การไพโรไลซิสเปลือกมะละกอและเปลือกกล้วยน้ำว้า

ตฤณ ปฐมนิธิภิญโญ, ธัญญลักษณ์ แย้มศักดิ์, กนกพร สาริกานนท์, อรไททิพ ต่วนเครือ, อังคณา มีศิริ และ เอกราชันย์ ไชยชนะ*

ศูนย์วิจัยวัสดุธรรมชาติและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม นครปฐม

บทคัดย่อ

เปลือกของผลไม้ที่นิยมรับประทานในครัวเรือน ได้แก่ เปลือกมะละกอและเปลือกกล้วยน้ำว้า ถูกนำมาผ่านการไพโรไลซิสเพื่อเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าและเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของวัสดุทั้ง 2 ชนิด โดยทำการไพโรไลซิสโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์โลหะขนาด 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 400, 500 และ 600°C พบว่าเปลือกมะละกอให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันชีวภาพมากกว่าเปลือกกล้วยน้ำว้าในทุกอุณหภูมิ อย่างไรก็ตามน้ำมันชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้ามีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานมากกว่า และพบว่าน้ำมันดังกล่าวมีค่า pH 4 และมีค่าความร้อนเท่ากับ 31.46 MJ/kg ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานน้ำมันปิโตรเลียมแต่สูงกว่าชีวมวลทั่วไปที่เคยมีการศึกษา ดังนั้นการนำไปใช้งานอาจต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพก่อน เช่น กระบวนการขจัดออกซิเจน

คำสำคัญ: การไพโรไลซิส น้ำมันชีวภาพ เปลือกมะละกอ เปลือกกล้วยน้ำว้า

Pyrolysis of papaya peels and cultivated banana peels

Anucha Khadthiphong, Thunyaluk Yamsak, Kanokporn Sarikanont, Orathaithip Tuancreau, Ankana Meesiri and Ekrachan Chaichana

Research Center of Natural Materials and Products, Chemistry Program,
Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom
*corresponding author: ekrachan@npru.ac.th

Abstract

Household fruit peels i.e. papaya peels and cultivated banana peels were pyrolysed to convert into valued products and to lower environmental impact from these materials. The pyrolyses were conducted using 1 L metal reactor at 400, 500 and 600°C. It was found that the papaya peels gave higher amounts of bio-oil than the cultivated banana peels at every temperature. Nevertheless, the obtained bio-oils from the banana peels had a better physical appearance, suitable for practical used. The cultivated banana bio-oil had a pH value of 4 and a heating value of 31.46 MJ/kg and, which is lower than that of the standard petroleum oil but higher than those of the other biomass previously studied. Therefore, for practical use the obtained bio-oil needs to be improved through some processes e.g. deoxygenation.

Keywords: pyrolysis, bio-oil, papaya peels, cultivated banana peels

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียมเป็นจำนวนมาก ทั้งในภาคอุตสาหกรรมและการขนส่ง ซึ่งกำลังการผลิตน้ำมันภายในประเทศไม่เพียงพอต่อความต้องการจึงต้องมีการนำเข้าเพิ่มเติมจากต่างประเทศ ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี รวมทั้งก๊าซธรรมชาติและถ่านหินที่มีปริมาณลดลง ทำให้มีการแสวงหาแหล่งพลังงานจากทรัพยากรแหล่งใหม่เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในแต่ละปีมีปริมาณกว่า 60 ล้านตัน ส่วนมากกำจัดทิ้งโดยการเผาทิ้งทำให้สูญเสียพลังงานอย่างไร้ประโยชน์ การนำชีวมวลมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน โดยผ่านกระบวนการไพโรไลซิส ซึ่งเป็นกระบวนการแตกตัวหรือสลายโมเลกุลของสารประกอบหรือวัสดุต่าง ๆ ในสภาวะปราศจากออกซิเจน ภายใต้อุณหภูมิสูงประมาณ 400–800°C ผลิตภัณฑ์หลักที่เกิดขึ้นจะประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1) ของแข็ง หรือ ถ่าน 2) ของเหลว หรือ น้ำมันชีวภาพ และ 3) แก๊สชีวภาพ โดยทั้ง 3 ส่วนนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด โดยเฉพาะน้ำมันชีวภาพที่นิยมนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันจากปิโตรเลียมได้ ดังนั้นจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนนอกจากนี้การใช้น้ำมันชีวภาพยังเป็นการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยจะถูกนำมาแปรรูปให้เป็นวัสดุที่มีมูลค่า

