

การพัฒนาต้นแบบเครื่องสีข้าวเปลือกขนาดเล็กแบบไฮบริดสำหรับ
ชุมชนชนบท

โดย
วิศิษฐ์ สีลาพาทิกุล

สนับสนุนงบประมาณโดย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ประจำปีงบประมาณ 2559

Development of small rice milling hybrid model for
rural communities

By
WISIT LEELAPHATIKUL



Granted by

Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Fiscal year 2016

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ หน่วยงานต้นสังกัด คือ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และความสะดวกในการวิจัยดังกล่าว

ขอขอบพระคุณ การสนับสนุนทุนการทำวิจัยจาก สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ทำให้โครงการวิจัยนี้สามารถดำเนินการลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณครอบครัวของผู้วิจัย ที่เป็นกำลังใจและเป็นที่พักพิงอย่างดีมาโดยตลอด ขอขอบคุณ คุณวรดา สีลาผาดิกุล เด็กหญิงภัทรานิษฐ์ สีลาผาดิกุล และสุดท้ายนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีที่ได้จากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

วิศิษฐ์ สีลาผาดิกุล

กรกฎาคม 2559



บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : 12/2559

ชื่อโครงการ : การพัฒนาต้นแบบเครื่องสีข้าวเปลือกขนาดเล็กแบบไฮบริดสำหรับชุมชนชนบท

ชื่อนักวิจัย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิศิษฐ์ ลีลาผาทิกุล

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ เครื่องสีข้าวขนาดเล็ก ระบบไฮบริด (Hybrid) เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตของชาวนา ซึ่งจะใช้ ตัวอย่างข้าว 2 ชนิดที่มีความชื้นแตกต่างกัน ได้แก่ ข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวงและข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดย เครื่องสีข้าวขนาดเล็กนี้ จะมีระบบต้นกำลังอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ มอเตอร์ 24 โวลต์ ขนาด 24 วัตต์ และ เครื่องยนต์เล็กขนาด 6.5 แรงม้า จากผลการทดสอบการสีข้าว พบว่า ความชื้นที่เหมาะสมต่อการสี ข้าวมีค่าไม่เกิน 15% w.b. สำหรับการสีข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 และข้าวไรซ์เบอร์รี่

คำสำคัญ : เครื่องสีข้าวขนาดเล็ก ระบบไฮบริด ความชื้น

Email Address : visit.lee@rmutr.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : กุมภาพันธ์ 2559 - กันยายน 2559

Abstract

Code of project : 12/2559
Project name : Development of small rice milling hybrid model for rural communities
Researcher name : Asst.Prof.Wisit Leelaphatikul

This research presents the design and construction a small rice milling hybrid model to decrease a cost and increase value of products. Set up 2 different moisture samples of paddy which are RD41 and riceberry. The source of energy are motor 24 Volts,450 Watts and engine 6.5 hp. The experimental show that the suitable moisture condition is not later than 15% w.b. for RD41 and riceberry.

Keywords: small rice milling, hybrid system, moisture content

Email Address : visit.lee@rmutr.ac.th

Period of project : February 2016 - September 2016

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
สัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง/ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับสายพาน	4
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับมูเลย์	8
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบเพลลา	9
2.4 การส่งกำลังด้วยโซ่	15
2.5 ระบบไฮบริด	17
2.6 การสีข้าว	18
2.7 โครงสร้างของข้าวเปลือก	25
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย	28
3.1 ขั้นตอนการวางแผน	28
3.2 การออกแบบเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)	29
3.4 การคำนวณระบบส่งกำลัง	32
3.5 การหาขนาดถังไซโคลน	47
3.6 อุปกรณ์การทดลอง	48
3.7 การติดตั้งอุปกรณ์	57
3.8 ขั้นตอนการทดลอง	59
บทที่ 4 ผลการวิจัย	62
4.1 ผลการทดลองการสีข้าวเปลือกพันธุ์ กข. 41 พวง	62
4.2 ผลการทดลองการสีข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่	68
4.3 ผลการทดลองการสีข้าวขัดขาวจากข้าวเปลือกพันธุ์ กข. 41 พวง	74
4.4 ผลเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน	75
4.5 ผลเปรียบเทียบปริมาณของข้าวเปลือกที่สีได้	76
4.6 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	77
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	91
5.1 สรุปผลการทดลอง	91
5.2 ข้อเสนอแนะ	93
5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทดลอง	94
บรรณานุกรม	95
ภาคผนวก ก. ราคาข้าวเปลือก	96
ภาคผนวก ข. การปรับตั้งค่าลูกยางขัดข้าวของแต่ละพันธุ์ข้าวเปลือก	98
ภาคผนวก ค. การซ่อมบำรุงเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)	100
ประวัติผู้วิจัย	102

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ความตึงในสายพานและการตั้ง	5
2.2 สายพานลิ่มแบบทั่วไปสำหรับงานอุตสาหกรรม	6
2.3 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม	7
2.4 แรงบนสายพานลิ่ม	8
2.5 ลักษณะของมู่เลย์ในแบบต่างๆ	9
2.6 รูปร่างลักษณะของเพลลา	10
2.7 ระบบไฮบริดแบบอนุกรม	17
2.8 ระบบไฮบริดแบบคู่ขนาน	18
2.9 ระบบไฮบริดแบบอนุกรม/ขนาน	18
2.10 ถังรับข้าวเปลือก	20
2.11 เครื่องทำความสะอาด	21
2.12 ชุดกะเทาะข้าวเปลือก	21
2.13 ชุดแยกข้าวเปลือกและข้าวกล้าง	22
2.14 เครื่องขัดข้าว	23
2.15 ชุดแยกขนาดเมล็ดข้าวหัก	24
2.16 ชุดแยกแกลบ	24
2.17 แสดงโครงสร้างของข้าวเปลือก	25
3-1 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด	29
3-2 เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)	31
3-3 การส่งกำลังด้วยโซ่	32
3-4 คำนวณหาความโตเพลลา โดยใช้ มอเตอร์เป็นตัวต้นกำลัง	33
3-5 คำนวณหาโมเมนต์แรงบิดมอเตอร์	34
3-6 แรงตึงสายพานของเครื่องยนต์	36
3-7 คำนวณหาความโตเพลลา โดยใช้ เครื่องยนต์เป็นตัวต้นกำลัง	37
3-8 คำนวณหาโมเมนต์แรงบิดของเครื่องยนต์	38
3-9 คำนวณความเร็วรอบของเพลลาต้นกำลังโดย และอัตราทด	41
3-10 คำนวณความเร็วรอบของพัดลมดูดแกลบ และอัตราทด โดยใช้รอบของเพลลาต้นกำลัง	42
3-11 คำนวณความเร็วรอบของพัดลมดูดแกลบ และอัตราทด โดยใช้รอบของเพลลาต้นกำลัง	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-12	44
3-13	45
3-14	46
3-15	47
3-16	48
3-17	49
3-18	49
3-19	50
3-20	50
3-21	50
3-22	51
3-23	51
3-24	51
3-25	52
3-26	52
3-27	53
3-28	53
3-29	54
3-30	54
3-31	54
3-32	55
3-33	55
3-34	56
3-35	56
3-36	57
3-37	57
3-38	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-39 ติดตั้งเข้ากับฐานของตัวเครื่อง	58
3-40 ติดตั้งมอเตอร์และชุดตัดข้าวขาว	58
3-41 ติดตั้งชุดอุปกรณ์ต่างๆของระบบไฮบริด(Hybrid)	59
3-42 ติดตั้งตู้คอนโทรล	59
3-43 การชั่งน้ำหนักข้าวเปลือก	59
3-44 การวัดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าวเปลือก	60
3-45 นำข้าวเปลือกเทลงใส่กระพ้อ	60
3-46 ปลอ่ยข้าวเข้าสู่กระบวนการสีข้าวเปลือก	61
3-47 เมล็ดข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการสีแล้ว	61
4-1 การเปรียบเทียบการสีข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง ต่อปริมาณข้าวที่สีได้ โดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ , การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ , การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่	62
4-2 การเปรียบเทียบการสีข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง ต่อเวลาที่ใช้ในการสี ข้าว โดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ , การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ , การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่	64
4-3 เมล็ดข้าวพันธุ์ กข. 41 พวง ระดับความชื้น 15% ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้ ก.) พลังงานจากแบตเตอรี่ , ข.) พลังงานจากเครื่องยนต์ และ ค.) พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก	65
4-4 เมล็ดข้าวพันธุ์ กข. 41 พวง ระดับความชื้น 18% ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้ ก.) พลังงานจากแบตเตอรี่ , ข.) พลังงานจากเครื่องยนต์ และ ค.) พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก	66
4-5 เมล็ดข้าวพันธุ์ กข. 41 พวง ระดับความชื้น 19% ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้ ก.) พลังงานจากแบตเตอรี่ , ข.) พลังงานจากเครื่องยนต์ และ ค.) พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก	67
4-6 การเปรียบเทียบการสีข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ต่อปริมาณข้าวที่สีได้โดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ , การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ , การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่	68
4-7 การเปรียบเทียบการสีข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ต่อเวลาที่ใช้ในการสีข้าวโดยใช้	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
พลังงานจากแบตเตอรี่ , การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ , การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่	
4-8 เมล็ดข้าวพันธุ์โรซ์เบอร์รี่ ระดับความชื้น 13% ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้ ก.)พลังงานจากแบตเตอรี่ , ข.) พลังงานจากเครื่องยนต์ และ ค.) พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก	71
4-9 เมล็ดข้าวพันธุ์โรซ์เบอร์รี่ ระดับความชื้น 17% ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้ ก.)พลังงานจากแบตเตอรี่ , ข.) พลังงานจากเครื่องยนต์ และ ค.) พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก	72
4-10 เมล็ดข้าวพันธุ์โรซ์เบอร์รี่ ระดับความชื้น 25% ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้ ก.)พลังงานจากแบตเตอรี่ , ข.) พลังงานจากเครื่องยนต์ และ ค.) พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก	73
4-11 ข้าวขัดขาวพันธุ์ กข 41 พวง ระดับความชื้น 15% ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดย ก.)ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ , ข.) พลังงานจากเครื่องยนต์ และ ค.) พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก	74

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมู่เลย์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (มีหน่วยเป็นนิ้ว)	5
2-2 ภาระที่กระทำกับเพลลา	13
2-3 คุณสมบัติทางกลของเหล็กแผ่นรีดร้อน (HR) และเหล็กกล้าดิ่งเย็น (CD)	14
2-4 ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำสม่ำเสมอ	16
3-1 แสดงสัดส่วนต่างๆของไซโคลนที่คำนวณได้	48
4-1 ปริมาณข้าวที่สีได้โดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง จำนวน 1 กิโลกรัม	67
4-2 เวลาที่ใช้ในการสีข้าวได้ โดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง จำนวน 1 กิโลกรัม	68
4-3 ปริมาณข้าวที่สีได้โดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 1 กิโลกรัม	73
4-4 เวลาที่ใช้ในการสีข้าว ได้โดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ ไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 1 กิโลกรัม	74
4-5 ปริมาณข้าวขัดขาวที่สีได้โดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง จำนวน 1 กิโลกรัม	75
4-6 ผลเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองของแต่ละระดับความชื้นในทุกขบวนการทำงาน	76
4-7 ผลเปรียบเทียบปริมาณของข้าวเปลือกที่สีได้แต่ละระดับความชื้น	77
ข-1 การปรับตั้งลูกยางขัดข้าวในแต่ละพันธุ์ข้าวเปลือกที่นำมาทดลอง	99
ค-1 การซ่อมบำรุงเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)	101

สัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย
M_ω	= อัตราทด
$d_{p,1}$	= เส้นผ่านศูนย์กลางล้อขับ ; <i>inch</i>
$d_{p,2}$	= เส้นผ่านศูนย์กลางล้อตาม ; <i>inch</i>
n_1	= ความเร็วรอบของล้อขับ ; <i>rpm</i>
n_2	= ความเร็วรอบของล้อตาม ; <i>rpm</i>
L	= pitch length ของสายพาน ; <i>mm</i>
C	= ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของมูเลย์ ; <i>mm</i>
D_1	= pitch diameter ของมูเลย์ตัวเล็ก ; <i>mm</i>
D_2	= pitch diameter ของมูเลย์ตัวใหญ่ ; <i>mm</i>
F	= แรงดึงในสายพาน ; <i>N</i>
W_p	= กำลังงาน ; <i>kW</i>
v	= ความเร็วในสายพาน ; <i>m/s</i>
R_p	= ความเร็วรอบของปัม ; <i>rpm</i>
R_M	= ความเร็วรอบของต้นกำลัง ; <i>rpm</i>
P_R	= ขนาดมูเลย์ของปัม ; <i>inch</i>
P_M	= ขนาดมูเลย์ของต้นกำลัง ; <i>inch</i>
P	= กำลัง ; <i>kW</i>
n	= ความเร็วรอบ ; <i>rpm</i>
T	= โมเมนต์บิด ; <i>N.m</i>
α_b	= แพลคเตอร์แก้ไขโมเมนต์บิด
α_t	= แพลคเตอร์แก้ไขโมเมนต์บิด
σ_{AS}	= ค่าความเค้นที่ยอมให้ใช้งานได้ของเพลลา ณ บริเวณต่างๆ ; <i>N/mm²</i>
σ_e	= ค่าความเค้นรวมบริเวณตรวจสอบ ; <i>N/mm²</i>
S_f	= ค่าความปลอดภัยของเพลลา
F_t	= แรงในแนวเส้นสัมผัส ; <i>N</i>
v_c	= ความเร็วขอบของเฟืองโซ่ ; <i>m/s</i>

สัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย
z	= จำนวนฟันของเฟืองโซ่
p	= ระยะพิตโซ่ ; m
Z	= จำนวนฟันบนพินเนียน ; ฟัน
F_{cs}	= แรงหนีศูนย์กลางในแนวรัศมี
w	= น้ำหนักโซ่ต่อความยาว 1 m ; kg/m
F_c	= แรงดึงในโซ่ ; N
F_b	= แรงแตกหักน้อยที่สุดของโซ่ ; N
N_b	= ค่าความปลอดภัยของโซ่
N_s	= ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำสม่ำเสมอ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดของประเทศ เพราะนอกจากจะเป็นอาหารหลักของคนไทยกว่า 62 ล้านคนแล้ว ข้าวยังเป็นแหล่งรายได้หลักของประชาชนกลุ่มใหญ่ที่สุดของประเทศอีกด้วย เพราะรายได้ที่ชาวนาได้รับจากการผลิตข้าวในปีหนึ่งๆ จะมีค่ารวมถึงประมาณ 75,000 ล้านบาท และยังมีผู้ประกอบการเกี่ยวข้องกับธุรกิจข้าวในระดับต่างๆ อีกเป็นจำนวนมาก เช่น พ่อค้าผู้รวบรวมข้าวในท้องถิ่น ผู้ประกอบการโรงสีข้าว ผู้ค้าปลีก ผู้ค้าส่งข้าวสาร และผู้ส่งออก ซึ่งธุรกิจเหล่านี้เป็นส่วนจรรโลงเศรษฐกิจของประเทศอย่างมาก ทั้งยังเป็นแหล่งจ้างงานที่สำคัญสำหรับคนจำนวนมาก ซึ่งกระจายอยู่ทั่วประเทศอีกด้วย ในด้านรายได้ของประเทศ ข้าวยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญอยู่ ถึงแม้ว่าในขณะที่ข้าวจะไม่ใช้สินค้าส่งออกที่ทำรายได้เป็นอันดับหนึ่งแล้วก็ตาม แต่รายได้จากการส่งออกข้าวก็ยังสูงถึงปีละไม่ต่ำกว่า 35,000 ล้านบาท และประเทศไทยก็ยังเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ที่สุดของโลกอยู่ [4] ปัจจุบันประชาชนให้ความสนใจในเรื่องของโภชนาการมากขึ้นและเล็งเห็นความสำคัญของการบริโภคข้าวซึ่งมีคุณค่าทางอาหารมาก โดยข้าวได้จากข้าวเปลือกที่กะเทาะเปลือกออกซึ่งให้คุณค่าทางอาหารอยู่มาก

โดยโรงสีข้าวปัจจุบันมีเครื่องจักรที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานกระบวนการสีข้าว โดยเริ่มจากการเอาข้าวเปลือกใส่ลงไปไนไซโล เครื่องจักรจะดึงข้าวเปลือกขึ้นและใช้ลมเป่าเอาเศษผงออก แล้วจึงส่งเข้าเครื่องกะเทาะเปลือกที่มีลูกกลิ้งเหล็กบีบเมล็ดข้าวเอาเปลือกออกเพื่อได้ข้าวสาร หลังจากนั้นข้าวจะถูกส่งผ่านไปที่กรวยขัดข้าวสีอีกหลายครั้งจนกว่าข้าวจะมีสีขาว บางเครื่องยังมีการขัดมันเพื่อให้เมล็ดข้าวดูสวยขึ้น[1] แต่กระบวนการทั้งหมดสำหรับการสีข้าว นั้นเครื่องจักรที่ใช้ พบว่ายังมีจุดด้อยบางจุด เช่น ลูกกลิ้งเหล็กที่ใช้ทำให้เมล็ดข้าวที่สีออกมานั้นมีเปอร์เซ็นต์อัตราการหักของเมล็ดข้าวค่อนข้างสูง อีกทั้งเครื่องจักรมีขนาดใหญ่ ยากต่อการเคลื่อนย้ายและมีราคาที่สูง ด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กขึ้นมาสำหรับใช้ในชุมชนหรือครัวเรือน เพื่อช่วยในการสีข้าวโดยจะเป็นเครื่องสีข้าวที่มีความกะทัดรัด เคลื่อนย้ายสะดวกราคาถูกและที่สำคัญสามารถลดการหักของเมล็ดข้าวสารรวมทั้งจมูกข้าวที่เป็นส่วนสำคัญของข้าวไม่ให้หลุดออกจากเมล็ดข้าวสารอีกด้วย

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการพัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก ทำการศึกษาออกแบบและสร้าง เพื่อปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องสีข้าวที่มีขายอยู่ตามท้องตลาด โดยใช้จุดเด่นที่ลูกยางคูในชุดที่มีการกะเทาะข้าวเปลือกทำให้เครื่องสีข้าวมีสมรรถนะสามารถสีข้าวให้

1. รวบรวมทฤษฎีต่างๆ ในการออกแบบเครื่อง สีข้าวขนาดเล็กแบบไฮบริด และ สืบค้น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีตที่ผ่านมา												
2. กำหนดขอบเขตการวิจัย ที่จะทำการศึกษา เพื่อวิเคราะห์หาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสี ข้าวเปลือกฯ												
3. ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องสี ข้าวเปลือกขนาดเล็กแบบไฮบริด												
4. ทำการทดลองหาประสิทธิภาพการสีข้าว โดยคำนวณจากเปอร์เซ็นต์การแตกหักโดยใช้ เครื่องคัดขนาดความยาวและทดสอบ สมรรถนะการทำงานของเครื่องสีข้าว												
5. สรุปผลการทดลอง และคำนวณต้นทุน รวมถึงจุดคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์												
6. จัดทำสื่อเผยแพร่ความรู้และจัดทำ ฐานข้อมูลผลการวิจัย												
7. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ และ จัดทำ ข้อมูลผ่านทางสื่อระบบออนไลน์ของทางคณะ วิศวกรรมศาสตร์												

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง/ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและ สร้างเครื่องต้นแบบ เครื่องสีข้าวขนาดเล็ก ระบบไฮบริด (Hybrid) เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตของชาวนาดังนั้นต้องอาศัยหลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ เครื่องสีข้าว ขนาดเล็ก ระบบ Hybrid โดยประกอบด้วยทฤษฎีและหลักการต่างๆ ซึ่งจะกล่าวดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับสายพาน

2.1.1 ชนิดและวัสดุสายพาน

สายพานแบ่งออกเป็นสี่ชนิดตามลักษณะหน้าตัดของสายพานคือ สายพานแบน (Flat Belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สายพานลิ้ม (V – belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู สายพานกลม (Ropes) มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม และ ไทม์มิงเบิ้ลท์ (Timing belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่จะทำเป็นร่องคล้ายฟันเพื่อจดลวดความยาวของสายพาน สายพานแต่ละ ชนิดจะมีลักษณะในการใช้งานต่างกัน

สายพานเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับถ่ายทอดการหมุนและส่งกำลังระหว่างเพลา 2 เพลาหรือมากกว่า

สายพานกำลัง

สายพานสามารถถ่ายทอดกำลังระหว่างเพลา 2 เพลาได้โดยอาศัยแรงเสียดทาน ระหว่างสายพานกับมู่เลย์ อัตราส่วนความเร็วรอบของมู่เลย์คู่หนึ่งที่อยู่ต่อกำลังด้วยสายพานคือ

$$M_{\omega} = \frac{d_{p,2}}{d_{p,1}} = \frac{n_1}{n_2} \quad (2.1)$$

เมื่อ M_{ω} = อัตราทด

$d_{p,1}$ = เส้นผ่านศูนย์กลางล้อขับ ; inch

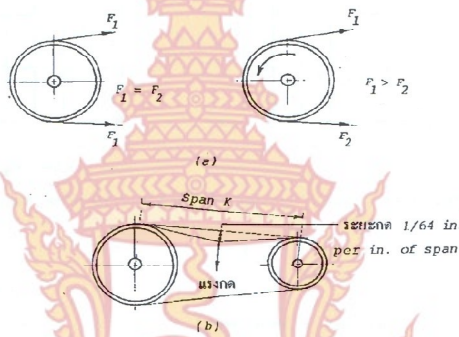
$d_{p,2}$ = เส้นผ่านศูนย์กลางล้อตาม ; inch

n_1 = ความเร็วรอบของล้อขับ ; rpm

n_2 = ความเร็วรอบของล้อตาม ; rpm

โดย $d_{p,1}$ และ $d_{p,2}$ คือ pitch diameters ของมูเลย์ pitch diameter ของมูเลย์ คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ pitch cylinder จุดเซนทรอยด์ของพื้นที่หน้าตัดของส่วนเสริมความแข็งแรงของสายพาน

ในขณะที่อยู่นิ่งความตึงของสายพานทั้งสองข้างของมูเลย์จะมีค่าเท่ากันคือ $F_1 = F_2$ และ เมื่อมีการหมุนและถ่ายทอดกำลัง F_1 จะมีค่ามากกว่า F_2 แสดงดังภาพที่ 2-1 (a) การตั้งความตึงของสายพานโดยทั่วไปจะตั้งไว้ที่ระยะกด 1/64 นิ้วต่อนิ้วของช่วงเพลลา (span,k) แสดงดังภาพที่ 2-1 (b)



ภาพที่ 2-1 ความตึงในสายพานและการตั้ง [10]

สำหรับขนาดของมอเตอร์ที่กำหนด การใช้มูเลย์ที่เล็กลงจะทำให้แรงฉุด F_1 เพิ่มขึ้นเป็นผลให้โมเมนต์ดัดบนเพลลาของมอเตอร์และภาระของรอกลิ้นในมอเตอร์เพิ่มขึ้น ดังนั้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น จึงได้มีการกำหนดขนาดเล็กที่สุดของมูเลย์ที่จะใช้กับมอเตอร์ขนาดต่างๆดังแสดงไว้ในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมูเลย์ ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (มีหน่วยเป็นนิ้ว) [10]

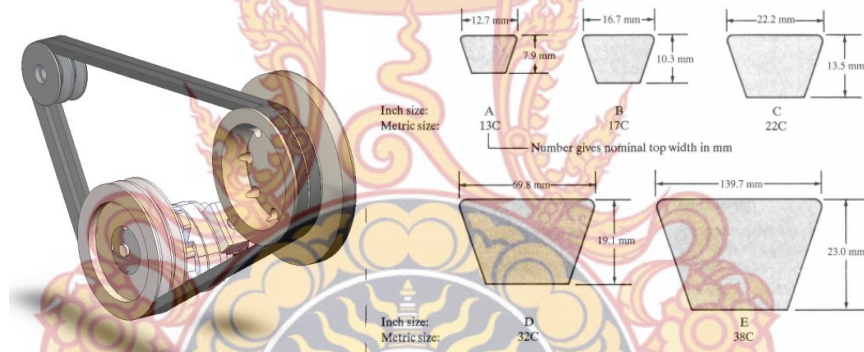
ความเร็ว รอบมอเตอร์ rpm	กำลังมอเตอร์ (HP)																	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	3	5	$7\frac{1}{2}$	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
575	$2\frac{1}{2}$	3	3	3	$3\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{4}$	6	$6\frac{3}{4}$	$8\frac{1}{4}$	9	10	10	11	12	14	18
695	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	3	3	$3\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{4}$	6	$6\frac{3}{4}$	$8\frac{1}{4}$	9	10	10	11	13	15	18
870	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	3	3	$3\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{4}$	6	$6\frac{3}{4}$	$6\frac{3}{4}$	$8\frac{1}{4}$	9	10	10	$12\frac{1}{2}$
1160	-	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	3	3	$3\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{4}$	6	$6\frac{3}{4}$	$6\frac{3}{4}$	$8\frac{1}{4}$	9	10	11

1750	-	-	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	3	3	$3\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{4}$	6	$6\frac{3}{4}$	$7\frac{1}{2}$	9	10
3450	-	-	-	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	3	3	$3\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	-	-	-	-	-	-

2.1.2 สายพานลีม

มีหลายประเภท ตามลักษณะงานที่ใช้ เช่น งานอุตสาหกรรม งานทางการเกษตร งานด้านยานยนต์ ฯลฯ

ตัวอย่างสายพานลีมแบบทั่วไปสำหรับงานอุตสาหกรรม แสดงดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 สายพานลีมแบบทั่วไปสำหรับงานอุตสาหกรรม [2]

2.1.3 การคำนวณความยาวของสายพาน

ความยาวของสายพานเปิด สามารถคำนวณหาค่าประมาณที่ใกล้เคียงมากจากสมการ[2]

$$L = 2C + 1.57(D_2 - D_1) + \left(\frac{D_2 - D_1}{4C} \right)^2 \quad (2.2)$$

โดย L = pitch length ของสายพาน; mm

C = ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของมู่ลีย์; mm

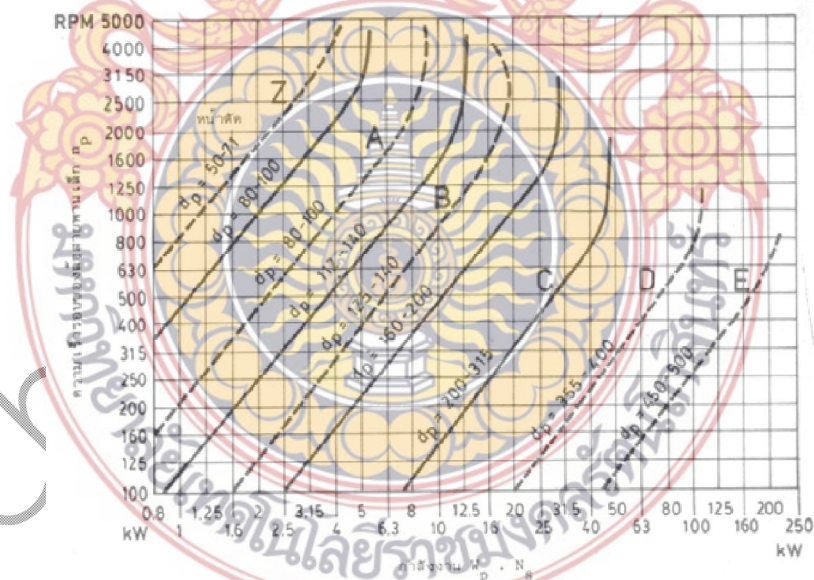
D_1, D_2 = pitch diameter ของมู่ลีย์ตัวเล็กและตัวใหญ่ตามลำดับ; mm

Dodge Manufacturing Company ได้แนะนำให้ใช้ระยะ C สำหรับสายพานวีด้วยค่าที่มากระหว่าง $\left(\frac{D_2 + 3D_1}{2}\right)$ และ D_2 สายพานวีโดยส่วนใหญ่จะทำงานเป็นขั้นเดียว จึงมีขนาดให้เลือกได้จำกัดและเนื่องจากระยะ C มักเป็นค่าที่ถูกบังคับ ดังนั้น การเลือกใช้จึงต้องพิจารณาถึงขนาดสายพานที่มีจำหน่าย จำนวนสายพาน ขนาดมู่เล่ย์มาตรฐาน และความยาวสายพาน รวมกันเพื่อให้เป็นไปตามที่ต้องการและเกิดความประหยัด

