บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 3

Proceedings of the 3rd RMUTP Conference of Engineering and Technology

การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยาต่อปริมาณผลิตภัณฑ์จากการไพโรไลซิสผ้าปนเปื้อนน้ำมัน

Effects of temperature and catalyst on pyrolysis products from oil-contaminated cloth

ภาสันต์ วิชานงค์[1], ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล[1] และประภาพร พลอยยอด[1]

1สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: : phasan.pv@gmail.com, natworapol.r@rmutp.ac.th and prapaphorn.p@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยาต่อปริมาณผลิตภัณฑ์จากการไพโรไลซิสผ้าปนเปื้อนน้ำมัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยาต่อสัดส่วนของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิสผ้าปนเปื้อนน้ำมันในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง (Fix bed reactor) ภายใต้บรรยากาศของอากาศ โดยใช้ปริมาณของผ้าปนเปื้อนน้ำมัน 5 กิโลกรัม อุณหภูมิที่ทำการทดลองอยู่ในช่วง 400-500 องศาเซลเซียส ที่อัตราการให้ความร้อน 5 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงอุณหภูมิไว้ที่อุณหภูมิไพโรไลซิส นาน 4 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ผ้าปนเปื้อนน้ำมันเกิดการสลายตัวมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 69.4 โดยน้ำหนัก และให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เป็นเหลวมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 31.8โดยน้ำหนัก และพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO3) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ช่วยทำให้ได้ปริมาณของเหลวเพิ่มมากขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ($Na2CO_3$) ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 37.4 โดยน้ำหนัก การสลายตัวด้วยความร้อนของผ้าปนเปื้อนน้ำมัน จะสลายตัวได้ดีแปรผันตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็งมีแนวโน้มลดลง และพบว่าการโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมในกระบวนการไพโรไลซิส ช่วยทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: ผ้าปนเปื้อนน้ำมัน, ไพโรไลซิส, อุณหภูมิ, ตัวเร่งปฏิกิริยา

Abstract

A study on the influence of temperature and catalyst on the pyrolysis product content of oil contaminated cloth. The purpose of this study was to investigate the effects of temperature and catalyst on the proportion of pyrolysis products in the fix bed reactor. Under the air. The amount of contaminated cloth was 5 kg. The temperature was in the range of 400-500 °C at a heating rate of 5 °C/Min. And kept at pyrolysis temperature for 4 hours. The results showed that at the temperature of 500 °C, the most degradable contaminated cloth was 69.4 wt.% and gave the highest amount of liquid products 31.8 wt.% was found that sodium carbonate (Na_2CO_3) and calcium carbonate ($CaCO_3$) catalysts increased the amount of liquid. At a temperature of 500 ° C, Na_2CO_3 yielded the most liquid product at 37.4 wt.%. The thermal decomposition of the contaminated cloth oil. It dissolves well in temperature variation. As a result, the volume of liquid products is likely to increase. Solid products tend to decrease. And found that the sodium carbonate (Na2CO3) and calcium carbonate ($CaCO_3$) is a catalyst in the pyrolysis process helps increase the volume of liquid products.

Keywords: oil-contaminated cloth, pyrolysis, temperature, catalyst

1. บทนำ

จากวิกฤตการณ์ของน้ำมันดิบที่เกิดขึ้นทั่วโลก ทำให้มีความพยายามในการพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือกขึ้นมาใช้ทดแทนน้ำมันดิบในหลายๆรูปแบบ และรูปแบบหนึ่งที่มีผู้ให้ความสนใจเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีความเหมาะสมกับประเทศไทยก็คือ การนำวัสดุชีวมวลและของเสียจากภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรมมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งนอกจากจะได้เชื้อเพลิงทดแทนไปใช้งานในรูปแบบต่างๆแล้ว ยังเป็นการช่วยลดปริมาณของเสียที่ต้องการกำจัดลงด้วย

ผ้าปนเปื้อนน้ำมันจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหนึ่งในของเสียจากภาคอุตสาหกรรมที่จัดอยู่ในของเสียรหัส 15 02 02 ซึ่งของเสียรหัสนี้ได้แก่ วัสดุดูดซับ วัสดุตัวกรอง ผ้าสำหรับเช็ด และชุดป้องกันที่ปนเปื้อนสารอันตราย จากข้อมูลของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ พบว่าระหว่างปี 2551-2554 ของเสีย รหัส 15 02 02 มีอัตราการเกิดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี เฉลี่ย 116,671 ตันต่อปี [1] จากการศึกษาพบว่า ของเสียที่มีองค์ประกอบของไฮโดรคาร์บอน สามารถนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการไพโรไลซิส

โดยกระบวนการที่นำมาใช้สำหรับแปรรูปของเสียเป็นเชื้อเพลิงนั้น มีทั้งที่ใช้กระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางเคมี กระบวนการทางความร้อน และกระบวนการทางชีวภาพ โดยในบรรดากระบวนการทางความร้อนทั้งหมดนั้นการเผาในเตาเผาเป็นวิธีที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมมากที่สุด อย่างไรก็ตาม กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น และไพโรไลซิส เป็นวิธีที่มีศักยภาพและประสิทธิภาพในการผลิตเชื้อเพลิง ที่มีความยืดหยุ่นในการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน [2] และเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณและน้ำหนักของของเสีย [3]

กระบวนการแยกสลายด้วยความร้อน (Pyrolysis) เป็นกระบวนการที่ทำให้สารประกอบอินทรีย์ขนาดใหญ่ที่ต่อกันเป็นสายโซ่ยาว (Chain) แตกออกเป็นโมเลกุลที่มีขนาดลดลง หรือต่อกันเป็นสายโซ่ที่สั้นลง ภายใต้บรรยากาศแบบไร้ออกซิเจน ซึ่งกระบวนการจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส ถึง 700 องศาเซลเซียส ในระหว่างกระบวนการไพโรไลซิสวัสดุจะเกิดการเปลี่ยนสภาพเป็นชั้นๆ ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นก๊าซ ของเหลว และของแข็ง ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงได้

โดยของแข็งที่ได้จะเรียกว่า ถ่านชาร์ (Charcoal) ซึ่งมีส่วนประกอบของวัสดุที่เป็นถ่านเป็นหลักและมีส่วนที่เป็นเถ้าอนินทรีย์ผสมรวมอยู่ด้วย ส่วนของเหลวที่ได้จากการควบแน่นที่อุณหภูมิห้องเรียกว่า ของเหลวไพโรลิกเนียส (Pyroligneous liquid) หรือกรดไพโร-ลิกเนียส (Pyroligneous acids) หรือ น้ำมันไพโรไลซิส (Pyrolysis oil) ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลดำคล้ายน้ำมันดิบ บางครั้งเรียกว่าน้ำมันดิบชีวภาพ (Bio-crude oil) และมีกลิ่นที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยที่องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันไพโรไลซิสจะประกอบไปด้วยน้ำในปริมาณที่มาก มีอนุภาคของแข็งน้อย และมีสารประกอบอินทรีย์ที่หลากหลาย เช่น แอลกอฮอล์ ฟีนอล และอัลดีไฮด์ เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติของน้ำมันไพโรไลซิสส่วนใหญ่ที่ได้จะมีคุณสมบัติอยู่ระหว่างน้ำมันดีเซลกับน้ำมันเตา กล่าวคือ มีค่าความถ่วงจำเพาะ ความหนืด รวมถึงกรรมวิธีการกลั่นแบบลำดับส่วนใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ในขณะที่มีค่าความร้อนใกล้เคียงกับน้ำมันเตา แต่ก็มีปริมาณของกัมมะถัน (Sulphur) น้อยกว่าน้ำมันเตา อย่างไรก็ตามสัดส่วนของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสจะขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้ในกระบวนการ เช่น อุณหภูมิ อัตราในการให้ความร้อน ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา และชนิดของวัตถุดิบ เป็นต้น [4]