ผลไม้ที่นิยมนำมารับประทานในครัวเรือน เช่น มะละกอและกล้วยน้ำว้า ซึ่งมีการนำมารับประทานสด นำไปประกอบอาหาร และนำไปแปรรูป จะทิ้งเปลือกไว้ในปริมาณมากเป็นขยะครัวเรือนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรงได้ที่ได้รับการกำจัดไม่ถูกวิธี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะเปลือกมะละกอและเปลือกกล้วยน้ำว้ามาผ่านการไพโรซิสเพื่อผลิตเป็นพลังงานทดแทน โดยจะทำการศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตเปรียบเทียบกันระหว่างวัสดุทั้ง 2 ชนิด

2. วิธีทดลอง

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

เปลือกมะละกอ (ดิบ) เปลือกกล้วยน้ำว้า (สุก) เตาเผา ตู้อบ เครื่องวัด pH เครื่องวัดความชื้น เครื่องปั่นเหวี่ยง บอมบ์แคลอริมิเตอร์ (bomb calorimeter)

2.2 การเตรียมชีวมวล

นำเปลือกมะละกอและเปลือกกล้วยน้ำว้า มาหั่นให้มีขนาดประมาณ 2-3 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเก็บใส่ถุงซิปล็อคและไว้ในโถดูดความชื้น

2.3 การวิเคราะห์สมบัติชีวมวล

2.3.1 การหาความชื้น

นำตัวอย่างชีวมวล 1 กรัม ใส่ในเครื่องวัดความชื้น ให้ความร้อนกับเครื่อง บันทึกปริมาณความชื้นของตัวอย่าง

2.3.2 การหาปริมาณเถ้า

เผาถ้วยกระเบื้องที่อุณหภูมิ 650°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งเปลือกกล้วยน้ำว้าประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง บันทึกน้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา นำไปเผาอุณหภูมิ 650°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น บันทึกน้ำหนักตัวอย่างหลังเผา คำนวณปริมารความชื้นในตัวอย่างจากสูตร

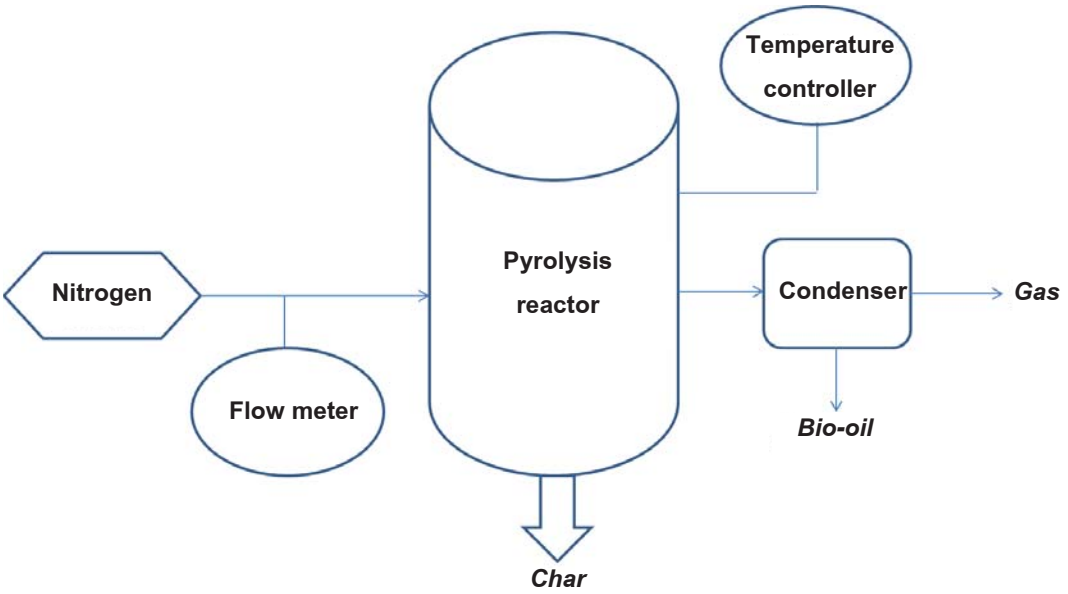
$$\text{ร้อยละปริมาณขี้เถ้า} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา-น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา}}$$

