# การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าวโดยใช้เครื่องบดข้าว แบบพินมิล

นางสาวปิยกาญจน์ พูนเกิดมะเริง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2563

# STUDY OF FACTORS AFFECTING FINENESS OF RICE FLOUR GROUND BY PIN MILL MACHINE

**Piyakarn Bhoonkertmarerng**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Industrial Systems and Environmental Engineering**

**Suranaree University of Technology**

**Academic Year 2020**

**การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าวโดยใช้เครื่องบดข้าวแบบพินมิล**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อ. ดร.นรา สมัตถภาพงศ์)
ประธานกรรมการ

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รศ. ดร.นิวิท เจริญใจ)
กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(รศ. ดร.ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร)
รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ปิยกาญจน์ พูนเกิดมะเริง : การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าวโดยใช้เครื่องบดข้าวแบบพินมิล (STUDY OF FACTORS AFFECTING FINENESS OF RICE FLOUR GROUND BY PIN MILL MACHINE) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล, 67 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องบดข้าวต้นแบบ เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าว และเพื่อพัฒนาเครื่องบดข้าวโดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ ซึ่งได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูล 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 การเก็บข้อมูลความต้องการของผู้ใช้งานเครื่องบดข้าวผ่านการสัมภาษณ์กลุ่มวิสาหกิจชุมชนและรวมคะแนนค่าความสำคัญและนำไปวิเคราะห์ด้วยบ้านแห่งคุณภาพ และส่วนที่ 2 การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อละเอียดของแป้งข้าว โดยวิเคราะห์ด้วย Why – Why Analysis จากนั้นเก็บข้อมูลค่าร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรงและข้อมูลค่าร้อยละของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านตะแกรง จากการทดลอง 4 ทรีทเมนต์ ดังนี้ ทรีทเมนต์ที่ 1 สภาพก่อนการปรับปรุง คือ มี 8 ฟันบด และขนาดรูตะแกรงภายในเครื่องเท่ากับ 1.1 มม. ทรีทเมนต์ที่ 2 สภาพหลังปรับปรุงครั้งที่ 1 โดยมี 8 ฟันบด แต่ขนาดรูตะแกรงในเครื่องเท่ากับ 0.4 มม. ทรีทเมนต์ที่ 3 สภาพหลังปรับปรุงครั้งที่ 2 โดยมี 16 ฟันบด และทรีทเมนต์ที่ 4 สภาพหลังปรับปรุงครั้งที่ 3 โดยมี 16 ฟัน เช่นเดียวกับทรีทเมนต์ที่ 3 แต่เพิ่มตัวกวาดแป้ง

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์บ้านแห่งคุณภาพ พบว่าอุปกรณ์ป้องกันอันตรายและความสะอาดมีความสำคัญลำดับที่ 1 มีค่าอิทธิพลเท่ากับ 427.5 การลดความฟุ้งกระจายของแป้งขณะบดมีความสำคัญลำดับที่ 2 มีค่าอิทธิพลเท่ากับ 210 และความละเอียดของแป้งข้าวมีความสำคัญอยู่ในลำดับที่ 3 มีค่าอิทธิพลเท่ากับ 187.5 ซึ่งมีความสำคัญต่อความต้องการของผู้ใช้งานจำเป็นต้องปรับปรุง ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าวพบว่า มี 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าว คือ ฟันบด ขนาดรูตะแกรงภายในเครื่อง และตัวกวาดแป้งข้าว และจากการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยของจำนวนร้อยละของแป้งที่ผ่านตะแกรงพบว่า ทรีทเมนต์ที่ 3 การเพิ่มจำนวนฟันบด เป็น 16 ฟันบด ใช้รูตะแกรงขนาด 0.4 มม. โดยไม่มีตัวกวาด มีค่าเฉลี่ยของจำนวนร้อยละของแป้งที่ผ่านตะแกรงสูงสุดคือ 13.04 ส่วนการเพิ่มตัวกวาดแป้งไม่มีผลต่อความละเอียดของแป้งข้าว

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนักศึกษา ปิยกาญจน์

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ________

PIYAKARN BHOONKERTMARERNG : STUDY OF FACTORS EFFECTING FINENESS OF RICE FLOUR GROUND BY PIN MILL MACHINE. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PORNSIRI JONGKOL, Ph.D., 67 PP.

PIN MILL/ RICE FLOUR/ DESIGN OF EXPERIMENT/ QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT

This research had three aims as follow : 1) to study the workflow of rice ground mill machine, 2) to study the factors affecting fineness of rice flour, and 3) to improve pin mill machine using Quality Function Deployment (QFD) The study and data collection divided into two parts ) Part one was collection of user need by interviewing members of community enterprise groups. Then data were used to analyze house of quality. Part two was an investigation of factors effecting fineness of rice flour using Why - Why analysis. Then, an experiment was conducted. The responses were percentage of rice flour passed through sieves on the sieve shaker and percentage of rice flour remained on the sieves on the sieve shaker. There were three treatments under the factor of machine improvement. For treatment 1, There were 8 teeth and 1.1 mm screen hole. For treatment 2, there were 8 teeth and 0.4 mm screen hole. For treatment 3, there were 16 teeth, 0.4 mm screen hole, and reduced gap.

The results from house of quality showed that safety equipment and cleanliness were the first priority with an influence value of 427.5. The reduction of powder dispersion during grinding was the second priority, with an influence value of 210. The fineness of rice flour was ranked the third with an influence value of 187.5. This was very important, was and was needed to improve. The result showed that

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

grinding teeth, screen hole size, and rice flour sweeper were of importance. Treatment3, consisting of 18 teeth of grinding, 0.4 mm screen hole size, and without rice flour sweeper, showed the greatest value of rice flour passed through the sieve which was 13.04% Using rice flour sweeper did not provide better result.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Industrial Engineering Student's Signature ________

Academic Year 2020 Advisor's Signature ________

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำจากท่านรองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และรองศาสตราจารย์ ดร.นิวิท เจริญใจ ที่คอยชี้แนะแนวทางที่มีประโยชน์ต่อการทำวิจัย รวมไปถึงคุณจำนงค์ ผายสระน้อย และคุณคำพูน พรมสุภะ ให้ความอนุเคราะห์และแนะนำด้านเครื่องมือ

ขอกราบขอบพระคุณกลุ่มวิสาหกิจโรงสีข้าวชุมชนจำนวน 5 กลุ่ม ที่เข้าร่วมงานวิจัยครั้งนี้ จนสามารถเก็บข้อมูลงานวิจัยได้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.) และหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ผู้สนับสนุนทุนในการทำวิจัยปีงบประมาณ 2563

ขอขอบคุณนายกิตติภพ ตัดพุดซา นายรวิพล ไชยชมภู และ นายอำพล พรหมเอาะ นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ที่มีส่วนช่วยในการปรับปรุงเครื่องบดข้าวจนสำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณคมกฤต ขำวุฒิ และคณะเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ระดับบัณฑิตศึกษาทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่มอบโอกาสและสถานที่ทางการศึกษา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ที่ให้ความสนับสนุนและแรงผลักดันในด้านการศึกษามาโดยตลอด และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ปิยกาญจน์ พูนเกิดมะเริง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ข
กิตติกรรมประกาศ ง
สารบัญ จ
สารบัญตาราง ซ
สารบัญรูป ญ
**บทที่**
**1 บทนำ** 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
**2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** 4
2.1 ข้าว 4
2.2 ข้าวหัก 6
2.3 เครื่องบดข้าวแบบพินมิล 7
2.4 เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment; QFD) 12
2.5 การออกแบบการทดลอง (Design of experiment; DOE) 13
2.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) 15
2.6.1 เงื่อนไขของการวิเคราะห์ความแปรปรวน 15
2.6.2 สมมติฐานในการทดสอบ 15
2.6.3 ค่าสถิติทดสอบ 16
2.7 การทบทวนวรรณกรรม 16
**3 วิธีการดำเนินงานวิจัย** 19
3.1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย 19

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**


3.2 การศึกษาและสำรวจเครื่องบด 20

3.2.1 การสำรวจเครื่องบดข้าว 20

3.2.2 การศึกษาเครื่องบดข้าว 21

3.3 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย 23

3.4 การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD) 23

3.4.1 การสำรวจความต้องการและระดับความสำคัญ 24

3.4.2 การแปลงความต้องการของผู้ใช้งานเป็นความต้องการด้านเทคนิค 25

3.4.3 ความเกี่ยวเนื่องทางเทคนิค 26

3.4.4 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ 26

3.4.5 การเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงเทคนิค 27

3.5 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 27

3.6 การออกแบบการทดลอง 28

3.7 การเก็บข้อมูลความละเอียดของแป้งข้าว 29

**4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล** 32

4.1 ผลการสำรวจเครื่องบดข้าว 32

4.2 กลุ่มเป้าหมาย 34

4.3 ผลการสำรวจความต้องการของผู้ใช้งาน 34

4.4 ผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 35

4.5 ผลการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD) 36

4.5.1 ผลการวิเคราะห์เมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ 36

4.5.2 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงเทคนิค 41

4.6 ผลจากการปรับปรุงเครื่องบดข้าว 43

4.6.1 การเพิ่มอุปกรณ์เพื่อป้องกันอันตราย 44

4.6.2 การลดความฟุ้งกระจายของแป้งข้าวขณะบด 45

4.6.3 การเพิ่มความละเอียดของแป้งข้าว 46

4.7 ผลการเก็บข้อมูลแป้งข้าวที่ได้จากเครื่องบดข้าวแบบพินมิล รุ่น B-NJ40-A1 48


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**


4.8 ผลการวิเคราะห์การทดลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ........ 50

**5 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ** ........ 53

5.1 สรุปผลการศึกษา ........ 53

5.2 ข้อเสนอแนะ ........ 54

รายการอ้างอิง ........ 55

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ข้อมูลวิเคราะห์บ้านแห่งคุณภาพ ........ 57

ภาคผนวก ข. ภาพการลงพื้นที่สอบถามกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ........ 61

ประวัติผู้เขียน ........ 67


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า


2.1 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน ........ 16
2.2 ขนาดข้าวโพดที่ได้รับการบดโดยมีความเร็วรอบและปริมาณการป้อนแตกต่างกัน ........ 17
2.3 ขนาดผงทุเรียนที่ผ่านการบดละเอียดโดยใช้ฟันบดแบบเหลี่ยม และฟันบดแบบกลม ........ 18
3.1 ตารางแบบสำรวจความต้องการและระดับความสำคัญต่อเครื่องบดข้าว ........ 24
3.2 ความหมายของคะแนนความสำคัญในแต่ละคะแนน ........ 25
3.3 สัญลักษณ์และความหมายค่าการเคลื่อนไหวของค่าเป้าหมาย ........ 26
3.4 สัญลักษณ์และความหมายความสัมพันธ์ของความต้องการทางเทคนิค ........ 26
3.5 ระดับคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของผู้ใช้งานกับความต้องการทางเทคนิค ........ 26
3.6 ตารางที่ใช้ในการเก็บข้อมูลแป้งข้าว ........ 29
3.7 ภาพตะแกรงที่ใช้ในการทดสอบความละเอียดบนเครื่อง Sieve Shaker ........ 31
4.1 ผลการสำรวจจากร้านค้าในจังหวัดนครราชสีมา ........ 32
4.2 ผลจากการสำรวจจากร้านค้าออนไลน์ ........ 33
4.3 ผลการสำรวจความต้องการของผู้ใช้งาน ........ 34
4.4 ค่าร้อยละของคะแนนความสำคัญในแต่ละความต้องการของผู้ใช้งาน ........ 37
4.5 การแปลงความต้องการของผู้ใช้งานเป็นความต้องการทางเทคนิค ........ 38
4.6 การวิเคราะห์ทิศทางในการปรับปรุง ........ 39
4.7 ตัวอย่างการคำนวณค่าอิทธิพล และค่าอิทธิพลปกติของคอลัมน์ความต้องการด้านเทคนิคด้านความละเอียดของแป้งข้าว ........ 42
4.8 ผลการคำนวณค่าอิทธิพล และค่าอิทธิพลปกติ โดยการจัดลำดับ ........ 43
4.9 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงการ์ดป้องกันสายพาน ........ 44
4.10 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการเพิ่มสวิทซ์เปิด-ปิด ........ 44
4.11 การเปรียบเทียบเครื่องบดข้าวก่อนและหลังการเพิ่มลูกยาง ........ 45
4.12 การเปรียบเทียบเครื่องบดข้าวก่อนและหลังการเพิ่มถุงผ้าที่ช่องปล่องแป้งข้าว ........ 45
4.13 การเปรียบเทียบรูตะแกรงภายในเครื่องบดข้าวแบบพินมิล รุ่น B-NJ40-A1 ........ 46

# สารบัญตาราง (ต่อ)

**ตารางที่** **หน้า**

4.14 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการเพิ่มจำนวนฟันบดที่จานประเภทโรเตอร์ ........................ 47
4.15 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการเพิ่มตัวกวาดแป้งข้าว ..................................................... 48
4.16 จำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านและไม่ผ่านตะแกรง........................................................ 48
4.17 ค่าเฉลี่ยของจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านและไม่ผ่านตะแกรง...................................... 49
4.18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรง ............. 51
4.19 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรง................. 52

# สารบัญรูป

รูปที่ หน้า


1.1 ข้าวท้องไข่ ........ 2
2.1 โครงสร้างเมล็ดข้าว ........ 4
2.2 ข้าวหักขนาดต่าง ๆ ........ 6
2.3 เครื่องบดแบบ Roller mill ........ 9
2.4 เครื่องบดแบบ Hammer Mill ........ 9
2.5 เครื่องบดแบบ Disc Mill ........ 9
2.6 เครื่องบดแบบ Pin Mill ........ 9
2.7 เครื่องบดแบบ Cutting Mill ........ 9
2.8 เครื่องบดแบบ Ball Mill ........ 9
2.9 ส่วนประกอบเครื่องบดแบบพินมิล ........ 10
2.10 ฟันบดประเภทสเตเตอร์ ........ 11
2.11 ฟันบดประเภทโรเตอร์ ........ 11
2.12 แหวนสกรีน ........ 12
2.13 ตัวอย่างเมตริกซ์สำหรับการวิเคราะห์เทคนิค QFD ........ 13
2.14 แบบจำลองทั่วไปของกระบวนการผลิต ........ 14
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ........ 20
3.2 เครื่องบดแบบพินมิล ยี่ห้อ Black Bull รุ่น B-NJ40-A1 ........ 21
3.3 จานบดประเภทสเตเตอร์ ........ 22
3.4 จานบดประเภทโรเตอร์ ........ 22
3.5 ฟันบดประเภทฟันแอล ........ 22
3.6 ฟันบดประเภทฟันกลม ........ 22
3.7 ตะแกรงภายในเครื่องบด ........ 22
3.8 บ้านแห่งคุณภาพ ........ 23
3.9 ปริมาณข้าวค้างภายในเครื่องบดข้าวแบบพินมิล ........ 27


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# สารบัญรูป (ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**

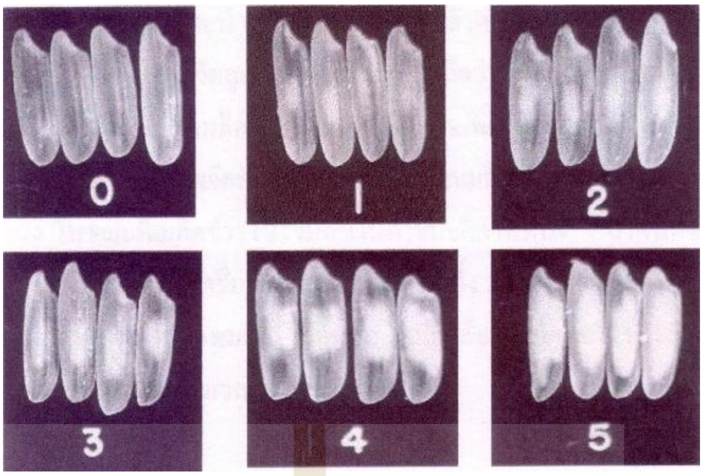
3.10 เครื่อง Sieve Shaker ........ 30
3.11 ลักษณะการทำงานของเครื่อง Sieve Shaker ........ 30
4.1 เครื่องบดแบบพินมิล ยี่ห้อ Black Bull รุ่น B-NJ40-A1 ........ 33
4.2 การวิเคราะห์ด้วย Why – Why Analysis ........ 36
4.3 ผลการวิเคราะห์เมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ ........ 41
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของจำนวนร้อยละของแป้งที่ผ่านตะแกรงของแต่ละเงื่อนไข ........ 50
4.5 กราฟการกระจายตัวแบบปกติของส่วนค้างของค่าจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรง ........ 51

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศส่งออกข้าวลำดับต้นๆ ของโลก เนื่องจากข้าวมีคุณภาพดีส่งผลให้เป็นที่ยอมรับด้านคุณภาพข้าวแก่ตลาดโลกมาเป็นเวลายาวนาน (กิติยา กิจควรดี, 2547) นอกจากนี้พื้นที่ในการปลูกข้าวในประเทศมีทั้งหมด 80.67 ล้านไร่ ซึ่งสามารถผลิตข้าวเปลือกได้ทั้งหมด 35.58 ล้านตัน แต่ถึงอย่างนั้นชาวนาที่ทำหน้าที่ผลิตข้าวเพื่อให้คนทั้งในและนอกประเทศได้รับประทานยังมีรายได้ต่ำกว่าอาชีพเกษตรกรอื่นๆ เนื่องจากการปลูกข้าวนั้นใช้ต้นทุนในการผลิตสูง โดยประกอบไปด้วย ค่าปุ๋ยเคมี ค่าสารเคมี ค่าแรงงาน ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าว และในบางครั้งมีค่าเช่าที่นาสำหรับผู้ที่ไม่มีที่ดินสำหรับทำนา ในปัจจุบันชาวนาในประเทศไทยโดยส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุซึ่งจบชั้นประถมศึกษา 4 และเรียนรู้การทำนา และสีข้าวจากครอบครัว ดังนั้นชาวนาส่วนใหญ่จึงขาดความรู้ความเชี่ยวชาญในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าวเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มหรือสร้างอาชีพให้คนในชุมชน (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2559)

ทั้งนี้การส่งออกข้าวสู่ต่างประเทศมีแนวโน้มที่จะลดลงสังเกตได้จากปี 2560 มีการส่งออกข้าวไทย 11.67 ล้านตัน ต่อมาในปี 2561 มีการส่งออกข้าวไทย 11.23 ล้านตัน ในปี 2562 มีการส่งออกข้าวไทย 7.5 ล้านตัน (สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2563) และในปี 2563 มีการส่งออกข้าวไทย 5.72 ล้านตัน จะเห็นได้ว่าในปี 2560-2563 มีการส่งออกข้าวไทยลดลงตลอด 4 ปีที่ผ่านมา ดังนั้นในปี 2564 ปริมาณการส่งออกข้าวไทยมีแนวโน้มที่จะลดลงเช่นเดียวกัน (สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2564) ฉะนั้นผลที่ตามมาจากการส่งออกข้าวไทยลดลง คือ การเกิดข้าวค้างสต็อกหรือข้าวล้นตลาดและอาจทำให้คุณภาพของข้าวลดลงจากการเก็บเป็นระยะเวลานาน เพราะในกระบวนการผลิตข้าวสารนั้นจะคัดแยกเฉพาะข้าวคุณภาพดีโดยสามารถสังเกตได้จาก ข้าวมีลักษณะเต็มเมล็ด สีของข้าวไม่เป็นสีเหลืองหรือคล้ำ มีปริมาณความชื้นที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 13-15 หรือไม่มีลักษณะเป็นข้าวท้องไข่ดังรูปที่ 1.1 ข้าวท้องไข่ คือ ข้าวที่เกิดช่องอากาศเล็กๆ ภายในเมล็ดข้าวส่งผลให้การสีข้าวทำได้ยากและมีโอกาสหักสูง และเมื่อนำไปเข้าโรงสีจึงทำให้ข้าวสารเกิดการแตกหักไม่เต็มเมล็ดไม่สวยงามจึงเรียกข้าวชนิดนี้ว่า ข้าวหัก ซึ่งหากได้ข้าวคุณภาพดีจะมีราคาขายที่สูง เนื่องจากให้รสชาติที่อร่อย เมล็ดข้าวที่ได้เต็มเมล็ด และมีความหอมของข้าว (กองวิจัยและพัฒนาข้าว, 2559) ส่วนข้าวที่มีคุณภาพปานกลางไปจนถึงคุณภาพต่ำจะให้ราคาข้าวที่ต่ำลงไปตามคุณภาพที่ได้




รูปที่ 1.1 ข้าวท้องไข่
ที่มา : กองวิจัยและพัฒนาข้าว (2559)

แนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาราคาข้าวตกต่ำ คือ การเพิ่มมูลค่าของข้าวและผลิตภัณฑ์จากข้าวในประเทศ โดยการนำข้าวในประเทศมาแปรรูปเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ แนวทางการแก้ปัญหานี้นอกจากจะช่วยให้ข้าวล้นตลาดลดลงแล้ว ยังช่วยเพิ่มราคาข้าวหักหรือข้าวที่ไม่ได้คุณภาพอีกด้วย (Department of Industrial Promotion, 2546) การเพิ่มมูลค่าข้าวคือการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวให้เกิดความหลากหลายและเป็นที่ต้องการของลูกค้า และนำนวัตกรรมเข้ามาช่วยในการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น (กิตติพงษ์ ตระกูลโชคอำนวย, 2558) ซึ่งการแปรรูปข้าวที่มีมาช้านาน คือ การแปรรูปจากข้าวสารเป็นแป้งข้าว และนำแป้งข้าวที่ได้มาทำเป็นอาหารชนิดเส้น เช่น เส้นหมี่โคราช เส้นก๋วยเตี๋ยว เป็นต้น นอกจากนี้แป้งข้าวยังสามารถนำมาทำเป็นขนมสำหรับผู้ที่มีอาการแพ้กลูเตนจากแป้งสาลีอเนกประสงค์

ในปัจจุบันเครื่องบดข้าวที่ใช้กันในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมีราคาสูง โดยมีราคาประมาณ 100,000-500,000 บาท ซึ่งทางโรงสีชุมชนอาจไม่มีกำลังในการจัดซื้อเครื่องบดข้าวที่มีราคาสูงนี้ อีกทั้งมีขีดจำกัดด้านพื้นที่ในการวางเครื่อง เนื่องจากเครื่องบดข้าวสำหรับโรงงานที่มีกำลังการผลิตสูงสามารถผลิตได้ปริมาณมากนั้นมีขนาดใหญ่ ฉะนั้นเครื่องบดข้าวที่เหมาะกับโรงสีข้าวชุมชน หรือผู้ที่มีอาชีพทำนา คือ เครื่องบดข้าวขนาดเล็กหรือขนาดครัวเรือนซึ่งมีราคาถูกกว่าเครื่องผลิตแป้งสำหรับใช้ในโรงงาน จากการสำรวจในจังหวัดนครราชสีมาพบว่า เครื่องบดข้าวแบบพินมิล รุ่น B-NJ40-A1 มีขนาดเล็กโดยมีขนาดอยู่ที่ 750 x 400 x 1070 มิลลิเมตร (กว้างxยาวxสูง) ซึ่งราคาอยู่ที่ประมาณ 8,000-10,000 บาท เครื่องบดข้าวขนาดเล็กนี้ประสิทธิภาพในการบดยังไม่สามารถให้ความละเอียดเทียบเท่าแป้งสำหรับทำขนมหรือทำอาหารที่ขายตามท้องตลาด

เนื่องจากว่า เครื่องบดข้าวขนาดเล็กนี้ทำมาเพื่อบดวัสดุที่ต้องการนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ โจ๊ก หรือเครื่องเทศบด ที่ไม่เน้นความละเอียด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความต้องการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของข้าวโดยใช้เครื่องบดข้าวขนาดเล็ก หรือเครื่องบดแบบพินมิล รุ่น B-NJ40-A1 เพื่อพัฒนาให้เครื่องบดข้าวขนาดเล็กนี้มีความสามารถในการบดข้าวหัก หรือข้าวเสียให้สามารถเป็นแป้งที่มีความละเอียดซึ่งนำไปทำขนมหรืออาหารได้ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มมูลค่าข้าว ไม่ว่าจะเป็นข้าวหัก ข้าวเสีย หรือข้าวสารทั่วไปให้มีราคาสูงขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องบดข้าวต้นแบบ

1.2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าว

1.2.3 เพื่อพัฒนาเครื่องบดข้าวโดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

เครื่องบดข้าวต้นแบบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ เครื่องบดข้าว ยี่ห้อ Black Bull รุ่น B-NJ40-A1 ที่มีวางจำหน่ายทั่วไป การปรับปรุงเครื่องบดข้าวดังกล่าวใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์เสียงความต้องการของผู้ใช้งานเป็นหลัก และศึกษาข้อมูลความต้องการทางเทคนิค แล้วจึงทำการปรับปรุงให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน การทดสอบเครื่องบดข้าวที่ปรับปรุงแล้วเน้นการทดสอบความละเอียดของแป้งข้าว ซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักของการปรับปรุงและเป็นความต้องการหลักของผู้ใช้งาน

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

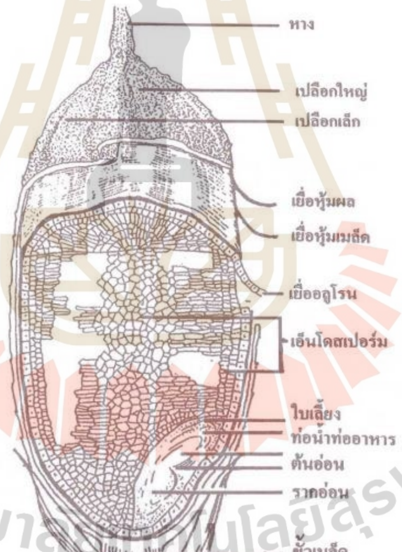
1.4.1 เกษตรกรและประชาชนทั่วไปสามารถนำผลวิจัยไปปรับเครื่องบดข้าวที่มีอยู่ให้ผลิตแป้งข้าวที่มีความละเอียดมากขึ้น

1.4.2 เกษตรกรสามารถใช้แป้งข้าวที่ได้จากการบดไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง

# บทที่ 2
# ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ข้าว

เมล็ดข้าวเป็นผลชนิด Caryopsis โดยโครงสร้างของเมล็ดข้าวมีส่วนประกอบดังนี้ แกลบ (Husk) เป็นเปลือกที่ห่อเมล็ดข้าว ซึ่งประกอบไปด้วยเปลือกใหญ่ (Lemma) เปลือกเล็ก (Palea) หาง (Awn) ขั้วเมล็ด (Rachilla) และกลีบรองเมล็ด (Sterile Lemmae) โดย 2 ใน 3 ของเนื้อที่เมล็ดถูกปกคลุมด้วยเปลือกใหญ่ (รูปที่ 2.1) ส่วนเปลือกเล็กจะถูกยึดอยู่ภายในเปลือกใหญ่ และเนื่องจากโครงสร้างของเปลือกที่มีลักษณะที่คล้ายตะขอ จึงทำให้เปลือกข้าวปิดแนบสนิท




รูปที่ 2.1 โครงสร้างเมล็ดข้าว
ที่มา : กัญญา เชื้อพันธุ์ (2547)

ในการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวสามารถสังเกตได้จากโครงสร้างของเมล็ดข้าวที่ได้กล่าวไปข้างต้น เช่น น้ำหนักเมล็ด สีข้าวเปลือก สีข้าวกล้อง ขนาด และรูปร่างเมล็ด

ลักษณะท้องไข่ ความใสความขุ่นของข้าวสาร และความขาวของข้าวสาร เป็นต้น น้ำหนักของเมล็ดถูกควบคุมด้วยพันธุกรรม และมีความแปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นการใส่ปุ๋ย ชนิดของดินที่นำไปปลูกข้าว ความชื้น และสภาพอากาศ สีข้าวเปลือกเป็นลักษณะประจำของแต่ละพันธุ์ข้าว โดยหากเมล็ดข้าวที่มีเปลือกสีเข้มเมล็ดข้าวก็จะมีสีเข้มตามไปด้วย โดย สีข้าวเปลือกที่พบจะมีสีขาว สีฟาง น้ำตาลอ่อนไปจนถึงเข้ม ร่องน้ำตาล กระน้ำตาล น้ำตาลแดง ม่วง และดำ เป็นต้น

รูปร่างและขนาดของเมล็ดข้าวจะมีความแตกต่างกันออกไปตามพันธุ์และสภาพอากาศในพื้นที่ที่ปลูก เช่น ข้าวชนิด Indica มีรูปร่างเมล็ดที่เรียว ข้าวชนิด Japonica มีรูปร่างป้อม เป็นต้น โดยขนาดเมล็ดสามารถจำแนกความยาวได้ ดังนี้

| | |
|---|---|
| ยาวมาก | มีความยาวกว่า 7.5 มม. |
| ยาว | มีความยาว 6.6-7.5 มม. |
| ปานกลาง | มีความยาว 5.5-6.6 มม. |
| สั้น | มีความยาวสั้นกว่า 5.5 มม. |

นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกรูปร่างเมล็ดโดยอาศัยการวัดสัดส่วนความยาวและความกว้างได้ดังนี้

| | |
|---|---|
| เรียว | กว้างมากกว่า 3.0 มม. |
| ปานกลาง | กว้าง 2.0-3.0 มม. |
| ป้อม | กว่างน้อยกว่า 2.0 มม. |

ลักษณะข้าวท้องไข่ในเมล็ดข้าวเกิดจากการจับตัวกันระหว่างเมล็ดแป้งกับโปรตีน โดยเป็นการจับตัวกันอย่างหลวมๆ ในส่วนที่เกิดเมล็ดแป้งนั้นจะลักษณะขาวขุ่น นอกจากนี้ข้าวท้องไข่ยังมีชื่อเรียกอื่นๆ อีก เช่น ข้าวท้องปลาซิว ข้าวท้องขาว หรือข้าวจ๊อกกี้ เป็นต้น

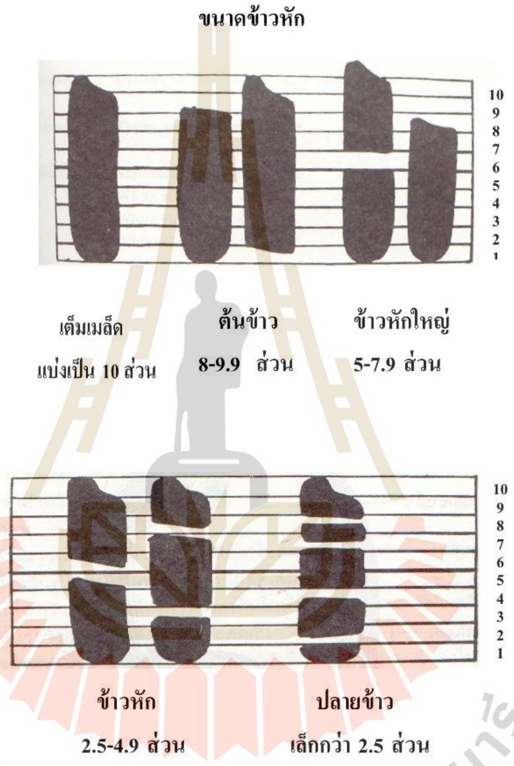
ความขาวของข้าวสารที่ดีหลังจากการขัดสีออกแล้วจะมีสีขาวที่สม่ำเสมอกันทั้งเมล็ด เนื่องจากเหลือแต่ส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ดไม่มีส่วนที่เป็นรำเหลืออยู่ โดยความขาวของข้าวสารจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ระดับการสี องค์ประกอบทางเคมี ระยะการเก็บรักษาข้าวเปลือก เป็นต้น

ความใสขุ่นของข้าวสาร หมายถึง ข้าวสารที่มีลักษณะทึบแสง หรือความใสของเนื้อข้าวสารทั้งเมล็ด ซึ่งเป็นคนละลักษณะกับข้าวท้องไข่ที่เกิดความทึบแสงจุดใดจุดหนึ่งในเมล็ดข้าวสาร ในปัจจุบันยังไม่พบว่าอะไรคือสาเหตุของความใสขุ่นของข้าวสาร แต่มีความคาดเดาว่าเกิดจากชนิดพันธุ์ข้าวและสภาพอากาศที่ปลูก เช่น ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวสารที่ได้จะมีเมล็ดที่ใสกว่าข้าวที่ปลูกในภาคกลาง

ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวทั้งหมดที่ได้กล่าวไปข้างต้นนั้น สามารถนำมาเป็นตัวช่วยในการพิจารณาคุณภาพการซื้อขายข้าว หรือการสีข้าวได้ (กัญญา เชื้อพันธุ์, 2547)

## 2.2 ข้าวหัก

ข้าวหัก คือ ลักษณะข้าวที่ผ่านการสีข้าวแล้วออกมาไม่เต็มเมล็ด ซึ่งมีหลายขนาดดังรูปที่ 2.2 ข้าวหักใหญ่มีขนาดเมล็ดมากกว่าข้าวหัก ส่วนปลายข้าวหักมีขนาดเมล็ดเล็กมากที่สุด




มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 2.2 ข้าวหักขนาดต่าง ๆ
ที่มา : กิติยา กิจควรดี (2547)

สาเหตุที่สามารถทำให้เกิดข้าวหักมีหลายสาเหตุ คือ

1. เมล็ดข้าวมีการจับตัวกันเป็นก้อนอย่างหลวมๆ ของเม็ดแป้งและโปรตีน หรือเรียกว่าข้าวท้องไข่ ซึ่งการจับตัวกันเป็นก้อนอย่างหลวมๆ ของเม็ดแป้งและโปรตีนนี้ เป็นสาเหตุที่ทำให้ข้าวเกิดการแตกหักได้ง่ายหลังจากผ่านการสีข้าว

2. การเก็บเกี่ยวข้าวที่ช้าหรือเร็วเกินไป เช่น ข้าวที่ยังมีสีเขียวอยู่การสร้างแป้งยังไม่เต็มเมล็ด เมื่อมีการนำไปสีส่งผลให้มีโอกาสสูงมากที่จะทำให้เกิดข้าวหัก ในขณะเดียวกันหากเก็บ

เกี่ยวข้าวที่แก่เกินไป เมล็ดที่อยู่ในนาจะถูกแดดเผาในตอนกลางวันและถูกน้ำค้างในตอนกลางคืน ส่งผลให้ทำให้เกิดรอยร้าวภายในเมล็ดทำให้เมื่อนำข้าวสารมีสีจะทำให้เกิดข้าวหักสูง

3. การนวดข้าว คือ การทำให้ข้าวหลุดจากรวงโดยการตี ใช้สัตว์ย่ำ หรือนวดโดยรถไถ ซึ่งในกระบวนการนี้สามารถทำให้ข้าวมีรอยร้าวและเกิดการแตกหักได้เช่นกัน

4. การตั้งระยะห่างระหว่างลูกยางหรือหินกากเพชรในเครื่องกะเทาะ และระหว่างหินกากเพชรกับแท่นยางหรือแท่งเหล็กภายในเครื่องขัดข้าว หากชิดกันเกินไปสามารถทำให้เกิดข้าวหักมากเกินไป

5. อัตราการหมุนของลูกยางหรือหินกากเพชร หากมีอัตราการหมุนเร็วเกินไปสามารถส่งผลให้เกิดข้าวหักมากขึ้น

6. อัตราการไหลของข้าวสู่เครื่องกะเทาะ หากมีอัตราการไหลเข้าที่มากเกินไปสามารถเป็นเหตุให้ข้าวเกิดการหักได้เช่นกัน

7. ระยะเวลาในการขัดสี หากใช้เวลาในการขัดสีนานสามารถเป็นสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดข้าวหักได้ (กัญญา เชื้อพันธุ์, 2547)

ทั้งหมดที่กล่าวมานี้ล้วนเป็นปัจจัยที่สามารถทำให้เกิดข้าวหักได้ทั้งสิ้น ซึ่งข้าวหักในปัจจุบันคนนิยมนำมาทำเป็นอาหารสัตว์ โจ๊ก หรือหากไม่ได้เกิดการหักมากก็สามารถนำมาหุงและรับประทานได้สำหรับผู้ที่ต้องการข้าวราคาถูก

## 2.3 เครื่องบดข้าวแบบพินมิล

ในการทำแป้งข้าววิธีที่นิยมใช้กันแพร่หลาย คือ การโม่ ประกอบด้วย โม่เปียก โม่แห้ง และโม่ผสม โดยการโม่เปียกเป็นวิธีการโม่ที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ ฉะนั้นวิธีนี้จะก่อให้เกิดน้ำเสียมาก แป้งที่ได้สามารถนำไปทำอาหารชนิดเส้นได้ การโม่ผสมเป็นกระบวนการทำที่จะนำข้าวไปแช่ในน้ำก่อนแล้วจึงนำมาเข้าเครื่องโม่ ซึ่งเป็นวิธีที่ซับซ้อนและมีหลายขั้นตอน ส่วนการโม่แห้งเป็นกระบวนการโม่ที่ให้แป้งข้าวที่มีความหยาบมากกว่าอีก 2 วิธี และอาจมีสิ่งเจือปนออกมากับแป้งข้าวด้วย (ศันสนีย์ อุดมระติ และคณะ, 2562) เนื่องจากการโม่ คือ การนำหินมาเป็นส่วนประกอบซึ่งมีทั้งหมด 2 ส่วน ส่วนบนเรียกว่าลูกโม่ และส่วนล่างจะเป็นฐานรองรับแป้งข้าวที่ออกมาจากการเสียดสีกันระหว่างหินส่วนบนและหินส่วนล่าง ด้วยเหตุนี้จึงมีความเป็นไปได้สูงที่การโม่แห้งจะมีสิ่งเจือปนหรือเศษหินออกมากับแป้งข้าว (พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน, 2554)

แต่ในปัจจุบันการบดแบบแห้งนั้น มีเครื่องจักรที่ช่วยทุ่นแรงและใช้วัสดุสแตนเลสสำหรับใช้ในการผลิตอาหาร โดยเครื่องจักรสำหรับบดสามารถจำแนกได้ทั้งหมด 7 ประเภท ดังนี้

1. เครื่องบดแบบลูกกลิ้ง (Roller Mill) ประกอบไปด้วยจำนวนลูกกลิ้งจำนวน 2 ลูกขึ้นไป โดยลูกกลิ้งนี้ทำหน้าที่ในการบดหรือบีบอัดด้วยการหมุนเข้าหากัน ซึ่งความเร็วในการหมุนของลูกกลิ้งสามารถปรับให้มีความแตกต่างกันจะช่วยให้เกิดแรงเฉือนขึ้น ขนาดผลผลิตเปลี่ยนไปตามระยะห่างของลูกกลิ้งทั้ง 2 ลูก ตามรูปที่ 2.3

2. เครื่องบดแบบค้อนเหวี่ยง (Hammer Mill) ประกอบไปด้วยซี่บดที่จะทำการหมุนตีวัสดุภายในเครื่องบดให้แตกเป็นชิ้นเล็กๆ จนมีขนาดเล็กพอที่จะสามารถผ่านรูตะแกรงภายในเครื่องได้ เนื่องจากในเครื่องบดนั้นจะมีตะแกรงเป็นผนังภายในเครื่อง ตามรูปที่ 2.4

3. เครื่องบดวัสดุแบบจาน (Disc Mill) ลักษณะการบดคล้ายการโม่หินซึ่งประกอบด้วยจานบด 2 จาน ที่มีการติดตั้งให้มีช่องว่างห่างกันเพียงเล็กน้อย และจะหมุนด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ทำให้จานหมุนทั้ง 2 จานนั้นเกิดบดอัด และเสียดสีวัสดุที่ทำการบดจนวัสดุมีขนาดเล็กและลอดผ่านรูตะแกรงภายในเครื่องบดได้ ตามรูปที่ 2.5

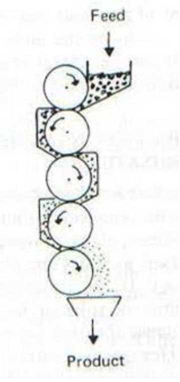
4. เครื่องบดแบบซี่ (Pin Mill) ประกอบไปด้วยจานบด 2 จาน โดยจะมี 1 จานทำหน้าที่หมุนส่วนอีก 1 จานจะติดอยู่กับฝาเครื่องบด ซึ่งจานบดทั้ง 2 จานนี้จะมีฟันบดติดอยู่ที่ผิวหน้าของจานบด วัสดุที่อยู่ระหว่างจานบดจะถูดบดด้วยด้วยแรงกระแทกกับฟันบด จนมีขนาดเล็กลงจนสามาถผ่านรูตะแกรงภายในเครื่องได้ ตามรูปที่ 2.6

5. เครื่องบดแบบเกลียวอัด (Cutting Mill) ประกอบไปด้วยเกลียวลำเลียงที่อยู่ภายในเครื่องบด โดยเกลียวลำเลียงนี้จะทำหน้าที่อัดและดันวัสดุให้ไปที่ทางออก ซึ่งทางออกจะมีใบมีดหมุดที่มีหน้าที่ตัดวัสดุให้มีขนาดเล็กลงจนสามารถผ่านรูตะแกรงออกไปได้ เครื่องบดประเภทนี้เหมาะกับวัสดุที่มีความชื้นสูง เช่น เนื้อ หรือผัก เป็นต้น ตามรูปที่ 2.7

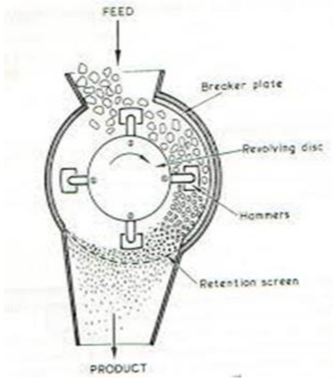
6. เครื่องบดแบบบอลมิล (Ball Mill) มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ภายในกระบอกประกอบไปด้วยโลหะทรงกลมจำนวนหลายชิ้น หลักการทำงาน คือ กระบอกจะทำหน้าที่หมุนทำให้โลหะทรงกลมเคลื่อนที่ตามแรงหมุนและกระแทกกับวัสดุจนมีขนาดเล็กลง ตามรูปที่ 2.8

7. เครื่องบดวัสดุแบบร็อดมิล (Rod Mill) ลักษณะการทำงานคล้ายกับเครื่องบดแบบบอลมิล แต่แตกต่างกันตรงที่เครื่องบดแบบร็อดมิลเป็นแท่งโลหะกลม อยู่กระจายตลอดความยาวเครื่องบด ซึ่งจะสามารถบดได้ดีกว่าเครื่องบดแบบบอลมิล เนื่องจากช่องว่างระหว่างแท่งโลหะกลมแท่งมีน้อยกว่าโลหะทรงกลม ทำให้สามารถบดได้มากกว่า (ศักดิ์ชัย อามาวัง และคณะ, 2561)

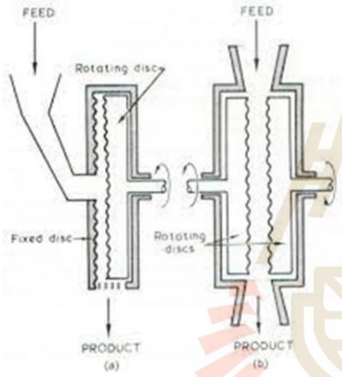
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



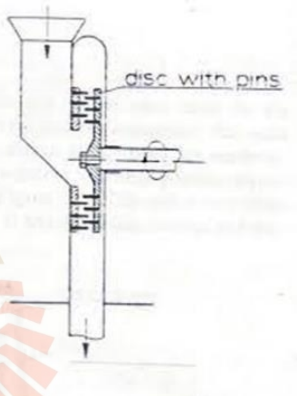

รูปที่ 2.3 เครื่องบดแบบ Roller mill
(ศักดิ์ชัย อาษาวัง และคณะ, 2561)



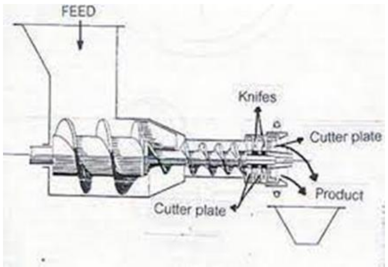

รูปที่ 2.4 เครื่องบดแบบ Hammer Mill
(ศักดิ์ชัย อาษาวัง และคณะ, 2561)



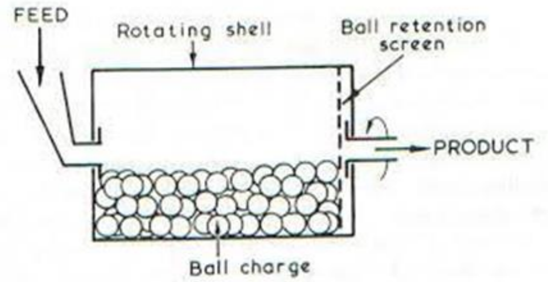

รูปที่ 2.5 เครื่องบดแบบ Disc Mill
(ศักดิ์ชัย อาษาวัง และคณะ, 2561)




รูปที่ 2.6 เครื่องบดแบบ Pin Mill
(ศักดิ์ชัย อาษาวัง และคณะ, 2561)



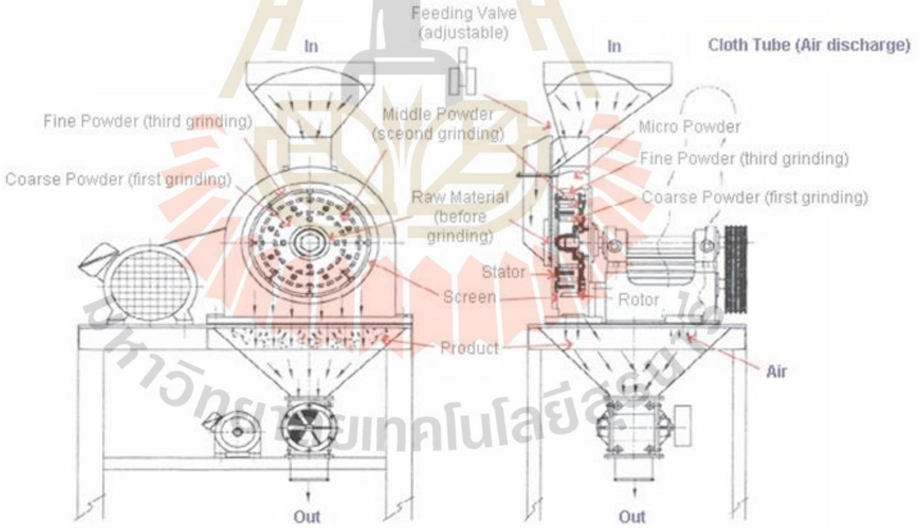

รูปที่ 2.7 เครื่องบดแบบ Cutting Mill
(ศักดิ์ชัย อาษาวัง และคณะ, 2561)




รูปที่ 2.8 เครื่องบดแบบ Ball Mill
(ศักดิ์ชัย อาษาวัง และคณะ, 2561)

โดยทั่วไปเครื่องบดที่นิยมใช้ในโรงสีข้าว คือ เครื่องบดแบบพินมิล เนื่องจากตามร้านขายอุปกรณ์การเกษตรจะมีเครื่องสีข้าวขนาดเล็กซึ่งมีทั้ง เครื่องสีข้าวเดี่ยว และเครื่องสีข้าวพร้อมเครื่องบด ซึ่งเครื่องบดที่ติดมาด้วยนี้เป็นเครื่องบดแบบพินมิล นอกจากนี้เครื่องบดแบบพินมิลนี้มีขนาดเล็กกะทัดรัด โดยมีขนาดอยู่ที่ 750 x 400 x 1070 มม.(กว้างxยาวxสูง) จึงเหมาะกับการใช้งานในโรงสีข้าวชุมชนขนาดเล็ก หรือเหมาะกับการผลิตสำหรับครัวเรือน

เครื่องบดแบบพินมิลดังรูปที่ 2.9 มีวิธีการใช้งานและการทำความสะอาดไม่ซับซ้อน โดยส่วนใหญ่เครื่องบดแบบพินมิลถูกนำมาใช้กับการบดเครื่องเทศหรือวัตถุดิบแทบทุกชนิด โดยการบดวัตถุดิบจะถูกเหวี่ยงให้กระทบกับฟันบดจนแตกเป็นผงที่สามารถผ่านตะแกรงได้ และออกมาเป็นผงแป้งสามารถนำไปใช้งานต่อได้ ส่วนผงที่มีขนาดใหญ่ไม่สามารถผ่านตะแกรงออกมาได้ก็จะถูกนำกลับไปบดอีกครั้งจนกว่าจะสามารถผ่านตะแกรงได้ แต่เนื่องจากเครื่องบดแบบพินมิลบดโดยการใช้แรงเหวี่ยงและตกกระทบกับฟันบดให้แตก ดังนั้นวัตถุดิบที่นำมาบดจะต้องเป็นวัตถุดิบที่มีลักษณะแห้ง แข็ง และแตกหักง่าย หลีกเลี่ยงวัตถุดิบที่มีความมัน ความเหนียว และมีน้ำเป็นส่วนผสม เนื่องจากอาจทำให้ไปปิดรูตะแกรงและเกิดการอุดตันได้



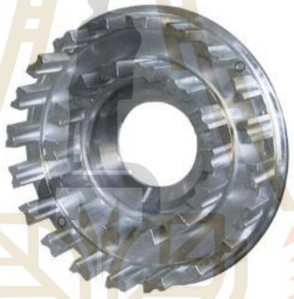

รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบเครื่องบดแบบพินมิล

ที่มา : (Mill Powder Tech, ม.ป.ป.)

ส่วนประกอบภายในเครื่องบดแบบพินมิลมี 3 ส่วน ประกอบไปด้วย

1. จานบดประเภทสเตเตอร์ จานบดนี้จะติดกับส่วนฝาเครื่องบด ดังนั้นจานบดประเภทนี้จะยึดอยู่กับที่ และมีฟันบดติดอยู่หน้าจานบด ดังรูปที่ 2.10

2. จานบดประเภทโรเตอร์ จานบดชนิดนี้จะติดอยู่กับแกนที่มีส่วนเชื่อมกับมอเตอร์ ดังนั้นจานบดประเภทโรเตอร์จะทำหน้าที่หมุนโดยมีความเร็วตามจำนวนรอบของมอเตอร์ และมีฟันบดติดอยู่ที่หน้าจานบดเช่นเดียวกับจานบดประเภทสเตเตอร์ ดังรูปที่ 2.11 โดยการทำงานจานบดประเภทโรเตอร์จะหมุน ดังนั้นวัสดุจะถูกแรงหมุนไปตกกระทบกับฟันที่ติดอยู่กับจานหมุนทั้ง 2 จาน และเกิดการแตกหักจนกลายเป็นแป้ง ภายในตัวเครื่องจะมีแหวนสกรีนดังรูปที่ 2.12 เป็นส่วนที่กรองผงแป้งให้ได้ความละเอียดตามต้องการ เนื่องจากแหวนสกรีนทำหน้าที่ล็อกแผ่นตะแกรงภายในเครื่อง ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนขนาดรูตะแกรงได้ตามต้องการ ส่วนแป้งที่ยังมีขนาดใหญ่จะไม่สามารถผ่านรูตะแกรงลงไปได้จะถูกนำกลับไปบดใหม่อีกครั้งด้วยลมที่เกิดจากแรงเหวี่ยงภายในตัวเครื่อง จนกว่าผงแป้งจะผ่านรูตะแกรงได้ ซึ่งฟันบดประเภทสเตเตอร์ ฟันบดประเภทโรเตอร์ และแหวนสกรีนทั้ง 3 ชนิดนี้เป็นส่วนสำคัญในการผลิตแป้งเนื่องจากมีทั้งการบดและตะแกรงที่ใช้ในการกรองผงแป้งภายในเครื่องบดข้าว



รูปที่ 2.10 ฟันบดประเภทสเตเตอร์
ที่มา : (Mill Powder Tech, ม.ป.ป.)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

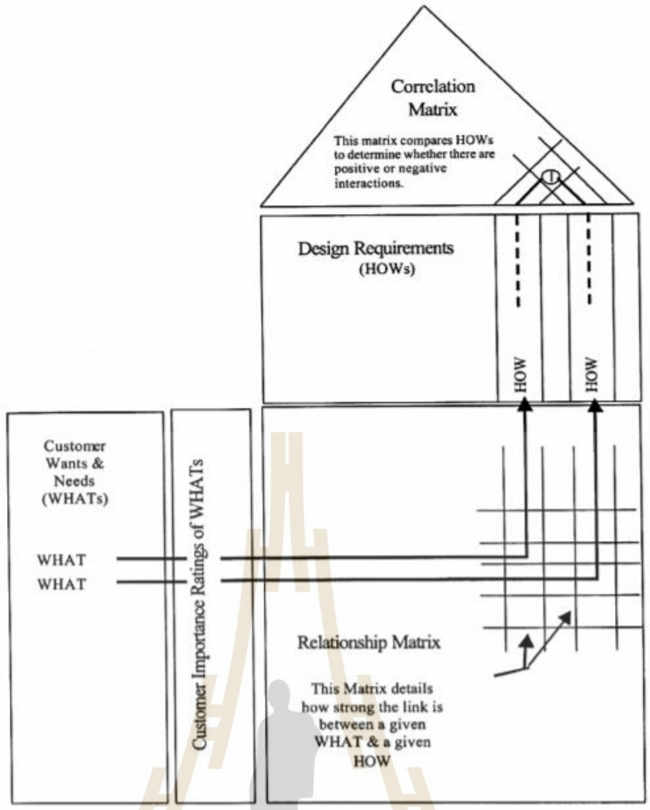
รูปที่ 2.11 ฟันบดประเภทโรเตอร์
ที่มา : (Mill Powder Tech, ม.ป.ป.)

รูปที่ 2.12 แหวนสกรีน
ที่มา : (Mill Powder Tech, ม.ป.ป.)

## 2.4 เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment; QFD)

เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ คือ เทคนิคที่ช่วยในการออกแบบและพัฒนาคุณภาพสินค้าให้ตรงตามความต้องการของลูกค้า โดยเน้นความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก โดยการนำข้อมูลจากลูกค้ามาทำการศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าออกมาช่วยให้การออกแบบหรือพัฒนาสินค้านั้นบรรลุความต้องการดังกล่าว (ชาคริต ศรีทอง และคณะ, 2559) นอกจากนี้ Hauser, J. R. et. al. (2010) กล่าวว่า QFD เป็นวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่นำเอาความต้องการและเสียงจากลูกค้าตลอดกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งความต้องการผลิตภัณฑ์ของลูกค้าสามารถเปลี่ยนเป็นบ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality) ของ QFD ได้ สิ่งเหล่านี้ต้องใช้เทคนิคที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ที่ผ่านการเปลี่ยนแปลง เช่น รูปร่างของผลิตภัณฑ์ รูปแบบ สี การใช้งาน และคุณภาพของวัสดุที่ใช้ เป็นต้น (Chatree Homkhiew, Thanate Ratanawilai and Klangduen Pochana, 2012)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี




รูปที่ 2.13 ตัวอย่างเมทริกซ์สำหรับการวิเคราะห์เทคนิค QFD
ที่มา : นภิสพร มีมงคล พีรยุ จันทร์ส่อง และวรรณรัช สันติอมรทัต (2555)

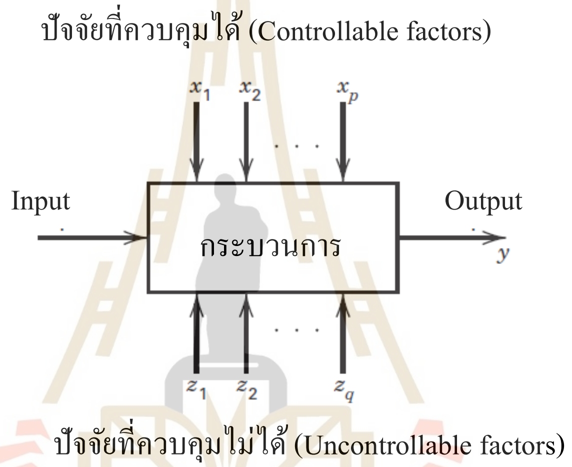
รูปที่ 2.13 แสดงตัวอย่างเมทริกซ์สำหรับการวิเคราะห์เทคนิค QFD ในรูปแบบบ้านคุณภาพ (House of Quality) ซึ่งด้านซ้ายของเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์เป็นความต้องการของผู้ใช้อุปกรณ์และมีคะแนนความสำคัญ เพื่อแสดงให้เห็นระดับคะแนนความสำคัญของแต่ละรายการ ซึ่งจะถูกแปลงเป็นความต้องการทางเทคนิคที่เป็นภาษาทางเทคนิคใช้ในการอธิบายคุณลักษณะของอุปกรณ์ โดยความต้องการทางเทคนิคมีความสัมพันธ์กับความต้องการของผู้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างครอบคลุมทุกๆ รายการ และความต้องการทางเทคนิคที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับความต้องการของผู้ใช้งาน (นภิสพร มีมงคล, พีรยุ จันทร์ส่อง และวรรณรัช สันติอมรทัต, 2555)

## 2.5 การออกแบบการทดลอง (Design of experiment; DOE)

Montgomery (2012) กล่าวว่าการออกแบบการทดลองเชิงสถิติ หมายถึง กระบวนการวางแผนการทดลอง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำไปรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการทางสถิติ ซึ่งจะทำให้หาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลได้ โดยทั่วไปแล้วเทคนิคของการออกแบบ

การทดลอง มักเป็นการออกแบบการทดลองแบบลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองปรับตัวค่ากระบวนการทีละค่า ซึ่งการออกแบบการทดลองแบบนี้จะให้ผลตอบสนองเข้าสู่จุดมุ่งหมายที่เราต้องการช้ามาก และสิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์ รวมถึงต้องเก็บข้อมูลมากและยังไม่เหมาะสมอย่างยิ่งกับกระบวนการที่มีผลของผลกระทบร่วม (Interaction Effect) ระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยกัน (น้ำคำ ด่านไทยวัฒนา, 2558)

วัตถุประสงค์ของการทดลอง คือ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการทำงานของกระบวนการและระบบ โดยตัวแปรนำเข้าจะถูกจัดแบ่งเป็น 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable factors) และปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable factors) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.14




รูปที่ 2.14 แบบจำลองทั่วไปของกระบวนการผลิต

ที่มา: Montgomery (2012)

จากรูปที่ 2.14 จะเห็นได้ว่ากระบวนการเป็นการรวมกันของทรัพยากรทั้งหลายที่เป็นปัจจัยของการผลิตประกอบไปด้วย คน เครื่องจักร วิธีการ วัตถุดิบ และทรัพยากรอื่นๆ เข้าด้วยกัน เพื่อเปลี่ยนปัจจัยการนำเข้าไปสู่ปัจจัยการนำออกที่มีผลตอบออกมาในรูปแบบหนึ่งหรือมากกว่า ซึ่งเราสามารถเห็นได้จากตัวแปรกระบวนการบางชนิด $x_1$ $x_2$ ,..., $x_p$ เป็นตัวแปรที่เราสามารถควบคุมได้ในขณะที่ตัวแปรบางตัว $z_1$ $z_2$ ,..., $z_q$ เป็นตัวแปรที่เราไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลองเกี่ยวข้องกับสิ่งต่อไปนี้

1) การหาตัวแปรที่มีผลต่อการตอบสนอง y มากที่สุด

2) การหาวิธีการปรับตัวแปร x ที่มีผลต่อการตอบสนอง y เพื่อให้ค่า y ได้ตามค่าที่ต้องการ

3) การหาวิธีการปรับตัวแปร x ที่มีผลต่อการตอบสนอง y เพื่อให้ค่า y ความแปรปรวนใน y น้อยที่สุด

4) การหาวิธีการปรับตัวแปร x ที่มีผลต่อการตอบสนอง y เพื่อให้ผลของตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ $z_1, z_2, \ldots, z_q$ มีผลกระทบน้อยที่สุด

โดยจุดประสงค์ของการออกแบบการทดลอง คือ การบ่งชี้ว่าปัจจัยใด (X) มีผลกระทบต่อการตอบสนองในกระบวนการ (Y) เฉพาะปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัย (Montgomery, 2012)

## 2.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว เป็นการศึกษาปัจจัยหรือแฟคเตอร์ (Factor) ที่มีผลให้ข้อมูลแตกต่างกันเพียงปัจจัยเดียว โดยที่ปัจจัยมีหลายระดับ เรียกระดับต่างๆ ของปัจจัยว่า ทรีทเมนต์ (Treatment) ดังนั้นจึงเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลในระดับต่างๆ ของปัจจัยนั่นเอง นิยมเรียกข้อมูลว่า ค่าสังเกต และหน่วยแจงนับที่ให้ข้อมูลว่า หน่วยทดลอง (Experimental Unit) (ชลิดา ตระกูลสุนทร, มปป.)

### 2.6.1 เงื่อนไขของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร k กลุ่ม ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน มีเงื่อนไขดังนี้

1) ประชากร k กลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติ

2) ความแปรปรวนของแต่ละประชากรเท่ากัน

3) ตัวอย่างสุ่มจากแต่ละประชากรเป็นอิสระต่อกัน

### 2.6.2 สมมติฐานในการทดสอบ

กำหนด $\mu_1$ แทนค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มที่ 1

$\mu_2$ แทนค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มที่ 2

...

$\mu_k$ แทนค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มที่ k

สมมติฐานเชิงสถิติ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \ldots = \mu_k$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \ldots \neq \mu_k$$ อย่างน้อย 1 คู่

หรือ

$H_0$ : ค่าเฉลี่ยของประชากร k กลุ่มไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : ค่าเฉลี่ยของประชากร k กลุ่มแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

### 2.6.3 ค่าสถิติทดสอบ

ค่าสถิติในการทดสอบ คือ F = (MSB/ MSE) ซึ่งคำนวณได้จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน

| **แหล่งความแปรปรวน (Source of variation)** | **องศาอิสระ (df)** | **ผลรวมกำลังสอง (Sum of Square) (SS)** | **ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย (Mean of Square) (MS = SS/df)** | **ค่าตัวสถิติ (F)** |
|---|---|---|---|---|
| ปัจจัย | k-1 | SSB | MSB = (SSB/k-1) | F = MSB/ MSE |
| Error | n-k | SSE | MSE = (SSE/n-k) | |
| รวม | n-1 | SST | | |

ที่มา : (ชลิดา ตระกูลสุนทร, มปป.)

## 2.7 การทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีงานวิจัยที่ได้ศึกษาการปรับปรุงเครื่องบดแบบพินมิล เพื่อใช้ในการบดผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยงานวิจัยเหล่านี้ได้กำหนดประเด็นการศึกษาที่แตกต่างกันออกไป เช่น ความเร็วรอบของมอเตอร์ ฟันบด เป็นต้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

วรพจน์ ศิริรักษ์ และคณะ (2555) ได้ศึกษาการหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องบดเมล็ดข้าวโพดแบบผสม โดยมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยเพื่อให้ได้ผลตอบรับที่ดีที่สุด สำหรับใช้ในการบดเมล็ดข้าวโพด โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองใช้ความเร็วรอบมอเตอร์ 550 625 และ715 เมื่อสังเกตที่ปริมาณการป้อนที่เท่ากันแต่ความเร็วรอบต่างกัน พบว่าความเร็วรอบสูงส่งผลให้ปริมาณข้าวโพดที่มีขนาด 2-3 มม. มีปริมาณเพิ่มขึ้นดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ขนาดข้าวโพดที่ได้รับการบดโดยมีความเร็วรอบและปริมาณการป้อนแตกต่างกัน

| อัตราการป้อน | ความเร็วรอบ(รอบ/นาที) | ปริมาณการบดที่ได้ (กก.) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ขนาด 2> (มม.) | ขนาด 2-3 (มม.) | ขนาด3< (มม.) |
| 5 | 550 | 0.5 | 2.5 | 2 |
| | 625 | 0.6 | 2.8 | 1.6 |
| | 715 | 0.9 | 3.1 | 1 |
| 10 | 550 | 1.5 | 5.3 | 3.2 |
| | 625 | 1.7 | 5.3 | 3 |
| | 715 | 1.8 | 6 | 2.2 |
| 15 | 550 | 2.2 | 7.3 | 5.5 |
| | 625 | 2.6 | 7.5 | 4.9 |
| | 715 | 2.7 | 8.3 | 4 |

ที่มา : วรพจน์ ศิริรักษ์ และเฉลิมวุฒน์ เสนนันตา (2555)

นอกจากการศึกษาเรื่อง ความเร็วรอบของมอเตอร์ของเครื่องบดเมล็ดข้าวโพดแล้ว ส่วนประกอบที่สำคัญอย่างเช่น ฟันบดก็มีความสำคัญด้วยเช่นกัน ฟันบดของเครื่องบดแบบพินมิลมีหน้าที่ในการตีผลิตภัณฑ์ให้แตกออกเป็นชิ้นเล็กลงตามขนาดที่สามารถผ่านตะแกรงได้ ทั้งนี้ลักษณะของฟันบดเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าว งานวิจัยของเวียง อากรชีและคณะ (2551) ในเรื่องการออกแบบพัฒนาเครื่องบดแห้งทุเรียน ได้ทำการหั่นเนื้อทุเรียนดิบให้เป็นแผ่นบาง 1 มม. จากนั้นนำไปอบซึ่งใช้ความชื้นประมาณร้อยละ 6-8 ทุเรียนที่ผ่านการอบแห้งจะถูกนำมาเข้าเครื่องบดแบบหยาบโดยผ่านเครื่องบดแบบ Hummer Mill หลังจากนั้นนำทุเรียนมาบดอีกรอบด้วยเครื่องบดละเอียดหรือเครื่องบดพินมิล โดยใช้ฟันบด 2 แบบด้วยกัน คือ ฟันบดแบบกลมและฟันบดแบบเหลี่ยม งานวิจัยฉบับนี้ได้เปรียบเทียบความละเอียดของทุเรียนบด โดยได้เปรียบเทียบระหว่างทุเรียนบดที่ผ่านการบดโดยใช้ฟันกลม และทุเรียนบดโดยใช้ฟันเหลี่ยมดังแสดงในตารางที่ 2.3 ผลจากการศึกษาพบว่าทุกขนาดของทุเรียนผงที่ผ่านการบดด้วยฟันบดแบบเหลี่ยมมีปริมาณทุเรียนผ่านตะแกรงมากกว่าทุเรียนผงที่ผ่านการบดด้วยฟันกลม

ตารางที่ 2.3 ขนาดผงทุเรียนที่ผ่านการบดละเอียด โดยใช้ฟันบดแบบเหลี่ยม และฟันบดแบบกลม

| **ขนาดทุเรียนผง = x มิลลิเมตร** | **เปอร์เซ็นต์ทุเรียนผงค้างตะแกรงขนาดต่าง ๆ โดยน้ำหนัก** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **ซี่ฟันบดแบบแท่งสี่เหลี่ยม** | | | **ซี่ฟันบดแบบแท่งกลม** | | |
| | **0.500 มิลลิเมตร (30 mesh)** | **0.251 มิลลิเมตร (60 mesh)** | **ทึบ** | **0.500 มิลลิเมตร (30 mesh)** | **0.251 มิลลิเมตร (60 mesh)** | **ทึบ** |
| 3 < x < 4 | 1.28 | 55.16 | 43.57 | 2.35 | 55.26 | 42.40 |
| 2 < x < 3 | 1.28 | 55.32 | 43.40 | 2.04 | 56.25 | 41.72 |
| 1 < x < 2 | 1.03 | 52.73 | 46.25 | 1.47 | 55.24 | 43.30 |
| x < 1 | 0.88 | 55.64 | 43.49 | 0.95 | 55.29 | 43.76 |
| รวมทุกขนาด | 1.02 | 55.07 | 43.91 | 1.93 | 55.53 | 42.55 |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าว ด้วยการปรับปรุงเครื่องบดข้าว จากการศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานในโรงสีข้าววิสาหกิจชุมชน โดยปรับปรุงจากเครื่องบดแบบพินมิล ยี่ห้อ Black Bull รุ่น B-NJ40-A1 ในการนำมาปรับปรุง ซึ่งในบทนี้นำเสนอวิธีการทำงานวิจัยโดยจะประกอบเนื้อหาได้ดังนี้

3.1 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

3.2 การศึกษาและสำรวจเครื่องบด

3.3 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย

3.4 การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD)

3.5 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

3.6 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment DOE)

3.7 การปรับปรุงเครื่องบดข้าวแบบพินมิล

3.8 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบความละเอียดของข้าว

## 3.1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการนำเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ มาช่วยในการพัฒนาเครื่องบดข้าวให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้งาน และใช้การออกแบบการทดลองมาช่วยในการวางแผนและออกแบบการทดลองการปรับปรุงเครื่องบดข้าวแบบพินมิล ยี่ห้อ Black Bull รุ่น B-NJ40-A1 โดยวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าว เพื่อให้ได้เครื่องบดข้าวที่ตอบสนองต่อการใช้งานและความต้องการของผู้ใช้งาน โดยงานวิจัยนี้มีขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

## 3.2 การศึกษาและสำรวจเครื่องบด

### 3.2.1 การสำรวจเครื่องบดข้าว

งานวิจัยนี้เลือกศึกษาเครื่องบดที่มีขนาดเล็กและราคาถูก ซึ่งเครื่องบดที่นิยมใช้ในโรงสีข้าวขนาดเล็ก คือ เครื่องบดแบบพินมิล แต่เนื่องจากเครื่องบดแบบพินมิลขนาดเล็กที่มีจำหน่ายทั่วไป นั้นใช้บดหยาบได้ จึงนิยมนำมาบดข้าวเพื่อใช้ไปทำเป็นโจ๊ก บดข้าวโพดแห้งเพื่อทำเป็น

อาหารสัตว์ หรือนำมาบดเครื่องเทศต่างๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงปรับปรุงเครื่องบดข้าวแบบพินมิลขนาดเล็กให้ได้แป้งข้าวที่มีความละเอียดเพิ่มมากขึ้น สามารถนำแป้งข้าวที่ได้ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถช่วยเพิ่มมูลค่าได้

ในการศึกษาครั้งนี้ได้สำรวจเครื่องบด 2 วิธี ดังนี้ 1) สำรวจจากร้านค้าในจังหวัดนครราชสีมา 2) สำรวจจากร้านค้าออนไลน์ โดยกำหนดลักษณะเครื่องบดข้าว ดังนี้

1. สามารถใช้ร่วมกับไฟบ้าน 220V ได้
2. มีราคาถูก (ไม่เกิน 10,000 บาท)
3. กำลังมอเตอร์ 3 แรงม้า (Horse Power, HP)
4. มีขนาดกระทัดรัดไม่เปลืองพื้นที่ในการติดตั้ง

หลังจากนั้น นำข้อมูลมาวิเคราะห์และเชื่อมโยงกับผลจากการทำ QFD

**3.2.2 การศึกษาเครื่องบดข้าว**

เครื่องบดแบบพินมิล ยี่ห้อ Black Bull รุ่น B-NJ40-A1 ที่เป็นเครื่องต้นแบบมีรูปร่าง ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 เครื่องบดแบบพินมิล ยี่ห้อ Black Bull รุ่น B-NJ40-A1

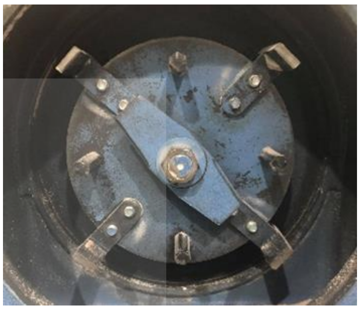
ภายในหัวบดจะมีส่วนประกอบที่สำคัญต่อการบด ดังนี้

1. จานบดประเภทสเตเตอร์ ติดอยู่กับฝาเครื่องบดข้าวและมีจำนวนฟันบดอยู่ที่ 9 ฟัน ดังรูปที่ 3.3

2. จานบดประเภทโรเตอร์ดังรูปที่ 3.4 เป็นส่วนที่ติดกับสายพานซึ่งจะถูกหมุนตามความเร็วรอบของสายพาน ในส่วนของฟันที่ติดกับจานหมุนประเภทโรเตอร์นั้น มีอยู่ 2 ประเภท คือ ฟันแอล มีรูปร่างคล้ายตัวแอลดังรูปที่ 3.5 และฟันกลม มีรูปร่างเป็นแท่งทรงกลมดังรูปที่ 3.6 มีจำนวนฟันบดติดอยู่ที่หน้าจานทั้งหมด 8 ฟันบด โดยมี 4 ฟันแอล และ 4 ฟันกลม

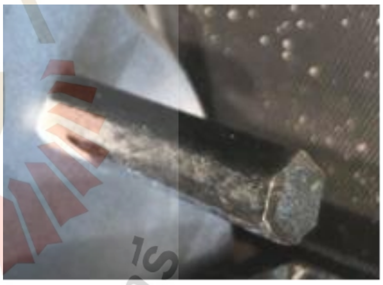
3. ตะแกรงภายในเครื่องบดข้าว มีขนาดรูตะแกรงเท่ากับ 1.1 มม. ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.3 จานบดประเภทสเตเตอร์



รูปที่ 3.4 จานบดประเภทโรเตอร์

รูปที่ 3.5 ฟันบดประเภทฟันแอล



รูปที่ 3.6 ฟันบดประเภทฟันกลม

รูปที่ 3.7 ตะแกรงภายในเครื่องบด

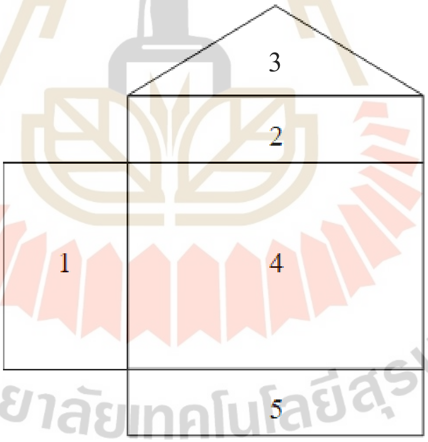
## 3.3 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย

งานวิจัยนี้ได้มีแผนในการดำเนินงานโดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ กลุ่มโรงสีข้าววิสาหกิจชุมชนภายในจังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากต้องการให้ชุมชนได้รับผลประโยชน์โดยตรงจากการใช้งานเครื่องบดข้าวแบบพินมิล โดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจะสามารถใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวได้ โดยการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวสาร และช่วยสร้างอาชีพให้คนในชุมชนได้

การสืบค้นกลุ่มเป้าหมาย มีวิธีการสืบค้นทางออนไลน์ โดยการหาจำนวนวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครราชสีมา และทำการสืบค้นต่อไปยังเว็ปไซต์ของแต่ละชุมชน เพื่อหาช่องทางการติดต่อจากนั้นจึงทำการติดต่อตามช่องทางที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้ให้ไว้บนเว็ปไซต์

## 3.4 การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD)

การประยุกต์ใช้การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเป็นเครื่องมือในการพัฒนาเครื่องบดข้าวให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน ทั้งนี้โครงสร้างของบ้านแห่งคุณภาพในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 5 ส่วนดังรูปที่ 3.7




รูปที่ 3.8 บ้านแห่งคุณภาพ

ส่วนที่ 1 คือ การสำรวจความต้องการ และระดับความสำคัญ

ส่วนที่ 2 คือ ความเกี่ยวเนื่องทางเทคนิค

ส่วนที่ 3 คือ เมทริกซ์ความสัมพันธ์

ส่วนที่ 4 คือ ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของผู้ใช้งาน กับความต้องการด้านเทคนิค

ส่วนที่ 5 คือ การเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงเทคนิค

ในงานวิจัยนี้มีวิธีการในการวิเคราะห์แต่ละส่วนของบ้านแห่งคุณภาพ ดังนี้

**3.4.1 การสำรวจความต้องการและระดับความสำคัญ**

การใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ เริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านความต้องการในการใช้งานเครื่องบดข้าวของผู้ใช้งาน งานวิจัยนี้ได้สำรวจความต้องการ โดยการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายคือกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ซึ่งมีจำนวน 5 ตำบล ดังนี้ 1) ตำบลโคกกรวด อำเภอเมือง 2) ตำบลมะเกลือใหม่ อำเภอสูงเนิน 3) ตำบลกระเบื้องใหญ่ อำเภอพิมาย 4) ตำบลคูขาด อำเภอคง และ 5) ตำบลโตนด อำเภอโนนสูง การเก็บข้อมูลความต้องการเป็นการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องการให้ผู้ใช้งานได้แสดงข้อเสนอแนะได้อย่างอิสระ จึงให้ผู้ถูกสัมภาษณ์มีอิสระในการตอบหรือเสนอแนวคิดในการพัฒนาเครื่องบดข้าวแบบพินมิล โดยให้ผู้ใช้งานดูเครื่องบดข้าวแบบพินมิลก่อนการปรับปรุงและเสนอความต้องการในการปรับปรุงเครื่องบดข้าว ซึ่งความต้องการที่ได้จากการสัมภาษณ์รวมกันทั้ง 5 ตำบลนี้สามารถนำมาเขียนได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแบบสำรวจความต้องการและระดับความสำคัญต่อเครื่องบดข้าว

| **ความต้องการของผู้ใช้งาน** | **ตำบล** | | | | | **รวมคะแนน** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **โคกกรวด** | **มะเกลือใหม่** | **กระเบื้องใหญ่** | **คูขาด** | **โตนด** | |
| การ์ดป้องกันสายพาน | | | | | | |
| ปรับฐานเครื่องให้คงทนไม่เคลื่อนที่ขณะใช้งาน | | | | | | |
| ทำฝาปิดช่องป้อนข้าวสารลงเครื่องบด | | | | | | |
| เพิ่มการซีลที่ฝาเครื่องบด | | | | | | |
| เพิ่มลูกยางระหว่างตัวเครื่องกับโครง | | | | | | |
| สวิทซ์ไฟ (เปิด-ปิด) | | | | | | |
| มีอะไหล่สำรอง | | | | | | |
| ฐานรองแป้งข้าว | | | | | | |
| ปรับปรุงช่องปล่อยแป้งข้าว | | | | | | |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.1 ตารางแบบสำรวจความต้องการและระดับความสำคัญต่อเครื่องบดข้าว (ต่อ)

| **ความต้องการของผู้ใช้งาน** | **ตำบล** | | | | | **รวม คะแนน** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **โคกกรวด** | **มะเกลือใหม่** | **กระเบื้องใหญ่** | **ดูขาด** | **โตนด** | |
| เพิ่มความสูงของเครื่องบดข้าว | | | | | | |
| เพิ่มขนาดรูตะแกรงให้มีหลายขนาด | | | | | | |
| มอเตอร์ 2 แรงม้า | | | | | | |
| บดข้าวได้ละเอียด | | | | | | |
| ลดจำนวนข้าวค้างในเครื่อง | | | | | | |

จากนั้นนำความต้องการนี้มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพต่อไป โดยในการวัดระดับคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัยจะมีการใช้มาตรเจตคติ ซึ่งจะสร้างให้คำที่ใช้บอกคุณค่าและให้ค่าน้ำหนักของมาตรตั้งแต่ 1 ถึง 5 คะแนน ดังที่ได้แสดงตามตารางที่ 3.2 และนำค่าความสำคัญที่ได้จากความต้องการของผู้ใช้งานมาแปลงเป็นค่าร้อยละของค่าความสำคัญ

ตารางที่ 3.2 ความหมายของคะแนนความสำคัญในแต่ละคะแนน

| **คะแนนความสำคัญ** | **ความหมาย** |
|---|---|
| 5 | ต้องการมากที่สุด |
| 4 | ต้องการมาก |
| 3 | ต้องการปานกลาง |
| 2 | ต้องการน้อย |
| 1 | ต้องการน้อยที่สุด |

**3.4.2 การแปลงความต้องการของผู้ใช้งานเป็นความต้องการด้านเทคนิค**

การแปลงความต้องการของผู้ใช้งานเป็นความต้องการด้านเทคนิค ให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน และในการกำหนดเป้าหมายทางด้านเทคนิคควรกำหนดค่าที่สามารถวัดได้ จากนั้นจึงกำหนดค่าการเคลื่อนไหวเพื่อให้รู้ทิศทางในการปรับปรุงของค่าเป้าหมายทางด้านเทคนิคโดยกำหนดสัญลักษณ์ ดังตารางที่ 3.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.3 สัญลักษณ์และความหมายค่าการเคลื่อนไหวของค่าเป้าหมาย

| สัญลักษณ์ | ความหมาย |
|---|---|
| ⬆ | ยิ่งมีมากยิ่งดี |
| ● | ค่าเป้าหมายเหมาะสม |
| ⬇ | ยิ่งมีน้อยยิ่งดี |

### 3.4.3 ความเกี่ยวเนื่องทางเทคนิค

ความเกี่ยวเนื่องทางเทคนิค คือ การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของความต้องการทางเทคนิคแต่ละตัว โดยมีการกำหนดปริมาณความสัมพันธ์ในรูปแบบของสัญลักษณ์ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สัญลักษณ์และความหมายความสัมพันธ์ของความต้องการทางเทคนิค

| สัญลักษณ์ | ความหมาย |
|---|---|
| ++ | มีความสัมพันธ์มาก |
| - | มีความสัมพันธ์น้อย |
| ช่องว่าง | ไม่มีความสัมพันธ์ |

### 3.4.4 เมทริกซ์ความสัมพันธ์

เมทริกซ์ความสัมพันธ์ คือ การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของผู้ใช้งานและความต้องการด้านเทคนิค ในขั้นตอนการวิเคราะห์เมทริกต์ความสัมพันธ์จำเป็นที่จะต้องทราบว่าความต้องการด้านเทคนิคสามารถช่วยตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างไร โดยจะมีการให้คะแนนในแต่ละความสัมพันธ์ ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ระดับคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของผู้ใช้งานกับความต้องการทางเทคนิค

| ระดับคะแนน | ความหมาย |
|---|---|
| 9 | มีความสัมพันธ์มาก |
| 3 | มีความสัมพันธ์ปานกลาง |
| 1 | มีความสัมพันธ์น้อย |
| ช่องว่าง | ไม่มีความสัมพันธ์ |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

### 3.4.5 การเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงเทคนิค

การเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงเทคนิค ประกอบไปด้วย ค่าอิทธิพล คือ ลำดับความสำคัญของความต้องการด้านเทคนิคต่อความต้องการของลูกค้า และค่าอิทธิพลปกติ คือ ค่าร้อยละของค่าอิทธิพล โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1 และ 2

ค่าอิทธิพล = $\Sigma$ (ค่าความสัมพันธ์ของความต้องการด้านเทคนิคต่อความต้องการของลูกค้า x คะแนนความต้องการของลูกค้า) (1)

ค่าอิทธิพลปกติ = (ค่าอิทธิพล / ผลรวมค่าอิทธิพล) x *100* (*2*)

จากนั้นจัดลำดับความสำคัญของค่าอิทธิพล เพื่อให้ทราบว่าความต้องการด้านเทคนิคใดเหมาะสมต่อการปรับปรุงเพื่อสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน

## 3.5 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากการทดลองใช้เครื่องบดข้าว พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นจากเครื่องบดข้าวแบบพินมิล คือ แป้งข้าวที่ได้จากเครื่องบดข้าวนั้น ยังไม่มีความละเอียดมากพอที่จะสามารถนำแป้งข้าวนี้ไปแปรรูปเป็นเค้กหรือคุกกี้ได้ นอกจากนี้หลังจากบดข้าวเสร็จภายในเครื่องบดข้าวนั้นยังมีแป้งข้าวเหลืออยู่ภายในเครื่องดังรูปที่ 3.9 ซึ่งจะเสียไปโดยเปล่าประโยชน์

รูปที่ 3.9 ปริมาณข้าวค้างภายในเครื่องบดข้าวแบบพินมิล

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือ Why – Why Analysis มาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาด้วยการตั้งคำถาม

## 3.6 การออกแบบการทดลอง

จากการวิเคราะห์ปัญหาความละเอียดของแป้งข้าวที่ได้จากการบดด้วยเครื่องบดข้าวแบบพินมิล พบว่ามี 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าวที่ได้ คือ จำนวนฟันบด ขนาดรูตะแกรงภายในเครื่องบดข้าว และตัวกวาดแป้งข้าวโดย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงใช้ปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยและกำหนดการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการปรับทีละปัจจัย (One factor at a time Approach) โดยจะเป็นการเปลี่ยนระดับปัจจัยไปทีละปัจจัย เนื่องจากในการปรับปรุงเครื่องบดข้าวนั้นในเมื่อปรับปรุงแล้วจะไม่สามารถกลับไปเป็นแบบเดิมได้ เนื่องจากการเพิ่มตัวกวาดใช้กระบวนการเชื่อมโลหะ เมื่อยึดติดกับจานบดแล้วไม่สามารถถอดออกได้ ดังนั้นการออกแบบการทดลองจึงเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) โดยแบ่งออกเป็น 4 ทรีทเมนต์ ดังนี้

1. สภาพก่อนการปรับปรุง ของเครื่องบดข้าว คือ มี 8 ฟันบด (4 ฟันแอล และ4 ฟันกลม) และขนาดรูตะแกรงภายในเครื่องเท่ากับ 1.1 มม. ซึ่งในการออกแบบการทดลองเรียกทรีทเมนต์นี้ว่า เงื่อนไขที่ 1

2. สภาพหลังปรับปรุงครั้งที่ 1 โดยมี 8 ฟันบด (4 ฟันแอล และ12 ฟันกลม) แต่ขนาดรูตะแกรงในเครื่องเท่ากับ 0.4 มม. ซึ่งในการออกแบบการทดลองเรียกทรีทเมนต์นี้ว่า เงื่อนไขที่ 2

3. สภาพหลังปรับปรุงครั้งที่ 2 โดยมี 16 ฟันบด (4 ฟันแอล และ12 ฟันกลม) ทั้งนี้ในการออกแบบการทดลองเรียกทรีทเมนต์นี้ว่า เงื่อนไขที่ 3

4. สภาพหลังปรับปรุงครั้งที่ 3 โดยมี 16 ฟัน (4 ฟันแอล และ12 ฟันกลม) เช่นเดียวกันกับเงื่อนไขที่ 3 แต่เพิ่มตัวกวาดแป้ง ซึ่งเรียกทรีทเมนต์นี้ว่า เงื่อนไขที่ 4

โดยมีตัวแปรตาม คือ ปริมาณของแป้งข้าวที่ได้จากการบดตามเงื่อนไขทรีทเมนต์ที่กำหนดแล้วค้างบนตะแกรงเมื่อผ่านเครื่อง Sieve Shaker หากแป้งข้าวที่ค้างตะแกรงมีปริมาณมาก หมายถึงแป้งข้าวมีความหยาบ โดยในแต่ละทรีทเมนต์จะทำการเก็บข้อมูลและคำนวณให้เป็นค่าร้อยละของแป้งข้าวที่ค้างบนตะแกรง และข้อมูลค่าร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรง ซึ่งได้ทำการเก็บทั้งหมด 3 ซ้ำในแต่ละทรีทเมนต์ ข้อมูลที่เก็บได้จะถูกนำไปบันทึกในตารางที่ 3.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

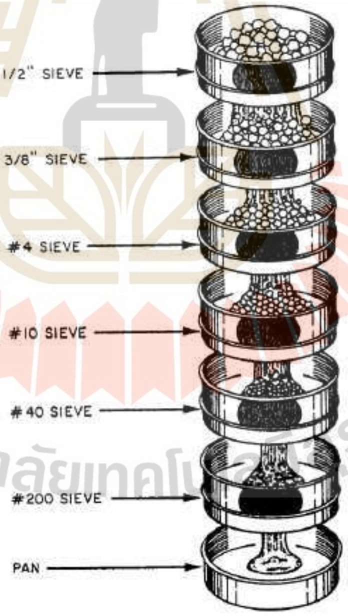
ตารางที่ 3.6 ตารางที่ใช้ในการเก็บข้อมูลแป้งข้าว

| สภาพการปรับปรุงของแต่ละเงื่อนไข | **8 ฟันบด ขนาดตะแกรง 1.1 มม. ไม่มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 1)** | | **8 ฟันบด ขนาดตะแกรง 0.4 มม. ไม่มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 2)** | | **16 ฟันบด ขนาดตะแกรง 0.4 มม. ไม่มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 3)** | | **16 ฟันบด ขนาดตะแกรง 0.4 มม. มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 4)** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ขนาดตะแกรงในเครื่อง Sieve Shaker | 140 Mesh | 120 Mesh | 140 Mesh | 120 Mesh | 140 Mesh | 120 Mesh | 140 Mesh | 120 Mesh |
| จำนวนร้อยละของแป้งที่ผ่านตะแกรง | | | | | | | | |
| จำนวนร้อยละของแป้งที่ไม่ผ่านตะแกรง | | | | | | | | |

## 3.7 การเก็บข้อมูลความละเอียดของแป้งข้าว

การเก็บข้อมูลความละเอียดของแป้งข้าวใช้เครื่อง Sieve Shaker ซึ่งจะมีตะแกรงหลายขนาดเพื่อใช้ในการทดสอบความละเอียดของแป้งข้าวดังรูปที่ 3.11 ซึ่งขนาดของตะแกรงสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการของผู้ทดลอง หลักการทำงานคือจะต้องเรียงขนาดตะแกรงโดยให้ตะแกรงที่มีรูขนาดใหญ่อยู่ชั้นบนสุด ต่อมาเป็นตะแกรงที่มีรูขนาดเล็กลง จนถึงชั้นล่างสุดเป็นพื้นทึบ จากนั้นวางตะแกรงบนเครื่องและเปิดเครื่อง เครื่องจึงสั่นและแป้งหล่นลงมาอยู่ตามชั้นต่างๆ ของตะแกรง เป็นการแยกขนาดของแป้งตามขนาดรูตะแกรงดังรูปที่ 3.12

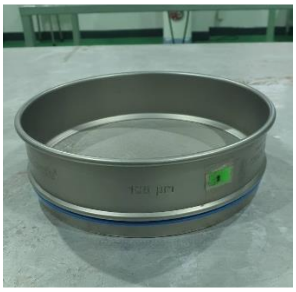
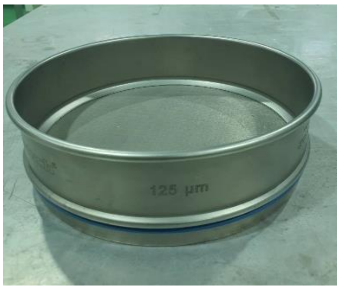
รูปที่ 3.10 เครื่อง Sieve Shaker
ที่มา : บริษัท สิทธิพรแอสโซซิเอส จำกัด




รูปที่ 3.11 ลักษณะการทำงานของเครื่อง Sieve Shaker
ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และคณะ

งานวิจัยนี้ทดสอบความละเอียดของแป้งข้าวโดยใช้ตะแกรง 3 ชั้น ประกอบไปด้วย ชั้นที่ 1 คือ 120 เมช ชั้นที่ 2 คือ 140 เมช ดังตารางที่ 3.7 และชั้นที่ 3 ชั้นทึบ

ตารางที่ 3.7 ตะแกรงที่ใช้ในการทดสอบความละเอียดบนเครื่อง Sieve Shaker

| **ตะแกรงขนาด 140 Mesh ($105\mu m$)** | **ตะแกรงขนาด 120 Mesh ($125\mu m$)** |
|---|---|
|  |   |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการดำเนินการวิจัยตามแผนที่วางไว้ในบทที่ 3 ได้มีการบันทึกผลการทดลองในแต่ละการทดลอง ซึ่งในบทนี้ได้แสดงผลที่ได้จากการทดลองตามขั้นตอน โดยได้แยกผลที่ได้จากการทดลองได้ดังนี้

1) ผลการสำรวจเครื่องบดข้าว
2) กลุ่มเป้าหมาย
3) ผลจากการสำรวจความต้องการของผู้ใช้งาน
4) ผลการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD)
5) ผลจากการปรับปรุงเครื่องบดข้าว
6) ผลการเก็บข้อมูลแป้งข้าวที่ได้จากเครื่องบดข้าวแบบพินมิล ยี่ห้อ Black Bull รุ่น B-NJ40-A1

## 4.1 ผลการสำรวจเครื่องบดข้าว

การสำรวจเครื่องบดข้าวในงานวิจัยนี้มีการสำรวจ 2 วิธี คือ 1) สำรวจจากร้านค้าในจังหวัดนครราชสีมา 2) สำรวจจากร้านค้าออนไลน์ โดยการสำรวจจะเน้นเครื่องบดข้าวที่เป็นไปตามข้อกำหนดที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ดังนี้ 1) สามารถใช้ร่วมกับไฟบ้าน 220V ได้ 2) มีราคาถูก (ไม่เกิน 10,000 บาท) 3) กำลังมอเตอร์ 3 แรงม้า 4) ขนาดกะทัดรัดไม่เปลืองพื้นที่ในการติดตั้ง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการสำรวจทั้ง 2 วิธี เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการสำรวจจากร้านค้าในจังหวัดนครราชสีมา

| ชื่อร้านค้า | ใช้ไฟบ้านได้ | ราคาไม่เกิน 10,000 บาท | กำลังมอเตอร์ 3 แรงม้า | ขนาดกระทัดรัด | ราคา |
|---|---|---|---|---|---|
| ร้านที่ A | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 8,300 |
| ร้านที่ B | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 8,000 |

ตารางที่ 4.2 ผลจากการสำรวจจากร้านค้าออนไลน์

| **ชื่อร้านค้า** | **ใช้ไฟบ้านได้** | **ราคาไม่เกิน 10,000 บาท** | **กำลังมอเตอร์ 3 แรงม้า** | **ขนาดกระทัดรัด** | **ราคา** |
|---|---|---|---|---|---|
| ร้าน C | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 8,140 |
| ร้าน D | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 10,000 |

จากตาราง ที่ 4.1 และ 4.2 สรุปได้ว่าเครื่องบดข้าวที่นำมาเป็นเครื่องบดข้าวต้นแบบนั้น เป็นเครื่องบดข้าว ยี่ห้อ Black Bull รุ่น B-NJ40-A1 มีราคาอยู่ที่ 8,000 บาท จากร้านธนะชัยขนาดเครื่องบดข้าวอยู่ที่ 750 x 400 x 1070 มม. (กว้างxยาวxสูง) ซึ่งมีขนาดกะทัดรัด ดังรูปที่ 4.1 คุณสมบัติของเครื่องบดข้าวแบบพินมิล คือ ความเร็วรอบการหมุน 2,800 รอบต่อนาที กำลังมอเตอร์ขนาด 3 แรง 220v กำลังการผลิตอยู่ที่ 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

รูปที่ 4.1 เครื่องบดแบบพินมิล ยี่ห้อ Black Bull รุ่น B-NJ40-A1

## 4.2 กลุ่มเป้าหมาย

จากการกำหนดกลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจึงได้ทำการสำรวจจำนวนกลุ่มวิสาหกิจชุมชนโรงสีข้าวภายในจังหวัดนครราชสีมา และทำการติดต่อชุมชนผ่านเบอร์โทรที่ทางชุมชนได้ให้ไว้บนเว็ปไซต์ พบว่าบางชุมชนไม่ได้ทำกิจการต่อเพราะไม่มีผู้สืบทอด หรือไม่มีรายได้เพียงพอสำหรับสมาชิกในกลุ่ม บางกลุ่มไม่สามารถติดต่อได้ และบางกลุ่มไม่สะดวกในการให้ข้อมูล สรุปทางผู้วิจัยสามารถติดต่อกับกลุ่มโรงสีข้าวได้เป็นจำนวน 5 ชุมชน ดังนี้

1. วิสาหกิจชุมชนโรงสีข้าวชุมชนบ้านหนองหว้า ตำบลโคกกรวด อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
2. วิสาหกิจชุมชนศูนย์ข้าวชุมชนตำบลมะเกลือใหม่ อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา
3. กลุ่มข้าวอินทรีย์นาแปลงใหญ่บ้านโนนกระสัง ตำบลกระเบื้องใหญ่ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา
4. วิสาหกิจชุมชนนาแปลงใหญ่ตำบลคูขาด อำเภอคง จังหวัดนครราชสีมา
5. วิสาหกิจชุมชนกลุ่มนาแปลงใหญ่ตำบลโตนด อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา

ทั้ง 5 ชุมชนที่ได้กล่าวข้างต้นนี้ เป็นชุมชนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวภายในจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งชุมชนมีพื้นที่ในการปลูกข้าวและทำเกษตร

## 4.3 ผลการสำรวจความต้องการของผู้ใช้งาน

ผลการสำรวจความต้องการของผู้ใช้งาน โดยทำการเก็บข้อมูลความต้องการจากโรงสีข้าววิสาหกิจชุมชนทั้ง 5 ชุมชน ด้วยวิธีการสัมภาษณ์ ได้ผลดังตารางที่ 4.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจความต้องการของผู้ใช้งาน

| ความต้องการของผู้ใช้งาน | ตำบล | | | | | รวมคะแนน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | โคกกรวด | มะเกลือใหม่ | กระเบื้องใหญ่ | คูขาด | โตนด | |
| สวิสไฟ (เปิด-ปิด) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 5 |
| ปรับฐานเครื่องให้คงทนไม่เคลื่อนที่ขณะใช้งาน | ✓ | | ✓ | | ✓ | 3 |
| เพิ่มการซีลที่ฝาเครื่องบด | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | 4 |

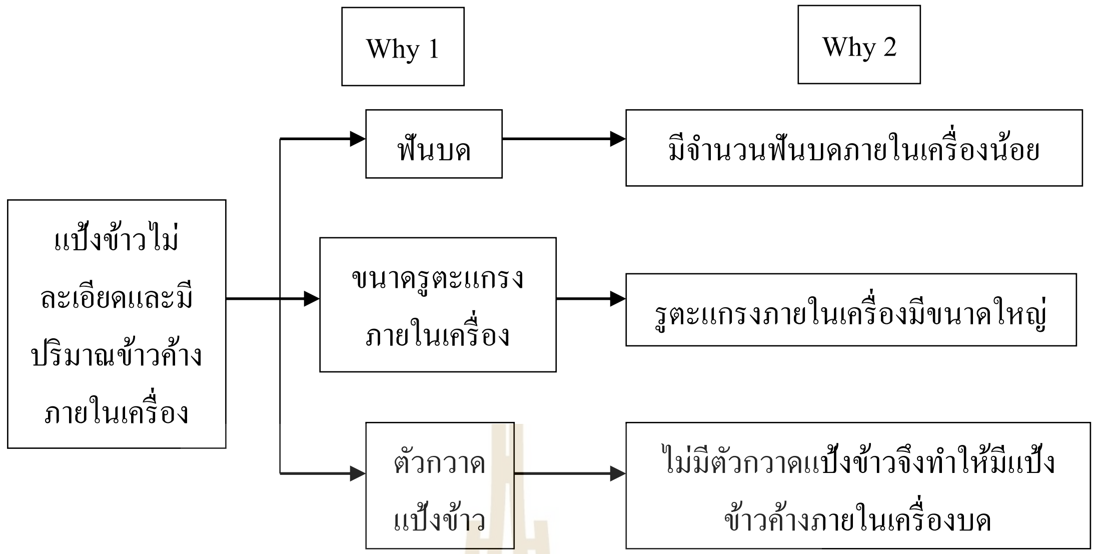
ตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจความต้องการของผู้ใช้งาน (ต่อ)

| **ความต้องการของผู้ใช้งาน** | **ตำบล** | | | | | **รวมคะแนน** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **โคกกรวด** | **มะเกลือใหม่** | **กระเบื้องใหญ่** | **คูขาด** | **โตนด** | |
| เพิ่มขนาดรูตะแกรงให้มีหลายขนาด | ✓ | | ✓ | ✓ | | 3 |
| ปรับปรุงช่องปล่อยแป้งข้าว | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | 4 |
| เพิ่มลูกยางระหว่างตัวเครื่องกับโครง | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | 4 |
| เพิ่มความสูงของเครื่องบดข้าว | | | ✓ | | | 1 |
| ฐานรองแป้งข้าว | | | ✓ | | | 1 |
| เพิ่มจำนวนฟัน | | ✓ | | | | 1 |
| ลดระยะห่างระหว่างฟันบดกับตะแกรงภายในเครื่อง | | | | | ✓ | 1 |
| การ์ดป้องกันสายพาน | | ✓ | | | ✓ | 2 |
| มอเตอร์ 2 แรงม้า | | | | | ✓ | 1 |
| มีอะไหล่สำรอง | | | | ✓ | | 1 |
| ทำฝาปิดช่องป้อนข้าวสารลงเครื่องบด | | | ✓ | | | 1 |

## 4.4 ผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์เพื่อค้นหาปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาด้วยเครื่องมือ Why – Why Analysis มาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาด้วยการตั้งคำถามดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี




รูปที่ 4.2 การวิเคราะห์ด้วย Why – Why Analysis

จากการวิเคราะห์ด้วย Why – Why Analysis ทำให้เห็นว่า ปัจจัยที่ทำให้แป้งข้าวไม่มีความละเอียดและมีข้าวค้างภายในตะแกรงนั้นคือ ฟันบด ขนาดรูตะแกรงภายในเครื่อง และตัวกวาดแป้งข้าว แนวทางในการแก้ไขของแต่ละปัจจัยเป็นดังนี้

1. ฟันบด แนวทางในการแก้ไข คือ เพิ่มจำนวนฟันบด

2. ขนาดรูตะแกรงภายในเครื่อง แนวทางในการแก้ไข คือ ลดขนาดรูตะแกรงภายในเครื่องให้มีขนาดเล็กลง

3. ตัวกวาดแป้งข้าว แนวทางในการแก้ไข คือ เพิ่มตัวกวาดภายในเครื่องบดข้าว

## 4.5 ผลการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความละเอียดของแป้งข้าวและทำการพัฒนาเครื่องบดข้าวแบบพินมิล โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพโดยใช้เมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์เพื่อให้ทราบถึงลำดับความสำคัญของความต้องการของผู้ใช้งานในการช่วยพัฒนาเครื่องบดข้าวแบบพินมิล ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์เป็นดังต่อไปนี้

### 4.5.1 ผลการวิเคราะห์เมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์

จากการที่ทราบข้อมูลความต้องการของผู้ใช้งานและคะแนนความต้องการของผู้ใช้งานแล้ว จึงนำคะแนนที่ได้มาคำนวณให้เป็นค่าร้อยละของคะแนนความสำคัญ ผลที่ได้เป็นดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าร้อยละของคะแนนความสำคัญในแต่ละความต้องการของผู้ใช้งาน

| **ความต้องการของผู้ใช้งาน** | **คะแนนความสำคัญ** | **ร้อยละของคะแนนความสำคัญ** |
|---|---|---|
| การ์ดป้องกันสายพาน | 3 | 7.5 |
| ปรับฐานเครื่องให้คงทนไม่เคลื่อนที่ขณะใช้งาน | 3 | 7.5 |
| ทำฝาปิดช่องป้อนข้าวสารลงเครื่องบด | 1 | 2.5 |
| เพิ่มการซีลที่ฝาเครื่องบด | 4 | 10.0 |
| เพิ่มลูกยางระหว่างตัวเครื่องกับโครง | 4 | 10.0 |
| สวิทซ์ไฟ (เปิด-ปิด) | 5 | 12.5 |
| มีอะไหล่สำรอง | 1 | 2.5 |
| ฐานรองแป้งข้าว | 1 | 2.5 |
| ปรับปรุงช่องปล่อยแป้งข้าว | 4 | 10.0 |
| เพิ่มความสูงของเครื่องบดข้าว | 1 | 2.5 |
| เพิ่มขนาดรูตะแกรงให้มีหลายขนาด | 3 | 7.5 |
| มอเตอร์ 2 แรงม้า | 1 | 2.5 |
| บดข้าวได้ละเอียด | 5 | 12.5 |
| ลดจำนวนข้าวค้างในเครื่อง | 4 | 10.0 |
| รวม | 40 | 100 |

จากนั้นศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานและแปลงความต้องการของผู้ใช้งานเป็นความต้องการทางเทคนิคดังตารางที่ 4.5 และวิเคราะห์ทิศทางในการปรับปรุงดังตารางที่ 4.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.5 การแปลงความต้องการของผู้ใช้งานเป็นความต้องการทางเทคนิค

| ความต้องการของผู้ใช้งาน | ความต้องการทางเทคนิค | สาเหตุ |
|---|---|---|
| การ์ดป้องกันสายพาน | ความละเอียดของแป้งข้าว | เพื่อเสริมประสิทธิภาพในการบดของเครื่องบดข้าว |
| ปรับฐานเครื่องให้คงทนไม่เคลื่อนที่ขณะใช้งาน | ระบบไฟ | กำลังไฟที่สามารถใช้ร่วมกับไฟบ้านได้ |
| ทำฝาปิดช่องป้อนข้าวสารลงเครื่องบด | ระบบควบคุมการเปิด-ปิด | สอดคล้องความต้องการของผู้ใช้งานในด้านความสะดวก |
| เพิ่มการซีลที่ฝาเครื่องบด | กำลังมอเตอร์ | ช่วยเพื่อความเร็วในการหมุนของเครื่องบดข้าว |
| เพิ่มลูกยางระหว่างตัวเครื่องกับโครง | ความเร็วรอบ | ความเร็วรอบส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าว |
| สวิทซ์ไฟ (เปิด-ปิด) | ความยาวช่องปล่อยแป้ง | สอดคล้องความต้องการของผู้ใช้งานในด้านความสะดวก |
| มีอะไหล่สำรอง | การระบายช่องปล่อยแป้ง | เพื่อลดความฟุ้งกระจายของแป้งข้าว |
| ฐานรองแป้งข้าว | ขนาดเครื่องบด | สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานเรื่องความสูงของเครื่องบดข้าว |
| ปรับปรุงช่องปล่อยแป้งข้าว | วิธียึดฐานเครื่องกันพื้น | สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานเรื่องปรับฐานเครื่องให้คงทน |
| เพิ่มความสูงของเครื่องบดข้าว | วิธีลดความฟุ้งกระจายของผงแป้ง | สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.5 การแปลงความต้องการของผู้ใช้งานเป็นความต้องการทางเทคนิค (ต่อ)

| **ความต้องการของผู้ใช้งาน** | **ความต้องการทางเทคนิค** | **สาเหตุ** |
|---|---|---|
| เพิ่มขนาดรูตะแกรงให้มีหลายขนาด | ตัวกวาดแป้งข้าวภายในเครื่อง | ช่วยลดปริมาณข้าวค้างภายในเครื่องบดข้าว |
| มอเตอร์ 2 แรงม้า | จำนวนฟันบด | เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบดข้าว |
| บดข้าวได้ละเอียด | อุปกรณ์ป้องกันอันตรายและความสะอาด | สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน |
| ลดจำนวนข้าวค้างในเครื่อง | ขนาดรูตะแกรงสามารถปรับได้ตามต้องการ | สอดคล้องความต้องการของผู้ใช้งานในด้านความสะดวก |

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ทิศทางในการปรับปรุง

| **ความต้องการด้านเทคนิค** | **หน่วย** | **ทิศทางการปรับปรุงค่าเป้าหมาย** | **ค่าเป้าหมาย** |
|---|---|---|---|
| ความละเอียดของแป้งข้าว | Mesh | ⬆ | 120-140 Mesh |
| ระบบไฟ | V | ● | 220V |
| ระบบควบคุมการเปิด-ปิด | มี | ⬆ | มี |
| กำลังมอเตอร์ | แรงม้า | ● | 3 แรงม้า |
| ความเร็วรอบ | รอบ/นาที | ● | 2,800 รอบ/นาที |
| ความยาวช่องปล่อยแป้ง | มม. | ⬆ | 1060 มม. |
| การระบายช่องปล่อยแป้ง | มี | ⬆ | มี |
| ขนาดเครื่องบด | มม. | ● | 750x400x1070มม. |

ตารางที่ 4.6 วิเคราะห์ทิศทางในการปรับปรุง (ต่อ)

| **ความต้องการด้านเทคนิค** | **หน่วย** | **ทิศทางการปรับปรุงค่าเป้าหมาย** | **ค่าเป้าหมาย** |
|---|---|---|---|
| วิธียึดฐานเครื่องกับพื้น | วิธีการ | ↑ | ติดยางที่ฐานเครื่องบด |
| การลดความฟุ้งกระจายของแป้งขณะบด | วิธีการ | ↓ | ติดยางไว้ที่ฝาและฐานหัวเครื่องบด |
| ตัวกวาดแป้งข้าวภายในเครื่อง | มี | ↑ | มี |
| จำนวนฟันบด | ฟันกลม | ↑ | 16 ฟันกลม |
| อุปกรณ์ป้องกันอันตรายและความสะอาด | มี | ↑ | มี |
| ขนาดรูตะแกรงภายในเครื่อง | มม. | ↓ | 0.4 มม. |

หลังจากที่ทราบความต้องการของผู้ใช้งานและความต้องการทางเทคนิคแล้วจึงวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของผู้ใช้งานและความต้องการทางเทคนิค ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ในรูปแบบการให้คะแนน โดย ช่องว่าง หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์ 1 คะแนน หมายถึง มีความสัมพันธ์น้อย 3 คะแนน หมายถึง มีความสัมพันธ์ปานกลาง และ 9 คะแนน หมายถึง มีความสัมพันธ์มาก ผลการวิเคราะห์เป็นดังรูปที่ 4.2

| | ความต้องการผู้ใช้งาน | ความต้องการทางเทคนิค IMP | percen | ความละเอียดของแป้งข้าว | ระบบไฟ | ระบบควบคุมการเปิด-ปิด | กำลังมอเตอร์ | ความเร็วรอบ | ความยาวช่องปล่อยแป้ง | การระบายช่องปล่อยแป้ง | ขนาดเครื่องบด | วิธียึดฐานเครื่องกับพื้น | วิธีลดความฟุ้งกระจายของผงแป้ง | ตัวกวาดแป้งข้าวภายในเครื่อง | จำนวนฟันบด | อุปกรณ์ป้องกันอันตรายและความสะอาด | ขนาดรูตะแกรงสามารถปรับได้ตามต้องการ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ↑ | ● | ↑ | ● | ● | ↑ | ↑ | ● | ↑ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| ความปลอดภัยและความสะอาด | การ์ดป้องกันสายพาน | 3 | 7.5 | | | | | | | | | | | | | 9 | |
| | ปรับฐานเครื่องให้คงทนไม่เคลื่อนที่ขณะใช้งาน | 3 | 7.5 | | | | | 3 | | | | 9 | | | | 9 | |
| | ทำฝาปิดช่องป้อนข้าวสารลงเครื่องบด | 1 | 2.5 | | | | | | | | | | | | | 9 | |
| | เพิ่มการซีลที่ฝาเครื่องบด | 4 | 10 | | | | | | | 1 | | 1 | 9 | | | 9 | |
| | เพิ่มลูกยางระหว่างตัวเครื่องกับโครง | 4 | 10 | | | | | | | 1 | | 1 | 9 | | | 9 | |
| ความสะดวก | สวิทซ์ไฟ (เปิด-ปิด) | 5 | 12.5 | | 9 | 9 | 9 | | | | | | | | | 3 | |
| | มีอะไหล่สำรอง | 1 | 2.5 | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| | ฐานรองแป้งข้าว | 1 | 2.5 | | | | | | 3 | | | | | | | 9 | |
| | ปรับปรุงช่องปล่อยแป้งข้าว | 4 | 10 | | | | | | 9 | 9 | 1 | | 3 | | | 3 | 3 |
| | เพิ่มความสูงของเครื่องบดข้าว | 1 | 2.5 | | | | | | 1 | | 9 | | | | | | |
| การใช้งาน | เพิ่มขนาดรูตะแกรงให้มีหลายขนาด | 3 | 7.5 | 9 | | | | | | | | | | | | | 9 |
| | มอเตอร์ 2 แรงม้า | 1 | 2.5 | 3 | | | 9 | 9 | | | | | | | | | |
| | บดข้าวได้ละเอียด | 5 | 12.5 | 9 | | | | | | | | | | 3 | 9 | | |
| | ลดจำนวนข้าวค้างในเครื่อง | 4 | 10 | | | | | | | | | 1 | | 9 | | | |

รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์เมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์

### 4.5.2 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงเทคนิค

การเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงเทคนิคเป็นการคำนวณหาค่าอิทธิพล และค่าอิทธิพลปกติ โดยการนำค่าที่ได้จากความต้องการของผู้ใช้งาน และความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของผู้ใช้งานและความต้องการทางเทคนิคดังตารางที่4.7 โดยได้แสดงตัวอย่างการคำนวณค่าอิทธิพลและค่าอิทธิพลปกติของรายการความละเอียดของแป้งข้าว ดังนี้

$$\text{ค่าอิทธิพล} = (7.5\times9) + (2.5\times3) + (12.5\times9)$$

$$= 18.75 \quad (4.1)$$

$$\text{ค่าอิทธิพลปกติ} = (18.75\div1930)\times100$$

$$= 9.7 \quad (4.2)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.7 ตัวอย่างการคำนวณค่าอิทธิพล และค่าอิทธิพลปกติของคอลัมน์ความต้องการด้านเทคนิคด้านความละเอียดของแป้งข้าว

| | | ความต้องการด้านเทคนิค |
|---|---|---|
| | | ความละเอียดของแป้งข้าว |
| **ความต้องการผู้ใช้งาน** | **IMP** | ⬆ |
| การ์ดป้องกันสายพาน | 7.5 | |
| ปรับฐานเครื่องให้คงทนไม่เคลื่อนที่ขณะใช้งาน | 7.5 | |
| ทำฝาปิดช่องป้อนข้าวสารลงเครื่องบด | 2.5 | |
| เพิ่มการซีลที่ฝาเครื่องบด | 10.0 | |
| เพิ่มลูกยางระหว่างตัวเครื่องกับโครง | 10.0 | |
| สวิทช์ไฟ (เปิด-ปิด) | 12.5 | |
| มีอะไหล่สำรอง | 2.5 | |
| ฐานรองแป้งข้าว | 2.5 | |
| ปรับปรุงช่องปล่อยแป้งข้าว | 10.0 | |
| เพิ่มความสูงของเครื่องบดข้าว | 2.5 | |
| เพิ่มขนาดรูตะแกรงให้มีหลายขนาด | 7.5 | 9 |
| มอเตอร์ 2 แรงม้า | 2.5 | 3 |
| บดข้าวได้ละเอียด | 12.5 | 9 |
| ลดจำนวนข้าวค้างในเครื่อง | 10.0 | |
| | ค่าอิทธิพล | 187.5 |
| | ค่าอิทธิพลปกติ | 9.7 |

เมื่อนำค่าอิทธิพลและค่าอิทธิพลปกติที่ได้มาเรียงลำดับในตารางที่ 4.8 ทำให้ทราบถึง ความต้องการทางเทคนิคที่มีความสำคัญและจำเป็นต้องปรับปรุง

ตารางที่ 4.8 ผลการคำนวณค่าอิทธิพล และค่าอิทธิพลปกติ โดยการจัดลำดับ

| ความต้องการด้านเทคนิค | ค่าอิทธิพล | ค่าอิทธิพลปกติ | การจัดลำดับ |
|---|---|---|---|
| ความละเอียดของแป้งข้าว | 187.5 | 9.7 | 3 |
| ระบบไฟ | 112.5 | 5.8 | 7 |
| ระบบควบคุมการเปิด-ปิด | 112.5 | 5.8 | 8 |
| กำลังมอเตอร์ | 135 | 7.0 | 4 |
| ความเร็วรอบ | 45 | 2.3 | 12 |
| ความยาวช่องปล่อยแป้ง | 100 | 5.2 | 13 |
| การระบายช่องปล่อยแป้ง | 110 | 5.7 | 10 |
| ขนาดเครื่องบด | 32.5 | 1.7 | 14 |
| วิธียึดฐานเครื่องกับพื้น | 97.5 | 5.1 | 12 |
| การลดความฟุ้งกระจายของแป้งขณะบด | 210 | 10.9 | 2 |
| ตัวกวาดแป้งข้าวภายในเครื่อง | 128 | 6.6 | 5 |
| จำนวนฟันบด | 112.5 | 5.8 | 9 |
| อุปกรณ์ป้องกันอันตรายและความสะอาด | 427.5 | 22.2 | 1 |
| ขนาดรูตะแกรงภายในเครื่อง | 120 | 6.2 | 6 |

จากตารางที่ 4.8 พบว่า ค่าอิทธิพลของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายและความสะอาดมีคะแนนสูงสุด คือ 427.5 รองลงมาคือค่าอิทธิพลของการลดความฟังกระจายของแป้งข้าวขณะบดมีคะแนน 210 และต่อมาเป็นความละเอียดของแป้งข้าวมีคะแนน 187.5 ดังนั้น ปัจจัยที่ควรให้ความสำคัญ คือ อุปกรณ์ป้องกันอันตรายและความสะอาด, ลดความฟุ้งกระจายของแป้งข้าวขณะบด, ความละเอียดของแป้งข้าว ตามลำดับ

## 4.6 ผลจากการปรับปรุงเครื่องบดข้าว

จากการวิเคราะห์บ้านแห่งคุณภาพทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ควรให้ความสำคัญ ดังนั้นจึงนำปัจจัยดังกล่าวมาช่วยในการปรับปรุงเครื่องบดข้าวแบบพินมิล เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน ดังนี้

### 4.6.1 การเพิ่มอุปกรณ์เพื่อป้องกันอันตราย

อันตรายที่เกิดจากเครื่องบดข้าวแบบพินมิล จากการศึกษาเครื่องบดข้าวพบว่า การ์ดป้องกันสายพานยังมีช่องว่างด้านหลังที่มีขนาดใหญ่ หากไม่ระวังอาจเกิดอันตรายที่ไม่คาดคิดได้ ดังนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงการ์ดป้องกันสายพานให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงการ์ดป้องกันสายพาน

| **การ์ดป้องกันก่อนการปรับปรุง** | **การ์ดป้องกันหลังการปรับปรุง** |
| --- | --- |
| | |

เครื่องบดข้าวแบบพินมิลก่อนการปรับปรุงไม่มีสวิทซ์เปิด-ปิดเครื่อง ส่งผลต่อความปลอดภัยในการเปิด-ปิดเครื่อง เนื่องจากเครื่องบดข้าวก่อนการปรับปรุงไม่มีสวิทซ์ไฟดังนั้นเมื่อเสียบปลั๊กไฟเครื่องบดจะทำงานทันที จึงทำให้ไม่สามารถควบคุมการเปิด-ปิดได้หากเครื่องเกิดการขัดข้อง ดังนั้นจึงเพิ่มสวิทซ์เปิด-ปิด เครื่องบดข้าว ดังตารางที่4.10

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการเพิ่มสวิทซ์เปิด-ปิด

| **เครื่องบดข้าวก่อนการปรับปรุง** | **เครื่องบดข้าวหลังการปรับปรุง** |
| --- | --- |
| | |

**4.6.2 การลดความฟุ้งกระจายของแป้งข้าวขณะบด**

ปัญหาที่พบจากเครื่องบดข้าวแบบพินมิลอีกหนึ่งปัญหาคือ ขณะที่เครื่องทำงานอยู่นั้นมีแป้งข้าวที่หลุดออกมาจากช่องว่างระหว่างหัวเครื่องบดกับฐานเครื่องบด นอกจากนี้ช่องปล่อยแป้งข้าวจากเดิมใช้ถุงพลาสติกครอบปากช่องปล่อยแป้งข้าวส่งผลให้ช่องปล่อยแป้งข้าวไม่มีรูระบายลม แป้งข้าวจึงถูกตีกลับเข้าเครื่องบดข้าวอีกรอบส่งผลให้มีแป้งข้าวออกตามช่องว่างของตัวหัวเครื่องบดข้าวด้วยแรงดันลม ดังนั้นจึงได้มีการเพิ่มลูกยางระหว่างตัวเครื่องบดข้าวกับฐานเครื่องและเพิ่มถุงผ้าที่ปากปล่อยแป้งข้าวเพื่อให้มีรูระบายลม ดังตารางที่ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบเครื่องบดข้าวก่อนและหลังการเพิ่มลูกยาง

| **เครื่องบดข้าวก่อนการปรับปรุง** | **เครื่องบดข้าวหลังการปรับปรุง** |
|---|---|
| | |

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบเครื่องบดข้าวก่อนและหลังการเพิ่มถุงผ้าที่ช่องปล่องแป้งข้าว

| **เครื่องบดข้าวก่อนการปรับปรุง** | **เครื่องบดข้าวหลังการปรับปรุง** |
|---|---|
| | |

### 4.6.3 การเพิ่มความละเอียดของแป้งข้าว

การปรับปรุงเครื่องบดข้าวในงานวิจัยนี้เน้นการปรับปรุงไปที่ส่วนประกอบภายในหัวบดของเครื่องบดข้าวแบบพินมิล รุ่น B-NJ40-A1 โดยขั้นตอนในการปรับปรุงมีทั้งหมด 3 ขั้นตอนดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1 ลดขนาดรูตะแกรงภายในเครื่องบดข้าวแบบพินมิล รุ่น B-NJ40-A1**

โดยปกติเครื่องบดข้าวแบบพินมิลนี้ใช้ตะแกรงภายในเครื่องบดข้าวเป็นส่วนสำคัญในการกรองขนาดแป้งข้าวที่ผ่านการบดมาแล้ว ตะแกรงที่มีอยู่ภายในเครื่องบดข้าวแบบพินมิลมีขนาดรูตะแกรงอยู่ที่ 1.1 มม. ซึ่งแป้งข้าวที่ได้มีขนาดใหญ่เมื่อใช้มือสัมผัสยังมีความหยาบอยู่ จึงหาตะแกรงที่มีขนาดเล็กที่สุดมาใช้ในการกรองแป้งข้าวที่ได้จากการบด ได้ตะแกรงที่มีขนาดรูเท่ากับ0.4 มม. เนื่องจากเป็นตะแกรงที่มีขนาดเล็กที่สุดที่มีจำหน่ายในประเทศไทยที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับเครื่องบดข้าวแบบพินมิล รุ่น B-NJ40-A1 ได้ จากนั้นนำตะแกรงขนาดดังกล่าวมาตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมและดัดให้โค้งเป็นวงกลม แล้วยึดปลายแผ่นตะแกรงทั้งสองด้านด้วยวิธีการเชื่อมแบบทิก (Tig) เนื่องจากตะแกรงขนาด 0.4 มม. มีความบาง และทำจากสแตนเลส การปรับปรุงนี้แสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 การเปรียบเทียบรูตะแกรงภายในเครื่องบดข้าวแบบพินมิล รุ่น B-NJ40-A1

| **ขนาดรูตะแกรงภายในเครื่องบดข้าว** | **เครื่องบดข้าวก่อนการปรับปรุง** | **เครื่องบดข้าวหลังการปรับปรุง** |
|---|---|---|
| | **1.1 มม.** | **0.4 มม.** |
| ภาพขนาดรูตะแกรงภายในเครื่องบดข้าว | | |

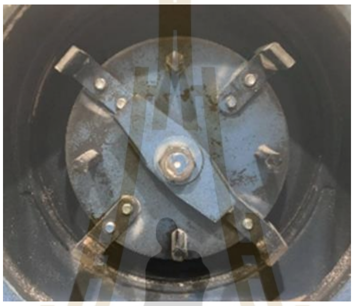
**ขั้นตอนที่ 2 เพิ่มจำนวนฟันบด**

การปรับจำนวนฟันบดที่ติดกับจานโรเตอร์ มีรายละเอียดดังนี้

1. สภาพเดิมก่อนการปรับปรุง จานโรเตอร์มีจำนวนฟันบดอยู่ที่ 8 ฟัน โดยแบ่งเป็น ฟันแอล 4 ฟันและฟันกลม 4 ฟัน

2. การปรับปรุงโดยการเพิ่มฟันกลมอีก 8 ฟัน ทำให้มีจำนวนฟันรวม 16 ฟัน รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการเพิ่มจำนวนฟันบดที่จานประเภทโรเตอร์

| จำนวนฟันบด | เครื่องบดข้าวก่อนการปรับปรุง | เครื่องบดข้าวหลังการปรับปรุง |
|---|---|---|
| | **ฟันแอล 4 ฟัน**<br>**ฟันกลม 4 ฟัน** | **ฟันแอล 4 ฟัน**<br>**ฟันกลม 12 ฟัน** |
| ภาพจำนวนฟันบด |  | |

**ขั้นตอนที่ 3 เพิ่มตัวกวาดแป้งข้าว**

หลังจากการบดข้าวด้วยเครื่องบดข้าวแบบพินมิล รุ่น B-NJ40-A1 ก่อนการปรับปรุงพบว่ามีแป้งข้าวที่เหลือค้างอยู่ภายในตะแกรงดังที่ได้กล่าวไปแล้ว แป้งข้าวเหล่านี้มีขนาดใหญ่ไม่สามารถผ่านรูตะแกรงออกไปได้ และยังไม่ถูกดันขึ้นไปเพื่อทำการบดใหม่อีกรอบ จึงเพิ่มตัวกวาดแป้งข้าวโดยเชื่อมแผ่นโลหะติดเข้ากับฟันแอลจำนวน 2 ฟันในทิศตรงข้ามกัน และให้น้ำหนักของฟันแอลทั้ง 2 ฟันนั้นมีน้ำหนักเท่ากันเพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างการใช้งาน นอกจากนี้การเพิ่มตัวกวาดแป้งข้าวยังเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการตกกระทบหรือการตีที่จะสามารถช่วยในเรื่องการบดข้าวได้อีกด้วย สรุปการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการเพิ่มตัวกวาดแป้งข้าว

| ตัวกวาดแป้งข้าว | เครื่องบดข้าวก่อนการปรับปรุง | เครื่องบดข้าวหลังการปรับปรุง |
|---|---|---|
| | ไม่มีตัวกวาดแป้งข้าว | มีตัวกวาดแป้งข้าว |
| ภาพตัวกวาดแป้งข้าว | | |

## 4.7 ผลการเก็บข้อมูลแป้งข้าวที่ได้จากเครื่องบดข้าวแบบพินมิล รุ่น B-NJ40-A1

การทดลองในงานวิจัยนี้มี 4 ทรีทเมนต์ และเป็นการปรับเงื่อนไขการทดลองเป็นการปรับไปทีละทรีทเมนต์เพื่อให้ได้ข้อมูลของแต่ละทรีทเมนต์ ซึ่งข้อมูลจากการทดลองคือปริมาณแป้งข้าวที่ได้ผ่านเครื่อง Sieve Shaker จากนั้นจึงนำมาคำนวณจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรงและจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านตะแกรง ข้อมูลที่ได้เป็นดังตารางที่ 4.16 และค่าเฉลี่ยเป็นตามตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.16 จำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านและไม่ผ่านตะแกรง

| สภาพการปรับปรุงของแต่ละเงื่อนไข | 8 ฟันบด ขนาดตะแกรง 1.1 มม. ไม่มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 1) | | 8 ฟันบด ขนาดตะแกรง 0.4 มม. ไม่มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 2) | | 16 ฟันบด ขนาดตะแกรง 0.4มม. ไม่มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 3) | | 16 ฟันบด ขนาดตะแกรง 0.4มม. มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 4) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ขนาดตะแกรงในเครื่อง Sieve Shaker | 140 Mesh | 120 Mesh | 140 Mesh | 120 Mesh | 140 Mesh | 120 Mesh | 140 Mesh | 120 Mesh |
| จำนวนร้อยละของแป้งที่ผ่านตะแกรง | 7.6, 6.4, 6.4 | 12.8, 12.4, 10.8 | 10.06, 7.5, 11.3 | 15.56, 12.96, 10.6 | 12.32, 12.36, 14.44 | 16.7, 18.88, 18.04 | 10.26, 8.38, 12.42 | 10.6, 11.82, 12.4 |

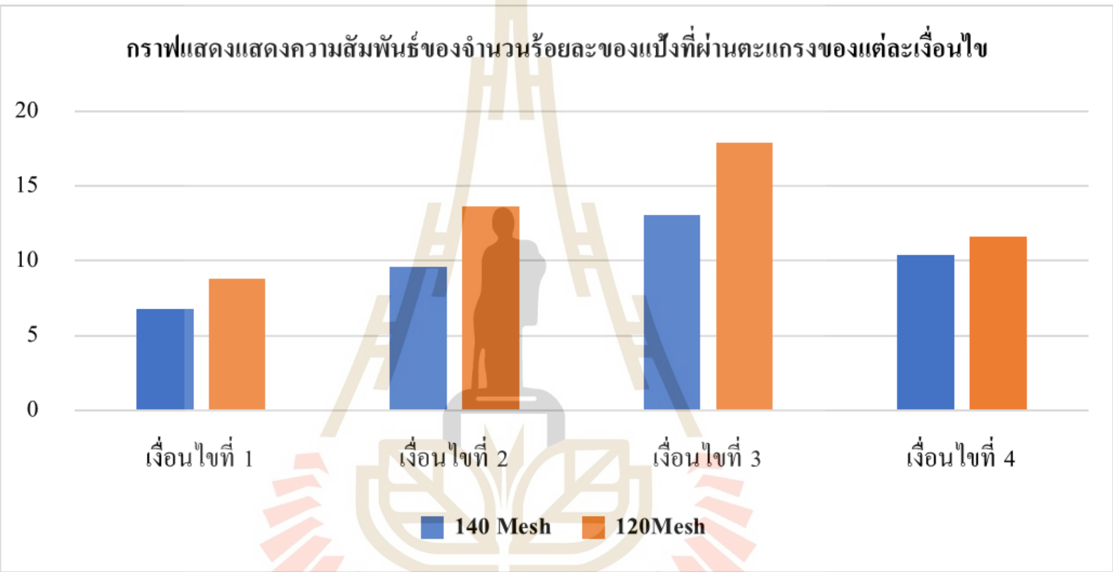
ตารางที่ 4.16 จำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านและไม่ผ่านตะแกรง (ต่อ)

| **สภาพการปรับปรุงของแต่ละเงื่อนไข** | **8 ฟันบด ขนาดตะแกรง 1.1 มม. ไม่มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 1)** | | **8 ฟันบด ขนาดตะแกรง 0.4 มม. ไม่มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 2)** | | **16 ฟันบด ขนาดตะแกรง 0.4มม. ไม่มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 3)** | | **16 ฟันบด ขนาดตะแกรง 0.4มม. มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 4)** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ขนาดตะแกรงในเครื่อง Sieve Shaker | 140 Mesh | 120 Mesh | 140 Mesh | 120 Mesh | 140 Mesh | 120 Mesh | 140 Mesh | 120 Mesh |
| จำนวนร้อยละของแป้งที่ไม่ผ่านตะแกรง | 92.4, 93.6, 93.6 | 87.2, 87.6, 89.2 | 89.94, 92.5, 88.7 | 84.44, 87.04, 89.4 | 87.68, 87.64, 85.56 | 83.3, 81.12, 81.96 | 89.74, 91.62, 87.58 | 89.4, 88.18, 87.6 |

ตารางที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยของจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านและไม่ผ่านตะแกรง

| **สภาพการปรับปรุงของแต่ละเงื่อนไข** | **8 ฟันบด ขนาดตะแกรง 1.1 มม. ไม่มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 1)** | | **8 ฟันบด ขนาดตะแกรง 0.4 มม. ไม่มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 2)** | | **16 ฟันบด ขนาดตะแกรง 0.4มม. ไม่มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 3)** | | **16 ฟันบด ขนาดตะแกรง 0.4มม. มีตัวกวาด (เงื่อนไขที่ 4)** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ขนาดตะแกรงในเครื่อง Sieve Shaker | 140 Mesh | 120 Mesh | 140 Mesh | 120 Mesh | 140 Mesh | 120 Mesh | 140 Mesh | 120 Mesh |
| ค่าเฉลี่ยของจำนวนร้อยละของแป้งที่ผ่านตะแกรง | 6.8 | 8.8 | 96.2 | 13.62 | 13.04 | 17.88 | 10.36 | 11.6 |
| ค่าเฉลี่ยของจำนวนร้อยละของแป้งที่ไม่ผ่านตะแกรง | 93.2 | 91.2 | 90.38 | 86.38 | 86.92 | 82.12 | 89.64 | 88.4 |

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของจำนวนร้อยละที่สามารถผ่านตะแกรงของแต่ละเงื่อนไขมาพล็อตกราฟ ได้ผลดังรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า จำนวนร้อยละของแป้งที่สามารถผ่านตะแกรงมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยการเพิ่มเป็น 16 ฟันบดและใช้ขนาดตะแกรง 0.4 มม.โดยไม่มีตัวกวาด ทำให้จำนวนร้อยละของแป้งที่ผ่าน Sieve ขนาด 120 และ140 Mesh มากที่สุด รองลงมาคือ การมี 8 ฟันบดและขนาดตะแกรง 0.4 มม.โดยไม่มีตัวกวาด และการมี 16 ฟันบดและขนาดตะแกรง 0.4 มม. โดยไม่มีตัวกวาด ตามลำดับ ส่วนการมี 8 ฟันบดและขนาดตะแกรง 1.1 มม.โดยไม่มีตัวกวาดทำให้จำนวนร้อยละของแป้งที่สามารถผ่านตะแกรงมีค่าน้อยที่สุด

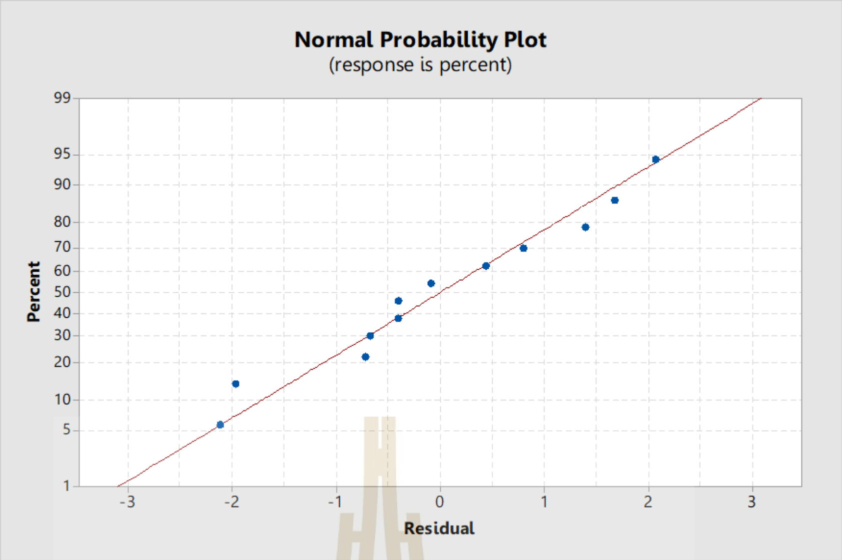



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของจำนวนร้อยละของแป้งที่ผ่านตะแกรงของแต่ละเงื่อนไข

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## 4.8 ผลการวิเคราะห์การทดลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

จากการพิจารณากราฟการกระจายแบบปกติของส่วนค้าง (Normal Probability Plot) ในรูปที่ 4.4 พบว่า ส่วนค้างมีการกระจายตามปกติบนเส้นตรง โดยค่าส่วนใหญ่เรียงตัวกันบนแนวเส้นตรง ซึ่งแสดงว่า ข้อมูลค่าจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรงมีแนวโน้มการกระจายแบบปกติ




รูปที่ 4.5 กราฟการกระจายตัวแบบปกติของส่วนค้างของค่าจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรง โดยใช้ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 แสดงดังตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์พบว่า เงื่อนไขการทดลองมีผลกระทบต่อค่าจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรงอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าระดับนัยสำคัญ (P-Value) เท่ากับ 0.008 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรง

| แหล่งความแปรปรวน | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|---|---|---|---|---|---|
| เงื่อนไข | 3 | 59.23 | 19.742 | 8.06 | 0.008 |
| Error | 8 | 19.59 | 2.448 | | |
| Total | 11 | 78.81 | | | |

เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธีของ Tukey ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่า เงื่อนไขที่ 3 (การเพิ่มเป็น 16 ฟันบดและใช้ขนาดตะแกรง 0.4 มม.โดยไม่มีตัวกวาด) เงื่อนไขที่ 4 (การมี 16 ฟันบดและขนาดตะแกรง 0.4 มม.โดยไม่มีตัวกวาด) เงื่อนไขที่ 2 (การมี 8 ฟันบดและขนาดตะแกรง 0.4 มม.โดยไม่มีตัวกวาด) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เงื่อนไขที่ 3 กับเงื่อนไข

ที่ 1 (การมี 8 ฟันบดและขนาดตะแกรง 1.1 มม.โดยไม่มีตัวกวาด) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรง

| **เงื่อนไข** | **จำนวนข้อมูล** | **ค่าเฉลี่ย** | **Grouping** | |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 3 | 13.0400 | A | |
| 4 | 3 | 10.3533 | A | B |
| 2 | 3 | 9.6200 | A | B |
| 1 | 3 | 6.8000 | | B |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# บทที่ 5
# สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องบดข้าวต้นแบบ 2) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าว 3) เพื่อพัฒนาเครื่องบดข้าวโดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ งานวิจัยนี้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูล 2 ส่วนดังนี้ 1. ความต้องการของผู้ใช้งานเครื่องบดข้าว โดยเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มวิสาหกิจชุมชนและรวมคะแนนค่าความสำคัญและนำไปวิเคราะห์ด้วยบ้านแห่งคุณภาพ เพื่อให้ทราบถึงลำดับความสำคัญของข้อมูลทางเทคนิคที่ส่งผลต่อความต้องการของผู้ใช้งาน 2. วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าว และทำการเก็บข้อมูลค่าร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรงและข้อมูลค่าร้อยละของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านตะแกรง จากการทดลองทั้งหมด 4 ทรีทเมนต์ ได้แก่ ทรีทเมนต์ที่ 1 สภาพก่อนการปรับปรุง คือ มี 8 ฟันบด และขนาดรูตะแกรงภายในเครื่องเท่ากับ 1.1 มม. หรือเรียกว่าเงื่อนไขที่ 1 ทรีทเมนต์ที่ 2 สภาพหลังปรับปรุงครั้งที่ 1 โดยมี 8 ฟันบด แต่ขนาดรูตะแกรงในเครื่องเท่ากับ 0.4 มม. หรือเรียกว่า เงื่อนไขที่ 2 ทรีทเมนต์ที่ 3 สภาพหลังปรับปรุงครั้งที่ 2 โดยมี 16 ฟันบด หรือเรียกว่า เงื่อนไขที่ 3 ทรีทเมนต์ที่ 4 สภาพหลังปรับปรุงครั้งที่ 3 โดยมี 16 ฟัน เช่นเดียวกันกับเงื่อนไขที่ 3 แต่เพิ่มตัวกวาดแป้ง หรือเรียกว่า เงื่อนไขที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. งานวิจัยนี้ทำการศึกษาความต้องการทางเทคนิคโดยแปลงจากความต้องการจากกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 5 กลุ่ม ได้แก่ 1. กลุ่มวิสาหกิจชุมชนโรงสีข้าวชุมชนบ้านหนองหว้า 2. วิสาหกิจชุมชนศูนย์ข้าวชุมชนตำบลมะเกลือใหม่ 3. กลุ่มข้าวอินทรีย์นาแปลงใหญ่บ้านโนนกระสัง 4. วิสาหกิจชุมชนนาแปลงใหญ่ตำบลคูขาด และ5. วิสาหกิจชุมชนกลุ่มนาแปลงใหญ่ตำบลโตนด ผลการวิเคราะห์ด้วยบ้านแห่งคุณภาพ พบว่าอุปกรณ์ป้องกันอันตรายและความสะอาดมีความสำคัญลำดับที่ 1 มีค่าอิทธิพลเท่ากับ 427.5 การลดความฟุ้งกระจายของแป้งขณะบดมีความสำคัญลำดับที่ 2 มีค่าอิทธิพลเท่ากับ 210 และความละเอียดของแป้งข้าวมีความสำคัญอยู่ในลำดับที่ 3 มีค่าอิทธิพลเท่ากับ 187.5 ความต้องการทางเทคนิคทั้ง 3 ลำดับนี้ มีความสำคัญต่อความต้องการของผู้ใช้งานจำเป็นต้องปรับปรุง

2. ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าวและจำนวนแป้งข้าวที่ค้างภายในเครื่อง โดยใช้เครื่องมือ Why – Why Analysis ในการตั้งคำถามจากปัญหาที่เกิดขึ้น พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าวและจำนวนแป้งข้าวค้างภายในเครื่องมีทั้งหมด 3 ปัจจัยได้แก่ 1. ฟันบด 2. ขนาดรูตะแกรงภายในเครื่อง และ3. ตัวกวาดแป้งข้าว

3. เมื่อพิจารณาปริมาณแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรง หลังการปรับปรุงโดยการเพิ่มจำนวนฟันบดเป็น 16 ฟันบด ใช้รูตะแกรงขนาด 0.4 มม. โดยไม่มีตัวกวาด พบว่ามีค่าเฉลี่ยของจำนวนร้อยละของแป้งที่ผ่านตะแกรงอยู่ที่ 13.04 ในขณะที่หลังการปรับปรุงโดยการเพิ่มจำนวนฟันบด 16 ฟันบด ใช้รูตะแกรงขนาด 0.4 มม. แต่เพิ่มตัวกวาดตะแกรง มีค่าเฉลี่ยของจำนวนร้อยละของแป้งที่ผ่านตะแกรงเท่ากับ 10.36 มีค่าต่างกัน 2.68 ดังนั้นการเพิ่มตัวกวาดไม่ส่งผลต่อความละเอียดของแป้งข้าว

4. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรงพบว่าเงื่อนไขการทดลองมีผลกระทบต่อค่าจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีค่าระดับนัยสำคัญ (P-Value) เท่ากับ 0.008 น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05

5. ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าจำนวนร้อยละของแป้งข้าวที่ผ่านตะแกรงโดยใช้วิธี Tukey พบว่า การเพิ่มจำนวนฟันบดเป็น 16 ฟันบดและใช้ขนาดตะแกรง 0.4 มม. โดยไม่มีตัวกวาด การมี 16 ฟันบดและใช้ขนาดตะแกรง 0.4 มม.โดยมีตัวกวาด และการมี 8 ฟันบดและมีขนาดตะแกรง 0.4 มม.โดยไม่มีตัวกวาด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในขณะที่การเพิ่มจำนวนฟันบดเป็น 16 ฟันบดและใช้ขนาดตะแกรง 0.4 มม.โดยไม่มีตัวกวาดและการมี 8 ฟันบดและขนาดตะแกรง 1.1 มม.โดยไม่มีตัวกวาด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

การใช้งานเครื่องบดข้าวภายในโรงสีข้าว พบว่าโรงสีข้าวไม่สามารถใช้งานเครื่องบดข้าวไปพร้อมกับการสีข้าวที่เป็นงานหลักได้ เนื่องจากมอเตอร์ 3 แรงม้ามีการใช้กำลังไฟสูง ดังนั้นในงานวิจัยต่อไปควรเลือกใช้มอเตอร์ที่มีกำลังไฟน้อยลง แต่ให้กำลังการหมุนเท่าเดิม เพื่อให้สามารถบดข้าวไปพร้อมกับการสีข้าวได้ โดยไม่ลดคุณภาพการบด

# รายการอ้างอิง


กองวิจัยและพัฒนาข้าว. (2559). **วิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว** .กรมการข้าว.

กัญญา เชื้อพันธุ์. (2547). **คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กิตติพงษ์ ตระกูลโชคอำนวย. (2558). **นวัตกรรมการผลิตข้าว การแปรรูปข้าว และการค้าข้าวในไทย**. วารสารพัฒนาสังคม ปีที่17 ฉบับที่ 2.

กิติยา กิจควรดี. (2547). **คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย**. กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชลิดา ตระกูลสุนทร. (มปป.). **การวิเคราะห์ความแปรปรวน**. สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

นักวิจัยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านข้าว และนักวิจัยอิสระ. (2559). **ยุธศาสตร์การวิจัยรายประเด็นด้านข้าว (พ.ศ. 2555-2559)**. เครือข่ายองค์กรบริหารงานวิจัยแห่งชาติ (คอบช.)

นภิสพร มีมงคล, พีรยุ จันทร์ส่อง และวรรณรัช สันติอมรทัต. (2555). **การประยุกต์ใช้ QFD เพื่อค้นหา คุณลักษณะผลิตภัณฑ์สำหรับการออกแบบอุปกรณ์เฝ้าระวังผู้ป่วย**. วารสารวิจัย มข., 17(4), 515-527

น้ำคำ ด่านไทยวัฒนา. (2558). **การหาจุดเหมาะสมของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าแรงดึงย้อนกลับของรอยซีล โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม . มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน. (2554). **สำนักงานราชบัณฑิตยสภา**. สืบค้นจาก : https://dictionary.orst.go.th/ 19 กรกฎาคม 2564

วรพจน์ ศิริรักษ์ และเฉลิมวุฒน์ เสนนันตา. (2555). **การหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องบดเมล็ดข้าวโพดแบบผสม**. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี พ.ศ.2555

เวียง อากรชี, วิบูลย์ เทเพนทร์, และชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์. (2551). **ออกแบบพัฒนาเครื่องบดแห้งทุเรียน** . รายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2551. วิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว. กรมวิชาการเกษตร.


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ศักดิ์ชัย อาษาวัง เวียง อากรชี วุฒิพล จันทร์สระคู อนุชิต ฉ่ำสิงห์ และประยูร เอ็นมาก. (2561). **วิจัยและพัฒนาเครื่องบดย่อยพืชผักและสมุนไพร**. รายงานโครงการวิจัย. กรมวิชาการเกษตร

ศันสนีย์ อุดมระติ พัชรี ตั้งตระกูล และงามจิตร โล่วิทูล. (2562). **ผลของวิธีการโม่ต่อสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งข้าวดอกมะลิ 105 และการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ปลอดกลูเตน**. วรสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่27

สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. (2563). **รายงานสถานการณ์ส่งออกข้าว แนวโน้มและทิศทางการส่งออกข้าวไทย ปี2563** สืบค้นจาก : http://www.thairiceexporters.or.th/Press%20release/2020/ 14 ตุลาคม 2563

Chatree Homkhiew, Thanate Ratanawilai and Klangduen Pochana. (2012). Application of a quality function deployment technique to design and develop furniture products. Songklanakarin Journal of Science and Technology. 36(6). 663-668.

Department of Industrial Promotion. (2546). ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวไทย. วารสารกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

Douglas C. Montgomery. (2012). Design and Analysis of Experiments. 8th Edition. The United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

Hauser, J. R., Griffin, A., Klein, R., Katz, G., and Gaskin, S. (2010). Quality Function Deployment (QFD).in Wiley International Encyclopedia of Marketing. DOI: 10.1002/97 81444316568.wiem05023.

Mill Powder Tech. (ม.ป.ป.). เครื่องบดแบบ Pin mill. สืบค้นจาก : https://powder-mill.ready-online.com/th/page/pin-mill.html 18 ตุลาคม 2563

Mill Powder Tech. (ม.ป.ป.)Pin mill. สืบค้นจาก : https://www.mill.com.tw/th/product/19.html 18 ตุลาคม 2563

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# ภาคผนวก ก

# ข้อมูลวิเคราะห์บ้านแห่งคุณภาพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.1 ผลการสัมภาษณ์ความต้องการของผู้ใช้งาน

| ตำบล | ความต้องการของผู้ใช้งาน |
|---|---|
| โคกกรวด | เจาะฐานเครื่องบดข้าวยึดติดกับพื้น |
| | ใช้มอเตอร์แรงน้อยเพื่อลดค่าไฟ |
| | สวิทซ์ไฟเปิด-ปิด |
| | เพิ่มการซีลที่ฝาเครื่องบดเพื่อปิดช่องว่างที่ฝาเครื่อง |
| | เพิ่มเบอร์ตะแกรงภายในเครื่องให้มีหลายขนาด |
| | เพิ่มท่อปล่อยแป้งข้าวให้ยาวและมีรูระบาย |
| | เพิ่มลูกยางระหว่างหัวเครื่องบดและฐานเครื่อง |
| มะเกลือใหม่ | บดข้าวได้ละเอียด |
| | เพิ่มสวิทซ์เปิด-ปิดเครื่อง |
| | ลดความฟุ้งกระจายของแป้งข้าวขณะบด |
| กระเบื้องใหญ่ | มีตะแกรงภายในเครื่อง 3 ขนาด |
| | เพิ่มความปลอดภัยจากการ์ดสายพาน |
| | เพิ่มฝาครอบช่องใส่ข้าวสาร |
| | มีฐานรองแป้งข้าว |
| | ลดปัญหาเครื่องขยับขณะใช้งาน |

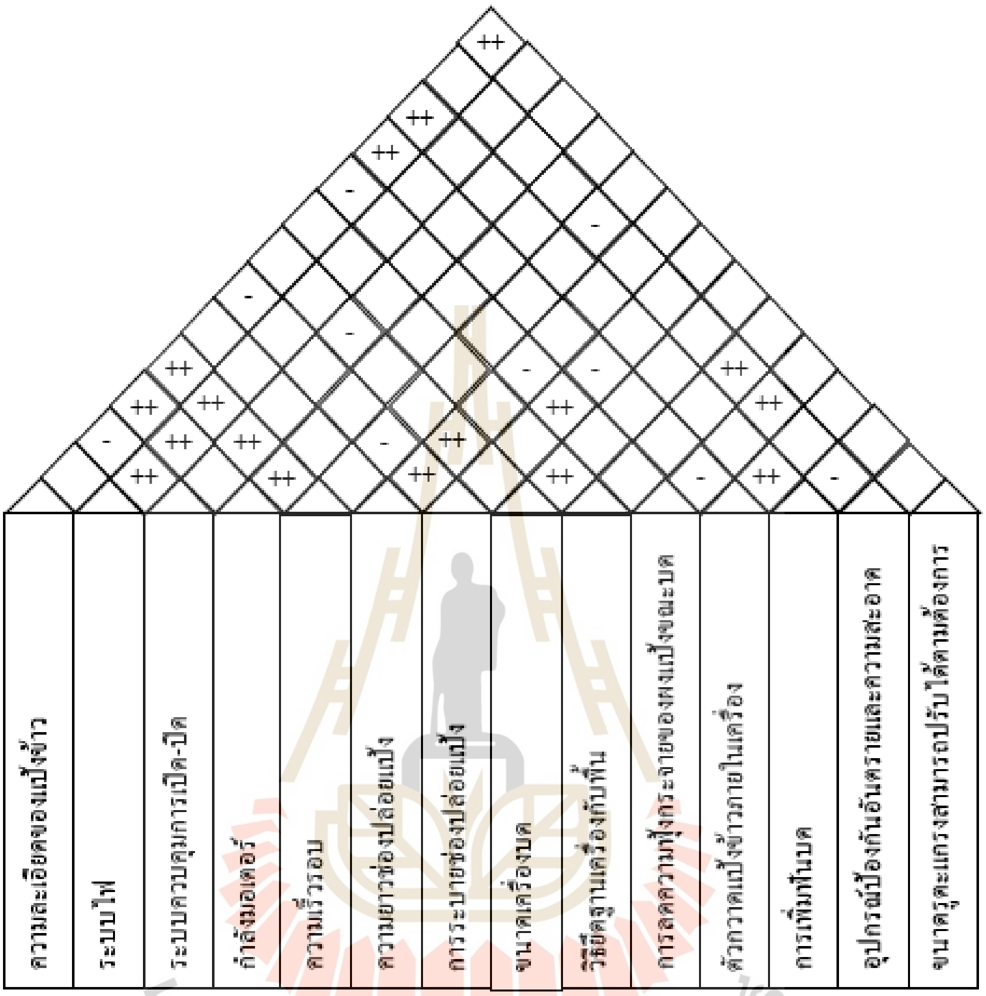
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.1 ผลการสัมภาษณ์ความต้องการของผู้ใช้งาน (ต่อ)

| ตำบล | ความต้องการของผู้ใช้งาน |
|---|---|
| | เพิ่มความสูงของเครื่องบดข้าว |
| | เพิ่มความยาวช่องส่งแป้ง |
| คูขาด | เพิ่มท่อปล่อยแป้งข้าวให้ยาวขึ้น |
| | เพิ่มรูระบายช่องปล่อยแป้งข้าว |
| | มีอะไหล่สำรอง |
| | มีขนาดรูตะแกรงหลายขนาด |
| โตนด | ใช้มอเตอร์ที่ใช้แรงต่ำ |
| | เพิ่มการ์ดป้องกันสายพานให้มีความปลอดภัยกว่านี้ |
| | มีถุงรองช่องปล่อยข้าว |
| | เพิ่มสวิทซ์เปิด-ปิดเครื่อง |
| | เพิ่มซีลยางกันผงแป้งฟุ้งกระจายออกขณะบด |
| | ลดปริมาณแป้งข้าวค้างในเครื่องบด |
| | เพิ่มความละเอียดของแป้งข้าว |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ ก.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการด้านเทคนิคแต่ละตัว



# ภาคผนวก ข

# รูปการลงพื้นที่สอบถามกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

รูปที่ ข 1 การสอบถามความต้องการผู้ใช้งานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนโรงสีข้าวชุมชนบ้านหนองหว้า

รูปที่ ข 2 การสอบถามความต้องการผู้ใช้งานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนโรงสีข้าวชุมชนบ้านหนองหว้า (ต่อ)

รูปที่ ข 3 การสอบถามความต้องการผู้ใช้งานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์ข้าวชุมชนตำบลมะเกลือใหม่

รูปที่ ข 4 การสอบถามความต้องการผู้ใช้งานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์ข้าวชุมชนตำบลมะเกลือใหม่ (ต่อ)

รูปที่ ข 5 การสอบถามความต้องการผู้ใช้งานกลุ่มข้าวอินทรีย์นาแปลงใหญ่บ้านโนนกระสัง

รูปที่ ข 6 การสอบถามความต้องการผู้ใช้งานกลุ่มข้าวอินทรีย์นาแปลงใหญ่บ้านโนนกระสัง (ต่อ)

รูปที่ ข 7 การสอบถามความต้องการผู้ใช้งานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนนาแปลงใหญ่ตำบลคูขาด

รูปที่ ข 8 การสอบถามความต้องการผู้ใช้งานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนนาแปลงใหญ่ตำบลคูขาด (ต่อ)

รูปที่ ข 9 การสอบถามความต้องการผู้ใช้งานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มนาแปลงใหญ่ตำบลโตนด

รูปที่ ข 10 การสอบถามความต้องการผู้ใช้งานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มนาแปลงใหญ่ตำบลโตนด (ต่อ)

# ประวัติผู้เขียน

นางสาวปิยกาญจน์ พูนเกิดมะเริง เกิดวันเสาร์ที่ 24 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2539 เริ่มศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนอนุบาลนครราชสีมา ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนบุญวัฒนา ตำบลหัวทะเล อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2561 ปัจจุบันศึกษาในระดับปริญญามหาบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมระบบอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา