



เครื่องบดถั่วเหลืองเป็นผงแป้งแบบจานร่วมกับลูกกลิ้ง
Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine

อนันต์ เต็มเปี่ยม

วรวิทย์ วรรณวิน

ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากเงินงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๔

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

ถั่วเหลืองจัดว่าเป็นพืชที่สามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณโปรตีนและไขมันที่คนและสัตว์ต้องการ การใช้ประโยชน์จากถั่วเหลืองมีความจำเป็นต้องผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อให้ได้คุณลักษณะทางกายภาพตรงตามความต้องการ ซึ่งการแปรรูปส่วนใหญ่ของถั่วเหลืองนั้นจะเป็นกระบวนการบดย่อยขนาดและการสกัด ซึ่งกระบวนการแปรรูปทั้งสองแบบนี้มีความแตกต่างกันด้านการใช้งานอย่างสิ้นเชิง

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและสร้างเครื่องบดถั่วเหลืองให้มีลักษณะเป็นผงแบ่งปริมาณการบด ตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณการบดและวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการลงทุน โดยทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบชุดบดถั่วเหลืองเป็น 2 ชุดคือ ชุดบดหยาบซึ่งเลือกออกแบบเป็นชุดบดแบบจาน ส่วนกรณีของชุดบดละเอียดใช้ชุดบดแบบลูกกลิ้ง ซึ่งชุดบดทั้ง 2 ชุดนี้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที จำนวน 2 ตัว เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังแยกอิสระต่อกัน ซึ่งวัตถุดิบที่ผ่านการบดหยาบจะถูกส่งเข้าสู่ชุดบดละเอียดเพื่อทำให้ขนาดของวัตถุดิบมีขนาดเล็กลงจนกลายเป็นผงแบ่ง

จากผลการวิจัยพบว่า ความเร็วของชุดบดหยาบและชุดบดละเอียดที่เหมาะสมมีค่าเป็น 480 และ 725 รอบต่อนาที ตามลำดับ ซึ่งจากความสัมพันธ์ของความเร็วรอบดังกล่าวนี้ ส่งผลให้ปริมาณบดเฉลี่ยของชุดบดละเอียดและชุดบดหยาบมีค่าเป็น 271.8 และ 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ยิ่งไปกว่านั้นผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นว่ายังมีวัตถุดิบที่ไม่ผ่านการบดหยาบคิดเป็นร้อยละ 13.9 สำหรับผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่ามีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 110,378 กิโลกรัมและมีระยะเวลาคืนทุนที่ 0.0067 ปี เท่านั้น

ABSTRACT

Soybeans are a crop that can be utilized, especially in terms of food rich in protein and fat as the human and animal needs. For using the soybeans must be processed to obtain the desired physical characteristics. The process is mostly a grinding and extraction. However, these two processes are completely different applications.

This research aims to study and create the soybeans grinder machine become to flour, the quantity of grinding, the variable that affect to the amount of grinding and economic analysis for guiding to investment. The researchers have designed the grinder unit by the coarse grinding and mill grinding unit. For the coarse grinding unit is similar to a disc and in case of grinding mill will be used the roller set. Base on the power train of bolt grinding unit, the electric motor with 2 HP. at 1,450 RPM are used for the experiment. For the grinding mil process, the rough material is feed into grinding mil chamber for reduce the size of material become to the flour.

The results of the research found that the suitable speed of the coarse grinding and mill grinding unit was 480 and 725 RPM respectively. In case of these relationships, the average quantity of grinding for the coarse grinding and mill grinding unit was 271.8 and 150 kg/hr respectively. Furthermore, the results of experiment discover the materials that are not accounted of the coarse grinding for 13.9 percent. For the economic analysis for guiding to investment found that the breakeven point and pay-back period was 110,378 kg and 0.0067 year respectively.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการประสานงานทั้งหมดจนบรรลุผลสำเร็จอย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณท่านอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้ซึ่งให้โอกาสและสนับสนุนงานวิจัยสำหรับครั้งนี้และทุกๆครั้งที่ผ่านมามาอย่างดียิ่งมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณยงยุทธ คำเฮียง ผู้ให้คำแนะนำ คำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างสูงต่อการวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์และกำลังใจตลอดการระยะเวลาการวิจัยที่ผ่านมา รวมถึงผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้เอื้อนนามไว้ ณ ที่นี้ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ซ
สัญลักษณ์และความหมาย	ณ
บทที่ 1	1
บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของงานวิจัย	1
1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3. ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2	3
วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับถั่วเหลือง	4
2.3 การแปรรูปอาหาร	7
2.4 กระบวนการลดขนาดของวัตถุดิบ	8
2.5 ขนาดของอนุภาคและการเปรียบเทียบ	8

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6 เครื่องบดย่อยวัตถุดิบแบบต่างๆ	9
2.7 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร	10
2.8 ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้า	11
2.9 การคำนวณหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า	12
2.10 เศรษฐศาสตร์การลงทุน	13
2.11 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน	14
บทที่ 3	16
การออกแบบและการคำนวณ	16
3.1 แนวคิดและการออกแบบ	16
3.2 การคำนวณ	19
3.3 ขั้นตอนการสร้างเครื่องบดถั่วเหลือง	21
บทที่ 4	23
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	23
4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	23
4.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	23
4.3 ผลการทดลอง	25
4.4 การคำนวณหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	29
4.5 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	30

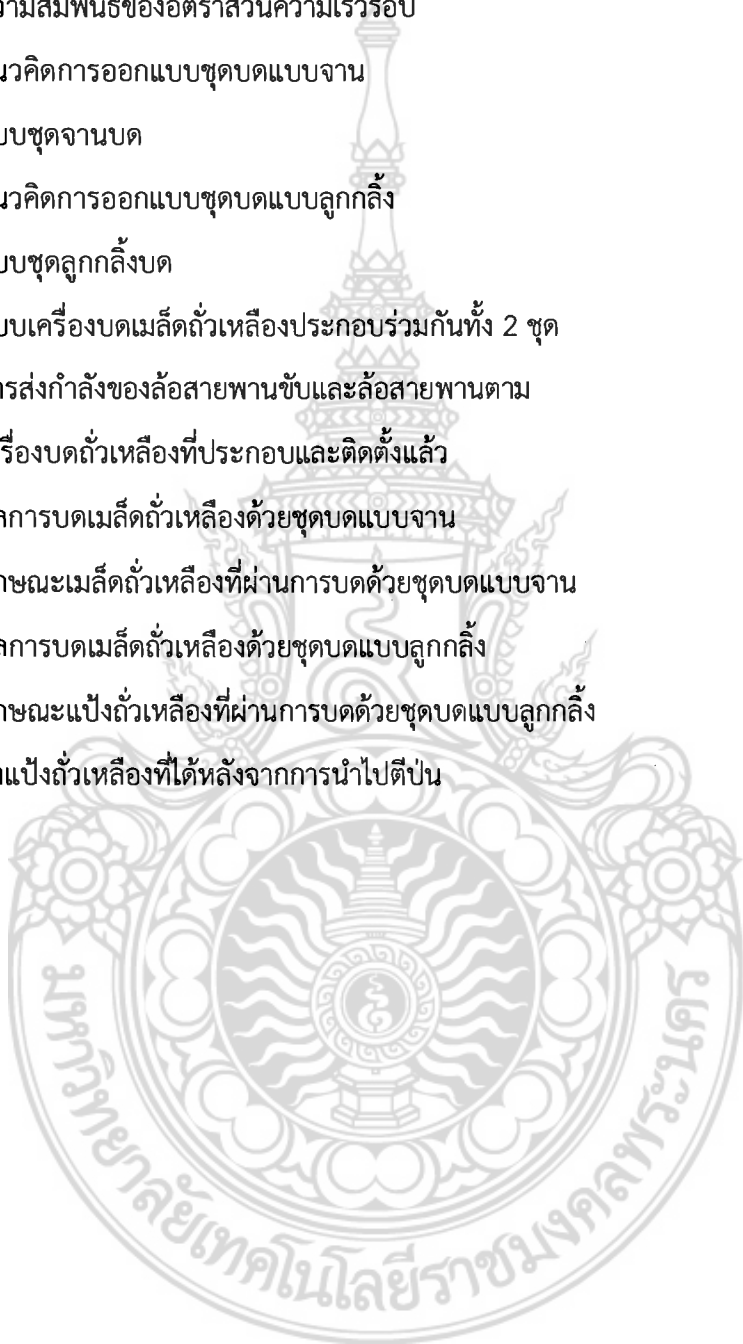
สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5	36
บทสรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุปผลการวิจัย	36
5.2 ข้อเสนอแนะ	37
บรรณานุกรม	38
ภาคผนวก ก	40
ภาคผนวก ข	59



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของถั่วเหลือง	5
รูปที่ 2.2 แสดงเครื่องบดแบบต่างๆ	10
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความเร็วรอบ	11
รูปที่ 3.1 แนวคิดการออกแบบชุดบดแบบจาน	16
รูปที่ 3.2 แบบชุดจานบด	17
รูปที่ 3.3 แนวคิดการออกแบบชุดบดแบบลูกกลิ้ง	17
รูปที่ 3.4 แบบชุดลูกกลิ้งบด	18
รูปที่ 3.5 แบบเครื่องบดเมล็ดถั่วเหลืองประกอบร่วมกันทั้ง 2 ชุด	19
รูปที่ 3.6 การส่งกำลังของล้อสายพานขับและล้อสายพานตาม	19
รูปที่ 3.7 เครื่องบดถั่วเหลืองที่ประกอบและติดตั้งแล้ว	22
รูปที่ 4.1 ผลการบดเมล็ดถั่วเหลืองด้วยชุดบดแบบจาน	26
รูปที่ 4.2 ลักษณะเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการบดด้วยชุดบดแบบจาน	26
รูปที่ 4.3 ผลการบดเมล็ดถั่วเหลืองด้วยชุดบดแบบลูกกลิ้ง	27
รูปที่ 4.4 ลักษณะแป้งถั่วเหลืองที่ผ่านการบดด้วยชุดบดแบบลูกกลิ้ง	28
รูปที่ 4.5 ผงแป้งถั่วเหลืองที่ได้หลังจากการนำไปตีปั่น	28



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของถั่วเหลืองต่อน้ำหนัก 100 กรัม	6
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณค่าทางอาหารของถั่วเหลือง	6
ตารางที่ 2.3 ประเภทการนำไปใช้งานของถั่วเหลือง	7
ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบหน่วยวัดขนาดรูตะแกรง	8
ตารางที่ 4.1 ปริมาณถั่วเหลืองที่บดได้ด้วยชุดบดแบบจาน	25
ตารางที่ 4.2 ปริมาณถั่วเหลืองที่บดได้ด้วยชุดบดแบบลูกกลิ้ง	27
ตารางที่ 4.3 ปริมาณแบ่งถั่วเหลืองที่บดได้ด้วยชุดบดแบบจานร่วมกับลูกกลิ้ง	29
ตารางที่ 4.4 รายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในการพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	30
ตารางที่ 4.5 สรุปผลการคำนวณที่ใช้ในการพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	35



สัญลักษณ์และความหมาย

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
N	ความเร็วรอบ	RPM
P	ขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า	W
T	แรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้า	N-m
N ₁	ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้า	RPM
N ₂	ความเร็วรอบของเพลา	RPM
D ₁	เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานขับ	m
D ₂	เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานตาม	m



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของงานวิจัย

ถั่วเหลืองจัดว่าเป็นพืชที่สามารถใช้ประโยชน์ได้มากมายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการใช้ประโยชน์ในแง่ของอาหารสัตว์เนื่องจากเป็นพืชที่อุดมไปด้วยโปรตีนและไขมันที่มนุษย์และสัตว์ต้องการ ยิ่งไปกว่านั้นถั่วเหลืองยังสามารถใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมต่างๆ ได้อีกมากมาย เช่น กระดาษ หมึกพิมพ์ สบู่ และเครื่องสำอาง เป็นต้น อย่างไรก็ตามถั่วเหลืองจะถูกใช้ประโยชน์ไปในการบริโภคมากที่สุด ซึ่งจะพบได้จากผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ เช่น นมถั่วเหลือง น้ำมัน โปรตีนสกัด และเบเกอร์รี่ เป็นต้น อีกทั้งในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ถั่วเหลืองถือว่าเป็นแหล่งอาหารที่ใหญ่ที่สุดของโลกอีกด้วย

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เกือบทุกประเภทที่ใช้ถั่วเหลืองมาเป็นส่วนประกอบมีความจำเป็นที่ต้องใช้กระบวนการแปรรูปเพื่อให้ได้คุณลักษณะทางกายภาพตรงตามความต้องการในการใช้งานในแต่ละประเภท ซึ่งการแปรรูปส่วนใหญ่ของถั่วเหลืองนั้นจะเป็นกระบวนการบดย่อยขนาดและการสกัดโดยกระบวนการแปรรูปทั้งสองแบบนี้มีความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงโดยที่การบดย่อยขนาดนั้นเป็นกระบวนการเริ่มต้นที่ทำให้รูปร่างทางกายภาพเปลี่ยนไปเพื่อนำไปสู่กระบวนการผลิตต่อไปอีกทั้งขนาดยังมีตั้งแต่ใหญ่เกือบเท่าขนาดเดิมไปจนถึงขนาดเล็กเท่าผงแป้ง หากแต่การสกัดจะเป็นการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีที่อยู่ในถั่วเหลืองเพื่อนำออกมาใช้งาน จะเห็นได้ว่าการบดย่อยนั้นมีความสำคัญมากกว่าการสกัดเนื่องจากผลิตภัณฑ์บางประเภทต้องนำถั่วเหลืองมาบดย่อยก่อนนำไปทำการสกัดเพื่อหาคุณลักษณะทางเคมีที่ต้องการและอีกนัยหนึ่งคือผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ยังไม่มี ความจำเป็นที่ต้องผ่านกระบวนการมาสกัดคุณลักษณะทางเคมีก่อนนำไปใช้งาน

ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่กระบวนการแปรรูปถั่วเหลืองในทางกายภาพให้มีลักษณะเฉพาะเป็นผงแป้ง เนื่องจากปริมาณการใช้งานของถั่วเหลืองที่ถูกแปรรูปเป็นผงแป้งมีมากกว่าประเภทอื่น ซึ่งโดยทั่วไปนั้นผงแป้งถั่วเหลืองถูกนำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่มนุษย์ใช้บริโภคกันอย่างมากมาย ซึ่งในปัจจุบันราคาค้าปลีกของแป้งถั่วเหลืองยังมีราคาสูงมากประกอบกับว่าการบดแบบใช้เครื่องปั่นแบบธรรมดา นั้นไม่สามารถทำให้ถั่วเหลืองกลายเป็นผงแป้งได้อีกทั้งยังไม่สามารถ

ผลิตได้เป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามประเภทของเครื่องบดแบบต่างๆที่มีขายอยู่ในปัจจุบันนั้นต่างก็มีจุดเด่นและข้อจำกัดแตกต่างกันไป จากสาเหตุและปัญหาดังกล่าวจึงทำการคิดค้นและออกแบบเครื่องบดผงแป้งหัวเหลืองแบบผสมผสานที่เลือกนำเอาจุดเด่นของเครื่องบดของแต่ละประเภทมาทำการประยุกต์ให้รวมอยู่ในชุดเดียวกันเพื่อลดข้อจำกัดด้านเวลาและปริมาณผลผลิตลง อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มราคาของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้นอีกด้วย

1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 ศึกษาและสร้างเครื่องบดหัวเหลืองให้เป็นผงแป้ง
- 1.2.2 ศึกษาประสิทธิภาพเชิงปริมาณของการบดหัวเหลืองให้เป็นผงแป้ง
- 1.2.3 ศึกษาตัวแปรที่มีผลกับปริมาณและขนาดที่ได้จากการบดคือ อัตราการไหลผ่านของวัตถุดิบไปสู่ในท้องบด ความเร็วรอบของชุดบด
- 1.2.4 วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการลงทุน

1.3. ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องบดหัวเหลืองเป็นผงแป้งโดยอาศัยหลักการทำงานแบบผสมผสานของเครื่องบดแบบลูกกลิ้งและแบบจานเข้าด้วยกัน โดยในการทดสอบจะเลือกใช้เมล็ดหัวเหลืองจากพันธุ์ที่ใช้บริโภคในประเทศไทยในปัจจุบัน อีกทั้งวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่มีปัจจัยต่อการบดหัวเหลืองให้เป็นผงรวมไปถึงสามารถนำผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นผงไปใช้งานประเภทที่เกี่ยวข้องได้

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้เครื่องบดหัวเหลืองให้เป็นผงแป้งเพื่อใช้ศึกษาและพัฒนาต่อไปในอนาคต
- 1.4.2 ได้ผงแป้งหัวเหลืองไปใช้งานตรงตามความต้องการ
- 1.4.3 ได้เทคโนโลยีเครื่องบดย่อยแบบใหม่จากการผสมผสานเทคโนโลยีของเครื่องบดย่อยที่มีจุดเด่นในแบบต่างๆ
- 1.4.4 สามารถนำความรู้จากการวิจัยไปเผยแพร่เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาชุมชนและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 2

วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ถิรนนท์ คุณานพรัตน์และคณะ (2546) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการพัฒนากระบวนการผลิตนมผงถั่วเหลืองสำเร็จรูปเพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกกรรมวิธีการผลิตเพื่อให้ได้นมถั่วเหลืองผงที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในราคาไม่สูงเกินไป โดยใช้ตัวอย่างในการทดสอบเป็นนมผงที่มีความละเอียดแตกต่าง 5 ชนิด ที่ทำการวิเคราะห์ไปถึงคุณภาพ ราคาเครื่องจักร จุดคุ้มทุนและราคาขายที่ได้จากกระบวนการผลิตแบบบดละเอียดและกระบวนการผลิตแบบพ่นฝอย โดยกระบวนการผลิตดังกล่าวยังส่งผลไปถึงคุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า นมผงละเอียดสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบบดละเอียดและกระบวนการผลิตแบบพ่นฝอยมีต้นทุนเป็น 40.24 และ 61.42 บาท/กิโลกรัม

ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์และคณะ (2537) ได้ทำการทดลองทางชีวภาพเพื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของนมถั่วเหลืองแบบพ่นแห้งและแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มกับอาหารมาตรฐานเคซีน พบว่าการนำถั่วเหลืองไขมันเต็มมาพัฒนาเป็นนมถั่วเหลืองแบบพ่นแห้งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางโภชนาการอยู่ในเกณฑ์ดีเหมาะสม

M. Sing and A. Mohamed (2550) ได้ทำการศึกษาถึงอิทธิพลของสัดส่วนของโปรตีนของข้าวและโปรตีนแป้งถั่วเหลืองที่ทำให้จำนวนของคาร์โบไฮเดรตในคุกกี้ลดลงจากการใช้การแทนที่ของโปรตีนด้วยสัดส่วน (10%, 15%, 20%, 25% และ 30%) ตามลำดับ พบว่ามีปริมาณโปรตีนในคุกกี้เพิ่มขึ้น 6 ถึง 15% โดยไม่มีผลต่อความอ่อนนุ่มของเนื้อคุกกี้ และสีของคุกกี้จะเข้มขึ้นเมื่อปริมาณสัดส่วนของโปรตีนของข้าวและโปรตีนแป้งถั่วเหลืองมีค่ามากกว่า 20% ขึ้นไป โดยปริมาณของสัดส่วนดังกล่าวที่ทดลองสามารถทำให้ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในคุกกี้ลดลงและยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้เพิ่มขึ้นอีกด้วย

สมชาย ประภาวัตและคณะ (2534) ได้ทำการศึกษาการทำข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วย 10, 20, 25 และ 30% ของแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มโดยน้ำหนัก พบว่าข้าวเกรียบทอดทำจากแป้งมันสำปะหลัง แป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วย 10 และ 20% ของแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม เป็นที่ยอมรับในการบริโภคในเรื่อง สี รูปร่าง กลิ่นรส เนื้อ

สัมผัส และรสชาติในการบริโภคไม่แตกต่างกัน และเป็นที่ยอมรับสูงกว่าข้าวเกรียบทอดชนิดอื่น ๆ ปริมาณโปรตีนของข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วย 20% ของแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน และข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วย 20% ของแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม 12.01 และ 10.93% โดยน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณไขมันเท่ากับ 4.82 และ 5.69% โดยน้ำหนักแห้ง เปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีนและไขมันของข้าวเกรียบทำจากแป้งมันสำปะหลังแต่เพียงอย่างเดียว 0.55 และ 0.84 %

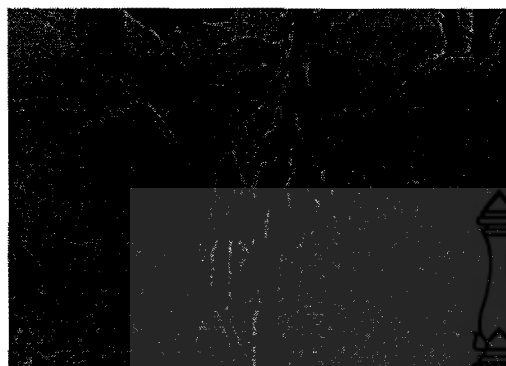
กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2550) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ของ ถั่วเหลืองใหม่โดยการผสมพันธุ์ถั่วเหลืองท้องถิ่นและคัดเลือกพันธุ์ใหม่เพื่อเผยแพร่ให้แก่เกษตรกร ซึ่งทั้งหมด 7 พันธุ์ คือ สจ.1, สจ.2, สจ.4, สจ.5, นครสวรรค์ 1, สุโขทัย 1 และเชียงใหม่ 60 โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากในปัจจุบันมี 5 พันธุ์คือ สจ.4, สจ.5, นครสวรรค์ 1, สุโขทัย 1 และเชียงใหม่ 60 โดยพันธุ์ สจ.4 และสจ.5 เป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคราสนิมได้ดี ส่วนพันธุ์นครสวรรค์ 1, สุโขทัย 1 และเชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคใบจุดนูน อย่างไรก็ตามพันธุ์ที่นิยมปลูก สามารถแบ่งตามอายุ เก็บเกี่ยวได้เป็น 3 กลุ่มคือพันธุ์อายุสั้นได้แก่พันธุ์นครสวรรค์ 1 พันธุ์อายุปานกลางได้แก่พันธุ์สจ.1, สจ.2, สจ.4, สจ.5, สุโขทัย 1 และเชียงใหม่ 60 ส่วนพันธุ์อายุยาวคือพันธุ์จักรพันธ์ 1 เป็นพันธุ์ของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์นิยมนำมาปลูกในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.2 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับถั่วเหลือง

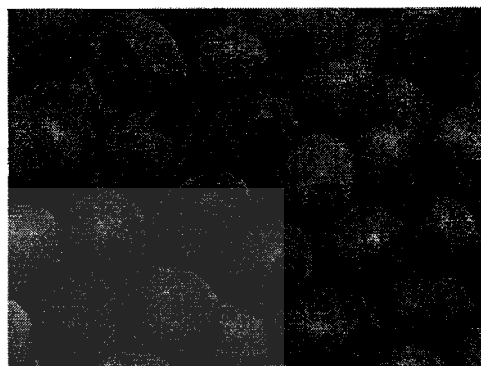
2.2.1 ประวัติของถั่วเหลือง

ถั่วเหลือง (Soybean, *Glycine max* (L.) Merrill) เป็นพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมสำหรับ ปลูกสลับกับการปลูกข้าว ได้มีรายงานการปลูกถั่วเหลืองในประเทศจีนเมื่อเกือบ 5,000 ปีมาแล้ว ถั่วเหลืองเป็นเมล็ดพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นแหล่งที่ดีของไขมันและโปรตีนที่มีประโยชน์ต่อ สุขภาพ เมล็ดถั่วเหลืองมีหลายขนาดและหลากหลายสีรวมถึงสีดำ สีน้ำตาล และ สีเหลือง ถั่วเหลือง เป็นพืชล้มลุก ลำต้นสูงประมาณ 1-2 เมตร ลำต้นสีเหลี่ยมปกคลุมด้วยขนสีเทาขาว ดอกเป็นช่อสีขาว หรือม่วงแดง ออกดอกเมื่ออายุประมาณ 25-30 วันเก็บเกี่ยวอายุประมาณ 90-100 วัน ฝักแบนขาวติด เป็นกระจุกดังแสดงในรูปที่ 1 (ก) ที่ข้อของต้น และกิ่งในฝักมีเมล็ด 3-5 เมล็ดรูปไข่ เมล็ดกลม ผิวสี เหลืองมัน ตาค่อนข้างเล็กสีน้ำตาลอ่อนดังแสดงในรูปที่ 1 (ข) ในถั่วเหลืองจะมีน้ำมันและโปรตีนอยู่

ประมาณ 60% ของถั่วเหลืองโดยน้ำหนัก โปรตีน 40% และ น้ำมัน 20% ส่วนที่เหลือเป็น คาร์โบไฮเดรต 35% (กรมวิชาการเกษตร, 2550)



(ก) ต้นถั่วเหลือง



(ข) เมล็ดถั่วเหลือง

ที่มา : <http://www.guru.sanook.com>

ที่มา : <http://www.foodsafety.bangkok.go.th>

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของถั่วเหลือง

การปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทยสามารถปลูกถั่วเหลืองได้ทั้งปี ปีละ 3 ฤดู ปัจจุบันมีอยู่ประมาณ 10 พันธุ์ ปรับปรุงโดยกรมวิชาการเกษตร คือ สจ.4 สจ.5 สุโขทัย 1 สุโขทัย 2 สุโขทัย 3 นครสวรรค์ 1 เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 เชียงใหม่ 3 เชียงใหม่ 4 ถั่วเหลืองที่ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองขึ้นมาใหม่ คือ “พันธุ์ศรีสำโรง 1” ซึ่งให้ผลผลิตสูง มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ทั้งยังสามารถต้านทานโรคราน้ำค้างได้ดี สำหรับพันธุ์ สจ.4 สจ.5 และ เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ซึ่งอายุการเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 60-110 วัน

2.2.2 การแปรรูปถั่วเหลือง

(greatkingcity, 2554) การแปรรูปถั่วเหลืองให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลายขึ้นและเป็นที่นิยมของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่จำหน่ายในท้องตลาดแบ่งได้เป็นกลุ่มใหญ่ ดังนี้ น้ำมันถั่วเหลือง ถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญในหลายประเทศ อาหารที่ทำจากถั่วเหลือง ประเทศในแถบเอเชีย เช่น ไทย จีน ญี่ปุ่น และประเทศอื่นในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมักและผ่านการหมักก่อน ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก เช่น น้านมถั่วเหลือง เต้าหู้ ถั่วงอกที่เพาะจากถั่วเหลือง เป็นต้น

ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักถั่วเหลือง เช่น ถั่วเน่า เทมเป้ ซอสถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว เป็นต้นโปรตีนจากถั่วเหลือง หลังจากการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองด้วยตัวทำละลายแล้ว ส่วนที่เหลือจะเป็นเนื้อถั่วที่อุดมด้วยโปรตีน สามารถแปรรูปเป็นอาหารหลายชนิด เช่น เนื้อเทียม (โปรตีนเกษตร) แป้ง เบเกอรี่ ทำโปรตีนเข้มข้น หรือผ่านกรรมวิธีเพื่อแยกเอาโปรตีนบริสุทธิ์ ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ได้จากการแปรรูปถั่วเหลือง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ขึ้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในหลายๆ ประเทศ เพื่อเป็นการขยายตลาดและเพิ่มความนิยมในการบริโภคถั่วเหลือง ผลิตภัณฑ์ที่มีการพัฒนาขึ้นใหม่ เช่น ไอศกรีม โยเกิร์ตถั่วเหลือง เนยถั่วเหลือง เป็นต้นอาหารเสริมจากถั่วเหลืองเนื่องจากถั่วเหลืองมีสารเคมี ที่เป็นประโยชน์หลายชนิด เช่น เลซิติน โอลิโกแซคคาไรด์ วิตามินอี สเตอรอล ไฟเตท เป็นต้น สำหรับองค์ประกอบของถั่วเหลืองถูกแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของถั่วเหลืองต่อน้ำหนัก 100 กรัม

องค์ประกอบ	แคลอรี	น้ำ	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต (g)		ASH (g)	แร่ธาตุ		วิตามิน			อื่น ๆ
	(kg)	(g)	(g)	(g)	กลูโคไซด์	ไฟเบอร์		แคลเซียม	เหล็ก	บี1	บี2	ไนอาซิน	
ปริมาณ	410	9.2	41.3	17.6	21.6	3.5	5.8	127	7.6	0.6	0.17	3.2	0.86

ที่มา : <http://www.goodhealth.co.th>

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณค่าทางอาหารของถั่วเหลือง

ชนิดวัตถุดิบ	% วัตถุแห้ง								
	ความชื้น(%)	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	ถั่ว	คาร์โบไฮเดรท	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส	
เมล็ดถั่วเหลืองดิบ	10	31	17.7	4.9	9.9	33.5	0.23	0.55	
กากถั่วเหลืองชนิดมีเปลือก	9.8	47.6	3.2	6.6	7.6	35	0.38	0.66	
กากถั่วเหลืองชนิดไม่มีเปลือก	9.87	51.5	1.2	4.9	7.3	35.1	0.36	0.7	
ถั่วเหลืองเอ็กซ์ทราค	5.8	39.1	20.1	4.3	5.4	31.3	0.34	0.58	

ที่มา : http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Knowlage/ARTICLE/ArtileP.htm

2.2.3 กากถั่วเหลือง

กากถั่วเหลือง (Soybean meal) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมน้ำมันพืช โดยปริมาณโปรตีนของกากถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับวิธีการสกัด น้ำมัน และขนาดของเมล็ดซึ่งกากของถั่วเหลืองสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือกากถั่วเหลืองที่มีเปลือกผสมอยู่ จากการวิเคราะห์คุณภาพของกากถั่วเหลืองชนิดนี้ โดยกองอาหารสัตว์พบว่า มีโปรตีนประมาณ 47.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกากชนิดนี้จะนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ต่างๆ ดังแสดงที่ตาราง 2.2 ส่วนการนำถั่วเหลืองไปใช้งานแสดงที่ตาราง 2.3

ตารางที่ 2.3 ประเภทการนำไปใช้งานของถั่วเหลือง

ขนาดของผงถั่วเหลือง (ไมครอน)	การนำไปใช้งาน
50-120	เครื่องสำอาง
38-106	นมถั่วเหลืองผง
250-320	กาแฟถั่วเหลือง
มากกว่า 3 มิลลิเมตร	เลี้ยงสัตว์

2.3 การแปรรูปอาหาร

การแปรรูปอาหาร การถนอมอาหาร หรือการปรับปรุงคุณภาพอาหาร เป็นการทำให้อาหารเก็บได้นานขึ้น เช่น การตากแห้ง การทำให้สุก การทำให้แห้งด้วยวิธีต่างๆ การทำให้เข้มข้นขึ้น การแช่แข็ง การใช้สารเคมี การดอง การทอด วัตถุดิบที่ใช้ในการแปรรูปคือ พวกเนื้อสัตว์ นมเนย และผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเช่น ผัก ผลไม้ ประโยชน์ของการแปรรูปอาหารคือ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตในยามผลผลิตล้นตลาด และราคาตกต่ำ เพื่อเพิ่มความหลากหลายให้การผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น และเป็นกลไกของภาครัฐที่จะพยุงราคาช่วยเกษตรกรในยามผลผลิตทางการเกษตรล้นตลาดเป็นต้น สำหรับแป้งถั่วเหลืองนั้นเป็นการแปรรูปจากการบดถั่วเหลืองแบบแห้งเท่านั้น โดยผ่านกระบวนการบดซึ่งอาจจะต้องกระทำหลายครั้งเพื่อให้ได้ขนาดของวัตถุดิบที่ต้องการ

2.4 กระบวนการลดขนาดของวัตถุดิบ

สำหรับการลดขนาดวัตถุดิบเป็นกระบวนการเริ่มต้นของการแปรรูปอาหารในเชิงอุตสาหกรรมโดยในกระบวนการดังกล่าวมีความจำเป็นต้องกระทำผ่านการใช้เครื่องมือต่างๆ เช่นเครื่องบดย่อย เครื่องบดละเอียด ซึ่งขนาดของวัตถุดิบถูกกำหนดตามลักษณะของการใช้งาน การลดขนาดของวัตถุดิบส่วนใหญ่ต้องผ่านขั้นตอนการกรองหรือแยกสิ่งที่ไม่ต้องการออกเสียก่อน เช่น เศษหิน เศษซากวัตถุดิบ เป็นต้น อย่างไรก็ตามกระบวนการลดขนาดวัตถุดิบนั้นอาจจะต้องทำให้วัตถุดิบแห้งเสียก่อนเพื่อง่ายและลดเวลาการลดขนาดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบที่เป็นวัตถุดิบทางการเกษตร

2.5 ขนาดของอนุภาคและการเปรียบเทียบ

ขนาดของอนุภาคคือการวัดการกระจายตัวของอนุภาคที่มีผลต่อการนำวัสดุหรือวัตถุดิบไปใช้งานโดยขนาดของอนุภาคที่มีผลเชิงพาณิชย์ต่อราคาของวัตถุดิบที่ใช้สำหรับซื้อขายหรือใช้เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปใช้งาน การตรวจสอบ คัดกรอง ชิ้นส่วน วัสดุ การแตกหักหรือการเสียหายของวัตถุดิบ อย่างไรก็ตามประเภทของการตรวจสอบขนาดของอนุภาคนี้นั้นขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้ตะแกรง (Sieve) ซึ่งมาตรฐานของรูตะแกรงนี้มีมาตรฐานหลายประเภทเช่น ISO 565 (1987), ISO 3310 (1999), ASTM E 11-70 (1995), DIN 4188 (1977), BS 410 (1986) และ AFNOR NFX11 - 501 (1987) มาตรฐานเหล่านี้ถูกแยกเป็นประเภทการใช้งานที่ต่างกันเช่น อุตสาหกรรมอาหาร การก่อสร้าง สิ่งทอ เป็นต้น โดยปกติแล้วหน่วยวัดของขนาดรูตะแกรงมีใช้กันมากมายเช่น ไมครอน นิ้ว และ mesh สำหรับการเปรียบเทียบขนาดรูตะแกรงของทั้ง 3 หน่วยวัดแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบหน่วยวัดขนาดรูตะแกรง

US Mesh	Microns (µm)	inches	US Mesh	Microns (µm)	inches	US Mesh	Microns (µm)	inches
4	4,760	0.187	18	1,000	0.0394	70	210	0.0083
5	4,000	0.157	20	840	0.0331	80	177	0.0070
6	3,360	0.132	25	710	0.0280	100	149	0.0059
7	2,830	0.111	30	590	0.0232	120	125	0.0049
8	2,380	0.0937	35	500	0.0197	140	105	0.0041

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบหน่วยวัดขนาดรูตะแกรง (ต่อ)

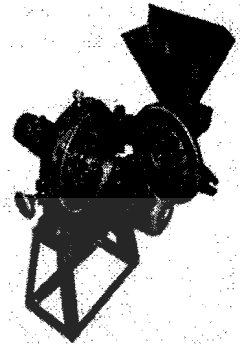
US Mesh	Microns (µm)	inches	US Mesh	Microns (µm)	inches	US Mesh	Microns (µm)	inches
10	2,000	0.0787	40	420	0.0165	170	88	0.0035
12	1,680	0.0661	45	350	0.0138	200	74	0.0029
14	1,410	0.0555	50	297	0.0117	400	37	0.0015
16	1,190	0.0469	60	250	0.0098	500	31	0.0012

2.6 เครื่องบดย่อยวัตถุดิบแบบต่างๆ

เครื่องบดย่อยที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหารหรือผลิตภัณฑ์การเกษตร สามารถจำแนกได้ตามลักษณะการออกแบบภายในให้บังคับวัตถุดิบไหลไปในทิศทางที่กำหนดเพื่อให้เกิดการเสียดสีระหว่าง (Friction) วัตถุดิบกับวัสดุภายในที่ถูกออกแบบไว้เพื่อให้เกิดการแตกตัวของวัตถุดิบจนกระทั่งมีขนาดตามที่ต้องการด้วยแรงเฉือน (Shear force) เครื่องบดย่อยสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทคือ เครื่องบดแบบจาน (Disc mill), เครื่องบดแบบลูกกลิ้ง (Rolling mill), เครื่องบดแบบแฮมเมอร์มิลล์ (Hammer mill) และเครื่องบดแบบพินมิลล์ (Pin mill) ดังแสดงตามรูปที่ 2.2

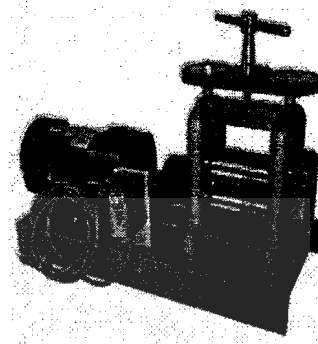
เครื่องบดแบบต่างๆจะมีจุดเด่นจุดด้อยแตกต่างกันไปแต่ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาถึงการบดถั่วเหลืองให้เป็นผงแป้งที่ผสมผสานการทำงานระหว่างเครื่องบดแบบลูกกลิ้ง (Rolling mill) และแบบจาน (Disc mill) เข้าด้วยกันเนื่องจากเครื่องบดแบบลูกกลิ้งสามารถปรับระยะห่างบริเวณช่องว่างระหว่างวัตถุดิบกับลูกกลิ้งได้ซึ่งอาศัยหลักการทำงานจากการอัด (Compression) วัตถุดิบให้ไหลผ่านลูกกลิ้งในชั้นต่างๆที่มีความเร็วรอบที่แตกต่างกันอันเนื่องมาจากการต้องการแรงเฉือน (Shear force) ที่จะทำให้น้ำหนักของวัตถุดิบเล็กลงและเครื่องบดแบบจานเป็นเครื่องบดที่มีลักษณะเด่นในการใช้กับธัญพืชที่มีเปลือกแข็ง เช่นถั่วเหลือง เมล็ดข้าวและเมล็ดข้าวโพดโดยใช้บดทั้งแบบเปียกและแห้ง ด้วยหลักการทำงานที่วัตถุดิบจะถูกบดให้ละเอียดด้วยแรงเฉือนที่มีแท่งถูกวางเรียงกันในแนวนอนมีหลายชั้นจนกว่าวัตถุดิบจะสามารถผ่านรูของตะแกรงได้ ซึ่งจากหลักการที่กล่าวมานี้จำเป็นต้องทำการศึกษาตัวแปรด้านอัตราการไหลผ่านของวัตถุดิบ (Feeding) ไปสู่ในท้องบด ความเร็วของชุดหัวบดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพปริมาณ ยิ่งไปกว่านั้นเครื่องบดที่มีขายในปัจจุบัน ชุดหัวบดโดยส่วนใหญ่จะใช้เป็นแบบ

โมหินซึ่งมีความเป็นไปได้ที่เศษหินอาจเข้าไปปะปนกับวัตถุดิบซึ่งจะส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค



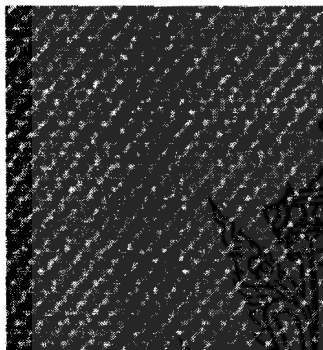
ที่มา : <http://www.topmachinebiz.com>

ก) แบบจาน



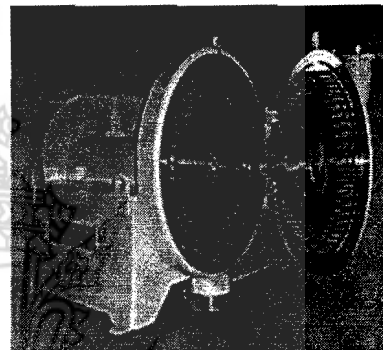
ที่มา : <http://www.metalworkingmachine.net>

ข) แบบลูกกลิ้ง



ที่มา : <http://www.xlerator-handdryer.com>

ค) แบบแฮมเมอร์มิลล์



ที่มา : <http://www.munsonmachinery.com>

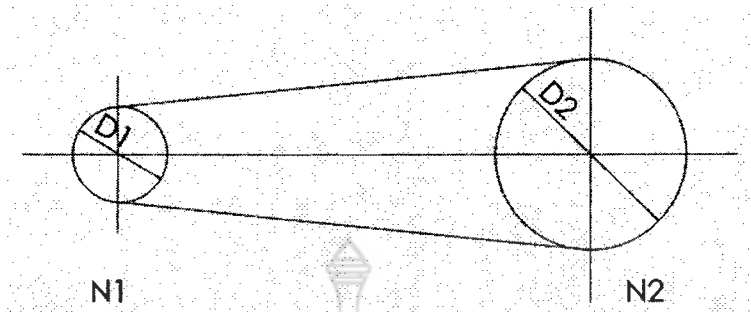
ง) แบบพินมิลล์

รูปที่ 2.2 แสดงเครื่องบดแบบต่างๆ

2.7 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร

ความเร็วรอบของเครื่องจักรเป็นปัจจัยหนึ่งของการทำงานที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากความเร็วรอบที่มีความเหมาะสมของประเภทการใช้งาน ทำให้ความต่อเนื่องในการทำงานของเครื่องจักรดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องกัน อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ของความเร็วรอบนี้ต้องถูกพิจารณาอย่างละเอียดในงานที่ต้องการความต่อเนื่องสูงและงานที่มีการทำงานแบบอัตโนมัติ (Automation) เพื่อหวังผลด้านความแม่นยำของชิ้นงานหรือวัสดุต่อการเข้าสู่กระบวนการอื่นต่อไป สำหรับการพิจารณาความเร็ว

รอบของเครื่องจักรนั้นสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของสมการอัตราส่วนความเร็วรอบซึ่งสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2.3 และสมการที่ 2.1 ตามลำดับ



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความเร็วรอบ

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

(2.1)

โดยที่

- N₁

=

ความเร็วรอบของตัวขับ (RPM)

N₂

=

ความเร็วรอบตัวตาม (RPM)

D₁

=

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานขับ (m)

D₂

=

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานตาม (m)

การส่งกำลังโดยใช้สายพานร่วมกับล้อสายพานนั้นสิ่งหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือ ทอร์กหรือแรงบิด และแรงส่งในสายพาน ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้คือ

T= Fr

(2.2)

โดยที่

- T

=

ทอร์กหรือแรงบิด (N-m)
- F

=

แรง (N)
- r

=

รัศมีของล้อสายพาน (m)

2.8 ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้า

(ถาวร อมตกิตต์, 2545) มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ ต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น ปั๊ม พัดลม คอมเพรสเซอร์ สายพานลำเลียง เป็นต้น มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม

และเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในสัดส่วนที่สูงมาก การเรียนรู้ให้เข้าใจถึงประสิทธิภาพตลอดจนการเลือกใช้งานมอเตอร์ให้เหมาะสมและถูกต้องซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ามี 2 แบบคือ มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motors) โดยมอเตอร์กระแสสลับเป็นมอเตอร์ ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมีข้อดีคือ มีความเร็วรอบคงที่ และตัวหมุน (Rotor) ส่วนมากเป็นชนิดกรงกระรอก (Squirrel cage) ไม่มีขดลวดพันอยู่จึงไม่มีอันตรายจากประกายไฟฟ้าที่แปรปรวนและคอมมิวเตเตอร์เหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไม่สามารถนำไปใช้ได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส คือ มอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ ซึ่งการหาขนาดของมอเตอร์เป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้าถูกใช้เป็นอุปกรณ์ต้นกำลัง โดยการหาขนาดของมอเตอร์สามารถหาได้จากสมการที่ 2.3

$$P = \frac{2\pi \times T \times N}{60} \quad (2.3)$$

โดยที่ P = ขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า (W)

T = แรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้า (N-m)

2.9 การคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

(คู่มือพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม, 2552) อัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption) หรือเรียกว่าค่า SEC นั้นเป็นการเปรียบเทียบต้นทุนพลังงานของการผลิตสินค้าหรือบริการซึ่งจะพิจารณาถึงการใช้พลังงาน (พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า) ต่อหน่วยการผลิตสินค้าหรือบริการมีหน่วยเป็น MJ/หน่วยการผลิตสินค้าหรือบริการ อย่างไรก็ตามค่า SEC กำลังจะถูกใช้เป็นบรรทัดฐานของการใช้เปรียบเทียบต้นทุนการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทเดียวกันในอนาคต โดยอัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสามารถหาได้จากสมการที่ 2.4

หมายเหตุหากในกระบวนการผลิตใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าจำเป็นต้องเปลี่ยนหน่วยของพลังงานให้อยู่ในรูปของพลังงานความร้อนเสียก่อนโดยคูณด้วย 3.60 โดยปริมาณพลังงานไฟฟ้าและอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าสามารถหาได้จากสมการที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ

$$SEC = \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้า(kWh)}}{\text{ปริมาณผลผลิต (kg)}} \quad (2.4)$$

การคำนวณหาปริมาณพลังงานไฟฟ้า

$$\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้า} = \frac{\text{จำนวนวัตต์} \times \text{จำนวนชั่วโมงใช้งาน}}{1000} \quad (2.5)$$

คำนวณอัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า

$$\text{อัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า} = \text{ปริมาณหน่วยไฟฟ้า} \times \text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย} \quad (2.6)$$

2.10 เศรษฐศาสตร์การลงทุน

(ไพบูลย์ แยมเพือน, 2549) ในอดีต วิศวกรออกแบบงานทางวิศวกรรมมุ่งหวังให้มีอายุการใช้งานที่นาน แข็งแรง มีคุณภาพสูงแต่ในปัจจุบันแนวคิดนั้นถูกเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร ประกอบกับมีการแข่งขันกันสูง วิศวกรจึงจำเป็นต้องออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีความประหยัดเพิ่มขึ้น ดังนั้นวิศวกรจึงจำเป็นต้องศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกในการลงทุนในโครงการต่างๆ ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลต้องอาศัยแหล่งข้อมูลจากแหล่งต่างๆเช่น ข้อมูลจากฝ่ายการตลาด ฝ่ายวิศวกรรม ด้านการเงิน ด้านบริหาร โดยการพิจารณาเศรษฐศาสตร์การลงทุนจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลดังต่อไปนี้

2.10.1 ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน

ต้นทุนคงที่คือต้นทุนที่เกิดขึ้นตลอดกิจกรรมเช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าเช่าสถานที่ ค่าประกันภัย เป็นต้น ไม่ว่าปริมาณการผลิตจะมากหรือน้อยค่าใช้จ่ายจะคงที่ตลอด ส่วนต้นทุนแปรผันคือต้นทุนที่ขึ้นอยู่กับกำลังการผลิต ซึ่งต้นทุนทั้งสองอาจจะรวมไปถึงต้นทุนทางตรงเช่น ค่าแรง ค่าวัสดุ ค่าสาธารณูปโภค เป็นต้น

2.10.2 ต้นทุนรวม

ต้นทุนรวมเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากผลรวมระหว่างผลรวมของต้นทุนคงที่และผลรวมต้นทุนแปรผัน ดังแสดงตามสมการที่ 2.7 ในงานวิจัยนี้ผลรวมของต้นทุนคงที่จะพิจารณาถึงค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปีและค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคารซึ่งสามารถคำนวณได้ตามดังสมการที่ 2.10 และ 2.11 ตามลำดับ ส่วนในกรณีของผลรวมของต้นทุนแปรผันจะพิจารณาถึงต้นทุนค่าจ้างแรงงาน ต้นทุนค่าไฟฟ้าแปรผันและต้นทุนค่าซ่อมแซมเครื่องจักรโดยรายละเอียดการคำนวณต้นทุนดังกล่าวจะ

พิจารณาตามสมการที่ 2.12-2.16 อย่างไรก็ตามต้นทุนทุกประเภทที่กล่าวมาจะพิจารณาเป็นหน่วย บาท/กิโลกรัม เพื่อง่ายต่อการพิจารณาถึงจุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุน

$$\text{ต้นทุนรวม} = \sum \text{ต้นทุนคงที่} + \sum \text{ต้นทุนแปรผัน} \quad (2.7)$$

$$\sum \text{ต้นทุนคงที่} = \text{ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี} + \text{ค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคาร} \quad (2.8)$$

$$\text{กำลังการผลิตต่อปี} = \text{อัตราการบัดต่อชั่วโมง} \times \text{ชั่วโมงการทำงานต่อวัน} \times \text{วันทำงานต่อปี} \quad (2.9)$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี} = \frac{\text{ราคาเครื่องจักร}}{\text{อายุการใช้งานเครื่องจักร} \times \text{กำลังการผลิตต่อปี}} \quad (2.10)$$

$$\text{ค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคาร} = \frac{(\text{ราคาเครื่องจักร} \times \text{อัตราดอกเบี้ย 12 เดือน}) + \text{ราคาเครื่องจักร}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}} \quad (2.11)$$

$$\sum \text{ต้นทุนแปรผัน} = \text{ค่าจ้างแรงงาน} + \text{ค่าไฟฟ้า} + \text{ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร} + \text{ต้นทุนวัตถุดิบ} + \text{ค่าขนส่ง} + \text{ค่าบรรจุภัณฑ์} \quad (2.12)$$

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน} = \frac{\text{ราคาค่าจ้างแรงงานต่อวัน} \times \text{วันทำงานต่อปี}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}} \quad (2.13)$$

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \frac{\text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย} \times \text{ชั่วโมงการทำงานต่อวัน} \times \text{วันทำงานต่อปี}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}} \quad (2.14)$$

$$\text{ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร} = \frac{\text{ราคาเครื่องจักร} \times \% \text{ค่าตัวประกอบอายุเครื่องจักรต่อปี}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}} \quad (2.15)$$

$$\text{ต้นทุนวัตถุดิบ} = \text{ราคาวัตถุดิบ} \times \text{กำลังการผลิตต่อปี} \quad (2.16)$$

2.11 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุน

(ชาติชาย อัครศักดิ์และคณะ, 2547) จุดคุ้มทุนหรือจุดเท่าทุน คือจุดที่รายได้จากการลงทุน คุ้มค่าเงินลงทุนหรือหมายความว่ารายจ่ายมีค่าเท่ากับรายรับ หรือจุดที่กำไรเป็นศูนย์นั่นเอง การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุน (Cost) รายได้ (Revenue) และผลกำไร หรือมูลค่าเพิ่ม (Profit) ซึ่งแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการผลิต ในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน จะใช้กำลังการผลิตเป็นข้อมูลอ้างอิง เพื่อจะได้ทราบว่า จุดคุ้มทุนที่คำนวณได้เกินกว่ากำลังการผลิตหรือไม่ หากเกินกว่ากำลังการผลิตก็ไม่สามารถใช้จุดคุ้มทุนได้หรือเป็นการขาดทุนนั่นเอง

เวียง อากรซีและคณะ (2542) ระยะเวลาการคืนทุน คือการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของราคาเครื่องจักรและผลกำไรหรือมูลค่าเพิ่มที่ได้มาจากหักลบของรายรับกับต้นทุนรวม สำหรับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุนสามารถหาได้จากสมการที่ 2-17 และ 2-18 ตามลำดับ

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนรวม} \times \text{กำลังการผลิตต่อปี}}{(\text{ราคาขายผลิตภัณฑ์ที่บดแล้ว} - \text{ต้นทุนแปรผัน})} \tag{2.17}$$

$$\text{ระยะเวลาการคืนทุน} = \frac{\text{ราคาเครื่องจักร}}{\text{ผลกำไร} \times \text{กำลังการผลิตต่อปี}} \tag{2.18}$$



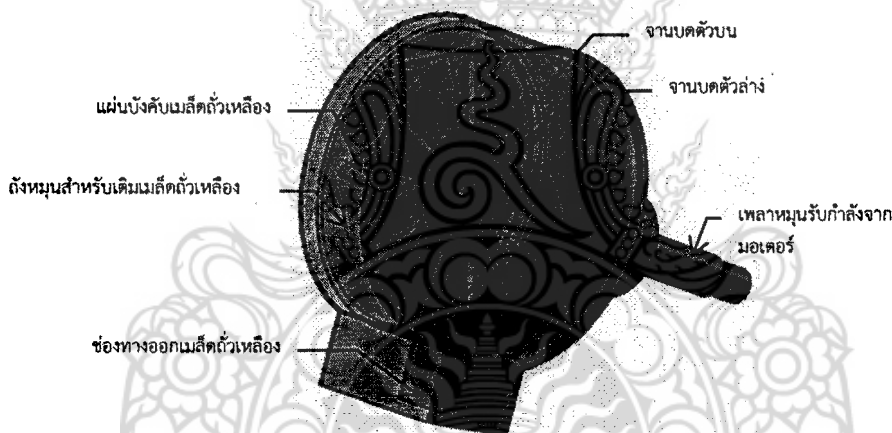
บทที่ 3

การออกแบบและการคำนวณ

3.1 แนวคิดและการออกแบบ

เครื่องบัดกรีเหล็กในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาวิธีการบัดร่วร่วมกัน 2 แบบ คือ การบัดแบบใช้จานและการบัดโดยใช้ลูกกลิ้ง โดยวางกรอบแนวคิดไว้คือ จะใช้ชุดบัดแบบจานเป็นตัวบัดชุดแรกทำหน้าที่บัดหยาบโดยการบัดเมล็ดถั่วเหลืองให้แตกออกจากกันเป็นชิ้นเล็กๆ วัตถุประสงค์ของการบัดในขั้นแรกนี้เพื่อนำไปใช้สำหรับการทำอาหารสัตว์ และการบัดละเอียดในชุดที่ 2 จะใช้ชุดลูกกลิ้งเป็นตัวบัดให้ถั่วเหลืองที่ผ่านการบัดหยาบด้วยชุดจานบัดแล้วมีขนาดเล็กลงเป็นผงมีขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร

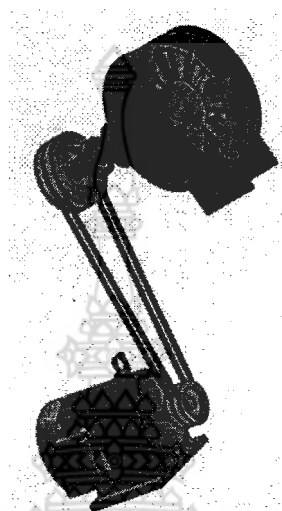
การออกแบบชุดบัดทั้ง 2 ชุด นี้จะใช้ชุดต้นกำลังแยกอิสระจากกัน โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าชนิด 1 เฟส ขนาด 2 แรงม้า เป็นตัวขับเคลื่อนชุดบัดแต่ละชุด ส่งกำลังโดยใช้สายพานร่วมกับล้อสายพานจากแนวคิดดังกล่าวนี้จึงออกแบบชุดบัดทั้งสองชุดได้ดังรูปที่ 3.1 และ 3.2



รูปที่ 3.1 แนวคิดการออกแบบชุดบัดแบบจาน

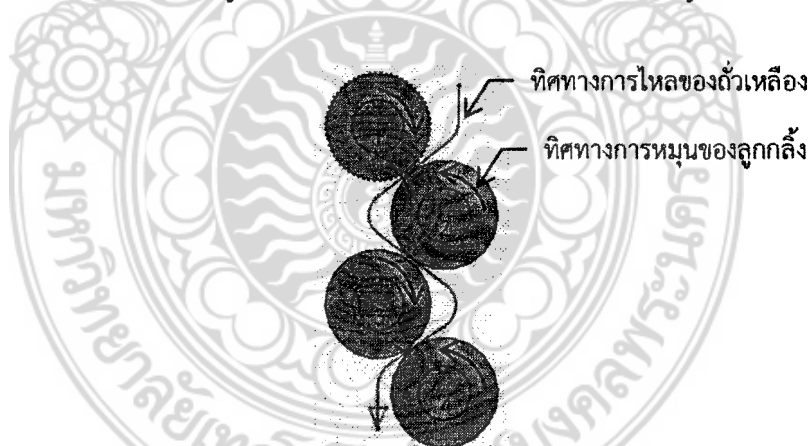
จากรูปแนวคิดการออกแบบจานบัดนั้นประกอบด้วยจาน 2 แผ่น คือ จานตัวล่างและตัวบน โดยที่จานตัวล่างจะอยู่กับที่ เสาจะรองตามแนวรัศมีของจานความกว้างประมาณเมล็ดถั่วเหลืองจำนวน 16 ร่อง ภายในร่องติดใบมีดสำหรับเฉือนเมล็ดถั่วเหลืองให้แตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ เมล็ดถั่วเหลืองที่แตกแล้วจะไหลลงด้านล่างของจาน ส่วนจานตัวบน จะเป็นตัวหมุนตามรอบการขับของมอเตอร์ไฟฟ้า

เขาจะร้องตามแนวรัศมีของจานเหมือนจานตัวล่าง บนจานจะยึดถึงสำหรับใส่เมล็ดถั่วเหลืองและหมุนไปด้วยกันทำให้เมล็ดถั่วเหลืองถูกรีดด้วยแผ่นบังคับซึ่งติดอยู่กับถั่วให้ไหลผ่านร่องจานตัวบนลงไปหาจานตัวล่าง การหมุนของจานตัวบนจะกวาดเอาเมล็ดถั่วเหลืองไปปะทะกับใบมีดซึ่งติดอยู่ในร่องของจานตัวล่างทำให้เมล็ดถั่วเหลืองแตกออกแล้วไหลลงผ่านจานตัวล่างและถูกบังคับให้ไหลออกมาที่ช่องทางออกด้วยแรงโน้มถ่วง



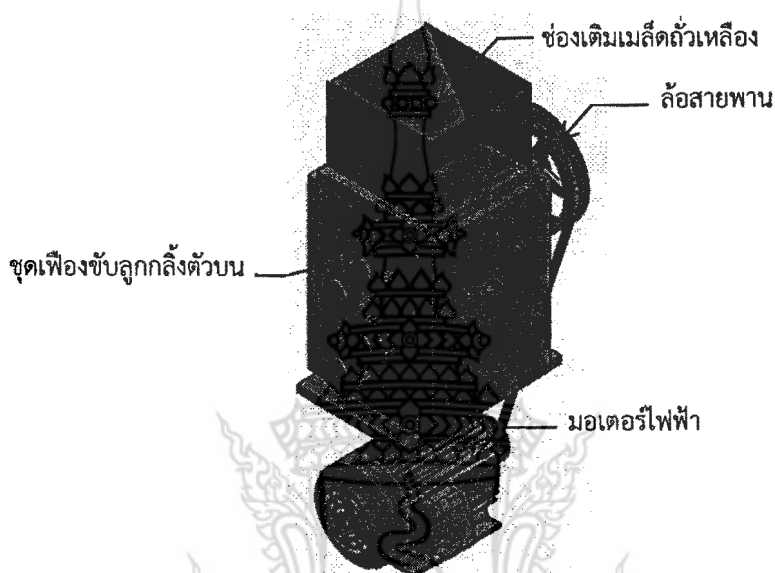
รูปที่ 3.2 แบบชุดจานบด

การออกแบบชุดจานบดเพื่อทำหน้าที่เป็นชุดบดหยาบนั้นจะวางทำมุมเอียง 45 องศา กับแนวระนาบเพื่อให้เมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการบดแล้วสามารถไหลลงด้านล่างได้ง่าย การหมุนของชุดบดนี้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส ขนาด 2 แรงม้า เป็นต้นกำลังขับ ส่งกำลังผ่านสายพานจำนวน 2 เส้น ร่วมกับล้อสายพานตัวขับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว และตัวตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว



รูปที่ 3.3 แนวคิดการออกแบบชุดบดแบบลูกกลิ้ง

จากรูปแนวความคิดการออกแบบชุดบดแบบลูกกลิ้ง ต้องการให้การบดเกิดขึ้น 3 ครั้งจึงต้องใช้ลูกกลิ้ง 3 คู่ จำนวน 4 ตัว โดยคู่แรกลูกกลิ้งตัวบนสุดจะเซาะร่องคล้ายฟันเฟืองเพื่อช่วยในการป้อนและย่อยถั่วเหลืองให้เป็นชิ้นเล็กๆ ทำงานร่วมกับลูกกลิ้งตัวที่ 2 ซึ่งมีผิวเรียบ (เหมือนกับตัวที่ 3 และ 4) ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง มากกว่า อีก 2 คู่ ถั่วเหลืองเมื่อถูกย่อยเป็นชิ้นเล็กแล้วจะตกลงและไหลเข้าหาลูกกลิ้งคู่ที่ 2 คือ หมายเลข 2 และ 3 ลูกกลิ้งคู่นี้จะทำหน้าที่บดให้ชิ้นถั่วเหลืองมีขนาดเล็กลง โดยกำหนดระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งน้อยกว่าลูกกลิ้งคู่แรก และลูกกลิ้งคู่สุดท้ายหมายเลข 3 และ 4 มีระยะช่องว่างน้อยที่สุดทำหน้าที่บดชิ้นถั่วเหลืองให้เป็นผงแบ่งต่อไป

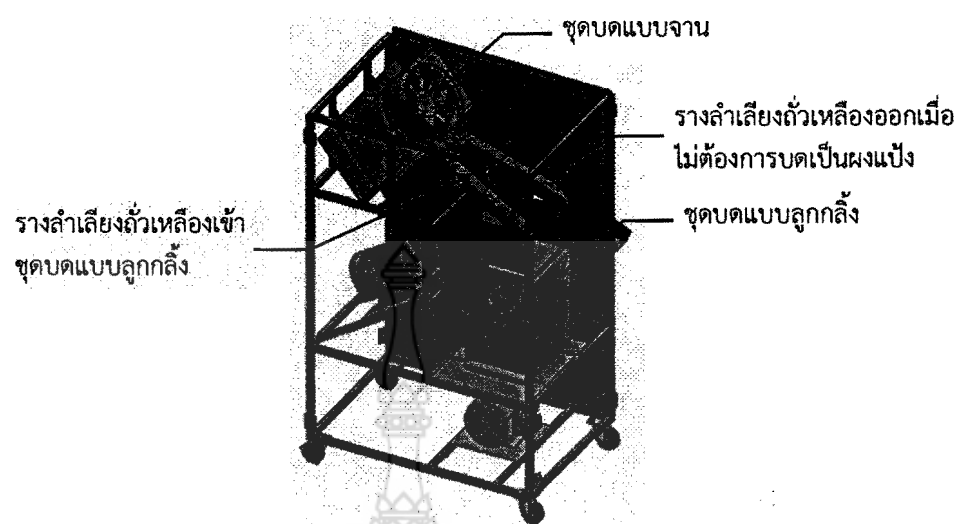


รูปที่ 3.4 แบบชุดลูกกลิ้งบด

การออกแบบชุดลูกกลิ้งบดเพื่อทำหน้าที่เป็นชุดบดละเอียดโดยรับถั่วเหลืองที่ผ่านการบดด้วยชุดบดหยาบมาแล้วนั้น ต้นกำลังขับเคลื่อน ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส ขนาด 2 แรงม้า เช่นเดียวกันกับชุดบดแบบจาน ส่งกำลังผ่านสายพานจำนวน 2 เส้น ร่วมกับล้อสายพานตัวขับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว และตัวตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว

การนำชุดบดทั้งสองชุดมาทำงานร่วมกันนั้นต้องออกแบบชุดโครงสร้างเพื่อทำการติดตั้งชุดบดทั้งสองก่อน จากนั้นจึงวางตำแหน่งชุดบดทั้งสองบนโครงสร้างให้สามารถทำงานร่วมกันได้ โดยติดตั้งชุดบดแบบจานไว้ด้านบนเนื่องจากเป็นชุดบดชุดแรก และติดตั้งชุดบดแบบลูกกลิ้งให้ต่ำกว่าเพื่อให้เมล็ดถั่วเหลืองสามารถไหลลงมาได้เมื่อผ่านการบดจากชุดแรกแล้ว จากนั้นทำการออกแบบราง

ลำเลียงเมล็ดถั่วเหลืองจากชุดบดทั้งสองเข้าหากัน และออกแบบรางลำเลียงอีกหนึ่งรางไว้สำหรับกรณีที่ต้องการบดหยาบอย่างเดียว รายละเอียดการออกแบบแสดงไว้ในรูปที่ 3.5



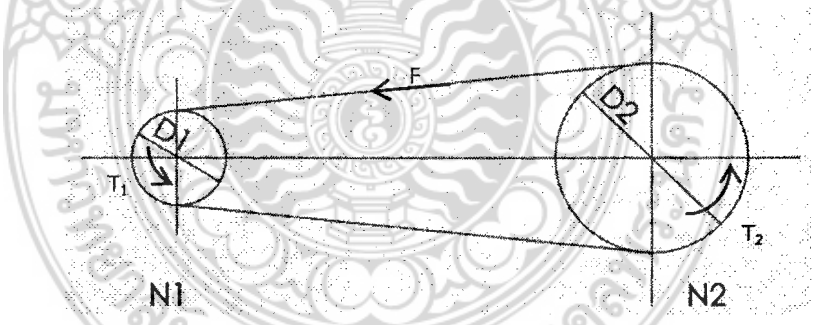
รูปที่ 3.5 แบบเครื่องบดเมล็ดถั่วเหลืองประกอบร่วมกันทั้ง 2 ชุด

3.2 การคำนวณ

การคำนวณออกแบบเครื่องบดถั่วเหลืองนี้จะไม่พิจารณาเกี่ยวกับเรื่องความแข็งแรงของชิ้นส่วนและโครงสร้าง เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงวิธีการบดโดยใช้จานร่วมกับลูกกลิ้ง เพื่อดูลักษณะของผงแป้งที่ได้ ดังนั้นจึงคำนวณเฉพาะระบบส่งถ่ายกำลังเท่านั้น

3.2.1 การส่งถ่ายกำลังของชุดบดแบบจาน

จากข้อกำหนดการออกแบบ ไซมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า ความเร็ว 1450 RPM ล้อสายพานตัวขับขนาด 2 นิ้ว และล้อสายพานตัวตามขนาด 6 นิ้ว



รูปที่ 3.6 การส่งกำลังของล้อสายพานขับและล้อสายพานตาม

จากสมการที่ 2.1 สามารถคำนวณความเร็วรอบของชุดงานบดได้คือ

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

ได้ $N_2 = \frac{N_1 D_1}{D_2}$

ดังนั้นความเร็วรอบการหมุนของชุดจานบด คือ

$$N_2 = \frac{1450 \times 2}{6} = 483 \text{ RPM}$$

จากสมการที่ 2.2 และ 2.3 คำนวณหาแรงบิดที่เพลลาของชุดจานบดได้ดังนี้

$$P = \frac{2\pi \times T \times N}{60}$$

ได้ $T_1 = \frac{60 \times P}{2\pi \times N}$

$$T_1 = \frac{60 \times 2 \times 746}{2\pi \times 1450} = 9.83 \text{ N-m}$$

แรงดึงในสายพาน

$$F = \frac{T}{r_1}$$

ได้ $F = \frac{9.83}{(2 \times 2.54 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{1000})} = 3870 \text{ N}$

ดังนั้นแรงบิดที่เพลลาของชุดจานบด คือ

$$T_2 = F r_2$$

ได้ $T_2 = 3870 \times (6 \times 2.54 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{1000})$

$$T_2 = 29.5 \text{ N-m}$$

3.2.2 การส่งถ่ายกำลังของชุดบดแบบลูกกลิ้ง

จากข้อกำหนดการออกแบบ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า ความเร็ว 1450 RPM ล้อสายพานตัวขับขนาด 4 นิ้ว และล้อสายพานตัวตามขนาด 8 นิ้ว

จากสมการที่ 2.1 สามารถคำนวณความเร็วรอบของชุดลูกกลิ้งบดได้คือ

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

$$\text{ได้ } N_2 = \frac{N_1 D_1}{D_2}$$

ดังนั้นความเร็วรอบการหมุนของชุดลูกกลิ้งบด คือ

$$N_2 = \frac{1450 \times 4}{8} = 725 \text{ RPM}$$

จากสมการที่ 2.2 และ 2.3 คำนวณหาแรงบิดที่เพลลาของชุดลูกกลิ้งบดได้ดังนี้

$$P = \frac{2\pi \times T \times N}{60}$$

$$\text{ได้ } T_1 = \frac{60 \times P}{2\pi \times N}$$

$$T_1 = \frac{60 \times 2 \times 746}{2\pi \times 1450} = 9.83 \text{ N-m}$$

แรงดึงในสายพาน

$$F = \frac{T}{r_1}$$

$$\text{ได้ } F = \frac{9.83}{(4 \times 2.54 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{1000})} = 1935 \text{ N}$$

ดังนั้นแรงบิดที่เพลลาของชุดลูกกลิ้งบด คือ

$$T_2 = F r_2$$

$$\text{ได้ } T_2 = 1935 \times (8 \times 2.54 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{1000})$$

$$T_2 = 19.66 \text{ N-m}$$

3.3 ขั้นตอนการสร้างเครื่องบดถั่วเหลือง

การสร้างเครื่องบดถั่วเหลืองเป็นผงบดแบบงานร่วมกับลูกกลิ้งนี้ แบ่งการสร้างออกเป็น 3 ส่วน คือ สร้างชุดงานบด ชุดลูกกลิ้งบด และส่วนโครงสร้างสำหรับติดตั้งชุดบดทั้งสอง โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ออกแบบชุดงานบดและกำหนดขนาด
2. ออกแบบชุดลูกกลิ้งบดและกำหนดขนาด
3. จัดหาวัสดุและอุปกรณ์

4. ผลิตชิ้นส่วนตามแบบ
5. ประกอบชุดจานบดและชุดลูกกลิ้งบด
6. ออกแบบโครงสร้างสำหรับติดตั้งชุดบดและกำหนดขนาด
7. ประกอบชุดโครงสร้างสำหรับติดตั้งชุดบด
8. นำชุดบดทั้งสองชุดติดตั้งเข้ากับชุดโครงสร้าง
9. ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าพร้อมเดินระบบไฟฟ้าควบคุม
10. ทดสอบการทำงานของเครื่อง
11. ปรับปรุงแก้ไขชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆ ให้เหมาะสม



รูปที่ 3.7 เครื่องบดถั่วเหลืองที่ประกอบและติดตั้งแล้ว



บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองในงานวิจัยนี้จะทำการทดลอง 3 อย่างด้วยกัน คือ การทดลองหาความสามารถในการบดของชุดขับเคลื่อนแบบจานและแบบลูกกลิ้ง จากการทดลองทั้งสองกรณีนี้จะได้ผลการทดลองมาทำการวิเคราะห์หาความเร็วที่สัมพันธ์กันของชุดขับเคลื่อนทั้ง 2 แบบนี้ จากนั้นจึงทำการทดลองหาความสามารถในการบดของชุดขับเคลื่อนทั้งสองชุดที่ทำงานแบบต่อเนื่องกัน

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องวัดความเร็วรอบ สำหรับวัดรอบการหมุนของชุดขับเคลื่อนทั้งสองชุด
2. อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (Inverter) สำหรับปรับรอบการหมุนของมอเตอร์ เพื่อทดสอบความสามารถในการบดของชุดขับเคลื่อนทั้งสองที่ความเร็วรอบต่างๆ
3. มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า จำนวน 2 ตัว สำหรับเป็นต้นกำลังให้กับชุดขับเคลื่อนทั้งสอง
4. ตาชั่งสำหรับชั่งเมล็ดถั่วเหลือง
5. นาฬิกาจับเวลาสำหรับจับเวลาเพื่อหาปริมาณที่เครื่องบดสามารถบดถั่วเหลืองได้ในหน่วยกิโลกรัมต่อนาที
6. ชุดขับเคลื่อนแบบจานและแบบลูกกลิ้ง
7. ตะแกรงร่อนผงแบ่งขนาด 100 μm สำหรับคัดแยกขนาดผงแป้งที่ได้จากเครื่องบด

4.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

ดังได้กล่าวมาแล้วว่างานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองนั้น สามารถกำหนดขั้นตอนการทดลองได้ดังนี้

การทดลองที่ 1 เพื่อหาความสามารถหรือกำลังการผลิตของชุดขับเคลื่อนแบบจาน

1. เตรียมวัตถุดิบ คือ เมล็ดถั่วเหลืองให้พร้อม
2. เปิดมอเตอร์ไฟฟ้าขับชุดขับเคลื่อนแบบจานให้ทำงาน
3. ปรับความถี่ที่ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้า พร้อมวัดความเร็วรอบการหมุนของชุดจานบดโดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วรอบ ให้ได้ความเร็วที่ต้องการ คือ 350 RPM

4. เติมเมล็ดถั่วเหลืองลงในถังหมุน
5. เมื่อเมล็ดถั่วเหลืองตกลงในถาดรองรับ เริ่มจับเวลา จำนวน 1 นาที เมื่อครบแล้วดึงถาดรองรับออก
6. นำถั่วเหลืองที่ได้ตามข้อ 5 คัดแยกเมล็ดที่ยังไม่แตกออก
7. ชั่งน้ำหนักเมล็ดถั่วเหลืองที่คัดแยกแล้วตามข้อ 6 และบันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการทดลองโดยเมล็ดที่แตกออกจากกันบันทึกลงในช่อง บดสมบูรณ์ และเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่แตกบันทึกลงในช่อง บดไม่สมบูรณ์
8. ทำการทดลองตามข้อ 4 ถึงข้อ 7 เพิ่มอีกเป็นครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ
9. ทำการทดลองตามข้อ 3 ถึงข้อ 8 โดยเพิ่มความเร็วรอบการหมุนของชุดจานบดเป็น 420, 480, 560, 690 และ 760 ตามลำดับ

การทดลองที่ 2 เพื่อหาความสามารถหรือกำลังการผลิตของชุดบดแบบลูกกลิ้ง

1. เตรียมวัตถุดิบ คือ เมล็ดถั่วเหลืองให้พร้อม
2. เปิดมอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนชุดบดแบบลูกกลิ้งให้ทำงาน
3. ปรับความถี่ที่ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้า พร้อมวัดความเร็วรอบการหมุนของชุดลูกกลิ้งบดโดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วรอบ ให้ได้ความเร็ว 300 RPM
4. นำเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการบดจากการทดลองที่ 1 ชนิดที่บดได้สมบูรณ์เติมลงในช่องเติมเมล็ดถั่วเหลือง
5. เมื่อเมล็ดถั่วเหลืองตกลงในถาดรองรับ เริ่มจับเวลา จำนวน 1 นาที เมื่อครบแล้วดึงถาดรองรับออก
6. นำแป้งถั่วเหลืองที่ได้ตามข้อ 5 ชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการทดลองในช่อง ถั่วเหลืองที่ผ่านการบดหยาบแบบสมบูรณ์
7. ทำการทดลองตามข้อ 4 ถึงข้อ 6 เพิ่มอีกเป็นครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ
8. ทำการทดลองตามข้อ 4 ถึงข้อ 7 โดยในข้อที่ 4 ให้ใช้ถั่วเหลืองคละกันทั้งบดได้สมบูรณ์และไม่สมบูรณ์จากการทดลองที่ 1 และในข้อที่ 6 ให้บันทึกผลการทดลองลงในช่องขนาดถั่วเหลืองทั้งหมดที่ผ่านการบดหยาบ
9. ทำการทดลองตามข้อ 3 ถึงข้อ 8 โดยเพิ่มความเร็วรอบการหมุนของชุดลูกกลิ้งบดเป็น 380, 460, 540, 630 และ 725 ตามลำดับ

การทดลองที่ 3 เพื่อหาความสามารถหรือกำลังการผลิตของการบดร่วมกันของชุดบดทั้ง 2 ชุด ทั้งนี้ การทดลองจะดำเนินการได้นั้นต้องทำการปรับปรุงเครื่องใหม่คือ ทำการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบให้กับมอเตอร์ต้นกำลังของชุดบดแบบจานเพื่อให้สามารถควบคุมกำลังการผลิตได้ และให้เหมาะสมกับกำลังการผลิตของชุดบดแบบลูกกลิ้ง ส่วนชุดบดแบบลูกกลิ้งไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า ลำดับขั้นการทดลองมีดังนี้

- 1. เตรียมวัตถุดิบ คือ เมล็ดถั่วเหลืองให้พร้อม
- 2. เปิดมอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนชุดบดทั้ง 2 ชุด ให้ทำงาน
- 3. ปรับความถี่ที่ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้า พร้อมวัดความเร็วรอบการหมุนของชุดจานบดโดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วรอบ ให้ได้ความเร็ว 300 RPM
- 4. นำเมล็ดถั่วเหลืองเติมลงในถังหมุนของชุดบดแบบจาน
- 5. เมื่อแบ่งถั่วเหลืองตกลงในถาดรองรับของชุดบดแบบลูกกลิ้ง เริ่มจับเวลา จำนวน 1 นาที เมื่อครบแล้วดึงถาดรองรับออก
- 6. นำแบ่งถั่วเหลืองที่ได้ตามข้อ 5 ชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการทดลอง
- 7. ทำการทดลองตามข้อ 4 ถึง 6 เพิ่มอีกเป็นครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

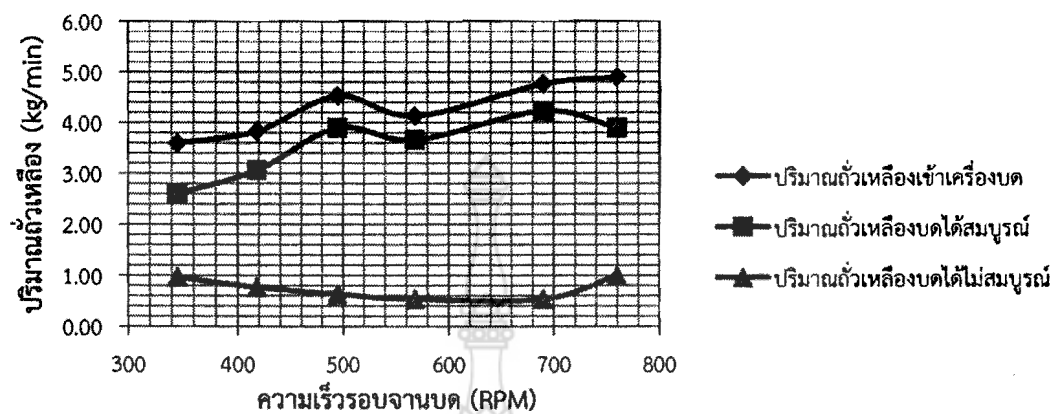
4.3 ผลการทดลอง

4.3.1 ผลการทดลองจากการทดลองที่ 1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณถั่วเหลืองที่บดได้ด้วยชุดบดแบบจาน

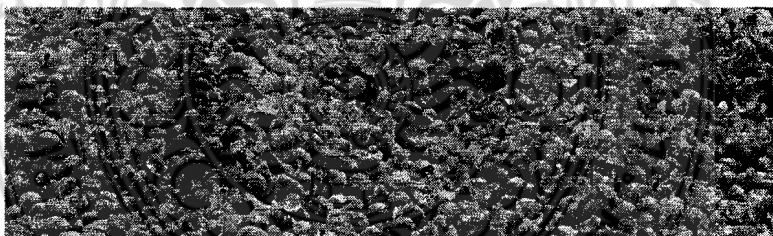
รอบ (RPM)	ปริมาณการบด (kg/min)				ผลการบด							
					บดสมบูรณ์ (kg/min)				บดไม่สมบูรณ์ (kg/min)			
					ครั้งที่				ครั้งที่			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
350	3.50	3.60	3.70	3.60	2.40	2.70	2.70	2.60	1.10	0.90	0.90	0.97
420	3.80	3.90	3.80	3.83	2.90	3.10	3.20	3.07	0.90	0.80	0.60	0.77
480	4.60	4.50	4.50	4.53	3.80	3.90	4.00	3.90	0.80	0.60	0.50	0.63
560	4.20	4.10	4.10	4.13	3.70	3.70	3.60	3.67	0.50	0.60	0.50	0.53
690	4.70	4.90	4.70	4.77	4.10	4.30	4.30	4.23	0.60	0.60	0.40	0.53
760	4.90	4.80	4.80	4.90	3.90	3.70	3.80	3.80	1.00	1.10	1.00	1.03

จากตารางผลการทดลองที่ 4.1 นำค่าความเร็วรอบการหมุนของชุดบดแบบจานมาสร้างกราฟการกระจายแสดงความสัมพันธ์ กับค่าเฉลี่ยของปริมาณถั่วเหลืองที่บดได้ทั้งหมด, ค่าเฉลี่ยของปริมาณถั่วเหลืองที่บดได้สมบูรณ์และค่าเฉลี่ยของปริมาณถั่วเหลืองที่บดได้ไม่สมบูรณ์ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผลการบดเมล็ดถั่วเหลืองด้วยชุดบดแบบจาน

จากกราฟแสดงผลในรูปที่ 4.1 พบว่าที่ความเร็วหมุนของชุดจานบด 480 RPM จะได้ปริมาณการบดที่ใกล้เคียงกับความเร็วรอบ 690 และ 760 RPM แต่จากการทดลองพบว่าที่ความเร็วรอบ 690 และ 760 RPM นั้นเมล็ดถั่วเหลืองจะเกิดการเสียดสีกับจานบดด้วยความเร็วที่สูงเกินไปทำให้เกิดมีกลิ่นไหม้ของเมล็ดถั่วเหลืองขึ้น ดังนั้นการทำงานของชุดบดแบบจานนี้จึงจำกัดความเร็วรอบการหมุนของชุดจานบดไว้ที่ 480 RPM และใช้ความเร็วนี้เป็นค่ากำหนดกำลังการผลิตเฉลี่ยของชุดบดแบบจาน คือ 4.53 กิโลกรัมต่อนาที หรือ 271.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีเมล็ดถั่วเหลืองที่บดได้ไม่สมบูรณ์เฉลี่ยที่ 0.63 กิโลกรัมต่อนาที หรือ 37.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 13.9 ของปริมาณถั่วเหลืองที่บดได้ทั้งหมด และลักษณะของเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการบดด้วยชุดบดแบบจานนี้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2



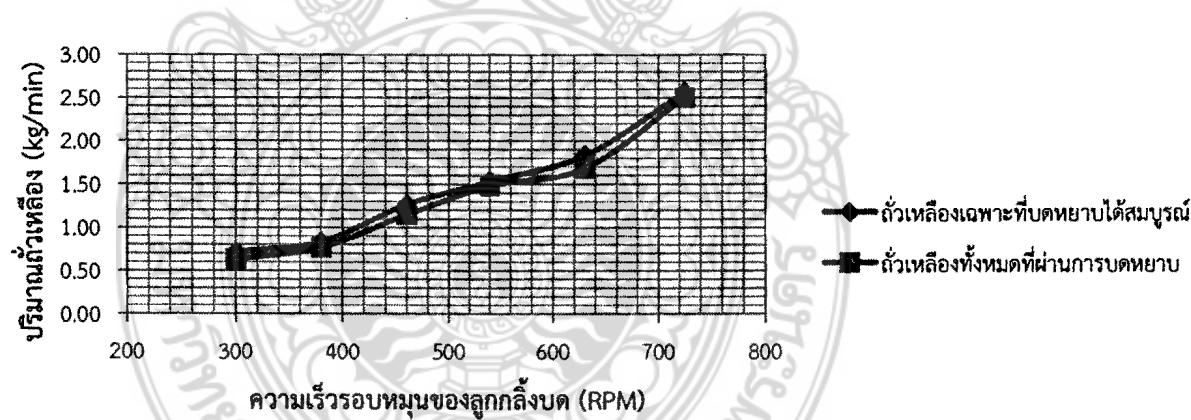
รูปที่ 4.2 ลักษณะเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการบดด้วยชุดบดแบบจาน

4.3.2 ผลการทดลองจากการทดลองที่ 2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณถั่วเหลืองที่บดได้ด้วยชุดบดแบบลูกกลิ้ง

รอบ (RPM)	ปริมาณการบด							
	ถั่วเหลืองที่ผ่านการบดหยาบแบบ สมบูรณ์ (kg/min)				ถั่วเหลืองทุกขนาดที่ผ่านการบด หยาบ (kg/min)			
	ครั้งที่				ครั้งที่			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
300	0.70	0.75	0.70	0.72	0.65	0.60	0.65	0.63
380	0.80	0.85	0.85	0.83	0.75	0.80	0.75	0.77
460	1.25	1.30	1.25	1.27	1.20	1.10	1.15	1.15
540	1.50	1.60	1.50	1.53	1.50	1.45	1.50	1.48
630	1.90	1.80	1.80	1.83	1.60	1.65	1.80	1.68
725	2.55	2.60	2.55	2.57	2.50	2.45	2.55	2.50

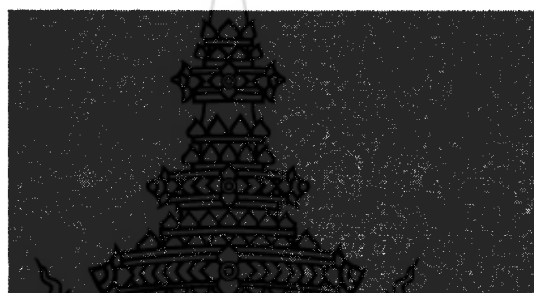
จากตารางผลการทดลองที่ 4.2 นำค่าความเร็วรอบการหมุนของชุดบดแบบลูกกลิ้งมาสร้างกราฟการกระจายแสดงความสัมพันธ์ กับค่าเฉลี่ยของปริมาณแบ่งถั่วเหลืองที่บดได้เมื่อใช้ถั่วเหลืองที่ผ่านการบดหยาบมาแล้วโดยคัดเอาเฉพาะที่บดได้สมบูรณ์ และค่าเฉลี่ยของปริมาณแบ่งถั่วเหลืองที่บดได้เมื่อเลือกใช้ถั่วเหลืองทุกขนาดที่ผ่านการบดหยาบแล้ว แสดงกราฟได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ผลการบดเมล็ดถั่วเหลืองด้วยชุดบดแบบลูกกลิ้ง

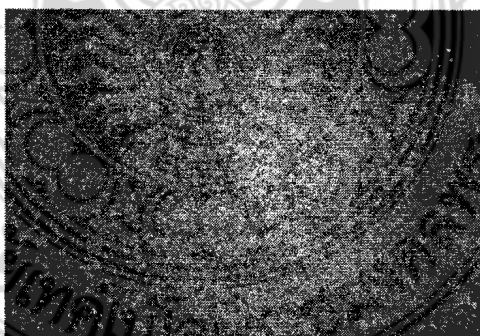
จากกราฟแสดงผลในรูปที่ 4.2 พบว่า ความเร็วรอบหมุนของลูกกลิ้งบดยิ่งสูงยิ่งได้ปริมาณแบ่งถั่วเหลืองมาก แต่มีข้อจำกัดเนื่องจากการออกแบบคืออัตราทดของล้อสายพานระหว่างมอเตอร์

กับชุดลูกกลิ้งบดถูกกำหนดไว้ที่ 2 : 1 ดังนั้นความเร็วรอบสูงสุดของชุดลูกกลิ้งบดจึงถูกจำกัดไว้ที่ประมาณ 725 RPM เนื่องจากมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบ 1450 RPM ทางผู้วิจัยได้ทดลองเปลี่ยนอัตราทดให้น้อยกว่า 2 : 1 แล้ว เพื่อหวังว่าความเร็วรอบของชุดลูกกลิ้งบดจะได้สูงขึ้น แต่ผลปรากฏว่าชุดลูกกลิ้งบดไม่สามารถหมุนบดถั่วเหลืองได้เนื่องจากแรงบิดที่เพลลาของชุดลูกกลิ้งบดน้อยเกินไป ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงกำหนดความเร็วรอบหมุนสูงสุดไว้ที่ 725 RPM ตามที่ได้ออกแบบไว้เดิม และได้กำลังการผลิตเฉลี่ยที่ 2.5 กิโลกรัมต่อนาที หรือ 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อใช้ถั่วเหลืองทุกขนาดที่ผ่านการบดหยาบ และกำลังการผลิตเฉลี่ยที่ 2.57 กิโลกรัมต่อนาที หรือ 154.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อใช้ถั่วเหลืองที่ผ่านการบดหยาบแบบสมบูรณ์ และลักษณะของแป้งถั่วเหลืองที่ผ่านการบดด้วยชุดบดแบบลูกกลิ้งนี้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ลักษณะแป้งถั่วเหลืองที่ผ่านการบดด้วยชุดบดแบบลูกกลิ้ง

จากลักษณะแป้งถั่วเหลืองที่ผ่านการบดด้วยชุดบดแบบลูกกลิ้งดังรูปที่ 4.4 นั้น พบว่าแป้งถั่วเหลืองไม่ได้มีลักษณะเป็นผง ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดถั่วเหลืองมีความชื้นและน้ำมันเป็นองค์ประกอบทำให้เมื่อถูกบดและรีดผ่านชุดลูกกลิ้งทำให้แป้งถั่วเหลืองจับตัวกันเป็นแผ่นบางๆ ดังนั้นทางคณะผู้ทำการวิจัยจึงจำเป็นต้องนำแป้งถั่วเหลืองที่ได้นี้ไปผ่านกระบวนการตีปั่นอีกครั้งหนึ่งจากนั้นนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 ไมโครเมตร ทำให้ได้เป็นผงแป้งถั่วเหลืองมีลักษณะดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ผงแป้งถั่วเหลืองที่ได้หลังจากการนำไปตีปั่น

4.3.3 ผลการทดลองจากการทดลองที่ 3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่บดได้ด้วยชุดบดแบบจานร่วมกับลูกกลิ้ง

ปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่บดได้ (kg/min)			
ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
2.45	2.50	2.55	2.5

จากผลการทดลองให้เครื่องบดถั่วเหลืองทั้งสองชุดทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่อง คือ ให้ถั่วเหลืองที่ผ่านการบดหยาบแล้วไหลเข้าสู่ชุดบดเป็นผงแป้งถั่วเหลืองแบบลูกกลิ้ง ดังตารางที่ 4.3 พบว่าเครื่องบดถั่วเหลือง สามารถบดเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแป้งถั่วเหลืองได้ปริมาณเฉลี่ย 2.5 กิโลกรัมต่อนาที หรือ 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่แป้งถั่วเหลืองที่ได้ไม่ได้มีลักษณะเป็นผงดังได้กล่าวไว้แล้วในการทดลองที่ 2 และจากการทดลองยังพบปัญหา คือ หากปรับตั้งความเร็วรอบการหมุนของชุดบดแบบจานมากเกินไปจะทำให้ถั่วเหลืองไหลไปกองสะสมอยู่ที่บริเวณทางเข้าชุดบดแบบลูกกลิ้งเป็นจำนวนมาก เนื่องจากชุดบดผงแป้งถั่วเหลืองแบบลูกกลิ้งสามารถบดได้ช้ากว่าชุดบดแบบจาน ดังนั้นในการใช้งานแล้วจำเป็นต้องปรับตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบควบคุมการทำงานของชุดบดหยาบแบบจานให้มีกำลังการผลิตที่สัมพันธ์กับชุดบดผงแป้งแบบลูกกลิ้งเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาดังกล่าว

4.4 การคำนวณหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้

จากสมการที่ (2.5)

$$\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้า} = \frac{\text{จำนวนวัตต์} \times \text{จำนวนชั่วโมงใช้งาน}}{1000}$$

สำหรับงานวิจัยนี้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จะพิจารณาจากกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าของชุดบดหยาบและชุดบดละเอียดโดยมอเตอร์ไฟฟ้าของชุดบดทั้ง 2 ชุดนี้มีกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าเท่ากันที่ 2 แรงม้า หรือ 1,492 วัตต์ ดังนั้นปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ชั่วโมงมีค่า

$$\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้า} = \frac{(1,492 + 1,492) \times 1}{1000}$$

ดังนั้นปริมาณพลังงานไฟฟ้ารวมของชุดบดทั้งสองคือ 2.984 kW-hr หรือมีค่าเป็น 2.984 หน่วยต่อชั่วโมง

การคำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า

จากสมการที่ (2.6)

อัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า = ปริมาณหน่วยไฟฟ้า × ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

อัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า = 2.984 × 2.978*

ดังนั้นอัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้าในการใช้งานเครื่องบดหัวเหียงภายในเวลา 1 ชั่วโมง มีค่า 8.886 บาท

*ราคาต่อหน่วยไฟฟ้าประเภทบ้านพักอาศัยประเภท 1.1.2 หน่วยละ 2.978 บาท

4.5 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมกรรมนั้นมีจุดมุ่งหมายในการพิจารณาปัจจัยในการลงทุน อย่างไรก็ตามเงื่อนไขการพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมจะใช้ค่าที่ใกล้เคียงความจริงในสถานการณ์ปัจจุบันมากที่สุดเพื่อให้ผลที่แม่นยำมากที่สุดโดยรายละเอียดของตัวแปรต่างๆถูกแสดงไว้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในการพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

รายการ	จำนวน	หน่วย
ชั่วโมงทำงานต่อวัน	8	ชั่วโมง/วัน
วันทำงานต่อปี	300	วัน/ปี
อัตราการบดวัตถุดิบ	150	กิโลกรัม/ชั่วโมง
ราคาเครื่องบดหัวเหียง	250,000	บาท
อายุการใช้งานเครื่องบดหัวเหียง	5	ปี
ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย	2.978	บาท/หน่วย
อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ12 เดือน	1.5	บาท/ปี
ค่าจ้างแรงงาน 8 ชั่วโมง	215	บาท/วัน
ราคาต้นทุนวัตถุดิบก่อนบด	30	บาท/กิโลกรัม
ราคาขายผลิตภัณฑ์ที่บดแล้ว	140	บาท/กิโลกรัม

หมายเหตุ :

- อัตราการบดวัตถุดิบอ้างอิงจากผลการทดสอบ
 - ราคาเครื่องบดหัวเหลืองอ้างอิงจากต้นทุนการสร้างเครื่องบดหัวเหลือง
 - อายุการใช้งานของเครื่องคัดแยกอยู่ในช่วงเวลา 5-7 ปี ดังนั้นจึงใช้เวลาดำสุดคือ 5 ปี
 - ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยอ้างอิงจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ประเภท 1.1.2 (บ้านพักอาศัยที่ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 401หน่วยขึ้นไป)
 - ค่าอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 12 เดือนอ้างอิงจากธนาคารแห่งประเทศไทย
 - ชั่วโมงการทำงานต่อวันและค่าจ้างแรงงาน อ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ (ฉบับที่ 5) ในเขตกรุงเทพมหานคร ลงวันที่ 24 ธันวาคม 2553
 - ราคาวัตถุดิบก่อนบด (หัวเหลืองเมล็ดเต็ม) อ้างอิงจากราคาขายปลีกเมล็ดหัวเหลืองตามร้านค้าทั่วไปที่ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการจัดซื้อ
 - ราคาขายผงแป้งหัวเหลือง (วัตถุดิบที่บดแล้ว) อ้างอิงจากการสำรวจราคาขาย ซึ่งเป็นราคาขายที่รวมค่าขนส่งและค่าบรรจุภัณฑ์แล้ว ณ วันที่ 18 กรกฎาคม 2554
- ที่มา : <http://www.weloveshopping.com/template/w23/showproduct.php?>

การคำนวณหากล้างการผลิตต่อปี

จากสมการที่ (2.9)

หากล้างการผลิตต่อปี = อัตราการบดต่อชั่วโมง $\times$ ชั่วโมงการทำงานต่อวัน $\times$ วันทำงานต่อปี

หากล้างการผลิตต่อปี = $150 \times 8 \times 300$

ดังนั้นหากล้างการผลิตต่อปีของการบดหัวเหลืองมีค่าเป็น 360,000 กิโลกรัม/ปี

การคำนวณหาค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี

จากสมการที่ (2.10)

$$\text{ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี} = \frac{\text{ราคาเครื่องจักร}}{\text{อายุการใช้งานเครื่องจักร} \times \text{หากล้างการผลิตต่อปี}}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี} = \frac{250,000}{5 \times 360,000} = 0.139$$

ดังนั้นค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปีมีค่าเป็น 50,000 บาท/ปี หรือ 0.139 บาท/กิโลกรัม

การคำนวณหาค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคาร

จากสมการที่ (2.11)

$$\begin{aligned}\text{ค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคาร} &= \frac{(\text{ราคาเครื่องจักร} \times \text{อัตราดอกเบี้ย} 12 \text{ เดือน}) + \text{ราคาเครื่องจักร}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}} \\ \text{ค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคาร} &= \frac{(250,000 \times 0.015) + 250,000}{360,000} = 0.705\end{aligned}$$

ดังนั้นหากฝากธนาคารจะมีเงิน 253,750 บาท โดยมีผลต่างของค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคารคือ 3,750 บาท หรือ 0.705 บาท/กิโลกรัม

การคำนวณหาค่าต้นทุนคงที่

จากสมการที่ (2.8)

$$\Sigma \text{ ต้นทุนคงที่} = \text{ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี} + \text{ค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคาร}$$

$$\Sigma \text{ ต้นทุนคงที่} = 50,000 + 3,750$$

ดังนั้นค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปีมีค่าเป็น 53,750 บาท/ปี หรือ 0.149 บาท/กิโลกรัม

การคำนวณหาค่าจ้างแรงงาน

จากสมการที่ (2.13)

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน} = \frac{\text{ราคาค่าจ้างแรงงานต่อวัน} \times \text{วันทำงานต่อปี}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}}$$

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน} = \frac{215 \times 300}{360,000} = 0.179$$

ดังนั้นค่าไฟฟ้ามีค่าเป็น 64,500 บาท/ปี หรือ 0.179 บาท/กิโลกรัม

การคำนวณหาค่าไฟฟ้า

จากสมการที่ (2.14)

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \frac{\text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย} \times \text{ชั่วโมงการทำงานต่อวัน} \times \text{วันทำงานต่อปี}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \frac{2.978 \times 8 \times 300}{360,000} = 0.02$$

ดังนั้นค่าไฟฟ้ามีค่าเป็น 7,147 บาท/ปี หรือ 0.02 บาท/กิโลกรัม

การคำนวณหาค่าซ่อมแซมเครื่องจักร

จากสมการที่ (2.15)

$$\begin{aligned}\text{ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร} &= \frac{\text{ราคาเครื่องจักร} \times \% \text{ค่าตัวประกอบอายุเครื่องจักรต่อปี}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}} \\ \text{ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร} &= \frac{250,000 \times 0.2}{360,000} = 0.139\end{aligned}$$

สำหรับ % ค่าตัวประกอบอายุเครื่องจักรต่อปี นั้นจะพิจารณาเป็นแบบเส้นตรง โดยจะใช้การลดลงของอายุการใช้งานเครื่องจักร ดังนั้นการลดลงของอายุเครื่องจักร คิดเป็นร้อยละ 20 ต่อปี เพราะฉะนั้น ค่าซ่อมแซมเครื่องจักรมีค่าเป็น 50,000 บาท/ปี หรือ 0.139 บาท/กิโลกรัม

การคำนวณหาค่าต้นทุนวัตถุดิบ

จากสมการที่ (2.16)

$$\text{ต้นทุนวัตถุดิบ} = \text{ราคาวัตถุดิบ} \times \text{กำลังการผลิตต่อปี}$$

$$\text{ต้นทุนวัตถุดิบ} = 30 \times 360,000 = 10,800,000$$

ดังนั้นค่าวัตถุดิบมีค่าเป็น 10,800,000 บาท/ปี หรือ 30 บาท/กิโลกรัม อย่างไรก็ตามการพิจารณาค่าขนส่งและค่าบรรจุภัณฑ์นั้นมีปัจจัยหลายประการเช่น น้ำหนักของวัตถุดิบ ระยะทางที่ทำการขนส่ง คุณภาพของหีบห่อที่ใช้รวมไปถึงการออกแบบบรรจุภัณฑ์ด้วย ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่ทำได้ยากสำหรับการประเมินค่าใช้จ่ายของทั้ง 2 กรณีนี้ ทางคณะผู้จัดทำได้ตั้งสมมุติฐานว่าค่าขนส่ง คิดเป็นร้อยละ 1.0 ของราคาขายผลิตภัณฑ์ที่บดแล้ว (จากการสำรวจราคาขาย) โดยมีค่าเป็น 1.40 บาท/กิโลกรัม หรือ คิดเป็น 504,000 บาท/ปี ซึ่งแตกต่างจากค่าบรรจุภัณฑ์ที่คิดค่าเฉลี่ยต่อ 1 ถุง (1 กิโลกรัม) เป็น 1.0 บาท/กิโลกรัม หรือคิดเป็น 360,000 บาท/ปี ค่าใช้จ่ายของทั้ง 2 กรณีนี้จะขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตด้วย

การคำนวณหาค่าต้นทุนแปรผัน

จากสมการที่ (2.12)

$$\begin{aligned}\Sigma \text{ ต้นทุนแปรผัน} &= \text{ค่าจ้างแรงงาน} + \text{ค่าไฟฟ้า} + \text{ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร} + \text{ต้นทุนวัตถุดิบ} + \\ &\quad \text{ค่าขนส่ง} + \text{ค่าบรรจุภัณฑ์}\end{aligned}$$

$$\sum \text{ต้นทุนแปรผัน} = 64,500 + 7,147 + 50,000 + 10,800,000 + 504,000 + 360,000$$

ดังนั้นต้นทุนแปรผันมีค่าเป็น 11,785,647 บาท/ปี หรือ 32.738 บาท/กิโลกรัม

การคำนวณหาค่าต้นทุนรวม

จากสมการที่ (2.7)

$$\text{ต้นทุนรวม} = \sum \text{ต้นทุนคงที่} + \sum \text{ต้นทุนแปรผัน}$$

$$\text{ต้นทุนรวม} = 53,750 + 11,785,647 = 11,839,397$$

ดังนั้นค่าต้นทุนรวมมีค่าเป็น 11,839,397 บาท/ปี หรือ 32.887 บาท/กิโลกรัม

การคำนวณหาจุดคุ้มทุน

จากสมการที่ (2.17)

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนรวม} \times \text{กำลังการผลิตต่อปี}}{(\text{ราคาขายผลิตภัณฑ์ที่บดแล้ว} - \text{ต้นทุนแปรผัน})}$$

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{32.887 \times 360,000}{(140 - 32.738)} = 110,378$$

ดังนั้นจุดคุ้มทุนมีค่าเป็น 110,378 กิโลกรัม

การคำนวณหาระยะเวลาการคืนทุน

จากสมการที่ (2.18)

$$\text{ระยะเวลาการคืนทุน} = \frac{\text{ราคาเครื่องจักร}}{\text{ผลกำไร} \times \text{กำลังการผลิตต่อปี}}$$

$$\text{ระยะเวลาการคืนทุน} = \frac{250,000}{107.3 \times 360,000} = 0.0067$$

ดังนั้นระยะเวลาการคืนทุนมีค่าเป็น 0.0067 ปี

ตารางที่ 4.5 สรุปผลการคำนวณที่ใช้ในการพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

รายการ	ปริมาณ (กิโลกรัม/ปี)	ต้นทุน	
		บาท/ปี	บาท/กิโลกรัม
กำลังการผลิตต่อปี	360,000	0	0
ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี		50,000	0.139
ค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคาร		3,750	0.705
ค่าต้นทุนคงที่		53,750	0.149
ค่าจ้างแรงงาน		64,500	0.179
ค่าไฟฟ้า		7,147	0.02
ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร		50,000	0.139
ต้นทุนวัตถุดิบ		10,800,000	30.0
ค่าขนส่ง		504,000	1.40
ค่าบรรจุภัณฑ์		360,000	1.00
ค่าต้นทุนแปรผัน		11,785,647	32.738
ค่าต้นทุนรวม		11,839,397	32.887



บทที่ 5

บทสรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบและดำเนินการสร้างเครื่องบดข้าวเหลืองเป็นผงแบ่งแบบจานร่วมกับลูกกลิ้ง หลังจากดำเนินการสร้างเครื่องแล้วเสร็จ ได้วางแผนการทดลองผลออกเป็น 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 เพื่อหาปริมาณผลผลิตที่ได้จากการบดเมล็ดข้าวเหลืองและปริมาณเมล็ดข้าวเหลืองที่บดไม่ได้ด้วยชุดบดแบบจาน ผลสรุปได้ว่า ชุดบดแบบจานสามารถบดเมล็ดข้าวเหลืองได้ปริมาณเฉลี่ย 271.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในปริมาณที่บดได้นี้ยังมีเมล็ดข้าวเหลืองจำนวนหนึ่งซึ่งไม่ได้ถูกบด คิดเป็นร้อยละ 13.9 ของปริมาณที่บดได้ทั้งหมด ทั้งนี้ปริมาณผลผลิตที่ได้นี้อยู่ภายใต้เงื่อนไขการออกแบบคือ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังขนาด 2 แรงม้า ความเร็ว 1450 RPM และความเร็รรอบการหมุนของชุดจานบดอยู่ที่ 480 RPM

การทดลองที่ 2 เป็นการทดลองเพื่อหาปริมาณการบดของชุดบดแบบลูกกลิ้ง ผลสรุปได้ว่าชุดบดแบบลูกกลิ้งสามารถบดเมล็ดข้าวเหลืองที่ผ่านการบดด้วยชุดบดแบบจานแล้วได้ปริมาณเฉลี่ย 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไข คือ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นชุดต้นกำลังขนาด 2 แรงม้า ความเร็ว 1450 RPM ความเร็วสูงสุดของชุดลูกกลิ้งบด 725 RPM เนื่องจากการออกแบบได้กำหนดให้อัตราทดของล้อสายพานอยู่ที่ 2:1 และลักษณะของแป้งข้าวเหลืองที่ได้จากการบดด้วยชุดบดแบบลูกกลิ้งนี้ไม่ได้มีลักษณะเป็นผง เนื่องจากเมล็ดข้าวเหลืองมีความชื้นและน้ำมันเป็นองค์ประกอบเมื่อถูกบดและรีดผ่านชุดลูกกลิ้งทำให้เกิดการจับตัวกันเป็นแผ่นบางๆ

และการทดลองที่ 3 เป็นการทดลองหาปริมาณการบดเมล็ดข้าวเหลืองเป็นผงแบ่งโดยใช้ชุดบดแบบจานร่วมกับลูกกลิ้ง ให้ทำงานแบบต่อเนื่องร่วมกัน จากการทดลองได้ผลสรุป คือ เครื่องสามารถบดได้ปริมาณเฉลี่ยที่ 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เท่ากับการบดด้วยชุดบดแบบลูกกลิ้งเพียงตัวเดียว ทั้งนี้เนื่องจากการให้ชุดบดทั้งสองทำงานร่วมกันนั้นได้จัดลำดับการบดไว้ คือ ให้ชุดบดแบบจานทำหน้าที่บดหยาบก่อนจากนั้นจึงให้ชุดบดแบบลูกกลิ้งบดซ้ำให้เป็นผงแบ่งอีกครั้งหนึ่ง แต่ลักษณะแป้งข้าวเหลืองที่ได้ไม่ได้มีลักษณะเป็นผงดังได้กล่าวมาแล้ว

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ โดยกำหนดราคาทุนของเครื่องบดข้าวเหลืองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ ราคา 250,000 บาท ทำการบดวันละ 8 ชั่วโมง จำนวนวันทำงาน 300 วันต่อปี และราคา

ขายผงแป้งถั่วเหลือง กิโลกรัมละ 140 บาท ได้จุดคุ้มทุนที่การผลิต 110,378 กิโลกรัม และระยะเวลาการคืนทุนที่ 0.0067 ปี

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบปัญหาและอุปสรรค คือ การบดด้วยชุดบดแบบจานเมื่อความเร็วรอบการหมุนมากกว่า 480 RPM ปริมาณถั่วเหลืองที่บดได้เริ่มลดลง ทั้งนี้สาเหตุมาจากการออกแบบ ใบบดกับเมล็ดถั่วเหลืองในถังหมุนมีมุมบังคับที่ไม่เหมาะสม และสาเหตุที่สำคัญอีกประการคือ การเติมเมล็ดถั่วเหลืองที่จะบดด้วยจานนั้นต้องเติมลงในถังซึ่งหมุนด้วยความเร็วทำให้เมล็ดถั่วเหลืองถูกเหวี่ยงออกด้วยแรงหนีศูนย์กลาง จึงเป็นเหตุให้เมล็ดถั่วเหลืองไม่ไหลลงในร่องของจานบด และเมื่อทำการทดลองให้ชุดจานหมุนด้วยความเร็วสูงขึ้นไปอีกพบว่าเมล็ดถั่วเหลืองเริ่มมีกลิ่นไหม้เนื่องจากการเสียดสีกับจานบดอย่างรุนแรง จึงแนะนำให้ใช้ความเร็วสูงสุดไว้ที่ประมาณ 480 RPM

ปัญหาและอุปสรรคที่จะเสนอแนะไว้อีกประการหนึ่งก็คือ การบดถั่วเหลืองให้เป็นผงแป้งด้วยชุดบดแบบลูกกลิ้งนั้น พบปัญหาคือแป้งถั่วเหลืองที่ได้จับกันเป็นแผ่นบางๆ ไม่มีลักษณะเป็นผงแป้งตามต้องการ จึงขอเสนอแนะว่า การบดเมล็ดถั่วเหลืองเป็นผงแป้งด้วยการผสมผสานวิธีการบดด้วยชุดบดแบบจานร่วมกับลูกกลิ้งนี้ ให้ทำการบดด้วยชุดบดแบบลูกกลิ้งก่อน เมื่อได้แป้งถั่วเหลืองที่จับกันเป็นแผ่นบางๆ แล้ว ค่อยบดต่อด้วยชุดบดแบบจานอีกครั้งหนึ่ง ทั้งนี้ลักษณะของงานที่ใช้บดต้องออกแบบใหม่ จะใช้แบบจานตามงานวิจัยนี้ไม่ได้ เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบชุดจานบดไว้เพื่อการบดหยาบเท่านั้น



บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับ
โรงงานควบคุมและอาคารควบคุม. กระทรวงพลังงาน. 2552
- ชาติชาย อัครศักดิ์ และ พัทธภรณ์ เนียมมณี. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. ศูนย์ผลิตตำราเรียน
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพมหานคร. พิมพ์ครั้งที่ 1. 2547.
- ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์ และ คณะ. การประเมินคุณภาพโปรตีนของนมถั่วเหลืองผงพ่นแห้งโดยวิธี
ชีวภาพ. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32. 2537.
- ถาวร อมตกิตต์. การส่งกำลังและการประหยัดพลังงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ. กรุงเทพมหานคร.
เอ็มแอนด์อี. 2545.
- ถิรพันธ์ คุณานพรัตน์ และ คณะ. การประเมินความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยีและทางเศรษฐศาสตร์
ในการพัฒนากระบวนการผลิตนมถั่วเหลืองสำเร็จรูป. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ธันวาคม. 2546.
- ไพบุลย์ แยมเนียน. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน) . กรุงเทพมหานคร. 2549.
- วารสารวิชาการ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550.
- เวียง อรุณศรีและคณะ (2548). การศึกษาสมรรถนะเครื่องสีเปลือกสตกาแฟอาราบิก้า. วิทยานิพนธ์
สาขาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2548.
- สมชาย ประภาวัต และ คณะ. การทำข้าวเกรียบเสริมโปรตีนด้วยแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มและ
แป้งถั่วลิสงพองไขมัน. วารสารวิชาการเกษตร. 2534 ปีที่ 9 ฉบับที่ 2.
- M. Sing and A. Mohamed. Influence of gluten-soy protein blends on the quality
of reduced carbohydrates cookies. Journal of Food science and technology.
Volume 40. Issue 2. March 2007. Pages 353-360.
- <http://www.goodhealth.co.th>. องค์ประกอบของถั่วเหลือง. [Online] 2553.
[cited 10 ธันวาคม 2553].
- <http://www.guru.sanook.com>. ต้นถั่วเหลือง. [Online] 2553. [cited 10 ธันวาคม 2553].
- <http://www.foodsafety.bangkok.go.th>. เมล็ดถั่วเหลือง. [Online] 2553.
[cited 15 มกราคม 2554].
- <http://www.munsonmachinery.com>. เครื่องบด. [Online] 2553. [cited 15 มกราคม 2554].

บรรณานุกรม (ต่อ)

<http://www.topmachinebiz.com>.เครื่องบด. [Online] 2553. [cited 10 มกราคม 2554].

<http://www.metalworkingmachine.net>. เครื่องบด.[Online] 2553.
[cited 10 มกราคม 2554].

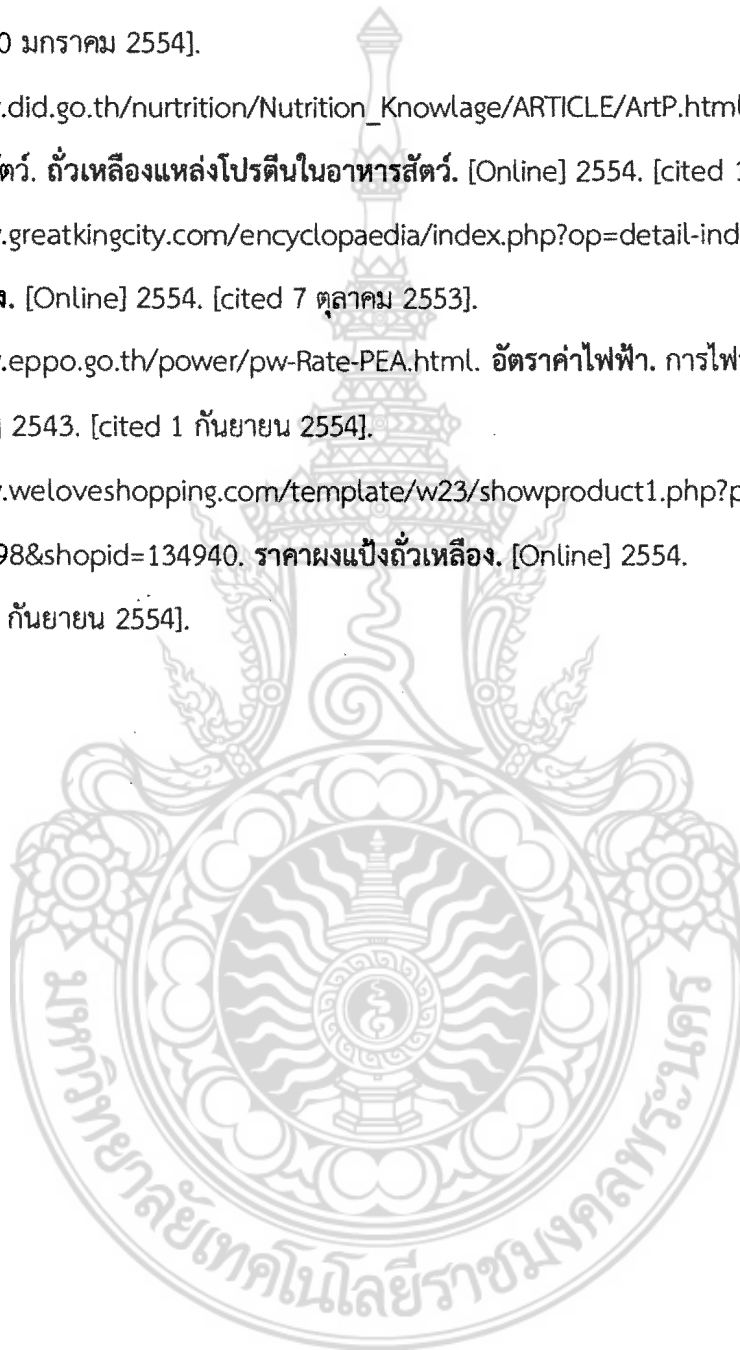
<http://www.xlerator-handdryer.com>.เครื่องบด. [Online] 2553.
[cited 10 มกราคม 2554].

http://www.did.go.th/nurtrition/Nutrition_Knowlage/ARTICLE/ArtP.html.

กรมปศุสัตว์. ถั่วเหลืองแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์. [Online] 2554. [cited 10 ตุลาคม 2553].
<http://www.greatkingcity.com/encyclopaedia/index.php?op=detail-index-pages&p>.

ถั่วเหลือง. [Online] 2554. [cited 7 ตุลาคม 2553].
<http://www.eppo.go.th/power/pw-Rate-PEA.html>. อัตราค่าไฟฟ้า. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.
[Online] 2543. [cited 1 กันยายน 2554].

<http://www.weloveshopping.com/template/w23/showproduct1.php?pid=12120698&shopid=134940>. ราคาผงแป้งถั่วเหลือง. [Online] 2554.
[cited 1 กันยายน 2554].



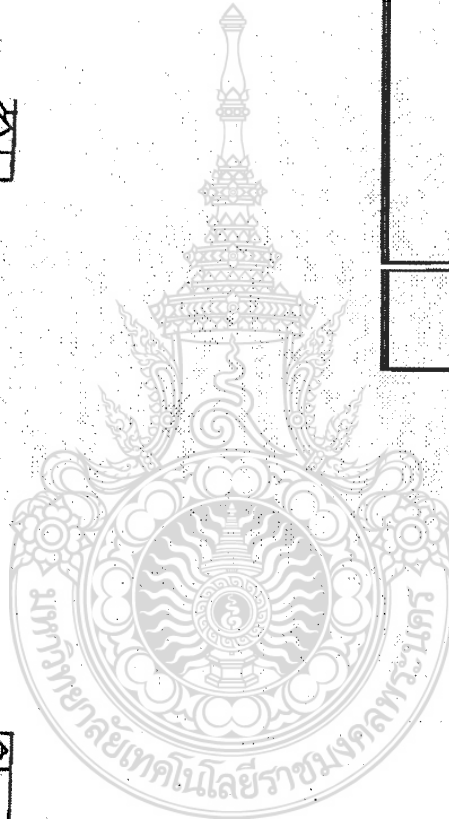
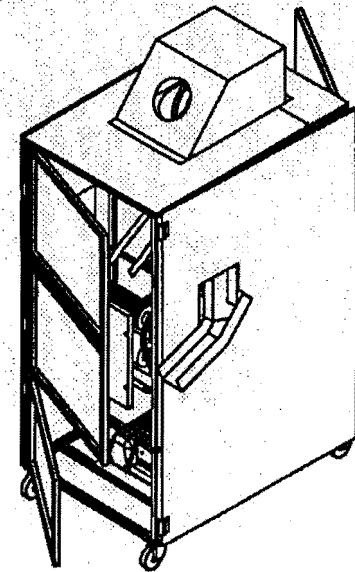
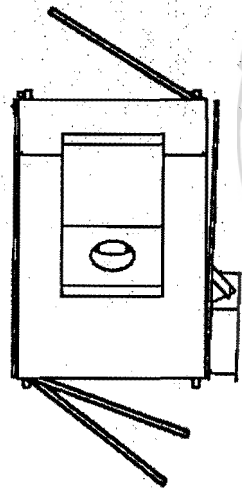
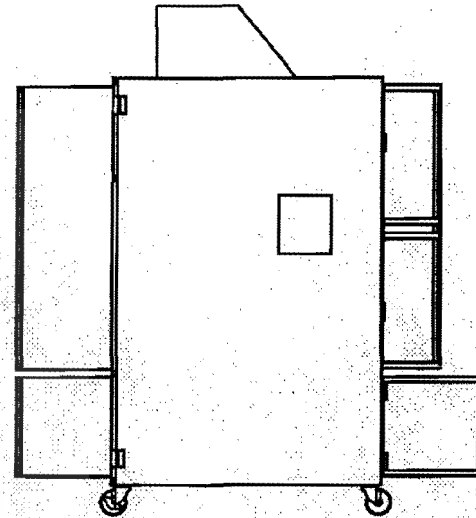
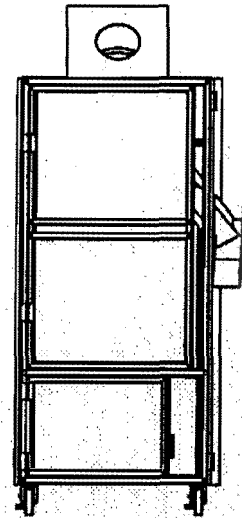
ภาคผนวก ก

แบบเครื่องบดตัวเหลือง

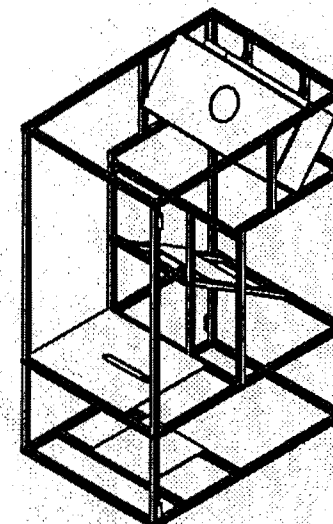
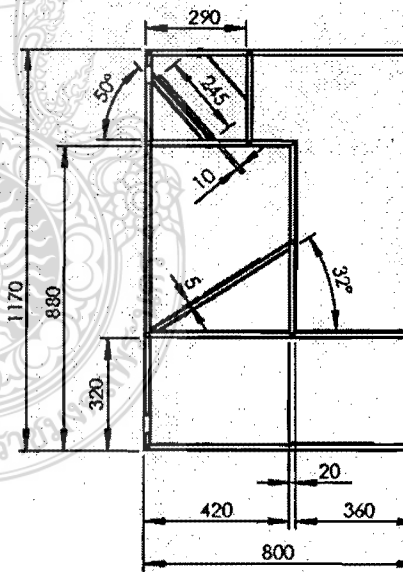
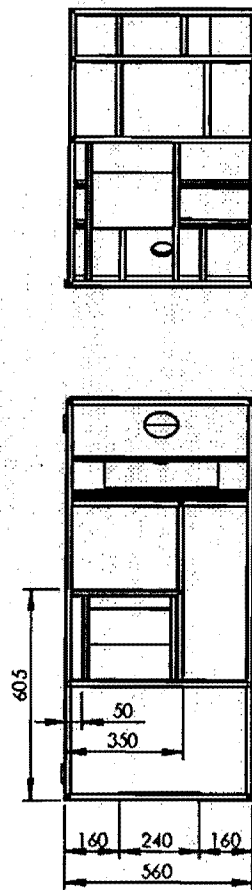




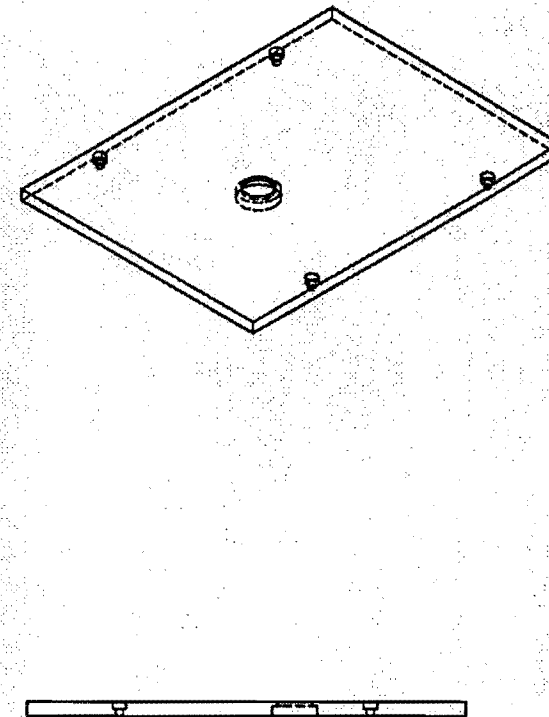
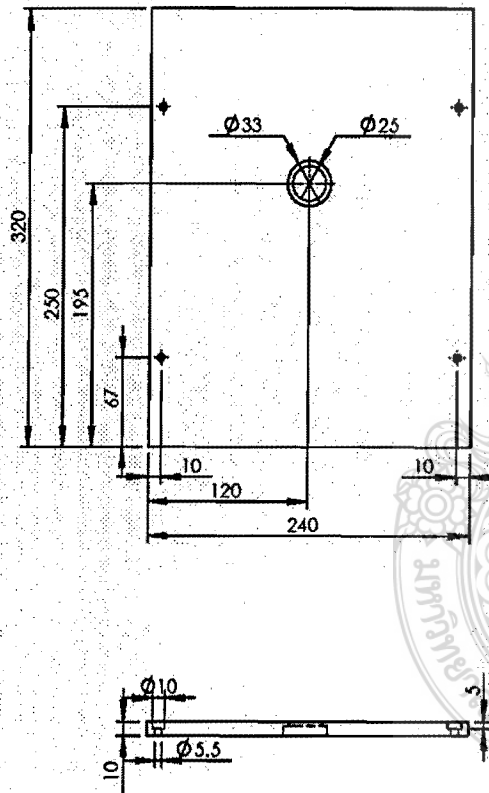
DESIGNER	ANAN TEMPIAM	Jan 2011	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Feb 2011				
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Feb 2011	TITLE : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	ASSEMBLY : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	 Third Angle Projection	SCALE : 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 1 OF 19



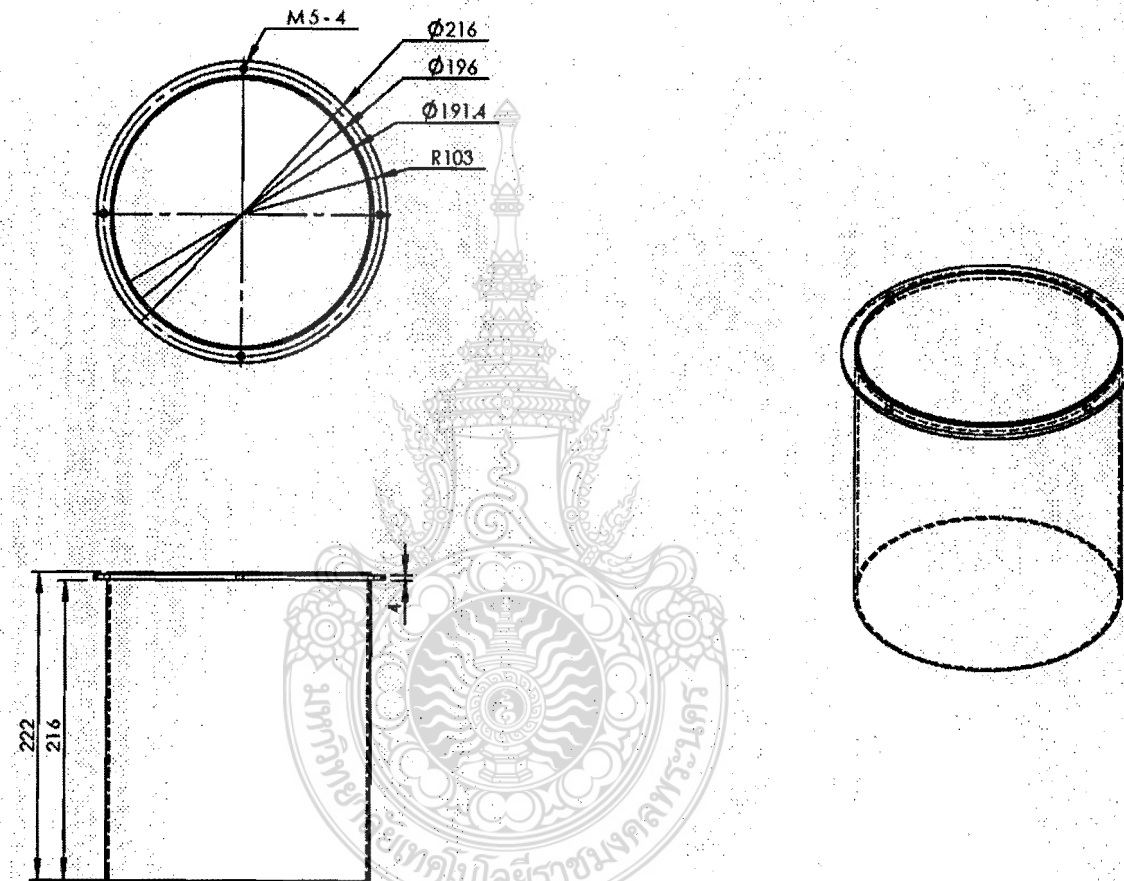
DESIGNER	ANAN TEMPIAM	Jan 2011	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Feb 2011	RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Feb 2011	TITLE : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	ASSEMBLY : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	 Third Angle Projection	SCALE : 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 2 OF 19



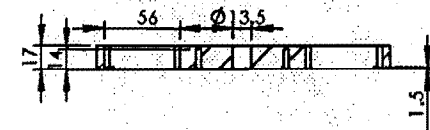
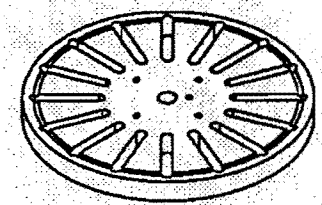
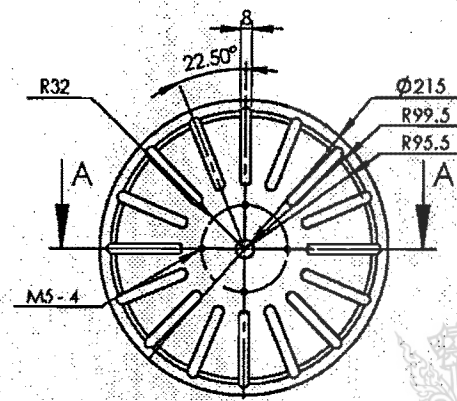
DESIGNER	ANAN TEMPIAM	Jan 2011	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Feb 2011				
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Feb 2011	TITLE : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	ASSEMBLY : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	 Third Angle Projection	SCALE : 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 3 OF 19



DESIGNER	ANAN TEMPIAM	Jan 2011	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Feb 2011	RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Feb 2011	TITLE : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	ASSEMBLY : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	 Third Angle Projection	SCALE : 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 4 OF 19

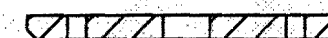
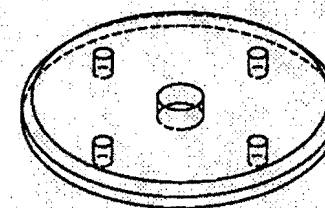
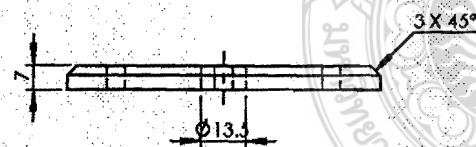
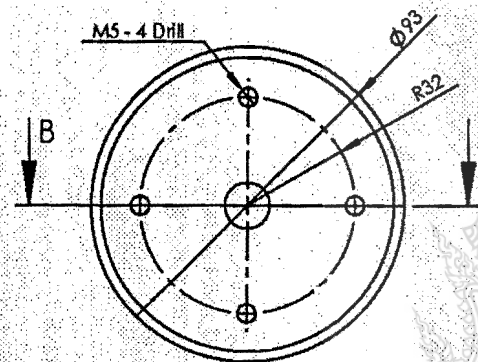


DESIGNER	ANAN TEMPIAM	Jan 2011	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Feb 2011	RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Feb 2011	TITLE : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	ASSEMBLY : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	 Third Angle Projection	SCALE : 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 5 OF 19



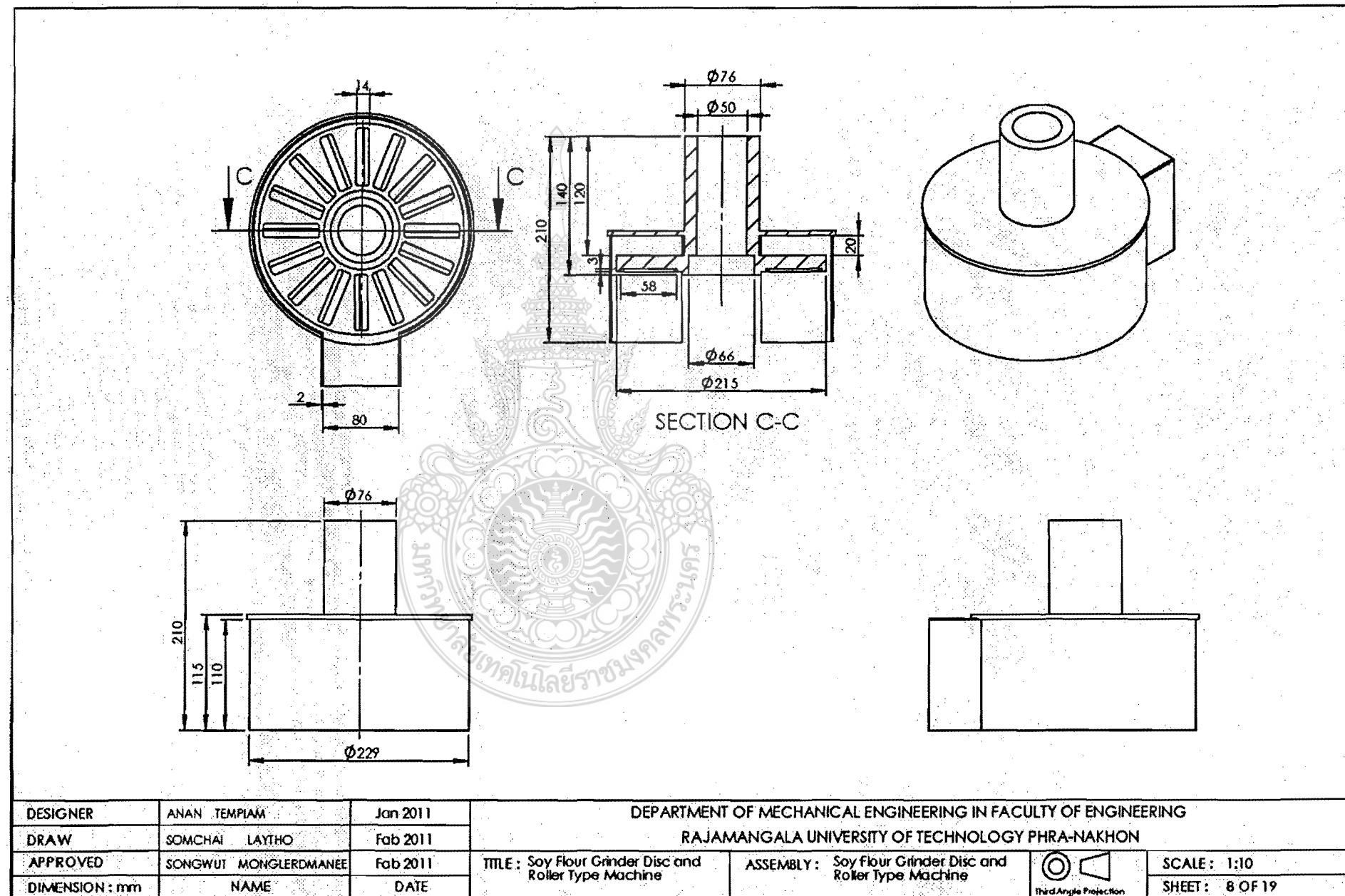
SECTION A-A

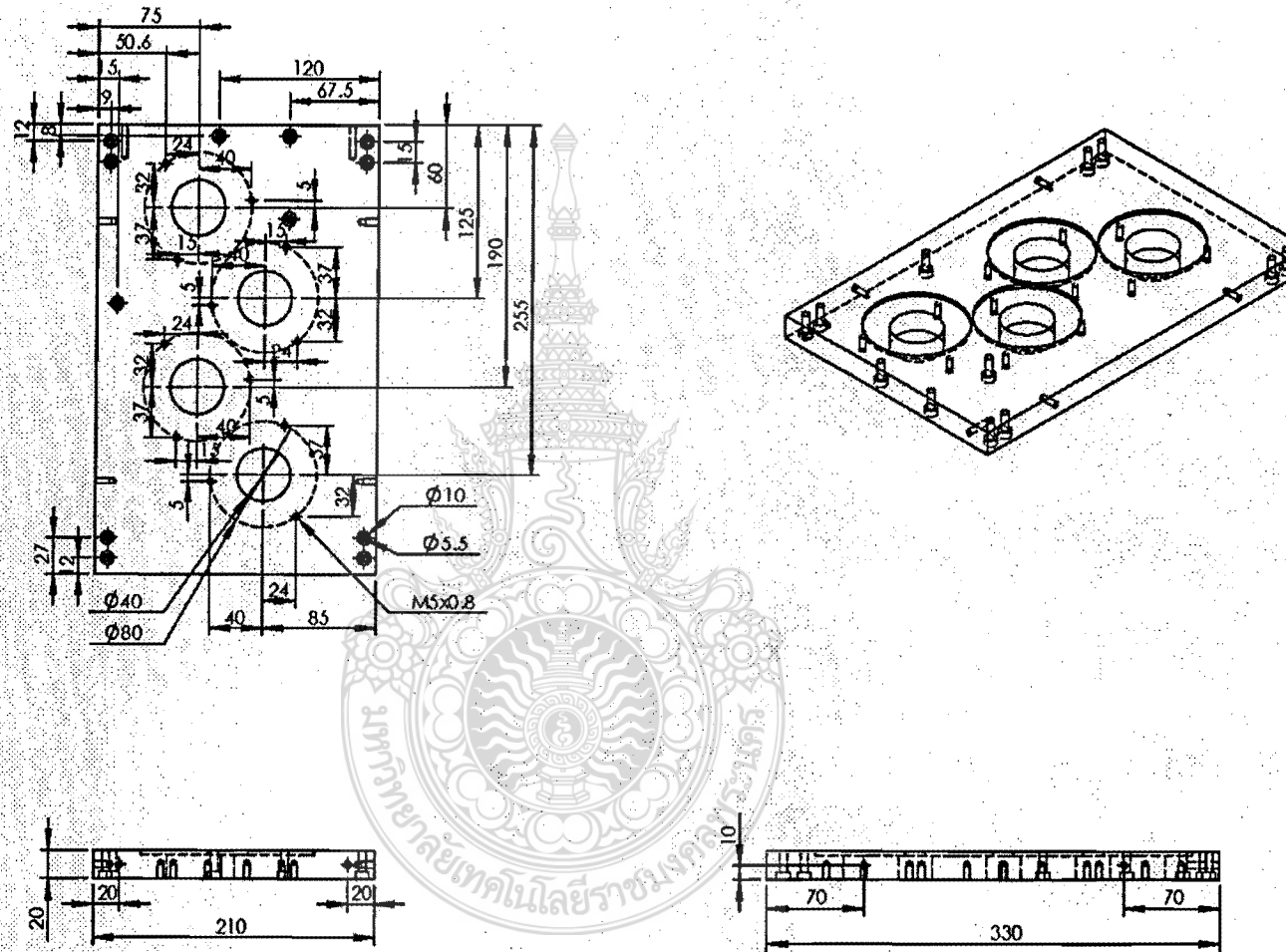
DESIGNER	ANAN TEMPIAM	Jan 2011	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Feb 2011				
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Feb 2011	TITLE : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	ASSEMBLY : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	 Third Angle Projection	SCALE : 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 6 OF 19



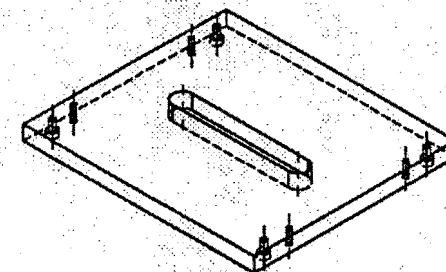
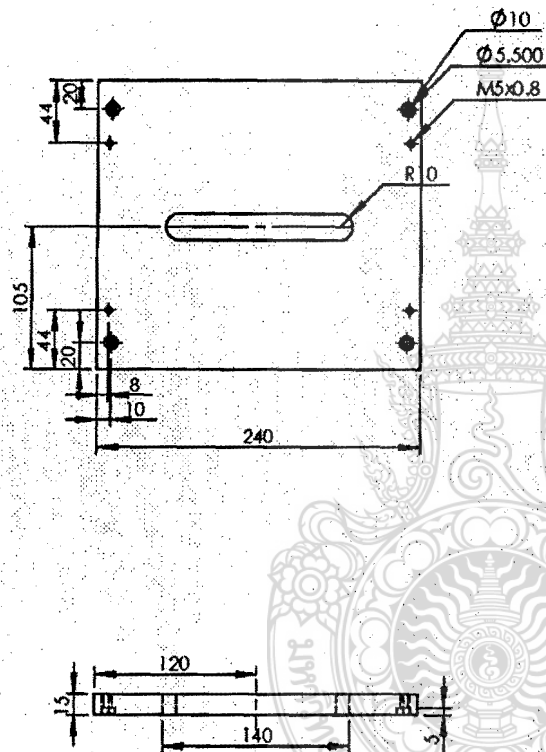
SECTION B-B
SCALE 1 : 2

DESIGNER	ANAN TEMPIAM	Jan 2011	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Feb 2011				
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Feb 2011	TITLE : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	ASSEMBLY : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	 Third Angle Projection	SCALE : 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 7 OF 19

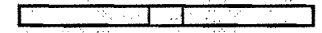
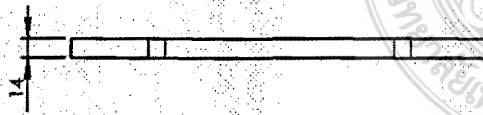
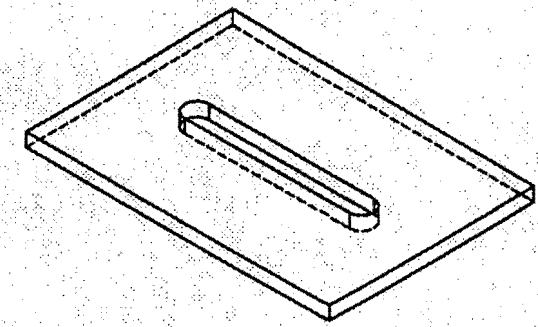
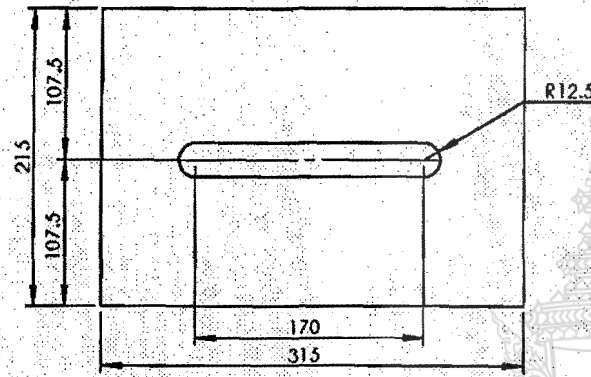




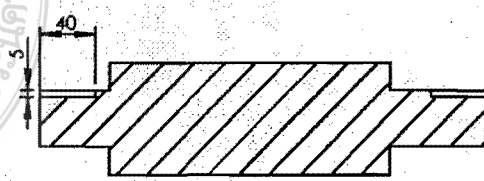
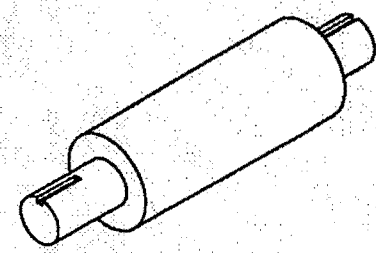
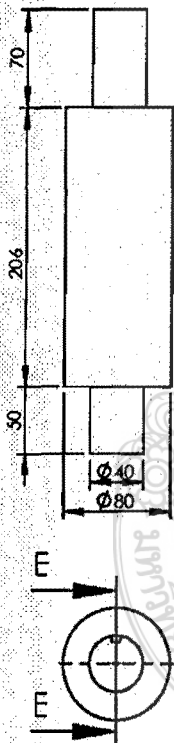
DESIGNER	ANAN TEMPIAM	Jan 2011	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Feb 2011				
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Feb 2011	TITLE : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	ASSEMBLY : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	 Third Angle Projection	SCALE : 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 9 OF 19



DESIGNER	ANAN TEMPIAM	Jan 2011	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Feb 2011				
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Feb 2011	TITLE : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	ASSEMBLY : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	 Third Angle Projection	SCALE : 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 10 OF 19

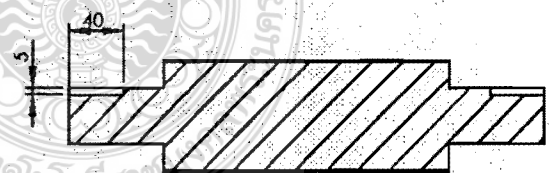
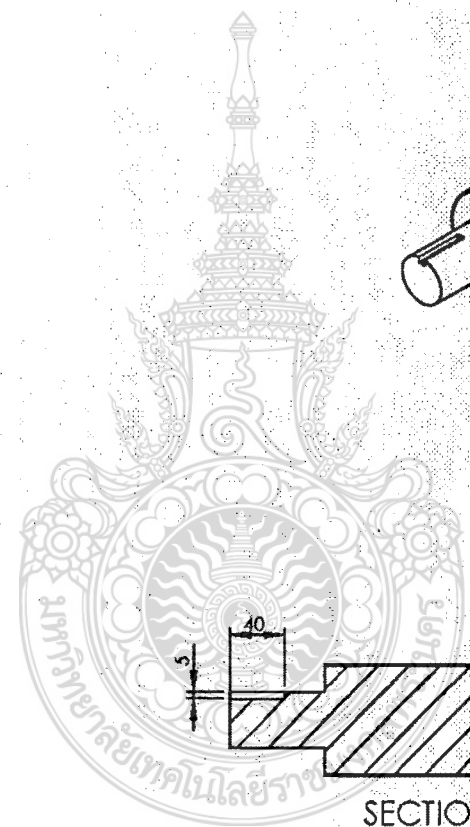
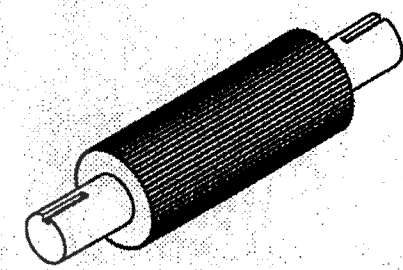
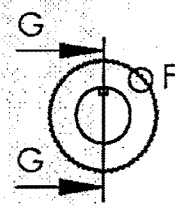
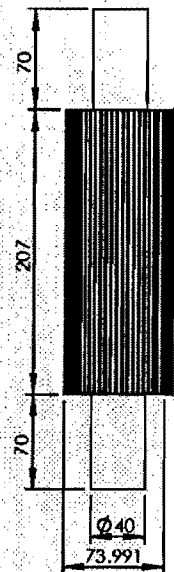


DESIGNER	ANAN TEMPIAM	Jan 2011	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Feb 2011				
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Feb 2011	TITLE : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	ASSEMBLY : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	 Third Angle Projection	SCALE : 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 11 OF 19

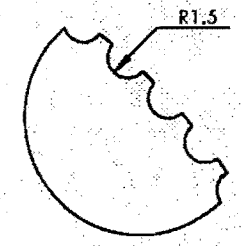


SECTION E-E

DESIGNER	ANAN TEMPIAM	Jan 2011	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Feb 2011				
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Feb 2011	TITLE : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	ASSEMBLY : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine		SCALE : 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 12 OF 19

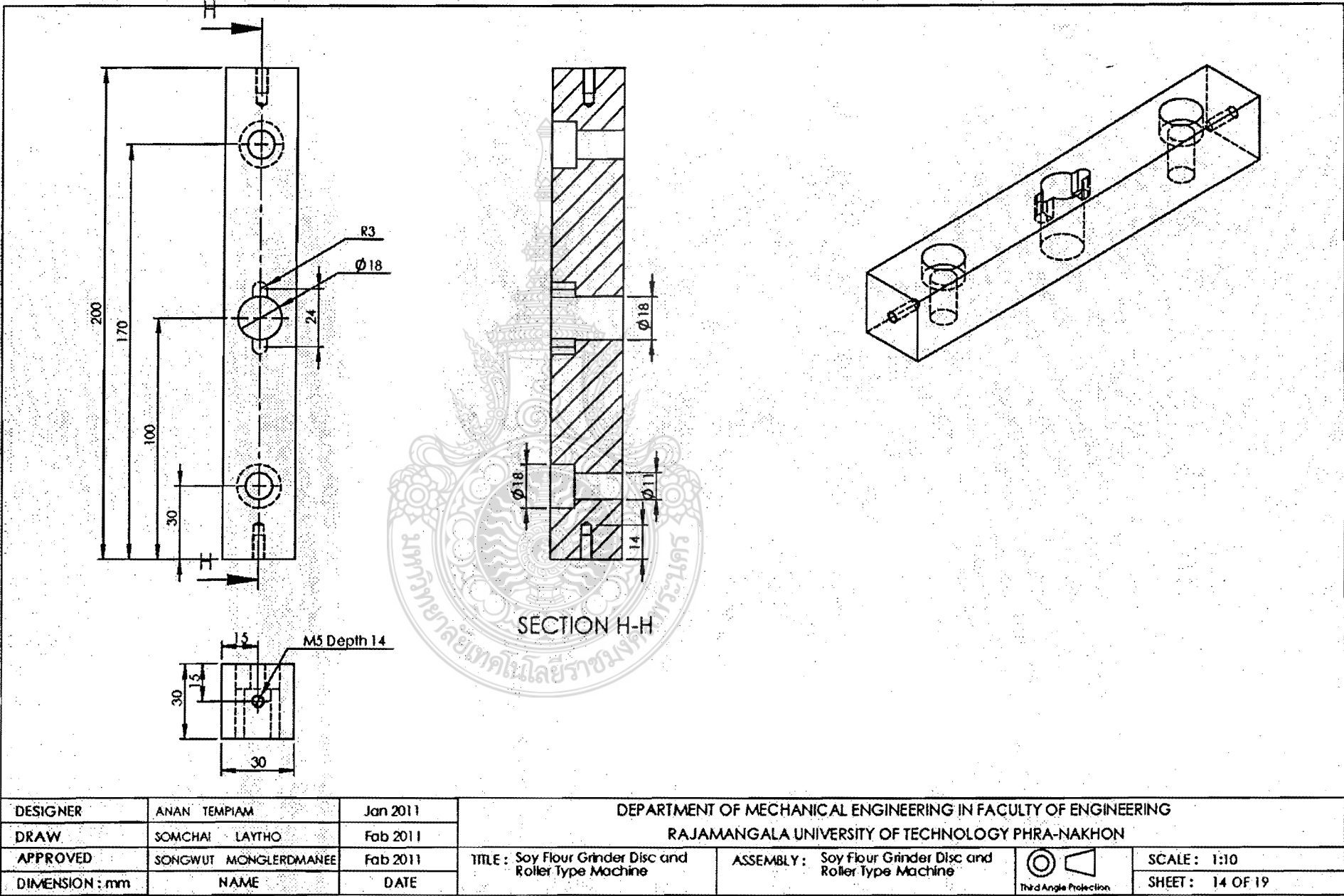


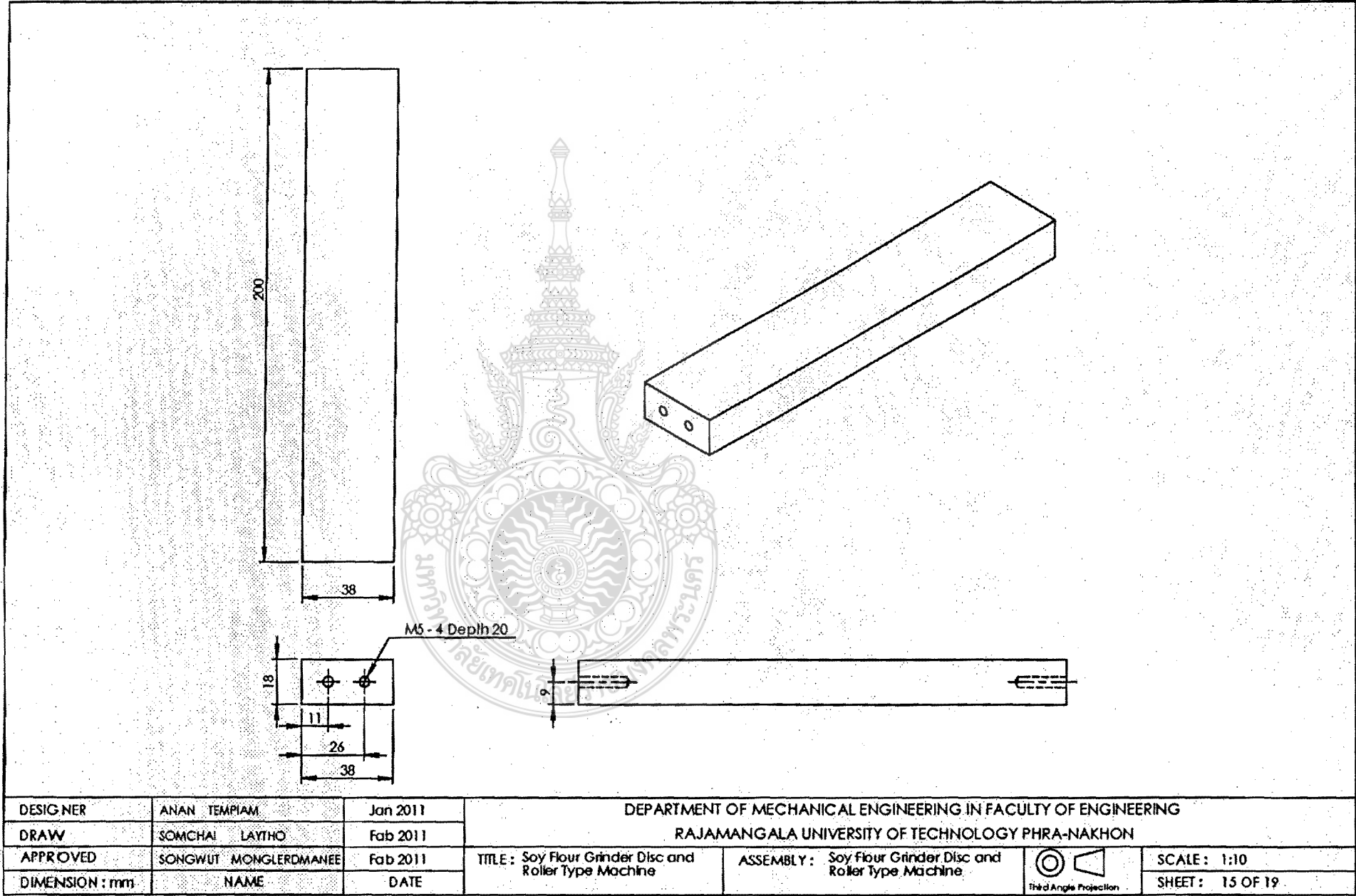
SECTION G-G

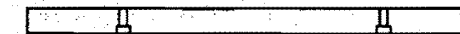
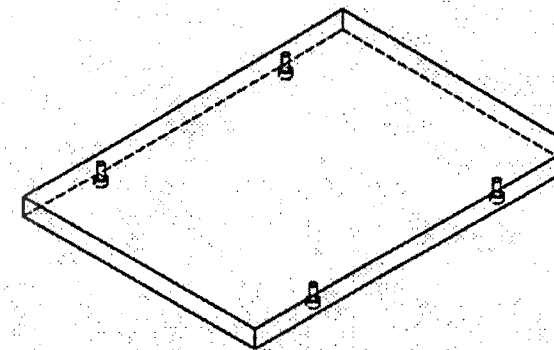
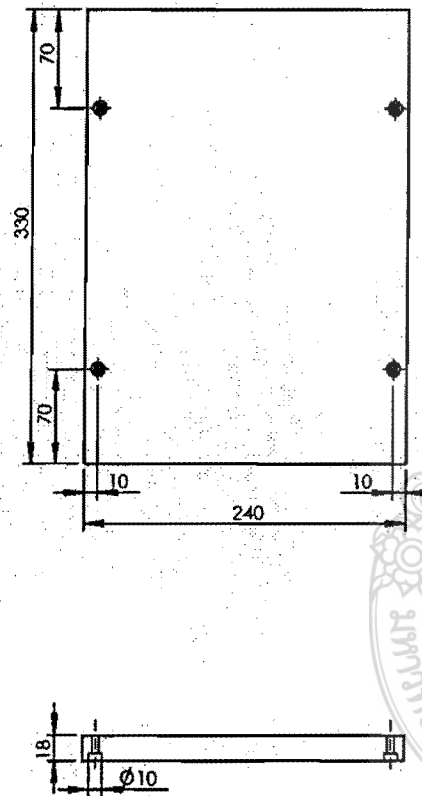


DETAIL F
SCALE 2:1

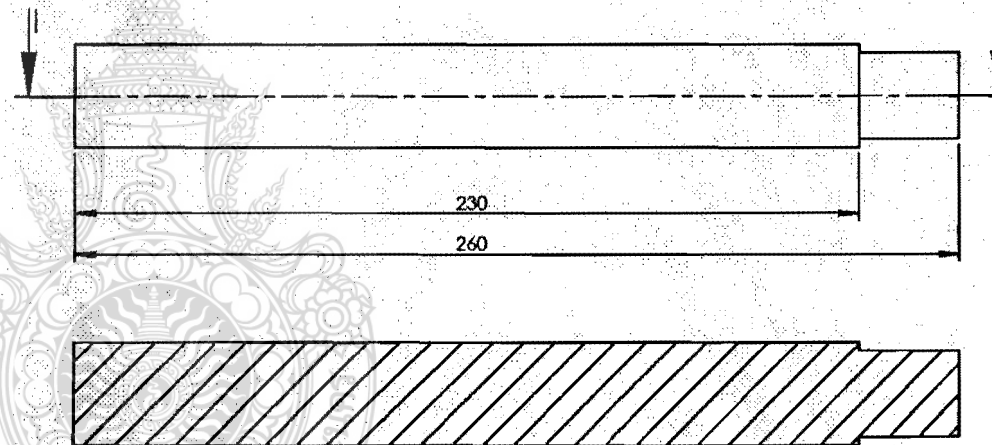
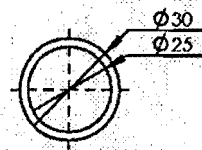
DESIGNER	ANAN TEMPIAM	Jan 2011	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Feb 2011				
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Feb 2011	TITLE : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	ASSEMBLY : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	 Third Angle Projection	SCALE : 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 13 OF 19





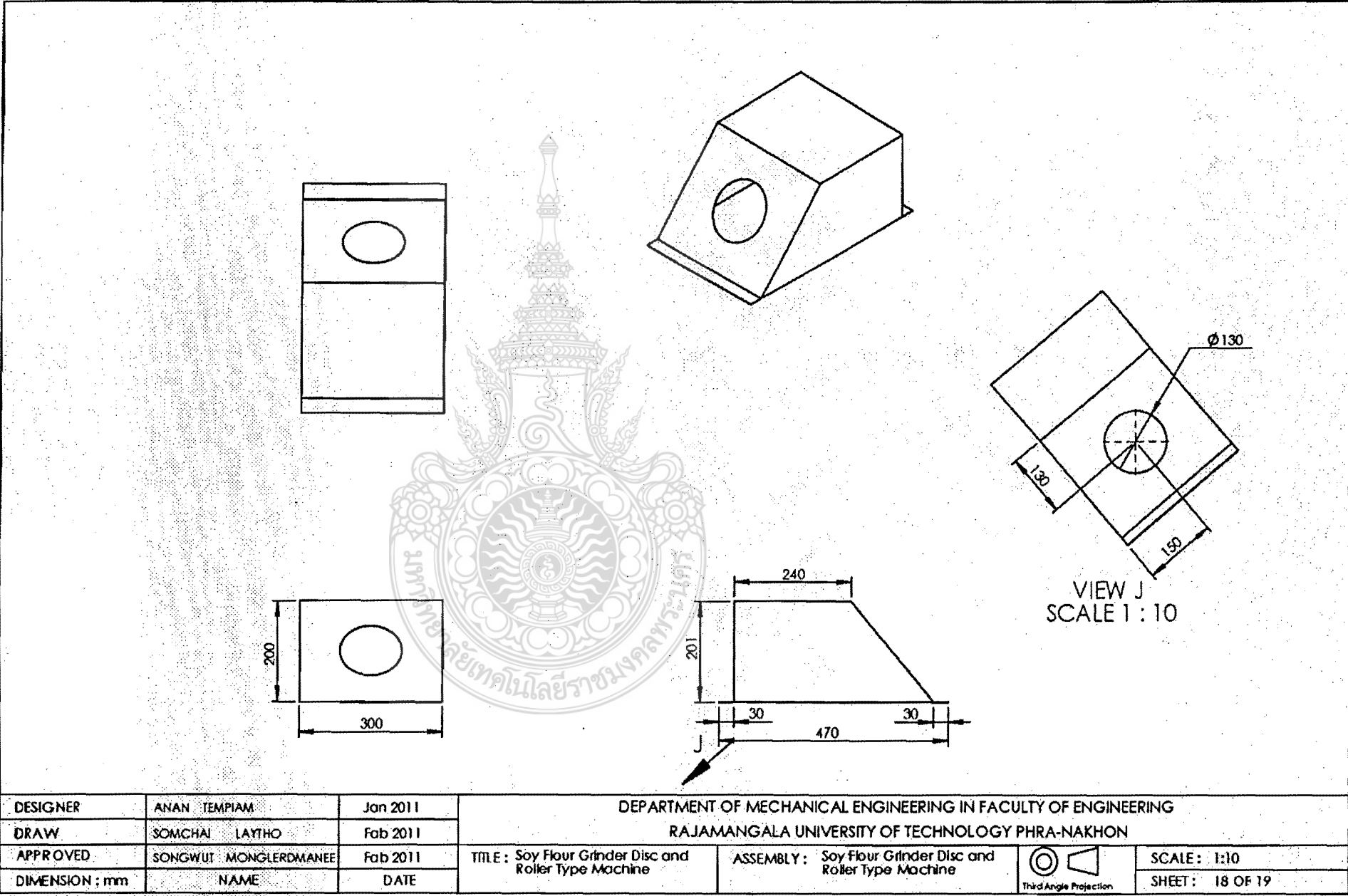


DESIGNER	ANAN TEMPIAM	Jan 2011	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON		
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Feb 2011			
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Feb 2011	TITLE : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	ASSEMBLY : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	SCALE : 1:10
DIMENSION : mm	NAME	DATE		Third Angle Projection	SHEET : 16 OF 19



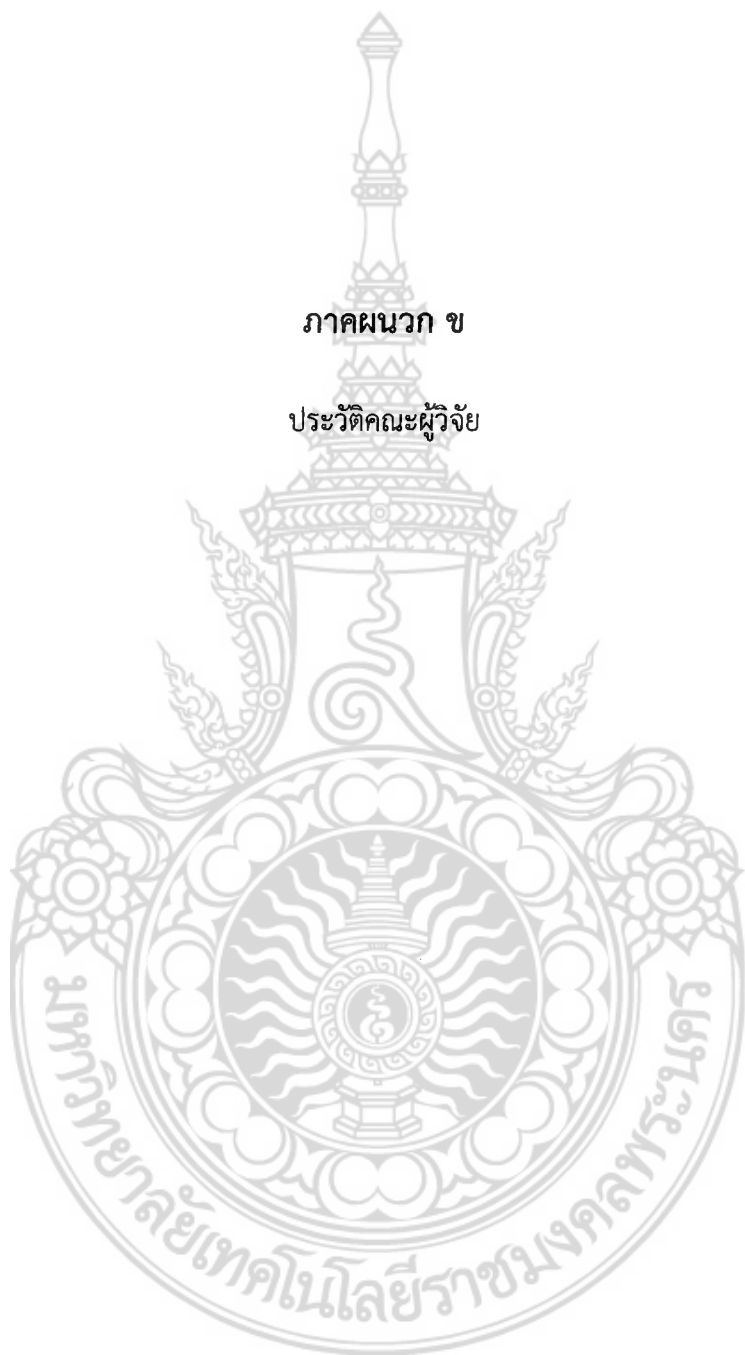
SECTION H-H
SCALE 1 : 2

DESIGNER	ANAN TEMPIAM	Jan 2011	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Feb 2011	RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Feb 2011	TITLE : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	ASSEMBLY : Soy Flour Grinder Disc and Roller Type Machine	 Third Angle Projection	SCALE : 1:10
DIMENSION : mm.	NAME	DATE				SHEET : 17 OF 19



ภาคผนวก ข

ประวัติคณะผู้วิจัย



หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายอนันต์ เต็มเปี่ยม
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Anan Tempiam
2. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน
ตำแหน่งบริหาร -
ตำแหน่งวิชาการ อาจารย์ประจำ สังกัด สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
3. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Tel. 02-9132424 ต่อ 138
Fax. 02-9132424 ต่อ 138, E-mail anan_nbk@hotmail.com
4. ประวัติการศึกษา
พ.ศ. 2547 วศ.ม. วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
พ.ศ. 2538 วศ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
 - ไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์ (Hydraulic and Pneumatic)
 - การควบคุมระบบอัตโนมัติ (Automatic Control)
 - ไบโอดีเซลชุมชน (Bio-diesel in Community)
 - การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม (Energy Conservation in Industrial)
6. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน
งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้วแสดงดังตารางด้านล่าง

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1.การจำลองการทดสอบทางกลของแวนตาวายน้ำโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	2547	-	สกว.	นักวิจัย
2. การศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการควบคุมปั๊มลมแบบสตาร์ท-สตอป	2549	รอเผยแพร่	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	ผู้ร่วมวิจัย
3. การพัฒนาเครื่องแยกเส้นใยกล้วย	2552	รายการคนไทยห้วกะทิทางสถานีโทรทัศน์ ช่อง 9	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ	ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ร่วมโครงการ

- ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรวิทย์ วรนาวิน
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Asst.Prof.Vorawit Voranavin
- ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน
ตำแหน่งบริหาร -
ตำแหน่งวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สังกัด สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Tel. 02-9132424 ต่อ 138
Fax. 02-9132424 ต่อ 138, E-mail vorawit_nbk@hotmail.com
- ประวัติการศึกษา
พ.ศ. 2551 วศม.วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
พ.ศ. 2540 คอบ. วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
 - ความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม (Industrial Safety)
 - เครื่องจักรกลการเกษตร (Agricultural Machinery)
 - การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Engineering Economic Analysis)
 - การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม (Energy Conservation in Industrial)
- งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน
งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้วแสดงดังตารางด้านล่าง

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1.เครื่องกวนน้ำมะขามเปียก	2549	การประชุมวิชาการเครือข่าย วิศวกรรมเครื่องกลแห่ง ประเทศไทย ครั้งที่ 20	ทุนงบประมาณ แผ่นดิน ปี 2548	หัวหน้า โครงการ

2.The Specific Energy Consumption of Robusta Coffee Bean Separating	2553	การประชุมวิชาการนานาชาติ ครั้งที่ 2 : Green Technology and Productivity	ม. เทคโนโลยีราช มงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
3.เครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า	2553	ระบบฐานข้อมูลงานวิจัย วช.	ทุนงบประมาณแผ่นดิน ปี 2553	ผู้ร่วมวิจัย
4. ลิขสิทธิ์วรรณกรรมเรื่องเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า	2554	กรมทรัพย์สินทางปัญญา	ส่วนตัว	ผู้ร่วมจัด ลิขสิทธิ์
5.การวิเคราะห์ความเข้มของ ความเค้นที่เกิดขึ้นในหัว รีฟอร์มด้วยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์	2554	วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร	ม. เทคโนโลยีราช มงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย



ผู้ร่วมโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) ว่าที่เรือตรี ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Acting2. Sub L.T. Songwut Mongkonlerdmanee
2. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน
ตำแหน่งบริหาร -
ตำแหน่งวิชาการ อาจารย์ประจำ สังกัด สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
3. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Tel. 02-9132424 ต่อ 138
Fax. 02-9132424 ต่อ 138, E-mail songwut-wut1@hotmail.com
4. ประวัติการศึกษา
พ.ศ. 2551 วท.ม. วิศวกรรมยนต์ Automotive Engineering หลักสูตรนานาชาติ
The Sirindhorn International Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
พ.ศ. 2547 อส.บ. เทคโนโลยีเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (พระนครเหนือ)
5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
- ระบบเบรกสำหรับรถยนต์ 2 และ 3 เพลา (hydraulic, Air over hydraulic, Full air)
- เครื่องจักรกลการเกษตรและการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า (Agricultural machine)
6. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน
งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้วแสดงดังตารางด้านล่าง

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1. Investigation of brake force distribution for Three axle Double Deck Bus in Thailand	2549	การประชุมวิชาการ เครือข่าย วิศวกรรมเครื่องกลแห่ง ประเทศไทย ครั้งที่ 20	ม. เทคโนโลยีพระ จอมเกล้าพระ นครเหนือ	ผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

- ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายอนันต์ เต็มเปี่ยม
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Anan Tempiam
- ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน
ตำแหน่งบริหาร -
ตำแหน่งวิชาการ อาจารย์ประจำ สังกัด สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Tel. 02-9132424 ต่อ 138
Fax. 02-9132424 ต่อ 138, E-mail anan_nbk@hotmail.com
- ประวัติการศึกษา
พ.ศ. 2547 วศ.ม. วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
พ.ศ. 2538 วศ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
 - ไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์ (Hydraulic and Pneumatic)
 - การควบคุมระบบอัตโนมัติ (Automatic Control)
 - ไบโอดีเซลชุมชน (Bio-diesel in Community)
 - การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม (Energy Conservation in Industrial)
- งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน
งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้วแสดงดังตารางด้านล่าง

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1.การจำลองการทดสอบทางกลของแวนดวาล์วน้ำโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	2547	-	สกว.	นักวิจัย
2. การศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการควบคุมปั๊มลมแบบสตาร์ท-สต็อป	2549	ร่อเผยแพร่	สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ	ผู้ร่วมวิจัย
3. การพัฒนาเครื่องแยกเส้นใยกล้วย	2552	รายการคนไทยหัวกะทิทางสถานีโทรทัศน์ ช่อง 9	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ	ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ร่วมโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรวิทย์ วรนาวิน
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Asst.Prof.Vorawit Voranavin
2. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน
ตำแหน่งบริหาร -
ตำแหน่งวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สังกัด สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
3. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Tel. 02-9132424 ต่อ 138
Fax. 02-9132424 ต่อ 138, E-mail vorawit_nbk@hotmail.com
4. ประวัติการศึกษา
พ.ศ. 2551 วศม.วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
พ.ศ. 2540 คอบ. วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
 - ความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม (Industrial Safety)
 - เครื่องจักรกลการเกษตร (Agricultural Machinery)
 - การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Engineering Economic Analysis)
 - การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม (Energy Conservation in Industrial)
6. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน
งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้วแสดงดังตารางด้านล่าง

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1.เครื่องกวนน้ำมะขามเปียก	2549	การประชุมวิชาการเครือข่าย วิศวกรรมเครื่องกลแห่ง ประเทศไทย ครั้งที่ 20	ทุนงบประมาณ แผ่นดิน ปี 2548	หัวหน้า โครงการ

2.The Specific Energy Consumption of Robusta Coffee Bean Separating	2553	การประชุมวิชาการนานาชาติ ครั้งที่ 2 : Green Technology and Productivity	ม. เทคโนโลยีราช มงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
3.เครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า	2553	ระบบฐานข้อมูลงานวิจัย วช.	ทุนงบประมาณแผ่นดิน ปี 2553	ผู้ร่วมวิจัย
4. ลิขสิทธิ์วรรณกรรมเรื่องเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า	2554	กรมทรัพย์สินทางปัญญา	ส่วนตัว	ผู้ร่วมจัด ลิขสิทธิ์
5.การวิเคราะห์ความเข้มของ ความเค็มที่เกิดขึ้นในหัว รีฟอร์มด้วยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์	2554	วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร	ม. เทคโนโลยีราช มงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย



ผู้ร่วมโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) ว่าที่เรือตรี ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Acting2. Sub L.T. Songwut Mongkonlerdmanee
2. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน
ตำแหน่งบริหาร -
ตำแหน่งวิชาการ อาจารย์ประจำ สังกัด สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
3. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Tel. 02-9132424 ต่อ 138
Fax. 02-9132424 ต่อ 138, E-mail songwut-wut1@hotmail.com
4. ประวัติการศึกษา
พ.ศ. 2551 วท.ม. วิศวกรรมยนต์ Automotive Engineering หลักสูตรนานาชาติ
The Sirindhorn International Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
พ.ศ. 2547 อส.บ. เทคโนโลยีเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (พระนครเหนือ)
5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
- ระบบเบรกสำหรับรถยนต์ 2 และ 3 เพลา (hydraulic, Air over hydraulic, Full air)
- เครื่องจักรกลการเกษตรและการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า (Agricultural machine)
6. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน
งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้วแสดงดังตารางด้านล่าง

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1.Investigation of brake force distribution for Three axle Double Deck Bus in Thailand	2549	การประชุมวิชาการ เครือข่าย วิศวกรรมเครื่องกลแห่ง ประเทศไทย ครั้งที่ 20	ม. เทคโนโลยีพระ จอมเกล้าพระ นครเหนือ	ผู้วิจัย

2.Experimental Investigation of Brake Behavior for Modified Three-Axle Double Deck Bus in Thailand	2550	วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม เล่มที่ 15	ม. เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	ผู้ร่วมวิจัย
3.The Specific Energy Consumption of Robusta Coffee Bean Separating	2553	การประชุมวิชาการนานาชาติ ครั้งที่ 2 : Green Technology and Productivity	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย/ ผู้นำเสนอ ผลงาน
4.เครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า	2553	ระบบฐานข้อมูลงานวิจัย วช.	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปีงบประมาณ 2553	ผู้ร่วมวิจัย
5. ลิขสิทธิ์วรรณกรรมเรื่องเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า	2554	กรมทรัพย์สินทางปัญญา	ส่วนตัว	ผู้ร่วมจด ลิขสิทธิ์