นอกจากนั้น การปรับปรุงน้ำมันที่ได้ให้มีคุณภาพดีขึ้นจะสามารถส่งเสริมให้การผลิตโดยวิธีนี้มีคุณค่าและความคุ้มค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีร่วมกับกระบวนการไพโรไลซิสเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันและก๊าซที่ได้ โดยทั่วไป ตัวเร่งปฏิกิริยาก็คือสารประกอบทางเคมีที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาให้เกิดเร็วขึ้น โดยที่หลังจากการช่วยเร่งทำปฏิกิริยาเคมีแล้ว ตัวมันเองไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างถาวร และไม่เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการไพโรไลซิสสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆตามคุณสมบัติคือ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความเป็นกรด และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความเป็นด่าง โดยการใส่ตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการไพโรไลซิสนั้นสามารถทำได้โดยใส่รวมลงไปในวัตถุดิบ หรือใส่ลงไปในส่วนท้ายของปฏิกรณ์หรืออาจมีการสร้างปฏิกรณ์อีกเครื่องแยกออกจากปฏิกรณ์ไพโรไลซิส เพื่อเป็นปฏิกรณ์ สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาในการปรับปรุงคุณภาพของผลผลิตที่ได้จากปฏิกรณ์ไพโรไลซิสก็ได้ [5]

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่อสัดส่วนของปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้จาไพโรไลซิสผ้าปนเปื้อนน้ำมันโดยทำการศึกษาอิทธิพลอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการและตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง 2 ชนิดได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณผลิตภัณฑ์

2. การทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

งานวิจัยนี้ใช้ผ้าปนเปื้อนน้ำมันหล่อลื่น จากโรงงานผลิตเส้นใยโพลีเอสเตอร์ ซึ่งเป็นผ้าสำหรับใช้เช็ดทำความสะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นและสิ่งสกปรกต่างๆ ที่ติดตามเครื่องจักร และมีคุณสมบัติดังตารางที่ 1

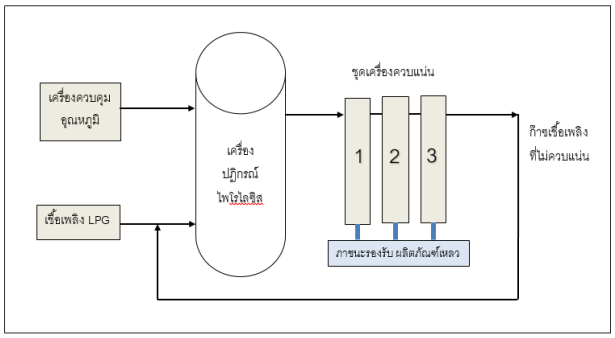
ตารางที่ 1 คุณสมบัติผ้าฝ้ายปนเปื้อนน้ำมัน

คุณสมบัติ	ร้อยละโดยน้ำหนัก
การวิเคราะห์ทางเคมี	
ปริมาณความชื้น	50
ปริมาณสารระเหยได้	48.28
ปริมาณเถ้า	0.86
ปริมาณคาร์บอนคงตัว	0.86
การวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุ	
ปริมาณคาร์บอน	54.60
ปริมาณไฮโดรเจน	6.14
ปริมาณไนโตรเจน	0.14
ปริมาณออกซิเจน	38.98
ปริมาณกำมะถัน	0.14

ที่มา: ศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, 2560

2.2 กระบวนการไพโรไลซิส

กระบวนการไพโรไลซิสทำในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง (Fix bed reactor) ภายใต้บรรยากาศของอากาศ ใช้ปริมาณของผ้าปนเปื้อนน้ำมัน 5 กิโลกรัม อุณหภูมิที่ทำการทดลองอยู่ในช่วง 400-500 องศาเซลเซียส ที่อัตราการให้ความร้อน 5 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงอุณหภูมิไว้ที่อุณหภูมิไพโรไลซิส นาน 4 ชั่วโมง โดยทำการทดลองร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง 2 ชนิดได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) และโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ในการทดลองที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจะใช้ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 10 ต่อน้ำหนักผ้าปนเปื้อนน้ำมัน ซึ่งก๊าซที่ออกจากเครื่องปฏิกรณ์จะผ่านไปยังเครื่องควบแน่น 3 ชุด เพื่อกลั่นเป็นน้ำมันไพโรไลซิส ส่วนก๊าซที่ไม่ควบแน่นจะถูกป้อนกลับไปเป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องปฏิกรณ์โดยรูปที่ 1 แสดงแผนภาพของกระบวนการไพโรไลซิส ที่ทดลองศึกษา



รูปที่ 1 กระบวนการไพโรไลซิสของผ้าปนเปื้อนน้ำมัน
หมายเลข 1 เครื่องควบแน่นแบบไซโคลน
หมายเลข 2 เครื่องควบแน่นแบบหล่อเย็นด้วยอากาศ
หมายเลข 3 เครื่องควบแน่นแบบหล่อเย็นด้วยน้ำ

