

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

การศึกษาค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์

ศุภชัย ธรรมศิริทรัพย์

TH0024387
- 6 ส.ย. 2559

363802

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

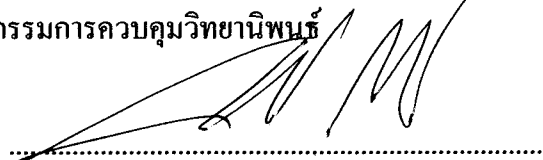
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

พฤษภาคม 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ ศุภชัย ธรรมศิริทรัพย์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

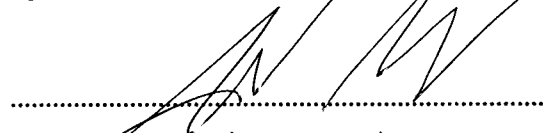
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูมิพัฒน์ ภาชนะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชายี สว่างวงศ์)



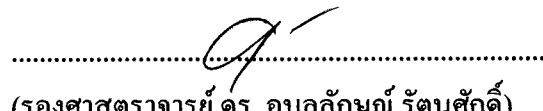
กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูมิพัฒน์ ภาชนะ)

เอกพงษ์ สุวัฒน์มาลา

กรรมการ

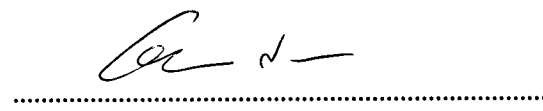
(ดร. เอกพงษ์ สุวัฒน์มาลา)



กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพา



คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่ 25 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความเมตตา การช่วยเหลือ และกำลังใจจากหลายบุคคลตลอดช่วงระยะเวลาการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูมิพัฒน์ ภาชนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความรักและความเอาใจใส่

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชาญ สว่างวงศ์ ประธานกรรมการสอบ ปากเปล่าวิทยานิพนธ์ที่เสียสละเวลา และช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร. เอกพงษ์ สุวัฒน์มาลา และรองศาสตราจารย์ ดร. อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์ กรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาและให้คำแนะนำในการแก้ไข วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้อง เหมาะสม และสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

งานวิจัยครั้งนี้ ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ ว่าที่ร้อยตรีจารินทร์ เอี่ยมสุภานิต และคุณสุพจน์ ชำรงประดิษฐ์ ที่แนะนำ สนับสนุนและให้โอกาสข้าพเจ้าในการศึกษา เพิ่มพูนความรู้ในครั้งนี้

ขอขอบใจในน้ำใจและความช่วยเหลือจากเพื่อนร่วมรุ่น นิสิตปริญญาโท วิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อมทุก ๆ ท่าน

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ บุคคลในครอบครัว และนางสาวลลิตา แพทย์เจริญ ภรรยา ของข้าพเจ้า ที่เป็นกำลังใจที่สำคัญทำให้เกิดความสำเร็จในครั้งนี้

ศุภชัย ธรรมศิริทรัพย์

54910153: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงอัดแท่ง/ หญ้าเนเปียร์/ ชีวมวล

ศุภชัย ธรรมศิริทรัพย์: การศึกษาค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ (STUDY ON HEATING VALUE OF BRIQUETTED FUEL FROM *Pennisetum purpureum* (PAK CHONG 1)) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ภูมิพัฒน์ ภาชนะ, Ph.D. 97 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1 การทดลองวิเคราะห์คุณสมบัติและค่าพลังงานความร้อนของหญ้าเนเปียร์ ผลการทดลองพบว่า หญ้าเนเปียร์ที่มีอายุ 4 เดือน มีความเหมาะสมสำหรับผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เนื่องจากมีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงที่ดีและมีค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ $3,557.33 \pm 17.50$ แคลอรีต่อกรัม

การศึกษการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยนำหญ้าเนเปียร์อายุ 4 เดือน มาผสมกับแป้งมันสำปะหลังซึ่งใช้เป็นตัวประสานให้ได้อัตราส่วนผสมระหว่างหญ้าเนเปียร์กับแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 100 : 0, 95 : 5, 90 : 10, 85 : 15 และ 80 : 20 แล้วจึงนำไปอัดแท่ง จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ คือ ความหนาแน่น และค่าต้านทานแรงกด วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง คือ ดัชนีการแตกร่วน และค่าความร้อน ผลการวิจัยพบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีสัดส่วนของหญ้าเนเปียร์ต่อแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 100 : 0 เมื่ออัดแท่งออกมาแล้วไม่สามารถคงรูปได้ เนื่องจากไม่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน สัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์คือ สัดส่วนหญ้าเนเปียร์ : แป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 90 : 10 เนื่องจากมีค่าความร้อนที่สูงเท่ากับ $4,361.43 \pm 22.06$ แคลอรีต่อกรัม มีค่าต้านทานแรงกดที่สูง 25.38 ± 0.25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีความแข็งแรง ง่ายต่อการขนส่งและการเก็บรักษาที่สะดวก มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.74 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีดัชนีการแตกร่วนเท่ากับ 0.93 และศึกษารลดความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง การทดลองทำโดยนำเชื้อเพลิงอัดแท่งไปลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนเพื่อให้มีความชื้นคงเหลือเท่ากับร้อยละ 30, 25, 20, 15, 10 และ 5 พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นคงเหลือร้อยละ 15 มีค่าพลังงานความร้อนที่สูง ใช้เวลาในการอบน้อย ทำให้มีความสิ้นเปลืองไฟฟ้าที่ต่ำด้วย

ผลการทดลองจากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถนำหญ้าเนเปียร์มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ และเป็นแหล่งชีวมวลชนิดใหม่ที่มีศักยภาพในการเป็นเชื้อเพลิงได้

54910153: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M.Sc. (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS: BRIQUETTED FUEL/ *Pennisetum purpureum*/ BIOMASS

SUPACHAI THAMSIRISUP: STUDY ON HEATING VALUE OF BRIQUETTED FUEL FROM *Pennisetum purpureum* (PAK CHONG 1). ADVISORY COMMITTEE: PHUMIPAT PACHANA, Ph.D. 97 P. 2016.

The objectives of this research were to study on heating value of briquette fuel from *Pennisetum purpureum* (PAK CHONG 1). The experiments were conducted to analyze the fuel properties and heating value of *P. purpureum*. The results showed that *P. purpureum* at age of 4 months was suitable to produce the briquettes fuel because it had the good the properties and heating value of $3,557.33 \pm 17.50$ cal/g.

The production of briquette fuel by *P. purpureum* at the age of 4 months was conducted by mixing with tapioca starch, which tapioca starch was used as the binder. *P. purpureum* was mixed with binder in various ratios at 100 : 0, 95 : 5, 90 : 10, 85 : 15, 80 : 20 and was then molded. The physical properties of briquette fuel were performed including density and compressive strength. Fuel properties testing of shatter index and heating value were also tested. The results showed that the *P. purpureum* to tapioca starch ratio of 100 : 0 could not be pressed because of no starch as a binder. The briquette fuel with the mix ratio of 90 : 10 led the briquette fuel to be the most suitable for fuel because it had high heat value of $4,361.43 \pm 22.06$ cal/g, compressive strength of 25.38 ± 0.25 kg/cm². Briquette fuel was strong, easy to transport and storage with the density of 0.74 g/cm³ and the shatter index of 0.93. Reduction of moisture content of briquette fuel was conducted by drying the briquette fuel in hot air oven to obtain the moisture of 30, 25, 20, 15, 10 and 5 %. It was found that the briquette fuel had moisture of 15 % which was optimum because it resulted in high heating value, fast drying time and the low power consumption. Therefore, *P. purpureum* could be used to produce briquette fuel and had a potential to be a new biomass source for fuel.

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| สารบัญ..... | ฉ |
| สารบัญตาราง..... | ช |
| สารบัญภาพ..... | ญ |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ..... | 1 |
| ที่มาและความสำคัญ..... | 1 |
| วัตถุประสงค์การวิจัย..... | 4 |
| สมมติฐานการวิจัย..... | 4 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 4 |
| 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 5 |
| พลังงานทดแทน..... | 5 |
| ชีวมวล..... | 13 |
| หญ้าเนเปียร์..... | 20 |
| เชื้อเพลิงอัดแท่ง..... | 26 |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 39 |
| 3. วิธีดำเนินการวิจัย..... | 45 |
| วัตถุดิบ..... | 45 |
| เครื่องมือและอุปกรณ์..... | 45 |
| สารเคมี..... | 45 |
| วิธีการทดลอง..... | 46 |
| การวิเคราะห์ผล..... | 48 |

สารบัญ (ต่อ)

| บทที่ | หน้า |
|--|------|
| การวิเคราะห์ทางสถิติ..... | 50 |
| 4. ผลการวิจัย..... | 51 |
| การศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อนของหญ้าเนเปียร์ (สายพันธุ์ปากช่อง 1)..... | 52 |
| การศึกษาอัตราส่วนผสมของตัวประสานที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งจาก หญ้าเนเปียร์..... | 58 |
| การศึกษาการลดความชื้นที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์..... | 67 |
| 5. อภิปราย และสรุปผล..... | 71 |
| อภิปรายผล..... | 71 |
| สรุปผล..... | 76 |
| ข้อเสนอแนะ..... | 76 |
| บรรณานุกรม..... | 77 |
| ภาคผนวก..... | 81 |
| ภาคผนวก ก..... | 82 |
| ภาคผนวก ข..... | 88 |
| ประวัติย่อของผู้วิจัย..... | 97 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| 3-1 | การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อนของหญ้าเนเปียร์..... | 46 |
| 3-2 | อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง..... | 47 |
| 4-1 | เปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อนของหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุแตกต่างกัน..... | 57 |
| 4-2 | คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของแหล่งชีวมวล..... | 58 |
| 4-3 | ผลการอัดแท่งที่ใช้อัตราส่วนผสมของตัวประสานที่แตกต่างกัน..... | 61 |
| 4-4 | เวลาและความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในการอัดแท่งเชื้อเพลิง..... | 61 |
| 4-5 | คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจาก หญ้าเนเปียร์ที่มีอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน..... | 67 |
| 4-6 | เวลาในการอบและความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในการอบแท่งเชื้อเพลิง..... | 68 |
| 4-7 | ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ที่มีความชื้นที่ แตกต่างกัน..... | 70 |
| 5-1 | เปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของแหล่งชีวมวลที่แตกต่างกัน..... | 72 |
| ข-1 | ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบความชื้นของหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ แตกต่างกัน..... | 89 |
| ข-2 | ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบเถ้าของหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่าง กัน..... | 90 |
| ข-3 | ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบสารระเหยของหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ แตกต่างกัน..... | 90 |
| ข-4 | ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบคาร์บอนคงตัวของหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว ที่แตกต่างกัน..... | 91 |
| ข-5 | ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุการ เก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน..... | 92 |

สารบัญตาราง(ต่อ)

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| ข-6 | ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมของหญ้าเนเปียร์กับตัวประสานที่แตกต่างกัน..... | 93 |
| ข-7 | ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบความต้านทานแรงกดของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมของหญ้าเนเปียร์กับตัวประสานที่แตกต่างกัน..... | 93 |
| ข-8 | ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบดัชนีการแตกร่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมของหญ้าเนเปียร์กับตัวประสานที่แตกต่างกัน..... | 94 |
| ข-9 | ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมของหญ้าเนเปียร์กับตัวประสานที่แตกต่างกัน..... | 95 |
| ข-10 | ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นแตกต่างกัน..... | 95 |

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|--|------|
| 1-1 | สัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทย 2554..... | 2 |
| 1-2 | ผลผลิตทางการเกษตรของพืชที่สำคัญตั้งแต่ปี 2549 – 2553 | 3 |
| 2-1 | สัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทย 2554..... | 9 |
| 2-2 | การใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนของประเทศไทย 2554..... | 10 |
| 2-3 | การใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนในรูปของไฟฟ้าของประเทศไทย 2554 | 11 |
| 2-4 | การใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนในรูปของความร้อนของประเทศไทย 2554 | 11 |
| 2-5 | การใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนในรูปของเชื้อเพลิงชีวภาพของ ประเทศไทย 2554..... | 12 |
| 2-6 | การใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนในรูปของก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ ของประเทศไทย 2554..... | 12 |
| 2-7 | การลงทุนด้านพลังงานทดแทนทั้งภาครัฐและเอกชน ในปี 2554 | 13 |
| 2-8 | องค์ประกอบของชีวมวล..... | 14 |
| 2-9 | ตัวอย่างชีวมวลในประเทศไทย..... | 15 |
| 2-10 | หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1..... | 20 |
| 2-11 | ลักษณะเด่นของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 | 21 |
| 2-12 | ลักษณะการให้น้ำแบบต่าง ๆ ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1..... | 23 |
| 2-13 | การตัดหญ้าด้วยวิธีต่าง ๆ..... | 24 |
| 2-14 | การใส่ปุ๋ยหลังจากหญ้าแตกหน่อใหม่..... | 25 |
| 2-15 | เชื้อเพลิงอัดแท่งจากแหล่งชีวมวลต่าง ๆ | 26 |
| 2-16 | การเก็บเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งจะซ้อนทับกันเป็นชั้น ๆ | 28 |
| 2-17 | ลักษณะของแป้งมันสำปะหลัง..... | 30 |
| 2-18 | โครงสร้างภายในของเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยว..... | 31 |
| 2-19 | โครงสร้างและการแบ่งช่วงการทำงานภายในสกรู | 32 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 4-13 | ค่าต้านทานแรงกดของเชื้อเพลิงอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสม..... | 64 |
| 4-14 | ดัชนีการแตกร่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสม..... | 65 |
| 4-15 | ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสม..... | 66 |
| 4-16 | ระยะเวลาการอบเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นที่แตกต่างกัน..... | 68 |
| 4-17 | ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในการอบเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นที่แตกต่างกัน..... | 69 |
| 4-18 | ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นที่แตกต่างกัน..... | 70 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 2-20 | ลักษณะเกลียวป้อน a) เกลียวมาตรฐาน b) เกลียวเรียว..... | 34 |
| 2-21 | เครื่องอัดแบบสกรูกรวย | 35 |
| 2-22 | เครื่องอัดแบบร่อนสกรูกระบอก..... | 36 |
| 2-23 | เครื่องอัดแบบแผ่นกลม | 37 |
| 2-24 | เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง..... | 37 |
| 2-25 | เครื่องอัดแบบลูกสูบ | 38 |
| 4-1 | หญ้าเนเปียร์สดที่มีอายุ 4 เดือน ซึ่งผ่านการบดสับมาแล้ว..... | 51 |
| 4-2 | หญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการตากแดดเพื่อลดความชื้น..... | 52 |
| 4-3 | ความชื้นของหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน.. | 53 |
| 4-4 | เถ้าของหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน..... | 53 |
| 4-5 | สารระเหยของหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว ที่แตกต่างกัน..... | 54 |
| 4-6 | คาร์บอนคงตัวของหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ แตกต่างกัน..... | 55 |
| 4-7 | ค่าพลังงานความร้อนของหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ แตกต่างกัน..... | 56 |
| 4-8 | ตัวอย่างหญ้าเนเปียร์ที่ลดขนาดลง พร้อมสำหรับการอัดแท่ง..... | 59 |
| 4-9 | การเตรียมหญ้าเนเปียร์และแป้งมันสำปะหลังสำหรับการอัดแท่งเชื้อเพลิงที่อัตรา ส่วนผสม 90 : 10..... | 60 |
| 4-10 | การผสมหญ้าเนเปียร์และตัวประสานให้เข้ากัน..... | 60 |
| 4-11 | เชื้อเพลิงอัดแท่งที่อัตราส่วนผสมระหว่างหญ้าเนเปียร์กับตัวประสาน เท่ากับ 90 : 10..... | 62 |
| 4-12 | ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสม..... | 63 |

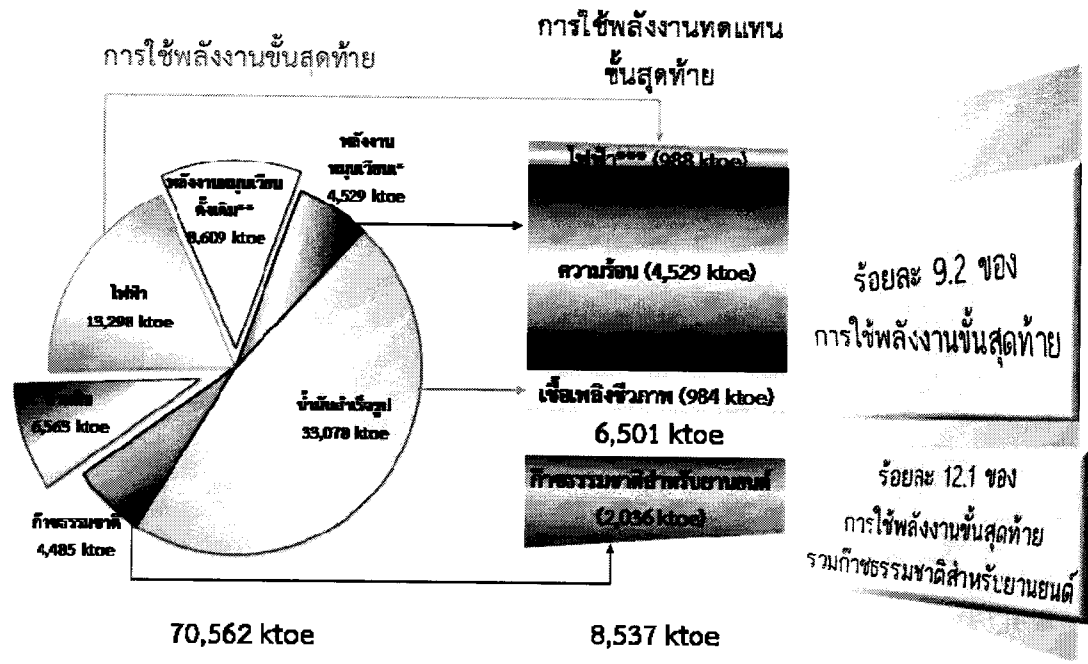
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญกับการดำเนินชีวิตในปัจจุบันเพื่อตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชนในประเทศ และเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมด้วย จากความจำเป็นของการใช้พลังงานเพื่อการขนส่งและการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยซึ่งมีความต้องการในปริมาณมากเกินกว่าปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ภายในประเทศ ทำให้ต้องพึ่งพาน้ำมันจากต่างประเทศเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี ในขณะที่เกิดวิกฤตการณ์ปริมาณน้ำมันที่เหลือน้อยลงและราคาน้ำมันที่พุ่งสูงขึ้น ทำให้ประเทศไทยต้องสูญเสียเงินตราเป็นจำนวนมาก เพื่อลดการพึ่งพา ลดการสูญเสียเงินตราและเพื่อให้ประชาชนได้มีพลังงานใช้กันอย่างพอเพียงและยั่งยืน รัฐบาลจึงได้มีนโยบายและแนวทางในการพัฒนาพลังงานทดแทนขึ้นในทุกภาคส่วนของสังคม

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากนโยบายการพัฒนาพลังงานทดแทนของรัฐบาลที่จะใช้พลังงานที่ผลิตภายในประเทศเป็นหลักซึ่งประกอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ลม พลังน้ำขนาดเล็ก ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ ขยะ และเชื้อเพลิงชีวภาพ ซึ่งในปี พ.ศ.2554 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทน 6,501 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ โดยเพิ่มขึ้นจากปีก่อนถึงร้อยละ 16.3 และคิดเป็นร้อยละ 9.2 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ส่งผลให้มีการลดการนำเข้าพลังงานคิดเป็นมูลค่า 154,590 ล้านบาท และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 19.94 ล้านตัน ทั้งนี้พลังงานทดแทนส่วนใหญ่ที่ได้นั้นจะได้อาจมาจากแหล่งพลังงานจากชีวมวลเป็นสำคัญ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

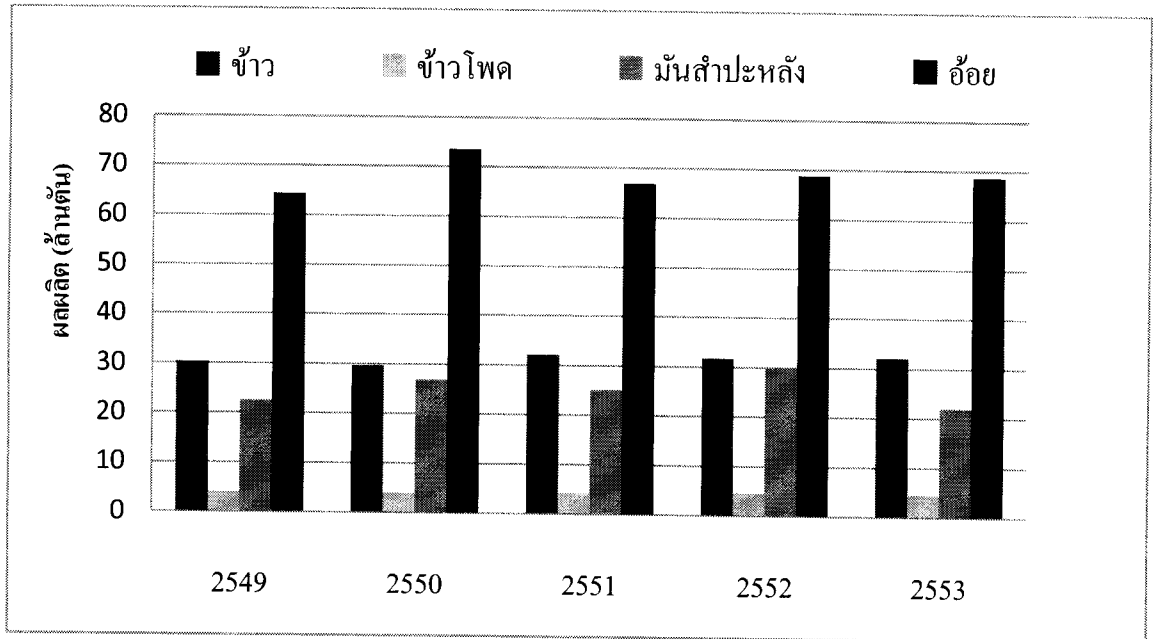


ภาพที่ 1-1 สัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทย 2554 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

ปัจจุบันมีความนิยมที่จะนำชีวมวล (Biomass) มาใช้เป็นพลังงานทดแทนกันอย่างกว้างขวางเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งมีผลผลิตทางการเกษตรที่หลากหลายและมีจำนวนมากที่สามารถนำมาใช้ให้อยู่ในรูปของพลังงานชีวมวลได้ เช่น ไม้พื้น แกลบ กากอ้อย มูลสัตว์ ฟางข้าว วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตร เป็นต้น วัสดุเหล่านี้จะถูกนำมาเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้โดยตรงแล้วนำความร้อนที่ได้ไปใช้เพื่อการผลิตไฟฟ้า หรือนำมาผลิตก๊าซชีวภาพโดยขบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ ในอดีตชีวมวลส่วนใหญ่จะถูกทิ้งซากให้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ภายในพื้นที่การเพาะปลูกหรือบางครั้งเกษตรกรกำจัดโดยการเผาทำลาย ซึ่งเป็นการสร้างมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อม แต่อันที่จริงแล้วชีวมวลเหล่านี้มีคุณสมบัติในการเป็นเชื้อเพลิงอย่างดีและให้ค่าพลังงานความร้อนในระดับที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้และเนื่องจากภาวะถดถอยของแหล่งพลังงาน จึงได้มีการเสาะแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพและปริมาณที่มากพอ

สำหรับศักยภาพของการผลิตชีวมวลในประเทศนั้นจะแปรผันและขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ ถ้าผลผลิตทางการเกษตรสูงจะยิ่งทำให้ศักยภาพในการผลิต

ชีวมวลสูงตามขึ้นด้วย ซึ่งจากสถิติการเกษตรของประเทศไทย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและสหกรณ์



ภาพที่ 1-2 ผลผลิตทางการเกษตรของพืชที่สำคัญตั้งแต่ปี 2549 – 2553 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและสหกรณ์, 2554)

จะสังเกตเห็นได้จากภาพที่ 1-2 พบว่า ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรคือ ข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย ในแต่ละปีนั้นมีแนวโน้มคงที่ ซึ่งผลผลิตเหล่านี้ล้วนเป็นแหล่งชีวมวลเดิมที่มีการใช้กันอยู่ในปัจจุบันแล้วเป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจจะมีไม่เพียงพอต่อความต้องการในการผลิตอย่างต่อเนื่อง แต่ในขณะที่ความต้องการพลังงานชีวมวลนั้นเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามความต้องการใช้พลังงานทดแทนของประเทศที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีความน่าสนใจที่จะหาแหล่งชีวมวลชนิดใหม่ที่มีศักยภาพและมีปริมาณมากเพียงพอในการนำมาผลิตเป็นพลังงานชีวมวลนั้นก็คือน้ำมันปาล์ม

หญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) เป็นพืชดั้งเดิมของแอฟริกาเขตร้อนนำเข้ามาในปี พ.ศ. 2472 โดย นายอาร์.พี. โจนส์ เป็นหญ้าที่มีอายุหลายปี เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ให้ผลผลิตที่สูงและมีคุณค่าทางอาหารสูงจึงถูกนำมาใช้เพื่อการเกษตรสำหรับเป็นอาหารในการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคเนื้อ โคนม กระบือ แพะ และแกะ (ลักษณะ วุฒิปราชญ์อำไพ, กานดา นาคมณี, วีระพล พูนพิพัฒน์ และสุภาพร มนต์ชัยกุล, 2541)

หญ้าเนเปียร์จัดเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้บ่อยครั้ง และมีต้นทุนการปลูกที่ต่ำ โดยนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ ซึ่งจะกลายเป็นแหล่งชีวมวลอีกแหล่งหนึ่งที่เพิ่มมูลค่าการใช้จากการเป็นอาหารสัตว์แล้ว ยังเป็นการเพิ่มผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจให้ภาคอุตสาหกรรมและชุมชนอีกด้วย

จุดมุ่งหมายโครงการวิจัยนี้เพื่อศึกษาการนำหญ้าเนเปียร์มาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อน ไอน้ำหรือผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นแหล่งชีวมวลแหล่งใหม่ที่มีศักยภาพและมีปริมาณมากพอที่จะเป็นพลังงานทดแทนที่สำคัญของประเทศไทยร่วมกับแหล่งชีวมวลอื่น ๆ อีกทั้งยังเป็นพลังงานที่สะอาด ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย และยังเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเหมาะสมของการใช้หญ้าเนเปียร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง
2. เพื่อศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ โดยใช้แ่งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน
3. เพื่อศึกษาการลดความชื้น ในระดับที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1. หญ้าเนเปียร์เป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมและสามารถนำมาอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงได้
2. สามารถใช้แ่งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานในอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์
3. เชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ที่ได้มีความชื้นในระดับที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. สามารถใช้แหล่งชีวมวลชนิดใหม่ที่มีคุณภาพและปริมาณเพียงพอสำหรับผลิตเป็นเชื้อเพลิง เพื่อทดแทนหรือใช้เสริมแหล่งชีวมวลดั้งเดิมที่อาจมีปริมาณไม่เพียงพอ
2. เป็นการเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์ของหญ้าเนเปียร์
3. ลดการขาดแคลนและการใช้พลังงานรูปอื่น ๆ เช่น แก๊สหุงต้ม น้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งมีราคาสูงขึ้นเรื่อย ๆ เป็นการลดการสูญเสียเงินตราจากการนำเข้าจากต่างประเทศ
4. ทำให้ได้พลังงานสะอาด ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย มีราคาถูก และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการช่วยลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงฟอสซิล

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานทดแทน (กระทรวงพลังงาน, 2551)

พลังงานทดแทน (Alternative energy) หมายถึง พลังงานที่นำมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง และก๊าซธรรมชาติ สามารถแบ่งตามแหล่งที่ได้มาออกเป็น 2 ประเภท คือ พลังงานทดแทนจากแหล่งที่ใช้แล้วหมดไปเรียกว่า พลังงานสิ้นเปลือง (Nonrenewable energy) ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ นิวเคลียร์ หินน้ำมัน และทรายน้ำมัน เป็นต้น และพลังงานทดแทนอีกประเภทหนึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้ว สามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีกเรียกว่า พลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) ได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล น้ำ และไฮโดรเจน เป็นต้น พลังงานทดแทน ประเภทที่ 2 เป็นพลังงานที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น

ปัจจุบันพลังงานทดแทนที่สามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีก กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก โดยแหล่งพลังงานที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่

2.1.1 พลังน้ำ

เป็นพลังงานที่ได้จากการไหลของน้ำจากที่สูงมายังที่ต่ำ เป็นพลังงานที่สะอาด ไม่ปล่อยก๊าซพิษออกมา ใช้ปั่นไฟได้โดยการปล่อยน้ำให้ไหลผ่านกังหัน ทำให้กังหันหมุน และผลิตเป็นไฟฟ้า ซึ่งพลังน้ำมีข้อดีคือ เมื่อปล่อยน้ำไหลไปหมุนกังหันก็จะได้พลังงานออกมาทันที จึงนิยมสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำสำหรับกรณีที่ต้องการไฟทันทีและเร่งด่วน มักใช้ปั่นไฟตั้งแต่หลังเที่ยงวันจนถึงเที่ยงคืน ซึ่งเป็นช่วงที่ประชาชนและโรงงานต้องการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด ซึ่งการนำพลังน้ำมาใช้จะต้องมีการสร้างเขื่อนเพื่อกักเก็บน้ำและยกระดับของน้ำให้สูงขึ้นเหนือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การยกระดับน้ำให้สูงขึ้นเพื่อผลิตไฟฟ้าได้มาก ต้องมีการสร้างเขื่อนขนาดใหญ่มาก อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมอย่างมากในการสร้างเขื่อนต้องสร้างเขื่อนในพื้นที่ที่วางทางเดินน้ำเพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้ามากที่สุด ซึ่งการสร้างเขื่อนต้องมีการใช้พื้นที่ในการก่อสร้างเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดการสูญเสียพื้นที่ในการใช้ประโยชน์ ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม หรือแหล่งที่อยู่อาศัยของชาวบ้าน (เนื่องจากบางครั้งชาวบ้านรุกล้ำพื้นที่ป่าไม้และ

พื้นที่ต้นน้ำ) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อระบบนิเวศและสมดุลทางธรรมชาติ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบในการดำเนินชีวิตของชาวบ้าน หรือแม้กระทั่งการต่อต้านจากชาวบ้านที่ได้รับผลกระทบจากการสร้างเขื่อนอีกด้วย

2.1.2 พลังงานชีวมวล

พลังงานชีวมวลจัดเป็นแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญมากในปัจจุบัน ซึ่งเป็นการนำพลังงานจากมวลของสิ่งมีชีวิต เช่น พืชหรือสัตว์ มาใช้ให้เป็นประโยชน์ สามารถเป็นได้ทั้งเชื้อเพลิงแข็ง เช่น วัสดุเศษเหลือทางการเกษตร (ฟางแกลบขานอ้อย) หรือก๊าซ เช่น ก๊าซชีวภาพที่ได้จากการเปลี่ยนรูปของชีวมวล นอกจากนี้ของเหลือจากอุตสาหกรรมและชุมชน (Waste streams) เช่น กากน้ำตาลและขานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล แกลบจากโรงสีข้าวที่เหลือจากโรงงานแปรรูปไม้ เส้นใยปาล์มและกะลาปาล์ม นอกจากนั้นยังรวมถึงขยะอินทรีย์ชุมชน น้ำมันบริโภคใช้แล้วจากพืชและสัตว์ และน้ำเสียจากชุมชนหรืออุตสาหกรรมเกษตรที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ด้วย

พลังงานชีวมวลคล้ายกับเชื้อเพลิงฟอสซิลตรงที่เป็นพลังงานที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิตเหมือนกันแต่ต่างกันที่พลังชีวมวลเป็นพลังงานที่ได้จากสิ่งมีชีวิตโดยตรงไม่ต้องผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ในขณะที่เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นซากของสิ่งมีชีวิตที่ผ่านการทับถมภายใต้ความกดดัน ความร้อนเป็นเวลานานพลังงานจากชีวมวลแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป เช่น แกลบ จะให้ค่าความร้อนสูง เนื่องจากมีความชื้นต่ำ และไม่ต้องผ่านการบดย่อยก่อนนำไปเผาไหม้ โดยเชื้อเพลิงที่เกิดจากการเผาแกลบสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กและแก้วได้ ส่วนขานอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ที่เผาไหม้แล้วมีปริมาณเข้เ้า่น้อย จึงมีปัญหาในการจัดการน้อย และเชื้อเพลิงดังกล่าวยังสามารถนำไปใช้ปรับปรุงสภาพดินในไร่อ้อยได้อีกน้อย การใช้พลังงานชีวมวลมีข้อดีคือ เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย เนื่องจากมีปริมาณกำมะถันต่ำกว่าเชื้อเพลิงประเภทอื่นมาก และไม่ก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจก นอกจากนี้การนำแหล่งวัตถุดิบที่มีอยู่ภายในประเทศมาใช้ ถือเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งเกษตรกรยังมีรายได้เพิ่มจากการขายวัสดุทางการเกษตรที่เหลือใช้อีกด้วย

ในปัจจุบัน พลังงานประเภทชีวมวลกำลังได้รับความนิยมอย่างสูง การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลจัดเป็นการลงทุนที่มีต้นทุนการผลิตค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับพลังงานประเภทอื่น กระบวนการแปรรูปพลังงานชีวมวลไปเป็นพลังงานรูปแบบต่าง ๆ มีดังนี้

1. การเผาไหม้โดยตรง (Combustion) เมื่อนำชีวมวลมาเผา จะได้รับความร้อนออกมาตามค่าความร้อนของชนิดชีวมวลนั้น ๆ ความร้อนที่ได้จากการเผาสามารถนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูง และจะนำไอน้ำความดันสูงนำไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป

2. การผลิตก๊าซ (Gasification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งหรือชีวมวลให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิง เรียกว่าแก๊สชีวภาพ (Biogas) มีองค์ประกอบของแก๊สมีเทน แก๊สไฮโดรเจน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ สามารถนำไปใช้สำหรับกังหันแก๊ส (Gas turbine)

3. การหมัก (Fermentation) เป็นการนำชีวมวลมาหมักด้วยแบคทีเรียในสภาวะไร้อากาศ ชีวมวลจะถูกย่อยสลายและแตกตัว เกิดแก๊สชีวภาพที่มีองค์ประกอบของแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทนใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สำหรับผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้ยังสามารถใช้ขยะอินทรีย์ชุมชน มูลสัตว์ น้ำเสียจากชุมชนหรืออุตสาหกรรมเกษตร เป็นแหล่งวัตถุดิบชีวมวลได้

2.1.3 พลังงานลม (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2547)

พลังงานลมเป็นพลังงานธรรมชาติที่สะอาดและบริสุทธิ์และไม่มีวันหมด ลมเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ 2 ที่ เมื่อพลังงานจากดวงอาทิตย์ตกกระทบโลกทำให้อากาศร้อนและลอยตัวสูงขึ้น อากาศจากบริเวณอื่นซึ่งเย็นและหนาแน่นมากกว่าจึงเข้ามาแทนที่ การเคลื่อนที่ของอากาศเหล่านี้เป็นสาเหตุให้เกิดลม ซึ่งมีอิทธิพลต่อสภาพลมฟ้าอากาศในบางพื้นที่ของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แนวฝั่งทะเลอันดามันและด้านอ่าวไทย พลังงานชนิดนี้ได้รับความสนใจและนำมาพัฒนาให้เกิดประโยชน์อย่างกว้างขวาง กังหันลมเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่สามารถนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะในการผลิตกระแสไฟฟ้าและใช้เป็นกังหันสูบน้ำ ซึ่งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้มีการติดตั้งทดสอบสถานีกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า 2 แห่ง คือ กังหันลมผลิตไฟฟ้าแหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต และกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา นอกจากนี้การนำพลังงานลมมาใช้นี้ยังมีข้อจำกัดอยู่ที่ความไม่แน่นอนของกระแสลม และต้องใช้พื้นที่มาก

2.1.4 พลังงานแสงอาทิตย์ (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2547)

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่สิ้นสุดและมีลักษณะกระจายไปถึงผู้ใช้โดยตรง อีกทั้งยังเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาดปราศจากมลพิษต่อ

สิ่งแวดล้อมตามปกติมนุษย์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ตามธรรมชาติในชีวิตประจำวันอยู่แล้วตลอดหลายปีมานี้ เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับการพัฒนาจนถึงขั้นนำมาใช้งานได้จริง อย่างไรก็ตาม การนำอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์เหล่านี้มาใช้ต้องมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องทราบศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของบริเวณที่จะใช้งานด้วย โดยทั่วไปศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูง หรือต่ำขึ้นอยู่กับ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้น โดยบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากก็จะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สูง สำหรับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้อุปกรณ์รวมแสง เราจำเป็นต้องทราบสัดส่วนของรังสีรวมต่อรังสีกระจายด้วย เซลล์แสงอาทิตย์จึงเป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ผลิตไฟฟ้า เนื่องจากสามารถเปลี่ยนเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง เซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน และมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึงร้อยละ 22

2.1.5 พลังความร้อนใต้พิภพ

เป็นพลังงานที่ได้จากใจกลางโลก สามารถนำมาใช้ได้โดยการฝังท่อในใต้ดินลึกลงไป 2-3 กิโลเมตร เพื่ออัดน้ำลงไปตามท่อน้ำที่ลงไปสุดท่อจะแทรกตัวไปตามรอยร้าวของหินใต้ผิวโลก และได้รับการถ่ายเทความร้อนจากหินที่มีอุณหภูมิสูงกว่ามาก จากนั้นน้ำร้อนดังกล่าวจะถูกสูบกลับมาทางท่ออีกท่อหนึ่งที่ถูกฝังคู่ขนานกับท่อแรก เพื่อนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า หรือใช้เป็นน้ำร้อนที่ส่งไปตามบ้านเรือนอุณหภูมิภายใต้ผิวโลกจะสูงขึ้นตามความลึก ที่ความลึกประมาณ 25-30 กิโลเมตร อุณหภูมิจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 250-1,000 องศาเซลเซียส ที่ศูนย์กลางของโลกอุณหภูมิอาจสูงประมาณ 3,500-4,000 องศาเซลเซียสบางครั้งความร้อนใต้ผิวโลกไม่ได้ไหลกระจายอยู่ใต้ผิวโลกเท่านั้น แต่ไหลขึ้นมาบนผิวโลกด้วย เช่น การเกิดภูเขาไฟระเบิดน้ำพุร้อน เป็นต้น ที่ประเทศไทยมีการทดลองใช้ที่อำเภอฝาง เชียงใหม่

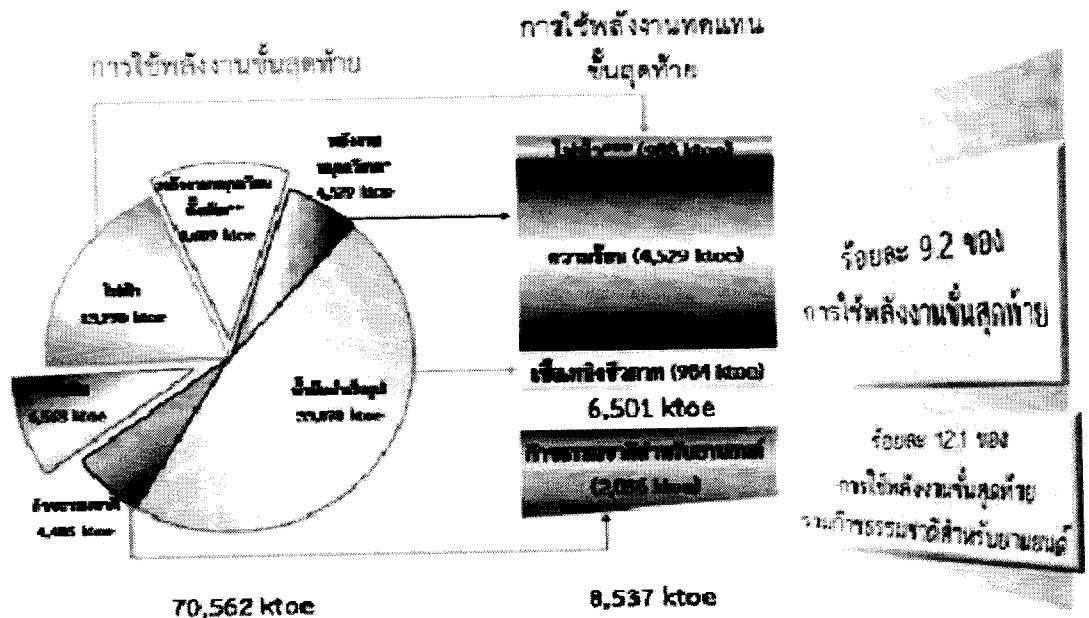
2.1.6 การใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากนโยบายการพัฒนาพลังงานทดแทน ที่มีเป้าหมายให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นในทุกภาคส่วนของสังคม

นอกจากจะเป็นการลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลแล้ว ยังเป็นการลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศอีกด้วย เนื่องจากการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไทยในปัจจุบัน จะใช้พลังงานที่ผลิตภายในประเทศเป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วยแสงอาทิตย์ ลม พลังน้ำขนาดเล็ก ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ ขยะ และ เชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอลและไบโอดีเซล) โดยที่การใช้พลังงานทดแทนดังกล่าว จะใช้ในรูปแบบของไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ นอกจากนี้ ยังนับรวมการใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติที่ผลิตได้จากภายในประเทศ สำหรับใช้ในยานยนต์ด้วย

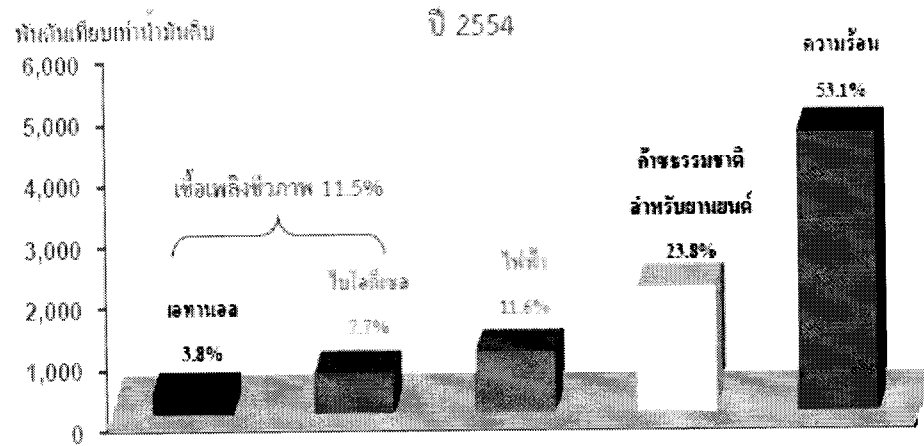
ในปี 2554 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทน 6,501 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 16.3 และคิดเป็นร้อยละ 9.2 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (และหากนับรวมการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 12.1 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย) ส่งผลให้มีการลดการนำเข้าพลังงาน คิดเป็นมูลค่า 154,590 ล้านบาท ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 19.94 ล้านตัน

การใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทย 2554



ภาพที่ 2-1 สัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทย 2554 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

โดยพบว่า มีการใช้ในรูปแบบความร้อนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 53.1 ของการใช้พลังงานทดแทนทั้งหมดรองลงมา ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ ไฟฟ้า และ เชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอลและไบโอดีเซล) คิดเป็นร้อยละ 23.8 11.6 และ 11.5 ตามลำดับ



ภาพที่ 2-2 การใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนของประเทศไทย 2554 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ไฟฟ้า

กำลังผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน มีปริมาณรวม 2,157 เมกะวัตต์ เพิ่มขึ้นจากปีก่อน ร้อยละ 14.7 โดยพบว่า มีกำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากชีวมวลมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 82.6 รองลงมา ได้แก่ ก๊าซชีวภาพพลังน้ำขนาดเล็ก พลังงานแสงอาทิตย์ ชยะ และพลังงานลม คิดเป็นร้อยละ 7.3, 4.4, 4.2, 1.2 และ 0.3 ตามลำดับ

| พลังงานทดแทน | กำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้า (เมกะวัตต์) | | | อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ) |
|--------------|--------------------------------------|---------|-------------------|------------------------------|
| | 2552 | 2553 | 2554 ^p | 2554 ^p |
| แสงอาทิตย์ | 37.0 | 48.6 | 78.7 | 61.9 |
| ลม | 5.1 | 5.6 | 7.3 | 30.4 |
| น้ำ | 55.7 | 58.9 | 95.7 | 62.4 |
| ชีวมวล | 1,618.1 | 1,650.2 | 1,790.2 | 8.5 |
| ก๊าซชีวภาพ | 69.8 | 103.4 | 159.2 | 53.9 |
| ขยะ | 6.6 | 13.1 | 25.5 | 94.7 |
| รวม | 1,792.3 | 1,879.8 | 2,156.6 | 14.7 |

ภาพที่ 2-3 การใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนในรูปของไฟฟ้าของประเทศไทย 2554
(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

ความร้อน

การใช้ความร้อนที่ผลิตได้จากพลังงานทดแทนมีปริมาณ 4,529 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นจากปีก่อน ร้อยละ 20.3 โดยพบว่า มีการใช้ความร้อนจากชีวมวลมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 89.3 รองลงมาได้แก่ก๊าซชีวภาพ พลังงานแสงอาทิตย์ และขยะ คิดเป็นร้อยละ 10.6, 0.05 และ 0.05 ตามลำดับ

| ความร้อน | ปริมาณ(พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ) | | | อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ) |
|------------|----------------------------------|---------|-------------------|------------------------------|
| | 2552 | 2553 | 2554 ^p | 2554 ^p |
| แสงอาทิตย์ | 0.9 | 2.0 | 2.0 | - |
| ชีวมวล | 2,987 | 3,449 | 4,043 | 17.2 |
| ก๊าซชีวภาพ | 188 | 311 | 482 | 55.0 |
| ขยะ | 1.0 | 1.1 | 1.7 | 81.8 |
| รวม | 3,176.9 | 3,763.1 | 4,528.7 | 20.3 |

ภาพที่ 2-4 การใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนในรูปของความร้อนของประเทศไทย 2554
(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

เชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอล และไบโอดีเซล)

มีการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ 3.3 ล้านลิตรต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปีก่อน ร้อยละ 13.8 โดยพบว่า มีการใช้เอทานอล 1.2 ล้านลิตรต่อวัน และไบโอดีเซล 2.1 ล้านลิตรต่อวัน

| เชื้อเพลิงชีวภาพ | 2552 | 2553 | 2554 | อัตราการเปลี่ยนแปลง (%) |
|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| | (ล้านลิตรต่อวัน) | (ล้านลิตรต่อวัน) | (ล้านลิตรต่อวัน) | |
| เอทานอล | 1.3 | 1.2 | 1.2 | - |
| ไบโอดีเซล | 1.6 | 1.7 | 2.1 | 23.5 |
| รวม | 2.9 | 2.9 | 3.3 | 13.8 |

ภาพที่ 2-5 การใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนในรูปของเชื้อเพลิงชีวภาพของประเทศไทย 2554 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์

มีการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ 231 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปีก่อน ร้อยละ 27.6

| ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ | 2552 | 2553 | 2554 | อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ) |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|
| | (ล้านลูกบาศก์ฟุต/วัน) | (ล้านลูกบาศก์ฟุต/วัน) | (ล้านลูกบาศก์ฟุต/วัน) | |
| การใช้ | 143 | 181 | 231 | 27.6 |

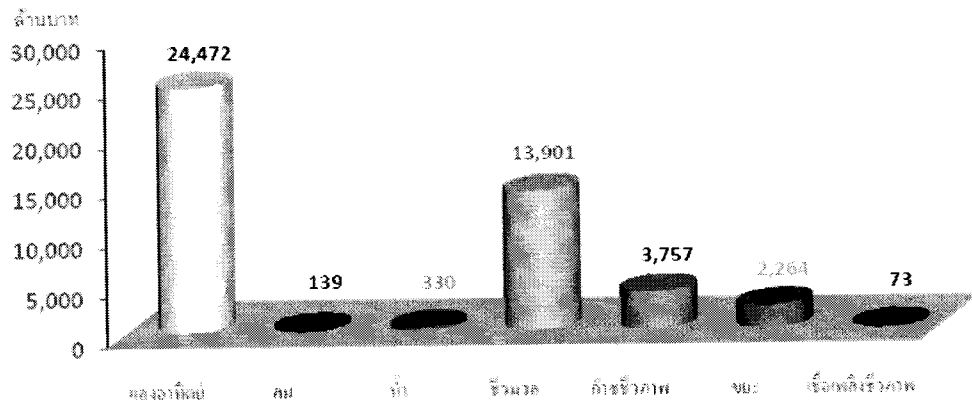
ภาพที่ 2-6 การใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนในรูปของก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ของประเทศไทย 2554 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

2.1.7 การลงทุนด้านพลังงานทดแทน

จากการที่ภาครัฐมีนโยบายผลักดันให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากจะส่งผลให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นแล้ว ยังส่งผลต่อเนื่องให้ภาคเอกชนมีความสนใจที่จะลงทุนในอุตสาหกรรมพลังงานอีกด้วย โดยในปี 2554 พบว่า การลงทุนด้านพลังงานทดแทนทั้งภาครัฐและเอกชน คิดเป็นมูลค่า 44,936 ล้านบาท

| การลงทุนด้านพลังงานทดแทน | แสงอาทิตย์ | ลม | น้ำ | ชีวมวล | ก๊าซชีวภาพ | ขยะ | เชื้อเพลิงชีวภาพ | รวม |
|--------------------------|------------|-----|-----|--------|------------|-------|------------------|--------|
| มูลค่า(ล้านบาท) | 24,472 | 139 | 330 | 13,901 | 3,757 | 2,264 | 73 | 44,936 |

ที่มา : 1/ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
2/ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน



ภาพที่ 2-7 การลงทุนด้านพลังงานทดแทนทั้งภาครัฐและเอกชนในปี 2554 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

2.2 ชีวมวล

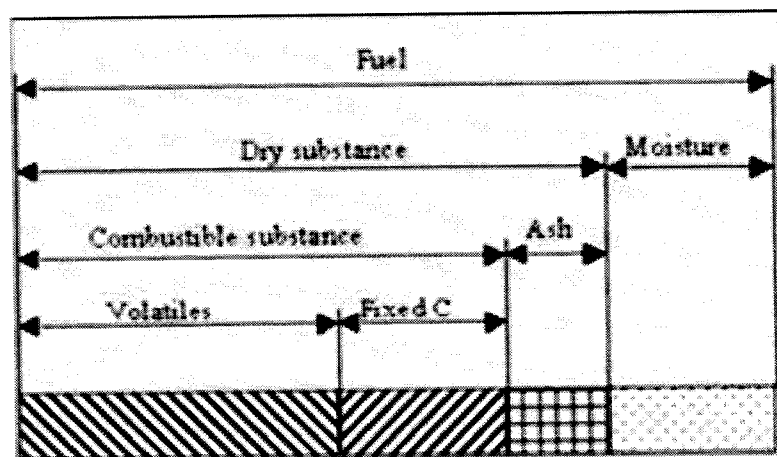
ชีวมวล (Biomass) หมายถึง วัสดุหรือสารที่ได้จากธรรมชาติหรือสิ่งมีชีวิตที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ โดยไม่นับการกลายเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีผลผลิตทางการเกษตรหลากหลายชนิดที่สามารถนำมาทำเป็นชีวมวลได้ เช่น ข้าว

อ้อย มันสำปะหลัง ยางพาราและน้ำมันปาล์ม เป็นต้น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

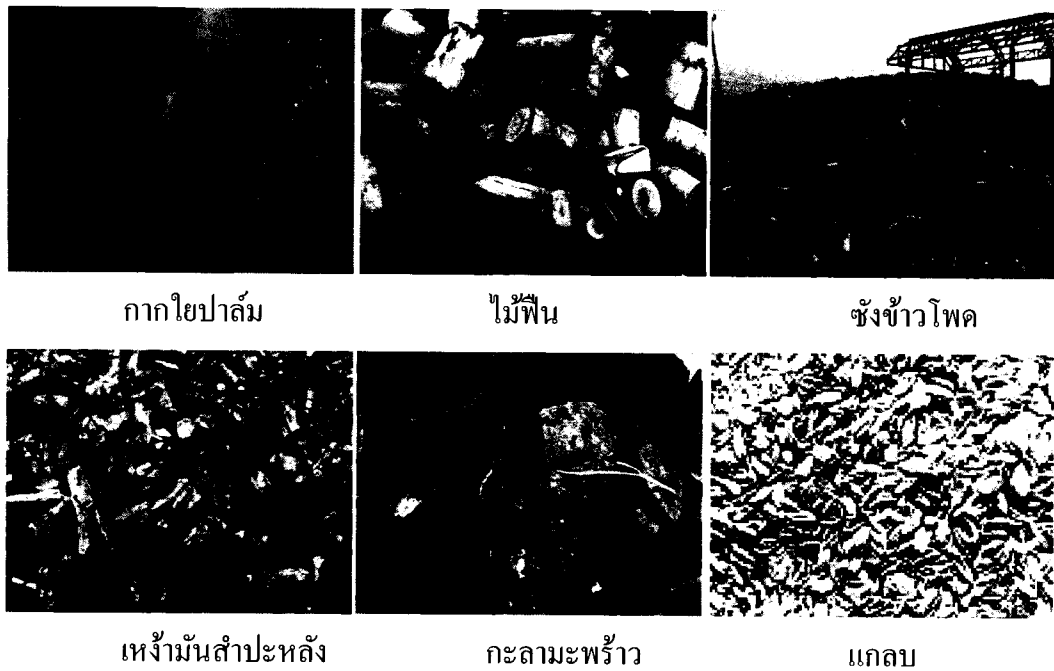
ในอดีตชีวมวลส่วนใหญ่จะถูกทิ้งซากให้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ภายในพื้นที่การเพาะปลูกหรือบางครั้งเกษตรกรกำจัดโดยการเผาทำลาย ซึ่งเป็นการสร้างมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อม แต่อันที่จริงแล้วชีวมวลเหล่านี้มีคุณสมบัติในการเป็นเชื้อเพลิงอย่างดีและให้ค่าพลังงานความร้อนในระดับที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

องค์ประกอบของชีวมวลแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ

1. ความชื้น (Moisture) ความชื้นหมายถึงปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ในชีวมวล
2. ส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible substance) ส่วนที่เผาไหม้ได้จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ สารระเหย (Volatiles Matter) และคาร์บอนคงที่ (Fixed Carbon)
3. ส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ หรือขี้เถ้า (Ash) เมื่อชีวมวลถูกเผาไหม้อย่าง สมบูรณ์แล้วจะมีเนื้อสารบางส่วนที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ ซึ่งคือขี้เถ้า โดยชีวมวลแต่ละประเภทจะมีสัดส่วนของปริมาณขี้เถ้าในชีวมวลแตกต่างกัน (ภาพที่ 2-8)



ภาพที่ 2-8 องค์ประกอบของชีวมวล (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)



กากใยปาล์ม

ไม้พิน

ซังข้าวโพด

เหง้ำมันสำปะหลัง

กะลามะพร้าว

แกลบ

ภาพที่ 2-9 ตัวอย่างชีวมวลในประเทศไทย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

ศักยภาพของชีวมวล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิต และการใช้ชีวมวล พบว่า ชีวมวลบางประเภทที่มีการใช้อย่างกว้างขวาง และมีปริมาณคงเหลือไม่มาก หรือบางชนิดขาดแคลน อาทิเช่น แกลบ กากอ้อย ซึ่งชีวมวลเหล่านี้เป็นประเภทที่เกิดขึ้นที่โรงงานอุตสาหกรรม ผู้ประกอบการได้หาแนวทางในการใช้ กากจัดและลดต้นทุนในการผลิตของตน ด้วยการให้แทนเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ จนปัจจุบันเชื้อเพลิงเหล่านี้มีการซื้อขาย และมีกลไกด้านการตลาดจนครบวงจรแล้วหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นชีวมวลประเภทที่เป็น เชื้อเพลิงชีวมวลเชิงพาณิชย์ ส่วนชีวมวลอีกหลายประเภทพบว่ามีปริมาณคงเหลืออยู่เป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีการใช้อยู่ในวงจำกัด หรือบางประเภทยังไม่ได้มีการนำไปใช้อย่างเป็นทางการ อาทิเช่น ยอดและใบอ้อย ฟางข้าว เหง้ำมันสำปะหลัง ทะลายปาล์มเปล่า ทางใบและก้านปาล์ม เป็นต้น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

ตัวอย่างชีวมวลในประเทศไทย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

2.2.1 ชีวมวลจากข้าว

1. แกลบ จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในปีเพาะปลูก 2549 – 2550 มีปริมาณการผลิตข้าวทั้งประเทศเท่ากับ 28.61 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณแกลบเท่ากับ 3.95 ล้านตัน โดยมีการนำแกลบเหล่านี้มาใช้งาน คิดเป็นปริมาณรวม 0.86 ล้านตัน หากนำปริมาณแกลบคงเหลือดังกล่าวมาหักด้วยปริมาณการสูญเสียของแกลบ ที่เกิดจากการขัดสี และการฟุ้งกระจายทั้งในระหว่างกระบวนการต่าง ๆ และการขนส่ง ดังนั้นปริมาณแกลบคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 3.09 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเทียบเท่า 843 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบมีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 320 เมกะวัตต์

2. ฟางข้าว จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรปีเพาะปลูก 2549 – 2550 สามารถประเมินปริมาณฟางข้าว เท่ากับ 34.04 ล้านตัน เมื่อนำมาคิดปริมาณที่เก็บรวบรวมได้ (ฟางข้าวมีประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมร้อยละ 10) ปริมาณฟางข้าวคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 3.40 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 926.10 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 352 เมกะวัตต์

2.2.2 ชีวมวลจากข้าวโพด

ชังข้าวโพด

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตร ในปีเพาะปลูก 2549 – 2550 มีปริมาณการผลิตข้าวโพดทั้งประเทศเท่ากับ 4.40 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณชังข้าวโพดเท่ากับ 0.84 ล้านตัน โดยมีการนำชีวมวลเหล่านี้มาใช้ในภาคต่าง ๆ คิดเป็นปริมาณรวม 74,000 ตัน ทำให้ปริมาณชีวมวลคงเหลือมีค่าเท่ากับ 0.43 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 124.6 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 47.31 เมกะวัตต์

2.2.3 ชีวมวลจากอ้อย

1. ยอดและใบอ้อย

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรปี 2549 – 2550 มีปริมาณการผลิตอ้อยทั้งประเทศเท่ากับ 70 ล้านตัน คิดเป็นชีวมวลประเภท ยอดและใบอ้อย เท่ากับ 16.8 ล้านตัน เมื่อนำมาคิดประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม (ร้อยละ 40) จะมีชีวมวลคงเหลือสุทธิ 6.72

ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 1,935.7 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 735 เมกะวัตต์

2. กากอ้อย

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรปี 2549 – 2550 สามารถประเมินปริมาณของกากอ้อย เท่ากับ 21 ล้านตัน ชีวมวลประเภทนี้มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในภาคอุตสาหกรรม โดยปัจจุบันได้ถูกแปรไปเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อนในโรงงานผลิตน้ำตาล และบางโรงงานนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า จึงทำให้ชีวมวลประเภทนี้หมดไปกับการใช้ในโรงงานเป็นหลัก แม้แต่มีความต้องการใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่น ๆ แต่ก็ไม่มีวัตถุดิบมาป้อน รวมทั้งโรงงานผลิตน้ำตาลหรือโรงผลิตไฟฟ้าจากกากอ้อยหลายโรงได้เริ่มเสาะหาเชื้อเพลิงประเภทอื่น ๆ มาใช้ร่วมกับกากอ้อยเนื่องจากภาวะขาดแคลนของกากอ้อย

2.2.4 ชีวมวลจากมันสำปะหลัง

1. ลำต้นมันสำปะหลัง

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรปี 2549 – 2550 มีปริมาณการผลิตมันสำปะหลังทั้งประเทศเท่ากับ 17.6 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณลำต้นมันสำปะหลัง 2.11 ล้านตัน เมื่อนำปริมาณชีวมวลคงเหลือดังกล่าวมาคิดประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม (ร้อยละ 40) จะมีปริมาณชีวมวลสุทธิเท่ากับ 0.84 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเทียบเท่า 198 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบและคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 75 เมกะวัตต์

2. เหง้ามันสำปะหลัง

จากข้อมูลผลผลิตเหง้ามันสำปะหลัง สามารถประเมินปริมาณเหง้ามัน ได้เท่ากับ 1.76 ล้านตัน เมื่อนำปริมาณชีวมวลคงเหลือดังกล่าวมาคิดประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม (ร้อยละ 40) จะมีปริมาณชีวมวลสุทธิเท่ากับ 0.7 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเทียบเท่า 131 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบและคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 50 เมกะวัตต์ ในปัจจุบันแทบไม่มีการนำเอาเหง้ามันสำปะหลังมาใช้ผลิตพลังงาน เนื่องจากการเก็บรวบรวมมีความยากลำบากและต้นทุนการขนส่งสูง

2.2.5 ชีวมวลจากปาล์มน้ำมัน

1. ทางใบและก้านปาล์ม

จากข้อมูลผลผลิตของกรมส่งเสริมการเกษตรในปีเพาะปลูก 2549 – 2550 มีปริมาณการผลิตปาล์มน้ำมันทั้งประเทศเท่ากับ 8.75 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณทางใบ และก้านเท่ากับ 2.36 ล้านตัน เมื่อคิดประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม (ร้อยละ 65) และการนำไปใช้ประโยชน์ จะมีปริมาณชีวมวลคงเหลือสุทธิ 1.54 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเทียบเท่า 481 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบและคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 183 เมกะวัตต์

