

รายงานการวิจัย

การจัดการแปลงไม้โตเร็วเพื่อการพลังงานอย่างยั่งยืน

Fast Growing Trees Management for Sustainable Energy Usage

แผนงานวิจัย

การพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์พลังงานชีวมวลตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

จิระพงษ์ คูหากาญจน์

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

พ.ศ. 2554

การจัดการแปลงไม้โตเร็วเพื่อการพลังงานอย่างยั่งยืน

Fast Growing Trees Management for Sustainable Energy Usage

จิระพงษ์ คูหากาญจน์ (CHIRAPONG KUHAKANCHANA)¹

บทคัดย่อ

การศึกษากิจการการจัดการแปลงไม้โตเร็วเพื่อการพลังงานอย่างยั่งยืน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลของการเจริญเติบโตของไม้โตเร็วที่เหมาะสมสำหรับใช้ผลิตเป็นพลังงานทดแทน โดยศึกษากิจการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัสในท้องที่ หมู่ 5 ตำบลทรายมูล อำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งคัดเลือกแปลงไม้ยูคาลิปตัสของประชาชนในพื้นที่ แปลงที่ศึกษาเป็นแปลงไม้ที่ปลูกในปี พ.ศ. 2548, ศึกษาการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้จากเตาเผาถ่านชนิดเตาอิฐก่อกรมป่าไม้ ขนาด 2.0 ลูกบาศก์เมตร และศึกษาการใช้เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้(เตาถ่าน) จากการศึกษาดังกล่าวพบว่า ไม้ยูคาลิปตัส จำนวน 64 ต้น มีความสูงเฉลี่ย 5.98 เมตร มีความโตที่ระดับ 1.30 เมตร เฉลี่ย 24.78 เซนติเมตร และมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 21.58 กิโลกรัม/ต้น, สามารถผลิตถ่านได้เฉลี่ย 230 กิโลกรัม/เตา คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านเฉลี่ย 31.01% เก็บน้ำส้มควันไม้ดิบเฉลี่ย 47 ลิตร/เตา และศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใช้เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ มีความประทับใจอยู่ในเกณฑ์ดีมาก แต่การหาซื้อถ่านข้างหาซื้อยากและราคาค่อนข้างสูง ร้านค้าไม่นิยมนำมาจำหน่าย

คำหลัก : ไม้ยูคาลิปตัส

¹ นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ

ABSTRACT

Study on Fast Growing Trees Management for Sustainable Energy Usage have main objective to Study growth of fast growing trees for renewable energy. The study was conducted at moo 5 tambon Saimoon Amphur Pibulmangsaharn Ubonratchthani the results shown that Eucalyptus 64 trees have average height 5.98 meter, average girth at 1.30 m has 24.78 centimeter and average fresh weight 21.58 kilogram per tree; average charcoal production 230 kilogram per kiln raw wood vinegar 47 liter/kiln; percentage of Charcoal production was 31.01 percentage and a study on Royal forest Department Cooking Stove shown that the stove have high efficient and good have charcoal but rare to buy and high price the grocery not take the stove to buy.

Keywords: *Eucalyptus carmaldulansis*

คำนำ

ในประเทศไทยมีการนำเข้าทรัพยากรน้ำมันจากต่างประเทศคิดเป็นมูลค่านับแสนล้านบาทต่อปี แต่เนื่องจากประเทศไทยมีศักยภาพที่จะบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้ โดยการปลูกไม้โตเร็วชนิดต่างๆ เพื่อพัฒนาเป็นพลังงานทดแทน น้ำมันเชื้อเพลิงที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทรัพยากรไม้โตเร็วเมื่อนำมาพิจารณาวางแผนบริหารจัดการเรื่องการปลูก การตัดฟันไปใช้ประโยชน์ร่วมกับเทคนิคการผลิตพลังงานจากไม้โตเร็วในรูปแบบไม้จะช่วยให้เพิ่มทางเลือกให้ประชาชน ในการลดภาระค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนเป็นการสร้างงานสร้างรายได้ให้แก่ประชาชนอีกทางหนึ่งด้วย

วิกฤตน้ำมันเชื้อเพลิงและแก๊สธรรมชาติมีแนวโน้มที่จะรุนแรงและมีราคาทรงตัวอยู่ในระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น การดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยด้านพลังงานทดแทนในปัจจุบันนี้ มีผู้ให้ความสนใจ และเริ่มกลับมาพิจารณาถึงวิธีการบริหารจัดการอย่างจริงจัง

โครงการ “การจัดการแปลงไม้โตเร็วเพื่อการพลังงานอย่างยั่งยืน” แนวความคิดมาจากแนวพระราชดำริเศรษฐกิจแบบพอเพียง ซึ่งไม้โตเร็วสามารถปลูกและบริหารจัดการเพื่อให้สามารถเป็นพืชพลังงานที่มีความสำคัญในประเทศไทยได้ หากได้มีการนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์สำหรับการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานของชุมชนนับได้ว่าเป็นแนวทางที่ส่งเสริมการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้อีกส่วนหนึ่งซึ่งในโครงการจะได้มีการศึกษาวิจัยอย่างครบวงจร ตั้งแต่เริ่มปลูก บำรุงรักษา จนกระทั่งการใช้ประโยชน์ โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อทบทวนวรรณกรรม และข้อมูลของการเจริญเติบโตของไม้โตเร็วที่เหมาะสมสำหรับใช้ผลิตเป็นพลังงานทดแทน
2. เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับชุมชน โรงเรียน ในการดำเนินการด้านพลังงานทดแทนจากไม้โตเร็ว
3. เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการไม้โตเร็ว เพื่อการพลังงานที่เหมาะสมตามแนวพระราชดำริ

การตรวจเอกสาร

จากคำแถลงนโยบายรัฐบาลต่อรัฐสภา พ.ศ. 2548 เมื่อวันที่ 23 มีนาคม พ.ศ.2548 รัฐบาลภายใต้การนำของนายกรัฐมนตรี พ.ต.ท.ดร.ทักษิณ ชินวัตร มีนโยบายหลักที่จะใช้ในการบริหารราชการแผ่นดิน 9 ประการ ดังนี้

1. นโยบายขจัดความยากจน
2. นโยบายพัฒนาคนและสังคมที่มีคุณภาพ
3. นโยบายปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและแข่งขันได้
4. นโยบายบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
5. นโยบายการต่างประเทศและเศรษฐกิจระหว่างประเทศ
6. นโยบายพัฒนากฎหมายและส่งเสริมการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี
7. นโยบายส่งเสริมประชาธิปไตยและกระบวนการประชาสังคม
8. นโยบายรักษาความมั่นคงของรัฐ
9. นโยบายตามแนวนโยบายพื้นฐานแห่งรัฐ

และสืบเนื่องมาจากการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการยุทธศาสตร์พลังงานโดยมี ฯพณฯ

นายกรัฐมนตรี พ.ต.ท.ดร.ทักษิณ ชินวัตร เป็นประธาน กระทรวงพลังงาน ได้กำหนดยุทธศาสตร์พลังงานไว้

4 ด้าน คือ ยุทธศาสตร์การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทน ยุทธศาสตร์การสร้างความมั่นคงด้านพลังงานและยุทธศาสตร์การปรับประเทศไทยให้เป็นศูนย์กลางพลังงานในภูมิภาค ซึ่งกรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ตระหนักถึงความสำคัญเร่งด่วนและเป้าหมายของยุทธศาสตร์ทั้ง 4 ประการ โดยเฉพาะยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนซึ่งถือว่าเป็นทางเลือกใหม่ของประเทศไทยที่ภาครัฐควรให้การสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแหล่งอื่น ๆ ที่มีใช้น้ำมันและถ่านหิน

จากปัญหาวิกฤตการณ์น้ำมันราคาแพงอย่างต่อเนื่อง (ราคาน้ำมันในปี พ.ศ. 2548 นับจากต้นปีถึงปลายปีปรับตัวขึ้นกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ คือ จาก 25 ดอลลาร์สหรัฐต่อบาเรล เป็นกว่า 66 ดอลลาร์สหรัฐต่อบาเรล ในเดือนสิงหาคม 2548) และคาดว่าราคาน้ำมันจะทรงตัวอยู่และมีแนวโน้มจะมีราคาสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากถ่านหิน, น้ำมันดีเซล, น้ำมันเตาและแก๊สธรรมชาติ เป็นพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้แล้วหมดไป กระบวนการเกิดถ่านหิน, น้ำมันดิบและแก๊สธรรมชาติต้องใช้เวลานานหลายล้านปี จากข้อมูลของกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติรายงานว่า ณ สิ้นปี 2545 ปริมาณสำรองของพลังงานภายในประเทศของน้ำมันดิบอยู่ที่ 461 ล้านบาร์เรล คอนเดนเสท 585 ล้านบาร์เรล แก๊สธรรมชาติ 24,653 พันล้านลูกบาศก์ฟุต และลิกไนต์ 2,137 ล้านตัน หากปริมาณการผลิตพลังงานดังกล่าว ยังคงอยู่ที่ระดับการผลิตของปี 2545 ประเทศไทยจะมี

น้ำมันดิบใช้ได้อีกประมาณ 17 ปี คอนเดนเสท ประมาณ 30 ปี ก๊าซธรรมชาติ (รวมแหล่งพื้นที่ทับซ้อนไทย-มาเลเซีย) ประมาณ 34 ปี และลิกไนต์ประมาณ 109 ปี (ที่มา Website <http://www.eppo.go.th/doc/somereport> 2001)

ดังนั้น ศูนย์วิจัยพลังงานจากไม้ กรมป่าไม้ จึงได้ร่วมกันหารือและระดมความคิดในการจัดทำโครงการ “การจัดการแปลงไม้โตเร็วเพื่อการผลิตพลังงานอย่างยั่งยืน” โดยมุ่งเน้นให้ประชาชนในชุมชนมีส่วนร่วมในการดำเนินโครงการ โดยใช้หลักการตามแนวพระราชดำริเศรษฐกิจแบบพอเพียง เป็นหัวใจหลักในการดำเนินโครงการดังกล่าว

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาและนำเชื้อเพลิงประเภทชีวมวล ซึ่งส่วนใหญ่เป็นส่วนที่เหลือจากภาคเกษตรกรรมหรืออุตสาหกรรมเกษตร มาเป็นเชื้อเพลิงโดยนำเชื้อเพลิงเหล่านั้นมาทำการแปรรูปเพื่อนำไปใช้ทดแทนแหล่งเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล เช่น การนำมากลั่นให้เป็นแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ เพื่อนำไปผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิง การนำมาแปรรูปเป็นก๊าซเชื้อเพลิง หรือแม้กระทั่งการนำมาเผาโดยตรงเพื่อให้ความร้อน การนำเชื้อเพลิงชีวมวลมาใช้ในประเทศไทยได้มีมานานแล้ว แต่ส่วนใหญ่มักจะอยู่ในภาคอุตสาหกรรมเกษตร ทั้งนี้เนื่องจากหากต้องการ นำมาผลิตสำหรับชุมชนแล้วจำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงปริมาณมากพอที่จะป้อนสู่กระบวนการผลิตอีกทั้งกระบวนการขนส่งวัสดุเหล่านี้จากไร่นาสู่ระบบผลิตและการใช้พลังงานจะต้องมีการจัดการอย่างเป็นระบบที่ดี การใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในประเทศไทยจึงมักจำกัดอยู่ที่อุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งมีของเหลือจากกระบวนการผลิต จึงทำให้พลังงานที่ผลิตได้มีไม่มากพอสำหรับเป็นพลังงานหลักในกระบวนการผลิต เป็นเพียงแค่พลังงานเสริมหรือทดแทนได้ในบางส่วนเท่านั้น

ไม้โตเร็วสามารถเป็นพืชพลังงานที่มีความสำคัญในประเทศไทยได้ หากได้มีการนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์สำหรับการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานของชุมชนนับได้ว่าเป็นแนวทางที่ส่งเสริมการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้อีกส่วนหนึ่งตามนโยบายหลักที่รัฐใช้บริหารราชการแผ่นดิน 9 ข้อดังกล่าวแล้ว ดังนั้นการปลูกพืชพลังงาน(ไม้โตเร็ว)นับเป็นหนทางหนึ่งที่สามารถทำรายได้เลี้ยงเกษตรกรนับแสนครอบครัว ในปัจจุบันสถานการณ์ต่างๆ ด้านพลังงานมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากทั้งทางด้านราคาและปริมาณการใช้พลังงานซึ่งผลิตภัณฑ์ต่างๆต้องมีต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ส่วนทางด้าน การนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้นอยู่ต่อไป ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการที่จะใช้เงินงบประมาณมาใช้ในการพัฒนาประเทศนั้นมีน้อยลงเนื่องจากส่วนใหญ่จะเป็นค่าใช้จ่ายด้านนำเข้าพลังงาน ดังนั้น หากว่า “โครงการการจัดการแปลงไม้โตเร็วเพื่อการผลิตพลังงานอย่างยั่งยืน” สมฤทธิ์ผลจะสามารถช่วยลดการนำเข้าพลังงานและมลภาวะด้านสิ่งแวดล้อม ขณะเดียวกันก็ช่วยการพัฒนาการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานของชุมชนอย่างยั่งยืนตลอดไป

ไม้ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.)

ไม้ยูคาลิปตัส เป็นไม้โตเร็วต่างประเทศที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยแล้วเจริญเติบโตดี พบมากในแผ่นดินใหญ่ของออสเตรเลียในแถบร้อนทางด้านเหนือ ปัจจุบันพบขึ้นกระจายอยู่ทั่วโลกเนื่องจากเป็นไม้นิยมปลูกกัน ตั้งแต่ประเทศกลุ่มเมดิเตอร์เรเนียน ปากีสถาน อูรูกวัย อาเจนตินา เคนยา ไนจีเรีย แทนซาเนีย อิสราเอล ตุรกี และแพร่หลายปลูกในประเทศไทยเนื่องจากเป็นไม้ที่โตเร็วมาก อัตราความเพิ่มพูนเฉลี่ยต่อปีในทางความสูง 2 เมตร ทางเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. มีกำลังในการแตกหน่อได้ถึง 6 ครั้ง หรือมากกว่านั้น เจริญเติบโตได้ในดินที่เลวและมีปริมาณน้ำฝนน้อย และสามารถทนทานต่อน้ำท่วมขังเป็นครั้งคราวได้ แต่จะไม่สามารถต่อสู้กับวัชพืชต่าง ๆ ในระยะแรกของต้นอ่อนได้เท่าใดนัก

การปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในประเทศไทย เริ่มปลูกครั้งแรกเมื่อปี 2508 ซึ่งสามารถปรากฏเป็นหลักฐานได้ ภายใต้โครงการสำรวจวัตถุดิบเพื่อผลิตเยื่อกระดาษ โดยนำเมล็ดมาจากประเทศออสเตรเลียและปลูกทดลองเพื่อคัดเลือกชนิดและถิ่นกำเนิดในท้องที่จังหวัดเชียงใหม่ ศรีสะเกษ และกาญจนบุรี ปรากฏว่า ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สามารถรอดตายและเจริญเติบโตได้ดีที่สุดโดยเฉพาะที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ ยังมีไม้ชนิดนี้เหลืออยู่และใช้เป็นแหล่งเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเป็นที่นิยมสำหรับนำไปปลูกในท้องที่ต่าง ๆ ของประเทศไทยได้เป็นอย่างดีตลอดมา ต่อมาในปี 2516 โครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้สนและไม้โตเร็วโดยความร่วมมือของประเทศเดนมาร์ก ได้รวบรวมพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส ชนิดต่าง ๆ ที่คาดว่าสามารถปลูกได้ในประเทศไทยประมาณ 50 ชนิด/ถิ่นกำเนิด ในการนี้ได้นำเข้าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากถิ่น 5 ถิ่นกำเนิดในประเทศออสเตรเลียมาทดสอบด้วย โดยนำไปปลูกทดลองที่ จังหวัดเชียงใหม่ และชุมพร ปรากฏว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีอัตราการเจริญเติบโตและมีปริมาณการรอดตายสูงกว่าไม้ยูคาลิปตัสชนิดอื่น ๆ

ในประเทศไทย ต้นยูคาลิปตัสมีความสำคัญในการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อใช้ทำเชื้อเพลิง เพื่อการก่อสร้าง เพื่อทำเยื่อกระดาษ ทำแผ่นใยไม้อัดแข็ง แผ่นขึ้นไม้อัด และเพื่อฟืนฟู่ป่าเสื่อมโทรม เนื้อไม้ยูคาลิปตัส มีความแข็งแรงปานกลาง ไม้ในส่วนที่เป็นแก่นค่อนข้างแดง มีความทนทานต่อการรบกวนของปลวกและแมลง จึงเหมาะสำหรับใช้ในการก่อสร้างทั่วไป เนื้อไม้ยูคาลิปตัสมีความแข็งแรงของเส้นใยเมื่อเปียกสูง และให้เยื่อไม้ที่มีค่าแรงฉีกและค่าแรงดึงสูง เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษชนิดต่าง ๆ ได้ดี ในด้านการใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิง พบว่าถ่านจากไม้ยูคาลิปตัสให้พลังงานความร้อนสูง

สำหรับการปลูกไม้ยูคาลิปตัสเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษนั้นมีการปลูกกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย และเมื่อครบรอบตัดพื้นที่ 2 – 3 ที่จะต้องทำการขุดตอรากเพื่อปลูกใหม่ซึ่งมีเนื้อที่ประมาณหลายหมื่นไร่ต่อปีจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิจัยถึงการใช้ประโยชน์ตอรากยูคาลิปตัส ซึ่งการศึกษาศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านตอรากยูคาลิปตัส จะเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการตอรากยูคาลิปตัส เพื่อพัฒนาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนในประเทศไทยต่อไป

วิธีการศึกษา

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส
2. ศึกษาการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้จากเตาเผาถ่านชนิดเตาอิฐก่อกรมป่าไม้ ขนาด 2.0 ลูกบาศก์เมตร
3. ศึกษาการใช้เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ (เตาถ่าน)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษากิจการการจัดการแปลงไม้โตเร็วเพื่อการพลังงานอย่างยั่งยืนดำเนินการในท้องที่ หมู่ 5 ตำบลทรายมูล อำเภอบึงสามพัน จังหวัดอุบลราชธานี คัดเลือกแปลงไม้ยูคาลิปตัสของประชาชนเป็นพื้นที่ทำการศึกษา ผลปรากฏดังนี้

1. ศึกษาการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส

แปลงไม้ยูคาลิปตัสที่ทำการศึกษากลายเป็นแปลงไม้ที่ปลูกใน พ.ศ. 2548 ซึ่งทำการเก็บข้อมูลความสูง ความโต และน้ำหนักสดของไม้ เป็นไม้ที่เกิดจากการแตกหน่อที่ 2 ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางวนวัฒนวิทยาของไม้ยูคาลิปตัส อำเภอบึงสามพัน จังหวัดอุบลราชธานี

ต้นที่	ความสูง (เมตร)	โตระดับ 1.30 เมตร (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด (กิโลกรัม)
1	7.40	37.00	31.00
2	6.23	25.00	26.00
3	9.25	40.00	68.50
4	6.06	27.00	27.00
5	5.70	18.00	14.00
6	4.50	14.00	6.00
7	6.30	18.00	28.00
8	7.59	18.00	36.00
9	6.50	34.00	23.00
10	5.10	13.00	10.00
11	8.00	25.00	19.50

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางวนวัฒนวิทยาของไม้ยูคาลิปตัส อำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี (ต่อ)

ต้นที่	ความสูง (เมตร)	โตระดับ 1.30 เมตร (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด (กิโลกรัม)
12	5.00	25.00	15.00
13	5.30	26.00	18.00
14	5.30	37.00	37.00
15	4.40	27.00	27.00
16	4.90	19.00	11.00
17	6.90	39.00	31.00
18	5.40	28.00	12.00
19	5.60	20.00	13.00
20	5.50	30.00	50.00
21	7.00	28.00	19.00
22	7.30	20.00	11.00
23	4.10	28.00	28.00
24	8.20	28.00	35.00
25	6.50	25.00	21.00
26	4.90	33.00	11.00
27	3.90	16.00	15.00
28	4.90	17.00	7.00
29	9.60	35.00	39.00
30	7.10	33.00	24.00
31	8.20	24.00	41.00
32	9.00	33.00	46.00
33	6.40	12.00	11.00
34	4.50	11.00	8.00
35	6.20	18.00	17.00
36	9.20	34.00	47.00
37	7.70	24.00	24.50
38	5.60	28.00	27.00
39	7.00	33.00	39.00
40	7.80	35.00	44.00

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางวนวัฒนวิทยาของไม้ยูคาลิปตัส อำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี (ต่อ)

ต้นที่	ความสูง (เมตร)	โตระดับ 1.30 เมตร (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด (กิโลกรัม)
41	4.96	22.00	13.00
42	5.10	24.00	17.00
43	4.10	13.00	11.00
44	5.00	20.00	8.00
45	4.70	20.00	12.00
46	5.00	23.00	9.00
47	5.20	22.00	8.50
48	6.60	28.00	17.00
49	5.70	22.00	17.00
50	6.70	20.00	14.00
51	3.90	25.00	22.00
52	6.60	24.00	7.00
53	6.00	28.00	10.00
54	6.50	20.00	13.00
55	6.00	23.00	14.00
56	7.00	22.00	35.80
57	6.30	33.00	20.00
58	4.25	26.00	18.00
59	5.00	28.00	13.00
60	4.90	20.00	16.00
61	3.80	20.00	13.80
62	3.20	34.00	13.00
63	4.70	20.00	4.50
64	5.20	14.00	37.00
ค่าเฉลี่ย	5.98	24.78	21.58

จากตารางที่ 1 พบว่าไม้ยูคาลิปตัสที่ทำการศึกษา มีความสูงเฉลี่ย 5.98 เมตร มีความโตที่ระดับ 1.30 เมตร (ที่ระดับสูงเพียงอก) เฉลี่ย 24.78 เซนติเมตร และมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 21.58 กิโลกรัม/ต้น การประเมินผลผลิตตามวลชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูก เนื้อที่ 10 ไร่ ที่ระยะปลูก 2 × 2 เมตร (400 ต้น/ไร่) พบว่า เนื้อที่ 10 ไร่ จะมีไม้ยูคาลิปตัสคิดเป็น 4,000 ต้น
คิดเป็นน้ำหนักสดไม้ยูคาลิปตัสคิดเป็น 86,320 กก./10 ไร่
หรือไม้ยูคาลิปตัสคิดเป็น 8,632 กก./ไร่

2. การศึกษาการผลิตถ่านไม้ยูคาลิปตัส และน้ำส้มควันไม้ ทำการทดลองโดยการเก็บข้อมูลการเผาถ่านไม้ยูคาลิปตัสของเกษตรกรปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลผลิตถ่านไม้ยูคาลิปตัสจากเตาอิฐก่อรูปปากไม้ ขนาด 2.0 ลูกบาศก์เมตร

ค่าที่ใช้คำนวณและผลที่ได้รับ	หน่วย	เตาอิฐก่อ		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
น้ำหนักสดของไม้	กิโลกรัม	1,156	951	1,053.5
ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้	เปอร์เซ็นต์	35	35	35
น้ำหนักแห้งของไม้	กิโลกรัม	751.40	618.15	684.775
น้ำหนักสดของฟืนหน้าเตา	กิโลกรัม	120	102	111
ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของฟืนหน้าเตา	เปอร์เซ็นต์	35	35	35
น้ำหนักแห้งของฟืนหน้าเตา	กิโลกรัม	78	66.3	72.15
น้ำหนักถ่านก้อน	กิโลกรัม	239	221	230
น้ำหนักส่นถ่าน	กิโลกรัม	-	19	9.5
อุณหภูมิที่กึ่งกลางเตาเผาถ่าน(สูงสุด)	องศาเซลเซียส	692	656	674
ผลผลิตถ่าน	เปอร์เซ็นต์	28.81	33.21	31.01
เวลาที่ใช้ในการเผา	ชั่วโมง	69	92	80.5
น้ำส้มควันไม้ดิบ	ลิตร	49	45	47

จากตารางที่ 2 พบว่า การศึกษาการผลิตถ่านไม้ยูคาลิปตัสจากเตาอิฐก่อรูปปากไม้ ขนาด 2.0 ลูกบาศก์เมตร สามารถผลิตถ่านเฉลี่ย 230 กิโลกรัม/เตา/ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านเฉลี่ย 31.01% ใช้เวลาในการเผาถ่านเฉลี่ย 80.5 ชั่วโมง อุณหภูมิที่กึ่งกลางเตาสูงสุดเฉลี่ย 674 องศาเซลเซียส เก็บน้ำส้มควันไม้ดิบเฉลี่ย 47 ลิตร/เตา มีส่นถ่านเฉลี่ย 9.5 กิโลกรัม ทั้งนี้ เนื่องจากอากาศภายในเตาเผาถ่านบริเวณด้านล่างของเตาหมุนเวียนไม่สม่ำเสมอจึงทำให้เกิดส่นถ่านขึ้น ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาส่นถ่านโดยการทำตะแกรง

รองพื้นเตาเผาถ่านเพื่อยกให้สูงขึ้นจากพื้นซึ่งจะทำให้อากาศร้อนสามารถหมุนเวียนได้ทั่วถึงและกระจายสม่ำเสมอจะช่วยลดปริมาณสัณถ่านให้น้อยลงหรือไม่มีสัณถ่าน ทั้งนี้ เมื่อกระบวนการเผาถ่านสิ้นสุดลง การเติมออกซิเจนโดยการเป่าพัดลมเป็นเวลา 30 นาที จะทำให้มีการปลดปล่อยสารแทรกในเนื้อถ่านซึ่งทำให้ถ่านบริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

3. การศึกษาการใช้เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ ทำการเก็บข้อมูลโดยการสังเกตและสัมภาษณ์เกษตรกรในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 100 ราย ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการใช้เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้

ลำดับ	ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใช้เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้	ระดับความพึงพอใจ
1	ด้านรูปทรง และน้ำหนักเตา	85% พอดีในความคงทนแข็งแรง 12% รูปทรงเตาเทอะทะน้ำหนักมากเกินไป 3% ไม่ออกความคิดเห็น
2	ด้านราคาเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง 200-220 บาท/เตา	90% ราคาแพงเกินไป 10% เหมาะสมดีแล้ว
3	ด้านความยากง่ายในการหาซื้อมาใช้งาน	84% หาซื้อยากไม่เคยพบในร้านขายของชำทั่วไป 16% สามารถหาซื้อได้
4	ด้านคุณสมบัติของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง	96% ประหยัดถ่าน, ไฟแรง, วางภาชนะได้หลายขนาด 4% ไม่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 3 เกษตรกรผู้ใช้เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง (เตาถ่าน) มีความพึงพอใจถึงรูปทรงของเตาที่มีความคงทนแข็งแรง 85%, เกษตรกร 12%, บอกว่ารูปทรงเตามีความเทอะทะและน้ำหนักของเตามากเกินไป ด้านราคาเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ (เตาถ่าน) ราคาเฉลี่ย 200-220 บาท/เตา พบว่าเกษตรกร 90% บอกว่าราคาแพงเกินไป และ 10% บอกว่าราคาเหมาะสมดีแล้ว ด้านความยากง่ายในการหาซื้อมาใช้งาน เกษตรกร 84% บอกว่าหาซื้อยากไม่เคยพบในร้านขายของชำทั่วไป และอีก 16% บอกว่าสามารถหาซื้อได้ และด้านคุณสมบัติของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง(กรมป่าไม้) พบว่า เกษตรกร 96% บอกว่าประหยัดถ่าน ไฟแรงและวางภาชนะได้หลายขนาดจึงไม่จำเป็นต้องมีเตาหลายใบในครัว ส่วนเกษตรกร 4% บอกว่าคุณสมบัติไม่แตกต่างจากเตาหุงต้มของท้องตลาดทั่วไป

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการจัดการแปลงไม้โตเร็วเพื่อการพลังงานอย่างยั่งยืน ดำเนินการในท้องที่จังหวัด อุบลราชธานีสรุปผลได้ดังนี้

1. ไม้ยูคาลิปตัสมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด เท่ากับ 21.58 กิโลกรัมต่อต้น
2. ประมาณผลผลิตเนื้อไม้ยูคาลิปตัส คิดเป็น 8,632 กิโลกรัม/ไร่ (ที่ระยะปลูก 2x2 เมตร หรือ 400 ต้น/ไร่)
3. ที่เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านเฉลี่ย 31.01 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถแปรรูป ไม้ยูคาลิปตัสเป็นถ่านได้ 1,224.9 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นมูลค่า 6,124.50 บาท/ไร่/4 ปี (ถ่านไม้ราคา 5 บาท/กิโลกรัม และรอบตัดฟันไม้ 4 ปี)
4. น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสเฉลี่ย คิดเป็น 47 ลิตร/เตา หรือคิดเป็นมูลค่า 2,350 บาท (น้ำส้มควันไม้ลิตร ละ 50 บาท)
5. ประมาณการพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัส จำนวน 10 ไร่ จะสามารถผลิตเป็นถ่านได้ 12,249 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่าถ่านไม้ 61,250 บาท/10 ไร่/4 ปี
6. เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง มีความประหยัดอยู่ในเกณฑ์ดีมาก แต่การหาซื้อค่อนข้างหาซื้อยากและ ราคาค่อนข้างสูง ร้านค้าไม่นิยมนำมาจำหน่าย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรบริหารจัดการแปลงไม้โตเร็วโดยใช้ระบบรอบหมุนเวียน เช่น ยูคาลิปตัสมีรอบตัดฟันไม้ 4 ปี ควรมีพื้นที่ 4 แปลง สำหรับ ตัดฟันมาใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน
2. ส่งเสริมเกษตรกรรวมกลุ่มในรูปแบบสหกรณ์หรือกลุ่มเพื่อร่วมกันผลิตไม้โตเร็ว สำหรับเป็นวัตถุดิบ ผลิตถ่าน และน้ำส้มควันไม้ อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน
3. พัฒนารูปแบบเตาเผาถ่านให้สามารถผลิตถ่าน ผลผลิตถ่านสูงขึ้น และพัฒนาทำเตาเผาถ่านแบบถอด ประกอบได้ (knockdown) เพื่อความสะดวกในการใช้งาน
4. พัฒนารูปแบบเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงให้เกษตรกรสามารถผลิตใช้เองได้ในชุมชน เช่น การจัดทำแม่พิมพ์เตา, อบรมวิธีการทำเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงอย่างง่ายเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาอาชีพต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- จิระพงษ์ และคณะ. 2546. ศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านตอรากัญญาคาลิปตัส. เอกสารทางวิชาการของกลุ่มพลังงานจากไม้ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 19 น.
- ประเทือง พุ่มซ้อน. 2532. ผลกระทบของอัตราการเพิ่มพูนของอุณหภูมิและปริมาณความชื้นที่มีต่อการสูญเสียมวลและสมบัติของถ่านจากปฏิกิริยาไพโรไลซิสของไม้ยูคาลิปตัส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 106 น.
- มาลี ภาณุภา. 2532. การทดสอบคุณภาพและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านไม้ 11 ชนิด. การประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2532 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางไม้. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. หน้า 243 – 250.
- สิริลักษณ์ ภาคอรธ, มาลี ภาณุภา, วิจิตร อ่องสมหวัง, ลักษมี เสชนะ และวินัย ปัญญาธัญญะ. การศึกษาคุณภาพและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านไม้ Acacias จำนวน 17 ชนิด.
- รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ประจำปี. 2537. “การปลูกป่าเพื่อพัฒนาสิ่งแวดล้อม”. กรมป่าไม้, หน้า 55-65.
- องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. 2547. Ligno-Cellulosic Economy, เศรษฐกิจบนพื้นฐานของทรัพยากรป่าไม้. เอกสารเผยแพร่ 2 น.
- <http://www.eppo.go.th/doc.sumreport> 2001 . สถานการณ์พลังงาน การดำเนินงานและแผนงานในปี 2546. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ 14 น.

ภาคผนวก



ภาพที่ 1 ไม้ยูคาลิปตัส



ภาพที่ 2 เตาอิฐก่อกรรมป่าไม้



ภาพที่ 3 การเก็บน้ำส้มควันไม้



ภาพที่ 4 ถ่านไม้จากไม้ยูคาลิปตัส

รายงานการวิจัย

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุชีวมวล

(FUEL BRIQUETTING FROM BIOMASS RESIDUE)

แผนงานวิจัย

การพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์พลังงานชีวมวลตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

ลักษมี สุทธิวิไลรัตน์ (LAKSAMEE SUTTHIWILAIRAT)

ประภัสสร ภาคอรรถ (PRAPASSORN PAKART)

ขวัญรพี สิทธิรสอาด (KHWANRAPEE SITTHEESAARD)

กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

กรมป่าไม้

พ.ศ. 2554

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุชีวมวล

(FUEL BRIQUETTING FROM BIOMASS RESIDUE)

ลักขมี สุทธิวิไลรัตน์ (LAKSAMEE SUTTHIWILAIRAT)²

ประภัสสร ภาคอรธ (PRAPASSORN PAKART)³

ขวัญรพี สิทธิรสอาด (KHWANRAPEE SITTHEESAARD)⁴

บทคัดย่อ

การทดลองนำเศษวัสดุชีวมวล คือ เปลือกกล้วยน้ำว้ามาใช้ประโยชน์ทางด้านพลังงานโดยนำมาเผาเป็นถ่าน ทำฟืนอัดแท่ง และทำถ่านอัดแท่ง พบว่า เปลือกกล้วยเมื่อนำมาเผาเป็นถ่านด้วยเตาถึงเตี้ยว มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านเฉลี่ย 17.13 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานความร้อนเฉลี่ย 6,771.16 แคลอรีต่อกรัม แต่ถ่านที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นบางไม่สะดวกต่อการนำไปใช้งาน การทำฟืนอัดแท่งจากเปลือกกล้วย โดยใช้เปลือกกล้วยสับ 2,000 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 50, 100, 200 และ 300 กรัม สามารถอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ แต่แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีความหนาแน่นน้อย เมื่อแห้งไม่เกาะติดกัน จึงยังไม่เหมาะต่อการนำไปใช้งานเช่นกัน การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วย โดยใช้ถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม ผสมกับกาวแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นของแป้งต่อน้ำโดยน้ำหนักเท่ากับ 3, 5, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นของกาวสามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ อัตราส่วนที่ให้ ถ่านอัดแท่งที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดคือ อัตราส่วนที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับกาวแป้งมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถ่านอัดแท่งมีค่างานที่ได้ 1.85 ประสิทธิภาพการใช้งาน 24.76 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเผาไหม้ 6.64 กรัมต่อนาที และพลังงานความร้อนเฉลี่ย 5,718.25 แคลอรีต่อกรัม

คำหลัก : ถ่าน, เชื้อเพลิงอัดแท่ง, ถ่านอัดแท่ง, เศษวัสดุชีวมวล, เปลือกกล้วย

² นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ

³ นักวิชาการเผยแพร่ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ

⁴ นักวิชาการเผยแพร่ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ

ABSTRACT

A study on energy potential of banana peel was conducted by making charcoal, fuel briquetting and charcoal briquetting. The result found that the average yield of banana peel charcoal from single drum kiln was 17.13 percent. Average calorific value was 6,771.16 cal/g. However, the banana peel charcoal is not practical for household use. Fuel briquettes can be made by using fine banana peel 2,000 g mixed with tapioca starch at 50, 100, 200 and 300 g. The binding material help the briquette form better shape but also still not practical for household use. Charcoal briquettes were made by combining fine banana peel charcoal and tapioca starch glue at 3, 5, 8 and 10 percent concentration by weight. The charcoal briquette made with fine charcoal and 10 percent tapioca starch glue gave the best over all results, providing a work done value of 1.85, a heat utilization efficiency of 24.76 percent, a burning rate value of 6.64 g/min and an average calorific value of 5,718.25 cal/g.

Keyword : charcoal, fuel briquette, charcoal briquette, biomass residue, banana peel

คำนำ

จากราคาน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ราคาของพลังงานแทบทุกชนิดเริ่มขยับราคาตามไปด้วย การหาพลังงานทดแทนเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากในขณะนี้ พลังงานความร้อนที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น หุงต้ม ปิ้งย่าง ธุรกิจอาหารต่าง ๆ ก็ยังคงต้องใช้ถ่านอยู่เป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากว่าไม้ที่มีอยู่ในประเทศเริ่มลดลง การนำเศษวัสดุที่เหลือใช้หรือชีวมวลอื่น ๆ มาผ่านกระบวนการเพื่อให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จะช่วยแก้ปัญหาทางด้านพลังงานได้อีกทางหนึ่ง และอาจจะรวมไปถึงการช่วยลดปัญหาทางสังคมและสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย การทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่สามารถช่วยให้มีการนำเศษวัสดุหรือชีวมวลอื่น ๆ ที่เป็นของเหลือใช้หรือเศษขยะมาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางด้านพลังงาน หรือเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยการนำมาอัดเป็นแท่ง ซึ่งอาจต้องเลือกใช้ตัวประสานให้เหมาะสม การนำมาอัดให้เป็นแท่งจะช่วยทำให้เศษเหลือเหล่านี้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำมาใช้งานได้สะดวกขึ้น และทำให้มีความหนาแน่นสูงซึ่งจะมีผลทำให้มีค่าพลังงานความร้อนมากขึ้นด้วย การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษวัสดุชีวมวลมาทำฟืน/ถ่านอัดแท่ง
2. ศึกษาถึงตัวประสานและอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำฟืน/ถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุชีวมวล

วิธีการศึกษา

อุปกรณ์

1. เตาถังเดี่ยว
2. เศษวัสดุชีวมวล ในการทดลองนี้ คือ เปลือกกล้วยน้ำว้า
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. ตู้อบความชื้น
5. เครื่องชั่ง
6. โถดูดความชื้น
7. เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบอัดเย็น
8. แป้งมันสำปะหลัง
9. เครื่องบดย่อย
10. เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้
11. หม้ออลูมิเนียมเบอร์ 24

วิธีการ

1. การเผาถ่านเปลือกกล้วย

นำเปลือกกล้วย (ภาพที่ 1) มาทดลองเผาโดยใช้เตาถังเดียว ก่อนเผาเก็บตัวอย่างเปลือกกล้วยนำมาอบเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น บันทึกน้ำหนักเปลือกกล้วยที่นำเข้าเตาเผา ทดลองเผาโดยควบคุมอุณหภูมิของเตาไม่ให้ร้อนมากเกินไป เเผาจนกระทั่งเห็นว่าเปลือกกล้วยกลายเป็นถ่านหมด ทิ้งไว้ให้เย็นลง บันทึกน้ำหนักของถ่านเปลือกกล้วยที่ได้ เก็บตัวอย่างเพื่อนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านเปลือกกล้วยที่ได้}}{\text{น้ำหนักของเปลือกกล้วยที่เข้าเตา}} \times 100$$

นำถ่านเปลือกกล้วยไปหาค่าพลังงานความร้อนโดยใช้ Adiabatic oxygen bomb calorimeter ตามวิธีการของ ASTM D 3172 and D 5865

2. การทำฟืนอัดแท่งจากเปลือกกล้วย

นำเปลือกกล้วยสดมาสับหรือบดให้เล็กลง แล้วนำไปอัดให้เป็นแท่งด้วยเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบอัดเย็น ใช้แบริ่งน้ำมันส่าปะหลังเป็นตัวประสานในอัตราส่วนต่างๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 1 จับเวลาและวัดความยาวของแท่งเชื้อเพลิงที่อัดได้ทั้งหมดจากส่วนผสมแต่ละอัตราส่วน นำแท่งฟืนไปผึ่งให้แห้งเพื่อเตรียมนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานต่อไป

ตารางที่ 1 ส่วนผสมระหว่างเปลือกกล้วยสับกับแบริ่งน้ำมันส่าปะหลังที่ปริมาณต่าง ๆ กัน

เปลือกกล้วยสับ (กรัม)	แบริ่งน้ำมันส่าปะหลัง (กรัม)
2,000	50
2,000	100
2,000	200
2,000	300

3. การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วย

3.1 การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วยโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน

นำเปลือกกล้วยไปเผาให้เป็นถ่าน นำมาบด แล้วอัดให้เป็นแท่งถ่านโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 2 จับเวลาและวัดความยาวของแท่งเชื้อเพลิงที่อัดได้ทั้งหมดจากส่วนผสมแต่ละอัตราส่วน นำแท่งถ่านไปผึ่งให้แห้งเพื่อเตรียมนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานต่อไป

ตารางที่ 2 ส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบดกับแป้งมันสำปะหลังที่ปริมาณต่าง ๆ กัน

ถ่านเปลือกกล้วยบด (กรัม)	แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)
2,000	0
2,000	50
2,000	100
2,000	200

3.2 การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วยโดยใช้กาวแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน

นำถ่านเปลือกกล้วยบด มาอัดเป็นแท่งโดยผสมกับตัวประสานคือ แป้งมันสำปะหลังเช่นกัน แต่จะนำแป้งมาทำเป็นกาวก่อนแล้วจึงนำไปผสม โดยมีส่วนผสมของถ่านเปลือกกล้วยบดกับกาวแป้งมันสำปะหลังที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบดกับกาวแป้งมันสำปะหลังที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

ถ่านเปลือกกล้วยบด (กรัม)	ระดับความเข้มข้น ของกาวแป้งมันสำปะหลัง
2,000	3 %
2,000	5 %
2,000	8 %
2,000	10 %

จากนั้นนำตัวอย่างถ่านอัดแท่งที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อนและประสิทธิภาพ การใช้งาน การวิเคราะห์หาพลังงานความร้อนทำโดยใช้ Adiabatic oxygen bomb calorimeter ตามวิธีการของ ASTM D 3172 and D 5865 และทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานกับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้

ทำโดยนำตัวอย่างถ่านอัดแท่งที่ได้ ทดสอบการต้มน้ำด้วยเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้ ในห้องที่ไม่มีลมพัด เติมน้ำในหม้อต้มน้ำอลูมิเนียมเบอร์ 24 น้ำหนักน้ำเท่ากับ 3,700 กรัม (ปริมาตร $\frac{3}{4}$ ของปริมาตรหม้อ) ปิดฝาหม้อ ต้มน้ำ โดยใช้ถ่านอัดแท่งจำนวน 400 กรัม เป็นเชื้อเพลิง สังเกตการณ์แตกปะทุของถ่าน ปริมาณควันขณะติดไฟ บันทึกอุณหภูมิของน้ำตลอดเวลาจนกระทั่งน้ำเดือด บันทึกเวลาที่ใช้ไป จากนั้นเปิดฝาหม้อแล้วปล่อยให้ไอน้ำเดือดต่ออีก 30 นาที บันทึกน้ำหนักน้ำและถ่านที่เหลือ หางานที่ได้ อัตราการเผาไหม้ และประสิทธิภาพการใช้งานของถ่าน โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{งานที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป}}{\text{น้ำหนักของถ่านที่ใช้สุทธิ}}$$

$$\text{อัตราการเผาไหม้} = \frac{\text{น้ำหนักของถ่านที่ใช้สุทธิ}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด}}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้งาน (\%)} = \frac{MC_p (T_2 - T_1) + (M - M_I) L \times 100}{M_f H_1 - M_k H_2}$$

เมื่อ	M	=	น้ำหนักน้ำที่ใช้ทดลอง (กรัม)
	M _I	=	น้ำหนักน้ำที่เหลือหลังการเดือด (กรัม)
	L	=	ความร้อนแฝงของน้ำเท่ากับ 540 แคลอรี/กรัม
	C _p	=	ความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 1 แคลอรี/กรัม
	T ₁	=	อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ (องศาเซลเซียส)
	T ₂	=	อุณหภูมิของน้ำเดือด (องศาเซลเซียส)
	M _f	=	น้ำหนักของเชื้อเพลิง (กรัม)
	M _k	=	น้ำหนักของเชื้อไฟ (กรัม)
	H ₁	=	ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)
	H ₂	=	ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อไฟ (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)

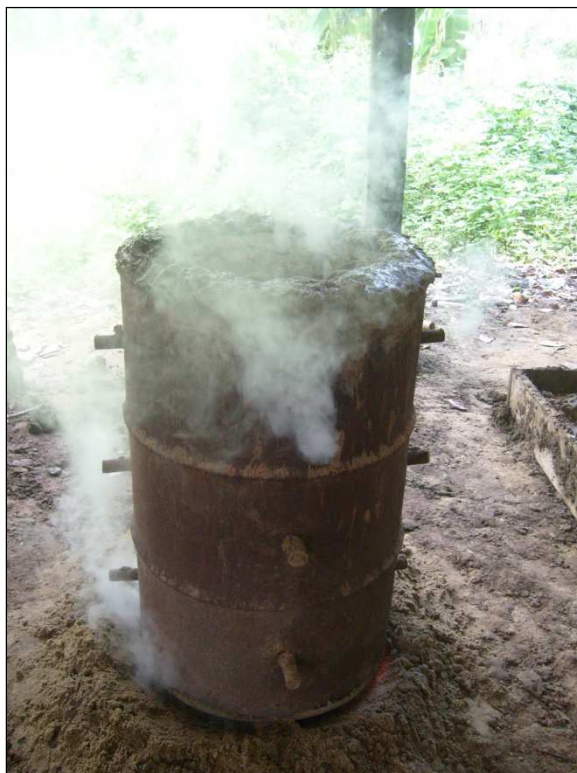
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. การเผาถ่านเปลือกกล้วย

การทดลองเผาถ่านเปลือกกล้วยด้วยเตาถังเดี่ยวเพื่อหาผลผลิต (ภาพที่ 2) พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 17.13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปทดสอบหาค่าความร้อน ถ่านเปลือกกล้วยมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 6,771.16 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยมากกว่าเปลือกกล้วยที่ยังไม่ได้เผาเป็นถ่านโดยเปลือกกล้วยมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 4,426.89 แคลอรีต่อกรัม เห็นได้ว่าการเผาถ่านเปลือกกล้วยให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยน้อยกว่าการเผาถ่านจากเศษเหลือชนิดอื่นๆ เช่น การเผาถ่านเปลือกไม้เสม็ดด้วยเตาถังเดี่ยว ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 19.29 เปอร์เซ็นต์ (ลักขมี, 2545) และการเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยเตาถังเดี่ยว ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 22.69 เปอร์เซ็นต์ (จิระพงษ์, 2543)



ภาพที่ 1 เปลือกกล้วยที่เตรียมสำหรับการทดลอง



ภาพที่ 2 การทดลองเผาถ่านเปลือกกล้วยด้วยเตาถาดเดียว

2. การทำฟีนอลด์แห้งจากเปลือกกล้วย

จากการทดลองทำฟีนอลด์แห้งจากเปลือกกล้วยโดยใช้เปลือกกล้วยสับ 2,000 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 50, 100, 200 และ 300 กรัม พบว่า ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างเปลือกกล้วยสับกับแป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม ไม่สามารถอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างเปลือกกล้วยสับกับแป้งมันสำปะหลัง 100, 200 และ 300 กรัม สามารถอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ แต่แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีความหนาแน่นน้อย เมื่อปล่อยให้แห้งแท่งเชื้อเพลิงจะคลายตัวไม่เกาะติดกัน โดยส่วนผสมที่ให้ ความยาวของแท่งเชื้อเพลิงมากที่สุด คือ ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างเปลือกกล้วยสับกับแป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม ซึ่งให้ความยาวของแท่งเชื้อเพลิงเท่ากับ 192 เซนติเมตร และมีอัตราการผลิตสูงสุดเท่ากับ 1.03 เซนติเมตรต่อวินาที (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ความยาวของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างเปลือกกล้วยสับ 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลังที่ปริมาณต่างๆ กัน

ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	ระยะเวลาที่ใช้ (วินาที)	ความยาวแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ (เซนติเมตร)	อัตราการผลิต (เซนติเมตร/วินาที)
50	–	–	–
100	185	192	1.03
200	193	178	0.92
300	195	156	0.80

เป็นที่น่าสังเกตว่า การอัดแท่งของเปลือกกล้วยสับโดยผสมกับแป้งมันสำปะหลังนั้น ในขณะที่ทำการอัดจะมีความร้อนเกิดขึ้น และส่วนผสมดูเหมือนจะเหนียวและสามารถอัดออกมาเป็นแท่งยาวที่มีลักษณะเหมือนจะสามารถนำไปใช้งานได้ แต่เมื่อปล่อยให้ทิ้งไว้ให้แห้ง พบว่า แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จะแปรสภาพหลุดออกจากกัน ไม่เกาะตัวกันเป็นแท่งเหมือนตอนอัดเสร็จใหม่ ๆ อาจเป็นไปได้ว่าระหว่างที่ทำการอัดนั้น ความร้อนจะทำให้ยางเหนียวของเปลือกกล้วยออกมา เมื่อผสมกับน้ำและแป้งมันสำปะหลัง จึงทำให้เปลือกกล้วยสับสามารถเกาะติดกันแน่นและอัดออกมาเป็นแท่งได้ แต่เมื่อไม่มีความร้อนและน้ำแห้งไป ความเหนียวที่เกิดขึ้นหมดไป จึงทำให้เปลือกกล้วยหลุดออกจากกันไม่อยู่ในรูปของแท่งอีกต่อไป

3. การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วย

3.1 การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วยโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน

จากการทดลองทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วยโดยใช้ถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 0, 50, 100 และ 200 กรัม พบว่า ถ่านเปลือกกล้วยบดที่ไม่ได้ผสมแป้งมันสำปะหลังสามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ โดยให้ความยาวของแท่งถ่านเท่ากับ 184 เซนติเมตร และมีอัตราการผลิตเท่ากับ 1.02 เซนติเมตรต่อวินาที(ตารางที่ 5) แต่แท่งถ่านที่ได้จะเกาะกันหลวมๆ เมื่อปล่อยให้ทิ้งไว้แห้งจะหลุดออกจากกันไม่เกาะตัวเป็นแท่งเหมือนตอนที่ยังอัดออกมาใหม่ๆ สำหรับส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบดกับแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 50, 100 และ 200 กรัม สามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ดีกว่า โดยส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบดกับแป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม ให้ความยาวแท่งถ่านมากที่สุดเท่ากับ 260 เซนติเมตร และมีอัตราการผลิตสูงสุดเท่ากับ 1.40 เซนติเมตรต่อวินาที อย่างไรก็ตาม แม้ว่าส่วนผสมทุกอัตราส่วนจะสามารถอัดออกมาเป็นแท่งถ่านได้ แต่เมื่อทิ้งไว้ให้แห้งแท่งถ่านที่ได้จะเกาะตัวกันหลวม ๆ ไม่แน่น จึงมีลักษณะยังไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน

ตารางที่ 5 ความยาวของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลังที่ปริมาณต่างๆ กัน

ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	ระยะเวลาที่ใช้ (วินาที)	ความยาวแท่งถ่านที่ได้ (เซนติเมตร)	อัตราการผลิต (เซนติเมตร/วินาที)
0	180	184	1.02
50	240	251	1.06
100	153	191	1.25
200	185	260	1.40

3.2 การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วยโดยใช้การแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน

เมื่อทดลองทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วยโดยใช้ถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม ผสมกับการ แป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนของแป้งต่อน้ำโดยน้ำหนักเท่ากับ 3, 5, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ทุกส่วนผสมสามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ (ภาพที่ 3) โดยมีความยาวของแท่งถ่านเท่ากับ 180, 150, 135 และ 120 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับ การแป้งมันสำปะหลัง 3% ให้อัตราการผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 1.20 เซนติเมตรต่อวินาที

ตารางที่ 6 ความยาวของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับการแป้งมันสำปะหลังที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน

ความเข้มข้นของ การแป้งมันสำปะหลัง	ระยะเวลาที่ใช้ (วินาที)	ความยาวแท่งถ่านที่ได้ (เซนติเมตร)	อัตราการผลิต (เซนติเมตร/วินาที)
3 %	150	180	1.20
5 %	275	150	0.55
8 %	252	135	0.54
10 %	224	120	0.53

อย่างไรก็ตาม แม้ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับการ แป้งมันสำปะหลัง 3% จะให้ความยาวของแท่งถ่านมากที่สุดและมีอัตราการผลิตสูงที่สุด แต่เมื่อนำแท่งถ่าน ดังกล่าวไปผึ่งให้แห้งเพื่อเตรียมนำไปใช้งาน พบว่า แท่งถ่านจะหลุดออกจากกัน ไม่เกาะกันเป็นแท่ง จึงไม่สามารถนำไปใช้งานได้ แต่สำหรับส่วนผสมอื่น ๆ คือ ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับการแป้งมันสำปะหลัง 5, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปผึ่งให้แห้งแล้วสามารถนำแท่งถ่าน มาใช้งานได้ เมื่อนำไปทดสอบกับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้ พบว่า ส่วนผสมที่มีอัตราส่วน

ระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับกาวแป้งมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่างานที่ได้สูงที่สุดเท่ากับ 1.85 (ตารางที่ 7, ภาพที่ 4) ค่าประสิทธิภาพการใช้งานสูงที่สุดเท่ากับ 24.76 เปอร์เซ็นต์ ค่าอัตราการเผาไหม้ต่ำที่สุดเท่ากับ 6.64 กรัมต่อนาที แต่มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 5,718.25 แคลอรีต่อกรัม

ตารางที่ 7 ค่างานที่ได้ อัตราการเผาไหม้ ประสิทธิภาพการใช้งาน และพลังงานความร้อนเฉลี่ยของถ่านเปลือกกล้วยอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านบด 2,000 กรัม กับกาวแป้งมันสำปะหลังที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

ความเข้มข้นของกาว แป้งมันสำปะหลัง	3 %	5 %	8 %	10 %
งานที่ได้	–	0.99	1.07	1.85
อัตราการเผาไหม้ (กรัมต่อนาที)	–	7.90	7.99	6.64
ประสิทธิภาพการใช้งาน (เปอร์เซ็นต์)	–	17.26	17.30	24.76
ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย (แคลอรีต่อกรัม)	–	6,104.26	5,765.62	5,718.25



ภาพที่ 3 ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับกาวแป้งมันสำปะหลังที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน



ภาพที่ 4 ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม
กับกาวแป้งมันสำปะหลังที่ระดับความเข้มข้น 10 %

จากตารางที่ 6 และ 7 เห็นได้ว่าการเพิ่มความเข้มข้นของกาวแป้งมันสำปะหลังลงในส่วนผสมทำให้อัตราการผลิตและความยาวของแท่งถ่านที่ได้ลดลง แต่ถ่านมีลักษณะแน่นขึ้น ความแน่นน่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของถ่าน เพราะจากการทดลองพบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีความเข้มข้นของกาวแป้งมันสำปะหลังสูงกว่า มีค่างานที่ได้และประสิทธิภาพการใช้งานสูงกว่าถ่านอัดแท่งที่มีความเข้มข้นของกาวแป้งมันสำปะหลังน้อย และมีค่าอัตราการเผาไหม้ต่ำกว่า ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะของถ่านที่ดี เพราะถ่านอัดแท่งที่มีอัตราการเผาไหม้สูง จะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่า เชื้อเพลิงจะหมดเร็วกว่า ค่างานที่ได้จึงน้อยกว่า ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพการใช้งานต่ำกว่าด้วยนั่นเอง สิริลักษณ์และคณะ (2538) ได้กล่าวไว้ว่าถ่านที่มีอัตราการเผาไหม้สูงแม้จะทำให้น้ำเดือดเร็วจริง แต่ถ่านจะเผาไหม้หมดไปเร็วและจะสิ้นเปลืองถ่านมากกว่าถ่านที่มีอัตราการเผาไหม้ต่ำ จึงถือว่าถ่านที่มีอัตราการเผาไหม้ต่ำว่ามีลักษณะของถ่านที่ดีและมีคุณภาพดีกว่าถ่านที่มีอัตราการเผาไหม้สูง แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณของแป้งมันสำปะหลังมีผลทำให้มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เสมีดโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน (ลักษมี, 2545) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณของแป้งมันสำปะหลังมีผลต่อค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่ง โดยค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งจะลดลงเมื่อมีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลังมากขึ้นนั่นเอง

สรุปผล

1. เปลือกกล้วยสามารถนำมาเผาให้เป็นถ่านได้ โดยมีผลผลิตถ่านเฉลี่ย 17.13 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานความร้อนเฉลี่ย 6,771.16 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมากกว่าพลังงานความร้อนของเปลือกกล้วยที่ยังไม่ได้เผาเป็นถ่านโดยมีพลังงานความร้อนเท่ากับ 4,426.89 แคลอรีต่อกรัม แต่ถ่านเปลือกกล้วยก็ยังอยู่ในรูปแบบที่ไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน

2. การนำเปลือกกล้วยมาทำเป็นฟืนอัดแท่ง ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างเปลือกกล้วยสับ 2,000 กรัมกับแป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม ไม่สามารถอัดออกมาเป็นแท่งได้ สำหรับส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างเปลือกกล้วยสับกับแป้งมันสำปะหลัง 100, 200 และ 300 กรัม สามารถอัดเป็นแท่งฟืนได้แต่แท่งฟืนที่ได้มีความหนาแน่นน้อย เมื่อปล่อยทิ้งให้แห้งแท่งฟืนจะหลุดออกจากกัน ไม่สามารถนำไปใช้งานได้จึงเป็นส่วนผสมที่ยังไม่เหมาะต่อการผลิตฟืนอัดแท่งจากเปลือกกล้วย

3. การนำถ่านเปลือกกล้วยมาทำเป็นถ่านอัดแท่ง เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ทุกส่วนผสมสามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ แต่ถ่านอัดแท่งที่ได้มีความหนาแน่นน้อย และเมื่อปล่อยทิ้งให้แห้งแท่งเชื้อเพลิงจะหลุดออกจากกัน แต่เมื่อใช้กาวแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน สามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ดีกว่าและมีความแน่นมากกว่า ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับกาวแป้งมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์ จะให้ความยาวของแท่งถ่านมากที่สุดและมีอัตราการผลิตสูงที่สุด แต่ยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้เนื่องจากเมื่อนำแท่งถ่านไปผึ่งให้แห้ง แท่งถ่านจะหลุดออกจากกัน ส่วนผสมที่น่าจะเหมาะสมที่สุดสำหรับการทดลองนี้คือ ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับกาวแป้งมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่างานที่ได้สูงที่สุดเท่ากับ 1.85 ประสิทธิภาพการใช้งานสูงที่สุดเท่ากับ 24.76 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเผาไหม้ต่ำที่สุดเท่ากับ 6.64 กรัมต่อนาที และแม้จะมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 5,718.25 แคลอรีต่อกรัม แต่ก็ถือได้ว่ามีคุณสมบัติดีกว่าถ่านอัดแท่งจากส่วนผสมอัตราส่วนอื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

จิระพงษ์ คูหากาญจน์. 2543. ศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านกะลามะพร้าว.

กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลผลิตป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.
กรุงเทพฯ. 19 น.

ลัทธิ สุธิวิไลรัตน์. 2545. ศักยภาพทางด้านพลังงานของเปลือกไม้เสียด. เอกสารทางวิชาการ.

กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลผลิตป่าไม้, กรมป่าไม้. 22 หน้า.

สิริลักษณ์ ตาตะยานนท์, มาลี ภาณุภา, วิจิตร อ่องสมหวัง, ลัทธิ เสนาะ และ วินัย ปัญญาธัญญะ.

2538. การศึกษาคุณภาพและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านไม้ Acacias จำนวน 17 ชนิด.

หน้า 55-65 ใน รายงานประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2537. กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.

รายงานการวิจัย

การศึกษาคุณสมบัติถ่านและน้ำส้มควันไม้จากสะเดา ยูคาลิปตัส ทะลายจาก
และไผ่สีสุก จากเตาเผาถ่าน 3 ชนิด

A Study on the Properties of Charcoal and Vinegar from *Azadirachta indica*,
Eucalyptus camaldulensis, *Nypa fruticans*, and *Bambusa blumeana* using
Three Different Types of Kiln

แผนงานวิจัย

การพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์พลังงานชีวมวลตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

จิระพงษ์ คูหากาญจน์

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

พ.ศ. 2554

การศึกษาคุณสมบัติถ่านและน้ำส้มควันไม้จากสะเดา ยูคาลิปตัส ทะลายจาก
และไผ่สีสุก จากเตาเผาถ่าน 3 ชนิด

A Study on the Properties of Charcoal and Vinegar from *Azadirachta indica*,
Eucalyptus camaldulensis, *Nypa fruticans*, and *Bambusa blumeana* using
three Different Types of Kilns

จิระพงษ์ คุหากาญจน์ (CHIRAPONG KUHAKANCHANA)⁵

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณสมบัติถ่านและน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดา ยูคาลิปตัส ทะลายจากและไผ่สีสุกจากเตาเผาถ่าน 3 ชนิด คือ เตาถังนอน เตาอิฐก่อกรมป่าไม้ และเตาอิฐเตะ ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพลังงานจากไม้ จังหวัดสระบุรี ผลการศึกษาพบว่า เตาถังนอนให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านของไม้สะเดาสูงที่สุดตามด้วย ยูคาลิปตัส ไผ่สีสุกและทะลายจากตามลำดับ, เตาอิฐก่อกรมป่าไม้ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านของไม้ยูคาลิปตัสสูงที่สุดตามด้วย สะเดา ไผ่สีสุก และทะลายจากตามลำดับ และเตาอิฐเตะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านของไม้ไผ่สีสุกสูงที่สุดตามด้วย ทะลายจาก สะเดาและยูคาลิปตัสตามลำดับ น้ำส้มควันไม้จากเตาถังนอน เตาอิฐก่อกรมป่าไม้และเตาอิฐเตะเฉลี่ยมีค่า 2.18, 42.25 และ 42.75 ลิตรตามลำดับ ค่าความร้อนเฉลี่ยของถ่านไม้สะเดา, ยูคาลิปตัส ทะลายจาก และไผ่สีสุก มีค่า 7,676.5 , 7,603 , 5,369 และ 6,407 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

คำหลัก: ถ่านไม้, น้ำส้มควันไม้, สะเดา, ยูคาลิปตัส, ทะลายจาก, ไผ่สีสุก, เตาเผาถ่าน

⁵ นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ

ABSTRACT

Study on properties of charcoal and vinegar from *Azadirachta indica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Nypa fruticans*, and *Bambusa blumeana* using three Kilns was conducted at Wood Energy Research Center Saraburi using three different type of kiln : horizontal drum kiln, Brick beehive kiln and Japanese kiln (Iwate kiln) the result shown that horizontal drum kiln has high percentage of charcoal production in ***Azadirachta indica***, Brick beehive kiln has high personage of Charcoal production in *Eucalyptus camaldulensis* and Japanese kiln (Iwate kiln) has high percentage of charcoal production in *Bambusa blumeana*. Average Wood vinegar from horizontal drum kiln, Brick beehive kiln and Japanese kiln (Iwate kiln) were 2.18, 42.25 and 42.75 liters and Average heating value from *Azadirachta indica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Nypa fruticans*, and *Bambusa blumeana* were 7,676.5 , 7,603 , 5,369 and 6,407 kcal/kg

Keyword: charcoal, wood vinegar, *Azadirachta indica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Nypa fruticans*, *Bambusa blumeana*

คำนำ

การศึกษาคูณสมบัติถ่านและน้ำส้มควันไม้จากสะเดา ยูคาลิปตัส ทะลายจากและไผ่สีสุกเพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นด้านการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้เพื่อให้ประชาชนผู้สนใจสามารถใช้เป็นแนวทางในการผลิตพลังงานทดแทนและเก็บน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการผลิตถ่านเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ต่อไป ทั้งนี้ การเลือกชนิดไม้ทั้ง 4 ชนิด เนื่องจากเป็นไม้ที่มีศักยภาพด้านพลังงาน มีประชาชนปลูกเพื่อใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย และทะลายจากเป็นเศษวัสดุที่มีเป็นจำนวนมากและไม่เหมาะจะใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น จึงเห็นว่า ควรทดลองนำมาผลิตเป็นถ่านสำหรับเป็นพลังงานทดแทนต่อไป

การตรวจเอกสาร

1. ไม้สะเดา (*Azadirachta indica* A.Juss.var *Siamensis* Valetton)

สะเดามีชื่อสามัญที่เรียกกันทั่วไปหรือชื่อพื้นเมืองว่า Neem, Nim, Margosa, Yepa, Tamaka สำหรับชื่อท้องถิ่นในเมืองไทยเรียกแตกต่างกันไป คือ สะเดาบ้าน (ทั่วๆ ไป) เเดา กระเดา (ภาคใต้) สะเลียม (ภาคเหนือ) อยู่ในวงศ์ Meliaceae จะพบขึ้นในป่าแล้งทั่วไป ในประเทศอินเดียปากีสถานศรีลังกา มาเลเซีย ไทย อินโดนีเซียและพม่า ประเทศแถบอาฟริกาได้มีการนำไม้สะเดาเข้าไปปลูกเป็นสวนป่าตามบริเวณพื้นที่แห้งแล้งอย่างกว้างขวาง เช่น ซูดาน มาลาวี ซิมบับเว แทนซาเนีย แซนชิบา ไนจีเรีย และกานา เป็นต้น สะเดาเป็นพันธุ์ไม้ที่น่าสนใจและมีประโยชน์หลายประการชนิดหนึ่งเพราะเป็นไม้ทนแล้งสามารถขึ้นได้โดยไม่เลือกดิน เจริญเติบโตเร็วพอสมควรสามารถใช้เหง้าปลูกได้ ทนไฟ แดกหน่อได้ดี สัตว์เลี้ยงไม่กิน ปัญหาเกี่ยวกับโรคและแมลงทำอันตรายมีน้อย ใบและดอกสามารถใช้ประกอบอาหาร ของคน เนื้อไม้เหมาะสำหรับใช้ในการก่อสร้างและใช้เชื้อเพลิง



1.1 ลักษณะทั่วไป

สะเดาเป็นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ เรือนยอดเป็นพุ่มหนาที่ปกคลุมปี ให้ร่มเงาดีมีระบบรากหยั่งลึก ชอบแสง มีช่วงลำต้นสั้น เรือนยอดแผ่กว้างรูปไข่ เปลือกไม้ค่อนข้างหนา สีน้ำตาลเทาหรือเทาปนดำ

แตกเป็นร่องตื้นหรือเป็นสะเก็ดยาวๆ เยื้องสลับกันไปตามความยาวของลำต้น แก่นไม้มีสีน้ำตาลแดง มีความแข็งแรงและทนทานมาก เปลือกของกิ่งจะค่อนข้างเรียบใบสีเขียว หนาทิบ ขอบใบหยักเล็กน้อยหรือเกือบเรียบ ใบเรียงตัวแบบสลับใบย่อยเรียงตัวแบบตรงกันข้าม ในบริเวณพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งจัด ไม้สะเดาจะทิ้งใบที่อยู่เฉพาะส่วนล่างๆ ประมาณเดือนมกราคมถึงมีนาคม และใบใหม่จะผลิขึ้นมาอย่างรวดเร็วในช่วงเดือนมีนาคม จนถึงเมษายนช่วงนี้สะเดาจะแทงยอดอ่อนพุ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และจะออกดอกระหว่างเดือนธันวาคมถึงมีนาคมเป็นช่อโตตามง่ามใบตอนปลายกิ่ง ดอกเล็ก สีเทา มีกลิ่นหอมอ่อนๆ มีกลีบดอกและกลีบเลี้ยงอย่างละ 5 กลีบ และผลจะสุกระหว่างเดือนมีนาคมถึงมิถุนายน แล้วแต่สภาพท้องที่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะแก่เร็วกว่าภาคกลาง ผลสะเดามีลักษณะคล้ายผลองุ่นมีขนาดยาว 1-2 เซนติเมตร ผลสุกมีสีเหลืองอมเขียว จะมี 1-3 เมล็ดในแต่ละผลลักษณะผลจะกลมรี มีรสหวานเล็กน้อย เมล็ด จะมีผิวค่อนข้างเรียบหรือแตกเป็นร่องเล็กๆ ตามยาว ผิวสีเหลืองซีดหรือสีน้ำตาลลักษณะกลมรี ในต้นหนึ่งๆ จะให้เมล็ดโดยเฉลี่ยประมาณ 50 กิโลกรัม เมล็ดมีน้ำมันประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก มีการสูญเสียความมีชีวิตรวดเร็วมากไม่สามารถเก็บไว้ได้นานนัก ไม้สะเดาจะให้เมล็ดเมื่ออายุประมาณ 5 ปี มีระบบรากที่แข็งแรงกว้างขวางและหยั่งลึก

1.2 การกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ

ไม้สะเดาจะพบขึ้นในป่าแล้งทั่วไปในประเทศอินเดีย ปากีสถาน ศรีลังกา มาเลเซีย อินโดนีเซีย ไทย และพม่า ในสภาพธรรมชาติสามารถเจริญงอกงามในท้องถิ่นที่มีอากาศร้อนชื้น ซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 44°C สำหรับในแถบแห้งแล้งที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 130 มม./ปี ต้นสะเดาไม่สามารถจะขึ้นได้

1.3 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม

ไม้สะเดาสามารถเจริญงอกงามในท้องถิ่นที่มีอากาศชื้นและร้อน ซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 44°C ที่ระดับความสูง 50-1,500 เมตร จากระดับน้ำทะเลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 450-1,150 มม./ปี สามารถขึ้นได้ในสภาพดินที่มีความแห้งแล้ง ดินหิน ดินเหนียวและดินตื้น แต่ดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไม้สะเดาควรมีความเป็นกรดเล็กน้อย pH ควรอยู่ระหว่าง 6.2-6.5 แต่ในกรณีที่ดินมีความเป็นกรดค่อนข้างสูงคือมี pH = 5 ไม้สะเดาก็สามารถปรับตัวขึ้นอยู่ได้ แต่ในพื้นที่ซึ่งถูกน้ำท่วมขังอยู่เสมอและพื้นที่ดินเค็มจัด จะมีการเจริญเติบโตช้าหรือตายได้

1.4 การใช้ประโยชน์

1.4.1 ประโยชน์ของเนื้อไม้ เหมาะสำหรับใช้ในการก่อสร้างและทำเฟอร์นิเจอร์เป็นอย่างดี ไม้เสาที่ทำจากไม้สะเดาค่อนข้างตรงแข็งแรงและปลวกไม่ค่อยทำลาย ในด้านเชื้อเพลิงไม้สะเดาจัดเป็นไม้ชนิดหนึ่งที่เหมาะสำหรับปลูกเป็นไม้ฟืน ในต่างประเทศตามเมืองใหญ่ๆ ตอนภาคเหนือของประเทศไนจีเรียนิยมปลูกไม้สะเดาเป็นไม้เชื้อเพลิงและไม้ซุง เนื้อไม้หนักพอประมาณมีความถ่วงจำเพาะ 0.56-0.85 ให้ความร้อนจำเพาะสูง ค่าความร้อนจะมีประมาณ 4,244-5,043 แคลลอรี่/กิโลกรัม

1.4.2 ประโยชน์ด้านอื่น

1.4.2.1 สกัดทำน้ำมัน เมล็ดของไม้สะเดาจะให้น้ำมันประมาณ 40% ซึ่งน้ำมันที่ได้รับจะใช้ประโยชน์ในการทำน้ำมันเชื้อเพลิงจุดตะเกียง น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์

1.4.2.2 ทำปุ๋ย เนื้อหุ้มเมล็ดในช่วงขณะที่เนาเปียกจะให้พวกแก๊สมีเทนสูง ส่วนใบและกิ่งจะช่วยปรับปรุงดิน

1.4.2.3 อุตสาหกรรมเคมี เปลือกของต้นสะเดาจะมีสารจำพวกน้ำฝาด ประมาณ 12-14 % จากการศึกษาค้นคว้าในประเทศอินเดียเมื่อเร็วๆ นี้พบว่าน้ำฝาดที่ได้จากการสกัดจากต้นสะเดาใช้ประโยชน์ได้ดีกว่าน้ำฝาดที่ได้จากพืชชนิดอื่น น้ำมันที่ได้จากสะเดานิยมใช้ในการทำสบู่ ผสมยารักษาโรคและเครื่องสำอาง

1.4.2.4 เป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช จากการศึกษารวบรวมของฉวีวรรณ หุตะเจริญ (2530) พบว่า สารพิษที่ผสมกันอยู่ในสะเดานั้นมีหลายชนิด เช่น azadirachtin, nimbidin, nimbin ฯลฯ และล่าสุดเมื่อปี 1984 Kubo และคณะได้สกัดสาร deacetylazadirachtin จากเมล็ดสะเดา เป็นสารยับยั้งการกิน และการลอกคราบของแมลง โทษของสารสะเดา ซึ่งได้รวบรวมผลงานของนักวิจัยหลายท่านสรุปได้ว่า สารจากสะเดาไม่เป็นภัยต่อคน หนู และกระต่าย แต่จะเป็นภัยต่อปลาชนิด *Gambusia sp.* และลูกอ๊อด ถ้าใช้อัตราความเข้มข้นที่สูงกว่า 0.4%

1.4.2.5 เป็นพืชสมุนไพรรักษาโรค

ในประเทศไทย สามคมสมุนไพรแห่งประเทศไทยได้จัดต้นสะเดาเป็นไม้สมุนไพรชนิดหนึ่งโดยนำส่วนต้นมาใช้ประโยชน์เป็นยารักษาโรคได้หลายอย่าง เช่น เปลือก ราก เปลือกต้น และผลอ่อนเป็นยาเจริญอาหาร แก้ไข้มาลาเรีย ใบ เป็นยาพอกฝี ดอก แก้พิษเลือดกำเดา บำรุงธาตุ ผล แก้โรคหัวใจ ราก แก้ลม เสมะที่แน่นในอก และจุกคอ เป็นต้น

1.4.2.6 ปลูกเพื่อเป็นแนวกันลมและเป็นไม้ให้ร่ม เนื่องจากมีใบหนาทึบ รากลึก ทนแล้ง ทนดินเค็ม ผลัดหรือทิ้งใบในเวลาสั้น มีดอกดี มีลูก มีใบ ในระหว่างฤดูร้อน

1.4.3 ข้อจำกัดของไม้ชนิดนี้

ในประเทศไทยไม้สะเดาจะขึ้นได้ในดินทุกสภาพพื้นที่ แม้กระทั่งพื้นที่แห้งแล้งที่เป็นดินลูกรัง สะเดาจะขึ้นได้ดีโดยเฉพาะในดินดอน น้ำไม่ท่วมในที่แห้งแล้งน้ำน้อยก็สามารถขึ้นได้ แต่ในบริเวณพื้นที่ที่มีฝนตกชุก เช่น ภาคใต้ สะเดาจะเจริญเติบโตได้ดี โดยเฉพาะในพื้นที่ที่การระบายน้ำไม่ดีและมีน้ำท่วมขัง สะเดาอาจตายได้

2. ยูคาลิปตัส

ไม้ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.)