2.1.4 การเลือกขนาดของสายพาน

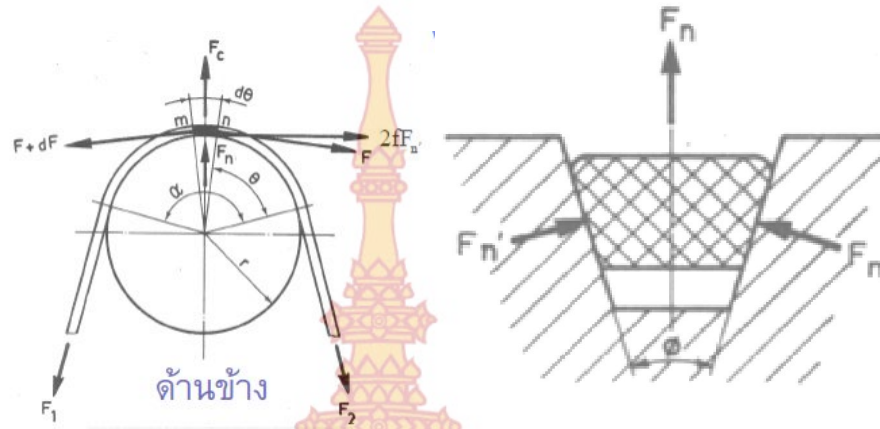
ขนาดพื้นที่หน้าตัดของสายพานวีที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับกำลังม้าและความเร็วรอบของมู่เล่ย์ และในกรณีที่ใช้สายพานหลายเส้น จำนวนแรงม้าทั้งหมดจะแบ่งให้สายพานแต่ละเส้นเท่าๆกัน ในทางปฏิบัติจะเพิ่มเข้าไปอีก 10 – 15 % สำหรับการรับภาระที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากความตึงในแต่ละเส้นที่ไม่เท่ากันซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ ความเร็วของสายพานวีจะอยู่ระหว่าง 1000 – 5000 โดยในช่วง 4000 – 5000 rpm จะเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด

การหาขนาดหน้าตัดของสายพานลิ้ม แสดงดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ้ม [6]

2.1.5 กลศาสตร์ของสายพานลิ้ม



ภาพที่ 2-4 แรงบนสายพานลิ่ม [6]

ในการขับด้วยสายพานลิ่ม แรงปฏิกิริยาระหว่างสายพานกับล้อยสายพานจะอยู่ในทิศทางตั้งฉากกับผิวสัมผัส ดังภาพที่ 2-4 ให้ F_n เป็นแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัสของสายพานกับร่องบนล้อยสายพาน ดังนั้น จากสมการ $fF_n = dF$ ของสายพานแบน

การทำให้เกิดแรงดึงขึ้นต้นจะช่วยทำให้การขับด้วยสายพานมีประสิทธิภาพดีและยืดอายุการใช้งานของสายพาน ถ้าออกแรงดึงขึ้นต้นไม่เพียงพอจะทำให้ส่งกำลังได้น้อยลง ประสิทธิภาพต่ำลงทำให้สายพานมีอายุการใช้งานลดลงเนื่องจากการสลิป แต่ถ้าออกแรงดึงขึ้นต้นมากเกินไปจะทำให้ขอบสายพานยึดตัวมากเกินไป เกิดความเค้นในสายพานมาก แบริ่งที่รองรับล้อยสายพานจะรับแรงมากเกินไป ด้วยเหตุนี้เองจึงต้องออกแรงดึงขึ้นต้นให้เหมาะสมกับแรงภายนอกที่กระทำกับสายพาน ซึ่งแรงดึงในสายพานขณะส่งกำลังคือ

$$F = (F_1 - F_2) = \frac{W_p}{v}, W_p = (F_1 - F_2)v \quad (2.3)$$

โดยที่ F = แรงดึงในสายพาน; N

W_p = กำลังงาน; kW

v = ความเร็วในสายพาน; m/s

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับมู่เลย์

มู่เลย์ (Pulley) ภาพที่ 2-5 เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่ายซึ่งประกอบไปด้วย ล้อยมู่เลย์ซึ่งมีร่องสำหรับร้อยเชือกหรือสายพาน เพื่อที่จะใช้ขับเปลี่ยนแรง หรือ ทิศทางด้วยเชือกหรือสายพาน

นั่นเอง ซึ่งส่วนมากนิยมนำมาใช้ทดรอบเพื่อให้เกิดแรงมากขึ้น เช่น ในการยกของหนัก จะมีการนำ มู่เล่ย์หลาย ๆ ตัวมาช่วยในการทดแรง หรือแม้ในการเปลี่ยนทิศทาง และในการขับเคลื่อน



ภาพที่ 2-5 ลักษณะของมู่เล่ย์ในแบบต่างๆ [6]

2.2.1 สูตรคำนวณขนาดของมู่เล่ย์ และ ความเร็วรอบ

$$P_R \times R_P = P_M \times R_M$$

R_P = ความเร็วรอบของปั๊ม ; *rpm*

R_M = ความเร็วรอบของต้นกำลัง ; *rpm*

P_R = ขนาดมู่เล่ย์ของปั๊ม ; *inch*

P_M = ขนาดมู่เล่ย์ของต้นกำลัง ; *inch*

$$P_M = \frac{P_R \times R_P}{R_M} \quad (2.4)$$

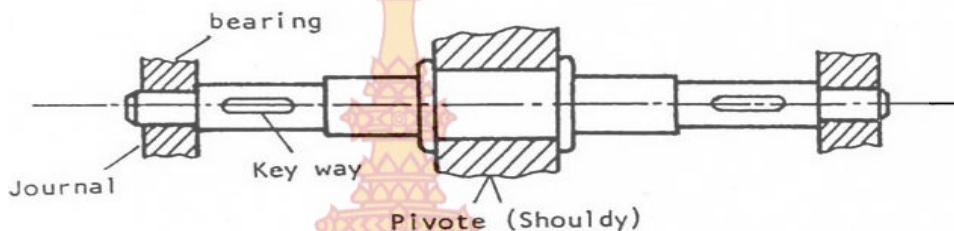
ตัวอย่างที่ 1 เช่น เครื่องพญา มู่เล่ย์ 8" ใช้ความเร็วรอบ 1,000 - 1,200 *rpm* จะใช้เครื่องยนต์ ฮอนด้า 5 HP ความเร็วรอบสูงสุด 3,600 *rpm* ต้องใช้มู่เล่ย์ที่เครื่องยนต์ต้นกำลังกี่นิ้ว

$$P_M = \frac{P_R \times R_P}{R_M} = \frac{8" \times 1200}{3600} = 2.66 \text{ ให้ใช้ } 3"$$

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบเพลลา

เพลลา ภาพที่ 2-6 เป็นชิ้นส่วนเครื่องมือกล ที่มีความสำคัญของระบบส่งผ่านกำลัง กำลังที่ส่งผ่านเพลลาอยู่ในรูปของ โมเมนต์แรงบิด (Torque) ในการส่งกำลังผ่านระหว่างเพลลาหนึ่งไปยังอีกเพลลาหนึ่งจำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง เช่น เฟือง โซ่ สายพาน ฯลฯ ดังนั้นจึงเกิดแรงซึ่งเกิดจากการขบ

กันของเฟือง แรงเนื่องจากการฉุดของโซ่ หรือแรงดึงของสายพานมากกระทำต่อเพลาอันเป็นผลให้เกิดโมเมนต์ดัด (Bending moments) ขึ้นบนเพลาดังนั้นขณะที่เพลากำลังทำหน้าที่ส่งผ่านกำลังเพลาก็จะรับทั้งโมเมนต์บิดและโมเมนต์ดัดพร้อมๆ



ภาพที่ 2-6 รูปร่างลักษณะของเพลา [5]

เนื่องจากว่าเพลาคือเป็นส่วนที่มีอยู่ในเครื่องจักรกลเกือบทุกชนิด ดังนั้นจึงสมควรที่จะได้พิจารณาถึงการออกแบบเพลา โดยเฉพาะเพลาก็อาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะของการใช้งานดังต่อไปนี้ คือ

- 1.) เปลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่มีการหมุนและใช้ในการส่งกำลัง
- 2.) แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกับเพลาก็แต่ไม่มีการหมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นงานที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลาก็ตามทั้งเพลาก็ตาม “เพลาก็” ไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรือหยุดนิ่งก็ตาม
- 3.) สปินเดิล (Spindle) เป็นขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เปลาที่แทนหัวกลึง (Head-Shock Spindle) เป็นต้น
- 4.) สต๊ับชาฟต์ (Stub Shaft) หรือบางครั้งเรียกว่า เฮดชาฟต์ (Head-Shaft) เป็นเพลาก็ที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ มีขนาดรูปร่างและส่วนที่ยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลาก็อื่น ๆ
- 5.) เปลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาก็ส่งกำลัง (Power Transmission Shaft) หรือเพลาก็เมน (Main Shaft) เป็นเพลาก็ซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง และใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่น ๆ โดยเฉพาะ
- 6.) แจ็คชาฟต์ (Jack Shaft) หรือเพลาก็เคาน์เตอร์ชาฟต์ (Counter Shaft) เป็นเพลาก็ขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาก็เมน หรือเครื่องจักรกล
- 7.) เปลาอ่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลาก็ที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งให้ เปลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้ แต่ส่งกำลังได้น้อย

8.) เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงตัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันได้ ดังนั้น การคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านี้ยังอาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ทำให้เพลาเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นจึงต้องออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนั้นเพลาจะต้องมีความแข็งแกร่ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดของเพลาเช่นเดียวกัน เพราะถ้าเพลา มีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุน ทำให้ความเร็ววิกฤต (Critical Speed) ของเพลาลดลง ซึ่งอาจทำให้เพลา มีการสั่นอย่างรุนแรงในขณะที่ความเร็วของเพลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตนี้ได้ ระยะโก่งนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิดของที่รองรับเพลา เช่น บอลแบร์ริง (Ball Bearing) ก็ต้องมีการเยื้องแนว (Misalignment) ในการใช้งานที่พอเหมาะ กับเพลาด้วย

2.3.1 วัสดุเพลา

วัสดุที่ใช้ทำเพลาโดยทั่วไป คือ เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียว และความหนาทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่น เพื่อใช้ทำเพลา เช่น 17Cr3 16MnCr5 20MnCr5 ตาม DIN EN 10084 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโต กว่า 90 mm มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลา มีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

2.3.2 ขนาดของเพลา

เพื่อให้เพลา มีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดมาตรฐานของเพลา ซึ่งเป็นขนาดระบุ (Normal Size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้ให้สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบร์ริงที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดระบุของเพลา

2.3.3 การพิจารณาในการออกแบบเพลา

การคำนวณหาขนาดเพลาที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานในบางครั้งการหาขนาดเพลาเพื่อให้เพลาทนต่อแรงที่มากระทำอย่างเดียวกันไม่เป็นการเพียงพอ เช่น ในกรณีเพลาถูกเบียด ในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องการให้มีตำแหน่งที่เที่ยงตรง ดังนั้นมุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั่นคือเพลาจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ในพิสัยที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจก่อให้เกิดความล้า สะเทือน ซึ่งมีผลทำให้เฟืองหรือแบร์ริงที่รองรับเพลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายถึงแม้ว่าไม่มีมาตรฐานสำหรับพิกัดมุมบิดของเพลาไว้ก็ตามในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลาในเครื่องจักรกลส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มุมบิดได้ถึง 1° ต่อความยาวเพลา 20 เท่าของขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลางเพลลา ในกรณีของเพลลาลูกเบี้ยวสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแล้วจะให้มุมบิดได้ไม่เกิน 0.5° ตลอดความยาวของเพลลาไม่เกิน 0.3° ต่อความยาวเพลลา 1 เมตร

ความแข็งแรงที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความแข็งแรงทางด้านระยะโค้ง เพราะต้องใช้ระยะโค้งของเพลลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นสำคัญ ในการกำหนดระยะเบียด (Clearance) ระหว่างล้อสายพาน เฟือง โครงของเครื่องจักร ตลอดจนการเลือกชนิดของแบริ่งสำหรับรองรับเพลลาให้เหมาะสม ถ้าเพลลามีระยะโค้งมากเกินไปจะทำให้ความยาวของฟันเฟืองส่วนที่สัมผัสหรือขบกันลดลงเป็นผลทำให้อัตราการขบของเฟืองลดลง ทำอัตราการส่งกำลังของเฟืองไม่ราบเรียบเท่าที่ควร การเลือกแบริ่งมารองรับเพลลาก็เช่นกัน จำเป็นต้องเลือกแบริ่งชนิดที่อนุญาตให้มีการเอียงแนวสำหรับการใช้งานได้พอเหมาะกับระยะโค้งของเพลลาที่จะเกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นแบริ่งแบบธรรมดาหรือแบริ่งแบบปรับแนวตัวเอง (Self Aligning Bearing) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าระยะโค้งเป็นสำคัญ

2.3.4 การออกแบบเพลลาสำหรับภาระคงที่ (Static Load)

ในการคำนวณกำลังงานและภาระของเพลลา สามารถคำนวณได้จากสูตร

ก. สูตรหาคำลัง

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot T \cdot n}{60 \times 1000} \quad (2.5)$$

เมื่อ P = กำลัง ; kW

n = ความเร็วรอบ ; rpm

T = โมเมนต์บิด ; $N.m$

ข. สูตรสำหรับออกแบบเพลลา

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M \cdot \alpha_b}{\pi \cdot \tau_d}} \quad (\text{สำหรับเพลลารับความเค้นดัด}) \quad (2.6)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T \cdot \alpha_t}{\pi \cdot \tau_d}} \quad (\text{สำหรับเพลลารับความเค้นเฉือน}) \quad (2.7)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot \tau_d} \cdot [(M \cdot \alpha_b)^2 + (T \cdot \alpha_t)^2]^{1/2}} \quad (\text{สำหรับเพลลาความเค้นดัดและเฉือน}) \quad (2.8)$$

α_b = แฟคเตอร์แก้ไขโมเมนต์ดัด

α_t = แฟคเตอร์แก้ไขโมเมนต์บิด

α_b และ α_t สามารถหาได้จากข้อมูล ตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ภาวะที่กระทำกับเพลลา

ชนิดของภาระ	α_b	α_t
เพลลาอยู่นิ่ง		
- แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ	1.0	1.0
- แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
เพลลาหมุน		
- แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ	1.5	1.0
- แรงกระตุกเบาๆ	1.5-2.0	1.0-1.5
- แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

ค. สูตรการตรวจสอบความแข็งแรงของเพลลา

$$\sigma_{AS} = \frac{\sigma_A}{\beta_k} \quad (2.9)$$

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_b^2 \cdot 1.3(\tau)^2} \quad (2.10)$$

σ_{AS} = ค่าความเค้นที่ยอมให้ใช้งานได้ของเพลลา ณ บริเวณต่างๆ ; N/mm^2

σ_e = ค่าความเค้นรวมบริเวณตรวจสอบ ; N/mm^2

ง. ค่าความปลอดภัย

$$\frac{\sigma_{AS}}{\sigma_e} \geq 1.5-2.5 \quad (2.11)$$

ค่า 1.5-2.5 นี้คือ ค่าความปลอดภัย

$$S_f = \frac{\sigma_{AS}}{\sigma_e} \quad (2.12)$$

S_f = ค่าความปลอดภัย

σ_{AS} = ค่าความเค้นที่ยอมให้ใช้งานได้ของเพลลา ณ บริเวณต่าง ๆ ; N/mm^2

σ_e = ค่าความเค้นรวมบริเวณตรวจสอบ ; N/mm^2

ในการคำนวณหาขนาดเพลลา โดยใช้คุณสมบัติทางกลของเหล็ก
 ตารางที่ 2-3 คุณสมบัติทางกลของเหล็กแผ่นรีดร้อน (HR) และเหล็กกล้าดิ่งเย็น (CD) [11]

Mechanical Properties of some Hot Rolled Steel, (HR) and Cold Drawn Steel, (CD) steels							
UNS NO	SAE AND OR AISI NO	PROCESSING	TENSILE STRENGTH, Mpa(kpsi)	YIELD STRENGTH, Mpa(kpsi)	ELONGATION IN 2 in, %	REDUCTION IN AREA, %	BRINELL HARDNESS (HB)
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

โดยคุณสมบัติทางกลของเหล็ก ที่นำมาคำนวณหาขนาดของเพลลาในการใช้งานจำต้องมีมาตรฐานของค่าความแข็งของเหล็กแต่ละชนิด จึงสามารถ หาค่าได้จากตารางที่ 2-3

2.4 การส่งกำลังด้วยโซ่

ในขณะที่ส่งกำลังแรงในแนวเส้นสัมผัส F_t ที่เกิดจากโซ่กระทำกับฟันเฟืองโซ่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าแรงตามแนวยาวของโซ่ F_L จะลดลงจากฟันหนึ่งไปยังอีกฟันหนึ่ง สร้างขึ้นได้โดยถือว่าที่ข้อต่อทุกข้อ ผลรวมของแรงบนข้อต่อตามแนวยาว F_L และในแนวตั้งฉาก F_N จะต้องเท่ากับศูนย์ จะเห็นได้ว่าถ้ามุมสัมผัสของโซ่กับเฟืองมีค่าน้อยและมุมกด γ มีค่ามาก จะมีแรงเหลืออยู่ในโซ่ทางด้านหย่อนมาก ดังนั้น แรงในแนวเส้นสัมผัส

$$F_t = \frac{W_p}{v_c} \quad (2.13)$$

หรือ
$$F_t = \frac{2\pi nT}{v_c} = \frac{2\pi nT}{pzn}$$

โดยที่ F_t = แรงในแนวเส้นสัมผัส

W_p = กำลังงาน ; kW

T = โมเมนต์บิด ; N.m

v_c = ความเร็วรอบของเฟืองโซ่ ; m/s

z = จำนวนฟันของเฟืองโซ่

n = ความเร็วรอบของเฟืองโซ่ ; rpm

p = ระยะพิตโซ่ ; m

Z = จำนวนฟันบนพีเนียน

$$F_{cs} = \frac{w}{g} v^2 \cdot 2 \sin \alpha \quad (2.14)$$

โดยที่ F_{cs} = แรงแหนีศูนย์กลางในแนวรัศมี ; N

w = น้ำหนักโซ่ต่อความยาว 1 m ; kg/m

v_c = ความเร็วรอบของเฟืองโซ่ ; m/s

$$\text{ดังนั้น } F_{ct} = \frac{F_c}{2 \sin \alpha} = \frac{w}{g} v_c^2$$

คำนวณหาค่าความปลอดภัย

$$F_c = \frac{F_b}{N_b} \quad (2.15)$$

โดยที่ F_c = แรงดึงในโซ่ ; N

F_b = แรงแตกหักน้อยที่สุดของโซ่ ; N

N_b = ค่าความปลอดภัย

โดยการหาค่าแรงดึงโซ่ จะต้องมีตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำที่โซ่ (N_s) โดยจะ แสดงดัง ตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำสม่ำเสมอ[6]

จำนวนฟันบนพีเนียน	โซ่โรลเลอร์แบบ A		
	ประเภท1	ประเภท2	ประเภท3
19	1	1	1.2
20	0.98	0.98	1.12
21	0.88	0.88	1.06
22	0.84	0.84	1.01
23	0.8	0.8	0.96
24	0.75	0.78	0.93
25	0.75	0.75	0.9
26	0.7	0.7	0.88
27	0.64	0.64	0.85
28	0.6	0.6	0.81

ประเภท1 : เครื่องยนต์ต่อผ่านไฮดรอลิกคัปปลิง

ประเภท2 : มอเตอร์ไฟฟ้าหรือกังหัน

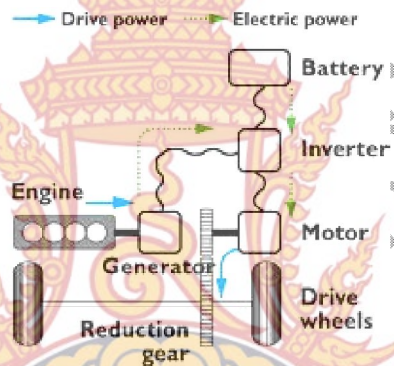
ประเภท3 : เครื่องยนต์ต่อผ่านอุปกรณ์ทางกล

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับไฮบริด

2.5.1 ระบบไฮบริดแบบอนุกรม (Series Hybrid)

ระบบนี้เครื่องยนต์จะไปหมุนเจเนอเรเตอร์ เพื่อก่อกำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากนั้นพลังงานไฟฟ้า ก็จะไปทำให้มอเตอร์ไฟฟ้าหมุนและส่งต่อกำลังไปหมุนล้ออีก หนึ่งทอดเพื่อทำให้รถวิ่ง ลักษณะการทำงานเหมือน หัวรถจักรของรถไฟแสดงดังภาพที่ 2-7

ข้อดีของระบบนี้ไฮบริดแบบอนุกรมก็คือ สามารถทำให้เครื่องยนต์กำลังต่ำทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและต่อเนื่อง โดยให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้าและจ่ายไฟฟ้า ไปยังมอเตอร์ไฟฟ้าอีกทั้งยังช่วยชาร์จไฟแบตเตอรี่ไปด้วยในตัว

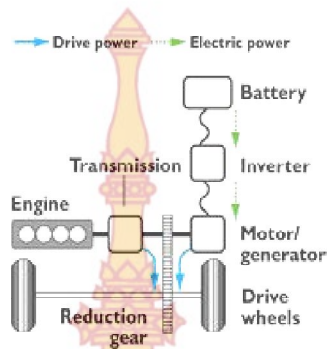


ภาพที่ 2-7 ระบบไฮบริดแบบอนุกรม[12]

2.5.2 ระบบไฮบริดแบบคู่ขนาน (Parallel Hybrid)

ระบบคู่ขนาน ทั้งเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้าจะขับเคลื่อนหมุนล้อไปพร้อมๆ กัน (เป็นที่มาของชื่อเรียก คู่ขนาน) โดยที่ กำลังขับเคลื่อนจากแหล่งพลังงานทั้ง 2 ชนิดจะถูกนำมาใช้ตามสถานการณ์ต่างๆ เท่าที่รถต้องการในเวลานั้น และมอเตอร์จะใช้กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ซึ่งการชาร์จไฟจะมาจากการเปลี่ยน มอเตอร์ไฟฟ้าให้ทำงานเป็นเจนเนอเรเตอร์ ในขณะที่รถเบรก แสดงดังภาพที่ 2-8

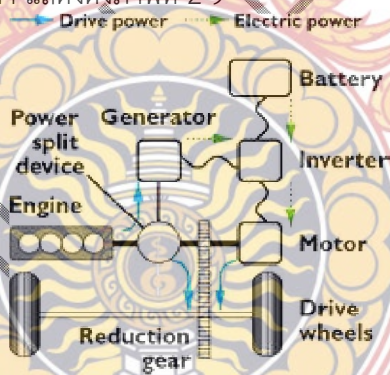
ข้อดีคือ เป็นระบบที่ไม่ซับซ้อน เรียกใช้พลังงานได้เยอะ แต่ข้อด้อยคือ ไม่สามารถส่งกำลังไปขับเคลื่อนล้อได้ขณะที่ทำการชาร์จไฟในคราวเดียวกัน เพราะว่าระบบนี้มีมอเตอร์เพียงตัวเดียวในการทำงาน 2 หน้าที่



ภาพที่ 2-8 ระบบไฮบริดแบบคู่ขนาน[12]

2.5.3 ระบบไฮบริดแบบอนุกรม/คู่ขนาน

ระบบนี้รวมเอาข้อดีระบบไฮบริดทั้ง 2 แบบเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด ซึ่งการทำงานของระบบจะขึ้นอยู่กับสถานะการขับซึ่งว่าจะต้องการใช้กำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว (ข้อดีของแบบอนุกรม) หรือจะใช้กำลังขับเคลื่อนจากทั้งมอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องยนต์ (ข้อดีของแบบคู่ขนาน) นอกจากนี้ ระบบนี้ยังสามารถส่งกำลังขับเคลื่อนไปยังล้อต่างๆที่เจเนอเรเตอร์สร้างกระแสไฟฟ้า แสดงดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 ระบบไฮบริดแบบอนุกรม/คู่ขนาน[12]

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสีข้าว

จากการตรวจสอบขนาดรูปร่างเมล็ดของข้าวญี่ปุ่นบางพันธุ์และข้าวบาสมาดิ จากโครงการวิจัยพันธุ์และกระจายพันธุ์ รวมทั้งข้าวพันธุ์ดีของไทยที่รัฐบาลส่งเสริมให้ปลูกพอจะเปรียบเทียบได้ดังนี้

2.6.1 การแปรสภาพข้าวหรือการสีข้าว (Rice Milling)

1. การสีข้าวประกอบด้วยขั้นตอนพื้นฐาน 4 ขั้นตอนตามลำดับ คือ

- การทำความสะอาด เพื่อกำจัดระแ่ง ใบข้าว เมล็ดลีบ กรวด หิน ดิน ทราย เมล็ดวัชพืช และสิ่งสกปรกอื่นๆออกจากข้าวเปลือก
- การกะเทาะ เพื่อให้เปลือกข้าวหลุดออกจากเมล็ดสิ่งที่ได้รับในขั้นตอนนี้คือ แกลบ และข้าวกล้อง
- การขัดข้าว เพื่อให้รำหลุดออกจากเมล็ดข้าวกล้อง สิ่งที่ได้รับในขั้นตอนนี้คือ รำ และข้าวสาร
- การคัดแยก เพื่อแยกข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าวและข้าวหักขนาดต่างๆออกจากกัน

2. สิ่งที่ได้จากการสีข้าว ได้แก่

แกลบ เป็นส่วนผสมของเปลือกเมล็ด หาง กลีบเลี้ยง และข้าวเมล็ด มีอยู่ประมาณ 20 – 24 % ของข้าวเปลือก ผลพลอยได้จากการสีข้าวมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น carbohydrate พวก cellulose และ hemicelluloses ประมาณ 68.2 % ไม่ starch อยู่เลยมี lignin 19.2 – 24.7 % และ ash 13.2 – 29 % (เป็น silica 94.96 %) มีคุณค่าอาหารต่ำมี bulk density 96 – 160 Kg/m³ แกลบบดมี bulk density ถึง 192 – 400 Kg/m³ ประโยชน์ของแกลบมีหลายประการ เช่น ทำเชื้อเพลิงให้พลังงาน 5,000 – 6,000 B.t.u./lb ให้ความร้อนโดยตรง เช่น ใช้เผาอิฐ บดผสมอาหารสัตว์ ปรับปรุงดิน กั้นกระแทก เก็บรักษาน้ำแข็ง ทำวัสดุก่อสร้าง ถมดิน และใช้เป็นตัวขัดสีเพราะมี silica สูง

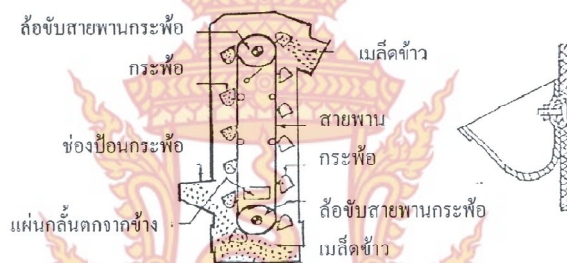
รำ เป็นส่วนผสมของเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด เยื่ออาลูโรน คัพภะ และผิวนอกๆ ของข้าวสาร มีอยู่ประมาณ 8 – 10 % ของข้าวเปลือก รำมีคุณค่าอาหารสูง มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์อยู่มาก เช่น มีโปรตีน 10.6 – 13.4 % ไขมัน 10.1 – 22.4 % Nitrogen Free Extract 38.7 – 44.3 % และ วิตามินบี 0.544 % รำส่วนใหญ่ใช้เลี้ยงสัตว์ บางส่วนนำไปสกัดน้ำมัน ทำอาหารเด็กอ่อนและอื่นๆ

ข้าวสาร มีประมาณ 68 – 70 % ของข้าวเปลือก ประกอบด้วยแป้งประมาณ 90 % มีโปรตีนบ้างเล็กน้อย เป็นส่วนที่มนุษย์นำไปทำอาหารรับประทานอาจจะหุงทั้งเมล็ดหรือบดเป็นแป้งแล้วแปรรูปเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน หรือ อาหารคาวหวานอื่นๆ ข้าวสารทั้งหมดที่ได้จากการขัดข้าวจะถูกนำไปคัดแยกเป็นข้าวเต็มเมล็ด และข้าวหักซึ่งจะได้แต่ละส่วนมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้าวเปลือกก่อนสี ถ้าข้าวเปลือกมีคุณภาพการสีดีจะให้ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหักน้อย

2.6.2 ส่วนประกอบของเครื่องในแต่ละขั้นตอน

1. ถังรับข้าวเปลือก

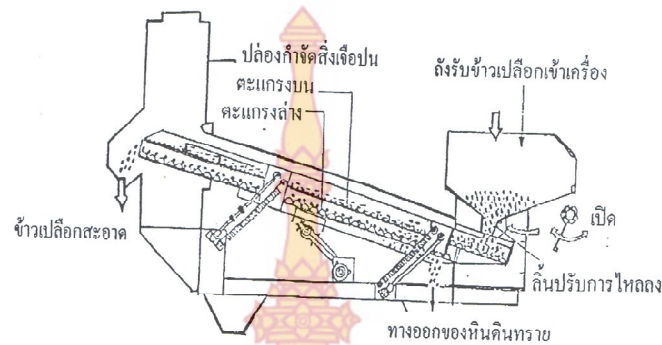
เป็นภาชนะตัวแรกสำหรับป้อนข้าวเข้าเครื่องสีติดกับถังรับข้าวเปลือกจะเป็นชุดกระพ้อตักข้าวหรือสายพาน เพื่อส่งข้าวไปทำความสะอาดชุดกระพ้อตักข้าวประกอบด้วย ตัวกระพ้อซึ่งทำด้วยแผ่นเหล็กหนาพอประมาณลักษณะคล้ายกระบวยตักน้ำติดอยู่กับสายพานเป็นระยะทุกๆ 1 ฟุต สายพานเคลื่อนที่ขึ้นลงเป็นวงรีโดยล้อเหล็ก หมุน 2 ลูก ขณะที่สายพานเคลื่อนที่ขึ้นกระพ้อก็จะตักวิดข้าวขึ้นไปข้างบนและตกลงในเครื่องทำความสะอาดด้วยด้วยแรงเหวี่ยงตอนเคลื่อนที่กลับลงข้างล่าง ความเร็วของการเคลื่อนที่ของกระพ้อต้องพอเหมาะไม่เร็วหรือช้าเกินไป มิฉะนั้นข้าวจะไม่ตกลงในที่รองรับตามต้องการ แสดงดังภาพที่ 2-10



ภาพที่ 2-10 ถังรับข้าวเปลือก[10]

2. เครื่องทำความสะอาด

ชุดตะแกรงโยกแยกสิ่งเจือปนประกอบด้วยตะแกรง 2 ชั้นหรือมากกว่าที่มีขนาดรูตะแกรงแตกต่างกัน ขนาดรูใหญ่อยู่ชั้นบนเล็กอยู่ล่างตะแกรงวางเอียงประมาณ $3^{\circ} - 5^{\circ}$ เคลื่อนที่แบบโยกไปมา (Vibratory type) ขนาดรูตะแกรงชั้นบนเมล็ดข้าวเปลือกสามารถลอดผ่านได้ สิ่งเจือปนขนาดใหญ่กว่าเมล็ดข้าว เช่น เศษฟาง หญ้า ก้อนหิน หิน และอื่นๆจะติดบนตะแกรงและถูกกำจัดออกไป พวกที่เบาจะถูกพัดลมดูดออกตะแกรงชั้นที่ 2 รูตะแกรงจะเล็กลงข้าวเปลือกลอดผ่านไม่ได้ สิ่งเจือปนหนักขนาดเล็ก หวาย หิน และฝุ่นผงต่างๆจะลอดผ่านรูตะแกรงและถูกกำจัดออกจากเครื่อง ข้าวเปลือกบนตะแกรงจะไหลออกอีกทางหนึ่งซึ่งทางออกนี้บางครั้งจะมีพัดลมดูดพวกข้าวเมล็ดตายและฝุ่นผงเล็กๆที่หลงเหลืออยู่ออกด้วย หลังจากข้าวเปลือกผ่านชุดตะแกรงแยกสิ่งเจือปนแล้วจะถูกส่งไปแยกเศษเหล็ก (ถ้ามีแม่เหล็กแยก) และต่อไปยังเครื่องแยกหิน (ถ้ามี) เพื่อกำจัดเศษหินที่หลงเหลือออก จากนั้นก็จะถูกส่งต่อไปทำการกะเทาะเปลือก แสดงดังภาพที่ 2-11

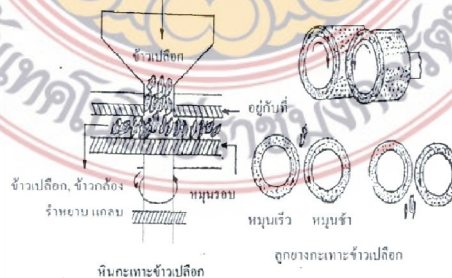


ภาพที่ 2-11 เครื่องทำความสะอาด[10]

3. เครื่องกะเทาะเปลือก

หินขี้วดำหรือหินจาน ประกอบด้วยแผ่นเหล็กหล่อกลม 2 แผ่นพอกด้วยวัสดุที่ใช้ขัดสี คือ หินกากเพชร แผ่นเหล็กกลมขนานกับพื้นระยะห่างของทั้ง 2 แผ่น (Clearance) นี้ปรับได้ แผ่นบนอยู่ติดกับที่ แผ่นล่างหมุนด้วยความเร็วพอเหมาะ เส้นผ่านศูนย์กลางของหินจานมีขนาดประมาณ 15 -56 นิ้ว หินกากเพชรเป็นส่วนผสมของ Al_2O_3 (Aluminum Oxide) กับ Fe_3O_4 (Ferrosiferrous Oxide) เกล็ดสีดำ รูป cubic หรือ Fe_2O_3 (Ferric Oxide) สีแดงหรือดำ รูป trigonal

ขี้วเปลือกถูกป้อนเข้าเครื่องโดยผ่านตรงกลางของหินจานแผ่นบนซึ่งติดอยู่กับที่ ปริมาณขี้วเปลือกที่ไหลลงเครื่องสามารถปรับได้ตามความต้องการ จากนั้นขี้วเปลือกจะถูกแรงเหวี่ยงให้กระจายไปรอบข้าง ขี้วบางส่วนกระทบกันเองจนเปลือกแตกปรีออก บางส่วนจะถูกแรงเฉื่อยจากความแตกต่างระหว่างการเคลื่อนที่ของหิน 2 แผ่นนี้ทำให้แตกปรีออก ขี้วเปลือกจะถูกกะเทาะออกมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างหินจานทั้งสองด้วย และระยะห่างนี้สามารถปรับได้ตามต้องการ สิ่งที่ได้จากการกะเทาะด้วยหินจานมีทั้งแกลบ รำหยาบ ปลายข้าวกลิ้ง และขี้วเปลือก แสดงดังภาพที่ 2-12

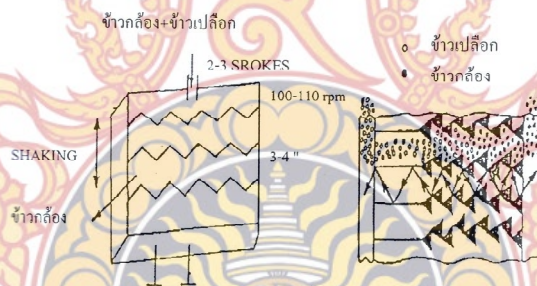


ภาพที่ 2-12 ชุดกะเทาะขี้วเปลือก [10]

4. เครื่องแยกข้าวเปลือกและข้าวกล้อง

ตัวเครื่องเป็นหีบสี่เหลี่ยมตั้งอยู่ในลักษณะเอียงเล็กน้อย (แบบเก่าทำด้วยไม้) ภายในมีแผ่นโลหะบางกั้นเป็นช่องแบบฟันปลาแต่ละช่องยาวประมาณ 3 – 4 นิ้ว มีอย่างน้อย 3 ช่อง หีบสั้นไปมาในทิศทางตัดกับความยาวของช่องเป็นระยะ 2 – 3 นิ้วด้วยความเร็ว 100 – 110 รอบต่อนาที หลักเกณฑ์การแยกอาศัยความแตกต่างระหว่างความหยาบละเอียดของผิวเมล็ด ความหนาแน่นหรือน้ำหนักเมล็ดและแรงลอยตัวของเมล็ด เมื่อของผสมระหว่างข้าวกล้องและข้าวเปลือกถูกส่งผ่านเข้าเครื่อง แรงสั่นสะเทือนจะทำให้ข้าวเปลือกซึ่งเบาละเอียดกว่าพุ่งตัวลอยขึ้นและเคลื่อนที่ตามช่องกั้นขึ้นด้านบน ข้าวกล้องจะร่วงลงข้างล่างและค่อยๆ เคลื่อนออกจากเครื่องเพื่อจะส่งไปขัดเป็นข้าวสารต่อไป ส่วนข้าวเปลือกจะถูกส่งกลับไปกะเทาะเปลือกใหม่

เครื่องสีข้าวสมัยใหม่ตัดแปลงเครื่องแยกข้าวเปลือก จากการใช้หีบไม้และแผ่นโลหะบางกั้นช่องแบบฟันปลา เปลี่ยนเป็นใช้แผ่นโลหะแบนแต่ผิวทำเป็นรูปสามเหลี่ยมมนขึ้นมาจัดเรียงกัน มีลักษณะคล้ายช่องฟันปลาแทน ปัจจุบันเครื่องแยกข้าวเปลือกมีการดัดแปลงรูปแบบต่างๆ ออกมาเรื่อยๆ แสดงดังภาพที่ 2-13



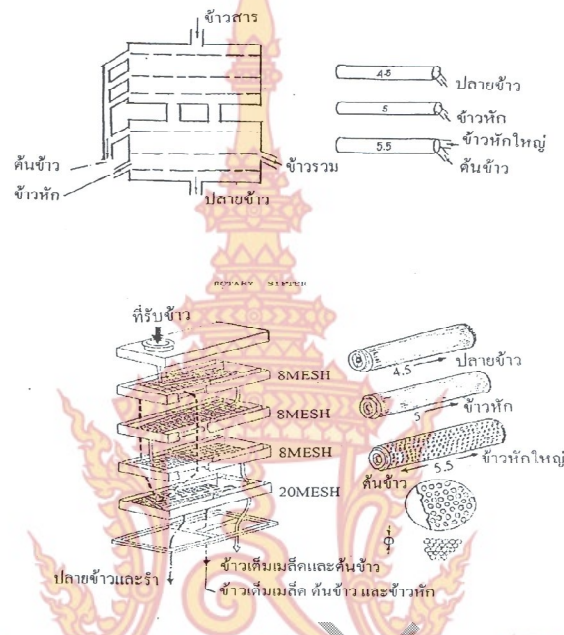
ภาพที่ 2-13 ชุดแยกข้าวเปลือกและข้าวกล้อง [10]

5. เครื่องขัดข้าว

เป็นเครื่องแปรรูปข้าวกล้องเป็นข้าวสาร ที่นิยมทั่วไปมี 2 แบบ คือ เครื่องขัดแบบหินขัด และเครื่องขัดแบบแรงเสียดทาน

เครื่องขัดข้าวของโรงสีข้าวแบบดั้งเดิมเป็นชนิดหินขัด ใช้ความคมของหินกากเพชรขัดเอาชั้นรำออก หินขัดประกอบด้วย โลหะรูปกรวยตัด ซึ่งเคลือบไว้ด้วยหินกากเพชรเช่นเดียวกับหินกะเทาะเปลือก แต่อัตราส่วนผสมต่างกัน กรวยหมุนอยู่รอบแกนเหล็กตามแนวโค้งล้อมรอบด้วยตะแกรงที่มีแท่งยางติดอยู่เป็นระยะๆ โดยรอบ 6 แท่ง เมื่อข้าวกล้องถูกป้อนเข้าเครื่องขัดข้าว การหมุนของกรวยในอัตราที่พอเหมาะจะทำให้ข้าวหมุนไปขัดสีกันเอง ขัดสีกับตะแกรงและหินขัดทำให้ชั้นรำถูกขัดและหลุดออกมาทางรูตะแกรงเป็นรำละเอียด ข้าวจะหมุนเวียนอยู่ในตะแกรงเป็นเวลา

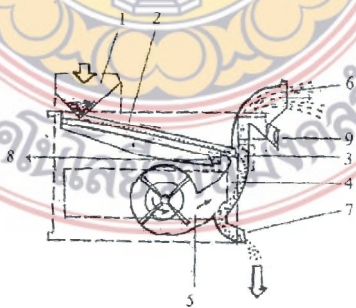
สุดท้ายมีขนาดช่องเล็กกว่า (20 mesh) ใช้แยกข้าวและรำ ส่วนที่ค้ำบนตะแกรงคือ ข้าวรวม ซึ่งต้องนำไปแยกต่อโดยตะแกรงหลุมเช่นเดียวกัน แสดงดังภาพที่ 2-15



ภาพที่ 2-15 ชุดแยกขนาดเมล็ดข้าวหัก[10]

7. เครื่องแยกแกลบ

เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกให้ผลผลิตผสมระหว่างข้าวที่ถูกกะเทาะ ข้าวที่หัก ข้าวเปลือก แกลบและรำบางส่วนซึ่งจะผสมกันอยู่ในการแยกแกลบจะใช้วิธีการดูดแกลบแยกออกจากข้าวโดยแกลบจะมีน้ำหนักเบากว่าข้าว ดังนั้นความเร็วลมที่ใช้จะต้องมีความเร็วที่สามารถเอาชนะน้ำหนักของแกลบได้เท่านั้น แสดงดังภาพที่ 2-16



ภาพที่ 2-16 ชุดแยกแกลบ [10]

8. หลักการและการออกแบบเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

เครื่องสีข้าวขนาดเล็กเป็นเครื่องจักรกลอย่างง่ายที่นำมาใช้แทนครกกระเดื่อง ซึ่งเครื่องสีข้าวขนาดเล็กนี้คุณภาพของข้าวที่ได้จะขึ้นอยู่กับขนาดของลูกหินกะเทาะและระยะห่างระหว่างแท่งยางกับลูกหินกะเทาะแต่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนของลูกหินกะเทาะหรือลูกหินขัดข้าวขาว ซึ่งระยะห่างระหว่างแท่งยางกับลูกหินที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวที่นำมาสีนั่นเอง

2.7 โครงสร้างของข้าวเปลือก

จากภาพที่ 2-17 เป็นโครงสร้างของข้าวเปลือก ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้



ภาพที่ 2-17 แสดงโครงสร้างของข้าวเปลือก [9]

แกลบ เป็นส่วนผสมของเปลือกเมล็ด หาง กลีบเลี้ยง และข้าวเมล็ด มีอยู่ประมาณ 20-24 เปอร์เซ็นต์ ของข้าวเปลือก แกลบเป็นผลพลอยได้จากการกะเทาะเปลือกออก

รำ เป็นส่วนผสมของเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด เยื่อออสุโรนคัพภะ และผิวนอก ของข้าวสารมีอยู่ประมาณ 8-10 เปอร์เซ็นต์ รำมีคุณค่าอาหารสูง มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์อยู่มาก เช่น มีโปรตีน 10.6-13.4 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 10.1-22.4 เปอร์เซ็นต์ สิ่งสกัดได้ที่ปราศจากไนโตรเจน 38.7-44.3 เปอร์เซ็นต์ และวิตามินอี 0.544 เปอร์เซ็นต์ รำส่วนใหญ่ใช้เลี้ยงสัตว์ บางส่วนนำไปสกัดเป็นน้ำมัน ทำอาหารเด็กอ่อนและอื่นๆ

ข้าวสาร มีประมาณ 68-70 เปอร์เซ็นต์ ของข้าวเปลือก (ประกอบด้วยแป้งประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์) มีโปรตีนบ้างเล็กน้อย เป็นส่วนที่มนุษย์นำไปทำอาหารรับประทาน อาจจะหุงทั้งเมล็ดหรือจะบดเป็นแป้งแล้วแปรรูปเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน หรืออาหารคาวหวานอื่นๆ ข้าวสารทั้งหมดที่ได้จากการขัดขาวจะถูกนำไปคัดแยกเป็นข้าวเต็มเมล็ด และข้าวหัก ซึ่งจะได้แต่ละส่วนมากน้อยเพียงใด

ขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้าวเปลือกก่อนกะเทาะเปลือก ถ้าข้าวเปลือกมีคุณภาพดี ก็จะทำให้ข้าวเต็มเมล็ด สูงข้าวหักมีน้อย

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมพงษ์ ลิ้มสกุล (2508) [7] ได้ทำการศึกษา การใช้เครื่องสีข้าวกลึงแบบใช้แรงเหวี่ยงเพื่อให้มีประสิทธิภาพการสีข้าวสูงสุด ให้มีการหักของข้าวที่น้อยที่สุดและให้มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นในข้าวที่น้อยที่สุด จากการทดลอง พบว่าจะทำให้การสีข้าวมีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องสีข้าวแบบมาตรฐานและทำให้จำนวนข้าวหักมีเปอร์เซ็นต์ลดน้อยลง นอกจากนี้ความชื้นในเมล็ดข้าวมีความชื้นน้อยกว่าเครื่องสีข้าวแบบมาตรฐาน

ประชา พรหมศิริ และคณะ (2542) [3] ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องสีข้าวกลึงขนาดครัวเรือนเพื่อให้ได้เครื่องที่มีประสิทธิภาพในการสีข้าวกลึงสูงสุด โดยมีรูปทรงและสัดส่วนที่เหมาะสม กะทัดรัด มีความแข็งแรงทนทาน และมีความปลอดภัยสูง จากการทดลองและทดสอบประสิทธิภาพของเครื่อง พบว่าในการออกแบบเครื่องสีข้าวขนาดครัวเรือนมีความแข็งแรงคงทนเหมาะสมกับการใช้งานในครัวเรือน และประสิทธิภาพในการสีข้าว จากการทดลองพบว่าข้าวที่สีนั้น มีการแตกหัก ลดน้อยลงจากเครื่องสีข้าวที่มีขนาดใหญ่

อัฐภา สุขสา และคณะ (2544) [10] ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กเพื่อใช้ในครัวเรือน โดยมีการออกแบบตัวเครื่องขนาดเล็ก กะทัดรัด ใช้งานง่าย จากการทดลอง พบว่าการกะเทาะของข้าวเปลือกทำให้เปลือกหลุดออกไม่หมด เนื่องจากแผ่นยางและลูกหินกะเทาะมีระยะห่างจากหน้าผิวสัมผัสมาก

สุรพงศ์ บางพาน (2547) [8] ได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องสีข้าวกลึงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองโดยใช้ลูกยางขัดข้าว สามารถลดการแตกข้าวและการหักของเมล็ดข้าวทำให้ข้าวที่ได้มีคุณภาพมากขึ้น จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการทำงานของเครื่องที่ปรับปรุงและพัฒนาสามารถสีข้าวได้ประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องสีข้าวแบบจานหมุน เปอร์เซ็นต์ข้าวดีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ประสิทธิภาพทางด้านเวลาลดลงค่อนข้างมาก

จักรกฤษณ์ วิมลปัญญาธร (2544) [2] ได้ทำการพัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ 50 Hz ขนาด ½ แรงม้า เป็นตัวต้นกำลัง สามารถสีข้าวขาวได้ 40 กก./ชม. (น้ำหนักข้าวเปลือก) และสีข้าวกลึงได้ 50 กก./ชม. จากผลการทดลอง จะได้ข้าวสาร 64% ปลายข้าว 25% รำ 5% และแกลบ 6% จะได้ข้าวกลึงเมล็ดเต็ม 95% ในการสีข้าวขาวจะได้ข้าวขาว

เมล็ดเต็ม 85% – 90% ควรแก้ไขอุปกรณ์ขัดข้าวขาว ให้สามารถทำงานได้เร็วขึ้น จึงจะสามารถ
ประหยัดพลังงานได้



บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงชุดอุปกรณ์และระบบโครงสร้างของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid) โดยในส่วนแรกของเนื้อหาจะกล่าวถึง ขั้นตอนการวางแผนการทำงาน การออกแบบการจัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง จากนั้นจะอธิบายถึงขั้นตอนและวิธีการทำงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid) ซึ่งข้าวเปลือกแต่ละสายพันธุ์จะมีความชื้นที่แตกต่างกัน และมีการทดลองเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างการสีข้าวกล้องและการสีข้าวขัดขาวโดยแบ่งลักษณะการทดลองไว้ดังนี้

1. ชนิดของพันธุ์ข้าวเปลือก
2. ระดับความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกแต่ละสายพันธุ์

3.1 ขั้นตอนการวางแผน

ขั้นตอนการวางแผนคือการกำหนดวิธีการดำเนินงาน หรือขั้นตอนการปฏิบัติงานว่าควรดำเนินการอย่างไร เพื่อช่วยให้การทำงานเป็นไปอย่างมีระบบซึ่งขั้นตอนการวางแผนมีดังนี้

- 3.1.1 ศึกษาเอกสาร บทความ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3.1.2 ออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)
- 3.1.3 ศึกษาคุณสมบัติของข้าว
- 3.1.4 ทำการทดลองการสีข้าวกล้องและข้าวขัดขาว
- 3.1.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสีข้าวกล้องและข้าวขัดขาวโดยคำนวณคุณภาพของข้าวที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวหลังจากการสีทั้ง 2 ประเภท
- 3.1.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง
- 3.1.7 สรุปผลการทดลอง

3.2 การออกแบบเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)

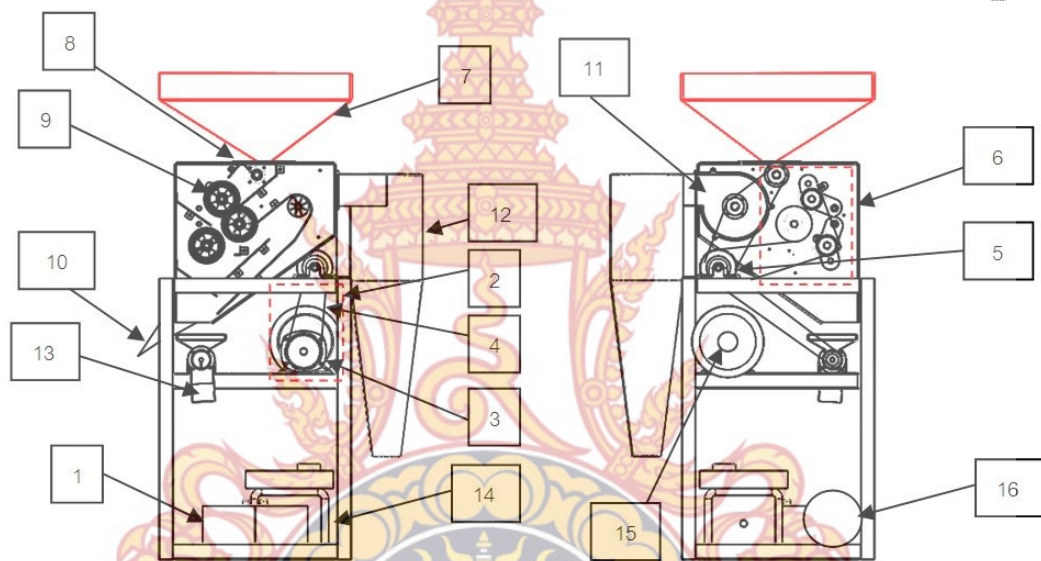
ในการออกแบบเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid) นั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยเบื้องต้นดังนี้ต่อไป

- 3.2.1 ง่ายต่อการผลิตตามแบบ
- 3.2.2 ใช้วัสดุที่หาซื้อได้ง่าย
- 3.2.3 สะดวกต่อการใช้งานและสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย

การออกแบบในที่นี้ จะหมายถึงการออกแบบเชิงแนวคิด ซึ่งจะมีแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของเครื่องและการคำนวณ ขนาดขององค์ประกอบต่างๆในด้านของโครงสร้างและตัวเครื่อง จะใช้

ลักษณะโครงสร้างที่มีความแข็งแรง สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย ซึ่งเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือ กระจับอบบรรจุข้าวเปลือก ส่วนที่ 2 คือ ชุดส่งกำลัง ส่วนที่ 3 คือ โซโคลอน และส่วนที่ 4 คือ ชุดอุปกรณ์ไฮบริด

3.3 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)



ภาพที่ 3-1 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด

รายละเอียดของเครื่อง “การพัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด” (ภาพที่ 3-1)

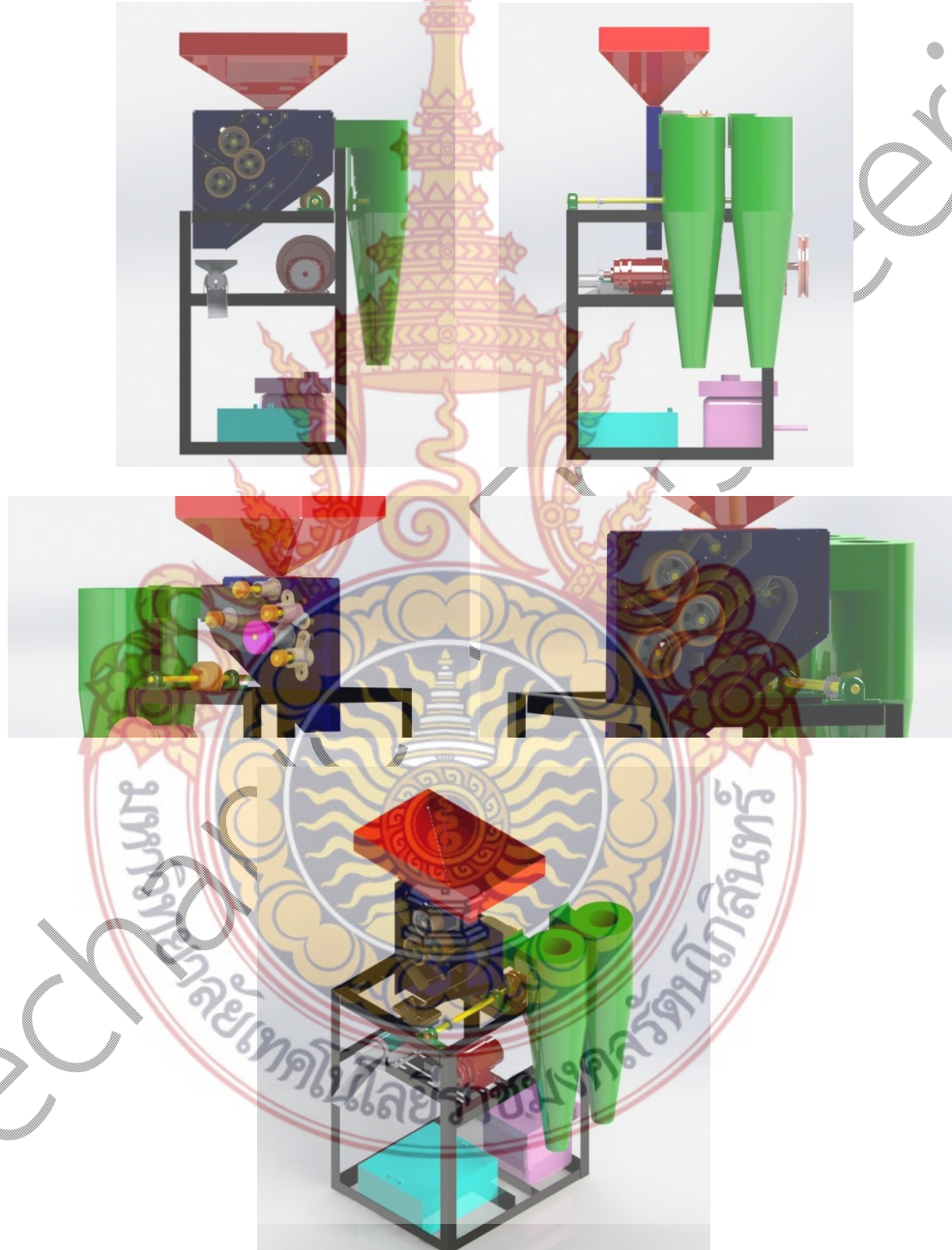
1. แบตเตอรี่
2. ชุดกล่องควบคุมเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด
3. มอเตอร์ต้นกำลัง
4. โซและสเตอร์
5. ชุดเพลากำลัง
6. มู่เลย์และสายพาน
7. กระจับอบบรรจุข้าวเปลือก
8. ลั่นปิด - เปิดการไหลของข้าวเปลือก
9. ชุดลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก
10. ช่องทางออกของข้าวกล้อง