2. กากใยปาล์ม

จากข้อมูลผลผลิตปาล์มน้ำมัน มีปริมาณของกากใยปาล์มที่ได้ เท่ากับ 1.31 ล้านตัน โดยชีวมวลประเภทนี้จะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม เมื่อหักปริมาณที่ถูกใช้งานออกจะมีชีวมวลคงเหลือสุทธิ 0.23 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อน 81.3 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบและคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 31 เมกะวัตต์

3. กะลาปาล์ม

จากข้อมูลผลผลิตปาล์มน้ำมัน สามารถประเมินปริมาณกะลาปาล์มได้เท่ากับ 0.53 ล้านตัน โดยมีการใช้ชีวมวลประเภทนี้ในภาคอุตสาหกรรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิง คิดเป็นปริมาณรวม 18,000 ตัน และใช้ในประเภทอื่น ๆ 147,000 ตัน ดังนั้นจะมีชีวมวลคงเหลือสุทธิ 0.31 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อน 114 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบและและคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 43 เมกะวัตต์

4. ทะลายปาล์ม

จากข้อมูลผลผลิตปาล์มน้ำมัน สามารถประเมินปริมาณของทะลายปาล์มได้เท่ากับ 2.01 ล้านตัน โดยมีการนำชีวมวลประเภทนี้ถูกนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า คิดเป็นปริมาณรวม 80,000 ตัน และใช้ในประเภทอื่น ๆ เช่น ทำปุ๋ยและเพาะเห็ด คิดเป็นปริมาณ 160,000 ตัน ดังนั้นจะมีชีวมวลคงเหลือสุทธิ 1.13 ล้านตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อน 385 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบและและคิดเป็นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 146 เมกะวัตต์

2.2.6 ชีวมวลจากไม้ยางพารา

ชี้เลื่อยและเศษไม้ยางพารา

จากรายงานของสถาบันวิจัยยางพารา ทำให้ทราบว่าในแต่ละปีจะต้นยางพาราที่มีอายุเกิน 25 ปี ซึ่งครบรอบที่จะต้องทำการตัดฟัน คิดเป็นพื้นที่ยางพาราที่ถูกตัดฟัน 500,000 ไร่ต่อปี จะได้ ปริมาณของไม้ยางพารา 200 ล้านตัน ซึ่งไม้ยางพาราที่ถูกตัดจะนำไปเข้ากระบวนการแปรรูปไม้เพื่อ ผลิตเฟอร์นิเจอร์ ดังนั้นจะมีชีวมวลที่ได้ภายหลังกระบวนการผลิต คิดเป็นเศษไม้ 3.6 ล้านตัน และชี้ เลื่อย 8 ล้านตัน เมื่อหักปริมาณที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ จะมีเศษไม้คงเหลือ 3.55 ล้านตัน คิดเป็น พลังงานความร้อน 1,862 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบและพลังงานไฟฟ้า 707 เมกะวัตต์ในส่วนของชี้ เลื่อยจะมีปริมาณคงเหลือ 1,037 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบและพลังงานไฟฟ้า 394 เมกะวัตต์

2.2.7 ชีวมวลที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส

ไม้ยูคาลิปตัสจะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษเป็นส่วนใหญ่ โดยผลผลิตของไม้ ยูคาลิปตัสทั้งประเทศ มีปริมาณรวม 6.8 ล้านตันต่อปี มีชีวมวลเกิดขึ้น คือ ไม้พินและเปลือกไม้ โดยไม้พินจะถูกนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า สำหรับเปลือกไม้จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการให้ ความร้อน แต่ยังมีปริมาณการใช้งานน้อย เมื่อประเมินจำนวนของชีวมวลคงเหลือ พบว่าจะมีไม้พิน คงเหลือเท่ากับ 0.57 ล้านตัน คิดเป็นพลังงานความร้อน 167 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบและพลังงาน ไฟฟ้า 63.5 เมกะวัตต์ สำหรับเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีปริมาณคงเหลือ 0.61 ล้านตัน คิดเป็นพลังงาน ความร้อน 186 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบและพลังงานไฟฟ้า 70.5 เมกะวัตต์ ชีวมวลที่ได้จากไม้ของ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (อ.อ.ป.) อ.อ.ป. มีพื้นที่ที่อยู่ในความดูแลรับผิดชอบ จำนวน 1,200,000 ไร่ ทั่วประเทศ ซึ่งในแต่ละปีจะมีเศษไม้ซึ่งได้จากการตัดสาง และกิ่งไม้ที่ร่วงหล่น คิดเป็นปริมาณ 0.6 ล้านตัน เมื่อนำมาคิดประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม (ร้อยละ 10) จะได้ชีวมวลรวม 60,600 ตัน คิดเป็นค่าพลังงานความร้อน 17.9 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบและพลังงานไฟฟ้า 6.8 เมกะวัตต์

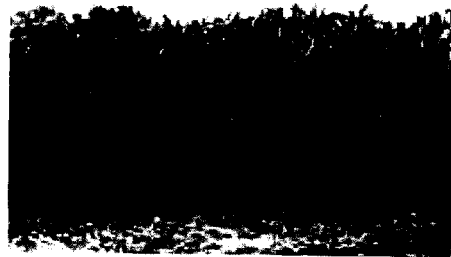
2.3. หญ้าเนเปียร์

หญ้าเนเปียร์มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pennisetum purpureum* เป็นพืชดั้งเดิมของอัฟริกาเขตร้อนนำเข้ามาในปี พ.ศ. 2472 โดย นายอาร์.พี. โจนส์ เป็นหญ้าที่มีอายุหลายปี เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ให้ผลผลิตที่สูงและมีคุณค่าทางอาหารสูงจึงถูกนำมาใช้เพื่อการเกษตรสำหรับเป็นอาหารในการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคเนื้อ กระบือ แพะ และแกะ (ลักขณา และคณะ, 2541)

นอกจากสายพันธุ์ดั้งเดิมแล้วยังมีสายพันธุ์ที่นิยมปลูก คือ หญ้าเนเปียร์แคระ (*P. purpureum* cv. Mott) สำหรับหญ้าเนเปียร์แคระมีลักษณะทรงต้นเป็นกอพุ่มค่อนข้างตั้ง ต้นเตี้ยกว่าและมีสัดส่วนของใบมากกว่าหญ้าเนเปียร์หญ้าเนเปียร์ลูกผสม (*P. Purpureum* X *P. americanum*) ซึ่งมี 2 สายพันธุ์ คือหญ้าเนเปียร์ยักษ์ (*P. purpureum* cv. Kinggrass) และ หญ้าบาน่า ที่นิยมนำไปเป็นอาหารเลี้ยงช้าง (ธำรงค์ดี พลบำรุง, 2539)

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (ไกรลาส เขียวทอง, 2555)

หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์หนึ่งที่เป็นสายพันธุ์ลูกผสมที่มีศักยภาพของผลผลิตสูงและมีคุณค่าทางอาหารสูงด้วยคือ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นหญ้าลูกผสมซึ่งเกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างหญ้าเนเปียร์ยักษ์และหญ้าไข่มุกปัจจุบันกรมปศุสัตว์ได้สนับสนุนส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วประเทศไทย หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์นี้มีอายุหลายปีโตเต็มที่สูงประมาณ 4 เมตร มีระบบรากที่แข็งแรง แผ่กระจายอยู่ในดิน ดูดซึมน้ำและปุ๋ยได้ดี ลักษณะลำต้นและทรงต้นตั้งตรงปลูกขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์

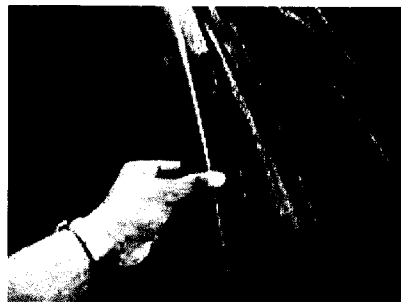


ภาพที่ 2-10 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (ไกรลาส เขียวทอง, 2555)

2.3.1 ลักษณะเด่น

เจริญเติบโตเร็ว ให้ผลผลิตต่อไร่สูง โปรตีนสูง มีความน่ากินสูง สัตว์ชอบกินตอบสนองต่อการให้น้ำและปุ๋ยดี แดกกอดี แก่ช้า ทนแล้ง ในฤดูหนาวยังเติบโตได้ดีไม่ชงกไม่มีระยะพักตัว ใบและลำต้นอ่อนนุ่ม ขอบใบไม่คมไม่มีขน ที่ทำให้เกิดอาการคันคายระยะออกดอกสั้น ไม่ติดเมล็ด ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี มีปริมาณน้ำตาลในใบและลำต้นสูง

ทำเป็นหญ้าหมักโดยไม่จำเป็นต้องเติมสารเสริมใด ๆ ปรับตัวได้ดีในดินหลายสภาพ ไม่มีโรคและแมลงรบกวน เก็บเกี่ยวง่าย ปลูกครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวได้นานถึง 6-7 ปีเหมาะกับเกษตรกรที่มีพื้นที่จำกัด



ขอบใบไม่คมไม่มีขน



ลำต้นอ่อนนุ่ม



เก็บเกี่ยวง่าย



ตอบสนองต่อน้ำและปุ๋ยดี

2.3.2 พื้นที่ปลูกที่เหมาะสม

ปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย เจริญเติบโตได้ดีในดินหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นดินร่วนปนทราย ดินเหนียว หรือดินลูกรัง ชอบดินที่มีการระบายน้ำดีและมีความอุดมสมบูรณ์ ทนแล้ง แต่ไม่ทนน้ำท่วมขัง ต้องการน้ำฝน ประมาณ 1,000 มิลลิเมตรต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยที่ต้องการน้ำฝน 1,200-1,500 มิลลิเมตรต่อปี

กล่าวได้ว่าในพื้นที่แห้งแล้งที่ปลูกอ้อยได้ก็สามารถปลูกหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์นี้ได้ สำหรับพื้นที่ลุ่มหรือที่น้ำอาจท่วมขังให้ยกร่องเพื่อระบายน้ำก็จะสามารถปลูกได้เช่นกัน

หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์นี้ต้องการแสงแดดเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตพบว่า การปลูกใกล้ร่มเงาหรือที่ร่มในสวนผลไม้จะไม่ให้ผลผลิตไม่มาก จึงควรปลูกในบริเวณพื้นที่ที่มีแสงแดดส่องถึงอย่างเพียงพอ

2.3.3 ช่วงเวลาปลูก

ในเขตชลประทานหรือเขตที่ทำการให้น้ำได้ สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี ส่วนการปลูกในเขตอาศัยน้ำฝนควรปลูกต้นฤดูฝน ประมาณเดือนพฤษภาคมถึงกรกฎาคม

| เขตชลประทานหรือมีแหล่งน้ำ | นอกเขตชลประทานไม่มีแหล่งน้ำ |
|---------------------------|-----------------------------|
| ปลูกได้ตลอดทั้งปี | ปลูกในต้นฤดูฝน |

2.3.4 การเตรียมดิน

เพื่อให้หญ้าที่ปลูกได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ พื้นที่ที่จะปลูกควรโล่งเตียน ไม่ควรมีต้นไม้ใหญ่ขึ้นบัง ในกรณีที่ต้องการวางแผนให้น้ำแบบร่องลูกฟูก พื้นที่ควรมีความลาดเทเพียงพอ ที่จะสามารถให้น้ำได้สะดวก

หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์นี้เป็นพืชที่ปลูกเพียงครั้งเดียว สามารถไว้ต่อ และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ต่อเนื่องนาน 6-7 ปี โดยไม่ต้องปลูกใหม่ การเตรียมดินสำหรับปลูกมีหลักการสำคัญคือ ต้องไถดินให้ลึกมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยเฉพาะในกรณีปลูกปลายน แต่ถ้าวางต้นฤดูฝนก็ไม่

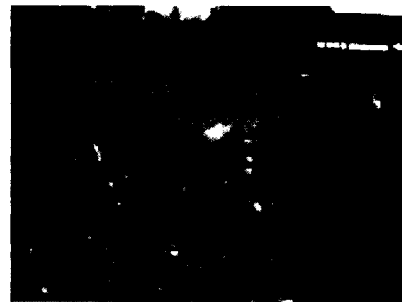
จำเป็นต้องไถให้ดินแตกมากน้ก การไถดินแตกละเอียดเกินไป จะทำให้หน้าดินเกาะกันเป็นแผ่น เมื่อฝนตก มักเกิดการไหลบ่าท่วมผิวดินมากขึ้นและน้ำซึม ลงใต้ดินได้น้อยลง

2.3.5 การให้น้ำ

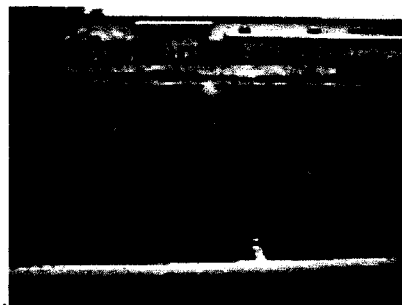
หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์นี้ตอบสนองต่อการให้น้ำได้ดีมาก ถ้าสามารถวางระบบการให้น้ำในแปลงปลูกได้จะมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตสูงต่อเนื่องตลอดทั้งปีการให้น้ำสามารถให้ได้หลายระบบ เช่น สปริงเกิ้ลน้ำเหวี่ยง มินิสปริงเกิ้ล ท่อน้ำหยดเทพน้ำพุ่ง หรือปล่อยไหลไปตามร่องหน้าดิน



สปริงเกิ้ลน้ำเหวี่ยง



มินิสปริงเกิ้ล



เทพน้ำพุ่ง



ปล่อยไหลไปตามร่องหน้าดิน

ภาพที่ 2-12 ลักษณะการให้น้ำแบบต่าง ๆ ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (ไกรลาส เจียวทอง, 2555)

การให้น้ำแบบระบบน้ำหยดหากสามารถใส่ปุ๋ยไปพร้อมกับน้ำได้เลย จะยิ่งช่วยประหยัดเวลา และทำให้การใส่ปุ๋ยได้ผลดีมากน้ก พบว่าการให้น้ำแบบระบบสปริงเกิ้ลน้ำเหวี่ยง และ มินิสปริงเกิ้ล ทุกๆ 3-5 วัน หรือปล่อยน้ำไหลไปตามร่องหน้าดินทุก ๆ 7-10 วัน ทำให้หญ้าสามารถให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี

2.3.6 การเก็บเกี่ยวผลผลิต

เพื่อให้ระบบรากของหญ้าพัฒนาเจริญเติบโตและแข็งแรงเต็มที่ ให้ตัดครั้งแรกหลังปลูกประมาณ 75 วัน จากนั้น ให้ตัดทุก ๆ 45-60 วัน การตัดหญ้าทำได้โดยใช้มีด เคียว เครื่องตัดหญ้า สะพายไหล่ เครื่องเก็บเกี่ยว Double Chopper หรือเครื่องเก็บเกี่ยว M-I

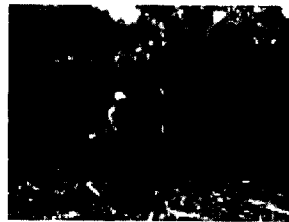
การเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์นี้ ต้องตัดให้ชิดดินที่สุด เพื่อให้แตกหน่อใหม่จากใต้ดิน จะทำให้มีขนาดโตอวบอ้วน แล้วจะกลายเป็นลำต้นที่สมบูรณ์ให้ผลผลิตสูง ถ้าตัดสูงเหลือข้อไว้ จะมีแขนงออกมาจากข้างข้อ ลำต้นเล็กทำให้ได้ผลผลิตต่ำ

การปลูกในเขตชลประทานหรือเขตที่ทำการให้น้ำได้และมีการใส่ปุ๋ยสม่ำเสมอตัดได้ปีละ 5-6 ครั้ง ให้ผลผลิตน้ำหนักสดประมาณ 100 ตันต่อไร่ต่อปีการปลูกในพื้นที่ 1 ไร่พบว่าสามารถเลี้ยงโคได้ 7-8 ตัว ตลอดทั้งปี

2.3.7 การตัดหญ้าด้วยวิธีต่าง ๆ



มีด หรือ เคียว



เครื่องตัดหญ้าสะพายไหล่



เครื่องเก็บเกี่ยว Double Chopper



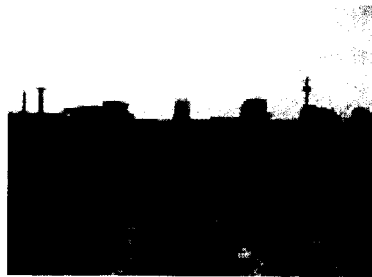
ต้องตัดให้ชิดดินที่สุดเพื่อให้ได้ลำต้นที่สมบูรณ์ให้ผลผลิตสูง

ภาพที่ 2-13 การตัดหญ้าด้วยวิธีต่าง ๆ (ไกรลาส เขียวทอง, 2555)

2.3.8 การใส่ปุ๋ยหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต

หลังการตัดหญ้าทุกครั้งให้ใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยยูเรีย เพื่อหญ้าแตกกอมาก ได้ขนาดลำต้นใหญ่อวบ ใบดกเขียวเข้มงาม ทำให้ผลผลิตสูง และมีโปรตีนสูงสม่ำเสมอการใส่ปุ๋ยคอกควรใส่ประมาณครึ่งบุงก็โปะลงไปโคนกอ ไม่ว่าจะป็นในรูปสดหรือแห้ง แล้วรีบให้น้ำทันที หรือทำบ่อเกรอะรองรับขี้วัวและน้ำฉีดล้างคอกให้ไหลมารวมกัน แล้วสูบไปรดแปลงหญ้าโดยตรงเลยก็ได้

สำหรับปุ๋ยยูเรียให้ใส่หลังจากหน่อใหม่ที่แตกจากใต้ดินโผล่ขึ้นมา ประมาณ 2 สัปดาห์ โดยใส่กอละ 1 ช้อนโต๊ะ เมื่อเก็บเกี่ยวไปครบ 3 รอบ ถ้าจะให้ดีควรสลับมาใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 แทนปุ๋ยยูเรียบ้าง ทั้งนี้เพื่อรักษาความสมดุลของธาตุอาหารหลักในแปลงหญ้า



ปุ๋ยยูเรียให้ใส่หลังจากแตกหน่อใหม่ หยอดปุ๋ยลงไปที่โคนกอ

ภาพที่ 2-14 การใส่ปุ๋ยหลังจากหญ้าแตกหน่อใหม่ (ไกรลาส เขียวทอง, 2555)

2.3.9 การใช้เลี้ยงสัตว์

หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์นี้ ใช้เลี้ยงสัตว์ได้ทั้งในรูปหญ้าสดและหญ้าหมัก หญ้าที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุน้อยประมาณ 45 วัน นำไปให้โคกินสดได้เลย โดยไม่ต้องบดสับถ้าเก็บเกี่ยวเมื่ออายุประมาณ 60 วัน ขึ้นไปควรเข้าเครื่องสับเสียก่อน เพื่อช่วยให้สัตว์กินได้หมดทุกส่วน ทำให้สัตว์สามารถให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่

2.3.10 ข้อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์อื่น ๆ

ปัจจุบันในประเทศไทยมีการปลูกหญ้าเนเปียร์หลายสายพันธุ์ เช่น หญ้าบาน่าหญ้าอาลาฟัล หญ้าเนเปียร์ยักษ์ ซึ่งลักษณะประจำพันธุ์ดังนี้

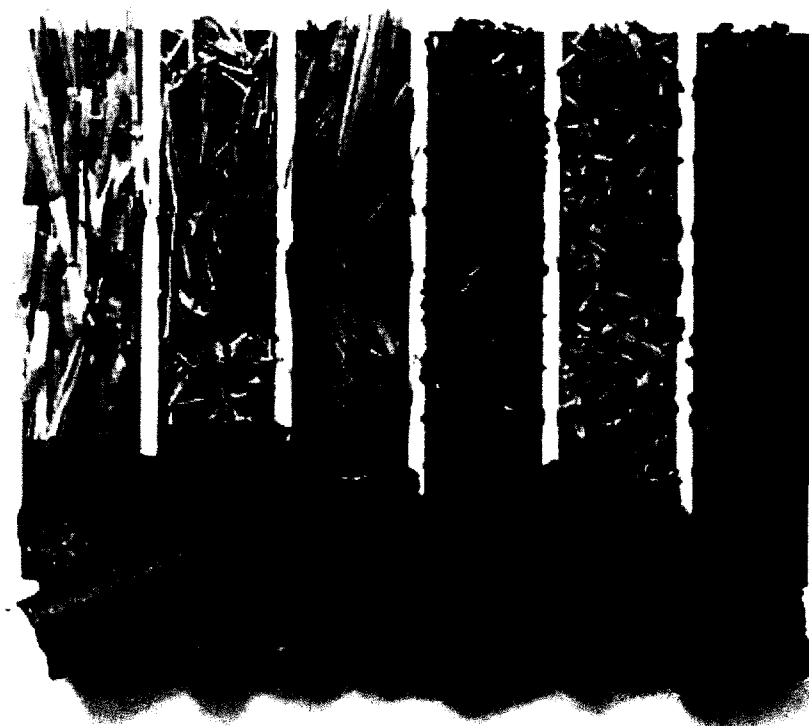
- หญ้าบาน่า เติบโตเร็ว ให้ผลผลิตสูง ลำต้นใหญ่อวบ แต่การตอบสนองต่อการให้น้ำในหน้าหนาวไม่ดีนัก จึงให้ผลผลิตต่ำในหน้าหนาว และมีขนที่ใบมากทำให้เกิดการคันคายเมื่อสัมผัส

- หญ้าอาลาพัล เติบโตเร็ว ให้ผลผลิตสูง และใบคกนุ่ม แต่ถ้ากระทบอากาศหนาวก็ออกดอกทันที ถึงแม้จะตัดแล้วให้น้ำให้ปุ๋ย ต้นที่เกิดออกมาใหม่ก็จะออกดอก จึงให้ผลผลิตต่ำในหน้าหนาว

- หญ้าเนเปียร์ยักษ์ เติบโตเร็ว ให้ผลผลิตสูง ลำต้นใหญ่อวบ มีขนที่ใบมาก ทำให้เกิดการคันคายเมื่อสัมผัส แก่เร็ว ลำต้นและใบแข็งเมื่ออายุมาก

2.4 เชื้อเพลิงอัดแท่ง

เชื้อเพลิงอัดแท่ง (Briquetted Fuel) คือ เชื้อเพลิงแข็งชนิดหนึ่งที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยการนำวัสดุที่มีเส้นใยเซลลูโลส หรือวัสดุเชื้อเพลิงอื่น ๆ มาอัดเป็นก้อนหรือเป็นแท่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็นเชื้อเพลิงมากขึ้น (สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์, 2554)



ภาพที่ 2-15 เชื้อเพลิงอัดแท่งจากแหล่งชีวมวลต่าง ๆ (สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์, 2554)

วัสดุทางการเกษตรจำพวกฟืน ไม้ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้ถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเป็นเวลานานแล้วแต่ประสิทธิภาพในการใช้งานนั้นอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก และมีข้อจำกัดหลายประการ คือ

- วัสดุเหลือใช้เหล่านี้มีความหนาแน่นต่ำ

ต้องใช้เนื้อที่มากในการเก็บและเสียดำค่าใช้จ่ายในการขนส่งมาก ทำให้การใช้ถูกจำกัดอยู่ในบริเวณใกล้เคียงแหล่งผลิตเท่านั้น การขนส่งไปบริเวณห่างไกลจะให้ผลไม่คุ้มค่าเมื่อเทียบกับค่าความร้อนที่ได้รับ

- การเผาไหม้เป็นไปอย่างรวดเร็ว

เพราะมีความหนาแน่นต่ำ และมีค่าความร้อนต่อหน่วยปริมาตรต่ำ ทำให้ต้องใช้ปริมาตรที่มาก จึงเสียดำขนส่งและใช้แรงงานมากกว่า ดังนั้นจึงมีผลทำให้การใช้วัสดุเหลือใช้หรือฟืนถูกจำกัดอยู่ในวงแคบ เช่น ในครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมที่ไม่ต้องการค่าความร้อนสูงมาก ๆ และไม่จำเป็นต้องควบคุมระดับอุณหภูมิให้คงที่ตลอดเวลา

- ความชื้นในวัสดุ

ค่าความชื้นที่ได้จากวัสดุสดจะให้ค่าความร้อนน้อยกว่าวัสดุที่ผ่านการอบแห้งหรือตากให้แห้ง นอกจากนี้วัสดุที่เปียกยังเกิดการผุเน่าเปื่อย เนื่องจากการทำลายของเห็ดราและการกัดกินของแมลง

เนื่องจากวัสดุทางการเกษตรต่าง ๆ ก่อนอัดแท่งมีความหนาแน่นต่ำ มีปริมาณมากไม่สะดวกต่อการขนส่งและเก็บรักษา เมื่อนำมาอัดแท่งแล้วจะมีปริมาตรลดลงและความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ทำให้สะดวกต่อการขนส่งและเก็บรักษา วัสดุทางการเกษตรก่อนอัดแท่งจะมีค่าความร้อนเท่ากับ 1 ใน 3 ส่วนของถ่านหินโดยน้ำหนัก และ 1 ใน 4 ส่วนโดยปริมาตร แต่เมื่อมีการอัดแท่งแล้วสามารถเพิ่มค่าความร้อนเป็น 2 ใน 3 ส่วนของถ่านหินโดยน้ำหนัก และเกือบ 3 ใน 4 ส่วนโดยปริมาตร

เชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าเอาวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ประโยชน์ โดยนำมาใช้ทดแทนไม้ฟืนและถ่าน วัสดุเหลือใช้พวกชีวมวลจากพืชไม้ หรือของเหลือทิ้งจากการเกษตรสามารถเปลี่ยนรูปให้เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณค่าด้วยขบวนการอัดแท่ง (Densification) ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำให้เป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง การลดค่าความชื้นในวัสดุให้น้อยลง เป็นวิธีการเปลี่ยนจากการใช้งานตามธรรมชาติและเพื่อขจัดข้อเสียในการใช้งานให้หมดไป (สุริยา ชัยเดชชยากุล, 2544)

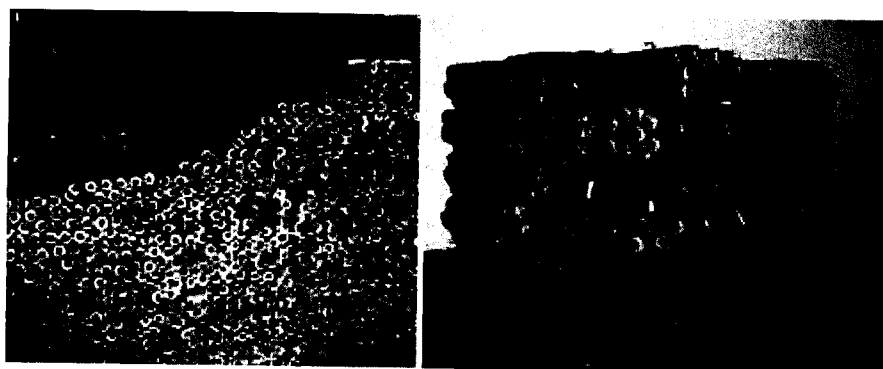
2.4.1 ข้อดีของเชื้อเพลิงอัดแท่งมีดังนี้ (กลณา บุญญาอารักษ์, 2554)

1. มีขนาดและรูปร่างเป็นแบบเดียวกันสามารถใช้ป้อนเป็นเชื้อเพลิงในทางอุตสาหกรรมได้อย่างต่อเนื่องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50-60 มิลลิเมตร และยาว 50-150 มิลลิเมตร
2. มีคุณสมบัติทางกายภาพและความร้อนที่สามารถใช้เชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนได้
3. ปราศจากมลภาวะเนื่องจากไม่มีกำมะถันฟอสฟอรัสและซีลีเนียมปล่อยออกมาจึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมมลภาวะที่มีราคาสูง
4. มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์
5. สะดวกต่อการเก็บและการใช้งาน

อย่างไรก็ตามเชื้อเพลิงอัดแท่งก็ยังมีข้อเสียคือการอัดแท่งใช้แรงอัดสูงทำให้ต้องใช้พลังงานสูงในขบวนการผลิตเป็นเหตุให้กระบอกอัดและสกรูสึกหรอได้ง่ายจากการขัดสี ดังนั้นการลงทุนจึงสูงคุณสมบัติการเผาไหม้ยังไม่เป็นที่น่าต้องการเช่นการลุกไหม้ไม่ดีจุดติดไฟยากและมีควันมากและเชื้อเพลิงอัดแท่งเมื่อถูกน้ำหรืออากาศที่มีความชื้นสูงมักจะแตกร่วนง่าย

การเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง (กลณา บุญญาอารักษ์, 2554)

เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้นั้น จะความชื้นสูง ดังนั้นก่อนนำไปใช้ก็จะต้องทำให้แห้ง วิธีการที่สะดวกและประหยัด สำหรับชาวบ้านก็คือการตากแดดโดยตรง อาจจะตากบนพื้นซีเมนต์หรือบนสังกะสีลูกฟูก ก็นับว่าเป็นวิธีการที่ประหยัด นอกจากนี้ก็มีวิธีการตากหรือการทำให้แห้งหลายวิธี นอกจากตากแดดโดยตรง คือ 1. อบในตู้อบแสงอาทิตย์ 2. อบด้วยความร้อนจากเตาเผาขยะ 3. อบด้วยความร้อนที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม 4. อบด้วยความร้อนจากเครื่องทำความร้อน การตัดให้เป็นแท่งเพื่อให้ดูสวยงามและสะดวกในการหีบห่อ การตัดควรกระทำหลังตากแห้งเรียบร้อยแล้ว การตัดอาจจะใช้มีดคม ๆ หรือใบมีดคัตเตอร์ตัดเป็นท่อน ๆ ตามต้องการ การตัดเป็นจำนวนมาก ๆ จะใช้เครื่องตัดก็ได้แล้วนำไปบรรจุหีบห่อให้แน่นเพื่อป้องกันความชื้น



ภาพที่ 2-16 การเก็บเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งจะซ้อนทับกันเป็นชั้น ๆ

2.4.2 วิธีการอัดแท่ง (ลลนา บุญญาอารักษ์, 2554)

การอัดแท่งเชื้อเพลิงกระทำได้หลายรูปแบบ เช่น อัดเป็นเม็ดเล็ก ๆ (Pelleting) อัดเป็นลูกบาศก์ (Cubing) อัดเป็นแท่งพิน (Extruded log) การอัดแท่งพินสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมนิยมใช้การอัดเกลียวหรืออัดสกรู (Screw extrusion) การอัดแท่งวัสดุต่าง ๆ นั้นอาจแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ

1. การอัดโดยใช้ความร้อน

เหมาะสำหรับวัสดุที่มีลิกโนเซลลูโลสเช่นเศษไม้เกลบขี้เลื่อยการอัดร้อนและใช้แรงอัดสูง (Hot and high pressure densification) เป็นวิธีที่ใช้อย่างกว้างขวางปัจจัยที่มีผลต่อการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้แก่

- ปริมาณความชื้น (Moisture content) ที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่างร้อยละ 6-12

- ขนาดของวัตถุดิบ (Particle size) ขนาดที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 48-100 เมช (Mesh)

ขนาดยิ่งละเอียดพื้นที่ผิวในการยึดตัวมากให้การอัดแท่งสะดวก

- แรงดัน (Pressure) ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นตามแรงดันที่ใช้

- อุณหภูมิ (Temperature) วัสดุที่ใช้ในการอัดแท่งก่อนที่จะป้อนเข้าเครื่องอัดหากทำให้ร้อนที่ 200-225 องศาเซลเซียสจะทำให้แรงดันในการอัดลดลง 2 เท่า

2. การอัดโดยไม่ใช้ความร้อน

การอัดโดยไม่ใช้ความร้อนแยกได้ 2 แบบคือ แบบใช้ตัวประสานและไม่ใช้ตัวประสาน

- แบบใช้ตัวประสาน

ตัวประสาน (Binder) (สงวนศักดิ์ ศรีพลัง, 2550)

ตัวประสาน เป็นปัจจัยหลักหนึ่งในการนำมาผลิตถ่านอัดแท่ง ตัวประสานจะเป็นตัวยึดเกาะระหว่างอนุภาคของแข็ง หรือส่วนที่เป็นของแข็ง ตัวประสานทำหน้าที่คล้ายกับเป็นสะพานเชื่อมยึดอนุภาคของแข็งระหว่างอนุภาค ผลที่ได้คือเกิดแรงยึดเหนี่ยวของอนุภาคไม่ให้เกิดการเคลื่อนได้อิสระ ตัวประสานเป็นตัวเสริมให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นมีความทนทานต่อแรงกด (Compressive force) แรงเฉือน (Shear force) มีความแข็งแรงต่อสภาวะต่าง ๆ เช่น ในการเคลื่อนย้าย การจัดเก็บ ระยะเวลาที่นำไปใช้งาน ซึ่งตัวประสานที่ใช้ควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- มีความสามารถในการประสานดี

- สามารถเผาไหม้ได้หรือลุกติดไฟได้ดี และไม่ทำให้เกิดควัน

- เมื่อถูกอากาศภายนอกจะต้องไม่ทำให้แท่งเชื้อเพลิงอัดแตกร่วน หรืออ่อนตัวเกินไป

- มีราคาถูก หาได้ง่าย

ตัวประสานที่นำมาใช้นั้นโดยทั่วไปแล้วจะต้อง ไม่ทำให้เกิดกลิ่นที่นำรังเกียจขณะเผาไหม้ มีความต้านทานต่อแบคทีเรียที่มาทำให้เกิดการบูดเน่าเหม็นในระหว่างการจัดเก็บ ตัวประสาน

ที่นิยมมาใช้ผลิตถ่านอัดแท่งในปัจจุบันนี้ ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง ดินเหนียว ดินโคลน น้ำมันดิน และ โมลาส เป็นต้น

มันสำปะหลัง (Cassava) องค์ประกอบที่สำคัญของมันสำปะหลัง คือปริมาณของแป้งที่อยู่ในหัวมันสำปะหลัง มันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ จะมีปริมาณแป้งอยู่ประมาณร้อยละ 14-28 ในบางประเทศ เช่น บราซิล อินโดนีเซีย และประเทศในแอฟริกาใช้แป้งมันสำปะหลังบริโภคเป็นอาหาร ส่วนในประเทศไทยเรานำมันสำปะหลังมาใช้ในอุตสาหกรรมแป้งและแป้งแปรรูปมากที่สุด ซึ่งลักษณะเนื้อแป้งจากส่วนหัวจะมีลักษณะเป็นยาง มีความเหนียวคล้ายกาว ยืดหยุ่น และเกาะกันเป็นก้อน เมื่อแห้งจะมีลักษณะเป็นของแข็งเหมือนกาวมีความสามารถยึดเกาะประสานตัวกันได้ดี

สมบัติของแป้งมันสำปะหลัง เป็นแป้งที่สามารถดูดซึมน้ำได้ในปริมาณ 42.9 กรัมต่อน้ำหนักแป้งแห้ง 100 กรัมมีความสามารถละลายของแป้งร้อยละ 48 ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส แป้งมันสำปะหลังจะมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญตัวหนึ่ง คือ อะมิโลส (Amylose) ซึ่งจะมีสมบัติในการจับตัวได้เมื่อให้ความร้อนแล้วทิ้งไว้ จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง เมื่ออะมิโลสได้รับความร้อนประมาณ 68-92 องศาเซลเซียสจะมีลักษณะเป็นวุ้นใส (Gelatinization) เมื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้นไปอีกจะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นทำให้โมเลกุลของอะมิโลสขนาดเล็กระจัดกระจายออกมา เมื่อปล่อยให้เย็นตัวลง โมเลกุลของอะมิโลสจะเกิดการเรียงตัวใหม่ โครงสร้างใหม่นี้สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียว คล้ายฟิล์มหรือผลึก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) เมื่อลดอุณหภูมิต่ำลง ไปอีกลักษณะของโครงสร้างจะแน่นมากขึ้น โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกมานอกเจล ซึ่งเรียกว่า ซิเนอร์ซิส (Syneresis) ปรากฏการณ์ทั้งสองนี้จะทำให้เจลมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่อทำให้แห้งด้วยการกำจัดน้ำออกไปจะเกิดเป็นกาวแข็งเกาะติดแน่น



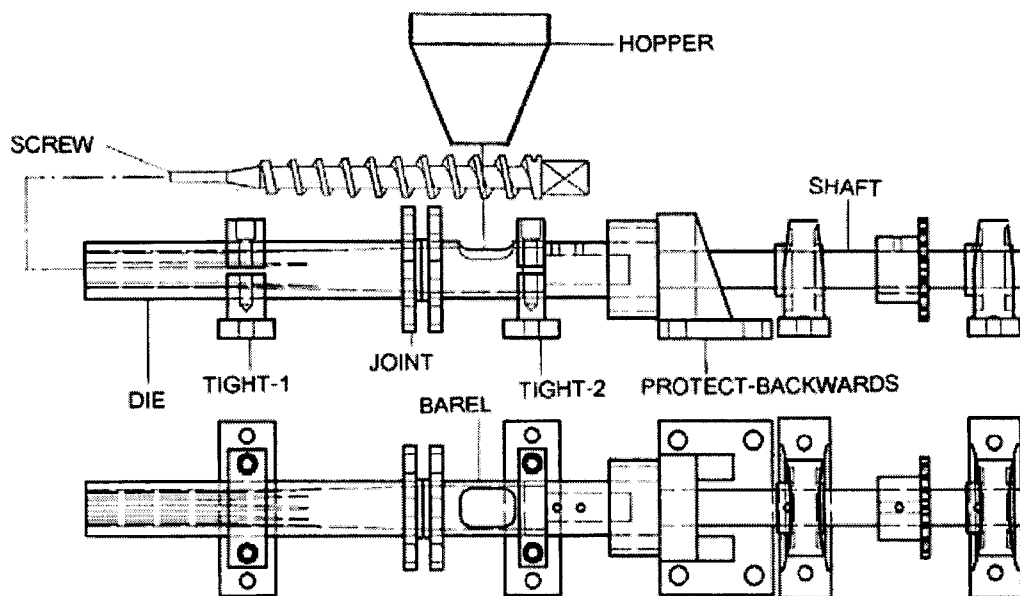
ภาพที่ 2-17 ลักษณะของแป้งมันสำปะหลัง

- แบบไม่ใช่ตัวประสาน

วิธีการอัดนี้จะใช้อุณหภูมิและแรงอัดต่ำ สามารถทำได้กับวัสดุชีวมวลที่เน่าเปื่อย หรือผ่านการหมักแล้วเท่านั้น เนื่องจากการหมักชีวมวลทำให้เส้นใยหรือเนื้อเยื่ออ่อนตัวและสร้างสารที่เป็นยางเหนียวทำให้พลังงานที่ใช้ในการอัดลดลง ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบกว่าการอัดด้วยวิธีอื่น ๆ การอัดวิธีนี้ถ้าวัตถุดิบที่ใช้เป็นพืชที่ไม่ผ่านการหมักหรือไม่มีสารที่เป็นยางเหนียวจะไม่สามารถทำการอัดแท่งนั้นได้ผลและปริมาณความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการหมักคือ ร้อยละ 50-60 อย่างไรก็ตาม การหมักวัสดุชีวมวลจะทำให้ลดความสามารถในการติดไฟของวัสดุลง เชื้อเพลิงที่ได้จึงมีค่าความร้อนต่ำ

2.4.3 หลักการอัดแท่ง (Extrusion) (สุพจน์ เดชผล, 2546)

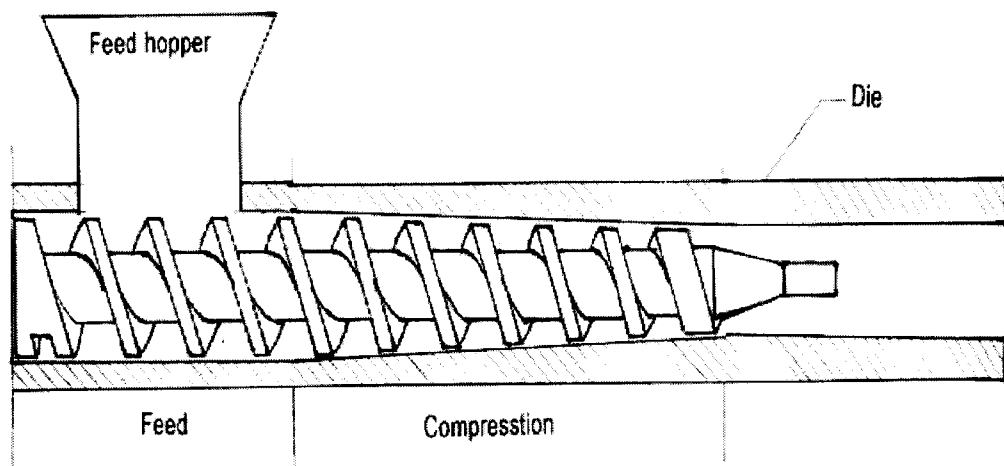
การอัดแท่ง คือ กระบวนการบังคับให้วัตถุดิบ (ชีวมวล) เคลื่อนตัวผ่านแม่พิมพ์ (Die) เพื่อให้ได้ลักษณะของรูปทรงตามความต้องการออกมาสู่ภายนอกอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 2-18 โครงสร้างภายในของเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยว (สุพจน์ เดชผล, 2546)

หลักการพื้นฐานในการเคลื่อนตัวของอนุภาคของชีวมวล ภายในสกรูอัดแท่งเชื้อเพลิงนั้น จะเกิดจากแรงเสียดทาน โดยที่แรงเสียดทานจะเป็นตัวกลางที่ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ไปได้และนำความรู้จากอุตสาหกรรมและกระบวนการฉีดพลาสติกมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องผลิตเชื้อเพลิงแท่งแข็งจากเชื้อเพลิงชีวมวล (Extruder) จำพวก กะลามะพร้าว แกลบ ชี้เลื่อย เป็นต้น เพื่ออัดชีวมวลเหล่านี้ให้รวมกันได้เป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็ง ซึ่งออกแบบได้ง่าย หลักการทำงานไม่สลับซับซ้อนและสามารถทำงานได้ต่อเนื่องรวมถึงมีต้นทุนในการสร้างที่ต่ำ โดยปกติกระบวนการอัดรีดเย็นจะแบ่งช่วงการทำงานของสกรูออกเป็น 2 ช่วงคือ

1. ช่วงการป้อนวัตถุดิบและลำเลียง (Feed section)
2. ช่วงการอัดตัว (Compression section)



ภาพที่ 2-19 โครงสร้างและการแบ่งช่วงการทำงานภายในสกรู (สุพจน์ เดชผล, 2546)

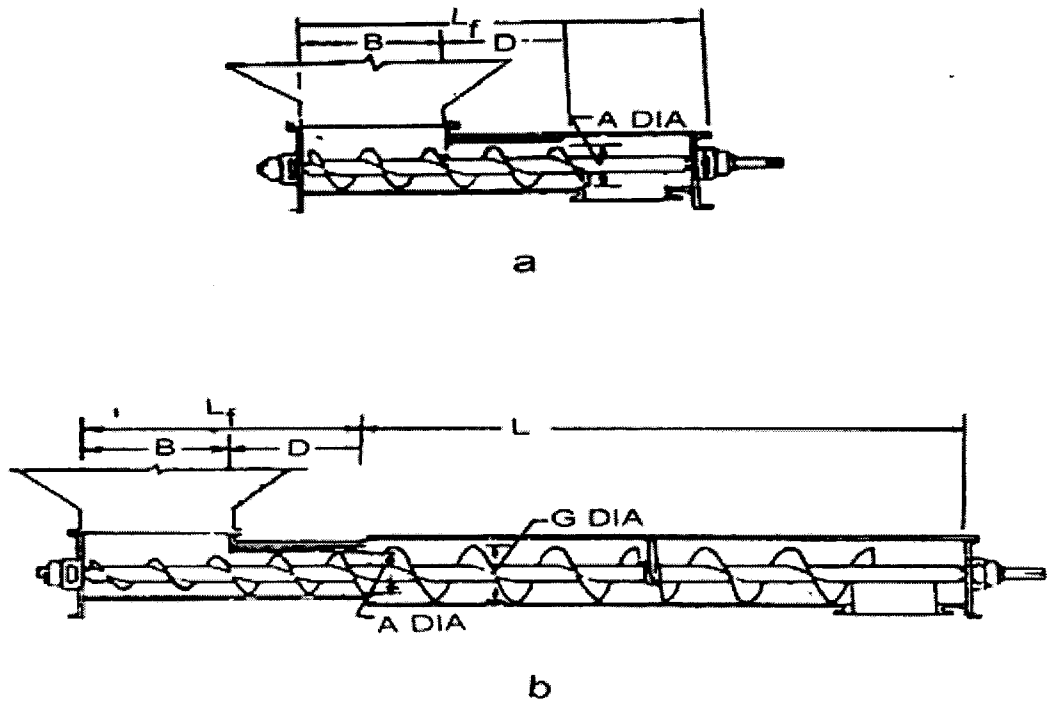
ช่วงการป้อนวัตถุดิบและลำเลียง (Feed section)

ช่วงการป้อนและการลำเลียงวัตถุดิบนั้น ชีวมวลจะถูกป้อนลงมาจากด้านบนมาเก็บไว้ที่ถังพักทรงกรวย (Hopper) ซึ่งชีวมวลจะอยู่ในลักษณะของเม็ดหรือผงแล้วจะเคลื่อนตัวหล่นลงบนเกลียวลำเลียง จากนั้นเกลียวลำเลียงจะขนถ่ายชีวมวลเข้าสู่ช่องการอัดตัว การไหลของชีวมวลลงในช่องสกรูจะพิจารณาเป็นการไหลแบบจุกอัด (Plug flow) ซึ่งที่ทุก ๆ หน้าตัดของเบดอนุภาคของชีวมวลจะมีความเร็วเท่า ๆ กัน และไม่มี การเสียดของเบดอนุภาคของชีวมวลภายในขอบเขตที่กำลังพิจารณาอยู่การเคลื่อนตัวของอนุภาคชีวมวลในช่วงลำเลียงเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของอนุภาคชีวมวลที่ผิวของ Barrel และที่ผิวของสกรู ถ้าหากความเร็วสัมผัสของสอง

ตำแหน่งนี้มีค่าเป็นศูนย์ (มีความเร็วเท่ากัน) เป็นผลให้ไม่เกิดการเคลื่อนตัวไปข้างหน้าของอนุภาค ชีวมวลการขนถ่ายอนุภาคที่มีผลมาจากการเคลื่อนที่สัมผัสของตำแหน่งที่ขอบเขตที่พิจารณา เรียกว่า การลำเลียงอนุภาคเนื่องจากการจูด (Drag induced solid conveying) อัตราการไหลของ เบดอนุภาคของชีวมวลหาได้จากแรงที่กระทำบนอนุภาคบริเวณขอบเขตที่พิจารณา ซึ่งแรงที่กระทำ ในกรณีที่ขอบเขตมีขนาดใหญ่จะเป็นแรงที่เกิดจากความเสียดทานที่กระทำบนอนุภาคของชีวมวล ในขอบเขตที่พิจารณา

องค์ประกอบสำคัญของเกลียวลำเลียง

1. ไบเกลียวมี 2 ชนิด คือ ชนิดเฮลิคคอยด์ (Helicoid) หรือไบต่อเชื่อม และชนิดแยก ส่วน (Sectional) แบบเฮลิคคอยด์ ทำจากแถบวัสดุแบนยาว ส่วนแบบแยกส่วนจะทำจาก แผ่นวงแหวน ซึ่งในการเชื่อมไบเกลียวกับเพลามีลักษณะการเชื่อมได้ 2 ลักษณะ คือ ทั้งแบบมือขวา และมือซ้าย เมื่อพิจารณาประกอบกับทิศทางการหมุนของไบเกลียวจะทราบการเคลื่อนไหลของ วัสดุ เมื่อไบเกลียวเอียงลงมาทางด้านขวา เรียกว่า เกลียวขวา ส่วนเกลียวที่เอียงลงมาทางด้านซ้าย เรียกว่า เกลียวซ้าย
2. เพลากเกลียว ทำด้วยเพลาดันมักจะใช้เหล็กกล้าคาร์บอน Sch. 40 หรือ Sch.80 ที่ ปลายเพลาทำบุชและเจาะรูเพื่อยึดกับคัปปลิงด้วยสลักเกลียว บูชและเพลามีพิคัดความเผื่อประมาณ ± 0.015 ทำให้ถอดเพลาออกจากคัปปลิงได้ง่าย คัปปลิงอาจชุบแข็งในกรณีที่ลำเลียงวัสดุที่มีความ ความแข็ง
3. ฝาประกบราง ติดตั้งอยู่ที่ส่วนหัวและท้ายของรางมีหน้าที่ป้องกันวัตถุตกลงและ รองรับแบริ่งรองรับเพลานี้จะมีหน้าแปลนที่มีแบริ่งติดอยู่ แบริ่งที่จุดนี้ทำด้วยโลหะผสมดีบุก แอนทิโมนีและทองแดง เรียกว่า แบบบิท (Babbitt) หรือบรอนซ์ อาจเป็นแบริ่งลูกกลิ้ง (Roller) หรือ แบบลูกปืนกลม (Ball) บางครั้งใช้บูชที่ทำด้วยวัสดุพิเศษ นอกจากนั้นยังมีแผ่นวัสดุผนึกกัน รูรั่วไหล (Seal) ออกมาจากตำแหน่งติดตั้งเพลานี้ด้วย
4. ดันกำลังจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าส่งกำลังผ่านชุดทดรอบและเพลาลำเลียงใน แนวราบ โดยที่ชุดทดรอบจะต่อกับโซ่ซึ่งส่งกำลังไปยังเพลากเกลียวลำเลียง



ภาพที่ 2-20 ลักษณะเกลียวป้อน a) เกลียวมาตรฐาน b) เกลียวเรียว (สุพจน์ เชนผล, 2546)

ชนิดของเกลียวลำเลียง

1. เกลียวตั้ง (Vertical screw) เกลียวตั้งไม่เหมาะสำหรับการใช้งานกับวัสดุที่มีขนาดใหญ่ หรือมีแนวโน้มอัดตัวกันแน่นหรือมีความแข็งสูง รางเกลียวตั้งมีลักษณะเป็นท่อน้ำตัดเป็นวงกลมมีทางป้อนวัสดุด้านล่าง และปล่อยออกด้านบน มอเตอร์ขับเคลื่อนอยู่ด้านบนหรือล่างก็ได้ แบร์ริงต้องรับแรงดันข้างหรือแรงรูน (Thrust) ได้การป้อนวัสดุเขาคกร ใช้เกลียวป้อนในแนวราบ โดยให้ตรงต่อเกลียวตั้งเลยหรือป้อนเฉียงข้าง การป้อนตรงนั้นใช้วัสดุที่ไม่แตกง่าย หรือเสียหาย เมื่อมีการตัดขาดหรือถูกอัด ส่วนการป้อนเฉียงนั้นใช้กับวัสดุที่แตกหรือเสียหายง่ายขึ้น ความเร็วรอบเกลียวต้องเพียงพอที่จะลำเลียงวัสดุ หากระยะการลำเลียงยาวต้องมีอุปกรณ์รักษาเสถียรภาพ เพื่อลดการโค้งหรือสั่นไปกระทบราง

2. เกลียวเอียง (Helical screw) เกลียวเอียงช่วยแก้ปัญหาการลำเลียงวัสดุที่มีพื้นที่จำกัด และจำเป็นต้องมีชิ้นส่วนอุปกรณ์น้อยชิ้นแต่ก็มีข้อเสียคือเมื่อมีมุมเอียงมาก ปริมาณการขนถ่ายยิ่งลดลง และกำลังงานที่ต้องการใช้ในการขับเคลื่อนกำลังจะเปลี่ยนไปด้วย เพราะมุมเอียงที่เพิ่มขึ้นทำให้ใบเกลียวผลักดันวัสดุให้เคลื่อนที่ไปน้อยลงทำให้วัสดุมีลักษณะปั่นป่วนและเคลื่อนที่กลับไปกลับมา หากต้องการลดอาการดังกล่าวต้นกำลังจะต้องการกำลังเพิ่มขึ้น

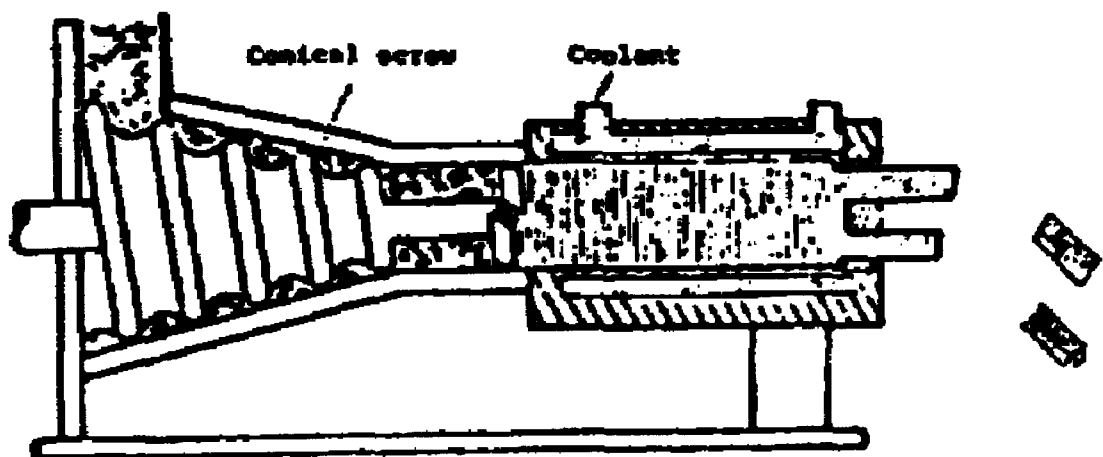
3. เกลียวป้อน (Feeder screws) เกลียวป้อนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอัตราการไหลของวัสดุ ให้ไหลออกจากที่บรรจุอย่างสม่ำเสมอ เกลียวป้อนมักจะบรรจุอยู่ในรางปิด ในกรณีที่มีระยะพิตซ์มาก ๆ ใช้กับวัสดุที่เคลื่อนไหลง่ายและช่องทางออกวัสดุควรอยู่บริเวณช่วงหลังของใบเกลียว เพื่อป้องกันการไม่วัสดุไหลย้อนกลับ (Deed zone) ในกรณีที่มีระยะพิตซ์สั้น ใช้ในกรณีที่วัสดุเคลื่อนไหลไม่สะดวก มีโอกาสที่จะทำให้เกลียวป้อนที่รับภาระเกินได้ง่าย ส่วนเกลียวเรียวใช้ในการป้อนวัสดุที่เป็นก้อนสามารถรับวัสดุตลอดของเกลียวเรียว โดยไม่เกิดเขตที่ไม่ถ่ายเท เกลียวแบบนี้ใช้กำลังงานน้อยกว่าเกลียวปกติที่มีระยะรับวัสดุจากถึงเท่ากัน ปัจจุบันมีเกลียวป้อนที่ใช้เพลารีวจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดเขตไม่ถ่ายเทในรางเกลียวป้อนชนิดที่มีเกลียวลำเลียงต่อออกมาอีกนั้น จะต้องมีชุดแขวนต่อเกลียวลำเลียงและจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า

2.4.4 เครื่องอัดแท่ง (ชมธิดา ชื่นนิยม, 2553)

เครื่องอัดขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง เครื่องอัดแท่งที่ใช้ทำการอัดขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง มีหลายลักษณะ เมื่อแบ่งลักษณะออกตามลักษณะการใช้งานดังต่อไปนี้

1. เครื่องอัดแบบสกรูกรวย (Conical screw press)

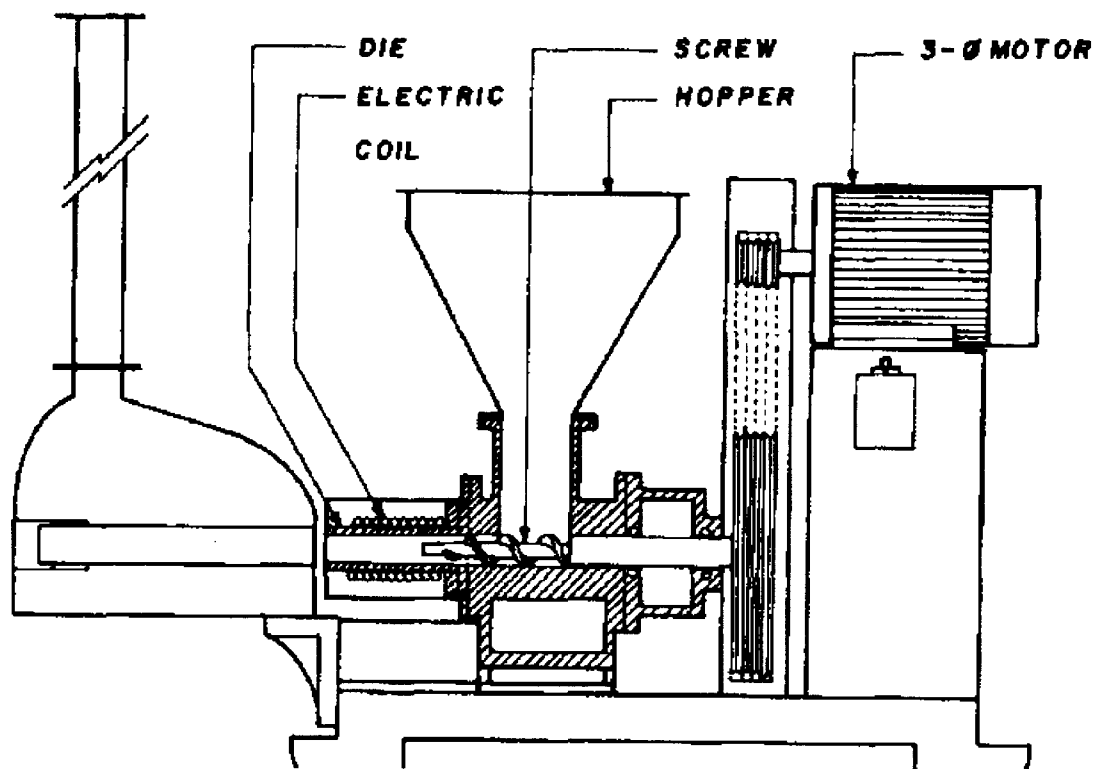
เครื่องอัดแบบนี้แรงดันอัดขึ้นอยู่กับมุมลาดต่ำตามแนวแกนของสกรูที่ใช้ รูปร่างที่ได้จะเป็นรูปทรงกระบอก หน้าตัดสามารถออกแบบได้หลายลักษณะ เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม กลม ห้าเหลี่ยม หกเหลี่ยม การไหลของผลิตภัณฑ์จะเป็นแบบต่อเนื่อง



ภาพที่ 2-21 เครื่องอัดแบบสกรูกรวย (ชมธิดา ชื่นนิยม, 2553)

2. เครื่องอัดแบบสกรูตรงติดตัวทำความร้อน (Heat die cylindrical screw press)

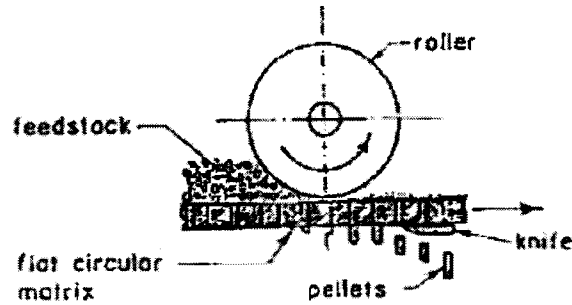
การทำงานของเครื่องจะเหมือนกันกับแบบแรก แต่การอัดจะใช้กับวัสดุที่มีความชื้นสูงหรือวัสดุสด การอัดที่ยังไม่ได้ผ่านการคาร์โบไนเซชัน เครื่องอัดแบบนี้จะติดตั้งตัวทำความร้อน (Heater) เอาไว้ที่ภายนอกกระบอกลำเลียง (Barrel) เพื่อให้ความชื้นที่อยู่ในชีวมวลระเหยกลายเป็นไอน้ำออกไป ทำให้ต้องใช้แรงอัดสูงกว่าแบบแรก มีความสิ้นเปลืองพลังงานสูงกว่า การไหลออกของผลิตภัณฑ์เป็นแบบต่อเนื่อง เครื่องอัดแบบสกรูตรงติดตัวทำความร้อนดังแสดงไว้ตามภาพประกอบ



ภาพที่ 2-22 เครื่องอัดแบบร้อนสกรูกระบอกลำเลียง (ชมธิตา ชื่นนิยม, 2553)

3. เครื่องอัดแบบแผ่นกลม (Pelletizing press)

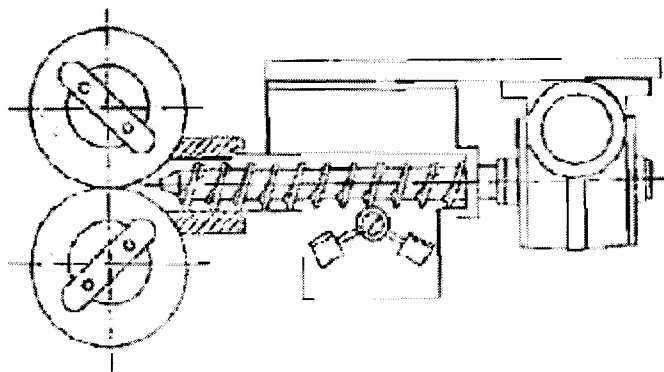
เครื่องอัดแบบนี้แรงอัดที่ใช้อัดชีวมวลเกิดจากแรงอัดระหว่างแผ่นจานหมุน (Roller) กับแผ่นแบบที่รองรับด้านล่าง (Flat circular matrix) รูปทรงและการไหลออกของผลิตภัณฑ์จะเหมือนกับแบบที่ 1 และแบบที่ 2 เครื่องอัดแบบแผ่นกลมดังแสดงไว้ดังภาพที่ 2-23



ภาพที่ 2-23 เครื่องอัดแบบแผ่นกลม (ชมริดา ชื่นนิยม, 2553)

4. เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Roll Press)

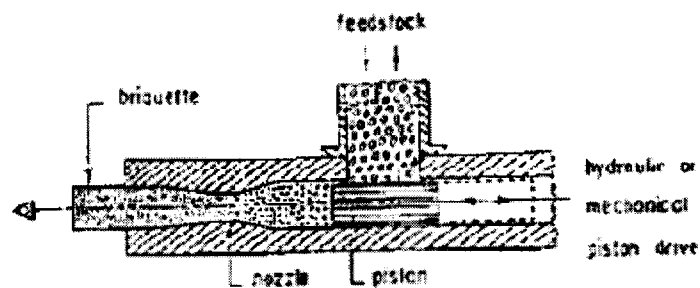
เครื่องอัดชนิดนี้จะมีลูกกลิ้งสองตัวคือ ลูกกลิ้งตัวบนและล่าง เป็นตัวทำหน้าที่แบบ (Die) อัดขึ้นรูป ส่วนเกลียวจะทำหน้าที่ลำเลียงวัสดุเข้ามายังตัวแบบ เครื่องอัดชนิดนี้มีความสามารถขึ้นรูปทรงได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับการออกแบบของลูกกลิ้งทำการขึ้นรูปให้เป็นรูปร่างลักษณะใด เช่น รูปไข่ รูปหนอน สี่เหลี่ยม ลูกบาศก์ การไหลออกของผลิตภัณฑ์จะเป็นการไหลแบบต่อเนื่อง เครื่องอัดแบบลูกกลิ้งดังแสดงไว้ตามรูป



ภาพที่ 2-24 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (ชมริดา ชื่นนิยม, 2553)

5. เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston press)

เครื่องอัดชนิดนี้จะให้แรงดันการอัดแท่งได้สูงกว่าทุกชนิด แรงดันในการอัดจะขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่หน้าตัดของคอคลอค (Nozzle) รูปร่างของผลิตภัณฑ์จะเป็นทรงกระบอก ส่วนหน้าตัดจะมีได้หลายลักษณะ เช่น สี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม หรือ กลม การไหลออกของผลิตภัณฑ์จะเป็นแบบช่วง ๆ เครื่องอัดแบบลูกสูบดังแสดงไว้ตามรูป



ภาพที่ 2-25 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (ชมธิดา ชื่นนิยม, 2553)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทองทิพย์ พูลเกษม (2542) ได้ศึกษาการนำเปลือกทุเรียนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยวิธีการอัดแท่งแบบร้อนและเย็น พบว่าเมื่อนำเปลือกทุเรียนที่มีความชื้นร้อยละ 75-80 มาสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ โดยเครื่องสับ แล้วตากแดดจนมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 45 ไปอัดแท่งแบบเย็น โดยไม่ใช้ตัวประสานและใช้ตัวประสานแล้วนำไปตากแดดให้แห้ง เปลือกทุเรียนอัดแท่งดังกล่าวจะให้ค่าความร้อนใกล้เคียงกัน โดยการอัดแท่งที่ไม่ใช้ตัวประสาน, แบบที่ใช้แป้งเปียกและแบบที่ใช้โมลาสเป็นตัวประสาน จะให้ค่าความร้อน 3,671, 3,699 และ 3,625 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับสำหรับการอัดแท่งแบบร้อน ซึ่งจะนำเปลือกทุเรียนที่มีความชื้นร้อยละ 45 นี้ ไปตากแดดให้เหลือความชื้นร้อยละ 10 แล้วนำไปอัดร้อน พบว่า เปลือกทุเรียนที่อัดแท่งด้วยวิธี อัดร้อนนี้ จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 0.45 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดเย็น (0.08 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ในการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนมีค่าสูงกว่าฟืน ไม้ยูคาลิปตัสร้อยละ 6

สุริยา ชัยเดชทยากุล (2544) ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากส่วนผสมกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียและเศษชิ้นไม้สับของโรงงานผลิตเชื้อกระดาษ โดยการนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียมาผสมกับเศษชิ้นไม้สับจำนวน 11 อัตราส่วนผสมดังนี้ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 และ 0:100 โดยน้ำหนัก แล้วอัดเป็นแท่งและทำการศึกษาคูณสมบัติด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM รวมทั้งศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตและการลงทุนเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของโรงงานที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยในแต่ละส่วนผสมทำการทดลอง 10 ตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างกากตะกอนกับเศษชิ้นไม้สับตั้งแต่ 100:0 ถึง 40:60 โดยน้ำหนัก สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแท่งได้ โดยส่วนผสมที่มีเศษชิ้นไม้สับเพิ่มขึ้นจะอัดขึ้นรูปได้ยากขึ้น ใช้เวลาในการอัดมากขึ้นและมีเนื้อไม่สม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อนำไปเผาเป็นถ่านแล้วนำไปทดสอบคุณสมบัติหลักทางด้านเชื้อเพลิง ได้แก่ ปริมาณความชื้น, ปริมาณเถ้า, ปริมาณสารระเหย, คาร์บอนคงตัว, กำมะถันรวมและค่าความร้อน แล้วหาส่วนผสมที่ดีที่สุดซึ่งพบว่า อัตราส่วนผสม 70:30 โดยน้ำหนักมีคุณสมบัติที่ดีที่สุด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นมีค่าใกล้เคียงกับฟืนเกลบ

สุพจน์ เดชผล (2546) ศึกษาศักยภาพและประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนน้ำเสียโรงงานน้ำตาลผสมกับขานอ้อย โดยผสมกากตะกอน (ฟิลเตอร์เค้ก) กับขานอ้อยที่อัตราส่วน (กากตะกอน:ขานอ้อย) ต่าง ๆ และทำการอัดแท่ง จากนั้นวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง และนำอัตราส่วนที่

เหมาะสมไปทำการเผาเป็นถ่าน เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างถ่านอัดแท่งกับเชื้อเพลิงอัดแท่ง ผลการวิจัยพบว่าที่อัตราส่วนกากตะกอนต่อขานอ้อยที่ 10:0, 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5 และ 4:6 สามารถอัดเป็นแท่งได้ ในขณะที่อัตราส่วน 3:7, 2:8, 1:9 และ 0:10 ไม่สามารถอัดออกมาเป็นแท่งได้เนื่องจากมีปริมาณขานอ้อยมากเกินไป นำอัตราส่วนที่มีปริมาณขานอ้อยมากที่สุด 3 อัตราส่วน ได้แก่ 6:4, 5:5 และ 4:6 มาวิเคราะห์คุณสมบัติ พบว่า อัตราส่วน 4:6 เป็นอัตราส่วนที่มีค่าความร้อนสูงที่สุดและเมื่อทำการเผาถ่านแล้ว พบว่า คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งดีกว่าถ่านอัดแท่ง การนำไปใช้ในสภาพเชื้อเพลิงอัดแท่งจึงเหมาะสมกว่าการนำไปทำเป็นถ่าน

สงวนศักดิ์ ศรีพลัง (2550) ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยการอัดรีดชีวมวลผสมระหว่างถ่านชาร์กะลามะพร้าว หรือถ่านชาร์กึ่งเลื้อย กับถ่านชาร์กาคตะกอนน้ำเสียที่ได้จากกระบวนการแยกสลายความร้อน โดยอัตราส่วนผสมชาร์กชีวมวลต่อถ่านชาร์กาคตะกอน คือ 0:1, 0.25:0.75, 0.50:0.50, 0.75:0.25 และ 1:0 โดยน้ำหนัก และใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานโดยเติมแป้งมันร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก จากผลการทดลองพบว่า ที่อัตราส่วน 50:50 มีความเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยพิจารณาจากสมบัติเชิงกลและกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้

Wilaipon (2009) ศึกษาผลของแรงอัดที่มีต่อการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วย โดยการนำเปลือกกล้วยมาหั่นให้มีขนาดเล็กประมาณ 2.8 มิลลิเมตร แล้วนำไปผสมกับตัวประสานคือ กากน้ำตาล ด้วยอัตราส่วนผสมเท่ากับ 1 : 0.2 แล้วจึงนำไปอัดแท่งด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกภายใต้แรงอัดระหว่าง 3 – 11 เมกะปาสคาล เป็นเวลา 10 นาที ผลการศึกษาพบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยที่ใช้แรงอัดเท่ากับ 7 – 11 เมกะปาสคาล มีคุณสมบัติทางด้านการทนต่อแรงกระแทกและค่าต้านทานแรงกดที่ผ่านตามาตรฐาน

ชาญยุทธ เทพพานิช (2552) ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากมันสำปะหลังและกากตะกอนน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพของโรงงานแป้งมันสำปะหลังผสมกับชีวมวลที่นำออกมาจากแนวกันไฟในอัตราส่วนต่าง ๆ ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนผสมของกากมันสำปะหลัง กากตะกอนน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพของโรงงานแป้งมันสำปะหลังและชีวมวลที่นำออกมาจากแนวกันไฟ 8:0:2, 7:0:3, 6:0:4, 5:0:5, 0:8:2, 0:7:3, 0:6:4, 0:5:5, 4:4:2, 3.5:3.5:3, 3:3:4 และ 2.5:2.5:5 สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแท่งได้ ในขณะที่ส่วนผสมในอัตราส่วนอื่น ๆ ไม่สามารถอัดขึ้นเป็นแท่งได้ ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งพบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น ความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งทั้ง 3 แบบ มีความแตกต่างกัน ซึ่งถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งกากมันสำปะหลังผสมชีวมวลที่นำออกมาจากแนวกันไฟอัตราส่วน 8:2 มีความเหมาะสมที่สุดในการเป็นเชื้อเพลิง โดยมีค่าความร้อน 5,993 แคลอรีต่อกรัม ค่าคาร์บอนคงตัวร้อยละ 62.61

ปริมาณแฉะร้อยละ 19.84 ความชื้นร้อยละ 3.28 สารระเหยร้อยละ 14.27 ความหนาแน่น 0.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ชมริดา ชื่นนิยม (2553) ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษซังข้าวโพดซึ่งได้มาจากโรงงานผลิตเมล็ดพันธุ์พืชมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยนำเศษซังข้าวโพดมาผสมกับตัวประสาน 4 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล กากของเสียจากโรงงานกระดาษ และน้ำมันเครื่องใช้แล้ว ในสัดส่วนร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 แล้วจึงนำไปอัดแท่งจากนั้นนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และการเผาไหม้ ได้แก่ ค่าความร้อน เวลาในการจุดติดไฟ ความคงตัวของถ้ำ และระยะเวลาการเผาไหม้ จากผลการทดลองพบว่า การอัดแท่งเศษซังข้าวโพดที่สัดส่วนร้อยละ 50 แป้งมันสำปะหลังเหมาะสมที่สุดเนื่องจากอัดง่าย มีความแข็งแรงสูง และใช้เวลาในการจุดติดไฟต่ำ ในขณะที่เดียวกันการใช้น้ำมันเครื่องใช้แล้ว ไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้เป็นตัวประสานในการอัดแท่งเศษซังข้าวโพด ทั้งนี้เมื่อใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานจะได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีค่าความคงตัวของถ้ำและระยะเวลาการเผาไหม้สูงสุดในขณะที่เมื่อใช้กากของเสียจากโรงงานกระดาษเป็นตัวประสาน จะได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีค่าความร้อน ค่าดัชนีการแตก่วน และค่าความต้านทานน้ำสูงสุด

Sri, Nur, and Siemi (2011) ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากดินฟอกสี (Spent bleaching earth) ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มในโรงงานอุตสาหกรรม โดยนำดินฟอกสีมาทำการอัดแท่งโดยใช้หมอลโตเค็กซ์ทรีนเป็นตัวประสาน การทดลองทำโดยศึกษาอัตราส่วนผสมของตัวประสานที่ร้อยละ 8, 10 และ 12 และศึกษาแรงอัดในการผลิตที่ 100, 150 และ 200 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่อนำมาอัดแท่งเรียบร้อยแล้วจึงนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ตัวประสานร้อยละ 12 และใช้แรงอัดในการผลิตเท่ากับ 150 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดเท่ากับ 2,622.01 แคลอรีต่อกรัม และมีค่าต้านทานแรงกดเท่ากับ 11.86 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

เกรียงไกร วงศาโรจน์, ธนิต สวัสดิ์เสวี, นริส ประทีนทอง และประธาน วงศ์ศรีเวช (2554) ศึกษาการผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลจากสับคั่วด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันแบบอัดรีดเย็น รวมทั้งศึกษาคุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในรูปของ ค่าความร้อน และค่าความต้านทานแรงกด วัตถุประสงค์หลักที่ใช้ในการทดลองคือ ลำต้นและกิ่งของสับคั่วไปผสมกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่น ๆ อัน ได้แก่ แกลบ ชานอ้อย กากมันสำปะหลัง และซังข้าวโพด สารเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสาน ทำมาจากแป้งเปียกและโมลาส ก่อนทำการผสมตัวประสานลงไป วัตถุประสงค์จะถูกบดด้วยเครื่องบดจนมีขนาดเล็กกว่า 3 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้แท่งเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพ วัตถุประสงค์จะถูกนำมาผสมกับตัวประสานในสัดส่วนต่าง ๆ จากผลการทดลองพบว่าค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผัน

ตรงกับปริมาณสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของสปูดำและที่อัตราส่วนผสมเดียวกันแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้เป็ญเป็ยกเป็นตัวประสานจะให้ค่าความร้อนสูงกว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้โม่ลาคเป็นตัวประสานเล็กน้อย ค่าความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้เป็ญเป็ยกเป็นตัวประสานจะมีค่าต่ำกว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้โม่ลาคเป็นตัวประสาน แต่อย่างไรก็ตามค่าความร้อนและค่าความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตโดยใช้ตัวประสานทั้งสองชนิดก็ยังคงมีค่าสูงพอที่จะใช้ผลิตแท่งเชื้อเพลิง โดยค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าอยู่ประมาณ 11.54 - 15.36 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม และมีค่าความต้านทานแรงกดอยู่ที่ 0.46 - 2.46 เมกกะปาสคาล

บัญญัติน์ โจลานันท์, อาทิตย์ พุทธรักษา และจันสุดา คำ (2554) ศึกษาวิจัยหัวข้อพลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งไมยราบยักษ์ โดยมุ่งพัฒนาเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งและรูปแบบการจัดการไมยราบยักษ์ด้านพลังงานทดแทน ของชุมชน ผลการทดลองพบว่า การแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 15-36 ค่ากำมะถัน ใ้ค่าความชื้น สารระเหยได้ และคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งไมยราบยักษ์ที่ทดสอบอยู่ในช่วงร้อยละ 0.17-0.20±0.01, 6.8-20.1±0.61-1.01, 7.0-8.6±0.52-0.84, 27.3-32.8±0.71-1.21, และ 44.5-53.5±0.82-1.27 ตามลำดับ เชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งไมยราบยักษ์ผสมแป้งมันที่ร้อยละ 6 เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมของการศึกษานี้ โดยให้ค่าพลังงานความร้อนสูงสุด (5,432±101.5 แคลอรีต่อกกรัม)

น้ำเพชร พันธุ์พัฒนา และสุวิวัฒน์ วิวรรณภัทรกิจ (2555) ศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยไบโอแก๊ส ที่ผลิตจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร พบว่าการประเมินศักยภาพแก๊สชีวภาพจาก ฟางข้าว ต้นและเห้งน้ำมันสำปะหลัง และหญ้าเนเปียร์ยักษ์ เพื่อผลิตไฟฟ้าขนาด 1 เมกะวัตต์สำหรับชุมชน โดยต้นทุนวัตถุดิบสำหรับการผลิตแก๊สชีวภาพ จาก ฟางข้าว ต้นและเห้งน้ำมันสำปะหลัง และหญ้าเนเปียร์ยักษ์ เท่ากับ 4.43 3.87 และ 1.38 บาทต่อกิโลวัตต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าราคาต้นทุนการผลิตแก๊สชีวภาพเพื่อผลิตไฟฟ้าจากฟางข้าวยังมีราคาสูงและการเพาะปลูกข้าวสามารถปลูกได้ 1-2 ครั้งต่อปี ดังนั้นจำเป็นต้องเก็บฟางข้าวหรือเศษวัสดุเหลือใช้อื่น ๆ ทดแทนเสริมในช่วงที่ไม่มีวัตถุดิบ ซึ่งเศษวัสดุเหลือใช้จากการเพาะปลูกมันสำปะหลังก็มีลักษณะเช่นเดียวกับฟางข้าว ส่วนหญ้าเนเปียร์ยักษ์มีศักยภาพในการผลิตเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพสำหรับโรงไฟฟ้าได้เพราะสามารถเก็บเกี่ยวได้เกือบตลอดทั้งปี ซึ่งเมื่อนำมาวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดมาศึกษาพิจารณาบริหารจัดการวัตถุดิบ จะใช้พื้นที่เพาะปลูกข้าว มันสำปะหลัง และหญ้าสำหรับการผลิตไฟฟ้าต้องใช้พื้นที่ 21,417 71,993 และ 940 ไร่ ตามลำดับสำหรับวัตถุดิบที่จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้า 1 เมกะวัตต์ภายในระยะเวลา 1 ปี ซึ่งหญ้าเนเปียร์ยักษ์มีศักยภาพด้านพื้นที่และราคาการผลิตที่เหมาะสมต่อการผลิตไฟฟ้า

Supatata, Buates, and Hariyanont (2013) ศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนน้ำเสียผสมกับผักตบชวาและกากตะกอนน้ำเสียผสมกับกก โดยมีอัตราส่วนผสมระหว่างกากตะกอนน้ำเสียกับผักตบชวาและกกเท่ากับ 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 2 : 1 และ 3 : 1 โดยใช้เบี่ยงมันสำปะหลังร้อยละ 15 เป็นตัวประสาน แล้วนำไปอัดแท่งด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกด้วยแรงอัด 60 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แล้วจึงนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน ผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างกากตะกอนน้ำเสียและกกเท่ากับ 1 : 3 ให้ค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดเท่ากับ 3,362.9 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับค่าพลังงานความร้อนมาตรฐานของถ่านไม้ (5,000 แคลอรีต่อกรัม)

ฐิติพร เจาะจง และศิริขวัญ กาศเกษม (2556) ศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก โดยใช้กาวเบี่ยงเปียกเป็นตัวประสานที่อัตราส่วน 1 : 1 แล้วนำมาอัดแท่งโดยการอัดแบบไม่ใช้ความร้อนหรือการอัดเย็น โดยเครื่องไฮโดรลิก จากนั้นทำการศึกษาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน จากผลการศึกษาพบว่า ค่าปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก มีค่าเท่ากับ 5,893.28 และ 5,540.11 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ค่าปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก มีค่าเท่ากับร้อยละ 8.75 และ 11.91 ตามลำดับ ค่าปริมาณความร้อนที่ได้มีค่าสูงกว่าไม้หรือฟืนซึ่งมีค่า 3,934 แคลอรีต่อกรัม และค่าปริมาณเถ้าที่ได้มีค่ามากกว่าไม้หรือฟืน ซึ่งมีค่าร้อยละ 3.9 โดยค่าปริมาณเถ้าต่ำจะทำให้เชื้อเพลิงติดไฟได้ดี จากการเปรียบเทียบเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ให้ค่าปริมาณความร้อนสูง และค่าปริมาณเถ้าต่ำเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าแฝก

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด แสดงให้เห็นว่า พลังงานทดแทนที่สามารถหมุนเวียนนำมาใช้อีกได้ เช่น แสงอาทิตย์ ลม น้ำ และชีวมวล กำลังได้รับความสนใจและมีการศึกษาวิจัยกันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะพลังงานชีวมวลหรือวัสดุเหลือทิ้ง ของเสียที่ได้จากการเกษตร ซึ่งมีอยู่อย่างหลากหลายและมีปริมาณมากในประเทศ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการเพาะปลูกอย่างหลากหลายทั่วภูมิภาคของประเทศ ชีวมวลส่วนใหญ่ที่มีการนำมาใช้ประโยชน์เป็นอย่างมากคือ กลุ่มของแกลบ ชังข้าวโพด ไม้ฟืน กะลามะพร้าว เหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งล้วนเป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต จัดเป็นแหล่งชีวมวลดั้งเดิม และถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเป็นพลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า หรือแม้แต่นำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเนื่องจากมีความต้องการนำมาใช้ประโยชน์เป็นปริมาณมาก ทำให้เกิดความขาดแคลน หรือมีไม่เพียงพอต่อการผลิต ประกอบกับศักยภาพของชีวมวลเหล่านี้ขึ้นอยู่กับผลผลิตของ

พืชพันธุ์ทางการเกษตร ซึ่งต้องอาศัยฤดูกาลในการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้ไม่มีผลผลิตออกตลอดทั้งปี จึงส่งผลต่อชีวมวลที่มีปริมาณลดลงด้วย

ดังนั้นจึงมีความสนใจที่จะหาแหล่งชีวมวลแหล่งใหม่มาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยจะต้องมีผลผลิตหรือปริมาณที่มากและเพียงพอต่อการผลิตได้ตลอดทั้งปี หญ้าเนเปียร์จึงเป็นชีวมวลที่น่าสนใจเนื่องจากสามารถเพาะปลูกได้ง่าย เจริญเติบโตเร็ว และมีผลผลิตที่สูง ทำให้สามารถทดแทนแหล่งชีวมวลเดิมได้ โดยนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ที่มีความหนาแน่นสูง การขนส่ง เก็บรักษาง่าย และนำไปใช้ได้สะดวก และเมื่อศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงที่ดีนั้นจะต้องมีอัตราส่วนผสมระหว่างวัตถุดิบและตัวประสานที่เหมาะสม ในส่วนของตัวประสานนั้นมีทั้งตัวประสานที่มาจากแหล่งอินทรีย์ เช่น กากน้ำตาล แป้งมันสำปะหลัง ผงถั่ว และตัวประสานจากแหล่งอนินทรีย์ เช่น ปูนขาว ซีเมนต์ ดินเหนียว (Chin & Siddiqui, 2000) ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้แป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย มีราคาถูก มีประสิทธิภาพในการยึดเกาะสูงเมื่อผสมกับน้ำแล้วให้ความร้อน และเมื่อผ่านการอัดแท่งเรียบร้อยแล้วเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ยังคงมีความชื้นเหลืออยู่สูง ไม่เหมาะแก่การนำไปใช้งาน จึงต้องนำไปลดความชื้นทั้งด้วยวิธีการตากแดดและนำไปอบด้วยลมร้อนเพื่อลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งขั้นตอนนี้ต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นการศึกษาระดับความชื้นที่เหมาะสมจะทำให้ช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้เป็นอย่างมาก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุดิบ

1. หล้าเนเปียร์ (สายพันธุ์ปากช่อง 1) จาก อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา
2. แป้งมันสำปะหลังยี่ห้อ สามช้าง ขนาด 50 กิโลกรัม

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์
2. เครื่องปั่นน้ำผลไม้ยี่ห้อ Philips
3. เครื่องวัดค่าความร้อน (Bomb Calorimeter)
4. เครื่องทดสอบแรงกดอัด ขนาด 20 ตัน
5. เตาเผาอุณหภูมิสูง ยี่ห้อ Carbolite รุ่น AAF 1100
6. ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Memmert
7. โถดูดความชื้น
8. เครื่องชั่งความละเอียด 2 ตำแหน่ง (Digital balance) รุ่น Satorius CP 3202 S
9. เครื่องชั่งความละเอียด 4 ตำแหน่ง (Digital balance) รุ่น Satorius CP 2245
10. นาฬิกาจับเวลา
11. ถังพลาสติก ผ้าใบ
12. อุปกรณ์ในการวัดขนาด เช่น ตลับเมตร ไม้บรรทัด เป็นต้น
13. เครื่องวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า (Digital Power Meter) KEW6305

3.3 สารเคมี

1. แบเรียมคลอไรด์ (BaCl_2)
2. ไฮโดรคลอริก (HCl)
3. โซเดียมไบคาร์บอเนต (Na_2CO_3)

4. ซิลเวอร์ไนเตรต (AgNO_3)
5. เมทิลออเรนจ์ (Methyl Orange)

3.4 วิธีการทดลอง

การเตรียมวัสดุดิบ

เก็บตัวอย่างหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 จาก อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา โดยทำการเก็บตัวอย่างหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุแตกต่างกัน คือ อายุ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 เดือน ตัวอย่างบรรจุลงถุง ๆ ละ 30 กิโลกรัม ซึ่งหญ้าเนเปียร์ที่ได้นั้นจะถูกนำไปผ่านเครื่องบดสับก่อนนำมาบรรจุใส่ถุง

การเตรียมหญ้าเนเปียร์สำหรับการอัดแท่งเริ่มจากนำหญ้าเนเปียร์ที่บรรจุในถุงมาตากแดดบนพื้นผ้าใบให้แห้งเป็นเวลา 5 วัน แล้วนำมาลดขนาดให้เล็กลงด้วยเครื่องป่นน้ำผลไม้ให้มีขนาด 2 – 5 มิลลิเมตร

การศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อนของหญ้าเนเปียร์ (สายพันธุ์ปากช่อง 1)

นำตัวอย่างหญ้าเนเปียร์แต่ละช่วงอายุมาทำการศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อนดังนี้

ตารางที่ 3-1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อนของหญ้าเนเปียร์

| คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง | วิธีวิเคราะห์ (ภาคผนวก ก) |
|----------------------------|---------------------------|
| ความชื้น | มาตรฐาน ASTM D3173 |
| เถ้า | มาตรฐาน ASTM D3174 |
| สารระเหย | มาตรฐาน ASTM D3175 |
| คาร์บอนคงตัว | มาตรฐาน ASTM D3172 |
| ค่าพลังงานความร้อน | มาตรฐาน ASTM D5865 |

การศึกษาอัตราส่วนผสมของตัวประสานที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์

1. จัดเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการผสมแท่งเชื้อเพลิง ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการบดสับย่อยให้ขนาดเล็กลง โดยนำมาใส่ในภาชนะที่จัดเตรียมไว้
2. นำแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มาผสมกับน้ำ แล้วให้ความร้อนด้วยการต้ม กวนผสมให้เข้ากัน ทำให้ได้กาวแป้งเปียกสำหรับใช้เป็นตัวประสาน
3. ทำการเตรียมการผลิตแท่งเชื้อเพลิง โดยการนำหญ้าเนเปียร์และแป้งเปียกมาชั่งน้ำหนักให้ได้ทั้งหมด 4 อัตราส่วนตามตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

| อัตราส่วน | หญ้าเนเปียร์ (ร้อยละ) | (แป้งมันสำปะหลัง) (ร้อยละ) |
|-----------|--------------------------|-------------------------------|
| 1. | 100 | 0 |
| 2. | 95 | 5 |
| 3. | 90 | 10 |
| 4. | 85 | 15 |

4. เมื่อได้อัตราส่วนที่ต้องการแล้วให้กวนผสมหญ้าเนเปียร์และแป้งเปียกจนเข้ากันดี
5. นำส่วนผสมแต่ละอัตราส่วนมาทำการอัดแท่ง โดยใส่ในถาดด้านบนของเครื่องอัดแท่ง
6. เปิดสวิทซ์ให้เครื่องอัดแท่งทำงาน โดยทำการอัดแท่งที่ละอัตราส่วนผสม
7. รอรับแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ ซึ่งจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และมีความยาว 20 เซนติเมตร
8. จับเวลาและวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิง
9. ในแต่ละอัตราส่วนจะทำการทดลอง 3 ครั้งด้วยกันเพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ย

10. นำแท่งเชื้อเพลิงแต่ละแท่งไปวิเคราะห์คุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิง ได้แก่ ความหนาแน่น ค่าต้านทานแรงกด ดัชนีการแตกร่วน และค่าพลังงานความร้อน

การศึกษาการลดความชื้นที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์

1. นำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลอง (หัวข้อที่ 3) มาทำการศึกษาระดับความชื้นที่เหมาะสมสำหรับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์
2. นำแท่งเชื้อเพลิงไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ให้มีความชื้นเหลือเท่ากับร้อยละ 30, 25, 20, 15, 10 และ 5
3. นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ความชื้นและบันทึกระยะเวลาในการอบแท่งเชื้อเพลิงในแต่ละความชื้นที่ทำการทดลอง
4. นำแท่งเชื้อเพลิงที่มีระดับความชื้นตามการทดลองมาวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน

3.5 การวิเคราะห์ผล

1. ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

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

ซึ่งสามารถหา V ได้จากสมการ

$$V = \frac{\pi(D^2 - d^2)h}{4}$$

ρ คือ ความหนาแน่นของวัสดุที่ได้จากการอัดแท่ง (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

M คือ มวลของวัสดุที่ได้จากการอัดแท่ง (กรัม)

V คือ ปริมาตรของวัสดุที่ได้จากการอัดแท่ง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

π คือ ค่าคงที่

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกของวัสดุที่ได้จากการอัดแท่ง (เซนติเมตร)

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางด้านในของวัสดุที่ได้จากการอัดแท่ง (เซนติเมตร)

h คือ ความยาวของวัสดุที่ได้จากการอัดแท่ง (เซนติเมตร)

ทำการทดสอบโดยนำวัสดุที่ได้จากการอัดแท่งมาตัดแล้ววัดความยาวให้แน่นอน วัดความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง แล้วคำนวณปริมาตร นำไปชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณหาความหนาแน่น

2. ค่าต้านทานแรงกด (มาตรฐาน ASTM D1621)

นำแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านกระบวนการลดความชื้นแล้วมาทำการตัดให้มีขนาดประมาณ 3 เซนติเมตร แล้วนำมาวางลงบนผิวสัมผัสที่เรียบของแผ่นกดของเครื่องกดอัดโดยให้วางตามแนวนอนของแท่งเชื้อเพลิงเพราะเป็นทิศทางที่มีความแข็งแรงน้อยที่สุด จากนั้นทำการปรับเพิ่มน้ำหนักกดที่จะกดลงบนแท่งเชื้อเพลิงในอัตราคงที่ จนกระทั่งแท่งเชื้อเพลิงเกิดการแตกหักแล้วทำการบันทึกผลของน้ำหนักกดที่สูงที่สุดที่ทำให้แท่งเชื้อเพลิงเกิดการแตกหักเพื่อจะนำมาคำนวณหาค่าความต้านทานแรงกด ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

โดยที่ σ คือ การต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงสูงสุด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

F คือ แรงที่กดลงบนแท่งเชื้อเพลิงแล้วเกิดการแตกหัก (กิโลกรัม)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของแท่งเชื้อเพลิง (ตารางเซนติเมตร)

3. ดัชนีการแตกร่วน โดยวิธี Drop Shatter Test (มาตรฐาน ASTM D3038)

เพื่อหาความสามารถของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความทนทานระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา และการนำมาใช้งาน วิธีการทดสอบทำโดยนำเชื้อเพลิงอัดแท่งใส่ถุงพลาสติก 300 กรัมแล้วปล่อยจากที่สูง 1.80 เมตร ลงสู่พื้นซีเมนต์ซ้ำ ๆ กัน 3 ครั้ง จากนั้นนำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร นำส่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เหลือจากการร่อนแล้วไปชั่งน้ำหนัก และสามารถหาค่าดัชนีการแตกร่วน (Friability Index) หรือดัชนีการแตกละเอียด (Shatter Index) ได้จาก

$$R = W_f/W_i$$

R = ดัชนีการแตกร่วน

W_i = น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (กิโลกรัม)

W_f = น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เหลือหลังทดสอบ (กิโลกรัม)

4. ค่าพลังงานความร้อน

วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดค่าความร้อน (Bomb Calorimeter) (ภาคผนวก ก)

3.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of variance : ANOVA) โดยใช้ One way ANOVA เพื่อทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของชุดการทดลอง ซึ่งการวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมดจะใช้โปรแกรม SPSS for Window 22

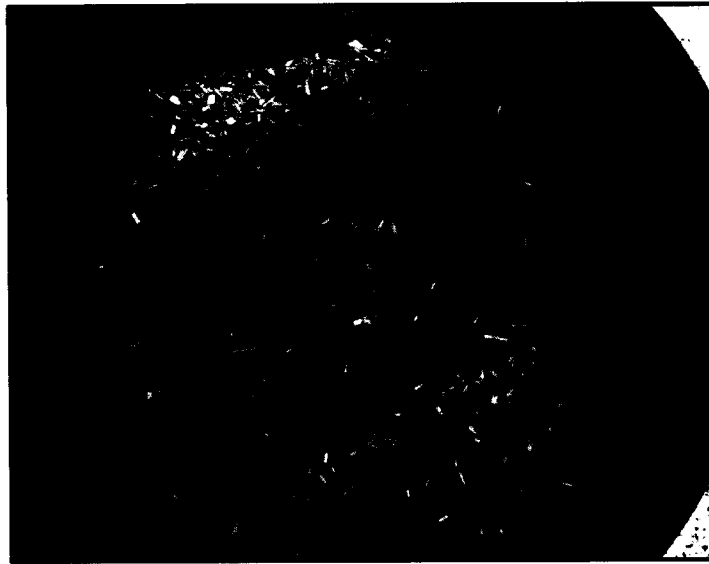
บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 โดยเริ่มต้นจากการศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อนของหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 และนำมาศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์โดยใช้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของแป้งมันสำปะหลังที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน และทำการศึกษการลดความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งในครั้งนี้ ซึ่งมีผลการศึกษาดังนี้



ภาพที่ 4-1 หญ้าเนเปียร์สดที่มีอายุ 4 เดือน ซึ่งผ่านการบดสับมาแล้ว



ภาพที่ 4-2 หล้าเนเปียร์ที่ผ่านการตากแดดเพื่อลดความชื้น

การศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อนของหล้าเนเปียร์ (สายพันธุ์ปากช่อง 1)

จากการนำตัวอย่างหล้าเนเปียร์แต่ละช่วงอายุที่แตกต่างกันคือ อายุ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 เดือน มาทำการศึกษาคูณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อน เพื่อหาอายุของหล้าที่เหมาะสมสำหรับนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง พบว่า

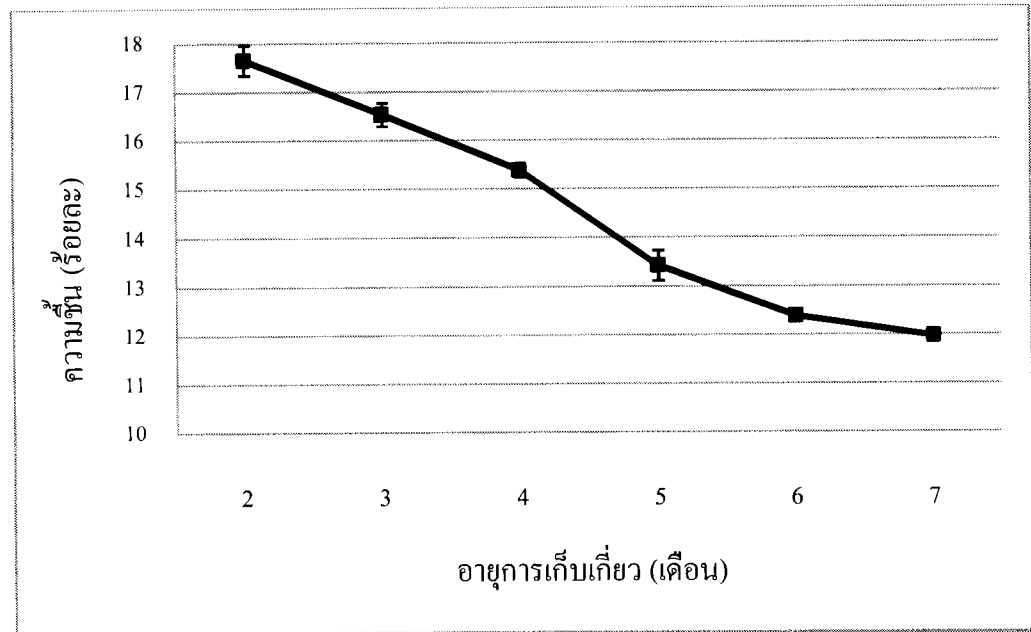
ความชื้น

จากผลการทดลองหาความชื้นของหล้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุแตกต่างกัน (ภาพที่ 4-3) พบว่าความชื้นมีค่าแปรผกผันกับอายุการเก็บเกี่ยวของหล้าเนเปียร์ เมื่อหล้าเนเปียร์มีอายุมากขึ้น ความชื้นของหล้าเนเปียร์จะมีค่าลดลง โดยที่หล้าเนเปียร์อายุ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 เดือน มีความชื้นเท่ากับร้อยละ 17.66 ± 0.32 , 16.54 ± 0.24 , 15.39 ± 0.15 , 13.42 ± 0.31 , 12.39 ± 0.03 และ 11.97 ± 0.09 ตามลำดับ

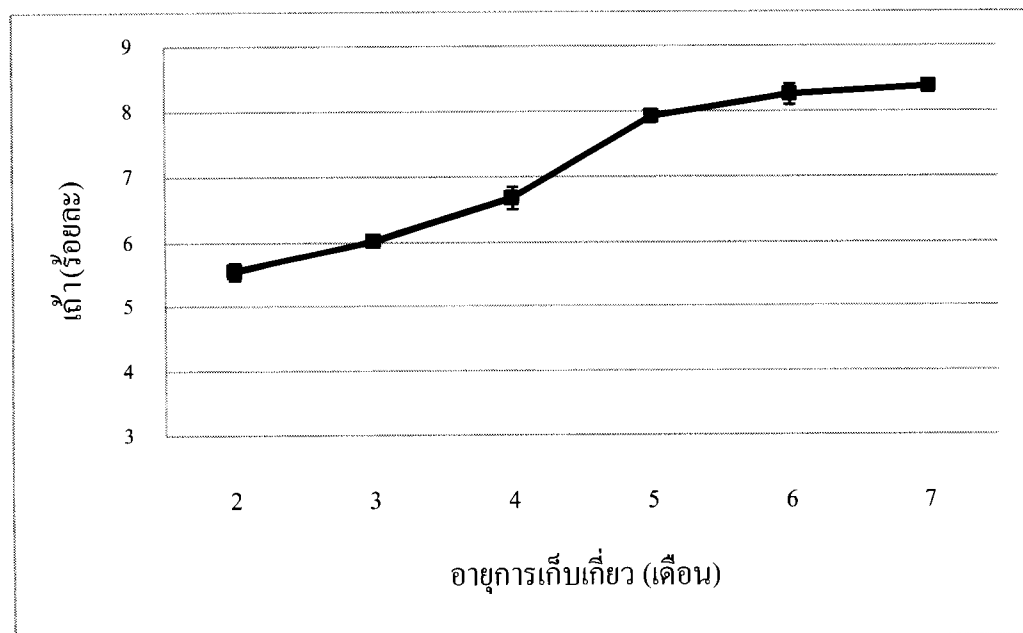
เถ้า

ปริมาณเถ้าของหล้าเนเปียร์เป็นส่วนใหญ่ที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ ยังมีปริมาณเถ้าสูงจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ ผลการทดลองหาปริมาณเถ้าของหล้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุแตกต่างกัน (ภาพที่ 4-4) พบว่าเมื่อหล้ามีอายุมากขึ้นจะมีปริมาณเถ้าสูงตามไปด้วย โดยหล้าที่มีอายุ 2 เดือนมีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 5.53 ± 0.13 และหล้าที่อายุ 3, 4, 5, 6 และ 7 เดือน มี

ปริมาณเท่ากับร้อยละ 6.02 ± 0.09 , 6.68 ± 0.17 , 7.92 ± 0.08 , 8.26 ± 0.16 และ 8.38 ± 0.06
ตามลำดับ



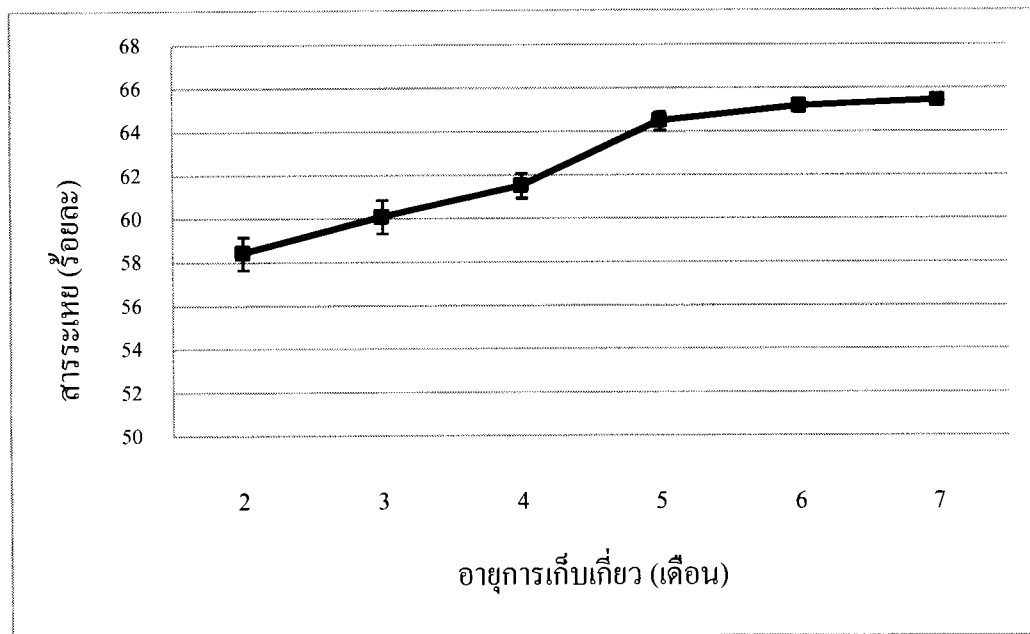
ภาพที่ 4-3 ความชื้นของหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4-4 เถ้าของหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน

สารระเหย

ปริมาณสารระเหยเป็นส่วนที่สามารถเผาไหม้ได้ เมื่อมีปริมาณสูงจะส่งผลให้สามารถติดไฟได้ง่าย ผลการทดลองหาปริมาณสารระเหยของหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุแตกต่างกัน (ภาพที่ 4-5) พบว่าปริมาณสารระเหยได้มีค่าแปรผันตรงกับอายุของหญ้าเนเปียร์ และมีแนวโน้มเดียวกับปริมาณเถ้า โดยมีปริมาณสูงขึ้นตามอายุของหญ้าเนเปียร์ ซึ่งมีค่าสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 65.49 ± 0.23 ที่อายุหญ้า 7 เดือน และมีค่าต่ำลงมาเรื่อย ๆ ตามอายุหญ้าที่ 6, 5, 4, 3 และ 2 เดือน โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 65.19 ± 0.30 , 64.49 ± 0.44 , 61.53 ± 0.57 , 60.11 ± 0.78 และ 58.43 ± 0.76 ตามลำดับ

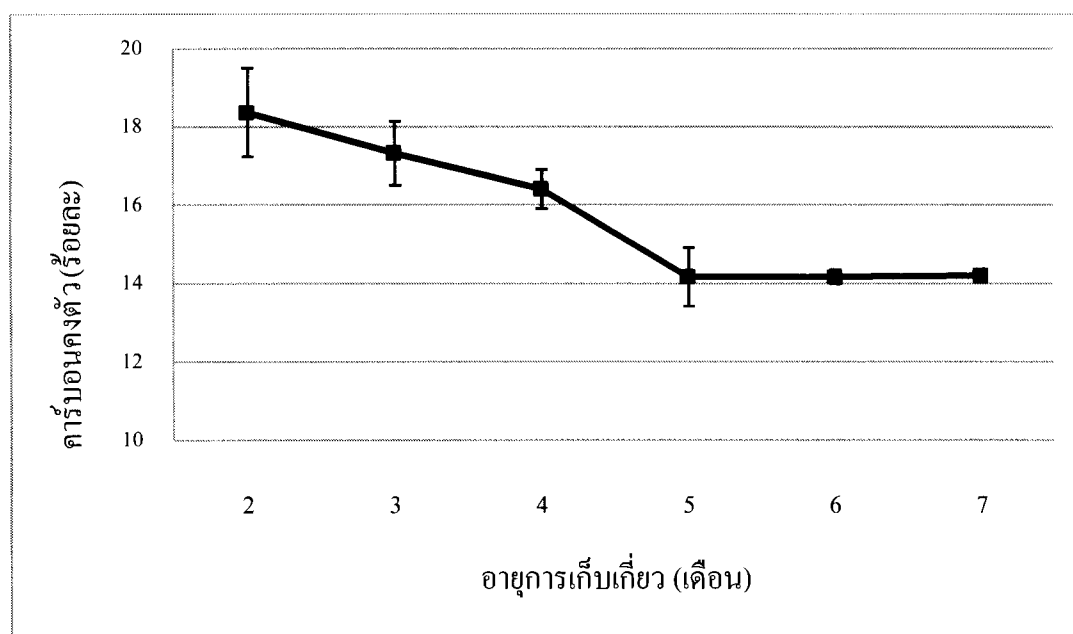


ภาพที่ 4-5 สารระเหยของหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน

คาร์บอนคงตัว

ปริมาณคาร์บอนคงตัวสามารถบ่งบอกถึงแนวโน้มของค่าพลังงานความร้อน เมื่อมีปริมาณคาร์บอนคงตัวอยู่สูง จะส่งผลให้มีแนวโน้มของค่าพลังงานความร้อนสูงด้วย ผลการทดลองหาปริมาณคาร์บอนคงตัวของหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 4-6) พบว่าปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่าสูงที่สุด (ร้อยละ 18.38 ± 1.14) ที่หญ้าอายุ 2 เดือน และมีค่าต่ำลงตามอายุของหญ้า โดยหญ้าอายุ 5, 6 และ 7 เดือน มีค่าร้อยละของปริมาณคาร์บอนคงตัวที่

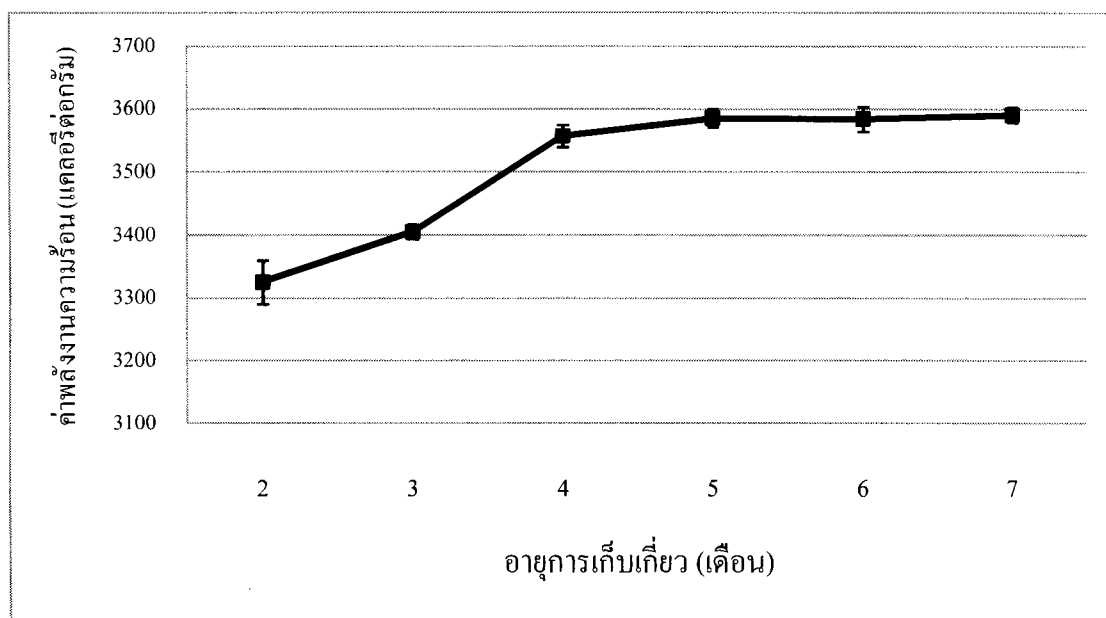
ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (ภาคผนวก ข) ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 14.17 ± 0.76 , 14.17 ± 0.18 และ 14.20 ± 0.18 ตามลำดับ



ภาพที่ 4-6 คาร์บอนคงตัวของหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน

ค่าพลังงานความร้อน

ค่าพลังงานความร้อนนับเป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง โดยผลการทดลองหาค่าพลังงานความร้อนของหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุแตกต่างกัน (ภาพที่ 4-7) พบว่าค่าพลังงานความร้อนมีค่าแปรผันตรงกับอายุของหญ้าเนเปียร์ โดยหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุ 2 เดือน มีค่าพลังงานความร้อนต่ำสุดเท่ากับ $3,325.33 \pm 34.44$ แคลอรีต่อกรัม และที่อายุ 3, 4, 5, 6 และ 7 เดือน มีค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ $3,405.11 \pm 11.10$, $3,557.33 \pm 17.50$, $3,585.78 \pm 13.83$, $3,584.56 \pm 19.61$ และ $3,591.00 \pm 12.06$ แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าพลังงานความร้อนของหญ้าเนเปียร์ที่อายุ 4, 5, 6 และ 7 เดือน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (ภาคผนวก ข)



ภาพที่ 4-7 ค่าพลังงานความร้อนของหยู่นเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน

จากผลการศึกษาคูสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อนของหยู่นเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุแตกต่างกันจะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อน (ตารางที่ 4-1) พบว่า หยู่นเปียร์อายุแตกต่างกันมีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อนที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์บอนคงตัวของหยู่นเปียร์แต่ละอายุแล้วพบว่า หยู่นเปียร์อายุ 2 เดือน มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงที่สุด โดยปริมาณคาร์บอนคงตัวนี้เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าพลังงานความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด แต่เมื่อพิจารณาจากผลของค่าพลังงานความร้อนซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกวัสดุสำหรับทำเชื้อเพลิงอัดแท่งแล้ว พบว่า หยู่นเปียร์อายุ 2 เดือนมีค่าพลังงานความร้อนต่ำที่สุด ($3,325.33 \pm 34.44$ แคลอรีต่อกรัม) ในขณะที่หยู่นเปียร์อายุ 4 เดือนมีค่าพลังงานความร้อนที่สูง และเมื่อเพิ่มอายุการปลูกก็พบว่า มีค่าพลังงานความร้อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (ภาคผนวก ข) จึงเลือกใช้หยู่นเปียร์อายุ 4 เดือนซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิง

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อนของหญ้าเนเปียร์ สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่มีอายุแตกต่างกัน

| อายุการเก็บเกี่ยว (เดือน) | ความชื้น (ร้อยละ) | เถา (ร้อยละ) | สารระเหย (ร้อยละ) | คาร์บอนคงตัว (ร้อยละ) | ค่าพลังงานความร้อน (แคลอรีต่อกรัม) |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| 2 | 17.66 ± 0.32 ^f | 5.53 ± 0.13 ^a | 58.43 ± 0.76 ^a | 18.38 ± 1.14 ^d | 3,325.33 ± 34.44 ^a |
| 3 | 16.54 ± 0.24 ^c | 6.02 ± 0.09 ^b | 60.11 ± 0.78 ^b | 17.33 ± 0.82 ^c | 3,405.11 ± 11.10 ^b |
| 4 | 15.39 ± 0.15 ^d | 6.68 ± 0.17 ^c | 61.53 ± 0.57 ^c | 16.41 ± 0.50 ^b | 3,557.33 ± 17.50 ^c |
| 5 | 13.42 ± 0.31 ^c | 7.92 ± 0.08 ^d | 64.49 ± 0.44 ^d | 14.17 ± 0.76 ^a | 3,585.78 ± 13.83 ^{c,d} |
| 6 | 12.39 ± 0.03 ^b | 8.26 ± 0.16 ^c | 65.19 ± 0.30 ^c | 14.17 ± 0.18 ^a | 3,584.56 ± 19.61 ^{c,d} |
| 7 | 11.97 ± 0.09 ^a | 8.38 ± 0.06 ^c | 65.46 ± 0.23 ^c | 14.20 ± 0.18 ^a | 3,591.00 ± 12.06 ^d |

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,c, d, e และ f ที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

จากผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1 เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งชีวมวลอื่น ๆ (ตารางที่ 4-2) พบว่า หญ้าเนเปียร์มีองค์ประกอบที่เผาไหม้ได้คือ ส่วนของสารระเหยกับคาร์บอนคงตัวในระดับที่สูง มีองค์ประกอบที่เผาไหม้ไม่ได้คือ เถา อยู่ร้อยละ ในขณะที่เมื่อเทียบกับแหล่งชีวมวลอื่น ๆ หญ้าเนเปียร์มีปริมาณคาร์บอนคงตัวที่สูง ซึ่งเหมาะสมสำหรับนำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง แต่จะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวที่ต่ำกว่า แกลบ ฟางข้าวเจ้า ฟางข้าวสาลี และกะลาปาล์ม

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบหญ้าเนเปียร์กับแหล่งชีวมวลอื่น ๆ จะเห็นได้ว่า แหล่งชีวมวลอื่นล้วนเป็นของเหลือทิ้งหรือของเสียที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการใด ๆ อีก ในขณะที่หญ้าเนเปียร์จะต้องใช้ระยะเวลาในการปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต และมีต้นทุนในการปลูกเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง แต่หญ้าเนเปียร์สามารถปลูกได้ตลอดปี และเก็บเกี่ยวได้ตลอดปีเช่นกันเมื่อมีการจัดสรรอย่างถูกต้อง

โดยไม่ต้องเก็บเกี่ยวหรือรอผลผลิตให้ออกตามฤดูกาลอย่างแหล่งชีวมวลดั้งเดิม ทำให้มีผลผลิตที่สูงเพียงพอต่อการนำมาอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง ทำให้สามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลดีต่อโรงงานผลิต ดังนั้นหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1 จึงมีความเหมาะสมในการเป็นแหล่งชีวมวลแหล่งใหม่สำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ตารางที่ 4-2 คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของแหล่งชีวมวล (ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล, 2549)

| ชีวมวล | ความชื้น (ร้อยละ) | เถ้า (ร้อยละ) | สารระเหย (ร้อยละ) | คาร์บอนคงตัว (ร้อยละ) |
|-------------------------------|----------------------|------------------|----------------------|--------------------------|
| 1. แกลบ | 12.00 | 12.65 | 56.46 | 18.88 |
| 2. ฟางข้าวเจ้า | 10.00 | 10.39 | 60.70 | 18.90 |
| 3. ชานอ้อย | 50.73 | 1.43 | 41.98 | 5.86 |
| 4. ใบอ้อย | 9.20 | 6.10 | 67.80 | 16.90 |
| 5. ไม้ยางพารา | 45.00 | 1.59 | 45.70 | 7.71 |
| 6. ใบปาล์ม | 38.50 | 4.42 | 42.68 | 14.39 |
| 7. กะลาปาล์ม | 12.00 | 3.50 | 68.20 | 16.30 |
| 8. ลำต้นปาล์ม | 48.40 | 1.20 | 38.70 | 11.70 |
| 9. ฟางข้าวสาลี | 8.50 | 13.50 | 63.00 | 23.50 |
| 10. ชังข้าวโพด | 40.00 | 0.90 | 45.42 | 13.68 |
| 11. ลำต้นข้าวโพด | 41.70 | 3.70 | 46.46 | 8.14 |
| 12. หญ้าเนเปียร์ ¹ | 15.39 | 6.68 | 61.53 | 16.41 |

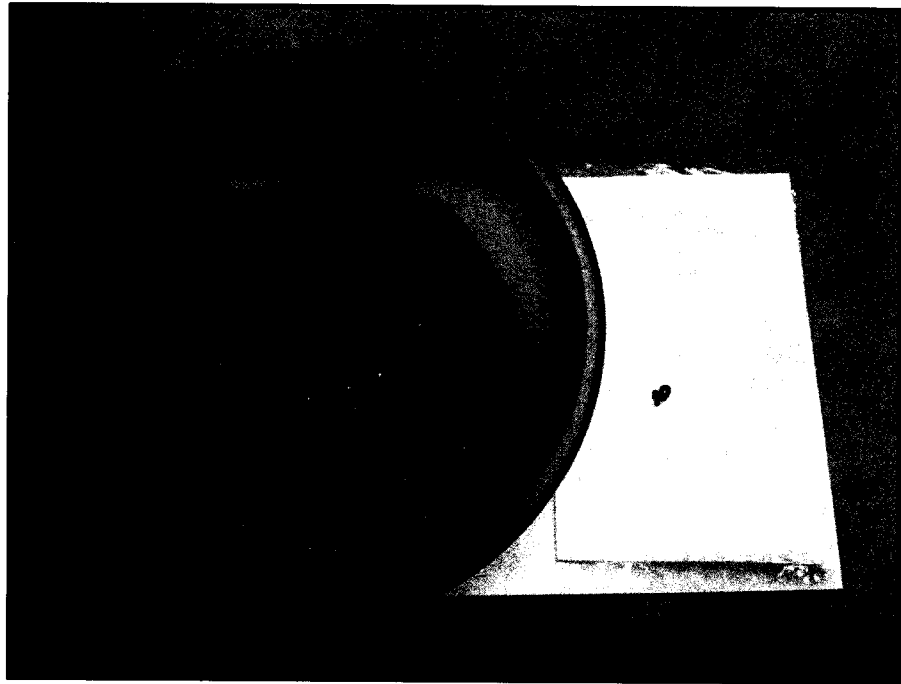
หมายเหตุ 1 หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่อายุ 4 เดือน ซึ่งได้จากการทดลอง

การศึกษาอัตราส่วนผสมของตัวประสานที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์

การอัดแท่งเชื้อเพลิงใช้หญ้าเนเปียร์ที่มีอายุ 4 เดือน โดยนำมาลดขนาดให้เล็กลง (ภาพที่ 4-8) แล้วนำมาผสมกับตัวประสานที่ทำจากแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งทำการศึกษาหาอัตราส่วนผสมของตัวประสานที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วนผสมของตัวประสานที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4-3) พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้อัตราส่วนผสมระหว่างหญ้าเนเปียร์กับตัวประสานเท่ากับ 100 : 0 หรือไม่ได้ใช้ตัวประสานนั้น สามารถอัดเป็นแท่งได้ยากมากเนื่องจากมีแต่ส่วนผสมของหญ้าเนเปียร์ไม่มีตัวประสานและน้ำในการช่วยยึดเกาะ ทำให้ไม่สามารถคงรูปได้ ในขณะที่อัตราส่วนผสมที่เหลือคือ 95 : 5, 90 : 10, 85 : 15 และ 80 : 20 สามารถอัดแท่งและมีความคงรูปได้ (ภาพที่ 4-11)



ภาพที่ 4-8 ตัวอย่างหญ้าเนเปียร์ที่ลดขนาดลง พร้อมสำหรับการอัดแท่ง



ภาพที่ 4-9 การเตรียมหญ้าเนเปียร์และแป้งมันสำปะหลังสำหรับการอัดแท่งเชื้อเพลิงที่อัตรา
ส่วนผสม 90 : 10



ภาพที่ 4-10 การผสมหญ้าเนเปียร์และตัวประสานให้เข้ากัน

ตารางที่ 4-3 ผลการอัดแท่งที่ใช้อัตราส่วนผสมของตัวประสานที่แตกต่างกัน

| ลักษณะแท่งเชื้อเพลิง | อัตราส่วนผสมของ ฐานเนเปียร์ : ตัวประสาน | | | | |
|-----------------------|---|--------|---------|---------|---------|
| | 100 : 0 | 95 : 5 | 90 : 10 | 85 : 15 | 80 : 20 |
| 1. ความสามารถในการอัด | × | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 2. การคงรูป | O | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 3. ลักษณะผิว | | | | | |
| - เรียบ | - | | ✓ | ✓ | ✓ |
| - ขรุขระ | - | ✓ | | | |

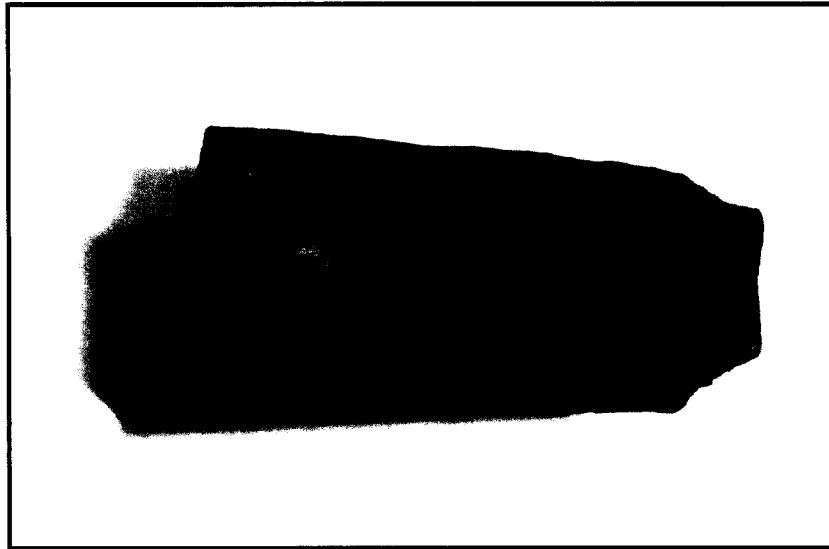
หมายเหตุ : ✓ = ดี/ง่าย, × = ไม่ดี/ยาก, O = ไม่ได้

และผลการทดลองปัจจัยสำคัญในการอัดแท่ง (ตารางที่ 4-4) ที่วัดระยะเวลาและความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในการอัดแท่งเชื้อเพลิงในแต่ละอัตราส่วนผสม พบว่า เมื่ออัตราส่วนผสมของตัวประสานเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการอัดน้อยลง โดยอัตราส่วนผสมที่ 95 : 5, 90 : 10, 85 : 15 และ 80 : 20 ใช้เวลาในการอัดแท่งเท่ากับ 65, 60, 53 และ 50 วินาที ตามลำดับ และมีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.0273, 0.0221, 0.0153 และ 0.0121 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงตามลำดับ

ตารางที่ 4-4 เวลาและความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในการอัดแท่งเชื้อเพลิง

| ปัจจัยในการอัดแท่ง | อัตราส่วนผสมของ ฐานเนเปียร์ : ตัวประสาน | | | | |
|---|---|--------|---------|---------|---------|
| | 100 : 0 | 95 : 5 | 90 : 10 | 85 : 15 | 80 : 20 |
| 1. เวลาการอัดแท่ง (วินาที) | - | 65 | 60 | 53 | 50 |
| 2. ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง) | - | 0.0273 | 0.0221 | 0.0153 | 0.0121 |
| 3. ความชื้น (ร้อยละ) | - | 35 | 36 | 38 | 40 |

หมายเหตุ เวลาและความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าคิดต่อแท่งเชื้อเพลิงยาว 50 เซนติเมตร

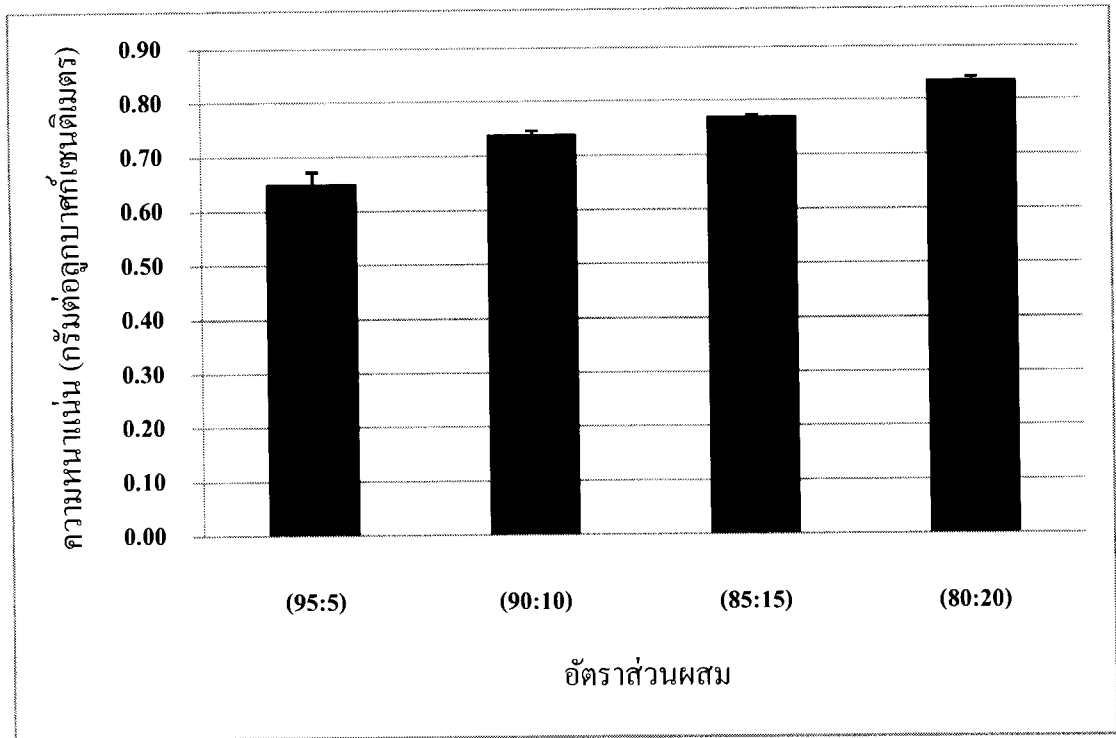


ภาพที่ 4-11 เชื้อเพลิงอัดแท่งที่อัตราส่วนผสมระหว่างหินปูนเปียรกับตัวประสานเท่ากับ 90 : 10

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิง ได้แก่ ความหนาแน่น ค่าต้านทานแรงกด ดัชนีการแตกร่วน และค่าพลังงานความร้อน แสดงดังนี้

ความหนาแน่น

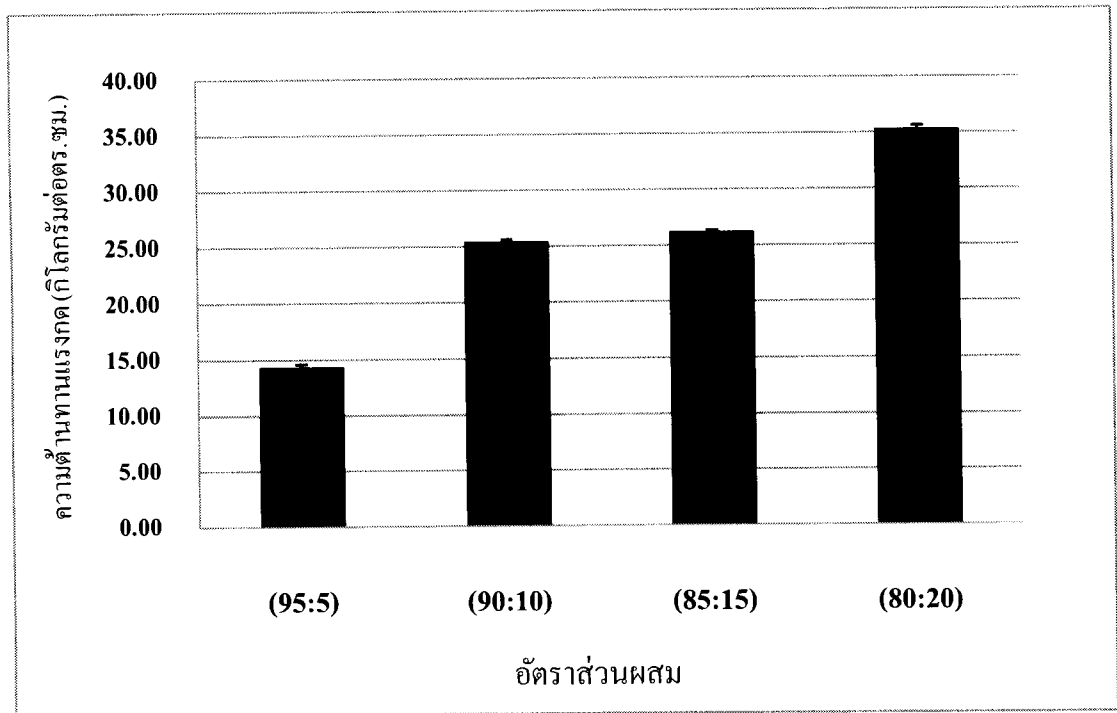
จากผลการทดลองการหาค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสม (ภาพที่ 4-12) พบว่า ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงแต่ละอัตราส่วนผสมมีค่าแตกต่างกัน เมื่อมีอัตราส่วนผสมของตัวประสานที่มากขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากตัวประสานทำหน้าที่ในการยึดเกาะกันได้ดี ส่งผลให้ความหนาแน่นมีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งที่อัตราส่วนผสม 95 : 5, 90 : 10, 85 : 15 และ 80 : 20 มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.65 ± 0.02 , 0.74 ± 0.01 , 0.77 ± 0.01 และ 0.84 ± 0.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ



ภาพที่ 4-12 ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสม

ค่าต้านทานแรงกด

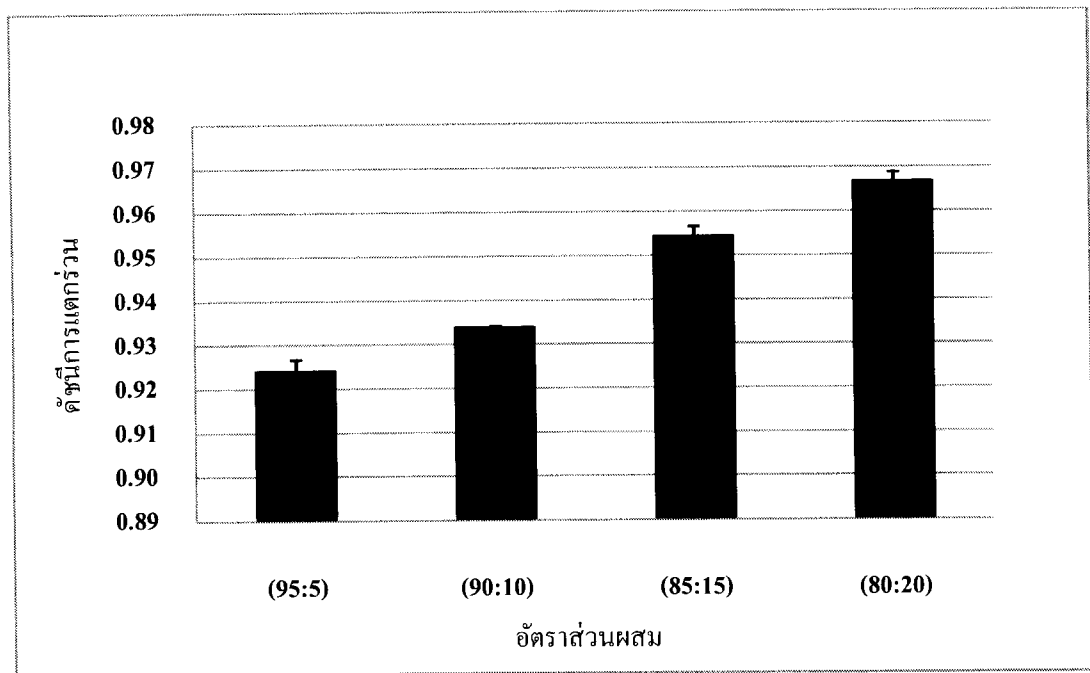
จากผลการทดลองการหาค่าต้านทานแรงกดของเชื้อเพลิงอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสม (ภาพที่ 4-13) พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งแต่ละอัตราส่วนผสมมีค่าต้านทานแรงกดที่แตกต่างกัน โดยค่าต้านทานแรงกดมีแนวโน้มเดียวกันกับอัตราส่วนผสมที่มีตัวประสานอยู่มากขึ้น โดยที่อัตราส่วนผสม 95 : 5, 90 : 10, 85 : 15 และ 80 : 20 เชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าต้านทานแรงกดเท่ากับ 14.29 ± 0.32 , 25.38 ± 0.25 , 26.20 ± 0.21 และ 35.25 ± 0.42 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาการเพิ่มมูลค่าของเศษซังข้าวโพดโดยนำมาทำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน พบว่า ค่าความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงมีแนวโน้มสูงขึ้นตามสัดส่วนของแป้งมันสำปะหลัง (ชมธิดา ชื่นนิยม, 2553)



ภาพที่ 4-13 ค่าด้านทานแรงกดของเชื้อเพลิงอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสม

ดัชนีการแตกร่วน

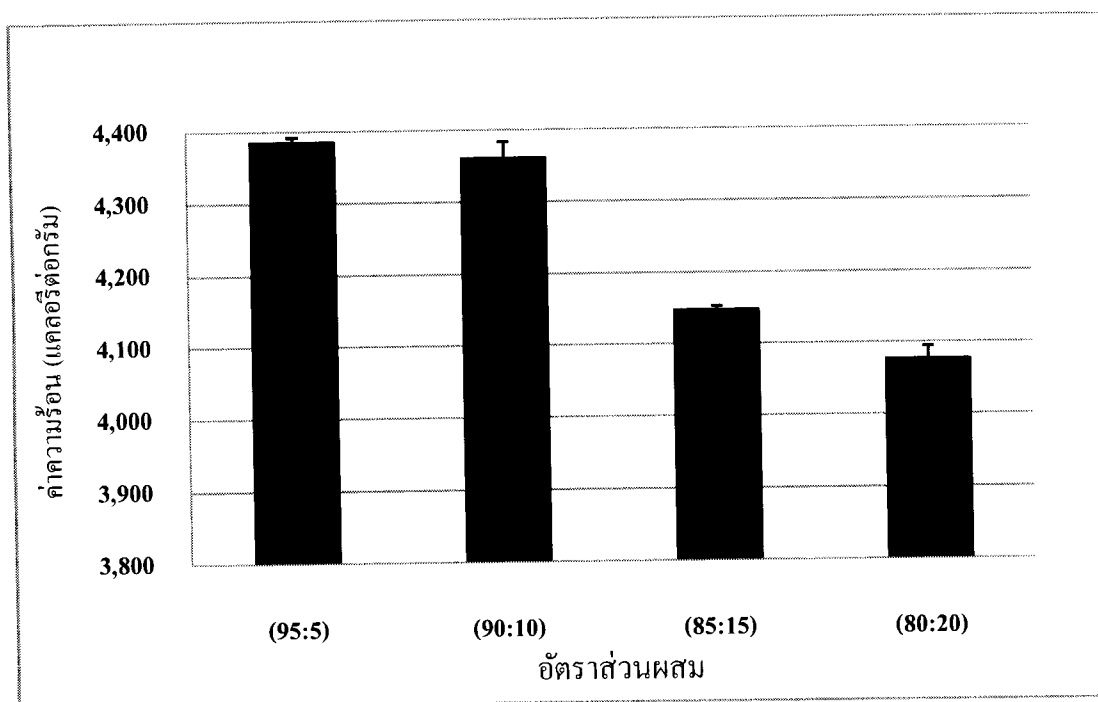
จากผลการทดลองการหาดัชนีการแตกร่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสม (ภาพที่ 4-14) พบว่า อัตราส่วนผสมต่าง ๆ ของเชื้อเพลิงอัดแท่งมีผลต่อดัชนีการแตกร่วน เมื่ออัตราส่วนผสมของตัวประสานเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ค่าดัชนีการแตกร่วนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย โดยที่อัตราส่วนผสม 95 : 5, 90 : 10, 85 : 15 และ 80 : 20 มีค่าดัชนีการแตกร่วนเท่ากับ 0.92 ± 0.003 , 0.93 ± 0.000 , 0.95 ± 0.002 และ 0.97 ± 0.002 ตามลำดับ โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีค่าดัชนีการแตกร่วนอยู่ระหว่าง 0.5 – 1.0 แสดงว่า มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน เนื่องจากดัชนีการแตกร่วนที่มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีการจับตัวกันอย่างดี ทำให้การแตกร่วนมีน้อย (Teixeira, Pena, & Miguel, 2010)



ภาพที่ 4-14 ดัชนีการแปรปรวนของเชื้อเพลิงอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสม

ค่าพลังงานความร้อน

จากผลการทดลองการหาค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสม (ภาพที่ 4-15) พบว่า อัตราส่วนผสมของตัวประสานมีลักษณะแปรผกผันกับค่าพลังงานความร้อน โดยเมื่ออัตราส่วนผสมของตัวประสานที่เพิ่มสูงขึ้นที่ 95 : 5, 90 : 10, 85 : 15 และ 80 : 20 มีค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ $4,385.45 \pm 6.73$, $4,361.43 \pm 22.06$, $4,147.70 \pm 5.18$ และ $4,076.94 \pm 17.40$ แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งค่าพลังงานความร้อนที่ได้มีค่าสูงกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ทำจากเปลือกกล้วย (Wilaipon, 2009) ดินฟอกสี (Sri et al., 2011) แต่มีค่าต่ำกว่าค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้ (Supatatact et al., 2013) เนื่องจากมีกระบวนการเผาจนกลายเป็นถ่าน ทำให้ค่าพลังงานความร้อนสูงขึ้นทั้งนี้ที่อัตราส่วนผสม 95 : 5 ค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดแต่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (ภาคผนวก ข) กับค่าพลังงานความร้อนของอัตราส่วนผสม 90 : 10



ภาพที่ 4-15 ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งในแต่ละอัตราส่วนผสม

จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1 โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน แล้วนำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าพลังงานความร้อน พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างหญ้าเนเปียร์ : ตัวประสาน ที่อัตราส่วนผสม 90 : 10 มีค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ $4,361.43 \pm 22.06$ แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันกับที่อัตราส่วนผสม 95 : 5 ซึ่งมีค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุด แต่เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงแล้วจะเห็นได้ว่า อัตราส่วนผสม 90 : 10 มีความหนาแน่นสูงกว่า มีดัชนีการแตก่วนที่สูงกว่า ซึ่งแสดงถึงการยึดเกาะกันได้ดี และมีค่าต้านทานแรงกดมากกว่า จึงไม่แตกเปราะง่าย เป็นผลดีต่อกระบวนการขนส่ง และการเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง ดังนั้นเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างหญ้าเนเปียร์กับตัวประสานที่ อัตราส่วน 90 : 10 มีความเหมาะสมสำหรับการผลิต

ตารางที่ 4-5 คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง
จากหญ้าเนเปียร์ที่มีอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน

| คุณสมบัติของ เชื้อเพลิงอัดแท่ง | อัตราส่วนผสมของ หญ้าเนเปียร์ : ตัวประสาน | | | |
|---|--|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | 95 : 5 | 90 : 10 | 85 : 15 | 80 : 20 |
| 1. ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร) | 0.65 ± 0.02^a | 0.74 ± 0.01^b | 0.77 ± 0.01^c | 0.84 ± 0.01^d |
| 2. ค่าต้านทานแรงกด (กิโลกรัมต่อตาราง เซนติเมตร) | 14.29 ± 0.32^a | 25.38 ± 0.25^b | 26.20 ± 0.21^c | 35.25 ± 0.42^d |
| 3. ดัชนีการแตกร่วน | 0.92 ± 0.003^a | 0.93 ± 0.000^b | 0.95 ± 0.002^c | 0.97 ± 0.002^d |
| 4. ค่าพลังงานความร้อน (แคลอรีต่อกรัม) | $4,385.45 \pm$ 6.73^c | $4,361.43 \pm$ 22.06^c | $4,147.70 \pm$ 5.18^b | $4,076.94 \pm$ 17.40^a |

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,c, และ d ที่เหมือนกันในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p < .05$)

การศึกษาการลดความชื้นที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์

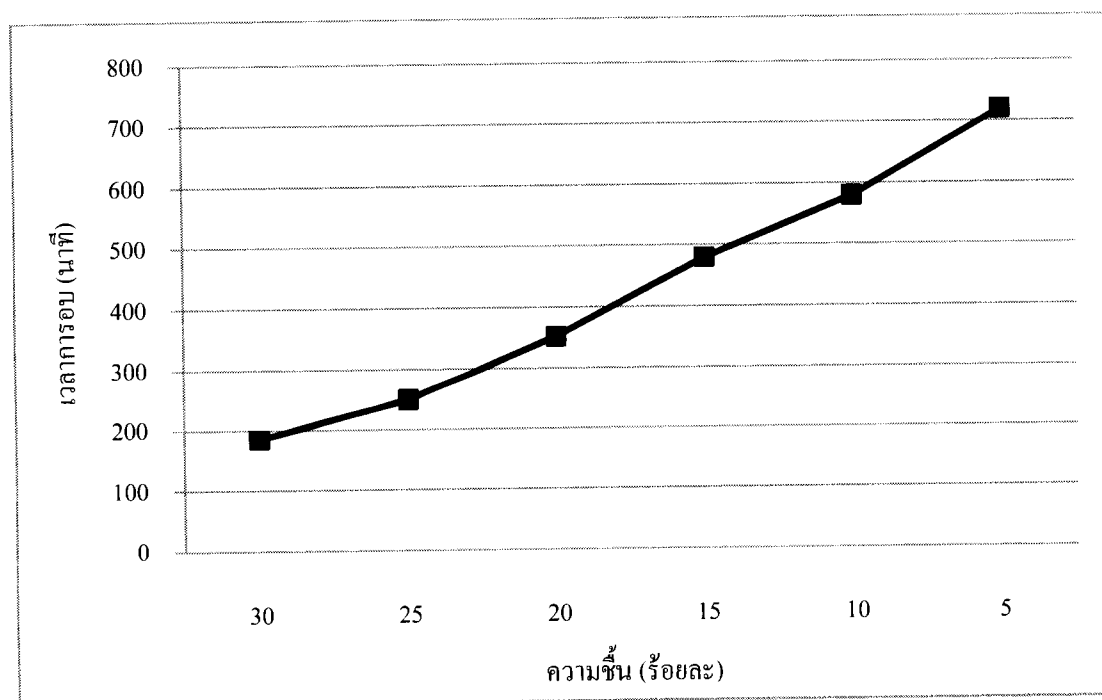
เมื่อได้เชื้อเพลิงที่อัดแท่งเรียบร้อยแล้ว จะเห็นว่าหลังจากการอัดแท่งแล้วเชื้อเพลิงอัดแท่ง
มีความชื้นประมาณร้อยละ 35 – 40 ซึ่งมีความชื้นสูงไม่เหมาะแก่การนำเชื้อเพลิงอัดแท่งไปใช้ จึงนำ
แท่งเชื้อเพลิงมาลดความชื้นให้เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ โดยพิจารณาจากค่าพลังงานความ
ร้อนของแท่งเชื้อเพลิง ประกอบกับระยะเวลาการอบและความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในการอบ
จากผลการศึกษาการลดความชื้นที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ให้
มีความชื้นที่ระดับแตกต่างกัน พบว่า ต้องใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกันในการอบแท่งเชื้อเพลิงให้มี
ความชื้นที่ต่ำลง เมื่อต้องการให้ความชื้นเหลือน้อยลง ต้องใช้เวลาในการอบที่นานขึ้น ทำให้
สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในการอบมากขึ้น โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นคงเหลือเท่ากับร้อยละ

5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ต้องใช้ระยะเวลาในการรอบเท่ากับ 720, 580, 480, 352, 250 และ 185 นาที ตามลำดับ และมีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 33.6, 28, 22.4, 16.8, 11.2 และ 8.4 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 4-5)

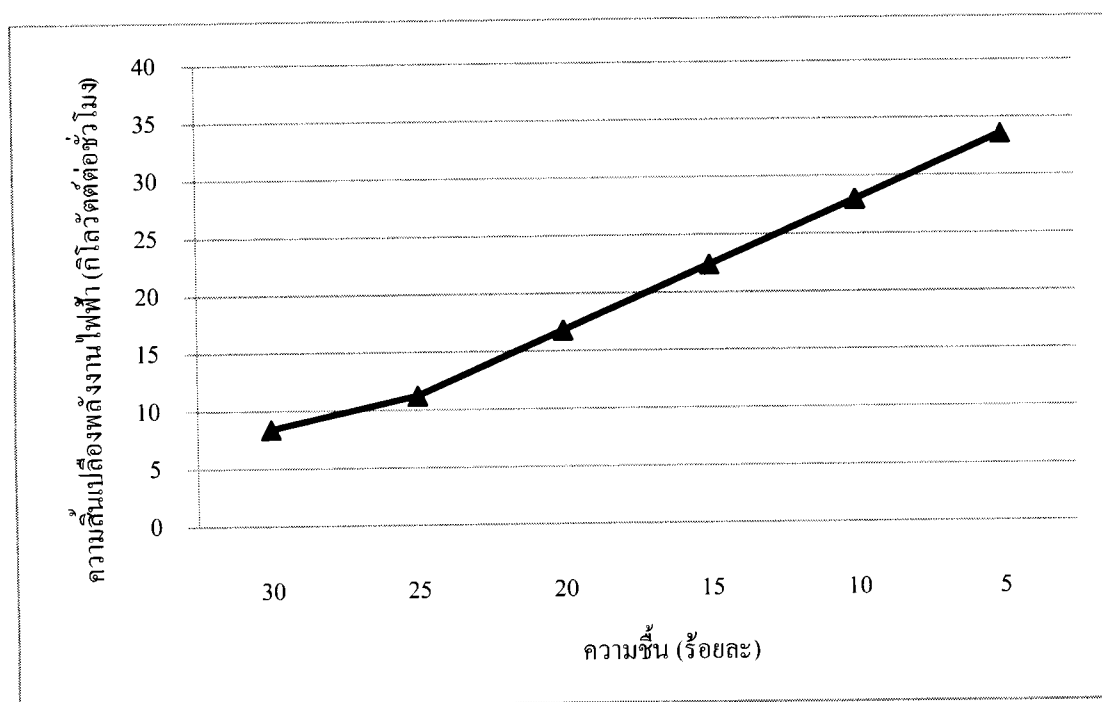
ตารางที่ 4-6 เวลาในการรอบและความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในการรอบแท่งเชื้อเพลิง

| ปัจจัยในการลดความชื้น | ความชื้น (ร้อยละ) | | | | | |
|---|-------------------|------|------|------|-----|------|
| | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 | 5 |
| 1. เวลาการรอบ (นาที) | 185 | 250 | 352 | 480 | 580 | 720 |
| 2. ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง) | 8.4 | 11.2 | 16.8 | 22.4 | 28 | 33.6 |

หมายเหตุ อบอุ่นอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4-16 ระยะเวลาการรอบเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นที่แตกต่างกัน



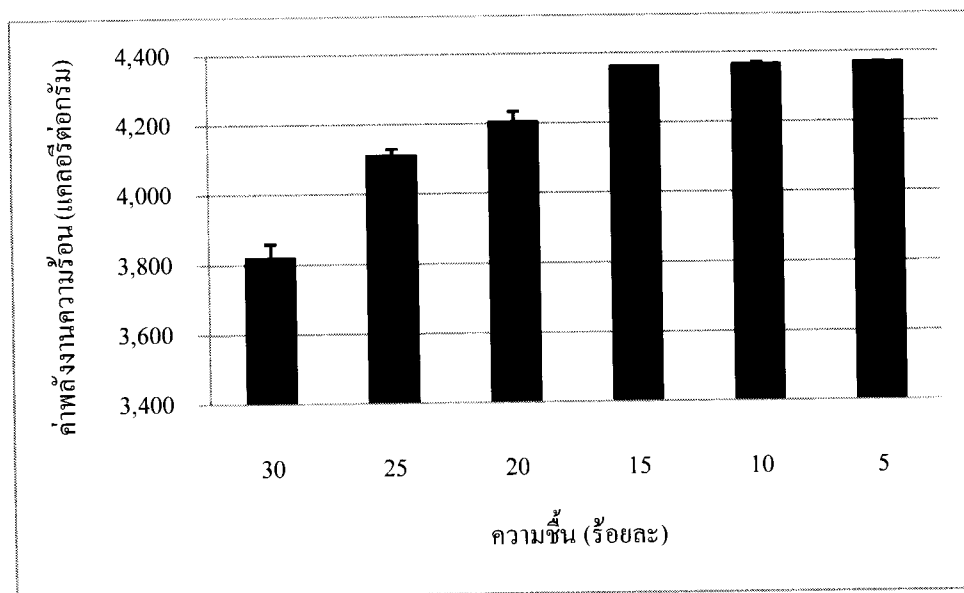
ภาพที่ 4-17 ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในการอบเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นที่แตกต่างกัน

เมื่อนำแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการอบในตู้อบลมร้อนให้มีความชื้นที่แตกต่างกันมาวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน (ภาพที่ 4-16) พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นสูงสุด (ร้อยละ 30) มีค่าพลังงานความร้อนต่ำที่สุด เท่ากับ $3,819.38 \pm 39.80$ แคลอรีต่อกรัม เมื่อใช้ระยะเวลาในการอบเชื้อเพลิงอัดแท่งให้ยาวนานขึ้นทำให้ความชื้นมีค่าลดลง ส่งผลให้มีค่าพลังงานความร้อนที่สูงขึ้น โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นร้อยละ 15, 10 และ 5 มีค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ $4,362.09 \pm 1.11$, $4,366.02 \pm 5.28$ และ $4,369.10 \pm 3.10$ แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (ภาคผนวก ข) และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการอบและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการลดความชื้น จะเห็นได้ว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นเหลือร้อยละ 15 ใช้เวลาในการลดความชื้นน้อย ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต่ำลงด้วย จึงเหมาะสมแก่การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ตารางที่ 4-7 ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ที่มีความชื้นที่แตกต่างกัน

| ความชื้นคงเหลือ (ร้อยละ) | ค่าพลังงานความร้อน (แคลอรีต่อกรัม) |
|--------------------------|------------------------------------|
| 30 | 3,819.38± 39.80 ^a |
| 25 | 4,111.00± 19.08 ^b |
| 20 | 4,205.96± 28.98 ^c |
| 15 | 4,362.09± 1.11 ^d |
| 10 | 4,366.02± 5.28 ^d |
| 5 | 4,369.10± 3.10 ^d |

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,c และ d ที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)



ภาพที่ 4-18 ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นที่แตกต่างกัน

บทที่ 5

อภิปรายผลและสรุปผลการวิจัย

อภิปรายผล

การศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าพลังงานความร้อนของหญ้าเนเปียร์ (สายพันธุ์ปากช่อง 1)

การศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าพลังงานความร้อนของหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1 โดยเลือกหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุแตกต่างกัน คือ อายุ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 เดือน สำหรับมาวิเคราะห์เพื่อหาช่วงอายุที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงดังนี้ ความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหยได้ ปริมาณคาร์บอนคงตัว และวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อน ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่บ่งบอกถึงความสามารถในการนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ผลการทดลองที่ได้พบว่า ความชื้นของหญ้าเนเปียร์มีค่าแปรผกผันกับการเพิ่มขึ้นของอายุ เมื่อหญ้าเนเปียร์มีอายุมากขึ้นจะมีความชื้นลดต่ำลง ในขณะที่ปริมาณเถ้ามีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามอายุของหญ้าเนเปียร์ที่มากขึ้น ความชื้นและเถ้าของหญ้าเนเปียร์นั้นเป็นองค์ประกอบที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้เมื่อนำไปอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงแล้ว วัสดุที่มีความชื้นสูงจะทำให้ค่าพลังงานความร้อนนั้นต่ำลง การจุดติดไฟยาก และเกิดควันในการเผาไหม้ สำหรับปริมาณสารระเหยและคาร์บอนคงตัวเป็นองค์ประกอบที่สามารถเผาไหม้ได้ ถ้ามีปริมาณสารระเหยอยู่สูง เชื้อเพลิงจะสามารถจุดติดไฟได้ง่าย โดยพบว่า ปริมาณสารระเหยมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตามอายุของหญ้าเนเปียร์ที่มากขึ้น ในขณะที่ปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานความร้อนในทิศทางเดียวกัน ซึ่งพบว่า หญ้าเนเปียร์ที่มีอายุมากขึ้นมีแนวโน้มของปริมาณคาร์บอนคงตัวที่ต่ำลง ทั้งนี้เป็นผลมาจากหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุมากขึ้น มีปริมาณเถ้าและสารระเหยที่เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนคงตัวนั้นลดลง และเมื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อนซึ่งนับเป็นปัจจัยสำคัญในการคัดเลือกวัสดุมาใช้สำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง พบว่า ค่าพลังงานความร้อนแปรผันตรงกับอายุของหญ้าเนเปียร์ หญ้าเนเปียร์ที่มีอายุมาก จะมีค่าพลังงานความร้อนที่สูงตามไปด้วย

หญ้าเนเปียร์ที่มีอายุ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 เดือน มีค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ $3,325.33 \pm 34.44$, $3,405.11 \pm 11.10$, $3,557.33 \pm 17.50$, $3,585.78 \pm 13.83$, $3,584.56 \pm 19.61$ และ $3,591.00 \pm 12.06$ แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ จะสังเกตเห็นได้ว่าหญ้าเนเปียร์อายุ 4, 5 และ 6 เดือนมีค่าพลังงานความร้อนที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า มีค่าพลังงานความร้อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (ภาคผนวก ข) เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการปลูกหรือเวลาในการเก็บเกี่ยว หญ้าเนเปียร์อายุ 4 เดือน ใช้ระยะเวลาในการปลูกที่สั้นกว่า สามารถเก็บเกี่ยวได้เร็วกว่าอายุ 5 และ 6 เดือน สามารถป้อนเข้าสู่การผลิตได้เร็วขึ้น ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการดูแล เช่น ค่าน้ำ ค่าปุ๋ย เป็นต้น ดังนั้นจึงเลือกใช้หญ้าเนเปียร์ที่มีอายุ 4 เดือน สำหรับนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อไป

และเมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของหญ้าเนเปียร์กับชีวมวลแหล่งอื่น ๆ (ตารางที่ 5-1) จะเห็นได้ว่าแกลบ ทะลายปาล์ม กะลาปาล์ม ชังข้าวโพด และลำต้นมันสำปะหลัง มีค่าพลังงานความร้อนที่สูงกว่าหญ้าเนเปียร์ แต่ชีวมวลเหล่านี้ล้วนมีการนำไปใช้ผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งแต่เดิมอยู่แล้ว เก็บเกี่ยวได้ตามฤดูกาล และมีผลผลิตที่ไม่แน่นอนและไม่ต่อเนื่อง ซึ่งปัจจุบันไม่เพียงพอต่อความต้องการในตลาดการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ในขณะที่หญ้าเนเปียร์มีค่าพลังงานความร้อนที่สูงกว่าแหล่งชีวมวล เช่น ชานอ้อย เปลือกถั่วลิสง ลำต้นฝ้าย ทั้งยังเป็นแหล่งชีวมวลชนิดใหม่ที่สามารถปลูกได้ง่าย เก็บเกี่ยวได้รวดเร็ว สม่ำเสมอ มีผลผลิตที่สูงอีกด้วย นับได้ว่าหญ้าเนเปียร์มีศักยภาพในการเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ตารางที่ 5-1 เปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของแหล่งชีวมวลที่แตกต่างกัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

| ชีวมวล | ค่าพลังงานความร้อน (แคลอรีต่อกรัม) |
|-------------------|------------------------------------|
| 1. แกลบ | 4,401.61 |
| 2. ชานอ้อย | 3,441.68 |
| 3. ทะลายปาล์ม | 4,268.64 |
| 4. กะลาปาล์ม | 4,412.04 |
| 5. เปลือกถั่วลิสง | 3,025.81 |

ตารางที่ 5-1 (ต่อ)

| ชีวมวล | ค่าพลังงานความร้อน (แคลอรีต่อกรัม) |
|------------------------------|------------------------------------|
| 6. ลำต้นฝ้าย | 3,463.19 |
| 7. ชังข้าวโพด | 4,311.66 |
| 8. ลำต้นมันสำปะหลัง | 4,402.48 |
| 9. หญ้าเนเปียร์ ¹ | 3,557.33 |

หมายเหตุ 1 : หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1

การศึกษาอัตราส่วนผสมของตัวประสานที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งจาก หญ้าเนเปียร์

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์เริ่มต้นจากนำหญ้าเนเปียร์ที่เตรียมไว้มาผสมกับตัวประสานในอัตราส่วนผสมที่กำหนด แล้วทำการอัดแท่งผ่านเครื่องอัดแท่ง จากผลการทดลองพบว่า การใช้หญ้าเนเปียร์ในการอัดแท่งโดยไม่มีตัวประสานมีความสามารถในการอัดได้ไม่ดี เชื้อเพลิงที่ได้มีลักษณะไม่คงรูป เนื่องจากไม่มีตัวประสานซึ่งทำหน้าที่เป็นเสมือนกาวเชื่อมให้เกิดการยึดเกาะกันได้ดี ในขณะที่อัตราส่วนผสมระหว่างหญ้าเนเปียร์กับตัวประสาน เท่ากับ 95 : 5, 90 : 10, 85 : 15 และ 80 : 20 สามารถอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ง่าย และสามารถคงรูปได้ จึงนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงต่อไป และปัจจัยในการอัดแท่ง คือ เวลาและความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า พบว่า ในอัตราส่วนผสมที่มีตัวประสานมากขึ้นสามารถอัดแท่งได้ง่ายขึ้น เนื่องจากมีตัวประสานและน้ำที่ช่วยให้สามารถอัดแท่งผ่านเครื่องอัดแท่งได้ดีขึ้น ส่งผลให้ใช้เวลาในการอัดน้อยลง และเมื่อวัดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ผลที่ได้มีค่าแปรผันตรงกับระยะเวลาในการอัด

สำหรับผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ โดยการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นซึ่งแสดงถึงความสามารถในการอัดและจัดเรียงตัวของอนุภาคในแท่งเชื้อเพลิง ดังนั้นเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีค่าความหนาแน่นที่สูงจะเป็นผลดีต่อการผลิต จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของตัวประสานในการอัดแท่ง ทำให้ความหนาแน่นเพิ่มสูงขึ้น เป็นผลมาจากตัวประสาน

ที่ช่วยในการยึดติดกันระหว่างหญ้าเนเปียร์ได้ดี และเรียงตัวกันอย่างหนาแน่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษชังข้าวโพด โดยการเพิ่มสัดส่วนของตัวประสานคือ แป้งมันสำปะหลังและกากน้ำตาล พบว่า ความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากแป้งและกากน้ำตาลมีความหนืดสูง ทำให้อนุภาคของเศษชังข้าวโพดยึดติดกันได้ดีขึ้น (ชมธิดา ชื่นนิยม, 2553)

ค่าต้านทานแรงกด เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความแข็งแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องมีค่าต้านทานแรงกดที่เหมาะสม โดยจะเป็นประโยชน์สำหรับการขนย้าย ขนส่ง หรือการเก็บรักษาในที่ ๆ ต้องมีการซ้อนทับกันเป็นจำนวนมากของแท่งเชื้อเพลิงก่อนนำไปใช้งาน โดยค่าต้านทานแรงกดที่มีค่ามากจะส่งผลให้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น (Olorunnisola, 2007) ทั้งนี้จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ที่มีอัตราส่วนของตัวประสานเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีค่าต้านทานแรงกดมากขึ้นด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากตัวประสานที่เป็นของเหลวเข้าไปช่วยในการยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของหญ้าเนเปียร์ที่ใช้ที่เป็นของแข็ง ทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้นเช่นเดียวกับงานวิจัยการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากสบู่ดำที่พบว่า ค่าต้านทานแรงกดจะแปรผันตามสัดส่วนวัตถุดิบที่มีความหนาแน่นสูง (เกรียงไกร วงศาโรจน์ และคณะ, 2554)

ดัชนีการแตกร่วนหรือดัชนีการแตกกระจาย เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความแข็งแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งเช่นเดียวกับค่าต้านทานแรงกด แต่จะมีการทดสอบที่แตกต่างกัน ในระหว่างการขนย้ายเชื้อเพลิงอัดแท่ง อาจเกิดการร่วนหล่นของแท่งเชื้อเพลิงจากที่สูงมากระแทกพื้นดินหรือคอนกรีต ดังนั้นค่าดัชนีการแตกร่วนที่มีค่าสูงจึงแสดงถึงความแข็งแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ดี (Sotannde, Oluyege, & Abah, 2010) โดยผลการวิเคราะห์ดัชนีการแตกร่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์พบว่า เมื่ออัตราส่วนผสมของตัวประสานเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีค่าดัชนีการแตกร่วนที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับค่าความหนาแน่น และค่าต้านทานแรงกด

ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง แสดงถึงประสิทธิภาพในการนำไปใช้ เป็นปัจจัยหลักในการพิจารณาเลือกใช้เชื้อเพลิงอัดแท่ง เมื่อเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มีค่าพลังงานความร้อนสูงจะส่งผลดีต่อการเผาไหม้และให้ความร้อนที่สูงด้วย จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ค่าพลังงาน

ความร้อนจะแปรผกผันกับอัตราส่วนของตัวประสานที่เพิ่มสูงขึ้น โดยอัตราส่วนผสมเท่ากับ 95 : 5 ให้ค่าพลังงานความร้อนที่สูงที่สุด คือ $4,385.45 \pm 6.73$ แคลอรีต่อกรัม ซึ่งเป็นผลมาจากมีตัวประสานอยู่น้อยที่สุด และมีสัดส่วนของหยู่นาเนเปียร์อยู่สูง จึงส่งผลให้มีค่าพลังงานความร้อนที่สูงด้วย แต่จะสังเกตได้ว่าที่อัตราส่วนผสม 95 : 5 และ 90 : 10 มีค่าพลังงานความร้อนที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าพลังงานความร้อนที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (ภาคผนวก ข) แสดงว่าทั้ง 2 อัตราส่วนผสมให้ค่าพลังงานความร้อนอยู่ในระดับเดียวกัน และเมื่อนำผลการทดลองของค่าความหนาแน่น ค่าต้านทานแรงกด และดัชนีการแตกร่วนมาประกอบการพิจารณาด้วยแล้ว พบว่า ที่อัตราส่วนผสมเท่ากับ 90 : 10 เชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าความหนาแน่น ค่าต้านทานแรงกด และค่าดัชนีการแตกร่วนที่ดีกว่าอัตราส่วนผสม 95 : 5 ซึ่งจะส่งผลดีต่อความแข็งแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง อีกทั้งช่วยในการเก็บรักษาและการขนส่ง ดังนั้นอัตราส่วน 90 : 10 ซึ่งมีค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ $4,361.43 \pm 22.06$ แคลอรีต่อกรัม จึงเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหยู่นาเนเปียร์

การศึกษาการลดความชื้นที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหยู่นาเนเปียร์

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากหยู่นาเนเปียร์ที่ได้หลังจากการอัดแท่งเสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีความชื้นคงเหลืออยู่มากประมาณร้อยละ 35 – 40 ซึ่งมาจากตัวประสานที่มีน้ำผสมอยู่ จึงไม่สามารถนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ไปใช้งานได้ทันที ต้องทำการลดความชื้นก่อนเพื่อให้เหมาะแก่การนำไปใช้ โดยทั่วไปแล้วการผลิตเชื้อเพลิงหรือถ่านอัดแท่งจะมีความชื้นอยู่ประมาณร้อยละ 8 – 10 (ธนพล ตันติสัตยกุล, สุริฉาย พงษ์เกษม, ปรีษฐ์วิณ ภูหญ้า, และภาณุวัฒน์ ไถ่บ้านกวย, 2558) การลดความชื้นนั้นจะใช้การอบด้วยตู้อบลมร้อนซึ่งจะเป็นส่วนของต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้นของพลังงานไฟฟ้าตามระยะเวลาในการอบ ดังนั้นการศึกษการลดความชื้นที่เหมาะสมจึงเป็นการศึกษาเพื่อลดต้นทุนในการผลิต โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่ออบเชื้อเพลิงอัดแท่งให้มีความชื้นคงเหลือร้อยละ 15, 10 และ 5 พบว่า มีค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ $4,362.09 \pm 1.11$, $4,366.02 \pm 5.28$ และ $4,369.10 \pm 3.10$ แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งค่าพลังงานความร้อนที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (ภาคผนวก ข) และเมื่อเปรียบเทียบเวลาและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการลดความชื้น จะเห็นได้ว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นเหลือร้อยละ 15 ใช้เวลาในการลดความชื้นน้อย ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต่ำลงด้วย จึงเหมาะสมแก่การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

สรุปผลการวิจัย

1. กล้วยเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1 มีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและมีค่าพลังงานความร้อนที่เหมาะสมสำหรับนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง
2. อัตราส่วนผสมระหว่างกล้วยเนเปียร์กับตัวประสาน เท่ากับ 90 : 10 เป็นอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง เนื่องจากมีค่าพลังงานความร้อนที่สูง และมีค่าความหนาแน่น ค่าต้านทานแรงกด และค่าดัชนีการแตก่วนที่ดี ซึ่งส่งผลให้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีความแข็งแรงด้วย
3. เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นคงเหลือร้อยละ 15 มีค่าพลังงานความร้อนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาต่อไป อาจทดลองใช้ตัวประสานที่แตกต่างกัน หรือผสมผสานกัน เพื่อจะได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น
2. การศึกษาต่อไป อาจนำกล้วยเนเปียร์มาเผาแล้วนำมาอัดแท่งเป็นถ่านอัดแท่ง เพื่อนำมาเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนว่าซึ่งอาจเพิ่มสูงขึ้น
3. การนำผลการทดลองไปใช้ในทางอุตสาหกรรม หรือเชิงพาณิชย์ จะต้องพิจารณาถึงการลงทุนและผลตอบแทนที่คุ้มค่าประกอบด้วย

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. (2551). *คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 4 พลังงานชีวมวล*.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. (2551). *คู่มือพลังงานชีวมวล*.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. (2554). *รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย 2554*.
- กระทรวงพลังงาน. (2551). *แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551 - 2565)*.
- เกรียงไกร วงศาโรจน์, ธนิต สวัสดิ์เสวี, นริศ ประทีนทองและประธาน วงศ์ศรีเวช. (2554). การผลิตแห้งเชื้อเพลิงชีวมวลจากสับปะรด. *วิศวกรรมสาร มช*, 38(1), 65-72.
- ไกรลาส เขียวทอง. (2555). *คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1*. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ นครราชสีมา.
- ชมธิดา ชื่นนิยม. (2553). *การศึกษาการเพิ่มมูลค่าของเศษขังข้าวโพด โดยการทำให้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ชาญยุทธ เทพพานิช. (2552). *การผลิตและทดสอบคุณสมบัติของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากมันสำปะหลัง และกากตะกอนน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพของโรงงานแปรงมันสำปะหลัง*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- ฐิติพร เจาะจง และศิริขวัญ กาศเกษม. (2556). *เชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก*. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- ทองทิพย์ พูลเกษม. (2542). *การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่านในการหุงต้มในครัวเรือน*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ธนาพล ดันดีสัตยกุล, สุริยา พงษ์เกษม, ปรีดิ์ปวีณ ภูหญ้า และภาณุวัฒน์ ไถ้บ้านกวย. (2558). พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากทางมะพร้าว. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 23(3), 23-33.

- ธำรงค์ศักดิ์ พลบำรุง. (2539). *หญ้าเนเปียร์*. กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- น้ำเพชร พันธุ์พัฒนา และสุภวัฒน์ วิวรรณภัทรกิจ. (2555). *ศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยไบโอแก๊ส ที่ผลิตจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาสหสาขาวิชา, เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บัญญัติ โจลานันท์, อาทิตย์ พุทธรักษาดี และจันสุดา คำ. (2554). พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งไมยราบยักษ์. *วิศวกรรมสาร มช*, 16(1), 20-31.
- มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. (2547). *โครงการศึกษาแนวทางการสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์*. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน.
- รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล. (2553). *การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้งน้ำมันสำปะหลัง*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาสาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ลลนา บุญญาอารักษ์. (2554). *การศึกษาค่าพลังงานความร้อนของถ่านชีวมวลจากวัสดุท้องถิ่นที่เหลือใช้*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.
- ลักขณา วุฒิปราชญ์อำไพ, กานดา นาคมณี, วีระพล พูนพิพัฒน์ และสุภาพร มนต์ชัยกุล. (2541). *ผลของระยะปลูกที่มีต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์แคระ 3 พันธุ์ ในพื้นที่จังหวัดชัยนาท*. กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จังหวัดชัยนาท.
- สงวนศักดิ์ ศรีปลั่ง. (2550). *การผลิตเชื้อเพลิงแท่งโดยการอัดรีดชีวมวลผสมถ่านชาร์จากตะกอนน้ำเสีย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุพจน์ เดชผล. (2546). *การศึกษาศักยภาพและประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนน้ำเสียโรงงานน้ำตาลผสมกับขานอ้อย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์. (2554). *การสร้างเตาหุงต้มเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับชุมชน*. สถาบันวิจัยและพัฒนา, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- สุริยา ชัยเดชทยากุล. (2544). การทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากส่วนผสมกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียและเศษชิ้นไม้สับของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและสหกรณ์. (2554). สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2554. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล. (2549). ชีวมวล. กรุงเทพฯ: คิว พรินท์ แมเนจเม้นท์ จำกัด.
- ASTM Annual Book of American Society for Testing and Materials Standards. (2008). *Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke ASTM D3173-03*.
- ASTM Annual Book of American Society for Testing and Materials Standards. (2007). *Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke ASTM D5865-07*.
- ASTM Annual Book of American Society for Testing and Materials Standards. (2007). *Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke ASTM D3174-04*.
- ASTM Annual Book of American Society for Testing and Materials Standards. (2007). *Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke ASTM D3175-07*.
- ASTM Annual Book of American Society for Testing and Materials Standards. (2007). *Standard Test Method for Proximate Analysis of Coal and Coke ASTM D3172-07a*.
- Chin, O. C., & Siddiqui, K. M. (2000). Characteristics of some biomass briquettes prepared under modest die pressures. *Biomass Bioenergy*, 18, 223-228.
- Olorunnisola, A. (2007). Production of fuel briquettes from wastepaper and coconut husk admixtures. *AgricEngInt CIGR Ejournal*, 9, 1-11.
- Sotannde, O. A., Oluyeye, A. O., & Abah, G. B. (2010). Physical and combustion properties of briquettes from sawdust of *Azadirachta indica*. *Journal of Forest Research*, 21, 63-67.
- Sri, S., Nur, H., & Sieni, W. (2011). Physical properties characterization of fuel briquette from spent bleaching earth. *Biomass and Bioenergy*, 35, 409-421.
- Supatata, N., Buates, J., & Hariyanont, P. (2013). Characterization of Fuel Briquettes Made from Sewage Sludge Mixed with Water Hyacinth and Sewage Sludge Mixed with Sedge. *International Journal of Environmental Science and Development*, 4, 179-181.

Teixeira, S. R., Pena, A. F., & Miguel, A. G. (2010). Briquetting of charcoal from sugar-cane bagasse fly ash (scbfa) as an alternative fuel. *Waste Management*, 30, 804–807.

Wilaipon, P. (2009). The effects of briquetting pressure on banana-peel briquette and the banana waste in northern Thailand. *American Journal of Applied Science*, 6, 167-171.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์

ความชื้น (มาตรฐาน ASTM D3173)

1. นำถ้วยที่สะอาดไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (A)
2. ใส่ตัวอย่างน้ำหนัก 1 กรัม (B)
3. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงแล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 30 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (C)

สูตรการคำนวณ

$$\text{ความชื้น} = \frac{B - (C - A)}{B} \times 100$$

A = น้ำหนักถ้วยก่อนอบ (กรัม)

B = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

C = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

เถ้า (มาตรฐาน ASTM D3174)

1. เเผถ้วย Crucible พร้อมฝาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีจากนั้นนำออกมาทิ้งให้เย็นแล้วใส่ในโถดูดความชื้น 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (A)
2. ชั่งตัวอย่างน้ำหนัก 3 กรัม ใส่ใน Crucible (B)
3. นำไปเผาในเตาเผา โดยตั้งอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส แล้วค่อย ๆ ปรับเพิ่มให้อุณหภูมิสูงขึ้นจนถึง 600 องศาเซลเซียส แล้วทำการเผาเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
4. นำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปใส่โถดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก (C)

สูตรการคำนวณ

$$\text{เถ้า (\%)} = \frac{(C - A)}{B} \times 100$$

A = น้ำหนักถ้วย Crucible ก่อนอบ (กรัม)

B = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

C = น้ำหนักถ้วย Crucible และตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

สารระเหย (มาตรฐาน ASTM D3175)

1. เผาถ้วย Crucible พร้อมฝาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำออกมาทิ้งให้เย็นแล้วใส่ในโถดูดความชื้น 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (A)
2. ชั่งตัวอย่างน้ำหนัก 1 กรัม ใส่ใน Crucible (B)
3. นำไปเผาในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส แล้วทำการเผาเป็นเวลา 7 นาที แล้วปล่อยให้เย็นในเตา 7 นาที
4. นำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปโถดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก (C)

สูตรการคำนวณ

$$\text{สารระเหย (\%)} = \frac{B - (C - A)}{B} \times (100 - M)$$

A = น้ำหนักถ้วยก่อนอบ (กรัม)

B = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

C = น้ำหนักถ้วย Crucible และตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

คาร์บอนคงตัว (มาตรฐาน ASTM D3172)

สูตรการคำนวณ

$$\text{คาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)} = 100 - (\text{ความชื้น} + \text{เถ้า} + \text{สารระเหย})$$

ค่าความร้อน (มาตรฐาน ASTM D5865)

สารเคมี

- สารละลายแบเรียมคลอไรด์ (BaCl_2)
- กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
- สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (Na_2CO_3)
- สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (AgNO_3)
- เมทิลออเรนจ์ (Methyl Orange)

วิธีการวิเคราะห์

การหาค่ามาตรฐานของเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์

1. ชั่งน้ำหนักถ้วยเผาไหม้ (Combustion Capsule) แล้วใส่กรดเบนโซอิกอัดเม็ดน้ำหนัก 1 กรัม ลงในถ้วยเผาไหม้
2. ตัดลวดยาวประมาณ 10 เซนติเมตร และวัดความยาว ผูกที่ปลายทั้งสองของแท่งอิเล็กโทรดของฝาบอมบ์
3. วางถ้วยเผาไหม้ที่ใส่กรดเบนโซอิกอัดเม็ดบนห่วงอิเล็กโทรดที่ติดอยู่ด้านในของฝาบอมบ์ จัดลวดให้อยู่ที่บริเวณผิวหน้าของกรดเบนโซอิกอัดเม็ด (ระวังอย่าให้ลวดแตะกับถ้วยเผาไหม้)
4. ชั่งน้ำหนักน้ำให้เท่ากับ 2,000 กรัม ให้ละเอียดถึง 0.01 กรัม ใส่ลงในถังบรรจุบอมบ์ (Bucket)
5. ใส่น้ำกลั่นลงในตัวบอมบ์ 1 มิลลิลิตร จากนั้นประกอบฝาบอมบ์เข้ากับตัวบอมบ์ นำไปอัดก๊าซออกซิเจนที่ความดัน 450 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นำไปวางในถังบรรจุบอมบ์ เสียบสายอิเล็กโทรดเข้ากับขั้วทั้งสองของตัวบอมบ์และปิดฝาเครื่อง

6. เปิดสวิตช์ แล้วกดปุ่ม F1 รอประมาณ 15 นาที จนกระทั่งหน้าจอขึ้นคำว่า “Stand by”
 7. กดปุ่ม Start และเมื่อหน้าจอขึ้นคำว่า “Sample ID” ให้พิมพ์ sample ID ที่ต้องการลงไป จากนั้นกดปุ่ม Enter เมื่อหน้าจอขึ้นคำว่า “Sample wt.” ให้ใส่น้ำหนักของกรดเบนโซอิกอัดเม็ด (ตามที่ชั่งมา) แล้วกดปุ่ม Enter จากนั้นเครื่องจะเริ่มทำงาน โดยเครื่องจะมีเสียงสัญญาณสั้นๆ หลายครั้งเมื่อมีการจุกระเบิด
 8. รอจนกระทั่งมีเสียงสัญญาณครั้งที่สอง (ซึ่งเป็นเสียงยาว) กดปุ่ม Done เครื่องจะพิมพ์ผลการทดลองออกมา
 9. เปิดฝาเครื่องบอมบ์ นำบอมบ์ออกจากถังบรรจุบอมบ์ ปลดยก้าชอกจากตัวบอมบ์อย่างช้าๆ จนกระทั่งหมด
 10. ล้างฝาและตัวบอมบ์ พร้อมด้วยถ้วยเผาไหม้ด้วยสารละลาย เมทิลออเรนจ์ (Methyl Orange) (ซึ่งจะได้สารละลายสีแดง) จนกระทั่งได้สารละลายสีเหลืองจึงหยุดล้าง นำน้ำล้างที่ได้มาไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต สังเกตจุดยุติจากการที่สารละลายเปลี่ยนสีจากสีแดงไปเป็นสีเหลือง บันทึกปริมาณสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ใช้ไป
 11. วัดความยาวหลอดที่เหลือ บันทึกค่า
- การหาค่าความร้อนของตัวอย่าง**
1. ชั่งน้ำหนักถ้วยเผาไหม้ (Combustion Capsule) แล้วเติมตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งประมาณ 1 กรัม ลงในถ้วยเผาไหม้
 2. ทำการทดลองเช่นเดียวกับการหาค่ามาตรฐานของเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ตามข้อ

2-11

สูตรที่ใช้ในการคำนวณค่าความร้อน

$$W = \frac{[(H)g + e1 + e2]}{t}$$

โดย W = ค่าความร้อน (แคลอรีต่อองศาเซลเซียส)

H = ค่าความร้อนของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (แคลอรีต่อกรัม)

g = น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (กรัม)

e_1 = การแก้ค่าความร้อนของการเกิดกรดไนตริก (แคลอรี)

= (จำนวน (ml) ของสารละลายโซเดียม ไบคาร์บอเนต)

e_2 = การแก้ค่าความร้อนของลาวด (แคลอรี)

= (2.3 x ความยาวของลาวดที่ใช้เป็นเซนติเมตร)

t = อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นซึ่งได้แก้ค่าเทอร์โมมิเตอร์แล้ว (องศาเซลเซียส)

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางภาคผนวก ข-2 ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าของหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่
แตกต่างกัน

ANOVA

Ash (%)

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| Between Groups | 66.941 | 5 | 13.388 | 207.729 | .000 |
| Within Groups | 3.094 | 48 | .064 | | |
| Total | 70.034 | 53 | | | |

Ash (%)

| Time | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | |
|------|---|-------------------------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2.0 | 9 | 5.53 | | | | |
| 3.0 | 9 | | 6.02 | | | |
| 4.0 | 9 | | | 6.68 | | |
| 5.0 | 9 | | | | 7.92 | |
| 6.0 | 9 | | | | | 8.26 |
| 7.0 | 9 | | | | | 8.38 |
| Sig. | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .325 |

ตารางภาคผนวก ข-3 ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบสารระเหยของหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่
แตกต่างกัน

ANOVA

Volatile Matter (%)

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| Between Groups | 388.008 | 5 | 77.602 | 149.917 | .000 |
| Within Groups | 24.846 | 48 | .518 | | |
| Total | 412.854 | 53 | | | |

ตารางภาคผนวก ข-3 (ต่อ)

Volatile Matter (%)

| Time | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | |
|------|---|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2.0 | 9 | 58.43 | | | | |
| 3.0 | 9 | | 60.11 | | | |
| 4.0 | 9 | | | 61.53 | | |
| 5.0 | 9 | | | | 64.49 | |
| 6.0 | 9 | | | | | 65.19 |
| 7.0 | 9 | | | | | 65.46 |
| Sig. | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .422 |

ตารางภาคผนวก ข-4 ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบคาร์บอนคงตัวของหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน

ANOVA

Fixed carbon (%)

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Between Groups | 155.124 | 5 | 31.025 | 42.547 | .000 |
| Within Groups | 35.001 | 48 | .729 | | |
| Total | 190.126 | 53 | | | |

Fixed carbon (%)

| Time | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
|------|---|-------------------------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5.0 | 9 | 14.17 | | | |
| 6.0 | 9 | 14.17 | | | |
| 7.0 | 9 | 14.20 | | | |

ตารางภาคผนวก ข-4 (ต่อ)

Fixed carbon (%)

| Time | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
|------|---|-------------------------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 4.0 | 9 | | 16.41 | | |
| 3.0 | 9 | | | 17.33 | |
| 2.0 | 9 | | | | 18.38 |
| Sig. | | .945 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

ตารางภาคผนวก ข-5 ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน

ANOVA

Heating Value (cal/g)

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| Between Groups | 586673.481 | 5 | 117334.696 | 138.760 | .000 |
| Within Groups | 40588.667 | 48 | 845.597 | | |
| Total | 627262.148 | 53 | | | |

Heating Value (cal/g)

| Time | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
|------|---|-------------------------|---------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2.0 | 9 | 3325.33 | | | |
| 3.0 | 9 | | 3405.11 | | |
| 4.0 | 9 | | | 3557.33 | |
| 6.0 | 9 | | | 3584.56 | 3584.56 |
| 5.0 | 9 | | | 3585.78 | 3585.78 |
| 7.0 | 9 | | | | 3591.00 |
| Sig. | | 1.00 | 1.00 | .054 | .662 |

ตารางภาคผนวก ข-6 ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมของหญ้าเนเปียร์กับตัวประสานที่แตกต่างกัน

ANOVA

Density (g/cm^3)

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| Between Groups | .162 | 3 | .054 | 140.086 | .000 |
| Within Groups | .012 | 32 | .000 | | |
| Total | .175 | 35 | | | |

Density (g/cm^3)

| Mixed ratio | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
|-------------|---|-------------------------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 95:5 | 9 | .65 | | | |
| 90:10 | 9 | | .74 | | |
| 85:15 | 9 | | | .77 | |
| 80:20 | 9 | | | | .83 |
| Sig. | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

ตารางภาคผนวก ข-7 ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบความต้านทานแรงกดของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมของหญ้าเนเปียร์กับตัวประสานที่แตกต่างกัน

ANOVA

Compressive strength (kg/cm^2)

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|----------|------|
| Between Groups | 1990.387 | 3 | 663.462 | 2729.463 | .000 |
| Within Groups | 7.778 | 32 | .243 | | |
| Total | 1998.165 | 35 | | | |

ตารางภาคผนวก ข-7 (ต่อ)

Compressive strength (kg/cm²)

| Mixed ratio | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
|-------------|---|-------------------------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 95:5 | 9 | 14.29 | | | |
| 90:10 | 9 | | 25.37 | | |
| 85:15 | 9 | | | 26.20 | |
| 80:20 | 9 | | | | 35.25 |
| Sig. | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

ตารางภาคผนวก ข-8 ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบดัชนีการแตกร่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมของหญ้าเนเปียร์กับตัวประสานที่แตกต่างกัน

ANOVA

Shatter index

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| Between Groups | .010 | 3 | .003 | 169.324 | .000 |
| Within Groups | .001 | 32 | .000 | | |
| Total | .011 | 35 | | | |

Shatter index

| Mixed ratio | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
|-------------|---|-------------------------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 95:5 | 9 | .924 | | | |
| 90:10 | 9 | | .93 | | |
| 85:15 | 9 | | | .95 | |
| 80:20 | 9 | | | | .97 |
| Sig. | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

ตารางภาคผนวก ข-9 ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมของหญ้าเนเปียร์กับตัวประสานที่แตกต่างกัน

ANOVA

Heating Value (cal/g)

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| Between Groups | 638781.545 | 3 | 212927.182 | 215.381 | .000 |
| Within Groups | 31635.377 | 32 | 988.606 | | |
| Total | 670416.923 | 35 | | | |

Heating Value (cal/g)

| Mixed ratio | N | Subset for alpha = 0.05 | | |
|-------------|---|-------------------------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 80:20 | 9 | 4076.94 | | |
| 85:15 | 9 | | 4147.70 | |
| 90:10 | 9 | | | 4361.43 |
| 95:5 | 9 | | | 4385.45 |
| Sig. | | 1.00 | 1.00 | .115 |

ตารางภาคผนวก ข-10 ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นแตกต่างกัน

ANOVA

Heating Value (cal/g)

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| Between Groups | 2115667.975 | 5 | 423133.595 | 370.870 | .000 |
| Within Groups | 54764.215 | 48 | 1140.921 | | |
| Total | 2170432.190 | 53 | | | |

ตารางภาคผนวก ข-10 (ต่อ)

Heating Value (cal/g)

| Moisture (%) | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
|--------------|---|-------------------------|---------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 30.0 | 9 | 3819.38 | | | |
| 25.0 | 9 | | 4111.00 | | |
| 20.0 | 9 | | | 4205.96 | |
| 15.0 | 9 | | | | 4362.09 |
| 10.0 | 9 | | | | 4366.02 |
| 5.0 | 9 | | | | 4369.10 |
| Sig. | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .682 |