



การศึกษาการนำเชื้อเพลิงที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด
มาใช้ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง

THE STUDY ON UTILIZING RESIDUAL SAWDUST FROM
MUSHROOM CULTURE FOR BRIQUETTED FUEL

พันธุ์ ประทีป ปิ่นท้วม

อภินันท์ ทนถาวร

ห้องสมุดคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

.....มหาวิทยาลัยมหิดล.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. 2538

๖๗

๗๒๗๓

๕๕๓๘

๓. ๓

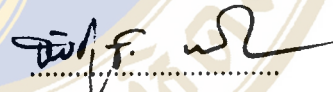
วิทยานิพนธ์
เรื่อง
การศึกษาการนำซีลีเนียมที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด
มาใช้ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง



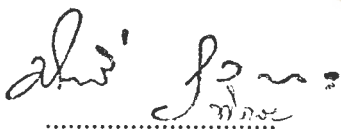
พ.ด. ประทีป ปิ่นท้วม
ผู้วิจัย



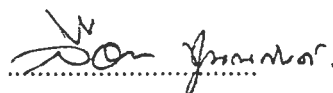
อรพินท์ เอี่ยมศิริ, Ph.D.
ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



พันธุ์ ช. พหลโยธิน, M.Sc.
กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



มันตรี จุลสมัย, พ.บ., Ph.D.
คณบดี
บัณฑิตวิทยาลัย



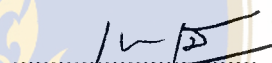
ลือพล ปุณณกันต์, วท.บ., วท.ม.
ประธานคณะกรรมการประจำหลักสูตร
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อ
การพัฒนาทรัพยากร
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

วิทยานิพนธ์
เรื่อง
การศึกษาการนำขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด
มาใช้ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร
วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2538



.....
พ.ต. ประทีป ปิ่นท้วม
ผู้วิจัย



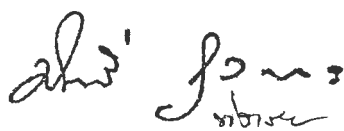
.....
เทพนม เมืองแมน, B.A., M.D., M.P.H., Dr.P.H.
ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....
อรพินท์ เอี่ยมศิริ, Ph.D.
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....
พันธุ์ ช. พหลโยธิน, M.Sc.
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....
มันตรี จุลสมัย, พ.บ., Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล



.....
เทพนม เมืองแมน, B.A., M.D., M.P.H., Dr.P.H.

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	พันธุ์ ประทีป ปิ่นท้วม
วัน เดือน ปีเกิด	17 มีนาคม 2503
สถานที่เกิด	จังหวัดนครปฐม
ประวัติการศึกษา	การศึกษามัธยมศึกษา (พิธีการ) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน, พ.ศ.2526 ครุศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 2 (อุตสาหกรรมศิลป์สาขาช่างไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์) วิทยาลัยครูพระนคร, พ.ศ.2526 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร) มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ.2538
ทุนการศึกษา	ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์บางส่วน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ.2537
ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน	นายช่างเครื่องความถี่สูง แผนกเทคนิค สถานีวิทยุกระจายเสียง 919 กรป.กลาง ถนนพิษณุโลก เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300 โทร. 2824078

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากผู้มีพระคุณหลายท่าน และหลายหน่วยงาน คือ โครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดา คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กองค้นคว้าพลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร และกองอำนาจการกลางรักษาความปลอดภัยแห่งชาติ (กรป.กลาง)

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ นายแพทย์เทพนม เมืองแมน คณบดีคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรพินท์ เอี่ยมศิริ ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ พันธุ์ ข. พหลโยธิน รองอธิการบดีประจำวิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ เสนอแนะให้ข้อคิดเห็นต่างๆ และปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อดิศักดิ์ วรรณะวัลย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประณต กุลประสูตร อาจารย์รุจิระ ขจรจิตต์เมตต์ และอาจารย์คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ศูนย์รังสิตทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเป็นอย่างดีในการทดสอบคุณสมบัติวัสดุ

ขอขอบพระคุณ คุณทรงศักดิ์ จังதியานนท์ คุณพิสมัย เสถียรยานนท์ และคุณทวีป พลเสน ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณ เกษตรกรทุกท่านที่เสียสละเวลาให้สัมภาษณ์ โดยเฉพาะฟาร์มเห็ดอัญญูญิกที่ให้ก่อนเชื้อเห็ดมาทดลอง

สุดท้ายนี้ ขอโน้มรำลึกถึงผู้มีพระคุณทุกท่าน ตลอดจนผู้ใกล้ชิดทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจและสนับสนุนให้การศึกษาสำเร็จลงได้ ในส่วนความดีและประโยชน์ที่จะได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา-มารดา และครู-อาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาแก่ผู้วิจัยทุกท่าน

พ.ต.ประทีป ปิ่นท้วม

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการนำขี้เถ้าที่เหลือทิ้งหลังจากการเผาเห็ด
 มาใช้ในรูปแบบเชื้อเพลิงอัดแท่ง
 ผู้วิจัย พ.ต. ประทีป ปิ่นท้วม
 ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
 (เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

อรพินท์ เอี่ยมศิริ Ph.D.
 พันธุ์ ช. พหลโยธิน M.Sc.

วันที่สำเร็จการศึกษา 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2538

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะสำรวจและศึกษาถึงแหล่งและปริมาณขี้เถ้าที่เหลือทิ้งหลังจากการเผาเห็ด และทดลองนำขี้เถ้านี้มาอัดในรูปแบบเชื้อเพลิงอัดแท่ง และรวมถึงการศึกษาเพื่อตรวจวัดความเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าในระหว่างการอัด และทดสอบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงด้วย

ผลการศึกษา พบว่า ในปี 2537 จังหวัดนครปฐมมีปริมาณขี้เถ้าที่เหลือทิ้งหลังจากการเผาเห็ด รวมทั้งสิ้น 4,792,920 กิโลกรัม (น้ำหนักเปียก) โดยมีศักยภาพในการนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ถึง 958,584 กิโลกรัมต่อปี และเมื่อนำขี้เถ้านี้มาทำการอัดแท่งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็นโดยไม่ใช้ตัวประสานและใช้ตัวประสาน (ผักตบชวาหมัก) ผลการอัด พบว่า สามารถอัดเป็นแท่งได้ด้วยวิธีการอัดแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็นโดยใช้ตัวประสาน เท่านั้น ในการอัดแท่งแบบอัดร้อนพบว่า สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในระหว่างการอัดสูงกว่าการอัดแท่งแบบอัดเย็น ผลิตรากนที่ขี้เถ้าอัดแท่งที่ได้ เมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง พบว่า มีค่าใกล้เคียงกับฟืนไม้ยูคาลิปตัส แต่ต่ำกว่าถ่านไม้ยูคาลิปตัส

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ปริมาณขี้เถ้าที่เหลือทิ้งหลังจากการเผาเห็ดมีศักยภาพและความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง และผลิตรากนที่ขี้เถ้าอัดแท่งที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนไม้ฟืนได้

Thesis Title The Study on Utilizing Residual Sawdust from
Mushroom Culture for Briquetted Fuel.

Name Major Prateep Pintuam

Degree Master of Science
(Appropriate Technology for Resource Development)

Thesis Supervisory Committee

Aurapin Eamsiri Ph.D.
Banshaw Bahalayodhin M.Sc.

Date of Graduation 8 February B.E. 2538 (1995)

ABSTRACT

The objective of this study is to survey and investigate the source and the quantity of residual sawdust from mushroom culture. The sawdust had been densified into briquetted fuel in the process during which the electrical power consumption had also been measured. After that, this sawdust briquetted fuel was tested in order to determine the fuel characteristics.

The result of this study found that in 1994, there was about 4,792,920 kilograms (wet weight) of residual sawdust from mushroom culture in Nakhonpathom. It showed that the quantity of this sawdust was enough to be densified into briquetted fuel approximately 958,584 kilograms per year. This residual sawdust was taken to be densified by the method of hot densification and cold densification (both with and without binder). The binder which was used in this study was fermented water hyacinth. The result of the densification showed that the method of hot densification and cold densification with binder were suitable. Besides, it found that the hot densification consumed more electrical power than the cold densification. These sawdust briquettes were taken to test the fuel characteristics and found that the heat value is nearly the same as the Eucalyptus wood though less than the Eucalyptus charcoal.

It can be concluded that the quantity of residual sawdust from mushroom culture is potential and suitable to use as raw material for making the briquetted fuel that can be compensate the fuelwood.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ณ
อักษรย่อที่ใช้	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 แนวความคิดในการวิจัย	6
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	6
1.4 ขอบเขตการศึกษา	7
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	7
1.6 นิยามศัพท์	8
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 รายละเอียดทั่วไปเกี่ยวกับการเพาะเห็ด	9
2.1.1 วิธีการเพาะเห็ด	10
2.1.2 พื้นที่เพาะเห็ดและแหล่งผลิตที่สำคัญ	14
2.1.3 ผลผลิตโดยเฉลี่ยจากการเพาะเห็ดแต่ละชนิด	14
2.1.4 การกำจัดก้อนเชื้อเห็ดที่หมดอายุ	14
2.2 เชื้อเพลิงอัดแท่ง	15
2.2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิง	15
2.2.2 วิธีการอัดแท่ง	16
2.2.3 เครื่องอัดแท่ง	22
2.2.4 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการศึกษาวิจัย	
3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย	32
3.2 สถานที่ทำการวิจัย	33
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาทดลอง	34
3.4 เครื่องอัดแท่งที่ใช้ในการทดลอง	36
3.4.1 เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวมีชุดลดความร้อน (A Heated Die Screw Press)	36
3.4.2 เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวไม่มีชุดลดความร้อน (A Screw Press)	37
3.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของซีลี้อยก่อนอัดแท่ง	37
3.5.1 การหาปริมาณความชื้น	38
3.5.2 การหาปริมาณเถ้า	38
3.5.3 การหาปริมาณสารระเหย	39
3.5.4 การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว	40
3.5.5 การหาปริมาณกำมะถันรวม	40
3.5.6 การหาค่าความร้อน	42
3.6 การทดลองการอัดซีลี้อยเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง	43
3.6.1 การเตรียมวัตถุดิบ	43
3.6.2 วิธีการทำซีลี้อยเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง	47
3.6.3 การวัดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดแท่งซีลี้อย	48
3.6.4 การตากแห้ง	48
3.7 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของซีลี้อยอัดแท่ง	49
3.8 การทดสอบคุณภาพของซีลี้อยอัดแท่ง	50
3.8.1 การทดสอบค่าความหนาแน่น	50
3.8.2 การทดสอบค่าการทนแรงอัด	50
3.8.3 การทดสอบค่าดัชนีการแตกร่วน โดยวิธี Drop Shatter Test	51
3.9 การหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของซีลี้อยอัดแท่ง	53

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล	
4.1 ผลการสำรวจข้อมูลทางด้านศักยภาพของแหล่งและปริมาณ ซีลีอยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด	55
4.1.1 แหล่งเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดในถุงพลาสติก	55
4.1.2 จำนวนเกษตรกรผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ด	57
4.1.3 ชนิดเห็ดที่เกษตรกรทำการเพาะ	58
4.1.4 ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่เกษตรกรนำมาผลิตดอกเห็ด	59
4.1.5 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตก้อนเชื้อเห็ด	60
4.1.6 ค่าใช้จ่ายในการใช้เชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อครั้ง	61
4.1.7 ปริมาณซีลีอยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด	62
4.1.8 ปริมาณถุงพลาสติกที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด	64
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของซีลีอยก่อนอัดแท่ง	64
4.3 ผลการอัดแท่งซีลีอย	67
4.3.1 ผลการอัดแท่งซีลีอยโดยใช้ความร้อนและแรงอัดสูง (การอัดร้อน)	67
4.3.2 ผลการอัดแท่งซีลีอยโดยไม่ใช้ความร้อนและใช้แรงอัดต่ำ (การอัดเย็น)	67
4.4 ผลการเปรียบเทียบการวัดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ที่ใช้ในระหว่างการอัด	70
4.5 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของซีลีอยอัดแท่ง	71
4.6 ผลการทดสอบคุณภาพของซีลีอยอัดแท่ง	74
4.6.1 ผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นของซีลีอยอัดแท่ง	74
4.6.2 ผลการทดสอบหาค่าการทนแรงอัดของซีลีอยอัดแท่ง	75
4.6.3 ผลการทดสอบค่าดัชนีการแตกร่วนของซีลีอยอัดแท่ง	76
4.7 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน	77

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.8 ความเหมาะสมในการนำซีลี้อยัดแท่งมาใช้เป็นเชื้อเพลิง นึ่งก้อนเชื้อเห็ด	79
4.8.1 ราคาของเชื้อเพลิง	79
4.8.2 ศักยภาพในการใช้เป็นพลังงานทดแทน	80
4.8.3 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตซีลี้อยัดแท่ง	82
4.8.4 ด้านทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม	82
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุป	84
5.2 ข้อเสนอแนะ	85
บรรณานุกรม	87
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. แสดงการทำนายความต้องการใช้ชีวมวล ปี 1984 - 1992	94
ภาคผนวก ข. แบบสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของปริมาณถ่วงก้อนเชื้อ ที่ใช้เพาะเห็ด	95
ภาคผนวก ค. วิธีการใช้งานของเครื่องอัดเชื้อเพลิงอัดแท่ง	99
ภาคผนวก ง. ตารางผลการศึกษา	100
ภาคผนวก จ. การคิดค่าใช้จ่ายการใช้เชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ด	113
ภาคผนวก ฉ.	
1. การประเมินวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการทำเป็นเชื้อเพลิง อัดแท่ง	114
2. การนำซีลี้อยัดแท่งมาทดแทนไม้ฟืน	115
3. การนำซีลี้อยัดแท่งมาทดแทนก๊าซหุงต้ม	115
ภาคผนวก ช. การประเมินต้นทุนการผลิตซีลี้อยัดแท่ง	116

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1 - 1	แสดงการทำนายความต้องการใช้ชีวมวล ปี 1984-1992	94
2 - 1	แสดงผลผลิตและการสูญเสียของก้อนเชื้อเห็ด	13
2 - 2	คุณสมบัติของแท่งฟืนซีเลื่อย แท่งฟืนแกลบ และฟืนไม้แสม	29
2 - 3	ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของฟืนและถ่านที่ได้จากซีเลื่อยอัดแท่งและไม้	30
3 - 1	แสดงขั้นตอนวิธีการอัดแท่งซีเลื่อยโดยใช้ความร้อนและไม่ใช้ความร้อน	48
4 - 1	จำนวนเกษตรกรผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ดเป็นรายอำเภอของ จังหวัดนครปฐม ปี	100
4 - 2	ชนิดเห็ดที่เกษตรกรทำการเพาะในจังหวัดนครปฐม ปี 2537	101
4 - 3	แสดงปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่เกษตรกรทำการผลิตต่อรุ่นเป็นรายอำเภอ ของจังหวัดนครปฐม ปี 2537	102
4 - 4	แสดงชนิดเชื้อเพลิงที่เกษตรกรใช้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดของจังหวัดนครปฐม ปี 2537	103
4 - 5	น้ำหนักก้อนเชื้อเห็ดและปริมาณซีเลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด	63
4 - 6	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของซีเลื่อยที่เหลือทิ้ง หลังจากการเพาะเห็ดก่อนอัดแท่ง	104
4 - 7	คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของซีเลื่อยจากการแปรรูปไม้ทั่วไปและ ผักตบชวา	105
4 - 8	ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัดแท่งซีเลื่อย	106
4 - 9	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของซีเลื่อยอัดแท่ง	107
4 - 10	คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส	108
4 - 11	ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น (Density) ค่าการทนแรงอัด (Compressive Strength) และ Peak Load ของซีเลื่อยอัดแท่ง	109
4 - 12	ระยะเวลาที่นำเชื้อดมหมักแรก เวลาเฉลี่ยที่ไฟติดนาน จำนวนครั้งที่ต้มน้ำได้ และประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของซีเลื่อยอัดแท่ง กับฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส	110

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4 - 13	เปรียบเทียบลักษณะการเผาไหม้ ลักษณะควันไฟ และลักษณะเถ้าของซีลี้อยัดแห้ง กับพื้นและถ่านไม้ยูคาลิปตัส	111
4 - 14	ผลการทดสอบค่าดัชนีการแตกร่วนของซีลี้อยัดแห้ง	112
4 - 15	ราคาและปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิง	79
4 - 16	ปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิง	80
4 - 17	ปริมาณและค่าใช้จ่ายการนำซีลี้อยัดแห้งมาทดแทนก๊าซหุงต้มและไม้ฟืน	81
๗ - 1	ต้นทุนการผลิตซีลี้อยัดแห้งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็น	118

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่		
1 - 1	กราฟแสดงการทำนายความต้องการใช้ชีวมวล ปี 1984-1992	3
1 - 2	แสดงลักษณะการทิ้งกากก่อนเชื้อเห็ด	5
2 - 1	ขั้นตอนการอัดแท่งแบบใช้ตัวประสาน	21
2 - 2	เครื่องอัดแบบลูกสูบ	23
2 - 3	เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย	24
2 - 4	เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยชุดลดความร้อนที่กระบอกอัด	25
2 - 5	เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง	26
2 - 6 ก.	เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์แผ่นกลม	27
2 - 6 ข.	เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์วงแหวน	27
3 - 1	กรอบการทดลองการอัดเชื้อเห็ดเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง	35
3 - 2	เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวมีชุดลดความร้อน	36
3 - 3	เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวไม่มีชุดลดความร้อน	37
3 - 4	ลักษณะก้อนเชื้อเห็ดที่หมดอายุ	44
3 - 5	เครื่องสับแบบแฮมเมอร์มิลล์	44
3 - 6	การตากแห้งเชื้อเห็ด	45
3 - 7	ถังหมักผักตบชวา	45
3 - 8	การสับผักตบชวามักด้วยเครื่องสับแบบแฮมเมอร์มิลล์	46
3 - 9	การตากแห้งเชื้อเห็ดอัดแท่ง	49
3 - 10	Three Phase Meter	52
3 - 11	เครื่อง Universal Testing Machine	52
4 - 1	แหล่งเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดในถุงพลาสติกในจังหวัดนครปฐม	56
4 - 2	จำนวนเกษตรกรผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ดเป็นรายอำเภอ ของจังหวัดนครปฐม ปี 2537	57
4 - 3	จำนวนประเภทของผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ดของจังหวัดนครปฐม	58
4 - 4	ชนิดเห็ดที่เกษตรกรทำการเพาะในจังหวัดนครปฐม ปี 2537	59
4 - 5	ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดต่อไร่เป็นรายอำเภอของจังหวัดนครปฐม ปี 2537	60

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4 - 6	ชนิดเชื้อเพลิงที่เกษตรกรใช้นึ่งก่อนเชื้อเห็ดของจังหวัดนครปฐม ปี 2537	61
4 - 7	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการใช้เชื้อเพลิงนึ่งก่อนเชื้อเห็ดต่อครั้ง	62
4 - 8	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจาก การเพาะเห็ดกับขี้เลื่อยจากการแปรรูปไม้	65,66
4 - 9	การเปรียบเทียบค่าความร้อนของขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจาก การเพาะเห็ดกับขี้เลื่อยจากการแปรรูปไม้	66
4 - 10	ขี้เลื่อยอัดแท่งที่ได้จากการอัดโดยวิธีการอัดร้อน	68
4 - 11	การอัดแท่งขี้เลื่อยโดยวิธีการอัดเย็นและไม่ใช้ตัวประสาน	69
4 - 12	ขี้เลื่อยอัดแท่งที่ได้จากการอัดโดยวิธีการอัดเย็นและ ใช้ตัวประสานแต่ละส่วนผสม	69
4 - 13	การเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดแท่ง	70
4 - 14	การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของขี้เลื่อยอัดแท่งกับ ฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส	71
4 - 15	การเปรียบเทียบค่าความร้อนของขี้เลื่อยอัดแท่งกับฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส	72
4 - 16	การเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยอัดแท่ง	74
4 - 17	การเปรียบเทียบค่าการทนแรงอัดของขี้เลื่อยอัดแท่ง	75
4 - 18	การเปรียบเทียบดัชนีการแตก่วนของขี้เลื่อยอัดแท่ง	77
4 - 19	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน ของขี้เลื่อยอัดแท่ง กับฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส	77

อักษรย่อที่ใช้

- AIT = Asian Institute of Technology
- ASTM = American Society for Testing and Materials
- CEC = Commission of the European Communities Directorate General for
Development Group
- COE = Crude Oil Equivalent
- FAO = Food and Agriculture Organization
- ITDG = Intermediate Technology Development Group
- TISTR = Thailand Institute of Scientific and Technological Research



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากเป็นปัจจัยสำคัญในการเสริมสร้างสวัสดิภาพ และความผาสุกของประชาชนทั้งทางตรงและทางอ้อม นอกจากนี้พลังงานยังเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจสาขาต่างๆ ได้แก่ เกษตรกรรม อุตสาหกรรม การคมนาคม และขนส่ง ตลอดจนสิ่งสาธารณูปโภคพื้นฐานต่างๆ เป็นต้น ยิ่งกว่านั้นอัตราการใช้พลังงานยังมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอีกด้วย ดังจะเห็นได้จากอัตราการใช้พลังงานของประเทศไทยเพิ่มขึ้นพร้อมกับการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ หลังจากเริ่มใช้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับแรกเป็นต้นมา (ณิรนาถ,2534)

ในประเทศไทยนั้นประมาณกันว่าพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 80 ของพลังงานทั้งหมดได้มาจากการซื้อน้ำมันดิบและน้ำมันสำเร็จรูปจากต่างประเทศ ส่วนที่เหลือก็ได้มาจากพลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พืนไม้ ถ่านไม้ และชี้เลี้ยง เป็นต้น (ตะแบก"นามแฝง",2532) ในระยะ 5 ปี ที่ผ่านมา (2530-2534) ซึ่งเป็นช่วงของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 6 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยอัตราร้อยละ 9.3 ต่อปี โดยการใช้พลังงานสมัยใหม่ (Modern Energy) ได้แก่ น้ำมันสำเร็จรูป ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และพลังน้ำ เพิ่มขึ้นเฉลี่ยอัตราร้อยละ 13.2 ต่อปี และการใช้พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ได้แก่ พืน ถ่านไม้ แกลบ และกากอ้อย เพิ่มขึ้นเฉลี่ยอัตราร้อยละ 0.7 ต่อปี (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน,2534) โดยเฉพาะในปี พ.ศ.2535 มีการใช้พลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.2 เทียบเท่าน้ำมันดิบ 9.7 ล้านตัน และเป็นสัดส่วนร้อยละ 27.6 ของความต้องการใช้พลังงานรวม (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน,2535)

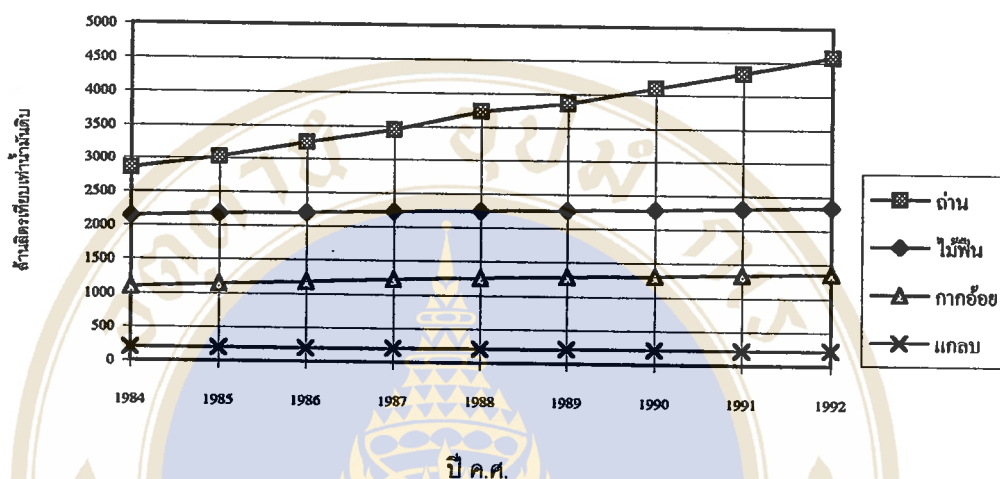
จากความจำเป็นของการใช้พลังงานเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจสาขาต่างๆ ของประเทศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การใช้พลังงานของประเทศต้องพึ่งพาน้ำมันจากต่างประเทศเป็นหลัก ทำให้ต้องสูญเสียเงินตราต่างประเทศเป็นจำนวนมากตลอดมา เพื่อลดการพึ่งพาและการสูญเสียเงินตรา

รัฐบาลจึงได้วางนโยบายและแนวทางในการผลิตพลังงานทดแทนจากแหล่งภายในประเทศ ซึ่งได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ ไฟฟ้าพลังน้ำ ถ่านหิน น้ำมันดิบ ฯลฯ รวมทั้งนโยบายประหยัดพลังงานและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ยังได้มีการคิดค้นพัฒนาเอาพลังงานชนิดใหม่ๆ และพลังงานหมุนเวียนที่สามารถนำมาใช้งานได้เรื่อยๆ อันได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ พลังงานความร้อนธรณี เป็นต้น เพื่อใช้เป็นพลังงานสำหรับตอบสนองความต้องการระดับพื้นฐานและการพัฒนาเพื่อเพิ่มผลผลิต รายได้ และฐานะการครองชีพของประชากรส่วนใหญ่ที่อาศัยอยู่ในชนบท ซึ่งจากการทำนายความต้องการพลังงานของประเทศไทย (CEC-AIT,1984) คาดว่าถ้าอัตราการเพิ่มของประชากรเป็นร้อยละ 1.97 ต่อปี ในปี พ.ศ.2535 ประเทศไทยจะมีประชากรทั้งหมดคิดเป็นจำนวน 58 ล้านคน และมีความต้องการพลังงานคิดเป็นจำนวน 33.85 ล้านลิตรเทียบเท่าน้ำมันดิบ (COE) ได้แก่ การใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 44 ของความต้องการใช้พลังงานรวม และการใช้ชีวมวลคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 25 ของความต้องการใช้พลังงานรวม ซึ่งชีวมวลนั้นยังคงเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญโดยเฉพาะความต้องการใช้พลังงานในครัวเรือนประเภทไม้ฟืนและถ่านที่คาดว่าจะยังมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 1-1 และตารางที่ 1-1 (ดูภาคผนวก ก.) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของFAO.รายงานต่อรัฐบาลไทยเกี่ยวกับความต้องการใช้ไม้ทำเชื้อเพลิงในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2513-2543 มีแนวโน้มสูงขึ้นจากปริมาณ 50 ล้านลูกบาศก์เมตร (30 ล้านตัน) ในปี พ.ศ.2513 เพิ่มขึ้นเป็น 70 ล้านลูกบาศก์เมตร (42 ล้านตัน) ในปี พ.ศ.2528 และในปี พ.ศ.2543 จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 85 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือ 51 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร,2535) จำเป็นที่รัฐบาลจะต้องจัดหาพลังงานเพื่อสนองความต้องการใช้ภายในประเทศให้เพียงพอ ดังนั้นในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7 จึงได้บรรจุนโยบายการพัฒนาพลังงานไว้ โดยมีเป้าหมายส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาการผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

จากข้อมูลรายงานปริมาณการใช้พลังงานของประเทศไทยปี 2533 (ประเทศ,2534) กล่าวว่า "มีการใช้พลังงานในสาขาครัวเรือนและการค้าคิดเป็น 6,889 พันตันน้ำมันดิบ หรือประมาณร้อยละ 25.9 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด ซึ่งเป็นการใช้ฟืนและถ่านถึงร้อยละ 32.5 และ 29.1 ของการใช้ทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ยังมีไม่มาก จะเห็นได้จากการใช้แกลบเพียงร้อยละ 3.8 เท่านั้น มีการใช้ฟืนและถ่านมากในชนบทเพื่อการหุงต้มเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งโยงไปสู่การตัดไม้ทำลายป่าและเป็นปัญหาสำคัญของประเทศอย่างหนึ่งในปัจจุบัน ดังนั้นเพื่อลด

ปริมาณการใช้ฟืนและถ่าน จึงมุ่งพัฒนาพลังงานจากชีวมวลอื่น เช่น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่ง มีอยู่มากมายในแต่ละท้องถิ่นที่แตกต่างกันไปมาทดแทนการใช้ฟืนและถ่าน..."



รูปที่ 1-1 กราฟแสดงการทำนายความต้องการใช้ชีวมวล ปี 1984-1992

ที่มา : ดัดแปลงจาก Fuel Strategies and Action Programs in Asia. Report of a CEC-AIT Workshop Bangkok 7-22 December, 1984.

นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาของการพลังงานแห่งชาติ ในปี พ.ศ.2531 พบว่า ได้มีการนำเศษพืชผลทางการเกษตรและเศษของเสียจากอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น ฟางข้าว ชังข้าวโพด แกลบ ชีเลี้ยง ชานอ้อย รวมทั้งผักตบชวา มาเข้าเครื่องบดอัดเป็นแท่งได้เป็นเชื้อเพลิงชีวหรือเชื้อเพลิงแข็งอัดก้อน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ใกล้เคียงกับถ่านไม้ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2532)

ในปี 1993 Bhattacharya จากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ได้รายงานไว้ว่า "ในประเทศกำลังพัฒนา แต่ละปีจะมีวัสดุเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากคิดเทียบเท่าได้ประมาณ 65 % ของพลังงานที่ใช้ในประเทศเหล่านี้ (Hall, 1991) วัสดุเหล่านี้ส่วนใหญ่ถูกกำจัดโดยการเผาหรือปล่อยให้ทับถมเน่าเปื่อยผุพังสลายตัวไปเอง ซึ่งการกระทำดังกล่าวนี้มีผลทำให้มีการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอน (Carbon Content) ออกไปสู่บรรยากาศ และมีผลทำให้ทั่วโลกร้อนขึ้น ตามที่ได้มีการประมาณค่าของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากวัสดุเหลือทิ้งที่ยังไม่ได้ถูกนำ

มาใช้ประโยชน์มีจำนวนประมาณ 6.7% ของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuels) ทั้งหมด (Bhattacharya,1990) ดังนั้น เราสามารถที่จะหลีกเลี่ยงการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหล่านี้ โดยการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งมีความเป็นไปได้ในทุกๆแห่ง..."

ประเทศไทยมีวัสดุเหลือใช้ในปริมาณมหาศาล ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ วัสดุเหลือใช้จากการเกษตร และจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น แกลบ ชี้เลี้ยง กากอ้อย ฟาง ข้าวชังข้าวโพด เป็นต้น วัสดุเหลือใช้เหล่านี้มีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง โดยเฉพาะค่าความร้อนสูงพอที่จะนำไปแปรรูปเป็นพลังงานทดแทนได้ (นารา, 2531) นอกจากนี้แล้วยังมีการประเมินวัสดุที่เป็นผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากโรงสี โรงน้ำตาล และโรงเลื่อย และเป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งในการเกษตร อันได้แก่ แกลบ ขานอ้อย และชี้เลี้ยง ในปีหนึ่งๆจะผลิตได้ประมาณ 53 ล้านตัน คิดเทียบเท่าน้ำมันดิบได้ถึง 17,774 ล้านลิตร (มาลี,2533)

การนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นพลังงานทดแทน ได้มีการศึกษาพบว่า ชี้เลี้ยงสามารถนำมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็งแล้วมีข้อได้เปรียบกว่าเชื้อเพลิงจากไม้ ซึ่งเป็นการศึกษาโดยเอาชี้เลี้ยงที่เหลือทิ้งจากโรงเลื่อยโดยตรง (นารา,2524) ทั้งนี้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีข้อได้เปรียบ 5 ประการ (Bhattacharya,1993) คือ

- (1) เป็นวิธีการเพิ่มปริมาณความร้อนของวัสดุต่อหน่วยปริมาตร
- (2) แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้สะดวกต่อการเก็บ การนำมาใช้งาน และการขนส่ง
- (3) แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีขนาดและคุณภาพเหมือนกัน
- (4) เป็นวิธีการช่วยแก้ปัญหาในการกำจัดวัสดุเหลือทิ้ง
- (5) เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดการตัดไม้ทำลายป่า โดยใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนไม้ฟืน

เนื่องจากเกษตรกรที่ทำการเพาะเห็ดส่วนใหญ่ในประเทศ ใช้ชี้เลี้ยงจากไม้ยางพาราที่นำมาจากภาคใต้และภาคตะวันออก เป็นวัตถุดิบหลักในการทำเชื้อเห็ดที่เลี้ยงในถุงพลาสติกซึ่งเป็นที่พัฒนาขึ้นมากในระยะปี 2525-2530 โดยเฉพาะรอบๆกรุงเทพมหานครมีการตั้งฟาร์มเห็ดขึ้นประมาณ 300 แห่ง มีกำลังการผลิตประมาณวันละ 1 แสนถุง (ดีพร้อม,ไม่ระบุ) ซึ่งในปี 2535 มีการผลิตก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานจากวัสดุชี้เลี้ยงของจังหวัดราชบุรีทั้งหมดมีประมาณ 8,331,000 ก้อน หรือเท่ากับ 2,856 ตัน (1 ก้อน มีน้ำหนัก 0.34 กก.) (ธวัชชัย,2536) และพบว่าเกษตรกรที่ทำการเพาะเห็ดส่วนใหญ่ มักจะนำถุงชี้เลี้ยงที่ผ่านการใช้เพาะเห็ดแล้ว ซึ่งยากต่อการกำจัดไปทิ้งตาม

ข้างทางสาธารณะทั่วไปและแหล่งน้ำธรรมชาติ ก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมเสียและเกิดการแพร่ของเชื้อรา โดยเข้าไปทำลายเชื้อเห็ดที่เกษตรกรเพาะไว้ ทำให้ผลผลิตตกต่ำ (ประไพศรี,ไม่ระบุ) และคาดว่าปัญหาดังกล่าวนี้อาจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหากเกษตรกรมองข้ามการรักษาความสะอาดภายในโรงเรือนปลูกเห็ดเป่าฮื้อ นางฟ้า นางรม และเห็ดแชมปิยอง (เห็ดกระดุม) ซึ่งนิยมบรรจุก้อนอาหาร (Compost) ลงในถุงพลาสติกแล้วได้มีการนำเอาถุงก้อนอาหารเห็ดเก่าที่เก็บผลผลิตหรือถุงก้อนอาหารเห็ดที่ถูกโรคแมลง-ศัตรูทำลายแล้วนำไปทิ้งไว้ใกล้ๆ โรงเรือนหรือนำไปกองสุมไว้ตามพื้นหรือด้านข้างมุมอับของโรงเรือน ดังรูปที่ 1-2 ซึ่งเป็นสาเหตุอย่างหนึ่งที่จะเป็นแหล่งเพาะขยายพันธุ์โรค-ศัตรูได้ (กอบเกียรติ, 2536) ดังนั้น การทดลองนำเอาเชื้อเห็ดที่เหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดมาใช้ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง (Briquetted Fuel) เป็นแนวทางหนึ่งในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงที่ใช้ในครัวเรือนและเชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงงานเชื้อเห็ด อันได้แก่ ก๊าซหุงต้ม ไม้ฟืน แกลบ และยางรถยนต์ เป็นต้น ทั้งยังเป็นการช่วยกำจัดวัสดุเหลือใช้ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ และช่วยรักษาสภาพแวดล้อมให้ดียิ่งอีกด้วย



1.2 แนวความคิดในการวิจัย

จากการศึกษาของ นารา (2524,2531) และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2535) ได้นำเอาขี้เลื่อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางอุตสาหกรรมจากการแปรรูปไม้จากโรงเลื่อยโดยตรงมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็ง และพบว่ามีข้อได้เปรียบกว่าเชื้อเพลิงจากไม้ แต่การศึกษาค้างนี้จะเป็นการนำเอาขี้เลื่อยที่ผ่านการใช้ประโยชน์แล้ว มาอัดในรูปของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (Briquetted Fuel) และผู้วิจัยได้เลือกเอาขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดมาใช้เป็นวัสดุในการอัดแท่ง เนื่องจากขี้เลื่อยนี้เป็นวัสดุหลักในการผลิตก้อนเชื้อเห็ด เมื่อก่อนเชื้อเห็ดเหล่านี้หมดอายุใช้งานในการเพาะเห็ดแล้วได้ถูกนำออกจากโรงเรือนและทิ้งอยู่ตามบริเวณใกล้เคียง ปล่อยให้กองทับถมสลายตัวไปเอง ก่อให้เกิดเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคและเกิดการเน่าเสีย ซึ่งมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม จึงเป็นการทิ้งวัสดุเหลือใช้เหล่านี้ไปอย่างสูญเปล่า ถึงแม้บางครั้งเกษตรกรผู้เพาะเห็ดจะนำมาผสมกับขี้เลื่อยใหม่เพื่อนำมาใช้ผลิตก้อนเชื้อเห็ดอีกก็ตาม ในที่สุดก็ยังเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ถูกทิ้งไว้เช่นเดิม

จากการสำรวจเบื้องต้น พบว่า ขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดนั้นมีความชื้นสูง (ประมาณ 68%) เมื่อนำมาผึ่งแดดหรือทำให้แห้งแล้วสามารถกลุติดไฟได้ แต่เนื่องจากเป็นวัสดุเชื้อเพลิงที่เบาและมีความหนาแน่นต่ำ หากนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงลักษณะเช่นนี้การเผาไหม้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ยากในการควบคุมอุณหภูมิความร้อน และเสียค่าขนส่งสูง ดังนั้นหากนำขี้เลื่อยเหล่านี้มาอัดเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง จะเป็นการเพิ่มความหนาแน่น สามารถนำไปใช้ได้สะดวก ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง นับเป็นการนำเอาวัสดุเหลือใช้มาเป็นเชื้อเพลิงทดแทนและยังเป็นการใช้ทรัพยากรป่าไม้ให้เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพอย่างคุ้มค่า

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในการศึกษาค้างนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาถึงความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการนำขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดมาผลิตและใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

1.4 ขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจะดำเนินการภายใต้ขอบเขต ดังนี้

- (1) ทำการศึกษาโดยใช้พื้นที่จังหวัดนครปฐมเพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งเพาะเห็ดและปริมาณของเชื้อเห็ดที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดในสกุลเห็ดนางรม (*Pleurotus* sp.) เช่น เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดหูหนู เป็นต้น
- (2) ศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเห็ดก่อนทำการอัดแท่งและเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของเชื้อเห็ดที่ได้จากการแปรรูปไม้โดยตรง
- (3) ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาเชื้อเห็ดที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดมาอัดแท่งโดย
 - วิธีการอัดแบบใช้ความร้อนและแรงอัดสูง (การอัดร้อนหรืออัดแห้ง) พร้อมทั้งศึกษาความสิ้นเปลืองการใช้พลังงานไฟฟ้าในระหว่างการอัดแท่ง
 - วิธีการอัดแบบไม่ใช้ความร้อนและใช้แรงอัดต่ำ (การอัดเย็นหรืออัดเปียก) ทั้งแบบใช้ตัวประสานและไม่ใช้ตัวประสาน พร้อมทั้งศึกษาถึงความสิ้นเปลืองการใช้พลังงานไฟฟ้าในระหว่างการอัดแท่งด้วย
- (4) ศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเห็ดอัดแท่งและเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- (1) ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานทางด้านศักยภาพของแหล่ง และปริมาณเศษเชื้อเห็ดเหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด เพื่อใช้ในการศึกษาวางแผนและดำเนินงานการนำของเหลือทิ้งเหล่านี้มาใช้เป็นประโยชน์ในด้านพลังงานต่อไป
- (2) ทำให้ได้เชื้อเพลิงอัดแท่งอีกรูปแบบหนึ่งโดยใช้เชื้อเห็ดที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดเป็นวัตถุดิบ ทำให้มีเชื้อเพลิงที่นำมาทดแทนเชื้อเพลิงที่ใช้เนื้ก่อนเชื้อเห็ดและเชื้อเพลิงประเภทไม้ฟืนและถ่านเพิ่มขึ้น
- (3) ผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานส่วนราชการ หรือองค์กรอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชนบท รวมทั้งการค้นคว้าวิจัยและพัฒนาการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรเป็นเชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงประเภทไม้ฟืนและถ่าน เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านพลังงานต่อไป

(4) สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางประกอบการวางแผนของภาครัฐบาล เอกชน หรือรัฐวิสาหกิจต่างๆ ในอนาคต ซึ่งจะช่วยสนับสนุน ส่งเสริม และแก้ปัญหา เพื่อให้การผลิตและการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งเหล่านี้พัฒนาก้าวหน้าต่อไปได้

1.6 นิยามศัพท์

เชื้อเพลิงอัดแท่ง (Briquetted Fuel) หมายถึง เชื้อเพลิงแข็งชนิดหนึ่งที่ได้จากกระบวนการผลิต โดยการนำเอาขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดมาอัดเป็นก้อนหรือเป็นแท่ง เพื่อสะดวกในการนำไปใช้งาน

ก้อนเชื้อเห็ด ปี 2537 หมายถึง ก้อนเชื้อเห็ดที่ใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นวัสดุหลัก บรรจุในถุงพลาสติก ซึ่งเกษตรกรได้ทำการผลิตและใช้เก็บผลผลิตในระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2537 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2537

เกษตรกรผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ด หมายถึง เกษตรกรที่ผลิตหัวเชื้อเห็ด ผลิตก้อนเชื้อเห็ด และเพาะก้อนเชื้อเห็ดเพื่อเปิดดอก

ก้อนเชื้อเห็ดที่เสีย หมายถึง ก้อนเชื้อเห็ดที่เกิดการเสียหายในระหว่างพักถุงก้อนเชื้อและนำก้อนเชื้อไปเปิดดอก เนื่องจากก้อนเชื้อเส้นใยไม่เดิน เป็นราเขียว หรือก้อนเชื้อที่เส้นใยเดินเต็มแล้วถูกแมลงจำพวกไร รบกวน เป็นต้น

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 รายละเอียดทั่วไปเกี่ยวกับการเพาะเห็ด

เห็ดนับว่าเป็นอาหารที่มีรสดีชนิดหนึ่ง ซึ่งประชาชนในท้องถิ่นต่างๆ ทั่วโลกรู้จักดีและนิยมบริโภคกันมานานแล้ว สำหรับในประเทศไทยได้มีการวิเคราะห์และวิจัยพร้อมทั้งเผยแพร่ให้ประชาชนทั่วไปได้ทราบว่า เห็ดเป็นอาหารที่มีคุณค่าสูง อุดมไปด้วยโปรตีน เกลือแร่ และวิตามินที่ร่างกายต้องการ ทั้งยังมีสารธรรมชาติที่สามารถรักษาโรคต่างๆ ได้อีกด้วย ดังนั้นในปัจจุบันการเพาะเห็ดชนิดต่างๆ ออกจำหน่ายจึงกลายเป็นอาชีพที่สำคัญอย่างหนึ่งที่สามารถทำการค้าได้ (ศิริกุล, 2528) โดยมีเหตุผลสำคัญ ดังนี้

- (1) เห็ดเป็นพืชที่ตลาดต้องการทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยเฉพาะเห็ดหูหนู และเห็ดเป๋าฮื้อ ซึ่งสามารถจำหน่ายได้ทั้งในรูปเห็ดสด เห็ดแห้ง และเห็ดกระป๋อง
- (2) ต้นทุนการผลิตไม่สูงมากนัก เพราะผลิตได้โดยใช้แรงงานเป็นส่วนใหญ่ อุปกรณ์ที่ใช้มีไม่มากและไม่ใช่อุปกรณ์ขนาดใหญ่ จึงเป็นอาชีพที่เหมาะสมกับประเทศที่กำลังพัฒนาอย่างประเทศไทย ที่จะเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรและช่วยขจัดปัญหาว่างงานให้น้อยลงได้
- (3) ภูมิอากาศของประเทศไทยเหมาะสำหรับการเพาะเห็ดจำพวกนี้ สามารถผลิตได้ในทุกภาคของประเทศ และผลิตได้ตลอดทั้งปี
- (4) วัสดุที่ใช้ในการผลิตเห็ดหาได้ง่ายและมีราคาถูก โดยใช้วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรม เช่น ชี้เลื่อย ฟาง ขุยมะพร้าว ขานอ้อย เป็นต้น ซึ่งเป็นการช่วยสนับสนุนให้มีการใช้ทรัพยากรเหลือใช้ให้มีประโยชน์ในทางเศรษฐกิจได้มากขึ้น
- (5) กรรมวิธีการผลิตเห็ดเหล่านี้ไม่ยุ่งยากและให้ผลผลิตได้ในระยะสั้นจึงทำให้เกษตรกรที่สนใจสามารถที่จะทดลองเพาะ และทราบผลได้ก่อนที่จะตัดสินใจดำเนินงานในรูปของการผลิตเพื่อการค้า

2.1.1 วิธีการเพาะเห็ด

การเพาะเห็ด ในปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่า มี 3 แบบ (ประไพศรี,2537) คือ

- การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก (Polyethylene Bag Culture)
- การเพาะเห็ดกลางแจ้ง (Open Field Culture)
- การเพาะเห็ดในโรงเรือน (Protected Culture)

2.1.1.1 การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก (Polyethylene Bag Culture) เป็นการเพาะเลี้ยงเห็ดโดยใช้ถุงพลาสติกบรรจุขี้เลื่อย หรือฟางหมัก หรือวัสดุเหลือใช้จากผลผลิตทางการเกษตรอื่นๆ เป็นวัสดุหลักในการเพาะและผสมอาหารเสริมบางอย่าง แล้วใส่เชื้อเห็ดที่ต้องการเพาะลงไป

เห็ดที่นิยมเพาะในถุงพลาสติกส่วนมาก ได้แก่ เห็ดหูหนู เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดนางพล เห็ดตีนแรด เห็ดหอม เห็ดกระด้าง เห็ดขอนขาว เห็ดยานางิ เห็ดหลินจือ เป็นต้น เห็ดเหล่านี้สามารถเพาะขึ้นได้บนวัสดุหลายชนิด โดยเฉพาะขี้เลื่อย เนื่องจากในธรรมชาติเห็ดดังกล่าวนี้เป็นเห็ดที่ขึ้นบนไม้มาก่อน (พิมพ์กานต์,ไม่ระบุ)

สำหรับขี้เลื่อยที่ใช้ในการเพาะเห็ด ประพฤติ (2527) กล่าวว่า ขี้เลื่อยที่ได้จากการแปรรูปไม้ยางพารา เมื่อนำไปเพาะเห็ดจะได้เห็ดที่มีคุณภาพดี ให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้ขี้เลื่อยจากไม้อื่น ทั้งนี้เพราะไม้ยางพารามีปริมาณแป้งและน้ำตาลสูงกว่าไม้ชนิดอื่น

นอกจากนี้ ดิพร้อม พบว่า ขี้เลื่อยจากไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้เบญจพรรณ เมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดในถุงพลาสติก จะเป็นอาหารที่เลวของเห็ด ทำให้ได้ผลผลิตต่ำ ถ้าจะใช้ขี้เลื่อยประเภทนี้ต้องทำการหมักเสียก่อน ส่วนขี้เลื่อยจากไม้ยางพารานั้น สามารถนำมาใช้ได้เลยโดยไม่ต้องหมักก่อน

ศิริกุล (2528) รายงานว่า ขี้เลื่อยที่ดี คือ ขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อนที่ไม่มียาง เช่น ขี้เลื่อยไม้ยางพารา ไม้มะม่วง ไม้มะกอก ไม้จิว เป็นต้น ขี้เลื่อยใหม่ของไม้เนื้ออ่อนอาจนำมาใช้ได้เลย แต่จะได้ผลเฉพาะบางฤดูเท่านั้น เนื่องจากขี้เลื่อยใหม่มีอาหารที่จุลินทรีย์ต้องการอยู่มากแต่น้ำตาลที่เห็ดนำไปใช้ได้ยังมีน้อย ทั้งยังมีไนโตรเจนต่ำ ดังนั้นเมื่อนำมาใช้เพาะเห็ด จะเห็นว่าเส้นใยเดิน

บาง ผลผลิตต่ำ ระยะให้ดอกนานทำให้เสียเวลามาก แต่ถ้านำขี้เลื่อยที่จะใช้เพาะเห็ดมาหมักให้ จุลินทรีย์ช่วยย่อยและเปลี่ยนสารอาหารต่างๆ ให้อยู่ในรูปที่เห็ดจะนำไปใช้ได้และมีการเพิ่มอาหาร เสริมที่ขาดแคลนเข้าไปในขี้เลื่อยแล้ว จะทำให้การเพาะเห็ดในขี้เลื่อยนั้นได้ผลผลิตที่สูงขึ้น

ในปี พ.ศ.2528 กรมวิชาการเกษตร ได้จัดทำรายงานสรุปผลการสัมมนาทาง วิชาการกลุ่มเห็ด เกี่ยวกับการศึกษาระยะเวลาการหมักขี้เลื่อยที่เหมาะสมต่อการใช้เพาะเห็ดตระกูล Pleurotus บางชนิด โดยใช้ขี้เลื่อยไม้เบญจพรรณทดลองหมักเป็นระยะเวลา 1-6 เดือน แล้วนำมา เพาะเห็ด 3 ชนิด ด้วยกัน คือ เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า และเห็ดเป๋าฮื้อ แล้วเปรียบเทียบกับเห็ด เพาะเห็ดทั้ง 3 ชนิด โดยใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา พบว่าขี้เลื่อยที่ยังไม่ได้หมักใช้เพาะเห็ดนางรมได้เพียง อย่างเดียว แต่เมื่อหมักไปได้ 2 เดือน ขี้เลื่อยไม้เบญจพรรณสามารถใช้เพาะเห็ดทั้ง 3 ชนิด ได้เป็น อย่างดีแต่เชื้อเห็ดที่เพาะในขี้เลื่อยไม้เบญจพรรณมีอัตราการเจริญต่ำกว่าเชื้อเห็ดที่เพาะในขี้เลื่อยไม้ ยางพาราและมีผลผลิตต่ำกว่าเล็กน้อย

สรุปได้ว่า ขี้เลื่อยที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดในถุงพลาสติก ควรเป็น ขี้เลื่อยจากไม้เนื้ออ่อน เช่น ขี้เลื่อยไม้ยางพารา และควรนำมาหมักเสียก่อน ไม่ควรใช้ขี้เลื่อยใหม่ เป็นวัสดุเพาะโดยตรง

ศิริกุล (2528) ได้ทำการสำรวจโดยใช้แบบสอบถาม พบว่า การเพาะเห็ดเพื่อ การค้าในประเทศไทย นิยมเพาะเห็ดหูหนู เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า และเห็ดเป๋าฮื้อ ลงวัสดุหมักใน ถุงพลาสติกมากกว่าที่จะเพาะลงในไม้ ทั้งนี้เพราะผลผลิตที่ได้แน่นอนกว่า คุณภาพดีกว่า และวัสดุ หมักที่ใช้นั้นสามารถหาได้ง่าย นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยรักษาสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติไว้ได้ ด้วยเพราะถ้าส่งเสริมให้มีการเพาะเห็ดในไม้แล้วย่อมต้องมีการตัดไม้ทำลายป่ากันมากขึ้นอีก สำหรับการเพาะเห็ดหัวเชื้อเห็ดลงวัสดุหมักในถุงพลาสติกที่ฟาร์มต่างๆ ดำเนินงานอยู่นั้น ประกอบด้วย ขั้นตอนต่างๆ 5 ขั้นตอน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

- การหมักวัสดุที่จะใช้เพาะเห็ด
- การบรรจุวัสดุหมักลงในถุง
- การนึ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์
- การเปียเชื้อจากหัวเชื้อลงถุงวัสดุหมัก
- การพักถุงเชื้อเห็ด

(1) การหมักวัสดุที่จะใช้เพาะเห็ด เป็นการนำวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรหรืออุตสาหกรรม เช่น ชี้เลี้ยง ฟางข้าว ชังข้าวโพด ต้นข้าวโพด ขุยมะพร้าว กากอ้อย ฯลฯ มาหมักและปรับธาตุอาหารให้เหมาะสมกับการเพาะเห็ดแต่ละชนิด วิธีการหมักจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

- การหมักวัสดุที่ย่อยง่ายสลายตัวเร็ว ได้แก่ ฟาง ผักตบชวา ต้นกล้วย
- การหมักวัสดุที่ย่อยยากสลายตัวช้า ได้แก่ ชี้เลี้ยง ขุยมะพร้าว ชังข้าวโพด

ต้นข้าวโพด กากอ้อย เป็นต้น

สำหรับการผลิตเห็ดหูหนู เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า และเห็ดเป๋าฮื้อ เพื่อการค้าในประเทศไทยในปัจจุบัน พบว่าผู้ผลิตก้อนเชื้อเห็ดส่วนใหญ่จะใช้สูตรอาหารเดียวกันสำหรับเพาะเห็ดทั้ง 4 ชนิด และนิยมผลิตก้อนเชื้อเห็ดในถุงพลาสติก โดยทำการผลิตแบบต่อเนื่องกันไปตลอดทั้งปี สูตรที่นิยมใช้กันแพร่หลาย คือ ใช้ชี้เลี้ยงเป็นวัสดุหมัก และปรับธาตุอาหารให้เหมาะสมด้วยการเติมรำละเอียดและปูนขาว โดยมีส่วนผสมดังนี้

ชี้เลี้ยง (ไม้ยางพารา)	100 ส่วนโดยปริมาตร
รำละเอียด	5-7 ส่วนโดยปริมาตร
ปูนขาว	0.3 ส่วนโดยปริมาตร

ผู้ผลิตส่วนใหญ่จะทำการผลิตก้อนเชื้อในถุงวัสดุหมักแบบเป็นรุ่น รุ่นละ 4 ชนิด โดยทำวันละชนิด จำนวน 1,000 ถุง ซึ่งจะให้ผลผลิตที่สามารถจำหน่ายได้เป็นก้อนเชื้อเห็ดประเภทต่างๆ ดังตารางที่ 2-1

(2) การบรรจุวัสดุหมักลงในถุง เป็นขั้นของการนำวัสดุหมักที่เตรียมไว้และพร้อมที่จะนำมาใช้ได้แล้วบรรจุลงในถุงพลาสติกทนร้อนขนาดที่นิยมใช้ คือ กว้าง 7 นิ้ว ยาว 13 นิ้ว หนา 0.1 มิลลิเมตร บรรจุวัสดุหมักถุงละ 800 กรัม หลังจากบรรจุแล้วให้ใส่คอกขูด ขูดจากลำลี หุ้มลำลี ด้วยกระดาษและรัดยางให้เรียบร้อย พร้อมทั้งจะนำไปนั่งมาเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของเห็ดให้หมดไป

ตารางที่ 2-1 แสดงผลผลิตและการสูญเสียของก้อนเชื้อเห็ด

ประเภทของก้อนเชื้อเห็ด	ปริมาณที่ผลิต (ถุง)	ผลผลิตได้จริง (ถุง)	เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย (%)
เห็ดหูหนู	1,000	900	10
เห็ดนางรม	1,000	970	3
เห็ดนางฟ้า	1,000	970	3
เห็ดเป๋าฮื้อ	1,000	950	5

ที่มา : ดัดแปลงจาก ศิริกุล (2528)

(3) การนึ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ เป็นการนำถุงพลาสติกที่บรรจุวัสดุหมักไว้เรียบร้อยแล้ว ไปนึ่งเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดซึ่งเป็นอันตรายต่อเห็ด ก่อนที่จะนำไปแช่เชื้อเห็ด วิธีการนี้อาจทำได้หลายแบบ คือใช้หม้อนึ่งความดัน 15-18 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรืออีกวิธีหนึ่งก็คือ การใช้หม้อนึ่งแบบลูกทุ่งขนาดบรรจุ 1,000 ถุง นึ่งนาน 4-6 ชั่วโมง

(4) การแช่เชื้อจากหัวเชื้อลงถุงวัสดุหมัก หลังจากที่ได้นำถุงบรรจุวัสดุหมักไปนึ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และทิ้งไว้ให้เย็นแล้วก็เริ่มลงมือเพาะเชื้อได้ โดยทำการแช่เชื้อในท้องที่พ่นฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์แล้ว เชื้อเห็ดที่จะนำไปใช้เพาะลงในถุงวัสดุหมักในปัจจุบันนิยมใช้เชื้อเห็ดที่ผลิตจากเมล็ดธัญพืชและบรรจุอยู่ในขวดแบนใหญ่ ซึ่งเมื่อเขย่าขวดแล้วก็สามารถนำไปใช้ได้เลย หัวเชื้อ 1 ขวด สามารถใช้เพาะเชื้อได้ ประมาณ 40-50 ถุง ในอัตราถุงละ 10-15 เม็ด ขวดหัวเชื้อที่เปิดใช้แล้วจะต้องพยายามใช้ให้หมดในคราวเดียวกัน ไม่เก็บไว้ใช้ในครั้งต่อไปอีกเพราะจะทำให้มีโอกาสเสียได้

(5) การพักถุงเชื้อเห็ด หลังจากที่เราเพาะเชื้อเห็ดลงในถุงวัสดุหมักแล้วจะต้องพักถุงไว้จนกระทั่งเส้นใยของเห็ดเดินเต็มถึงก้นถุง ระยะเวลาพักก้อนเชื้อโดยเฉลี่ยสำหรับเห็ดแต่ละชนิดมีดังนี้

- ระยะเวลาพักก้อนเชื้อสำหรับเห็ดหูหนู ประมาณ 25-30 วัน
- ระยะเวลาพักก้อนเชื้อสำหรับเห็ดนางรมและเห็ดนางฟ้า ประมาณ 15-20 วัน
- ระยะเวลาพักก้อนเชื้อสำหรับเห็ดเป๋าฮื้อ ประมาณ 35-40 วัน

2.1.1.2 การเพาะเห็ดกลางแจ้ง (Open Field Culture) เหมาะสำหรับการเพาะเห็ดฟาง ซึ่งแบ่งเป็นการเพาะเห็ดฟางแบบกองเตี้ยกลางแจ้ง และการเพาะเห็ดฟางแบบกองสูงเป็นการเพาะแบบธรรมชาติ

2.1.1.3 การเพาะเห็ดในโรงเรือน (Protected Culture) เหมาะสำหรับการเพาะเห็ดฟางอุตสาหกรรม การเพาะเห็ดแชมปิญอง เป็นวิธีเพาะเห็ดซึ่งต้องใช้เทคโนโลยีสูงทุกขั้นตอนของการเจริญเติบโต เช่น การหมักฟางก่อนเพาะ การอบฟางหมักเพื่อฆ่าเชื้อบางชนิด การรักษาอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือน เป็นต้น

2.1.2 พื้นที่เพาะเห็ดและแหล่งผลิตที่สำคัญ

ในปัจจุบันการเพาะเห็ดในสกุล *Pleurotus* sp. อันได้แก่ เห็ดหูหนู เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดเป๋าฮื้อ เป็นต้น ยังไม่มีหน่วยงานใดทำการสำรวจผลผลิตรวมทั้งประเทศไว้ แต่ทราบว่าพื้นที่เพาะเห็ดและแหล่งผลิตที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดราชบุรี นครปฐม กรุงเทพฯ อ่างทอง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2536)

2.1.3 ผลผลิตโดยเฉลี่ยจากการเพาะเห็ดแต่ละชนิด

ศิริกุล (2528) สำรวจพบว่า เห็ดหูหนู เมื่อใช้ระยะเวลาพักก้อนเชื้อ 30-40 วัน และใช้ถุงขนาดบรรจุ 800 กรัม จะให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยประมาณ 400-700 กรัม เก็บดอกเห็ดได้นานประมาณ 2-2.5 เดือน สำหรับเห็ดนางรมและเห็ดนางฟ้า ถ้าใช้วัสดุหมักขนาดบรรจุ 800 กรัม ดอกเห็ดที่ได้เฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 300-400 กรัมต่อถุง และสามารถเก็บผลผลิตได้นานประมาณ 4-6 รุ่น โดยมีระยะเวลาเก็บดอกเห็ดนานประมาณ 60 วัน และเห็ดเป๋าฮื้อ นับตั้งแต่วันเปิดดอกราว 2 สัปดาห์ เห็ดเป๋าฮื้อจะเริ่มสร้างดอก และสามารถเก็บผลผลิตได้นานประมาณ 3-4 รุ่น ระยะเวลาเก็บดอกนาน 90 วัน ได้ผลผลิตรวมทั้งสิ้น 30-40 % ของน้ำหนักวัสดุหมักที่บรรจุในถุงพลาสติก

2.1.4 การกำจัดก้อนเชื้อเห็ดที่หมดอายุ

ก้อนเชื้อที่ให้ผลผลิตจนจะหมดแล้วจะมีน้ำหนักเบา เวลาบีบดูจะเละ เมื่อถึงระยะนี้แล้วจะนำก้อนเชื่อนั้นออกจากโรงเรือน ล้างโรงเรือน ส่วนภายนอกโรงเรือนก็ใช้ยาที่มีฤทธิ์

ตกค้างนานๆ ซีดแทน หลังจากนั้นต้องพักโรงเรือนโดยเปิดประตูหน้าต่างทิ้งไว้ประมาณ 10-15 วัน จึงจะนำถุงก้อนเชื้อใหม่ไปใส่ได้ จึงเห็นได้ว่า การกำจัดก้อนเชื้อเห็ดที่หมดอายุแล้ว มีวิธีเดียวคือนำออกจากโรงเรือนแล้วกองทิ้งไว้ในบริเวณใกล้เคียงโดยไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วก้อนเชื้อที่ใช้แล้วเหล่านี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น ในประเทศไต้หวันและเกาหลีได้มีการตั้งโรงงานขนาดใหญ่รับซื้อวัสดุที่เหลือจากการเพาะเห็ด เพื่อนำมาหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ขายสำหรับในประเทศไทยมีบางแห่งที่นำก้อนเชื้อที่หมดอายุแล้วไปทำเป็นเชื้อเพลิง (ศิริกุล, 2528) ซึ่งแนวทางหนึ่งที่เป็นไปได้ ก็คือการนำเอาก้อนเชื้อที่หมดอายุแล้วเหล่านี้มาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

2.2 เชื้อเพลิงอัดแท่ง

เชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นแนวทางหนึ่งที่นำเอาวัสดุเหลือใช้กลับมามีประโยชน์ โดยนำมาใช้ทดแทนไม้ฟืนและถ่าน วัสดุเหลือใช้พวกชีวมวลจากพืช ไม้ หรือของเหลือทิ้งจากการเกษตรสามารถเปลี่ยนรูปให้เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณค่าด้วยกระบวนการอัดแท่ง (Densification) ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำให้เป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง (Srikanthan, 1988)

เนื่องจากวัสดุทางการเกษตรต่างๆ ก่อนอัดแท่งมีความหนาแน่นต่ำ มีปริมาตรมาก ไม่สะดวกต่อการขนส่งและเก็บรักษา เมื่อนำมาอัดแท่งแล้วจะมีปริมาตรลดลงและความหนาแน่นเพิ่มขึ้นทำให้สะดวกต่อการขนส่งและเก็บรักษา วัสดุทางการเกษตรก่อนอัดแท่งจะมีค่าความร้อนเท่ากับ $\frac{1}{3}$ ของถ่านหินโดยน้ำหนัก และ $\frac{1}{4}$ โดยปริมาตร แต่เมื่อมีการอัดแท่งแล้วสามารถเพิ่มค่าความร้อนเป็น $\frac{2}{3}$ ของถ่านหินโดยน้ำหนัก และเกือบ $\frac{3}{4}$ โดยปริมาตร (Reed และ Bryant, 1978)

จึงเห็นได้ว่า การอัดแท่งนี้จะทำให้เราได้เชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มค่าความร้อนและสามารถนำไปแทนเชื้อเพลิงอย่างอื่นได้ ดังที่ Srikanthan (1988) กล่าวว่า ชีวมวลอัดแท่งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและอุตสาหกรรม โดยใช้ทดแทนถ่านในงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ ยังใช้เป็นเชื้อเพลิงในรูปไพโรไลซิส (Pyrolysis) และก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification)

2.2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิง

Islam และคณะ (1984) รายงานว่า วัสดุเหลือทิ้งประเภทลิกโน-เซลลูโลส สามารถนำมาใช้ทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ได้แก่ แกลบ ชี้อ้อย กากอ้อย เปลือกถั่ว ขุยมะพร้าว ผักตบชวา

เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้เป็นผลพลอยได้จากโรงสีข้าว โรงเลื่อย และโรงงานน้ำตาล และมีจำนวนมากกว่า 5 ล้านตันต่อปี ก่อให้เกิดปัญหาในการกำจัด

วัสดุประเภทลิกโน-เซลลูโลส ส่วนใหญ่ได้จากพืช ซึ่งในวัสดุพืชแต่ละชนิดประกอบด้วยสารประกอบทางเคมีอินทรีย์และอนินทรีย์หลายอย่าง โดยมีสารประกอบอินทรีย์เป็นส่วนประกอบอยู่ในปริมาณสูง ที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิด คือ คาร์โบไฮเดรต และลิกนิน ประมาณ 50% ของคาร์โบไฮเดรตในพืชจัดเป็นเซลลูโลส ส่วนลิกนินเป็นสารประกอบฟีนอล (Phenolic Substances) มีอยู่ 20-30% (Browning, 1963) สำหรับเนื้อไม้ นั้น ประกอบด้วยสารประกอบต่างๆ มากมายที่สำคัญได้แก่ เซลลูโลส (Cellulose) ลิกนิน (Lignin) สารพิเศษ (Extractive) และสารส่วนน้อย (Minor Constituent) โดยที่เซลลูโลสจัดเป็นสารประกอบที่มีมากที่สุดของเนื้อไม้ ประมาณ 50% โดยมวล ลิกนินเป็นสารประกอบที่มีมากรองจากเซลลูโลส ประมาณ 23-33% โดยมวลในไม้เนื้ออ่อน และ 16-25% โดยมวลในไม้เนื้อแข็ง ในขณะที่สารพิเศษเป็นสารประกอบที่เป็นคุณสมบัติของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีประมาณ 5-30% โดยมวล ซึ่งได้แก่ พวกน้ำมันหอม ยาง ไขมัน แป้ง เป็นต้น ส่วนสารส่วนน้อยจะมีประมาณ 0.1-3% โดยมวล ซึ่งเป็นสารประกอบที่ก่อให้เกิดเถ้า อันได้แก่ สารประกอบพวกแคลเซียม โบแทสเซียม ฟอสเฟต และซิลิกา เป็นต้น (สมโภชน์, 2528)

ขี้เลื่อย เป็นวัสดุเหลือทิ้งอย่างหนึ่งที่สามารถนำมาอัดแท่งเชื้อเพลิงได้ ดังที่ นารา (2524) ได้วิจัยเรื่องการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากวัสดุเหลือใช้เพื่อทดแทนฟืนและผลิตเป็นถ่านสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ และใช้หุงต้มในครัวเรือน แต่เป็นขี้เลื่อยที่นำมาจากโรงงานแปรรูปไม้โดยตรง

2.2.2 วิธีการอัดแท่ง

การอัดก้อนวัสดุต่างๆ นั้น อาจแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ การอัดโดยใช้ความร้อนเข้าช่วย ซึ่งในกรณีนี้ ได้แก่ วัสดุพวกขี้เลื่อย แกลบ เศษไม้ โดยความร้อนจะไปทำให้สารพวกลิกโน-เซลลูโลสเยิ้มและเชื่อมประสานกัน อีกวิธีหนึ่ง คือ การอัดโดยไม่ใช้ความร้อน ซึ่งก็แบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบใช้ตัวประสาน (Binder) เข้าช่วยให้เชื้อเพลิงเกาะติดกัน และแบบไม่ใช้ตัวประสาน (Binderless) ซึ่งใช้กับพวกวัสดุที่มียางเหนียวๆ อยู่ในตัว เช่น การอัดพวกพืชสด เป็นต้น (มงคล, 2535)

2.2.2.1 การอัดร้อนและใช้แรงอัดสูง (Hot and High - Pressure Densification) การอัดแท่งแบบนี้เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้กันมากอยู่ทั่วไป สามารถใช้กับวัสดุทั่วไปได้อย่างกว้างขวาง ซึ่งวิธีการอัดแท่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ตามชนิดของเครื่องอัด คือ

- การอัดแท่งด้วยลูกสูบ (Piston Press Densification)
- การอัดแท่งด้วยเกลียว (Screw Press Densification)
- การอัดแท่งด้วยลูกกลิ้ง (Roll Press Densification)
- การอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งเล็กๆ (Pelletizing)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอัดใน 3 ประเภทแรก มีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งปกติโดยทั่วไปจะเรียกว่า เชื้อเพลิงอัดแท่ง (Briquetted Fuel) (Bhattacharya และคณะ, 1989) และปัจจัยที่มีผลต่อการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้ความร้อนและใช้แรงอัดสูงนั้น ได้แก่ ปริมาณความชื้น ขนาดของชิ้นส่วนวัตถุดิบ แรงดัน และอุณหภูมิ

(1) ปริมาณความชื้น (Moisture Content) Kishimoto และ Boley (1968) รายงานว่า วัสดุที่มีความชื้นต่ำมีข้อยุ่งยากที่จะทำให้จับตัวเป็นก้อนและการอัดแท่งทำได้ยาก ทำให้มีรอยแตกบนผิวของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ แต่วัสดุที่มีความชื้นมากเกินไปจะทำให้เกิดการระเบิดของไอน้ำในระหว่างการอัด ส่วน Bossel (1985) พบว่าปริมาณความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญมากที่มีผลต่อการอัดแท่งในระหว่างการอัดวัตถุดิบ น้ำที่อยู่ในวัตถุดิบมีส่วนช่วยกระจายความร้อนในมวลของวัตถุ ถ้าวัตถุดิบมีน้ำไม่เพียงพอทำให้การส่งผ่านความร้อนไม่ดี แรงดันที่ต้องการใช้ในการอัดแท่งจึงเพิ่มขึ้น ในปี 1985 Schaap ได้ค้นพบว่า เป็นไปไม่ได้ที่จะทำการอัดวัสดุเหลือทิ้งโดยปราศจากความชื้น ในทางตรงกันข้ามถ้าวัสดุมีน้ำมากเกินไปทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นถูกกระจายไปส่งผลทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำ และบ่อยครั้งทำให้เกิดการระเบิดออกมาจากกระบอกอัด โดยทั่วไปแล้วพบว่าปริมาณความชื้นของวัสดุที่นำมาอัดในช่วง 6-10% (โดยเฉพาะขี้เลื่อย) จะทำให้การอัดแท่งเชื้อเพลิงเป็นไปได้อย่างสะดวกและสม่ำเสมอ แท่งเชื้อเพลิงอัดก้อนที่ได้จะมีความแข็งและไม่มียอยแตก แต่ถ้าปริมาณความชื้นมีค่าใกล้เคียง 15% การอัดก้อนไม่มีความแน่นอน ทำให้แท่งเชื้อเพลิงอัดก้อนที่ได้ออกมาคุณภาพไม่ดีและอ่อนตัวง่าย (Kishimoto และ Boley, 1968) อย่างไรก็ตาม ITDG (1984) รายงานเกี่ยวกับสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งไว้ว่า ปริมาณความชื้นควรจะมีความชื้นในช่วง 10-25% ในขณะที่ Lequeux และคณะ (1988) รายงานว่า ปริมาณความชื้นสูงสุดของวัสดุที่ยอมให้ใช้ได้ในการอัดแท่ง อยู่ในช่วง 10-20% แต่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมที่สุดควรจะอยู่ในช่วงระหว่าง 8-12 % (Pitakarnnop, 1983 ; Koser และคณะ, 1982; Bhattacharya และคณะ, 1985)

นอกจากนี้ นารา (2531) ได้กล่าวว่า โดยทั่วไปวัสดุเหลือใช้ควรมีความชื้นไม่เกิน 10% ทั้งนี้เพื่อให้วัสดุดังกล่าวอัดเป็นแท่งได้ง่าย ไม่มีรอยแตกร้าว มีความแข็งแรงพอเพียง และสามารถขนส่งได้โดยไม่แตกหัก

จากที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นว่า ความชื้นที่เหมาะสมต่อการอัดแท่งเชื้อเพลิงควรอยู่ระหว่าง 6-12 % แต่ไม่เกิน 20 %

(2) ขนาดของชิ้นส่วนวัตถุดิบ (Particle Size) Singh และ Amir (1982) พบว่า ขนาดชิ้นส่วนวัสดุ 48-100 mesh เป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการอัดแท่งเชื้อเพลิง เนื่องจากทำให้การผลิตแท่งเชื้อเพลิงใช้แรงดันในการอัดต่ำและใช้ปริมาณตัวประสานน้อย ในขณะที่ ITDG (1984) รายงานว่า ขนาดชิ้นส่วนของวัสดุโดยเฉลี่ยควรจะมีขนาด 3 มิลลิเมตร โดยที่ 20% ของวัสดุควรมีขนาดชิ้นส่วนเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร และที่เหลือยอมให้มีขนาดได้ 2-4 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตาม Koullas และ Koukios (1987) กล่าวว่า วัตถุดิบที่มีขนาดชิ้นส่วนที่เล็กละเอียดจะทำให้การอัดแท่งกระทำได้สะดวก เนื่องจากมีพื้นที่ผิวในการยึดตัว (Bonding) มาก

(3) แรงดัน (Pressure) Reed และคณะ (1980) พบว่า ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงอัดก้อนความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงจะเพิ่มตามการเพิ่มขึ้นของแรงดันที่ใช้ ณ อุณหภูมิเฉพาะ ITDG (1984) รายงานว่า การทำให้แท่งเชื้อเพลิงอัดแข็งตัวด้วยการระบายความร้อน ควรทำภายใต้แรงดัน ณ ที่อุณหภูมิห้อง ในขณะที่ Hartog (1985) กล่าวว่า เครื่องอัดแท่งแบบใช้วิธีการอัดโดยใช้ความร้อนและแรงดันสูง สามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ให้ค่าความร้อนสูง มีความสะดวกต่อการนำมาใช้งานขนส่ง และเก็บไว้ในที่โล่งได้โดยไม่เกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากความชื้นในบรรยากาศ ทั้งนี้เนื่องจากการอัดดังกล่าวทำให้ได้เชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่ง Joseph และ Hislop (1985) ได้รายงานไว้ว่า ความหนาแน่นของแท่งอัดก้อนนั้นจะขึ้นอยู่กับแรงดันที่ใช้ แท่งอัดก้อนที่ผลิต ณ แรงดันต่ำกว่า 20 MPa จะมีความหนาแน่นประมาณ 20% ของการผลิต ณ แรงดัน 120 MPa นอกจากนี้ นารา (2531) ได้กล่าวว่า แรงดันในกระบอกอัดเกิดจากการที่สกรูอัดหมุนดันให้วัสดุที่ป้อนเข้าเครื่องอัดติดกับผนังกระบอกอัดโดยที่แรงดันขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างเกลียวอัด ความสูงของเกลียว ความเร็วของสกรู ตลอดจนระยะห่างระหว่างผนังกระบอกอัดกับสกรู เมื่อวัสดุถูกสกรูหมุนดันให้ติดกับกระบอกอัดซึ่งได้รับความร้อนจากแผ่นให้ความร้อนจะทำให้เกิดการเกาะตัวกัน และแรงเสียดทานระหว่างกระบอกอัดกับแท่งเชื้อเพลิงที่กำลังเคลื่อนตัวออกจะช่วยทำให้เกิดแรงดันที่เหมาะสม ทำให้วัสดุเกิดการอัดตัวแน่นยิ่งขึ้น

กัน และแรงเสียดทานระหว่างกระบอกอัดกับแท่งเชื้อเพลิงที่กำลังเคลื่อนตัวออกจะช่วยทำให้เกิดแรงดันที่เหมาะสม ทำให้วัสดุเกิดการอัดตัวแน่นยิ่งขึ้น

(4) อุณหภูมิ (Temperature) Reed และคณะ (1980) ทำการทดลองการอัดแท่งภายใต้ภาวะต่างๆ ในห้องทดลอง และเปรียบเทียบการใช้พลังงานในระหว่างการอัดแท่ง และได้สรุปไว้ว่า ในการทำให้วัสดุที่จะใช้ในการอัดแท่งร้อนก่อนที่จะป้อนเข้าเครื่องอัดที่อุณหภูมิ 200-225 °C จะมีผลให้แรงดันที่ใช้ในการอัดแท่งลดลง 2 เท่า และการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องเป็น 225 °C จะมีผลทำให้พลังงานที่ใช้ในการอัดแท่งลดลงประมาณ 2 เท่า อย่างไรก็ตามปริมาณพลังงานของการอัดแท่งชีวมวลโดยรวมจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของการอัดแท่งที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ Rougerie (1980) ได้คิดหาวิธีการอัดแท่งกับวัสดุประเภทลิกโน-เซลลูโลส (ซีเลื่อย) ที่อุณหภูมิเริ่มแรก 120-160 °C เพื่อที่จะทำให้ลิกนินอ่อนตัว และทำการอัดแท่งที่แรงดัน 500 kg/cm² ซึ่งทำให้ได้แท่งอัดก้อนที่มีความแข็งแรงดี และ Crepeau และคณะ (1983) พบว่า ในการอัดเม็ดของเศษวัสดุประเภทลิกโน-เซลลูโลส (โดยเฉพาะซีเลื่อย) ที่ความชื้น 10-14% และอุณหภูมิ 100-110 °C นั้นจะทำให้ได้เชื้อเพลิงอัดก้อนที่มีความแข็งแรงและสามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานานโดยไม่แตกกร่อน สำหรับในด้านการทนแรงอัดนั้น Bhattacharya และ Yeasmin (1984) กล่าวว่า การทนแรงอัด (Compressive Strength) ของชีวมวลอัดแท่งขึ้นอยู่กัอุณหภูมิที่ใช้ระหว่างการอัด และที่อุณหภูมิล้อมรอบ 220 °C ทำให้ได้แท่งอัดก้อนที่มีความแข็งแรงสูงสุด ในขณะที่ ITDG (1984) รายงานว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงควรจะน้อยกว่า 150 °C และนอกจากนี้ยังพบว่า ช่วงเวลาการอัดแท่งนั้นควรจะน้อยที่สุดถึง 2 วินาที ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง อย่างไรก็ตาม นารา (2531) ได้รายงานว่ อุณหภูมิของเครื่องทำความร้อนที่เหมาะสม ควรอยู่ในช่วง 260-300 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่สามารถทำให้วัสดุเหลือใช้ เช่น แกลบ ซีเลื่อย กากอ้อย เกาะกันเป็นแท่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุด

จากที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอัดแท่งเชื้อเพลิงควรอยู่ระหว่าง 200 - 300 °C

2.2.2.2 การอัดเย็นและใช้แรงอัดต่ำ (Cold and Low Pressure Densification) วิธีการอัดแท่งแบบนี้จะใช้แรงอัดและอุณหภูมิในระหว่างการอัดต่ำ ซึ่งได้แก่ แบบใช้ตัวประสาน และแบบไม่ใช้ตัวประสาน (Bhattacharya และคณะ, 1989)

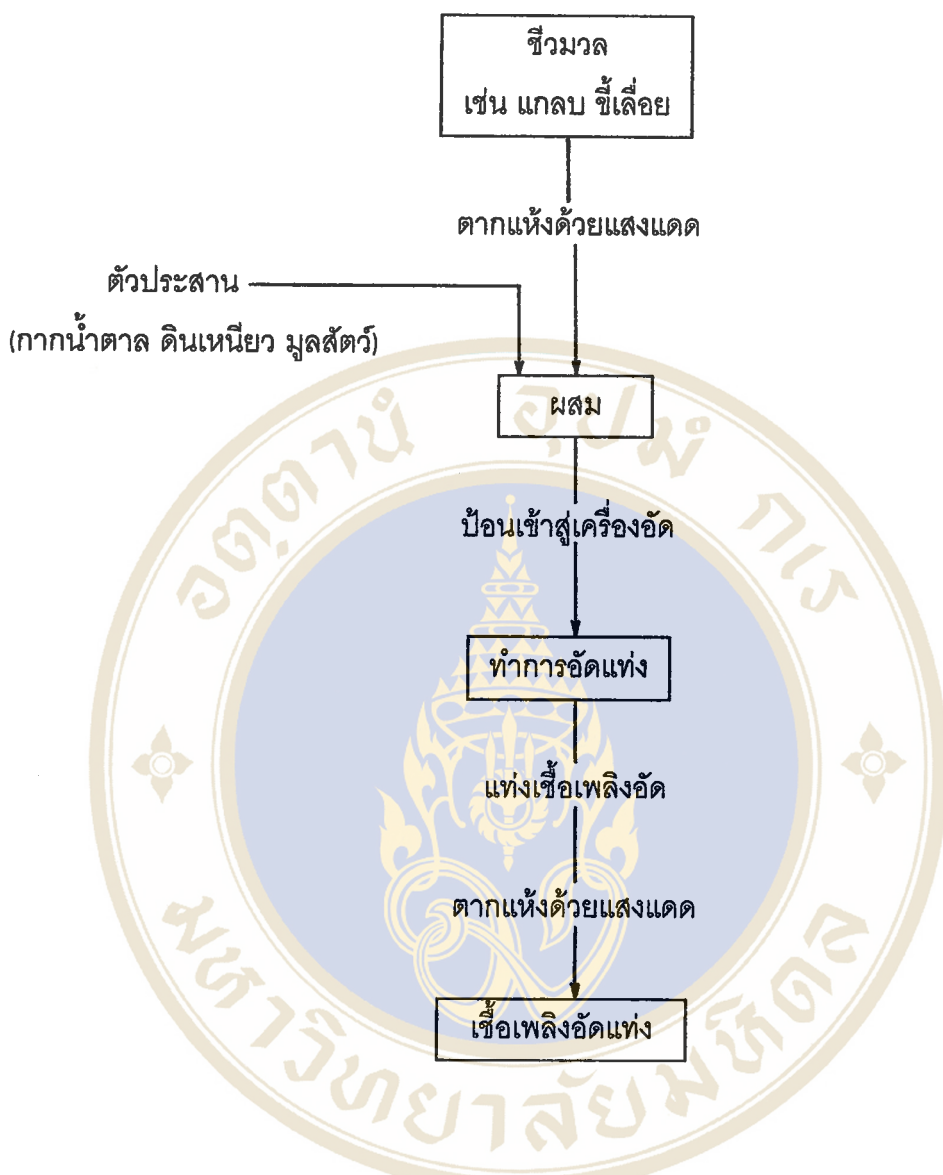
ประสานยังเป็นตัวช่วยในการยึดเกาะวัสดุของแท่งเชื้อเพลิงที่อัดด้วยแรงอัดปานกลาง ซึ่งตัวประสานที่ใช้ควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- มีความสามารถในการประสานดี
- สามารถเผาไหม้ได้หรือลุกติดไฟได้ดี และไม่ทำให้เกิดควัน
- เมื่อถูกอากาศภายนอก จะต้องไม่ทำให้แท่งเชื้อเพลิงอัดแตกร่วน หรืออ่อนตัวเกินไป

- เสียค่าใช้จ่ายน้อย

ธงชัย และมัณฐวี (2534) ได้ศึกษาการใช้เศษวัสดุพืชเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง พบว่าผักตบชวาและวัสดุที่มีผักตบชวาเป็นส่วนผสมนั้น สามารถอัดเป็นแท่งได้โดยไม่ต้องใช้ตัวเชื่อมประสาน ทั้งนี้เพราะผักตบชวาจัดเป็นพืชที่มียางเหนียว (Sticky Material) ประเภทลิกนินอยู่ แสดงให้เห็นว่าผักตบชวาสามารถทำหน้าที่เป็นตัวประสานได้ นอกจากนี้ Stienswat และ Buachanda (1986) ยังพบว่า เมื่อเศษพืชหรือวัสดุชีวมวลถูกหมักเกิดการเน่าเปื่อย จะทำให้วัสดุเหล่านี้อ่อนนุ่ม และสร้างสารที่เป็นยางเหนียวสำหรับการยึดตัวได้ ดังนั้นหากนำผักตบชวามานำมาหมักให้เปื่อยยุ่ยแล้วจะมีคุณสมบัติใช้เป็นตัวประสานได้

อย่างไรก็ตาม อาทิตย์ (2532) ได้ทำการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลจากผักตบชวา และผักตบชวามสกล้านิกไนท์ ในอัตราส่วนต่างๆ คือ ผักตบชวาล้วน (100:0), 90:10, 80:20, 70:30, 50:50, 30:70, 20:80 และ 10:90 (โดยปริมาตร) ใช้แบ่งเปียกเป็นตัวเชื่อมประสาน พบว่า เมื่อปริมาณส่วนผสมของผักตบชวามากขึ้น ทำให้ค่าความร้อนและประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลมีแนวโน้มลดลง เชื้อเพลิงชีวมวลที่ผลิตจากผักตบชวามสกล้านิกไนท์ที่อัตราส่วน 10:90 ให้ค่าความร้อนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 4,194 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม อัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวา : ถ่านลิกไนท์ที่ 20:80, 50:50, 30:70, 70:30, 80:20, 90:10 และผักตบชวาล้วน (100:0) มีค่าความร้อนเรียงตามลำดับคือที่ 4,108, 3,853, 3,847, 3,754, 3,554, 3,402 และ 3,234 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และในการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลปรากฏว่าเชื้อเพลิงชีวมวลอัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวา : ถ่านลิกไนท์ที่ 10:90 มีประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนสูงที่สุด คือ ร้อยละ 32.42 อัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวา : ถ่านลิกไนท์ที่ 20:80, 30:70, 50:50, 70:30, 80:20, 90:10 และผักตบชวาล้วน (100:0) มีประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนร้อยละ 32.02, 31.81, 31.04, 28.55, 27.57, 26.45 และ 22.88 ตามลำดับ



รูปที่ 2-1 ขั้นตอนการอัดแท่งแบบใช้ตัวประสาน

(2) การอัดแท่งแบบไม่ใช้ตัวประสาน วิธีการอัดแท่งแบบไม่ใช้ตัวประสานโดยใช้ อุณหภูมิและแรงอัดต่ำ สามารถทำได้กับวัสดุชีวมวลที่เน่าเปื่อยหรือผ่านการหมักแล้ว เท่านั้น เนื่องจากการหมักชีวมวลทำให้เส้นใยหรือเนื้อเยื่ออ่อนตัว และสร้างสารที่เป็นยางเหนียว ทำให้พลังงานที่ใช้ในการอัดลดลง ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบกว่าการอัดวิธีอื่น การอัดวิธีนี้ ถ้าวัตถุดิบที่ใช้เป็นพืชที่ไม่มี วัสดุเหนียว อันได้แก่ Gelatin, Pectin, Lignin ฯลฯ หรือมีปริมาณน้อย จะต้องผสมกับวัสดุเหนียวเพื่อ ที่จะให้การอัดแท่งนั้นได้ผล (Stienswat และ Buachanda, 1986) และปริมาณความชื้นที่เหมาะสม สำหรับการหมัก คือ 50-60 % (Murthy, 1978) อย่างไรก็ตามในการหมักวัสดุชีวมวลทำให้เกิดการ ย่อยสลายซึ่งจะเป็นการลดความสามารถในการติดไฟของวัสดุลง เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จึงมีความ

ร้อนต่ำ (Banard และ Kristoferson, 1985)

Stienswat และ Buachanda (1986) ได้ศึกษาวิธีการอัดแท่งของวัสดุชีวมวลที่ผ่านการหมักหรือย่อยสลาย พบว่า เมื่อเศษพืชหรือวัสดุชีวมวลถูกหมักเกิดการเน่าเปื่อย จะทำให้วัสดุเหล่านี้อ่อนนุ่ม และสร้างสารเป็นยางเหนียวสำหรับการยึดตัวได้ ดังนั้นสิ่งเหล่านี้จะทำให้ลดความต้องการพลังงานที่ใช้ในการอัดแท่ง และลดการขัดสีระหว่างชิ้นส่วนที่เป็นโลหะ ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบในการอัดแท่งอันหนึ่ง โดยที่ Stienswat และ Buachanda ได้ใช้เครื่องอัดแท่งที่ประกอบด้วยสกรูขับ (Extruder Screw) ต่อพ่วงกับกระบอกได (Die-Cylinder) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับเครื่องอัดแท่งแบบใช้ความร้อน แต่ไม่มีระบบให้ความร้อนจากภายนอก สกรูสามารถเปลี่ยนได้สะดวกตามขนาดของกระบอกไดที่ใช้ วัสดุที่ป้อนให้กับเครื่องอัดถูกสับก่อนเพื่อย่อยขนาดมีความชื้นอยู่ระหว่าง 50-70% ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ เมื่อวัสดุดังกล่าวถูกป้อนเข้าไปในตัวสกรูขับและถูกอัดแน่น วัสดุที่เป็นยางเหนียวในเนื้อเยื่อของพืชถูกบีบอัดที่อุณหภูมิห้องจะทำหน้าที่เป็นตัวประสาน การอัดแท่งในกรณีนี้ใช้พลังงานน้อยกว่า 3-5 เท่าของการอัดแท่งแบบใช้ความร้อน และลดการเสียดสีของวัสดุที่เป็นโลหะของเครื่องอัด เชื้อเพลิงที่ได้จะมีความชื้น 55-60% ควรทำให้แห้งเพื่อลดความชื้นโดยการตากแดด หรือตากในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

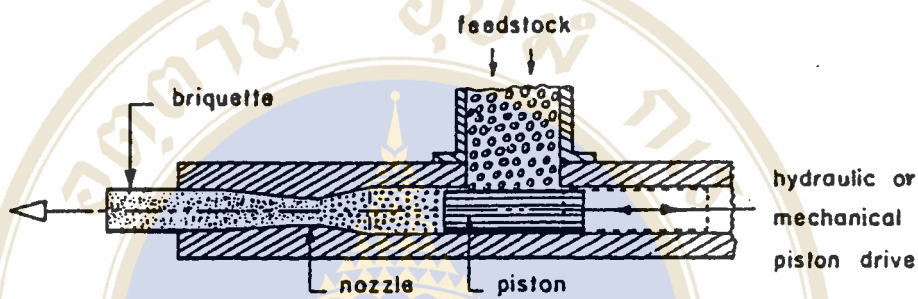
ในประเทศฟิลิปปินส์ ได้มีการคิดค้นทำเชื้อเพลิง ที่มีชื่อเรียกว่า กรีนชาโคล (Green Charcoal) โดยการหมักเศษพืช ใบไม้ ใบหญ้า ฯลฯ ด้วยจุลินทรีย์บางชนิด เมื่อเกิดการเน่าเปื่อยจึงนำไปอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร พบว่าหญ้าหมักเปื่อยนี้จะให้ค่าความร้อนสูงกว่าถ่านธรรมดา (คณะเกษตร, 2530)

2.2.3 เครื่องอัดแท่ง

เครื่องอัดแท่งสามารถแบ่งเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ (Bhattacharya และคณะ, 1989) คือ

2.2.3.1 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Press) (รูปที่ 2-2) ประกอบด้วยลูกสูบชัก (Reciprocating Piston) เพื่อดันวัตถุดิบที่มาจากช่องป้อนเข้าไปในกระบอกอัดรูปเรียว (Tapered Die) หลักการทำงาน คือ ลูกสูบอัดวัสดุเข้าไปในปลายท่อ (Barrel) หรือกระบอกอัด ซึ่งมีลักษณะเป็นตัวรีดรูปกรวย (Conical Choke) หรือเป็นรูปเรียว จะทำหน้าที่ด้านการเคลื่อนที่ของวัสดุ ผลจากการดัน

นี้รวมทั้งการขัดสีของวัสดุกับผนังท่อ ทำให้เกิดความร้อนที่มีอุณหภูมิในช่วง $150-300^{\circ}\text{C}$ และได้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกอัดแท่งออกมาเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50-100 มิลลิเมตร เครื่องอัดแบบนี้มีความสามารถในการผลิตได้ 40-1,000 กิโลกรัม/ชั่วโมง และมีปัญหาที่พบโดยทั่วไป คือ การขัดสีของกระบอกอัด และการแตกของลูกสูบ (Lequeux และคณะ, 1988 ; Bhattacharaya และคณะ, 1989)

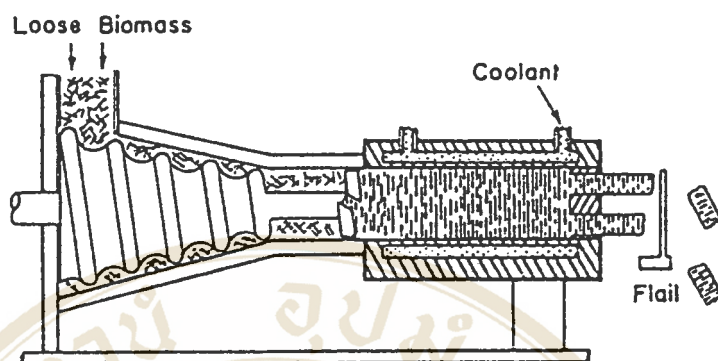


รูปที่ 2-2 เครื่องอัดแบบลูกสูบ

2.2.3.2 เครื่องอัดแบบเกลียว (Screw Press) ในเครื่องอัดแบบเกลียววัตถุดิบที่ใช้อัดจากช่องป้อน (Feed Hopper) ถูกส่งผ่านและอัดด้วยเกลียว ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

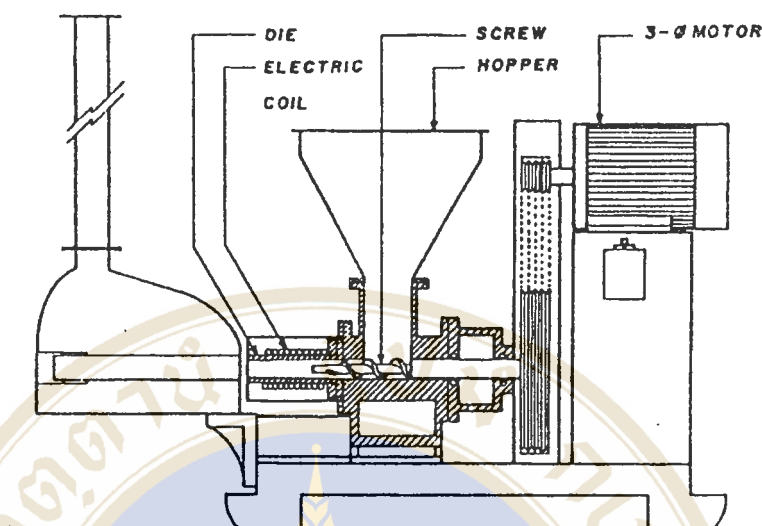
- เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย (Conical Screw Press)
- เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยชุดลดความร้อนที่กระบอกอัด (Screw Press with a Heated Die)
- เครื่องอัดแบบเกลียวคู่ (Twin - Screw Press)

(1) เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย (Conical Screw Press) แสดงไว้ดังรูปที่ 2-3 มีหลักการทำงาน คือ เกลียวรูปกรวยจะดันวัสดุให้เคลื่อนตัวไปข้างหน้า เมื่อฟันเกลียวไปวัสดุถูกดันผ่านกระบอกอัดขนาด 25 มิลลิเมตร การไหลผ่านของวัสดุเข้าไปในกระบอกอัดเพิ่มขึ้นพร้อมกับแรงเสียดทานที่มากขึ้น ทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นระหว่าง $100-200^{\circ}\text{C}$ ส่งผลให้ลิกนินหลอมละลายทำหน้าที่เป็นตัวประสาน หลังจากระบายความร้อนแล้วจะได้แท่งเชื้อเพลิงอัด กำลังในการผลิตของเครื่องอัดแท่งแบบนี้อยู่ในช่วง 500-1,000 กิโลกรัม/ชั่วโมง อัตรากำลังของมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องอัดอยู่ระหว่าง 35-75 กิโลวัตต์ วัสดุที่ใช้ทำการอัดควรมีลักษณะเม็ดละเอียดและมีปริมาณความชื้น 8-10%



รูปที่ 2-3 เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย

(2) เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด (Screw Press with a Heated Die) แสดงไว้ดังรูปที่ 2-4 มีหลักการทำงาน คือ วัสดุถูกดันโดยเกลียวที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกหรือรูปกรวยเล็กน้อย ผ่านเข้าไปในท่อ (Barrel) หรือกระบอกอัดที่มีอุณหภูมิจากขดลวดความร้อนระหว่าง $200-350^{\circ}\text{C}$ ความร้อนนี้ทำให้วัสดุที่สัมผัสกับท่อเกิดการเผาไหม้และได้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกอัดยึดเกาะตัวกันดี ลักษณะเป็นท่อนทรงกระบอกหกเหลี่ยมขนาดประมาณ 50 มิลลิเมตร โดยเฉพาะการออกแบบของหัวเกลียวทำให้ได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีรูกลวงตรงกลางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 มิลลิเมตร เพื่อเป็นช่องให้ก๊าซหรือควันที่เกิดในระหว่างการอัดถ่ายเทออกมา กำลังในการผลิตของเครื่องอัดแบบนี้อยู่ในช่วง 50-500 กิโลกรัม/ชั่วโมง (Carre และคณะ, 1987 ; Bhattacharya และคณะ, 1989) วัสดุที่ใช้มีลักษณะเม็ดละเอียดและมีปริมาณความชื้นในช่วง 8-12 % ปัญหาใหญ่ของเครื่องอัดแบบนี้ คือ การขัดสีของเกลียวและกระบอกอัด เช่น เครื่องอัดที่ผลิตในประเทศไทย เกลียวมีอายุการใช้งานประมาณ 100 ชั่วโมง หลังจากที่ทำกรซ่อมแซมโดยการเชื่อมพอกใหม่แล้ว และเมื่อเร็ว ๆ นี้ผู้ผลิตชาวออสเตรเลียได้พัฒนาเกลียว 2 ชิ้น (Two - Piece Screw) ซึ่งมีอายุการใช้งานเฉลี่ยมากกว่า 500-800 ชั่วโมง (Kubinsky, 1986 ; Bhattacharya และคณะ, 1989) นอกจากนี้ Bhattacharya และคณะ (1988) ได้กล่าวว่า เกลียวที่ใช้อัดจะต้องทำการซ่อมหลังจากการใช้งานทุกๆ 100 ชั่วโมง และเปลี่ยนใหม่หลังจากซ่อมใช้ไปแล้วทุกๆ 3 ครั้ง ส่วนกระบอกอัดจำเป็นต้องเปลี่ยนหลังจากการใช้งานทุกๆ 1,000 ชั่วโมง

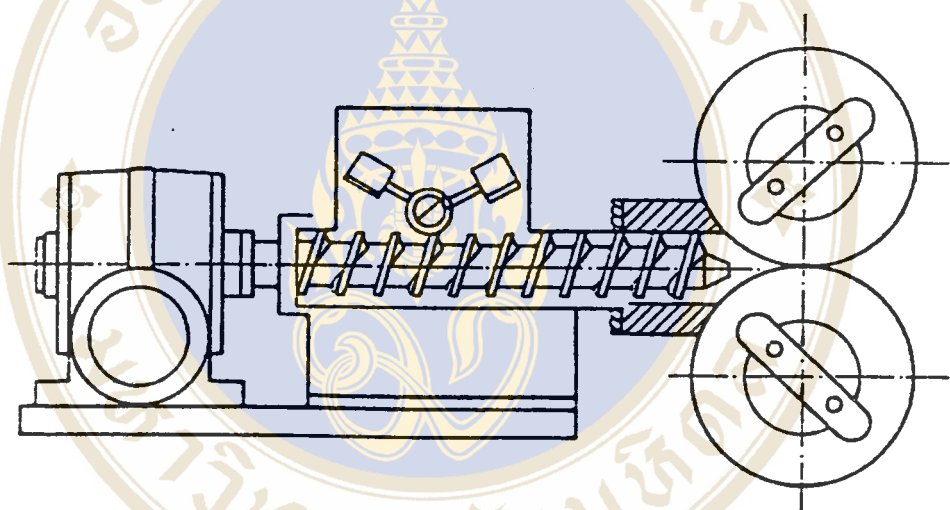


รูปที่ 2-4 เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด

อย่างไรก็ตาม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (TISTR, 1986) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร เช่น แกลบ ชี้เลื่อย ขานอ้อย ขุยมะพร้าว เปลือกเมล็ดกาแฟ เปลือกถั่ว และฟางข้าว เป็นต้น ที่ตัวเครื่องมีแผ่นทำความร้อนโดยใช้พลังงานไฟฟ้าขนาด 1 กิโลวัตต์ อยู่รอบกระบอกอัด 3 ตัว สามารถอัดแท่งโดยไม่ต้องใช้ตัวประสานใดๆ แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.6 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร และหนักประมาณ 1.3 กิโลกรัม โดยใช้เวลาในการผลิต 30-50 วินาที/ท่อน หรือ 2.5-3.0 ตัน/วัน ซึ่งสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง โดยไม่ต้องเปลี่ยนสกรูอัด ใช้ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 15 แรงม้า ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 สาย ขนาด 380 โวลท์ และสะดวกต่อการติดตั้งโดยใช้พื้นที่การติดตั้งเครื่องเพียง 2.5 ตารางเมตรเท่านั้น

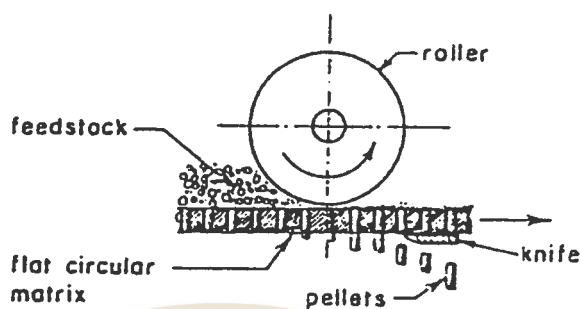
(3) เครื่องอัดแบบเกลียวคู่ (Twin - Screw Press) เครื่องอัดแบบนี้มีเกลียวอัด 2 อัน ต่อกับเพลลาที่สวมเข้ากับชิ้นส่วนของเกลียว (Screw Parts) ที่เปลี่ยนความเร็วในการหมุนได้ เนื่องจากแรงอัดและแรงเสียดสีสูง ทำให้อุณหภูมิของวัตถุดิบสูงถึง 250°C จึงต้องมีส่วนหล่อเย็นที่กระบอกอัด สำหรับวัตถุดิบที่ใช้อัดควรมีขนาด 30-80 มิลลิเมตร และวัตถุดิบที่มีปริมาณความชื้น 25% ขึ้นไปสามารถทำการอัดได้โดยไม่ต้องทำให้แห้งก่อน กำลังการผลิตของเครื่องอัดนี้อยู่ในช่วง 2,800-3,600 กิโลกรัม/ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้

2.2.3.3 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Roll Press) เครื่องอัดแบบลูกกลิ้งนี้ แสดงไว้ในรูปที่ 2-5 โดยการทำงานจะเริ่มอัดวัตถุดิบที่ตกลงมาในระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองที่หมุนทิศทางตรงกันข้าม ทำให้วัตถุดิบถูกอัดแน่นเข้าไปในตัวรองรับแท่งอัด (Pillow - Shaped Briquettes) การอัดแท่งแบบนี้ต้องการวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าการอัดแบบอื่น และแท่งอัดที่ได้มีความหนาแน่นน้อยกว่าแท่งอัดที่ได้จากการอัดแบบอื่น เนื่องจากช่วงเวลาในการอัดสั้น ทำให้ยากต่อการสร้างสภาวะของอุณหภูมิและแรงอัดในการหลอมละลายลิกนินได้อย่างเต็มที่ ดังนั้นการอัดแท่งด้วยวิธีนี้จะทำได้ผลสำเร็จดีจำเป็นต้องใช้ตัวประสานเข้าช่วย

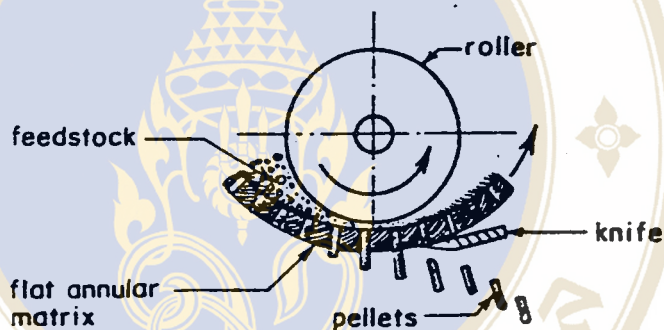


รูปที่ 2-5 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง

2.2.3.4 เครื่องอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งเล็กๆ (Pelletizing Press) เครื่องอัดแบบนี้ประกอบด้วยแม่พิมพ์ (Matrix) และลูกกลิ้ง (Roller) ซึ่งแรงอัดระหว่างแม่พิมพ์กับลูกกลิ้งทำให้เกิดความร้อนจากแรงเสียดสี และทำการอัดวัตถุดิบผ่านแผ่นแม่พิมพ์ที่เจาะเป็นรู ซึ่งมี 2 แบบ คือ เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์แผ่นกลม (The Disk Matrix Press) และเครื่องอัดแบบแม่พิมพ์วงแหวน (The Ring Matrix Press) ดังแสดงในรูปที่ 2-6 ก. และ 2-6 ข. แท่งอัดเม็ดที่ถูกอัดออกมาจะถูกตัดด้วยใบมีดตามขนาดความยาวที่กำหนดไว้ ซึ่งปกติจะมีความยาวน้อยกว่า 30 มิลลิเมตร และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-15 มิลลิเมตร ถ้าแท่งอัดมีขนาดใหญ่กว่านี้แล้วจะทำการอัดเป็นลูกบาศก์ (Cubing) แทนการอัดเป็นเม็ด (Pelletizing)



รูปที่ 2-6 ก. เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์แผ่นกลม



รูปที่ 2-6 ข. เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์วงแหวน

2.2.4 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวล จะใช้องค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงเป็นหลักในการประเมินคุณภาพ (Lowry, 1963; Forest Product Research Division, 1984) คือ

(1) ความชื้น (Moisture Content) ปริมาณความชื้น คือ ปริมาณความชื้นต่อปริมาณของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้ง ความชื้นมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งลดลงและทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งแตกร่วนได้ง่าย

(2) ปริมาณเถ้า (Ash Content) ปริมาณเถ้า คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปภายในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วยซิลิกา แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ เป็นต้น

(3) สารที่ระเหยได้ (Volatile Matters) ปริมาณสารระเหย คือ ส่วนของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้งที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน

(4) คาร์บอนเสถียร (Fixed Carbon) คาร์บอนเสถียร คือ มวลของคาร์บอนที่เหลือในเชื้อเพลิงอัดแท่ง หลังจากที่เราสารระเหยออกไปแล้วที่อุณหภูมิ 950°C

(5) กำมะถันรวม (Total Sulfur)

(6) ค่าความร้อน (Calorific Value or Heating Value) ค่าความร้อนของการสันดาปจะขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูงจะมีปริมาณคาร์บอนเสถียรเป็นองค์ประกอบอยู่สูง แต่มีสารที่ระเหยได้และปริมาณเถ้าอยู่ต่ำ เชื้อเพลิงที่มีค่าความชื้นสูงจะมีผลทำให้ค่าความร้อนต่ำ (กัญจน และ สมชาย, 2526) และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก็เป็นตัวชี้คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอย่างหนึ่ง ซึ่งเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดี เช่น ถ่านที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นถ่านที่มีคุณภาพดี แต่สำหรับการใช้ถ่านเพื่อการหุงต้มในครัวเรือนนั้น ถ่านที่ถือว่าเป็นคุณภาพดีที่สุดไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านที่มีค่าความร้อนสูงสุด แต่จะต้องมีคุณสมบัติที่ดีของถ่านทางด้านอื่นๆ ด้วย (กองวิจัยผลิตผลป่าไม้, 2526) คือ

(1) การแตกปะทุขณะติดไฟ ถ่านที่แตกปะทุขณะติดไฟจะเป็นที่รังเกียจของผู้ใช้เป็นอันดับหนึ่ง ดังนั้น ถ่านที่มีคุณภาพดีจะไม่มีการแตกปะทุเลย หรือมีการแตกปะทุบ้างเล็กน้อยในช่วงแรกที่ติดไฟ

(2) น้ำหนักถ่าน ถ่านที่มีน้ำหนักจะลุกไหม้ให้ความร้อนแรงได้นาน

(3) ควัน ถ่านที่มีคุณภาพดีไม่ควรจะมีควันและกลิ่นฉุนในขณะลุกไหม้

(4) ความแข็งแรงและการป่นของถ่าน ถ่านที่มีความแข็งแรงสูงจะช่วยลดการแตกหักหรือป่นเป็นผง ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน การขนส่ง และการเก็บรักษา

อย่างไรก็ตาม ชีวมวล (Biomass) ที่ได้จากพืชมีคุณสมบัติที่ได้เปรียบน้ำมันธรรมชาติและถ่านหิน เพราะมีธาตุกำมะถันที่เป็นอันตรายน้อย หรืออาจไม่มีเลย และไม่มีมลภาวะหรือสารพิษอื่นๆ เช่น ปรอท ตะกั่ว นอกจากนั้นยังมีปริมาณขี้เถ้า (Ash Content) ต่ำมาก และก็ยังใช้เป็นปุ๋ยได้อีกด้วย (จเร, 2526) ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วในถ่านหินและน้ำมันจะมีกำมะถันเจือปนอยู่ราว 3% และอาจสูงถึง 7% (วิจิตร, 2524)

การศึกษาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง ของแท่งเชื้อเพลิงอัดแข็งจากวัสดุเหลือใช้เปรียบเทียบกับคุณสมบัติของฟืนไม้แสม ซึ่งทำการวิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการพลังงาน (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2535) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2-2 พบว่าแท่งฟืนซีเลื่อยมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับฟืนไม้แสม โดยที่ค่าความร้อนของแท่งฟืนซีเลื่อยมีค่าสูงถึง 4,820 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ขณะที่ฟืนไม้แสมมีค่าความร้อน 4,390 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ส่วนแท่งฟืนแกลบมีปริมาณเถ้าค่อนข้างสูง ทำให้ค่าความร้อนต่ำกว่าแท่งฟืนซีเลื่อยและฟืนไม้แสม แต่ค่าความหนาแน่นของแท่งฟืนซีเลื่อยและแท่งฟืนแกลบสูงกว่าความหนาแน่นของฟืนไม้แสม จึงทำให้ระยะเวลาการเผาไหม้หรือการทนทานในการติดไฟได้นานกว่า ที่อุณหภูมิใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 2-2 คุณสมบัติของแท่งฟืนซีเลื่อย แท่งฟืนแกลบ และฟืนไม้แสม

คุณสมบัติ	แท่งฟืนซีเลื่อย	แท่งฟืนแกลบ	ฟืนไม้แสม
ความชื้น (%)	5.7	5.9	8.0
ถ่านคงตัว (%)	24.9	20.4	22.8
สารระเหย (%)	72.5	62.1	73.3
เถ้า (%)	2.6	17.5	3.9
ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	4,820	3,900	4,390
ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	1,257	1,325	810
อุณหภูมิสูงสุด (°C)	900	900	950
ระยะเวลาการลุกไหม้ (ชั่วโมง)	4.0	3.0	1.7

หมายเหตุ : รายงานตามสภาพน้ำหนักแห้ง (Dry Basis)

นารา (2524) ได้เสนอการวิจัยเรื่องการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากวัสดุเหลือใช้เพื่อทดแทนฟืนและผลิตเป็นถ่านสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ ตลอดจนใช้หุงต้มในครัวเรือน พบว่าวัสดุเหลือใช้ที่สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็งนี้นำมาจากโรงงานต่างๆ ได้แก่ แกลบ ซีเลื่อย กากอ้อย เปลือกถั่ว ขุยมะพร้าว ใบไม้แห้ง เป็นต้น โดยนำมาผึ่งแดดให้แห้งประมาณ 1-2 แดด มีความชื้นประมาณ 10% บดให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วอัดด้วยเครื่องอัดระบบใช้ความร้อน ใช้เวลาอัดประมาณ 1 ท่อน/นาที่ สามารถอัดได้ 500 ท่อน/วัน (ปฏิบัติงานวันละ 8 ชั่วโมง) เชื้อเพลิงที่ได้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร น้ำหนักโดยเฉลี่ย 1.3 กิโลกรัม/ท่อน

เชื้อเพลิงที่ได้ใช้ทนกว่าฟืนไม้ เพราะมีความหนาแน่นสูงกว่าและสามารถนำไปเผาเป็นถ่านซึ่งให้ความร้อนสูงกว่าถ่านไม้ทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 2-3

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเรื่องการอัดเชื้อเพลิงแข็งเป็นก้อน โดยศึกษาการใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้ทางอุตสาหกรรมและการเกษตรที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ 3 ชนิด คือ แกลบ ชี้เลื่อย และขานอ้อย โดยนำมาอัดเป็นก้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร ภายใต้อุณหภูมิระหว่าง 57-1070 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และใช้ตัวเชื่อมประสาน ได้แก่ ชี้ผึ้ง และ แป้งเปียก พบว่าทั้งชี้เลื่อยและขานอ้อยสามารถนำมาอัดให้ติดกันเป็นก้อนได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้ตัวประสาน ส่วนแกลบต้องใช้ตัวประสาน และ/หรือผสมกับชี้เลื่อย หรือขานอ้อย จึงจะติดกันเป็นก้อนได้ หลังจากเก็บตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกอย่างน้อย 2 เดือน แล้วนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลง และคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ น้ำหนักร้อยละที่แตก่วน ความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณกำมะถัน ค่าความร้อนและคุณสมบัติในการเผาไหม้ไฟ และการให้ความร้อนเมื่อเทียบกับถ่านไม้ พบว่าก้อนเชื้อเพลิงผสมระหว่างแกลบกับขานอ้อยมีการแตก่วนน้อยที่สุด (ร้อยละ 1.53 โดยน้ำหนัก) และชี้เลื่อยมีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด (ร้อยละ 6.19 โดยน้ำหนัก) สำหรับคุณสมบัติในการเผาไหม้นั้น ก้อนเชื้อเพลิงเกือบทุกชนิดทำให้น้ำเดือดได้เร็วกว่าถ่านไม้และมีควันมากเมื่อเริ่มลุกไหม้ (กัญจนา และ เพียรพรรค ,2524)

ตารางที่ 2-3 เปรียบเทียบคุณสมบัติของฟืนและถ่านที่ได้จากชี้เลื่อยอัดแท่งและไม้

คุณสมบัติ	ชี้เลื่อยอัดแท่ง		เชื้อเพลิงจากไม้	
	ฟืน	ถ่าน	ฟืน	ถ่าน
ความชื้น (%)	5.9	1.3	8.0	6.2
คาร์บอนคงตัว (%)	6.4	85.5	22.8	82.2
สารระเหย (%)	71.7	8.5	73.3	10.9
ปริมาณเถ้า (%)	5.9	1.3	8.0	6.2
ค่าความร้อน (บีทียู/ปอนด์)	8,810	14,040	7,904	13,070

จะเห็นว่าจากการศึกษาของ นารา (2524), กัญจนและเพียรพรรค (2524) พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งมักจะให้ความร้อนที่สูงกว่าไม้ฟืนทั่วไปและใช้ทนกว่าไม้ฟืน แต่ก็มีควันมากเมื่อเริ่มลุกไหม้ นอกจากนี้ Aqa (1990) ได้กล่าวถึงข้อดีของเชื้อเพลิงอัดแท่งไว้ ดังนี้

(1) มีขนาดและรูปร่างเป็นแบบเดียวกัน สามารถใช้ป้อนเป็นเชื้อเพลิงในทางอุตสาหกรรมได้อย่างต่อเนื่อง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50-60 มิลลิเมตร และยาว 50-150 มิลลิเมตร

(2) มีคุณสมบัติทางกายภาพและความร้อนที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนได้

(3) ปราศจากมลภาวะ เนื่องจากไม่มีปริมาณกำมะถัน ฟอสฟอรัส และซีเถ้าลอย ปล่อยออกมา จึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมมลภาวะที่มีราคาสูง

(4) มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

(5) สะดวกต่อการเก็บและการนำมาใช้งาน

อย่างไรก็ตามเชื้อเพลิงอัดแท่งก็ยังมีข้อเสีย กล่าวคือ (Bhattacharya และคณะ, 1988)

(1) การอัดแท่งใช้แรงอัดสูง ทำให้ต้องใช้พลังงานสูงในกระบวนการผลิต และเป็นเหตุให้กระบอกอัดและสกรูสึกหรอได้ง่ายจากการขัดสี ดังนั้นการลงทุนจึงสูง

(2) คุณสมบัติการเผาไหม้ยังไม่เป็นที่น่าต้องการ เช่น การลุกไหม้ไม่ดี จุดติดไฟยาก และมีควันมาก

(3) เชื้อเพลิงอัดแท่งเมื่อถูกน้ำหรืออากาศที่มีความชื้นสูง มักจะแตกร่วน

บทที่ 3

วิธีการศึกษาวิจัย

3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) และการทดลอง มีขั้นตอนดำเนินการศึกษาวิจัย 2 ขั้นตอน คือ

(1) ขั้นตอนศึกษาและสำรวจข้อมูลทางด้านศักยภาพของแหล่ง และปริมาณเชื้อเพลิงที่เหลือทิ้งหลังจากการเผาเห็ด ซึ่งมีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

- ศึกษาและรวบรวมข้อมูลต่างๆ จากเอกสารและผลการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- สำรวจแหล่งเผาเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดในถุงพลาสติกภายในจังหวัดนครปฐม ซึ่งผู้วิจัยเลือกเป็นสถานที่ปฏิบัติงาน เนื่องจากเป็นแหล่งผลิตเห็ดที่สำคัญ อันได้แก่ เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดเป๋าฮื้อ และเห็ดหูหนู พร้อมทั้งมีความสะดวกในการเก็บข้อมูล และเก็บตัวอย่างวัสดุมาใช้ทดลองผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง
- เก็บรวบรวมข้อมูลและดำเนินการสำรวจจำนวนผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ด ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่เกษตรกรนำมาผลิตดอกเห็ด ชนิดเห็ดที่เกษตรกรทำการเผา เชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตก้อนเชื้อเห็ด ค่าใช้จ่ายในการใช้เชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อครั้ง และปริมาณเชื้อเพลิงที่เหลือทิ้งหลังจากการเผาเห็ด โดยวิธีการสัมภาษณ์โดยตรง (Direct Interview) จากเกษตรกรที่ทำการเผาเห็ด ซึ่งใช้เชื้อเพลิงเป็นวัสดุเผาทุกรายในจังหวัดนครปฐม ด้วยการให้แบบสำรวจในภาคผนวก ข.
- ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและรวบรวม โดยการใช้สถิติการแจกแจงความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage)
- สรุปและรายงานผล

(2) ขั้นตอนศึกษาและทดลองผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากเชื้อเพลิงที่เหลือทิ้งหลังจากการเผาเห็ด ซึ่งมีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้



- รวบรวมและศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เลื่อย และวัสดุที่มีความใกล้เคียงกับเรื่องที่ทำการศึกษา รวมทั้งผลงานทางวิชาการที่มีการศึกษาในเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการทดลองครั้งนี้

- ทำการเก็บตัวอย่างวัสดุขี้เลื่อยจากก้อนเชื้อเห็ดที่หมดอายุภายในฟาร์มเห็ดอรุณนิภา ต.พระประโทน อ.เมืองนครปฐม จ.นครปฐม พร้อมทั้งชั่งน้ำหนักวัดความชื้นและวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของขี้เลื่อย เพื่อเตรียมใช้เป็นวัสดุในการอัดแท่งเชื้อเพลิง

- ทำการทดลองการอัดแท่งเชื้อเพลิงจากขี้เลื่อยที่เตรียมไว้ โดยใช้เครื่องอัดแบบเกลียวโดยอัดแบบใช้ความร้อนและแรงอัดสูง (อัดร้อน) และอัดแบบไม่ใช้ความร้อนและใช้แรงอัดต่ำ (อัดเย็น) โดยไม่ใช้ตัวประสานและใช้ตัวประสาน พร้อมทั้งทำการวัดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ระหว่างการอัดด้วยเครื่อง Kilowatt-hour Meter เปรียบเทียบกัน ตามรูปที่ 3-1

- วิเคราะห์หาคุณสมบัติต่างๆ ทางด้านเชื้อเพลิงของขี้เลื่อยอัดแท่ง ได้แก่ ปริมาณความชื้น (Moisture Content) ปริมาณเถ้า (Ash Content) สารที่ระเหยได้ (Volatile Matter) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) กำมะถันรวม (Total Sulfur) และค่าความร้อน (Calorific Value or Heating Value) โดยทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM. รวมทั้งการทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของขี้เลื่อยอัดแท่ง (Thermal Utilization Efficiency) และการทดสอบคุณภาพของขี้เลื่อยอัดแท่ง ได้แก่ ค่าความหนาแน่น (Density) ค่าการทนแรงอัด (Compressive Strength) และค่าดัชนีของการแตกร่วนของขี้เลื่อยอัดแท่ง โดยวิธี Drop Shatter Test

- ประเมินการนำขี้เลื่อยอัดแท่งมาทดแทนเชื้อเพลิงที่ใช้ในก้อนเชื้อเห็ด พร้อมทั้งต้นทุนการผลิตขี้เลื่อยอัดแท่งทั้งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็น

- สรุปและเขียนรายงานการทำวิทยานิพนธ์

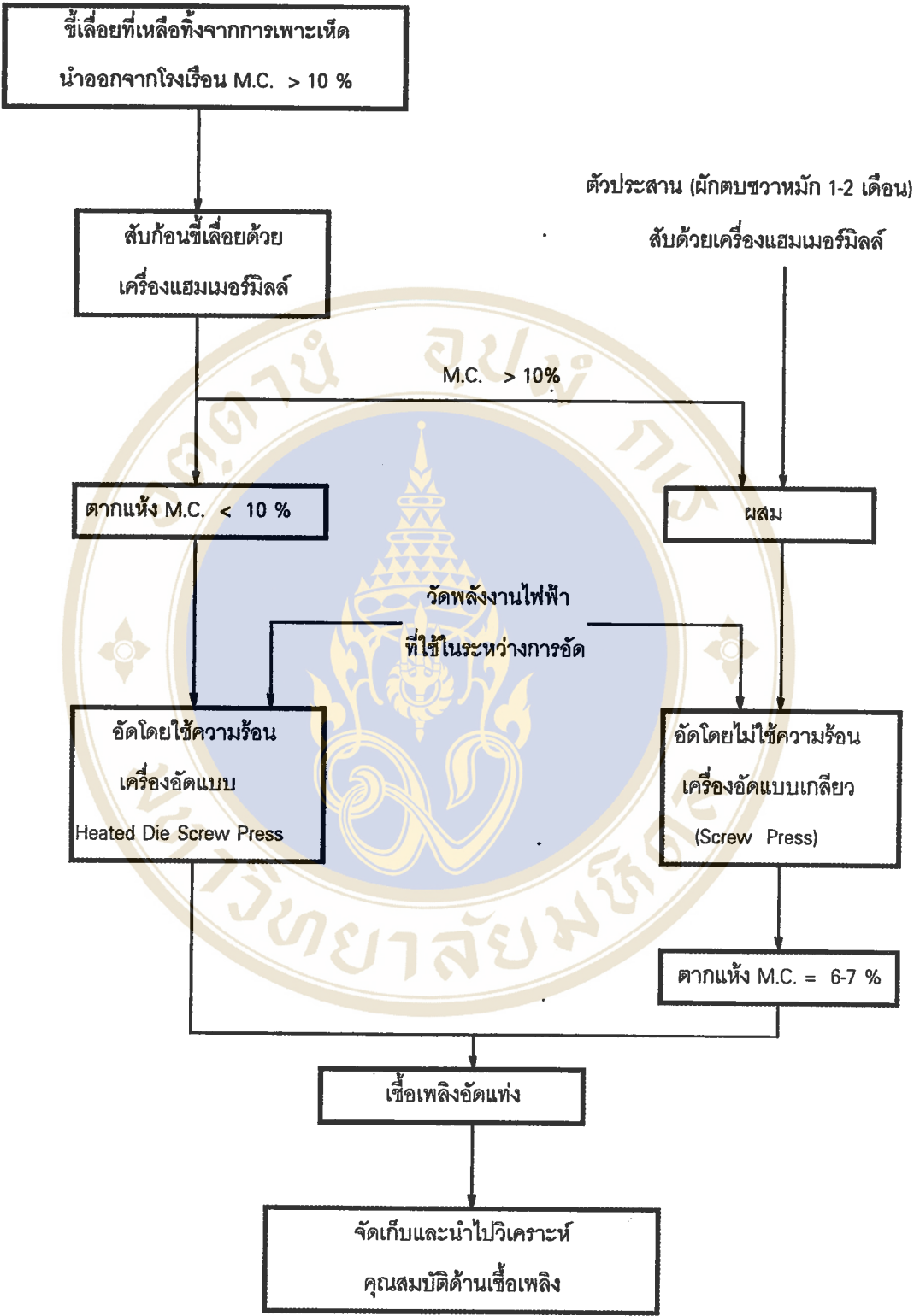
3.2 สถานที่ทำการวิจัย

- (1) โครงการสวนพระองค์ พระราชวังสวนจิตรลดา
- (2) โรงปฏิบัติการ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
- (3) ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางเชื้อเพลิง กองค้นคว้าพลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
- (4) ศูนย์ทดลองวิชาการด้านพลังงานธรรมชาติและเชื้อเพลิงพลังงาน จังหวัดปทุมธานี กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

- (5) ห้องปฏิบัติการหน่วยวิเคราะห์ดิน-ปุ๋ย ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
- (6) ห้องปฏิบัติการคณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ศูนย์รังสิต
- (7) ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาทดลอง

- (1) ขี้เลื่อย (ที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด)
- (2) เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบเกลียว สำหรับอัดร้อนและอัดเย็น
- (3) เครื่องสับแบบแฮมเมอร์มิลล์
- (4) เครื่องวัดความชื้นด้วยรังสีอินฟราเรด (Infrared Moisture Meter)
- (5) เครื่องวัดอุณหภูมิ : แบบธรรมดาและแบบตัวเลข
- (6) หม้อต้มน้ำอุณหภูมิเนียมเบอร์ 24 ที่ฝาหม้อเจาะรูขนาด 1 เซนติเมตร สำหรับเสียบเครื่องวัดอุณหภูมิ
- (7) เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง
- (8) เครื่องวัดค่าความร้อน : Bomb Calorimeter
- (9) ตู้อบ (Drying Oven)
- (10) เครื่องดูดความชื้น (Desiccator)
- (11) ถ้วยทนไฟ (Crucible) พร้อมฝา
- (12) เตาเผาแบบ Electric Muffle Furnace
- (13) เตาเผาแบบ Vertical Electric Furnace
- (14) Three Phase Meter
- (15) Universal Testing Machine (UTM)
- (16) แบบสอบถามและวัสดุสำนักงานอื่นๆ
- (17) เครื่องประมวลผลสมองกลและแผ่นแม่เหล็กสำหรับบันทึกข้อมูล
- (18) ผ้าพลาสติก และถุงพลาสติก



หมายเหตุ : M.C. = Moisture Content

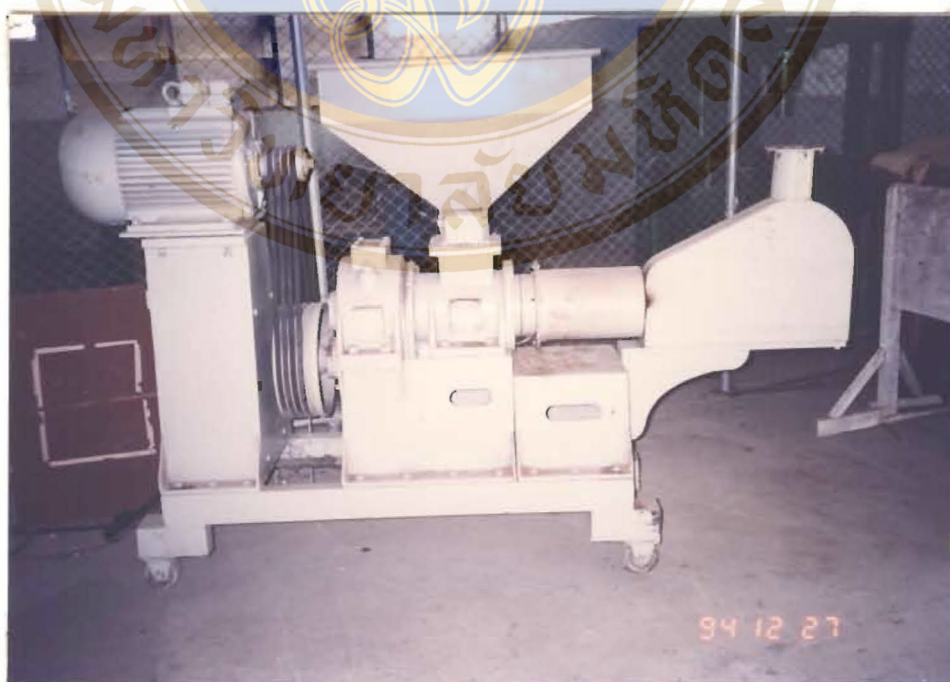
รูปที่ 3-1 กรอบการทดลองการอัดชี้เลื่อยเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

3.4 เครื่องอัดแท่งที่ใช้ในการทดลอง

3.4.1 เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวมีขดลวดความร้อน (A Heated Die Screw Press)

เครื่องอัดแท่งแบบนี้จะใช้อัดแท่งซีลี้อยแบบอัดร้อน (รูปที่ 3-2) โดยมีวิธีการใช้งาน (ภาคผนวก ค.) และมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

- มอเตอร์ขับ : 3 phase 15 แรงม้า ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที
- แรงดันไฟฟ้า : 380/220 โวลท์ 3 phase 4 wires 50 Hz.
- ขดลวดความร้อน : 4 ชุดๆละ 2 กิโลวัตต์
- อัตราการผลิต : 90-150 กิโลกรัม/ชั่วโมง (ซีลี้อยและเกลบ ที่ปริมาณความชื้น 10 %)
- ขนาดกระบอกอัด : ยาว 28.0 เซนติเมตร จำนวนร่อง 6 ร่อง
- เส้นผ่าศูนย์กลางด้านเข้า (Inlet dia.) 6.3 เซนติเมตร
- เส้นผ่าศูนย์กลางด้านออก (Outlet dia.) 5.7 เซนติเมตร



รูปที่ 3-2 เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวมีขดลวดความร้อน

3.4.2 เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวไม่มีขดลวดความร้อน (A Screw Press)

สำหรับเครื่องอัดแท่งแบบนี้จะใช้อัดแท่งซีลี้อยแบบอัดเย็น (รูปที่ 3-3) และมีคุณลักษณะดังนี้

มอเตอร์ขับ : 1 phase 5 แรงม้า 1,470 รอบ/นาที

แรงดันไฟฟ้า : ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 200-220 โวลท์ 50 Hz.

อัตราการผลิต : 100-200 กิโลกรัม/ชั่วโมง (น้ำหนักเปียก)

ขนาดกระบอกอัด : ยาว 27.5 เซนติเมตร จำนวนร่อง 8 ร่อง

เส้นผ่าศูนย์กลางด้านเข้า (Inlet dia.) 5.5 เซนติเมตร

เส้นผ่าศูนย์กลางด้านออก (Outlet dia.) 5 เซนติเมตร



รูปที่ 3-3 เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวไม่มีขดลวดความร้อน

3.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของซีลี้อยก่อนอัดแท่ง

ในการเตรียมวัตถุดิบเพื่อใช้อัดแท่ง (ข้อ 3.6.1) จะเห็นว่าวัตถุดิบซีลี้อยที่ได้มาจากก้อนเชื้อเห็ดต่างชนิดกันที่หมดอายุแล้ว อาจทำให้คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงแตกต่างกันได้ จึงจำเป็นต้องนำซีลี้อยเหล่านี้ไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการหาค่า

ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย คาร์บอนคงตัว กำมะถันรวม และค่าความร้อน ตามวิธีมาตรฐาน ASTM.

3.5.1 การหาปริมาณความชื้น (Moisture Content)

ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173 โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์โดยให้ความร้อนคงที่ในตู้อบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิประมาณ 104-110°C เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ค่าความชื้นที่ได้สามารถคำนวณจากน้ำหนักของตัวอย่างที่ลดลง

เครื่องมือ ตู้อบ (Drying Oven) เครื่องดูดความชื้น (Desiccator) ถ้วยทนไฟ (Crucible) พร้อมฝา วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่างทดสอบ ตามวิธีวิเคราะห์ ASTM D346 หรือ D2013
2. อบถ้วยทนไฟพร้อมฝา ที่อุณหภูมิในช่วง 104-110°C ประมาณ 30 นาที นำออกจากตู้อบ ทิ้งให้เย็นในเครื่องดูดความชื้น แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนัก
3. ชั่งตัวอย่างทดสอบ (ข้อ 1) ประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในถ้วยทนไฟ แล้วนำเข้าไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 104-110°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. นำถ้วยทนไฟออกจากตู้อบและปิดฝา แล้วปล่อยให้เย็นในเครื่องดูดความชื้น ต่อจากนั้นจึงนำออกมาชั่งน้ำหนัก

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = (A-B)/A \times 100 \quad \dots\dots\dots(3.1)$$

เมื่อ

A = น้ำหนักตัวอย่างทดสอบก่อนอบ (กรัม)

B = น้ำหนักตัวอย่างทดสอบหลังอบ (กรัม)

3.5.2 การหาปริมาณเถ้า (Ash Content)

ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3174 โดยนำตัวอย่างไปเผาให้ความร้อนในเตาเผา ที่อุณหภูมิระหว่าง 500°C เป็นเวลา 30 นาที และค่อยๆ เพิ่มความร้อนเป็น 700-750°C

จนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ของถ้วยทนไฟรวมกับน้ำหนักของแก้วที่เคลือบพร้อมฝาปิด จำนวนร้อยละของปริมาณแก้ว สามารถคำนวณได้จากน้ำหนักที่เคลือบอยู่ภายหลังการเผาแล้ว

เครื่องมือ เตาเผา (Electric Muffle Furnace) เครื่องดูดความชื้น (Desiccator) ถ้วยทนไฟ (Crucible) พร้อมฝา

วิธีการ

1. เผาถ้วยทนไฟพร้อมฝาที่อุณหภูมิ $700-750^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลาประมาณ 30 นาที ในเตาเผาแล้ว นำออกมาทิ้งให้เย็นในเครื่องดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักถ้วยทนไฟพร้อมฝา
2. ชั่งตัวอย่างทดสอบ 1 กรัม ใส่ลงในถ้วยทนไฟที่ทราบน้ำหนักจากข้อ 1
3. นำเข้าเผาพร้อมฝา ซึ่งปิดให้มีช่องว่างเล็กน้อย เผาที่อุณหภูมิ 500°C นานประมาณ 30 นาทีแล้วค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิเป็น $700-750^{\circ}\text{C}$ เผาประมาณ 2-3 ชั่วโมง นำถ้วยทนไฟออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นในเครื่องดูดความชื้น จึงนำมาชั่งน้ำหนัก

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{ปริมาณแก้ว (\%)} = [(A-B)/C] \times 100 \quad \dots\dots\dots(3.2)$$

เมื่อ

A = น้ำหนักของถ้วยทนไฟพร้อมแก้ว (กรัม)

B = น้ำหนักของถ้วยทนไฟพร้อมฝา (กรัม)

C = น้ำหนักตัวอย่างทดสอบที่ใช้ (กรัม)

3.5.3 การหาปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)

ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3175 โดยนำตัวอย่างมาเผาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ $950 \pm 20^{\circ}\text{C}$ ในเตาเผา เป็นเวลา 7 นาที แล้วคำนวณปริมาณสารระเหยจากการสูญเสีย น้ำหนักของตัวอย่าง

เครื่องมือ เตาเผา (Vertical Electric Tube Furnace) เครื่องดูดความชื้น (Desiccator) ถ้วยทนไฟ (Crucible) พร้อมฝา

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างทดสอบ 1 กรัมลงในถ้วยทนไฟที่ทราบน้ำหนัก
2. นำถ้วยทนไฟพร้อมตัวอย่างเข้าเตาเผาโดยปิดฝา และนำไปเผาที่อุณหภูมิ $950 \pm 20^{\circ}\text{C}$

นาน 7 นาที แล้วนำออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นในเครื่องดูดความชื้น

3. ชั่งน้ำหนักของถ้วยทนไฟ และตัวอย่างที่เหลือพร้อมฝา

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

1. คำนวณน้ำหนักที่หายไป

Weight Loss (%) = (A-B)/A×100(3.3)

A = น้ำหนักตัวอย่างทดลอง (กรัม)

B = น้ำหนักตัวอย่างทดลองหลังเผา (กรัม)

2. คำนวณหาปริมาณสารระเหย

Volatile Matter (%) = C-D(3.4)

C = Weight Loss (%)

D = ความชื้น (%) จากข้อ 3.7.4.1

3.5.4 การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)

ในการหาปริมาณคาร์บอนคงตัวสามารถหาได้จากการคำนวณดังนี้

ปริมาณคาร์บอนคงตัว (%) = 100—(%ความชื้น + %ปริมาณเถ้า + %ปริมาณสารระเหย)(3.5)

3.5.5 การหาปริมาณกำมะถันรวม (Total Sulfur)

ทำโดยวิธีหาในรูปซัลเฟต (Sulfate) ซึ่งหลักการหาปริมาณกำมะถันรวมของวิธีนี้ คือ วัดความขุ่นของ BaSO₄ ที่เกิดขึ้นเมื่อเติม BaCl₂ crystal วิธีนี้ใช้หาซัลเฟต (Sulfate) ในลักษณะของ SO₄⁼ ที่มีในตัวอย่างไม่เกิน 40 ppm. ถ้าเกิน 40 ppm. ค่าความแม่นยำจะลดลง ตัวอย่างที่มี Organic Matter มากจะหาซัลเฟต (Sulfate) โดยวิธีนี้ไม่ได้ เพราะจะไม่เกิดตะกอน BaSO₄ สำหรับตัวอย่างที่มีสีและมีสารแขวนลอยมาก ควรกำจัดสารแขวนลอยออกเสียบ้างโดยการกรอง ตัวอย่างส่วนมากไม่ใสจึงต้องวัดความขุ่นเมื่อเติม Conditioning Solution เสียครั้งหนึ่งก่อนแล้วเอาไปลบความขุ่นที่เกิดขึ้นเมื่อเติม BaCl₂ จึงจะเป็นความขุ่นที่เกิดจาก BaSO₄ ที่แท้จริง ในการทดลองครั้งนี้วัดความขุ่นโดยใช้เครื่อง Klett - Summerson Photoelectric Colorimeter เพราะฉะนั้นจะต้องทำ Blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างแล้วทำเช่นเดียวกับตัวอย่าง เพื่อปรับตั้งค่าของเครื่อง Colorimeter ให้เป็นศูนย์

เครื่องมือ

1. Klett - Summerson Photoelectric Colorimeter พร้อมด้วย Filter สีม่วง
2. Magnetic Stirrer
3. ปีกเกอร์ ขนาด 250 ml.
4. ซ้อนสำหรับตักสารเคมี ขนาดเล็กจ 0.2-0.3 ml. 2 อัน
5. นาฬิกาจับเวลา
6. Volumetric Pipette 5 ml.

สารเคมี

1. Conditioning Solution : ผสม Glycerine 50 ml., conc HCl 30 ml., น้ำกลั่น 300 ml., 95% Ethyl หรือ Isopropyl alcohol 100 ml., NaCl 75 g. เข้าด้วยกัน
2. BaCl₂ crystal 20-30 mesh.
3. Standard Sulfate Solution (1.00 ml. = 0.10 mg. SO₄⁼) dilute standard 0.02 NH₂SO₄ 10.41 ml. ให้เป็น 100 ml. ด้วยน้ำกลั่น

วิธีการ

1. ตวงตัวอย่าง 100 ml. หรือน้อยกว่า 100 ml. (ถ้าตัวอย่างมี Sulfate as SO₄⁼ มากกว่า 40 ppm. แล้ว dilute ให้เป็น 100 ml. ด้วยน้ำกลั่น) ใส่ในปีกเกอร์ ขนาด 250 ml.
2. ตูด Standard Solution 5,10,15,20,25,30,35,40 ml. ลงไป Volumetric Flask 100 ml. แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 100 ml. เทลงในปีกเกอร์ ขนาด 250 ml. (Standard Solution เตรียมได้ไม่เกิน 40 ppm.)
3. ตูด Conditioning Solution 5 ml. ใส่ลงใน Blank , Standard และ ตัวอย่าง
4. คน Blank และตัวอย่าง ด้วย Magnetic Stirrer 3 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 4 นาที นำมาอ่านความขุ่นจากเครื่อง Colorimeter ใช้ Filter สีม่วง โดย set Blank เป็นศูนย์
5. คน Blank ด้วย Magnetic Stirrer ตัก BaCl₂ crystal เติมซ้อนใส่ลงในปีกเกอร์ ในขณะที่ Magnetic Stirrer กำลังคนอยู่ จับเวลาหลังจากใส่ BaCl₂ crystal ทันที เป็นเวลา 3 นาที ตั้งทิ้งไว้ 4 นาที แล้วปรับ (set) เครื่อง Colorimeter เป็นศูนย์ด้วย Blank
6. ทำ Standard และ ตัวอย่าง เช่นเดียวกับข้อ 5. อ่านความขุ่นจากเครื่องเทียบสี plot กราฟ ppm. Sulfate as SO₄⁼ ของ Standard กับ Scale Reading

7. เอา Scale Reading ของตัวอย่าง ที่อ่านได้ในตอนแรก (ข้อ4.) ไปลบ Scale Reading ของตัวอย่างที่อ่านได้ในตอนหลัง (ข้อ6.) เป็น Scale Reading ที่เกิดจาก BaSO_4 คำนวณหา ppm. Sulfate as SO_4 ในตัวอย่างที่ได้จากกราฟ

3.5.6 การหาค่าความร้อน (Heating Value)

ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3286 โดยนำตัวอย่างของสาร เผาไหม้ อย่างสมบูรณ์ในตัว Bomb ที่มีออกซิเจนอยู่ปริมาณเกินพอ ความร้อนของการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นเป็น ผลให้อุณหภูมิของ Jacket สูงขึ้น และสามารถคำนวณความร้อนที่เกิดขึ้นได้ และทำการหาค่า ปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดซ้ำกัน 3 ครั้ง

เครื่องมือ Isothermal Jacket Bomb Calorimeter, ถังออกซิเจน, ลวด, ถ้วย และเครื่องอัดเม็ด

วิธีการ

1. อัดตัวอย่างเป็นเม็ด โดยอัดให้มีน้ำหนักประมาณ 0.9-1.0 กรัม
2. ชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดของตัวอย่างที่อัดได้ใส่ในถ้วยโลหะ
3. ผูกลวดเผาไหม้ 10 เซนติเมตร ไว้กับเครื่องมือให้แน่น โดยให้ส่วนล่างของเส้นลวดแตะ กับตัวอย่างอัดเม็ด
4. อัดออกซิเจนใน Bomb ให้มีความดันประมาณ 28-30 บรรยากาศ
5. ใส่น้ำลงใน Jacket ประมาณ 2,000 ml.
6. นำ Bomb ใส่ลงใน Jacket ปิดฝาและเปิดเครื่องกวน บันทึกอุณหภูมิของ Jacket ทุกๆ 1 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิคงที่ (ประมาณ 5 นาที)
7. กดปุ่ม Ignite จับเวลาและบันทึกอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิคงที่
8. นำ Bomb ออกมาปล่อยออกซิเจนให้หมด และล้างภายใน Bomb ด้วยน้ำกลั่นที่ใส่ Methyl Orange จนหมดกรด แล้วนำน้ำล้างนี้ไป titrate กับสารละลาย Na_2CO_3
9. วัดส่วนของลวดที่เหลือที่ไม่เผาไหม้ สำหรับการคำนวณ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{Hg} = (t_w - e_1 - e_2 - e_3) / m \quad \dots\dots\dots(3.6)$$

เมื่อ Hg = Gross Heat of Combustion (แคลอรีต่อกรัม)

t = ความแตกต่างของอุณหภูมิเริ่มต้นและสุดท้าย $^{\circ}\text{C}$

- w = พลังงานคงที่ของเครื่อง Calorimeter ซึ่งหาได้ทำนองเดียวกับ
การหาค่า Hg เพียงแต่ใช้ Benzoic acid แทน
 e_1 = Correction in Calories for Heat of Formation of Nitric Acid
(ในที่นี้ให้ค่าเท่ากับศูนย์)
 e_2 = Correction in Calories for Heat of Formation of Sulfuric Acid
 $= 14 \times (\% \text{ Total Sulfur}) \times \text{น้ำหนักตัวอย่างที่อัดเป็นเม็ด}$
 e_3 = Correction in Calories for Heat of Combustion of Fuse Wire
 $= 2.3 \times \text{ความยาวของลวดเผาไหม้ที่ใช้ไป (แคลอรี)}$
 m = น้ำหนักของตัวอย่างที่อัดเป็นเม็ด (กรัม)

3.6 การทดลองการอัดซีล้อยเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การทดลองการอัดซีล้อยเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ในครั้งนี้มีขั้นตอนการทดลอง ซึ่งประกอบด้วยการเตรียมวัตถุดิบ (ซีล้อยที่ผ่านการเพาะเห็ด) การอัดแท่ง การตากแห้ง และการนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง

3.6.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ในการอัดซีล้อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดให้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งของการวิจัยครั้งนี้ วัตถุดิบที่สำคัญก็คือซีล้อยที่ได้จากก้อนเชื้อเห็ดที่หมดอายุแล้วหรือจากก้อนเชื้อเห็ดที่เสีย และผักตบชวา ซึ่งจะนำมาใช้เป็นตัวประสานในการอัดแท่งแบบอัดเย็นโดยใช้ตัวประสาน ซึ่งมีขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ดังนี้

3.6.1.1 การเตรียมซีล้อย

(1) ทำการเก็บก้อนเชื้อเห็ดที่หมดอายุแล้ว ได้แก่ ก้อนเชื้อเห็ดนางรม ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า ก้อนเชื้อเห็ดเป๋าฮื้อ และก้อนเชื้อเห็ดที่เสีย ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3-4 ใส่ถุงพลาสติกขนาดใหญ่และปิดปากถุงโดยใช้เชือกผูกมัดให้แน่น

(2) นำก้อนเชื้อเห็ดที่เตรียมไว้ออกจากถุงพลาสติกมาสับด้วยเครื่องสับแบบแฮมเมอร์มิลล์ เพื่อย่อยให้มีขนาดเล็กลง ดังรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-4 ลักษณะก้อนเชื้อเห็ดที่หมดอายุ



รูปที่ 3-5 เครื่องสับแบบแฮมเมอร์มิลล์

(3) แบ่งซีลี้อยออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการอัดแท่งแบบเย็นโดยใช้ตัวประสานและไม่ใช้ตัวประสาน ในส่วนที่สองนำไปตากแห้งบนพื้นซีเมนต์แล้วรองด้วยผ้าพลาสติกเพื่อสะดวกในการเก็บ ดังรูปที่ 3-6 ใช้เวลาตากประมาณ 1-2 สัปดาห์ จนเหลือความชื้นไม่เกิน 10 % เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการอัดแท่งแบบอัดร้อน



รูปที่ 3-6 การตากแห้งซีลี้อย

3.6.1.2 การเตรียมผักตบชวา

(1) ทำการเก็บผักตบชวามาใส่ถังหมัก ขนาด 1.5 ลูกบาศก์เมตร ดังรูปที่ 3-7 โดยใช้ระยะเวลาหมักนานประมาณ 1-2 เดือน จนมีลักษณะเปื่อยยุ่ยเป็นสีดำ



รูปที่ 3-7 ถังหมักผักตบชวา

(2) นำมาสับด้วยเครื่องสับแบบแฮมเมอร์มิลล์ ดังรูปที่ 3-8 เพื่อย่อยขนาดและใช้เป็นตัวประสานในการอัดแท่งซีลี้อยแบบอัดเย็น



รูปที่ 3-8 การสับผักตบชวามักด้วยเครื่องสับแบบแฮมเมอร์มิลล์

(3) ผสมผักตบชวามักกับซีลี้อยที่เตรียมไว้ โดยมีปริมาณดังต่อไปนี้

- 2 เปอร์เซนต์ หรืออัตราส่วน 1 : 50 โดยน้ำหนัก
 - 2.5 เปอร์เซนต์ หรืออัตราส่วน 1 : 40 โดยน้ำหนัก
 - 5 เปอร์เซนต์ หรืออัตราส่วน 1 : 20 โดยน้ำหนัก
 - 10 เปอร์เซนต์ หรืออัตราส่วน 1 : 10 โดยน้ำหนัก
 - 20 เปอร์เซนต์ หรืออัตราส่วน 1 : 5 โดยน้ำหนัก
 - 50 เปอร์เซนต์ หรืออัตราส่วน 1 : 2 โดยน้ำหนัก
 - 100 เปอร์เซนต์ หรืออัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก
- (อัตราส่วนผักตบชวามัก : ซีลี้อย)

เหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกผักตบชวามักเป็นตัวประสาน ก็เพราะเป็นวัสดุที่อ่อนนุ่มสับง่าย มีความเหนียวเกาะตัวดี และสามารถถูกติดไฟได้เมื่อแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Stienswat

และ Buachanda (1986) พร้อมด้วยการศึกษาของ ธงชัย และมัญญูรี (2534) นอกจากนี้ผักตบชวายังเป็นวัสดุพืชที่หาได้ง่าย ไม่ต้องลงทุนซื้อและมีปริมาณเพียงพอในพื้นที่จังหวัดนครปฐม อีกทั้งยังเป็นการช่วยกำจัดผักตบชวาวิธีหนึ่ง

3.6.2 วิธีการทำชี้เลื่อยเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยทดลองทำชี้เลื่อยให้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ด้วยวิธีการอัด 2 แบบ คือ

3.6.2.1 การอัดแท่งโดยใช้ความร้อนและแรงอัดสูง (การอัดร้อน)

วัตถุดิบ : ชี้้เลื่อยที่ตากแห้งแล้ว มีปริมาณความชื้นไม่เกิน 10 %

เครื่องอัดแท่ง : แบบเกลียวมีขดลวดความร้อน (ตามข้อ 3.5.1)

วิธีการอัดแท่ง : นำชี้้เลื่อยที่เตรียมไว้ใส่เข้าเครื่องอัดแท่ง จากนั้นเกลียวที่หมุนด้วยมอเตอร์จะบีบอัดชี้้เลื่อยเข้าไปยังกระบอกอัดที่ร้อนซึ่งมีอุณหภูมิในช่วง $250-300^{\circ}\text{C}$ จากนั้นชี้้เลื่อยจะถูกดันออกมาอย่างต่อเนื่องทางรางที่รองรับไว้ที่ปลายกระบอกอัดอีกข้างหนึ่ง จะได้แท่งเชื้อเพลิงยาวประมาณท่อนละ 50-60 เซนติเมตร

3.6.2.2 การอัดแท่งโดยไม่ใช้ความร้อนและใช้แรงอัดต่ำ (การอัดเย็น)

วัตถุดิบ : - ชี้้เลื่อยที่สับไว้โดยไม่ต้องตากแห้ง มีปริมาณความชื้น 68 %

- ผักตบชวามักที่เตรียมไว้ มีปริมาณความชื้น 85.49 %

เครื่องอัดแท่ง : แบบเกลียวไม่มีขดลวดความร้อน (ตามข้อ 3.5.2)

วิธีการอัดแท่ง :

(1) แบบไม่ใช้ตัวประสาน โดยนำชี้้เลื่อยที่เตรียมไว้ใส่เข้าเครื่องอัดแท่ง เกลียวที่หมุนด้วยมอเตอร์จะบีบอัดชี้้เลื่อยเข้าไปยังกระบอกอัด จากนั้นชี้้เลื่อยจะถูกดันออกมาอย่างต่อเนื่องทางรางที่รองรับไว้ที่ปลายกระบอกอัด หักแท่งชี้้เลื่อยที่ได้ออกมาเป็นท่อนๆ ยาวประมาณ 30-50 เซนติเมตร แล้วนำไปตากแห้งต่อไป

(2) แบบใช้ตัวประสาน โดยนำผักตบชวามักผสมกับชี้้เลื่อยที่เตรียมไว้ในอัตราส่วนต่างๆ ได้แก่ 1:50, 1:40, 1:20, 1:10, 1:5, 1:2, 1:1 (ผักตบชวามัก : ชี้้เลื่อย) โดยน้ำหนัก นำไปใส่เข้าเครื่องอัดแท่ง และทำการอัดแท่งเช่นเดียวกับแบบไม่ใช้ตัวประสาน (1)

จากขบวนการอัดแท่งซีลี้อยแบบอัดโดยใช้ความร้อนและอัดโดยไม่ใช้ความร้อน จะมีขั้นตอนที่แตกต่างกันคือ การอัดแท่งโดยใช้ความร้อนต้องตากแห้งวัตถุดิบหรือซีลี้อยก่อนที่จะนำไปอัดแท่ง หลังจากอัดได้เป็นแท่งแล้วก็นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง ในขณะที่การอัดแท่งโดยไม่ใช้ความร้อนไม่จำเป็นต้องตากแห้งวัตถุดิบหรือซีลี้อย สามารถนำซีลี้อยมาอัดแท่งได้เลยแต่เมื่ออัดได้เป็นแท่งแล้ว จึงนำไปตากแห้งบนพื้นปูนซีเมนต์เพื่อลดความชื้นและทำให้แข็ง จากนั้นก็นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แสดงขั้นตอนวิธีการอัดแท่งซีลี้อยโดยใช้ความร้อนและไม่ใช้ความร้อน

การอัดแท่งโดยใช้ความร้อน	การอัดแท่งโดยไม่ใช้ความร้อน
1. การเตรียมวัตถุดิบ	1. การเตรียมวัตถุดิบ
2. การตากแห้งวัตถุดิบ	2. การอัดแท่ง
3. การอัดแท่ง	3. การตากแห้งซีลี้อยอัดแท่ง
4. การนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติ	4. การนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติ

3.6.3 การวัดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดแท่งซีลี้อย

ในการทดลองการอัดซีลี้อยด้วยวิธีการอัดทั้งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็นนั้น ผู้วิจัยทำการวัดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดด้วย Kilowatt-hour Meter เพื่อเปรียบเทียบ โดยคิดค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัดต่อน้ำหนักซีลี้อยอัดแท่งที่อัดได้ (Kwh/Kg)

3.6.4 การตากแห้ง

จากวิธีการทำซีลี้อยเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยไม่ใช้ความร้อน (ข้อ 3.6.2.2) ซึ่งจะเห็นได้ว่าแท่งซีลี้อยที่ได้จากการอัดแท่งโดยไม่ใช้ความร้อนทั้งแบบไม่ใช้ตัวประสานและใช้ตัวประสาน ยังมีปริมาณความชื้นสูง จึงต้องนำไปตากแห้งเพื่อลดความชื้นและทำให้แข็งเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งวิธีการตากแห้งที่ใช้กันทั่วไปมี 4 วิธี ได้แก่ การตากในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ การตากในตู้อบไฟฟ้า การตากแห้งบนแผ่นสังกะสี และการตากแห้งบนพื้นปูนซีเมนต์ เป็นต้น ในการศึกษา

วิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกวิธีการตากแห้งแห้งซีเลื่อยบนพื้นปูนซีเมนต์ ดังรูปที่ 3-9 เนื่องจากมีความสะดวก และจากการศึกษาของ อาทิตย์ (2532) พบว่า การตากแห้งบนพื้นปูนซีเมนต์ทำให้แห้งเชื้อเพลิงแห้งได้ดีและเร็วที่สุด



รูปที่ 3-9 การตากแห้งซีเลื่อยอัดแท่ง

3.7 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของซีเลื่อยอัดแท่ง

หลังจากการอัดแท่งซีเลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดให้อยู่ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่งที่สมบูรณ์แล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือ นำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติต่างๆ ทางด้านเชื้อเพลิง เพื่อพิจารณาว่าซีเลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดจะสามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่งและใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ต่อไป ซึ่งในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของซีเลื่อยอัดแท่งนั้น จะต้องนำเอาตัวอย่างซีเลื่อยอัดแท่งมาบดด้วยเครื่องบด ซึ่งการบดต้องไม่ใช่เวลานานเกินไป เพราะจะทำให้เกิดความร้อนในระหว่างการบด อาจจะทำให้สารที่ระเหยได้บางส่วนระเหยไป จากนั้นเก็บตัวอย่างซีเลื่อยอัดแท่งที่บดแล้วนี้ไว้ในที่ซึ่งอากาศเข้าไปไม่ได้ แล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ ความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว ปริมาณกำมะถันรวม และค่าความร้อน ตามวิธีการซึ่งได้กล่าวถึงแล้วในข้อ 3.5

3.8 การทดสอบคุณภาพของซีล้อยอัดแท่ง

นำตัวอย่างของซีล้อยอัดแท่งมาทดสอบคุณภาพ โดยการหาค่าความหนาแน่น ค่าการทนแรงอัด และค่าดัชนีการแตกร่วนของซีล้อยอัดแท่ง โดยวิธี Drop Shatter Test เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินความเหมาะสมการนำมาใช้งานของซีล้อยอัดแท่ง

3.8.1 การทดสอบค่าความหนาแน่น (Density)

การทดสอบหาค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการการหน่วยวิเคราะห์ดินและปุ๋ย ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ซึ่งความหนาแน่น (Density) ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง หาได้จากสูตร

$$\rho = M/V \dots\dots\dots(3.7)$$

เมื่อ

ρ = ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

M = มวลของแท่งเชื้อเพลิง (กรัม)

V = ปริมาตรของแท่งเชื้อเพลิง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

การทดสอบทำโดยนำซีล้อยอัดแท่งแต่ละอันมาตัดให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 4 เซนติเมตร แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก และวัดปริมาตรด้วยเครื่อง Three - Phase Meter ดังรูปที่ 3-10

3.8.2 การทดสอบค่าการทนแรงอัด (Compressive Strength)

จุดประสงค์ของการทดสอบเพื่อที่จะพิจารณาความต้านทานต่อการกระแทกภายใต้แรงอัดของเชื้อเพลิงอัดแท่ง วิธีการทดสอบทำโดยนำตัวอย่างแท่งซีล้อยมาตัดด้วยเลื่อยไฟฟ้า เพื่อให้ปลายทั้งสองของแท่งซีล้อยเรียบเสมอกัน และตัดให้มีขนาดความยาวเป็น 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งซีล้อย จากนั้นนำแท่งซีล้อยตัวอย่างที่ตัดเรียบเรียบร้อยแล้วไปวางแนวตั้งในเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ดังรูปที่ 3-11 เพื่อทำการทดสอบต่อไป ซึ่งค่าการทนแรงอัดของ

แท่งเชื้อเพลิงนั้น เป็นค่าแรงเค้น (Stress) สูงสุดที่วัสดุแท่งเชื้อเพลิงจะรับได้จากการทดสอบแรงกดของแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$\sigma_c = F/A \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

เมื่อ

σ_c = การทนแรงอัดของแท่งเชื้อเพลิง (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)
 F = แรงอัดที่กระทำกับตัวอย่างจนกระทั่งตัวอย่างแตก (กิโลกรัม)
 A = พื้นที่หน้าตัดของแท่งเชื้อเพลิง (ตารางเซนติเมตร)

นอกจากนี้แล้วยังทำการทดสอบการทนแรงอัดของซีลี้อยอัดแท่งทางแนวนอน เพื่อดูขนาดของแรงสูงสุด (Peak Load) ที่ทำให้ซีลี้อยอัดแท่งแตก แล้วเปรียบเทียบกับทดสอบการทนแรงอัดของซีลี้อยอัดแท่งทางแนวตั้ง

3.8.3 การทดสอบค่าดัชนีการแตกร่วน โดยวิธี Drop Shatter Test

จุดประสงค์การทดสอบนี้เพื่อหาความสามารถของซีลี้อยอัดแท่งที่จะมีความทนทานในระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา และการนำมาใช้งาน วิธีการทดสอบทำโดยนำซีลี้อยอัดแท่งใส่ถุงพลาสติกประมาณ 5 กิโลกรัม แล้วปล่อยจากที่สูง 2 เมตร ลงสู่พื้นซีเมนต์ ซ้ำๆ กัน 3 ครั้ง จากนั้นนำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร นำส่วนของซีลี้อยอัดแท่งที่เหลือจากการร่อนแล้วไปชั่งน้ำหนัก และสามารถหาค่าดัชนีการแตกร่วน (Friability Index) หรือดัชนีการแตกละเอียด (Shatter Index) ได้จาก

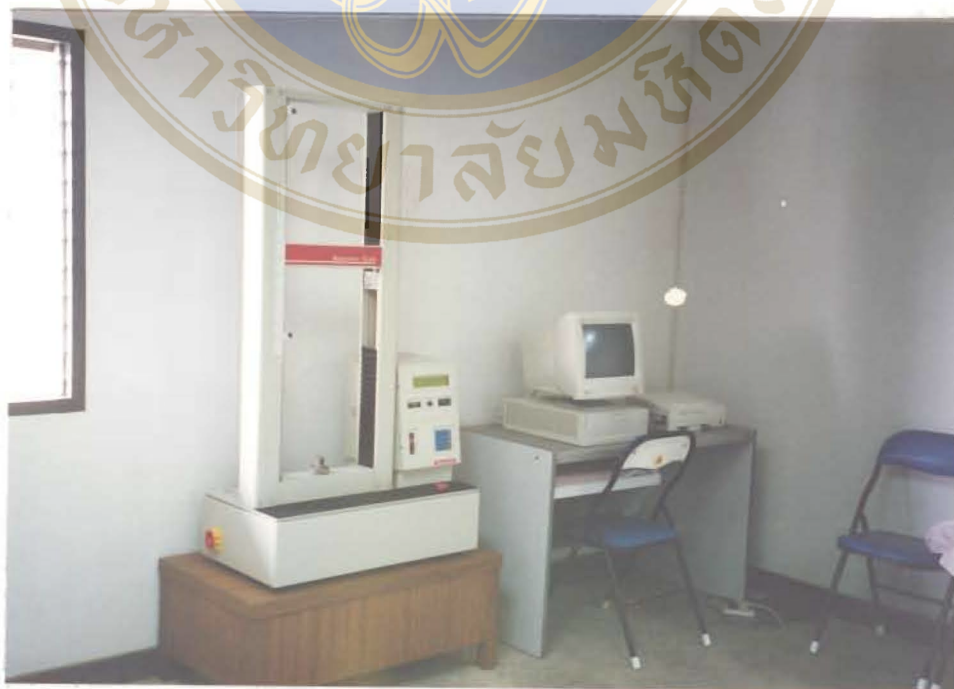
$$R = W_i/W_f \quad \dots\dots\dots(3.9)$$

เมื่อ

R = ดัชนีการแตกร่วน
 W_i = น้ำหนักของซีลี้อยอัดแท่งก่อนทดสอบ (กิโลกรัม)
 W_f = น้ำหนักของซีลี้อยอัดแท่งที่เหลือหลังทดสอบ (กิโลกรัม)



รูปที่ 3-10 Three Phase Meter



รูปที่ 3-11 เครื่อง Universal Testing Machine

3.9 การหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของซีเลื่อยอัดแท่ง

การหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน (Heat Utilization Efficiency) ของซีเลื่อยอัดแท่ง ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ผลที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ซีเลื่อยอัดแท่ง
2. หม้ออวลูมิเนียมเบอร์ 24 พร้อมฝา
3. เตาประสิทธิภาพสูง (เตาถ่าน กรมป่าไม้ 1) หรือเตาอั้งโล่
4. เทอร์โมมิเตอร์ ขนาด 150°C และดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์

วิธีการ

1. ชั่งเชื้อเพลิงตัวอย่างละ 500 กรัม
2. ชั่งน้ำ 4,000 กรัม ใส่ในหม้ออวลูมิเนียม สำหรับต้มน้ำ และวัดอุณหภูมิของน้ำก่อนต้ม
3. เสียบเทอร์โมมิเตอร์ขนาด 150°C ไว้ในหม้อต้มน้ำ โดยระวังไม่ให้เทอร์โมมิเตอร์สัมผัส

กับส่วนของหม้อ

4. ใช้แท่งเชื้อเพลิงซูปน้ำมันก๊าด ประมาณ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร วางไว้ในเตาเพื่อใช้เป็นเชื้อติดไฟ (Starter)
5. วางแท่งเชื้อเพลิงที่เหลือลงในเตาอย่างโปร่งๆ ให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ประมาณ 3 ใน 4 ของเตา แล้วจุดไฟ รอจนไฟติด
6. นำหม้อน้ำที่เตรียมไว้ขึ้นตั้งบนเตา บันทึกอุณหภูมิของน้ำทุกๆ 3 นาที
7. เมื่อน้ำเดือดถึง 100°C ให้เปลี่ยนหม้อน้ำใหม่ บันทึกอุณหภูมิทุกๆ 3 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำหม้อสุดท้ายไม่เพิ่มขึ้นอีก
8. คำนวณหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเชื้อเพลิงโดยใช้สูตร

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน} = \frac{\text{ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่น้ำได้รับ}}{\text{ปริมาณความร้อนที่ได้รับจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง}} \times 100\%$$

$$\text{หรือ} \quad \mu = \frac{\sum_{i=1}^n m_s (t_2 - t_1) \pm m_s (t_3 - t_1)}{w_q} \times 100\% \quad \dots\dots(3.10)$$

เมื่อ	μ	= ประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเชื้อเพลิง (เปอร์เซ็นต์)
	w	= น้ำหนักของเชื้อเพลิง (กรัม)
	q	= ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (แคลอรี/กรัม)
	m	= น้ำหนักของน้ำในหม้อ (กรัม)
	s	= ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ 1 แคลอรี/กรัม-องศาเซลเซียส
	t ₁	= อุณหภูมิของน้ำเมื่อเริ่มแรก (°C)
	t ₂	= อุณหภูมิของน้ำเดือด (°C)
	t ₃	= อุณหภูมิของน้ำสุดท้ายของหม้อหลังสุด (°C)
	n	= จำนวนครั้งที่ทำให้น้ำเดือด



บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

4.1 ผลการสำรวจข้อมูลทางด้านศักยภาพของแหล่งและปริมาณซีลีอียที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด

การสำรวจข้อมูลทางด้านศักยภาพของแหล่งและปริมาณซีลีอียที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดของจังหวัดนครปฐม ปี พ.ศ.2537 ผู้วิจัยขอเสนอผลการสำรวจดังต่อไปนี้

- แหล่งเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดในถุงพลาสติก
- จำนวนเกษตรกรผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ด
- ชนิดเห็ดที่เกษตรกรทำการเพาะ
- ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่เกษตรกรนำมาผลิตดอกเห็ด
- เชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตก้อนเชื้อเห็ด
- ค่าใช้จ่ายในการใช้เชื้อเพลิงนั่งก้อนเชื้อเห็ดต่อครั้ง
- ปริมาณซีลีอียที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด
- ปริมาณถุงพลาสติกที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด

4.1.1 แหล่งเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดในถุงพลาสติก

จากการสำรวจแหล่งเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดในถุงพลาสติกในจังหวัดนครปฐม ซึ่งประกอบด้วย 6 อำเภอ กับ 1 กิ่งอำเภอ ดังรูปที่ 4-1 โดยการใช้แบบสำรวจ (ตามภาคผนวก ค.) และนำแบบสำรวจไปสัมภาษณ์โดยตรง (Direct Interview) กับเกษตรกร พบว่า มีแหล่งเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดในถุงพลาสติกกระจายอยู่ทั่วๆ ไปในท้องที่ 6 อำเภอ คือ

อำเภอสสามพราน เป็นแหล่งที่มีการเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดในถุงพลาสติกแหล่งใหญ่ที่สุดของจังหวัดนครปฐม โดยมีการผลิตและเพาะเห็ดในท้องที่ตำบลสามพราน ยายชา คลองใหม่ ท่าตลาด ท่าข้าม ไร่ชิง อ้อมใหญ่ และกระทุ่มล้ม

อำเภอเมืองนครปฐม เป็นแหล่งเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อในถุงพลาสติกรองมาจากอำเภอสสามพราน โดยมีการเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดในท้องที่ตำบลพระประโทน มาบแค ลำพญา วังตะกู หนองงูเห่าล้อม ปอพลับ โพรงมะเดื่อ หนองดินแดง ทุ่งน้อย และบางเขม

อำเภอนครชัยศรี มีการเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดในท้องที่ตำบลห้วยพลู แหยมบัว ศรีมหาโพธิ์ และสัมปทวน

อำเภอกำแพงแสน มีการเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดในท้องที่ตำบลทุ่งกระพังโหม รางพิบูล ดอนข่อย ห้วยขวาง และวังน้ำเขียว

อำเภอดอนตูม มีการเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ด ในท้องที่ตำบลสามง่าม ห้วยพระ ลำลูกบัว ดอนพุทรา และลำเหย

อำเภอบางเลน มีการเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดในท้องที่ตำบลลำพญา หินมูล และ ไทรงาม

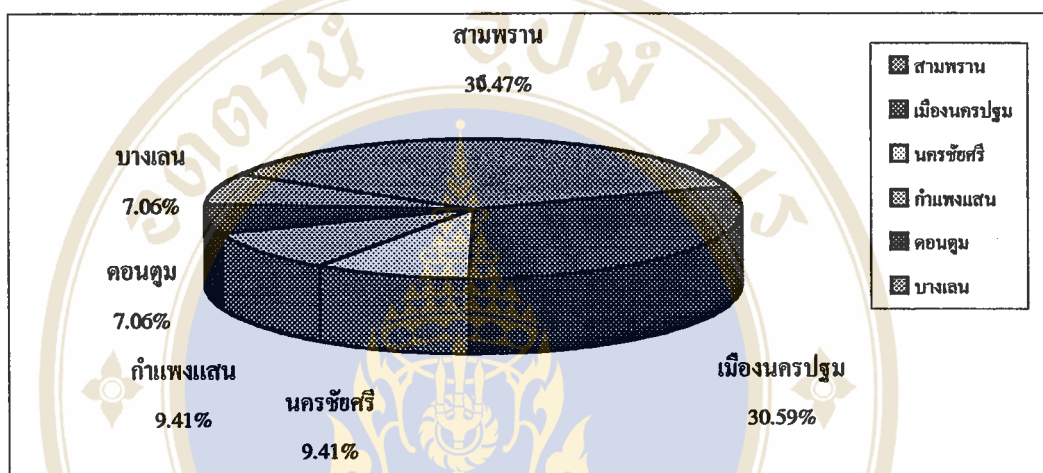
สำหรับในกิ่งอำเภอพุทธมณฑลนั้น จากการสำรวจไม่ปรากฏว่ามีการเพาะเห็ดและผลิต ก้อนเชื้อเห็ดในท้องที่ใด



รูปที่ 4-1 แหล่งเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดในถุงพลาสติกในจังหวัดนครปฐม

4.1.2 จำนวนเกษตรกรผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ด

จากการสำรวจตาม 4.1.1 พบว่าทั้ง 6 อำเภอที่มีจำนวนเกษตรกรผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ดในปี พ.ศ.2537 ทั้งหมด 85 ราย ซึ่งแยกตามรายอำเภอต่างๆ และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ตามรูปที่ 4-2 (ตารางที่ 4-1 ภาคผนวก ง.) ดังนี้



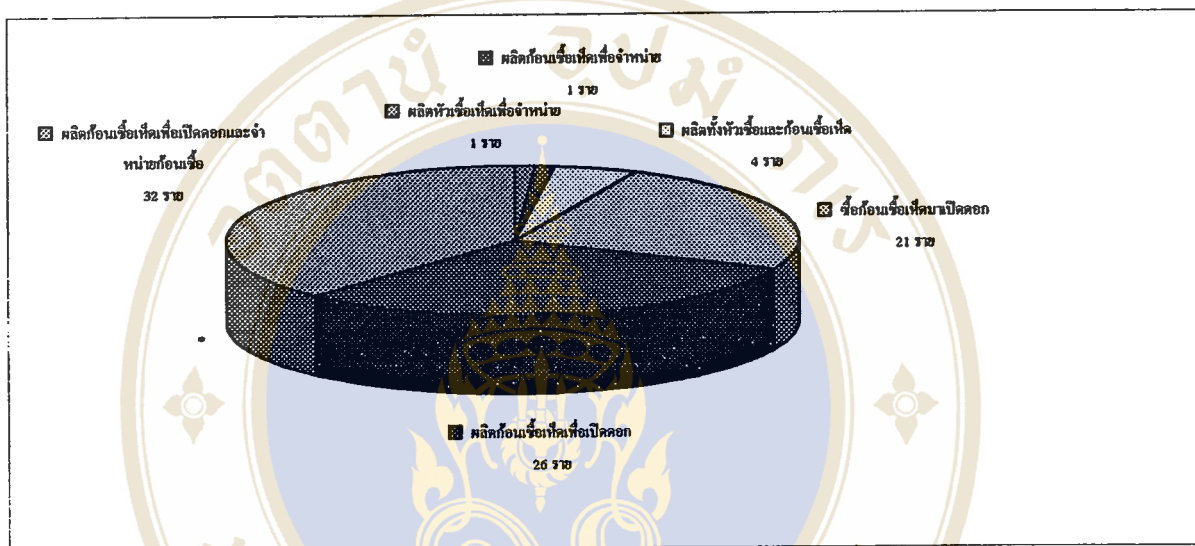
รูปที่ 4-2 จำนวนเกษตรกรผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ด
เป็นรายอำเภอของจังหวัดนครปฐม ปี 2537

ในจำนวนเกษตรกรผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ดทั้ง 85 ราย นั้น พบว่ามีการประกอบการเกี่ยวกับเห็ดแตกต่างกันไป ซึ่งสามารถแยกได้เป็น 6 ประเภท (รูปที่ 4-3) คือ

- (1) เป็นผู้ประกอบการที่ผลิตหัวเชื้อเห็ดเพื่อจำหน่ายอย่างเดียว ซึ่งมีเพียง 1 ราย ที่อยู่ในอำเภอสามพราน
- (2) เป็นผู้ประกอบการที่ผลิตก้อนเชื้อเห็ดเพื่อจำหน่ายอย่างเดียว มีเพียง 1 ราย เท่านั้นที่อยู่ในอำเภอสามพราน
- (3) เป็นผู้ประกอบการที่ผลิตทั้งหัวเชื้อเห็ดและก้อนเชื้อเห็ดเอง ซึ่งมีจำนวน 4 ราย อยู่ในอำเภอเมืองนครปฐม 1 ราย และอำเภอสามพราน 3 ราย
- (4) เป็นผู้ประกอบการที่ซื้อก้อนเชื้อเห็ดมาผลิตดอกเห็ด (เปิดดอก) มีจำนวน 21 ราย ซึ่งอยู่ในอำเภอเมืองนครปฐม อำเภอบางเลน อำเภอกำแพงแสน อำเภอดอนตูม อำเภอสามพราน และอำเภอดอนตูม เป็นจำนวน 6, 6, 4, 3, 1 และ 1 ราย ตามลำดับ

(5) เป็นผู้ประกอบการที่ผลิตก้อนเชื้อเห็ดเองเพื่อเปิดดอก มีจำนวน 26 ราย ซึ่งอยู่ในอำเภอเมืองนครปฐม 19 ราย และอำเภอนครชัยศรี 7 ราย

(6) เป็นผู้ประกอบการที่ผลิตก้อนเชื้อเห็ดเองเพื่อเปิดดอก และจำหน่ายก้อนเชื้อเห็ดด้วย จำนวน 32 ราย อยู่ในอำเภอสสามพราน อำเภอกำแพงแสน และอำเภอดอนตูม มีจำนวน 25, 4 และ 3 ราย ตามลำดับ

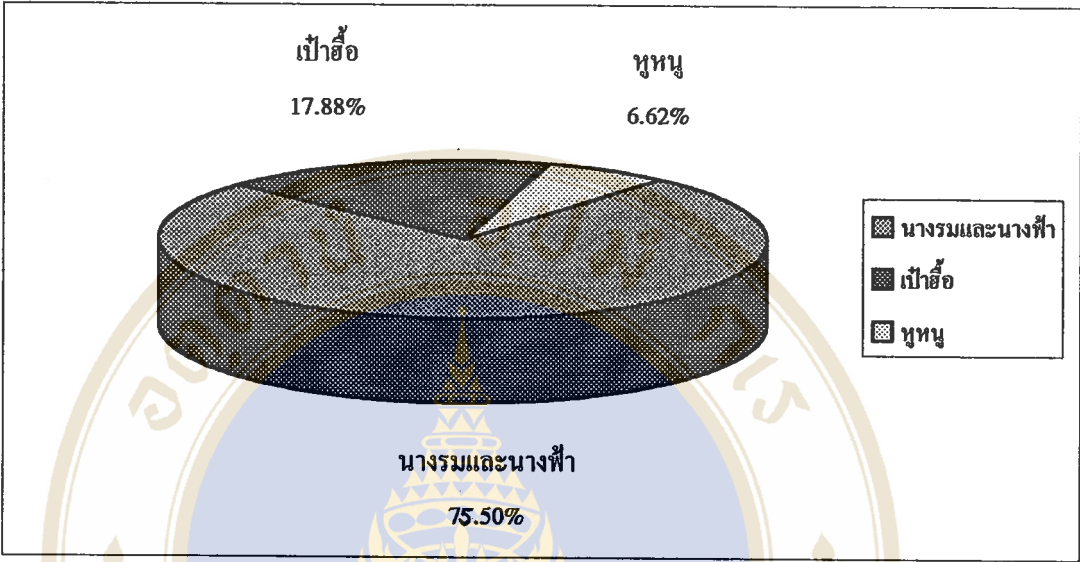


รูปที่ 4-3 จำนวนประเภทของผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ดของจังหวัดนครปฐม

4.1.3 ชนิดเห็ดที่เกษตรกรทำการเพาะ

เกษตรกรผู้เพาะเห็ดในถุงพลาสติกส่วนใหญ่ของจังหวัดนครปฐม จะมีการเพาะเห็ดเพื่อเปิดดอกเห็ด ซึ่งจากการสำรวจพบว่า เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า และเห็ดหูหนู นั้น ในปีหนึ่งๆ เกษตรกรสามารถผลิตได้ประมาณ 3-4 รุ่น ซึ่งในรุ่นหนึ่งๆ จะใช้ระยะเวลาจากการบ่มเชื้อถึงเก็บดอกเห็ดหมดจนก้อนเชื้อหมดอายุ ประมาณ 3-4 เดือน ส่วนเห็ดเป๋าฮื้อ ในปีหนึ่งๆ สามารถผลิตได้ประมาณ 1 รุ่น ซึ่งในรุ่นหนึ่งๆ จะใช้ระยะเวลาจากการบ่มเชื้อถึงเก็บดอกเห็ดหมดจนก้อนเชื้อหมดอายุ ประมาณ 6-8 เดือน ดังนั้น เกษตรกรผู้เพาะเห็ดในถุงพลาสติกส่วนใหญ่ของจังหวัดนครปฐม ในปีหนึ่งๆ จะสามารถทำการเปิดดอกเห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า และเห็ดหูหนู ได้ 3 รุ่น ส่วนเห็ดเป๋าฮื้อสามารถเปิดดอกได้เพียง 1 รุ่น ซึ่งจากการสำรวจก็พบว่า เกษตรกรจะทำการเพาะเห็ดนางรมและ

เห็ดนางฟ้ามากที่สุด รองลงมาเป็นเห็ดเป่าฮื้อ และเห็ดหูหนู ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4-4
(ตารางที่ 4-2 ภาคผนวก ง.)



รูปที่ 4-4 ชนิดเห็ดที่เกษตรกรทำการเพาะในจังหวัดนครปฐม ปี 2537

4.1.4 ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่เกษตรกรนำมาผลิตดอกเห็ด

จากการสำรวจพบว่า ในปี 2537 เกษตรกรผู้เพาะเห็ดในถุงพลาสติกของจังหวัดนครปฐม มีการผลิตก้อนเชื้อเห็ดต่อรุ่น ประมาณ 4,830,100 ก้อน กล่าวคือ

อำเภอสามพราน มีการผลิตก้อนเชื้อเห็ดต่อรุ่น จำนวน 1,500,000 ก้อน โดยแยกเป็นก้อนเชื้อเห็ดเป่าฮื้อ 279,000 ก้อน ที่เหลือเป็นก้อนเชื้อเห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า และเห็ดหูหนู รวมกัน 1,221,000 ก้อน

อำเภอเมืองนครปฐม มีการผลิตก้อนเชื้อเห็ดต่อรุ่น จำนวน 1,701,100 ก้อน โดยแยกเป็นก้อนเชื้อเห็ดเป่าฮื้อ 531,000 ก้อน ที่เหลือเป็นก้อนเชื้อเห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า และเห็ดหูหนู รวมกัน 1,170,100 ก้อน

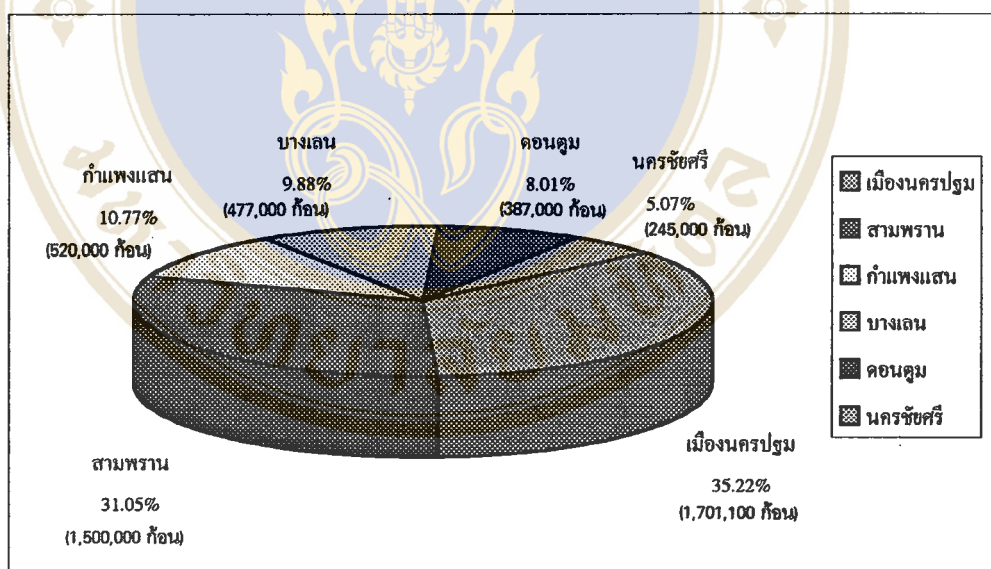
อำเภอนครชัยศรี มีการผลิตก้อนเชื้อเห็ดต่อรุ่น จำนวน 245,000 ก้อน โดยแยกเป็นก้อนเชื้อเห็ดเป่าฮื้อ 20,000 ก้อน ที่เหลือเป็นก้อนเชื้อเห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า และเห็ดหูหนู รวมกัน 225,000 ก้อน

อำเภอกำแพงแสน มีการผลิตก้อนเชื้อเห็ดต่อรุ่น จำนวน 520,000 ก้อน แยกเป็นก้อนเชื้อเห็ดเป๋าฮื้อ 333,000 ก้อน ที่เหลือเป็นก้อนเชื้อเห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า และเห็ดหูหนู รวมกัน 187,000 ก้อน

อำเภอดอนตูม มีการผลิตก้อนเชื้อเห็ดต่อรุ่น จำนวน 387,000 ก้อน แยกเป็นก้อนเชื้อเห็ดเป๋าฮื้อ 50,000 ก้อน และเห็ดนางฟ้า 337,000 ก้อน

อำเภอบางเลน มีการผลิตก้อนเชื้อเห็ดต่อรุ่น จำนวน 477,000 ก้อน โดยแยกเป็นก้อนเชื้อเห็ดเป๋าฮื้อ 459,000 ก้อน และเห็ดนางฟ้า 18,000 ก้อน

จะเห็นว่าในท้องที่อำเภอเมืองนครปฐมมีการผลิตก้อนเชื้อเห็ดต่อรุ่นสูงที่สุดในปริมาณ 1,701,100 ก้อน หรือคิดเป็น 35.22 % ของปริมาณการผลิตทั้งหมด รองลงมาเป็นท้องที่อำเภอสามพราน กำแพงแสน บางเลน ดอนตูม และนครชัยศรี มีปริมาณ 1,500,000, 520,000, 477,000, 387,000 และ 245,000 ก้อน ตามลำดับ หรือคิดเป็น 31.05, 10.77, 9.88, 8.01 และ 5.07 % ของปริมาณการผลิตทั้งหมด ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4-5 (ตารางที่ 4-3 ภาคผนวก ง.)

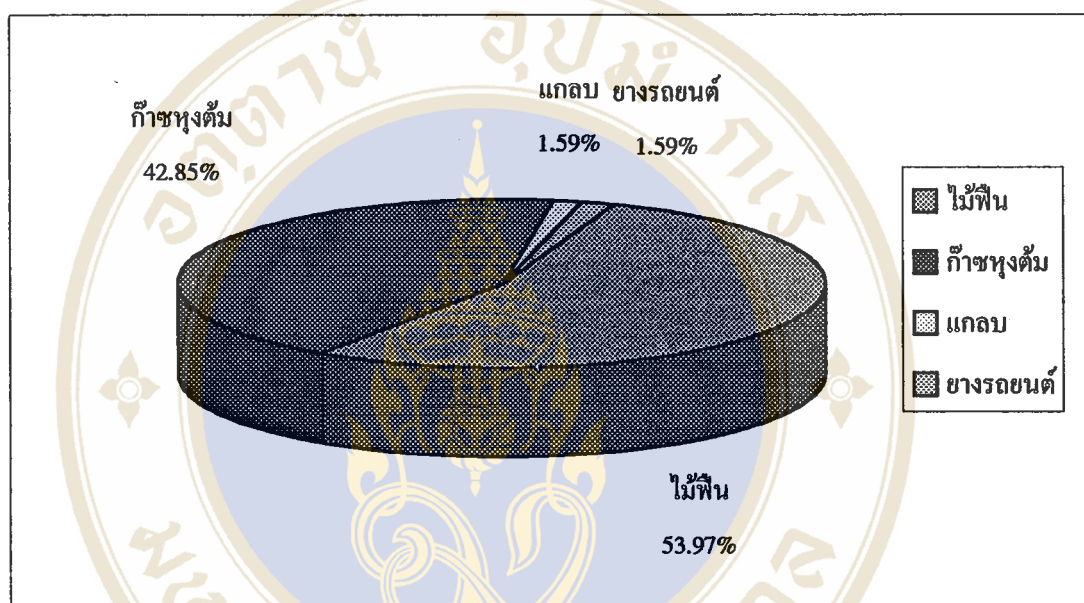


รูปที่ 4-5 ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดต่อรุ่นเป็นรายอำเภอของจังหวัดนครปฐม ปี 2537

4.1.5 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตก้อนเชื้อเห็ด

เชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตก้อนเชื้อเห็ด ส่วนมากเกษตรกรจะใช้ในการดำน้ำสำหรับนั่งก้อนเชื้อเห็ด เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ก่อนที่จะทำการใส่หัวเชื้อเห็ด จากการสำรวจพบว่า เกษตรกรส่วน

ใหญ่จะนึ่งก่อนเชื้อเห็ดด้วยหม้อนึ่งพาสเจอร์ไรต์ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับหม้อนึ่งแบบลูกทุ่ง แต่มีโครงสร้างรวมทั้งอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่และแข็งแรงกว่า สำหรับเชื้อเพลิงที่เกษตรกรใช้กับหม้อนึ่ง ได้แก่ ก๊าซหุงต้ม ไม้ฟืน แกลบ และยางรถยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 4-6 (ตารางที่ 4-4 ภาคผนวก ง.) ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงที่เกษตรกรมีการใช้มากที่สุด ถึง 53.97 % รองลงมาได้แก่ ก๊าซหุงต้ม 42.85 % ส่วนแกลบและยางรถยนต์นั้นมีการใช้กันน้อยมากเพียง 1.59 % เท่ากัน

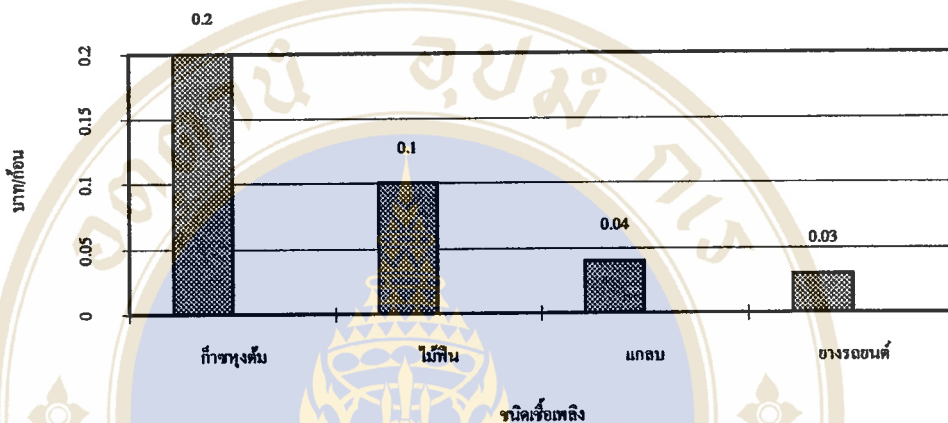


รูปที่ 4-6 ชนิดเชื้อเพลิงที่เกษตรกรใช้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดของจังหวัดนครปฐม ปี 2537

4.1.6 ค่าใช้จ่ายในการใช้เชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อครั้ง

จากการสำรวจค่าใช้จ่ายของเกษตรกรในการใช้เชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อครั้ง พบว่า ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงที่เกษตรกรต้องเสียค่าใช้จ่ายต่อก้อนสูงกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น และเกษตรกรนิยมใช้รองจากไม้ฟืน ดังรูปที่ 4-7 ทั้งนี้เนื่องจากในการใช้ก๊าซหุงต้มมีความสะดวกและประหยัดแรงงานกว่าการใช้เชื้อเพลิงพวกไม้ฟืน แกลบ และยางรถยนต์ ส่วนยางรถยนต์เป็นเชื้อเพลิงที่เสียค่าใช้จ่ายต่ำสุดและเกษตรกรใช้น้อยรายเท่ากับแกลบ เนื่องจากมีปัญหาเรื่องควันและกลิ่น เกษตรกรที่ใช้ต้องอยู่ห่างจากชุมชนและเป็นบริเวณที่โล่งๆ อากาศถ่ายเทได้ดี สำหรับค่าใช้จ่ายในการใช้เชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อครั้งของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ทำการสำรวจ มีดังต่อไปนี้ (ภาคผนวก จ.)

- ก๊าซหุงต้ม เสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 0.2 บาท/ก้อน
- ไม้ฟืน เสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 0.1 บาท/ก้อน
- แกลบ เสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 0.04 บาท/ก้อน
- ยางรถยนต์ เสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 0.03 บาท/ก้อน



รูปที่ 4-7 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการใช้เชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อครั้ง

4.1.7 ปริมาณขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด

จากการสำรวจ ตามข้อ 4.1.4 พบว่า ก้อนเชื้อเห็ดที่เกษตรกรทำการผลิตนั้น วัตถุดิบหลักที่ใช้ทำ ก็คือขี้เลื่อยไม้ยางพารา ซึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่ทำการผลิตส่วนใหญ่หนัก 1,000 กรัม/ก้อน ส่วนน้ำหนักของก้อนเชื้อเห็ดที่หมดอายุแล้วจะลดลงไปตามสภาพการใช้งาน และจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นภายในก้อนเชื้อเห็ด โดยแบ่งออกเป็น

(1) ก้อนเชื้อเห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า และเห็ดหูหนูที่หมดอายุ พบว่ามีน้ำหนักของขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งประมาณ 300-500 กรัม/ก้อน หรือมีน้ำหนักเฉลี่ย 400 กรัม/ก้อน (น้ำหนักเปียก) และในการสำรวจการผลิตต่อ 1 รุ่น ปรากฏว่า มีก้อนเชื้อเห็ดต่อรุ่นของเห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า และเห็ดหูหนู รวมกันเป็นปริมาณทั้งหมด 3,158,100 ก้อน จึงคิดเป็นปริมาณขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดดังกล่าวต่อ 1 รุ่น ได้ประมาณ 1,263,240 กิโลกรัม หรือ 1,263 ตัน โดยที่ในปีหนึ่งๆ เกษตรกรส่วนใหญ่ทำการผลิตได้ถึง 3 รุ่น ดังนั้นปริมาณขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า และเห็ดหูหนู รวมกันทั้งหมดมีประมาณ 3,789,720 กิโลกรัม/ปี หรือ 3,789 ตันปี

(2) ก้อนเชื้อเห็ดเป่าฮื้อที่หมดอายุ พบว่ามีน้ำหนักซีเลื่อยที่เหลือทิ้งประมาณ 500-700 กรัม/ก้อน หรือมีน้ำหนักเฉลี่ย 600 กรัม/ก้อน (น้ำหนักเปียก) และจากการสำรวจการผลิตต่อรุ่นของ ก้อนเชื้อเห็ดเป่าฮื้อ ปรากฏว่ามีปริมาณทั้งหมด 1,672,000 ก้อน ดังนั้นคิดเป็นปริมาณซีเลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดเป่าฮื้อได้ทั้งหมด 1,003,200 กิโลกรัม/ปี หรือ 1,003 ตัน/ปี

จะเห็นได้ว่า ในการสำรวจก้อนเชื้อเห็ดที่หมดอายุซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดหูหนู และเห็ดเป่าฮื้อ ของจังหวัดนครปฐม ปี พ.ศ.2537 นั้น สามารถประเมินเป็นปริมาณซีเลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดหูหนู และเห็ดเป่าฮื้อ ของจังหวัดนครปฐม ปี พ.ศ.2537 ได้ถึง 4,792,920 กิโลกรัม หรือ 4,793 ตัน (น้ำหนักเปียกที่ปริมาณความชื้น 67-69 %) ดังแสดงในตารางที่ 4-5 อย่างไรก็ตามปริมาณซีเลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดนี้ถูกประเมินจากการสำรวจปริมาณการผลิตก้อนเชื้อเห็ด ซึ่งอาจรวมถึงก้อนเชื้อเห็ดที่เสียหายด้วย อันได้แก่ ก้อนเชื้อเส้นใยไม่เดิน ก้อนเชื้อเห็ดเกิดเป็นราเขียว หรือก้อนเชื้อที่เส้นใยเดินเต็มแล้วถูกแมลงจำพวกไร ไรบวง เป็นต้น โดยทั่วไปในการผลิตก้อนเชื้อเห็ดต่อรุ่นจะมีการเสียหายอย่างต่ำประมาณ 1% และมีการเสียหายมากที่สุดโดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนประมาณ 40-50% ของการผลิตต่อรุ่น ในกรณีนี้เกษตรกรบางรายจะหยุดทำหรือลดปริมาณการผลิตลง ซึ่งจะเป็นตัวแปรอันหนึ่งที่มีผลทำให้ปริมาณซีเลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดเปลี่ยนแปลงได้

ตารางที่ 4-5 น้ำหนักก้อนเชื้อเห็ดและปริมาณซีเลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด

ชนิดเห็ด	ก้อนเชื้อเห็ด (กรัม/ก้อน)	ซีเลื่อยเหลือทิ้ง (กรัม/ก้อน)	ก้อนเชื้อเห็ดต่อ รุ่นทั้งหมด (ก้อน)	ซีเลื่อยที่เหลือทิ้ง ทั้งหมด (กิโลกรัม)
นางรม นางฟ้า และหูหนู	300-500	400	3,158,100	3,789,720
เป่าฮื้อ	500-700	600	1,672,000	1,003,200

ที่มา : จากการสำรวจเมื่อ มิ.ย.37



4.1.8 ปริมาณถุงพลาสติกที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด

การเพาะเห็ดลงในถุงพลาสติกที่ใช้วัสดุหมักขี้เลื่อยนั้น หลังจากก้อนเชื้อเห็ดหมดอายุ เกษตรกรจะนำออกจากโรงเรือนไปทิ้ง วัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้นอกจากจะเป็นขี้เลื่อยแล้วยังมีถุงพลาสติกเหลือทิ้งเช่นเดียวกันที่สลายตัวได้ยาก การกำจัดและทำลายส่วนใหญ่เกษตรกรจะใช้วิธีการเผาหรือกองทิ้งไว้ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม จากการสำรวจและนำถุงพลาสติกเหล่านี้มาชั่งน้ำหนัก พบว่า ถุงพลาสติกที่เหลือแต่ละใบมีน้ำหนักเฉลี่ย 5 กรัม เมื่อคิดจากจำนวนก้อนเชื้อเห็ดทั้งหมดของจังหวัดนครปฐม 4,830,100 ก้อน จะมีปริมาณถุงพลาสติกที่เหลือทิ้งเป็นจำนวนถึง 24,150 กิโลกรัมต่อปี ในขณะที่ผู้รับซื้อถุงพลาสติกใช้แล้ว จะกำหนดราคาซื้ออีกโลกรัมละ 4-5 บาท ดังนั้นหากเกษตรกรนำถุงพลาสติกที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดเหล่านี้ไปจำหน่ายแล้วสามารถเพิ่มรายได้ถึงประมาณ 96,600 บาท/ปี (คิดราคา 4 บาท/กิโลกรัม) ในการประมาณราคาดังกล่าวถึงแม้ว่าปัจจุบันผู้รับซื้อถุงพลาสติกยังมีข้อจำกัดในเรื่องชนิดและความสกปรกของถุงพลาสติกก็ตาม หากสามารถแก้ปัญหาเรื่องความสกปรกและเทคโนโลยีการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) แล้วจะทำให้ลดปริมาณถุงพลาสติกเหล่านี้นลงได้

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของขี้เลื่อยก่อนอัดแท่ง

เมื่อนำเอาขี้เลื่อยจากก้อนเชื้อเห็ดที่เสีย ก้อนเชื้อเห็ดนางรม ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า และก้อนเชื้อเห็ดเป๋าฮื้อ มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงโดยหาค่าความชื้น แ็ก้า สารที่ระเหยได้ คาร์บอนคงตัว กำมะถันรวม และค่าความร้อน ตามข้อ 3.8.1-3.8.6 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของขี้เลื่อยดังกล่าวซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4-8 , 4-9 (ตารางที่ 4-6 ภาคผนวก ง.) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขี้เลื่อยดังกล่าวนี้เป็นขี้เลื่อยจากไม้ยางพาราเช่นเดียวกัน และเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดกับคุณสมบัติขี้เลื่อยที่ได้จากการแปรรูปไม้ทั่วไปในตารางที่ 4.7 (ภาคผนวก ง.) ตามที่ นารา (2524) และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2535) นำมาทดลองอัดแท่ง พบว่า

(1) ปริมาณความชื้นของขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด อยู่ระหว่าง 67-69 % (ประมาณ 68 %) ซึ่งขึ้นอยู่กัชนิดของก้อนเชื้อเห็ด จะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้นของขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดสูงกว่าความชื้นในขี้เลื่อยจากการแปรรูปไม้ (38%) ทั้งนี้เนื่องจากในการเพาะเห็ดจำเป็นต้องใช้ความชื้นสูง และขี้เลื่อยซึ่งเป็นสารอินทรีย์สามารถดูดซับเอาความชื้นไว้ได้ดี

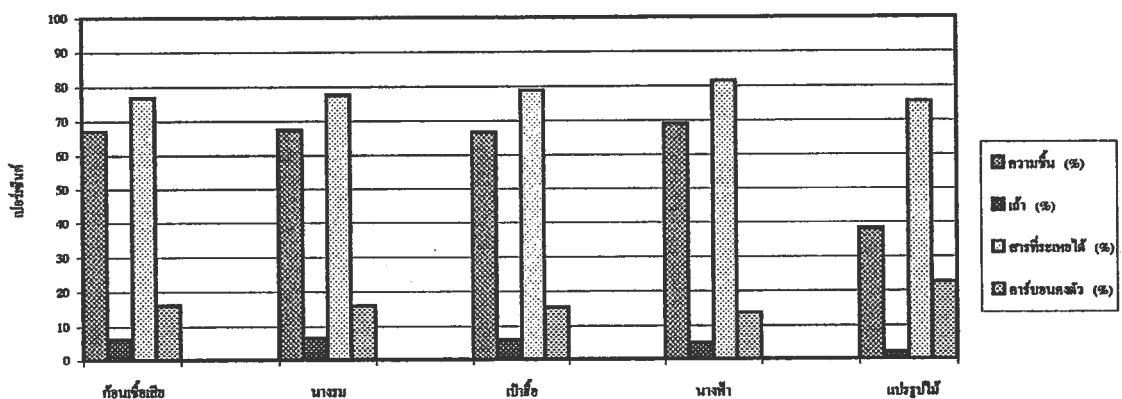
(2) ปริมาณก๊าซของซีลี้อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด อยู่ระหว่าง 4.84-6.58 % ซึ่งสูงกว่าปริมาณก๊าซของซีลี้อยจากการแปรรูปไม้ซึ่งมีค่า 2.0 % ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากปริมาณปูนขาวที่ใส่ลงไปนซีลี้อยเพื่อการเพาะเห็ด

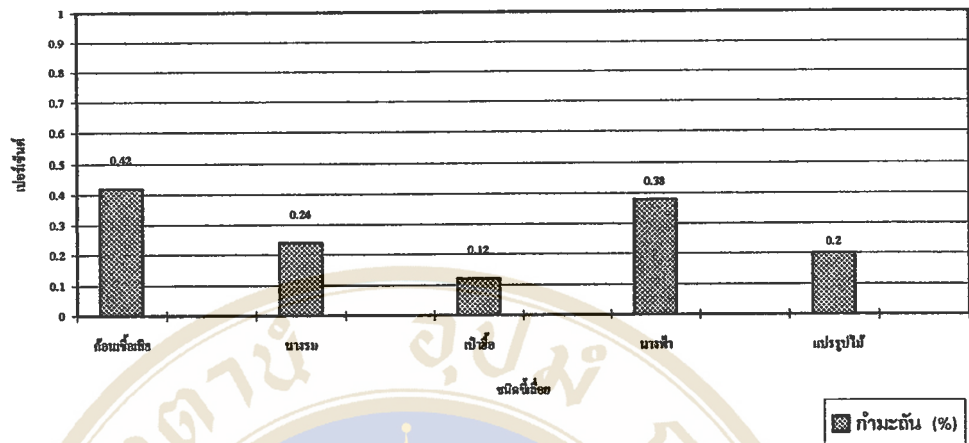
(3) ปริมาณสารระเหย โดยที่สารระเหยเป็นส่วนหนึ่งของเชื้อเพลิงที่ระเหยเป็นไอ (ที่ไม่ใช่ไอน้ำ)เมื่อเกิดการเผาไหม้ซึ่งในซีลี้อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดนางฟ้าจะมีปริมาณสารระเหยสูงสุด (81%) โดยปริมาณสารระเหยในซีลี้อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดที่พบ (76-81%) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารระเหยในซีลี้อยจากการแปรรูปไม้ (75%) พบว่าแตกต่างกันไม่มากนัก

(4) ค่าความร้อนและปริมาณคาร์บอนคงตัว จะมีความสัมพันธ์กันโดยตรง เนื่องจากคาร์บอนคงตัวเป็นส่วนหนึ่งของเชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของคาร์บอนหรือสารประกอบของคาร์บอน ซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้จะสลายตัวให้พลังงานความร้อนออกมา และถ้าเชื้อเพลิงใดมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงก็จะมีผลทำให้มีค่าความร้อนสูงตามไปด้วย ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง พบว่าค่าความร้อนของซีลี้อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดมีค่าอยู่ระหว่าง 3,917 - 4,019 แคลอรี/กรัม ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความร้อนของซีลี้อยจากการแปรรูปไม้

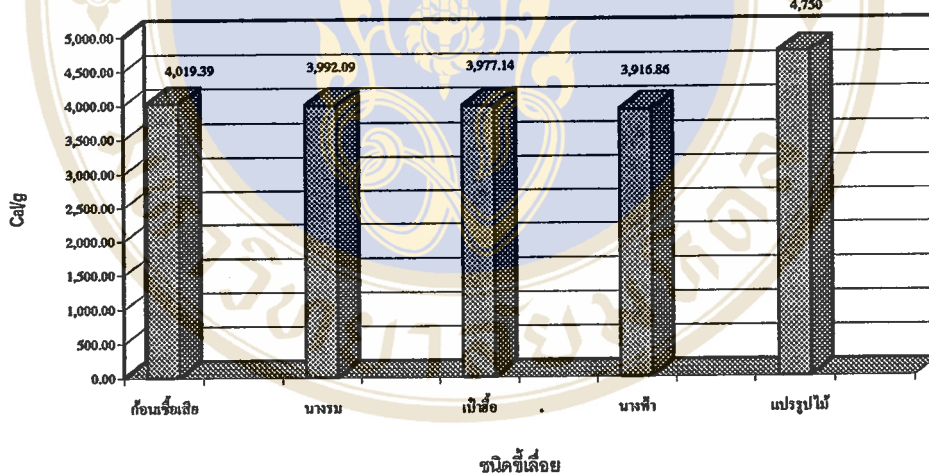
(5) ปริมาณกำมะถันรวม พบว่าในซีลี้อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดและซีลี้อยจากการแปรรูปไม้จะมีปริมาณกำมะถันรวมแตกต่างกันไม่มากนัก กล่าวคืออยู่ในระหว่าง 0.12-0.42 %

เมื่อพิจารณาคูณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของซีลี้อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดกับซีลี้อยจากการแปรรูปไม้ อาจกล่าวได้ว่ามีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงไม่แตกต่างกัน มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอัดเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ เช่นเดียวกับที่ นารา (2524) และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2535) ได้ทดลองใช้ซีลี้อยจากการแปรรูปไม้ทั่วไปมาอัดเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ผลมาแล้ว ดังนั้นในการนำซีลี้อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดมาทดลองอัดแท่งก็มีแนวโน้มที่จะเป็นไปได้





รูปที่ 4-8 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของขี้เลื่อยที่เหลือทิ้ง
หลังจากการเผาเห็ดกับขี้เลื่อยจากการแปรรูปไม้



รูปที่ 4-9 การเปรียบเทียบค่าความร้อนของขี้เลื่อยที่เหลือทิ้ง
หลังจากการเผาเห็ดกับขี้เลื่อยจากการแปรรูปไม้

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของขี้เลื่อยก่อนอัดแท่ง พบว่าขี้เลื่อยที่ได้จากก้อนเชื้อเห็ดต่างชนิดกันที่หมดอายุแล้วนั้น มีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อเปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของขี้เลื่อยที่ได้จากการแปรรูปไม้โดยตรง (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2535) ก็แตกต่างกันไม่มากนักเช่นกัน

ด้วยเหตุนี้ซีลี้อยที่ได้มาจากก้อนเชื้อเห็ดน่าจะใช้เป็นวัสดุในการอัดแท่งเชื้อเพลิงได้เช่นเดียวกับซีลี้อยที่ได้จากการแปรรูปไม้โดยตรง ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของซีลี้อยอัดแท่งที่ได้มาจากก้อนเชื้อเห็ดแต่ละชนิดดังที่ได้กล่าวแล้ว จึงพิจารณาตัดสินใจได้ว่าซีลี้อยที่จะนำมาอัดเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งสามารถนำมาจากก้อนเชื้อเห็ดชนิดใดก็ได้ และซีลี้อยเหล่านี้นำมาผสมกันได้ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทดลองอัดแท่งต่อไป

4.3 ผลการอัดแท่งซีลี้อย

ในการนำเอาซีลี้อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดมาอัดเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งนั้น ปรากฏผลดังนี้

4.3.1 ผลการอัดแท่งซีลี้อยโดยใช้ความร้อนและแรงอัดสูง (การอัดร้อน)

ในการอัดแท่งซีลี้อยโดยใช้ความร้อนที่กระบอกอัด 300°C พบว่าเครื่องอัดทำงานได้ดี และได้ซีลี้อยอัดแท่งที่มีความชื้น 3.77 % (รูปที่ 4-10) แสดงให้เห็นว่าซีลี้อยที่เหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดสามารถอัดเป็นแท่งได้ด้วยวิธีการอัดร้อนโดยไม่ใช้ตัวประสาน ทั้งนี้เพราะในซีลี้อยดังกล่าวยังมีลิกนินที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสานหลงเหลืออยู่ ข้อสังเกตที่พบ คือหากซีลี้อยที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการอัดมีความชื้นสูงเกิน 10 % ผิวซีลี้อยอัดแท่งที่ได้จะมีรอยแตกมาก และบางครั้งอาจทำให้เกิดการระเบิดระหว่างการอัดอีกด้วย นอกจากนี้หากเกลียวอัดสีกหรือการอัดจะไม่ได้ผลและซีลี้อยที่ถูกอัดออกมาไม่แน่นหรือไม่เป็นแท่ง

4.3.2 ผลการอัดแท่งซีลี้อยโดยไม่ใช้ความร้อนและใช้แรงอัดต่ำ (การอัดเย็น)

4.3.2.1 แบบไม่ใช้ตัวประสาน การทดลองนำซีลี้อยที่สับและย่อยขนาดแล้วมาอัดแท่งแบบอัดเย็นโดยไม่ใช้ตัวประสาน พบว่าซีลี้อยที่เหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดไม่สามารถอัดเป็นแท่งด้วยตัวมันเองได้ และทำให้เครื่องอัดติดขัด ดังรูปที่ 4-11 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากซีลี้อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดมีสภาพไม่เปื่อยยุ่ย มีความหยุ่นตัวและพองตัวสูง แม้ว่าซีลี้อยดังกล่าวจะถูกหมักและผ่านการใช้งานมาแล้วก็ไม่เกิดการย่อยสลาย ยังคงสภาพเป็นซีลี้อยเช่นเดิม ทำให้ไม่มีสารที่เป็นยางเหนียวสำหรับการยึดตัว

ข้อสังเกตคือ ชี้เลื่อยเป็นเศษพืชที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจนอยู่น้อย จึงสลายตัวได้ยาก (ข้าวโครงการหลวง, 2536) ดังนั้น จำเป็นต้องใช้ตัวประสานเข้าช่วยจึงจะทำให้การอัดแท่งชี้เลื่อยดังกล่าวนี้ได้ผล

4.3.2.2 แบบใช้ตัวประสาน การทดลองนำชี้เลื่อยที่สับแล้วมาอัดแท่งโดยวิธีอัดเย็นและใช้ตัวประสาน ซึ่งผู้วิจัยใช้ผักตบชวามากนาน 1-2 เดือน ที่สับมาแล้วเช่นกัน (ความชื้น 85.49%) เป็นตัวประสาน โดยผสมกับชี้เลื่อยในปริมาณ 2, 2.5, 5, 10, 20, 50 และ 100 % โดยน้ำหนัก ในการทดลองจะทำการผสมชี้เลื่อยกับผักตบชวามากด้วยมือ มีข้อสังเกตว่าหากปริมาณของผักตบชวามากเพิ่มขึ้นจะทำการผสมได้ทั่วและกระจายตัวได้มากกว่าปริมาณของผักตบชวามากที่น้อย ในการอัดแท่งชี้เลื่อยผสมกับผักตบชวามากในปริมาณต่างๆ พบว่า เครื่องอัดสามารถทำงานได้ดีทุกส่วนผสม ซึ่งถ้าปริมาณส่วนผสมของผักตบชวามากยิ่งมากขึ้น โดยเฉพาะที่อัตราส่วนผสมของผักตบชวามากที่ปริมาณ 20, 50 และ 100 % โดยน้ำหนัก จะทำให้การอัดเป็นแท่งสามารถทำได้สะดวกและง่ายกว่าปริมาณส่วนผสมของผักตบชวามากที่น้อย และหลังจากนำชี้เลื่อยอัดแท่งไปตากแห้งประมาณ 5-7 วัน จนมีความชื้นเหลือประมาณ 7-10 % ก็จะได้ชี้เลื่อยอัดแท่ง ดังแสดงในรูปที่ 4-12



รูปที่ 4-10 ชี้เลื่อยอัดแท่งที่ได้จากการอัดโดยวิธีการอัดร้อน



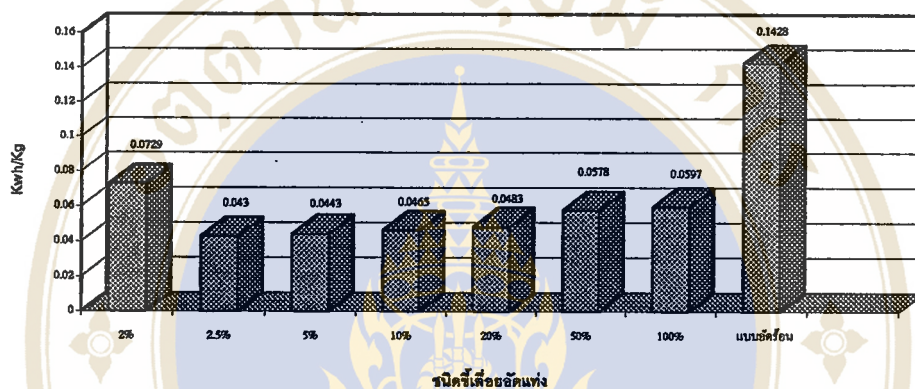
รูปที่ 4-11 การอัดแท่งซีลี้อยู่โดยวิธีการอัดเย็นและไม่ใช้ตัวประสาน



รูปที่ 4-12 ซีลี้อยัดแท่งที่ได้จากการอัดโดยวิธีการอัดเย็นและใช้ตัวประสานแต่ละส่วนผสม

4.4 ผลการเปรียบเทียบการวัดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัด

ในการทดลองอัดแท่งซีลี้อยแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็นนั้น ได้ใช้ Kilowatt-hour meter วัดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัดแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งปรากฏผลตามรูปที่ 4-13 (ตารางที่ 4-8 ภาคผนวก ง.)



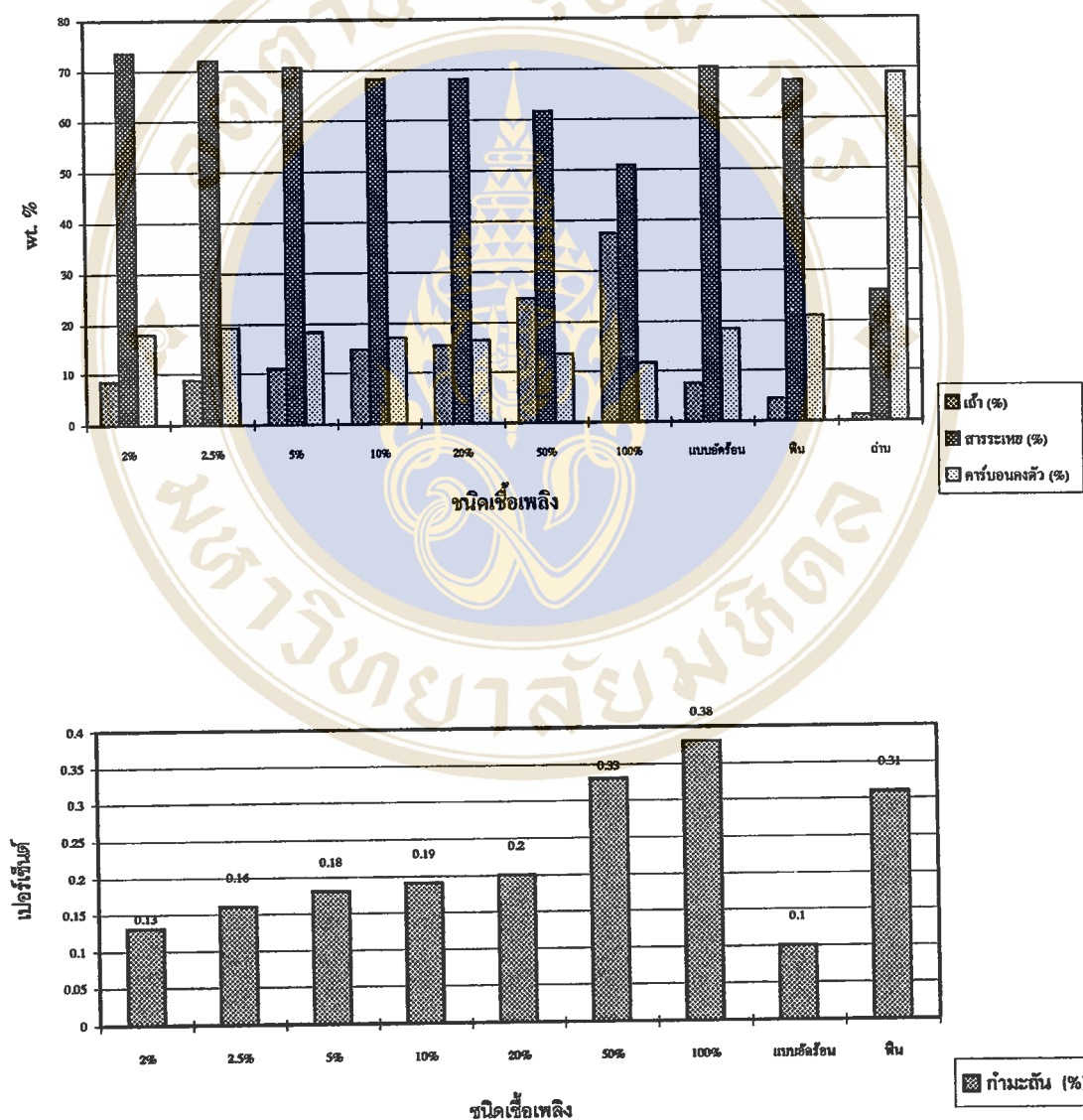
รูปที่ 4-13 การเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดแท่ง

จากรูปที่ 4-13 และตารางที่ 4-8 (ภาคผนวก ง.) พบว่าในการอัดแท่งซีลี้อยแบบอัดเย็นความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามีค่าลดลงตามปริมาณของผักตบชวามาก ยกเว้นในการอัดแท่งซีลี้อยที่ปริมาณผักตบชวามาก 2% หรืออัตราส่วนผักตบชวามาก : ซีลี้อย เป็น 1:50 โดยน้ำหนัก มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าสูง ทั้งนี้เนื่องจากการอัดเป็นแท่งที่อัตราส่วนผสมนี้ทำได้ยาก วัสดุที่อัดไม่ไหลลื่น ทำให้ต้องใช้เวลาในการอัดเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดแท่งแบบอัดเย็นจะอยู่ระหว่าง 0.043-0.0729 Kwh/Kg โดยมีค่าเฉลี่ย 0.0532 Kwh/Kg ส่วนการอัดแท่งแบบอัดร้อนจะมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.1428 Kwh/Kg

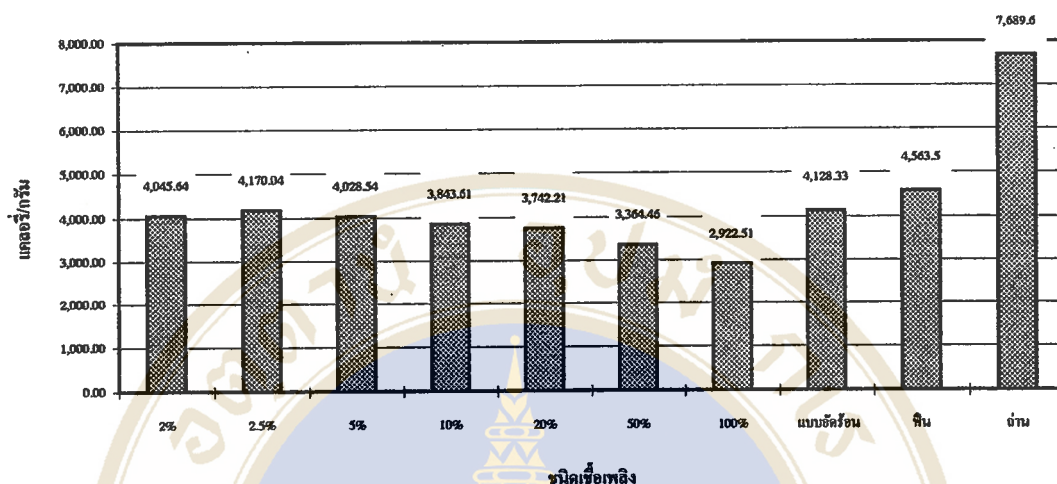
ข้อสังเกตที่พบ คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในการอัดแท่งแบบอัดร้อนมีค่าสูงกว่าแบบอัดเย็น ประมาณ 2-3 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Stienswat และ Buachanda (1986)

4.5 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของซีลี้อยัดแห้ง

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของซีลี้อยัดแห้งที่ได้จากวิธีการอัดร้อนและการอัดเย็นนั้น จะนำมาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งผลการเปรียบเทียบได้แสดงไว้ในรูปที่ 4-14 , 4-15 (ตารางที่ 4-9 , 4-10 ภาคผนวก ง.)



รูปที่ 4-14 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของ
ซีลี้อยัดแห้งกับฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส



รูปที่ 4-15 การเปรียบเทียบค่าความร้อนของชีเลื่อยอัดแท่งกับฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส

จากรูปที่ 4-14 , 4-15 และตารางที่ 4-9 , 4-10 (ภาคผนวก ง.) สามารถสรุปผลได้ว่า

(1) ปริมาณความร้อนของชีเลื่อยอัดแท่งแบบอัดเย็น อยู่ระหว่าง 7 - 10% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณความร้อนของฟืนไม้ยูคาลิปตัส (7.13%) แต่สูงกว่าปริมาณความร้อนของชีเลื่อยอัดแท่งแบบอัดร้อน (3.77%) และถ่านไม้ยูคาลิปตัส (3.92%) ทั้งนี้เพราะชีเลื่อยอัดแท่งแบบอัดร้อนและถ่านผ่านกระบวนการให้ความร้อน ทำให้ปริมาณความร้อนถูกขับออกไปได้มากกว่า จึงมีปริมาณความร้อนลดลง

(2) ปริมาณเถ้าของชีเลื่อยอัดแท่งทั้งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็นจะมีค่าอยู่ระหว่าง 8 - 37% ซึ่งมีค่าสูงกว่าปริมาณเถ้าของฟืน (4.41%) และถ่านไม้ยูคาลิปตัส (1.12%) แต่ปริมาณเถ้าของชีเลื่อยอัดแท่งแบบอัดร้อน (7.55%) ต่ำกว่าปริมาณเถ้าของชีเลื่อยอัดแท่งแบบอัดเย็นทุกชนิด โดยมีข้อสังเกตของคุณสมบัติของชีเลื่อยอัดแท่งแบบอัดเย็น คือ ปริมาณเถ้าจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณผักตบชวามากที่สุดเป็นตัวแทน ถ้าปริมาณผักตบชวามากเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณเถ้าของชีเลื่อยอัดแท่งเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากผักตบชวามีปริมาณเถ้าที่สูง (25.8 % ตารางที่ 4-7 ภาคผนวก ง.) ในขณะเดียวกันยังมีดินทรายผสมปนมาด้วยจึงทำให้ปริมาณเถ้าสูงขึ้นตามปริมาณของผักตบชวามากที่เพิ่มขึ้นและสูงกว่าชีเลื่อยจากการแปรรูปไม้ทั่วไป (2.0% ตารางที่ 4-7 ภาคผนวก ง.)

(3) ปริมาณสารระเหยของซีเลื่อยอัดแท่งไม่แตกต่างกันมากนัก คืออยู่ระหว่าง 51-74% และมีค่าใกล้เคียงกับฟืนไม้ยูคาลิปตัส (67%) แต่มีค่าสูงกว่าถ่านไม้ยูคาลิปตัส (26%) ทั้งนี้เพราะถ่านผ่านกระบวนการแปรรูป Wood Carbonization ซึ่ง Tar และ Wood Gases ถูกขับไล่ออกไป ทำให้ปริมาณสารระเหยลดลง

(4) ปริมาณคาร์บอนคงตัวของซีเลื่อยอัดแท่งแบบอัดร้อน (19%) มีค่าสูงกว่าคาร์บอนคงตัวของซีเลื่อยอัดแท่งแบบอัดเย็นที่มีค่าอยู่ระหว่าง 12-19% และมีค่าใกล้เคียงกับฟืนไม้ยูคาลิปตัส (21%) แต่ต่ำกว่าถ่านไม้ยูคาลิปตัสมาก (69%) ซึ่งจะเห็นว่าซีเลื่อยอัดแท่งแบบอัดเย็นมีปริมาณคาร์บอนคงตัวแปรผันกับปริมาณผักตบชวาหมักที่ใช้เป็นตัวประสาน คือถ้าปริมาณผักตบชวาหมักเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณคาร์บอนคงตัวของซีเลื่อยอัดแท่งลดลง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเถ้าซึ่งเกิดจากดินทรายในผักตบชวามีปริมาณสูงขึ้น ข้อสังเกตที่พบ คือ ปริมาณสารระเหยและคาร์บอนคงตัวของซีเลื่อยอัดแท่งจะแปรผันกับปริมาณเถ้า ถ้าหากซีเลื่อยอัดแท่งมีปริมาณเถ้ามากจะมีปริมาณสารระเหยและคาร์บอนคงตัวต่ำ ซึ่งเชื่อเพลิงที่ดีจะมีค่าคาร์บอนคงตัวสูง ค่าสารระเหยต่ำ และปริมาณเถ้าต่ำ

(5) ค่าความร้อนของซีเลื่อยอัดแท่งทั้งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็นไม่แตกต่างกันมากนัก คืออยู่ระหว่าง 2,923 - 4,170 แคลอรี/กรัม แต่ซีเลื่อยอัดแท่งแบบอัดเย็นนั้นค่าความร้อนจะแปรผันกับปริมาณผักตบชวาหมัก หากปริมาณผักตบชวาหมักเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความร้อนของซีเลื่อยอัดแท่งลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากผักตบชวามีปริมาณเถ้าสูงขึ้นตามปริมาณที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้ปริมาณคาร์บอนคงตัวต่ำ ค่าความร้อนจึงต่ำ นอกจากนั้นอาจเนื่องมาจากการที่ผักตบชวาได้ผ่านการหมักและย่อยสลายจึงมีการสูญเสียพลังงานไปในระหว่างการหมัก ทำให้ปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในเซลล์พืชลดลง จึงทำให้ค่าความร้อนลดลงไปด้วย ซึ่งค่าความร้อนจะแปรตามปริมาณคาร์บอนคงตัว เพราะว่าปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็นส่วนของเชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของคาร์บอน หรือสารประกอบคาร์บอน เมื่อเกิดการเผาไหม้จะสลายตัวให้เป็นพลังงานความร้อนออกมา เชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนคงตัวสูงมักจะให้ค่าความร้อนสูงด้วย

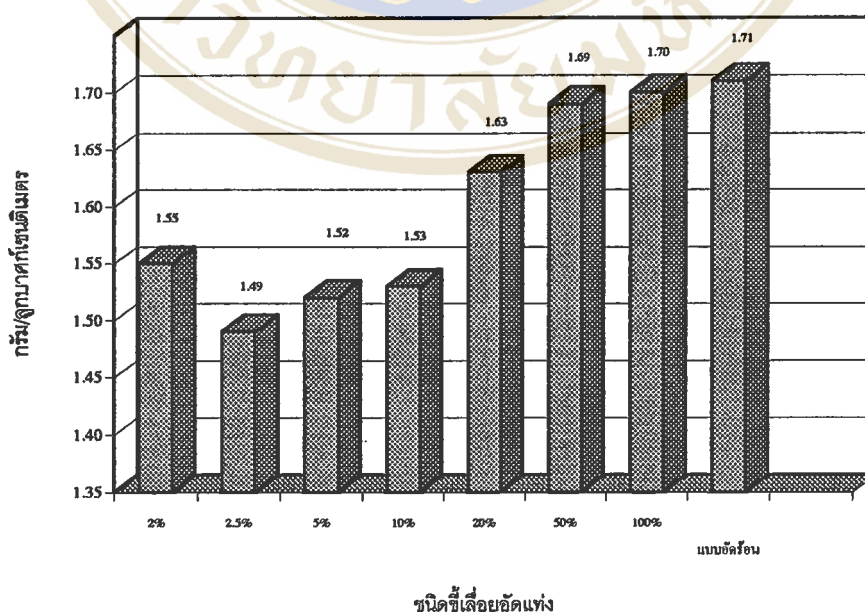
อนึ่ง ปริมาณคาร์บอนคงตัวของซีเลื่อยอัดแท่งอยู่ระหว่าง 12-19% ซึ่งต่างจากฟืนไม้ยูคาลิปตัสเพียงเล็กน้อย (21%) ค่าความร้อนของซีเลื่อยอัดแท่ง (2,923-4,170 แคลอรี/กรัม) และฟืนไม้ยูคาลิปตัส (4,564 แคลอรี/กรัม) จึงไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ปริมาณคาร์บอนคงตัวของซีเลื่อยอัดแท่ง (12-19%) แตกต่างจากถ่านมาก (69%) ดังนั้นค่าความร้อนของถ่าน (7,689 แคลอรี/กรัม) จึงสูงกว่าซีเลื่อยอัดแท่งมาก (2,923-4,170 แคลอรี/กรัม) การที่ถ่านมีคาร์บอนคงตัวสูงกว่าฟืนและซีเลื่อย

อัดแท่งมาก เป็นเพราะว่าถ่านผ่านขบวนการแปรสภาพเป็นถ่าน (Carbonization) มาแล้ว จึงมีปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย (Wenzl, 1970)

4.6 ผลการทดสอบคุณภาพของซีลี้อยอัดแท่ง

4.6.1 ผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นของซีลี้อยอัดแท่ง

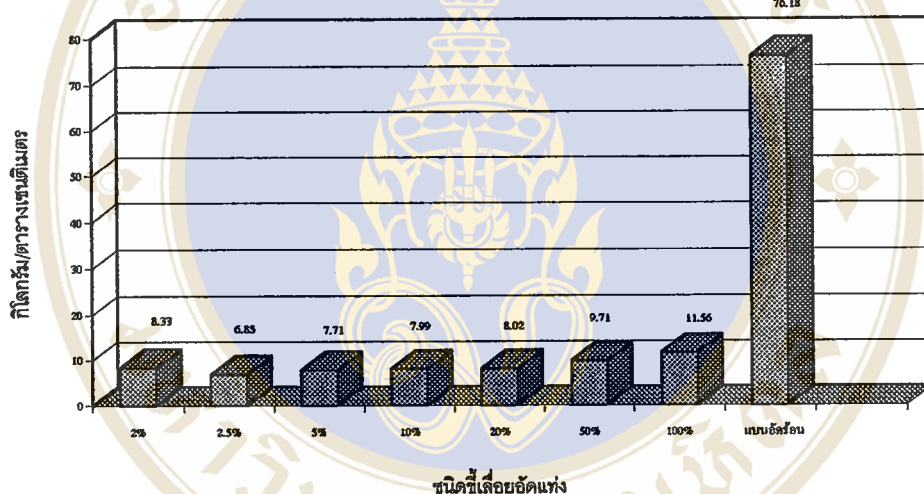
ผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นของซีลี้อยอัดแท่งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็น ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 4-16 (ตารางที่ 4-11 ภาคผนวก ง.) แสดงให้เห็นว่าซีลี้อยอัดแท่งแบบอัดร้อนมีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด คือ 1.71 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนซีลี้อยอัดแท่งแบบอัดเย็นที่มีส่วนผสมของผักตบชวามากมากจะมีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น กล่าวคือ ซีลี้อยอัดแท่งที่มีส่วนผสมของผักตบชวามากปริมาณ 2.5, 5, 10, 20, 50, 100% โดยน้ำหนัก มีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น คือ 1.49, 1.52, 1.53, 1.63, 1.69, 1.70 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้มีข้อสังเกตที่พบ คือ ในกรณีของซีลี้อยอัดแท่งแบบอัดเย็นที่อัตราส่วนผสมของผักตบชวามาก 2% โดยน้ำหนัก มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.55 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งไม่เป็นไปตามที่กล่าวมา แต่ก็แตกต่างกันไม่มากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการอัดแท่งที่อัตราส่วนผสมนี้ทำการอัดเป็นแท่งได้ยากและต้องใช้ระยะเวลาการอัดนาน



รูปที่ 4-16 การเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของซีลี้อยอัดแท่ง

4.6.2 ผลการทดสอบหาค่าการทนแรงอัดของซีลี้อยัดแต่ง

ผลการทดสอบหาค่าการทนแรงอัดของซีลี้อยัดแต่งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็น (รูปที่ 4-17 และตารางที่ 4-11 ภาคผนวก ง.) แสดงให้เห็นว่าซีลี้อยัดแต่งแบบอัดร้อนมีค่าการทนแรงอัดสูงที่สุด คือ 76.18 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ส่วนซีลี้อยัดแต่งแบบอัดเย็นทุกอัตราส่วนผสมของผักตบชวาก็มีค่าแตกต่างกันไม่มาก คืออยู่ระหว่าง 6.85-11.56 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (ค่าเฉลี่ย 8.59 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร) ดังนั้นซีลี้อยัดแต่งแบบอัดร้อนจะมีค่าการทนแรงอัดสูงกว่าซีลี้อยัดแต่งแบบอัดเย็น ประมาณ 8 เท่า



รูปที่ 4-17 การเปรียบเทียบค่าการทนแรงอัดของซีลี้อยัดแต่ง

จากผลการทดสอบในรูปที่ 4-16, 4-17 (ตารางที่ 4-11 ภาคผนวก ง.) จะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่น และค่าการทนแรงอัด (Compressive Strength) มีความสัมพันธ์กันโดยตรง คือซีลี้อยัดแต่งที่มีค่าความหนาแน่นสูงจะทนต่อแรงกดได้สูง ทำให้มีค่าการทนแรงอัดสูงด้วยเช่นกัน ซึ่งค่าความหนาแน่นและค่าการทนแรงอัดของซีลี้อยัดแต่งแบบอัดเย็นทุกอัตราส่วนผสมมีค่าไม่แตกต่างกันนัก แต่มีแนวโน้มว่าปริมาณผักตบชวามากขึ้นซีลี้อยัดแต่งจะแปรผันตามค่าความหนาแน่นและค่าการทนแรงอัด คือเมื่อปริมาณผักตบชวามากขึ้นค่าความหนาแน่นและค่าการทนแรงอัดจะเพิ่มขึ้นด้วย ยกเว้นที่ปริมาณผักตบชวามาก 2% โดยน้ำหนัก ที่มีค่าความหนาแน่นและค่าการทนแรงอัดไม่แปรตาม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากที่อัตราส่วนผสมนี้เริ่มทำการอัดเป็นแท่งได้ยากขึ้น ต้องใช้

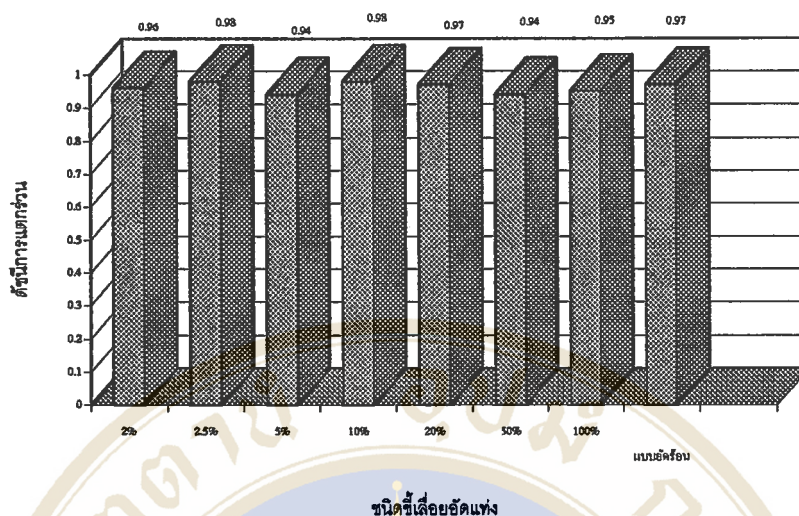
ใช้ระยะเวลาในการอัดนาน จึงมีผลทำให้ซีล้อยอัดแท่งนี้มีค่าความหนาแน่นมากและการทนแรงอัดจึงเพิ่มขึ้นด้วย

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างซีล้อยอัดแท่งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็น พบว่าซีล้อยอัดแท่งแบบอัดร้อนมีค่าความหนาแน่นและการทนแรงอัดสูงกว่าซีล้อยอัดแท่งแบบอัดเย็น ซึ่งจากผลการทดสอบการหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน (ตาม 4.7 ในตารางที่ 4-12, 4-13 ภาคผนวก ง.) และนำมาเทียบเคียงกันจากกล่าวได้ว่า ซีล้อยอัดแท่งที่มีค่าความหนาแน่นสูงจะลुकติดไฟได้ยากหรือช้ากว่าซีล้อยอัดแท่งที่มีค่าความหนาแน่นต่ำ แต่เมื่อติดไฟแล้วสามารถติดได้นาน

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาแรงที่กระทำต่อซีล้อยอัดแท่งในการทดสอบหาค่าการทนแรงอัดทั้งแนวตั้งและแนวนอน จนกระทั่งซีล้อยอัดแท่งแตกหัก แสดงให้เห็นว่าซีล้อยอัดแท่งทางด้านตั้งรับแรงได้สูงกว่าด้านข้าง ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าซีล้อยอัดแท่งทั้งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็นจะมีความแข็งแรงทางด้านตั้งมากกว่าทางด้านข้าง ซึ่งน่าจะเป็นข้อพิจารณาสำหรับใช้ในการขนส่งและการเก็บรักษาซีล้อยอัดแท่ง

4.6.3 ผลการทดสอบค่าดัชนีการแตกร่วนของซีล้อยอัดแท่ง

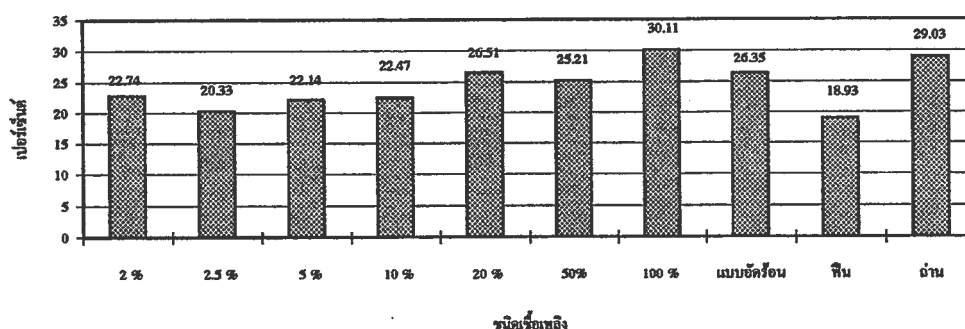
ผลการทดสอบค่าดัชนีการแตกร่วนของซีล้อยอัดแท่ง โดยวิธี Drop Shatter Test แสดงไว้ในรูปที่ 4-18 (ตารางที่ 4-14 ภาคผนวก ง.) พบว่าซีล้อยอัดแท่งทั้งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็นที่อัตราส่วนผสมของผักตบชวามีขนาดต่างๆ นั้นมีค่าดัชนีการแตกละเอียดไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.94-0.98 ดังนั้นซีล้อยอัดแท่งนี้จึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับ S. Eriksson และ M. Prior (1990) ที่กล่าวใน Technical Aspects of Briquetting ไว้ว่า "ในการทดสอบความแข็งแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยวิธี Dropping ถ้าตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าดัชนีการแตกร่วนหรือการแตกละเอียดเป็นศูนย์ แสดงว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งไม่จับตัวกันแตกง่าย และมีคุณภาพไม่ดี แต่ถ้าตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ทดสอบมีค่าดัชนีการแตกร่วนอยู่ระหว่าง 0.5-1.0 แสดงว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งนี้มีความเหมาะสมในการนำมาใช้งาน"



รูปที่ 4-18 การเปรียบเทียบค่าดัชนีการแปรปรวนของซีเลื่อยอัดแท่ง

4.7 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน

ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของซีเลื่อยอัดแท่ง ฟืน และถ่านไม้ยูคาลิปตัส ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4-19 (ตารางที่ 4-12, 4-13 ภาคผนวก ง.) พบว่า ประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของซีเลื่อยอัดแท่งแบบอัดเย็นผสมผักตบชวาหมักในปริมาณต่างๆ และซีเลื่อยอัดแท่งแบบอัดร้อน (20.3-30.1%) มีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของฟืนไม้ยูคาลิปตัส (18.9%) แต่มีค่าต่ำกว่าถ่านไม้ยูคาลิปตัส (29.0%) และจำนวนครั้งที่ต้มน้ำเดือดได้มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าระหว่าง 1.7-2 ครั้ง โดยเฉพาะถ่านไม้ยูคาลิปตัสต้มน้ำได้มากกว่า (3.5 ครั้ง) และลูกติดไฟได้นานกว่า (120นาทื) เชื้อเพลิงทุกชนิด



รูปที่ 4-19 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของซีเลื่อยอัดแท่ง ฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส

นอกจากนี้ยังมีข้อสังเกตของลักษณะการเผาไหม้ ลักษณะควันไฟ และลักษณะเถ้าระหว่าง การทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน (ตารางที่ 4-13 ภาคผนวก ง.) พบว่า ซีลี้อยอัดแท่งแบบอัดเย็นทุกอัตราส่วนผสมจุดติดไฟได้ง่ายเช่นเดียวกับฟืนไม้ยูคาลิปตัส และควันไฟของซีลี้อยอัดแท่งที่มีปริมาณของผักตบชวาหมักมากและฟืนไม้ยูคาลิปตัสจะมีควันไฟมากกว่าซีลี้อยอัดแท่งที่มีปริมาณผักตบชวาหมักน้อย สำหรับซีลี้อยอัดแท่งแบบอัดร้อนจุดติดไฟได้ยากเช่นเดียวกับ ถ่านไม้ยูคาลิปตัสและมีควันไฟน้อย แต่เมื่อติดไฟแล้วจะลุกติดไฟเป็นเวลานาน ส่วนลักษณะเถ้า ของซีลี้อยอัดแท่งแบบอัดร้อนมีปริมาณน้อยและร่วนมากทั้งหมดเช่นเดียวกับฟืนและถ่านไม้ ยูคาลิปตัส แต่ลักษณะเถ้าของซีลี้อยอัดแท่งแบบอัดเย็นทุกอัตราส่วนผสมของผักตบชวาหมักมี ลักษณะคงรูปจับตัวเป็นก้อนและมีปริมาณมากเช่นเดียวกัน ซึ่งลักษณะเถ้าของซีลี้อยอัดแท่งที่มี อัตราส่วนผสมของผักตบชวาหมักในปริมาณ 2, 2.5, 5 และ 10% โดยน้ำหนัก (อัตราส่วนผักตบชวา หมัก : ซีลี้อย เป็น 1:50, 1:40, 1:20 และ 1:10) ลักษณะเถ้าจะแตกต่างกันเล็กน้อย คือ คงรูปและร่วน เล็กน้อย อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าค่าความร้อนของถ่านไม้ยูคาลิปตัสจะสูงกว่าฟืนไม้ยูคาลิปตัสและซีลี้อยอัดแท่ง แต่เมื่อนำมาใช้ในการหุงต้มกับเตาที่ทดลองแล้วจะเห็นว่าถ่านไม้มีคุณค่าสูงกว่าเชื้อเพลิงดังกล่าวในแง่ของประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนเลย ซึ่งถ่านจะมีคุณค่าเหนือกว่าในแง่ ที่เป็นเชื้อเพลิงสะอาดไม่มีควันเท่านั้น

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของซีลี้อยอัดแท่ง แล้ว ซีลี้อยอัดแท่งส่วนใหญ่สามารถนำมาทดแทนฟืนและถ่านได้ อย่างไรก็ตามจากผลการ วิเคราะห์พอกกล่าวได้ว่า ประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเชื้อเพลิงไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณ ความร้อนและองค์ประกอบของเชื้อเพลิงเสมอไป ดังจะเห็นได้จากถ่านไม้ยูคาลิปตัสซึ่งมีค่าปริมาณ ความร้อนสูงสุด เมื่อเทียบกับซีลี้อยอัดแท่ง แต่กลับมีประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนต่ำกว่า ซีลี้อยอัดแท่งบางชนิด โดยเฉพาะซีลี้อยอัดแท่งแบบอัดเย็นที่มีอัตราส่วนผสมของผักตบชวาหมักที่ ปริมาณ 100 % หรือ 1:1 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากซีลี้อยอัดแท่งชนิดนี้ จุดติดไฟได้ง่าย และลุกติดเร็ว ซึ่งจากตารางที่ 4-12 (ภาคผนวก ง.) มีข้อสังเกต คือ ระยะเวลาที่น้ำเดือดหม้อแรก (21 นาที) และเวลาเฉลี่ยที่ไฟติดนาน (50 นาที) มีค่าต่ำกว่าถ่านไม้ยูคาลิปตัส (22 และ 120 นาที)

4.8 ความเหมาะสมในการนำชี้เลี้ยงอัดแห้งมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

เมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมในการนำชี้เลี้ยงอัดแห้งมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดแล้วจะเห็นได้ว่ามีความเหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นพิจารณาทั้งด้านราคาของเชื้อเพลิง ศักยภาพในด้านการใช้เป็นพลังงานทดแทน เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต และด้านทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ

4.8.1 ราคาของเชื้อเพลิง

เมื่อพิจารณาในด้านราคาของเชื้อเพลิงอัดแห้งจากการประเมินต้นทุนการผลิตชี้เลี้ยงอัดแห้งของการผลิตในปีแรก (ภาคผนวก จ. ข้อ 1.) ทำให้ทราบว่าต้นทุนการผลิตชี้เลี้ยงอัดแห้งแบบอัดร้อนสูงกว่าต้นทุนการผลิตชี้เลี้ยงอัดแห้งแบบอัดเย็น ประมาณ 1.4 เท่า ซึ่งต้นทุนการผลิตชี้เลี้ยงอัดแห้งแบบอัดร้อน ราคา กิโลกรัมละ 1.50 บาท ส่วนต้นทุนการผลิตชี้เลี้ยงอัดแห้งแบบอัดเย็น ราคา กิโลกรัมละ 1.08 บาท ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับราคาของก๊าซหุงต้ม (10.8 บาท/กิโลกรัม) และไม้ฟืน (0.68 บาท/กิโลกรัม) แล้วพบว่าชี้เลี้ยงอัดแห้งจะมีราคา (1.50 บาท/กิโลกรัม) ที่ต่ำกว่าก๊าซหุงต้ม (7.2 เท่า) และสูงกว่าไม้ฟืน (2.2เท่า) ในขณะที่ค่าความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักของชี้เลี้ยงอัดแห้ง ก๊าซหุงต้ม และไม้ฟืน เท่ากับ 3,781, 10,900 และ 3,500 Kcal/Kg ตามลำดับ (ตารางที่ 4-15) จะเห็นว่าชี้เลี้ยงอัดแห้งมีค่าความร้อนต่ำกว่าก๊าซหุงต้ม (2.8 เท่า) และสูงกว่าไม้ฟืน (1.08 เท่า) ซึ่งถ้าพิจารณาในด้านราคาและปริมาณความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักของเชื้อเพลิงแล้ว ชี้้เลี้ยงอัดแห้งมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ทดแทนก๊าซหุงต้มและไม้ฟืน แม้ว่าก๊าซหุงต้มจะมีปริมาณความร้อนที่สูงกว่าชี้เลี้ยงอัดแห้งก็ตามแต่ก็มีราคาที่สูงกว่าชี้เลี้ยงอัดแห้งอยู่มาก ส่วนไม้ฟืนที่ยังมีราคาต่ำกว่าชี้เลี้ยงอัดแห้งนั้นมีแนวโน้มว่าราคาจะสูงขึ้นอีกด้วย

ตารางที่ 4-15 ราคาและปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง	ราคา/กิโลกรัม (บาท)	ปริมาณความร้อน/กิโลกรัม (Kcal)
ชี้เลี้ยงอัดแห้งแบบอัดร้อน	1.50	} 3,781 (ค่าเฉลี่ย)
ชี้เลี้ยงอัดแห้งแบบอัดเย็น	1.08	
ก๊าซหุงต้ม	10.80	10,900
ไม้ฟืน	0.68	3,500

4.8.2 ศักยภาพในการใช้พลังงานทดแทน

4.8.2.1 ด้านปริมาณเชื้อเพลิง เมื่อพิจารณาจากปริมาณชี้เลี้ยงที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดของจังหวัดนครปฐม ปี พ.ศ.2537 ที่ได้จากการสำรวจ พบว่ามีเป็นจำนวนถึง 4,792,920 กิโลกรัม (ความชื้น 68%) เมื่อใช้วิธีการประเมินศักยภาพในการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง (ภาคผนวก ข.ข้อ 2,3.) แล้วจะทำให้ได้ชี้เลี้ยงอัดแท่ง (ความชื้น 10%) เท่ากับ 958,584 กิโลกรัม/ปี โดยที่ค่าความร้อนของชี้เลี้ยงอัดแท่งมีค่าเฉลี่ย 3,781 Kcal/Kg ดังนั้น ชี้้เลี้ยงที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดดังกล่าว เมื่อทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งแล้ว จะให้ปริมาณความร้อนถึง 36.2×10^8 Kcal ในขณะที่ปริมาณความร้อนของไม้ฟืนและก๊าซหุงต้มที่ใช้เนื่งก้อนเชื้อเห็ดทั้งหมด เท่ากับ 24.8×10^8 และ 10.1×10^8 Kcal (ตารางที่ 4-16) จะเห็นได้ว่าปริมาณความร้อนที่ได้จากชี้เลี้ยงอัดแท่งทั้งหมดมีค่าสูงกว่าปริมาณความร้อนของไม้ฟืนและก๊าซหุงต้มที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเนื่งก้อนเชื้อเห็ด ดังนั้นจึงสามารถนำชี้เลี้ยงอัดแท่งมาใช้ทดแทนไม้ฟืนและก๊าซหุงต้มได้อย่างเพียงพอ แล้วยังมีปริมาณชี้เลี้ยงอัดแท่งเหลืออีกประมาณ 300,160 และ 691,499 กิโลกรัม/ปี (ภาคผนวก ข.ข้อ 2,3.) ซึ่งเมื่อคิดเป็นพลังงานแล้วจะมีค่าถึง 11.34×10^8 และ 26.14×10^8 Kcal และอาจจำหน่ายคิดเป็นเงินได้ประมาณ 450,240 และ 1,037,248 บาท (คิดราคากิโลกรัมละ 1.50 บาท)

ตารางที่ 4-16 ปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง	ปริมาณความร้อน/กิโลกรัม (Kcal)	ปริมาณเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)	ปริมาณความร้อนรวม ($\times 10^8$ Kcal)
ชี้เลี้ยงอัดแท่ง	3,781	958,584	36.2
ไม้ฟืน	3,500	711,098	24.8
ก๊าซหุงต้ม	10,900	92,738	10.1

4.8.2.2 ด้านปริมาณความร้อน อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการทดแทนของชี้เลี้ยงอัดแท่งกับไม้ฟืนและก๊าซหุงต้มแล้ว อาจกล่าวได้ว่า ในปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่เท่ากัน หากใช้ก๊าซหุงต้ม ไม้ฟืน และชี้เลี้ยงอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงเนื่งก้อนเชื้อเห็ด จะต้องใช้ไม้ฟืนในปริมาณที่สูงกว่าก๊าซหุงต้มและชี้เลี้ยงอัดแท่ง ทั้งนี้เพราะค่าความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักของไม้ฟืนมีค่าต่ำกว่าค่า

ความร้อนของก๊าซหุงต้มและซีลี้อยัดแท่ง หรือกล่าวได้ว่าเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักสูง เมื่อนำมาใช้งานจะใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนต่อหน่วยที่ต่ำกว่า และซีลี้อยัดแท่งที่ผลิตจากซีลี้อยี่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดของจังหวัดนครปฐม ปี พ.ศ. 2537 จากการประเมินพบว่า มีปริมาณมากพอที่จะนำมาทดแทนไม้ฟืนและก๊าซหุงต้มเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดได้อย่างเพียงพอ รวมทั้งยังมีเหลือใช้ในครัวเรือนได้อีกประมาณ 300,160 และ 691,499 กิโลกรัม/ปี

4.8.2.3 ด้านค่าใช้จ่ายของเกษตรกร จากการสำรวจค่าใช้จ่ายในการใช้เชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดของเกษตรกรผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ด (ภาคผนวก จ.) พบว่า ไม้ฟืน ราคา กิโลกรัมละ 0.68 บาท และก๊าซหุงต้ม ราคา กิโลกรัมละ 10.8 บาท เมื่อพิจารณาตารางที่ 4-17 การประเมินไม้ฟืนและก๊าซหุงต้มที่ใช้ในก้อนเชื้อเห็ดทั้งหมดมีปริมาณ 711,098 และ 92,738 กิโลกรัม (ภาคผนวก จ.ข้อ 1.) จะได้ค่าใช้จ่ายของไม้ฟืนและก๊าซหุงต้มที่ใช้มีค่าเท่ากับ 483,547 และ 1,001,569 บาท ในขณะที่ซีลี้อยัดแท่งที่ใช้ทดแทนไม้ฟืนและก๊าซหุงต้มมีจำนวน 658,424 และ 267,085 กิโลกรัม (ภาคผนวก จ.ข้อ 2.,3.) ถ้าคิดราคาซีลี้อยัดแท่งให้สูงกว่าราคาต้นทุนการผลิต คือให้มีราคา กิโลกรัมละ 2 บาท จะต้องเสียค่าใช้จ่าย เท่ากับ 1,316,848 และ 534,170 บาท จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายการใช้ซีลี้อยัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงมีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายการใช้ไม้ฟืน ประมาณ 2.7 เท่า และต่ำกว่าค่าใช้จ่ายการใช้ก๊าซหุงต้ม ประมาณ 1.8 เท่า ด้วยเหตุผลดังกล่าว ซีลี้อยัดแท่งจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้ทดแทนไม้ฟืนและก๊าซหุงต้มได้ โดยเฉพาะก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไป นับวันยังมีราคาสูงขึ้น ส่วนไม้ฟืนแม้ว่ายังมีราคาต่ำ แต่ในปัจจุบันเป็นเชื้อเพลิงที่ค่อนข้างจะหายากขึ้น เนื่องจากปริมาณการปลูกทดแทนมีน้อยกว่าปริมาณการใช้ หากใช้ซีลี้อยัดแท่งมาทดแทนเชื้อเพลิงดังกล่าวแล้ว ก็จะเป็นการนำเอาทรัพยากรมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า

ตารางที่ 4-17 ปริมาณและค่าใช้จ่ายการนำซีลี้อยัดแท่งมาทดแทนก๊าซหุงต้มและไม้ฟืน

เชื้อเพลิง	ราคา/กิโลกรัม (บาท)	ปริมาณการใช้ นึ่งก้อนเชื้อเห็ด (กิโลกรัม)	ปริมาณซีลี้อยัด แท่งที่ใช้ทดแทน (กิโลกรัม)	ค่าใช้จ่ายการใช้ ซีลี้อยัดแท่ง ทดแทน (บาท)	ค่าใช้จ่ายการใช้ เชื้อเพลิงนึ่ง ก้อนเชื้อเห็ด (บาท)
ก๊าซหุงต้ม	10.80	92,738	267,085	534,170	1,001,569
ไม้ฟืน	0.68	711,098	658,424	1,316,848	483,547

4.8.3 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตซีลี้อยัดแห้ง

ในการผลิตซีลี้อยัดแห้งด้วยวิธีการอัดแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็นนั้น ทั้งวิธีการและเทคโนโลยีในการผลิตไม่ซับซ้อนมากนัก เกษตรกรผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ดโดยทั่วไปสามารถลงทุนดำเนินการได้ในรูปแบบการผลิตใช้ในกิจการของตนเองหรือการผลิตแบบอุตสาหกรรม ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ว่าจะนำผลผลิตซีลี้อยัดแห้งไปใช้ในลักษณะใด อันจะเป็นแนวทางการตัดสินใจประการหนึ่งเพื่อที่จะพิจารณาว่าจะใช้การผลิตด้วยวิธีการใดอีกด้วย ซึ่งจากผลการศึกษาวิจัยทำให้ทราบว่าซีลี้อยัดที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการอัดแห้งนี้มีความชื้นสูงประมาณ 68% เมื่อพิจารณาการเตรียมวัตถุดิบ พบว่าซีลี้อยัดดังกล่าวมีความเหมาะสมใช้เป็นวัสดุในการอัดแห้งด้วยวิธีการอัดแบบอัดเย็นมากกว่าแบบอัดร้อน เนื่องจากวัตถุดิบซีลี้อยัดที่ใช้ในการอัดแห้งแบบอัดร้อนต้องมีปริมาณความชื้นไม่เกิน 10% ทำให้ต้องใช้เวลาในการเตรียมวัตถุดิบ อย่างไรก็ตามหากมองในแง่ของผลผลิตซีลี้อยัดแห้งที่ได้จากการอัดแห้งทั้ง 2 วิธี พบว่ามีคุณสมบัติใช้ทดแทนเชื้อเพลิงที่ใช้หนึ่งก้อนเชื้อเห็ดได้ แต่ถ้าจะนำมาทดแทนเชื้อเพลิงที่ใช้หุงต้มในครัวเรือนประเภทถ่าน จะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพซีลี้อยัดแห้งให้เป็นถ่าน เพื่อให้ได้เชื้อเพลิงที่มีคุณค่าทั้งด้านราคาและประสิทธิภาพการนำมาใช้งาน ซึ่งซีลี้อยัดแห้งแบบอัดร้อนมีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำมาปรับปรุงเป็นถ่านได้มากกว่าซีลี้อยัดแห้งแบบอัดเย็น

การพิจารณาเลือกใช้วิธีการอัดแห้งแบบใด ผู้วิจัยมีแนวความคิดว่าหากเกษตรกรจะทำการผลิตเพื่อใช้ในกิจการของตนเอง วิธีการอัดแห้งแบบอัดเย็นมีความเหมาะสมกว่าในแง่ของความสะดวกและความประหยัด แต่ถ้าเกษตรกรมีแนวโน้มที่จะทำในรูปการผลิตแบบอุตสาหกรรมวิธีการอัดแห้งแบบอัดร้อนจะมีความเหมาะสมกว่าในแง่ของคุณภาพของผลผลิต ซึ่งต้นทุนการผลิตก็จะสูงด้วย ดังนั้นความเป็นไปได้ของการผลิตในรูปแบบนี้ เกษตรกรควรมีการรวมกลุ่ม

4.8.4 ด้านทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

การนำซีลี้อยัดที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดซึ่งเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้หรือนำมาทดแทนได้มาใช้ในรูปเชื้อเพลิงอัดแห้งเป็นแนวทางหนึ่งของการใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า โดยเฉพาะการนำมาทดแทนก๊าซหุงต้มที่เป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป นอกจากนี้แล้วยังเป็นการช่วยรักษาสภาพแวดล้อมในการแก้ปัญหาการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งในการเพาะเห็ดที่เป็นปัญหาส่วนใหญ่ของทั้งเกษตรกรผู้เพาะเห็ดและประชากรที่อยู่ใกล้เคียง ดังนั้นหาก

เกษตรกรผู้เพาะเห็ดนำเชื้อเลี้ยงอัดแท่งมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดแล้ว จะมีผลให้การเพาะเห็ดเป็นกิจกรรมทางการเกษตรที่ใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด



บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ในการศึกษาแหล่งและปริมาณของชี้เลี้ยงที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด เพื่อนำมาประเมินศักยภาพพอที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง สรุปได้ดังนี้

(1) ในปี พ.ศ.2537 จังหวัดนครปฐม เป็นแหล่งที่มีการเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดในถุงพลาสติกกระจายอยู่ทั่วไปใน 6 อำเภอ ได้แก่ อำเภอสามพราน อำเภอเมืองนครปฐม อำเภอนครชัยศรี อำเภอกำแพงแสน อำเภอดอนตูม และอำเภอบางเลน โดยมีเกษตรกรผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ดเป็นจำนวน 85 ราย ซึ่งสามารถแยกได้เป็น

- ผู้ประกอบการที่ผลิตหัวเชื้อเห็ดเพื่อจำหน่ายอย่างเดียว
- ผู้ประกอบการที่ผลิตก้อนเชื้อเห็ดเพื่อจำหน่ายอย่างเดียว
- ผู้ประกอบการที่ผลิตทั้งหัวเชื้อเห็ดและก้อนเชื้อเห็ด
- ผู้ประกอบการที่ซื้อก้อนเชื้อเห็ดมาผลิตดอกเห็ด (เปิดดอก)
- ผู้ประกอบการที่ผลิตก้อนเชื้อเห็ดเองเพื่อเปิดดอก
- ผู้ประกอบการที่ผลิตก้อนเชื้อเห็ดเองเพื่อเปิดดอก และจำหน่ายก้อนเชื้อเห็ดด้วย

(2) ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่เกษตรกรนำมาผลิตดอกเห็ด มีจำนวนประมาณปีละ 4,830,100 ก้อน คิดเป็นเศษชี้เลี้ยงได้ 4,792,920 กิโลกรัม หรือ 4,793 ตัน (ปริมาณความชื้น 60-70%) ซึ่งชี้เลี้ยงจำนวนนี้สามารถจะนำไปทำเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ 958,584 กิโลกรัม/ปี (ปริมาณความชื้น 10%)

ผลจากการศึกษาวิจัย สามารถกล่าวได้ว่าชี้เลี้ยงที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดมีปริมาณมากพอและมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง นอกจากนี้ในการเพาะเห็ดยังมีถุงพลาสติกเหลือทิ้งอีกประมาณ 24,150 กิโลกรัม/ปี ซึ่งมีปริมาณมากพอที่นำมาใช้ประโยชน์ได้และจะต้องมีวิธีการที่เหมาะสมในการกำจัดเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาต่อไป

(3) การศึกษาทดลองผลิตชี้เลี้ยงอัดแท่ง โดยใช้ชี้เลี้ยงที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดเป็นวัตถุดิบ ผู้วิจัยพบว่า

- การนำชี้เลี้ยงมาอัดแบบอัดร้อน ด้วยเครื่องอัดแท่งแบบเกลียวมีขดลวดความร้อน ซึ่งใช้อุณหภูมิที่กระบอกอัด 300°C สามารถอัดชี้เลี้ยงออกมาเป็นแท่งได้ดี

- การนำชี้เลี้ยงมาอัดแบบอัดเย็นโดยใช้ผักตบชวาหมักเป็นตัวประสาน ด้วยเครื่อง

ขัดแย้งแบบเกลียวไม่มีขดลวดความร้อน สามารถอัดเป็นแท่งได้ดีทุกอัตราส่วนผสมของผักตบชวาหมัก หากอัตราส่วนผสมของผักตบชวามากเพิ่มขึ้น ก็ยิ่งจะทำให้การอัดแท่งซีลี้อย่างง่ายดายและสะดวกมากยิ่งขึ้น

-การนำซีลี้อยมาอัดแบบเย็นโดยไม่ใช้ตัวประสานด้วยเครื่องอัดแท่งแบบเกลียวไม่มีขดลวดความร้อน ไม่สามารถอัดเป็นแท่งได้ และเครื่องอัดเกิดการติดขัด

ดังนั้น ในการนำซีลี้อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดมาอัดแท่ง สามารถอัดเป็นแท่งได้ดีด้วยวิธีการอัดแบบร้อนและการอัดแบบเย็นโดยใช้ผักตบชวามากเป็นตัวประสาน นอกจากนี้ยังพบว่า การอัดแบบร้อนจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในระหว่างการผลิตมากกว่าการอัดแบบเย็น ฉะนั้นวิธีการอัดแบบเย็นจึงเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการที่จะส่งเสริมสนับสนุนให้เกษตรกรใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งขั้นต้น

(4) ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของซีลี้อยอัดแท่งเปรียบเทียบกับฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส พบว่าซีลี้อยอัดแท่งกับฟืนไม้ยูคาลิปตัส มีคุณสมบัติไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ต่ำกว่าถ่านไม้ยูคาลิปตัส ฉะนั้นสามารถกล่าวได้ว่าซีลี้อยอัดแท่งนี้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนได้ แต่ในการนำมาทดแทนถ่านควรที่จะหาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของซีลี้อยอัดแท่งให้มีคุณสมบัติเทียบเท่าถ่านต่อไป

(5) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมในการนำซีลี้อยอัดแท่งมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดในแง่ของราคาเชื้อเพลิง ศักยภาพในด้านการใช้เป็นพลังงานทดแทน เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตและด้านทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม จะเห็นได้ว่าซีลี้อยอัดแท่งมีความเหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

- (1) ควรมีการศึกษาในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการนำซีลี้อยที่เหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งในรูปแบบอุตสาหกรรมว่ามีจุดคุ้มทุนเพียงใด
- (2) ควรมีการศึกษากการปรับปรุงคุณภาพของซีลี้อยอัดแท่งให้ดีขึ้น อันได้แก่ การนำซีลี้อยอัดแท่งไปเผาเป็นถ่าน และการใช้วัสดุอื่นๆ ที่มีค่าความร้อนสูงมาเป็นตัวประสาน เป็นต้น
- (3) เนื่องจากได้มีการศึกษาการใช้ไม้ยูคาลิปตัสมาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงตามกระบวนการก๊าซ-

ซิฟิเคชัน (Gasification) ได้ ดังนั้นควรที่จะมีการศึกษาทดลองนำชีเลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดมาอัดเป็นแท่งแล้วใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนอีกรูปแบบหนึ่ง

(4) เนื่องจากถุงพลาสติกที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดมีปริมาณมากเช่นกัน ควรที่จะมีการศึกษาทั้งในด้านการนำมาใช้ประโยชน์และการกำจัด หรือการจัดการ เพื่อให้มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด

(5) ควรมีการส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ดนำชีเลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ด



บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. รายงานพลังงานของประเทศไทย ปี 2534. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2534.
- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. รายงานพลังงานของประเทศไทย ปี 2535. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2535.
- กรมวิชาการการเกษตร. สรุปผลการสัมมนาทางวิชาการ ประจำปี 2528 กลุ่มเห็ด. กระทรวงเกษตร และสหกรณ์, 2528 : 3.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. คู่มือพืชสวนสำหรับเกษตรกรตำบล. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ, 2536.
- กองค้นคว้าและพัฒนาพลังงาน. การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงชีวภาพ/ถ่านไม้. สำนักงานพลังงานแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการพลังงาน, 13 หน้า. (อัดสำเนา)
- กองวิจัยผลิตผลปาล์ม. คู่มือการผลิตถ่าน. กรมปาล์ม. กรุงเทพฯ, 2526 : 28 หน้า.
- กอบเกียรติ บันสิทธิ์. แผลง-ศัตรูเห็ดที่ท่านควรรู้จักและกำจัด. ข่าวสารเพื่อผู้เพาะเห็ด หน่วยควบคุมคุณภาพและถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อการผลิตเห็ดและปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพและสมาคม นักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย, 2536; ปีที่ 1, เล่มที่ 2 : 3-5.
- กัญจนา บุญเกียรติ และเพียรพรรค ทศดร. การอัดเชื้อเพลิงแข็งเป็นก้อน. ในบทความเสนอในการประชุมสัมมนาทางวิชาการเรื่องเตาเศรษฐกิจและเชื้อเพลิงถ่าน 5-6 มี.ค. 2524. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ, 2524 : 30-42.
- โกวิท ศตวุฒิ. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ LPG ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับอัคคีภัย. ในบทความการประชุมสัมมนาวิชาการเรื่องความปลอดภัยในการใช้ก๊าซเชื้อเพลิง 2-3 พ.ค. 2527 ณ ห้องประชุมใหญ่ ดิเกสตันดิไมตรี ทำเนียบรัฐบาล โดย สำนักงานคณะกรรมการป้องกัน อุบัติภัยแห่งชาติ และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2527 : 48.
- ข่าวโครงการหลวง. ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 กุมภาพันธ์, 2536.
- ข่าวสำนักงานพลังงานแห่งชาติ. การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากผักตบชวา. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน, ที่ 29/2530.
- คณะเกษตร. รายงานวิจัยโครงการเชื้อเพลิงแข็ง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2530 : 5-7.

จเร สดากร. อนุกรมวิธานของพืชพลังงานและแนวทางการผลิตที่จะเป็นไปได้ในอนาคต. ในรายงาน
การสัมมนาเรื่อง พืชพลังงานและวัสดุเหลือใช้การเกษตร 22-23 ส.ค. 2526 ณ ห้อง
ประชุมสถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ เกษตรกลาง บางเขน กรุงเทพฯ, กรมวิชาการ
เกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2526 : 134.

ณิรณาร์ วิลานันตติย์. สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย. จุลสารสภาวะแวดล้อม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534; ปีที่ 10, ฉบับที่ 2 : 4.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก. บริษัทพิมพ์สอยจำกัด. กรุงเทพฯ : 1-32.

ตะแบก (นามแฝง). วิฤทธิพลังงาน: พลังงานนิวเคลียร์. จุลสารสภาวะแวดล้อม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532; ปีที่ 8, ฉบับที่ 4 : 31.

ธงชัย แซ่ตั้ง และมัญชุรี กำธรวรินทร์. การใช้เศษวัสดุพืชเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง. ปัญหาพิเศษ
ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2534.

ธวัชชัย ประยูรสิน. การผลิตและการตลาดเห็ดนางฟ้าภูฐาน จังหวัดราชบุรี ปี 2535. วารสาร
เศรษฐกิจการเกษตรวิจัย กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2536; ปีที่ 15, ฉบับที่ 47 : 35-58

นารา พัทธกัธอรณพ. เชื้อเพลิงแข็งจากวัสดุเหลือใช้. ในบทความเสนอในการประชุมสัมมนาทาง
วิชาการเรื่องเตาเศรษฐกิจและเชื้อเพลิงถ่าน 5-6 มี.ค. 2524. สถาบันส่งเสริมการสอน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ, 2524 : 25-27.

----- . เทคโนโลยีและอุตสาหกรรมการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากวัสดุเหลือใช้. วารสาร
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2531; ปีที่ 3, ฉบับที่ 1 : 3-15.

ประเทศ สุตะบุตร. คำบรรยายเรื่องการพลังงานของประเทศ. 2534 : 104—105 (อัดสำเนา).

ประพจน์ เข้าเจริญ. การเพาะเห็ดด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา. ข้าราชการสงเคราะห์การทำสวนยาง,
2527; ปีที่ 22, ฉบับที่ 85 : 20-23.

ประไพศรี พัทธกัธไพรวัน. โรคของเห็ดถุง. เอกสารเผยแพร่กลุ่มงานวิทยาไมโคร กองโรคพืชและจุล
ชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร : 3 (อัดสำเนา).

----- . โรคเห็ด. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเรื่องการจัดการเกี่ยวกับการเพาะ
เห็ดและการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ รุ่นที่ 5, 26-28 มกราคม 2537 หน่วยควบคุมคุณภาพ
และถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อผู้เพาะเห็ดและปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ, 2537 : 1-2 (อัดสำเนา).

พิมพ์กานต์ อร่ามพงษ์พันธ์. การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก. เอกสารเผยแพร่กลุ่มงานจุลชีววิทยา
ประยุกต์ กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร

- มงคล ไช้มุกต์. การนำฟืนมาใช้ในการเชื้อเพลิงอัดแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, มาลี บานชื่น. แหล่งพลังงานและการใช้พลังงานของประเทศไทย. โครงการวิจัยเสริมหลักสูตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2533 :
- วิจิตร คงพล. พลังงานกับชีวิต. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ, 2524 :
- วัฒนา เสถียรสวัสดิ์ และคณะ. แหล่งของวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งในประเทศไทย. เสนอในการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 23 วันที่ 4-5 กุมภาพันธ์ 2528 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2528 : 10
- ศิริกุล คล่องค่านวนการ. ต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนในการผลิตเห็ดหูหนู เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้าและเห็ดเป๋าฮื้อเพื่อการค้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528 : 56-108.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. การผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากวัสดุเหลือใช้. เอกสารวิชาการเผยแพร่ ห้องปฏิบัติการเชื้อเพลิงอุตสาหกรรม สาขาวิจัย อุตสาหกรรมพลังงาน, 2535 : 7 หน้า.
- สมโภชน์ อัมเอบ. เทคโนโลยีพลังงาน. สาขาวิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและการแพทย์ ภาควิชา วิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ดวงดีการพิมพ์ กรุงเทพฯ, 2528:364-365.
- สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. แนวโน้มการใช้ประโยชน์ของเสีย. กระทรวง วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, 2532 : 20-21.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ความต้องการใช้ไม้ในอนาคต. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2535.
- อาทิตย์ มะลิทอง. การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวจากผักตบชวาผสมถ่านลิกไนท์. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2532 : 22.
- Aqa S., A Study of Densification of Preheated Sawdust. Master Thesis' AIT, Thailand, 1990.
- American Society for Testing and Materials., Annual book of ASTM Standards Part Gasous Fuel : Coal and Coke, Atmospheric Analysis. Easton, Maryland, 1977.
- Barnard G. and Kristoferson L., Agricultural Residues as Fuel in the Third World, Earthsca London, 1985.

Bhattacharya S.C., and Yeasmin H., *Effect of Densification Pressure and Temperature on the Properties of Densified Biomass*. Asian Institute of Technology, Bangkok, unpublished, 1984.

_____, et al., *Densification of Biomass in Asia*. Bioenergy 84, Edited by H. Egneus and A. Ellegard, Elsevier, Applied Science Publishers, 1985; 3 : 559-563.

_____, et al., *State of the Art for Biocoal Technology*. AIT-GTZ, Biocoal Project, 1988.

_____, et al., *State of the Art for Biomass Densification*. Energy Sources, Vol.11, 1989 : 161-182.

_____, *State - of - the - art of Utilizing Residues and other Types of Biomass as an Energy Source*. RERIC International Energy Journal 1993; 10, 1 : 1-21.

Browning B.L., *The Chemistry of Wood*. John Wiley and Sons, Inc., New York, 1963 : 435 p.

Bossel Ulf., *Production and Marketing of Briquetted and Pelletized Solid Biomass Fuels*. Bioenergy 84, 1985; 1 : 333-341.

CEC - AIT., *Fuelwood Strategies and Action Programs in Asia*. Report of a CEC - AIT Workshop Bangkok 7-22 December, 1984 : 147-150.

Crepeau P., et al., French Patent No. 2544327. Quoted in the "Literature Survey Report on Partial Pyrolysis Briquetting and Briquette Testing" for ITDG by BEST in March 1987, 1983.

Eriksson S. and Prior M., *The Briquetting of Agricultural Wastes for Fuel*. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome, 1990.

Hartog J., *A new Densification Process-Original Use of the Final Product*. Bioenergy 84. Edited by H. Egneus and A. Ellegard, Elsevier Applied Science Publishers 1985; 3 : 550-555.

Islam M.N., et al. *A Study on Fuelwood, Charcoal and Densified Fuels in Thailand and Some Experimental Results on Fuels*. AIT, Thailand, 1984.

ITDG., *Small Scale Briquetting : Project 470*. Intermediate Technology Development Group. Rugby, United Kingdom, 1984 : 3-5.

Joseph S. and Hislop D., *Residue Briquetting in Developing Countries*. Energy from Biomass, 3rd EC Conference, Edited by W. Palz, J. Coombs and D.O. Hall, Elsevier Applied Science Publishers, 1985 : 1064 -1068.

Kishimoto S. and Boley C.C., *The Sawdust Briquetting and Agglomerating Industry in Japan*.

Proceedings 11th Biennial Conference of the IBA (Institute for Briquetting and Agglomeration), 1968 : 43-50.

Koser H.J.K., et al., *Densification of Water Hyacinth - Basic Data, Fuel*. Butterworth & Co.

(Publishers) Ltd. September 1982; 61 : 791-798.

Koullas D.D. and Koukios E.G., *Briquetting of Wheat Straw*. FAO/CNRE First Workshop in

Handling and Processing of Biomass for Energy, Hamburg, FRG, 14-15 September, 1987.

Lequeux P., et al., *Biomass Densification*. Commission of the European Communities, Directorate

General Development, 1988.

Lowry H.H., *Chemistry of Coal Utilization*. John Wiley & Sons, USA., 1963 : 681 p.

Murthy R.K., *A Manual on Compost and Other Organic Manures*. Today and Tomorrows

Printers and Publishers, New Delhi, India, 1978.

Pitakarnnop N., *Production and Evaluation of Ricehusk Briquetting in Thailand*. Agricultural Wastes

and Solar Technologies for Energy Needs in Farms. FAO, Bangkok, Thailand, 1983 : 120-128.

Reed T. and Bryant B., *Densified Biomass : A New Form of Solid Fuel*. SERI report 35.

The Solar Energy Research Institute, Colorado, U.S.A., 1978.

Reed T.B., et al., *Biomass Densification Energy Requirements*. ACS Symposium Series 130,

Thermal Conversion of Solid Wastes and Biomass. American Chemical Society, 1980 : 169-177.

Rougerie J.L., France Patent No. 2476120. Quoted in the "Literature Survey Report on Partial

Pyrolysis Briquetting and Briquette Testing" for ITDG by BEST in March 1987, 1980.

Schaap Anton., *English Abstract of Thesis*. Twente University, Netherlands, 1985.

Singh Y. and Amir Singh., *Briquetting of Paddy Straw*. Journal of Agricultural Mechanization in

Asia, Africa and Latin America. Autumn, 1982 : 42-44.

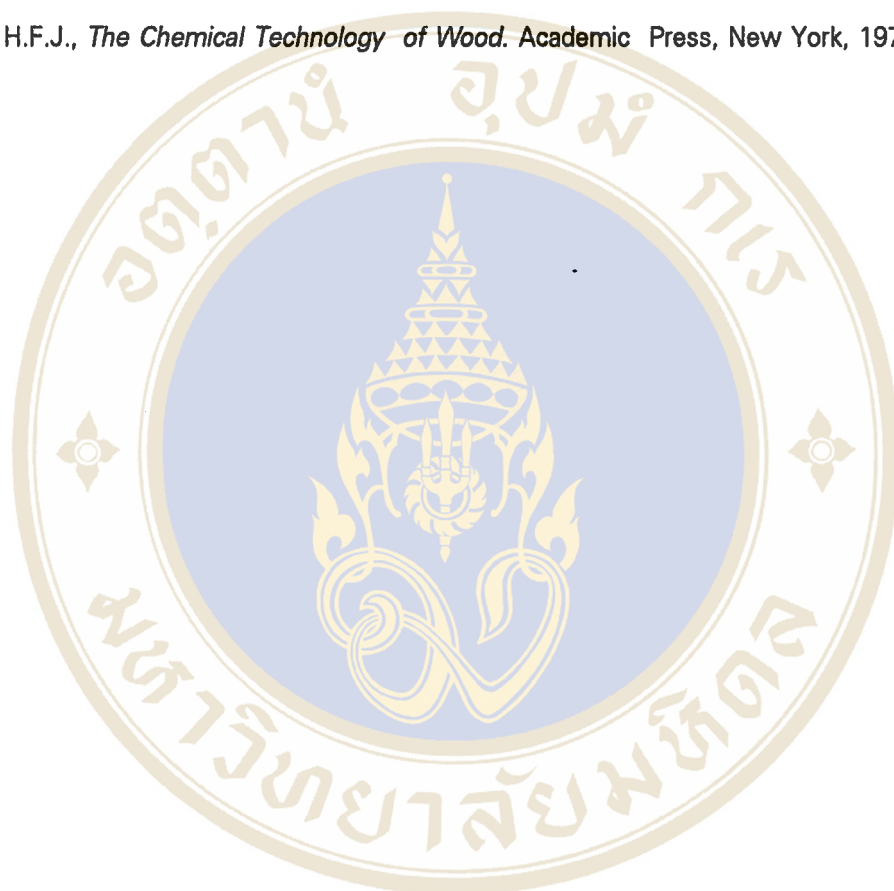
Srikanthan S., *A study of Biomass Briquette Production and Torrefaction*. Master Thesis.

Asian Institute of Technology, Thailand, 1988.

Stienswat W. and Buachanda V., *Green Fuel - Potential Feedstock for Gasifier*. Proceedings of Regional Training Workshop on Energy from Boimass 3-7 March 1986 , King Mongkut's Institute of Technology, Bangkok Thailand, 1986 : 132-147.

TISTR., *Solid Fuel from Agricultural Wastes : Production of Briquets*. RERIC News, April 1986; 9, 2 : 1, 3.

Wenzl H.F.J., *The Chemical Technology of Wood*. Academic Press, New York, 1970 : 300 p.





ภาคผนวก ก.

ตารางที่ 1-1 แสดงการทำนายความต้องการใช้ชีวมวล ปี 1984 - 1992

(หน่วย : 10^6 lts. of COE)

ปี	ไม้พืน (fuelwood)	ถ่าน (charcoal)	กากอ้อย (bagasse)	แกลบ (paddy husk)
1984	2143	2848	1097	197
1985	2174	3020	1139	200
1986	2195	3252	1182	203
1987	2220	3453	1224	207
1988	2241	3736	1251	210
1989	2262	3862	1286	215
1990	2283	4093	1301	219
1991	2307	4326	1328	223
1992	2339	4575	1357	227

ที่มา : Fuel Strateggies and Action Programs in Asia

Report of a CEC - AIT Workshop Bangkok 17 - 22 December.,1984.

ภาคผนวก ข.

แบบสำรวจ

ข้อมูลเบื้องต้นของปริมาณถุงก่อนเชื้อที่ใช้เพาะเห็ด

สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

1. แหล่งที่ทำการสำรวจ.....
สถานที่ตั้ง.....

2. ทำการเพาะเห็ดเป็น

() อาชีพหลัก () งานอดิเรก

3. ลักษณะการผลิต

- () ผลิตหัวเชื้อเห็ด
() ผลิตก้อนเชื้อเห็ด
() ผลิตทั้งหัวเชื้อเห็ดและก้อนเชื้อเห็ด
() อื่นๆ (ระบุ)

4. ชนิดของเห็ดที่ทำการเพาะ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- () เห็ดนางรม () เห็ดนางฟ้า
() เห็ดเป๋าฮื้อ () เห็ดหูหนู
() อื่นๆ (ระบุ)

5. จำนวนครั้งที่ทำการเพาะเห็ด

- () 1 รุ่น/ปี () 2 รุ่น/ปี
() อื่นๆ (ระบุ)

การผลิตก้อนเชื้อเห็ด

6. ปริมาณการผลิตก้อนเชื้อเห็ดต่อเดือน

- () น้อยกว่า 10,000 ก้อน () 10,000-20,000 ก้อน
() 20,000-30,000 ก้อน () อื่นๆ (ระบุ).....

7. วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการทำก้อนเชื้อเห็ด

- () ขี้เลื่อย () ฟาง
() อื่นๆ (ระบุ).....

8. ถ้าวัตถุดิบที่ใช้ทำก้อนเชื้อเห็ดเป็นขี้เลื่อย มักเป็นขี้เลื่อยประเภทใด

- () ขี้เลื่อยไม้เบญจพรรณ () ขี้เลื่อยไม้ยางพารา
() อื่นๆ (ระบุ).....

9. น้ำหนักของก้อนเชื้อเห็ดก่อนนำไปเพาะเห็ด

- () 800 กรัม/ก้อน () 1,000 กรัม/ก้อน
() อื่นๆ (ระบุ).....

10. น้ำหนักของก้อนเชื้อเห็ดหลังนำไปเพาะเห็ด (ที่หมดอายุ)

- () 300 กรัม/ก้อน () 500 กรัม/ก้อน
() อื่นๆ (ระบุ).....

11. ในการผลิตก้อนเชื้อเห็ด มีการสูญเสียหรือไม่

- () มี () ไม่มี
() อื่นๆ (ระบุ).....

12. ถ้ามีการสูญเสีย คิดเป็นปริมาณร้อยละ.....ของปริมาณการผลิตต่อรุ่น

13. ท่านนั่งก่อนเชื้อเห็ด โดย

- () นั่งด้วยหม้อนึ่งความดัน (ระบุขนาดความจุ.....ถุง ระยะเวลา.....ชม./ครั้ง)
- () นั่งด้วยหม้อนึ่งแบบลูกทุ่ง (ระบุขนาดความจุ.....ถุง ระยะเวลา.....ชม./ครั้ง)
- () อื่นๆ (ระบุ).....

14. เชื้อเพลิงที่ใช้ในการนั่ง คือ

- () น้ำมัน (ระบุ) .
- () ไฟฟ้า
- () ไม้ฟืนและถ่านไม้
- () อื่นๆ (ระบุ).....

15. ค่าใช้จ่ายในการผลิตก่อนเชื้อเห็ด ด้านพลังงาน

ขนาดเชื้อเพลิง ผลผลิต	ไฟฟ้า	น้ำมัน	ฟืน/ถ่าน	อื่นๆ (ระบุ)
ผลิตก่อนเชื้อ 1,000 ก้อน (ถุง)				

ก้อนเชื้อเห็ดที่หมดอายุ

16. ท่านมีปัญหาเกี่ยวกับก้อนเชื้อเห็ดที่หมดอายุหรือไม่

- () มี (ให้ตอบข้อ 17) () ไม่มี
- () อื่นๆ (ระบุ).....

17. ถ้ามี เป็นปัญหาเกี่ยวกับ

- () สถานที่ทิ้ง () วิธีกำจัด
- () อื่นๆ (ระบุ).....

18. ท่านมีวิธีกำจัดก้อนเชื้อเห็ดที่หมดอายุอย่างไร

- () เผา () กองทิ้งไว้
- () ชาย () อื่นๆ (ระบุ).....

- () နှစ် () မြေဧရိယာ

- () ทำปฎิหารณ์ () ทำเชื้อเพลิง
() นำไปเพาะเห็ดใหม่ () อื่นๆ (ระบุ).....

ภาคผนวก ค.

วิธีการใช้งานของเครื่องอัดเชื้อเพลิงอัดแท่ง

วัตถุดิบที่จะใช้ ได้แก่ ขี้เลื่อย และ แกลบ จะต้องมีความชื้นไม่เกิน 7-11 เปอร์เซ็นต์

วิธีการอัด

1. เปิดไฟฟ้าเวอร์, คัตเตอร์ และตั้งอุณหภูมิมิเตอร์ที่ 400 องศา รอจนมิเตอร์ตัดไฟโดยอัตโนมัติ
2. เปิดเครื่องเพาเวอร์มอเตอร์ รอให้มอเตอร์ทำงาน จึงใส่แกลบลงไปในกระป๋องแล้วเลื่อนขนาดของลิ้นปิดเปิด ประมาณ 5 เซนติเมตร (ห้ามเปิดลิ้นกว้างเพราะวัสดุ จะลงไปติดในแกนอัด)
3. จากนั้นเกลียวอัดก็จะทำการอัดวัสดุที่จะป้อนเข้าไป ออกมาทางปากกระบอกอัด ในระยะแรกประมาณ 3-5 นาที วัสดุอัดจะอัดออกมาไม่แน่นให้นำกลับไปใส่ที่กระป๋องใหม่ หลังจากนั้นอีก 5 นาที กระบอกอัดจะมีแรงอัดสูง แกลบจะถูกอัดเป็นแท่ง ซึ่งมีผิวเรียบและจะถูกหักตัวเป็นท่อนๆ เมื่อมีความยาวประมาณ 60 เซนติเมตร จะดันอัดเอง ในระยะนี้จะต้องสังเกตที่ผิวของแกลบอัดว่าที่ผิววัสดุที่อัดนั้นมีสีดำมากหรือไม่ ถ้าผิวดำมากจะต้องลดอุณหภูมิลงให้เหลือประมาณ 200 °C
4. เมื่อต้องการเลิกทำงานจะต้องปิด
 - อุณหภูมิ
 - เพาเวอร์
 - ทำความสะอาดเครื่องด้วย

ข้อควรระวัง

1. อย่าให้แกลบหรือขี้เลื่อยมีความชื้นมาก
2. จะต้องตรวจเช็คเครื่องให้อยู่ในความพร้อมเสมอ
3. หมั่นตรวจดูน้ำมันเครื่องด้วย

ภาคผนวก ง.

ตารางผลการศึกษา

ตารางที่ 4-1 จำนวนเกษตรกรผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ด

เป็นรายอำเภอของจังหวัดนครปฐม ปี 2537

อำเภอ	จำนวนเกษตรกรผู้ประกอบการ เกี่ยวกับเห็ดทั้งหมด (ราย)	จำนวนเกษตรกรผู้ประกอบการ เกี่ยวกับเห็ดทั้งหมด (%)
สามพราน	31	36.47
เมืองนครปฐม	26	30.59
นครชัยศรี	8	9.41
กำแพงแสน	8	9.41
ดอนตูม	6	7.06
บางเลน	6	7.06
รวมทั้งจังหวัด	85	100

ที่มา : จากการสำรวจเมื่อ มี.ย.37

ตารางที่ 4-2 ชนิดเห็ดที่เกษตรกรทำการเพาะในจังหวัดนครปฐม ปี 2537

ชนิดเห็ด	จำนวนเกษตรกรที่ทำการเพาะเห็ดทั้งหมด (%)
นางรมและนางฟ้า	75.5
เป้าฮื้อ	17.88
หูหนู	6.62
รวม	100

ที่มา : จากการสำรวจเมื่อ มิ.ย.37

ตารางที่ 4-3 แสดงปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่เกษตรกรทำการผลิตต่อรุ่น

เป็นรายอำเภอของจังหวัดนครปฐม ปี 2537

อำเภอ	ก้อนเชื้อเห็ดต่อรุ่นของเห็ด		ก้อนเชื้อเห็ดต่อรุ่นทั้งหมด	
	นางรม นางฟ้า และหนูหู (ก้อน)	เป่าฮื้อ (ก้อน)	(ก้อน)	(%)
เมืองนครปฐม	1,170,100	531,000	1,701,100	35.22
สามพราน	1,221,000	279,000	1,500,000	31.05
กำแพงแสน	187,000	333,000	520,000	10.77
บางเลน	13,000	459,000	477,000	9.88
ดอนตูม	337,000	50,000	387,000	8.01
นครชัยศรี	225,000	20,000	245,000	5.07
รวม	3,158,100	1,672,000	4,830,100	100

หมายเหตุ : อำเภอดอนตูมและอำเภอบางเลน เกษตรกรทำการผลิตและเพาะเห็ดนางฟ้า
กับเห็ดเป่าฮื้อ เท่านั้น

ที่มา : จากการสำรวจเมื่อ มี.ย.37

ตารางที่ 4-4 แสดงชนิดเชื้อเพลิงที่เกษตรกรใช้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดของจังหวัดนครปฐม ปี 2537

ชนิดเชื้อเพลิง	จำนวนเกษตรกรที่ใช้เชื้อเพลิง (%)
ไม้ฟืน	53.97
ก๊าซหุงต้ม	42.85
แกลบ	1.59
ยางรถยนต์	1.59
รวม	100

ที่มา : จากการสำรวจเมื่อ มิ.ย.37

ตารางที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของ
ขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดก่อนอัดแท่ง

คุณสมบัติ	ขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ด			
	ก้อนเชื้อเสีย	นางรม	เป้าฮือ	นางฟ้า
ความชื้น (%)	67.13	67.47	66.66	69.04
เถ้า (%)	6.11	6.58	5.87	4.84
สารที่ระเหยได้ (%)	76.76	77.59	78.82	81.49
คาร์บอนคงตัว (%)	16.12	15.83	15.31	13.66
ค่าความร้อน (cal/g)	4,019.39	3,992.09	3,977.14	3,916.86
กำมะถัน (%)	0.42	0.24	0.12	0.38

หมายเหตุ : รายงานตามสภาพน้ำหนักแห้ง (Dry Basis)

ตารางที่ 4-7 คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของชีเลื่อยจากการแปรรูปไม้ทั่วไปและผักตบชวา

คุณสมบัติ	ชีเลื่อยจากการแปรรูปไม้ทั่วไป	ผักตบชวา
ความชื้น (%)	38.25	93.10
เถ้า (%)	2.00	25.80
สารที่ระเหยได้ (%)	75.40	58.90
คาร์บอนคงตัว (%)	22.40	15.30
ค่าความร้อน (cal/g)	4750.00	3010.00
กำมะถัน (%)	0.20	1.19

หมายเหตุ : รายงานตามสภาพน้ำหนักแห้ง (Dry Basis)

ที่มา : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2535

ตารางที่ 4-8 ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัดแท่งซีลีย

การตรวจสอบ	ซีลียอัดแท่งแบบอัดเย็นผสมผักตบชวาหมัก							ซีลียอัดแท่ง แบบอัดร้อน
	2%	2.5%	5%	10%	20%	50%	100%	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (Kwh.)	0.14	0.14	0.11	0.19	0.26	0.31	0.33	1.4
น้ำหนักซีลียอัดแท่งที่อัดได้ (กิโลกรัม : น้ำหนักแห้ง)	1.92	3.2	2.48	4.08	5.48	5.36	5.52	9.8
ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (Kwh./กิโลกรัม)	0.0729	0.043	0.0443	0.0465	0.0483	0.0578	0.0597	0.1428

ตารางที่ 4-9 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของชี้เลี้ยงอัดแท่ง

คุณสมบัติ	ชี้เลี้ยงอัดแท่งแบบอัดเย็นผสมผักตบชวาหมัก							ชี้เลี้ยงอัดแท่ง
	2%	2.5%	5%	10%	20%	50%	100%	แบบอัดร้อน
ความชื้น (%)	9.94	9.54	7.77	8.63	9.19	8.84	6.93	3.77
เถ้า (%) *	7.72	7.95	10.19	13.43	14.01	22.57	34.85	7.55
สารระเหย (%) *	66.19	65.02	65.12	62.35	61.8	56.21	47.35	70.2
คาร์บอนคงตัว (%) *	16.15	17.49	16.92	15.59	15.0	12.38	10.87	18.48
ค่าความร้อน (cal/g)	4,045.64	4,170.04	4,028.54	3,843.61	3,742.21	3,364.46	2,922.51	4,128.33
กำมะถัน (%)	0.13	0.16	0.18	0.19	0.2	0.33	0.38	0.1

* Dry Basis

ตารางที่ 4-10 คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส

คุณสมบัติ	ฟืนไม้ยูคาลิปตัส	ถ่านไม้ยูคาลิปตัส
ความชื้น (%)	7.13	3.92
เถ้า (%)	4.41	1.12
สารระเหย (%)	67.44	25.97
คาร์บอนคงตัว (%)	21.02	68.99
ค่าความร้อน (cal/g)	4,563.50	7,689.60
กำมะถัน (%)	0.31	-

ที่มา : ห้องทดลองและวิเคราะห์ กองค้นคว้าและพัฒนาพลังงาน
กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

ตารางที่ 4-11 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น (density) การทนแรงอัด (compressive strength) และ Peak Load ของซีเมนต์อัดแท่ง

การทดสอบ	ซีเมนต์อัดแท่งแบบอัดเย็นผสมผกตบขาวหมัก							ซีเมนต์อัดแท่งแบบอัดร้อน
	2%	2.5%	5%	10%	20%	50%	100%	
ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	1.55	1.49	1.52	1.53	1.63	1.69	1.70	1.71
การทนแรงอัด (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	8.33	6.85	7.71	7.99	8.02	9.71	11.56	76.18
Peak Load แนวตั้ง (Kgf)	146.82	109.12	123.39	125.43	134.60	141.74	184.57	1,837.53
Peak Load แนวนอน (Kgf)	41.32	21.9	24.74	20.7	23.66	42.91	42.85	363.12

ตารางที่ 4-12 ระยะเวลาเฉลี่ยที่น้ำเดือดหม้อแรก เวลาเฉลี่ยที่ไฟติดนาน จำนวนครั้งที่ต้มน้ำได้
และประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งเปรียบเทียบกับ
ฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส

ชนิดเชื้อเพลิง	เวลาเฉลี่ยที่น้ำเดือด หม้อแรก (นาที)	เวลาเฉลี่ยที่ไฟ ติดนาน (นาที)	จำนวนที่น้ำเดือด (ครั้ง)	ประสิทธิภาพการใช้ งานของความร้อน (%)
ชีเสื่อยอัดแท่งแบบอัดเย็น				
ผสมผักตบชวาหมัก				
2 % โดยน้ำหนัก	25	54	1.7	22.74
2.5 % โดยน้ำหนัก	22	42	1.7	20.33
5 % โดยน้ำหนัก	22	60	1.7	22.14
10 % โดยน้ำหนัก	28	53	1.7	22.47
20 % โดยน้ำหนัก	22	66	1.8	26.51
50% โดยน้ำหนัก	25	52	1.6	25.21
100 % โดยน้ำหนัก	21	50	1.7	30.11
ชีเสื่อยอัดแท่งแบบอัดร้อน	25	75	2	26.35
ฟืนไม้ยูคาลิปตัส	17	52	1.7	18.93
ถ่านไม้ยูคาลิปตัส	22	120	3.5	29.03

ตารางที่ 4-13 เปรียบเทียบลักษณะการเผาไหม้ ลักษณะควันไฟ และลักษณะเถ้า
ของซีลี้อยัดแห้ง กับฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส

ชนิดเชื้อเพลิง	การจุดติดไฟ	ลักษณะควันไฟ	ลักษณะเถ้า
<u>ซีลี้อยัดแห้งแบบอัดเย็น</u>			
<u>ผสมผักตบชวาหมัก</u>			
2 % โดยน้ำหนัก	ดี (ง่าย)	ปานกลาง	คงรูปร่วนเล็กน้อย
2.5 % โดยน้ำหนัก	ดี (ง่าย)	ปานกลาง	คงรูปร่วนเล็กน้อย
5 % โดยน้ำหนัก	ดี (ง่าย)	ปานกลาง	คงรูปร่วนเล็กน้อย
10 % โดยน้ำหนัก	ดี (ง่าย)	ปานกลาง	คงรูปร่วนเล็กน้อย
20 % โดยน้ำหนัก	ดี (ง่าย)	ปานกลาง	คงรูป
50 % โดยน้ำหนัก	ดี (ง่าย)	มาก	คงรูป
100 % โดยน้ำหนัก	ดี (ง่าย)	มาก	คงรูป
<u>ซีลี้อยัดแห้งแบบอัดร้อน</u>	ค่อนข้างยาก	น้อย	ร่วนมากทั้งหมด
<u>ฟืนไม้ยูคาลิปตัส</u>	ดี (ง่าย)	มาก	ร่วนมากทั้งหมด
<u>ถ่านไม้ยูคาลิปตัส</u>	ค่อนข้างยาก	น้อยมาก	ร่วนมากทั้งหมด

ตารางที่ 4-14 ผลการทดสอบค่าดัชนีการแทรก่วนของซีเมนต์อัดแท่ง

ผลการทดสอบ	ซีเมนต์อัดแท่งแบบอัดเป็นผลมผักตบชวาท้มัก							ซีเมนต์อัดแท่ง
	2%	2.5%	5%	10%	20%	50%	100%	แบบอัดร้อน
น้ำหนักก่อนการทดสอบ (Kg)	5	5	5	5	5	5	5	5
น้ำหนักหลังการทดสอบ (Kg)	4.8	4.9	4.7	4.9	4.85	4.7	4.75	4.85
ดัชนีการแทรก่วน	0.96	0.98	0.94	0.98	0.97	0.94	0.95	0.97

ภาคผนวก จ.

การคิดค่าใช้จ่ายการใช้เชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

จากการสำรวจพบว่า

- ไม้ฟืน มีราคา 3,600 บาท ต่อ 1 คันรถบรรทุก 6 ล้อ ซึ่งคิดเป็นน้ำหนักได้ 5,300 กิโลกรัม (ราคากิโลกรัมละ 0.68 บาท) โดยที่ปริมาณไม้ฟืนจำนวนนี้เกษตรกรสามารถใช้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดได้ ประมาณ 24 เตาๆ ละ 1,500 ก้อน หรือเป็นจำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่นึ่งได้ทั้งหมด 36,000 ก้อน ดังนั้น คิดเป็นค่าใช้จ่ายของไม้ฟืนที่ใช้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อครั้ง เท่ากับ 0.1 บาท/ก้อน
- ก๊าซหุงต้ม มีราคา 520 บาท ต่อ 1 ถัง ขนาดบรรจุก๊าซหนัก 48 กิโลกรัม (ราคากิโลกรัมละ 10.8 บาท) ซึ่งเกษตรกรสามารถใช้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดได้ 2 เตาๆ ละ 1,250 ก้อน หรือคิดเป็นจำนวน 2,500 ก้อน ดังนั้น ค่าใช้จ่ายของก๊าซหุงต้มที่ใช้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อครั้งได้ เท่ากับ 0.2 บาท/ก้อน
- แกลบ ปริมาณ 1 คันรถบรรทุก 6 ล้อ มีราคา 900 บาท เกษตรกรสามารถใช้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดได้ 15 เตาๆ ละ 1,500 ก้อน หรือเป็นจำนวน 22,500 ก้อน ดังนั้น คิดเป็นค่าใช้จ่ายของแกลบที่ใช้ นึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อครั้ง เท่ากับ 0.04 บาท/ก้อน
- ยางรถยนต์ ราคาเส้นละ 1.50 บาท ส่วนใหญ่เป็นขอบยางรถยนต์ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ โดยที่ เตาขนาดจุ 1,000 ก้อน นึ่งก้อนเชื้อเห็ด 1 ครั้ง จะใช้ยางรถยนต์ประมาณ 20 เส้น ดังนั้น คิดเป็นค่า ใช้จ่ายของยางรถยนต์ที่ใช้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อครั้ง เท่ากับ 0.03 บาท/ก้อน

ภาคผนวก จ.

1. การประเมินวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ในการประเมินจะใช้วิธีการของ วัฒน และคณะ (2528) โดยพิจารณาจากวัสดุเหลือใช้หรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว สมมุติว่ามีปริมาณปีละ 76-100 ล้านตัน ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่จะใช้ในการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งรูปต่าง ๆ เช่น ฟืนเทียม กรีนฟิวอัล และเพลท เนื่องจากเศษพืชเหล่านี้มีความชื้นแตกต่างกัน โดยสมมุติว่ามีน้ำ 50 % ถ้าตากแห้งให้เหลือความชื้น 10 % (ความชื้นของเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่ง) จะได้เชื้อเพลิงอัดแท่ง 45-60 ล้านตัน ถ้าคิดเพียง 1 ใน 3 จะได้เชื้อเพลิงอัดแท่ง 15-20 ล้านตันต่อปี ถ้าจำหน่ายเชื้อเพลิงอัดแท่งจำนวนนี้ราคา กิโลกรัมละ 1.50 บาท จะมีรายได้จากเชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นเงิน 22,500-30,000 ล้านบาทต่อปี

พิจารณาจากปริมาณชีเลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดของจังหวัดนครปฐม ในปี 2537 ที่ได้จากการสำรวจ พบว่ามีจำนวนถึง 4,792,920 กิโลกรัม (ความชื้น 68%) เมื่อใช้วิธีการประเมินศักยภาพในการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งที่กล่าวมาแล้ว จะทำให้ได้ชีเลื่อยอัดแท่ง (ความชื้น 10%) เป็นจำนวนเท่ากับ 958,584 กิโลกรัม/ปี ในขณะที่ค่าความร้อนของชีเลื่อยอัดแท่งมีค่าเฉลี่ย 3,781 Kcal/Kg ดังนั้น ชีเลื่อยอัดแท่งจำนวนนี้จะให้ปริมาณความร้อนถึง 36.2×10^8 Kcal

จากการสำรวจพบว่า ไม้ฟืนจำนวน 5,300 กิโลกรัม เกษตรกรนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดได้ 36,000 ก้อน เมื่อคิดที่ใช้ไม้ฟืนนึ่งก้อนเชื้อเห็ดทั้งหมด 4,830,100 ก้อน จะต้องใช้ไม้ฟืนเป็นปริมาณ 711,098 กิโลกรัม ในขณะที่ค่าความร้อนของไม้ฟืนทั่วไปมีค่าเท่ากับ 3,500 Kcal/Kg (ข่าวสำนักงานพลังงานแห่งชาติ, 2530) ดังนั้นปริมาณความร้อนของไม้ฟืนที่ใช้หนึ่งก้อนเชื้อเห็ดทั้งหมดมีจำนวน 24.8×10^8 Kcal นอกจากนี้ยังพบว่า ก๊าซหุงต้มบรรจุถังขนาด 48 กิโลกรัม เกษตรกรใช้เป็นเชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดได้ถึง 2,500 ก้อน เมื่อคิดว่าจะต้องใช้ก๊าซหุงต้มหนึ่งก้อนเชื้อเห็ดทั้งหมด 4,830,100 ก้อน เช่นเดียวกันจะต้องใช้ก๊าซหุงต้มเป็นจำนวน 92,738 กิโลกรัม โดยที่ค่าความร้อนของก๊าซหุงต้ม (Commercial Butane) มีค่า 10,900 Kcal/Kg (Net) (โกวิท, 2527) ดังนั้น ก๊าซหุงต้มที่ใช้หนึ่งก้อนเชื้อเห็ดทั้งหมดจะให้ปริมาณความร้อนเท่ากับ 10.1×10^8 Kcal

2. การนำชี้เลื่อยอัดแท่งมาทดแทนไม้พิน

พิจารณาจากค่าความร้อนของชี้เลื่อยอัดแท่ง 3,781 Kcal/Kg และค่าความร้อนของไม้พิน 3,500 Kcal/Kg จะได้ว่า ไม้พินจำนวน 1.08 กิโลกรัม จะให้ความร้อนเท่ากับชี้เลื่อยอัดแท่ง 1 กิโลกรัม ดังนั้น ชี้้เลื่อยอัดแท่งที่ทดแทนไม้พินเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดมีปริมาณ 658,424 กิโลกรัม $[711,098 \div 1.08]$ ในขณะที่ชี้เลื่อยอัดแท่งที่ประเมินได้มีปริมาณ 958,584 กิโลกรัม/ปี เมื่อนำไปทดแทนไม้พินสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดแล้ว ยังมีปริมาณชี้เลื่อยอัดแท่งเหลืออีกประมาณ 300 ตัน/ปี $(958,584 - 658,424 = 300,160 \text{ กิโลกรัม})$

3. การนำชี้เลื่อยอัดแท่งมาทดแทนก๊าซหุงต้ม

พิจารณาจากค่าความร้อนของชี้เลื่อยอัดแท่ง 3,781 Kcal/Kg และค่าความร้อนของก๊าซหุงต้ม 10,900 Kcal/Kg จะได้ว่า ปริมาณชี้เลื่อยอัดแท่ง 2.88 กิโลกรัม จะให้ความร้อนเท่ากับปริมาณก๊าซหุงต้ม 1 กิโลกรัม ดังนั้น ปริมาณชี้เลื่อยอัดแท่งที่ทดแทนก๊าซหุงต้มเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงนึ่งก้อนเชื้อเห็ดมีจำนวน 267,085 กิโลกรัม $[92,738 \times 2.88]$ ซึ่งจากการประเมินปริมาณชี้เลื่อยอัดแท่งมีจำนวนเท่ากับ 958,584 กิโลกรัม/ปี เมื่อนำไปทดแทนก๊าซหุงต้มแล้วยังมีปริมาณชี้เลื่อยอัดแท่งเหลือใช้อีกประมาณ 690 ตัน/ปี $(958,584 - 267,085 = 691,499 \text{ กิโลกรัม})$

ภาคผนวก ช.

การประเมินต้นทุนการผลิตชี้เลื่อยอัดแท่ง

ในการประเมินต้นทุนการผลิตชี้เลื่อยอัดแท่ง จะไม่รวมโรงคลุมเครื่องและลานตากคอนกรีต รวมทั้งค่าที่ดินด้วย ทั้งนี้จะคิดเฉพาะต้นทุนเครื่องจักร ค่าไฟฟ้า และค่าแรงงาน ในระยะเวลาการผลิตปีแรก เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการผลิตชี้เลื่อยอัดแท่งเพื่อใช้ทดแทนเชื้อเพลิงที่เกษตรกรผู้ประกอบการเกี่ยวกับเห็ดใช้นี้ก้อนเชื้อเห็ด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การผลิตชี้เลื่อยอัดแท่งแบบอัดเย็น

(1) เงินลงทุนอุปกรณ์ ได้แก่

- เครื่องสับ ขนาด 7.5 แรงม้า อัตราการสับ 300 กก./ชม. ราคา 40,000 บาท
- เครื่องผสม ขนาด 3 แรงม้า อัตราการผสม 200 กก./ชม. ราคา 30,000 บาท
- เครื่องอัดเย็น ขนาด 10 แรงม้า อัตราการผลิต 100 กก./ชม. ราคา 50,000 บาท

รวมเงินลงทุนอุปกรณ์ เท่ากับ 120,000 บาท

(ราคาอุปกรณ์ไม่รวมค่าขนส่งและภาษีมูลค่าเพิ่ม จากบริษัท อุตสาหกรรมเศรษฐกิจ จำกัด, 2538)

(2) ค่าไฟฟ้า ในที่นี้คิดจากอัตราการผลิตที่ 800 กก./วัน โดยที่เครื่องผสมทำงาน 4 ชม./วัน เครื่องสับทำงาน 2.4 ชม./วัน และเครื่องอัดทำงาน 8 ชม./วัน จะได้ว่า

- เครื่องสับ ใช้กำลังไฟฟ้า 12.43 หน่วย/วัน
- เครื่องผสม ใช้กำลังไฟฟ้า 8.95 หน่วย/วัน
- เครื่องอัดเย็น ใช้กำลังไฟฟ้า 59.68 หน่วย/วัน

รวมกำลังไฟฟ้าที่ใช้ เท่ากับ 81.06 หน่วย/วัน

[หน่วย (Kwh) = กิโลวัตต์ - ชั่วโมง]

สำหรับในกิจการขนาดเล็ก กำหนดให้คิดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ดังนี้

0-35 Kwh คิดหน่วยละ 0.94 บาท

36-150 Kwh คิดหน่วยละ 1.14 บาท

151-400 Kwh คิดหน่วยละ 2.22 บาท

มากกว่า 400 Kwh คิดหน่วยละ 2.35 บาท

ดังนั้น ในการใช้เครื่องจักรจะเสียค่าไฟฟ้า เท่ากับ $81.06 \times 1.14 = 92.41$ บาท/วัน

(3) ค่าวัตถุดิบ ในที่นี้ไม่นำมาคิด เนื่องจากซีลี้อยที่ใช้เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่เกษตรกรให้โดยไม่คิดมูลค่า นอกจากนี้ยังมีเกษตรกรบางรายต้องเสียค่าจ้างนำก้อนเชื้อเห็ดขนไปทิ้งในอัตรา 1,200 บาท/20,000 ก้อน ซึ่งอาจถือได้ว่าค่าจ้างส่วนนี้เป็นค่าขนส่งวัตถุดิบทั้งซีลี้อยและผักตบชวา

2. การผลิตซีลี้อยอัดแท่งแบบอัดร้อน

(1) เงินลงทุนอุปกรณ์ ได้แก่

- เครื่องสับ ขนาด 7.5 แรงม้า อัตราการสับ 300 กก./ชม. ราคา 40,000 บาท
 - เครื่องอัดร้อน ขนาด 15 แรงม้า อัตราการผลิต 100 กก./ชม. ราคา 95,000 บาท
- รวมเงินลงทุนอุปกรณ์ เท่ากับ 135,000 บาท

(ราคาอุปกรณ์ไม่รวมค่าขนส่งและภาษีมูลค่าเพิ่ม จากบริษัท อุตสาหกรรมเศรษฐกิจ จำกัด, 2538)

(2) ค่าไฟฟ้า โดยคิดให้เครื่องสับและเครื่องอัดทำงาน 2.4 และ 8 ชม./วัน จากอัตราการผลิต 800 กก./วัน จะได้ว่า

- เครื่องสับ ใช้กำลังไฟฟ้า 12.43 หน่วย/วัน
 - เครื่องอัดพร้อมขดลวดความร้อนขนาด 2 Kw จำนวน 4 ตัว ใช้กำลังไฟฟ้า 153.52 หน่วย/วัน
- รวมกำลังไฟฟ้าที่ใช้เท่ากับ 165.95 หน่วย/วัน

ดังนั้น จะต้องเสียค่าไฟฟ้า เท่ากับ $165.95 \times 2.22 = 368.41$ บาท/วัน

(3) ค่าวัตถุดิบ จะไม่นำมาคิดเช่นเดียวกับการผลิตซีลี้อยอัดแท่งแบบอัดเย็น

สมมุติฐานการประเมินต้นทุน

1. ระบบผลิตมีอายุการทำงาน 5 ปี
2. ทำการผลิต 8 ชั่วโมง ด้วยอัตราการผลิต 800 กก./วัน ปีละ 312 วัน
3. ใช้แรงงานคนงานในการผลิต 2 คน อัตราค่าจ้างวันละ 150 บาท
4. ค่าบำรุงรักษาระบบต่อปีเท่ากับ 10 % ของราคาอุปกรณ์การผลิต (ไม่รวมโรงคลุม ลานตาก และอื่นๆ)
5. อัตราดอกเบี้ย 12.5 %

3. ผลผลิต

การผลิตซีลี้อยอัดแท่ง ในที่นี้คิดผลผลิตจากกำลังการผลิตของเครื่องอัดอย่างต่ำเท่ากัน คือ 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง ดังนั้น ผลผลิตซีลี้อยอัดแท่งตกปีละ 249,600 กิโลกรัม

จากสมมุติฐานการประเมินต้นทุน จะได้รายละเอียดต้นทุนการผลิต ดังตารางที่ ๕-1

ตารางที่ ๕-1 ต้นทุนการผลิตซีลี้อยัดแห้งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็น

ต้นทุน	ค่าใช้จ่ายในการอัดร้อน (บาท)	ค่าใช้จ่ายในการอัดเย็น (บาท)
เงินทุนพร้อมดอกเบี้ย	151,875	135,000
ค่าบำรุงรักษา	13,500	12,000
ค่าไฟฟ้า	114,944	28,832
ค่าแรงงาน	93,600	93,600
รวม	373,919	269,432

พิจารณาจากค่าใช้จ่ายต้นทุนการผลิตและผลผลิตของซีลี้อยัดแห้งในปีแรก จะได้ว่า

- ต้นทุนการผลิตซีลี้อยัดแห้งแบบอัดร้อน กิโลกรัมละ 1.50 บาท

$$(373,919 \div 249,600 = 1.50)$$

- ต้นทุนการผลิตซีลี้อยัดแห้งแบบอัดเย็น กิโลกรัมละ 1.08 บาท

$$(269,432 \div 249,600 = 1.08)$$

