เครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า

Robusta Coffee Bean Separator Machine

นายพลรัชต์ บุญมี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรวิทย์ วรนาวิน

ว่าที่เรือตรีทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : เครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า

ผู้วิจัย : นายพลรัชต์ บุญมี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรวิทย์ วรนาวิน
ว่าที่เรือตรีทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี

พ.ศ. : 2553

บทคัดย่อ

ในกระบวนการแปรรูปกาแฟโรบัสต้าเริ่มต้นจากการนำเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านการตากแดดและสีเปลือกหุ้มด้านนอกออกมาทำการคัดแยกขนาดเพื่อเป็นการกำหนดราคาของเมล็ดสารกาแฟ หากขนาดของเมล็ดสารกาแฟได้มาตรฐาน ราคาของเมล็ดสารกาแฟนั้นจะสูง โดยกระบวนการคัดแยกขนาดในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังใช้แรงงานและประสพการณ์ของมนุษย์ซึ่งส่งผลต่อระยะเวลาการทำงานและความผิดพลาด จากเหตุผลดังกล่าวทางคณะผู้วิจัยจึงทำการศึกษาถึงมาตรฐานของเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องมือสำหรับทดสอบมาตรฐานด้านขนาดของเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า

เครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าถูกสร้างให้มีตะแกรงกำหนดขนาดที่ออกแบบเป็นตะแกรงทรงกระบอก 3 ชั้นซึ่งมีความโตของรูตะแกรงตั้งแต่ 4, 6 และ7.5 mm ตามลำดับโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ในงานวิจัยนี้พิจารณาถึงความสำคัญ 4 ด้านคือ ด้านประสิทธิภาพการคัดแยก ด้านมาตรฐานเมล็ดสารกาแฟ ด้านปริมาณการใช้พลังงานและด้านการประเมินทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ผลการวิจัยพบว่าปริมาณการคัดแยกสูงสุดของการคัดแยกมีปริมาณ 164.7 กิโลกรัม/ชั่วโมง ภายใต้ความเร็วรอบและมุมเอียงตะแกรงที่ 14.4 รอบ/นาทีและ 4 องศาตามลำดับ สำหรับด้านมาตรฐานเมล็ดสารกาแฟนั้นพบว่าเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านการคัดแยกสามารถแบ่งแยกเมล็ดสารกาแฟได้ 2 ขนาดคือขนาดที่ได้มาตรฐานและขนาดที่เล็กกว่ามาตรฐานโดยวัตถุดิบมีความชื้นสูงสุดเพียง 9.9% ในด้านของการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิต [SEC] มีปริมาณต่ำสุดที่ 0.01631 MJ/kg โดยมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 1,070,550 กิโลกรัม/ปี และระยะเวลาการคืนทุน 3.598 ปีตามลำดับ ซึ่งปัจจัยหลักที่มีผลต่อจุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุนคือปริมาณการคัดแยกหรือประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาดสารกาแฟนั่นเอง

Title : Robusta Coffee Bean Separator Machine

Researcher : Mr.Polrat Boonmee

Asst.Prof.Vorawit Voranawin

Acting2.Sub.LT.Songwut Mongkonlerdmanee

Year : 2010

ABSTRACT

In the procedure processes of Robusta coffee initial from bring the green coffee after dried and removed the outside shell and bring it to separating process. The sale price depends on the size of green coffee. If their size of still standard, the sale price have been increased. Most of the separating process is majorly with the labor experience. Based on human experience, the error with operating and working time is increased. In this reason, we will study to the criteria of Robusta coffee for designing and creating the Robusta coffee bean separator machine for Robusta size standard testing.

The separator machine consists of the three-layer cylindrical sieve set and the diameter of the layers was 4, 6 and 7.5 mm. respectively. For the standardization of Robusta coffee bean is controlled by size of hole sieve. In this research considers to 4 importance parameters by the efficiency of sorting out, standard of green coffee, Specific Energy Consumption [SEC] and assessment way economic engineering.

The result of research shows that the maximum efficiency of green coffee separating is 164.7 kg/hr under the condition of testing with 14.4 rpm at 4 angle incline. In term of standard, it found that the machine can separated only for standard and smaller than standard size of green coffee and the maximum moistness are 9.9%. For the least Specific Energy Consumption [SEC] is 0.01631 MJ/kg and occur with the same condition of experiment. Based on this condition, the Break-Even Point must be sorting out with 1,070,550 kilogram per year and Payback Period will occur at 3.598 years. However, the quantity of separating or the efficiency of machine is mainly effect to Break-Even Point and Payback Period.

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยการได้รับความกรุณาข้อมูลจากกลุ่มเกษตรกรทำสวนเขาทะลุ พร้อมทั้งคุณเอกภพ สีถาการ หัวหน้าแผนกสแปรดายน์ ที่อนุเคราะห์ข้อมูลขนาดของเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า ผู้วิจัยขอดราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกๆท่านที่อำนวยความสะดวกในการประสานงานทั้งหมดจนบรรลุผลสำเร็จอย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณท่านอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้ซึ่งให้โอกาสและสนับสนุนงานวิจัยสำหรับครั้งนี้และทุกๆครั้งที่ผ่านมาอย่างดียิ่งมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณคุณพงศกร กาศกระโทก ผู้ให้คำแนะนำ คำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์อย่างสูงต่อการวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และกำลังใจตลอดการระยะเวลาการวิจัยที่ผ่านมา รวมถึงผู้มีพระคุณทุกท่านที่มิได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สัญลักษณ์และความหมาย	ฌ

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกาแฟโรบัสต้า	3
2.2 การเก็บเกี่ยวกาแฟ	4
2.3 การแปรรูปกาแฟโรบัสต้า	4
2.4 มาตรฐานของเมล็ดสารกาแฟบัสต้า	6
2.5 คุณภาพของกาแฟโรบัสต้า	7
2.6 สารระเหยในกาแฟโรบัสต้าของไทย	7
2.7 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบเพลา	8
2.8 อัตราส่วนความเร็วรอบของห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบ	10
2.9 ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้า	11
2.10 การคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ	12

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.11 เศรษฐศาสตร์การลงทุน	13
2.12 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุน	14
3. การออกแบบและการคำนวณ	15
3.1 การออกแบบเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า	15
3.2 ผลการคำนวณเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า	18
3.3 คำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองไฟ	24
3.4 คำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	25
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	30
4.1 ขั้นตอนการทดลอง	30
4.2 ผลการทดลอง	35
4.3 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	41
5. บทสรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ	44
5.1 สรุปผลการวิจัย	44
5.2 ข้อเสนอแนะ	46
บรรณานุกรม	47
ภาคผนวก ก	50
ภาคผนวก ข	53
ภาคผนวก ค	55
ภาคผนวก ง	58
ภาคผนวก จ	60
ประวัติผู้วิจัย	67

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงลักษณะของกาแฟโรบัสต้า	4
2.2 แสดงลักษณะการตากกาแฟ	5
2.3 แสดงลักษณะกะลากาแฟ	5
2.4 แสดงการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟ	6
2.5 แสดงเพลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ	9
2.6 แสดงลักษณะการหาความเร็วรอบของห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบ	11
3.1 แสดงการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า	15
3.2 แสดงลักษณะการออกแบบโครงสร้างเครื่องคัดแยกเมล็ดสารกาแฟ	16
3.3 แสดงลักษณะการออกแบบตะแกรงคัดแยก	16
3.4 แสดงลักษณะการออกแบบกรวยใส่วัตถุดิบ	17
3.5 แสดงลักษณะการออกแบบถาดรองรับวัตถุดิบ	17
3.6 แสดงรายละเอียดของตะแกรงคัดแยกขนาด	19
3.7 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วรอบของตะแกรงคัดขนาด	21
3.8 แสดงแรงที่กระทำต่อเพลา	22
3.9 แสดงแรงและโมเมนต์ดัดที่กระทำต่อเพลา	23
4.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	30
4.2 แสดงการเตรียมเครื่องคัดแยกเมล็ดสารกาแฟ	31
4.3 แสดงการเตรียมวัตถุดิบที่ยังไม่ได้ทำการคัด	31
4.4 แสดงการตรวจวัดความชื้นวัตถุดิบ	32
4.5 แสดงลักษณะการป้อนวัตถุดิบ	32
4.6 แสดงการกดสวิตช์เพื่อเริ่มต้นการทำงาน	33
4.7 แสดงการคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟ	33
4.8 แสดงการแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟ	34
4.9 แสดงการชั่งวัตถุดิบ	34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.10 แสดงการชั่งวัตถุดิบเพื่อตรวจสอบมาตรฐาน 35
4.11 แสดงเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านการคัดแยกผ่านรูตะแกรงทั้ง 3 ชั้น 37
4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน 42
4.13 แสดงความสัมพันธ์ของจุดคุ้มทุน 43

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องคัดขนาดสารกาแฟโรบัสต้า	18
3.2 แสดงรายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในการพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	25
4.1 แสดงผลการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟที่มุมเอียงของตะแกรง 2 องศา	35
4.2 แสดงผลการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟที่มุมเอียงของตะแกรง 3 องศา	36
4.3 แสดงผลการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟที่มุมเอียงของตะแกรง 4 องศา	36
4.4 แสดงผลการตรวจสอบมาตรฐานของสถาบันวิจัยพืชสวน	37
4.5 แสดงผลการตรวจสอบมาตรฐานของกรมการค้าภายใน	38
4.6 แสดงผลการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟภายใต้มุมเอียงของตะแกรง 2 องศา	38
4.7 แสดงผลการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟภายใต้มุมเอียงของตะแกรง 3 องศา	39
4.8 แสดงผลการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟภายใต้มุมเอียงของตะแกรง 4 องศา	39
4.9 แสดงผลการตรวจสอบตามมาตรฐานของสถาบันวิจัยพืชสวน	40
4.10 แสดงผลการตรวจสอบตามมาตรฐานของกรมการค้าภายใน	40
4.11 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณการคัดแยกและปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต [SEC]	41
4.12 แสดงผลการหาต้นทุนรวม	42
4.13 แสดงผลการหาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุน	43

สัญลักษณ์และความหมาย

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
D	เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา	m
F	แรงที่กระทำต่อเพลา	N
L	ความยาวของห้องบรรจุหรือห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบ	m
M	โมเมนต์ดัด	N-m
P	ขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า	W
T	แรงบิด	N-m
V	ปริมาตรของห้องบรรจุหรือห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบ	m^3
g	ความเร่งโน้มถ่วงของโลก	m/s^2
m	ผลรวมของมวลของวัตถุดิบและห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบ	m
r	รัศมีของห้องบรรจุหรือห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบ	m
τ_d	ความเค้นเฉือน	N/m^2
σ_y	ความเค้นดึงหรืออัด	N/m^2
C_m	ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด	-
C_t	ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด	-
D_1	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานขับ	m
D_2	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานตาม	m
D_3	เส้นผ่านศูนย์กลางของพลู่เลย์ตัวตามที่เพลาตะแกรงคัดแยกขนาด	m
F_1	แรงที่ได้จากการดึงเพลาทวนเข็มนาฬิกา	N
F_2	แรงที่ได้จากการดึงเพลาตาเข็มนาฬิกา	N
L_A	ความยาวของตะแกรงชั้นในสุด	m
L_B	ความยาวของตะแกรงชั้นกลาง	m
L_C	ความยาวของตะแกรงชั้นนอกสุด	m
N_1	ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้า	rpm
N_2	ความเร็วรอบของเพลา	rpm
N_3	ความเร็วรอบของตะแกรงคัดแยกขนาด	rpm
M_B	โมเมนต์ดัดที่กระทำที่จุดB	m

สัญลักษณ์และความหมาย (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
M_C	โมเมนต์ดัดที่กระทำที่จุดC	m
R_A	แรงปฏิกิริยาที่จุดA	N
R_B	แรงปฏิกิริยาที่จุดB	N
R_C	แรงปฏิกิริยาที่จุดC	N
R_D	แรงปฏิกิริยาที่จุดD	N
V_A	ปริมาตรของวัตถุดิบชั้นนอกสุด	m^3
V_B	ปริมาตรของวัตถุดิบชั้นกลาง	m^3
V_C	ปริมาตรของวัตถุดิบชั้นในสุด	m^3
$\overline{X}$	ระยะจุดศูนย์ถ่วงในแนวระนาบ	m

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของงานวิจัย

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของโลกและประเทศไทยที่ทำรายได้มหาศาล พันธุ์ของกาแฟที่นิยมปลูกในประเทศไทยนั้นมีอยู่ 2 พันธุ์คือโรบัสต้าและอาราบิก้า โดยกาแฟพันธุ์โรบัสต้านิยมปลูกเฉพาะทางภาคใต้บริเวณจังหวัด ชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราชเป็นต้น เนื่องจากสภาพอากาศที่มีฝนตกชุกและร้อนชื้นซึ่งเหมาะแก่การเจริญเติบโตและคุณภาพของสารกาแฟที่ได้ ส่วนกาแฟพันธุ์อาราบิก้า จะเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณมีอากาศหนาวเย็นจึงนิยมปลูกในพื้นที่ภาคเหนือบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยนั้นกาแฟโรบัสต้านั้นมีผลผลิตมากกว่า 90 % ต่อปีของผลผลิตรวมทั้งหมดสืบเนื่องจากเหตุผล 2 ประการคือ มีบริเวณพื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสมอยู่มากและสามารถต้านทานต่อโรคได้ดีกว่า

กระบวนการผลิตกาแฟนั้นเริ่มต้นจากการนำเมล็ดกาแฟมาตากแดด เพื่อให้มีความชื้นไม่เกิน 13 % แล้วนำมากะเทาะเปลือกออก โดยเมล็ดกาแฟที่ถูกกะเทาะเปลือกออกแล้วจะเรียกว่าเมล็ดสารกาแฟ หลังจากนั้นเมล็ดสารกาแฟจะถูกนำมาคัดแยกขนาดเพื่อส่งให้กับโรงงานนำไปแปรรูปต่อไป ซึ่งขนาดของเมล็ดสารกาแฟที่ได้มาตรฐานนั้นจะส่งผลถึงราคาขาย

ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การคัดแยกขนาดกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้า เนื่องจากปริมาณของผลผลิตกาแฟโรบัสต้าในประเทศมีสูง ซึ่งในปัจจุบันกระบวนคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้านั้นยังคงใช้แบบดั้งเดิมอยู่หรือกล่าวได้ว่ายังใช้แรงงานคนเป็นผู้ดำเนินการ ยิ่งไปกว่านั้นถ้าเป็นในฤดูเก็บเกี่ยว ปริมาณของเมล็ดสารกาแฟก็จะมีจำนวนมากซึ่งส่งผลทำให้ระยะเวลาการทำงานนั้นยาวนานและต้องใช้จำนวนแรงงานที่มากตามไปด้วย จากสาเหตุของปัญหาดังกล่าวจึงทำการคิดค้นและออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าขึ้นโดยใช้ความรู้ทางวิศวกรรมผสมผสานกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อนำมาลดข้อจำกัดด้านแรงงานคนและระยะเวลาในการทำงานลง อีกทั้งยังสามารถนำเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้ารวมไปถึงแนวคิดดังกล่าวไปใช้ในการพัฒนาชุมชนหรือเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟในภาคใต้ของประเทศไทยซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบหลักของกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้า ทำให้ชุมชนหรือเกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเองอีกทั้งยังเป็นการเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้นด้วย

1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณของการคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟ

1.2.3 วิเคราะห์ผลทางสถิติศาสตร์และเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพื่อเป็นแนวทางในการลงทุน

1.3. ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าเท่านั้น

1.3.2 สามารถทำการคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟได้ไม่ต่ำกว่า 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

1.3.3 สามารถคัดขนาดแยกเมล็ดสารกาแฟได้ 3 ขนาดคือ ขนาดมาตรฐาน, ขนาดเล็กกว่ามาตรฐานและขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ขนาดเมล็ดสารกาแฟมาตรฐานตรงตามความต้องการ

1.4.2 ลดระยะเวลาการทำงานและปริมาณแรงงาน

1.4.3 สามารถนำความรู้จากวิจัยไปเผยแพร่เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาชุมชน

บทที่ 2

วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกาแฟโรบัสต้า

2.1.1 ประวัติของกาแฟโรบัสต้า

กาแฟโรบัสต้า (Robusta) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Coffea canephora Pierre ex A.Froehner อยู่ในตระกูล Robiaceae เป็นพันธุ์กาแฟที่ปลูกง่าย มีความทนทานต่อโรคและสภาพอากาศสูง จึงได้ชื่อว่า Robusta อันมีที่มาจากภาษาลาตินคือ Robust ที่แปลว่าแข็งแกร่ง กาแฟโรบัสต้ามีถิ่นกำเนิดในป่าร้อนชื้น บนพื้นราบ และพื้นที่สูงตามไหล่เขา พบมากตามชายฝั่งทะเลตะวันตกของทวีปแอฟริกาจรดฝั่งทะเลตะวันออกของทวีป และขึ้นมาทางตอนเหนือของทะเลสาบวิกตอเรีย จนถึงทางใต้ของประเทศซูดานกินพื้นที่กว้างใหญ่ไพศาลมาก พบหนาแน่นแถบลุ่มแม่น้ำคองโกและลุ่มแม่น้ำคูอิลู (Kouilou) เมล็ดกาแฟจากลุ่มแม่น้ำคองโกนี้เองที่แพร่หลายออกไปทั่วทั้งยุโรปและเอเชียในเวลาต่อๆ มา (horizon, 2550)

2.1.2 กาแฟโรบัสต้าในประเทศไทย

กาแฟสายพันธุ์โรบัสต้าในประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกอยู่ทางแทบภาคใต้ของประเทศซึ่งถือเป็นแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญและให้ผลผลิตมากที่สุด เพราะทางภาคใต้มีสภาพอากาศที่ร้อนชื้นและฝนตกชุก มีอุณหภูมิระหว่าง 25 - 34 องศาเซลเซียสจึงเป็นพื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสำหรับการเพาะปลูกกาแฟโรบัสต้าโดยมีแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญอยู่ที่จังหวัดชุมพร, นครศรีธรรมราช, ระนอง, สุราษฎร์ธานีและกระบี่ ผลผลิตกาแฟโรบัสต้า มีผลผลิตประมาณ 90 - 92 % ต่อปี มากกว่ากาแฟ อาราบิก้าหลายเท่าเพราะมีพื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสมอยู่มาก จึงทำให้มีผลผลิตกาแฟโรบัสต้าจำนวนมาก กาแฟสายพันธุ์โรบัสต้าจะเริ่มให้ผลผลิตหลังจากทำการเพาะปลูกในช่วงอายุปีที่ 3 กาแฟเริ่มออกดอกตั้งแต่เดือนสิงหาคม ดอกมีลักษณะคล้ายดอกมะลิป่าดังแสดงในรูปที่1 (ก) ซึ่งดอกที่ออกจะออกเป็นพุ่มติดบนกิ่งแบบนอนกิ่ง หลังการผลิดอกก็จะออกผลสีเขียวจนกลายเป็นผลกาแฟสุก ที่เปลี่ยนสีจากสีเขียว เป็นสีส้มอมแดง จนถึงสีแดงสด จึงทำการเก็บเกี่ยว โดยใช้แรงงานคนในการจัดเก็บผลกาแฟ ซึ่งจะเลือกเก็บเฉพาะผลกาแฟสุกที่มีสีส้มอมแดงถึงสีแดงสดเท่านั้นดังแสดงในรูปที่1 (ข) (horizon, 2550)

(ก) (ข)

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของกาแฟโรบัสต้า

ที่มา : http://www.horizoncafe.com.

