ถ่านและน้ำส้มควันไม้จากการคาร์บอไนเซชันของเปลือกไม้และเปลือกผลไม้

Charcoal and Wood Vinegar from Carbonization of Barks and Fruit Peels

ปริญญา นูวบุตร[1], จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์,[2*] เจริญพร เลิศสถิตธนกร[3]

Parinya Nuwaboot,[1] Jindaporn Jamradloedluk,[2*] Charoenporn Lertsatitthanakorn[3]

Received: 22 December 2015; Accepted: 6 March 2016

บทคัดย่อ

เนื่องจากเปลือกไม้และเปลือกผลไม้มักมีความชื้นที่สูงและค่าความร้อนที่ต่ำ ทำให้ไม่เป็นที่นิยมในการนำมาใช้งานเป็นเชื้อเพลิงสำหรับกระบวนการทางเคมี-ความร้อน การคาร์บอไนเซชันผ่านกระบวนการไพโรไลซีสช้าถือเป็นหนึ่งวิธีที่สามารถช่วยปรับปรุงสมบัติเบื้องต้นของชีวมวลเหล่านี้ได้และยังให้น้ำส้มควันไม้เป็นผลพลอยได้อีกด้วย งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมถ่านและน้ำส้มควันไม้จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอดิบโดยกระบวนการคาร์บอไนเซชันในเตาเผา 200 ลิตรชนิดแนวตั้ง โดยได้ทำการศึกษาปริมาณผลได้และสมบัติของถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้ จากผลการทดลอง พบว่า หลังผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซชัน ร้อยละของคาร์บอนเสถียรของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 157, 272 และ 280 ตามลำดับ โดยการคาร์บอไนเซชันของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสจะให้ปริมาณผลได้ของถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่มากกว่าการคาร์บอไนเซชันของเปลือกสับปะรดและเปลือกมะละกอ ปริมาณผลได้เฉลี่ยของถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ที่ทำการศึกษามีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 20.89-24.0 และ 8.36-9.26 ตามลำดับ ในแง่ของสมบัติด้านค่าความร้อน พบว่า มีเพียงถ่านจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสเท่านั้นที่มีค่าความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม (มผช. 657/2547) อย่างไรก็ตามสมบัติของน้ำส้มควันไม้กลั่นที่ได้จากเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ทุกชนิดผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553) ทั้งหมด

คำหลัก: คาร์บอนไนเซชัน ถ่าน น้ำส้มควันไม้ เปลือกไม้และเปลือกผลไม้

Abstract

Due to their high moisture contents and low calorific values, barks and fruit peels have not been widely used as feeding fuels for any thermo-chemical process. Carbonization via slow pyrolysis is a simple and low-cost method for improving their basic properties with a byproduct (wood vinegar). This research work aims to prepare charcoal and wood vinegar from eucalyptus barks, pineapple peels and raw papaya peels by a carbonization in a 200 L-vertical drum kiln. Yields and properties of the charcoals and the wood vinegar were determined. The experimental results indicated that percentages of fixed carbon of the eucalyptus barks, pineapple peels and papaya peels were increased by 157%, 272% and 280% respectively, after the carbonization process. Carbonization of eucalyptus barks provided the charcoal and the wood vinegar with the higher yield than carbonization of pineapple and papaya peels. Average yields of the charcoal and the wood vinegar derived from the barks and fruit peels were in the ranges of 20.89-24.06% and 8.36-9.26%, respectively. Only the charcoal derived from eucalyptus barks had the calorific value that was in

[1] *นิสิตระดับปริญญาโท, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150*

[2] *อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150*

[3] *อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีแขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140*

[1] *Master degree Student, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kham Riang, Kantharawichai, Maha Sarakham 44150*

[2] *Lecturer, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kham Riang Kantharawichai, Maha Sarakham 44150*

[3] *Lecturer, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bang Mod, Thung Khru, Bangkok, 10140*

* *Corresponding author: jindaporn.msu@gmail.com, Tel: 043-754316 Fax. 043-754316*

accordance with the requirement of the wood charcoal standard (community product standard no. 657/2547). Whilst properties of the distilled wood vinegar derived from all barks and fruit peels met the requirement of the wood vinegar standard (community product standard no. 659/2553).

Keywords: Carbonization, charcoal, wood vinegar, barks and fruit peels

บทนำ

พลังงานถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของผู้คนรวมถึงการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยจำเป็นต้องพึ่งพาน้ำมันจากต่างประเทศซึ่งทำให้ต้องสูญเสียเงินตราและเสถียรภาพด้านพลังงาน ดังนั้นรัฐบาลจึงมีนโยบายการส่งเสริมและกำหนดเป้าหมายการพัฒนาและใช้พลังงานทดแทนจากแหล่งต่าง ๆเพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2565 มีเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนจากชีวมวลเพิ่มขึ้นเป็น 1,933 ktoe คิดเป็นร้อยละ 8 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย และมุ่งหวังให้การส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย แม้ว่าการส่งเสริมการใช้ชีวมวลจะเป็นการช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับชีวมวลซึ่งมีอยู่ในปริมาณมากและยังเป็นการสร้างผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจให้ภาคอุตสาหกรรมและชุมชน[1] แต่เนื่องจากชีวมวลส่วนใหญ่มีความชื้นที่สูงและค่าความร้อนที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแข็งประเภทฟอสซิล ดังนั้นการนำชีวมวลมาใช้โดยไม่ผ่านกระบวนการใด ๆจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบต่ำ หนึ่งในวิธีที่จะปรับปรุงคุณภาพของชีวมวล คือ การนำไปแปรรูปให้เป็นถ่าน

ถ่าน คือ ไม้ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยเปลวไฟในสภาวะที่ปราศจากก๊าซออกซิเจนที่เป็นตัวทำให้เกิดการเผาไหม้ การลุกติดไฟ ไม้ที่ได้รับความร้อนจนความชื้นและสารสำคัญ เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส รวมถึงสารเฉพาะตัวต่าง ๆ เกิดการระเหยและสลายตัวออกไปจากเนื้อไม้ โดยสารที่สามารถควบแน่นได้จะออกมาในรูปของน้ำส้มควันไม้ ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลอมดำ มีกลิ่นควันไฟและมีฤทธิ์เป็นกรดซึ่งนับเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเผาถ่าน ดังนั้นเมื่อสารอินทรีย์ต่าง ๆได้ระเหยออกจากเนื้อไม้แล้วจะเหลือแต่ส่วนที่เป็นคาร์บอน ไม้จึงเปลี่ยนเป็นสีดำ ซึ่งเก็บไว้ใช้ได้นานไม่มีปัญหาจากปลวกและมอดมากินไม้ เนื่องจากอาหารของปลวกถูกสลายไป สามารถใช้งานเป็นเชื้อเพลิงในด้านต่าง ๆได้เป็นอย่างดี[2] ไม้ที่นิยมนำมาทำเป็นถ่านโดยทั่วไปนั้นมีมากมายหลายชนิด เช่น ไม้โกงกาง ไม้มะขาม แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุด ได้แก่ ไม้ยูคาลิปตัสซึ่งเป็นไม้โตเร็วหาได้ง่าย และนิยมปลูกกันทั่วทุกภาคของประเทศ

ยูคาลิปตัสถือเป็นไม้เศรษฐกิจประเภทหนึ่ง จากการสำรวจ พบว่า มีพื้นที่ปลูกไม้ยูคาลิปตัสทั้งหมด 2,408,708 ไร่ ซึ่งไม้ยูคาลิปตัสที่ผลิตได้ในประเทศส่วนใหญ่ร้อยละ 70-80 ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ส่วนที่เหลือมักนำไปใช้ผลิตถ่านร้อยละ 10-15 และใช้ในงานก่อสร้างร้อยละ 5 ส่วนเปลือกไม้ยูคาลิปตัสที่เหลือจากการใช้ประโยชน์นิยมนำมาเป็นส่วนผสมของวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยและใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าความร้อน 3,400 แคลอรีต่อกรัมและจากการใช้ไม้ยูคาลิปตัสจะมีเปลือกไม้เหลืออยู่ในสัดส่วนร้อยละ 20 ของไม้สด หรือ 4.3 ล้านตัน/ปี สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบได้ 1,120 ktoe[3]

เปลือกมะละกอและเปลือกสับปะรดนั้นมีอยู่มากมายตามตลาดในชุมชนและบ้านเรือน เป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากการบริโภคเนื้อผลไม้ไปแล้ว ส่วนใหญ่นิยมนำไปทำเป็นอาหารสัตว์และหมักทำปุ๋ย ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการผลิตถ่านจากชีวมวลอยู่หลายชนิด เช่น แกลบ[4] กะลามะพร้าว[5] และเปลือกมังคุด[6] อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่ามีการศึกษาการนำเปลือกสับปะรดและเปลือกมะละกอดิบมาผลิตถ่าน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำเปลือกสับปะรด เปลือกมะละกอ รวมถึงเปลือกยูคาลิปตัสมาผลิตเป็นถ่าน โดยได้ทำการศึกษาปริมาณผลได้รวมถึงสมบัติต่าง ๆของถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้

วิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบและการผลิตถ่าน

เปลือกไม้ยูคาลิปตัสได้มาจากโรงงานศรีบ้านไผ่ อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น ส่วนเปลือกสับปะรดและเปลือกมะละกอได้มาจากตลาดในเขตชุมชน เมื่อได้วัตถุดิบทั้งหมดมาแล้วนำมาตากแดดจนกระทั่งมีความชื้นต่ำกว่า 10% d.b. (Figure 1) แล้วจึงนำไปเข้าสู่กระบวนการคาร์บอไนเซชันหรือกระบวนการเผาถ่านด้วยเตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบแนวตั้ง โดยติดตั้งระบบควบแน่น (A) เพิ่มเติมสำหรับเก็บน้ำส้มควันไม้ (Figure 2)

(a) (b) (c)

Figure 1 Sun-dried (a) eucalyptus barks, (b) pineapple peels and (c) raw papaya peels

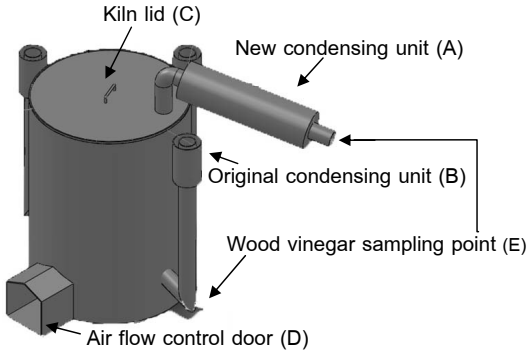


Figure 2 The 200 L-vertical drum kiln used for carbonization process of barks and fruit peels

ในกระบวนการคาร์บอไนเซชันนั้นเริ่มจากชั่งน้ำหนักของชีวมวลแล้วนำไปใส่ลงให้เต็มเตา ปิดฝาเตา (C) ให้สนิท หลังจากนั้นจึงจุดไฟที่บริเวณช่องควบคุมปริมาณอากาศ (D) เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง จะสังเกตเห็นควันสีเหลืองเข้มมีกลิ่นฉุนมาก (ควันบ้า) กระบวนการเผาถ่านจะดำเนินไป จนกระทั่ง 20 นาทีต่อมาจึงจะได้น้ำส้มควันไม้ออกมา ให้นำบีกเกอร์ไปรองที่ใต้บริเวณจุดเก็บน้ำส้มควันไม้ (E) เพื่อเก็บน้ำส้มควันไม้ จากนั้นอีกประมาณ 1 ชั่วโมงหรือสังเกตว่าสีของควันไฟจางลงมากให้ทำการปิดปล่องเตา (B) ให้สนิท ทิ้งไว้ให้ถ่านเย็นตัวแล้วจึงค่อยเปิดฝาเตา เมื่อได้ถ่านที่ต้องการแล้วจึงนำไปทดสอบสมบัติอื่นๆต่อไป โดยกระบวนการคาร์บอไนเซชันของชีวมวลแต่ละประเภทจะดำเนินการทำซ้ำ 2 ครั้ง

