22 มิ.ย. 2544

การออกแบบและทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด

ฐิติพล หิริโอตัปปะ

อภินันทนาการ
จาก
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2544

ISBN 974-665-600-7

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล
Copyright by Mahidol University

กพ
ส 34ก
ร 2544

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การออกแบบและทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด

.....

นายฐิติพล หิริโอตัปปะ

ผู้วิจัย

.....

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาติ นวกวงษ์

วท.ม.

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อดิศักดิ์ วรรณวัลย์

วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

อาจารย์สัญชัย สุติพันธ์วิหาร

วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

อาจารย์ชุมพร ยุวรี

วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

ศาสตราจารย์เลียงชัย ลิ้มล้อมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

.....

รองศาสตราจารย์รุ่งจรัส หุตะเจริญ วท.ม.

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี

ที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

Copyright by Mahidol University

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การออกแบบและทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

วันที่ 9 เมษายน พ.ศ. 2544

.....

อาจารย์ชุมพร ยุวรี

วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

นายฐิติพล หิริโอตัปปะ

ผู้วิจัย

.....

อาจารย์สุทธินันท์ นันทจิต

วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาติ นวกวงษ์

วท.ม.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

อาจารย์สัญชัย สูติพันธ์วิหาร

วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อดิศักดิ์ วรรณวัลย์

วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

ศาสตราจารย์เลียงชัย ลิ้มล้อมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

.....

รองศาสตราจารย์อนุชาติ พวงสำลี

Ph.D.

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright by Mahidol University

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาติ นวกวงษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อดิศักดิ์ วรรณวัลย์ อาจารย์ชุมพร ยุวรี อาจารย์ สัญชัย สูติพันธ์วิหาร และ อาจารย์สุทธินันท์ นันทจิต กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมารวมทั้งข้อคิดเห็นอันมีคุณค่าต่องานวิจัยตั้งแต่เริ่มดำเนินการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปงานวิจัยทั้งหมด

ขอขอบคุณ คุณวิภาภรณ์ อัครมณี หัวหน้ากลุ่มงานเวชศาสตร์ชันสูตร โรงพยาบาลแม่และเด็ก ศูนย์ส่งเสริมสุขภาพเขต 1 ที่ช่วยเรียบเรียงเอกสาร และวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

นายสมภพ ภาสบุตร ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี อาจารย์สมเกียรติ ทองสุขโข อาจารย์กัลยา ป้อมสา อาจารย์ธีรพล ป้อมสา อาจารย์วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี และอาจารย์พร เพชรโยธิน ประธานกลุ่มเกษตรกรเพาะเห็ด ตำบลนาวุ้ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี ที่ได้ให้ความร่วมมือในการเขียนแบบ คำนวณ และช่วยในการสร้างเครื่องจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่ให้ความช่วยหรือให้กำลังใจหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ในที่นี้

ฐิติพล หิริโอตัปปะ

Copyright by Mahidol University

3937666 ENAT/M :สาขาวิชา : เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร ;
วท.ม. (เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร)
คำสำคัญ :เครื่องย่อยชิ้นไม้ / ขี้เลื่อย / การเพาะเห็ด

ฐิติพล หิริโอตัปปะ : การออกแบบและทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด (DESIGN AND TESTING OF WOOD CHIPPING MACHINE FOR MUSHROOM CULTURES) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : สุชาติ นวกวงษ์ วท.ม. , อดิศักดิ์ วรรณวัลย์ วท.ม. , ชุมพร ยุวรี วท.ม. , สัญชัย สูติพันธ์วิหาร วท.ม. , 93 หน้า
ISBN 974-665-600-7

การสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด โดยศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ ที่ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี หลังจากสร้างเครื่องเสร็จมีการทดสอบเครื่อง เปรียบเทียบผลผลิตที่ได้ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงวิศวกรรม เชิงเศรษฐศาสตร์ จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า สามารถสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้มีขนาดกว้าง 45 ยาว 85 และสูง 70 เซนติเมตร เมื่อนำเครื่องมาทดสอบพบว่าสามารถย่อยชิ้นไม้โดยตั้งระยะห่างระหว่างแท่นรองตัดกับใบมีดที่ระยะ 2 มิลลิเมตรให้วัสดุย่อยมีขนาด 3 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดเท่ากับขี้เลื่อย และเมื่อนำวัสดุย่อย มาใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด พบว่า ผลผลิตที่ได้ไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ขี้เลื่อย ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์เชิงวิศวกรรม พบว่า เครื่องสามารถย่อยชิ้นไม้ 1 กิโลกรัม ได้วัสดุย่อย 0.88 กิโลกรัม ใช้พลังงานไฟฟ้า 0.08 กิโลวัตต์ และเมื่อวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่า เหมาะสมที่จะลงทุนเพื่อใช้เองเพียงอย่างเดียวแต่ไม่เหมาะสมที่จะลงทุนเพื่อรับจ้าง เนื่องจากค่าแรงงาน เกษตรกรสามารถนำเครื่องย่อยชิ้นไม้ไปใช้ได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงความขาดแคลนของขี้เลื่อย ชนิดของไม้ และราคาที่สูงขึ้นเนื่องจากค่าขนส่ง

Copyright by Mahidol University

3937666 ENAT/M : MAJOR : APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR RESOURCE DEVELOPMENT ; M.Sc. (APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR RESOURCE DEVELOPMENT)

KEY WORDS : WOOD CHIPPING MACHINE / SAWDUST / MUSHROOM CULTURES

THITIPHOL HIRI-O-TUPPA : DESIGN AND TESTING OF A WOOD CHIPPING MACHINE FOR MUSHROOM CULTURES . THESIS ADVISORS : SUCHART NAWAGAWONG M.Sc. , ADISAK WANAVAL M.Sc., CHUMPORN YUWAREE M.Sc., SANCHAI SUTIPANWIHAN M.Sc. 93 P . ISBN 974-665-600-7

The objective of this research is to construct a wood chipping machine to be used for producing mushroom cultivating material (sawdust) base on the design and the construction process of the wood-shredding machine at Petchaburi Technical College , Petchaburi. After construction , the machine was tested and analyzed according to economic and engineering perspectives. The study showed the machine with the dimensions of 45 x 85 x 70 cm. , produced a sawdust – like material . The results showed that the machine can be used to produce material of 3 mm. when setting the distance between the blade and the table at 2 mm . When the material produced by this machine was used to cultivate mushrooms , there was no difference in the outgrowth of mushrooms between sawdust and the tested material . This has the reliability of 0.05 . From the engineering point of view , the experiment showed that the machine can produce 0.88 kg of sawdust – like material from 1 kg of wood with the electricity consumption of 0.88 K.W . According to the economic analysis ,the results indicated that the machine is more suitable for domestic use than business purposes due to the high labor cost and wood price . Without the business consideration , farmers can use this wood - chipping machine for producing mushroom cultivating material regardless of the lack of sawdust , the type of wood , and the cost of transportation .

Copyright by Mahidol University

สารบัญ

			หน้า
กิตติกรรมประกาศ			ค
บทคัดย่อภาษาไทย			ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ			จ
สารบัญตาราง			ซ
สารบัญภาพ			ฌ
บทที่		บทนำ	1
1	1.1	ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2	กรอบแนวความคิดในการวิจัย	3
	1.3	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
	1.4	ขอบเขตของการวิจัย	4
	1.5	สมมติฐานการวิจัย	4
	1.6	นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	4
	1.7	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
2		ทบทวนวรรณกรรม	7
	2.1	ทฤษฎีการย่อยและเครื่องย่อย	7
	2.2	ทฤษฎีเครื่องจักรกลและเครื่องกลไฟฟ้า	9
	2.3	การเพาะเห็ดนางฟ้า	13
	2.4	ขี้เลื่อย	17
	2.5	ไม้ยางพารา	21
	2.6	รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
3		วิธีการวิจัย	30
	3.1	แนวคิดและหลักเกณฑ์การพิจารณาการออกแบบ	30
	3.2	การทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้	36

Copyright by Mahidol University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่			หน้า
	3.3	การเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากการใช้วัสดุย่อยและขี้เลื่อย เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด	36
	3.4	วิจัยศึกษาชนิดของวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ด	36
	3.5	การวิเคราะห์ข้อมูล	36
4		ผลการวิจัย	40
	4.1	การออกแบบสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้และการคำนวณ	40
	4.2	ผลการทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อปรับระยะห่างแท่นรองตัดกับใบมีด	52
	4.3	การเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากการใช้วัสดุย่อยและขี้เลื่อยเป็นวัสดุในการเพาะเห็ด	54
	4.4	ผลการศึกษาชนิดของวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ด	55
	4.5	ผลการศึกษาข้อมูล	56
5		อภิปรายผล	65
6		สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	68
	6.1	สรุปผลการวิจัย	68
	6.2	ข้อเสนอแนะ	69
		บรรณานุกรม	71
ภาคผนวก ก		ตาราง	75
ภาคผนวก ข		รูป	83
ประวัติผู้วิจัย			93

Copyright by Mahidol University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การส่งออกเฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วนของไทยในปี พ.ศ. 2539 ,2540 และ 2541	24
2	รายละเอียดอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องย่อยชิ้นไม้	40
3	ผลการทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อปรับระยะห่างแท่นรองตัดกับใบมีด	52
4	ผลผลิตของเห็ดที่เพาะจากวัสดุย่อยและขี้เลื่อย	54
5	น้ำหนักของวัสดุย่อยที่ได้จากการย่อยชิ้นไม้ 30 กิโลกรัม	56
6	เวลาที่ใช้ในการย่อยชิ้นไม้ 30 กิโลกรัม	56
7	รายการค่าอุปกรณ์ในการลงทุนสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้	58
8	ต้นทุนแปรผันการลงทุนเพื่อใช้เอง	59
9	การหาข้อมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน	60
10	ค่าการลงทุนเพื่อคำนวณหาค่าอัตราผลตอบแทนของการลงทุน (B/C Ratio)	61
11	การหาอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR)	62
12	ต้นทุนแปรผันสำหรับการลงทุนเพื่อรับจ้างเพียงอย่างเดียว	64
ผ-1	ตัวคูณใช้งานสำหรับมอเตอร์	76
ผ-2	การเลือกชนิดสายพาน	77
ผ-3	การหาจำนวนสายพาน	78
ผ-4	การหามุมโอบสัมผัส	79
ผ-5	การหาค่า Length Correction Factors	79
ผ-6	ค่าความเค้นบิดและเค้นดัด	80
ผ-7	ขนาดมาตรฐานของเพลา	80
ผ-8	ผลการทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อปรับระยะห่างแท่นรองตัดกับใบมีดซ้ำ 5 ครั้ง	81
ผ-9	การวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ T-test (2-tailed) ผลผลิตของเห็ดที่เพาะจากวัสดุย่อยและขี้เลื่อย	82

Copyright by Mahidol University

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1	การเพาะเห็ดโดยใช้วัสดุเปื่อยช้า (ขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน)	20
2	การออกแบบส่วนต่าง ๆ ของเครื่องย่อยชิ้นไม้	32
3	ระบบส่งกำลัง	33
4	ระบบตัดเฉือนและระบบย่อย	34
5	ส่วนประกอบและโครงสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้	35
6	ส่วนประกอบบนเพลา	45
7	ขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำบนเพลา	45
8	แรงที่กระทำบนเพลาในแนวดิ่ง	46
9	แรงที่กระทำบนเพลาในแนวนอน	46
10	ไดแกรมของแรงที่กระทำต่อเพลาในแนวนอน	48
11	ไดแกรมของแรงที่กระทำต่อเพลาในแนวดิ่ง	50
12	เครื่องย่อยชิ้นไม้	53
13	วัสดุย่อยที่ได้จากไม้ชนิดอื่น ๆ ไม้ยางพารา และ ขี้เลื่อยไม้ยางพารา	53
ผ-1	ด้านหน้า ด้านบน และด้านข้างของเครื่องย่อยชิ้นไม้	84
ผ-2	ด้านหน้า ด้านบน และด้านข้างของโครงเครื่องย่อยชิ้นไม้	85
ผ-3	ส่วนประกอบชุดตัด	86
ผ-4	รายละเอียดส่วนประกอบชุดตัด	87
ผ-5	รายละเอียดส่วนประกอบชุดตัด	88
ผ-6	ล้อถ่วงน้ำหนักตีย่อย	89
ผ-7	ฟันชุดตีย่อย	90
ผ-8	ส่วนประกอบชุดตีย่อย	91
ผ-9	เพลาส่งกำลัง	92

Copyright by Mahidol University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในอดีตมนุษย์ได้นำเห็ดมาเป็นอาหารหลายพันปีมาแล้ว จากการศึกษาทางประวัติศาสตร์ของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน พบว่าได้มีการเพาะเห็ดเพื่อรับประทานมานานกว่า 1,100 ปีมาแล้ว (Leong ,1982) ปี ค.ศ 1987 Chang รายงานผลผลิตเห็ดที่รับประทานได้ทั้งหมดในโลกของปี 1986 ไว้ดังนี้ เห็ดกระดุม (Agaricus bisporus และ A. Bitorquis) ผลิตได้ 1,227 พันตัน คิดเป็นร้อยละ 56.2 เห็ดหอม (Lentinus edodes) ผลิตได้ 314 พันตัน คิดเป็นร้อยละ 14.4 เห็ดเข็มทอง (Flammulina velutipes) 100 พันตัน คิดเป็นร้อยละ 4.6 เห็ดฟาง (Volvarella volvacea) 169 พันตัน คิดเป็นร้อยละ 7.7 เห็ด Pleurotus spp. 119 พันตัน คิดเป็นร้อยละ 5.5 เห็ด Pholiota nameko 55 พันตันคิดเป็นร้อยละ 2.5 เห็ดหูหนูขาว (Tremella furiformis) 40 พันตัน คิดเป็นร้อยละ 1.8 และเห็ดชนิดอื่น ๆ อีก 160 พันตัน คิดเป็นร้อยละ 7.3 (Brien ,1989) สำหรับประเทศไทย พ.ศ 2532 มีการเพาะเห็ดนางรม (Pleurotus ostreatus) เห็ดนางฟ้า (P . sajor-caju) และเห็ดเป๋าฮื้อ (P. cystidiosus) 1,000 ราย ผลผลิตที่ได้ 5,000 ตันต่อปี รายได้เฉลี่ย 75 ล้านบาทต่อปี เห็ดหอมที่เพาะจากถุงพลาสติกมี 10 รายและเพาะจากท่อนไม้มี 1,000 ราย ได้ผลผลิต 8 และ 31 ตันต่อปี รายได้เฉลี่ย 400,000 บาท และ 1.6 ล้านบาทต่อปี ตามลำดับ เห็ดกระดุมมี 40 ราย ได้ผลผลิต 400 ตันต่อปี รายได้เฉลี่ย 12 ล้านบาทต่อปีและเห็ดหูหนูมีผู้เพาะ 100 ราย ได้ผลผลิต 3,500 ตันต่อปีรายได้เฉลี่ย 52 ล้านบาทต่อปี (San Antonio ,1989) และในปี ค.ศ. 1982 Leong รายงานไว้ว่าเห็ดหูหนูขาวสามารถเจริญเติบโตในขี้เลื่อยบรรจุถุงพลาสติก เห็ดนางฟ้าเพาะในฟางข้าว และเห็ดนางรมเพาะในเปลือกเมล็ดฝ้าย เห็ดหอมเพาะในขี้เลื่อยและกากอ้อย ส่วนเห็ดหูหนูเพาะในท่อนไม้ซึ่งไม่สามารถเพาะเป็นอุตสาหกรรมได้ แต่ในปัจจุบันสามารถเพาะเป็นอุตสาหกรรมได้ในเปลือกเม็ดฝ้ายโดยใช้วิธีบรรจุถุงพลาสติก Kurtzman และ Zadrazil (1982) รายงานไว้ว่า เห็ดพวก Pleurotus (กลุ่มเห็ดนางรม นางฟ้า เป๋าฮื้อ) เริ่มเพาะในท่อนไม้ขนาดยาวและขนาดสั้นลงมา ต่อมามีการพัฒนาเพาะในขี้เลื่อย และตั้งแต่ปี ค.ศ 1964 ได้มีการปรับปรุงวิธีการเพาะมาเรื่อย ๆ จากการเพาะในขวดและกล่องและต่อมา จากรายงานของ Jong และ Peng (1989) ประเทศไต้หวันได้ทำการทดลองเพาะในถุงพลาสติกซึ่งสามารถเพาะเป็นแบบอุตสาหกรรม

ในประเทศไทยเริ่มมีการเพาะเห็ดฟางแบบถูกต้องตามหลักวิชาการโดย ดร.ก่าน ชลวิจารณ์ ข้าราชการสังกัดกองพืชพรรณ กรมกสิกรรม ในขณะนั้น ปัจจุบันเปลี่ยนเป็น กองโรคพืช

Copyright by Mahidol University

และจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร ได้ทำการทดลองอยู่ 1 ปี ในปี พ.ศ. 2480 เป็นแบบกองสูง ต่อมาภายหลังได้ปรับปรุงเป็นกองเตี้ย และเริ่มแนะนำส่งเสริมในปีต่อมา ในปี พ.ศ 2528 ยุกติ สาริกะภูติ ได้ทดลองค้นคว้า เพาะเห็ดชนิดอื่น ๆ เป็นการค้าเพิ่มอีก 7 ชนิด คือ เห็ดหอม หูหนู นางรม นางฟ้า เป้าฮื้อ กระดุม และ ตีนแรด (Tricholoma crassum) (กรมวิชาการเกษตร ,2528)

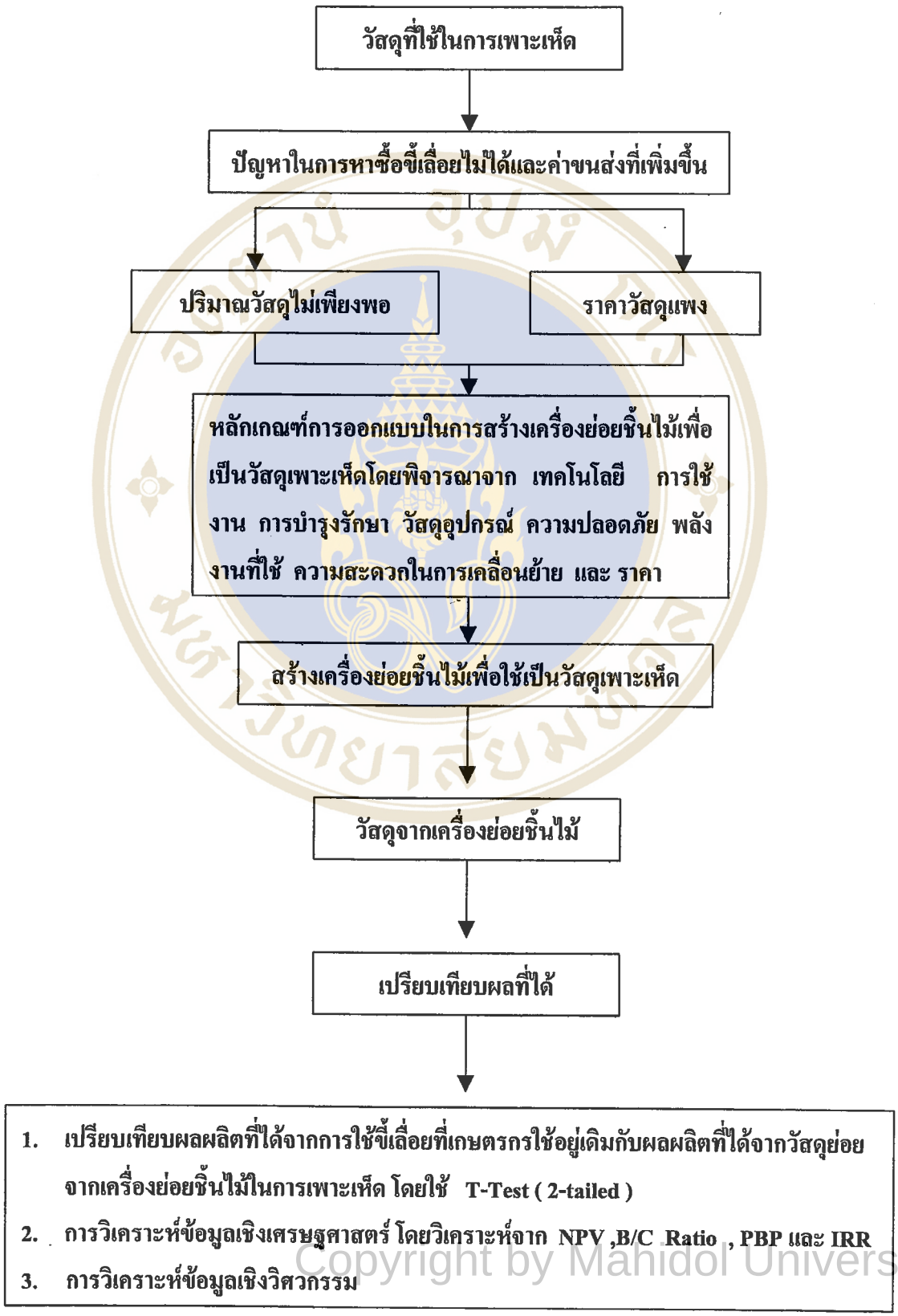
ในประเทศไทยเห็ดที่นิยมเพาะจำหน่าย คือ เห็ดหูหนู เห็ดนางฟ้า และเห็ดเป้าฮื้อ โดยเพาะลงในวัสดุหมักในถุงพลาสติก และปรับแร่ธาตุให้เหมาะสมด้วยการเติมรำละเอียด และปูนขาว (ศิริกุล คล่องคำนวณการ ,2528) จากการเพาะเห็ดเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ขี้เลื่อยเป็นวัสดุหลักในการเพาะเห็ดเป็นอินทรีย์วัตถุอย่างหนึ่งที่สามารถใช้ได้ดี เนื่องจากเห็ดเหล่านี้ในธรรมชาติสามารถขึ้นได้ดีบนไม้มาก่อน (ศิริกุล คล่องคำนวณการ, 2528) จากรายงานของประพฤติ เช้าเจริญ (2537) กล่าวไว้ว่าขี้เลื่อยที่ได้จากการแปรรูปไม้ยางพารา เมื่อนำไปเพาะเห็ดจะได้เห็ดคุณภาพดี ให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้ขี้เลื่อยชนิดอื่น

วัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดในปัจจุบัน เกษตรกรนิยมใช้ขี้เลื่อยที่เหลือจากการแปรรูปไม้ยางพาราโดยเกษตรกรไปซื้อหรือตกลงให้โรงเลื่อยมาส่งที่ฟาร์มหรือเกษตรกรไปซื้อที่โรงไม้แปรรูป พบว่าบางช่วงขี้เลื่อยไม่สามารถจะหาซื้อได้ ทำให้เกษตรกรเสียโอกาสในการเพาะเห็ดทั้งๆที่ราคาเห็ดนั้นอยู่ในเกณฑ์ดี ประกอบกับผู้วิจัยได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเกษตรกรที่เพาะเห็ด ได้ศึกษาปัญหาการแคลนวัสดุเพาะเห็ด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเกิดแนวความคิดในการสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ ซึ่งเป็นวัสดุหาได้ง่ายเพื่อใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดในการทดแทนวัสดุขี้เลื่อยที่ได้จากโรงงานแปรรูปไม้ ซึ่งจะทำให้เกษตรกรมีทางเลือกและมีโอกาสมากขึ้น

แนวคิดการออกแบบสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้นี้ พิจารณาจากข้อดีและเสียของเครื่องย่อยลักษณะต่าง ๆ ในด้าน เทคโนโลยี การใช้งานและบำรุงรักษา วัสดุอุปกรณ์ ความปลอดภัย พลังงานที่ใช้ ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และ ราคา

Copyright by Mahidol University

1.2 กรอบแนวความคิดในการวิจัย



Copyright by Mahidol University

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เพื่อสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ให้สามารถย่อยชิ้นไม้ที่เหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ และไม้ชนิด อื่นที่มีในท้องถิ่นให้เป็นวัสดุย่อยขนาดเล็กเพื่อใช้ในการเพาะเห็ด

1.3.2 เพื่อศึกษาเชิงวิศวกรรม และ เชิงเศรษฐศาสตร์ในการใช้เครื่องย่อยชิ้นไม้

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ออกแบบสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ ซึ่งเป็นไม้เนื้ออ่อนเชนิดอื่น ๆ เพื่อให้ได้วัสดุย่อย ขนาดไม่เกิน 3มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการเพาะเห็ด

1.4.2 วัสดุที่ย่อยได้จะนำไปใช้สำหรับกิจการเพาะเห็ดของเกษตรกรที่ประกอบอาชีพเพาะเห็ด ตำบลนาวุ้ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี

1.4.3 การเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่เกษตรกรใช้ในการเพาะเห็ดอยู่เดิมกับวัสดุย่อยที่ได้จากเครื่องย่อยชิ้นไม้ยางพารานำมาเพาะเห็ดนางฟ้าโดยเกษตรกรเป็นผู้เพาะเห็ดและเก็บผลผลิตที่ได้ใน 4 วันแรกหลังจากเห็ดออกดอกโดยนับวันแรกของการออกดอกเห็ดเป็นวันที่ 1

1.4.4 สถานที่ทำการศึกษาในการสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ - ที่วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี กรมอาชีวศึกษา สถานที่เพาะเห็ด – ที่โรงเพาะเห็ดของเกษตรกรตำบลนาวุ้ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี

1.5 สมมติฐานการวิจัย

1.5.1 เครื่องย่อยชิ้นไม้สามารถย่อยชิ้นไม้เนื้ออ่อนให้มีขนาดไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ซึ่งเท่ากับขี้เลื่อย สำหรับการเพาะเห็ด

1.5.2 วัสดุย่อยที่ได้จากเครื่องย่อยชิ้นไม้สามารถใช้ทดแทนขี้เลื่อยในการเพาะเห็ด ที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน

1.5.3 ระยะห่างของใบมีดกับแท่นรองตัดที่ระยะไม่เกิน 5 มิลลิเมตรจะทำให้ได้ขนาดของวัสดุย่อยที่ได้มีขนาดเท่ากับขี้เลื่อย

1.6 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 เครื่องย่อยชิ้นไม้ หมายถึง เครื่องที่สามารถ ตัด ย่อย ชิ้นไม้เพื่อให้ได้วัสดุย่อยที่มีขนาดไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ตามต้องการ

1.6.2 วัสดุย่อย หมายถึง เศษไม้หรือ ชิ้นไม้เนื้ออ่อนเล็ก ๆ ที่มีขนาด ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร

Copyright© by Mahidol University

ที่ได้จากเครื่องย่อยชิ้นไม้

1.6.3 ขี้เลื่อยไม้ยางพารา หมายถึง เศษไม้ ขนาดเล็กไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ที่ได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา

1.6.4 ชิ้นไม้ หมายถึง 1) ชิ้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 50 มิลลิเมตร
2) กิ่ง ก้าน ของต้นไม้ ที่ไม่ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้
3) เป็นเศษไม้ที่เหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้

1.6.5 วัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ด หมายถึง วัสดุที่มีส่วนผสมของขี้เลื่อย และส่วนผสมอื่น ๆ เพื่อนำมาใช้ในการเพาะเห็ด

1.6.6 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน(Net Present Value , NPV) หมายถึง ผลรวมของผลตอบแทนสุทธิ ที่ได้ปรับค่าของเวลาเพื่อพิจารณาว่าการลงทุนจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าหรือมีกำไรต่อส่วนรวมหรือไม่ กล่าวคือหาค่าของ NPV ที่ได้ออกมามีค่ามากกว่า 0 หรือเป็นบวก ก็เป็นการลงทุนที่คุ้มค่า แต่หากว่าค่าของ NPV ที่ได้ออกมามีค่าต่ำกว่า 0 หรือเป็น ลบ แสดงว่าการลงทุนนั้นจะไม่คุ้มค่า เกณฑ์นี้จึงนำมาใช้เพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจ ที่จะยอมรับหรือปฏิเสธ

1.6.7 การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนต่อเงินทุน (Benefit –Cost Ratio , B / C Ratio) หมายถึง การวิเคราะห์ผลประโยชน์การลงทุน เป็นวิธียอมรับการลงทุนเมื่ออัตราส่วนของผลประโยชน์กับเงินทุน มีค่ามากกว่า 1 ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานของการยอมรับขั้นต่ำ

1.6.8 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period , PBP) หมายถึง ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มลงทุนไปจนถึงเมื่อรายได้สุทธิมีค่าเท่ากับมูลค่าของการลงทุน สำหรับการคำนวณหาระยะคืนทุนจะต้องคำนึงถึงค่าเงินที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ได้จากสมการนี้ ระยะคืนทุน = ต้นทุนคงที่ / PV ผลตอบแทนต่อปี (เฉลี่ย)

1.6.9 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return ; IRR) หมายถึง อัตราที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลได้ตลอดโครงการมีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนตลอดโครงการ อัตราดังกล่าวจึงเป็นอัตราที่เพียงพอดีที่จะทำให้การลงทุนนั้น ๆ ทำรายได้ได้คุ้มกับการลงทุนพอดี

1.6.10 ค่าเสื่อมราคา หมายถึง มูลค่าทรัพย์สินที่ต่ำลงไปจนหมดอายุการใช้งาน เช่น เครื่องจักรที่ซื้อมาใช้ในการผลิตเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งจะมีการเสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งาน หรือตามปริมาณการผลิต จะทำให้มูลค่าต่ำลงจนหมดอายุการใช้งานอาจจะขายเป็นซากก็ได้ ในที่นี้กำหนดให้ อายุเครื่องจักรมีอายุประมาณ 12 ปี

Copyright by Mahidol University

1.6.11 ความเครียด (Strain) หมายถึง หน่วยการเปลี่ยนแปลงในขนาดหรือรูปร่างของวัสดุเนื่องจากแรง เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดหรือรูปร่างเดิมของมัน ความเครียดเป็นปริมาณที่ไม่มีหน่วย

1.6.12 แรงเค้น (Stress) หมายถึง ความเข้มของแรงภายใน หรือส่วนประกอบที่กระทำบนระนาบผ่านจุดจุดหนึ่งในวัตถุ แรงเค้นสามารถอธิบายได้เป็นแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้เครื่องย่อยชิ้นไม้ที่สามารถย่อยชิ้นไม้ให้เป็นวัสดุชิ้นไม้ขนาดเล็ก ๆ ได้

1.7.2 เกษตรกรผู้เพาะเห็ดสามารถเตรียมวัสดุเพาะเห็ดได้จากวัสดุชิ้นไม้ที่มีในท้องถิ่น

1.7.3 เป็นแนวทางหนึ่งในการนำเศษไม้ที่เหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้มาใช้ให้เกิดประโยชน์

1.7.4 เกษตรกรสามารถลดต้นทุนในการเพาะเห็ดได้

Copyright by Mahidol University

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาการออกแบบและทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด เป็นการศึกษาเริ่มจากแนวทางแก้ไขปัญหาเรื่องขี้เลื่อยที่นำมาใช้ในการเพาะเห็ด บางเวลาเกิดขาดแคลน เนื่องจากต้องรอขี้เลื่อยที่ได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ เช่น อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งบางครั้งไม่มีการผลิตเฟอร์นิเจอร์เลย ทำให้ไม่สามารถจะหาขี้เลื่อยได้ มีผลต่อเกษตรกรที่เพาะเห็ดต้องเสียโอกาสในการเพาะเห็ดขายทั้ง ๆ ที่ราคาเห็ดอยู่ในเกณฑ์ ดี หรือ กรณีที่ค่าขนส่งแพง ทำให้ต้นทุนของขี้เลื่อยมีราคาสูงตามไปด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาการสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อย่อยให้ได้วัสดุที่มีขนาดเล็กเท่ากับขี้เลื่อยใช้ในการเพาะเห็ด โดยชิ้นไม้ที่นำมาใช้ย่อยต้องเป็นของที่มีอยู่ในท้องถิ่นนั้น ๆ เพื่อประโยชน์ ในด้านการนำกิ่งไม้หรือไม้ที่เหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด แนวทางดังกล่าวจึงได้มีการค้นคว้า ทบทวน วรรณกรรม ในเรื่องเครื่องจักรต่าง ๆ ที่ใช้ในการเกษตรที่มีลักษณะการใช้งานแบบเครื่องย่อย วิธีการและวัสดุที่ใช้ในเพาะเห็ดนางฟ้า ชนิดของของไม้ที่นำมาใช้เพาะ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องเครื่องย่อยและเรื่องการเพาะเห็ดนางฟ้า โดยศึกษา ค้นคว้า ทบทวน ได้ดังนี้

2.1 ทฤษฎีการย่อย และ เครื่องย่อย

การย่อย เป็นการลดขนาดของวัสดุที่เป็นของแข็งโดยวิธีทางกลศาสตร์อย่างเดียว วัสดุที่ผ่านการย่อยมีขนาดเล็กลงกว่าเดิม โดยที่รูปร่างอาจจะเปลี่ยนไปจากเดิมก็ได้ ในขบวนการย่อยวัสดุจะถูกย่อยลงโดยการตีแตก (Fracturing) ในขบวนการย่อยนี้วัสดุจะถูกทำให้เกิดความเค้นโดยชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่ทำหน้าที่ตีวัสดุ ส่วนความเค้นที่เกิดขึ้นในวัสดุนี้จะถูกดูดซึม (absorbed) ในรูปพลังงานความเครียด (Strain energy) และเมื่อพลังงานความเครียดที่เกิดขึ้นในวัสดุมีการสะสมพลังงานมากพอ และถึงจุดจุดหนึ่ง (Critical Level) ซึ่งจุดนี้โครงสร้างของวัสดุจะเกิดการแตก และผลการแตกนี้ทำให้พลังงานความเครียดถูกปล่อยออกมาในรูปความร้อน พิจารณาในการทำให้วัสดุเกิดการแตก จะพบว่าถ้าสามารถรักษาการตีแตกให้นานออกไปอีก วัสดุจะเกิดการแตกร้าวที่ระดับความเค้น (Stress concentration) ค่อนข้างต่ำ

กรรมวิธีการย่อย ส่วนที่สำคัญในการประเมินผลประสิทธิภาพของเครื่องย่อย ได้แก่ ความเค้น ขนาดของวัสดุที่ป้อนเข้าเครื่องย่อย จะเป็นปัจจัยสำคัญมากเพราะเป็นตัวกำหนดขนาดของกำลังที่จะใช้ขับเครื่องย่อย สำหรับวัสดุที่จะนำมาย่อยต้องคำนึงถึงความแข็ง (Hardness) ส่วน

Copyright by Mahidol University

แรงที่กระทำต่อวัสดุให้แตกละเอียด อาจเป็นแรงกระแทก (Impact force) แรงเฉือน (Shear force) หรือ อื่น ๆ ทั้งขนาดของแรงและเวลาที่ย่อยมีผลต่อการย่อยวัสดุ

เครื่องย่อยชนิดที่ย่อยวัสดุออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ โดยการตี (Impact Milling) ทำงานโดยการตีวัสดุที่ตกลงมาในเครื่องด้วยใบตีที่หมุนด้วยความเร็วสูงให้วัสดุวิ่งไปชนผนังของเครื่องจนแตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ เครื่องชนิดนี้ใช้ได้ดีสำหรับย่อยวัสดุที่ค่อนข้างแข็งและเปาะ แต่วัสดุอ่อนก็สามารถใช้ได้ ลักษณะที่สำคัญของเครื่องย่อยนี้ ได้แก่ ความเร็วรอบของใบตี ใบตีควรอยู่กับแกนหมุนในลักษณะบานพับ หรือ ยึดแน่น Impact Milling มักมีทางออก หรือตะแกรงที่ด้านล่าง เนื่องจากการเสียดสีของวัสดุระหว่างใบตีและตะแกรง ขนาดของตะแกรง และ ลักษณะของการวางแกนหมุนเป็นได้ทั้งแนวนอน (Horizontal) หรือแนวตั้ง (Vertical)

2.1.1 เครื่องย่อยวัชพืช ไมตรี พิพัฒน์ รัตนมณี (2527) ได้ศึกษาเครื่องย่อยวัชพืชเพื่อใช้ในการย่อยผักตบชวาให้มีลักษณะคล้ายมูลวัว แล้วนำมาหมักกับมูลวัวให้ได้แก๊สชีวภาพ พัฒนาเครื่องโดยใช้ใบมีดติดกับจานเหล็กกลมเป็นมีดตัด เมื่อป้อนผักตบชวาเข้าทางช่องป้อนผักตบชวาก็จะถูกตัดหล่นลงในช่องกระพ้อของสกรูป้อน สกรูจะอัดผักตบชวาเข้าไปตรงกลางหินบดตัวที่อยู่กับที่ แล้วหินบดตัวหมุนจะหมุนทำการตัด และบดจนผักตบชวาละเอียดแล้วเหวี่ยงออกรอบ ๆ หล่นลงในภาชนะรองรับ โดยทั้งหมดใช้กำลังมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า ส่งผ่านกำลังและสายพานได้อัตราการบด 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความละเอียดอยู่ในเกณฑ์ดี ไม่มีเส้นใยยาวเกิน 5 มิลลิเมตร นอกจากนี้เครื่องบดย่อยนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับ พริก เครื่องเทศ และอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี

2.1.2 เครื่องย่อยผักตบชวา มนต์ชัย กนกภัยพิพัฒน์ (2534) ได้สร้างเครื่องย่อยผักตบชวา โดยปรับปรุงข้อบกพร่องของเครื่องเดิมที่เคยสร้างแล้ว ให้มีการทำงานที่มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น เครื่องย่อยนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการใช้แรงเฉือนในการตัด ลักษณะของเครื่องประกอบด้วยเพลา 2 เพลา ซึ่งแต่ละเพลามีใบตัดอยู่ 10 ใบ โดยที่เพลาทั้ง 2 ทำงานที่ความเร็วรอบต่างกันเป็นอัตราส่วน 2:1 และมีทิศทางสวนทางกัน วิธีตัดทำได้โดยผักตบชวาจะถูกลำเลียงเข้าสู่บริเวณการตัด และถูกแรงเฉือน บริเวณขอบใบตัดที่หมุน ทำให้ผักตบชวาขาดออกจากกัน จากผลการทดลองพบว่าความเร็วรอบที่ 100 และ 200 รอบต่อนาที จะสามารถตัดผักตบชวาได้ปริมาณ 13 ตันต่อชั่วโมง มีปริมาตรลดลง ร้อยละ 65.61 และมีความยาวของผักตบชวาที่เกิน 5 เซนติเมตร อยู่ร้อยละ 37.88 โดยกำลังที่ใช้ในการย่อย มีค่าเท่ากับ 13 แรงม้า แรงบิดมีค่า 1,350 lb-in.

