตภัณฑ์ของเหลวชั้นบนและชั้นล่าง พบว่าผลิตภัณฑ์ของเหลวทั้งหมดน่าจะนำไปปรับปรุงสมบัติ หรือผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวได้ต่อไป

4. สรุปผลการทดลอง

- สภาวะที่ได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ให้ค่าเลขไอโอดีนสูงที่สุดคือ อุณหภูมิในการคาร์บอไนเซชันที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที ใช้ปริมาณขี้เลื่อย15 กรัม
- สภาวะที่ได้ร้อยละผลิตภัณฑ์ของเหลวมากที่สุดคือ อุณหภูมิในการคาร์บอไนเซชัน500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ใช้ปริมาณขี้เลื่อย 15 กรัม
- ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ได้ สามารถนำไปกระตุ้นเพื่อให้เกิดรูพรุน ในการผลิตเป็นถ่านที่กัมมันต์ได้
- ผลิตภัณฑ์ของเหลวชั้นบนประกอบไปด้วยสารประกอบที่มีขั้ว ส่วนผลิตภัณฑ์ของเหลวชั้นล่างประกอบไปด้วยสารประกอบที่มีขั้วเป็นส่วนใหญ่ และสารประกอบที่ไม่มีขั้วเป็นส่วนน้อย
- ในการทดสอบสมบัติทางกายภาพผลิตภัณฑ์ของเหลวชั้นบนและชั้นล่างมีจุดไหลเทที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และมีความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกับน้ำมันชีวภาพจากกากมันสำปะหลัง
- ในการวิเคราะห์หาค่าความร้อนพบว่า ผลิตภัณฑ์ของเหลวชั้นล่างมีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา และน้ำมันชีวภาพที่ได้จากเนื้อในเมล็ดปาล์ม และกะลาปาล์ม ส่วนผลิตภัณฑ์ของเหลวชั้นบนมีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกับน้ำมันชีวภาพจากกากมันสำปะหลัง
- ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้ ณ ที่การคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิต่ำ (400 – 500 องศาเซลเซียส) เป็นน้ำมันชีวภาพที่ได้จากขี้เลื่อย ซึ่งสามารถนำไปปรับปรุงคุณภาพ และใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวได้

6. เอกสารอ้างอิง

1. วีระชัย เปรมโยธิน, “เชื้อเพลิงและปิโตรเพลิง”, ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2534 หน้า 1-3, 22-26
2. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, “การออกแบบขั้นขบวนการของระบบน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยาง”, ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525 หน้า 14-22
3. ทิพย์นภา วงค์สลี และ นลินี ชัยมงคล, รายงานปัญหาพิเศษ, วิทยาศาสตร์บัณฑิต, สาขาเคมีอุตสาหกรรม, ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ปีการศึกษา 2545 หน้า 7-15
4. สุรชัย พรมอ้าย, “รายงานการฝึกงาน ประจำปีการศึกษา 2544 (ภาคฤดูร้อน)”, ภาควิชาเคมี-อุตสาหกรรม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,ปีการศึกษา 2545 หน้า 5-17

5. M. Inguanzo, A, Dominguez, J.A. Menendez, C.G. Blanco, J.J Pis., On the pyrolysis of sewage sludge: the influence of pyrolysis conditions on solid, liquid and gas fractions, J. Anal. Appl. Pyrolysis, 63: 209-222 (2002)
6. Caglar, A., and demirbas, A.,Energ Conver Mgmt., 43: 489 (2002)
7. Lilly Shen, Dong-Ke Zhang., An experimental of oil recovery from sewage sludge by low-temperature pyrolysis in a fluiddised-bed., Fuel 82: 465-472 (2003)
8. Chen, G., Andries, J. and Spliethoff, H., Catalytic pyrolysis of biomass for hydrogen rich fuel gas product. Energ Conver Mgmt, 44: 2289-2296 (2003)
9. ASTM D3172-89: Standard Patice for Proximate Analysis of coal and coke, 321
10. ASTM D3173-87: Standard Test Methods for Moisture in the Analysis Sample of coal and coke, 322-323
11. ASTM D3175-89: Standard Test Methods for Volatile matter in the Analysis Sample of coal and coke, 324-326
12. ASTM D3174-89: Standard Test Methods for Ash in the Analysis Sample of coal and coke, 324-326
13. ASTM D2015-89: Standard Test Methods for Gross Calorific Value of coal and coke by the Adiabatic Bomb Calorimeter, 262-269
14. ASTM D3177-89: Standard Test Methods for Total Sulphur in the Analysis Sample of coal and coke, 333-336