รายงานการวิจัย

เรื่อง

สมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งโดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน

The Physicals and Thermal Properties of Compressed Composite Charcoal Using Bio-Fermentation as a Binding Agent

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วิจิตร เชาว์วันกลาง

พิมพ์ลภา ปาสาจะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561)

Research Title : The Physicals and Thermal Properties of Compressed Composite Charcoal Using Bio-Fermentation as a Binding Agent

Researcher : Assist. Prof. Wijit Choawunklang
Ms.Pimlapa Pasaja

Organization : Physics Program, Faculty of Science and Technology
Rajabhat Maha Sarakham University

Year : 2019

ABSTRACT

The study of physicals and thermal properties of charcoal briquettes using bio-fermentation as a binding agent aimed to produce nutshell charcoal, identify physicals and thermal properties of charcoal briquettes. Also, qualities and ratio of charcoal powder to make charcoal briquettes were investigated. Three types of nutshell from makha tree, bastard poon tree, and wild almond tree were burned by pyrolysis process in a 200-liter tank fuel. Ten different ratios of charcoal powder from 9 to 1 by weight with bio-fermentation binding agent were compressed by cool pressure machine. Physicals property regard pressure resistance was tested by the Universal Test Machine, density by Archimedes' Principle, and thermal energy by Automatic Bomb Calorimeter. Also, the qualities charcoal briquettes were explored.

The results showed that nutshell could be used for charcoal making. Nutshell from makha tree showed greater hardness and more shining than others. The briquettes from mixed nutshell charcoal powder at the ratio of 1:1:9 indicated the highest density at 946.53 kg/m^3, whereas the ratio at 9:1:1 showed the highest pressure resistance at 18.48 N. Further, the mixed ratio of nutshell charcoal powder at 5:8:4 and 1:1:1 revealed the high thermal energy at 25.23 MJ/kg and 25.12 MJ/kg, respectively. All samples produced more thermal energy than standard value of charcoal briquettes. The briquettes with all ratios produced quite a large amount of smoke at the beginning of burning and decrease later, with no sparks. The briquettes with 1:1:9 of ratio had the lowest ash content at 4.70 % and the sample with 6:7:3 of ratio had the longer burning time at 77.88 minutes. Regarding thermal and other properties of the briquettes, nutshell charcoal from makha tree, bastard poon tree, and wild almond tree at 1:1:1 of ratio was appropriate for production.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลงได้ ด้วยความกรุณาจาก ศูนย์บริการวิชาการที่ 3 (จังหวัดมหาสารคาม) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ตำบลท่าสองคอน อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ในการเผาถ่านจากเมล็ดของต้นไม้ 3 ชนิด และเครื่องอัดถ่านอัดแท่งชนิดใช้มือ

ขอขอบคุณ คุณลุงอยู่ แขมพลกรัง ศูนย์การเรียนรู้ด้านพลังงานการทำถ่านอัดแท่ง บ้านพลกรัง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ความรู้เกี่ยวกับการผลิตถ่านอัดแท่ง (การบด การผสมถ่าน และการอัดแท่งถ่าน)

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือวัดค่าพลังงานความร้อน (Bomb Calorimeter) ในการวัดค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่ง

ขอขอบคุณสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือ และห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่สนับสนุนเงิน ทุนในการทำวิจัย ทำให้งานวิจัย นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย

2562

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หัวข้อวิจัย : การศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง โดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน

ผู้ดำเนินการวิจัย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิจิตร เชาว์วันกลาง
นางพิมพ์ลภา ปาสาจะ

หน่วยงาน : สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ปี พ.ศ. : 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง โดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน มีวัตถุประสงค์ เพื่อผลิตถ่านจาก เมล็ดของต้นไม้ หาสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง ศึกษาคุณภาพของถ่านอัดแท่ง และหาสัดส่วนที่เหมาะสม ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้ โดยนำเมล็ดของต้นไม้ 3 ชนิด ได้แก่เมล็ดมะค่าโมง เมล็ดสำโรง และเมล็ดกระบก นำมาเผาด้วย กระบวนการไพโรไลซีส โดยใช้การเผาด้วยถัง 200 ลิตร แล้วนำถ่านที่ได้มาบดละเอียด ผสมกันในอัตราส่วนแปรจาก 9 ถึง 1 โดยน้ำหนัก จำนวน 10 สูตร นำมาอัดให้เป็นแท่งด้วยเครื่องอัดเย็น ใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน แล้วหาสมบัติทางฟิสิกส์ ในด้านทนต่อแรงกด ด้วยเครื่องมือทดสอบสมบัติเชิงกล (Universal Test Machines) ด้านความหนาแน่น โดยใช้หลักของอาร์คิมิดีส หาค่าพลังงานความร้อน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน (Automatic Bomb Calorimeter) และหาคุณภาพของถ่านอัดแท่งในด้านต่าง ๆ

ผลการวิจัยพบว่า เมล็ดของต้นไม้สามารถนำมาเผาเป็นถ่านได้ โดยถ่านจากเมล็ดมะค่าโมงจะมันวาว และแกร่งกว่าถ่านจากพืชชนิดอื่น ส่วนสมบัติทางฟิสิกส์ในด้านความหนาแน่นของถ่านผสมของมะค่าโมง : สำโรง : กระบก ในอัตราส่วน 1:1:9 มีความหนาแน่นสูงสุดที่ 946.53 kg/m^3 ในด้านการทนต่อแรงกด ถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 9:1:1 มีความสามารถทนต่อแรงกดได้สูงสุด 18.48 N และสมบัติด้านความร้อน ถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 5:8:4 มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุด 25.23 MJ/kg รองลงมาคืออัตราส่วน 1:1:1 มีค่า 25.12 MJ/kg และทุกอัตราส่วน มีค่าพลังงานความร้อนสูงกว่า เกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) ของถ่านอัดแท่ง การศึกษาคุณภาพของถ่านอัดแท่งในด้านการเกิดควัน ทุกอัตราส่วนจะมีควันค่อนข้างมากเมื่อเริ่มจุดไฟ เมื่อ ถ่านอัดแท่งติดไฟแล้ว จะลุกเป็นเปลวไฟแล้วไม่มีควัน ไม่มีการแตกระเบิด ส่วนมวลของเถ้าหลังการเผาไหม้ ถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 1:1:9 มีการเผาไหม้ได้ดี มีเถ้าเหลือน้อยที่สุด 4.70 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาเผาไหม้ ถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 6:7:3 เผาไหม้ได้นานที่สุด ในเวลา 77.88 นาที ดังนั้น สัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้โดยใช้เกณฑ์ด้าน สมบัติทางความร้อนเป็นหลัก และด้านอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบ พิจารณาร่วมด้วย จึงควรใช้ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 1:1:1

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยที่ศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งโดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน ซึ่งมีความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำวิจัย ดังนี้

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำวิจัย

จากสถานการณ์ราคาน้ำมัน และปริมาณการใช้น้ำมันของโลกในปัจจุบัน ทำให้แต่ละประเทศต้องตระหนักถึงความสำคัญของพลังงาน ปัจจุบันพลังงานนับว่ามีความสำคัญ และพลังงานส่วนใหญ่มาจาก เชื้อเพลิงฟอสซิล พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการตอบสนองต่อความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ ประเทศไทยเราก็ประสบปัญหาด้านพลังงาน และราคามีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากปัจจัยและสภาพแวดล้อมหลายประการ ปริมาณสำรองของพลังงานลดลง ความไม่มั่นคงทางเศรษฐกิจและการเมือง ปัญหาที่เกิดจากกลุ่มประเทศตะวันออกกลางของแหล่งผลิตพลังงานน้ำมันใหญ่ของโลกประเทศไทยต้องพึ่งพาเป็นหลัก รวมถึงสงครามก่อการร้าย ซึ่งคาดว่าประเทศมหาอำนาจไม่สามารถควบคุมสถานการณ์ของราคา และปริมาณการผลิตน้ำมันของตะวันออกกลางในประเทศกลุ่มโอเปกได้ส่งผลกระทบต่อราคาน้ำมันเชื้อเพลิง และเชื้อเพลิงฟอสซิลอื่นๆ ปัจจุบันประเทศไทยต้องนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ทั้งหมด น้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อการพาณิชย์ เช่น น้ำมันดีเซล เบนซิน ฯลฯ ถูกใช้ในภาคการขนส่งถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคิดเป็นเงินประมาณ แสนล้านบาทต่อปี เนื่องจากการคมนาคมขนส่งของประเทศผูกติดกับการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง จึงน่าเป็นห่วง หากราคาน้ำมันยังคงสูงขึ้นไปอีก ประเทศจะเผชิญกับปัญหาในการสูญเสียเงินตราออกไปเป็นจำนวนมหาศาลและขาดดุลการค้า ประเทศไทยได้เคยประกาศยุทธศาสตร์ที่จะพัฒนาประเทศให้เป็นศูนย์กลางทางด้านอุตสาหกรรมรถยนต์แห่งภูมิภาคเอเชีย (Detroit Of Asia) ซึ่งมีส่วนส่งเสริมให้เกิดการผลิตรถยนต์เพื่อใช้ภายในประเทศ และส่งออกต่างประเทศเพิ่มขึ้น โดยคาดว่าในแต่ละปี ยอดขายรถยนต์รวมทุกประเภทของประเทศคาดว่าจะมีจำนวนมาก ซึ่งหากมองในด้านของการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมรถยนต์ของประเทศเป็นเรื่องที่ดี ปัญหาตามมาจะพบว่าทำให้มีรถยนต์ใหม่เข้ามาในระบบคมนาคมของประเทศเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงความต้องการใช้เชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จากสถานการณ์ทางด้านพลังงานดังกล่าว ย่อมมีผลกระทบโดยตรงต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ เพื่อแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ มาทดแทน และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้สะดวกเกิดประสิทธิภาพ ที่สำคัญช่วยประหยัดและช่วยลดค่าใช้จ่าย โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของการพึ่งพาพลังงานจากแหล่งท้องถิ่นภายในประเทศนำมาผลิต และใช้พลังงานอย่างยั่งยืน ซึ่งจะเป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยลดการทำลายทรัพยากรของธรรมชาติ ตลอดจนช่วยลดปัญหามลพิษให้กับสภาวะแวดล้อม อันเป็นภัยคุกคามอย่างร้ายแรงต่อโลกและมนุษยชาติ เชื่อว่าพลังงานทดแทนจะเป็นทิศทางหนึ่งของการแก้ไขวิกฤตการณ์ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของโลกได้ ซึ่งในอนาคตประเทศจะได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงจากสถานการณ์ทางด้านพลังงานอย่างแน่นอน ไม่เพียงส่งผลต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศเท่านั้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ประชาชนทุกคนที่ใช้พลังงานก็จะได้รับผลกระทบตามไปด้วย เชื่อกันว่าการพลังของโลก อีกประมาณ 50 ปีข้างหน้าการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลจะถึงจุดสูงสุด แต่ที่น่ายินดีหลายประเทศได้เริ่มตระหนักทำการศึกษา เร่งวิจัยและพัฒนา ค้นหาพลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพทั่วไปของประเทศของตน

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม นอกจากนี้ ยังมีอุตสาหกรรมทางการเกษตรครบวงจร เพื่อนำผลผลิตทางการเกษตรออกสู่ตลาด ทั้งในและนอกประเทศ ทำให้มีกาก และเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และกากจากผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่หลากหลาย และมีศักยภาพ ที่จะสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในรูปของพลังงานทดแทน ซึ่งสามารถนำไปผ่านกระบวนการเผาไหม้ได้โดยตรง พลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญกับการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน จากความจำเป็นของการใช้พลังงานเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศซึ่งต้องพึ่งพาน้ำมันจากต่างประเทศ ทำให้ต้องมีการสูญเสียเงินตราเป็นจำนวนมาก เพื่อลดการพึ่งพา และการสูญเสียเงินตรา รัฐบาลจึงได้มีนโยบาย และแนวทางในการผลิตพลังงานทดแทน จากแหล่งภายในประเทศ ปัจจุบันรัฐบาลมีการส่งเสริม และกำหนดเป้าหมายให้มีการพัฒนาพลังงานทดแทนให้เพิ่มขึ้น ซึ่งในปี พ.ศ. 2554 มีเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้น 8 % ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย และมุ่งหวังให้การส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อีกทั้งพลังงานชีวะมวล ยังเป็นการนำเชื้อเพลิงที่มีอยู่ในประเทศมาเพิ่มมูลค่าการใช้ ซึ่งเป็นการเพิ่มผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจให้ภาคอุตสาหกรรม และชุมชนอีกด้วย ซึ่งประเทศไทยของเรา เป็นประเทศเกษตรกรรม ที่มีผลิตผลทางการเกษตรอย่างมากมายหลากหลายชนิด ในอดีตเคยมีป่าไม้อันอุดมสมบูรณ์ แต่เนื่องด้วยมีการตัดไม้ทำลายป่ากันอย่างมากมาย ทำให้พื้นที่ป่าของเมืองไทยมีจำนวนลดลง สาเหตุที่สำคัญอันหนึ่งก็คือการตัดไม้ทำลายป่า เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ปัจจุบันมีผู้นำเอาผลผลิตทางการเกษตร และนำผลิตผลทางการเกษตรนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนถ่านไม้ ซึ่งสามารถลดการตัดไม้ทำลายป่าได้ และยังเป็นการช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ สำหรับเกษตรกร

RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การนำวัสดุเหล่านี้ไปใช้แทนฟืน และถ่านไม้ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในครัวเรือน หรืออุตสาหกรรมครัวเรือน และเป็นการลดปริมาณขยะที่จะต้องนำไปกำจัดซึ่งจะช่วยลดปัญหา และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมอีกด้วย นับเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงทดแทน และยังเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ทั้งภาครัฐ และเอกชนได้มีการส่งเสริมในเรื่องพลังงานทดแทนอย่างจริงจัง โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่น ทางเลือกที่น่าสนใจของพลังงานทดแทน และเหมาะสมสอดคล้องกับสภาพทั่วไปของประเทศ

ประเทศไทยเรา รู้จักใช้ฟืนและถ่านไม้ มาเป็นเวลานานแล้ว โดยนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง สำหรับให้ความร้อนต่างๆ โดยเฉพาะการหุงต้มเพื่อประกอบอาหาร การใช้ฟืนนั้น จะมีปัญหาทั้งทางด้านควันและความสกปรกที่มีมากกว่าถ่าน แม้ปัจจุบัน ได้มีการนำแก๊สมาใช้ในการหุงต้มซึ่งให้ความร้อนได้ดีกว่าถ่านไม้มาก ทำให้การใช้ถ่านไม้ในครัวเรือนลดน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันการใช้ถ่านไม้ยังมีบทบาทที่สำคัญอยู่ในครัวเรือนตามชนบทและสังคมเมือง ในการทำอาหารประเภทปิ้ง ย่าง เนื่องจากถ่านไม้จะใช้ภายในประเทศแล้ว ยังเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้ประเทศพอสมควร เหตุนี้เอง จึงมีการลักลอบตัดไม้ มาเผาเป็นถ่านจำนวนมาก โดยไม่มีการปลูกป่าทดแทน ทำให้ป่าไม้ถูกทำลาย โดยในปัจจุบันมีการศึกษาการทำถ่านจากเศษสิ่งเหลือใช้ต่างๆ มากมาย เช่น ถ่านจากซังข้าวโพด ถ่านจากกะลามะพร้าว ถ่านแกลบ เป็นต้น และในปัจจุบันนั้น การใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มยังพบได้ในท้องถิ่.นชนบท

ห่างไกล หรือในชุมชนเมืองบางส่วน ยังใช้ถ่านไม้ในวิธีชีวิตประจำวันอยู่ แต่การผลิตถ่านในสังคมไทย ผู้ผลิตยังถูกมองว่าเป็นต้นเหตุของการตัดไม้ทำลายป่าและสร้างมลภาวะให้กับสภาพแวดล้อม อีกทั้งกฎหมาย ระเบียบปฏิบัติของหน่วยงานที่ดูแลเรื่องนี้อยู่ ก็ไม่เอื้อต่อผู้ผลิตถ่านไม้ ที่จะคิดค้นพัฒนาเทคนิควิธีการผลิตถ่านไม้ ให้มีคุณภาพสูง รวมทั้งการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้เช่นการนำเมล็ดพืชที่เมื่อถึงฤดูกาลแล้ว จะร่วงหล่นทิ้งจนเป็นมลภาวะของสิ่งแวดล้อม เมล็ดกระบกที่เหลือจากการรับประทาน เมล็ดมะค่าโมง เมล็ดของต้นสำโรง เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำ เมล็ดของพืชต่างๆ เหล่านี้ มาประยุกต์ใช้ในรูปของเชื้อเพลิงแข็ง **ซึ่งถ่าน ยัง**จัดเป็นเชื้อเพลิงที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของคนเรามาช้านาน โดยเฉพาะในกิจกรรมการหุงต้มการประกอบอาหารในครัวเรือน แม้ว่าทุกวันนี้จะมีอุปกรณ์ที่สะดวก รวดเร็ว อย่างเตาแก๊ส ไมโครเวฟ หรือหม้อไฟฟ้าต่างๆ แต่ถ่านก็ยังเป็นที่นิยมใช้กันมาก ในการประกอบอาหารบางประเภท

ประคำดีควาย เป็นไม้ยืนต้นที่มีผลเป็นสมุนไพรใช้รักษาอาการต่าง ๆได้อย่างมากมาย น้ำหมักจากผลของประคำดีควาย จะมีความหนืดสามารถนำมาใช้เป็นตัวประสานได้อย่างดี อีกทั้งน้ำหมักจากผลของประคำดีควาย จะไม่มีกลิ่นเหม็นเป็นมลภาวะ จึงเหมะสมในการนำมาทำเป็นตัวประสานของถ่านอัดแท่ง

คณะผู้วิจัย จึงเล็งเห็น ถึงปัญหาของ วัสดุที่เหลือจากธรรมชาติมาก่อประโยชน์ และเพิ่มมูลค่าโดยการนำเอา เมล็ดของต้นไม้ในท้องถิ่น เช่น เมล็ดกระบก เมล็ดมะค่าโมง เมล็ดของต้นสำโรง เป็นต้นมาผลิตเป็นถ่าน แล้วอัดให้เป็นแท่งโดยใช้น้ำหมักจากผลของประคำดีควายเป็นตัวประสาน เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนฟืน และถ่านไม้ ซึ่งจะช่วยลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศ ลดการใช้จ่ายในการจัดซื้อเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในครัวเรือน หรืออุตสาหกรรมครัวเรือน นับว่าเป็นการนำวัสดุที่เหลือจากธรรมชาติมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงทดแทน เป็นการลดปริมาณขยะ ที่จะต้องนำไปกำจัดซึ่งจะช่วยลดปัญหาและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมอีกด้วย และยังเป็นการนำวัสดุที่เหลือจากธรรมชาติมาใช้ให้เป็นประโยชน์และมีประสิทธิภาพมากที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อผลิตถ่านจากเมล็ดของต้นไม้
2. เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสม ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้
3. เพื่อหาสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง
4. เพื่อศึกษาคุณภาพของถ่านอัดแท่ง

ขอบเขตการวิจัย

1. ในการวิจัยนี้ ใช้ เมล็ดของต้นไม้ 3 ชนิด คือ เมล็ดกระบก เมล็ดมะค่าโมง เมล็ดของต้นสำโรง ผสมกันในอัตราส่วนแปรจาก 9 ถึง 1 โดยน้ำหนัก จำนวน 10 สูตร
2. ตัวประสานจะใช้น้ำหมักชีวภาพ จากผลประคำดีควายผสมแป้งมันในอัตราส่วน 1:1
3. ในการเผาถ่านจากเมล็ดของต้นไม้ ผู้วิจัยใช้วิธีการเผาแบบไพโรไลซีส

4. ในการศึกษาครั้งนี้ จะศึกษาคุณภาพของถ่าน อัดแท่งในด้าน การเกิดควัน การแตกระเบิดขณะติดไฟ มวลของเถ้าหลังการเผาไหม้ และระยะเวลาในการเผาไหม้

5. การศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ จะศึกษาในด้านความหนาแน่น และความทนทานต่อแรงกด

6. อัตราส่วนของผงถ่านต่อน้ำหมัก จะใช้อัตราส่วน 10 : 1

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ไพโรไลซีส (Pyrolysis) คือ กระบวนการกลั่นสลาย (Destructive distillation) ในที่ที่ไม่มีออกซิเจน ผลผลิตของการไพโรไลซีสจะประกอบด้วย ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ โดยของแข็งที่ได้ก็คือคาร์บอน ของเหลวก็คือเอ็ททีลีน และก๊าซคือมีเทน

2. กระบวนการคาร์บอนไนเซชั่น (Carbonization) คือกระบวนการที่ ทำให้ไม้กลายเป็นถ่าน ซึ่งอาศัยความร้อนไล่ความชื้นในเนื้อไม้ ที่อยู่ในเตา ที่เป็นระบบบิด สามารถควบคุมอากาศได้ โดยไม่มีการลุกติดไฟของเนื้อไม้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบกระบวนการผลิตถ่านจากเมล็ดของต้นไม้
2. ได้ทราบคุณภาพและความแตกต่างของถ่านจากเมล็ดของต้นไม้แต่ละชนิด
3. เป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในครัวเรือน ประหยัดค่าใช้จ่ายจากการซื้อถ่าน
4. เพื่อใช้เวลาว่างหลังการทำอาชีพเกษตรกรรมโดยการนำวัสดุที่เหลือจากธรรมชาติมาผลิตถ่านอัดแท่ง เป็นรายได้เสริม
5. ลดการตัดทรัพยากรป่าไม้โดยตรง ในการนำไม้มาเผาเป็นถ่าน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยที่ศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง โดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน ดังนั้น จึงมีการศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ทฤษฎี หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

1. ผลไม้

ผลของต้นไม้ เป็นผลผลิตของพืชเพื่อการขยายพันธ์ บางชนิดมนุษย์สามารถรับประทานได้ บางชนิดรับประทานไม่ได้ ชนิดที่รับประทานได้เรามักเรียกว่า ผลไม้ ตัวอย่างของผลไม้ เช่น ส้ม แอปเปิ้ล กล้วย มะม่วง ทุเรียน รวมถึง มะเขือเทศ ที่สามารถจัดได้ว่าเป็นทั้งผัก และผลไม้

ผลไม้ อธิบายได้ว่า คือสิ่งที่เป็นผลผลิตที่เกิดขึ้นจากสิ่งมีชีวิตจำพวกพืช โดยลักษณะรวม ๆ จะมีรูปทรงคล้ายทรงกลมหรือทรงรี ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันบ้างตามสายพันธุ์ โดยปกติผลไม้จะต้องมีเปลือกหรือมีสิ่งที่ห่อหุ้มเนื้อที่อยู่ข้างใน ซึ่งมักจะถูกนำไปรับประทานโดยมนุษย์หรือสัตว์ ในส่วนของการเจริญเติบโต สามารถขยายพันธุ์ได้โดยดอก เมล็ด หรืออื่นๆ ซึ่งผลไม้ที่ออกมานี้ตอนแรกจะมีขนาดเล็ก และมักจะไม่ค่อยถูกนำมารับประทานโดยมนุษย์ แต่เมื่อเติบโตจนสุกงอม จะมีลักษณะที่แตกต่างไปจากเดิม คือ เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง มีกลิ่นหอม และรสหวาน เป็นต้น จนสามารถนำมารับประทานหรือประกอบอาหาร ส่วนมากมักจะเป็นอาหารหวาน ถ้าผลไม้สุกงอมเต็มที่ จะมีลักษณะที่ก่อให้เกิดประโยชน์ได้น้อยลง เช่น เน่าเสีย บูด ขึ้นรา เป็นต้น และจะหลุดร่วงจากต้น ลงสู่พื้นดิน หรือพื้นน้ำ กลายเป็นอาหารให้แก่ห่วงโซ่อาหารลำดับถัดไป เช่น แบคทีเรีย จุรินทรีย์ จนกลายเป็นอินทรีย์ธาตุ หรืออนินทรีย์ธาตุ หมุนเวียนเป็นวัฏจักรต่อไป การที่จะบอกได้ว่าเป็นผลไม้อะไรนั้น จำเป็นต้องมีสิ่งบ่งชี้อื่นๆ ประกอบหลายอย่าง เช่น เปลือกมีลักษณะเป็นหนาม และแข็ง เนื้อข้างในสีเหลือง หมายถึง ทุเรียน เป็นต้น

1.1 ชนิดของผลไม้

1.1.1 ผลแห้ง (dry fruit) เมื่อผลเจริญเต็มที่ พบว่า มีความชื้นลดลงมาก เหลือเพียง ร้อยละ 10-15 ดังนั้น ผลจึงมีความแข็ง ผลแห้งสามารถแบ่งย่อยได้อีกดังนี้

1. ผลไม่แตก (indehiscent fruit) เปลือกผลยังคงปิดอยู่ เมื่อเจริญเต็มที่ ดังนั้น ผลและเมล็ดจึงแพร่กระจายไปพร้อมกัน เช่น ผลมะพร้าว ผลประเภทนี้ใน 1 ผลจะมีเพียงหนึ่ง หรือสองเมล็ดเท่านั้น

2. ผลแตก (dehiscent fruit) เปลือกผลจะแตกออกเมื่อเจริญเต็มที่ เพื่อช่วยในการแพร่กระจายเมล็ดพันธุ์ที่มีจำนวนมาก ซึ่งใน 1 ผล จะมีเมล็ดเป็นจำนวนมาก และเป็นเพียงส่วนเดียวที่มีการแพร่กระจายออกไป

1.1.2 ผลสด (fleshy fruit) ความชื้นในผลยังสูงมากเมื่อเจริญเต็มวัย โดยยังมีความชื้นสูงถึงประมาณร้อยละ 80-90 ดังนั้น ผลจึงมีความนิ่ม แบ่งย่อยได้ดังนี้

1.1.2.1 ผลมีเปลือกหนา (rind) และเหนียว ผลประเภทนี้ มีเปลือกที่หนา ทำหน้าที่ห่อหุ้มเนื้อเยื่อสดไว้ภายในผล ผลกลุ่มนี้แบ่งย่อยออกเป็น ๒ แบบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1. ผลแบบแตง (pepo) บางคนอาจเรียกผลชนิดนี้ว่า ผลมีเนื้อหลายเมล็ด ที่ปรับแปลง (modified berry) เช่น แตงกวา และแตงโม ผลแบบนี้มาจากเกสรเพศเมียเดี่ยวและรังไข่อยู่ต่ำกว่าส่วนอื่น ๆ ของดอก

2. ผลแบบส้ม (hesperidium) เช่น ส้ม มาจากรังไข่ที่อยู่สูงกว่าส่วนอื่นๆของดอก แต่ผนังผลเพียงอย่างเดียว

1.1.2.2 ผลมีเปลือกบาง ผลประเภทนี้มีเปลือกบาง โดยเปลือกของผลกับเนื้อเยื่อสดอยู่ด้านนอก เช่นมะเขือเทศ และองุ่น แบ่งออกเป็น 3 แบบ

1. ผลที่มีเนื้อหลายเมล็ด (berry) มาจากเกสรเพศเมียเดี่ยวและรังไข่อยู่เหนือวงกลีบ ในส่วนผนังผล ทั้งผนังแบ่งกั้น และเนื้อเยื่อส่วนที่ออวุลติดกับรังไข่ มีลักษณะเป็นเนื้อสดทั้งหมด ผลประเภทนี้มีหลายเมล็ด เช่น มะเขือเทศ มะละกอ กล้วย ฝรั่ง องุ่น

2. ผลเมล็ดเดียวแข็ง (drupe) ผลประเภทนี้เจริญเติบโตเต็มที่จะมีเพียงเมล็ดเดียว ผนังผลชั้นนอก และผนังผลชั้นกลาง มีลักษณะเป็นเนื้อสด แต่ผนังผลชั้นใน มีลักษณะแข็งมากที่เรียกว่า pit ผนังผลชั้นในนี้ติดแน่นกับเปลือกเมล็ด เช่น มะกอก มะม่วง พีช พลัม และเชอร์รี่

3. ผลแบบแอปเปิล (pome) ผลประเภทนี้ เป็นผลที่มีการวิวัฒนาการก้าวหน้ามากที่สุด มาจากรังไข่เชิงประกอบ ชนิดอยู่ต่ำกว่าส่วนอื่นๆของดอก ที่อยู่ภายในหลอดดอกขนาดใหญ่ โปรดสังเกตว่า เนื้อแอปเปิลที่เรากินเป็นส่วนที่พัฒนามาจากฐานดอกรูปถ้วย ในขณะที่ ใจกลางผล ที่เราทิ้งไปนั้นคือส่วนของผลที่แท้จริง เช่นแอปเปิล แพร์ (สมโภชน์ ผ่องใส, 2553)

1.2 ผลของต้นไม้ ชนิดต่างๆ

1.2.1 มะค่าโมง ฝักของต้นมะค่าโมง **มีลักษณะ ดังรูปที่ 2.1**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 2.1 ฝักของต้นมะค่าโมง

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Afzelia xylocarpa (Kurz) Craib.*
ชื่อสามัญ Makha Tree
ชื่อวงศ์ Caesalpiniaceae

1. ลักษณะทั่วไป มะค่าโมงเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ ผลัดใบ มีความสูงระหว่าง 15-20 เมตร แตกกิ่งต่ำเรือนยอดเป็นพุ่มแผ่กว้าง ตามลำต้นมักเป็นครีบและมักจะมีปุ่มปมตั้งแต่ขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ เข้าใจว่าปุ่มนี้เกิดจากเซลล์มะเร็งที่ทำให้เกิดการพัฒนาผิดไป เปลือกสีน้ำตาลอ่อนหรือชมพูอมน้ำตาม หรือสีเทา มีรูระบายอากาศ

ใบ เป็นช่อเรียงสลับกัน ช่อใบยาว 18-29 เซนติเมตร ก้านช่อใบ ค่อนข้างสั้น ยาวประมาณ 2 เซนติเมตร บนแกนช่อใบมีใบย่อยขึ้น ตรงข้ามกันเป็นคู่ ๆ 3-5 คู่ ใบย่อย รูปไข่แกมรูปขอบขนาน กว้าง 2-5 เซนติเมตร ยาว 4-9 เซนติเมตร ก้านใบย่อยยาว 3-5 มิลลิเมตร ปลายใบมน มักจะเว้าตื้น ๆ ตรงกลาง โคนใบมนหรือหยักเว้าเข้าเล็กน้อย ใบคู่ล่างจะมีขนาดเล็กกว่าคู่ที่ถัดขึ้นไป

ดอก สีเขียวอ่อน แต้มสีแดงเรื่อ ๆ ออกเป็นช่อแตกแขนงที่ปลายกิ่ง ยาว 5-15 เซนติเมตร มีขนคลุมบาง ๆ ก้านดอกย่อยยาว 7-10 มิลลิเมตร ใบประดับรูปขอบขนานแกมรูปไข่ ยาว 6-9 มิลลิเมตร มีขนประปราย กลีบรองกลีบดอกติดกัน ส่วนบนแยกเป็นกลีบรูปขอบขนาน 4 กลีบ แต่ละกลีบซ้อนทับกัน กลีบยาวประมาณ 10-12 มิลลิเมตร กลีบดอกมีเพียงกลีบบนสุดเพียงกลีบเดียวที่เจริญขึ้นเป็นกลีบดอก สีแดงเรื่อๆ หรือแดงอมชมพู ทรงเกือบจะเป็นแผ่นกลมยาวประมาณ 7-9 มิลลิเมตร ส่วนฐานคอดเข้าหากันเป็นก้านกลีบดอก ยาว 5-12 มิลลิเมตร เกสรเพศผู้มี 10 อัน ที่สมบูรณ์มี 7 อัน เป็นหมัน 3 อัน เกสรเพศเมีย 1 อัน ก้านเกสรแยกจากกันเป็นอิสระหรือติดกันเล็กน้อยที่ฐาน เกสรผู้ปลอม 3 อัน ค่อนข้างสั้น รังไข่ ยาวประมาณ 7 มิลลิเมตร มีขนคลุมติดอยู่บนก้านส่งยาวประมาณ 7 มิลลิเมตร ภายในมีช่องเดียว และมีไข่อ่อนมาก ออกดอกระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม ฝักแก่ประมาณเดือนมิถุนายน - สิงหาคม

ผล เป็นฝักแบนรูปบรรทัดสั้น กว้าง 7-10 มิลลิเมตร ยาว 12-20 เซนติเมตร เปลือกหุ้มฝักแข็งมาก หนาประมาณ 5-7 มิลลิเมตร. เมื่อฝักแก่จะแตกออกเป็น 2 ซีก กว้าง 2-2.5 เซนติเมตร ยาว 2.5-4 เซนติเมตร หนา 0.8-1.2 เซนติเมตร เมล็ดแก่สีดำ มีเยื่อหนารูปถ้วย ยาวประมาณ 1.5 เซนติเมตร สีเหลืองสด ห่อหุ้มส่วนฐานของเมล็ด กลุ่มสมุนไพร เรียกผลของมะค่าโมงว่า "ฟันฤษี" ใช้เป็นยาสมุนไพร

ลักษณะเนื้อไม้ แก่นสีน้ำตาลอมเหลืองอ่อนถึงเหลืองแก่ เสี้ยนค่อนข้างสน เนื้อหยาบมีริ้วแทรก แข็ง เหนียว แข็งแรง และทนทาน เลื่อยค่อนข้างยาก ถ้าแห้งแล้วตบแต่งง่าย ขัดและชักเงาได้ดี ความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.85

2. ประโยชน์ของต้นมะค่าโมง ส่วนประกอบของต้นมะค่าโมงนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย ดังนี้

เนื้อไม้ ใช้ทำเสา ทำไม้หมอนรองรางรถไฟ ใช้ในการก่อสร้างต่าง ๆ ทำเป็นพื้น รอด ตง และเครื่องบน ได้ทนทานและแข็งแรงดี ทำเครื่องเรือน และไม้บุผนังที่สวยงาม ทำเรือใบเดินทะเลและไม้พื้นเรือ ทำไถ คราด ครก สาก กระเดื่อง ลูกหีบ ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเกวียน และตัวถังรถ ใช้สำหรับกลึง แกะสลัก ทำพานท้ายและรางปืน กลอง โทน รำมะนา ด้ามปากกา ปุ่มไม้มะค่า มีลวดลายสวยงามดี และราคาแพง ใช้ทำเครื่องเรือนและเครื่องใช้ชั้นสูง เฟอร์นิเจอร์ไม้มะค่าโมงได้รับความนิยมสูง

เปลือก ให้น้ำฝาดชนิด Pyrogalool และ Catechol

เมล็ด เนื้อในเมล็ดอ่อนใช้รับประทานเป็นอาหารได้ **ดังรูปที่ 2.2**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 2.2 เมล็ดของต้นมะค่าโมง

1.2.2 สำโรง ฝักของต้นสำโรง มีลักษณะ **ดังรูปที่ 2.3**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 2.3 ฝักของต้นสำโรง

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Sterculia Foetida L.*
ชื่อสามัญ Bastard poom, Pinari
ชื่อวงศ์ Sterculiaceae

1. ลักษณะทั่วไป ไม้ต้นขนาดใหญ่ สูงได้ถึง 30 เมตร ผลัดใบเรือนยอดรูปไข่ ถึงทรงกระบอก ลำต้นเปลาตรง โคนมีพูพอนต่ำๆ เปลือกเรียบสีน้ำตาลปนเทา

ใบ ใบประกอบรูปนิ้วมือ กางแผ่ออกจากจุดเดียวกันเรียงเวียนจากจุดเดียวกัน เรียงเวียนตอนปลายกิ่ง ใบย่อย 5-7 ใบ รูปรีหรือรูปรีแกมรูปขอบขนาน กว้าง 3.5–6 เซนติเมตร ยาว 10-30 เซนติเมตร ปลายใบแหลมหรือมีติ่งแหลม โคนใบรูปลิ่ม แผ่นใบหนา ใบเกลี้ยง เส้นแขนงใบข้างละ 17-21 เส้น ก้านใบประกอบยาว 13-20 เซนติเมตร ก้านใบย่อยยาว 3-5 เซนติเมตร

ดอก สีแดงหรือสีแสด มีกลิ่นเหม็นมาก ออกรวมเป็นช่อ แบบช่อแยก แขนงที่ปลายกิ่ง หรือซอกใบ ปลายกิ่งช่อดอกยาว 10-30 เซนติเมตร กลีบเลี้ยง 5 กลีบ ปลายม้วนออก ดอกบานเต็มที่กว้าง 2-2.5 เซนติเมตร.

ผล ผลแห้งแตกรูปไต เปลือกแข็งเหมือนไม้ สีแดงปนน้ำตาล ผิวมันและเกลี้ยงเมื่อแก่แตกเป็นสองซีกกว้าง 6-9 เซนติเมตร ยาว 8-10เซนติเมตร เมล็ดสีดำมันรูปขอบขนาน กว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 2.5 เซนติเมตร มีลักษณะ **ดังรูปที่ 2.4**

รูปที่ 2.4 เมล็ดของต้นสำโรง

2. ประโยชน์ของต้นสำโรง ฝักสมานแผลในกระเพาะ เปลือกใช้ละลายเสมหะ เนื้อไม้เป็นไม้เนื้ออ่อน นำมาไสกบ และตกแต่งได้ง่าย จึงเหมา ะหรับนำมาใช้ทำเครื่องเรือน หีบใส่ของ หูกทอผ้า ไม้จิ้มฟัน ก้านและกลักไม้ขีดไฟ และไม้อัดได้ ส่วนเปลือกสามารถนำมาใช้ทำเชือกอย่างหยาบ ๆ ได้ น้ำมันจากเนื้อในเมล็ด ใช้ปรุงอาหารและจุดไฟ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.2.3 กระบก ผลของต้นกระบก มีลักษณะ **ดังรูปที่ 2.5**

รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะทั่วไปของเมล็ดกระบก
ที่มา (สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2559)

ชื่อวิทยาศาสตร์ Irvingia malayana Oliv ex A. w. Benn
ชื่อทางพฤษศาสตร์ I. oliceri pierre
ชื่อวงศ์ Irvingiaceae

ชื่อสามัญ กระบก

ชื่อพื้นเมือง กระบก จะบก ตระบก (ภาคกลาง) บก หมากบก (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) มะลื่น หมักลื่น (สุโขทัย-นครราชสีมา) หลักกลาย (สุรินทร์) มะมื่น มื่น (ภาคเหนือ) จำเมาะ (เขมร)

1. **ลักษณะทั่วไป** เป็นไม้ต้นขนาดกลาง ขนาดใหญ่ สูง 10-30 เมตร ผลัดใบใช้ช่วงสั้น จะแตกใบใหม่ในเวลารวดเร็ว ลำต้นเปลาตรง โคมมักเป็นพูพอน เปลือกสีเทาแกมน้ำตาล ค่อนข้างหรือแตกเป็นสะเก็ดรูปทรง (เรือนยอด) เรือนเป็นพุ่มทรงสูงกลมหรือกลมรีๆ แน่นทึบ

ใบ เป็นชนิดใบเดี่ยว ติดเรียงสลับ ขนาดกว้าง 2.5 – 9 เซนติเมตร ยาว 8-20 เซนติเมตร

ดอกมีขนาดเล็ก มีขนนุ่มออกดอกรวมกันเป็นช่อโต ตามปลายกิ่ง กลีบดอกจะยาวประมาณ 3 เท่าของกลีบฐานดอก สีขาวอมเขียวอ่อนๆ ไม่มีกลิ่น ออกดอก ระหว่างเดือนมกราคม - มีนาคม

ผล กลมรีๆ หรือป้อม ออกสีเหลืองมีเนื้อเละๆ หุ้มเมล็ดพอควร เปลือกหุ้มเมล็ดแข็งมาก ผลแก่ ติดผลระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เมษา เมล็ดมีลักษณะ **ดังรูปที่ 2.6**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 2.6 เนื้อในเมล็ดกระบก

ที่มา (ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ ม.อุบลราชธานี, 2553)

2. **การขยายพันธุ์และการปลูก** การขยายพันธุ์และการผลิตกล้าโดยวิธีการเพาะเมล็ด เนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดแข็งมาก ก่อนเพาะ อาจช่วยการงอกด้วยการตัดหัวท้ายของเมล็ด หรือการขลิบตามร่องแยกของเมล็ด ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะแก่การปลูกต้นกระบก

ดิน ในสภาพธรรมชาติขึ้นได้ดีในดินร่วน ดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำดีและมีสภาพเป็นกรด

ความชื้น กระบกชอบความชื้นปานกลาง – มาก

แสง กระบกชอบแสง

3. **การปลูกและดูแลบำรุงรักษา** การคัดเลือกพื้นที่ และเตรียมพื้นที่ปลูก พื้นที่ป ลูกไม่ควรเป็นที่ลุ่มน้ำขัง ดินเป็นดินร่วนดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี มีปริมาณน้ำฝนประมาณ 1000 มิลลิเมตร ขึ้นไป การเตรียมพื้นที่จัดเตรียมค่อนข้างละเอียดและมีการไถ วิธีการปลูก และระยะปลูกที่เหมาะสม กล้าที่ใช้ปลูกควรเป็นกล้าที่ค้างปี ขนาดของหลุมที่ขุดปลูก คือ 30x30x30-50x50x50 เซ็นติเมตร ใส่ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์รองก้นหลุม ส่วนระยะปลูกที่

เหมาะสม คือ 4x4, 4x6, 6x6 และ 8x8 เมตร ในช่วงระยะปลูกแรกๆ ใช้พืชเกษตรปลูกจนเหลือระยะปลูก 8x8 หรือ 12x12 หรือ 16x16 เมตร อัตราการเจริญเติบโตปานกลาง

4. **ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจ** การตลาดในอดีต เป็นป่าเบญจพรรณชนิดหนึ่งที่ได้มีการแปรรูป และใช้ในการก่อสร้างเป็นที่ต้องการของตลาด แต่ปัจจุบันรัฐบาลได้มีการปิดป่าไม่มีการนำไม้ออก การบริโภค มีน้อยมาก

5. **การใช้ประโยชน์** การใช้ประโยชน์ทางด้านเนื้อไม้ เนื้อไม้แข็งและหนักแก่นสีเทาปนน้ำตาลมีสารจำพวกทรายอยู่มากตรงแข็งมากไม่ทนในที่แจ้งมีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.04 สำหรับเนื้อไม้เหมาะใช้สำหรับทำฟืน ถ่าน เครื่องกสิกรรม เช่น ครก สาก เครื่องสีข้าว และสิ่งปลูกสร้างที่อยู่ในร่ม

การใช้ประโยชน์ทางด้านนิเวศ ผลสุขของกระบกสัตว์พวกเก้งกวางกระบือ ตลอดจนนกต่างๆชอบกินเป็นอาหาร สัตว์เหล่านี้จะช่วยพาเมล็ดไปในที่ไกลๆเป็นการช่วยแพร่พันธ์ได้อย่างดี

การใช้ประโยชน์ทางด้านสถาปัตย์ เหมาะปลูกเป็นกลุ่มในพื้นที่โล่งตามสวนสาธารณะสวนรุกขชาติหรือสวนสัตว์เปิดให้เป็นที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารของนกและสัตว์ป่าการใช้ประโยชน์ทางด้านโภชนาการเนื้อในเมล็ดสามารถรับประทานได้ น้ำมันจากเมล็ดใช้ทำอาหารได้ สบู่ เทียนไข เป็นสมุนไพรรักษาโรค

2. ถ่าน

ผลผลิตถ่านสามารถนาไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าที่หลายท่านเข้าใจกัน เพียงแต่นำไปใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนเท่านั้น ในประเทศจีน เกาหลี และญี่ปุ่น ซึ่งมีเทคโนโลยีการผลิตถ่านอย่างล้ำหน้า จะสามารถผลิตถ่านขาวหรือ White Charcoal เพื่อใช้ถ่านขาว ในเชิงเพื่อสุขภาพโดยเฉพาะ เช่น ใช้ถ่านขาวใส่ลงในกาต้มน้ำร้อนเพื่อทำน้ำแร่ เพราะถ่านชนิดนี้จะละลายแร่ธาตุต่าง ๆ ออกมาเพิ่มคุณภาพ และรสชาติของน้ำร้อน ใช้ชงกาแฟ หรือจะใช้ผสมเหล้าวิสกี้ ก็จะได้รสชาติที่ นุ่มละมุน นี่เป็นตัวอย่างการใช้ถ่านแบบพิเศษในต่างประเทศ ในบ้านเรา ผลผลิตถ่านส่วนใหญ่จะเป็นถ่านดำ ที่ผลิตภายใต้อุณหภูมิต่ำ ซึ่งไม่เหมาะจะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ปิ้ง– ย่างอาหาร แต่ถ่านดำได้เปรียบกว่าถ่านบริสุทธิ์ตรงที่ ผลิตได้จำนวนมากกว่า ซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้ทำเชื้อเพลิงอื่น ๆ ที่ไม่เป็นการประกอบอาหารโดยตรง เช่น ใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงถ่านหินชนิดต่าง ๆ ซึ่งมักจะมีค่ามลพิษที่สูงมาก แต่อย่างไรก็ดี ถ่านดำที่ผลิตด้วยอุณหภูมิสูงที่เราเรียกว่า ถ่านบริสุทธิ์นั้น หากมีปริมาณผลผลิตที่มากพอและคงที่ ก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์หลากหลายทั้งในครัวเรือน และระดับอุตสาหกรรมได้ (ธนวัฒน์ นวัตกร, 2553)

2.1 คุณสมบัติของถ่าน

2.1 คุณสมบัติของถ่าน เรานำคุณสมบัติของถ่านมาใช้ประโยชน์ในแต่ละด้านดังนี้

2.1.1 การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม ถ่านบริสุทธิ์ จะนำมาเป็นวัตถุดิบในด้านอุตสาหกรรมการผลิตสารเคมี เช่น คาร์บอนไดซัลไฟด์ (Carbondisulpide) โซเดียมไซยาไนด์ (Sodium Cyanide) ซิลิคอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide) หรือถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เป็นต้น ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากถ่านไม้ ที่มีค่าคาร์บอนเสถียรสูง (High Fixed Carbon) ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอีกหลากหลาย อาทิใช้ในระบบกรอง และบำบัดอุตสาหกรรมน้ำดื่ม ระบบผลิตน้ำประปา ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นต้น นอกจากนี้ ยังใช้ประโยชน์จากคาร์บอนในอุตสาหกรรมโลหะ หรือใช้ขี้เถ้าเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ ให้แข็งตัวช้า และมีความแข็งแกร่งขึ้น ฯลฯ

2.1.2 การใช้ประโยชน์ในครัวเรือน คุณสมบัติในการดูดซับกลิ่นและความชื้นของถ่าน เป็นที่รับรู้กันดีแล้วสำหรับ ทุกคน แต่ในต่างประเทศ อุตสาหกรรมผลิตเครื่องประดับจากถ่านเพื่อใช้ประโยชน์ในบ้านเรือนได้รับความนิยมมาก คนญี่ปุ่น เป็นตัวอย่างของผู้ที่ สามารถมองเห็นคุณประโยชน์ของถ่านอย่างชัดเจน การใช้ถ่านเพื่อทำหน้าที่ลดกลิ่นในห้องปรับอากาศ มีประสิทธิภาพที่ดีมาก ในห้องแอร์ ในที่ทำงาน หรือในรถ โดยเฉพาะในที่ที่มีผู้สูบบุหรี่ หรืออาจจะมีเชื้อจุลินทรีย์ ควรนำถ่านไม้ ไปวางดักไว้ที่ช่องดูดอากาศกลับของเครื่องดูดอากาศ รูพรุน และจุลินทรีย์ ส่วนที่เป็นประโยชน์ในถ่านไม้ จะดูดซับกลิ่นและเชื้อโรคต่าง ๆ เอาไว้ ช่วยลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้อย่างดี หรือจะใช้ถ่าน เพื่อการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน ก่อนปล่อยลงสู่ท่อระบายสาธารณะ ก็ยังจะเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

2.1.3 การใช้ประโยชน์ในการเกษตร ในภาคการผลิตเชิงเกษตร การนำถ่านไม้มาใช้ประโยชน์ นับว่ามีคุณค่าที่น่าสนใจไม่น้อย เนื่องจากว่าถ่านมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นพิษภัยต่อพืชและสัตว์ จึงสามารถใช้ทดแทนสารเคมีราคาแพงได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพไม่แพ้กัน มีการนำถ่านมาใช้ประโยชน์ ดังนี้

1. ใช้เป็นสารปรับปรุงดิน ถ่านไม้จะมีรูพรุนมากมาย เมื่อใส่ถ่านป่นลงในดิน จะช่วยปรับสภาพดิน นำไปใช้เพื่อให้ ผักผลไม้จะยังคงสดอยู่ได้นานถึง 17 วัน โดยไม่เสียหายหรือสุกงอม ปัจจุบันได้มีการนำผงถ่านกัมมันต์ผสมลงในกระดาษที่ใช้ทำกล่องบรรจุผลผลิต