2.1.3 เครื่องบดย่อยฝรั่ง สุรชัย จิระวิชชเลิศ (2538) ได้ศึกษาพัฒนาเครื่องย่อยฝรั่งสำหรับโรงงานผลิตน้ำฝรั่ง โดยศึกษาออกแบบเครื่องบดย่อยฝรั่งโดยเฉพาะรวมถึงหาสภาวะที่

Copyright by Mahidol University

เหมาะสมสำหรับแรงเหวี่ยงแยกน้ำฝรั่ง ลักษณะโครงสร้างเครื่องประกอบด้วย ตัวเครื่องมีความกว้าง 64 เซนติเมตร ยาว 94 เซนติเมตรและ สูง 168 เซนติเมตร ตัวถังบดย่อยพร้อมฝาปิด หนา 2 มิลลิเมตร เพลาและใบมีดทำด้วยเหล็กกล้ากันสนิม ขนาดกำลังมอเตอร์ 5 แรงม้า ความเร็ว 13,198 รอบ/นาที เครื่องบดย่อยนี้สามารถปรับมุมเอียงถังบด เปลี่ยนขนาดของรูตะแกรง และความเร็วรอบเพลาใบมีด เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องบุดย่อยนี้ จากการทดลองพบว่าความเร็วที่ 2,300 รอบ/นาที มุมเอียงถัง 55 องศา รูตะแกรง 1.5 มิลลิเมตร จะให้ปริมาณน้ำฝรั่งหลังแรงเหวี่ยงแยกน้ำสูงสุด ถึงร้อยละ 70.86 ใช้พลังงานไฟฟ้า 17 kWh / ton จากผลการทดลองจะทำให้สามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตน้ำฝรั่ง

2.1.4 เครื่องย่อยกิ่งไม้ กฤษกร คุ้มพงษ์ (2540) ได้ศึกษาออกแบบเครื่องย่อยกิ่งไม้ โดยมีวัตถุประสงค์ นำมาใช้ในการตี ตัดย่อยกิ่งไม้ เพื่อให้สะดวกในการขนถ่ายไปทิ้งได้สะดวก หลักการเครื่องดังกล่าว คือ ใช้ Hammers ซึ่งทำด้วยเหล็กเหนียวคาร์บอน 0.4 % ทำการติดตั้งในระบบชุดตัด โดยจะหมุนไปพร้อมกับเพลาส่งกำลัง ซึ่งได้รับแรงจากต้นกำเนิดพลังงานเครื่องยนต์เบนซิน 6 แรงม้าผ่านทางเพลาและสายพาน โดยระบบชุดตัดแบ่งออกเป็น 2 ชุด สำหรับการตี ตัดย่อยชิ้นไม้ที่มีขนาดเล็กด้วย Hammers ซึ่งจะหมุนอิสระอยู่บนเพลา และการตัดฝานกิ่งไม้ขนาดใหญ่ด้วยคมตัดเหล็กกล้ารอบสูง ผลการทดสอบ พบว่า ที่ความเร็วรอบ 360 รอบ / นาที ความเร็วในการตัด 7.92 เมตร / นาที อัตราย่อย 30 กิโลกรัม / ชั่วโมง สามารถลดขนาดกิ่งไม้แห้งได้ 3 - 4 เท่า และความยาวเฉลี่ย 40 มิลลิเมตร คิดประสิทธิภาพได้ 0.9 สำหรับกิ่งไม้สดลดขนาดได้ 2.5 - 3.5 เท่า และประสิทธิภาพได้ 0.75 โดยสรุปแล้ว เครื่องย่อยกิ่งไม้นี้สามารถประหยัดแรงงานและเวลา

2.2 ทฤษฎีเครื่องจักรกลและเครื่องกลไฟฟ้า

เครื่องกลไฟฟ้าและเครื่องจักรกลนั้น ถูกนำมาใช้ในงานเครื่องจักรกลมาก ซึ่งในการออกแบบเพื่อสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ จำเป็นต้องทราบหลักการและการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อจะทำให้การออกแบบสร้างเครื่องได้ถูกต้องตามหลักการทางทฤษฎี โดยจะไม่ทำให้เกิดปัญหาในการใช้งาน เครื่องกลไฟฟ้าที่สำคัญได้แก่ มอเตอร์ สำหรับเครื่องจักรกล ได้แก่ เพลา สายพาน พู่เล่ย์ แบริ่ง เป็นต้น

2.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้า (Motors) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ในการใช้งานนั้นจะต่อแกนมอเตอร์เข้ากับพู่เล่ย์ หรือ ล้อสายพาน เพื่อส่งแรงบิดไปยังเครื่องจักรกล ให้ทำงานได้ ความเร็วของมอเตอร์ มีหน่วยเป็นรอบ / นาที (rpm) ขนาดของ

Copyright by Mahidol University

มอเตอร์ต้องคำนึงถึงแรงที่จะชนะแรงเค้นเฉือน ในการที่จะย่อยหรือตัดไม้ ถึงจะสามารถหากำลังของมอเตอร์ได้

การคำนวณหาแรงตัดเฉือน

คำนวณได้จากสมการของความเค้นเฉือน (กิตติ อินทรานนท์, 2529)

$$\tau = F/A$$

เมื่อ τ = ความเค้นเฉือน (N/mm^2)

F = แรง (N)

A = พื้นที่หน้าตัด (mm^2) หาได้จากสูตร $A = \pi d^2/4$

การคำนวณหากำลังของมอเตอร์ (กิตติ อินทรานนท์, 2529)

จาก สมการ $P = FV$

เมื่อ P = กำลัง (วัตต์) V = ความเร็วตัดของไม้ (เมตร/นาที) F = แรง (นิวตัน)

-การคำนวณหากำลังของมอเตอร์โดยใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

จากสมการ $Fz = m V^2/r$

เมื่อ m = น้ำหนัก (กิโลกรัม) r = รัศมี (เมตร)

V = ความเร็ว = $\pi dn / 1000$ (รอบ/นาที)

-การคำนวณ หาแรงเสียดทาน

จากสมการ Fr = สัมประสิทธิการเสียดทาน (μo) x แรงแนวดิ่ง (Fn)

2.2.2 สายพาน (Belts) เป็นตัวกลางเพื่อส่งกำลังและความเร็วระหว่างเพลา 2 เพลา กล่าวคือ เพลาหนึ่งเป็นเพลาขับอีกเพลาหนึ่งเป็นเพลาตาม เพลาทั้ง 2 นี้อาจอยู่ห่างกันได้พอสมควร ในขณะที่สายพานบิดตัวไปด้วย คำนวณหาชนิดและจำนวนของสายพาน เพื่อที่จะให้มอเตอร์สามารถทำงานได้ตามกำลัง และความเร็วของมอเตอร์ (มานพ ตันตระบัณฑิตย์ และคณะ , 2536)

การคำนวณหาสายพานขับ

จากสมการ กำลังม้าที่ใช้จริง = กำลังม้าที่ได้จากการคำนวณ x ตัวคูณใช้งาน

การเลือกชนิดสายพาน

Copyright by Mahidol University

โดยเลือกจาก ความเร็วรอบของมอเตอร์ และ กำลังม้าที่ได้จากการคำนวณ

คำนวณหาความยาวของสายพาน

การคำนวณหาความยาวของสายพาน (Mott , Robert L.,1992 .)

จากสมการ $$L = 2C + 1.57 (D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

เมื่อ L = ความยาวฟิตซ์ของสายพาน

C = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อขับและล้อตาม

D_1 = เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อขับ

D_2 = เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อตาม

ล้อสายพาน (Pulley) เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักกลที่รองรับสายพานจะถูกต่ออยู่กับเพลาโดยลิ่มหรือสลัก ล้อสายพานจะเป็นตัวรับแรงบิดจากเพลาส่งกำลังผ่านสายพาน การส่งกำลังโดยใช้ความเสียดทานระหว่างผิวหน้าล้อสยพานกับผิวหน้าของสายพาน (Low , David Allan ,1914)

สูตรการหาขนาดของล้อสายพาน

$$N_1 D_1 = N_2 D_2$$

เมื่อ N_1 = ความเร็วรอบของล้อขับ (รอบ / นาที)

N_2 = ความเร็วรอบของล้อขับ (รอบ / นาที)

D_1 = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของล้อขับ

D_2 = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของล้อตาม

เลือกจำนวนสายพาน (บริษัท มิตซูโบชิ , 2523)

โดยหาจาก - หาอัตราส่วนระหว่างกำลังม้า ต่อ สายพาน

- หา Correction Factor
- มุมโอบสัมผัส ซึ่งได้จากสมการ มุมโอบสัมผัส = 180- [(D-d) 60 / C]

เมื่อ C = ระยะห่างของพูเล่ย์

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพูเล่ย์ตัวใหญ่

d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพูเล่ย์ตัวเล็ก

- หาค่า Length Correction Factors

Copyright by Mahidol University

- หาค่า Horsepower Correction Factors ได้จาก

Correction Factors x Length Correction Factors

-หาค่า Horsepower per belt ได้จาก

Rate Horsepower per belt x Horsepower Correction Factor

- หาจำนวนสายพาน = Design Horsepower / Horsepower per belt

2.2.3 เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลในการส่งกำลังโดยการหมุน เพลาจะรับโมเมนต์บิดที่ถ่ายแรงมาจากเฟือง ล้อสายพานหรือคลัตช์ เพลาจึงสามารถรับแรงบิดและแรงดัด จึงได้มีการแบ่งเพลาออกเป็นแบบเกร็ง แบบข้อต่อ และแบบดัดได้ (บรรเลง ศรนิล , 2540)

หาโมเมนต์แรงบิดเพลา ได้

จาก สูตร $P = \frac{2\pi T n}{60 \times 1000}$

เมื่อ P = กำลังของมอเตอร์ (kW)

n = ความเร็วรอบ (rpm)

T = แรงบิดบนเพลา (Nm)

แรงตึงสายพานที่กระทำต่อเพลา

จากสูตร $T = Fa \times r$

เมื่อ r = รัศมี ของล้อตาม

Fa = แรงตึงสายพานที่กระทำต่อเพลา

การคำนวณหาขนาดเพลา

จากสูตร $d = \sqrt[3]{32\,Mb / \pi\sigma_{b\,all}}$

เมื่อ d = เส้นผ่าศูนย์กลางของเพลา (mm)

Mb = Maximum of Bending Moment (Nm)

$\sigma_{b\,all}$ = allowance bending stress (N/mm^2)

Copyright by Mahidol University

2.2.4 แบริ่ง (Bearing) เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลรองรับการหมุน การแกว่งไปมาของเครื่องจักรกล ทำให้เกิดความเสียดทานระหว่างชิ้นส่วนทั้ง 2 ชิ้นมีค่าน้อยลง จากการศึกษาพบว่าการถ่ายทอดพลังงานทางกลจะมีการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความเสียดทานประมาณร้อยละ 30 ของกำลังทั้งหมด ดังนั้นการศึกษาถึงความเสียดทานที่แบริ่ง จึงมีความสำคัญต่อการออกแบบเป็นอย่างมาก แบริ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ รองเพลาธรรมดา (Plan Bearing) และรองเพลาลูกกลิ้ง (Rolling Bearing) (กิตติ อินทรานนท์ , 2529)

2.3 การเพาะเห็ดนางฟ้า

เห็ดนางฟ้าเป็นเห็ดที่อยู่ในสกุลเดียวกับเห็ดนางรม มีถิ่นกำเนิดแถบภูเขาหิมาลัยในธรรมชาติชอบเจริญเติบโตบนต้นไม้ที่ผุพัง ในสภาพอากาศที่ชื้นและเย็น เห็ดนางฟ้า มีลักษณะที่ต่างจากเห็ดนางรม ตรงสีของดอกจะคล้ำกว่า และเห็ดชนิดนี้มีหมวกดอกหนาปานกลาง เนื้อแน่น รสชาติดี เหมาะที่จะนำมาทำเห็ดกระป๋องได้ (กรมอาชีวศึกษา , 2525)

เห็ดนางฟ้าได้นำเข้ามาในประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2518 โดย ดร. ศิริพงศ์ บุญหลง และได้มอบให้ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทยทำการศึกษาเพาะเลี้ยง ปรากฏว่าประสพความสำเร็จเป็นอย่างดี ต่อมามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้นำมาเพาะเลี้ยง พบว่า เห็ดชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตในวัสดุเพาะเห็ดได้หลายชนิด คล้ายกับเห็ดนางรม แต่ถ้าอากาศเย็นดอกเห็ดชนิดนี้สามารถเจริญ เติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูง โดยเฉพาะช่วงปลายฤดูฝนต่อกับต้นฤดูหนาว เห็ดจะออกดอกดี ต่อมาในปี พ.ศ. 2520 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย ได้ทำการทดลอง ผลปรากฏว่า เห็ดนางฟ้าสามารถขึ้นบนวัสดุเพาะหลายชนิดได้ดังนี้ เช่น ปุ๋ยหมัก ฟาง ขี้เลื่อย ไส้นุน หญ้าแห้งสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ และได้นำหัวเชื้อมาเพาะในถุงพลาสติก แต่สปอร์ที่ได้เมื่อเพาะเลี้ยงต่อไปจะให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน และได้นำผลที่ได้เผยแพร่ไปสู่ประชาชนต่อไป (วิฑูรย์ พลาวุฑฒ์ , 2527)

2.3.1 ลักษณะทางชีววิทยาของเห็ดนางฟ้า (วิฑูรย์ พลาวุฑฒ์ , 2527)

ชื่อวิทยาศาสตร์	Pleurotus sajor-caju (Fr.) Sing
ชื่อสามัญ	เห็ดนางฟ้า
Class	Basidiomycetes
Order	Agaricales
Family	Agaricaceae
Genus	Pleurotus

Copyright by Mahidol University

Spicies Sajor - caju

2.3.2 รูปร่างของเห็ดนางฟ้า

เห็ดนางฟ้าดอกหนาแน่นกว่าเห็ดนางรมมีสีคล้ำคล้ายเห็ดเป๋าฮื้อ แต่อ่อนกว่าหน่อย ซึ่งจัดเป็น เห็ดตระกูลเดียวกัน เห็ดนางฟ้าลักษณะทั่วไปประกอบด้วย (กรมอาชีวศึกษา , 2525)

1) หมวกดอก (Cap) เนื้อหมวกจะแน่น สีคล้ำ ดอกเห็ดมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-6 นิ้ว อาจเกิดเป็นดอกเดี่ยว หรือ กระจุก ก็ได้
2) ครีบ (Gill) มีลักษณะเป็นครีบสีขาวยาวตลอด ที่บริเวณครีบดอกจะเป็นแหล่งสร้างสปอร์
3) ก้านดอก (Stalk) มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกับหมวกดอก มีเนื้อแน่น ไม่มีวงแหวนรอบก้านดอก ถ้าเห็ดนางฟ้าเจริญบนขอนไม้จะมีลักษณะเรียงรายลดหลั่นเป็นชั้นดอกเห็ดอาจมีก้านหรือไม่มีก็ได้
4) เส้นใย (Mycelium) มีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาวกว่าเห็ดนางรมเล็กน้อย

2.3.3 การเพาะเห็ดนางฟ้าในต่างประเทศ

ในต่างประเทศได้มีการเพาะเห็ดมานานแล้วและได้มีการปรับปรุงพัฒนามาตลอด ประเทศที่มีการเพาะเห็ดนางฟ้ากันมาก ได้แก่ (วิฑูรย์ พลาวุฑฒ์ ,2527)

1) ประเทศ อินเดีย ได้มีการทดลองนำเห็ดนางฟ้ามาทดลองเพาะโดยใช้ขี้เลื่อยและอาหารเสริม นำไปอบด้วยความร้อน เมื่อส่วนผสมเย็นตัวลง จึงใส่เชื้อลงไป และได้ทำการทดลองใช้วัสดุอย่างอื่นเพาะเห็ดนางฟ้าคล้ายกับการเพาะในถุงพลาสติกที่นิยมทำกันโดยทั่วไป
2) ประเทศไต้หวัน นับเป็นประเทศที่มีเทคโนโลยีด้านการเพาะเห็ดสูงมาก ได้ทำการทดลองจนนักวิทยาศาสตร์ เรียกเห็ดชนิดนี้ว่า Sajo –caju เพราะนักวิทยาศาสตร์ชาวไต้หวันเป็นผู้ผลิตและปรับปรุงเห็ดชนิดนี้ขึ้นมา เห็ดนางฟ้าชอบอากาศเย็นชื้น การเพะเห็ดชนิดนี้มีข้อเสียคือ มีกลิ่นหอมที่แมลงศัตรูชอบ โดยเฉพาะแมลงหวี่ และอาจรบกวนทำอันตรายกับเห็ดชนิดอื่นได้

2.3.4 การทำหัวเชื้อเห็ดนางฟ้า

ขั้นตอนในการเตรียมเชื้อเห็ดนางฟ้าคล้ายเห็ดนางรม และเป๋าฮื้อ ประกอบด้วย (ดร. ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์ , 2529)

Copyright by Mahidol University

1) การเลี้ยงเส้นใยบนอาหารวุ้น พี.ดี.เอ.

2) การเลี้ยงเชื้อบนเมล็ดธัญพืช

3) การขยายเชื้อลงบนวัสดุปุ๋ยหมัก หรือ ขี้เลื่อย

สำหรับขั้นตอนที่ 1. และ 2. ใช้วิธีเตรียมเช่นเดียวกับเห็ดนางรม แต่เส้นใยจะขาวกว่าเห็ดนางรม และเจริญได้รวดเร็วพอ ๆ กับเห็ดนางรม

2.3.5 การทำก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า

การเตรียมก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าคล้ายกับเห็ดนางรม วัสดุที่ใช้อาจใช้วัสดุอย่างอื่นมาเพาะเช่น ฟางข้าวสับ ซังข้าวโพด ฯลฯ (ดร. ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์ , 2529)

ขี้เลื่อยแห้ง	100	กิโลกรัม
รำละเอียด	5	กิโลกรัม
ดีเกลือ	2	กรัม
น้ำตาล	1	กิโลกรัม
ปูนขาว	1	กิโลกรัม
ความชื้น	60-70	เปอร์เซ็นต์

วิธีทำก้อนเชื้อ ใช้ขี้เลื่อยผสมอาหารเสริมตามสูตรให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำ และวัดความชื้นดังที่กล่าวไว้เบื้องต้น เมื่อได้ความชื้นที่เหมาะสมนำมาบรรจุลงถุงพลาสติกทนความร้อน ถุงละ 0.8 - 1.0 กิโลกรัม พร้อมกับกดถุงให้แน่นแล้วสวมคอขวด ใช้ยางรัด จุกด้วยสำลีและหุ้มด้วยกระดาษ นำถุงขี้เลื่อยไปนึ่ง ประมาณ 2-3 ชั่วโมง เมื่อถุงขี้เลื่อยเย็นตัวแล้วนำมาใส่หัวเชื้อ ปัจจุบันขี้เลื่อยที่ให้ผลผลิตดีมักใช้ขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน เช่น ไม้ยางพารา หรือไม้จามจุรี เป็นต้น

2.3.6 การใส่หัวเชื้อ

ใช้วิธีเขย่าหรือเอาช้อนตักเข้าไปกวนเมล็ดข้าวฟ่างให้ร่วน ระวังอย่าให้มีการปนเปื้อนของเชื้ออื่น ๆ จากนั้นใช้มือจับจุกของถุงออก อีกมือหนึ่งจับขวดหัวเชื้อ เทเมล็ดข้าวฟ่างลงในถุงราว 4-5 เมล็ด แล้วอุดจุกสำลีไว้ตามเดิม ทำเช่นนี้จนหมดขวด ขวดหนึ่งจะได้ไม่ต่ำกว่า 30 ถุง ถ้าเทเมล็ดข้าวฟ่างมากไปจะทำให้เชื้อโตเร็ว และเส้นใยเต็มถุงทำให้เกิดการสิ้นเปลืองของหัวเชื้อมาก และโอกาสเกิดราเขียวได้ง่ายในเวลาที่นำไปเปิดดอกเห็ด จากนั้นนำก้อนเชื้อที่ได้ไปเก็บไว้ในร่มธรรมดา เพื่อไปบ่มให้เป็นก้อนก่อนจะนำไปเปิดเป็นดอกเห็ดต่อไป ระยะนี้ใช้เวลา 3- 4 สัปดาห์ ขึ้นอยู่กับขนาดของถุงก้อนเชื้อ

Copyright by Mahidol University

2.3.7 การเพาะให้เป็นดอก

นำก้อนเชื้อที่เส้นใยเห็ดเจริญเต็มก้อนแล้วนำมากรีดด้านข้างถุงเป็นแนว จากนั้นนำไปไว้ที่มีความชื้นสูง เวลารดน้ำหรือฉีดน้ำก็จะได้ความชื้นเข้าตามแนวที่กรีด หลังจากนั้นประมาณ 5- 7 วัน จะเกิดดอกเห็ดตามรอยที่กรีด ถ้ากรีดน้อยก็จะได้น้อยดอกแต่เป็นดอกโต ถ้ากรีดมากรอยจะได้มากดอกแต่ดอกเล็ก ถ้ารอยกรีดเดิมเห็ดไม่ออกดอกอีกแล้วก็ให้กรีดรอยใหม่ก็จะได้ดอกเห็ดอีก ส่วนการรดน้ำก็ใช้น้ำธรรมดาเหมือนเห็ดชนิดอื่น ๆ

2.3.8 โรคและศัตรูของเห็ดนางฟ้า

เนื่องจากเห็ดนางฟ้ามีกลิ่นที่ดึงดูดแมลงศัตรู เป็นอย่างดี (วิฑูรย์ พลาวุฑฒ์ ,2527) ดังนั้นจึงต้องระวังให้มากโดยเฉพาะแมลงหวี่ จะมาวางไข่จนกลายเป็นหนอน ทำลายก้อนเชื้อให้ได้รับความเสียหาย และแมลงหวี่ยังเป็นยังเป็นพาหะของโรคเห็ดอีกด้วย ทำให้เกิดการแพร่ระบาดของโรคไปยังเห็ดชนิดอื่นได้อีก

2.3.9 สรุปปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเจริญของเห็ดนางฟ้า

เนื่องจากเห็ดนางฟ้าเป็นเห็ดในสกุลเดียวกับเห็ดนางรม ปัจจัยต่าง ๆ จึงคล้ายกันซึ่งได้แก่ (ดร. ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์ ,2529)

1) อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเพาะเห็ดนางฟ้าประมาณ 25 องศาเซลเซียส เห็ดนางฟ้าจะไม่ออกดอกที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส และสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส การที่ก้อนเชื้อได้รับอุณหภูมิต่ำในเวลากลางคืนก็เพียงพอที่จะช่วยชักนำการออกดอกของเห็ดได้ดีขึ้น
2) ความชื้น (Humidity) เห็ดนางฟ้าชอบความชื้นค่อนข้างสูงสภาพโรงเรือนควรมีความชื้นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80- 85 เพราะมีผลต่อการพัฒนาของดอกเห็ดอย่างมาก
3) ปริมาณแร่ธาตุอาหารในวัสดุเพาะ มีความสำคัญอย่างมากในด้านผลผลิต จากการทดลองเพิ่มปุ๋ยแอมโมเนียไนเตรท สามารถเพิ่มไนโตเจนในดอกเห็ดได้ ร้อยละ 5.32 และถ้าใช้ถั่ว alfalfa และถั่วเหลือง เพิ่มไนโตเจนในดอกเห็ดได้ ร้อยละ 5.46 และร้อยละ 8.80 ตามลำดับ

2.3.10 คุณค่าทางอาหารของเห็ดนางฟ้า

Copyright by Mahidol University

เห็ดนางฟ้าเป็นเห็ดที่น่าสนใจมากเพราะนอกจากจะให้ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุค่อนข้างสูงแล้วยังให้ปริมาณกรดอะมิโนค่อนข้างสูงเช่นกัน เห็ดนางฟ้าประกอบด้วยคุณค่าทางอาหารดังนี้(ดร. ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์ ,2529)

ปริมาณของธาตุอาหาร (Nutrients) เห็ดนางฟ้ามีปริมาณธาตุอาหารหลายอย่างดังนี้

แคลเซี่ยม (Ca)	20	mg / 100 gm.
ฟอสฟอรัส (P)	760	mg / 100 gm.
โปแตสเซียม (K)	3,200	mg / 100 gm.
เหล็ก (Fe)	124	ppm
แคดเมี่ยม (Cd)	0.3	ppm
สังกะสี (Zn)	12.0	ppm
ทองแดง (Cu)	12.2	ppm
ตะกั่ว (Pb)	3.2	ppm

ปริมาณกรดอะมิโน คำนวณในหน่วยของมิลลิกรัมต่อกรัม ของ Crude protein nitrogen มีดังนี้

Isoleucine	78.4
Leucine	68.1
Lysine	73.5
Methionine + Cystine	62.7
Phenylalanine + Tyrosine	137.8
Threonine	88.0
Tryptophan	91.6
Valine	76.1

2.4 ขี้เลื่อย

ในปัจจุบันคนนิยมนำขี้เลื่อยมาใช้ในเป็นวัสดุในการเพาะเห็ดจำนวนมาก ในปี ค.ศ.1935 Kaufert ได้ทำการเพาะเห็ดในขี้เลื่อยผสมเมล็ดพืช ในปี ค.ศ. 1951 Lahwag เพาะเห็ดนางรมให้ออกดอกได้ในขี้เลื่อยบรรจุขวดแก้ว Block และคณะ (1958) รายงานไว้ว่า สามารถเพาะเห็ดตระกูลเดียวกับนางรมในขี้เลื่อยได้เช่นเดียวกัน ได้มีการศึกษาการเพาะเห็ดอย่างต่อเนื่องจนเป็นอุตสาหกรรม ในปี ค.ศ. 1968 Engenio และ Anderson ได้ทดลองขี้เลื่อยผสมข้าวโอ๊ต ในอัตราส่วนข้าวโอ๊ตที่มีปริมาณร้อยละ 7, 14 , 21 และ 35 ตามลำดับ ผลปรากฏว่า ข้าวโอ๊ตที่มี

Copyright by Mahidol University

ปริมาณร้อยละ 35 ให้ผลผลิตสูงสุด Samajpati (1982) ทำการเพาะเห็ดนางฟ้า ในถุงพลาสติก เป็นการค้าโดยผสมรำข้าวกับฟางข้าว และในปี พ.ศ. 2518 ดีพร้อม ได้เพาะเห็ดนางรมในวัสดุเพาะที่มีอัตราส่วนผสมที่แน่นอนสามารถเพาะได้ผลผลิต เช่น สูตรที่1 ขี้เลื่อย 2 ลิตรผสมข้าวโพดป่น (หรือรำละเอียด) 100 กรัม สูตรที่ 2 ขุยมะพร้าว 2 ลิตร ผสมข้าวโพดป่น 100 กรัม สูตรที่ 3 ขุยมะพร้าทำให้ชื้นด้วยน้ำมันมะพร้าว สูตรที่ 4 ขี้เลื่อยหมักกับขี้ม้า อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร นำมาผสมกับข้าวโพดป่นซึ่งแช่น้ำ 1 คืน อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร สูตรที่ 5 ซังข้าวโพดป่นล้วนแช่น้ำ 1 คืนผสมซังแห้งคลุกพอหมาด สูตรที่ 6 ซังข้าวโพดป่น ร้อยละ 30 ผสมฟางข้าวโพดสับละเอียด ร้อยละ 40 และ เปลือกถั่วลิสง ร้อยละ 30 และ สูตรที่ 7 ไส้นุ่นแช่น้ำบีบน้ำออกพอหมาด ๆ จากสูตรทั้งหมดให้ผลผลิตที่ดีใกล้เคียงกัน ขึ้นอยู่กับวัสดุที่มีอยู่

Garcha และ คณะ (1985) รายงานว่า เห็ดนางฟ้าเพาะในถุงพลาสติกเจาะรูได้ผลผลิตมากกว่าเพาะในตระกร้า ส่วนในถาดไม่ออกดอกเนื่องจากความหนาแน่นของวัสดุปลูกในถุงมากกว่าในตระกร้าและถาด โดยในถุงจะสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้อยกว่าในตระกร้าและถาด จากการทดลองของ Zadarzil (1975) พบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณ ร้อยละ 16 –22 เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของเห็ดนางรม นอกจากนี้การทดลองเพาะเห็ดในถุงพลาสติกเจาะรูได้ผลผลิตสูงกว่าไม่เจาะรู และเพาะในถุงขนาดใหญ่ไม่มีผลต่อผลผลิตของเห็ด (Garcha และคณะ , 1985)

ประพฤติ เช้าเจริญ (2527) กล่าวว่า ขี้เลื่อยที่ได้จากการแปรรูปไม้ยางพารา เมื่อนำไปเพาะเห็ดจะได้เห็ดที่มีคุณภาพดีให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้ขี้เลื่อยจากไม้อื่น เพราะยางพารามีปริมาณแป้งและน้ำตาลสูงกว่า นอกจากนี้ ดีพร้อม (2523) พบว่าขี้เลื่อยจากไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้เบญจพรรณ เมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ดในถุงพลาสติก จะเป็นอาหารที่เลวของเห็ดทำให้ได้ผลผลิตต่ำ ถ้าจะใช้ต้องทำการหมักเสียก่อน ส่วนขี้เลื่อยจากยางพารานั้นสามารถนำมาใช้ได้เลยโดยไม่ต้องหมัก

ศิริกุล คล่องคำนวณการ (2528) รายว่าขี้เลื่อยที่ดี คือ ขี้เลื่อยที่ได้จากไม้เนื้ออ่อนที่ไม่มียางซึ่งมีพิษต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ด ขี้เลื่อยที่นิยมนำมาใช้ได้แก่ ขี้เลื่อยไม้ยางพารา ไม้มะม่วง ไม้มะกอก ไม้งิ้ว อาจนำขี้เลื่อยใหม่มาใช้ได้เลย แต่ได้ผลผลิตไม่ดีนัก เนื่องจากอาหารที่จุลลินทรีย์ต้องการมีอยู่มากแต่น้ำตาลที่เห็ดนำไปใช้ได้ง่ายมีน้อย มีไนโตรเจนต่ำ ดังนั้นนำมาเพาะเห็ดจะเห็นเส้นใยเดินบาง ผลผลิตต่ำ ระยะให้ดอกนานเสียเวลามาก แต่ถ้านำไปหมัก ให้จุลลินทรีย์ย่อยและเปลี่ยนสารอาหารต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปที่เห็ดนำไปใช้ได้และมีการเพิ่มอาหารเสริมลงไปผสมจะทำให้การเพาะเห็ดนั้นได้ผลผลิตที่สูงขึ้น

