เชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีวมวลและตะกอนเปียกอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล

นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

BRIQUETTE FUEL FROM BIOMASS AND WET CAKE OF ETANAOL INDUSTRY

MR. AKEKARUK KITIPATTAWORN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีวมวลและตะกอนเปียกอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล
โดย	นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

………………………………………….. คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…………………………………………… ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

………………………………………….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ)

…………………………………………… กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช)

………………………………………….. กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนาธิป สามารถ)

เอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร: เชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีวมวลและตะกอนเปียกอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล (BRIQUETTE FUEL FROM BIOMASS AND WET CAKE OF ETANAOL INDUSTRY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร. ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ, 150 หน้า

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อทำการศึกษาและพัฒนากากตะกอนเปียกจากน้ำเสียของกระบวนการผลิตเอทานอลมาใช้ในรูปแบบเชื้อเพลิงอัดแท่งและทำการเพิ่มคุณภาพโดยการนำไปผสมกับชีวมวล 3 ชนิด (เปลือกมังคุด เปลือกทุเรียนและกะลามะพร้าว) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก คือ การศึกษาและการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับชีวมวลในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ต่อไปทำการวิเคราะห์หาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกที่มีคุณภาพมากที่สุดโดยที่มีกากตะกอนเปียกเป็นส่วนผสมหลักและสุดท้ายคือวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตของเชื้อเพลิงอัดแท่งและวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐ์ศาสตร์ โดยจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านพลังงานของเชื้อเพลิงจากตะกอนเปียกบริสุทธิ์ มีค่าความร้อน 3,851.3 cal/g ปริมาณเถ้า 34.3% คาร์บอนคงตัว 30.2% สารที่ละเหยได้ 33.2% และมีความชื้น 5.3% ซึ่งถือว่ายังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่จัดว่าเป็นคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงที่ดีจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาและเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกให้มากขึ้นเพื่อนำไปใช้ทนแทน ถ่านและฝืน โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำชีวมวล (เปลือกมังคุด เปลือกทุเรียนและกะลามะพร้าว)เข้ามาผสมร่วมเพื่อเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งใน 5 อัตราส่วน 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 และ 5:5 ทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยจากผลวิเคราะห์ทำให้ทราบว่าอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดโดยที่มีกากตะกอนเปียกเป็นตัวผสมหลักคือ 5:5 ทั้ง 3 ตัวโดยมีค่าความร้อนและปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มมากขึ้นแปรผันตรงตามอัตราส่วนผสมของชีวมวลที่เพิ่มขึ้น และยังทำให้ปริมาณเถ้าและสารระเหยน้อยลงตามอันดับ โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวให้ค่าความร้อนสูงสุด เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน ตามอันดับ

วิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตของเชื้อเพลิงอัดแท่งและวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐ์ศาสตร์ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับชีวมวลในอัตราส่วน 5:5 ที่เป็นอัตราส่วนที่เชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงดีที่สุดทำให้ทราบว่าตะกอนเปียกมีความคุ้มค่าในการลงทุนสูงและสามารถคืนทุนในระยะเวลาอัน จากผลการวิจัยนี้สามารถนำไปส่งเสริมและพัฒนาการนำวัสดุของเสียเหลือทิ้งจากการผลิตและการบริโภคทางการเกษตรนำมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าและเป็นอีกหนึ่งทางที่ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต...

ปีการศึกษา 2555 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก................

5387591620: MAJOR TECHNOLOGY ENERGY AND MANAGEMENT

KEYWORDS: WET CAKE ETHANOL / BIOFUEL CO-PRODUCTION

AKEKARUK KITIPATTAWORN : BRIQUETTE FUEL FROM BIOMASS AND WET CAKE OF ETANAOL INDUSTRY. Ph.D.,ADVISOR: ASST. PROF. PRASERT REUBROYCHAROEN, 150 PP.

This objective of this research was to study and develops the biofuel or briquette fuel from wet cake of the wastewater in ethanol industrial and improve the quality of briquette fuel by adding the other biomass that come from the hard shell of fruit (mangosteen shell, durian shell and coconut shell) to improve the efficiency and property of briquette fuel. This research was separated in to 3 parts. The first was study and make the briquette fuel co-production from wet cake of ethanol industrial and fruit shell in different ratio. The second part was analyzing the best ratio for produce the briquette fuel that have the best quality with the wet cake are the main component. And the last was economy analysis. From the result, The briquette fuel from 100% wet cake from wastewater of ethanol industrial has the heating value 3,851.3 cal/g, Ash 34.3% Fixed carbon 30.2%, Volatile matter 33.2% and moisture 5.3% with this parameter the wet cake does not meet the quality standard, it need to improve and develop to meet standard for the makeup of coal and firewood. In this research, the researcher was adding the biomass (mangosteen shell, durian shell and coconut shell) to the briquette fuel from wet cake in 5 ratios (9:1, 8:2, 7:3, 6:4 and 5:5) of 3 samples. From the results, show the best ratio was the 5:5 all three samples with the highest heating value and fixed carbon with the addition biomass in the sample and also decreases the ash content and volatile matter. The highest heating value was briquette fuel co-production with coconut shell and follow with mangosteen shell and durian shell. From the economic analyze the briquette fuel with ration 5:5 that have the value of investment and a payback in less time. The results of this research can contribute to the promotion and development of the waste materials from the production and consumption of agricultural utilized cost-effectively and is another way to reduce the environmental problems the other way.

Field of Study: Energy Technology and Management Student's Signature.................................

Academic Year: 2012 Advisor's Signature.................................

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ ผู้ซึ่งรับหน้าที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาและตรวจแก้ไขในการดำเนินการจัดทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งและถือเป็นพระคุณอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ช่วยแนะนำและเพิ่มเติมเนื้อหาวิทยานิพนธ์นี้ให้ออกมาได้สมบูรณ์และเรียบร้อย

ขอขอบพระคุณคุณวลัยรัตน์ อุตมะปรากรม ที่คอยช่วยเหลือในทุกๆด้าน ทั้งให้ความรู้ ช่วยหาข้อมูลในการศึกษาวิจัย ช่วยแนะนำแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ ช่วยตรวจสอบข้อมูลจากการศึกษาตลอดตั้งแต่ต้นจนงานศึกษาวิจัยฉบับนี้สำเร็จ

ขอขอบพระคุณบริษัท แม่กลองไทยเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด จ.สมุทรสาคร ที่กรุณาให้ใช้พื้นที่ในการทดลองและทำการผลิตตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียก

ขอขอบพระคุณโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลบริษัท ทรัพย์ทิพย์ จำกัด จ.ลพบุรีที่กรุณาให้นำตะกอนเปียกมาใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ที่ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ที่ช่วยเหลือทางด้านวิชาการ แนวทางการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงกำลังใจที่ดีที่มีให้ตลอดมา

ท้ายที่สุดผู้วิจัยหวังว่างานวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ จะให้ประโยชน์และความรู้จากงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์และพัฒนาพลังงานทดแทนในรูปแบบเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ

กิตติกรรมประกาศ ฉ

สารบัญ ช

สารบัญตาราง ฌ

สารบัญภาพ ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ 3

ขอบเขตการศึกษา 4

นิยามคำศัพท์เฉพาะ 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

พลังงานชีวมวล 6

เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตเอทานอล 14

วัตถุดิบที่ใช้ทำการทดลอง 16

กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 38

ต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 46

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 48

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 50

วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 50

สถานที่ทำการทดลอง 51

ระยะเวลาในการทดลอง 51

การวางแผนการทดลอง 51

ขั้นตอนในผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกและเปลือกผลไม้ 52

การหาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 54

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 58
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกผลไม้ 58
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตต่อหน่วยและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ 80
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 93
รายการอ้างอิง 96
ภาคผนวก 98
ภาคผนวก ก 99
ภาคผนวก ข 101
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 150

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 จำนวนโรงงานที่ดำเนินการผลิตเอทานอลแล้ว 2
1.2 จำนวนโรงงานที่อยู่ระหว่างการดำเนินการก่อสร้างในปี 2553-2554 2
2.1 ชีวมวลในประเทศไทยและค่าความร้อน 8
2.2 ศักยภาพพลังงานเหลือทิ้งจากพืชชีวมวล 9 ชนิด 13
2.3 แสดงตัวอย่างเทคโนโลยีต่างๆที่ใช้สำหรับการผลิตเอทานอล 15
2.4 แสดงค่าวิเคราะห์แบบประมาณและค่าความร้อนของตะกอนเปียกอัดแท่ง 19
2.5 ผลผลิตมะพร้าวในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย 21
2.6 การเปรียบเทียบข้อแตกต่างของคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของถ่านกะลามะพร้าว และฟืน 25
2.7 สถิติการผลิตทุเรียนในประเทศไทย 30
2.8 ผลผลิตทุเรียนในประเทศไทยโดยแบ่งตามภาค 31
3.1 การวางแผงการทดลอง 51
4.1 ผลวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียก 100% และมาตรฐานผลิตชุมชน ถ่านอัดแท่งและถ่านไม้หุงต้ม 59
4.2 ผลวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน 62
4.3 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของเปลือกมังคุดก่อนการนำไปผสมกับกากตะกอนเปียก 67
4.4 ผลวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด 67
4.5 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของกะลามะพร้าวก่อนการนำไปผสมกับกากตะกอนเปียก 73
4.6 ผลวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว 79

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 กากตะกอนน้ำเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตเอทานอล 17

2.2 ลูกมะพร้าว 20

2.3 ต้นมะพร้าว 22

2.4 กะลามะพร้าว 23

2.5 ส่วนประกอบต่างๆของมะพร้าวปริมาณ 100 กิโลกรัม 23

2.6 เศษกะลาที่เหลือทิ้ง 27

2.7 กะลาที่ถูกเผาให้เป็นคาร์บอน 28

2.8 ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว 29

2.9 เปลือกทุเรียนจำนวนมากที่ถูกทิ้งหลังจากนำเนื้อไปบริโภค 32

2.10 เปลือกทุเรียนหลังการเผาให้เป็นถ่านคาร์บอน 33

2.11 ผลมังคุด 34

2.12 ต้นมังคุด 35

2.13 เปลือกมังคุดที่ถูกทิ้งหลังจากบริโภคแล้ว 37

2.14 ถ่านที่มาจากการเผากากตะกอนจากกระบวนการผลิตเอทานอล 39

2.15 ทำการบดอัดให้ถ่านที่มีขนาดใหญ่แตกเป็นชิ้นเล็กลง 40

2.16 การนำเปลือกผลไม้ที่เผาเป็นถ่านคาร์บอนแล้วเข้าสู่เครื่องบด 40

2.17 การผสมผงถ่านจากกากตะกอนและเปลือกผลไม้โดยมีแป้งมันสำปะหลัง และน้ำเป็นตัวประสาน 41

2.18 การเทส่วนผสมลงสู่เครื่องอัดไฮโดลิก 42

2.19 การตัดแท่งถ่านที่ถูกเครื่องอัดแท่งออกมา 42

2.20 ทำการอบเชื้อเพลิงอัดแท่งในตู้อบเพื่อไล่ความชื้น 43

4.1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียก 60

4.2 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสม ร่วมกับเปลือกทุเรียน 62

ภาพที่ หน้า

4.3 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือก ทุเรียน 63
4.4 ปริมาณสารระเหยได้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน 64
4.5 ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน 65
4.6 ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน 66
4.7 แสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด 68
4.8 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด 69
4.9 ปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด 70
4.10 ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด 71
4.11 ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด 72
4.12 แสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว 74
4.13 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว 75
4.14 ปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว 76
4.15 ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว 77
4.16 ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว 78

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากสถานการณ์พลังงานของไทยในปัจจุบันที่มีความต้องการใช้พลังงานที่สูงขึ้นเรื่อยๆโดยพลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในเชิงพาณิชย์จำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ประกอบกับปัญหาวิกฤตพลังงานทำให้ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตสินค้าในภาคอุตสาหกรรมมีค่าต้นทุนที่สูงขึ้นทำให้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการต่างๆในการพัฒนาประเทศ ดังนั้นหากสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้จะทำให้มูลค่าสินค้าการบริการและค่าใช้จ่ายในชีวิตประจำวันของประชาชนลดน้อยลงด้วยโดยวิธีลดการใช้พลังงานที่ได้ประสิทธิภาพอย่างยั่งยืนคือการนำของเสียเหลือทิ้งที่ไม่ต้องการแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยในประเทศไทยเป็นประเทศที่มีประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางกางเกษตร จึงมีผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมแปรรูปอยู่มากมาย โดยที่ผลผลิตหลักและเศษวัสดุหรือของเหลือทั้งสองภาคเศรษฐกิจสามารถนำมาใช้ประโยชน์หรือแปรรูปเป็นพลังงานหรือเชื้อเพลิงได้หากนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพจะสามารถลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลซึ่งส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและอาจหมดไปในอนาคตอันใกล้

ในขณะที่พลังงานชีวมวลนั้นเป็นผลผลิตซึ่งหาได้ง่ายและมีอยู่ทั่วไป (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552:ออนไลน์) พลังงานชีวมวล หมายถึงพลังงานที่สะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆได้โดยผ่านกระบวนการแปรรูปชีวมวล และชีวมวลคือสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติ ได้แก่ ต้นไม้ กิ่งไม้ หรือเศษวัสดุจากภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรมเช่นแกลบ ฟาง ชานอ้อย ขี้เลื่อย เศษไม้ เปลือกไม้ มูลสัตว์ โดยปัจจุบันในประเทศที่กำลังพัฒนาซึ่งตามชนบทจะยังมีการใช้พลังงานชีวมวลอยู่มากในรูปแบบพลังงานความร้อนในการหุงต้มอาหารหรือประโยชน์ในด้านอื่นๆ ปัจจุบันทรัพยากร ป่าไม้ ถ่าน และฟืนหาได้ยากและมีราคาแพงขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาการใช้พลังงานจากชีวมวลให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและมีการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ให้น้อยที่สุดโดยแหล่งพลังงานชีวมวลที่มีศักยภาพในการทำเป็นเชื้อเพลิงคือกากตะกอนของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลเนื่องจากทางรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลให้ภาคอุตสาหกรรมมีการผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในรูปแบบของน้ำมันแก๊สโซฮอลของประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างมากจากข้อมูลของกระทรวงพลังงานมีโรงงานที่มีการดำเนินการผลิตเอทานอลแล้วอยู่ทั้งหมด19 โรงงาน ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 จำนวนโรงงานที่ดำเนินการผลิตเอทานอลแล้ว

ประเภทของวัตถุดิบหลัก	จำนวนโรงงาน	กำลังการผลิตรวม (ลิตร/วัน)
กากน้ำตาล	13	1,945,000
มันสด	2	280,000
มันเส้น	3	500,000
น้ำอ้อย	1	200,000
รวมกำลังการผลิต		2,925,000

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (มี.ค. 2553)

ตารางที่ 1.2 จำนวนโรงงานที่อยู่ระหว่างการดำเนินการก่อสร้างในปี 2553-2554

ประเภทของวัตถุดิบหลัก	จำนวนโรงงาน	กำลังการผลิต (ลิตร/วัน)
มันเส้น	2	1020,000
แป้ง	1	250,000
มันสด	2	350,000
รวมกำลังการผลิต		1,620,000

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (ก.ย. 2553)

จากตารางที่ 1.1: จะพบว่ามีกำลังการผลิตเอทานอล 2,925,000 ลิตร/วัน และจากข้อมูลในตารางที่ 1.2 จะเห็นว่ามีโรงงานที่กำลังดำเนินการก่อสร้างมีกำลังการผลิตสูงถึง 1,620,000 ลิตร/วัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการขยายตัวของโรงงานเอทานอลที่มีปริมาณการผลิตที่สูงขึ้นรวมไปถึงจากการประชุมคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.)ณ วันที่ 30 พฤศจิกายน 2554 ได้มีมติอนุมัติยกเลิกการใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91 เพื่อส่งเสริมการใช้แก๊ซโซฮอล์มากขึ้น โดยจะมีผลตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2555 เป็นต้นไป ซึ่งคาดว่าจะทำให้มีผลให้การใช้เอทานอลเพิ่มขึ้น 19 – 21 ล้านลิตรต่อเดือน ซึ่งจะทำให้ส่งผลกระทบต่อการปล่อยของเสียออกมาจากกระบวนการผลิตเอทานอลในปริมาณมหาศาลและจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆตามกำลังการผลิตที่มากขึ้นในอนาคต

โดยอุตสาหะกรรมการผลิตเอทานอลในประเทศไทยมีการใช้กากน้ำตาลและมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบหลักและในทุกการผลิตจะเกิดของเสียเป็นปริมาณมาก เช่น โรงงานผลิตเอทานอลที่มีกำลังการผลิต 200,000 ลิตร/วันจะมีปริมาณน้ำเสียมากถึง 521,400 m^3และมีกากตะกอนเปียกมากถึง 82,500 ตัน/ปี(ข้อมูลจริงจากโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพปี 2552) โดยแนวโน้มในอนาคตที่มีโรงงานผลิตเอทานอลที่มีกำลังการผลิตเพิ่มมากขึ้นของเสียที่เกิดจากการผลิตจะเพิ่มขึ้นในปริมาณมหาศาลจะทำให้ตะกอนเปียกจากกระบวนการผลิตเอทานอลเป็นหนึ่งในเชื้อเพลิงที่มี

ศักยภาพสูงเนื่องจากให้ค่าความร้อนสูงและมีต้นทุนในการผลิตต่ำรวมไปถึงยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียจากกระบวนการผลิตเอทานอลได้อีกด้วย

งานวิจัยนี้จะศึกษาศักยภาพในนำตะกอนเปียกที่เป็นของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเอทานอลมาใช้ประโยชน์ในการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทนร่วมกับชีวมวลทางเลือกอื่นๆเพื่อนำมาใช้ในการให้ความร้อนทดแทนการใช้งานของเชื้อเพลิงฟอสซิลโดยชีวมวลทางเลือกอื่นที่นำมาผสมร่วมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยชีวมวลที่นำมาใช้ร่วมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งคือของเสียและของเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปในอุตสาหกรรมเกษตรที่มีจำนวนมากและราคาถูกอีกทั้งยังเป็นปัญหาในการจัดการคือ เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุดที่มีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงเป็นอย่างดีซึ่งจะมีมากในช่วงเดือน เมษายน-กันยายน สาเหตุที่เลือกเปลือกผลไม้ทั้งสองชนิด เนื่องจากประเทศไทยมีการปลูกผลไม้ทั้งสองชนิดนี้มากและเมื่อบริโภคหรือทำการแปรรูปแล้วจะเหลือเปลือกผลไม้ทิ้งโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ในปริมาณมาก ในปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยมีผลผลิตทุเรียน 6.5 ล้านตัน (กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร กลมศุลกากร ,2551) และมังคุด 173,511 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร,2551) หากนำเปลือกผลไม้ที่ได้จากการเหลือทิ้งเหล่านี้ไปในใช้ในการผลิตร่วมเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ก็จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อเชื้อเพลิงที่ใช้ในครัวเรือนและเป็นการลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดซึ่งจะช่วยลดปัญหาและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมอีกด้วยการนำของเหลือทิ้งกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในรูปแบบพลังงานชีวมวลนับว่าเป็นการแก้ไขปัญหาพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์

1.ศึกษาและพัฒนาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกร่วมกับชีวมวล

2.ศึกษาต้นทุนทางเศรษฐ์ศาสตร์ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกร่วมกับชีวมวล

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.ศึกษาและรวบรวมข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตะกอนเปียกจากกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันเส้น

2.ศึกษาและรวบรวมข้อมูลชีวมวล 3ชนิด เปลือกทุเรียนกะลามะพร้าว และแกลบ เพื่อทำการเลือกชีวมวลที่เหมาะสมในการนำมาผลิตเชื้อเพลิงร่วมกับกากตะกอนเปียก

3.ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ใช้ในการอัดเชื้อเพลิงแท่งจากตะกอนเปียกและเปลือกผลไม้ที่ใช้ผสมร่วมโดยมีอัตราส่วนดังนี้ 9:1 8:2 6:4 และ 5:5

4.เปรียบเทียบต้นทุนทางเศรษฐ์ศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากตะกอนเปียกร่วมกับชีวมวลด้วยปัจจัยดังต่อไปนี้

4.1 ต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิง (บาท/กิโลกรัม)

4.2 ค่าความร้อน (กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม)

4.3 ปริมาณในการใช้งาน (กิโลกรัม/ปี)

4.4 ปริมาณคาร์บอน (Fixed carbon)

4.5 ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile matters)

4.6ปริมาณเถ้า (Ash content)

4.7ปริมาณความชื้น (Moisture content)

นิยามคำศัพท์เฉพาะ

1.ถ่านอัดแท่ง หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติที่ได้จากส่วนผสมที่ต้องการนำไปเผาจนเป็นถ่านและบดเป็นผง แล้วจึงนำอัดขึ้นเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้อง

2.อัตราส่วนผสม หมายถึงสัดส่วนในการผสม ผงถ่านที่ได้จากรำผงถ่านจากกากตะกอนเปียกผสมกับผงถ่านจากเปลือกผลไม้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในอัตราส่วนต่างๆดังนี้ 9:1 8:2 7:3 6:4 5:5แล้วจึงนำไปอัดขึ้นรูปตามแบบที่กำหนด

3.รูปทรงของถ่าน โดนลักษณะของถ่านที่ทำการอัดแท่งจะมีลักษณะเป็นทรงกระบอกมีครีบ 5 ครีบรอบด้านและมีรูกลวงที่ตรงกลางตลอดแท่ง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูกลวง 1.5เซนติเมตร ความกว้าง5 เซนติเมตรความยาว 10เซนติเมตร

4.สมรรถนะ หมายถึง คุณสมบัติและความสามารถของถ่านอัดแท่งที่ได้จากการผสมผงถ่านจากเปลือกผลไม้และกากตะกอนเปียก โดยมีดังนี้

4.1 ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก 1 กรัม มีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัม ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D5865 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547ก:1-3)

4.2 ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ หมายถึง ปริมาณของสารที่ถูกระเหยออกไปเมื่อใช้ความร้อนในการทำให้ระเหยโดยสารที่ระเหยได้นี้คือสารประกอบที่มี คาร์บอน ออกซิเจนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ

4.3 ปริมาณคาร์บอน หมายถึง ปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่าสูงขึ้น ถ่านมีความหนาแน่นมากขึ้นจึงทำให้ถ่านลุกไหม้ได้นาน และมีค่าสารระเหยลดลงทำให้เป็นถ่านที่มีคุณภาพไม่แตะประทุง่ายและมีควันน้อย

4.4 ปริมาณเถ้า หมายถึงปริมาณของสารที่เหลือจากการเผ่าถ่านจนมีน้ำหนักคงที่ ที่อุณหภูมิ 700-750 องศาเซลเซียส โดยวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D5142โดยตัวอย่างจะถูกเผา จนกระทั่งได้น้ำหนักของถ้วยทนไฟรวมกับน้ำหนักของเถ้าที่เหลือคงที่ และคำนวณหาปริมาณเถ้าจากน้ำหนักตัวอย่างที่เหลืออยู่ภายหลังการเผาเสร็จสิ้น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2547ข: 1-3)

4.5 ปริมาณความชื้น หมายถึงปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในตัวของวัตถุดิบ โดยความชื้นของถ่านที่ทำการอัดและอบแล้วต้องมีความชื้นไม่เกินร้อนละ 8 โดยน้ำหนัก (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน)

5.ต้นทุนการผลิต หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหน่วยการผลิตก่อนที่จะขายสินค้าให้กับผู้บริโภคที่เกิดจากปัจจัยในการผลิตตามหลักเกณฑ์ทางเศรษฐศาสตร์ เช่น วัตถุดิบ เครื่องจักร และค่ากระแสไฟฟ้าในการผลิต เป็นต้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. ทราบถึงกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกร่วมกับชีวมวล
2. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกและชีวมวลทางเลือกอื่น
3. สามารถนำงานวิจัยเป็นแนวคิดในการตัดสินใจในการดำเนินโครงการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งในอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแยกออกเป็นหัวข้อดังนี้

1.พลังงานชีวมวล

2.เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตเอทานอล

3.วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

4.การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

5.ต้นทุนการผลิต

6.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.พลังงานชีวมวล

1.1 ความหมายของพลังงานชีวมวล

ชีวมวล (Biomass) หมายถึง วัสดุหรือสารอินทรีย์ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานได้ ชีวมวลนับรวมถึงวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เศษไม้ ปลายไม้จากอุตสาหกรรมไม้ มูลสัตว์ ของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตร และของเสียจากชุมชน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน , 2555: ออนไลน์)

ชีวมวลเป็นพลังงานที่ได้จากพืชสัตว์โดยกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยใช้ความร้อนหรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยอาศัยจุลินทรีย์ (เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา, 2539: 112)

ชีวมวล คือสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ เช่น เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2546: 11)

พลังงานชีวมวล หมายถึงพลังงานที่ได้จากชีวมวลโดยอาศัยกระบวนการที่ทำให้เกิดการแตกตัวของอินทรีย์สารที่อยู่ในชีวมวลและเปลี่ยนมาเป็นพลังงาน (สุธรรม ปทุมสวัสดิ์, 2546:37)

ชีวมวล หมายถึงวัสดุที่ได้จากธรรมชาติซึ่งอาจเป็นสิ่งมีชีวิตหรือส่วนประกอบของธรรมชาติรวมทั้งสิ่งที่เหลือทิ้งจากสิ่งมีชีวิตที่สามารถทดแทนได้ ชีวมวลที่นำไปแปรรูปเป็นพลังงานส่วนใหญ่เป็นพืชหรือส่วนประกอบของพืช โดยที่พืชจะนำ CO2 ไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อผลิตก๊าซออกซิเจน (O2) ดังนั้นเมื่อนำชีวมวลที่ได้จากพืชมาใช้แปรรูปเป็นเชื้อเพลิงโดยการเผา จึงทำให้ไม่มีการปลดปล่อยก๊าซ CO2 เพิ่มสู่ชั้นบรรยากาศ (Laohalidanond, K., 2007)

1.2 แหล่งที่มาชีวมวล

ชีวมวลเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติจากขั้นตอนของการเจริญเติมโต พืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเปลี่ยนเป็นพลังงานโดนใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์แสงโดยมีคลอโรฟิลล์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้รับคือแป้งและน้ำตาลและเก็บอยู่ตามส่วนต่างๆของพืช เมื่อนำไปเผาจึงจะได้พลังงานความร้อน จากการที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมทำให้แหล่งชีวมวลที่หลากหลาย

1. พืชเกษตรกรรม (Agricultural crop) เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ฯลฯ ซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของคาร์โบไฮเดรต แป้งและน้ำตาลสามารถปลูกเป็นพืชที่ให้พลังงานและผลิตเป็นน้ำมันพืช (vegetable oil) ได้นอกจากนี้ยังมีพืชที่ปลูกเพื่อนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงโดยเฉพาะ เช่น ปาล์มน้ำมันและสบู่ดำ

2. วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (Agricultural residues) เช่น ฟางข้าว รากมันสำปะหลัง ซังข้าวโพด กากถั่วเหลือง

3. เนื้อไม้และเศษเหลือทิ้งของเนื้อไม้ (Wood and wood residues) เช่น ไม้โตเร็วและไม้ยืนต้นทั่วไปเศษเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตไม้ รวมทั้งเศษเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ฯลฯ

4. เศษเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม (Waste streams) เช่น แกลบจากโรงสีข้าว กากน้ำตาลและชานอ้อยจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล และเศษเหลือทิ้งจากการสกัดปาล์มน้ำมัน

5. ขยะมูลฝอยและมูลสัตว์ เช่น ขยะที่เป็นของสดและมูลสัตว์ต่างๆ (Choorit, W. and Wisarnwan, P.,2007)

6. สิ่งมีชีวิตบางชนิด เช่น สาหร่ายนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบได้แก่การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ไบโอดีเซลจากสาหร่ายและการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจน (Hossain, ABMS., et al., 2008)

ประเทศไทยมีการปลูกพืชเกษตรกรรมหลายชนิด แต่จากการสำรวจพบว่ามีพืชเกษตรกรรมอยู่ 4 ชนิดหลักที่มีปริมาณมากเพียงพอต่อการนำมาผลิตพลังงานจากชีวมวลได้คือ อ้อย ข้าว มันสำปะหลัง และปาล์มน้ำมัน

ตารางที่ 2.1 ชีวมวลในประเทศไทยและค่าความร้อน

ชนิด	**วัสดุเหลือใช้**	**ค่าความร้อน** (MJ/kg)
อ้อย	ชานอ้อย	14.40
	ยอดและใบ	17.39
ข้าว	แกลบ	14.27
	ฟางข้าว	10.24
น้ำมันปาล์ม	ทะลายปาล์ม	17.86
	เส้นใย	17.62
	กะลา	18.42
	ก้านทาง	9.83
	ทะลายตัวผู้	16.33
มะพร้าว	เปลือก	16.23
	กะลา	17.93
	ทะลาย	15.40
	ทาง	16.00
มันสำปะหลัง	ต้น	18.42
ข้าวโพด	ซัง	18.04
ถั่วลิสง	เปลือก	12.66
ฝ้าย	ลำต้น	14.49
ถั่วเหลือง	ลำต้นและใบ	19.44
ข้างฟาง	ใบและลำต้น	19.23
เศษไม้	กิ่งก้าน	14.98

ที่มา:กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน

ชีวมวลแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะอย่าง บางคุณสมบัติถือเป็นจุดและบางคุณสมบัติเป็นจุดด้อย(สุริยา พันธ์โกศล. 2554) เช่น

(1) การกระจายตัวของแหล่งชีวมวล : ชีวมวลอยู่กระจัดกระจายพื้นที่เพาะปลูกหรือไม่มีการรวบรวม จะทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงขึ้นเพราะมีค่าใช้จ่ายในการรวบรวมเชื้อเพลิง

(2) ขนาด : ถ้าชีวมวลมีขนาดใหญ่เกินไป เช่น เศษไม้ ไม่เหมาะจะนำมาเผาเป็นเชื้อเพลิงโดยตรง เพราะประสิทธิภาพการเผาไหม้จะต่ำจึงต้องมีค่าใช้จ่ายในการย่อยเพิ่มขึ้นมาด้วย

(3) ความชื้น : ชีวมวลบางชนิดมีความชื้นสูงมาก เช่น กากมันสำปะหลัง หรือ ส่าเหล้ามีความชื้นประมาณ 80-90 % จึงต้องมาผ่านกระบวนการอัดรีดน้ำออกก่อนเพื่อลดความชื้น

(4) สิ่งเจือปน : ในชีวมวลมีสิ่งเจือปนหลายชนิด เช่น เศษหิน ดิน กรวด ทราย คราบน้ำมัน

(5) ปริมาณขี้เถ้า : การออกแบบห้องเผาไหม้จะต้องมีการพิจารณาถึงการรวบรวมขี้เถ้าออกจากห้องเผาไหม้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 **ความหมายของพลังงานชีวมวล** (Bio-energy)

หมายถึง พลังงานที่ได้จากชีวมวลชนิดต่างๆ ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น โดยกระบวนการแปรรูปชีวมวลไปเป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ มีดังนี้คือ

1.3.1 การเผาไหม้โดยตรง (combustion) เมื่อชีวมวลมาเผา จะได้ความร้อนออกมาตามค่าความร้อนของชนิดชีวมวล ความร้อนที่ได้จากการเผาสามารถนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูงไอน้ำนี้จะถูกนำไปขับกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป ตัวอย่างชีวมวลประเภทนี้คือ เศษวัสดุทางการเกษตร และเศษไม้

1.3.2 การผลิตก๊าซ (gasification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งหรือชีวมวลให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิง เรียกว่าแก๊สชีวภาพ (biogas) มีองค์ประกอบของแก๊สมีเทน แก๊สไฮโดรเจน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สามารถนำไปใช้สำหรับกังหันแก๊ส (gas turbine)

1.3.3 การหมัก (fermentation) เป็นการนำชีวมวลมาหมักด้วยแบคทีเรียในสภาวะไร้อากาศ ชีวมวลจะถูกย่อยสลายและแตกตัว เกิดแก๊สชีวภาพ (biogas) ที่มีองค์ประกอบของแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทนใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สำหรับผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้สามารถใช้ขยะอินทรีย์ชุมชน มูลสัตว์ น้ำเสียจากชุมชนหรืออุตสาหกรรมเกษตร เป็นแหล่งวัตถุดิบชีวมวลได้

1.3.4.การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากพืช มีกระบวนการที่ใช้ผลิตดังนี้

(1) กระบวนการทางชีวภาพ ทำการย่อยสลายแป้ง น้ำตาล และเซลลูโลสจากพืชทางการเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวฟ่างหวาน กากน้ำตาล และเศษลำต้นอ้อย ให้เป็นเอทานอล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวในเครื่องยนต์เบนซิน

(2) กระบวนการทางฟิสิกส์และเคมี โดยสกัดน้ำมันออกจากพืชน้ำมัน จากนั้นนำน้ำมันที่ได้ไปผ่านกระบวนการ ทรานส์เอสเตอริฟิเคชั่น (transesterification) เพื่อผลิตเป็นไบโอดีเซล

(3) กระบวนการใช้ความร้อนสูง เช่นกระบวนการไพโรไลซิส เมื่อวัสดุทางการเกษตรได้ความร้อนสูงในสภาพไร้ออกซิเจน จะเกิดการสลายตัว เกิดเป็นเชื้อเพลิงในรูปของเหลวและแก๊สผสมกัน พลังงานชีวมวลได้แก่ เอทานอล และไบโอดีเซล

1.4 ความสำคัญของพลังงานชีวมวล

จากปัญหาการขาดแคลนของทรัพยากรประเภทใช้แล้วหมดไปเช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน ซึ่งนับได้ว่าเป็นแหล่งพลังงานสำคัญที่มีการใช้กันมาก ประกอบกับการเกิดวิกฤตการณ์พลังงาน ทำให้มนุษย์จำเป็นต้องหาทางประหยัดพลังงานและพัฒนาพลังงานทดแทนรูปแบบอื่นมาใช้ โดยเฉพาะพลังงานหมุนเวียที่ใช้ได้ไม่มีวันหมดสิ้นหรือเรียกพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) เช่นพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม และพลังงานชีวมวล เป็นต้น (เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา. 2539:112)

โดยคุณสมบัติที่สำคัญของพลังงานทดแทนคือ เป็นพลังงานสะอาดมีการปลอดปล่อยก๊าซพิษน้อยกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลและสามารถสร้างทดแทนไดตลอดเวลา พลังงานจากชีวมวลจึงมีความน่าสนใจและไดรับความนิยมเป็นอย่างมากเนื่องจากเป็นพลังงานที่มีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมทำให้มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมากทำให้ส่งผลต่อต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงจากชีวมวลจึงมีราคาไมสูงมากนัก นอกจากนี้การใชเชื้อเพลิงจากชีวมวลยังสามารถช่วยรักษาสภาพแวดล้อมได เนื่องจากการใช้พลังงานจาก ชีวมวล จะ ไมก่อให้เกิดก๊าซที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมเหมือนกับการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยก๊าซเหล่านี้ไดแก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด (CO2)และ ไนโตรเจนไดออกไซด (NO2) ซึ่งมีความเป็นพิษโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตและทำให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน (global warming) อย่างไรก็ตามการนำชีวมวลมาผลิตพลังงานยังมีข้อจำกัดอยู่ เช่น ชีวมวลบางชนิดใช้ได้ทั้งเป็นอาหารและพลังงาน เช่น อ้อย มันสำปะหลัง หากนำมาใช้เป็นพลังงานหลังจะทำให้เกิดปัญหาขาดแคลนอาหารโดยอาจใช้ส่วนที่เหลือจากการแปรรูปหรือว่าปลูกพืชเหล่านี้ให้มากขึ้น กานำไม้ในป่ามาเป็นเชื้อเพลิงหรือผลิตพลังงานย่อมมีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ จึงควรปลูกไม้โตไวเพื่อที่จะนำมาใช้เป็นพลังงานโดยตรงเพื่อลดปัญหาการทำลายป่า

ข้อดีและข้อจำกัดของชีวมวล

ข้อดี

-ใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรและอุตสาหกรรมอย่างคุ้มค่า

-ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยเนื่องจากไม่มีการเพิ่มปริมาณสุทธิของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อีกทั้งยังมีปริมาณกำมะถันต่ำกว่าเชื้อเพลิงจำพวกฟอสซิล

-เพิ่มความมั่นคงด้านพลังงาน

-ลดการเสียดุลการค้าจากการนำเข้าพลังงาน

-สร้างรายได้ให้เกษตรกรจากเศษวัสดุเหลือทิ้ง

ข้อจำกัด

-ราคาชีวมวลมีมูลค่าสูงขึ้นจากความต้องการพลังงานที่มากขึ้น

-มีปริมาณที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับฤดูกาลและสภาพดินฟ้าอากาศ ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้

-ชีวมวลอยู่กระจัดกระจายยากต่อการรวบรวมมาใช้งานให้คงที่ตลอดปีและยากต่อการขนส่ง

-การเก็บรนจำเป็นต้องมีพื้นที่ในการเก็บรักษาขนาดใหญ่กว่าเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลเช่น หากต้องการปริมาณความร้อนที่เท่ากันจะต้องใช้แกลบในปริมาณที่มากกว่าน้ำมันเตา เป็นต้น

1.5 **ศักยภาพชีวมวลเหลือทิ้งในประเทศไทย**

ในประเทศไทย พลังงานชีวมวลมีการใช้มายาวนานตั้งแต่สมัยก่อนและนับเป็นพลังงานหมุนเวียนที่มีการใช้มากที่สุด มีพัฒนาการเริ่มต้นตั้งแต่การใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในเพื่อให้ความร้อนในการหุงต้ม ต่อมาจึงมีการใช้และพัฒนาเพื่อใช้งานในหลากหลายจุดประสงค์มากขึ้น

จากข้อมูล รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทยในปี 2552 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน มีการรวบรวมปริมาณวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร ซึ่งประกอบด้วย อ้อย ข้าว ฝ้าย ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ข้าวฟ่าง สับปะรด และก๊าซเหลือใช้จากกระบวนการผลิต โดยพบว่าศักยภาพเชิงพลังงานมีทั้งหมดประมาณ 33 ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ในด้านการใช้พลังงานพบว่ามีการใช้ชีวมวลเพื่อการผลิตพลังงานคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 12.98 ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ โดยใช้ในภาคส่วนต่างๆเหล่านี้

- อุตสาหกรรมการผลิต 6.69 ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
- ในครัวเรือน 5.76 ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
- เพื่อการผลิตไฟฟ้า 5.26 แสนตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

ศักยภาพพลังงานจากสิ่งเหลือทิ้งในพืชชีวมวล

ผลวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานจากสิ่งเหลือทิ้งจากพืชชีวมวลทั้ง 9 ชนิด (ธเนศ อุทิศธรรมและคณะ, 2550) พบว่ามีพลังงานเหลือทิ้งที่ไม่มีการนำมาใช้ถึง 13.0 เมกกะตันน้ำมันดิบต่อปี โดยอ้อยและข้าวเป็นพืชชีวมวลที่หลงเหลืออยู่กระบวนการผลิตและพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดเทียบเท่าพลังงาน 4.9 และ 4.2 เมกกะตันน้ำมันดิบต่อปีโดยส่วนของอ้อยที่เหลือทิ้งและไม่มีการใช้งานคือยอดของอ้อยที่มีส่วนเหลือทิ้งมากถึงร้อยละ 70 – 90 ของส่วนยอดของอ้อยทั้งหมด ส่วนสิ่งที่เหลือทิ้งจากข้าวคือฟางข้าว โดยฟางข้าวที่ถูกทิ้งในที่เพาะปลูกมีมากถึงร้อยละ 50 ของฟางข้าวทั้งหมดและแกลบได้มีการนำไปใช้เพียงร้อยละ 20 – 30 เท่านั้น ส่วนพืชชีวมวลอื่นๆแม้จะมีส่วนที่เหลือทิ้งน้อยกว่าข้าวและอ้อยทางด้านพลังงานก็ตาม แต่ก็ยังมีสิ่งเหลือทิ้งที่ศักยภาพสูงในการนำไปใช้พลังงานเช่น ต้นและใบของข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง ต้นและทะลายของมะพร้าว หรือยอดสับปะรด เนื่องจากสิ่งเหลือทิ้งเหล่านี้ยังมีการนำมาใช้ประโยชน์น้อยมากหากมีการพัฒนาและนำมาใช้เป็นพลังงานจากพืชชีวมวลที่ถูกทิ้งเหล่านี้มาใช้เป็นพลังงานจะช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศและเป็นการลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

ตารางที่ 2.2 ศักยภาพพลังงานเหลือทิ้งจากพืชชีวมวล 9 ชนิด

ชนิด	ผลผลิต (ตัน/ปี)	ส่วนที่เหลือทิ้ง	ปริมาณที่ใช้ (ร้อยละ)	ค่าความร้อน (กิโลจูล/ตัน)	ศักยภาพพลังงาน (กิโลตันน้ำมันดิบ/ปี)
อ้อย	74,249,407	ส่วนยอด ชานอ้อย	10-30 100	17.39 0	4,892
ข้าว	26,076,846	แกลบ ฟางข้าว	70-80 50	14.27 10.24	4,239
ข้าวโพด	4,230,976	ต้นและใบ ซังข้าวโพด	10 70	17.39 18.04	1,494
มัน สำปะหลัง	16,868,310	ต้นและใบ เหง้า	60-80 0	17.39 18.42	917
มะพร้าว	1,870,975	กะลา เปลือก ต้นและทะลาย	50-70 20 0	16.23 17.93 15.4	810
สับปะรด	1,738,833	ยอดสับปะรด	0	12.68	305
ปาล์ม	4,001,376	ใยปาล์ม ทะลายปาล์ม ทางปาล์ม กะลาปาล์ม	100 50-60 100 70-80	0 17.86 0 18.46	219
ยางพารา	3,005,212	ไม้ฟืน ขี้เลื่อย อื่น	100 100 20	0 0 14.98	86
ถั่วเหลือง	259,863	ต้นและใบ	50-60	19.44	63
รวม					13,026

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2547

2.เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตเอทานอล

การผลิตเอทานอลมี 2 วิธีการหลักๆคือการสังเคราะห์โดยใช้วัตถุดิบที่เป็นสารเคมี เอทิลีน (ethylene) จะเรียกว่าเอทานอลสังเคราะห์ กับ การหมักโดยใช้วัตถุดิบทางเกษตรที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบ เช่น ข้าวเจ้า มันสำปะหลัง และ น้ำตาลเป็นส่วนประกอบเช่น อ้อย, กากน้ำตาล รวมไปถึงพวกเส้นใยต่างๆ เช่น ฟางข้าว ชางอ้อย ซึ่งจะได้ออกมาเป็น ไบโอเอทานอล โดยในประเทศไทยจะใช้วัตถุดิบหลักในการหมักเอทานอลอยู่ 2 อย่างคือ กากน้ำตาลและมันสำปะหลัง โดยกรรมวิธีจะคล้ายครึ่งกัน คือ การเตรียมวัสถุดิบ การแปลงวัตถุดิบให้เป็นน้ำตาล (หากเป็นกากน้ำตาลจะไม่มีกระบวนการนี้) การหมัก การกลั่นและการเพิ่มความบริสุทธิ์

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมวัตถุดิบ

มันสำปะหลังที่ผ่านการแยกเหง้าจะถูกล้างให้สะอาดและบดให้ละเอียดเป็นแป้งซึ่งจะได้วัตถุออกมาเป็นแป้งมันสำปะหลัง

ขั้นตอนที่ 2 การย่อยแป้ง

เป็นขั้นตอนการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล เพื่อให้มีสภาพเหมาะสมในการหมักด้วยยีสต์ในขั้นตอนต่อไป โดยกระบวนการย่อยแป้งนั้นจะใช้กรดแป้ง (Acid Hydrolysis) หรือใช้เอนไซน์ในการย่อยแป้ง (Enzymatic Hydrolysis) โดยวิธีอย่างหลังจะได้รับความนิยมมากกว่าเนื่องสะดวกและประหยัดต้นทุนโดยในขั้นตอนย่อยนี้จะแบ่งออกเป็นการย่อย 2 ครั้งคือ

ครั้งที่ 1 ย่อยแป้งเพื่อทำให้แป้งมีโมเลกุลเล็กหรือทำให้เหลวเป็นการเตรียมแป้งมันสำปะหลังโดยใช้วิธีการต้มเคี่ยวน้ำแป้งมันสำปะหลังด้วยเอนไซน์ตัวที่ 1 คือ เอนไซน์ แอลฟา-อะไมเลส โดยการใช้เคี่ยวเพื่อรักษาอุณหภูมิคงที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ครั้งที่ 2 ย่อยแป้งทำให้ได้กลูโคสโดยทำให้น้ำแป้งสุกก่อนผสมเอนไซน์ตัวที่ 2 คือ กลูโคส อไมเลส เพื่อย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลก่อนจะเข้าสู่กระบวนการหมัก

ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการเตรียมหัวเชื้อและกระบวนการหมัก (Fermentation)

การเตรียมหัวเชื้อ (inoculum) เพื่อให้ได้เชื้อจุลินทรีย์ที่แข็งแรงและมีปริมาณมากเพียงพอที่จะใช้ในการหมัก โดยขั้นตอนการหมักจะใช้เชื้อยีสต์ Saccaromycescerevisiae จากนั้นจะทำการปรับสภาวะของการหมักเพื่อควบคุมการให้อากาศ อัตราการกวน ค่า pH และ อุณหภูมิที่เหมาะสม เป็นเวลาประมาณ 48 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 4 การกลั่นเอทานอล (Ethanol)

ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการทำให้เอทานอลมีความบริสุทธิ์เพิ่มมากขึ้นโดยการแยกเอทานอลที่มีความเข้มข้นออกจากน้ำหมักและน้ำส่า โดยการกลั่นลำดับส่วนนี้จะสามารถแยกเอทานอลออกมาได้ให้บริสุทธิ์ได้ถึงร้อยละ 95.6 โดยปริมาตร แต่การกลั่นเอทานอลเพื่อใช้ในการเป็นเชื้อเพลิงนั้นจะเป็น

ต้องทำให้มีความบริสุทธิ์ที่ร้อยละ 99.5 โดยปริมาตร ซึ่งจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีในการกลั่นเพื่อแยกน้ำให้มีความบริสุทธิ์มากที่สุดโดยนิยมใช้อยู่ 3 วิธีคือ

1.การดูดซับ (Molecular sieve)

2.การกลั่นอะซีโอโทป (Azeotropic distillation)

3.เทคโนโลยีแผ่นเยื่อบาง (Membrane technology)

ตารางที่ 2.3 แสดงตัวอย่างเทคโนโลยีต่างๆที่ใช้สำหรับการผลิตเอทานอล

เทคโนโลยี	**ประเทศ**	**วัตถุดิบ**	**จุดเด่น**
PRAJ	อินเดีย	กากน้ำตาล พืชน้ำตาล พืชแป้ง	-ใช้เทคนิคการหมักแบบ Simultanous Saccharification and Fermentation (SSF) -ไม่ต้องผ่านกระบวนการทำให้กากน้ำตาลใส
KATZEN	สหรัฐอเมริกา	กากน้ำตาล พืชน้ำตาล พืชแป้ง	-หมักแบบ Fedbatch โดยใช้เทคนิค SSF
ALFA LAVAL	อินเดีย	กากน้ำตาล พืชน้ำตาล พืชแป้ง	-หมักแบบ Continous
SHANDONG	จีน	มันสำปะหลัง	- หมักแบบ Continous - ระบบหอกลั่น 2 หอแบบ multipressure

ที่มา : กล้าณรงค์ ศรีรอด, การนำของเสียจากการผลิตเอทานอลมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่า

เทคโนโลยีการผลิตเอทานอลที่โรงงานของไทยเลือกใช้ส่วนใหญ่เป็นเทคโนโลยีของต่างประเทศ โดยเฉพาะจากประเทศอินเดียได้แก่ PRAJ และ ALFA LAVAL และจีนได้แก่ Shangdong Machinery & Equipment Import & Export Group Corporation (SDMECO) และ China Light Industrial Corporation for Foreign Economic and Technical Co-operation เป็นต้น เนื่องจากมีต้นทุนการก่อสร้างที่ถูกกว่าและมีประสบการณ์ในการสร้างโรงงานและการผลิตเอทานอลมามาก โดยเฉพาะจีนที่มีประสบการณ์การใช้วัตถุดิบประเภทแป้ง ได้แก่เมล็ดข้าวโพดและมันสาปะหลัง จึงได้รับการพิจารณาเลือกจากผู้ประกอบการของไทย ซึ่งผู้ประกอบการที่ได้รับใบอนุญาตรายใหม่ส่วนใหญ่จะใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ

3.วัตถุดิบที่ใช้ทำการทดลอง

3.1 กากตะกอนจากกระบวนการผลิตเอทานอล

ของเสียที่เหลือจากกระบวนการผลิตเอทานอล

เนื่องจากแนวโน้มราคาน้ำมันเชื้อเพลิงในตลาดโลกมีราคาที่สูงขึ้น ประเทศไทยจึงพยายามพึ่งพาตนเองโดยการใช้พลังงานทดแทน ที่สามารถผลิตได้เองเพื่อลดปริมาณการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ เช่นการนำเอทานอลผสมเข้ากับน้ำมันเบนซิลกลายเป็นน้ำมันแก๊สโซฮอล์ โดยการผลิตเอทานอล 1 ลบ.ม. จะเกิดน้ำเสียประมาณ 10 ลบ.ม.และมีธาตุอาหารเป็นจำนวนมากเช่น

ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทนเซียม โดยโรงงานเอทานอลเชื้อเพลิง (มันสำปะหลัง) ขนาดกำลังการผลิตประมาณ 200,000 ลิตร/วัน จะมีปริมาณน้ำเสียจากการผลิตมากถึง 521,400 ลบ.ม. ตัน/ปี และมีกากตะกอนเปียกประมาณ 82,500 ตัน/ปี (โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพปี 2552) โดยแนวโน้มอุตสาหกรรมเอทานอลนั้นมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานพลังงานที่สูงขึ้น โดยน้ำเสียและกากตะกอนเปียกเหล่านี้จำเป็นต้องมีการลงทุนในระบบจัดการน้ำเสียที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูง

กระบวนการผลิตเอทานอลนั้นนอกจากได้รับเอทานอลแล้วยังได้รับผลพลอยได้อื่นๆเช่น

(1) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักน้ำตาลเป็นเอทานอลด้วยเชื้อยีสต์ โดยสามารถนำไปใช้ได้ทั้งสถานะที่เป็นก๊าซ ของแข็ง และของเหลว

(2) ฟูเซลออยล์ (Fusel oil) หรือใช้เรียกส่วนผสมของแอลกอฮอล์ที่มีจุดเดือดสูงกว่าเอทานอลที่เกิดจากกระบวนการกลั่นเอทานอล โดยการใช้จะนำไปแยกเอาแอลกอฮอล์ออกมาใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมต่างๆจำพวก เรซิ่นและพลาสติก อุตสาหกรรมแล๊คเกอร์และหมึกพิมพ์

(3) ก๊าซชีวภาพ โดยส่วนใหญ่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมเอทานอลจะใช้แบบเทคโนโลยีการหมักแบบไร้อากาศ (Anaerobic treatment technology) ซึ่งจะได้ก๊าซชีวภาพจากกระบวนการย่อยสลายโมเลกุลในน้ำเสีย

(4) ปุ๋ยอินทรีย์ โดยในน้ำกากตะกอนเปียกหรือน้ำกากส่านั้นมีธาตุอาหารจำนวนมากที่พืชต้องการ ซึ่งสามารถนำไปใช้โดยตรงหรือนำมาหมักเป็นปุ๋ยน้ำแบบเข้มข้น

ลักษณะของกากตะกอนจากกระบวนการผลิตเอทานอล

1.มีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ

2.มีลักษณะร่วนซุย

3.มีเศษกากของมันสำปะหลัง

4.มีกลิ่นค่อนข้างแรง

5.มีน้ำเป็นส่วนประกอบมากถึงร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก

.

ภาพที่ 2.1 กากตะกอนน้ำเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตเอทานอล

ข้อมูลการสำรวจโรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในรูปแบบมันเส้นและกากน้ำตาล คำนวณที่กำลังการผลิต 150,000 ลิตร/วัน

วัตถุดิบและผลได้	ปริมาณและคุณภาพ			
	มันเส้น		กากน้ำตาล	
	ปริมาณ	คุณภาพ	ปริมาณ	คุณภาพ
วัตถุดิบ (INPUT)				
1. วัตถุดิบ (ตันต่อวัน)	350-370	- ความชื้น 12-16% - ปริมาณแป้ง 64%	540-550	- น้ำตาลทั้งหมด 48-50% - ของแข็งที่ละลายได้ 80 บริกซ์
2. น้ำ (ลบ.ม.ต่อวัน)	1,200-1,500	-	1,000-1,300	-
3. สารเคมี				
- ยีสต์ผง (กิโลกรัมต่อวัน)	20-80	-	20-80	-
- เอนไซม์ (กิโลกรัมต่อวัน)	20-800	-	-	-
- สารเคมีอื่นๆ (กิโลกรัมต่อวัน)	1,000-5,000	-	1,000-5,000	-
4. พลังงาน				
- ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน)	25,000-47,000	380 V 50 Hz	22,000-44,000	380 V 50 Hz
- ไอน้ำ (ตันต่อวัน)	300-500	ความดัน 3-10 บาร์	200-400	ความดัน 3-10 บาร์
ผลได้ (OUTPUT)				
1. เอทานอล (ลิตร/วัน)	150,000	- ตามมอก. (640-2533)	150,000	- ตามมอก. (640-2533)
2. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตัน/วัน)	100-120	-	100-120	-
3. Fusel oil (ลิตร/วัน)	300-600	-	300-600	-
4. น้ำกากส่า (ลบ.มต่อวัน)	1,400-1,600	- TS 5-7% - COD 40,000-60,000 mg/l - BOD 15,000-35,000 mg/l	1,000-1,300	- TS 15% - COD 100,000-150,000 mg/l - BOD 40,000-70,000 mg/l
4.1 ตะกอนเปียก (ตันต่อวัน)	100-200	20-30% TS	-	-
4.2 น้ำเสีย (ลบ.ม.ต่อวัน)	1,200-1,400	- 2-4% TS - COD 20,000-40,000 ppm - BOD 10,000-30,000 ppm	1,000-1,300	- 10-12% TS - COD 120,000-150,000 ppm - BOD 40,000-70,000 ppm

ที่มา: ข้อมูลอ้างอิงจากแหล่งอ้างอิงและสำรวจโรงงาน

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากตะกอนเปียกจากกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันเส้นมาใช้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อมาใช้ทดแทนการใช้พลังงานหลักและเป็นการลดปัญหาการกำจัดของเสียจากกระบวนการผลิตอีกทางหนึ่งด้วย จากงานวิจัยของวลัยรัตน์ อุตตมะปรากรม (2552) ได้มีการนำตะกอนเปียกมาวิเคราะห์ข้อมูลและค่าความร้อน พบว่ามีค่าความชื้น 8.68 % สารละเหย 67.7% เถ้า 15.75 % คาร์บอนคงตัว 7.81 และมีค่าความร้อน 15,486 กิโลจูลต่อกิโลกรัม หรือประมาณ 3687.14 แคลอรี่ต่อกิโลกรัมซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความร้อนที่ได้จากถ่านไม้สำหรับหุงต้ม และหลังจากการนำไปเข้าสู่กระบวนการอัดแท่งเพื่อให้มีขนาดที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน โดยนำไปวิเคราะห์แบบค่าความร้อน มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยโดยมีค่าความร้อนที่สูงขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากมีการองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีสม่ำเสมอขึ้นโดยมีคุณสมบัติติดไฟง่าย มีควันเล็กน้อย และมีขี้เถ้าค่อนข้างสูงจึงจำเป็นต้องมีการออกแบบห้องเผาไหม้โดยต้องพิจารณาถึงการรวบรวมขี้เถ้าออกจากห้องเผาไหม้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าวิเคราะห์แบบประมาณและค่าความร้อนของตะกอนเปียกอัดแท่ง

สมบัติ	**ร้อยละขององค์ประกอบโดยน้ำหนัก**
ความชื้น (% Moisture)	11.61
สารระเหย (% Volatile matter)	68.82
เถ้า (% Ash content)	16.59
คาร์บอนคงตัว (Fix Carbon)	2.97
ความร้อน (Heating Value)	15,512 KJ/Kg
สารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์	0.0876

ที่มา วลัยรัตน์ อุตตมะปรากรม . วารสารวิจัยพลังงาน ฉบับปี 2552/2 :118

3.2 กะลามะพร้าว

3.2.1 มะพร้าว (Coconut) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Cocos nuciferra Linn เป็นพืชยืนต้นชนิดหนึ่ง อยู่ในตระกูลปาล์ม เป็นพืชที่สามารถใช้ประโยชน์ได้แทบทุกส่วนและเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งจากสำนักงานสถิติแห่งชาติเคยสำรวจพบว่าประชากรไทย 1 คนจะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผล/คน/ปี หรือใช้ในการบริโภคประมาณ 990 ล้านผล/ปี เป็นร้อยละ 65 ของผลผลิตมะพร้าวทั้งหมดและส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 35 ของผลผลิตทั้งหมดหรือประมาณ 489 ล้านผลใช้ในอุตสาหกรรมหรือเป็นผลิตภัณฑ์ส่งออกไป ซึ่งจะสามารถแบ่งแยกอุตสาหกรรมมะพร้าวได้ 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550: ออนไลน์)

1.การแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากมะพร้าวหรือแปรรูปเพื่อการบริโภค ซึ่งส่วนใหญ่ได้จากเนื้อมะพร้าวที่มีอยู่ร้อยละ 30 ของน้ำหนักผลจากน้ำมันมะพร้าวที่มีอยู่ร้อยละ 21-26 ของน้ำหนักผล เพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆเช่น กะทิ กะทิเข้มข้น กะทิผง น้ำมันมะพร้าว แป้งมะพร้าว ส่วนผลิตภัณฑ์จากน้ำมะพร้าวได้แก่ น้ำส้มสายชู น้ำ-มะพร้าวอ่อน น้ำตาลมะพร้าว เป็นต้น

2.ผลิตภัณฑ์เพื่ออุตสาหกรรมอุปโภค เช่น การผลิตเส้นใยมะพร้าวเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ใช้เส้นใยในการอัดเช่น เบาะรถยนต์ หรือเก้าอี้โซฟา อุตสาหกรรมแท่งเพาะชำ และอุตสาหกรรมเผาถ่านจากกะลามะพร้าว ผลผลิตมะพร้าวในแต่ละปีจะมีมูลค่าไม่ต่ำกว่า 2,700 ล้านบาทต่อปี คิดแล้วเป็นมูลค่ามหาศาลโดยมะพร้าวสามารถขึ้นได้ดินแทบทุกประเภทแต่ผลผลิตจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณภาพและความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยสภาพอากาศควรมีฝนตกสม่ำเสมอและมีแสงแดดมาก โดยภาคที่มีการปลูกมะพร้าวมากและปลูกเป็นอาชีพคือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศด้านการเกษตร, 2555: ออนไลน์)

ภาพที่ 2.2 ลูกมะพร้าว

3.2.2 การปลูกมะพร้าวในประเทศไทย

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะพร้าว 1.54 ล้านไร่ มีผลผลิตรวม 1.48 ล้านตันต่อปี และมีมูลค่าผลผลิตรวม 7,111 ล้านบาท ผลิตมากในภาคใต้โดยจังหวัดที่มีผลผลิตมากที่สุด 5 อันดับคือ ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร ชลบุรี สุราษฎร์ธานี และ นครศรีธรรมราช ตามลำดับโดยคิดเป็น 73% ของปริมาณผลผลิตทั้งประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

ตารางที่ 2.5 ผลผลิตมะพร้าวในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย

จังหวัด	เนื้อที่ยืนต้น (ไร่)	เนื้อที่ให้ผล (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
รวมทั้งประเทศ	1,542,566	1,535,781	1,483,927	966
ประจวบคีรีขันธ์	434,561	429,989	434,719	1,011
ชุมพร	226,491	226,491	242,572	1,071
ชลบุรี	81,024	81,024	151,272	1,867
สุราษฎร์ธานี	218,819	218,819	145,952	667
นครศรีธรรมราช	104,955	104,955	105,795	1,008

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551

นอกจากนี้มะพร้าวนั้นสามารถเก็บผลผลิตได้ตลอดทั้งปีทุกฤดูกาลทำให้มีวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าวจำนวนมากได้แก่ ทางหรือก้านใบ จั่นหรือก้านทะลาย จะมีเหลือในส่วนมะพร้าวเปลือกหรือกาบและกะลาจะมีเหลือที่พ่อค้าคนกลางหรือเกษตรกรที่ทำการปอกเปลือกก่อนส่งสู่โรงงานอุตสาหกรรม โดยทางหรือก้านใบจะมีประมาณ 19.59 ล้านตันต่อปี จั่นหรือก้านทะลายจะมีประมาณ 0.40 ล้านตันต่อปี และกะลามะพร้าว มีประมาณ 1.40 ล้านตันต่อปี (การสำรวจวัสดุเหลือใช้ด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม, 2547)

ภาพที่ 2.3 ต้นมะพร้าว

3.2.3 กะลามะพร้าว เป็นส่วนประกอบส่วนหนึ่งของมะพร้าวที่มักถูกเหลือทิ้งหลังจากการนำเนื้อและน้ำของมะพร้าวมาใช้ประโยชน์ โดยมะพร้าว 1 ลูกจะมีใยมะพร้าว 36.2% และเป็นกะลา 16 % โดยคุณสมบัติของกะลามะพร้าวนั้นมีความคงทนมาก ไม่หดตัวแม้ถูกน้ำ ถูกแดด แต่จะมีความเปาะและหักง่ายหากน้ำไปกระแทกกับสิ่งแข็งๆ โดยประโยชน์ของกะลามะพร้าวสามารถน้ำมาใช้ได้ดังนี้

1.สามารถนำกะลามะพร้าวมาดัดแปลงใช้เป็นวัสดุในครัวเรือนต่างๆ เช่น ช้อน ถ้วย ชาม กระบวยตักน้ำและอุปกรณ์ตกแต่งบ้านต่างๆ

2.สามารถนำกะลามะพร้าวที่แปรรูปเป็นถ่านชาร์ที่ได้จากกระบวนการคาร์บอนไนซ์เซชั่นมาเป็นตัวดูดซับกลิ่นและสีในตู้เย็นและในอุตสาหกรรมต่างๆ

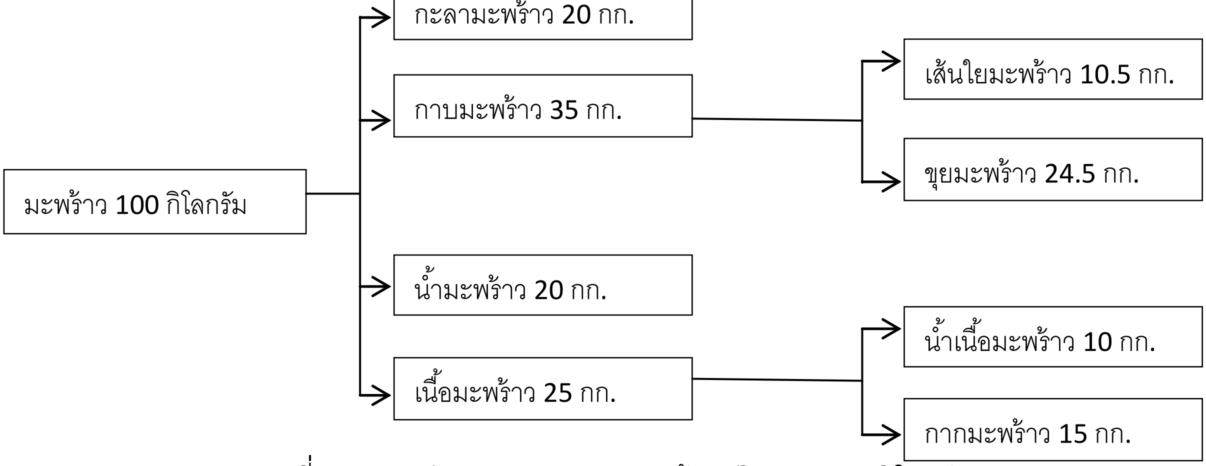
3.สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้โดยตรงหรือการนำไปอัดในรูปแบบแท่งเชื้อเพลิง

มะพร้าว เป็นพืชที่มีอยู่ในประเทศไทยหลากหลายพันธุ์ โดยส่วนใหญ่จะอยู่ทางภาคใต้ เนื่องมีสภาพดินและภูมิอากาศที่เหมาะสมคือ ดินทราย มีแสงแดดจัดและมีฝนตกสม่ำเสมอตลอดทั้งปี โดยมะพร้าวนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน เช่น เนื้อและน้ำนำไปบริโภคหรือแปรรูปเป็นกะทิในการประกอบอาหาร แต่คนส่วนใหญ่มักจะไม่ได้ใช้ประโยชน์จากกะลามะพร้าว ทำให้กะลามะพร้าวนั้นส่วนใหญ่นั้นมักถูกทิ้งอยู่ทั่วไปโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ ซึ่งตัวกะลามะพร้าวเองนั้นมีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงเป็นอย่างดีซึ่งสามารถนำมาใช้ร่วมหรือทดแทนเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิสได้เป็นอย่างดีรวมไปถึงลดปัญหาการทำลายป่าไม้เพื่อมาทำเป็นฟืนในการเผาไหม้เพื่อให้ความร้อน โดยส่วนใหญ่กะลามักเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปมะพร้าวเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ จึง

จำเป็นต้องหาวิธีนำกะลามะพร้าวมาใช้ประโยชน์โดยการนำไปเผาให้เป็นถ่านคาร์บอนก็ที่จะนำไปอัดเป็นแท่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้เป็นเชื้อเพลิงต่อไป ในปัจจุบันกะลามะพร้าวนั้นถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงอย่างแพร่หลายและสามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรและชุมชนได้เป็นอย่างดีซึ่งสามารถสร้างประโยชน์ทั้งทางเศรษฐกิจอีกทั้งยังช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมและลดปัญหาการลดลงของทรัพยากรป่าไม้ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการใช้กะลามะพร้าวเพื่อแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมทดแทนถ่านจากไม้และเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ

ภาพที่ 2.4 กะลามะพร้าว

ลือพงษ์ ลือนาม และสมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช (2551:68) ได้รายงานผลสำรวจอุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าวในจังหวัดชลบุรี โดยมะพร้าวที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวเพื่อนำส่งให้ผู้ประกอบการจะมีน้ำหนักประมาณ 1.25 – 3.00 กิโลกรัมต่อผล ซึ่งจะนำจำหน่ายแบบทั้งผลโดยที่ไม่ปลอกเปลือกเนื่องจากจะเก็บรักษาไว้ได้นานกว่า ซึ่งผู้ประกอบการท้องถิ่นหรือพ่อค้าคนกลางที่รับซื้อไปจะนำไปปอกเปลือกเพื่อส่งเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปหรือร้านอาหารเพื่อบริโภคโดยจะแยกส่วนประกอบของผลผลิตมะพร้าวที่ถูกเก็บเกี่ยวออกได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบต่างๆของมะพร้าวปริมาณ 100 กิโลกรัม

ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง

ถ่านอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้ม ผลิตขึ้นจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือเศษถ่าน โดยมีแป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาลหรือส่าเหล้า อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นตัวผสม ทำให้เศษถ่านยึดติดกันขึ้นรูปได้ โดยใช้เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงเป็นเครื่องมือที่ใช้ขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิง มีทั้งแบบใช้แรงงานกดและแบบที่ใช้จากคนเป็นต้นกำลังส่งแรงอัดไปยังกระบอกอัดแบบลูกสูบ และในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กก็จะใช้เครื่องจักรทั้งหมดโดยปกติเกษตรกรปลูกมะพร้าวเพื่อจำหน่ายผลเป็นส่วนใหญ่ มีนักธุรกิจที่เล็งเห็นประโยชน์จากผลผลิตของมะพร้าว บางกลุ่มเริ่มนำเปลือกมะพร้าวมาทำเป็นใยมะพร้าวส่งจำหน่ายโรงงานผลิตเครื่องใช้ต่างๆ อีกมากมาย ส่วนกะลามะพร้าวที่ได้นำเนื้อเยื่อไปทำประโยชน์อย่างอื่นแล้ว กะลายังถูกทิ้งขว้างเป็นมลภาวะที่มีปัญหาต่อชุมชน เพราะย่อยสลายยาก

ทางภาครัฐได้ส่งเสริมแนวคิดนำวัสดุเหลือใช้มาพัฒนาให้เป็นเศรษฐกิจ ที่เกิดมูลค่ามากขึ้นในระยะไม่ถึงสิบปีที่ผ่านมา หลังจากรัฐบาลได้ปิดป่าถาวร แก๊สหุงต้มราคาสูงขึ้น กอปรกับการตื่นตัวเรื่องมลภาวะและความปลอดภัยสูงขึ้น จึงมีผู้ที่พยายามนำกะลามะพร้าวมาทำถ่านเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นการใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงก็เคยมีมาแล้วตั้งแต่โบราณ โดยการใช้เป็นวัตถุดิบก่อไฟให้ความร้อนและแสงสว่าง ต่อมาก็เผากะลาเป็นถ่านเก็บไว้ก่อไฟในรูปของถ่านกะลามะพร้าวธรรมดา แต่จะไม่สะดวกเก็บ สะดวกใช้ เพราะกะลามะพร้าวในรูปถ่านบาง เปราะ แตกหักง่ายอาจจะเป็นผงถ่านไม่สะดวกใช้ตลาดไม่นิยม จึงมีผู้ค้นผลิตถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง ให้เป็นที่นิยมของตลาด เพื่อหวังเป็นธุรกิจคู่กับความต้องการพลังความร้อนของการครองชีพของมนุษย์ เพื่อช่วยชะลอการตัดไม้ทำลายป่า ช่วยประหยัดพลังงานแก๊สธรรมชาติที่มีจำกัด ช่วยประหยัดเงินชาติ ที่ต้องสั่งแก๊สหุงต้มเข้ามาจากต่างประเทศ ช่วยลดมลภาวะจากวัสดุเหลือใช้จากผลิตภัณฑ์มะพร้าว และช่วยสร้างงาน สร้างอาชีพ สร้างรายได้แก่ท้องถิ่น สะดวกในการใช้เก็บรักษาง่าย ให้พลังงานความร้อนสม่ำเสมอ ค่าความร้อนมากกว่า 7,000 แคลอรี่/กรัม นานถึง 4 ชั่วโมง ไม่มีควันและไม่เกิดประกายไฟ ในขณะจุดติดหรือเผาไหม้ ใช้วัตถุดิบเหลือใช้ในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์ ในกรณีใช้ไม่หมด สามารถใช้ได้ในครั้งต่อไปได้อีก โดยการนำไปจุ่มน้ำ แล้วตากแดดให้แห้งก่อนเก็บใช้ทดแทนถ่านไม้หรือแก๊ส ลดต้นทุนการผลิตอาหาร หรือใช้ในการดูดซับกลิ่นในตู้เย็นหรือห้องทำงานที่มีกลิ่นหรือในรถได้เป็นอย่างดี เหมาะสำหรับปิ้ง ย่าง โดยไม่ก่อให้เกิดสารพิษใดๆ

ตารางที่ 2.6 การเปรียบเทียบข้อแตกต่างของคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของถ่านกะลามะพร้าว และฟืน

ถ่านกะลามะพร้าว	ถ่านไม้,ฟืน
1.ประหยัดหมายถึงให้ค่าความร้อนมากกว่าไม้และสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนได้	ถ่านหมดเร็วมีความหนาแน่นน้อยกว่า
2.ไม่แตกประทุไม่มีกลิ่นเพราะผลิตจากวัสดุธรรมชาติไม่ผสมสารเคมี	มีการแตกประทุเพราะธรรมชาติของไม้จะมีรูภายในทำให้เมื่อมีการเผาไหม้จะเกิดการประทุ
3.ไม่มีควันจากตัวถ่านอัดแท่งเพราะถ่านได้รับการเผาไหม้เต็มที่แล้วที่อุณหภูมิสูง	3.มีควันเนื่องจากมีความชื้นหลงเหลืออยู่ ซึ่งไม่สามารถกำจัดความชื้นออกได้หมดจากการเผาถ่านไม้ปกติ
4.แข็ง ไม่แตก ไม่ยุ่ย	4.เปาะและแตกง่าย
5.ดับยาก สามารถติดได้ในที่มีอากาศไหลเวียนน้อย	5.ต้องใช้อากาศถ่ายเทจำนวนมากในการเผาไหม้และดับเมื่อมีอากาศน้อยจึงต้องเติมถ่านบ่อย
6.สะดวกและสะอาด ง่ายต่อการเก็บเนื่องจากบรรจุในถุกบรรจุในกล่องหยิบใช้ง่าย	7.ถ่านไม้ส่วนใหญ่บรรจุในกระสอบทำให้เสียพื้นที่ในการเก็บและยากต่อเก็บรักษา

ที่มา:ศูนย์ธุรกิจอุตสาหากรรม (BOC). 2555)

กระบวนการผลิตถ่านกะลามะพร้าว

1.การเผาถ่านกะลามะพร้าว

วิธีการเผากะลามะพร้าวให้เป็นถ่านนั้นจะเป็นต้องคัดแยกหรือใช้ตะแกรงร่อนวัสดุอื่นๆออกจากกะลา เช่น กรวด หิน ดิน ทราย ถุงพลาสติก เศษโลหะและอื่นๆออกให้หมดให้เหลือเพียงกะลามะพร้าวอีกทั้งจำเป็นต้องแยกเปลือกของกะลาออกด้วยเนื่องจากเส้นใยกะลามะพร้าวนี้จะมีผลต่อการอัดถ่านรวมไปถึงเวลาใช้งานนำถ่านไปใช้งานจะทำให้แสบตา ซึ่งในกระบวนการเผานั้นจะใช้เผาในถังน้ำมัน 200 ลิตรซึ่งหาง่ายและลงทุนต่ำ โดยการนำไปเผาจะวางเรียงกะลามะพร้าวในลักษณะคว่ำกะลามะพร้าวให้รอบๆถังเป็นชั้นๆเข้ามาและเว้นช่องว่างตรงกลางประมาน 20 ซม. เพื่อไว้สำหรับจุดไฟโดยวิธีการเรียงนี้จะเวลาในการเรียงพอสมควรถ้าเพื่อประหยัดเวลาควรหาวัสดุทรงกลมหรือสี่เหลี่ยมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 cm วางไว้กึ่งกลางถังแล้วค่อยๆเทกะลาลงไปเรื่อยๆหรือประมาณครึ่งถังแล้วค่อยๆยกภาชนะที่เป็นกึ่งกลางออก เพื่อให้เหลือช่องว่างไว้สำหรับจุดไฟ และเมื่อทำการติดไฟให้คอยใช้ไม้หรือเหล็กเกลี่ยกะลาให้ติดไฟทั่วๆกันโดยสังเกตจากเนื้อกะลาที่เป็นสีแดงและมีควันน้อยลงแสดงว่าการเผาไหม้กะลาทั้งหมดแล้วให้ปล่อยทิ้งไว้สัก 5-10 นาทีแล้วจึงใช้กระสอบป่าน

ชุบน้ำเปียกๆคลุมปากถังแล้วปิดทับด้วยไม้ที่ฝาถังให้แน่นสนิทและใช้ทรายปิดบนกระสอบป่านอีกชั้นเพื่อป้องกันการเข้าไปของอากาศโดยทิ้งไว้ 1 คืน ไฟจะดับและถ่านกะลามะพร้าวจะค่อยๆเย็นลงจึงเปิดฝาถัง ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการบดละเอียดในขั้นต่อไป โดยกะลามะพร้าวที่จะนำไปบดในขั้นตอนต่อไปต้องดำสนิทและไหม้หมดคล้ายขี้เถ้า หายังมีสีน้ำตาลผสมอยู่แสดงว่ายังไหม้ไม่หมดดีจำเป็นต้องนำไปเผาใหม่โดยขณะการเผากะลามะพร้าวนั้นจะมีควันมากจึงจำเป็นต้องหาสถานที่และเวลาที่เหมาะสมในการเผาเพื่อไม่ให้รบกวนสิ่งแวดล้อมหรือชุมชนใกล้เคียง โดยหลังจากการเผาแล้วจำเป็นต้องนำไปร่อนกะลามะพร้าวอีกครั้งเพื่อให้เหลือแต่เศษกะลาอย่างเดียวโดยไม่มี ฝุ่น ผง หรืออย่างอื่นเจือปนแต่ส่วนใหญ่ผู้ผลิตจะไม่สนใจเนื่องจากจะทำให้ได้ถ่านกะลามะพร้าวน้อยลง

2.ขั้นตอนการบนอัดให้เป็นผง

ในขั้นตอนนี้จะทำการบดกะลามะพร้าวที่ทำการเผาให้เป็นคาร์บอนแล้วเพื่อให้เป็นชิ้นเล็กๆเพื่อง่ายต่อการผสมส่วนประกอบต่างๆในการขึ้นรูปเป็นแท่ง ซึ่งหากกะลาที่ถูกเผาไหม้มามีความแห้งมากจำเป็นตอนฉีดน้ำผสมนิดหน่อยเพื่อให้ง่ายต่อการตีหรือบดโดยเครื่องจะตีกะลามะพร้าวที่ถูกเผาเป็นคาร์บอนให้เป็นผงเพื่อให้มีขนาดใกล้เคียงกันโดยก่อนนำเข้าสู่เครื่องบดอาจทำการฟาดหรือเหยียบให้เศษกะลาเป็นชิ้นเล็กลงก่อนเข้าสู่เครื่องบดตีเป็นผงหากชิ้นส่วนของกะลามีขนาดใหญ่เกินไป เพื่อให้ง่ายต่อการผสมส่วนประกอบอย่างอื่นก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการอัดแท่งขึ้นเป็นรูปเชื้อเพลิงอัดแท่งในขั้นตอนต่อไป

3.ขั้นตอนการผสมผงถ่านโดยเครื่องผสมส่วนประกอบ

โดยจะทำการผสมผงถ่านเข้าวัตถุดิบร่วมโดยใช้น้ำและแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวยึดเหนี่ยวในอัตราส่วนตามแต่การผลิต เพื่อให้ส่วนผสมรวมกันเป็นเนื้อเดียว

4.ขั้นตอนในการอัดขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนสำคัญในการผลิตถ่านโดยจะทำการรับผงถ่านกะลามะพร้าวที่ถูกตีรวมกับน้ำและแป้งมันสำปะหลังมาเป็นเนื้อเดียวกันก่อนจะถูกอัดขึ้นเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดแรงดันสูงที่มีอุณหภูมิสม่ำเสมอโดยกระบวนการนี้จะดำเนินการต่อเนื่องกับเครื่องผสมผงถ่านหลังจากนั้นจะทำการตัดเป็นแท่งให้มีขนาดเท่าๆกัน

5.ขั้นตอนการอบแห้งไล่ความชื้นออกจากถ่าน

โดยขั้นตอนนี้จะทำการไล่ความชิ้นออกไปเพื่อทำให้ได้ถ่านที่มีคุณภาพโดยการนำไปวางตากแดดหรือไล่ความชื้นในห้องอบ โดยหลังจากไล่ความชื้นออกไปแล้วควรเก็บบรรจุลงสู่ผลิตภัณฑ์ทันทีเพื่อป้องกันความชื้นกลับเข้าไปสู่ถ่านอีกครั้ง เนื่องจากตัวถ่านเองมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นอยู่แล้ว ซึ่งจะทำให้คุณภาพของถ่านแย่ลง

ภาพที่ 2.6 กะลาที่ถูกเผาให้เป็นคาร์บอน

ภาพที่ 2.7 ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว

3.3 **เปลือกทุเรียน**

ทุเรียน

ทุเรียนจัดเป็นไม้ผลในวงศ์ฝ้าย (Malvaceae) ในสกุลทุเรียน (*Durio*) ผลไม้ซึ่งได้ชื่อว่าเป็นราชาของผลไม้ โดยผลของทุเรียนมีจะมีขนาดใหญ่และมีหนามแข็งปกคลุมทั่วเปลือก อาจมีขนาดยาวถึง 30 ซม. และอาจมีเส้นผ่าศูนย์กลางยาวถึง 15 ซม. โดยทั่วไปมีน้ำหนัก 1-3 กิโลกรัม ผลมีรูปรีถึงกลม เปลือกมีสีเขียวถึงน้ำตาล เนื้อในมีสีเหลืองซีดถึงแดง แตกต่างกันไปตามสปีชีส์ (Wikipedia, 2555: ออนไลน์)

ถึงแม้ว่าทุเรียนจะไม่มีถิ่นกำเนิดในไทยแต่ก็สามารถปลูกได้ในทุกพื้นที่ของประเทศ ประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้ส่งออกหลักในการส่งออกทุเรียน จากผลผลิต 781,000 ตันที่ผลิตได้ในประเทศไทยจากผลผลิตรวมทั่วโลก 1,400,000 ตัน และในปี พ.ศ. 2542 มีการส่งออกถึง 111,000 ตัน ประเทศมาเลเซียและประเทศอินโดนีเซียเป็นอันดับรองลงมา แต่ละประเทศมีผลผลิตประมาณ 265,000 ตัน ซึ่งในจำนวนนี้ มาเลเซียส่งออกผลผลิต 35,000 ตัน ในประเทศไทย จังหวัดจันทบุรีมีการจัดงานมหกรรมทุเรียนโลกในต้นเดือนพฤษภาคมทุกปี แค่เพียงจันทบุรีจังหวัดเดียวก็มีผลผลิตถึงครึ่งหนึ่งของผลผลิตรวมในประเทศไทย

ทุเรียนจะมีลักษณะของทรงต้น ใบและผลของทุเรียน ที่เป็นลักษณะเด่นเฉพาะตัว คือ ทรงผลและเปลือกมีหนามแหลม เนื้อมีสีสวยงาม กลิ่นและรสชาติที่พิเศษเฉพาะตัว ซึ่งคนในทวีปเอเชียจะชอบรสชาติของทุเรียนเป็นพิเศษ ทุเรียนจึงถือได้ว่าเป็นผลไม้ที่มีความพิเศษ โดยได้รับการกล่าวโดยทั่วไปว่า King of Tropical Fruit หรือราชาของผลไม้เมืองร้อนและเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่ใช้เป็นของฝาก อย่างไรก็ตามทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีผลขนาดใหญ่และกลิ่นฉุนโดยเฉพาะเมื่อเริ่มสุก ทำให้ถูกห้ามนำขึ้นไปบนเครื่องบินหรือในโรงแรมปรับอากาศ ชาวตะวันตกที่ไม่คุ้นเคยกับกลิ่นและรสหวานของ

ทุเรียนมักจะไม่ชอบทุเรียน สำหรับทุเรียนของภาคใต้นั้น มีเอกลักษณ์ในเรื่องทุเรียนพื้นเมืองที่มีมากและหลากหลาย รวมทั้งชื่อเสียงของทุเรียนกวนที่ทำจากทุเรียนพื้นเมือง

ทุเรียนเป็นผลไม้ที่ปลูกมากที่สุดในภาคใต้และปลูกติดต่อกันมานาน จำนวนเกษตรกรหรือครัวเรือนผู้ปลูกทุเรียนจึงมีมาก ฤดูการเก็บเกี่ยวของทุเรียนในภาคใต้ค่อนข้างยาวนานและสามารถผลิตนอกฤดูได้ ทำให้ทุเรียนจากภาคใต้มีส่วนในการส่งเสริมเรื่องระยะเวลาในการขายและการส่งออกต่างประเทศ ในระดับชาตินั้น ทุเรียนของไทยเป็นที่ยอมรับว่ามีคุณภาพและได้รับความนิยมมากที่สุด ไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกทุเรียนมากที่สุด อย่างเช่น ในประเทศมาเลเซีย ซึ่งสามารถผลิตทุเรียนได้ แต่ชาวมาเลเซียยังนิยมบริโภคทุเรียนของไทย **(สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร(องค์การมหาชน))**

ภาพที่ 2.8 ผลทุเรียน

คุณค่าทางอาหาร

โดยทั่วไปทุเรียนแต่ละผลประกอบด้วยส่วนที่เป็นเปลือก 55 ถึง 66 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เป็นเมล็ด 12 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เป็นเนื้อบริโภคได้ 22 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์เป็นสำคัญ เนื้อทุเรียนจัดได้ว่าเป็นผลไม้ที่ให้พลังงานสูง เนื้อ 100 กรัมหรือประมาณจากสองเมล็ดจะให้พลังงานระหว่าง 134 ถึง 187 กิโลแคลอรี่ ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ซึ่งนับว่ามีพลังงานสูงมากเมื่อเทียบกับผลไม้ด้วยกัน ทั้งนี้เพราะเนื้อทุเรียนมีคาร์โบไฮเดรตและไขมันสูง รวมทั้งเนื้อทุเรียนยังมีโปรตีนและแร่ธาตุ เช่น แคลเซียมและฟอสฟอรัสสูงด้วย **(คลังข้อมูลสารสนเทศระดับภูมิภาค (ภาคใต้) สถานการณ์การค้าทุเรียน)**

ไทยเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก (ปี 2547-2552) เฉลี่ยปีละ 683,410 ตัน โดยในปี 2553 ประมาณการว่าจะมีผลผลิต 632,459 ตัน แหล่งผลิตที่สำคัญจะเป็นภาคตะวันออก ได้แก่ จันทบุรี ระยอง และตราด ภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช

ตารางที่ 2.7 สถิติการผลิตทุเรียนในประเทศไทย

ปี	ปริมาณ (ตัน)
2547	829,197
2548	649,789
2549	569,057
2550	752,965
2551	637,790
2552	661,665
2553*	632,459

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ปี 2553 เป็นการประมาณการเก็บเกี่ยว : (ภาคตะวันออก เดือน มี.ค.-ก.ค. ช่วงพ.ค. เป็นช่วงผลผลิตออกมาก) (ภาคใต้ เดือน มิ.ย.-ต.ค. ช่วงส.ค. เป็นช่วงผลผลิตออกมาก)

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกทุเรียน (กรมวิชาการเกษตร, 2555: ออนไลน์)

1.พื้นที่ไม่มีน้ำท่วมขัง มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 0-650 เมตร มีความลาดเอียงประมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ควรเกิน 15 เปอร์เซ็นต์ การคมนาคมสะดวก ขนส่งผลผลิตได้รวดเร็ว

2.ดินร่วนปนทราย อุดมสมบูรณ์สูง ระบายน้ำดี หน้าดินลึกมากกว่า 50 เซนติเมตร ระดับน้ำใต้ดินลึกมากกว่า 75 เซนติเมตร ค่าความเป็น กรดด่างของดินระหว่าง 5.5-6.5

3.อากาศร้อนชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 10-46 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์

4.ปริมาณน้ำฝนมากกว่า 2,000 มิลลิเมตรต่อปี การกระจายตัวของฝนดี มีช่วงแล้งต่อเนื่องน้อยกว่า 3 เดือนต่อปี

5.มีน้ำสะอาดเพียงพอตลอดทั้งปี (ประมาณ 600-800 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) ไม่มีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่มีพิษปนเปื้อน ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำระหว่าง 6.0-7.5 มีสารละลายเกลือไม่มากกว่า 1.4 มิลลิโมลต่อเซนติเมตร

แหล่งปลูกดั้งเดิมของทุเรียนอยู่ในเขตนนทบุรี ธนบุรี และกรุงเทพมหานคร โดยเป็นการปลูกแบบยกร่อง มีคันคูน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วม โดยทั่วไปมักปล่อยให้มีการเจริญเติมโตตามธรรมชาติ มีการดูแลรักษาน้อย ต่อมาเมื่อประสบปัญหาน้ำท่วมในบางปีประกอบความเจริญพัฒนาออกสู่รอบนอกเมือง ทำให้เกษตรส่วนใหญ่ขายพื้นที่สวนเดิมและย้ายฐานการผลิตออกไปยังจังหวัดอื่นที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสม ปัจจุบันทุเรียนนั้นมีการปลูกกันเป็นจำนวนมากในทุกภาคของประเทศไทย เช่น ภาคเหนือ ที่อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ จังหวัด นครพนม ศรีสะเกษ หนองคาย ภาคกลางที่จังหวัด อยุธยา ลพบุรี สระบุรี ภาคใต้ที่จังหวัด ชุมพร สุราษฎร์ธานี นราธิวาสและตรัง และภาคตะวันออกที่จังหวัด จันทบุรี ระยอง ปราจีนบุรี และตราดเป็นต้น ถึงแม้จะมีการปลูกทุเรียนทั่วไปในแต่ละภาคแต่ภาคที่มีผลผลิตมากที่สุดคือภาคกลางและภาคใต้ที่สามารถทำเป็นอุตสาหกรรมและสามารถส่งออกได้

ตารางที่ 2.8 ผลผลิตทุเรียนในประเทศไทยโดยแบ่งตามภาค

ประเทศ/ภาค/จังหวัด	เนื้อที่ให้ผล (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)
รวมทั้งประเทศ	603,620	621,149	1,029
ภาคเหนือ ภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้	24,192 1,562 266,055 311,811	14,271 977 356,417 249,484	590 625 1,340 800

ที่มา: คณะทำงานสำรวจข้อมูลไม้ผลเศรษฐกิจภาคตะวันออกปี 2554 วันที่ 4 มีนาคม 2554

เปลือกทุเรียน

ภาพที่ 2.9 เปลือกทุเรียนจำนวนมากที่ถูกทิ้งหลังจากนำเนื้อไปบริโภค

ทุเรียนเป็นผลไม้ซึ่งมีปริมาณการบริโภคเป็นจำนวนมากในแต่ละปี ภายหลังจากการบริโภคในปริมาณมากนั้น ส่งผลให้เกิดเป็นขยะเปลือกทุเรียนที่ถูกทิ้งในปริมาณมาก อีกทั้งยังมีการกำจัดได้ยาก หากปล่อยให้ย่อยสลายเองตามธรรมชาติก็ใช้เวลานาน ทำให้เกิดปัญหาเน่าเหม็นและเป็นแหล่งรวมเชื้อโรคอีกด้วยโดยเปลือกทุเรียนนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างเช่น

1. ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเซลลูโลสคุณภาพสูง เยื่อเซลลูโลสคุณภาพสูงจำพวกเซลลูโลสอีเทอร์ (cellulose ethers) ที่เป็นวัตถุดิบในการเตรียมซีเอ็มซี นั้น ในต่างประเทศส่วนใหญ่ผลิตจากไม้ยืนต้น จำพวกสน และยูคาลิปตัส ประเทศไทยเรามีพืชและผลไม้หลายชนิด ที่สามารถสกัดแยกได้เยื่อเซลลูโลสคุณภาพสูง อาทิเช่น ชานอ้อย ข้าวโพด และวัชพืชหญ้าหลายชนิด

ทุเรียน พืชเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งของไทย โดยเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งในและต่างประเทศโดยมีมูลค่าการส่งออกในแต่ละปีไม่น้อย ส่วนตลาดในประเทศก็เป็นที่นิยมรับประมานกันมากของคนทั่วไป เนื่องจากปัจจุบันเกษตรกรสามารพัฒนาให้สามารถออกผลผลิตได้เกือบตลอดปี เปลือกทุเรียนซึ่งเป็นของเหลือทิ้ง จำนวนมากและเป็นปัญหาในการกำจัดทิ้ง มีส่วนประกอบที่เป็นเส้นใยค่อนข้างมาก โดยนอกเหนือจากส่วนที่เป็นพอลิแซคคาไรด์แล้ว ยังประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นเยื่อเซลลูโลส สูงถึง 30% ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญในการเตรียม ซีเอ็มซี ซึ่งสำคัญคือเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งหรือผลพลอยได้ทางการเกษตร มาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ จากการศึกษาที่ผ่านมา เกณฑ์ขั้นต่ำของคุณภาพทางเคมีสำหรับวัตถุดิบที่สามารถนำมาใช้เตรียมเซลลูโลสคุณภาพสูงไว้ดังนี้ มีแอลฟาเซลลูโลสไม่ต่ำกว่า 29% มีลิกนินไม่เกิน 22% มีเถ้าไม่เกิน 9% และมีเพนโตแซน (pentosans) ไม่

เกิน 32% ซึ่งจากงานวิจัยถึงส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนพบว่า เปลือกทุเรียนมีคุณภาพทางเคมีอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำมาใช้เตรียมเยื่อเซลลูโลสคุณภาพสูงได้ ประกอบกับการพิจารณาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ ได้แก่เรื่อง ราคา ปริมาณที่มีอยู่ แหล่งของวัตถุดิบ ทำให้นับได้ว่าเปลือกทุเรียนนับเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจยิ่ง (สุนันท์ พงษสามารถ และคณะ. 2532)

2. เป็นอาหารปลาดุก การขนเศษไม้ ใบไม้ มูลสัตว์ ทุกอย่างลงไปในบ่อปลาดุก ตามด้วย เศษเปลือกทุเรียน ต่อมาเปลือกทุเรียนเปื่อยเป็นวุ้น และหายไป ปลาดุกกินทุกวัน และปลาดุกเติบโตเร็วมาก และโตเร็วกว่าการเลี้ยงปกติถึง 4 เท่า

3.นำมาใช้เป็นพลังงานชีวมวลในรูปแบบเชื้อเพลิงอัดแท่งซึ่งถ่านจากเปลือกทุเรียน ซึ่งเปลือกทุเรียนมีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงเป็นอย่างดีมีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกับฟืนไม้และมีเส้นใยเป็นจำนวนมาก ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำเปลือกทุเรียนที่มีอยู่จำนวนมากมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งรวมกับกากตะกอนจากกระบวนการผลิตเอทานอลซึ่งเปลือกทุเรียนจัดว่ามีศักยภาพในการเป็นเชื้อเพลิงได้อย่างดี อีกทั้งมีปริมาณมากในช่วงเดือน เมษายน-กันยายน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดและมีประสิทธิภาพ สามารถแก้ปัญหาในการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งในการบริโภคและลดปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนการใช้ฟืนและเพิ่มมูลค่าให้กับขยะเปลือกทุเรียนที่ยากต่อการจัดการ โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากเปลือกทุเรียนและมีแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานนั้นมีคุณสมบัติคือมีค่าความชื้นและเถ้าปริมาณต่ำมีค่าความร้อนประมาณ 4348 cal/g ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความร้อนที่ได้จากฟืนไม้ โดยระหว่างเผาไหม้พบว่ามีการแตกประทุขณะติดไฟน้อย มีกลิ่นและควันขณะลุกไหม้น้อย ไม่แตกหักง่ายทำให้สะดวกในการเก็บรักษาและขนส่ง ดังนั้นการนำเปลือกทุเรียนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งทดแทนการถ่านและฟืนไม้จึงเป็นแนวทางหนึ่งของการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรมาใช้ประโยชน์ (อัจฉลา อัศวรุจิกุลชัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .2554: ออนไลน์)

ภาพที่ 2.10 เปลือกทุเรียนหลังการเผาให้เป็นถ่านคาร์บอน

4.ทางการแพทย์ ในการช่วยรักษาแผล เปลือกทุเรียนก็มีสารพอลิแซ็คคาไรด์ ที่สามารถสกัดออกมาในรูปของเจลมีคุณสมบัติในการพองตัวหรือละลายในน้ำ จึงสามารถนำมาทำเป็นแผ่นฟิล์มบางๆในลักษณะเจลได้ เจลเหล่านี้มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียหลายชนิด ช่วยป้องกันไม่ให้แผลติดเชื้อหรือเป็นหนอง

3.4 เปลือกมังคุด

มังคุด

มังคุดมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Gardinia mangosteen Linn. จัดอยู่ในวงศ์ Guttiferae จัดเป็นไม้ผลเมืองร้อน แต่ชอบฝนชุ่มฉ่ำ จึงปลูกมากทางภาคใต้ของประเทศไทย เป็นไม้ยืนต้น ต้นตั้งตรงสูง 10 - 25 เมตร ใบสีเขียวเข้ม ทรงพุ่มแน่นกลม ดูงามสง่า และทุกส่วนจะมียางสีเหลืองมีใบเดี่ยวรูปไข่ เนื้อ ใบหนา ค่อนข้างเหนียวคล้ายหนัง สีเขียวเข้มเป็นมัน ออกดอกเป็นดอกเดี่ยวหรือดอกคู่ที่ซอกใบใกล้ปลายกิ่ง กลีบเลี้ยงสีเขียวอมเหลือง กลีบดอกสีแดงฉ่ำน้ำ เนื้อในของผลมังคุดสีขาวห่อหุ้มด้วยเปลือกหนาสีม่วงอมแดง หรือม่วงอมน้ำตาลอันมีกระจุกของกลีบเลี้ยงของดอกติดอยู่ที่ขั้วของผลอันเป็นเอกลักษณ์ของมังคุด มังคุดจัดเป็นไม้ผลชนิดเดียวที่ไม่มีการกลายพันธุ์ (วันดี กฤษณพันธ์. 2541) โดยมังคุดมีอยู่พันธุ์เดียวเรียกกันว่าเป็นพันธุ์พื้นเมือง เพราะมังคุดเป็นพืชที่ปลูกด้วยเมล็ด และเมล็ดมังคุดไม่ได้ เกิดจากการผสมเกสร จึงแทบจะไม่มี โอกาสกลายพันธุ์เลย

มังคุดเป็นผลไม้ยอดนิยมที่สุดชนิดหนึ่งของคนไทย จะมีออกมาให้เราบริโภคเพียงปีละครั้ง คือช่วงย่างเข้าฤดูฝน การบริโภคมังคุด จะให้พลังงานต่ำ เหมาะเป็นผลไม้สำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก กากใยจากเนื้อของมังคุดช่วยในการขับถ่าย และยังได้สารอาหาร วิตามินและเกลือแร่อื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น น้ำตาล กรดอินทรีย์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก

ภาพที่ 2.11 ผลมังคุด

การปลูกมังคุด

มังคุดเจริญเติบโตได้ในดินเกือบทุกชนิด แต่ดินที่เหมาะสมควรเป็นดินเหนียวปนทราย ที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงสามารถอุ้มน้ำและระบาย น้ำได้ดี มีความเป็นกรดอ่อน ๆ คือ มีค่าความ เป็นกรดด่างของดิน(ค่า pH) ประมาณ 5-6 ส่วนดินที่มีสภาพเป็นด่าง มังคุดจะเจริญเติบโต ได้ช้า (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2532) พื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกมังคุดควรมีสภาพภูมิอากาศร้อนและชุ่มชื้น คือ มีอุณหภูมิสม่ำเสมออยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส เกือบตลอดปี มีฝนตกชุกสม่ำเสมอ ปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 1,300 มิลลิเมตรต่อปี และที่สำคัญต้องเป็นพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำ เพียงพอที่จะให้กับต้นมังคุดได้ในฤดูแล้ง การนำมังคุดไปปลูกในสภาพอากาศแห้งแล้งและมี อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปจะพบปัญหาเรื่องใบไหม้ และการเจริญเติบโตช้า (ส่วนส่งเสริมและเผยแพร่ กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555: ออนไลน์)

ภาพที่ 2.12 ต้นมังคุด

สถานการณ์การผลิตในประเทศ

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมังคุดที่ให้ผลผลิตแล้วประมาณ 415,492 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร 2549) ในภาคตะวันออกและภาคใต้ให้ผลผลิตประมาณปีละ 2 แสนตัน มีสวนมังคุดที่จดทะเบียน GAP จำนวน 22,294 ราย (กรมวิชาการเกษตร 2550) และผ่านการตรวจสอบ จำนวน 25,657 สวน (ระบบข้อมูลเกษตรเพื่อการบริหารและประชาสัมพันธ์, 2555) การปลูกมากในแถบภาคใต้ของ

ประเทศไทย คิดเป็นเปอร์เซ็นต์พื้นที่ปลูกประมาณ 61 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกทั้งหมดในประเทศ สำหรับภาคใต้พบว่ามีการปลูกในทุกจังหวัดของภาคใต้ จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมาก ได้แก่ จังหวัดชุมพร นครศรีธรรมราช ระนอง พังงา นราธิวาส และจังหวัดสุราษฎร์ธานีตามลำดับ และเนื่องมาจากลักษณะภูมิประเทศของภาคใต้เป็นคาบสมุทรที่ทอดยาว ประกอบกับมีภูเขาสูงอยู่กลางพื้นที่ ทำให้ช่วงออกดอกและการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน คือ แหล่งปลูกบริเวณฝั่งอันดามัน ได้แก่ จังหวัดระนองและจังหวัดพังงา มังคุดจะออกดอกประมาณเดือนกรกฎาคม ซึ่งจะมีการออกดอกก่อนแหล่งปลูกทางฝั่งอ่าวไทย คือประมาณเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม แหล่งปลูกทางฝั่งตะวันออกของคาบสมุทร การออกดอกจะไล่จากพื้นที่ตอนบนลงมา คือการออกดอกจะเริ่มจากจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ปัตตานี และนราธิวาสตามลำดับ ทำให้ช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตของภาคใต้ตอนบนเร็วกว่าการเก็บเกี่ยวผลผลิตของภาคใต้ตอนล่าง และการเก็บเกี่ยวผลผลิตของภาคใต้จะล่าช้ากว่าแหล่งปลูกในภาคตะวันออกของประเทศไทย นอกจากนี้ในพื้นที่ปลูกบางแหล่งของภาคใต้ยังสามารถให้ผลผลิตนอกฤดูกาลได้

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้พยากรณ์ผลการผลิตปริมาณผลผลิตมังคุด ณ เดือน มีนาคม 2555 โดยในภาคใต้จะมีปริมาณ 101,325 ตัน และภาคตะวันออกจะมีปริมาณ 104,135 ตัน และผลผลิตรวมทั้งประเทศในปี 2555 มีปริมาณ 207,260 ตัน ซึ่งมังคุดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งตลาดมีความต้องการสูงมากทั้งบริโภคภายในและส่งออก แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในจังหวัดทางภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทย ผลผลิตส่วนใหญ่ ประมาณ 97% ใช้บริโภคภายในประเทศ การส่งออกมีทั้งผลสด และแช่แข็ง

ประโยชน์ของมังคุดและเปลือกมังคุด

เนื้อมังคุด

เนื้อมังคุด มีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะโพแทสเซียม โปรตีน สารเยื่อใย วิตามินซี ฟอสฟอรัส แคลเซียมและแมกนีเซียม จากการตรวจวิเคราะห์พบว่าในน้ำมังคุด 100 มิลลิลิตร ประกอบด้วยโพแทสเซียมปริมาณสูงถึง 87.14 มิลลิกรัม แคลเซียม 34.53 มิลลิกรัม และแมกนีเซียม 111.22 มิลลิกรัม นอกจากนี้ในเนื้อมังคุดยังประกอบด้วยคุณค่าด้านโภชนาการของธาตุอาหารมากมาย (กรมวิชาการเกษตร. เครือข่ายผลไม้ไทย, 2555: ออนไลน์)

เปลือกมังคุด

คนไทยรู้จักการใช้ประโยชน์จากเปลือกมังคุดมาเป็นยารักษาโรคมานานแล้ว เพราะคนไทยสมัยโบราณค้นพบว่าเปลือกมังคุดรสฝาดสมาน จึงนำเปลือกมังคุดมาใช้เป็นยาแก้ท้องเสีย แก้ท้องร่วงเรื้อรัง ถ่ายเป็นมูกเลือด โดยการใช้เปลือกสดหรือเปลือกแห้งฝนกับน้ำรับประทาน หรือจะใช้เปลือกแห้งต้มกับน้ำรับประทานก็ได้ผลเช่นเดียวกัน

ปัจจุบันวงการเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดได้ให้ความสนใจนำสารสกัดจากเปลือกมังคุดไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น สบู่เปลือกมังคุด ที่ช่วยดับกลิ่นเต่า ช่วยบรรเทาโรคผิวหนัง รักษาสิวฝ้า ซึ่งใช้ได้ผลดีและเป็นที่นิยมของผู้บริโภค เปลือกมังคุดยังมีสรรพคุณในการสมานแผล ช่วยให้แผลหาเร็ว เช่นใช้รักษาบาดแผลผุพอง แผลเน่าเปื่อย แผลเป็นหนอง โดยการใช้เปลือกมังคุดฝนกับน้ำปูนใสทาบริเวณแผล น้ำต้มเปลือกมังคุดแห้งต้มน้ำล้างแผลใช้แทนการด้วยน้ำยาล้างแผลหรือด่างทับทิมได้ด้วยเพราะเปลือกมังคุดนี้มีสารแทนนิน (Tannin) และสารแซนโทน (Xanthone) ที่มีชื่อเรียกเฉพาะชื่อเดียวกับมังคุดว่า สารแมงโกสติน (mangostin) สารแทนนินมีฤทธิ์สมานแผลช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น สารแมงโกสตินมีฤทธิ์ช่วยลดอาการอักเสบ และต้านเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดหนอง สารแซนโทนในเปลือกมังคุดยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคผิวหนังและกลากได้อีกด้วย (Wikipedia, 2555: ออนไลน์)

โดยเปลือกมังคุดนั้นยังสามารถนำมาทำประโยชน์อื่นๆได้นอกเหนือจากทางการแพทย์หรือเป็นผลิตภัณฑ์ในการทำความสะอาดคือการนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยนำเปลือกมังคุดที่ถูกทิ้งเป็นขยะมาทำให้เกิดประโยชน์โดยการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยเหลือในการลดขยะเหลือทิ้ง ลดปัญหามลภาวะ ลดการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันรวมถึงลดปัญหาการทำลายป่าเพื่อการผลิตถ่านและฟืนอีกด้วย

ภาพที่ 2.13 เปลือกมังคุดที่ถูกทิ้งหลังจากบริโภคแล้ว

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด

เปลือกมังคุดนั้นมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีเหมาะแก่การแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เนื่องจากเปลือกมังคุดมีลักษณะแข็ง ความแข็งของเปลือกมังคุดมีผลโดยตรงต่อค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงดังนั้นหากเรานำเปลือกมังคุดมาตากแดดจดแห้งสนิทจะมีความแข็งเพิ่มมากขึ้นเมื่อนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งก็จะเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีศักยภาพด้านพลังงานสูง โดยเปลือกมังคุดนั้นให้มีศักยภาพในการทดแทนเชื้อเพลิงในครัวเรือนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีควันน้อยและมีการเกิดประทุขณะเผาไหม้ต่ำ

ภาพที่ 2.14 เปลือกมังคุดที่ถูกเผาเป็นคาร์บอน

4.กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

กรรมวิธีการผลิต

หลักการผลิตถ่านอัดแท่งมี 2 วิธี คือ

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

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

การเผาถ่าน

ถ่าน คือ ไม้ที่ได้จากการเผาไหม้ภายในบริเวณที่มีอากาศอยู่เบาบาง หรอกระบวนการแยกสารอินทีรย์ภายในไม้ในสภาวะที่มีอากาศอยู่น้อยมาก เมื่อมีการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการจะช่วยกำจัดน้ำ น้ำมันดิน และสารประกอบอื่นๆออกจากไม้ ซึ่งถ่านที่ได้หลังการผลิตจะมีปริมาณของคาร์บอนสูงและไม่มีความชื้นทำให้ปริมาณพลังงานในถ่านสูง โดยมีค่าเป็นสองเท่าของปริมาณพลังงานในไม้แห้ง สำหรับกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่านเรียกว่า “Carbonization” ซึ่งสามารถแยกกระบวนการดังกลาวออกได้เป็น 4 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1: คือ การเผาไหม้ (Combustion) เป็นกระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดคาร์บอนไนเซชั่น โดยให้ความร้อนกับวัสดุภายในเตาเผาถ่าน

ขั้นตอนที่ 2 :จะเป็นปฏิกิริยาประเภทดูดความร้อน เพื่อไล่ความชื้นออกจากเนื้อวัสดุ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้อุณหภูมิมิจนถึง 270 องศาเซลเซียส ความชื้นจะคอยๆ ลดลงจนกระทั่งหมดไปซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอนำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาทึบ

ขั้นตอนที่ 3 : ของกระบวนการจะเป็นปฏิกิริยาประเภทคายความร้อนโดยเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 250 – 300 องศาเซลเซียส ในระหว่างปฏิกิริยาคายความร้อนจะเกิดก๊าซต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซน์ (CO) และกาซคาร์บอนไดออกไซน์ (CO_2) นอกจากนี้ยังเกิดกรดอะซิตกเมทิลแอลกฮอล์และสารพวกน้ำมันดิน ในขั้นตอนนี้องค์ประกอบที่ระเหยได้ที่ยังคงอยู่ในกระบวนการจะถูกขับออกไป ซึ่งจะทำให้ปริมาณคาร์บอนของถ่านเพิ่มขึ้น

ขั้นตอนที่ 4 : เป็นการนำผลิตภัณฑ์ถ่านมาทำให้เย็นจะใช้เวลาหลายชั่วโมงขึ้นอยู่กับชนิดของเตาเผาที่ใช้ในการผลิต โดยคุณภาพของถ่านที่ผู้ใช้ยอมรับได้คือ ปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ มีสารระเหยน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์และมีความหนาแน่นมากกว่า 0.25-0.35 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งถ่านจะมีคุณสมบัติเปาะบางปานกลาง (ธารินี มหายศนันท์, 2548: 11)

ภาพที่ 2.15 ถ่านที่มาจากการเผากากตะกอนจากกระบวนการผลิตเอทานอล

การบดย่อย

ลักษณะของผงถ่านที่นำมาใช้ในการอัดแท่งจะต้องละเอียดพอที่จะขึ้นรูปได้ โดยขนาดของผงถ่านนั้นจะขึ้นแล้วแต่ชนิดของถ่านที่ต้องการและวิธีการอัดให้เป็นแท่ง วิธีการบดย่อยนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่นเครื่องบด เครื่องสับ หรือ เครื่องบ่นวัสดุต่างๆ หรือง่ายที่สุดคือการบดด้วยมือหรือนำเท้าเหยียบให้แตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยซึ่งวิธีนี้เหมาะกับวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่เพื่อให้ขนาดเล็กลงก่อนการนำเข้าสู่เครื่องบดหรือเครื่องสับเพื่อให้ได้ผงถ่านที่มีความละเอียดเนื่องจากยิ่งผงถ่านที่ได้มีขนาดเล็กจะทำให้มีแนวโน้มที่จะประสานตัวกันเป็นแท่งได้ดีกว่าผงถ่านที่มีขนาดใหญ่และหยาบ

ภาพที่ 2.16 ทำการบดอัดให้ถ่านที่มีขนาดใหญ่แตกเป็นชิ้นเล็กลง

ภาพที่ 2.17 การนำเปลือกผลไม้ที่เผาเป็นถ่านคาร์บอนแล้วเข้าสู่เครื่องบด

การผสม

เป็นขั้นตอนในการผสมวัสดุดิบต่างๆให้ได้ตามอัตราส่วนที่ต้องการโดยในงานวิจัยนี้จะทำการผสมตะกอนเปียกจากกระบวนการผลิตเอทานอลกับชีวมวล ในจำนวน 5 อัตราคือ 9:1 8:2 7:3 6:4 5:5 เป็นจำนวน 3 ชุดซึ่งประกอบด้วย กากตะกอนผสมกับเปลือกทุเรียน กากตะกอนผสมกับเปลือกมังคุด และกากตะกอนผสมกับกะลามะพร้าว โดยจะผสมกันหลังจากการนำไปเผาเป็นถ่านคาร์บอนแล้ว นำไปบดให้ละเอียดแล้ว ซึ่งในกระบวนการผสมนั้นจะมีแป้งมันสำปะหลังและน้ำเล็กน้อยเป็นตัวช่วยประสานเพื่อให้มีแรงยึดเหนี่ยวอนุภาคสูงขึ้น โดยบางแห่งอาจใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน แต่ข้อเสียของการใช้กากน้ำตาลคือต้องใช้ปริมาณมากและเมื่อทิ้งไว้ในอากาศที่มีความชื้นจะดูดความชื้นจากในอากาศทำให้อ่อนตัวลง (ธารินี มหายศนันท์. 2548: 10) ยังมีวัสดุอีกมามายที่สามารถนำมาเป็นตัวประสานได้ โดยสามารถพิจารนาการตัดสินใจเลือกวัตถุที่มีหน้าที่ประสานผงถ่านได้ดังต่อไปนี้คือ มีราคาที่ถูก หาได้ง่าย มีคุณสมบัติในการยึดเหนี่ยวดี ไม่มีกลิ่นเหม็นขณะเผาไหม้ แต่ยังไงก็ตามสามารถอัดเชื้อเพลิงอัดแท่งได้โดยไม่ต้องใช้ตัวประสานใดๆก็ได้แต่ถ่านที่ได้จะมีความเปาะมากต้องนำไปใช้เลยทันทีเพราะไม่สะดวกต่อการเก็บรักษา

ภาพที่ 2.18 การผสมผงถ่านจากกากตะกอนและเปลือกผลไม้โดยมีแป้งมันสำปะหลัง
และน้ำเป็นตัวประสาน

การอัดขึ้นแท่งเป็นรูป

เป็นกระบวนการที่จะนำวัสดุดิบที่ต้องการจะนำอัดเป็นแท่งมาขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิคสำเร็จรูปที่มีแรงดันสูงและมีอุณหภูมิที่เหมาะสมโดยจะเป็นขั้นตอนในการกำหนดรูปร่างและความหนาแน่นของเนื้อถ่านอัดแท่งโดยถ่านจะมีรูปทรงกระบอกมีครีบ 5 ครีบรอบด้านและมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตรและมีรูปกลวงตรงกลางตลอดทั้งแท่ง ขนาดและความยาวนั้นจะขึ้นอยู่ลักษณะ

ในการใช้งานของผู้ใช้ โดยธาริณี มหายาสนันท์ได้ทำการศึกษาพบว่าความหนาแน่นของถ่านมีผลต่อการใช้งานและการให้ความร้อนโดยถ่านที่มีความหนาแน่นเหมาะสมจะทำให้ติดไฟง่าย ให้ความร้อนได้นานและไฟมอดยากเมื่อเทียบกับถ่านที่มีความหนาแน่นน้อยซึ่งใช้งานไม่สะดวกเนื่องจากไฟจะมอดเร็วแลจำเป็นต้องเติมเชื้อเพลิงบ่อยๆ

ภาพที่ 2.19 การเทส่วนผสมลงสู่เครื่องอัดไฮโดลิก

ภาพที่ 2.20 การตัดแท่งถ่านที่ถูกเครื่องอัดแท่งออกมา

การทำให้แห้ง

หลังจากขั้นตอนการอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงและทำการตัดให้ได้ขนาดและความยาวที่เหมาะสม เชื้อเพลิงอัดแท่งจะถูกนำไปไล่ความชื้นโดยการตากแดดจนกว่าจะแห้งหรือนำเข้าไปสู่เตาอบอุณหภูมิประมาน 90 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ความชื้นเป็นเวลา 48 ชม. และหลังจากการอบแล้วควรเก็บใส่หีบห่อทันทีเพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นถูกดูกกลับเข้าไปในถ่านซึ่งความชื้นมาตรฐานของเชื้อเพลิงอัดแท่งไม่ควรเกินร้อยละ 8 ของน้ำหนักถ่าน

ภาพที่ 2.21 ทำการอบเชื้อเพลิงอัดแท่งในตู้อบเพื่อไล่ความชื้น

การประเมินคุณภาพและสมบัติทางเชื้อเพลิง

จะใช้องค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงเป็นหลักโดยการประเมินคุณภาพ วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) ดังต่อไปนี้

-ค่าความร้อน (Heating value)

-ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile matters)

-ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon)

-ปริมาณเถ้า (Ash content)

-ปริมาณความชื้น (Moisture content)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเป็นตัวชี้ตัวหนึ่งที่บอกคุณสมบัติของเชื้อเพลิง เมื่อเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดี ถ่านที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นถ่านที่มีคุณภาพดีแต่สำหรับการใช้งานในครัวเรือนไม่จำเป็นต้องใช้ถ่านที่ให้ค่าความร้อนสูงมากๆแต่ยังต้องมีคุณสมบัติด้านๆอื่นที่เหมาะสมด้วยเช่น

1.ต้องเป็นถ่านที่ไม่มีแตกประทุขณะติดไฟ

2.น้ำหนักของถ่าน ถ่านหนักจะลุกไหม้ให้ความร้อนแรงได้นาน

3.ถ่านที่คุณภาพดีไม่ควรจะมีควันและกลิ่นฉุนขณะใช้งาน

4.ความแข็งแรง ถ่านที่มีความแข็งและหนาแน่นจะช่วยลดการแตกหักหรือป่นเป็นผงทำให้สะดวกต่อการใช้งาน การเก็บรักษาและการขนส่งผลิตภัณฑ์ถ่าน

สมรรถนะของถ่านอัดแท่ง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือที่เรียกย่อๆ ว่า สมอ. ได้มีโครงการจัดทำมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เพื่อรองรับการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ชุมชนหรือระดับพื้นบ้านที่ยังไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร ซึ่งวัตถุประสงค์ของโครงการที่สำคัญคือส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชุมชนให้ได้รับการรับรองและแสดงเครื่องหมายการรับรอง เพื่อส่งเสริมด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ ให้เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง มีข้อกำหนดดังนี้ (มผช.238/2547)

1.ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากถ่านผงหรือเม็ดมาเป็นแท่งหรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

2.บทนิยาม

1) ถ่านอัดแท่ง หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบจากธรรมชาติเช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพดมาเผาจนเป็นถ่านอาจนำมาบดเป็นผงหรือเป็นเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลม ขี้เลื่อย มาอัดเป็นรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงมาเผาเป็นถ่าน

2) ค่าความร้อน หมายถึงพลังงานความร้อนที่ได้จากเผาถ่าน 1 กรัมมีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

3.คุณลักษณะที่ต้องการ

1) ลักษณะทั่วไป ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง

2) การใช้งานเมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น

3) ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

4) ค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

4.การบรรจุ

1) หากมีการบรรจุ ให้บรรจุถ่านอัดแท่งในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง และสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับถ่านอัดแท่งได้

2) น้ำหนักสุทธิของถ่านอัดแท่งในแต่ภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

5.เครื่องหมายและฉลาก

1) ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุถ่านอัดแท่งทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายและชัดเจน

-ชื่อผลิตภัณฑ์

-ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ

-น้ำหนักสุทธิ

-เดือน ปีที่ทำ

-ข้อแนะนำการใช้

-ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมทั้งสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

6.การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

1) รุ่นในที่นี้ หมายถึง ถ่านอัดแท่งที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในเวลาเดียวกัน

2) การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาดให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวนไม่น้อยกว่า 3 กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3. (1) ข้อ 4 และข้อ 5. จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

3) การซักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการใช้งาน ความชื้นและค่าความร้อนให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 1) ในข้อ 6. แล้วจำนวนไม่น้อยกว่า 3 กิโลกรัม เมื่อตรวจแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3. (2) ถึง 3. (4) หรือคือค่าความร้อนต้องมาก 5,000 กิโลแคลอรี่ และมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนัก จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.การทดสอบ

(1) การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายฉลาดให้ตรวจพินิจ

(2) การทดสอบการใช้งานให้ทดสอบโดยการจุดตัวอย่างถ่านอัดแท่งและตรวจพินิจ

(3) การทดสอบความชื้นให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3173

(4) การทดสอบค่าความร้อนให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D5865

(5) การทดสอบน้ำหนักสุทธิให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม มีข้อกำหนดดังนี้ (มผช.657/2547)

1.ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านที่ได้จากการเผาไม้ ใช้สำหรับหุงต้มอาหาร

2.บทนิยาม

(1) เถ้า (ash) หมายถึงร้อยละของปริมาณสารที่เหลือจากการเผาถ่านจนมีน้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ 700-750 องศาเซลเซียส

(2) สารระเหย (volatile matter) หมายถึง ร้อยละของปริมาณสารระเหยที่ได้จากการเผาถ่านที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 7 นาที

3.คุณลักษณะที่ต้องการ

(1) ลักษณะทั่วไป ต้องมีสีดำสม่ำเสมอไม่มีเศษดินและไม้ที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ปนอยู่

(2) ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

(3) ค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 6,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

(4) เถ้า ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

(5) สารระเหย ต้องไม่เกินร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

(6) การใช้งานเมื่อติดไฟแล้วต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น และมีควันได้เล็กน้อย

5.ต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จะสามารถแบ่งแยกต้นทุนในการผลิตถ่านได้ดังนี้

5.1 ต้นทุนวัตถุดิบ

-วัตถุดิบที่นำมาใช้ทำเป็นถ่านและตัวประสานเช่นแป้งมันหรือกากน้ำตาล

-เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตถ่าน เช่น เครื่องบดผงถ่าน เครื่องผสมผงถ่าน และเครื่องอัดแท่งถ่าน

5.2 ต้นทุนค่าแรงงาน

5.3 ต้นทุนในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร

5.4 ต้นทุนค่าไฟฟ้า

5.5 ต้นทุนค่าน้ำ (หากมีการใช้น้ำปะปา)

5.6 ต้นทุนค่าบรรจุ

5.7 ต้นทุนค่าขนส่ง

-ค่าขนส่งวัตถุดิบ

- ค่าขนส่งสินค้า

เงินลงทุน

<u>เงินลงทุนขึ้นอยู่กับขนาดของการผลิต</u>

โดยยกตัวอย่างธุรกิจขนาดเล็กในระดับครัวเรือนเป็นค่าเครื่องอัดเชื่อเพลิงแบบ 1 ลูกสูบ ราคาประมาณ 6,000 – 7,000 บาท และเป็นค่าอุปกรณ์เครื่องบดถ่านและเครื่องผสม รวมเป็นเงินลงทุนประมาณ 20,000 บาท ผลิตถ่านได้วันละ 80 – 100 กิโลกรัมต่อวัน ระยะเวลาคืนทุน ประมาณ 2 ปี

ธุรกิจขนาดวิสาหกิจชุมชนหรือสหกรณ์ เงินลงทุนประมาณ 176,000 บาท กำลังการผลิต 400 กก./วัน (เครื่องจักร อายุการใช้งาน 5 ปี)

1) เครื่องบด 1 เครื่อง 70,000 บาท
2) เครื่องอัดแบบเกลียวตัวหนอน จำนวน 1 เครื่อง 80,000 บาท
3) ถัง 200 ลิตร มีฝาปิด จำนวน 14 ใบ 21,000 บาท
4) ถังผสมวัตถุดิบ 5,000 บาท

รวมเป็นเงิน 176,000 บาท

รายการวัตถุดิบและแรงงาน

1) กะลามะพร้าว กิโลกรัมละ (รามค่าขนส่ง) 2 บาท
2) แป้งมัน กิโลกรัมละ 10 บาท
3) ค่าน้ำลิตรละ 0.02 บาท
4) ค่าไฟหน่วยละ 3.5 บาท
5) ค่าแรงงานวันละ 180 บาท

โดยการผลิต 400 กก./วัน ต้นการผลิตถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งอยู่ที่ 7.50 บาท/กิโลกรัม

ปริมาณการผลิตและราคา

- ผลิตเดือนละ 12,000 – กิโลกรัม
- ราคาสินค้า ขายส่งกิโลกรัมละ 12 บาท ราคาขายทั่วไป กิโลกรัมละ 13 บาท (แล้วแต่ระยะทางใกล้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล (2553) ได้ทำการทดลองศึกษาผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังโดยผลแสดงค่าความร้อนของถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังที่อัตราส่วน 9:1 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดเท่ากับ 6,580.10 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และอัตราส่วน 1:9 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนน้อยที่สุดเท่ากับ 4514.13 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังที่อัตราส่วน 3:7 มีค่าความร้อนเท่ากับ 5,003 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ซึ่งให้ค่าความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) และมีต้นทุนในการผลิตเท่ากับ 5.35 บาท/กิโลกรัมซึ่งจะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะ 1.4 ปีหากมีการผลิตที่ 400 กิโลกรัม/วัน

บัญจรัตน์ โจลานันท์และคณะ (2554) ได้ทำศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากไมยราบยักษ์ได้ว่าจากการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งทำให้ค่าปริมาณความร้อนสูงขึ้นร้อยละ 15-36 โดยที่เชื้อเพลิงอัดแท่งไมยราบยักษ์ที่มีส่วนผสมแป้งมันที่ร้อยละ 6 เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดโดยให้ค่าความร้อนที่ 5,432 แคลลอรี่/กรัม และมีประสิทธิภาพในการใช้งานตามมาตรฐานที่กำหนด (มผช.238/2547) โดยในการศึกษาทำทราบต้นทุนและระยะเวลาในคืนทุนของเชื้อเพลิงอัดแท่งไมยราบยักษ์คือ 5.5 และ 1.2 ปี

วลัยรัตน์ อุตตมะปรากรม (2552) ได้ทำการศึกษาการนำตะกอนเปียกจากการผลิตเอทานอลไปใช้ประโยชน์สำหรับผลิตชีวมวลพบว่ามีค่าความร้อนเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยหลักจากการปรับสภาพให้มีองค์ประกอบสม่ำเสมอและเมื่อนำมาคำนวนความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบกับการใช้ถ่านหินโดยโรงงานที่ใช้ถ่านหินปีละ 30,332.8 ตัน/ปี จะมีค่าใช้จ่ายประมาน 124,581,600 บาท/ปี หากมีการใช้ตะกอนเปียกอัดแท่งปีละ 55,760 ตันต่อปีจะมีค่าใช้จ่ายประมาน 5,973,600 บาท/ปี โดยโรงงานจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนเชื้อเพลิงได้ถึงปีละ 118,545,000 บาท/ปี

ทิพาวรรณ รักษ์วงศ์ และอัญชริการ์ ไชยศรีหา (2545) ได้ทำการศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านเปลือกทุเรียนกับกากตะกอนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษ โดยนำมาผสมกัน 6 อัตรา โดยเผาเปลือกทุเรียนให้เป็นถ่านแล้วอัดเป็นแท่งโดยการใช้กากตะกอนเป็นตัวประสานและศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงได้ว่า อัตราส่วนผสมกันของเปลือกทุเรียนกับกากตะกอนตั้งแต่ 4:1 ถึง 7:1 จะสามารถอัดขึ้นรูปได้โดยส่วนผสมที่มีเปลือกทุเรียนผสมมากขึ้นจะอัดแท่งได้ยาก ความหนาแน่นและดัชนีแตกร่วนจะลดลงโดยอัตราส่วน 6:1 จะมีคุณสมบัติดีที่สุดเมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติด้าน

เชื้อเพลิงได้เท่ากับให้ค่าความร้อนที่ 21,758 กิโลจูล/กิโลกรัม เมื่อนำไปเปรียนเทียบกับถ่านจากไม้ยูคาลิปตัสพบว่าให้ค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกัน

อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย และคณะ (2554) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำเปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้แป้งมันสำปะหลัง และโมลาสเป็นตัวประสาน จากนั้นนำไปผสมกันแล้วอัดด้วยเครื่องอัดแบบไม่ใช้ความเย็นในอัตราส่วนต่างๆ จากการทดลองเปลือกมังคุดให้ค่าความร้อนที่สูงกว่าเปลือกทุเรียนและการใช้แป้งมันสำปรังเป็นตัวประสานให้ค่าความร้อนที่สูงกว่าการใช้โมลาส จากการศึกษาครั้งนี้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดให้ค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 3,400 – 4,348 cal/g ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความร้อนฟืนไม้ทั่วไปและถ่านไม้ทั่วไปแต่ค่าความร้อนต่ำกว่าถ่านไม้ทั่วไปมีค่าความร้อนประมาณ 7,430 cal/g เพราะถ่านไม้คาร์บอนมีค่าคงตัวสูงผ่านการแปรสภาพเป็นถ่านมาแล้วจึงทำค่าความร้อนมากขึ้นแปรตามค่าคาร์บอนที่มากขึ้น

นายพิสิษฐ์ ศรีกัลยานิวาท ทำการศึกษาและเรียบเรียงการนำซังข้าวโพดมาทำถ่านอัดแท่ง โดยถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดให้ปริมาณความร้อนเท่ากับ 6,300 แคลอรี่ต่อกรัม และใช้เวลาในการเผาไหม้จนถึงเป็นเถ้า 1.30 ชั่วโมง ในขณะที่ถ่านจากไม้ให้ความร้อนที่ 4,300 แคลอรี่ต่อกรัมและใช้เวลาในการเผาไหม้จนถึงเป็นขี้เถ้าเพียง 1 ชั่วโมง ที่น่าสนใจคือถ่านจากซังข้าวโพดมีควันน้อยมาก โดยการเผาซังข้าวโพด 100 กิโลกรัมจะเผาเป็นเนื้อถ่านได้ประมาณ 30-40 กิโลกรัม ซังข้าวโพดต้องเผาไหม้เป็นถ่านที่สมบูรณ์

ต้องเป็นถ่านทั้งแท่ง ไม่ใช่ครึ่งสุกครึ่งดิบ เพราะจะทำให้ถ่านหลังจากที่เรานำมาอัดแท่งแล้วมีควันเนื่องจากเยื่อซังข้าวโพดที่ยังเผาไหม้ ไม่สมบูรณ์จะเป็นเชื้อทำให้ถ่านอัดแท่งเกิดควัน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยในการพัฒนาและผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอนร่วมกับเปลือกผลไม้ มีรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัยดังนี้

1.วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.สถานที่ทำการทดลอง

3.ระยะเวลาในการทดลอง

4.การวางแผนการทดลอง

5.ขั้นตอนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลร่วมกับเปลือกผลไม้

1.วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1.1 วัสดุ

1.1.1 กากตะกอนจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลบริษัท ทรัพย์ทิพย์ จำกัด ที่อยู่เลขที่ 49 หมู่ 6 บ้านโค้งรถไฟ ถนนสุระนารายณ์ ตำบลนิคมลำนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี

1.1.2 เปลือกมังคุด จากมังคุดและเปลือกมังคุดที่ถูกคัดทิ้งจากตลาดสี่มุมเมืองถนนพหลโยธิน คูคต อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี

1.1.3 เปลือกทุเรียนจาก จากกองวัสดุเหลือทิ้งจากแหล่งขายทุเรียน ตลาดสี่มุมเมือง ถนนพหลโยธิน คูคต อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี

1.1.4 กะลามะพร้าวจากอุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าวกะทิ

1.15 แป้งมันสำปะหลัง

1.16 น้ำ

1.2 อุปกรณ์ในการทดลองสำหรับใช้แปรรูปวัตถุในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งประกอบด้วย

1.2.1 อุปกรณ์สำหรับชั่ง ตวง วัด ได้แก่ ตราชั่ง กระบอกตวง ตลับเมตร

1.2.2 เตาถ่าน

1.2.3 ถัง 200 ลิตรมีฝาปิด

1.2.4 เครื่องตีบดถ่าน ทำงานด้วยมอเตอร์ขนาด 5.5 แรงม้า ไฟฟ้า 220/380 โวลต์3 เฟสกำลังการผลิต 800 กิโลกรัม/ชั่วโมง

1.2.5 เครื่องผสม โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการผสมอัตราส่วนประกอบต่างๆด้วยมือโดยใช้ภาชนะผสมเป็นถังและใช้มือในการผสมให้เข้ากัน

1.2.6 เครื่องอัดแท่ง ทำงานด้วยมอเตอร์แบบขนาด 10 แรงม้ากำลังไฟฟ้า3 เฟสมีกำลังการผลิต 300 กิโลกรัม/ชั่วโมงโดยจะมีเกลียวหมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าบีบเข้าไปยังกระบอกอัดและถูกดันออกมาทางปลายทางอีกด้านเป็นลักษณะแท่งยาว แล้วจึงตัดตามขนาดที่ต้องการ

1.2.7 ถาดอลูมิเนียมในการบรรจุถ่านเข้าสู่เตาอบ

1.2.8 เตาอบสำหรับไล่ความชื้นที่สามารถตั้งอุณหภูมิและเวลาได้

2. สถานที่ทำการทดลอง

บริษัท แม่กลองไทยเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ที่อยู่ 99/9 หมู่ที่ 12 ตำบลบางขันแตก อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม

สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ศูนย์รังสิตปทุมธานี

3. ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มทดลองตั้งแต่เดือน เมษายน 2555 สิ้นสุดการทดลองในเดือน มกราคม 2556

4.การวางแผนการทดลอง

ตารางที่ 3.1 การวางแผงการทดลอง

ขั้นตอน
1.เตรียมวัตถุดิบ เครื่องมือและสถานที่ในการทดลอง
2.นำกะลามะพร้าว เปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดที่ผ่านการคัดแยกเศษวัสดุที่ไม่จำเป็นออกและจึงนำไปทำการตากแดดไล่ความชื้นให้แห้งสนิท
3.นำกะลามะพร้าว เปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดเข้าสู่กระบวนการเผาเพื่อให้อยู่ในรูปถ่านคาร์บอนและรอให้เย็นลง
4.ทำการบดเปลือกผลไม้ที่ทำการเผาแล้วให้เป็นผงละเอียด
5.ทำการผสมวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมต่างๆโดยมีน้ำและแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน
6.นำส่วนผสมที่ทำการผสมแล้วเข้าสู่เครื่องอัดแท่งและทำการตัดออกให้ได้ขนาดที่ต้องการ
7.นำเชื้อเพลิงอัดแท่งไปอบในตู้อบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส
8.ทำการส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งไปวิเคราะห์ข้อมูลและคุณสมบัติทางด้านพลังงานที่ห้องปฏิบัติการ

การวางแผนการทดลองประกอบด้วยปัจจัยดังต่อไปนี้

1.แหล่งที่มาของกากตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเอทานอลนั้นมีส่วนผสมหลักคือมันเส้นหรือคือมันสำปะหลังที่ผ่านการตัดเป็นชิ้นๆแล้วตากแดดให้แห้ง

2.แหล่งที่มาของเปลือกผลทุเรียนและเปลือกมังคุดคือของเสียที่ถูกคัดทิ้งไว้ที่ตลาดสี่มุมเมืองรังสิต

3.อัตราส่วนของตัวประสาน โดยใช้แป้งมันสำปะหลังและน้ำ โดยเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อให้ง่ายต่อการขึ้นรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมคือไม่เกิน 5 % ตามความเหมาะสมกับความชื้นของส่วนผสมที่นำมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

5.ขั้นตอนในผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกและเปลือกผลไม้

ตอนที่ 1 : ศึกษาออกแบบอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม

ตอนที่ 2 : การศึกษากระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกร่วมกับเปลือกผลไม้

ตอนที่ 3 : การหาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ตอนที่ 1 : ขั้นตอนการออกแบบอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม

1.1 นำกากตะกอนเปียก เปลือกทุเรียน เปลือกมังคุดและ กะลามะพร้าวที่ทำการเผากลายเป็นถ่านแล้วมาบดให้ผงแล้วทำการผสมกันเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาสมดังต่อนี้โดยจะใช้ตัวกากตะกอนเปียกจากกระบวนการผลิตเอทานอลเป็นตัวผสมหลักซึ่งจะใช้อัตราส่วนผสมไล่ตั้งแต่ใช้ปริมาณมากที่สุดจนไปถึงปริมาณที่เท่าๆกับส่วนผสมรองที่เป็นเปลือกผลไม้ทั้งหมดรวม 16 อัตราส่วน ในแต่ละอัตราส่วนที่ผสมกันแล้วจะมีน้ำหนักของเชื้อเพลิงรวมที่ 1 กิโลกรัม/อัตราส่วน

1.1.1 เชื้อเพลิงอัดแท่งจาก ถ่านกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับถ่านเปลือกทุเรียน 5 อัตรา มีอัตราส่วนดังนี้

1.(ถ่านกากตะกอนเปียก: ถ่านเปลือกทุเรียน) เป็น 9 ต่อ 1

2.(ถ่านกากตะกอนเปียก: ถ่านเปลือกทุเรียน) เป็น 8 ต่อ 2

3.(ถ่านกากตะกอนเปียก: ถ่านเปลือกทุเรียน) เป็น 7 ต่อ 3

4.(ถ่านกากตะกอนเปียก: ถ่านเปลือกทุเรียน) เป็น 6 ต่อ 4

5.(ถ่านกากตะกอนเปียก: ถ่านเปลือกทุเรียน) เป็น 5 ต่อ 5

1.1.2 เชื้อเพลิงอัดแท่งจาก ถ่านกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับถ่านเปลือกมังคุด 5 อัตรา มีอัตราส่วนดังนี้

1.(ถ่านกากตะกอนเปียก: ถ่านเปลือกมังคุด) เป็น 9 ต่อ 1

2.(ถ่านกากตะกอนเปียก: ถ่านเปลือกมังคุด) เป็น 8 ต่อ 2

3.(ถ่านกากตะกอนเปียก: ถ่านเปลือกมังคุด) เป็น 7 ต่อ 3

4.(ถ่านกากตะกอนเปียก: ถ่านเปลือกมังคุด) เป็น 6 ต่อ 4

5.(ถ่านกากตะกอนเปียก: ถ่านเปลือกมังคุด) เป็น 5 ต่อ 5

1.1.3 เชื้อเพลิงอัดแท่งจาก ถ่านกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับถ่านกะลามะพร้าว 5 อัตรา มีอัตราส่วนดังนี้

1.(ถ่านกากตะกอนเปียก: ถ่านกะลามะพร้าว) เป็น 9 ต่อ 1

2.(ถ่านกากตะกอนเปียก: ถ่านกะลามะพร้าว) เป็น 8 ต่อ 2

3.(ถ่านกากตะกอนเปียก: ถ่านกะลามะพร้าว) เป็น 7 ต่อ 3

4.(ถ่านกากตะกอนเปียก: ถ่านกะลามะพร้าว) เป็น 6 ต่อ 4

5.(ถ่านกากตะกอนเปียก: ถ่านกะลามะพร้าว) เป็น 5 ต่อ 5

1.1.4 เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ส่วนผสมเป็นกากตะกอนเปียกจากการผลิตเอทานอลอัตราส่วน 100%

1.2 อัตราส่วนผสมของตัวประสานโดยใช้แป้งมันสำปะหลังและน้ำ โดยเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมดังนี้ เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกร่วมกับเปลือกผลไม้ต่อตัวประสานไม่เกิน 5 % ของน้ำหนักวัตถุดิบ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้อัตราส่วนของกากตะกอนเปียกและเปลือกผลไม้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจำนวนอัตราส่วนละ 1 กิโลกรัม ตามอัตราส่วนจะใช้แป้งมันประมาณ 5 -10 % หรือเท่ากับ 50 - 100 กรัม ตามความเหมาะสมของลักษณะความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมกับเปลือกผลไม้

ตอนที่ 2 : กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกร่วมกับเปลือกผลไม้

1.นำกากตะกอนเปียกและเปลือกผลไม้(กะลา เปลือกมังคุดและ ทุเรียน) มาคัดแยกเอาวัสดุส่วนเกินที่ติดมาออกให้หมดแล้วจึงนำไปตากแดดจนแห้งสนิท

2.นำกากตะกอนเปียกและเปลือกผลไม้(กะลา, เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน) มาเผาในถัง 200 ลิตร จนกลายเป็นถ่านที่สุกทั้งหมดแล้วก็จะปล่อยให้ถ่านเย็นตัวลงและนำออกจากถังไป

3.นำถ่านจากกากตะกอนเปียกและเปลือกผลไม้(กะลา, เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน) ไปตีหรือเหยียบให้แตกกลายเป็นชิ้นเล็กๆเพื่อให้ง่ายต่อการนำเข้าสู่เครื่องตีบดให้กลายเป็นผงถ่านละเอียด โดยกำหนดความละเอียดอยู่ที่ 5 มิลลิเมตร

4.นำผงถ่านจากกากตะกอนเปียก และ เปลือกผลไม้ (กะลา, เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน) มาผสมเข้าด้วยกันตามอัตราส่วนที่แตกต่างกันตามที่กำหนดไว้ (9:1, 8:2, 7:3, 6:4 และ 5:5) โดยมีแป้งมันสำปะหลังและนำเป็นตัวประสาน เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมและคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงที่ดีที่สุด

5.นำผงถ่านที่ผสมกันเรียบร้อยแล้วเข้าสู่กระบวนการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องไฮโดรลิคตามรูปแบบที่กำหนดและทำการตัดตามความยาวที่เหมาะและนำไปบรรจุใส่ถาดอลูมิเนียมเพื่อนำไปเข้าสู่เตาอบที่อุณภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมงเพื่อไล่ความชื้น โดยความชื้นที่เหมาะสมต้องไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนักถ่าน

ตอนที่ 3 : การหาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

1.วิเคราะห์สมบัติทางด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM ดังนี้

1.1 การหาค่าความร้อน (Heating Value) ASTM D 5865

1.1.1 เครื่องมือ

-Oxygen Bomb Calorimeter

-บีกเกอร์

-บิวเรต

1.1.2 สารเคมี

- Methyl Orange Indicator

-สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.0709 N

1.1.3 วิธีการทดลอง

1.1.3.1 ตัดลวด (Fuse Wire) ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ผูกที่ปลายทั้งสองของแท้เหล็กด้านล่างของฝาบอมบ์

1.1.3.2 ใส่เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมของกากตะกอนเปียกและเปลือกผลไม้ในอัตราส่วนต่างๆ 1 กรัมลงไปในถ้วย

1.1.3.3 วางถ้วยบนช่วงปลายเหล็กด้านฝาบอมบ์ จัดลวดให้สัมผัสตัวอย่างเติมน้ำกลั่น 1 มิลลิเมตร ลงไปในตัวบอมบ์

1.1.3.4 ประกอบฝาบอมบ์กับตัวบอมบ์ นำไปอัดออกซิเจนให้ได้ความดันประมาณ 30 บรรยากาศ นำไปวางในถังบรรจุบอมบ์

1.1.3.5 ใส่น้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 24 องศาเซลเซียสปริมาณ 2 ลิตร ลงในถัง (Bucker) เสียบสายไฟที่ใช้ในการจุดระเบิด 2 เส้น เข้ากับตัวบอมบ์ แล้วปิดฝาเครื่อง

1.1.3.6 เปิดสวิตช์ อ่านอุณหภูมิของน้ำในถังบรรจุบอมบ์ (Bucker) กับน้ำที่อยู่ในตัวหุ้ม (Jacket) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนกระทั่งคงที่ จึงยุติการทดลอง

1.1.3.7 นำตัวบอมบ์ออก ปล่อยก๊าซออกจากตัวบอมบ์อย่างช้าๆ

1.1.3.8 ล้างฝา ตัวบอมบ์และถ้วยที่อยู่บรรจุเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยน้ำกลั่น

1.1.3.9 วัดความยาวลวดที่เหลือ แล้วป้อนค่าเข้าสู่เครื่อง เครื่องจะทำการคำนวนแล้วพิมพ์ค่าความร้อนของตัวอย่างออกมาทางเครื่องพิมพ์

1.2 การหาปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Matter), ASTM D 3175

1.2.1 เครื่องมือ

- เตาอบ (Moisture over)

-ถ้วย (crucible)

-โถดูดความชื้น (desiccators)

1.2.2 วิธีการทดลอง

- เผา crucible พร้อมฝาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียสประมาณ 30 นาทีแล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ใน โถดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W_5)
- ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัมใส่ลงไปใน crucible แล้วปิดฝา
- นำใส่ลงในเตาเผา 7-10 นาที แล้วปล่อยไว้ในเตา 7 นาที
- นำออกจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น (Desiccators) 30 นาทีแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (W_6)

1.2.3 สูตรคำนวณ

$V = (W_5 – W_6) / W * 100 – M$

V = ร้อยละของปริมาณสารละเหย

M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_5 = น้ำหนักของ Crucible พร้อมฝา และตัวอย่างก่อนเผา

W_6 = น้ำหนักของ Crucible พร้อมฝา และตัวอย่างหลังเผา

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

1.3 การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon), ASTM D 3172

สูตรการคำนวณ

ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - (ร้อยละของปริมาณความชื้น)

- (ร้อยละของปริมาณสารละเหย)

- (ร้อยละของปริมาณเถ้า)

1.4 การหาปริมาณเถ้า (Ash), ASTM D 3174

1.4.1 เครื่องมือ

-เตาอบ

-ถ้วย (Crucible)

-โถดูดความชื้น (Desiccators)

1.4.2วิธีการทดลอง

- นำถ้วย (Crucible) ที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในถ้วยดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก

- ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัมจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W_3)

-นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ประมาณ 4 ชั่วโมงแล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W_4)

1.4.3 สูตรการคำนวณ

$M = (W_3 – W_4) / W*100$

M = ร้อยละของปริมาณเถ้า

W_3 = น้ำหนักถ้วยและเถ้าของตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

W_4 = น้ำหนักถ้วย (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

1.5 การหาปริมาณความชื้น (Moisture), ASTM D 3173

1.5.1 เครื่องมือ

-เตาอบ (Moisure Over)

-ถ้วย (Crucible)

-โถดูดความชื้น (Desiccators)

1.5.2 วิธีการทดลอง

- นำถ้วย (Crucible) ที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาทีจึงนำไปชั่งน้ำหนัก

- ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W_1)

-นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 ชั่วโมงแล้วนำไปทำให้เย็นลงโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W_2)

1.5.3 วิธีการคำนวณ

$M = (W_1-W_2) / W * 100$

M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักถ้วนและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาทดสอบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่จากตะกอนเปียกจากน้ำเสียของโรงงานผลิตเอทานอลผสมร่วมเปลือกผลไม้ (มังคุด, ทุเรียน, กะลามะพร้าว)ตามกระบวนการอัดแท่งและอัตราส่วนที่กำหนดไว้และนำตัวอย่างของเชื้อเพลิงอัดแท่งไปทำการทดสอบและเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งรวมไปถึงคุณสมบัติด้านความร้อน และการนำไปใช้งานตลอดจนให้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาและปรับปรุงเพื่อการนำกากตะกอนเปียกมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน การศึกษาวิจัยนี้ได้นำไปสู่การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตและผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกร่วมกับเปลือกผลไม้ (มังคุด, ทุเรียน, กะลามะพร้าว) โดยกระบวนการทดลองและศึกษาวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตต่อหน่วยและผลตอบแทนทางเศรษฐ์ศาสตร์

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง แบ่งออกเป็น 4 ประเภทได้แก่ กากตะกอนเปียก เปลือกมังคุด เปลือกทุเรียน และ กะลามะพร้าวโดยทำการทดสอบ ณ ห้องทดลอง กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.การเตรียมการทดสอบมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

การเตรียมวัตถุดิบ ที่จะใช้ในการทดสอบได้แก่ เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกผลไม้ (เปลือกมังคุด, เปลือกทุเรียน และกะลามะพร้าว) ในอัตราส่วนต่างๆ และขนาดของถ่านอัดแท่งมีรูกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางของรูกลวง 1.5 เซนติเมตร ความยาว 10 เซนติเมตร เป็นรูปทรงกระบอกมีครีบ 5 ครีบรอบด้าน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์ขนาด 5 เซนติเมตร โดยนำไปทดสอบค่าความร้อน โดยใช้เครื่องมือวัด Oxygen Bomb Calorimeterและ การหาปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Matter), ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon), ปริมาณความชื้น (Moisture content) และการมอดดับ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547)

2.ขั้นตอนในการทดสอบ

ประกอบด้วยขั้นตอนในการดำเนินการทดสอบดังนี้

2.1 ทดสอบลักษณะทางกายภาพและเคมีภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

2.2 ทดสอบคุณสมบัติด้านความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

2.3 ทดสอบการมอดดับของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

3.ผลการทดสอบและวิเคราะห์ตัวอย่าง

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกผลไม้ (เปลือกมังคุด, เปลือกทุเรียนและกะลามะพร้าว) ในอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้งานดังนี้

1) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียก 100 %

2) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด

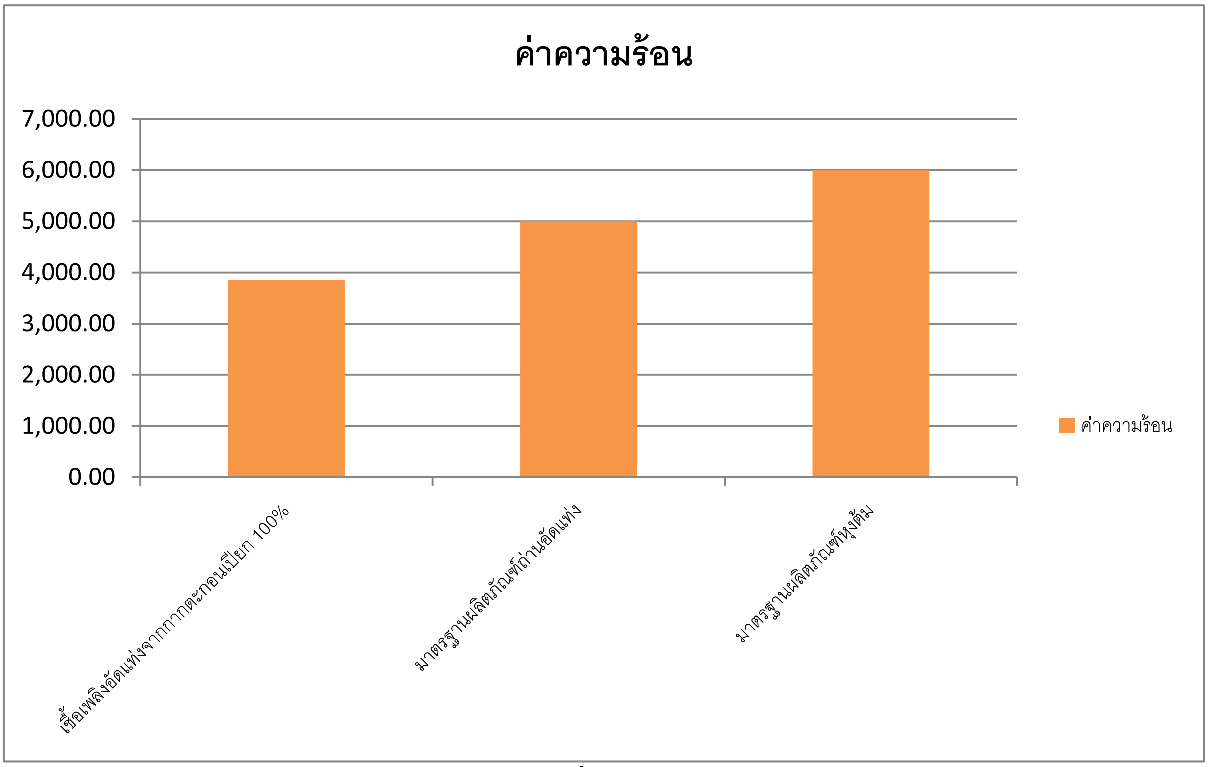
3) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน

4) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว

ตารางที่ 4.1 ผลวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียก 100% และมาตรฐานผลิตชุมชนถ่านอัดแท่งและถ่านไม้หุงต้ม

วัตถุดิบ	เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียก 100%	มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง	มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม
ความชื้น	3.3 %	น้อยกว่า 8 %	น้อยกว่า 10 %
เถ้า	33.3 %	-	น้อยกว่า 8 %
สารที่ละเหยได้	33.2 %	-	น้อยกว่า 25 %
คาร์บอนคงตัว	30.2 %	-	-
ค่าความร้อน	3,851.3cal/g	ค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า5,000 cal/g	ค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า6,000 cal/g

จากข้อมูลตาราง 12นำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุดิบ ค่าความร้อน ในภาพประกอบ23



ภาพที่ 4.1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียก

จากผลการทดลองและวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีภาพทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกจากระบวนการผลิตเอทานอลในห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตชุมชนถ่านอัดแท่งและถ่านไม้หุงต้ม (มผช.) ซึ่งถ่านอัดแท่งต้องมีความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 cal/g และถ่านจากไม้หุงต้มต้องมีค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 6,000 cal/g ตามอันดับ โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่งนั้นต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนักสรุปได้ดังนี้

1) ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียก มีค่าความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 3,851.3 cal/g ผลจากการเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งจากผลทดสอบแสดงได้ว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกนั้นยังมีค่าความร้อนที่ต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอยู่เล็กน้อย
2) ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกมีค่าเฉลี่ย 5.3 % ของน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งที่มีค่าเฉลี่ยความชื้นต้องน้อยกว่า 10 % ของน้ำหนัก สรุปว่า มีค่าความชื้นมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง
3) ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าเฉลี่ยที่ 34.3 % ของน้ำหนัก โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งนั้นไม่มีข้อกำหนดลักษณะหลักเกณฑ์ของปริมาณขี้เถ้าของถ่านอัดแท่ง

แต่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม ต้องมีปริมาณเถ้าไม่เกิน 8 % ของน้ำหนัก ซึ่งจะครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากถ่านที่ได้จากการเผาไม้เท่านั้น โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองและวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าในครั้งนี้เผื่อต้องการทราบว่าแต่ละวัตถุดิบมีปริมาณเถ้าเท่าไหร่เท่านั้น

จากผลวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเอทานอล 100 % นั้นมีค่าความร้อนยังมีค่าความร้อนที่ค่อนข้างน้อยและมีปริมาณเถ้าที่มาก จำเป็นต้องมีการศึกษาและพัฒนาในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงต่อไปโดยผู้ทำการวิจัยได้ทำการศึกษาทดลองนำกากตะกอนเปียกไปผสมร่วมกับชีวมวลประเภทอื่นๆเพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงจากการตะกอนเปียกโดยการเพิ่มปริมาณคาร์บอนคงตัวและลดปริมาณเถ้าจากการผสมร่วมของเปลือกผลไม้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียก

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกร่วมผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนในอัตราส่วนต่างๆที่ 9 : 1, 8:2, 7:3, 6:4 และ 5:5 ตามอันดับ เพื่อศึกษาและพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกให้มีค่าความร้อนและคุณสมบัติที่ดีขึ้น โดยนำผสมผงถ่านของกากตะกอนเปียกและเปลือกทุเรียนเข้าด้วยกันก่อนนำไปขึ้นรูปอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงและนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

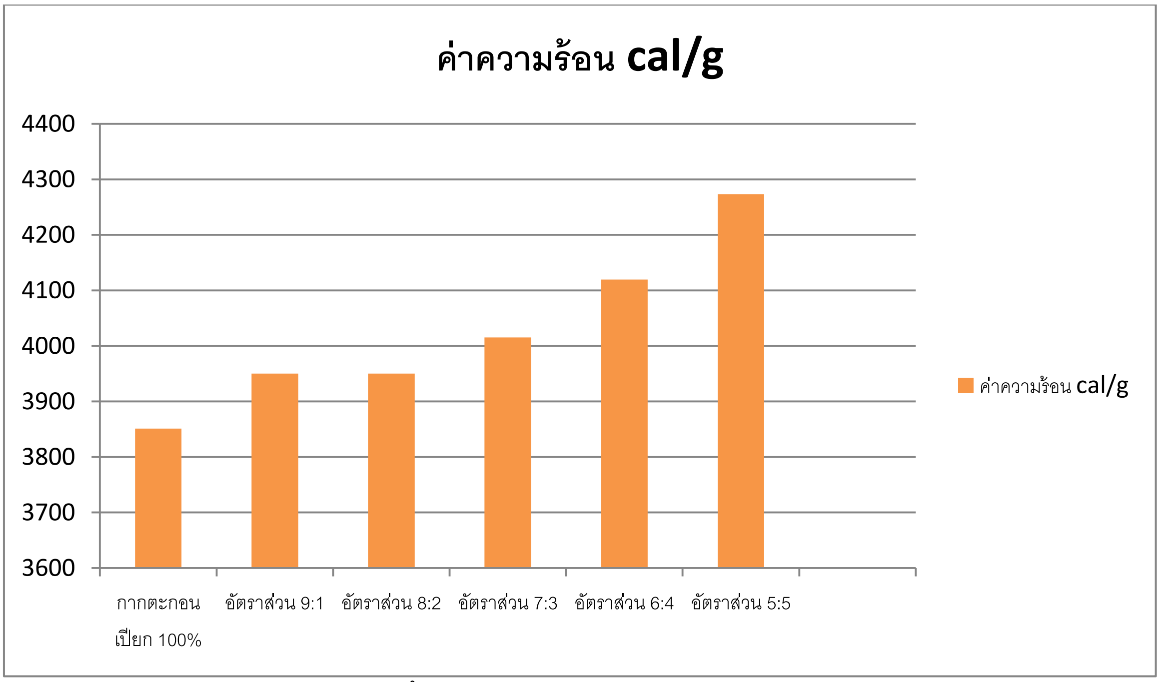
คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิง (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	เปลือกทุเรียน
ความชื้น (%)	2.05
เถ้า(%)	4.07
สารระเหย (%)	93.12
คาร์บอนคงตัว (%)	0.56
ค่าความร้อน (cal/g)	4,045

ผลการทดสอบคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของเปลือกทุเรียนที่กล่าวมาขั้นต้น สามารถสรุปได้ว่าเปลือกทุเรียนนั้นมีปริมาณความชื้น และปริมาณเถ้าต่ำ มีค่าความร้อนซึ่งใกล้เคียงกับ ค่าความร้อนของฟืนไม้ทั่วไปที่ 4,390 cal/g และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอื่นๆที่ได้เคยมีการทดลองอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง เช่น แกลบ ข้าวโพด พบว่าเปลือกทุเรียนมีปริมาณความชื้นและเถ้าที่น้อยกว่า จึงเป็นข้อได้เปรียบในการนำมาใช้ผสมร่วมกับกากตะกอนเปียกเพื่อพัฒนาคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งให้มีคุณสมบัติดีขึ้น

ตารางที่ 4.2 ผลวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน

กากตะกอนเปียก : เปลือกทุเรียน	กากตะกอนเปียก 100%	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5
ความชื้น (%)	3.3	3.6	3.1	2.9	6.2	5.1
เถ้า(%)	33.3	33.3	32.5	34.2	27.4	28.1
สารระเหย(%)	33.2	32.4	30.7	24.6	32.2	26.9
คาร์บอนคงตัว(%)	30.2	30.7	33.7	38.3	34.2	39.9
ค่าความร้อนcal/g	3,851.3	3,950.3	3,950.2	4,015.1	4119.4	4,273.1

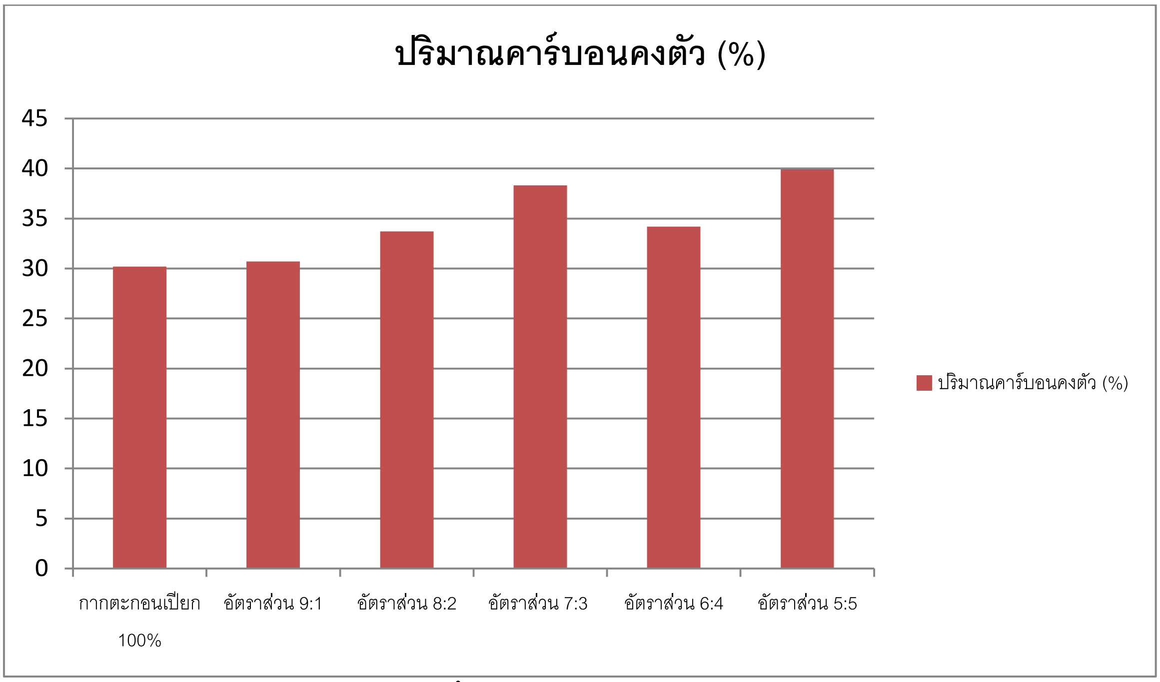
จากข้อมูลในตาราง 14นำมาเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนและค่าความร้อน, คาร์บอนคงตัว, สารที่ระเหยได้, ความชื้นและปริมาณเถ้า ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน ดังภาพประกอบ 24, 25, 26, 27และ 28



ภาพที่ 4.2 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน

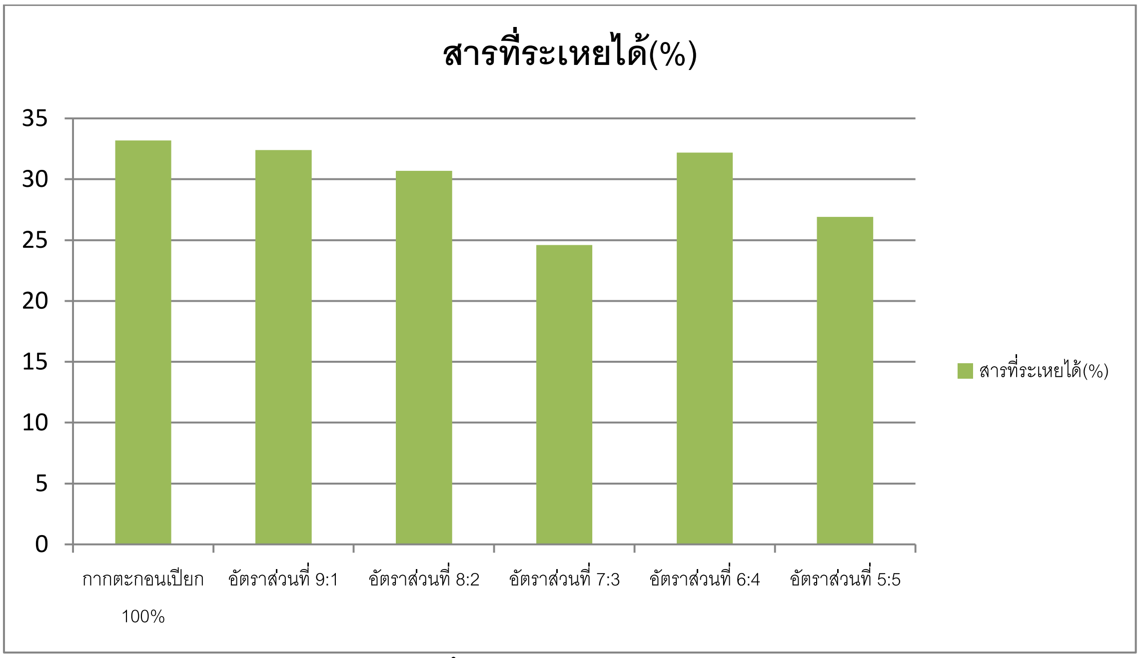
จากการทดสอบและวิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนมีค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 3,950.2 –4,273.1 cal/g และแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของปริมาณของเปลือกทุเรียนที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนผสมมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกสูงขึ้น เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียก 100% ที่ให้ค่าความร้อน 3,851.3 cal/g จะเห็นว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกเมื่อนำไปผสมกับเปลือกทุเรียนทำให้เชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูงขึ้นโดยค่าความร้อนสูงสุดเฉลี่ยที่ 4,273.1

cal/g ที่อัตราส่วน 5:5 ซึ่งมีค่าความร้อนที่ได้ใกล้เคียงกับค่าความร้อนของฟืนไม้ทั่วไปที่มีค่าความร้อน 4,390 cal/g และมีค่าความร้อนต่ำสุด 3,950.2 cal/g ที่อัตราส่วน 9:1



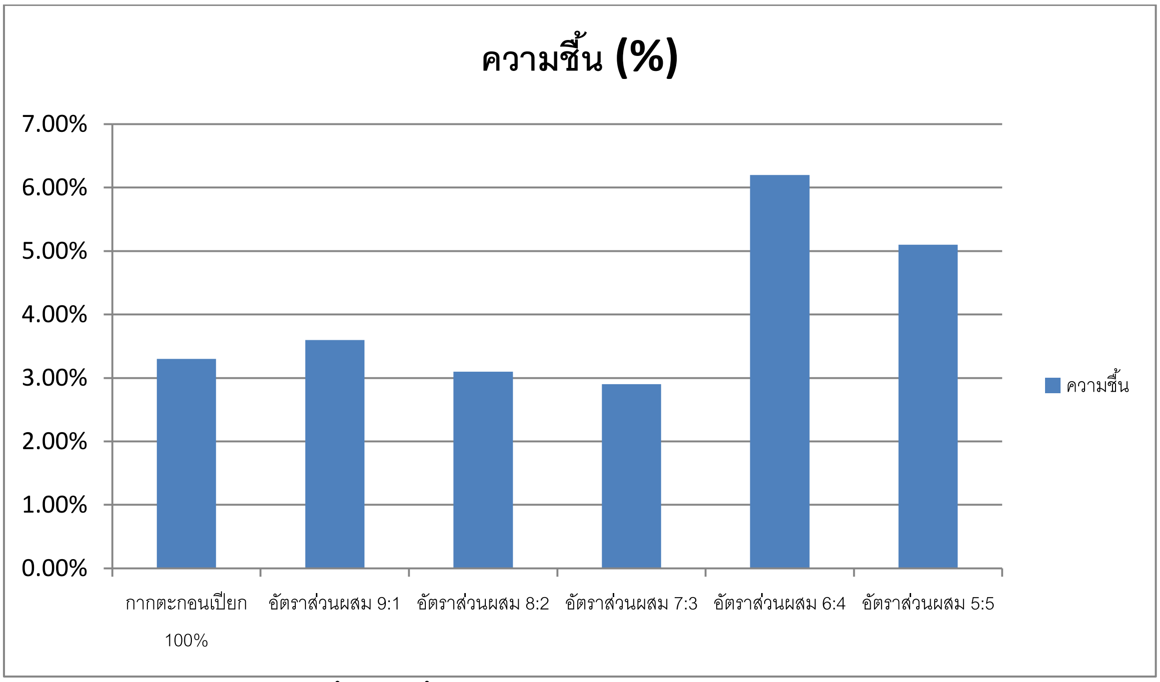
ภาพที่ 4.3 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน

จากผลการทดลองปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนมีปริมาณคาร์บอนคงตัวอยู่ระหว่าง 30.7- 39.9 %มีค่าต่ำสุดที่ 30.7 ที่อัตราส่วน 9:1 และมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงสุด 39.9 % ที่อัตราส่วน 5:5 จากภาพประกอบที่ 25 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนคงตัวกับอัตราส่วนผสมของเปลือกทุเรียน โดยแสดงให้เห็นถึงปริมาณเปลือกทุเรียนที่เพิ่มขึ้นในส่วนผสมส่งผลให้มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงขึ้น ทำให้อัตราส่วนที่เผาไหม้ได้ต่อส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้เช่น ความชื้นและขี้เถ้าสูง และทำให้มีค่าความร้อนที่สูงขึ้นอัตราส่วนประมาณร้อยละ 67:33 โดยปริมาณคาร์บอนคงตัวนั้นแสดงถึงส่วนที่สามารถเผาไหม้ได้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งส่งผลให้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณภาพที่ดีขึ้นและมีระยะเวลาในการมอดดับที่นานขึ้น



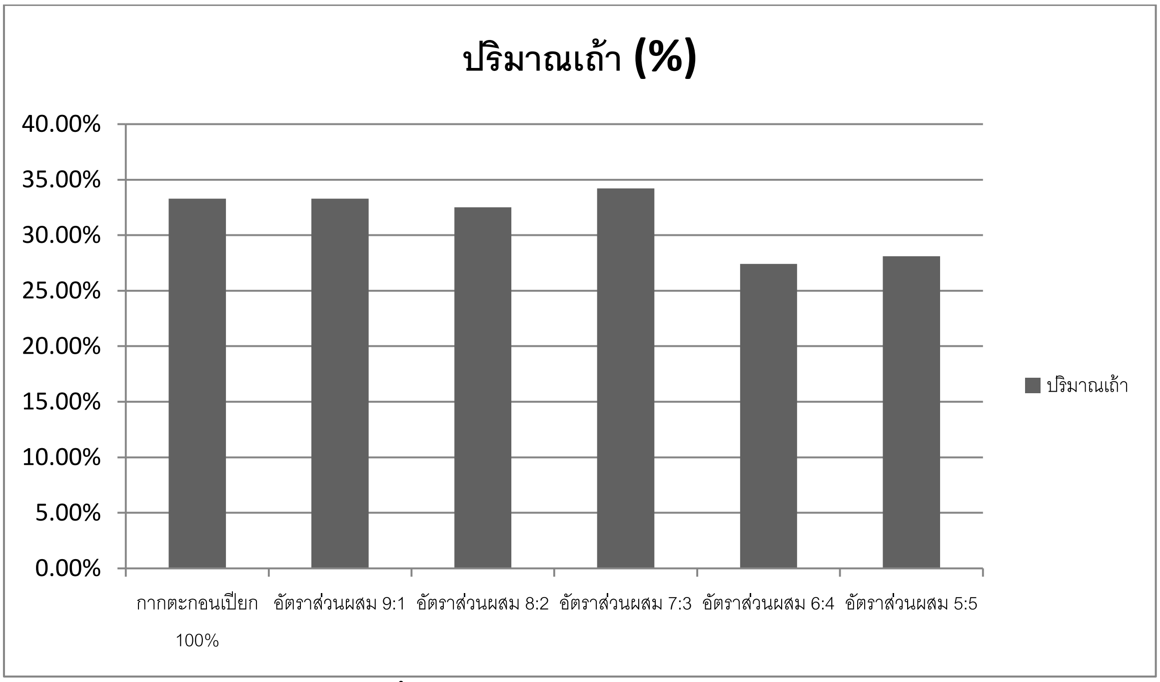
ภาพที่ 4.4 ปริมาณสารระเหยได้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน

จากผลการทดลองปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนมีค่าอยู่ในช่วง 24.6 – 32.4 % โดยปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งยังอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่งปริมาณสารที่ระเหยได้ในทุกอัตราส่วนมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มของเปลือกมังคุดไม่ส่งผลต่อปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยปริมาณสารระเหยแสดงถึงปริมาณของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งที่สามารถระเหยเป็นไอหรือควันได้ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจนเป็นส่วนประกอบซึ่งหากมีปริมาณมากจะทำให้ติดไฟง่ายและเกิดการแสบตาได้ในขณะนำมาใช้งาน



ภาพที่ 4.5 ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน

จากการทดสอบและวิเคราะห์ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนมีค่าที่ไม่แตกต่างกันมากหนักเนื่องจากได้มีขั้นตอนในการไล่ความชื้นออกจากวัตถุดิบก่อนแล้วจึงนำไปเผาเป็นถ่านก่อนนำมาทำการอัดแท่งขึ้นรูปรวมไปถึงมีกระบวนการไล่ความชื้นในขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตเชื้อเพลิงทำให้มีความชื้นในตัววัตถุดิบนั้นมีค่อนข้างน้อยโดยปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งอยู่ระหว่าง 2.9 – 6.2 % โดยค่าความชื้นต่ำสุด 2.9 % ของน้ำหนักที่อัตราส่วน 7: 3 และค่าความชื้นสูงสุด 6.2% ของน้ำหนักที่อัตราส่วน 6:4โดยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนกับฟืนไม้ทั่วไปที่มีความชื้น 8.0% และถ่านไม้ทั่วไปที่มีความชื้น 9.4% พบกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนมีปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่า ฟืนไม้และถ่านไม้ทั่วไป โดยค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนนั้นมีค่าความชื้นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งที่กำหนดไว้ไม่เกิน 10 % ของน้ำหนักในทุกๆอัตราส่วนผสม



ภาพที่ 4.6 ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน

จากการทดสอบและวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนมีปริมาณเถ้าที่ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 27.4 – 34.2 % ผลจากการทดสอบปริมาณเถ้าตามมาตรฐาน (มผช.) ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน จะครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาเป็นแท่งหรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนกลายเป็นเถ้าทั้งหมด โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาปริมาณเถ้าในครั้งนี้เพื่อต้องการทราบว่าในแต่ละอัตราส่วนมีปริมาณเถ้ามากน้อยเพียงใด จากการวิเคราะห์ทำให้เห็นว่าปริมาณเถ้าได้มีปริมาณลดลงจากการเพิ่มเปลือกทุเรียนเข้าไปในอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงอัดแท่ง เนื่องจากตัวเปลือกทุเรียนมีปริมาณขี้เถ้าที่ต่ำส่งผลให้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณภาพที่ดีขึ้น

ผลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนในอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน สามารถสรุปได้ดังนี้ โดยอัตราส่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ถือว่ามีคุณสมบัติทางด้านการเป็นเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดคือ อัตราส่วน 5: 5 ซึ่งให้ค่าความร้อนมากที่สุด 4,273 cal/g มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงที่สุด 39.9% มีปริมาณความชื้น 5.1% โดยความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนในอัตราส่วน 5:5 นั้นมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่งและมีปริมาณขี้เถ้าที่น้อยกว่าอัตราส่วนอื่นๆที่มีกากตะกอนเปียกผสมในอัตราส่วนที่เยอะกว่าและมีอัตราส่วนของส่วนที่เผาไหม้ได้ต่อส่วนเผาไหม้ไม่ได้ร้อยละ 67:33 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่สูงสุดในทั้งหมด 5 อัตราส่วน ซึ่งสอดคล้องต่อค่าความร้อนที่เพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนของเปลือกทุเรียนที่ถูกเพิ่มเข้าไปส่งผลให้อัตราส่วนของกากตะกอนเปียกต่อเปลือกทุเรียนที่ 5:5 เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพมากที่สุด แต่จากปริมาณของเถ้าจากกากตะกอนเปียกส่งผลให้ค่าความ

ร้อนของเชื้อเพลิงยังต่ำกว่าเชื้อเพลิงจากชีวมวลคุณภาพชนิดอื่นๆ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเพื่อให้มีคุณสมบัติเทียบเท่าต่อไป

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกร่วมผสมร่วมกับเปลือกมังคุดในอัตราส่วนต่างๆที่ 9 : 1, 8:2, 7:3, 6:4 และ 5:5 ตามอันดับ เพื่อศึกษาและพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกให้มีค่าความร้อนและคุณสมบัติที่ดีขึ้น โดยนำผสมผงถ่านของกากตะกอนเปียกและเปลือกมังคุดเข้าด้วยกันก่อนนำไปขึ้นรูปอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงและนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของเปลือกมังคุดก่อนการนำไปผสมกับกากตะกอนเปียก (อัจฉลา อัศวรุจิกุลชัย และคณะ, 2554

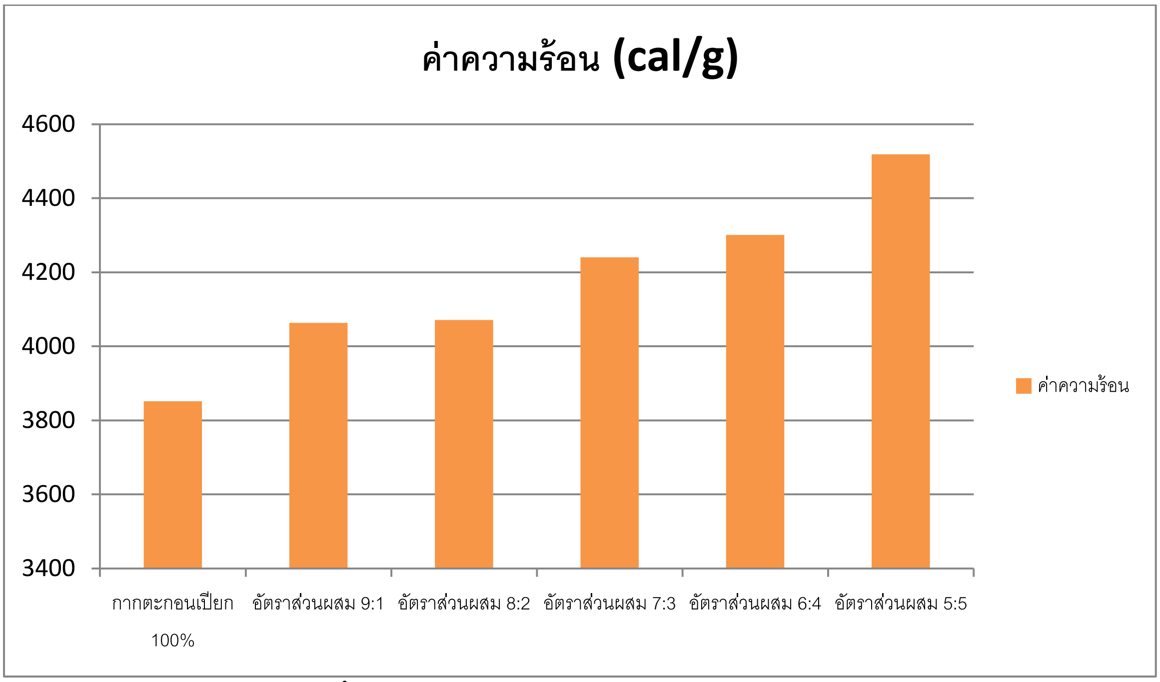
คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิง (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	เปลือกมังคุด
ความชื้น (%)	2.3
เถ้า (%)	5.64
สารระเหย (%)	90.74
คาร์บอนคงตัว (%)	1.32
ค่าความร้อน (cal/g)	4,105

ผลการทดสอบคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของเปลือกมังคุดที่กล่าวมาขั้นต้น สามารถสรุปได้ว่าเปลือกทุเรียนนั้นมีปริมาณความชื้น และปริมาณเถ้าต่ำ มีค่าความร้อนซึ่งใกล้เคียงกับฟืนไม้ทั่วไปที่ 4,105 cal/g และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอื่นๆที่ได้เคยมีการทดลองอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง เช่น แกลบ ข้าวโพด พบว่าเปลือกมังคุดมีปริมาณความชื้นและเถ้าที่น้อยกว่า จึงเป็นข้อได้เปรียบในการนำมาใช้ผสมร่วมกับกากตะกอนเปียกเพื่อพัฒนาคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งให้มีคุณสมบัติดีขึ้น

ตารางที่ 4.4 ผลวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด

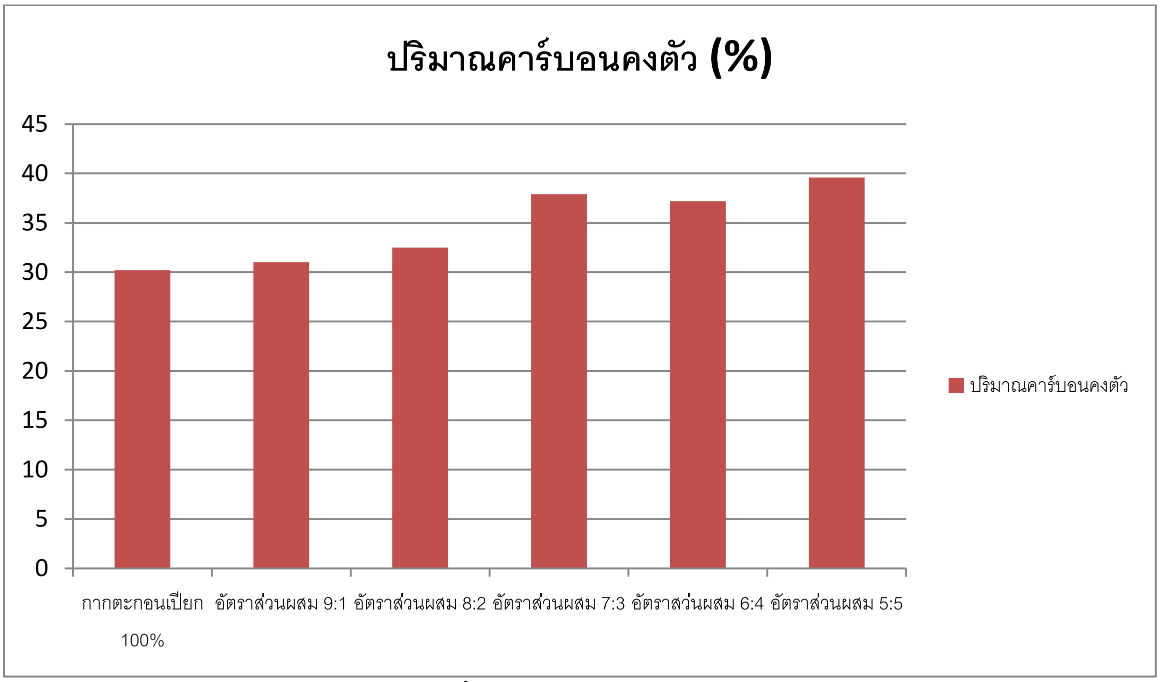
กากตะกอนเปียก : เปลือกมังคุด	กากตะกอนเปียก 100%	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5
ความชื้น (%)	3.3	3.5	4.2	4.2	4.6	4.2
เถ้า(%)	33.3	30.7	31.9	32.5	27.6	25.4
สารระเหยได้(%)	33.2	34.8	31.4	25.4	30.6	30.8
คาร์บอนคงตัว(%)	30.2	31	32.5	37.9	37.2	39.6
ค่าความร้อนcal/g	3,851.3	4,063.0	4,071.6	4,240.5	4,301.3	4,518.7

จากข้อมูลในตาราง 16นำมาเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนและค่าความร้อน, คาร์บอนคงตัว, สารระเหยได้, ความชื้นและปริมาณเถ้า ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด ดังภาพประกอบ 29, 30, 31, 32และ 33



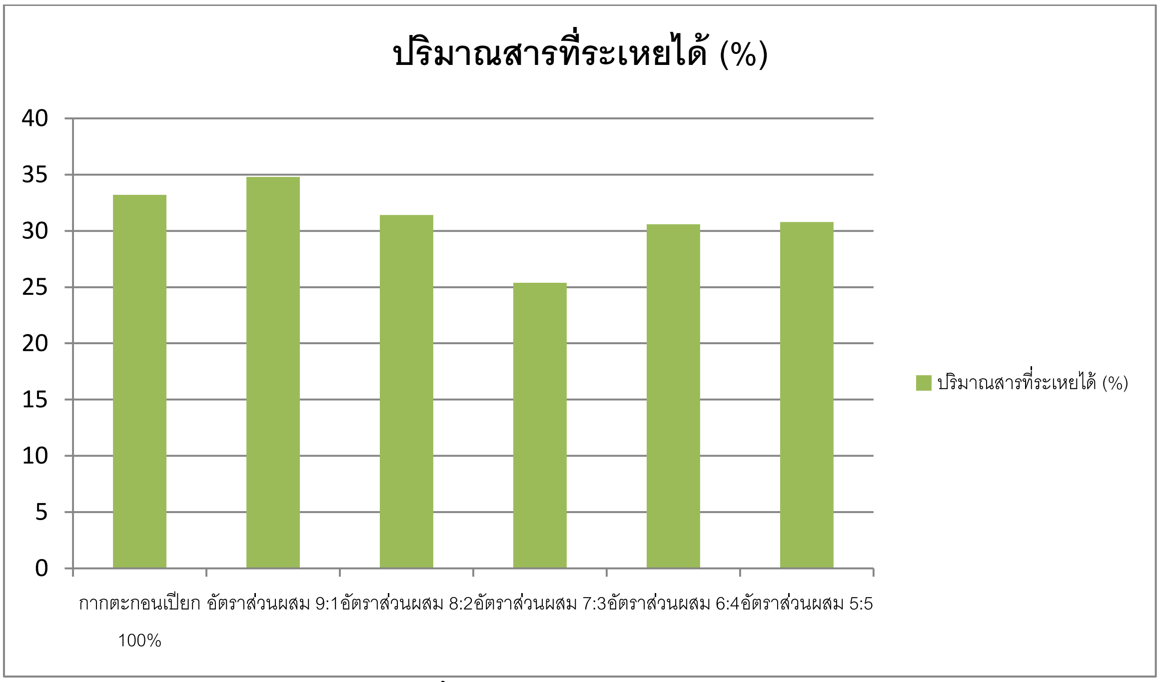
ภาพที่ 4.7 แสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด

จากการทดสอบและวิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดมีค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 4,063 – 4,518.7 cal/gและแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของปริมาณของเปลือกทุเรียนที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนผสมมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกสูงขึ้น โดยค่าความร้อนต่ำสุด 4,063cal/g ที่อัตราส่วน 9:1 และค่าความร้อนสูงสุดเฉลี่ยที่ 4,518.7cal/g ที่อัตราส่วน 5:5เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความร้อนของฟืนไม้ทั่วซึ่งค่าความร้อนที่ได้มากกว่าค่าความร้อนของฟืนไม้ทั่วไปที่มีค่าความร้อน 4,390 cal/g



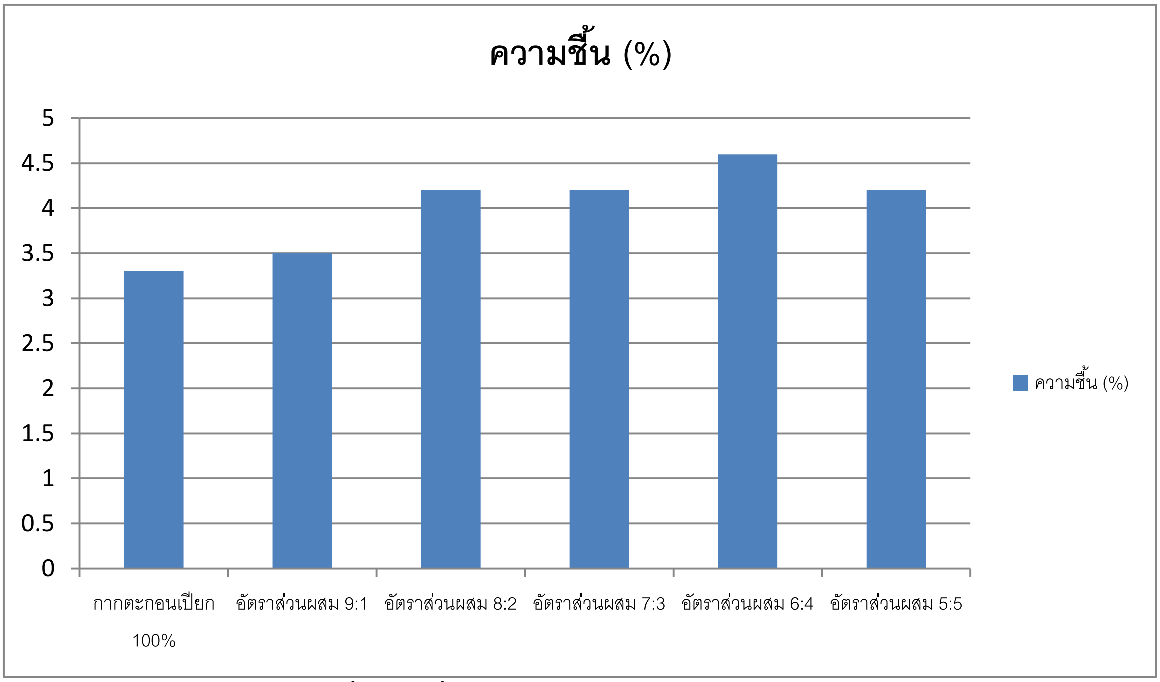
ภาพที่ 4.8 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด

จากผลการทดลองปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด มีปริมาณคาร์บอนคงตัวอยู่ระหว่าง 31 - 39.6 % มีปริมาณคาร์บอนคงตัวต่ำสุด 31 % ที่อัตราส่วน 9:1 และมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงสุดที่ 39.6 % ที่อัตราส่วน 5:5 จากภาพประกอบที่ 30 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนคงตัวกับอัตราส่วนผสมของเปลือกมังคุด โดยแสดงให้เห็นถึงปริมาณเปลือกมังคุดที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนผสมส่งผลให้มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงขึ้นตามอันดับ ทำให้อัตราส่วนที่เผาไหม้ได้ต่อส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้เช่น ความชื้นและขี้เถ้า มีอัตราส่วนสูงขึ้นประมาณร้อยละ 70:30 และทำให้มีค่าความร้อนที่สูงขึ้น โดยปริมาณคาร์บอนคงตัวนั้นแสดงถึงส่วนที่สามารถเผาไหม้ได้ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง



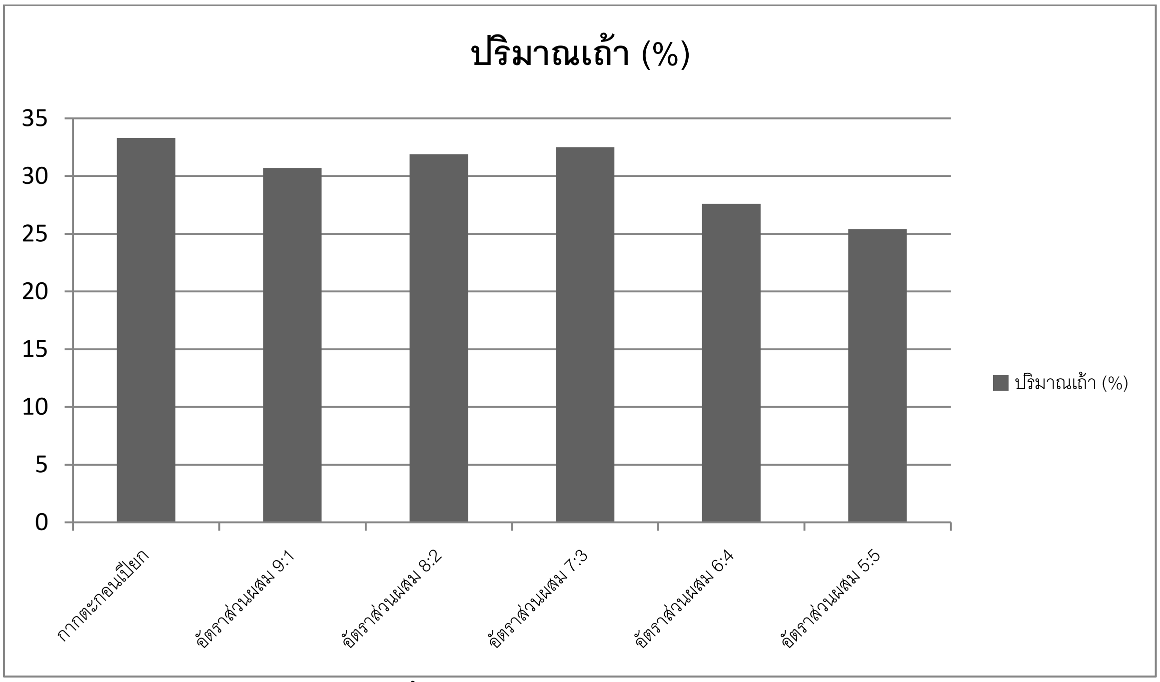
ภาพที่ 4.9 ปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด

จากผลการทดลองปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดมีค่าอยู่ในช่วง 25.4–34.8% มีปริมาณสารระเหยต่ำสุดที่อัตราส่วน7:3 และมีปริมาณสารระเหยสูงสุดที่อัตราส่วน 9:1 โดยปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งยังอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่ง โดยปริมาณสารที่ระเหยได้แสดงถึงปริมาณของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งที่สามารถระเหยเป็นไอหรือควันได้ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจนเป็นส่วนประกอบซึ่งหากมีปริมาณมากจะทำให้มีคุณสมบัติที่ติดไฟง่ายและเกิดการแสบตาได้ในขณะนำมาใช้งาน



ภาพที่ 4.10 ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด

จากการทดสอบและวิเคราะห์ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด มีค่าที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากได้มีขั้นตอนในไล่ความชื้นออกวัตถุดิบก่อนและนำไปเผาจนเป็นถ่านจึงทำให้มีความชื้นในตัววัตถุดิบนั้นมีค่อนข้างน้อยโดยปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งอยู่ระหว่าง 3.5 – 4.6 % โดยค่าความชื้นต่ำสุด 3.5% ของน้ำหนักที่อัตราส่วน 9:1และค่าความชื้นสูงสุด 4.6% ของน้ำหนักที่อัตราส่วน 6:4 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดกับฟืนไม้ทั่วไปที่มีความชื้น 8.0% และถ่านไม้ทั่วไปที่มีความชื้น 9.4% พบกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดมีปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่า ฟืนไม้และถ่านไม้ทั่วไป โดยค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดนั้นมีค่าความชื้นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งที่กำหนดไว้ไม่เกิน 10 % ของน้ำหนักในทุกๆอัตราส่วนผสม โดยปริมาณความชื้นนั้นเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งลดลงร่วมถึงทำให้เชื้อเพลิงแตกร่วนได้ง่ายด้วย



ภาพที่ 4.11 ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด

จากการทดสอบและวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด มีปริมาณเถ้าที่ใกล้เคียงกันและอยู่ในช่วงระหว่าง 25.4-32.5 % ผลจากการทดสอบปริมาณเถ้าตามมาตรฐาน (มผช.) ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน จะครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาเป็นแท่งหรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนกลายเป็นเถ้าทั้งหมด โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาปริมาณเถ้าในครั้งนี้เพื่อต้องการทราบว่าในแต่ละอัตราส่วนมีปริมาณเถ้ามากน้อยเพียงใด

ผลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวในอัตราส่วนผสมที่ 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 และ 5:5 ทำให้ทราบถึงลักษณะและความสัมพันธ์ของอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงจากตะกอนเปียกและปริมาณเปลือกมังคุดที่ถูกเพิ่มเข้าไปในส่วนผสม โดยในทุกๆอัตราส่วนผสมมีความชื้นที่ใกล้เคียงกันมีค่าประมาณ 3.5-4.6% ของน้ำหนัก เนื่องจากมีการไล่ความชื้นหลังจากกระบวนการอัดแท่ง ปริมาณเถ้าและปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกอัตราส่วนและเมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนคงตัวทำให้ทราบถึงปริมาณคาร์บอนคงตัวที่เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมของเปลือกมังคุดซึ่งสอดคล้องกับค่าความร้อนที่เพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนของเปลือกมังคุดและปริมาณคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น

โดยอัตราส่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีคุณสมบัติทางด้านการเป็นเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 5:5 ซึ่งให้ค่าความร้อนมากที่สุด 4,518cal/gสอดคล้องกับการมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงที่สุด39.6% มีปริมาณความชื้น4.2%โดยความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสม

ร่วมกับเปลือกมังคุดในอัตราส่วน 5:5 นั้นมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่งและมีปริมาณขี้เถ้าที่น้อยกว่าอัตราส่วนอื่นๆที่มีกากตะกอนเปียกผสมในอัตราส่วนที่เยอะกว่าและมีอัตราส่วนของส่วนที่เผาไหม้ได้ต่อส่วนเผาไหม้ไม่ได้ร้อยละ 67:33 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่สูงสุดในทั้งหมด 5 อัตราส่วน ส่งผลให้อัตราส่วนของกากตะกอนเปียกต่อเปลือกทุเรียนที่ 5:5 เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพมากที่สุด แต่จากปริมาณของเถ้าจากกากตะกอนเปียกส่งผลให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงยังต่ำกว่าเชื้อเพลิงจากชีวมวลคุณภาพชนิดอื่นๆ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเพื่อให้มีคุณสมบัติเทียบเท่าต่อไป

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกร่วมผสมร่วมกับกะลามะพร้าวในอัตราส่วนต่างๆที่ 9 : 1, 8:2, 7:3, 6:4 และ 5:5 ตามอันดับ เพื่อศึกษาและพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกให้มีค่าความร้อนและคุณสมบัติที่ดีขึ้น โดยนำผสมผงถ่านของกากตะกอนเปียกและกะลามะพร้าวเข้าด้วยกันก่อนนำไปขึ้นรูปอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงและนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของกะลามะพร้าวก่อนการนำไปผสมกับกากตะกอนเปียก (ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม)

คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิง (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	กะลามะพร้าว
ความชื้น (%)	5.6
เถ้า (%)	0.7
สารระเหย (%)	73.7
คาร์บอนคงตัว (%)	25.5
ค่าความร้อน (cal/g)	4,830

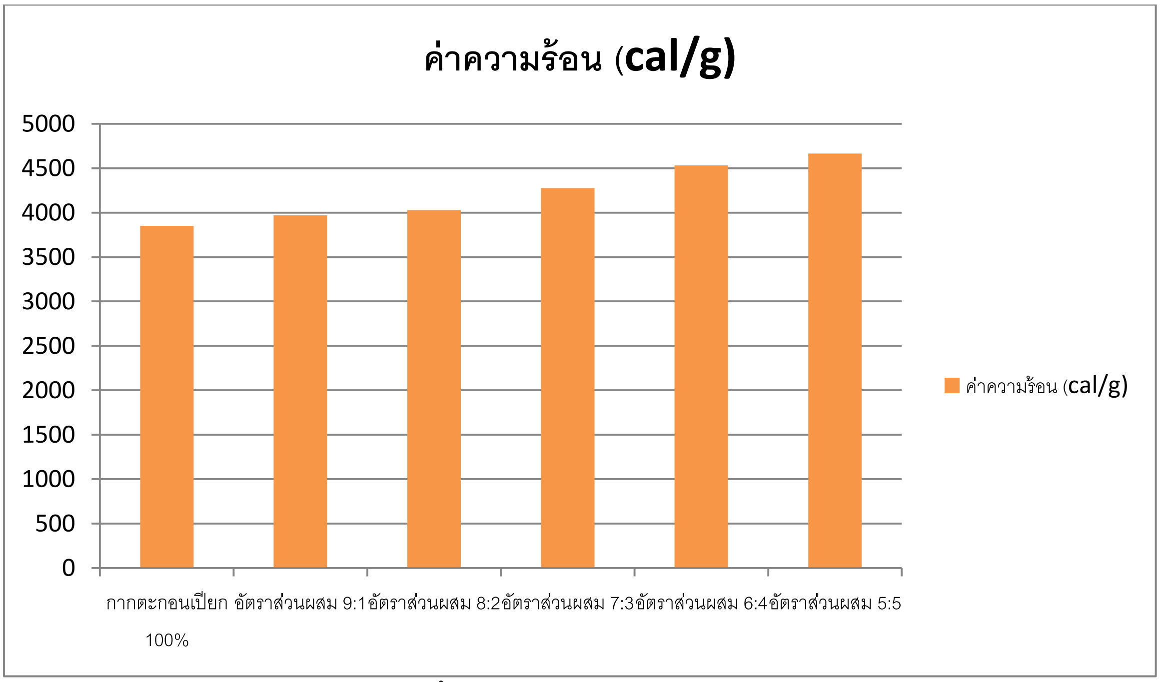
ผลการทดสอบคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของกะลามะพร้าวที่กล่าวมาขั้นต้น สามารถสรุปได้ว่ากะลานั้นมีปริมาณความชื้น และปริมาณเถ้าที่ต่ำ และมีค่าความร้อนที่ค่อนข้างสูงใกล้เคียงกับมาตรฐานชุมชนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ยอมรับได้ที่ 5,000 cal/g โดยกะลามะพร้าวนั้นจัดได้ว่าเป็นหนึ่งในชีวมวลที่มีศักยภาพสูงในการนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งซึ่งเมื่อนำไปผสมกับกากตะกอนเปียกจะช่วยเพิ่มค่าความร้อนและคุณสมบัติทางด้านกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกได้เป็นอย่างดี

โดยในงานวิจัยนี้ได้นำกะลามะพร้าวซึ่งถือว่าเป็นชีวมวลที่มีศักยภาพสูงมาผสมร่วมเพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะนำมาผสมร่วมกับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกและวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านการเป็นเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ทำการผสมร่วมของกับตะกอนเปียกและกะลามะพร้าว

ตารางที่ 4.5 ผลวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว

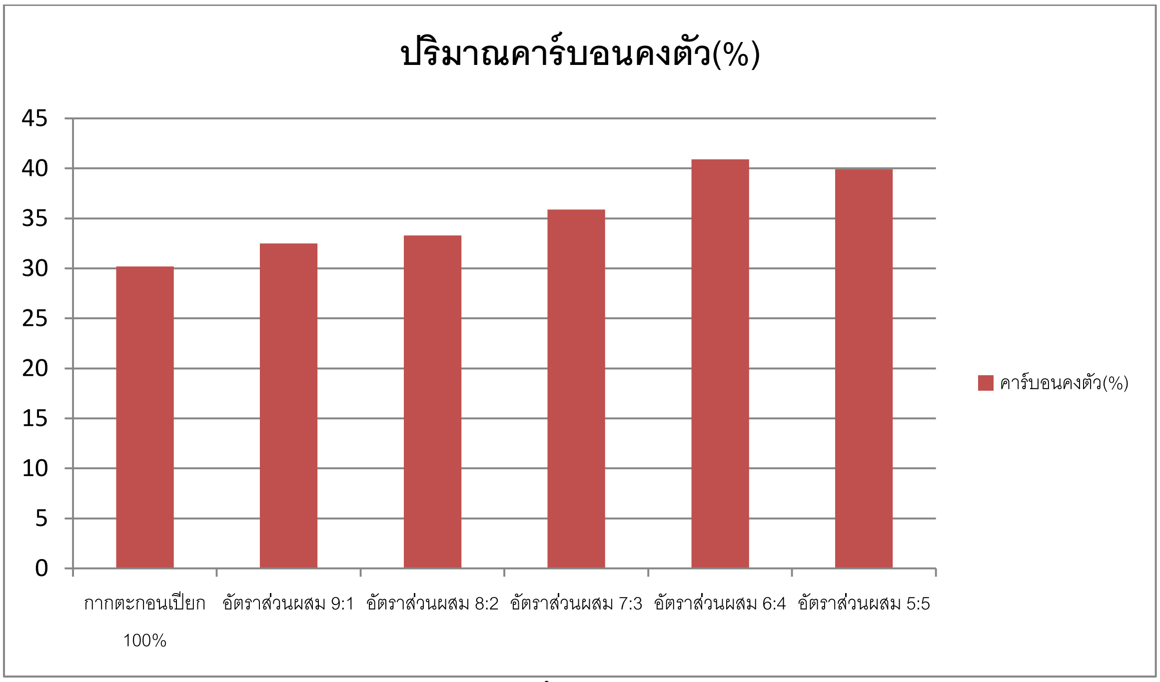
กากตะกอนเปียก : กะลามะพร้าว	กากตะกอนเปียก 100%	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5
ความชื้น (%)	3.3	4.4	4.3	4.1	4	4.7
เถ้า (%)	33.3	34.3	32.4	30.4	24.7	23
สารระเหย (%)	33.2	28.8	30	29.6	30.4	32.4
คาร์บอนคงตัว (%)	30.2	32.5	33.3	35.9	40.9	39.9
ค่าความร้อนcal/g	3,851.3	3,969	4,026.9	4,277.1	4,532.2	4,665.2

จากข้อมูลในตาราง 18นำมาเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนและค่าความร้อน, คาร์บอนคงตัว, สารที่ระเหยได้, ความชื้นและปริมาณเถ้า ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว ดังภาพประกอบ 34, 35, 36, 37และ 38



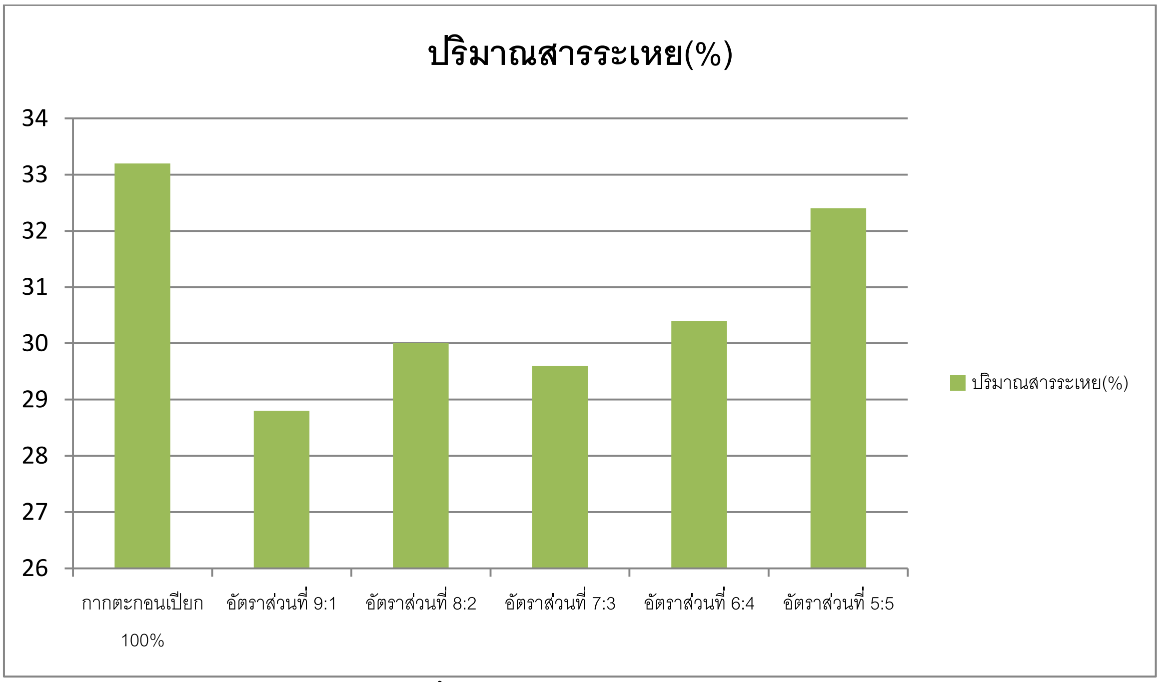
ภาพที่ 4.12 แสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว

จากการทดสอบและวิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวมีค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 3,969.7 – 4,665.2 cal/g และแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของปริมาณของกะลามะพร้าวที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนผสมมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกสูงขึ้น โดยค่าความร้อนต่ำสุด 3,969.7 ที่อัตราส่วน 9:1 และค่าความร้อนสูงสุดเฉลี่ยที่ 4,665.2cal/g ที่อัตราส่วน 5:5ซึ่งมีค่าความร้อนที่ได้ใกล้เคียงกับค่าความร้อนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง



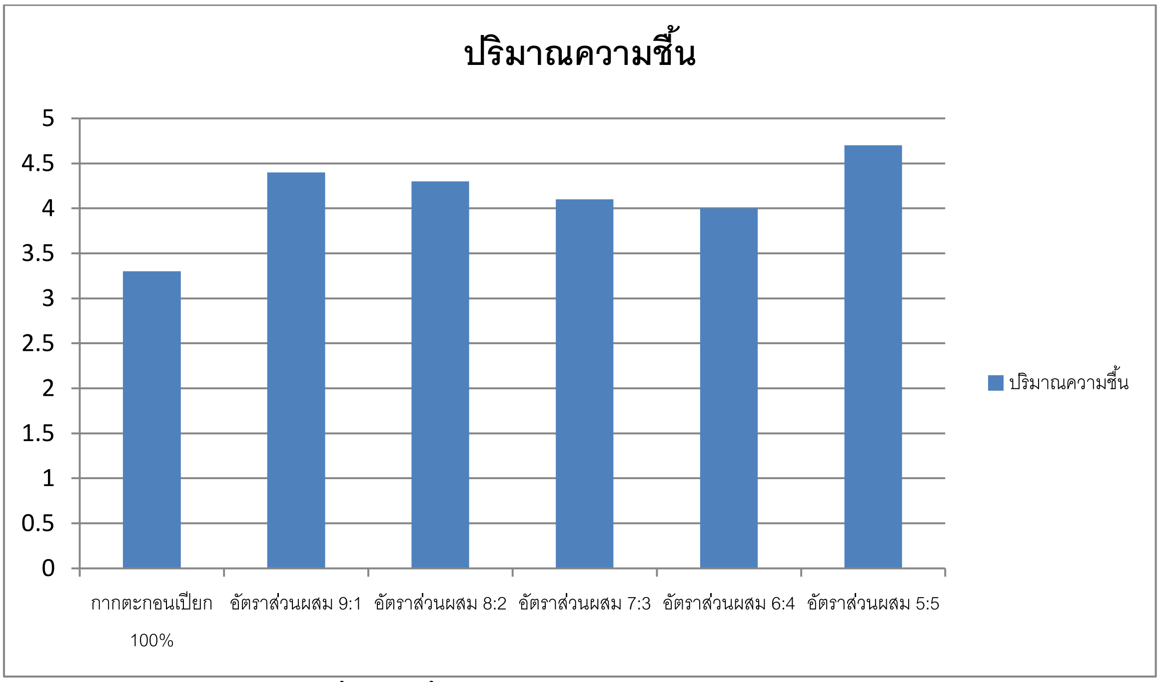
ภาพที่ 4.13 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว

จากผลการทดลองปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว มีปริมาณคาร์บอนคงตัวอยู่ระหว่าง 32.5 – 40.9 % มีปริมาณคาร์บอนคงตัวต่ำสุด 32.5 % ที่อัตราส่วน 9:1 และมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงสุดที่ 40.9 % ที่อัตราส่วน 6:4 จากภาพประกอบที่ 35 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนคงตัวกับอัตราส่วนผสมของกะลามะพร้าว โดยแสดงให้เห็นถึงปริมาณกะลามะพร้าวที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนผสมส่งผลให้มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงขึ้น ทำให้อัตราส่วนที่เผาไหม้ได้ต่ออัตราส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้เช่น ความชื้นและขี้เถ้าสูงขึ้น เป็นอัตราส่วนร้อยละ 72:28 และทำให้มีค่าความร้อนที่สูงขึ้น ปริมาณคาร์บอนคงตัวนั้นแสดงถึงส่วนที่สามารถเผาไหม้ได้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งซึ่งบ่งบอกได้ถึงคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่สูงขึ้น



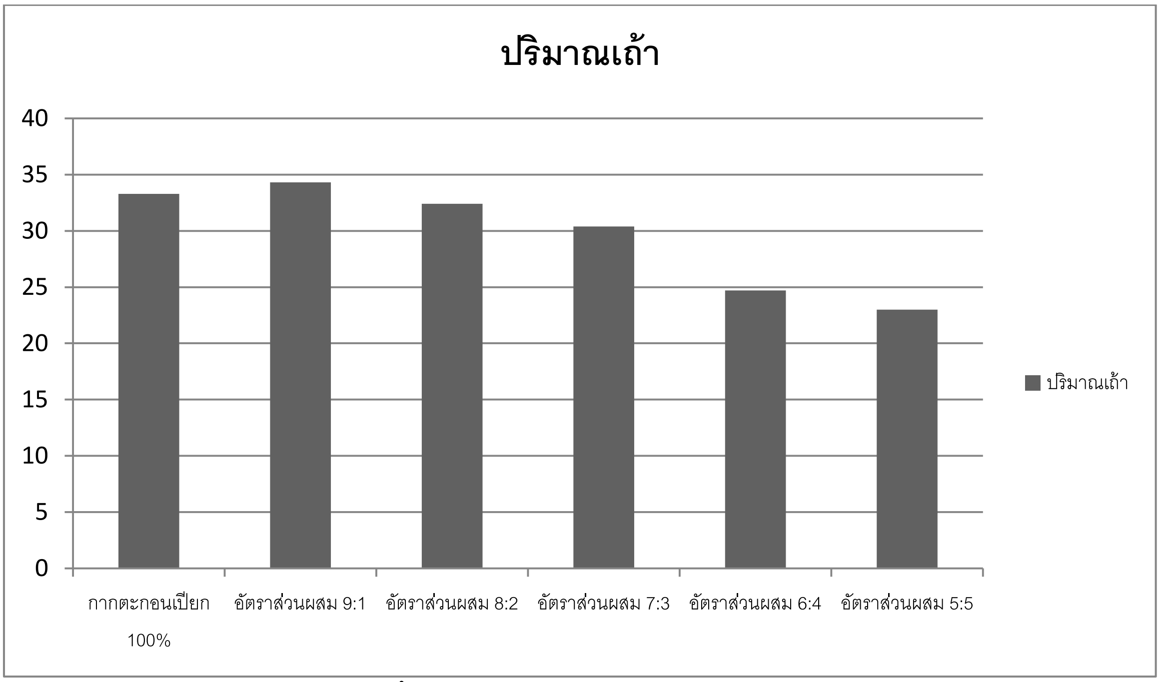
ภาพที่ 4.14 ปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว

จากผลการทดลองปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดมีค่าอยู่ในช่วง 28.8–2.4% มีปริมาณสารระเหยต่ำสุดที่อัตราส่วน 9:1 และมีปริมาณสารระเหยสูงสุดที่อัตราส่วน 5:5 จากภาพประกอบ36แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารระเหยกับอัตราส่วนผสมของกะลามะพร้าว โดยแสดงให้เห็นถึงปริมาณกะลามะพร้าวที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนผสมส่งผลให้มีค่าสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งตัวสูงขึ้น ปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ของเกณฑ์มาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่ง โดยปริมาณสารที่ระเหยได้แสดงถึงปริมาณของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งที่สามารถระเหยเป็นไอหรือควันได้ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจนเป็นส่วนประกอบซึ่งหากมีปริมาณมากจะทำให้มีคุณสมบัติที่ติดไฟง่ายและเกิดการแสบตาได้ในขณะนำมาใช้งาน



ภาพที่ 4.15 ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว

จากการทดสอบและวิเคราะห์ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว มีค่าที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากได้มีขั้นตอนในไล่ความชื้นออกวัตถุดิบก่อนและนำไปเผาจนเป็นถ่านจึงทำให้มีความชื้นในตัววัตถุดิบนั้นมีค่อนข้างน้อยโดยปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งอยู่ระหว่าง 4 – 4.7 % โดยค่าความชื้นต่ำสุด 4% ของน้ำหนักที่อัตราส่วน 6:4 และค่าความชื้นสูงสุด 4.7% ของน้ำหนักที่อัตราส่วน 5:5 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวกับฟืนไม้ทั่วไปที่มีความชื้น 8.0% และถ่านไม้ทั่วไปที่มีความชื้น 9.4% พบกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดมีปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่าความชื้นของฟืนไม้และถ่านไม้ทั่วไป โดยค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวนั้นมีค่าความชื้นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งที่กำหนดไว้ไม่เกิน 10 % ของน้ำหนักในทุกๆอัตราส่วนผสม โดยปริมาณความชื้นนั้นเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งลดลงร่วมถึงทำให้เชื้อเพลิงแตกร่วนได้ง่ายด้วย



ภาพที่ 4.16 ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว

จากการทดสอบและวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว มีปริมาณเถ้าที่ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 23 – 34.3 % จากภาพประกอบ38 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเถ้ากับอัตราส่วนผสมของกะลามะพร้าว โดยแสดงให้เห็นถึงปริมาณกะลามะพร้าวที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนผสมส่งผลให้ปริมาณเถ้าที่วัดได้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวมีปริมาณที่ลดลงและมีแนวโน้มที่จะลดลงเรื่อยๆตามการเพิ่มของอัตราส่วนของปริมาณกะลามะพร้าวในส่วนผสม โดยผลจากการทดสอบปริมาณเถ้าที่ยอมรับได้ของมาตรฐาน (มผช.) ต้องมีปริมาณเถ้าไม่เกินร้อยละ 10โดยน้ำหนัก ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน จะครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาเป็นแท่งหรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนกลายเป็นเถ้าทั้งหมด โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาปริมาณเถ้าในครั้งนี้เพื่อต้องการทราบว่าในแต่ละอัตราส่วนมีปริมาณเถ้ามากน้อยเพียงใด

ผลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวในอัตราส่วนผสมที่ 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 และ 5:5 ทำให้ทราบถึงลักษณะและความสัมพันธ์ของอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงจากตะกอนเปียกและปริมาณกะลามะพร้าวที่ถูกเพิ่มเข้าไปในส่วนผสม โดยในทุกๆอัตราส่วนผสมมีความชื้นที่ใกล้เคียงกันมีค่าประมาณ 4-4.7 % ของน้ำหนักเนื่องจากมีการไล่ความชื้นหลังจากกระบวนการอัดแท่ง ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวจะมีปริมาณเถ้าแปรพันกับปริมาณกะลามะพร้าวที่เพิ่มขึ้นในส่วนผสม โดยจะปริมาณเถ้าจะมีค่ามากที่สุดที่อัตราส่วนผสม 9:1 และมีปริมาณเถ้าน้อยที่สุดที่อัตราส่วนผสม 5:5 ในขณะที่ปริมาณสารระเหยนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกอัตราส่วนและเมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณ

คาร์บอนคงตัวทำให้ทราบถึงปริมาณคาร์บอนคงตัวที่เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมของปริมาณกะลามะพร้าวทำอัตราส่วนของส่วนที่เผาไหม้ได้ต่อสารที่เผาไหม้ได้มีค่าสูงขึ้นเป็นร้อยละ 72:28ซึ่งสอดคล้องกับค่าความร้อนที่เพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนของปริมาณกะลามะพร้าวและปริมาณคาร์บอน

ตารางที่ 4.6 แสดงระยะเวลาในการมอดดับของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกในแต่ละอัตราส่วน

วัตถุดิบ/อัตราส่วนผสม		**ค่าความร้อน (cal/g)**	**ระยะเวลาในการมอดดับ (นาที)**
กากตะกอนเปียก 10	**เปลือกผลไม้** 0	3,851.3	242
กากตะกอนเปียก 9	**กะลามะพร้าว** 1	3,969	240
กากตะกอนเปียก 8	**กะลามะพร้าว** 2	4,026.9	254
กากตะกอนเปียก 7	**กะลามะพร้าว** 3	4,277.1	265
กากตะกอนเปียก 6	**กะลามะพร้าว** 4	4,532.2	279
กากตะกอนเปียก 5	**กะลามะพร้าว** 5	4,665.2	285
กากตะกอนเปียก 9	**เปลือกมังคุด** 1	4,063	235
กากตะกอนเปียก 8	**เปลือกมังคุด** 2	4,071.6	253
กากตะกอนเปียก 7	**เปลือกมังคุด** 3	4,240.5	249
กากตะกอนเปียก 6	**เปลือกมังคุด** 4	4,301.3	261
กากตะกอนเปียก 5	**เปลือกมังคุด** 5	4,518.7	277
กากตะกอนเปียก 9	**เปลือกทุเรียน** 1	3,950.3	230
กากตะกอนเปียก 8	**เปลือกทุเรียน** 2	3,950.2	233
กากตะกอนเปียก 7	**เปลือกทุเรียน** 3	4,015.1	247
กากตะกอนเปียก 6	**เปลือกทุเรียน** 4	4,119.4	247
กากตะกอนเปียก 5	**เปลือกทุเรียน** 5	4,243.1	258

จากผลการวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกผลไม้ 3 ชนิด อัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดคือ 5:5 ในทุกชนิดของวัตถุดิบหลัก โดยการเพิ่มวัตถุดิบที่เป็นเปลือกผลไม้เข้าไปผสมกับกากตะกอนเปียกทำให้เชื้อเพลิงที่ได้มีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงที่ดีขึ้นและมีระยะเวลามอดดับยาวนานมากขึ้นตามอัตราส่วนของเปลือกผลไม้ที่เพิ่มเข้าไปส่งผลให้มีอัตราส่วนของส่วนที่เผาไหม้ได้ต่อส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ มีค่าสูงขึ้น เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกทุกอัตราส่วนมีค่าความชื้นที่ไม่แตกต่างกันและจากการผสมของเปลือกผลไม้ไม่มีผลต่อค่าความชื้นเนื่องจากมีการเผาให้เป็นถ่านในขั้นตอนผลิตและการไล่ความชื้นในขั้นตอนก่อนนำไปใช้งาน โดยกะลามะพร้าวเป็นวัตถุดิบที่นำมาผสมกับกากตะกอนเปียกแล้วให้ค่าความร้อนสูงที่สุด โดยมีค่าความร้อนที่ 4,665.2 cal/g มีระยะเวลาในการมอดดับ 285 นาทีเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับฟืนไม้ทั่วไป โดยฟืนไม้ทั่วไปมีค่าความร้อน 4,390 cal/gและสอดคล้องกับปริมาณคาร์บอนคงตัวที่มีปริมาณมากที่สุดในอัตราส่วนผสม 5:5 ในขณะที่มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดในทุกอัตราส่วนผสม

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตต่อหน่วยและผลตอบแทนทางเศรษฐ์ศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกผลไม้จะทำการวิเคราะห์เฉพาะ เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกผลไม้ 3 ชนิดในอัตราส่วน 5 : 5 เท่านั้น เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงดีที่สุด

1.ข้อมูลเบื้องต้นของวัตถุดิบในการการผลิตถ่าน

1.1 ตะกอนเปียก : ราคา 250 บาท/ตัน

1.2 กะลามะพร้าว : ราคา2,000บาท/ตัน

2.ข้อมูลเบื้องต้นของอุปกรณ์เครื่องจักรในการผลิต

2.1 เครื่องบดวัตถุดิบ ราคา 70,000 บาท กำลังการผลิต 100กิโลกรัม/ชั่วโมง

2.2 เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวหนอน ราคา 200,000บาท กำลังการผลิต 100กิโลกรัม/ชั่วโมง

2.3 ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร จำนวน 15 ถัง ราคา 30,000 บาท

3.ข้อมูลเบื้องต้นค่าใช้จ่ายในการขนส่งวัตถุดิบ

3.1 รถบรรทุก 10 ล้อบรรทุกได้ 15,000 กิโลกรัม/เที่ยว และมีค่าใช้จ่าย 13,000 บาท/เที่ยว

3.2 ค่าขนส่งวัตถุดิบ0.86 บาท/ กิโลกรัม

4.ข้อมูลเบื้องต้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบเย็นมีน้ำหนัก 0.1กิโลกรัม/ก้อน

1.การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์เพื่อการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบเย็นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด

ค่าใช้จ่ายคงที่ (F)		
1 เครื่องบดวัตถุดิบ	70,000	บาท
2.เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวหนอน	200,000	บาท
3.ถังมีฝาปิด 200 ลิตร 15 ถัง	30,000	บาท
4.ถังสำหรับผสมส่วนประกอบ	5,000	บาท
รวมเป็นเงิน	305,000	บาท

ค่าต้นทุนวัตถุดิบ		
ปริมาณเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ต้องการต่อวัน	500	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียก	250	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด	250	กิโลกรัม
% คาร์บอไนเซชั่นปกติ	33.33	%
ตะกอนเปียกราคา	0.25	บาท/กิโลกรัม
ตะกอนเปียกมีความชื้น	50	%
ต้องการตะกอนเปียกแห้ง	750	กิโลกรัม
ดังนั้นต้องการตะกอนเปียกจากโรงงาน	**~1,500**	**กิโลกรัม**
เปลือกมังคุดราคา	0	บาท/กิโลกรัม
ต้องการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด	250	กิโลกรัม
ดังนั้นต้องการเปลือกมังคุดจากตลาด	**~750**	**กิโลกรัม**
ค่าใช้จ่ายวัตถุดิบ (ตะกอนเปียก+เปลือกมังคุด)	375	บาท
เชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็น	0.1	กิโลกรัม/ก้อน
ตะกอนเปียก 500 กก.ผสมร่วมกับเปลือกมังคุด 500 กก. สามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยการอัดเย็นได้จำนวน	10,000	ก้อน
อัตราการป้อนเครื่องอัดแท่ง	100	กิโลกรัม/ชั่วโมง
ทำงาน	8	ชั่วโมง/วัน
ผลิตชิ้นงานวันละ (อัดแบบเย็น)	8,000	ก้อน
ต้นทุนเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	**0.0468**	**บาท/ก้อน**

ค่าต้นทุนขนส่งวัตถุดิบ		
อัตราภาระบรรทุกขนส่ง 10 ล้อ	15,000	กิโลกรัม/เที่ยว
ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว	13,000	บาท/เที่ยว
ดังนั้นต้นทุนขนส่งวัตถุดิบ	0.87	บาท/กิโลกรัม
ต้องการตะกอนเปียก	1,500	กิโลกรัม
ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการขนส่งตะกอนเปียก	1,305	บาท
ต้องการเปลือกมังคุด	750	กิโลกรัม
ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการขนส่งเปลือกมังคุด	652	บาท
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งวันละ (อัดเย็น)	8,000	ก้อน
ค่าใช้จ่ายในการขนส่งตะกอนเปียกและเปลือกมังคุดรวมกัน	1,305+652 = 1,957	บาท
ต้นทุนขนส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดต่อก้อน	**0.2446**	**บาท/ก้อน**

ค่าใช้จ่ายแปรพัน		
ค่าแรงขั้นต่ำ (สมุทรสงคราม)	300	บาท/วัน/คน
คนงาน 2 คน ค่าแรงงานรวม	600	บาท/วัน
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งวันละ (อัดเย็น)	8,000	ก้อน
ค่าแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	**0.075**	**บาท/ก้อน**

ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ		
ค่าไฟฟ้า	0.1	บาท/กิโลกรัม
ตะกอนเปียก 500 กรัม + เปลือกผลไม้ 500 กรัมผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้จำนวน	10	ก้อน
ผลิตชิ้นงานวันละ	8,000	ก้อน
ดังนั้นค่าไฟฟ้า	80	บาท/วัน
ค่าไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	**0.01**	**บาท/ก้อน**
ค่าน้ำ	0.01	บาท/กิโลกรัม
ดังนั้นค่าน้ำ	8	บาท

ค่าน้ำของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	0.001	**บาท/ก้อน**
ค่าแป้งมันสำปะหลัง	0.05	บาท/กิโลกรัม
ดังนั้นค่าแป้งมันสำปะหลัง	40	บาท/กิโลกรัม
ค่าแป้งมันสำปะหลังของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	0.005	**บาท/ก้อน**

ต้นทุนแปรผันของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน (v)		
ต้นทุนเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดต่อก้อน	0.0468	บาท/ก้อน
ต้นทุนขนส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดต่อก้อน	0.2446	บาท/ก้อน
ค่าแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.075	บาท/ก้อน
ค่าไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.01	บาท/ก้อน
ค่าน้ำของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.001	บาท/ก้อน
ค่าแป้งมันสำปะหลังของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.005	บาท/ก้อน
ต้นทุนแปรผันของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด	0.3824	**บาท/ก้อน**

การผลิตชิ้นงานต่อปี (N)		
การทำงาน 1 ปี	250	วัน
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง	8,000	ก้อน/วัน
ดังนั้นสามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้	2,000,000	**ก้อน/ปี**

ราคาขายต่อหน่วย (p)		
ราคาขายเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบร้อนและเย็นขายส่ง	17	บาท
ตะกอนเปียก 1 กิโลผลิตถ่านอัดแท่งได้	10	ก้อน
ราคาขายถ่านอัด	1.7	บาท/ก้อน

N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	$\frac{F}{p-v}$
F ต้นทุนคงที่	305,000 บาท
p ราคาขายต่อหน่วย	1.7 บาท/ก้อน
v ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย	0.3824บาท/ก้อน
N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	**231,482 ชิ้น**

ใช้ระยะเวลาผลิตที่จะคุ้มทุน	$\frac{N*}{N}$
N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	**231,482 ชิ้น**
N จำนวนการผลิตต่อปี	2,000,000 ชิ้น/ปี
ใช้ระยะเวลาผลิตที่จะคุ้มทุน	**0.11 ปี**

2.การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์เพื่อการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบเย็นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน

ค่าใช้จ่ายคงที่ (F)		
1 เครื่องบดวัตถุดิบ	70,000	บาท
2.เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวหนอน	200,000	บาท
3.ถังมีฝาปิด 200 ลิตร 15 ถัง	30,000	บาท
4.ถังสำหรับผสมส่วนประกอบ	5,000	บาท
รวมเป็นเงิน	305,000	บาท

ค่าต้นทุนวัตถุดิบ		
ปริมาณเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ต้องการต่อวัน	500	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียก	250	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน	250	กิโลกรัม
% คาร์บอไนเซชั่นปกติ	33.33	%
ตะกอนเปียกราคา	0.25	บาท/กิโลกรัม
ตะกอนเปียกมีความชื้น	50	%
ต้องการตะกอนเปียกแห้ง	750	กิโลกรัม
ดังนั้นต้องการตะกอนเปียกจากโรงงาน	**~1,500**	**กิโลกรัม**

เปลือกมังคุดราคา	0	บาท/กิโลกรัม
ต้องการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน	250	กิโลกรัม
ดังนั้นต้องการเปลือกทุเรียนจากตลาด	**~750**	**กิโลกรัม**
ค่าใช้จ่ายวัตถุดิบ (ตะกอนเปียก+เปลือกทุเรียน)	375	บาท
เชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็น	0.1	กิโลกรัม/ก้อน
ตะกอนเปียก 500 กก.ผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน 500 กก. สามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยการอัดเย็นได้จำนวน	10,000	ก้อน
อัตราการป้อนเครื่องอัดแท่ง	100	กิโลกรัม/ชั่วโมง
ทำงาน	8	ชั่วโมง/วัน
ผลิตชิ้นงานวันละ (อัดแบบเย็น)	8,000	ก้อน
ต้นทุนเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	**0.0468**	**บาท/ก้อน**

ค่าต้นทุนขนส่งวัตถุดิบ		
อัตราภาระบรรทุกขนส่ง 10 ล้อ	15,000	กิโลกรัม/เที่ยว
ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว	13,000	บาท/เที่ยว
ดังนั้นต้นทุนขนส่งวัตถุดิบ	0.87	บาท/กิโลกรัม
ต้องการตะกอนเปียก	1,500	กิโลกรัม
ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการขนส่งตะกอนเปียก	1,305	บาท
ต้องการเปลือกทุเรียน	750	กิโลกรัม
ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการขนส่งเปลือกทุเรียน	652	บาท
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งวันละ (อัดเย็น)	8,000	ก้อน
ค่าใช้จ่ายในการขนส่งตะกอนเปียกและเปลือกทุเรียนรวมกัน	1,305+652 = 1,957	บาท
ต้นทุนขนส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนต่อก้อน	**0.2446**	**บาท/ก้อน**

ค่าใช้จ่ายแปรพัน		
ค่าแรงขั้นต่ำ (สมุทรสงคราม)	300	บาท/วัน/คน
คนงาน 2 คน ค่าแรงงานรวม	600	บาท/วัน
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งวันละ (อัดเย็น)	8,000	ก้อน
ค่าแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	**0.075**	**บาท/ก้อน**

ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ		
ค่าไฟฟ้า	0.1	บาท/กิโลกรัม
ตะกอนเปียก 500 กรัม + เปลือกผลไม้ 500 กรัมผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้จำนวน	10	ก้อน
ผลิตชิ้นงานวันละ	8,000	ก้อน
ดังนั้นค่าไฟฟ้า	80	บาท/วัน
ค่าไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	**0.01**	**บาท/ก้อน**
ค่าน้ำ	0.01	บาท/กิโลกรัม
ดังนั้นค่าน้ำ	8	บาท
ค่าน้ำของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	**0.001**	**บาท/ก้อน**
ค่าแป้งมันสำปะหลัง	0.05	บาท/กิโลกรัม
ดังนั้นค่าแป้งมันสำปะหลัง	40	บาท/กิโลกรัม
ค่าแป้งมันสำปะหลังของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	**0.005**	**บาท/ก้อน**

ต้นทุนแปรผันของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน (v)		
ต้นทุนเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนต่อก้อน	0.0468	บาท/ก้อน
ต้นทุนขนส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมทุเรียนต่อก้อน	0.2446	บาท/ก้อน
ค่าแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.075	บาท/ก้อน
ค่าไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.01	บาท/ก้อน
ค่าน้ำของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.001	บาท/ก้อน
ค่าแป้งมันสำปะหลังของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.005	บาท/ก้อน

ต้นทุนแปรผันของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน	0.3824	**บาท/ก้อน**

การผลิตชิ้นงานต่อปี (N)		
การทำงาน 1 ปี	250	วัน
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง	8,000	ก้อน/วัน
ดังนั้นสามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้	**2,000,000**	**ก้อน/ปี**

ราคาขายต่อหน่วย (p)		
ราคาขายเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบร้อนและเย็นขายส่ง	17	บาท
ตะกอนเปียก 1 กิโลผลิตถ่านอัดแท่งได้	10	ก้อน
ราคาขายถ่านอัด	1.7	บาท/ก้อน

N* **จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน**	$\frac{F}{p-v}$
F ต้นทุนคงที่	305,000 บาท
p ราคาขายต่อหน่วย	1.7 บาท/ก้อน
v ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย	0.3824บาท/ก้อน
N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	**231,482 ชิ้น**

ใช้ระยะเวลาผลิตที่จะคุ้มทุน	$\frac{N*}{N}$
N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	**231,482 ชิ้น**
N จำนวนการผลิตต่อปี	2,000,000 ชิ้น/ปี
ใช้ระยะเวลาผลิตที่จะคุ้มทุน	**0.11 ปี**

3.การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์เพื่อการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบเย็นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว

ค่าใช้จ่ายคงที่ (F)		
1 เครื่องบดวัตถุดิบ	70,000	บาท
2.เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวหนอน	200,000	บาท
3.ถังมีฝาปิด 200 ลิตร 15 ถัง	30,000	บาท
4.ถังสำหรับผสมส่วนประกอบ	5,000	บาท
รวมเป็นเงิน	305,000	บาท

ค่าต้นทุนวัตถุดิบ		
ปริมาณเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ต้องการต่อวัน	500	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียก	250	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าว	250	กิโลกรัม
% คาร์บอไนเซชั่นปกติ	33.33	%
ตะกอนเปียกราคา	0.25	บาท/กิโลกรัม
ตะกอนเปียกมีความชื้น	50	%
ต้องการตะกอนเปียกแห้ง	750	กิโลกรัม
ดังนั้นต้องการตะกอนเปียกจากโรงงาน	**~1,500**	**กิโลกรัม**
เปลือกมังคุดราคา	2	บาท/กิโลกรัม
ต้องการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าว	250	กิโลกรัม
ดังนั้นต้องการเปลือกกะลามะพร้าวจากตลาด	**~750**	**กิโลกรัม**
ค่าใช้จ่ายวัตถุดิบ (ตะกอนเปียก+กะลามะพร้าว)	(1500*0.25)+(750*2) =1,875	บาท
เชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็น	0.1	กิโลกรัม/ก้อน
ตะกอนเปียก 500 กก.ผสมร่วมกับกะลามะพร้าว500 กก. สามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยการอัดเย็นได้จำนวน	10,000	ก้อน
อัตราการป้อนเครื่องอัดแท่ง	100	กิโลกรัม/ชั่วโมง
ทำงาน	8	ชั่วโมง/วัน
ผลิตชิ้นงานวันละ (อัดแบบเย็น)	8,000	ก้อน
ต้นทุนเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	**0.2343**	**บาท/ก้อน**

ค่าต้นทุนขนส่งวัตถุดิบ		
อัตราภาระบรรทุกขนส่ง 10 ล้อ	15,000	กิโลกรัม/เที่ยว
ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว	13,000	บาท/เที่ยว
ดังนั้นต้นทุนขนส่งวัตถุดิบ	0.87	บาท/กิโลกรัม
ต้องการตะกอนเปียก	1,500	กิโลกรัม
ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการขนส่งตะกอนเปียก	1,305	บาท
ต้องการกะลามะพร้าว	750	กิโลกรัม
ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการขนส่งกะลามะพร้าว	652	บาท
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งวันละ (อัดเย็น)	8,000	ก้อน
ค่าใช้จ่ายในการขนส่งตะกอนเปียกและกะลามะพร้าวรวมกัน	1,957	บาท
ต้นทุนขนส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวต่อก้อน	**0.2446**	**บาท/ก้อน**

ค่าใช้จ่ายแปรพัน		
ค่าแรงขั้นต่ำ (สมุทรสงคราม)	300	บาท/วัน/คน
คนงาน 2 คน ค่าแรงงานรวม	600	บาท/วัน
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งวันละ (อัดเย็น)	8,000	ก้อน
ค่าแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	**0.075**	**บาท/ก้อน**

ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ		
ค่าไฟฟ้า	0.1	บาท/กิโลกรัม
ตะกอนเปียก 500 กรัม + เปลือกผลไม้ 500 กรัมผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้จำนวน	10	ก้อน
ผลิตชิ้นงานวันละ	8,000	ก้อน
ดังนั้นค่าไฟฟ้า	80	บาท/วัน
ค่าไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	**0.01**	**บาท/ก้อน**
ค่าน้ำ	0.01	บาท/กิโลกรัม
ดังนั้นค่าน้ำ	8	บาท
ค่าน้ำของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	**0.001**	**บาท/ก้อน**
ค่าแป้งมันสำปะหลัง	0.05	บาท/กิโลกรัม

ดังนั้นค่าแป้งมันสำปะหลัง	40	บาท/กิโลกรัม
ค่าแป้งมันสำปะหลังของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	0.005	**บาท/ก้อน**

ต้นทุนแปรผันของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน (v)		
ต้นทุนเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกกะลามะพร้าวต่อก้อน	0.2343	บาท/ก้อน
ต้นทุนขนส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวต่อก้อน	0.2446	บาท/ก้อน
ค่าแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.075	บาท/ก้อน
ค่าไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.01	บาท/ก้อน
ค่าน้ำของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.001	บาท/ก้อน
ค่าแป้งมันสำปะหลังของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.005	บาท/ก้อน
ต้นทุนแปรผันของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว	0.57	**บาท/ก้อน**

การผลิตชิ้นงานต่อปี (N)		
การทำงาน 1 ปี	250	วัน
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง	8,000	ก้อน/วัน
ดังนั้นสามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้	2,000,000	**ก้อน/ปี**

ราคาขายต่อหน่วย (p)		
ราคาขายเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบร้อนและเย็นขายส่ง	17	บาท
ตะกอนเปียก 1 กิโลผลิตถ่านอัดแท่งได้	10	ก้อน
ราคาขายถ่านอัด	1.7	บาท/ก้อน

N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	$\frac{F}{p-v}$
F ต้นทุนคงที่	305,000 บาท
p ราคาขายต่อหน่วย	1.7 บาท/ก้อน
v ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย	0.57 บาท/ก้อน
N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	**269,911 ชิ้น**

ใช้ระยะเวลาผลิตที่จะคุ้มทุน	$\frac{N*}{N}$
N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	**269,911 ชิ้น**
N จำนวนการผลิตต่อปี	2,000,000 ชิ้น/ปี
ใช้ระยะเวลาผลิตที่จะคุ้มทุน	**0.13 ปี**

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยและการระยะเวลาในการคืนทุนในเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับ กะลามะพร้าว, เปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุด ในอัตราส่วน 5:5 ทั้ง 3 ชนิด โดยอัตราส่วน 5:5 เป็นอัตราส่วนที่ให้คุณสมบัติทางด้านพลังงานทีดีที่สุดที่มีกากตะกอนเปียกเป็นส่วนผสมหลัก และในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการนำกากตะกอนเปียกมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุดและเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยในทุกตัวอย่างจะมีต้นทุนเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิตอยู่ที่ 305,000 บาท และมีกำลังการผลิตสูงสุดที่ 800 กิโลกรัม/วัน มีการทำงาน 250 วัน/ปี และเปรียบเทียบกับต้นทุนราคาขายส่งของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ในท้องตลาด โดยผลการวิเคราะห์ต้นทุนผลิตต่อหน่วยและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ดังต่อไปนี้

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด ในอัตราส่วนผสม 5:5 มีค่าใช้จ่ายคงที่ 305,000 บาท และมีต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อนที่ราคา 0.3824 บาท/ก้อน จะใช้ระยะเวลาที่จะถึงจุดคุ้มทุนที่ 0.11 ปี

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน ในอัตราส่วนผสม 5:5 มีค่าใช้จ่ายคงที่ 305,000 บาท และมีต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อนที่ราคา 0.3824 บาท/ก้อน จะใช้ระยะเวลาที่จะถึงจุดคุ้มทุนที่ 0.11 ปี

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะละมะพร้าวในอัตราส่วนผสม 5:5 มีค่าใช้จ่ายคงที่ 305,000 บาท และมีต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อนที่ราคา 0.57 บาท/ก้อน จะใช้ระยะเวลาที่จะถึงจุดคุ้มทุนที่ 0.13 ปี

ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมกับเปลือกผลไม้ทั้ง 3 ชนิด โดยการเปรียบเทียบกับราคาขายมาตรฐานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวพบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมกับกะลามะพร้าวในอัตราส่วนผสม 5:5 มีคุณสมบัติทางด้าน เชื้อเพลิงที่ดีที่สุด แต่เนื่องจากปัจจุบันกะลามะพร้าวได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆใน ปริมาณมากและยังไม่เพียงพอต่อในปัจจุบันทำให้ส่งผลต่อราคาของกะลามะพร้าวมีราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ และหายากมากขึ้น ทำให้ราคาต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีกะลามะพร้าวเป็นส่วนผสมมี ต้นทุนที่สูงขึ้นและทำให้ผลตอบแทนที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือก มังคุดและเปลือกทุเรียนที่เป็นชีวมวลที่ยังไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดนั้นมีต้นทุนใน การผลิตต่อหน่วยในราคาที่ต่ำและใช้ระยะเวลาในการคืนทุนอันสั้นรวมไปถึงมีคุณสมบัติทางด้าน พลังงานที่ใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว สามารถใช้เป็น พลังงานทดแทนได้เป็นอย่างดี โดยในงานวิจัยนี้ต้องการนำประโยชน์ของเปลือกผลที่ถูกทิ้งในจำนวน มากมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุดเพื่อลดต้นทุนในการผลิตพลังทดแทน เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอน เปียกนั้นอาจไม่ได้จัดว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูงเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีวมวลหลัก ประเภทอื่นๆ แต่ด้วยต้นทุนที่ต่ำคืนทุนได้ในระยะเวลาสั้นและสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปีจากปริมาณ ของเสียจำนวนมากจากน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลที่กำลังเติมโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะสามารถลด ต้นทุนในการจัดหาพลังงานและสามารถนำของเสียที่ต้องถูกกำจัดมาใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าและ เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัญหาสำคัญในปัจจุบันได้เป็นอย่างดี

บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกที่ได้จากน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเอทานอลผสมร่วมกับเปลือกผลไม้ให้รูปแบบชีวมวล คือ เปลือกทุเรียน เปลือกมังคุด และกะลามะพร้าว โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลจากจากการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านพลังงานของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งแบ่งออกเป็น 4 ประเภทคือ กากตะกอนเปียก เปลือกทุเรียน เปลือกมังคุด และกะลามะพร้าว พบว่าค่าความร้อนของกากตะกอนเปียกที่ผู้วิจัยต้องการนำมาเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งนั้นมีค่าความร้อนเฉลี่ยที่ 3,851.3 cal/g เปลือกทุเรียนมีค่าความร้อน 4,045 cal/g เปลือกมังคุดมีค่าความร้อนที่ 4,105 cal/g และกะลามะพร้าวมีค่าความร้อนที่ 4,830 cal/g และการนำกากตะกอนเปียกมาผสมร่วมกับชีวมวลที่เลือกมาจะทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกนั้นมีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงที่ดีขึ้น

ผลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านพลังงานและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับชีวมวล 3 ชนิด (เปลือกมังคุด เปลือกทุเรียน และกะลามะพร้าว)ใน 5 อัตราส่วน 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 และ 5:5 ทั้ง 3 ตัวอย่างแสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกมีค่าความร้อนสูงขึ้นแปรพันตามอัตราส่วนของชีวมวลที่ถูกเพิ่มขึ้น และทำให้อัตราส่วนของส่วนที่เผาไหม้ได้ต่อส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้มีค่าสูงขึ้นตามปริมาณเปลือกผลไม้ที่เพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนที่มีค่าความร้อนสูงที่สุดในทั้ง 3 ตัวอย่าง ที่มีกากตะกอนเปียกเป็นตัวผสมหลักคืออัตราส่วน 5:5 จากการเพิ่มอัตราส่วนผสมของชีวมวลจะส่งผลให้ทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าความร้อนที่สูงขึ้น ปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงขึ้น รวมทั้งมีปริมาณเถ้าต่ำลง ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยทั้ง 3 ตัวอย่างนั้นมีค่าความชื้นที่ต่ำกว่า 8 % ทั้ง 3 ชนิด โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวมีค่าความร้อนสูงสุดที่ 4,665.2 cal/g เปลือกมังคุด 4518.7 cal/g และเปลือกทุเรียน 4,273.1 cal/g ตามอันดับ โดยทั้ง 3 ตัวอย่างมีปริมาณของสารระเหยที่ใกล้เคียงกันในช่วง 24.6 – 34.8 %

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยและความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยผู้วิจัยในทำการวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวอย่างในอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติทางด้านพลังงานที่ดีที่สุดคือ 5:5 ทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยทั้ง 3 ตัวอย่างมีต้นทุนของเครื่องจักรที่เท่ากันคือ 305,000 บาท มีกำลังการผลิต 800

กิโลกรัม/วัน และทำงาน 250 วัน/ปี และมีต้นทุนแปรผันในการผลิตคือ ต้นทุนวัตถุดิบการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ต้นทุนการขนส่ง ต้นทุนค่าใช้จ่ายแปรผันต่างๆ โดยมีผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดมีต้นทุนแปรผันเท่ากับ 0.3824 บาท/ก้อน หรือ 3.824 บาท/กิโลกรัมและมีระยะเวลาในการคุ้มทุนคือ 0.11 ปี

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนมีต้นทุนแปรผันเท่ากับ 0.3824 บาท/ก้อน หรือ 3.824 บาท/กิโลกรัมและมีระยะเวลาในการคุ้มทุนคือ 0.11 ปี

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวมีต้นทุนแปรผันเท่ากับ 0.57 บาท/ก้อน หรือ 5.7 บาท/กิโลกรัมและมีระยะเวลาในการคุ้มทุนคือ 0.13 ปี

จากผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐ์ศาสตร์ทำให้เห็นว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนมีความคุ้มทุนสูงมากสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาอันสั้นเนื่องจากตัวตะกอนเปียกในปัจจุบันมีราคาที่ต่ำและยังไม่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายอีกทั้งยังเป็นของเสียที่เกิดจากการผลิตและเกิดขึ้นในปริมาณมากทุกวันอีกและชีวมวลที่นำมาใช้เพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งยังเป็นของเหลือทิ้งจากการบริโภคซึ่งทำให้ต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งต่ำทำให้สามารถคืนทุนในระยะสั้น โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกะลามะพร้าวมีต้นทุนแปรผันในการผลิตสูงสุดเนื่องจากกะลามะพร้าวมีคุณสมบัติทางด้านการเป็นพลังงานอย่างดีทำให้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายรูปแบบส่งผลให้ราคาของกะลามะพร้าวที่เป็นวัตถุดิบในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งนั้นสูงกว่าวัตถุดิบจากชีวมวลชนิดอื่น แต่หากมองจากผลการทดลองจะทำให้ทราบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดมีค่าความร้อนใกล้เคียงกับการใช้กะลามะพร้าวเป็นวัตถุดิบ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งได้เป็นอย่างดีทั้งคู่ ทั้งสองชนิด

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับชีวมวลมีคุณสมบัติทางด้านพลังงานทดแทนได้เป็นอย่างดีเนื่องจากเป็นวัสดุที่ถูกทิ้งเป็นของเสียจากการผลิตในปริมาณมาก โดยตัวตะกอนเปียกบริสุทธิ์นั้นมีค่าความร้อนอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ใกล้เคียงกับชีวมวลประเภทอื่นๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนฟืนและถ่านได้เป็นอย่างดี เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับคุณสมบัติชองเชื้อเพลิงที่ดี พบกว่าเชื้อเพลิงที่ได้จากตะกอนเปียกไม่ได้มีคุณภาพถึงขั้นเป็นเชื้อเพลิงคุณภาพดีที่ให้ค่าความร้อนสูงและคุณสมบัติทายกายภาพที่ดีเทียบเท่ากับเชื้อเพลิงคุณภาพสูงแต่หากได้มีการพัฒนาและเพิ่มคุณภาพจะสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้เป็นอย่างดีเนื่องจากตัววัตถุดิบมีมูลค่าที่ต่ำมากและปริมาณที่มีมากอีกตลอดทั้งปีจากการเติมโตของโรงงานผลิตเอทานอลในปัจจุบัน

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองและเพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกโดยการนำชีวมวลที่มีคุณสมบัติทางด้านพลังงานที่ดีและเป็นของเหลือทิ้งมาเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกมีคุณสมบัติทางด้านพลังงานใกล้เคียงกับ

เกณฑ์มาตรฐานผลิตพันธ์ชุมชน และมีลักษณะและคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกนั้นจะมีลักษณะใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีวมวลชนิดอื่นๆ มีสีดำสม่ำเสมอ ผิวเรียบ ไม่แตกหักง่าย ดังนั้นความเหมาะสมในการนำตะกอนเปียกจากน้ำเสียของกระบวนการผลิตเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจัดว่าเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดและมีประสิทธิภาพ สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียที่เหลือทิ้งรวมไปถึงสามารถกำจัดวัสดุเหลือทิ้งจากการบริโภคและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยการนำของเสียมาใช้ใหม่ได้อย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1.ตะกอนเปียกมีน้ำเป็นอัตราส่วนที่สูงถึง 50% หากมีการบีบอัดเพื่อลดปริมาณของน้ำในตะกอนเปียกจะทำให้ลดต้นทุนในการขนส่งวัตถุดิบลงได้

2.การลดความชื้นของวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งก่อนการนำมาเผาเป็นผงถ่านโดยการนำไปตากแดดก่อนจะช่วยลดระยะเวลาในการเผาและต้นทุนในการผลิตได้มาก

3.ขั้นตอนการไล่ความชื้นถ้าทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งจะง่ายต่อการควบคุมและลดระยะเวลาในการอบแห้งลงและทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณภาพที่สูงขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ทิพาวรรณ รักษ์วงศ์ และ อัญชริการ์ ไชยศรีหา. 2545. การศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านเปลือกทุเรียนผสมกับกากตะกอนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษ. คณะเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วลัยรัตน์ อุตตมะปรากรม. 2552. การใช้ประโยชน์ของตะกอนเปียกจากอุตสาหกรรมเอทานอลเป็นชีวมวลอัดแท่ง. วารสารวิจัยพลังงาน ฉบับปี 2552/2 (101-124).

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล. 2553. การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บัญจรัตน์ โจลานันท์, อาทิตย์ พุทธรักชาติและจันสุดา คำตุ้ย. 2554. พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งไมยราบยักษ์. วารสารวิจัย มข. ปีที่ : 16 ฉบับที่ : 1 เลขหน้า : 20-31

การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังประจำปี 2552. ส่วนบริหารจัดการข้อมูลและปรึกษาแนะนำ สำนักบริหารยุทธศาสตร์ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. กระทรวงพลังงาน. 2554. ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th [18/9/2554]

กล้าณรงค์ ศรีรอต. วาระแห่งชาติ:วัตถุดิบสำหรับผลิตเอทานอล:ประชาคมวิจัย ฉบับที่ 12

ลือพงษ์ ลือนาม และ จรูญพงศ์ เทียบประทีบ. 2549. การศึกษาต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยการเผาแบบกึ่งต่อเนื่อง.กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.

วีระ พันอินทร์. การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิค เศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนประกอบของขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ และกากตะกอนเปียก. 2553. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยนเรศวร

วงกต วงศ์อภัย. ชีวมวล:อีกทางเลือกหนึ่งของพลังงานไทย. มติชนสุดสัปดาห์ ปีที่ 24 ฉบับที่ 1239 (31)

อาภาวดี เบ็ญจมธารกุล. 2546. การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนน้ำเสียอุตสาหกรรมเพื่อเป็นพลังงานทดแทน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สุวิทย์ เพชรห้วยลึกและคณะ. 2549. สมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ปาล์มน้ำมัน. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2 .วันที่ 27-29 กรกฎาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

ประสาน สถิตเรืองศักดิ์. 2546. การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากชีวมวลโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เสรีวัฒน์สมินทร์ปัญญา. (2539). นิเวศวิทยา: สิ่งแวดล้อมกับการปรับปรุงความเป็นอยู่ของมนุษย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์

สุนันท์ พงษสามารถ และคณะ. 2532. การศึกษาสารคาร์โบไฮเดรทจากเปลือกทุเรียนในการเตรียมผลิตภัณฑ์ยาและอาหาร. รายงานผลการวิจัยทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย; ชลันดา เสมสายัณห์; นัฐพร ประภักดี; ณัฐธิดา เปี่ยมสุวรรณศิริ; นิภาวรรณ ชูชาติ. 2554. การนำเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาวิทยาศาสตร์.

ธารินี มหายสนันท์. 2548. การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งสำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุริยา พันธ์โกศล. 2554. ศักยภาพโรงไฟฟ้าชีวมวลในประเทศไทย. คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภาษาอังกฤษ

Choorit, W. and Wisarnwan, P. Effect of temperature on the anaerobic digestion of palm oilmill effluent

Hossain, ABMS., et al. Biodiesel fuel production from algae as renewable energy. American Journal of Biochemistry and Biotechnology, 2008, vol. 4, no. 3, p. 250-254.

Laohalidanond, K. The production of synthetic diesel from biomass. Chiang Mai University Journal of Natural Science, 2007, vol. 6, no.1, p. 127-139.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ

วัตถุดิบ/อัตราส่วนผสม		ค่าความร้อน (cal/g)	ระยะเวลาในการมอดดับ (นาที)
กากตะกอนเปียก 9	กะลามะพร้าว 1	3,969	240
กากตะกอนเปียก 8	กะลามะพร้าว 2	4,026.9	254
กากตะกอนเปียก 7	กะลามะพร้าว 3	4,277.1	265
กากตะกอนเปียก 6	กะลามะพร้าว4	4,532.2	279
กากตะกอนเปียก 5	กะลามะพร้าว 5	4,665.2	285
กากตะกอนเปียก 9	เปลือกมังคุด 1	4,063	235
กากตะกอนเปียก 8	เปลือกมังคุด 2	4,071.6	253
กากตะกอนเปียก 7	เปลือกมังคุด 3	4,240.5	249
กากตะกอนเปียก 6	เปลือกมังคุด 4	4,301.3	261
กากตะกอนเปียก 5	เปลือกมังคุด 5	4,518.7	277
กากตะกอนเปียก 9	เปลือกทุเรียน 1	3,950.3	230
กากตะกอนเปียก 8	เปลือกทุเรียน 2	3,950.2	233
กากตะกอนเปียก 7	เปลือกทุเรียน 3	4,015.1	247
กากตะกอนเปียก 6	เปลือกทุเรียน 4	4,119.4	247
กากตะกอนเปียก 5	เปลือกทุเรียน 5	4,243.1	258

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตต่อหน่วยและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตต่อหน่วยและผลตอบแทนทางเศรษฐ์ศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกผลไม้จะทำการวิเคราะห์เฉพาะ เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกผลไม้ 3 ชนิดในอัตราส่วน 5 : 5 เท่านั้น เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงดีที่สุด

1.ข้อมูลเบื้องต้นของวัตถุดิบในการการผลิตถ่าน

1.1 ตะกอนเปียก : ราคา 250 บาท/ ตัน

1.2 กะลามะพร้าว : ราคา 2,000บาท/ ตัน

2.ข้อมูลเบื้องต้นของอุปกรณ์เครื่องจักรในการผลิต

2.1 เครื่องบดวัตถุดิบ ราคา 70,000 บาท กำลังการผลิต 100กิโลกรัม/ชั่วโมง

2.2 เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวหนอน ราคา 80,000บาท กำลังการผลิต 100กิโลกรัม/ชั่วโมง

2.3 ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร จำนวน 15 ถัง ราคา 7,500 บาท

3.ข้อมูลเบื้องต้นค่าใช้จ่ายในการขนส่งวัตถุดิบ

3.1 รถบรรทุก 10 ล้อบรรทุกได้ 15,000 กิโลกรัม/เที่ยว และมีค่าใช้จ่าย 13,000 บาท/เที่ยว

3.2 ค่าขนส่งวัตถุดิบ0.86 บาท/ กิโลกรัม

4.ข้อมูลเบื้องต้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบเย็นมีน้ำหนัก 0.1กิโลกรัม/ก้อน

1.การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์เพื่อการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบเย็นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด

ค่าใช้จ่ายคงที่ (F)		
1 เครื่องบดวัตถุดิบ	70,000	บาท
2.เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวหนอน	200,000	บาท
3.ถังมีฝาปิด 200 ลิตร 15 ถัง	30,000	บาท
4.ถังสำหรับผสมส่วนประกอบ	5,000	บาท
รวมเป็นเงิน	305,000	บาท

ค่าต้นทุนวัตถุดิบ		
ปริมาณเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ต้องการต่อวัน	500	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียก	250	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด	250	กิโลกรัม
% คาร์บอไนเซชั่นปกติ	33.33	%
ตะกอนเปียกราคา	0.25	บาท/กิโลกรัม
ตะกอนเปียกมีความชื้น	50	%
ต้องการตะกอนเปียกแห้ง	750	กิโลกรัม
ดังนั้นต้องการตะกอนเปียกจากโรงงาน	**~1,500**	**กิโลกรัม**
เปลือกมังคุดราคา	0	บาท/กิโลกรัม
ต้องการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด	250	กิโลกรัม
ดังนั้นต้องการเปลือกมังคุดจากตลาด	**~750**	**กิโลกรัม**
ค่าใช้จ่ายวัตถุดิบ (ตะกอนเปียก+เปลือกมังคุด)	375	บาท
เชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็น	0.1	กิโลกรัม/ก้อน
ตะกอนเปียก 500 กก.ผสมร่วมกับเปลือกมังคุด 500 กก. สามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยการอัดเย็นได้จำนวน	10,000	ก้อน
อัตราการป้อนเครื่องอัดแท่ง	100	กิโลกรัม/ชั่วโมง
ทำงาน	8	ชั่วโมง/วัน
ผลิตชิ้นงานวันละ (อัดแบบเย็น)	8,000	ก้อน
ต้นทุนเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	**0.0468**	**บาท/ก้อน**

ค่าต้นทุนขนส่งวัตถุดิบ		
อัตราภาระบรรทุกขนส่ง 10 ล้อ	15,000	กิโลกรัม/เที่ยว
ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว	13,000	บาท/เที่ยว
ดังนั้นต้นทุนขนส่งวัตถุดิบ	0.87	บาท/กิโลกรัม
ต้องการตะกอนเปียก	1,500	กิโลกรัม
ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการขนส่งตะกอนเปียก	1,305	บาท
ต้องการเปลือกมังคุด	750	กิโลกรัม
ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการขนส่งเปลือกมังคุด	652	บาท
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งวันละ (อัดเย็น)	8,000	ก้อน
ค่าใช้จ่ายในการขนส่งตะกอนเปียกและเปลือกมังคุดรวมกัน	1,305+652 = 1,957	บาท
ต้นทุนขนส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดต่อก้อน	**0.2446**	**บาท/ก้อน**

ค่าใช้จ่ายแปรพัน		
ค่าแรงขั้นต่ำ (สมุทรสงคราม)	300	บาท/วัน/คน
คนงาน 2 คน ค่าแรงงานรวม	600	บาท/วัน
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งวันละ (อัดเย็น)	8,000	ก้อน
ค่าแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	**0.075**	**บาท/ก้อน**

ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ		
ค่าไฟฟ้า	0.1	บาท/กิโลกรัม
ตะกอนเปียก 500 กรัม + เปลือกผลไม้ 500 กรัมผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้จำนวน	10	ก้อน
ผลิตชิ้นงานวันละ	8,000	ก้อน
ดังนั้นค่าไฟฟ้า	80	บาท/วัน
ค่าไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	**0.01**	**บาท/ก้อน**
ค่าน้ำ	0.01	บาท/กิโลกรัม

ดังนั้นค่าน้ำ	8	บาท
ค่าน้ำของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	**0.001**	**บาท/ก้อน**
ค่าแป้งมันสำปะหลัง	0.05	บาท/กิโลกรัม
ดังนั้นค่าแป้งมันสำปะหลัง	40	บาท/กิโลกรัม
ค่าแป้งมันสำปะหลังของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	**0.005**	**บาท/ก้อน**

ต้นทุนแปรผันของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน (v)		
ต้นทุนเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดต่อก้อน	0.0468	บาท/ก้อน
ต้นทุนขนส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดต่อก้อน	0.2446	บาท/ก้อน
ค่าแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.075	บาท/ก้อน
ค่าไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.01	บาท/ก้อน
ค่าน้ำของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.001	บาท/ก้อน
ค่าแป้งมันสำปะหลังของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.005	บาท/ก้อน
ต้นทุนแปรผันของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด	0.3824	**บาท/ก้อน**

การผลิตชิ้นงานต่อปี (N)		
การทำงาน 1 ปี	250	วัน
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง	8,000	ก้อน/วัน
ดังนั้นสามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้	2,000,000	**ก้อน/ปี**

ราคาขายต่อหน่วย (p)		
ราคาขายเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบร้อนและเย็นขายส่ง	17	บาท
ตะกอนเปียก 1 กิโลผลิตถ่านอัดแท่งได้	10	ก้อน
ราคาขายถ่านอัด	1.7	บาท/ก้อน

N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	$$\frac{F}{p-v}$$
F ต้นทุนคงที่	305,000 บาท
p ราคาขายต่อหน่วย	1.7 บาท/ก้อน
v ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย	0.3824บาท/ก้อน
N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	**231,482 ชิ้น**

ใช้ระยะเวลาผลิตที่จะคุ้มทุน	$$\frac{N*}{N}$$
N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	**231,482 ชิ้น**
N จำนวนการผลิตต่อปี	2,000,000 ชิ้น/ปี
ใช้ระยะเวลาผลิตที่จะคุ้มทุน	**0.11 ปี**

2.การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์เพื่อการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบเย็นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน

ค่าใช้จ่ายคงที่ (F)		
1 เครื่องบดวัตถุดิบ	70,000	บาท
2.เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวหนอน	200,000	บาท
3.ถังมีฝาปิด 200 ลิตร 15 ถัง	30,000	บาท
4.ถังสำหรับผสมส่วนประกอบ	5,000	บาท
รวมเป็นเงิน	305,000	บาท

ค่าต้นทุนวัตถุดิบ		
ปริมาณเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ต้องการต่อวัน	500	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียก	250	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน	250	กิโลกรัม
% คาร์บอไนเซชั่นปกติ	33.33	%
ตะกอนเปียกราคา	0.25	บาท/กิโลกรัม
ตะกอนเปียกมีความชื้น	50	%
ต้องการตะกอนเปียกแห้ง	750	กิโลกรัม
ดังนั้นต้องการตะกอนเปียกจากโรงงาน	**~1,500**	**กิโลกรัม**
เปลือกมังคุดราคา	0	บาท/กิโลกรัม
ต้องการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน	250	กิโลกรัม
ดังนั้นต้องการเปลือกทุเรียนจากตลาด	**~750**	**กิโลกรัม**
ค่าใช้จ่ายวัตถุดิบ (ตะกอนเปียก+เปลือกทุเรียน)	375	บาท
เชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็น	0.1	กิโลกรัม/ก้อน
ตะกอนเปียก 500 กก.ผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน 500 กก. สามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยการอัดเย็นได้จำนวน	10,000	ก้อน
อัตราการป้อนเครื่องอัดแท่ง	100	กิโลกรัม/ชั่วโมง
ทำงาน	8	ชั่วโมง/วัน
ผลิตชิ้นงานวันละ (อัดแบบเย็น)	8,000	ก้อน
ต้นทุนเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	**0.0468**	**บาท/ก้อน**

ค่าต้นทุนขนส่งวัตถุดิบ		
อัตราภาระบรรทุกขนส่ง 10 ล้อ	15,000	กิโลกรัม/เที่ยว
ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว	13,000	บาท/เที่ยว
ดังนั้นต้นทุนขนส่งวัตถุดิบ	0.87	บาท/กิโลกรัม
ต้องการตะกอนเปียก	1,500	กิโลกรัม
ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการขนส่งตะกอนเปียก	1,305	บาท
ต้องการเปลือกทุเรียน	750	กิโลกรัม
ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการขนส่งเปลือกทุเรียน	652	บาท
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งวันละ (อัดเย็น)	8,000	ก้อน
ค่าใช้จ่ายในการขนส่งตะกอนเปียกและเปลือกทุเรียนรวมกัน	1,305+652 = 1,957	บาท
ต้นทุนขนส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนต่อก้อน	**0.2446**	**บาท/ก้อน**

ค่าใช้จ่ายแปรพัน		
ค่าแรงขั้นต่ำ (สมุทรสงคราม)	300	บาท/วัน/คน
คนงาน 2 คน ค่าแรงงานรวม	600	บาท/วัน
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งวันละ (อัดเย็น)	8,000	ก้อน
ค่าแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	**0.075**	**บาท/ก้อน**

ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ		
ค่าไฟฟ้า	0.1	บาท/กิโลกรัม
ตะกอนเปียก 500 กรัม + เปลือกผลไม้ 500 กรัมผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้จำนวน	10	ก้อน
ผลิตชิ้นงานวันละ	8,000	ก้อน
ดังนั้นค่าไฟฟ้า	80	บาท/วัน
ค่าไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	**0.01**	**บาท/ก้อน**
ค่าน้ำ	0.01	บาท/กิโลกรัม

ดังนั้นค่าน้ำ	8	บาท
ค่าน้ำของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	0.001	**บาท/ก้อน**
ค่าแป้งมันสำปะหลัง	0.05	บาท/กิโลกรัม
ดังนั้นค่าแป้งมันสำปะหลัง	40	บาท/กิโลกรัม
ค่าแป้งมันสำปะหลังของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	0.005	**บาท/ก้อน**

ต้นทุนแปรผันของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน (v)		
ต้นทุนเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนต่อก้อน	0.0468	บาท/ก้อน
ต้นทุนขนส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมทุเรียนต่อก้อน	0.2446	บาท/ก้อน
ค่าแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.075	บาท/ก้อน
ค่าไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.01	บาท/ก้อน
ค่าน้ำของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.001	บาท/ก้อน
ค่าแป้งมันสำปะหลังของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.005	บาท/ก้อน
ต้นทุนแปรผันของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน	0.3824	**บาท/ก้อน**

การผลิตชิ้นงานต่อปี (N)		
การทำงาน 1 ปี	250	วัน
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง	8,000	ก้อน/วัน
ดังนั้นสามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้	2,000,000	**ก้อน/ปี**

ราคาขายต่อหน่วย (p)		
ราคาขายเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบร้อนและเย็นขายส่ง	17	บาท
ตะกอนเปียก 1 กิโลผลิตถ่านอัดแท่งได้	10	ก้อน
ราคาขายถ่านอัด	1.7	บาท/ก้อน

N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	$\frac{F}{p-v}$
F ต้นทุนคงที่	305,000 บาท
p ราคาขายต่อหน่วย	1.7 บาท/ก้อน
v ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย	0.3824บาท/ก้อน
N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	**231,482 ชิ้น**

ใช้ระยะเวลาผลิตที่จะคุ้มทุน	$\frac{N*}{N}$
N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	**231,482 ชิ้น**
N จำนวนการผลิตต่อปี	2,000,000 ชิ้น/ปี
ใช้ระยะเวลาผลิตที่จะคุ้มทุน	**0.11 ปี**

3.การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์เพื่อการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบเย็นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว

ค่าใช้จ่ายคงที่ (F)		
1 เครื่องบดวัตถุดิบ	70,000	บาท
2.เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวหนอน	200,000	บาท
3.ถังมีฝาปิด 200 ลิตร 15 ถัง	30,000	บาท
4.ถังสำหรับผสมส่วนประกอบ	5,000	บาท
รวมเป็นเงิน	305,000	บาท

ค่าต้นทุนวัตถุดิบ		
ปริมาณเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ต้องการต่อวัน	500	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียก	250	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าว	250	กิโลกรัม
% คาร์บอไนเซชั่นปกติ	33.33	%
ตะกอนเปียกราคา	0.25	บาท/กิโลกรัม
ตะกอนเปียกมีความชื้น	50	%
ต้องการตะกอนเปียกแห้ง	750	กิโลกรัม
ดังนั้นต้องการตะกอนเปียกจากโรงงาน	**~1,500**	**กิโลกรัม**
เปลือกมังคุดราคา	2	บาท/กิโลกรัม
ต้องการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าว	250	กิโลกรัม
ดังนั้นต้องการเปลือกกะลามะพร้าวจากตลาด	**~750**	**กิโลกรัม**
ค่าใช้จ่ายวัตถุดิบ (ตะกอนเปียก+กะลามะพร้าว)	(1500*0.25)+(750*2) =1,875	บาท
เชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็น	0.1	กิโลกรัม/ก้อน
ตะกอนเปียก 500 กก.ผสมร่วมกับกะลามะพร้าว500 กก. สามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยการอัดเย็นได้จำนวน	10,000	ก้อน
อัตราการป้อนเครื่องอัดแท่ง	100	กิโลกรัม/ชั่วโมง
ทำงาน	8	ชั่วโมง/วัน

ผลิตชิ้นงานวันละ (อัดแบบเย็น)	8,000	ก้อน
ต้นทุนเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	**0.2343**	**บาท/ก้อน**

ค่าต้นทุนขนส่งวัตถุดิบ		
อัตราภาระบรรทุกขนส่ง 10 ล้อ	15,000	กิโลกรัม/เที่ยว
ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว	13,000	บาท/เที่ยว
ดังนั้นต้นทุนขนส่งวัตถุดิบ	0.87	บาท/กิโลกรัม
ต้องการตะกอนเปียก	1,500	กิโลกรัม
ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการขนส่งตะกอนเปียก	1,305	บาท
ต้องการกะลามะพร้าว	750	กิโลกรัม
ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการขนส่งกะลามะพร้าว	652	บาท
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งวันละ (อัดเย็น)	8,000	ก้อน
ค่าใช้จ่ายในการขนส่งตะกอนเปียกและกะลามะพร้าวรวมกัน	1,957	บาท
ต้นทุนขนส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวต่อก้อน	**0.2446**	**บาท/ก้อน**

ค่าใช้จ่ายแปรพัน		
ค่าแรงขั้นต่ำ (สมุทรสงคราม)	300	บาท/วัน/คน
คนงาน 2 คน ค่าแรงงานรวม	600	บาท/วัน
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งวันละ (อัดเย็น)	8,000	ก้อน
ค่าแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	**0.075**	**บาท/ก้อน**

ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ		
ค่าไฟฟ้า	0.1	บาท/กิโลกรัม
ตะกอนเปียก 500 กรัม + เปลือกผลไม้ 500 กรัมผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้จำนวน	10	ก้อน
ผลิตชิ้นงานวันละ	8,000	ก้อน
ดังนั้นค่าไฟฟ้า	80	บาท/วัน
ค่าไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	**0.01**	**บาท/ก้อน**
ค่าน้ำ	0.01	บาท/กิโลกรัม

ดังนั้นค่าน้ำ	8	บาท
ค่าน้ำของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	0.001	**บาท/ก้อน**
ค่าแป้งมันสำปะหลัง	0.05	บาท/กิโลกรัม
ดังนั้นค่าแป้งมันสำปะหลัง	40	บาท/กิโลกรัม
ค่าแป้งมันสำปะหลังของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน	0.005	**บาท/ก้อน**

ต้นทุนแปรผันของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน (v)		
ต้นทุนเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกกะลามะพร้าวต่อก้อน	0.2343	บาท/ก้อน
ต้นทุนขนส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวต่อก้อน	0.2446	บาท/ก้อน
ค่าแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.075	บาท/ก้อน
ค่าไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.01	บาท/ก้อน
ค่าน้ำของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.001	บาท/ก้อน
ค่าแป้งมันสำปะหลังของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.005	บาท/ก้อน
ต้นทุนแปรผันของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว	0.57	**บาท/ก้อน**

การผลิตชิ้นงานต่อปี (N)		
การทำงาน 1 ปี	250	วัน
ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง	8,000	ก้อน/วัน
ดังนั้นสามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้	2,000,000	**ก้อน/ปี**

ราคาขายต่อหน่วย (p)		
ราคาขายเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบร้อนและเย็นขายส่ง	17	บาท
ตะกอนเปียก 1 กิโลผลิตถ่านอัดแท่งได้	10	ก้อน
ราคาขายถ่านอัด	1.7	บาท/ก้อน

N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	$\frac{F}{p-v}$
F ต้นทุนคงที่	305,000 บาท
p ราคาขายต่อหน่วย	1.7 บาท/ก้อน
v ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย	0.57 บาท/ก้อน
N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	**269,911 ชิ้น**

ใช้ระยะเวลาผลิตที่จะคุ้มทุน	$\frac{N*}{N}$
N* จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน	**269,911 ชิ้น**
N จำนวนการผลิตต่อปี	2,000,000 ชิ้น/ปี
ใช้ระยะเวลาผลิตที่จะคุ้มทุน	**0.13 ปี**

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยและการระยะเวลาในการคืนทุนในเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับ กะลามะพร้าว, เปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุด ในอัตราส่วน 5:5 ทั้ง 3 ชนิด โดยอัตราส่วน 5:5 เป็นอัตราส่วนที่ให้คุณสมบัติทางด้านพลังงานทีดีที่สุดที่มีกากตะกอนเปียกเป็นส่วนผสมหลัก และในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการนำกากตะกอนเปียกมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุดและเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยในทุกตัวอย่างจะมีต้นทุนเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิตอยู่ที่ 305,000 บาท และมีกำลังการผลิตสูงสุดที่ 800 กิโลกรัม/วัน มีการทำงาน 250 วัน/ปี และเปรียบเทียบกับต้นทุนราคาขายส่งของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ในท้องตลาด โดยผลการวิเคราะห์ต้นทุนผลิตต่อหน่วยและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ดังต่อไปนี้

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด ในอัตราส่วนผสม 5:5 มีค่าใช้จ่ายคงที่ 305,000 บาท และมีต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อนที่ราคา 0.3824 บาท/ก้อน จะใช้ระยะเวลาที่จะถึงจุดคุ้มทุนที่ 0.11 ปี

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน ในอัตราส่วนผสม 5:5 มีค่าใช้จ่ายคงที่ 305,000 บาท และมีต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อนที่ราคา 0.3824 บาท/ก้อน จะใช้ระยะเวลาที่จะถึงจุดคุ้มทุนที่ 0.11 ปี

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะละมะพร้าวในอัตราส่วนผสม 5:5 มีค่าใช้จ่ายคงที่ 305,000 บาท และมีต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อนที่ราคา 0.57 บาท/ก้อน จะใช้ระยะเวลาที่จะถึงจุดคุ้มทุนที่ 0.13 ปี

ที่ ศธ 0512.5/พง 0161/2555

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพฯ 10330

18 มิถุนายน 2555

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน ผู้อำนวยการสายปฏิบัติการ บริษัท ทรัพย์ทิพย์ จำกัด

ด้วย นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร นิสิตหลักสูตรสหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ได้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "เชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีวมวลและตะกอนเปียกจากอุตสาหกรรมเอทานอล" โดยมี ผศ.ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้หลักสูตรฯ ใคร่ขอความอนุเคราะห์ขอกากเอทานอล ปริมาณจำนวน 500 ลิตรหรือในจำนวนปริมาณตามที่ท่านจะเห็นสมควร เพื่อนำกากเอทานอลดังกล่าวมาศึกษาเพื่อประกอบงานวิทยานิพนธ์ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ หลักสูตรฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณล่วงหน้ามา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ตาวัลย์ วิวรรธนะเดช)
ผู้อำนวยการหลักสูตรสหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำนักงานหลักสูตร
โทรศัพท์ 02-2188088,081-2573857
โทรสาร 02-2547579

ผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter AC - 350

โดยศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่าง : ถ่านอัดแท่ง

เจ้าของตัวอย่าง : นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อตัวอย่าง	ค่าความร้อน (cal/g)		
	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
มันสำปะหลัง 100 %	4285.0	4257.6	4271.3
ทุเรียน 5 : 5	4272.2	4273.9	4273.1
ทุเรียน 6 : 4	4120.0	4118.8	4119.4
ทุเรียน 7 : 3	4002.7	4027.4	4015.1
ทุเรียน 8 : 2	3928.2	3972.1	3950.2
ทุเรียน 9 : 1	3968.6	3932.0	3950.3
มังคุด 5 : 5	4530.6	4506.8	4518.7
มังคุด 6 : 4	4271.3	4331.2	4301.3
มังคุด 7 : 3	4240.8	4240.2	4240.5
มังคุด 8 : 2	4080.2	4063.0	4071.6
มังคุด 9 : 1	4045.3	4080.7	4063.0
กะลา 5 : 5	4657.5	4672.9	4665.2
กะลา 6 : 4	4516.4	4547.9	4532.2
กะลา 7 : 3	4302.9	4251.2	4277.1
กะลา 8 : 2	4033.3	4020.4	4026.9
กะลา 9 : 1	3981.8	3957.5	3969.7

นางอารี ลิ้มนิรันดร

เจ้าหน้าที่วิเคราะห์

ที่ วท 0306/ **13662**

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่งกากมันสำปะหลัง 100% หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.16 จำนวน 1 ตัวอย่างตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

กรมวิทยาศาสตร์บริการ DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE

โครงการเคมี
โทรศัพท์ 0 2201 7211-2
โทรสาร 0 2201 7213
E-mail : chemistry@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 100%	-	L55/06960.16

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	4.5
เถ้า	ร้อยละ	31.3
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	27.0
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	37.2

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210

ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ

วันที่ทดสอบ 27-30 สิงหาคม 2555

วิธีทดสอบ ASTM D 7582-10$^{\varepsilon 1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง

(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้รายงาน

(นายวชิรพันธุ์ พันธุ์กระวี)

นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0306/ **13657**

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่งกากมันสำปะหลัง 9 : กะลา 1 หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.11 จำนวน 1 ตัวอย่างตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

โครงการเคมี

โทรศัพท์ 0 2201 7211-2

โทรสาร 0 2201 7213

E-mail : chemistry@dss.go.th

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	**เครื่องหมาย / ตรา**	**หมายเลขปฏิบัติการ**
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 9 : กะลา 1	-	L55/06960.11

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	4.4
เถ้า	ร้อยละ	34.3
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	28.8
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	32.5

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210

ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ

วันที่ทดสอบ 27-30 สิงหาคม 2555

วิธีทดสอบ ASTM D 7582-10$^{\varepsilon 1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง

(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้รายงาน

(นายวชิรพันธุ์ พันธุ์กระวี)

นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย

ที่ วท 0306/ **13658**

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่งกากมันสำปะหลัง 8 : กะลา 2 หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.12 จำนวน 1 ตัวอย่างตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

กรมวิทยาศาสตร์บริการ DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE

ศิริวรรณ ศิลป์สุภา

โครงการเคมี
โทรศัพท์ 0 2201 7211-2
โทรสาร 0 2201 7213
E-mail : chemistry@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	**เครื่องหมาย / ตรา**	**หมายเลขปฏิบัติการ**
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 8 : กะลา 2	-	L55/06960.12

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	4.3
เถ้า	ร้อยละ	32.4
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	30.0
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	33.3

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร
ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210
ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ
วันที่ทดสอบ 27-30 สิงหาคม 2555
วิธีทดสอบ ASTM D 7582-10$^{\varepsilon 1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นายวชิรพันธุ์ พันธุ์กระวี)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร
กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย

ที่ วท 0306/ 13659

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่งกากมันสำปะหลัง 7 : กะลา 3 หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.13 จำนวน 1 ตัวอย่างตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

โครงการเคมี
โทรศัพท์ 0 2201 7211-2
โทรสาร 0 2201 7213
E-mail : chemistry@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 7 : กะลา 3	-	L55/06960.13

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	4.1
เถ้า	ร้อยละ	30.4
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	29.6
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	35.9

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร
ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210
ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ
วันที่ทดสอบ 27-30 สิงหาคม 2555
วิธีทดสอบ ASTM D 7582-10$^{\varepsilon 1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นายวชิรพันธุ์ พันธุ์กระวี)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร
กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย

ที่ วท 0306/ **13660**

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 6 : กะลา 4 หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.14 จำนวน 1 ตัวอย่างตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

โครงการเคมี
โทรศัพท์ 0 2201 7211-2
โทรสาร 0 2201 7213
E-mail : chemistry@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 6 : กะลา 4	-	L55/06960.14

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	4.0
เถ้า	ร้อยละ	24.7
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	30.4
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	40.9

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210

ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ

วันที่ทดสอบ 27-30 สิงหาคม 2555

วิธีทดสอบ ASTM D 7582-10$^{\varepsilon 1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นายวชิรพันธุ์ พันธุ์กระวี)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0306/ **13661**

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่งกากมันสำปะหลัง 5 : กะลา 5 หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.15 จำนวน 1 ตัวอย่างตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

โครงการเคมี
โทรศัพท์ 0 2201 7211-2
โทรสาร 0 2201 7213
E-mail : chemistry@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	**เครื่องหมาย / ตรา**	**หมายเลขปฏิบัติการ**
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 5 : กะลา 5	-	L55/06960.15

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	4.7
เถ้า	ร้อยละ	23.0
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	32.4
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	39.9

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210

ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ

วันที่ทดสอบ 27-30 สิงหาคม 2555

วิธีทดสอบ ASTM D 7582-10$^{\varepsilon 1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นายวชิรพันธุ์ พันธุ์กระวี)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0306/ 13652

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่งกากมันสำปะหลัง 9 : มังคุด 1 หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.6 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

โครงการเคมี
โทรศัพท์ 0 2201 7211-2
โทรสาร 0 2201 7213
E-mail : chemistry@dss.go.th

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	**เครื่องหมาย / ตรา**	**หมายเลขปฏิบัติการ**
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 9 : มังคุด 1	-	L55/06960.6

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	3.5
เถ้า	ร้อยละ	30.7
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	34.8
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	31.0

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210

ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ

วันที่ทดสอบ 22 – 29 สิงหาคม 2555

วิธีทดสอบ ASTM D 7582-10$^{\varepsilon 1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นางสาววัชรี คตินนท์กุล)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0306/ 13653

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่งกากมันสำปะหลัง 8 : มังคุด 2 หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.7 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

โครงการเคมี

โทรศัพท์ 0 2201 7211-2

โทรสาร 0 2201 7213

E-mail : chemistry@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	**เครื่องหมาย / ตรา**	**หมายเลขปฏิบัติการ**
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 8 : มังคุด 2	-	L55/06960.7

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	4.2
เถ้า	ร้อยละ	31.9
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	31.4
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	32.5

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร
ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210
ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ
วันที่ทดสอบ 22 – 29 สิงหาคม 2555
วิธีทดสอบ ASTM D 7582-10$^{\varepsilon 1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นางสาววัชรี คตินนท์กุล)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0306/ 13654

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่งกากมันสำปะหลัง 7 : มังคุด 3 หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.8 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

โครงการเคมี
โทรศัพท์ 0 2201 7211-2
โทรสาร 0 2201 7213
E-mail : chemistry@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	**เครื่องหมาย / ตรา**	**หมายเลขปฏิบัติการ**
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 7 : มังคุด 3	-	L55/06960.8

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	4.2
เถ้า	ร้อยละ	32.5
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	25.4
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	37.9

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210

ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ

วันที่ทดสอบ 22 – 29 สิงหาคม 2555

วิธีทดสอบ ASTM D 7582-10$^{\varepsilon 1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นางสาววัชรี คตินนท์กุล)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย

ที่ วท 0306/ **13655**

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่งกากมันสำปะหลัง 6 : มังคุด 4 หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.9 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

โครงการเคมี
โทรศัพท์ 0 2201 7211-2
โทรสาร 0 2201 7213
E-mail : chemistry@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 6 : มังคุด 4	-	L55/06960.9

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	4.6
เถ้า	ร้อยละ	27.6
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	30.6
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	37.2

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210

ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ

วันที่ทดสอบ 22 – 29 สิงหาคม 2555

วิธีทดสอบ ASTM D 7582-10$^{\varepsilon 1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นางสาววัชรี คตินนท์กุล)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร
กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย

ที่ วท 0306/ **13656**

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 5 : มังคุด 5 หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.10 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

โครงการเคมี
โทรศัพท์ 0 2201 7211-2
โทรสาร 0 2201 7213
E-mail : chemistry@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 5 : มังคุด 5	-	L55/06960.10

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	4.2
เถ้า	ร้อยละ	25.4
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	30.8
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	39.6

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210

ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ

วันที่ทดสอบ 22 – 29 สิงหาคม 2555

วิธีทดสอบ ASTM D 7582-10$^{\varepsilon 1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นางสาววัชรี คตินนท์กุล)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0306/ **13647**

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่งกากมันสำปะหลัง 9 : ทุเรียน 1 หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.1 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

โครงการเคมี
โทรศัพท์ 0 2201 7211-2
โทรสาร 0 2201 7213
E-mail : chemistry@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	**เครื่องหมาย / ตรา**	**หมายเลขปฏิบัติการ**
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 9 : ทุเรียน 1	-	L55/06960.1

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	3.6
เถ้า	ร้อยละ	33.3
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	32.4
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	30.7

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210

ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ

วันที่ทดสอบ 22 – 27 สิงหาคม 2555

วิธีทดสอบ ASTM D 7582-10$^{\varepsilon 1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นางสาววัชรี คตินนท์กุล)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0306/ **13648**

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่งกากมันสำปะหลัง 8 : ทุเรียน 2 หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.2 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

โครงการเคมี
โทรศัพท์ 0 2201 7211-2
โทรสาร 0 2201 7213
E-mail : chemistry@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 8 : ทุเรียน 2	-	L55/06960.2

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	3.1
เถ้า	ร้อยละ	32.5
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	30.7
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	33.7

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210

ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ

วันที่ทดสอบ 22 – 27 สิงหาคม 2555

วิธีทดสอบ ASTM D 7582-10$^{\varepsilon 1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นางสาววัชรี คตินนท์กุล)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0306/ **13649**

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่งกากมันสำปะหลัง 7 : ทุเรียน 3 หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.3 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

โครงการเคมี
โทรศัพท์ 0 2201 7211-2
โทรสาร 0 2201 7213
E-mail : chemistry@dss.go.th

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	**เครื่องหมาย / ตรา**	**หมายเลขปฏิบัติการ**
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 7 : ทุเรียน 3	-	L55/06960.3

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	2.9
เถ้า	ร้อยละ	34.2
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	24.6
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	38.3

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210

ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ

วันที่ทดสอบ 22 – 27 สิงหาคม 2555

วิธีทดสอบ ASTM D 7582-10$^{\varepsilon1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นางสาววัชรี คตินนท์กุล)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0306/ **13650**

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่งกากมันสำปะหลัง 6 : ทุเรียน 4 หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.4 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

โครงการเคมี
โทรศัพท์ 0 2201 7211-2
โทรสาร 0 2201 7213
E-mail : chemistry@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	**เครื่องหมาย / ตรา**	**หมายเลขปฏิบัติการ**
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 6 : ทุเรียน 4	-	L55/06960.4

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	6.2
เถ้า	ร้อยละ	27.4
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	32.2
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	34.2

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210

ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ

วันที่ทดสอบ 22 – 27 สิงหาคม 2555

วิธีทดสอบ ASTM D 7582-10$^{\varepsilon 1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นางสาววัชรี คตินนท์กุล)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0306/ 13651

ถึง นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง ถ่านอัดแท่งกากมันสำปะหลัง 5 : ทุเรียน 5 หมายเลขปฏิบัติการ L55/06960.5 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้องเลขรับ L55/06960 วันที่ 21 สิงหาคม 2555

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กันยายน 2555

โครงการเคมี
โทรศัพท์ 0 2201 7211-2
โทรสาร 0 2201 7213
E-mail : chemistry@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
ถ่านอัดแท่ง กากมันสำปะหลัง 5 : ทุเรียน 5	-	L55/06960.5

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	5.1
เถ้า	ร้อยละ	28.1
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	26.9
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	39.9

ชื่อผู้ใช้บริการ นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 311/22 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210

ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ

วันที่ทดสอบ 22 – 28 สิงหาคม 2555

วิธีทดสอบ ASTM D $7582\text{-}10^{\varepsilon 1}$

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นางสาววัชรี คตินนท์กุล)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 1,400.00 บาท (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร เกิดเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2529 ที่โรงพยาบาลวิภาวดีรังสิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จากสถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีกาศึกษา 2551 และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโทหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2553