การศึกษาปัจจัยของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว
ด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง

วราภรณ์ ชนะพรมมา

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ปีงบประมาณ 2561
พ.ศ.2562

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ ของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่/เกี่ยวข้อง	
2.1 ลักษณะทั่วไปของข้าว	4
2.2 การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง	18
2.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล	24
2.4 การตั้งสมมติฐานในการตรวจสอบ	26
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 วิธีการวิจัย	27
3.2 การรวบรวมข้อมูลและขั้นตอนการวิจัย	28
3.3 วิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดปัจจัยมาประกอบการพิจารณา	28
3.4 ออกแบบและสร้างเครื่อง	29
3.5 ดำเนินการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลอง	30
3.6 ผลการทดลอง	34
3.7 การสรุปผล	34

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการทดลองเพื่อกรองปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 35

4.2 ผลการทดลองเพื่อศึกษาเฉพาะปัจจัย 39

4.3 ผลการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสม 44

บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล 46

5.2ข้อเสนอแนะ 47

เอกสารอ้างอิง 48

ภาคผนวก ก 50

ภาคผนวก ข 56

ภาคผนวก ค 63

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2-1ลักษณะข้าววัชพืช 6
2-2 การเปรียบเทียบรูปแบบการทดลอง 22
3-1 ปัจจัยและระดับที่ทำการทดลองกรองข้อมูล 31
3-2 ปัจจัยและระดับที่ทำการทดลองหลังใส่ค่าในโปรแกรม 31
3-3 ช่วงน้ำหนักข้าวที่ทดลอง 33
4-1 ผลการทดลองเพื่อกรองปัจจัย 35
4-2 การตั้งค่าระดับปัจจัย 40
4-3 ผลการทดลองหลังการปรับตั้งค่า 41
4-4 ผลการทดลองหลังจากนำไปใช้งานจริง 45

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2-1 ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าว 5
2-2 ลักษณะข้าววัชพืช 7
2-3 ลักษณะข้าวแดง 7
2-4 ลักษณะข้าวดีด 7
2-5 การวัดขนาดความยาวของเมล็ดพันธุ์ 9
2-6 โถแก้วดูดความชื้น 12
2-7 ตู้อบไฟฟ้า 12
2-8 เครื่องวัดระบบอินฟราเรด 13
2-9 เครื่องวัดค่าความจุไฟฟ้าของเมล็ดพืช 15
2-10 แบบจำลองกระบวนการ 16
2-11 ตัวอย่างการเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม 20
3-1 แผนภาพแสดงวิธีการดำเนินงานวิจัย 27
3-2 เครื่องสีฝัดข้าวที่ใช้ในครัวเรือน 28
3-3 ภาพจำลองการทำงาน 29
3-4 ออกแบบและสร้างเครื่องเพื่อทดลองเพื่อกรองปัจจัย 30
3-5 จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง 31
3-6 วัดค่าความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าว 32
3-7 การชั่งน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ข้าว 33
3-8 ขั้นตอนการทดลองเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว 34
4-1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่อความสะอาดของข้าวที่ได้คิดจากน้ำหนักข้าว 37
4-2 Residual Plots for น้ำหนักข้าวดี 37
4-3 Pareto chart ของน้ำหนักข้าว 38
4-4 เครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ 39
4-5 เครื่องที่ทำการปรับปรุงเพื่อทดลองปัจจัยที่เหมาะสม 40
4-6 จำนวนตัวแปร รอบซ้ำเพื่อวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมที่สุด 41
4-7 วิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูล 42
4-8 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล 42
4-9 ความสัมพันธ์ของปัจจัยแรงลม 43
4-10 กราฟแสดงอิทธิพลร่วมแต่ละคู่ของปัจจัย 43
4-11 ผลการหาความสัมพันธ์ของตัวแปร 44
4-12 กราฟแสดงอิทธิพลร่วมแต่ละคู่ของปัจจัย 43

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวจากเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวต้นแบบและหาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นของปัจจัยจากการออกแบบการทดลอง โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบ Plackett-Burman มากรองปัจจัยขั้นแรก ผลลัพธ์ที่ได้มี 2 ปัจจัยที่มีผลในระดับนัยสำคัญต่อความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีความชื้นที่ 12.7% คือ ความกว้างของช่องปล่อยข้าว และความเร็วของแรงลม จากนั้นผู้วิจัยได้ปรับการทดลองเพื่อศึกษาถึงระดับปัจจัยที่เหมาะสมด้วยการใช้การออกแบบและทดลองแบบ 3^k Factorial Design โดยกำหนดระดับปัจจัยเป็น 3 ระดับ พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวมากที่สุดคือความเร็วลม โดยที่ความเร็วลม 21 เมตรต่อวินาที จะได้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่สะอาดที่สุด จากนั้นหาค่าที่เหมาะสมจากการความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยใช้ฟังก์ชั่นถดถอย ผลการทดลองพบว่า ระดับปัจจัยที่เหมาะสมของความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวจากเครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานั้นจะต้องใช้ความกว้างของช่องปล่อยข้าวที่ 1 เซนติเมตร และความเร็วแรงลมที่ 21 เมตรต่อวินาที ถึงจะได้เมล็ดพันธุ์ที่สะอาดที่สุด ผู้วิจัยได้ทดลองซ้ำและปรับตั้งค่าที่ได้ตามค่าที่ออกแบบการทดลอง ผลที่ได้จากเครื่องทำความสะอาดจะได้เมล็ดพันธุ์ดีเฉลี่ย 18.9 กิโลกรัม จากปริมาณเมล็ดพันธุ์ดีทั้งหมด 19 กิโลกรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้โดยความอนุเคราะห์ทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ ผู้ที่เกี่ยวข้องในการอำนวยความสะดวกในเรื่องของเอกสาร ทำให้การติดต่อเป็นไปด้วยดี

ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดที่อนุญาตให้ใช้ข้อมูลเมล็ดพันธุ์เพื่อเป็นวัตถุทดสอบในการวิจัย ตลอดจนการให้คำปรึกษาจนสำเร็จลุล่วง รวมถึงผู้ช่วยวิจัย นักศึกษาที่ให้ความสะดวกกับการเก็บข้อมูลได้เป็นอย่างดี

หวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะสามารถเป็นประโยชนแก่ผู้ที่สนใจค้นคว้าประกอบการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยต่อไป

วราภรณ์ ชนะพรมมา

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร พืชเศรษฐกิจส่วนใหญ่นิยมปลูกในประเทศไทยคือ ข้าว ข้าวโพด ถั่ว มันสำปะหลัง และอ้อย การเพาะปลูกข้าวของเกษตรจะนิยมปลูกโดยใช้เมล็ดพันธุ์ ซึ่งเมล็ดพันธุ์ที่นำมาเพาะปลูกนั้นอาจจะเป็นเมล็ดพันธุ์ที่ได้หลังจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่แล้ว หรืออาจจะเป็นเมล็ดพันธุ์ที่จัดซื้อหามาใหม่ เมล็ดพันธุ์ที่นำมาใช้นั้นหากมีการเจือปนของสิ่งต่างๆเช่น ข้าววัชพืช เมล็ดหญ้า ความไม่สมบูรณ์ของเมล็ด หรืออาจจะเป็นข้าวต่างสายพันธุ์ การเจือปนของสิ่งเหล่านี้จะส่งผลให้การเพาะปลูกของเกษตรนั้นได้ผลผลิตที่น้อยลง ข้าววัชพืชหรือวัชพืชต่างๆมีผลในส่วนของการเจริญเติบโตของต้นข้าว ทำให้การเจริญเติบโตของต้นข้าวนั้นไม่สม่ำเสมอและไม่สมบูรณ์ การดูแลรักษาลำบากจะทำให้เกิดโรคระบาดในข้าวได้ง่าย และหากเมล็ดข้าวพันธุ์ที่ไม่สมบูรณ์หรือเมล็ดพันธุ์ที่เสียหายที่เกิดจากการเก็บเกี่ยว หรือการเก็บรักษาที่มีความชื้นมากกว่าหรือน้อยกว่า 14% และตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ.2551 ระบุข้อกำหนดมาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว (ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์,(2557)

ก่อนนำมาเป็นข้าวพันธุ์นั้นทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งจะส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกและการเจริญเติบโตของต้นข้าว ด้วยยุคสมัยที่เปลี่ยนไปทำให้เกิดนวัตกรรมที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกมากมาย ส่งผลให้มีการประดิษฐ์คิดค้น ผลิตและจำหน่ายเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์หลายรูปแบบด้วยกัน ขึ้นอยู่กับขนาด ราคา และวิธีการใช้งาน และมีตัวแปรหลายตัวแปรในการสร้างและออกแบบเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว ให้ปรับและตั้งค่าได้อย่างเหมาะสม โดยการออกแบบเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สร้างขึ้นมีลักษณะการทำงานด้วยวิธีการปล่อยข้าวตามแรงโน้มถ่วงและมีใบพัดลมช่วยเป่าพัดพาฝุ่นละอองออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าว ดังนั้นในการที่จะได้ข้าวปราศจากฝุ่นเมล็ดพันธุ์ข้าวมีการตกกระทบและเมล็ดข้าวดีบางส่วนได้ถูกพัดพาออกไปด้วย และยังมีปัจจัยมากมายที่ต้องศึกษาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว

ดังนั้นปัญหาเหล่านี้จึงเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมหรือเกี่ยวข้องโดยตรงของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อให้ได้ข้าวพันธุ์คุณภาพดี ปราศจากสิ่งเจือปนหรือความไม่สมบูรณ์ของเมล็ดข้าวพันธุ์เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะปลูกให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว

1.2.2 หาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นของปัจจัยจากการออกแบบการทดลอง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการทำงานของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธ์ข้าว

1.3.2 มีความเข้าใจในวิธีการออกแบบโครงสร้าง การเลือกใช้วัสดุ ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานทางด้านงานเกษตรกรรม

1.3.3 มีเครื่องทำความสะอาดที่สามารถประยุกต์ใช้กับเมล็ดพันธุ์อื่นๆ

1.3.4 เป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรในการทุ่นแรงมือด้วยการประยุกต์ใช้เครื่องจักรมาทดแทน

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.4.1 การทดลองความสมบูรณ์ของเมล็ดพันธุ์ข้าวกับเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว ใช้พันธุ์ข้าวที่เพาะปลูกทั่วไปของอำเภอพิชัย และอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ แต่ละครั้งจะใช้ข้าวสุ่มหยิบทำซ้ำจำนวน 2 ครั้ง

1.4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนทำการทดลองนำเข้าเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว กำหนดเปอร์เซ็นต์ไว้ไม่เกิน 14%

1.4.3 ปัจจัยที่ทดลองเป็นค่าที่สามารถปรับค่าได้ เช่น ความกว้างช่องปล่อยข้าว แรงลม องศาของแท่นรับข้าว จำนวนข้าวที่ทำการทดสอบ

1.4.4 ใช้วิธีการออกแบบการทดลองที่ 3 ระดับ สูง กลาง ต่ำ หรือ การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3^k Level

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ประสิทธิภาพ คือกระบวนการ วิธีการ หรือการกระทำใด ๆ ที่นำไปสู่ผลสำเร็จ โดยใช้ทรัพยากรต่าง ๆ อันได้แก่ ทรัพยากรทางธรรมชาติ แรงงาน เงินทุน และวิธีการดำเนินการหรือประกอบการ ที่มีคุณภาพสูงสุดในการดำเนินการได้อย่างเต็มศักยภาพ

การออกแบบการทดลอง คือวิธีการที่จะควบคุมการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระซึ่งถูกเรียกว่าปัจจัยของกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง แล้วดูผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตอบสนองของกระบวนการนั้น

ปัจจัย คือตัวแปรอิสระ ที่อาจจะส่งผลโดยตรงหรือโดยอ้อมกับค่าตอบสนองที่กำลังสนใจ

เมล็ดพันธุ์ข้าว คือเมล็ดข้าวที่เก็บไว้จากการปลูกข้าวครั้งก่อนที่เป็นข้าวเปลือกที่สามารถขยายพันธุ์ได้เมื่อนำไปปลูก

เครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว คือเครื่องทุ่นแรงโดยใช้เครื่องจักรทำงานแทนคน ที่มีการทำงานเพื่อให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความสะอาด ปราศจากเศษฝุ่น

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ได้พัฒนาและออกแบบเพื่อหาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นของปัจจัยจากการออกแบบการทดลองจากการศึกษามีทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไปนี้

2.1 ลักษณะทั่วไปของข้าว

2.2 การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

2.3 การทดสอบสมมติฐาน

2.4 การทดลองเชิงแฟคทอเรียล

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของข้าว

ข้าว เป็นพืชตระกูลหญ้า จัดอยู่ในวงศ์Poaceae หรือ Gramineae เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ในสกุล Oryza มีระบบราก เป็นแบบรากฝอย ลำต้นมีรูปร่างเป็นทรงกระบอก ภายในกลวง ประกอบไปด้วย ลักษณะที่เป็นข้อและปล้อง มีตาอยู่ตามข้อ โดยปกติตาที่อยู่ตามข้อส่วนล่างบริเวณใต้ผิวดินหรือเหนือ ดิน เล็กน้อยจะสามารถพัฒนาเป็นต้นใหม่ได้ ข้าวต้นหนึ่งๆ แตกหน่อได้5-15 หน่อ ใบข้าวมีลักษณะเรียวยาว เหมือนใบหญ้า มีกาบใบห่อหุ้มตาและลำต้นไว้ กาบใบและแผ่นใบเชื่อมต่อกัน ด้วยข้อต่อใบ ด้านบนของข้อต่อใบมีแผ่นบางๆ รูปสามเหลี่ยม ปลายแหลม เรียกว่า ลิ้นใบ และด้านนอกของข้อต่อใบมีส่วน ที่ยื่นออกมาคล้ายหางกระรอก เรียกว่า หูใบ ซึ่งเป็นลักษณะ ของข้าวที่แตกต่างจากพืชตระกูลหญ้าอื่นๆ ดอกของข้าวมีลักษณะเป็นช่อเกิดตรงส่วนปลายยอดสุดของลำต้น ประกอบ ด้วย ดอกย่อย (spikelet) เป็นจำนวนมาก แต่ละดอกหลัง จากผสมเกสรแล้วจะพัฒนาเป็นเมล็ดข้าว ซึ่งช่อดอกนี้ก็จะ กลายเป็นรวงข้าว เมล็ดข้าวจะสุกแก่และเก็บเกี่ยวได้ภายใน ระยะเวลา 25-30 วัน หลังจากผสมเกสร เปลือกหุ้มเมล็ด ข้าวมีสีแตกต่างกันตามพันธุ์ ตั้งแต่สีเหลืองอ่อนถึงเหลือง เข้ม สีฟาง ม่วงเข้ม หรือ ดำ ถ้าแกะเปลือกหุ้มเมล็ดออก จะได้เมล็ดข้าวที่เรียกว่า ข้าวกล้อง

ข้าวที่ปลูกกันในแถบเอเชียในปัจจุบันแบ่งเป็น 3 ชนิด (Subspecies) โดยอาศัยลักษณะความแตกต่างทางสัณฐานวิทยา และการปรับตัวตามสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน รวมทั้งการตอบสนองต่อช่วงแสง(นฤศันส์, 2541) ได้แก่

อินดิคา (Indica) เป็นข้าวเมล็ดยาวเรียว ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ตอบสนองต่อปุ๋ยน้อย แต่ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี เจริญเติบโตได้ดีในบริเวณเขตร้อน (tropical zone) ของทวีปเอเชียเช่น ไทย ฟิลิปปินส์ จีนตอนใต้และตอนกลาง กัมพูชา และอินเดีย เป็นต้น เป็นพันธุ์ที่มักมีการตอบสนองต่อช่วงแสง

2. จาโปนิกา (Japonica) เป็นข้าวเมล็ดป้อมสั้น ผลผลิตสูง ตอบสนองต่อปุ๋ยมาก มีเปอร์เซ็นต์อะไมโลสต่ำ เจริญเติบโตได้ดีในบริเวณเขตอบอุ่น (temperate zone) เช่น จีนตอนเหนือและตะวันออก ญี่ปุ่น เกาหลี และยุโรปตอนใต้ เป็นต้น ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง

3. จาวานิกา (Javanica) เป็นข้าวเมล็ดใหญ่ ป้อม เป็นข้าวต้นสูง ปลูกในประเทศอินโดนีเซียเท่านั้น ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง

สำหรับข้าวที่ปลูกในไทยเป็นพันธุ์ข้าวเมล็ดยาว คือ ข้าวอินดิกา แต่ประกอบด้วยหลายพันธุ์ทั้งที่มีการพัฒนาขึ้นใหม่ และข้าวพันธุ์พื้นเมืองซึ่งมีอยู่ประมาณ 3,500 พันธุ์ ซึ่งมีข้าวป่า ข้าวพื้นเมือง และข้าวที่ผสมโดยมนุษย์ขึ้นมาใหม่ แต่ข้าวพันธุ์ที่สร้างชื่อเสียงให้กับไทยมากที่สุด คือ ข้าวหอมมะลิ แต่การที่จะมีข้าวพันธุ์ที่ดีนั้นขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของเมล็ดพันธุ์จึงต้องมีการศึกษากระบวนการคัดแยกข้าวพันธุ์คุณภาพ

2.1.1 พันธุ์ข้าว

พันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกในหลายพื้นที่นั้นมีวิวัฒนาการที่แตกต่างกันไปตลอดระยะเวลายาวนาน การใช้พันธุ์ข้าวของเกษตรกรจะเป็น ไปตามสภาพภูมิศาสตร์ วัฒนธรรม วิถีชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมในพื้นที่นั้นๆ พันธุ์ข้าวที่มีอยู่โดยทั่วไปนั้น อาจแบ่งออก เป็นกลุ่มต่างๆ ได้ดังนี้

1. พันธุ์ข้าวโบราณ (primitive type) พันธุ์ข้าว เหล่านี้ยังมีลักษณะดั้งเดิมอยู่ เช่น มีหาง ร่วงง่าย ระยะพัก ตัวยาว มีรากที่ข้อ หรือมีลักษณะที่น่าสนใจ ที่พบได้บ่อย เช่น ต้านทานต่อแมลง ทนแล้ง ทนน้ำท่วม หรือมีความ สามารถดูดธาตุอาหารสูง พันธุ์ข้าวเหล่านี้ส่วนมากหาได้ ตามบริเวณที่มีข้าวป่าหรือวัชพืชที่เกี่ยวข้อง (weed race) ขึ้นอยู่ เช่น พันธุ์ข้าวปีก พันธุ์เบี้ยวเตี้ย

2. พันธุ์ข้าวลักษณะพิเศษ (specialty types) พันธุ์ข้าวปลูกที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ส่วนมากมีลักษณะเฉพาะ เช่น ต้านทานโรค ต้านทานแมลง ทนอากาศหนาว หรือทนดินที่มี ปัญหา ทำให้พันธุ์ข้าวเหล่านี้ ยังคงอยู่ในความนิยมของ เกษตรกรทั้งๆ ที่ส่วนมากอาจมีเมล็ดสั้น หรือคุณภาพไม่เป็นที่ นิยมของตลาด เช่น ขี้ช้าง หางยีประดู่แดง

3. พันธุ์ข้าวที่เลิกปลูกแล้ว (obsolete types) พันธุ์ข้าวเหล่านี้แต่ก่อนอาจเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง แต่ ปัจจุบัน ไม่มีปลูก อาจสูญพันธุ์ ไปหรือไม่เป็นที่นิยมปลูก เช่น นอนทุ่ง ขาวจำปี

4. พันธุ์ข้าวที่ปลูกเฉพาะถิ่น (minor varieties) กลุ่มนี้เป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ยังไม่ ได้รับการปรับปรุงแต่ มีปลูกมากในบางท้องถิ่น พันธุ์ข้าวเหล่านี้ยังมีความผันแปร มาก เกษตรกรอาจปลูกไว้ตามความต้องการของตนอาจมี อายุเหมาะสม คุณภาพเมล็ดดีหรือทนทานต่อสภาพแวดล้อม เช่น ก่ำดำ มันวัว ข้าวนก

5. พันธุ์ข้าวปลูกเป็นการค้า (commercial varieties) โดยทั่วไปแล้วข้าวกลุ่มนี้เป็น ข้าวพันธุ์ดีผ่านการคัดเลือกหรือปรับปรุงพันธุ์มาแล้ว มีการ ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีคุณภาพเมล็ดดีอาจ

เหมาะ กับตลาดภายในและภายนอกประเทศ จึงมีการปลูกกันอย่าง กว้างขวาง เช่น ขาวดอกมะลิ105 เหลืองประทิว 123 นางมล เอส 4

6. พันธุ์ข้าวให้ผลผลิตสูง (high-yielding varieties) พันธุ์ข้าวกลุ่มนี้เป็นผล จากการปรับปรุงพันธุ์ ได้พันธุ์ข้าวที่มีพันธุกรรมต้นเตี้ยหรือ สูงปานกลาง ทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตได้ เช่น กข1 กข21 กข23 สุพรรณบุรี60

ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าว
ที่มา: https://taejai.com/en/d/jp-thnaakhaaremldphanthuinthriiy/

2.1.2 การเลือกเมล็ดพันธุ์ข้าว

เมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยที่สำคัญ ถึงจะมีปัจจัยการผลิตอื่น ๆ ที่ดี แต่ถ้าขาดเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ที่ดีมีคุณภาพสูงแล้ว ผลผลิตก็ต่ำ ดังนั้น การเพาะปลูกถ้าได้ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ที่สมบูรณ์ก็ทำให้เกิดประโยชน์มาก ทั้งได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและมีปริมาณมีผลดีทางด้านเศรษฐกิจต่อเกษตรกรเอง เช่น ให้ผลผลิตสูง เป็นที่ต้องการของตลาด ได้ราคาดี ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี เปอร์เซ็นต์การงอกสูง เป็นต้น แต่ในเมล็ดข้าวพันธุ์นั้นจะมีสิ่งเจือปนอยู่หลายอย่าง เช่น ข้าววัชพืช ข้าวดีด ข้าวรีบ เมล็ดวัชพืช ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเป็นปัญหาในการเพาะปลูกข้าวของเกษตรกรเนื่องจากสิ่งที่เจือปนอยู่ในพันธุ์ข้าวจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวซึ่งเป็นปัญหาหลักของการเพาะปลูกข้าวของเกษตรกร ในการเลือกเมล็ดข้าวพันธุ์มีการเลือกดังต่อไปนี้ (สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร , 2556)