2. ถ่านแกลบหรือถ่านชานอ้อย ใช้ทดแทนแกลบรองพื้นคอกสัตว์ซึ่งราคาถูกและหาง่ายพอ ๆ กัน เพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนและก๊าซต่าง ๆ อันเป็นสาเหตุหนึ่งของอาการเครียดในสัตว์ ส่งผลให้สุขภาพและผลผลิตจากปศุสัตว์ มีคุณภาพดีขึ้น

3. ใช้ผสมอาหารสัตว์ นำผงถ่านผสมในอาหารสัตว์ด้วยอัตราส่วนเพียง 1 % ถ่านจะช่วยดูดซับก๊าซ ในกระเพาะและลำไส้ ช่วยลดอาการท้องอืด เนื่องจากปริมาณน้ำในอาหารสูงเกินได้ โดยไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์

4. ปรับปรุงคุณภาพแหล่งน้ำ โดยนำถ่านไม้ใส่กระสอบ (ในปริมาณที่สอดคล้อง กับประมาณแหล่งน้ำ) วางไว้ที่ก้นบ่อ และจัดให้มีการไหลเวียนน้ำ บริเวณกระสอบถ่านนั้น เศษอินทรียวัตถุต่างๆในน้ำ จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ที่อยู่ในรูพรุนของถ่าน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำ ในบ่อเลี้ยงปลาหรือกุ้งได้เช่นกัน ในประเทศญี่ปุ่นมีการใช้ประโยชน์จากถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้กันอย่างเป็นล่ำเป็นสัน จนถือว่าถ่านเป็นวัสดุปรับปรุงดินที่ดีเยี่ยม มีปริมาณการใช้ในภาคเกษตรไม่น้อยกว่า ปีละ 50,000 ตัน ทำให้ดินร่วนซุย อุ้มน้ำได้ดี ขึ้นส่งผลให้รากพืชขยายตัวอย่างรวดเร็ว ช่วยลดการใช้ปุ๋ย เพราะสมบัติต่าง ๆ ของจุลธาตุ ที่มีอยู่หลายชนิดในแท่งถ่าน จะเป็นประโยชน์ให้แก่พืชที่ปลูก

5. ถ่านที่นำมาใช้ในการปรับปรุงดิน ควรเป็นเศษถ่าน ขนาดไม่เกิน 5 มิลลิเมตร โดยอาจจะเป็นถ่าน แกลบหรือถ่านชานอ้อย แต่ควรระวังขี้เถ้า ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างสูง เพราะพืชก็ไม่ชอบดินที่มีค่าเป็นด่างสูง ควรรักษาค่าเป็นกรดด่างของดินไว้ที่ pH 6.0–6.8

6. ช่วยรักษาผลผลิตให้สดนานขึ้น ผัก และผลไม้ จะมีกลไกการผลิตก๊าซเอธิลีน (Ethyline) เพื่อทำให้ตัวเองสุก เราสามารถรักษาผลผลิตให้สดนานขึ้น โดยใส่ผงถ่านลงไปในกล่องบรรจุ เพื่อดูดซับก๊าซดังกล่าว

2.2 กระบวนการผลิตถ่าน องค์ประกอบที่สำคัญของถ่าน คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน กำมะถัน และความชื้น ทฤษฎีการผลิตถ่านใช้หลักการในการสรุปดังนี้

2.2.1 การคายความชื้น (Dehydration) การคายความชื้นของไม้ ต้องการพลังงานความร้อนจากภายนอก ฉะนั้น การทำถ่านไม้แบบใช้เตาเผา (Kiln) จึงจำเป็นต้องใช้ความร้อนโดยการจุดไฟโดยใช้เศษไม้แห้ง หรือน้ำมันเบนซินที่หน้าเตาหรือช่องไฟ เพื่อที่จะทำให้บางส่วนของไม้ที่จะทำถ่าน เกิดการสันดาปอย่างสมบรูณ์ และเกิดความร้อนเพียงพอ ที่จะไล่ความชื้นออกจากไม้ส่วนที่ยังไหม้ การใช้ความร้อนในระยะแรกนี้ ใช้เวลาเพียงใด สังเกตได้จากอุณหภูมิหรือควัน ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้หรือสันดาปในภาวะที่อากาศเกินพอ จนอุณหภูมิของไม้ในบริเวณที่ติดไฟเพิ่มขึ้นประมาณ 500–600 องศาเซลเซียส หรือเมื่อเกิดควันสีน้ำเงินปนขาว เมื่อเห็นว่าความร้อนเพียงพอจึงเริ่มกำจัดอากาศ เพื่อมิให้เกิดการสันดาปอีกต่อไป โดยลดช่องอากาศเข้าให้น้อยลง จะทำให้อุณหภูมิตกลงมาอย่างรวดเร็วประมาณ 100-200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นระดับอุณหภูมิที่เพียงพอที่ทำให้ความชื้นระเหยไปจากไม้

ความร้อนในระยะแรกนี้ ทำให้ความชื้นค่อยๆ ระเหยออกจากไม้ เช่นเดียวกับการไหม้และทำให้สารที่ระเหยได้เร็วในไม้บางชนิด ระเหยออกไปได้บ้าง อย่างไรก็ตาม ในระยะนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการคายน้ำที่ดูดซับในช่องว่างของเซลล์ (free water = น้ำอิสระ) และน้ำที่อยู่ในผนังเซลล์ (bound water = น้ำซับ) เท่านั้น จะไม่มีน้ำที่เกิดจากการสลายตัวของโครงสร้างไม้เจือปนออกมาเลย เวลาที่ใช้ในการคายความชื้นในระยะนี้ จะเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นของไม้เบื้องต้น ขนาดของฟืนและคุณสมบัติเฉพาะ ในการแห้งของไม้ชนิดนั้น จะเห็นได้ว่า การผึ่งไม้ให้มีความชื้นน้อยลงก่อนเผา จะช่วยลดระยะเวลาในการเผาถ่านลง และช่วยประหยัดไม้ฟืนหน้าเตาด้วย ซึ่งถ้าระยะเวลาการคายความชื้นของไม้มากขึ้น เป็นเหตุให้ผลิต (yield) ของถ่านต่ำลง

2.2.2 การลดปริมาณความชื้น เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ได้ ยังมีปริมาณความชื้นสูง ดังนั้น จึงต้องนำไปทำการลดความชื้ นให้เหลือไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก และเพื่อทำให้เชื้อเพลิงแข็งแรง ซึ่งวิธีที่ง่ายและถูกที่สุด สำหรับการทำให้แห้งก็คือ การนำไปผึ่งแดดประมาณ 3–4 วัน แต่หากใช้เตาอบ ก็จะช่วยลดระยะเวลาในการอบความร้อนให้สั้นลง นอกจากนี้ เราอาจใช้ความร้อนจากเตามาอบลดความชื้นจากถ่านให้แห้ง ข้อความระวัง สำหรับวิธีนี้ ก็คือต้องรักษาอุณหภูมิในเตาอบไม่ให้สูงเกินกว่าที่ทำให้ถ่านลุกไหม้ สำหรับเวลาที่ใช้ในการอบลดความชื้น จะขึ้นอยู่กับ ปริมาณความชื้นของส่วนผสม และชนิดของเตาอบที่ใช้โดยถ่าน ที่ผ่านการลดความชื้นจนอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว ก็จะทำการบรรจุเพื่อส่งจำหน่าย

2.2.3 การเกิดเป็นถ่าน (carbonization) หลังจากที่ความชื้น ออกไปจากไม้หมดแล้ว อุณหภูมิจะเริ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยแบ่งออกเป็น 4 ระยะ

1. อุณหภูมิไม่เกิน 200 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิใกล้ 200 องศาเซลเซียส พวกสารแทรกที่ระเหยได้บางชนิดจะถูกไล่ออกไป พร้อมทั้งเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรดฟอร์มิค และ กรดอะซิติค บ้างเล็กน้อย เนื่องจากลิกนินและเฮมิเซลลูโลสแตกตัว แต่ปริมาณยังน้อยอยู่ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์

2. อุณหภูมิ 200–280 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาช่วงนี้ ลิกนิน และเฮมิเซลลูโลสแตกตัวมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิใกล้ 280 องศาเซลเซียส เซลลูโลสเริ่มแตกตัวได้ก๊าซต่างๆ ดังกล่าวไม้เริ่มจะกลายเป็นถ่านอย่างช้า ๆ โดยปฏิกิริยาการดูดความชื้น (endothermic reaction) จึงต้องการความร้อนจากภายนอกเข้ามาช่วย

3. อุณหภูมิ 200–500 องศาเซลเซียส องค์ประกอบของไม้ ที่เกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็ว เรียกว่า ปฏิกิริยาการคายความร้อนออก (exothermic reaction) เกิดก๊าซ

ต่างๆ หลายชนิดที่สามารถกลั่นและเก็บไว้ใช้ประโยชน์เป็นผลพลอยได้ เช่น น้ำมันดิบ กรดไพโรลิกเนียส และสารละลายน้ำได้อื่นๆ ส่วนของแข็งที่เหลือจะเปลี่ยนสภาพโดยการจับตัวใหม่ของคาร์บอนกลายเป็นโครงสร้างใหม่คล้ายแกร์ไฟท์ ซึ่ง เรียกว่า “ถ่าน”

4. อุณหภูมิสูงกว่า 500 องศาเซลเซียส ก่อนที่ไม้จะกลายเป็นถ่านหมดไม้ส่วนนอก หรือผิวนอกซึ่งกลายเป็นถ่านแล้ว จะทำปฏิกิริยากับก๊าซที่ซึมออกจากภายนอกเกิดปฏิกิริยาการรวมตัวของก๊าซต่างๆ เพิ่มขึ้นอีก (เกิดปฏิกิริยาซ้ำ) คือ ส่วนที่ลายเป็นถ่านแล้วก็เกิดการสลายตัวไปอีกบางส่วน จะทำให้ผลผลิตของถ่านต่ำลง ซึ่งปฏิกิริยาช่วงนี้สำคัญมาก ตามทฤษฎีถ้าควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงกว่า 500 องศาเซลเซียส จะได้ผลและคุณภาพของถ่านสูง เนื่องจากเป็นการควบไม่ให้เกิดปฏิกิริยาซ้ำของถ่านในส่วนที่กลายเป็นถ่านไป การที่จะทราบว่าการเผาถ่านจะเกิดปฏิกิริยาซ้ำหรือไม่ให้สังเกตจากควัน ถ้าเป็นควันขาวหนาพุ่งออกจากปล่องเป็นจำนวนมาก แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาการ กลั่นทำลายที่สมบรูณ์โดยควันขาวดังกล่าว จะประกอบด้วยก๊าซต่างๆ รวมทั้งไอน้ำมากมาย แต่ถ้าเกิดปฏิกิริยาซ้ำ จะเห็นควันเป็นสีฟ้าอ่อนจางๆ สมควรจะต้องปิดโดยเร็ว (ชุกิจ ว่องไว , นัทธชัย พวงประดิษฐ์, 2531)

2.2.4 การปล่อยให้เย็น (cooling) เมื่อไม้เกิดปฏิกิริยาการกลั่นทำลายอย่างสมบรูณ์ และกลายเป็นถ่านอย่างทั่วถึงอุณหภูมิในเตาเริ่มสูงกว่า 500 องศาเซลเซียสอย่างรวดเร็วเพราะเกิดปฏิกิริยาซ้ำ

2.2.5 คุณลักษณะที่เปลี่ยนไปเมื่อไม้กลายเป็นถ่าน เมื่อไม้กลายเป็นถ่านคุณสมบัติของไม้จะเปลี่ยนไปอย่างมาก สีของไม้จากสีธรรมชาติจะกลายเป็นสีดำ น้ำหนักจะเบาขนาดจะเปลี่ยนไป ลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นเป็นลักษณะทางกายภาพ จะมีการเปลี่ยนแปลงไปเมื่อไม้กลายเป็นถ่าน ซึ่งพอจะกล่าวได้ดังนี้

1. สีธรรมชาติกลายเป็นสีดำ
2. น้ำหนักหรือมวลจะหานไปประมาณ 60–67 เปอร์เซ็นต์
3. เมื่อไม้กลายเป็นถ่าย จะมีรูพรุนเพิ่มขึ้น
4. ไม้เป็นฉนวนที่ดี แต่ถ่านเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดีกว่า
5. การหดตัวของถ่านจะมีทั้งด้านสัมผัส ด้านรัศมี และด้านยาว แต่ด้านยาวจะมีการหดตัวมากที่สุด
6. ลักษณะทางกายวิภาค จากไม้เมื่อกลายเป็นถ่าน ส่วนมากยังคงเดิมพอที่จะวินิจฉัยได้ว่า ถ่านชนิดนี้มาจากไม้ชนิดใด
7. ความหนาแน่น ความหนาแน่นของไม้จะเปลี่ยนไปเมื่อกลายเป็นถ่าน คือ ความหนาแน่นน้อยลงจากไม้ธรรมดา
8. เมื่อไม้กลายเป็นถ่าน จะมีรูพรุนมากขึ้น ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะของถ่านอันนี้จะนำไปใช้ดูดสีหรือกลิ่นในโรงงานอุตสาหกรรม

2.2.6 คุณสมบัติที่ดีของถ่านไม้ ถ่านไม้ คือ ผลผลิตที่ได้จากหลังจากไม้ถูกสลายตัวด้วยความร้อน และมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามลักษณะเฉพาะตัวของไม้แต่ละชนิด ถ่านไม้ที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. มีควันน้อยในขณะนำไปใช้งาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. ไม่มีการแตก หรือระเบิดขณะจุดติดไฟ
3. มีความแกร่ง
4. หักถ่านดูรอยหัก ต้องมีความมันวาว
5. เวลาเคาะมีเสียงดังกังวาน
6. มีความหนาแน่นสูง
7. มีค่าความร้อนสูง

2.3 ลักษณะการผลิตถ่าน การเผาถ่าน ส่วนใหญ่แล้วมีกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อนมากนัก และสถานประกอบกิจการหลายแห่งมีลักษณะการผลิตที่คล้ายคลึงกัน การเผาถ่านจึงมีมากมายหลายแบบ จำแนกตามลักษณะกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ได้แก่

2.3.1 การเผาถ่านแบบเตาลาน เป็นการผลิตถ่านไม้แบบดั้งเดิมที่มีมายาวนาน การเผาถ่านกลางแจ้งด้วยวิธีดังกล่าวจะเรียกว่าเตาลาน โดยวางกองไม้สำหรับเผาถ่านบนพื้นลานโล่ง มีไม้หมอนรองรับเพื่อเปิดช่องอากาศถ่ายเทใต้กองไม้ที่จะเผาเป็นถ่าน โดยใช้ขี้เลื่อย หรือแกลบ คลุมกองไม้เพื่อควบคุมอากาศในการเผาไม้ให้เป็นถ่าน การเผาถ่านด้วยเตาลานแต่ละครั้งสามารถเผาถ่านได้เป็นปริมาณมากตามขนาดที่กองไม้ ขั้นตอนการเผาถ่านด้วยเตาลานมีดังนี้

1. การขุดหลุมดิน เพื่อเตรียมพื้นที่ให้มีความเหมาะสมกับปริมาณไม้ที่จะนำมาเผาให้เป็นถ่าน

2. การกองไม้ เริ่มจากวางไม้เพื่อเป็นฐานรองรับกองไม้ที่จะเผา แล้วนำไม้ที่จะเผาวางซ้อนให้สูงขึ้น สำหรับเตาลานสั้น สูง 2 เมตร ยาวประมาณ 4 เมตร ส่วนเตาลานยาวสูง 3 เมตร ยาวประมาณ 12 เมตร โดยปักหลักไม้ค้ำยันรับหัว-ท้ายของกองไม้ จากนั้นยกแผงด้านข้างกองไม้ทั้งสองด้านโดยปักหลักไม้ค้ำยันไว้ด้วย

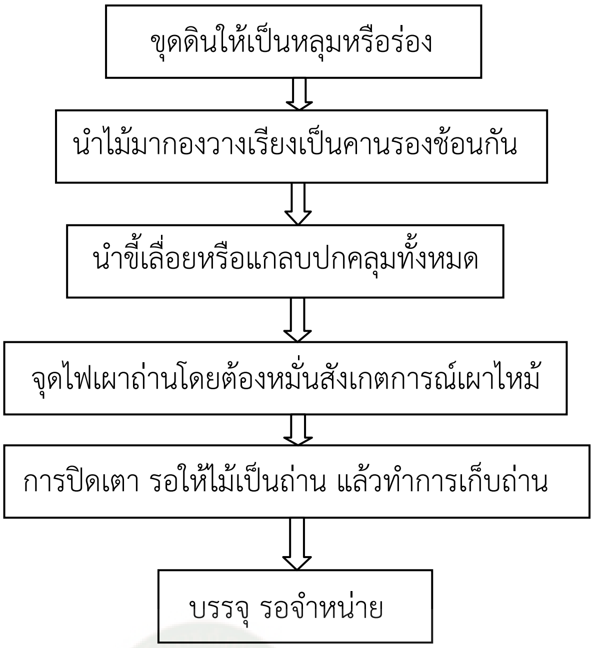
3. การกลบขี้เลื่อยปิดเตา เป็นการควบคุมอากาศภายในเตา โดย การใช้ขี้เลื่อยเก่า หรือแกลบเก่ากลบไว้ด้านข้าง ส่วนขี้เลื่อยหรือแกลบใหม่ที่มีความชื้นมากกว่าให้นำมากลบด้านบนหนาประมาณ 20 เซนติเมตร

4. การจุดไฟเผาถ่าน โดยการเจาะรูบริเวณหัวเตาลานด้านล่าง เปิดช่องไว้ เพื่อเป็นช่องใส่ไฟ มักใช้ไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิง พร้อมเจาะรูเปิดช่องขี้เลื่อยที่กลบไว้ทั้งสองข้างของหัวเตาลาน ไฟจะเริ่มติดลามเผากองไม้ให้เป็นถ่านจากหัวเตาไปท้ายเตา ในระหว่างนี้ต้องเจาะรูเปิดช่องขี้เลื่อยที่กลบไว้ด้านล่างตามไปด้วย โดยสังเกตเปลวไฟหรือควันที่ปรากฏด้านบนของกองไม้เป็นระยะ ๆ บริเวณที่เผาเสร็จแล้วกองไม้จะยุบตัวลงไปครึ่งหนึ่ง

5. การปิดเตา สำหรับบริเวณที่เผาไม้จนกลายเป็นถ่านแล้วให้กลบปิดช่องขี้เลื่อยที่เจาะรูไว้ ซึ่งจะทยอยปิดช่องนี้จากหัวเตาไปท้ายเตา พร้อมกับฉีดน้ำรดเตาเช้า-เย็น เพื่อควบคุมการเผาถ่านและป้องกันไฟลุกไหม้ สุดท้ายเมื่อจะดับไฟในเตาทั้งหมดจะใช้เหล็กแหลมยาวแทงด้านบนเตาเป็นระยะ ๆพร้อมกับฉีดใส่น้ำ ตามลงไป

6. การเก็บถ่าน สำหรับเตาลานสั้นจะเก็บถ่านออกพร้อมกัน โดยใช้เวลาในการเผาถ่านประมาณ 7 วัน ได้ถ่านประมาณ 120-130 กระสอบ ส่วนเตาลานยาวจะทยอยเก็บถ่านจากหัวเตาไปท้ายเตา โดยใช้เวลาในการเผาถ่านประมาณ 1 เดือน ได้ถ่านประมาณ 350-400 กระสอบขั้นตอนการเผาถ่านด้วยเตาลาน แสดงได้ **ดังรูปที่ 2.7**

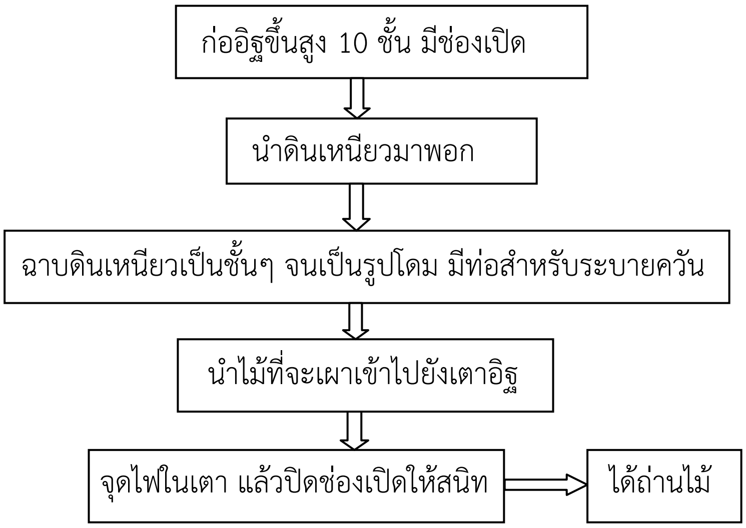
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รูปที่ 2.7 แสดงขั้นตอนการเผาถ่านด้วยเตาลาน

2.3 .2 **การเผาแบบเตาอิฐ** เตาอิฐ ส่วนใหญ่จะมีไว้เพื่องานอุตสาหกรรม เนื่องจากผลิตถ่านได้มากกว่าเตาดินธรรมดา แต่การลงทุนก่อสร้างเตาจะสูง เพราะต้องใช้อิฐจำนวนมากก่อเป็นรูปเตา นอกจากนี้เมื่อก่ออิฐแล้วต้องใช้ดินเหนียวเป็นตัวประสานก้อนอิฐให้ติดกันเป็นรูปทรงของเตา การก่อสร้างเตาอิฐจะไม่ใช้ปูนซีเมนต์ ความร้อนจะทำให้เตาเผาถ่านแตกหรือร้าวได้ แต่หากใช้ดินเหนียวแทนปูนซีเมนต์ เมื่อเตาร้อนดินเหนียวจะยืดหยุ่นได้ดีกว่า รอยร้าวหรือรอยแตกก็จะมีน้อย อายุการใช้งานของเตาจะนานยิ่งขึ้น ขั้นตอนการเผาถ่านด้วยเตาอิฐ มี **ดังรูปที่ 2.8**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รูปที่ 2.8 แสดงขั้นตอนการเผาถ่านด้วยเตาอิฐ

2.3.3 การเผาแบบเตาดินเหนียว เตาดินเหนียว จะเป็นเตาเผาถ่านที่มีการลงทุนก่อสร้างต่ำมาก ไม่มีค่าวัสดุอุปกรณ์มากมายนัก ไม่ต้องใช้ขี้เลื่อย หรือแกลบกลบ ลงบนกองไม้การก่อสร้างเตา จะใช้ดินเหนียวที่หาได้ตามพื้นที่ต่างๆ คุณภาพถ่านที่ได้ถือว่าดี แต่ปัจจุบันมีการพัฒนาเนื้อดินสำหรับการนำมาก่อเป็นเตา ที่มีลักษณะเฉพาะตามภูมิปัญ ญาชาวบ้าน ที่คิดค้นสูตรการผสมดินให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมความร้อนของเตาได้เป็นอย่างดี ขั้นตอนการเผาถ่านแบบเตาดินเหนียวมีดังนี้

1. การขุดหลุมดิน เพื่อให้การเผาถ่านได้ปริมาณมากและไม่ทำให้เสียพื้นที่การผลิตถ่าน รวมทั้งทำให้การเผาไหม้ดียิ่งขึ้น ผู้ประกอบกิจการบางรายจะทำการขุดหลุมลงไปประมาณ 1-2 เมตร สำหรับนำไม้ไปกองรวมกันไว้ก่อน

2. ทำการก่อเตาด้วยดินเหนียวให้สูงขึ้นจากพื้น ประมาณ 1 เมตร ในลักษณะเป็นโดม โดยจะต้องทำการพอกตัวเตาให้มีความหนาของดินเหนียวในระดับหนึ่งและต้องพอกให้มีความหนาที่เหมาะสม

3. การเรียงไม้ นำท่อนไม้เข้าไปในเตาดินเหนียวที่ได้เปิดช่องของเตาไว้ สำหรับใส่ไม้ให้เต็มเตา โดยปีกไม้เรียงแนวนอนซ้อนทับกัน ส่วนเศษปลายไม้ท่อนเรียงแนวตั้ง