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์จากการไพโรไลซิสประกอบด้วยสาร 3 สถานะ ได้แก่ ของแข็ง (ถ่าน) ของเหลว (น้ำมัน) และก๊าซ การคำนวณปริมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์ของสารแต่ละชนิดแสดงดังสมการที่ 1, 2 และ 3

$$\text{ปริมาณของแข็ง (wt.\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของแข็ง}}{\text{น้ำหนักรวมผ้าปนเปื้อนน้ำมัน}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{ปริมาณของเหลว (wt.\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของเหลว}}{\text{น้ำหนักรวมผ้าปนเปื้อนน้ำมัน}} \times 100 \quad (2)$$

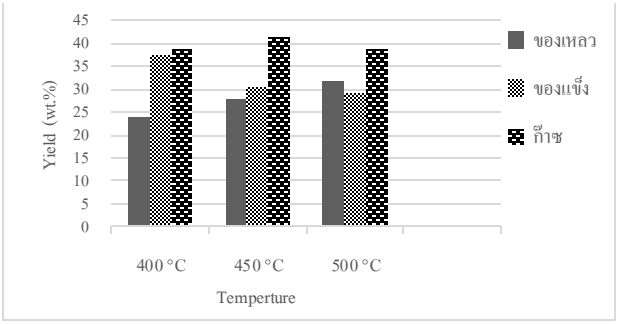
$$\text{ปริมาณก๊าซ (wt.\%)} = 100 - \text{ของแข็ง (wt.\%)} - \text{ของเหลว (wt.\%)} \quad (3)$$

2.4 ผลการทดลอง

2.4.1 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อปริมาณผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์จากการไพโรไลซิสผ้าปนเปื้อนน้ำมัน 5 กิโลกรัม ที่อัตราการให้ความร้อน 5 องศาเซลเซียสต่อนาที ภายใต้อุณหภูมิ 400, 450 และ500 องศาเซลเซียสและคงอุณหภูมิไว้ที่อุณหภูมิไพโรไลซิส นาน 4 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงดัง ตารางที่ 2

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ จากการทดลองพบว่าที่ อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ผ้าปนเปื้อนน้ำมันเกิดการสลายตัวมากที่สุดคิดเป็น ร้อยละ 69.4 โดยน้ำหนักและให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เป็นเหลวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 31.8 โดยน้ำหนัก เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้โครงสร้างของผ้าปนเปื้อนน้ำมันเกิดการแตกพันธะกลายเป็นไอระเหยได้มากขึ้น ทำให้เกิดการควบแน่นของไอระเหยได้กลายเป็นผลิตภัณฑ์เหลวเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เป็นก๊าซลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ S. Sensoz และ D. Angin [6] ที่ศึกษาการไพโรไลซิสดอกคำฝอย พบว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับผลการทดลองของ I. Demiral และ E.A. Ayan [7] ที่ศึกษาการแยกสลายกากองุ่น พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิการแยกสลายด้วยความร้อนทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็งลดลง

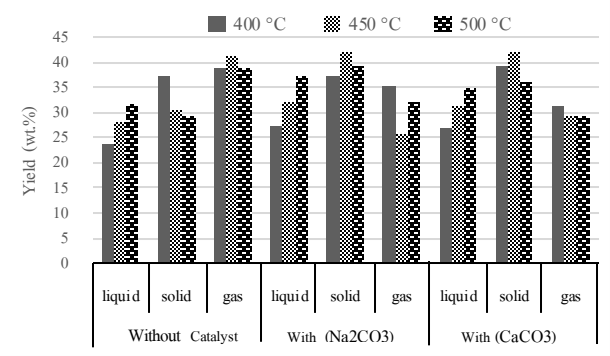


รูปที่ 2 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิสผ้าปนเปื้อนน้ำมันที่อุณหภูมิ 400 450 และ 500 °C, อัตราการให้ความร้อน 5 °C/Min