1. มีความบริสุทธิ์ตรงตามพันธุ์ ไม่มีพันธุ์ปนโดยเฉพาะข้าววัชพืช เช่น ข้าวแดงข้าวดีด และข้าวหางเกิน 0.25 %

2. ไม่มีสิ่งเจือปน เช่น เมล็ดลีบ เมล็ดวัชพืช กรวด หิน ดิน ทราย แมลงและกลุ่มก้อนเชื้อราเกิน 2%

3. มีความงอกไม่ต่ำกว่า 80 % คือ เพาะข้าว 100 เมล็ด ต้องออกไม่ต่ำกว่า 80 เมล็ด

4. มีความสม่ำเสมอทั้งขนาด รูปร่างน้ำหนัก และสีสัน เมื่อนำไปปลูกจะได้ต้นกล้าที่เจริญเติบโตออกดอก และเก็บเกี่ยวพร้อมกัน

5. มีความแข็งแรงสูง เมื่อนำไปปลูกจะได้ต้นกล้าที่เจริญเติบโตเร็ว ทนต่อสภาพแวดล้อม

6. เมล็ดสะอาด ไม่ค่อยมีแผลที่เกิดจากการทำลายของโรคและแมลง ซึ่งจะทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดลดลงและอาจเป็นแหล่งแพร่เชื้อโรคไปสู่แปลงข้างเคียง

7. มีความชื้นต่ำกว่า 14% แต่ถ้าจะเก็บรักษาในระยะยาว ควรตากแดดหรือลดความชื้นให้ต่ำกว่า 12%

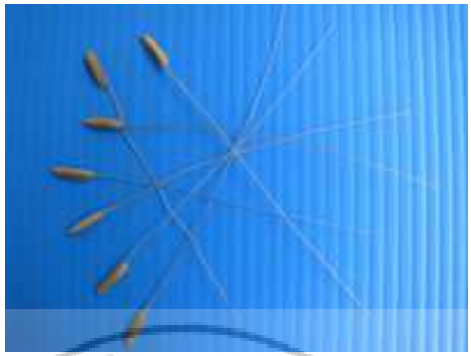
2.1.3 ลักษณะข้าววัชพืชและเมล็ดหญ้า

ข้าววัชพืช(weedy rice) เกิดจากการผสมข้ามระหว่างข้าวป่าที่พบทั่วไปในธรรมชาติ กับการปลูกข้าวเกิดเป็นลูกผสมที่มีการแพร่พันธุ์ออกเป็นหลายลักษณะ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นลักษณะที่ชาวนาไม่ต้องการ คือเปลือกเมล็ดที่มีสีดำและสีลายน้ำตาลแดง เมล็ดข้าวสารมีสีแดง ปลายเมล็ดมีหางและเมื่อสุกแก่เมล็ดจะร่วงก่อนเก็บเกี่ยวข้าวข้าววัชพืชสามารถจำแนกตามความแตกต่างทางลักษณะภายนอกเป็น 3 ชนิด คือ ข้าวหาง ข้าวดีดและข้าวแดงดังตารางที่ 1 ชนิดเป็นปัญหาร้ายแรงของชาวนา คือ ข้าวหางและข้าวดีด เพราะเป็นข้าววัชพืชชนิดร่วงก่อนเก็บเกี่ยว เจริญเติบโตได้รวดเร็วและสูงข่มข้าวปลูกในระยะแตกกอข้าวหาง และข้าวดีดจะออกดอกและเมล็ดจะสุกแก่ก่อนข้าวปลูกประมาณ 2 สัปดาห์ ชาวนาไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้เพราะเมล็ดร่วงเกือบหมด ทำให้ผลผลิตข้าวเสียหาย ระดับความเสียหายนั้นขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของข้าวหาง และข้าวดีด ส่วนของข้าวแดงที่ปนเป็นการชดเชยผลผลิตที่จะต้องเสียหายไปบางส่วนเพื่อจะขัดเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงออกให้เป็นเมล็ดข้าวสารสีขาว ข้าววัชพืชมีผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผลิตได้ใน 2 ลักษณะ คือ ความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ปัญหาหลักที่พบในปัจจุบันคือ การที่ข้าววัชพืชมีลักษณะของเมล็ดเหมือนกับข้าวปลูกทาให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ ทำให้เกษตรกรมีปัญหาในการคัดเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนปลูก และเกิดการปะปนของข้าววัชพืชในเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนทำการปลูกเป็นจำนวนมาก จึงต้องมีการศึกษาลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ข้าวปลูกเพื่อเป็นประโยชน์ในการจำแนกเมล็ดพันธุ์ข้าวปลูกและข้าววัชพืชออกจากกัน

ตารางที่ 1 ลักษณะข้าววัชพืช

ลักษณะที่ปรากฏ	ข้าวหาง (ข้าวนก)	ข้าวดีด (ข้าวเด้ง)	ข้าวแดง (ข้าวลาย)
สีเปลือกเมล็ด	ดำหรือน้ำตาลเข้ม	สีเหลืองฟาง	น้ำตาลแดง
เมล็ดข้าว	แดงและขาว	ส่วนใหญ่แดง	แดง
การร่วงของเมล็ด	ร่วง	ร่วง	
หางที่ปลายเมล็ด	หางยาว 5-10 ซม.	หางสั้นหรือไม่มี	ไม่มีหาง
%การติดเมล็ด	50%	80%	100%
ความสูงที่ระยะออกดอก	สูงกว่าต้นข้าวปลูก30-50%	สูงกว่าต้นข้าวปลูกหรือเท่ากัน	สูงกว่าต้นข้าวปลูก

ที่มา: นฤดล พอูนรัตน์ และคณะ , 2559 : 6



ภาพที่ 2.2 ลักษณะข้าววัชพืช

ที่มา : http://www.ricethailand.go.th/Rkb/weed/index.php-file=content.php&id=43.htm

ภาพที่ 2.3 ลักษณะข้าวแดง

ที่มา : http://www.ricethailand.go.th/Rkb/weed/index.php-file=content.php&id=43.htm

ภาพที่ 2.4 ลักษณะข้าวดีด

ที่มา : http://www.ricethailand.go.th/Rkb/weed/index.php-file=content.php&id=43.htm

ลักษณะของพืชที่จัดว่าเป็นวัชพืช ซึ่งจะมีลักษณะที่แตกต่างจากพืชปลูกอื่นๆ โดยมีการปรับตัวและมีวิวัฒนาการไปสู่สภาพที่มีการอยู่รอดมากขึ้น เช่น มีการขยายพันธุ์ได้ทีละมากๆ และแพร่พันธุ์ได้ง่าย รวดเร็วมีระยะการออกดอกและผลิตเมล็ดนาน สามารถผลิตเมล็ดในสภาพแวดล้อมที่ไม่สมบูรณ์ได้ เมล็ดมีความแข็งแรงและทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม มีระยะพักตัว บางชนิดสามารถปล่อยสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อพืชอื่น (allelochemicals) มีเหง้า ลำต้นใต้ดินซึ่งมีความทนทานต่อการกำจัดสูง การกำจัดโดยคนหรือโดยสัตว์ทำได้ลำบากยิ่งขึ้น (Hill, 1977) พืชอื่นทุกชนิดที่เกิดขึ้นในนาที่ได้ปลูกข้าวไว้ มีวัชพืชหลายชนิดในนาที่ปลูกข้าวในประเทศไทย นาบางแห่งมีวัชพืชมาก นาบางแห่งมีวัชพืชน้อย และนาแต่ละแห่งก็มีวัชพืชชนิดต่างกันด้วย เพราะการเกิดของวัชพืชในนาข้าวนั้นแตกต่างกันไปตามท้องที่ และวิธีการทำนาปลูกข้าว ปกตินาหว่านมีวัชพืชมากกว่านาดำ เพราะนาดำมีการเตรียมดินดีกว่า และมีการเก็บวัชพืชออกไปจากแปลงนาก่อนการปักดำด้วย

2.1.4 การคัดแยกขนาดข้าวพันธุ์

ข้าวเปลือกมีคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญต่อการออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกข้าวพันธุ์คุณภาพโดยมีโดยผลการศึกษาความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกอยู่ระหว่าง 10.30 – 10.51 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก), มีความยาว 8.51 ถึง11.94 มิลลิเมตร ความกว้าง 2.10 ถึง 2.97 มิลลิเมตร ความหนา 1.44 ถึง 2.23มิลลิเมตร, อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง 3.24 ถึง 5.19 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลอยู่ระหว่าง 4.07 ถึง 3.37 มิลลิเมตร น้ำหนักเมล็ดต่อ 1,000 เมล็ดของข้าวเปลือกเท่ากับ 28.30 กรัม ความหนาแน่นของข้าวเปลือก 533.50 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มุมเสียดทานของข้าวเปลือกกับแผ่นเหล็กทดลองเท่ากับ 67.75 องศา มุมของข้าวเปลือกเท่ากับ 21 องศา (พิศมาส, 2558) การคัดแยกข้าวพันธุ์ด้วยตะแกรงหลุมกลมสิ่งที่ต้องคำนึงถึงนั่นคือ ความยาวของเมล็ดข้าวพันธุ์เป็นหลัก เพราะเมล็ดข้าวพันธุ์แต่ละพันธุ์นั้นจะมีความยาวที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2 สามารถแบ่งความยาวของเมล็ดพันธุ์ข้าวได้เป็น 3 ระดับ คือ

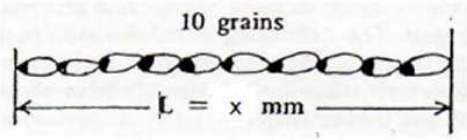
1. ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 1 (long grain class 1) คือ มีความยาวมากกว่าหรือเท่ากับ 7.5 mm

2. ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 2 (long grain class 2) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5 mmถึง 7.5 mm

3. ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 3 (long grain class 3) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดความยาวมากกว่าหรือเท่ากับ5.5 mm ถึง 6.5 mm

4. ข้าวเมล็ดสั้น (short grain) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดความยาวไม่เกิน 5.5 mmในการหาความยาวของเมล็ดพันธุ์ข้าวจะนำพันธุ์ข้าวจำนวน 10 เมล็ดมาเรียงต่อกันและวัดความยาวทั้งหมด เมื่อได้ความยาวทั้งหมดแล้วจะหารด้วยจำนวนเมล็ดที่นำมาเรียงต่อกันดังภาพที่ 3 และความยาวของเมล็ดข้าวเปลือกสายพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย

$$\text{ความยาวเมล็ดพันธุ์ (มิลลิเมตร)} = \frac{\text{ความยาวข้าวพันธุ์ 10 เมล็ดเรียงต่อกัน (มิลลิเมตร)}}{\text{จำนวนเมล็ดพันธุ์เรียงต่อกัน}}$$



ภาพที่ 2.5 การวัดขนาดความยาวของเมล็ดพันธุ์

ที่มา: นฤดล พอูนรัตน์ และคณะ ,2559 : 16

2.1.5 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์คือ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเมล็ดพันธุ์ โดยมีหน่วยวัดเป็นอัตราส่วนร้อยละของน้ำหนักน้ำที่อยู่ในเมล็ดพันธุ์ต่อน้ำหนักมวลรวมของเมล็ดพันธุ์นั้น (น้ำหนักฐานเปียก) และปริมาณน้ำนี้เมื่ออยู่ในเมล็ดพันธุ์ก็จะมีมูลค่าเท่ากับราคาซื้อขายเมล็ดพันธุ์นั้น การกำหนดและควบคุมระดับความชื้นของเมล็ดพันธุ์จึงมีผลต่อค่าใช้จ่ายและต้นทุนในการผลิต นอกจากนั้นระดับความชื้นจะมีผลกระทบต่อความต้านทานในการแตกร้าวของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเคลื่อนย้าย หรือถูกปฏิบัติด้วยแรงหรือเครื่องจักรกลต่าง ๆ ในระดับความชื้นที่พอเหมาะ เมล็ดพันธุ์จะต้านทานต่อการแตกร้าวมากกว่าที่ระดับความชื้นที่ต่ำกว่า หากความชื้นสูงเกินไปแม้จะต้านทานการแตกร้าวได้ดี แต่ความต้านทางต่ออาอาบอบซ้ำจะลดลง สิ่งสำคัญเหนืออื่นใด บทบาทของความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่เป็นปัญหาสำคัญคือ ผลกระทบต่อสุขภาพของเมล็ดพันธุ์ ทั้งที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของตัวเมล็ดพันธุ์เองและการรุกรานของจุลินทรีย์ที่อยู่ร่วมกับมวลเมล็ดพันธุ์นั้น กล่าวคือ ระดับความชื้นเป็นตัวเร่งอัตราการเสื่อมความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างเก็บรักษา และยังมีผลต่อการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูในโรงเก็บอีกประการหนึ่งด้วย สาเหตุอันเนื่องมาจากเมล็ดพันธุ์มีคุณสมบัติเป็นไฮโกรสโคปิก (hygroscopic) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงระดับความชื้นและควบคุมระดับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ตามเงื่อนไขนี้ว่า ความชื้นสมดุลของเมล็ดพันธุ์ (seed equilibrium moisture content)

การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์คือ การนำน้ำออกจากเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการที่ปลอดภัยต่อตัวของเมล็ดพันธุ์เอง ด้วยการสร้างบรรยากาศและควบคุมให้เกิดการระเหยขึ้นกันเมล็ดพันธุ์ให้ได้ตามที่กำหนด โดยการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ในเรื่องความชื้นกับบรรยากาศและเมล็ดพันธุ์ เพื่อสร้างและกำหนดขอบเขตของการลดความชื้นให้ได้อย่างเหมาะสมถูกต้องตามต้องการ ซึ่งสรุปส่วนที่เป็นสาระสำคัญได้ ดังนี้ (การปรับปรุงเมล็ดพันธุ์,กรมการข้าว)

1. การระเหยน้ำจากเมล็ดพันธุ์จะเกิดขึ้น เมื่อความดันไอของน้ำในเมล็ดพันธุ์สูงกว่าในบรรยากาศ ทั้งนี้ ความชื้นของเมล็ดพันธุ์จะไม่ลดลงเลยเมื่อถึงสภาพสมดุลกับบรรยากาศนั้น นั่นคือความ

ดันไอภายในเมล็ดพันธุ์เท่ากันกับความดันไอของอากาศภายนอกโดยระดับความชื้นสมดุลย์ของเมล็ดพันธุ์ซึ่งจะแปรผันตามชนิดของเมล็ดพันธุ์และคุณสมบัติของอากาศที่รายรอบอยู่

2. ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะแปรผันโดยตรงกับระดับความดันไอ นั่นคือ หากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง ความดันไอก็จะสูงด้วย ในขณะที่ความชื้นสัมพันธ์ของอากาศต่ำ ความดันไอก็จะต่ำลงด้วย ทั้งนี้หากเพิ่มอุณหภูมิอากาศปกติให้สูงขึ้น ก็จะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศนั้นลดต่ำลง ความดันไอของอากาศก็จะต่ำตามลงไปด้วย

3. ขบวนการลดความชื้นเมล็ดพันธ์ที่มีประสิทธิภาพต้องสร้างภาพให้เกิดการระเหยน้ำ และนำพาน้ำที่ระเหยออกจากมวลเมล็ดพันธุ์ในขณะเดียวกัน โดยที่การระเหยน้ำจากเมล็ดพันธุ์ จะเกิดขึ้นรอบ ๆ บริเวณผิวเมล็ดพันธุ์ ในขณะที่ภายในเมล็ดพันธุ์จะเกิดขบวนการเคลื่อนย้ายความชื้นจากเซลล์สู่เซลล์หรือจากโมเลกุลสู่โมเลกุล เพื่อรักษาระดับสมดุลตามธรรมชาติ

2.1.6 การวัดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

ในการเก็บเกี่ยวข้าวเปลือกความชื้นสามารถบ่งบอกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวได้ จากการศึกษาพบว่าความชื้นข้าวเปลือกที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวอยู่ที่ประมาณ 20~25%(ฐานมวลชื้น) ข้าวจะแก่เต็มที่ และถ้าปล่อยให้แห้งอีกต่อไปในแปลง เมื่อเก็บเกี่ยวก็จะเกิดความสูญเสียจากการร่วงหล่นในแปลงนามากทำให้ผลผลิตลดลง เช่นเดียวกันการเก็บรักษาข้าวเปลือกที่ความชื้นเกิน 14% อาจได้รับความเสียหายจาก การเข้าทำลายของจุลินทรีย์ ยีสต์ และราที่เจริญเติบโตได้ดีในข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงและอุณหภูมิที่พอเหมาะ ยิ่งความชื้นภายในเมล็ดสูงจะทำให้อัตราการหายใจสูงตาม การหายใจของเมล็ดทำให้เกิดความร้อนสะสมภายในกองข้าวเปลือก ความร้อนที่สะสมจะยิ่งสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษายาวนานซึ่งมีผลต่อคุณภาพข้าวเปลือกที่ลดต่ำลง ความเสียหายจะเกิดในลักษณะการเกิดเมล็ดข้าวเหลืองหรือข้าวฟันหนูได้มีการทดลองการเก็บรักษาข้าวเปลือกที่ระดับความชื้นต่าง ๆ กันเป็นเวลา 1 ปี พบว่าที่ความชื้นข้าวเปลือกต ่ากว่า 14% โดยมีการระบายอากาศในกองเมล็ดข้าวที่เหมาะสมสามารถเก็บรักษาได้ไม่แสดงผลการเกิดข้าวเหลือง เพิ่มขึ้นการตรวจวัดความชื้นในเมล็ดพืชที่ถูกต้องและแม่นยำจึงมีผลอย่างมากต่อทุกขั้นตอนการปฏิบัติต่อข้าวเปลือกเพื่อให้รักษาคุณภาพได้ดี

การวัดความชื้นในเมล็ดพืช

การวัดความชื้นในเมล็ดพืช สามารถวัดได้ทั้งทางตรง (direct method) ซึ่งให้ความแม่นยำสูงแต่ต้องเสียเวลาในการปฏิบัตินานมีขั้นตอนมาก และการวัดแบบทางอ้อม (indirect method) สามารถตรวจวัดค่า ความชื้นในเมล็ดพืชได้รวดเร็วกว่า วิธีการนี้จะใช้เครื่องมือในการวัดซึ่งเรียกว่าเครื่องวัดความชื้นเมล็ดพืช เครื่องวัดความชื้นเมล็ดพืชนี้สะดวกเมื่อใช้งานในสนามเพราะมีขนาดเล็กขั้นตอนการวัดไม่ยุ่งยาก แสดงค่าความชื้นได้โดยตรงจากเครื่องวัด ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดความชื้นนี้จะเป็ นเปอร์เซ็นต์

ฐานมวลชื้นซึ่งใช้วัดในการซื้อขายหรือใช้ทางการค้า ซึ่งโดยทั่วไปจะบอกแค่เปอร์เซ็นต์(%) ก็เป็นที่เข้าใจว่าเป็นเปอร์เซ็นต์ฐานมวลชื้น เช่น ข้าวเปลือกความชื้น 16 % เป็นต้น

1. วิธีวัดทางตรง (Direct Methods) วิธีนี้ส่วนใหญ่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

1.1 วิธีใช้ตู้อบไฟฟ้ า (Hot air oven) เป็นการไล่ความชื้นหรือน้ำออกจากเมล็ดพืช ตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอน โดยการนำไปอบไล่ความชื้นในตู้อบ แล้วจึงชั่งน้ำหนักเมล็ดพืชแห้งหลังจากที่ไล่ความชื้นออกไปจนหมดแล้วเอาไปคำนวนหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเมล็ดพืช สำหรับอุณหภูมิที่ใช้อบมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับชนิดของเมล็ดพืชและ มาตรฐานที่ใช้วัด

ก. การใช้อุณหภูมิสูง 130 องศาเซลเซียส

(1) ขั้นตอนเดียว ใช้กับเมล็ดพืชที่มีความชื้นต่ำกว่า 13% บดเมล็ดพืชตัวอย่างหนักประมาณ 2-3 กรัม นำไปอบที่ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เอาออกมาปล่อยทิ้งให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้น (Desiccators) แล้วจึงชั่งน้ำหนักของเมล็ดพืช

(2) สองขั้นตอน ใช้กับเมล็ดพืชที่ความชื้นสูงกว่า 13% อบทั้งเมล็ดที่ 130 องศาเซลเซียส จนความชื้นเหลือประมาณ13% (โดยทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 14-16 ชั่วโมง) แล้วจึงทำเหมือนกับวิธีขั้นตอนเดียวต่อไป

ข. การใช้อุณหภูมิต่ำ 100 องศาเซลเซียส ใช้ตัวอย่างหนัก 25-30 กรัม อบที่อุณหภูมิ 99-100 องซาเซลเซียส ในตู้อบเป็นเวลา 72-96 ชั่วโมง เอามาปล่อยทิ้งให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้นแล้วจึงชั่งน้ำหนักแห้ง

ค. การใช้อุณหภูมิ 135 องซาเซลเซียส โดยไม่กำหนดความชื้น บดเมล็ดพืชตัวอย่างและอบที่ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปล่อยทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนักแห้ง

อุปกรณ์ที่ใช้กับการหาความชื้นแบบตู้อบ

1. ภาชนะบรรจุตัวอย่างที่เก็บรวบรวมไว้ ซึ่งควรเป็นภาชนะที่ปิดสนิทสามารถป้องกันความชื้นได้ดี

