

การวิจัยเตาผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้จากมังคุดที่เหลือทิ้ง

ลือพงษ์ ลือนาม¹

¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

ผู้เขียนติดต่อ: ลือพงษ์ ลือนาม E-mail: klluepon@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เพื่อดำเนินการวิจัยและพัฒนาการผลิตถ่านมังคุดและน้ำส้มควันไม้จากผลมังคุดที่เหลือทิ้งด้วยวิธีเตาเผาถ่าน 200 ลิตร และใช้ถัง 50 ลิตร บรรจุมังคุดวางไว้บนหลังเตา โดยบรรจุมังคุดปริมาณ 5 กิโลกรัม และใช้ไม้พินปริมาณ 50 กิโลกรัม เพื่อทำให้เกิดความร้อนเผาถ่านผลมังคุดและผลิตน้ำส้มควันไม้ผลมังคุด พบว่า สามารถผลิตน้ำส้มควันไม้พินได้ 1.47 ลิตร และน้ำส้มควันไม้มังคุดได้ 1.00 ลิตร โดยได้ถ่านไม้พิน 12.50 กิโลกรัม และ ถ่านมังคุด 0.89 กิโลกรัม โดยมีประสิทธิภาพการผลิตไม้พินและถ่านมังคุดได้เพียง 86.55 และ 22.69 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ถ่าน; น้ำส้มควันไม้; มังคุด; วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

1. บทนำ

มังคุด พืชเศรษฐกิจของประเทศไทย จัดเป็นผลไม้ชั้นนำที่สุด จนได้ชื่อว่า ราชีนีแห่งผลไม้ (Queen of Fruits) เพราะให้รสชาติหวานฉ่ำอมเปรี้ยว กลิ่นหอมเฉพาะตัว เนื้อฟู สีขาว อ่อนนุ่มลิ้นเมื่อเคี้ยวในปาก เปลือกหุ้ม โครงสร้างแข็งแรง ผิวเปลือกสีแดงอมม่วง ขั้วผลมีกลีบดอกสีเขียวอ่อน 4 กลีบ เป็นที่ชื่นชอบของชาวต่างประเทศที่ได้สัมผัสและลิ้มรสชาติ จนมีความต้องการมาก อย่างไม่จำกัด แต่ติดขัดเรื่องคุณภาพที่ยังไม่ผ่านมาตรฐานหลายประเด็น ทำให้เสียโอกาสสร้างรายได้เข้าประเทศ ขณะที่ปริมาณผลผลิตมีมาก เกิดปัญหาล้นตลาด ขายไม่ได้ราคา ชาวสวนเดือดร้อน [1]

เปลือกมังคุดเมื่อวิเคราะห์พบว่า มีสารประกอบ 3 กลุ่มที่สำคัญ คือ กลุ่มสารแทนนิน (Tannin) ให้รสฝาด เป็นสารที่ช่วยสมานแผลให้หายเร็ว รักษาแผลในกระเพาะอาหาร กลุ่มที่เป็นรงควัตถุ (Anthocyanin) หรือเม็ดสีบริเวณผิวเปลือกด้านนอกสีแดง สีม่วง-น้ำตาล มีคุณสมบัติเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) และสุดท้ายเป็นกลุ่มสำคัญคือ สารแซนโทน (Xanthone) ซึ่งมีอยู่มากถึง 43 ชนิด เช่น mangostin, mangostenol เป็นต้น ซึ่งสารแซนโทนนี้มี

มากที่เปลือกมังคุด แต่จริงแล้วมีที่เมล็ด ลำต้น และใบด้วย แต่ปริมาณน้อยกว่าที่เปลือก เมื่อกล่าวถึงเปลือกมังคุด พบว่ามีสรรพคุณหลายด้านซึ่งมีการใช้มาตั้งแต่โบราณ โดยการใช้เป็นยาผดสุมาน แก้ท้องเสีย แก้บิด รักษาแผล ไม้แต่ไทยเท่านั้น ประเทศอินโดนีเซียใช้เปลือกแก้บิด ใบแห้งนำมาต้มดื่มแก้ไข้ บรรเทาอาการปวดท้อง คนจีนใช้เป็นยาแก้บิด และนำไปผสมในซีฟู้ด ทาแก้ผื่นคัน รักษาอาการท้องเสียและหนองใน ฟิลิปปีนส์ใช้แก้ท้องเสีย ถ่ายพยาธิ ส่วนมาเลเซียใช้เปลือก ราก ต้มรักษาอาการประจำเดือนมาไม่ปกติ ประโยชน์ของเปลือกมังคุดเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา จะมีฤทธิ์ต่อต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา [1]

จากรายงานข้อมูลด้านการผลิตในเบื้องต้น พบว่า วัตถุดิบมังคุด 100 กิโลกรัม จะได้เนื้อมังคุด 31.9 กิโลกรัม เนื้อในของเปลือก 32.3 กิโลกรัม และเปลือกนอกมังคุด 25.8 กิโลกรัม เมื่อทำการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะได้ผลผลิตของเนื้อมังคุดอบแห้ง แบบแชแข็ง 6.25 กิโลกรัม เนื้อในเปลือกมังคุดอบแห้ง 11.95 กิโลกรัม และเปลือกนอกมังคุดอบแห้ง 10.85 กิโลกรัม [3]

น้ำส้มควันไม้หรือน้ำส้มไม้เป็นสารอินทรีย์ ที่ได้จากการเผาถ่านไม้ที่ไม่แห้งและสดเกินไป ตามกรรมวิธีเผาถ่านใน

ที่อุบอากาศและที่อุณหภูมิเหมาะสม ควันที่ออกมาเมื่อ
กระทบความเย็นจะกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำ โดยเริ่มดักเก็บ
น้ำส้มควันไม้ ที่อุณหภูมิปลายปล่องควัน 80-180 องศา
เซลเซียส น้ำส้มควันไม้ที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาล
ใส โปร่งแสง มีกลิ่นไหม้ มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน รสเปรี้ยว
[2]

ประโยชน์ของถ่านและน้ำส้มควันไม้ในทางการเกษตร
ใช้ถ่านเป็นสารปรับปรุงดิน เนื่องจากมีรูพรุนมากมาย เมื่อใส่
ถ่านไม้ลงในดินจะทำให้ดินร่วนซุย อุ่นน้ำและอากาศได้ดีขึ้น
ทำให้รากพืชขยายตัวอย่างรวดเร็ว ช่วยดูดซับปุ๋ยไนโตรเจน
ไม่ให้ระเหยสู่อากาศ และแร่ธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในถ่านไม้จะ
เป็นแหล่งจุลธาตุ สำหรับพืชได้เป็นอย่างดี สำหรับน้ำส้มควัน
ไม้มีสารประกอบที่สำคัญ ได้แก่ น้ำ ประมาณ 85 % กรด
อินทรีย์ประมาณ 3 % และสารอินทรีย์อื่นๆ อีกประมาณ 12
% มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ประมาณ 3 ความ
ถ่วงจำเพาะประมาณ 1.012-1.014 แตกต่างกันไปตามชนิด
ของไม้ [4] เกษตรกรจึงมีความสนใจและใช้เพิ่มมากขึ้น
เนื่องจากช่วยลดค่าใช้จ่ายของสารเคมีได้มากกว่า 50 % อีก
ทั้งช่วยลดการใช้สารเคมีและเพิ่มคุณภาพของผลผลิตทาง
การเกษตร [5]

จากการผลิตมังคุดคุณภาพ มังคุดที่ร่วงหล่นภายใน
สวน และกระบวนการแปรรูปมังคุด ทำให้มีวัสดุเปลือกมังคุด
เหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการศึกษาวิจัยกระบวนการเผา
ถ่านเพื่อให้ได้น้ำส้มควันไม้ โดยใช้วัสดุเป็นเปลือกมังคุดที่
เหลือทิ้ง เพื่อเพิ่มมูลค่าจากเปลือกมังคุดเหลือทิ้งให้สูงขึ้น อีก
ทั้งได้ผลิตถ่านน้ำส้มควันไม้ ที่มีประโยชน์ต่อกระบวนการ
ผลิตผลไม้ของเกษตรกร เนื่องจากเปลือกมังคุดมีสารช่วยใน
การต่อต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา อันเป็นสาเหตุของโรค
พืชต่าง ๆ เมื่อกลั่นเป็นน้ำส้มควันไม้จะได้สารอินทรีย์ในการ
ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราของโรคพืช ทำให้เกษตรกรลด
การใช้สารเคมีในการผลิตผลไม้

2. วัตถุประสงค์

การศึกษาวิจัยมีเป้าหมายหลักเพื่อดำเนินการวิจัย
และพัฒนาการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกมังคุดหรือผล
มังคุดที่เหลือทิ้ง โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบสร้างและ
ทดสอบเตาเผาถ่านเปลือกมังคุดผลิตน้ำส้มควันไม้

3. อุปกรณ์และวิธีการ

โดยทำการทดลองเผาถ่านจากไม้พื้ภายในเตา 200
ลิตร ซึ่งทำให้เกิดความร้อนสูงขึ้นภายในเตา แล้วนำความ
ร้อนมาเผาเปลือกมังคุดที่บรรจุภายในถัง เพื่อให้เปลือกมังคุด
ภายในถังเกิดการเผาไหม้จนเกิดควันขึ้น จากนั้นทำการดัก
เก็บน้ำส้มควันไม้จากการเผาเปลือกมังคุดภายในถัง โดยทำ
การทดลองผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกมังคุดจำนวน 3 ครั้ง
เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเตา ระยะเวลาใน
การเผา ปริมาณของถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผา ซึ่ง
มีอุปกรณ์ในการทดสอบ ได้แก่ เตาเผาถ่านผลิตน้ำส้มควันไม้
ตาชั่ง นาฬิกา เครื่องวัดอุณหภูมิ เลื่อย แซง เป็นต้น

สำหรับการทดลองการเผาถ่านผลิตน้ำส้มควันไม้จาก
เปลือกมังคุด เป็นการศึกษาขั้นตอนการเผาถ่านผลิตน้ำส้ม
ควันไม้ เพื่อให้ได้วิธีการที่เหมาะสมกับลักษณะของเปลือก
มังคุด โดยมีค่าชี้ผลในศึกษา ได้แก่ ความชื้นเปลือกมังคุด
เปอร์เซ็นต์การเผาถ่าน อัตราการผลิตน้ำส้มควันไม้
ประสิทธิภาพการผลิตถ่านคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ เป็นต้น

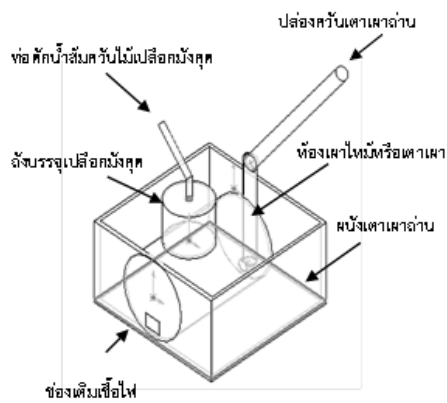
โดยการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำส้มควันไม้ เพื่อ
ศึกษาคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้ที่ดักเก็บได้จากการทดลอง
ซึ่งทำการวัดค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าความเป็นกรด-ด่าง
(pH) หลังจากดักเก็บน้ำส้มควันไม้

- 1) ความชื้นไม้เชื้อเพลิงและเปลือกมังคุด (%ฐานเปียก)
$$= \frac{\text{น.น.ก่อนอบ (กรัม)} - \text{น.น.หลังอบ (กรัม)}}{\text{น.น.ก่อนอบ (กรัม)}} \times 100 \quad (1)$$
- 2) เปอร์เซ็นต์การเผาถ่าน (%)
$$= \frac{\text{น.น.ถ่านที่เผาได้ (กรัม)}}{\text{น.น.วัสดุที่เผา (กรัม)}} \times 100 \quad (2)$$
- 3) อัตราการผลิตน้ำส้มควันไม้ (ลิตร/กิโลกรัม)
$$= \frac{\text{ปริมาณน้ำส้มควันไม้ (ลิตร)}}{\text{น.น.วัสดุที่เผา (กิโลกรัม)}} \quad (3)$$
- 4) ประสิทธิภาพการผลิตถ่าน (%)
$$= \frac{\text{น.น.ถ่านที่เผาได้ (กรัม)} - \text{น.น.ไม้เป็นถ่าน (กรัม)}}{\text{น.น.ถ่านที่เผาได้ (กรัม)}} \times 100 \quad (4)$$

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดสอบเตาผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือก
มังคุดโดยใช้ปริมาณไม้พื้ ปริมาณไม้เชื้อไฟ ปริมาณเปลือก
มังคุด และความชื้นของไม้ในการทดลองแต่ละครั้งใกล้เคียง

กัน เนื่องจากลักษณะ ขนาด การเรียง ของท่อไอน้ำไม่แตกต่างกันมากนัก ผลการทดลองดังตารางที่ 1 พบว่า



รูปที่ 1 แบบเตาผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกมังคุด

ปริมาณไม้พินที่ใช้ในการเผาผลิตน้ำส้มควันไม้มังคุด 50 กิโลกรัม โดยใช้มังคุดในการผลิตน้ำส้มควันไม้มังคุด 5 กิโลกรัม ระยะเวลาในการเผาถ่านไม้พินผลิตน้ำส้มควันไม้มังคุด 4.30 ชั่วโมง ซึ่งสามารถผลิตน้ำส้มควันไม้พินได้ 1.47 ลิตร และน้ำส้มควันไม้มังคุด 1.00 ลิตร โดยในแต่ละการทดลองมีระยะเวลาในการเกิดน้ำส้มควันไม้พิน ระยะเวลาในการเกิดน้ำส้มควันไม้มังคุด น้ำหนักถ่านที่เผาได้ น้ำหนักถ่านมังคุดที่เผาได้ เปอร์เซ็นต์การผลิต เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านมังคุดใกล้เคียงกัน แต่ประสิทธิภาพการผลิตถ่านในการทดลองที่ 3 มีค่าสูงที่สุดถึง 92.31 เปอร์เซ็นต์ ดังเช่นประสิทธิภาพการผลิตถ่านมังคุด การทดลองที่ 3 มีค่าสูงที่สุดถึง 33.33 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาวิธีการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกมังคุด ด้วยเตาเผาถ่าน 200 ลิตร โดยบรรจุมังคุดในถัง 50 ลิตร ที่วางไว้บนหลังเตา ให้ความร้อนจากการเผาถ่านทำการเผามังคุดภายในถังเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้มังคุด จะใช้ไม้พินปริมาณ 5 กิโลกรัม ในการผลิตความร้อน และใช้เปลือกมังคุดปริมาณ 5 กิโลกรัม ในการผลิตน้ำส้มควันไม้ ปรากฏว่าสามารถผลิตน้ำส้มควันไม้พินได้ 1.47 ลิตร และน้ำส้มควันไม้เปลือกมังคุดได้ 1.00 ลิตร โดยได้ถ่านไม้พิน 12.50 กิโลกรัม และ ถ่านเปลือกมังคุด 0.89 กิโลกรัม แต่เป็นที่สังเกตว่า ยังมีทั้งไม้พินและเปลือกมังคุดบางส่วนที่ไม่ถูกเผาให้กลายเป็นถ่าน อาจมีสาเหตุมาจาก ลักษณะของเตาเผาถ่านไม้พินผลิตความร้อนมีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์หรือการไหลของอากาศที่ไม่สะดวก ทำให้ไม้พินเผาไม่หมดจนกลายเป็นสนถ่าน เป็นผล

ให้เปลือกมังคุดที่บรรจุภายในถัง ได้รับความร้อนไม่เพียงพอหรือระยะเวลาการให้ความร้อนกับเปลือกมังคุดไม่เหมาะสมหรือน้อยเกินไป ทำให้มีเปลือกมังคุดบางส่วนไม่ถูกเผาให้กลายเป็นถ่าน ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตไม้พินและถ่านเปลือกมังคุดได้เพียง 86.55 และ 22.69 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะถ่านเปลือกมังคุดค่อนข้างต่ำมาก ถ้าเพิ่มประสิทธิภาพการเผาถ่านเปลือกมังคุดให้สูงขึ้น คาดว่าจะได้น้ำส้มควันไม้เปลือกมังคุดเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 การทดสอบเตาผลิตน้ำส้มควันไม้เปลือกมังคุด

รายการวิเคราะห์ผล	การทดลองที่			เฉลี่ย
	1	2	3	
น้ำหนักไม้พิน(กก.)	50.00	50.00	50.00	50.00
น้ำหนักไม้พินเชื้อไฟ(กก.)	6.00	7.00	6.00	6.33
น้ำหนักมังคุดถังบรรจุ(กก.)	5.00	5.00	5.00	5.00
วามชื้นไม้พิน(%ฐานเปียก)	15.42	15.01	15.37	15.27
ระยะเวลาเผาทั้งหมด(ชม.)	4.30	4.30	4.30	4.30
ระยะเวลาเกิดน้ำส้มควันไม้พิน(ชม.)	3.40	3.40	3.30	3.37
ระยะเวลาเกิดน้ำส้มควันไม้มังคุด(ชม.)	3.25	3.40	3.45	3.37
ปริมาณน้ำส้มควันไม้พิน(ลิตร)	1.50	1.50	1.40	1.47
ปริมาณน้ำส้มควันไม้มังคุด(ลิตร)	1.00	1.00	1.00	1.00
น้ำหนักถ่านไม้พิน(กก.)	12.00	12.50	13.00	12.50
น้ำหนักถ่านถ่านไม้พิน(กก.)	2.00	2.00	1.00	1.67
น้ำหนักถ่านมังคุด(กก.)	0.80	0.90	0.90	0.87
น้ำหนักถ่านถ่านมังคุด(กก.)	0.70	0.70	0.60	0.67
อัตราผลิตน้ำส้มควันไม้พิน(ลิตร/ชม.)	0.29	0.29	0.30	0.30
อัตราผลิตน้ำส้มควันไม้มังคุด(ลิตร/ชม.)	0.31	0.29	0.29	0.30
เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านไม้พิน(%)	24.00	25.00	26.00	25.00
เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านมังคุด(%)	16.00	18.00	18.00	17.33
ประสิทธิภาพการผลิตถ่านไม้พิน(%)	83.33	84.00	92.31	86.55
ประสิทธิภาพการผลิตถ่านมังคุด(%)	12.50	22.22	33.33	22.69

สำหรับคุณภาพของน้ำส้มควันไม้เปลือกมังคุด ภายหลังทิ้งไว้ในที่ร่มไม่ถูกแสงนาน 60 วัน (ตารางที่ 2) พบว่า น้ำส้มควันไม้เปลือกมังคุดที่ผลิตได้มีกลิ่นเหมือนควันไฟ มีลักษณะเป็นของเหลวสีม่วงเขียว มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 4.56 มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย 1.020 ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ แต่ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำส้มควันไม้เปลือกมังคุด มีค่าสูงกว่า



มาตรฐาน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะคุณสมบัติเฉพาะตัวของน้ำส้ม
ควันไม้เปลือกมังคุด ซึ่งควรมีการศึกษารายละเอียดคุณสมบัติ
ของน้ำส้มควันไม้เปลือกมังคุดต่อไป

ตารางที่ 2 คุณภาพของน้ำส้มควันไม้เปลือกมังคุด

คุณสมบัติ น้ำส้มควันไม้	ค่าการวัดน้ำส้มควัน ไม้เปลือกมังคุด	ค่ามาตรฐานน้ำส้ม ควันไม้ดิบ
ลักษณะทั่วไป	ของเหลวใส เป็นเนื้อ เดียวกัน	ของเหลวใส เป็นเนื้อ เดียวกัน
กลิ่น	เหมือนควันไฟ	เหมือนควันไฟ
สี	มีสีม่วงเขียว	ไม่เป็นสีดำ
ความเป็นกรด-ด่าง(pH)	4.56	2.8-3.7
ความถ่วงจำเพาะ	1.020	ไม่น้อยกว่า1.005

5 สรุปและข้อเสนอแนะ

การผลิตน้ำส้มควันไม้เปลือกมังคุด ด้วยเตาเผาถ่าน
200 ลิตร โดยบรรจุเปลือกมังคุดในถัง 50 ลิตร ที่วางไว้บน
หลังเตา ซึ่งที่บรรจุเปลือกมังคุดได้ 5 กิโลกรัม สามารถผลิต
น้ำส้มควันไม้เปลือกมังคุดได้ 1.00 ลิตร โดยใช้ไม้พินปริมาณ
50 กิโลกรัม และไม้พินเชื้อไฟหน้าเตา 6.33 กิโลกรัม มี
ระยะเวลาในการเผาทั้งหมด 4.30 ชั่วโมง สามารถดักเก็บ
น้ำส้มควันไม้เปลือกมังคุดได้ 3.37 ชั่วโมง ซึ่งเท่ากับเวลาใน
การดักเก็บน้ำส้มควันไม้พินที่ผลิตความร้อนภายในเตาเผา
ถ่าน โดยคุณภาพของน้ำส้มควันไม้เปลือกมังคุดที่เก็บไว้นาน
เกิน 60 วัน ลักษณะของน้ำส้มควันไม้มังคุดที่ผลิตได้จะมี
กลิ่นเหมือนควันไฟ มีลักษณะเป็นของเหลวสีม่วงเขียว มีค่า
ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 4.56 มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย
1.020 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำส้มควันไม้ดิบ มี
ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์
ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ

6. กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนวิจัย จากเงินงบประมาณวิจัยประจำปี 2554
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] มนตรี กล้าชาย. 2550 มังคุดไทย : พี่ขสมุนไพรของโลก. เทคโนโลยีชาวบ้าน. ปีที่ 20. ฉบับที่ 418.
- [2] สุภัญญา แพทย์ปฐม. 2546. การผลิตน้ำส้มไม้...จากเตาเผาถ่าน. เคหะการเกษตร 27(1), หน้า 232-237
- [3] สุชาติ ไชยสวัสดิ์ และคณะ. (2552). [ระบบออนไลน์] และ ห ล ึ่ง ที่ ม า http://www.scisoc.or.th/-stt/31/sec_f/paper/stt31_F0047.pdf เข้า ดู เมื่อวันที่ 12/2551
- [4] สื่อเกษตร. (2548). ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้ (charcoal and wood vinegar), [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.agmass-media.com-/Charcoal-/Charcoal_01.htm เข้าดูเมื่อวันที่ 10/05/2551
- [5] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2544. ถ่าน : การผลิตที่ถูกรวบรวมและประโยชน์ (Charcoal : Small Scale Production and Use). กรุงเทพฯ. 112 หน้า