2.4.2 อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อปริมาณผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาอิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์จากการไพโรไลซิสผ้าปนเปื้อนน้ำมัน 5 กิโลกรัม ที่อัตราการให้ความร้อน 5 องศาเซลเซียสต่อนาที ภายใต้อุณหภูมิ 400, 450 และ500 องศาเซลเซียส โดยคงอุณหภูมิไว้ที่อุณหภูมิไพโรไลซิส นาน 4 ชั่วโมง และใช้อัตราส่วนของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อมวลของผ้าปนเปื้อนน้ำมัน 10% โดยน้ำหนัก ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 3

จากการทดลองภายใต้อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส โดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวร้อยละ 23.8 โดยน้ำหนัก ซึ่งเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Na_2CO_3 และ $CaCO_3$ พบว่าปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 27.4 และ 26.8 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และจากการทดลองที่อุณหภูมิสูงสุด (500 องศาเซลเซียส) โดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวร้อยละ 31.8 โดยน้ำหนัก และเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Na_2CO_3 และ $CaCO_3$ พบว่าปริมาณของ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 37.4 และ 34.8 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Sibel Barisci และ Mert Oncel [8] ที่ศึกษาการไพโรไลซิสผ้าฝ้ายร่วมกับ ตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว โดยตัวเร่งปฏิกิริยา Na_2CO_3 ให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวมากที่สุด ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิสผ้าปนเปื้อนน้ำมันที่อุณหภูมิ 400-500 องศาเซลเซียส, อัตราส่วนตัวเร่งปฏิกิริยา 10 %

3. สรุป

จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์จากการไพโรไลซิสผ้าปนเปื้อนน้ำมัน พบว่าการสลายตัวจะสามารถสลายตัวได้ดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิ และช่วยให้ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวเพิ่มมากขึ้น ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ผ้าปนเปื้อนน้ำมันเกิดการสลายตัวมากที่สุดคิดเป็น ร้อยละ 69.4 โดยน้ำหนักและให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เป็นเหลวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 31.8โดยน้ำหนัก

จากการศึกษาอิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์จากการไพโรไลซิสผ้าปนเปื้อนน้ำมัน พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO3) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ช่วยทำให้ได้ปริมาณของเหลวเพิ่มมากขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส (Na_2CO_3)ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 37.4 โดยน้ำหนัก

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ. สหรัตน์ วงษ์ศรียะ และ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืนทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการศึกษาอิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์จากการ ไพโรไลซิสผ้าปนเปื้อนน้ำมัน และขอขอบคุณ บริษัท อินโดรามา โพลีเอสเตอร์ อินดัสตรี้ส์ จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ผ้าปนเปื้อนน้ำมันสำหรับใช้ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. ม.ป.ป.โครงการจัดทำบัญชีของเสียที่เป็นแหล่งทรัพยากรทดแทน. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://recycle.dpim.go.th/wastelist/download_files/G/waste_quantity.pdf, 2 มกราคม 2561

[2] Phan,Anh N.et al, "Characterisation of slow pyrolysis products from segregated wastes for energy production" Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, vol. 81. pp. 65-71,2007.

[3] Shen Chen, Aihong Meng, Yanqiu Long, Hui Zhou, Qinghai Li , Yanguo Zhang, "TGA pyrolysis and gasification of combustible municipal solid waste," Journal of the Energy Institute, vol. 50, pp. 332–343, 2015.

[4] Qiang Lu, Wen-Zhi Li and Xi-Feng Zhu, "Overview of fuel properties of biomass fast pyrolysis oils" Energy Conversion and Management, vol. 50, pp. 1376–1383, 2009.

[5] ศิริรัตน์ จิตการค้า . 2553. น้ำมันจากขยะพลาสติกและยางรถยนต์เก่า. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.cca.chula.ac.th/lecture_series/images/stories/pdf/sufficiency02.pdf, 2 มกราคม 2561

[6] S. Sensoz, and D. Angin , " Pyrolysis of safflower (characteristics tinctorius L.) seed press cake : Part 1" Bioresource Technology, vol. 99, 13, pp. 5492-5497, 2008

[7] I. Demiral and E.A. Ayan , " Pyrolysis of grape bagasse : Effect of pyrolysis conditions on product yields and characteristics of the liquid product" Bioresource Technology, vol. 102, 4, pp. 3946-3951, 2011.

[8] Sibel Barisci and Mert Oncel, " The disposal of combed cotton wastes by pyrolysis" Journal of Green Energy, March 2014.