

# เชื้อเพลิงอัดแท่งจากการผลิตร่วมของตะกอนเปียก อุตสาหกรรมผลิตเอทานอล

เอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร<sup>1</sup>, ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ<sup>2</sup> และ วลัยรัตน์  
อุตตมะปรากรม<sup>3</sup>

<sup>1</sup>311/22 ถ.สรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพฯ 10210

<sup>2,3</sup>สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพฯ

<sup>1</sup>Akekaruk33@gmail.com

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อทำการศึกษาและพัฒนาจากตะกอนเปียกจากน้ำเสียของกระบวนการผลิตเอทานอลมาใช้ในรูปแบบเชื้อเพลิงอัดแท่งและทำการเพิ่มคุณภาพโดยการนำไปผสมกับชีวมวล 3 ชนิด (เปลือกมังคุด เปลือกทุเรียนและกะลามะพร้าว) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก คือ การศึกษาและการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับชีวมวลในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ต่อไปทำการวิเคราะห์หาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกที่มีคุณภาพมากที่สุดโดยที่มีกากตะกอนเปียกเป็นส่วนผสมหลักและสุดท้ายคือวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตของเชื้อเพลิงอัดแท่งและวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ โดยจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านพลังงานของเชื้อเพลิงจากตะกอนเปียกบริสุทธิ์ มีค่าความร้อน 3,851.3 cal/g ปริมาณเถ้า 34.3% คาร์บอนคงตัว 30.2% สารที่ระเหยได้ 33.2% และมีความชื้น 5.3% ซึ่งถือว่ายังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีว่าเป็นคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงที่ดีจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาและเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกให้มากขึ้นเพื่อนำไปใช้ทดแทน ถ่านและฟืน โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำชีวมวล (เปลือกมังคุด เปลือกทุเรียนและกะลามะพร้าว) เข้ามาผสมร่วมเพื่อเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ใน 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

วิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตของเชื้อเพลิงอัดแท่งและวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับชีวมวลในอัตราส่วน 5:5 ที่เป็นอัตราส่วนที่เชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดทำให้ทราบว่าตะกอนเปียกมีความคุ้มค่าในการลงทุนสูงและสามารถคืนทุนในระยะเวลาอัน จากผลการวิจัยนี้สามารถนำไปส่งเสริมและพัฒนาการนำวัสดุของเสียเหลือทิ้งจากการผลิตและการบริโภคทางการเกษตรนำมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าและเป็นอีกหนทางที่ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

## คำสืบค้น

กากตะกอนเปียก, เชื้อเพลิงอัดแท่ง, ชีวมวล

# BRIQUETTE FUEL FROM CO-PRODUCTION OF ETHANOL INDUSTRIAL WET CAKE AND BIOMASS

*Akekaruk Kitipattaworn<sup>1</sup>, Prasert Reubroycharoen<sup>2</sup>, and Walairat Uttamaprakorn<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>311/22 Songprapa rd. Seekan Donmuang Bangkok.

<sup>2,3</sup>Energy Research Institute, Chulalongkorn University.

<sup>1</sup>Akekaruk33@gmail.com

## ABSTRACT

This objective of this research was to study and develop 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 produced 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 added 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 at ration 5:5 that it 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.

## KEYWORDS

Wet cake, ethanol biofuel, co-production, briquette

## 1. บทนำ

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำกากตะกอนเปียกจากน้ำเสียโรงงานเอทานอลมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งและทำการเพิ่มคุณภาพโดยการผสมร่วมกับชีวมวลชนิดอื่น และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียก จากที่มีการใช้เอทานอลในส่วนของผสมของการผลิตน้ำมันแก๊ซโซลในปัจุบันทำให้มีการเติมโตของอุตสาหกรรมเอทานอลอย่างรวดเร็วจากการใช้พลังงานที่สูงขึ้นทุกปี อีกทั้งจากมติดกเลิกการใช้ น้ำมันเบนซิน 91 ทำให้มีการใช้น้ำมันแก๊ซโซลเพิ่มขึ้นมากในแต่ละวัน ส่งผลให้มีการผลิตเอทานอลในปริมาณที่สูงขึ้นส่งผลให้มีของเสียจากการผลิตในปริมาณมหาศาลและจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามความต้องการพลังงานที่สูงขึ้นในอนาคต โดนปัจจุบันยังไม่มีการนำกากตะกอนเปียกไปใช้ประโยชน์เท่าไรหรืนักจะมีเพียงนำไปผลิตเป็นปุ๋ยหรืออาหารสัตว์เท่านั้น ทำให้เกิดปัญหาในการกำจัดกากตะกอนเปียกจากกระบวนการผลิตเอทานอล ทำให้กากตะกอนเปียกมีคุณสมบัติในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนหรือเชื้อเพลิงจาชีวมวลเป็นอย่างดีจากปริมาณที่มีมากและต้นทุนที่ต่ำ โดยในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาและพัฒนาการนำกากตะกอนเปียกจากน้ำเสียเอทานอลมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยทำการเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยการผสมร่วมกับ เปลือกทุเรียน, เปลือกมังคุด และกะลามะพร้าว ที่เป็นของเสียเหลือจากการกระบวนการแปรรูปของอุตสาหกรรมเกษตรที่มีปริมาณมากตลอดทั้งปี อีกทั้งยังมีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงเป็นอย่างดี โดยจากการที่นำของเสียมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงจะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียจากอุตสาหกรรมเอทานอลและอุตสาหกรรมเกษตรได้อีกทางหนึ่ง รวมไปถึงเพิ่มมูลค่าและประโยชน์ให้กับของเสียที่เป็นปัญหาในการกำจัดทิ้งและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

## 2. วัสดุ อุปกรณ์ และขั้นตอนในการวิจัย

### 2.1 ขั้นตอนในการศึกษาและวิเคราะห์อัตราส่วนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

#### ขั้นตอนที่ 1

- 1) ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2) ทำการศึกษาและวิเคราะห์วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง
- 3) ออกแบบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกผลไม้ทั้ง 3 ชนิด โดยแต่ละชนิดที่อัตราส่วนที่กำหนด 5 อัตราส่วนที่ 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 และ 5:5 โดยผู้วิจัยได้ทำการเลือกอัตราส่วนดังต่อไปนี้เพราะต้องการให้กากตะกอนเปียกเป็นวัตถุดิบหลักตามความต้องการของงานวิจัยที่ต้องการนำกากตะกอนเปียกมาใช้ประโยชน์สูงสุด ซึ่งหากมีการผสมอัตราส่วนของเปลือกผลไม้มากกว่านี้จะกลายเป็นกากตะกอนเปียกกลายเป็นวัตถุดิบตัวรอง

#### ขั้นตอนที่ 2

- 1) นำวัตถุดิบหลักทั้ง 4 ชนิดมาเผาเป็นผงถ่านและทำการผสมตามอัตราส่วนที่ออกแบบ และนำไปขึ้นรูปเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิคเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

- 2) นำตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งไปวิเคราะห์และหาค่าความร้อน

ค่า Heating Value ตามมาตรฐาน ASTM 5865-04 (Gross Calorific Value)

ค่า Proximate Analysis ตามมาตรฐาน ASTM D 31202-31205

- 3) ศึกษาระยะเวลาในการมอดดับในการใช้งานจริงด้วยเตาปิ้งย่างโดยมีการควบคุมจำนวนปริมาณการใช้งานและในสภาวะแวดล้อมเดียว

### ขั้นตอนที่ 3

- 1) ศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และต้นทุนต่อหน่วยของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกผลไม้ทั้ง 3 ชนิดที่อัตราส่วน 5:5

## 2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

- 1) กากตะกอนจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล บริษัท ทรัพย์ทิพย์ จำกัด จังหวัดลพบุรี
- 2) เปลือกมังคุด จากมังคุดและเปลือกมังคุดที่ถูกคั่วแห้งจากตลาดสี่มุมเมือง จ.ปทุมธานี
- 3) เปลือกทุเรียนจาก จากกองวัสดุเหลือทิ้งจากแหล่งขายทุเรียน ตลาดสี่มุมเมือง จ.ปทุมธานี
- 4) กะลามะพร้าวจากอุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าวกะทิ จ.กรุงเทพฯ
- 5) น้ำมันสำปะหลัง
- 6) น้ำ

## 2.3 อุปกรณ์และเครื่องจักรในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

- 1) ถัง 200 ลิตรมีฝาปิด
- 2) เครื่องตีบดผ่าน ทำงานด้วยมอเตอร์ขนาด 5.5 แรงม้า กำลังการผลิต 800 กิโลกรัม/ชั่วโมง
- 3) เครื่องผสม โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการผสมวัตถุดิบด้วยมือโดยใช้ภาชนะผสมเป็นถังและใช้มือในการผสมให้เข้ากัน
- 4) เครื่องอัดแท่ง ทำงานด้วยมอเตอร์แบบขนาด 10 แรงม้า กำลังการผลิต 300 กิโลกรัม/ชั่วโมง
- 5) เตาอบสำหรับไล่ความชื้นที่สามารถตั้งอุณหภูมิและเวลาได้

## 2.4 สถานที่ในการทดลองและทำการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

- 1) บริษัท แม็กกลองไทยเอ็นจิเนียริง จำกัด ที่อยู่ 99/9 หมู่ที่ 12 ตำบลบางขันแตก อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม
- 2) สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ศูนย์รังสิตปทุมธานี

## 2.5 ขั้นตอนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

- 1) เตรียมวัตถุดิบ เครื่องมือและสถานที่ในการทดลอง
- 2) นำกะลามะพร้าว เปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดที่ผ่านการคัดแยกเศษวัสดุที่ไม่จำเป็นออกและจึงนำไปทำการตากแดดไล่ความชื้นให้แห้งสนิท
- 3) นำเปลือกผลไม้เข้าสู่กระบวนการเผาเพื่อให้อยู่ในรูปถ่านคาร์บอนและรอให้เย็นลงโดยมีขั้นตอนในการเผาถ่านดังต่อไปนี้

3.1 เตรียมถังน้ำมันขนาด 20 ลิตร

3.2 คัดแยกหรือใช้ตะแกรงร่อนวัสดุอื่น ๆ ออกจากวัตถุดิบเช่น กววด ดิน ทราาย ฝุ่นพลาสติกและเศษขยะอื่น ๆ ให้เหลือเพียงวัตถุดิบที่ต้องการใช้ในการผลิตถ่าน

3.3 ใส่วัตถุดิบลงไปที่ก้นถังประมาณ 1/4 ของถังและเว้นที่ตรงกลางไว้ประมาณ 20 เซนติเมตร เพื่อไว้สำหรับจุดไฟและเผาจนวัตถุดิบเกิดควันและติดไฟ จึงนำวัตถุดิบที่เหลือใส่จนเต็มถังและคอยสังเกตจากเนื้อกะละที่เป็นสีแดงและมีควันน้อยลงจึงใช้กระสอบป่านชุบน้ำเปียกๆคลุมปากถังแล้วปิดทับด้วยไม้ที่ฝาดึงให้แน่นสนิทและใช้ทรายปิดบนกระสอบป่านอีกชั้นเพื่อป้องกันการเข้าไปของอากาศโดยทิ้งไว้ 1 คืน

3.3 ทำการเผาเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และปล่อยให้ถ่านเย็นตัวลงอีก 12 ชั่วโมง เพื่อให้ถ่านดับสนิท

- 4) ทำการบดถ่านเปลือกผลไม้ให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องตีหรือบด โดย
- 5) ทำการผสมวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมต่างๆโดยมีน้ำและแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน
- 6) นำส่วนผสมที่ทำกรผสมแล้วเข้าสู่เครื่องอัดแท่งและทำการตัดออกให้ได้ขนาดที่ต้องการ
- 7) นำเชื้อเพลิงอัดแท่งไปอบในตู้อบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส
- 8) วิเคราะห์ข้อมูลและคุณสมบัติทางด้านพลังงานที่ห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 1 เปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียนที่ถูกเผากลายเป็นถ่าน

### 3. ผลการทดลอง

#### 3.1 ผลการทดลองขั้นตอนที่ 1

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์ข้อมูลเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียก 100%

วัตถุดิบ	เชื้อเพลิงอัดแท่งจาก กากตะกอนเปียก 100%	มาตรฐานผลิตภัณฑ์ ชุมชน ถ่านอัดแท่ง*	มาตรฐานผลิตภัณฑ์ ชุมชนถ่านไม้หุง ต้ม**
ความชื้น	3.3 %	น้อยกว่า 8 %	น้อยกว่า 10 %
เถ้า	33.3 %	-	น้อยกว่า 8 %
สารที่ระเหยได้	33.2 %	-	น้อยกว่า 25 %
คาร์บอนคงตัว	30.2 %	-	-
ค่าความร้อน	3,851.3cal/g	ค่าความร้อนต้องไม่ น้อยกว่า5,000 cal/g	ค่าความร้อนต้องไม่ น้อยกว่า6,000 cal/g

\*,\*\* สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกบริสุทธิ์นั้นมีความร้อนอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ใกล้เคียงกับชีวมวลประเภทอื่นๆสามารถนำมาใช้ทดแทนฟืนและถ่านได้เป็นอย่างดี เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ดี พบว่าเชื้อเพลิงที่ได้จากตะกอนเปียกไม่ได้มีคุณภาพถึงขั้นเป็นเชื้อเพลิงคุณภาพดีที่ให้ค่าความร้อนสูงและคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีเทียบเท่ากับเชื้อเพลิงคุณภาพสูงจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาและพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยในงานวิจัยได้ทำการเพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยการผสมร่วมกับชีวมวลชนิดอื่นๆที่มีค่าความร้อนสูงกว่าและเป็นของเสียที่มีในปริมาณมาก

**ตารางที่ 2** ผลวิเคราะห์ข้อมูลวัตถุดิบก่อนนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

วัตถุดิบ	เปลือกทุเรียน	เปลือกมังคุด	กะลามะพร้าว
ความชื้น (% Moisture)	3.13	2.3	5.6
เถ้า (% Ash content)	2.87	5.64	0.7
ความร้อน (Heating Value)	4,100 cal/g	4,105 cal/g	4,830 cal/g

ที่มา: สถาบันวิจัยพลังงานและกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

### 3.2 ผลการทดลองขั้นตอนที่ 2

**ตารางที่ 3** ผลวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน

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

จากผลของการวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนใน 5 อัตราส่วน 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 และ 5:5 ตามตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของปริมาณเปลือกทุเรียนที่เพิ่มในอัตราส่วนส่งผลให้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณภาพสูงขึ้น โดยมีค่าความร้อนและปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงขึ้นจากการเพิ่มปริมาณของเปลือกทุเรียนเข้าไปในอัตราส่วนผสม และมีปริมาณสารระเหยค่อนข้างสูงแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการติดไฟได้ง่าย และในส่วนของปริมาณเถ้าและความชื้นมีปริมาณที่ใกล้เคียงกันทั้ง 5 อัตราส่วน โดยอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติทางด้านพลังงานดีที่สุดคืออัตราส่วนของตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนที่อัตราส่วน 5:5 ที่มีค่าความร้อนสูงสุดเฉลี่ยที่ 4,273.1 cal/g ปริมาณเถ้า 28.1%

ปริมาณคาร์บอนคงตัว 39.9% ปริมาณสารระเหย 26.9% และมีปริมาณความชื้น 5.1% โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียนให้ค่าความร้อนปานกลางสามารถใช้ทดแทนเป็นเชื้อเพลิงได้

**ตารางที่ 4** ผลวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด

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

ผลของการวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดใน 5 อัตราส่วน 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 และ 5:5 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของปริมาณเปลือกมังคุดที่เพิ่มในอัตราส่วนส่งผลให้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณภาพสูงขึ้น โดยมีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 4,063 – 4,518.7 cal/g และแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของปริมาณของเปลือกมังคุดที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนผสมมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกสูงขึ้น โดยค่าความร้อนต่ำสุด 4,063cal/g ที่อัตราส่วน 9:1 และค่าความร้อนสูงสุดเฉลี่ยที่ 4,518.7cal/g ที่อัตราส่วน 5:5 ปริมาณคาร์บอนคงตัวต่ำสุด 31 % ที่อัตราส่วน 9:1 และมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงสุดที่ 39.6 % ที่อัตราส่วน 5:5 โดยทั้ง 5 อัตราส่วนมีปริมาณสารระเหยและความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของถ่านอัดแท่งชุมชน โดยอัตราส่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีคุณสมบัติทางการเป็นเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 5:5 ซึ่งให้ค่าความร้อนมากที่สุด 4,518cal/g สอดคล้องกับการมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงที่สุด 39.6% มีปริมาณความชื้น 4.2%

**ตารางที่ 5** ผลวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว

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

จากการทดสอบและวิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวตามตารางที่ 5 เชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 3,969.7 – 4,665.2 cal/g และแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของปริมาณของกะลามะพร้าวที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนผสมมีผลทำให้ค่าความร้อนและปริมาณคาร์บอนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกสูงขึ้น โดยมีค่าความร้อนสูงสุดเฉลี่ยที่ 4,665.2cal/g ที่อัตราส่วน 5:5 และปริมาณคาร์บอน 40.9% ที่อัตราส่วน 6:4

ปริมาณของสารระเหยและความชื้นมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 5 อัตราส่วน และมีปริมาณเถ้าลดลงตามอัตราส่วนของกะลามะพร้าวที่สูงขึ้นที่ 23%

จากผลการวิเคราะห์ที่เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกผลไม้ 3 ชนิด อัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดคือ 5:5 ในทุกชนิดของวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการทดลอง โดยการเพิ่มวัตถุดิบที่เป็นเปลือกผลไม้เข้าไปผสมกับกากตะกอนเปียกทำให้เชื้อเพลิงที่ได้มีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงที่ดีขึ้น โดยกะลามะพร้าวเป็นวัตถุดิบที่นำมาผสมกับกากตะกอนเปียกแล้วให้ค่าความร้อนสูงที่สุด โดยมีค่าความร้อนที่ 4,665.2 cal/g และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับฟืนไม้ทั่วไป โดยฟืนไม้ทั่วไปมีค่าความร้อน 4,390 cal/g และสอดคล้องกับปริมาณคาร์บอนคงตัวที่มีปริมาณมากที่สุดในอัตราส่วนผสม 5:5 ในขณะที่มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดในทุกอัตราส่วนผสมและมีในขณะผลวิเคราะห์ความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งทุกส่วนผสมมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักจากการที่มีกรอบไล่ความชื้นในขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบการนำเชื้อเพลิงอัดแท่งไปใช้งานในเตาปิ้งย่างในสภาวะแวดล้อมเดียวกัน

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 ตามตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดคือ 5:5 ในทุกชนิดของวัตถุดิบหลัก โดยการเพิ่มวัตถุดิบที่เป็นเปลือกผลไม้เข้าไปผสมกับกากตะกอนเปียกทำให้เชื้อเพลิงที่ได้มีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงที่ดีขึ้นและมีระยะเวลาอดดับยาวนานมากขึ้นตามอัตราส่วนของเปลือกผลไม้ที่เพิ่มเข้าไป ส่งผลให้มีอัตราส่วนของส่วนที่เผาไหม้ได้ต่อส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ มีค่าสูงขึ้น เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกทุกอัตราส่วนมีค่าความชื้นที่ไม่แตกต่างกันและจากการผสมของเปลือกผลไม้ไม่มีผลต่อค่าความชื้นเนื่องจากการเผาให้เป็นถ่านในขั้นตอนผลิตและการไล่ความชื้นในขั้นตอนสุดท้ายก่อนนำไปใช้งาน โดยกะลามะพร้าวเป็นวัตถุดิบที่นำมาผสมกับกากตะกอนเปียกแล้วให้ค่าความร้อนสูงสุด โดยมีค่าความร้อนที่ 4,665.2 cal/g มีระยะเวลาในการอดดับ 285 นาทีเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับฟืนไม้ทั่วไป โดยฟืนไม้ทั่วไปมีค่าความร้อน 4,390 cal/g และสอดคล้องกับปริมาณคาร์บอนคงตัวที่มีปริมาณมากที่สุดในอัตราส่วนผสม 5:5 ในขณะที่มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดในทุกอัตราส่วนผสม

### 3.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนที่ 3

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกผลไม้ จะทำการวิเคราะห์เฉพาะ เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกผลไม้ 3 ชนิดในอัตราส่วน 5 : 5 เท่านั้น เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงที่ดีที่สุด

#### 3.3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของวัตถุดิบในการการผลิตถ่าน

ตะกอนเปียก : ราคา 250 บาท/ตัน

กะลามะพร้าว : ราคา 2,000 บาท/ตัน

#### 3.3.2 ข้อมูลเบื้องต้นของอุปกรณ์เครื่องจักรในการผลิต

เครื่องบดวัตถุดิบ ราคา 70,000 บาท กำลังการผลิต 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง

เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวหนอน ราคา 80,000 บาท กำลังการผลิต 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร จำนวน 15 ถัง ราคา 7,500 บาท

#### 3.3.3 ข้อมูลเบื้องต้นค่าใช้จ่ายในการขนส่งวัตถุดิบ

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

ค่าขนส่งวัตถุดิบ 0.86 บาท/ กิโลกรัม

\*ค่าใช้จ่ายในการเผาถ่านไม่มีเนื่องจากตัววัตถุดิบเป็นเชื้อเพลิงด้วยตัวเอง

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์และต้นทุนต่อหน่วยการผลิตของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุดหรือเปลือกทุเรียน

ค่าต้นทุนวัตถุดิบ		
ปริมาณเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ต้องการต่อวัน	500	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียก	250	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด,เปลือกทุเรียน	250	กิโลกรัม
% คาร์บอนในเซชันปกติ	33.33	%
ตะกอนเปียกราคา	0.25	บาท/กิโลกรัม
ตะกอนเปียกมีความชื้น	50	%
ต้องการตะกอนเปียกแห้ง	750	กิโลกรัม
<b>ดังนั้นต้องการตะกอนเปียกจากโรงงาน</b>	<b>~1,500</b>	<b>กิโลกรัม</b>
เปลือกมังคุดหรือเปลือกทุเรียนราคา	0	บาท/กิโลกรัม
ต้องการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด,เปลือกทุเรียน	250	กิโลกรัม
<b>ดังนั้นต้องการเปลือกมังคุด,เปลือกทุเรียนจากตลาด</b>	<b>~750</b>	<b>กิโลกรัม</b>
ค่าใช้จ่ายวัตถุดิบ (ตะกอนเปียก+เปลือกมังคุด,เปลือกทุเรียน)	375	บาท
เชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็น	0.1	กิโลกรัม/ก้อน
ตะกอนเปียก 500 กก.ผสมร่วมกับเปลือกมังคุด,เปลือกทุเรียน 500 กก.สามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยการอัดเย็นได้จำนวน	10,000	ก้อน
อัตราการใช้เครื่องอัดแท่ง	100	กิโลกรัม/ชั่วโมง
ทำงาน	8	ชั่วโมง/วัน
ผลิตชิ้นงานวันละ (อัดแบบเย็น)	8,000	ก้อน
<b>ต้นทุนเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน</b>	<b>0.0468</b>	<b>บาท/ก้อน</b>
ต้นทุนขนส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด,เปลือกทุเรียนต่อก้อน	0.2446	บาท/ก้อน
ค่าแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.075	บาท/ก้อน
ค่าไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.01	บาท/ก้อน
ค่าน้ำของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.001	บาท/ก้อน
ค่าแรงแม่เหล็กไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.005	บาท/ก้อน
ดังนั้นต้นทุนแปรผันของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด,เปลือกทุเรียน	0.3824	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

**ตารางที่ 8** ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์และต้นทุนต่อหน่วยการผลิตของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสม ร่วมกับกะลามะพร้าว

ต้นทุนแปรผันของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็นต่อก้อน (v)		
ปริมาณเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ต้องการต่อวัน	500	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียก	250	กิโลกรัม
ต้องใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าว	250	กิโลกรัม
% คาร์บอนในเข้ชั้นปกติ	33.33	%
ตะกอนเปียกราคา	0.25	บาท/กิโลกรัม
ตะกอนเปียกมีความชื้น	50	%
ต้องการตะกอนเปียกแห้ง	750	กิโลกรัม
<b>ดังนั้นต้องการตะกอนเปียกจากโรงงาน</b>	<b>~1,500</b>	<b>กิโลกรัม</b>
เปลือกมังคุดราคา	2	บาท/กิโลกรัม
ต้องการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าว	250	กิโลกรัม
<b>ดังนั้นต้องการเปลือกกะลามะพร้าวจากตลาด</b>	<b>~750</b>	<b>กิโลกรัม</b>
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
อัตราการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่ง	100	กิโลกรัม/ชั่วโมง
ทำงาน	8	ชั่วโมง/วัน
ผลิตชิ้นงานวันละ (อัดแบบเย็น)	8,000	ก้อน
<b>ต้นทุนเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน</b>	<b>0.2343</b>	<b>บาท/ก้อน</b>
ต้นทุนขนส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับ กะลามะพร้าวต่อก้อน	0.2446	บาท/ก้อน
ค่าแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.075	บาท/ก้อน

ค่าไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.01	บาท/ก้อน
ค่าน้ำของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.001	บาท/ก้อน
ค่าแรงแม่เหล็กสำหรับปะหลังของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน	0.005	บาท/ก้อน
ต้นทุนแปรผันของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าว	0.57	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

จากผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยและการระยะเวลาในการคืนทุนในเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับ กะลามะพร้าว, เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด ในอัตราส่วน 5:5 ทั้ง 3 ชนิด โดยอัตราส่วน 5:5 เป็นอัตราส่วนที่ทำให้คุณสมบัตินด้านพลังงานที่ดีที่สุดที่มีกากตะกอนเปียกเป็นส่วนผสมหลัก และในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการนำกากตะกอนเปียกมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุดและเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยในทุกตัวอย่างจะมีต้นทุนเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิตอยู่ที่ 305,000 บาท และมีกำลังการผลิตสูงสุดที่ 800 กิโลกรัม/วัน มีการทำงาน 250 วัน/ปี และเปรียบเทียบกับต้นทุนราคาขายส่งของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ในท้องตลาด โดยผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ดังต่อไปนี้

- 1) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกมังคุด ในอัตราส่วนผสม 5:5 มีค่าใช้จ่ายคงที่ 305,000 บาท และมีต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อนที่ราคา 0.3824 บาท/ก้อน จะใช้ระยะเวลาที่จะถึงจุดคุ้มทุนที่ 0.11 ปี
- 2) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับเปลือกทุเรียน ในอัตราส่วนผสม 5:5 มีค่าใช้จ่ายคงที่ 305,000 บาท และมีต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อนที่ราคา 0.3824 บาท/ก้อน จะใช้ระยะเวลาที่จะถึงจุดคุ้มทุนที่ 0.11 ปี
- 3) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวในอัตราส่วนผสม 5:5 มีค่าใช้จ่ายคงที่ 305,000 บาท และมีต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อนที่ราคา 0.57 บาท/ก้อน จะใช้ระยะเวลาที่จะถึงจุดคุ้มทุนที่ 0.13 ปี

## 4. อภิปรายและสรุป

ผลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านพลังงานและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับชีวมวล 3 ชนิด ใน 5 อัตราส่วน 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 และ 5:5 ทั้ง 3 ตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกมีค่าความร้อนสูงขึ้นแปรผันตามอัตราส่วนของชีวมวลที่ถูกเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนที่มีค่าความร้อนสูงสุดในทั้ง 3 ตัวอย่าง ที่มีกากตะกอนเปียกเป็นตัวผสมหลักคืออัตราส่วน 5:5 จากการเพิ่มอัตราส่วนผสมของชีวมวลจะส่งผลให้ทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าความร้อนที่สูงขึ้น ปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงขึ้น รวมทั้งมีปริมาณเถ้าต่ำลง ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยทั้ง 3 ตัวอย่างนั้นมีค่าความชื้นที่ต่ำกว่า 8 % ทั้ง 3 ชนิด โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกผสมร่วมกับกะลามะพร้าวมีค่าความร้อนสูงสุดที่ 4,665.2 cal/g เปลือกมังคุด 4,518.7 cal/g และเปลือกทุเรียน 4,273.1 cal/g ตามอันดับ โดยทั้ง 3 ตัวอย่างมีปริมาณของสารระเหยที่ใกล้เคียงกันในช่วง 24.6 – 34.8 %

จากผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ทำให้เห็นว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนมีความคุ้มค่าสูงมากสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาอันสั้นเนื่องจากตัวตะกอนเปียกในปัจจุบันมีราคาต่ำและยังไม่มีกรรมนำมาใช้อย่างแพร่หลายอีกทั้งยังเป็นของเสียที่เกิดจากการผลิตและเกิดขึ้นในปริมาณมากทุกวันและชีวมวลที่นำมาใช้เพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งยังเป็นของเหลือทิ้งจากการบริโภคซึ่งทำให้ต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งมีต้นทุนที่ต่ำทำให้สามารถคืนทุนในระยะสั้น

โดยลักษณะและคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนเปียกนั้นจะมีลักษณะใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีวมวลชนิดอื่นๆ มีสีน้ำตาลเข้ม ฝืดเรียบ ไม่แตกหักง่าย และมีค่าความร้อนที่คงที่ จึงเหมาะในการทำตลาดชั้นล่าง เช่น หมูกระทะหรือร้านปิ้งย่างได้เป็นอย่างดีเนื่องจากมีราคาที่ถูกกว่าถ่านทั่วไปและไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนที่สูงมาก

การนำกากตะกอนเปียกจากน้ำเสียของกระบวนการผลิตเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจัดว่าเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดและมีประสิทธิภาพ สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียที่เหลือทิ้งรวมไปถึงสามารถกำจัดวัสดุเหลือทิ้งจากการบริโภคและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยการนำของเสียมาใช้ใหม่ได้อย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ

## 5. ข้อเสนอแนะ

5.1 ตะกอนเปียกมีน้ำเป็นอัตราส่วนที่สูงถึง 50% หากมีการบีบอัดเพื่อลดปริมาณของน้ำในตะกอนเปียกจะทำให้ลดต้นทุนในการขนส่งวัตถุดิบลงได้

5.2 การลดความชื้นของวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งก่อนการนำมาเผาเป็นผงถ่านโดยการนำไปตากแดดก่อนจะช่วยลดระยะเวลาในการเผาและต้นทุนในการผลิตได้มาก

5.3 ขั้นตอนการไล่ความชื้นถ้าทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งจะง่ายต่อการควบคุมและลดระยะเวลาในการอบแห้งลงและทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณภาพที่สูงขึ้น

## 6. กิตติกรรมประกาศ

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

ขอขอบพระคุณคุณวลัยรัตน์ อุตมะปรากฏม ที่คอยช่วยเหลือในทุกๆด้าน ทั้งให้ความรู้ ช่วยหาข้อมูลในการศึกษาวิจัย ช่วยแนะนำแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ ช่วยตรวจสอบข้อมูลจากการศึกษา ตลอดตั้งแต่ต้นจนงานศึกษาวิจัยฉบับนี้สำเร็จ

ขอขอบพระคุณบริษัท แม่กลองไทยเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด จ.สมุทรสาคร ที่กรุณาให้ใช้พื้นที่ในการทดลองและทำการผลิตตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียก

ขอขอบพระคุณโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลบริษัท ทรัพย์ทิพย์ จำกัด จ.ลพบุรีที่กรุณาให้นำตะกอนเปียกมาใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บรรณานุกรม

- [1] ณัฐพงศ์ รัตนเดช และคณะ. 255. เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยสุก (กล้วยเล็บมือนางและทุเรียน) ในจังหวัดชุมพร ว.วิทย. กษ. 43:3 (พิเศษ) 2555. : 216-219
- [2] ทิพาวรรณ รัชรวงศ์ และ อัญชกรไชยศรีหา. 2545. การศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านเปลือกทุเรียนผสมกับกากตะกอนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษ สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- [3] รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล. 2553. การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้งมันสำปะหลัง วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [4] ลือพงษ์ ลือนาม, จรูญพงศ์ เทียบประทีป. (2549). การศึกษาต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยการเผาแบบกึ่งต่อเนื่อง .กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.
- [5] วรวรรณ สังแก้ว. 2554. การแปรรูปเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเชื้อเพลิง: การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะ คุณภาพ ต้นทุนการผลิตและความคิดเห็นของผู้ใช้ถ่านที่ผลิตจากเปลือกทุเรียน และเปลือกทุเรียนผสมผงถ่านและซีลี้อย ปีที่ 7 (มกราคม-มิถุนายน 2554) :51-58
- [6] วีระ พันอินทร์. 2553. การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิค เศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนประกอบของขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ และกากตะกอนเปียก วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยนเรศวร
- [7] บัญจรัตน์ โจลานันท์, อาทิตย์ พุทธิรักษาติและจันสุดา คำต้อย. 2554. พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งไม่यरบายักษ์ วารสารวิจัย มข. ปีที่ : 16 ฉบับที่ : 1 เลขหน้า : 20-31
- [8] อัจฉรา อัครจุฑชัย และคณะ. 2554. การนำเปลือกทุเรียน และ เปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูป เชื้อเพลิงอัดแท่ง 162-168. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49