11. โบลเวอร์
12. โซโคลน
13. ชุดขัดข้าวขาว
14. เครื่องยนต์เล็กที่ใช้ในระบบไฮบริด
15. ชุดหน้าคลัตช์ตัดต่อระบบการทำงาน
16. ไดชาร์จรถยนต์

เครื่องสีข้าวขนาดเล็กใช้ระบบไฮบริด (Hybrid) เพื่อช่วยในการลดต้นทุนด้านพลังงานและลดการแตกหักของเมล็ดข้าวเปลือก ดังนั้นจึงมีการนำเอาพลังงานจากแบตเตอรี่และพลังงานจากเครื่องยนต์เข้ามาใช้แทนการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนการทำงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก โดยได้มีการทำงานดังนี้ มีการติดตั้งแหล่งพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่ (1) ขนาด 12 โวลต์ จำนวน 2 ลูก ที่บริเวณฐานด้านล่างของตัวเครื่อง จากนั้นพลังงานจากแบตเตอรี่จะถูกส่งไปยังชุดกล่องควบคุมเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (2) ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานต่างๆของตัวเครื่อง ซึ่งกระแสไฟก็จะถูกส่งต่อไปยังมอเตอร์ต้นกำลัง (3) โดยใช้โซ่และสเตอร์ (4) ในการส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังชุดเพลากำลัง (5) เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนชุดลูกยางกะเทาะข้าวเปลือกและชุดขัดข้าวขาวโดยมีมู่เลย์และสายพาน (6) เป็นตัวรับและส่งกำลังต่อไปยังอุปกรณ์ต่างๆ เมื่อชุดลูกยางกะเทาะข้าวเปลือกทำงาน ข้าวเปลือกที่อยู่ในกระท้อบรรจุข้าวเปลือก (7) ก็จะไหลลงผ่านลิ้นปิด - เปิดการไหลของข้าวเปลือก (8) ที่ใช้ในการควบคุมอัตราการป้อนข้าวเปลือก จากนั้นข้าวเปลือกก็จะไหลผ่านเข้าไปยังชุดลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก (9) เพื่อทำการกะเทาะให้เปลือกข้าวแยกตัวออกจากเมล็ดข้าว ซึ่งเมล็ดข้าวที่ได้ผ่านการกะเทาะเปลือกก็จะไหลลงไปที่บริเวณของช่องทางออกของข้าวกล้อง (10) ที่ได้มีการจัดเตรียมภาชนะบรรจุไว้รองรับ และในขณะเดียวกันเปลือกข้าวหรือแกลบก็จะถูกดูดเข้ามาตามช่องด้วยแรงลมจากโบเวอร์ (11) ส่งไปยังถังโซโคลน (12) เพื่อลดความเร็วของลมและป้องกันการฟุ้งกระจายของเปลือกข้าวและฝุ่นละออง จากนั้นเปลือกข้าวก็จะตกลงไปในกระสอบบรรจุที่ได้จัดเตรียมไว้ในบริเวณส่วนล่างของถังโซโคลน ซึ่งในกรณีที่ต้องการข้าวขัดขาวก็เพียงแค่ทำการปรับเปลี่ยนทิศทางช่องทางออกของข้าวกล้อง ทำให้ข้าวที่ได้ผ่านการกะเทาะเปลือกมาแล้วไหลลงไปยังชุดขัดข้าวขาว (13) เมื่อผ่านกระบวนการขัดข้าวขาวแล้ว ข้าวที่ได้ก็จะไหลลงไปยังภาชนะบรรจุที่ได้จัดเตรียมไว้ และในกรณีที่พลังงานแบตเตอรี่อ่อนลงจนไม่เพียงพอต่อการใช้งานก็ยังสามารถใช้เครื่องยนต์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน ซึ่งถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้งานได้โดยทำการสตาร์ทเครื่องยนต์เล็กที่ใช้ในระบบไฮบริด (14) จากนั้นกำลังงานจากเครื่องยนต์ก็จะถูกส่งต่อไปยังชุดหน้าคลัตช์ตัดต่อระบบการทำงาน (15) เพื่อไปขับชุดเพลากำลังทำให้กระบวนการสีข้าวสามารถดำเนินการทำงานได้ และในขณะทำการสีข้าวก็ยังสามารถใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ไปพร้อมๆกันได้อีกด้วย โดยใช้ได

ชาร์จร์ยนต์ (16) ในการชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ ซึ่งสามารถทำได้โดยการเปิดสวิตซ์ที่กล่องควบคุมเพื่อตัดต่อระบบการทำงานให้ของไดชาร์จ

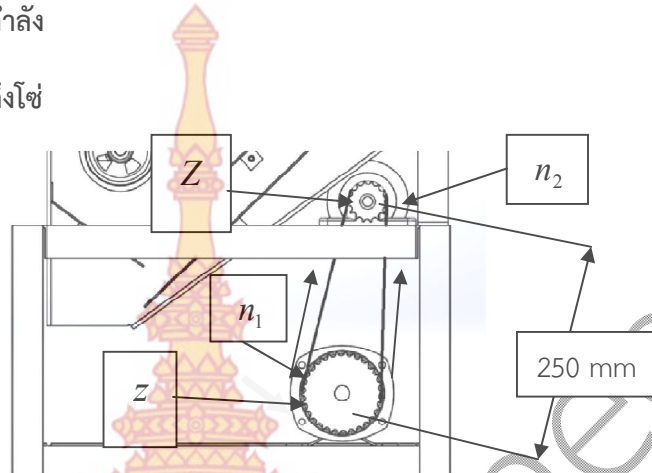
ทำการออกแบบเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid) ด้วยคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)

3.4 การคำนวณระบบส่งกำลัง

3.4.1 คำนวณหาแรงดึงโซ่



ภาพที่ 3-3 การส่งกำลังด้วยโซ่

ในการขับเพลากำลัง ดังภาพที่ 3-3 เพื่อใช้ขับเคลื่อนขั้วที่มีความเร็วรอบ $n_2 = 1120 \text{ rpm}$ ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 450 W ความเร็วรอบ $n_1 = 560 \text{ rpm}$ โดยใช้โซ่โรลเลอร์ที่มีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของเฟืองโซ่ประมาณ 250 mm

จำนวนฟันบนพีเนียน $z = 28$ ฟัน

โดยเลือก ประเภท 3 เครื่องยนต์ต่อผ่านอุปกรณ์ทางกล $N_s = 0.81$ (จากตารางที่ 2.5)

อัตราทด

จากสมการที่ (2.1)

$$M_\omega = \frac{n_1}{n_2} = \frac{560}{1120} = 0.5$$

จำนวนฟันของเฟืองโซ่ $Z = 28(0.5) = 14$ ฟัน

จากสมการกำลังที่ใช้เลือกโซ่

$$\begin{aligned} P &= W_p \times N_s \\ &= 450(0.81) \\ &= 0.364 \text{ kW} \end{aligned}$$

เลือกใช้โซ่หนึ่งชั้นที่มีระยะ 15.875 mm โดยใช้โรลเลอร์ ISO/R606 10 A - 1 ซึ่งมีแรงแตกหัก 21.78 kN และมีมวล 0.98 kg/m

ความเร็วของโซ่

$$v_c = p \times z \times n$$

$$= (0.01588)(28)(560/60)$$

$$v_c = 4.14 \text{ m/s}$$

$$F_t = \frac{W_p}{v_c} = \frac{0.450}{4.14} = 0.10869 \text{ kN}$$

$$F_{ct} = \frac{w}{g} v_c^2 = \frac{0.98}{1000} (4.14)^2 = 0.01679 \text{ kN}$$

แรงดึงในโซ่

$$F_c = F_t + F_{ct} = 0.10869 + 0.01679 = 0.12548 \text{ kN}$$

จากสมการ

$$F_c = \frac{F_b}{N_b}$$

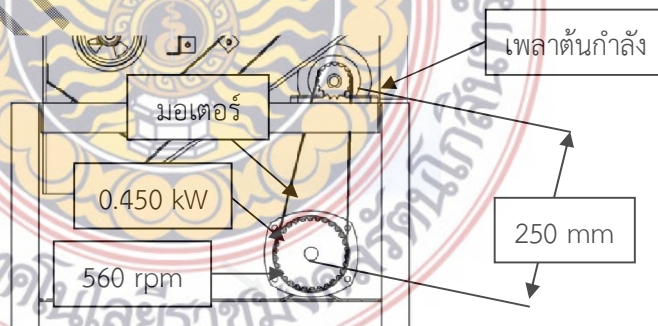
แรงแตกหัก

$$F_b = 21.78 \text{ N}$$

ค่าความปลอดภัย

$$N_b = \frac{F_b}{F_c} = \frac{21.78}{0.125} = 174.5$$

3.4.2 การคำนวณหาความโตเฟลา โดยใช้ มอเตอร์เป็นตัวต้นกำลัง (ภาพที่ 3-4)



ภาพที่ 3-4 คำนวณหาความโตเฟลา โดยใช้ มอเตอร์เป็นตัวต้นกำลัง

กำลังมอเตอร์ 0.450 kW ความเร็วรอบ 560 rpm โดยใช้ซี่เฟลา AISI 1020 HR steel ค่า yield strength 210 MPa (จากตารางที่ 2.4) เพื่อใช้ในการคำนวณหา ความโตเฟลา

โดย

จากสมการที่ (2.4)

$$P = 2\pi mT$$

$$(0.450)(1000) = 2\pi(560/60)T$$

$$T = \frac{(0.450)(1000)}{2\pi(560/60)}$$

$$T = 7.67 \text{ N.m}$$

$$T = 7,670 \text{ N.mm}$$

จากสมการที่ (2.8)

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot \tau_d} [(M \cdot \alpha_b)^2 + (T \cdot \alpha_t)^2]^{1/2}}$$

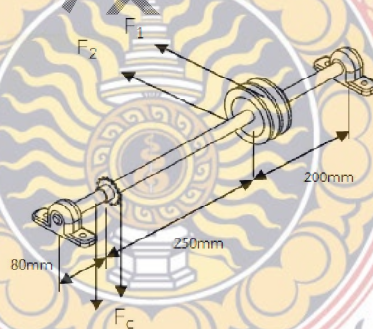
ดังนั้น

$$\alpha_t = 1.0 \quad (\text{จากตารางที่ 2.2})$$

$$\alpha_b = 1.5 \quad (\text{จากตารางที่ 2.2})$$

$$T = 7,670 \text{ N.mm}$$

คำนวณหา โมเมนต์แรงบิดของมอเตอร์ (ภาพที่ 3-5)



ภาพที่ 3-5 คำนวณหาโมเมนต์แรงบิดมอเตอร์

แรงดึงในโซ่

$$F_c = 125.48 \text{ N}$$

$$M_{cv} = \frac{Fdx}{l}$$

(3.1)

$$M_{cv} = \frac{(125.48)(450)(80)}{530} = 8523.16 \text{ N.mm}$$

$$M_{DV} = \frac{Fa(l-x)}{l} \quad (3.2)$$

$$M_{DV} = \frac{(125.48)(530-450)(80)}{530} = 1515.23 \text{ N.mm}$$

$$F_{EH} = F_1 + F_2 = 410.94 + 102.73 = 513.67 \text{ N.}$$

$$M_{DH} = \frac{Fbx}{l} \quad (3.3)$$

$$M_{DH} = \frac{(513.67)(450)(80)}{530} = 34890.79 \text{ N.mm}$$

$$M_{CH} = \frac{Fa(l-x)}{l} \quad (3.4)$$

$$M_{CH} = \frac{(513.67)(530-450)(80)}{530} = 6202.80 \text{ N.mm}$$

$$M_C = \sqrt{(M_{CV})^2 + (M_{CH})^2} \quad (3.5)$$

$$= \sqrt{(8523.16)^2 + (6202.80)^2}$$

$$M_C = 10541.29 \text{ Nmm.}$$

$$M_D = \sqrt{(M_{DV})^2 + (M_{DH})^2} \quad (3.6)$$

$$= \sqrt{(1515.23)^2 + (34890.79)^2}$$

$$M_D = 34923.67 \text{ N.mm}$$

$$\tau = 0.3(210) = 63 \text{ MPa}$$

จากสมการที่ (2.8)

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot \tau_d} [(M \cdot \alpha_b)^2 + (T \cdot \alpha_t)^2]^{1/2}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi(63)} [(34923.67 \times 1.5)^2 + (7670 \times \alpha_t)^2]^{1/2}}$$

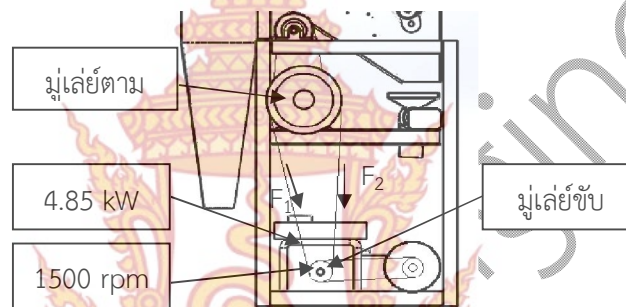
$$d^3 = \frac{16(52944.02)}{\pi(63)}$$

$$d^3 = 4280.02 \text{ mm}$$

ดังนั้น ของความโตเพลลา

$$d = 16.23 \text{ mm}$$

3.4.3 แรงดึงสายพานของเครื่องยนต์ (ภาพที่ 3-6)



ภาพที่ 3-6 คำนวณหาความโตเพลลา โดยใช้ เครื่องยนต์เป็นตัวต้นกำลัง

มูเลย์ซัปมีขนาด 75 mm และมูเลย์ตามมีขนาด 150 mm ระยะห่างระหว่างมูเลย์ 500 mm กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ 4850 W ให้ค่า $\mu = 0.35$ ความเร็วรอบ 1500 rpm

$$\alpha_1 = \pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{D-d}{2C} \right)$$

$$\alpha_1 = \pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{150-75}{2(500)} \right)$$

$$= \pi - 0.150 = 2.99 \text{ radian}$$

$$\alpha_2 = \pi + 2 \sin^{-1} \left(\frac{D-d}{2C} \right)$$

$$\alpha_2 = \pi + 2 \sin^{-1} \left(\frac{150-75}{2(500)} \right)$$

$$= \pi + 0.150 = 3.29 \text{ radian}$$

ดังนั้น $\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\alpha_1}$ When $\alpha_2 > \alpha_1$

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{(0.35)(2.99)} = 2.84$$

$$F_1 = 2.84F_2 \quad (3.7)$$

$$v = \pi dn_1 = \pi \left(\frac{75}{1000} \right) \left(\frac{1500}{60} \right) = 5.89 \text{ m/s}$$

จากสมการที่ (2.3) $W_p = (F_1 - F_2)v$

$$F_1 - F_2 = \frac{W_p}{v} = \frac{4850}{5.89} = 823.42 \text{ N} \quad (3.8)$$

แทนค่าสมการที่ (3.7) ในสมการที่ (3.8)

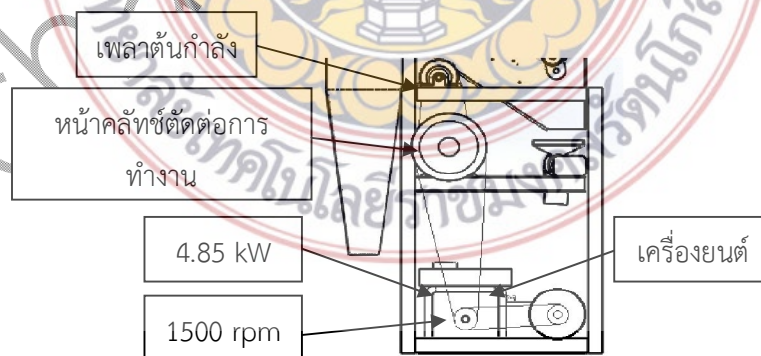
แรงดึงสายพาน $F_2 = \frac{823.42}{2.84} = 289.93 \text{ N}$

$$F_1 - F_2 = 823.42$$

$$F_1 = 823.42 + 289.93$$

แรงดึงสายพาน $F_1 = 1113.35 \text{ N}$

3.4.4 การคำนวณหาความโตเพลลา โดยใช้ เครื่องยนต์เป็นตัวต้นกำลัง (ภาพที่ 3-7)



ภาพที่ 3-7 คำนวณหาความโตเพลลา โดยใช้ เครื่องยนต์เป็นตัวต้นกำลัง

กำลังเครื่องยนต์ 6.5 แรงม้า หรือ 4.85 kW ความเร็วรอบ 1500 rpm โดยใช้ซับเพลลา AISI 1020 HR steel ค่า yield strength 210 MPa (จากตารางที่ 2.4) เพื่อใช้ในการคำนวณหาความโตเพลลา

โดย จากสมการ

$$P = 2\pi nT$$

$$(4.85)(1000) = 2\pi(1500/60)T$$

$$T = \frac{(4.85)(1000)}{2\pi(1500/60)}$$

$$T = 30.87 \text{ N.m}$$

$$T = 30,870 \text{ N.mm}$$

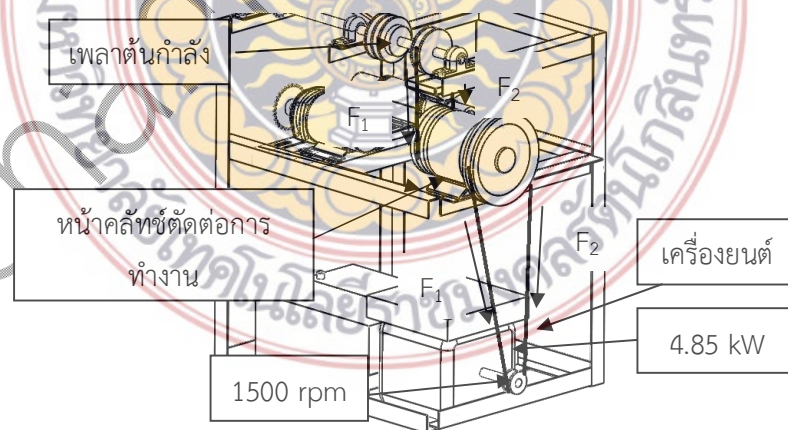
จากสมการที่ (2.8)
$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \tau_d} [(M \alpha_b)^2 + (T \alpha_t)^2]^{1/2}}$$

ดังนั้น $\alpha_t = 1.0$ (จากตารางที่ 2.2)

$\alpha_b = 1.5$ (จากตารางที่ 2.2)

$T = 30,870 \text{ N.mm}$

คำนวณหา โมเมนต์แรงบิดของเครื่องยนต์ (ภาพที่ 3-8)



ภาพที่ 3-8 คำนวณหาโมเมนต์แรงบิดของเครื่องยนต์

แรงดึงสายพาน

$$F_{CV} = F_1 + F_2 = 1113.35 + 289.93 = 1403.28 \text{ N}$$

$$M_{CV} = \frac{Fdx}{l}$$

$$M_{CV} = \frac{(1403.28)(50)(80)}{130} = 43177.84 \text{ N.mm}$$

$$M_{DV} = \frac{Fa(l-x)}{l}$$

$$M_{DV} = \frac{(1403.28)(130-80)(50)}{130} = 26986.15 \text{ N.mm}$$

$$F_{EH} = F_1 + F_2 = 1113.35 + 289.93 = 1403.28 \text{ N}$$

$$M_{DH} = \frac{Fbx}{l}$$

$$M_{DH} = \frac{(1403.28)(50)(80)}{130} = 43177.84 \text{ N.mm}$$

$$M_{CH} = \frac{Fa(l-x)}{l}$$

$$M_{CH} = \frac{(1403.28)(130-80)(50)}{130} = 26986.15 \text{ N.mm}$$

$$M_C = \sqrt{(M_{CV})^2 + (M_{CH})^2}$$

$$= \sqrt{(43177.84)^2 + (26986.15)^2}$$

$$M_C = 50917.36 \text{ N.mm}$$

$$M_D = \sqrt{(M_{DV})^2 + (M_{DH})^2}$$

$$= \sqrt{(26986.15)^2 + (43177.84)^2}$$

$$M_D = 50917.36 \text{ N.mm}$$

$$\tau = 0.3(210) = 63 \text{ MPa}$$

จากสมการที่ (2.8)

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot \tau_d} [(M \cdot \alpha_b)^2 + (T \cdot \alpha_t)^2]^{1/2}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi(63)} [(50917.36 \times 1.5)^2 + (30870 \times \alpha_t)^2]^{1/2}}$$

$$d^3 = \frac{16(82378.73)}{\pi(63)}$$

$$d^3 = 6659.54 \text{ mm}$$

ดังนั้น ของความโตเพลลา

$$d = 18.81 \text{ mm}$$

จึงสรุปได้ว่า จะใช้ความโตเพลลา ขนาด 19 mm ทั้ง มอเตอร์ และ เครื่องยนต์ เพื่อจ่ายต่อการซ่อมบำรุง ลูกปืนและการหาซื้ออุปกรณ์

3.4.5 การคำนวณหาอัตราทดของระบบส่งกำลัง

จากสมการที่ (2.1)

$$M_\omega = \frac{d_{p,2}}{d_{p,1}} = \frac{n_1}{n_2}$$

เมื่อ M_ω = อัตราทด

n_1 = ความเร็วรอบของล้อขับ ; rpm

n_2 = ความเร็วรอบของล้อตาม ; rpm

การคำนวณหาความเร็วรอบของระบบส่งกำลัง

จากสมการที่ (2.1)

$$d_{p,1} n_1 = d_{p,2} n_2$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{p,2}}{d_{p,1}}$$

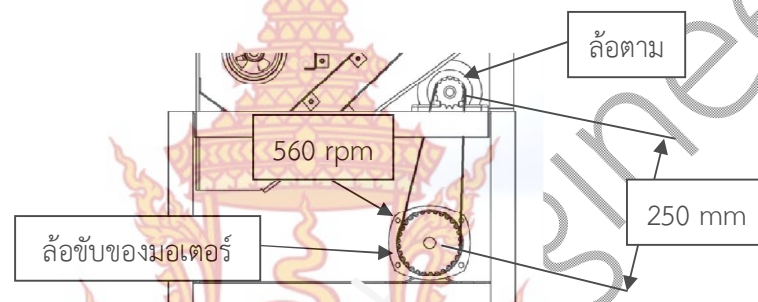
เมื่อ $d_{p,1}$ = เส้นผ่านศูนย์กลางล้อขับ ; *inch*

$d_{p,2}$ = เส้นผ่านศูนย์กลางล้อตาม ; *inch*

n_1 = ความเร็วรอบของล้อขับ ; *rpm*

n_2 = ความเร็วรอบของล้อตาม ; *rpm*

3.4.5.1 คำนวณความเร็วรอบของเฟลาต้นกำลังโดย และอัตราทด (ภาพที่ 3-9)



ภาพที่ 3-9 คำนวณความเร็วรอบของเฟลาต้นกำลังโดย และอัตราทด

โดย ล้อขับของมอเตอร์ มี ขนาด 4 *inch* มีความเร็วรอบ 560 *rpm* โดย ให้ล้อตามมี ขนาด 2 นิ้ว (ได้จากการทดสอง)

จากสมการที่ (2.1)

$$n_1 = \frac{d_{p,2}}{d_{p,1}}$$

$$n_2 = \frac{d_{p,1}}{d_{p,2}}$$

$$n_2 = \frac{n_1 d_{p,1}}{d_{p,2}}$$

$$n_2 = \frac{560 \times 4}{2}$$

$$n_2 = 1120 \text{ rpm}$$

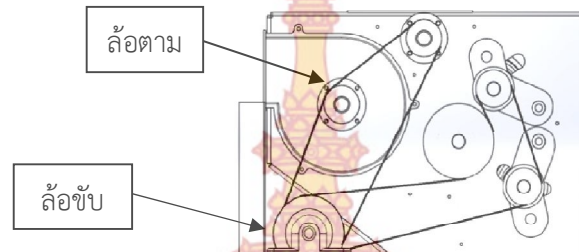
ฉะนั้น เฟลาต้นกำลังจะมีความเร็วรอบ 1120 *rpm*

อัตราทด

$$I = \frac{n_1}{n_2}$$

$$I = 0.5 : 1$$

3.4.5.2 คำนวณความเร็วรอบของพัดลมดูดกลับ และอัตราทด โดยใช้รอบของเพลาดันกำลัง (ภาพที่ 3-10)



ภาพที่ 3-10 คำนวณความเร็วรอบของพัดลมดูดกลับ และอัตราทด โดยใช้รอบของเพลาดันกำลัง

โดย ล้อขับของเพลาดันกำลัง มี ขนาด 4 *inch* มีความเร็วรอบ 1120 *rpm* โดย ให้ล้อตามมีขนาด 2 *inch* (ได้จากการทดลอง)

จากสมการที่ (2.1)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{p,2}}{d_{p,1}}$$

$$n_2 = \frac{n_1 d_{p,1}}{d_{p,2}}$$

$$n_2 = \frac{1120 \times 4}{2}$$

$$n_2 = 2240 \text{ rpm}$$

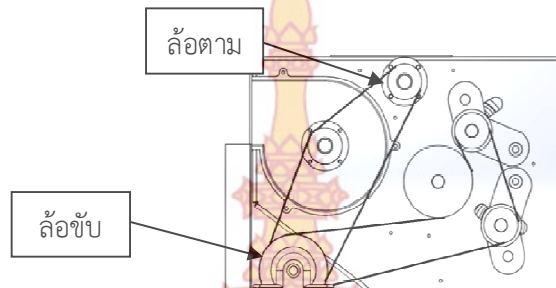
ฉะนั้น พัดลมดูดกลับจะมีความเร็วรอบ 2240 *rpm*

อัตราทด

$$I = \frac{n_1}{n_2}$$

$$I = 0.5 : 1$$

3.4.5.3 คำนวณความเร็วรอบของอัตราการป้อนข้าวเปลือก และอัตราทด โดยใช้รอบของเฟลาต้นกำลัง (ภาพที่ 3-11)



ภาพที่ 3-11 คำนวณความเร็วรอบของพัดลมดูดแกลบ และอัตราทด โดยใช้รอบของเฟลาต้นกำลัง

โดย ล้อขับของเฟลาต้นกำลัง มี ขนาด 4 inch มีความเร็วรอบ 1120 rpm โดย ให้ล้อตามของอัตราการป้อนข้าวเปลือกมีขนาด 3.5 inch (ได้จากการทดลอง)

จากสมการที่ (2.1)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{p.2}}{d_{p.1}}$$

$$n_2 = \frac{n_1 d_{p.1}}{d_{p.2}}$$

$$n_2 = \frac{1120 \times 4}{3.5}$$

$$n_2 = 1280 \text{ rpm}$$

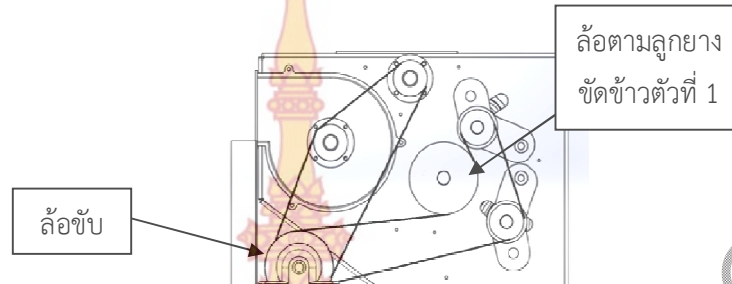
ฉะนั้น อัตราการป้อนข้าวเปลือกจะมีความเร็วรอบ 1280 rpm

อัตราทด

$$I = \frac{n_1}{n_2}$$

$$I = 0.87 : 1$$

3.4.5.4 คำนวณความเร็วรอบของลูกยางขัดข้าวตัวที่ 1 และอัตราทด โดยใช้รอบของเพลาดันกำลัง(ภาพที่ 3-12)



ภาพที่ 3-12 คำนวณความเร็วรอบของลูกยางขัดข้าวตัวที่ 1 และอัตราทด โดยใช้รอบของเพลาดันกำลัง

โดย ล้อขับของเพลาดันกำลัง มี ขนาด 4 *inch* มีความเร็วรอบ 1120 *rpm* โดยให้ล้อตามของลูกยางขัดข้าวตัวที่ 1 มีขนาด 4 *inch* (ได้จากการทดลอง)