2.3 การไพโรไลซิส

ชั่งชีวมวลปริมาณ 70 กรัม ใส่ลงในท่อปฏิกรณ์ นำท่อปฏิกรณ์ประกอบเข้ากับเครื่องไพโรซิส เปิดแก๊สและปรับความดันแก๊สไนโตรเจน (N_2) ให้มีอัตราการไกล 200 mL/min เพื่อทำให้ภายในท่อปฏิกรณ์มีสภาวะไร้ออกซิเจน ใส่น้ำแข็งในภาชนะรองขวดก้นกลมที่เก็บของเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิส ตั้งอุณหภูมิและเวลาที่เครื่อง โดยเริ่มจากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C 500 °C และ 600 °C เป็นเวลา 120 นาที (แผนผังเครื่องไพโรไลซิสแสดงดังภาพที่ 1) จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวและผลิตภัณฑ์ของแข็งมีลักษณะเป็นผงสีดำ นำส่วนของเหลวไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกน้ำออกจากน้ำมัน

2.4 การวิเคราะห์สมบัติน้ำมันชีวภาพ

วิเคราะห์ค่า pH ของน้ำมัน และนำไปหาค่าความร้อนโดยใช้เครื่อง bomb calorimeter



ภาพที่ 1 การทำงานของเครื่องไพโรไลซิส

3. ผลการทดลองและการอภิปราย

3.1 ผลวิเคราะห์ชีวมวล

ค่าความชื้นของเปลือกมะละกอเท่ากับ 87.11% และเปลือกกล้วยน้ำว้าเท่ากับ 85.97% ขณะที่ปริมาณเถ้าของเปลือกมะละกอเท่ากับ 7.55% และเปลือกกล้วยน้ำว้าเท่ากับ 13.5%