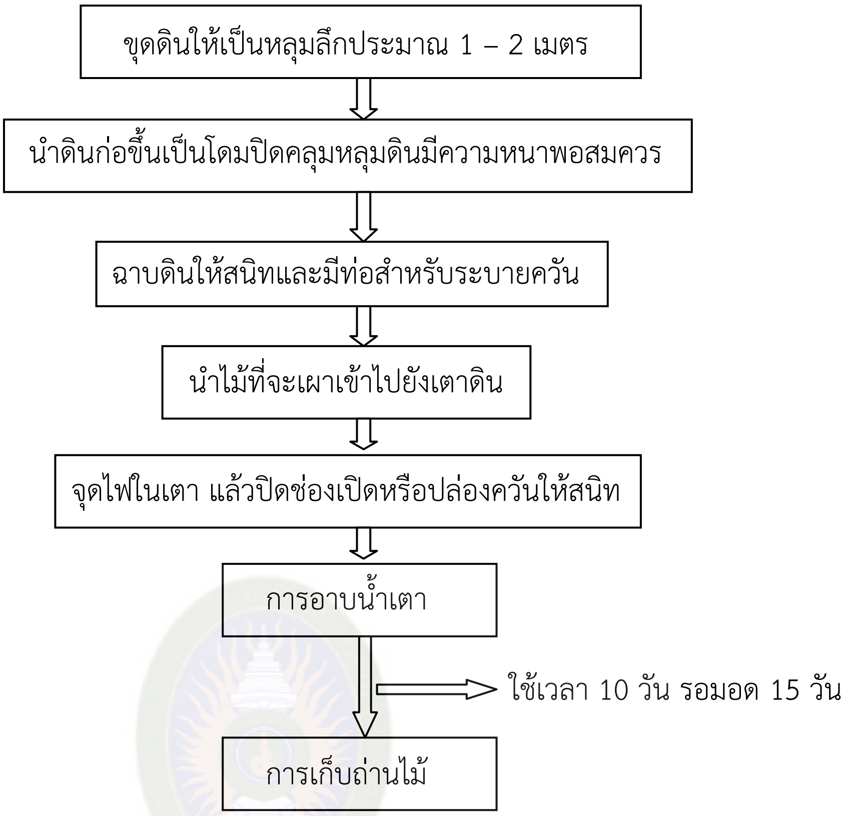
4. การจุดไฟเผาถ่าน ใช้เศษไม้เป็นเชื้อไฟทางช่องใส่ไฟ ใช้เวลาในการสุ่มไฟ 5-6 วัน เมื่อไม้ในเตาติดไฟแล้วทำการปิดช่องใส่ไฟด้วยดินเหนียวผสมน้ำและปิดปล่องเร่งไฟ

5. การปิดปล่องควัน ช่วงแรกในการเผาถ่านที่ปล่องควันจะมีกลุ่มควัน สีขาวหนาออกมาพร้อมกับไอน้ำที่ระเหยจากเนื้อไม้ จากนั้นควันจะเป็นสีเทามีกลิ่นฉุนแสบจมูก ช่วงนี้ที่ปากปล่องควันมียางเหนียวสีดำเกาะอยู่ หลังจากนั้นควัน สีเทาจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีฟ้าหรือสีน้ำเงินอ่อน ซึ่งแสดงว่าการเผาถ่านใกล้จะเสร็จสมบูรณ์แล้ว จนกระทั่งควันขาดหรือเปลี่ยนเป็นสีใสห่างจากปล่องควันประมาณหนึ่งคืบ แสดงว่า ไม้ได้กลายเป็นถ่านหมดแล้ว จึงให้ทำการปิดปล่องควันโดยใช้ดินลูกรังผสมน้ำ ซึ่งแต่ละปล่องอาจใช้เวลาแตกต่างกัน แต่ทั้งหมดจะใช้เวลาประมาณ 10 วัน นับจากวันเริ่มจุดไฟเผาถ่าน

6. การอาบน้ำเตา หลังจากปิดปล่องควันทั้งหมดแล้ว ให้ปล่อยทิ้งไว้ 1 คืน แล้วใช้ดินเหนียวผสมน้ำให้เป็นโคลนจากนั้นใช้ผ้าชุบลูบไล้ให้ทั่วเตาเพื่อลดความร้อนภายในเตา ให้อาบน้ำเตาทุกวันเป็นเวลา 3-4 วัน จากนั้น รอให้ไม้เปลี่ยนสภาพเป็นถ่าน ใช้เวลาประมาณ 10 วัน โดยรอมอด 15 วัน

7. การเก็บถ่าน ให้เปิดช่องใส่ไม้เผาถ่านออก จากนั้นนำถ่านออกมาใส่กระสอบเพื่อส่งขายต่อไป เตาดินเหนียวก่อนี้ ใช้เวลาสร้างประมาณ 1 เดือน ขั้นตอนการเผาถ่านด้วยเตาดินเหนียว มี**ดังรูปที่ 2.9**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รูปที่ 2.9 แสดงขั้นตอนการเผาถ่านเตาดินเหนียว

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.3.4 การเผาถ่านแบบใช้ถังน้ำมัน ในการเผาถ่านโดยใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร เป็นอีกวิธีหนึ่ง ที่มีการปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน และได้ผลเป็นที่น่าพอใจ การเผาถ่าน ในแบบถังน้ำมันแต่ละครั้ง จะได้ถ่านประมาณ 15 กิโลกรัม การติดตั้งสามารถทำได้ดังนี้

1. ตัดฝาถังด้านบน เพื่อใช้เป็นส่วนของฝาเตา ที่จะสามารถเปิด-ปิดได้ เพื่อนำไม้เข้าในเตา และนำถ่านออกมาจากเตา

2. เจาะรูในส่วนที่เป็นฝาถัง มีขนาดประมาณ 20 x 25 เซนติเมตร เพื่อทำหน้าที่เป็นปากเตา ใช้สำหรับปล่อยให้อากาศเข้า และเจาะรูที่ด้านก้นถังใหม่ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12 เซนติเมตร เพื่อที่จะสามารถติดตั้งสามทางปูน ขนาด 4 นิ้ว ซึ่งจะต้องใช้ต่อกับท่อใยหินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 1 เมตร

3. ขุดหลุมลึกขนาด 1/3 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง เพื่อที่ติดตั้งถังลงในหลุมตามแนวนอน และติดตั้งปล่องควัน และกลบตัวถังด้วยดิน หรือทราย เพื่อให้ทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อน

4. ตัดไม้ที่จะใช้เผาถ่าน ต้องให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดประมาณ 5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 80 เซนติเมตร บรรจุใส่ถังในแนวนอนตามยาวของถัง ไม้ที่มีขนาดใหญ่ควรผ่าเสียก่อน

5. ปิดฝาถังให้แน่นหนา อุดรอยต่าง ๆ ด้วยดินเหนียว เพื่อไม่ให้เป็นช่องทางให้อากาศเข้าได้ ยกเว้นปากเตา

6. จุดไฟที่ปากเตา เพื่อที่จะเริ่มต้นเผาถ่าน ระมัดระวังตำแหน่งของกองไฟหน้าเตา ไม่ให้เข้าใกล้เตาจนเกินไป ตำแหน่งที่เหมาะสมคือประมาณ 1 ฟุต จะปล่อยให้ไอร้อนเท่านั้นที่ไหลเข้าไปในเตา

7. ดักเก็บน้ำส้มควันไม้ ทางปล่องที่ควันออก โดยสังเกตจากสีของควัน

8. เมื่อเวลาถ่านสุก ให้สังเกตว่า ไม่มีควันออกมาจากปากปล่องอีก ให้ทำการอุดปากเตา และปากปล่องด้วยดินเหนียว รวมทั้งรอยรั่วอื่น ๆ จนควันไม่สามารถจะเล็ดลอดออกมาได้โดยเด็ดขาด

9. ทิ้งเตาไว้ 1 คืน เตาจะเย็นลงจนสามารถเปิดเตานำถ่านออกมาได้ในเช้าของวันถัดไป

10. โดยปกติ การเผาถ่านด้วยเตาถังน้ำมันนี้ จะใช้เวลาโดยประมาณ 6–8 ชั่วโมง

เตาเผาถ่านแบบใช้**ถังน้ำมัน** 200 ลิตร มี 2 ลักษณะ ดังนี้

2.3.4.1 เตาเผาถ่านถัง 200 ลิตร (แบบตั้ง) เตาเผาถ่านแบบนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเตาแบบดั้งเดิม เตาประเภทนี้อาศัยความร้อนไล่ความชื้นในเนื้อไม้ที่อยู่ในเตา ทำให้ไม้กลายเป็นถ่าน เรียกว่า กระบวนการคาร์บอนไนเซชั่น (Carbonization) โครงสร้างเป็นระบบปิด สามารถควบคุมอากาศได้ จึงไม่มีการลุกติดไฟของเนื้อไม้ ดังนั้นถ่านที่ได้จึงมีคุณภาพสูง เกิดขี้เถ้าน้อย และผลพลอยได้จากกระบวนการเผาถ่านอีกอย่างหนึ่งคือ น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar) เตาเผาถ่านถัง 200 ลิตร (แบบตั้ง) แสดงได้ **ดังรูปที่ 2.10**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 2.10 เตาเผาถ่านถัง 200 ลิตร (แบบตั้ง)

ส่วนประกอบของเตาเผาถ่าน 200 ลิตร เตาเผาถ่าน 200 ลิตร ประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ คือ

1. ตัวเตา ผลิตจากถังขนาด 200 ลิตร
2. ฝาเตา และท่อเร่งไฟ
3. ท่อควัน 3 ท่อ

4. ส่วนควบแน่นน้ำส้มควันไม้
5. ตะแกรงรองไม้ด้านใน
6. ช่องเชื้อเพลิง
7. รูเก็บน้ำส้มควันไม้

รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบของเตาเผาถ่าน 200 ลิตร (แบบตั้ง)

2.3.4.2 เตาเผาถ่านถัง 200 ลิตร (แบบนอน) เตาเผาถ่านแบบนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเตาแบบดั้งเดิม เตาประเภทนี้อาศัยความร้อนไล่ความชื้นในเนื้อไม้ ที่อยู่ในเตา ทำให้ไม้กลายเป็นถ่าน แสดงได้ **ดังรูปที่ 2.12**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 2.12 เตาเผาถ่านถัง 200 ลิตร (แบบนอน)
ที่มา (โสทร รอดคงที่, 2552)

ส่วนประกอบของเตาเผาถ่าน 200 ลิตร (แบบนอน) ประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ คือ

1. ตัวเตา ผลิตจากถังขนาด 200 ลิตร
2. ฝาเตา และท่อเร่งไฟ
3. ไม้ไผ่ ทะลุป้อง
4. ตะแกรงรองไม้ด้านใน
5. ช่องเชื้อเพลิง
6. รูเก็บน้ำส้มควันไม้

3. ถ่านอัดแท่ง

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับถ่านอัดแท่ง

3.1 กรรมวิธีการผลิต หลักการผลิตถ่านอัดแท่งมี 2 วิธี คือ

1. **การอัดร้อน** เป็นการอัดวัสดุโดยที่วัสดุไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านมาก่อน เมื่ออัดเป็นแท่งเสร็จแล้ว ค่อยนำเข้าเตาให้เป็นถ่านอีกครั้งหนึ่ง วัสดุที่สามารถผลิตโดยวิธีการอัดร้อน ขณะนี้มี 2 ชนิด คือ แกลบ และขี้เลื้อย เพราะวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้ เมื่อโดนอัดด้วยความร้อน จะมีสารในเนื้อของวัสดุยึดตัวมันเอง จึงทำให้สามารถยึดเกาะเป็นแท่งได้ โดยที่ไม่ต้องใช้ตัวประสาน โดยที่เครื่องอัดต้องเป็นเครื่องอัดชนิดอัดร้อน ซึ่งราคาค่อนข้างสูง

2. **การอัดเย็น** เป็นการอัดวัสดุที่เผาถ่านมาแล้ว แล้วนำมาผสมกับแป้งมันหรือวัสดุประสานอื่นๆ โดยทั่วไปจะเป็นแป้งมัน ถ้าวัสดุใดมีขนาดใหญ่ เช่น กะลามะพร้าว เมื่อผ่านการเผาแล้ว ต้องมีเครื่องบดให้ละเอียดก่อน แล้วค่อยนำมาผสมกับแป้งมันและนำในอัตราส่วนตามที่ต้องการ

3.2 วัสดุที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง วัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่ง มีหลากหลายชนิด เช่น ซังข้าวโพด กะลามะพร้าว แกลบ ขี้เลื้อย ฟางข้าว ชานอ้อย ต้นมันสำปะหลัง เหง้ามันสำปะหลัง หญ้าคา หญ้าขจรจบ ไมยราบ ผักตบชวา ใบจามจุรี กะลาปาล์ม ต้นฝ้าย ต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กากทานตะวัน เปลือกทุเรียน เศษถ่านหุงต้มที่เหลือใช้จากการใช้แล้ว ฯลฯ (กรมพัฒนาและการส่งเสริมพลังงาน, 2535)

ส่วนผสมของถ่านอัดแท่งทั่วไป ใช้ผงถ่าน 10 กิโลกรัม แป้งมัน 0.5 กิโลกรัม และน้ำ 3 ลิตร (ปริมาณน้ำสามารถปรับได้ ขึ้นอยู่กับความชื้นของวัสดุ)

เครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เครื่องบด (สำหรับวัสดุที่มีขนาดใหญ่ เช่น กะลามะพร้าว ซังข้าวโพด ฯลฯ) เครื่องผสม สามารถใช้เครื่องผสมทั่วไปได้ หรือผสมมือก็ได้ และเครื่องอัดแท่งถ่าน ถือเป็นหัวใจหลักมี 2 ชนิด คือ แบบอัดร้อนและแบบอัดเย็น

3.3 คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

1. ให้ความร้อนสูง เนื่องจากเป็นถ่านที่ได้รับการเผาไหม้เต็มที่
2. ปลอดภัยไม่มีสารตกค้างและไม่ทำลายสุขภาพ เพราะถ่านได้ถูกเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิเกิน 800 องศา
3. ทนทานสามารถใช้งานได้นานกว่าถ่านไม้ธรรมดาถึง 2.5 – 3 เท่า
4. ประหยัดเพราะใช้ได้นาน ไม่แตกและไม่ดับเมื่อติดแล้ว ทำให้ไม่มีการเสียเปล่าเนื่องจากถ่านจะเผาไหม้จนกว่าจะกลายเป็นขี้เถ้า
5. ไม่แตกประทุอย่างถ่านไม้ทั่วไป
6. ไม่มีควัน เนื่องจากความชื้นน้อยมาก

7. ไม่มีกลิ่น เพราะผลิตจากวัสดุธรรมชาติ 100% ไม่ผสมสารเคมีใดๆ

8. ไม่ดับกลางคัน แม้ว่าจะใช้ในที่ที่อากาศถ่ายเทน้อย ทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนถ่านบ่อยๆ

9. ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอ ไม่วูบวาบ เนื่องจากความหนาแน่นของถ่านไม่เท่ากันทุกส่วน

3.4 ราคาของถ่านอัดแท่ง ราคาของถ่านอัดแท่ง จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ผลิตถ่านอัดแท่ง ราคาโดยทั่วไปจะอยู่ประมาณกิโลกรัมละ 15 – 20 บาท ซึ่งจะดูแพงกว่าถ่านไม้ แต่ถ้าเปรียบเทียบคุณภาพ และระยะเวลาการเผาไหม้ ถือว่าคุ้มค่ากว่าถ่านไม้ การเลือกตัวประสานมีผลต่อการลดต้นทุนการผลิตลงได้มาก จึงมีการพัฒนาส่วนผสมเพื่อลดต้นทุนการผลิต

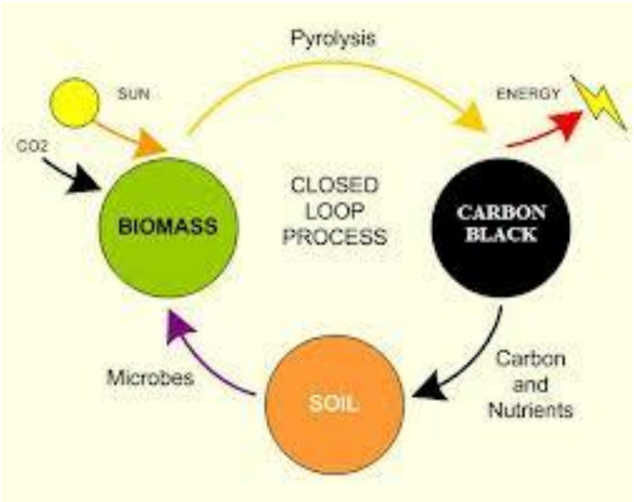
ถึงแม้ว่า ถ่านอัดแท่งในปัจจุบัน อาจยังมองเป็นเรื่องไกลตัวสำหรับหลายคน เพราะส่วนใหญ่นิยมใช้แก๊สหุงต้ม แต่ในอนาคตไม่ไกลข้างหน้า ถ้าวันหนึ่งไม้หมดหรือไม่เพียงพอ จะมีปัญหาตามมาอย่างแน่นอน ดังนั้นเพื่อเป็นการนำวัสดุที่เหลือใช้ให้กลับมามีประโยชน์และคุณค่า จึง ควรตระหนักในการใช้ทรัพยากรอย่างรู้คุณค่า และหาพลังงานทางเลือกเพื่อทดแทนพลังงานหลักที่มีราคาสูง

“ถ่านอัดแท่ง” จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ไม่ควรมองข้าม ถึงแม้เครื่องจักรจะมีราคาสูง แต่ในปัจจุบันมีงานวิจัยและพัฒนาด้านเครื่องอัดถ่านสำหรับชุมชน รวมทั้งพัฒนาด้านส่วนผสมในการลดต้นทุน ซึ่งก็น่าจะทำให้ถ่านอัดแท่ง กลับมามีความน่าสนใจในการประกอบอาชีพอยู่ไม่น้อย

4. กระบวนการไพโรไลซีส

ไพโรไลซีส (Pyrolysis) คือ กระบวนการกลั่นสลาย (Destructive distillation) ในที่ที่ไม่มีออกซิเจน ผลผลิตของการไพโรไลซีสจะประกอบด้วย ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ โดยของแข็งที่ได้ก็คือคาร์บอน ของเหลวก็คือเอ็ททีลีน และก๊าซคือมีเทน ทั้งหมดจะเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถนำไปใช้ได้ต่อไป กระบวนการไพโรไลซีส แสดงได้ **ดังรูปที่ 2.13**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รูปที่ 2.13 กระบวนการไพโรไลซีส

ที่มา (Pearsala Group, 2556)

กระบวนการไพโรไลซีสที่แท้จริง จะต้องป้อนความร้อนให้สารอินทรีย์หรือสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ป้อนเข้าสู่ระบบที่ไม่มีก๊าซออกซิเจน การประยุกต์ใช้กระบวนการไพโรไลซีสก็คือกระบวนการก๊าซซิฟิเคชัน (Gasification) ซึ่งเป็นการป้อนออกซิเจนจำนวนจำกัดเข้าสู่ระบบ ออกซิเจนที่ป้อนเข้าอาจเป็นออกซิเจนบริสุทธิ์หรืออากาศ กระบวนการเติมออกซิเจนจะช่วยให้ระบบสามารถผลิตความร้อนได้พอที่จะทำให้ระบบเดินได้ด้วยตัวเองอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากปฏิกิริยาในการเติมออกซิเจนจะเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ส่วนปฏิกิริยาในการลดออกซิเจนจะเป็นปฏิกิริยารับความร้อน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนหรือออกซิเจนที่ป้อนเข้า ตัวแปรสำคัญ 2 ตัวในระบบไพโรไลซีสคืออุณหภูมิของการไพโรไลซ์ และอัตราความเร็วในการทำให้เชื้อเพลิงมีอุณหภูมิถึงระดับไพโรไลซ์ที่ต้องการ การเลือกของตัวแปรด้านระดับอุณหภูมิและอัตราความเร็วของการให้ความร้อนจะเป็นตัวกำหนดลักษณะผลผลิตที่ได้ ระบบไพโรไลซีสที่ใช้อุณหภูมิสูงและอัตราการเพิ่มอุณหภูมิช้า ผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นก๊าซ ส่วนระบบที่ใช้อุณหภูมิต่ำและการเพิ่มอุณหภูมิช้า ผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นของแข็ง (ถ่าน) เทคนิคในการควบคุมอุณหภูมิของระบบทำได้ไม่ยาก แต่เทคนิคในการควบคุมอัตราความเร็วในการให้ความร้อนนับเป็นเทคโนโลยีที่ยังเป็นความลับสำคัญของผู้ผลิตอุปกรณ์ ไพโรไลซีส (และก๊าซซิฟิเคชัน) มีข้อดีในการกำจัดขยะมูลฝอยทางทฤษฎีหลายประการ โดยเฉพาะมีผลดีทางสิ่งแวดล้อมมากเนื่องจาก เกิดมลพิษน้อย และผลผลิตได้เป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ประโยชน์ได้หลายชนิด ด้วยเหตุนี้จึงดูเหมือนว่า การประยุกต์ใช้ระบบไพโรไลซีสกับขยะมูลฝอยแห้งน่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมมาก แต่เมื่อศึกษาประวัติการใช้ระบบไพโรไลซีสกับขยะมูลฝอยในอดีตพบว่า ผลลัพธ์ไม่สู้ดีนัก ระบบไพโรไลซีสขนาดใหญ่ที่สร้างในทศวรรษ 1970 (พ.ศ. 2513-2523) เพื่อผลิตน้ำมันจากขยะและถ่านทุกระบบล้มเหลว เนื่องจากปัญหาในการดำเนินการเดินเครื่อง การทำไพโรไลซีสเชื้อเพลิงที่สามารถควบคุมส่วนประกอบและขนาดให้สม่ำเสมอได้ (เช่น ชานอ้อย หรือเปลือกถั่ว) จะประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี ของผสมที่มีองค์ประกอบหลากหลาย ไม่แน่นอน และมีสภาพทางกายภาพที่ไม่สม่ำเสมอ (เช่นขยะมูลฝอย) เมื่อนำไปใช้กับระบบไพโรไลซีส เกิดความล้มเหลว ขึ้นได้หลายประการ ดังนั้นกระบวนการจัดการขยะมูลฝอย ก่อนป้อนเข้าสู่ระบบ จึงมีความสำคัญต่อการทำงานของระบบเป็นอย่างมาก การย่อยขยะมูลฝอยให้มีขนาดที่เหมาะสม การอบแห้ง และการผสมให้ส่วนประกอบของขยะมูลฝอยสม่ำเสมอมากที่สุด จะเป็นหัวใจสำคัญของความสำเร็จ ในการทำงานของระบบไพโรไลซีส การสร้างเครื่องจักรที่มีระบบร่วมกันทั้งไพโรไลซีส และก๊าซซิฟิเคชั่นจะช่วย ทำให้ระบบมีความเสถียรมากขึ้น และยังเป็นการใช้พลังงานหมุนเวียนในตัวเอง โดยไม่ต้องพึ่งพลังงานจากภายนอกอีกด้วย

5. น้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพ คือ น้ำหมักชีวภาพที่ได้จากการหมักเศษซากพืช ซากสัตว์ หรือสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่หาได้ในท้องถิ่นด้วยจุลินทรีย์จำเพาะ ซึ่งอาจหมักร่วมกับกากน้ำตาลหรือน้ำตาลทรายแดง

กระบวนการหมักของน้ำหมักชีวภาพ จะเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ ด้วยจุลินทรีย์ โดยใช้กากน้ำตาล และน้ำตาลจากสารอินทรีย์เป็นแหล่งพลังงาน แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1. การหมักแบบต้องการออกซิเจน เป็นการหมักด้วยจุลินทรีย์ ชนิดที่ต้องการออกซิเจนสำหรับกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ เพื่อสร้างเป็นพลังงาน และอาหารให้แก่เซลล์ การหมักชนิดนี้ จะเกิดน้อยในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ และมักเกิดในช่วงแรกของการหมัก แต่เมื่อ

ออกซิเจนในน้ำ และอากาศหมด จุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนจะลดน้อยลง และหมดไปจนเหลือเฉพาะการหมักจากจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน

2. การหมักแบบไม่ต้องการออกซิเจน เป็นการหมักด้วยจุลินทรีย์ ในชนิดที่ไม่ต้องการใช้ออกซิเจน สำหรับกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ เพื่อสร้างให้เป็นพลังงาน และอาหารให้แก่เซลล์ การหมักชนิดนี้ จะเกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่ ในกระบวนการหมัก ของน้ำหมักชีวภาพ ผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้คือ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ส่วนพวกเมอเคปเทน และก๊าซซัลไฟด์ ปล่อยออกมาเล็กน้อย **แสดงได้ดังรูปที่ 2.14**

รูปที่ 2.14 การทำน้ำหมักชีวภาพ
ที่มา (เพื่อพืชเกษตรไทย, 2556)

5.1 ชนิดของน้ำหมักชีวภาพ น้ำหมักชีวภาพแบ่งตามประเภทวัตถุดิบที่ใช้หมัก 3 ชนิด คือ

1. น้ำหมักชีวภาพจากพืช แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

ชนิดที่ใช้ผักและเศษพืช เป็นน้ำหมักที่ได้จากเศษพืชเศษผักจากแปลงเกษตรหลังการเก็บ และคัดแยกผลผลิต น้ำหมักที่ได้ มีลักษณะเป็นน้ำข้นสีน้ำตาล มีกลิ่นหอม ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน กรดแลคติค และฮอร์โมนเอนไซม์