ไม้ยูคาลิปตัส เป็นไม้โตเร็วต่างประเทศที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยแล้วเจริญเติบโตดี พบมากในแผ่นดินใหญ่ของออสเตรเลียในแถบร้อนทางด้านเหนือ ปัจจุบันพบขึ้นกระจายอยู่ทั่วโลกเนื่องจากเป็นไม้นิยมปลูกกัน ตั้งแต่ประเทศกลุ่มเมดิเตอร์เรเนียน ปากีสถาน อูรูกวัย อาเจนตินา เคนยา ไนจีเรีย แทนซาเนีย อิสราเอล ตุรกี และแพร่หลายปลูกในประเทศไทยเนื่องจากเป็นไม้ที่โตเร็วมาก อัตราความเพิ่มพูนเฉลี่ยต่อปีในทางความสูง 2 เมตร ทางเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. มีกำลังในการแตกหน่อได้ถึง 6 ครั้ง หรือมากกว่านั้น เจริญเติบโตได้ในดินที่เลวและ



มีปริมาณน้ำฝนน้อย และสามารถทนทานต่อน้ำท่วมขังเป็นครั้งคราวได้ แต่จะไม่สามารถต่อสู้กับวัชพืชต่าง ๆ ในระยะแรกของต้นอ่อนได้เท่าใดนัก

การปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในประเทศไทย เริ่มปลูกครั้งแรกเมื่อปี 2508 ซึ่งสามารถปรากฏเป็นหลักฐานได้ ภายใต้โครงการสำรวจวัตถุดิบเพื่อผลิตเยื่อกระดาษ โดยนำเมล็ดมาจากประเทศออสเตรเลียและปลูกทดลองเพื่อคัดเลือกชนิดและถิ่นกำเนิดในท้องที่จังหวัดเชียงใหม่ ศรีสะเกษ และกาญจนบุรี ปรากฏว่า ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สามารถรอดตายและเจริญเติบโตได้ดีที่สุดโดยเฉพาะที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ ยังมีไม้ชนิดนี้เหลืออยู่และใช้เป็นแหล่งเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเป็นที่นิยมสำหรับนำไปปลูกในท้องที่ต่าง ๆ ของประเทศไทยได้เป็นอย่างดีตลอดมา ต่อมาในปี 2516 โครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้สนและไม้โตเร็วโดยความร่วมมือของประเทศไทยและประเทศเดนมาร์ก ได้รวบรวมพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส ชนิดต่าง ๆ ที่คาดว่าสามารถปลูกได้ในประเทศไทยประมาณ 50 ชนิด/ถิ่นกำเนิด ในการนี้ได้นำเข้าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากถิ่น 5 ถิ่นกำเนิดในประเทศออสเตรเลียมาทดสอบด้วย โดยนำไปปลูกทดลองที่ จังหวัดเชียงใหม่ และชุมพร ปรากฏว่า ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีอัตราการเจริญเติบโตและมีปริมาณการรอดตายสูงกว่าไม้ยูคาลิปตัสชนิดอื่น ๆ

ในประเทศไทย ต้นยูคาลิปตัสมีความสำคัญในการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อใช้ทำเชื้อเพลิง เพื่อการก่อสร้าง เพื่อทำเยื่อกระดาษ ทำแผ่นใยไม้อัดแข็ง แผ่นขึ้นไม้อัด และเพื่อฟืนฟู่ป่าเสื่อมโทรม เนื้อไม้ยูคาลิปตัส มีความแข็งแรงปานกลาง ไม้ในส่วนที่เป็นแก่นค่อนข้างแดง มีความทนทานต่อการรบกวนของปลวกและแมลง จึงเหมาะสำหรับใช้ในการก่อสร้างทั่วไป เนื้อไม้ยูคาลิปตัสมีความแข็งแรงของเส้นใยเมื่อเปียกสูง และให้เยื่อไม้ที่มีค่าแรงฉีกและค่าแรงดึงสูง เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษชนิดต่าง ๆ ได้ดี ในด้านการใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิง พบว่าถ่านจากไม้ยูคาลิปตัสให้พลังงานความร้อนสูง

สำหรับการปลูกไม้ยูคาลิปตัสเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษนั้นมีการปลูกกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย และเมื่อครบรอบตัดพื้นที่ 2 – 3 ที่จะต้องทำการขุดตอรากเพื่อปลูกใหม่ซึ่งมีเนื้อที่ประมาณหลายหมื่นไร่ต่อปีจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิจัยถึงการใช้ประโยชน์ตอรากยูคาลิปตัส ซึ่งการศึกษาศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านตอรากยูคาลิปตัส จะเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการตอรากยูคาลิปตัส เพื่อพัฒนาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนในประเทศไทยต่อไป

3. ต้นจาก

เป็นพืชจำพวกปาล์ม มีชื่อสามัญว่า Nipa palm จากเป็นพืชเก่าแก่ที่มีซากดึกดำบรรพ์ อายุถึง 70 ล้านปี จากพบทั่วไปแถบเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทั้งในบริเวณน้ำจืดและน้ำกร่อย ที่มีน้ำเค็มท่วมถึงมักขึ้นเป็นดงขนาดใหญ่ เรียกว่า “ป่าจาก” หรือ “ดงจาก”

จากเป็นพืชที่มีลำต้นอยู่ใต้ดิน ต้นตั้งตรง ส่วนที่เราเห็นของจากนั้นคือส่วนของใบและช่อดอกเท่านั้น โดยที่โคนใบมีกะเปาะอากาศช่วยพยุงให้ใบชูขึ้นเหมือนชูชีพ แม้ว่าต้นจากจะอยู่ใต้ดินแต่ใบที่โผล่ขึ้นมาขึ้นนั้นอาจชูขึ้นไปสูงได้ถึง 9 เมตร โดยไม่มีส่วนของลำต้นให้เห็นเลย

ประโยชน์

1. ใบ คล้ายใบมะพร้าว แต่มีความเหนียวและกว้างกว่า นำมาเย็บเรียงเป็นตับเรียก “ตับจาก” ใช้มุงหลังคา กันแดด กันฝนได้ดี ใบใช้ห่อขนม “ขนมจาก” ใบจากใช้มวนยาสูบ
2. ผล ผลจากที่สุกมีสีขาวใสนุ่มรสหวาน นิยมรับประทานเป็นขนมหวาน
3. ทะลายจาก เป็นวัสดุเหลือทิ้ง อาจนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนฟืนได้

4. ไม้สีสุก

ไม้สีสุก ชื่อสามัญ: Golden Bamboo ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Bambusa vulgaris*
ถิ่นกำเนิด : เอเชียเขตร้อน และเขตร้อนของทวีปอื่น ไม้สีสุก หมายถึง มีความสุข
กายสบายใจ ไร้ทุกข์โศกโรคภัย



ข้อมูลทางวิชาการ

เป็นไม้ไผ่ประเภทมีหนาม ความยาวลำต้นสูง 10 - 18 เมตร
เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 - 12 เซนติเมตร แข็ง ผิวเรียบเป็นมัน ข้อไม้พองออกมา
กึ่งมาก แตกต่างจากกับลำต้น หนามโค้งออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3 อัน อันกลางยาว
กว่าเพื่อน ลำมีรูเล็กเนื้อหนา ใบมีจำนวน 5 - 6 ใบ ที่ปลายกิ่ง ปลายใบเรียวแหลม โคนใบเป็นรูปลิ้น กว้าง ๆ
หรือตัดตรง แผ่นใบกว้าง 0.8 - 2 เซนติเมตร ยาว 10 - 20 เซนติเมตร ใต้ใบมีสีเขียวอมเหลือง เส้นลายใบมี
5 - 9 คู่ ก้านใบสั้น ขอบใบสาก คลีบใบเล็กมีขน

นิเวศวิทยา เชื่อกันว่าเป็นไม้ดั้งเดิมในหมู่เกาะอินเดียตะวันออก หรือหมู่เกาะแปซิฟิกตอนใต้ ใน
ประเทศไทย มักจะขึ้นอยู่ตามที่ราบลุ่มริมห้วย แม่น้ำ และมักปลูกกรอบ ๆ บ้านในชนบท

ขยายพันธุ์ ปักชำ ใช้ท่อนไม้ไผ่มาตัดทอนเป็นท่อน ๆ ให้ติดปล้อง 1 ปล้อง (ข้อตา) นำมาปักไว้ใน
วัสดุชำเอียงประมาณ 45 องศา เรียงเป็นแถวเป็นแนวเดียวกันเพื่อสะดวกในการดูแลรักษา เติมน้ำลงใน
กระบอกลูกไม้ให้เต็ม ประมาณ 4 สัปดาห์ หน่อจะแตกออกจากตาไม้ไผ่ และรากจะงอกออกจากปุ่มใต้ตา หรือ
ถ้าตัดทอนท่อนไม้ไผ่ให้ตัดข้อตา 2 ข้อ แล้วเจาะตรงกลางระหว่างข้อตา สำหรับเติมน้ำลงไปปล้อง นำไป
วางนอนในวัสดุชำแนวราบก็ได้เช่นกัน

ประโยชน์ สมัยก่อนมักปลูกไว้รอบบ้านเป็นรั้วกันขโมย กันลม หน่อเมื่ออยู่ใต้ดินทำอาหารได้มีรสดี
เมื่อโผล่พ้นดินประมาณ 20 - 30 เซนติเมตร มักเอาไปทำหน่อไม้ดอง จะให้รสเปรี้ยว สีขาว และเก็บได้นาน
โดยไม่เปื่อยเหมือนหน่อไม้ชนิดอื่น เนื้อไม้หนาแข็งแรง ใช้สร้างบ้านในชนบทได้ทนทาน ทำเครื่องจักสาน
เครื่องใช้ในการประมง ใช้ในการทำนังร้านก่อสร้าง ส่วนโคนนิยมใช้ทำไม้คานหาบหามและใช้ทำกระดาดให้
เนื้อเยื่อสูง

วิธีการศึกษา

อุปกรณ์

1. ไม้ทดลอง 4 ชนิด
2. เตาถังเดี่ยวแบบนอน
3. เตาอิฐก่อกรมป่าไม้
4. เตาอิฐเตะ
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. ปล่องดักน้ำส้มควันไม้

วิธีการ

1. เตาถังเดี่ยวแบบนอน ขนาดความจุ 0.2 ลูกบาศก์เมตร นำไม้ตัวอย่างใส่ในเตาจนเต็ม จุดไฟหน้าเตา เพื่อให้ความร้อนไปไล่ความชื้นที่อยู่ในไม้ตัวอย่างออกจนกระทั่งเกิดกระบวนการการเกิดถ่าน “carbonization” ทดลองเก็บน้ำส้มควันไม้ บันทึกข้อมูลผลผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้
2. เตาอิฐก่อกรมป่าไม้ ขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร นำไม้ตัวอย่างใส่ในเตาจนเต็ม จุดไฟหน้าเตา เพื่อให้ความร้อนไปไล่ความชื้นที่อยู่ในไม้ตัวอย่างออกจนกระทั่งเกิดกระบวนการการเกิดถ่าน “carbonization” ทดลองเก็บน้ำส้มควันไม้ บันทึกข้อมูลผลผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้
3. เตาอิฐเตะ ขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร นำไม้ตัวอย่างใส่ในเตาจนเต็ม จุดไฟหน้าเตาเพื่อให้ความร้อนไปไล่ความชื้นที่อยู่ในไม้ตัวอย่างออกจนกระทั่งเกิดกระบวนการการเกิดถ่าน “carbonization” ทดลองเก็บน้ำส้มควันไม้ บันทึกข้อมูลผลผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. ผลผลิตถ่านและปริมาณน้ำส้มควันไม้ไม้สะเดา ยูคาลิปตัส ทะลายจาก และไผ่สีสุก จากเตาเผาถ่าน 3 ชนิด คือเตาถังเดี่ยวแบบนอน เตาอิฐก่อกรมป่าไม้ และเตาอิฐเตะ ดังแสดงในตารางที่ 1, 2 และ 3

ตารางที่ 1 ผลผลิตถ่านและปริมาณน้ำส้มควันไม้ไม้สะเดา ยูคาลิปตัส ทะลายจาก และไผ่สีสุก จากเตาถ่านเดี่ยวแบบนอน

ชนิด	น้ำหนักสด (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์ ความชื้น	น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตถ่าน	น้ำหนัก ถ่านที่ได้ (กิโลกรัม)	น้ำส้มควันไม้ (ลิตร)
สะเดา	98	18.05	80.3	18.06	14.5	2.5
ยูคาลิปตัส	90	22.0	70.2	15.70	11	2.5
ทะลายจาก	58	26.5	42.63	12.90	5.5	1.8
ไผ่สีสุก	75	16.0	63	13.50	8.5	1.95
ค่าเฉลี่ย	80.25	20.63	64.03	15.04	9.87	2.18

จากตารางที่ 1 ปริมาณผลผลิตถ่านไม้จากสะเดามีค่าสูงสุด (18.06%) และผลผลิตถ่านจากทะลายจากมีค่าต่ำสุด (12.90%) เตาถ่านเดี่ยวแบบนอนผลิตน้ำส้มควันไม้ในช่วง 1.8-2.5 ลิตร ทั้งนี้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่เก็บได้อาจมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับผู้เผาถ่านเป็นสำคัญ ซึ่งช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับเก็บน้ำส้มควันไม้ อยู่ในช่วง “ควันบ่า” หรือ ควันที่มีกลิ่นฉุน แสบจมูกแสบตา ซึ่งควันดังกล่าวเป็นควันที่เกิดจากการสลายตัวของสารเคมีต่างๆในไม้หรือวัสดุที่นำมาเผาถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเตาถ่านเดี่ยวแบบนอน ซึ่งเป็นเตาโลหะอาจมีส่วนผสมของโลหะจากการสลายตัวของเตาถ่านน้ำมันซึ่งถูกกรดน้ำส้มกัดกร่อนปะปนออกมาด้วย ซึ่งน้ำส้มควันไม้ที่ได้จึงเหมาะสำหรับใช้ในการเกษตรกรรมที่มีใช้การบริโภคเท่านั้น

ตารางที่ 2 ผลผลิตถ่านไม้สะเดา ยูคาลิปตัส ทะลายจาก และไผ่สีสุก จากเตาอิฐก่อทรงป้าไม้

ชนิด	น้ำหนักสด (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์ ความชื้น	น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตถ่าน	น้ำหนัก ถ่านที่ได้ (กิโลกรัม)	น้ำส้มควันไม้ (ลิตร)
สะเดา	672	22.75	519.1	31.59	164	46
ยูคาลิปตัส	763	18.00	625.6	35.8	224	48
ทะลายจาก	385	24.50	290.7	25.8	75	33
ไผ่สีสุก	456	23.55	369.08	28.30	113	42
ค่าเฉลี่ย	569	22.20	451.12	30.37	144	42.25

จากตารางที่ 2 ผลผลิตถ่านไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด (35.8%) ผลผลิตถ่านจากทะลายจาก มีค่าต่ำสุด (25.8%) น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเตาอิฐก่อทรงป้าไม้ อยู่ในช่วง 33-48 ลิตร ซึ่งแสดงว่าไม้ยูคาลิปตัสที่ทำการศึกษามีความเหมาะสมสำหรับผลิตถ่านด้วยเตาอิฐก่อทรงป้าไม้

ตารางที่ 3 ผลผลิตถ่านไม้สะเดา ยูคาลิปตัส ทะลายจาก และไผ่สีสุก จากเตาอิวาเตะ

ชนิด	น้ำหนักสด (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์ ความชื้น	น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตถ่าน	น้ำหนัก ถ่านที่ได้ (กิโลกรัม)	น้ำส้มควันไม้ (ลิตร)
สะเดา	480	20.0	384	29.43	113	46
ยูคาลิปตัส	675	18.5	550.1	25.08	138	48
ทะลายจาก	390	16.5	325.6	30.25	98.5	39
ไผ่สีสุก	474	24.34	381.6	33.72	128.7	38
ค่าเฉลี่ย	504.75	19.83	410.32	29.62	119.55	42.75

จากตารางที่ 3 ผลผลิตถ่านไม้ไผ่สีสุกมีค่าสูงสุด (33.72%) และจากยูคาลิปตัสมีค่าต่ำสุด (25.08%) น้ำส้มควันไม้จากเตาอิวาเตะอยู่ในช่วง 38-48 ลิตร แสดงว่าไม้ไผ่สีสุกและทะลายจากมีความเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านด้วยเตาอิวาเตะ เนื่องจากให้ผลผลิตถ่านสูง 33.72% และ 30.25% ตามลำดับ

2. ค่าความร้อนที่ได้ของถ่านไม้ทั้ง 4 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าความร้อนของถ่านไม้ทั้ง 4 ชนิด

ชนิด	ค่าความร้อน (kcal/kg)		
	1	2	เฉลี่ย
สะเดา	7,735	7,618	7,676.50
ยูคาลิปตัส	7,501	7,705	7,603
ทะลายจาก	5,320	5,418	5,369
ไผ่สีสุก	6,411	6,403	6,407

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าความร้อนของถ่านไม้สะเดา และยูคาลิปตัส มีค่าในเกณฑ์สูง 7,676.50 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ 7,603 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องจากถ่านไม้จากไม้มีค่าความร้อนสูง และสูงกว่าถ่านไม้ที่ได้จากกิ่ง ส่วนถ่านไม้ของไผ่สีสุกและทะลายจากมีค่า 6,407 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ 5,396 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามถ่านไม้ไผ่สีสุกมีคุณสมบัติติดไฟดีมาก ให้ความร้อนสูงในระยะเวลาสั้น มอดไฟเร็วเหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมผลิตไม้ ซึ่งต้องใช้ความร้อนสูงในระยะเวลาสั้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาคูณสมบัติถ่านและน้ำส้มควันไม้จากสะเดา ยูคาลิปตัส ทะลายจาก และไผ่สีสุก จากเตาเผาถ่าน 3 ชนิด สรุปผลได้ดังนี้

1. สะเดา ยูคาลิปตัส ทะลายจาก และไผ่สีสุก สามารถนำมาผลิตเป็นถ่าน และเก็บน้ำส้มควันไม้ได้ ซึ่ง ถ่านไม้ที่ได้มีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์ดี เหมาะสมสำหรับใช้เป็นพลังงานในครัวเรือน
2. น้ำส้มควันไม้ที่เก็บได้จากเตาอิฐก่อและเตาอิฐอะมีปริมาณมาก และปลอดภัยสำหรับเก็บน้ำส้มควันไม้ตลอดจนตัวเตาเผาถ่านทำขึ้นจากอิฐ, ดินทราย ซึ่งมีความปลอดภัยไม่มีสารโลหะที่จะปะปนมากับการเก็บน้ำส้มควันไม้ ซึ่งแตกต่างจากเตาถ่านแบบนอน ซึ่งตัวเตาทำจากโลหะ กระบวนการเกิดถ่านและน้ำส้มควันไม้จะทำให้เตาเผาถ่านซึ่งเป็นโลหะผุกร่อนและมีสารประกอบโลหะปะปนมากับน้ำส้มควันไม้ ซึ่งอาจเป็นอันตรายหากนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ในวัตถุประสงค์ด้านการบริโภค
3. เตาถ่านนอนซึ่งเป็นโลหะอาจพัฒนาในรูปแบบวัสดุทำเตาเป็นดินเหนียวโดยการใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร เป็นแบบ และใช้ดินเหนียวปั้นขึ้นรูปจะได้เตาถ่านแบบนอน สร้างจากดินเหนียว มีความปลอดภัยสูงเหมาะสำหรับการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ในทุกวัตถุประสงค์การใช้งาน
4. เตาอิฐก่อและเตาอิฐอะ เป็นเตาเผาถ่านที่มีประสิทธิภาพ ผลิตถ่านที่มีคุณภาพดี แต่การสร้างเตาเผาถ่านจำเป็นต้องใช้ช่างปั้นเตาที่มีประสบการณ์ในการสร้าง ศูนย์วิจัยพลังงานจากไม้ จังหวัดสระบุรี อยู่ระหว่างการพัฒนาวิธีการปั้นเตาเผาถ่านแบบเตาอิฐก่อกรมป่าไม้และเตาอิฐอะโดยใช้ระบบสำเร็จรูป (knock down) โดยการใช้แบบพิมพ์ตัวเตาเผาถ่านและนำไปประกอบในพื้นที่ ซึ่งจะทำให้ระยะเวลาในการปั้นเตาลดลงและสะดวกในการใช้งานยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

จิระพงษ์ และคณะ. 2546. ศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านตอจากยูคาลิปตัส. เอกสารทางวิชาการของกลุ่มพลังงานจากไม้ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 19 น.

เอกสารเผยแพร่ ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน. 2539. สะเดา *Azadirachta indica* A.Juss. var *Siamensis* Valetton. สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.

เอกสารเผยแพร่ ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน. 2548. ยูคาลิปตัส ผลตอบแทนที่คุ้มค่า ต้นไม้ที่ลงทุน. สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ

http://www.mahamodo.com/tamnai/tamnai_miscellaneous/tree9_good.aspx

ภาคผนวก



ภาพที่ 1 ไม้สะเดา



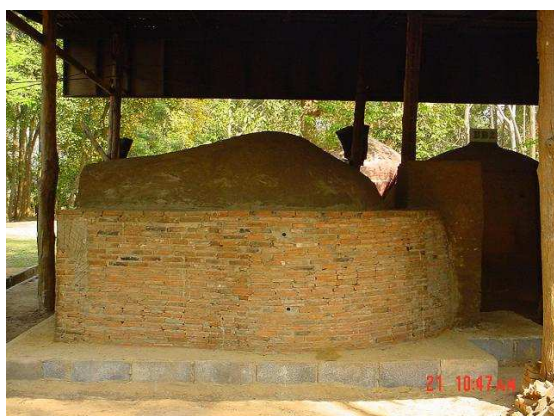
ภาพที่ 2 ไม้สีสุก



ภาพที่ 3 ไม้ยูคาลิปตัส



ภาพที่ 4 ทะลายจาก



ภาพที่ 5 เตาอิฐเตะ



ภาพที่ 6 เตาถังเดี่ยวแบบนอน



ภาพที่ 7 เตาอิฐก่อกรมป่าไม้



ภาพที่ 8 การเก็บน้ำส้มควันไม้



ภาพที่ 9 ผลผลิตถ่านจากทะเลลายจาก



ภาพที่ 10 ผลผลิตถ่านจากไม้ไผ่สีสุก



ภาพที่ 11 ผลผลิตถ่านจากไม้ยูคาลิปตัส



ภาพที่ 12 ผลผลิตถ่านจากไม้สะเดา

รายงานการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากชีวมวล

Feasibility Study on the Simple Production of Activated Carbon from Biomass

แผนงานวิจัย

การพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์พลังงานชีวมวลตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

สิริลักษณ์ ตาตะยานนท์

และ

ทินกร พิริยโยธา

จิตติภรณ์ บุญแย้ม ชนะภัย ไอสถ

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

พ.ศ. 2554

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากชีวมวล

(Feasibility Study on the Simple Production of Activated Carbon from Biomass)

สิริลักษณ์ ตาตะยานนท์ (Siriluk Tatayanon)⁶

ทินกร พิริโยธา (Tinnakorn Piriayotha)⁷

ฐิติภรณ์ บุญแย้ม (Thitiporn Boonyaem)⁸

ชนะภัย โอสธ (Chanaphai Osot)⁹

บทคัดย่อ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากชีวมวลได้ดำเนินการระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 – 2554 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากชีวมวล ศึกษาความสามารถในการดูดซับไอโอดีนหรือค่าไอโอดีน ศึกษาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมในการนำไปใช้ทดสอบกับน้ำทิ้งจากครัวเรือน ชุมชน และอุตสาหกรรม โดยนำตัวอย่างชีวมวล คือ กะลามะพร้าว และซังข้าวโพด โดยนำกะลามะพร้าวและซังข้าวโพดมาเผาเป็นถ่านในเตาถ่านน้ำมัน 200 ลิตร แล้วนำเผากระตุ้นกับสารละลายน้ำเกลือเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0, 20, 40 และ 60 % โดยมวล/น้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 500 – 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปทดสอบกับน้ำทิ้งจากชุมชน ร้านอาหาร และโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อดูดซับสีและกลิ่นของน้ำทิ้ง พบว่า ความเข้มข้นของน้ำเกลือที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากกะลามะพร้าว คือ ระดับความเข้มข้น 20% (กระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส) ส่วนการเตรียมถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากซังข้าวโพดใช้ระดับความเข้มข้นน้ำเกลือ 0% คือ ไม่ใส่น้ำเกลือแต่นำถ่านไปกระตุ้นต่อที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะทำให้ถ่านกัมมันต์มีค่าไอโอดีนสูงสุดเท่ากับ 367 และ 374 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สำหรับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว และซังข้าวโพดเมื่อนำไปทดสอบกับน้ำทิ้งจากร้านอาหาร ชุมชนในกรุงเทพฯและนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน จังหวัดอยุธยา ควรใช้ถ่านกัมมันต์ในปริมาณ 1-5 กรัมต่อน้ำทิ้ง 20 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จะทำให้น้ำทิ้งใสขึ้นและมีกลิ่นลดลง ส่วนถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดเมื่อนำไปทดสอบกับน้ำทิ้งจากชุมชนในกรุงเทพฯ

⁶ นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ

⁷ นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ

⁸ ผู้ช่วยนักวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ

⁹ เจ้าพนักงานการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ

และนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน จังหวัดอยุธยา ควรใช้ถ่านกัมมันต์ในปริมาณ 0.5–2.0 กรัมต่อน้ำทิ้ง 20 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงจะทำให้น้ำทิ้งใสขึ้น และมีกลิ่นเพียงเล็กน้อย หรือไม่มีกลิ่น

คำหลัก: ถ่านกัมมันต์, ค่าไอโอดีน, กะลามะพร้าว, ชังข้าวโพด, ชีวมวล, การดูดซับ, น้ำเสีย

Abstract

Feasibility study on the simple production of activated carbon from biomass was launched during 2008–2011. The aims of this study were to gain step of simple activated carbon preparation from biomass, iodine value of charcoal and activated carbon and suitable quantity of activated carbon from biomass to test with waste water from household and industry. In this study biomass are coconut shell and corncob. The process started with making charcoal with single drum kiln and then taking the charcoal to activated carbon by activate with salt solution at 4 concentration levels (0, 20, 40 and 60% by mass/weight at 500–800 °c) for 1 hour and take activated carbon to test with waste water from household and industry. The results were showed that activated carbon from coconut shell with 20% salt solution at 500 °c had the highest average iodine value of 367 mg/g and activated carbon from corncob with 0% salt solution at 800 °c had the highest average iodine value of 374 mg/g. The utilization of activated carbon from coconut shell and corncob with waste water showed that use activated carbon amount 1–5 g with 20 ml of waste water for 24 hours make waste water to bright (no color) water and had little smell or no smell.

Keywords : Activated carbon , Iodine value , Coconut shell, corncob, biomass, adsorption, waste water

คำนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ชีวมวล (Biomass) หมายถึง พืชและสัตว์ที่เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญของโลก และถูกจัดเป็นพลังงานทดแทนพลังงานจากฟอสซิลซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและอาจหมดลงได้ ชีวมวลสามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้ดังนี้ (กระทรวงกลาโหม, 2549)

1. พืชผลทางการเกษตร (agricultural crops) เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวฟ่างหวานที่เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต แป้ง และน้ำตาล รวมถึงพืชน้ำมันต่างๆ ที่สามารถนำน้ำมันมาใช้เป็นพลังงานได้
2. เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (agricultural residues) เช่น ฟางข้าว เศษลำต้นข้าวโพด ชังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง
3. ไม้และเศษไม้ (wood and wood residues) เช่น ไม้โตเร็ว ยูคาลิปตัส กระถินณรงค์ เศษไม้จากโรงงานผลิตเครื่องเรือน และโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ เป็นต้น
4. ของเหลือจากอุตสาหกรรมและชุมชน (waste streams) เช่น กากน้ำตาล และขานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล แกลบ ชี้เลื่อย เส้นใยปาล์ม และกะลาปาล์ม

ในปี 2547 ประเทศไทยมีชีวมวลที่เป็นของแข็งหลายประเภท เช่น ถ่านไม้ ฟืน และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ปริมาณรวมทั้งหมดเท่ากับ 60.8 ล้านตัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2549) ซึ่งเป็นปริมาณชีวมวลที่มาก สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ และการนำชีวมวลเหล่านี้มาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์อย่างง่าย ก็จะเป็นการเพิ่มมูลค่าของชีวมวลให้มากขึ้น ก่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจและสังคมแก่ประเทศเป็นอย่างมาก

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาทดลองนำชีวมวลมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์อย่างง่าย
- 2.2 เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับสารไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากชีวมวล
- 2.3 เพื่อศึกษาการนำถ่านกัมมันต์ไปใช้ประโยชน์
- 2.4 เพื่อเผยแพร่ความรู้ในการผลิตถ่านกัมมันต์อย่างง่ายและการนำถ่านกัมมันต์ไปใช้ประโยชน์ให้แก่ประชาชนรวมทั้งทำให้ประชาชนมีรายได้เพิ่มขึ้นด้วย

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 3.1 ถ่านกัมมันต์อย่างง่ายที่ได้จากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพด
- 3.2 ความสามารถในการดูดซับสารไอโอดีนของถ่านกัมมันต์
- 3.3 การนำถ่านกัมมันต์ไปใช้ประโยชน์
- 3.4 การเผยแพร่ส่งเสริมให้ประชาชนผลิตถ่านกัมมันต์อย่างง่ายใช้ภายในครัวเรือน ชุมชน และเชิงพาณิชย์ เพื่อเพิ่มรายได้ให้ครอบครัวโดยใช้สื่อต่างๆ เช่น แผ่นพับ สิ่งพิมพ์ เอกสาร ซีดี ฯลฯ

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 4.1 แก้ปัญหาในการดำเนินงานของหน่วยงานที่ทำการวิจัย : โดยสามารถนำเศษวัสดุทางการเกษตรที่เหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า
- 4.2 เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป : นำผลที่ได้จากการศึกษานี้ไปพัฒนา ปรับปรุง หรือวิจัยต่อยอดต่อไปได้
 - 4.2.1 บริการความรู้แก่ประชาชน : นำผลการศึกษาที่ได้ไปแนะนำให้ความรู้ และถ่ายทอดเทคโนโลยีในการผลิตถ่านกัมมันต์อย่างง่ายแก่ประชาชน
 - 4.2.2 บริการความรู้แก่ภาคธุรกิจ : นำผลการศึกษาที่ได้ไปแนะนำให้ความรู้แก่ภาคธุรกิจในการดำเนินธุรกิจถ่านกัมมันต์ขนาดเล็ก
 - 4.2.3 นำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ : นำผลการศึกษาที่ได้ไปพัฒนาการผลิตเพื่อการค้า
 - 4.2.4 เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต : นำผลการศึกษาที่ได้ไปพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตถ่านกัมมันต์
 - 4.2.5 เป็นประโยชน์ต่อประชากรกลุ่มเป้าหมาย : ทำให้ประชากรเป้าหมายสามารถผลิตถ่านกัมมันต์อย่างง่าย เพื่อใช้ภายในครัวเรือน ในชุมชน หรือเพื่อการค้า ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น
 - 4.2.6 เป็นการเพิ่มมูลค่าของถ่าน

วิธีการศึกษา

(Material and Methods)

1. วัตถุดิบ

- 1.1 กะลามะพร้าว
- 1.2 ชั่งข้าวโพด
- 1.3 เกล็ดแกง ยี่ห่อปรุงทิพย์

2. อุปกรณ์

- 2.1 เตาถังน้ำมัน 200 ลิตรแบบตั้งและแบบนอน
- 2.2 เตาอิลูก่อกรรมป่าไม้ ขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร
- 2.3 กิโลชั่งน้ำหนักขนาด 1 กิโลกรัม
- 2.4 ขวดเตรียมสารขนาด 1 ลิตร
- 2.5 กระป๋องสังกะสี จำนวน 8 ใบ
- 2.6 เทอร์โมมิเตอร์
- 2.7 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง
- 2.8 เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง
- 2.9 ภาชนะสำหรับใส่ถ่านกัมมันต์ล้างน้ำร้อน

3. วิธีการทดลอง

3.1 การเตรียมถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากกะลามะพร้าวและชั่งข้าวโพด

การศึกษากการเตรียมถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากกะลามะพร้าวและชั่งข้าวโพดสามารถดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- 3.1.1 นำกะลามะพร้าวและชั่งข้าวโพดมาเผาให้เป็นถ่านโดยเผาในเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร
- 3.1.2 นำถ่านจากกะลามะพร้าวและชั่งข้าวโพดที่ได้มาทำให้มีขนาดประมาณ 0.5×0.5 เซนติเมตร
- 3.1.3 ชั่งถ่านกะลามะพร้าว จำนวน 300 กรัม ใส่ลงในกระป๋องสังกะสี จำนวน 4 ใบ

3.1.4 ชั่งถ่านซังข้าวโพด จำนวน 200 กรัม (เนื่องจากถ่านซังข้าวโพดมีน้ำหนักเบาทำให้เต็มภาชนะจึงใช้ปริมาณลดลง) ใส่ลงในกระป๋องสังกะสี จำนวน 4 ใบ

3.1.5 เตรียมสารละลายน้ำเกลือจากเกลือแกง ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20, 40 และ 60 โดยมวลต่อน้ำหนัก ปริมาตร 1,500 มิลลิลิตร

3.1.6 นำน้ำ 1,500 มิลลิลิตรใส่ลงในกระป๋องที่ 1 และนำสารละลายน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 20, 40 และ 60 ที่ได้จากข้อ 3.1.5 จำนวน 1,500 มิลลิลิตร ใส่ลงในกระป๋องที่ 2, 3 และ 4 ของถ่านกะลามะพร้าวและถ่านซังข้าวโพดตามลำดับแล้วปิดฝา

3.1.7 นำตัวอย่างทั้งหมดไปเผากระตุ้นในเตาถึงน้ำมัน 200 ลิตรแบบนอน และเตาอิฐก่อขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร ที่อุณหภูมิประมาณ 500–800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (กะลามะพร้าวเผากระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส, ซังข้าวโพดเผากระตุ้นที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส)

3.1.8 นำตัวอย่างถ่านที่ได้จากการกระตุ้นแล้วนำไปล้างด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้ง จนกว่าน้ำมี pH คงที่แล้วนำไปผึ่งให้แห้ง

3.1.9 นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าไอโอดีน ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ

3.1.10 นำค่าไอโอดีนที่ได้ในข้อ 3.1.8 มาพิจารณาเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายน้ำเกลือในการเตรียมถ่านกัมมันต์ เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ต่อไป



Figure 1. Methods of Simple Activated Carbon Preparation from Coconut shell

- (a) = coconut shell charcoal
- (b) = salt sol⁻ⁿ 20, 40 and 60 percent
- (c) = contain in can
- (d) = Activated with salt sol⁻ⁿ 20, 40 and 60 percent
in single drum kiln at 500 °c
- (e) = After coconut shell charcoal activated with salt sol⁻ⁿ
- (f) = leached with hot water many times (pH = 7)
- (g) = Activated carbon
- (h) = Waste water from food shop in Jomthong , Bangkok



Figure 2. Methods of Simple Activated Carbon Preparation from corncob

- (a) = corncob charcoal
- (b) = salt solⁿ 20, 40 and 60 percent
- (c) = contain in can
- (d) = Activated with salt solⁿ 20, 40 and 60 percent
in brick beehive kiln at 800 °c
- (e) = After corncob charcoal activated with salt solⁿ
- (f) = leached with hot water many times (pH = 7)
- (g) = Activated carbon
- (h) = Waste water from Bang-Pa-In Industry , Ayudhya

3.2 การศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดในการดูดซับสี และกลิ่นของน้ำทิ้งจากชุมชน ร้านอาหาร และโรงงานอุตสาหกรรม ดังนี้

3.2.1 เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากชุมชน ร้านอาหาร และโรงงานอุตสาหกรรม และบันทึกลักษณะเบื้องต้นของน้ำทิ้ง

3.2.2 ซังถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว จำนวน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร หลอดที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ ทำ 3 ซ้ำ

3.2.3 ซังถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด จำนวน 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม (เนื่องจากถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดมีน้ำหนักเบาทำให้เต็มภาชนะจึงใช้ปริมาณลดลง) ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร หลอดที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ (คนละชุดกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว) ทำ 3 ซ้ำ

3.2.4 นำน้ำทิ้งจากชุมชน จากร้านอาหาร และจากโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 20 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่บรรจุถ่านกัมมันต์แต่ละชนิดจนครบทุกหลอด และปิดฝาหลอดทดลองทุกหลอด

3.2.5 บันทึกผลการทดลองโดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของสี และความขุ่นที่เวลา 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 24 ชั่วโมง สำหรับคุณลักษณะของกลิ่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) และอุณหภูมิจะบันทึกผลที่เวลา 0 และ 24 ชั่วโมง โดยใช้สเกลระดับกลิ่นดังนี้

สเกล		ความรู้สึกรบกวนเรื่องกลิ่น
0	ไม่มีกลิ่น	ไม่รู้สึกได้กลิ่น
1	กลิ่นอ่อนมาก	โดยปกติคนทั่วไปจะไม่ได้กลิ่นแต่คนที่มีความไวต่อกลิ่นและคนที่มีความรู้สึกไวต่อกลิ่นเป็นพิเศษจะรู้สึกได้
2	กลิ่นจาง, กลิ่นอ่อน	กลิ่นที่เกิดขึ้นจะอ่อนหรือจางมาก ซึ่งหากจะรู้สึกได้จะต้องตั้งใจดม มิเช่นนั้นก็จะไม่ทราบว่ามียา
3	มีกลิ่นที่ รับได้	ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งทำให้รู้สึกได้ว่ากลิ่นที่ไม่ชอบระดับกลิ่นที่เกิดขึ้นอาจเกิดปัญหารบกวนในชุมชนที่อาศัย
4	กลิ่นแรง	ความเข้มข้นของกลิ่นที่เกิดขึ้นจะทำให้รู้สึกได้และเกิดความเดือดร้อนรำคาญเรื่องกลิ่น
5	กลิ่นแรงมาก	กลิ่นที่เกิดขึ้นเข้มข้นรุนแรงมาก จนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอากาศหายใจ

ลักษณะของตัวอย่างน้ำทิ้งจากชุมชน ร้านอาหาร และโรงงานอุตสาหกรรม



น้ำทิ้งจากร้านอาหารเขตจอมทอง กทม.
ลักษณะสีเหลืองเข้มใส มีตะกอนแขวนลอย
กลิ่นเหม็นแรงมาก



น้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน
จังหวัดอยุธยา ลักษณะสีเหลืองเข้มใส
มีตะกอนแขวนลอย กลิ่นเหม็นแรงมาก



น้ำทิ้งจากซ.อยู่เย็น รามอินทรา กม.5 กทม.
ลักษณะสีเหลืองเข้มใส มีแขวนลอยของ
สารอินทรีย์ กลิ่นเหม็นแรงมาก



น้ำทิ้งจากคลองจระเข้ ถนนอมมิตร กทม.
ลักษณะสีเหลืองเข้มใส มีแขวนลอยของ
สารอินทรีย์ กลิ่นเหม็น

3.3 การศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและถ่านกัมมันต์จาก ซังข้าวโพดในการทำสบู่ ดังนี้

3.3.1 นำถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 ชนิดมาบดละเอียดเป็นผงถ่าน

3.3.2 นำกลีเซอรินหั่นเป็นสี่เหลี่ยมขนาดเล็กประมาณ 2 X 1 เซนติเมตร

3.3.3 นำน้ำใส่ในภาชนะสแตนเลส แล้วตั้งบนเตาแม่เหล็กโดยให้อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 70-80 องศาเซลเซียส

3.3.4 ชั่งกลีเซอรินที่หั่นแล้ว จำนวน 250 กรัม ใส่ลงในปิกเกอร์แต่ละใบ แล้วนำปิกเกอร์วางในหม้อที่มีน้ำร้อนอยู่ รอจนกลีเซอรินละลายหมด (อย่าให้กลีเซอรินเดือด) แล้วเติมผงถ่าน จำนวน 0.5 กรัม ลงในปิกเกอร์ค่อยๆ คนจนผงถ่านเข้ากับกลีเซอริน แล้วเทลงในแบบพิมพ์ที่เตรียมไว้ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจึงแกะสบู่ออกจากแบบพิมพ์



ผงถ่านบดละเอียด



กลีเซอรินหั่นเป็นสี่เหลี่ยมและนำไปชั่งน้ำหนัก



ละลายกลีเซอรินในปิกเกอร์และ
เทผงถ่านลงในกลีเซอรินที่ละลายแล้ว



เทลงในแบบพิมพ์ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น



สบู่ถ่านจากกะลามะพร้าว



สบู่ถ่านจากขี้ข้าวโพด

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

(Results and Discussion)

1. การเตรียมถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพด

1.1 การเตรียมถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพด สามารถเขียนสรุปเป็นขั้นตอนที่สำคัญได้ 6 ขั้นตอน ดังนี้ (Figure 3)

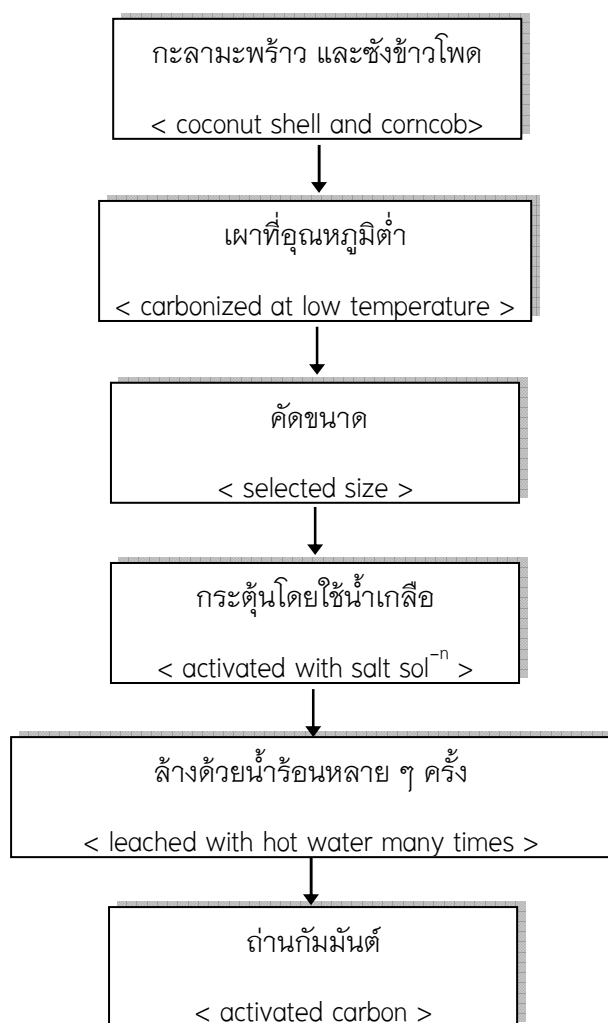


Figure 3. Simple Activated carbon preparation from coconut shell and corncob

1.2 การหาค่าไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพด

การหาค่าไอโอดีน หรือความสามารถในการดูดซับไอโอดีนของถ่านและถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว และซังข้าวโพดโดยนำตัวอย่างถ่านและถ่านกัมมันต์ ส่งให้กรมวิทยาศาสตร์บริการ ทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานของ ASTM D 4607-94 : Activated carbon, 2006, volume 15.01 ซึ่งผลของค่าไอโอดีนของถ่านจากกะลามะพร้าว ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ถ่านจากซังข้าวโพด และถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด ที่ผ่านการกระตุ้นกับสารละลายน้ำเกลือที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน ปรากฏผลดังตารางที่ 1 และ 2 (Table 1 and 2)

Table 1. Iodine value of charcoal and activated carbon from coconut shell

Experiment			Iodine Value (mg/g)
Charcoal	activated with salt in single drum kiln at 500°C ; 1hr	Replication	
✓	-	-	213
✓	0% salt sol- ⁿ	1	442
✓		2	375
✓		3	221
		average	346
✓	20% salt sol- ⁿ	1	445
✓		2	377
✓		3	278
		average	367
✓	40% salt sol- ⁿ	1	414
✓		2	290
✓		3	253
		average	319
✓	60% salt sol- ⁿ	1	390
✓		2	387
✓		3	312
		average	363

Remark : ✓ = treated , - = non-treated

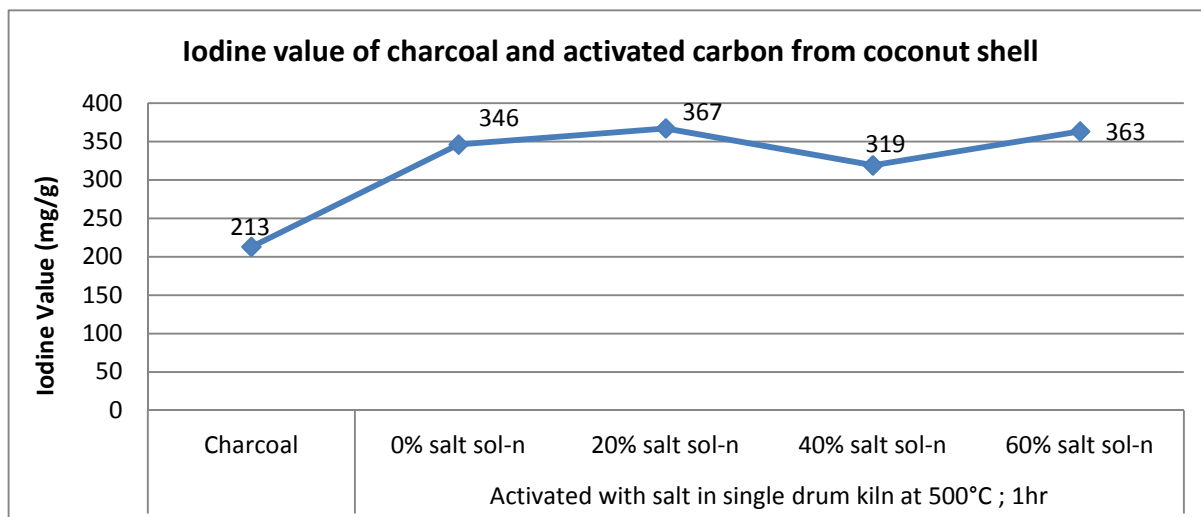


Figure 4. Comparative iodine value of charcoal and activated carbon from coconut shell

จากตารางที่ 1 (Table 1) พบว่า

1. ถ่านจากกะลามะพร้าวที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่ำ มีค่าไอโอดีนเท่ากับ 213 มิลลิกรัมต่อกรัม
2. ถ่านจากกะลามะพร้าวที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่ำแล้วกระตุ้นด้วยน้ำเกลือ ที่อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้น้ำเกลือที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ คือร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 โดยมวลต่อปริมาตร พบว่าได้ค่าไอโอดีนแตกต่างกันดังนี้

2.1 ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 ของน้ำเกลือ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวจะมีค่าไอโอดีนเฉลี่ยเท่ากับ 346 มิลลิกรัมต่อกรัม

2.2 ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 ของน้ำเกลือ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวจะมีค่าไอโอดีนเฉลี่ยเท่ากับ 367 มิลลิกรัมต่อกรัม

2.3 ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 40 ของน้ำเกลือ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวจะมีค่าไอโอดีนเฉลี่ยเท่ากับ 319 มิลลิกรัมต่อกรัม

2.4 ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 60 ของน้ำเกลือ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวจะมีค่าไอโอดีนเฉลี่ยเท่ากับ 363 มิลลิกรัมต่อกรัม

จะเห็นได้ว่า ถ่านกะลามะพร้าวที่ได้รับการกระตุ้นจากน้ำเกลือที่ความเข้มข้น ทั้ง 4 ระดับ ตามข้อ 2.1 – 2.4 จะทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าไอโอดีนมากกว่า ถ่านกะลามะพร้าวที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้น ประมาณ 1.62, 1.72, 1.50 และ 1.70 เท่า ตามลำดับ และพบว่าที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากกะลามะพร้าว เนื่องจากทำให้ได้ค่าไอโอดีนสูงที่สุด

Table 2. Iodine value of charcoal and activated carbon from corncob

Experiment		Replication	Iodine Value (mg/g)
Charcoal	activated with salt in brick beehive kiln at 800°C ; 1hr		
✓	-	1	221
		2	227
		3	183
		average	210
✓	0% salt sol- ⁿ	1	436
		2	432
		3	253
		average	374
✓	20% salt sol- ⁿ	1	366
		2	394
		3	306
		average	355
✓	40% salt sol- ⁿ	1	338
		2	335
		3	330
		average	334
✓	60% salt sol- ⁿ	1	249
		2	374
		3	359
		average	327

Remark : ✓ = treated

- = non-treated

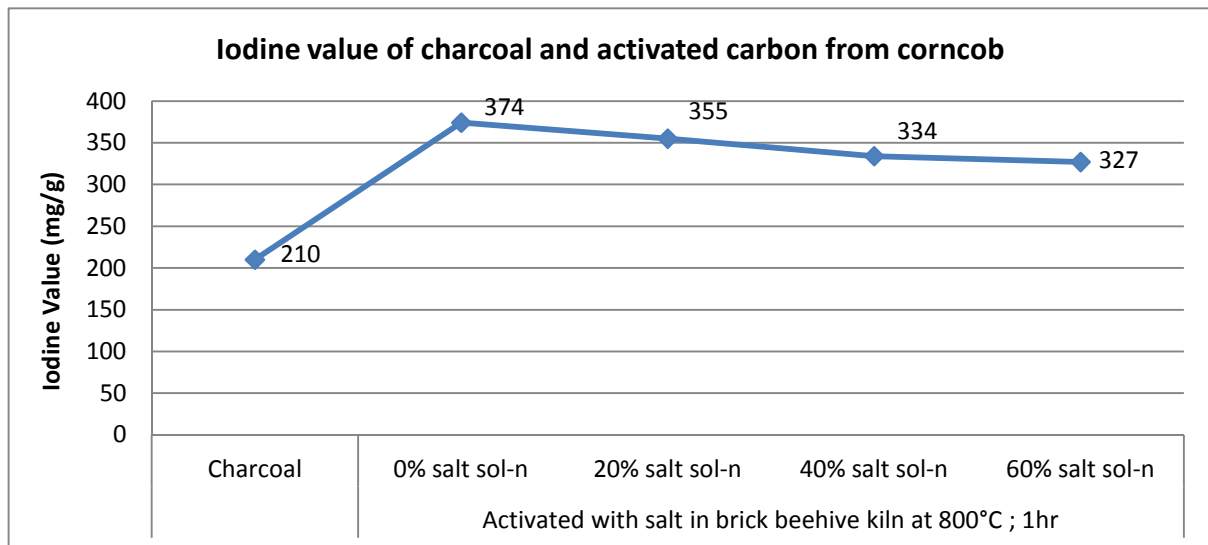


Figure 5. Comparative iodine value of charcoal and activated carbon from corncob

จากตารางที่ 2 (Table 2) พบว่า

1. ถ่านจากซังข้าวโพดที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่ำ มีค่าไอโอดีนเท่ากับ 210 มิลลิกรัมต่อกรัม
2. ถ่านจากซังข้าวโพดที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่ำแล้วกระตุ้นด้วยน้ำเกลือ ที่อุณหภูมิประมาณ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้น้ำเกลือที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ คือร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 โดยมวลต่อปริมาตร พบว่าได้ค่าไอโอดีนแตกต่างกันดังนี้

2.1 ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 ของน้ำเกลือ ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดจะมีค่าไอโอดีนเฉลี่ยเท่ากับ 374 มิลลิกรัมต่อกรัม

2.2 ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 ของน้ำเกลือ ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดจะมีค่าไอโอดีนเฉลี่ยเท่ากับ 355 มิลลิกรัมต่อกรัม

2.3 ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 40 ของน้ำเกลือ ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดจะมีค่าไอโอดีนเฉลี่ยเท่ากับ 334 มิลลิกรัมต่อกรัม

2.4 ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 60 ของน้ำเกลือ ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดจะมีค่าไอโอดีนเฉลี่ยเท่ากับ 327 มิลลิกรัมต่อกรัม

จะเห็นได้ว่า ถ่านซังข้าวโพดที่ได้รับการกระตุ้นจากน้ำเกลือที่ความเข้มข้น ทั้ง 4 ระดับตามข้อ 2.1 – 2.4 จะทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าไอโอดีนมากกว่า ถ่านซังข้าวโพดที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้น ประมาณ 1.78, 1.69, 1.59 และ 1.56 เท่า ตามลำดับ และพบว่าที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 หรือไม่ใส่น้ำเกลือเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากซังข้าวโพด เนื่องจากทำให้ได้ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดที่มีค่าไอโอดีนสูงที่สุด

2. การศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

2.1 การนำถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวไปทดสอบกับน้ำทิ้งจากร้านอาหารในเขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร

จากการศึกษาพบว่า น้ำทิ้งจากร้านอาหารในเขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร มีลักษณะเบื้องต้น คือ เป็นน้ำที่มีสีเหลืองเข้มใส มีตะกอนแขวนลอยของซากพืชอยู่ปานกลาง มีสัตว์น้ำอาศัยอยู่บ้าง และมีกลิ่นเหม็นแรงมาก และเมื่อนำน้ำทิ้งจำนวน 20 มิลลิลิตร มาทดสอบกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่มีปริมาณแตกต่างกัน 6 ระดับ คือ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม เพื่อศึกษาการดูดซับสีและกลิ่นของน้ำทิ้ง โดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานาน 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 24 ชั่วโมง (Figure 6) ปรากฏผลดังตารางผนวกที่ 1

เมื่อนำน้ำทิ้งลงในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์อยู่จะเกิดฟองอากาศขึ้น เนื่องจากน้ำทิ้งเข้าไปแทนที่อากาศที่อยู่ในรูพรุนของถ่านกัมมันต์ ยิ่งถ่านกัมมันต์มีปริมาณมากฟองอากาศจะฟุดออกมามากขึ้น เพราะถ่านกัมมันต์ไปดูดซับสารในน้ำทิ้ง เช่น สี สารแขวนลอย และกลิ่น โดยฟองอากาศจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อถ่านกัมมันต์ดูดซับสารในน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเต็ม โดยเฉลี่ยใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมงฟองอากาศก็จะไม่มี

จากตารางผนวกที่ 1 พบว่า

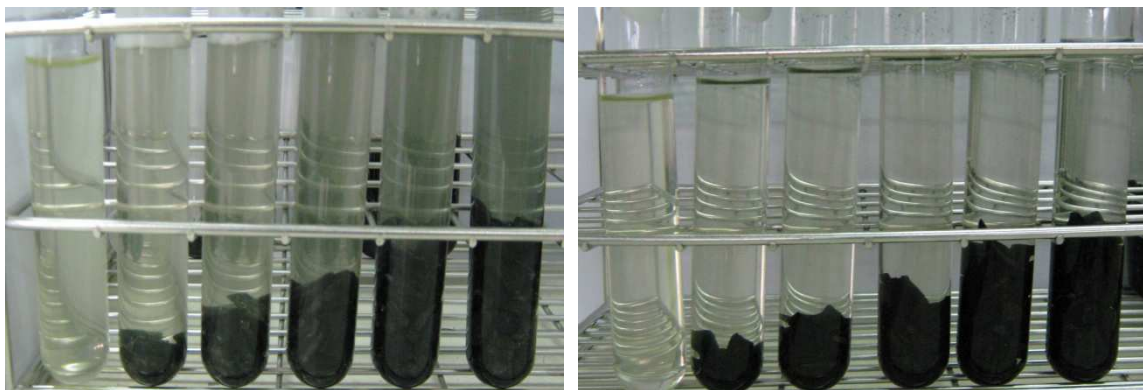
2.1.1 ลักษณะของสี สีของน้ำทิ้งที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะมีสีเหลืองใส แต่สีของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ จะมีความเข้มของสีลดลง และมีความใสเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มมากขึ้น ที่เวลาเท่ากัน ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง พบว่าน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์จะมีสีเทาใส ซึ่งจะใสกว่าน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์

2.1.2 ลักษณะของกลิ่น กลิ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะเหม็นแรงมากในระดับ 5 ที่เวลา 0 ชั่วโมงและเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงกลิ่นลดลงมาอยู่ในระดับ 3 แต่กลิ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง พบว่า จะมีกลิ่นลดลงอยู่ในระดับ 2 และ 1 ตามปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น

2.1.3 ลักษณะของความขุ่น ความขุ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์ จะมีสารแขวนลอยของสารอินทรีย์บ้าง และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ก็เริ่มมีการตกตะกอน แต่ความขุ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์จะมีผงถ่านแขวนลอยอยู่เพิ่มขึ้นตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่ใส่ และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ก็จะไม่พบผงถ่านแขวนลอย เนื่องจากผงถ่านจะตกตะกอนที่ก้นหลอดทดลองหรือในชั้นของถ่าน

2.1.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) pH ของน้ำทิ้ง มีค่าเท่ากับ 7.1 แต่ pH ของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ใส่ถ่านกัมมันต์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า มีค่า pH เพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 7.8-8.7 ซึ่ง pH นี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น

2.1.5 อุณหภูมิของน้ำทิ้ง ค่าอุณหภูมิของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ทำการศึกษาทั้ง 6 หลอดที่วัดได้นั้น เป็นค่าที่อุณหภูมิห้องในวันที่ทำการทดลอง



Time = 0 hr.

Time = 24 hrs.

Figure 6. Comparative activated carbon from coconut shell utilization with waste water from food shop in Jomthong, Bangkok at several times

2.2 การนำถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวไปทดสอบกับน้ำทิ้งจากจากชุมชนในซอยอยู่เย็น รามอินทรา กม.5 กรุงเทพมหานคร

จากการศึกษา พบว่า น้ำทิ้งจากชุมชนในซอยอยู่เย็น รามอินทรา กม.5 กรุงเทพมหานคร มีลักษณะเบื้องต้น คือ เป็นน้ำที่มีสีเหลืองเข้มใส มีแขวนลอยของสารอินทรีย์ และมีกลิ่นเหม็นแรงมาก และเมื่อนำน้ำทิ้งจำนวน 20 มิลลิลิตร มาทดสอบกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่มีปริมาณแตกต่างกัน 6 ระดับ คือ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม เพื่อศึกษาการดูดซับสีและกลิ่นของน้ำทิ้ง โดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานาน 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 24 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางผนวกที่ 2 และ Figure 7

จากตารางผนวกที่ 2 พบว่า

2.2.1 ลักษณะของสี สีของน้ำทิ้งที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะมีสีเหลืองใส แต่สีของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ จะมีความเข้มของสีลดลง และมีความใสเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มมากขึ้นที่เวลาเท่ากัน ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง พบว่าน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์จะมีสีเหลืองอ่อนและใสกว่าน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์

2.2.2 ลักษณะของกลิ่น กลิ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะเหม็นแรงมากในระดับ 5 ที่เวลา 0 ชั่วโมงและเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง กลิ่นลดลงอยู่ในระดับ 4 แต่กลิ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง พบว่า จะมีกลิ่นลดลงอยู่ที่ระดับ 3, 2 และ 1 โดยในหลอดทดลองที่มีปริมาณถ่านกัมมันต์มากขึ้น กลิ่นก็จะลดลงเรื่อยๆ ด้วย

2.2.3 ลักษณะของความขุ่น ความขุ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์ จะมีสารแขวนลอยของสารอินทรีย์บ้าง และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ก็ไม่พบสารแขวนลอย สำหรับในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ จำนวน 1 กรัม จะมีสารแขวนลอยอยู่บ้าง แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง ก็ไม่พบสารแขวนลอย ส่วนในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ จำนวน 2, 3, 4 และ 5 กรัม นั้น เมื่อตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง พบว่ามีเพียงผงถ่าน

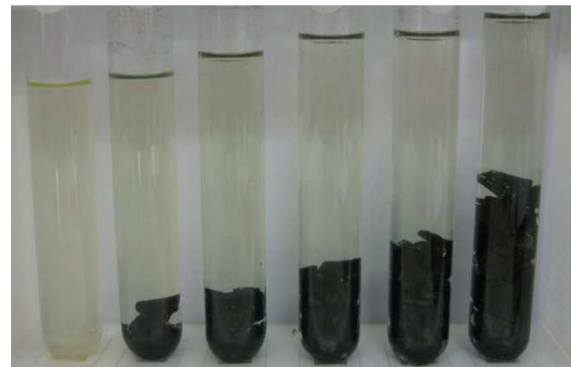
แขวนลอยอยู่ ซึ่งผงถ่านนี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่ใส่ลงไป และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ก็จะไม่พบแขวนลอยผงถ่านอยู่ เนื่องจากผงถ่านจะตกตะกอนที่ก้นหลอดทดลองหรือในชั้นของถ่าน

2.2.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) pH ของน้ำทิ้ง มีค่าเท่ากับ 7.4 แต่ pH ของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ใส่ถ่านกัมมันต์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า มีค่า pH เพิ่มขึ้น อยู่ระหว่าง 7.9–8.8 ซึ่ง pH นี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น

2.2.5 อุณหภูมิของน้ำทิ้ง ค่าอุณหภูมิของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ทำการศึกษาทั้ง 6 หลอดที่วัดได้นั้น เป็นค่าที่อุณหภูมิห้องในวันที่ทำการทดลอง



Time = 0 hr.



Time = 24 hrs.



เกิดฟองอากาศผุดขึ้นมาจากถ่าน
เมื่อเทน้ำทิ้งลงไปในถ่าน



เกิดฟองอากาศผุดขึ้นมาจากถ่าน
มากขึ้นเมื่อปริมาณถ่านเพิ่มมากขึ้น

Figure 7. Comparative activated carbon from coconut shell utilization with waste
Water from Yuyen lane, Raminthra road, 5 K.M., Bangkok at several times

2.3 การนำถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดไปทดสอบกับน้ำทิ้งจากคลองจรเข้ ถนนมิตร กรุงเทพมหานคร

จากการศึกษา พบว่า น้ำทิ้งจากคลองจรเข้ ถนนมิตร กรุงเทพมหานคร มีลักษณะเบื้องต้น คือ เป็นน้ำที่มีสีเหลืองเข้มใส มีตะกอนแขวนลอยสีดำของสารอินทรีย์ และมีกลิ่นเหม็น และเมื่อนำน้ำทิ้งจำนวน 20 มิลลิลิตร มาทดสอบกับถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดที่มีปริมาณแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม เพื่อศึกษาการดูดซับสีและกลิ่นของน้ำทิ้ง โดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานาน 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 24 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางผนวกที่ 3 และเนื่องจากถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดมีน้ำหนักเบา ความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ ฉะนั้นเมื่อเวลาใส่น้ำทิ้งลงไปจึงทำให้ถ่านลอยน้ำหมด ถ่านจึงเกิดการดูดซับจากด้านบน และประกบกับถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดเป็นผงมากจึงทำให้ผงถ่านแขวนลอยอยู่ในน้ำมาก และเมื่อตั้งทิ้งไว้ก็ตกตะกอนเป็นผงถ่านอยู่ที่ก้นหลอด

จากตารางผนวกที่ 3 พบว่า

2.3.1 ลักษณะของสี สีของน้ำทิ้งที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะมีสีเหลืองใส แต่สีของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ จะมีความเข้มของสีลดลง และมีความใสเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มมากขึ้น ที่เวลาเท่ากัน ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง พบว่าน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์จะมีสีเหลืองอ่อนและใสกว่าน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์

2.3.2 ลักษณะของกลิ่น กลิ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะเหม็นปานกลาง ในระดับ 3 ที่เวลา 0 ชั่วโมงและเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง กลิ่นลดลงมาที่ระดับ 2 แต่น้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ทุกหลอด เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง พบว่า กลิ่นลดลงมาที่ระดับ 0 หรือไม่มีกลิ่นเลย

2.3.3 ลักษณะของความขุ่น ความขุ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์ จะมีสารแขวนลอยของสารอินทรีย์บ้าง และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง ก็ไม่พบสารแขวนลอย สำหรับในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ จำนวน 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม จะมีผงถ่านแขวนลอยอยู่บ้างเล็กน้อยตามปริมาณของถ่านที่ใส่ และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง จนถึง 24 ชั่วโมง พบว่ามีเพียงผงถ่านแขวนลอยอยู่เหมือนเดิม ซึ่งผงถ่านนี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่ใส่ลงไป เนื่องจากผงถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดมีน้ำหนักเบา มากจึงแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ดี

2.3.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) pH ของน้ำทิ้ง มีค่าเท่ากับ 7.3 แต่ pH ของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ใส่ถ่านกัมมันต์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า มีค่า pH เพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 7.6-9.6 ซึ่ง pH นี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น

2.3.5 อุณหภูมิของน้ำทิ้ง ค่าอุณหภูมิของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ทำการศึกษาทั้ง 5 หลอดที่วัดได้นั้น เป็นค่าที่อุณหภูมิห้องในวันที่ทำการทดลอง



Time = 0 hr.

Time = 24 hrs.

Figure 8. Comparative activated carbon from corncob utilization with waste

Water from Khlong jrorakha, thanommit, Bangkok at several times

2.4 การนำถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดไปทดสอบกับน้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรม

บางปะอิน จ.อยุธยา

จากการศึกษา พบว่า น้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน จ.อยุธยา มีลักษณะเบื้องต้น คือ เป็นน้ำที่มีสีเหลืองใส มีสารอินทรีย์แขวนลอยเล็กน้อย และมีกลิ่นเหม็นแรงมาก และเมื่อนำน้ำทิ้งจำนวน 20 มิลลิลิตร มาทดสอบกับถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดที่มีปริมาณแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม เพื่อศึกษาการดูดซับสีและกลิ่นของน้ำทิ้ง โดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานาน 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 24 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางผนวกที่ 4

จากตารางผนวกที่ 4 พบว่า

2.4.1 ลักษณะของสี สีของน้ำทิ้งที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะมีสีเหลืองใส แต่สีของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ จะมีความเข้มของสีลดลง และมีความใสเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มมากขึ้นที่เวลาเท่ากัน ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง พบว่าน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์จะมีสีเหลืองอ่อนและใสกว่าน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์

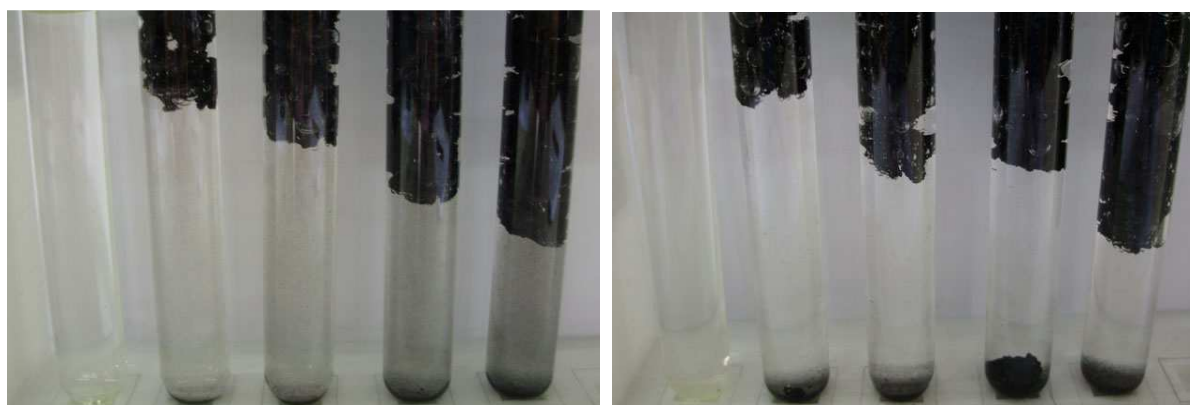
2.4.2 ลักษณะของกลิ่น กลิ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์จะเหม็นแรงมากในระดับที่ 5 ที่เวลา 0 ชั่วโมงและเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง กลิ่นลดลงมาที่ระดับ 3 แต่กลิ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์จำนวน 0.5, 1.0, และ 1.5 กรัมเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง พบว่า กลิ่นลดลงมาที่ระดับ 2 และ 1 โดยในหลอดทดลองที่มีปริมาณถ่านกัมมันต์ 2.0 กรัม กลิ่นลดลงมาที่ระดับ 0 หรือไม่กลิ่นเลย

2.4.3 ลักษณะของความขุ่น ความขุ่นของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ไม่มีถ่านกัมมันต์ จะมีสารอินทรีย์แขวนลอยบ้าง และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง พบว่าไม่มีสารแขวนลอยอยู่ สำหรับในหลอดทดลองที่มีถ่านกัมมันต์ จำนวน 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม จะมีผงถ่านแขวนลอยมาน้อยตามปริมาณของ

ถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น เมื่อตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง พบว่ายังมีผงถ่านแขวนลอยอยู่ ซึ่งผงถ่านนี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่ใส่ลงไป และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ก็ยังมีผงถ่านแขวนลอยอยู่เหมือนเดิม

2.4.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) pH ของน้ำทิ้ง มีค่าเท่ากับ 7.5 แต่ pH ของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ใส่ถ่านกัมมันต์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า มีค่า pH เพิ่มขึ้น อยู่ระหว่าง 8.3 – 9.6 ซึ่ง pH นี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น

2.4.5 อุณหภูมิของน้ำทิ้ง ค่าอุณหภูมิของน้ำทิ้งในหลอดทดลองที่ทำการศึกษาทั้ง 5 หลอดที่วัดได้นั้น เป็นค่าที่อุณหภูมิห้องในวันที่ทำการทดลอง



Time = 0 hr.

Time = 24 hrs.

Figure 9. Comparative activated carbon from corncob utilization with waste Water from Bang-Pa-In Industry , Ayudhya at several times

สรุปผล

(Conclusion)

1. การเตรียมถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพด

จากการศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพด สามารถทำได้โดยการนำกะลามะพร้าวและซังข้าวโพดมาเผาที่อุณหภูมิต่ำจนเป็นถ่าน จากนั้นทำการเลือกขนาดที่เหมาะสม ถ่านกะลามะพร้าวจำนวน 300 กรัม และถ่านซังข้าวโพดจำนวน 200 กรัม แล้วนำไปกระตุ้นด้วยน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 ปริมาตร 1,500 มิลลิลิตร และนำไปเผาในเตาถึงน้ำมัน 200 ลิตร แบบบนอนและเตาอิฐก่อขนาด 1 ลูกบาศก์เมตรที่อุณหภูมิ 500 – 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า ถ่านกะลามะพร้าวที่ผ่านการกระตุ้นโดยใช้น้ำเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มีค่าไอโอดีนเฉลี่ยสูงสุด คือ 367 มิลลิกรัมต่อกรัม และถ่านซังข้าวโพด

ที่ผ่านการกระตุ้นโดยไม่มีน้ำเกลือ (0%) ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสมีค่าไอโอดีนสูงสุดเท่ากับ 374 มิลลิกรัมต่อกรัม

2. การศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพด

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพด สามารถเตรียมถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพดเพื่อการศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ตามขั้นตอนในข้อ 1 และเมื่อนำถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพดที่ได้ไปทดสอบกับน้ำทิ้ง 4 แหล่ง คือ น้ำทิ้งจากร้านอาหารในเขตจอมทอง น้ำทิ้งจากชุมชนในซอยอยู่เย็น รามอินทรา กม.5 กรุงเทพมหานคร น้ำทิ้งจากคลองจระเข้ถนนอมมิตร และน้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน พบว่า ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพดสามารถดูดซับกลิ่น และสีของน้ำทิ้งได้ทั้ง 4 แหล่ง ทำให้น้ำทิ้งใสขึ้นและมีกลิ่นลดลง จนถึงไม่มีกลิ่น

3. ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์ควรเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์ในการศึกษาให้มีหลายระดับมากขึ้นจนถึงปริมาณที่ทำให้น้ำทิ้งใสไม่มีสี และไม่มีกลิ่น

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledment)

การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากการสนับสนุนและความช่วยเหลือจากคุณจิระพงษ์ คุณหาญจน หัวหน้าศูนย์วิจัยพลังงานจากไม้ จ.สระบุรี ที่ช่วยเหลือเพื่อสถานที่ในการศึกษาวิจัย และทดลอง รวมถึงพนักงานและเจ้าหน้าที่ของศูนย์ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการศึกษาวิจัยเป็นอย่างดี ตลอดจนพนักงานและเจ้าหน้าที่ในงานพัฒนาพลังงานจากไม้และงานทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญาทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ซึ่งข้าพเจ้าได้รับความช่วยเหลือจากทุกท่านดังกล่าวข้างต้นเป็นอย่างดีจึงขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

(References)

กระทรวงกลาโหม. 2549.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2549 .

เกศรา นุตาลัย, บุญชัย ตระกูลมหาชัย, ทศนีย์ เพ็ญจันทิก, กรรณิการั สถาปิตานนท์,

ศิลปชัย อรัญยะนาถ, เพิ่มสุข มาทะ และจิตต์ ศรีวรรณวิทย์ . 2531. การผลิตถ่านกัมมันต์จากดินพรุในห้องปฏิบัติการ. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 4 ฉบับที่ 3. หน้า 50-86.

คณิตา วัฒนกิจ, ฉัตรชัย คงเดชอุดมกุล และ ภาณุ มงคลขจรศิลป์. 2540. การดูดซับโลหะหนักโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกากเมล็ดกาแฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 62 น.

จิราภรณ์ ธรรมศรี. 2545-46. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยใช้โซเดียมคลอไรด์.

สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พงศธร โค้วชาภรณ์. 2537. ถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพด. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมเคมี). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

พงศ์ศักดิ์ โอซารส. 2539. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดโดยใช้เกลือแกงเป็นตัวกระตุ้น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ

พงศ์พันธุ์ กาญจนการุณ. 2553. การเพิ่มมูลค่าเศษเหลือจากขี้ข้าวโพด ถั่วลิสง เป็นถ่านกัมมันต์. สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงราย.

บุญชัย ตระกูลมหาชัย. 2544. ถ่านกัมมันต์. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย จ.ปทุมธานี

สำนักพัฒนาธุรกิจอุตสาหกรรม. 2546. การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการผลิตถ่านกัมมันต์. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ

วิชัย ธรรมสาธิต และ เกษม ฉัตรเมณีฤกษ์. 2534. การผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

วิวัฒน์ ผกานนทวีวัฒน์ และปัญญา จันทขจรรัตน์. 2538. การทำถ่านกัมมันต์จากต้นธูปฤาษี. สถาบันพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 52 น.

สิริลักษณ์ ตาตะยานนท์ , ทินกร พิริโยธา , มนัสสุดา นันทสิริพร , ฐิติภรณ์ บุญแย้ม และ ประภัศร ภาคอรธ.

2550. ความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ *Acacia crassica* . สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

อภิสิทธิ์ เจริญกุล และนิพนธ์ พงษ์คำ. 2533. การผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์.

วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

http://www.pcd.go.th/Info_serv/water_water.htm)

<http://www.learningthai.com/comprehension.7567.html>)

www.pcd.go.th

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์น้ำมันกัมมันต์กะลามะพร้าวกับน้ำทิ้งจากร้านอาหารเขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
0	20 : 0	เหลืองใส	ระดับ 5	แขวนลอย เล็กน้อย	7.1	27.9	เหลืองใส	ระดับ 5	แขวนลอย เล็กน้อย	7.2	26.8	เหลืองใส	ระดับ 5	แขวนลอย เล็กน้อย	7.4	26.8	
	20 : 1	เหลืองใส	*	แขวนลอยผง ถ่าน	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 2	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 3	เทาใส	*	แขวนลอย ผง ถ่าน++	*	*	เทาใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เทาใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 4	เทาใส+	*	แขวนลอย ผง ถ่าน+++	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
	20 : 5	เทาใส++	*	แขวนลอย ผง ถ่าน++++	*	*	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++++	*	*	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++++	*	*	
1	20 : 0	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	
	20 : 1	เหลืองใส+	*	แขวนลอยผง ถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 2	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 3	เทาใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เทาใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เทาใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 4	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
	20 : 5	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++++	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++++	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++++	*	*	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ) ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์กละเมะพร้าวกับน้ำทิ้งจากร้านอาหารเขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
2	20 : 0	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	
	20 : 1	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 2	เทาใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เทาใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เทาใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 3	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 4	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
	20 : 5	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++++	*	*	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++++	*	*	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++++	*	*	
3	20 : 0	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	
	20 : 1	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 2	เทาใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เทาใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เทาใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 3	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 4	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
	20 : 5	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++++	*	*	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++++	*	*	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++++	*	*	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ) ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์กะลามะพร้าวกับน้ำทิ้งจากร้านอาหารเขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
4	20 : 0	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	
	20 : 1	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 2	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 3	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 4	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
	20 : 5	เทาใส+++	*	แขวนลอย ผง ถ่าน++++	*	*	เทาใส+++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++++	*	*	เทาใส+++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++++	*	*	
5	20 : 0	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	
	20 : 1	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 2	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เทาใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 3	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 4	เทาใส+++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เทาใส+++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
	20 : 5	เทาใส++++	*	แขวนลอย ผง ถ่าน++++	*	*	เทาใส++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++++	*	*	เทาใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++++	*	*	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ) ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์กละเมะพร้าวกับน้ำทิ้งจากร้านอาหารเขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
6	20 : 0	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	
	20 : 1	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 2	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เทาใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 3	เทาใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เทาใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เทาใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 4	เทาใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เทาใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เทาใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
	20 : 5	เทาใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เทาใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เทาใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
	24	20 : 0	เหลืองใส	ระดับ 3	ตกตะกอน	7.8	25.0	เหลืองใส	ระดับ 3	ตะกอน นอนก้น	7.7	25.9	เหลืองใส	ระดับ 3	ตะกอน นอนก้น	7.7	
20 : 1		เหลืองใส ++	ระดับ 2	ไม่มี	8.1	26.8	เหลืองใส ++	ระดับ 2	ไม่มี	8.0	25.6	เหลืองใส ++	ระดับ 2	ไม่มี	8.2	26.8	
20 : 2		เทาใส+++	ระดับ 2	ไม่มี	8.4	25.5	เทาใส+++	ระดับ 2	ไม่มี	8.4	25.7	เทาใส+++	ระดับ 2	ไม่มี	8.4	26.7	
20 : 3		เทาใส+++	ระดับ 1	ไม่มี	8.5	25.4	เทาใส+++	ระดับ 1	ไม่มี	8.5	26.0	เทาใส+++	ระดับ 1	ไม่มี	8.5	26.5	
20 : 4		เทาใส ++++	ระดับ 1	ไม่มี	8.6	25.4	เทาใส ++++	ระดับ 1	ไม่มี	8.7	26.7	เทาใส ++++	ระดับ 1	ไม่มี	8.7	26.6	
20 : 5		เทาใส ++++	ระดับ 1	ไม่มี	8.7	25.4	เทาใส ++++	ระดับ 1	ไม่มี	8.7	25.5	เทาใส ++++	ระดับ 1	ไม่มี	8.7	26.2	

หมายเหตุ T หมายถึงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส), + หมายถึงมีระดับดีขึ้น, - หมายถึงมีระดับลดลง, * หมายถึงไม่ได้มีการทดสอบ

ตารางผนวกที่ 2 ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์กลาเมะพร้าวกับน้ำทิ้งจากซอยอยู่เย็น งามอินทรา กม. 5 กรุงเทพมหานคร

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
0	20 : 0	เหลืองใส	ระดับ 5	แขวนลอย น้ำทิ้ง	7.4	27.3	เหลืองใส	ระดับ 5	แขวนลอย น้ำทิ้ง	7.4	27.0	เหลืองใส	ระดับ 5	แขวนลอย น้ำทิ้ง	7.4	25.7	
	20 : 1	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง+	*	*	
	20 : 2	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 3	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 4	เหลืองใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 5	เหลืองใส +++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส +++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส +++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
1	20 : 0	เหลืองใส	*	ตกตะกอน	*	*	เหลืองใส	*	ตกตะกอน	*	*	เหลืองใส	*	ตกตะกอน	*	*	
	20 : 1	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	
	20 : 2	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 3	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 4	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 5	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ) ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์กลามะพร้าวกับน้ำทิ้งจากซอยอยู่เย็น รามอินทรา กม. 5 กรุงเทพมหานคร

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
2	20 : 0	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	
	20 : 1	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	
	20 : 2	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอยผง ถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 3	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 4	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 5	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
3	20 : 0	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	
	20 : 1	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	
	20 : 2	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส +	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 3	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 4	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 5	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ) ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์กลาเมะพร้าวกับน้ำทิ้งจากซอยอยู่เย็น รามอินทรา กม. 5 กรุงเทพมหานคร

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
4	20 : 0	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	
	20 : 1	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	
	20 : 2	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 3	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 4	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 5	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
5	20 : 0	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	
	20 : 1	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	
	20 : 2	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 3	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 4	เหลืองใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 5	เหลืองใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ) ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์กลามะพร้าวกับน้ำทิ้งจากซอยอยู่เย็น รามอินทรา กม. 5 กรุงเทพมหานคร

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
6	20 : 0	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	
	20 : 1	เหลืองใส ++	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส ++	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส ++	*	ไม่มี	*	*	
	20 : 2	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส ++	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 3	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส +++	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 4	เหลืองใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++++	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 5	เหลืองใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++++	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส ++++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	24	20 : 0	เหลืองใส	ระดับ 4	ตกตะกอน	7.9	24.2	เหลืองใส	ระดับ 4	ตกตะกอน	8.0	24.5	เหลืองใส	ระดับ 4	ตกตะกอน	8.0	
20 : 1		เหลืองใส +++	ระดับ 3	ไม่มี	8.1	24.1	เหลืองใส +++	ระดับ 3	ไม่มี	8.2	23.9	เหลืองใส +++	ระดับ 3	ไม่มี	8.3	26.3	
20 : 2		เหลืองใส +++	ระดับ 2	ไม่มี	8.4	23.9	เหลืองใส +++	ระดับ 2	ไม่มี	8.3	24.1	เหลืองใส +++	ระดับ 2	ไม่มี	8.4	25.8	
20 : 3		เหลืองใส ++++	ระดับ 2	ไม่มี	8.5	23.8	เหลืองใส ++++	ระดับ 2	ไม่มี	8.4	23.9	เหลืองใส ++++	ระดับ 2	ไม่มี	8.5	25.7	
20 : 4		เหลืองใส ++++	ระดับ 1	ไม่มี	8.6	23.6	เหลืองใส ++++	ระดับ 1	ไม่มี	8.6	24.2	เหลืองใส ++++	ระดับ 1	ไม่มี	8.7	25.5	
20 : 5		เหลืองใส +++++	ระดับ 1	ไม่มี	8.8	23.6	เหลืองใส +++++	ระดับ 1	ไม่มี	8.9	24.1	เหลืองใส +++++	ระดับ 1	ไม่มี	8.9	25.4	

หมายเหตุ T หมายถึงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส), + หมายถึงมีระดับดีขึ้น, - หมายถึงมีระดับลดลง, * หมายถึงไม่ได้มีการทดสอบ

ตารางผนวกที่ 3 ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์จากชังข้าวโพดกับน้ำทิ้งคลองจรเข้ ถนนอมมิตร กรุงเทพฯ

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
0	20 : 0	เหลืองใส	ระดับ 3	แขวนลอย น้ำทิ้ง	7.3	26	เหลืองใส	ระดับ 3	แขวนลอย น้ำทิ้ง	7.3	26	เหลืองใส	ระดับ 3	แขวนลอย น้ำทิ้ง	7.3	26	
	20 : 0.5	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 1.0	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 1.5	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 2.0	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
1	20 : 0	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	
	20 : 0.5	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 1.0	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 1.5	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 2.0	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดกับน้ำทิ้งคลองจรเข้ ถนนมมิตร กรุงเทพฯ

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
2	20 : 0	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	
	20 : 0.5	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 1.0	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 1.5	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 2.0	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
3	20 : 0	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	
	20 : 0.5	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 1.0	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 1.5	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 2.0	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดกับน้ำทิ้งคลองจรเข้ ถนนมิตร กรุงเทพฯ

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
4	20 : 0	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	
	20 : 0.5	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 1.0	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 1.5	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 2.0	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
5	20 : 0	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	
	20 : 0.5	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 1.0	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 1.5	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 2.0	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดกับน้ำทิ้งคลองจระเข้ ถนนมมิตร กรุงเทพฯ

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
6	20 : 0	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	
	20 : 0.5	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 1.0	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 1.5	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 2.0	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
24	20 : 0	เหลืองใส	ระดับ 2	ไม่มี	7.6	26.3	เหลืองใส	ระดับ 2	ไม่มี	7.9	26.7	เหลืองใส	ระดับ 2	ไม่มี	7.9	22.9	
	20 : 0.5	เหลืองใส ++	ระดับ 0	แขวนลอย ผงถ่าน	8.8	26.5	เหลืองใส ++	ระดับ 0	แขวนลอย ผงถ่าน	8.8	26.3	เหลืองใส ++	ระดับ 0	แขวนลอย ผงถ่าน	8.8	22.4	
	20 : 1.0	เหลืองใส ++	ระดับ 0	แขวนลอย ผงถ่าน+	9.4	26.3	เหลืองใส ++	ระดับ 0	แขวนลอย ผงถ่าน+	9.3	26.3	เหลืองใส ++	ระดับ 0	แขวนลอย ผงถ่าน+	9.3	22.5	
	20 : 1.5	เหลืองใส +++	ระดับ 0	แขวนลอย ผงถ่าน++	9.6	26.3	เหลืองใส +++	ระดับ 0	แขวนลอย ผงถ่าน++	9.6	26.3	เหลืองใส +++	ระดับ 0	แขวนลอย ผงถ่าน++	9.6	22.4	
	20 : 2.0	เหลืองใส +++	ระดับ 0	แขวนลอย ผงถ่าน+++	9.6	26.8	เหลืองใส +++	ระดับ 0	แขวนลอย ผงถ่าน+++	9.7	26.3	เหลืองใส +++	ระดับ 0	แขวนลอย ผงถ่าน+++	9.7	22.3	

หมายเหตุ T หมายถึงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส), + หมายถึงมีระดับดีขึ้น, - หมายถึงมีระดับลดลง และ * หมายถึงไม่ได้มีการทดสอบ

ตารางผนวกที่ 4 ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดกับน้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน จ.อยุธยา

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
0	20 : 0	เหลืองใส	ระดับ 5	แขวนลอย น้ำทิ้ง	7.5	27.2	เหลืองใส	ระดับ 5	แขวนลอย น้ำทิ้ง	7.5	27.2	เหลืองใส	ระดับ 5	แขวนลอย น้ำทิ้ง	7.5	27.2	
	20 : 0.5	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 1.0	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 1.5	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 2.0	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
1	20 : 0	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	
	20 : 0.5	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 1.0	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 1.5	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 2.0	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดกับน้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน จ.อยุธยา

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
2	20 : 0	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	
	20 : 0.5	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 1.0	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 1.5	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 2.0	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
3	20 : 0	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	
	20 : 0.5	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 1.0	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 1.5	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 2.0	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดกับน้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน จ.อยุธยา

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
4	20 : 0	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	
	20 : 0.5	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 1.0	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 1.5	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 2.0	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
5	20 : 0	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	เหลืองใส	*	แขวนลอย น้ำทิ้ง	*	*	
	20 : 0.5	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 1.0	เหลืองใส+	*	ผงถ่าน ตกตะกอน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส+	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 1.5	เหลืองใส ++	*	ผงถ่าน ตกตะกอน++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 2.0	เหลืองใส ++	*	ผงถ่าน ตกตะกอน++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดกับน้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน จ.อยุธยา

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำ : ถ่าน กัมมันต์ (ml : g)	ลักษณะของน้ำทิ้ง															หมายเหตุ
		ซ้ำ 1					ซ้ำ 2					ซ้ำ 3					
		สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	สี	กลิ่น	ความขุ่น	pH	T	
6	20 : 0	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	เหลืองใส	*	ไม่มี	*	*	
	20 : 0.5	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน	*	*	
	20 : 1.0	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส ++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	เหลืองใส++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+	*	*	
	20 : 1.5	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน++	*	*	
	20 : 2.0	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	เหลืองใส +++	*	แขวนลอย ผงถ่าน+++	*	*	
24	20 : 0	เหลืองใส	ระดับ 3	ไม่มี	8.3	24.0	เหลืองใส	ระดับ 3	ไม่มี	8.3	22.3	เหลืองใส	ระดับ 3	ไม่มี	8.3	21.6	
	20 : 0.5	เหลืองใส +++	ระดับ 2	แขวนลอย ผงถ่าน	9.0	23.2	เหลืองใส +++	ระดับ 2	แขวนลอย ผงถ่าน	9.2	21.3	เหลืองใส +++	ระดับ 2	แขวนลอย ผงถ่าน	9.1	22.0	
	20 : 1.0	เหลืองใส +++	ระดับ 2	แขวนลอย ผงถ่าน+	9.3	22.7	เหลืองใส +++	ระดับ 2	แขวนลอย ผงถ่าน+	9.5	21.8	เหลืองใส +++	ระดับ 2	แขวนลอย ผงถ่าน+	9.5	22.2	
	20 : 1.5	เหลืองใส ++++	ระดับ 1	แขวนลอย ผงถ่าน++	9.5	23.0	เหลืองใส ++++	ระดับ 1	แขวนลอย ผงถ่าน++	9.7	21.7	เหลืองใส ++++	ระดับ 1	แขวนลอย ผงถ่าน++	9.7	21.8	
	20 : 2.0	เหลืองใส ++++	ระดับ 0	แขวนลอย ผงถ่าน+++	9.6	22.7	เหลืองใส ++++	ระดับ 0	แขวนลอย ผงถ่าน+++	9.8	21.7	เหลืองใส ++++	ระดับ 0	แขวนลอย ผงถ่าน+++	9.7	21.1	

หมายเหตุ T หมายถึงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส), + หมายถึงมีระดับดีขึ้น, - หมายถึงมีระดับลดลง และ * หมายถึงไม่ได้มีการทดสอบ



รายงานผลการวิจัยโครงการ



วัสดุชีวมวล



ทินกร พิริยโยธา
(TINNAKORN PIRIYAYOTHA)
สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้
กรมป่าไม้
พ.ศ. 2554

การออกแบบเครื่องมืออัดแท่งสำหรับเชื้อเพลิงจากเศษวัสดุชีวมวล

The Design of Briquetting Machine for Biomass Residues Fuel

ทินกร พิริยโยธา

(TINNAKORN PIRIYAYOTHA)¹⁰¹

บทคัดย่อ

เศษไม้ปลายไม้เมื่อเผาให้เป็นถ่านแล้วนำมาอัด โดยใช้เครื่องมือกลแรงดันต่ำช่วยเพิ่มความหนาแน่น สามารถทำให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ แต่ปัญหาสำคัญสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง คือเครื่องมือที่ใช้อัดมีราคาแพง ใช้กำลังไฟฟ้าสูง ดังนั้นการพัฒนาให้มีการออกแบบเครื่องมืออัดเชื้อเพลิงแท่งอย่างง่ายและราคาไม่แพง จะช่วยให้ชาวบ้านมีศักยภาพในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งใช้เองได้ โดยวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ คือ เพื่อออกแบบเครื่องมืออัดเชื้อเพลิงจากเศษวัสดุชีวมวลโดยใช้แรงอัดต่ำ ให้ได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีคุณภาพ และให้ความร้อนสูง เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มแก่เศษวัสดุทางการเกษตรซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทดแทนฟืนและถ่าน

ผลการศึกษาพบว่าเครื่องมืออัดแท่งแบบเกลียวสกรูเป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานอัดแท่งถ่านปนมากที่สุด โดยสามารถออกแบบเครื่องอัดให้มีลักษณะการใช้งานได้ 3 แบบ ภายในเครื่องเดียว คือ เครื่องอัดแท่งแบบสกรูโดยใช้แรงคนแบบมือหมุน แบบจักรยานปั่น และเครื่องอัดแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้า โดยสามารถผลิตถ่านอัดแท่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร ยาว 1 เมตรในเวลา 2 นาที

เมื่อนำเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ได้มาทดลองอัดด้วยอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบต่างๆพบว่า เครื่องสามารถผลิตแท่งเชื้อเพลิงได้ทั้งสามแบบ ส่วนผสมที่นำมาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เหมาะสม คือ ผงถ่านปน: แป้งมัน เท่ากับ 10:1 ผสมน้ำ 700 ซี.ซี. และเมื่อนำเชื้อเพลิงอัดแท่งมาทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานต้มน้ำกับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่ง ต้มน้ำให้มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ในเวลา 35 นาที

เครื่องอัดที่ออกแบบได้ สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์และปริมาณวัตถุดิบ คือ การทำงานแบบใช้มือหมุนและแบบจักรยานนั้น เหมาะสมกับการผลิตเชื้อเพลิงใช้ภายในครัวเรือน เนื่องจากมีกำลังผลิตต่ำ ส่วนการอัดแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้าความเหมาะสมในการดำเนินงานเชิงพาณิชย์ เนื่องจากสะดวกต่อการใช้งาน หากแต่ผู้ใช้ที่ต้องการผลิตเครื่องอัดแท่งเชิงพาณิชย์ จำเป็นต้องศึกษาและพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ประกอบการตัดสินใจด้วย เช่น การลงทุนสร้างเครื่องอัดแท่ง ค่าแรงงาน ปริมาณวัตถุดิบ ค่าความชื้นของวัสดุ เป็นต้น เพื่อจะได้แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีคุณภาพตรงตามวัตถุประสงค์การนำไปใช้งาน และเพื่อการค้าต่อไป

คำหลัก : เครื่องอัดแท่ง (briquetting machine) เศษวัสดุชีวมวล (biomass residues)

¹⁰¹นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ

คำนำ

1. ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือจากเศษไม้ปลายไม้ สามารถนำมาเป็น พลังงานทดแทนที่มีศักยภาพแทนถ่านและฟืนในครัวเรือนได้ โดยการผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ค่าความร้อนของวัสดุทางการเกษตรแม้ว่าจะมีค่าน้อยกว่าเนื้อไม้ แต่ถ้านำมาอัดเป็นแท่งเพื่อเพิ่มความหนาแน่น ก็สามารถให้ค่าความร้อนได้ในปริมาณใกล้เคียงกัน และถ่านป่นที่อัดเป็นก้อนจะให้ความร้อนไม่น้อยกว่าถ่านที่ได้จากการเผาไม้ท่อน ดังนั้นการนำเศษวัสดุทางการเกษตรมาเผาให้เป็นถ่านแล้วนำมาอัดเป็นก้อน จึงเป็นแนวทางเพิ่มเชื้อเพลิงเพื่อทดแทนไม้ได้ การอัดผงถ่านจากวัสดุชีวมวลโดยใช้ตัวประสานช่วยสามารถทำให้เป็นแท่งได้โดยใช้เครื่องมือกลแรงดันต่ำอย่างง่าย แต่ปัญหาสำคัญสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งคือเครื่องมือที่ใช้อัดมีราคาแพง ชาวบ้านไม่สามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งเองได้ ประกอบกับ เชื้อเพลิงอัดแท่งยังไม่ได้มีการจำหน่ายอย่างแพร่หลาย จึงทำให้การส่งเสริมให้มีการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งไม่ก้าวหน้าไปเท่าที่ควร ดังนั้นการพัฒนาให้มีการออกแบบเครื่องมืออัดเชื้อเพลิงแท่งอย่างง่ายและราคาไม่แพง โครงการนี้จะช่วยให้ชาวบ้านมีศักยภาพในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งใช้เองได้ สอดคล้องกับบรรลุมติวัตถุประสงค์ของการพัฒนาพลังงานจากไม้เพื่อเศรษฐกิจพอเพียง

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 2.1 เพื่อออกแบบเครื่องมืออัดเชื้อเพลิงจากเศษวัสดุชีวมวลโดยใช้แรงอัดต่ำ
- 2.2 พัฒนาและหาส่วนผสมของตัวประสาน (Binder) ที่จะทำให้ได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีคุณภาพและให้ความร้อนสูง
- 2.3 เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มแก่เศษวัสดุทางการเกษตรซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทดแทนฟืนและถ่าน

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 3.1 ออกแบบเครื่องมืออัดเชื้อเพลิงแท่ง และสร้างเครื่องมือตามแบบ
- 3.2 ทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากเครื่องอัด
- 3.3 ส่งเสริมและเผยแพร่การใช้เครื่องมืออัดแท่งอย่างง่าย และเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้กับเตาพัฒนา

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 4.1 โครงการที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิงอัดแท่ง สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อผลิตเครื่องมือได้
- 4.2 งานวิจัยครั้งนี้จะเป็นองค์ความรู้ในการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งที่เป็นพืชผลทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ด้านพลังงานต่อไปได้
- 4.3 เป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตเครื่องมืออัดเชื้อเพลิงแข็ง

วิธีการศึกษา

1. อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง ประกอบด้วยวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องอัดถ่านอัดแท่งต้นแบบ เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบ อุปกรณ์ที่ใช้เตรียมและแปรรูปวัสดุที่จะใช้ในการทดสอบ และวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบเครื่องต้นแบบ

1.1 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบ ได้แก่ เหล็กสำหรับทำโครง เหล็กแผ่น เหล็กแท่งสำหรับกึ่ง และวัสดุอื่นๆ อีกตามความเหมาะสมของงาน โดยใช้เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบ ได้แก่ เครื่องเชื่อมไฟฟ้า เครื่องกลึง เครื่องเจาะ เครื่องตัดโลหะแผ่น เครื่องตัด-เหล็ก ตลับเมตร และเครื่องมืออื่นๆ อีกตามความเหมาะสมของงาน

1.2 อุปกรณ์ที่ใช้แปรรูปวัสดุที่จะใช้ในการทดสอบ ได้แก่ เตาเผาถ่านถัง 200 ลิตร ถัง กระจกอบหม้อ อะลูมิเนียม

1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบเครื่องต้นแบบ ได้แก่ แบ่งมันสำปะหลัง น้ำ กระจกทวง เครื่องชั่งน้ำหนัก นาฬิกาจับเวลา ไม้บรรทัด และทดสอบการต้มน้ำด้วย เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง หม้ออะลูมิเนียมเบอร์ 24 เครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องวัดค่าความชื้น และอุปกรณ์อื่นๆ อีกตามความเหมาะสมของงาน

2. วิธีการทดลอง

วิธีการศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

2.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ

หาค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ขนาดของผงถ่านเมื่อทำการบดด้วยมือ ค่าแรงดันที่ใช้ในการอัดถ่านให้เป็นแท่ง ค่าความหนาแน่นของถ่านอัด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบต่อไป โดยศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการขึ้นรูปถ่านอัดแท่งได้แก่แรงดันและอัตราส่วนผสม เพื่อใช้ประกอบเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการสร้างเครื่องอัดต่อไป

2.2 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

เพื่อให้การออกแบบบรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการ จึงได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการออกแบบเครื่องอัดถ่านดังนี้

2.2.1 เครื่องอัดถ่านควรมีกลไกการทำงานไม่ซับซ้อน และมีวิธีการใช้งานง่าย

2.2.2 มีขนาดเล็กกะทัดรัด สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก และสามารถปฏิบัติงานในพื้นที่ที่มีวัตถุดิบได้โดยไม่ต้องพึ่งพาไฟฟ้า

2.2.3 ซ่อมแซมและบำรุงรักษาง่าย มีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

2.3 การทดสอบเบื้องต้น

เพื่อทดสอบกลไกการอัดและเครื่องอัดที่ออกแบบไว้เพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ โดยทดสอบอัดแท่งเชื้อเพลิงตามอัตราส่วนผสมที่ใช้ คือ อัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลังต่อผงถ่าน โดยใช้เครื่องชั่งในการชั่งน้ำหนักแป้งมันและผงถ่าน ทำการผสมในอัตราส่วนดังนี้

อัตราส่วนที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมผงถ่าน 0.1:1 โดยน้ำหนักผงถ่าน 1 กิโลกรัม ต่อน้ำ 700 ซีซี

อัตราส่วนที่ 2 แป้งมันสำปะหลังผสมผงถ่าน 0.2:1 โดยน้ำหนักผงถ่าน 1 กิโลกรัม ต่อน้ำ 700 ซีซี

2.4 การปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่อง

ปรับปรุงและทดสอบเครื่องต้นแบบให้มีความสมบูรณ์และเหมาะสมในการทำงาน

2.5 การทดสอบและประเมินผลขั้นสุดท้าย

หลังจากได้ดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบแล้ว ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องและผลิตภัณฑ์ที่ได้

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. จากการศึกษาเครื่องมืออัดเชื้อเพลิงจากเศษวัสดุชีวมวลโดยใช้แรงดันต่ำจากที่มีการวิจัยไว้หลายๆ แบบ พบว่าเครื่องมืออัดแท่งแบบเกลียวสกรูเป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานอัดแท่งถ่านป่นมากที่สุด ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องมือที่มีขนาดเล็กและเหมาะสมกับปริมาณวัตถุดิบภายในครัวเรือน ร่วมกับนักศึกษาช่างกลและช่างที่มีความชำนาญกลึงเกลียวสกรู โดยสามารถออกแบบเครื่องอัดให้มีลักษณะการใช้งานได้ 3 แบบ ภายในเครื่องเดียว คือ

1. เครื่องอัดแบบสกรูโดยใช้แรงคนแบบมือหมุน
2. เครื่องอัดแบบสกรูโดยใช้แรงคนแบบจักรยานปั่น
3. เครื่องอัดแบบสกรูโดยใช้ไฟฟ้าแบบมอเตอร์ 1 แรง



2.ผลการจัดเตรียมวัสดุชีวมวลสำหรับอัดทดลอง จำนวน 3 ชนิด คือ เศษถ่านกะลามะพร้าว ถ่านไม้ กระถินยักษ์ และถ่านขี้เลื่อยไม้ไผ่ โดยผสมกับวัสดุเชื่อมประสาน คือ แป้งมันสำปะหลัง คลุกเคล้าผสมกับน้ำ ตามอัตราส่วน ต่างๆ ได้อัตราส่วนที่สามารถใช้กับเครื่องอัดแท่งได้ดี ดังนี้

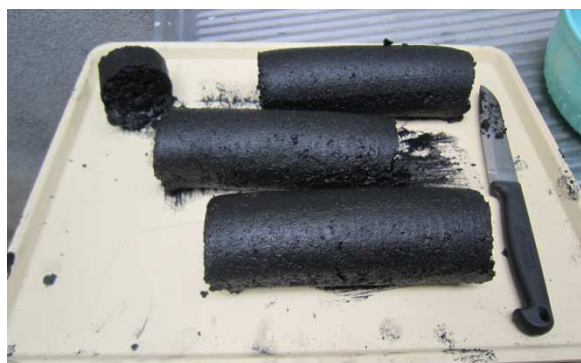
อัตราส่วนที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมผงถ่าน 0.1:1 โดยน้ำหนักผงถ่าน 1 กิโลกรัม ต่อน้ำ 700 ซีซี

อัตราส่วนที่ 2 แป้งมันสำปะหลังผสมผงถ่าน 0.2:1 โดยน้ำหนักผงถ่าน 1 กิโลกรัม ต่อน้ำ 700 ซีซี



3. การทดสอบอัดแท่งวัสดุชีวมวลและตัวประสานตามอัตราส่วน โดยทำการทดสอบกับเครื่องที่ออกแบบไว้สามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ 3 แบบ ดังนี้

3.1 การทดสอบการอัดแท่งแบบมือหมุน



3.2 การทดสอบอัดแท่ง แบบจักรยานปั่น





3.3 การทดสอบอัดแท่ง โดยใช้กำลังมอเตอร์ไฟฟ้า



4. การปรับปรุงเครื่องมืออัดแท่งให้เกิดประสิทธิภาพ เหมาะสมกับการใช้งาน

ผู้วิจัยได้พิจารณาร่วมกับคณะที่ทีมงานผู้ผลิตเกลียวสกรูเครื่องมืออัดแท่งและผู้ทดสอบอัดแท่ง เชื้อเพลิง เพื่อปรับปรุงเครื่องมืออัดแท่งให้เกิดประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับการใช้งาน พบว่า การอัดแท่งเชื้อเพลิง แบบใช้มือหมุนผู้อัดต้องทำงาน 2 คน โดยคนหนึ่งหมุน อีกคนค่อยโรยส่วนผสม และการหมุนต้องใช้กำลัง แขนมาก เนื่องจากส่วนผสมไปอัดแน่นคาอยู่ที่ปลายกระบอกรีด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ตัดปลายกระบอกรีดออก ประมาณ 10 เซนติเมตร เพื่อลดแรงอัดในปลายกระบอกรีด และให้ช่างกลึงเกลียวสกรูให้มีระยะห่างของเกลียว

เพื่อรับปริมาณวัตถุดิบได้เพิ่มมากขึ้น และทำการทดสอบอัดแท่งเชื้อเพลิงใหม่ พบว่าการอัดด้วยมือสามารถอัดเป็นแท่งได้สะดวกขึ้น ส่วนการอัดแบบใช้จักรยานปั่น และใช้ไฟฟ้าสามารถอัดได้ดีตามปกติ



5. การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องรูปแบบต่างๆ ตามอัตราส่วนตัวประสาน มาทำการทดสอบการใช้งานต้มน้ำกับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง(กปม.1) ได้ผลการทดสอบดังนี้ ถ่านอัดแท่งอัตราส่วนแป้งมัน:ผงถ่าน เท่ากับ 0.1: 1 ผสมน้ำ 700 ซี.ซี. สามารถติดไฟได้ภายในเวลา 4 นาที มีควันและเขม่าเล็กน้อย สามารถต้มน้ำให้เดือดได้ โดยใช้เวลาประมาณ 15 นาทีแล้วไฟจะแรงและน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 35 นาที รวมระยะเวลาติดไฟ 78 นาที ประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนมีค่า 25.80 % และจากการบันทึกระหว่างการทดสอบต้มน้ำ พบว่า ถ่านอัดแท่งที่ใช้ทดสอบ สามารถใช้งานหุงต้มในครัวเรือนได้ เนื่องจากไม่มีการแตกปะทุของถ่าน มีการติดไฟดี แต่จะมีเขม่าและเขม่าควันรบกวนในระหว่างการใช้งานโดยต้องใช้ไม้ช่วยเขี่ยถ่านถึงจะให้ไฟดี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวัตถุดิบผงถ่านที่นำมาทดสอบเป็นผงถ่านไม้กระถินยักษ์ซึ่งเมื่อเป็นถ่านไม้ปกติก็จะเกิดเขม่าเหมือนกันเนื่องจากคุณสมบัติของไม้ และหากควบคุมความชื้นของแท่งอัดให้มีคุณภาพมาตรฐานที่ประมาณ 7% จะทำให้ถ่านอัดแท่งที่ได้มีประสิทธิภาพการใช้ที่เหมาะสมขึ้น



สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการทดลอง

1.1 เศษไม้ปลายไม้เมื่อเผาให้เป็นถ่านแล้วนำมาอัด โดยใช้เครื่องมือกลแรงดันต่ำช่วยเพิ่มความหนาแน่น สามารถทำให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ แต่ปัญหาสำคัญสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง คือ เครื่องมือที่ใช้อัดมีราคาแพง ใช้กำลังไฟฟ้าสูง ดังนั้นการพัฒนาให้มีการออกแบบเครื่องมืออัดเชื้อเพลิงแท่งอย่างง่ายและราคาไม่แพง จะช่วยให้ชาวบ้านมีศักยภาพในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งใช้เองได้ โดยวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้คือ เพื่อบอกแบบเครื่องมืออัดเชื้อเพลิงจากเศษวัสดุชีวมวลโดยใช้แรงอัดต่ำ ให้ได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีคุณภาพและให้ความร้อนสูง เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มแก่เศษวัสดุทางการเกษตรซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทดแทนฟืนและถ่าน

1.2 ผลการศึกษาพบว่าเครื่องมืออัดแท่งแบบเกลียวสกรูเป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานอัดแท่งถ่านป่นมากที่สุด โดยสามารถออกแบบเครื่องอัดให้มีลักษณะการใช้งานได้ 3 แบบ ภายในเครื่องเดียว คือ เครื่องอัดแท่งแบบสกรูโดยใช้แรงคนแบบมือหมุน แบบจักรยานปั่น และเครื่องอัดแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้า โดยสามารถผลิตถ่านอัดแท่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร ยาว 1 เมตรในเวลา 2 นาที

1.3. เครื่องอัดที่ออกแบบได้ สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์และปริมาณวัตถุดิบ คือการทำงานแบบ ใช้มือหมุนและแบบจักรยานปั่น เหมาะสมกับการผลิตเชื้อเพลิงใช้ภายในครัวเรือน เนื่องจากมีกำลังผลิตต่ำส่วนการอัดแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้าความเหมาะสมในการดำเนินงานเชิงพาณิชย์ เนื่องจากสะดวกต่อการใช้งาน

1.4 เมื่อนำเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ได้มาทดลองอัดด้วยอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบต่างๆพบว่าเครื่องสามารถผลิตแท่งเชื้อเพลิงได้ทั้งสามแบบ ส่วนผสมที่นำมาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เหมาะสม คือ ผงถ่านป่น: แป้งมัน เทากับ 10 : 1 ผสมน้ำ 700 ซี.ซี. และเมื่อนำเชื้อเพลิงอัดแท่งมาทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานต้มน้ำกับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่ง ต้มน้ำให้มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสในเวลา 35 นาที ประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนมีค่า 25.80 %

1.5 สำหรับการนำไปขยายผลเพื่อส่งเสริมใช้งานจริง สามารถสรุปได้ว่า เครื่องอัดที่ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าจะมีความเหมาะสมในการดำเนินงานผลิตที่ต้องการการผลิตแบบต่อเนื่อง และสะดวกต่อการใช้งานแก่ประชาชนทั่วไป ทั้งนี้เนื่องจากปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าขยายไปสู่หมู่บ้านต่างๆ ทั่วประเทศ แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น จากค่ากระแสไฟฟ้า และค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องนำมาติดตั้ง คือมอเตอร์ไฟฟ้า ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปเป็นความเห็นว่าการใช้งานผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยการต่อพ่วงแบบจักรยานปั่น จึงเป็นสิ่งที่สะดวกต่อผู้ใช้งานระดับครัวเรือนและชุมชนมากกว่า ทั้งยังสามารถผลิตใช้ได้ทุกที่ทุกเวลา และเป็นการออกกำลังกายไปในตัวด้วย สำหรับการอัดแบบใช้มือหมุนนั้นไม่เหมาะสมกับการผลิต เนื่องจากมีกำลังผลิตต่ำแต่สามารถใช้ประกอบเครื่องเวลามีปัญหาวัสดุติดขัดที่เกลียวเครื่องอัดได้

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 สำหรับผู้ที่ต้องการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งเชิงพาณิชย์ จำเป็นต้องศึกษาและพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ประกอบการตัดสินใจด้วย เช่น การลงทุนสร้างเครื่องอัดแท่ง ค่าแรงงาน ปริมาณวัตถุดิบ รวมถึงเทคนิค วิธีการควบคุมกระบวนการผลิต ค่าความชื้นของวัสดุ เป็นต้น เพื่อจะได้แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีคุณภาพตรงตามวัตถุประสงค์การนำไปใช้งาน และเพื่อการค้าต่อไป

2.2 เครื่องอัดแท่งมีศักยภาพที่จะทำเชื้อเพลิงที่มีกลิ่นหอมได้ ถ้าเลือกใช้พืช เช่น ใบเตยผสมทำเป็นเชื้อเพลิง และควรศึกษาพัฒนาส่วนผสมจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นมาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อไป

2.3 ผู้ปลูกสร้างสวนป่า และเกษตรกรมีทางเลือกในการเพิ่มรายได้ โดยสามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีคุณภาพ และขนาดให้มีความเหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ในแต่ละประเภทได้อย่างถูกต้อง ไม่ต้องตัดไม้ทำลายป่ามาทำเป็นฟืนและเผาถ่าน ทำให้มีโอกาสได้ช่วยสวนป่าไม้ของชาติไว้ให้ลูกหลาน



เอกสารอ้างอิง

กองวิจัยผลิตผลป่าไม้. 2526 . **พลังงานจากไม้**. (เอกสารเผยแพร่). กรมป่าไม้

ประลอง ดำรงค์ไทย. 2542. **รายงานศึกษาวิจัย โครงการวิจัยเพื่อปรับปรุงและส่งเสริมการใช้แท่งเชื้อเพลิงชีวมวล**. กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ . 122 น.

วัฒนา เสถียรสวัสดิ์และคณะ. 2530.**รายงานวิจัยโครงการแท่งเชื้อเพลิงแข็ง**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 134 น.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง**. มพช.238/2547

สาวิตรี จันทรานุกรักษ์. 2543. **การผลิตถ่านอัดก้อนที่มีคุณภาพสูงจากวัสดุเหลือใช้โดยใช้เครื่องอัดแท่งชนิดเกลียว**. รายการผลการวิจัยประจำปี,รายงานประจำปี. 19 น.

มาลี ภาณุภา. 2532. **การทดสอบคุณภาพและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านไม้ 11 ชนิด** ในการประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2532 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ , 243 – 250 น.

วินัย ปัญญาธัญญะ. 2541. **เทคโนโลยีการผลิตถ่านสำหรับชนบท**. เอกสารทางวิชาการ เลขที่ ร 523 กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 70 น.

บทสรุปชุดโครงการวิจัย

โครงการวิจัยการพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์พลังงานชีวมวลตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกรมป่าไม้โดยผ่านความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ในปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๑ จำนวน ๒๕๐,๐๐๐ บาท ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๒ จำนวน ๓๖๐,๔๐๐ บาท ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๓ จำนวน ๓๓๗,๔๐๐ บาท และปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๔ ซึ่งเป็นปีที่สิ้นสุดโครงการ ๕๗๑,๔๐๐ บาท รวมเป็นเงินที่ได้รับงบประมาณดำเนินการทั้งสิ้น ๑,๕๑๙,๒๐๐ บาท โดยชุดโครงการวิจัยนี้ประกอบด้วยโครงการวิจัยย่อย ๕ โครงการ ซึ่งผลผลิต (Output) ที่ได้รับจากโครงการวิจัยย่อยแต่ละโครงการ คือ

โครงการวิจัย	ผลผลิต (Output)
๑. การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุชีวมวล	ได้สูตรผสมที่เหมาะสมในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วย
๒. การศึกษาคุณสมบัติถ่านและน้ำส้มควันไม้จากสะเดา ยูคาลิปตัส ทะลายจาก และไผ่สีสุกจากเตาเผาถ่าน ๓ ชนิด	ได้เทคนิคการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้
๓. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากชีวมวล	ได้เทคนิคการผลิตถ่านกัมมันต์อย่างง่ายจากชีวมวล
๔. การออกแบบเครื่องมืออัดแท่ง สำหรับเชื้อเพลิงจากเศษวัสดุชีวมวล	ได้เครื่องอัดเชื้อเพลิงแท่งแบบใช้มือหมุนแบบจักรยานปั่นและแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้า
๕. การจัดการแปลงไม้โตเร็วเพื่อการพลังงานอย่างยั่งยืน	ได้ข้อมูลผลผลิตไม้ยูคาลิปตัสเพื่อการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้

สำหรับผลลัพธ์ (Outcome) ที่ได้รับจากชุดโครงการโครงการวิจัยการพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์พลังงานชีวมวลตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง คือ การเป็นส่วนหนึ่งของการลดและชะลอการตัดไม้เพื่อนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงช่วยเพิ่มมูลค่าเศษวัสดุชีวมวล และสนับสนุนให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งของการลดปัญหาภาวะโลกร้อน

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยชุดโครงการวิจัยการพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์พลังงานชีวมวลตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง โดยความร่วมมือร่วมใจของนักวิชาการป่าไม้ ซึ่งเป็นหัวหน้าโครงการวิจัยย่อยและเจ้าหน้าที่ของรัฐที่ช่วยสำรวจรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน การวิจัยทดลอง การวิเคราะห์หาค่าความร้อนของตัวอย่างทดสอบ การออกแบบเครื่องมือและการคิดสูตรเชื้อเพลิงที่เหมาะสม ตลอดจนการจัดพิมพ์เอกสารและการส่งเสริมเผยแพร่ผลงานวิจัยที่ได้จากชุดโครงการวิจัยนี้

ข้าพเจ้าในนามของหัวหน้าชุดโครงการขอขอบคุณคณะกรรมการพิจารณาข้อเสนอและติดตามผลโครงการวิจัย ของสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้ให้โอกาสแก่คณะทำงานในการดำเนินงานโครงการวิจัยนี้ และต้องขอขอบคุณคณะทำงานทุกคนดังรายนามต่อไปนี้ ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| ๑. นางสาวฐิติภรณ์ บุญแย้ม | ผู้ช่วยนักวิจัย |
| ๒. นางสาวประภัสสร ภาคอรธ | นักวิชาการเผยแพร่ |
| ๓. นางสาวขวัญรพี สิทธิศรีสะอาด | นักวิชาการเผยแพร่ |
| ๔. นายศักดิ์ศิริ เจริญเนตร์ | พนักงานห้องปฏิบัติการ ส.๒ |
| ๕. นายชนะภัย ไอลถ | เจ้าพนักงานการเกษตร |
| ๖. นายเฉลิมพล สุขสี | เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล |
| ๗. นายวัชรินทร์ แซ่ฟุ้ง | เจ้าพนักงานการเกษตร |
| ๘. นางกรรณิกา เขจรชัย | เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล |
| ๙. นางสาวเบจวรรณ จุลจุฬา | เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล |
| ๑๐. นางสาวกนกอร บุญจันทร์ | คณงานเกษตร |
| ๑๑. นางเพ็ญ อุริรักษ์ | คณงานห้องทดลอง |