จากสมการที่ (2.1)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{p,2}}{d_{p,1}}$$

$$n_2 = \frac{n_1 d_{p,1}}{d_{p,2}}$$

$$n_2 = \frac{1120 \times 4}{4}$$

$$n_2 = 1120 \text{ rpm}$$

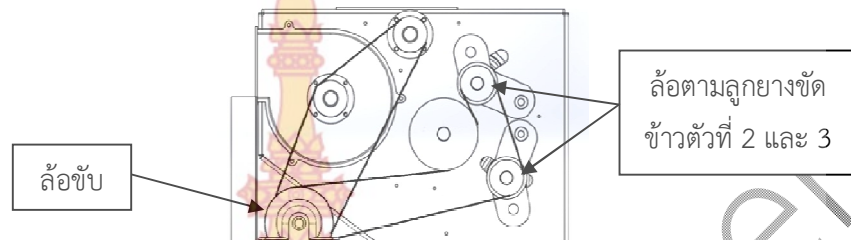
ฉะนั้น ลูกยางขัดข้าวตัวที่ 1 จะมีความเร็วรอบ 1120 *rpm*

อัตราทด

$$I = \frac{n_1}{n_2}$$

$$I = 1 : 1$$

3.4.5.5 คำนวณความเร็วรอบของลูกยางขัดข้าวตัวที่ 2 และ 3 และอัตราทด โดยใช้รอบของเพลาดันกำลัง (ภาพที่ 3-13)



ภาพที่ 3-13 คำนวณความเร็วรอบของลูกยางขัดข้าวตัวที่ 2 และ 3 และอัตราทด โดยใช้รอบของเพลาดันกำลัง

โดย ล้อขับของเพลาดันกำลัง มี ขนาด 4 *inch* มีความเร็วรอบ 1120 *rpm* โดย ให้ล้อตามของลูกยางขัดข้าวตัวที่ 2 และ 3 มีขนาด 2 *inch* (ได้จากการทดลอง)

จากสมการที่ (2.1)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{p,2}}{d_{p,1}}$$

$$n_2 = \frac{n_1 d_{p,1}}{d_{p,2}}$$

$$n_2 = \frac{1120 \times 4}{2}$$

$$n_2 = 2240 \text{ rpm}$$

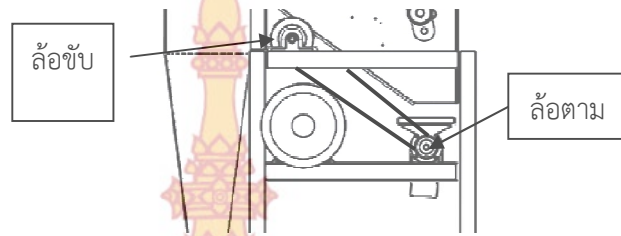
ฉะนั้น ลูกยางขัดข้าวตัวที่ 2 และ 3 จะมีความเร็วรอบ 2240 *rpm*

อัตราทด

$$I = \frac{n_1}{n_2}$$

$$I = 0.5 : 1$$

3.4.5.6 คำนวณความเร็วรอบของชุดขับเคลื่อน และอัตราทด โดยใช้รอบของเพลาต้นกำลัง (ภาพที่ 3-14)



ภาพที่ 3-14 คำนวณความเร็วรอบของชุดขับเคลื่อน และอัตราทด โดยใช้รอบของเพลาต้นกำลัง

โดย ล้อขับของเพลาต้นกำลัง มีขนาด 3.5 inch มีความเร็วรอบ 1120 rpm โดยให้ล้อตามของ ชุดขับเคลื่อน มีขนาด 2 inch (ได้จากการทดลอง)

จาก

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{p,2}}{d_{p,1}}$$

$$n_2 = \frac{n_1 d_{p,1}}{d_{p,2}}$$

$$n_2 = \frac{1120 \times 3.5}{2}$$

$$n_2 = 1960 \text{ rpm}$$

ฉะนั้น ลูกยางขับเคลื่อนตัวที่ 1 จะมีความเร็วรอบ 2240 rpm

อัตราทด

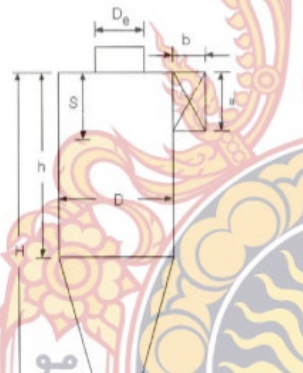
$$I = \frac{\text{rpm}_1}{\text{rpm}_2}$$

$$I = 0.57 : 1$$

3.5 การหาขนาดถังไซโคลน

โดยปกติการหาขนาดของไซโคลนสามารถทำได้โดยอาศัยขนาดมาตรฐาน ซึ่งได้ถูกนำเสนอโดยนักวิจัย โดยมีอยู่หลายลักษณะ ดังแสดงในภาพที่ 3-15 ขนาดของแต่ละส่วนจะสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวไซโคลน

- D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตัวไซโคลน
 a = ความสูงของช่องทางเข้า
 b = ความกว้างของช่องทางเข้า
 S = ความยาวของช่องทางออก
 D_e = เส้นผ่านศูนย์กลางของช่องทางออก
 h = ความสูงของช่วงที่เป็นทรงกระบอก
 H = ความสูงทั้งหมดของไซโคลน
 B = เส้นผ่านศูนย์กลางปลายกรวย



ขนาด	ไซโคลนประสิทธิภาพสูง		ไซโคลนสำหรับงานทั่วไป		
	Stairmand	Swift	Lapple	Swift	Peterson & Whitby
D	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
a	0.5	0.44	0.5	0.5	0.583
b	0.2	0.21	0.25	0.25	0.208
S	0.5	0.5	0.625	0.6	0.583
D_e	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5
h	1.5	1.4	2.0	1.75	1.333
H	4.0	3.9	4.0	3.75	3.17
B	0.375	0.4	0.25	0.4	0.5

ภาพที่ 3-15 สัดส่วนของไซโคลนมาตรฐานรูปแบบต่างๆ

การออกแบบถังไซโคลนในการทดลองนี้ได้พิจารณาเลือกใช้ไซโคลนแบบทางเข้าของอากาศในแนวสัมผัส (Tangent inlet) ของ Stairmandboltzmann ซึ่งอ้างอิงจากภาพที่ 3-15 ออกแบบได้ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แสดงสัดส่วนต่างๆของไซโคลนที่คำนวณได้

เส้นผ่านศูนย์กลางตัวไซโคลน(D)	(1.0×200)	= 200 mm.
ความสูงของช่องทางเข้า(a)	(0.5×200)	= 100 mm.
ความกว้างของช่องทางเข้า(b)	(0.2×200)	= 40 mm.
ความยาวของช่องทางออก (S)	(0.5×200)	= 100 mm.
เส้นผ่านศูนย์กลางของช่องทางออก(D_e)	(0.5×200)	= 100 mm.
ความสูงของช่วงที่เป็นทรงกระบอก(h)	(1.5×200)	= 300 mm.
ความสูงทั้งหมดของไซโคลน(H)	(4.0×200)	= 800 mm.
เส้นผ่านศูนย์กลางปลายกรวย(B)	(0.375×200)	= 75 mm.

3.6 อุปกรณ์การทดลอง

3.6.1 กระจ้ออบรรจุข้าวเปลือก

กระจ้ออบรรจุข้าวเปลือก มีลักษณะเป็นถังสี่เหลี่ยมทรงกรวย ช่องทางเข้ามีขนาดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด $350 \times 550 \times 260$ มิลลิเมตร ช่องทางออกสี่เหลี่ยมด้านเท่า ขนาด 30×40 มิลลิเมตร และมีแผ่นปิดกั้นข้าวเปลือกเพื่อกำหนดปริมาณข้าวเปลือกที่จะไหลลงไปยังกระบวนการสีข้าวดังแสดงในภาพที่ 3 - 16



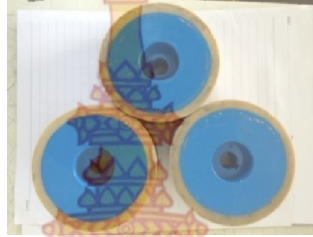
ภาพที่ 3-16 กระจ้อใส่ข้าวเปลือก

3.6.2 ชุดกระบวนการสีข้าว

โครงสร้างของชุดระบบสีข้าวสร้างขึ้นจากแผ่นเหล็กหนาขนาด 5 มิลลิเมตร นำมาพับขึ้นรูปตามแบบที่กำหนดไว้ โดยภายในของชุดระบบสีข้าวจะประกอบไปด้วย

3.6.2.1 ลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก

มีขนาดความโต 4 นิ้วและมีความหนา 45 มิลลิเมตร ทั้ง 3 ลูก ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษคือน้ำหนักเบา ขนาดกะทัดรัด จึงสามารถกะเทาะเปลือกข้าวได้ดี ดังแสดงในภาพที่ 3-17



ภาพที่ 3-17 ลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก

3.6.2.2 โบลเวอร์

มีขนาดของใบพัดกว้าง 5 นิ้ว ความเร็วรอบสูงสุดเท่ากับ 2240 รอบต่อนาที โดยความเร็วลมในระดับนี้จะถูกควบคุมอัตราความเร็วรอบโดยชุดเพลลาขับจากมอเตอร์ เพื่อใช้สำหรับการดูดแกลบหรือข้าวเปลือกให้แยกออกจากเมล็ดข้าว ดังแสดงในภาพที่ 3-18



ภาพที่ 3-18 โบลเวอร์

3.6.2.3 ชุดเพลลาของลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก

เป็นส่วนที่ใช้ส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังลูกยางกะเทาะเปลือก เพื่อควบคุมความเร็วรอบในการหมุนของลูกยางกะเทาะข้าวเปลือกดังแสดงในภาพที่ 3-19



ภาพที่ 3-19 เฟลาถูกยางกะเทาะเปลือก

3.6.3 ระบบส่งกำลัง

3.6.3.1 มู่เสีย์

ใช้ในการขับเคลื่อนชุดลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก โบลเวอร์ ชุดขัดข้าวขาว และชุดเพลลาขับ ซึ่งจะมีขนาด 2 นิ้ว และ 4 นิ้ว โดยขนาดของมู่เสีย์ได้มาจากการคำนวณซึ่งขนาดของมู่เสีย์ที่ต่างกันนั้นจะเป็นตัวกำหนดความเร็วรอบในการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 3-20



ภาพที่ 3-20 มู่เสีย์

3.6.3.2 สายพาน

ใช้ในการรับแรงจากเพลลาขับ และ ส่งกำลังขับเคลื่อนไปยังชุดลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก โบลเวอร์ และ ชุดขัดข้าวขาวโดยมีมู่เสีย์เป็นตัวรับกำลัง และ นำไปใช้ในอุปกรณ์ต่างๆ ของตัวเครื่องซึ่งสายพานที่นำมาใช้นั้นจะมีทั้งสายพานร่อง A และ สายพานร่อง B ดังแสดงในภาพที่ 3-21



ภาพที่ 3-21 สายพาน

3.6.3.3 มอเตอร์

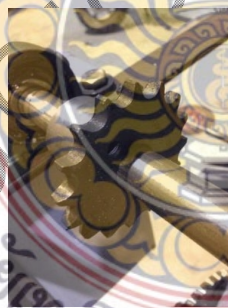
เป็นต้นกำเนิดกำลังงานในการขับเคลื่อนหลักของระบบ โดยมอเตอร์ที่ใช้เป็นชนิดกระแสตรง (DC) 24 โวลต์ 450 วัตต์ และให้กำลังงานอยู่ที่ 560 รอบต่อนาที ซึ่งใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ดังแสดงในภาพที่ 3-22



ภาพที่ 3-22 มอเตอร์กระแสตรง (DC)

3.6.3.4 สเตออร์

ทำหน้าที่รับกำลังจากมอเตอร์ที่ผลิตได้และส่งกำลังไปยังเพลาขับโดยอาศัยตัวกลางในการส่งกำลังงานนั้นคือ โซ่ ซึ่งสเตออร์ที่เป็นตัวขับจะมีจำนวน 28 ฟันและสเตออร์ที่เป็นตัวตามจะมีจำนวน 14 ฟัน จำนวนฟันของสเตออร์ทั้งตัวขับและตัวตามเกิดจากการคำนวณเพื่อให้รอบในการหมุนของมอเตอร์กับเพลาขับมีความเหมาะสมมากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 3-23 และ 3-24



ภาพที่ 3-23 เฟืองตาม



ภาพที่ 3-24 เฟืองขับ

3.6.3.5 โซ่

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ส่งกำลังระหว่างเฟืองขับจากมอเตอร์ไปยังเฟืองตามทีเพลลาขับ เพื่อทำการขับเคลื่อนการทำงานของเครื่องสีข้าว โดยโซ่ที่ใช้จะเป็นเบอร์ 428 ซึ่งมีความแข็งแรง ทนทานต่อการใช้งานและถ่ายทอดกำลังงานได้อย่างดีเยี่ยม ดังภาพที่ 3-25



ภาพที่ 3-25 โซ่เบอร์ 428

3.6.4 ชุดขัดข้าวขาว

ทำหน้าที่ขัดสีจากข้าวกล้องให้กลายเป็นข้าวขัดขาว ซึ่งจะประกอบไปด้วย ตะแกรงขัดขาว เพลาลำเลียงข้าว ซึ่งทำงานโดยรับข้าวกล้องจากกระบวนการสีข้าวและใช้เพลาลำเลียงข้าวเข้าสู่ตะแกรงขัดขาว เพื่อให้ได้ข้าวขัดขาว ดังแสดงในภาพที่ 3-26

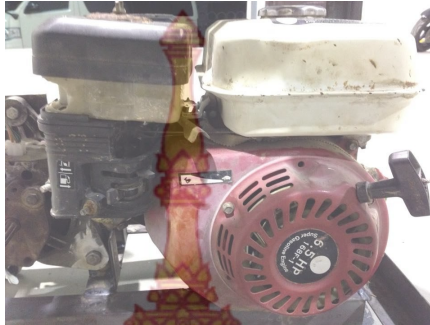


ภาพที่ 3-26 ชุดขัดข้าวขาว

3.6.5 ชุดระบบไฮบริด

3.6.5.1 เครื่องยนต์

เป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ชนิดสูบเดี่ยวขนาด 6.5 แรงม้า ระบายความร้อนด้วยอากาศ เป็นเครื่องยนต์เล็กที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดโดยทั่วไปและใช้น้ำมันเบนซิน หรือน้ำมันแก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงหลัก ดังแสดงในภาพที่ 3-27



ภาพที่ 3-27 เครื่องยนต์แก๊สโซลีน

3.6.5.2. ไดชาร์จ (ALTERNATOR)

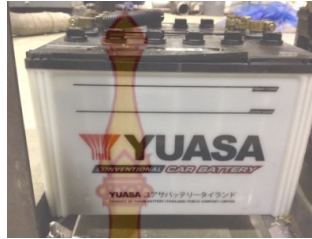
ไดชาร์จสามารถชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ได้เพราะว่า แรงดันไฟที่ ไดชาร์จผลิตออกมาได้นั้นมีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าที่แบตเตอรี่มี จึงทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าศักย์สูงไปยังกระแสไฟฟ้าศักย์ต่ำ ไดชาร์จที่นำมาใช้จะเป็นชนิด 24 โวลต์ 25 แอมป์ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าป้อนเข้าแบตเตอรี่ได้อย่างเหมาะสม เมื่อทำงานร่วมกับเครื่องยนต์เล็ก ดังแสดงในภาพที่ 3-28



ภาพที่ 3-28 ไดชาร์จ(ALTERNATOR)

3.6.5.3 แบตเตอรี่

ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานหลักในกรณีที่เครื่องยนต์ไม่ได้ทำงาน เป็นแหล่งจ่ายพลังงานสำรองในกรณีที่เครื่องยนต์ทำงาน แบตเตอรี่ควรจะต้องมีการเติมน้ำกลั่นบ่อยๆ เนื่องจากมีการระเหยตัวของน้ำกลั่นในแบตเตอรี่สูง แบตเตอรี่ชนิดน้ำต้องการ การบำรุงรักษาอย่างน้อย 2 สัปดาห์ ต่อ 1 ครั้ง ดังแสดงในภาพที่ 3-29



ภาพที่ 3-29 แบตเตอรี่

3.6.5.4. คัทเอาต์ไดชาร์จ (REGULATOR)

ขนาด 24 โวลต์ การนำคัทเอาต์มาต่อพ่วงด้วยเพื่อควบคุมแรงดันและปริมาณการชาร์จ ไม่ให้เกิดการชาร์จที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไปเพราะสาเหตุเหล่านี้ อาจก่อให้เกิดปัญหาไฟแบตเตอรี่หมดหรือการชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่มากเกินไปจนทำให้น้ำกลั่นเดือดก็เป็นได้และยังช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ให้ยาวนานขึ้นอีกด้วย ดังแสดงในภาพที่ 3-30



ภาพที่ 3-30 คัทเอาต์ไดชาร์จ (REGULATOR)

3.6.5.5 หน้าคัลท์ตัดต่อระบบไฮบริด

มีหน้าที่ตัดต่อระบบการทำงานคือ เมื่อแบตเตอรี่ลดลง เครื่องยนต์จะถูกสตาร์ทขึ้นเพื่อไปปั่นไดชาร์จและทำการชาร์จไฟส่งเข้าไปเก็บยังแบตเตอรี่ ถ้าต้องการสื้วในขณะที่เครื่องยนต์ทำการชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ก็แค่ทำการเปิดสวิตช์เพื่อสั่งให้หน้าคัลท์ทำงาน โดยใช้กำลังจากเครื่องยนต์ในการสื้วแทนพลังงานจากแบตเตอรี่ ดังแสดงในภาพที่ 3 - 31



ภาพที่ 3-31 หน้าคัลท์ตัดต่อระบบไฮบริด

3.6.6 เครื่องมือวัด

3.6.6.1. เครื่องชั่งน้ำหนัก

เป็นเครื่องชั่งแบบดิจิทัล แสดงผลเป็นตัวเลขที่มีความละเอียดผ่านจอ LCD สามารถชั่งน้ำหนักได้สูงสุดถึง 15 กิโลกรัมและยังสามารถอ่านค่าความละเอียดของน้ำหนักที่ไม่น้อยกว่า 0.01 กรัม ดังแสดงในภาพที่ 3-32



ภาพที่ 3-32 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.6.6.2. เครื่องวัดความชื้น

ตัวเครื่องมีขนาด กว้าง 116 มม. ยาว 120 มม. สูง 150 มม. สะดวกแก่การพกพา ด้านบนของเครื่องมีลักษณะเป็นช่องสำหรับใส่เมล็ดพืชที่ต้องการวัดความชื้น ด้านในของช่องใส่เมล็ดพืชจะมีเซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิของเมล็ดพืช การทำงานทั้งหมดของตัวเครื่องจะถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ เครื่องวัดความชื้น EE-KU รุ่น เกษตร 60 ปี นี้สามารถวัดค่าความชื้นของเมล็ดพันธุ์พืชได้ 7 ชนิด มีกรรณับจำนวนครั้งและคำนวณค่าเฉลี่ยที่วัดมาแล้วโดยอัตโนมัติ อ่านค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ ความชื้นเฉลี่ยและจำนวนครั้งที่วัดมาแล้วได้ วัดอุณหภูมิของเมล็ดพืชที่วัดมาแล้วได้ ดังแสดงในภาพที่ 3-33



ภาพที่ 3-33 เครื่องวัดความชื้น

3.6.6.3 เครื่องวัดรอบดิจิทัล (TACHOMETER)

เครื่องวัดความเร็วรอบสามารถวัดความเร็วรอบได้เป็น รอบ/นาที ค่าความเร็วรอบจะถูกเก็บไว้โดยอัตโนมัติในหน่วยความจำและสามารถแสดงผลโดยเปิดเครื่องดูได้ ใช้ในการวัด

ความเร็วรอบของมอเตอร์และชิ้นส่วนของเครื่องจักรมีจอแสดงผลแบบดิจิทัล มีความละเอียดสูงทำให้อ่านค่าตัวเลขได้อย่างถูกต้องและมีความทนทานในการใช้งาน ดังแสดงในภาพที่ 3 – 34



ภาพที่ 3-34 เครื่องวัดรอบดิจิทัล

3.6.6.4 แคลมป์มิเตอร์ (CLAMP METOR)

ใช้สำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำโดยไม่ต้องดับไฟหรือหยุดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในการวัดกระแสไฟฟ้านั้น ในการวัดค่าจะสามารถวัดค่าได้ง่ายเพียงแค่คล้องมิเตอร์เข้าสายไฟเพียงเส้นเดียวก็สามารถวัดค่าได้แล้ว วิธีนี้ได้เปรียบตรงที่วัดค่ากระแสไฟฟ้าแรงสูงที่ไหลในวงจรได้โดยไม่ต้องหยุดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะทดสอบดังแสดงในภาพที่ 3 – 35



ภาพที่ 3-35 แคลมป์มิเตอร์ (CLAMP METOR)

3.6.7 วัดคุณสมบัติในการทดลอง

3.6.7.1. ข้าวเปลือกพันธุ์ กข41 พวง

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อแสงให้ผลผลิตสูงสุด 1,104 กิโลกรัมต่อไร่ ต่ำสุด 616 กิโลกรัมต่อไร่ อายุการเก็บเกี่ยว 105 วัน ค่อนข้างต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและโรคไหม้ คุณภาพเมล็ดทางกายภาพดีเป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาว เรียว ท้องไข่น้อย คุณภาพการสีดีสามารถสีเป็นข้าวสาร 100 เปอร์เซ็นต์ได้ อ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในเขตจังหวัดนครปฐม และปทุมธานี การปลูก

ในช่วงกลางเดือนกันยายน - พฤศจิกายน จะกระทบอากาศเย็น ทำให้ผลผลิตต่ำกว่าปกติ ดังแสดง
ในภาพที่ 3 - 36



ภาพที่ 3-36 ข้าวเปลือกพันธุ์ กข41 พวง

3.6.7.2. ข้าวไรซ์เบอร์รี่

เป็นข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 120 - 140 วัน โดยเป็นพันธุ์ข้าวลูกผสมระหว่างข้าวหอมนิลกับข้าวหอมมะลิ ข้าวหอมนิลเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงแต่มีความแข็ง ต้องแช่ข้าวก่อนหุง เมื่อผสมกับข้าวหอมมะลิ ซึ่งมีความหอมและนุ่ม ทำให้ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง หอมนุ่ม ไม่ต้องแช่ข้าวก่อนหุง เมื่อปลูกในเขตทุ่งกุลารั้วจึงเป็นข้าวที่เป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดสุรินทร์ข้าวไรซ์เบอร์รี่สามารถปลูกได้ตลอดปี ผลผลิต ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ได้จะได้น้อยกว่าข้าวหอมมะลิประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ แต่มีราคาสูงกว่า สถิติผลผลิตที่โรงเรียนชวานา เฉลี่ยไร่ละ 450 กิโลกรัม ดังแสดงในภาพที่ 3-37



ภาพที่ 3-37 ข้าวไรซ์เบอร์รี่

3.7 การติดตั้งอุปกรณ์

3.7.1 ติดตั้งชุดลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก เพลาลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก โบลเวอร์ และกระพ้อใส่ข้าวเปลือก เพื่อเริ่มต้นกระบวนการตามที่ผู้วิจัยจะทำการทดลองดังแสดงในภาพที่ 3-38



ภาพที่ 3-38 ชุดระบบสีข้าว

3.7.2 ติดตั้งชุดสีข้าวเปลือกเข้ากับโครงสร้างที่ได้จัดเตรียมไว้ เพื่อเป็นฐานของตัวเครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 3-39



ภาพที่ 3-39 ติดตั้งเข้ากับฐานของตัวเครื่อง

3.7.3 ติดตั้งมอเตอร์ต้นกำลัง ชุดขัดข้าวขาว และเพลลาขับเพื่อส่งกำลังไปยังชุด สีข้าวเปลือก และขัดข้าวขาวดังแสดงในภาพที่ 3-40



ภาพที่ 3-40 ติดตั้งมอเตอร์และชุดขัดข้าวขาว

3.7.4 ติดตั้งชุดอุปกรณ์ต่างๆของระบบไฮบริด เพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟในการชาร์จเข้าไปยังแบตเตอรี่ดังแสดงในภาพที่ 3-41



ภาพที่ 3-41 ติดตั้งชุดอุปกรณ์ต่างๆของระบบไฮบริด

3.7.5 ติดตั้งตู้คอนโทรลเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องสี่ล้อระบบไฮบริดดังแสดงในภาพที่ 3-40



ภาพที่ 3-42 ติดตั้งตู้คอนโทรล

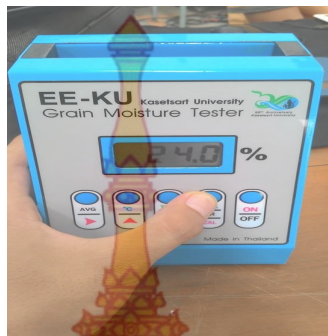
3.8 ขั้นตอนการทดลอง

3.8.1 ติดตั้งเครื่องสี่ล้อระบบไฮบริดพร้อมทั้งอุปกรณ์ต่างๆในการทดลอง โดยแบ่งการทดลองในการสี่ล้อออกเป็น 2 ประเภท คือ การสี่ล้อวงล้อและการสี่ล้อขัดขาว ขึ้นอยู่กับการทดลองของผู้ทำการทดลอง

3.8.2 นำข้าวเปลือกไปชั่งน้ำหนักโดยกำหนดให้เริ่มทำการทดลองที่น้ำหนัก 1 กิโลกรัมและวัดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวเปลือกก่อนเริ่มการทดลองดังแสดงในภาพที่ 3-43 และภาพที่ 3-44



ภาพที่ 3-43 การชั่งน้ำหนักข้าวเปลือก



ภาพที่ 3-44 การวัดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าวเปลือก

3.8.3 นำข้าวเปลือกที่วัดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นและชั่งน้ำหนักแล้ว ใส่ในกระพ้อบรรจุข้าวเปลือกเพื่อเริ่มทำการทดลองดังแสดงในภาพที่ 3-45



ภาพที่ 3-45 นำข้าวเปลือกเทลงใส่กระพ้อ

3.8.4 ปล่อยข้าวเปลือกที่อยู่ในกระพ้อบรรจุข้าวเปลือกให้ตกลงในตัวเครื่อง โดยไหลผ่านไปยังกระบวนการสีข้าวเปลือก ซึ่งจะมีลิ้นควบคุมปริมาณข้าวเปลือกอยู่ที่ใต้กระพ้อ เมื่อข้าวเปลือกไหลเข้าไปยังชุดลูกยางกะเทาะข้าวเปลือกก็จะเกิดการแยกตัวระหว่างเมล็ดข้าวกับเปลือกข้าว ดังแสดงในภาพที่ 3-46



ภาพที่ 3-46 ปล่อยข้าวเข้าสู่กระบวนการสีข้าวเปลือก

3.8.5 เมล็ดข้าวที่ผ่านกระบวนการสีแล้วจะตกลงมายังช่องรับข้าวที่บริเวณด้านล่าง ส่วนเปลือกข้าวหรือแกลบนั้นจะมีมวลที่เบากว่าเมล็ดข้าว จึงถูกโบลเวอร์ดูดเข้าไปเก็บยังอุปกรณ์บรรจุแกลบเพื่อไม่ให้ตกลงไปปะปนกับเมล็ดข้าวที่ถูกสีแล้วดังภาพที่ 3-47



ภาพที่ 3-47 เมล็ดข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการสีแล้ว

3.8.6 ตรวจสอบคุณภาพของข้าวที่ได้และชั่งน้ำหนักของข้าวเปลือกที่หายไปจากนั้นบันทึกผลการทดลองที่ได้

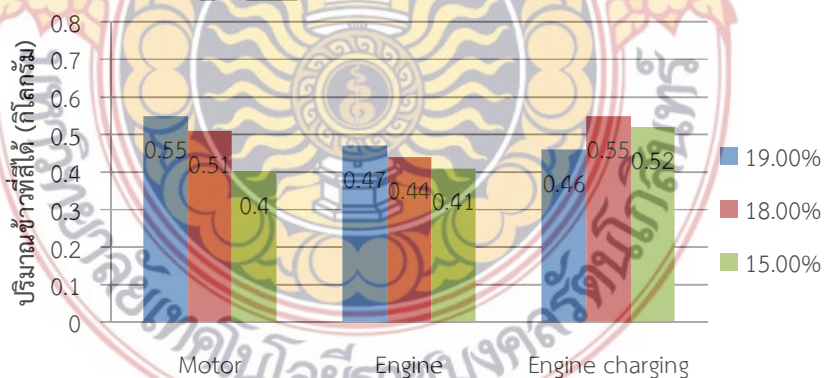
บทที่ 4 ผลการวิจัย

จากผลการทดลองการสีข้าวเปลือกด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (hybrid) ซึ่งในการทดลองได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (hybrid) พบว่าเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (hybrid) สามารถช่วยลดต้นทุนในการสีข้าวเปลือกและลดต้นทุนในการขนส่งข้าวเปลือก จึงได้ทำการศึกษาสมรรถนะของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (hybrid) โดยมีวัตถุประสงค์ในการทดลองคือ ข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง และข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ จากนั้นดำเนินการทดลองตามขั้นตอนและได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองการสีข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)

ผลการทดลองนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสีข้าวเปลือกของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid) โดยจะมีความชื้นของข้าวเปลือกที่เปลี่ยนไปดังนี้ 15%w.b., 17%w.b. , 19%w.b. โดยความชื้นทั้งหมดจะถูกทดสอบหาประสิทธิภาพในการสีข้าวด้วยกัน 3 วิธี คือ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่

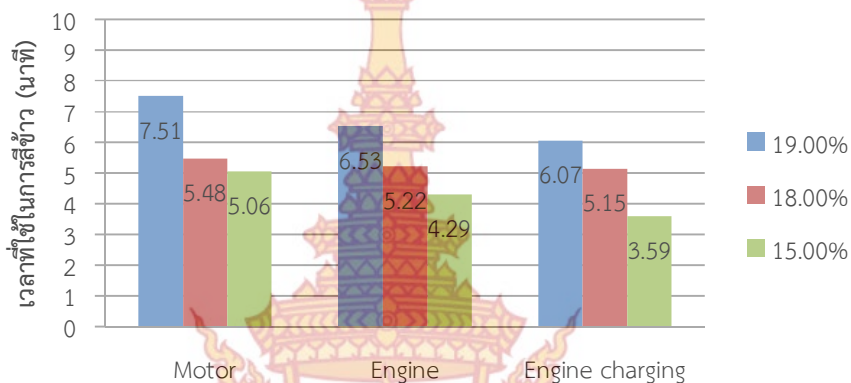
4.1.1 ผลการเปรียบเทียบการสีข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง ต่อปริมาณข้าวที่สีได้โดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่



ภาพที่ 4-1 การเปรียบเทียบการสีข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง ต่อปริมาณข้าวที่สีได้โดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่

การเปรียบเทียบการสีข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง ต่อปริมาณข้าวที่สีได้โดยใช้พลังงาน จากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้ข้าวเปลือกในการทดลองเป็นจำนวน 1 กิโลกรัม ก่อนเริ่มต้นทำ การทดลองจะทำการวัดค่าความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก ในการทดลองจะทำการสีข้าวเป็นจำนวน 2 - 3 รอบหรือจนกว่าเปลือกข้าวจะแยกตัวออกจากเมล็ดข้าวจนหมด ซึ่งความชื้นของเมล็ด ข้าวเปลือกก็จะมีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการสีข้าวและปริมาณของข้าวที่ได้ เนื่องจากข้าวเปลือกที่ นำมาใช้ในการสีข้าวนั้นมีปริมาณความชื้นอยู่มาก บริเวณผิวของข้าวเปลือกจะมีลักษณะเปียกชื้นมาก จึงทำให้การกะเทาะเปลือกหลุดออกได้ค่อนข้างน้อย ผลการทดลองการสีข้าวโดยใช้พลังงานจาก แบตเตอรี่จะทำให้ข้าวที่ได้หลังจากผ่านการสีมีปริมาณ 0.55 กิโลกรัม ที่ระดับความชื้น 19%w.b. ซึ่งข้าวที่ได้จะมีเมล็ดที่แตกหักบ้าง ดังภาพที่ 4-5 (ก) เนื่องจากยังมีความชื้นสะสมอยู่มาก เมื่อผ่าน การกะเทาะเปลือกทำให้เกิดการเปราะของเมล็ดข้าวและแตกหักได้ง่าย ลำดับต่อมาที่ระดับความชื้น 18%w.b. ข้าวที่ได้ผ่านกระบวนการสีจะมีปริมาณ 0.51 กิโลกรัม สังเกตได้ว่าข้าวมีน้ำหนักรที่ เท่ากันแต่มีความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวเพิ่มมากขึ้นและมีการแตกหักที่ลดลง ดังภาพที่ 4-4 (ก) และ ที่ระดับความชื้น 15%w.b. ทำให้สามารถสีข้าวได้ปริมาณ 0.4 กิโลกรัม เห็นได้ว่าข้าวที่ได้มี ปริมาณน้อยกว่าและมีคุณภาพความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวอยู่มาก ทำให้การแตกหักของเมล็ดข้าวมี เพียงเล็กน้อย ดังภาพที่ 4-3 (ก) แตกต่างจากการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ ที่สามารถสี ข้าวให้มีปริมาณ 0.47 กิโลกรัม ที่ระดับความชื้น 19%w.b. เนื่องจากเครื่องยนต์มีรอบการ ทำงานที่สูงกว่ามอเตอร์จึงทำให้ใช้ระยะเวลาในการสีข้าวที่ลดลง ดังภาพที่ 4-5 (ข)เมื่อเปรียบเทียบ กับการใช้มอเตอร์ที่รับพลังงานมาจากแบตเตอรี่ ต่อมาที่ระดับความชื้น 18%w.b. พบว่าข้าวที่ได้ ผ่านกระบวนการสีจะมีปริมาณ 0.44 กิโลกรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีปริมาณของข้าวลดลงเพียง เล็กน้อยและมีความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการแตกหักที่น้อย ดังภาพที่ 4-4 (ข) และ ที่ระดับความชื้น 15%w.b. สามารถสีข้าวได้ปริมาณ 0.41 กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าข้าวที่ได้จะมี ปริมาณที่ลดลง เนื่องจากมีความชื้นสะสมที่บริเวณเปลือกข้าวเหลืออยู่น้อยจึงทำให้การกะเทาะ เปลือกข้าวเป็นไปได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น ทำให้ได้ข้าวที่มีความสมบูรณ์และมีการแตกหักของเมล็ด ข้าวค่อนข้างน้อย ดังภาพที่ 4-3 (ข) และการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการ ชาร์จแบตเตอรี่จะทำให้ได้ปริมาณข้าว 0.46 กิโลกรัม ที่ระดับความชื้น 19%w.b. ด้วยรอบการ ทำงานของเครื่องยนต์ที่ต่ำลงเพราะต้องส่งกำลังไปยังไดชาร์จ จึงทำให้ข้าวที่ได้มีการแตกหักลดลงดัง ภาพที่ 4-5 (ค) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องยนต์ แต่จะใช้เวลาในการสีข้าวนานขึ้น นอกจากนี้ ที่ระดับความชื้น 18%w.b. สามารถสีข้าวให้มีปริมาณ 0.55 กิโลกรัม เนื่องจากมีความชื้น สะสมที่บริเวณเปลือกข้าวลดลง จึงทำให้การกะเทาะเปลือกข้าวสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น ทำให้เมล็ดข้าวที่ได้มีคุณภาพ มีการแตกหักที่น้อยลง ดังภาพที่ 4-4 (ค) และที่ระดับความชื้น 15%w.b. สามารถสีข้าวให้มีปริมาณ 0.52 กิโลกรัม ทำให้ข้าวที่สีได้มีคุณภาพความสมบูรณ์ของ เมล็ดข้าวและเกิดการแตกหักที่น้อย ดังภาพที่ 4-3 (ค) สามารถสังเกตได้จาก ตาราง และ ภาพที่ 4-1

4.1.2 ผลการเปรียบเทียบการสีข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง ต่อเวลาที่ใช้ในการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่



ภาพที่ 4-2 การเปรียบเทียบการสีข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง ต่อเวลาที่ใช้ในการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่

การเปรียบเทียบการสีข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง ต่อเวลาที่ใช้ในการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้ข้าวเปลือกในการทดลองเป็นจำนวน 1 กิโลกรัม ก่อนเริ่มต้นทำการทดลองจะทำการวัดค่าความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก ในการทดลองจะทำการสีข้าวเป็นจำนวน 2 - 3 รอบหรือจนกว่าเปลือกข้าวจะแยกตัวออกจากเมล็ดข้าวทั้งหมด ซึ่งความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกก็จะมีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการสีข้าว เนื่องจากข้าวเปลือกที่นำมาใช้ในการสีข้าวนั้นมีปริมาณความชื้นอยู่มาก บริเวณผิวของข้าวเปลือกจะมีลักษณะเปียกชื้นมากจึงทำให้การกะเทาะเปลือกหลุดออกได้ค่อนข้างน้อย ผลการทดลองการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จะทำให้ข้าวที่มีระดับความชื้น 19%w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว 7.51 นาที เนื่องจากมีความชื้นสะสมอยู่มากทำให้การกะเทาะเปลือกข้าวใช้เวลานาน ซึ่งที่ระดับความชื้น 18%w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว 5.48 นาที เห็นได้ว่าใช้ระยะเวลาในการสีข้าวเร็วขึ้น มีการแตกหักของเมล็ดข้าวลดลง ดังภาพที่ 4-4 เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเปลือกที่ระดับความชื้น 19%w.b. และที่ระดับความชื้น 15%w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว 5.06 นาที ทำให้ได้ข้าวที่มีความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าว เนื่องจากมีความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกอยู่ในระดับที่พอเหมาะกับการสีข้าว แตกต่างจากการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์จะทำให้ข้าวที่มีระดับความชื้น 19%w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว 6.53 นาที สังเกตได้ว่าใช้ระยะเวลาในการสีข้าวเร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่ระดับความชื้นเดียวกัน นอกจากนี้ที่ระดับความชื้น 18%w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว 5.22 นาที ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าการสีข้าวที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ และที่

ระดับความชื้น 15%w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว 4.29 นาที เห็นได้ว่ามีระยะเวลาในการสีข้าวลดลงต่ำกว่าระดับความชื้นที่กล่าวมาข้างต้น เพราะมีความชื้นสะสมที่เปลือกข้าวน้อยกว่าจึงทำให้การกะเทาะเปลือกข้าวทำได้ง่ายและเร็วขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน และการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่ที่ระดับความชื้น 19%w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว 6.07 นาที ซึ่งในการสีข้าวโดยใช้เครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่จะทำให้สามารถสีข้าวได้เร็วขึ้น เนื่องจากมีรอบการทำงานที่สูงกว่าการใช้เครื่องยนต์โดยตรง จากนั้นที่ระดับความชื้น 18%w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว 5.15 นาที สังเกตได้ว่าใช้เวลานานกว่าใช้เครื่องยนต์โดยตรง เนื่องจากมีรอบการทำงานของเครื่องยนต์ที่สูงขึ้นแต่ต้องแบกรับภาระการทำงานโคชาร์จและที่ระดับความชื้น 15%w.b. ใช้เวลาในการสีข้าว 3.59 นาที เห็นได้ว่าใช้ระยะเวลาในการสีข้าวน้อยที่สุดใน 3 ระดับความชื้น สามารถสังเกตได้จากตาราง และ ภาพที่ 4-2

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าระดับความชื้น ส่งผลต่อการสีข้าวในทุกกระบวนการสี โดยระดับความชื้นที่ 19% w.b. จะมีความชื้นเปียกในหัวเมล็ดข้าวสูงจึงทำให้การกะเทาะเปลือกเป็นไปได้ยาก กว่าระดับความที่ 15% w.b. หรือต่ำกว่า ดังนั้นจากผลการทดลองการกะเทาะเปลือกที่ระดับความชื้นที่ 15% w.b. จะมีประสิทธิภาพมากกว่า ระดับความชื้นที่ 19% w.b.

4.1.3 เมล็ดข้าวพันธุ์ กข. 41 พวง ระดับความชื้น 15% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ , พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก



ภาพที่ 4-3 เมล็ดข้าวพันธุ์ กข. 41 พวง ระดับความชื้น 15% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้ ก.) พลังงานจากแบตเตอรี่ , ข.) พลังงานจากเครื่องยนต์ และ ค.) พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

จากภาพที่ 4 – 3 เมล็ดข้าวพันธุ์ กข. 41 พวง ระดับความชื้น 15% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็กโดยทำการสีทั้งหมด 3 รอบ สังเกตได้ว่า

ข้าวที่ผ่านกระบวนการสีโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่และพลังงานจากเครื่องยนต์ทำให้ข้าวที่ได้มีคุณภาพความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าว ปรากฏจากข้าวเปลือกและสิ่งเจือปนต่างๆ แต่จะเกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวเพียงเล็กน้อยเนื่องจากผ่านกระบวนการสีข้าวมาเป็นจำนวนสามรอบและใช้ระยะเวลาในการสี ซึ่งแตกต่างจากเมล็ดข้าวที่ผ่านกระบวนการสีโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ เมล็ดข้าวที่ได้จะมีลักษณะของเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์ มีคุณภาพเหมาะแก่การนำไปบริโภคหรือจัดจำหน่ายต่อไป

4.1.4 เมล็ดข้าวพันธุ์ กข. 41 พวง ระดับความชื้น 18% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ , พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก



ก.)

ข.)

ค.)

ภาพที่ 4-4 เมล็ดข้าวพันธุ์ กข. 41 พวง ระดับความชื้น 18% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้ ก.) พลังงานจากแบตเตอรี่ , ข.) พลังงานจากเครื่องยนต์ และ ค.) พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

จากภาพที่ 4 – 4 เมล็ดข้าวพันธุ์ กข. 41 พวง ระดับความชื้น 18% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ , พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็กโดยทำการสีทั้งหมด 3 รอบ สังเกตได้ว่าเมล็ดข้าวที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จะมีข้าวเปลือกปะปนอยู่ไม่เกิน 5% เนื่องจากข้าวเปลือกมีความชื้นสูงทำให้การกะเทาะเปลือกเป็นไปได้ยาก แตกต่างจากการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ ซึ่งจะทำให้ได้ข้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกแล้ว แต่ยังคงมีข้าวเปลือกปะปนอยู่กับข้าวที่ถูกลีแล้วไม่เกิน 3% และการใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ พบว่าข้าวที่ได้ปรากฏจากข้าวเปลือกและสิ่งเจือปนต่างๆ แต่มีลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าวที่ไม่แข็งแรงจึงทำให้มีการแตกหักของเมล็ดข้าวเกิดขึ้นเล็กน้อย

4.1.5 เมล็ดข้าวพันธุ์ กข. 41 พวง ระดับความชื้น 19% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก



ก.)

ข.)

ค.)

ภาพที่ 4-5 เมล็ดข้าวพันธุ์ กข. 41 พวง ระดับความชื้น 19% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้ ก.)พลังงานจากแบตเตอรี่ , ข.) พลังงานจากเครื่องยนต์ และ ค.) พลังงานจากเครื่องยนต์ ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

จากภาพที่ 4 – 5 เมล็ดข้าวพันธุ์ กข. 41 พวง ระดับความชื้น 19% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ , พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็กโดยทำการสีทั้งหมด 3 รอบ สังเกตได้ว่าเมล็ดข้าวที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จะมีข้าวเปลือกปะปนอยู่ไม่เกิน 5% เนื่องจากข้าวเปลือกมีความชื้นสูงทำให้การกะเทาะเปลือกเป็นไปได้ยาก แตกต่างจากการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ ซึ่งจะทำได้ข้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกแล้ว แต่ยังคงมีข้าวเปลือกปะปนอยู่กับข้าวที่ถูกลีแล้วไม่เกิน 3% และการใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ พบว่าข้าวที่ได้ปราศจากข้าวเปลือกและสิ่งเจือปนต่างๆ แต่มีลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าวที่ไม่แข็งแรงจึงทำให้มีการแตกหักของเมล็ดข้าวเกิดขึ้นเล็กน้อย ซึ่งจากผลการทดลองมีคล้ายคลึงกับข้าวเปลือกที่ระดับความชื้น 18% w.b.

ตารางที่ 4 – 1 ปริมาณข้าวที่สีได้ โดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง จำนวน 1 กิโลกรัม

กระบวนการสีข้าว	ระดับความชื้น					
	15% w.b.		18% w.b.		19% w.b.	
	ข้าวที่สีได้	แกลบ	ข้าวที่สีได้	แกลบ	ข้าวที่สีได้	แกลบ
Motor	0.4	0.51	0.51	0.45	0.55	0.42
Engine	0.41	0.55	0.44	0.52	0.47	0.4
Engine charging	0.52	0.38	0.55	0.38	0.46	0.5

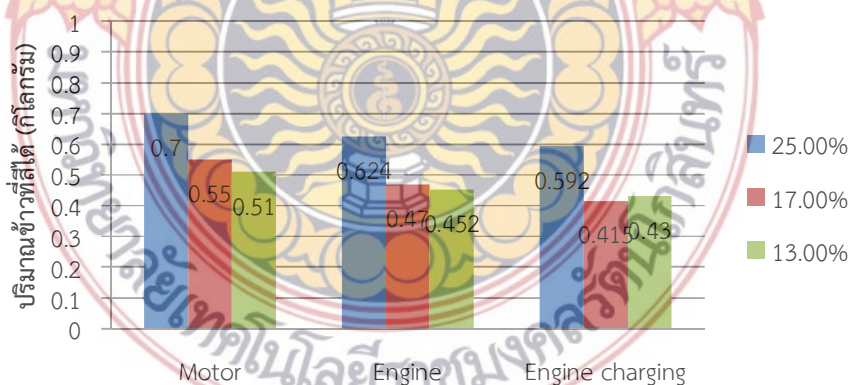
ตารางที่ 4-2 เวลาที่ใช้ในการสีข้าวได้ โดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง จำนวน 1 กิโลกรัม

กระบวนการสีข้าว	ระดับความชื้น		
	15% w.b. เวลา(นาทื)	18% w.b. เวลา(นาทื)	19% w.b. เวลา(นาทื)
Motor	5.06	5.48	7.51
Engine	4.29	5.22	6.53
Engine charging	3.59	5.15	6.07

4.2 ผลการทดลองการสีข้าวเปลือกพันธุ์ ไรซ์เบอร์รี่ ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)

ผลการทดลองนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสีข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid) โดยจะมีความชื้นของข้าวเปลือกที่เปลี่ยนไปดังนี้ 13% w.b. , 17% w.b. , 25% w.b. โดยความชื้นทั้งหมดจะถูกทดสอบหาประสิทธิภาพในการสีข้าวด้วยกัน 3 วิธี คือ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่

4.2.1 ผลการเปรียบเทียบการสีข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ต่อปริมาณของข้าวที่สีได้โดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่

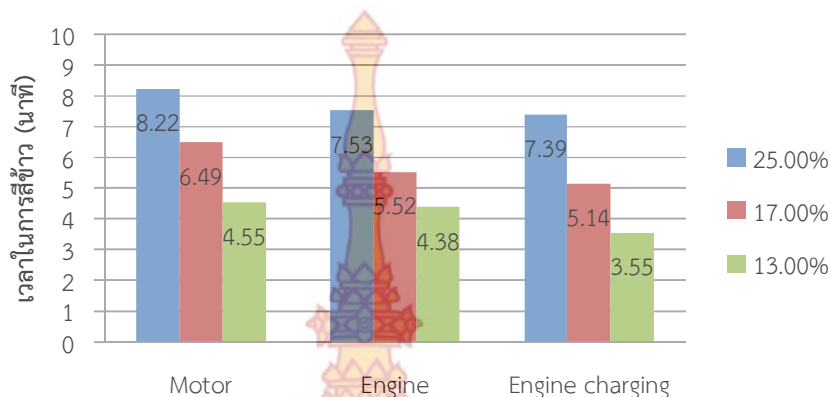


ภาพที่ 4-6 การเปรียบเทียบการสีข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ต่อปริมาณข้าวที่สีได้โดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่

การเปรียบเทียบการสีข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ต่อปริมาณข้าวที่สีได้โดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่

ทำการชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้ข้าวเปลือกในการทดลองเป็นจำนวน 1 กิโลกรัม ก่อนเริ่มต้นทำการทดลองจะทำการวัดค่าความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก ในการทดลองทำการสีข้าวเป็นจำนวน 2 - 3 รอบหรือจนกว่าเปลือกข้าวจะแยกตัวออกจากเมล็ดข้าวจนหมด เนื่องจากข้าวเปลือกที่นำมาใช้ในการสีข้าวนั้นมีปริมาณความชื้นอยู่มาก จึงทำให้การกะเทาะเปลือกหลุดออกได้ค่อนข้างน้อย ผลการทดลองการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จะทำให้ข้าวที่มีระดับความชื้น 25% w.b. สามารถสีข้าวออกมาได้ปริมาณ 0.7 กิโลกรัม พบว่าเมล็ดข้าวที่ได้มีลักษณะการแตกหักของเมล็ดข้าวอยู่เป็นจำนวนมาก ดังภาพที่ 4-10 (ก) เนื่องจากมีความชื้นสะสมอยู่ในปริมาณมาก ทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวเมื่อนำมาผ่านกระบวนการสี ซึ่งที่ระดับความชื้น 17% w.b. สามารถสีข้าวได้ปริมาณ 0.55 กิโลกรัม ข้าวที่ได้มีคุณภาพมากขึ้นและมีการแตกหักของเมล็ดข้าวลดลง ดังภาพที่ 4-9 (ก) เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความชื้น 25% w.b. และที่ระดับความชื้น 13% w.b. สามารถสีข้าวได้ปริมาณ 0.51 กิโลกรัม ทำให้ได้เมล็ดข้าวที่มีความสมบูรณ์และมีการแตกหักน้อย ดังภาพที่ 4-8 (ก) ต่างจากการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ที่สามารถสีข้าวได้ปริมาณ 0.62 กิโลกรัม ที่ระดับความชื้น 25% w.b. ซึ่งมีระดับความชื้นที่สะสมอยู่มากจึงทำให้การกะเทาะเปลือกข้าวให้แยกตัวออกจากเมล็ดข้าวนั้นเป็นไปได้ยาก ดังภาพที่ 4-10 (ข) โดยที่ระดับความชื้น 17% w.b. สามารถสีข้าวได้ปริมาณ 0.47 กิโลกรัม ทำให้ข้าวที่ได้มีคุณภาพความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวจึงมีปริมาณของข้าวสูงขึ้น ดังภาพที่ 4-9 (ข) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับความชื้น 25% w.b. และที่ระดับความชื้น 13% w.b. สามารถสีข้าวได้ปริมาณ 0.45 กิโลกรัม ทำให้ได้ข้าวที่มีความสมบูรณ์และมีการแตกหักของเมล็ดข้าวค่อนข้างน้อย ดังภาพที่ 4-8 (ข) และการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่จะทำให้ได้ปริมาณข้าว 0.59 กิโลกรัม ที่ระดับความชื้น 25% w.b. ด้วยความชื้นที่สะสมอยู่มากจึงทำให้การกะเทาะเปลือกข้าวทำได้ยาก และข้าวที่ได้จะมีลักษณะของเมล็ดข้าวที่แตกหัก ดังภาพที่ 4-10 (ค) นอกจากนี้ที่ระดับความชื้น 17% w.b. สามารถสีข้าวให้มีปริมาณ 0.41 กิโลกรัม เมล็ดข้าวที่ได้มีคุณภาพ มีการแตกหักน้อยลง ดังภาพที่ 4-9 (ค) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับความชื้น 25% w.b. และที่ระดับความชื้น 13% w.b. สามารถสีข้าวให้มีปริมาณ 0.43 กิโลกรัม ทำให้ข้าวที่สีได้มีคุณภาพความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวและเกิดการแตกหักน้อย ดังภาพที่ 4-8 (ค) สามารถสังเกตได้จากตารางที่ 4-3 และภาพที่ 4-6

4.2.2 ผลการเปรียบเทียบการสีข้าว เปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ ต่อเวลาที่ใช้ในการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่



ภาพที่ 4-7 การเปรียบเทียบการสีข้าวเปลือกพันธุ์โรซเบอร์รี่ต่อเวลาที่ใช้ในการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่

จากภาพที่ 4-7 การเปรียบเทียบการสีข้าวเปลือกพันธุ์โรซเบอร์รี่ต่อเวลาที่ใช้ในการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้ข้าวเปลือกในการทดลองเป็นจำนวน 1 กิโลกรัม ก่อนเริ่มต้นทำการทดลองจะทำการวัดค่าความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก ในการทดลองจะทำการสีข้าวเป็นจำนวน 2 - 3 รอบหรือจนกว่าเปลือกข้าวจะแยกตัวออกจากเมล็ดข้าวจนหมด ซึ่งความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกก็จะมีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการสีข้าว เนื่องจากข้าวเปลือกที่นำมาใช้ในการสีข้าว นั้นมีปริมาณความชื้นอยู่มาก บริเวณผิวของข้าวเปลือกจะมีลักษณะเปียกชื้นมากจึงทำให้การกะเทาะเปลือกหลุดออกได้ค่อนข้างน้อย ผลการทดลองการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จะทำให้ข้าวที่มีระดับความชื้น 25% w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว 8.22 นาที เนื่องจากมีความชื้นสะสมอยู่มากทำให้การกะเทาะเปลือกข้าวเป็นไปได้ยากจึงใช้เวลานาน ซึ่งที่ระดับความชื้น 17% w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว 6.49 นาที เห็นได้ว่าใช้ระยะเวลาในการสีข้าวเร็วขึ้น มีการแตกหักของเมล็ดข้าวเกิดขึ้น ดังภาพที่ 4-9 และที่ระดับความชื้น 13% w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว 5.06 นาที ทำให้ได้เมล็ดข้าวที่อุดมไปด้วยสารอาหารและมีคุณค่าทางโภชนาการที่ครบถ้วน แตกต่างจากการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์จะทำให้ข้าวที่มีระดับความชื้น 25% w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว 7.53 นาที สังเกตได้ว่าใช้ระยะเวลาในการสีข้าวเร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่ระดับความชื้นเดียวกัน จากนั้นที่ระดับความชื้น 17% w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว 5.52 นาที ซึ่งใช้เวลานานกว่าที่ระดับความชื้น 25% w.b. แต่ได้ปริมาณของข้าวเพิ่มขึ้น และที่ระดับความชื้น 13% w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว 4.29 นาที ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าการสีข้าวที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ และการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่ที่ระดับความชื้น 25% w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว 7.39 นาที ซึ่งในการสีข้าวโดยใช้เครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่จะใช้เวลานานกว่าการใช้เครื่องยนต์เพียงอย่างเดียว นอกจากนั้นที่ระดับความชื้น 17% w.b. ใช้ระยะเวลาในการสีข้าว

4.55 นาที และที่ระดับความชื้น 13% w.b. ใช้เวลาในการสีข้าว 3.59 นาที สามารถสังเกตได้จากตารางที่ 4-4 และ ภาพที่ 4-7

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าระดับความชื้น ส่งผลต่อการสีข้าวในทุกขบวนการสี โดยระดับความชื้นที่ 25% w.b. จะมีความชื้นเปียกในตัวเมล็ดข้าวสูงจึงทำให้การกะเทาะเปลือกเป็นไปได้ยากกว่าระดับความชื้นที่ 13% w.b. ดังนั้นจากผลการทดลองการกะเทาะเปลือกที่ระดับความชื้นที่ 13% w.b. จะมีประสิทธิภาพมากกว่า ระดับความชื้นที่ 25% w.b.

4.2.3 เมล็ดข้าวพันธุ์โรซ์เบอร์รี่ ระดับความชื้น 13% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ จากด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก



ก.)

ข.)

ค.)

ภาพที่ 4-8 เมล็ดข้าวพันธุ์โรซ์เบอร์รี่ ระดับความชื้น 13% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าว โดยใช้ ก.) พลังงานจากแบตเตอรี่, ข.) พลังงานจากเครื่องยนต์ และ ค.) พลังงานจากเครื่องยนต์ ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

จากภาพที่ 4 - 8 เมล็ดข้าวพันธุ์โรซ์เบอร์รี่ ระดับความชื้น 13% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็กโดยทำการสีทั้งหมด 3 รอบ สังเกตได้ว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการสีโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จะทำให้ข้าวที่ได้มีคุณภาพความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าว ปราศจากข้าวเปลือกและสิ่งเจือปนต่างๆ ต่างจากกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ ซึ่งจะมีระยะเวลาในการสีข้าวที่เร็วกว่าการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ทำให้ข้าวที่ได้มีคุณภาพความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าว แต่มีการแตกหักของเมล็ดข้าวเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย และการใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ ด้วยรอบการทำงานที่เหมาะสมทำให้เมล็ดข้าวที่ได้มีคุณภาพความสมบูรณ์ อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ พร้อมสำหรับการนำไปบริโภคหรือจัดจำหน่ายต่อไป

4.2.4 เมล็ดข้าวพันธุ์โรซ์เบอร์รี่ ระดับความชื้น 17% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ , พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก



ก.)



