



HX 131591

การพัฒนาถ่านสมุนไพรไล่ยุง  
Development of mosquito repellent herbal charcoal

กมล วาจาเด็ด  
ตติยา เพี้ยกุนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
เลขที่..... 266597
เลขทะเบียน.....
เลขเรียกหนังสือ..... อก. 615.321 ก164 ก 2565

หลักสูตรวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
ปีการศึกษา 2565  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คุณไพฑูริ -- ยากันยุง

คณะกรรมการสอบได้พิจารณาโครงการแล้วเห็นชอบควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบโครงการ



(อาจารย์ ดร.พงศกร พิมพะนิตย์)

ประธานกรรมการสอบ



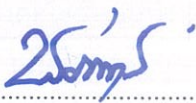
(อาจารย์ ดร.เกศดาพร วงษ์ชัม)

กรรมการ



(อาจารย์ ดร. วิทวัช ทิพยแสนพรหม)

กรรมการ



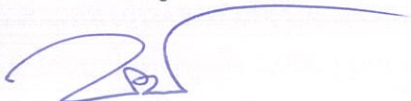
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรภัทร น้อยหลุบเลา)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

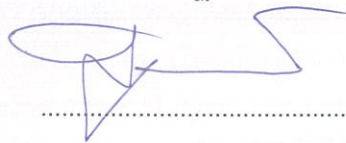
มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับโครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม



(อาจารย์ ดร.เกศดาพร วงษ์ชัม)

ประธานหลักสูตรสาขา  
วิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม



(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิวตล กัญญาคำ)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 25 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2566



หัวข้อวิจัย	การพัฒนาถ่านสมุนไพโรล่อง
ผู้ดำเนินการวิจัย	นางสาวกมล วาจาเด็ด นางสาวตติยา เพ็ญกานา
ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นรภัทร น้อยหลบลู
หน่วยงาน	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ปี พ.ศ.	ปีการศึกษา 2565

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาถ่านสมุนไพโรล่องจากถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้งกับผงตะไคร้หอมแห้ง และถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่สามารถโล่งได้โดยทำการหาประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งและประสิทธิภาพในการโล่งในอัตราส่วนต่างๆ ดังนี้อัตราส่วนที่ 1 (15:1:1:1) อัตราส่วนที่ 2 (20:3:3:1) (กะลามะพร้าว:ผงผิวมะกรูดแห้ง:ผงตะไคร้หอม:แป้งมันสำปะหลัง) และอัตราส่วนที่ 1 (25:1:1:1) อัตราส่วนที่ 2 (25:3:3:1) (กะลามะพร้าว:น้ำมันหอมระเหยมะกรูด:น้ำมันหอมระเหยตะไคร้:แป้งมันสำปะหลัง) จากนั้นผู้วิจัยได้นำถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดกับผงตะไคร้หอมทั้ง 2 อัตราส่วนและได้นำถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวจากน้ำมันหอมระเหยมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมทั้ง 2 อัตราส่วนไปทำการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ประสิทธิภาพการโล่งและค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควันของถ่านอัดแท่ง พบว่าการใส่ผงผิวมะกรูดผสมผงตะไคร้หอม อัตราส่วนที่ 1 ให้ค่าความร้อนสูงสุดที่ 14,648.51 และมีปริมาณเถ้าน้อยและความหนาแน่นอัตราส่วนที่ 2 ให้ความหนาแน่นได้ดีที่สุดอยู่ที่ 1,243.01 kg/m<sup>3</sup> อัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 41.67 g/min และการใส่น้ำมันหอมระเหยผิวมะกรูดผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม อัตราส่วนที่ 2 ให้ค่าความร้อนสูงสุดที่ 13,676.38 และมีปริมาณเถ้าน้อยและความหนาแน่นอัตราส่วนที่ 2 ให้ความหนาแน่นได้ดีที่สุดอยู่ที่ 1,423.16 kg/m<sup>3</sup> อัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 58.89 g/min ค่ามลพิษทางอากาศทั้ง 4 อัตราส่วน มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของอาคารบ้านเรือนมีคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงถึง 1,000 ppm แต่ต้องไม่เกิน 1,500 ppm ควันที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านจึงไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพการโล่งของถ่านอัดแท่งอัตราส่วนที่โล่งได้ดีที่สุดคืออัตราส่วนที่ 2 ทั้ง 2 ส่วนผสม เพราะมีส่วนผสมของสมุนไพรมะกรูดที่ยังไม่สามารถทนต่อกลิ่นได้ใช้เวลา 15 นาที ในการทำให้ขุ่นตกลงสู่พื้นได้ทุกตัว



Title	Development of mosquito repellent herbal charcoal
Author	Miss Kamol Wajadet Miss Tatiya Phiakuna
Consultant	Assistant professor Dr. Norrapat Noilublao
Agency	Rajabhat Maha Sarakham University, Department Bachelor of Engineering (Energy and Environmental Engineering)
Academic Year	2022

### Abstract

The objectives of the study were to develop mosquito-repellent herbal charcoal from coconut shell briquettes mixed with dried kaffir lime skin powder and citronella powder and charcoal briquettes from coconut shells mixed with bergamot essential oil and citronella essential oil that can repel mosquitoes by determining the efficiency of combustion of charcoal briquettes and the efficiency of repelling mosquitoes in various ratios as follows: 1) the 1st ratio (15:1:1:1), the 2nd ratio (20:3:3:1) (coconut shell: dried bergamot skin powder: citronella powder: cassava starch). 2) the 1st ratio (25: 1: 1: 1), the 2nd ratio (25: 3: 3: 1) (coconut shell: bergamot essential oil: lemongrass essential oil: tapioca starch). The researchers used charcoal briquettes made from coconut shell charcoal mixed with kaffir lime skin powder and citronella powder in both ratios. Furthermore, the researchers used coconut shell charcoal briquettes from kaffir lime essential oil and citronella essential oil in both ratios to test the burning efficiency, mosquito repellent efficiency, and air pollution caused by the smoke of charcoal briquettes. The findings revealed that adding kaffir lime skin powder mixed with citronella powder, the 1st ratio gave the highest calorific value of 14,648.51, and low ash content. The density of the 2nd ratio provides the best density at 1,243.01 kg/m<sup>3</sup>, with an average combustion rate of 41.67 g/min. Moreover, adding kaffir lime essential oil mixed with citronella essential oil, the 2nd ratio gave the highest calorific value of 13,676.38, and low ash content. The density of the 2nd ratio gave the best density at 1,423.16 kg/m<sup>3</sup>, with an average combustion rate of 58.89 g/min. The four ratios of air pollution are lower than the standards for buildings with carbon dioxide as high as 1,000 ppm. But must not exceed 1,500 ppm. The smoke generated from the combustion of charcoal is not toxic to the environment. In addition, the results showed



## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้เสร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ และผู้ที่ได้ช่วยเหลือทุกท่าน โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัยในครั้งนี้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรภัทร น้อยหลบลูเกา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ แหล่งข้อมูลในการศึกษาค้นคว้า ให้แนวคิดอันเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนช่วยปรับแก้รูปแบบของโครงการวิจัยฉบับนี้จนแล้วเสร็จ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระประธานกรรมการ อาจารย์ ดร. พงศกร พิมพะนิตย์ ประธานกรรมการสอบ อาจารย์ ดร. เกศดาพร วงษ์ขี้มี้ กรรมการ อาจารย์ ดร. วิทวัส ทัพยแสนพรหม กรรมการ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงโครงการวิจัยฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ นายธนโชค บำรุงหมู่ และเจ้าหน้าที่ศูนย์บริการวิชาการที่ 3 (จังหวัดมหาสารคาม) ที่ได้ให้คำแนะนำและความอนุเคราะห์เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองต่างๆ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ และอาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ให้ความรู้ และดูแลเอาใจใส่ในช่วงเวลาที่เรียนอยู่ที่สาขาวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามมาตลอดระยะเวลา 4 ปี จนทำให้สำเร็จการศึกษาตามที่ตั้งใจไว้

ท้ายที่สุดนี้ เหนือสิ่งอื่นใดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่กรุณาให้การสนับสนุน ทางด้านการเงินมาโดยตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัย อีกทั้งญาติๆ ทุกท่าน พี่ น้อง และเพื่อนๆ คนใกล้ชิดทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนด้วยดีตลอดระยะเวลาในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ในโอกาสนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

คณะผู้วิจัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ 1</b>	<b>1</b>
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
ขอบเขตการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
แผนการดำเนินงานวิจัย	3
<b>บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>4</b>
ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	4
พืชสมุนไพรที่สามารถไล่อุงได้	4
น้ำมันหอมระเหย	5
มะพร้าว	7
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	8
พลังงานชีวมวล	8
เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง	9
กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง	10
กระบวนการอบแห้งโดยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	10
การอบแห้งด้วยพลังงานงานแสงอาทิตย์	12
หลักการการทำงานของระบบอบแห้งแบบเรือนกระจก	12
การประเมินมลพิษทางอากาศที่เกิดจากควัน	13
การสกัดน้ำมันหอมระเหย	14
ค่าความร้อน	16
ความหนาแน่น	17
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17



	หน้า
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย</b>	23
วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	24
การดำเนินการวิจัย	30
ศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว ผสมสมุนไพรมันที่สามารถไถ่ได้	36
การประเมินมลพิษทางอากาศที่เกิดจากควัน	43
การทดลองไถ่ของถ่านอัดแท่ง	44
<b>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล</b>	47
ค่าความร้อน	47
ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง	50
ความหนาแน่น	54
ผลการทดลองและประสิทธิภาพการไถ่	56
ผลการทดลองและค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควัน	58
การเผาถ่าน เวลาเผาไหม้หมด ระยะเวลาเผาไหม้	60
การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต	61
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ</b>	63
สรุปผลการวิจัย	63
อภิปรายผล	63
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	64
<b>บรรณานุกรม</b>	
บรรณานุกรมภาษาไทย	65
<b>ภาคผนวก</b>	67
ภาคผนวก ก. การคำนวณหาค่าความร้อนโดยวิธีการต้มน้ำ	68
ภาคผนวก ข. การคำนวณหาความหนาแน่น	73
<b>ประวัติผู้วิจัย</b>	78

## สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ต้นตะไคร้หอม	5
2.2	มะกรูด	5
2.3	น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม	6
2.4	น้ำมันหอมระเหยมะกรูด	7
2.5	กะลามะพร้าว	7
3.1	กะลามะพร้าว	24
3.2	ผิวมะกรูดอบแห้ง	24
3.3	ตะไคร้หอมอบแห้ง	24
3.4	น้ำมันหอมระเหยมะกรูด	25
3.5	น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม	25
3.6	แป้งมันสำปะหลัง	25
3.7	น้ำสะอาด	26
3.8	ถังเผาถ่าน Super Sun 200 ลิตร	26
3.9	เครื่องผสม	26
3.10	เครื่องบดละเอียด	27
3.11	โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	27
3.12	เครื่องอัดแท่งถ่าน แบบไฟฟ้า 5 แรงม้า	27
3.13	เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล	28
3.14	ตะแกรงสำหรับวางวัสดุ	28
3.15	หม้อ	28
3.16	เตาถ่าน	29
3.17	เครื่องปั่น	29
3.18	กล่องใส	29
3.19	เครื่องวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	30
3.20	เครื่องวัดอุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์	30
3.21	กะลามะพร้าว	31
3.22	ปิดผาถัง	31
3.23	จุดไฟได้ถัง 200 ลิตร	31
3.24	ถ่านกะลามะพร้าว	31
3.25	ผลมะกรูด	32
3.26	ผิวมะกรูด	32
3.27	อบแห้งผิวมะกรูดด้วยโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์	32
3.28	บดละเอียดผิวมะกรูดให้เป็นผงละเอียด	33
3.29	ต้นตะไคร้หอม	33



3.30	หั่นตะไคร้หอมเป็นท่อน	33
3.31	อบแห้งตะไคร้หอมที่หั่นเป็นท่อนด้วยโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์	34
3.32	บดละเอียดตะไคร้หอมให้เป็นผงละเอียด	34
3.33	ผลมะกรูด	34
3.34	ฝานเอาส่วนที่เป็นผิวชั้นนอกมะกรูด	35
3.35	กลั่นจนได้น้ำมันหอมระเหยมะกรูด	35
3.36	ต้นตะไคร้หอม	35
3.37	หั่นต้นตะไคร้หอมเป็นท่อน	36
3.38	กลั่นจนได้น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม	36
3.39	ผงถ่านกะลามะพร้าว	37
3.40	ผงผิวมะกรูดอบแห้ง	37
3.41	ผงตะไคร้หอมอบแห้ง	37
3.42	กาวแป้งเปียก	38
3.43	นำผงถ่านกะลามะพร้าว : กาวแป้งเปียกเข้าเครื่องผสมถ่าน	38
3.44	นำผิวมะกรูดและตะไคร้หอมอบแห้งที่ผ่านการบดละเอียดจนเป็นผงเข้าเครื่องผสม	38
3.45	นำส่วนผสมที่ได้ขึ้นรูปถ่านอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแท่งแบบไฟฟ้า	38
3.46	ลักษณะถ่านที่ได้จากการอัดแท่ง	39
3.47	นำถ่านที่ได้เข้าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	39
3.48	ผงถ่านกะลามะพร้าว	40
3.49	น้ำมันหอมระเหยผิวมะกรูด	40
3.50	น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม	40
3.51	กาวแป้งเปียก	41
3.52	นำผงถ่านกะลามะพร้าว : กาวแป้งเปียกเข้าเครื่องผสมถ่าน	41
3.53	นำน้ำมันหอมระเหยมะกรูดและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมเข้าเครื่องผสมถ่าน	41
3.54	นำส่วนผสมที่ได้ขึ้นรูปถ่านอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแท่งแบบไฟฟ้า	41
3.55	ลักษณะถ่านที่ได้จากการอัดแท่ง	42
3.56	นำถ่านที่ได้เข้าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	42
3.57	นำถ่านที่ได้จากการอัดแท่งไปชั่งน้ำหนักก่อนอบ	42
3.58	นำถ่านเข้าโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ 1-2 วัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	42
3.59	นำถ่านที่ได้ออกจากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มาชั่งน้ำหนักหลังอบ	43
3.60	เครื่องวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	43
3.61	จุดถ่านอัดแท่ง	44
3.62	วัดค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	44
3.63	นำค่าที่ได้มาทำการบันทึก	44

3.64	กล่องใส	45
3.65	จุดถ่านอัดแท่ง	45
3.66	การทดลองไต่ยุง	45
3.67	ยุงตกลูกฟุ้ง	46
4.3	แสดงค่าความร้อนถ่านกะลามะพร้าวผสมผงสมุนไพรไต่ยุง	48
4.6	แสดงค่าความร้อนถ่านกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรไต่ยุง	49
4.11	แสดงค่าความหนาแน่นถ่านกะลามะพร้าวผสมผงสมุนไพรไต่ยุง	54
4.12	แสดงค่าความหนาแน่นถ่านกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรไต่ยุง	55
4.13	แสดงการทดสอบไต่ยุงถ่านกะลามะพร้าวผสมผงสมุนไพรไต่ยุง	56
4.14	แสดงการทดสอบไต่ยุงถ่านกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรไต่ยุง	57
4.15	แสดงค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควัน	58
4.16	แสดงค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควัน	59
4.17	การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง	60



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงแผนการดำเนินงานวิจัย	3
4.1	ตารางการทดสอบหาค่าความร้อนเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสม ผงสมุนไพรร อัตราส่วนที่ 1	47
4.2	ตารางการทดสอบหาค่าความร้อนเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสม ผงสมุนไพรร อัตราส่วนที่ 2	47
4.4	ตารางการทดสอบหาค่าความร้อนเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสม น้ำมันหอมระเหย อัตราส่วนที่ 1	48
4.5	ตารางการทดสอบหาค่าความร้อนเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสม น้ำมันหอมระเหย อัตราส่วนที่ 2	49
4.7	ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจาก กะลามะพร้าวผสมผง ผิวมะกรูดอบแห้ง และผสมผงตะไคร้หอมอบแห้ง (อัตราส่วนที่ 1)	50
4.8	ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผง ผิวมะกรูดอบแห้ง และผสมผงตะไคร้หอมอบแห้ง (อัตราส่วนที่ 2)	51
4.9	ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสม น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม และน้ำมันหอมระเหยมะกรูด (อัตราส่วนที่ 1)	52
4.10	ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสม น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม และน้ำมันหอมระเหยมะกรูด (อัตราส่วนที่ 2)	53
4.18	ต้นทุนเฉพาะค่าวัสดุของการผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิว มะกรูดอบแห้งผสมผงตะไคร้หอมอบแห้ง	61
4.19	ต้นทุนเฉพาะค่าวัสดุของการผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอม ระเหยมะกรูดผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม	61



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ยุง เป็นแมลงที่มักจะสร้างความเดือดร้อนด้านปศุสัตว์ได้ทุกช่วงฤดูกาล โดยเฉพาะโค-กระบือ แพะ แกะ หรือสัตว์เท่ากับชนิดอื่นๆ โดยยุงจะดูดกินเลือดจนทำให้สัตว์เลี้ยงอ่อนแอและป่วยเป็นโรคได้ง่าย การใช้วิธีการสูมไฟให้เกิดเป็นควันและให้เกิดความอบอุ่นในคอกเลี้ยงสัตว์ช่วงฤดูหนาว จึงเป็นวิธีการที่ช่วยไล่ยุงที่ได้ผลดี แต่ควันอาจเป็นมลพิษต่ออากาศได้ปัญหาหนึ่งของเกษตรกรที่เลี้ยงวัว จะต้องเจอคือ การรบกวนของยุงและแมลงในฟาร์มวัวที่นอกจะสร้างความรำคาญให้สัตว์เลี้ยงแล้วนั้น ยังก่อให้เกิดพาหะของโรคได้อีกด้วย ทำให้เหล่าเกษตรกรจึงต้องหาวิธีในการไล่ยุง เพื่อจัดการกับปัญหาขงกวนใจได้ และป้องกันการเกิดโรคในวัว ยุงเป็นพาหะของการเกิดโรคที่สำคัญ ได้แก่ ยุงลาย เป็นพาหะนำโรคไข้เลือดออก ยุงก้นปล่องเป็นพาหะนำไข้มาลาเรีย ยุงรำคาญนำโรคไข้สมองอักเสบ ยุงลายเสื่อและยุงอีกหลายชนิดเป็นพาหะโรคเท้าช้าง ที่ยังคงเป็นปัญหาของประเทศในเขตร้อน รวมทั้งประเทศไทยที่มีสภาพอากาศเหมาะแก่การแพร่กระจายพันธุ์ จึงต้องมีการควบคุมทั้งแหล่งกำเนิด และทำลายยุง เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของโรค การป้องกันไม่ให้ยุงกัดเป็นอีกวิธีหนึ่ง ที่นิยมใช้กัน จึงมีการใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์ไล่ยุง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารสังเคราะห์และเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ รวมทั้งทำลายสิ่งแวดล้อมสมุนไพรไล่ยุง เป็นพืชที่มีสารออกฤทธิ์สามารถไล่ยุงได้ โดยสารออกฤทธิ์จะอยู่ในส่วนของน้ำมันหอมระเหย เมื่อสารหอมถูกปล่อยออกมาสารหอมดังกล่าวมีฤทธิ์ที่สามารถไล่ยุงให้หนีไป พืชที่มีสารออกฤทธิ์ดังกล่าวมีหลายชนิด

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีคุณสมบัติที่ดีที่นิยมใช้ในการนำมาแปรรูปผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง ในช่วงที่ผ่านมา ได้แก่วัสดุเป็นชีวมวลที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานทดแทนได้ กะลามะพร้าวยังเป็นวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร แล้วทิ้งเป็นขยะ จึงได้นำกะลามะพร้าวมาผลิตเป็นถ่านชีวมวลแทนถ่านไม้จากธรรมชาติ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญดังกล่าวจึงมีความสนใจที่จะนำกะลามะพร้าวและสมุนไพรชนิดต่างๆ มาพัฒนาในการผลิตเป็นพลังงานทดแทนเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานจากถ่านไม้ธรรมชาติ และยังเป็นการเพิ่มศักยภาพของถ่านอัดแท่งให้สามารถไล่ยุงได้ด้วย

#### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการไล่ยุงของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงสมุนไพร และผสมน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร

1.2.2 เพื่อศึกษาหาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงสมุนไพรและผสมน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร

1.2.3 เพื่อศึกษาหาค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควันของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงสมุนไพรและผสมน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร



### 1.3 ขอบเขตการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุตามความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงกำหนดขอบเขตไว้ในการผลิต ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดกับผงตะไคร้หอม และผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม โดยทำการบดอัดวัตถุดิบให้เป็นถ่านอัดแท่งจากนั้นนำมาผ่านกระบวนการทำให้แห้งโดยการเข้าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีคุณสมบัติดังนี้

- 1.3.1 วัสดุเหลือใช้ภายในชุมชนที่นำมาใช้ในงานวิจัย ได้แก่ กะลามะพร้าว ผิวมะกรูด และตะไคร้หอม ภายในตำบลนิคม อำเภอสหพันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์
- 1.3.2 ขึ้นรูปถ่านอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแท่งแบบไฟฟ้าเป็นระบบอัดแท่งแบบอัตโนมัติ มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 แรงม้า ชนิด 2 สาย ตัวเครื่องผลิตจากเหล็ก สามารถเคลื่อนย้ายได้ และได้ถ่านอัดแท่งเป็นรูปทรงกระบอก จากศูนย์บริการวิชาการที่ 3 (จังหวัดมหาสารคาม)
- 1.3.3 ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงสมุนไพรอบแห้ง และถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยที่ได้นำมาทดสอบค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควันโดยผ่านกระบวนการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รุ่น EXTECH EA80 Datalogger
- 1.3.4 ถ่านอัดแท่งที่ได้นำมาผ่านกระบวนการทำให้แห้งโดยนำเข้าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบเรือนกระจกขนาด 6.00 x 8.20 เมตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากศูนย์บริการวิชาการที่ 3 (จังหวัดมหาสารคาม)

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทราบประสิทธิภาพการไถ่ของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงสมุนไพรและผสมน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร
- 1.4.2 ทราบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงสมุนไพรและผสมน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร
- 1.4.3 ทราบค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควันของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงสมุนไพรและผสมน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร





## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดต่างๆ ดังนี้

#### 2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 พืชสมุนไพรที่สามารถไล่ยุงได้

2.1.2 น้ำมันหอมระเหย

2.1.3 มะพร้าว

#### 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 พลังงานชีวมวล

2.2.2 เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

2.2.3 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง

2.2.4 กระบวนการอบแห้งด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

2.2.5 การประเมินมลพิษทางอากาศที่เกิดจากควัน

2.2.6 การกลั่นน้ำมันหอมระเหย

2.2.7 ปริมาณความชื้น มาตรฐานแห้ง

2.2.8 ค่าความร้อน

2.2.9 ความหนาแน่น

#### 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1.1 พืชสมุนไพรที่สามารถไล่ยุงได้

แหล่งเพาะพันธุ์ยุงเพิ่มขึ้นมักเกิดการระบาดของโรคไข้เลือดออก เกิดจากเชื้อไวรัสเด็งกี (dengue virus) ระยะฟักตัวของเชื้ออยู่ในช่วงเวลาประมาณ 3-15 วัน หลังรับเชื้อ ทางที่ดีที่สุด คือ การป้องกันไม่ให้ยุงกัด ซึ่งการป้องกันมีด้วยกันหลายวิธี เช่น ภาชนะที่ใช้เก็บน้ำต้องมีฝาปิดให้มิดชิด ใช้ทรายอะเบทกำจัดลูกน้ำใส่ในภาชนะขังน้ำ ทำบริเวณรอบบ้านให้สะอาด ไม่มีมุมอับทึบ เพื่อไม่ให้ยุงเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายและอีกหนึ่งวิธีป้องกันยุงกัด คือ การใช้สมุนไพรไล่ยุงมาใช้ประโยชน์ป้องกันไม่ให้ถูกยุงกัด ยุงลายจะวางไข่ตามภาชนะขังน้ำที่มีน้ำนิ่ง และใส น้ำฝนมักเป็นน้ำที่ยุงลายชอบวางไข่มากที่สุด ดังนั้น แหล่งเพาะพันธุ์ของยุงลาย จะเป็น ภาชนะที่สามารถขังน้ำได้ทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นภาชนะน้ำขังที่มนุษย์สร้างขึ้นและภาชนะที่มีตามธรรมชาติ ยุงลายเกาะพักตามเสื้อผ้าห้อยแขวนหรือมุมอับชื้นภายในและนอกบ้าน

ข้อดีของการปลูกต้นไม้ไม่ได้มีแค่ความสวยงามและความร่มรื่นเพียงเท่านั้น และยังมีต้นไม้บางชนิดที่มีฤทธิ์ไล่ยุงได้ด้วย ได้แก่ 2 ต้นไม้ไล่ยุงเหล่านี้ ที่เป็นเหมือนภูมิคุ้มกันให้กับเราด้วยการสกัดยุงไม่ให้เข้ามาทำร้ายคนในครอบครัว โดยไม่ต้องพึ่งเหล่าสารเคมีต่างๆอีกทั้ง ต้นไม้ไล่ยุงบางชนิดยังเป็นพืชผักที่เราสามารถเก็บมารับประทานได้

- 1.) ตะไคร้หอม เป็นไม้ยืนต้นลำต้นสูงประมาณ 1 เมตร มีใบเล็กเรียวยาวขึ้นในลักษณะทรงพุ่ม เป็นพืชที่ปลูกง่ายแค่ใช้เหง้าฝังดินเพื่อขยายพันธุ์ จะปลูกใส่กระถางวางไว้ริมระเบียงหรือสวนในบ้านก็ได้ ยุงร้ายก็จะค่อยๆอพยพหนีย้ายตามกันไป เพราะทนกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยในต้นตะไคร้หอมไม่ได้



ภาพที่ 2.1 ต้นตะไคร้หอม

(ที่มา : <https://home.kapook.com/view123567.html>)

- 2.) มะกรูด สมุนไพรไทยที่ไต่ยอดได้ เป็นพืชยืนต้นที่มีหนามแหลม ลำต้นสูงประมาณ 12 เมตร วิธีการปลูกให้ใช้เมล็ดจากลูกมะกรูดที่ร่วงจากต้นไปตากแดด 1-2 วัน ก่อนจะนำไปเพาะลงในดินที่มีปุ๋ยคอกผสมอยู่ เมื่อใบเริ่มงอกให้แยกไปปลูกในกระถาง ซึ่งน้ำมันหอมระเหยในมะกรูดจะช่วยส่งกลิ่นออกไปรบกวนและป้องกันยุงไม่ให้บินเข้ามาในบ้าน



ภาพที่ 2.2 มะกรูด

(ที่มา : <https://home.kapook.com/view123567.html>)

### 2.1.2 น้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย (essential oil) เป็นน้ำมันที่สกัดได้มาจากพืชเช่น ส่วนดอก ใบ ผล ลำต้น มาใช้ในการบำบัดตามศาสตร์สุนทรบำบัด (Aromatherapy) ซึ่งหมายถึง การบำบัดรักษา โดยการใช้กลิ่นหอมของสารหอมในพืช โดยทั่วไปน้ำมันหอมระเหยจะถูกสกัดได้หลายรูปแบบ เช่น การกลั่น (Distillation) การสกัดโดยใช้ไขมัน (Enfleurage) การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction) การบีบอัด (Expression) การใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต (Supercritical fluid extraction) ซึ่งการกลั่นหลายประเภทนี้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมน้ำหอม เครื่องสำอาง สบู่ คุปและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เพื่อเพิ่มความหอมและบางครั้งทำให้ค้นผ่อนคลายได้ด้วย



### ลักษณะของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย มีลักษณะเป็นน้ำมันของเหลวสีใส ซึ่งมีกลิ่นหอม ซึ่งสามารถระเหยได้ที่อุณหภูมิห้อง สามารถสกัดจากพืชหอมซึ่งพืชเหล่านี้จะมีต่อมหรือท่อที่เก็บสะสมน้ำมันหอมระเหยไว้วิธีการผลิต

ปัจจุบัน น้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่ เช่น มะกรูด ตะไคร้หอม น้ำมันต้นชาและยูคาลิปตัส มาจากการกลั่น โดยใส่วัตถุดิบพืช ซึ่งประกอบด้วย ใบ ไม้ เปลือกไม้ ราก เมล็ดหรือเปลือกใส่ถ้วยกลั่น เหนือน้ำเมื่อน้ำร้อนแล้ว ไอน้ำจะผ่านวัตถุดิบพืช เกิดเป็นไอสารประกอบระเหยง่าย ไอลไหลผ่านขดที่ ซึ่งจะควบแน่นกลับเป็นของเหลว แล้วมีการเก็บรวบรวมในภาชนะบรรจุ

- 1.) น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม มีสีใสถึงเหลืองอ่อน มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับตะไคร้บ้านหรือ เลมอนกราส มีกลิ่นหอมสดชื่นคล้ายมะนาว ช่วยดับกลิ่นปรับปรุงให้อากาศบริสุทธิ์และฆ่าเชื้อโรค บรรเทาอาการระคายเคืองและบวมจากแมลงกัดต่อย กลิ่นหอมของตะไคร้หอมมีฤทธิ์ช่วยไล่แมลงโดยเฉพาะยุง ได้เป็นอย่างดี เป็นน้ำมันหอมระเหยที่ปลอดภัย กลิ่นหอมและมีประสิทธิภาพคุ้มราคา ด้วยเหตุนี้จึงถูกนิยมนำไปผสมใช้กับน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่นอย่างแพร่หลาย



ภาพที่ 2.3 น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม

(ที่มา : <https://www.chemipan.com/>)

มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และแบคทีเรีย ช่วยป้องกันการระบาดของเชื้อโรคและทั้งแก้ไข้ด้วย ช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบต่างๆในร่างกาย ช่วยบำรุงร่างกาย ช่วยทำให้ร่างกายกระชุ่มกระชวย ชื่นระงับกลิ่นเหม็นอับ โดยเฉพาะผู้ที่เหม็นออกมามากบริเวณเท้า บรรเทาอาการปวดศีรษะช่วยดับกลิ่นปรับปรุงให้อากาศบริสุทธิ์และฆ่าเชื้อโรค เป็นหนึ่งในสมุนไพรที่มีการใช้ในวงการแพทย์ของอินเดียมาเป็นระยะเวลาอันยาวนานนับพันปี

- 2.) น้ำมันหอมระเหยกลั่นจากผิวมะกรูด มีลักษณะใสมีเหลืองอ่อนๆ กลิ่นหอมสดชื่นเฉพาะตัว มีคุณสมบัติทางสมุนไพรมากมาย ช่วย รักษาอาการปวด ระคายเคือง และอาการผิวหนังอักเสบต่าง ๆ ได้ดีทางอโรมาช่วยให้อารมณ์สงบ ผ่อนคลาย ช่วยให้ผ่อนคลายง่ายขึ้น กระจายน้ำมันหอมระเหยในอากาศช่วยให้อากาศสะอาดสดชื่น ป้องกันการติดเชื้อ ทางเดินหายใจ ผสมในน้ำมันตัวพา ครีม หรือโลชั่นใช้ทาผิวบำรุงให้ชุ่มชื้นนุ่มเนียน



ภาพที่ 2.4 น้ำมันหอมระเหยมะกรูด

(ที่มา : <https://www.chemipan.com/>)

มีคุณสมบัติ ในการช่วยทำให้ผมตกต่ำเป็นเงางาม นิยมสลาย รักษาอาการคันศีรษะ ป้องกันรังแค มะกรูดมีสรรพคุณในการไล่แมลง ก็เพราะในมะกรูดมีน้ำมันหอมระเหย Citronellal อยู่จำนวนมาก ทั้งที่ผิวและใบ รวมทั้งยังมีกรดซิตริกในน้ำของผลมะกรูด และยังมีสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ เช่น Sabinene Citronelly-Floetate, Citronella, Linalool, Iso-pulegol ซึ่งช่วยขับไล่แมลงต่าง ๆ รวมทั้งยังได้ยอดดี

### 2.1.3 กะลามะพร้าว

เป็นส่วนหนึ่งของมะพร้าว สามารถปลูกมะพร้าวได้เกือบทุกจังหวัด แต่บริเวณ ที่มีการเพาะปลูกอย่างหนาแน่นเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ คือ บริเวณจังหวัดทางภาคใต้ มะพร้าวที่ปลูกในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ เช่น มะพร้าวใหญ่ มะพร้าวกลาง มะพร้าวหมูสี มะพร้าวไฟ มะพร้าวน้ำหอม กะลามะพร้าวนิยมนำไปใช้ทำสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น กระบาย กระดุม ซอฮู้ โคมไฟ เครื่องประดับ เครื่องดนตรี ที่วางแก้วน้ำ ที่เขี่ยบุหรี่ รวมไปถึงทำเป็นถ่านหุงต้ม ถ่านกัมมันต์ น้ำควัน และถ่านสำหรับป้องกันมอดแมลงก็ได้เช่นกัน



ภาพที่ 2.5 กะลามะพร้าว

(ที่มา: <http://www.nwk.ac.th>)



## 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.2.1 พลังงานชีวมวล

#### 1.) ความหมายของพลังงานชีวภาพ ชีวมวล

พลังงานชีวภาพ (Biogas Energy) คือ พลังงานเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายวัสดุทางชีวภาพด้วยการอาศัยแบคทีเรียภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) จนเกิดเป็นก๊าซชีวภาพ (Biogas) ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ 2 แนวทาง คือ เชื้อเพลิงเพื่อการผลิตไฟฟ้าและความร้อน และเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตก๊าซหุงต้มและก๊าซเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ เช่น LPG และ CNG โดยพลังงานชีวภาพถือเป็นรูปแบบหนึ่งของการผลิตพลังงานชีวมวล แต่พลังงานชีวภาพจะมีการใช้วัตถุดิบและมีกระบวนการซับซ้อนมากกว่าพลังงานชีวมวล

พลังงานชีวมวล (Biomass Energy) คือ พลังงานที่ผลิตได้จากการนำวัสดุชีวมวลหรือสารอินทรีย์ทุกรูปแบบที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติ เช่น ขยะอินทรีย์ เศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร กากจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม มูลสัตว์ พืชเชื้อเพลิง เช่น แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย ใบและยอดอ้อย ไม้ เศษไม้ เส้นใยและกะลาปาล์ม กากมันสำปะหลัง ชังข้าวโพด กาบและกะลามะพร้าว มาผ่านกระบวนการแปรรูป เช่น การหมัก (Fermentation) การเผา (Combustion) การผลิตก๊าซ (Gasification) หรือกรรมวิธีอื่น ๆ จนได้เป็นความร้อนหรือก๊าซเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า

พลังงานชีวมวล (Biomass-energy) หมายถึง พลังงานที่ได้จากชีวมวลชนิดต่าง ๆ โดยกระบวนการแปรรูปชีวมวลไปเป็นพลังงานรูปแบบต่าง ๆ นับว่าเป็นพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจเนื่องจากประเทศไทยของเราก็นับว่าเป็นแหล่งผลิตพืชผลทางการเกษตรอันดับต้น ๆ ของภูมิภาค

พลังงานชีวมวล หรือ Biomass energy คือ พลังงานทางเลือก พลังงานหมุนเวียนจากเชื้อเพลิงชีวมวล ที่ผลิตขึ้นโดยอาศัยกระบวนการแปรรูปวัตถุดิบทางชีวภาพ

#### 2.) ความแตกต่างของพลังงานชีวภาพ พลังงานชีวมวล

รูปแบบของพลังงาน พลังงานชีวภาพจะอยู่ในรูปแบบก๊าซเท่านั้น ส่วนพลังงานชีวมวลจะมีรูปแบบที่หลากหลายกว่า เช่น ก๊าซ ของเหลว ความร้อน ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต

การผลิตพลังงาน พลังงานชีวภาพจะผลิตได้จากกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) ส่วนพลังงานชีวมวลจะเป็นการนำวัสดุมาแปรรูปด้วยการหมัก การเผา การผลิตก๊าซ หรือกระบวนการอื่น ๆ

วัสดุที่นำมาใช้ผลิต พลังงานชีวภาพจะเน้นไปที่การนำพืชเชื้อเพลิงและผลผลิตสินค้าเกษตร เช่น ต้นข้าวโพด หญ้าเนเปียร์ และยังสามารถนำขยะอินทรีย์จากครัวเรือนและมูลสัตว์มาใช้ในการผลิตพลังงาน ส่วนพลังงานชีวมวลนั้นจะใช้พืชเชื้อเพลิงเหมือนกัน แต่จะเน้นไปที่การใช้พืชเชื้อเพลิงชนิดมีเส้นใย เช่น แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย กะลามะพร้าว และไม่นิยมใช้มูลสัตว์และของเสียจากครัวเรือนเหมือนการผลิตพลังงานชีวภาพ

#### 3.) ประเทศไทยกับพลังงานชีวภาพ ชีวมวล

ปัจจุบัน ประเทศไทยเรายังต้องนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศอยู่มาก ไม่ว่าจะเป็นก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมันดิบ ดังนั้น การผลิตพลังงานทางเลือกจะช่วยลดการพึ่งพาพลังงานจากภายนอกประเทศได้ส่วนหนึ่ง ซึ่งพลังงานชีวภาพและพลังงานชีวมวลถือเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง สามารถ



นำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบ สามารถช่วยกำจัดของเหลือจากภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรมได้ดี โดยเฉพาะในภาคการเกษตร ซึ่งประเทศไทยนั้นเป็นประเทศเกษตรกรรมอยู่แต่เดิม ดังนั้นจึงมีวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ใช้ทางการเกษตรมากมาย ซึ่งแต่เดิมมักมีการเผาทิ้งหรือปล่อยทิ้งไว้อย่างไม่มีมูลค่า แต่การผลิตพลังงานทางเลือกเหล่านี้จะช่วยสร้างมูลค่าจากของเสีย และเป็นการสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและชุมชน อีกทั้งในกระบวนการผลิตพลังงานชีวภาพยังสามารถช่วยกำจัดขยะชีวภาพ เช่น มูลสัตว์และน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ อันเป็นปัญหาที่สำคัญในหลายพื้นที่ได้เป็นอย่างดี สำหรับในประเทศไทยนั้น แผนพัฒนาพลังงานฉบับใหม่ได้วางเป้าหมายให้มีการผลิตพลังงานจากพืชพลังงานให้ได้มีกำลังการผลิต 650 เมกะวัตต์ต่อปี ดังนั้นจึงมีการคาดการณ์กันว่าประเทศไทยเรายังมีโอกาสที่จะมีโรงไฟฟ้าชีวภาพและโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลเกิดขึ้นอีกมาก ซึ่งการเกิดขึ้นของโรงงานเหล่านี้จะช่วยรองรับและแก้ไขปัญหาวิกฤตพลังงานที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต อีกทั้งยังช่วยขับเคลื่อนกลไกการลงทุนด้านพลังงานทดแทน ซึ่งจะช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ และช่วยสร้างงาน สร้างรายได้ ลดรายจ่ายให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ผู้ผลิตจนถึงผู้ใช้พลังงานทดแทนอย่างครอบคลุม

## 2.2.2 เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำเอาเศษถ่าน เศษถ่านหิน หรือเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ มาอัดเป็นแท่งเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของเชื้อเพลิงจากวัตถุดิบที่มีขนาดเล็กๆ ประโยชน์ที่ได้จากการนำวัสดุเหลือทิ้งมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งนั้น เป็นวิธีการช่วยแก้ปัญหาในการกำจัดวัสดุเหลือทิ้ง แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้สะดวกต่อการเก็บ การนำมาใช้ การขนส่ง และยังเป็น การเพิ่มปริมาณความร้อนต่อหน่วยปริมาณ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในครัวเรือนและอุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงแข็งได้ เชื้อเพลิงอัดแท่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เชื้อเพลิงเขียว และถ่านอัดแท่ง

### เชื้อเพลิงเขียว

เชื้อเพลิงเขียว คือ แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดแท่ง โดยไม่ใช้ความร้อน จากวัสดุชีวมวล เศษวัชพืชต่าง 1 หรือเศษวัสดุที่เหลือจากภาคอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น ชานอ้อยเน่าเปื่อย, ผักตบชวา ฯลฯ มาอัดเป็นแท่ง โดยอาศัยความเหนียวของยางในวัสดุเหล่านั้นเป็นตัวเชื่อมประสานและมีความชื้นพอดี เมื่ออัดออกมาเป็นแท่งแล้วจะได้แท่งอัดเชื้อเพลิงที่ใช้ประโยชน์แทนฟืน, ถ่านหรือแก๊สหุงต้ม ได้เป็นอย่างดี

### ถ่านอัดแท่ง

ถ่านอัดแท่งโดยการอัดเศษวัสดุให้เป็นแท่งถ่าน แล้วนำแท่งวัสดุดังกล่าวไปเผาเช่นเดียวกับการเผาถ่านตามกรรมวิธีทั่วไป หรือ โดยการเผาเศษวัสดุให้เป็นถ่านดำก่อนแล้วจึงนำเศษถ่านดำมาอัดเป็นแท่ง เนื่องจากเศษวัสดุบางชนิดมีลักษณะเป็นชิ้นๆ และแข็งทำให้ไม่สามารถอัดขึ้นรูปให้เป็นแท่งได้ เช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น โดยอาจเผาเศษวัสดุเหล่านี้ด้วยเตาเผาถ่านที่อุณหภูมิประมาณ 250 ถึง 450 องศาเซลเซียส เมื่อได้ถ่านดำตามต้องการจึงนำไปตีปนด้วยเครื่องสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปผสมกับตัวประสาน แล้วจึงนำไปอัดเป็นแท่งตามรูปแบบที่ต้องการ



### 2.2.3 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง

ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ชิงช้าวัวโศด มาเผาจนเป็นถ่านอาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ชี้เลื่อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนำมาเผาเป็นถ่าน ถ่านอัดแท่งได้รับความนิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม โดยเฉพาะอาหารปิ้งย่าง เนื่องจากไม่มีควันเนื่องจากความชื้นน้อยมาก ให้ความร้อนสูงเนื่องจากเป็นถ่านที่ได้รับการเผาไหม้เต็มที่ ไม่แตกง่าย ไม่แตกประทุเหมือนอย่างถ่านไม้ทั่วไป

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่างๆ ที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ต้องผ่านการแปรรูปให้เหมาะสมก่อนโดยกระบวนการแปรรูปนี้ แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

- 1.) การผลิตถ่าน ถ่านเป็นไม้ที่ได้จากเผาไหม้ภายในบริเวณที่มีอากาศเบาบาง หรือ กระบวนการแยกสารอินทรีย์ภายในไม้ในสภาวะที่มีอากาศอยู่น้อยมาก เมื่อมีการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการช่วยกำจัดน้ำน้ำมันดิบ และสารประกอบอื่นๆ ออกจากไม้ ถ่านที่ได้หลังการผลิตจะมีปริมาณของคาร์บอนสูง และไม่มี ความชื้น ทำให้ปริมาณพลังงานในถ่านสูง โดยมีค่าเป็นสองเท่าของปริมาณ พลังงานในไม้แห้ง กระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่าน เรียกว่า คาร์บอนไนเซชัน Carbonization สามารถแยกกระบวนการดังกล่าวแบ่ง ได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ
- 2.) ขั้นตอนที่ 1 การเผาไหม้ เป็นกระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวน มากระหว่างการเกิดคาร์บอนไนเซชัน โดยให้ความร้อนกับวัสดุภายในเตาเผา ถ่าน
- 3.) ขั้นตอนที่ 2 เป็นปฏิกิริยาประเภทดูดความร้อน เพื่อไล่ความชื้นจากเนื้อวัสดุ โดยจะใช้อุณหภูมิจนถึง 270 องศาเซลเซียส ความชื้นจะค่อยๆลดลงจนกระทั่ง หมดไป สามารถสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่ขึ้นหนาจนหนาที่บ
- 4.) ขั้นตอนที่ 3 เป็นปฏิกิริยาประเภทคายความร้อน โดยเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 250-300 องศาเซลเซียส ระหว่างปฏิกิริยาคายความร้อนจะเกิดก๊าซต่างๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) รวมถึงเกิด กรดอะซิติก เมทิลแอลกอฮอล์ และสารพวกน้ำมันดิบ ขั้นตอนนี้ทำให้ปริมาณ คาร์บอนของถ่านเพิ่มขึ้น และจากองค์ประกอบที่ระเหยได้จะถูกกำจัดออก
- 5.) ขั้นตอนที่ 4 เป็นการนำผลิตภัณฑ์ถ่านมาทำให้เย็น ซึ่งจะใช้เวลาหลายชั่วโมง ขึ้นอยู่กับชนิดของเตาเผาที่ใช้ในการผลิต คุณภาพถ่านที่ผู้ใช้นิยมรับได้ คือต้องมี ปริมาณคาร์บอน 7 เปอร์เซ็นต์ สารระเหยได้ต้องน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ชี้เล้า ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และความหนาแน่นประมาณ 0.25-0.30 กรัมต่อ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งถ่านจะมีคุณสมบัติเปราะปานกลาง
- 6.) การบดย่อย (Grinding) ผงถ่านที่นำมาใช้ในการอัดแท่งต้องละเอียดพอที่ จะ นำไปขึ้นรูปได้ขนาดของผงถ่านที่ใช้ขึ้นขึ้นอยู่กับชนิดของถ่าน และวิธีการทำผง ถ่านให้เป็นแท่ง วิธีการบดย่อยสามารถทำได้หลายวิธีทั้งการใช้เครื่องบด เครื่อง



ลับ และเครื่องป่นวัสดุ หรือวิธีที่ง่ายที่สุดคือ การบดด้วยมือ โดยอาจใช้ครกสาก เป็นอุปกรณ์ แต่วิธีนี้ต้องใช้แรงงานมากและใช้เวลานาน

- 7.) การผสม (Mixing) เป็นการผสมวัสดุที่ถูกป่นย่อยแล้วกับสารที่จะช่วยประสาน วัสดุให้ติดกันง่ายขึ้นลักษณะของตัวประสานที่ดีนั้น นอกจากจะต้องมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคสูงแล้วความชื้นต้องมากพอและสามารถปกคลุมพื้นที่ของผิวถ่านได้ทั่วถึง สำหรับประเทศไทยได้ทดลองใช้ผลผลิตทางการเกษตรเป็นตัวประสาน พบว่า กากน้ำตาลและแป้งเปียกเป็นตัวประสานที่ดี โดยถ่านอัดแท่งที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวเชื่อมประสานนั้นมีค่าความร้อนสูงกว่า และปริมาณเถ้าต่ำกว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งเปียกเป็นตัวเชื่อมประสาน แต่ข้อเสียของการใช้กากน้ำตาลคือ ต้องใช้ปริมาณมากกว่า และเมื่อทิ้งไว้ในอากาศชื้นๆจะดูดความชื้นจากอากาศเข้าไปทำให้อ่อนตัวลง อย่างไรก็ตามยังมีวัสดุอีกมากมายที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวประสานได้ ในแต่ละท้องถิ่นก็จะมีการใช้วัสดุที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งการเลือกวัสดุใดเป็นตัวประสานควรพิจารณาถึงคุณสมบัติ ได้แก่ ราคาถูก มีแรงยึดเกาะ ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นขณะเผาไหม้ และสามารถหาได้ง่าย ทั้งนี้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ไม่ได้ใช้ตัวประสานใดๆ เมื่ออัดเสร็จแล้วต้องนำไปใช้ เนื่องจากมีความเปราะมาก ทำให้หักเป็นท่อนๆและปนกระจายได้ง่าย จึงไม่สามารถเก็บรักษาไว้นานๆ
- 8.) การอัดแท่ง (Compaction) เป็นขั้นตอนในการกำหนดรูปร่างและความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งโดยขนาดและรูปร่างนั้นจะขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการใช้งาน และความต้องการของผู้ใช้ วิธีที่ง่ายที่สุดคือการใช้มือปั้นและอัดส่วนผสมให้เป็นแท่ง แต่แรงอัดด้วยวิธีนี้จะน้อย การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอาจทำให้มีปัญหาด้านคุณภาพ จึงจำเป็นต้องมีการลดขนาดเพื่อเพิ่มความหนาแน่นและให้ได้รูปร่างที่เหมาะสม
- 9.) การตากแห้ง เนื่องจากถ่านอัดแท่งที่ได้ยังมีปริมาณความชื้นสูง จึงต้องนำไปตากแห้งเพื่อการลดความชื้นให้ไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก และเพื่อให้ถ่านอัดแท่งแข็งตัวเกาะกันแน่นและถูกที่สุดสำหรับการทำให้แห้งคือ การนำไปผึ่งแดด ประมาณ 3-4 วันแต่หากเป็นห้องอบโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ก็จะช่วยลดระยะเวลาให้สั้นลง นอกจากนี้ อาจใช้ความร้อนจากเตาเผามาไล่ความชื้นจากแท่งถ่านให้แห้ง แต่มีข้อควรระวังคือ ต้องรักษาอุณหภูมิภายในห้องอบไม่ให้สูงเกินกว่าที่จะทำให้ถ่านลุกไหม้ สำหรับเวลาที่ใช้ในการอบไล่ความชื้นขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นของส่วนผสม และชนิดของห้องอบที่ใช้

#### 2.2.4 กระบวนการอบแห้งด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้นซึ่งจะมีการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสารเกิดขึ้น พร้อม ๆ กัน ความร้อนที่ทำให้น้ำระเหยออกจากวัสดุส่วนมากแล้วได้รับมาจากความร้อนสัมผัสของอากาศ และการถ่ายเทความร้อนจะมีทั้งการนำความร้อน การพาความร้อน และ การ



แผ่รังสีแต่โดยทั่วไปแล้วจะเป็น การถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อนเป็นหลัก ซึ่งในการอบแห้ง โดยทั่วไปมักอาศัยอากาศร้อนในการ อบแห้ง ความร้อนจะถ่ายเทจากอากาศร้อนไปยังวัสดุซึ่งความร้อนส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการระเหยน้ำ โดย ของเหลวที่อยู่ภายในวัสดุจะเคลื่อนที่ออกมายังผิว วัสดุโดย (Capillary Flow) ซึ่งเป็นผลมาจากแรงตึงผิว (Surface Force) ส่วนไอน้ำในวัสดุจะเคลื่อนที่ เนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นของความชื้น (Vapor Diffusion) และความดันไอ (Partial Vapor of Pressure) ที่ความแตกต่างระหว่างไอน้ำในวัสดุกับอากาศร้อน ถ้าผิวของวัสดุมีน้ำอยู่ จำนวนมาก การลดลงของความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวก็จะคงที่ ส่งผลให้อัตราการอบแห้ง คงที่ด้วย และเมื่อปริมาณน้ำที่ผิวของวัสดุลดลงมาก อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวย่อมเปลี่ยนไป กล่าวคืออุณหภูมิของวัสดุเพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นของไอน้ำในวัสดุลดลง ส่งผลให้อัตราการอบแห้ง ลดลง ความชื้นที่อยู่ระหว่างอัตราการอบแห้งคงที่และอัตราการอบแห้งลดลงเรียกว่า ความชื้นวิกฤต และอัตราการ อบแห้งจะลดลงตลอดระยะเวลาการอบแห้ง จนกระทั่งความดันไอของของเหลวในวัสดุ มีค่าไม่แตกต่างกับความ ดันไอของอากาศแวดล้อมในการอบแห้ง ความชื้นที่จุดสุดท้ายนี้เรียกว่า ความชื้นสมดุล เป็นจุดที่ไม่มีการถ่ายเท ความชื้นอีกต่อไป อัตราการอบแห้งแบ่งได้เป็น 2 ช่วง

1.) ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ การถ่ายเทความร้อนและมวล จะเกิดขึ้นที่ผิวนอกของวัสดุ เท่านั้น น้ำจะ เกาะอยู่ที่ผิวของวัสดุเป็นจำนวนมาก เมื่อเพิ่มความเร็วลมที่ไหลผ่านวัสดุจะทำให้ฟิล์ม อากาศนี้มีความหนา ลดลง เป็นผลให้ความต้านทานต่อการไหลของความร้อนและมวลลดลงด้วย เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศอบแห้ง จะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างที่ผิววัสดุและของ กระแสอากาศที่ไหลอย่างอิสระมีมากขึ้น เป็นผล ให้การถ่ายเทความร้อนและมวลดีขึ้น

2.) ช่วงอัตราการอบแห้งลดลงการถ่ายเทความร้อนและมวล จะไม่จำกัดอยู่เฉพาะที่ผิวนอก ของวัสดุ เท่านั้น แต่จะเกิดขึ้นภายในผิวและเนื้อวัสดุด้วย เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศอบแห้งจะทำให้ ความแตกต่างของ อุณหภูมิมีมากขึ้นนอกจากนี้ยังมีผลให้สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น ด้วย เมื่อลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ ของอากาศอบแห้งจะเป็นผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างอัตราส่วน ความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ หรือลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแล้วเป็นผลให้การ ถ่ายเทความร้อนและมวลดีขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วจะพบว่า ความหนาของฟิล์มอากาศนี้มีค่าลดลง เป็น ผลให้ความต้านทานลดลงเนื่องจากความต้านทานที่ฟิล์มอากาศมี ค่าน้อยเมื่อเทียบกับความต้านทาน ตัวอื่น ดังนั้นจึงไม่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลมากนัก

#### 2.2.4.1 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์โดยใช้ความร้อนจากพลังงาน แสงอาทิตย์เพื่อระเหยน้ำจากผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปจะอาศัยการพาความร้อน (Convective heat transfer) การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อนสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ แบบการไหล ตามธรรมชาติ (Natural convection circulation) ซึ่งอาศัยแรงลอยตัวเนื่องจากการพาความร้อน และการไหลแบบบังคับ อากาศ (Forced convection circulation) ซึ่งอาศัยแรงดันจากพัดลมใน การพาความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังอาจแบ่งชนิดของการอบแห้งตามวิธีการรับรังสี

#### 2.2.4.2 หลักการทำงานของระบบอบแห้งแบบเรือนกระจก

เมื่อมีรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบบนระบบอบแห้งจะส่งผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนตไปยังผลิตภัณฑ์ บางส่วน จะตกกระทบบนพื้นของระบบอบแห้ง ทำภายในห้องมีอุณหภูมิสูงขึ้น และแผ่รังสีอินฟราเรด



ออกมา เนื่องจากรังสี อินฟราเรดเป็นรังสีคลื่นยาว ซึ่งส่วนมากไม่สามารถผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนต ออกไปภายนอกได้จึงเก็บกักอยู่ ภายในระบบอบแห้ง อุณหภูมิของห้องอบแห้งจึงสูงขึ้น และทำให้น้ำ ในผลิตภัณฑ์ระเหยออกมาและถูกพัดลม ดูดอากาศด้านหลังของระบบอบแห้งดูดออกไปภายนอก อากาศแวดล้อมจะไหลผ่านช่องระบายอากาศทางด้าน หน้าเข้ามา ความชื้นของผลิตภัณฑ์จึงค่อยๆ ลดลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ได้รับพลังงานทั้งจากรังสีดวงอาทิตย์ตก กระทบโดยตรง และจากอากาศ ภายในห้องอบแห้ง ดังนั้นจึงทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งเร็วกว่าการตากแดดโดยวิธี ธรรมชาตินอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ยังไม่ถูกรบกวนจากพวก นก หนูแมลงต่างๆ และการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกต่างๆ

## 2.2.5 การประเมินมลพิษทางอากาศที่เกิดจากควัน

มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าระดับ ปกติเป็นเวลานานพอที่จะทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ สัตว์ พืช หรือทรัพย์สินต่าง อาจเกิดขึ้นเองตาม ธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละอองจากลมพายุ ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว ไฟไหม้ป่า ก๊าซธรรมชาติอากาศเสีย ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติเป็นอันตรายต่อมนุษย์น้อยมาก เพราะแหล่งกำเนิดอยู่ไกลและปริมาณที่เข้าสู่ สภาพแวดล้อมของมนุษย์และสัตว์มีน้อย กรณีที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ มลพิษจากท่อไอ เสียของรถยนต์จากโรงงานอุตสาหกรรมจากขบวนการผลิตจากกิจกรรมด้านการเกษตรจากการระเหย ของก๊าซบางชนิด ซึ่งเกิดจากขยะมูลฝอยและของเสีย

ควัน (Smoke) เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารอินทรีย์ โดยทั่วไปขนาดของ ควันมักเล็กกว่า 0.5 ไมโครเมตร

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศ การเก็บตัวอย่างอากาศ ต้อง พิจารณาถึงประเภทของมลพิษทางอากาศ ชนิดของสารปนเปื้อนที่แขวนลอยในอากาศ ดังนั้นในที่นี้จึง แบ่งการเก็บตัวอย่างอากาศออกเป็น 2 ประเภท คือ การเก็บตัวอย่างอากาศสำหรับสารปนเปื้อนที่เป็น อนุภาคและการเก็บตัวอย่างอากาศสำหรับสารปนเปื้อนที่เป็นไอระเหยและก๊าซ ทั้งนี้เพื่อ ประโยชน์ในการเลือกเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสม กับการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อการวิเคราะห์ หาปริมาณของมลพิษนั้นๆ ปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้ใน การเก็บตัวอย่างมีมากมายหลายประเภท แต่ละ ประเภทก็ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานเครื่องมือที่รวมเอาการเก็บตัวอย่างและ วิเคราะห์ไว้ในเครื่องมืออื่นๆ สามารถแสดงผลการตรวจวัดในเชิงปริมาณได้ทันทีที่ทำการตรวจวัดโดย แสดงที่หน้าปัด เครื่องบันทึก หรือแสดงผลที่ตัวกลางที่เกี่ยวข้องกับการเก็บตัวอย่างอากาศ เช่น หลอด ตรวจวัด ฯลฯ เครื่องมือประเภทนี้มีข้อดีและข้อจำกัด ดังนี้

- ข้อดี
- สามารถประมาณค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศได้ทันที
  - บางชนิดสามารถบันทึกความเข้มข้นมลพิษทางอากาศได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา
  - ลดปัญหาขั้นตอนและเวลาในการทำงาน
  - ลดปัญหาข้อผิดพลาดที่เกิดจากการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่าง
  - ลดปัญหาการใช้เครื่องมือไม่ถูกต้องจากบุคคลที่ไม่ได้รับการฝึก
  - เครื่องมือบางชนิดถูกออกแบบมาให้มีระบบเตือนภัยโดยสามารถแสดงออกในรูป ของแสง หรือเสียงทั้งนี้เพื่อเตือนผู้ปฏิบัติงานให้ทราบถึงสถานะที่เป็นอันตราย



ข้อจำกัด - ราคาแพง

- อาจต้องทำการตรวจปรับความถูกต้องบ่อย ดังนั้นการขาดเครื่องมือตรวจปรับความถูกต้องจึงเป็นปัญหาต่อการใช้เครื่องมือประเภทนี้มา

การศึกษานี้ใช้เครื่องวัด

EA80 เครื่องวัดคุณภาพอากาศ/เครื่องบันทึกค่าคาร์บอนไดออกไซด์ ชนิดจอใหญ่EA80 ตรวจวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เซนเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์ไม่ต้องซ่อมบำรุง NDIR (non-dispersive infrared) วัดคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในช่วง 0 ถึง 6,000ppm วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -4 ถึง 1400 F (-20 to 60 องศา) วัดความชื้นได้ในช่วง 10 ถึง 95% RH บันทึกค่าได้ต่อเนื่อง 20,000 ค่า หรือบันทึก 99 ค่าด้วยตนเอง แบตเตอรี่ 6 ก้อน,เคเบิล RS-232 และ Windows@ compatible software

การตรวจวัดความเข้มข้นของควันทกที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว ผสมผงผิวมะกรูดแห้งผสมผงตะไคร้หอมแห้ง และถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม ถ่านอัดแท่งทั้ง 2 ชนิด 4 อัตราส่วน ตรวจวัดการเผาไหม้ในระยะเวลาที่เกิดควันทก โดยเผาไหม้ครั้งละ 1 กิโลกรัม จำนวน 12 ครั้ง ภายในอาคารศูนย์การศึกษาวิชาการที่ 3 จังหวัดมหาสารคาม (ภาพที่ 3.40) อย่างน้อยอัตราส่วนละ 3 ชั่วโมง ในช่วงวันที่ 18มกราคม 2565 ถึง วันที่ 30 มีนาคม2565 ในช่วงเวลาต่างๆกัน โดยแต่ละอัตราส่วนจะตรวจวัดที่ระดับความสูง 1.1-1.5 เมตร ซึ่งเป็นระดับของการหายใจความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดได้นำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1-2010 “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality” ที่กำหนดให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อากาศทั่วไปควรมีคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 400 ppm แต่ถ้าเป็นในอาคารบ้านเรือนต่างสามารถมีคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงถึง 1,000 ppm แต่ต้องไม่เกิน 1,500 ppm เพราะถ้าเกินจากค่านี้อาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์ เช่น จะมีอัตราการเต้นของหัวใจที่สูงขึ้น และหายใจไม่สะดวก

#### 2.2.6 การสกัดน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย เป็นผลิตผลจากการสกัดพืชสมุนไพรนานาชนิด ซึ่งอาจสกัดมาจากส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชนั้น ๆ เช่น สกัดมาจาก ผล ดอก ใบ เมล็ด เปลือก ก้าน ฯลฯ วิธีการสกัดที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ การกลั่นด้วยไอน้ำ และการใช้สารเคมีเป็นตัวทำลาย หลังจากการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ได้จะถูกนำมาสังเคราะห์ เพื่อกลั่นแยกหาสารต่าง ๆ ที่มีกลิ่นหอม สารเหล่านี้เองที่จะถูกนำมาคัดเลือก ผสมผสานและสร้างขึ้นมาเป็นกลิ่นใหม่ ๆ

น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากพืชธรรมชาติปลอดภัย รักษาสิ่งแวดล้อมประวัติศาสตร์ของการสกัดกลิ่นหอมจากพืชธรรมชาติ มีมากกว่า 6,000 ปี ดังนั้นวิวัฒนาการที่ใช้ในการได้มาซึ่งกลิ่นจึงมีหลากหลาย ตามแต่ยุคสมัย ตั้งแต่วิธีที่ง่ายที่สุดถึงยากที่สุด ดังนี้

- 1.) เกลวไฟย่างท่อนไม้ จนทำให้ไม้คายน้ำมันออกมา ที่ละหยด แล้วนำน้ำมันหอมไปใช้
- 2.) ต้มด้วยความร้อน นำดอกไม้ลงต้มกับน้ำมัน จนถึงระดับความร้อนที่น้ำมันในดอกไม้คายตัวออกมา แล้วนำไขมันหอม (ปอมเมด-POMADE-น้ำมันหอมเข้มข้น) ที่ได้มาไปทิ้งไว้ให้เย็น



เพื่อนำไปเก็บไว้ใช้ต่อไป แต่วิธีนี้ใช้ได้กับดอกไม้ที่มีกลีบแข็งแรงและทนทาน เช่น กุหลาบ และ กระดังงา ส่วนดอกไม้ที่บอบบางเช่น มะลิ ใช้วิธีนี้ไม่ได้จะทำให้กลีบเหี้ยนเฉียว

3.) ทีบ คล้ายกับการทีบอ้อย ส่วนมากจะใช้กับไม้ใบ กิ่ง ก้าน ลำต้น ส่วนที่ได้มาคือน้ำเลี้ยง (ซึ่งจะนอนกัน) และน้ำมันหอม (ซึ่งจะลอยอยู่ส่วนบน) เมื่อได้น้ำมันหอมมาก็ช้อนขึ้นมาใช้ได้เลย

4.) กลั่น แพทย์ชาวอาหรับชื่อ อวิเชนา เป็นผู้ค้นพบวิธีกลั่นนี้ ซึ่งใช้หลักง่าย ๆ โดยการต้มดอกไม้ ใบไม้ แล้วปล่อยให้ไอน้ำ พากลิ่นหอมลอยไปปะทะความเย็น ในฉับพลันไอน้ำร้อนนั้นจะควบแน่นเป็นหยดน้ำมันหอมระเหย วิธีนี้เป็นที่นิยมและแพร่กระจายไปทั่วยุโรป จนทำให้มีวิวัฒนาการ การสกัดเกิดขึ้นอีกหลายวิธี และวิธีกลั่นนี้ก็ยังคงนิยมใช้กันจนถึงปัจจุบันนี้ แต่เครื่องกลั่นมีความทันสมัยขึ้นเพราะจะมีท่อแยกน้ำมันหอมระเหย และน้ำออกจากกัน

5.) การสกัดด้วยการดูดซึมด้วยความเย็น โดยใช้ไขว้บริสุทธิ์ ฉาบบนแผ่นกระจกใส แล้วโรยดอกไม้หอมให้ทั่ว กลิ่นหอมจะถูกไขว้ซึ่งเย็นกว่าดูดซับน้ำหอมเอาไว้ แล้วจึงนำไขว้ ไปแยกกลิ่นหอมอีกทีหนึ่ง วิธีดูดซับกลิ่นด้วยไขมันนี้ เป็นวิธีการที่พัฒนามาจากอียิปต์โบราณ ซึ่งนิยมแช่ดอกไม้หอม ในไขว้-แกะ-ห่าน เพื่อนำมาใช้แต่งผม วิธีการทำน้ำหอมที่เรียกว่า อองเฟลอราจ (Enfleurage) ก็มีวิวัฒนาการมาจากการสกัดนี้เช่นกัน

6.) การสกัดด้วยวิธีแช่ดอกไม้ลงในสารละลายที่ระเหยเร็วมาก สารทำละลายที่ใช้คือ แอลกอฮอล์ อาซิโตน เฮกเซน อีเทอร์ ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับดอกไม้แต่ละชนิดว่า ต้องใช้ตัวทำละลายชนิดไหน ใช้อุณหภูมิเท่าใด ขั้นตอนที่เข้าใจง่าย ๆ คือ เรียงดอกไม้ลงในถัง ไม่ให้แน่นเกินไป เมื่อใส่สารละลายลงไปก็จะได้ทำปฏิกิริยาได้อย่างทั่วถึงสารละลายนี้จะละลายเอาน้ำมันหอมระเหยออกจากดอกไม้ จากนั้นก็เป็นขบวนการแยกสารสกัดหอมออกจากตัวทำละลาย เอาน้ำมันหอมระเหยออกจากดอกไม้ จากนั้นก็เป็นขบวนการ แยกสารสกัดหอมจากตัวทำละลาย ซึ่งสารสกัดหอมที่ได้ จะอยู่ในหลายรูปแบบ เช่น ของเหลว ของแข็ง และครีมเข้มข้น ส่วนสีก็จะแตกต่างกันออกไปตามแต่ละชนิด ในการสกัดนี้ จะใช้เวลาในการสกัดไม่เท่ากัน บางชนิด 10 ชั่วโมง บางชนิด 40 ชั่วโมง จากนั้นก็นำสารสกัดที่ได้ไปทำปฏิกิริยาทางเคมีอีกครั้ง เพื่อแยกให้ได้มาซึ่ง สารหอมระเหย หรือน้ำมันหอมระเหย ด้วยวิวัฒนาการที่ทันสมัย และนักเคมีปัจจุบันที่เก่งๆ สารหอมนี้เองจะถูกแยกได้อีกเป็นร้อยๆ ชนิด เพราะในกลิ่นหอม 1 ชนิด ไม่ได้มีกลิ่นเพียงกลิ่นเดียว อาทิ สารจากตะไคร้ สามารถแยกเป็นกลิ่นกุหลาบและกลิ่นมะนาวได้อีกด้วย

เนื่องด้วย โอโรมา-เธราปี เป็นการรวมศาสตร์และศิลป์ ของกลิ่น-น้ำมันหอมระเหย-และการนวดเข้าด้วยกัน โดยโอโรมา-เธราปี เป็นการบำบัดโรคเพื่อจุดประสงค์ให้เกิดความสมดุล ของร่างกาย-จิตใจ-และอารมณ์ การนำเอาวิธีต่างๆ มาประยุกต์ใช้ ร่วมกับกลิ่นหอมที่อยู่ในสารหอม หรือน้ำมันหอมระเหยจึงเป็นอีกหลายทางเลือก ที่มนุษย์ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องมาตลอดระยะเวลาหลายพันปี จวบจนกระทั่งปัจจุบัน

การกลั่นและสกัดน้ำมันหอมระเหย

การสกัดกลิ่นหอมออกจากพืชหอมแต่ละชนิดนั้น ได้มีการทำมาเป็นเวลานานแล้ว โดยในสมัยโบราณจะนิยมนำดอกไม้หอมมาแช่น้ำทิ้งไว้ และนำน้ำที่มีกลิ่นหอมนั้นไปใช้ดื่มหรืออาบ ต่อมาได้มีการพัฒนาวิธีการสกัดกลิ่นหอมเพื่อให้ได้กลิ่นหอม หรือ น้ำมันหอมระเหยที่มีคุณภาพและปริมาณ



สูงสุด วิธีการดังกล่าวมีหลายวิธี การที่จะเลือกใช้วิธีใดนั้น ต้องพิจารณาลักษณะของพืชที่จะนำมาสกัดด้วย

วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1.) การกลั่น เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดเพราะทำง่าย ประหยัด ทำโดยการให้น้ำผ่านพืชสมุนไพรซึ่งต้องการสกัดที่อยู่ในหม้อกลั่น น้ำมันระเหยจะถูกสกัดออกมาพร้อมกับไอน้ำซึ่งจะผ่านไปตามท่อ และถูกทำให้เย็นเก็บไว้ในขวด น้ำมันระเหยจะแยกตัวออกจากน้ำทำให้แยกออกได้ง่าย ได้ น้ำมันหอมระเหย และน้ำปรง น้ำมันที่สกัดโดยวิธีนี้ได้แก่ น้ำมันไพล น้ำมันตะไคร้ เป็นต้น

2.) การสกัดด้วยน้ำมันสัตว์ ใช้กับน้ำมันหอมระเหยที่ระเหยได้ง่ายเมื่อกลั่นด้วยไอน้ำ วิธีนี้ใช้เวลานานเนื่องจากต้องแช่พืชไว้ในน้ำมันหลายวันเพื่อให้ น้ำมันดูดเอากลิ่นหอมออกมา น้ำมันที่สกัดโดยวิธีนี้ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากดอกมะลิ ดอกกุหลาบ เป็นต้น

3.) การสกัดด้วยตัวทำละลาย เป็นการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมซึ่งเป็น Volatile hydrocarbon เช่น hexane, benzene หรือ petroleum ether สกัดเอาสารหอมออกมา วิธีนี้จะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นคงเดิม ได้น้ำมันที่มีความเข้มข้นสูง แต่คุณภาพไม่ดี เนื่องจากมักมีสารอื่นปะปนมาด้วย เหมาะสำหรับพืชที่ทนความร้อนสูงไม่ได้ วิธีนี้จะใช้กับพืชที่มีน้ำมันอยู่ใต้เปลือกซึ่งมีองค์ประกอบที่สลายตัวโดยความร้อน เช่น มะลิ ซ่อนกลิ่น และหลังการสกัดต้องระเหยตัวทำละลายออกให้หมด

4.) การคั้นหรือการบีบ ทำให้ได้น้ำมันที่อยู่ในเปลือกผลไม้ เช่น เปลือกส้ม แต่จะได้ปริมาณน้ำมันน้อยและไม่บริสุทธิ์

5. การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลวภายใต้ความดันสูง วิธีนี้จะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นหอมมาก เพราะประสิทธิภาพการสกัดสูง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้ความดันสูง (200 เท่าของความดันบรรยากาศและอุณหภูมิ 330 องศาเซลเซียส จะกลายเป็นของเหลวที่เรียกว่า Supercritical state มีคุณสมบัติในการละลายสูง จะสามารถสกัดสารหอมออกมาได้มาก ข้อดีคือไม่ใช้ความร้อน ดังนั้นสารหอมต่างๆจะไม่สลายตัว จะคงสภาพเหมือนในสภาวะธรรมชาติ แต่วิธีนี้ต้องใช้เครื่องมือราคาแพงและวิธีการยุ่งยาก

## 2.2.7 ค่าความร้อน

การหาประสิทธิภาพการใช้งานเชิงความร้อน (หุงต้ม) นำตัวอย่างถ่านอัดแท่งมา 500 กรัม เติมน้ำเปล่า 2000 กรัม ลงไปในหม้ออะลูมิเนียม แล้ววัดอุณหภูมิของน้ำที่อุณหภูมิเริ่มต้น ทำการเผาถ่านอัดแท่งโดยใช้น้ำมันรอนสันจุดนำ เริ่มจับเวลาเมื่อคิดไฟจากนั้นให้ทำการต้มน้ำอ่านอุณหภูมิจนอุณหภูมิสูงสุด พร้อมกับบันทึกเวลาที่น้ำมีอุณหภูมิสูงสุดและเวลาที่เชื้อเพลิงเผาไหม้จนกลายเป็นเถ้า ยกหม้อน้ำลงจากเตา ทิ้งไว้ในที่เย็น แล้วชั่งน้ำหนักน้ำที่เหลือและชั่งน้ำหนักเถ้า นำข้อมูลที่ไต่ไปคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้งาน ได้จากสมการ

$$HU = \frac{[m_1c(T_2-T_1)]+(m_1-m_2)L}{MH} \times 100$$

MH



HU	คือ ร้อยละประสิทธิภาพการใช้งาน
$m_1$	คือ น้ำหนักเริ่มต้นของน้ำ (กรัม)
$m_2$	คือ น้ำหนักน้ำที่เหลือ (กรัม)
C	คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (1 แคลอรีต่อกรัมองศาเซลเซียส)
L	คือ ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (540 แคลอรีต่อกรัม)
M	คือ มวลของเชื้อเพลิงอัดแท่งเริ่มต้น (กรัม)
$T_1$	คือ อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)
$T_2$	คือ อุณหภูมิของน้ำสุดท้าย (องศาเซลเซียส)
H	คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (แคลอรีต่อกรัม)

### 2.2.8 ความหนาแน่น

ความหนาแน่น (Density) ของถ่านอัดแท่ง คือ อัตราส่วนระหว่างมวลของแท่งถ่าน ต่อปริมาตรของแท่งอัดขึ้นรูปถ่าน มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) โดยหาได้จาก

สูตรการคำนวณ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

เมื่อ	$\rho$	คือ ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
	$m$	คือ มวล (กิโลกรัม)
	$v$	คือ ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)

คำนวณค่างานที่ได้ อัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง ดังนี้

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

$$\text{อัตราการเผาไหม้} = \frac{\text{น้ำหนักของถ่านที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)}}$$

### 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดวงกมล ดังโพนทอง และ วสันต์ ปินะเต (2557) โครงการส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงการวิจัยนี้เป็นการส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงโดยใช้ผลมะเลื่อม (ผลมะเลื่อม : แป้งมัน) ที่อัตราส่วนผสม 8:2 และ 7:3 กับ ผลต้นแดง (ผลต้นแดง: แป้งมัน) ที่อัตราส่วนผสม 8:2



และ 7:3 ซึ่งใช้วิธีการอัดแท่งแบบอัดเย็นด้วยเครื่องอัดชนิดเกลียวโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3.5 แรงม้า และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงในอัตราส่วนผสมของตัวประสานที่แตกต่างกัน โดยทำการวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน ปริมาณเถ้าความหนาแน่น ระยะเวลาในการเผาไหม้และกระแตกประทุของถ่านอัดแท่งเพื่อพิจารณาส่วนผสมที่ดีที่สุดต่อการ เป็นถ่านอัดแท่งที่มีประสิทธิภาพ ผลการทดสอบพบว่า การผลิตถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดง ในทุกอัตรา ส่วนผสมสามารถผลิตเป็นถ่านอัดแท่งซึ่งได้ถ่านที่มีลักษณะผิวเรียบ ก้อนถ่านอัดแท่งแห้งสนิท แข็งคง รูป เกาะตัวเป็นแท่งอย่างดี และเมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผล มะเลื่อมในอัตราส่วนผสม 8:2 มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุดคือ 25.917 MJ/kg และผ่าน มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547) ที่กำหนดว่าค่าพลังงานความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5,000 cal/g หรือ 20.920 MJ/kg จากนั้นพิจารณาค่าความหนาแน่น พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลต้นแดงใน อัตราส่วนผสม 7:3 มีความหนาแน่นเหมาะสมที่สุด คือ 735.74 kg/m<sup>3</sup> และสอดคล้องกับ งานวิจัยที่ ผ่านมาซึ่งกำหนดว่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งต้องไม่เกิน 0.8 kg/cm<sup>3</sup> หรือ 800 kg/m<sup>3</sup> พิจารณา ปริมาณเถ้า พบว่าถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงในทุกอัตราส่วนผสมมี ปริมาณเถ้าสูงกว่า งานวิจัยที่ผ่านมา พิจารณาระยะเวลาในการเผาไหม้ พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลมะ เลื่อมในอัตรา ส่วนผสม 8:2 มีระยะเวลาในการเผาไหม้สูงที่สุดคือ 326 min และสอดคล้องกับ งานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่ง กำหนดว่าเวลาในการเผาจนหมดควรนานกว่า 60 min เมื่อพิจารณาการแตก ประทุของถ่านอัดแท่ง ข จากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงทุกอัตราส่วนผสมไม่มีการแตกประทุและตรง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ชุมชน (มผช. 238/2547) ขณะเดียวกันคณะผู้วิจัยได้ดำเนินโครงการ "การ ส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับ คราวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจ พอเพียง "ซึ่งดำเนินการในพื้นที่ อำเภอภูคัง จำนวน 35 ชุมชน โดยใช้เทคโนโลยีที่มีต้นทุนต่ำและ เหมาะกับเกษตรกรรายย่อย ปรากฏว่า มีเกษตรกรรายย่อย ให้ ความสนใจและให้โครงการไปจัด ฝึกอบรม พร้อมฝึกปฏิบัติ/สาธิตอีกด้วย

สมนต์ทิพย์ คงตัน จันทรพิภ (2558) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารสกัดจากพืช สมุนไพรไทยที่มีฤทธิ์ในการป้องกันยุงรำคาญสายพันธุ์ *Culex quinquefasciatus* การพัฒนา ผลิตภัณฑ์ของพืชสมุนไพรไทยที่สกัดจากกิจกรรมการป้องกันยุงชนิดต่างๆ วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้ เพื่อตั้งตำรับผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันยุงรำคาญ (*Culex quinquefasciatus*) สารสกัดสมุนไพรสด ได้แก่ ไพล ข่า และสะเดา สกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ เปลือกส้ม ผิวมะกรูดและใบตะไคร้บ้าน น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้นำมาตั้งตำรับรูปสมุนไพรไล่ยุงสูตรน้ำมันหอม ระเหย นำรูปสมุนไพรไล่ยุงทุกสูตร มาทดสอบประสิทธิภาพในการไล่ยุงและป้องกันยุง ในการผลิต ผลิตภัณฑ์รูปต้องใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการทำแห้งที่เหมาะสมเพื่อให้ได้รูปที่แห้งและไม่แตก เปราะง่ายซึ่งพบว่าการใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 ชั่วโมง จะได้รูปที่มีลักษณะดี ที่สุด และเมื่อทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันยุงพบว่าตำรับผลิตภัณฑ์รูปน้ำมันหอมระเหยผิวมะกรูด ที่มีความเข้มข้นน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 3 ประสิทธิภาพดีที่สุด จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการพัฒนา ผลิตภัณฑ์ไล่ยุง

ศรีสุด หาญภาคภูมิ และคณะ (2559) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ฤทธิ์การกำจัดลูกน้ำยุงและการไล่ยุง ของสารสกัดหยาบและน้ำมันหอมระเหยสาบเสือต่อยุงลายบ้านยุงรำคาญและยุงก้นปล่อง พบว่า สาร



สกัดหยาบสาบเสื่อที่สกัดด้วย น้ำ เอทานอล และเมทานอล จากใบ ต้น และรากสาบเสื่อ พบว่าสารสกัดหยาบสาบเสื่อที่มีฤทธิ์ปานกลางในการฆ่าลูกน้ำยุงก้นปล่อง *An. dirus B* และ ยุงรำคาญ *Cx. Quinquefasciatus* ได้คือสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลจากราก สารสกัดหยาบสาบเสื่อที่เหมาะสมในการไล่ยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* และพบ Tannins, Saponins และ Alkaloids ในปริมาณมากคือสารสกัดหยาบด้วยเมทานอลจากใบสาบเสื่อ นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดหยาบสาบเสื่อจะมีความไวในการฆ่าลูกน้ำยุงก้นปล่อง *An. dirus B* ได้มากกว่าลูกน้ำยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* และลูกน้ำยุงลายบ้าน *Ae. aegypti* ตามลำดับน้ำมันหอมระเหยสาบเสื่อมีฤทธิ์ปานกลางในการฆ่าลูกน้ำยุงก้นปล่อง *An. dirus B* แต่ไม่มีฤทธิ์ในการฆ่าลูกน้ำยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* และยุงลายบ้าน *Ae. aegypti* แต่น้ำมันหอมระเหยจากใบสาบเสื่อมีฤทธิ์ดีในการป้องกันการกัดของยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* และมีฤทธิ์ปานกลางในการป้องกันการกัดของยุงก้นปล่อง *An. dirus B* และยุงลายบ้าน *Ae. aegypti* ยิ่งไปกว่านั้นสารที่พบในสาบเสื่อที่ออกฤทธิ์ในการป้องกันยุงกัด ได้แก่ Caryophyllene Oxide, t-Murcici, Humulene Epoxide และ Caryphyllenol III เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารสกัดหยาบและน้ำมันหอมระเหยสาบเสื่อพบว่าน้ำมันหอมระเหยมีศักยภาพในการป้องกันยุงกัดได้ดีกว่าและยังดีกว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ป้องกันยุงกัด ดังนั้นจากการทดสอบฤทธิ์ในการฆ่าลูกน้ำยุงและการป้องกันการกัดของยุงจากสาบเสื่อทั้งสารสกัดหยาบและน้ำมันหอมระเหยพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบสาบเสื่อเท่านั้นที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กำจัดลูกน้ำยุงและผลิตภัณฑ์ไล่ยุงต่อไป

อริสา กาญจนการะจำง และภารตี ช่วยบำรุง (2560) การตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในห้องเรียน การศึกษานี้เป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพการระบายอากาศของห้องเรียนในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในเขต ปริมณฑล โดยเลือกห้องเรียนขนาดความจุ 200 คน จำนวน 3 ห้อง จากอาคารเรียนในกลุ่มสุขศาสตร์สังคมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์โดยใช้การตรวจวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างที่มีการเรียนการสอน ภายในห้องทุก ๆ 5 นาที ด้วยเครื่องมือชนิด non-dispersive infrared analyzer ที่อ่านค่าได้เลยในทันทีจำนวน 2 เครื่อง พร้อมๆกัน ค่าที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) ที่กำหนดให้ภายในอาคารที่มีผู้ใช้งานควรมีระดับก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1,000 ppm อันแสดงถึงการระบายอากาศที่พอเพียงกับจำนวนคนภายในห้อง และมีการคำนวณอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง (air change rate per hour, ACH) เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ASHRAE ที่กำหนดให้ห้องเรียนควรมีค่าไม่น้อยกว่า 6 ACH ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนกลุ่มสุขศาสตร์อยู่ในช่วง 405-1,243 ppm (จำนวนนักศึกษา 1-73 คน) มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเฉลี่ย 0.29-0.37 ACH ขณะที่ห้องเรียนในกลุ่มสังคมศาสตร์พบความเข้มข้นของก๊าซ 395- 3,458 ppm (จำนวนนักศึกษา 1-147 คน) มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเฉลี่ย 0.35-0.41 ACH ส่วนห้องเรียนใน กลุ่มวิทยาศาสตร์พบความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 477-5,310 ppm (จำนวนนักศึกษา 1-175 คน) มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเฉลี่ย 0.81-0.85 ACH แสดงถึงการระบายอากาศที่ไม่พอทั้งสิ้น โดยพบการสะสมตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นตามเวลาที่ผ่านไปในทุกห้องที่ศึกษา



นางสาวกัญญารัตน์ ชื่นด้วง,นางสาวชนิษฐา พัฒนจันทร์,นายณัฐพล หลากสุขฉยม (2561) ถ่านอัดแท่งผสมสมุนไพรสำหรับกระบวนการแพทย์แผนไทยการผลิตถ่านอัดแท่งผสมสมุนไพรสำหรับกระบวนการแพทย์แผนไทย เป็นงานวิจัยที่นำเศษถ่านที่เหลือจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จากโรงงานอุตสาหกรรมอิฐมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง เพื่อเพิ่มมูลค่า และเพื่อศึกษากระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งผสมสมุนไพร วิเคราะห์หาอัตราส่วนผสม ของถ่านอัดแท่งผสมสมุนไพรที่มีอัตราส่วนที่ทำให้ถ่านอัดแท่งมีน้ำหนักเท่ากันทุกก้อนเพื่อนำมา เปรียบเทียบกัน ในวิจัยนี้ได้คำนวณไว้ทั้งหมด 4 อัตราส่วน อัตราที่แรงดันต่างกันคือ 10 kN และ 20 kN โดยทำการอัดแท่งเป็นทรงกระบอกกลวง เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในมีขนาด 36 และ 7 mm. ตามลำดับ ความยาวประมาณ 45 – 75 mm. และนำถ่านอัดแท่งสมุนไพรมาทำการ ทดสอบทั้งหมด 4 การทดสอบ เพื่อทดสอบคุณสมบัติของถ่าน โดยจะมีการทดสอบค่าความร้อน ทดสอบการต้มน้ำเดือด ทดสอบด้วยแรงอัด และทดสอบความทนทานของถ่านอัดแท่ง ผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนได้ดีที่สุด คือ อัตราส่วน 32 : 4 : 4 เป็นอัตราส่วนที่มีค่าความร้อน อยู่ที่ 5,995 – 6,100 cal/g และมีประสิทธิภาพความร้อนดีที่สุดในเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆ และอัตราส่วนที่มีความแข็งแรงและมีความทนทานมากที่สุดคือ 28 : 4 : 8 เมื่อทดสอบความทนทาน พบว่าถ่านหายไปเพียง 3.51 – 4.97 % ทดสอบด้วยแรงอัด พบว่าสามารถรับแรงอัดเฉลี่ยได้เยอะ ที่สุดคือ 4,660.40 และ 7,717.59 N และมีความเค้นเฉลี่ย 45.8 kPa และ 75.8 kPa

ณัฐวรรณ อ้นอาษา (2562) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงขี้เถ้าที่สามารรถใช้งานได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงขี้เถ้าที่สามารรถใช้งานได้โดยทำการหาประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งและประสิทธิภาพในการไถ่ในอัตราส่วนต่างๆดังนี้อัตราส่วนที่ 1 (1000:60) อัตราส่วนที่ 2 (1000:200:100) และอัตราส่วนที่ 3 (1000:500:100) (กะลามะพร้าว:ผงขี้เถ้า:ขี้เถ้า) จากนั้นผู้วิจัยได้นำถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวผสมผงขี้เถ้าที่สามารรถใช้งานได้ทั้ง 3 อัตราส่วนไปทำการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้และประสิทธิภาพการไถ่ของถ่านอัดแท่งพบว่า การใส่ผงขี้เถ้าทำให้มีค่าความร้อนเพิ่มขึ้น อัตราส่วนที่ 3 จึงเป็นอัตราส่วนที่มีค่าความร้อนดีที่สุดในคือ 348.6681 K/kg อัตราส่วนที่ 1 มีค่าความชื้นน้อยที่สุดคือ 5.9081% ซึ่งทำให้มีปริมาณถ่านน้อย และอัตราส่วนที่ 2 ให้ความหนาแน่นได้ดีที่สุดอยู่ที่ 882.72 Kg/m อัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 3.05 g/min สามารถใช้งานหุงต้มได้ดี ไม่มีการแตกปะทุ ติดไฟได้ดีมาก และนอกจากนั้นยังพบว่าประสิทธิภาพการไถ่ของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงขี้เถ้าที่สามารรถใช้งานได้ อัตราส่วนที่ 3 ได้ดีที่สุดในคืออัตราส่วนที่ 3 ใช้เวลา 10 นาทีในการทำให้ขี้เถ้าตกลงสู่พื้นได้ทุกตัว

โรสลีนา อนันตคุณวงศ์ และ รอดิยะห์เจ๊ะแม นูรมายามีน สาเร๊ะนู (2562) การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรการผลิตถ่านจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรงานวิจัยนี้เป็นการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้กะลามะพร้าว (พันธุ์ต้นสูง) ใบไม้แห้ง (ใบต้นละมุด) เลื่อย (ต้นทุเรียน) ผลิตเป็นถ่านอัดแท่งโดยมีน้ำหนัก 100% โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งและทดสอบหาสมบัติทางกายภาพของความร้อนและค่าความชื้นจากการทดลองพบว่า ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว (พันธุ์ต้นสูง) ใบไม้แห้ง (ใบต้นละมุด) ขี้เลื่อย (ต้นทุเรียน) เพื่อหาวัตถุดิบที่เหมาะสมในการทำถ่านอัดแท่งเพื่อให้ได้ถ่านที่มีประสิทธิภาพโดยทดลองหา



ค่าสมรรถนะของถ่านได้แก่ ค่าความร้อนและค่าความชื้นจากหน่วยวิจัยวัสดุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา เมื่อผสมผงถ่านกับตัวประสานแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำในอัตราส่วน 300 25, 303 g โดยทดสอบสามวัสดุติดบะลามะพร้าวใบไม้แห้งและซีลี้อย จากการทำทดลองพบว่าค่าความร้อนเท่ากับ 4,910.82 cal/g 3,195.757 cal/g และ 5,067.55 cal/g ตามลำดับ และค่าความชื้นร้อยละ 0.043, 0.041, 0.037 ตามลำดับเลื่อยเป็นวัสดุติดและเมื่อพิจารณาตัวอย่างทั้งหมดเพื่อเลือกวัสดุที่ เหมาะสมสำหรับถ่านอัดแท่งพบว่าเหมาะสมที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งมีค่าความร้อน สูงสุดและค่าความชื้นต่ำสุด

นงนุช สักดิ์ คุ่มกลาง, กิตติ ทรัพย์เอนก, น้ำอ้อย ปัญญา, ดารานัย รบเมือง และ วลัยพร สิน สวัสดิ์ (2563) การศึกษาประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์กันยุงจากสารสกัดธรรมชาติ 5 ชนิด ประเทศไทยมี ภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ทำให้เกิดการระบาดของโรคที่มียุงเป็นพาหะได้ง่าย การป้องกันที่มี ประสิทธิภาพที่สุด และสะดวกในการใช้ชีวิตประจำวัน คือ การใช้ยากันยุงชนิดทา เพื่อลดอันตราย จากการใช้สารเคมีงานวิจัยชิ้นนี้ ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารสกัดจากธรรมชาติจากพืช 5 ชนิด ได้แก่ ดอกมะลิ โหระพามะแขว่น เมล็ดสะเดาข้าง มะกรูด ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ป้องกันยุงชนิดทา โดย ศึกษาถึงประสิทธิภาพในการไล่ยุง เมื่อเทียบกับ DEET 1.5 x 10<sup>5</sup> ppm จากผลการทดลอง พบว่า การใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอล 95% ร่วมกับวิธี Soxhlet จะได้สารสกัดที่มีความสามารถในการไล่ ยุงที่สูงกว่าการใช้วิธีแช่หมัก และการใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำ โดยสารสกัดมะแขว่น ที่ความ 1.0 x 10<sup>5</sup> ppm ซึ่งสกัดด้วยวิธี Soxhlet และใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอล มีความสามารถที่เ็นที่สุด โดยพบว่ามีค่า เท่ากับ 86.04 % เมื่อเทียบกับสารละลาย DEET ที่ความเข้มข้น 1.5 x 10<sup>5</sup> ppm ซึ่งมีความสามารถ ในการไล่ยุง อยู่ในช่วง 90.48 - 95.00 % รองลงมาได้แก่ สารสกัดเมล็ดสะเดาข้าง มะกรูด โหระพา และดอกมะลิ โดยพบว่าที่ความเข้มข้น 1.0 x 10<sup>5</sup> ppm มีความสามารถในการไล่ยุงได้เท่ากับ 79.11 %, 68.87%, 65.15% และ 62.77 % ตามลำดับ และเมื่อนำไปพัฒนาเป็นโลชั่น พบว่ามีความสามารถ ในการป้องกันยุงเป็นระยะเวลา 60 นาที

นำพน พิพัฒน์ไพบูลย์, ทนงศักดิ์ มายอด, ปองพล หนูพันธ์, ณรงค์ หูชัยภูมิ, มงคล มีแสง และสุรเชษฐ์ สีชำนาญ (2565) การเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดสดและแห้ง จากการกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่องกลั่น ขนาด 30 L งานวิจัยนี้นำเสนอการทดลองเปรียบเทียบ ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้จากใบมะกรูดสดและแห้ง โดยการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากเครื่อง กลั่น 30 L โดยใช้วัสดุติดใบมะกรูดจากพื้นที่ปลูก อำเภอฟังโคน จังหวัดสกลนคร ศึกษาศึกษาโดย การเตรียมวัสดุติดได้แก่ ใบมะกรูดสดเต็มใบ ใบมะกรูดสดฉีกและใบมะกรูดแห้ง มาทำการกลั่นน้ำมัน หอมระเหยเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหย โดยทำการกลั่นใบมะกรูดสดเต็มใบและใบมะกรูด สดฉีกจำนวน 3 kg/รอบ และใบมะกรูดแห้งจำนวน 1 kg/รอบ โดยเครื่องกลั่นเติมน้ำ 10 L ต้มให้ความ ร้อนด้วยเตาแก๊ส เคปี่ 5 ทำการกลั่นต่อเนื่อง เป็นเวลา 2 hr. อุณหภูมิไอน้ำขณะทำการกลั่น 100 °C อุณหภูมิ น้ำควบแน่น 10-15 °C ควบคุมไวด์ลวดระยะเวลาในการกลั่นน้ำมันหอมระเหย ทำการ ทดลองซ้ำในแต่ละตัวอย่าง 3 การทดลอง รวมทั้งหมด 9 การทดลอง เพื่อเก็บบันทึกข้อมูลปริมาณ น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นจากวัสดุติดที่แตกต่างกัน และนำเสนอข้อมูลการทดลองในแบบบะ ของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้จากวัสดุติดที่แตกต่างกันจากผลการทดลองพบว่าปริมาณน้ำมันหอม ระเหยใบมะกรูดสดเต็มใบจะได้ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันอยู่ที่ 28.16 mL. รองลงมาคือใบมะกรูดสดฉีก



จะได้ปริมาณน้ำมันที่ใกล้เคียงกับใบมะกรูดสดเต็มใบ ปริมาณน้ำมันเฉลี่ยอยู่ที่ 23.83 mL. และใบมะกรูดแห้งจะได้ปริมาณน้ำมันที่น้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันอยู่ที่ 5.46 mL. เมื่อพิจารณาร้อยละของน้ำมันหอมระเหยเพื่อเปรียบเทียบแล้วพบว่า ใบมะกรูดสดเต็มใบมีน้ำมันหอมระเหยคิดเป็น 2.56 % $v_{oil}/w_{dry}$  และ 2.18 % รองลงมาคือใบมะกรูดสดฉีก มีร้อยละของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้คิดเป็น 2.20 96 % $v_{oil}/w_{dry}$  และ 1.94 96 % $w_{oil}/w_{dry}$  สุดท้ายใบมะกรูดแห้งได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยที่สุดคือ 0.49 % $v_{oil}/w_{dry}$  และ 0.41 % $w_{oil}/w_{dry}$  เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าเมื่อนำใบมะกรูดสดเต็มใบมาฉีกและนำมากลั่นจะทำให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยลดลงถึง 15.28 % เมื่อนำใบมะกรูดสดไปตากแห้งก่อนค่อยนำมาทำการกลั่นแยกน้ำมันหอมระเหยพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดแห้งลดลงสูงถึง 75.98 %

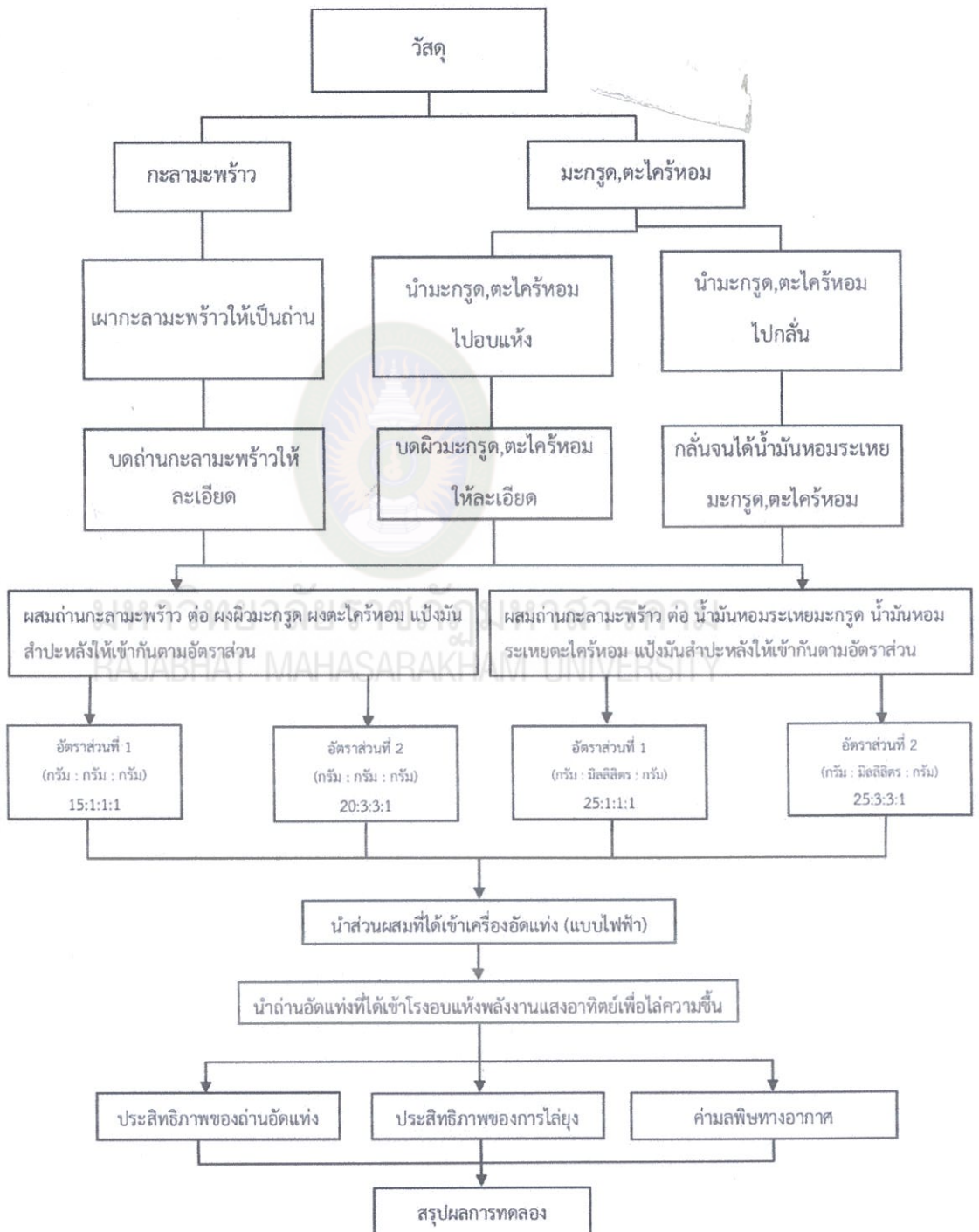


มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



### บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดกับผงตะไคร้หอม และผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่สามารถได้ยุ่งได้



อัตราส่วน อ้างอิงมาจากงานวิจัย “การพัฒนาเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้งที่สามารถได้ยุ่งได้



### 3.1 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วัสดุและเครื่องมือ ดังนี้

#### 3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 3.1 กะลามะพร้าว

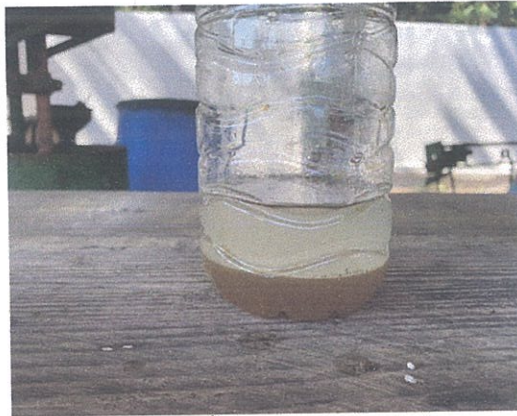


ภาพที่ 3.2 ผิวมะกรูดอบแห้ง

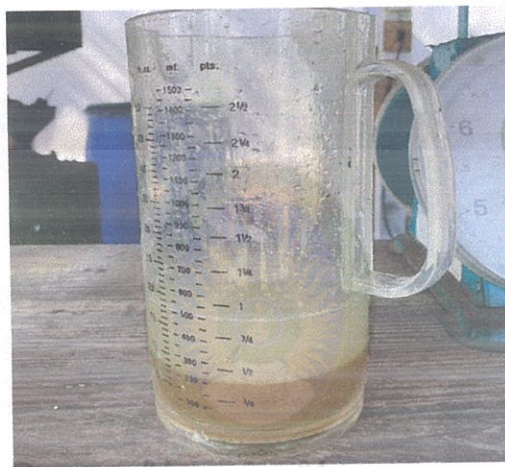


ภาพที่ 3.3 ตะไคร้หอมอบแห้ง





ภาพที่ 3.4 น้ำมันหอมระเหยมะกรูด



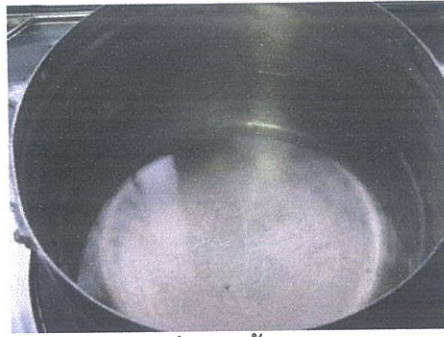
ภาพที่ 3.5 น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 3.6 แป้งมันสำปะหลัง





ภาพที่ 3.7 น้ำสะอาด

### 3.1.2 อุปกรณ์ในการทดลองการผลิตถ่านอัดแท่งประกอบด้วย



ภาพที่ 3.8 ถังเผาถ่าน Super Sun 200 ลิตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 3.9 เครื่องผสม





ภาพที่ 3.10 เครื่องบดละเอียด



ภาพที่ 3.11 โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 6.00 x 8.20 เมตร อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

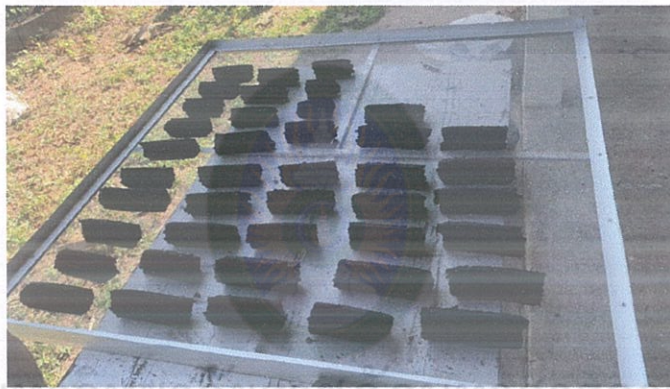


ภาพที่ 3.12 เครื่องอัดแท่งถ่าน แบบไฟฟ้า 5 แรงม้า





ภาพที่ 3.13 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล



ภาพที่ 3.14 ตะแกรงสำหรับวางวัสดุ



ภาพที่ 3.15 หม้อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 เซนติเมตร /ทัพพี





ภาพที่ 3.16 เตาถ่าน

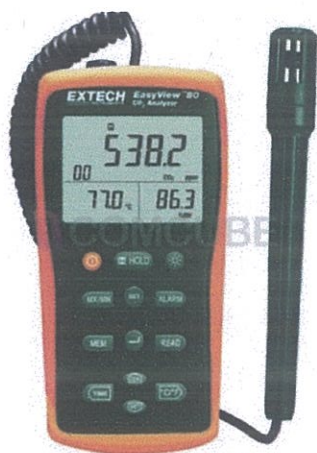


ภาพที่ 3.17 เครื่องปั่น (ปริมาณความจุปั่น 1 ลิตร) รุ่น BE-120 กำลังมอเตอร์ 350 วัตต์



ภาพที่ 3.18 กล่องใส่





ภาพที่ 3.19 เครื่องวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



ภาพที่ 3.20 เครื่องวัดอุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

### 3.2 การดำเนินการวิจัย

3.2.1 ขั้นตอนการเผาถ่านกะลามะพร้าว นำกะลามะพร้าว 15 กิโลกรัม มาเผาด้วยถัง 200 ลิตร จากนั้นจุดไฟได้ถัง ปล่อยให้ไฟลุกไหม้เป็นเวลา 15-20 นาทีแล้วทำการปิดฝาถังให้สนิทใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง ในระยะเวลาการเผาไหม้ปล่อยให้ควันของกะลามะพร้าวที่ลุกไหม้หมดไป หลังจากนั้นพักให้ถังเผาถ่านคลายความร้อนเป็นระยะเวลา 1 วัน เพื่อให้ถ่านที่อยู่ในถังเผาถ่านเย็นตัวลงจึงจะนำออกจากถังเผาถ่านได้และนำถ่านที่ได้มาซึ่งเพื่อหาค่าน้ำหนักที่หายไป จากนั้นทำการบดละเอียดถ่านเพื่อผสมกับตัวประสานตามอัตราส่วนและนำไปเข้าเครื่องอัดแท่งถ่าน





ภาพที่ 3.21 กะลามะพร้าว



ภาพที่ 3.22 ปิดผาถัง



ภาพที่ 3.23 จุดไฟได้ถัง 200 ลิตร



ภาพที่ 3.24 ถ่านกะลามะพร้าว



3.2.2 ขั้นตอนการทำผงสมุนไพรผิวมะกรูด ทำได้โดยการนำมะกรูดมาล้างให้สะอาดและฝานเปลือกมะกรูดออกเลือกฝานแต่ส่วนผิวชั้นนอก เมื่อได้มะกรูดมาแล้วจากนั้นนำส่วนที่ฝานเข้าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วัน แล้วจึงนำออกจากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จากนั้นนำสมุนไพรนำไปผสมกับถ่านที่ผ่านกระบวนการบดละเอียดไว้ตามอัตราส่วนที่ต้องการ จะได้ถ่านอัดแท่งผสมสมุนไพรเปลือกมะกรูดอบแห้งที่สามารถไล่อุงได้



ภาพที่ 3.25 ผลมะกรูด



ภาพที่ 3.26 ผิวมะกรูด



ภาพที่ 3.27 อบแห้งผิวมะกรูดด้วยโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 3.28 บดละเอียดผิวมะกรูดให้เป็นผงละเอียด

3.2.3 ขั้นตอนการทำผงตะไคร้หอม ทำได้โดยการนำต้นตะไคร้หอมมาล้างน้ำให้สะอาดและหั่นเป็นท่อนสั้นๆ นำเข้าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วัน และนำออกจากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จากนั้นนำสมุนไพรตะไคร้หอมมาทำการบดละเอียดด้วยเครื่องป่นและป่นสมุนไพรจนเป็นผงละเอียดเพื่อที่จะนำไปผสมกับถ่านที่ผ่านกระบวนการบดละเอียดไว้ตามอัตราส่วนที่ต้องการ จะได้ถ่านอัดแท่งผสมสมุนไพรตะไคร้หอมอบแห้งที่สามารถใส่ถุงได้



ภาพที่ 3.29 ต้นตะไคร้หอม



ภาพที่ 3.30 หั่นตะไคร้หอมเป็นท่อน



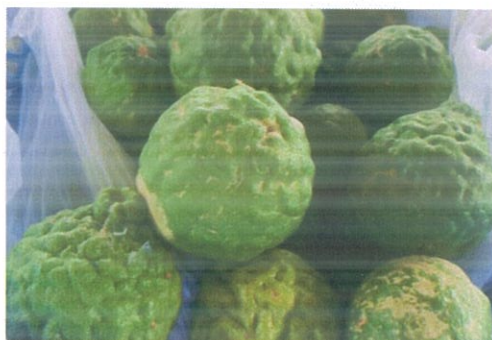


ภาพที่ 3.31 อบแห้งตะไคร้หอมที่หั่นเป็นท่อนด้วยโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 3.32 บดละเอียดตะไคร้หอมให้เป็นผงละเอียด

3.2.4 ขั้นตอนการทำน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด นำมะกรูดมาล้างน้ำให้สะอาดผานเปลือกมะกรูดออกเลือกผานแต่ส่วนผิวชั้นนอก เมื่อได้มะกรูดมาแล้วจากนั้นนำส่วนที่ผานไว้ใส่หม้อและทำการเติมน้ำสะอาดลงไปหนึ่งเท่าของปริมาณน้ำหม้อไปวางบนเตาจากนั้นนำฝาหม้อไปวางคว่ำบนปากหม้อวางน้ำแข็งไว้ด้านบนหลังจากผานไปประมาณ 3-4 นาที เปิดปากหม้อออกและดูดเอาน้ำมันมะกรูดที่ระเหยออกมาเกาะบริเวณก้นฝาหม้อออกมา หากน้ำแข็งละลายให้เปลี่ยนน้ำแข็งใหม่และดำเนินการไปเรื่อย ๆ จนน้ำแห้งจะได้น้ำมันมะกรูด เพื่อนำไปผสมกับถ่านที่ผ่านกระบวนการบดละเอียดไว้ตามอัตราส่วนที่ต้องการจะได้ถ่านอัดแท่งผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดที่สามารถใส่ถุงได้



ภาพที่ 3.33 ผลมะกรูด



ภาพที่ 3.34 ผานเอาส่วนที่เป็นผิวชั้นนอกมะกรูด



ภาพที่ 3.35 กลั่นจนได้น้ำมันหอมระเหยมะกรูด

3.2.5 ขั้นตอนการทำน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม เตรียมต้มน้ำให้สะอาด แล้วหันเป็นท่อน เมื่อได้ตะไคร้หอมแล้วจากนั้นนำตะไคร้ใส่หม้อเติมน้ำสะอาดลงไปหนึ่งเท่าของ ปริมาณตะไคร้ นำหม้อไปวางบนเตาจากนั้นนำฝาหม้อไปวางคว่ำบนปากหม้อ วางน้ำแข็งไว้ด้านบน หลังจากผ่านไปประมาณ 3-4 นาที เปิดปากหม้อออกและดูดเอาน้ำมันตะไคร้หอมที่ระเหยออกมา เกาะบริเวณก้นฝาหม้อออกมา หากน้ำแข็งละลายให้เปลี่ยนน้ำแข็งใหม่และดำเนินการไปเรื่อย ๆ จนน้ำ แข็งจะได้น้ำมันตะไคร้หอม เพื่อนำไปผสมกับถ่านที่ผ่านกระบวนการบดละเอียดไว้ตามอัตราส่วนที่ ต้องการจะได้ถ่านอัดแท่งผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดที่สามารถได้ยุงได้



ภาพที่ 3.36 ต้นตะไคร้หอม





ภาพที่ 3.37 หั่นต้นตะไคร้หอมเป็นท่อน



ภาพที่ 3.38 กลั่นจนได้น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม

### 3.3 ศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว ผสมสมุนไพรที่สามารถไล่งูได้

- 1.) นำถ่านกะลามะพร้าวที่ได้จากการเผา มาบดด้วยเครื่องบดละเอียดจนเป็นกลายเป็นผงถ่าน
- 2.) นำผิวมะกรูดกับตะไคร้หอมที่ได้จากการอบแห้งมาบดละเอียดให้เป็นผงเพื่อที่จะนำมาเป็นส่วนผสมในการทำถ่านอัดแท่งชนิดถ่านอัดแท่งผสมผงสมุนไพรอบแห้งที่สามารถไล่งูได้
- 3.) เตรียมตัวประสานโดยใช้แป้งมันสำปะหลังละลายในน้ำ จากนั้นตั้งไฟต้มน้ำให้เดือดแล้วใส่แป้งสำปะหลังที่ละลายน้ำแล้วนำลงไปใ้ในน้ำเดือดคนให้แป้งมันกลายเป็นกาว
- 4.) ผสมผงถ่านกะลามะพร้าวและผิวมะกรูดกับผงตะไคร้หอมที่ได้จากการอบแห้งโดยผ่านการบดละเอียดนำมาผสมกับแป้งมันในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการนำมาผลิตถ่านอัดแท่งตามอัตราส่วนที่ได้ตั้งตาราง

อัตราส่วนที่	อัตราส่วนผสม				
	กะลามะพร้าว (g)	ผงผิวมะกรูด (g)	ผงตะไคร้หอม (g)	แป้งมันสำปะหลัง (g)	น้ำ (mL)
1	4500	300	300	250	3000
2	4000	600	600	250	3000

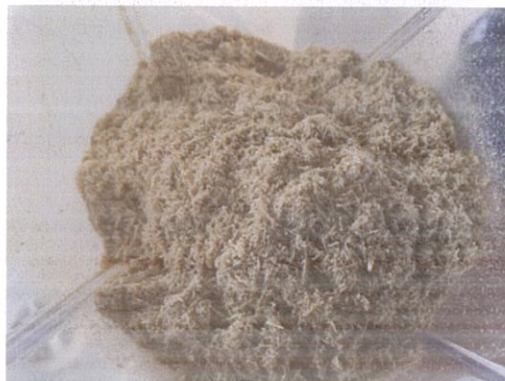
จากการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวผสมผงมะกรูดกับผงตะไคร้หอมโดยใช้แบริ่งนั้ปะหลังได้ถ่านอัดแท่งที่มีความแข็ง ไม่เปาะแตกหักง่าย คงรูปเป็นถ่านอัดแท่ง โดยขั้นตอนแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้



ภาพที่ 3.39 ผงถ่านกะลามะพร้าว



ภาพที่ 3.40 ผงผิวมะกรูดอบแห้ง



ภาพที่ 3.41 ผงตะไคร้หอมอบแห้ง





ภาพที่ 3.42 กาวแป้งเปียก



ภาพที่ 3.43 นำผงถ่านกะละมะพร้าว : กาวแป้งเปียกเข้าเครื่องผสมถ่าน



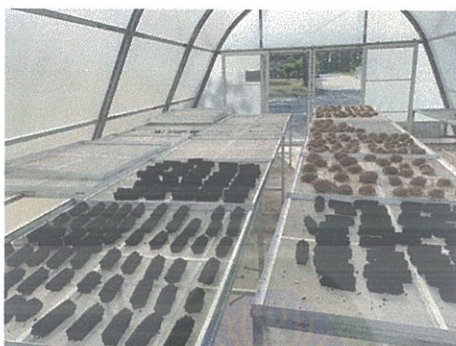
ภาพที่ 3.44 นำผงมะกรูดแห้งและผงตะไคร้หอมแห้งที่ผ่านการบดละเอียดจนเป็นผงเข้าเครื่องผสมถ่าน เพื่อให้เนื้อของส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน



ภาพที่ 3.45 นำส่วนผสมที่ได้ขึ้นรูปถ่านอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแท่งแบบไฟฟ้า



ภาพที่ 3.46 ลักษณะถ่านที่ได้จากการอัดแท่ง



ภาพที่ 3.47 นำถ่านที่ได้เข้าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

- 1.) นำถ่านกะลามะพร้าวที่ได้จากการเผา มาบดด้วยเครื่องบดละเอียดจนเป็นกลายเป็นผงถ่าน
- 2.) นำน้ำมันหอมระเหยของมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้หอมที่ได้จากการกลั่นมาใส่ไว้ในขวด จากนั้นน้ำมันหอมระเหยจะแยกตัวออกจากน้ำ ทำให้แยกออกได้ง่ายจึงจะได้น้ำมันหอมระเหย เพื่อที่จะนำมาเป็นส่วนผสมในการทำถ่านอัดแท่งชนิดถ่านอัดแท่งผสมน้ำมันหอมระเหยที่สามารถได้ยุงได้
- 3.) เตรียมตัวประสานโดยใช้แป้งมันสำปะหลังละลายในน้ำ จากนั้นตั้งไฟต้มน้ำให้เดือดแล้วใส่แป้งมันสำปะหลังที่ละลายน้ำแล้วนำลงไปลงในน้ำเดือดคนให้แป้งมันกลายเป็นกาว
- 4.) ผสมผงถ่านกะลามะพร้าวและน้ำมันหอมระเหยมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่ได้จากการกลั่นและตัวประสานในอัตราส่วนต่างๆเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการนำมาผลิตถ่านอัดแท่งอัตราส่วนที่ได้ดังตาราง

อัตราส่วนที่	อัตราส่วนผสม				
	กะลามะพร้าว (g)	น้ำมันหอม ระเหยมะกรูด (mL)	น้ำมันหอมระเหย ตะไคร้หอม (mL)	แป้งมัน สำปะหลัง (g)	น้ำ (mL)
1	5000	300	300	250	2400
2	5000	600	600	250	1800



จากการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยผิวมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมโดยใช้แป้งมันปะหลังได้ถ่านอัดแท่งที่มีความแข็ง ไม่เปาะแตกหักง่าย คงรูปเป็นถ่านอัดแท่ง โดยขั้นตอนแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้



ภาพที่ 3.48 ผงถ่านกะลามะพร้าว



ภาพที่ 3.49 น้ำมันหอมระเหยผิวมะกรูด



ภาพที่ 3.50 น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม



ภาพที่ 3.51 กาวแป้งเปียก



ภาพที่ 3.52 นำผงถ่านกะละมะพร้าว : กาวแป้งเปียกเข้าเครื่องผสมถ่าน



ภาพที่ 3.53 นำน้ำมันหอมระเหยมะกรูดและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมเข้าเครื่องผสมถ่าน เพื่อให้เนื้อของส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

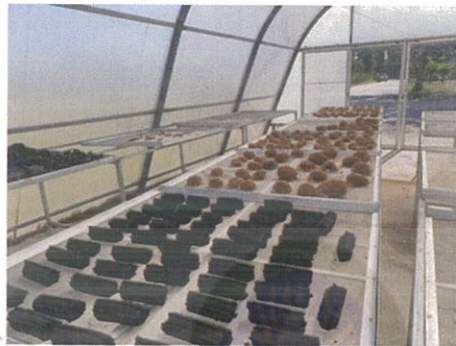


ภาพที่ 3.54 นำส่วนผสมที่ได้ขึ้นรูปถ่านอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแท่งแบบไฟฟ้า





ภาพที่ 3.55 ลักษณะถ่านที่ได้จากการอัดแท่ง



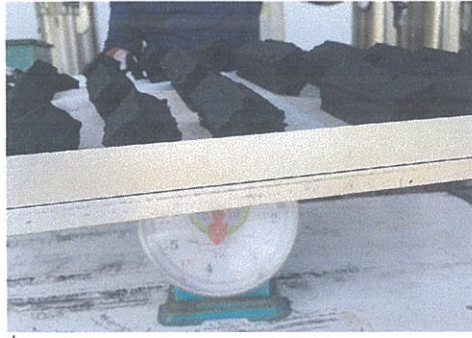
ภาพที่ 3.56 นำถ่านที่ได้เข้าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 3.57 นำถ่านที่ได้จากการอัดแท่งไปซังน้ำหนักร่อนอบ



ภาพที่ 3.58 นำถ่านเข้าโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ 1-2 วันที่อุณหภูมิตั้งไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 3.59 นำถ่านที่ได้ออกจากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มาชั่งน้ำหนักหลังอบ

### 3.4 การประเมินมลพิษทางอากาศที่เกิดจากคว้น (โดยการใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ)

อากาศทั่วไปควรมีคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 400 ppm แต่ถ้าเป็นในอาคารบ้านเรือนต่างสามารถมีคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงถึง 1,000 ppm แต่ต้องไม่เกิน 1,500 ppm เพราะถ้าเกินจากค่านี้อาจจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ เช่น จะมีอัตราการเต้นของหัวใจที่สูงขึ้น และหายใจไม่สะดวก

ขั้นตอนการประเมินมลพิษทางอากาศที่เกิดจากคว้น ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง ได้แก่ ถ่านอัดแท่งผสมผงมะกรูดแห้งกับผงตะไคร้หอมแห้งทั้ง 2 อัตราส่วน 15:1:1:1 , 20:3:3:1 และถ่านอัดแท่งผสมน้ำมันหอมระเหยผิวมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมทั้ง 2 อัตราส่วน 25:1:1:1 , 25:3:3:1 เตรียมเครื่องวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เต้า และถ่านอัดแท่ง

ขั้นตอนที่ 2 การจุดถ่านอัดแท่งให้ติดไฟจนเกิดคว้น

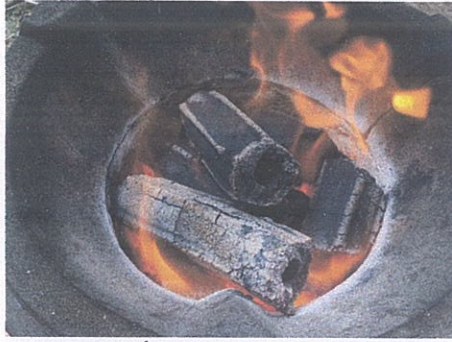
ขั้นตอนที่ 3 วัดค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากคว้น

ขั้นตอนที่ 4 นำค่าที่ได้จากการวัดมาทำการบันทึกผล



ภาพที่ 3.60 เครื่องวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

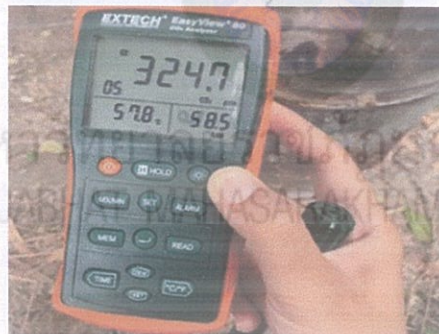




ภาพที่ 3.61 จุดถ่านอัดแท่ง



ภาพที่ 3.62 วัดค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



ภาพที่ 3.63 นำค่าที่ได้มาทำการบันทึกผล

### 3.5 การทดลองไต่ของถ่านอัดแท่ง

ในการทดสอบไต่ของของแต่ละอัตราส่วน จะใช้ถ่านครึ่งละ 3 ก้อนในการเผาไหม้จากนั้นนำถ่านที่ผ่านการเผาไหม้ กล่องใส่เพื่อที่จะทดสอบการไต่ และทำการปิดกล่องจับเวลาสังเกตในระยะเวลาที่นาที่ยุ่งจึงจะตกลูกขึ้นได้ทุกตัว ขั้นตอนการทดลองการไต่ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง ได้แก่ ถ่านอัดแท่งผสมผงผิวมะกรูดแห้งกับผงตะไคร้หอมแห้งทั้ง 2 อัตราส่วน 15:1:1, 20:3:3:1 และถ่านอัดแท่งผสมน้ำมันหอมระเหยผิวมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมทั้ง 2 อัตราส่วน 25:1:1, 25:3:3:1 และเตรียมกล่องใส่ และถ่านอัดแท่ง



ขั้นตอนที่ 2 การจุดถ่านอัดแท่งให้ติดไฟจนหมดควัน

ขั้นตอนที่ 3 จับถุงใส่กล่องพลาสติก เพื่อที่จะทำการทดลอง

ขั้นตอนที่ 4 นำถ่านไว้ในกล่องใส แล้วทำการจับเวลา เวลาที่ใช้ในการทดลอง 10 นาที แล้วทำการสังเกตุงที่อยู๋ในกล่อง ว่าลงสู่พื้นในเวลาเท่าไร แล้วทำการบันทึกผล EP GINNAY



ภาพที่ 3.64 กล่องใส

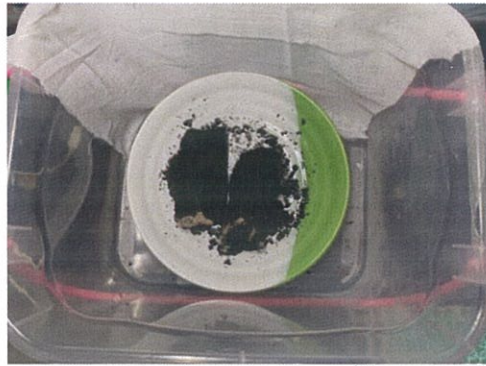


ภาพที่ 3.65 จุดถ่านอัดแท่ง



ภาพที่ 3.66 การทดลองไต่ยุ่ง





ภาพที่ 3.67 ยุงตกสุ่ม



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบและทดลองทำการผลิตตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดอบแห้งกับผงตะไคร้หอมอบแห้ง และถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม ตามกระบวนการและอัตราส่วนที่กำหนดไว้และนำตัวอย่างถ่านอัดแท่งไปทำการทดสอบเก็บข้อมูล ดังนี้

#### 4.1 แสดงค่าความร้อน

4.1 ตารางการทดสอบหาค่าความร้อนเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงสมุนไพร

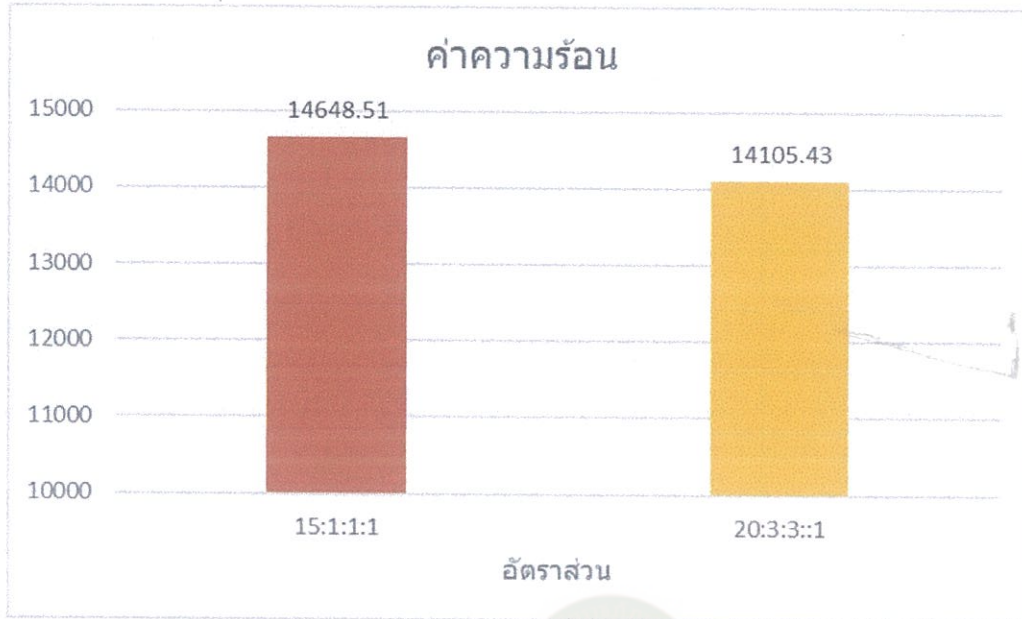
อัตราส่วนที่ 1 ถ่านกะลามะพร้าวผสมผงมะกรูด:ผงตะไคร้หอม			
วัสดุ	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3
ถ่าน	500 g	500 g	500 g
น้ำหนักน้ำเริ่มต้น	1000 g	1000 g	1000 g
อุณหภูมิเริ่มต้น	27°C	27 °C	28 °C
อุณหภูมิน้ำเดือด	99 °C	99 °C	99 °C
ระยะเวลา	09:46:15 min	09:39:09 min	09:49:44 min
น้ำหนักน้ำสุดท้าย	586 g	588 g	584 g
เฉลี่ย 586 g			

4.2 ตารางการทดสอบหาค่าความร้อนเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงสมุนไพร

อัตราส่วนที่ 2 ถ่านกะลามะพร้าวผสมผงมะกรูด:ผงตะไคร้หอม			
วัสดุ	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3
ถ่าน	500 g	500 g	500 g
น้ำหนักน้ำเริ่มต้น	1000 g	1000 g	1000 g
อุณหภูมิเริ่มต้น	28 °C	27 °C	28 °C
อุณหภูมิน้ำเดือด	99 °C	99 °C	99 °C
ระยะเวลา	08:38:11 min	08:42:38 min	08:46:10 min
น้ำหนักน้ำสุดท้าย	566 g	562 g	565 g
เฉลี่ย 564.33 g			



#### 4.3 แสดงค่าความร้อน (ถ่านกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดอบแห้งกับผงตะไคร้หอมอบแห้ง)



ภาพที่ 4.3 แสดงค่าความร้อน

จากภาพที่ 4.3 การวิเคราะห์หาค่าความร้อนที่ได้จากการต้มน้ำทั้งหมด 2 อัตราส่วนดังนี้

1. ค่าสมรรถนะความร้อนจากอัตราส่วนที่ 1 (15:1:1:1) ความร้อนเท่ากับ 14,648.51
2. ค่าสมรรถนะความร้อนจากอัตราส่วนที่ 2 (20:3:3:1) ความร้อนเท่ากับ 14,105.43

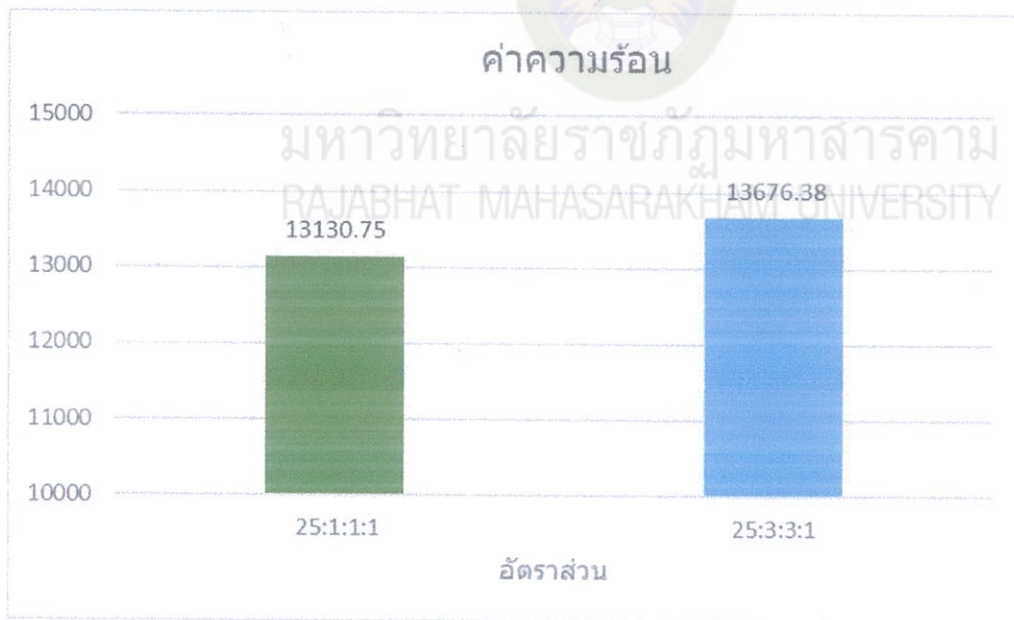
#### 4.4 ตารางการทดสอบหาค่าความร้อนเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหย

อัตราส่วนที่ 1 ถ่านกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูด:น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม			
วัสดุ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ถ่าน	500 g	500 g	500 g
น้ำหนักน้ำเริ่มต้น	1000 g	1000 g	1000 g
อุณหภูมิเริ่มต้น	24 °C	24 °C	25 °C
อุณหภูมิน้ำเดือด	99 °C	99 °C	99 °C
ระยะเวลา	16:56:76 min	16:44:77 min	16:02:15 min
น้ำหนักน้ำสุดท้าย	628 g	629 g	631 g
เฉลี่ย 629.33 g			

4.5 ตารางทดสอบหาค่าความร้อนเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหย

อัตราส่วนที่ 2 ถ่านกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูด:น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม			
วัสดุ	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3
ถ่าน	500 g	500 g	500 g
น้ำหนักน้ำเริ่มต้น	1000 g	1000 g	1000 g
อุณหภูมิเริ่มต้น	26°C	26 °C	25 °C
อุณหภูมิน้ำเดือด	99 °C	99 °C	99 °C
ระยะเวลา	17:03:10 min	17:20:36 min	17:38:45 min
น้ำหนักน้ำสุดท้าย	608 g	604 g	607 g
เฉลี่ย 606.33 g			

4.6 แสดงค่าความร้อน (ถ่านกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม)



ภาพที่ 4.6 แสดงค่าความร้อน

จากภาพที่ 4.6 การวิเคราะห์หาค่าความร้อนที่ได้จากการต้มน้ำทั้งหมด 2 อัตราส่วนดังนี้

1. ค่าสมรรถนะความร้อนจากอัตราส่วนที่ 1 (25:1:1:1) ความร้อนเท่ากับ 13,130.75
2. ค่าสมรรถนะความร้อนจากอัตราส่วนที่ 2 (25:3:3:1) ความร้อนเท่ากับ 13,676.38



#### 4.7 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ตารางที่ 4.7 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดอบแห้งกับผงตะไคร้หอมอบแห้ง (อัตราส่วนที่ 1)

ถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าว (15:1:1:1)				
ที่ใช้ในการคำนวณและผลที่ได้รับ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ถ่านก่อนอบ	7,500 g	7,000 g	6,500 g	7,000 g
ถ่านหลังอบ	7,000 g	6,850 g	6,250 g	6,700 g
ถ่านที่ใช้สุทธิ	7,000 g	6,850 g	6,250 g	6,700 g
เวลาที่ใช้อบแห้งถ่าน	1-2 day	1-2 day	1-2 day	1-2 day
อุณหภูมิของถ่านขณะเผา	790.7 °C	775.4 °C	764.7 °C	776.9 °C
การเผาไหม้	42.5 g/min	41.67 g/min	40.83 g/min	41.67 g/min
พิษทางอากาศที่เกิดวัน	327.6 ppm	323.2 ppm	290.6 ppm	313.8 ppm
ดีไฟ	ดีเล็กน้อย	ดีเล็กน้อย	ดีเล็กน้อย	ดีเล็กน้อย
	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

ตารางที่ 4.8 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผง

ผิวมะกรูดอบแห้งกับผงตะไคร้หอมอบแห้ง (อัตราส่วนที่ 2)

ถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าว (20:3:3:1)

ค่าที่ใช้ในการคำนวณ และผลที่ได้รับ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
น้ำหนักถ่านก่อนอบ	8,000 g	7,600 g	7,000 g	7,533.33 g
น้ำหนักถ่านหลังอบ	7,000 g	7,200 g	6,800 g	7,000 g
น้ำหนักถ่านที่ใช้สุทธิ	7,000 g	7,200 g	6,800 g	7,000 g
ระยะเวลาที่ใช้อบแท่งถ่าน ทั้งหมด	1-2 day	1-2 day	1-2 day	1-2 day
อุณหภูมิของถ่านขณะเผา ไหม้	842.6 °C	818.6 °C	798.6 °C	792.5 °C
อัตราการเผาไหม้	40.83 g/min	40 g/min	40.83 g/min	40.55 g/min
ค่ามลพิษทางอากาศที่เกิด จากควัน	381.6 ppm	362.5 ppm	335.3 ppm	359.8 ppm
การติดไฟ	ดี	ดี	ดี	ดี
ควัน	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย
เขม่า	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี



ตารางที่ 4.9 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสม

น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมกับน้ำมันหอมระเหยมะกรูด (อัตราส่วนที่ 1)

ถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าว (25:1:1:1)

ค่าที่ใช้ในการคำนวณ และผลที่ได้รับ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
น้ำหนักถ่านก่อนอบ	9,500 g	9,000 g	8,000 g	8,833.33 g
น้ำหนักถ่านหลังอบ	9,000 g	8,500 g	7,500 g	8,333.33 g
น้ำหนักถ่านที่ใช้สุทธิ	9,000 g	8,500 g	7,500 g	8,333.33 g
ระยะเวลาที่ใช้อบแห้งถ่าน ทั้งหมด	1-2 day	1-2 day	1-2 day	1-2 day
อุณหภูมิของถ่านขณะเผา ไหม้	876.5 °C	854.3 °C	848.7 °C	798.7 °C
อัตราการเผาไหม้	58.33 g/min	59.17 g/min	59.17 g/min	58.89 g/min
ค่ามลพิษทางอากาศที่เกิด จากควัน	314.5 ppm	296.6 ppm	261.4 ppm	290.83 ppm
การติดไฟ	ดี	ดี	ดี	ดี
ควัน	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย
เขม่า	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

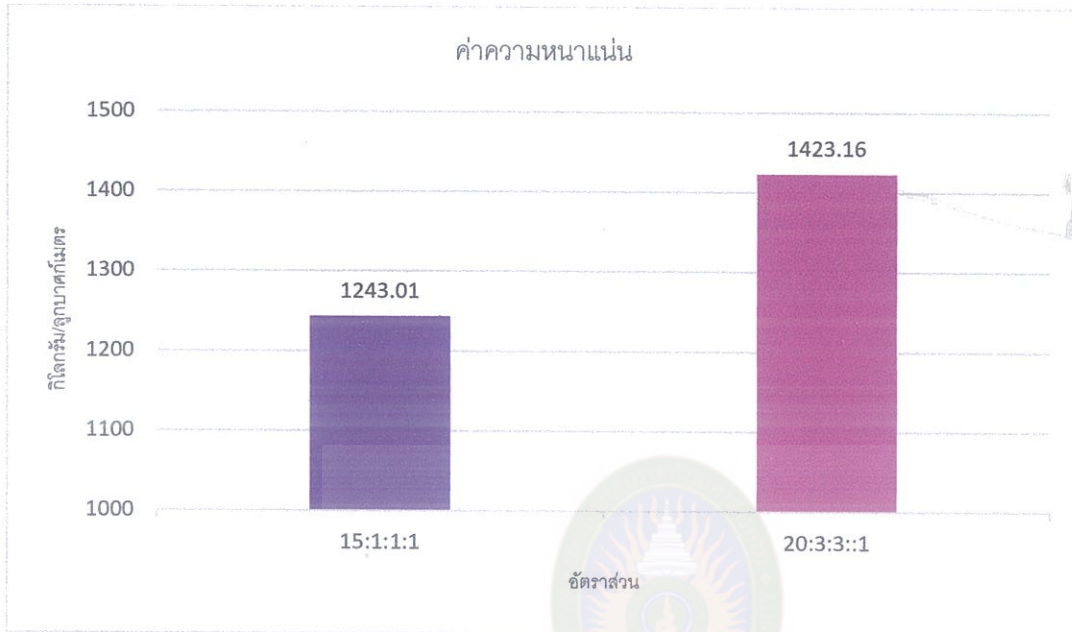
ตารางที่ 4.10 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมกับน้ำมันหอมระเหยมะกรูด (อัตราส่วนที่ 2)

ถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าว (25:3:1:1)				
ค่าที่ใช้ในการคำนวณและผลที่ได้รับ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
น้ำหนักถ่านก่อนอบ	9,800 g	9,500 g	9,200 g	9,500 g
น้ำหนักถ่านหลังอบ	9,700 g	9,400 g	9,100 g	9,400 g
น้ำหนักถ่านที่ใช้สุทธิ	9,700 g	9,400 g	9,100 g	9,400 g
ระยะเวลาที่ใช้อบแห้งถ่านทั้งหมด	1-2 day	1-2 day	1-2 day	1-2 day
อุณหภูมิของถ่านขณะเผาไหม้	899.5 °C	858.5 °C	736.7 °C	721.3 °C
อัตราการเผาไหม้	55.83 g/min	54.17 g/min	55.00 g/min	55.00 g/min
ค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควัน	320.6 ppm	314.3 ppm	299.9 ppm	311.6 ppm
การติดไฟ	ดี	ดี	ดี	ดี
ควัน	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย
เขม่า	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี



#### 4.11 ความหนาแน่น

4.11 ความหนาแน่น (ถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดอบแห้งกับผงตะไคร้หอมอบแห้ง)

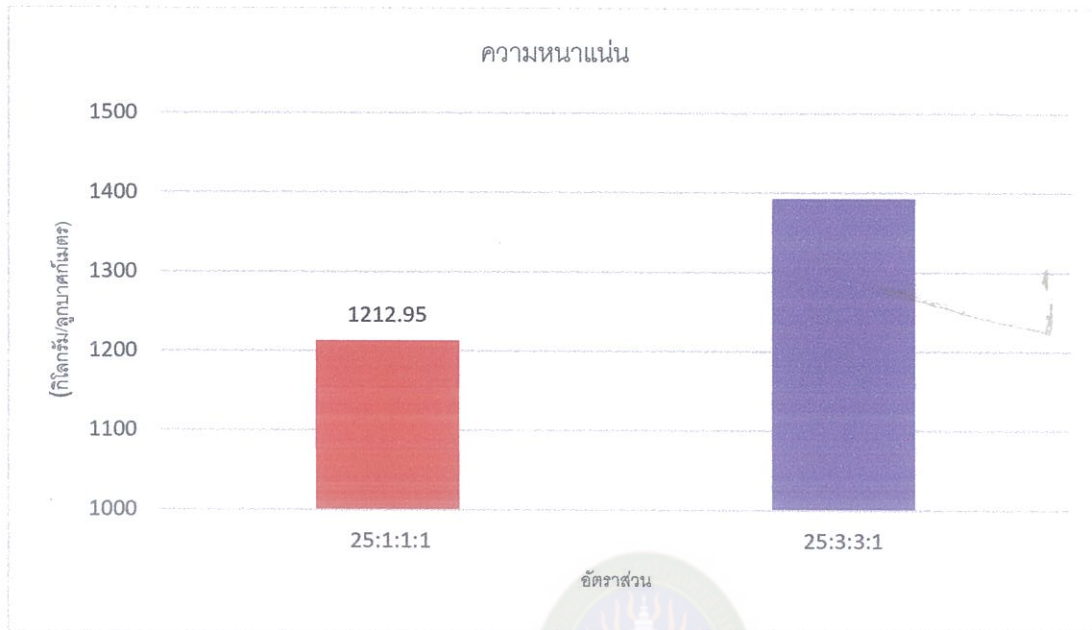


ภาพที่ 4.11 แสดงค่าความหนาแน่น

จากภาพที่ 4.11 การหาความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งสรุปได้ดังนี้

1. ค่าความหนาแน่นของอัตราส่วนที่ 1 (15:1:1:1) ถ่านกะลามะพร้าว : ผงผิวมะกรูดอบแห้ง : ผงตะไคร้หอมอบแห้ง : แป้งมันสำปะหลัง มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ  $1,243.01 \text{ kg/m}^3$
2. ค่าความหนาแน่นของอัตราส่วนที่ 2 (20:3:3:1) ถ่านกะลามะพร้าว : ผงผิวมะกรูดอบแห้ง : ผงตะไคร้หอมอบแห้ง : แป้งมันสำปะหลัง มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ  $1,423.16 \text{ kg/m}^3$

#### 4.12 ความหนาแน่น (ถ่านกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม)



ภาพที่ 4.12 แสดงค่าความหนาแน่น

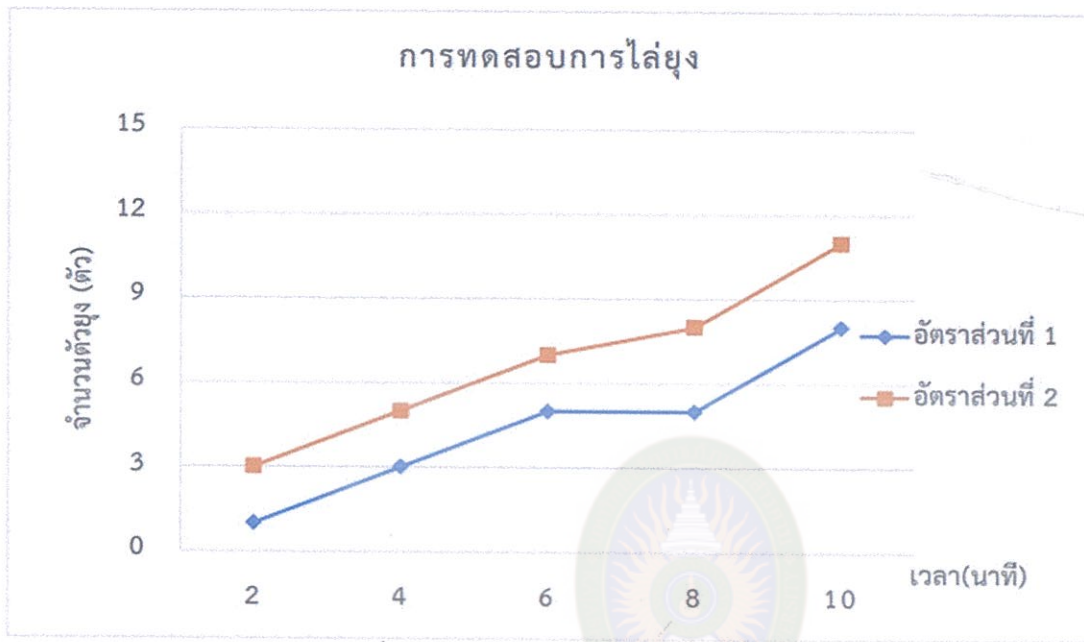
จากภาพที่ 4.12 การหาความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งสรุปได้ดังนี้

1. ค่าความหนาแน่นของอัตราส่วนที่ 1 (25:1:1:1) ถ่านกะลามะพร้าว : น้ำมันหอมระเหยมะกรูด : น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม : แป้งมันสำปะหลัง มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ  $1,212.95 \text{ kg/m}^3$
2. ค่าความหนาแน่นของอัตราส่วนที่ 2 (25:3:3:1) ถ่านกะลามะพร้าว : น้ำมันหอมระเหยมะกรูด : น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม : แป้งมันสำปะหลัง มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ  $1,393.13 \text{ kg/m}^3$



#### 4.13 ผลการทดลองและประสิทธิภาพการไถ่ยุง

4.13 ผลการทดลองและประสิทธิภาพการไถ่ยุง (ถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดอบแห้งกับผงตะไคร้หอมอบแห้ง)

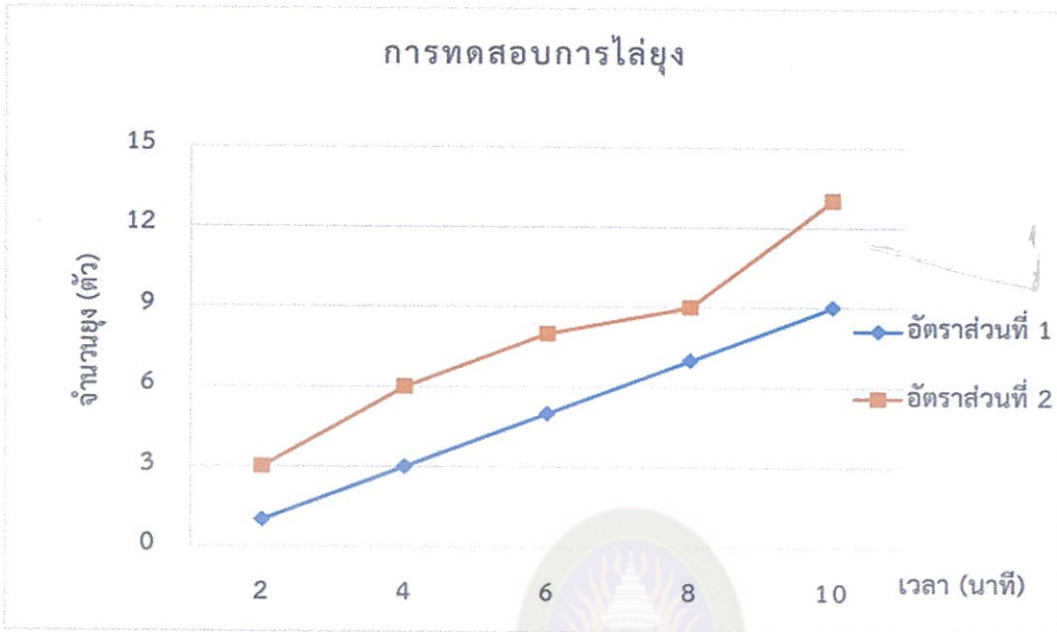


ภาพที่ 4.13 แสดงการทดสอบไถ่ยุง

จากภาพที่ 4.13 ผลการทดลองและประสิทธิภาพการไถ่ยุงของถ่านอัดแท่งใช้ยุงในการทดลองจำนวน 15 ตัว เวลาที่ใช้ทดลอง 10 นาที อัตราส่วนที่นำมาทดลองมี 2 อัตราส่วน สรุปได้ดังนี้

1. อัตราส่วนที่ 1 (15:1:1:1) ในเวลา 2 นาที ยุงตกสู่พื้น 1 ตัว ในเวลา 4 นาที ยุงตกสู่พื้น 3 ตัว ในเวลา 6 นาที ยุงตกสู่พื้น 5 ตัว ในเวลา 8 นาที ยุงตกสู่พื้น 5 ตัว ในเวลา 10 นาที ยุงตกสู่พื้น 8 ตัว
2. อัตราส่วนที่ 2 (20:3:3:1) ในเวลา 2 นาที ยุงตกสู่พื้น 3 ตัว ในเวลา 4 นาที ยุงตกสู่พื้น 5 ตัว ในเวลา 6 นาที ยุงตกสู่พื้น 7 ตัว ในเวลา 8 นาที ยุงตกสู่พื้น 8 ตัว ในเวลา 10 นาที ยุงตกสู่พื้น 11 ตัว

4.14 ผลการทดลองและประสิทธิภาพการไถ่ของถ่านอะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม)



ภาพที่ 4.14 แสดงการทดสอบไถ่

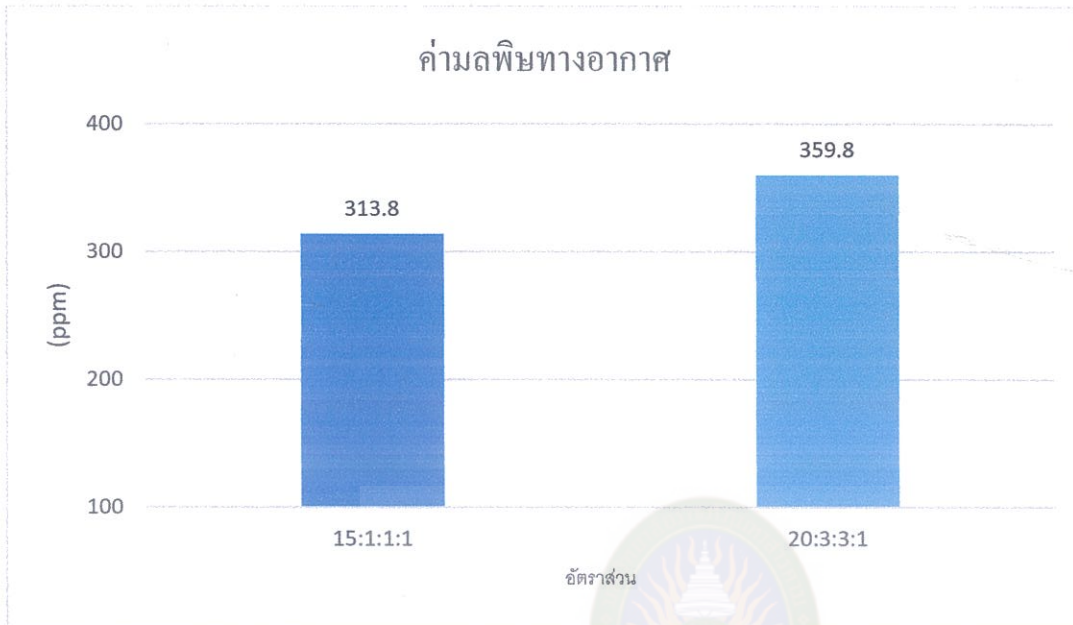
จากภาพที่ 4.14 ผลการทดลองและประสิทธิภาพการไถ่ของถ่านอัดแท่งใช้ขุยมะพร้าวในการทดลองจำนวน 15 ตัว เวลาที่ใช้ทดลอง 10 นาที อัตราส่วนที่นำมาทดลองมี 2 อัตราส่วน สรุปได้ดังนี้

1. อัตราส่วนที่ 1 (25:1:1:1) ในเวลา 2 นาที ยุงตกสู่พื้น 1 ตัว ในเวลา 4 นาที ยุงตกสู่พื้น 3 ตัว ในเวลา 6 นาที ยุงตกสู่พื้น 5 ตัว ในเวลา 8 นาที ยุงตกสู่พื้น 7 ตัว ในเวลา 10 นาที ยุงตกสู่พื้น 10 ตัว
2. อัตราส่วนที่ 2 (25:3:3:1) ในเวลา 2 นาที ยุงตกสู่พื้น 3 ตัว ในเวลา 4 นาที ยุงตกสู่พื้น 6 ตัว ในเวลา 6 นาที ยุงตกสู่พื้น 8 ตัว ในเวลา 8 นาที ยุงตกสู่พื้น 9 ตัว ในเวลา 10 นาที ยุงตกสู่พื้น 13 ตัว



#### 4.15 ผลการทดลองและค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากคว้น

4.15 ผลการทดลองและค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากคว้นของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากถ่านหินผสมผงผิวมะกรูดอบแห้งกับผงตะไคร้หอมอบแห้ง

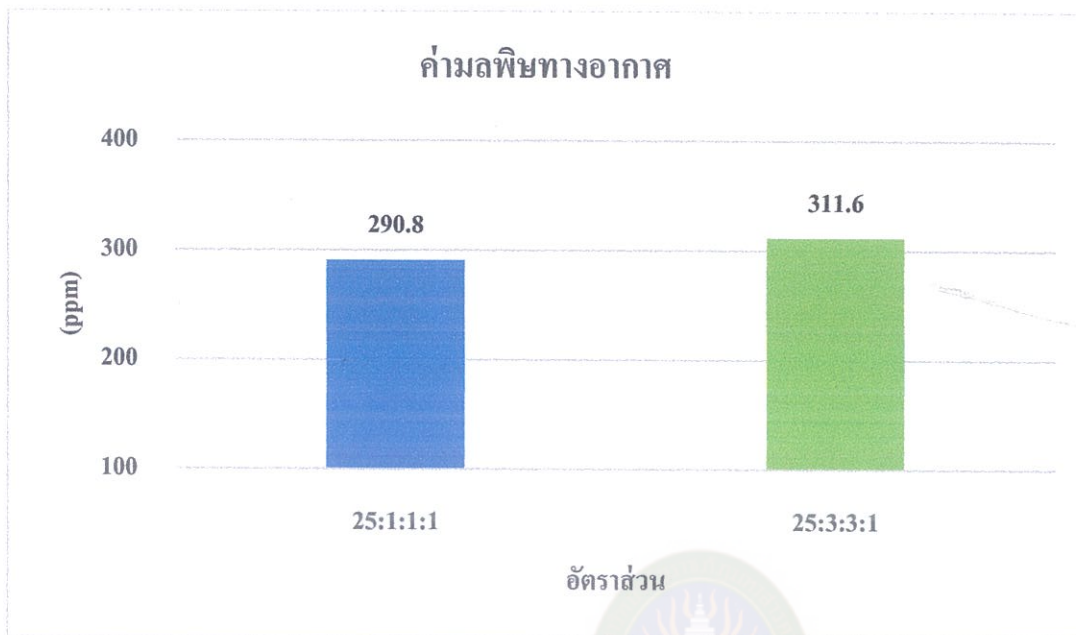


ภาพที่ 4.15 แสดงค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากคว้น

จากภาพที่ 4.15 การวิเคราะห์ค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากคว้นของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากถ่านหินผสมผงผิวมะกรูดอบแห้ง และผงตะไคร้หอมอบแห้ง อัตราส่วนที่นำมาทดลองมี 2 อัตราส่วนเพื่อหาค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากคว้นตามเกณฑ์มาตรฐานของอาคารบ้านเรือนที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงถึง 1,000 ppm แต่ต้องไม่เกิน 1,500 ppm สรุปได้ดังนี้

1. ค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากคว้นของ อัตราส่วนที่ 1 (15:1:1:1) ถ่านหินผสมผงผิวมะกรูดอบแห้ง : ผงตะไคร้หอมอบแห้ง : แป้งมันสำปะหลัง มีค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากคว้น เท่ากับ 313.8 ppm ผลจากการทดสอบค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากคว้นของอัตราส่วนที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของอาคารบ้านเรือนที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงถึง 1,000 ppm แต่ต้องไม่เกิน 1,500 ppm
2. ค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากคว้นของ อัตราส่วนที่ 2 (20:3:3:1) ถ่านหินผสมผงผิวมะกรูดอบแห้ง : ผงตะไคร้หอมอบแห้ง : แป้งมันสำปะหลัง มีค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากคว้น เท่ากับ 359.8 ppm ผลจากการทดสอบค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากคว้นของอัตราส่วนที่ 2 ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของอาคารบ้านเรือนที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงถึง 1,000 ppm แต่ต้องไม่เกิน 1,500 ppm

4.16 ผลการทดลองและค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควันของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจาก  
 กะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยกลิ่นมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยกลิ่นตะไคร้หอม



ภาพที่ 4.16 แสดงค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควัน

จากภาพที่ 4.16 การวิเคราะห์ค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควันของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว น้ำมันหอมระเหยมะกรูด และผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม อัตราส่วนที่นำมาทดลองมี 2 อัตราส่วนเพื่อหาค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควันตามเกณฑ์มาตรฐานของอาคารบ้านเรือนสามารถมีคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงถึง 1,000 ppm แต่ต้องไม่เกิน 1,500 ppm สรุปได้ดังนี้

1. ค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควันของ อัตราส่วนที่ 1 (25:1:1:1) ถ่านกะลามะพร้าว : น้ำมันหอมระเหยมะกรูด : น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม : แป้งมันสำปะหลัง มีค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควัน เท่ากับ 290.8 ppm ผลจากการทดสอบค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควัน ของอัตราส่วนที่1 ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน
2. ค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควันของ อัตราส่วนที่ 2 (25:3:3:1) ถ่านกะลามะพร้าว : น้ำมันหอมระเหยมะกรูด : น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม : แป้งมันสำปะหลัง มีค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควัน เท่ากับ 311.6 ppm ผลจากการทดสอบค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควัน ของอัตราส่วนที่2 ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน



#### 4.17 การเผาถ่าน เวลาเผาไหม้หมด ระยะเวลาเผาไหม้

ประเมินโดยการสังเกตจากตัวถ่านอัดแท่งแต่ละอัตราส่วนผสมโดยประเมินจากสมรรถนะดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.17 การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง

##### 4.17.1 การเผาถ่าน เวลาเผาไหม้หมดระยะเวลาเผาไหม้ของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดอบแห้งกับผงตะไคร้หอมอบแห้ง 2 อัตราส่วน

ผลจากการทดลองการจุดติดจนกลายเป็นเถ้าของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดอบแห้งผสมผงตะไคร้หอมอบแห้ง อัตราส่วนที่1 ถ่านกะลามะพร้าว 15 ส่วน ต่อผงผิวมะกรูดแห้ง 1 ส่วน ต่อผงตะไคร้แห้ง1ส่วน ให้ความร้อนระยะเวลา 160 นาที

ผลจากการทดลองการจุดติดจนกลายเป็นเถ้าของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดอบแห้งผสมผงตะไคร้หอมอบแห้ง อัตราส่วนที่2 ถ่านกะลามะพร้าว 10 ส่วน ต่อผงผิวมะกรูดแห้ง 1.5 ส่วน ต่อผงตะไคร้แห้ง 1.5 ส่วน ให้ความร้อนระยะเวลา 125 นาที

##### 4.17.2 การเผาถ่าน เวลาเผาไหม้หมด ระยะเวลาเผาไหม้ของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยกลิ่นมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยกลิ่นตะไคร้หอม 2 อัตราส่วน

ผลจากการทดลองการจุดติดจนกลายเป็นเถ้าของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดผสมน้ำมันระเหยตะไคร้หอม อัตราส่วนที่1 ถ่านกะลามะพร้าว 25 ส่วน ต่อน้ำมันหอมระเหยมะกรูด 1.5 ส่วน ต่อน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม 1.5 ส่วน ให้ความร้อนระยะเวลา 180 นาที

ผลจากการทดลองการจุดติดจนกลายเป็นเถ้าของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดผสมน้ำมันระเหยตะไคร้หอม อัตราส่วนที่2 ถ่านกะลามะพร้าว 25 ส่วน ต่อน้ำมันหอมระเหยมะกรูด 3 ส่วนต่อน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม 3 ส่วน ให้ความร้อนระยะเวลานานที่สุด 220 นาที

โดยกำหนดให้ใช้แป้งมันสำปะหลังและน้ำเป็นตัวประสานคกที่ทุกอัตราส่วนผสม ทดลองจากเตาประหยัดพลังงานชนิดเดียวกันทั้ง 4 ตัวอย่างที่กำหนด โดยประเมินผลจากการจุดติดจนการเป็นเถ้าของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดอบแห้งผสมผงตะไคร้หอมอบแห้งและถ่านอัดแท่งจกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยกลิ่นมะกรูดผสมน้ำมันหอมระเหยกลิ่นตะไคร้หอมผลจากการประเมินโดยประเมินผลจากทางด้านสังคมของชุมชนในการใช้ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดอบแห้งผสมผงตะไคร้หอมอบแห้งและถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยกลิ่นมะกรูดผสมน้ำมันหอมระเหยกลิ่นตะไคร้หอม ประเมินให้อัตราส่วนที่ 2 ถ่านกะลามะพร้าว

25 ส่วน ต่อน้ำมันหอมระเหยมะกรูด 3 ส่วน ต่อน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม 3 ส่วน ให้ความร้อน  
ระยะเวลาานที่สุต 220 นาที มีสมรรถนะที่ดีที่สุดโดยให้ค่าความร้อน 14,648.51

#### 4.18 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อก่อน พิจารณาจากราคาต้นทุนเฉพาะค่าวัสดุที่ใช้ในการ  
ผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดอบแห้งกับผงตะไคร้หอมอบแห้ง และถ่านอัดแท่ง  
จากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม ดังแสดงในตาราง  
4.18 และ 4.19

ตาราง 4.18 ต้นทุนเฉพาะค่าวัสดุของการผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดอบแห้ง  
ผสมผงตะไคร้หอมอบแห้ง

ที่	รายการวัสดุและแรงงาน	ราคา (บาท)
1.	กะลามะพร้าว (kg)	0
2.	มะกรูด (kg)	0
3.	ตะไคร้หอม (kg)	0
4.	แป้งมันสำปะหลัง (500 g)	0.06
5.	ค่าแก๊ส (Unit)	13.5
6.	ค่าไฟฟ้า (Unit)	5
7.	ค่าน้ำ (Unit)	0.02
8.	ค่าแรง (day)	100
รวม	ราคาต้นทุน (บาท/จำนวนถ่านที่ผลิต)	118.58

ตาราง 4.19 ต้นทุนเฉพาะค่าวัสดุของการผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหย  
มะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม

ที่	รายการวัสดุและแรงงาน	ราคา (บาท)
1.	กะลามะพร้าว (kg)	0
2.	มะกรูด (kg)	0
3.	ตะไคร้หอม (kg)	0
4.	แป้งมันสำปะหลัง (500 g)	0.06
5.	น้ำแข็ง	20
6.	ค่าแก๊ส (Unit)	13.5
7.	ค่าไฟฟ้า (Unit)	5
8.	ค่าน้ำ (Unit)	0.02
9.	ค่าแรง (day)	100
รวม	ราคาต้นทุน (บาท/จำนวนถ่านที่ผลิต)	138.58



จากตาราง 4.18 และ 4.19 นำมาคำนวณหาต้นทุนต่อหน่วย โดยกำหนดกำลังการผลิต วันละ 10 กิโลกรัม/วัน ระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน คำนวณต้นทุนรวมได้ดังนี้

ต้นทุนรวมของแต่ละอัตราส่วนผสม มีดังต่อไปนี้

อัตราส่วนที่ 1	ต้นทุนต่อหน่วย	1.19	บาท/ก้อน
อัตราส่วนที่ 2	ต้นทุนต่อหน่วย	1.19	บาท/ก้อน
อัตราส่วนที่ 3	ต้นทุนต่อหน่วย	1.39	บาท/ก้อน
อัตราส่วนที่ 4	ต้นทุนต่อหน่วย	1.39	บาท/ก้อน

ถ่านทั่วไปชาวบ้านจะขาย กิโลกรัมละ 30 บาท ส่วนถ่านอัดแท่งผสมผงสมุนไพรที่เราผลิตขึ้นมาจะขาย กิโลกรัมละ 9.52 บาท และถ่านอัดแท่งผสมน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรจะขาย กิโลกรัมละ 11.12 บาท เนื่องจากกะลามะพร้าวที่เรานำมาผลิตถ่านอัดแท่งเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ได้มาจากชุมชน และสมุนไพรที่เรานำมาเป็นส่วนผสมสามารถหาได้ตามท้องถิ่น ดังนั้นถ่านอัดแท่งผสมสมุนไพรจึงมีราคาต้นทุนต่ำกว่าถ่านทั่วไป



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัย

การศึกษาศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดอบแห้งกับผงผิวตะไคร้หอมอบแห้งและเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากกะลามะพร้าว มะกรูด ตะไคร้หอม ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากครัวเรือนจึงนำมาพัฒนาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งที่สามารถไถ่ใช้ได้ ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

#### อภิปรายผล

1. กะลามะพร้าว ที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถนำมาเผาให้เป็นถ่านมีสีดำ น้ำหนักเบา นำมาบดให้เป็นผงละเอียด และนำไปผสมกับสมุนไพรมะขามตามที่กำหนด สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งได้

2. มะกรูดและตะไคร้หอม ที่เป็นสมุนไพรรักษาโรคหรือวัสดุจากครัวเรือน สามารถนำมาตากแดดให้แห้งแล้วนำไปบดให้ละเอียด ผสมกับถ่านกะลามะพร้าวที่บดจนละเอียดแล้วและผสมกับกาวแป้งเปียกได้อัตราส่วน 15:1:1:1 และ 20:3:3:1 (กะลามะพร้าว:ผงผิวมะกรูดแห้ง:ผงตะไคร้หอมแห้ง:กาวแป้งเปียก) แล้วอัดเป็นแท่ง นำเข้าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้แห้งสนิทสามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งและสามารถไถ่ใช้ได้

3. น้ำมันหอมระเหยมะกรูดและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม ที่เป็นสมุนไพรรักษาโรคหรือวัสดุจากครัวเรือน สามารถนำมาบดให้เป็นน้ำมันหอมระเหยโดยนำผิวมะกรูด และตะไคร้หอมมาหั่นเป็นชิ้น จากนั้นนำไปลงหม้อกลั่นจะได้น้ำมันหอมระเหย นำมาผสมกับถ่านกะลามะพร้าวที่บดจนละเอียดแล้วและผสมกับกาวแป้งเปียก ได้อัตราส่วน 25:1:1:1 และ 25:3:3:1 (กะลามะพร้าว:น้ำมันหอมระเหยมะกรูด:น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม:กาวแป้งเปียก) แล้วอัดเป็นแท่ง นำเข้าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้แห้งสนิทสามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งและสามารถไถ่ใช้ได้

4. คุณสมบัติของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งถ่านกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้งผสมตะไคร้หอมอบแห้ง อัตราส่วนที่ 1 ให้ค่าความร้อนสูงสุดที่ 14,648.51 และมีปริมาณเถ้าต่ำ และมีความหนาแน่นอัตราส่วนที่ 2 ให้ความหนาแน่นได้ดีที่สุดอยู่ที่ 1,243.01 kg/m<sup>3</sup>

5. คุณสมบัติของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งถ่านกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม อัตราส่วนที่ 2 ให้ค่าความร้อนสูงสุดที่ 13,676.38 และมีปริมาณเถ้าต่ำ และมีความหนาแน่นอัตราส่วนที่ 2 ให้ความหนาแน่นได้ดีที่สุดอยู่ที่ 1,423.16 kg/m<sup>3</sup>

6. ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้งกับตะไคร้หอมอบแห้ง มีคุณภาพที่ดีในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพราะมีอัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 41.67 g/min และถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดผสมน้ำมันหอมระเหย



ตะไคร้หอม มีคุณภาพที่ดีในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพราะมีอัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 58.89 /min สามารถใช้ไถ่ยุ้งให้กับปศุสัตว์ในการเกษตรได้ จะดีกว่าการเผาไม้หรือเศษขยะ เพราะไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม มีการติดไฟดี ไม่มีเขม่า มีควันเล็กน้อย

7. ประสิทธิภาพการไถ่ยุ้งของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดอบแห้งกับผงตะไคร้หอมอบแห้ง และถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม อัตราส่วนที่ไถ่ยุ้งได้ดีที่สุดคืออัตราส่วนที่ 2 ทั้ง 2 ส่วนผสม เพราะมีส่วนผสมของน้ำมันไพรที่ยังไม่สามารถทนต่อกลิ่นได้ ใช้เวลา 15 นาที ในการทำให้ยุ้งตกลงสู่พื้นได้ทุกตัว

8. ค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควันของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดอบแห้งกับผงตะไคร้หอมอบแห้ง และถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูด กับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม ทั้ง 4 อัตราส่วน มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานควันที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านไม้เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

จากงานวิจัย การพัฒนาเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้งที่สามารถไถ่ยุ้งได้ โดยนางสาวณัฐวรรณ อันอาษา คณะผู้วิจัย จึงนำงานวิจัยนี้มาพัฒนาต่อ โดยการเพิ่มส่วนผสมเป็น 2 ชนิด คือ มะกรูด และตะไคร้หอม แบบชนิดผง และชนิดน้ำมันหอมระเหย พบว่า ค่าความร้อน ค่าความหนาแน่น ประสิทธิภาพในการไถ่ยุ้ง และมีการเพิ่มการหาค่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากควัน จากผลการทดลอง พบว่ามีคุณสมบัติและประสิทธิภาพที่ดีกว่า

#### ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมมาหาค่าความระเหย
2. การทดลองหาประสิทธิภาพค่าความร้อนควรใช้เครื่องวิเคราะห์พลังงานความร้อน (Bomb Calorimeter) เพื่อความแม่นยำ
3. การทดลองหาค่ามลพิษทางอากาศ ควรจะใช้เครื่องที่หาค่ามลพิษทางอากาศโดยตรงเพื่อความแม่นยำ

## บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม 24 กรกฎาคม 2565, มลพิษทางอากาศ.(2558).

<http://datacenter.deqp.go.th/knowledge>

กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง. 24 กรกฎาคม 2565.

จาก <http://otop.dss.go.th/index.php/en/knowledge/informationrepack/>

กาญจนารัตน์ ชื่นดวง,นางสาวชนิษฐา พัฒนจันทร์,นายณัฐพล หลากสุขดมรทัต (2561), ถ่านอัดแท่ง  
ผสมสมุนไพรรักษาโรคภัยไข้เจ็บไทยการผลิตถ่านอัดแท่งผสมสมุนไพรรักษา  
โรคภัยไข้เจ็บไทย.

การสกัดน้ำมันหอมระเหย. 24 กรกฎาคม 2565.

<http://www.lbo.moph.go.th/rxthai/rxthai/gen4.html>

ความรู้เกี่ยวกับเรื่องขงยุง. 20 กรกฎาคม 2565.

<http://www.cheminpestcontrol.com/products/product>

เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง. 24 กรกฎาคม 2565.

[http://www.dnp.go.th/research/knowledge/green\\_fuel.htm](http://www.dnp.go.th/research/knowledge/green_fuel.htm)

นัฐวรรณ อ้นอาษา (2562). การพัฒนาเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผิวมะกรูดแห้งที่  
สามารถไถ่ได้, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ดวงกมล ตั้งโพนทอง และ วสันต์ ปินะเต (2557), โครงการส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุ  
เหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจ  
พอเพียง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ณัฐภัส คุ่มกลาง, กิตติ ทรัพย์เอนก, น้ำอ้อย ปัญญา, ดารานัย รบเมือง และ วลัยพร ลินสวัสดิ์  
(2563) การศึกษาประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์กักยุงจากสารสกัดธรรมชาติ 5 ชนิด, มหาวิทยาลัย  
เทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

น้ำพูน พิพัฒน์ไพบูลย์, ทนงค์ดี มายอด, ปองพล หनुพันธ์, ณรงค์ หุชัยภูมิ, มงคล มีแสงและสุรเชษฐ์  
สีขำนาญ(2565).การเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดสดและแห้งจากการ



กลิ่นน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่องกลั่นขนาด 30 ลิตร. คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี,  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

น้ำมันหอมระเหยกลั่นมะกรูด. 23 กรกฎาคม 2565. <https://idofragrance.com/>

พลังงานชีวภาพพลังงานชีวมวล. 23 กรกฎาคม 2565.

<http://www.uac.co.th/th/knowledge-sharing/340/biomass-energy>

พรวัว. 23 กรกฎาคม 2565. <https://th.wikipedia.org/wiki/>

รสตินา อนันตกุลวงศ์ และ รอดิยะห์เจ๊ะแมนูรมายามีน สาเรีหนู (2562). การผลิตถ่านอัดแท่ง  
จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรการผลิตถ่านจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, มหาวิทยาลัย  
ราชภัฏยะลาจังหวัดยะลา.

สมุนไพรไล่ยุงวิธีกำจัดยุงในบ้านด้วยธรรมชาติ ไร่สารเคมี. 23 กรกฎาคม 2565.

<http://home.kapook.com/view214926.html>

มนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์พิง (2558), การพัฒนาผลิตภัณฑ์สารสกัดจากพืชสมุนไพรไทยที่มีฤทธิ์ในการ  
ป้องกันยุงรำคาญสายพันธุ์.

ริสุดา หาญภาคภูมิ. (2559), ฤทธิ์การกำจัดลูกน้ำและการไล่ของสารสกัดหยาบและน้ำมันหอม  
ระเหยจากสบู่ต้อยุงในประเทศไทย, มหาวิทยาลัยสวนดุสิต. กรุงเทพฯ.

ริสา กาญจนากระจำง และภารดี ช่วยบำรุง (2560), การตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อ  
ตรวจสอบประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในห้องเรียน. งานวารสารทางวิชาการและ  
ระบบข้อมูลการวิจัยกองบริหารการวิจัย, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์รังสิต.

ภาคผนวก



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



7

ภาคผนวก ก.  
การคำนวณหาค่าความร้อนโดยวิธีการต้มน้ำ



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รคำนวณค่าความร้อนโดยวิธีการต้มน้ำ (ถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้งผสม ตะไคร้หอมแห้ง)

ตราส่วนที่ 1 ครั้งที่ 1

จากสูตร 
$$HU = \frac{[m_1c(T_2-T_1)]+(m_1-m_2)L}{MH} \times 100$$

แทนค่า 
$$HU = \frac{[1000g \times 1(99^{\circ}C-28^{\circ}C)]+(1000g-566g)540}{500g \times 4.186cal/g} \times 100$$

$$HU = \frac{305360}{2093} \times 100 = 14589.58$$

ตราส่วนที่ 1 ครั้งที่ 2

จากสูตร 
$$HU = \frac{[m_1c(T_2-T_1)]+(m_1-m_2)L}{MH} \times 100$$

แทนค่า 
$$HU = \frac{[1000g \times 1(99^{\circ}C-27^{\circ}C)]+(1000g-562)540}{500g \times 4.186} \times 100$$

$$HU = \frac{308520}{2093} \times 100 = 14740.56$$

ตราส่วนที่ 1 ครั้งที่ 3

จากสูตร 
$$HU = \frac{[m_1c(T_2-T_1)]+(m_1-m_2)L}{MH} \times 100$$

แทนค่า 
$$HU = \frac{[1000g \times 1(99^{\circ}C-28^{\circ}C)]+(1000g-565)540}{500g \times 4.186} \times 100$$

$$HU = \frac{305900}{2093} \times 100 = 14615.38$$



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ร่วส่วนที่ 2 ครึ่งที่ 1

สูตร 
$$HU = \frac{[m_1c(T_2-T_1)]+(m_1-m_2)L}{MH} \times 100$$

นค่า 
$$HU = \frac{[1000g \times 1(99^{\circ}C-27^{\circ}C)]+(1000g-586g)540}{500g \times 4.186} \times 100$$

$$HU = \frac{295560}{2093} \times 100 = 14121.36$$

ร่วส่วนที่ 2 ครึ่งที่ 2

สูตร 
$$HU = \frac{[m_1c(T_2-T_1)]+(m_1-m_2)L}{MH} \times 100$$

นค่า 
$$HU = \frac{[1000g \times 1(99^{\circ}C-27^{\circ}C)]+(1000g-588g)540}{500g \times 4.186} \times 100$$

$$HU = \frac{294480}{2093} \times 100 = 14069.76$$



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ร่วส่วนที่ 2 ครึ่งที่ 3

สูตร 
$$HU = \frac{[m_1c(T_2-T_1)]+(m_1-m_2)L}{MH} \times 100$$

นค่า 
$$HU = \frac{[1000g \times 1(99^{\circ}C-28^{\circ}C)]+(1000g-584g)540}{500g \times 4.186} \times 100$$

$$HU = \frac{295640}{2093} \times 100 = 14125.18$$

รคำนวณค่าความร้อนโดยวิธีการต้มน้ำ (ถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหย  
 กรุดผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม)

รส่วนที่ 1 ครั้งที่ 1

สูตร 
$$HU = \frac{[m_1 c(T_2 - T_1)] + (m_1 - m_2)L}{MH} \times 100$$

นค่า 
$$HU = \frac{[1000g \times 1(99^\circ C - 24^\circ C)] + (1000g - 628g)540}{500g \times 4.186} \times 100$$

$$HU = \frac{275880}{2093} \times 100 = 13181.08$$

รส่วนที่ 1 ครั้งที่ 2

สูตร 
$$HU = \frac{[m_1 c(T_2 - T_1)] + (m_1 - m_2)L}{MH} \times 100$$

นค่า 
$$HU = \frac{[1000g \times 1(99^\circ C - 24^\circ C)] + (1000g - 629)540}{500g \times 4.186} \times 100$$

$$HU = \frac{275340}{2093} \times 100 = 13155.28$$

รส่วนที่ 1 ครั้งที่ 3

สูตร 
$$HU = \frac{[m_1 c(T_2 - T_1)] + (m_1 - m_2)L}{MH} \times 100$$

นค่า 
$$HU = \frac{[1000g \times 1(99^\circ C - 25^\circ C)] + (1000g - 631)540}{500g \times 4.186} \times 100$$

$$HU = \frac{273260}{2093} \times 100 = 13055.90$$



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
 RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ครั้งที่ 2 ครั้งที่ 1

สูตร 
$$HU = \frac{[m_1c(T_2-T_1)]+(m_1-m_2)L}{MH} \times 100$$

ค่า 
$$HU = \frac{[1000g \times 1(99^\circ C - 26^\circ C)]+(1000g-608g)540}{500g \times 4.186} \times 100$$

$$HU = \frac{284680}{2093} \times 100 = 13601.53$$

ครั้งที่ 2 ครั้งที่ 2

สูตร 
$$HU = \frac{[m_1c(T_2-T_1)]+(m_1-m_2)L}{MH} \times 100$$

ค่า 
$$HU = \frac{[1000g \times 1(99^\circ C - 26^\circ C)]+(1000g-604)540}{500g \times 4.186} \times 100$$

$$HU = \frac{287840}{2093} \times 100 = 13752.51$$



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ครั้งที่ 2 ครั้งที่ 3

สูตร 
$$HU = \frac{[m_1c(T_2-T_1)]+(m_1-m_2)L}{MH} \times 100$$

ค่า 
$$HU = \frac{[1000g \times 1(99^\circ C - 25^\circ C)]+(1000g-607)540}{500g \times 4.186} \times 100$$

$$HU = \frac{286220}{2093} \times 100 = 13675.11$$

ภาคผนวก ข.  
การคำนวณหาความหนาแน่น



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รคำนวณค่าความหนาแน่น (ถ่านกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้งผสมผงตะไคร้หอมแห้ง)

รส่วนที่ 1 ครั้งที่ 1

จากสูตร  $\rho = \frac{m}{v}$

แทนค่า  $\rho = \frac{0.067}{0.0000555102}$   
 $= 1206.97 \text{ kg/m}^3$

รส่วนที่ 1 ครั้งที่ 2

จากสูตร  $\rho = \frac{m}{v}$

แทนค่า  $\rho = \frac{0.068}{0.0000555102}$   
 $= 1225.00 \text{ kg/m}^3$

รส่วนที่ 1 ครั้งที่ 3

จากสูตร  $\rho = \frac{m}{v}$

แทนค่า  $\rho = \frac{0.067}{0.0000555102}$   
 $= 1206.97 \text{ kg/m}^3$



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
 RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตราส่วนที่ 2 ครั้งที่ 1

จากสูตร  $\rho = \frac{m}{v}$

แทนค่า  $\rho = \frac{0.069}{0.0000555102}$   
 $= 1243.01 \text{ kg/m}^3$

ตราส่วนที่ 2 ครั้งที่ 2

จากสูตร  $\rho = \frac{m}{v}$

แทนค่า  $\rho = \frac{0.069}{0.0000555102}$   
 $= 1243.01 \text{ kg/m}^3$

ตราส่วนที่ 2 ครั้งที่ 3

จากสูตร  $\rho = \frac{m}{v}$

แทนค่า  $\rho = \frac{0.069}{0.0000555102}$   
 $= 1243.01 \text{ kg/m}^3$



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
 RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รคำนวณค่าความหนาแน่น (ถ่านกะลามะพร้าวผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดผสมน้ำมันหอม  
 เหยตะไคร้หอม)

ตราส่วนที่ 1 ครั้งที่ 1

จากสูตร  $\rho = \frac{m}{v}$

แทนค่า  $\rho = \frac{0.077}{0.0000555102}$   
 $= 1387.13 \text{ kg/m}^3$

ตราส่วนที่ 1 ครั้งที่ 2

จากสูตร  $\rho = \frac{m}{v}$

แทนค่า  $\rho = \frac{0.078}{0.0000555102}$   
 $= 1405.15 \text{ kg/m}^3$



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
 RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตราส่วนที่ 1 ครั้งที่ 3

จากสูตร  $\rho = \frac{m}{v}$

แทนค่า  $\rho = \frac{0.077}{0.0000555102}$   
 $= 1387.13 \text{ kg/m}^3$

ร่วส่วนที่ 2 ครั้งที่ 1

จากสูตร  $\rho = \frac{m}{v}$

แทนค่า  $\rho = \frac{0.079}{0.0000555102}$   
 $= 1423.16 \text{ kg/m}^3$

ร่วส่วนที่ 2 ครั้งที่ 2

จากสูตร  $\rho = \frac{m}{v}$

แทนค่า  $\rho = \frac{0.079}{0.0000555102}$   
 $= 1423.16 \text{ kg/m}^3$

ร่วส่วนที่ 2 ครั้งที่ 3

จากสูตร  $\rho = \frac{m}{v}$

แทนค่า  $\rho = \frac{0.079}{0.0000555102}$   
 $= 1423.16 \text{ kg/m}^3$



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
 RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



## ประวัติย่อผู้วิจัย



- สกุล	นางสาวกมล วาจาเต็ด
เดือนปีเกิด	12 มิถุนายน 2543
สถานที่เกิด	จังหวัดนครปฐม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	47 หมู่ 5 บ้านหนองฝาย ตำบลกุสิงห์ อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46140
ประวัติการศึกษา	
ศ. 2553	ระดับประถมศึกษาตอนต้น โรงเรียนโนนศิลาไกรฤกษ์ราษฎร์ อำนวนาย ตำบลโนนบุรี อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46140
ศ. 2556	ระดับประถมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนโนนศิลาไกรฤกษ์ราษฎร์ อำนวนาย ตำบลโนนบุรี อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46140
ศ. 2559	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวัดเวฬุวัน ตำบลนิคม อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46140
ศ. 2562	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวัดเวฬุวัน ตำบลนิคม อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46140
ศ. 2565	ระดับการศึกษาปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมพลังงานและ สิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ มหาสารคาม 44000

ประวัติย่อผู้วิจัย



ชื่อ - สกุล  
 นเดือนปีเกิด  
 สถานที่เกิด  
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน

นางสาวตติยา เพี้ยกุนา  
 23 พฤศจิกายน 2543  
 จังหวัดมหาสารคาม  
 28 หมู่ 13 บ้านเหล่า ตำบลเม็กดำ อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย  
 จังหวัดมหาสารคาม 44110

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2553

ระดับประถมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านเหล่าครูพระชาญเคราะห์  
 ตำบลเม็กดำ อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม 44110

พ.ศ. 2556

ระดับประถมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบ้านเหล่าครูพระชาญ  
 เคราะห์ ตำบลเม็กดำ อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม  
 44110

พ.ศ. 2559

ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านเหล่าครูพระชาญเคราะห์  
 ตำบลเม็กดำ อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม 44110

พ.ศ. 2562

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร ตำบล  
 ประหลาน อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม 44110

พ.ศ. 2565

ระดับการศึกษาปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมพลังงานและ  
 สิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ  
 มหาสารคาม 44000