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและค่าความร้อนของเปลือกไม้และเปลือกผลไม้และถ่านจากเปลือกไม้และเปลือกผลไม้

นำเปลือกไม้และเปลือกผลไม้มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีการประมาณ (Proximate analysis) ซึ่งได้แก่ ปริมาณความชื้นตามมาตรฐาน ASTM E1756-01[7] สารระเหยตามมาตรฐาน ASTME872-82[8] และเถ้าตามมาตรฐาน ASTM E1755-01[9] ในส่วนของถ่านเปลือกไม้และเปลือกผลไม้นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ซึ่งได้แก่ ปริมาณความชื้น สารระเหย และเถ้า ตามมาตรฐาน AST-MD1762-84[10], ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนคงตัวใช้วิธีการคำนวณจากส่วนต่าง และได้ทำการทดสอบหาค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Model 1341, Parr instrument company, USA) และนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุ (Ultimate analysis) ซึ่งได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) และกำมะถัน (S) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ธาตุ CHNS Analyzer (ThermoQuest Flash EA1112, BioSurplus, USA)

3. น้ำส้มควันไม้และการวิเคราะห์คุณสมบัติ

น้ำส้มควันไม้เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตถ่าน ซึ่งเกิดจากการควบแน่นควันที่เกิดขึ้นในช่วงที่ไม้ (ชีวมวล) กำลังเปลี่ยนเป็นถ่านที่อุณหภูมิในเตาอยู่ระหว่าง 300-400 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิที่ปล่องประมาณ 120-150 องศาเซลเซียส น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบที่สำคัญ ได้แก่ น้ำ ประมาณ 85% กรดอินทรีย์ ประมาณ 3% และสารอินทรีย์อื่นๆอีกประมาณ 12% มีค่าpHประมาณ 3 ความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.012-1.024 โดยจะแตกต่างกันไปตามชนิดของไม้[11] โดยในส่วนของน้ำส้มควันไม้ที่ได้ให้ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 45 วัน เพื่อให้ตกตะกอนเมื่อน้ำส้มควันไม้ตกตะกอนแล้วจึงนำเฉพาะส่วนที่เป็นของเหลวใสด้านบนเทลงบนกระดาษกรอง (Whatman เบอร์ 1) ในชุดกรวยกรองที่ต่อเข้ากับเครื่องกรองสุญญากาศเพื่อทำการกรองสารแขวนลอยที่ยังเหลืออยู่ หลังจากนั้นจึงนำน้ำส้มควันไม้ที่ได้ไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotavapor R210/215, Buchi, Canada) ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสภายใต้แรงดัน 200 มิลลิบาร์ หลังจากนั้นจึงนำส่วนที่กลั่นได้ไปวัดค่า pH ด้วยเครื่องวัดกรด-ด่าง (HI-98128, Hanna instruments, UK) และค่าความหนาแน่นโดยใช้พิคนอมิเตอร์ (Pycnometer) โดยทำการทดสอบตัวอย่างละ 5 ซ้ำ

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์สมบัติของเปลือกไม้และเปลือกผลไม้

เมื่อนำเปลือกยูคาลิปตัส เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอที่ผ่านการตากแห้งแล้ว มาหาองค์ประกอบทางเคมีแบบประมาณค่า องค์ประกอบธาตุ และค่าความร้อนได้ผลดังแสดงใน (Table 1) ซึ่งพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกยูคาลิปตัสค่อนข้างที่จะแตกต่างจากเปลือกสับปะรดและเปลือกมะละกอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของปริมาณธาตุคาร์บอนและปริมาณคาร์บอนเสถียรซึ่งส่งผลกระทบในเชิงบวกต่อค่าความร้อน ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกไม้มีปริมาณ

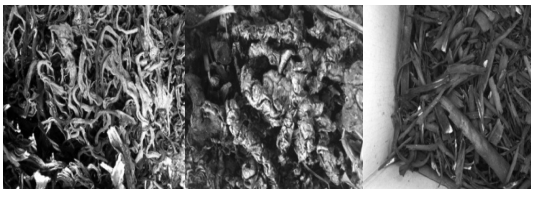
คาร์บอนซึ่งอยู่ในรูปของลิกนิกที่มากกว่าเปลือกผลไม้นั่นเอง โดยสมบัติทางเคมีและทางความร้อนของเปลือกยูคาลิปตัสที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาที่ผ่านมา [12]

Table 1 Chemical compositions and calorific values of eucalyptus barks and fruits peels

Proximate analysis (%)	Eucalyptus bark	Pine apple peel	Papaya peel
Moisture	7.48±0.51[a]	9.76±0.37[b]	10.05±0.73[b]
Fixed carbon	26.06±0.67[b]	16.08±0.87[a]	14.48±1.46[a]
Volatile matter	59.60±0.56[a]	63.79±1.17[b]	65.19±1.72[b]
Ash	6.86±0.34[a]	10.37±0.44[b]	10.29±0.98[b]
Ultimate analysis (%)			
Carbon (C)	42.92	39.20	38.79
Hydrogen (H)	5.60	6.70	6.27
Oxygen (O)	51.11	53.39	50.96
Nitrogen (N)	0.22	0.65	3.16
Sulfur (S)	0.14	0.06	0.80
Calorific value) (Cal/g)	3,719±108[b]	3,054±100[a]	2,865±112[a]

2. ร้อยละผลได้และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของถ่านเปลือกไม้และถ่านเปลือกผลไม้

หลังจากที่เปลือกไม้ยูคาลิปตัส เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอผ่านการคาร์บอนไนเซชันจนกลายเป็นถ่านแล้ว เปลือกไม้และเปลือกผลไม้เหล่านี้จะเปลี่ยนเป็นสีดำสม่ำเสมอ ไม่มีเศษเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ที่ยังเผาไหม้ไม่หมด ดังแสดงใน (Figure 3)



(A) (B) (C)

Figure 3 Charcoals derived from (A) eucalyptus barks (B) Pineapple peels and (C) Papaya peels

จากการศึกษาถึงร้อยละผลได้ของถ่านเปลือกไม้และเปลือกผลไม้จากการคาร์บอนไนเซชัน พบว่า เปลือกไม้ยูคาลิปตัสให้ปริมาณร้อยละผลได้ของถ่านสูงที่สุด (ประมาณร้อยละ 24) ส่วนเปลือกสับปะรดได้ร้อยละ 22 และเปลือกมะละกอร้อยละ 21 ตามลำดับ (Figure 4) เนื่องจากโดยทั่วไปนั้นปริมาณลิกนิกในชีวมวลเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อร้อยละผลได้ของถ่าน โดยชีวมวลที่มีลิกนินในปริมาณที่สูงจะให้ร้อยละผลได้ของถ่านที่สูง[13] ซึ่งในชีวมวลส่วนใหญ่แล้ว เปลือกไม้มักจะมีปริมาณลิกนินที่มากกว่าเปลือกผลไม้[14] ดังนั้นจึงทำให้เปลือกยูคาลิปตัสให้ร้อยละผลได้ของถ่านที่มากกว่าทั้งเปลือกสับปะรดและเปลือกมะละกอดิบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาร้อยละผลได้ของน้ำส้มควันไม้ พบว่า มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยร้อยละผลได้ของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเปลือกยูคาลิปตัสมีค่ามากกว่า เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอ ตามลำดับมากนัก โดยร้อยละผลได้ของถ่านนั้นเป็นผลเนื่องจากปริมาณคาร์บอนเสถียรที่มีอยู่ในเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ ส่วนร้อยละผลได้ของน้ำส้มควันจะขึ้นอยู่กับปริมาณสารระเหยเป็นหลัก

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบธาตุรวมถึงค่าความร้อนของถ่านจากเปลือกยูคาลิปตัส เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอ ดังแสดงใน (Table 2) พบว่าเปลือกยูคาลิปตัสมีค่าความร้อน 6,400 แคลอรี่ต่อกรัมคาร์บอนเสถียรร้อยละ 69.5 สารระเหยร้อยละ 29.63 ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยในอดีตที่พบว่า คาร์บอนเสถียรของถ่านยูคาลิปตัสมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 65-75 สารระเหยร้อยละ 25-35 และเถ้าร้อยละ 2-5[15]

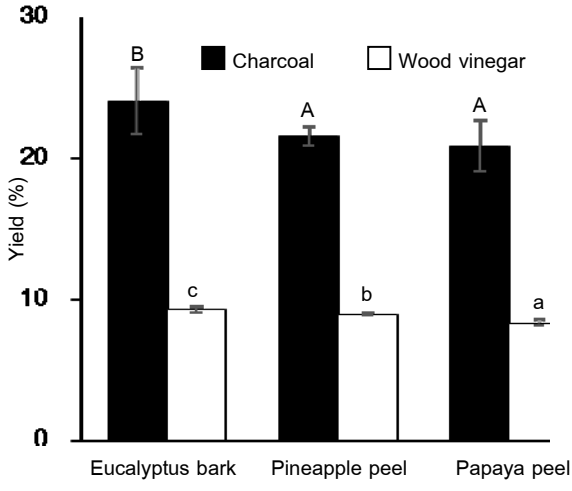


Figure 4 Yields of charcoal and wood vinegar obtained from carbonization of eucalyptus bark and fruits peels

เมื่อพิจารณาข้อมูลใน (Table 1) และ (Table 2) จะเห็นได้ชัดเจนว่า ถ่านเปลือกไม้และเปลือกผลไม้นั้นจะมีปริมาณคาร์บอนเสถียรและค่าความร้อนสูงกว่าเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ดิบอย่างเห็นได้ชัด โดยการคาร์บอไนเซชันจะทำให้เปลือกไม้ยูคาลิปตัส เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอมีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 72 76 และ 76 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามมีเพียงถ่านไม้ยูคาลิปตัสเท่านั้นถ่านจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสเท่านั้นที่มีค่าความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม (มผช.657/2547)[16]

Table 2 Chemical compositions and calorific values of charcoal derived from eucalyptus barks and fruit peels

Proximate analysis (%)	Eucalyptus bark charcoal	Pineapple peel charcoal	Papaya peel charcoal
Moisture	2.12±0.22[a]	3.62±0.36[b]	4.44±0.44[c]
Fixed carbon	66.99±0.48[c]	59.88±0.71[b]	55.02±1.67[a]
Volatile matter	29.63±0.69[a]	32.26±0.71[b]	36.65±1.40[c]
Ash	1.26±0.19[a]	4.22±0.10[b]	3.88±0.27[b]
Ultimate analysis (%)			
Carbon (C)	53.44	65.44	52.47
Hydrogen (H)	3.83	3.53	4.23
Oxygen (O)	41.96	28.20	36.55
Nitrogen (N)	0.76	1.03	4.95
Sulfur (S)	0.01	0.26	1.79
Calorific value (Cal/g)	6,402±125[c]	5,374±109[b]	5,043±118[a]

3. ร้อยละผลได้และสมบัติของน้ำส้มควันไม้

เตาเผาถ่านที่ใช้ในงานวิจัยนี้สร้างมาจากถังน้ำมัน 200 ลิตรซึ่งวางตัวในแนวตั้ง โดยบริเวณด้านข้างของเตาเผาถ่าน ที่ตำแหน่งสูงจากพื้นประมาณ 10 เซนติเมตรจะเชื่อมต่อด้วยท่อ 3 ท่อ สำหรับให้ควันที่เกิดขึ้นในกระบวนการไหลขึ้นไปด้านบน และบริเวณปลายปล่องควัน จะมีท่อสวมด้านนอกซึ่งบรรจุน้ำสำหรับใช้เป็นระบบหล่อเย็น (ควบแน่น) ควันบ้า (Figure 1, B) เนื่องจากระบบควบแน่นที่ดีจะส่งผลกระทบในเชิงบวกต่อร้อยละผลได้ของน้ำส้มควันไม้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการติดตั้งระบบควบแน่นเพิ่มเติม โดยเป็นการต่อระบบควบแน่นซึ่งเป็นท่อน้ำหล่อเย็นบริเวณปล่องควันที่ต่อออกจากฝาเตา (Figure 1, A) และศึกษาเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ได้ติดตั้งระบบควบแน่นเพิ่มเติม ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า การติดตั้งระบบควบแน่นเพิ่มเติมทำให้ปริมาณผลได้ของน้ำส้มควันไม้เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.05-3.15 เป็นร้อยละ 8.36-9.26 ของน้ำหนักเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ (Figure 5)

หลังจากทิ้งให้น้ำส้มควันไม้ตกตะกอนเป็นระยะเวลา 45 วันแล้ว ได้นำส่วนใสด้านบนมากรองด้วยระบบการกรองแบบสุญญากาศ (เรียกว่า “น้ำส้มควันไม้กรอง”) จากนั้นจึงนำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (เรียกว่า “น้ำส้มควันไม้กลั่น”) แล้วจึงนำน้ำส้มควันไม้ทั้งสองประเภทไปทดสอบค่า pH และค่าความหนาแน่น โดยน้ำส้มควันไม้หลังการกลั่นมีลักษณะสีเหลืองอ่อนๆ ใส เป็นเนื้อเดียวกัน และไม่มีตะกอน แต่ยังคงมีกลิ่นควันไฟ เมื่อพิจารณาสมบัติของน้ำส้มควันไม้กรองและกลั่นที่ได้ จะเห็นว่า น้ำส้มควันไม้กลั่นจะมีค่า pH ที่ต่ำกว่าน้ำส้มควันไม้กรอง ทั้งนี้อาจเนื่องจากว่า การกลั่นทำให้สารประกอบจำพวกกรดอินทรีย์มีความเข้มข้นขึ้น จึงส่งผลให้ค่า pH ลดลง

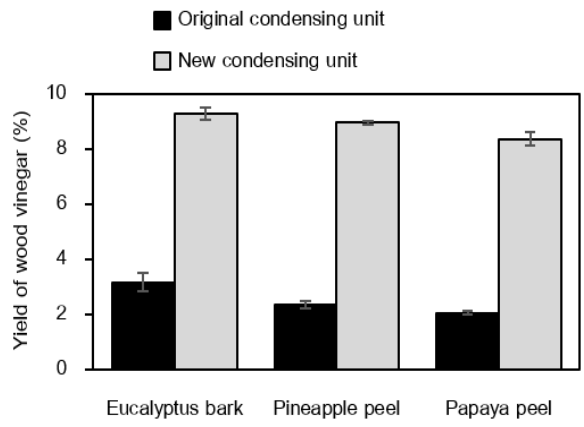


Figure 5 Yield of wood vinegar from carbonization of barks and peels in a 200 L-vertical drum kiln

นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าต่ำกว่าค่า pH ของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกผลไม้ทั้งสองชนิด อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า ความหนาแน่นมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก (Table 3)

Table 3 Properties of wood vinegar undergoing vacuum filtration and distillation

Property	Wood vinegar	Eucalyptus bark	Pineapple peel	Papaya peel
pH	Filtered	3.08±0.04[Da]	3.28±0.02[Db]	3.84±0.03[Dc]
	Distilled	2.22±0.03[Ca]	2.47±0.02[Cb]	2.54±0.02[Cb]
Density (kg/m^3)	Filtered	1.035±0.003[Bb]	1.025±0.001[Ba]	1.023±0.002[Ba]
	Distilled	1.020±0.001[Ac]	1.012±0.001[Aa]	1.015±0.001[Ab]

[ABC] Different letters in the same column indicate that values are significantly different ($p < 0.05$)

[abc] Different letters in the same row indicate that values are significantly different ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า น้ำส้มควันไม้กลั่นที่ได้จากทั้งเปลือกไม้และเปลือกผลไม้มีสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553)[17]

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การคาร์บอนไนเซชันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่เชื้อเพลิง โดยจากการศึกษา พบว่า เปลือกไม้และเปลือกผลไม้ทุกชนิดนั้นมีค่าความร้อนที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามมีถ่านจากเปลือกยูคาลิปตัสเพียงชนิดเดียวที่ให้ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ถ่านไม้หุงต้ม ดังนั้นเปลือกสับปะรดและ

เปลือกมะละกอจึงไม่เหมาะที่จะนำมาทำเป็นถ่านโดยลำพัง ซึ่งอาจจะใช้ร่วมกับถ่านไม้หรือเชื้อเพลิงอื่นที่มีค่าความร้อนที่สูง หรืออาจมีการศึกษาต่อยอดในการนำไปทำถ่านอัดเม็ดหรือถ่านอัดแท่งต่อไป นอกจากนี้ยังพบว่า การติดตั้งระบบควบแน่นเพิ่มเติมทำให้ได้ร้อยละของน้ำส้มควันไม้เพิ่มขึ้น โดยที่ยังคงคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ไว้เช่นเดิม โดยสมบัติของน้ำส้มควันไม้กลั่นที่ได้ทั้งหมดเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำส้มควันไม้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (โครงการสนับสนุนทุนวิจัยแก่นักศึกษาระดับอุดมศึกษา) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม-พวอ.)

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน กระทรวงพลังงาน. แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี. [serial online]. [163 screens]. Available from: http://www.eppo.go.th/ccep/download/REDP_15_yrs.pdf. Accessed January 2015.

[2] กลุ่มเทคโนโลยีการจัดการมลพิษ, ฝ่ายคุณภาพสิ่งแวดล้อมและห้องปฏิบัติการกรมควบคุมมลพิษ. การเผาถ่านหรือคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization). ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

[3] ศิริพร วัฒนศรีรังกุล, ชุลีพร อรุณแสงสุรีย์, สมวงษ์ ตระกูลรุ่ง, ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. ยูคาลิปตัสไม้เศรษฐกิจของโลก. [serial online]. [1 screens]. Available from: http://www.nstda.or.th/en/index.php?option=com_content&task=view&id=362&itemid=1. Accessed January 2015.

[4] Maiti S, Dey S, Purakayastha S, Ghosh B. Physical and thermochemical characterization of rice husk char as a potential biomass energy source. Bioresource Technology. 2006; 97 (16): 2065-70.

[5] Gnanaharan R, Dhamodaran TK, Thulasidas PK. Yield and quality of charcoal from coconut stem wood. Biomass. 1988; 16 (4): 251-6.

[6] Sawekwiharees. Potential Energy of the Fuel Briquettes From Mangosteen Shell. Bangkok: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon; 2012.

[7] ASTM E1756-01 Standard Test Method for Determination of Total Solids in Biomass.

[8] ASTM E872 – 82(2013) Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis of Particulate Wood Fuels.

[9] ASTM E1755 - 01(2007) Standard Test Method for Ash in Biomass.

[10] ASTM Standard D1762-84 Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal.

[11] สำนักวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้ด้านการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. น้ำส้มควันไม้.เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้; ม.ป.ป.

[12] Nhuchhen DR, Abdul Salam P. Estimation of higher heating value of biomass from proximate analysis: A new approach. Fuel 2012; 99: 55-63.

[13] G. Dorez, L. Ferry, R. Sonnier, A. Taguet, J.M. Lopez-Cuesta. Effect of cellulose, hemicellulose and lignin contents on pyrolysis and combustion of natural fibers. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 107 (2014), 323-331.

[14] Biomass and Bioenergy: New Research. Michael D. Brenes. Editor. Nova Science Publishers, Inc. New York. 2006. pp. 313

[15] Rousset P, Figueiredo C, De Souza M, Quirino WF. Pressure effect on the quality of eucalyptus wood charcoal for the steel industry: A statistical analysis approach. Fuel Process Tech 2011; 92 (10): 1890-7.

[16] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม มผช.657/2547.

[17] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ มผช. (มผช. 659/2553)