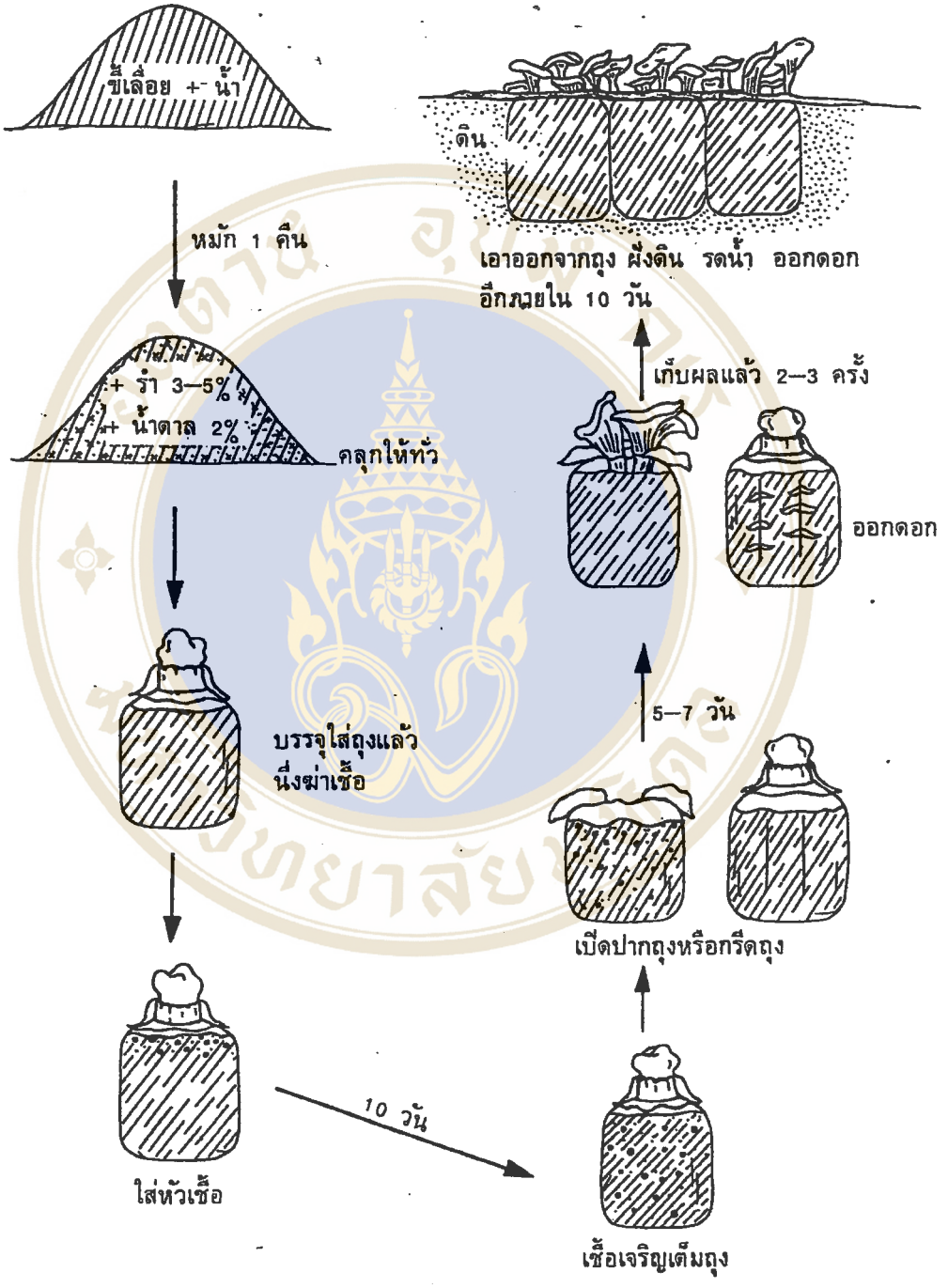
Copyright by Mahidol University

กรมวิชาการเกษตร (2528) ทำรายงานสรุปผลการสัมมนาทางวิชาการกลุ่มเห็ดเกี่ยวกับการศึกษาระยะเวลาการหมัก ขี้เลื่อยที่เหมาะสมต่อการเพาะเห็ด โดยการเพาะเห็ดนางรม นางฟ้าและเป๋าฮื้อ ในขี้เลื่อยไม้เญจพรรณที่หมักเป็นเวลา 1-6 เดือน เปรียบเทียบกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่ยังไม่ได้หมัก และที่หมักได้ 2 เดือน ผลปรากฏว่า ขี้เลื่อยไม้เบญจพรรณที่หมักแล้วสามารถเพาะเห็ดได้แต่ผลผลิตต่ำ อัตราการเจริญเติบโตช้า แต่ ขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่ไม่ได้หมักสามารถเพาะเห็ดได้เช่นเดียวกันแต่อัตราการเจริญและผลผลิตต่ำกว่าเชื้อเห็ดที่เพาะในขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่หมักแล้วแต่ให้ผลผลิตสูงกว่า ขี้เลื่อยไม้เบญจพรรณเล็กน้อย

ดีพร้อม ไชยวงค์เกียรติ (2535) ได้ศึกษา ขี้เลื่อยไม้ทั่วไป พบว่าถ้าเป็นไม้เนื้อแข็งจะเป็นอาหารที่เลวของเห็ดเนื่องจากการผุพังสลายตัวช้า ถ้าจะนำมาใช้ให้ทำการหมักเสียก่อน อาจจะใช้ขี้เลื่อยแห้ง 1,000 กิโลกรัม ผสมกับ ยูเรีย 1 กิโลกรัม รดน้ำให้มีความชื้น ประมาณ ร้อยละ 50-70 หรือจะใช้มูลสัตว์แทน ยูเรีย ปริมาณ 200 กิโลกรัม จึงจะทำให้สามารถนำมาเพาะเห็ดได้ ส่วนขี้เลื่อยไม้ยางพาราสามารถนำมาใช้ได้เลย หรือจะหมักก่อนก็จะให้ผลผลิตที่สูงขึ้น โดยราคาขี้เลื่อย 1 คันรถสิบล้อส่งถึงฟาร์มรอบกรุงเทพมหานคร ราคาคันละ 3,300 บาท ทำได้ประมาณ 10,000 ถุง ขึ้นอยู่กับแรงอัด ส่วนขี้เลื่อยจากถุงเก่า หรือถุงที่เชื้อเห็ดที่ทิ้งแล้วสามารถนำมาหมักรวมกันแล้วใช้ใหม่ หรือ ผสมกับขี้เลื่อยใหม่ ก็สามารถนำมาเพาะเห็ดได้เช่นกัน และได้ศึกษาวิธีการนำขี้เลื่อยมาใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ดโดยใช้วัสดุเปื่อยช้า (ขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน) ดังรูปที่ 1

ประทีป ปิ่นท้วม (2538) ได้รายงาน การสำรวจ ในปี พ.ศ. 2537 แหล่งเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดในถุงพลาสติกของจังหวัดนครปฐมมีแหล่งเพาะเห็ดกระจายอยู่ 6 อำเภอ โดยมีอำเภอสามพรานเป็นแหล่งที่มีการเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อในถุงพลาสติกแหล่งใหญ่ที่สุดของจังหวัด รองลงมา คือ อำเภอเมืองนครปฐม ที่เหลือคือ อำเภอนครชัยศรี กำแพงแสน ดอนตูม และบางเลน รวมแล้วมีเกษตรกรประกอบการเกี่ยวกับเห็ดจำนวน 85 ราย เกษตรกรส่วนใหญ่เพาะเห็ดนางรมและนางฟ้าประมาณร้อยละ 75 รองลงมาเป็นเห็ดเป๋าฮื้อ ร้อยละ 17.88 เกษตรกรเหล่านี้ใช้ขี้เลื่อยเป็นวัสดุหลัก โดยการหมักกับรำละเอียดและปรับด้วยปูนขาว ส่วนขี้เลื่อยที่ใช้เป็นขี้เลื่อยไม้ยางพารา จากนั้นนำไปบรรจุลงในถุงพลาสติกทนความร้อนขนาด กว้าง 7 นิ้ว ยาว 13 นิ้ว บรรจุวัสดุหมักถุงละ 800 กรัม ให้ผลผลิตดอกเห็ดเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 300- 400 กรัมต่อถุง

Copyright by Mahidol University



Copyright by Mahidol University

รูปที่ 1 การเพาะเห็ดโดยใช้วัสดุเปื่อยช้า (ขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน)

2.5 ไม้ยางพารา

ไม้ยางพารามีชื่อ วิทยาศาสตร์ Havea brasiliensis Muell . Arg . อยู่ในวงศ์ Euphorbiaceace เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง พื้นที่ปลูกไม้ยางพาราส่วนใหญ่อยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย ตั้งแต่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ลงไปจนถึงติดชายแดนประเทศมาเลเซีย สำหรับภาคตะวันออกพื้นที่ปลูกได้แก่ จังหวัดระยอง จันทบุรี ตราด ชลบุรีและฉะเชิงเทรา จากการสำรวจโดยใช้ดาวเทียม ในปี พ.ศ. 2529 ปลูกทั่วประเทศ ประมาณ 10.735 ล้านไร่ เป็นภาคใต้ประมาณร้อยละ 90 หรือ 9.655 ล้านไร่ ภาคตะวันออก ร้อยละ 10 หรือ 1.080 ล้านไร่ (สมยศ สินธุระหัส และคณะ , 2530) แต่ในปัจจุบันสามารถนำยางพาราไปปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แล้ว

2.5.1 ประโยชน์ของไม้ยางพาราสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.5.1.1 ประโยชน์จากน้ำยาง ใช้ในการทำยางรถยนต์ ยางรถจักรยายยนต์ ยางล้อเครื่องบิน ยางหล่อดอก รองเท้าผ้าใบ รองเท้าฟองน้ำ ส้นรองเท้า ยางรัดของ ผลิตภัณฑ์ฟองน้ำ สายพาน ท่อยาง ลูกโป่ง ถุงยางอนามัย และเครื่องมือวิทยา ศาสตร์ (ธนาคารกสิกรไทย , 2525)

2.5.1.2 ประโยชน์จากเนื้อไม้ มีอุตสาหกรรมแปรรูป ไม้ยางพารา เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หลายประเภทด้วยกัน เช่น เฟอร์นิเจอร์ ลังไม้ ไม้จิ้มฟัน ไม้เสียบไอศครีม เกี๊ยะ ด้ามแปรง เขียง และกรอบรูป (ชวลิต อุรพีพัฒนพงศ์ และคณะ , 2525 / สมพร กฤษณะทรัพย์ , 2525) ไม้อัด ไม้บาง แผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด และแท่งขี้เลื่อยอัด (ณรงค์ เพ็งปรีชา , 2530)

2.5.2 ลักษณะโครงสร้างเนื้อไม้ (Hong , 1985)

2.5.2.1 วงเติบโต (Growth rings) หรือวงปีในยางพาราไม่มี แต่จะมีแถบของ พาราเรนไคมา (Paraenchyma bands) มีลักษณะคล้ายวงปี

2.5.2.2 เวสเซล (Vassels) เวสเซลมีขนาดปานกลางถึงใหญ่ พอร์เดี่ยวมีน้อยส่วนใหญ่จะเป็นพอร์แฝด มีทั้งแฝด 2-4 เซลล์ หรือบางครั้งอาจมีแฝด 5- 8 เซลล์ พอร์จะอยู่เป็นกลุ่ม แต่มีการเรียงตัวที่ไม่แน่นอน เปอโพเรชั่น เป็นแบบรูเดี่ยวทายโลซิสมีมาก

2.5.2.3 พาเรงคิมา (Parenchyma) การเรียงตัวของพาเรงคิมา ส่วนมากจะเป็นแบบไม่ติดกับพอร์ เรียงตัวเป็นแถวเซลล์เดียวหรือ สองเซลล์ติดต่อกันอย่างชัดเจน พาเรงคิมา แบบเรียงตัวติดกับพอร์จะพบบ้างตามขอบของเวสเซล

2.5.2.4 รัศมี (Rays) เป็นเซลล์แถวเดี่ยวสูงน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร เซลล์ที่เป็นองค์ประกอบจะเป็นเซลล์จตุรัสเหมือนเซลล์ทั้งหมด

Copyright© by Mahidol University

2.5.2.5 ไฟเบอร์ (Fribres) มีความยาว 1.10-1.78 มม. กว้าง 26-30 ไมโครเมตร และมีผนังหนา 5.1-7.0 ไมโครเมตร

2.5.3 ลักษณะทั่วไปของเนื้อไม้

2.5.3.1 สี กระพี้และแก่นไม้จะมีสีไม่แตกต่างกัน มีสีครีมถึงสีอมชมพู เมื่อผึ่งหรือสีให้แห้งจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลอ่อน

2.5.3.2 น้ำหนัก เนื้อไม้มีน้ำหนักเบาถึงขนาดปานกลาง ที่ความชื้นร้อยละ 15 มี ความหนาแน่น 560- 640 กก./ ลูกบาศก์เมตร (35-40 ปอนด์ / ลูกบาศก์ฟุต)

2.5.3.3 เนื้อไม้ เสี้ยน และลายไม้ เนื้อไม้ค่อนข้างหยาบถึงหยาบมาก เสี้ยนตรงถึงเสี้ยนสั้นเล็กน้อย ทางด้านตัดรัศมีมีลายขึ้นลงของแถบพาเรงคิมาที่มีสีอ่อนกว่าเซลล์พื้น

2.5.4 สมบัติทางเคมี

ไม้ยางพาราที่มีแก่นไม้จะมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ มีลิกนินประมาณ ร้อยละ 22 –29 เพนโตแซน ร้อยละ 20 มีโฮโลเซลลูโลส มากถึง ร้อยละ 70 และมี อัลฟ่า- เซลลูโลส ประมาณ ร้อยละ 40 ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีแป้งและน้ำตาลมากกว่าไม้ชนิดอื่น (Hong , 1985)

2.5.5 กลสมบัติ

ไม้ยางพาราเป็นไม้เนื้อแข็งปานกลาง ไม้ที่มีความชื้น ร้อยละ 12 มีความถ่วงจำเพาะ 0.7 มีความแข็งแรงทางการดัด 973 ก.ก./ ตารางเซนติเมตร ความแข็งแรงทางการบีบขนานเสี้ยน 478 ก.ก./ ตารางเซนติเมตร ความแข็งแรงทางการเฉือน 0.038 ก.ก./ตารางเซนติเมตร ความเร็วตัด 100- 200 เมตร /นาที ความแข็งแรงของไม้ยางพาราพอเทียบเคียงกับไม้มะม่วง สยาเหลือง และไม้รามิน (ณรงค์ เพ็งปรีชา, 2530 ; Hong ,1985)

2.5.6 ความทนทานตามธรรมชาติ

ไม้ยางพารา เป็นไม้ที่มีอายุ ความทนทานตามธรรมชาติต่ำ จากการทดลองของธีระ วีณิน และคณะ (2533) หาอายุ ความทนทานตามธรรมชาติของไม้ยางพาราแบบไม้เหลี่ยมเล็กตามวิธีการทดสอบแบบปักดิน (Graveyard test) ผลปรากฏว่า ไม้ยางพารามีอายุความทนทานตามธรรมชาติ เฉลี่ย 1.9 ปี (พิสัย 0.5-3.8 ปี)

Copyright by Mahidol University

2.5.7 ความยากง่ายในการอาบน้ำยาของไม้ยางพารา

ไม้ยางพารา เป็นไม้ที่อาบน้ำยาได้ง่าย พจน์ อรุณวงศ์ และคณะ (2519) ได้ทำการทดลองหาความยากง่ายในการอาบน้ำยาของไม้ยางพารา ผลปรากฏว่าไม้ยางพารามีความยากง่ายในการอาบน้ำยาในชั้นที่ 1 คือ อาบน้ำยาได้ง่ายมาก โดยไม่ต้องใช้กำลังอัดแต่อย่างใด น้ำยาก็สามารถซึมเข้าไปในไม้ได้โดยทั่วถึงทุกส่วน

2.5.8 ศัตรูทำลายไม้ยางพารา

ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีปริมาณแป้งอยู่ในเนื้อไม้มากเมื่อเทียบกับไม้ชนิดอื่น ๆ จากผลการวิเคราะของกองวิจัยผลผลิตป่าไม้ พบว่า ปริมาณแป้งที่มีอยู่ในไม้ยางพารานั้นมีสูงถึง ร้อยละ 5.08 ในขณะที่ไม้ชนิดอื่นมีปริมาณแป้งโดยเฉลี่ยไม่เกิน ร้อยละ 1 (จารุณี วงค์ข้าหลวง ,2531) การที่ไม้ยางพารามีแป้งอยู่ในเนื้อไม้มากเช่นนี้จึงถูกเข้าทำลายจากศัตรูทำลายไม้ ได้ง่าย และรวดเร็ว ศัตรูทำลายไม้ที่พบบ่อยและทำความเสียหายให้กับไม้ยางพาราได้อย่างรุนแรง มีดังนี้ คือ

2.5.8.1 เชื้อราที่ทำให้เกิดรอยด่าง (Stain fungi) เป็นเชื้อราที่ทำให้เกิดสีตามผิวหรือภายในเนื้อไม้ ไม่ทำให้ความแข็งของเนื้อไม้เสียไป เพราะเชื้อราไม่ได้เข้าทำลายผนังเซลล์ของเนื้อไม้ สีที่เกิดขึ้นทั้งที่ผิวและภายเนื้อไม้เป็นสีที่เกิดจาก เส้นใยของเชื้อราซึ่งเจริญเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างเซลล์ของเนื้อไม้ (จารุณี วงค์ข้าหลวง , 2531) Nicholas (1973) กล่าวว่า เส้นใยของเชื้อราชนิดนี้จะเจริญไปตามความยาวของรัศมีเนื้อไม้ หรือตามแนวขวางของเนื้อไม้ รอยด่างที่พบมักมีสีน้ำเงินดำ หรือ เทา (Blue stain) สำหรับในประเทศไทยเชื้อราที่เป็นสาเหตุทำให้ไม้ยางพาราเกิดรอยด่าง ได้แก่ *Botryodiplodia theobrone* Pat . (สุรางค์ ตั้งสมบูรณ์ผล , 2526)

2.5.8.2 ราที่ผิวไม้ (Surface mold) เป็นเชื้อราที่ทำให้เกิดสีเฉพาะที่ผิวไม้ในระดับตื้น ๆ ซึ่งเกิดจากสปอร์ของเชื้อรา และสามารถใช้แปรงปัด หรือใช้กบไสออกได้ มีความสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี (Nicholas 1973)

2.5.8.3 มอด คือ แมลงที่เข้าเจาะทำลายเนื้อไม้ ทำให้เนื้อไม้เป็นรูพรุนอยู่ภายในรูทางออกของตัวแก่ แมลงจำพวกนี้ที่พบบนผิวไม้ทำให้ความสวยงามของผิวไม้ภายนอกเสียไป มอดที่สำคัญ ที่ทำความเสียหายให้เกิดกับยางไม้ทั้งก่อนการใช้ประโยชน์ และหลังการใช้ประโยชน์จากการนำมาแปรรูปประกอบเป็น เครื่องเรือน เครื่องใช้ ได้แก่ มอดขี้ขุย (Powder –post beetles) ซึ่งเข้าไปทำลายไม้ได้อย่างรุนแรงจนเนื้อไม้ที่ถูกทำลายเป็นผงคล้ายแป้ง

Copyright by Mahidol University

2.5.9 อุตสาหกรรมการแปรรูปของไม้ยางพารา

ไม้ยางพาราเป็นไม้เนื้ออ่อน ที่นิยมนำไปทำเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนประเภทเฟอร์นิเจอร์เป็นส่วนใหญ่ จากรายงานของนิตยสารสำหรับผู้ส่งออกและผู้บริหาร ฉบับที่ 280 เดือน เมษายน 2542 (กรมส่งเสริมการส่งออก , 2542) พบว่า ผู้ผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้มีจำนวนทั้งสิ้น 1,720 รายหรือคิดเป็นร้อยละ 70 ของผู้ผลิตทั้งหมด ผู้ผลิตเฟอร์นิเจอร์โลหะมี 490 ราย คิดเป็นร้อยละ 20 ของผู้ผลิตทั้งหมด นอกนั้นเป็นผู้ผลิตเฟอร์นิเจอร์อื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 10 ของผู้ผลิตทั้งหมด และเฟอร์นิเจอร์ไม้ส่วนใหญ่ทำมาจากไม้ยางพารา ประมาณร้อยละ 65 ของเฟอร์นิเจอร์ไม้ทั้งหมด จากการส่งออกเฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วนของไทย ในปี พ.ศ. 2539 , 2540 และ 2541 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การส่งออกเฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วนของไทย ในปี พ.ศ. 2539 ,2540 และ 2541

ประเภท	พ.ศ. 2539 (ล้านบาท)	พ.ศ. 2540 (ล้านบาท)	พ.ศ. 2541 (ล้านบาท)	สัดส่วน (ร้อยละ)			อัตราการขยายตัว (ร้อยละ)		
				2539	2540	2541	39/38	40/39	41/40
1.เฟอร์นิเจอร์ไม้	12,256.6	14,393.0	17,770.6	65.0	64.9	68.4	1.2	17.4	23.5
2.เฟอร์นิเจอร์โลหะ	2,462.9	2,834.9	2,987.1	13.1	12.8	11.5	13.6	15.1	5.4
3.ที่นอนหมอนฟูก	1,446.9	1,192.2	1,312.9	7.7	5.4	5.1	7.6	-17.6	10.1
4.เฟอร์นิเจอร์อื่น ๆ	533.4	824.0	1,823.0	2.8	3.7	7.0	-7.2	54.5	21.3
5.ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์	2,152.0	2,936.2	2,079.6	11.4	13.2	8.0	-15.0	36.4	0.8
รวม	**18,851.7**	**22,180.4**	**25,973.2**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**0.7**	**17.7**	**07.1**

ที่มา : กรมส่งเสริมการส่งออก (2542)

2.5.9.1 ปัญหาและอุปสรรค ด้านการผลิต มีดังนี้

1) กฎระเบียบต่าง ๆ ของรัฐที่เกี่ยวกับการผลิตมีลักษณะควบคุมมากกว่าสร้างเสริมให้อุตสาหกรรมนี้มีความคล่องตัวในการผลิต เช่น กฎระเบียบการนำเข้าเลื่อยโซ่ เลื่อยยนต์ของกระทรวงพาณิชย์ พ.ร.บ. ป่าไม้ พ.ศ. 2484

2) ผู้ประกอบการขาดสภาพคล่องทางด้านการเงินเพื่อนำมาใช้หมุนเวียนในการผลิต เนื่องจากสถาบันการเงินยังไม่ปล่อยสินเชื่อ และอัตราดอกเบี้ยยังคงสูงอยู่

3) ขาดแคลนวัตถุดิบ โดยเฉพาะไม้เนื้อแข็ง และไม้บางชนิด วัตถุดิบที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น พลาสติก เครื่องจักร อุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งเสียภาษีนำเข้าในอัตราสูงถึงร้อยละ 20 จึงทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง ไม่สามารถแข่งขันในตลาดต่างประเทศได้

Copyright by Mahidol University

4) การคืนภาษีของรัฐทำได้ล่าช้ามาก โดยเฉพาะการคืนภาษีตามมาตรา 19 ทวิ และภาษีมูลค่าเพิ่ม ซึ่งน่าจะต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วนเนื่องจากมีผลกระทบต่อเงินทุนหมุนเวียนในการผลิตโดยตรง

2.5.9.2 ปัญหาอุปสรรคด้านการตลาด

1) ผู้ซื้อรายสำคัญของไทยโดยเฉพาะ ญี่ปุ่นประสพปัญหาวิกฤตการณ์ด้านเศรษฐกิจและการเงิน ทำให้ชะลอการนำเข้า

2) การแข่งขันการตลาดเฟอร์นิเจอร์ในต่างประเทศมีความรุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะด้านราคา ต้นทุนการผลิตไทยสูงกว่าคู่แข่งขัน อีกทั้งรูปแบบผลิตภัณฑ์ของประเทศคู่แข่งขันมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว เช่น มาเลเซีย และจีน เป็นต้น นอกจากนี้ไทยยังต้องเผชิญคู่แข่งขันรายใหม่ โดยเฉพาะเวียดนาม กำลังเข้ามามีบทบาทในตลาดมากขึ้น

3) สถานการณ์ด้านเศรษฐกิจและการค้าโลกที่ตกต่ำ ทำให้ผู้นำเข้าต้องปรับเปลี่ยนกลยุทธ์การสั่งซื้อโดยไม่สั่งซื้อสินค้าเพื่อมาเก็บไว้ในสต็อกมากเหมือนเดิม เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี สหรัฐอเมริกา ดังนั้นผู้ผลิตและผู้ส่งออกไทยต้องมีการปรับกลยุทธ์การตลาดและการส่งมอบสินค้าตามกำหนดเวลาให้ทัน

4) ปัจจุบันการกีดกันทางการค้าในรูปแบบใหม่ ๆ เกิดขึ้นมากโดยเฉพาะการนำขออ้างเรื่องการรักษาสภาพแวดล้อม จากการตัดไม้ทำลายป่า โดยเฉพาะในแถบประเทศยุโรป เช่น เนเธอร์แลนด์ ต้องแสดงแหล่งที่มาของไม้ ซึ่งไม่ทำลายป่าธรรมชาติ รวมทั้งการควบคุมคุณภาพตามมาตราฐาน ISO 14000 มาใช้ บังคับทำให้การส่งออกของไทยเกิดปัญหาและอุปสรรคมากขึ้นในตลาดยุโรป

5) ผู้ผลิตและผู้ส่งออกของไทยยังขาดศูนย์แสดงสินค้านานาชาติ ทำให้การประชาสัมพันธ์สินค้าไทยยังไม่เป็นที่รู้จักกันดีของผู้ซื้อในต่างประเทศ

6) ผู้ผลิตและผู้ส่งออกของไทย ยังขาดข้อมูลข่าวสารการตลาดและวิธีการเจาะตลาดโดยเฉพาะตลาดใหม่ ๆ

2.6 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับเครื่องบดย่อย

จิตติ สานประเสริฐ และคณะ (2527) ได้ศึกษาออกแบบเครื่องบดมะเขือเทศ เพื่อใช้ในการบดของโรงงานอาหารสำเร็จรูป หลักการทำงานของเครื่องโดย มะเขือเทศจะถูกป้อนเข้า

Copyright by Mahidol University

ทางกรวยด้านบนและไหลลงสู่ใบมีดที่มีตะแกรงล้อมรอบอยู่ ความเร็วของมีดที่สูงจะทำให้บดและสับมะเขือเทศให้ละเอียด ผ่านตะแกรงออกสู่ถังรองรับด้านล่าง กำลังมอเตอร์ที่ใช้ 5.5 แรงม้า ความเร็วรอบใบมีดเท่ากับ 3688 รอบ / นาที อัตราการผลิต 3 ตัน /ชั่วโมง และต่อมาได้พัฒนาใบตีให้มีมุมเอียง ระยะห่างระหว่างใบตีแต่ละใบให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

ดำรงค์ โพธิ์ และ บำรุง ศรีสุพรวิชัย (2530) ได้ศึกษาเครื่องบดย่อยส่วนที่เหลือของมันสำปะหลัง โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้เศษที่เหลือของต้นมันสำปะหลัง เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงแข็ง โดยทำการย่อยให้ละเอียดลงก่อน จึงจะทำการอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ จุดมุ่งหมายเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ใช้งานง่ายและประหยัดค่าใช้จ่าย เนื่องจากลำต้นของมันสำปะหลังมีขนาดใหญ่จึงต้องทำการย่อยถึงสองครั้งก่อนเข้าเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง ในครั้งแรกจะย่อยหยาบก่อนมีขนาด 3-5 เซนติเมตร โดยการใส่ต้นมันสำปะหลังเข้าเครื่องบดที่มีมีด 4 ใบติดอยู่บนจานหมุน ด้วยความเร็วรอบ 480 รอบ / นาที ใบมีดจะตัดต้นมันสำปะหลังขาดเป็นท่อน หล่นเข้าสู่เครื่องบดละเอียดที่มีชุดใบมีด 7 ใบ และมีเพลาอยู่ 3 ชุด ด้วยความเร็วรอบ 725 รอบ / นาที และมีตะแกรงขนาด 0.5 เซนติเมตร เป็นตัวคัดขนาด ถ้าชิ้นใดมีขนาดใหญ่กว่าก็จะถูกเหวี่ยงไปบดอีกครั้ง ทั้ง 2 เครื่องใช้มอเตอร์เดียวกันขนาด 7.5 แรงม้า สามารถผลิตได้ ในอัตรา 30 กิโลกรัม / ชั่วโมง ต้นมันสำปะหลังความชื้น 50 % ค่าไฟฟ้าที่ใช้ 0.45 บาทต่อ 5 กิโลกรัม

ประณต กุลประสูตร (2539) ได้ทำการศึกษาวิจัย การศึกษาสมรรถนของอุปกรณ์ลดขนาดบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ใช้แล้ว โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสมรรถนะในการทำงานและวิเคราะห์ด้านการเงินการลงทุน ของอุปกรณ์ลดขนาดบรรจุภัณฑ์พลาสติกใช้แล้ว ที่ผลิตขึ้นภายในประเทศรวมถึงการศึกษาขนาดที่เหมาะสมต่อการใช้งานของเศษพลาสติกที่ย่อย และความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าระหว่างการทำงาน ในการศึกษาได้เลือกเฉพาะอุปกรณ์ ฯ ขนาด 10 แรงม้า โดยกำหนดความเร็วรอบในการทดลองไว้ 3 ระดับคือ ที่ระดับความเร็ว 450 ,550 และ 600 รอบ / นาที บรรจุภัณฑ์ที่นำมาใช้ทดลองได้แก่ บรรจุภัณฑ์ใช้แล้วประเภทขวด น้ำดื่ม และกระป๋องบรรจุน้ำมันหล่อลื่น ที่ทำจากพลาสติกประเภท พี.อี. ผลการศึกษาพบว่า อุปกรณ์ จะมีสมรรถนะในการทำงานสูงขึ้น ถ้าความเร็วรอบในการทำงานสูงขึ้นและเศษพลาสติกที่ย่อยจะมีขนาดที่เหมาะสมต่อการใช้งานเพิ่มมากขึ้น ถ้าความเร็วรอบในการทำงานลดต่ำลง และในการลงทุนซื้ออุปกรณ์ที่ผลิตภายในประเทศจะคุ้มค่าต่อการลงทุน มากกว่าซื้ออุปกรณ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ

Copyright by Mahidol University

2.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับขี้เลื่อยและการเพาะเห็ด

สุรศักดิ์ บัวแสง และ นิติกูล วัฒนประดิษฐ์ (2540) ได้ศึกษาวิจัย เรื่อง การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของขี้เลื่อยในการเพาะเห็ด (TESTING OF PROPERTIES SAWDUST FOR MUSHROOM PRODUCTION) การศึกษานี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของขี้เลื่อย เน้นความหนาแน่นระหว่างวิธี ภาระสถิตย์ศาสตร์(Statics Compression) และวิธี ภาระอิมแพค (Impact Compression) ของขี้เลื่อยที่จะนำไปเพาะเห็ดโดยเน้นที่ความหนาแน่น วิธีการศึกษาประกอบด้วยการนำเอาขี้เลื่อยมาทำด้วยภาระสถิตย์ศาสตร์ และ ภาระอิมแพค โดยใช้ขี้เลื่อยที่มีความชื้น ร้อยละ 20 ปริมาณขี้เลื่อยน้ำหนัก 0.8 กิโลกรัม ใส่ในท่อพลาสติกใส เส้นผ่าศูนย์กลาง 11.4 เซนติเมตร ภาระสถิตย์ศาสตร์ได้จากการใช้ก้อนน้ำหนักมาตรฐาน 10 กิโลกรัม วางกดลงที่ผิวขี้เลื่อย ภาระอิมแพค ได้จากการปล่อยก้อนน้ำหนักมาตรฐาน 10 กิโลกรัม กระทำต่อขี้เลื่อยจากความสูง 0.5 เมตร ทำการทดลองซ้ำ 20 ครั้ง ผลการทดลองปรากฏว่า ภาระสถิตย์ศาสตร์ อัดขี้เลื่อยให้มีความหนาแน่นเฉลี่ย 519.3 กิโลกรัม / ลูกบาศก์เมตร ค่า CV = 9.5 % ภาระอิมแพคอัดขี้เลื่อยให้มีความหนาแน่นเฉลี่ย 641.9 กิโลกรัม / ลูกบาศก์เมตร ค่า CV = 16.17 %

สุชาดา จิตรภิรมย์ศรี (2539) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การใช้ประโยชน์ขี้เลื่อยเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดสำหรับเป็นวัสดุปลูกไม้กระถาง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ด มาใช้ในรูปวัสดุปลูกไม้กระถาง โดยศึกษาทางกายภาพและทางเคมี การเจริญเติบโตของพืชทดลองคือ ประทัดฟิลิปปินส์ *(Hamelia patens)* เปรียบเทียบวัสดุปลูกผสมที่มีขายในท้องตลาดและศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ดมาใช้เป็นวัสดุปลูกไม้กระถาง ผลการศึกษาพบว่าขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ดมีคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุปลูก ไม่แตกต่างจากวัสดุปลูกผสมมากนัก และเมื่อนำขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ดมาหมักก่อนจะทำให้ธาตุอาหารเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเมื่อนำไปปลูกประทัดฟิลิปปินส์ ขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ดมาหมักก่อนจะให้การเจริญเติบโตดีกว่า วัสดุผสมที่ระดับปุ๋ยแอมโมเนียซัลเฟตความเข้มข้นเท่ากัน และจะให้ผลเท่ากันเมื่อระดับปุ๋ยแอมโมเนียซัลเฟตมีความเข้มข้นต่ำกว่าวัสดุผสม จากการศึกษารายได้ที่เพิ่มขึ้นพบว่าเกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น 5,148.65 บาทต่อการผลิตไม้กระถางจากก้อนเชื้อเห็ดจำนวน 1,000 ก้อน หรือคิดเป็นร้อยละ 99.20 ของรายได้จากการผลิตเห็ด

ชฎาภรณ์ เลิศประเสริฐ (2532) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเพาะเห็ดหอม (Lentinus edodes Sing.) ในขี้เลื่อยของไม้ต่างชนิดกันในถุงพลาสติก โดยศึกษาจากการเพาะเห็ดหอมในถุง

Copyright by Mahidol University

พลาสติกจากขี้เลื่อยไม้ 7 ชนิด ได้แก่ ยูคาลิป กระถินยักษ์ ไมยราบยักษ์ ยางพารา ยางนา กระถินเทพา และก่อเดือย วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญของเส้นใย และผลผลิตของดอกเห็ดในแง่ของน้ำหนักดอกเห็ดสด น้ำหนักดอกเห็ดแห้ง และจำนวนดอกเห็ดที่เก็บได้ ผลการศึกษาพบว่า อัตราการเจริญของเส้นใย น้ำหนักดอกเห็ดสด และน้ำหนักดอกเห็ดแห้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างจำนวนดอกเห็ดที่เก็บได้ ที่เกิดจากการเพาะในขี้เลื่อยของไม้แต่ละชนิด การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้กับน้ำหนักดอกแห้ง พบว่าปริมาณของสารที่ละลายใน 1% โซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณลิกนิน ปริมาณสารที่ละลายในแอลกอฮอล์ – เบนซีน และปริมาณของแอลฟา-เซลลูโลส เป็นตัวแปรที่สัมพันธ์กับน้ำหนักดอกเห็ดแห้ง ส่วนการหาสมการทำนายดอกเห็ดแห้ง พบว่า สมการที่ได้ไม่สามารถทำนายผลผลิตในแง่ของน้ำหนักแห้ง ขี้เลื่อยที่ให้ผลผลิตดีในด้านน้ำหนักดอกเห็ดสดและแห้ง พบว่าขี้เลื่อยจากไม้ไมยราบยักษ์ ดีที่สุดรองลงมาเป็นขี้เลื่อยจากไม้กระถินยักษ์และยางพารา ตามลำดับ ส่วนการประมาณต้นทุนการผลิตประมาณ 12.35 บาทต่อถุง

วรลักษณ์ พฤติภิญโญ (2533) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การใช้มันสำปะหลังเส้นเป็นอาหารเสริมสำหรับการเพาะเห็ดนางรม นางฟ้า และเป๋าฮื้อ โดยทดลองในถุงพลาสติกทนร้อนบรรจุวัสดุปลูกที่มีขี้เลื่อยเป็นหลักผสมด้วยมันสำปะหลังเส้นบดละเอียด ใน 3 อัตราส่วนโดยน้ำาหนัก คือ ขี้เลื่อย : มันสำปะหลัง : น้ำ = 9:1:9 , 8:2 :9 และ 7:3:9 เปรียบเทียบกับการเพาะวัสดุที่ไม่มีมันสำปะหลังเส้นเป็นอาหารเสริม อีก 3 อัตราส่วนคือ ขี้เลื่อย : รำข้าว : น้ำ = 9.5 : 0.5 : 9 , 9.5 : 0.5 : 9 ผสมดีเกลือ 0.2 % และหินปูน 0.5 % และ ขี้เลื่อย :น้ำ = 10 : 9 ซึ่งก่อนทำการทดลองวัสดุปลูกได้ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปรากฏว่า ผลผลิตเห็ดนางรมที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เห็ดนางฟ้าวัสดุปลูกที่ใช้ ขี้เลื่อย : มันสำปะหลัง : น้ำ = 7:3:9ให้ผลผลิต ดีที่สุด รองลงมาเป็น ขี้เลื่อย : รำข้าว : น้ำ = 9.5 : 0.5 : 9 ผสมดีเกลือ 0.2 % และหินปูน 0.5 % ส่วนเห็ดเป๋าฮื้อ เพาะใน อัตราส่วน รำข้าว : น้ำ = 9.5 : 0.5 : 9 ผสมดีเกลือ 0.2 % และหินปูน 0.5 % ให้ผลผลิตดีที่สุด

Beardsell (1979) ได้ทดลองหาความหนาแน่นรวม ของวัสดุปลูก 4 ชนิด คือ ทรายหยาบ (Croase sand) ขี้เลื่อย (Sawdust) เปลือกสน (Pine bark) และพีทมอส (Peat moss) มีค่าเท่ากับ 1.56 , 0.16 ,0.2 และ 0.09 กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งจากความหนาแน่นรวมนี้สามารถนำไปหาค่า Total porosity ของวัสดุปลูกได้อย่างถูกต้อง เพราะทั้ง 2 ค่านี้จะแปรผกผันกัน ดังนั้นค่า Total porosity ของ ทรายหยาบ (Croase sand) ขี้เลื่อย (Sawdust)

Copyright by Mahidol University

เปลือกสน (Pine bark) และพีทมอส (Peat moss) มีค่าเท่ากับ 40.7 , 85.7 , 87.6 และ 95.5 จากตัวเลขดังกล่าว ขี้เลื่อยมี ความหนาแน่นรวม 0.6 กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร และมี Total porosity เท่ากับ 85.7

Copyright by Mahidol University

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

การออกแบบและทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ในรายละเอียดโดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 แนวคิดและหลักเกณฑ์การพิจารณาการออกแบบ

การออกแบบสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้นี้ พิจารณาจากข้อดีและเสียของเครื่องย่อยลักษณะต่าง ๆ มาประกอบกันเพื่อออกแบบเครื่องย่อยชิ้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของเกษตรกร ในการออกแบบสร้างเครื่องจะคำนึงถึงเกษตรกรผู้เพาะเห็ดเป็นเกณฑ์ ทั้งนี้เพราะเกษตรกรเป็นผู้ใช้เทคโนโลยีนี้ ดังนั้นหลักเกณฑ์ที่ต้องพิจารณาในการออกแบบสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ สามารถแยกออกเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1) เทคโนโลยี คุณลักษณะที่สำคัญของเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ ต้อง ประหยัด ให้ประโยชน์มาก ง่ายต่อการเข้าใจและรับรู้โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อจะให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพต้องง่ายต่อการปฏิบัติ เทคโนโลยีต้องสอดคล้องกับศักยภาพของผู้ใช้ คือ ความรู้ ประสบการณ์ กำลังทางเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้ใช้

2) การใช้งานและบำรุงรักษา เกษตรกรผู้ใช้สามารถเรียนรู้เกี่ยวกับเครื่องได้ สามารถเข้าใจการทำงานของระบบเองได้ รวมทั้งสามารถทำการตรวจซ่อมบำรุงรักษาได้เอง

3) วัสดุอุปกรณ์ ต้องหาได้ในท้องถิ่นสามารถนำมาทดแทนหรือเปลี่ยนแปลงได้เมื่อเกิดการชำรุด เสียหาย

4) ความปลอดภัย เครื่องต้องมีความปลอดภัยในการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการทำงาน เช่นความปลอดภัยของระบบกลไกต่าง ๆ และความปลอดภัยของระบบไฟฟ้า เป็นต้น

5) พลังงานที่ใช้ ต้องมีอยู่ในพื้นที่ ที่จะนำมาใช้เพื่อให้เครื่องทำงาน

6) ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย เครื่องต้องมีขนาดที่เหมาะสมสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

7) ราคา ต้องมีความเหมาะสมไม่แพงเกินไป เกษตรกรสามารถลงทุนเองได้

3.1.1 การออกแบบ

แนวความคิดในการออกแบบเครื่องย่อยชิ้นไม้โดยจะออกแบบเครื่องโดยให้ใช้ได้กับพลังงานไฟฟ้า การออกแบบสามารถแยกเป็นส่วน ๆ (รูปที่ 2) ได้ดังนี้

1) อุปกรณ์ไฟฟ้า ได้แก่ สวิทซ์ เบคเกอร์ ปลั๊กสายไฟฟ้า

2) เครื่องกลไฟฟ้า ได้แก่ มอเตอร์กระแสสลับ

Copyright by Mahidol University

3) เครื่องจักรกล ได้แก่ เพลา พูเล่ย์ สายพาน แบริ่ง เป็นต้น

4) ชุดย่อยชิ้นไม้ ได้แก่ ชุดประกอบใบมีด

5) ตัวโครงสร้างเครื่อง ใช้วัสดุเป็นเหล็กรูปพรรณ และเหล็กแผ่นเรียบ

3.1.2 โครงสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้

มีส่วนประกอบ (รูป 5) ดังนี้

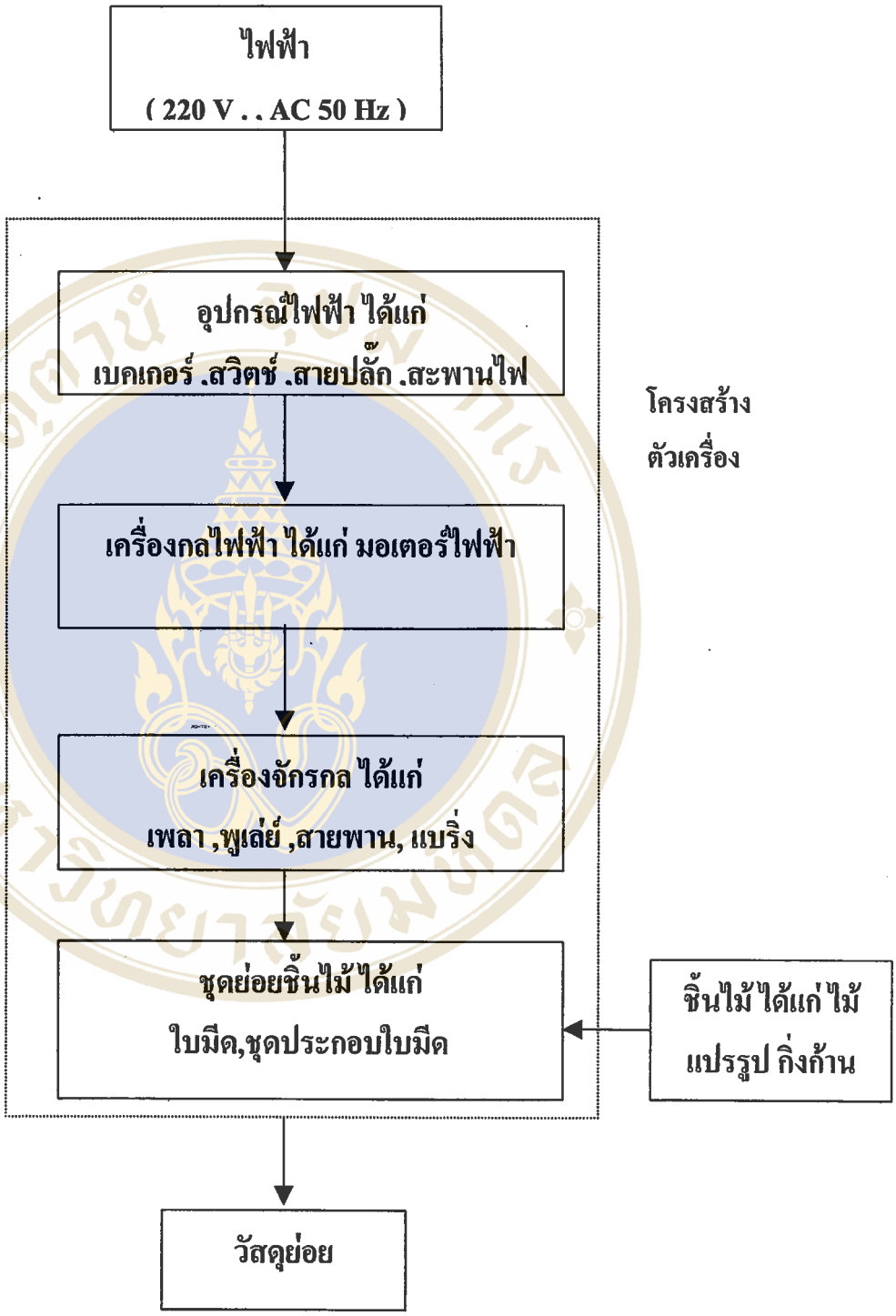
1) ระบบต้นกำลัง ได้จากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที เป็นตัวขับเคลื่อนส่วนต่าง ๆ ของเครื่องย่อยชิ้นไม้

2) ระบบส่งกำลัง ประกอบด้วย พูเล่ย์ สายพาน ลิ่ม และเพลา (รูปที่ 3)

3) ระบบตัดเฉือนและระบบย่อย โดยระบบตัดเฉือน เป็นชุดใบมีดทำหน้าที่ตัดเฉือนชิ้นไม้ให้มีขนาดเล็กลง ส่วนระบบย่อยมีลักษณะคล้ายฆ้อน (Hammers mill) ทำหน้าที่ตีชิ้นไม้ที่ได้จากระบบตัดเฉือน เพื่อให้ชิ้นไม้มีขนาดตามต้องการ ซึ่งระบบทั้งสองยึดติดอยู่บนเพลาเดียวกันและทำงานพร้อมกัน (รูปที่ 4)

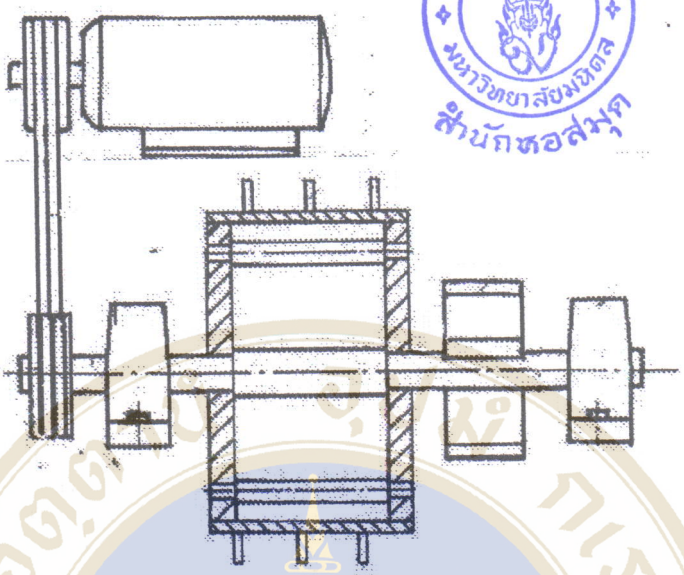
4) ระบบป้อนวัสดุ เป็นการป้อนด้วยมือ

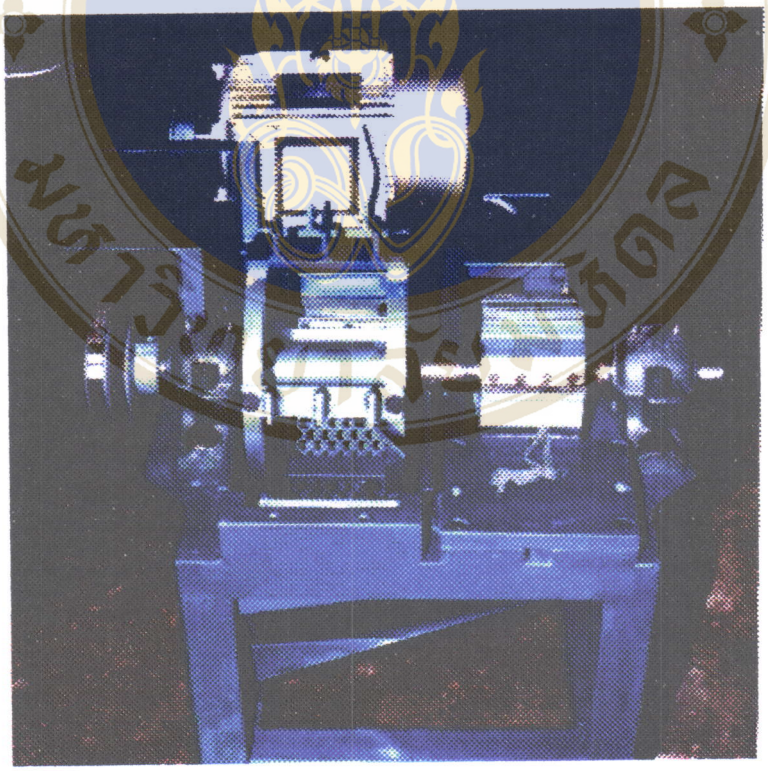
Copyright by Mahidol University



รูปที่ 2 การออกแบบส่วนต่าง ๆ ของเครื่องย่อยชิ้นไม้

Copyright by Mahidol University

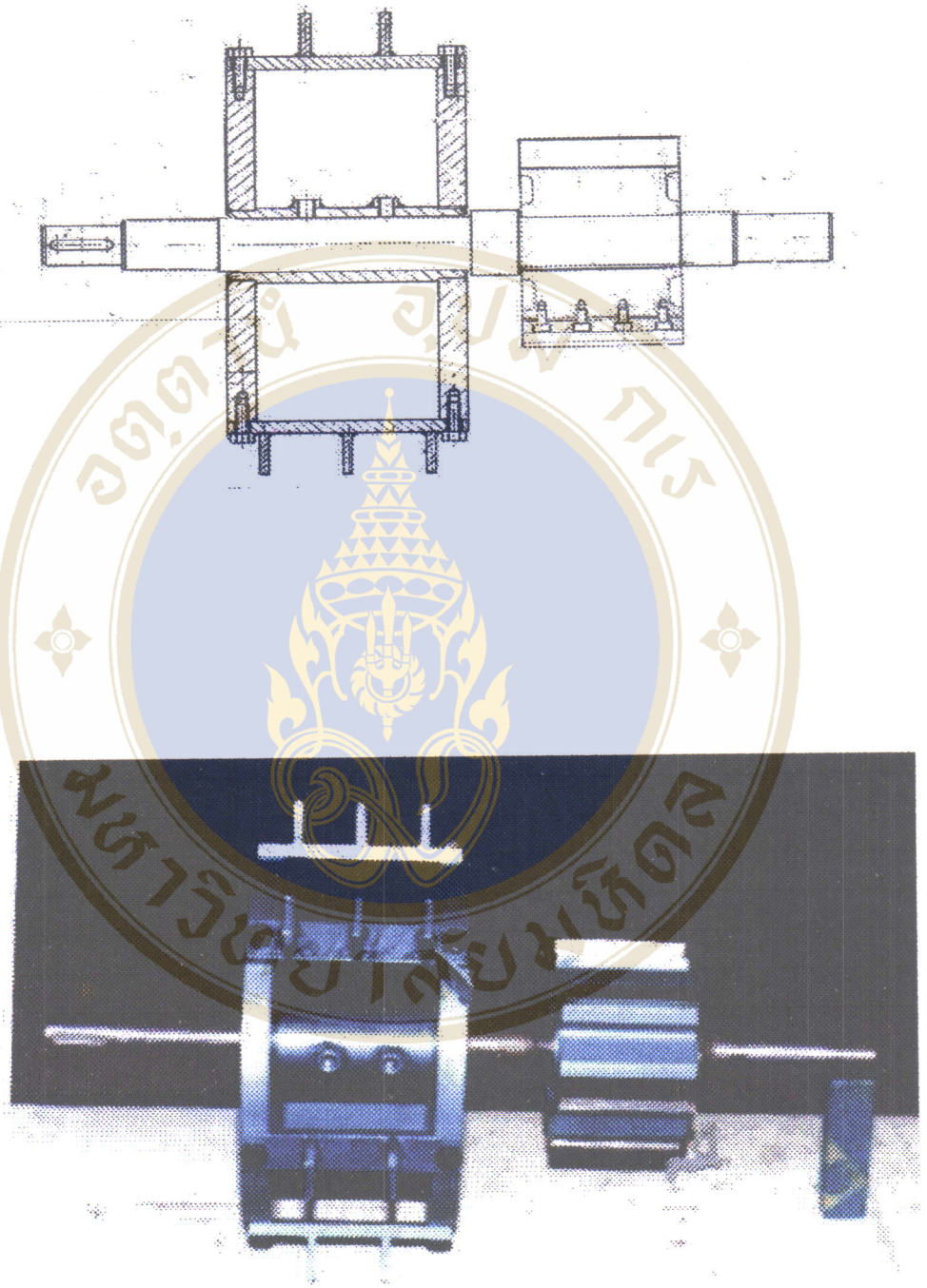




รูปที่ 3 ระบบส่งกำลัง

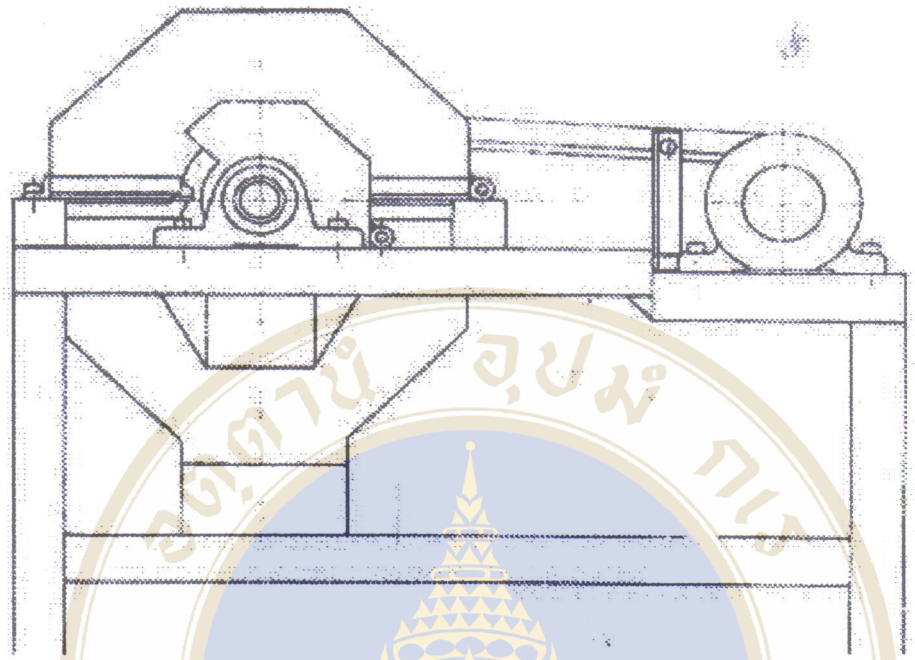
Copyright by Mahidol University

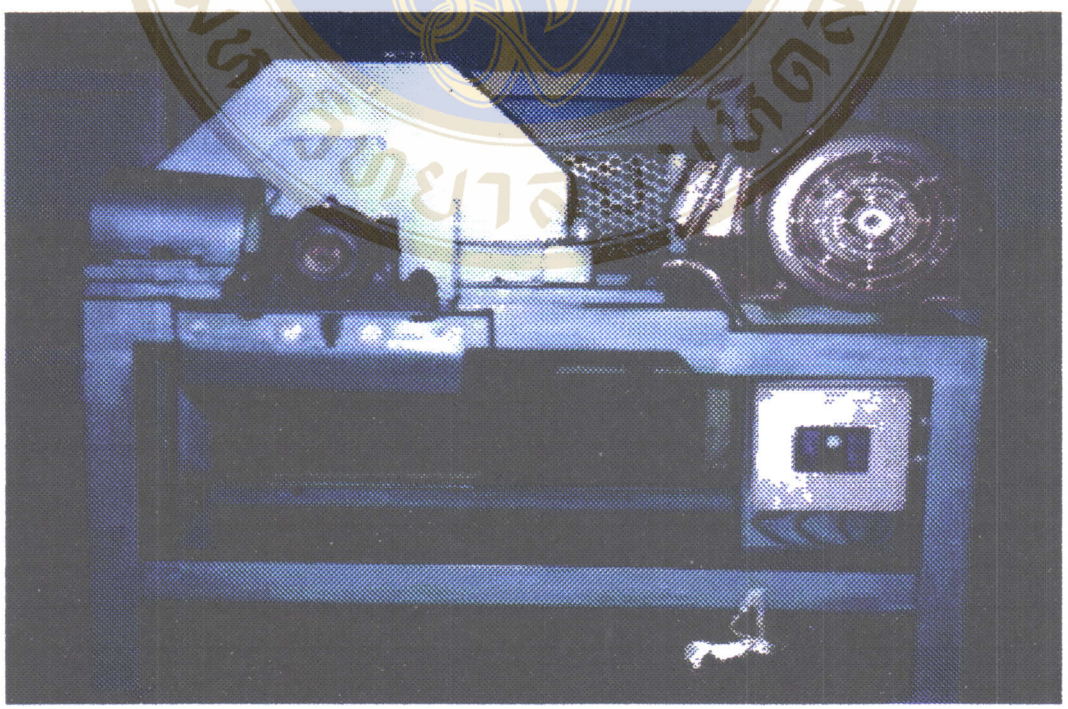
I 1304175



Copyright by Mahidol University

รูปที่ 4 ระบบตัดเฉือนและระบบย่อย





Copyright by Mahidol University

รูปที่ 5 ส่วนประกอบและโครงสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้

3.2 การทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้

โดยการย่อยชิ้นไม้ที่มีลักษณะและคุณสมบัติดังนี้

3.2.1 ทดสอบกับชนิดปีกไม้ที่เหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ทั่วไป โดยการนำปีกไม้ที่เหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ ที่มีความกว้างไม่เกิน 50 มิลลิเมตร หนาไม่เกิน 30 มิลลิเมตร ยาวไม่เกิน 2 เมตร นำมาป้อนเข้าเครื่องย่อยชิ้นไม้ จากนั้นวัดขนาดของวัสดุย่อยที่ได้

3.2.2 ทดสอบกับไม้ยางพารา โดยการนำไม้ยางพาราที่มีลักษณะเป็นท่อนไม้และปีกไม้ โดยท่อนไม้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และปีกไม้มีความกว้างไม่เกิน 50 มิลลิเมตร หนาไม่เกิน 30 มิลลิเมตร ยาวไม่เกิน 2 เมตร นำมาป้อนเข้าเครื่องย่อยชิ้นไม้ จากนั้นวัดขนาดของวัสดุย่อยที่ได้

3.2.3 ทดสอบกับไม้ชนิดอื่น ๆ โดยนำกิ่งก้านไม้ชนิดอื่น ๆ ที่ได้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 50 มิลลิเมตร ยาวไม่เกิน 2 เมตร นำมาป้อนเข้าเครื่องย่อยชิ้นไม้ จากนั้นวัดขนาดของวัสดุย่อยที่ได้

3.3 การเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากการใช้วัสดุย่อยและขี้เลื่อยเป็นวัสดุในการเพาะเห็ด

นำวัสดุย่อยที่ได้จากการย่อยชิ้นไม้ยางพาราไปให้เกษตรกร เพื่อใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด จำนวน 30 ถุง โดยเปรียบเทียบกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่เกษตรกรใช้เพาะอยู่จำนวน 30 ถุง เก็บผลผลิตใน 4 วันแรกหลังจากเห็ดออกดอกโดยนับวันแรกของการออกดอกเป็นวันที่ 1 ชั่งน้ำหนักของเห็ดที่ได้แต่ละถุง ตลอด 4 วัน พร้อม จดบันทึก จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ T – test (2 – tailed) ที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$

3.4 ผู้วิจัยศึกษาชนิดของวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ด

3.4.1 ผู้วิจัยทำการสำรวจชนิดของวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดจากฟาร์มเห็ดของเกษตรกรในท้องที่อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี โดยเฉพาะจากท้องที่ตำบลนาวุ้ง ซึ่งเป็นแหล่งเพาะเห็ดนางฟ้าแหล่งใหญ่ แหล่งหนึ่ง

3.4.2 ขั้นตอนการสำรวจผู้วิจัย ทำการศึกษารายละเอียดของแหล่งที่มาของวัสดุเพาะเห็ด

3.4.3 ผู้วิจัยทำการศึกษาค่าใช้จ่ายของเกษตรกรในการเตรียมวัสดุเพาะเห็ด

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงวิศวกรรม

Copyright by Mahidol University

1) ศึกษาน้ำหนักของวัสดุย่อยที่ได้จากการย่อยชิ้นไม้ 30 กิโลกรัมจะได้วัสดุย่อยจำนวนกี่กิโลกรัม เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อไป

2) ศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในการย่อยชิ้นไม้ 30 กิโลกรัม คิดเป็น กิโลวัตต์ / ชั่วโมง เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อไป

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการลงทุนในการสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ หลักเกณฑ์ที่ใช้วัดความเหมาะสมในการลงทุนนี้ใช้ 4 วิธี คือ

1) การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value , NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน คือ ผลรวมของผลตอบแทนสุทธิ ที่ได้ปรับค่าของเวลาเพื่อพิจารณาว่าการลงทุนจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่า หรือมีกำไรต่อส่วนรวมหรือไม่กล่าวคือ หาค่าของ NPV ที่ได้ออกมามีค่ามากกว่า 0 หรือเป็นบวก ก็เป็นการลงทุนที่คุ้มค่า แต่หากว่าค่าของ NPV ที่ได้ออกมามีค่าต่ำกว่า 0 หรือเป็น ลบ แสดงว่าการลงทุนนั้นจะไม่คุ้มค่า เกณฑ์นี้จึงนำมาใช้เพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจ ที่จะยอมรับหรือปฏิเสธ (วันทนีย์ ภูมิภัทราคม , 2538)

สูตรคำนวณค่า PWF (Present Worth Factor) $(P/F, i\%, n) = 1/(1+i)^n$

เมื่อ i = อัตราดอกเบี้ย

n = จำนวนของเวลา (ปี)

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} B_t - C_t / (1+i)^t$$

เมื่อ B_t = ผลตอบแทนในปีที่ t

C_t = ค่าใช้จ่ายในปีที่ t

t = ปีของการลงทุน ที่มีค่า 1 ,2 ……..n

i = อัตราดอกเบี้ย

2) การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนต่อเงินทุน (Benefit –Cost Ratio , B / C Ratio)

การวิเคราะห์ผลประโยชน์การลงทุน เป็นวิธียอมรับการลงทุนเมื่ออัตราส่วนของผลประโยชน์ กับเงินทุน มีค่ามากกว่า 1 ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานของการยอมรับขั้นต่ำ (วันทนีย์ ภูมิภัทราคม , 2538)

สูตรคำนวณ B / C = PV of Benefits / PV of Costs

Copyright by Mahidol University

$$= [\sum_{t=1}^{n} B_t/(1+i)^t] / [\sum_{t=1}^{n} C_t/(1+i)^t]$$

เมื่อ B_t = ผลตอบแทนในปีที่ t

C_t = ค่าใช้จ่ายในปีที่ t

t = ปีของการลงทุน ที่มีค่า 1 ,2 .....n

i = อัตราดอกเบี้ย

3) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period , PBP)

คือ ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มลงทุนไปจนถึงเมื่อรายได้สุทธิมีค่าเท่ากับมูลค่าของการลงทุน โดยไม่คำนึงถึงค่าเงินที่เปลี่ยนไปตามเวลา

สูตรคำนวณ ระยะคืนทุน = ต้นทุนคงที่ / (กำไร / ปี)

สำหรับการคำนวณหาระยะคืนทุนจะต้องคำนึงถึงค่าเงินที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา โดยจะหาได้จากสมการนี้ ระยะคืนทุน = ต้นทุนคงที่ / PV ผลตอบแทนต่อปี (เฉลี่ย) (วันชัย ริจิรวนิช , 2535)

4) อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return ; IRR)

คือ อัตราที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลได้ตลอดโครงการมีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนตลอดโครงการ อัตราดังกล่าวจึงเป็นอัตราที่เพียงพอดีที่จะทำให้การลงทุนนั้น ๆ ทำรายได้ได้คุ้มกับการลงทุนพอดี สูตรในการคำนวณหาค่า IRR เขียนได้ดังนี้ (นราทิพย์ ชุติวงศ์ , 2542)

$$Co = \sum_{t=1}^{n} \frac{R_t}{(1+r)^t}$$

เมื่อ R_t = ผลตอบแทนในปีที่ t

Co = ต้นทุนเริ่มแรกของโครงการ

t = ปีของการลงทุน ที่มีค่า 1 ,2 .....n

r = อัตราส่วนลดที่เพียงพอดีที่จะทอนกระแสรายได้สุทธิในปี ต่างๆ ตลอดโครงการให้มีค่าเท่ากับ Co พอดี

$$IRR = \text{อัตราส่วนลดตัวต่ำ} + \left[\text{ผลต่างของอัตราส่วนลดทั้งสอง} \times \frac{\text{NPV อัตราส่วนลดตัวต่ำ}}{\text{NPV อัตราส่วนลดตัวต่ำ} - \text{NPV อัตราส่วนลดตัวสูง}}\right]$$

Copyright by Mahidol University

เกณฑ์ในการตัดสินใจในการลงทุนเมื่อพิจารณาจากค่า IRRก็คือ การเลือกลงทุนในโครงการที่มีค่า IRR สูงกว่า อัตราต้นทุนของเงินทุน (ในกรณีที่หน่วยธุรกิจกู้เงินมาลงทุน อัตราดังกล่าวก็คืออัตราดอกเบี้ยที่ผู้ให้กู้คิดจากหน่วยธุรกิจ แต่ถ้าธุรกิจใช้เงินของตนเองในการลงทุน อัตราดังกล่าวจะต้องคิดจากค่าเสียโอกาส) และในกรณีที่หน่วยธุรกิจมีเงินที่ใช้ในการลงทุนที่ค่อนข้างมากพอ หน่วยธุรกิจก็ควรเลือกลงทุนในโครงการที่มีค่า IRR สูงสุด ลดหลั่นลงตามลำดับ จนถึงโครงการที่ IRR มีค่าเท่ากับอัตราต้นทุนของเงินลงทุนพอดี เพราะ การลงทุนในโครงการที่ IRR ต่ำกว่าอัตราต้นทุนของเงินทุน จะหมายถึง การได้รับผลได้ไม่คุ้มต้นทุน (นราทิพย์ ชุติวงศ์ , 2542)

การคำนวณค่าเสื่อมราคา แบบ Straight line การคิดค่าเสื่อมแบบนี้เป็นที่นิยมใช้โดยทั่วไป โดยการนำเอามูลค่าทรัพย์สินตั้งแต่เริ่มแรกหักด้วยมูลค่าซากของทรัพย์สิน แล้วหารด้วยอายุใช้งานทรัพย์สินนั้น ๆ เช่น ถ้าเครื่องจักรของโครงการมีอายุการใช้งาน 3 ปี มีมูลค่าเริ่มแรกเท่ากับ 1.3 ล้านบาท และ มีมูลค่าซาก เท่ากับ 100,000 บาท ดังนั้นค่าเสื่อมราคาในแต่ละปีจะเท่ากับ (1,300,000 –100,000) / 3 = 400,000 บาท (นราทิพย์ ชุติวงศ์ , 2542)

Copyright by Mahidol University

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาการออกแบบและทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ดที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

4.1 การออกแบบสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้

การออกแบบสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้นี้ พิจารณาจากข้อดีและเสียของเครื่องย่อยลักษณะต่าง ๆ มาประกอบกันเพื่อออกแบบเครื่องย่อยชิ้นไม้โดยการออกแบบสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้นี้อาศัยเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน สะดวกในการใช้งานและบำรุงรักษา ชิ้นส่วนของเครื่องจักรหาได้ง่าย มีระบบป้องกันอันตรายจากการใช้งาน ใช้กับไฟฟ้า 220 V มีล้อ ทำให้สะดวกในการเคลื่อนย้าย และราคาของเครื่องไม่แพงจนเกินไป สามารถแยกรายละเอียดอุปกรณ์มีดังนี้

ตารางที่ 2 รายละเอียดอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องย่อยชิ้นไม้

ลำดับ	รายการ	จำนวน
1	มอเตอร์ไฟฟ้า AC 220 V 50 Hz 5 แรงม้า 1,440 รอบต่อนาที	1 ตัว
2	พูเล่ย์ ขับ ร่องBคู่ เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว	1 ตัว
3	พูเล่ย์ ตาม ร่องBคู่ เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว	1 ตัว
4	เพลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตรยาว 60 เซนติเมตร	1 ตัว
5	สายพาน ร่อง B ยาว 54 นิ้ว	2 เส้น
6	ชุดตีย่อย	1 ชุด
7	ชุดตัด	1 ชุด
8	ตะแกรงเหล็กชุดตัด ขนาดรูตะแกรงมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร	1 อัน
9	ตะแกรงเหล็กชุดตีย่อยขนาดรูตะแกรงมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร	1 อัน
10	ตุ๊กตารองเพลา เส้นผ่าศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร	2 ตัว
11	รางรองรับเศษวัสดุย่อย	1 อัน
12	น็อตและสกรู	30 ตัว
13	สายไฟพร้อมปลั๊ก	1 ชุด
14	สวิตซ์ เบรคเกอร์ 30 A	1 ตัว
15	โครงเครื่องทำจากเหล็กฉาก กว้าง 45 ยาว 85 สูง 70 เซนติเมตร	1 เครื่อง
16	ลูกล้อ	4 ล้อ

Copyright by Mahidol University

4.1.1 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์

4.1.1.1 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์จากแรงตัดเฉือน

ข้อกำหนด 1) เส้นผ่าศูนย์กลางของไม้ 50 มิลลิเมตร

2) ความเร็วตัดของไม้ 100 – 200 เมตร / นาที

3) ความเค้นเฉือน ของไม้ 3.8 นิวตัน / ตารางมิลลิเมตร

จากสมการความเค้นเฉือน

$$\tau = F/A$$

เมื่อ τ = ความเค้นเฉือน

F = แรง

A = พื้นที่หน้าตัด

$= \pi d^2/4 = 3.1416 (50)^2 /4$

= 1964 ตารางมิลลิเมตร

ดังนั้น $F = \tau \times A = 3.8 \times 1,964$

= 7,463 นิวตัน หรือมีค่าเท่ากับ 7.46 กิโลนิวตัน

การคำนวณหากำลังม้าของมอเตอร์

จาก สมการ $P = FV$

เมื่อ P = กำลัง (วัตต์)

V = ความเร็วตัดของไม้ (เมตร /นาที)

F = แรง (นิวตัน)

ดังนั้น $P = 7463 \times (150 / 60)$

= 18,657 วัตต์ (1 H.P. = 746 วัตต์)

= 18657 / 746

ดังนั้นกำลังม้าที่ได้ = 25 H.P.

4.1.1.2 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์จากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

เนื่องจากกำลังม้าของมอเตอร์ที่คำนวณจากความเค้นเฉือนของไม้ มีขนาด 25 H.P. เป็นมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่มากซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับใช้งาน ดังนั้นจึงคำนวณเพื่อหาขนาดของมอเตอร์ โดยคำนวณจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางซึ่งคำนวณได้ดังนี้

Copyright by Mahidol University

จากสมการคำนวณหาแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

$Fz = m V^2 / r$

โดยที่ r = รัศมีสูงสุดของล้อตีย่อย = 380 / 2 = 190 มิลลิเมตร = 0.19 เมตร

V = ความเร็วตัด เมตร / นาที

จาก สมการ $D_1N_1 = D_2N_2$

D_1 = เส้นผ่าศูนย์กลาง พูเล่ย์ตัวขับ 100 มิลลิเมตร

D_2 = เส้นผ่าศูนย์กลาง พูเล่ย์ตัวตาม 150 มิลลิเมตร

N_1 = ความเร็วรอบพูเล่ย์ตัวขับ 1,440 รอบ / นาที

N_2 = ความเร็วรอบพูเล่ย์ตัวตาม รอบ / นาที

แทนค่า $N_2 = D_1N_1 / D_2$

$= 100 \times 1440 / 150$

= 960 รอบ /นาที

จากสมการ $V = \pi dn / 1000$

$= [3.1416 \times 380 \times 960] / 1000$

= 1146 เมตร / นาที

= 1146 / 60 = 19.1 เมตร / วินาที

หาค่า m ได้จาก น้ำหนักรวม = น้ำหนักเพลา (6.5 Kg) + น้ำหนักพูเล่ย์ (1.2 Kg) + น้ำหนักล้อตีย่อย (32 Kg) + น้ำหนักตัวตัด (10.5 Kg)

= 50.2 Kg

จากสมการคำนวณหาแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง $Fz = m V^2 / r$

แทนค่า $Fz = 50.2 \times (19.1)^2 / 0.19$

= 96,386 N

= 96.4 kN.

เนื่องจากในขณะที่มอเตอร์ หมุนจะเกิดแรงเสียดทานขึ้น ดังนั้น จะต้องคำนวณหาแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นโดยหาได้จาก

สมการหาแรงเสียดทาน (Fr) = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (μo) x แรงแนวดิ่ง (Fn)

สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (μo) = 0.3

แรงแนวดิ่ง (Fn) = มวล (m) x อัตราเร่ง (g)

Copyright by Mahidol University

= 50.2 x 9.81 = 492.5 N

แทนค่า (Fr) = 0.3 x 492.5

= 147 .7 N

จากสมการคำนวณหา P = FV

แทนค่า = 147 .7 x 19.1

= 2,821 w

1 H.P. = 746 w

คิดเป็นกำลังม้า = 2,821 / 746

= 3.78 HP

จากการคำนวณหากำลังม้าของมอเตอร์ที่ได้ = 3.78 H.P แต่ผู้ผลิตมอเตอร์ออกมาจำหน่ายมีขนาด 3 H.P และ 5 H.P. ไม่มีขนาด 4 H.P. ดังนั้นจึงเลือก ขนาด 5 H.P.

สมการ กำลังม้าที่ได้จากการคำนวณ = กำลังม้าที่ใช้จริง x ตัวคูณใช้งาน

ตัวคูณใช้งาน = 1.4 (ดูได้จากตาราง ที่ ผ-1 ภาคผนวก)

กำลังม้าที่ใช้จริง = 5 H.P.

กำลังม้าที่ได้จากการคำนวณ = 5 x 1.4

ดังนั้น กำลังม้าที่ได้จากการคำนวณ = 7 H.P

4.1.2 การเลือกสายพาน

4.1.2.1 การเลือกชนิดสายพาน

ข้อกำหนด 1) ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1440 รอบ ต่อ นาที

2) กำลังม้าที่ได้จากการคำนวณ = 7 HP

ดังนั้น เลือกสายพาน ชนิด ร่อง B (ตารางที่ ผ-2 ภาคผนวก)

4.1.2.2 คำนวณหาความยาวของสายพาน

สมการ $L = 2C+1.57 (D_2+D_1) + [(D_2-D_1)^2 / 4C]$

L = ความยาว Pitch ของสายพาน

C = ระยะห่างของพูเล่ย์ = 500 mm

D_1 = ขนาดความโตของพูเล่ย์ขับ =100 mm

D_2 = ขนาดความโตของพูเล่ย์ตาม = 150 mm

แทนค่า $L = 2 x500 + 1.57 (150+100) + [(150-100)^2 / 4 x 500]$

= 1393.75 มิลลิเมตร หรือ 54 นิ้ว

ดังนั้น เลือกสายพาน ร่อง B ความยาว 54 นิ้ว

Copyright by Mahidol University

4.1.2.3 คำนวณหาจำนวนสายพาน

-หาอัตราส่วนระหว่างกำลังม้า ต่อ สายพาน จากตารางที่ ผ- 3 ภาคผนวก

ข้อกำหนด 1) ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1440 รอบ /นาที

2) สายพานชนิดร่อง B

3) ขนาดพูเล่ย์ ขับ 100 มิลลิเมตร

ดังนั้น จากตารางที่ 3 ภาคผนวก เลือกอัตราส่วนระหว่างกำลังม้า ต่อ สายพาน = 3.09+.46 =3.55 HP

-หา Correction Factor ได้จาก ตารางที่ ผ- 4 ภาคผนวก

จากสมการ มุมโอบสัมผัส = 180- [(D-d) 60 / C]

C = ระยะห่างของพูเล่ย์ = 500 mm

D = ขนาดความโตของพูเล่ย์ตาม = 150 mm

d = ขนาดความโตของพูเล่ย์ขับ = 100 mm

แทนค่า มุมโอบสัมผัส = 180- [(150 -100) 60 / 500] = 174 องศา

จากตารางจะได้ค่า Correction Factors = 0.99

จากตารางที่ 5 ภาคผนวก จะได้ ค่า Length Correction Factors = 0.90

Horsepower Correction Factors = Correction Factors x Length Correction Factors

= 0.99 x 0.9

= 0.891

- หา Horsepower per belt = RateHorsepower per belt x Horsepower Correction Factor

= 3.55 x 0.891

= 3.16

- หาจำนวนสายพาน = Design Horsepower / Horsepower per belt

= 7 / 3.16

= 2

ดังนั้นจำนวนสายพานที่ใช้ = 2 เส้น

4.1.3 การคำนวณหาขนาดของเพลา

ข้อกำหนด 1) กำลังมอเตอร์ = 2,730 w (5 H.P)

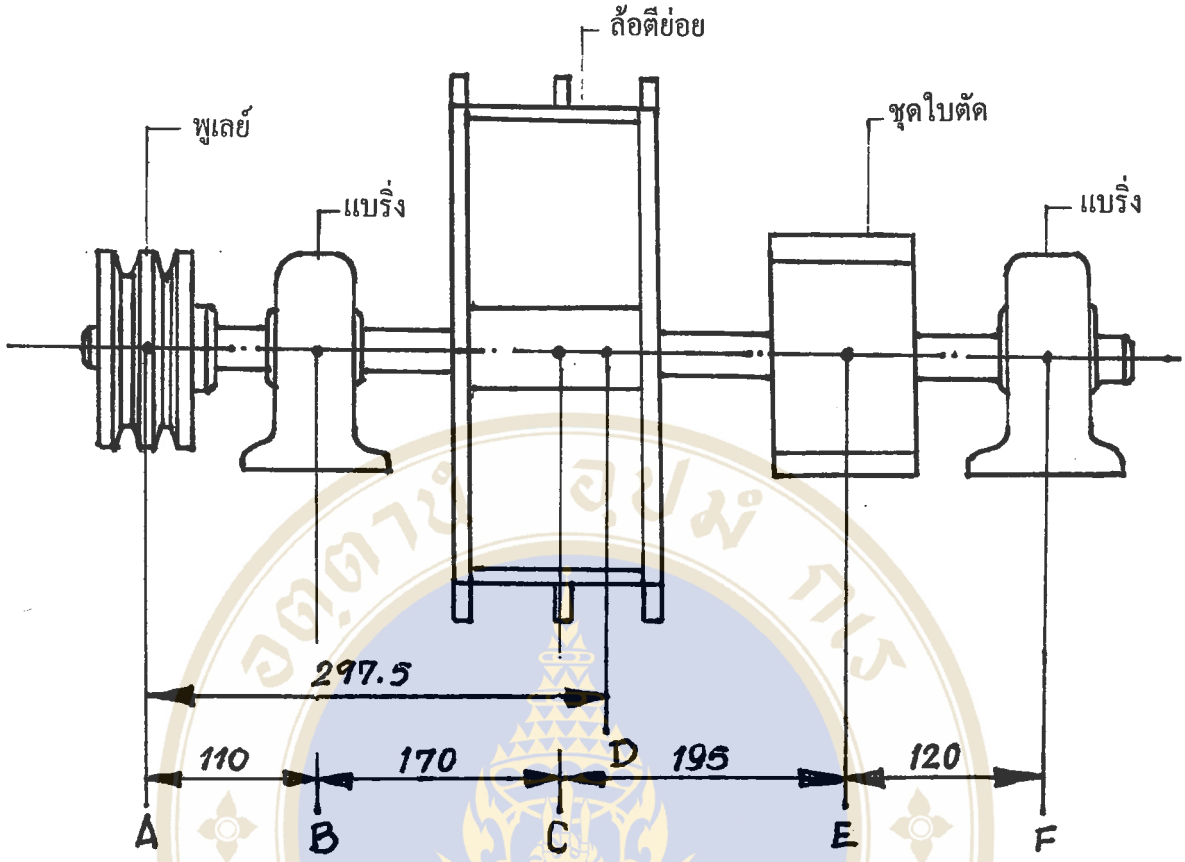
2) ความเร็วรอบของมอเตอร์ (n) = 1,440 รอบต่อนาที

3) เส้นผ่าศูนย์กลางของมูเล่ย์ขับ = 100 มิลลิเมตร

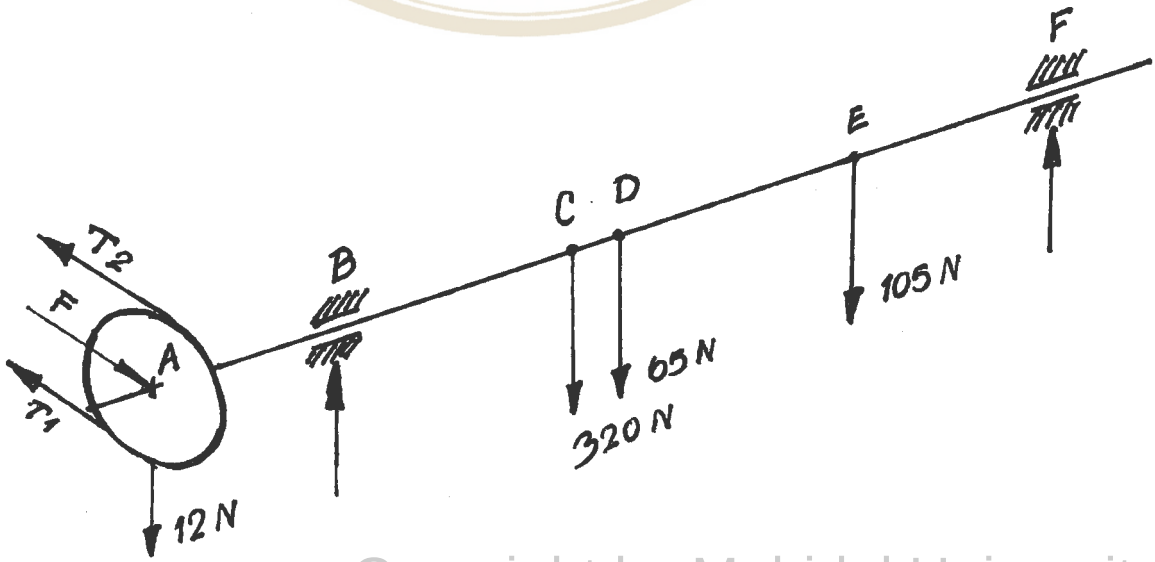
4) เส้นผ่าศูนย์กลางของมูเล่ย์ตาม = 150 มิลลิเมตร

5) ความตึงสายพาน 1 ต่อ 2.5

Copyright by Mahidol University

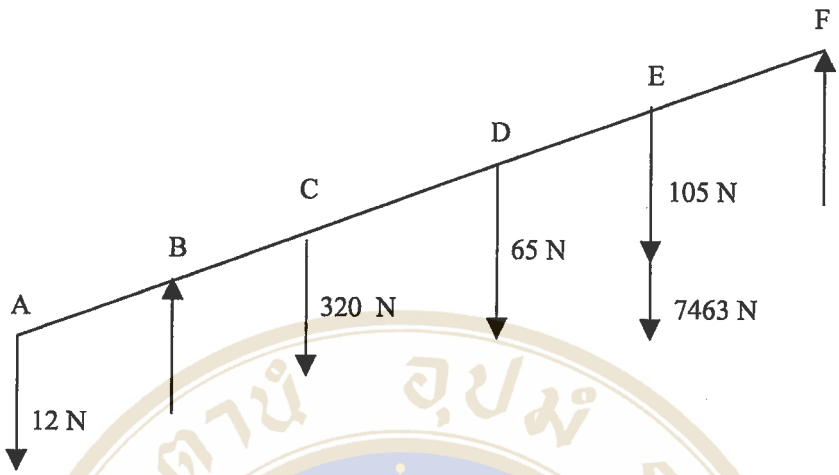


รูปที่ 6 ส่วนประกอบบนเพลา

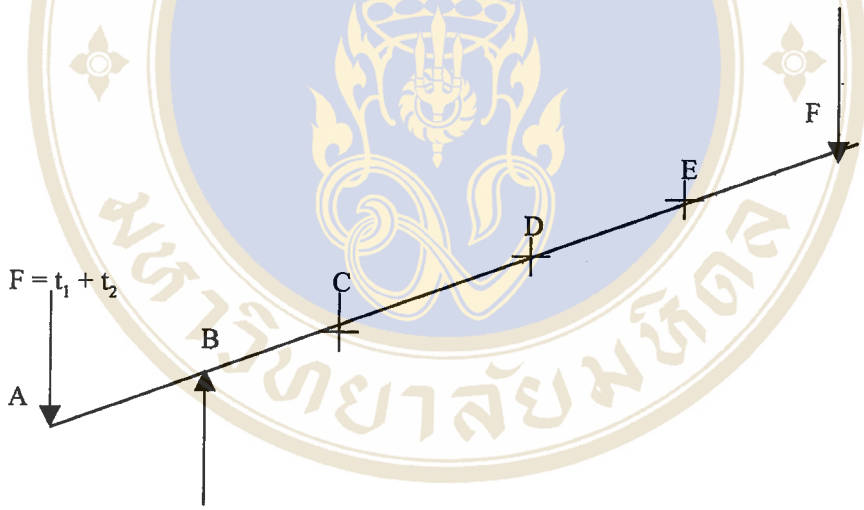


Copyright by Mahidol University

รูปที่ 7 ขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำบนเพลา



รูปที่ 8 แรงที่กระทำบนเพลาในแนวดิ่ง



รูปที่ 9 แรงที่กระทำบนเพลาในแนวนอน

หาโมเมนต์แรงบิดเพลา AE

จาก สูตร $P = \frac{2 \pi T n}{60 \times 1000}$

เมื่อ กำลังของมอเตอร์ (P) = 3.7 k w

ความเร็วรอบ (n) = 1440 rpm

แรงบิด บนเพลา (T) = $\frac{3.7 \times 60 \times 1000}{2 \times 3.1416 \times 1440}$

= 24.53 N. m

Copyright by Mahidol University

แรงตึงสายพานที่กระทำต่อเพลา

จากสูตร $T = Fa \times r$

เมื่อ รัศมี (r) ของล้อตาม = 0.15 / 2 = 0.075 มิลลิเมตร

แรงตึงสายพานที่กระทำต่อเพลา (F) = 24.53 / 0.075

= 327 N

พูเล่ย์ตัวตามหมุนได้เนื่องจากแรงตึง t_1 และ t_2 ไม่เท่ากัน

t_1 = แรงตึงของสายพานด้านตึง

t_2 = แรงตึงของสายพานด้านหย่อน

Fa = แรงที่ทำให้พูเลย์หมุน $= t_1 - t_2$

$t_1 - t_2$ = 327 N .....สมการที่ 1

อัตราส่วนของสายพาน (t_1 / t_2) = 2.5 .....สมการที่ 2

แทนค่า $t_1 = 2.5\ t_2$ ลงในสมการที่ 1

จะได้ค่า t_2 = 218 N แทนค่า t_2 ลงในสมการที่ 2 จะได้ t_1 = 545 N

จากแรงที่สายพานกดเพลา (F) $= t_1 + t_2$

แทนค่า จะได้ $F = 545 + 218 = 763$ N

แรงที่กระทำต่อเพลาที่พูเล่ย์ จุด A

- แรงในแนวนอน คือแรงที่สายพานกดเพลา = 763 N
- แรงในแนวดิ่ง คือ น้ำหนักของพูเล่ย์ = 12 N

แรงที่กระทำต่อเพลาที่ชุดตีย่อย จุด C

- แรงในแนวนอน = 0 N
- แรงในแนวดิ่ง คือ น้ำหนักของชุดตีย่อย = 320 N

แรงที่กระทำต่อเพลาที่กึ่งกลาง จุด D

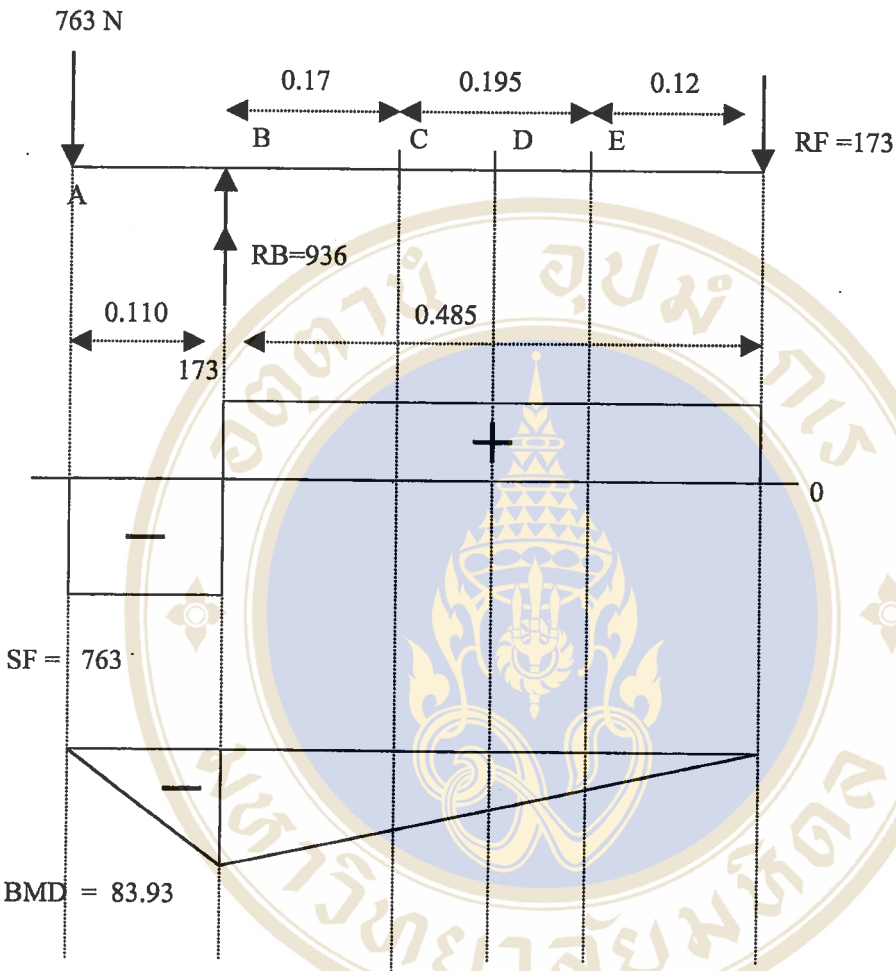
- แรงในแนวนอน = 0 N
- แรงในแนวดิ่ง คือ น้ำหนักของเพลา = 65 N

แรงที่กระทำต่อเพลาที่ชุดตัด จุด E

- แรงในแนวนอน = 0 N
- แรงในแนวดิ่ง คือ น้ำหนักของชุดตัดและแรงต้านตัดเฉือน = 103 N และ 7,463 N = 7,566 N

Copyright by Mahidol University

แรงที่กระทำต่อเพลา สามารถเขียนเป็นไดแกรมของแรงได้ดังนี้



รูปที่ 10 แผนภาพของแรงที่กระทำต่อเพลาในแนวนอน

หาโมเมนต์ที่จุด B

แรงที่จุด A x ระยะห่างจากจุด A,B = ระยะห่างจากจุด B,F x แรงต้านที่จุด F (RF)

RF = [763 x 0.11] / 0.485 = 173.05

แรงต้านที่จุด B (RB) = แรงที่จุด A + RF

= 763 + 173.05 = 936.05 N

แรงเฉือนที่จุด A (sf A) = -763 N

แรงเฉือนที่จุด B (sf B) = -763 + 936 = 173 N

sf ที่จุด C , D ,E = sf ที่จุด B

หาโมเมนต์ที่จุด A , ระยะห่าง =0 ดังนั้นโมเมนต์ที่จุด A = 0

หาโมเมนต์ที่จุด B ระยะห่างจากจุด A,B = 0.11 m x แรง = 763 N

Copyright by Mahidol University

= 83.93 Nm

หาโมเมนต์ที่จุด C (ระยะห่างจากจุด A,C = 0.28 m x แรง = 763 N) - (ระยะห่างจากจุด B,C = 0.17 m x แรง RB = 936 N)

= 54.52 Nm

หาโมเมนต์ที่จุด D (ระยะห่างจากจุด A,D = 0.352 m x แรง = 763 N) - (ระยะห่างจากจุด B,D = 0.242 m x แรง RB = 936 N)

= 42.07 Nm

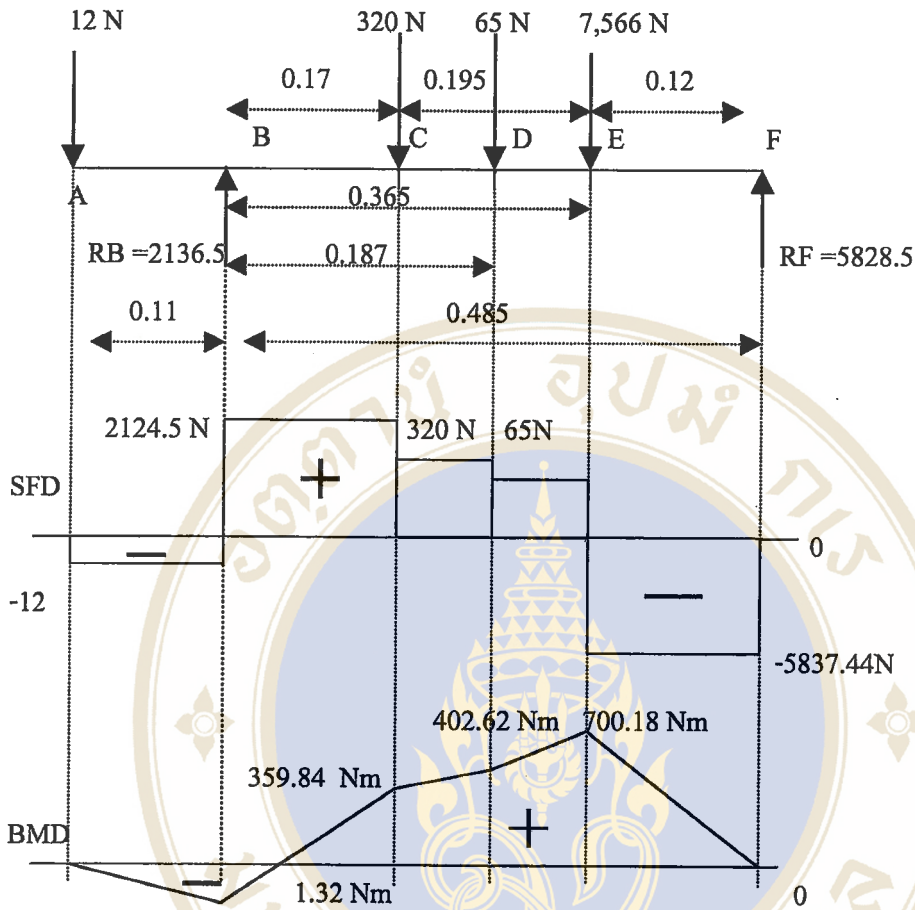
หาโมเมนต์ที่จุด E (ระยะห่างจากจุด A,E = 0.475 m x แรง = 763 N) - (ระยะห่างจากจุด B,E = 0.365 m x แรง RB = 936 N)

= 20.78 Nm

หาโมเมนต์ที่จุด (ระยะห่างจากจุด A,F = 0.595 m x แรง = 763 N) - (ระยะห่างจากจุด B,F = 0.485 m x แรง RB = 936 N)

= 0 Nm

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 11 แผนภาพ ของแรงที่กระทำต่อเพลาในแนวดิ่ง

หาโมเมนต์ที่จุด B

โมเมนต์ตาม = โมเมนต์ทวน

{(แรงที่จุด A =12N x ระยะห่างจากจุด A,B =0.11m) +[ระยะห่างจากจุด B,F=0.485 x แรงต้านที่จุด F (RF)]} = { (ระยะห่างจากจุด B,C = 0.17 m x แรง C = 320 N)+ (ระยะห่างจากจุด B,D = 0..187 m x แรงD = 65 N) + (ระยะห่างจากจุด B,E = 0.3.65 m x แรง = 7568 N)}

0.485RF +1.32 = 54.4 +12.15 + 2761.59

0.485RF = 2828.14 -1.32

RF = 5828.5 N

จาก RB+RF=F =7965 จะได้ RB = 7965 – 5828.5

= 2127.56 N

การหา Bending Moment (BM)

BM ที่จุด A ระยะห่าง =0 ดังนั้น BMa = 0

Copyright by Mahidol University

BM ที่จุด B ระยะห่าง =0.11 ดังนั้น BMb = 0.11 x 12 = 1.32 N.m

BM ที่จุด C ระยะห่าง AC =0.28 ระยะห่าง BC =0.17

ดังนั้น BMc = (12 x0.28) – (RB x 0.17)

= (12 x 0.28) – (2,136.5 x0.17)

= - 359.84 N.m

BM ที่จุด D เนื่องจากจุด D เป็นจุดกึ่งกลางของเพลาดังนั้น ระยะห่าง AD = 0.2975

ระยะห่าง BD =0.1875 ระยะห่าง CD =0.0175

ดังนั้น BMd = (12 x0.2975) – (2136.5 x 0.1875) + (320 x 0.0175)

= 3.57- 400.59 + 5.6

= - 402.62 N.m

BM ที่จุด E ระยะห่าง AE = 0.475 ระยะห่าง BE =0.365 ระยะห่าง CE =0.195

ระยะห่าง DE =0.1775

ดังนั้น BMe = (12 x0.475) – (2136.5 x 0.365) + (320 x 0.195) + (65 x 0.1775)

= - 700.18 N.m.

ที่จุด E มี BM มากที่สุด

-BM ในแนวดิ่ง = 700.18 N.m.

-BM ในแนวนอน = 20.78 N.m

$$BM\ max = \sqrt{(20.78)^2 + (700.18)^2}$$

$$= 700.48\ N.m$$

การคำนวณหาเพลา

โดยเลือกใช้วัสดุเป็นเหล็ก St .60 ซึ่งมีค่า $\sigma_{b\ all}$ อยู่ระหว่าง 60 - 100 N/mm^2 (ตารางที่ ผ-6 ภาคผนวก) ในการคำนวณนี้เลือก ค่า $\sigma_{b\ all}$ = 80 N/mm^2 เพราะเป็นค่ากึ่งกลาง

จากสูตร $$d = \sqrt[3]{32\ Mb\ /\ \pi\sigma_{b\ all}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{32 \times 700.48 \times 1000}{3.1416 \times 80}}$$

Copyright by Mahidol University

เส้นผ่าศูนย์กลางของเพลา (d) = 44.67 mm
ดังนั้นเลือกเพลามาตรฐานขนาด 45 mm (ตารางที่ ผ-7 ภาคผนวก)

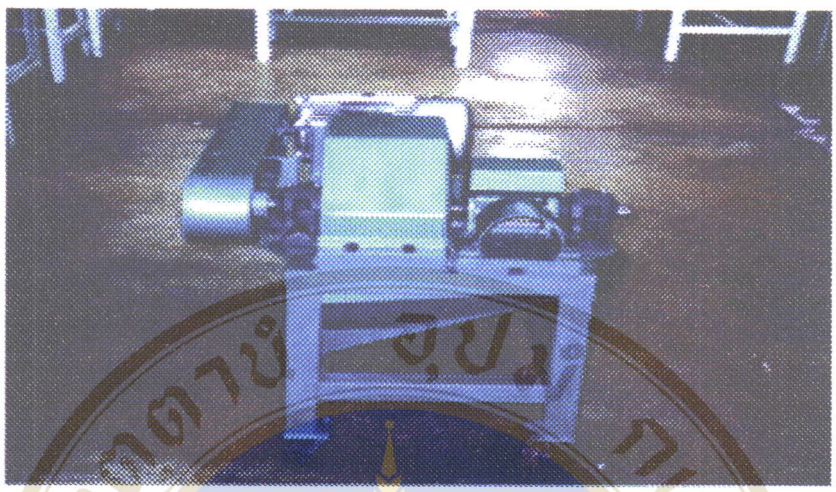
4.2 ผลการทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อปรับระยะห่างระหว่างแท่นรองตัดกับใบมีด เพื่อที่จะได้วัสดุที่มีขนาดเท่ากับขี้เลื่อย โดยการย่อยชิ้นไม้ที่มีลักษณะดังนี้

การทดสอบกับชนิดปีกไม้ที่เหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ทั่วไป ไม้ยางพารา และไม้ชนิดอื่น ๆ โดยการนำปีกไม้ที่เหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ ไม้ยางพารา และไม้ชนิดอื่น ๆ ที่มีความกว้างไม่เกิน 50 มิลลิเมตร หนาไม่เกิน 30 มิลลิเมตร ยาวไม่เกิน 2 เมตร นำมาป้อนเข้าเครื่องย่อยชิ้นไม้ จากนั้นวัดขนาดของวัสดุย่อยที่ได้จากเครื่องย่อยชิ้นไม้ จดระยะห่างระหว่างแท่นรองตัดกับใบมีด ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้งในแต่ละระยะห่าง (ตารางที่ ผ-8 ภาคผนวก) แล้วนำมาหาขนาดเฉลี่ยวัสดุย่อย (มิลลิเมตร)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อปรับระยะห่างระหว่างแท่นรองตัดกับใบมีด

ระยะห่าง (มิลลิเมตร)	ขนาดเฉลี่ยวัสดุย่อย (มิลลิเมตร)			
	ปีกไม้	ยางพารา	ไม้อื่น ๆ	เฉลี่ย
1	2	2	2	**2**
2	3	2	3	**2.7**
3	4	3	4	**3.7**
4	6	5	7	**6**
5	9	8	9	**8.7**

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 12 เครื่องย่อยชิ้นไม้

รูปที่ 13 วัสดุย่อย ที่ได้จากไม้ยางพารา ไม้ชนิดอื่น ๆ และ ขี้เลื่อย ไม้ยางพารา

Copyright by Mahidol University

4.3 การเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากการใช้วัสดุย่อยและขี้เลื่อยเป็นวัสดุในการเพาะเห็ด

ผลจากการนำวัสดุย่อยที่ได้จากการย่อยชิ้นไม้ยางพาราไปให้เกษตรกรเพื่อใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด จำนวน 30 ถุง โดยเพาะเทียบกับขี้เลื่อยที่เกษตรกรใช้เพาะเห็ด จำนวน 30 ถุง พบว่า ผลผลิตที่ได้หลังจากเปิดปากถุง 7 วัน เห็ดจะออกดอกและเจริญเติบโตจนสามารถเก็บได้ในวันที่ 11 หลังจากเปิดปากถุง ซึ่งในการวิจัยนี้นับเป็นวันที่ 1 หลังจากนั้นเก็บเป็นเวลา 4 วัน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลผลิตของเห็ดที่เพาะจากวัสดุย่อย และขี้เลื่อย

ผลผลิตของเห็ดที่เพาะจากวัสดุย่อย (กรัม)				ผลผลิตของเห็ดที่เพาะจากขี้เลื่อย (กรัม)			
ถุงที่	น้ำหนัก	ถุงที่	น้ำหนัก	ถุงที่	น้ำหนัก	ถุงที่	น้ำหนัก
1**	70	16***	100	1***	100	16****	90
2**	80	17**	80	2****	80	17**	90
3****	90	18****	90	3*	90	18***	100
4**	100	19*	120	4***	110	19***	100
5***	80	20***	90	5**	90	20****	80
6*	120	21****	80	6**	110	21**	90
7****	110	22*	100	7***	100	22*	100
8*	90	23**	120	8*	80	23****	110
9***	100	24**	100	9****	90	24**	90
10****	80	25***	90	10**	70	25*	70
11**	100	26****	120	11**	120	26***	70
12**	120	27**	110	12***	80	27*	100
13****	110	28***	110	13*	90	28***	90
14*	90	29*	90	14****	100	29****	80
15***	120	30****	80	15*	80	30***	90
รวมทั้งหมด	2,940	เฉลี่ยถุงละ	98	รวมทั้งหมด	2,740	เฉลี่ยถุงละ	91.33

หมายเหตุ * หมายถึง ผลผลิตที่เก็บได้วันที่ หนึ่ง นับจากวันที่เก็บเห็ดวันแรก

** หมายถึง ผลผลิตที่เก็บได้วันที่ สอง นับจากวันที่เก็บเห็ดวันแรก

*** หมายถึง ผลผลิตที่เก็บได้วันที่ สาม นับจากวันที่เก็บเห็ดวันแรก

**** หมายถึง ผลผลิตที่เก็บได้วันที่ สี่ นับจากวันที่เก็บเห็ดวันแรก

Copyright© by Mahidol University

จากการเพาะโดยใช้วัสดุย่อย 30 ถุง ได้น้ำหนักรวม 2,940 กรัม เฉลี่ยถุงละ 98 กรัม และจากขี้เลื่อย 30 ถุง ได้น้ำหนัก 2,740 กรัม เฉลี่ยถุงละ 91.33 กรัม เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ T-test (2 –tailed) พบว่า ค่าที่ได้ = 0.048 ($p < 0.05$) (ตารางที่ ผ-9 ภาคผนวก) สรุป ผลผลิตที่ได้จากการเพาะโดยใช้วัสดุย่อยและขี้เลื่อย มีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

4.4 ผลการศึกษาชนิดของวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ด

4.4.1 ผู้วิจัยทำการสำรวจชนิดของวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดจากฟาร์มเห็ดของเกษตรกรในท้องที่อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี โดยเฉพาะจากท้องที่ตำบลนาวุ้ง ซึ่งเป็นแหล่งเพาะเห็ดนางฟ้าแหล่งใหญ่ แหล่งหนึ่ง จากการศึกษาพบว่าชนิดของวัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นขี้เลื่อยนำมาผสมกับวัสดุอื่นๆ ดังนี้

ขี้เลื่อยแห้ง	100	กิโลกรัม
รำละเอียด	4	กิโลกรัม
ดีเกลือ	2.5	กรัม
น้ำตาล	0.8	กิโลกรัม
ปูนขาว	0.8	กิโลกรัม

หมักให้ได้ความชื้น 60-80 เปอร์เซ็นต์

นำวัสดุดังกล่าวมาผสมให้เข้ากันแล้วนำมาบรรจุใส่ถุงพลาสติก ทนความร้อน ขนาด 7 นิ้ว คูณ 13 นิ้ว อัดให้แน่น จะได้น้ำหนักถุงละ 0.8 – 1 กิโลกรัม ขี้เลื่อยที่นำมาใช้เป็นขี้เลื่อยจากไม้ยางพารา ซึ่งมีขนาด 0.1 – 3.0 มิลลิเมตร

4.4.2 ผลการศึกษารายละเอียดของแหล่งที่มาของวัสดุเพาะเห็ด

จากการสอบถามเกษตรกรที่เพาะเห็ดที่ตำบลนาวุ้ง พบว่าเกษตรกรได้สั่งขี้เลื่อยจากโรงงานแปรรูปไม้ จากจังหวัดสุราษฎร์ธานี

4.4.3 ผลการศึกษาค่าใช้จ่ายของเกษตรกรในการเตรียมวัสดุเพาะเห็ด

ค่าใช้จ่ายในการสั่งขี้เลื่อยจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดย ค่าขี้เลื่อย ตันละ 100 บาท รถบรรทุก 10 ล้อ สามารถบรรทุกได้เที่ยวละ 15 ตัน ค่าขนส่ง 7,000 บาทต่อเที่ยวรวมเป็นเงิน 8,500 บาทต่อการบรรทุกของรถ 10 ล้อ1 เที่ยว กิโลกรัมละ 0.57 บาท

4.4.4 ผลการศึกษากระบวนการในการเพาะเห็ดของเกษตรกร

เกษตรกรได้นำขี้เลื่อยมาผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้อ 4.4.1 จากนั้นบรรจุใส่ถุงแล้วนึ่งฆ่าเชื้อ เมื่อถุงขี้เลื่อยเย็นตัวนำมาใส่หัวเชื้อรอจนเชื้อเจริญเต็มถุง ทำการเปิดปากถุง หรือกรีดถุง หลังจากนั้นรดน้ำก็จะได้ความชื้นเข้าตามรอยที่กรีด หลังจากนั้นประมาณ 5- 7 วันจะเกิดดอกเห็ดตามรอยที่กรีด

Copyright by Mahidol University

4.5 ผลการศึกษาข้อมูล

4.5.1 ผลศึกษาข้อมูลเชิงวิศวกรรม

4.5.1.1 ผลการศึกษาน้ำหนักของวัสดุย่อยที่ได้จากการย่อยชิ้นไม้ 30 กิโลกรัมดังนี้

จากผลการทดลองนำชิ้นไม้มาย่อยครั้งละ 30 กิโลกรัมทดลอง 3 ครั้ง นำวัสดุย่อยที่ได้ในแต่ละครั้งมาชั่ง จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยคิดเป็นวัสดุย่อยต่อชิ้นไม้ 1 กิโลกรัม ผลที่ได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 น้ำหนักของวัสดุย่อยที่ได้จากการย่อยชิ้นไม้ 30 กิโลกรัม

ครั้งที่	น้ำหนักของวัสดุย่อย (กิโลกรัม)
1	27.5
2	25.8
3	26.7
รวม	80
เฉลี่ย	26.67

จากการย่อยชิ้นไม้ 30 กิโลกรัมได้วัสดุย่อยเฉลี่ย 26.67 กิโลกรัม สรุปได้ว่า ชิ้นไม้ 1 กิโลกรัมให้วัสดุย่อย 0.88 กิโลกรัม

4.5.1.2 ผลการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในการย่อยชิ้นไม้ 30 กิโลกรัม

จากการทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้าในการย่อยชิ้นไม้ ครั้งละ 30 กิโลกรัม ทดลอง 3 ครั้ง บันทึกเวลาที่ใช้ในแต่ละครั้งนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลที่ได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เวลาที่ใช้ในการย่อยชิ้นไม้ 30 กิโลกรัม

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ (นาที)
1	39
2	36
3	37
รวม	112
เฉลี่ย	37.3

Copyright by Mahidol University

ผลการทดลองการย่อยชิ้นไม้ 30 กิโลกรัม ใช้เวลาเฉลี่ย 37.3 นาที คิดเป็น 0.62 ชั่วโมง มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้มีขนาด 4 กิโลวัตต์ –ชั่วโมง ดังนั้นเครื่องย่อยชิ้นไม้ สามารถย่อยชิ้นไม้ 30 กิโลกรัม ใช้ไฟฟ้า 2.48 กิโลวัตต์ คิดเป็น 0.08 กิโลวัตต์ ต่อ การย่อยชิ้นไม้ 1 กิโลกรัม

4.5.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องย่อยชิ้นไม้ อายุโครงการ 12 ปี ,MARR = 10% เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการลงทุน โดยใช้วิธีวิเคราะห์ดังนี้ การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value , NPV) การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนต่อเงินทุน (Benefit –Cost Ratio , B / C Ratio) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period , PBP) และ อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return ; IRR) โดยใช้วิธีวิเคราะห์เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ การลงทุนเพื่อใช้เอง และ การลงทุนเพื่อรับจ้างอย่างเดียว

การลงทุนเพื่อใช้เอง ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องย่อยชิ้นไม้มีดังนี้

1) ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) คือ การลงทุนในการสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ในปีแรก โดยจะใช้เป็นค่าใช้จ่ายในการซื้อวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 7 สรุปผลจากการสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ มีต้นทุนรวมทั้งสิ้นเป็นเงิน 15,860 บาท

2) ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) คือ ค่าดำเนินงานในแต่ละปี ได้แก่ ค่าบำรุงรักษา ค่ากระแสไฟฟ้าซึ่งจะคิดเฉลี่ยเท่ากันทุก ๆ ปี พอสรุปได้ดังตารางที่ 8 และมีรายละเอียดดังนี้

2.1) ค่าบำรุงรักษา

- ค่าอัดน้ำมัน และจาระบี ตุ๊กตารองเพลา 2 ตัว 6 ครั้ง / ปี เป็นเงิน 300 บาท
- ค่าสายพาน 2 เส้น 160 บาท /ปี
- ค่าลับใบมีด 600 บาท / ปี

2.2) ค่ากระแสไฟฟ้า -มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้มีขนาด 4 กิโลวัตต์ ชั่วโมง ดังนั้นเครื่องย่อยชิ้นไม้ สามารถย่อยชิ้นไม้ 30 กิโลกรัม ใช้ไฟฟ้า 2.48 กิโลวัตต์ คิดเป็น 0.08 กิโลวัตต์ต่อการย่อยชิ้นไม้ 1 กิโลกรัม ค่าไฟฟ้ายูนิตละ 2.442 บาท สำหรับบ้านอยู่อาศัยที่ใช้ไฟเกิน 150 หน่วยต่อเดือน ดังนั้นการย่อยชิ้นไม้ 1 กิโลกรัมคิดเป็นค่าไฟฟ้า 0.19536 บาท เกษตรกรทำการเพาะเห็ดใช้ขี้เลื่อยเฉลี่ยปีละ 20,000 กิโลกรัม จากการทดลอง ไม้ 1 กิโลกรัมย่อยได้วัสดุย่อย 0.88 กิโลกรัม ดังนั้นต้องใช้ไม้จำนวน 22,727 กิโลกรัม เป็นค่าไฟฟ้า 4,440 บาท

2.3) ค่าเสื่อมราคา –อุปกรณ์การเกษตรมีอายุการใช้งาน ประมาณ 12 ปี (ไพบูลย์ แย้มเผื่อน 2543) ค่าเสื่อมราคาต่อปี ได้จากการคำนวณ (มูลค่าเริ่มต้น - มูลค่าซาก) / จำนวนปี มูลค่าซากเกิดจากขายเครื่องเป็นเศษเหล็กตีราคาได้ 1,000 บาท (จากโรงรับซื้อของเก่า) ดังนั้นค่าเสื่อมราคามีค่า = (15,860- 1,000) / 12 = 1,238 บาท / ปี

Copyright by Mahidol University

2.4) ค่าไม้ คิดจากการซื้อไม้มาในราคา ตันละ 100 บาท นำมาย่อยเพื่อจะได้วัสดุย่อย 20,000 กิโลกรัม จากการทดลอง ไม้ 1 กิโลกรัมย่อยได้วัสดุย่อย 0.88 กิโลกรัม ดังนั้นต้องใช้ไม้ จำนวน 22,727 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน เท่ากับ 2,272 .70 บาท

ตารางที่ 7 รายการค่าอุปกรณ์ในการลงทุนสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้

ลำดับ	รายการ	ราคา (บาท)
1	มอเตอร์ไฟฟ้า AC 220 V 50 Hz 5แรงม้า 1,440 รอบต่อนาที	7,800
2	พูเล่ย์ ขับ ร่องBคู่ เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว	30
3	พูเล่ย์ ตาม ร่องBคู่ เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว	40
4	เพลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตรยาว 60 เซนติเมตร	200
5	สายพาน ร่อง B ยาว 54 นิ้ว 2 เส้น	160
6	ชุดตีย่อย	1,000
7	ชุดตัด	850
8	ตะแกรงชุดตัด	100
9	ตะแกรงชุดตีย่อย	80
10	ตุ๊กตารองเพลา เส้นผ่าศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร 2 ตัว	460
11	รางรองรับเศษวัสดุย่อย	95
12	Nut-Screws	120
13	สายไฟพร้อมปลั๊ก	210
14	สวิสทซ์ เบรคเกอร์ 30 A	65
15	โครงเครื่อง	550
16	ลูกล้อ 4 ล้อ	100
17	ค่าแรง	4,000
	รวมเป็นเงิน	15,860

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 8 ต้นทุนแปรผันการลงทุนเพื่อใช้เอง

รายการ	จำนวนเงิน (บาท / ปี)
3. ค่าบำรุงรักษา	
-ค่าอัดน้ำมัน จาระบี	300.00
-ค่าสายพาน	160.00
-ค่าลับใบมีด	600.00
2. ค่ากระแสไฟฟ้า	4,440.00
3. ค่าเสื่อมราคา	1,238.00
4. ค่าไม้	2,272.70
รวม	**9,010.70**

จากการคำนวณคิดเป็นต้นทุนแปรผัน รวมทั้งสิ้นเป็นเงิน 9,010.70 บาท / ปี

รวมต้นทุนคงที่ + ต้นทุนแปรผัน = 15,860 + 9,010.70 = 24,870.70 บาท

1) รายได้ พิจารณาจากการที่เกษตรกรไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อขี้เลื่อยจากโรงงานแปรรูปไม้คิดเป็นกิโลกรัมละ 0.57 บาท ใช้ขี้เลื่อย 20,000 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 11,400 บาท / ปี

การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value , NPV)

สูตรคำนวณค่า PWF (Present Worth Factor) $(P/F, i\%, n) = 1/(1+i)^n$

เมื่อ i = อัตราดอกเบี้ย

n = จำนวนของเวลา (ปี)

กำหนดอัตราดอกเบี้ยในการวิเคราะห์เท่ากับ 10 % โดยกำหนดระยะเวลาของโครงการเท่ากับ 12 ปี จากสมการข้างต้นสามารถคำนวณหาค่า PWF ของแต่ละปี ได้ดังนี้

แทนค่า $(P/F, i=10\%, n=0) = 1/(1+0.10)^0 = 1.0000$

$(P/F, i=10\%, n=1) = 1/(1+0.10)^1 = 0.9090$

$(P/F, i=10\%, n=2) = 1/(1+0.10)^2 = 0.8264$

$(P/F, i=10\%, n=3) = 1/(1+0.10)^3 = 0.7513$

$(P/F, i=10\%, n=4) = 1/(1+0.10)^4 = 0.6830$

$(P/F, i=10\%, n=5) = 1/(1+0.10)^5 = 0.6209$

$(P/F, i=10\%, n=6) = 1/(1+0.10)^6 = 0.5650$

Copyright by Mahidol University

$(P/F, i=10\%, n=7) = 1/(1+0.10)^{7} = 0.5132$

$(P/F, i=10\%, n=8) = 1/(1+0.10)^{8} = 0.4673$

$(P/F, i=10\%, n=9) = 1/(1+0.10)^{9} = 0.4240$

$(P/F, i=10\%, n=10) = 1/(1+0.10)^{10} = 0.3856$

$(P/F, i=10\%, n=11) = 1/(1+0.10)^{11} = 0.3505$

$(P/F, i=10\%, n=12) = 1/(1+0.10)^{12} = 0.3187$

ตารางที่ 9 การหาข้อมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน

ปี	ค่าลงทุน	ค่าดำเนินงาน	ผลตอบแทน	ผลตอบแทนสุทธิ	PWF 10%	PV
0	15,860	-	-	-	1.0000	-15,860
1	-	9,010.70	11,400	2,389.30	0.9090	2,171.87
2	-	9,010.70	11,400	2,389.30	0.8264	1,974.52
3	-	9,010.70	11,400	2,389.30	0.7513	1,795.08
4	-	9,010.70	11,400	2,389.30	0.6830	1,631.89
5	-	9,010.70	11,400	2,389.30	0.6209	1,483.52
6	-	9,010.70	11,400	2,389.30	0.5650	1,349.95
7	-	9,010.70	11,400	2,389.30	0.5132	1,226.19
8	-	9,010.70	11,400	2,389.30	0.4673	1,116.52
9	-	9,010.70	11,400	2,389.30	0.4240	1,013.06
10	-	9,010.70	11,400	2,389.30	0.3856	921.31
11	-	9,010.70	11,400	2,389.30	0.3505	837.45
12	-	9,010.70	11,400	2,389.30	0.3187	761.47
					NPV	**422.84**

สรุปมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) = 422.84

การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนต่อเงินทุน (Benefit –Cost Ratio , B / C Ratio)

สูตรคำนวณ B/C = PV of Benefits / PV of Costs

$= [\sum_{t=0}^{n} B_t/(1+i)^t] / [\sum_{t=0}^{n} C_t/(1+i)^t]$

Copyright by Mahidol University

เมื่อ B_t = ผลตอบแทนในปีที่ t

C_t = ค่าใช้จ่ายในปีที่ t

t = ปีของการลงทุน ที่มีค่า 0,1 ,2 .....n

i = อัตราดอกเบี้ย

ตารางที่ 10 ค่าการลงทุนเพื่อคำนวณหาค่าอัตราผลตอบแทนของเงินลงทุน (B/C Ratio)

ปี	ค่าการลงทุน	ค่าดำเนินงาน	ผลตอบแทน	รวมค่าใช้จ่าย	PWF 10%	PV ค่าใช้จ่าย	PV ผลตอบแทน
0	15,860	-	-	15,860	1.0000	15,860.00	-
1	-	9,010.70	11,400	9,010.70	0.9090	8,190.72	10,362.60
2	-	9,010.70	11,400	9,010.70	0.8264	7,446.44	9,420.96
3	-	9,010.70	11,400	9,010.70	0.7513	6,769.73	8,564.82
4	-	9,010.70	11,400	9,010.70	0.6830	6,154.30	7,786.20
5	-	9,010.70	11,400	9,010.70	0.6209	5,594.74	7,078.26
6	-	9,010.70	11,400	9,010.70	0.5650	5,091.04	6,441.00
7	-	9,010.70	11,400	9,010.70	0.5132	4,624.29	5,850.48
8	-	9,010.70	11,400	9,010.70	0.4673	4,210.70	5,327.22
9	-	9,010.70	11,400	9,010.70	0.4240	3,820.53	4,833.60
10	-	9,010.70	11,400	9,010.70	0.3856	3,474.52	4,395.84
11	-	9,010.70	11,400	9,010.70	0.3505	3,158.25	3,995.70
12	-	9,010.70	11,400	9,010.70	0.3187	3,871.71	3,633.18
					NPV	**77,267.02**	**77,689.86**

B / C = PV of Benefits / PV of Costs

= 77,690 / 77,267

= 1.01

ค่า B /C Ratio มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่ายอมรับกับการลงทุน

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period , PBP)

Copyright by Mahidol University

สำหรับการคำนวณหาระยะคืนทุนจะต้องคำนึงถึงค่าเงินที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา โดยจะหาได้จากสมการนี้ ระยะคืนทุน = ต้นทุนคงที่ / PV ผลตอบแทนต่อปี (เฉลี่ย)

= 15,860 / (77,690 / 12)

ระยะคืนทุน = 2.45 ปี

อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return ; IRR)

$$Co = \sum_{t=0}^{n} \frac{R_t}{(1+r)^t}$$

ตารางที่ 11 การหาอัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return ; IRR)

ปี	ผลตอบแทนสุทธิ	NPV (10 %)	NPV (16 %)
0	-	-15,860.00	-15,860.00
1	2,389.30	2,171.87	2,059.82
2	2,389.30	1,974.52	1,775.73
3	2,389.30	1,795.08	1,530.82
4	2,389.30	1,631.89	1,319.61
5	2,389.30	1,483.52	1,137.55
6	2,389.30	1,349.95	979.14
7	2,389.30	1,226.19	844.38
8	2,389.30	1,116.52	728.50
9	2,389.30	1,013.06	628.86
10	2,389.30	921.31	542.85
11	2,389.30	837.45	466.63
12	2,389.30	761.47	402.36
		422.84	**-3443.76**

$$IRR = \text{อัตราส่วนลดตัวต่ำ} + \left[\text{ผลต่างของอัตราส่วนลดทั้งสอง} \times \frac{\text{NPV อัตราส่วนลดตัวต่ำ}}{\text{NPV อัตราส่วนลดตัวต่ำ} - \text{NPV อัตราส่วนลดตัวสูง}} \right]$$

Copyright by Mahidol University

$$= 10 + \left[6 \times \frac{423}{423 - (-3,444)} \right]$$

$$= 10.66$$

อัตราผลตอบแทนของโครงการ = 10.66 % ควรลงทุน เพราะสูงกว่า อัตราผลตอบแทนที่พอใจต่ำสุด (Minimum attractive rate of return : MARR) =10 %

การลงทุนเพื่อรับจ้างอย่างเดียว

การลงทุนเพื่อรับจ้างอย่างเดียวโดยคิดว่าต่อปีเครื่องสามารถผลิตได้สูงสุดกี่ถุงและสามารถนำไปขายได้ถุงละกี่บาท (คิดเฉลี่ย 1 กิโลกรัม / ถุง) ซึ่งจะคิดได้ดังนี้

1) ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) คือการลงทุนในการสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ในปีแรก โดยจะใช้เป็นค่าใช้จ่ายในการซื้อวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 7 โดยมีมูลค่าการลงทุนรวมทั้งสิ้น 15,860 บาท

2) ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) คือค่าดำเนินงานในแต่ละปี ได้แก่ค่าบำรุงรักษา ค่ากระแสไฟฟ้าซึ่งจะคิดเฉลี่ยเท่ากันทุก ๆ ปี จากการทดลองพอสรุปได้ตามตารางที่ 12 และมีรายละเอียดดังนี้

2.1) ค่าบำรุงรักษา

- ค่าอัดน้ำมัน และจาระบี ตุ๊กตารองเพลา 2 ตัว 6 ครั้ง / ปี เป็นเงิน300 บาท
- ค่าสายพาน 2 เส้น 160 บาท / ปี
- ค่าลับใบมีด 600 บาท / ปี

2.2) ค่ากระแสไฟฟ้า -มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้มีขนาด 4 กิโลวัตต์ ชั่วโมง จากการทดลอง เครื่องย่อยชิ้นไม้ สามารถย่อยชิ้นไม้ 30 กิโลกรัม ใช้เวลา 0.62 ชั่วโมง ใช้ไฟฟ้า 2.48 กิโลวัตต์ คิดเป็นชิ้นไม้ 1 กิโลกรัม ใช้ไฟฟ้า = 0.08 กิโลวัตต์ ค่าไฟฟ้ายูนิตละ 2.978 บาท สำหรับกิจการขนาดเล็ก เกิน 400 หน่วยต่อเดือน การย่อยชิ้นไม้ 1 กิโลกรัมคิดเป็นค่าไฟฟ้า 0.23824 บาท ถ้าย่อยชิ้นไม้จำนวน 22,727 กิโลกรัมซึ่งจะให้วัสดุย่อย 20,000 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 5,414.50 บาท

2.3) ค่าเสื่อมราคา –อุปกรณ์การเกษตรมีอายุการใช้งาน ประมาณ 12 ปี ค่าเสื่อมราคาต่อปีได้จากการคำนวณ (มูลค่าเริ่มต้น - มูลค่าซาก) / จำนวนปี = (15,860- 1,000) / 12 = 1,238 บาท / ปี

2.4) ค่าแรง คิดจากค่าแรงย่อยไม้ จากการทดลองย่อยไม้จำนวน 30 กิโลกรัมใช้เวลา 37.3 นาที ถ้าย่อยไม้จำนวน 22,727 กิโลกรัม ซึ่งจะให้วัสดุย่อย 20,000 กิโลกรัม ต้องใช้เวลาทั้งสิ้น 19.62 วัน ค่าแรงงานขั้นต่ำ วันละ 160 บาท คิดเป็นเงิน 19.62 x 160 = 3,139.69 บาท / ปี

Copyright by Mahidol University

2.5) ค่าไม้ คิดจากการซื้อไม้มาในราคา ตันละ 100 บาท นำมาย่อยเพื่อจะได้วัสดุย่อย 20,000 กิโลกรัม จากการทดลอง ไม้ 1 กิโลกรัมย่อยได้วัสดุย่อย 0.88 กิโลกรัม ดังนั้นต้องใช้ไม้ จำนวน 22,727 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน เท่ากับ 2,272 .70 บาท

ตารางที่ 12 ต้นทุนแปรผันสำหรับการลงทุนเพื่อรับจ้างอย่างเดียว

รายการ	จำนวนเงิน (บาท / ปี)
1. ค่าบำรุงรักษา	
-ค่าอัดน้ำมัน จาระบี	300
-ค่าสายพาน	160
-ค่าลับใบมีด	600
2. ค่ากระแสไฟฟ้า	5,414.50
3. ค่าเสื่อมราคา	1,238
4. ค่าแรง	3,139.69
5. ค่าไม้	2,272.70
รวม	**13,124.89**

รวมค่าใช้จ่ายต้นทุนแปรผันปีละ 13,124.89 บาท

รวมต้นทุนคงที่ + ต้นทุนแปรผัน คิดเป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 28,984.89 บาท

3) รายได้ คิดจากการขายขี้เลื่อยกิโลกรัม 0.57 บาท ซึ่งเท่ากับราคาที่ซื้อจากโรงงานไม้แปรรูป เกษตรกรใช้ขี้เลื่อยจำนวน 20,000 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 11,400 บาท

เมื่อนำรายได้มาเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายพบว่า ไม่คุ้มต่อการลงทุนเพราะรายจ่ายค่าดำเนินการต่อปี (ต้นทุนแปรผัน= 13,124.89 บาท) มากกว่ารายได้ (11,440 บาท) ดังนั้นโครงการนี้จึงไม่เหมาะกับการลงทุนเพื่อรับจ้างอย่างเดียว

Copyright by Mahidol University

บทที่ 5
อภิปรายผล

จากผลการศึกษาการออกแบบและทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด สามารถวิเคราะห์และอภิปรายผล ได้ดังนี้

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการออกแบบและคำนวณ การสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ พบว่า สามารถสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ที่มีขนาดกว้าง 45 ยาว 85 สูง 70 เซนติเมตร และมีล้อ 4 ล้อ ซึ่งตรงกับแนวคิดในการออกแบบให้มีขนาดที่เหมาะสมเพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้าย โดยมีส่วนประกอบและลักษณะการทำงาน ที่สำคัญดังนี้ มอเตอร์ เป็นระบบต้นกำลังที่เป็นตัวขับเคลื่อนส่วนต่าง ๆ ของเครื่องย่อยชิ้นไม้ จากการคำนวณหาแรงที่จะเอาชนะแรงตัดเฉือนของไม้จะต้องใช้มอเตอร์ขนาด 25 กำลังม้า ซึ่งมีขนาดใหญ่มาก จากแนวความคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ให้มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานของเกษตรกรจึงจำเป็นต้องหาวิธีการออกแบบเพื่อให้มอเตอร์มีขนาดเล็กที่สุด ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้มีล้อถ่วงน้ำหนักเพื่อทำให้เกิดโมเมนต์เฉื่อยและคำนวณหาแรงตัดเฉือนจากแรงหนีศูนย์กลาง พบว่าขนาดของมอเตอร์เท่ากับ 3.78 กำลังม้า แต่มอเตอร์ขนาด 4 กำลังม้าไม่มีผู้ผลิต จึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 5 กำลังม้า การส่งกำลังของมอเตอร์ไปยังเพลาอาศัยพูเล่ย์และสายพาน จากการคำนวณชนิดความยาวและจำนวนสายพานพบว่าต้องใช้สายพาน ชนิดร่อง B มีความยาว 54 นิ้ว (B- 54) จำนวน 2 เส้น จึงสามารถส่งกำลังไปที่ เพลางาน โดยมีชุดใบมีดตัดและชุดตีย่อย ยึดติดอยู่บนเพลาเดียวกันและทำงานพร้อมกัน จากการคำนวณหาขนาดของเพลาเพื่อรองรับน้ำหนักของชุดใบมีดตัดและชุดตี ในการทำงานพบว่าขนาดเพลาที่เหมาะสมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร ยาว 60 เซนติเมตร (รายละเอียดการออกแบบอยู่ในภาคผนวก ข.)

จากผลการทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อปรับระยะห่างระหว่างแท่นรองตัดกับใบมีด พบว่า ระยะห่างระหว่างใบมีดกับแท่นรองตัดที่ระดับ 2 มิลลิเมตร ในการย่อยปีกไม้กับไม้อื่น ๆ ได้วัสดุย่อยขนาด 3 มิลลิเมตร ส่วนไม้ยางพาราได้วัสดุย่อยขนาด 2 มิลลิเมตร และระยะห่างที่ระดับ 3 มิลลิเมตรในการย่อยปีกไม้กับไม้อื่น ๆ จะได้วัสดุย่อยขนาด 4 มิลลิเมตร ส่วนไม้ยางพาราจะได้วัสดุย่อยขนาด 3 มิลลิเมตร ดังนั้นขนาดของวัสดุย่อยที่ต้องการคือขนาดไม่เกิน 3 มิลลิเมตรซึ่งเท่ากับขี้เลื่อย จึงควรเลือกระยะห่างระหว่างใบมีดกับแท่นรองตัดที่ระดับ 2 มิลลิเมตร เนื่องจากเป็นระยะที่เหมาะสมที่ทำให้เครื่องย่อยชิ้นไม้สามารถย่อยชิ้นไม้ทุกชนิดให้ได้วัสดุย่อยขนาดไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดเท่าขี้เลื่อยในการเพาะเห็ด ซึ่งตรงกับสมมติฐานข้อที่ 1.5.3 ระยะห่างระหว่างแท่นรองตัดกับใบมีด ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร

Copyright by Mahidol University

จากผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุย่อยที่ได้จากเครื่องย่อยชิ้นไม้ยางพารา พบว่า ผลผลิตที่ได้หลังจากเห็ดออกดอกครั้งแรกเก็บผลผลิตทั้งหมดเป็นเวลา 4 วัน รวมผลผลิตทั้งหมด 30 ถุง ได้ 2,940 กรัม นำมาหาค่าเฉลี่ย ได้ผลผลิตเฉลี่ยถุงละ 98 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตที่ได้จากการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นวัสดุเพาะเห็ด ได้ผลผลิตรวม 2,740 กรัม เฉลี่ยถุงละ 91.33 กรัม เมื่อนำผลผลิตทั้ง 2 ที่ได้ วิเคราะห์ทางสถิติ ใช้ T –test (2 –tailed) พบว่าได้ค่า 0.048 ($p < 0.05$) ดังตารางที่ ผ- 9 สรุปได้ว่าผลผลิตที่ได้จากการใช้วัสดุย่อยของเครื่องย่อยชิ้นไม้กับขี้เลื่อยที่ใช้อยู่เดิม มีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

จากผลการศึกษาชนิดของวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ด พบว่าเกษตรกรในท้องที่ตำบลนาวุ้ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี ใช้เป็นขี้เลื่อยจากไม้ยางพารา ซึ่งมีขนาด 3.0 มิลลิเมตรเป็นวัสดุในการเพาะเห็ดนางฟ้า โดยสั่งขี้เลื่อย จากโรงงานแปรรูปไม้ จากจังหวัดสุราษฎร์ธานี ในราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 0.57 บาท เกษตรกรได้นำขี้เลื่อยมาผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ บรรจุใส่ถุง ถุงละ 0.8-1 กิโลกรัม แล้วนำไปเพาะเห็ด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ ต่อไป

จากผลการการศึกษาข้อมูลเชิงวิศวกรรม พบว่า เครื่องย่อยชิ้นไม้สามารถย่อยชิ้นไม้ย่อยชิ้นไม้จำนวน 30 กิโลกรัมย่อยวัสดุได้เฉลี่ย 26.4 กิโลกรัม คิดเป็นชิ้นไม้ 1 กิโลกรัม จะให้วัสดุย่อย 0.88 กิโลกรัม และจากผลการ ศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในการย่อยชิ้นไม้ พบว่า การย่อยชิ้นไม้ 1 กิโลกรัม จะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 0.08 กิโลวัตต์

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุน ใช้วิธีวิเคราะห์เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ การลงทุนเพื่อใช้เอง และการลงทุนเพื่อรับจ้างอย่างเดียว

การลงทุนเพื่อใช้เอง คิดจาก ต้นทุนคงที่ซึ่งได้จากต้นทุนในการสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ ต้นทุนแปรผันคิดจาก ค่าบำรุงรักษา ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าเสื่อมราคา และค่าไม้แต่ ไม่ได้คิดค่าแรง เนื่องจากเกษตรกรเป็นผู้ดำเนินการเอง นำมาคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 423 ซึ่งผลตอบแทนมีค่าเป็นบวกแสดงว่าเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า ส่วนการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนต่อเงินทุน (Benefit –Cost Ratio) พบว่าอัตราส่วนของผลประโยชน์ กับเงินทุนมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่ายอมรับกับการลงทุนในครั้งนี้ และจะสามารถคืนทุน (Payback Period) ได้ในเวลา 2 ปี 5 เดือน และเมื่อวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) พบว่าอัตราผลตอบแทนของโครงการมีค่า 10.66 แสดงว่า ควรลงทุนเนื่องจากมีอัตราผลตอบแทนของโครงการสูงกว่าอัตราต้นทุนของเงินทุน (กรณีที่หน่วยธุรกิจกู้เงินมาลงทุนซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ย ที่ผู้ให้กู้คิดจากหน่วยธุรกิจ)

จากผลการวิเคราะห์การลงทุนเพื่อรับจ้างอย่างเดียว คิดต้นทุนคงที่ จากต้นทุนในการสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ ต้นทุนแปรผันคิดจาก ค่าบำรุงรักษา ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าเสื่อมราคา ค่าแรง และค่าไม้ การที่คิดค่าแรงเนื่องจากเป็นการลงทุนเพื่อรับจ้างจำเป็นต้องจ้างแรงงานมาดำเนินการ เมื่อนำรายได้มาเปรียบกับรายจ่าย (ต้นทุนแปรผัน) พบว่าไม่คุ้มต่อการลงทุนเพราะรายจ่ายต่อปีมีค่า

Copyright by Mahidol University

มากกว่ารายได้ ดังนั้นการสร้างย่อยชิ้นไม้จึงเหมาะสมในการลงทุนเพื่อใช้เองเพียงอย่างเดียว เพราะจะเหมาะสมในกรณีขี้เลื่อยขาดแคลน และราคาสูง

Copyright by Mahidol University

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง การออกแบบและทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด โดยการออกแบบการสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อให้ได้วัสดุย่อยที่มีขนาดเท่ากับขี้เลื่อยที่เกษตรกรใช้อยู่เดิม ซึ่งได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องที่วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี โดยนำไม้ท่อนและปีกไม้ที่เหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ มาทดลองย่อยเพื่อให้ได้วัสดุที่มีขนาดเท่าขี้เลื่อย และได้นำวัสดุย่อยไปให้เกษตรกร ที่ตำบลนาวุ้ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี ทำการเพาะเห็ด จากนั้นเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากวัสดุย่อยและขี้เลื่อย และทำการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรม เชิงเศรษฐศาสตร์ สามารถสรุปผลการวิจัยการสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ ได้ดังนี้

6.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ พบว่า สามารถย่อยชิ้นไม้ให้ได้ขนาดของวัสดุย่อยที่มีขนาดเหมาะสมในการเพาะเห็ด โดยสอดคล้องกับเกณฑ์ในการออกแบบสร้างเครื่องในบทที่ 1 ดังนี้

1) เทคโนโลยี คุณลักษณะที่สำคัญของเทคโนโลยีที่นำมาใช้กับการสร้างเครื่องย่อยชิ้นไม้ ก็คือ เป็นเทคโนโลยีที่ง่ายต่อการเข้าใจเนื่องจากการทำงานของเครื่องไม่ซับซ้อน เพียงแต่เปิดสวิทซ์ไฟฟ้า เครื่องก็พร้อมทำงานและป้อนชิ้นไม้เข้าเครื่องก็จะได้วัสดุย่อยที่มีขนาดเท่าขี้เลื่อยตามต้องการ การป้อนก็เป็นการป้อนด้วยมือแบบต่อเนื่อง แรงที่ใช้ในการป้อนขึ้นอยู่กับผู้ป้อน จะป้อนด้วยแรงเท่าใดก็ได้ ซึ่งเหมาะกับเกษตรกรผู้เพาะเห็ดสามารถใช้งานได้ทั้งเกษตรกรที่เป็นหญิงหรือชายก็ได้ เกษตรกร ไม่ต้องมีความรู้และประสพการณ์ก็สามารถทำงานได้ ชิ้นไม้ที่เกษตรกรนำมาย่อยเป็นไม้ที่ได้จากท้องถิ่นไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ทำให้เกษตรกรประหยัด และเกษตรกรยังสามารถใช้ไม้ชนิดอื่น ๆ ได้ จากการศึกษา ของชฎาภรณ์ (2532) พบว่า ขี้เลื่อยที่ได้จากไมยราบยักษ์ให้ผลผลิตในการเพาะเห็ดหอมได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นขี้เลื่อยจากไม้กระถินยักษ์ และยางพารา ตามลำดับ จากผลการศึกษาดังกล่าวทำให้เกษตรกรสามารถใช้เครื่องย่อยชิ้นไม้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาใช้ย่อยเพื่อให้ได้วัสดุย่อยจากไม้ชนิดอื่นในท้องถิ่นมาทำการเพาะเห็ดได้ โดยไม่ต้องรอขี้เลื่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปเท่านั้น

2) การใช้งานและการบำรุงรักษา เกษตรกรสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับเครื่องโดยมีการบำรุงรักษาเครื่อง ได้แก่ การอัดจารบี หยอดน้ำมัน ตุ๊กตารองเพลา 2 ตัว ทุก ๆ 2 เดือน และมีการเปลี่ยนสายพานซึ่งเกษตรกรสามารถเปลี่ยนเองได้เนื่องจากมีความคุ้นเคยกับเครื่องมือการเกษตรกรรมอยู่แล้ว

Copyright by Mahidol University

เช่น ปั้มน้ำ รถไถเดินตาม เป็นต้น การเปลี่ยนสายพานควรเปลี่ยน ปีละครั้ง ส่วนการถอดและลับใบมีด เกษตรกรสามารถทำได้โดยเพียงแต่คลายน็อตออก แล้วนำไปลับกับหินลับมีด

3) วัสดุอุปกรณ์ สามารถหาซื้อได้ในท้องถิ่นเนื่องจากเป็นวัสดุที่มีขายอยู่ทั่วไป เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องกลการเกษตร เช่น มอเตอร์ สายพาน พูเล่ย์ และน็อต ต่าง ๆ เป็นต้น

4) ความปลอดภัย เครื่องย่อยชิ้นไม้นี้มีความปลอดภัยในการใช้งาน เนื่องจากเป็นระบบปิด เช่น ระบบตัดและระบบย่อย มีฝาปิดมิดชิด เพื่อป้องกันเศษไม้กระเด็นมาโดนเกษตรกรได้ตลอดจนมีฝาครอบสายพานป้องกันอุบัติเหตุจากมือ หรือ สิ่งของที่เข้าไประหว่างที่เครื่องทำงานอยู่ มีความปลอดภัยของระบบไฟฟ้า เนื่องจากมี สวิทซ์ เบรคเกอร์ ควบคุมกระแสไฟฟ้า

5) พลังงานที่ใช้ เครื่องย่อยชิ้นไม้ใช้ไฟฟ้า AC 220 V. ซึ่งมีอยู่ทุกบ้าน

6) ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย เครื่องย่อยชิ้นไม้มีขนาดที่เหมาะสมคือขนาดกว้าง 45 เซนติเมตร ยาว 85 เซนติเมตร สูง 70 เซนติเมตร และมีล้อสามารถลากหรือเข็นได้ ทำให้สะดวกในการเคลื่อนย้าย อย่างมากไม่ต้องยก

7) ราคา เครื่องย่อยชิ้นไม้มีราคาที่เหมาะสมในการใช้งานเอง เนื่องจากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ จากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) การวิเคราะห์อัตราตอบแทนต่อเงินทุน (B / C Ratio) ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP) อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) พบว่าคุ้มค่าต่อการลงทุน และสามารถคืนทุน ในปีที่ 2 ปี 5 เดือน แต่จะไม่คุ้มในการลงทุนในด้านรับจ้างเพราะ ต้องเสียค่าจ้างแรงงานที่นำไม้มาเข้าเครื่องย่อยชิ้นไม้ ทำให้ต้นทุนมากกว่าการซื้อขี้เลื่อย

ดังนั้นพอจะสรุปได้ว่าจากการออกแบบและทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้สามารถให้วัสดุย่อยที่มีขนาดเดียวกับขี้เลื่อยที่ใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด โดยจะคุ้มกับการลงทุนในด้านการใช้เองแต่ไม่สามารถนำมาใช้รับจ้างได้ ซึ่งเกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเพาะเห็ดโดยไม่ต้องคำนึงถึงความขาดแคลนของขี้เลื่อย ชนิดของไม้ที่นำมาย่อยเพื่อใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด และราคาขี้เลื่อยที่สูงขึ้นเนื่องจากค่าขนส่ง

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1) ควรนำเครื่องย่อยชิ้นไม้ ไปเผยแพร่ให้เกษตรกรที่ทำการเพาะเห็ดได้ทราบกันอย่างแพร่หลาย
2) การป้อนชิ้นไม้ควรป้อนอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ชิ้นไม้สามารถย่อยได้ตลอดทั้งชิ้นไม้
3) เกษตรกรควรนำไม้ชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาย่อยเพื่อให้ได้วัสดุย่อยในการเพาะเห็ด โดยเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้ในแต่ละชนิด
4) ถ้าเกษตรกรนำเครื่องไปใช้กับไฟฟ้า 380 V.50 Hz. จะทำให้ค่าไฟฟ้าถูกลง

Copyright© by Mahidol University

6.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาและพัฒนาเครื่องโดยการออกแบบเครื่องย่อยชิ้นไม้ให้ใช้ มอเตอร์ชนิดที่กับไฟฟ้า 380 V. 50 Hz . เพราะจะทำให้ลดต้นทุนค่ามอเตอร์และค่ากระแสไฟฟ้าถูกลง
2) ควรศึกษาวิจัยและพัฒนาเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อให้ได้วัสดุย่อยที่มีขนาดเหมาะสมนำมาใช้ในด้าน เกษตรกรรม รูปแบบอื่น ๆ เช่น ใช้เป็นวัสดุในการปลูกไม้กระถางหรือใช้ทำปุ๋ยหมัก
3) ควรนำวัสดุย่อยที่ได้จากเครื่องย่อยชิ้นไม้ มาศึกษาและพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมแบบอื่น ๆ เช่น ทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง นำมาทำธูป ยากันยุง แผ่นกันเสียง เป็นต้น

Copyright by Mahidol University

บรรณานุกรม

กฤษกร คุ้มพงษ์ และคณะ. (2540).เครื่องย่อยกิ่งไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี สาขา วิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี .

กรมวิชาการเกษตร . (2528) . สรุปผลการสัมมนาทางวิชาการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ .

กรมส่งเสริมการส่งออก. (2542). การผลิตเฟอร์นิเจอร์ นิตยสารสำหรับผู้ส่งออกและผู้บริหาร . กระทรวงพานิชย์ . ปีที่13 ฉบับที่ 280 หน้า 10-15.

กรมอาชีวศึกษา. (2525). การเพาะเห็ดและการทำเชื้อเห็ด กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพฯ .

กิตติ อินทรานนท์ . (2529) การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกลสำหรับช่างอุตหกรรม สำนักพิมพ์ ยูไนเตรดท์บุ๊ค กรุงเทพฯ .

จารุณี วงค์ข้าหลวง. (2531) .ศัตรูทำลายไม้ยางพารา และ การป้องกันการใช้น้ำยาและ การอัดน้ำยา การสัมมนาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ไม้ยางพารา โรงแรม เจ.บี. อ. หาดใหญ่ จ.สงขลา .

จิตติ สานประเสริฐ และ คณะ (2527).เครื่องบดมะเขือเทศ วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี สาขา วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ชวลิต อุรพีพัฒนพงค์ และคณะ. (2525) .การศึกษาเศรษฐกิจการใช้ประโยชน์ไม้ยางพารา . ฝ่ายเศรษฐกิจป่าไม้ กองแผนงาน กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.

ชฎาภรณ์ เลิศประเสริฐ. (2532) . การเพาะเห็ดหอมในขี้เลื่อยของไม้ต่างชนิดในถุงพลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล .

ณรงค์ เพ็งปรีชา. (2530) . การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการส่งออกผลิตภัณฑ์ไม้ยางพารา. รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ประจำปี 2530 . กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.

ดีพร้อม ไชยวงค์เกียรติ . (2523). การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก . ชมรมถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร . กรุงเทพ ฯ .

ดีพร้อม ไชยวงค์เกียรติ. (2535). การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . กรุงเทพฯ.

ดำรง โพธิ และคณะ (2530). เครื่องย่อยส่วนเหลือของมันสำปะหลัง วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี .

ทรงกรด จารุสมบัติ .(2534). การทำไม้อัดจากไม้ยางพารา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

Copyright by Mahidol University

ธนาคารกสิกรไทย . (2525). ส่วนสำนักบริหารยางพารา. เอกสารวิชาการธนาคารกสิกรไทย. ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 / 2525 . กรุงเทพฯ .

ธีระ วีณิน และคณะ . (2533) . ความทนทานตามธรรมชาติของไม้บางชนิด. การประชุมวิชาการป่าไม้ประจำปี 2533. กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ .

ธรนินทร์ ปัทมสิงห์ ณ อยุธยา และคณะ. (2532) . ชุดบดย่อยผักตบชวา 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตร์ . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี .

นราทิพย์ ชุติวงศ์ . (2542) . เศรษฐศาสตร์การจัดการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

บรรเลง ศรนิล , กิตติ นิงสานนท์ .(2541) . การคำนวณและออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ . กรุงเทพ ฯ .

ประพฤติ เช้าเจริญ .(2527). การเพาะเห็ดด้วยขี้เลื่อยยางพารา. กองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง . ปีที่ 22 ฉบับที่ 89 หน้า 20-23.

ประณต กุลประสูตร . (2539). การศึกษาสมรรถนะของอุปกรณ์ลดขนาดบรรจุภัณฑ์พลาสติกใช้แล้ว . วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร . มหาวิทยาลัยมหิดล .

ประทีป ปิ่นท้วม . (2538). การศึกษาการนำขี้เลื่อยที่เหลือจากการเพาะเห็ดมาใช้ในรูปเชื้อเพลิง วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร . มหาวิทยาลัยมหิดล .

ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์ . (2529) .เทคโนโลยีการเพาะเห็ด. คณะวิชาเกษตรและอุตสาหกรรม สหวิทยาลัยรัตนโกสินทร์ จันทรเกษม .

ไพบูลย์ แย้มเพื่อน . (2543). เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด กรุงเทพ ฯ .

พจน์ อรุณวงค์ และคณะ .(2519).รายงานผลการทดลองความยากง่ายในการอาบน้ำยาไม้ยางพารา. รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2519. กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ .

มนต์ชัย กนกภัยพิพัฒน์ และคณะ . (2534) .ชุดบดย่อยผักตบชวา 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตร์ . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี.

มานพ ต้นตระบัณฑิตย์ และคณะ . (2536). ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น) พิมพ์ครั้งที่ 2 บริษัทประชาชน กรุงเทพฯ .

มิตซูโบชิ . (2523).Conventional V-belts บริษัทมิตซูโบชิ กรุงเทพ ฯ .

ไมตรี พิพัฒน์รัตนมณี .(2527). เครื่องบดย่อยวัชพืช . วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตร์ . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี.

ยุกติ สาริกะภูติ .(2528). การวิจัยและพัฒนาเห็ดกระดุมและเห็ดอื่น ๆ . การสัมนาเชิงปฏิบัติการ

Copyright by Mahidol University

เรื่องการพัฒนาการเพาะเห็ดกระดุมสำหรับเกษตรกรรายย่อยทางภาคเหนือของไทย . สำนักงานเกษตรภาคเหนือ , เชียงใหม่ .

วิฑูรย์ พลาวุฑฒ์ . (2527) . การเพาะเห็ดและการทำเชื้อ วิทยาเขตนครศรีธรรมราช สำนักพิมพ์เกษตรไทย กรุงเทพฯ .

วันชัย ริจิรวนิช และชอุ่ม พลอยมีค่า. (2535) . เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

วันทนีย์ ภูมิภัทราคม และคณะ . (2538) . เศรษฐศาสตร์ทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 3 ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พริ้นติ้ง. กรุงเทพ ฯ .

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน . (2525) . การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด กรุงเทพฯ .

วรลักษณ์ พฤติภิญโญ. (2533) . การใช้มันสำปะหลังเส้นเป็นอาหารเสริมสำหรับเพาะเห็ดนางรม นางฟ้า และเป๋าฮื้อ . วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

ศิริกุล คล่องคำนวณการ . (2528) .ต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนในการผลิตเห็ดหูหนู เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า และเห็ดเป๋าฮื้อ เพื่อการค้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัญชีมหาบัณฑิต สาขาบริหารและการบัญชี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมพร กฤษณะทรัพย์. (2525) . ประโยชน์ของไม้ยางพารา. วารสารยางพารา . 3 (3) .

สมยศ สินธุระหัส และคณะ . (2530). การสำรวจพื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซ็ท. วารสารยางพารา 8 (3) .

สุรางค์ ตั้งสมบูรณ์ผล . (2526) . การทำให้ Blue stain fungi ในไม้ยางพาราสร้างสปอร์ . รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2526. กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ .

สุรชัย จิระวิชชเลิศ . (2538). การพัฒนาเครื่องบดย่อยฝรั่งสำหรับโรงงานผลิตน้ำฝรั่ง วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมศาสตร์อาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี .

สุรศักดิ์ บัวแสงจันทร์ , นิติกูล วัฒนประดิษฐ์ . (2540) .การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของขี้เลื่อยเพื่อการเพาะเห็ด. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

สุชาดา จิตรภิรมย์ศรี . (2539) . การใช้ประโยชน์ขี้เลื่อยเหลือใช้จากการเพาะเห็ดสำหรับเป็นวัสดุปลูกไม้กระถาง วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร . มหาวิทยาลัยมหิดล .

Copyright by Mahidol University

Beardsell , D.V.D.G Nichols and D.L Jones . (1979). Physical properties of nursery potting

mixtres. Scientia Horticulturac . ,11 : 1-8.

Block ,s.s.,G.taso and L.Han . (1958). Production of mushroom from sawdust. J. Agric. Food Chem. , 6 : 923-927 .

Brien , A.O. (1985) . Mushroom Marketing Rubberwood processing and utilization . Forest Research Institute of Malasia .

Jong , S.C. and J.T. Peng .(1989). Identiworldwide. The Mushroom J. ,200 :233-264

Chang ,S.T. . (1987) . Cultivation of Volvariella mushroom in southeast asia Tropical Mushroom . Biological Nature and Cultivation Methods. , :.221-252.

Garcha ,H.A. ,S. Dhanda and P. Khanna .(1985) Efficacy of container system for the production of *Pleurotus*. Mushroom Newsletter for the Tropics . 5 :16-21.

Hong ,L.T. (1985). Rubberwood processing and utilization . Forest Research Institute of Malasia, Kualalumpur .

Kurtzman , R.H. and F. Zadrazil . (1982). Physilogical and taxonomic consideration for cultivation of *Pleurotus* mushroom Tropical Mushroom . Biological Nature and Cultivation Methods., :299-344.

Low , David Allan .(1914). An Introduction to machine drawing and desing . Longmans , Green and Co , London .

Leong , P.C. (1982). Cultivation of *Pleurotus* mushroom on cotton waste substrate in Singapore Biological Nature and Cultivation Methods.,: 349-361 .

Nicholas , D.D. (1973). Wood Deterioration and Its Prevention by Preservation Treatment. Deagradation and Protection of wood Syracuse University Press.

Mott ,Robert L .(1992). Mechine elements in Mechanical design , 2 nd ed . Macmillan ,Inc. NewYork.

San Antonio , J.P . (1989). Nature importance and significance of the cultivated mushroom industry in Thailand . Final report on mushroom Project covering period of October 2 , 1989 to November 2 , 1989 . Maryland ., , 12 p.

Samajpati , N. (1982). Cultivation of *Pleurotus sajor-caju* in Indid using agricultural waste In the third Internatural Mycological Congress , Japan :619.

Zadarzil , F.(1975). Influence of CO_2 Concentration on the mycellium growth of three *Pleurotus* species . European J. Appl. Microbiol. 1 : 327-335.

Copyright by Mahidol University

ภาคผนวก ก.

ตาราง

Copyright by Mahidol University

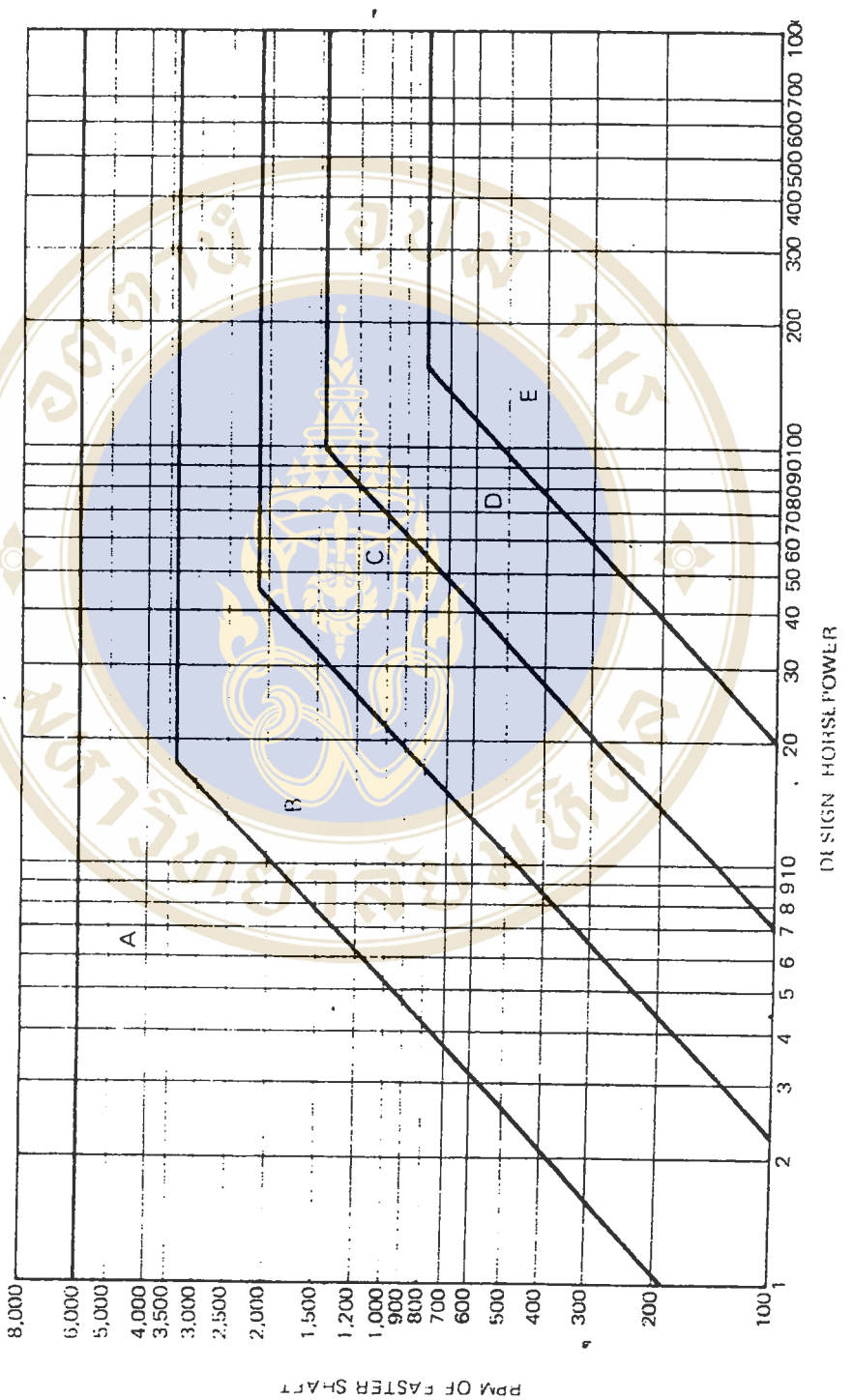
ตารางที่ ผ-1 ตัวคูณใช้งานสำหรับมอเตอร์

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ	ชนิดของอุปกรณ์ขับ					
ตัวประกอบใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้น จึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	มอเตอร์กระแสสลับ : normal torque, squirrel cage, synchronous and split phase. มอเตอร์กระแสตรง : shunt wound เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm			มอเตอร์กระแสสลับ : high torque, high slip, repulsion-induction, single phase, series wound and slip ring. มอเตอร์กระแสตรง: series wound และ compond wound. เครื่องยนต์สันดาปภายใน:ที่มีหนึ่งลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เพลาเมนคลัตช์		
	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	<10	10-16	>16	<10	10-16	>16
งานเบา : เครื่องกวนของเหลว, เครื่องเป่าลม, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบแบบหอยโข่ง, พัดลมที่มีกำลังสูงถึง 7.5 kW, สายพานลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
งานปานกลาง : สานพานลำเลียงทรายหรือเมล็ดพืช, เครื่องผสม, เครื่องผสมของขันเหนียว, พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 kW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เพลาเมน, เครื่องซักผ้า, เครื่องมือกล Punches Presses-shears, เครื่องพิมพ์, positive displacement rotary pumps, เครื่องเขย่า	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
งานหนัก : เครื่องทำอิฐ, bucket elevators, exciters, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบแบบลูกสูบ, สานพานลำเลียง, hammer mills, paper mill beaters, positive displacement blowers, เครื่องบด, เครื่องเลื่อย และเครื่องจักรกลงานไม้, เครื่องทอผ้า	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
งานหนักพิเศษ : Crushers (Gyratory-Jaw-Roll), mills (Ball-Rod-Tube) รอกไฟฟ้า rubber calenders-extruders-mills.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

Copyright by Mahidol University

ที่มา : วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ , 2525

ตารางที่ ผ-2. การเลือกชนิดสายพาน



Copyright by Mahidol University

ที่มา : บริษัท มิตซูโบชิ ,2523

BASIC HORSEPOWER RATINGS

"B" Section (Standard Grade)

RPM of Faster Shaft	Rated HP per Belt for Small Sheave Pitch Diameter																		
	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	185	190	200	220	240 (mm)
870	2.18	2.39	2.59	2.79	2.99	3.19	3.39	3.59	3.79	3.98	4.18	4.37	4.57	4.95	5.14	5.52	6.08	6.81
1160	2.70	2.96	3.22	3.48	3.74	3.99	4.25	4.50	4.75	4.99	5.24	5.48	5.73	6.21	6.44	6.91	7.60	8.50
1750	3.58	3.94	4.30	4.66	5.01	5.35	5.70	6.03	6.37	6.70	7.02	7.34	7.66	8.28	8.58	9.16	10.0	11.1
200	.68	.73	.79	.84	.90	.95	1.00	1.06	1.11	1.16	1.22	1.27	1.32	1.43	1.48	1.58	1.74	1.94
400	1.19	1.29	1.39	1.49	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	2.10	2.19	2.29	2.39	2.59	2.68	2.88	3.17	3.55
600	1.64	1.79	1.93	2.08	2.22	2.37	2.51	2.66	2.80	2.94	3.08	3.22	3.36	3.64	3.78	4.06	4.47	5.02
800	2.05	2.24	2.43	2.61	2.80	2.99	3.17	3.36	3.54	3.72	3.91	4.09	4.27	4.62	4.80	5.15	5.68	6.36
1000	2.42	2.65	2.88	3.11	3.34	3.56	3.79	4.01	4.23	4.45	4.67	4.89	5.10	5.53	5.74	6.17	6.79	7.60
1200	2.77	3.04	3.31	3.57	3.83	4.10	4.36	4.61	4.87	5.13	5.38	5.63	5.88	6.37	6.61	7.09	7.80	8.71
1400	3.09	3.39	3.70	4.00	4.29	4.59	4.88	5.17	5.46	5.75	6.03	6.31	6.59	7.13	7.40	7.93	8.70	9.69
1600	3.38	3.72	4.05	4.39	4.72	5.04	5.36	5.68	6.00	6.31	6.62	6.92	7.23	7.82	8.11	8.67	9.49	10.5
1800	3.64	4.01	4.38	4.74	5.10	5.45	5.80	6.15	6.48	6.82	7.15	7.47	7.79	8.42	8.72	9.31	10.2	11.2
2000	3.88	4.28	4.67	5.06	5.44	5.82	6.19	6.55	6.91	7.27	7.61	7.95	8.28	8.93	9.24	9.85	10.7	11.7
2200	4.08	4.51	4.93	5.34	5.74	6.14	6.53	6.91	7.28	7.65	8.00	8.35	8.69	9.35	9.66	10.3	11.1	12.0
2400	4.26	4.71	5.15	5.58	6.00	6.41	6.81	7.20	7.59	7.96	8.32	8.67	9.01	9.66	9.97	10.5	11.3	12.2
2600	4.41	4.87	5.33	5.77	6.21	6.63	7.04	7.44	7.82	8.20	8.56	8.90	9.24	9.87	10.2	10.7	11.4	
2800	4.52	5.00	5.47	5.92	6.37	6.79	7.21	7.60	7.99	8.36	8.71	9.05	9.36	9.95	10.2			
3000	4.60	5.09	5.57	6.03	6.47	6.90	7.31	7.70	8.08	8.43	8.77	9.09	9.39	9.92	10.2			
3200	4.64	5.14	5.62	6.08	6.53	6.95	7.35	7.73	8.09	8.43	8.74	9.03	9.29					
3400	4.65	5.15	5.63	6.09	6.52	6.93	7.32	7.68	8.02	8.32	8.61							
3600	4.62	5.12	5.59	6.04	6.46	6.85	7.22	7.55	7.85									
3800	4.55	5.04	5.50	5.93	6.33	6.70	7.04											
4000	4.44	4.92	5.36	5.77	6.14	6.48												
4200	4.28	4.74	5.16	5.54	5.88													
4400	4.08	4.52	4.91	5.25														
4600	3.83	4.24																
4800	3.53																	
5000																		

RPM of Faster Shaft	Additional HP per Belt for Speed Ratio										RPM of Faster Shaft
	1.00 to 1.01	1.02 to 1.04	1.05 to 1.08	1.09 to 1.12	1.13 to 1.18	1.19 to 1.24	1.25 to 1.34	1.35 to 1.51	1.52 to 1.99	2.00 and Over	
870	.00	.04	.08	.12	.16	.21	.25	.29	.33	.37	870
1160	.00	.05	.11	.16	.22	.27	.33	.38	.44	.49	1160
1750	.00	.08	.17	.25	.33	.41	.50	.58	.66	.74	1750
200	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.08	200
400	.00	.02	.04	.06	.08	.09	.11	.13	.15	.17	400
600	.00	.03	.06	.08	.11	.14	.17	.20	.23	.25	600
800	.00	.04	.08	.11	.15	.19	.23	.26	.30	.34	800
1000	.00	.05	.09	.14	.19	.24	.28	.33	.38	.42	1000
1200	.00	.06	.11	.17	.23	.28	.34	.40	.45	.51	1200
1400	.00	.07	.13	.20	.26	.33	.40	.46	.53	.59	1400
1600	.00	.08	.15	.23	.30	.38	.45	.53	.60	.68	1600
1800	.00	.08	.17	.25	.34	.42	.51	.59	.68	.76	1800
2000	.00	.09	.19	.28	.38	.47	.57	.66	.76	.85	2000
2200	.00	.10	.21	.31	.42	.52	.62	.73	.83	.93	2200
2400	.00	.11	.23	.34	.45	.57	.68	.79	.91	1.02	2400
2600	.00	.12	.25	.37	.49	.61	.74	.86	.98	1.10	2600
2800	.00	.13	.26	.40	.53	.66	.79	.92	1.06	1.19	2800
3000	.00	.14	.28	.42	.57	.71	.85	.99	1.13	1.27	3000
3200	.00	.15	.30	.45	.60	.76	.91	1.06	1.21	1.36	3200
3400	.00	.16	.32	.48	.64	.80	.96	1.12	1.28	1.44	3400
3600	.00	.17	.34	.51	.68	.85	1.02	1.19	1.36	1.53	3600
3800	.00	.18	.36	.54	.72	.90	1.08	1.26	1.43	1.61	3800
4000	.00	.19	.38	.57	.76	.94	1.13	1.32	1.51	1.70	4000
4200	.00	.20	.40	.59	.79	.99	1.19	1.39	1.59	1.78	4200
4400	.00	.21	.42	.62	.83	1.04	1.25	1.45	1.66	1.87	4400
4600	.00	.22	.43	.65	.87	1.09	1.30	1.52	1.74	1.95	4600
4800	.00	.23	.45	.68	.91	1.13	1.36	1.59	1.81	2.04	4800
5000	.00	.24	.47	.71	.94	1.18	1.42	1.65	1.89	2.12	5000

Belt speed above 30m/sec., Special sheaves may be necessary.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิมพ์ : ประชุม ลิขสิทธิ์ใหม่, 2523

ตารางที่ ผ-4. การหามุมโอบสัมผัส

Arc of Contact Correction Factors

$\frac{D-d}{C}$	Arc of Contact on Small Sheave (Degrees)	Correction Factor
0.00	180	1.00
0.10	174	0.99
0.20	169	0.97
0.30	163	0.96
0.40	157	0.94
0.50	151	0.93
0.60	145	0.91
0.70	139	0.89
0.80	133	0.87
0.90	127	0.85
1.00	120	0.82
1.10	113	0.80
1.20	106	0.77
1.30	99	0.75
1.40	91	0.72
1.50	83	0.65

$$\text{Arc of Contact(degress)} = 180 - \frac{(D-d)60}{C}$$

Where
D = Pitch diameter of large sheave (mm)
d = Pitch diameter of small sheave (mm)
C = Center distance (mm)

ที่มา : บริษัท มิตซูโบชิ ,2523

ตารางที่ ผ-5. การหาค่า Length Correction Factors

Length Correction Factors

Std. Length Designation	Cross Section					Std. Length Designation	Cross Section				
	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E
26	0.81					120	1.13	1.07	0.97	0.86	
31	0.84					128	1.14	1.08	0.98	0.87	
35	0.87	0.81				144	–	1.11	1.00	0.90	
38	0.88	0.83				158	–	1.13	1.02	0.92	
42	0.90	0.85				173	–	1.15	1.04	0.93	
46	0.92	0.87				180	–	1.16	1.05	0.94	0.91
51	0.94	0.89	0.80			195	–	1.18	1.07	0.96	0.92
55	0.96	0.90	–			210	–	1.19	1.08	0.98	0.94
60	0.98	0.92	0.82			240	–	1.22	1.11	1.00	0.96
68	1.00	0.95	0.85			270	–	1.25	1.14	1.03	0.99
75	1.02	0.97	0.87			300	–	1.27	1.16	1.05	1.01
80	1.04	–	–			330	–	–	1.19	1.07	1.03
81	–	0.98	0.89			360	–	–	1.21	1.09	1.05
85	1.05	0.99	0.90			390	–	–	1.23	1.11	1.07
90	1.06	1.00	0.91			420	–	–	1.24	1.12	1.09
96	1.08	–	0.92			480	–	–	–	1.16	1.12
97	–	1.02	–			540	–	–	–	1.18	1.14
105	1.10	1.04	0.94			600	–	–	–	1.20	1.17
112	1.11	1.05	0.95			660	–	–	–	1.23	1.19

Copyright by Mahidol University

ที่มา : บริษัท มิตซูโบชิ ,2523

ตารางที่ ผ-6. ค่าความเค้นบิด (τ all) และเค้นดัด (σ b all)

เพลาทำจากวัสดุ	$\tau_{t\ all}$ (N/mm^2)	$\sigma_{b\ all}$ (N/mm^2)
St 42	12 - 18	30 - 60
St 50	20 - 40	40 - 60
St 60	40 - 60	60 - 100
St 70	60 - 80	100 - 150

ที่มา :บรรเลง ศรนิล ,2541

ตารางที่ ผ-7. ขนาดมาตราฐานของเพลา

10	20	30	40	50	60	70	80	125	200	300
12	22	35	45	55	(65)	(75)	90	130	220	320
14	25						100	140	240	440
16							110	150	260	460
18							(120)	160	280	480

Copyright by Mahidol University

ที่มา :บรรเลง ศรนิล , 2541

ตารางที่ ผ-8 ผลการทดสอบเครื่องย่อยชิ้นไม้เพื่อปรับระยะห่างแท่นรองตัดกับใบมีด ทดลอง ซ้ำ 5 ครั้ง

ขนาดของวัสดุย่อย (มิลลิเมตร)																	
ครั้งที่	ปีกไม้					ไม้ยางพารา					ไม้สิ่น ๆ						
	ระยะห่างระหว่างแท่นรองตัดกับใบมีด (มิลลิเมตร)					ระยะห่างระหว่างแท่นรองตัดกับใบมีด (มิลลิเมตร)					ระยะห่างระหว่างแท่นรองตัดกับใบมีด (มิลลิเมตร)						
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
1	1.8	2.9	3.7	5.7	8.7	1.9	2	3.1	5.1	8	1.9	3.1	4.2	7	9.1		
2	2	3.3	4.2	5.5	8.8	2.2	2.1	3.1	4.8	7.8	2.2	2.8	3.7	7.2	9.3		
3	2.1	2.7	3.6	5.8	9.4	2	1.8	3	5.3	7.9	2.4	2.9	3.7	6.9	8.9		
4	2.2	2.8	3.8	6.2	9.3	2	2.1	3.2	4.9	8.5	1.9	2.7	3.9	7	8.8		
5	1.9	3.2	4.4	6.5	9	1.8	2	2.9	5.4	8.2	1.8	3.3	4.2	7.2	9		
รวม	10	14.9	19.7	29.7	45.2	9.9	10	15.3	25.5	40.4	10.2	14.8	19.7	35.3	45.1		
เฉลี่ย	2	2.98	3.94	5.94	9.04	1.98	2	3.06	5.1	8.08	2.04	2.96	3.94	7.06	9.02		

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ ผ-9 การวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ T- test (2 tailed) ผลผลิตของเห็ดที่เพาะจากวัสดุย่อยและขี้เลื่อย

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	material	98.00	30	15.18	2.77
	SAWDUST	91.33	30	12.52	2.29

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	material & SAWDUST	30	.196	.299

Paired Samples Test

		Paired Differences					
					95% Confidence Interval of the Difference		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper	t
Pair 1	material - SAWDUST	6.67	17.68	3.23	6.42E-02	13.27	2.065

Paired Samples Test

		df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	material - SAWDUST	29	.048

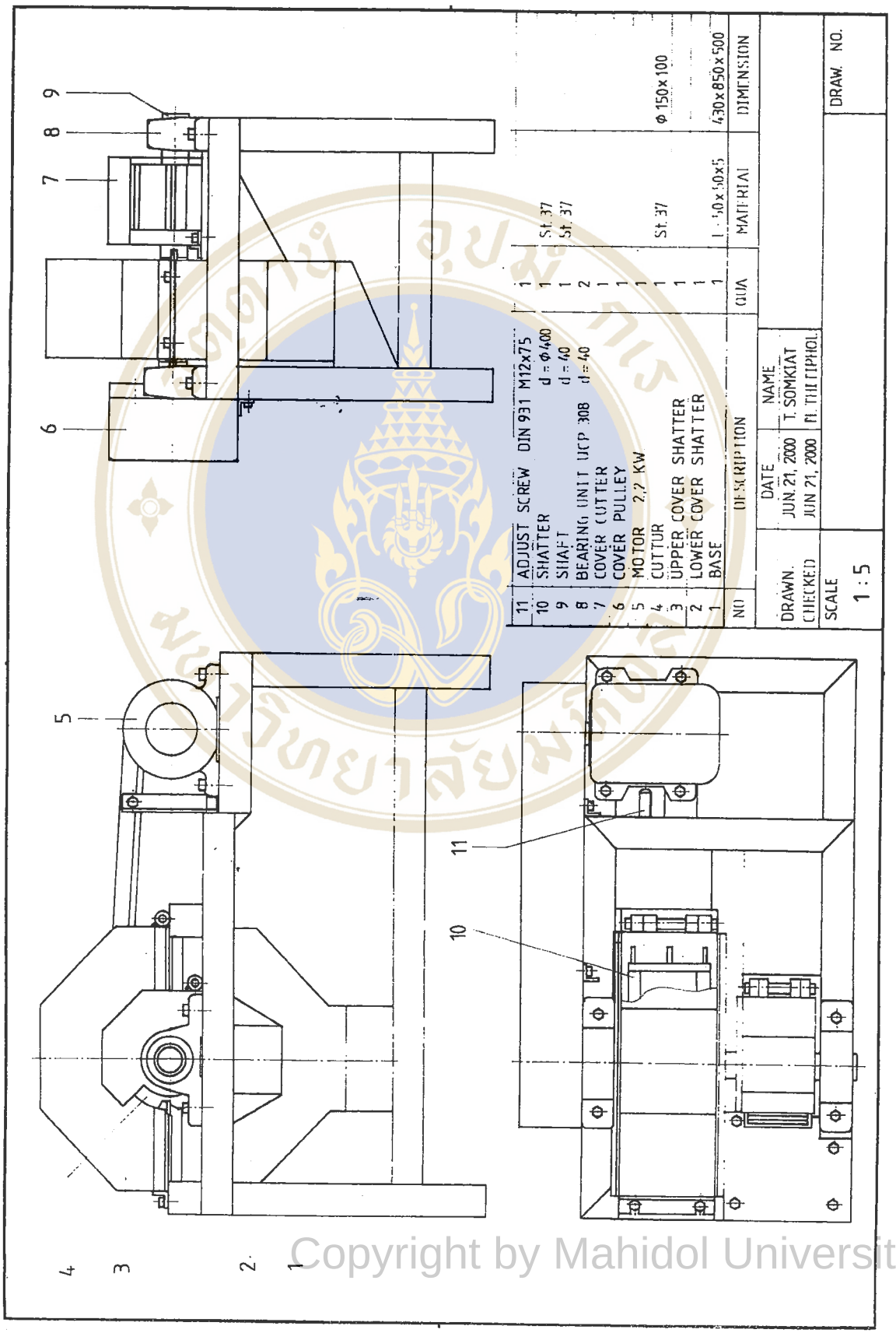
Copyright by Mahidol University

ภาคผนวก ข.

รูป

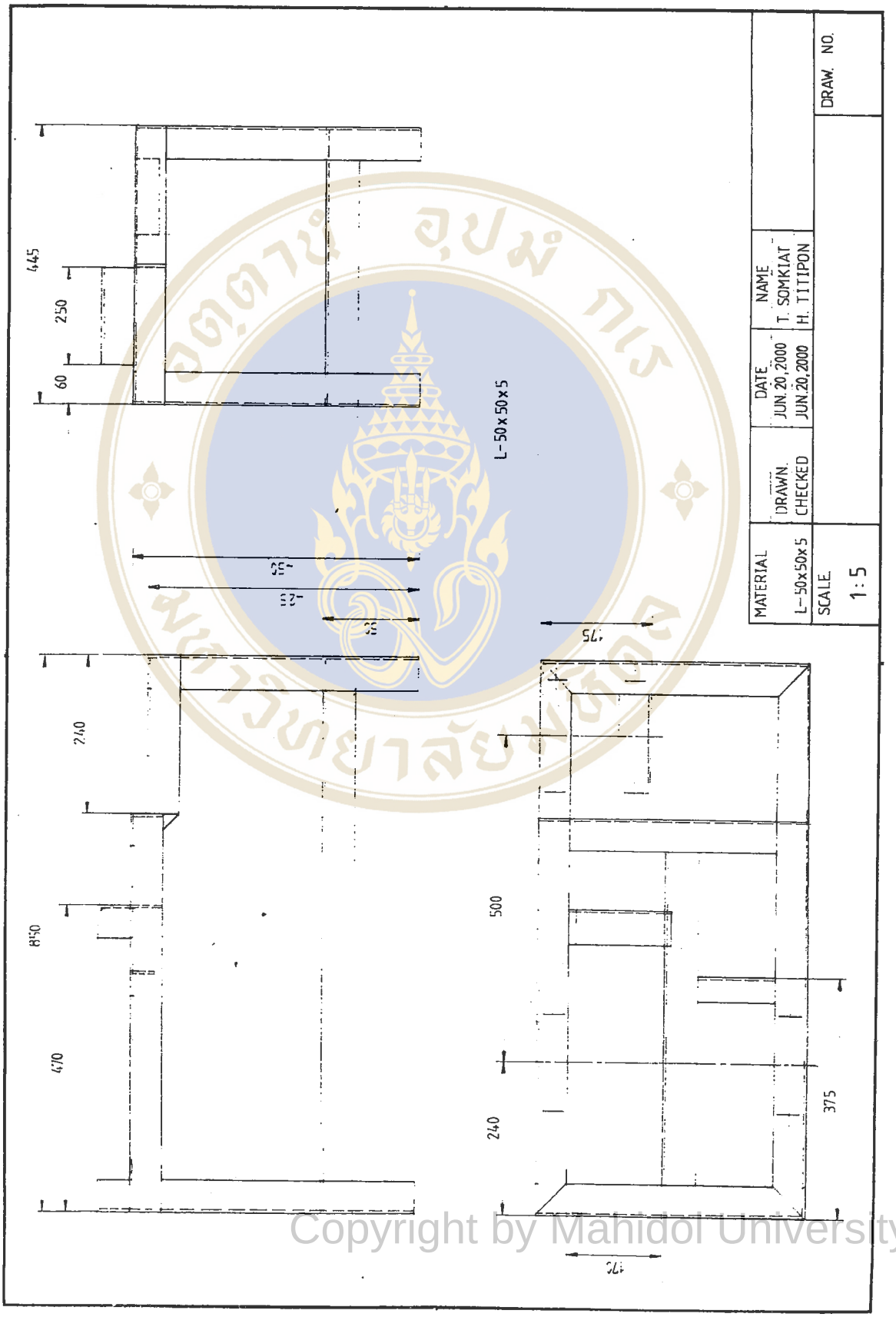
Copyright by Mahidol University

รูปที่ ผ- 1 ด้านหน้า ด้านบน และด้านข้าง ของเครื่องย่อยชิ้นไม้



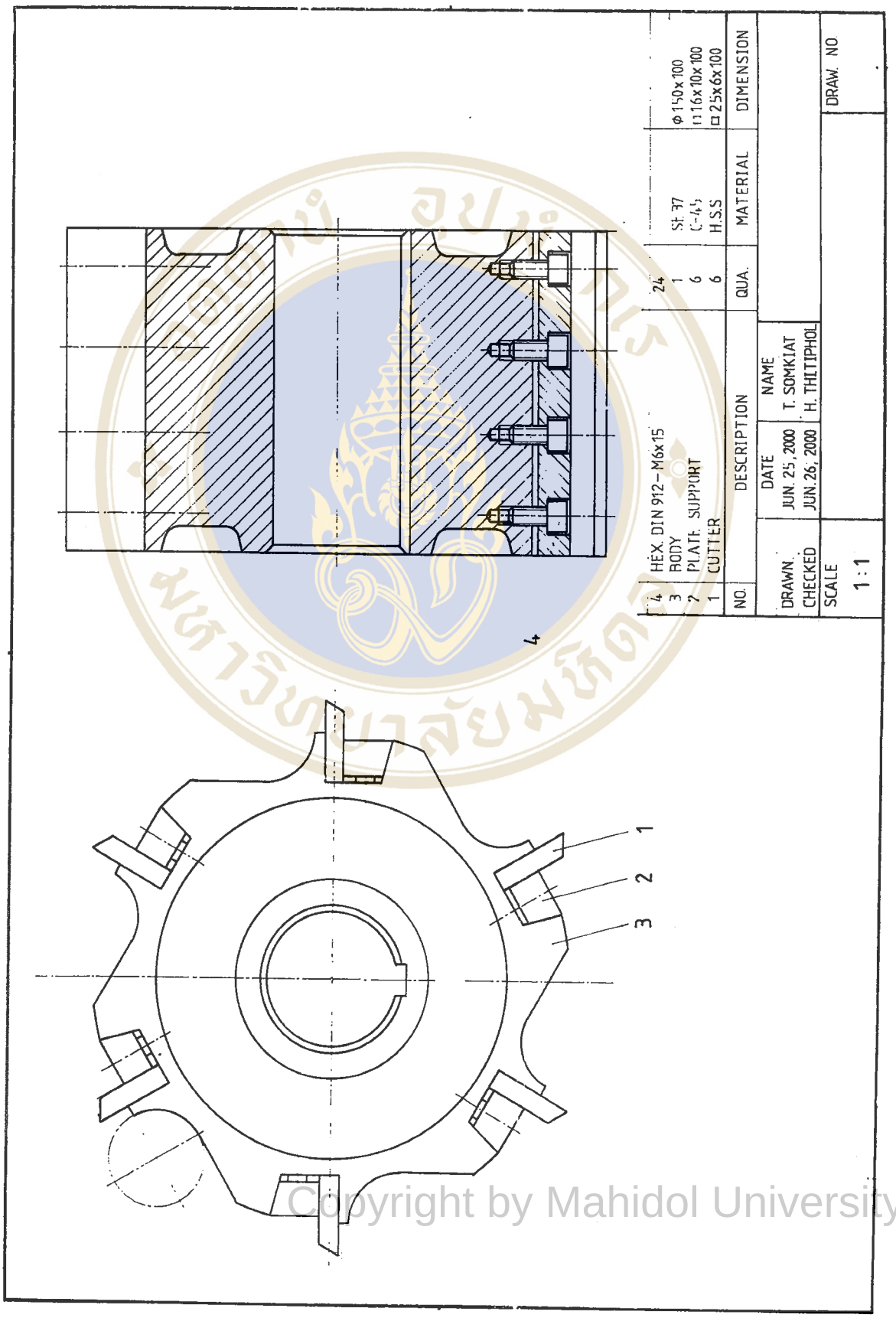
Copyright by Mahidol University

รูปที่ ผ-2. ด้านหน้า ด้านบน ด้านข้างของโครงเครื่องย่อยชิ้นไม้



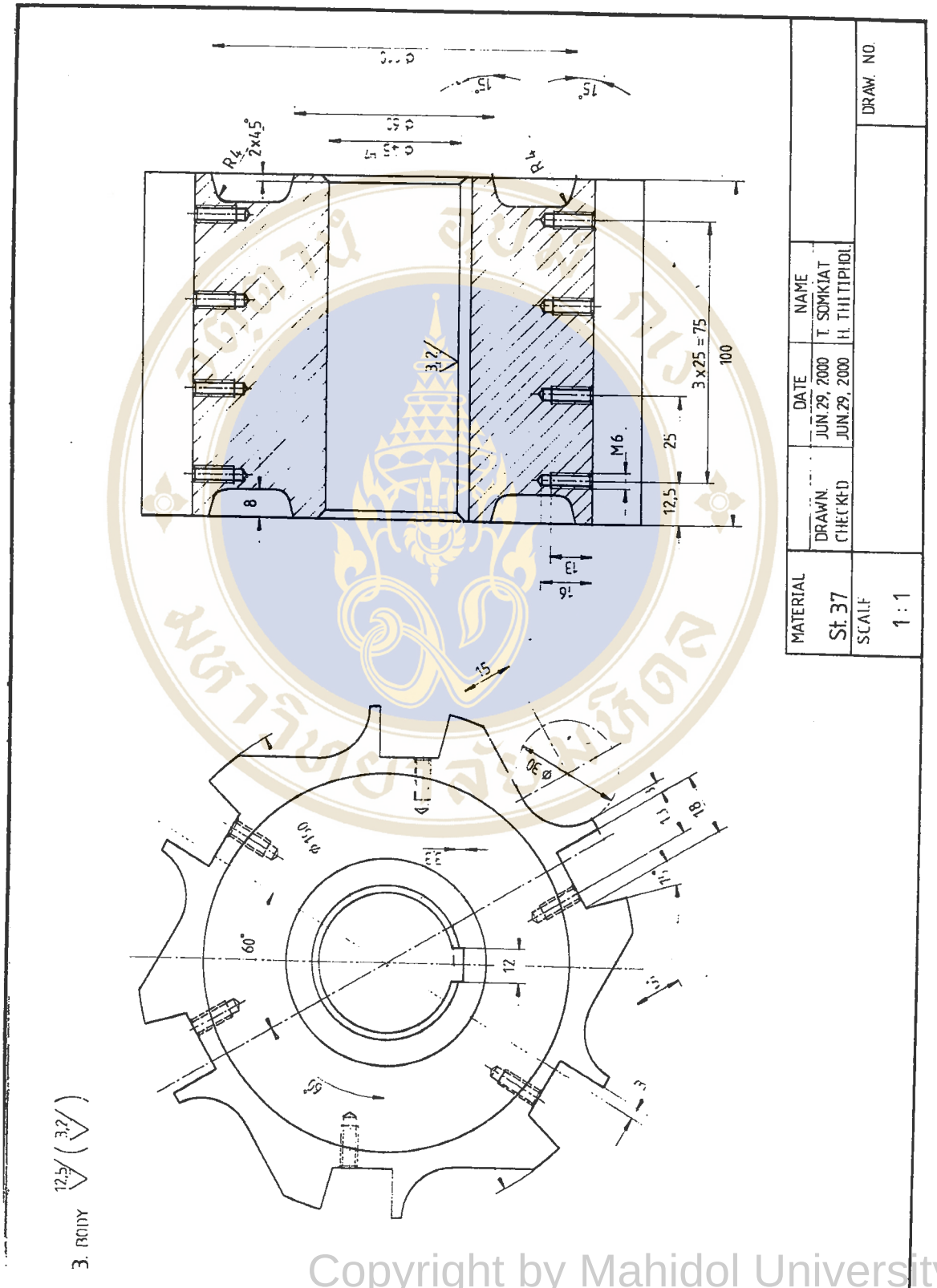
Copyright by Mahidol University

รูปที่ ผ-3. ส่วนประกอบชุดตัด



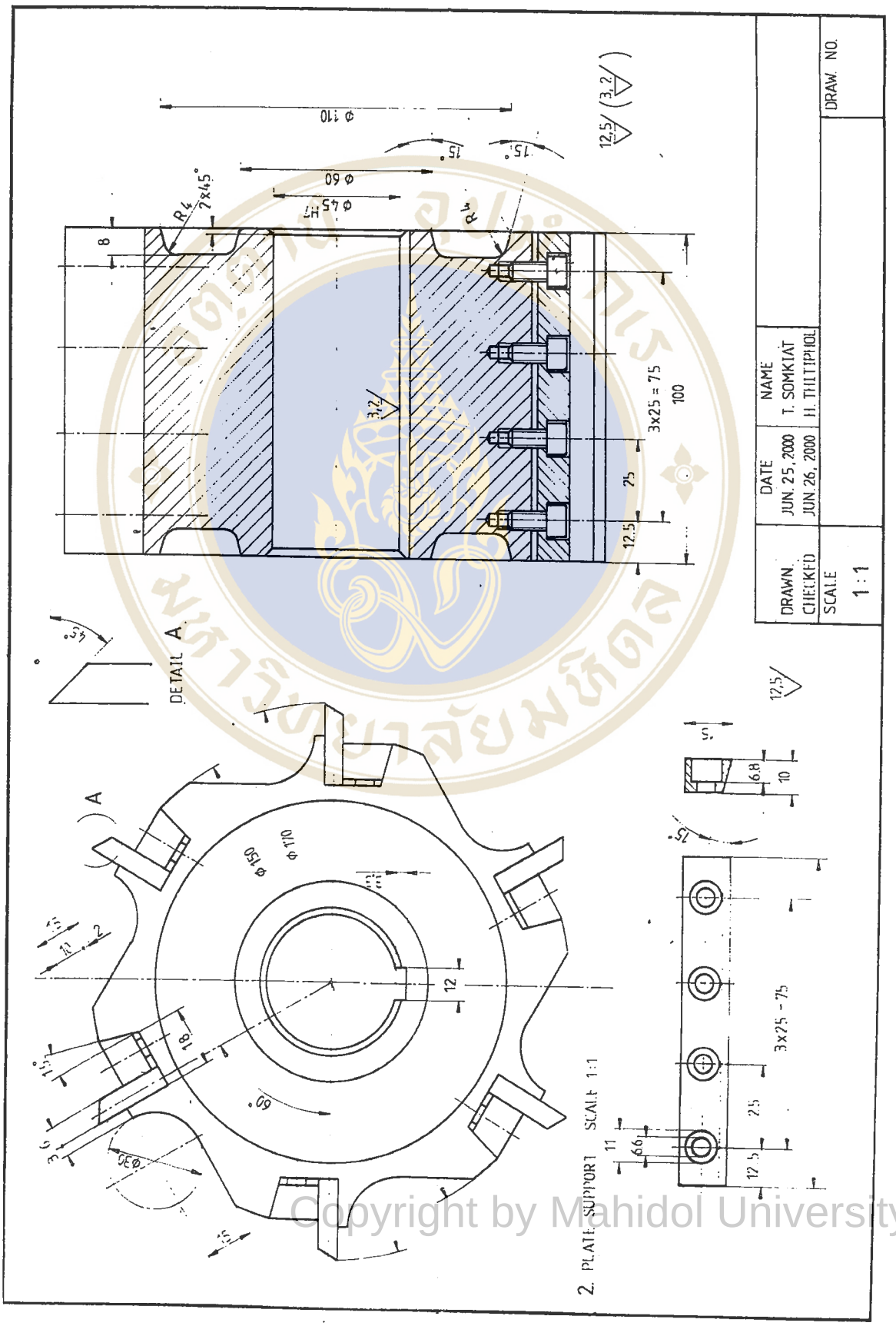
Copyright by Mahidol University

รูปที่ ผ-4. รายละเอียดส่วนประกอบชุดตัด



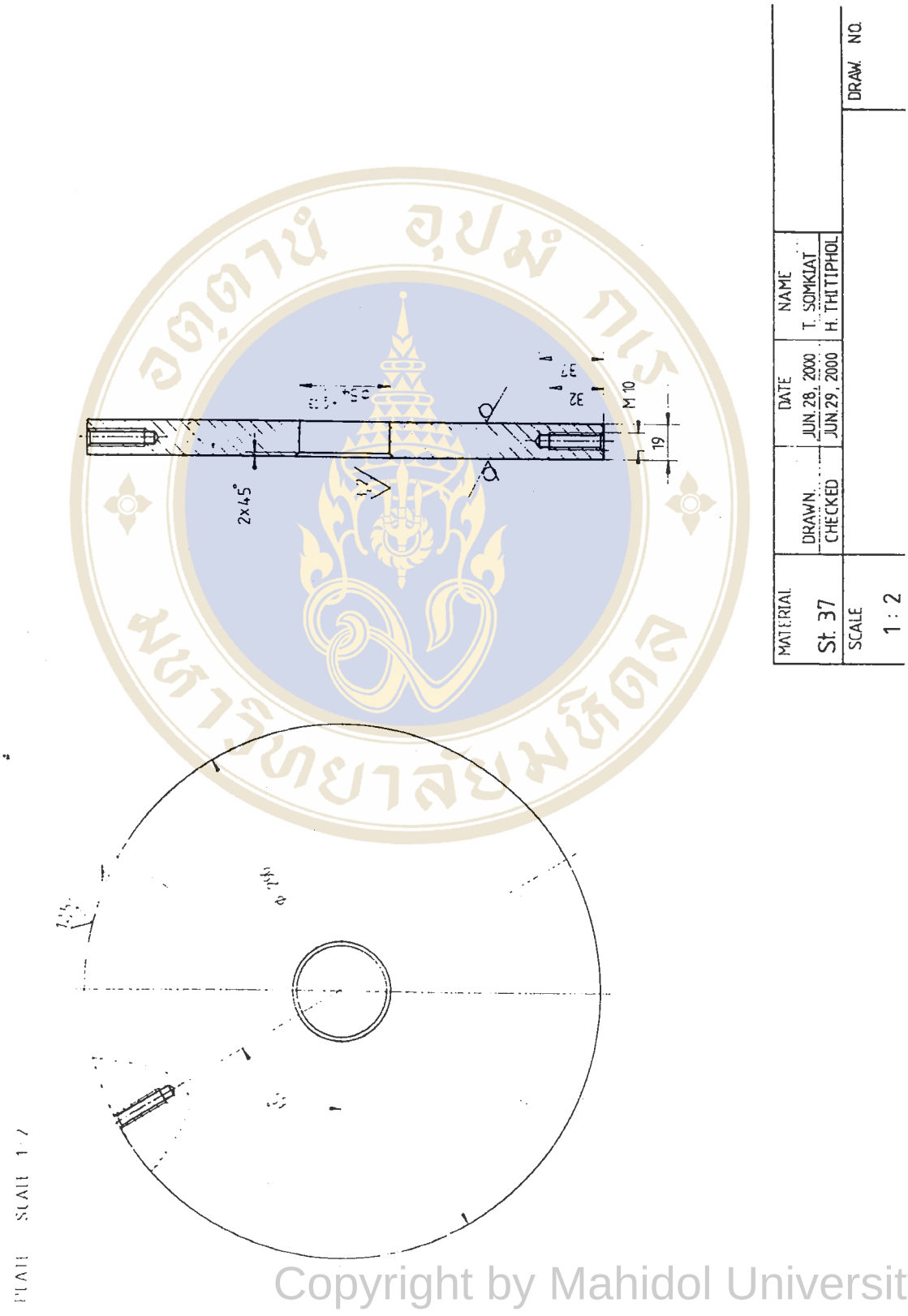
Copyright by Mahidol University

รูปที่ ผ-5. รายละเอียดส่วนประกอบชุดตัด



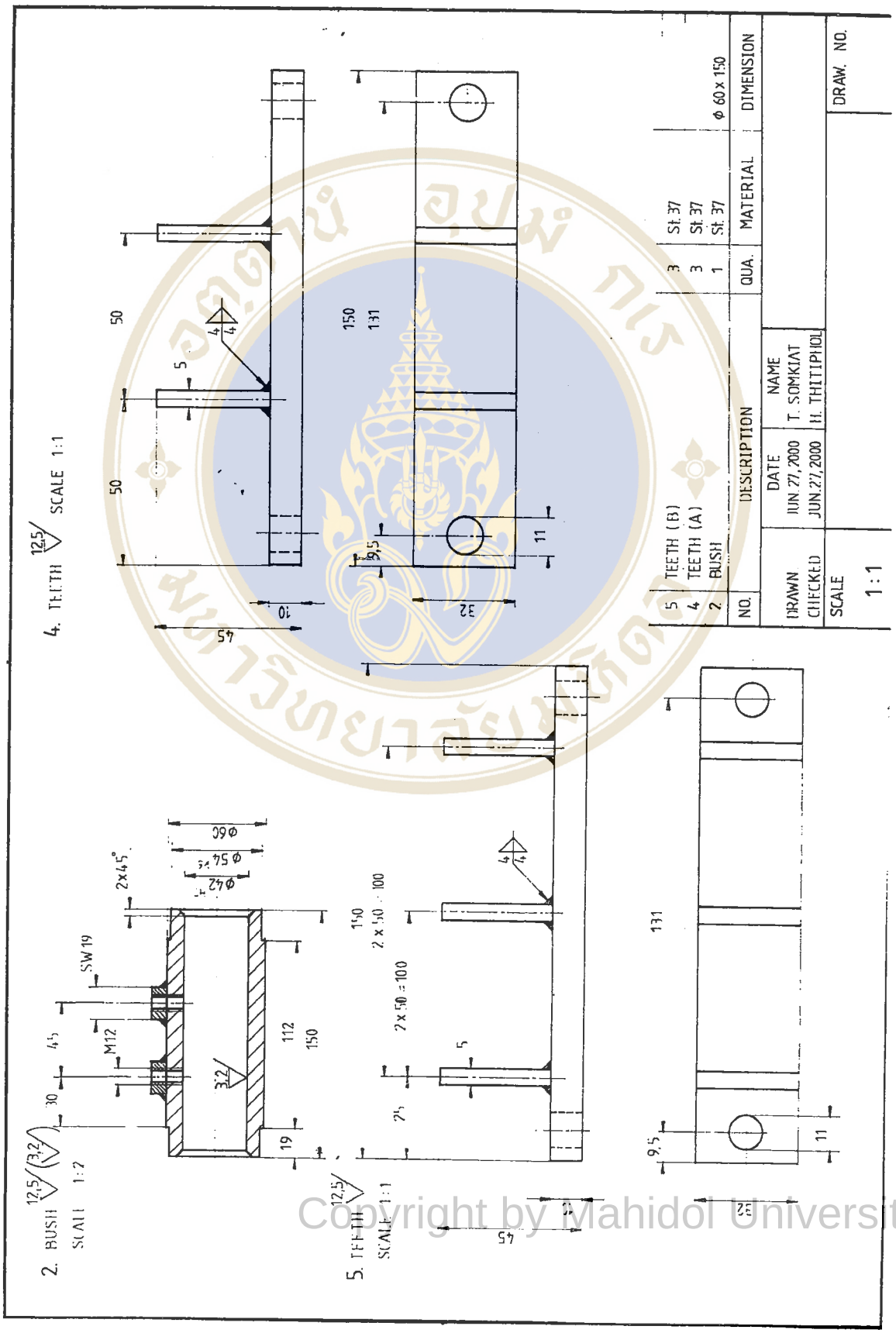
Copyright by Mahidol University

รูปที่ ผ-6. ล้อถ่วงน้ำหนักตีย่อย



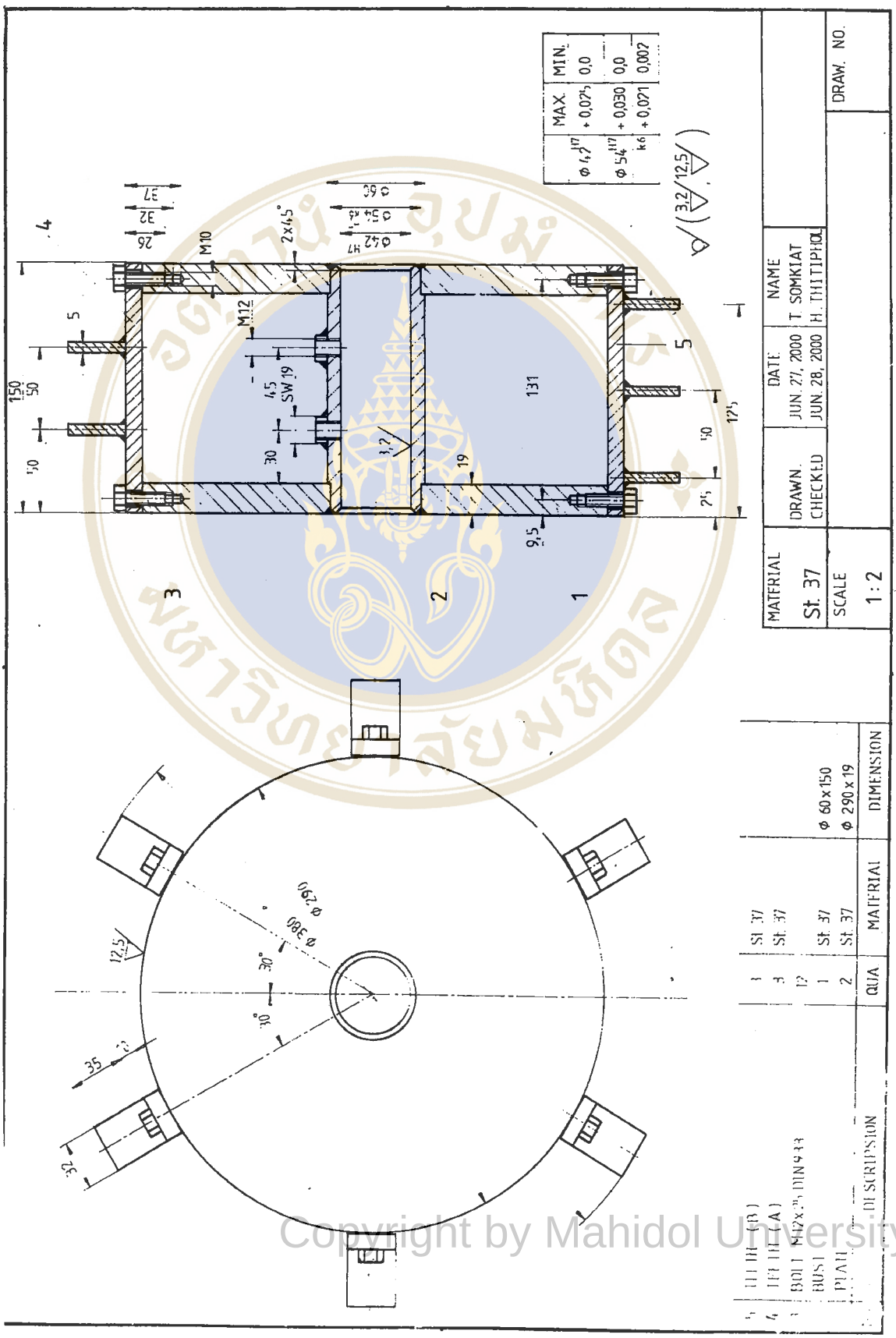
Copyright by Mahidol University

รูปที่ ผ-7. ฟันชุดตีย่อย

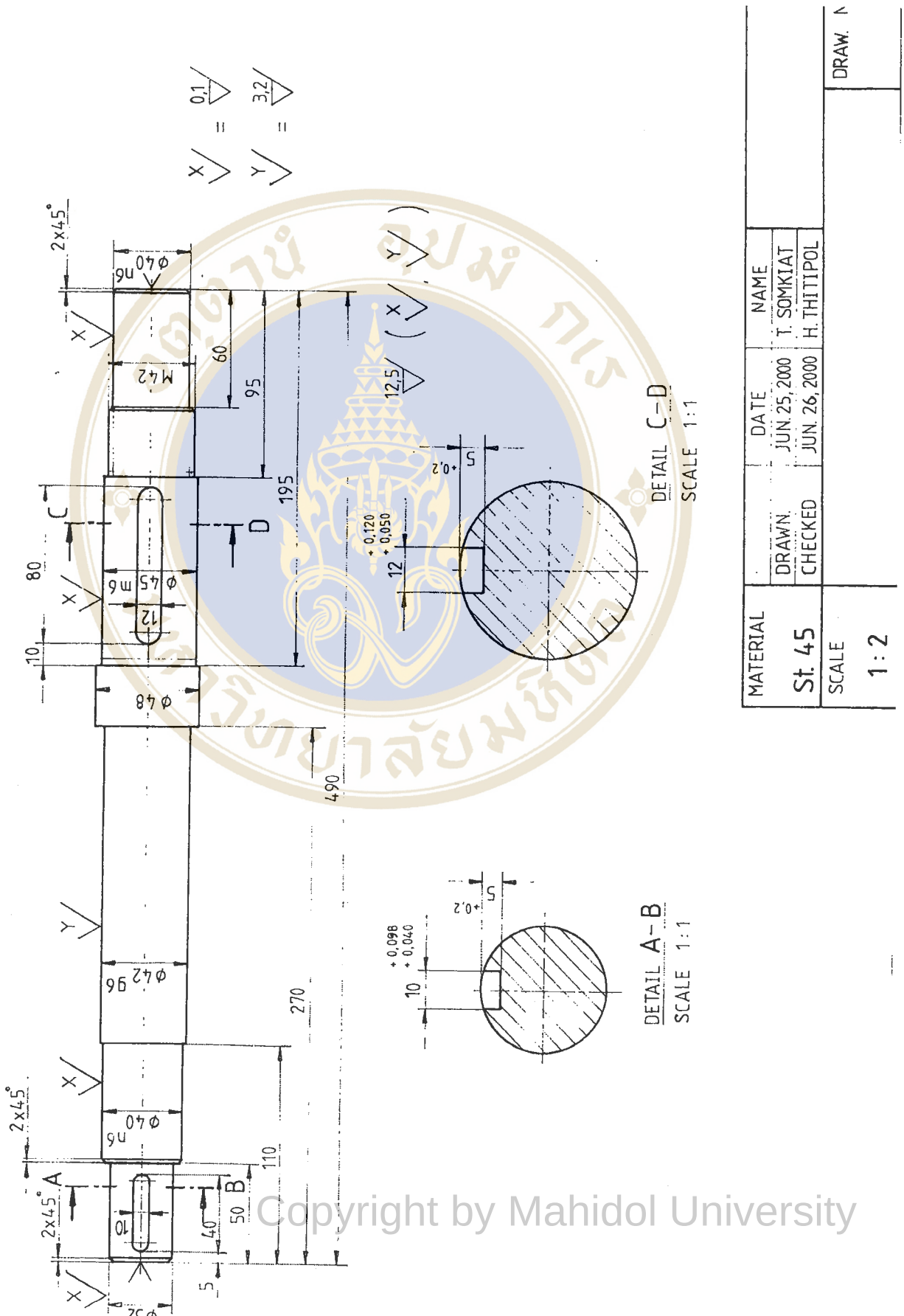


Copyright by Mahidol University

รูปที่ ผ-8. ส่วนประกอบชุดตีย่อย



รูปที่ ผ-9. เพลาส่งกำลัง



Copyright by Mahidol University

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายฐิติพล หิริโอตัปปะ
วัน เดือน ปีเกิด	11 เมษายน พ.ศ. 2498
สถานที่เกิด	จังหวัดชลบุรี
ประวัติการศึกษา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , พ.ศ. 2526-2529 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล , พ.ศ. 2539 – 2544 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร)
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7

Copyright by Mahidol University