ข.)



ค.)

ภาพที่ 4-9 เมล็ดข้าวพันธุ์โรซ์เบอร์รี่ ระดับความชื้น 17% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้ ก.) พลังงานจากแบตเตอรี่ , ข.) พลังงานจากเครื่องยนต์ และ ค.) พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

จากภาพที่ 4 - 9 เมล็ดข้าวพันธุ์โรซ์เบอร์รี่ ระดับความชื้น 17% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็กโดยทำการสีทั้งหมด 3 รอบ สังเกตได้ว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านกระบวนการสีโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จะมีข้าวเปลือกปะปนอยู่กับข้าวที่ถูกสีแล้วในปริมาณที่ไม่เกิน 5% เนื่องจากข้าวเปลือกมีความชื้นสูงจึงทำให้การกะเทาะเปลือกเป็นไปได้ยากต่างจากกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ ซึ่งจะให้ได้ปริมาณข้าวที่ถูกสีแล้วมากกว่าการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ แต่ยังคงมีข้าวเปลือกปะปนอยู่ไม่เกิน 3% และกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ เมล็ดข้าวที่ได้จะมีเมล็ดข้าวเปลือกปะปนอยู่ไม่เกิน 2% เนื่องจากข้าวเปลือกมีความชื้นสูงจึงทำให้การกะเทาะเปลือกให้หมดภายในกระบวนการสี 3 รอบไม่สามารถทำได้

4.2.5 เมล็ดข้าวพันธุ์โรซ์เบอร์รี่ ระดับความชื้น 25% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก



ก.)

ข.)

ค.)

ภาพที่ 4-10 เมล็ดข้าวพันธุ์โรซ์เบอร์รี่ ระดับความชื้น 25% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้ ก.) พลังงานจากแบตเตอรี่ , ข.) พลังงานจากเครื่องยนต์ และ ค.) พลังงานจากเครื่องยนต์ ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

จากภาพที่ 4 - 10 เมล็ดข้าวพันธุ์โรซ์เบอร์รี่ ระดับความชื้น 25% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็กโดยทำการสีทั้งหมด 3 รอบ สังเกตได้ว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการสีโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จะมีข้าวเปลือกคงเหลืออยู่เป็นจำนวนมากเนื่องจากข้าวเปลือกมีความชื้นสูงมากหรือเทียบเท่ากับข้าวเปลือกที่ทำการเก็บเกี่ยวใหม่จึงทำให้การกะเทาะเปลือกเป็นไปได้ยาก ต่างจากกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ พบว่ามีปริมาณของข้าวที่ถูกสีแล้วเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการสีโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ แต่ยังคงมีข้าวเปลือกคงเหลืออยู่เป็นจำนวนมากเช่นกัน และการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ ขณะชาร์จแบตเตอรี่ ข้าวที่ถูกสีแล้วจะมีการแตกหักของเมล็ดข้าวเกิดขึ้น เนื่องจากข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงจะมีลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าวที่ไม่แข็งแรง

ตารางที่ 4-3 ปริมาณข้าวที่สีได้ โดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์โรซ์เบอร์รี่ จำนวน 1 กิโลกรัม

กระบวนการสีข้าว	ระดับความชื้น					
	13% w.b.		17% w.b.		25% w.b.	
	ข้าวที่สีได้	แกลบ	ข้าวที่สีได้	แกลบ	ข้าวที่สีได้	แกลบ
Motor	0.51	0.42	0.55	0.4	0.7	0.29
Engine	0.45	0.51	0.47	0.5	0.62	0.35
Engine charging	0.43	0.5	0.41	0.52	0.59	0.38

ตารางที่ 4-4 เวลาที่ใช้ในการสีข้าว ได้โดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ ไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 1 กิโลกรัม

กระบวนการสีข้าว	ระดับความชื้น		
	13% w.b. เวลา(นาทื)	17% w.b. เวลา(นาทื)	25% w.b. เวลา(นาทื)
Motor	5.06	6.49	8.22
Engine	4.29	5.52	7.53
Engine charging	3.59	5.14	7.39

4.3 ผลการทดลองการสีข้าวขัดขาวจากข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก ระบบไฮบริด (Hybrid)

ผลการทดลองนี้จะเป็นการหาประสิทธิภาพในการสีข้าวขัดขาวของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid) โดยจะมีการนำข้าวเปลือกไปผ่านกระบวนการสีข้าวให้กลายเป็นข้าวกล้อง แล้วจึงนำข้าวกล้องมาผ่านกระบวนการขัดขาว ซึ่งมีระดับความชื้นของข้าวเปลือกที่เปลี่ยนไปดังนี้ 15% w.b. โดยความชื้นทั้งหมดจะถูกทดสอบหาประสิทธิภาพในการสีข้าวด้วยกัน 3 วิธี คือ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ , การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ , การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่

4.3.1 เมล็ดข้าวพันธุ์ กข 41 พวง ระดับความชื้น 15% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าว โดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก



ก.)

ข.)

ค.)

ภาพที่ 4-11 ข้าวขัดขาวพันธุ์ กข 41 พวง ระดับความชื้น 15% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดย ก.) ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ , ข.) พลังงานจากเครื่องยนต์ และ ค.) พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

จากภาพที่ 4-11 ข้าวขัดขาวพันธุ์ กข.41 พวง ระดับความชื้น 15% w.b. ที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็กโดยทำการสีทั้งหมด 3 รอบ จากข้อมูลในตารางที่ 4-5 สังเกตได้ว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จะทำให้ได้เมล็ดข้าวที่มีความสมบูรณ์ และมีการแตกหักของเมล็ดข้าวเกิดขึ้นไม่เกิน 5% ต่างจากกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ ซึ่งจะใช้เวลาในการสีข้าวขัดขาวที่เร็วกว่ากระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ทำให้ข้าวที่ได้มีลักษณะความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวและมีคุณภาพสูงขึ้น มีการแตกหักของเมล็ดข้าวปะปนอยู่ไม่เกิน 3% และกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ พบว่าข้าวที่ได้มีคุณภาพความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าว ปราศจากสิ่งสกปรกและสิ่งเจือปนต่างๆ ซึ่งจะอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่ครบถ้วน เหมาะแก่การนำไปบริโภคหรือจัดจำหน่ายเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรต่อไป

ตารางที่ 4-5 ปริมาณข้าวขัดขาวที่สีได้โดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง จำนวน 1 กิโลกรัม

ระดับความชื้น	กระบวนการสีข้าว											
	Motor				Engine				Engine charging			
	ข้าวที่สีได้(kg)	ข้าวหัก (kg)	รำ(kg)	แกลบ(kg)	ข้าวที่สีได้(kg)	ข้าวหัก (kg)	รำ(kg)	แกลบ(kg)	ข้าวที่สีได้(kg)	ข้าวหัก (kg)	รำ(kg)	แกลบ(kg)
15% w.b.	0.348	0.15	0.102	0.396	0.341	0.095	0.142	0.383	0.345	0.082	0.138	0.388

4.4 ผลเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของแต่ละระดับความชื้นในทุกขบวนการทำงาน

ผลการทดลองนี้จะเป็นการหาประสิทธิภาพในการใช้งานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid) โดยจะมีการหาอัตราการสิ้นเปลืองของพลังงานที่ใช้ในการสีข้าว ซึ่งมีระดับความชื้นของข้าวเปลือกที่เปลี่ยนไป โดยความชื้นทั้งหมดจะถูกทดสอบหาประสิทธิภาพในการสีข้าวด้วยกัน 3 วิธี คือ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่

4.4.1 จากตารางที่ 4-6 ผลเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของแต่ละระดับความชื้น จากผลที่ได้ในการทดลองของกระบวนการสีข้าวทั้ง 3 วิธี สังเกตได้ว่าข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวงที่ระดับความชื้น 15% w.b. มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความชื้นของข้าวเปลือกทั้ง 3 ระดับที่นำมาผ่านกระบวนการสีข้าว โดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ พบว่ากรรมวิธีการใช้

พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ มีค่าการสูญเสียเชื้อเพลิงเพียง 218 ml. ต่อการสีข้าวเปลือก 1 กิโลกรัม เนื่องจากมีรอบการทำงานและระดับความชื้นของข้าวเปลือกที่เหมาะสม จึงทำให้กระบวนการสีข้าวมีประสิทธิภาพและมีต้นทุนต่ำเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทั้ง 3 กระบวนการ เช่นเดียวกับข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ที่ระดับความชื้น 13% w.b. เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองทางด้านพลังงาน พบว่ากรรมวิธีการใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ มีค่าการสูญเสียเชื้อเพลิงเพียง 170 ml. ซึ่งจะทำให้ข้าวที่ได้มีคุณค่าทางโภชนาการที่ครบถ้วนและมีต้นทุนการสีข้าวที่ต่ำกว่ากระบวนการอื่นๆที่กล่าวมาข้างต้น และการสีข้าวขัดขาวโดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวงที่ระดับความชื้น 15% w.b. มีค่าการสูญเสียเชื้อเพลิงอยู่ที่ 270 ml. โดยใช้กรรมวิธีการใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งจะทำให้ได้ข้าวขัดขาวที่มีคุณภาพและมีการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุดเมื่อนำมาเปรียบเทียบ

ตารางที่ 4-6 ผลเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองของแต่ละระดับความชื้นในทุกขบวนการทำงาน

กระบวนการสีข้าว	ปริมาตรการสิ้นเปลืองของพลัง ต่อปริมาณข้าว 1 กิโลกรัม						
	ข้าวกล้อง						ข้าวขัดขาว
	กข.41 พวง			ไรซ์เบอร์รี่			
	19%	18%	15%	25%	17%	13%	15% w.b.
	w.b.	w.b.	w.b.	w.b.	w.b.	w.b.	
Motor	528W	480W	432W	576W	456W	408W	576W
Engine	297ml.	270ml.	234ml.	256ml.	218ml.	190ml.	284ml.
Engine charging	278ml.	261ml.	218ml.	221ml.	177ml.	170ml.	270ml.

4.5 ผลเปรียบเทียบปริมาณของข้าวเปลือกที่สีได้แต่ละระดับความชื้นที่ระยะเวลาการสีข้าว 1 ชั่วโมง

ผลการทดลองนี้จะเป็นการผลเปรียบเทียบปริมาณของข้าวเปลือกที่สีได้แต่ละระดับความชื้นของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid) โดยจะใช้ระยะเวลาในการสีข้าวใน 1 ชั่วโมง ซึ่งมีระดับความชื้นของข้าวเปลือกที่เปลี่ยนไป โดยความชื้นทั้งหมดจะถูกทดสอบหาประสิทธิภาพในการสีข้าวด้วยกัน 3 วิธี คือ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่ ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ผลเปรียบเทียบปริมาณของข้าวเปลือกที่สีได้แต่ละระดับความชื้น

กระบวนการสีข้าว	ปริมาณของข้าวเปลือกที่สีได้ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)						
	ข้าวกล้อง						ข้าวขัดขาว
	กข.41 พวง			ไรซ์เบอร์รี่			กข.41 พวง
	19% w.b.	18% w.b.	15% w.b.	25% w.b.	17% w.b.	13% w.b.	15% w.b.
Motor	7.98	10.94	11.85	7.29	9.24	13.18	8.01
Engine	9.18	11.49	13.98	7.96	10.86	13.69	11.62
Engine charging	9.88	11.65	16.71	8.11	11.67	16.90	14.77

4.6 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่าย

กำหนดให้

- ราคาเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก 36,700 บาท
- อายุการใช้งาน 5 ปี
- มูลค่าซาก 1% ของราคาเครื่อง 367 บาท
- ค่าซ่อมบำรุงเครื่อง 13,950 บาท/ปี
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ 8 เปอร์เซ็นต์/ปี

ต้นทุนคงที่

- ค่าเสื่อมราคาเครื่อง

สมการค่าเสื่อมราคาเครื่อง

 $(P-L)/N$

โดย

P

= ราคาซื้อเครื่องจักร, บาท

L

= ราคาซากเครื่องจักร, บาท

N

= อายุการใช้งาน, ปี

ค่าเสื่อมราคาของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก = $(36,700 - 367)/5$ บาท/ปี

= 7,267 บาท/ปี

- ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน

สมการค่าดอกเบี้ย

 $[(P+L)/2] \times (i/100)$

โดย

i

= อัตราดอกเบี้ย/ปี, เปอร์เซ็นต์

ค่าดอกเบี้ยลงทุนเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

= $[(36,700 + 367)/2] \times (8/100)$ บาท/ปี

= 1,483 บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม

= ค่าเสื่อมราคาเครื่อง + ค่าดอกเบี้ยการลงทุน

= 7,267 + 1,483 บาท/ปี

= 8,750 บาท/ปี

4.6.1 การคำนวณจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด(Hybrid) โดยขบวนการสีด้วยเครื่องยนต์ (ข้าวกล้อง พันธุ์ กข.41 พวง) โดยยกตัวอย่างที่ระดับความชื้น 15%w.b.

ต้นทุนผันแปร

- อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริดใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็ก จึงมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานดังนี้

ราคาน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 ลิตรละ 25.23 บาท (อ้างอิงจาก วันที่ 17 พ.ย. 2558)

ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการสีข้าว 3.27 ลิตรต่อชั่วโมง

ดังนั้นต้นทุนในการสีข้าว = 25.23×3.27 บาท/ลิตร \times ลิตร/ชั่วโมง
= 82.50 บาท/ชั่วโมง

ทำงานวันละ 7 ชั่วโมง = 82.50×7 บาท \times ชั่วโมง/วัน
= 577.51 บาท/วัน

ดังนั้น ต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง = 577.51×300 บาท/วัน \times วัน/ปี
= 173,253 บาท/ปี

- ค่าซ่อมบำรุง

คิดคงที่ = 13,950 บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม = $(13,950 + 173,253)$ บาท/ปี
= 187,203 บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด = $8,750 + 187,203$ บาท/ปี
= 195,953 บาท/ปี

ระยะเวลา 1 ปี เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถทำงานได้

= 40.10 กิโลกรัม/วัน \times 300 วัน/ปี

= 12,030 กิโลกรัม/ปี

ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

= $(195,953) / (12,030)$

= 16.28 บาท/กิโลกรัม

- ราคาขายข้าวกล้อง 25 บาท/กิโลกรัม (สมาคมโรงสีข้าวไทย วันที่ 15 ธันวาคม 2558)

- เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถสีข้าวเปลือกได้ 12,030 กิโลกรัมข้าวเปลือก/ปี

ดังนั้นเกษตรกรมีรายได้ = 25 บาทต่อกิโลกรัม \times 12,030 กิโลกรัม/ปี

= 300,750 บาท/ปี

เกษตรกรมีกำไรจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

= $300,750 - 195,953$ บาท/ปี

$$= 104,797 \quad \text{บาท/ปี}$$

- หากจุดคุ้มทุนจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย
ดังนั้นได้ว่า 16.28 บาท/กิโลกรัม x N กิโลกรัม/ปี

$$\begin{aligned} &= 16.28 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times 12,030 \text{ กิโลกรัม/ปี} \\ N &= \text{ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน, กิโลกรัม/ปี} \\ &= (16.28 \times 12,030) / 25 \text{ กิโลกรัม/ปี} \\ &= 7,833.93 \text{ กิโลกรัม/ปี} \end{aligned}$$

ดังนั้นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)

$$= 7,833.93 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

4.6.1.1 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

ระยะเวลาคืนทุนหาได้จากความสัมพันธ์, ระยะเวลาคืนทุน

$$\begin{aligned} &= \text{ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม} \\ &= (36,700 \text{ บาท}) / (104,797 \text{ บาท/ปี}) \end{aligned}$$

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก = 0.35 ปี หรือ 126 วัน

4.6.2 การคำนวณจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid) โดย
ขบวนการสีด้วยเครื่องยนต์ (ข้าวกล้อง พันธุ์ ไรซ์เบอร์รี่) โดยยกตัวอย่างที่ระดับความชื้น
13%w.b.

ต้นทุนผันแปร

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริดใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็ก จึงมีอัตราการสิ้นเปลือง
พลังงานดังนี้

ราคาน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 ลิตรละ 25.23 บาท (อ้างอิงจาก วันที่ 17 พ.ย. 2558)

ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการสีข้าว 2.60 ลิตรต่อชั่วโมง

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนในการสีข้าว} &= 25.23 \times 2.60 \quad \text{บาท/ลิตร} \times \text{ลิตร/ชั่วโมง} \\ &= 65.59 \quad \text{บาท/ชั่วโมง} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ทำงานวันละ 7 ชั่วโมง} &= 65.59 \times 7 \quad \text{บาท} \times \text{ชั่วโมง/วัน} \\ &= 459.18 \quad \text{บาท/วัน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} &= 459.18 \times 300 \quad \text{บาท/วัน} \times \text{วัน/ปี} \\ &= 137,755 \quad \text{บาท/ปี} \end{aligned}$$

- ค่าซ่อมบำรุง

คิดคงที่	= 13,950	บาท/ปี
ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม	= (13,950+137,755)	บาท/ปี
	= 151,705	บาท/ปี
ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด	= 8,750 + 151,705	บาท/ปี
	= 160,455	บาท/ปี
ระยะเวลา 1 ปี เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถทำงานได้	= 44.15 กิโลกรัม/วัน × 300 วัน/ปี	
	= 13,245 กิโลกรัม/ปี	
ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก	= (160,455)/(13,245)	
	= 12.11 บาท/กิโลกรัม	
- ราคาขายข้าวกล้อง 50 บาท/กิโลกรัม (สมาคมโรงสีข้าวไทย วันที่ 15 ธันวาคม 2588)		
- เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถสีข้าวเปลือกได้ 13,245 กิโลกรัม/ปี		
ดังนั้นเกษตรกรมีรายได้	= 50 บาทต่อกิโลกรัม × 13,245 กิโลกรัม/ปี	
	= 662,250	บาท/ปี
เกษตรกรมีกำไรจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก	= 662,250 - 160,455	บาท/ปี
	= 501,795	บาท/ปี
- หากจุดคุ้มทุนจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย		
ดังนั้นได้ว่า 50 บาท/กิโลกรัม × N กิโลกรัม/ปี	= 12.11บาท/กิโลกรัม×13,245	กิโลกรัม/ปี
	N = ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน ,	กิโลกรัม/ปี
	= (12.11 × 13,245)/50	กิโลกรัม/ปี
	= 3,207.93	กิโลกรัม/ปี
ดังนั้นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด	= 3,207.93	กิโลกรัม/ปี

4.6.2.1 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

ระยะเวลาคืนทุนหาได้จากความสัมพันธ์, ระยะเวลาคืนทุน

$$= \text{ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม}$$

$$= (36,700 \text{ บาท}) / (501,795 \text{ บาท/ปี})$$

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก = 0.07 ปี หรือ 25 วัน

4.6.3 การคำนวณจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด(Hybrid) โดยขบวนการสีด้วยเครื่องยนต์ (ข้าวขัดขาว พันธุ์ กข.41 พวง) โดยยกตัวอย่างที่ระดับความชื้น 15%w.b.

ต้นทุนผันแปร

- อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริดใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็ก จึงมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานดังนี้

ราคาน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 ลิตรละ 25.23 บาท (อ้างอิงจาก วันที่ 17 พ.ย. 2558)

ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการสีข้าว 3.30 ลิตรต่อชั่วโมง

ดังนั้นต้นทุนในการสีข้าว = 25.23×3.30 บาท/ลิตร \times ลิตร/ชั่วโมง
= 83.25 บาท/ชั่วโมง

ทำงานวันละ 7 ชั่วโมง = 82.50×7 บาท \times ชั่วโมง/วัน
= 582.81 บาท/วัน

ดังนั้น ต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง = 582.81×300 บาท/วัน \times วัน/ปี
= 174,843 บาท/ปี

- ค่าซ่อมบำรุง

คิดคงที่ = 13,950 บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม = $(13,950 + 174,843)$ บาท/ปี
= 188,793 บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด = $8,750 + 188,793$ บาท/ปี
= 197,543 บาท/ปี

ระยะเวลา 1 ปี เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถทำงานได้
= 27.75 กิโลกรัม/วัน \times 300 วัน/ปี
= 8,325 กิโลกรัม/ปี

ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก
= $(197,543) / (8,325)$
= 23.72 บาท/กิโลกรัม

- ราคาขายข้าวกล้อง 30 บาท/กิโลกรัม (สมาคมโรงสีข้าวไทย วันที่ 15 ธันวาคม 2558)

- เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถสีข้าวเปลือกได้ 8,325 กิโลกรัมข้าวเปลือก/ปี

ดังนั้นเกษตรกรมีรายได้ = 30 บาทต่อกิโลกรัม \times 8,325 กิโลกรัม/ปี
= 249,750 บาท/ปี

เกษตรกรมีกำไรจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก
= $249,750 - 197,543$ บาท/ปี

$$= 52,207 \quad \text{บาท/ปี}$$

- หากจุดคุ้มทุนจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย
ดังนั้นได้ว่า 23.72 บาท/กิโลกรัม x N กิโลกรัม/ปี

$$\begin{aligned} &= 23.72 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times 8,325 \text{ กิโลกรัม/ปี} \\ N &= \text{ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน, กิโลกรัม/ปี} \\ &= (23.72 \times 8,325) / 30 \text{ กิโลกรัม/ปี} \\ &= 6,582.3 \text{ กิโลกรัม/ปี} \end{aligned}$$

ดังนั้นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)

$$= 6,582.3 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

4.6.3.1 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

ระยะเวลาคืนทุนหาได้จากความสัมพันธ์, ระยะเวลาคืนทุน

$$\begin{aligned} &= \text{ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม} \\ &= (36,700 \text{ บาท}) / (52,207 \text{ บาท/ปี}) \end{aligned}$$

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก = 0.7 ปี หรือ 253 วัน

4.6.4 การคำนวณจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด(HYbrid) โดย
ขบวนการสีด้วยเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่สลับกับการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ (ข้าวกล้อง
พันธุ์ กข.41 พวง) โดยยกตัวอย่างที่ระดับความชื้น 15%w.b.

ต้นทุนผันแปร

- อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริดใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ 1 ชั่วโมง
สลับกับการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 1 ชั่วโมงเพื่อทำการสีข้าว เนื่องจากการชาร์จแบตเตอรี่ 1
ครั้งใช้เวลาในการชาร์จ 1 ชั่วโมง ดังนั้นเครื่องยนต์จะสามารถ ใช้เวลาในการสีข้าวและชาร์จ
แบตเตอรี่ทั้งหมด 3.5 ชั่วโมง/วัน และจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 3.5 ชั่วโมง/วัน

เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริดใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็ก จึงมีอัตราการสิ้นเปลือง
พลังงานดังนี้

ราคาน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 ลิตรละ 25.23 บาท (อ้างอิงจาก วันที่ 17 พ.ย. 2558)

ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการสีข้าว 3.67 ลิตรต่อชั่วโมง

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนในการสีข้าว} &= 25.23 \times 3.67 \quad \text{บาท/ลิตร} \times \text{ลิตร/ชั่วโมง} \\ &= 92.59 \text{ บาท/ชั่วโมง} \\ \text{ทำงานวันละ 3.5 ชั่วโมง} &= 92.59 \times 3.5 \quad \text{บาท} \times \text{ชั่วโมง/วัน} \end{aligned}$$

	= 324.06	บาท/วัน
ดังนั้น ต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	= 324.06 × 300	บาท/วัน × วัน/ปี
	= 97,218	บาท/ปี
- ค่าซ่อมบำรุง		
คิดคงที่	= 13,950	บาท/ปี
ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม		
	= (13,950+97,218)	บาท/ปี
	= 111,168	บาท/ปี
ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด	= 8,750 + 111,168	บาท/ปี
	= 119,918	บาท/ปี
ระยะเวลา 1 ปี เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถทำงานได้		
	= 20.05 กิโลกรัม/วัน × 300 วัน/ปี	
	= 6,015 กิโลกรัม/ปี	
ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก		
	= (119,918)/(6,015)	
	= 19.93 บาท/กิโลกรัม	
- ราคาขายข้าวกล้อง 25 บาท/กิโลกรัม (สมาคมโรงสีข้าวไทย วันที่ 15 ธันวาคม 2558)		
- เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถสีข้าวเปลือกได้ 6,015 กิโลกรัมข้าวเปลือก/ปี		
ดังนั้นเกษตรกรมีรายได้	= 25 บาทต่อกิโลกรัม × 6,015	กิโลกรัม/ปี
	= 150,375	บาท/ปี
เกษตรกรมีกำไรจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก		
	= 150,375 - 119,918 บาท/ปี	
	= 30,457	บาท/ปี
- หากจุดคุ้มทุนจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย		
ดังนั้นได้ว่า 19.93 บาท/กิโลกรัม × N กิโลกรัม/ปี		
	= 19.93 บาท/กิโลกรัม × 6,015	กิโลกรัม/ปี
N	= ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน ,	กิโลกรัม/ปี
	= (19.93 × 6,015)/25	กิโลกรัม/ปี
	= 4,795.15	กิโลกรัม/ปี
ดังนั้นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)		
	= 4,795.15	กิโลกรัม/ปี
คำนวณการใช้จุดคุ้มทุนของแบบเตอรี		
- ค่าซ่อมบำรุง		
คิดคงที่	= 13,950	บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม
 = 13,950 บาท/ปี
 ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด
 = 8,750 + 13,950 บาท/ปี
 = 22,700 บาท/ปี
 ระยะเวลา 1 ปี เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถทำงานได้
 = 20.05 กิโลกรัม/วัน × 300 วัน/ปี
 = 6,015 กิโลกรัม/ปี
 ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก
 = (22,700)/(6,015)
 = 3.77 บาท/กิโลกรัม
 - ราคาขายข้าวกล้อง 25 บาท/กิโลกรัม (สมาคมโรงสีข้าวไทย วันที่ 15 ธันวาคม 2558)
 - เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถสีข้าวเปลือกได้ 6,015 กิโลกรัมข้าวเปลือก/ปี
 ดังนั้นเกษตรกรมีรายได้
 = 25 บาทต่อกิโลกรัม × 6,015 กิโลกรัม/ปี
 = 150,375 บาท/ปี
 เกษตรกรมีกำไรจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก
 = 150,375 – 22,700 บาท/ปี
 = 127,675 บาท/ปี
 - หากจุดคุ้มทุนจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย
 ดังนั้นได้ว่า 3.77 บาท/กิโลกรัม × N กิโลกรัม/ปี
 = 3.77 บาท/กิโลกรัม × 6,015 กิโลกรัม/ปี
 N = ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน ,
 = (3.77 × 6,015)/25 กิโลกรัม/ปี
 = 907.06 กิโลกรัม/ปี
 ดังนั้นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)
 = 907.06 กิโลกรัม/ปี

4.6.4.1 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก
 ระยะเวลาคืนทุนหาได้จากความสัมพันธ์, ระยะเวลาคืนทุน
 = ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม
 = (36,700 บาท)/(30,457 + 127,675 บาท/ปี)
 ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก = 0.23 ปี หรือ 82.8 วัน

4.6.5 การคำนวณจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด(Hybrid) โดยขบวนการสีด้วยเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่สลับกับการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ (ข้าวกล้องพันธุ์ โรซเบอร์รี่) โดยยกตัวอย่างที่ระดับความชื้น 13%w.b.

ต้นทุนผันแปร

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริดใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ 1 ชั่วโมง สลับกับการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 1 ชั่วโมงเพื่อทำการสีข้าว เนื่องจากการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้งใช้เวลาในการชาร์จ 1 ชั่วโมง ดังนั้นเครื่องยนต์จะสามารถ ใช้เวลาในการสีข้าวและชาร์จแบตเตอรี่ทั้งหมด 3.5 ชั่วโมง/วัน และจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 3.5 ชั่วโมง/วัน

เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริดใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็ก จึงมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานดังนี้

ราคาน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 ลิตรละ 25.23 บาท (อ้างอิงจาก วันที่ 17 พ.ย. 2558)

ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการสีข้าว 2.87 ลิตรต่อชั่วโมง

ดังนั้นต้นทุนในการสีข้าว	= 25.23 × 2.87	บาท/ลิตร × ลิตร/ชั่วโมง
	=	72.41 บาท/ชั่วโมง
ทำงานวันละ 3.5 ชั่วโมง	= 72.41 × 3.5	บาท × ชั่วโมง/วัน
	= 253.43	บาท/วัน
ดังนั้น ต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	= 253.43 × 300	บาท/วัน × วัน/ปี
	= 76,029	บาท/ปี
- ค่าซ่อมบำรุง		
คิดคงที่	= 13,950	บาท/ปี
ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม	= (13,950+76,029)	บาท/ปี
	= 89,979	บาท/ปี
ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด	= 8,750 + 89,979	บาท/ปี
	= 98,729	บาท/ปี
ระยะเวลา 1 ปี เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถทำงานได้	= 25.43 กิโลกรัม/วัน × 300 วัน/ปี	
	= 7,629 กิโลกรัม/ปี	

ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

$$= (98,729)/(7,629)$$

$$= 12.94 \text{ บาท/กิโลกรัม}$$

- ราคาขายข้าวกล้อง 50 บาท/กิโลกรัม (สมาคมโรงสีข้าวไทย วันที่ 15 ธันวาคม 2588)

- เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถสีข้าวเปลือกได้ 7,629 กิโลกรัม/ปี

ดังนั้นเกษตรกรมีรายได้ = 50 บาทต่อกิโลกรัม \times 7,629 กิโลกรัม/ปี
= 381,450 บาท/ปี

เกษตรกรมีกำไรจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก
= 381,450 - 98,729 บาท/ปี
= 282,721 บาท/ปี

- หากจุดคุ้มทุนจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย
ดังนั้นได้ว่า 50 บาท/กิโลกรัม \times N กิโลกรัม/ปี
= 12.94 บาท/กิโลกรัม \times 7,629 กิโลกรัม/ปี
N = ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน , กิโลกรัม/ปี
= (12.94 \times 7,629)/50 กิโลกรัม/ปี
= 1,974.38 กิโลกรัม/ปี

ดังนั้นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด
= 1,974.38 กิโลกรัม/ปี

คำนวณการใช้จุดคุ้มทุนของแบตเตอรี่

- ค่าซ่อมบำรุง
คิดคงที่ = 13,950 บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม
= 13,950 บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด
= 8,750 + 13,950 บาท/ปี
= 22,700 บาท/ปี

ระยะเวลา 1 ปี เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถทำงานได้
= 25.43 กิโลกรัม/วัน \times 300 วัน/ปี
= 7,629 กิโลกรัม/ปี

ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก
= (22,700)/(7,629)
= 2.97 บาท/กิโลกรัม

- ราคาขายข้าวกล้อง 50 บาท/กิโลกรัม (สมาคมโรงสีข้าวไทย วันที่ 15 ธันวาคม 2588)

- เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถสีข้าวเปลือกได้ 7,629 กิโลกรัม/ปี

ดังนั้นเกษตรกรมีรายได้ = 50 บาทต่อกิโลกรัม \times 7,629 กิโลกรัม/ปี

= 381,450 บาท/ปี
 เกษตรกรมีกำไรจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

= 381,450 - 22,700 บาท/ปี

= 358,750 บาท/ปี

- หากจุดคุ้มทุนจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย
 ดังนั้นได้ว่า 50 บาท/กิโลกรัม × N กิโลกรัม/ปี

= 2.97 บาท/กิโลกรัม × 7,629 กิโลกรัม/ปี

N = ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน , กิโลกรัม/ปี

= (2.97 × 7,629)/50 กิโลกรัม/ปี

= 453.16 กิโลกรัม/ปี

ดังนั้นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด

= 453.16 กิโลกรัม/ปี

4.6.5.1 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

ระยะเวลาคืนทุนหาได้จากความสัมพันธ์, ระยะเวลาคืนทุน

= ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม

= (36,700 บาท)/(282,721 + 358,750 บาท/ปี)

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก = 0.05 ปี หรือ 18 วัน

4.6.6 การคำนวณจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด(Hybrid) โดย
 ขบวนการสีด้วยเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่สลับกับการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ (ข้าวขัด
 ขาว พันธุ์ กข.41 พวง) โดยยกตัวอย่างที่ระดับความชื้น 15%w.b.

ต้นทุนผันแปร

- อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริดใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ 1 ชั่วโมง
 สลับกับการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 1 ชั่วโมงเพื่อทำการสีข้าว เนื่องจากมีการชาร์จแบตเตอรี่ 1
 ครั้งใช้เวลาในการชาร์จ 1 ชั่วโมง ดังนั้นเครื่องยนต์จะสามารถ ใช้เวลาในการสีข้าวและชาร์จ
 แบตเตอรี่ทั้งหมด 3.5 ชั่วโมง/วัน และจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 3.5 ชั่วโมง/วัน

เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริดใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็ก จึงมีอัตราการสิ้นเปลือง
 พลังงานดังนี้

ราคาน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 ลิตรละ 25.23 บาท (อ้างอิงจาก วันที่ 17 พ.ย. 2558)

ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการสีข้าว 3.98 ลิตรต่อชั่วโมง

ดังนั้นต้นทุนในการสีข้าว = 25.23 × 3.98 บาท/ลิตร × ลิตร/ชั่วโมง

= 100.41 บาท/ชั่วโมง

ทำงานวันละ 3.5 ชั่วโมง

= 100.41 × 3.5 บาท × ชั่วโมง/วัน

$$\begin{aligned}
 &= 351.43 && \text{บาท/วัน} \\
 \text{ดังนั้น ต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} &= 351.43 \times 300 && \text{บาท/วัน} \times \text{วัน/ปี} \\
 &= 105,429 && \text{บาท/ปี} \\
 &\quad - \text{ค่าซ่อมบำรุง} \\
 \text{คิดคงที่} &= 13,950 && \text{บาท/ปี} \\
 \text{ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม} &= (13,950 + 105,429) && \text{บาท/ปี} \\
 &= 119,379 && \text{บาท/ปี} \\
 \text{ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด} &= 8,750 + 119,379 && \text{บาท/ปี} \\
 &= 128,129 && \text{บาท/ปี} \\
 \text{ระยะเวลา 1 ปี เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถทำงานได้} &= 17.84 \text{ กิโลกรัม/วัน} \times 300 \text{ วัน/ปี} \\
 &= 5,352 \text{ กิโลกรัม/ปี} \\
 \text{ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก} &= (128,129) / (5,352) \\
 &= 23.94 \text{ บาท/กิโลกรัม} \\
 &\quad - \text{ราคาขายข้าวกล้อง 30 บาท/กิโลกรัม (สมาคมโรงสีข้าวไทย วันที่ 15 ธันวาคม 2558)} \\
 &\quad - \text{เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถสีข้าวเปลือกได้ 5,352 กิโลกรัมข้าวเปลือก/ปี} \\
 \text{ดังนั้นเกษตรกรมีรายได้} &= 30 \text{ บาทต่อกิโลกรัม} \times 5,352 \text{ กิโลกรัม/ปี} \\
 &= 160,560 && \text{บาท/ปี} \\
 \text{เกษตรกรมีกำไรจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก} &= 160,560 - 128,129 \text{ บาท/ปี} \\
 &= 32,431 && \text{บาท/ปี} \\
 &\quad - \text{หาจุดคุ้มทุนจากการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย} \\
 \text{ดังนั้นได้ว่า } 23.94 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times N \text{ กิโลกรัม/ปี} &= 23.94 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times 5,352 \text{ กิโลกรัม/ปี} \\
 N &= \text{ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน,} && \text{กิโลกรัม/ปี} \\
 &= (23.94 \times 5,352) / 30 && \text{กิโลกรัม/ปี} \\
 &= 4,270.89 && \text{กิโลกรัม/ปี} \\
 \text{ดังนั้นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)} &= 4,270.89 && \text{กิโลกรัม/ปี}
 \end{aligned}$$

จำนวนจุดคุ้มทุนของแบตเตอรี่		
- ค่าซ่อมบำรุง		
คิดคงที่	= 13,950	บาท/ปี
ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม	= 13,950	บาท/ปี
ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด	= 8,750 + 13,950	บาท/ปี
	= 22,700	บาท/ปี
ระยะเวลา 1 ปี เครื่องสี่ล้อขนาดเล็กสามารถทำงานได้	= 17.84 กิโลกรัม/วัน × 300 วัน/ปี	
	= 5,352 กิโลกรัม/ปี	
ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องสี่ล้อขนาดเล็ก	= (22,700)/(5,352)	
	= 4.24 บาท/กิโลกรัม	
- ราคาขายข้าวกล้อง 30 บาท/กิโลกรัม (สมาคมโรงสีข้าวไทย วันที่ 15 ธันวาคม 2558)		
- เครื่องสี่ล้อขนาดเล็กสามารถสีข้าวเปลือกได้ 5,352 กิโลกรัมข้าวเปลือก/ปี		
ดังนั้นเกษตรกรมีรายได้	= 30 บาทต่อกิโลกรัม × 5,352 กิโลกรัม/ปี	
	= 160,560	บาท/ปี
เกษตรกรมีกำไรจากการสีข้าวด้วยเครื่องสี่ล้อขนาดเล็ก	= 160,560 - 22,700	บาท/ปี
	= 137,860	บาท/ปี
- หากจุดคุ้มทุนจากการสีข้าวด้วยเครื่องสี่ล้อขนาดเล็ก รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย		
ดังนั้นได้ว่า 4.24 บาท/กิโลกรัม × N กิโลกรัม/ปี	= 4.24 บาท/กิโลกรัม × 5,352	กิโลกรัม/ปี
	N = ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน ,	กิโลกรัม/ปี
	= (4.24 × 5,352)/30	กิโลกรัม/ปี
	= 756.41	กิโลกรัม/ปี
ดังนั้นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องสี่ล้อขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)	= 756.41	กิโลกรัม/ปี

4.6.6.1 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องสี่ล้อขนาดเล็ก

ระยะเวลาคืนทุนหาได้จากความสัมพันธ์, ระยะเวลาคืนทุน

$$= \text{ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเครื่องสี่ล้อขนาดเล็ก} &= (36,700 \text{ บาท}) / (32,431 + 137,860 \text{ บาท/ปี}) \\ &= 0.21 \text{ ปี หรือ 76 วัน} \end{aligned}$$



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (hybrid) ซึ่งสามารถสีข้าวได้ 2 ประเภทคือ ข้าวกล้องและข้าวขัดขาว โดยจะสามารถลดต้นทุนในการสีข้าวเปลือกและลดต้นทุนในการขนส่ง จึงได้ทำการศึกษาสมรรถนะของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (hybrid) โดยมีวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลองคือ ข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง และ ข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ โดยจะใช้กรรมวิธีในการสีข้าว 3 วิธี คือ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่, การสีข้าวข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ และการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งกรรมวิธีการสีข้าวที่ดีที่สุดคือ การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่โดยที่ข้าวเปลือกจะต้องมีความชื้นอยู่ในระดับ 14% w.b.-15% w.b. จึงจะสามารถกะเทาะเปลือกข้าวออกได้ดีที่สุด สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง ที่ระดับความชื้น 15% w.b., 18% w.b. และ 19% w.b. ที่ใช้ในการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่, การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์, การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่

ข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง ที่ระดับความชื้น 15% w.b., 18% w.b. และ 19% w.b. ในการทดลองโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ กรรมวิธีการสีข้าวทั้ง 3 วิธีสามารถสีข้าวเปลือกได้ดีที่สุดที่ระดับความชื้น 15% w.b. ซึ่งในการทดลองที่สามารถทำการสีข้าวเปลือกให้ได้ปริมาณข้าวสูงสุดคือ ใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ เพราะมีรอบการทำงานที่เหมาะสมต่อกระบวนการสีข้าว และการใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่มีผลทำให้เมล็ดข้าวที่ได้มีคุณภาพความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นต่างจากการใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ ในการทดลองที่ระดับความชื้น 15% w.b. , 18% w.b. และ 19% w.b. ของข้าวเปลือก ซึ่งทำให้ได้ปริมาณของข้าวที่น้อยกว่ากรรมวิธีการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ เป็นเพราะรอบการทำงานของเครื่องยนต์ที่สูงเกินไปจึงทำให้ข้าวเปลือกไม่เกิดการเรียงตัวระหว่างไหลผ่านลูกยางกะเทาะเปลือกทำให้ใช้เวลานานในการสีข้าว และการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ซึ่งใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวต้นกำลัง ความเร็วรอบในการทำงานของมอเตอร์จะถูกควบคุมด้วยกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ เมื่อกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่ลดลงจะทำให้ประสิทธิภาพในการสีข้าวลดลงตามไปด้วย จึงทำให้การสีข้าววิธีนี้ใช้เวลานานที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 3 วิธี เพราะฉะนั้นข้าวเปลือกที่มีระดับความชื้น 15% w.b. จึงเหมาะกับการนำมาผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งทำให้ปริมาณของข้าวที่ได้มีคุณภาพดีที่สุด

5.1.2 ข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ ที่ระดับความชื้น 13% w.b. , 17% w.b. และ 25% w.b. ที่ใช้ในการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่, การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์, การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่

ข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ ที่ระดับความชื้น 13% w.b. , 17% w.b. และ 25% w.b. ในการทดลองโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ กรรมวิธีการสีข้าวทั้ง 3 วิธีสามารถสีข้าวเปลือกได้ดีที่สุดที่ระดับความชื้น 13% w.b. ซึ่งในการทดลองที่สามารถทำการสีข้าวเปลือกให้ได้ปริมาณข้าวสูงสุด คือ ใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ เนื่องจากมีรอบการทำงานที่เหมาะสมต่อกระบวนการสีข้าว ซึ่งมีผลทำให้เมล็ดข้าวที่ได้มีคุณภาพความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น แตกต่างจากการใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในการทดลองที่ระดับความชื้น 13% w.b., 17% w.b. และ 25% w.b. ของข้าวเปลือก จึงทำให้ได้ปริมาณของข้าวน้อยกว่ากรรมวิธีการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นเพราะเครื่องยนต์มีรอบการทำงานสูงเกินไปจึงทำให้ข้าวเปลือกไม่เกิดการเรียงตัวระหว่างไหลผ่านลูกยางกะเทาะเปลือกทำให้ข้าวที่ได้ยังคงมีข้าวเปลือกปะปนอยู่เมื่อผ่านกระบวนการสีในรอบแรกและใช้เวลานานในการสีข้าว และกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ซึ่งใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวต้นกำลัง ความเร็วรอบในการทำงานของมอเตอร์จะถูกควบคุมด้วยกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ เมื่อกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ลดลงจะทำให้รอบการทำงานของมอเตอร์และประสิทธิภาพในการสีข้าวลดลงตามไปด้วย จึงทำให้การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ใช้เวลาในการสีข้าวมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 3 วิธี เพราะฉะนั้นข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ที่มีระดับความชื้น 13% w.b. จึงเหมาะกับการนำมาผ่านกระบวนการสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งทำให้ปริมาณของข้าวที่ได้มีคุณภาพและมีลักษณะความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวดีที่สุด

5.1.3 ข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง ที่ระดับความชื้น 15% w.b. ที่ใช้ในการสีข้าวขัดขาวโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ , การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ , การสีข้าวโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ในขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่

ข้าวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง ที่ระดับความชื้น 15% w.b. ในการทดลองโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ พลังงานจากเครื่องยนต์ และพลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ กรรมวิธีการสีข้าวทั้ง 3 วิธีสามารถสีข้าวเปลือกได้ดีที่สุดที่ระดับความชื้น 15% w.b. โดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ ด้วยรอบการทำงานที่เหมาะสมกับการสีข้าวจึงทำให้เมล็ดข้าวขัดขาวที่ได้ มีความสมบูรณ์ อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่ครบถ้วน

5.1.4 การเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานในการสีข้าวของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)

ในการทดลองของเครื่องสี่ล้อขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid) จะใช้กำลังงานจากเครื่องยนต์ โดยเครื่องยนต์จะใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการสี่ล้อ และกำลังงานจากมอเตอร์ โดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ โดยในการทำงานของเครื่องสี่ล้อขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid) จะใช้เชื้อเพลิงเป็นพลังงานหลักในการสี่ล้อ ในขณะที่ทำการสี่ล้อพลังงานส่วนหนึ่งที่ได้จากเครื่องยนต์จะถูกเก็บไว้ในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง โดยการใช้ไดชาร์จเป็นตัวผลิตกระแสไฟฟ้ามาเก็บสำรองไว้ในแบตเตอรี่ ซึ่งพลังงานที่ได้จะมาจากกระบวนการสี่ล้อโดยใช้เครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นผลให้การทำงานของเครื่องสี่ล้อขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid) มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า

5.1.5 การทำงานในส่วนของระบบไฮบริด ของเครื่องสี่ล้อขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)

ในการทำงาน จะแบ่งการทำงานของเครื่องยนต์ และมอเตอร์ไฟฟ้า แบ่งออกเป็นเป็น 2 ระบบ คือ เครื่องสี่ล้อขนาดเล็กระบบไฮบริดใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่ 1 ชั่วโมงสลับกับการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 1 ชั่วโมงเพื่อทำการสี่ล้อ เนื่องจากการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้งใช้เวลาในการชาร์จ 1 ชั่วโมง ดังนั้นเครื่องยนต์จะสามารถใช้เวลาในการสี่ล้อและชาร์จแบตเตอรี่ทั้งหมด 3.5 ชั่วโมง/วัน และจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 3.5 ชั่วโมง/วัน ดังนั้น จะทำให้ต้นทุนในการสี่ล้อลดลง ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน ทำให้ ต้นทุนเร็วกว่า การใช้เครื่องยนต์ในการสี่ล้อเพียงอย่างเดียว และกำลังงานส่วนหนึ่งที่ใช้ในเครื่องยนต์ จะถูกเก็บไว้ในรูปแบบพลังงานไฟฟ้า จึงทำให้พลังงานที่เหลือจากเครื่องยนต์ไม่สูญเสียไป

5.1.6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

จุดคุ้มทุนของเครื่องสี่ล้อขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid) จากการคำนวณพบว่า ชาวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง โดยขบวนการสี่ล้อด้วยเครื่องยนต์มีระยะเวลาการคืนทุน 126 วัน ซึ่งมากกว่าขบวนการสี่ล้อด้วยเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่สลับกับการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่มีระยะเวลาการคืนทุน 83 วัน เช่นเดียวกันกับชาวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านขบวนการสี่ล้อด้วยเครื่องยนต์ใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 25 วัน แตกต่างจากการสี่ล้อด้วยเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่สลับกับการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ พบว่ามีระยะเวลาในการคืนทุนเพียง 18 วัน และการสี่ล้อขั้วขาวที่ได้จากชาวเปลือกพันธุ์ กข.41 พวง ซึ่งนำมาผ่านขบวนการสี่ล้อด้วยเครื่องยนต์มีระยะเวลาการคืนทุน 253 วัน ถือเป็นระยะเวลาที่ยาวนานเมื่อเปรียบเทียบกับขบวนการสี่ล้อด้วยเครื่องยนต์ขณะชาร์จแบตเตอรี่สลับกับการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ที่มีระยะเวลาในการคืนทุน 76 วัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ศึกษาและพัฒนาเครื่องสี่ล้อขนาดเล็กระบบไฮบริดให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นและพัฒนาให้สามารถนำไปใช้กับโรงสี่ล้อชุมชนจนถึงโรงสี่ล้อขนาดใหญ่

5.2.2 เพิ่มวัตถุดิบในการทดลอง

5.2.3 เพิ่มขนาดของมอเตอร์ให้มีกำลังงานสูงขึ้นเพื่อลดเวลาที่ใช้ในการสี่ล้อ

- 5.2.4 เพิ่มแผงโซลาร์เซลล์เพื่อรองรับการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์
- 5.2.5 ปรับแต่งเครื่องยนต์เล็กให้มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ลดลง

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทดลอง

- 5.3.1 ฝุ่นละอองหรือสิ่งเจือปนที่ปะปนมากับข้าวเปลือกทำให้เกิดอาการระคายเคืองผิวหนัง
- 5.3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเกิดการชำรุดหรือเสียหาย
- 5.3.3 การทำความสะอาดช่องว่างของลูกยางกะเทาะเปลือกทำได้ยาก
- 5.3.4 ข้าวเปลือกมีเศษฟางและสิ่งเจือปนต่างๆทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหาย



ภาคผนวก ก.
ราคาข้าวเปลือก



Mechanical Engineering

กรมการข้าวรายงาน
ราคาข้าวเปลือกความชื้น 15% ณ จุดรับซื้อแหล่งผลิตวันนี้

ชนิดข้าว	ราคา (บาท/ตัน)
พันธุ์ข้าว กข41 พวง	8000
พันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่	13,000
หอมมะลิ	
อุดรธานี	12,150
สุรินทร์	11,700
ร้อยเอ็ด	12,550
เชียงราย	13,450
หอมปทุมธานี 1	
สุพรรณบุรี	10,000
ข้าวเจ้า	
สุพรรณบุรี	7,900
ข้าวเหนียวเมล็ดยาว	
พันธุ์ข้าว กข6	
อุดรธานี	12,300
เชียงราย	13,000
ข้าวเหนียวเมล็ดสั้น	
อุดรธานี	10,375

ข้อมูลจาก : สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว กรมการข้าว ประจำวันที่ 19 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558

หมายเหตุ ตลาดกลาง: ซื้อขายตามตัวอย่างโดยวิธีตกลงราคา/ โรงสี: ซื้อขายตามตัวอย่างโดยวิธีตกลงราคา

ภาคผนวก ข.
การปรับตั้งค่า ลูกยางขัดข้าว ของแต่ละพันธุ์ข้าวเปลือก

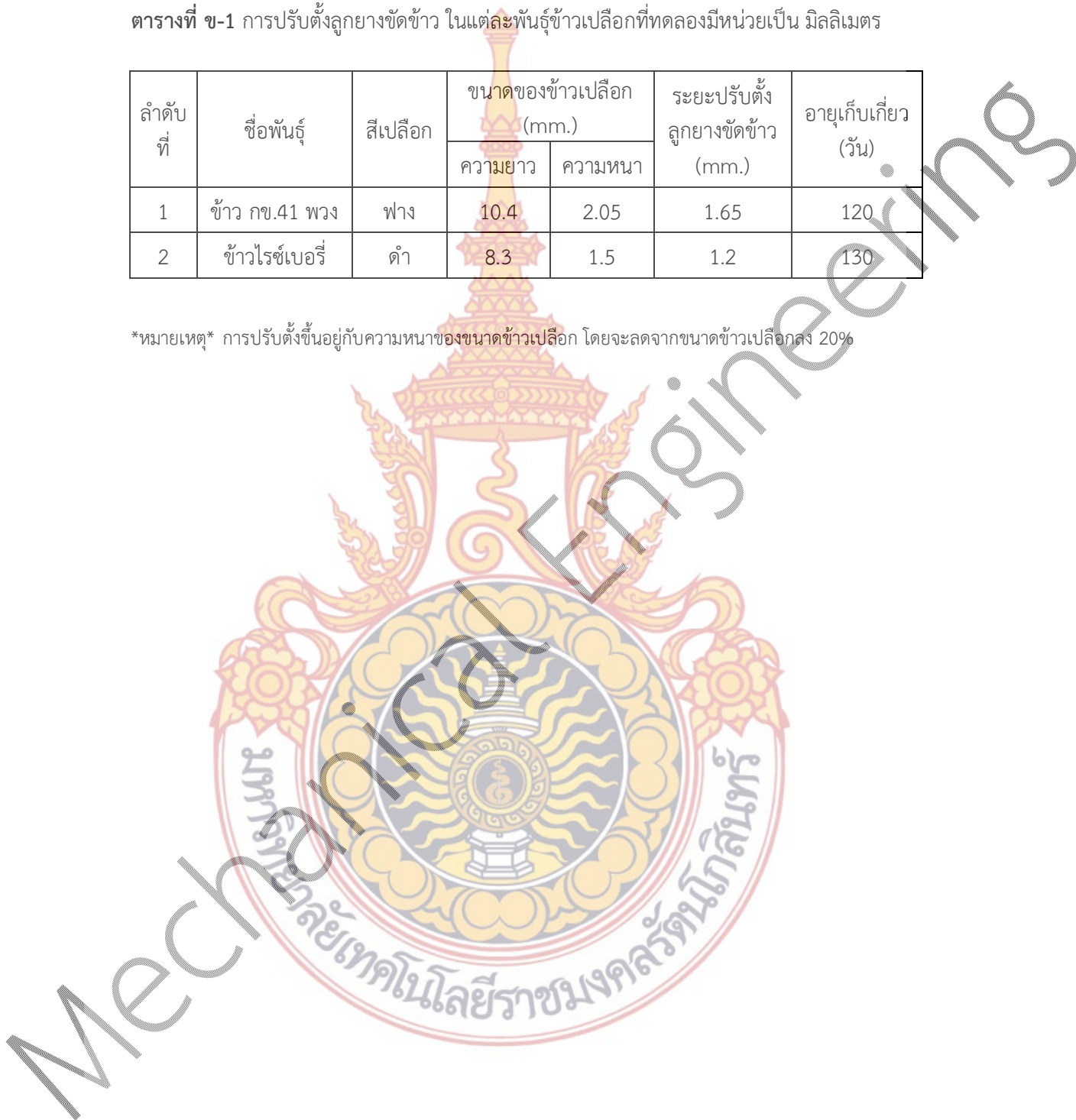


Mechanical Engineering

ตารางที่ ข-1 การปรับตั้งลูกยางขัดข้าว ในแต่ละพันธุ์ข้าวเปลือกที่ทดลองมีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

ลำดับ ที่	ชื่อพันธุ์	สีเปลือก	ขนาดของข้าวเปลือก (mm.)		ระยะปรับตั้ง ลูกยางขัดข้าว (mm.)	อายุเก็บเกี่ยว (วัน)
			ความยาว	ความหนา		
1	ข้าว กข.41 พวง	ฟาง	10.4	2.05	1.65	120
2	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	ดำ	8.3	1.5	1.2	130

หมายเหตุ การปรับตั้งขึ้นอยู่กับความหนาของขนาดข้าวเปลือก โดยจะลดจากขนาดข้าวเปลือกลง 20%





ภาคผนวก ค.

การซ่อมบำรุง เครื่องสี่ล้อขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)

Mechanical Engineering

ตารางที่ ค-1 การซ่อมบำรุง เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระบบไฮบริด (Hybrid)

ลำดับ	รายการซ่อมบำรุง	จำนวน	ระยะเวลาของการซ่อมบำรุง	ราคา
1	ลูกยางขัดข้าว	3 ลูก	2 ตัน ข้าวเปลือก	10,800 บาท/ปี
2	สายพาน	5 เส้น	1ปี หรือ 2400 ชั่วโมง	750 บาท/ปี
3	น้ำมันเครื่อง	1 ลิตร	1 เดือน	100บาท/เดือน หรือ 1200 บาท/ปี
4	อื่นๆ			1200 บาท/ปี
รวม				13,950 บาท/ปี

ประวัติผู้วิจัย

- 1 ชื่อ สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิศิษฐ์ ลีลาผาติกุล
- 2 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
3. หน่วยงานที่สามารถติดต่อได้

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ เลขที่ 96 หมู่ 3 ถ. พุทรมณฑลสาย 5 ต.ศาลายา อ. พุทรมณฑล จ. นครปฐม 73170 โทรศัพท์มือถือ 08-3707-4296 โทรศัพท์ 02-889-4585-7 ต่อ 2675 โทรสาร 02-8894585-7 ต่อ 2621 และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) wisitlee17@yahoo.com, wisit.lee@mutr.ac.th.

4. ประวัติการศึกษา

- วศ.ม. วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2545
- วศ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสยาม พ.ศ. 2541

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- Combustion Process/Biomass gasification
- Drying Process/Solar Drying
- Agricultural Machinery Design

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

- หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย “ผลของอากาศส่วนที่สองต่อพฤติกรรมการตกฝุ่นในถังไซโคลน 2 ชั้น”
- หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย “การศึกษาเชิงทดลองของมุมเอียงและความเร็วรอบของสายพานลำเลียงต่อการแยกคราบน้ำมันบนผิวน้ำทิ้ง”
- หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย “การศึกษาเชิงทดลองตู้อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมท่อลมร้อนสำหรับผลผลิตทางการเกษตร” แหล่งทุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557
- หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย “การอบแห้งข้าวเปลือกให้กับโรงสีข้าวชุมชนด้วยเทคนิคหมุนวนในถังไซโคลน” แหล่งทุนจากสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557

- หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย “การพัฒนาต้นแบบเครื่องสีข้าวเปลือกขนาดเล็กแบบไฮบริดสำหรับชุมชนชนบท” แหล่งทุนจากงบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558