2. เครื่องชั่ง (Scale) ความละเอียดอย่างต่ำ 0.1 มิลลิกรัม

3. กระป๋องใส่ตัวอย่างในตู้อบ (Dishes) ควรจะทำด้วยวัสดุที่ไม่เป็นสนิม เช่น อลูมิเนียมอย่างดี เส้นผ่าศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 55 มม. ความสูงประมาณ 15 มม. และมีฝาปิดที่สนิท และควรที่จะมีการตรวจสอบ น้ำหนักทุก ๆ ปี หรือหลายครั้งต่อปี

4. โถแก้วดูดความชื้น (Desiccators) แสดงตัวอย่างในภาพที่ 2.6 โถแก้วจะต้องสามารถปิดสนิทอากาศผ่านเข้าออกไม่ได้ ในโถแก้วบรรจุด้วยสารดูดความชื้น เช่น Activated Alumina หรือ Silica gel

ภาพที่ 2.6 โถแก้วดูดความชื้น

ที่มา: http://www.snp-scientific.com/product/โถดูดความชื้น-desiccator/

5. ตู้อบไฟฟ้า (Oven) เป็ นแบบที่มีพัดลมระบายอากาศได้ (force draft) อุณหภูมิในตู้ควรจะสม่ำเสมอและขึ้นลงไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส ชั้นวางกระป๋องตัวอย่างควรเป็นตะแกรงรู หรือตะแกรงลวด เพื่อให้อากาศร้อนในตู้อบระบายได้ดีและสม่ำเสมอ

ภาพที่ 2.7 ตู้อบไฟฟ้า

ที่มา: http://www.snp-scientific.com/product/ตู้อบไฟฟ้า-oven/

1.2 วิธีการกลั่น โดยการใส่เมล็ดพืชหนัก 100 กรัม ลงไปในขวดแก้วก้นกลม (FLASK) ซึ่งมีน้ำมันพืช 150 ลูกบาศก์ เซ็นติเมตรอยู่ ชั่งหาน้ำหนักแล้วจึงต้มไล่ความชื้นจนถึงอุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส การหาน้ำหนักอาจจะหา ได้โดยตรงจากการทำให้ไอน้ำที่ถูกไล่ออกมากลั่นตัวเป็นหยดน้ำ หรือโดยการชั่งน้ำหนักรวมของเมล็ดพืชแห้ง น้ำมันพืชและขวดแก้วหลังจากการต้ม

1.3 การหาโดยใช้แสงอินฟราเรด เครื่องมือที่ใช้มีลักษณะดังภาพที่ 2.8 เป็นการไล่น้ำออกจากเมล็ดพืชโดยความร้อนแล้วอ่านค่าความชื้นได้ จากสเกลแสดงความชื้น โดยมีวิธีการดังนี้

1. วางตุ้มน้ำหนัก 5 กรัม ไว้บนจานด้านซ้ายมือ แล้วจึงใส่เมล็ดพืชที่บดละเอียดลงไปบนจานขวามือ ให้ได้น้ำหนัก 5 กรัม โดยดูจากเข็มแสดงระดับสมดุลย์ จะชี้เลขศูนย์บนสเกลแสดงระดับ

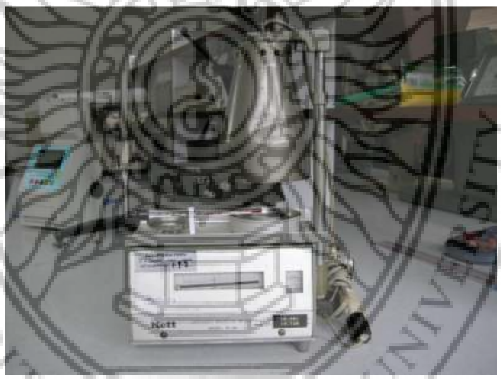
2. เข็มบอกความชื้น จะชี้ที่ความชื้นเริ่มต้นศูนย์ บนสเกลความชื้น

3. ให้ความร้อนจากหลอดอินฟราเรดไล่น้ำออกจากเมล็ดพืช เมื่อน้ำถูกไล่ออกไปน้ำหนักเมล็ดพืชก็จะ ลดลงไปเรื่อยๆ ทำให้เครื่องชั่งเอียง ซึ่งก็จะมีผลทำให้เข็มแสดงสมดุลย์กระดกขึ้น

4. โดยก้านปรับเข็มความชื้นและหัวเกี่ยวเข็มความชื้น ดึงเข็มชี้บอกความชื้นมาทางขวามือจนเข็มแสดงสมดุลชี้เลขศูนย์บนสเกลสมดุลย์

5. ค่าความชื้นที่เข็มแสดงความชื้นขึ้นอยู่ก็คือเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดพืชในขณะนั้น

6. ทำต่อไปจนกระทั่งเข็มแสดงสมดุลย์อยู่คงที่ ที่เลขศูนย์แสดงว่าความชื้นได้ออกไปจากเมล็ดพืชจนหมดแล้ว ค่าความชื้นที่อ่านได้จากเข็มชี้แสดงความชื้นก็คือ ค่าความชื้นในเมล็ดพืชที่ต้องการวัด



ภาพที่ 2.8 เครื่องมือการหาความชื้นด้วยคลื่นอินฟราเรด

ที่มา: http://www.doa.go.th/aeri/files/KM/moisture%202.pdf

2. วิธีวัดทางอ้อม (Indirect Methods) วิธีนี้จะเครื่องมือในการวัดโดยใช้คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเมล็ดพืช มี2 วิธีคือ

2.1 วิธีการใช้ความต้านทานกระแสไฟฟ้ า (Electrical Resistance Method) เนื่องจากความต้านทานหรือการนำไฟฟ้ าของวัสดุขึ้นอยู่กับความชื้นภายใน ดังนั้นเมื่อทราบความต้านทานไฟฟ้าของเมล็ดพืชก็สามารถเปรียบเทียบเป็นค่าความชื้นได้

ในการวัดค่าความต้านทานนั้น เมล็ดพืชจะถูกบดอัดอยู่ระหว่างแผ่นโลหะสองแผ่น ซึ่งทำหน้าที่เป็น ขั้วไฟฟ้า ค่าความชื้นที่อ่านได้จากเครื่องวัดคือ ค่าความต้านทานไฟฟ้าของตัวอย่างเมล็ดพืช การ

วัดค่าความชื้น โดยการวัดความต้านทานไฟฟ้าเป็นการวัดที่ง่ายและรวดเร็ว ขนาดของเครื่องมีขนาดกะทัดรัด เหมาะกับการเคลื่อนย้ายหรือนำติดตัวไปใช้นอกสถานที่ได้ ข้อเสียของเครื่องวัดแบบนี้ก็คือ เมล็ดพืชที่เพิ่งผ่านการลดความชื้น (Drying) และเมล็ดพืชที่เปียกจากฝนหรือแช่น้ำ (Rewet) จะวัดได้ต่ำและสูงเกินความเป็นจริงเป็นเพราะการกระจายตัวของความชื้นในเมล็ดไม่สม่ำเสมอโดยที่ผิวของเมล็ดจะแห้งกว่าภายในเมล็ดในกรณีที่เพิ่งผ่านการอบแห้ง และชื้นกว่าภายในเมล็ดในกรณีโดนฝน เช่นเดียวกับกรณีที่เมล็ดพืชมีความชื้นไม่สม่ำเสมอ (Nonuniform) ก็จะทำให้การวัดค่าความชื้นผิดพลาดได้ เนื่องจากการวัดโดยวิธีนี้ใช้ตัวอย่างเมล็ดพืชจำนวนน้อย ในการวัดแต่ละครั้ง การวัดความชื้นโดยวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้ า ของเมล็ดพืช (Resistance Method) ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 7-23% ความชื้นที่สูงหรือต่ำกว่านี้จะให้ค่าความชื้นที่คลาดเคลื่อน เพราะค่าความชื้นที่ต่ำและสูงมาก ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของเมล็ดพืชจะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และจะวัดได้ค่อนข้างแม่นยำระหว่างความชื้น 11-16% อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องวัดความชื้นให้วัดได้ค่าที่ถูกต้อง ยังขึ้นกับสภาพของเครื่องและการใช้งานของผู้ปฏิบัติงานด้วยเช่นกัน โดยเครื่องวัดแต่ละยี่ห้อทางบริษัทผู้ผลิตได้ผ่านการทดสอบและปรับค่า (Calibrated) กับวิธีมาตรฐานแล้ว เพราะฉะนั้นผู้ใช้สมควรปฏิบัติตามข้อกำหนดของเครื่องที่แนบมาพร้อมกับเครื่องวัดแต่ละเครื่อง เนื่องจากการวัดโดยวิธีนี้มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ อุณหภูมิเมล็ดพืช ความชื้นและความหนาแน่น (การอัดตัวของเมล็ด)

2.2 วิธีการวัดค่าความจุไฟฟ้าของเมล็ดพืช(Dielectric Methods, Capacitance) ค่าความจุไฟฟ้าของวัสดุขึ้นอยู่กับค่าความชื้นและความสามารถของตัวเก็บประจุ (condensor) หรือ ค่าความจุไฟฟ้าเป็นผลมาจากคุณสมบัติไดอิเลคตริคของวัสดุที่ใส่อยู่ระหว่างแผ่นคู่ขนานของตัวเก็บประจุ โดยวัสดุที่มีความชื้นก็จะมีค่าคงที่ไดอิเลคตริค(dielectric constant)สูงวัสดุที่แห้งก็จะมีค่าต่ำ น้ำบริสุทธิ์มีค่าคงที่ไดอิเลคตริคเท่ากับ 80 ที่ 20 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นในเมล็ดพืชที่ได้จากการวัดค่าความจุไฟฟ้านี้ จะมีปัญหาเรื่องความผิดพลาดน้อยกว่าค่าที่ได้จากการวัดโดยใช้ค่าความต้านทาน เนื่องจากการกระจายตัวของความชื้นในเมล็ด ทั้งเมล็ดแห้งและเมล็ดชื้นไม่มีผลต่อการวัดโดยวิธีนี้ อีกทั้งยังมีช่วงการวัดที่สูงกว่าแบบวัดโดย ความต้านทาน และยังใช้จำนวนตัวอย่างแต่ละครั้งมากกว่า จึงเป็นตัวแทนของเมล็ดทั้งหมดได้ดีกว่า แต่ข้อเสียของวิธีนี้ ก็คือ การอัดตัวของเมล็ดหรือความหนาแน่นของเมล็ด จะมีผลต่อการวัดค่าความชื้นมากกว่าแบบวัดค่า ความต้านทาน เช่นเดียวกับวิธีวัดโดยใช้ค่าความต้านทาน การวัดโดยใช้ค่าความจุไฟฟ้ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องเช่นเดียวกัน คือ อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น รวมทั้งสภาพของเครื่องวัด และวิธีการใช้งานจะมีผลต่อค่าที่วัดได้ ดังนั้นผู้ใช้งานควรปฏิบัติตามข้อกำหนดของแต่ละเครื่องที่แนะนำมาให้ตามคู่มือการใช้และปฏิบัติให้ถูกวิธี เครื่องวัดแบบนี้นิยมใช้ในการวัดความชื้นข้าวโพดในการซื้อขาย

ภาพที่ 2.9 เครื่องวัดค่าความจุไฟฟ้าของเมล็ดพืช

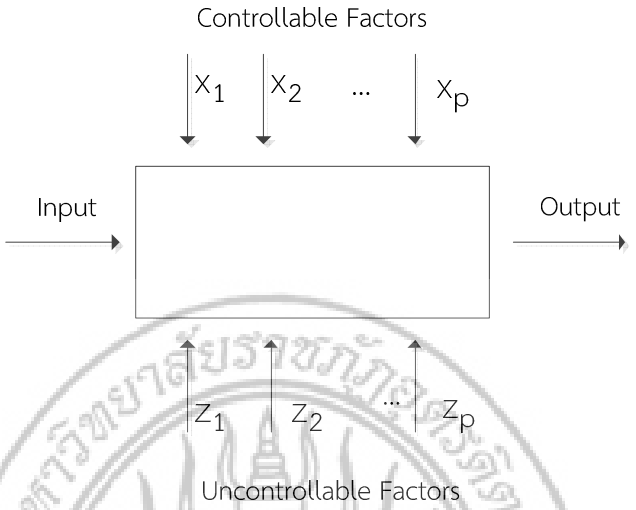
2.2 การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

การทดลอง (Experiment) คือการจำลองสภาพความเป็นจริงให้มาอยู่ในสภาพที่สามารถควบคุมได้ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริงอันเป็นผลจากการปฏิบัติในการศึกษาทดลอง โดยที่การทดลองจะแบ่งเป็นการทดลองเบื้องต้นคือการทดลองเพื่อให้ทราบผลอย่างกว้างๆ ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะนำไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป และการทดลองขั้นตัดสินใจ เป็นขั้นตอนการนำสิ่งที่คัดเลือกได้จากการทดลองเบื้องต้นมาทำการทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบหรือหาสิ่งที่ดีที่สุดในกลุ่มโดยจะมีการใช้แผนการทดลองแบบต่างๆ

การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ หมายถึง กระบวนการในการวางแผนการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ ซึ่งจะทำให้สามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลได้

การใช้วิธีการเชิงสถิติในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกคนที่เกี่ยวข้องจะต้องมีความเข้าในล่วงหน้าว่ากำลังศึกษาอะไรอยู่ จะเก็บข้อมูลได้อย่างไร และจะวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บได้นั้นอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการทดลองคือ เพื่อที่จะศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำงานของกระบวนการและระบบ ซึ่งกระบวนการและระบบจะแสดงดังภาพที่ 2.9 และไม่ว่าจะอยู่ในสาขาวิชาใดก็ตาม การทดลองอาจจะเกี่ยวข้องในการทำงานไม่มากก็น้อยขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่เป็นอยู่ ซึ่งคำนิยามของกระทดลองแบบง่ายๆ คือ เป็นการทดสอบที่มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรขาเข้า (Input variable) ของกระบวนการหรือระบบ เพื่อว่าเราสามารถสังเกต หรือบ่งชี้ถึงเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นกับผลตอนขาออกได้(ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์,2551)



ภาพที่ 2.9 แบบจำลองทั่วไปของกระบวนการหรือระบบ
ที่มา: Montgomery, 2001 : 2

จากสภาพสามารถอธิบายได้ว่ากระบวนการคือ การรวมกันของเครื่องจักร วิธีการ คน และทรัพยากรอื่นๆ เข้าด้วยกันเพื่อเปลี่ยน Input ให้เป็น Output ที่มีผลตอบออกมาในรูปแบบหนึ่งหรือมากกว่า โดยที่ตัวแปรของกระบวนการการบางตัว x_1 , x_2,...x_p เป็นตัวแปรที่สามารถควบคุมได้

ในขณะที่ตัวแปรอื่น z_1,z_2,....z_q เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นในการออกแบบทดลองจึงมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. หาตัวแปรที่มีผลต่อ Y มากที่สุด
2. หาวิธีการตั้งค่าที่มมีผลต่อ Y ที่ทำให้ได้ค่า Y ตามต้องการ
3. หาวิธีการตั้งค่า X ที่มีผลต่อ Y ที่ทำให้ได้ค่า Y มีความแปรปรวนน้อยที่สุด
4. หาวิธีการตั้งค่า X ที่มีผลต่อ Y เพื่อให้ผลของตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้คือ Z_1,Z_2,...Z_q มีค่าน้อยที่สุด

การออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experiment:DOE) เป็นเทคนิคทางสถิติชั้นสูงที่ใช้ในการปรับค่าสภาวะของกระบวนการให้เป็นไปตามสภาพที่เราต้องการ ซึ่งข้อแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดระหว่างวิธีการโดยทั่วไปกับเทคนิคของการออกแบบการทดลอง คือ วิธีการโดยทั่วไปมักเป็นการทดลองแบบ ลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองปรับตั้งค่ากระบวนการทีละค่า (One-Factor-at-a-Time) โดยทั่วไปแล้วการออกแบบการทดลองแบบ One Factor at a Time จะให้ผลตอบสรองเข้าสู่จุดมุ่งหมายที่ต้อการได้ช้ามาก และสิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์ รวมถึงต้องเก็บข้อมูลมาก และยังไม่เหมาะสม

อย่างยิ่งกับกระบวนการที่มีผลของความสัมพันธ์ร่วม (Interaction Effect) ระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยกันเอง

การออกแบบการทดลอง คือ ให้ผลของความแม่นยำและความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างสูง โดยสามารถระบุออกมาเป็นค่าตัวเลขทางสถิติที่แสดงถึงค่าระดับความสำคัญของตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการ นอกจากนี้ยังมีความรวดเร็วในการดำเนินการตรวจสอบสาเหตุของปัญหา โดยทั่วไปแล้วถ้าหากเรามีปัจจัยในการทดสอบอยู่ประมาณ 10 ปัจจัย ซึ่งในการดำเนินการทดสอบดูว่าปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลจริงต่อกระบวนการด้วยวิธีแบบ One Factor at a Time จะใช้เวลานานถึง 1 ปี ในการตรวจสอบได้ครบทุกปัจจัย แต่ด้วยวิธีการอกแบบและวิเคราะห์การทดลองจะใช้วเลาเพียงแค่ 1-3 อาทิตย์เท่านั้น ในการตรวจสอบปัจจัยดังกล่าวการใช้วิธีการเชิงสถิติในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกคนที่เกี่ยวข้องจะต้องมีความเข้าใจล่วงหน้าว่ากำลังศึกษาอะไรอยู่ จะเก็บข้อมูลได้อย่างไร และจะวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บได้นั้นอย่างไร

2.2.1 วัตถุประสงค์ในการออกแบบการทดลอง

- เพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยใดมีผลต่อสิ่งที่สนใจ
- เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้สิ่งที่สนใจใกล้เคียงค่าที่ต้องการมากที่สุด
- เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้ความแตกต่างของสิ่งที่สนใจน้อยที่
- เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้ผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้มีค่าน้อยที่สุด
- เพื่อเป็นประโยชน์ของการออกแบบการทดลองในการพัฒนากระบวนการผลิต
- ช่วยเพิ่มผลผลิต (Yield)
- ช่วยลดความแปรปรวนทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ ได้ตามค่าที่ต้องการ
- ช่วยลดเวลาในการพัฒนากระบวนการผลิต
- ช่วยเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์
- ช่วยลดต้นทุน

2.2.2 ประโยชน์ของการออกแบบการทดลองในการออกแบบเชิงวิศวกรรม

- ช่วยในการวิเคราะห์เลือกรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม
- ช่วยในการวิเคราะห์เลือกวัตถุดิบที่เหมาะสม
- ช่วยในการเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ
- ช่วยในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ทำงานได้ดีที่สุด

2.2.3 หลักการพื้นฐานสำหรับการออกแบบการทดลอง

2.2.3.1 เรพลิเคชั่น (Replication) เป็นการทดลองซ้ำๆ โดยมีคุณสมบัติ 2 ประการคือ

- ทำให้ผู้ทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้

- ถ้าค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้ประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่ง ดังนั้นเรพลิเคชั่นทำให้ผู้ทดลองหาตัวประมาณที่ถูกต้องขึ้น

2.2.3.2 แรมดอมไมเซชั่น (Randomization) หมายถึง การทดลองที่ทังวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่าข้อมูลจะต้องเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระแรนดอมไมเซชั่นทำให้สมมติฐานนี้เป็นจริง นอกจากนี้การใช้วิธีการสุ่ม (Random) ทำให้สามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจจะปรากฏในการทดลองได้

2.2.3.3 บล็อกกิง (Blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรงให้แก่การทดลอง บล็อกอันหนึ่งอาจหมายถึง ส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่ควรเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากกว่าเซตทั้งหมด

2.2.3 ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง

1) กำหนดและทำความเข้าใจปัญหา คือการศึกษาและทำความเข้าใจกระบวนการหรือระบบ เพื่อกำหรดปัญหาในการออกแบบการทดลองให้แน่ชัด ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการทดลอง บางคนอาจคิดว่าขั้นตอนนี้ง่ายและตรงไปตรงมา แต่ในขั้นตอนนี้อาจจะต้องพยายามพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง และบ่อยครั้งที่จะต้องหาข้อมูลสำหรับป้อนเข้าจากบุคคลหรือหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น แผนกวิศวกรรม แผนกประกันคุณภา แผนกผลิต แผนกการตลาด ลูกค้าและแผนกบุคคล ถ้อยแถลงของปัญหาที่มีความชัดเจนจะมีผลอย่างมากต่อความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการ และคำตอบสุดท้ายของปัญหานั้น ด้วยเหตุนี้เองการออกแบบการทดลองทุกครั้งควรจะมี การทำงานเป็นทีม ซึ่งจะเห็นได้ว่า “ ประสบการณ์ขององค์กร” เป็นองค์ประกอบหนึ่งของการออกแบบการทดลองเพราะเป็นจุดเริ่มต้นของการดำเนินงาน คือการใช้ประสบการณ์คาดคะเนว่าปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อปัญหาที่สนใจ ซึ่งหากไม่มีในส่วนของประสบการณ์ขององค์กรเข้ามาเกี่ยวข้องเลย (เช่น ทีมงานเป็นพนักงานใหม่ทั้งหมด) การออกแบบการทดลองก็ยังคงดำเนินต่อไป แต่จะใช้เวลาที่นานขึ้นเพราะต้องเสียเวลาในการตรวจสอบทุกปัจจัยที่มีอยู่ทั้งหมด

2) เลือกปัจจัยและกำหนดค่าของปัจจัยที่จะทำการทดลอง คือการเลือกปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาเปลี่ยนแปลงในระหว่างทำการทดลง การกำหนดขอบเขตที่ปัจจัยเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงและกำหนดระดับที่เกิดขึ้นในการทดลอง ผู้ทดลองต้องเลือกปัจจัยที่จะนำมาเปลี่ยนแปลงในระหว่างทำการทดลอง กำหนดขอบเขตที่ปัจจัยเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลง และกำหนดระดับ (Level) ที่จะเกิดขึ้นในการทดลอง จะต้องพิจารณาด้วยว่าจะควบคุมปัจจัยเหล่านี้ ณ จุดที่กำหนดได้อย่างไร และจะวัดผลตอบได้อย่างไร ดังนั้นในกรณีเช่นนี้ ผู้ทดลองจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการอย่างมาก ซึ่งความรู้นี้อาจจะได้มาจากประสบการณ์และความรู้จากทางทฤษฎี มีความจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบดูว่าปัจจัยที่กำหนดขึ้นนี้มีความสำคัญหรือไม่ และเมื่อวัตถุประสงค์ของการทดลองคือการกรองปัจจัย (Factor Screening) เราควรจะกำหนดให้ระดับต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนน้อย การเลือกขอบเขตของการทดลองก็มีความสำคัญ

เช่นกัน ในการทดลองเพื่อกรองปัจจัย ควรเลือกขอบเขตให้มีความกว้างมากๆ หมายถึงว่าขอบเขตที่ปัจจัยแต่ละตัวจะเปลี่ยนแปลงได้ควรมีค่ากว้าง และเมื่อได้เรียนรู้เพิ่มขึ้นว่า ตัวแปรใดมีความสำคัญและที่ระดับใดที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีที่สุด อาจจะลดขอบเขตให้แคบลงได้

3) เลือกตัวแปรตอบสนอง เป็นตัวแปรที่ใช้ในการวัดผลของกระบวนการ โดยจะเลือกตัวแปรตอบสนองที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่กำลังศึกษาอยู่ ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทดลองควรจะแน่ใจว่าตัวแปรนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่กำลังศึกษาอยู่ บ่อยครั้งที่ค่าเฉลี่ยหรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(หรือทั้งคู่) ของกระบวนการจะเป็นตัวแปรตอบสนองเป็นไปได้ว่าในการทดลองหนึ่งอาจมีตัวแปรตอบสนองหลายตัว และมีความจำเป็นอย่างมากที่เราจะต้องกำหนดให้ได้ว่า อะไรคือตัวแปรตอบสนอง และจะวัดตัวแปรเหล่านี้ได้อย่างไร ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการทดลองจริง

4) เลือกการออกแบบการทดลอง ในการเลือกการออกแบบการทดลองนั้น จะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองเสมอ โดยจะพิจารณาขนาดตัวอย่าง (Replicate) การเลือกลำดับที่เหมาะสมของการทดลองที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและการตัดสินใจว่าควรจะใช้วิธีบล็อก หรือแรนดอมไมเซชั่นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือไม่ ถ้ากิจกรรมการวางแผนก่อนการทดลองทำได้อย่างถูกต้องขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่ง่ายมาก การเลือกการออกแบบเกี่ยวข้องกับการพิจารณาขนาดของตัวอย่าง (Replicate) การเลือกลำดับที่เหมาะสมของการทดลองที่ใช้ในการเก็บข้อมูล และการตัดสินใจว่าควรจะใช้วิธีการจัดกลุ่ม (Block) หรือการจัดแบบสุ่ม (Randomizations) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือไม่ ในการเลือกการออกแบบเราจำเป็นจะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองอยู่ตลอดเวลา ในการทดลองทางวิศวกรรมส่วนมากเราจะทราบตั้งแต่เริ่มต้นแล้วว่า ปัจจัยบางตัวจะมีผลต่อค่าตอบสนองที่เกิดขึ้น ดังนั้นจะหาว่าปัจจัยตัวใดที่ทำให้เกิดความแตกต่าง ประมาณขนาดของความแตกต่างที่เกิดขึ้น

5) ทำการทดลองตามวิธีการที่ได้ออกแบบการทดลองไว้แล้ว เมื่อทำการทดลองจะต้องติดตามดูกระบวนการทำงานอย่างระมัดระวัง เพื่อให้แน่ใจว่าการดำเนินการทุกอย่างเป็นไปตามแผน ถ้ามีอะไรผิดพลาดเกิดขึ้นเกี่ยวกับการทดลองในขั้นตอนนี้ จะทำให้การทดลองนั้นใช้ไม่ได้ ดังนั้นการวางแผนในตอนแรกจะมีความสำคัญอย่างมากต่อความสำเร็จที่จะเกิดขึ้น

6) วิเคราะห์ผลโดยใช้หลักการทางสถิติ คือการนำวิธีการทางสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ทำการทดลองไว้ เพื่อช่วยในการหาข้อสรุปที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการทดลองหรือไม่ ควรจะเอาวิธีการทางสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อว่าผลลัพธ์และข้อสรุปที่เกิดขึ้นจะเป็นตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง ถ้าการทดลองได้ถูกออกแบบไว้เป็นอย่างดี และถ้าทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ วิธีการทางสถิติที่จะนำมาใช้นั้นจะเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน ข้อได้เปรียบของวิธีการทางสถิติ คือทำให้ผู้มีอำนาจการตัดสินใจมีเครื่องมือช่วยที่มีประสิทธิภาพ และถ้านำเอาวิธีการทางสถิติมาผนวกกับความรู้ทางวิศวกรรม ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ และสามัญสำนึก จะทำให้ข้อสรุปที่ได้ออกมานั้นมีเหตุผลสนับสนุนและมีความน่าเชื่อถือ

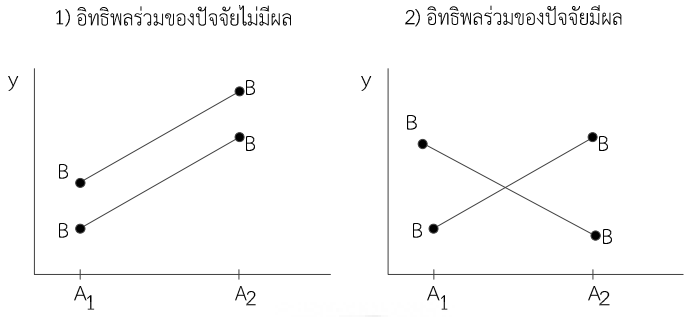
7) สรุปผลและข้อเสนอแนะ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะต้องทำการสรุปผลของกระบวนการที่ทำการทดลอง ซึ่งอาจแสดงในรูปของตามราง กราฟ หรือแผนภูมิเมื่อได้วิเคราะห์ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้ทดลองจะต้องหาข้อสรุปในทางปฏิบัติและแนะนำแนวทางของกิจกรรมที่จะเกิดขึ้น ในขั้นตอนนี้จะนำเอาวิธีการทางกราฟเข้ามาช่วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการนำเสนอผลงานให้ผู้อื่นฟัง นอกจากนี้แล้วการทำการทดลองเพื่อยืนยันผล (Confirmation Testing) ควรจะทำขึ้นเพื่อที่จะตรวจสอบความถูกต้องของข้อสรุปที่เกิดขึ้นด้วย

2.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล

การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลใช้มากในการทดลองที่เกี่ยวกับปัจจัยหลายปัจจัย ซึ่งต้องการที่จะศึกษาถึงผลร่วมที่มีต่อผลตอบซึ่งเกิดขึ้นจากปัจจัยเหล่านั้น การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลหมายถึง การทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับของปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป เรียกว่า ทรีทเมนต์คอมบิเนชัน (Treatment Combination) ใช้กับการทดลองที่มีปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัย ซึ่งเป็นการทดลองที่มีหลายปัจจัย (Multiple Factor Experiment) และเนื่องจากมีปัจจัยมากกว่า 1 ปัจจัย

ดังนั้นนอกจากจะเกิดอิทธิพลของปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่สนใจแล้วยังอาจเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction Effect) ได้ด้วยการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลมีประโยชน์หลายประการและเป็นการออกแบบที่มีประสิทธิภาพเหนือกว่าการทดลองทีละปัจจัย ยิ่งกว่านั้นแล้วการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลยังเป็นสิ่งจำเป็นเมื่อมีอิทธิพลของปัจจัยร่วมเกิดขึ้น ซึ่งกรณีเช่นนี้ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงข้อสรุปที่ผิดพลาดได้ นอกจากนั้นแล้วการออกแบบเชิงแฟคทอเรียง ทำให้เราสามารถประมาณผลของปัจจัยหนึ่งที่ระดับต่างๆ ของปัจจัยอื่นได้ ทำให้สามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลตลอดเงื่อนไขของการทดลองได้

อิทธิพลของปัจจัยร่วม คือผลที่เกิดขึ้นจากการที่ปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้วมีผลทำให้อิทธิพล (Effect) ของปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไป ดังตัวอย่างการเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วมหรือปฏิสัมพันธ์กัน ซึ่งเมื่อไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วม และเมื่อมีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดังภาพที่ 2.10 โดย A และ B คือปัจจัย 2 ปัจจัย



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างการเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม
ที่มา: บุญชัย แซ่สิ้ว และณัฐธยาน์ โสกุล , 2559 : 34

การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลจะมีรูปแบบทั่วๆ ไป คือในกรณีที่ปัจจัย A มีระดับเท่ากับ a ปัจจัย B มีจำนวนระดับเท่ากับ b ปัจจัย C มีระดับเท่ากับ c ต่อไปเช่นนี้เรื่อย และทั้งหมดนี้ถูกจัดให้อยู่ในลักษณะของการทดลองเชิงแฟคทอเรียล ซึ่งจะมีข้อมูลที่ได้ทั้งหมดในการทดลองเท่ากับ abc...n และจะต้องมีเรพลิเคตอย่างน้อย 2 เรพลิเคต เพื่อที่จะทำให้สามารถหาค่าผลรวมของกำลังสองที่เกิดจากความผิดพลาดได้ ถ้าอันตรกิริยาที่เป็นไปได้ทั้งหมดถูกนำเข้าไปพิจารณาในแบบจำลองรูปแบบจำลอง รูปแบบของแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่สำคัญได้แก่

1) การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3^k

การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3^k หมายถึง การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่ประกอบด้วยทรีทเมนต์หรือปัจจัยทั้งหมด k ตัว ซึ่งแต่ละทรีทเมนต์แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ระดับสูง กลาง ต่ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะแทนด้วยตัวเลข 0,1 และ 2 ตามลำดับ สำหรับแต่ละทรีตเมนต์ในการทดลอง 3^k จะถูกแทนด้วยเลข k โดยที่ตัวแรกจะบ่งบอกถึงระดับของตัวแปร A ตัวที่สองจะบ่งบอกถึงระดับของตัวแปร B,..., และตัว k จะบ่งบอกถึงระดับของตัวแปร K เช่น ในการออกแบบ 32 ตัวเลข 00 แสดงให้เห็นว่าเป็นการทดลองตัวแปร A และ B ที่ระดับต่ำและตัวเลข 01 เป็นการทดลองตัวแปร A ที่ระดับต่ำและตัวแปร B ที่ระดับกลาง เป็นต้น

ในการออกแบบ 3^k นั้น ถ้าตัวแปรมีลักษณะเป็นปริมาณ (Quantitative) เราแทนสัมประสิทธิ์ความแตกต่างออร์ธอกอนอล (Orthogonal Contrast Coefficient) เช่งเส้นตรงด้วยตัวเลข 1,0 และ +1 ตามลำดับ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการสร้างแบบจำลองการถดถอยของผลลัพธ์ที่เกิดจากแต่ละ ระดับของปัจจัย นอกจากนี้การออกแบบ 3^k ยังสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์และการออกแบบตัวแปรในรูปแบบสมการกำลังสอง (Quadratic) และแทนสัมประสิทธิ์ความแตกต่างออร์ธอกอนอลรูปสมการนี้ด้วยเลข +1 ,-2,-1 ตามลำดับการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองแบบ 3^k (Analysis of Variance for 3^k)

การออกแบบการทดลองลักษณะเช่นนี้จะมีระดับที่สามของปัจจัยเพิ่มเข้ามาในแบบจำลอง ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นสมการแบบควอดราดิกได้ ข้อดีคือ ไม่มีการเกิด Alias Alias แปลว่า ปนกันหรือติดกันจนแยกไม่ออก ซึ่งตะมีผลให้ปัจจัยที่ได้มีค่าปนกัน หรือเรียกว่ามีโครงสร้างคู่แฝด แฝง) และสามารถวิเคราะห์ปัจจัยหลัก (Main effect) และความสัมพันธ์ (Interaction) ได้ทั้งหมด

การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3 ระดับ มีความถูกต้องแม่นยำสูง แต่มีข้อเสียคือ ต้นทุนและเวลาที่ใช้สูงเช่นกันดังตารางที่ 2.3 แต่ถ้าปัจจัยที่ทำการทดลองมีเพียง 2-3 ปัจจัย การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3 ระดับเป็นทางเลือกที่ดี เนื่องจาก ต้นทุนและเวลาที่ใช้ไม่มากนัก โดยให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องแม่นยำมากที่สุด

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบรูปแบบการทดลองต่างๆ

รูปแบบการทดลอง	ลักษณะการทดลอง	เวลาในการวิเคราะห์	ความถูกต้อง	งบประมาณ
Single Factor	การทดลองสำหรับหนึ่งปัจจัยโดยปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญที่คาดว่ามีผลกระทบสูงสุดต่อปัญหา	รวดเร็ว	ปานกลาง	น้อย
Factorial Design	การทดลองที่มีมากกว่าหนึ่งปัจจัยและเป็นการทดลองเต็มรูปแบบ	ใช้เวลานาน	มากที่สุด	มาก
2^k Design	การทดลองที่มีมากกว่าหนึ่งปัจจัยและเป็นการทดลองเต็มรูปแบบแต่กำหนดระดับของแต่ละปัจจัยอยู่ที่ปัจจัยละ 2 ระดับเท่านั้น	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
2^{k-p} Design	การทดลองที่มีมากกว่าหนึ่งปัจจัยแต่ไม่ทำการทดลองแบบเต็มรูปแบบทั้งหมด(ลดรูป)	รวดเร็ว	น้อย	น้อย

ที่มา: ปารเมศ ชุติมา,2545

การทดลองส่วนมากในทางปฏิบัติจะเกี่ยวข้องกับการศึกษาถึงผลของปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ในกรณีเช่นนี้ (ปารเมศ ชุติมา,2545) การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล (Factorial Design) จะเป็นวิธีการทดลองที่มีประสทิธิภาพสูงสุดการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล หมายถึง การทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น ตัวอย่างเช่น กรณี 2 ปัจจัย ถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ในการทดลอง 1 เรพลิเคต (Replicate) จะประกอบด้วยการทดลอง ทั้งหมด ab การทดลองและเมื่อปัจจัยทีเกี่ยวจ้องถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล จะกล่าวได้ว่าปัจจัยเหล่านี้มีการไขว้ (Crossed) ซึ่งกันและกัน แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลทั่วไป มีรูปแบบทั่วไปคือ A*B*C... แฟคทอเรียล

เมื่อทำการกรองปัจจัยเบื้องต้นโดยการออกแบบการทดลองตามวิธี Plackett-Burman แล้ว ปัจจัยที่มีนัยสำคัญจะถูกนำมาออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3 ระดับ โดนศึกษาปัจจัยละ 3 ระดับ ประกอบด้วย สูง กลาง และต่ำ ซึ่งการออกแบบการทดลองลักษณะนี้ จะนำไปหาสภาวะที่เหมาะสม (Response Optimizer) ต่อไป

2.4 การตั้งสมมติฐานในการตรวจสอบ

จากที่กล่าวมาแล้วในลำดับขั้นตอนการออกแบบการทดลอง ว่าในการวิเคราะห์การทดลองโดยใช้วิธีทางสถิตินั้นจะมีความเสี่ยงเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่เสมอ ดังนั้นการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลจึงต่ออยู่ภายใต้ความเสี่ยงดังกล่าว

การตั้งสมมติฐานในการตรวจสอบจะตั้งสมมติฐานใน 2 ทางเลือกคือ

H_0 : ระดับของปัจจัยไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต

H_1 : ระดับของปัจจัยมีผลต่อกระบวนการผลิต

ทั้งนี้ภายใต้ความเสี่ยง 2 ตัวคือ α และ β

α คือความเสี่ยงในการที่จะไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมติฐานหลักเป็นจริง β คือความเสี่ยงในการยอมรับสมมติหลักทั้งที่สมมติฐานหลักไม่เป็นจริง จากความเสี่ยงของทั้ง 2 แบบนี้เอง จึงต้องมีการกำหนดจำนวนซ้ำที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้มีความแม่นยำและให้ค่า β น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

การตั้งสมมติฐานจะเป็นการตั้งด้วยความหวังที่จะปฏิเสธ ดังนั้นในการทำการทดสอบสมมติฐานย่อมมีความสเยงที่จะเกิดความผิดพลาดแบบที่ 1 หากจะทำการปฏิเสธสมมติฐานหลักในทางปฏิบัติจะเริ่มจากการตั้งสมมติฐานออกแบบการทดลอง ดำเนินการสุ่มตัวอย่างแล้วทำการวิเคราะห์เพื่อหาความเชื่อมั่นที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักนั้นๆ

ส่วนนี้จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการคำนวณซึ่งทำให้ได้ค่าของ P-Values (Probability values) ที่สัมพันธ์โดยตรงกับ α อันจะหมายถึงโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดหากทำการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งเมื่อให้ค่า α =0.05 จะหมายถึงว่ายอมรับความผิดพลาดแบบที่ 1 เท่ากับ 0.05 หรือมีโอกาสผิดพลาดได้หนึ่งใน 20 ของการตัดสินใจทั้งหมด ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐานนั้น หากพบว่าค่า P Values มีค่ามากกว่า 0.05 หมายถึง โอกาสที่การปฏิเสธสมมติฐานหลักแล้ว กระทำความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากกว่า 0.05 ซึ่งก็ไม่สามารถที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักและค้องยอมรับสมมติฐานหลักนั้น แต่หากค่า P Values มีค่าน้อยกว่า 0.05 จะทำการปฏิเสธสมมติฐานหลักแล้วทำการยอมรับสมมติฐานอื่นแทน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเป็นการพัฒนาเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวต้นแบบที่สามารถใช้ในระดับครัวเรือน ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาระดับของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของเครื่องที่ปรับปรุง ให้ไม่กระทบต่อความเสียหายของเมล็ดพันธุ์ข้าว ด้วยการใช้วิธีของการออกแบบการทดลอง Plackett-Burman มาใช้ในการกรองปัจจัย และการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล มาใช้ในการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม การออกแบบการทดลองนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Plackett และ Burman ในปี ค.ศ. 1946 เพื่อใช้คัดเลือกปัจจัยออกบางส่วน (Screening Factors) เพื่อลดจำนวนปัจจัยลงเหลือเฉพาะปัจจัยที่สำคัญเพื่อให้สามารถทำการทดลองได้(ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงชนัน เหลืองไพบูลย์,2551)

ในอดีตเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจะใช้กรรมวิธีในการแยกเศษวัชพืช หิน ดินทราย และเมล็ดข้าวลีบออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพที่ดีออกโดยใช้วิธีการฝัด การฝัดเป็นกระบวนขึ้นลงเป็นจังหวะของกระด้งร่วมกับแรงลมขจัดสิ่งเจือปนขนาดเบาออกจากเมล็ดพันธุ์ดี และใช้สายตาเลือกเศษหินที่มีน้ำหนักออกอีกครั้งก่อนนำไปผ่านกรรมวิธีเตรียมข้าวและเพาะปลูกต่อไป โดยเมล็ดข้าวที่คงอยู่บนกระด้งคือเมล็ดพันธุ์ที่เปอร์เซ็นต์การงอกสูง และในปัจจุบันมีผู้ผลิตและจำหน่ายเครื่องทำความสะอาด เครื่องสี เครื่องนวดข้าวมาวางขายในตลาดแล้วมากมายหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบมีการทำงานยากง่ายต่างกัน เพื่อทุ่นแรงจากการใช้แรงงานคนในการสีฝัดข้าว เช่น วินิต ชินสุวรรณ,(2553) ที่ได้จดอนุสิทธิบัตรเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกโดยออกแบบให้มีตะแกรงคัดแยกวัสดุ เช่น เศษฟางข้าว วัชพืช ให้มีขนาดใหญ่กว่าเมล็ดข้าวเปลือก และจัดให้มีพัดลมเป่าทำความสะอาดเพื่อคัดแยกข้าวลีบและเศษพืชต่างๆ เพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกที่มีความสะอาดสูง งานวิจัยที่ได้ศึกษาถึงความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวเช่น (รุ่งทวี ผดากาล,2561) ทำการทดลองเพื่อหาเวลาและอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสม สำหรับการคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยใช้เครื่องคัดแยกสำหรับครัวเรือน นอกจากนี้ยังศึกษาประสิทธิภาพการทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว เมล็ดพันธุ์ข้าวที่บริสุทธิ์ไม่มีสิ่งเจือปนมีความสำคัญ เนื่องจากส่งผลต่อคุณภาพและผลผลิต ดังนั้นเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนจึง มีความสำคัญต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ อัตราการไหลของอากาศผ่านเครื่องคัดแยกที่ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 m3 /min ตามลำดับ และเวลาในการทดลองที่ 5 min และ 10 min ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตราการไหลที่เหมาะสมของอากาศ 5 m^3 /min ที่เวลา 10 นาที พบว่ามีสิ่งเจือปน 1.98% นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพ ในการทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ 90.1% และ นฤมล ผอูนรัตน์และวรวรรธน์ นกน้อย,(2559) ได้ทำโครงงานวิศวกรรมเกษตรที่ออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องคัดแยกข้าว พันธุ์คุณภาพสำหรับโรงสีชุมชน มีความกว้าง 53 เซนติเมตร ความยาว 133 เซนติเมตร ความสูง 110 เซนติเมตร ซึ่งถูกเชื่อมต่อมาจากเครื่องทำความสะอาดข้าวพันธุ์ประกอบด้วย ช่องทางเข้าของ ข้าวเปลือกเข้าตะแกรง แผ่นรองรับเมล็ดหญ้าและข้าวพันธุ์ที่ไม่สมบูรณ์ช่องทางออกของเมล็ดหญ้า ขนาดเล็กและข้าวพันธุ์ที่ไม่สมบูรณ์ช่องทางออกของข้าวพันธุ์ที่สมบูรณ์และตะแกรงหลุมกลม เบอร์ 5 (มีความลึก 5 มิลลิเมตร) และมีมุมเอียงตะแกรงกลมหลุม 5 องศา

ตะแกรงหลุมกลมสามารถคัดแยก ข้าวพันธุ์ออกจากสิ่งเจือปนที่มีขนาดต่ำกว่า 5 มิลลิเมตรได้เมื่อตะแกรงทำงานจะหมุนสิ่งเจือปน (เมล็ด หญ้าและข้าวพันธุ์ที่ไม่สมบูรณ์) ที่มีจุดศูนย์กลางต่ำกว่า 5 เซนติเมตร จะหล่นที่แผ่นรองรับ สิ่งเจือปน และไหลลงมาที่ช่องทางออกของสิ่งเจือปน ส่วนข้าวเปลือกที่มีจุดศูนย์กลางมวลมากกว่าความลึกของรูตะแกรงหลุมกลมจะไหลออกมาที่ช่องทางออกของข้าวพันธุ์ที่สมบูรณ์โดยได้ทำการทดสอบที่ ความเร็ว 30.76 35.67 และ 41.29 รอบต่อนาทีโดยมีความเร็วรอบที่เหมาะสมสุดในการคัดแยกข้าว พันธุ์ที่เก็บเกี่ยวจากไร่นา 35.67 รอบต่อนาทีมีอัตราการทำงานสูงสุด 27.93 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ สามารถให้อัตราการทำงานสูงสุด 181.82 กิโลกรัมต่อชั่วโมง วีระชาติ จริตงามและคณะ,(2555) ออกแบบเครื่องคัดเมล็ดพันธุ์ข้าวปลูกที่เหมาะสมกับพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกกันอยู่ที่อำเภอท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์ โดยใช้เทคนิคการหมุนตะแกรงกับลมดูดให้ข้าววัชพืชและสิ่งเจือปนออกอย่างต่อเนื่อง ในการออกแบบและสร้างเครื่องคัดเมล็ดพันธุ์ข้าวปลูกที่มีกำลังผลิต 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ต้องคำนึงถึงคุณภาพของข้าวเปลือกหลังการคัดเมล็ดพันธุ์ข้าวปลูกให้อยู่ในเกณฑ์ดีเพื่อต้องการให้เป็นต้นแบบสำหรับโรงสีข้าวชุมชนในการสร้างเครื่องคัดเมล็ดพันธุ์ข้าวปลูก ซึ่งมีข้อดีและข้อ ได้เปรียบพอที่จะแนะนำให้โรงสีข้าวชุมชนสามารถออกแบบ สร้างและ เนินการใช้งานได้จริง ผลการ ทดลองพบว่าเครื่องคัดเมล็ดพันธุ์มีความสามารถในการคัดแยกข้าววัชพืชกับสิ่งเจือปนออกได้ 80 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้คัดแยกพันธุ์ข้าวเปลือกจากน้ำหนักของพันธุ์ข้าวเปลือกเท่ากับ 200 กิโลกรัม มีอัตราใช้กำลังไฟฟ้าเป็น 0.07 บาทต่อกิโลกรัมหากมีการใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวันจะมีค่าใช้จ่าย ในการคัดเมล็ดพันธุ์ข้าวปลูกเป็น 0.4 บาทต่อกิโลกรัมแยกเป็นค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องคัดเมล็ดพันธุ์ข้าวปลูก 0.04 บาทต่อกิโลกรัมโดยคิดอายุการใช้งานของเครื่องคัดเมล็ดพันธุ์ข้าวปลูก 5 ปีและเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ 0.36 บาทต่อกิโลกรัม

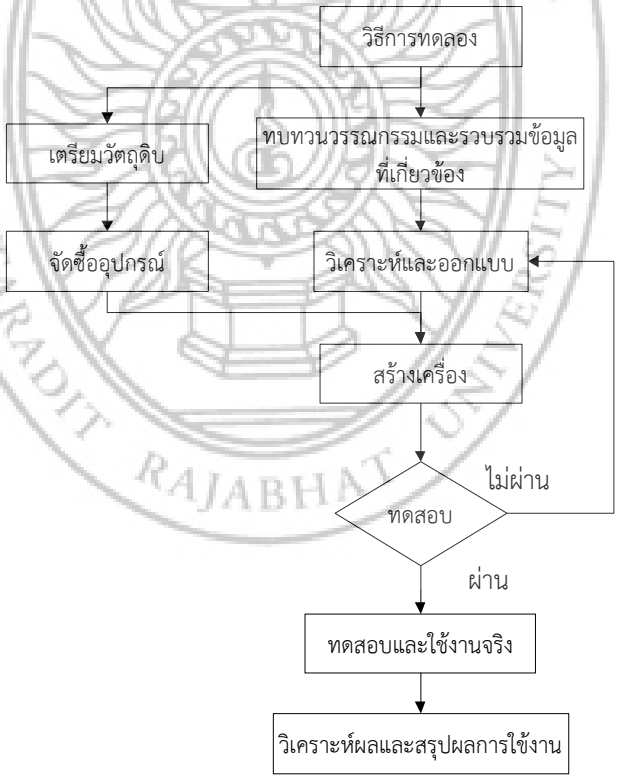
จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นจะเห็นว่ามีการใช้ปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้องมากมาย ที่ผู้วิจัยสนใจคือปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลโดยตรงกับความสะอาดของข้าว เพื่อลดเวลาและค่าใช้จ่ายจึงใช้หลักการของการออกแบบการทดลองมาใช้เลือกปัจจัยที่เหมาะสม ดังงานวิจัยของ วิทยา สุมะลิ,(2559) ที่ประยุกต์ใช้เทคนิคการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติและการออกแบบการทดลอง โดยได้เริ่มจากการใช้แผนภูมิแสดงเหตุและผลหาสาเหตุที่เป็นได้ที่ส่งผลต่อการเสียรูปของกรอบยึด จากนั้นเลือกปัจจัยความสำคัญ 5 ลำดับแรกมาทำการศึกษาและวิเคราะห์ด้วยการออกแบบการทดลองแบบแพ็คเกจ เบอร์แมน ปัจจัยที่ทำการศึกษาทั้ง 5 ปัจจัย ได้แก่ ความเร็วในการเคลื่อนของกรอบยึดออกจากแท่นรอง องศาของมุมแท่นรอง องศาของทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากการแยกจากกรอบยึด ระยะกรอบยึดที่ยึดออกจากแท่นรองเพื่อรองหัวจับหยิบ และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด ผลการทดลองจาก แพ็คเกจ เบอร์แมน พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเสียรูปของกรอบยึดที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองและระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด หลังจากนั้นนำปัจจัยทั้ง 2 พิจารณาด้วยการออกแบบการทดลองแบบ 3^k แฟคทอเรียล โดยกำหนดปัจจัยเป็น 3 ระดับ คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองที่

ระดับ 100.0 mm/s , 120.0 mm/s , 140 mm/s และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด 0.025 mm , 0.035 mm, 0.045 mm ผลจากการวิเคราะห์พบว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดคือที่ระดับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองเท่ากับ 140.0 mm/s และที่ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึดเท่ากับ 0.045 mm สามารถลดปริมาณของเสียจากเดิมร้อยละ 8.65 เหลือเพียงร้อยละ 3.29 ส่งผลให้สามารถลดมูลค่าความสูญเสียได้ร้อยละ 5.25 อีกทั้งมีงานเกี่ยวกับการออกแบบการทดลองหลายเรื่องที่เกี่ยวกับการปรับตั้งค่าอุปกรณ์อย่าง การุณ เทพทวีและธีรเดช วุฒิพรพันธ์ (2556) ที่ทำการปรับปรุงค่าการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบโดยการใช้วิธีการออกแบบการทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับปรุงค่าการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์ จากการศึกษาข้อมูลในการออกแบบคอมเพรสเซอร์พบว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับค่าทำความเย็นอยู่ 4 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาตรของห้องพักสารทำความเย็น ความหนาของแผ่นวาล์ว ขนาดทางไหลของสารทำความเย็นด้านอัด และความหนาของวาล์วด้านดูด ผู้วิจัยใช้การออกแบบการทดลองแฟคทอเรียลแบบ 2 ระดับ (2^k FullFactorial Design) โดยทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ครั้งและใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อ มูลเชิงสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาพบว่าทุกปัจจัยมีผลต่อการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์อย่างมีนัยสำคัญ (p-value < 0.001) และปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มค่าการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์ดังกล่าว ได้แก่การใช้ปริมาตรของห้องพักสารทำความเย็นที่ 45 ซีซี ใช้ความหนาของแผ่นวาล์ว 2.7 มิลลิเมตร ใช้ขนาดทางไหลของสารทำความเย็นด้านอัด 1 รู ขนาด5.5 มิลลิเมตร และใช้ความหนาของวาล์วด้านดูด 0.25 มิลลิเมตร จากผลการทดลองดังกล่าวทำให้โรงงานตัวอย่างได้ค่าการทำความเย็นเพิ่มขึ้น 140 วัตต์ หรือเพิ่มขึ้นจากเดิม 1,220 วัตต์ เป็น1,360 วัตต์ ซึ่งเป็นค่าทำความเย็นที่สามารถแข่งขันกับคอมเพรสเซอร์ของคู่แข่งได้ บุญชัย แซ่สิ้ว และ และณัฐธยาน์ โสกุล(2559) ได้ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเพื่อลดของเสียจากกระบวนการบรรจุที่เกิดจากอาการซองรั่วโดยศึกษาระดับปัจจัยในการปรับตั้งค่าเครื่องจักรให้เหมาะสมโดยใช้หลักการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2^k ในการออกแบบการทดลองซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าประกอบด้วย 4 ปัจจัยหลักได้แก่ ความเร็วรอบ อุณหภูมิ แรงกด และเวลาในการซีล โดยทาการทดลองซ้ำแบบละ 3 ครั้ง จำนวนผลการทดลองทั้งสิ้น 48 การทดลอง ผู้วิจัยได้ทาการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติ ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าระดับปัจจัยในการปรับตั้งเครื่องจักรที่เหมาะสม คือ ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 157 องศาเซลเซียส แรงกด 6 bar และเวลาในการซีล 0.5 วินาทีเมื่อนาผลจากการวิจัยมาใช้ในกระบวนการทางานจริงพบว่า มูลค่าของเสียที่เกิดจากอาการซองรั่วลดลงจากเดิม 855,571.72 บาท เหลือ 596,482.21 บาท คิดเป็นอัตราลดลงร้อยละ 30.29

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วิธีการวิจัย

งานวิจัยเป็นการพัฒนาเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวต้นแบบที่สามารถใช้ในระดับครัวเรือน ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาระดับของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของเครื่องที่ปรับปรุงให้ไม่กระทบต่อความเสียหายของเมล็ดพันธุ์ข้าว ด้วยการใช้วิธีของการออกแบบการทดลอง Plackett-Burman มาใช้ในการกรองปัจจัย และการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล มาใช้ในการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม โดยมีภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแสดงในภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3.1 แผนภาพแสดงวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การรวบรวมข้อมูลและขั้นตอนการวิจัย

การรวบรวมข้อมูลและขั้นตอนการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวมรวมข้อมูลโดยการศึกษาข้อมูลต่างๆ จากบทความงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และนำข้อมูลที่ได้มาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 สภาพกาลของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวปัจจุบัน

หลักการทำงานของเครื่องทำความสะอาดข้าวที่ใช้ในครัวเรือนในสมัยก่อนมีลักษณะแบบในภาพที่ 3.2 ใช้หลักการทำงาน

ภาพที่ 3.2 เครื่องสีฝัดข้าวที่ใช้ในครัวเรือนในอดีต

ที่มา: www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=26-2.htm

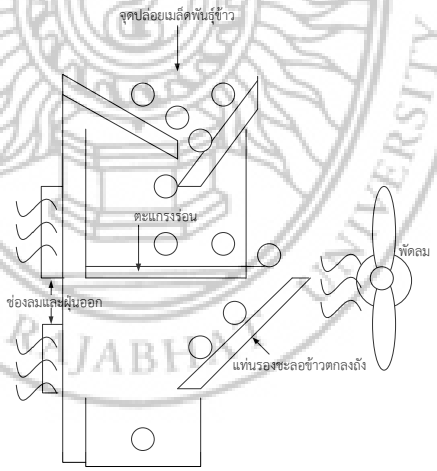
โดยเครื่องสีฝัดข้าว เป็นเครื่องจักรหลังการเก็บเกี่ยวจะใช้ทำงานหลังจากใช้เครื่องนวดข้าวแล้วซึ่งจะได้เมล็ดข้าว จากนั้นก็จะทำความสะอาดหรือคัดแยกสิ่งสกปรกออกจากเมล็ดข้าว เช่น ข้าวลีบ เศษฟางข้าว หรือข้อข้าว เป็นต้น มีลักษณะการทำงานโดยใช้ลมที่ถูกส่งมาจากใบพัดที่อยู่ภายในห้องเครื่องสีฝัดข้าวเป่าสิ่งสกปรกออกไป โดยใช้ต้นกำลังจากแรงคนหมุนใบพัดหรือเครื่องยนต์ไปขับใบพัดลมให้เกิดแรงลม ปัจจุบันไม่ค่อยมีใช้งานแล้ว

3.3 วิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดปัจจัยมาประกอบการพิจารณา

จากการรวบรวมวรรณกรรมของงานวิจัยที่ผ่านมากพบว่าแรงลมมีผลโดยตรงกับการพัดพาเอาฝุ่นละอองขนาดเล็กออกไป อีกทั้งก็มีการประยุกต์เอาตะแกรงที่มีรูตะแกรงขนาดต่างๆกันมาเพิ่มกลไกให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความสะอาด และยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ต้องศึกษาภายในเครื่องที่จะออกแบบและสร้างขึ้นมาใหม่ หลักของการกำหนดปัจจัยนั้น ผู้วิจัยจะกำหนดทุกปัจจัยที่สามารถจะศึกษาได้เพื่อเป็นกรองข้อมูลเบื้องต้นก่อนการทดสอบจริงถึงระดับปัจจัยที่ส่งผล

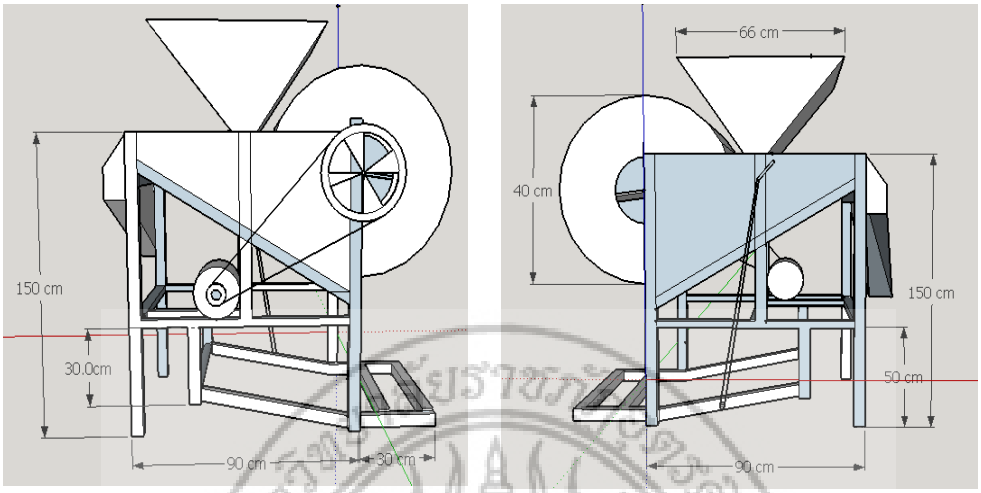
3.4 ออกแบบและสร้างเครื่อง

การพัฒนาเครื่องทำความสะอาดเมล็ดข้าวนี้วัตถุประสงค์หลักคือ กำจัดเศษฝุ่น วัชพืช และฝุ่นออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวให้มากที่สุด ที่สามารถทุ่นแรงได้มากกว่าฝัดโดยการใช้มือ และปัจจุบันมีเครื่องที่ทำหน้าที่ฝัดโดยมีการใช้งานที่แตกต่างกัน ซึ่งเครื่องทำความสะอาดเมล็ดข้าวมีปัจจัยในการทำงานภายในเครื่องจักรมากมาย ไม่ว่าจะเป็น ความกว้างของช่องปล่อยเมล็ดพันธุ์ข้าว ขนาดแรงลม ความเอียงของแท่นรับข้าว ความเร็วรอบของการร่อนตะแกรง เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจจะศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ด้วยการใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง เพื่อกรองปัจจัยที่อาจมีความสัมพันธ์กันและเพื่อให้สามารถประยุกต์หรือปรับตั้งค่าการทำงานให้เข้ากับรูปแบบการทำงานของเมล็ดพันธุ์ชนิดอื่นๆ ได้ต่อไป ภาพที่ 3.3 เป็นการจำลองการทำงานของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่จะพัฒนาขึ้นมาโดยข้อดีของเครื่องที่เห็นชัดคือเป็นเครื่องที่ต้องมีฝุ่นฟุ้งน้อยที่สุด โดยปัจจัยที่หาความสัมพันธ์และสามารถปรับค่าได้เบื้องต้นคือ ความเร็วของตะแกรงร่อน ขนาดพัดลม จำนวนพัดลม และองศาของแท่นชะลอข้าวตกลงถัง

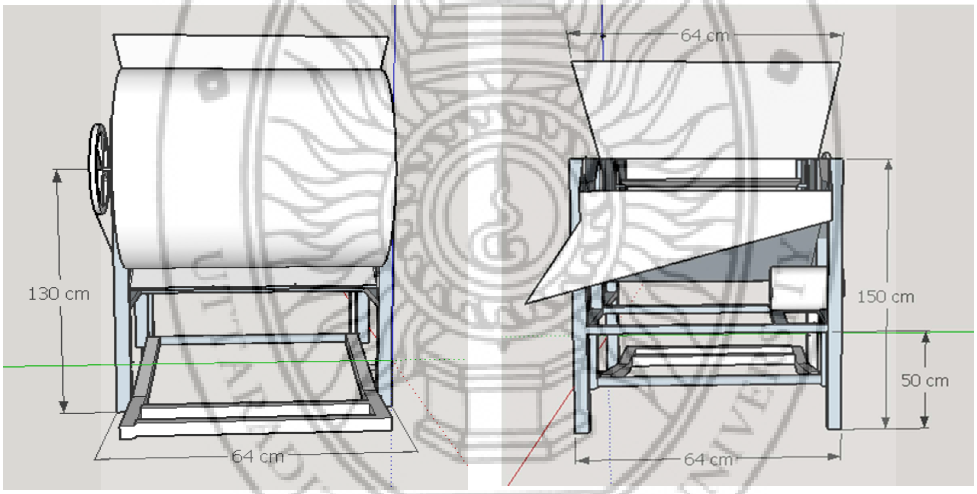


ภาพที่ 3.3 จำลองการทำงานของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่จะศึกษาปัจจัยความสัมพันธ์

เครื่องต้นแบบเครื่องแรกออกแบบและสร้างมาจากแนวคิดของสีฝัดที่ใช้สมัยโบราณนั้น ผู้วิจัยออกแบบให้สามารถใช้กับไฟบ้านได้ หรือจะเปลี่ยนไปใช้กำลังงานจากมอเตอร์รถไถก็ได้ โดยมีรูปร่าง ขนาด ดังแสดงในภาพที่ 3.4



ก) ภาพด้านข้าง



ก) ภาพด้านหน้า ข) ภาพด้านหลัง

ภาพที่ 3.4 ออกแบบและสร้างเครื่องทดลองเพื่อกรองปัจจัย

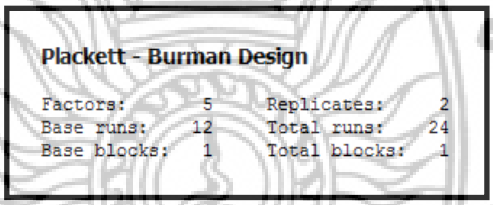
3.5 ดำเนินการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการของ Plackett-Burman Design เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกับการทดลองเบื้องต้นเพื่อกรองข้อมูลโดยมีปัจจัยที่ทำการทดลอง 5 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ กระทำการทดลอง 2 ซ้ำ รวมการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 24 ครั้ง โดยมีปัจจัยและระดับดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปัจจัยและระดับที่ทำการทดลองเพื่อกรองข้อมูล

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย		หน่วย
		ระดับต่ำ	ระดับสูง	
ความกว้างของช่องปล่อยข้าว	A	2	5	เซนติเมตร
น้ำหนักของวัตถุดิบที่ปล่อยไปในปล่องต่อครั้ง	B	15	25	กิโลกรัม
องศาของแท่นรองข้าว	C	45	60	องศา
ตะแกรงรองข้าว	D	ไม่มี	มี	-
ความเร็วลม	E	21	32	เมตร/วินาที

ทำการใส่ข้อมูลในโปรแกรมสำเร็จรูปได้การทดลองแต่ละครั้งดังแสดงในตารางที่ 3.2



ภาพที่ 3.5 จำนวนครั้งที่ทำการทดลองผลในหน้าต่าง session window ในโปรแกรมสำเร็จรูป

ตารางที่ 3.2 ปัจจัยและระดับที่ทำการทดลองหลังใส่ค่าในโปรแกรมสำเร็จรูป

StdOrder	RunOrder	ความกว้างของช่องปล่อยข้าว หน่วย: เซนติเมตร	น้ำหนักข้าว หน่วย: กิโลกรัม	องศาฐานเอียงรับข้าว หน่วย:องศา	ตะแกรง	แรงลม หน่วย:m/s	%ข้าวดี
9	1	2	15	45	มี	32	
1	2	5	15	60	ไม่มี	21	
16	3	5	15	60	มี	21	
4	4	5	15	60	มี	21	
10	5	5	15	45	ไม่มี	32	
13	6	5	15	60	ไม่มี	21	
7	7	2	25	60	มี	21	
23	8	2	25	45	ไม่มี	21	
11	9	2	25	45	ไม่มี	21	

ตารางที่ 3.2(ต่อ) ปัจจัยและระดับที่ทำการทดลองหลังใส่ค่าในโปรแกรมสำเร็จรูป

StdOrder	RunOrder	ความกว้างของช่องปล่อยข้าว	น้ำหนักข้าว	องศาฐานเอียงรับข้าว	ตะแกรง	แรงลม	%ข้าวดี
19	10	2	25	60	มี	21	
21	11	2	15	45	มี	32	
17	12	5	25	45	มี	32	
24	13	2	15	45	ไม่มี	21	
12	14	2	15	45	ไม่มี	21	
15	15	2	25	60	ไม่มี	32	
20	16	2	15	60	มี	32	
14	17	5	25	45	มี	21	
2	18	5	25	45	มี	21	
3	19	2	25	60	ไม่มี	32	
22	20	5	15	45	ไม่มี	32	
6	21	5	25	60	ไม่มี	32	
5	22	5	25	45	มี	32	
18	23	5	25	60	ไม่มี	32	
8	24	2	15	60	มี	32	

3.5.1 ขั้นตอนและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบเป็นดังนี้

1) วัดค่าความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวผ่านเครื่อง Rice Moisture Tester โดยกำหนดไว้ไม่เกิด 14% ในงานวิจัยเป็นข้าวพันธุ์ กข ที่มีความชื้น 12.7% โดยประมาณ ตามการวัดความชื้นในภาพที่ 3.6

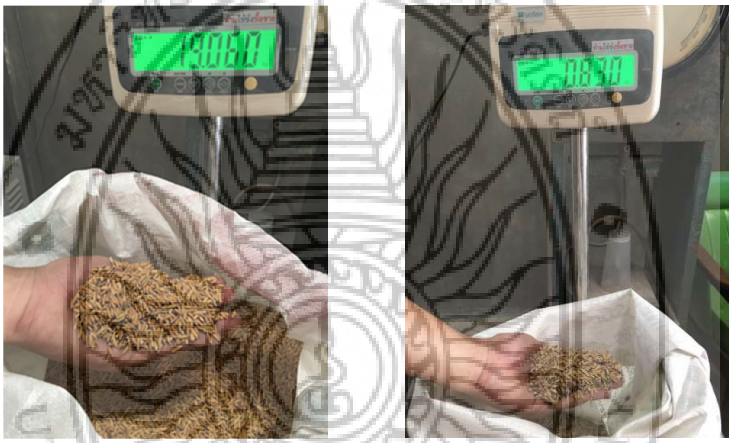
ภาพที่ 3.6 วัดค่าความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวผ่านเครื่อง Rice Moisture Tester

2) ชั่งน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนการทดลองโดยใส่เมล็ดพันธุ์ดีและเศษวัชพืช เมล็ดพันธุ์ลีบ โดยใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ดังในตารางที่ 3.3 และภาพการวัดน้ำหนักในภาพที่ 3.7

ตารางที่ 3.3 ช่วงน้ำหนักข้าวที่ทดลอง

น้ำหนักที่ทำการทดลอง	เมล็ดพันธุ์ดี	เมล็ดพันธุ์ลีบ
15	14	1
20	19	1

หมายเหตุ: เมล็ดพันธุ์ลีบ คือข้าวไม่เต็มเมล็ด หรือแกลบ



ภาพที่ 3.7 การชั่งน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนทดลอง

3) ขั้นตอนการทดลอง ใช้การตั้งค่าในระดับแต่ละปัจจัยตามการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในแต่ละครั้งจะใส่ข้าวที่ผสมทั้งพันธุ์ข้าวดีและพันธุ์ข้าวลีบ เศษวัชพืชใส่ในเครื่อง และปรับค่าตามระดับต่างๆ เมื่อได้เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านเครื่องทำความสะอาดมาแล้ว ทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าต่างๆ ไว้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป แสดงภาพการทดสอบในภาพที่ 3.8

ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการทดลองเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว

3.6 ผลการทดลอง

ผลการทดลองจะถูกวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติวิศวกรรม ด้วยการใส่ผลการทดลองในโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab เวอร์ชั่น 16 โดยดูสภาวะการปรับค่าปัจจัยต่างๆที่เหมาะสมด้วยฟังก์ชั่นการถดถอยและดูความแปรปรวน 2 ตัวแปรด้วยการใช้ 2-way anova และดูคงามสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยการใช้กราฟ Interaction Plot

3.7 สรุปผล

การสรุปผลเป็นการนำเอาผลการทดลองที่วิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมตามผลการทดลองที่ได้ในโปรแกรมสำเร็จรูปว่าได้ผลการทดลองที่ดีขึ้นหรือไม่ตามทฤษฎีการทดสอบสมมติฐาน จากนั้นทำการสรุปผล

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

จากขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัยที่ได้กล่าวในบทที่ 3 ผู้วิจัยได้ทำตามขั้นตอนเพื่อศึกษาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว ด้วยการใช้วิธีของการออกแบบการทดลอง Plackett-Burman มาใช้ในการกรองปัจจัย และการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล มาใช้ในการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงผลจากการออกแบบและทดลองที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองเพื่อกรองปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาปัจจัยของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว การทดลองแต่ละครั้งจะมีต้องมีวัตถุดิบคือ ข้าวเมล็ดเต็มที่เป็นข้าวพันธุ์ กับ ข้าวลีบและแกลบผสมเพื่อวัดเปอร์เซ็นต์ความสามารถของการทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยคัดเลือกปัจจัยทั้งหมดที่สามารถทำการปรับตั้งค่าได้โดยได้แสดงถึงปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1 ภายหลังการทดลองได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองเพื่อกรองปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว

StdOrder	RunOrder	ความกว้างของช่องปล่อยข้าว หน่วย: เซนติเมตร	น้ำหนักข้าว หน่วย: กิโลกรัม	องศาฐานเอียงรับข้าว หน่วย:องศา	ตะแกรง	แรงลม หน่วย:m/s	น้ำหนักข้าวดี หน่วย กก.
9	1	2	15	45	มี	32	17.5
1	2	5	15	60	ไม่มี	21	19
16	3	5	15	60	มี	21	19
4	4	5	15	60	มี	21	17
10	5	5	15	45	ไม่มี	32	17
13	6	5	15	60	ไม่มี	21	19
7	7	2	25	60	มี	21	19
23	8	2	25	45	ไม่มี	21	19
11	9	2	25	45	ไม่มี	21	19

ตารางที่ 4.1(ต่อ) ผลการทดลองเพื่อกรองปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว

StdOrder	RunOrder	ความกว้างของช่องปล่อยข้าว หน่วย: เซนติเมตร	น้ำหนักข้าว หน่วย: กิโลกรัม	องศาฐานเอียงรับข้าว หน่วย:องศา	ตะแกรง	แรงลม หน่วย:m/s	น้ำหนักข้าวดี หน่วย กก.
19	10	2	25	60	มี	21	19
21	11	2	15	45	มี	32	19
17	12	5	25	45	มี	32	17
24	13	2	15	45	ไม่มี	21	19
12	14	2	15	45	ไม่มี	21	18.5
15	15	2	25	60	ไม่มี	32	18.5
20	16	2	15	60	มี	32	18.8
14	17	5	25	45	มี	21	19
2	18	5	25	45	มี	21	18.5
3	19	2	25	60	ไม่มี	32	18.5
22	20	5	15	45	ไม่มี	32	18
6	21	5	25	60	ไม่มี	32	17.5
5	22	5	25	45	มี	32	17
18	23	5	25	60	ไม่มี	32	17
8	24	2	15	60	มี	32	18.5

4.1.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

จากผลการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลองแล้วพบว่า ข้อมูลการทดลอง ชุดนี้มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ จึงสามารถนำข้อมูลในตารางที 4-1 เข้ามาสู่การวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยทั้งหมด โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่น ที่ 95เปอร์เซ็นต์ (α = 0.05) ผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2

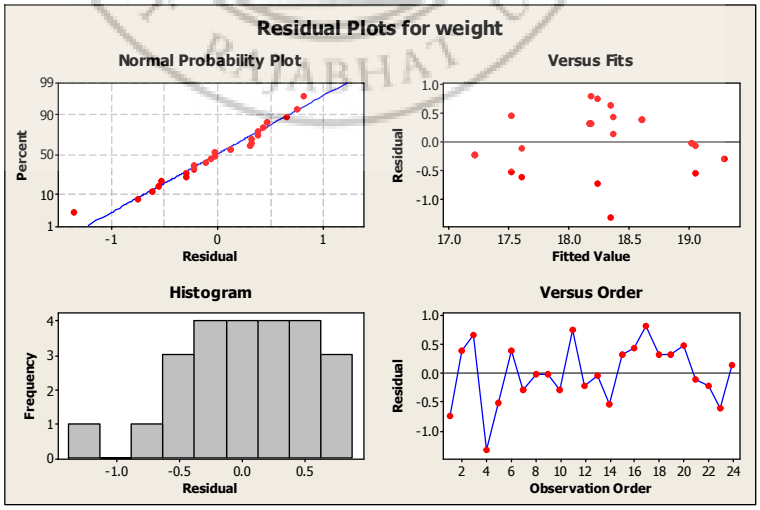
Analysis of Variance for weight (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	5	8.6854	8.82966	1.76593	4.76	0.007
ความกว้าง	1	3.6038	3.60375	3.60375	9.71	0.006
น้ำหนักข้าว	1	0.0704	0.00778	0.00778	0.02	0.887
องศา	1	0.2204	0.07683	0.07683	0.21	0.655
ตะแกรง	1	0.0204	0.19003	0.19003	0.51	0.484
แรงลม	1	4.7704	4.75063	4.75063	12.80	0.002
2-Way Interactions	1	0.1736	0.17361	0.17361	0.47	0.503
ความกว้าง*ตะแกรง	1	0.1736	0.17361	0.17361	0.47	0.503
Residual Error	17	6.3106	6.31056	0.37121		
Lack of Fit	5	2.2656	2.26556	0.45311	1.34	0.311
Pure Error	12	4.0450	4.04500	0.33708		
Total	23	15.1696				

S = 0.558915 PRESS = 10.0013

R-Sq = 64.99% R-Sq(pred) = 34.07% R-Sq(adj) = 52.64%

ภาพที่ 4.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่อความสะอาดของข้าวที่ได้คิดจากน้ำหนักข้าวที่ได้



ภาพที่ 4.2 Residual Plots for น้ำหนักข้าวดีที่ได้

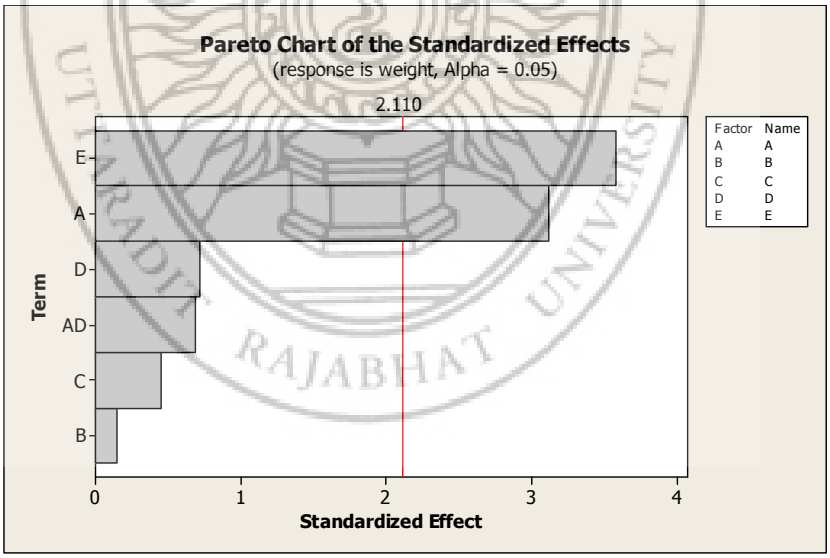
จากภาพที่ 4.2 สามารถอธิบายผลลัพธ์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์รูปแบบของข้อมูลได้ว่า

1. ข้อมูลจากกราฟ Normal Probability Plot เปนการตรวจสอบส่วนตกค้าง (Resiqual) ของข้อมูลว่ามีการกระจายตัวแบบปกติหรือไม่ ซึ่งจากรูป สามารถอธิบายได้ว่า ข้อมูลอยู่ใกล้เคียงกับเส้นปกติ จุดตัดจะเรียงตัวกันเป็นแนวเส้นตรง และลักษณะการเกิดจุดจะต้องไม่กระจุกเป็นกลุ่มๆ สามารถอนุมานได้ว่าข้อมูลนี้มีความเหมาะสม

2. ข้อมูลจากกราฟ Versus Fitted Value เป็นการตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยดูจากการกระจายของจุดที่แทนข้อมูล ซึ่งจากลักษณะของกราฟสามารถอธิบายได้ว่า มีการกระจายอย่างเป็นอิสระต่อกัน

3. ข้อมูลจากกราฟ Histogram จะแสดงในลักษณะของระฆังคว่ำ ซึ่งสามารถประมาณได้ว่า มีการกระจายตัวของข้อมูลแบบปกติ

4. ข้อมูลจากกราฟ Versus order เป็นการตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance stability) โดยใช้แผนภูมิกระจายของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ในแต่ละระดับของปัจจัย ซึ่งพบว่า ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวสม่ำเสมอทั้งทางบวกและทางลบแสดงว่าข้อมูลมีความเป็นเสถียรภาพ



ภาพที่ 4.3 Pareto Chart ของ น้ำหนักข้าวดีที่ได้

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักข้าวดีที่ได้หลังจากทดลองผ่านเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยโปรแกรมทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 4.1 พบว่ามีอยู่ 2 ค่าที่น้อยกว่าค่า P-Value คือปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักพันธุ์ข้าวคือ ความกว้างของช่องปล่อยข้าว(A) และความเร็วของแรงลม (E) สามารถดูแผนภูมิพาเรโตในภาพที่ 4.3ประกอบเพื่อดูผลความสัมพันธ์ นั่นหมายความว่าปัจจัย

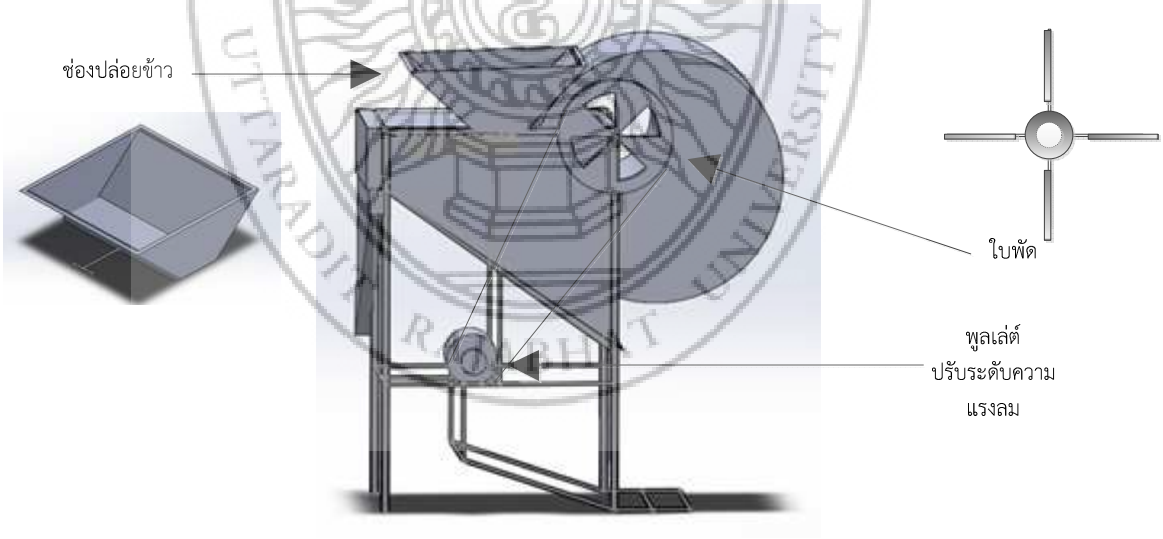
ความกว้างช่องปล่อยข้าว กับความเร็วลม มีอิทธิพลที่ส่งผลกบัความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าวมากที่สุด แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน หมายความว่าทั้งสองปัจจัยต่างก็มีผลกับความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกัน หลังจากนั้นนำผลการทดลองที่ได้มาศึกษาระดับปัจจัยที่ส่งผลมากที่สุดเพิ่มเติมในหัวข้อถัดไป

4.2 ผลการทดลองเพื่อศึกษาเฉพาะปัจจัยที่มีอิทธิพลกับความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าว

หลังจากได้ปัจจัยที่ส่งผลกับความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพิ่มเติมกับปัจจัยที่มีผลนี้โดยได้เพิ่มระดับที่ทดสอบขึ้นมาโดยมีจำนวน 3 ระดับตามที่สามารถปรับค่าได้เพื่อหาระดับที่เหมาะสมต่อไป โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลกับกระบวนการมากที่สุดประกอบด้วย

3.7.1 ความกว้างช่องปล่อยข้าว

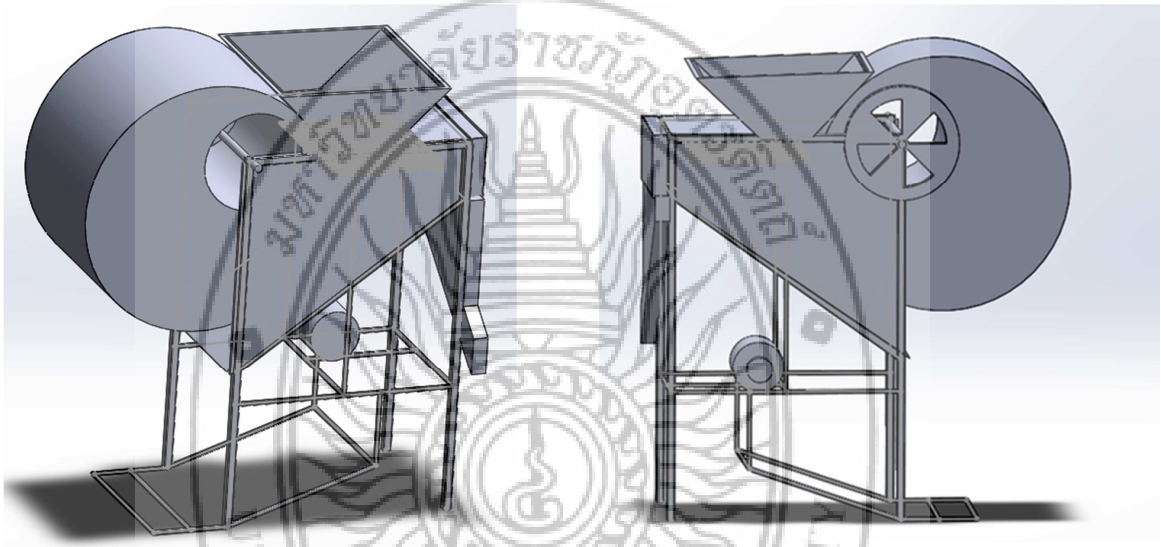
ออกแบบและปรับเครื่องทำความสะอาดใหม่ให้ช่องปล่อยข้าวในภาพที่ 4.4 สมารถปรับระดับความกว้างของช่องปล่อยเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ โดยกำหนดให้สามารถปรับระดับได้แคบสุดคือ 1 เซนติเมตร กว้างสุดคือ 5 เซนติเมตร



ภาพที่ 4.4 เครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้ทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัย

3.7.2 ความแรงของแรงลม

การปรับค่าของแรงลมจะสามารถปรับได้ 3 ระดับโดยการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเล่ต์ สามารถวัดแรงลมได้ 3 ระดับ คือ 21 เมตรต่อวินาที 27 เมตรต่อวินาที และ 32 เมตรต่อวินาที ดูเครื่องที่ผ่านการแก้ไขในภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 เครื่องที่ทำการแก้ไขเพื่อทดลองหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม

ผู้วิจัยสรุปการกำหนดระดับปัจจัยที่สามารถปรับตั้งค่าได้ของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว ดังแสดงการสรุปปัจจัยและระดับของปัจจัยในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การตั้งค่าระดับของปัจจัย

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย			หน่วย
	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง	
แรงลม (A)	21	27	32	เมตรต่อวินาที
ความกว้างช่องปล่อยข้าว (B)	1	3	5	เซนติเมตร

ผู้วิจัยทดลองโดยใช้ปัจจัย 2 ปัจจัย แต่ละปัจจัยใช้ 3 ระดับ กระทำ 3 รอบซ้ำ มีผลการทดลองทั้งหมด 27 ครั้ง ดังแสดงในภาพที่ 4.6

Multilevel Factorial Design

```
Factors:      2     Replicates:     3
Base runs:    9     Total runs:    27
Base blocks:  1     Total blocks:   1

Number of levels: 3, 3
```

ภาพที่ 4.6 จำนวนตัวแปร รอบทำซ้ำเพื่อวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมที่สุด

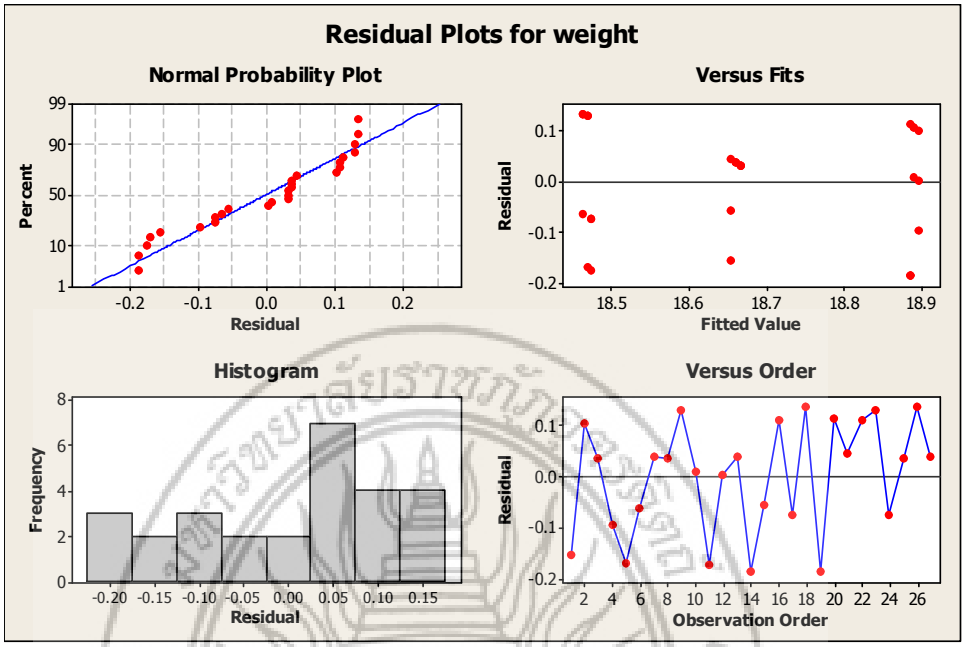
วิธีการทดลองใช้วิธีการเหมือนเดิมคือใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวแต่ละครั้งจำนวน 20 กิโลกรัม โดยผสมเมล็ดพันธุ์ดี 19 กิโลกรัม และเมล็ดพันธุ์ลีบ 1 กิโลกรัม ผลการทดลองแต่ละครั้งแสดงในตารางที่ 4.3 และตารางการสุ่มทดสอบในโปรแกรมทางสถิติแสดงในภาคผนวก

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองหลังจากการปรับการตั้งค่า

แรงลม(A)	ความกว้าง (B)	weight
27	5	18.5
21	1	19
27	1	18.7
21	1	18.8
32	3	18.3
32	5	18.4
27	3	18.7
27	1	18.7
32	3	18.6
21	3	18.9
32	1	18.3
21	1	18.9
27	3	18.7
32	3	18.7

ความกว้าง	แรงลม	weight
21	5	18.7
27	5	18.6
21	3	19
32	1	18.4
32	5	18.6
21	5	18.7
21	5	19
27	5	18.7
21	3	19
32	3	18.6
32	1	18.4
27	1	18.7
32	5	18.6

ทำการวิเคราะห์ผลในโปรแกรมสถิติโดยขั้นแรกทำการวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูล สามารถวิเคราะห์ผลดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 วิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูล

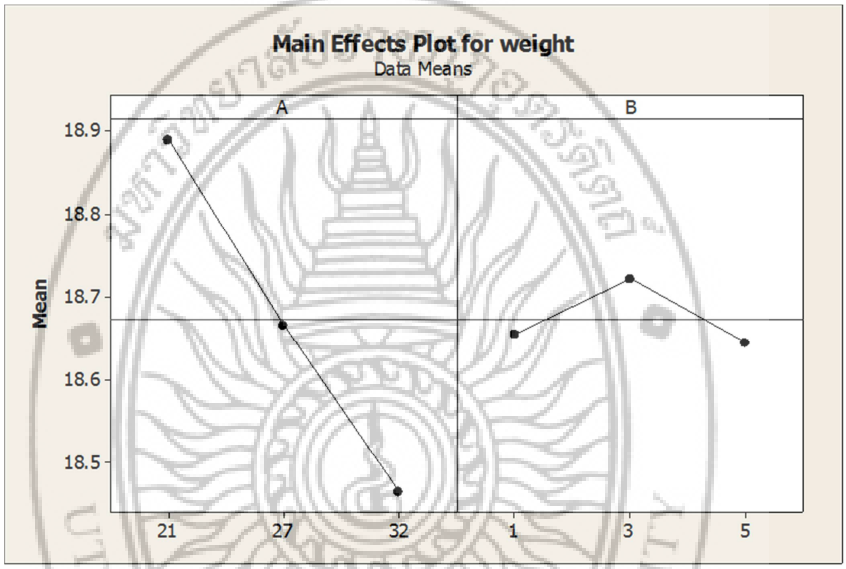
จากภาพที่ 4.7 สามารถอธิบายผลลัพธ์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์รูปแบบของข้อมูลได้ว่า

1. ข้อมูลจากกราฟ Normal Probability Plot เป็นการตรวจสอบส่วนตกค้าง (Resiqual) ของข้อมูลว่ามีการกระจายตัวแบบปกติ
2. ข้อมูลจากกราฟ Versus Fitted Value เป็นการตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยดูจากการกระจายของจุดที่แทนข้อมูล มีการกระจายอย่างเป็นอิสระต่อกัน
3. ข้อมูลจากกราฟ Histogram สามารถประมาณได้ว่า มีการกระจายตัวของข้อมูลแบบปกติ
4. ข้อมูลจากกราฟ Versus order เป็นการตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวสม่ำเสมอทั้งทางบวกและทางลบแสดงว่าข้อมูลมีความเป็นเสถียรภาพ

```
Analysis of Variance for น้ำหนักข้าวดี, using Adjusted SS for Tests


Source          DF   Seq SS   Adj SS   Adj MS      F      P
แรงลม(A)        2   0.80296  0.80296  0.40148  36.13  0.000
ความกว้าง(B)    2   0.03185  0.03185  0.01593   1.43  0.264
แรงลม(A)*ความกว้าง(B)4   0.07704  0.07704  0.01926   1.73  0.187
Error           18  0.20000  0.20000  0.01111
Total           26  1.11185

S = 0.105409   R-Sq = 82.01%   R-Sq(adj) = 74.02%
```

ภาพที่ 4.8 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล

จากภาพที่ 4.7 สามารถอธิบายผลลัพธ์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ว่ามีปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักข้าวดีที่ได้คือ แรงลม(A) มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 นั่นหมายความว่าปัจจัย แรงลมเท่านั้นที่มีผลโดยตรงกับความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ และเมื่อพิจารณาผลความสัมพันธุ์ในกราฟความสัมพันธุ์ของปัจจัยหลักในภาพที่ 4.9 จะเห็นว่าปัจจัยแรงลมเมื่อใช้ความเร็วลมน้อยจะส่งผลกับความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าวมากที่สุด และปัจจัยช่องปล่อยข้าวจะเห็นว่าเส้นกราฟขึ้นชันไม่มากจึงสรุปได้ว่าปัจจัยนี้ไม่ส่งผลกับความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าว



ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของปัจจัยแรงลม และความกว้างช่องปล่อยข้าว

ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงอิทธิพลร่วมแต่ละคู่ของปัจจัย

ภาพที่ 4.10 แสดงอิทธิพลร่วมของปัจจัยที่มีต่อความสามารถของการทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยอิทธิพลร่วมของปัจจัยระหว่างแรงลมกับความกว้างช่องปล่อยข้าวนั้นไม่มีผลต่อความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าว

4.3 ผลการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ข้าวดีมากที่สุด ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α=0.05)

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลการทดลองที่ผ่านมาใส่ในโปรแกรมทางสถิติเพื่อหาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยฟังก์ชั่นของสมการถดถอย ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังข้อมูลในภาพที่ 4.11

Regression Analysis: weight versus A, B

The regression equation is
weight = 19.7 - 0.0383 A - 0.0028 B

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	19.7048	0.1373	143.57	0.000
A	-0.038339	0.004854	-7.90	0.000
B	-0.00278	0.01337	-0.21	0.837

ภาพที่ 4.11 ผลการหาความสัมพันธ์ของตัวแปร

จากภาพที่ 4.11 สามารถเขียนสมการการทำนายระดับค่าที่เหมาะสมในรูปของปัจจัยต่างๆ เพื่อที่จะใช้พยากรณ์ค่าที่ปรับตั้งค่าเพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ข้าวสะอาดเป็นไปตามที่ต้องการได้ดังสมการที่ 1 และการใช้โปรแกรมสถิติวิเคราะห์แสดงดังภาคผนวก

น้ำหนักพันธุ์ข้าวดี = 19.7 - 0.0383 *แรงลม - 0.0028 *ความกว้างช่อง (1)

โดยเมื่อแทนค่าแล้วนั้นหากใช้แรงลมที่ 21 เมตรต่อวินาที และความกว้างช่องที่ 1 เซนติเมตร จะได้จำนวนเมล็ดพันธุ์ดีมากที่สุดเท่ากับ 18.9 กิโลกรัม

4.4 ผลการนำค่าที่วิเคราะห์ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูปไปใช้กับการทดลองจริง

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองซ้ำกับผลการทดลองโดยใช้วิธีการทดลองเหมือนเดิมโดยมีตัวแปรควบคุมที่ความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ 12.7% และใช้เมล็ดพันธุ์ลีบ 1 กิโลกรัม กับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เป็นเมล็ดพันธุ์ผ่านการคัดเลือกมาแล้วอีก 19 กิโลกรัม ทำการทดลองทั้งหมด 10 รอบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองหลังจากนำไปใช้จริง

ครั้งที่	น้ำหนักเมล็ดพันธุ์ดี (กิโลกรัม)
1	18.6
2	19.03
3	19
4	18.9
5	19.05
6	19.1
7	18.7
8	18.8
9	18.9
10	19
เฉลี่ย	18.9

จากการคำนวณน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ดีที่ได้จากการทดลองซ้ำทั้งหมด 10 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้คือ 18.9 กิโลกรัม เมื่อดูผลที่ได้แต่ละครั้ง จะมีการทดลองครั้งที่ 2,5 และ 6 ที่มีการปนของเมล็ดพันธุ์ลีบออกมาด้วยโดยดูได้จากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมา โดยส่วนที่เกินมานั้น อาจมาจากระหว่างขั้นตอนมีการกำจัดข้าวที่ทำการทดลองแต่ละครั้งออกไม่หมดและที่เกิดจากการกระทบของตะแกรงโยกที่อยู่ด้านล่างตัวปล่อยข้าว ทำให้ข้าวบางส่วนกระเด็นลงช่องปล่อยเมล็ดพันธุ์ข้าวดี

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวจากเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวต้นแบบและหาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นของปัจจัยจากการออกแบบการทดลอง สามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

การวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีส่วนส่งผลต่อความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าวของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ออกแบบและสร้างขึ้นมาเพื่อให้เกิดความสะดวกกับการใช้งานที่สามารถใช้กับกระแสไฟบ้านได้โดยการประยุกต์ใช้หลักการการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง (Design and Analysis of Experiment) เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ในการศึกษาถึงปัจจัยต่างที่จะส่งผลกับการทดลองนั้นจะเป็นตัวแปรเบื้องต้นให้เกิดการปรับปรุงแก้ไขให้ทราบว่าปัจจัยใดที่ส่งผลกับความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวมากที่สุด และเมื่อดำเนินการทดลองตามที่ออกแบบไว้ ผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ประยุกต์ใช้และสรุปผลการทดลองเชิงสถิติ โดยค่าทางสถิตินี้จะแสดงถึงค่าระดับความสำคัญของตัวแปรที่ส่งผลต่อความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อให้ได้ค่าอย่างแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือ

5.1.1 ปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว

ปัจจัยที่อาจมีผลต่อความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าวต้นแบบมาจากการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องและมีความคล้ายคลึงกับการทำงานเพื่อกำจัดเศษฝุ่นออกจากเมล็ดพันธุ์ชนิดต่างๆ โดยปัจจัยที่นำมาทดลองเบื้องต้นพบว่ามี 5 ปัจจัยที่สามารถปรับค่าได้ ประกอบไปด้วย ความกว้างของช่องปล่อยข้าว น้ำหนักข้าว องศาฐานเอียงจุดรองรับข้าว ตะแกรงร่อนข้าว และแรงลม นำปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัยนี้มากรองปัจจัยโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบ Plackett-Burman ผลลัพธ์ที่ได้มี 2 ปัจจัยที่มีผลในระดับนัยสำคัญต่อความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีความชื้นที่ 12.7% คือ ความกว้างของช่องปล่อยข้าว และความเร็วของแรงลม จากนั้นผู้วิจัยได้ปรับการทดลองเพื่อศึกษาถึงระดับปัจจัยที่เหมาะสมด้วยการใช้การออกแบบและทดลองแบบ 3^k Factorial Design โดยกำหนดระดับปัจจัยเป็น 3 ระดับ พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวมากที่สุดคือความเร็วลม โดยที่ความเร็วลม 21 เมตรต่อวินาที จะได้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่สะอาดที่สุด

5.1.2 ค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นของปัจจัย

ปัจจัย 2 ปัจจัย คือ ความกว้างของช่องปล่อยข้าว และความเร็วของแรงลม จะถูกนำไปหาค่าที่เหมาะสมจากการความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยใช้ฟังก์ชั่น Response Optimizer ผลการทดลองพบว่า ระดับปัจจัยที่เหมาะสมของความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวจากเครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานั้น

จะต้องใช้ความกว้างของช่องปล่อยข้าวที่ 1 เซนติเมตร และความเร็วแรงลมที่ 21 เมตรต่อวินาที และผู้วิจัยได้ทดลองซ้ำ และปรับตั้งค่าที่ได้ตามค่าที่ได้ ด้วยการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีข้าวชื้น 12.7% มีปริมาณเมล็ดพันธุ์ลีบ 1 กิโลกรัม และเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เป็นเมล็ดพันธุ์ผ่านการคัดเลือกมาแล้วอีก 19 กิโลกรัม ทำการทดลองทั้งหมด 10 รอบ ผลที่ได้จากเครื่องทำความสะอาด จะได้เมล็ดพันธุ์ดีเฉลี่ย 18.9 กิโลกรัม

5.2 ข้อเสนอแนะ

แนวทางการหาปัจจัยที่เหมาะสมกับความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวผู้วิจัยเลือกนำเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีอยู่แล้วมาปรับปรุงใหม่ให้สามารถศึกษาได้หลายปัจจัย โดยการหาเปอร์เซนต์ความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าวนั้นผู้วิจัยใช้วิธีการชั่งน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์ดีที่ได้ในแต่ละครั้งและใช้แว่นขยายตรวจดูเศษฝุ่นที่ได้ว่ามีหรือไม่ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจเกิดการผิดพลาดได้ และในการวิจัยผู้วิจัยไม่ได้นำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการทดลองนี้ไปทดลองเพาะปลูกเนื่องจากต้องรอให้ถึงฤดูกาลเพาะปลูกซึ่งใช้ระยะเวลานานเกินไป

UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมการค้าข้าว.(2561).เมล็ดพันธุ์และการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว.ออนไลน์:เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2561 http://www.ricethailand.go.th/rkb/seed/index.php-file=content.php&id=3.htm

กรมการค้าข้าว.(2561).วัชพืชในนาข้าว.ออนไลน์:เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2561 http://www.ricethailand.go.th/Rkb/weed/index.php-file=content.php&id=43.htm

กรมการค้าข้าว.(2561).การปรับปรุงเมล็ดพันธุ์.ออนไลน์:เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2561 http://www.ricethailand.go.th/Rkb/weed/index.php-file=content.php&id=43.htm

การุณ เทพทวีและธีรเดช วุฒิพรพันธ์ .(2556).วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 23 ฉบับที่ 1 ม.ค. - เม.ย. 2556 ,หน้า 138-147

ชินธันย์ พีรบูรณ์ไกรกุล.(2558).การหาค่าระดับปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อมท่อทองแดงที่ดีที่สุด . การค้นคว้าอิสระหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พิศมาส หวังดี.(2558).คุณสมบัติทางกายภาพของข้าวเปลือกและข้าวเปลือกนึ่งวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ปีที่ : 8 ฉบับที่ : 1 เลขหน้า : 23-28

นฤมล ผอูนรัตน์ และวรวรรธน์ นกน้อย.(2559).การศึกษาและพัฒนาเครื่องคัดข้าวพันธุ์คุณภาพสำหรับโรงสีสำหรับชุมชน,โครงงานวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร

นฤศันส์ วาสิกดิลก .(2541). วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บุญชัย แซ่สิ้ว และ และณัฐธยาน์ โสกุล.(2559).วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางปีที่ 9 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม 2559 – ธันวาคม 2559 , หน้า 30-44

ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.(2557).มาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว,ออนไลน์ tp://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2557/E/200/6.PDF

ปารเมศ ชุติมา.(2545).การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม.พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.กรุงเทพฯ

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์.(2551). การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด.กรุงเทพฯ

รุ่งทวี ผดากาล.(2561).ผลของเวลาและอัตราการไหลของอากาศ ต่อการแยกสิ่งเจือปนจากเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยใช้เครื่องคัดแยกสำครัวเรือน,วารสารแก่นเกษตร46 ฉบับพิเศษ1:2561 หน้า 445-450

วินิต ชินสุวรรณ,(ออนไลน์). อนุสิทธิบัตร เลขที่ 5629 เมื่อวันที่ 26 สิงหาคม 2553 https://ip.kku.ac.th/เครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก - มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วีระชาติ จริตงาม ภิญโญ ชุมมณีธนรัตน์ศรีรุ่งเรืองและ วัชระ ชัยสงคราม .(2555).การออกแบบและทดสอบเครื่องคัดเมล็ดพันธุ์ข้าวปลูกสำหรับโรงสีข้าวชุมชน,วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43 (3พิเศษ):2555 หน้า 155-158

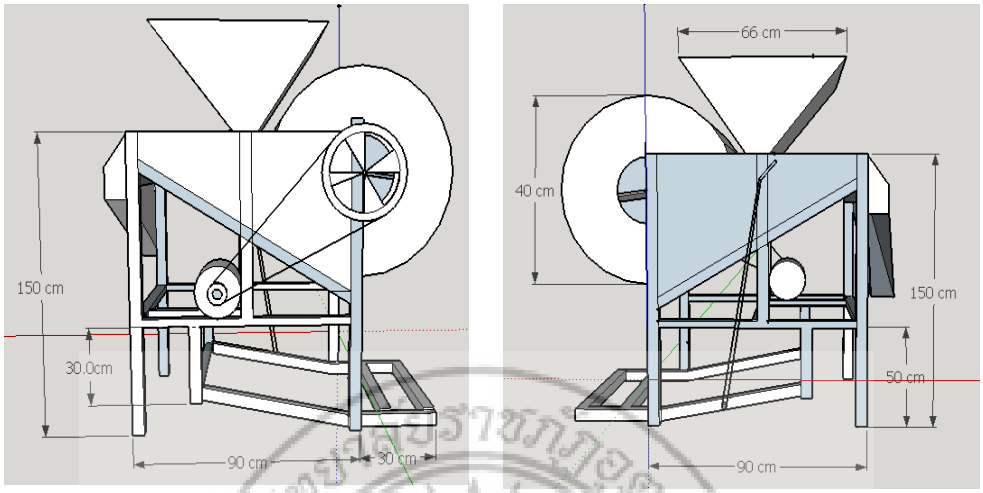
วิทยา สุมะลิ .(2559). การลดของเสียในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอโทรศัพท์มือถือโดยเทคนิคการออกแบบการทดลอง.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาษาอังกฤษ

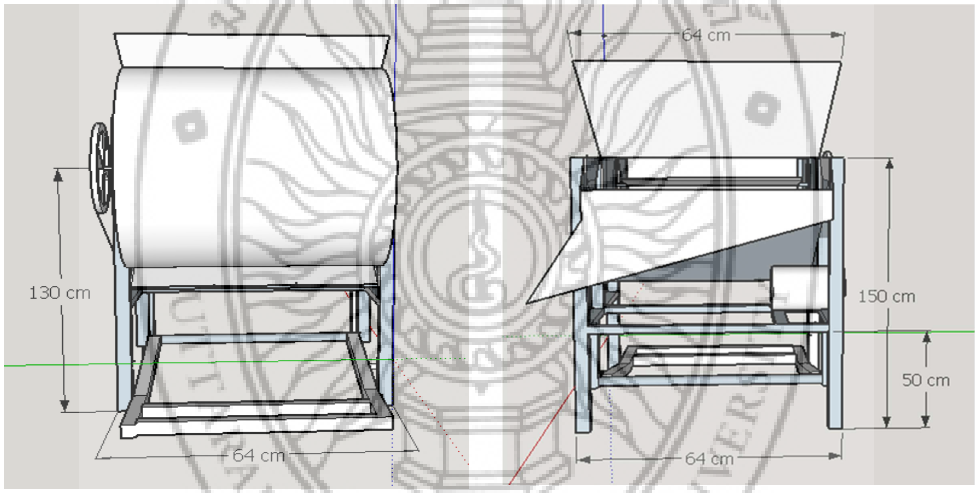
T. P. HILL .(1977). ON GOODS AND SERVICES. University of East Anglia, England

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องจักร



ก) ภาพด้านข้าง



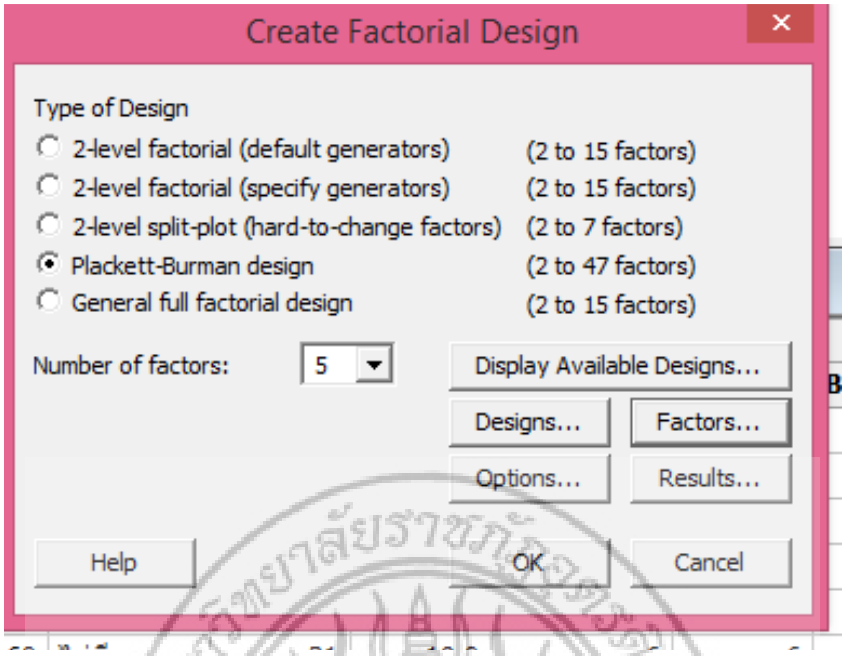
ก) ภาพด้านหน้า ข) ภาพด้านหลัง

ภาพที่ 1ก เขียนแบบโครงสร้างเครื่อง

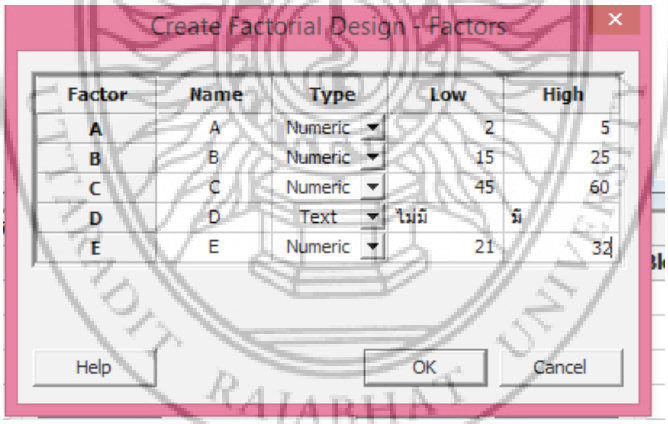
ภาพที่ 2ก ผู้ช่วยนักวิจัยลงมือสร้างเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ต้นแบบ

ภาพที่ 3ก ผู้ช่วยนักวิจัยลงมือสร้างเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ต้นแบบ

ภาพที่ 4ก เครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ต้นแบบ



ภาพที่ 1ข เลือกใช้ Plackett Burman design ในการกรองปัจจัย



ภาพที่ 2ข ระดับต่ำและสูงที่ใส่ในฟังก์ชั่นการทำงาน

ผู้ใช้งานนี้ได้รับอนุญาตให้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือกระทำการใดๆ ในเชิงพาณิชย์ ๒๕ มิ.ย. ๒๕๖๘

Factorial Fit: weight versus A, B, C, D, E

Estimated Effects and Coefficients for weight (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		16.625	0.5531	30.06	0.000
A	-2.583	-1.292	0.4146	-3.12	0.006
B	-0.039	-0.019	0.1343	-0.14	0.887
C	0.122	0.061	0.1343	0.45	0.655
D	-0.961	-0.481	0.6717	-0.72	0.484
E	-0.961	-0.481	0.1343	-3.58	0.002
A*D	-0.694	-0.347	0.5077	-0.68	0.503

S = 0.609269 PRESS = 13.3541
R-Sq = 58.40% R-Sq(pred) = 11.97% R-Sq(adj) = 43.72%

Analysis of Variance for weight (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	5	8.6854	8.82966	1.76593	4.76	0.007
A	1	3.6038	3.60375	3.60375	9.71	0.006
B	1	0.0704	0.00778	0.00778	0.02	0.887
C	1	0.2204	0.07683	0.07683	0.21	0.655
D	1	0.0204	0.19003	0.19003	0.51	0.484
E	1	4.7704	4.75063	4.75063	12.80	0.002
2-Way Interactions	1	0.1736	0.17361	0.17361	0.47	0.503
A*D	1	0.1736	0.17361	0.17361	0.47	0.503
Residual Error	17	6.3106	6.31056	0.37121		
Lack of Fit	5	2.2656	2.26556	0.45311	1.34	0.311
Pure Error	12	4.0450	4.04500	0.33708		
Total	23	15.1696				

Unusual Observations for weight

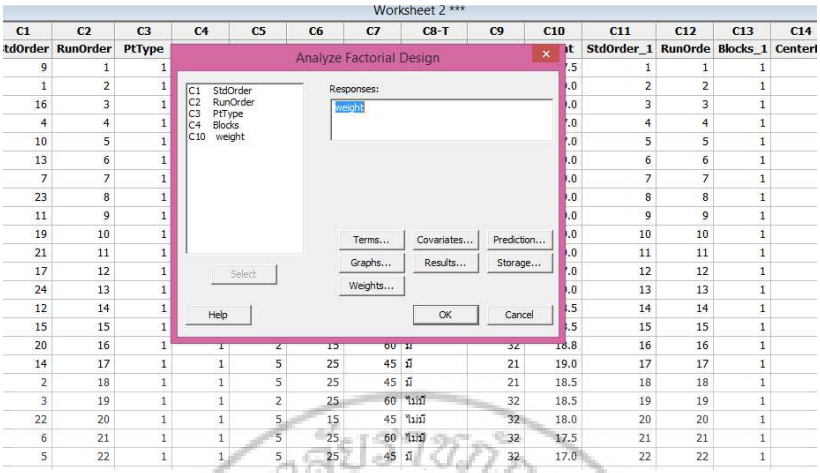
Obs	StdOrder	weight	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
4	4	17.0000	18.3444	0.3661	-1.3444	-2.76R

R denotes an observation with a large standardized residual.

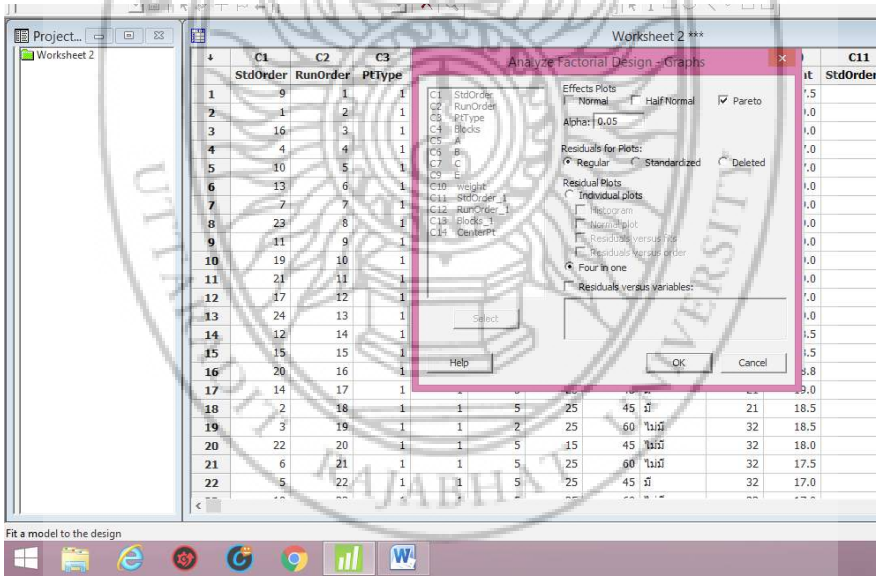
Estimated Coefficients for weight using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	21.1737
A	-0.258333
B	-0.0038889
C	0.0081481
D	0.213889
E	-0.0873737
A*D	-0.069444

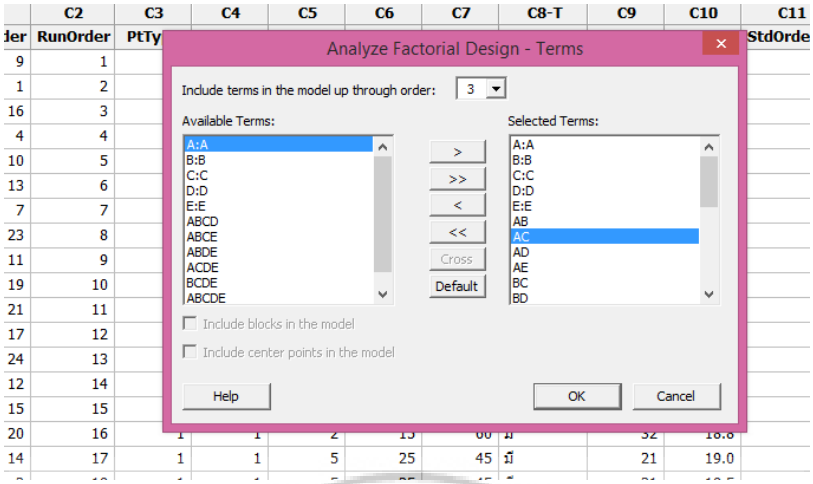
ภาพที่ 4ข ผลใน session window



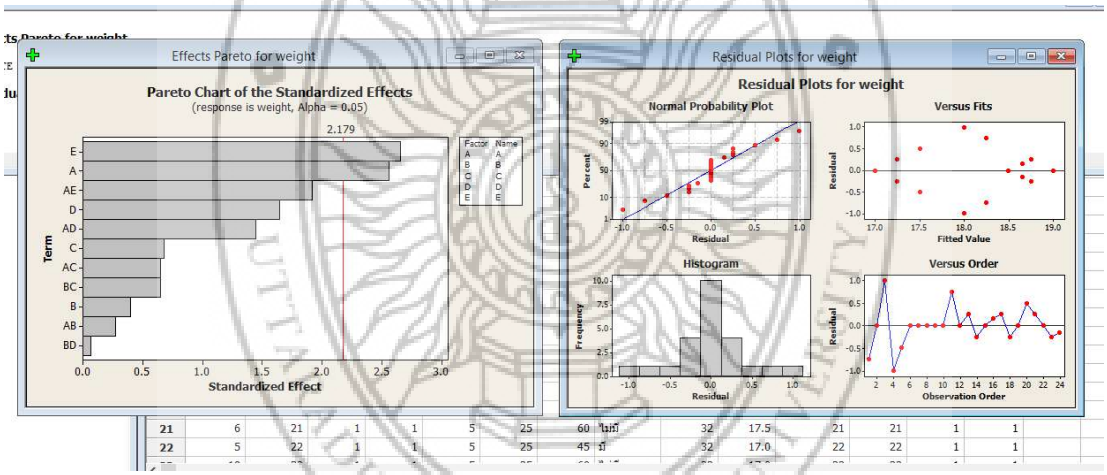
ภาพที่ 5ข การใส่ตัวแปรค่า Response ในงานวิจัยคือ weight



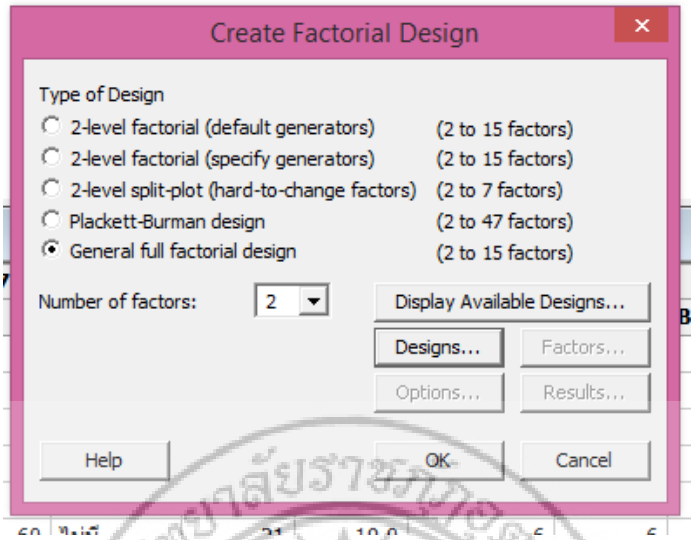
ภาพที่ 6ข เลือกกราฟที่ใช้แสดงผล



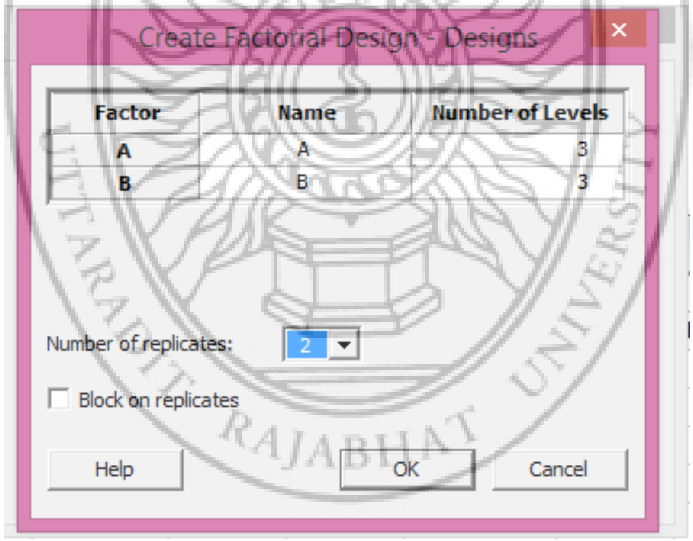
ภาพที่ 7ข เลือกแสดงผลเพื่อดูอันตรกิริยาของตัวแปร



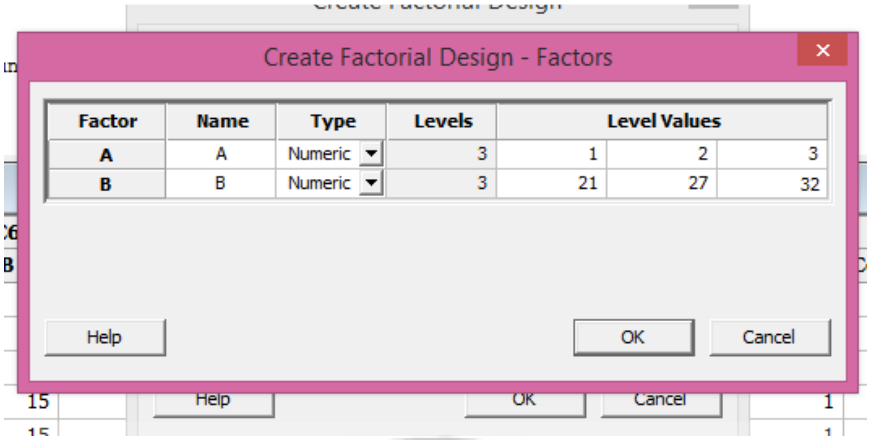
ภาพที่ 8ข ซ้ายเป็นแผนภูมิพาเรโต ขวาคือผลการดูความถูกต้องของข้อมูล



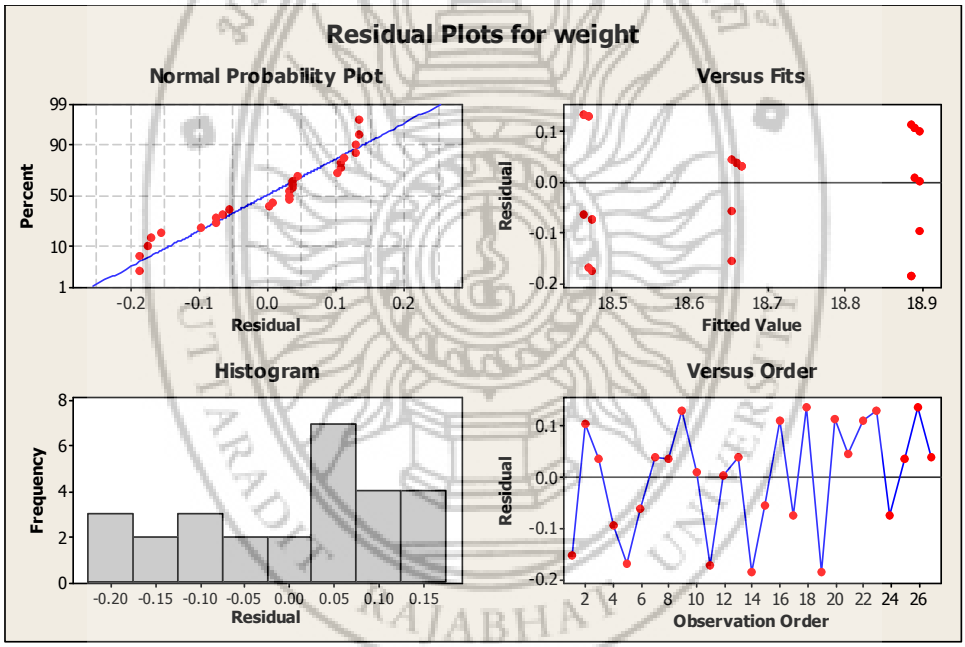
ภาพที่ 1ค เลือกใช้ Plackett Burman design ในการกรองปัจจัย



ภาพที่ 2ค ระดับต่ำและสูงที่ใส่ในฟังก์ชั่นการทำงาน



ภาพที่ 3ค ระดับปัจจัยที่ใส่ค่าในฟังก์ชั่นการทำงาน

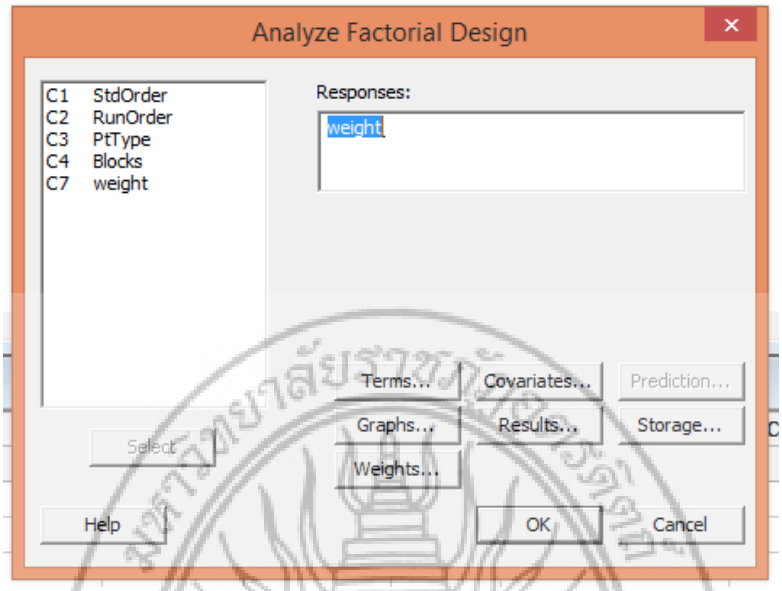


ภาพที่ 4ค ผลจากกราฟเพื่อดูความถูกต้องข้องข้อมูล

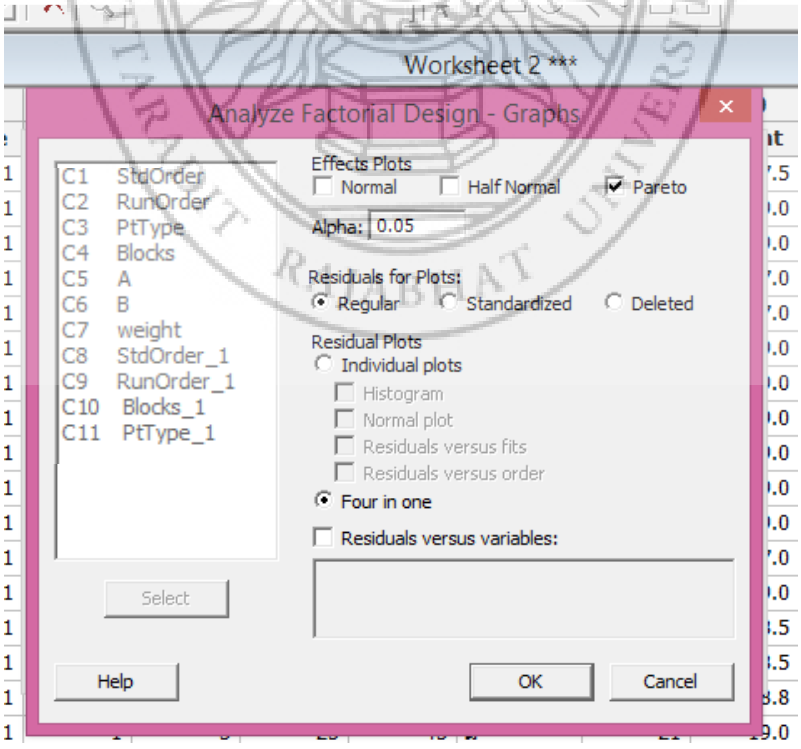
General Linear Model: weight versus A, B

```
Analysis of Variance for weight, using Adjusted SS for Tests

Source  DF   Seq SS   Adj SS   Adj MS      F      P
A        2  0.80296  0.80296  0.40148  36.13  0.000
B        2  0.03185  0.03185  0.01593   1.43  0.264
A*B      4  0.07704  0.07704  0.01926   1.73  0.187
Error   18  0.20000  0.20000  0.01111
Total   26  1.11185


S = 0.105409   R-Sq = 82.01%   R-Sq(adj) = 74.02%


Term          Coef  SE Coef       T      P
Constant   18.6741   0.0203  920.54  0.000
A
21          0.21481  0.02869    7.49  0.000
27         -0.00741  0.02869   -0.26  0.799
B
1          -0.01852  0.02869   -0.65  0.527
3           0.04815  0.02869    1.68  0.111
A*B
21 1        0.02963  0.04057    0.73  0.475
21 3        0.02963  0.04057    0.73  0.475
27 1        0.05185  0.04057    1.28  0.217
27 3       -0.01481  0.04057   -0.37  0.719


Unusual Observations for weight

Obs   weight      Fit  SE Fit  Residual  St Resid
  5  18.3000  18.5000  0.0609   -0.2000     -2.32 R
 20  19.0000  18.8000  0.0609    0.2000      2.32 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Analysis of Variance for weight (coded units)

Source              DF   Seq SS   Adj SS   Adj MS      F      P
Main Effects         5   8.6854  8.82966  1.76593   4.76  0.007
  A                  1   3.6038  3.60375  3.60375   9.71  0.006
  B                  1   0.0704  0.00778  0.00778   0.02  0.887
  C                  1   0.2204  0.07683  0.07683   0.21  0.655
  D                  1   0.0204  0.19003  0.19003   0.51  0.484
  E                  1   4.7704  4.75063  4.75063  12.80  0.002
2-Way Interactions   1   0.1736  0.17361  0.17361   0.47  0.503
  A*D                1   0.1736  0.17361  0.17361   0.47  0.503
Residual Error      17   6.3106  6.31056  0.37121
  Lack of Fit        5   2.2656  2.26556  0.45311   1.34  0.311
  Pure Error        12   4.0450  4.04500  0.33708
Total               23  15.1696
```

ภาพที่ 6ค ผลใน session window



ภาพที่ 7ค การใส่ตัวแปรค่า Response ในงานวิจัยคือ weight



ภาพที่ 8ค เลือกกราฟที่ใช้แสดงผล

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม