

# ถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ : ตลาดยังมีความต้องการสูง ?

## Activated Carbon from Bamboo:

### Does the Market have a High Demand ?

ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก\*

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Thanpisit Phuangchik\*

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology,

Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

#### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันถ่านกัมมันต์สามารถนำไปผลิตสิ่งของเครื่องใช้ต่าง ๆ ได้อย่างมากมายเป็นร้อยอย่าง ซึ่งในตลาดต่างประเทศทั่วโลกมีความต้องการอย่างสูง เนื่องจากนวัตกรรมในการผลิตสิ่งของเครื่องใช้ที่ตลาดมีความต้องการเพิ่มขึ้น แล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบคือถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ ให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากด้วย ถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่มีสมบัติที่ดีในหลายด้าน ตลาดจึงมีความต้องการอย่างมากเพื่อนำไปแปรรูปเป็นสิ่งของเครื่องใช้ต่าง ๆ ได้อีกเป็นจำนวนมาก การผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ ต้องทำการผลิตให้ได้คุณภาพตามที่ตลาดมีความต้องการ ถ้าสามารถผลิตได้คุณภาพสูง ก็สามารถส่งออกสร้างรายได้โดยไม่ซีดจាំกัทดเท่าที่จะสามารถผลิตได้ แต่การผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ต้องมีการวางแผนการผลิตที่ดี มีการปลูกไผ่ ได้แก่ พันธุ์กิมซุง และพันธุ์ซางหม่น เป็นต้น ให้เพียงพอต่อความต้องการส่งถ่านกัมมันต์ไปขาย ซึ่งต้องมีการจัดการอย่างดี การปลูกไผ่นอกจากจะได้ถ่านกัมมันต์แล้วยังได้พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นด้วย รวมทั้งสามารถเพิ่มมูลค่าจากไม้ไผ่ด้วยวิธีการอื่น ๆ เช่น ทำ pellet ผลิตหน่อไม้ และเส้นใยจากไม้ไผ่ได้เนื่องจากไม้ไผ่เป็นพืชที่มีประโยชน์มากมายหลายด้าน

คำสำคัญ : ไผ่; ถ่านกัมมันต์

#### Abstract

Currently activated carbon can be used to produce other hundred appliances which overseas markets worldwide are highly desirable for them. The innovation in the production of goods will cause the demand to be increased. It also increases the value of raw materials by producing the activated carbon from bamboo for business. Activated carbon from bamboo has nice feature in many ways. The market is highly desirable to be processed into other appliances.

Many activated carbons produced from bamboo required to have good quality as the market demands. If you can produce it with high quality, it can be exported for increasing the revenue under unlimitation. Activated carbon from bamboo is planned to be produced from the best variety of bamboo, such as Kim Sung in order to meet the need of the market and this case, this must be done under well management. Bamboo plantation for activated carbon also causes the increment of forest area as well as to increase the value of bamboo by making other products such as bamboo pellet and fiber including using the bamboo shoot as a kind of vegetable because bamboo is a plant that can be utilized in many ways.

**Keywords:** bamboo; activated carbon

## 1. บทนำ

ถ่านกัมมันต์ (activated charcoal หรือ activated carbon) โดยทั่วไปเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยคาร์บอนที่ได้จากถ่าน เป็นวัสดุที่มีพื้นที่ผิวสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการดูดซับไนโตรเจนมีสูงมาก เพราะว่ามีรูเล็ก ๆ (microporosity) จำนวนมาก และสามารถเพิ่มพลังการดูดซับได้อีกโดยใช้สารเคมีปรับสภาพ การผลิตถ่านกัมมันต์ โดยทั่วไปมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ (1) การกระตุ้นทางเคมี (chemical activation) โดยส่วนใหญ่จะใช้กรดผสมเข้ากับวัสดุเริ่มต้นเพื่อที่จะกัดสิ่งสกปรก (cauterization) ออกจากรูเล็ก ๆ วิธีการนี้ยังเป็นที่สงสัยกันอยู่ เช่น อาจมีเศษสังกะสีตกค้างอยู่ในผลผลิตสุดท้ายได้ และ (2) การกระตุ้นด้วยไอน้ำ (steam activation) วัสดุที่ทำจากคาร์บอนจะถูกผสมกับไอน้ำและ/หรือ ก๊าซที่อุณหภูมิสูงเพื่อทำการกระตุ้น วัสดุเริ่มต้นสามารถใช้เป็นวัสดุคาร์บอน (carbonic materials) หลายชนิด ได้แก่ กะลามะพร้าว ไม้ไผ่ และไม้ถ่าน เป็นต้น ถ่านกัมมันต์ สามารถนำมาใช้ใหม่ (regeneration) โดยการใช้ความร้อน [1]

คาร์บอน เป็นธาตุเคมีชนิดหนึ่ง มีสัญลักษณ์ C มีโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนในนิวเคลียสอย่างละ 6 มีเลขอะตอมเท่ากับ 6 น้ำหนักของอะตอมเป็น

12.011 คาร์บอนเป็นธาตุชนิดพิเศษในธาตุเคมีทั้งหมด เพราะว่า มีรูปร่างที่หลากหลาย สามารถรวมกับธาตุชนิดอื่นแล้วเกิดเป็นสารประกอบได้หลายชนิดมากกว่า ล้านชนิด พบในธรรมชาติ ทั้งสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ อยู่ในรูปของแกรไฟต์ เพชร ถ่าน หินปูน ปิโตรเลียม มีจุดเดือดอยู่ที่ประมาณ 3,500 - 4,500 องศาเซลเซียส รูปร่างของแกรไฟต์มีจุดเดือดประมาณ 3,375 องศาเซลเซียส หากเป็นเพชร มีจุดเดือดอยู่ที่ 4,827 องศาเซลเซียส ทุกรูปแบบไม่สามารถละลายในสารเคมีได้ ส่วนสมบัติการนำกระแสไฟฟ้านั้น ถ่านจากไฟหรือแกรไฟต์จะนำไฟฟ้าได้ดี ให้ประจุไฟฟ้าได้ปริมาณมาก นั่นคือเหตุผลที่ถ่านไฟฉายบรรจุผงคาร์บอนไว้จำนวนมาก ดังนั้นเทคนิคการสร้างแบตเตอรี่แผ่นดิน (earth battery) ที่ได้เล่าไว้ในฉบับก่อน หากต้องได้ประจุลบมาก ๆ ต่อเนื่อง ให้เติมผงคาร์บอนจากไฟในปริมาณมาก ๆ ส่วนเพชรจะไม่นำกระแสไฟฟ้าแต่อย่างใด การผลิตคาร์บอนให้มีคุณภาพสูง ก็เมื่อเผาได้เกิน 1,000 องศาเซลเซียส เรียกว่าถ่านกัมมันต์ (activated carbon, AC) มีธาตุคาร์บอนเกือบบริสุทธิ์เกิน 57 % มีมูลค่าสูงมาก ๆ [2]

## 2. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะของถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์มีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิด

เหมาะแก่แต่ละงานไม่เหมือนกัน ในเบื้องต้นสามารถจำแนกออกเป็นใช้กับอากาศและใช้กับของเหลว จำพวกที่ใช้กับอากาศจะพบได้ในเครื่องปรับอากาศ ระบบฟอกอากาศ หน้ากากแก๊ส โดยทั่วไปเป็นพวกสาร pollutant ในอากาศ มีโมเลกุลขนาดเล็ก ถ่านกัมมันต์ที่เลือกใช้จึงควรมีรูพรุนขนาดเล็ก (จำพวก microporous) ซึ่งจะเป็นตัวดูดซับ/ซับ ได้ดีที่สุด แต่ถ้านำถ่านกัมมันต์ชนิดนี้ไปใช้ในตู้เลี้ยงปลาทะเล จะกลับมีประสิทธิภาพที่ต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากรูพรุนขนาดเล็กประมาณ 15 อังสตรอม (1 อังสตรอม = 0.000000001 เมตร) นั้นเล็กเกินที่จะดูดซับ "มลสารตู้ปลา" (aquarium pollutant) ซึ่งโดยมากเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ ส่วนถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ (macroporous) ประมาณ 30 อังสตรอม ซึ่งมีขนาดใหญ่พอที่จะดูดซับ "มลสารตู้ปลา" (aquarium pollutant) ไปได้ [3]

วัตถุดิบที่นำมาผลิตถ่านกัมมันต์มีผลอย่างมากต่อขนาดรูพรุนที่เกิดขึ้น เช่น ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว รูพรุนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็ก (microporous) ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวจะใช้ในการกำจัดคลอรีนในน้ำประปา ถ่านหินลิกไนต์ใช้ในการทำถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ (macroporous) ส่วนไม้หากนำมาทำถ่านกัมมันต์จะให้รูพรุนขนาดปานกลาง (ประมาณ 25 อังสตรอม)

### 3. ตัวแปรอื่นที่ถูกนำมาใช้ในเชิงการตลาด

ตัวแปรอื่นที่ถูกนำมาใช้ในเชิงการตลาด ได้แก่ ปริมาณพื้นที่ทั้งหมด (total surface area, TSA) มีหน่วยเป็นตารางเมตรต่อกรัม แต่ทั้งนี้ควรจะทราบด้วยว่าถ่านกัมมันต์ที่มีร่างแหรูพรุนภายในโครงสร้างจำนวนมาก แต่ช่องเปิดออกสู่ภายนอกขนาดเล็กมีมากหรือไม่ มีเลย ก็จะมีค่า TSA สูงเช่นเดียวกัน ซึ่งในกรณีนี้กลับ

ไม่มีประสิทธิภาพในการดูดซับอะไรเลย การประเมินค่าความพรุนของรูขนาดเล็ก (microporosity) นั้นจะดูที่ Iodine Number (คนละอันกับค่าความไม่อิ่มตัวของไขมัน) ค่า iodine number ที่มากกว่า 1,000 ชี้ให้เห็นว่าถ่านกัมมันต์มีรูพรุนขนาดเล็ก (microporous) จำนวนมาก ซึ่งรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมากส่งผลให้ปริมาณพื้นที่ทั้งหมด (TSA) สูงเช่นกัน ส่วนค่า Molasses Number ใช้ในการประเมินว่ารูขนาดใหญ่ นั้นใหญ่มากน้อยแค่ไหน (macroporosity) โดยทั่วไปค่า molasses number ควรมากกว่า 400 ถ่านกัมมันต์บางชนิดมีค่า molasses number เป็น 1,000 เลยทีเดียว ต่างกับค่า iodine number ยิ่งค่า molasses number มาก (ขนาดรูใหญ่) แต่ค่า TSA กลับลดลง (ด้วยหลักการของพื้นที่ผิวธรรมดา) ซึ่งค่าเหล่านี้ควรจะทราบไว้เวลาดูสเปกของถ่านกัมมันต์ที่จะซื้อ

### 4. สมบัติของคาร์บอนหรือถ่านกัมมันต์จากไม้

4.1 ถ่านกัมมันต์เป็นธาตุคาร์บอนที่ใกล้จะบริสุทธิ์ อย่างน้อยร้อยละ 57 ขึ้นไป

4.2 คาร์บอนมีความแข็งแรง คงตัว ไม่ถูกละลายด้วยสารเคมีใด หรือไม่เป็นสนิม ใช้สร้างแผ่นเซลล์เชื้อเพลิง ใช้ผสมเพิ่มความมั่นคง แข็งแรงลงในปูนซีเมนต์ พลาสติก หรือวัสดุต่าง ๆ อีกมากมาย เช่น ยางรถยนต์ ส่วนประกอบโครงสร้างที่แข็งแรง คงทน หากอุตสาหกรรมยางรถยนต์เติบโตเพียงใด ผงคาร์บอนย่อมเติบโตเพียงนั้น

4.3 ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยา อาหาร สารเคมี อื่น ๆ ได้หลากหลายเกิน 100 รายการ

4.4 เป็นวัสดุประกอบสำคัญในการผลิตเซลล์เชื้อเพลิง ถ่านไฟฉาย เม็ดเชื้อเพลิงทดแทน ให้ความร้อนสูง

อุตสาหกรรมคาร์บอนนำทิ้งอัจฉริยะ มีมูลค่ามหาศาล มีความต้องการปีละ 10,000,000 ตัน มูลค่าตันละ 30,000-40,000 บาท (1,000-1,300 เหรียญสหรัฐ) คิดเป็นมูลค่าการซื้อขายมากถึงปีละ 400,000 ล้านบาท (มากกว่าการส่งออกของไทย 2 เท่า/ปี) ความต้องการใช้คาร์บอนแบล็ค (carbon black) ติดอันดับ 1 ใน 50 อุตสาหกรรมของโลก เติบโตปีละ 5-6 % ต่อเนื่องมาโดยตลอด สามารถจัดกลุ่มของผู้ใช้ประโยชน์คาร์บอน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ใช้ในการผลิตยางรถยนต์และส่วนประกอบในโครงสร้างของรถยนต์ (rubber) ในปริมาณร้อยละ 90 หรือ 9 ล้านตัน (มูลค่าการตลาดปีละ 360,000 ล้านบาท) นับวันที่จะเพิ่มปริมาณความต้องการยิ่งขึ้น

กลุ่มที่ 2 ใช้ในการผลิตเม็ดสี (pigment) ปริมาณร้อยละ 9 หรือ 900,000 ตัน (มูลค่า 36,000 ล้านบาท) เช่น เม็ดสีผสมชิ้นส่วนการผลิตสี สารเติมสี

กลุ่มที่ 3 ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร/ยา/อื่น ๆ อีกไม่น้อยกว่า 100 รายการ ความต้องการรวม ๆ ร้อยละ 1 หรือ 100,000 ตัน (มูลค่าการตลาด 4,000 ล้านบาท) เช่น ยาเม็ดคาร์บอนกัมมันต์ ผ้าทอคาร์บอนกัมมันต์ เสื้อผ้า เป็นส่วนเสริมพลาสติก เพิ่มประสิทธิภาพ ความคงทน แข็งแกร่ง เบา ได้แก่ รองเท้า หมวกกันน็อก รองเท้าบูท แท่งแกรไฟต์ ถ่านไฟฉาย และเซลล์เชื้อเพลิง เป็นต้น นับวันจะเพิ่มความต้องการขึ้นเรื่อย ๆ ต้องศึกษา ค้นคว้า เรียนรู้สร้างนวัตกรรมพลังงานทดแทนจากผงคาร์บอน เพื่อสร้างประโยชน์ให้คนไทยได้อีกมากมาย

## 5. การใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่

ถ่านกัมมันต์ใช้ในการสกัดโลหะ เช่น ทองคำ ทำน้ำให้บริสุทธิ์ (โดยเฉพาะถังเก็บน้ำในบ้านเรือน) ยา การบำบัดน้ำเสีย สารกรองก๊าซ และหน้ากากกรอง ใช้

กรองอากาศ

ผงคาร์บอน ผลิตมาจากหลายวิธีการ ทั้งจากการกลั่นน้ำมันดิบ การเผาไหม้สารอินทรีย์ เช่น ไม้ แกลบ ชี้เลี้ยง กะลามะพร้าว เปลือกถั่ว ลิกไนท์ ซังข้าวโพด เศษวัสดุการเกษตร และไฟ พืชทุกชนิดที่มี

ส่วนประกอบของคาร์บอนระหว่าง 35-70 % ถ้าไม่มีคาร์บอน 47.43 % ดังนั้นไฟจึงมีสมบัติที่จะผลิตผงคาร์บอนได้แน่นอน สมควรที่จะมีการศึกษา วิจัยพัฒนาให้เป็นพืชคาร์บอน ด้วยเหตุผลอย่างน้อย 4 ประการ คือ

5.1 ไม้มีองค์ประกอบของธาตุคาร์บอนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

5.2 ไม้เติบโตเร็ว สามารถใช้ผลิตคาร์บอนได้เมื่อปลูก 1-2 ปี สามารถหมุนเวียน ตัดสางลำแก่ไปใช้เผาถ่านได้อย่างต่อเนื่อง ยาวนาน

5.3 ไม้สามารถบริหารจัดการเร่งอัตราส่วนในการสร้างของคาร์บอนได้ดี

5.4 ไม้มีเส้นใยและรุกรุนมากกว่าต้นไม้ปกติ 4 เท่า ดังนั้นช่องว่างในเนื้อผงคาร์บอนย่อมมากกว่าผลิตจากไม้ชนิดอื่น เป็นสิ่งที่ต้องการมากที่สุด

5.5 ไม้มีเส้นใยเซลลูโลสที่มีคุณภาพสูง ให้ประจุลบอิเล็กตรอนจากทุกส่วนของต้นตั้งแต่ใบถึงกอ โคนลำไผ่กระบวนการผลิตคาร์บอนกัมมันต์ จะแตกต่างกันไป มีตั้งแต่แบบง่าย ๆ ที่ใช้ผลิตถ่านกัมมันต์ คนโบราณก็รู้ อียิปต์ผลิตใช้ก่อนคริสตกาล 1,500 ปี นับถึงปัจจุบันก็นานกว่า 3,511 ปี และจากบันทึกประเทศจีนได้เรียนรู้การเผาถ่านไม้ไผ่มานานกว่า 5,000 ปีแล้ว ปัจจุบันมีการพัฒนาเป็นอุตสาหกรรม มีการผลิตสมัยใหม่ ใช้เวลาน้อย ให้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูง

ไผ่ยังสามารถใช้ประโยชน์ได้อีกมาก เช่น การสกัดโลหะ (เช่น ทองคำ) ทำน้ำให้บริสุทธิ์ [โดยเฉพาะถังเก็บน้ำ (aquarium) ในบ้านเรือน] ยาแก้ท้องเสีย

โดยดูดซับสารพิษที่รับประทานเข้าไป โดยใช้เป็นส่วนผสมของยาลดกรด ยาช่วยย่อย ยาขับลม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาด้วยยา ถ่านกัมมันต์มีขนาดเล็กและมีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก จึงมีสมบัติ/กลไกการออกฤทธิ์ดูดซับสารพิษที่เข้าไปในระบบทางเดินอาหาร รวมถึงสารที่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อกระเพาะอาหาร และลำไส้ การบำบัดน้ำเสีย (sewage treatment) สารกรองก๊าซและหน้ากากกรอง ใช้กรองอากาศ [4]

## 6. กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์พื้นฐาน

มี 7 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การหั่น-สับ-บด (crusher) เมื่อวัสดุเข้ากระบวนการ ก็จะมีการสับหยาบ บดละเอียด เครื่องจักร ก็มีหลายขนาด เล็กขนย้ายง่ายถึงขนาดใหญ่พันทันต่อวัน ขนาดของวัตถุดิบต้องได้มาตรฐาน การเลือกวัตถุดิบต้นน้ำ เพื่อผลิตผงคาร์บอนมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของคาร์บอนกัมมันต์ที่ต้องการผลิตจำหน่าย

ขั้นตอนที่ 2 การทำให้แห้ง (drier) ก่อนเผาถ่านคาร์บอน วัตถุดิบจะต้องมีความแห้งหมาด ๆ ความชื้นไม่เกิน 17 % หรือน้อยกว่า เนื่องจากพืชชีวมวลแต่ละชนิด มีปริมาณน้ำไม่เท่ากัน การแยกน้ำ เป็นเรื่องสำคัญ เซลลูโลส เมื่อแยกน้ำออกแล้ว 6 ส่วน ก็จะเหลือ คาร์บอน 6 ส่วน ด้วยเช่นกัน

ขั้นตอนที่ 3 เผาถ่าน (carbonization) เมื่อเผาถ่านในสภาพจำกัดอากาศ ออกซิเจน ในความร้อนเกิน 400-450 องศาเซลเซียส สารประกอบอินทรีย์จะระเหยออกไป ก็จะได้ถ่าน (charcoal) คุณภาพจะดีเพียงใด ก็ขึ้นอยู่กับรูปแบบระบบการเผาถ่านนั้น

ขั้นตอนที่ 4 ผลิตกัมมันต์ (activation unit) ใช้ไอน้ำร้อน 800-1,000 องศาเซลเซียส โดยการเพิ่มพลังงานความร้อนที่ขึ้น (ป้องกันติดไฟ) ให้คาร์บอนปรับเปลี่ยนโครงสร้างผลึกโมเลกุลให้แข็งแกร่ง ทรง

พลังเชื้อเพลิงที่ใช้ คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ ไฮโดรเจน (H<sub>2</sub>) รูปแบบคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้กันโดยทั่วไป มี 3 แบบ คือ (1) ผงกัมมันต์ (powered AC) ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันพืชสกัดน้ำมัน น้ำตาล ยารักษาโรค สารเคมี ยางรถยนต์ โครงสร้างอาคาร เหมืองแร่ บำบัดน้ำเสีย และการกรองน้ำ (2) เม็ดกัมมันต์ (granular AC) ใช้ในด้านการกรองอากาศเสีย อุตสาหกรรมสารเคมีและเวชภัณฑ์ ยานยนต์ พลังงานความร้อน และการกลั่นแยกก๊าซธรรมชาติ และ (3) แท่งกัมมันต์ (pellet AC) ใช้ในด้านการกำจัดสารเคมีที่มีพิษ ตัวเร่งปฏิกิริยาต่าง

ขั้นตอนที่ 5 บดผงกัมมันต์ (crusher) เมื่อลูกค้าต้องการใช้แบบผง ก็จะต้องมีเครื่องจักรในการบดผงกัมมันต์ให้ละเอียด ปกติผงคาร์บอน จะมีความแข็งแกร่งมาก ไม่สลายตัว อยู่ได้หลายพันปี

ขั้นตอนที่ 6 ปีบอัดเม็ด (tumbling) เมื่อลูกค้าต้องการในรูปแบบเม็ดเล็ก ๆ ในขนาดที่เป็นมาตรฐาน

ขั้นตอนที่ 7 บรรจุภัณฑ์ (packaging) ใช้บรรจุกระสอบเล็ก และกระสอบใหญ่ ตามความต้องการลูกค้า

## 7. การสร้างโอกาสทางการตลาด

ก่อนเริ่มต้นธุรกิจใหม่ เพื่อให้วงการอุตสาหกรรมที่ใช้ผงคาร์บอนกัมมันต์ ยอมรับ/ยินดี ที่จะรับซื้อ มีเงื่อนไขสำคัญต้องให้ความมั่นใจต่อลูกค้า อย่างน้อย 3 เรื่อง คือ คุณภาพ ปริมาณ และความต่อเนื่อง

7.1 คุณภาพ เลือกพืชชีวมวลที่มีคุณภาพสูง ป้อนเข้าเตาเผาได้ต่อเนื่อง ผลิตเต็มสมรรถนะ การควบคุมคุณภาพเป็นเรื่องง่าย มีอุปกรณ์วัดคุณภาพ เครื่องจักรมีมาตรฐานการผลิตชัดเจน โรงงานผลิตกัมมันต์ควบคุมคุณภาพขึ้นอยู่กับ 2 เรื่อง คือ วัตถุดิบชีวมวล และเครื่องจักรที่ใช้ผลิต

