บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงวางแผนการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

3.1 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

3.2 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

3.3 ทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ

3.4 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

วัตถุประสงค์ในการศึกษาขั้นตอนนี้เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับฝักบัวและเมล็ดบัว สำหรับนำมาใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ มีรายละเอียดในการศึกษาดังต่อไปนี้

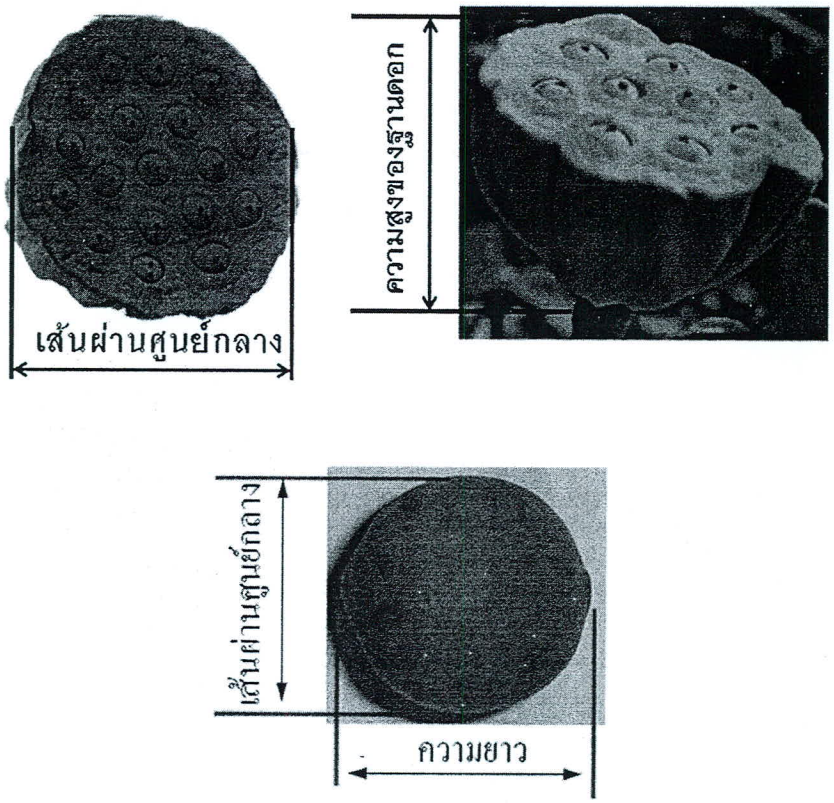
3.1.1 ศึกษาปัญหาและวิธีการแยกเมล็ดบัวหลวงออกจากฝักของเกษตรกร

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงปัญหาในการแยกเมล็ดบัวออกจากฝักของเกษตรกร รวมถึงการหาข้อมูลสำหรับเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องนวดเมล็ดบัวออกจากฝักกับเกษตรกร และวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเชิงเศรษฐศาสตร์ การดำเนินการศึกษาโดยสัมภาษณ์จากเกษตรกร และกลุ่มแม่บ้านที่รับจ้างแกะเมล็ดบัวหลวงออกจากฝัก

3.1.2 การศึกษาลักษณะกายภาพของฝักบัวและเมล็ดบัว

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของฝักและเมล็ดบัวหลวง ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางของฝักและเมล็ดบัวใหญ่สุดและเล็กสุด ความยาวของเมล็ดบัว รวมทั้งความสูงของฐานฝักบัวสำหรับเป็นเกณฑ์ในการออกแบบชุดนวดเมล็ดบัวออกมาจากฝักและชุดคัดแยก ดำเนินการศึกษาโดยการวัดขนาดฝักบัวหลวงจำนวน 100 ฝัก รวมทั้งเมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการแกะจำนวน 500 เมล็ด ด้วยเวอร์เนียคาร์ลิป

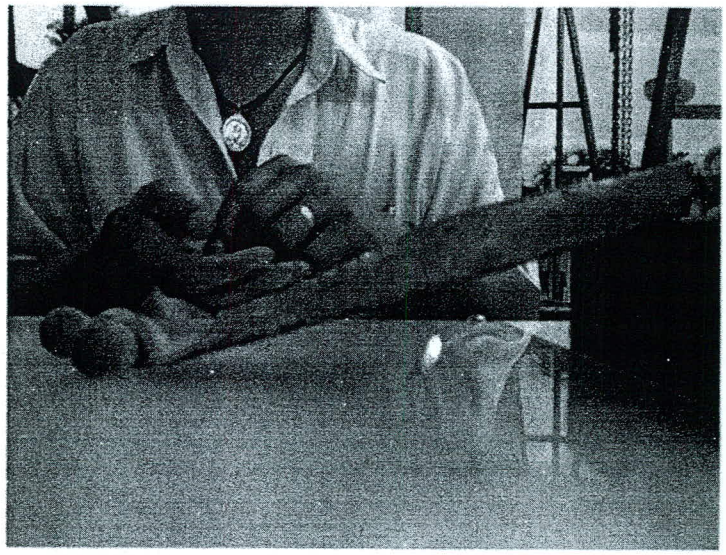
เปอร์ ซึ่งตำแหน่งในการวัดแสดงดังรูปที่ 3.1 แล้วนำค่าที่ได้จากการวัดมาวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งการวัดของฝักและเมล็ดบัวหลวง

3.1.3 ศึกษาหามุมของความเสียดทานภายในของเมล็ดบัว

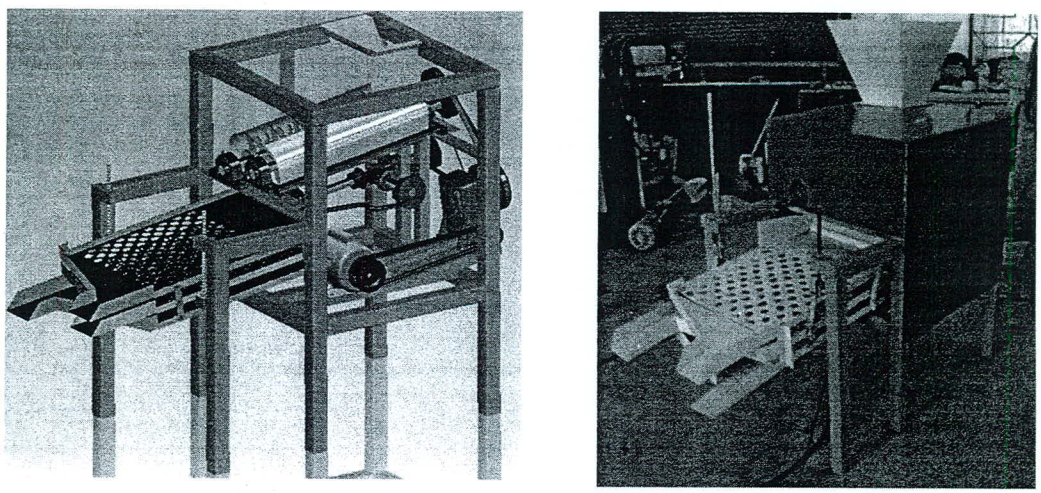
วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวกับการหมุนของเมล็ดบัวหลวง กับเปลือกหลังจากที่ผ่านการนวดแล้วด้วยวิธีแรงโน้มถ่วง โดยให้ไหลไปตามรางมุมเอียงที่จะทำให้วัสดุหมุนไหลไปได้ ซึ่งมุมนี้จะต้องมากพอที่ทำให้แรงต้านทานการหมุนไม่มีผล มุมนี้เรียกว่า มุมเอียงการหมุนเคลื่อนที่ การหามุมเอียงของการหมุนสามารถหาได้โดยวิธีการง่าย ๆ โดยใช้แผ่นเอียงเมื่อนำเมล็ดบัวมาวางบนแผ่นเอียงแล้วค่อย ๆ ปรับมุมเอียงจนกระทั่งเมล็ดบัวเริ่มหมุนเคลื่อนที่ลงดังรูปที่ 3.2 ซึ่งมุมที่ได้จะนำไปใช้ในการออกแบบช่องป้อน และชุดแยกเมล็ดบัวหลวงกับเปลือกฝักบัวที่ผ่านการนวดออกมาจากชุดนวด



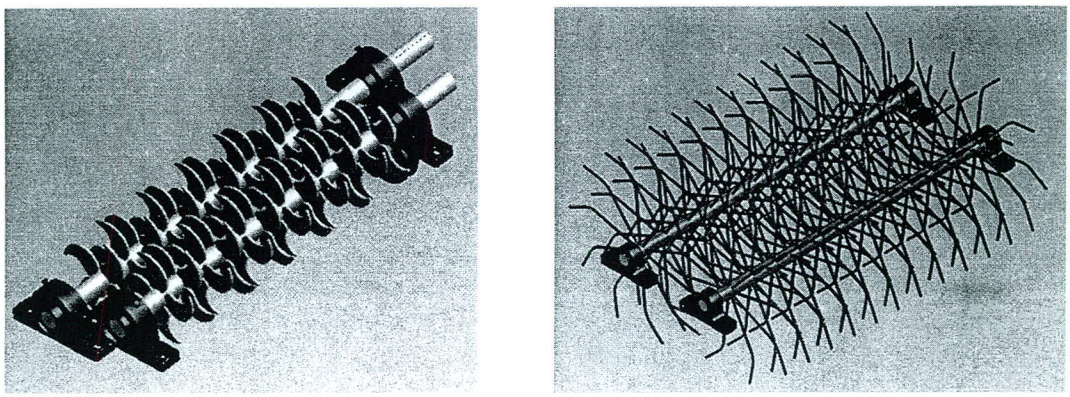
รูปที่ 3.2 การทดสอบหามุมของความเสียดทานภายในของเมล็ดบัวหลวง

3.1.4 ศึกษาหาวิธีการนวดเมล็ดบัวหลวงที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์เพื่อหาลักษณะของลูกนวดที่สามารถนำมาใช้ในการนวดเมล็ดบัวหลวงได้ โดยการสร้างชุดทดสอบดังรูปที่ 3.3 ประกอบด้วย โครงสร้างเครื่องสำหรับติดตั้งชุดนวดเมล็ดบัวที่สามารถปรับเปลี่ยนแบบของลูกนวด ซึ่งในการทดสอบจะใช้ลูกนวด 2 แบบ คือ ลูกนวดที่มีฟันลักษณะคล้ายเล็บเหยี่ยว (รูปที่ 3.4 ก) และลูกนวดที่มีฟันแบบซี่ (รูปที่ 3.4 ข) เพื่อใช้ทดสอบหารูปแบบและความเร็วรอบของลูกนวดเมล็ดบัวหลวงที่เหมาะสม นอกจากนั้นยังมีชุดคัดแยกเมล็ดบัว ที่ใช้ทดลองหาวิธีการแยกเปลือกและเมล็ดบัวหลวงหลังจากการนวด



รูปที่ 3.3 ชุดทดสอบการนวดเมล็ดบัวหลวง



ก) ลูกนวดฟันลักษณะคล้ายเล็บเหยี่ยว ข) ลูกนวดฟันแบบซี่

รูปที่ 3.4 ลักษณะของลูกนวดที่ใช้ทดสอบ

3.2 ออกแบบและสร้างเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง

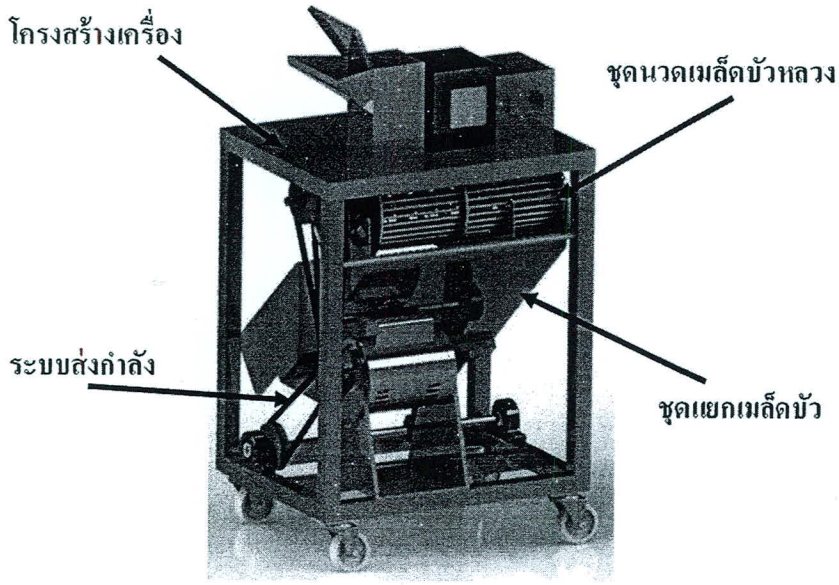
จากการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการออกแบบแล้ว จึงได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ โดยใช้เกณฑ์และรายละเอียดในการออกแบบเครื่อง ดังนี้

ก) เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบประกอบด้วย

- กลไกการทำงานของเครื่องทำงานง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนมากเกินไป และผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติได้สะดวก บำรุงรักษาง่าย และมีความปลอดภัย
- สร้างจากวัสดุที่มีจำหน่ายในประเทศ อุปกรณ์ชิ้นส่วนหากชำรุดสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่ายและมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด
- ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน

ข) รายละเอียดในการออกแบบ

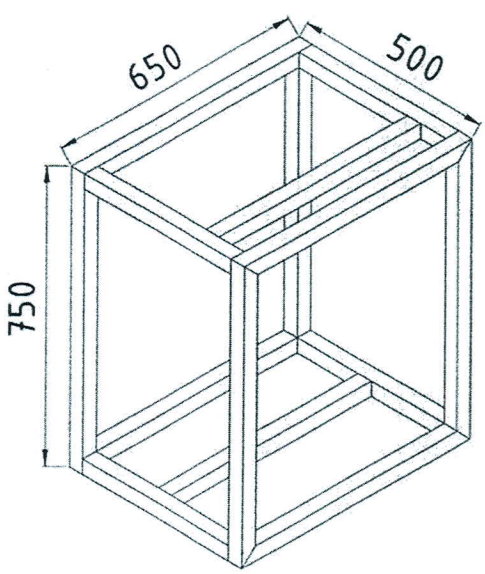
การออกแบบเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงนั้นนอกจากจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในหัวข้อที่ผ่านมาแล้ว ยังได้ประยุกต์ใช้ความรู้และหลักการออกแบบเครื่องจักรกล [15] และเครื่องจักรกลเกษตร [16] รวมทั้งใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบในการเขียนแบบ ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ โครงสร้างเครื่อง ชุดนวดเมล็ดบัวหลวง ชุดแยกเมล็ดบัว ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ดังรูปที่ 3.5 โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้



รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบหลักของเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ

3.2.1 โครงสร้างเครื่อง

โครงสร้างของเครื่องมีขนาดโดยรวม คือ กว้าง 500 มิลลิเมตร ยาว 650 มิลลิเมตร สูง 750 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.6 วัสดุที่ใช้สร้างส่วนใหญ่เป็นเหล็กกล่องขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว มีความเหนียวสามารถตัด เจาะ ดัด หรือ เชื่อมได้ง่าย ราคาต่ำ มีลักษณะสวยงามเมื่อสร้างเสร็จ และที่สำคัญมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด ซึ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงต้นแบบจะติดตั้งบนโครงสร้างด้วยนัตและสกรู



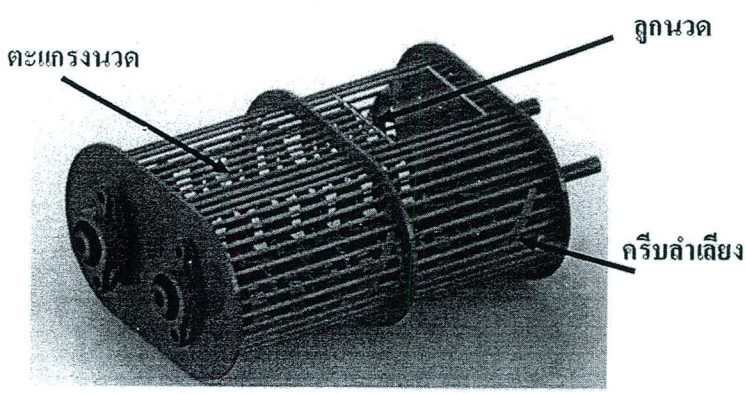
รูปที่ 3.6 โครงสร้างของเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง

3.2.2 ชุดนวดเมล็ดบัวหลวง

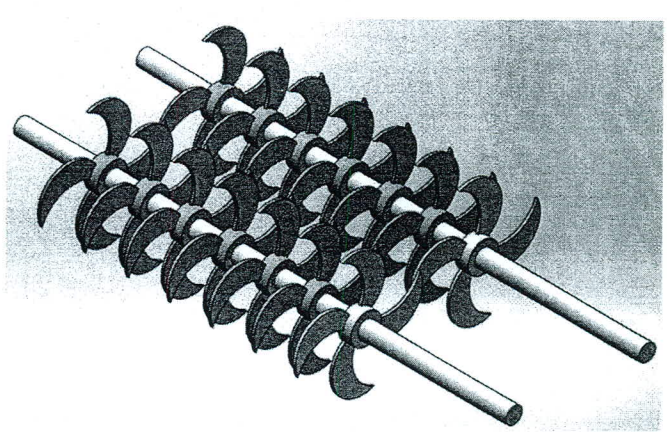
ชุดนวดเมล็ดบัวหลวง ดังรูปที่ 3.7 ก มีหน้าที่หลัก คือ นวดแยกเมล็ดบัวหลวงออกจากฝักบัว ประกอบด้วย

ก) ลูกนวด 2 ลูก ดังรูปที่ 3.7 ข เส้นผ่านศูนย์กลาง 145 มิลลิเมตร ยาว 620 มิลลิเมตร แต่ละลูกมีฟันลักษณะคล้ายเล็บเหยี่ยวจำนวน 7 ชุด สวมบนเพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร ฟันลูกนวดทำจากสแตนเลสหนา 3 มิลลิเมตร

ข) ตะแกรงนวด ทำจากสเตนเลสเส้น มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลมครอบอยู่ด้านนอกของลูกนวดทั้งสองลูก โดยระยะห่างของซี่ตะแกรงจะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่สุดของเมล็ดบัวเพื่อให้เมล็ดบัวสามารถลอดลงไปได้หลังจากการนวด และภายในตะแกรงนวดจะมีครีบลำเลียง ซึ่งทำหน้าที่ช่วยลำเลียงเปลือกบัวหลวงออกสู่ช่องทิ้งเปลือก



ก) ชุดนวดเมล็ดบัวหลวง



ข) ลูกนวด

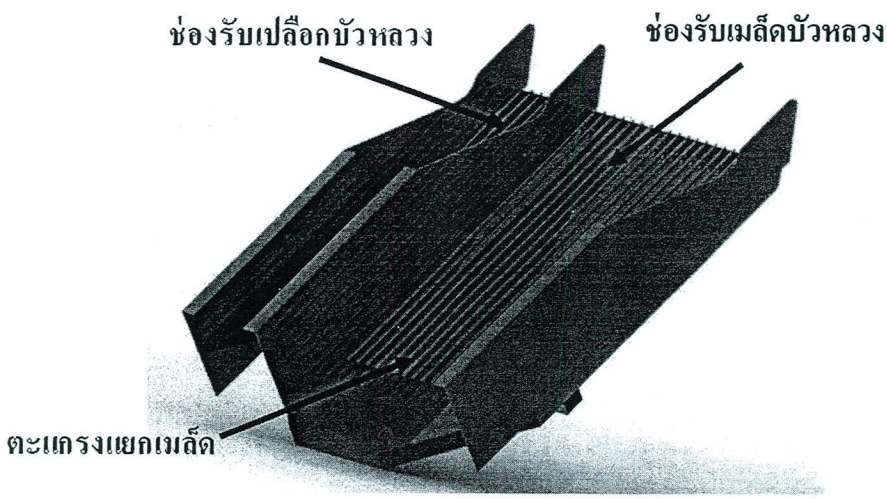
รูปที่ 3.7 ชุดนวดเมล็ดบัวหลวงและลูกนวด

3.2.3 ชุดแยกเมล็ดบัว

ชุดแยกเมล็ดบัว ดังรูปที่ 3.8 จะติดตั้งไว้ด้านล่างของชุดนวดเมล็ดบัวหลวง ทำหน้าที่แยกเมล็ดบัวออกจากเปลือกหลังจากการนวดโดยใช้หลักการของแรงโน้มถ่วงและการสั่นด้วยการบังคับของลูกเบี้ยว ประกอบด้วย

ก) ตะแกรงแยกเมล็ด ทำจากสแตนเลสเส้น โดยระยะห่างของซี่ตะแกรงจะมีขนาดเล็กกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดของเมล็ดบัวเพื่อไม่ให้เมล็ดบัวสามารถลอดผ่านได้ เมล็ดดีจะไหลหรือกลิ้งอยู่ด้านบนของตะแกรง ส่วนเมล็ดลีบและเปลือกขนาดเล็กจะลอดลงสู่ถาดด้านล่าง การติดตั้งตะแกรงแยกเมล็ดจะมีมุมเอียงมากกว่ามุมเอียงการหมุนเคลื่อนที่ของเมล็ดบัวหลวง

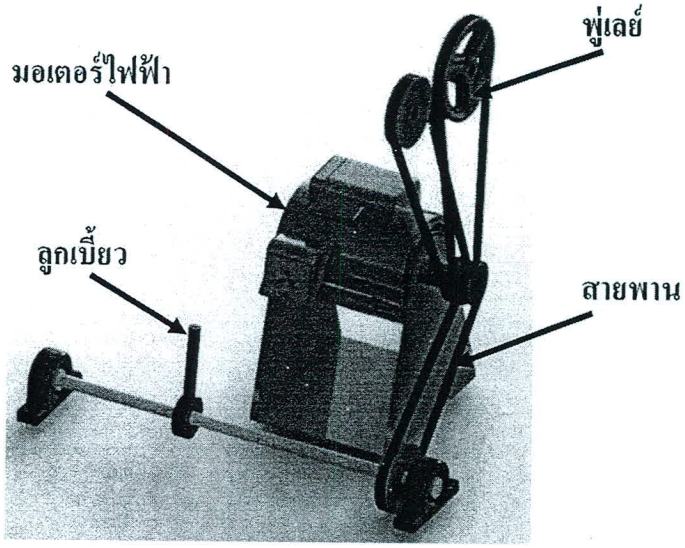
ข) ช่องรับเมล็ดและเปลือก ชุดแยกเมล็ดบัวจะประกอบด้วย ช่องรับเมล็ดบัวหลวงที่รับเมล็ดบัวที่ลอดผ่านตะแกรงนวดของชุดนวดเมล็ดบัวลงมา ส่วนช่องรับเปลือกจะอยู่ด้านท้ายของชุดนวดเมล็ดบัวเพื่อรับเปลือกของฝักบัวที่ถูกลำเลียงออกมาจากช่องทิ้งเปลือกของชุดนวดเมล็ดบัว



รูปที่ 3.8 ชุดแยกเมล็ดบัว

3.2.4 ระบบส่งกำลัง

ระบบส่งกำลังของเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงจากต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า ไปยังชุดนวดเมล็ดบัวหลวงและชุดแยกเมล็ด ดังรูปที่ 3.9 จะใช้พู่เลย์และสายพานเป็นหลัก เนื่องจากออกแบบง่าย ไม่เกิดเสียงดังขณะทำงาน ราคาถูก และหาซื้อง่าย



รูปที่ 3.9 ระบบส่งกำลังของเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง

การทำงานของเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง

การทำงานของเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงเริ่มจากผู้ควบคุมเครื่องป้อนฝักบัวลงในช่องป้อนทางด้านบนของเครื่อง ต่อจากนั้นฝักบัวจะไหลเข้าสู่ชุดนวดเมล็ดบัวหลวงและถูกนวดโดยชุดลูกนวด เมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการนวดจะตกลอดผ่านตะแกรงนวดไปยังชุดแยกเมล็ดที่อยู่ด้านล่างออกสู่ช่องทางออกต่อไป ส่วนเปลือกของฝักบัวที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรงนวดจะถูกลำเลียงไปตามครีบลำเลียงของชุดนวดเมล็ดบัวหลวง และตกลงมาที่ช่องทิ้งเปลือกทางด้านท้ายของชุดนวดเมล็ดบัวหลวง

3.3 ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง

หลังจากการทดสอบเบื้องต้นและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบแล้ว เครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงต้นแบบได้ถูกทดสอบเพื่อหาสมรรถนะการทำงานของเครื่อง ซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณา ได้แก่ ระยะห่างของฟันลูกนวดที่ 10, 15

และ 20 มิลลิเมตร และความเร็วรอบของลูกนวด 200, 300 และ 400 รอบต่อนาที โดยใช้ เปอร์เซ็นต์การนวดเมล็ดบัว เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย ความสามารถในการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า และแรงบิดที่เพลาขับ เป็นค่าชี้ผลการศึกษา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก) ขั้นตอนการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่อง

1. เตรียมฝักบัวหลวง 27 ชุด ๆ ละ 10 กิโลกรัม
2. สุ่มวัดขนาดฝักบัวที่จะใช้ในการทดสอบ โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความกว้างของฝักบัว บันทึกค่าที่วัดได้
3. ตั้งเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงให้ระยะห่างของลูกนวด 10 มิลลิเมตร และความเร็วของลูกนวด 200 รอบต่อนาที
4. ทดสอบเครื่อง บันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด น้ำหนักของเมล็ดบัวที่ดีและเสียหายจากการนวด ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากกิโลวัตต์ฮาวร์มิเตอร์ ค่าของแรงที่กระทำบนเพลาขับ ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง
5. ตั้งความเร็วของลูกนวด 300 และ 400 รอบต่อนาที ตามลำดับ ทดสอบซ้ำข้อ 4
6. ตั้งระยะห่างของลูกนวด 15 และ 20 มิลลิเมตร ตามลำดับ และทดสอบซ้ำจากข้อ 3-5

ข) ค่าชี้ผลการศึกษา มีสมการดังนี้

1) เปอร์เซ็นต์การนวด (%)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การนวดเมล็ดบัว} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดบัวที่ได้จากการนวด}}{\text{น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด}} \times 100 \qquad (3.1)$$

2) เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย (%)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดที่เสียหาย}}{\text{น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด}} \times 100 \qquad (3.2)$$

3) ความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

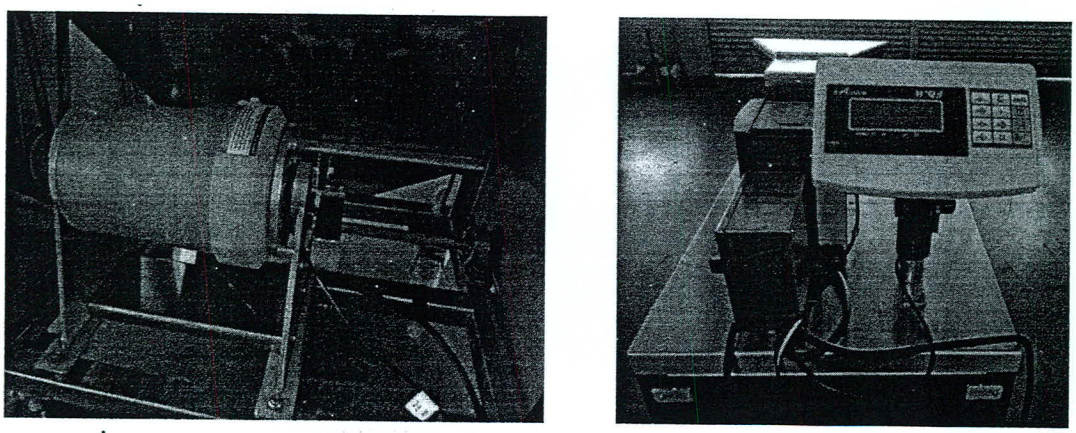
$$\text{ความสามารถในการทำงานจริง} = \frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวดีที่ได้ทั้งหมด}}{\text{เวลาที่ใช้ทั้งหมด}} \qquad (3.3)$$

4) อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าของเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

อ่านค่าอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าจากกิโลวัตต์ฮาวร์มิเตอร์ที่ต่อเข้ากับเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงขณะทดสอบ

5) แรงบิดที่เพลาขับของเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง (นิวตัน-เมตร)

อ่านค่าของแรงที่กระทำบนเพลาขับจากอุปกรณ์วัดแรงที่ต่อเข้ากับเพลาที่เป็นตัวขับชุดลูกนวดเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงขณะทดสอบดังรูปที่ 3.10 แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณแรงบิดของเพลาขับ



รูปที่ 3.10 การต่ออุปกรณ์วัดแรงกับเพลาขับชุดลูกนวดเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง

3.4 วิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ก) การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

อาศัยแนวคิดการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม เกี่ยวกับต้นทุนในการใช้เครื่อง สมมติว่าเกษตรกรซื้อเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรง

เมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงได้ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10%) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการนวดเมล็ดบัวหลวงออกจากฝัก อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ในที่นี้จะไม่คิดต้นทุนคงที่เกี่ยวกับค่าประกันภัย ค่าภาษี ค่าโรงเรือน และค่าจ้างขนย้ายเครื่องไปทำงานตามสถานที่ต่าง ๆ เป็นต้น สำหรับต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการนวดเมล็ดบัวหลวงออกจากฝัก ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานคนเพื่อทำร่วมกับเครื่อง ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษา และค่าซ่อมแซม เป็นต้น

ข) การวิเคราะห์ระยะเวลาการคุ้มทุน (Pay-back period)

เป็นการคาดคะเนว่า เมื่อลงทุนในเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปี โดยพิจารณาจากการทราบค่า (i) (10 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่ทราบค่า n ทำการเปลี่ยน n ไปเรื่อย ๆ จนค่าทั้งสองข้างของสมการเท่ากันก็จะได้ค่า n โดยที่ n คือระยะเวลาคืนทุน (ปี)

ค) การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break–even point)

เป็นการคำนวณเปรียบเทียบการนวดเมล็ดบัวหลวงออกจากฝัก โดยใช้แรงงานคนกับเครื่องต้นแบบว่าสามารถใช้ต้นทุนในการทำงานเท่ากับต้นทุนของการนวดเมล็ดบัวหลวงได้ปริมาณเท่าไร [17]