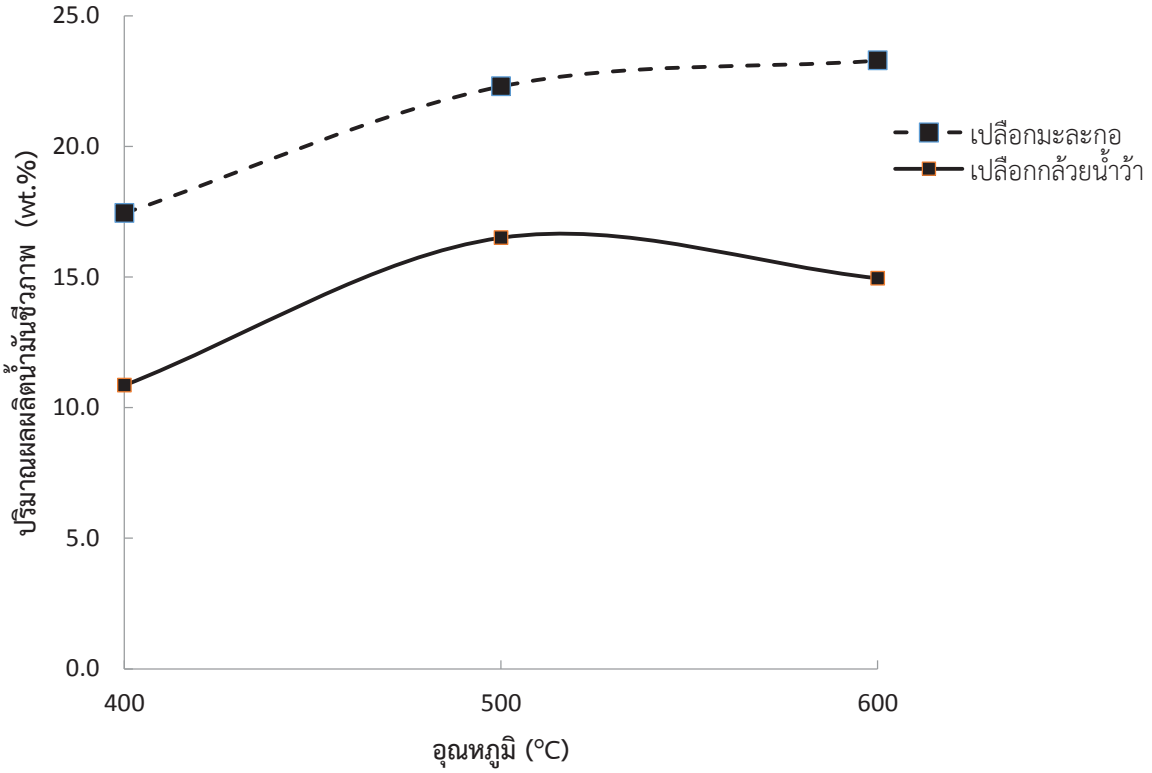
3.2 การไพโรไลซิส

ผลการไพโรไลซิสของชีวมวลทั้ง 2 ชนิด แสดงดังตารางที่ 1 จากตารางพบว่าปริมาณผลผลิตของเหลวหรือน้ำมันชีวภาพของเปลือกมะละกอมีปริมาณสูงกว่าของเปลือกกล้วยน้ำว้าในทุกอุณหภูมิของการไพโรไลซิส ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณเถ้าของเปลือกมะละกอที่มีต่ำกว่า โดยปริมาณเถ้าที่สูงจะส่งผลให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันลดลงเนื่องจากเถ้าจะไปลดปริมาณสารระเหย คาร์บอน และไฮโดรเจนที่อยู่ในวัสดุ (Pradhan, 2015)

ตารางที่ 1 ปริมาณผลผลิตจากการไพโรไลซิสเปลือกมะละกอและเปลือกกล้วยน้ำว้า

วัสดุ	อุณหภูมิ	ปริมาณผลผลิต (wt.%)		
	°C	แก๊ส	ของเหลว	ของแข็ง
เปลือกมะละกอ	400	44.1	17.4	38.5
	500	36.6	22.3	41.1
	600	31.8	23.3	44.9
เปลือกกล้วยน้ำว้า	400	46.3	10.9	42.9
	500	37.8	16.5	45.7
	600	52.8	15.0	32.3

เมื่ออุณหภูมิในการไพโรไลซิสสูงขึ้นพบว่าปริมาณผลผลิตน้ำมันชีวภาพเพิ่มขึ้นในทั้ง 2 ชีวมวล ยกเว้นการไพโรไลซิสเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 600°C ที่ปริมาณผลผลิตน้ำมันชีวภาพลดลงมาเล็กน้อย ดังแสดงในภาพที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การเกิดปฏิกิริยาปฐมภูมิ (primary reaction) หรือการสลายตัวของโมเลกุล (decomposition) เกิดมากขึ้น ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวสูงขึ้น อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิการไพโรไลซิสที่ 600°C ของเปลือกน้ำว้าอาจเกิดปฏิกิริยาทุติยภูมิ (secondary reaction) เช่น ปฏิกิริยาการแตกตัว (cracking) และปฏิกิริยาการขจัดน้ำ (dehydration) ซึ่งเปลี่ยนให้ของเหลว (น้ำมันชีวภาพ) กลายเป็นแก๊ส (แก๊สชีวภาพ) (Elyounssi *et al*., 2010, Neumlang *et al*., 2018) จะเห็นได้ว่าแม้การเกิดไพโรไลซิสที่อุณหภูมิเดียวกันแต่การเกิดปฏิกิริยาภายในแตกต่างกันเนื่องจากองค์ประกอบของชีวมวลแต่ละชนิดแตกต่างกัน (Wongsawiang *et al*., 2016)



ภาพที่ 2 ปริมาณผลผลิตน้ำมันชีวภาพของเปลือกมะละกอและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิต่างๆ

3.3 ผลวิเคราะห์น้ำมันชีวภาพ

จากการสังเกตลักษณะภายนอกของน้ำมันชีวภาพทั้ง 2 ชนิด พบว่าน้ำมันชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้ามีลักษณะเหมาะสมในการไปใช้งานต่อโดยมีของเหลวใสลอยแยกอยู่กับของเหลวขุ่นดำดังแสดงในภาพที่ 3 เมื่อแยกของเหลวใสออกมาทดสอบพบว่ามีค่า pH เท่ากับ 4 และค่าความร้อนเท่ากับ 31.46 MJ/kg ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำมันปิโตรเลียมที่มีการใช้งานในปัจจุบัน (42-46 MJ/kg) แต่ยังคงสูงกว่าน้ำมันชีวภาพจากชีวมวลบางชนิดที่เคยศึกษามา เช่น ฝักราชพฤกษ์ เปลือกส้มโอ และชานอ้อย (18-23 MJ/kg) สำหรับการนำน้ำมันชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าไปใช้งานอาจต้องเพิ่มกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ เช่น ปฏิกิริยาการลดออกซิเจน (deoxygenation) ซึ่งจะช่วยลดสารประกอบกลุ่มออกซิเจนในน้ำมันชีวภาพ จึงช่วยเพิ่มค่าความร้อนให้น้ำมันชีวภาพได้

ภาพที่ 3 น้ำมันชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าจากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 600°C

4. บทสรุป

เปลือกมะละกอและเปลือกกล้วยน้ำว้า เมื่อผ่านการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-600°C จะให้ผลผลิตน้ำมันชีวภาพอยู่ระหว่าง 10.9-23.3 wt.% โดยเปลือกมะละกอให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันชีวภาพมากกว่าเปลือกกล้วยน้ำว้าในทุกอุณหภูมิ อย่างไรก็ตามน้ำมันชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้ามีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานมากกว่า และพบว่าน้ำมันดังกล่าวมีค่า pH 4 และมีค่าความร้อนเท่ากับ 31.46 MJ/kg ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานน้ำมันปิโตรเลียมแต่สูงกว่าชีวมวลทั่วไปที่เคยมีการศึกษา การนำไปใช้งานอาจต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพก่อน

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัยในโครงการวิจัยบูรณาการนักศึกษาและอาจารย์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นและความเป็นเลิศทางวิชาการ

เอกสารอ้างอิง (References)

Pradhan, U. (2015) *Physical treatments for reducing biomass ash and effect of ash content onpyrolysis products.* , in *Department of Biosystems Engineering*. Auburn University.

Elyounssi, K., Blin J. & Halim M. (2010). High-yield charcoal production by two-step pyrolysis. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis,** 87(1): 138-143.

Neumlang, P., Khadthiphong A., Pimpakhun K., Kaewbuadee J. & Chaichana E. (2018). Low acid bio-oil from para rubber seeds produced via catalytic pyrolysis with V-modified silica catalyst. **Food and Applied Bioscience Journal,** 6: 135-147.

Wongsawiang, O., Unpipat M., Chareannate C. & Chaichana E. (2016). Pyrolysis of agricultural residues in the local area of Nakhon Pathom Province. **Journal of Thai Interdisciplinary Research,** 11: 46-53.