7.2 ปริมาณ เมื่อรับคำสั่งซื้อแล้ว จำเป็นต้องผลิตให้ได้ในปริมาณที่ต้องการ ป้อนวัตถุดิบอย่างต่อเนื่องจึงเป็นเรื่องสำคัญ มีการวางแผนปริมาณวัตถุดิบ ต้องมีมากเพียงพอ โดยการวางแผนงานล่วงหน้า

7.3 ความต่อเนื่อง จัดกระบวนการผลิต ใช้ความร้อนสูงตลอดเวลา แผนการผลิต ต้องต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง ทั้งระบบการผลิต แรงงาน วัตถุดิบ ป้อนเตาเผาแก๊สมันต์ จึงจะเกิดความคุ้มค่า และประหยัดต้นทุนการผลิต

## 8. การผลิตถ่านกัมมันต์ต้องมีแผนการทำธุรกิจ

ถ้าจะลงทุน มีที่ดิน สวนไม้กิมซุงหรือไม้ซางหม่นขนาดใหญ่ พื้นที่รวม ๆ 2,000-5,000 ไร่ มีปริมาณไม้ซางหม่นปีละ 200,000-500,000 ตัน คิดจากฐานข้อมูลผลิตลำไม้ไผ่ไร่ละ 100 ตัน ไม้สด 2 ตัน เป็น 1 ตันแห้ง ได้ผลผลิตต่ำสุด 25 % คือ ผงกัมมันต์ 1 ตันมาจากไม้แห้ง 4 ตัน จากลำสด ๆ 8 ตัน ดังนั้น 1 ไร่ ก็จะได้ผลิตได้ 12.5 ตัน พื้นที่ 2,000-5,000 ไร่ ย่อมผลิตคาร์บอนกัมมันต์ 25,000-62,500 ตันต่อปี

ผงคาร์บอนปีละ 50,000 ตัน ต้นละ 1,300 เหรียญ คิดเป็นฐานเงินไทย 30 บาท/เหรียญ ก็มีมูลค่ากว่า 39,000 บาท แต่ละปีจะมีรายได้จากผงคาร์บอน 1,950 ล้านบาท ทั้งนี้ยังไม่รวมรายได้จากหน่อไม้หวาน ใบไม้ หรือปุ๋ยชีวภาพอื่น ๆ อีกมากมาย

ต้นทุนการจัดตั้งเริ่มแรก 85 ล้านบาท รวมถึงค่าใช้จ่ายเดือนละ 40 ล้านบาท ดังต่อไปนี้

8.1 ต้นทุน (คงที่) ต้นทุน (หมุนเวียน) ค่าที่ดิน 20 ไร่ ไร่ละ 50,000 บาท รวม 1 ล้านบาท ค่ารับซื้อวัตถุดิบ 400 ล้านบาท

8.2 ค่าเครื่องจักรหลัก 4 ขั้นตอน 44 ล้านบาท ค่าแรง/บริหาร 60 ล้านบาท

8.3 ค่าร่วมลงทุนปลูกไม้กับสมาชิก 20 ล้าน

บาท ค่าใช้จ่ายกระบวนการผลิต 10 ล้านบาท

8.4 ค่าก่อสร้างโรงงาน 20 ล้านบาท ค่าขนส่ง/รับเหมา 10 ล้านบาท

ใช้หลักการร่วมทุนปลูกไม้ป้อนโรงงาน ราคาประกัน ส่งเสริมอาชีพปลูกไม้ให้ชุมชน 2 ล้านบาท รวม 85 ล้านบาท/20 ปี ปีละ 4.25 ล้านบาท รวมปีละ 482 ล้านบาท/เดือนละ 40 ล้านบาท

ขนาดการผลิต : โรงงานขนาดกลาง 50,000 ตัน/ปี ยอดขายปีละ 1,950 ล้านบาท มีต้นทุนรวมปีละ 486.25 ล้านบาท รายได้ก่อนหักภาษี 1,463.75 ล้านบาท เสียภาษี 30 % คือ 439.125 ล้านบาท กำไรสุทธิ 1,024.625 ล้านบาทต่อปี ถือว่าเป็นโครงการที่ดีที่น่าลงทุนเป็นอย่างมาก

จุดสำคัญ คือ ข้อมูลต้องมีการวิเคราะห์ วางแผนธุรกิจอย่างเป็นระบบจากผู้รู้ คือ (1) ควรเริ่มต้นปลูกไม้ โดยใช้หลักการร่วมทุนปลูกไม้แบบมีสัญญารับซื้อล่วงหน้ากับสมาชิก 20 ปี (2) เลือกใช้เทคโนโลยีที่มีสมรรถนะผลิตผงกัมมันต์อย่างน้อย 150 ตันต่อวัน (24 ชั่วโมง) (3) เชิญผู้เชี่ยวชาญเทคนิคการผลิต ที่มีประสบการณ์เข้าร่วมบริหารโรงงานผลิต (4) นำเสนอผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพ เข้าถึงกลุ่มเป้าหมาย ส่งมอบสินค้าถูกต้อง ตรงเวลา และ (5) จัดการบริหารแปลงไม้แบบมืออาชีพเพื่อป้อนอุตสาหกรรม ด้วยการดูแลแบบพืชสวน (มีการให้น้ำ ปุ๋ยตามช่วงการเจริญเติบโตของต้นไม้)

การออกแบบเตาเผาถ่านโดยใช้การผลิตก๊าซซิไฟเออร์ (gasifier) เพื่อให้ได้พลังงานสูงมาจากก๊าซมีเทน (methane, CH<sub>4</sub>) ให้ความร้อนสูงสุด

เพิ่มระบบถ่ายเทพลังงานไฟฟ้าจากความร้อน (thermoelectricity power) ให้ได้อย่างน้อย 12 โวลต์ ต่อกับชุดแปลงสัญญาณไฟฟ้า (inverter) ก็จะสามารถผลิตไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ 1,000 วัตต์ ได้ไฟฟ้าเพียงพอใช้ในเรือกสวนไธนาที่ทางไกลสายไฟฟ้า

รัฐบาล (ผลิตไฟฟ้าใช้เองได้ด้วย)

เพิ่มระบบการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำ (hydrogen, H<sub>2</sub>) โดยใช้หลักการอิเล็กโทรไลซิส (electrolysis) เมื่อได้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ผ่านชุดผลิตก๊าซไฮโดรเจน ป้อนกลับเข้าไปให้พลังงานความร้อน พลังงานสะอาด เมื่อออกแบบถูกต้อง น้ำ 1 ลิตร อาจให้ก๊าซไฮโดรเจนมากกว่า 1,500 ลิตร ได้

การผลิตถ่านกัมมันต์จะใช้วัตถุดิบจากอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ กัน เช่น ถ่านไม้ เปลือกถั่วเมล็ดแข็ง กะลามะพร้าว หรือกระดูกสัตว์ ที่เอามาเผาเป็นถ่าน และทำการ activate ภายใต้ความร้อนสูงและไอน้ำในสภาวะปราศจากออกซิเจน เพื่อเป็นการกำจัดสารประกอบต่าง ๆ ที่ยังหลงเหลืออยู่ให้มีเพียงคาร์บอนบริสุทธิ์อย่างเดียวและเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับให้มากที่สุด

สมบัติหลัก ๆ ของถ่านกัมมันต์คือมีรูพรุนสูง และมีสมบัติในการดูดซับ สารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในของเหลว หรือก๊าซเอาไว้ได้ในปริมาณสูง จึงนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย

ในหนึ่งกรัมของถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวถึง 400-1,200 ตารางเมตร

กลไกการดูดซับสารอินทรีย์ของ activated carbon ใช้การดูดเข้าไปที่พื้นผิวหรือ adsorption เมื่อสารอินทรีย์ผ่านเข้าไปตามรูพรุนเล็ก ๆ ที่มีอยู่มากมายใน activated carbon

ถ่านกัมมันต์สำหรับตู้ปลาและไม้น้ำ ตำแหน่งในการใส่ถ่านกัมมันต์ให้ได้ผลดีและวัตถุประสงค์หลักในการใช้คือเพื่อดูดซับ สารพิษ สี และกลิ่นที่ไม่ต้องการในน้ำออก ดังนั้นมีอายุการใช้งานที่ยืนยาวก็มีความสำคัญ

แต่สำหรับการกรองน้ำในตู้ปลาหรือตู้ไม้น้ำ เราจะใช้ activated carbon เพียงชั่วคราว สำหรับดูดซับ

เอาสีจากขอนไม้ กลิ่น คลอรีนหรือสารพิษต่าง ดูดปุ๋ยส่วนเกินในน้ำในระยะแรกของการเซ็ตตู้ หรือป้องกันตะไคร่น้ำจากปุ๋ยที่ฟุ้งกระจายในน้ำ ใช้ในตู้ปลาหลังรักษาโรคเพื่อดูดซับเอายาและสารเคมีที่หลงเหลือออกไป เมื่อไม่ได้ใช้งานแล้วควรที่จะเอาออกเนื่องจากจะดูดเอาปุ๋ยและสารอาหารที่มีประโยชน์สำหรับต้นไม้ ออกไปด้วย

## 9. ไม้ไผ่นอกจากนำมาผลิตถ่านกัมมันต์แล้วยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นหรือเพิ่มมูลค่าได้อีกหลายอย่าง

ไผ่ อีกหนึ่งวัสดุท้องถิ่นที่อยู่คู่กับวิถีชีวิตคนไทยมาแต่ช้านาน โดยไผ่เป็นไม้ที่ขึ้นเป็นกอ ลำต้นเป็นปล้อง ๆ เส้นใยของลำไผ่จะประสานกันแน่น มีความเหนียวและแรงหยุ่นตัว ทำให้สามารถดัดโค้งตามต้องการได้ เปลือกลำไผ่จะมีความแข็งแรงเป็นมัน ชาวบ้านในท้องถิ่นได้เรียนรู้การนำมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่โบราณ ทั้งการประกอบอาหาร การก่อสร้าง และใช้ในงานหัตถกรรมจักสารไม้ไผ่ แต่ในปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากไผ่ยังอยู่ในวงจำกัด ซึ่งขาดการพัฒนา รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่จะนำเข้าสู่กระบวนการเพิ่มมูลค่า เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค

### 9.1 เครื่องหัตถกรรม

ผลิตภัณฑ์ไผ่มีประวัติอันยาวนาน ไผ่สามารถทำตอกสานหรือแกะสลักเป็นวัสดุสิ่งของได้อย่างมากมายหลายรูปแบบ เป็นเฟอร์นิเจอร์ เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันของที่ระลึก เครื่องประดับมากมาย หัตถกรรมเหล่านี้ต้องอาศัยความรู้ความชำนาญมาก หัตถกรรมจากไม้ไผ่มีการพัฒนาการผลิตอย่างต่อเนื่องหลายชั่วอายุคน จนทำให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะสวยงาม ดึงดูดใจเป็นที่รู้จักทั่วไปทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ในปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องมือให้สะดวกขึ้น เช่น เครื่องจักรผ่าซีกไม้

ไม้ เครื่องจักรตอกไม้ ไม้ เครื่องสานหรือทอตอก ไม้ ไม้ ทำให้สามารถเพิ่มผลผลิต และคุณภาพของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น ตอบสนองต่อการขยายตัวของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ

## 9.2 การก่อสร้าง

ในทางตอนใต้ของประเทศจีน แถบแคว้นสิบสองปันนา มณฑลยูนนาน ประชาชนนิยมสร้างบ้านด้วยไม้ไผ่ถึงแม้ต่อมาได้มีการพัฒนาไปใช้อิฐและกระเบื้องในการก่อสร้างแทนก็ตาม แต่ไม้ยังถูกนำไปใช้เป็นนั่งร้านในการสร้างตึกหรือใช้เป็นไม้แบบในการก่อสร้างในประเทศไทยก็นิยมสับฟากทำพื้นบ้านหรือสานทำเป็นหน้าบ้าน แต่ปัจจุบันลุงสมจิตร มณีรัตน์ ได้ใช้ไม้ไผ่ทั้งลำทำบ้านเป็นแบบ log cabin หรือบ้านต้นซุงจากไม้ไผ่ได้สวยงามตระการตา มั่นคง และแข็งแรง คาดว่าในอนาคตจะมีคนปลูกไผ่ลำใหญ่กันมากขึ้นอย่างแน่นอน นอกจากนี้มีการใช้ไม้ไผ่เป็นโครงสร้างซีเมนต์สำหรับการก่อสร้างในชนบท ได้แก่ การก่อสร้างถนนหนทาง บ่อน้ำ และฝาย เป็นต้น

## 9.3 อุตสาหกรรมการผลิตไม้แผ่นและไม้ไผ่อัด

เนื่องจากส่วนบนของไม้ไผ่ เนื้อไม้มีขนาดเล็กบาง ไม่สามารถทำพื้นไม้ได้โดยตรง แต่ไม้สามารถนำมาผลิตแผ่นไม้พื้น ไม้อัดโดยใช้กระบวนการอัดกาวแล้วอัดด้วยความดันสูงได้เป็นไม้แผ่นคุณภาพสูง แข็งแรงสวยงาม ทนทานต่อรังสีอัลตราไวโอเลตในแสงแดดได้ดี จึงสามารถใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง ได้แก่ ผลิตไม้ปาเก้ที่สวยงามแปลกตา มีความคงทน แข็งแรง ไม้อัดพื้นรถบรรทุก ไม้พื้นรถไฟ ไม้แบบงานก่อสร้าง วัสดุตกแต่งภายใน ฝ้าเพดาน และผนังห้อง เป็นต้น

## 9.4 อุตสาหกรรมกระดาษ

คนจีนรู้จักการนำไผ่มาทำเป็นกระดาษมาช้านานแล้ว พันธุ์ไม้ที่เหมาะสมสำหรับใช้ทำกระดาษเป็นพันธุ์ที่มีไฟเบอร์ยาว ปริมาณเซลลูโลสและซิลิกาสูง

ได้แก่ พันธุ์ *Arundinaria maculate* และ *B. textilis* เป็นต้น สมัยก่อนกระดาษทำด้วยมือ ต่อมาได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีจนเป็นอุตสาหกรรมมีโรงงานนำไผ่มาผลิตเป็นกระดาษคุณภาพสูงโดยไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อมในมณฑลกว่างตุง กวางสี เสฉวน มีโรงงานกระดาษขนาดใหญ่สามารถผลิตกระดาษได้มากกว่า 400,000 ตันต่อปี

## 9.5 อุตสาหกรรมหน่อไม้

ประเทศจีนมีหน่อไม้ทั้งในธรรมชาติและปลูกขึ้นมามากมาย สมัยก่อนผลิตเป็นอุตสาหกรรมหน่อไม้แห้งเท่านั้น ต่อมาได้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตหน่อไม้เป็นหน่อไม้กระป๋องขึ้น ปัจจุบันมีการผลิตหน่อไม้ทั้งจากไผ่ลำต้นใต้ดินและไผ่กอ สามารถผลิตเป็นหน่อไม้ปี๊บ หน่อไม้กระป๋อง หน่อไม้บรรจุถุง สุญญากาศ หน่อไม้ดอง ปริมาณมากกว่า 100,000 ตันต่อปี จำหน่ายทั้งในและต่าง ประเทศ ในประเทศไทยก็มีหน่อไม้ต้มสุกอัดปี๊บ หน่อไม้ดอง และอื่น ๆ อีกหลายชนิดทั้งขายในประเทศและส่งออก

## 9.6 เส้นใยไม้ไผ่

ผลการวิจัยของหลายบริษัทชั้นนำในประเทศจีนและไต้หวัน ระบุว่าไม้ไผ่ที่นำมาผลิตเส้นใยและปั่นเป็นเส้นด้ายจะใช้ถักทอผ้าได้ดีที่สุด ด้วยสมบัติที่ดีกว่า คือ เส้นใยไผ่สามารถป้องกันแบคทีเรียและราได้ดี ขจัดกลิ่นเหม็นตามธรรมชาติ ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ญี่ปุ่นได้สกัดสารที่เรียกว่า bamboo kun เพื่อนำไปผสมกับเส้นใยจากธรรมชาติอื่น ๆ ให้มีสมบัติเช่นเดียวกับเส้นใยไหม โดยเส้นใยไผ่จะช่วยดูดซับความชื้นมากเป็นสองเท่าของเส้นใยจากฝ้าย ผ้าที่ผลิตจากเส้นใยไผ่จะให้ความอ่อนนุ่มเหมือนสวมใส่ผ้าขนสัตว์และผ้าไหม ซึ่งเส้นใยไผ่เป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติที่เติบโตเร็วและมีอัตราการเกิดทดแทนใหม่เสมอมากกว่าเดิมในปีถัดไปเมื่อตัดลำไผ่ไปผลิตเส้นใย จึงเป็นการรักษาโลกให้ยังคงมีความเขียวได้อยู่เสมอ



แตกต่างจากการตัดต้นไม้ใหญ่ ๆ ส่วนราคาของเส้นใยไม่สามารถหาซื้อได้ง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยอื่น ๆ นอกจากนี้ไม้ไผ่ยังเป็นพืชให้ธรรมชาติคาร์บอนอยู่ได้อย่างยั่งยืน โดยมีสมบัติที่น่าทึ่งหลายอย่าง ให้ออกซิเจนในปริมาณสูงมากกว่าต้นไม้ถึง 35 % ไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมี ใช้เพียงปุ๋ยและน้ำ ไม้จะจัดสมดุลออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศได้ดีที่สุด จึงเรียกว่ามิตรของธรรมชาติ (eco-friendly)

ปัจจุบันเส้นใยจากไม้เป็นวัตถุดิบที่เป็นที่ต้องการสูงในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เนื่องจากเส้นใยไม้มีสมบัติพิเศษที่เหมาะสมกับการนำมาถักทอเป็นเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มระดับคุณภาพ มีความนุ่มเหมือนไหม ทนทาน ยืดหยุ่น โปร่ง และซึมซับความชื้นได้มากกว่าผ้าฝ้าย ทำให้สวมใส่สบาย สามารถดูดซับรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ป้องกันแบคทีเรียและราได้ดี ที่สำคัญมีสารกำจัดกลิ่นอยู่ในตัว ทำให้เสื้อผ้าที่ทำจากเส้นใยไม้ไม่ค่อยมีกลิ่นเหม็น อีกทั้งการปลูกไม้เพื่อใช้เส้นใยไม่ต้องใช้ยาฆ่าแมลงเหมือนกับการปลูกฝ้าย เป็นการลดมลภาวะไปในตัว

### 9.7 การใช้ไม้เพื่อการอนุรักษ์

ต้นไม้สามารถใช้ในการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ที่มีการพังทลายของดินริมน้ำ ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ ไม้ที่ปลูกริมน้ำช่วยป้องกันการพังทลายของดินริมตลิ่งได้เป็นอย่างดี ตามชนบทในประเทศไทยมีการปลูกตามชายแม่น้ำลำคลองกันตลิ่งพังทลายอยู่ทั่วไป

### 9.8 การใช้ประโยชน์ส่วนอื่น ๆ

ได้แก่ กาบใย ก้านใบ สามารถนำมาห่อสิ่งของ ทำกระเปาะ ทอเสื่อ ส่วนใบไม้สามารถใช้ห่อสิ่งของ สามารถทำอาหารสัตว์ สกัดทำอาหารคน และเปียร์ใบไม้ เป็นต้น เนื่องจากใบไม้มีโปรตีนและกรดอะมิโนถึง 17 ชนิด และก้านไม้ก็สามารถทำไม้กวาดได้ดีอีกด้วย จะไม่มีส่วนใดของไม้เหลือทิ้งเลย

### 9.9 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กระบวนการผลิตที่ซับซ้อน

แต่เดิมการใช้ประโยชน์มีแต่ทางด้านกายภาพเท่านั้น จากการวิจัยพบว่าไม้มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญหลายชนิด เช่น กรดอะมิโน คลอโรฟิลล์ และสารอื่น ๆ อีกหลายชนิด สารพวกนี้มีสมบัติเพิ่มความแข็งแรงในร่างกายคน ปัจจุบันมีการสกัดน้ำมันจากไม้ และกำลังมีการวิจัยร่วมระหว่างเอกชนและสถาบันวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เครื่องสำอาง และสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ไม่มีผลตกค้างทำลายสภาพแวดล้อม การวิจัยเพื่อสกัดสารทำยาและอาหารเพื่อสุขภาพเหล่านี้ จะสามารถพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ให้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์สามารถยกระดับการใช้ประโยชน์ของไม้จากเดิม 20-30 เปอร์เซ็นต์ เป็น 98 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตเป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม [5]

## 10. สรุป

ถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่สามารถนำไปเป็นวัสดุตั้งต้นในการผลิตของใช้ต่าง ๆ ได้อีกเป็นร้อยชนิด ซึ่งในวงการอุตสาหกรรมหลายอย่างมีความต้องการสูงในหลายประเทศทั่วโลกโดยมีการนำถ่านกัมมันต์ไปเป็นส่วนประกอบของการผลิตสิ่งของเครื่องใช้ต่าง ๆ ตลอดจนการรักษาโรคจึงทำให้ความต้องการของถ่านกัมมันต์มีปริมาณสูงชันอย่างมาก ยิ่งทั่วโลกมีนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพิ่มมากขึ้นความต้องการถ่านกัมมันต์ก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่เท่านั้นที่สามารถตอบโจทย์เรื่องนี้ได้ เพราะการปลูกไม้ต้องตัดสางลำไม้แก่ (ที่อายุ 2-3 ปี) ออกนำไปเผาถ่านเพิ่มมูลค่าได้ต้นไม้ที่เหลือก็ยังเป็นป่าสมบูรณ์เหมือนเดิมรอหน่อใหม่เจริญเติบโตขึ้นมาเป็นลำไม้ทดแทนของเดิมทราบนานเท่าที่ไม้พันธุ์นั้น ๆ จะออกดอกและตายชุกไปเอง

## 11. รายการอ้างอิง

- [1] Yanyanyan, การผลิตถ่านกัมมันต์, แหล่งที่มา : <http://www.arowanaboy.com/ถ่านกัมมันต์-activatedcarbon>, 3 กุมภาพันธ์ 2558.
- [2] มะนัด ละม้ายศรี, 2555, ใผ่ : พืชพลังงานทดแทน ไร้ขีดจำกัดคาร์บอน (เพชรดำ) มูลค่า 4 แสนล้านบาท, น.สร้างเงินสร้างงาน 8(92): 65-71.
- [3] กลุ่มสาระการเรียนรู้ โรงเรียนตดตารุณี, ปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะของถ่านกัมมันต์, แหล่งที่มา : <http://www.scidatdaruni.org/index.php/field-study/92-clean-water-techno>, 6 กุมภาพันธ์ 2558.
- [4] วิกิพีเดีย, ถ่านกัมมันต์, แหล่งที่มา : <http://th.wikipedia.org/wiki/ถ่านกัมมันต์>, 4 กุมภาพันธ์ 2558.
- [5] กรกัญญา อักษรเนียม และปานศิริ นิบุญธรรม, 2554, ใผ่ : พืชพรรณสร้างโลก, ว.เคทหารเกษตร 35(11): 76-99.