2.2 การเก็บเกี่ยวกาแฟ

การเก็บเกี่ยวผลกาแฟจะเก็บกาแฟเมื่ออายุ 11 เดือนหลังออกดอก โดยทยอยเก็บทุก ๆ 3 สัปดาห์ และเก็บผลกาแฟที่สุกพอดี ซึ่งจะมีผลสีส้ม หรือส้มแดง เพื่อตาก และจัดเก็บในห้องเก็บต่อไปกระบวนการผลิตกาแฟนั้นเริ่มต้นจากการนำเมล็ดกาแฟที่เก็บเกี่ยวมาจากต้นแล้วนำมาตากแดด ประมาณ 15 -20 วัน บนลานตากที่สะอาดและได้รับแสงแดดเต็มซึ่งทำให้มีความชื้นไม่เกิน 13 % โดยจะเก็บรักษาไว้ในกระสอบป่าน สะอาด ใหม่ ปราศจากกลิ่น โรงเก็บ ควรมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก มีความชื้นสัมพันธ์ไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

พืชไร่เศรษฐกิจ (2547) กาแฟจะออกดอกหลังจากผ่านการกระทบความแห้งแล้งและผ่านความชุ่มชื้นจากฝนหรือการให้น้ำ จะพัฒนากลายเป็นผลจนสุกซึ่งมีลักษณะสีแดงในเวลาต่อมา การเก็บเกี่ยวผลผลิตจะต้องเก็บเฉพาะผลผลิตที่สุกเท่านั้น ซึ่งจะยุ่งยากพอสมควร เพราะกาแฟบางพันธุ์จะมีผลที่สุกไม่พร้อมกันในช่อเดียวกันจึงต้องระวัง เพราะผลกาแฟที่แก่ ไม่สุก เมื่อนำไปแปรรูปจะทำให้กาแฟที่ได้มีคุณภาพที่ไม่ดี การเก็บเกี่ยวเพื่อความสะดวก เกษตรกรมักใช้วัสดุที่เป็นแผ่นเช่นตาขายตาถี่ปูใต้โคนต้นแล้วปลิดเฉพาะผลที่สุกร่วงหล่นลงมาบนตาข่ายแล้วค่อยรวบรวมเป็นต้นๆไป

2.3 การแปรรูปกาแฟโรบัสต้า

(horizon, 2550) หลังจากการเก็บเกี่ยวผลกาแฟสุกที่มีสีส้มอมแดงถึงสีแดงสดจะนำผลกาแฟมาล้างและคัดผลดีผลเสียในบ่อน้ำที่ใช้สำหรับคัดเลือกผลกาแฟ ในการคัดเลือกจะเลือกเฉพาะผลกาแฟที่จมน้ำซึ่งเป็นผลกาแฟที่มีความสมบูรณ์การตากหรือทำแห้ง ผลกาแฟที่ผ่านการล้างทำความสะอาดแล้ว จะถูกนำเทลงลานตากซีเมนต์ที่ทำความสะอาดแล้ว โดยรองด้วยตาข่ายกันแสงแดดสีฟ้า (เพื่อ

ง่ายต่อการขนย้ายในช่วงที่ฝนตก) และเกลี่ยผลกาแฟให้กระจายทั่วพื้นที่ตากโดยมีความหนาประมาณ 3 - 5 ซ.ม. ดังแสดงที่รูปที่2 จากนั้นคอยเกลี่ยและกลับผลกาแฟที่ตากประมาณ 2 - 3 ครั้งต่อวันเพื่อไม่ให้กาแฟเกิดกลิ่นหมักมากนัก และทำให้ผลกาแฟแห้งเร็วโดยใช้ระยะเวลาในการตากประมาณ 15 - 20 วัน ผลกาแฟแห้งที่จะเก็บควรมีความชื้นประมาณ 13- 14 %

รูปที่2.2 แสดงลักษณะการตากกาแฟ

ที่มา : http://www.horizoncafe.com.

การบรรจุกาแฟแห้ง จะอยู่ในรูปของผลกาแฟที่มีเปลือกแห้งแข็งหุ้มอยู่หรือเรียกว่ากะลากาแฟ ดังแสดงที่รูปที่ 3 (เกิดจากการตากแห้ง) จะช่วยป้องกันความชื้นและป้องกันแมลง ผลกาแฟแห้งจะถูกบรรจุในกระสอบป่านที่ใหม่แห้งสะอาดไม่มีกลิ่นอับติดกระสอบ และควรจัดเก็บในโรงเก็บที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวกไม่มีความอับชื้นกลิ่นเหม็นรบกวนเพื่อรอเวลานำไปกะเทาะหรือสีเป็นสารกาแฟ (Green Coffee) ต่อไป

รูปที่2.3 แสดงลักษณะกะลากาแฟ

ที่มา : http://www.horizoncafe.com.

การกะเทาะหรือสีกาแฟ เมื่อได้เวลาที่ต้องการใช้ผลกาแฟแห้งจะถูกนำมากะเทาะหรือสีเปลือกออกด้วยเครื่องสีกาแฟ ก็จะได้เมล็ดสารกาแฟที่มีผิวสีเหลือง สีน้ำตาลอ่อนหรือสีดำหลังจากนั้นเมล็ดสารกาแฟจะถูกนำไปคัดขนาดเพื่อแบ่งเกรดเมล็ดสารกาแฟ แล้วเข้าสู่กระบวนการผลิตกาแฟต่อไป

การคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟ เมื่อทำการสีกะลากาแฟเสร็จเรียบร้อยแล้วเมล็ดสารกาแฟที่ได้จะถูกนำมาคัดแยกขนาดเพื่อเป็นการแบ่งเกรดในการขายให้กับโรงงาน ซึ่งในปัจจุบันการคัดแยกขนาดยังคงใช้แรงงานคนเป็นผู้ดำเนินการอยู่ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งขนาดมาตรฐานของกาแฟเป็นไปตามมาตรฐานของสถาบันวิจัยพืชสวนและมาตรฐานของกรมการค้าภายในหรือจะขึ้นอยู่กับภาคอุตสาหกรรมที่รับซื้อ

รูปที่2.4 แสดงการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟ
ที่มา : http://www.horizoncafe.com.

2.4 มาตรฐานของเมล็ดสารกาแฟบัสต้า

มาตรฐานของเมล็ดกาแฟหรือเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าในประเทศไทยนั้นจะถูกกำหนดตามมาตรฐาน 2 มาตรฐานคือ มาตรฐานของสถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และมาตรฐานของกรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ เพื่อเป็นการส่งเสริมการพัฒนาการค้าเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้าในประเทศไทยให้มีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของทุกฝ่าย

มาตรฐานของสถาบันวิจัยพืชสวนจะใช้ปริมาณน้ำหนักต่อหน่วย 100 เมล็ดแห้งเป็นตัวกำหนด โดยกาแฟพันธุ์โรบัสต้าที่นิยมปลูกในประเทศไทยที่มีชื่อทางวิชาการมีอยู่จำนวน 12 พันธุ์คือ พันธุ์พาโต๊ะเบอร์ 1, 5, 6 และ9 พันธุ์เมล็ดใหญ่เบอร์2, 16, 19 28, 30, 42, 49 และ69 มีน้ำหนักและคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของเกษตรกรและภาคอุตสาหกรรมมีปริมาณน้ำหนัก 17.95 กรัม/100 เมล็ดแห้ง (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

มาตรฐานของกรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์จะใช้ปริมาณข้อบกพร่องและสิ่งปลอมปน โดยแสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้ (กรมการค้าภายใน, 2549)

1.เมล็ดกาแฟโรบัสต้าจะต้องมีสี กลิ่น ตามธรรมชาติของเมล็ดกาแฟ ไม่บูดเน่า หรือขึ้นรา และไม่มีผลกาแฟปะปน

2.เมล็ดสารกาแฟจะต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 13

3.ข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟทั้งหมดจะต้องไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 เมล็ดกาแฟซื้อขายโดยทั่วไปไม่ควรจะมีเมล็ดกาแฟที่กะเทาะเปลือกออกไม่หมด

3.2 เมล็ดดำ คือเมล็ดกาแฟที่มีสีดำเกินครึ่งหนึ่งของเมล็ดจะมีได้ไม่เกินร้อยละ 2

3.3 เมล็ดมอด คือเมล็ดกาแฟที่มีรูมอดเจาะเกิน1รูจะมีได้ไม่เกินร้อยละ 4

3.4 เมล็ดแตก คือชิ้นส่วนเมล็ดกาแฟที่มีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของเมล็ดกาแฟทั้งหมดจะมีได้ไม่เกินร้อยละ 2

3.5 เมล็ดเสีย คือเมล็ดกาแฟที่มีลักษณะเป็นรูพรุน เมล็ดกาแฟหล่นโคนต้น เมล็ดกาแฟที่ผิดปกติและอื่นๆซึ่งจะมีได้ไม่เกินร้อยละ 0.5

3.6 สิ่งเจือปน คือเศษหิน เศษไม้ เปลือกกาแฟ และทุกอย่างที่ไม่ใช่เมล็ดกาแฟ ซึ่งจะมีได้ไม่เกินร้อยละ 0.5

2.5 คุณภาพของกาแฟโรบัสต้า

ปิยนุช นาคะเสรีและคณะ (2540) ได้ทำการทดลองทำแห้งของเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าด้วยการทดลองแบบ RCB มี 3 กรรมวิธีๆละ 4 ซ้ำ ได้แก่ ตากแดด (ตาข่ายสีฟ้า ลานซีเมนต์) เตาอบความร้อนและเตาอบแสงอาทิตย์ จำนวน 5 ซ้ำและได้ ทำการวิเคราะห์คุณภาพของสารกาแฟที่ได้ทั้งทางเคมีและกายภาพ การเปรียบเทียบ คุณภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ได้จากการทำแห้งแบบต่างๆ เมล็ดกาแฟแห้ง ที่ได้จากเตาอบความร้อนจะมีสีดำ สะอาดกว่าตากแดดด้วยตาข่ายสีฟ้า ลานซีเมนต์ และเตาอบแสงอาทิตย์ สารกาแฟที่ได้ทุกวิธีเหมือนกันคือ เมล็ดสมบูรณ์มีเมล็ดสีเขียว อมน้ำตาล มีกลิ่นตามธรรมชาติของกาแฟ มีความชื้นจากการตากแดด (ตาข่ายสีฟ้า ลานซีเมนต์) เป็น 10.20 และ 9.94 % เตาอบแสงอาทิตย์ 9.02 % มีเปอร์เซ็นต์ ข้อบกพร่องน้อยมากการทดสอบ Cup Quality ของสารกาแฟที่ได้จากการทำแห้ง แบบต่างๆ โดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกันคือได้รับการยอมรับจากโรงงาน

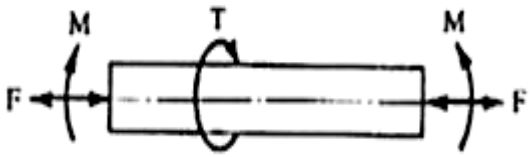
2.6 สารระเหยในกาแฟโรบัสต้าของไทย

รสวัสดิ์ ภูวิภิรมย์และสิรี ชัยเสรี (2546) ได้ทำการวิเคาระห์สารระเหยในการแฟโรบัสต้าของจังหวัดชุมพร โดยใช้ gas-chromatography-mass spectrometry (GC-MS) ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 240

องศาเซลเซียล เป็นเวลา 15 นาที พบสารระเหย 52 ชนิดได้แก่ ไพราซีน (pyrazine) 15 ชนิด ฟูแรน (furan) 11 ชนิด ฟีนอล (phenol) 5 ชนิด ไพร์โรล (pyrrole) 4 ชนิด คีโตน (ketone) 4 ชนิด อัลดีไฮด์ (aldehyde) 2 ชนิด กรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) 2 ชนิด ไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) 1 ชนิด ไพริดีน (pyridine) 1 ชนิด ไทโอฟีน (thiophene) 1 ชนิด ไทอะโซล (thiazole) 1 ชนิด และสารประกอบอื่น ๆ อีก 5 ชนิด สารระเหยที่มีปริมาณสูงที่สุดได้แก่ สารในกลุ่มไพราซีน ฟู-แรน ฟีนอล และไพริดีน ตามลำดับ จากการวิเคราะห์โดยใช้ gas-chromatography-olfactometry (GCO) พบสารระเหยที่มีความสำคัญต่อกลิ่นกาแฟ 8 ชนิด ได้แก่ 2, 3-pentanedione ให้กลิ่นกาแฟ 2-ethyl-3, 5-dimethylpyrazine ให้กลิ่นเนยถั่ว 2-ethyl-6-methylpyrazine ให้กลิ่นถั่วเน่า 2-ethyl-3-methylpyrazine ให้กลิ่นข้าวโพดคั่ว 5-methylfurfural และ 2-furanmethanol ให้กลิ่นเหม็นเขียว 2-methoxyphenol ให้กลิ่นพริกคั่วและ N-furfuryl pyrrole ให้กลิ่นคั่ว

2.7 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบเพลา

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน (การออกแบบเครื่องจักรกล 2) เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง ขณะใช้งานเพลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่าง ๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบวัฏจักร ทำให้เกิดการล้าได้เพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเพลา นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เพลาต้องรับเป็นหลัก วัสดุที่ใช้ทำเพลาทั่วไปคือ เหล็กกล้าละมุน (Mild steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานเป็นพิเศษ มักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะทำเพลา เช่น AISI 3140, 1347, 4150,4340 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 mm มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อนอย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุดผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนชนิดอื่นโดยการออกแบบเพลาตาม ASME CODE มีที่มาคือใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด และไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีทางสถิตศาสตร์ ในการหาสมการสำหรับในการออกแบบเพลาในรูปที่ 5 ให้เพลาเป็นแบบกลมและกลวง โดยมีขนาดและเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ d_i และ d ตามลำดับ ดังนั้นขนาดของเพลาในกรณีที่เป็นเพลากลวงและเพลาตันสามารถหาได้ตามสมการที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ



รูปที่ 2.5 แสดงเพลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ
ที่มา : การออกแบบเครื่องจักรกล 1

เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร ทั้งนั้นเพราะเพลาหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำยังอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลาจึงเกิดความเสียหายเนื่องจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการคำนวณของ ASME ใช้วิธีการแบบสถิตศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้ามาเกี่ยวข้องด้วย

หมายเหตุ ค่าตัวประกอบความล้า สามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งสามารถเปิดได้จากภาคผนวกตาราง ก.2

ถ้ากำหนดวัสดุของเพลาที่บอกถึงหมายเลขของโลหะ หรือส่วนผสมของโลหะให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งาน โดยเลือกใช้ค่าน้อยมาคำนวณตามสมการที่ 2.3

หมายเหตุ เพลามีร่องลิ่มให้ลดค่าความเค้นเฉือนใช้งานโดยใช้เพียง 75% ของค่าที่ได้

ในกรณีที่เป็นเพลากลวงสามารถหาขนาดของเพลาได้คือ

$$d^3 = [16 / \pi \tau_d (1-K^4)] \times [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{1/2} \quad (2.1)$$

ในกรณีที่เป็นเพลาตันสามารถหาขนาดของเพลาได้คือ

$$d^3 = [16 / \pi \tau_d] \times [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{1/2} \quad (2.2)$$

ค่าความเค้นเฉือนใช้งานสามารถหาได้คือ

$$\tau_d = 0.3 \sigma_y \quad (2.3)$$

แรงบิดที่กระทำต่อเพลาสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของแรงที่กระทำต่อเพลาและรัศมีของห้องบรรจุวัตถุดิบตามสมการที่ 2.4 โดยแรงที่มากระทำต่อเพลาเป็นผลจากความสัมพันธ์ร่วมของผลรวมของมวลของวัตถุดิบและห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบและค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกตามสมการที่ 2.5

อย่างไรก็ตามรัศมีของห้องบรรจุวัตถุดิบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบรูปทรงของห้องบรรจุวัตถุดิบ หากห้องบรรจุวัตถุดิบถูกใช้เป็นห้องคัดแยกขนาดด้วยซึ่งเคลื่อนที่ในแนวรัศมีแล้วนั้น จะนิยมออกแบบห้องบรรจุวัตถุดิบเป็นรูปทรงกระบอกซึ่งเป็นผลของแรงต้านทานการเคลื่อนที่ (Friction) โดยปริมาตรของห้องบรรจุวัตถุดิบที่มีรูปทรงกระบอกสามารถคำนวณตามสมการที่ 2.6

$$T = Fr \tag{2.4}$$

$$F = mg \tag{2.5}$$

$$V = \frac{\pi \times d^2 L}{4} \tag{2.6}$$

โดยที่ K = อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางภายในต่อภายนอกของเพลา (-)

T = แรงบิด (N-m)

M = โมเมนต์ดัด (N-m)

F = แรงที่กระทำต่อเพลา (N)

L = ความยาวของห้องบรรจุหรือห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบ (m)

V = ปริมาตรของห้องบรรจุหรือห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบ (m^3)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา (m)

g = ความเร่งโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

m = ผลรวมของมวลของวัตถุดิบและห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบ (m)

r = รัศมีของห้องบรรจุหรือห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบ (m)

τ_d = ความเค้นเฉือนใช้งาน (N/m^2)

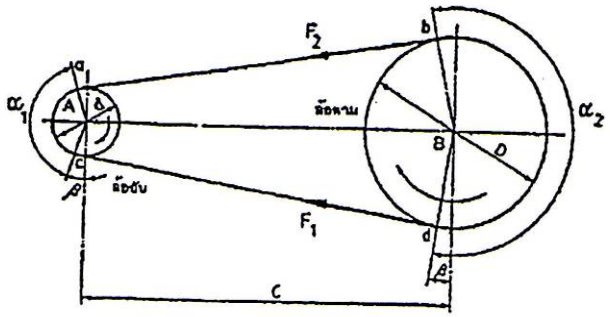
σ_y = ความเค้นดึงหรืออัด (N/m^2)

C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด (-)

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด (-)

2.8 อัตราส่วนความเร็วรอบของห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบ

ความเร็วรอบเป็นปัจจัยหนึ่งของการควบคุมความสม่ำเสมอของการคัดแยกขนาดของเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าหากความเร็วรอบของการคัดแยกขนาดมีค่าต่ำเกินไปจะส่งผลให้ปริมาณการคัดแยกมีค่าน้อยเนื่องจากรูปทรงของห้องคัดแยกที่หมุนในแนวรัศมีหากมีความเร็วต่ำวัตถุดิบจะตกค้างอยู่ภายในห้องคัดแยก ในทางกลับกันหากความเร็วรอบของการคัดแยกขนาดมีค่าสูงเกินไปจะส่งผลวัตถุดิบไม่ตกลงตามรูของตะแกรงหรืออาจทำให้วัตถุดิบหลุดออกจากห้องคัดแยกทำให้ปริมาณการคัดแยกต่ำและอาจไม่ได้ขนาดตรงตามมาตรฐาน



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะการหาความเร็วรอบของห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบ

ที่มา : การออกแบบเครื่องจักรกล 1

อัตราส่วนความเร็วรอบของห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบสามารถหาได้คือ

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1} \qquad (2.7)$$

โดยที่ N_1 = ความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้า (rpm)

N_2 = ความเร็วรอบของเพลา (rpm)

D_1 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานขับ (m)

D_2 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานตาม (m)

2.9 ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้า

(ถาวร อมตกิตต์, 2545) มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ ต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น ปั๊ม พัดลม คอมเพรสเซอร์ สายพานลำเลียง เป็นต้น มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม และเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในสัดส่วนที่สูงมาก การเรียนรู้ให้เข้าใจถึงประสิทธิภาพ ตลอดจนการเลือกใช้งานมอเตอร์ให้ เหมาะสมและถูกต้องซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ามี 2 แบบคือ มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motors) โดยมอเตอร์กระแสสลับเป็นมอเตอร์ ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมีข้อดีคือ มีความเร็วรอบคงที่ และตัวหมุน (Rotor) ส่วนมากเป็นชนิดกรงกระรอก (Squirrel cage) ไม่มีขดลวดพันอยู่จึงไม่มีอันตรายจากประกายไฟฟ้าที่แปรงถ่านและคอมมิวเตอร์เหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไม่สามารถนำไปใช้ได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส คือ มอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ซึ่งการหาขนาดของมอเตอร์เป็นสิ่งสำคัญ

เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้าถูกใช้เป็นอุปกรณ์ต้นกำลัง โดยการหาขนาดของมอเตอร์สามารถหาได้จากสมการที่ 2.8

$$P = \frac{2\pi \times T \times N_1}{60} \tag{2.8}$$

โดยที่ P = ขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า (W)

2.10 การคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

(คู่มือพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม, 2552) อัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption) หรือเรียกว่าค่า SEC นั้นเป็นการเปรียบเทียบต้นทุนพลังงานของการผลิตสินค้าหรือบริการซึ่งจะพิจาณาถึงการใช้พลังงาน (พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า) ต่อหน่วยการผลิตสินค้าหรือบริการมีหน่วยเป็น MJ/หน่วยการผลิตสินค้าหรือบริการ อย่างไรก็ตามค่า SEC กำลังจะถูกใช้เป็นบรรทัดฐานของการใช้เปรียบเทียบต้นทุนการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทเดียวกันในอนาคต โดยอัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสามารถหาได้จากสมการที่ 2.9

หมายเหตุหากในกระบวนการผลิตใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าจำเป็นต้องเปลี่ยนหน่วยของพลังงานให้อยู่ในรูปของพลังงานความร้อนเสียก่อนโดยคูณด้วย 3.60 โดยปริมาณพลังงานไฟฟ้าและอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าสามารถหาได้จากสมการที่ 2.10และ2.11ตามลำดับ

$$\text{SEC} = \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้า x 3.60 + ปริมาณพลังงานความร้อน}}{\text{ปริมาณผลผลิต (หน่วย)}} \tag{2.9}$$

การคำนวณหาปริมาณพลังงานไฟฟ้า

$$\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้า} = \frac{\text{จำนวนวัตต์} \times \text{จำนวนชั่วโมงใช้งาน}}{1000} \tag{2.10}$$

คำนวณอัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า

อัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้×ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (2.11)

2.11 เศรษฐศาสตร์การลงทุน

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

2.11.1 ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน

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

2.11.2 ต้นทุนรวม

ต้นทุนรวมเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากผลรวมระหว่างผลรวมของต้นทุนคงที่และผลรวมต้นทุนแปรผัน ดังแสดงตามสมการที่ 2.12 ในงานวิจัยนี้ผลรวมของต้นทุนคงที่จะพิจารณาถึงค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปีและค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคารซึ่งสามารถคำนวณได้ตามดังสมการที่ 2.15 และ 2.16 ตามลำดับ ส่วนในกรณีของผลรวมของต้นทุนแปรผันจะพิจารณาถึงต้นทุนค่าจ้างแรงงาน ต้นทุนค่าไฟฟ้าแปรผันและต้นทุนค่าซ่อมแซมเครื่องจักร โดยรายละเอียดการคำนวณต้นทุนดังกล่าวจะพิจารณาตามสมการที่ 2.17-2.20 อย่างไรก็ตามต้นทุนทุกประเภทที่กล่าวมาจะพิจารณาเป็นหน่วย บาท/กิโลกรัม เพื่อง่ายต่อการพิจารณาถึงจุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุน

$$\text{ต้นทุนรวม} = \sum \text{ต้นทุนคงที่} + \sum \text{ต้นทุนแปรผัน} \qquad (2.12)$$

$$\sum \text{ต้นทุนคงที่} = \text{ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี} + \text{ค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคาร} \qquad (2.13)$$

$$\text{ต้นทุนเครื่องจักร} = \text{ราคาเครื่องจักร} \qquad (2.14)$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี} = \frac{\text{ราคาเครื่องจักร}}{\text{การอายุการใช้งานเครื่องจักร x กำลังการผลิตต่อปี}} \qquad (2.15)$$

$$\text{ค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคาร} = \frac{(\text{ราคาเครื่องจักร} \times \text{อัตราดอกเบี้ย12เดือน}) + \text{ราคาเครื่องจักร}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}} \quad (2.16)$$

$$\sum \text{ต้นทุนแปรผัน} = \text{ค่าจ้างแรงงาน} + \text{ค่าไฟฟ้าแปรผัน} + \text{ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร} \quad (2.17)$$

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน} = \frac{\text{ราคาค่าจ้างรายวัน} \times \text{วันทำงานต่อปี}}{\text{กำลังผลผลิตต่อปี}} \quad (2.18)$$

$$\text{ค่าไฟฟ้าแปรผัน} = \frac{\text{ค่าไฟฟ้าต่อชั่วโมง} \times \text{ชั่วโมงทำงานเครื่องจักรต่อวัน} \times \text{วันทำงานต่อปี}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}} \quad (2.19)$$

$$\text{ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร} = \frac{\text{ราคาเครื่องจักร} \times \%\text{ค่าตัวประกอบอายุเครื่องจักรต่อปี}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}} \quad (2.20)$$

2.12 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุน

(ชาติชาย อัศดรศักดิ์และคณะ, 2547) จุดคุ้มทุนหรือจุดเท่าทุน คือจุดที่รายได้จากการลงทุนคุ้มเงินค่าลงทุนหรือหมายทุนรายจ่ายมีค่าเท่ากับรายรับ หรือจุดที่กำไรเป็นศูนย์นั่นเอง

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุน (Cost) รายได้ (Revenue) และผลกำไรหรือมูลค่าเพิ่ม (Profit) ซึ่งแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการผลิต ในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน จะใช้กำลังการผลิตเป็นข้อมูลอ้างอิง เพื่อจะได้ทราบว่า จุดคุ้มทุนที่คำนวณได้เกินกว่ากำลังการผลิตหรือไม่ หากเกินกว่ากำลังการผลิตก็ไม่สามารถใช้จุดคุ้มทุนได้หรือเป็นการขาดทุนนั่นเอง

เวียง อากรชีและคณะ (2542) ระยะเวลาการคืนทุน คือการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของราคาเครื่องจักรและผลกำไรหรือมูลค่าเพิ่มที่ได้มาจากหักลบของรายรับกับต้นทุนรวม สำหรับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุนสามารถหาได้จากสมการที่ 2-21 ถึง 2-23 ตามลำดับ

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนค่าใช้จ่าย} \times \text{กำลังผลผลิตต่อปี}}{(\text{รายรับ} - \text{ต้นทุนค่าใช้จ่าย})} \quad (2.21)$$

$$\text{ต้นทุนค่าใช้จ่าย} = \frac{\text{ต้นทุนรวม}}{\text{กำลังผลผลิตต่อปี}} \quad (2.22)$$

เมื่อ (รายรับ – ต้นทุนค่าใช้จ่าย) = ผลกำไร

$$\text{ระยะเวลาการคืนทุน} = \frac{\text{ราคาเครื่องจักร}}{\text{ผลกำไร}} \quad (2.23)$$

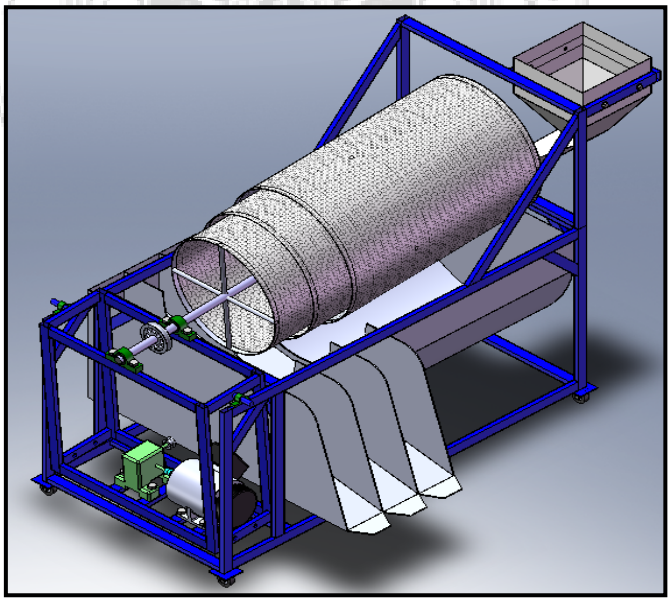
บทที่ 3

การออกแบบและการคำนวณ

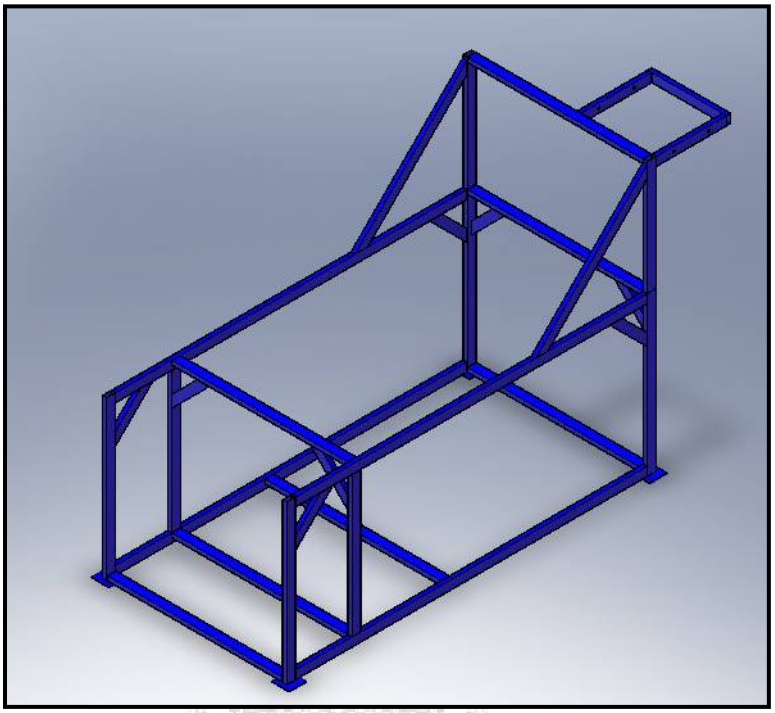
3.1 การออกแบบเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า

สำหรับเครื่องคดขนาดสารกาแฟโรบัสต้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้ถูกออกแบบให้อุปกรณ์คัดหรือกำหนดขนาดให้ได้เมล็ดสารกาแฟที่มีค่าตามมาตรฐานตรงตามความต้องการของโรงงานรับซื้อวัตถุดิบ โดยตะแกรงคัดแยกขนาดนั้นจะออกแบบให้เป็นทรงกระบอก 3 ชั้นหมุนได้ โดยที่รูตะแกรงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆกัน เพื่อให้เมล็ดสารกาแฟไหลผ่านขนาดของรูตะแกรงที่มีความความโตสูงสุดก่อน ที่ออกแบบให้อยู่บริเวณตะแกรงชั้นในสุด ในเวลาเดียวกันเมล็ดสารกาแฟที่มีขนาดเล็กจะไหลผ่านจนไปถึงตะแกรงนอกสุดที่มีขนาดรูตะแกรงเล็กที่สุด วัตถุดิบที่ไหลผ่านตะแกรงนั้นจะถูกพาให้ไหลมาที่รางรองรับวัตถุดิบ สำหรับการพาวัตถุดิบนั้นจะมีชุดปรับมุมลาดเอียงที่สามารถปรับองศาความลาดเอียงได้สูงสุดที่ 4 องศา

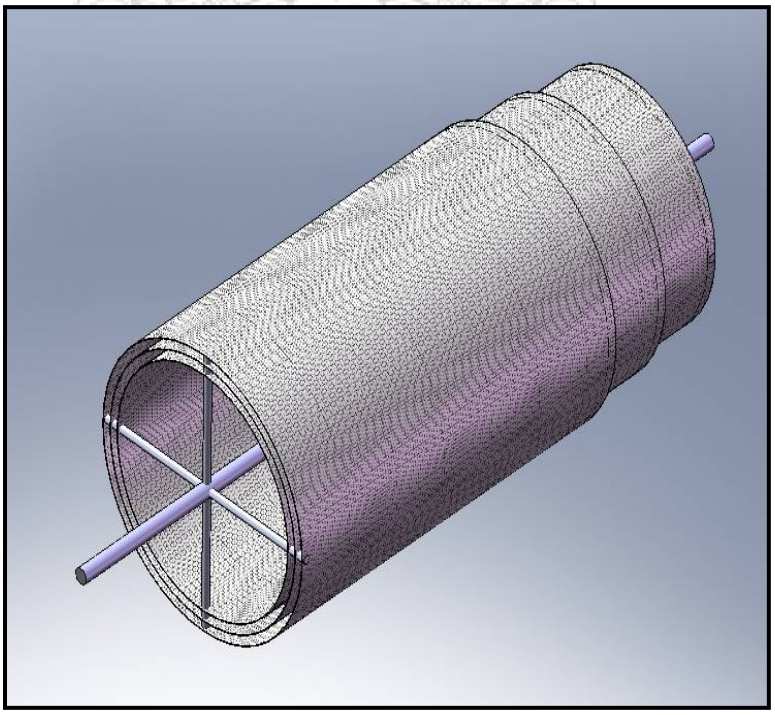
โดยเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าประกอบด้วยโครงสร้าง ตะแกรงคัดขนาด กรวยบรรจุวัตถุดิบและถาดรองรับวัตถุดิบโดยแสดงดังรูปที่ 3.1, 3.2, 3.3และ3.4 ตามลำดับในขณะที่รายละเอียดของเครื่องคัดขนาดสารกาแฟโรบัสต้านั้นแสดงตารางที่ 3.1 อย่างไรก็ตามการหาค่าปริมาณการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟนั้นจะถูกทดสอบด้วยเงื่อนไขต่างๆซึ่งจะกล่าวต่อไปในบทที่ 4



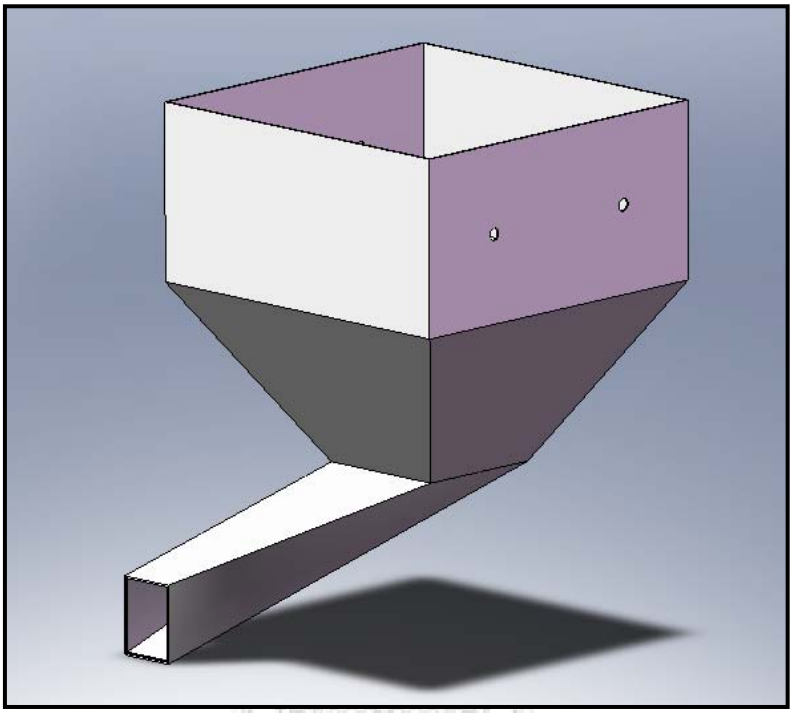
รูปที่ 3.1 แสดงการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า



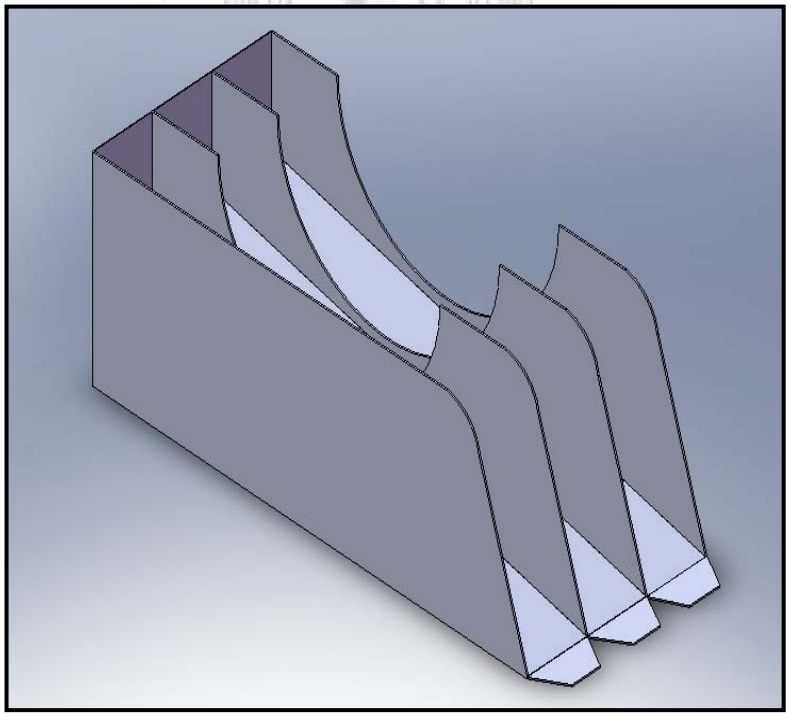
รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการออกแบบโครงสร้างเครื่องคัดแยกเมล็ดสารกาแฟ



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะการออกแบบตะแกรงคัดแยก



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะการออกแบบกรวยใส่วัตถุดิบ



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะการออกแบบถาดรองรับวัตถุดิบ

ตารางที่3.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องคัดขนาดสารกาแฟโรบัสต้า

รายการ	พิกัด
มิติ กว้าง x ยาว x สูง (m)	0.8 x 1.7 x 1.4
ระยะของจุดศูนย์ถ่วงในแนวระนาบ (m)	0.86
เส้นผ่านศูนย์กลางตะแกรงคัดขนาด ชั้นใน, ชั้นกลาง, ชั้นนอก (m)	0.5, 0.6, 0.7
เส้นผ่านศูนย์กลางรูตะแกรงคัดขนาด ชั้นใน, ชั้นกลาง, ชั้นนอก (mm)	4, 6, 7.5
มุมปรับลาดเอียง (°)	2,3,4
กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้า (W)	746
ความเร็วรอบของตะแกรงคัดขนาด (rpm)	14.4, 9.6
น้ำหนักรวม (kg)	87

3.2 ผลการคำนวณเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า

การคำนวณต่างๆของเครื่องคัดแยกเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าจะพึงคำนึงถึงหลักทางวิศวกรรม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตรงตามความต้องการที่สามารถตอบโจทย์ทั้งในด้านมาตรฐานของผลผลิตและการศึกษาปริมาณการผลิตสูงสุดของเครื่องคัดแยกที่ผ่านการทดลองด้วยเงื่อนไขต่างๆ อีกทั้งในงานวิจัยนี้ยังตระหนักถึงหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมอีกด้วยซึ่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการพิจารณาถึงผลตอบแทนและจุดคุ้มทุนเพื่อเป็นแนวทางในการการลงทุน โดยในส่วนของการคำนวณจะเริ่มต้นจากการหาแรงที่กระทำและแรงบิดของเพลาเพื่อหาขนาดของเพลาที่ใช้ที่สัมพันธ์กับขนาดของต้นกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนชุดตะแกรงคัดขนาด จากนั้นเป็นการพิจารณาหาความเร็วรอบที่ใช้หมุนตะแกรงคัดแยกขนาดที่มีความเหมาะสม สุดท้ายเป็นผลการคำนวณอัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้าของเครื่องคัดแยกขนาด

3.2.1 การหาค่าแรงและแรงบิดของเพลาที่กระทำต่อตะแกรงคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟ

การหาค่าแรงบิดของเพลานั้นมีเงื่อนไขที่นำมาพิจารณาดังนี้

มวลของตะแกรงคัดแยกมีค่า 40 kg

มวลของวัตถุดิบที่ผ่านตะแกรงคัดแยกมีค่า 40 kg

ดังนั้นมวลรวมทั้งหมดมีค่า 80 kg

เส้นผ่านศูนย์กลางของตะแกรงคัดแยกสูงสุดมีค่า 0.7 m

จากสมการที่ 2.5 $F = mg$

แทนค่า $F = 80 \times 9.81$

$\therefore$ แรงที่กระทำต่อตะแกรง $F = 784.8N$

จากสมการที่ 2.4 $T = Fr$

แทนค่า $T = \frac{784.8 \times 0.7}{2}$

$\therefore$ แรงบิดที่กระทำต่อตะแกรง $T = 274.68\,Nm$

3.2.2 การหาปริมาตรของห้องบรรจุวัตถุดิบ

การหาค่าปริมาตรที่บรรจุวัตถุดิบที่ออกแบบเป็นทรงกระบอก 3 ชั้นสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ตามรูปที่ 3.6 โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

เส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของตะแกรงชั้นนอกสุดมีค่า 0.7m และ1.1m

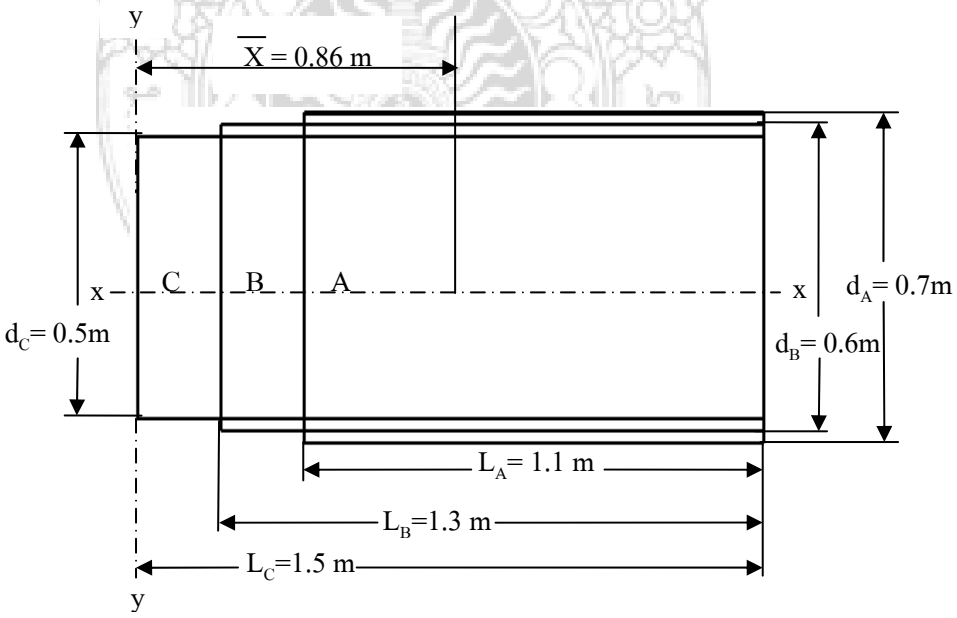
เส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของตะแกรงชั้นกลางมีค่า 0.6m และ1.3m

เส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของตะแกรงชั้นในสุดมีค่า 0.5m และ1.5m

กำหนดให้ V_A = ปริมาตรที่บรรจุวัตถุดิบชั้นนอกสุด

V_B = ปริมาตรที่บรรจุวัตถุดิบชั้นกลาง

V_C = ปริมาตรที่บรรจุวัตถุดิบชั้นในสุด



รูปที่ 3.6 แสดงรายละเอียดของตะแกรงคัดแยกขนาด

จากสมการที่ 2.6 $V = \frac{\pi \times d^2 L}{4}$

ปริมาตรที่บรรจุวัตถุดิบชั้นนอกสุด $V_A = \frac{\pi \times d_A^2 L_A}{4}$

แทนค่า $V_A = \frac{\pi \times 0.7^2 \times 1.1}{4}$

∴ ปริมาตรที่บรรจุวัตถุดิบชั้นนอกสุด $V_A = 0.42 m^3$

ปริมาตรที่บรรจุวัตถุดิบชั้นนอกสุด $V_B = \frac{\pi \times d_B^2 L_B}{4}$

แทนค่า $V_B = \frac{\pi \times 0.6^2 \times 1.3}{4}$

∴ ปริมาตรที่บรรจุวัตถุดิบชั้นกลาง $V_B = 0.36 m^3$

ปริมาตรที่บรรจุวัตถุดิบชั้นนอกสุด $V_C = \frac{\pi \times d_C^2 L_C}{4}$

แทนค่า $V_C = \frac{\pi \times 0.5^2 \times 1.5}{4}$

∴ ปริมาตรที่บรรจุวัตถุดิบชั้นในสุด $V_C = 0.29 m^3$

3.2.3 การหาจุดศูนย์ถ่วงของตะแกรงคัดแยกขนาด

การหาจุดศูนย์ถ่วงของตะแกรงคัดแยกขนาดสามารถใช้ความสัมพันธ์จากรูปที่ 3.6 ได้โดยพิจารณาโมเมนต์รอบแกน yy

$$\{(V_A \times \frac{L_A}{2}) + (L_C - L_A)\} + \{(V_B \times \frac{V_B}{2}) + (L_C - L_B)\} + (V_C \times \frac{L_C}{2}) = (V_A + V_B + V_C)\overline{X}$$

$$(0.42 \times 0.95) + (0.36 \times 0.85) + (0.29 \times 0.75) = 1.07\,\overline{X}$$

$$\therefore\ \overline{X} = 0.86 m$$

ดังนั้นแนวของจุดศูนย์ถ่วงของตะแกรงคัดแยกขนาดด้านข้างห่างจากแกน yy มีค่า 0.86 m และแนวของจุดศูนย์ถ่วงของตะแกรงคัดแยกขนาดด้านหัวคือจุดศูนย์กลางของทรงกระบอก คือแนว xx นั่นคือ จุดศูนย์ถ่วงของตะแกรงคัดแยกขนาดคืออยู่บนแกน xx และอยู่ห่างจากแกน yy 0.86 m.

3.2.4 การหาค่าความเร็วรอบของตะแกรงคัดแยกขนาด

การหาความเร็วรอบของตะแกรงคัดแยกขนาดสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของความเร็วรอบของการขับและเส้นผ่านศูนย์กลางของมูเลย์ตามสมการที่ 2.7 อย่างไรก็ตามความเร็วรอบในแต่ละจุดซึ่งสามารถพิจารณาได้ตามรูปที่ 3.7 โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

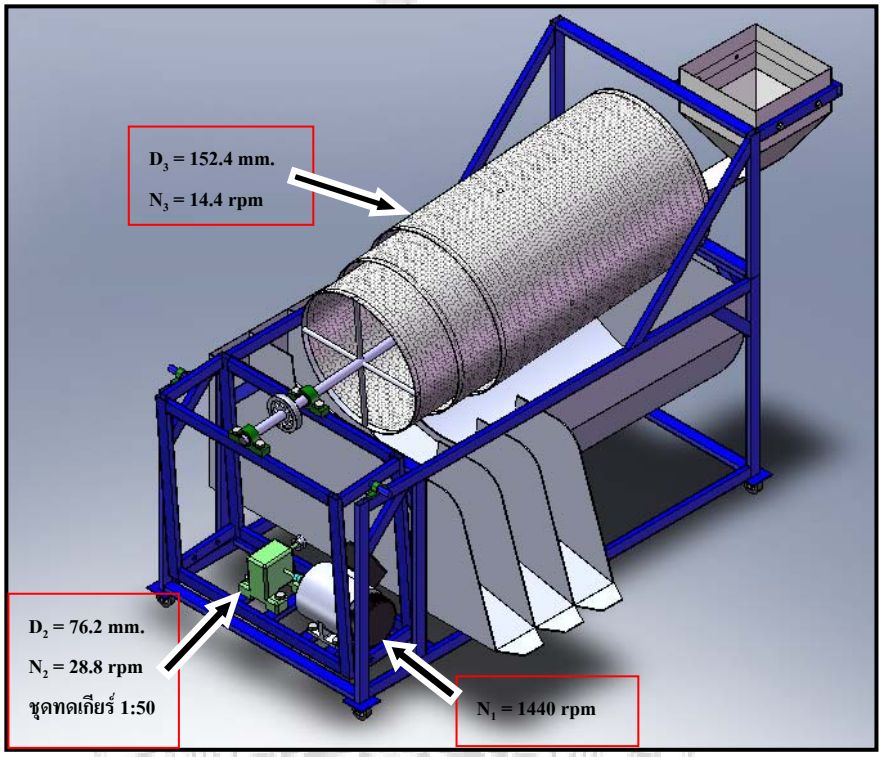
กำหนดให้ N_1 = ความเร็วรอบของมอเตอร์ต้นกำลังมีค่า 1,440 rpm

N_2 = ความเร็วรอบที่ออกจากชุดทดเกียร์ 28.8 rpm

N_3 = ความเร็วรอบของตะแกรงคัดแยกขนาด

D_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางของพลู่เลย์ตัวขับที่ชุดทดเกียร์มีค่า 76.2 mm

D_3 = เส้นผ่านศูนย์กลางของพลู่เลย์ตัวตามที่เพลาตะแกรงคัดแยกขนาดมีค่า 152.4 mm



รูปที่ 3.7 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วรอบของตะแกรงคัดขนาด

จากสมการที่ 2.6 $$\frac{N_2}{N_3} = \frac{D_3}{D_2}$$

$$\therefore N_3 = \frac{D_2}{D_3} \times N_2$$

แทนค่า $$N_3 = \frac{76.2}{152.4} \times 28.8$$

$\therefore$ ความเร็วรอบของตะแกรงคัดแยกขนาด = 14.4 rpm

ดังนั้น จึงใช้ความเร็วรอบของตะแกรงคัดแยกขนาด ที่ 14.4 rpm เนื่องจากเครื่องคัดแยกขนาดมีลักษณะการทำงานแบบหมุนหากมีความเร็วรอบที่สูงมากจะส่งผลต่อวัตถุดิบและความปลอดภัยในการทำงาน

3.2.5 การหาค่าขนาดมอเตอร์ต้นกำลัง

จากสมการที่ 2.8

$$P = \frac{2\pi \times T \times N_1}{60}$$

แทนค่า

$$P = \frac{2\pi \times 274.68 \times 14.4}{60}$$

$$= 414.2 \text{ W}$$

$$1hp = 746W$$

$$= \frac{414.2}{746}$$

$$= 0.56\,hp$$

ขนาดของแรงมอเตอร์ = 0.56 hp ได้เพิ่มค่าความปลอดภัย 50 % ให้กับมอเตอร์

$$= 0.56 \times 1.5$$

$$= 0.84\,hp$$

ดังนั้น จึงเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด $1hp$

3.2.6 การหาขนาดเพลาของตะแกรงคัดแยกขนาด

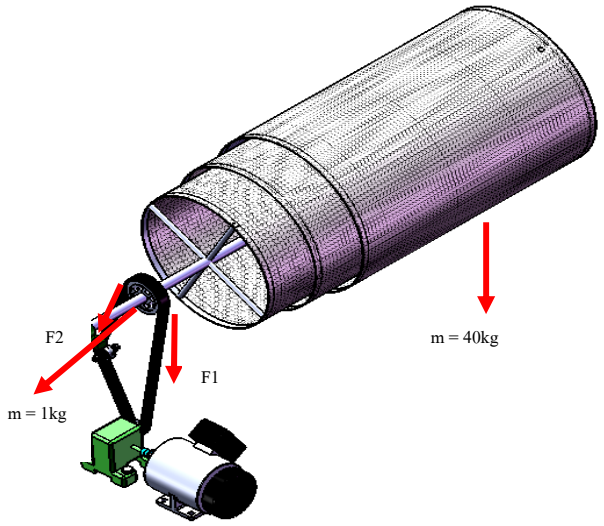
การหาขนาดของเพลามีความจำเป็นต้องเลือกวัสดุที่ใช้ทำเพลาเสียก่อน โดยวัสดุที่เลือกนั้นจะใช้เป็นเหล็ก AISI 4140 HRA ดังนั้นจากตารางภาคผนวก ก.3จะให้ค่าดังต่อไปนี้

$$\sigma_y = 63 \text{ ksi} \times 6.895 \text{ MN/m}^2 = 434.38 \text{ MN/m}^2$$

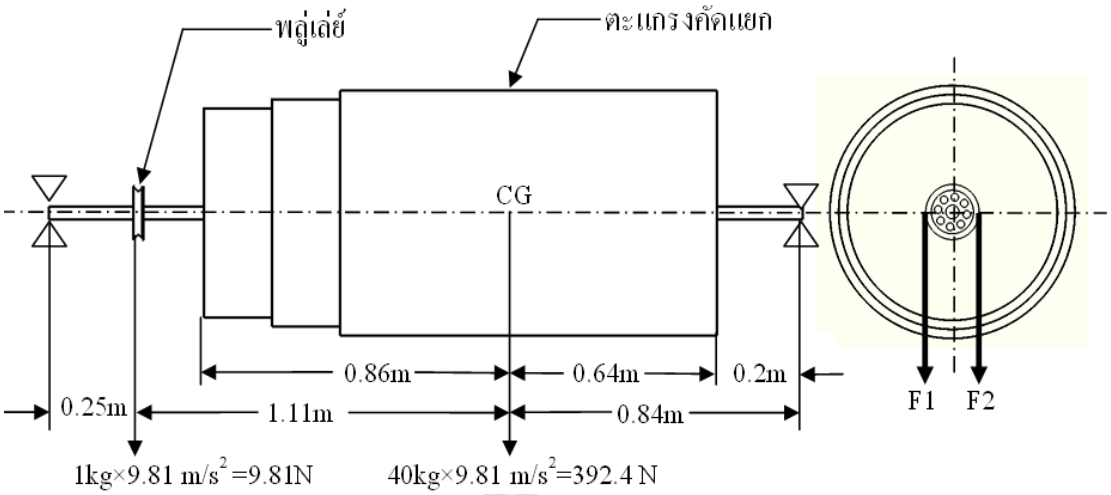
จากสมการที่2.3 $\tau_d = 0.3\,\sigma_y = 0.3 \times 434.38 = 130.3 \text{ MN/m}^2$

เนื่องจากเพลามีร่องลิ่มให้ลดค่าความเค้นเฉือนใช้งานโดยใช้งานเพียง 75 % คือ

ดังนั้น $\tau_d = 130.3 \times 0.75 = 97.7 \text{ MN/m}^2$



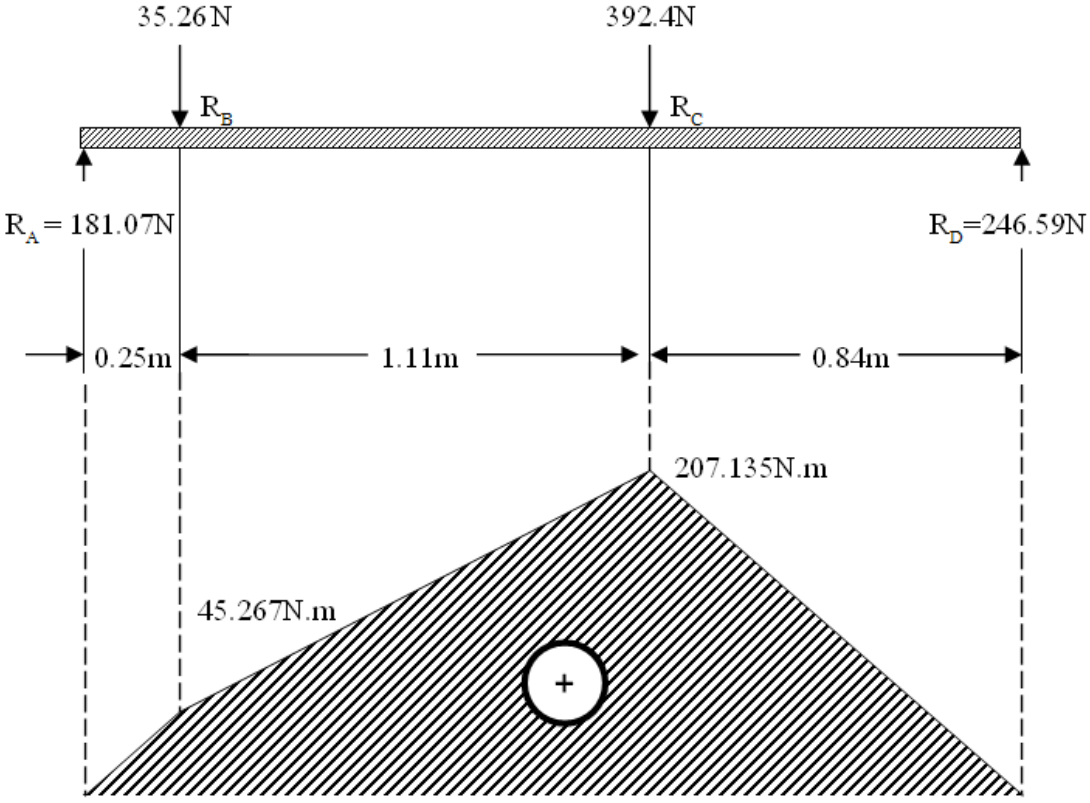
รูปที่ 3.8 แสดงแรงที่กระทำต่อเพลา



F1 = 13.734 N (จากการใช้เครื่องมือวัด)

F2 = 11.722 N (จากการใช้เครื่องมือวัด)

ดังนั้น แรงที่จุด B = 13.734 +11.722 + 9.81 = 35.26 N



รูปที่ 3.9 แสดงแรงและโมเมนต์ดัดที่กระทำต่อเพลา

หาแรงปฏิกิริยา R_A , R_D

$$[\sum M_B = 0] \quad 2.2R_A = (35.26\times1.95) + (392.4\times0.84) = 398.37 \text{ N}$$

$$R_A = 398.37 / 2.2 = 181.07 \text{ N}$$

$$R_D = 35.26+392.4-181.07 = 246.59 \text{ N}$$

ฉะนั้นโมเมนต์ดัดที่ B และ C คือ

$$M_B = 181.07 \times 0.25 = 45.267 \text{ N.m}$$

$$M_C = 246.59 \times 0.84 = 207.13 \text{ N.m}$$

ดังนั้นโมเมนต์ดัดสูงสุดเกิดที่จุด C

โมเมนต์บิดของตะแกรงคัดแยกขนาดคือ

$$T = 392.4 \text{ N} \times 0.7/2 \text{ m}$$

$$T = 137.34 \text{ N.m}$$

จากภาคผนวกตาราง ก. 2 ; $C_m = 1.5$, $C_t = 1.0$

จากสมการที่ 2.2 $$d^3 = (16 / \pi \tau_d) \times [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{1/2}$$

$$= (16/\pi\times97.7\times10^6) \times [(1.0\times137.34)^2 + (1.5\times207.13)^2]^{1/2}$$

$$d = 0.026 \text{ m } 414.705$$

$$= 26 \text{ mm}$$

หมายเหตุ เพลาที่มีขายในท้องตลาดนั้นมีขนาดใกล้เคียงกันคือ 38.1 mm. ซึ่งสามารถใช้แทนกันได้

3.3 คำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองไฟ

3.3.1 คำนวณหาจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้จากสมการที่ 2.10

$$\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้} = \frac{\text{จำนวนวัตต์} \times \text{จำนวนชั่วโมงการใช้งาน}}{1000}$$

ถ้าคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟติดต่อกันเป็นเวลา 1 ชั่วโมงได้

$$= \frac{746 \times 1}{1000}$$

$$= 0.746 \text{ kW. hr หรือหน่วย}$$

3.3.2 คำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้าจากสมการที่ 2.11

อัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า = จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้×ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

เมื่อค่าไฟฟ้าหน่วยละ = 2.778 บาท

$= 0.746 \times 2.778$

= 2.1 บาท / hr

3.4 คำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศกรรมกรรมนั้นมีจุดมุ่งหมายในการพิจารณาปัจจัยในการลงทุน อย่างไรก็ตามเงื่อนไขการพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์วิศกรรมกรรมจะใช้ค่าที่ใกล้เคียงความจริงในสถานการณ์ปัจจุบันมากที่สุดเพื่อให้ผลที่แม่นยำมากที่สุดโดยรายละเอียดของตัวแปรต่างๆ ถูกแสดงไว้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในการพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ชั่วโมงทำงานต่อวัน	10	ชั่วโมง/วัน
วันทำงานต่อปี	150	วัน/ปี
ปริมาณการคัดแยก	164.7	กิโลกรัม/ชั่วโมง
ราคาเครื่องคัดแยก	40,000	บาท
อายุการใช้งานเครื่องคัดแยก	5	ปี
ค่าไฟฟ้าแปรผัน	2.778	บาท/หน่วย
อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ12 เดือน	1.5	บาท/ปี
ค่าจ้างแรงงาน 8/10 ชั่วโมง	160/210	บาท/วัน
ค่ารับจ้างการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟ	0.24	บาท/กิโลกรัม

หมายเหตุ :

- ชั่วโมงการทำงานต่อวันอ้างอิงจากการทำงานปกติของแรงงานตามประกาศกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม
- ปริมาณการคัดแยกอ้างอิงจากผลการทดสอบ
- ราคาเครื่องคัดแยกอ้างอิงจากต้นทุนการสร้างเครื่อง

- จำนวนวันทำงานต่อปีอ้างอิงจากช่วงเวลาการรับซื้อกาแฟในอำเภอ สวี จังหวัด ชุมพร อยู่ในช่วงเดือนตุลาคม ถึง มีนาคมของทุกปี ดังนั้นรวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 5 เดือนหรือ ประมาณ 150 วัน
- อายุการใช้งานของเครื่องคัดแยกอยู่ในช่วงเวลา 5-7 ปี ดังนั้นจึงใช้เวลาต่ำสุดคือ 5 ปี
- ค่าไฟฟ้าแปรผันอ้างอิงจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
- ค่าอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 12 เดือนอ้างอิงจากธนาคารแห่งประเทศไทย
- ค่าจ้างแรงงานอ้างอิงจากอัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำของแรงงานในจังหวัดชุมพรปี 2553 ตามประกาศกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม
- ค่ารับจ้างคัดแยกเมล็ดสารกาแฟอ้างอิงจากค่ารับจ้างสีกะลากาแฟ

ในงานวิจัยนี้การพิจารณาต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน ค่าจ้างแรงงาน ค่าไฟฟ้าแปรผัน ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร รายรับ ผลกำไรและจุดคุ้มทุนจะพิจารณาในหน่วยบาท/กิโลกรัมเพื่อง่ายต่อการพิจารณาว่าผู้ประกอบการที่สนใจในการลงทุนจะต้องทำการรับจ้างคัดแยกเมล็ดสารกาแฟปริมาณมากน้อยเพียงใดจึงจะคุ้มทุนและเกิดผลกำไร อย่างไรก็ตามตัวแปรที่กล่าวมาข้างต้นจะต้องอาศัยข้อมูลที่ได้จากกำลังการผลิตต่อปีและผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมจะถูกนำเสนอตามลำดับขั้นต่อไปนี้

3.4.1 คำนวณหากำลังการผลิตต่อปี

กำลังการผลิตต่อปี = ปริมาณการคัดแยกต่อชั่วโมง x ชั่วโมงทำงานต่อวัน x วันทำงานต่อปี

แทนค่า $= 164.7 \times 10 \times 150$

ดังนั้นกำลังการผลิตต่อปี = 247,050 กิโลกรัม/ปี

3.4.2 คำนวณหาต้นทุนเครื่องจักร จากสมการที่ 2.14

ต้นทุนเครื่องจักร = ราคาเครื่องจักร

ดังนั้นต้นทุนเครื่องจักร = 40,000 บาท

3.4.3 คำนวณหาค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี จากสมการที่ 2.15

$$\text{ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี} = \frac{\text{ราคาเครื่องจักร}}{\text{การอายุการใช้งานเครื่องจักร x กำลังการผลิตต่อปี}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{40,000}{5 \times 247,050}$$

ดังนั้นค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปีเมื่อเครื่องจักรสามารถใช้งานได้ 5 ปี = 8,000 บาท/ปี

หรือคิดเป็น 0.032 บาท/กิโลกรัม

3.4.4 คำนวณหาค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคาร จากสมการที่ 2.16

$$\text{ค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคาร} = \frac{(\text{ราคาเครื่องจักร} \times \text{อัตราดอกเบี้ย12 เดือน}) + \text{ราคาเครื่องจักร}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{(40{,}000 \times 0.015) + 40{,}000}{247{,}050}$$

ดังนั้นหากฝากธนาคาร12 เดือนจะมีเงิน 40,600 บาท

โดยมีผลต่างของเงินคือ 40,600-40,000 = 600 บาท/ปี

หรือค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคารคิดเป็น 0.002 บาท/กิโลกรัม

3.4.5 คำนวณหาค่าต้นทุนคงที่ จากสมการที่ 2.13

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

$$\text{แทนค่า} = 8{,}000 + 600$$

ดังนั้นต้นทุนคงที่ = 8,600 บาท

หรือคิดเป็น 0.035 บาท/กิโลกรัม

3.4.6 คำนวณหาค่าจ้างแรงงาน จากสมการที่ 2.18

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน} = \frac{\text{ราคาค่าจ้างรายวัน} \times \text{วันทำงานต่อปี}}{\text{กำลังผลผลิตต่อปี}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{210 \times 150}{247{,}050}$$

ดังนั้นค่าจ้างแรงงาน = 31,500 บาท/ปี

หรือคิดเป็น 0.127 บาท/กิโลกรัม

3.4.7 คำนวณหาค่าไฟฟ้าแปรผัน จากสมการที่ 2.19

$$\text{ค่าไฟฟ้าแปรผัน} = \frac{\text{ค่าไฟฟ้าต่อชั่วโมง} \times \text{ชั่วโมงทำงานเครื่องจักรต่อวัน} \times \text{วันทำงานต่อปี}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{2.778 \times 10 \times 150}{247{,}050}$$

ดังนั้นไฟฟ้าแปรผัน = 4,167 บาท/ปี

หรือคิดเป็น 0.017 บาท/กิโลกรัม

3.4.8 คำนวณหาค่าซ่อมแซมเครื่องจักร จากสมการที่ 2.20

$$\text{ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร} = \frac{\text{ราคาเครื่องจักร x \%ค่าตัวประกอบอายุเครื่องจักรต่อปี}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{40,00 \times 0.1}{247,050}$$

ดังนั้นค่าซ่อมแซมเครื่องจักร = 4,000 บาท/ปี

หรือคิดเป็น 0.016 บาท/กิโลกรัม

3.4.9 คำนวณหาค่าต้นทุนแปรผัน จากสมการที่ 2.17

$\sum$ ต้นทุนแปรผัน = ค่าจ้างแรงงาน + ค่าไฟฟ้าแปรผัน + ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร

แทนค่า = 31,500 + 4,167 + 4,000

ดังนั้นแปรผัน = 39,667 บาท/ปี

หรือคิดเป็น 0.161 บาท/กิโลกรัม

3.4.10 คำนวณหาค่าต้นทุนรวม จากสมการที่ 2.12

ต้นทุนรวม = $\sum$ ต้นทุนคงที่ + $\sum$ ต้นทุนแปรผัน

แทนค่า = 8,600 + 39,667

ดังนั้นต้นทุนรวม = 48,267 บาท/ปี

หรือคิดเป็น 0.195 บาท/กิโลกรัม

3.4.11 คำนวณหาต้นทุนค่าใช้จ่าย จากสมการที่ 2.22

$$\text{ต้นทุนค่าใช้จ่าย} = \frac{\text{ต้นทุนรวม}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{48,267}{247,050}$$

ดังนั้นต้นทุนค่าใช้จ่าย = 0.195 บาท/กิโลกรัม

3.4.12 คำนวณหาผลกำไร

ผลกำไร = รายรับ – ต้นทุนค่าใช้จ่าย

แทนค่า = 0.24 – 0.195

ดังนั้นผลกำไร= 0.045 บาท/กิโลกรัม

หรือคิดเป็น 11,117 บาท/ปี

3.4.13 คำนวณหาจุดคุ้มทุนจากสมการที่ 2.21

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนค่าใช้จ่าย x กำลังผลผลิตต่อปี}}{\text{ผลกำไร}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{0.195 \times 247,050}{0.045}$$

ดังนั้นจุดคุ้มทุน= 1,070,550 กิโลกรัม/ปี

3.4.14 คำนวณหาระยะเวลาการคืนทุน จากสมการที่ 2.23

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

$$\text{แทนค่า} = \frac{40,00}{11,117}$$

ดังนั้นระยะเวลาการคืนทุน = 3.598 ปี

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองคัดการขนาดของสารกาแฟโรบัสต้านั้นมีหลักสำคัญที่จะต้องพิจารณาคือมาตรฐานเรื่องขนาดของเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า ปริมาณการคัดแยกสูงสุดภายใต้เงื่อนไขการทดสอบคือการปรับเปลี่ยนมุมลาดเอียงและความเร็วรอบของเครื่องคัดแยกซึ่งสามารถแบ่งแยกได้ดังนี้คือ มุมลาดเอียงสามารถปรับค่าได้ที่ 2, 3และ4 องศา ในเวลาเดียวกันความเร็วรอบที่ใช้ในการหมุนชุดตะแกรงคัดแยกคือ 9.6และ14.4 rpm. โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1และขั้นตอนการทดลองดังนี้คือ

(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 4.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (ก) เครื่องคัดขนาดกาแฟ (ข) เมล็ดกาแฟ (ค) เครื่องชั่ง (ง) เครื่องวัดความชื้น

4.1.1 เตรียมเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟ

รูปที่ 4.2 แสดงการเตรียมเครื่องคัดแยกเมล็ดสารกาแฟ

4.1.2 เตรียมวัตถุดิบ

รูปที่ 4.3 แสดงการเตรียมวัตถุดิบที่ยังไม่ได้ทำการคัด

4.1.3 ตรวจวัดความชื้น

รูปที่ 4.4 แสดงการตรวจวัดความชื้นวัตถุดิบ

4.1.4 ป้อนวัตถุดิบ

รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะการป้อนวัตถุดิบ

4.1.5 เปิดสวิตช์เพื่อให้เครื่องทำงาน

รูปที่ 4.6 แสดงการกดสวิตช์เพื่อเริ่มต้นการทำงาน

4.1.6 คัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟ

รูปที่ 4.7 แสดงการคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟ

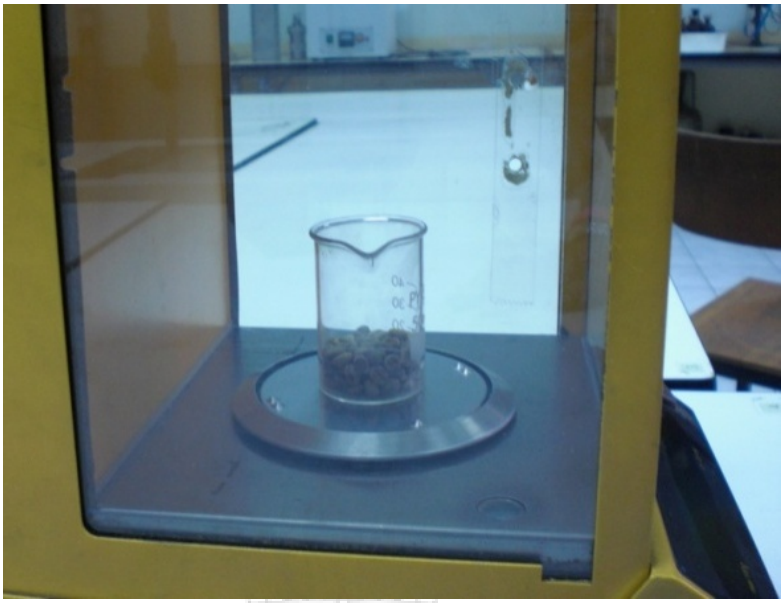
4.1.7 แยกขนาดเมล็ดกาแฟ

รูปที่ 4.8 แสดงการแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟ

4.1.8 ชั่งวัตถุดิบ

รูปที่ 4.9 แสดงการชั่งวัตถุดิบ

4.1.9 ตรวจสอบมาตรฐานด้วยการชั่งวัตถุดิบ



รูปที่ 4.10 แสดงการชั่งวัตถุดิบเพื่อตรวจสอบมาตรฐาน

4.2 ผลการทดลอง

การทดลองการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าในงานวิจัยนี้เงื่อนไขการทดลองถูกแบ่งได้เป็น 2 เงื่อนไขคือการใช้ความเร็วรอบของการหมุนตะแกรงคัดแยกคงที่และเปลี่ยนแปลงมุมเอียงของตะแกรงที่เริ่มต้นจาก 2 องศา เป็น 3และ 4 องศาตามลำดับหลังจากนั้นจึงทำการเปลี่ยนความเร็วรอบของการหมุนจากความเร็วรอบ 9.6 เป็น 14.4 rpm. ดังที่กล่าวมาแล้วข้นต้น โดยทุกการทดลองจะใช้เวลาในการทดลอง 1 ชั่วโมงซึ่งทำการทดลอง 3 ครั้งและถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยของการคัดแยกต่อไป

4.2.1 การใช้ความเร็วรอบของการหมุนตะแกรงคัดแยกด้วยความเร็วรอบ 9.6 rpm.

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟที่มุมเอียงของตะแกรง 2 องศา

ครั้งที่	น้ำหนักคัดแยก (kg)				
	รูตะแกรง 7.5 mm	รูตะแกรง 6 mm	รูตะแกรง 4 mm	เศษ	น้ำหนักรวม (kg)
1	12.4	72.4	27.6	0.4	112.8
2	12.0	73.2	28.8	0.2	114.2
3	12.8	74.0	28.4	0.2	115.4
เฉลี่ย	12.4	73.2	28.3	0.27	114.1

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟที่มุมเอียงของตะแกรง 3 องศา

ครั้งที่	น้ำหนักคัดแยก (kg)				
	รูตะแกรง 7.5 mm	รูตะแกรง 6 mm	รูตะแกรง 4 mm	เศษ	น้ำหนักรวม (kg)
1	15.0	65.2	66.4	0.4	147.0
2	14.0	76.0	67.2	0.2	157.4
3	14.2	74.0	66.0	0.4	154.6
เฉลี่ย	14.4	71.7	66.5	0.34	153

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟที่มุมเอียงของตะแกรง 4 องศา

ครั้งที่	น้ำหนักคัดแยก (kg)				
	รูตะแกรง 7.5 mm	รูตะแกรง 6 mm	รูตะแกรง 4 mm	เศษ	น้ำหนักรวม (kg)
1	12.0	78.8	67.0	0.2	158.0
2	14.0	76.6	62.0	0.4	153.0
3	13.6	78.0	65.2	0.4	157.2
เฉลี่ย	13.2	77.8	64.74	0.34	156.1

จากผลจากการทดลองดังตารางที่ 4.1 ถึง 4.3 พบว่าภายใต้ความเร็วรอบที่ 9.6 rpm. ปริมาณการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟภายในเวลา 1 ชั่วโมงมีค่าสูงสุด158 kg ซึ่งหากพิจาณาค่าเฉลี่ยของการคัดแยกนั้นจะมีค่าเป็น156.1 kg โดยเกิดขึ้นที่การปรับมุมเอียงของตะแกรง 4 องศา อย่างไรก็ตามเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านรูตะแกรงขนาด 6 mm. มีค่าสูงสุดที่ปริมาณการคัดแยก 78.8 kg โดยมีค่าเฉลี่ย 77.8 kg. ซึ่งเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านการคัดแยกผ่านรูตะแกรงทั้ง 3 ชั้นที่มีขนาดต่างกันของเครื่องคัดแยกขนาดถูกแสดงดังรูปที่ 4.11 ยิ่งไปกว่านั้นเมล็ดสารกาแฟที่ถูกคัดแยกจากรูตะแกรงทั้ง 3 ขนาด ที่ความเร็วรอบ9.6 rpm นั้นจะถูกนำมาตรวจสอบมาตรฐาน โดยการตรวจสอบมาตรฐานของสถาบันวิจัยพืชสวนกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และมาตรฐานของกรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ ถูกแสดงดังตารางที่ 4.4 และ4.5 ตามลำดับ

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

รูปที่ 4.11 แสดงเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านการคัดแยกผ่านรูตะแกรงทั้ง 3 ชั้น
(ก) 7.5mm (ข) 6 mm (ค) 4 mm (ง) น้อยกว่า 4 mm หรือเศษ

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการตรวจสอบมาตรฐานของสถาบันวิจัยพืชสวน

ขนาดรูตะแกรง (mm)	น้ำหนักของเมล็ดสารกาแฟ/100เมล็ดแห้ง (g)	มาตรฐาน	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน
7.5	17.44	●	
6	16.82	●	
4	16.35	●	
น้อยกว่า 4	9.27		●

หมายเหตุ เมล็ดสารกาแฟจะต้องมีน้ำหนักประมาณ 15.97-17.95 กรัม/100 เมล็ดแห้ง

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการตรวจสอบมาตรฐานของกรมการค้าภายใน

ขนาดรูตะแกรง (mm)	ความชื้น (%)	มาตรฐานข้อ 1		มาตรฐานข้อ 2		มาตรฐานข้อ 3	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
7.5	9.9	●		●		●	
6	9.9	●		●		●	
4	9.9	●		●		●	
น้อยกว่า 4	9.9		●	●			●

จากผลการตรวจสอบมาตรฐานทั้ง 2 ตามตารางที่ 4.4 และ 4.5 พบว่าเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านการคัดแยกสามารถแบ่งแยกเมล็ดสารกาแฟได้ 2 ขนาดคือขนาดที่ได้มาตรฐานและขนาดที่เล็กกว่ามาตรฐานโดยเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านขนาดรูตะแกรง 7.5, 6 และ4 mm.นั้นเป็นเมล็ดสารกาแฟที่มีขนาดมาตรฐานส่วนเมล็ดสารกาแฟที่มีขนาดเล็กกว่า 4 mm. เป็นเมล็ดสารกาแฟที่มีขาดเล็กกว่ามาตรฐานซึ่งหากตามมาตรฐานของสถาบันวิจัยพืชสวนเมล็ดสารกาแฟที่ถูกแยกผ่านรูตะแกรงขนาด 7 mm.จะมีน้ำหนักมากที่สุด ส่วนมาตรฐานของกรมการค้าภายในนั้นพบว่าเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านขนาดรูตะแกรง 7.5, 6 และ4 mm.นั้นสามารถผ่านมาตรฐานทั้ง 3 ข้อ ในทางกลับกันเมล็ดสารกาแฟที่มีขนาดเล็กกว่า 4 mm. ผ่านเพียงมาตรฐานข้อที่ 2 ที่มีความชื้นสูงสุด 9.9%โดยการตรวจสอบด้วยเครื่องวัดความชื้นซึ่งตามมาตรฐานวัตถุดิบจะต้องมีความชื้นที่ไม่เกิน 13 %

4.2.2 การใช้ความเร็วรอบของการหมุนตะแกรงคัดแยกด้วยความเร็วรอบ 14.4 rpm.