ชนิดที่ใช้ขยะเปียก เป็นน้ำหมัก ที่ได้จากขยะในครัวเรือน เช่น เศษอาหาร เศษผักผลไม้ น้ำหมักที่ได้มีลักษณะข้นสีน้ำตาล จางกว่าชนิดแรกและมีกลิ่นหอมน้อยกว่า บางครั้งอาจมีกลิ่นเหม็นบ้างเล็กน้อย ต้องใช้กากน้ำตาลเป็นส่วนผสม

2. น้ำหมักชีวภาพจากสัตว์ เป็นน้ำหมักที่ได้จากเศษเนื้อต่างๆ เช่น เนื้อปลา เนื้อหอย เป็นต้น น้ำหมักที่ได้จะมีสีน้ำตาลเข้ม มักมีกลิ่นเหม็นมากกว่าน้ำหมักที่ได้จากวัตถุหมักอื่น ต้องใช้กากน้ำตาลเป็นส่วนผสม

3. น้ำหมักชีวภาพผสม เป็นน้ำหมักที่ได้จาการหมักพืช และเนื้อสัตว์รวมกัน โดยส่วนมากมักเป็นแหล่งที่ได้จากเศษอาหารในครัวเรือนเป็นหลัก

5.2 ประโยชน์ของน้ำหมักชีวภาพ มีประโยชน์ดังนี้

5.21 ด้านการเกษตร

1. ใช้ฉีดพ่นหรือเติมในดินหรือน้ำ ช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างในดิน และน้ำ

2. ใช้เติมในดิน ช่วยปรับสภาพโครงสร้างของดิน ทำให้ดินร่วนซุย อุ้มน้ำได้ดี และช่วยเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในดิน และน้ำ

3. ช่วยเพิ่มอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน และน้ำ

4. ใช้รดต้นพืชหรือแช่เมล็ดพันธุ์ ท่อนพันธุ์เพื่อเร่งการเกิดราก และการเจริญเติบโตของพืช

5. เป็นสารที่ทำหน้าที่เหมือนฮอร์โมนพืช กระตุ้นการเกิดราก และการเจริญเติบโต ทำให้ผลผลิต และคุณภาพสูงขึ้น

6. ใช้ฉีดพ่นในแปลงเกษตร ช่วยต้านแมลงศัตรูพืช และลดจำนวนแมลงศัตรูพืช

7. ใช้ฉีดพ่นในแปลงผัก ผลไม้หรือผลผลิตต่างๆ เพื่อป้องกันการทำลายผลผลิตของแมลง

5.2.2 ด้านปศุสัตว์

1. ใช้ฉีดพ่นตามพื้นดินในฟาร์มเพื่อลดกลิ่นเหม็นของมูลสัตว์ ซากพืช ซากสัตว์ในฟาร์ม

2. ใช้เติมในน้ำเสียเพื่อกำจัดน้ำเสียด้วยการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในการย่อยสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

3. ใช้ฉีดพ่นตามพื้นหรือตัวสัตว์เพื่อป้องกัน และลดจำนวนของจุลินทรีย์ก่อโทษ และเชื้อโรคต่างๆ

4. ช่วยป้องกันแมลงวัน และการเจริญเติบโตของหนอนแมลงต่างๆ

5. ใช้ผสมอาหารสัตว์จำพวกหญ้าเพื่อเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในกระเพาะอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

6. ใช้หมักหญ้า ฟางข้าวหรือหญ้าอาหารสัตว์เพื่อให้เกิดการย่อยง่าย

5.2.3 ด้านการประมง

การใช้ในด้านการประมงมักใช้น้ำหมักชีวภาพเติมในบ่อเลี้ยงปลาเพื่อประโยชน์ในด้านต่างๆ คือ

1. เพื่อปรับความเป็นกรด-ด่าง
2. เพื่อเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์สำหรับการย่อยสลายสิ่งสกปรกในบ่อปลา
3. เพื่อต้าน และลดจำนวนเชื้อโรคที่ก่อโทษในสัตว์น้ำ
4. เพื่อรักษาแผลของสัตว์น้ำ
5. ช่วยลดปริมาณขี้เลนในบ่อ ด้วยการช่วยย่อยสลาย สิ่งเน่าเสียที่อยู่ด้านล่างบ่อ

5.2.4 ด้านสิ่งแวดล้อม

1. ใช้เติมในระบบบำบัดน้ำเสียจากการเกษตร ปศุสัตว์ จากการประมง โรงงานอุตสาหกรรม และชุมชน

2. ใช้เติมในบ่อขยะ ช่วยย่อยสลายขยะ และกำจัดกลิ่นเหม็น

3. ใช้ปรับสภาพของเสียจากครัวเรือน ก่อนนำไปใช้ประโยชน์ ในด้านการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.3 ประโยชน์น้ำหมักชีวภาพในทางเกษตร มีประโยชน์ดังนี้

5.3.1 ข้าว

1. การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าว

อัตราการใช้ : น้ำหมักชีวภาพ 1 ลิตร/น้ำ 30 ลิตร/เมล็ดข้าว 20 กิโลกรัม

วิธีใช้: แช่เมล็ดข้าว 1-2 วัน ก่อนหว่านเมล็ด

2. ช่วงเตรียมดิน

อัตราการใช้ : น้ำหมักชีวภาพ 1 ลิตร/น้ำ 40 ลิตร/ไร่

วิธีใช้: เจือจางน้ำหมักด้วยน้ำในอัตราส่วนข้างต้น และฉีดพ่นดินก่อนการไถพรวนดิน หรือไถกลบซังข้าว

3. ช่วงการเจริญเติบโต

อัตราการใช้ : น้ำหมักชีวภาพ 1 ลิตร/น้ำ 50 ลิตร/ไร่

วิธีใช้: เจือจางน้ำหมักด้วยน้ำในอัตราส่วนข้างต้น แล้วฉีดพ่นต้นพืช

5. 3.2 พืชไร่

1. ช่วงการเจริญเติบโต

อัตราการใช้ : น้ำหมักชีวภาพ 1 ลิตร/น้ำ 50 ลิตร/ไร่

วิธีใช้: ฉีดพ่นบนต้นพืชทั้งระยะแตกกิ่ง แตกใบ ออกดอก และติดผล

2. การแช่ท่อนพันธุ์อ้อย และมันสำปะหลัง

อัตราการใช้ : น้ำหมักชีวภาพ 2 ลิตร/น้ำ 30 ลิตร

วิธีใช้: เจืองจางน้ำหมักด้วยน้ำในอัตรา พร้อมนำท่อนพันธุ์ แช่นาน 6-12 ชั่วโมง ก่อนปลูก

5. 3.3 พืชผัก และไม้ดอก

อัตราการใช้ : น้ำหมักชีวภาพ 1 ลิตร/น้ำ 50 ลิตร/ไร่

วิธีใช้: เจือจางน้ำหมัก และฉีดพ่นบนต้นพืชในทุกระยะ

5. 3.4 ไม้ผล

อัตราการใช้ : น้ำหมักชีวภาพ 1 ลิตร/น้ำ 50 ลิตร/ไร่

วิธีใช้: เจือจางน้ำหมัก และฉีดพ่นบนต้นพืชในทุกระยะ โดยเฉพาะช่วงออกดอก และติดผล

5. 3.5 บ่อกุ้งหรือบ่อปลา

อัตราการใช้ : น้ำหมักชีวภาพ 1 ลิตร/น้ำ 1 คิว

วิธีใช้: เติมน้ำหมักลงบ่อเลี้ยงทุกๆ 1 เดือน

5. 3.6 คอกเลี้ยงสัตว์

อัตราการใช้ : น้ำหมักชีวภาพ 1 ลิตร/น้ำ 40 ลิตร/พื้นที่ 100 ตารางเมตร

วิธีใช้: เจือจางด้วยน้ำ และฉีดพ่นบนลานหรือคอกสัตว์ บนตัวสัตว์ ทุกๆ 1 - 3 เดือน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.3.7 การป้องกันโรค และแมลงศัตรูพืช

อัตราการใช้ : น้ำหมักชีวภาพ 5 ลิตร/น้ำ 50 ลิตร/ไร่

วิธีใช้: เจือจางด้วยน้ำ และฉีดพ่นในแปลงเกษตรทุกๆ 1 เดือน

5.4 หัวเชื้อน้ำหมักชีวภาพ หัวเชื้อสำหรับเติมในน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ สารเร่ง พด. 2 และพด.6 พัฒนาโดยกรมพัฒนาที่ดิน มีลักษณะที่แตกต่างกัน สารเร่งพด.2 ใช้ในการหมักน้ำหมักชีวภาพสำหรับรดดิน และต้นพืช ส่วนสารเร่งพด. 6 ใช้สำหรับหมักน้ำหมักชีวภาพสำหรับใช้เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน และน้ำเสีย ประกอบด้วยจุลินทรีย์ 3 สายพันธุ์ ดังนี้

1. ยีสต์ผลิตแอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์ และวิตามินบี Saccharomyces sp.
2. แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก Lactobacillus sp.
3. แบคทีเรียย่อยสลายโปรตีน Bacillus sp.

5.5 วิธีทำน้ำหมักชีวภาพ การทำน้ำหมักชีวภาพ จะเลือกใช้วัสดุใด ในการหมักนั้น ควรเลือกใช้วัสดุหมัก ที่สามารถหาได้ง่ายในครัวเรือน แปลงเกษตรของตนเองหรือหาได้ง่ายในท้องถิ่น ส่วนหัวเชื้อสามารถเลือกใช้สารเร่งพด.2 หรือ พด.6 ตามวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้เป็นหล

5.5.1 น้ำหมักชีวภาพ สูตร 1 หมักจากผักและผลไม้ จำนวน 50 ลิตร (หมัก 7 วัน)

1. ผัก หรือผลไม้ 4 ส่วน
2. กากน้ำตาล 1 ส่วน
3. น้ำ 1 ส่วน
4. สารเร่ง พด.2 จำนวน 1 ซอง (25 กรัม)

5.5.2 น้ำหมักชีวภาพ สูตร 2 หมักจากปลาหรือหอยเชอรี่ จำนวน 50 ลิตร (หมัก 21 วัน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1. ปลา 3 ส่วน
2. กากน้ำตาล 1 ส่วน
3. ผลไม้ 1 ส่วน
4. น้ำ 1 ส่วน
5. สารเร่ง พด.2 จำนวน 1 ซอง (25 กรัม)

การใช้กากน้ำตาลเป็นส่วนผสมในตัวหมักจะทำให้ได้น้ำหมักที่มีสีน้ำตาลเข้ม แต่หากหมักด้วยอินทรีย์วัตถุเพียงอย่างเดียว จะได้น้ำหมักเป็นสีน้ำตาลอ่อน หรือตามสีของวัตถุที่เติมลงหมัก

5.5.3 น้ำหมักชีวภาพจากเศษอาหารในครัวเรือน เศษอาหารในครัวเรือนมักมีข้อจำกัด คือ เน่าง่าย และมีกลิ่นเหม็น และเกิดในปริมาณน้อยในแต่ละวัน จึงเป็นปัญหาในการรวบรวมน้ำหมักชีวภาพจากเศษอาหารที่เกิดขึ้นน้อย ทำได้โดยเตรียมชุดน้ำหมักข้างต้น (น้ำ+สารเร่ง+กากน้ำตาล) ในถังให้พร้อมก่อน หลังจากนั้น จึงเทเศษอาหารลงในแต่ละวันที่เกิดขึ้น อาจเทได้ประมาณ 7-15 วัน ขึ้นอยู่กับขนาดถังที่เตรียม และต้องเตรียมชุดน้ำหมักเพียงค่อนถังหรือครึ่งถัง

ปริมาณธาตุอาหารในน้ำหมักชีวภาพ ที่ใช้วัสดุหมัก : กากน้ำตาล (3:1)

1. ปลาหมัก : pH 3.2-3.9 ไนโตรเจน 0.4-1.10 % ฟอสฟอรัส 0.0-3.94 % โพแทสเซียม 0.09-0.86 % แคลเซียม 0.014-0.51 %

2. หอยเชอรี่ : pH 4.5-6.3 ไนโตรเจน 0.6-1.58 % ฟอสฟอรัส 0.0-0.06 % โพแทสเซียม 0.16-4.90 % แคลเซียม 0.08-0.15 % แมกนีเซียม 0.27 %

3. เศษพืชผัก : pH 3.8-3.9 ไนโตรเจน 0.27-0.40 % ฟอสฟอรัส 0.14-0.15 % โพแทสเซียม 0.35-1.44 % แคลเซียม 0.41-0.43 % แมกนีเซียม 0.15 %

4. เศษผักผลไม้ : pH 3.4-3.8 ไนโตรเจน 0.20-0.33 % ฟอสฟอรัส 0.0-0.26 % โพแทสเซียม 0.6-0.88 % แคลเซียม 0.19-0.67 % แมกนีเซียม 0.11 %

5.6 ลักษณะกายภาพระหว่างการหมัก

1. หากมีการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ สามารถสังเกตได้จากเกิดฝ้าขาว หรือโคโลนี และมีปริมาณเพิ่มขึ้นบริเวณผิวหน้าของถังหมัก
2. เกิดฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
3. มีกลิ่นฉุนของแอลกอฮอล์
4. หากนำสารละลายมาแตะลิ้นจะมีรสเปรี้ยวจากกรดแลคติก
5. สารละลายมีลักษณะน้ำตาลใส ไม่ขุ่นดำ และมีกลิ่นหอม

5.7 ลักษณะน้ำหมักชีวภาพที่หมักสมบูรณ์

1. น้ำหมักชีวภาพมีลักษณะสีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้มใส ไม่ขุ่นดำ น้ำหมักจะอยู่ส่วนบน ส่วนกากจะตกลงด้านล่าง
2. น้ำหมักชีวภาพไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า แต่จะมีกลิ่นหอมเหมือนเหล้าหมักหรือมีกลิ่นของกากน้ำตาล และกลิ่นเหม็นเปรี้ยว
3. น้ำหมักชีวภาพจะต้องมีฟองก๊าซ หรือไม่มีฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หากเกิดการหมักวัสดุจนหมดแล้ว
4. น้ำหมักชีวภาพจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 3-4

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.8 คุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพ

1. ประกอบด้วยฮอร์โมนที่นำมาใช้ต่อการเติบโตของพืชหลายชนิด เช่นออกซินไซโตตไคนิน และจิบเบอร์เรลลิน
2. กรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น กรดอะซีติก กรดแลคติก กรดอะมิโน และกรดฮิวมิก
3. มีวิตามินบี วิตามินซี วิตามินเอ และอื่นๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุหมัก
4. มีความเป็นกรดที่ pH ประมาณ 3-4

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชานนท์ บุนนท์ (2554) ได้ศึกษาวัสดุประสาน และส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการอัดขึ้นรูปถ่านไม้ จากการศึกษากระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง พบว่ากระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ในอัตราส่วนผสม (ตัวประสาน : เม็ดถ่าน) 0.5 : 10, 1.0 : 10, 1.5 : 10 กิโลกรัม ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานในอัตราส่วนผสม 2.5 : 10, 3.0 : 10, 3.5 : 10 กิโลกรัม และใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสาน ในอัตราส่วนผสม 0.1 : 10, 0.15 : 10, 0.2 : 10 กิโลกรัม ขนาดของเม็ดถ่านที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 6, 12, 20 และ 30 โดยการผ่านกระบวนการเผาถ่านด้วยเตาซีเมนต์ การบด และอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแบบเกลียว และขนาดของก้อนถ่านอัดแท่งทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใน 1.5 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 4.0 เซนติเมตร ยาว 4.5 เซนติเมตร ผู้วิจัยศึกษาการให้อุณหภูมิ และระยะเวลาการให้อุณหภูมิของถ่านอัดแท่ง ที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง และที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานโดยที่มีอัตราส่วนผสมการผสมที่ต่างกันและใช้เม็ดถ่านที่มีขนาดแตกต่างกัน เพื่อค้นหาตัวประสานอัตราส่วนผสม และขนาดเม็ดถ่าน ที่ทำให้ถ่านอัดแท่งมีอุณหภูมิ และระยะเวลาการให้อุณหภูมิที่ดีที่สุด รวมถึงความแข็งแรงของถ่าน และระยะเวลาตากแห้ง จากการทดลองตัว. ประสานที่เหมาะสม ในการใช้ผลิตถ่านอัดแท่ง คือ กากน้ำตาล โดยใช้อัตราส่วน 3.5 : 10 กิโลกรัม ขนาดของเม็ดถ่านเบอร์ 20 เพราะการใช้กากน้ำตาลทำให้ระยะเวลาการให้อุณหภูมิช่วงทรงตัวที่ 400 $^{\circ}C$ ได้นานถึง 179 นาที พิจารณาจากค่าประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของแท่งถ่านการใช้แป้งมันเป็นตัวประสานที่ เม็ดถ่านเบอร์ 20 และ 30 จะทำให้ค่าประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน ของแท่งถ่านได้สูง 21.11 % และ 20.64 % ตามลำดับ การใช้แป้งมันเป็นตัวประสาน ในเม็ดถ่านเบอร์หยาบช่วยให้ถ่านอัดแท่งคงรูปและมีความแข็งได้ค่าสูงสุดที่ 10.89 KN. ที่เม็ดถ่านเบอร์ 6 ที่ส่วนผสม 0.1: 10 กิโลกรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ณัฐธนัญญา บุญถึง (2556) การผลิตถ่านอัดแท่งจากชีวมวลขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดเย็น โดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน ถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้น มีสัดส่วนผสมของถ่านซังข้าวโพดและกะลามะพร้าวแปรค่าจาก 100 ถึง 0 โดยน้ำหนัก มีจำนวนทั้งสิ้น 7 สูตร ทุกสูตรมีสัดส่วนผสมของผงถ่านกับน้ำหมักชีวภาพเป็น 10:1 โดยน้ำหนักจากการวิเคราะห์ สมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้ พบว่า สัดส่วนที่มีปริมาตรผงถ่านซังข้าวโพด 100 เปอร์เซ็นต์ มีความหนาแน่น และร้อยละความชื้น (ฐานมวลแห้ง) ของแท่งถ่าน มีค่าเป็น 0.63 กรัมต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร และ 6.65 ตามลำดับ เวลาในการเผาไหม้ถ่าน 1 กิโลกรัมจนหมดเป็น 83 นาที และมีปริมาณเถ้าเหลือจากการเผาไหม้ ร้อยละ 2.30 เมื่อทดสอบหาค่าความร้อนสูงสุดพบว่า มีค่าเป็น 6,688 แคลอรีต่อกรัม และมีความทนทานต่อแรงกดที่ค่าเฉลี่ย 9.88 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และจากการวิเคราะห์พบว่า หากนำอาซังข้าวโพดทั้งหมดมาอัดเป็นถ่านอัดแท่งแล้วนำมาใช้ในครัวเรือน ก็จะสามารถ ใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนแก๊สหุงต้มได้ โดยประมาณ 80,000 กิโลกรัม นอกจากนั้นยังพบว่าเป็นแนวทางการผลิตถ่านอัดแท่งที่สามารถช่วยลดปัญหามลพิษทางอากาศ และเป็นแนวทางในการเสริมรายได้ให้กับชุมชน

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล (2553) ได้ศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าว และถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ถ่านอัดแท่ง ที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าว และถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 3 : 7 มีค่าสมรรถนะทางความร้อน เท่ากับ 5,003 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ให้ค่าสมรรถนะทางความร้อน ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 5.35 บาทต่อกิโลกรัม และเมื่อมีกำลังการผลิตที่ 400 กิโลกรัม/วัน จะสามารถคืนทุนได้ ภายในระยะเวลาประมาณ 1.4 ปี ซึ่งผลการศึกษาวิจัย นี้สามารถนำไปส่งเสริมให้เกษตรกร นำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ เหง้ามันสำปะหลัง มาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มมูลค่าได้ โดยการใช้ถ่านเหง้ามันสำปะหลังเป็นส่วนผสมหลัก และใช้ถ่านกะลามะพร้าวเป็นส่วนผสมรอง สามารถบรรลุผลสอดคล้องกับสมมุติฐาน

อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย (2554) ได้ศึกษาการนำเปลือกทุเรียน และ เปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูป เชื้อเพลิงอัดแท่ง การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนาเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดมา ใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลัง หรือ โมลาสซึ่งเป็นตัวประสานที่อัตราส่วน ต่างๆ กัน แล้วอัดเป็นแท่งโดยวิธีอัดแบบเย็น จากนั้นทำการศึกษาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM รวมทั้งการศึกษาความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน และวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซ ที่เกิดจากการเผาไหม้ของ เชื้อเพลิง จากผลการศึกษาพบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 3,400-4,348 cal/g และค่าความร้อนที่ ได้จากเปลือกทุเรียนที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานมีค่าความร้อนสูงที่สุด 4,348 cal/g ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ ค่าความร้อนที่ได้จากฟืนไม้ เชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าความชื้นและปริมาณเถ้าต่ำ ในขณะเผาไหม้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีการ ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีความเข้มข้นสูงเกินมาตรฐานอากาศเสียจากโรงงาน ขณะที่ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ระหว่างการเผาไหม้พบว่าการแตกปะทุขณะติดไฟน้อย มีกลิ่น และควันขณะลุกไหม้น้อย ไม่แตกหักง่าย ทำให้สะดวกในการเก็บรักษาและการขนส่ง ดังนั้น การนำเปลือกทุเรียน และมังคุดมาใช้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งทดแทนฟืนและถ่าน จึงเป็นแนวทางหนึ่งของการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กรอบแนวความคิดการวิจัย

เนื่องด้วยมีการตัดไม้ทำลายป่ากันมากมาย ทำให้พื้นที่ป่าของเมืองไทยมีจำนวนลดลง สาเหตุที่สำคัญอันหนึ่งก็คือการตัดไม้ทำลายป่า เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ปัจจุบันจึงมีการนำเอาผลผลิตทางการเกษตร และนำผลิตผลทางการเกษตรนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนถ่านไม้ ซึ่งสามารถลดการตัดไม้ทำลายป่าได้ และยังช่วยแก้ไขปัญหาในการค้าขาย เนื่องจากราคาพืชผลไม้ตกต่ำ และล้นตลาด ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่สำหรับเกษตรกร

การนำวัสดุเหล่านี้ไปใช้แทนฟืน และถ่านไม้ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในครัวเรือน หรืออุตสาหกรรมครัวเรือน และเป็นการลดปริมาณขยะที่จะต้องนำไปกำจัดซึ่งจะช่วยลดปัญหา และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมอีกด้วย นับเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงทดแทน และยังเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และมีประสิทธิภาพ ดังนั้นถ้า ได้มีการส่งเสริมในเรื่องพลังงานทดแทนอย่างจริงจัง โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่น ทางเลือกที่น่าสนใจของพลังงานทดแทน และเหมาะสมสอดคล้องกับสภาพทั่วไปของประเทศ การนำวัสดุที่เหลือจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ และเพิ่มมูลค่า โดยการนำเอา เมล็ดของต้นไม้ในท้องถิ่นมาผลิตเป็นถ่าน เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน ฟืน และถ่านไม้ จึงช่วยลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศ ลดการใช้จ่ายในการจัดซื้อเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในครัวเรือน หรืออุตสาหกรรมครัวเรือนอีกด้วย นับเป็นการนำวัสดุที่เหลือจากธรรมชาติมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงทดแทน เป็นการลดปริมาณขยะที่จะต้องนำไปกำจัดซึ่งจะช่วยลดปัญหาและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมอีกด้วย และยังเป็นการนำวัสดุที่เหลือจากธรรมชาติมาใช้ให้เป็นประโยชน์ และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยที่เป็นการศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง โดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน โดยมีวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. น้ำ
2. เตาถ่าน
3. ไม้ขีดไฟ
4. นาฬิกาจับเวลา
5. กะละมังพลาสติก
6. ช้อนสำหรับตักเถ้า
7. น้ำหมักชีวภาพ
8. เมล็ดของต้นมะค่าโมง
9. เมล็ดของต้นสำโรง
10. เมล็ดของต้นกระบก
11. ขวดพลาสติก ขนาด 5 ลิตร
12. ถังเผาถ่านขนาด 200 ลิตร
13. ตะแกรงกรองสารอย่างหยาบ
14. บีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร และ 600 มิลลิลิตร
15. เครื่องอัดแท่งถ่าน แบบผลิตขึ้นเอง
16. เครื่อง Bomb Calorimeter ยี่ห้อ IKA รุ่น C2000 Basic
17. เครื่องบดไฟฟ้า (Grinders) ยี่ห้อ HZX รุ่น 250 g 1,200 วัตต์ 28,000 rpm
18. เครื่องชั่งดิจิทอล 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น Scout-Pro 400 g

    เครื่องอบลมร้อน ยี่ห้อ MEMERT รุ่น UF 110
19. เครื่องมือทดสอบสมบัติเชิงกล (Universal Test Machines) ยี่ห้อ BeMacs รุ่น WDW 110 D

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ ได้แบ่งการศึกษา ออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การผลิตถ่านจากเมล็ดของต้นไม้

1. ขุดหลุม ให้มีความลึกพอดีกับการตั้งถังน้ำมัน 200 ลิตร แล้วนำถังน้ำมัน 200 ลิตร มาวางบนหลุมที่ขุดเตรียมไว้ จากนั้น นำฟืนมาวางลงในถัง 200 ลิตรประมาณครึ่งถัง แล้วนำเมล็ดของต้นไม้ทั้งหมดที่เตรียมไว้ **ดังรูปที่ 3.1** วางลงไปในถัง แล้วจุดไฟหน้าเตา ซึ่งในช่วงจุดไฟหน้าเตานี้ ควรจะใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที สังเกตเห็นควันที่ปากถังจะมีสีขาว เนื่องจากเป็นการระเหยของความชื้นจากเนื้อเมล็ดของต้นไม้มาเป็นไอน้ำ แล้วทำการปิดฝา เปิดทิ้งไว้เพียงปากปล่องควันขนาดเล็กไว้ ให้ควันออก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(ก) (ข) (ค)

RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 3.1 เมล็ดของต้นไม้ 3 ชนิด
(ก) เมล็ดมะค่าโมง
(ข) เมล็ดสำโรง
(ค) เมล็ดกระบก

2. ค่อย ๆ ใส่เชื้อเพลิงเข้าไปเรื่อย ๆ ควันสีขาวตรงปล่องควันจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ วัดอุณหภูมิบริเวณปากปล่องควันประมาณ 70 ˚C อุณหภูมิภายในเตา 200-250 ˚C แล้วหยุดการเติมเชื้อไฟ เมื่อเผาไปอีกระยะหนึ่ง ควันสีขาวจะเริ่มบางลงและเปลี่ยนเป็นสีฟ้า อุณหภูมิปากปล่องควัน 80-85 ˚C อุณหภูมิภายในเตา 300-400 ˚C

3. เมื่อเวลาผ่านไป 6-8 ชั่วโมง ให้เฝ้าสังเกตดูควันที่ปล่องควัน จะเริ่มบางลง จนหมด แสดงว่าเมล็ดของต้นไม้ภายในเตาเริ่มจะกลายเป็นถ่านแล้ว อุณหภูมิภายในเตาจะสูงมากประมาณ 500˚C เมื่อควันที่ปากปล่องหมดไป เหลือแต่เพียงไอร้อน แสดงว่าเมล็ดของต้นไม้ ที่อยู่ในเตาได้กลายเป็นถ่านไปหมดแล้ว ให้ทำการปิดปากปล่องควันให้สนิท แล้วใช้ดินปิดปากเตา และรอยรั่วอื่น ๆ ให้แน่นหนา ไม่ให้อากาศเข้าไปในเตาได้โดยเด็ดขาด ทิ้งไว้ประมาณ 6-7 ชั่วโมง ก็ถือเป็นอันเสร็จสิ้น

ขั้นตอนการเผาถ่าน หรือใช้การเผาในถัง 200 ลิตร แบบตั้งที่เรียกกันว่า เตาเผาแบบไบโอชาร์ ซึ่งเป็นการเผาที่ง่าย ได้ถ่านจากเมล็ดของต้นไม้ โดยไม่มีการกลาบเป็นเถ้าเลย **ดังรูปที่ 3.2**

รูปที่ 3.2 เตาเผาแบบไบโอชาร์

ตอนที่ 2 เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสม ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้

1. นำถ่านที่ได้จากเมล็ดของต้นไม้แต่ละชนิด มาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดสาร แล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องคนสาร ในอัตราส่วนแปรจาก 9 ถึง 1 โดยน้ำหนัก จำนวน 10 สูตร **ดังรูปที่ 3.3**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 3.3 เครื่องบดสารขนาดเล็ก

2 . ผสมผงถ่านในแต่ละอัตราส่วน เข้ากับน้ำหมักชีวภาพจากผลประคำดีควาย แล้วคลุกเคล้าด้วยมือ หรือเครื่องคนสาร

3. อัดให้เป็นแท่งด้วยเครื่องอัดเย็น **ดังรูปที่ 3.4** แล้วนำไปตากแดดให้แห้ง หรือนำไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อน **ดังรูปที่ 3.5**

รูปที่ 3.4 การอัดแท่งถ่านด้วยเครื่องอัดเย็น

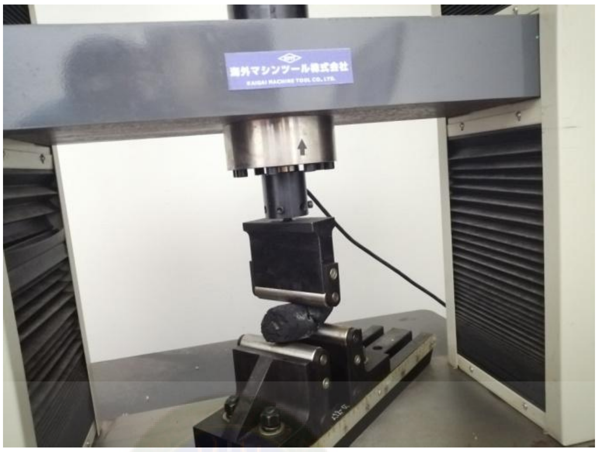
รูปที่ 3.5 การอบถ่านด้วยเครื่องอบลมร้อน

4. นำแต่ละสัดส่วนที่ได้ไปศึกษาสมบัติต่าง ๆ และคุณภาพต่าง ๆ ต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตอนที่ 3 เพื่อหาสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง

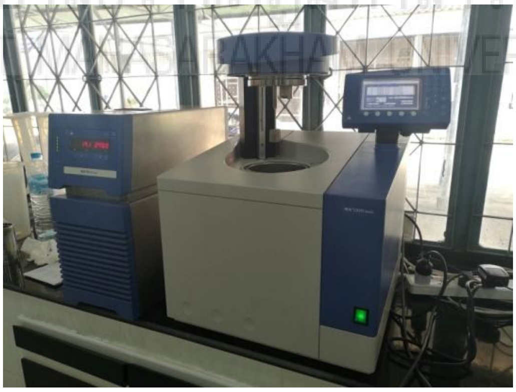
1. นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปวัดหาค่าความหนาแน่น โดยใช้หลักของอาร์คิมิดีส
2. นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปวัดหาความทนทานต่อแรงกด **ดังรูปที่ 3.6**



รูปที่ 3.6 การทดสอบแรงกดด้วยเครื่องมือทดสอบสมบัติเชิงกล

3. นำถ่านอัดแท่งในแต่ละสูตรไป ทดสอบหาค่าพลังงานความร้อนด้วยเครื่อง Bomb calorimeter **ดังรูปที่ 3.7**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รูปที่ 3.7 การทดสอบหาค่าพลังงานความร้อนด้วยเครื่อง Bomb calorimeter

ตอนที่ 4 หาคุณภาพของถ่านจากเมล็ดของต้นไม้

นำถ่าน จากเมล็ดของต้นไม้ทั้งหมด มาหาคุณภาพของถ่าน ดังนี้

1. นำถ่านจากเมล็ดของต้นไม้ทั้งหมด มาทดสอบหาคุณภาพของถ่าน โดยทดสอบควัน ทดสอบการแตกระเบิดขณะติดไฟ เมื่อนำไปใช้งาน โดยการนำถ่านทั้งหมดไปจุดไฟ สังเกตควันของถ่านในขณะนำไปใช้งาน และสังเกตการระเบิดขณะติดไฟ บันทึกผลโดยวิธีการถ่ายภาพ **ดังรูปที่ 3.8**

รูปที่ 3.8 การทดสอบคุณภาพของถ่านอัดแท่งด้วยการจุดไฟในเตา

2. ขณะทำการเผาถ่านอัดแท่งจาก เมล็ดของต้นไม้ จับเวลาการเผาไหม้ของแต่ละสูตรจนครบทุกอัตราส่วน บันทึกผล

3. หลังการเผา นำเถ้าที่เหลือมาหามวลหลังการเผา **ดังรูปที่ 3.9**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 3.9 หามวลของเถ้าหลังการเผา

4. นำผลที่ได้จากการหาคุณภาพของถ่าน เมล็ดของต้นไม้ทั้งหมด มาเปรียบเทียบหาความแตกต่าง โดยการวิเคราะห์เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของถ่านกับชนิดของถ่านเมล็ดของต้นไม้ แล้วหาชนิดที่เหมาะสม

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยที่ศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งโดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน โดยผลิตถ่านจากเมล็ดของต้นไม้ หาสัดส่วนที่เหมาะสม ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้ หาสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง และศึกษาคุณภาพของถ่านอัดแท่ง ซึ่งผลและการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ ดังนี้

ผลและการวิเคราะห์ผล

4.1 ถ่านที่ได้จากเมล็ดของต้นไม้ ถ่านที่ได้จะมีลักษณะ **ดังรูปที่ 4.1**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.1 ถ่านที่ได้จากเมล็ดของต้นไม้
(ก) ถ่านเมล็ดมะค่าโมง
(ข) ถ่านเมล็ดสำโรง
(ค) ถ่านเมล็ดกระบก

จากรูป จะเห็นว่า เมล็ดของต้นไม้ สามารถนำมาเผาให้เป็นถ่านได้ โดยถ่านที่ได้จากเมล็ดมะค่าโมง จะมีความวาว และแกร่งกว่าถ่านจากเมล็ดของชนิดอื่น

4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง แสดงได้ดังนี้

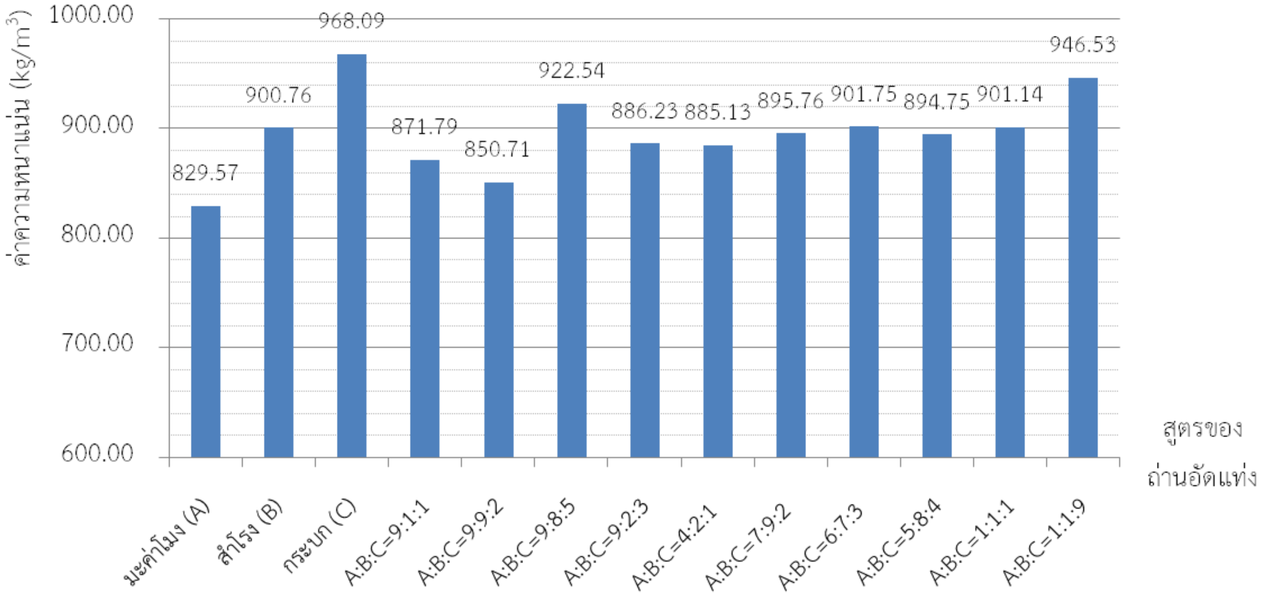
1. **การวัดความหนาแน่น** ผลการวัดความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งแต่ละสูตร แสดงได้ **ดังตารางที่ 4.1**

ตารางที่ 4.1 การวัดความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง

ชื่อตัวอย่างถ่าน	**ความหนาแน่นเฉลี่ย (kg/m^3)**
มะค่าโมง (A)	829.57
สำโรง (B)	900.76
กระบก (C)	968.09
A:B:C=9:1:1	871.79
A:B:C=9:9:2	850.71
A:B:C=9:8:5	922.54
A:B:C=9:2:3	886.23
A:B:C=4:2:1	885.13
A:B:C=7:9:2	895.76
A:B:C=6:7:3	901.75
A:B:C=5:8:4	894.75
A:B:C=1:1:1	901.14
A:B:C=1:1:9	946.53

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าถ่านอัดแท่งแต่ละสูตร มีค่าความหนาแน่นแตกต่างกัน โดยถ่านอัดแท่งจากเมล็ดกระบกล้วน จะมีความหนาแน่นสูงสุด ส่วนถ่านสูตรแบบผสมที่มี อัตราส่วนของ มะค่าโมง (A) : สำโรง (B) : กระบก (C) คือ 1:1:9 จะมีค่าความหนาแน่นสูงสุด เท่ากับ 946.53 kg/m^3 รองลงมาคือ อัตราส่วน 9:8:5 จะมีค่าความหนาแน่น เท่ากับ 922.54 kg/m^3 และน้อยที่สุดคืออัตราส่วน 9:9:2 มีค่าความหนาแน่น เท่ากับ 850.71 kg/m^3 แสดงได้ **ดังแผนภูมิที่ 4.1**



แผนภูมิที่ 4.1 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นถ่านอัดแท่งแต่ละสูตร

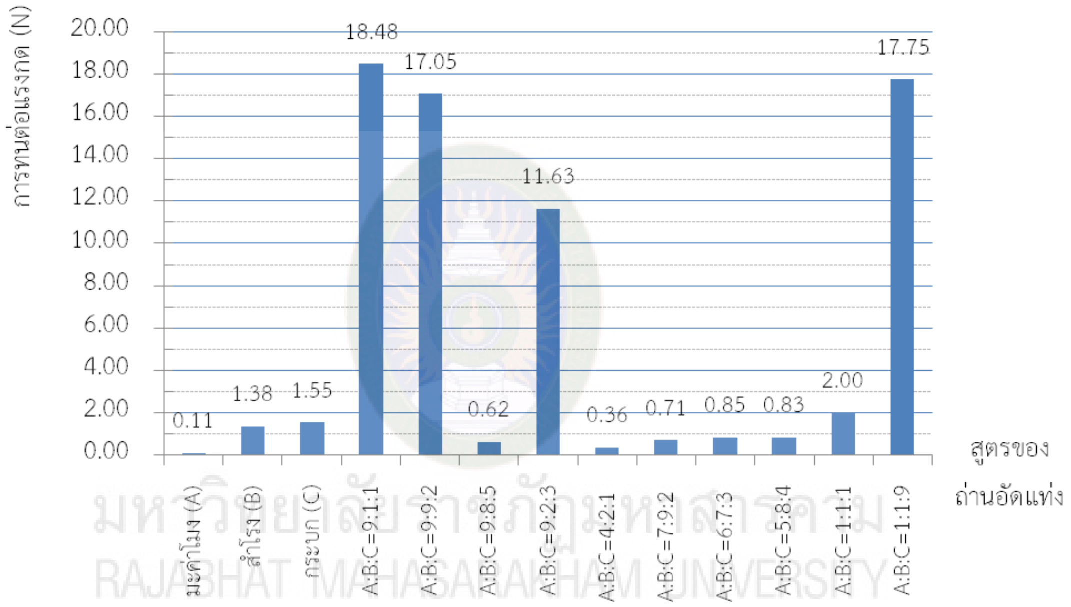
2. **ความทนทานต่อแรงกด** ผลการวัดการทนต่อแรงกดต่อค่าความหนาของถ่านอัดแท่งสูตรต่าง ๆ ด้วยเครื่องเครื่องมือทดสอบสมบัติเชิงกล แสดงได้ **ดังตารางที่ 4.2**

ตารางที่ 4.2 ค่าการทนต่อแรงกด

ชื่อตัวอย่างถ่าน	ค่าแรงกระทำต่อความหนา (N/mm)
มะค่าโมง (A)	0.11
สำโรง (B)	1.38
กระบก (C)	1.55
A:B:C=9:1:1	18.48
A:B:C=9:9:2	17.05
A:B:C=9:8:5	0.62
A:B:C=9:2:3	11.63
A:B:C=4:2:1	0.36
A:B:C=7:9:2	0.71
A:B:C=6:7:3	0.85
A:B:C=5:8:4	0.83
A:B:C=1:1:1	2.00
A:B:C=1:1:9	17.75

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4. 2 จะเห็นว่า ถ่านอัดแท่งแต่ละสูตร มีค่าทนต่อแรงกดแตกต่างกัน โดยถ่านอัดแท่งอัตราส่วนของ มะค่าโมง (A) : สำโรง (B) : กระบก (C) คือ สูตร 9:1:1 จะมีค่าทนต่อแรงกดสูงสุด มีค่าเท่ากับ 18.48 N/mm รองลงมาคือสูตร 1:1:9 และทนต่อแรงกดน้อยที่สุดคือถ่านอัดแท่งจาก เมล็ดมะค่าโมงล้วน มีค่าเท่ากับ 0.11 N/mm จากการศึกษาได้ทดลองทดสอบแรงกดกับถ่านอัดแท่งอีก 2 ชนิด ได้แก่ ถ่านอัดแท่งจากโครงการหลวงดอยอ่างขาง และถ่านที่จำหน่ายในท้องตลาดที่ไม่ทราบที่มาพบว่า ถ่านอัดแท่งจากโครงการหลวง ทนต่อแรงกด เท่ากับ 7.59 N/mm ถ่านอัดแท่งที่ไม่ทราบที่มา มีค่า 3.38 N/mm จะเห็นว่า ถ่านอัดแท่งสูตรต่าง ๆ ที่มีน้ำหมักเป็นตัวประสานมีอยู่ 4 สูตร ที่ทนต่อแรงกดมากกว่าที่ขายกันอยู่ทั่วไป แสดงได้ **ดังแผนภูมิที่ 4..2**



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

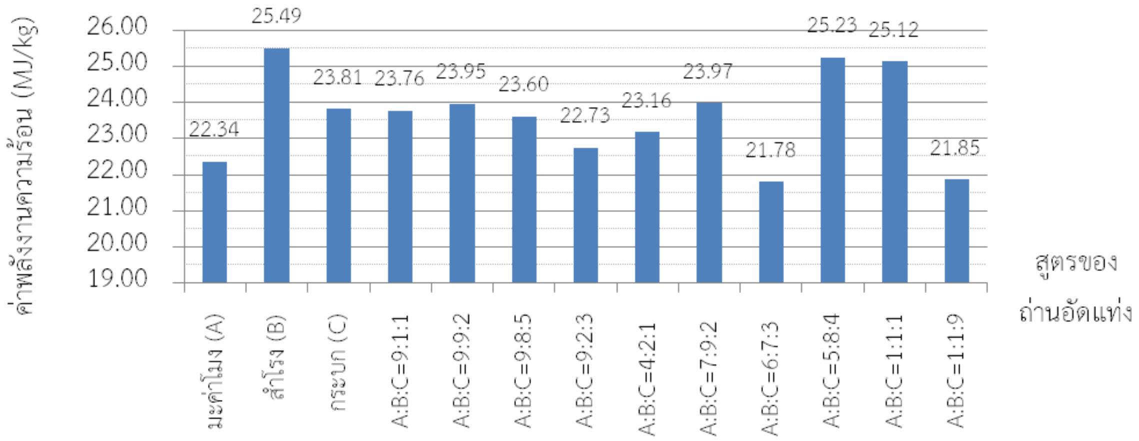
แผนภูมิ ที่ 4.2 กราฟแสดงค่าการทนต่อแรงกดของถ่านอัดแท่งสูตรต่าง ๆ

3. ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อน การหาค่าพลังงานความร้อนของ ถ่านอัดแท่งสูตรต่าง ๆ ด้วยเครื่อง Bomb calorimeter ผลการหาค่าพลังงานความร้อนแสดงใน **ตารางที่ 4.3**

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งสูตรต่าง ๆ

ชื่อตัวอย่างถ่าน	ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย (MJ/kg)
มะค่าโมง (A)	22.34
สำโรง (B)	25.49
กระบก (C)	23.81
A:B:C=9:1:1	23.76
A:B:C=9:9:2	23.95
A:B:C=9:8:5	23.60
A:B:C=9:2:3	22.73
A:B:C=4:2:1	23.16
A:B:C=7:9:2	23.97
A:B:C=6:7:3	21.78
A:B:C=5:8:4	25.23
A:B:C=1:1:1	25.12
A:B:C=1:1:9	21.85

จะเห็นว่า เมื่อนำถ่านไปทดสอบหาค่าพลังงานความร้อน พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเมล็ดสำโรงล้วน มีค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุด 25.49 MJ/kg ส่วนถ่านอัดแท่งอัตราส่วนของ มะค่าโมง (A) : สำโรง (B) : กระบก (C) คือ สูตร 5:8:4 มีค่าพลังงานความร้อน 25.23 MJ/kg รองลงมาคือสูตร 1:1:1 มีค่าพลังงานความร้อน 25.12 MJ/kg และน้อยที่สุดคือสูตร 6:7:3 มีค่าพลังงานความร้อน 21.78 MJ/kg ซึ่งทุกสัดส่วน มีค่าพลังงานความร้อนสูงกว่า เกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) ของถ่านอัดแท่ง (5,000 แคลลอรี่ต่อกรัม หรือ 20,925 kJ/kg หรือ 20.92 MJ/kg) แสดงได้ **ดังแผนภูมิที่ 4.3**



แผนภูมิที่ 4.3 กราฟแสดงค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้สูตรต่างๆ

4.3 ผลการศึกษาคุณภาพของถ่านอัดแท่ง แสดงได้ดังนี้

1. ลักษณะของควันเมื่อนำไปใช้งาน เมื่อนำถ่านอัดแท่ง อัตราส่วนของมะค่าโมง (A) : สำโรง (B) : กระบก (C) สูตรต่างๆ ไปทดสอบการใช้งาน ผลที่ได้ แสดงได้ **ดังตารางที่ 4.4**

ตารางที่ 4.4 ลักษณะของควันเมื่อนำไปใช้งาน

รูปลักษณะของควันเมื่อนำไปใช้งาน	**ลักษณะของควัน เมื่อนำไปใช้งาน**
ถ่านมะค่าโมง (A) ถ่านสำโรง (B) ถ่านกระบก (C) ถ่านสูตร 1 อัตราส่วน 9:1:1 ถ่านสูตร 2 อัตราส่วน 9:9:2	ลักษณะของควันเมื่อนำไปใช้งาน โดยการนำถ่านอัดแท่ง อัตราส่วนของมะค่าโมง (A) : สำโรง (B) : กระบก (C) และสัดส่วนอื่น ๆ อีก 10 สัดส่วนมาทดสอบจุดไฟ พบว่า ถ่านจากเมล็ดมะค่าโมงล้วน จะติดไฟแบบค่อยๆ ลามไปเรื่อยๆ และจะคุแดงไปจนกลายเป็นเถ้าไม่มีเปลวไฟ ถ่านจากเมล็ดสำโรงล้วน จะติดไฟแบบค่อยๆ ลามไปช้ามาก ๆ จนในที่สุดดับก่อนเป็นเถ้าต้องจุดไฟใหม่ ถ่านกระบกล้วน เมื่อจุดไฟติด จะลุกเป็นเปลวทันทีและมีน้ำมันเยิ้มติดก้อนถ่านด้วย ขณะติดไฟเปลวไฟจะลุกสูง ส่วนถ่านที่ผสมกันเป็นอัตราส่วน เมื่อเริ่มติดไฟ จะเกิดควันค่อนข้างมาก เมื่อติดไฟแล้วจะมีเปลวไฟลุกด้วย คล้ายเปลวจากเตาแก๊ส ควันจะน้อยลง จนถึงไม่มีควันเลย โดยจะมีการเกิดเปลวไฟด้วย กับทุกสูตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 4.4 ลักษณะของควันเมื่อนำไปใช้งาน (ต่อ)

รูปลักษณะของควันเมื่อนำไปใช้งาน	**ลักษณะของควัน เมื่อนำไปใช้งาน**
ถ่านสูตร 3 อัตราส่วน 9:8:5 ถ่านสูตร 4 อัตราส่วน 9:2:3 ถ่านสูตร 5 อัตราส่วน 4:2:1 ถ่านสูตร 6 อัตราส่วน 7:9:2 ถ่านสูตร 7 อัตราส่วน 6:7:3 ถ่านสูตร 8 อัตราส่วน 5:8:4 ถ่านสูตร 9 อัตราส่วน 1:1:1 ถ่านสูตร 10 อัตราส่วน1:1:9	ของถ่านอัดแท่งผสม ซึ่งเกิดจากมีถ่านจากเมล็ดกระบกผสมอยู่ แต่ละสัดส่วนจะมี การลุกของเปลวไฟนานแตกต่างกัน จะเห็นว่าถ่านอัดแท่งที่ผสมกันเป็นสัดส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดต้นไม้ 3 ชนิด จะเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม ไม่เหมาะกับปิ้งย่าง เนื่องจากมีเปลวไฟ อาหารจะมีการไหม้ได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. ลักษณะของการแตกหรือระเบิด ขณะจุดติดไฟของถ่านอัดแท่ง ถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้ทุกสัดส่วนจะ**ไม่มี**การแตกระเบิดเลยขณะมีการติดไฟ

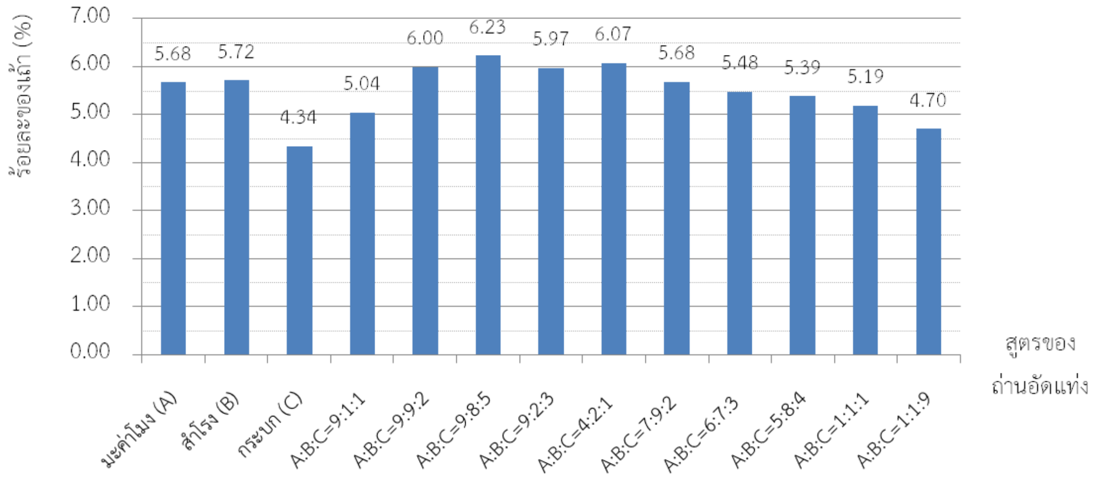
3. **มวลของเถ้าหลังการเผาไหม้** มวลของเถ้าหลังการเผาหรือการใช้งาน เมื่อคิดมวลของเถ้าที่เหลือเป็นร้อยละ แสดงได้ **ดังตารางที่ 4.5**

ตารางที่ 4.5 ร้อยละมวลของเถ้าหลังการเผาไหม้ของถ่านจากเมล็ดของต้นไม้

ชื่อตัวอย่างถ่าน	ร้อยละของเถ้า (%)
มะค่าโมง (A)	5.68
สำโรง (B)	5.72
กระบก (C)	4.34
A:B:C=9:1:1	5.04
A:B:C=9:9:2	6.00
A:B:C=9:8:5	6.23
A:B:C=9:2:3	5.97
A:B:C=4:2:1	6.07
A:B:C=7:9:2	5.68
A:B:C=6:7:3	5.48
A:B:C=5:8:4	5.39
A:B:C=1:1:1	5.19
A:B:C=1:1:9	4.70

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าร้อยละของเถ้าจากถ่านกระบกล้วน มีร้อยละของเถ้าต่ำที่สุด คือ 4.34 % รองลงมาคือ ถ่านอัดแท่งสูตร 1:1:9 เป็น 4.70 % มากที่สุดคือถ่านอัดแท่งสูตร 9:8:5 เป็น 6.23 % แสดงว่าถ่านอัดแท่งจากกระบกและถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมจากกระบกในปริมาณมากมีการเผาไหม้ได้ดี ซึ่งเขียนเป็นกราฟ แสดงได้ **ดังแผนภูมิที่ 4.4**



แผนภูมิที่ 4.4 กราฟแสดงค่าร้อยละของเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้สูตรต่างๆ

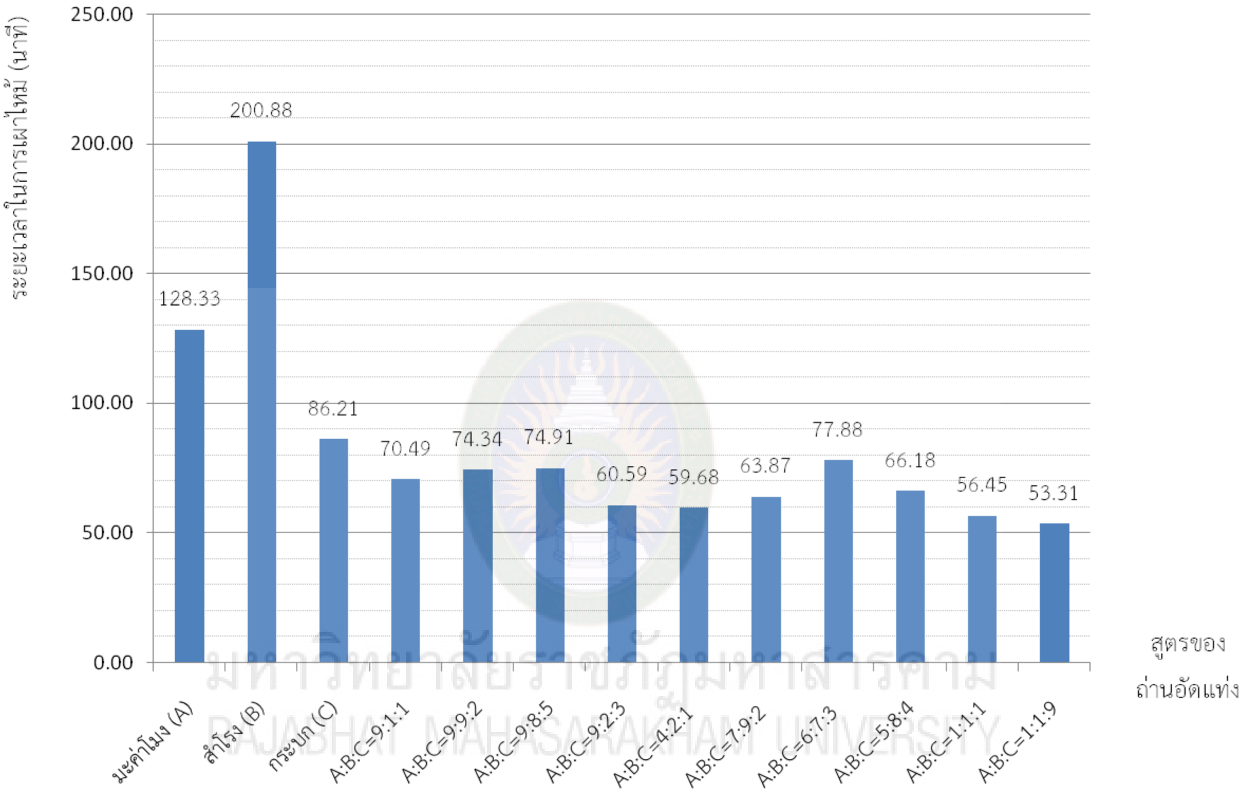
4. ระยะเวลาในการเผาไหม้ ระยะเวลาในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งเมื่อคิดต่อมวล 100 กรัม ของถ่านอัดแท่ง แสดงได้ **ดังตารางที่ 4.6**

ตารางที่ 4.6 ระยะเวลาการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้

ชื่อตัวอย่างถ่าน	ระยะเวลาการเผาไหม้ (นาที)
มะค่าโมง (A)	128.33
สำโรง (B)	200.88
กระบก (C)	86.21
A:B:C=9:1:1	70.49
A:B:C=9:9:2	74.34
A:B:C=9:8:5	74.91
A:B:C=9:2:3	60.59
A:B:C=4:2:1	59.68
A:B:C=7:9:2	63.87
A:B:C=6:7:3	77.88
A:B:C=5:8:4	66.18
A:B:C=1:1:1	56.45
A:B:C=1:1:9	53.31

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าถ่านอัดแท่งจากเมล็ดสำโรงล้วน จะใช้เวลาในการเผาไหม้นานมาก 200.88 นาที รองลงมาได้แก่ถ่านอัดแท่งจากเมล็ดมะค่าโมงล้วน 128.33 นาที ส่วนถ่านอัดแท่งผสมอัตราส่วน 6:7:3 จะมีการเผาไหม้นานที่สุด และเผาไหม้ได้เร็วที่สุดคือ ถ่านอัดแท่งสูตร 1:1:9 ใช้เวลา 53.31 นาที ทั้งนี้ เนื่องจากมีการลุกเป็นเปลวไฟตั้งแต่จุดไฟติด และลุกเป็นเปลวไฟสูงมาก ทำให้ไหม้ถ่านอัดแท่งได้เร็วมากกว่า ซึ่งเขียนเป็นกราฟ แสดงได้ **ดังแผนภูมิที่ 4.5**



แผนภูมิที่ 4.5 กราฟแสดงค่าระยะเวลาการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้สูตรต่างๆ

4.4 ผลการหาสัดส่วนที่เหมาะสม ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบด้านต่าง ๆ ทั้งในด้านสมบัติทางฟิสิกส์ และสมบัติทางความร้อนและคุณภาพของถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้ ทั้ง 10 อัตราส่วน (สูตร) นั้น แสดงได้ **ดังตารางที่ 4.7**

ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ของสมบัติต่าง ๆ กับอัตราส่วนของถ่านอัดแท่ง

สมบัติทดสอบ	สมบัติด้านต่าง ๆ ของการทดสอบ	อันดับ	ค่าที่ได้	สูตรของถ่านอัดแท่ง
ฟิสิกส์	การทนต่อแรงกด (N)	1	18.48	A:B:C=9:1:1
		2	17.75	A:B:C=1:1:9
		3	17.05	A:B:C=9:9:2
	ค่าความหนาแน่น (kg/m^3)	1	946.53	A:B:C=1:1:9
		2	922.54	A:B:C=9:8:5
		3	901.75	A:B:C=6:7:3
ความร้อน	ค่าพลังงานความร้อน (MJ/kg)	1	25.23	A:B:C=5:8:4
		2	25.12	A:B:C=1:1:1
		3	23.97	A:B:C=7:9:2
คุณภาพ	ร้อยละของเถ้า (%)	1	4.7044	A:B:C=1:1:9
		2	5.0450	A:B:C=9:1:1
		3	5.1865	A:B:C=1:1:1
	ระยะเวลาเผาไหม้ (นาที)	1	77.88	A:B:C=6:7:3
		2	74.91	A:B:C=9:8:5
		3	74.34	A:B:C=9:9:2
	การเกิดควัน	ติดไฟแล้วไม่มีควัน ทุกอัตราส่วน		
	การแตกระเบิด	ไม่มี ทุกอัตราส่วน		

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่า เมล็ดของต้นไม้สามารถนำมาใช้เป็นถ่านอัดแท่งได้ เมื่อนำไปใช้งาน มีคุณภาพในด้านการเกิดควันบ้างในระยะที่มีการจุดไฟ แต่เมื่อจุดไฟติดก้อนถ่านแล้ว ถ่านที่ได้จากเมล็ดของพืช 3 ชนิดมาผสมกันในสัดส่วนต่าง ๆ จะมีควันน้อยมาก เมื่อติดไฟ และจะมีเปลวไฟลุกเหมือนเปลวไฟจากเตาแก๊ส ซึ่งจะให้พลังงานความร้อนสูง เมื่อพิจารณาสมบัติด้านความร้อนเป็นหลักและด้านอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบด้วยจะพบว่า อัตราส่วน 1:1:1 จะเป็นสัดส่วนที่เหมาะสม ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยที่ศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งโดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน โดย ผลิตถ่านจาก เมล็ดของต้นไม้ หาสัดส่วนที่เหมาะสม ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้ หาสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง และศึกษาคุณภาพของถ่านอัดแท่ง ผลการศึกษาสรุปได้ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยจะเห็นว่า เมล็ดของต้นไม้สามารถนำมาเผาเป็นถ่านได้ โดยถ่านที่ได้จากเมล็ดมะค่าโมง จะมันวาว และแกร่งกว่าถ่านจากพืชชนิดอื่น ส่วนสมบัติทางฟิสิกส์ในด้านความหนาแน่นของถ่านผสม มะค่าโมง : สำโรง : กระบก ในอัตราส่วน 1:1:9 มีความหนาแน่นสูงสุดที่ 946.53 kg/m^3 ในด้านการทนต่อแรงกด ถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 9:1:1 มีความสามารถทนต่อแรงกดได้สูงสุด 18.48 N ซึ่งสูงกว่าถ่านอัดแท่งที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป และเมื่อศึกษาสมบัติด้านความร้อน ถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 5:8:4 มีค่าสูงสุด 25.23 MJ/kg รองลงมาคืออัตราส่วน 1:1:1 มีค่า 25.12 MJ/kg และทุกอัตราส่วน มีค่าพลังงานความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) ของถ่านอัดแท่ง การศึกษาคุณภาพของถ่านอัดแท่งในด้านการเกิดควัน ทุกอัตราส่วนจะมีควันค่อนข้างมากเมื่อเริ่มจุดไฟ เมื่อ ถ่านอัดแท่งติดไฟแล้ว จะลุกเป็นเปลวไฟแล้วไม่มีควัน ไม่มีการแตกระเบิด ส่วนมวลของเถ้าหลังการเผาไหม้ ถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 1: :9 มีการเผาไหม้ได้ดี มีเถ้าเหลือน้อยที่สุด 4.70 % และระยะเวลาเผาไหม้ ถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 6:7:3 เผาไหม้ได้นานที่สุด ใน เวลา 77.88 นาที ดังนั้น เมื่อพิจารณาสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้โดยใช้เกณฑ์ด้านสมบัติทางความร้อนเป็นหลัก และด้านอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบพิจารณาร่วมด้วย ควรเลือกใช้ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 1:1:1

อภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาวิจัย ที่ศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง โดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน โดยผลิตถ่านอัดแท่งจากส่วนผสมของถ่านจากเมล็ดของต้นไม้ จะเห็นว่าเมล็ดของต้นไม้ สามารถนำมาเผาให้เป็นถ่านได้และนำมาใช้ประโยชน์ได้ สำหรับอัตราส่วน 5:8:4 แม้จะมีค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุด 25.23 MJ/kg แต่ก็สูงกว่าค่าพลังงานความร้อน ของถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 1:1:1 ที่มีค่าพลังงานความร้อน 25.12 MJ/kg ไม่มากนัก ส่วนค่าอื่นๆ อาจเพิ่มเติมได้ด้วยการปรับเปลี่ยนตัวประสาน หรือสัดส่วนตัวประสานได้ ระยะเวลาในการเผาไหม้ก็เป็นประโยชน์ในการใช้งาน อัตราส่วน 6:7:3 แม้จะมีการเผาไหม้ได้นานที่สุด แต่จะก็มีค่าพลังงานความร้อนต่ำสุด จึงไม่เหมาะที่จะเลือกอัตราส่วนนี้มาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง แม้ทุกอัตราส่วนจะมีค่าพลังงานความร้อน อยู่ในระดับที่เกินกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) ของถ่านอัดแท่ง สำหรับอัตราส่วนหรือสูตร 1:1:9 แม้ว่าจะมีความหนาแน่นสูงสุด แต่มีค่าพลังงานความร้อนไม่มาก และมีการเผาไหม้เร็วเกินไป ถ่านอัดแท่ง

RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

อัตราส่วน 1:1:1 จึงเหมาะสมอย่างยิ่ง ในการทำเป็นถ่านอัดแท่งใช้ในครัวเรือน ซึ่งถ่านอัดแท่งผสมของเมล็ดต้นไม้ จึงสามารถ นำมาใช้ในครัวเรือนแทนการใช้ฟืนหุงต้มอาหาร และ จะช่วยลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศ ลดการตัดไม้ทำลายป่า จากการตัดต้นไม้นำมาเผาเป็นถ่านได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรมีการส่งเสริมให้ชุมชน หรือท้องถิ่น ได้ นำเมล็ดต้นไม้ที่หล่นทิ้งเป็นมลภาวะ มาเผาให้เป็นถ่าน และนำมาใช้ในครัวเรือนให้มากขึ้น เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในครัวเรือน หรืออุตสาหกรรมครัวเรือน
2. ควรมีการส่งเสริมให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในด้านพลังงานทดแทน ส่งเสริมการผลิตถ่านจากเมล็ดต้นไม้มาใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น ซึ่งเป็นการนำวัสดุที่เหลือใช้จากธรรมชาติมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงทดแทน เป็นการลดปริมาณขยะจากการที่จะต้องนำไปกำจัด เมื่อเมล็ดมีปริมาณมากและร่วงหล่น ซึ่งจะช่วยลดปัญหา และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมอีกด้วย และยังเป็นการนำวัสดุที่เหลือจากธรรมชาติมาใช้ให้เป็นประโยชน์ และมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยในครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาการนำถ่านที่ได้จากเมล็ด ของต้นไม้ ไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นอีก นอกจากการใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือพลังงานทดแทน เช่นนำไปใช้ในการดับกลิ่น นำไปใช้เป็นวัสดุเพาะต้นไม้ การปรับปรุงคุณภาพแหล่งน้ำ เป็นต้น
2. ควรศึกษาค่า สมบัติที่ดีของถ่าน ที่ได้จากเมล็ด ของต้นไม้ ในด้านอื่นอีก เช่น ปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่ง เสียงดังกังวานเมื่อเคาะ ความมันวาว ค่าความชื้น และปริมาณคาร์บอนเสถียร
3. ควรทำการศึกษากับเมล็ดของต้นไม้ชนิดอื่น ๆ อีก ที่มีการร่วงหล่นเหลือทิ้งในการนำมาเผาเป็นถ่าน เพื่อ ลดปริมาณขยะ จากการ ที่จะต้องนำไปกำจัด ซึ่ง ลดปัญหาและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

จิระพงษ์ คูหากาญจน์. (2552). **คู่มือการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้**. กรุงเทพฯ: เกษตรธรรมชาติ.

ชานนท์ บุนนท์. (2558). **วัสดุประสานและส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการอัดขึ้นรูปถ่านไม้**. [Online]. Available: http: // ir.rmuti.ac.th /xmlui /handle /123456789 /274. [2558, กรกฎาคม 23].

ชุกิจ ว่องไว และนัทธชัย พวงประดิษฐ์. (2531). **เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านไม้**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฐานข้อมูลสมุนไพร. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2543). **กระบก**. [Online]. Available: http:// http://www.phargarden.com/main.php?action =viewpage&pid=199 [2559, กันยายน 25].

ณัฐธนัญา บุญถึง. **สมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งซังข้าวโพดผสมกะลามะพร้าว โดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน.** วิทยานิพนธ์การสอนวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. [Online]. Available: http://www.virtual.cmru.ac.th/cgi-bin/getdoc?etheses/404223/AB_404223.pdf. [2556, ธันวาคม 19].

ทิพาวรรณ รักษ์วงศ์ และ อัญชริการ์ ไชยศรีหา. (2545). **เชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านเปลือกทุเรียนผสมกับกากตะกอน**. โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษ ภาควิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. มหาสารคาม : คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ธนวัฒน์ นวัตกร. (2557). **คุณสมบัติของถ่าน** . [Online]. Available : www. learners. in.th/blog/edu3204 thanawat/334235. [2557, กรกฎาคม 21].

นโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, สำนัก **"การส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้า". E 20 พลังงานสะอาดทางเลือกใหม่ของคนไทย**. ฉบับที่ 78: 63; มกราคม – มีนาคม, 2551.

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล. (2553). **การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง**. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม (อุตสาหกรรมศึกษา): กรุงเทพฯ.

วิฑูร พรหมไตรรัตน์. (2557). **เตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบนอน**. [Online]. Available: http://chiangrai. energy. go. th. [2557, มกราคม 12].

วิชาเกษตร. (2559). **ประโยชน์และสรรพคุณของกระบก**. [Online]. Available: http://www. vichakaset.com/ประโยชน์ของกระบก/ [2559, กันยายน 25].

ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้. (2557). **คู่มือการใช้งานเตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบตั้ง.** [Online]. Available: http//www.energy.mju.ac.th. [2557, มกราคม 12].

สมาคมพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม (ประเทศไทย). (2559). **มะค่าโมง** [Online]. Available: http://adeq.or.th/มะค่าโมง/ [2560, เมษายน 23].

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สุดารัตน์ หอมนวล. (2557). **ฐานข้อมูลสมุนไพร**. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. [Online]. Available: http//www. Phakgarden. com. [2557, สิงหาคม 16].

สุนันทา เมืองทรัพย์. (2551) **การผลิตถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้ยางพาราและถ่านกะลามะพร้าวโดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำ**. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

สมบัติ ทีฆทรัพย์. (2551, ตุลาคม 2–4). **กระบวนการไพโรไลซีส**. ฐานเศรษฐกิจ, ฉบับที่ 2362. [Online]. Available: http//www. energy. mju. ac. th. [2557, มกราคม 12].

สมโภชน์ ผ่องใส. (2557). **ผลไม้**. [Online]. Available : http://klaeng. tripod. com/ 0001.htm. [2557, กรกฎาคม23].

โสทร รอดคงที่. (2552). **ประมวลภาพ ขั้นตอนการทำเตาเผาถ่านด้วยถังน้ำมัน 200 ลิตร แบบนอน.** [Online]. Available: www. gotoknow. org. [2558, มกราคม 12].

สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. **สารานุกรมพืชในประเทศไทย (ฉบับย่อ).** [Online]. Available: http://www.dnp.go.th/botany/ detail.aspx?words=กระบก&typeword =group [2559, กันยายน 25].

อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย. (2554). **งานวิจัยการนำเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง.** สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

อนุสรณ์สถานแห่งชาติ. (2560). **พรรณไม้นานาชนิดของอนุสรณ์สถานแห่งชาติ.** [Online]. Available: http://www.thainationalmemorial.org/event_page/image/ pdf/101-158.pdf [2560, มิถุนายน 26].

Pearsala Group. (2556)**. เกี่ยวกับระบบไพโรไลซีส** [Online]. Available : http://www. pearsalagroup.com/th/rubber-fuel/about-pyrolysis/. [2556, กุมภาพันธ์ 26].

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

-

รายงานการวิจัย

เรื่อง

สมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งโดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน

The Physicals and Thermal Properties of Compressed Composite Charcoal Using Bio-Fermentation as a Binding Agent

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วิจิตร เชาว์วันกลาง

พิมพ์ลภา ปาสาจะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561)

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ นายวิจิตร เชาว์วันกลาง (Wijit Choawunklang)

ภูมิลำเนา 415/3 หมู่ที่ 2 ต. ท่างิ้ว อ. บรรพตพิสัย จ. นครสวรรค์

ตำแหน่ง /หน่วยงานที่สังกัด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2527 ครุศาตรบัณฑิต (ค.บ.) วิชาเอกฟิสิกส์ วิทยาลัยครูนครราชสีมา (Nakornrajsima Teacher’s College) (ปัจจุบัน เป็นมหาวิทยาลัยราชภัฏ นครราชสีมา) อ. เมือง จ. นครราชสีมา

พ.ศ. 2537 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต การสอนฟิสิกส์ (วท.ม.) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (Chiangmai University) อ. เมือง จ. เชียงใหม่

ประสบการณ์ด้านการวิจัย

1. วิจิตร เชาว์วันกลาง. (2537). **การวัดความหนาของวัสดุที่ไม่เป็นสารแม่เหล็ก โดยใช้เทคนิคการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็ก**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
2. วิจิตร เชาว์วันกลาง. (2555). **งานการวิจัยเรื่องการศึกษามลภาวะของเสียงในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์**. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
3. วิจิตร เชาว์วันกลาง และพิมพ์ลภา ปาสาจะ. (2556). **งานการวิจัยเรื่องการศึกษาสารสกัดจากธรรมชาติในการย้อมผ้าฝ้าย**. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
4. วิจิตร เชาว์วันกลาง และพิมพ์ลภา ปาสาจะ. (2557). **งานการวิจัยเรื่องการศึกษาความเหมาะสมของสารละลายอิเลคโตรไลต์จากพืชธรรมชาติ สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้า**. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
5. วิจิตร เชาว์วันกลาง และพิมพ์ลภา ปาสาจะ. (2560). **งานการวิจัยเรื่องการศึกษาความเหมาะสมของไดอิเล็กทริกที่มีสารละลายอิเล็กโทรไลต์จากพืชธรรมชาติ ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้า**. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
6. วิจิตร เชาว์วันกลาง และพิมพ์ลภา ปาสาจะ. (2561). งานการวิจัยเรื่อง **การใช้สารสกัดจากพืชในการกำจัดลูกน้ำยุง.** มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ประวัติผู้วิจัย (ต่อ)

7. Ponken, T., Choawunklang ,W., & Simmamee, N. (2015). "Preparation Of Fluorine-doped Tin Oxide (FTO) Template for Coated Platinum (Pt) Layer Counter Electrode by Electrochemical Method for Dye-sensitized Solar Cell Application", **International Conference on Science and Technology 2015, RMUTT,** 528 – 532.

8. Kongkaew P. & Choawunklang ,W. (2015). "Fiber Orientation Effecting the Mechanical Properties at Coconut fiber Reinforce Epoxy Resin Co,posite"**, International Conference on Science and Technology 2015, RMUTT**, 523 – 527.

9. Chaowanklang ,W. & Ponken, T., (2016). "Synthesis of Natural Dye Sensitizer Local for Dye-sensitized Solar Cell (DSSC) Application", **Book of Abstracts Siam Physics Congress 11th**, Date 8-10 June 2016, Ubon Ratchathani , 232.

10. Panpiboon, P., Lakhom, R. & Chaowanklang ,W. (2016). "Period Change of Binary System V1799 Orionis", **Book of Abstracts Siam Physics Congress 11th**, Date 8-10 June 2016, Ubon Ratchathani , 113.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ นางพิมพ์ลภา ปาสาจะ

ภูมิลำเนา 12 ถนนมหาชัยดำริห์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
โทรศัพท์ 085-0000727

ตำแหน่ง /หน่วยงานที่สังกัด นักวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2541 ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต (ค.บ.) วิชาเอกฟิสิกส์ สถาบันราชภัฏมหาสารคาม
พ.ศ. 2550 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ประสบการณ์ด้านการวิจัย

1. พิมพ์ลภา ปาสาจะ. (2550). **การเปรียบเทียบผลของการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้พหุปัญญากับการสืบเสาะแบบ สสวท. ที่มีต่อแนวความคิดเลือก เกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์ ; งาน พลังงาน และโมเมนตัม และการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีผลต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ต่างกัน**. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
2. วิจิตร เชาว์วันกลาง และพิมพ์ลภา ปาสาจะ. (2556). **งานการวิจัยเรื่องการศึกษาสารสกัดจากธรรมชาติในการย้อมผ้าฝ้าย.** มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
3. วิจิตร เชาว์วันกลาง และพิมพ์ลภา ปาสาจะ. (2557). **งานการวิจัยเรื่องการศึกษาความเหมาะสมของสารละลายอิเลคโตรไลต์จากพืชธรรมชาติ สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้า.** มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
4. วิจิตร เชาว์วันกลาง และพิมพ์ลภา ปาสาจะ. (2560). **งานการวิจัยเรื่องการศึกษาความเหมาะสมของไดอิเล็กทริกที่มีสารละลายอิเล็กโทรไลต์จากพืชธรรมชาติ ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้า.** มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
5. วิจิตร เชาว์วันกลาง และพิมพ์ลภา ปาสาจะ. (2561). งานการวิจัยเรื่อง **การใช้สารสกัดจากพืชในการกำจัดลูกน้ำยุง.** มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ก
ภาพการดำเนินการวิจัย

การศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งโดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน มีรูปภาพดำเนินการวิจัย แสดงได้ **ดังรูปที่ ก-1 ถึง ก-21**

รูปที่ ก-1 ผลประคำดีควาย

รูปที่ ก-2 การหมักประคำดีควาย

รูปที่ ก-3 น้ำหมักประคำดีควาย

รูปที่ ก-4 แป้งมันสำปะหลัง

รูปที่ ก-5 ถังเผาถ่านแบบไบโอชาร์

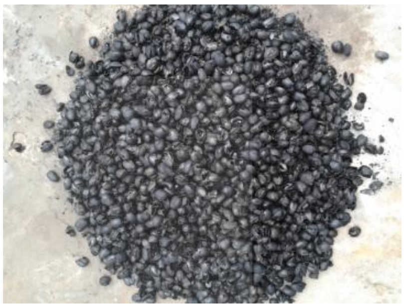
รูปที่ ก-6 การบรรจุถังใส่เมล็ดต้นไม้และฟืนในเตาเผา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ ก-7 ถังบรรจุเมล็ดพืชสำหรับเผา

รูปที่ ก-8 ขณะเผาเมล็ดของต้นไม้

รูปที่ ก-9 ถ่านเมล็ดมะค่าโมง



รูปที่ ก-10 ถ่านเมล็ดสำโรง

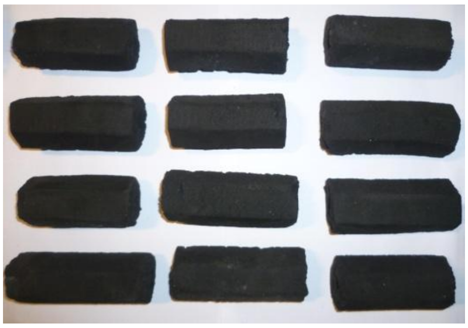
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ ก-11 ถ่านเมล็ดกระบก **รูปที่** ก-12 เครื่องบดถ่านขนาดเล็ก

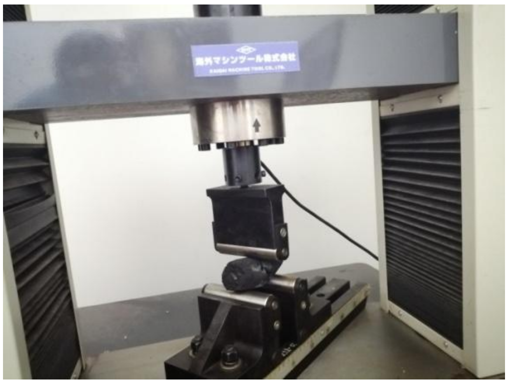
รูปที่ ก-13 ถ่านผสมอัตราส่วนต่าง ๆ 10 สูตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

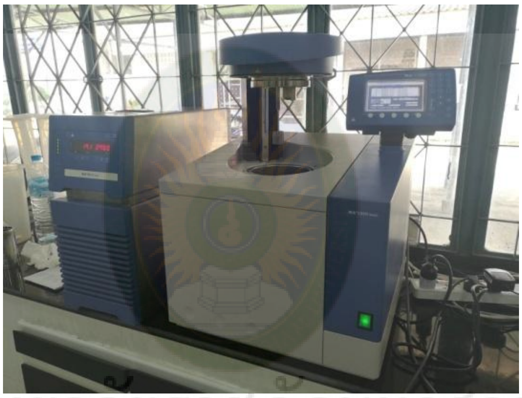
รูปที่ ก-14 เครื่องอัดถ่านแบบเย็น ที่ผลิตขึ้นเอง



รูปที่ ก-15 ถ่านอัดแท่งที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องอัดเย็น



รูปที่ ก-16 การทดสอบแรงกดด้วยเครื่องมือทดสอบสมบัติเชิงกล



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

รูปที่ ก-17 การทดสอบหาค่าพลังงานความร้อนด้วยเครื่อง Bomb calorimeter

RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ ก-18 การอบถ่านด้วยเครื่องอบลมร้อน

รูปที่ ก-19 การทดสอบคุณภาพของถ่านอัดแท่งด้วยการจุดไฟในเตา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ ก-20 การใช้งานจนเป็นเถ้าของถ่านอัดแท่ง

รูปที่ ก-21 เครื่องชั่ง

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ ก-22 การชั่งวัสดุ
(ก) การชั่งถ่าน
(ข) การชั่งน้ำหมัก
(ค) การชั่งเถ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ข
ผลการเก็บข้อมูล

การศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งโดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน มีผลการเก็บข้อมูลแสดงได้ **ดังตารางที่ ข-1 ถึง ตารางที่ ข-4**

ตารางที่ ข-1 ผลการวัดค่าความหนาแน่น

ชื่อตัวอย่างถ่าน	ตัวอย่างถ่าน	ชิ้นที่ 1			ชิ้นที่ 2		
		m(g)	V(cm^3)	ρ(kg/m^3)	m(g)	V(cm^3)	ρ(kg/m^3)
มะค่าโมง	A	22.00	26.33	835.55	22.94	29.49	777.89
สำโรง	B	26.50	27.91	949.48	22.91	23.23	986.22
กระบก	C	28.42	29.04	978.65	28.55	29.02	983.80
A:B:C=9:1:1	1	24.70	27.46	899.49	19.93	22.33	892.52
A:B:C=9:9:2	2	26.73	30.31	881.89	29.52	33.87	871.57
A:B:C=9:8:5	3	23.29	24.95	933.47	23.63	26.01	908.50
A:B:C=9:2:3	4	19.94	21.22	939.68	28.08	32.61	861.09
A:B:C=4:2:1	5	19.17	21.71	883.00	26.5	29.1	910.65
A:B:C=7:9:2	6	24.85	28.99	857.19	24.85	28.99	857.19
A:B:C=6:7:3	7	25.78	28.22	913.54	29.42	30.86	953.34
A:B:C=5:8:4	8	24.29	27.38	887.14	22.93	25.62	895.00
A:B:C=1:1:1	9	19.85	21.64	917.28	19.13	21.36	895.60
A:B:C=1:1:9	10	17.15	18.01	952.25	23.34	24.33	959.31

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข-1 ผลการวัดค่าความหนาแน่น (ต่อ)

ชื่อตัวอย่างถ่าน	ตัวอย่างถ่าน	ชิ้นที่ 3			ชิ้นที่ 4		
		m(g)	V(cm^3)	ρ(kg/m^3)	m(g)	V(cm^3)	ρ(kg/m^3)
มะค่าโมง	A	26.66	33.11	805.19	27.01	32.99	818.73
สำโรง	B	21.29	23.51	905.57	26.2	30.8	850.65
กระบก	C	15.57	17.28	901.04	19.12	19.51	980.01
A:B:C=9:1:1	1	25.31	29.09	870.06	22.91	26.96	849.78
A:B:C=9:9:2	2	23.57	27.13	868.78	24.42	30.04	812.92
A:B:C=9:8:5	3	27.14	29.44	921.88	28.50	30.69	928.64
A:B:C=9:2:3	4	26.65	29.5	903.39	22.46	25.92	866.51
A:B:C=4:2:1	5	27.68	30.68	902.22	26.05	29.92	870.66
A:B:C=7:9:2	6	20.14	21.53	935.44	25.00	27.40	912.41
A:B:C=6:7:3	7	27.13	30.39	892.73	21.62	23.94	903.09
A:B:C=5:8:4	8	18.76	20.73	904.97	19.78	21.58	916.59
A:B:C=1:1:1	9	22.9	25.72	890.36	21.34	23.83	895.51
A:B:C=1:1:9	10	18.77	19.42	966.53	20.81	21.97	947.20

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข-1 ผลการวัดค่าความหนาแน่น (ต่อ)

ชื่อตัวอย่างถ่าน	ตัวอย่างถ่าน	ชิ้นที่ 5		
		m(g)	V(cm^3)	ρ(kg/m^3)
มะค่าโมง	A	24.2	26.58	910.46
สำโรง	B	22.44	27.64	811.87
กระบก	C	19.64	19.70	996.95
A:B:C=9:1:1	1	26.37	31.13	847.09
A:B:C=9:9:2	2	24.65	30.12	818.39
A:B:C=9:8:5	3	26.07	28.33	920.23
A:B:C=9:2:3	4	27.01	31.39	860.47
A:B:C=4:2:1	5	24.88	28.96	859.12
A:B:C=7:9:2	6	26.91	29.36	916.55
A:B:C=6:7:3	7	25.12	29.69	846.08
A:B:C=5:8:4	8	23.83	27.39	870.03
A:B:C=1:1:1	9	21.25	23.43	906.96
A:B:C=1:1:9	10	21.35	23.53	907.35

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข-2 ค่าแรงกดต่อก้อนถ่านอัดแท่ง

ชื่อ ตัวอย่างถ่าน	ตัวอย่างถ่าน	ความหนา (mm)	ค่าแรงกระทำ (kN)	ค่าแรงกระทำ (N)	ค่าแรงกระทำต่อความหนา (N/mm)
มะค่าโมง	A	37.90	0.00	4.00	0.11
สำโรง	B	37.79	0.05	52.00	1.38
กระบก	C	36.03	0.06	56.00	1.55
A:B:C=9:1:1	1	37.88	0.70	700.00	18.48
A:B:C=9:9:2	2	38.72	0.66	660.00	17.05
A:B:C=9:8:5	3	38.84	0.02	24.00	0.62
A:B:C=9:2:3	4	37.83	0.44	440.00	11.63
A:B:C=4:2:1	5	38.81	0.01	14.00	0.36
A:B:C=7:9:2	6	39.51	0.03	28.00	0.71
A:B:C=6:7:3	7	39.85	0.03	34.00	0.85
A:B:C=5:8:4	8	38.46	0.03	32.00	0.83
A:B:C=1:1:1	9	37.99	0.08	76.00	2.00
A:B:C=1:1:9	10	38.31	0.68	680.00	17.75
ไม่ทราบที่มา	x	39.10	0.13	132.00	3.38
โครงการหลวง	y	49.67	0.38	377.00	7.59

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข-3 ค่าพลังงานความร้อน

ชื่อ ตัวอย่างถ่าน	ตัวอย่าง ถ่านที่ได้	ครั้งที่	มวล (g)	ค่าพลังงาน ความร้อน (J/g)	ค่าพลังงาน ความร้อนเฉลี่ย (J/g)
มะค่าโมง	A	1	0.4362	22213	22,344.00
		2	0.5353	22475	
สำโรง	B	1	0.5584	25663	25,487.50
		2	0.4787	25312	
กระบก	C	1	0.6732	23318	23,811.50
		2	0.5373	24305	
A:B:C= 9:1:1	1	1	0.5135	23848	23,760.00
		2	0.5117	23672	
A:B:C= 9:9:2	2	1	0.6083	23532	23,952.00
		2	0.4745	24372	
A:B:C= 9:8:5	3	1	0.5648	23426	23,603.50
		2	0.6275	23781	
A:B:C= 9:2:3	4	1	0.4893	22510	22,729.50
		2	0.6043	22949	
A:B:C= 4:2:1	5	1	0.4551	23603	23,164.00
		2	0.4478	22725	
A:B:C= 7:9:2	6	1	0.4673	23965	23,971.00
		2	0.5446	23977	
A:B:C= 6:7:3	7	1	0.6601	21425	21,781.00
		2	0.593	22137	
A:B:C= 5:8:4	8	1	0.6469	25181	25,227.50
		2	0.462	25274	
A:B:C= 1:1:1	9	1	0.4781	24860	25,123.50
		2	0.4237	25387	
A:B:C= 1:9:1	10	1	0.4895	21652	21,847.50
		2	0.625	22043	

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข-4 ระยะเวลาการเผาไหม้ และการเป็นเถ้า

ชื่อตัวอย่างถ่าน	ตัวอย่างถ่าน	มวลถ่านก่อนเผา (g)	มวลเถ้าหลังเผา (g)	ระยะเวลาเป็นเถ้า (นาที)	ระยะเวลาเป็นเถ้าต่อมวล 100 g (นาที)	ร้อยละของเถ้า (%)
มะค่าโมง	A	163.64	9.29	210	128.33	5.68
สำโรง	B	174.23	9.96	350	200.88	5.72
กระบก	C	145.00	6.30	125	86.21	4.34
A:B:C=9:1:1	1	262.44	13.24	185	70.49	5.04
A:B:C=9:9:2	2	255.59	15.33	190	74.34	6.00
A:B:C=9:8:5	3	260.30	16.22	195	74.91	6.23
A:B:C=9:2:3	4	297.10	17.75	180	60.59	5.97
A:B:C=4:2:1	5	259.70	15.77	155	59.68	6.07
A:B:C=7:9:2	6	250.51	14.23	160	63.87	5.68
A:B:C=6:7:3	7	250.39	13.73	195	77.88	5.48
A:B:C=5:8:4	8	241.77	13.03	160	66.18	5.39
A:B:C=1:1:1	9	274.56	14.24	155	56.45	5.19
A:B:C=1:1:9	10	234.46	11.03	125	53.31	4.70

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

ถ่านอัดแท่ง (มผช.๒๓๘/๒๕๔๗)

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาอัดเป็นแท่ง หรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่นกะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพด มาเผาจนเป็นถ่าน อาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนำมาเผาเป็นถ่าน

๒.๒ ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก ๑ กรัมมีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

๓.๑ ลักษณะทั่วไป

ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง

๓.๒ การใช้งาน

เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น

๓.๓ ความชื้น

ไม่เกินร้อยละ ๘ โดยน้ำหนัก

๓.๔ ค่าความร้อน

ต้องไม่น้อยกว่า ๕ ๐๐๐ แคลอรีต่อกรัม

๔. การบรรจุ

๔.๑ หากมีการบรรจุ ให้บรรจุถ่านอัดแท่งในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง และสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับถ่านอัดแท่งได้

๔.๒ น้ำหนักสุทธิของถ่านอัดแท่งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๕. เครื่องหมายและฉลาก

๕.๑ ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุถ่านอัดแท่งทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมาย แจ้งรายละเอียด ต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อผลิตภัณฑ์

(๒) ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ

(๓) น้ำหนักสุทธิ

(๔) เดือน ปีที่ทำ

(๕) ข้อแนะนำในการใช้

(๖) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

๖. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๖.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ถ่านอัดแท่งที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

๖.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๖.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวนไม่น้อยกว่า ๓ กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่าง ต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ข้อ ๔. และข้อ ๕. จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๖.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการใช้งาน ความชื้น และค่าความร้อน ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๖.๒.๑ แล้ว จำนวนไม่น้อยกว่า ๓ กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่าง ต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๒ ถึงข้อ ๓.๔ จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๖.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างถ่านอัดแท่งต้องเป็นไปตามข้อ ๖.๒.๑ และข้อ ๖.๒.๒ ทุกข้อ จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๗. การทดสอบ

๗.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก

ให้ตรวจพินิจ

๗.๒ การทดสอบการใช้งาน

ให้ทดสอบโดยการจุดตัวอย่างถ่านอัดแท่ง แล้วตรวจพินิจ

๗.๓ การทดสอบความชื้น

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3173

๗.๔ การทดสอบค่าความร้อน

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 5865

๗.๕ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ

ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ .... ก
บทคัดย่อภาษาไทย .... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... ค
สารบัญ .... ง
สารบัญตาราง .... ฉ
สารบัญภาพ .... ช
สารบัญแผนภูมิ .... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 3
ขอบเขตการวิจัย 3
นิยามศัพท์เฉพาะ 4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
แนวคิด ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้อง 5
การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง 29
กรอบแนวคิดในการวิจัย 31

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 32
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 32
การเก็บรวบรวมข้อมูล 33

บทที่ 4 ผลการวิจัย 38

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 49
สรุปผลการวิจัย 49
อภิปรายผล 49
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 50
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 50

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม 51
บรรณานุกรมภาษาไทย 52
บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ 52

ภาคผนวก 53
ภาคผนวก ก 54
ภาคผนวก ข 60
ภาคผนวก ค 66

ประวัติผู้วิจัย 69

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ **หน้า**

4.1 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นถ่านอัดแท่งแต่ละสูตร 39
4.2 กราฟแสดงค่าการทนต่อแรงกดของถ่านอัดแท่งสูตรต่าง ๆ 40
4.3 กราฟแสดงค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้สูตรต่างๆ 42
4.4 กราฟแสดงค่าร้อยละของเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้สูตรต่างๆ 46
4.5 กราฟแสดงค่าระยะเวลาการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้สูตรต่างๆ 47

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 การวัดความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง 39
4.2 ค่าการทนต่อแรงกด 40
4.3 แสดงค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งสูตรต่าง ๆ 42
4.4 ลักษณะของควันเมื่อนำไปใช้งาน 43
4.5 ร้อยละมวลของเถ้าหลังการเผาไหม้ของถ่านจากเมล็ดของต้นไม้ 45
4.6 ระยะเวลาการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากเมล็ดของต้นไม้ 46
4.7 ความสัมพันธ์ของสมบัติต่าง ๆ กับอัตราส่วนของถ่านอัดแท่ง 48
ข-1 ผลการวัดค่าความหนาแน่น 60
ข-2 ค่าแรงกดต่อก้อนถ่านอัดแท่ง 63
ข-3 ค่าพลังงานความร้อน 64
ข-4 ระยะเวลาการเผาไหม้ และการเป็นเถ้า 65

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ

รูปภาพที่ **หน้า**

2.1 ฝักของต้นมะค่าโมง 6

2.2 เมล็ดของต้นมะค่าโมง 8

2.3 ฝักของต้นสำโรง 8

2.4 เมล็ดของต้นสำโรง 9

2.5 แสดงลักษณะทั่วไปของเมล็ดกระบก 9

2.6 เนื้อในเมล็ดกระบก 10

2.7 แสดงขั้นตอนการเผาถ่านด้วยเตาลาน 16

2.8 แสดงขั้นตอนการเผาถ่านด้วยเตาอิฐ 16

2.9 แสดงขั้นตอนการเผาถ่านเตาดินเหนียว 18

2.10 เตาเผาถ่านถัง 200 ลิตร (แบบตั้ง) 19

2.11 ส่วนประกอบของเตาเผาถ่าน 200 ลิตร (แบบตั้ง) 20

2.12 เตาเผาถ่านถัง 200 ลิตร (แบบนอน) 20

2.13 กระบวนการไพโรไลซีส 22

2.14 การทำน้ำหมักชีวภาพ 24

3.1 เมล็ดของต้นไม้ 3 ชนิด 33

3.2 เตาเผาแบบไบโอชาร์ 34

3.3 เครื่องบดสารขนาดเล็ก 34

3.4 การอัดแท่งถ่านด้วยเครื่องอัดเย็น 35

3.5 การอบถ่านด้วยเครื่องอบลมร้อน 35

3.6 การทดสอบแรงกดด้วยเครื่องมือทดสอบสมบัติเชิงกล 36

3.7 การทดสอบหาค่าพลังงานความร้อนด้วยเครื่อง Bomb calorimeter 36

3.8 การทดสอบคุณภาพของถ่านอัดแท่งด้วยการจุดไฟในเตา 37

3.9 หามวลของเถ้าหลังการเผา 37

4.1 ถ่านที่ได้จากเมล็ดของต้นไม้ 38

ก-1 ผลประคำดีควาย 54

ก-2 การหมักประคำดีควาย 54

ก-3 น้ำหมักประคำดีควาย 54

ก-4 แป้งมันสำปะหลัง 54

ก-5 ถังเผาถ่านแบบไบโอชาร์ 54

ก-6 การบรรจุถังใส่เมล็ดต้นไม้ และฟืนในเตาเผา 54

ก-7 ถังบรรจุเมล็ดพืชสำหรับเผา 55

ก-8 ขณะเผาเมล็ดของต้นไม้ 55

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพที่ **หน้า**

ก-9 ถ่านเมล็ดมะค่าโมง 55
ก-10 ถ่านเมล็ดสำโรง 55
ก-11 ถ่านเมล็ดกระบก 55
ก-12 เครื่องบดถ่านขนาดเล็ก 55
ก-13 ถ่านผสมอัตราส่วนต่าง ๆ 10 สูตร 56
ก-14 เครื่องอัดถ่านแบบเย็น ที่ผลิตขึ้นเอง 56
ก-15 ถ่านอัดแท่งที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องอัดเย็น 56
ก-16 การทดสอบแรงกดด้วยเครื่องมือทดสอบสมบัติเชิงกล 57
ก-17 การทดสอบหาค่าพลังงานความร้อนด้วยเครื่อง Bomb calorimeter 57
ก-18 การอบถ่านด้วยเครื่องอบลมร้อน 57
ก-19 การทดสอบคุณภาพของถ่านอัดแท่งด้วยการจุดไฟในเตา 58
ก-20 การใช้งานจนเป็นเถ้าของถ่านอัดแท่ง 58
ก-22 การชั่งวัสดุ 59

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY