สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

# บทที่ 4

# ผลการวิจัย

## 4.1 ผลการสำรวจการใช้เชื้อเพลิงและความต้องการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากการสำรวจจำนวนประชากรในพื้นที่ หมู่ที่ 6 ต.บ้านแยง อ.นครไทย จ.พิษณุโลก พบว่ามีประชากรทั้งหมด 115 หลังคาเรือน ในการตรวจสอบข้อมูลรายชื่อผู้ขอขึ้นทะเบียนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่ามีเกษตรหรในพื้นที่ปลูกข้าวโพดทั้งหมด 51 ครัวเรือน จากสมการที่ 1

$$n = \frac{51}{1+\left(51\times 0.05^2\right)} = 6.67 \qquad (7)$$

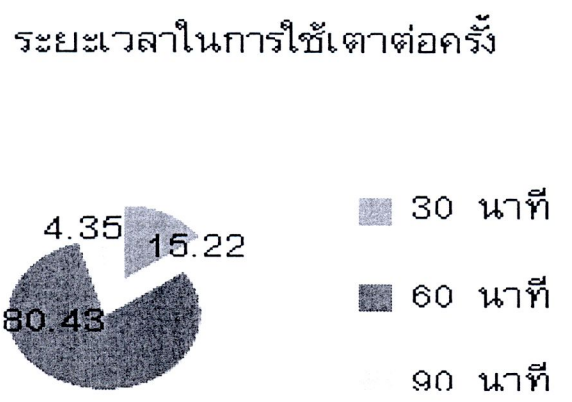
ดังนั้นตัวอย่างที่จะใช้เก็บข้อมูลอย่างน้อยที่สุดคือ 51-7 = 44 ตัวอย่าง ผลดังตารางที่ 1 และ 2

**ตารางที่** 1 แสดงข้อมูลทางการเกษตรเบื้องต้น

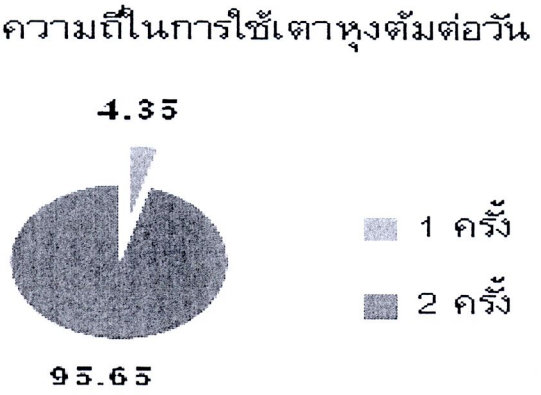
| ข้อมูลทางการเกษตรเบื้องต้น | |
|---|---|
| พื้นที่ปลูกทั้งหมด | 1,324 ไร่ |
| พันธุ์ที่ใช้ปลูก | 888 |
| ปริมาณลำต้นต่อไร่ | 8500 ต้น/ไร่ |
| ปริมาณลำต้นเหลือทิ้ง | 844.05 ตัน |
| การใช้ประโยชน์ | เผาทิ้ง |
| ความสนใจในเชื้อเพลิงเขียว | 100% |

**ตารางที่** 2 แสดงข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงประจำวัน

| ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงประจำวัน | |
|---|---|
| เผาถ่านใช้เอง | 100% |
| ปริมาณการใช้ถ่านต่อเดือน | 68.11 kg |
| ปริมาณการใช้ถ่านต่อปี | 41.68 ตัน |