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟภายใต้มุมเอียงของตะแกรง 2 องศา

ครั้งที่	**น้ำหนักคัดแยก (kg)**				
	รูตะแกรง 7.5 mm	**รูตะแกรง 6 mm**	**รูตะแกรง 4 mm**	**เศษ**	**น้ำหนักรวม (kg)**
1	16.0	76.0	48.0	0.4	140.4
2	11.6	78.0	47.2	0.4	137.2
3	12.4	78.4	48.4	0.4	138.6
เฉลี่ย	13.3	77.5	47.5	0.4	138.7

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟภายใต้มุมเอียงของตะแกรง 3 องศา

ครั้งที่	น้ำหนักคัดแยก (kg)				
	รูตะแกรง 7.5 mm	รูตะแกรง 6 mm	รูตะแกรง 4 mm	เศษ	น้ำหนักรวม (kg)
1	16.0	92.4	40.0	0.4	148.8
2	16.8	94.8	43.2	0.4	155.2
3	16.4	93.6	41.2	0.4	151.6
เฉลี่ย	16.4	93.6	41.5	0.4	151.9

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟภายใต้มุมเอียงของตะแกรง 4 องศา

ครั้งที่	น้ำหนักคัดแยก (kg)				
	รูตะแกรง 7.5 mm	รูตะแกรง 6 mm	รูตะแกรง 4 mm	เศษ	น้ำหนักรวม (kg)
1	16.4	106.0	43.2	0.4	166.0
2	20.0	102.4	43.2	0.4	166.0
3	19.2	99.6	44.0	0.4	163.2
เฉลี่ย	18.5	102.7	43.5	0.4	165.1

จากผลจากการทดลองดังตารางที่ 4.6 ถึง 4. 8 ที่ความเร็วรอบที่ 14.4 rpm. ปริมาณการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟภายในเวลา 1 ชั่วโมงมีค่าสูงสุด 166 kg โดยมีค่าเฉลี่ยของการคัดแยกเป็น 165.1 kg โดยเกิดขึ้นที่การปรับมุมเอียงของตะแกรง 4 องศา อย่างไรก็ตามเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านรูตะแกรงขนาด 6 mm. มีค่าสูงสุดที่ปริมาณการคัดแยก 106 kg โดยมีค่าเฉลี่ย 102.7 kg. และการตรวจสอบมาตรฐานของสถาบันวิจัยพืชสวนกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และมาตรฐานของกรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ ถูกแสดงดังตารางที่ 4.9 และ4.10 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการตรวจสอบตามมาตรฐานของสถาบันวิจัยพืชสวน

ขนาดรูตะแกรง (mm)	น้ำหนักของเมล็ดสารกาแฟ/100เมล็ดแห้ง (g)	มาตรฐาน	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน
7.5	17.69	●	
6	16.68	●	
4	16.17	●	
น้อยกว่า 4	8.19		●

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการตรวจสอบตามมาตรฐานของกรมการค้าภายใน

ขนาดรูตะแกรง (mm)	ความชื้น (%)	มาตรฐานข้อ 1		มาตรฐานข้อ 2		มาตรฐานข้อ 3	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
7.5	9.9	●		●		●	
6	9.9	●		●		●	
4	9.9	●		●		●	
น้อยกว่า 4	9.9		●	●			●

ผลจากการตรวจสอบมาตรฐานทั้ง 2 ตามตารางที่ 4.9 และ 4.10 ด้วยการทดสอบที่ความเร็วรอบคัดแยกที่ 14.4 rpm. พบว่าเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านการคัดแยกสามารถแบ่งแยกเมล็ดสารกาแฟได้ 2 ขนาดคือขนาดที่ได้มาตรฐานและขนาดที่เล็กกว่ามาตรฐาน ส่วนมาตรฐานของกรมการค้าภายในนั้นพบว่าเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านขนาดรูตะแกรง 7.5, 6 และ4 mm.นั้นสามารถผ่านมาตรฐานทั้ง 3 ข้อ และเมล็ดสารกาแฟที่มีขนาดเล็กกว่า 4 mm. ผ่านเพียงมาตรฐานข้อที่ 2 เท่านั้นในเรื่องความชื้นของวัตถุดิบที่มีค่าเพียง 9.9% เช่นเดียวกับการคัดแยกด้วยความเร็วรอบ 9.6 rpm.อย่างไรก็ตามการเปรียบเทียบปริมาณการคัดแยกที่ความเร็วรอบทั้ง 2 นั้นเป็นตัวชี้บ่งของสมรรถนะของเครื่องคัดแยกและการพิจารณาค่าปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต [SEC] โดยแสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณการคัดแยกและปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต [SEC]

ความเร็วรอบ (rpm.)	มุมเอียง (องศา)	ปริมาณการคัดแยก (kg)	พลังงานไฟฟ้า (kW-hr)	พลังงานความร้อน (MJ)	[SEC] (MJ/kg)
9.6	2	113.87	0.746	0	0.02358
	3	152.67	0.746	0	0.01759
	4	155.73	0.746	0	0.01724
14.4	2	138.3	0.746	0	0.01942
	3	151.5	0.746	0	0.01773
	4	164.7	0.746	0	0.01631

ผลการเปรียบเทียบปริมาณการคัดแยก ตามตารางที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่าการทดสอบการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟที่ความเร็วรอบคัดแยก 14.4 rpm. และมุมเอียงของตะแกรงที่ 4 องศานั้นเป็นจุดที่เครื่องคัดแยกเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้ามีประสิทธิภาพการคัดแยกสูงสุดโดยมีปริมาณการคัดแยกที่ 164.7 kg/hr โดยค่าที่ได้ดังกล่าวจะพิจาณาเพียงเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านมาตรฐานเท่านั้นเพื่อใช้ในการคำนวนหาปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต [SEC] ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

สำหรับการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต [SEC] นั้นก็จะมีค่าต่ำสุดที่ 0.01631 MJ/kg ภายใต้เงื่อนไขการทดลองเดียวกันคือที่ ความเร็วรอบคัดแยก 14.4 rpm. และมุมเอียงของตะแกรงที่ 4 องศาเช่นกัน อย่างไรก็ตามเครื่องคัดแยกเมล็ดสารการแฟนี้ไม่มีส่วนที่ใช้พลังงานความร้อน ส่วนค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีค่าเท่ากันเนื่องจากทางคณะผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการคัดแยกมีค่า0.746 kW-hr ซึ่งเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด

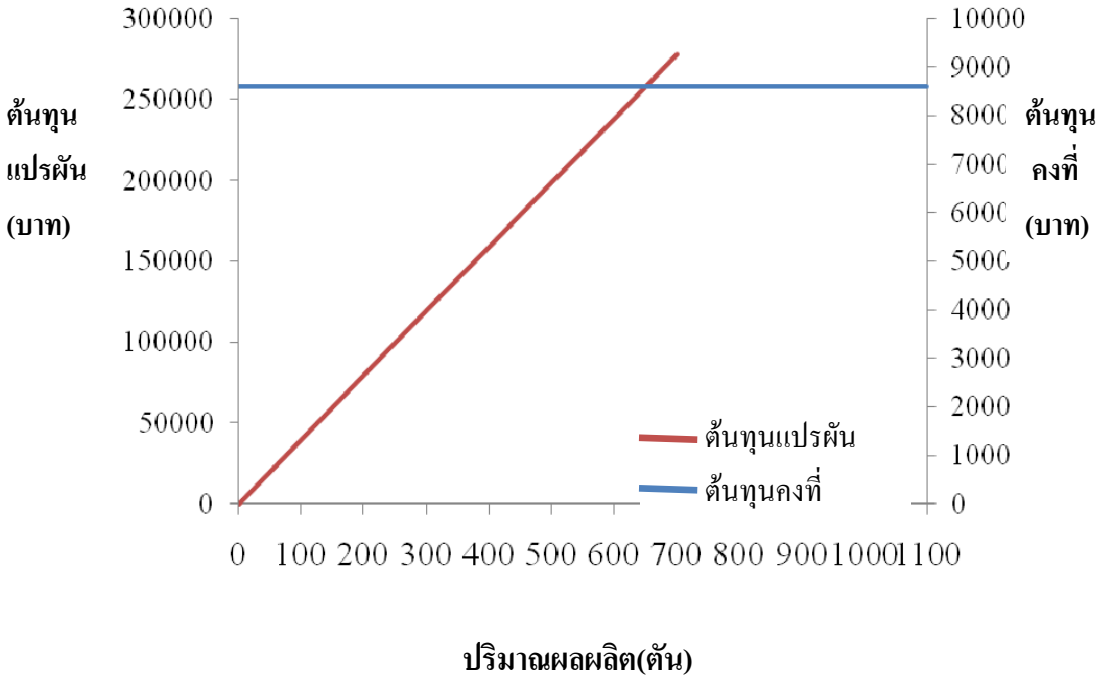
4.3 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการตัดสินใจ วางแผนและจัดการในการทำธุรกิจ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำมาพิจารณาด้วย โดยผลการวิเคราะห์ต้นทุนรวมและจุดคุ้มทุนรวมไปถึงระยะเวลาการคืนทุนถูกแสดงดังตารางที่ 4.12และ4.13 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการหาต้นทุนรวม

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)		**ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost)**	
ราคาเครื่องคัดแยก	40,000 บาท	ค่าจ้างแรงงาน	31,500 บาท/ปี
ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี	8,000 บาท/ปี	ค่าไฟฟ้าแปรผัน	4,167 บาท/ปี
ค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคาร	600 บาท/ปี	ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร	4,000 บาท/ปี
ต้นทุนคงที่รวม	**8,600 บาท/ปี**	**ต้นทุนแปรผันรวม**	**39,667 บาท/ปี**
ต้นทุนรวมทั้งหมด = 48,267 บาท/ปี			

ผลจากการประเมินทางเศรษฐศาสตร์วิศกรรมเรื่องต้นทุนจากตารางที่ 4.11 พบว่าต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) มีค่าสูงกว่าต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) ถึงประมาณ 4.61 เท่า โดยความสัมพันธ์ของต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันแสดงดังรูปที่ 4.12 ซึ่งปริมาณต้นทุนแปรผันที่สูงกว่าต้นทุนคงที่นั้นเป็นผลมาจากปัจจัยหลักเรื่องประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกที่เป็นปัจจัยเชื่อมโยงกับค่าจ้างแรงงานและค่าไฟฟ้าแปรผันจึงทำให้ต้นทุนแปรผันรวมมีผลต่างจากต้นทุนคงที่รวมมาก ซึ่งโดยปกติแล้วต้นทุนแปรผันรวมจะขึ้นอยู่กับปัจจัยเดียวก็คือกำลังการผลิต ดังนั้นประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกก็คือปัจจัยหลักของต้นทุนแปรผันนั่นเอง

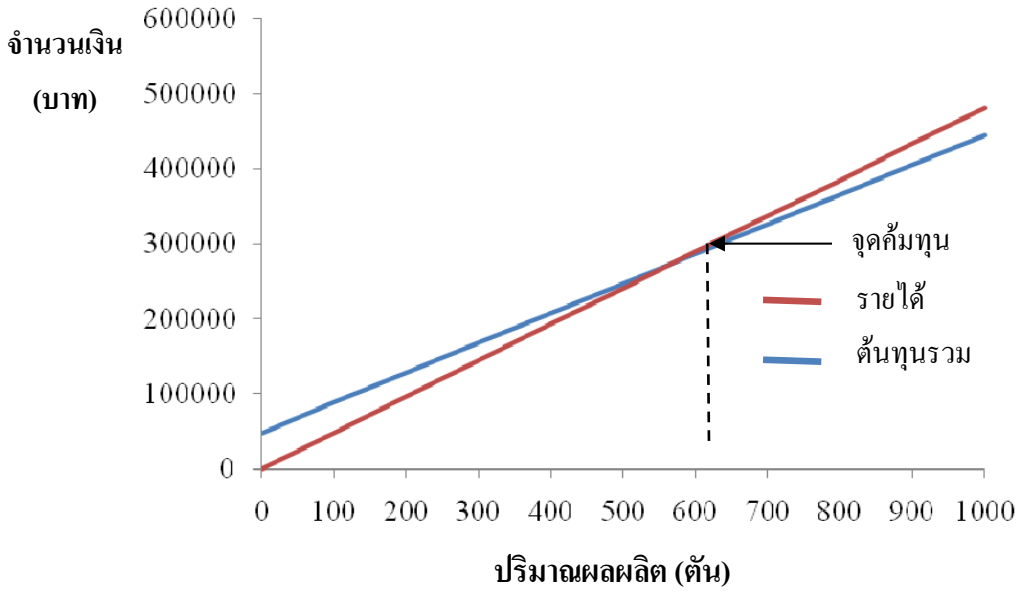


รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการหาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุน

ข้อมูล		จุดคุ้มทุน (Break-Even Point)	ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)
กำลังการผลิตต่อปี	247,050 กิโลกรัม/ปี	**1,070,550 กิโลกรัม/ปี**	**3.598 ปี**
ต้นทุนค่าใช้จ่าย	0.195 บาท/กิโลกรัม		
ค่ารับจ้างคัดแยก	0.24 บาท/กิโลกรัม		
ผลกำไร	0.045 บาท/กิโลกรัม		

ในกรณีของจุดคุ้มทุน (Break-Even Point) และระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) จากตารางที่ 4.12 พบว่าจุดคุ้มทุนมีค่าถึง 1,070,550 กิโลกรัม/ปี ซึ่งมากกว่ากำลังการผลิตจริงนั่นหมายถึงมีความจำเป็นจะต้องเพิ่มกำลังการผลิตให้สูงขึ้น โดยความสัมพันธ์ของจุดคุ้มทุนแสดงดังรูปที่ 4.13 ส่วนระยะเวลาการคืนทุนอยู่ที่ 3.598 ปีโดยยังคงอยู่ในอายุการใช้งานเครื่องที่มีค่าต่ำสุดที่ 5 ปี และยังพบความสัมพันธ์อีกว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลคือกำลังการผลิตโดยมีต้นทุนค่าใช้จ่ายและผลกำไรเป็นเพียงปัจจัยรองมาเนื่องจากต้นทุนค่าใช้จ่ายและผลกำไรเป็นความสัมพันธ์ที่ถูกเชื่อมโยงมาจากกำลังการผลิตทั้งสิ้น ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นเรื่องต้นทุนรวม และจุดคุ้มทุนจะเป็นผลกระทบต่อกำลังการผลิตหรือประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกนั่นเอง ส่วนระยะเวลาการคืนทุนจะขึ้นอยู่กับราคาเครื่องจักรและผลกำไร



รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ของจุดคุ้มทุน

บทที่ 5

บทสรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลจากการดำเนินการวิจัยเครื่องคัดแยกเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า เป็นงานวิจัยที่เน้นการออกแบบและสร้างภายใต้พื้นฐานทางวิศวกรรมเพื่อการได้มาซึ่งเครื่องมือที่สามารถใช้กำหนดมาตรฐานของเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าซึ่งเป็นปัจจัยหลักของมูลค่าของวัตถุดิบ หากนำไปใช้ในชุมชนผู้ปลูกกาแฟโรบัสต้าก็จะส่งผลให้ได้วัตถุดิบที่ตรงตามความต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมที่รับซื้อผลผลิต เป็นการเพิ่มอำนาจการต่อรองให้กับเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟและปัจจัยรองมาจะเป็นการส่งเสริมทำให้เกิดงาน เกิดความสามัคคี ทำให้ชุมชนเข้มแข็งสามารถพึ่งพาตนเองได้ซึ่งสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติยิ่งไปกว่านั้นในงานวิจัยนี้ยังตระหนักถึงหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการตัดสินใจในการลงทุน โดยผลจากการวิจัยเป็นไปตามเป้าประสงค์ตามการวางแผนและขอบเขตการวิจัยโดยสามารถแบ่งตามหัวข้อได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 ด้านประสิทธิภาพการคัดแยก

เครื่องคัดแยกสามารถทำการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าได้สูงสุดถึง 165.1 กิโลกรัม ภายใต้การทำงานอย่างต่อเนื่อง 1ชั่วโมง ด้วยเงื่อนไขการทำงานที่ความเร็วรอบของการหมุนและมุมเอียงของตะแกรงที่ 14.4 rpm และ 4 องศาตามลำดับ ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าวเป็นจุดที่เครื่องคัดแยกมีสมรรถนะสูงสุดในการคัดแยก ซึ่งจากผลการทดลองจะพบว่าการใช้รอบการหมุนที่สูงกว่าจะทำให้ปริมาณการคัดแยกสูงกว่าการใช้รอบการหมุนที่ต่ำ อย่างไรก็ตามทางคณะผู้วิจัยเลือกความเร็วรอบดังกล่าวสืบเนื่องจากการคำนึงถึงอันตรายจากการใช้งานและข้อจำกัดของเครื่องคัดแยกที่มีลักษณะเป็นถังคัดแยกทรงกระบอกที่อาศัยหลักการเหวี่ยงแยก ดังนั้นความเร็วรอบดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมตามรูปทรงของเครื่องคัดแยกที่ออกแบบไว้ซึ่งมีประสิทธิภาพดังกล่าวสามารถทำได้สูงกว่าเป้าประสงค์ถึง 2.058 เท่า

5.1.2 ด้านมาตรฐานของเมล็ดสารการแฟ

เมล็ดสารกาแฟที่ผ่านการคัดแยกแล้วจะถูกนำมาตรวจสอบมาตรฐานซึ่งแบ่งเป็น 2 มาตรฐานทั้งมาตรฐานของกระทรวงพานิชย์และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งเครื่องคัดแยกนี้ที่ผ่านการศึกษามาตรฐานมาก่อนสามารถใช้กำหนดมาตรฐานได้ซึ่งสามารถคัดแยกวัตถุดิบได้ 2 ขนาดคือขนาดมาตรฐานและขนาดเล็กกว่ามาตรฐาน โดยขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานนั้นไม่สามารถทำได้เนื่องจากวัตถุดิบที่เป็นเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้านั้นมีขนาดไม่ใหญ่มากเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดสารกาแฟอาราบิกา

สำหรับความชื้นของเมล็ดสารกาแฟนั้นสามารถผ่านมาตรฐานซึ่งมีค่าความชื้นสูงสุดของวัตถุดิบเพียง 9.9 % เท่านั้นโดยเป็นผลจากการนำวัตถุดิบมาตากแดดก่อนการนำคัดแยกนั่นเองอีกทั้งเครื่องคัดแยกนี้ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ถึงมาตรฐานเรื่องการดมกลิ่น สีและการชิมหรือ Cup Quality ได้ โดยการชิม การดมกลิ่นและสีของเมล็ดสารกาแฟจะใช้กับมาตรฐานของโรงงานผู้รับซื้อควบคู่กับมาตรฐานของปกติ ซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้มนุษย์และเครื่องมือพิเศษในการวิเคราะห์

อย่างไรก็ตามการที่เมล็ดสารกาแฟจะผ่านเกณฑ์มาตรฐานของโรงงานหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของเมล็ดสารกาแฟที่เป็นผลของการดูแลเอาใจใส่ของเกษตรกรตลอดจนสายพันธุ์ของกาแฟและการพัฒนาเพื่อให้ได้มาซึ่งเมล็ดสารกาแฟที่มีคุณภาพ ซึ่งโดยปกติคุณภาพของวัตถุดิบของเกษตรกรจะผ่านเกณฑ์มาตรฐานเรื่อง สี กลิ่นและรสชาดอยู่แล้ว

5.1.3 ด้านปริมาณการใช้พลังงาน

ปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องคัดแยกเมล็ดสารกาแฟที่ใช้ในการวิจัยนี้ มีระดับการใช้พลังงานเพียง 0.01631 MJ/kg ซึ่งเป็นผลจากปัจจัย 2 ประการคือ คุณภาพของวัตถุดิบที่มีมาตรฐานและประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยก ซึ่งหากเครื่องคัดแยกมีประสิทธิภาพสูงภายใต้ระยะเวลาการทำงานที่เท่ากันเป็นผลทำให้ปริมาณการใช้พลังงานต่ำ ในเวลาเดียวกันคุณภาพของวัตถุดิบที่สูงกว่าทำให้การใช้พลังงานต่ำกว่าเนื่องจากการพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานจะพิจารณาเฉพาะเพียงวัตถุดิบที่ผ่านมาตรฐานเท่านั้น

5.1.4 ด้านการประเมินทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเป็นนี้เป็นการพิจารณาถึงต้นทุนการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุนที่มีผลกระทบโดยตรงต่อการตัดสินใจลงทุน ซึ่งจากการศึกษาพบว่า จุดคุ้มทุนของการคัดแยกเมล็สารกาแฟอยู่ที่ 1,070,550 กิโลกรัม/ปี ซึ่งทำให้มีระยะเวลาการคืนทุนอยู่ที่ 3.598 ปี อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษายังพบอีกว่าตัวแปรหลักที่มีผลต่อจุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุนคือ ปริมาณผลผลิตหรือปริมาณ

การคัดแยกนั่นเอง หรือก็คือความสามารถหรือประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าเป็นตัวกำหนดจุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุน ส่วนผลกำไรจากการรับจ้างคัดแยกและระยะเวลาการทำงานเป็นปัจจัยรองลงมาตามลำดับที่จะส่งผลต่อจุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 หากทำการศึกษามาตรฐานของขนาดเมล็ดสารกาแฟอาราบิกาหรือผลิตภัณฑ์อื่นๆก็สามารถนำประยุกต์ใช้กับเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าได้

5.2.2 สามารถขยายมิติของเครื่องคัดแยกเพื่อเพิ่มปริมาณการคัดแยกได้ซึ่งจะส่งผลต่อจุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุนที่สั้นลงได้

5.2.3 การออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกรวมไปถึงการทดลองควรคำนึงถึงหลักพื้นฐานทางวิศวกรรมที่จะส่งผลต่อต้นทุนเครื่องจักรและความปลอดภัย

5.2.4 เครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟนี้จะเกิดประโยชน์สูงสุดกับประเทศชาติและประชาชนได้หากถูกนำไปใช้ชุมชนหรือเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟเพื่อส่งเสริมความสามัคคีและความแข็งแรงของชุมชนเนื่องจากเป็นเครื่องมือมาตรฐานที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตกาแฟซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการต่อรองกับพ่อค้าคนกลางหรือโรงงานอุตสาหกรรม

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2552. **คู่มือพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม**. กรุงเทพมหานคร.

กลุ่มงานพืชอุตสาหกรรม สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร. 1 มกราคม 2549. **ประกาศกรมการค้าภายในเรื่องมาตรฐานเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้าของประเทศไทย**.

ชาติชาย อัศดรศักดิ์ และ พัชราภรณ์ เนียมมณี. 2547. **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ถาวร อมตกิตต์. 2545. **การส่งกำลังและการประหยัดพลังงานมอเตอร์ฟ้ากระแสสลับ**. กรุงเทพมหานคร : เอ็มแอนด์อี.

ปิยนุช นาคะ และคณะ. 2540. **เปรียบเทียบคุณภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสต้า**. รายงานการวิจัย. สถาบันวิจัยพืชสวน ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร.

ปิยนุช นาคะเสรี และคณะ. 2540. **การปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสต้า**. รายงานการวิจัย. สถาบันวิจัยพืชสวน ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร.

ไพบูลย์ แย้มเผื่อน. 2549. **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม**. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) .

รสวัสดิ์ ภูวิภิรมย์และสิรี ชัยเสรี.สารระเหยในกาแฟโรบัสต้าของไทย **ในรายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41**,หน้า 124-131. 3-7 กุมภาพันธ์ 2546 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน. 2541. **การออกแบบเครื่องกล เล่ม 1**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น .

กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม, 2552. **ประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ (ฉบับที่ 3) ลงวันที่ 25 ธันวาคม 2552**. กรุงเทพมหานคร. (อัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร. **กาแฟโรบัสต้า** [Online]. Available : http://www.it.doa.go.th/vichakan/ news.

เทคโนโลยีสารสนเทศทางการเกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . **ฐานข้อมูลกาแฟ**. [Online]. Available : http://ait.nisit.kps.ku.ac.th/dbeconomicfieldcrop/maincrop/coffee/maincoffee1.htm.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. ตุลาคม 2543. **ประกาศเรื่องอัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค**. [Online]. Available : http://www.eppo.go.th/power/pw-Rate-PEA.html#1.

ธนาคารแห่งประเทศไทย. กรกฎาคม 2553. **อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ**. [Online]. Available : http://www2.bot.or.th/statistics/ReportPage.aspx?reportID=223&language=th.

horizon. ธันวาคม 2552. **กาแฟโรบัสต้า**. [Online] Available : http://www.it.doa.go.th/vichakan/ news.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
ตารางที่ใช้ในการออกแบบ

ตาราง ก. 1 แสดงขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R 775 – 1969

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง mm				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	400

ที่มา : การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1

ตาราง ก. 2 แสดงค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลาอยู่นิ่ง ¦		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 - 2.0	1.5 - 2.0
เพลาหมุน ¦		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบาๆ	1.5 - 2.0	1.0 - 1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0 - 3.0	1.5 - 3.0

ที่มา : การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1

ตาราง ก.3 แสดงคุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสม

AISI Type	Condition	Tensile Strength, ksi	Yield Strength, ksi	Elongat. in 2 in., %	Reduction in Area, %	Hardness, BHN	Machin-ability (Based on 1112 = 100)
1010	HR	64	42	28	67	107	45
	CD	78	68	16	63	129	55
	CDA	64	48	28	65	131	55
1020	HR	65	43	36	59	143	50
	CD	78	66	20	55	156	65
	A	57	52	37	66	111	90
	N	64	50	36	68	131	75
1030	HR&turned	72	44	31	63	140	-
	CD	84	76	16	57	177	65
	A	67	50	31	58	126	-
	N	76	51	32	61	149	-
1040	HR	91	58	27	50	201	63
	CD	100	88	17	42	207	65
	A	75	51	30	57	149	-
	N	85	50	28	55	170	60
1045	HR	98	59	24	45	212	56
	CD	103	90	14	40	217	60
	A	90	55	27	54	174	60
	N	99	61	25	49	207	-
1050	HR	105	67	15	-	-	-
	CD	114	104	9	-	-	54
	A	92	43	24	40	187	-
	N	109	62	20	39	217	-
1095	HR	142	83	18	38	295	-
	A	95	38	13	21	192	-
	N	147	73	10	14	293	-
1118	HR	75	50	35	55	140	-
	CD	85	75	25	55	170	80
	A	65	41	35	67	131	80
	N	69	46	34	66	143	80
2330	CD	105	90	20	50	212	50
	A	86	61	28	58	179	50
	N	100	68	26	56	207	-
3140	CD	107	92	17	50	212	55
	A	100	61	25	51	197	55
	N	129	87	20	58	262	-
4130	HRA	86	56	29	57	183	65
	CDA	98	87	21	52	201	70
	N	97	63	26	60	197	50
4140	HRA	90	63	27	58	187	57
	CDA	102	90	18	50	223	66
	N	148	95	18	47	302	-
					45	207	45

ที่มา : การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1

ภาคผนวก ข.

คู่มือการใช้งานเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า

ขั้นตอนการใช้เครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า

1. ตรวจดูสภาพความพร้อมโดยรวมของเครื่องก่อนการใช้งาน
2. ทำการเปิดเบรกเกอร์ให้อยู่ในตำแหน่ง ON ที่อยู่ภายในตู้ควบคุม
3. ปรับตั้งมุมลาดเอียงของตะแกรง
4. นำเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าเทลงไปในกรวยใส่วัตถุดิบ
5. นำภาชนะรองรับวัตถุดิบมารองรับการคัดแยกที่ช่องทางออกวัตถุดิบ
6. กดปุ่ม START ที่ตู้ควบคุมเพื่อเริ่มการทำงาน
7. วัตถุดิบจะถูกคัดแยกขนาดโดยอัตโนมัติ
8. หากต้องการหยุดการทำงานของเครื่องชั่วคราวให้กดปุ่ม STOP ที่ตู้ควบคุม

ขั้นตอนหลังการใช้เครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า

1. กดปุ่ม STOP ที่ตู้ควบคุมเพื่อหยุดการทำงาน และทำการถอดปลั๊กออก
2. นำเศษเมล็ดสารกาแฟที่ตกค้างอยู่ภายในเครื่องออก
3. ทำความสะอาดส่วนต่างๆ ของเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟ

ข้อแนะนำและข้อควรระวัง

1. ควรตรวจสอบความพร้อมของเครื่องก่อนการใช้งานเสมอ
2. ก่อนการกดปุ่ม START ควรตรวจสอบสิ่งกีดขวางที่อยู่บริเวณรอบๆเครื่องเสียก่อน
3. ควรตรวจสอบสายไฟอยู่เสมอ
4. หากเกิดการติดขัดขณะทำงานให้กดปุ่ม EMERGENCY

ภาคผนวก ค.
ระเบียบการรับซื้อเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า

ระเบียบการรับซื้อเมล็ดกาแฟโรบัสต้า บริษัทควอลิตี้ คอฟฟี่ โปรดักส์ จำกัด

1. เอกสารที่ผู้ส่งกาแฟจะต้องเตรียมมาด้วย

1.1 สมุดบัญชีธนาคาร ที่ทางบริษัทฯ กำหนด

1.2 บัตรประจำตัวประชาชน ชื่อเดียวกับสมุดธนาคาร

2. ทางบริษัทฯ จะตรวจวัดคุณภาพเมล็ดกาแฟ 3 ประเภทคือ

2.1 ความชื้น: เมล็ดกาแฟจะต้องมีความชื้น ไม่เกิน 12% หากเกิน 12% จนถึง 13% จะต้องถูกหักเงิน 1% ต่อ 1% ของความชื้นที่เกิน 12% หากเมล็ดกาแฟมีความชื้นต่ำกว่า 9% หรือเกิน 13% จะต้องถูกส่งคืน

2.2 ข้อบกพร่อง: ข้อบกพร่องมี 4 ชนิดดังนี้

1. สิ่งแปลกปลอม หมายถึง สิ่งอื่นๆ ที่ไม่ใช่เมล็ดกาแฟ รวมทั้งผลแห้ง, เปลือก และเยื่อหุ้มเมล็ด
2. เมล็ดดำ หมายถึง เมล็ดกาแฟที่มีส่วนของสีดำมากกว่าครึ่งหนึ่งของเมล็ด
3. เมล็ดแตก หมายถึง ชิ้นส่วนบางส่วนของเมล็ดกาแฟ ที่มีขนาดเท่ากับ หรือเล็กกว่าครึ่งหนึ่งของเมล็ด
4. เมล็ดมอดเจาะ หมายถึง เมล็ดกาแฟ ซึ่งมีรูมากกว่า 1 รู ขึ้นไป
5. เมล็ดรา หมายถึง เมล็ดกาแฟที่มีเชื้อราขึ้นที่ผิวเมล็ด

– น้ำหนักของข้อบกพร่องทุกชนิดจะถูกนำมาคิดน้ำหนัก ข้อบกพร่องรวม 0.00 – 0.50% จะได้ราคาเพิ่มขึ้น 2 เท่า

2.3 การชิม / คม: บริษัทฯ จะไม่รับซื้อเมล็ดกาแฟที่มีกลิ่น หรือรสชาติที่เกิดจากหมัก หรือผิดปกติจากเมล็ดกาแฟโรบัสต้า โดยทั่วไป

3. การคิดราคา

3.1 ราคาฐาน: ราคาตามที่บริษัทฯ กำหนดขึ้น

3.2 การบวกราคา: บริษัทฯ จะมีการกำหนดและคำนวณราคาพิเศษ โดยเพิ่มจากราคาฐานที่ทางบริษัทฯ ประกาศโดย

1. เกษตรกรที่ส่งมอบกาแฟในปีที่ผ่านมา จะได้ราคาพิเศษเพิ่มขึ้น 1 เท่า
2. เกษตรกรที่ส่งมอบกาแฟให้กับบริษัทฯ และได้น้ำหนักกาแฟรวมมากกว่าหรือเท่ากับ 2,500 ก.ก ในการส่งมอบครั้งนั้น ได้ ราคาพิเศษเพิ่ม 1 เท่า

3. เกษตรกรที่ส่งมอบกาแฟให้กับบริษัทฯ แล้วมีข้อบกพร่องรวม เท่ากับ

- ข้อบกพร่องรวม 0.00 – 0.50% จะได้ราคาเพิ่มขึ้น 2 เท่า
- ข้อบกพร่องรวม 0.51 – 1.00% จะได้ราคาเพิ่มขึ้น 1 เท่า

3.3 <u>การตัดราคา</u>

- เมล็ดกาแฟที่มีข้อบกพร่องรวมน้อยกว่าหรือเท่ากับ 7% แต่มีเมล็ดแตกมากกว่า 2% และ/หรือ เมล็ดมอดเจาะมากกว่า 4% จะต้องถูกหัก
  ราคา 0.5% ต่อเปอร์เซ็นต์ของข้อบกพร่องที่สูงกว่ากำหนดทุกๆ 1%
- เมล็ดกาแฟที่มีข้อบกพร่องรวมระหว่าง 7-9% จะถูกหักราคา 1% สำหรับข้อบกพร่องรวมที่สูงกว่า 7% ทุกๆ 1% และถ้ามีเมล็ดแตกมากกว่า 2% และ/หรือเมล็ดมอดเจาะมากกว่า 4% จะต้องถูกหักราคา 0.5% ต่อเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องที่สูงกว่ากำหนดทุกๆ 1%
- เมล็ดกาแฟที่มีความชื้นระหว่าง 12-13% จะถูกหักราคา 1% สำหรับความชื้นที่สูงกว่า 12% ทุกๆ 1%

4. การคืน: บริษัท ฯ จะไม่รับซื้อเมล็ดกาแฟและคืนให้กับผู้ส่งกาแฟเมื่อ

- ความชื้นเมล็ดกาแฟสูงเกิน 13% หรือต่ำกว่า 9%
- ข้อบกพร่องเมล็ดกาแฟรวมสูงเกิน 9%
- สิ่งแปลกปลอมสูงกว่า 1% และ/หรือ เมล็ดดำมากกว่า 2%
- เมล็ดกาแฟขึ้นรา
- เมล็ดกาแฟมีกลิ่นหมัก/รสชาติหมัก หรือผิดปกติจากเมล็ดกาแฟโรบัสต้าทั่วไป
- น้ำหนักต่อกระสอบมากกว่า 120 กิโลกรัม

5. การโอนเงิน: บริษัท ฯ จะประกาศผลการรับซื้อเมล็ดกาแฟที่ผ่านการตรวจวัดคุณภาพตามข้อ 2 ภายในวันที่ส่งมอบ และจะโอนเงินเข้าบัญชีธนาคารของเกษตรกรภายหลังจากการส่งมอบภายใน 7 วันทำการ นอกจากนี้ บริษัท ฯ จะคืนกระสอบเปล่าให้แก่เกษตรกรในจำนวนเท่ากับเกษตรกรรายนั้นส่งมอบให้กับทางบริษัท ฯ ก่อนฤดูการรับซื้อถัดไป

<u>หมายเหตุ</u> : ทางบริษัท ฯ ขอสงวนสิทธิ์ในการเปลี่ยนแปลงราคา โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า และจะรับซื้อเมล็ดกาแฟจากบุคคลที่ ทางบริษัท ฯ เห็นสมควรเท่านั้น

ภาคผนวก ง.
ขนาดของเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า

ที่ กข/092

กลุ่มเกษตรกรทำสวนเขาทะลุ
เลขที่ 14/1 หมู่ 5 ต.เขาทะลุ
อ.สวี จ.ชุมพร 86130

15 พฤศจิกายน 2551

เรื่อง โครงสร้างเครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟ

การคัดเลือกเมล็ดกาแฟ

ในกระบวนการผลิตเมล็ดกาแฟคั่วนั้น เมื่อนำเมล็ดกาแฟไปคั่วทำให้กาแฟได้รับความร้อนไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นผลให้ได้เมล็ดกาแฟที่ไม่มีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องคัดแยกออกมาเป็นแต่ละเบอร์ เพื่อให้เมล็ดกาแฟสามารถคั่วได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแยกเมล็ดกาแฟ เป็นสี่ขนาด คือ เบอร์ 0, 1 ,2 ,3

เบอร์	ขนาด mm
0	8
1	7
2	6
3	4 -4.5

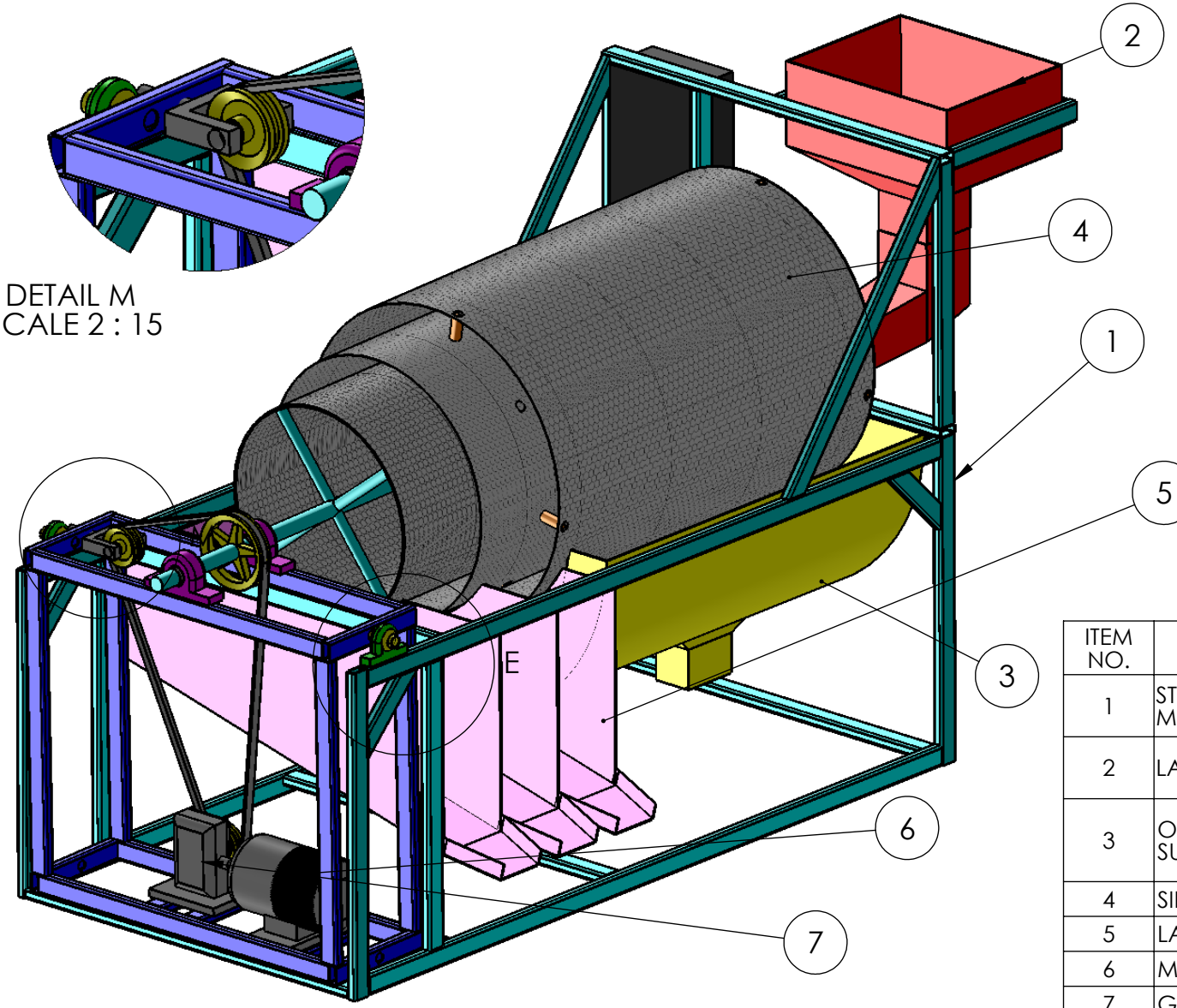
(นายเอกภพ สีถาการ)
หัวหน้าสแปรดายน์

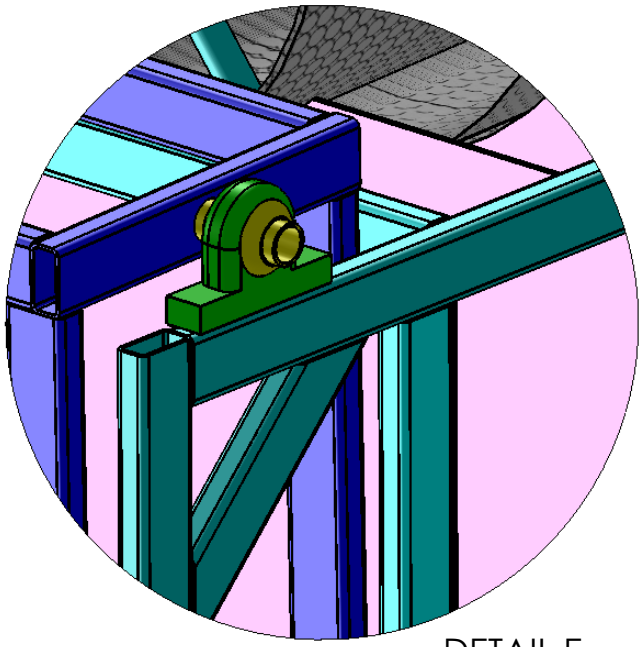
สำนักงานกลุ่มเกษตรกรทำสวนเขาทะลุ
โทร.077-620-009
โทรสาร.077-620-009

ภาคผนวก จ.

แบบเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า

DETAIL M
SCALE 2 : 15

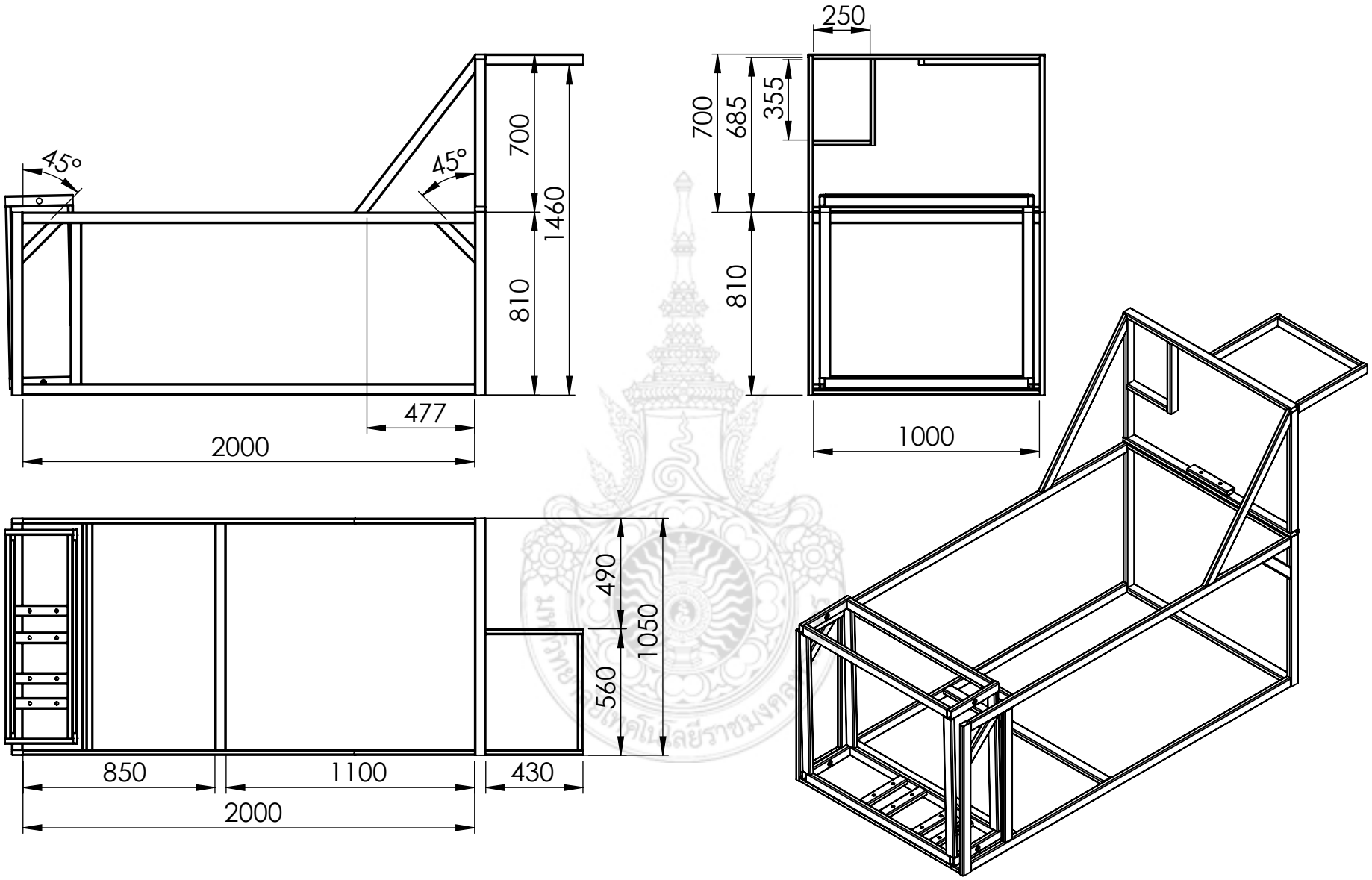




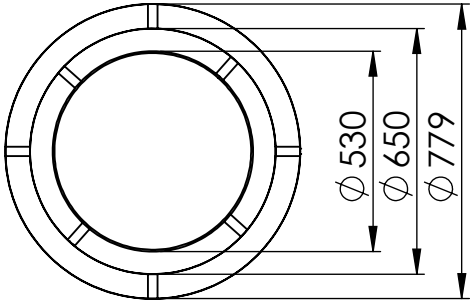
DETAIL E
SCALE 1 : 5

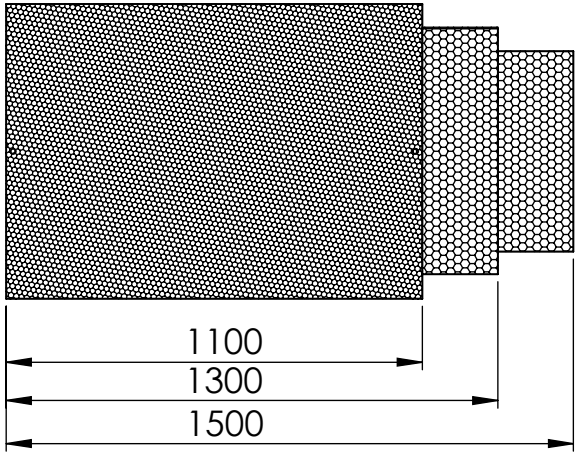
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	STRUCTURE OF SEPARATOR MACHINE		1
2	LAW MATERIAL CONTAINER		1
3	OUT OF STANDARD SIZE SUPPORTOR		1
4	SIEVE SET		1
5	LAW MATERIAL SUPPORTOR		1
6	MOTOR		1
7	GEAR		1

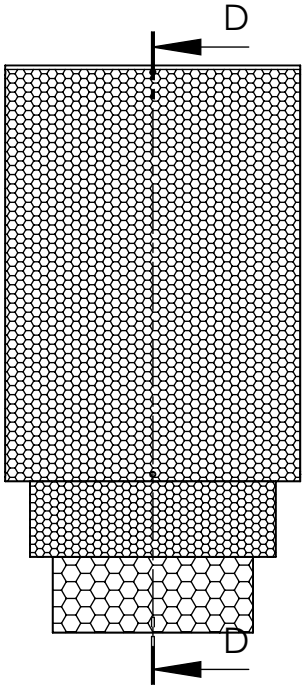
DESIGNER	POLLARAT BOONME	Jan 2010	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Fab 2010				
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Fab 2010	TITLE : ROBUSTA COFFEE BEAN SEPARATOR MACHINE	ASSEMBLY : ROBUSTA COFFEE BEAN SEPARATOR MACHINE	Third Angle Projection	SCALE : 1:15
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 1 OF 6

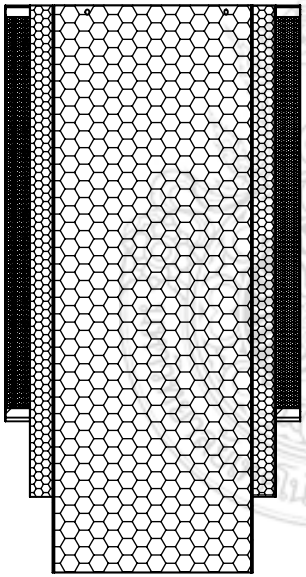


DESIGNER	POLLARAT BOONME	Jan 2010	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Fab 2010				
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Fab 2010	TITLE : STRUCTURE OF SEPARATOR MACHINE	ASSEMBLY : ROBUSTA COFFEE BEAN SEPARATOR MACHINE	Third Angle Projection	SCALE : 1:25
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 2 OF 6

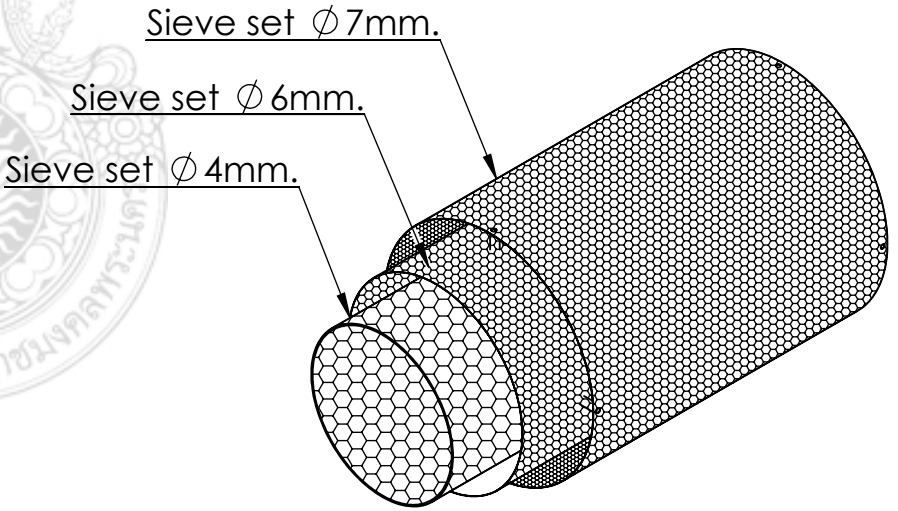




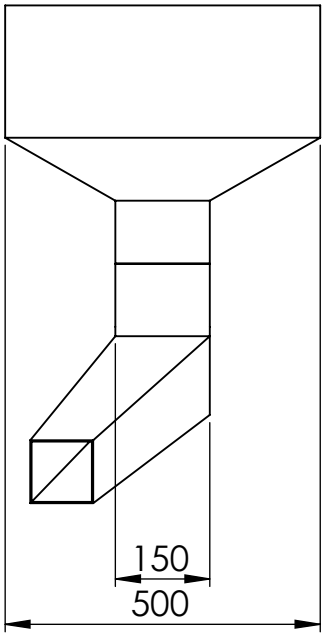


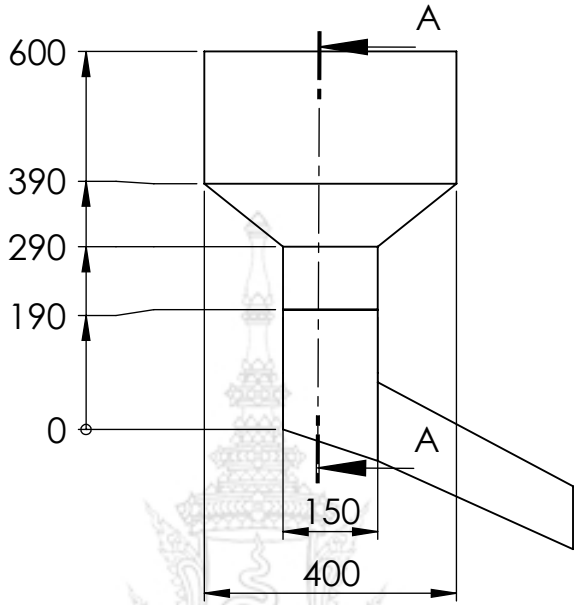


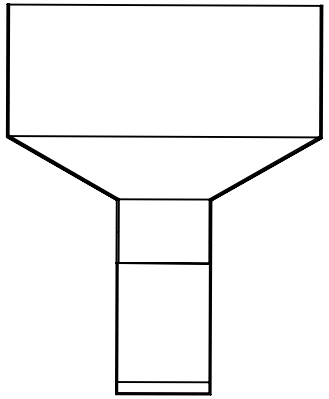
SECTION D-D
SCALE 1 : 20



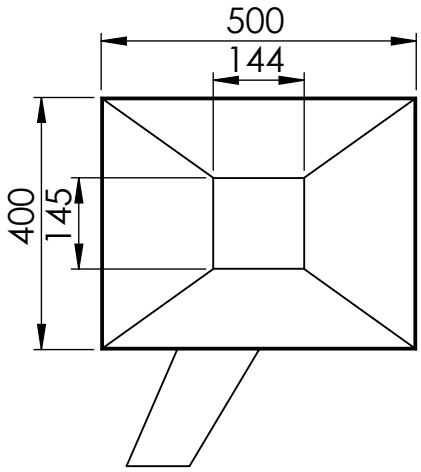
DESIGNER	POLLARAT BOONME	Jan 2010	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Fab 2010	RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Fab 2010	TITLE : SIEVE SET	ASSEMBLY : ROBUSTA COFFEE BEAN SEPARATOR MACHINE	Third Angle Projection	SCALE : 1:20
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 3 OF 6

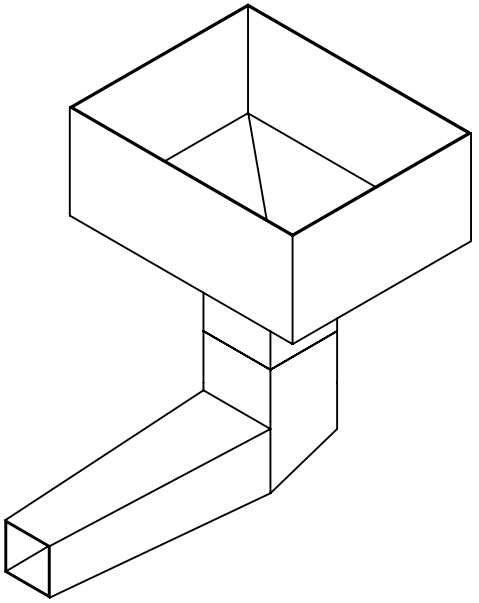




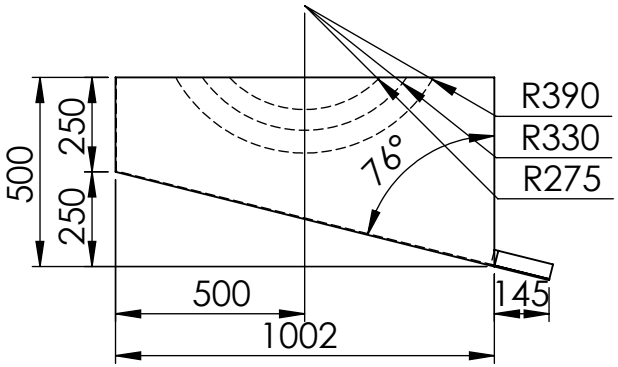


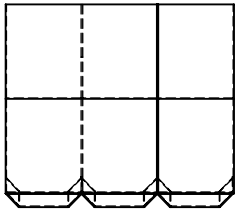
SECTION A-A
SCALE 1 : 12

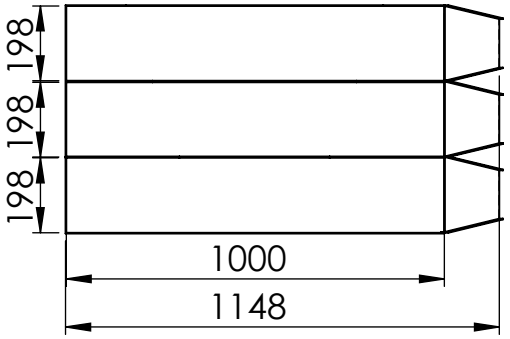


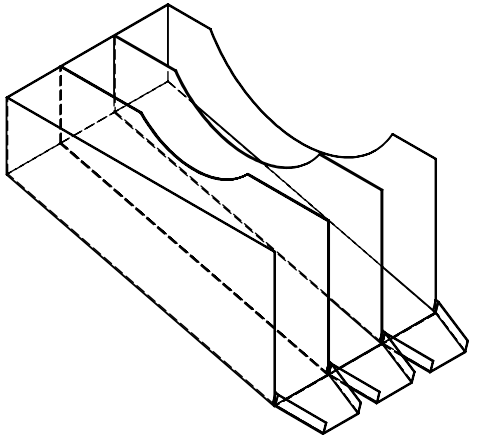


DESIGNER	POLLARAT BOONME	Jan 2010	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Fab 2010				
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Fab 2010	TITLE : LAW MATERIAL CONTAINER	ASSEMBLY : ROBUSTA COFFEE BEAN SEPARATOR MACHINE	Third Angle Projection	SCALE : 1:12
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 4 OF 6

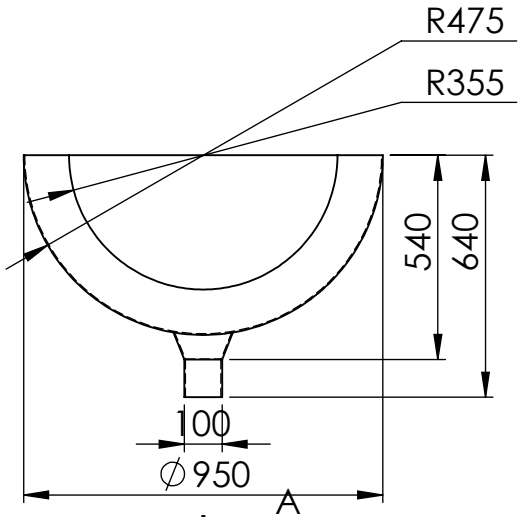


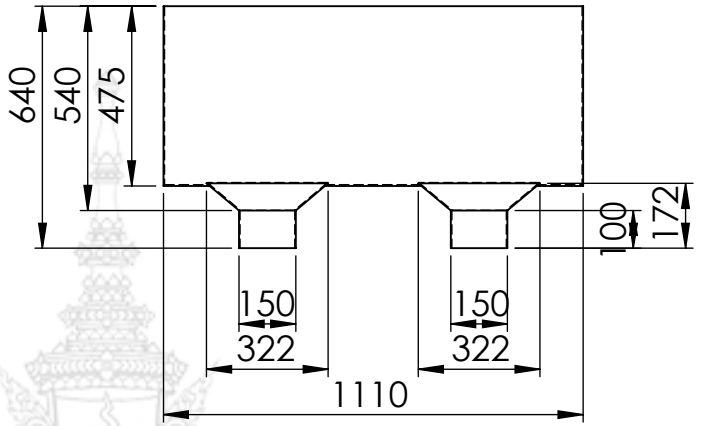


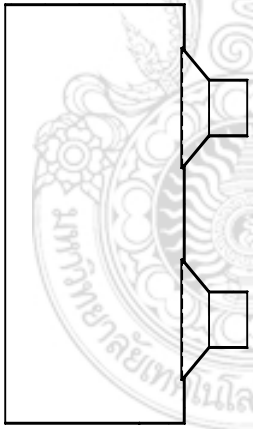




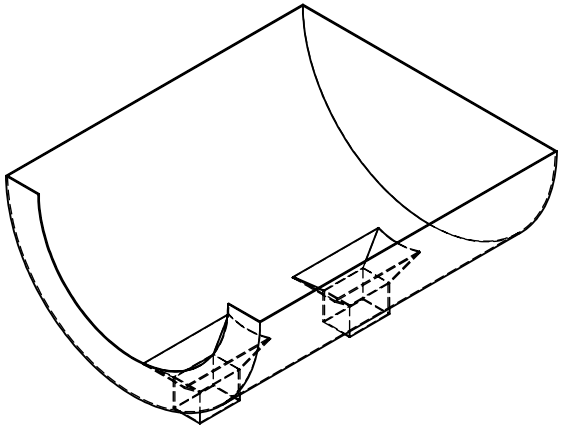
DESIGNER	POLLARAT BOONME	Jan 2010	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Fab 2010				
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Fab 2010	TITLE : LAW MATERIAL SUPPORTOR	ASSEMBLY : ROBUSTA COFFEE BEAN SEPARATOR MACHINE	Third Angle Projection	SCALE : 1:20
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 5 OF 6







SECTION A-A



DESIGNER	POLLARAT BOONME	Jan 2010	DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING			
DRAW	SOMCHAI LAYTHO	Fab 2010	RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON			
APPROVED	SONGWUT MONGLERDMANEE	Fab 2010	TITLE : OUT OF STANDARD SIZE SUPPORTOR	ASSEMBLY : ROBUSTA COFFEE BEAN SEPARATOR MACHINE	Third Angle Projection	SCALE : 1:20
DIMENSION : mm	NAME	DATE				SHEET : 6 OF 6

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายพลรัชต์ บุญมี
   ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Polrut Boonme

2. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน
   ตำแหน่งบริหาร หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   ตำแหน่งวิชาการ อาจารย์ ระดับ 5 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 me_boon@hotmail.com

4. พ.ศ. 2551 วศ.ม. วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
   พ.ศ. 2543 วศ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   - ความร้อนประยุกต์ (Applied Thermal System)
   - เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน (Energy Technology and Management)

6. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน
   บทความวิจัยเรื่องจลนพลศาสตร์การอบแห้งเนื้อสับปะรดแว่น, ตีพิมพ์ 2551, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9, ทุน งบประมาณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผู้ร่วมโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรวิทย์ วรนาวิน
   ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Asst.Prof.Vorawit Voranavin

2. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน
   ตำแหน่งบริหาร -
   ตำแหน่งวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระดับ 7 สังกัด สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

4. 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

5. พ.ศ. 2551 วศม.วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
   พ.ศ. 2540 คอบ. วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   - ความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม (Industrial Safety)
   - เครื่องจักรการเกษตร (Agricultural Machinery)
   - การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis)
   - การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Energy Conservation)

7. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน
   บทความวิจัยเรื่อง เครื่องกวนน้ำมะขามเปียก ตีพิมพ์ 2549, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20 ทุนงบประมาณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ผู้ร่วมโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) ว่าที่เรือตรี ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี
   ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Acting2. Sub L.T. Songwut Mongkonlerdmanee

2. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน
   ตำแหน่งบริหาร -
   ตำแหน่งวิชาการ อาจารย์ ระดับ 4 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 songwut41@hotmail.com

4. พ.ศ. 2551 วท.ม. วิศวกรรมยนต์ Automotive Engineering หลักสูตรนานาชาติ The Sirindhorn International Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS) มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
   พ.ศ. 2547 อส.บ. เทคโนโลยีเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (พระนครเหนือ)

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   - เทคนิคการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computation and Simulation Techniques)
   - ความร้อนประยุกต์ (Applied Thermal System)

7. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน

บทความวิจัยเรื่อง Investigation of brake force distribution for Three axle Double Deck Bus in Thailand, ตีพิมพ์ 2549, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20 ทุนงบประมาณ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