รูปที่ 13 ระยะเวลาในการใช้เตาต่อครั้ง

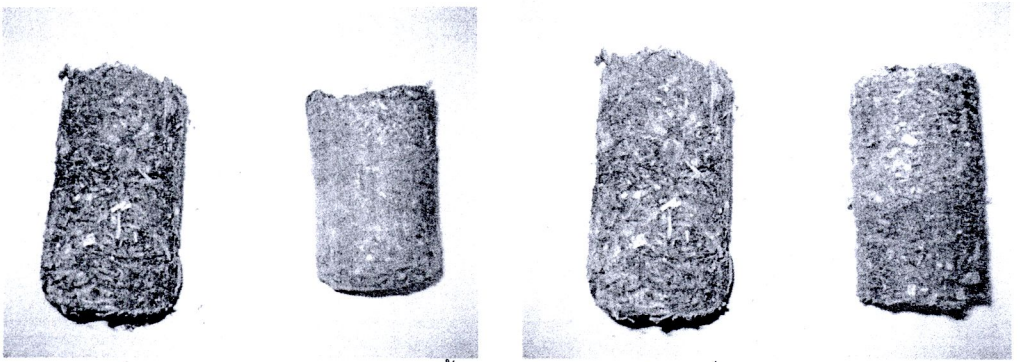



รูปที่ 14 ความถี่ในการใช้เตาต่อครั้ง

จากการสำรวจด้วยวิธีการสัมภาษณ์เกษตรกรทั้ง 46 คน พบว่าเกษตรกรทั้งหมดใช้เตาอั้งโล่หรือเตาเศรษฐกิจในการหุงต้มประกอบอาหาร โดยที่เกษตรจำนวน 44 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 95.7 ประกอบอาหารวันละ 2 ครั้ง เกษตรกรจำนวน 37 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 80.4 ใช้เวลาในการประกอบอาหารต่อครั้งนาน 60 นาที แหล่งที่มาของถ่านทั้งหมด เกษตรกรจะเผาถ่านใช้เองโดยไม่ได้ซื้อถ่านจากภายนอก ปริมาณถ่านที่ใช้ในแต่ละครัวเรือนเฉลี่ยที่ 68.11 กิโลกรัมต่อเดือน หรือประมาณ 41.684 ตันต่อปี และมีความสนใจในการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่ง เหตุผลที่เกษตรกรทั้งหมดสนใจเพราะปัจจุบันราคาฟืนที่จะใช้เผาถ่านมีราคาสูงมาก และไม่ทราบมาก่อนว่าลำต้นข้าวโพดสามารถนำมาผลิตเชื้อเพลิงได้

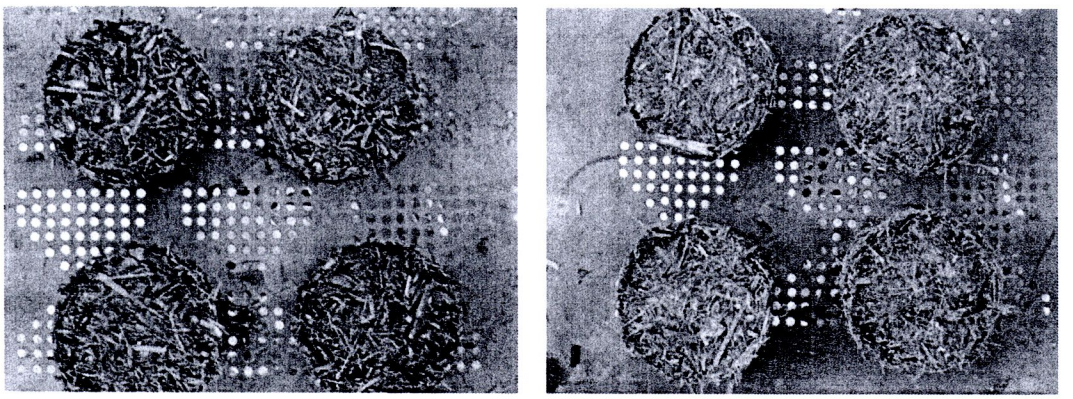
## 4.2 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพการอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียว

การอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียวด้วยเครื่องอัดแบบเอ็กซ์ทรูชัน ที่ทำงานด้วยมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า เป็นต้นกำลัง พบว่าการอัดเชื้อเพลิงเขียว 1 ก้อน ใช้เวลาในการอัด 5 นาที พบว่าก้อนเชื้อเพลิงมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 5.5 เซนติเมตร น้ำหนักของก้อนเชื้อเพลิงจะอยู่ระหว่าง 170 – 200 กรัม



**รูปที่** 15 ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบเอ็กซ์ทรูชัน

การอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียวด้วยเครื่องอัดภูมิปัญญาชาวบ้านที่ทำงานด้วยแรงคนเมื่ออัดจนสุดเต็มพิกัดของแม่แรงจะได้แรงอัดสูงสุดที่ 1 ตัน เมื่อใส่เชื้อเพลิงที่ทำการผสมแล้วด้วยวิธีจำกัดน้ำหนักให้ก้อนเชื้อเพลิงมีน้ำหนักก้อนละ 300 กรัม และใช้แผ่นเหล็กวางกั้นในแต่ละก้อน เพื่อคั่นก้อนเชื้อเพลิงแต่ละก้อน พบว่าการอัดเชื้อเพลิง 1 ครั้งสามารถจะผลิตก้อนเชื้อเพลิงเขียวได้ครั้งละ 4 ก้อน ใช้เวลาในการอัด 20 – 30 นาที พบว่าก้อนเชื้อเพลิงมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน คือ 10 เซนติเมตร มีความสูง 3 เซนติเมตร น้ำหนักของก้อนเชื้อเพลิงจะอยู่ระหว่าง 140 – 160 กรัม



**รูปที่** 16 ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งด้วยเครื่องอัดภูมิปัญญาชาวบ้าน

**4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่ง**

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งที่ผลิตจากลำต้นข้าวโพด ได้ใช้ห้องปฏิบัติการ ณ ของภาควิชาฟิสิกส์ และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิทยาศาสตร์และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เขตพื้นพิษณุโลก เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าความชื้นของเชื้อเพลิง ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย เพื่อนำมาคำนวณหาค่าคาร์บอนคงตัว และการหาค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่ง ในการทดลองได้ทำการบดเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งด้วยเครื่องบดละเอียด เพื่อความสะดวกในการทดลอง ซึ่งมีผลปรากฏตามตารางดังต่อไปนี้

***4.3.1 ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งตาม ASTM D 2866-95***

**ตารางที่** 3 แสดงข้อมูลน้ำหนักตัวอย่างเชื้อเพลิงเขียว

| | **ครั้งที่** 1 | **ครั้งที่** 2 | **ครั้งที่** 3 | **เฉลี่ย** |
|---|---|---|---|---|
| **น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)** | 3.15 | 3.08 | 3.11 | 3.11 |
| **น้ำหนักหลังอบ (กรัม)** | 2.90 | 2.84 | 2.86 | 2.87 |

จากตาราง เมื่อกำหนดตัวอย่างของเชื้อเพลิงเขียวทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยที่มีน้ำหนักก่อนอบแห้งอยู่ประมาณ 3 กรัม หรือมีน้ำหนักเฉลี่ยที่ 3.11 กรัม เมื่อทำการอบด้วยอุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่าลำต้นข้าวโพดตัวอย่างทั้ง 3 จานมีน้ำหนักเฉลี่ย 2.87 กรัม เมื่อนำตัวอย่างของลำต้นข้าวโพดไปคำนวณหาปริมาณความชื้นตามสมการที่ 2

$$M_w = \frac{3.11 - 2.87}{3.11} \times 100 \quad = 7.71 \qquad (8)$$

จะเห็นได้กว่าปริมาณความชื้นตามมาตรฐานเปียกของเชื้อเพลิงเขียวมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 7.71 ต่ำกว่าลำต้นข้าวโพดที่ใช้ในการวิจัย เนื่องจากกรรมวิธีตากแห้งเชื้อเพลิงเขียวทำให้ปริมาณน้ำในก้อนเชื้อเพลิงระเหยไป แต่ลำต้นข้าวโพดไม่ได้มีการนำไปอบจึงมีความชื้นมากกว่าเชื้อเพลิงเขียว

จากผลการทดลองตาม ASTM D 2866-95 ใช้สมการที่ 3 ในการคำนวณหาปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่ง ปรากฏผลดังตารางที่ 4

*4.3.2 ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งตาม ASTM D 2866-95*

**ตารางที่** 4 แสดงข้อมูลน้ำหนักตัวอย่างเชื้อเพลิงเขียว

| | น้ำหนัก (กรัม) | | | ปริมาณเถ้า (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|
| | ถ้วยเปล่า | ตัวอย่างก่อนเผา | ตัวอย่าง+ถ้วยหลังเผา | |
| ตัวอย่างที่ 1 (กรัม) | 23.35 | 1.06 | 23.45 | 9.88 |
| ตัวอย่างที่ 2 (กรัม) | 23.34 | 1.02 | 23.44 | 10.03 |
| ตัวอย่างที่ 3 (กรัม) | 22.75 | 1.01 | 22.85 | 10.01 |
| **ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)** | | | | 9.96 |

จากตารางพบว่าปริมาณเถ้าเฉลี่ย (ร้อยละโดยน้ำหนัก)ของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งมีปริมาณเถ้าเฉลี่ยร้อยละ 9.96 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณเถ้าของลำต้นข้าวโพด จะพบปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งมีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีส่วนผสมของแป้งเปียกที่เป็นส่วนที่ทำให้เกิดปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นมากกว่าปริมาณเถ้าจากลำต้นข้าวโพดเพียงอย่างเดียว

*4.3.3 ปริมาณร้อยละสารระเหยของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งตาม ASTM D 2866-94*

**ตารางที่** 5 แสดงข้อมูลน้ำหนักตัวอย่างเชื้อเพลิงเขียว

| | น้ำหนัก (กรัม) | | | ปริมาณน้ำหนักที่สูญเสีย (ร้อยละ) | สารระเหยในลำต้นข้าวโพด |
|---|---|---|---|---|---|
| | ถ้วยเปล่า | ตัวอย่างก่อนเผา | ตัวอย่างหลังเผา | | |
| ตัวอย่างที่ 1 (กรัม) | 22.81 | 1.07 | 0.11 | 89.80 | |
| ตัวอย่างที่ 2 (กรัม) | 23.35 | 1.19 | 0.12 | 89.82 | 46.46 |
| ตัวอย่างที่ 3 (กรัม) | 20,22 | 1.01 | 0.10 | 90.09 | |
| **ปริมาณร้อยละน้ำหนักที่สูญเสีย เฉลี่ย** | | | | 89.90 | |
| **ปริมาณสารระเหยในเชื้อเพลิงเขียว** | | | | | 71.30 |

จากสูตรปริมาณสารระเหยหาได้จากนำน้ำหนักที่สูญเสีย หักออกจากผลรวมปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้า จะได้ปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งเฉลี่ย (ร้อยละโดยน้ำหนัก)71.31เมื่อนำไป

เปรียบเทียบกับปริมาณสารระเหยในลำต้นข้าวโพด จะเห็นได้ว่าปริมาณสารระเหยในเชื้อเพลิงเขียวสูงกว่าเกือบร้อยละ 50

### *4.3.4 แสดงปริมาณร้อยละค่าคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่ง ตาม ASTM D 5832-95*

**ตารางที่** 6 แสดงข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีของเชื้อเพลิงเขียว

| | **ความชื้น** | **เถ้า** | **สารระเหย** | **คาร์บอนคงตัว** |
|---|---|---|---|---|
| **เชื้อเพลิงเขียว** | 7.71 | 9.96 | 71.30 | 11.03 |
| **ลำต้นข้าวโพด** | 41.70 | 3.70 | 46.46 | 8.14 |

การหาปริมาณค่าคาร์บอนคงตัว โดยวิธีมาตรฐาน ASTM D 5832-95 สามารถที่จะคำนวณหาได้จากการกำหนดค่าปริมาณสารในวัตถุทั้งหมดให้มีค่าเป็น 100 แล้วหักออกด้วยผลรวมของปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหยและปริมาณความชื้น ดังนั้นเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งจะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวเฉลี่ยที่ร้อยละ 11.03 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าคาร์บอนคงตัวของลำต้นข้าวโพด ค่าคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงเขียวสูงกว่าอันเนื่องมาจากตัวประสานที่เป็นแป้งเปียก

การศึกษาศักยภาพของเชื้อเพลิง ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการศึกษาทดลองเพื่อจะได้ทราบถึงค่าพลังงานของเชื้อเพลิงอย่างแท้จริง การวิจัยเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งจากลำต้นข้าวโพดจึงได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่ง ซึ่งปรากฏผลดังตารางที่ 7

### *4.3.5 ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่ง*

**ตารางที่** 7 แสดงค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่ง

| | **น้ำหนัก** (กรัม) | **ค่าพลังงาน** (แคลอรี่/กรัม) | **ค่าความร้อน** (กิโลจูล/กิโลกรัม) |
|---|---|---|---|
| **ตัวอย่างที่ 1 (กรัม)** | 0.205 | 3761.50 | |
| **ตัวอย่างที่ 2 (กรัม)** | 0.303 | 3805.94 | 15831.08 |
| **ค่าพลังงาน(เฉลี่ย)** | | 3783.72 | |
| **ลำต้นข้าวโพด** | | | 9,830 |

จากตารางพบว่า ค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value) ที่มีความชื้นมาตรฐานเปียกเฉลี่ยร้อยละ 7.71 มีค่าความร้อนอยู่ 15,831.08 กิโลจูลต่อกิโลกรัม เมื่อนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับค่าความร้อนต่ำของลำต้นข้าวโพด พบว่าลำต้นข้าวโพดที่ผ่านขบวนการอัดด้วยแรงอัดโดยใช้ตัวประสานแป้งเปียกสามารถที่จะทำให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากเมื่อลำต้นข้าวโพดได้รับแรงอัดจึงมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

## 4.4 รายละเอียดคุณสมบัติทางเคมีและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งจากลำต้นข้าวโพดที่ผลิตได้

**ตารางที่** 8 แสดงคุณสมบัติทางเคมีและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งจากลำต้นข้าวโพด

| คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้ | |
|---|---|
| ปริมาณเถ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ | 11.03 |
| ปริมาณค่าคาร์บอนคงตัวโดยเฉลี่ยร้อยละ | 9.96 |
| ปริมาณสารระเหยโดยเฉลี่ยร้อยละ | 71.30 |
| ปริมาณความชื้นโดยเฉลี่ยร้อยละ ($M_w$) | 7.71 |
| ค่าความร้อนสูง (กิโลจูลต่อกิโลกรัม) | 16,891 |
| ค่าความร้อนต่ำ (กิโลจูลต่อกิโลกรัม) | 15,831 |

## 4.5 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของการนำลำต้นข้าวโพดมาทำเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่ง

จากการสำรวจการใช้เชื้อเพลิงในชีวิตประจำวันและการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไปใช้งานของกลุ่มเกษตรกร พบว่าเกษตรกรนิยมเผาถ่านไว้ใช้หุงต้มในครัวเรือนเกือบทุกหลังคาเรือน จึงมีความเหมาะสมที่จะส่งเสริมการนำลำต้นข้าวโพดที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งโดยใช้แป้งมันเป็นตัวประสาน โดยใช้เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงภูมิปัญญาชาวบ้านและเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบเอ็กซ์ทรูชัน

**4.4.1 ความพึงพอใจต่อการนำลำต้นข้าวโพดมาทำเชื้อเพลิงเขียว** จากการสำรวจ พบว่าเกษตรกรจะเผาถ่านไว้ใช้เองจึงมีความสนใจเป็นอย่างมากในการขอรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งจากลำต้นข้าวโพด เนื่องจากปัจจุบันราคาฟืนที่ใช้เผาถ่านมีราคาสูงมากและไม่ทราบมาก่อนว่าลำต้นข้าวโพดสามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงได้

4.4.2 **ความพึงพอใจต่อการนำลำต้นข้าวโพดมาทำเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งด้วยเครื่องอัดภูมิปัญญาชาวบ้าน** จากการเก็บข้อมูลโดยการใช้แบบสอบถามร่วมกับการสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมสัมมนาการทำเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งด้วยเครื่องอัดภูมิปัญญาชาวบ้าน พบว่าผู้เข้าร่วมสัมมนามีความพึงพอใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ง่ายไม่ซับซ้อน สามารถทำไว้ใช้เองได้ด้วยตนเองและมีราคาไม่แพง อีกทั้งยังสามารถนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นๆมาทำเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ ช่วยประหยัดต้นทุนทางด้านพลังงานและทำเป็นอาชีพเสริมช่วยสร้างรายได้ให้กับผู้เข้าร่วมสัมมนา

4.4.3 **ความพึงพอใจต่อการนำลำต้นข้าวโพดมาทำเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบเอ็กซ์ทรูชัน**

จากการเก็บข้อมูลโดยการใช้แบบสอบถามร่วมกับการสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมสัมมนาการทำเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบเอ็กซ์ทรูชัน พบว่าผู้เข้าร่วมสัมมนามีความพึงพอใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถผลิตได้คราวละมากๆ อีกทั้งระบบถูกออกแบบมาให้ใช้ไฟฟ้าเฟสเดียวซึ่งง่ายต่อการใช้งาน ลักษณะทางกายภาพมีลักษณะคล้ายไม้ซึ่งสร้างความพึงพอใจและน่าเชื่อถือ และตัวเครื่องสามารถนำไปอัดเชื้อเพลิงแบบอื่นได้ เช่น ถ่านอัดแท่ง ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาเป็นอาชีพได้