



การศึกษา ออกแบบ และพัฒนาเครื่องคัดขนาดเมล็ดสสารกาแฟ

KREF016003





รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษา ออกแบบ และพัฒนาเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟ

The study, design and development of green coffee bean sizing machine

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผศ.ดร. รัชพล จุ่งเจริญ

ได้รับการสนับสนุนเงินวิจัยจาก กองทุนวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2560

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษา ออกแบบ และพัฒนาเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟ

The study, design and development of green coffee bean sizing machine

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผศ.ดร. รัชพล จุ่งเจริญ

ได้รับการสนับสนุนเงินวิจัยจาก กองทุนวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2560

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การศึกษา ออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟ

แหล่งเงิน กองทุนวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 **จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน** 480,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 2 ปี ตั้งแต่ 15 กรกฎาคม 2560 ถึง 14 กรกฎาคม 2562

หัวหน้าโครงการ ผศ.ดร. รัชพล จุ่งเจริญ สังกัด วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ออกแบบ และพัฒนาเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบ ตะแกรงโยก พร้อมทั้งศึกษาผลกระทบของความลาดเอียงและความเร็วรอบในการโยกของตะแกรงต่อ ประสิทธิภาพการคัดขนาด อีกทั้งยังหาสภาวะที่เหมาะสมของความลาดเอียงกับความเร็วรอบในการ โยกที่ส่งผลต่อค่าประสิทธิภาพการคัดขนาดของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยก โดยใช้ระเบียบวิธีการพื้นผิวตอบสนอง (RSM) แบบส่วนผสมกลาง (CCD) ผลการทดลองพบว่าเมื่อ เพิ่มความลาดเอียงจาก 4 เป็น 6 องศา ร้อยละความถูกต้องในการคัดขนาด และร้อยละการติด ตะแกรงจะมีค่าลดลง สำหรับประสิทธิภาพการคัดขนาดนั้น จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความลาดเอียงจาก 4 เป็น 5 องศา แต่จะลดลงเมื่อเพิ่มความลาดเอียงจาก 5 เป็น 6 องศา เมื่อพิจารณาความเร็วรอบใน การโยกของตะแกรง พบว่าความเร็วรอบในการโยกของตะแกรงที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ร้อยละความ ถูกต้องในการคัดขนาด ประสิทธิภาพในการคัดขนาด และร้อยละการติดตะแกรงมีค่าลดลง สมการ ความสัมพันธ์ที่ได้เป็นสมการกำลังสองเต็ม (Full Quadratic) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือ R^2 เท่ากับ 0.9676 ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมในการใช้งานเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยก คือความลาดเอียง 5.06 องศา และความเร็วรอบในการโยกที่ 183.28 รอบต่อนาที โดยใช้ ประสิทธิภาพในการคัดขนาดเท่ากับร้อยละ 79.99

คำสำคัญ : เมล็ดสารกาแฟ, เครื่องคัดขนาด, ประสิทธิภาพในการคัดขนาด, ระเบียบวิธีการพื้นผิวตอบสนอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: The study, design and development of green coffee bean sizing machine

Researcher: Asst. Prof. Dr. Thatchapol Chungcharoen

Faculty: Prince of Chumphon campus, Chumphon Province

Department: Energy Engineering

ABSTRACT

The objectives of this research were to study, design and development of green coffee bean sizing machine with oscillating sieve and to investigate the effects of inclined angle and oscillating revolution speed on the sorting efficiency. Moreover, the sorting efficiency of green coffee bean sizing machine with oscillating sieve was optimized based on inclined angle and oscillating speed by Respond Surface Methodology (RSM) with central composite design (CCD). The results showed that when increasing the inclined angle from 4 to 6 degree, the weight purity index and the clogging sieve percentage were decreased. For the size grading efficiency, it found that the size grading efficiency was increased when the inclined angle increased from 4 to 5 degree. However, the size grading efficiency was decreased when increasing the inclined angle from 5 to 6 degree. When considering in term of oscillating revolution speed, the increase of oscillating revolution speed provided the decrease of weight purity index, size grading efficiency and clogging sieve percentage. The correlation between inclined angle and oscillating revolution speed to size grading efficiency was full quadratic model with high correlation coefficient ($R^2 = 0.9676$). The optimum operating parameters for green coffee bean sizing machine with oscillating sieve were inclined angle of 5.06 degree and oscillating speed of 183.28 rpm with a sorting efficiency of 79.99%.

Keywords : Green coffee bean, Sizing machine, Sorting efficiency, Respond Surface Methodology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองแซะสามัคคี จ.ชุมพร ที่ให้ความอนุเคราะห์ อำนวยความสะดวก สำหรับข้อมูลในการคัดขนาด และการใช้งานเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟเพื่อการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบกับเครื่องต้นแบบในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ประจำอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเกษตร ที่อำนวยความสะดวก เครื่องมือและอุปกรณ์ห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สจล. วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ที่เป็นส่วนสำคัญในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณคณะกรรมการวิจัย ที่ให้โอกาสการทำวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ฝ่ายวิจัย ฝ่ายพัสดุ และฝ่ายการเงิน สจล. วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ที่อำนวยความสะดวกแก่การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

“การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนกองทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560”

ธัชพล จุ่งเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 คำสำคัญของการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกาแฟ	4
2.2 ลักษณะของผลกาแฟและเมล็ดกาแฟ	5
2.3 การผลิตเมล็ดสารกาแฟ	7
2.4 หลักการคัดแยกสิ่งปลอมปน	11
2.5 มาตรฐานการคัดขนาดของเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า	12
2.6 มาตรฐานของเมล็ดกาแฟโรบัสต้า	12
2.7 การแปรรูปผลิตภัณฑ์	13
2.8 ข้อมูลการสำรวจโรงงานผลิตกาแฟ	15
2.9 ทฤษฎีในการออกแบบ	27
2.10 การออกแบบวิธีการทดลอง	30
2.11 ระเบียบวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology ; RSM)	31
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	36
บทที่ 3 วัสดุและวิธีดำเนินการวิจัย	46
3.1 เมล็ดสารกาแฟพันธุ์โรบัสต้า	46
3.2 การเตรียมเมล็ดสารกาแฟเพื่อทำการทดลอง	46
3.3 เครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวาง	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 ขั้นตอนการทดลอง	48
3.5 การคำนวณสมรรถนะของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรง โยกในแนวขวาง	50
3.6 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption; SEC)	51
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	52
4.1 ร้อยละความถูกต้องในการคัดขนาด (Weight purity index)	52
4.2 ประสิทธิภาพในการคัดขนาด (Size grading efficiency)	53
4.3 สมรรถนะรวมของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวขวาง	55
4.4 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC)	57
4.5 สภาวะที่เหมาะสมในการใช้งานของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรง โยกในแนวขวาง	58
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	63
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย	64
6.1 การประชุมระดับนานาชาติ (อยู่ในฐาน SCOPUS)	64
6.2 รายละเอียดผลผลิตงานวิจัยที่ผลิตได้	68
บรรณานุกรม	80
ภาคผนวก	85
ภาคผนวก ก สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย	86
ประวัตินักวิจัย	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงสถานะที่ได้จากโปรแกรม Minitab version18	49
4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการคัดขนาดโดยการทดลองแบบผสมกลาง	59
4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าประสิทธิภาพการคัดขนาด	60



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะของต้นกาแฟ และดอกกาแฟพันธุ์อาราบิก้า	4
2.2 ลักษณะของต้นกาแฟ และดอกกาแฟพันธุ์โรบัสต้า	5
2.3 ชั้นต่างๆ ของผลกาแฟ	6
2.4 ลักษณะของเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า และพันธุ์อาราบิก้า	6
2.5 ขั้นตอนการสีสด	8
2.6 ขั้นตอนการสีแห้ง	9
2.7 เครื่องคัดขนาดแบบ Gravity	10
2.8 เครื่องคัดขนาดแบบใช้ลม	10
2.9 เครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงโยก	11
2.10 เมล็ดกาแฟสดและการคัดแยกสิ่งปลอมปนโดยการลอยน้ำ	16
2.11 เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพและการสีด้วยเครื่องสีสด	16
2.12 กาแฟกะลา	16
2.13 การลดความชื้นกาแฟกะลาด้วยโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบปิด	17
2.14 เก็บกาแฟกะลาไว้เป็นเวลา 12 เดือน	17
2.15 เครื่องสีกาแฟกะลาพร้อมคัดแยกขนาด	17
2.16 ผลิตภัณฑ์กาแฟถ้าสิ่ง	18
2.17 เมล็ดกาแฟสดจากไร่กาแฟ	19
2.18 การแตกเมล็ดกาแฟสด	19
2.19 สิ่งปลอมปนจากการแตกแตก	19
2.20 ผลิตภัณฑ์กลุ่มแปรรูปกาแฟสดสตรีกลองท่อมเหนือ	20
2.21 เครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยก	21
2.22 เมล็ดสารกาแฟติดตะแกรงของเครื่องคัดขนาด	21
2.23 กระบวนการต้มเมล็ดสารกาแฟสำหรับทำกาแฟโบราณ	21
2.24 กระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟ	22
2.25 ผลิตภัณฑ์กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองแขงสามัคคี	22
2.26 สิ่งปลอมปนที่ติดมากับเมล็ดสารกาแฟที่รับซื้อ	23
2.27 กระสอบป่านเก็บเมล็ดสารกาแฟ	23
2.28 เครื่องคัดแยกขนาดพร้อมกำจัดสิ่งปลอมปน	24
2.29 เมล็ดสารกาแฟที่ติดมากับสิ่งปลอมปน	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.30 เมล็ดสารกาแฟติดค้ำบริเวณตะแกรงโยก	24
2.31 เมล็ดสารกาแฟที่กระเด็นออกจากตะแกรงในระหว่างการคัดแยก	25
2.32 ผลิตภัณฑ์กลุ่มสหกรณ์ผู้ปลูกกาแฟจังหวัดชุมพร จำกัด	25
2.33 เครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงหมุน	26
2.34 การหมุนของตะแกรงคัดขนาด	26
2.35 เมล็ดสารกาแฟติดค้ำบริเวณตะแกรงหมุน	26
2.36 ฟันละอองที่เกิดจากการคัดขนาด	27
2.37 เพลลาที่อยู่ภายใต้แรงต่างๆ	28
2.38 ลักษณะพื้นผิวตอบสนอง	32
2.39 ตัวอย่างแผนการทดลองบล็อกซ์-เบห์นเคน ในกรณี 3 ปัจจัย	34
2.40 การออกแบบแผนการทดลองบล็อกซ์-เบห์นเคน ในกรณี 3 ปัจจัย	34
2.41 Central composite design กรณี 3 ปัจจัย	35
2.42 การเก็บข้อมูลของ CCD กรณี 3 ปัจจัย ที่ค่า Alpha = 1	35
3.1 เมล็ดสารกาแฟจากสหกรณ์ผู้ปลูกกาแฟ จังหวัดชุมพร	46
3.2 ชุดคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟ	47
3.3 เมล็ดสารกาแฟพันธุ์โรบัสต้าหลังการพันธุ์	47
3.4 ส่วนประกอบของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวขวาง	48
4.1 ร้อยละความถูกต้องในการคัดขนาดของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกที่ความลาดเอียงของตะแกรง 4-6 องศาและความเร็วรอบในการโยก 170-200 รอบต่อนาที	52
4.2 ประสิทธิภาพในการคัดขนาดของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกที่ความลาดเอียงของตะแกรง 4-6 องศาและความเร็วรอบในการโยก 170-200 รอบต่อนาที	54
4.3 ดัชนีความบริสุทธิ์รวมของเครื่องต้นแบบของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวางที่เงื่อนไขต่างๆ	55
4.4 ประสิทธิภาพรวมของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวางที่ความลาดเอียงของตะแกรงและความเร็วรอบในการโยกต่างๆ	56
4.5 ร้อยละการติดตะแกรงรวมของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวางที่ความลาดเอียงของตะแกรงและความเร็วรอบในการโยกต่างๆ	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะที่ได้จากเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรง โยกในแนวขวางที่ความลาดเอียงของตะแกรงและความเร็วรอบในการโยกต่างๆ	58
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการคัดขนาดที่ได้จากการทดลองจริง และค่าจากการทำนายด้วยโปรแกรม	61
4.8 สภาวะที่เหมาะสมของประสิทธิภาพการคัดขนาด	61
4.9 แผนภาพตอบสนองประสิทธิภาพการคัดขนาดและกราฟพื้นผิวตอบสนองระหว่าง ความเร็วรอบของตะแกรงโยกและมุมเอียงต่อประสิทธิภาพการคัดแยกขนาด	62



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันความต้องการในการบริโภคกาแฟมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นสูง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากกาแฟมีหลากหลายรูปแบบ เช่น กาแฟคั่ว กาแฟสำเร็จรูป และกาแฟกระป๋องพร้อมดื่ม เป็นต้น (กลุ่มส่งเสริมไม้ยืนต้นสำนักส่งเสริม และจัดการสินค้าเกษตรกรรมส่งเสริมการเกษตร, 2557) สายพันธุ์กาแฟที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีอยู่ 2 สายพันธุ์ คือ กาแฟพันธุ์โรบัสต้าและกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ซึ่งสายพันธุ์กาแฟที่ได้รับความนิยมนำมาแปรรูปนั้นคือ กาแฟพันธุ์โรบัสต้า เนื่องจากกาแฟพันธุ์โรบัสต้ามีราคาจำหน่ายต่ำกว่ากาแฟพันธุ์อาราบิก้า ส่งผลให้ต้นทุนในการแปรรูปต่ำกว่า รวมทั้งมีปริมาณการเพาะปลูกมากกว่า ส่งผลให้มีผลผลิตเพียงพอต่อการแปรรูป (ณัฐวณีย์ และวิชชุพร, 2558) กาแฟพันธุ์โรบัสต้ายอดนิยมปลูกทางภาคใต้ โดยเฉพาะจังหวัดชุมพร จากสถิติการเกษตรประเทศไทย พบว่าในปี พ.ศ. 2559 จังหวัดชุมพรมีเนื้อที่ที่ปลูกกาแฟประมาณ 128,054 ไร่ ซึ่งให้ผลผลิต 11,904 ตัน โดยคิดเป็นร้อยละ 43.08 ของผลผลิตกาแฟทั้งหมดของประเทศ (เปรมชัย, 2015)

เมล็ดสารกาแฟ เป็นวัตถุดิบตั้งต้นที่สำคัญสำหรับการแปรรูปผลิตภัณฑ์กาแฟ เนื่องจากการแปรรูปกาแฟแต่ละรูปแบบนั้นจะใช้ขนาดของเมล็ดสารกาแฟที่แตกต่างกัน (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2560) ซึ่งรูปแบบการกำหนดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ กำหนดตามมาตรฐานของสถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และกรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ โดยเมล็ดสารกาแฟจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ขนาด ได้แก่ เบอร์ 1 จะมีขนาดของเมล็ดสารกาแฟมากกว่าหรือเท่ากับ 7.1 มิลลิเมตร เบอร์ 2 จะมีขนาดของเมล็ดสารกาแฟอยู่ในช่วงระหว่าง 6.3 ถึงน้อยกว่า 7.1 มิลลิเมตร เบอร์ 3 จะมีขนาดของเมล็ดสารกาแฟอยู่ในช่วงระหว่าง 5.6 ถึงน้อยกว่า 6.3 มิลลิเมตร และเบอร์ 4 จะมีขนาดของเมล็ดสารกาแฟน้อยกว่า 5.6 มิลลิเมตร (ธีระ, 2552) และกำหนดตามการซื้อขาย เมล็ดสารกาแฟจะถูกแบ่งออกเป็นเกรดโดยขึ้นอยู่กับสี และขนาดของเมล็ดสารกาแฟ ประกอบด้วย เกรด A มีสีเขียวอมฟ้า และเกรด X มีสีน้ำตาลปนแดงซึ่งทั้งสองเกรดจะมีขนาดของเมล็ดสารกาแฟมากกว่าหรือเท่ากับ 5.5 มิลลิเมตร และเกรด Y หรือนิยมเรียกว่า Pea berries จะมีขนาดของเมล็ดสารกาแฟน้อยกว่า 5.5 มิลลิเมตร (องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน, 2559) ซึ่งเมล็ดสารกาแฟเบอร์ 1 และเบอร์ 2 หรือเกรด A และเกรด X นิยมนำไปคั่วขายเป็นกาแฟสดเต็มเมล็ด ส่วนเมล็ดสารกาแฟเบอร์ 3 และเบอร์ 4 หรือเกรด Y จะนิยมนำไปคั่วทำกาแฟสำเร็จรูปต่างๆ หรือกาแฟโบราณ จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า การคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟมีความสำคัญที่ส่งผลต่อการแปรรูปผลิตภัณฑ์

สำหรับการคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟนั้นจะนิยมใช้เครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟ ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ เช่น เครื่องคัดขนาดเมล็ดกาแฟแบบ Gravity เครื่องคัดขนาดเมล็ดกาแฟแบบใช้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลม และเครื่องตัดขนาดเมล็ดกาแฟแบบตะแกรงโยก เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2552) ซึ่งเครื่องตัดแยกขนาดที่ใช้อยู่ทั่วไปในจังหวัดชุมพรจะเป็นแบบตะแกรงโยกที่มีขนาดรูตะแกรงแตกต่างกัน โดยตะแกรงจะวางในแนวระดับและโยกในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของเมล็ดสารกาแฟ จากการใช้งานเครื่องตัดแยกขนาดดังกล่าว พบว่าเมื่อเปิดเครื่องใช้งานสักระยะหนึ่ง เมล็ดสารกาแฟมักจะติดอยู่ที่ตะแกรงโยก ดังนั้นในระหว่างการตัดแยกจึงต้องมีคนคอยกระทุ้งตะแกรงให้เมล็ดสารกาแฟที่ติดอยู่นั้นหลุดออกจากตะแกรง อย่างไรก็ตามการกระทุ้งตะแกรงนั้นสามารถทำได้แค่ตะแกรงชั้นบน ส่งผลให้ไม่สามารถตัดแยกเมล็ดสารกาแฟได้ตามขนาดที่ต้องการ และมีประสิทธิภาพในการตัดแยกต่ำ อีกทั้งยังทำความสะอาดตะแกรงและเอาเมล็ดสารกาแฟที่ติดตะแกรงชั้นล่างออกได้ยาก เนื่องจากชั้นของตะแกรงยึดติดกันทุกชั้น จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาและออกแบบเครื่องตัดขนาดของเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดขนาด และทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องตัดขนาด ซึ่งได้แก่ ความเร็วและมุมเอียงของตะแกรงโยก นอกจากนี้ยังทำการหาสภาวะที่เหมาะสม และสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและมุมเอียงของตะแกรงโยกต่อประสิทธิภาพการตัดขนาดเมล็ดสารกาแฟ โดยใช้ระเบียบวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อการพัฒนา การออกแบบ และสร้างเครื่องตัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยก
- 1.2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องตัดขนาดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับเครื่องที่ได้พัฒนาและออกแบบใหม่
- 1.2.3 เพื่อศึกษาผลของความเร็วรอบ และความลาดเอียงของตะแกรง ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการตัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟ
- 1.2.4 สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและความลาดเอียงของตะแกรง ที่มีต่อประสิทธิภาพในการตัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 เมล็ดสารกาแฟที่ใช้ในการทดสอบคือ เมล็ดสารกาแฟพันธุ์โรบัสต้า
- 1.3.2 จำนวนเมล็ดกาแฟที่ใช้ในการทดลองต่อครั้งคือ 2 กิโลกรัม
- 1.3.3 ความเร็วของตะแกรงโยกที่ใช้ คือ 170 185 และ 200 รอบต่อนาที
- 1.3.4 ความลาดเอียงของตะแกรงโยกที่ใช้ในการทดสอบ คือ 4 5 และ 6 องศา
- 1.3.5 ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ประสิทธิภาพในการตัดขนาด ดัชนีความบริสุทธิ์ (Weight purity index) และ การใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต (SEC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.6 ใช้ระเบียบวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM) ในการสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและความลาดเอียงของตะแกรงโยกต่อค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟ

1.4 คำสำคัญของการวิจัย

- 1.4.1 เมล็ดสารกาแฟ (Green Coffee Bean)
- 1.4.2 การคัดขนาด (Size Grading)
- 1.4.3 ประสิทธิภาพ (Efficiency)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้เครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยก
- 1.5.2 ทราบถึงประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบเทียบกับเครื่องที่ใช้งานทั่วไป
- 1.5.3 ทราบถึงสภาวะหรือเงื่อนไขที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้เครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยก
- 1.5.4 ทราบถึงรูปแบบความสัมพันธ์ของความเร็วและความลาดเอียงของตะแกรงโยกต่อประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟ
- 1.5.5 ข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟให้กับวิสาหกิจชุมชนหรือเกษตรกรที่มีการผลิตเมล็ดสารกาแฟในจังหวัดชุมพร เป็นการเพิ่มรายได้และมูลค่าของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกาแฟ (คลังข้อมูลสารสนเทศระดับภูมิภาค (ภาคใต้), 2559)

กาแฟ มีชื่อทางพฤกษศาสตร์คือ *Coffea spp* อยู่ในวงศ์ *Rubica ceae* ซึ่งในปัจจุบันมีกาแฟหลากหลายสายพันธุ์ แต่ในประเทศไทยนิยมปลูกอยู่ 2 สายพันธุ์ คือ กาแฟพันธุ์อาราบิก้า และกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

กาแฟพันธุ์อาราบิก้า เป็นพันธุ์ที่ชอบความเย็น เจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในพื้นที่ที่มีระดับความสูงตั้งแต่ 800-2,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่นิยมปลูกและบริโภคกันมากที่สุดในโลก กาแฟชนิดนี้เป็นกาแฟที่มีกลิ่นและรสชาติที่ดีที่สุด สำหรับกาแฟพันธุ์นี้นิยมปลูกอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย และจังหวัดลำปาง เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ลักษณะของต้นกาแฟ และดอกกาแฟพันธุ์อาราบิก้า
ที่มา : คลังข้อมูลสารสนเทศระดับภูมิภาค (ภาคใต้), 2559

กาแฟพันธุ์โรบัสต้า เป็นพันธุ์ที่ชอบความชื้นสูง เจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตเป็นจำนวนมากในพื้นที่ที่มีระดับความสูงตั้งแต่ 500-600 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ไม่ค่อยมีกลิ่นหอม รสชาติค่อนข้างฝาด มีปริมาณคาเฟอีนสูงกว่าพันธุ์อาราบิก้า 1 ถึง 2 เท่า โดยส่วนใหญ่ก็นิยมนำมาผลิตเป็นกาแฟสำเร็จรูป หรือนำมาผสมกับกาแฟพันธุ์อาราบิก้า เพื่อให้ได้รสชาติที่แตกต่าง สำหรับกาแฟพันธุ์นี้นิยมปลูกอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย เช่น จังหวัดชุมพร จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นต้น



รูปที่ 2.2 ลักษณะของต้นกาแฟ และดอกกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

ที่มา : คลังข้อมูลสารสนเทศระดับภูมิภาค (ภาคใต้), 2559

2.2 ลักษณะของผลกาแฟและเมล็ดกาแฟ (องอาจ, 2548)

2.2.1 ผลกาแฟ

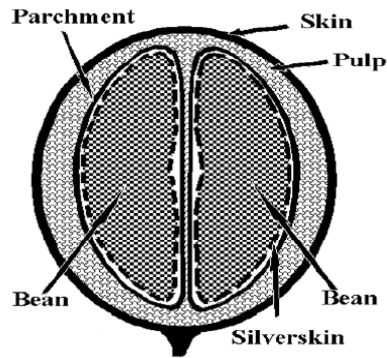
ผลกาแฟมีลักษณะเฉพาะ คือเป็นรูปร่างรี มีก้านผลสั้น เมื่อดิบออกผลเป็นสีเขียวเมื่อสุกออกผลเป็นสีเหลืองส้ม แดง หรือแดงจนเกือบดำ ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ของกาแฟ ส่วนประกอบของผลกาแฟ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 เปลือกของผล (Skin) มักมีเปลือกเป็นสีแดงสด สีแดงเข้มเลือดหมู สีส้ม สีเหลืองอ่อน และสีเขียว

ส่วนที่ 2 เนื้อบาง (Pulp) อยู่ใต้เปลือกของผล ห่อหุ้มอยู่รอบกะลากาแฟ มีสีเหลือง มีรสหวานเมื่อผลสุก

ส่วนที่ 3 กะลา (Parchment) ถัดจากเนื้อบางซึ่งห่อหุ้มส่วนที่เรียกว่ากะลา กะลานั้นจะห่อหุ้มเมล็ดไว้บนผิวนอกของเมล็ดที่อยู่ระหว่างกะลากับเมล็ด โดยมีเยื่อบางๆ หุ้มอยู่ เรียกว่าเยื่อหุ้มเมล็ดใน (Silverskin) และชั้นในสุดคือเมล็ดกาแฟ (Bean) ผลกาแฟแต่ละผลจะมี 2 เมล็ดประกบกัน ด้านที่ประกบกันจะอยู่ด้านในมีลักษณะแบน มีร่องบริเวณกลางเมล็ด 1 ร่อง ส่วนด้านนอกมีลักษณะโค้ง ลักษณะเมล็ดจะเป็นเดี่ยวหรือเมล็ดโหนด ในบางครั้งหากการผสมเกสรไม่สมบูรณ์จะทำให้ผลติดเมล็ดเพียงเมล็ดเดียว ผลกาแฟมีเมล็ดเพียงเมล็ดเดียวรูปร่างกลมรีทั้งเมล็ด โดยมีร่องบริเวณกลางเมล็ด 1 ร่อง ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ชั้นต่างๆ ของผลกาแฟ

ที่มา : องอาจ, 2548

2.2.2 เมล็ดกาแฟ

เมล็ดกาแฟมีลักษณะโค้งด้านหนึ่งอีกด้านหนึ่งเรียบและมีร่องตรงกลาง ด้านเรียบของทั้งสองเมล็ดจะหันหน้าเข้าหากันและประกบกัน เมล็ดมีลักษณะเป็นรูปไข่ยาวหรือกลมรี ซึ่งลักษณะของเมล็ดพันธุ์โรบัสต้ามีลักษณะอวบอ้วน ด้านหลังมีลักษณะนูนเป็นหลังเต่า รอยผ่าไส้กลางเมล็ดจะเป็นเส้นค่อนข้างตรง และพันธุ์อาราบิก้ามีลักษณะรูปทรงค่อนข้างเรียวผอม รอยผ่าไส้กลางมีลักษณะคล้ายตัว S (ดังรูปที่ 2.4) โดยเยื่อบาง (Testa) สีเงินห่อหุ้มอยู่ และภายในเปลือกใสที่เรียกว่า กะลา (Parchment) เมล็ดที่มีเปลือกหุ้มอยู่เรียกว่า กาแฟกะลา (Parchment coffee) และรอบเปลือกหุ้มหรือกะลาเมล็ดนี้จะมีเมือกใส และเหนียว (Mucilage) เคลือบอยู่ เมื่อกะเทาะส่วนของกะลาที่ออกจะเหลือส่วนของเมล็ดที่เรียกว่า สารกาแฟ (Coffee bean) ซึ่งเมื่อยังสดอยู่มีสีเขียว แต่เมื่อแห้งมีสีเขียวอมเทา เรียกว่า กรีน คอฟฟี่ (Green coffee)

Robusta

Arabica



รูปที่ 2.4 ลักษณะของเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า และพันธุ์อาราบิก้า

ที่มา : คลังข้อมูลสารสนเทศระดับภูมิภาค (ภาคใต้), 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การผลิตเมล็ดสารกาแฟ

การผลิตเมล็ดสารกาแฟ มี 3 ขั้นตอน คือ

1. การเก็บเกี่ยวผลกาแฟ
2. กระบวนการสี
3. การคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟ

2.3.1 การเก็บเกี่ยวผลกาแฟ (นิทัศน์ และคณะ, 2548)

การเก็บเกี่ยวกาแฟ สามารถเก็บได้หลังการเพาะปลูก 3 ปี กาแฟโรบัสต้าสามารถเก็บผลได้เมื่ออายุ 11 เดือน หลังกาแฟออกดอก และกาแฟอาราบิก้าสามารถเก็บผลได้เมื่ออายุ 8 ถึง 9 เดือน หลังกาแฟออกดอก ซึ่งขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของต้น สภาพพื้นที่เพาะปลูก และสภาพแวดล้อม ผลกาแฟในแต่ละช่วงจะสุกไม่พร้อมกัน โดยสามารถทยอยเก็บเกี่ยวได้ทุกๆ 3 สัปดาห์ ในการเก็บผลกาแฟให้เลือกเก็บเฉพาะผลที่สุกมีสีส้ม หรือสีส้มแดง ไม่ควรเก็บผลที่อ่อนหรือผลที่ไม่แก่จัด เพราะจะทำให้ได้สารกาแฟที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่งวิธีการเก็บจะใช้ตาข่ายในลอน หรือกระสอบป่านที่สะอาด

2.3.2 กระบวนการสี ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

1. การสีสด (แบบเปียก) เป็นวิธีการควบคุมคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่ได้ มีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าวิธีการทำสีแห้ง ซึ่งนิยมใช้กับกาแฟอาราบิก้า
 - นำผลสุกมาปอกเปลือกให้หมดภายในหนึ่งวัน ถ้าปอกเปลือกไม่หมดไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 1 คืน ซึ่งถ้าเก็บไว้นานจะส่งผลให้เมล็ดกาแฟเสื่อมคุณภาพ โดยการนำผลกาแฟเข้าเครื่องปอกเปลือก ใช้น้ำเป็นตัวช่วยในการปอกเปลือก
 - นำเมล็ดที่ปอกเปลือกเสร็จแล้ว มาใส่ในบ่อซีเมนต์ ใส่น้ำให้สูงกว่ากาแฟ จากนั้นคลุมด้วยผ้าหรือพลาสติกปิดปากบ่อ 24 ถึง 48 ชั่วโมง เพื่อทำการกำจัดเมือกออก
 - นำเมล็ดกาแฟที่ได้ไปตากแดดบนลานซีเมนต์ หรือบนตาข่ายพลาสติก ใช้เวลาประมาณ 5 ถึง 7 วัน ซึ่งไม่ควรมีความหนาเกิน 4 ถึง 5 เซนติเมตร เมื่อเมล็ดแห้งสนิทแล้วจึงนำไปกะเทาะเปลือก และคัดแยกเมล็ดแตก เมล็ดดำ หรือเมล็ดที่เปลือกหุ้มออกไม่หมด ซึ่งจะได้สารกาแฟที่มีคุณภาพดี ตรงต่อความต้องการของตลาด



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการสีสด

ที่มา : นิตยสาร และคณะ, 2548

2. การสีแห้ง (แบบแห้ง) เป็นวิธีที่นิยมใช้กับกาแฟโรบัสต้า เพราะสะดวก และลงทุนน้อยแต่จะควบคุมคุณภาพได้ยาก มีขั้นตอนการสี ดังนี้

- เพื่อให้ได้สารกาแฟที่มีคุณภาพดี ควรทำการคัดเมล็ดกาแฟก่อนโดยนำเมล็ดกาแฟไปลายนํ้า คัดผลที่ลายนํ้าทิ้ง (หรือแยกออกต่างหาก) เนื่องจากมอดทำลายเมล็ดเสีย เมล็ดเสีย เมล็ดลีบหรือเมล็ดแห้ง ถ้าไม่นำไปลายนํ้าให้คัดแยกเอาเมล็ดที่มีตำหนิ ผลที่ยังไม่แก่ ผลที่แห้งคาต้น ผลที่ร่วงบนพื้นดินออกไปต่างหาก ไม่นำไปปะปนกับผลผลิตที่มีคุณภาพ

- นำเมล็ดกาแฟไปตากบนลานซีเมนต์ที่สะอาด อากาศถ่ายเทได้ดี ก่อนตากอาจจะรองด้วยตาข่ายสีฟ้าเพื่อความสะดวกในการเก็บเมล็ดกาแฟช่วงฝนตก

- ผลกาแฟที่เก็บได้ในแต่ละวันต้องนำมาตากแดดทันที

- ในช่วง 5 วันแรก จะไม่ตากกาแฟหนาจนเกินไป โดยต้องไม่หนากว่า 4 ชั้นผลกาแฟ และควรเกลี่ยเมล็ดกาแฟให้มีความสม่ำเสมอ ประมาณ 4 ถึง 5 เซนติเมตร (ความหนาในการตากแต่ละครั้งเท่ากับเมล็ดกาแฟที่เรียงสูงประมาณ 4 ผล)

- ควรกลับเมล็ดกาแฟวันละ 2 ถึง 3 ครั้ง เพื่อไม่ให้เกิดกลิ่นหมักของสารกาแฟ

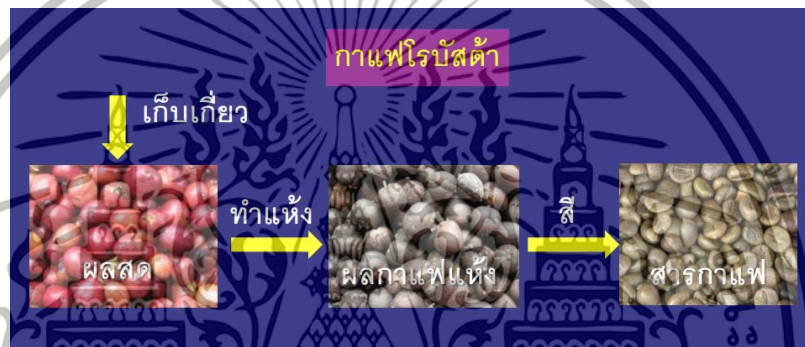
- ลานตากกาแฟควรมีความลาดเอียง 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้มีการระบายน้ำดี และลานคอนกรีตได้สารกาแฟที่มีคุณภาพดีกว่าลานดิน

- เก็บกาแฟทุกครั้งก่อนฝนตกและทุกเย็น โดยในช่วงเย็นและวันที่ฝนตก จะต้องนำเมล็ดกาแฟที่ตากมารวมกอง และใช้ผ้าใบหรือผ้าพลาสติกคลุม เมื่อจะตากใหม่ควรรอให้ลานแห้งก่อนแล้วจึงนำเมล็ดมาตากอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อเมล็ดเริ่มแห้งบนลานตาก สามารถปรับให้มีความหนาขึ้นได้ ระยะเวลาในการตากแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 15 ถึง 20 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ผลกาแฟต้องแห้งสนิทก่อนนำไปสี และเครื่องสีต้องประสิทธิภาพสูง

- หลังจากกะเทาะเปลือกออกแล้วจะต้องคัดเอาเมล็ดแตก เมล็ดดำ เมล็ดที่มีเปลือกหุ้มออกให้หมด ห้ามเก็บกระสอบกาแฟไว้ใกล้สารเคมี เช่น ปุ๋ย น้ำมัน และแยกสารกาแฟที่มีคุณภาพดีและไม่ดีออกจากกันก่อนนำไปส่งขาย ซึ่งต้องมีการคลุกกระสอบกาแฟด้วยผ้าพลาสติกเพื่อกันฝนและความชื้น ผลกาแฟที่แห้งแล้วจะมีความไวต่อการดูดกลืนได้ดี และไม่สามารถเก็บได้นาน จึงควรกะเทาะเปลือกทันทีหลังตากแห้ง หลังจากใช้เครื่องสีเปลือกกาแฟ สีผลกาแฟที่แห้งแล้วจะได้ส่วนของเมล็ดกาแฟแห้งและจะนำไปคัดขนาดในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการสีแห้ง
ที่มา : นิตยสาร และคณะ, 2548

2.3.3 การคัดขนาดเมล็ดสรรกาแฟ (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

การคัดขนาดเมล็ดสรรกาแฟ เป็นการคัดแยกเมล็ดสรรกาแฟในขนาดต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการจำหน่าย อีกทั้งยังสามารถเพิ่มมูลค่าของเมล็ดสรรกาแฟได้ ซึ่งในปัจจุบันเครื่องคัดขนาดแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เครื่องคัดขนาดแบบ Gravity

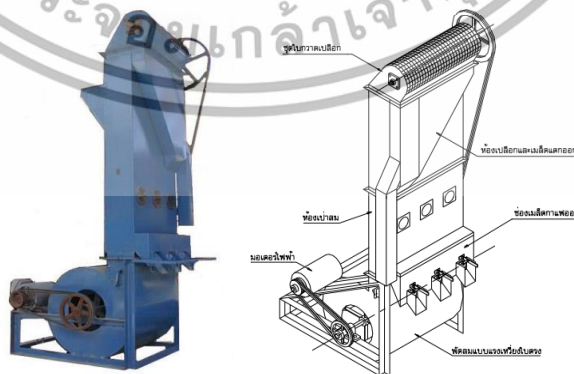


รูปที่ 2.7 เครื่องคัดขนาดแบบ Gravity

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร, 2552

หลักการทำงาน คือ ถาดสั่นจะเคลื่อนที่ในตำแหน่งลาดเอียง ทั้งในทิศทางในแนวตั้ง และแนวราบพร้อมๆ กัน ซึ่งการเคลื่อนที่ดังกล่าวนี้ จะถูกเรียกว่า การเคลื่อนที่ในแนวตั้ง และในแนวราบ ระหว่างการเดินเครื่อง ถาดสั่น จะสั่นทั้งข้างหน้าและข้างหลัง เมื่อเมล็ดถูกส่งมาถึงถาดสั่น จะถูกแยกออกเป็น 2 ชั้น โดยใช้พัดลมเป่าจากทางด้านล่าง เมล็ดที่หนักกว่าจะอยู่ชั้นล่าง และจะเคลื่อนที่ต่อไปตามความลาดเอียงของถาดสั่น โดยใช้ระบบสั่นเป็นตัวนำพา ส่วนเมล็ดที่เบากว่าจะถูกแยกอยู่ชั้นบนและถูกเทลงที่ฟักโดยอาศัยการปรับระดับในแนวตั้งของถาดสั่น

2. เครื่องคัดขนาดแบบใช้ลม ซึ่งจะใช้ความเร็วลมในการคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟ



รูปที่ 2.8 เครื่องคัดขนาดแบบใช้ลม

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร, 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทํางาน คือ เมื่อเมล็ดสารกาแฟไหลลงมายังบริเวณที่มีลมดูดผ่าน จะมีการแยกตัวเกิดขึ้น เนื่องจากแรงต้านปะทะของลม ซึ่งแรงต้านจะแปรผันตามขนาด รูปร่าง และ ลักษณะของผิวสัมผัส และตำแหน่งของเมล็ดสารกาแฟ เครื่องนี้สามารถคัดขนาดของเมล็ดสารกาแฟ ได้ อีกทั้งยังสามารถกำจัดเปลือกก่อนทำการคัดขนาดได้อีกด้วย

3. เครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงโยก



รูปที่ 2.9 เครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงโยก

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร, 2552

หลักการทํางาน คือ เมื่อเมล็ดสารกาแฟถูกป้อนเข้าเครื่อง เมล็ดสารกาแฟ จะถูกลำเลียงไปยังตะแกรง จะใช้การสั่นโดยการเคลื่อนที่และการโยกของตะแกรงในทิศทางที่ขนานกับการไหลของเมล็ดสารกาแฟ เมล็ดสารกาแฟจะไหลลงรูของแต่ละขนาด

2.4 หลักการคัดแยกสิ่งปลอมปน

การคัดแยก หมายถึงการคัดเอาของที่มีคุณสมบัติเฉพาะเหมือนกันออกจากของที่มีลักษณะแตกต่างกัน หรือการปฏิบัติการทุกอย่างที่แยกวัสดุหนึ่งออกจากของผสมที่มีคุณลักษณะหลายๆ อย่าง ออกเป็นกลุ่มที่ แตกต่างกันชัดเจน เช่น การทำความสะอาดและคัดขนาดของเมล็ดพันธุ์พืช ซึ่งวัสดุที่ผ่านการคัดเลือกจะประกอบไปด้วยสองส่วนคือ สิ่งเจือปน และส่วนบริสุทธิ์ โดยสิ่งเจือปนคือส่วนน้อยที่ติดไปกับส่วนใหญ่และ ส่วนบริสุทธิ์ คือของส่วนใหญ่ที่อยู่ในวัสดุนั้น ถ้าวัสดุมีสิ่งเจือปนสูงก็จะมี ความบริสุทธิ์ต่ำ และคุณภาพในการคัดเลือกก็จะต่ำลง (บัณฑิต, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปกระบวนการคัดแยกสิ่งปลอมปนเป็นกระบวนการที่สำคัญกระบวนการหนึ่งซึ่งส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพลดลง อุตสาหกรรมทางการเกษตรจึงให้ความสำคัญในเรื่องนี้เป็นอย่างมาก จึงคิดค้น ปรับปรุง และพัฒนากระบวนการคัดแยกสิ่งปลอมปนให้ดียิ่งขึ้นเรื่อยมา กระบวนการคัดแยกสิ่งปลอมปนสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลงานวิจัยได้อย่างกว้างขวาง เช่น การคัดแยกเศษเปลือกทับทิมโดยวิธีการสแกนจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีตัวเซ็นเซอร์ตรวจจับสิ่งปลอมปนที่ไม่ใช่เมล็ดทับทิมและทำการคัดแยกออกโดยทันที การใช้ลมแบบนิวเมตริกซ์ของเศษถั่วเหลืองแตก โดยการเป่าสิ่งปลอมปนที่มีน้ำหนักเบาให้ลอยและหลุดออกจากเนื้อถั่วเหลืองที่มีน้ำหนักมากกว่า การใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับเมล็ดถั่วที่เสียดออกจากเมล็ดถั่วที่สมบูรณ์ ซึ่งวิธีนี้จะใช้ระบบเซ็นเซอร์ในการตรวจจับสีของเมล็ดถั่ว หากมีสีที่ไม่ตรงตามความต้องการจะทำการคัดแยกออก การใช้ระบบการสั่นสะเทือนในการคัดแยกสิ่งปลอมปนออกจากเมล็ดข้าว โดยวิธีนี้จะทำการสั่นเป็นการจำลองคล้ายการร่อน 3 ชั้น ชั้นที่ 1. วัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่าจะไม่ถูกร่อนลงไปด้านล่างจึงทำให้มีเฉพาะเมล็ดข้าวและสิ่งปลอมปนที่ถูกร่อนลงไปด้านล่างได้ ชั้นที่ 2. จะมีขนาดรูเล็กกว่าเมล็ดข้าว ทำให้เมล็ดข้าวถูกกักเก็บไว้ที่ชั้นนี้ ส่วนชั้นที่ 3. ซึ่งมีขนาดรูที่เล็กที่สุดจึงทำให้เศษเปลือกหรือสิ่งปลอมปนที่มีขนาดเล็กกว่าเมล็ดข้าวถูกร่อนลงไป เป็นต้น

2.5 มาตรฐานการคัดขนาดของเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า (กรมการค้าต่างประเทศ, 2558)

มาตรฐานของเมล็ดกาแฟหรือเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าในประเทศไทยนั้นจะถูกกำหนดตามมาตรฐาน 2 มาตรฐาน คือ มาตรฐานของสถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และมาตรฐานของกรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ เพื่อให้การส่งเสริมการพัฒนาการค้าเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้าในประเทศไทยให้มีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของทุกฝ่าย ซึ่งกาแฟที่เกษตรกรนิยมใช้ มี 4 ขนาดดังนี้

เบอร์ 1 จะมีขนาดของเมล็ดสารกาแฟมากกว่าหรือเท่ากับ 7.1 มิลลิเมตร

เบอร์ 2 จะมีขนาดของเมล็ดสารกาแฟอยู่ในช่วงระหว่าง 6.3 ถึงน้อยกว่า 7.1 มิลลิเมตร

เบอร์ 3 จะมีขนาดของเมล็ดสารกาแฟอยู่ในช่วงระหว่าง 5.6 ถึงน้อยกว่า 6.3 มิลลิเมตร

เบอร์ 4 จะมีขนาดของเมล็ดสารกาแฟน้อยกว่า 5.6 มิลลิเมตร

ซึ่งเบอร์ 1 และเบอร์ 2 นิยมนำไปคั่วขายเป็นกาแฟสดเต็มเมล็ดซึ่งขนาดมีผลต่อราคา ยิ่งเมล็ดใหญ่ ราคาที่สูง เบอร์ 3 และเบอร์ 4 นิยมนำไปคั่วทำกาแฟสำเร็จรูปต่างๆ หรือกาแฟโบราณ

2.6 มาตรฐานของเมล็ดกาแฟโรบัสต้า (ฉ.รัฐฉ. 2551)

เพื่อเป็นการส่งเสริมและพัฒนาการค้าเมล็ดสารกาแฟพันธุ์โรบัสต้าของประเทศไทยให้มีคุณภาพและมาตรฐานเป็นที่ยอมรับของทุกฝ่าย กรมการค้าภายในโดยความเห็นชอบของกระทรวงพาณิชย์ได้กำหนดมาตรฐานเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้าของประเทศไทย ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าจะต้องมีสีกลิ่น ตามธรรมชาติของเมล็ดสารกาแฟ ไม่บูดเน่าหรือขึ้นราและไม่มีผลกาแฟปะปน
2. เมล็ดสารกาแฟจะต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 13
3. ข้อบกพร่องของเมล็ดสารกาแฟทั้งหมดจะต้องไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้
 - เมล็ดสารกาแฟซื้อขายโดยทั่วไปไม่ควรจะมีเมล็ดสารกาแฟที่กะเทาะเปลือกออกไม่หมด
 - เมล็ดดำ คือเมล็ดสารกาแฟที่มีสีดำเกินครึ่งหนึ่งของเมล็ดจะมีได้ไม่เกินร้อยละ 2
 - เมล็ดมอด คือเมล็ดสารกาแฟที่มีรูมอดเจาะเกิน 1 รูจะมีได้ไม่เกินร้อยละ 4
 - เมล็ดแตก คือชิ้นส่วนเมล็ดกาแฟที่มีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของเมล็ดกาแฟทั้งหมดจะมีได้ไม่เกินร้อยละ 2
 - สิ่งเจือปน คือเศษหิน เศษไม้ เปลือกกาแฟ และทุกอย่างที่ไม่ใช่เมล็ดสารกาแฟ ซึ่งจะมีได้ไม่เกินร้อยละ 0.5

2.7 การแปรรูปผลิตภัณฑ์ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2559)

ปัจจุบันความต้องการในการบริโภคกาแฟเพิ่มมากขึ้น มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจสูงขึ้น ทำให้มีการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับกาแฟออกมาวางจำหน่ายในตลาดมากมาย เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค

ผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับกาแฟสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

- 2.7.1 กาแฟคั่วบด (Roast and ground coffee)
- 2.7.2 กาแฟผงสำเร็จรูป (Instant coffee, Soluble coffee)
- 2.7.3 กาแฟพร้อมดื่ม (Ready to drink coffee)

2.7.1 กาแฟคั่วบด (Roast and ground coffee) เป็นการนำสารกาแฟมาคั่วให้สุกได้สีน้ำตาล มีกลิ่นหอมและรสชาติที่ต้องการ ต่อจากนั้นนำมาบดให้เป็นผง แล้วนำไปต้มหรือผ่านความร้อนด้วยอุปกรณ์การเตรียมกาแฟชนิดต่างๆ โดยต้องมีการกำจัดกากกาแฟออกด้วยการกรอง คุณสมบัติของกาแฟคั่วบดที่ดีควรมี สี กลิ่น รสชาติ เป็นกาแฟแท้ และมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยต่างๆ ที่กาแฟได้รับ เช่น ลักษณะภูมิศาสตร์ พฤษศาสตร์ สภาพแวดล้อม กระบวนการผลิต การเก็บรักษา การใช้ความร้อนและเวลาในการคั่ว นอกจากนี้อุปกรณ์และวิธีการชงในขั้นตอนสุดท้ายก็เป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้ได้คุณภาพตามชนิดของกาแฟนั้น กาแฟคั่วบด มักทำมาจากกาแฟอาราบิก้าเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งผู้ผลิตจะใช้อัตราส่วนการผสมระหว่างกาแฟอาราบิก้ากับโรบัสต้าในสัดส่วนที่แตกต่างกันไป ตามจุดประสงค์ของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม ตลาดกาแฟคั่วบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดเป็นตลาดขนาดเล็ก ยังไม่แพร่หลายเหมือนอย่างต่างประเทศ เนื่องจากต้องใช้อุปกรณ์เครื่องต้ม และกรองกาแฟที่มีราคาค่อนข้างสูงและมีกรรมวิธีหลายขั้นตอนทำให้ยุ่งยากต่อการบริโภค กลุ่มผู้บริโภคจะต้องการกลิ่นและรสชาติของกาแฟพันธุ์ดี แม้ราคาต่อถ้วยจะสูงกว่ากาแฟสำเร็จรูป (ประมาณ 25 ถึง 60 บาท ต่อแก้ว) แต่ตลาดของกาแฟประเภทนี้ยังคงมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง เห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของร้านกาแฟตามสถานีน้ำมัน (ปั้มน้ำมัน) ห้างสรรพสินค้าและกิจการใน ลักษณะของเฟรนไชส์ เป็นต้น

2.7.2 กาแฟสำเร็จรูป (Instant coffee, Soluble coffee) เป็นการนำสารกาแฟมาคั่วที่ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการบดให้เรียบบร่อย แล้วนำมาสกัดโดยการใช้ น้ำเป็นตัวทำ ละลายกาแฟเพื่อการสกัดของแข็งที่ละลายน้ำได้ในกาแฟ การสกัดจะดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งสารละลายกาแฟมีความเข้มข้นประมาณ 15 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ และใช้อุณหภูมิประมาณ 175 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงนำสารละลายกาแฟเข้มข้นมาทำให้แห้ง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่น ฝอย หรือใช้เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง กาแฟโรบัสต์จะใช้วิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นส่วน ใหญ่ และกาแฟอาราบิก้าจะใช้วิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง กาแฟผงสำเร็จรูปที่ผลิตใน ประเทศไทย มักทำจากกาแฟโรบัสต์เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากกาแฟโรบัสต์นั้นมีเนื้อกาแฟมากกว่า และราคาถูกกว่ากาแฟ อาราบิก้า ประเภทของผลิตภัณฑ์กาแฟผงสำเร็จรูปในปัจจุบันมีดังต่อไปนี้

- กาแฟผงสำเร็จรูปที่ปราศจากการปรุงแต่งใดๆ ซึ่งผลิตภัณฑ์อาจมีความแตกต่างกัน เนื่องจากส่วนผสมของกาแฟที่ใช้ อุณหภูมิ และเวลาในการคั่ว

- กาแฟผงสำเร็จรูปที่มีการผสมการปรุงแต่ง เพื่อให้ได้รสชาติตามความต้องการของ ผู้บริโภค เช่น การผสมด้วยน้ำตาลเคี้ยวชั้น (Caramel) เพื่อปรุงแต่งสี และกลิ่นของกาแฟให้น่าดื่ม ยิ่งขึ้น

- กาแฟผงสำเร็จรูปชนิดที่มีการผสมครีมเทียมและน้ำตาล หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า กาแฟทรี อิน วัน (3 in 1) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผสมครีมเทียมและน้ำตาลไว้เรียบบร่อยแล้ว เป็นการอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้บริโภคยิ่งขึ้น เพียงแต่เทน้ำร้อนลงไป คนให้ละลายก็ดื่มกาแฟที่มีรสชาติ หวาน หอม มันได้ทันที

- กาแฟผงสำเร็จรูปที่สกัดคาเฟอีน (Decaffeinated coffee) ผลิตจากเมล็ดกาแฟที่สกัด สารคาเฟอีนออกไปแล้ว นำมาผ่านขบวนการทำเป็นกาแฟผงสำเร็จรูป กาแฟประเภทนี้เหมาะกับผู้ที่ไม่ต้องการ หรือไม่สามารถดื่มเครื่องดื่มที่มีสารคาเฟอีนได้ ซึ่งแน่นอนว่าราคาจะต้องสูงกว่ากาแฟผง สำเร็จรูปแบบปกติ

- กาแฟผงสำเร็จรูปชนิดแต่งกลิ่น (Flavored coffee) เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกที่มีไว้ สำหรับผู้บริโภคที่ชอบความแปลกใหม่ หรือชอบกลิ่นของพืชบางชนิด ประกอบกับกลิ่นของกาแฟ เช่น กลิ่น วานิลลา กลิ่นโสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 กาแฟพร้อมดื่ม (Ready to drink coffee) หมายถึง ผลิตภัณฑ์กาแฟที่บรรจุอยู่ในกระป๋อง หรือกล่องสามารถดื่มได้ทันที เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในด้านความสะดวกในการซื้อและการบริโภค ทำให้ตลาดกาแฟประเภทนี้ มีการเติบโตและมีการแข่งขันในตลาดค่อนข้างสูง ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายรสชาติ ตามความนิยมของบุคคล

2.8 ข้อมูลการสำรวจโรงงานผลิตกาแฟ

2.8.1 วิสาหกิจชุมชนกลุ่มกาแฟบ้านถ้ำสิงห์

วิสาหกิจชุมชนกลุ่มกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ ตั้งอยู่บ้านเลขที่ 18 หมู่ 1 ตำบลถ้ำสิงห์ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร มีสมาชิกกลุ่มจำนวน 400 คน กลุ่มวิสาหกิจชุมชนดังกล่าวมีพื้นที่ปลูกกาแฟพันธุ์โรบัสต้า สายพันธุ์พื้นเมืองจำนวน 1,500 ไร่ นอกจากนี้ยังรับซื้อเมล็ดกาแฟสดจากเกษตรกรในกลุ่มสมาชิก สำหรับกระบวนการผลิตเมล็ดสารกาแฟ จะผลิตโดยวิธีเปียก (Wet processing) โดยเริ่มต้นจากการนำเมล็ดกาแฟสดมาลอยน้ำเพื่อคัดแยกเมล็ดกาแฟสดที่ไม่ได้คุณภาพ รวมทั้งสิ่งปลอมปนที่ติดมากับเมล็ดกาแฟสด แสดงดังรูปที่ 2.10 หลังจากนั้นนำเมล็ดกาแฟสดที่ได้คุณภาพไปผ่านขั้นตอนการสีเพื่อเอาเปลือกออกด้วยเครื่องสีสด แสดงดังรูปที่ 2.11 เมล็ดกาแฟสดที่เอาเปลือกออกแล้วจะเรียกว่า “กาแฟกะลา” แสดงดังรูปที่ 2.12 จากนั้นนำเมล็ดกาแฟกะลาที่ได้ไปล้างเมือกด้วยน้ำสะอาด แล้วนำไปลดความชื้นภายในโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 2.13 โดยใช้ระยะเวลาในการลดความชื้น 7-10 วัน เพื่อให้ได้ความชื้นที่ประมาณ 7% w.b. หลังจากนั้นนำเมล็ดกาแฟกะลาที่แห้งแล้วใส่กระสอบป่านเก็บไว้เป็นเวลา 12 เดือน แสดงดังรูปที่ 2.14 เมล็ดกาแฟกะลาที่ผ่านการเก็บไว้ในกระสอบป่านมาแล้วนั้น จะถูกนำมาสีกะลาออกด้วยเครื่องสีกะลาพร้อมคัดแยกขนาด แสดงดังรูปที่ 2.15 เมล็ดกาแฟที่เอากะลาออกแล้วเรียกว่า “เมล็ดสารกาแฟ” ในการคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟนั้น เมล็ดสารกาแฟจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ขนาด โดยเครื่องที่ใช้คัดขนาดนั้น จะเป็นแบบตะแกรงโยก จากการใช้งานพบว่าการติดค้างของเมล็ดสารกาแฟที่ตะแกรงทั้ง 4 ชั้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการคัดแยกลดลง ระยะเวลาในการคัดแยกเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งการทำความสะดวกสะอาดตะแกรงนั้นค่อนข้างลำบาก เนื่องจากตะแกรงทั้ง 4 ชั้นถูกยึดติดกัน เมล็ดสารกาแฟที่คัดแยกขนาดแล้วจะถูกนำไปคัดแยกเอาสิ่งปลอมปนออกอีกครั้ง โดยใช้แรงงานคน โดยสิ่งปลอมปนที่พบมาก ได้แก่ เศษกะลากาแฟ เมล็ดสารกาแฟที่คัดแยกสิ่งปลอมปนแล้ว จะถูกนำไปผ่านกระบวนการคั่วและนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 เมล็ดกาแฟสดและการคัดแยกสิ่งปลอมปนโดยการลอยน้ำ



รูปที่ 2.11 เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพและการสีด้วยเครื่องสีสด



รูปที่ 2.12 กาแฟกะลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 การลดความชื้นกาแฟสดด้วยโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบปิด



รูปที่ 2.14 เก็บกาแฟสดไว้เป็นเวลา 12 เดือน



รูปที่ 2.15 เครื่องสีกาแฟพร้อมคัดแยกขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ผลิตภัณฑ์กาแฟถั่วสิงห์

2.8.2 วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปกาแฟสดตรึกลองท่อมเหนือ

วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปกาแฟสดตรึกลองท่อมเหนือ ตั้งอยู่บ้านเลขที่ 99/4 หมู่ 2 ตำบล คลองท่อมเหนือ อำเภอ คลองท่อม จังหวัดกระบี่ มีสมาชิกกลุ่มจำนวน 101 คน วิสาหกิจชุมชนกลุ่มดังกล่าวมีพื้นที่ปลูกกาแฟพันธุ์โรบัสต้า สายพันธุ์พื้นเมืองจำนวน 800 ไร่ สำหรับกระบวนการผลิตเมล็ดสารกาแฟจะแตกต่างกับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มกาแฟบ้านถั่วสิงห์ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปกาแฟสดตรึกลองท่อมเหนือจะผลิตเมล็ดสารกาแฟโดยวิธีแห้ง (Dry processing) ซึ่งจะนำเมล็ดกาแฟสดโดยเลือกเก็บเมล็ดที่มีสีแดง สีเหลือง สีส้ม และมีเมล็ดสีเขียวปะปนมาร้อยละ 20 แสดงดังรูปที่ 2.17 มาตากแดดบนพื้นคอนกรีต แสดงดังรูปที่ 2.18 เป็นเวลา 12-15 วัน จากการสังเกตพบว่ามีสิ่งปลอมปนอยู่กับเมล็ดกาแฟตากแห้ง ได้แก่ เศษกิ่งไม้ ใบไม้ เศษวัชพืชต่างๆ เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 2.19 หลังจากนั้นนำเมล็ดกาแฟแห้งใส่กระสอบเก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน แล้วจึงนำไปจ้างสีเปลือกกาแฟและกะลากาแฟที่โรงสีกลางของชุมชน เนื่องจากวิสาหกิจชุมชนแห่งนี้ไม่มีเครื่องสีเมล็ดกาแฟที่ผ่านการสีเปลือกกาแฟและกะลากาแฟแล้วจะเรียกว่า “เมล็ดสารกาแฟ” เมล็ดสารกาแฟที่ได้จากเครื่องสีของโรงสีกลางของชุมชน ไม่สามารถคัดขนาดของเมล็ดสารกาแฟได้ ดังนั้นเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านการสีจะผสมกันทั้ง 4 ขนาด เมล็ดสารกาแฟที่ผ่านการสีแล้วจะถูกนำไปคัดแยกเอาสิ่งปลอมปนออกอีกครั้ง โดยใช้แรงงานคน ซึ่งสิ่งปลอมปนที่พบมาก ได้แก่ เปลือกกาแฟ และเศษกะลากาแฟ เมล็ดสารกาแฟที่คัดแยกสิ่งปลอมปนแล้วจะถูกส่งไปผลิตเป็นกาแฟผงแล้วนำกลับมาบรรจุเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่ายในนามของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปกาแฟสดตรึกลองท่อมเหนือ แสดงดังรูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 เมล็ดกาแฟสดจากไร่กาแฟ



รูปที่ 2.18 การแตกเมล็ดกาแฟสด



รูปที่ 2.19 สิ่งปลอมปนจากการแตกแคด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 ผลิตภัณฑ์กลุ่มแปรรูปกาแฟสดตรึกลองท่อมเหนือ

2.8.3 กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองแซะสามัคคี

กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองแซะสามัคคี ตั้งอยู่บ้านเลขที่ 124/1 หมู่ที่ 5 ตำบลนาสัก อำเภอสวี จังหวัดชุมพร ขึ้นตอนในการผลิตกาแฟของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองแซะสามัคคี เริ่มต้นจากการรับซื้อเมล็ดสารกาแฟจากสมาชิก ซึ่งยังไม่ได้มีการแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟ หลังจากนั้นนำเมล็ดสารกาแฟที่ได้มาผ่านเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟ แสดงดังรูปที่ 2.21 เครื่องคัดขนาดดังกล่าวเป็นแบบตะแกรงโยก จากการใช้งานพบว่าเมื่อเปิดเครื่องใช้งานสักระยะหนึ่ง เมล็ดสารกาแฟมักจะติดอยู่ที่ตะแกรงคัดขนาด แสดงดังรูปที่ 2.22 ดังนั้นในระหว่างการคัดขนาด จึงต้องมีคนคอยกระทุ้งตะแกรงให้เมล็ดสารกาแฟที่ติดอยู่นั้นหลุดออกจากตะแกรง อย่างไรก็ตามการกระทุ้งตะแกรงนั้นสามารถทำได้แค่ตะแกรงชั้นบน ส่วนชั้นล่างไม่สามารถทำได้ ส่งผลให้ไม่สามารถคัดแยกเมล็ดสารกาแฟได้ตามขนาดที่ต้องการ นอกจากนี้เครื่องดังกล่าวยังไม่สามารถแยกสิ่งปลอมปนที่ติดมากับเมล็ดสารกาแฟได้ เช่น เศษหิน เศษกะลา เป็นต้น หลังจากนั้นต้องใช้แรงงานคนมาทำการคัดแยกสิ่งเจือปนดังกล่าวอีกครั้ง ทำให้เกิดความล่าช้าในการคัดแยก เมื่อได้เมล็ดสารกาแฟตามขนาดที่ต้องการแล้ว นำเมล็ดสารกาแฟไปผ่านกระบวนการแปรรูป แสดงดังรูปที่ 2.23 และ 2.24 แล้วบรรจุเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อจำหน่ายในนามของกาแฟลุงเหนือ แสดงดังรูปที่ 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 เครื่องคั่วขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยก



รูปที่ 2.22 เมล็ดสารกาแฟที่ติดตะแกรงของเครื่องคั่วขนาด



รูปที่ 2.23 กระบวนการต้มเมล็ดสารกาแฟสำหรับทำกาแฟโบราณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 กระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟ



รูปที่ 2.25 ผลิตภัณฑ์กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองแซะสามัคคี

2.8.4 กลุ่มสหกรณ์ผู้ปลูกกาแฟจังหวัดชุมพร จำกัด

กลุ่มสหกรณ์ผู้ปลูกกาแฟจังหวัดชุมพร จำกัด ตั้งอยู่บ้านเลขที่ 274 หมู่ 9 ตำบลท่าแซะ อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร มีสมาชิกกลุ่มจำนวน 600 คน สหกรณ์ผู้ปลูกกาแฟจังหวัดชุมพร จำกัด จะรับซื้อเมล็ดสารกาแฟ จากเกษตรกรในกลุ่มสมาชิก และเกษตรกรทั่วไป โดยเมล็ดสารกาแฟที่รับซื้อนั้นจะต้องมีความชื้นไม่เกิน 13 % w.b. จากการสอบถามและการสังเกตพบว่า เมล็ดสารกาแฟที่รับซื้อมานั้นยังมีสิ่งปลอมปนติดมาเป็นจำนวนมาก ซึ่งสิ่งปลอมปนที่พบมาก ได้แก่ เศษกิ่งกาแฟ เมล็ดกาแฟเสีย เศษก้อนหินขนาดเล็ก และเศษขยะอื่นๆ แสดงดังรูปที่ 2.26 เมล็ดสารกาแฟที่รับซื้อมานั้นจะถูกเก็บไว้ในกระสอบป่านเป็นระยะเวลา 6-12 เดือน แสดงดังรูปที่ 2.27 หลังจากนั้นจะนำมาคัดแยกขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดแบบโยก พร้อมทั้งกำจัดสิ่งปลอมปน แสดงดังรูปที่ 2.28 ซึ่งจากการใช้งานเครื่องคัดแยกดังกล่าว พบว่าสิ่งปลอมปนยังไม่สามารถคัดแยกออกไปได้ทั้งหมด มีบางส่วนติดมาในกระบวนการคัดแยก โดยเฉพาะกิ่งกาแฟ และเมล็ดกาแฟเสีย อีกทั้งยังมีเมล็ดสารกาแฟบางส่วนที่ถูกคัดแยกออกไปพร้อมกับสิ่งปลอมปน แสดงดังรูปที่ 2.29 นอกจากนี้ยังพบว่ามี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดได้เห็นว่าเว็บไซต์นี้มีการนำเอา
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคัดแยกตำ ตะแกรงคัดแยกดังกล่าวไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ทำให้ยากต่อการทำความสะอาด สะอาด อีกทั้งยังมีเมล็ดสารกาแฟบางส่วนกระเด็นหลุดออกจากตะแกรงคัดแยก แสดงดังรูปที่ 2.31 จากปัญหาดังกล่าวส่งผลให้เกิดการสูญเสียเมล็ดสารกาแฟไปจำนวนมาก เมล็ดสารกาแฟที่ผ่านการคัดขนาดจะถูกนำไปจำหน่ายให้กับผู้สนใจ ซึ่งมีทั้งแบบที่ยังไม่ได้กำจัดสิ่งปลอมปนที่เหลือ และแบบที่กำจัดสิ่งปลอมปนแล้ว ซึ่งการกำจัดสิ่งปลอมปนที่เหลือจะใช้แรงงานคน นอกจากนี้เมล็ดสารกาแฟบางส่วนก็นำไปผ่านกระบวนการคั่ว และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่ายในนามของกาแฟชุมพร แสดงดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.26 สิ่งปลอมปนที่ติดมากับเมล็ดสารกาแฟที่รับซื้อมา



รูปที่ 2.27 กระสอบป่านเก็บเมล็ดสารกาแฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 เครื่องคัดแยกขนาดพร้อมกำจัดสิ่งปลอมปน



รูปที่ 2.29 เมล็ดสารกาแพที่ติดมากับสิ่งปลอมปน



รูปที่ 2.30 เมล็ดสารกาแพติดค้างบริเวณตะแกรงโยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 เมล็ดสารกาแฟที่กระเด็นออกจากตะแกรงในระหว่างการคั่วแยก



รูปที่ 2.32 ผลิตภัณฑ์กลุ่มสหกรณ์ผู้ปลูกกาแฟจังหวัดชุมพร จำกัด

2.8.5 กลุ่มเกษตรกรทำสวนเขาทะเล

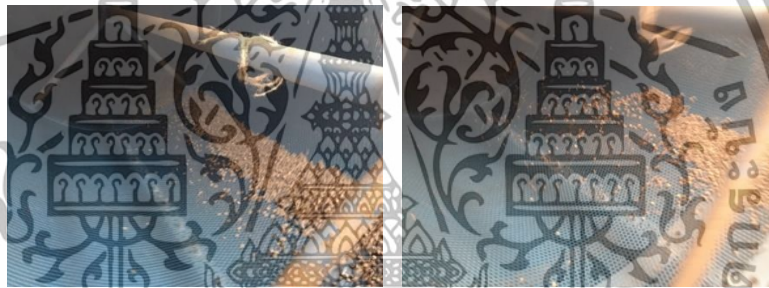
กลุ่มเกษตรกรทำสวนเขาทะเล ตั้งอยู่บ้านเลขที่ 14/1 หมู่ 5 ตำบลเขาทะเล อำเภอสวี จังหวัดชุมพร มีสมาชิกกลุ่มจำนวน 900 คน โดยกลุ่มเกษตรกรทำสวนเขาทะเล จะรับซื้อเมล็ดสารกาแฟ จากเกษตรกรในกลุ่มสมาชิก หลังจากนั้นจะนำเมล็ดสารกาแฟเก็บไว้ในกระสอบเป็นเวลา 6-12 เดือน เมล็ดสารกาแฟที่ผ่านการเก็บแล้วนั้นจะถูกนำมาคั่วแยกสิ่งปลอมปน โดยใช้แรงงานคนก่อนที่จะนำมาคั่วขนาดเมล็ดสารกาแฟด้วยเครื่องคั่วขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงหมุน แสดงดังรูปที่ 2.33 ซึ่งเครื่องคั่วแยกแบบตะแกรงหมุนนี้จะช่วยลดปัญหาการตกค้างของเมล็ดสารกาแฟบนตะแกรงได้ดีกว่าแบบตะแกรงโยก อย่างไรก็ตามหลังจากป้อนเมล็ดสารกาแฟ จะต้องทำการหมุนตะแกรงต่ออีกประมาณ 1 ชั่วโมงเพื่อคั่วแยกเมล็ดสารกาแฟที่ตกค้าง แสดงดังรูปที่ 2.34 จากการใช้งานพบว่าเครื่องคั่วขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงหมุนยังคงมีปัญหาคั่วติดตะแกรงของเมล็ดสารกาแฟ แสดงดังรูปที่ 2.35 และปัญหาการทำความสะดวกสะอาดตะแกรง เนื่องจากตะแกรงหมุนทั้งสามชั้นถูกยึดติดกันนอกจากนี้คั่วขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงหมุนยังไม่มีระบบกำจัดสิ่งปลอมปน โดยเฉพาะฝุ่น ส่งผลให้มีการตกค้างของฝุ่นละอองจำนวนมากบริเวณเครื่องคั่วดังกล่าว แสดงดังรูปที่ 2.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดสารกาแฟที่ผ่านการคัดขนาดแล้วจะถูกจำหน่ายให้กับสมาชิกในกลุ่มและส่วนที่เหลือจะนำไปผ่านกระบวนการคั่ว และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่ายในนามของกาแฟเขาทะเล



รูปที่ 2.33 เครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงหมุน



รูปที่ 2.34 การหมุนของตะแกรงคัดขนาด



รูปที่ 2.35 เมล็ดสารกาแฟติดค้างบริเวณตะแกรงหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 ฟันละอองที่เกิดจากการคัดขนาด

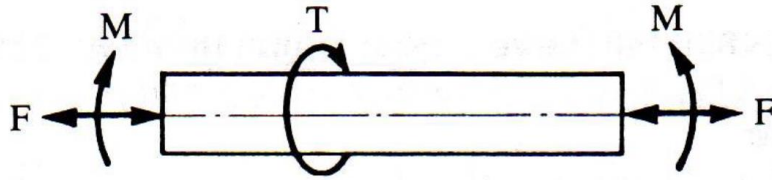
จากการสำรวจโรงงานกาแฟทั้งหมด พบว่าการผลิตเมล็ดสารกาแฟส่วนใหญ่ใช้วิธีแห้ง (Dry processing) กล่าวคือนำเมล็ดกาแฟสด ไปผ่านการลดความชื้นโดยการตากแดด แล้วจึงนำมาสีเปลือกและกะลาออกก่อนที่จะนำมาผ่านกระบวนการคัดขนาด เครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟที่ใช้ในโรงงานส่วนใหญ่เป็นแบบตะแกรงโยก ซึ่งตะแกรงโยกจะถูกยึดติดกัน เช่นเดียวกับกับเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงหมุน โดยปัญหาหลักของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟที่ใช้ในโรงงานทั้งแบบตะแกรงโยกและแบบตะแกรงหมุนคือการติดตะแกรงของเมล็ดสารกาแฟ อีกทั้งยังไม่มีระบบการกำจัดสิ่งปลอมปนที่ติดมากับเมล็ดสารกาแฟก่อนการคัดขนาด ซึ่งยังคงต้องใช้แรงงานคนช่วยในการคัดแยก โดยสิ่งปลอมปนที่ติดมากับเมล็ดสารกาแฟก่อนการคัดแยกนั้น ได้แก่ เศษก้อนหิน ใบไม้ กิ่งไม้ เป็นต้น นอกจากนี้การทำความสะอาดตะแกรงของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟยังทำได้ยาก เนื่องจากตะแกรงแต่ละชั้นถูกยึดติดกัน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะออกแบบเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟที่มีระบบการกำจัดสิ่งปลอมปน รวมถึงการลดการติดตะแกรงของเมล็ดสารกาแฟ

2.9 ทฤษฎีในการออกแบบ

2.9.1 การออกแบบเพลลา (วาริธี และชาญ, 2541)

เพลลาเป็นส่วนที่มีอยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ซึ่งทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดการหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง ในขณะที่ใช้งานเพลลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่างๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิด ซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบวัฏจักร ทำให้เกิดการล้าได้ โดยการออกแบบด้วยวิธีทางสถิตศาสตร์ ในการหาสมการสำหรับในการออกแบบเพลลา ในรูปที่ 2.37 ให้เพลลาเป็นแบบกลมและกลวง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ d_i และ d_o ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.37 เพลลาที่อยู่ภายใต้แรงต่างๆ

ที่มา : วรวิทย์ และชาญ, 2541

เพลลาส่วนมากอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร เนื่องจากเพลลาหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้แรงที่กระทำยังสามารถเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้ ดังนั้นเพลลาจึงเกิดความเสียหายเนื่องจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการคำนวณของ ASME ใช้วิธีการทางสถิติศาสตร์ จึงต้องมีตัวประกอบความล้าเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

เพลลาตัน

หาได้จาก

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

ค่าความเค้นเฉือน

หาได้จาก

$$\tau_d = 0.3 \sigma_y \quad (2.2)$$

โดยที่

T = แรงบิด (นิวตันเมตร)

M = โมเมนต์ดัด (นิวตันเมตร)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลลา (เมตร)

 τ_d = ความเค้นเฉือน (นิวตันต่อเมตรกำลังสอง) σ_y = ความเค้นดึงหรืออัด (นิวตันต่อเมตรกำลังสอง) C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

2.9.2 ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้า (ถาวร, 2545)

มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลต่างๆ เช่น บิ๊ม พัดลม คอมเพรสเซอร์ สายพานลำเลียง เป็นต้น มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม และเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัดส่วนที่สูงมาก การเรียนรู้ให้เข้าใจถึงประสิทธิภาพตลอดจนการเลือกใช้งานมอเตอร์ให้เหมาะสม และถูกต้อง ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ามี 2 แบบ คือ มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) โดยมอเตอร์กระแสสลับเป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมีข้อดี คือ มีความเร็วรอบคงที่ และตัวหมุน (Rotor) ส่วนมากเป็นชนิดกรงรอก (Squirrel cage) ไม่มีขดลวดพันอยู่จึงไม่มีอันตรายจากประกายไฟฟ้าที่แปรปรวน และคอมมิวเตเตอร์ เหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไม่สามารถนำไปใช้ได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส คือ มอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้า กระแสสลับ 1 เฟส 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ ซึ่งการหาขนาดของมอเตอร์เป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้าถูกใช้เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังโดยการหาขนาดของมอเตอร์

แรงที่กระทำต่อตะแกรง

$$\text{หาได้จาก} \quad F = mg \quad (2.3)$$

โดยที่ F = แรงที่กระทำต่อเพลลา (นิวตัน)
 m = ผลรวมของมวลของวัตถุดิบและห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบ (กิโลกรัม)
 g = แรงโน้มถ่วงของโลก (เมตรต่อวินาทีกำลังสอง)

แรงบิดที่กระทำต่อตะแกรง

$$\text{หาได้จาก} \quad T = Fr \quad (2.4)$$

โดยที่ T = แรงบิด (นิวตันเมตร)
 F = แรงที่กระทำต่อเพลลา (นิวตัน)
 r = รัศมีของห้องบรรจุหรือห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบ (เมตร)

การหาค่าขนาดมอเตอร์กำลัง

$$\text{หาได้จาก} \quad P = \frac{2\pi \times T \times N_1}{60} \quad (2.5)$$

โดยที่ P = กำลังมอเตอร์ (กิโลวัตต์)
 T = แรงบิด (นิวตันเมตร)
 N_1 = ความเร็วรอบของมอเตอร์ต้นกำลัง (รอบต่อนาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 การหาปริมาตรห้องบรรจุวัตถุดิบ (พลรัชต์ และคณะ, 2553)

ห้องบรรจุวัตถุดิบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบรูปทรงของห้องบรรจุวัตถุดิบ หากห้องบรรจุวัตถุดิบถูกใช้เป็นที่จัดแยกขนาดด้วยซึ่งเคลื่อนที่ในแนวรัศมีแล้วนั้น จะนิยมออกแบบห้องบรรจุวัตถุดิบเป็นรูปทรงกระบอกซึ่งเป็นผลของแรงต้านทานการเคลื่อนที่ โดยปริมาตรของห้องบรรจุวัตถุดิบมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก

การหาปริมาตรห้องบรรจุวัตถุดิบ

$$\text{หาได้จาก} \quad V = \frac{\pi \times d^2 L}{4} \quad (2.6)$$

โดยที่ V = ปริมาตรของห้องบรรจุ หรือห้องคัดแยกขนาดของวัตถุดิบ
(ลูกบาศก์เมตร)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา (เมตร)

L = ความยาวของห้องบรรจุหรือห้องคัดแยกขนาดวัตถุดิบ (เมตร)

2.10 การออกแบบวิธีการทดลอง (กัลยาณี, 2554)

การออกแบบวิธีการทดลอง (Design and analysis of experiment ; DOE) เป็นเทคนิคทางสถิติขั้นสูง ที่ใช้ในการปรับค่าสภาวะของกระบวนการเพื่อให้ได้ผลตอบสนองเป็นไปตามที่ต้องการ โดยมีข้อแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ระหว่างวิธีการโดยทั่วไปกับเทคนิคของการออกแบบการทดลอง คือ วิธีการโดยทั่วไป จะเป็นการทดลองแบบลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองแบบปรับตั้งค่ากระบวนการทีละค่า และให้ผลตอบสนองเข้าสู่จุดมุ่งหมายที่ต้องการได้ช้า เป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์ รวมถึงต้องเก็บข้อมูลที่มากกว่าวิธีการออกแบบการทดลอง ซึ่งขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง มีดังนี้

2.10.1 การนิยามปัญหา (Statement of the problem) คือ การระบุรายละเอียดความต้องการของงานวิจัย และต้องการรู้อะไรจากงานวิจัย โดยสิ่งที่ระบุนั้นจะต้องเชื่อมโยงไปถึงวัตถุประสงค์ของผลการทดลองด้วย

2.10.2 การเลือกปัจจัย และระดับของปัจจัย (Choice of factors, levels, and ranges) คือ การใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์ ในการระบุว่า ปัจจัยใดที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และปัจจัยนั้นควรมีช่วงในการทดลองเป็นอย่างไร

2.10.3 การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Selection of the response variable) คือ การเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษา โดยการวัดค่านั้นจะต้องมีความแม่นยำ และถูกต้อง

2.10.4 การเลือกแบบการทดลอง (Choice of experimental design) คือ การตัดสินใจเกี่ยวกับจำนวนซ้ำของการทดลอง และความเหมาะสมของลำดับในการทดลอง ซึ่งมีอยู่หลายแบบการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองในปัจจุบัน เช่น ระเบียบวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology ; RSM) เป็นต้น

2.10.5 การดำเนินการทดลอง (Performing the experiment) คือ การปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้ ควรทำให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

2.10.6 การวิเคราะห์ข้อมูล (Statistical analysis of data) คือ การใช้ความรู้ทางสถิติเข้ามาวิเคราะห์ และสรุปผลรวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้น

2.10.7 การสรุปผลและข้อเสนอแนะ (Conclusions and recommendations) คือ การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้อาจแสดงในรูปของ ตาราง กราฟ แผนภูมิ เป็นต้น มีการให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นการปรับปรุงและพัฒนาให้งานวิจัยดีขึ้น

2.11 ระเบียบวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology ; RSM) (สายชล, 2558)

เป็นวิธีการที่รวบรวมเอาหลักการทางคณิตศาสตร์และทางสถิติ มาใช้ในการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ปัญหา โดยผลตอบสนองที่สนใจจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เพื่อให้ได้ผลตอบสนองที่เหมาะสมที่สุด เช่น โรงงานอุตสาหกรรมที่จังหวัดเชียงราย ต้องการหาระดับของอุณหภูมิ (x_1) และความดัน (x_2) ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลผลิต (y) โดยผลผลิตในกระบวนการเป็นฟังก์ชันของระดับอุณหภูมิและความดันดังต่อไปนี้

$$y = f(x_1, x_2) + \varepsilon \quad (2.7)$$

เมื่อ ε คือ ความคลาดเคลื่อน (noise or error)

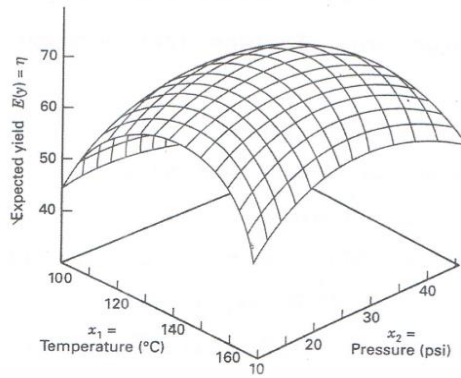
ผลตอบสนองที่คาดหวังคือ

$$E(y) = f(x_1, x_2) = \eta \quad (2.8)$$

เมื่อ η คือ พื้นผิวตอบสนอง (Response surface)

ส่วนมากจะแสดงพื้นผิวตอบสนองในรูปของกราฟ แสดงดังรูปที่ 2.38 เป็นการหาพื้นผิวตอบสนอง (η) โดยทำการพล็อตเทียบกับระดับของ x_1 และ x_2 เพื่อให้เห็นถึงรูปร่างของพื้นผิวตอบสนองที่ชัดเจนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.38 ลักษณะพื้นผิวตอบสนอง

ที่มา : สายชล, 2558

ปัญหาของระเบียบวิธีพื้นผิวตอบสนองที่สำคัญที่สุดคือการที่ไม่ทราบความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบสนอง (y) และตัวแปรอิสระ (x) ดังนั้นขั้นตอนแรกในระเบียบวิธีพื้นผิวตอบสนองคือ การประมาณค่าที่เหมาะสม สำหรับความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันที่แท้จริงระหว่างผลตอบสนอง y และชุดตัวแปรอิสระ x โดยทั่วไปจะเลือกใช้พหุนามเมื่อยลกำลังต่ำ (Low-order polynomial) ในบางบริเวณของตัวแปรอิสระ ถ้าผลตอบสนองสร้างตัวแบบได้ดีโดยเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นตรงของตัวแปรอิสระ แล้วฟังก์ชันที่ประมาณค่าได้จะเป็นตัวแบบกำลังหนึ่ง (First-order model)

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (2.9)$$

ถ้าเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นโค้ง จะต้องใช้พหุนามเมื่อยลกำลังที่สูงขึ้น เช่น ตัวแบบกำลังสอง (Second-order model)

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (2.10)$$

ปัญหาของระเบียบวิธีพื้นผิวตอบสนองทั้งหมด ส่วนใหญ่จะใช้เพียงหนึ่งหรือทั้งสองของตัวแบบเหล่านี้ ตัวแบบพหุนามเมื่อยลจะประมาณค่าของความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันที่แท้จริงได้ไม่ดี ภายใต้อาณาเขตทั้งหมดของตัวแปรอิสระ แต่จะสามารถประมาณค่าได้ดีเพียงบริเวณเล็กๆ เท่านั้น

2.11.1 ขั้นตอนการทำระเบียบวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Nuran, 2007)

2.11.1.1 จะต้องมีแผนวิธีการทดลองที่เหมาะสม โดยมีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 2 ตัวขึ้นไป มีตัวแปรตามอย่างน้อย 1 ตัว โดยที่ตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม จะต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันนิยมใช้แผนการทดลองที่จะสามารถนำมาสร้างพื้นที่ผิวตอบสนองได้ 2 แบบแผน คือ Box-behken, Central composite design (CCD)

2.11.1.2 ระดับของตัวแปรอิสระที่ต้องแปรผันไปนั้น จะต้องครอบคลุมพื้นที่ที่จะทำการศึกษาทั้งหมด

2.11.1.3 นำข้อมูลของตัวแปรอิสระ (X_i) ที่สัมพันธ์กับข้อมูลของตัวแปรตาม (Y_i) มาสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Model) ซึ่งมีทั้งความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear model) ความสัมพันธ์เชิง Interaction (Interaction model) และความสัมพันธ์เชิง Quadratic (Quadratic model)

2.11.1.4 ให้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เลือก มาสร้างภาพสามมิติ หรือภาพพื้นผิวตอบสนอง เพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง

$$\text{Linear effect: } Y = a_0 + a_1 x_1 + e \quad (2.11)$$

$$\text{Quadratic effect: } Y = a_0 + a_1 x_1 + a_{11} x_1^2 + e \quad (2.12)$$

$$\text{Interaction effect: } Y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_{12} x_1 x_2 + a_{11} x_1^2 + a_{22} x_2^2 + e \quad (2.13)$$

ดังนั้นสมการคณิตศาสตร์พจน์ทั่วไปเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + e \quad (2.14)$$

2.11.2 แผนการทดลองบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-behken design) (สถาพร, 2557)

เป็นแผนการทดลองที่เหมาะสมสำหรับใช้ศึกษาปัจจัยเชิงปริมาณ และปัจจัยเชิงคุณภาพ ในบางกรณี โดยขึ้นอยู่กับจำนวนปัจจัย แผนการทดลองบ็อกซ์-เบห์นเคนสามารถประมาณค่าผลกระทบเชิงเส้น (Linear effects) ผลกระทบกำลังสอง (Quadratic effects) และผลกระทบร่วมของ 2 ปัจจัย (Interaction effects) ได้ทุกค่า ซึ่งแผนการทดลองบ็อกซ์-เบห์นเคนเป็นการทดลองที่มีประสิทธิภาพและนิยมใช้ในกรณีศึกษาปัจจัยที่ 3 ระดับ (นิยมแทนด้วยสัญลักษณ์ -1, 0, +1) โดยเฉพาะกรณีที่ต้องการสร้างสมการความสัมพันธ์ เมื่อปัจจัยเป็นปัจจัยเชิงปริมาณ (Quantitative factor) ได้แก่ ความดัน อุณหภูมิ ความเข้มข้น เวลา เป็นต้น

ลักษณะของแผนการทดลองบ็อกซ์-เบห์นเคน จะประกอบไปด้วยการวางแผนแบบ 2^k แฟกทอเรียล กับจุดกึ่งกลาง (Central points) เข้าด้วยกัน โดยที่ k คือ จำนวนปัจจัย ในกรณี 3 ปัจจัย จะมีจำนวนการทดลองทั้งหมด 15 การทดลอง ตัวอย่างการทดลองแสดงดังรูปที่ 2.39 และการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบแผนการทดลองบ็อกซ์-เบห์นเคนแสดงดังรูปที่ 2.40 กล่าวได้ว่าแผนการทดลองบ็อกซ์-เบห์นเคนสามารถประมาณผลกระทบในรูปผลกระทบกำลังสองและผลกระทบร่วมของ 2 ปัจจัยได้เสมอ

Run	A	B	C
1	-	-	0
2	-	+	0
3	+	-	0
4	+	+	0
5	-	0	-
6	-	0	+
7	+	0	-
8	+	0	+
9	0	-	-
10	0	+	+
11	0	-	-
12	0	+	+
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

รูปที่ 2.39 ตัวอย่างแผนการทดลองบ็อกซ์-เบห์นเคน ในกรณี 3 ปัจจัย
ที่มา : สถาพร, 2557

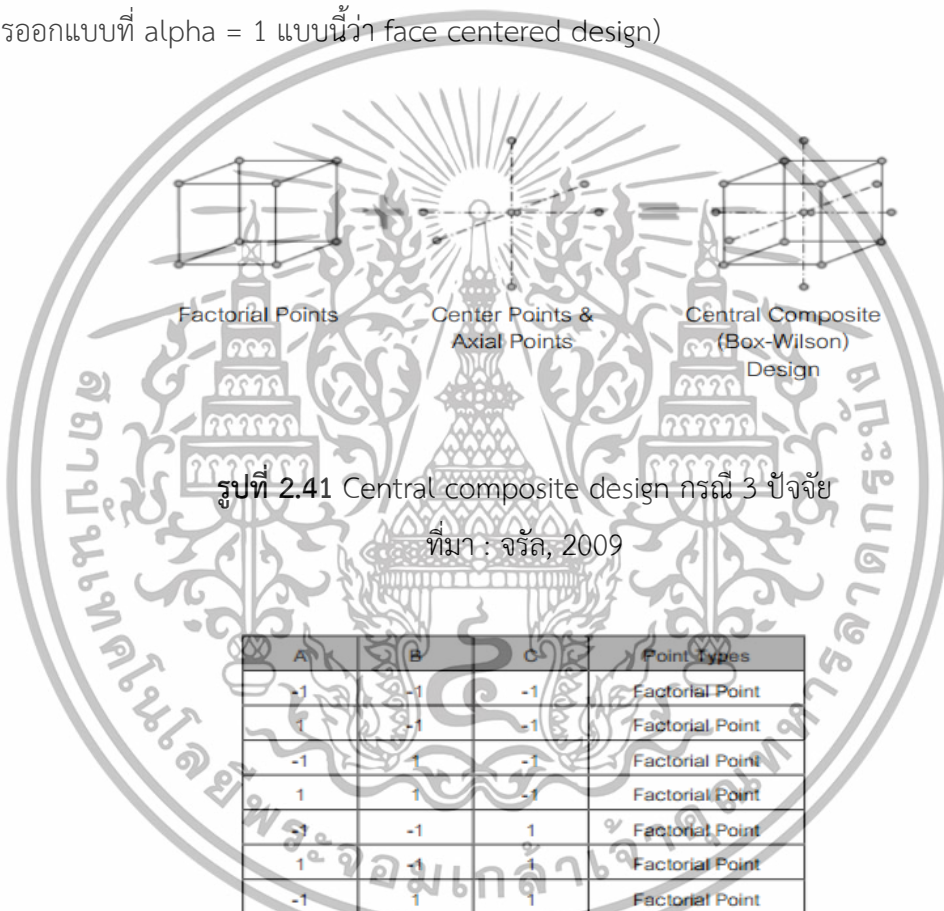


รูปที่ 2.40 การออกแบบแผนการทดลองบ็อกซ์-เบห์นเคน ในกรณี 3 ปัจจัย
ที่มา : สถาพร, 2557

2.11.3 แผนการทดลอง Central composite design (CCD) (จรัส, 2009)

เป็นแผนการทดลองที่เหมาะสมกับการศึกษาปัจจัยเชิงปริมาณ แต่ถ้ามีปัจจัยเชิงคุณภาพ 1 ปัจจัย ก็ยังสามารถเลือกใช้วิธีนี้ได้ และสร้างตัวแบบในลักษณะของโพลิโนเมียลดีกรี (Second-order or Quadratic model) ซึ่งจะมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน ทำให้มีประสิทธิภาพมาก เมื่อนำมาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบกับแผนการทดลองแบบอื่นๆ ที่ใช้ในการศึกษาตัวแบบโพลีโนเมียลดีกรี 2 โดยทำการทดลองที่ 5 ระดับ (นิยมแทนด้วยสัญลักษณ์ $-\text{Alpha}$, -1 , 0 , $+1$, $+\text{Alpha}$) ตัวอย่างของ Central Composite Design สำหรับการศึกษาดัวแปร 3 ตัว ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.41 และ 2.42 ซึ่งจะเห็นได้ว่า DOE ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ 1. Factorial points ซึ่งในที่นี้เป็นการนำ 2-Level full factorial มาเป็นส่วนหนึ่งในการทดลอง 2. Axial points เป็นการปรับค่าตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งในขณะที่กำหนดให้ค่าตัวแปรอื่นอยู่ที่ค่ากลาง (หรือค่า 0) และ 3. Center points เป็นการปรับค่าของตัวแปรทุกตัวแปรที่ค่ากลาง (หรือค่า 0) สำหรับรูปที่ 2.15 เลือกค่า $\text{Alpha} = 1$ หรือ ระยะจาก Axial point ไปยัง Center point เป็น 1 ซึ่งค่าดังกล่าวมักจะเหมาะสมในทางปฏิบัติ (บางครั้งเรียกการออกแบบที่ $\text{alpha} = 1$ แบบนี้ว่า face centered design)



รูปที่ 2.41 Central composite design กรณี 3 ปัจจัย
ที่มา : จรัล, 2009

A	B	C	Point Types
-1	-1	-1	Factorial Point
1	-1	-1	Factorial Point
-1	1	-1	Factorial Point
1	1	-1	Factorial Point
-1	-1	1	Factorial Point
1	-1	1	Factorial Point
-1	1	1	Factorial Point
1	1	1	Factorial Point
-1	0	0	Axial Point
1	0	0	Axial Point
0	-1	0	Axial Point
0	1	0	Axial Point
0	0	-1	Axial Point
0	0	1	Axial Point
0	0	0	Center Point
0	0	0	Center Point

รูปที่ 2.42 การเก็บข้อมูลของ CCD กรณี 3 ปัจจัย ที่ค่า $\text{Alpha} = 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในกรณีที่มี 3 ปัจจัย จะทำการปรับตัวแปร ตัวแปรละ 3 ระดับ โดยการเลือกแค่บางสภาวะการทดลองที่จำเป็น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการสร้างแบบจำลองทางสถิติ ทำให้ใช้ทรัพยากรไม่มากจนเกินไป

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมเกียรติ และวัลภา (2554) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าการปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ชนิดมีชา โดยใช้พื้นผิวตอบสนองในการศึกษา โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบประสมส่วนกลาง เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยทั้งสาม ได้แก่ เวลาฉีดเรซิน เวลาให้ความร้อนเรซิน และแรงฉีด ที่มีผลกระทบต่อค่าระยะห่างของเส้นทอง เพื่อให้ได้ระยะห่างของเส้นทองมากกว่า 23 ไมครอน จากการศึกษาพบว่า ได้ค่าที่เหมาะสมของเวลาในการฉีดเรซินเท่ากับ 13 วินาที เวลาในการให้ความร้อนแก่เรซินเท่ากับ 9 วินาที และแรงดันการฉีดเรซินเท่ากับ 1.7 ตัน ได้ระยะห่างของเส้นทองที่เหมาะสมคือ 49 ไมครอน

ผดุงศักดิ์ และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าพัฒนาเครื่องคัดแยกกากข้าวกล้องแบบถ่วงหมุนสำหรับธุรกิจชุมชน เพื่อพัฒนาเครื่องคัดแยกกากข้าวออกจากข้าวกล้องสำหรับโรงสีข้าวระดับชุมชน โดยการคัดแยกแบบตะแกรงทรงกระบอกกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26 เซนติเมตร โดยตัวตะแกรงทรงกระบอกจะมี 2 ตอนคือ ตอนแรกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูตะแกรง 1.9x20 มิลลิเมตร ยาว 75 เซนติเมตร ส่วนตอนที่สองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูตะแกรง 2.0x20 มิลลิเมตร ยาว 75 เซนติเมตร เช่นกัน และสามารถปรับเปลี่ยนความเร็วรอบและมุมเอียงของตะแกรงได้ จากผลการทดลองพบว่า ตะแกรงขนาดรูเล็กกว่า 2.0 มิลลิเมตร จะได้รับข้าวกล้องที่มีความบริสุทธิ์ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีข้าวกล้องสูญเสียไปปนอยู่กับข้าวเปลือกมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการคัดแยกมีค่าลดลง ส่วนตะแกรงขนาดรูเล็กกว่า 1.8 มิลลิเมตร จะได้ข้าวกล้องที่มีความบริสุทธิ์สูงแต่เกิดการสูญเสียข้าวกล้องไปปนอยู่กับข้าวเปลือกสูง ทำให้ประสิทธิภาพการคัดแยกข้าวกล้องมีค่าต่ำ

สมพร (2558) ได้ทำการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องคัดขนาดเมล็ดข้าวสารสำหรับชุมชน เพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพ ประสิทธิผล ประเมินความเหมาะสม และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างของเครื่องเทคโนโลยีเครื่องคัดขนาดเมล็ดข้าวสารสำหรับชุมชน โดยจะใช้เมล็ดข้าวในการคัดขนาด 3 ขนาดคือ ขนาดยาว 6.61 มิลลิเมตรขึ้นไป ขนาดปานกลาง 5.51-6.60 มิลลิเมตร ขนาดสั้น ไม่เกิน 5.50 มิลลิเมตร ซึ่งเครื่องคัดขนาดเมล็ดข้าวสารสำหรับชุมชนจะใช้ท่อ PVC ขนาด 12 นิ้ว ยาว 90 มิลลิเมตร วางเอียง 5 องศา หมุนด้วยความเร็ว 18 รอบต่อนาที ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของเครื่องเทคโนโลยีเครื่องคัดขนาด เท่ากับ 96.6 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิผลของเครื่องเทคโนโลยีเครื่องคัดขนาดเมล็ดข้าวสารสำหรับชุมชน เท่ากับ 86.974 เปอร์เซ็นต์ ผลการประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ที่ ($\bar{X} = 4.59$, S.D. = 0.47) มีความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างอยู่ที่ ($\bar{X} = 4.60$,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S.D. = 0.499) และมีความพึงพอใจต่อเทคโนโลยีเครื่องคัดขนาดเมล็ดข้าวสารสำหรับชุมชนทางสถิติ อยู่ที่ระดับ 0.05

วรวิทย์ และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก เพื่อลดปริมาณข้าวหัก และเพิ่มปริมาณข้าวที่สีได้ โดยสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่ควบคุมความเร็วของมอเตอร์และควบคุมอัตราการป้อน สร้างสมการออกแบบการทดลองแฟคทอเรียล 3^k และวิธีพื้นผิวตอบสนอง โดยตัวแปรที่ใช้ควบคุม คือความเร็วรอบและอัตราการป้อน จากการศึกษาพบว่า ความเร็วรอบของมอเตอร์เท่ากับ 2087 รอบต่อนาที และอัตราการป้อนเท่ากับ 83.56 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวแปรที่เหมาะสมที่สุด ทำให้มีอัตราการหักของข้าวเท่ากับ 3.42 เปอร์เซ็นต์

วรพจน์ และเฉลิมวุฒิ (2555) ได้ทำการศึกษาการหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องบดเมล็ดข้าวโพดแบบผสม เพื่อหาค่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ผลตอบสนองที่ดีที่สุดสำหรับการบดเมล็ดข้าวโพด โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ Factorial design 3^k และวิธีการพื้นผิวผลตอบสนอง ภายใต้ความเร็วรอบ 550 625 และ 715 รอบต่อนาที จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพที่ได้ผลตอบสนองที่ดีที่สุดคือความเร็วรอบที่ 715 รอบต่อนาที ที่ปริมาณเมล็ดข้าวโพด 13.405 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการบดที่ 1.77 นาที ได้ปริมาณเมล็ดข้าวโพดขนาดช่วง 2-3 มิลลิเมตร ปริมาณเมล็ดข้าวโพดสูงสุดที่ 7.57 กิโลกรัม

อดุลย์ (2555) ได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปในการจำลองกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก เอบีเอส โดยสร้างแบบการทดลองเบื้องต้นของกระบวนการฉีดพลาสติกด้วยโปรแกรม Moldex3D เพื่อกำหนดปัจจัยการทดลอง ได้แก่ เวลาหล่อเย็น อุณหภูมิหลอมเหลวพลาสติก เวลาฉีดเข้า และ อัตราการฉีด ซึ่งแผนการจำลองเบื้องต้นได้ใช้การออกแบบตามแผนการทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน (2^{8-4}) และ ใช้การทดลองแบบผสมกลางร่วมกับการวิเคราะห์ผลตอบสนองที่เหมาะสม ในการวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัย ซึ่งประมวลผลการทดลองด้วยโปรแกรม Moldex3D และใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ทางสถิติ จากการทดลองพบว่า ผลการวิเคราะห์การโก่งงอเสียรูปด้วยโปรแกรม Minitab ได้ผลลัพธ์ของการเสียรูปของชิ้นส่วนตัวอย่างต่ำที่สุดเท่ากับ 3.97 มิลลิเมตร เวลาหล่อเย็นเท่ากับ 55 วินาที อุณหภูมิหลอมเหลวพลาสติกเท่ากับ 221 องศาเซลเซียส เวลาฉีดเข้าเท่ากับ 6 วินาที และอัตราการฉีดเท่ากับ 58 เปอร์เซ็นต์

สุนทร และประพัฒน์ (2555) ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องนวดและคัดแยกเมล็ดพันธุ์ฝักซีฝรั่ง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของตะแกรงโยกกับปริมาณการสูญเสียประสิทธิภาพการทำความสะอาด และความสามารถในการทำงาน ซึ่งตัวเครื่องทำงานภายใต้ความเร็วรอบในการนวดที่ 720 รอบต่อนาที มุมเอียงของตะแกรงโยกที่ 3 4 5 และ 6 องศา และความเร็วตะแกรงโยกที่ 395 435 483 และ 544 รอบต่อนาที จากการศึกษาพบว่า การทำงานที่เหมาะสมที่สุดของตะแกรงโยกคือ ความเร็วรอบของตะแกรงโยกที่ 435 รอบต่อนาที ที่มุมเอียง 5 องศา มีปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสูญเสียร้อยละ 38.54 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดร้อยละ 87.59 เปอร์เซ็นต์ และความสามารถในการทำงาน เท่ากับ 1.76 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

จรัญ และสมพร (2555) ได้ทำการศึกษาการทำความสะอาดและคัดเมล็ดผักบุงเงินสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ผักบุงเงิน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการคัดขนาด และความสามารถในการทำงาน โดยความสามารถในการทำงาน ที่ความเร็วเชิงเส้นตะแกรงเท่ากับ 0.33 0.44 และ 0.55 เมตรต่อวินาที และขนาดช่องป้อนเมล็ดเท่ากับ 8.25 และ 4.13 ตารางเซนติเมตร จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพในการคัดขนาด และความสามารถในการทำงานมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งประสิทธิภาพที่เหมาะสมต่อการคัดขนาดและการทำความสะอาดคือ การทำงานที่ความเร็วเชิงเส้นตะแกรงเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที ขนาดช่องป้อนเมล็ดเท่ากับ 8.25 ตารางเซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการคัดขนาดร้อยละ 95.7 มีความสามารถในการทำงานเท่ากับ 258 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

Das et al. (2003) ได้ทำการศึกษาคุณภาพของการใช้รังสีอินฟราเรดกับการอบแห้งข้าวเหนียวทางด้านผลผลิต เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด สี เปอร์เซ็นต์การเกิดเจลลาติโนซ์ และพลังงานจำเพาะ เพื่อประเมินผลกระทบของความเข้มรังสีและความหนาของระดับเมล็ดข้าวเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยใช้ความเข้มของรังสีที่ 5514 4520 3510 2520 และ 1509 วัตต์ต่อตารางเมตร และความหนาของเมล็ดของเมล็ดที่ 3 6 12 และ 25 มิลลิเมตร ซึ่งภายในตู้อบแห้งที่มีการสั่นและเกิดการตอบสนองของพื้นผิวจากตัวแปรของคุณภาพและพลังงาน จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มขึ้นและลดลงของความเข้มรังสีและความหนาของเมล็ดมีอิทธิพลต่อ เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและพลังงานจำเพาะที่ 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ สีและเปอร์เซ็นต์การเกิดเจลลาติโนซ์ที่ 1 เปอร์เซ็นต์

Polrut et al. (2010) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องคัดขนาดของเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า เพื่อศึกษาปริมาณของการคัดขนาดของเมล็ดสารกาแฟและผลวิเคราะห์ทางสถิติศาสตร์และเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนทางวิศวกรรมศาสตร์ ทำการศึกษาจากการลดความชื้นของเมล็ดกาแฟให้ไม่เกิน 13 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโดยทำการออกแบบตัวเครื่องให้มีตะแกรงทรงกระบอก 3 ชั้น ตัวตะแกรงจะมีรูขนาด 4 6 และ 7.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีความเร็วรอบเชิงมุมของการคัดขนาดของเมล็ดสารกาแฟที่ 14.4 รอบต่อนาที และมุมเอียงที่ 4 องศา ผลการศึกษาพบว่า ทางด้านปริมาณของการคัดขนาดของเมล็ดสารกาแฟสามารถทำการคัดขนาดได้สูงสุดอยู่ที่ 165.1 กิโลกรัม ต่อระยะเวลาในการคัดขนาด 1 ชั่วโมง และผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการลงทุน มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 1,070,550 กิโลกรัมต่อปี ระยะเวลาการคืนทุนที่ 3.598 ปี

ปิยะนุช และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสายพันธุ์ของกาแฟ โดยทั่วไปมีกาแฟอยู่หลายร้อยสายพันธุ์ แต่นิยมมาบริโภคหรือกล่าวได้ว่ามีผลทางเศรษฐกิจนั้นมีอยู่ 2 สายพันธุ์ คือ กาแฟโรบัสต้าและกาแฟอาราบิก้า สำหรับในตลาดโลก กาแฟพันธุ์โรบัสต้าถือว่าเป็นกาแฟที่คุณภาพต่ำ เมล็ดดิบราคาไม่สูงนัก เนื่องจากวิธีการผลิตและเมล็ดที่ใช้ผลิตกาแฟพันธุ์โรบัสต้า มักไม่เป็นที่ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตลาดกาแฟชนิดพิเศษ แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตเกือบทั้งหมดมักถูกนำไปเป็นกาแฟสำเร็จรูป ซึ่งจะมีคุณค่าในตลาดเครื่องอุปโภคบริโภคสูง การผลิตกาแฟพันธุ์โรบัสต้าจึงมีการผลิตเพื่อป้อนสู่ตลาดโลกอย่างต่อเนื่อง และเพื่อให้ได้พันธุ์กาแฟโรบัสต้าที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของเกษตรกรและภาคอุตสาหกรรม จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสต้าขึ้น

กรมวิชาการเกษตร (2552) ได้ทำการศึกษาเครื่องคัดขนาดและทำความสะอาดกาแฟ ซึ่งเป็นเครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงโยก แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ เครื่องคัดขนาดกาแฟอาราบิก้าและเครื่องคัดขนาดกาแฟโรบัสต้า ซึ่งเครื่องคัดขนาดกาแฟอาราบิก้า มีลักษณะเป็นตะแกรงซ้อนกัน 3 ชั้น มีความเร็วรอบ 435 รอบต่อนาที ความสามารถในการคัด คือ 500 ถึง 2,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการคัดชั้นที่ 1 2 และ 3 เฉลี่ย คือ 93.69 90.01 และ 97.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเฉลี่ย คือ 0.0006 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อกิโลกรัม และเครื่องคัดขนาดกาแฟโรบัสต้า มีลักษณะเป็นตะแกรงโยกซ้อนกัน 4 ชั้น มีความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที ความสามารถในการคัด 1,000 ถึง 2,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการคัดชั้นที่ 1 2 3 และ 4 เฉลี่ย คือ 99.47 97.45 82.44 และ 96.40 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเฉลี่ย คือ 0.0059 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อกิโลกรัม ซึ่งเครื่องคัดขนาดสามารถคัดได้ดีที่มุมเอียง 5 องศา

พลรัชต์ และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า โดยชนิดของกาแฟ จะมี 2 ชนิด คือ กาแฟพันธุ์โรบัสต้าและอาราบิก้า ได้ศึกษากระบวนการผลิตกาแฟ ออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า จะมีตะแกรงทรงกระบอก 3 ชั้น ซึ่งมีความโตของรูตะแกรงตั้งแต่ 4 6 และ 7.5 มิลลิเมตร ตามลำดับโดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ปริมาณการคัดแยกสูงสุดของการคัดแยกมีปริมาณ 164.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ภายใต้ความเร็วรอบและมุมเอียงตะแกรงที่ 14.4 รอบต่อนาที และ 4 องศา ตามลำดับ ในด้านการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิต (SEC) มีปริมาณต่ำสุดที่ 0.01631 เมกะจูลต่อชั่วโมง โดยมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 1,070,500 กิโลกรัมต่อปี และระยะเวลาการคืนทุน 3.598 ปี ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยหลักที่มีผลต่อจุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุน คือการคัดแยกหรือประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า

Mongkonlerdmanee and Boonmee (2010) ได้ทำการศึกษาเรื่องอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการคัดแยกเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบหมุนทรงกระบอก ซึ่งชุดตะแกรงมีลักษณะซ้อนกัน 3 ชั้น โดยคัดเมล็ดสารกาแฟขนาดมากกว่า 7.1 6.3 ถึง 7.1 5.6 ถึง 6.3 และน้อยกว่า 5.6 มิลลิเมตร โดยใช้ขนาดของรูตะแกรง คือ 7.5 6 และ 4 มิลลิเมตร โดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ผลการวิจัยพบว่าปริมาณการคัดแยกสูงสุด คือ 164.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วรอบของเครื่อง 14.4 รอบต่อนาที และมุม 4 องศา ตามลำดับ ในด้านการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิต (SEC) มีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0.01631 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

ศักดิ์สิทธิ์ และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาวิธีคัดแยกขนาดของเมล็ดสารกาแฟเชอร์รี่ด้วยเครื่องจักร และสร้างเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟเชอร์รี่ เพื่อทดสอบสมรรถนะของเครื่องคัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเมล็ดสารถาแฟ ซึ่งคัดเครื่องคัดขนาดถูกออกแบบให้เป็นเครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงหมุน ทรงกระบอกซ้อนกัน 2 ชั้น โดยเครื่องนี้สามารถคัด 3 ขนาด คือ เบอร์ 1 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร ขึ้นไป เบอร์ 2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 ถึง 16 มิลลิเมตร และเบอร์ 3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 มิลลิเมตร ซึ่งเครื่องมีความกว้าง 1,000 มิลลิเมตร มีขนาดความยาวเท่ากับ 2,000 มิลลิเมตร และมีความสูงเท่ากับ 800 มิลลิเมตร โดยใช้มอเตอร์ขนาด 220 โวลต์ 1 แรงม้า ซึ่งจากการทดลองพบว่าเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดกาแฟเชอรีสามารถทำงานได้ดีที่มุมเอียง 5 องศา มีความสามารถในการคัดแยกขนาดเมล็ดกาแฟเชอรี เบอร์ 1 2 และ 3 เท่ากับ 88 91 และ 94 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาดเมล็ดกาแฟเชอรีในภาพรวมเท่ากับ 91 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราในการคัดแยกปริมาณเมล็ดกาแฟเชอรีเท่ากับ 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ณัฐวุฒิ และทวีชัย (2551) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องคัดแยกเมล็ดถั่วเหลืองโดยใช้ความถ่วงจำเพาะ จากการทดสอบเครื่อง พบว่า ที่มุมเอียง 8 องศา มีเปอร์เซ็นต์สิ่งเจือปนเฉลี่ยในช่องทางออกถั่วเหลืองต่ำสุดที่ 3.19 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้หากมุมเอียงเพิ่มมากขึ้น เปอร์เซ็นต์สิ่งเจือปนเฉลี่ยในช่องทางออกถั่วเหลืองจะเพิ่มมากขึ้นเป็น 6.67 17.08 และ 26.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนความถี่ที่เหมาะสมในการคัดแยกของเครื่องที่สร้างขึ้นคือ 4.80 รอบต่อวินาที โดยมีเปอร์เซ็นต์สิ่งเจือปนเฉลี่ยในช่องทางออกถั่วเหลือง 1.67 เปอร์เซ็นต์ ที่มุมเอียง 8 องศา โดยเครื่องที่สร้างขึ้นสามารถคัดแยกสิ่งเจือปนในถั่วเหลืองจนเหลือเปอร์เซ็นต์การเจือปนของถั่วในช่องทางออก หินเท่ากับ 0.3 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์การเจือปนของหินที่ช่องทางออกถั่วเท่ากับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ค่าดัชนีความบริสุทธิ์เท่ากับ 0.999 ค่าประสิทธิภาพในการคัดแยกเท่ากับ 99.7 เปอร์เซ็นต์

เทวรัตน์ และคณะ (2556) ได้ทำการศึกษาเรื่องเครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียม เพื่อพัฒนาและทดสอบสมรรถนะของเครื่อง ใช้มอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง การคัดขนาดของกระเทียมสามารถคัดได้ 3 ขนาด ซึ่งทำการทดสอบสมรรถนะการคัดขนาดที่ระดับความเร็วรอบ 420 465 และ 525 รอบต่อนาที และมุมเอียงของตะแกรง 5 10 และ 15 องศา กับแนวระดับ จากการทดสอบพบว่าที่ความเร็วรอบ 525 รอบต่อนาที และมุมเอียงตะแกรง 15 องศา มีกลีบกระเทียมตกค้างบนตะแกรงน้อยที่สุด และในอัตรากาการคัดขนาดสูงสุด 71.67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพการคัดขนาด 77 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการใช้งานมากที่สุด

จตุรงค์ และคณะ (2556) ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดกระเทียมถูกสร้างขึ้นเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานและลดเวลาในการคัดขนาดกลีบกระเทียม ซึ่งเครื่องประกอบด้วยตะแกรงทรงกระบอกหมุน 3 ชั้น ที่สามารถคัดได้ 3 ขนาด จากการทดสอบโดยการป้อนแบบต่อเนื่องและใช้ความเร็วรอบของชุดคัด 10 15 และ 20 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าเครื่องคัดขนาดกระเทียมต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วของชุดคัดขนาด 20 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการคัดขนาด 90.8 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงาน 167.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 0.8 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิศวกรรม พบว่าเมื่อใช้เครื่องตัดขนาดกลีบกระเทียม 2,400 ชั่วโมงต่อปี ได้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 0.2 บาทต่อกิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุน 1.06 ปี และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 557 ชั่วโมงต่อปี

ภุชณ์ และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาเครื่องตัดขนาดเมล็ดถั่วแดง ซึ่งเครื่องมีลักษณะเป็นตะแกรงโยก โดยมีระบบการทำงาน คือ ใช้ลูกเบี้ยวมาเป็นตัวโยก เพื่อทำการเขย่าชุดตะแกรงตัด โดยผ่านตะแกรงที่มีขนาดรูตะแกรง 2 ขนาด ซ้อนกัน 3 ชั้น ซึ่งชั้นที่ 1 มีขนาดรูตะแกรง เท่ากับ 7.9 มิลลิเมตร ชั้นที่ 2 มีขนาดของรูตะแกรง เท่ากับ 7.3 มิลลิเมตร และชั้นที่ 3 เป็นเหล็กแผ่นธรรมดาเพื่อรองรับเมล็ดถั่วแดงขนาดเล็กที่สุด สามารถตัดได้ 3 ขนาด คือ เกรด A B และ C ซึ่งมีขนาดความกว้างเฉลี่ย 8.31 7.67 และ 6.965 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากการทดสอบการตัดขนาดเมล็ดถั่วแดง พบว่าเครื่องตัดเมล็ดถั่วแดงสามารถตัดขนาดได้ดีที่สุดที่ความเร็วรอบ 550 รอบต่อนาที มีอัตราการป้อน 3.25 กิโลกรัมต่อนาที อัตราการตัดขนาดเฉลี่ยประมาณ 195.44 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการตัดขนาดของเครื่องอยู่ที่ 97.11 เปอร์เซ็นต์

ธวัชชัย และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาเครื่องตัดขนาดถั่วลิสงเมล็ดโตแบบตะแกรงทรงกระบอกหมุน ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของเมล็ดถั่วลิสง และการศึกษาการทดสอบหาหลักการการทำงานที่มีแนวโน้มที่เหมาะสมที่สุดในการตัดขนาดเมล็ดถั่วลิสง ซึ่งได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องตัดขนาดถั่วลิสงแบบตะแกรงทรงกระบอกหมุน จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 พบว่า มีขนาดความกว้างเฉลี่ย 9.94 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 8.21 มิลลิเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด เท่ากับ 74.78 กรัม เมื่อจำแนกสัดส่วนของเมล็ดถั่วลิสงตามขนาดความหนา พบว่าเมล็ดถั่วลิสงขนาดใหญ่ ขนาดกลาง ขนาดเล็ก และเมล็ดเล็กกลีบ เปน 36.7 37.6 15.9 และ 3.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีเมล็ดที่มีขนาดความหนาเท่ากับช่องเปิดรูของตะแกรงเบอร์ 15 18 และ 21 ตามลำดับ ซึ่งเมล็ดมีโอกาสติดตะแกรงเปน 1.5 2.6 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการศึกษาวิธีการที่มีแนวโน้มเหมาะสมที่สุดสำหรับตัดขนาดถั่วลิสง พบว่าวิธีการตัดขนาดด้วยเครื่องตัดขนาดแบบตะแกรงทรงกระบอกหมุน มีแนวโน้มเป็นไปได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับการตัดขนาดด้วยเครื่องตัดขนาดแบบตะแกรงฐานเรียบ การตัดขนาดโดยใช้เครื่องตัดขนาดแบบลูกกลิ้งคู่ และการตัดขนาดโดยใช้คนร่อนตะแกรง โดยพบว่ามีอัตราในการทำงาน 388 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมล็ดคละ 0.90 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดเสียหาย 2.38 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดติดตะแกรง 1.06 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาการทดสอบหาหลักการการทำงานที่มีแนวโน้มที่เหมาะสมที่สุดในการตัดขนาดเมล็ดถั่วลิสง พบว่าที่ความเร็วรอบ 15 รอบต่อนาที หรือ ความเร็วเชิงเส้น 0.24 เมตรต่อนาที และที่ช่องการป้อนขนาดเล็ก มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการตัดขนาดถั่วลิสงเมล็ดโต โดยมีอัตราในการทำงาน 717.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความแม่นยำในการตัด 80.20 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดเสียหาย 0.55 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีเมล็ดติดตะแกรง

Anita et al. (2016) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งกระเทียมในตู้อบแห้งเพื่อรักษาคุณสมบัติทางกายภาพของกระเทียม โดยการออกแบบการทดลองจะใช้วิธีการพื้นผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอบสนอง (RSM) โดยใช้การออกแบบ Box-Behnken Design (BBD) ซึ่งได้กำหนดปัจจัยและช่วงที่ต้องการศึกษาคือ อุณหภูมิพื้นผิว 48-78 องศาเซลเซียส ความดันอากาศ 30-330 มิลลิบาร์ และเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 3-11 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการอบแห้งในตู้อบแห้งคือ อุณหภูมิพื้นผิวที่ 78 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ 30 มิลลิบาร์ และเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 11 ชั่วโมง โดยจะได้คุณสมบัติทางกายภาพของกระเทียมคือ ความชื้นร้อยละ 8.73 และ Water Activity 0.326 การเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม 11.95 และแรงเฉือน 598.32×10^{-2} นิวตัน

วรวิร์ และคณะ (2559) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก เพื่อลดปริมาณข้าวที่หักและเพิ่มปริมาณข้าวที่สีได้ โดยได้สร้างเครื่องสีข้าวที่สามารถควบคุมตัวแปรต่างๆ ที่ต้องการศึกษา เช่น ความเร็วรอบของมอเตอร์และอัตราการป้อน และออกแบบการทดลองด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง (RSM) โดยใช้การออกแบบแฟกทอเรียล 3^k จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องคัดขนาดคือ ความเร็วของมอเตอร์ 2,087 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อนร้อยละ 83.56 โดยจะได้ปริมาณของข้าวเท่ากับ 1,433.2 กรัมต่อนาที และอัตราการหักของข้าวมีค่าเท่ากับร้อยละ 3.42

น้ำฝน และคณะ (2556) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งแครอทแผ่นคลื่นไมโครเวฟ โดยกำหนดขอบเขตการศึกษาของงานวิจัยคือ ระดับกำลังงานของคลื่นไมโครเวฟที่แตกต่างกัน 164, 465 และ 752 วัตต์ ความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 2, 5 และ 8 น้ำหนักต่อปริมาตร และเวลาที่ใช้แช่แครอทแผ่นในกรดแอสคอร์บิก 2, 5 และ 8 นาที โดยความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับค่าการตอบสนองของปัจจัยสามารถใช้เทคนิคของ Box-Behnken Design (BBD) ซึ่งเป็นการออกแบบการทดลองจะใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (RSM) จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยคลื่นไมโครเวฟคือ ระดับพลังงานคลื่นไมโครเวฟ 425.87 วัตต์ ความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 3.56 น้ำหนัก/ปริมาตร และเวลาที่ใช้แช่ 4.94 นาที โดยจะได้ค่าความแตกต่างสีโดยรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 3.06

กาญจนา และเยาวภา (2559) ได้ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดพินอลิก และฟลาโวนอยด์ รวมทั้งผลการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้เทียบกับ DPPH ในพืชขิง (Zingiber Officinale Roscoe) โดยใช้การสกัดด้วยตัวทำละลายร่วมกับการเขย่าโดยวิธีการตอบสนองของพื้นผิว (RSM) อาศัยการออกแบบ Box - Behnken Design (BBD) จากการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดพินอลิกได้สูงสุดร้อยละ 2.23 โดยน้ำหนัก คือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และใช้อทานอลร้อยละ 77 โดยปริมาตรและสภาวะที่เหมาะสมสามารถสกัดฟลาโวนอยด์จากขิงได้สูงสุดร้อยละ 2.19 โดยน้ำหนัก คือ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลาในการ สกัด 3 ชั่วโมง ความเข้มข้นเอทานอลร้อยละ 80 โดยปริมาตร สารสกัดขิงที่ได้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเท่ากับร้อยละ 62.52 โดยน้ำหนัก ภายใต้สภาวะการสกัดที่อุณหภูมิ 49 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัดนาน 6 ชั่วโมง และความเข้มข้นเอทานอลร้อยละ 74 โดยปริมาตร ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(R^2) จากการคาดการณ์การสกัดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถต้านอนุมูลอิสระ คือ 0.93, 0.94 และ 0.91 ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของเมทานอลที่มีผลมากที่สุดต่อฟลาโวนอยด์และยับยั้งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากขิง

Ren et al. (2017) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดกรด Phytic จากถั่วลิสง หลังจากสลายโปรตีนออก ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดกรด Phytic ในการศึกษาคือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) อัตราส่วนของแข็งต่อของเหลว เวลาที่ใช้ในการสกัดและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด โดยได้ทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง (RSM) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดกรดดังกล่าว พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกรด Phytic คือ ความเข้มข้นของ HCl 0.02 โมลต่อลิตร อัตราส่วนของแข็งต่อของเหลว (กรัม:มิลลิลิตร) เท่ากับ 1:16 เวลาที่ใช้ในการสกัด 105 นาที และอุณหภูมิการสกัดที่ 30 องศาเซลเซียส โดยจะได้กรด Phytic ที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่า อัตราส่วนการสกัดเท่ากับร้อยละ 6.12 ปริมาณกรด Phytic เท่ากับ 182.7 มิลลิกรัมต่อกรัม และค่าสัมประสิทธิ์ (R^2) จากสมการสหสัมพันธ์ที่ใช้ทำนายผลได้การสกัด คือ 0.9783

Seol et al. (2017) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดกรด Glycyrrhizic จากชะเอมด้วยอัลตราซาวด์ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดกรด Glycyrrhizic คือ อุณหภูมิการสกัดที่เหมาะสม เวลาในการสกัด และความเข้มข้นของเมทานอล สำหรับการออกแบบการทดลองจะใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (RSM) โดยใช้การออกแบบคอมโพสิตกลาง (CCD) จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกรด Glycyrrhizic อุณหภูมิที่ 69 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการสกัด 34 นาที และความเข้มข้นของเมทานอลร้อยละ 57 โดยจะได้กรด Glycyrrhizic เท่ากับร้อยละ 3.414

Hamidreza et al. (2018) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้กระบวนการ Hydrodynamic Cavitation Process โดยปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลคือ ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ แรงดันทางเข้า อัตราส่วนความเข้มข้นของเมทานอลต่อน้ำมันเวลาในการทำปฏิกิริยาและกำหนดอุณหภูมิปฏิกิริยาที่ 63 องศาเซลเซียส สำหรับการทดลองทั้งหมดการออกแบบการทดลองจะใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (RSM) ด้วยการออกแบบคอมโพสิตกลาง (CCD) ของการทดสอบโดยใช้ MINITAB 17 จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลสูงสุด คือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.1 แรงดันที่ทางเข้า 3.27 bar และอัตราส่วนความเข้มข้นของเมทานอลต่อน้ำมัน 1:6 เวลาในการทำปฏิกิริยา 8 นาที โดยจะมีอัตราผลิตน้ำมันไบโอดีเซลสูงที่สุดในการทดลองและแบบจำลองเท่ากับร้อยละ 95.6 ± 0.8 และร้อยละ 97.56 ตามลำดับ

Aline et al. (2014) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดฟีนอลและฟลาโวนอยด์รวมทั้งผลการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากแอปเปิ้ล โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการสกัดฟีนอลได้แก่ ความเข้มข้นของตัวทำละลายเมทานอลและซิโตน อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัดสำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบการทดลองจะใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (RSM) โดยใช้การออกแบบ Box - Behnken Design (BBD) จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดฟีนอลโดยใช้ตัวทำละลาย เมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 84.5 อุณหภูมิที่ 28 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการสกัด 15 นาที และสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดฟีนอลโดยใช้ตัวทำละลายอะซิโตนความเข้มข้นด้วยร้อยละ 65 อุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการสกัด 20 นาที โดยสภาวะที่เหมาะสมเมทานอลจะสกัด Chlorogenic Acid และ Phloridzin ได้มากกว่าอะซิโตนร้อยละ 32.4 และร้อยละ 48.4 ตามลำดับ ส่วน Catechin, Epicatechin, Procyanidins (B1 และ B2) และ Glycosides ของ Quercitin ถูกสกัดได้มากในอะซิโตนและมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น

Zhe et al. (2018) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล (BO) จากฟางข้าวบาร์เลย์ที่ผ่านกระบวนการ Hydrothermal Liquefaction โดยปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต น้ำมันไบโอดีเซลที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ อุณหภูมิปฏิกิริยาในช่วง 260 - 340 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 5 - 25 นาที ปริมาณโพแทสเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 2 - 18 และอัตราส่วนชีวมวล ต่อ น้ำร้อยละ 9 - 21 สำหรับการออกแบบการทดลองจะใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (RSM) โดยใช้ การออกแบบคอมโพสิตกลาง (CCD) จากผลการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซล คือ อุณหภูมิปฏิกิริยาที่ 304.8 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 15.5 นาที ปริมาณโพแทสเซียม คาร์บอเนตร้อยละ 11.7 และปริมาณชีวมวลร้อยละ 18 (ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ) โดยจะได้อัตราการผลิต น้ำมันไบโอดีเซลสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 38.72

Sushanta et al. (2018) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการชะล้างการลดเถ้า ถ่านหินเกรดต่ำโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคการผลิตที่สะอาดมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีตัวแปรที่ สำคัญที่มีผลต่อกระบวนการชะล้างการลดเถ้าถ่านคือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) ร้อยละ 10 - 20 โดยปริมาตร อุณหภูมิ 60 - 100 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในกระบวนการชะล้าง 90-180 นาที ซึ่งแต่ละตัวแปรกำหนดช่วงที่ต้องการศึกษา จากนั้นทำการออกแบบการทดลองใช้ วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (RSM) โดยใช้การออกแบบคอมโพสิตกลาง (CCD) จากผลการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการชะล้างการลดเถ้าถ่านหินเกรดต่ำสูงสุดคือ ความเข้มข้นของ กรดไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 18 โดยปริมาตร อุณหภูมิปฏิกิริยาที่ 92 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ใน การชะล้าง 162 นาที โดยจะทำให้เถ้าลดลงจากถ่านหินเกรดต่ำเท่ากับร้อยละ 78.91 ส่วนค่า ที่คาดการณ์เท่ากับร้อยละ 78.84 การเปรียบเทียบระหว่างผลการทดสอบและการคาดการณ์แสดง ข้อผิดพลาดน้อยกว่าร้อยละ 0.08

Chinyere et al. (2017) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล จากน้ำมันหมูโดยปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลได้แก่ ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา เวลาใน การทำปฏิกิริยาอัตราส่วนเมทานอลต่อ น้ำมัน ซึ่งเป็นตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา สำหรับการออกแบบ การทดลองจะใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (RSM) โดยใช้การออกแบบคอมโพสิตกลาง (CCD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันหมูคือ ตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 1.25 โดยน้ำหนัก เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 40 นาที อัตราส่วนเมทานอล ต่อน้ำมัน 6:1 โดยจะมีอัตราการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลหรือ Fatty Acid Methyl Ester (FAME) เท่ากับร้อยละ 96 จากแบบจำลองที่คาดการณ์ไว้เท่ากับร้อยละ 96.2

Lee et al. (2011) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล จากสบู่ดำโดยปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ อัตราส่วนเมทานอล ต่อน้ำมัน เวลาของปฏิกิริยา ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิปฏิกิริยาการศึกษา สำหรับการออกแบบ การทดลองจะใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (RSM) โดยใช้ในการออกแบบคอมโพสิตกลาง (CCD) จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากสบู่ดำได้สูงสุดคือ อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน 38.67 เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 3.44 ชั่วโมง ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา ร้อยละ 3.70 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิปฏิกิริยา 115.87 องศาเซลเซียส จะได้อัตราการผลิตน้ำมัน ไบโอดีเซลจากสบู่ดำได้สูงสุดเท่ากับร้อยละ 93.55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วัสดุและวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เมล็ดสารกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

เมล็ดสารกาแฟพันธุ์โรบัสต้า จากสหกรณ์ผู้ปลูกกาแฟจังหวัดชุมพร ซึ่งเป็นเมล็ดสารกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการคัดขนาด โดยมีความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 13 % (d.b.)

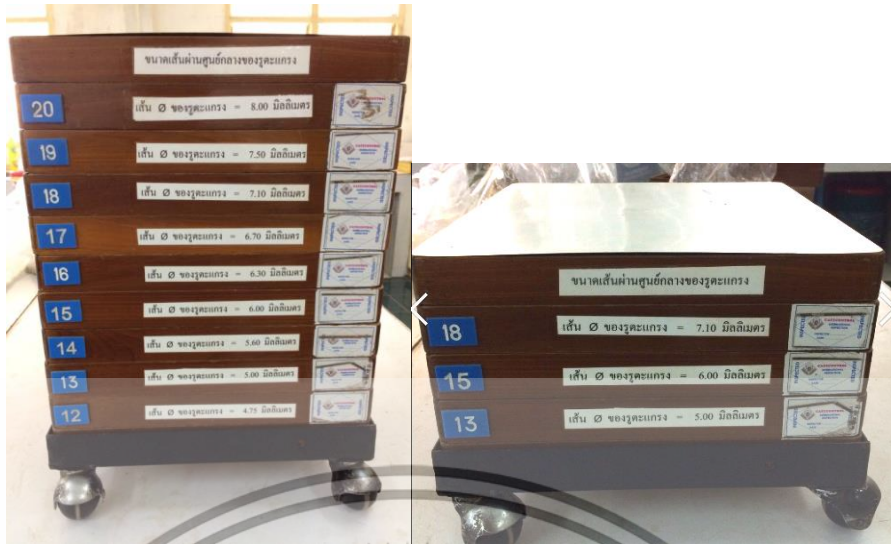


รูปที่ 3.1 เมล็ดสารกาแฟจากสหกรณ์ผู้ปลูกกาแฟ จังหวัดชุมพร

3.2 การเตรียมเมล็ดสารกาแฟเพื่อทำการทดลอง

นำเมล็ดสารกาแฟที่ได้รับจากสหกรณ์ผู้ปลูกกาแฟจังหวัดชุมพร มาคัดขนาดโดยใช้ตะแกรงมาตรฐานจากศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพรโดยขนาดจะคัดออกเป็น 4 ขนาดตามมาตรฐานของสถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ขนาดใหญ่พิเศษ (เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 7.1 มิลลิเมตร) ขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 7.1 ถึง 6.3 มิลลิเมตร) ขนาดกลาง (เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 6.3 ถึง 5.6 มิลลิเมตร) และขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 5.6 มิลลิเมตร) แสดงดังรูปที่ 3.2 หลังจากนั้นนำเมล็ดสารกาแฟที่คัดขนาดแล้วมาพ่นสีเพื่อให้ง่ายต่อการคัดขนาดของเมล็ดสารกาแฟ โดยเมล็ดสารกาแฟขนาดใหญ่พิเศษ (XL) จะพ่นด้วยสีขาว ขนาดใหญ่ (L) จะพ่นด้วยสีแดง ขนาดกลาง (M) จะพ่นด้วยสีน้ำเงิน และขนาดเล็ก (S) จะพ่นด้วยสีเขียว หลังจากนั้นนำเมล็ดที่พ่นสีแล้ว มาผ่านการคัดขนาดโดยใช้ตะแกรงมาตรฐานจากศูนย์วิจัยพืชสวน ชุมพร อีกครั้งเพื่อให้ได้ขนาดเมล็ดสารกาแฟที่มีขนาดถูกต้องตามมาตรฐาน ลักษณะของเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านการพ่นสีแสดงในรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ชุดคัดขนาดเมล็ดสารกาแพ

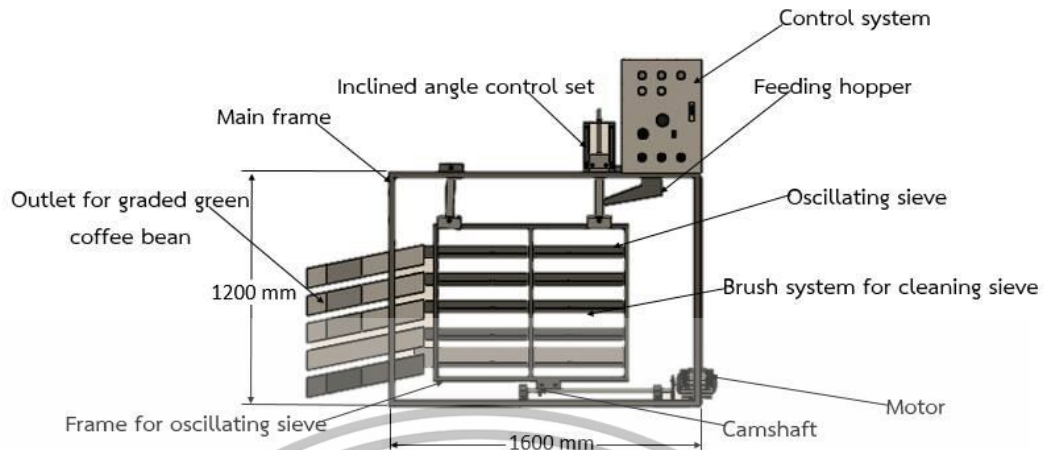


เมล็ดสารกาแพ ขนาดใหญ่พิเศษ (XL) เมล็ดสารกาแพ ขนาดใหญ่ (L) เมล็ดสารกาแพ ขนาดกลาง (M) เมล็ดสารกาแพ ขนาดเล็ก (S)

รูปที่ 3.3 เมล็ดสารกาแพพันธุ์โรบัสต้าหลังการพ่นสี

3.3 เครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแพโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวาง

เครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแพโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกดังแสดงในรูปที่ 3.4 ประกอบด้วยมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการโยกตะแกรง โดยตะแกรงนั้นจะมีลักษณะเป็นเหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 750 มิลลิเมตร ยาว 1,100 มิลลิเมตร วางซ้อนกันจำนวน 5 ชั้น โดยตะแกรง 4 ชั้นบน ใช้สำหรับคัดแยกเมล็ดสารกาแพ โดยแต่ละชั้นจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูตะแกรงที่แตกต่างกัน ซึ่งรูตะแกรงจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 7 6 5 และ 2 ตามลำดับ พร้อมทั้งมีสกรูติดอยู่บริเวณโครงของชุดตะแกรงเพื่อใช้สำหรับปรับมุมของตะแกรงโยก นอกจากนี้บริเวณใต้ตะแกรงแต่ละชั้นจะมีแปรงเลื่อนใช้สำหรับลดปริมาณเมล็ดสารกาแพที่ติดอยู่ในรูของตะแกรงโยก ในส่วนของชุดควบคุมจะประกอบด้วย ชุดควบคุมความเร็วในการโยกและชุดควบคุมความเร็วและทิศทาง การเลื่อนของแปรง สำหรับตะแกรงชั้นล่างสุดเป็นตะแกรงที่ใช้รองรับสิ่งเจือปนที่ปะปนมากับเมล็ดสารกาแพ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวขวาง

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

3.4.1 การศึกษาผลกระทบของความลาดเอียงและความเร็วรอบในการโยกต่อสมรรถนะของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวาง

ในการทดลองจะทำการปรับค่าตัวแปรความลาดเอียงและความเร็วรอบในการโยก โดยความลาดเอียงจะใช้ในช่วง 4 5 และ 6 องศา และความเร็วรอบที่ใช้ในการโยกของชุดตะแกรงคัดขนาดคือ 170 185 และ 200 รอบต่อนาที ขั้นตอนในการทดสอบเริ่มจากการนำเมล็ดสารกาแฟจำนวน 2 กิโลกรัม (คละขนาดทั้ง 4 ขนาด ขนาดละ 500 กรัม) ใส่ในช่องป้อนของเครื่องคัดขนาดซึ่งใช้อัตราป้อนอยู่ที่ 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อเมล็ดสารกาแฟไหลลงสู่ตะแกรงโยกทำการจับเวลาในการคัดขนาด โดยจะทำการจับเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดในการคัดขนาดของตะแกรงแต่ละชั้นหลังจากนั้นนำเมล็ดสารกาแฟที่ไหลออกทางถาดรับในแต่ละขนาดไปคัดแยกเมล็ดสารกาแฟที่ไหลออกถูกช่องด้วยตะแกรงมาตรฐาน และบันทึกผลการทดลอง แต่ละเงื่อนไขจะทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.4.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวาง

การหาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวางจะใช้ระเบียบวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology) มาช่วยในการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการใช้งาน พร้อมทั้งสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความลาดเอียงและความเร็วรอบในการโยกต่อประสิทธิภาพในการคัดขนาด ขั้นตอนในการทดลองมีดังนี้

3.4.2.1 ออกแบบแผนการทดลอง (Design of Experiment)

ในงานวิจัยนี้จะใช้การออกแบบการทดลองแบบประสมส่วนกลาง (Central Composite Design; CCD) โดยใช้โปรแกรม Minitab version 18 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลองคือ ความเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลาดเอียงของตะแกรง (4.5-5.5 องศา) และความเร็วรอบในการโยกของตะแกรง (175-195 รอบต่อ นาที) สภาวะการทดลองที่ได้ แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงสภาวะที่ได้จากโปรแกรม Minitab version18

Std Order	Run Order	PtType	Blocks	A	B
1	1	1	1	4.65	177.93
2	2	1	1	5.35	177.93
3	3	1	1	4.65	192.07
4	4	1	1	5.35	192.07
5	5	-1	1	4.50	185.00
6	6	-1	1	5.50	185.00
7	7	-1	1	5.00	175.00
8	8	-1	1	5.00	195.00
9	9	0	1	5.00	185.00
10	10	0	1	5.00	185.00
11	11	0	1	5.00	185.00
12	12	0	1	5.00	185.00
13	13	0	1	5.00	185.00

เมื่อ Std Order คือลำดับที่ของการทดลองแบบสุ่ม Run Order คือลำดับที่ของการทดลองทั้งหมด ซึ่งการออกแบบการทดลองนี้มีการทำซ้ำ Replication จำนวน 1 ครั้ง A คือ ความลาดเอียงของตะแกรง และ B คือความเร็วในการโยกของตะแกรง

3.4.2.2 วิเคราะห์การออกแบบพื้นผิวตอบสนอง (Analyze response surface design)

ในการวิเคราะห์การออกแบบพื้นผิวตอบสนองจะทำการวิเคราะห์ตัวแปรตอบสนอง Responses ได้แก่ ประสิทธิภาพการคัดขนาด โดยจะทำการวิเคราะห์ในเทอมของ Full quadratic, Linear+ Interactions, และ Lineal+ Square เพื่อตรวจสอบว่าชุดข้อมูลมีความสัมพันธ์ในทิศทางใด และเหมาะสมที่จะนำมาสร้างพื้นผิวตอบสนองหรือไม่

3.4.2.3 พื้นผิวตอบสนองและสภาวะที่เหมาะสมของการใช้งาน

นำประสิทธิภาพการคัดขนาด (Size grading efficiency) ที่ได้มาวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสม (Optimum) พร้อมทั้งทำการพลอตกราฟพื้นผิวตอบสนอง โดยมีความสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างความลาดเอียงของตะแกรงโยกกับความเร็วในการโยกเป็นตัวแปรต้น และประสิทธิภาพการคัดขนาดเป็นตัวแปรตาม

3.5 การคำนวณสมรรถนะของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวาง

3.5.1 ร้อยละความถูกต้องในการคัดขนาด (Weight purity index)

หาได้จาก
$$P_w = \sum_i P_{gi} W_i \quad (3.1)$$

โดยที่ P_w = ร้อยละความถูกต้องในการคัดขนาด (เปอร์เซ็นต์)

P_{gi} = เศษส่วนของผลิตภัณฑ์ที่บริสุทธิ์ที่สุ่มมาจากช่องทางออกของเกรด i

W_i = การกระจายฟังก์ชันของน้ำหนักสัมพันธ์กับเกรด i

3.5.2 ประสิทธิภาพของการคัดขนาด

หาได้จาก
$$E_w = \sum_i \left(\frac{P_{gi} G_i}{Q P_i} \right) W_i \quad (3.2)$$

โดยที่ E_w = ประสิทธิภาพการคัดแยก (เปอร์เซ็นต์)

P_{gi} = เศษส่วนของผลิตภัณฑ์ที่บริสุทธิ์ที่สุ่มมาจากช่องทางออกของเกรด i

G_i = อัตราการไหลออกของผลผลิตจากกระบวนการคัดแยก (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

Q = อัตราการไหลของวัสดุบดเข้าสู่กระบวนการคัดแยก (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

P_i = เศษส่วนของกาการกระจายของเกรดต่างๆในวัสดุบด

W_i = การกระจายฟังก์ชันของน้ำหนักสัมพันธ์กับเกรด i

3.5.3 ร้อยละการติดตะแกรง

หาได้จาก
$$C_w = \frac{w_C}{w_T} \times 100 \quad (3.3)$$

โดยที่ C_w = ร้อยละการติดตะแกรง (เปอร์เซ็นต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

w_C = น้ำหนักของเมล็ดสารกาแฟที่ติดตะแกรงทั้งหมด (กิโลกรัม)

w_T = น้ำหนักของเมล็ดสารกาแฟที่ติดตะแกรงทั้งหมด (กิโลกรัม)

3.6 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption; SEC)

$$\text{หาได้จาก } SEC = \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้า} \times 3.60 + \text{ปริมาณพลังงานความร้อน}}{\text{ปริมาณผลผลิต(หน่วย)}} \quad (3.4)$$

ปริมาณพลังงานไฟฟ้า

$$\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้า} = \frac{\text{จำนวนวัตต์} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน}}{1,000} \quad (3.5)$$

โดยที่ SEC = อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)



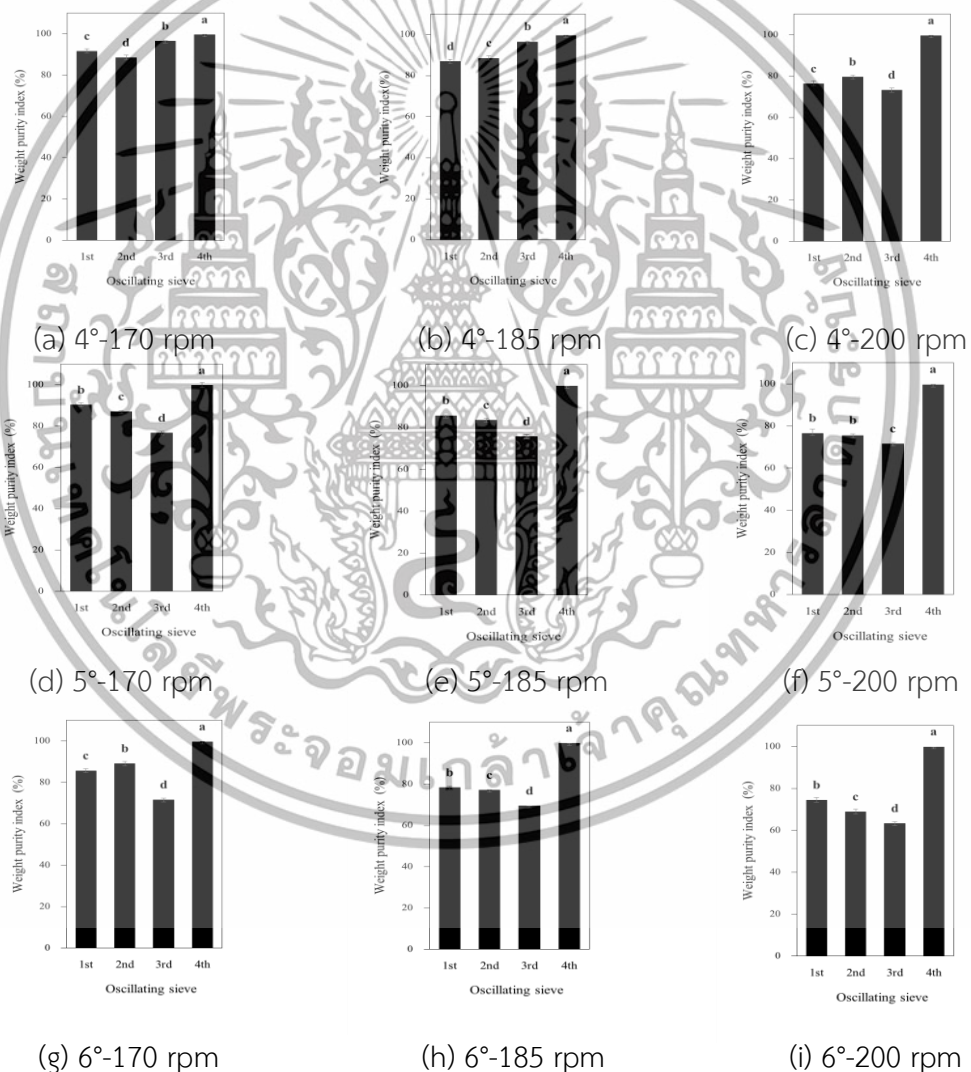
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

4.1 ร้อยละความถูกต้องในการคัดขนาด (Weight purity index)

ร้อยละความถูกต้องในการคัดขนาดของชั้นตะแกรงต่าง ๆ ของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวขวางที่เงื่อนไขการทดลองต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4.1 จากผลการทดลองพบว่าร้อยละความถูกต้องในการคัดขนาดในแต่ละชั้นตะแกรงมีค่าแตกต่างกัน โดยชั้นที่คัดขนาดเมล็ดสสารกาแฟขนาดเล็ก (ชั้นที่ 4) จะมีค่าร้อยละความถูกต้องในการคัดขนาดสูงสุดในทุก ๆ เงื่อนไขการทดลอง โดยค่าร้อยละความถูกต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 99.56-99.73



Means with different letters in each condition indicate significant differences ($p < 0.05$)

รูปที่ 4.1 ร้อยละความถูกต้องในการคัดขนาดของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสสารกาแฟแบบตะแกรงโยกที่

ความลาดเอียงของตะแกรง 4-6 องศาและความเร็วรอบในการโยก 170-200 รอบต่อนาที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

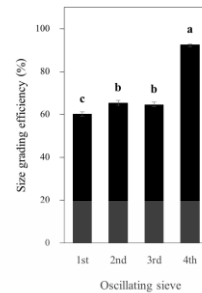
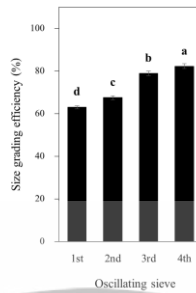
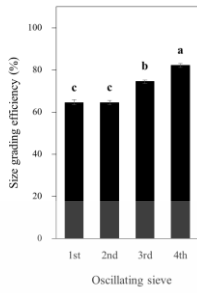
สำหรับตะแกรงชั้นที่ 3 (ตะแกรงคัดเมล็ดสารกาแฟขนาดกลาง) จะมีร้อยละความถูกต้องในการคัดขนาดต่ำสุด โดยเฉพาะที่ความลาดเอียงของตะแกรง 5 และ 6 องศา ซึ่งค่าร้อยละความถูกต้องที่ต่ำที่สุดมีค่าประมาณร้อยละ 63.24 โดยเกิดขึ้นที่ความลาดเอียงของตะแกรง 6 องศาและความเร็วรอบในการโยกของตะแกรง 200 รอบต่อนาที ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (i) นอกจากนี้ยังพบว่า ตะแกรงชั้นที่ 1 (ตะแกรงคัดเมล็ดสารกาแฟขนาดใหญ่พิเศษ) จะมีค่าร้อยละความถูกต้องที่สูงกว่าชั้นที่ 2 และ 3 โดยเฉพาะที่ความลาดเอียงของตะแกรง 5 และ 6 องศา นั้นแสดงว่าเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวขวางสามารถคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟขนาดใหญ่ได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองแซะสามัคคี ซึ่งเป็นเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวยาว (Commercial machine) พบว่าเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวขวาง สามารถให้ค่าร้อยละความถูกต้องในการคัดขนาดที่สูงกว่า โดยเฉพาะในตะแกรงชั้นที่ 2 และ 3 โดยค่าร้อยละความถูกต้องในการคัดขนาดของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวยาว (Commercial machine) อยู่ที่ร้อยละ 57.95 และ 54.95 เมื่อคัดแยกด้วยตะแกรงชั้นที่ 2 และ 3 ตามลำดับ นอกจากนี้ ลักษณะการกระจายตัวของค่าร้อยละความถูกต้องในการคัดขนาดเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวยาว (Commercial machine) เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวขวาง

4.2 ประสิทธิภาพในการคัดขนาด (Size grading efficiency)

ประสิทธิภาพในการคัดขนาดของชั้นตะแกรงต่าง ๆ ของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวขวางที่เงื่อนไขการทดลองต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4.2 จากผลการทดลองพบว่า ลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับร้อยละความถูกต้องในการคัดขนาด โดยเฉพาะชั้นตะแกรงที่คัดขนาดเมล็ดสารกาแฟขนาดเล็ก กล่าวคือชั้นตะแกรงที่คัดขนาดเมล็ดสารกาแฟขนาดเล็ก (ชั้นที่ 4) จะมีค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดสูงสุดในทุก ๆ เงื่อนไขการทดลอง โดยมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 ในทุก ๆ เงื่อนไข ในขณะที่ชั้นตะแกรงที่ใช้คัดขนาดเมล็ดสารกาแฟขนาดอื่นๆ จะมีค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดแตกต่างกันไป ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากระยะเวลาที่ใช้ในการคัดขนาดที่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวยาว (Commercial machine) ของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองแซะสามัคคี พบว่าเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวขวาง มีการกระจายตัวของประสิทธิภาพในการคัดขนาดในแต่ละชั้นตะแกรงเหมือนกันกับเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวยาว (Commercial machine) แต่สามารถให้ค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดที่สูงกว่า โดยเครื่องคัดขนาด

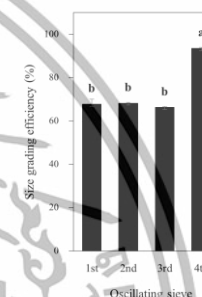
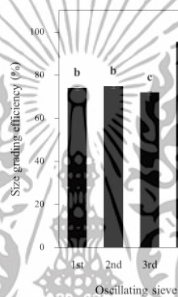
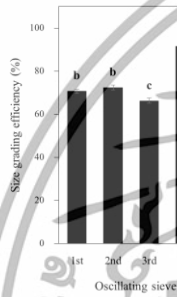
เมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวยาว (Commercial machine) จะให้ค่าประสิทธิภาพในการ คัดขนาดของตะแกรงชั้นที่ 1 2 3 และ 4 เท่ากับร้อยละ 61.43 51.28 45.79 และ 88.55 ตามลำดับ



(a) 4°-170 rpm

(b) 4°-185 rpm

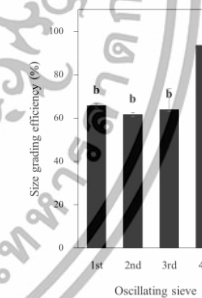
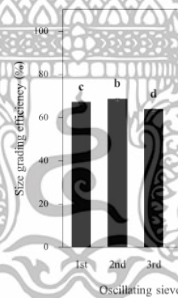
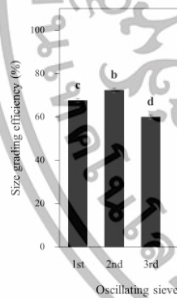
(c) 4°-200 rpm



(d) 5°-170 rpm

(e) 5°-185 rpm

(f) 5°-200 rpm



(g) 6°-170 rpm

(h) 6°-185 rpm

(i) 6°-200 rpm

Means with different letters in each condition indicate significant differences ($p < 0.05$)

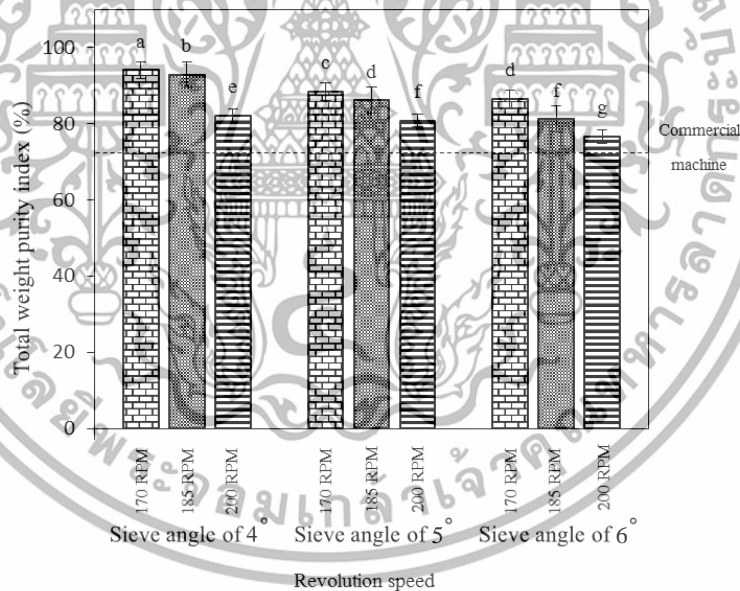
รูปที่ 4.2 ประสิทธิภาพในการคัดขนาดของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกที่ความ ลาดเอียงของตะแกรง 4-6 องศาและความเร็วรอบในการโยก 170-200 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สมรรถนะรวมของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวขวาง

4.3.1 ร้อยละความถูกต้องรวม (Total weight purity index)

ดัชนีความบริสุทธิ์รวมของเครื่องต้นแบบของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวางที่ความลาดเอียงของตะแกรงและความเร็วรอบในการโยกต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.3 จากผลการทดลองพบว่าความลาดเอียงของตะแกรงและความเร็วรอบในการหมุนส่งผลต่อดัชนีความบริสุทธิ์รวม โดยความลาดเอียงของตะแกรงและความเร็วรอบในการโยกที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ดัชนีความบริสุทธิ์รวมมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากเมล็ดสารกาแฟจะมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้นเมื่อความลาดเอียงของตะแกรงและความเร็วรอบในการโยกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการปะปนกันของเมล็ดสารกาแฟมากขึ้น ทำให้เมล็ดสารกาแฟตกตรงช่องได้น้อยลง จึงทำให้ดัชนีความบริสุทธิ์ลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบดัชนีความบริสุทธิ์รวมที่ได้จากเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกของวิสาหกิจชุมชนกาแฟโบราณลุงเหนือ (ดัชนีความบริสุทธิ์รวมเท่ากับร้อยละ 74.25) พบว่าเครื่องต้นแบบของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงหมุนสามารถให้ค่าดัชนีความบริสุทธิ์รวมที่สูงกว่าในทุกๆเงื่อนไขการทดลอง



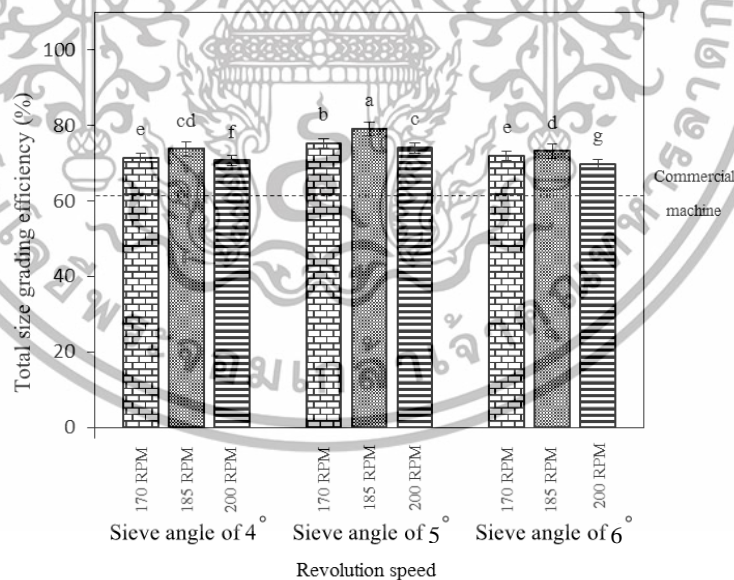
Means with different letters indicate significant differences ($p < 0.05$)

รูปที่ 4.3 ดัชนีความบริสุทธิ์รวมของเครื่องต้นแบบของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวางที่เงื่อนไขต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ประสิทธิภาพรวมในการคัดขนาด (Total size grading efficiency)

รูปที่ 4.4 แสดงค่าประสิทธิภาพรวม (Total size grading efficiency) ของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวางที่ความลาดเอียงของตะแกรงและความเร็วรอบในการโยกต่างๆ จากผลการทดลองพบว่าเมื่อความลาดเอียงของตะแกรงเพิ่มขึ้นจาก 4 องศา เป็น 5 องศา ประสิทธิภาพรวมของการคัดขนาดจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจากร้อยละ 70.69-73.74 เป็นร้อยละ 74.06-79.07 แต่เมื่อความลาดเอียงของตะแกรงเพิ่มขึ้นจาก 5 เป็น 6 องศา ประสิทธิภาพรวมของการคัดขนาดมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าประสิทธิภาพรวมลดลงเป็นร้อยละ 69.69-73.22 ทั้งนี้เนื่องจากความลาดเอียงของตะแกรงที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของเมล็ดสารกาแฟเร็วเกินไป เกิดการไหลข้ามช่อง ทำให้ความผิดพลาดในการคัดแยกเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาความเร็วรอบในการโยกพบว่าค่าประสิทธิภาพรวมเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงของความลาดเอียงของตะแกรงโยก กล่าวคือค่าประสิทธิภาพรวมเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วรอบในการโยกจาก 170 เป็น 185 รอบต่อนาที แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบในการโยกเป็น 200 รอบต่อนาที ค่าประสิทธิภาพรวมจะลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพรวมที่ได้จากเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกของวิสาหกิจชุมชนกาแฟโบราณลุงเหนือ (ประสิทธิภาพรวม เท่ากับร้อยละ 60.09) พบว่าเครื่องต้นแบบของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวางสามารถให้ค่าประสิทธิภาพรวมที่สูงกว่าในทุกๆ เงื่อนไขการทดลองเช่นกัน



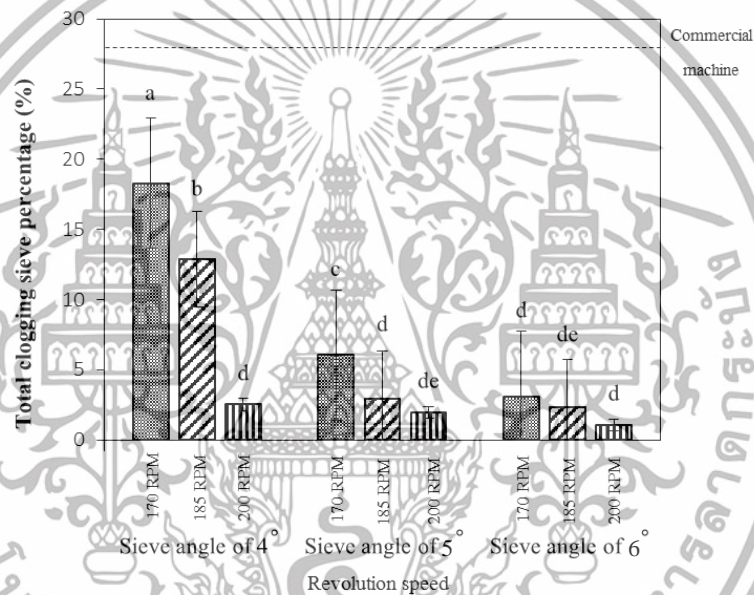
Means with different letters indicate significant differences ($p < 0.05$)

รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพรวมของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวางที่ความลาดเอียงของตะแกรงและความเร็วรอบในการโยกต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ร้อยละการติดตะแกรงรวม (Total Clogging sieve percentage)

ร้อยละการติดตะแกรงรวมที่ได้จากเครื่องคัดขนาดเมล็ดสสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวางที่ความลาดเอียงของตะแกรงและความเร็วรอบในการโยกต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.5 จากผลการทดลองพบว่าร้อยละการติดตะแกรงรวมจะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มความลาดเอียงของตะแกรงและความเร็วรอบในการโยก เมื่อทำการเปรียบเทียบร้อยละการติดตะแกรงรวมที่ได้จากเครื่องคัดขนาดเมล็ดสสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกของวิสาหกิจชุมชนกาแฟโบราณสูงเหนือ (ร้อยละการติดตะแกรงรวมเท่ากับร้อยละ 28.38) พบว่าเครื่องต้นแบบของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวางสามารถให้ค่าร้อยละการติดตะแกรงรวมที่ต่ำกว่าในทุกๆ เงื่อนไขการทดลองด้วยเช่นกัน



Means with different letters indicate significant differences ($p < 0.05$)

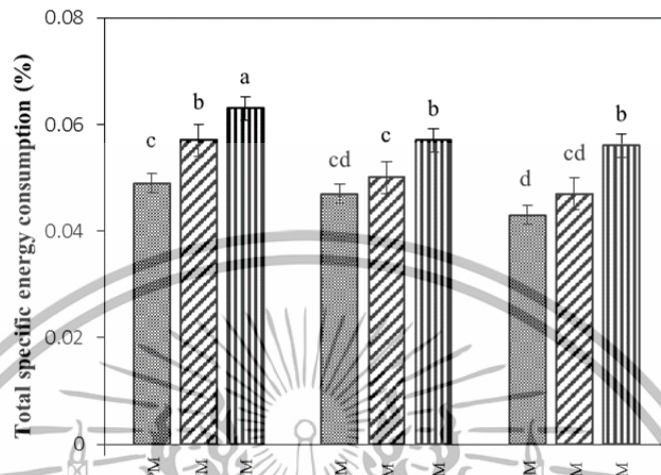
รูปที่ 4.5 ร้อยละการติดตะแกรงรวมของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวางที่ความลาดเอียงของตะแกรงและความเร็วรอบในการโยกต่างๆ

4.4 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC)

ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption; SEC) ที่ได้จากเครื่องคัดขนาดเมล็ดสสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวางที่ความลาดเอียงของตะแกรงและความเร็วรอบในการหมุนต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.6 จากผลการทดลองพบว่าเมื่อความลาดเอียงของตะแกรงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า SEC ลดลง และเมื่อความเร็วรอบในการหมุนของตะแกรงเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่า SEC เพิ่มขึ้นด้วย ในการลดลงของค่า SEC นี้เนื่องมาจาก มุมเอียงของตะแกรงที่เพิ่มขึ้นทำให้เมล็ดสสาร

กาแฟเคลื่อนที่ตกตามช่องได้เร็วขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาในการคัดขนาดของเมล็ดสสารกาแฟลดลง จึงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ค่า SEC ลดลง และการเพิ่มขึ้นของค่า SEC เมื่อความเร็วรอบในการหมุนของตะแกรงเพิ่มขึ้น เนื่องจาก ความเร็วรอบในการหมุนของตะแกรงที่เพิ่มขึ้นนั้นจะต้องใช้กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่า SEC เพิ่มขึ้นเช่นกัน



Means with different letters indicate significant differences ($p < 0.05$)

รูปที่ 4.6 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะที่ได้จากเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงโยกในแนวขวางที่ความลาดเอียงของตะแกรงและความเร็วรอบในการโยกต่างๆ

4.5 สภาวะที่เหมาะสมในการใช้งานของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบตะแกรงโยกในแนวขวาง

การวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมโดยระเบียบวิธีพื้นผิวตอบสนองที่ได้ออกแบบไว้ในโปรแกรม Minitab version 18 ซึ่งรายละเอียดการวิเคราะห์มีดังนี้

4.5.1 ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการคัดขนาดโดยการออกแบบแผนการทดลองแบบผสมกลาง (Central Composite Design)

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการคัดขนาดที่ได้ออกแบบไว้ตามแผนการทดลองแบบผสมส่วนกลาง (CCD) โดย Run Order คือ ลำดับการทดลอง A, B คือปัจจัยที่สนใจ ได้แก่ ความลาดเอียง (A) และความเร็วรอบในการโยก (B) และ Ew คือประสิทธิภาพของการคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟ จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพสูงสุดในการคัดขนาดมีค่าเท่ากับ 80.70% ที่เงื่อนไขของการทดลองคือความลาดเอียงที่ 5 องศา และความเร็วรอบในการโยกที่ 185 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการคัดขนาดโดยการทดลองแบบผสมกลาง

Run	Factor		Response
Order	A (Degree)	B (RPM)	Ew (%)
1	4.65	177.93	74.83
2	5.35	177.93	77.68
3	4.65	192.07	75.03
4	5.35	192.07	73.50
5	4.50	185.00	74.26
6	5.50	185.00	76.30
7	5.00	175.00	76.63
8	5.00	195.00	74.38
9	5.00	185.00	79.07
10	5.00	185.00	80.16
11	5.00	185.00	80.70
12	5.00	185.00	79.08
13	5.00	185.00	80.18

4.5.2 สถานะที่เหมาะสมของการใช้งาน

ตารางที่ 4.2 แสดงการตรวจสอบผลกระทบของตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อผลตอบสนองโดยพิจารณาจากค่า P-Value ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ผลการทดสอบพบว่า ตัวแปรของอิทธิพลเชิงเส้น (A, B) อิทธิพลกำลังสอง (A^2 , B^2) และอิทธิพลปฏิริยาสัมพันธ์ ($A \times B$) มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ทุกตัวแปร บ่งบอกถึงตัวแปรทุกตัวนั้นส่งผลกระทบต่อค่าตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นผลให้สมการที่ได้นั้นมีลักษณะเป็นแบบ Full Quadratic เมื่อพิจารณา ความไม่สมรูปกับข้อมูล (Lack of fit) จากผลการวิเคราะห์พบว่าระดับนัยสำคัญ P-Value ของการทดสอบมีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงถึงความสมรูปของตัวแบบกับข้อมูลนั้นมีความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าประสิทธิภาพการคัดขนาด

Analysis of Variance of EW					
Source	DF	Adj SS	Adj Ms	F-value	P-value
Model	5	76.1022	15.2204	41.80	0.0000
Linear	2	8.6220	4.3110	11.84	0.0060
A	1	2.2102	2.2102	6.07	0.0430
B	1	6.4117	6.4117	17.61	0.0040
Square	2	62.6841	31.3421	86.07	0.0000
A*A	1	37.1890	37.1890	102.13	0.0000
B*B	1	33.6581	33.6581	92.43	0.0000
2-Way Interaction	1	4.7961	4.7961	13.17	0.0080
A*B	1	4.7961	4.7961	13.17	0.0080
Error	7	2.5489	0.3641		
Lack-of-Fit	3	0.4209	0.1403	0.26	0.849
Pure Error	4	2.1281	0.5320		
Total	12	78.6512			
R ² = 96.76%, Adj R ² = 94.44%, Pred R ² = 91.97%					

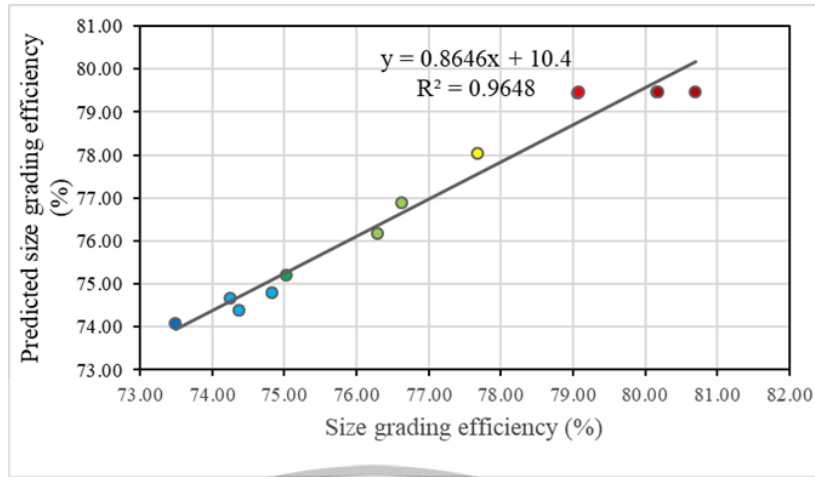
จากตารางที่ 4.2 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (R²) มีค่าเท่ากับ 96.76% ซึ่งบ่งบอกถึงตัวแบบที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายความผันผวนของตัวแปรตอบสนองได้เป็นอย่างดี P-value model มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 นั้นบ่งบอกถึงตัวแบบที่ใช้มีความเหมาะสมกับชุดข้อมูล ค่า Adj R² มีสูงค่าเท่ากับ 94.44% ซึ่งใกล้เคียงกับค่า R² และค่า Pred R² มีค่าสูงเท่ากับ 91.97% บ่งบอกว่าตัวแบบที่ได้มีความเหมาะสมกับการนำมาทำนายค่าตอบสนอง ซึ่งสมการที่ได้จะเป็นแบบ Full Quadratic ดังแสดงในสมการที่ 4.1

$$\begin{aligned} \text{Size grading efficiency (Ew) \%} = & -2277 + 267.5 A + 18.34 B - 18.50 A^*A \\ & - 0.04399 B^*B - 0.438 A^*B \end{aligned} \quad (4.1)$$

เมื่อ A = มุมเอียงของตะแกรงโยก (องศา)

B = ความเร็วรอบของตะแกรงโยก (รอบต่อนาที)

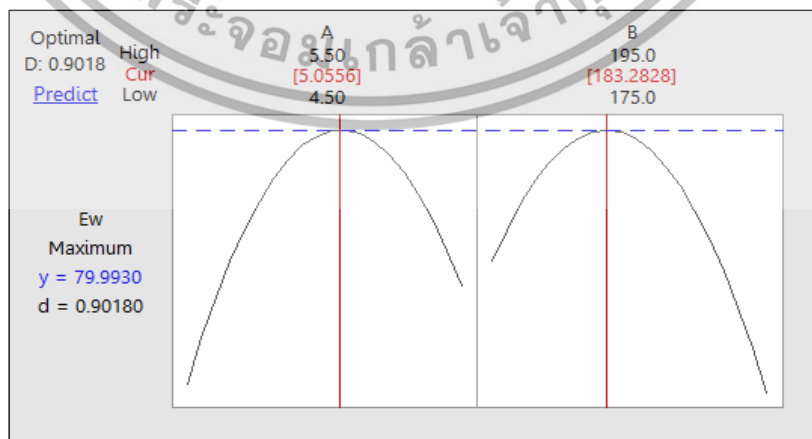
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



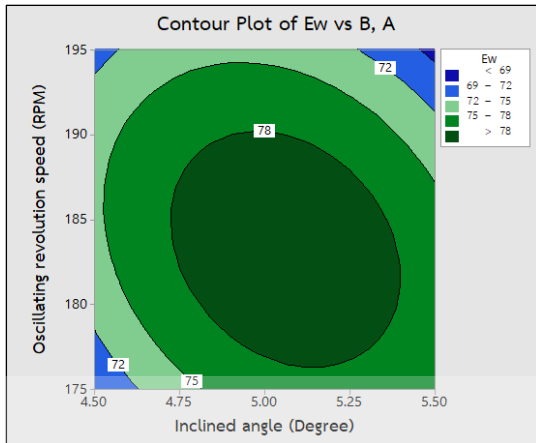
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการคัดขนาดที่ได้จากการทดลองจริงและค่าจากการทำนายด้วยโปรแกรม

รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการคัดขนาดที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ทำนายได้ จากการทดสอบพบว่ามีการกระจายตัวที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงซึ่งแสดงให้เห็นถึงการทำนายมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยและแบบจำลองนั้นมีความเหมาะสมกับชุดข้อมูลเป็นอย่างดี

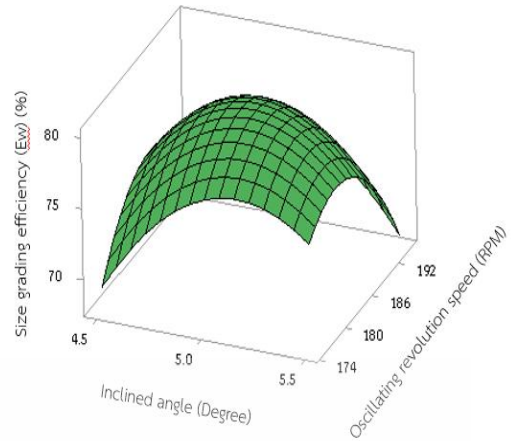
สำหรับสภาวะที่เหมาะสมของประสิทธิภาพการคัดขนาดที่ทำนายได้จากสมการประสิทธิภาพการคัดขนาดจากสมการที่ 4.1 พบว่าปัจจัยที่เหมาะสมคือ มุมเอียงเท่ากับ 5.05 องศาและความเร็วรอบของการโยกเท่ากับ 183.28 รอบต่อนาที ซึ่งให้ค่าประสิทธิภาพการคัดแยกเท่ากับร้อยละ 79.99 ซึ่งมีค่ามากกว่าประสิทธิภาพการคัดขนาดก่อนทำการออกแบบพื้นผิวตอบสนอง แสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 สภาวะที่เหมาะสมของประสิทธิภาพการคัดขนาด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)

รูปที่ 4.9 แผนภาพตอบสนองประสิทธิภาพการคัดขนาดและกราฟพื้นผิวตอบสนองระหว่างความเร็วรอบของตะแกรงโยกและมุมเอียงต่อประสิทธิภาพการคัดแยกขนาด

รูปที่ 4.9 แสดงแผนภาพตอบสนองประสิทธิภาพการคัดขนาดและกราฟพื้นผิวตอบสนองระหว่างความเร็วรอบของตะแกรงโยกและมุมเอียงต่อประสิทธิภาพการคัดแยกขนาด โดยจุดที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพการคัดขนาดสูงสุดคือบริเวณที่เป็นพื้นที่สีเขียวเข้มมากที่สุดดังแสดงในรูปที่ 4.9a โดยให้ประสิทธิภาพการคัดขนาดมากกว่าร้อยละ 78 ซึ่งอยู่ในระดับปัจจัยของความเร็วรอบและมุมเอียงที่ให้ค่าประสิทธิภาพการคัดขนาดสูงสุดดังแสดงในตารางที่ 4.1 นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบในการโยกและมุมเอียงจะส่งผลให้ประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งความเร็วรอบและมุมเอียงมีค่ามากกว่าจุดกึ่งกลางจะทำให้ประสิทธิภาพการคัดแยกขนาดลดลง ดังแสดงรูปที่ 4.9b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบและทดสอบการใช้งานของเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสสารกาแฟแบบตะแกรงโยก โดยทำการศึกษาผลกระทบของความลาดเอียงและความเร็วรอบในการโยกที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการคัดขนาดของเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสสารกาแฟแบบตะแกรงโยก และเปรียบเทียบการใช้งานกับเครื่องคัดขนาดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน พร้อมทั้งสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความลาดเอียงและความเร็วรอบในการโยกที่มีต่อประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาดเมล็ดสสารกาแฟ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 เครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสสารกาแฟแบบตะแกรงโยกที่สร้างขึ้นมีสมรรถนะที่ดีกว่าเครื่องคัดขนาดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยมีร้อยละความถูกต้องรวมและประสิทธิภาพในการคัดขนาดรวมที่สูงกว่า และมีค่าร้อยละการติดตะแกรงรวมที่ต่ำกว่า

5.2 ความลาดเอียงและความเร็วรอบในการโยกเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อร้อยละความถูกต้องรวม ประสิทธิภาพในการคัดขนาดรวม ร้อยละการติดตะแกรงรวม และค่าการใช้พลังงานจำเพาะอย่างมีนัยสำคัญ

5.3 สมการความสัมพันธ์ระหว่างความลาดเอียงและความเร็วรอบในการโยกต่อประสิทธิภาพการคัดขนาด ได้แก่

$$\text{Size grading efficiency (Ew) \%} = -2277 + 267.5 A + 18.34 B - 18.50 A*A - 0.04399 B*B - 0.438 A*B$$

5.4 สภาวะที่เหมาะสมของประสิทธิภาพการคัดขนาด ได้แก่ ความลาดเอียงที่ 5.06 องศาและความเร็วรอบในการโยกที่ 183.28 รอบต่อนาที โดยจะมีค่าประสิทธิภาพการคัดขนาดเท่ากับ 79.99 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลผลิตงานวิจัย

6.1 การประชุมระดับนานาชาติ (อยู่ในฐาน SCOPUS)

- Srisang, N.; Chanpaka, W.; Chungcharoen, T.; The performance of size grading machine of Robusta green coffee bean using oscillating sieve with swing along width direction, In Proceeding of the 12th TSAE International Conference & 20th TSAE National Conference (TSAE 2019), March 13-15, Hard Rock Hotel Pattaya, Chonburi, Thailand, 2019.

- Chungcharoen, T.; Limmun, W.; Chanpaka1, W.; Srisang, N.; Optimization of sorting efficiency of size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction, In Proceeding of 7th Asia Conference on Mechanical and Materials Engineering (ACMME 2019), June 14-17, Tokyo, Japan, 2019.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบรายงานผลผลิตงานวิจัยสำหรับโครงการปี พ.ศ. 2560

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. ชื่อแผนงานวิจัย/โครงการวิจัย (ภาษาไทย) การศึกษา ออกแบบ และพัฒนาเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแพ
2. ชื่อผู้อำนวยการแผน/หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) ผศ.ดร. ธัชพล จุ่งเจริญ

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Asst. Prof. Dr. Thatchapol Chungcharoen

หน่วยงานต้นสังกัด สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail thatchapol.ch@kmitl.ac.th
3. ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 งบประมาณที่เสนอขอ 480,000 บาท
4. ด้านการวิจัยตามกลุ่มวิจัย สจล.
 - กลุ่มที่ 1 กลุ่มวิจัยมุ่งเป้าสู่ความเป็นเลิศ
 - 1. ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) และอิเล็กทรอนิกส์ 2. ด้านพลังงาน
 - 3. ด้านอาหารและเกษตร 4. ด้านวัสดุศาสตร์
 - กลุ่มที่ 2 กลุ่มวิจัยเพื่อส่งเสริมและพัฒนาการวิจัย
 - 1. ด้านสิ่งแวดล้อม 2. ด้านการเรียนการสอน 3. ด้านการพัฒนาองค์กร
 - 4. การวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชน-ท้องถิ่น 5. ด้านการออกแบบและศิลปวัฒนธรรม
 - 6. ด้านการพัฒนานาโนเทคโนโลยี 7. ด้านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ
5. ผลผลิตที่ได้จากโครงการวิจัย
 - 5.1 การเผยแพร่ผลงาน (บทความ) ยังไม่มีการเผยแพร่ มีการเผยแพร่ (ระบุรายละเอียดพร้อมแนบหลักฐานอ้างอิงหรือแหล่งดาวน์โหลดเอกสาร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของ,ผู้ร่วมทั้งหมด หน่วยงานต้นสังกัด	รายละเอียด (ระบุชื่อวารสาร ฉบับที่ เล่มที่ ปี หน้า) /ชื่อการประชุมวิชาการ ช่วงเวลาที่จัด สถานที่ หรือที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับ ผลงานที่ได้	ฐานข้อมูล
The performance of size grading machine of Robusta green coffee bean using oscillating sieve with swing along width direction	Srisang, N.; Chanpaka, W.; Chungcharoen, T	In Proceeding of the 12th TSAE International Conference & 20th TSAE National Conference (TSAE 2019), March 13-15, Hard Rock Hotel Pattaya, Chonburi, Thailand, 2019.	Scopus
Optimization of sorting efficiency of size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction	Chungcharoen, T.; Limmun, W.; Chanpaka1, W.; Srisang, N.	In Proceeding of 7th Asia Conference on Mechanical and Materials Engineering (ACMME 2019), June 14-17, Tokyo, Japan, 2019.	Scopus

5.2 ทรรศนะทางปัญญาที่เป็นผลผลิตโดยตรงของการวิจัยและพัฒนา (ยื่นหรือขอจดทะเบียน)

ชื่อ สิทธิบัตร/ อนุ สิทธิบัตร	ชื่อ เจ้าของ และ หน่วยงาน	หมายเลข/ เลขที่คำ ขอ	วันที่ยื่น ขอจด ทะเบียน/ วันที่จด ทะเบียน	ประเภทการจด				ลิขสิทธิ์ เช่น ซอฟต์แวร์ เป็นต้น (Copyright, e.g. Software etc.)	เครื่องหมายการค้า (Trademark)
				มี	ไม่มี	การ ประดิษฐ์	การ ออกแบบ ผลิตภัณฑ์		

5.3 ทรรศนะทางปัญญา ด้านศิลปะ

ไม่มี มี (กรอกรายละเอียดเพิ่มเติม)

ศิลปกรรม (เช่น จิตรกรรม ประติมากรรม ศิลปะประยุกต์)

วรรณกรรม นาฏกรรม ดนตรีกรรม สิ่งบันเทิงเสียง

โสตทัศนวัสดุ

ภาพยนตร์ งานแพร่เสียงแพร่ภาพ ทรรศนะทางปัญญาอื่น ๆ

ชื่อทรรศนะทางปัญญา.....

วันที่.....(กรุณากรอกรวันที่ในรูปแบบ วัน/เดือน/ปี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ชิ้นงาน/นวัตกรรม/สิ่งประดิษฐ์

ชื่อผลงาน	ชื่อเจ้าของและหน่วยงาน	การนำไปใช้ประโยชน์และแหล่งตรวจสอบ

5.5 ต้นแบบ

ชื่อผลงาน	ชื่อเจ้าของและหน่วยงาน	การนำไปใช้ประโยชน์และแหล่งตรวจสอบ

5.5 การนำผลงานไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่นๆ

ชื่อผลงาน	ชื่อเจ้าของและหน่วยงาน	การนำไปใช้ประโยชน์และแหล่งตรวจสอบ

6. ผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

- ไม่มีผลกระทบ มีผลกระทบ (กรอกรายละเอียดเพิ่มเติม)
- แก้ปัญหาและพัฒนาประเทศตามยุทธศาสตร์ของชาติ/นโยบาย/กลุ่มเรื่องเร่งด่วนของรัฐบาล
 - สร้างความร่วมมือทางการวิจัยให้เป็นระบบเครือข่ายระหว่างภาครัฐและเอกชน
 - สร้างองค์ความรู้ใหม่/นวัตกรรมที่ทันสมัย
 - พัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่น
 - สร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ (พัฒนานักวิจัย)
 - มีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย
 - ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ และคุณค่าเพิ่มทางสังคมและวัฒนธรรม
 - อื่น ๆ

รายละเอียดแต่ละผลกระทบ.....

แนบผลผลิตงาน/เอกสารหลักฐานที่เกี่ยวข้องจำนวน 1 ชุด หรือส่งไฟล์มาที่

research.kmitl@gmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 รายละเอียดผลผลิตงานวิจัยที่ผลิตได้

6.2.1. The performance of size grading machine of Robusta green coffee bean using oscillating sieve with swing along width direction




การประชุมวิชาการ
สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ระดับชาติ ครั้งที่ 20 ระดับนานาชาติ ครั้งที่ 12 ประจำปี 2562

TSAE | 2019

The 20th TSAE National Conference &
 The 12th TSAE International Conference

March 14-15, 2019
Hard Rock Hotel

Pattaya, Chonburi, Thailand
 organized by Department of Agricultural Engineering,
 Faculty of Engineering,
 King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMIL) &
 Thai Society Agricultural Engineering (TSAE)

*It is not just a smart farm,
 it is a smarter farm.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The performance of size grading machine of Robusta green coffee bean using oscillating sieve with swing along width direction

Naruebodee Srisang¹, Watcharapong Chanpaka¹, and Thatchapol Chungcharoen^{1,*}

¹Engineering Department, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon, Thailand

Abstract. Size grading is one of important processes for producing the Robusta green coffee bean because it can increase the value of green coffee bean and also decrease the problem in the manufacturing process, especially roasting process. Therefore, the objective of this work was to investigate the effects of inclined angle and oscillating revolution speed on the performance of size grading machine of Robusta green coffee bean using oscillating sieve with swing along width direction. The experimental result showed that when increasing the inclined angle from 4 to 6 degree, the weight purity index and the clogging sieve percentage were decreased. For the size grading efficiency, it found that the size grading efficiency was increased when the inclined angle increased from 4 to 5 degree. However, the size grading efficiency was decreased when increasing the inclined angle from 5 to 6 degree. When considering in term of oscillating revolution speed, the increase of oscillating revolution speed provided the decrease of weight purity index, size grading efficiency and clogging sieve percentage. The appropriate condition for using the size grading machine of Robusta green coffee bean using oscillating sieve with swing along width direction is the inclined angle of 5 degree and the oscillating revolution speed of 185 rpm.

Keywords: Green coffee bean; Size grading machine; Efficiency; Weight purity index; Clogging sieve percentage.

1 Introduction

Coffee is one of popular agricultural crops which are two most important coffee species such as Arabica and Robusta [1]. The Robusta coffee is the major coffee production in Thailand. It is cultivated annually in the South, especially in Chumphon, Ranong, Nakorn Si Thammarat, Phang-Nga, and Krabi province. Generally, coffee is internationally traded as green coffee bean, which is produced by either dry or wet processing. The dry processing is normally used for producing the Robusta green coffee bean. It consists of two different operations, namely drying and hulling. Coffee cherries were dried to the moisture content of 13 % (w.b.). Then, the dried coffee cherries were dehulled by a hulling machine to produce green coffee bean. After hulling operation, the green coffee bean has been classified according to size because the green coffee bean size directly affected the time and temperature in the roasting process. Furthermore, it also affects the taste and odor [2]. The size of green coffee bean in Thailand can be divided into four groups namely very large size (diameter ≥ 7.1 mm), large size ($6.3 \leq$ diameter ≤ 7), medium size ($5.6 \leq$ diameter ≤ 6.2) and small size (diameter ≤ 5.5) [3].

Nowadays, green coffee bean is graded by size grading machine using oscillating sieve with swing along length direction. This machine has the low performance because the green coffee beans were moved in the same direction with oscillating sieve. Moreover, the sieve cannot adjust inclined angle and results in the slight distribution of green coffee bean. Subsequently, some green coffee beans are stuck on the sieve, leading to low grading capacity. To alleviate the clogging sieve problem, it should increase the distribution of green coffee bean. One of possible methods that increase the distribution of green coffee bean can be done by size grading machine using oscillating sieve with swing

along width direction. This oscillating sieve is perpendicularly moved with the directional movement of green coffee bean. This would provide the good distribution of green coffee bean and lead to the low clogging sieve. Accordingly, the size grading performance may be improved. The objective of this work was therefore to investigate the effects of inclined angle and oscillating revolution speed on the performance of size grading machine of Robusta green coffee bean using oscillating sieve with swing along width direction. The performance of size grading machine was considered in terms of weight purity index, size grading efficiency and clogging sieve percentage.

2 Materials and Methods

2.1 Materials

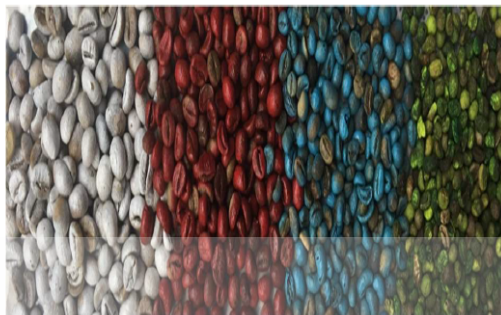
Robusta green coffee bean with an initial moisture content of 13% wet basis (w.b.) was used as the sample in this study. It was graded by size into four groups using the vibrating screening with standard sieves such as very large size (XL), large size (L), medium size (M) and small size (S). Each group was painted with different color as shown in Fig. 1.

2.2 Experimental Set-up

A size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction was used to screen the size of Robusta green coffee bean as presented by schematic diagram in in Fig. 2. It consisted of four oscillating sieves (780×1,100 mm.) with difference hole sizes that is 4, 5, 6 and 7 mm. The green coffee bean was conveyed to sieve using feeding hopper with the capacity of 5 kg. All sieves were oscillated using a camshaft with reciprocated stroke of 25 mm which was driven by a 1HP motor. A brush was installed on each sieve to prevent the stuck coffee bean during oscillation. The

* Corresponding author: thatchapol.ch@kmitl.ac.th

green coffee bean after screening size was transferred to outlets each grade.



very large size (XL) large size (L) medium size (M) small size (S)

Fig. 1. Robusta green coffee bean with different color

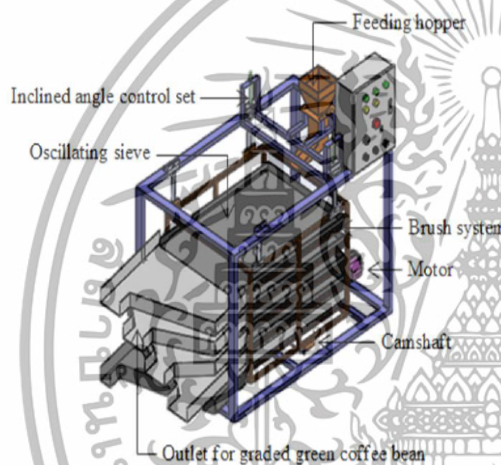


Fig. 2. Schematic diagram of size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction

2.3 Grading experiments

500 g of each Robusta green coffee bean group was well-mixed as a sample (total sample of 2 kg) and fed into the grader at feed rate of 30 kg/h. The experiment conditions were set at inclined angles of 4-6° and oscillating revolution speeds of 170-200 rpm. The oscillating sieve could separate the Robusta green coffee bean as four sizes viz., size I (very large size, >7.1 mm), size II (large size, 6.3 – 7 mm), size III (medium size, 5.6 – 6.2 mm) and grade IV (small size, < 5.5 mm). When no Robusta green coffee bean was observed in the oscillating sieve, the mass of Robusta green coffee bean from each outlet were removed and weighed for calculating the performance of machine

2.4 Performance evaluation

The performance of size grading machine of Robusta green coffee bean using oscillating sieve with swing along width direction evaluated in terms of weight

purity index, size grading efficiency and clogging sieve percentage. The weight purity index and size grading efficiency of machine were determined by applying the equation proposed by Tabatabaekooloor and Hashemi [4] as shown in Eq.1- Eq.2, respectively.

$$P_w = \sum P_{gi} W_i \quad (1)$$

$$E_w = \frac{\sum P_{gi} W_i G_i}{Q P_i} \quad (2)$$

Where,

P_w weight purity index (%)

E_w size grading efficiency (%)

P_{gi} fraction of green coffee bean size i to total green coffee bean dropping into receiving tray size i

W_i fraction of green coffee bean size i at the beginning of sizing to total green coffee bean at the beginning of sizing

G_i outflow rate of green coffee bean size i (kg/h)

P_i fraction of size i to total green coffee bean at the beginning of sizing

Q feed rate (kg/h)

The clogging sieve percentage was calculated by the following Eq.3:

$$C_w = \frac{w_c}{w_T} \times 100 \quad (3)$$

Where,

C_w clogging sieve percentage (%)

w_c weight of green coffee bean with clogging sieve in all sieves (kg)

w_T total weight of green coffee bean

2.5 Statistical analysis

These experiments were performed using a full factorial design (3×3) with two main factors (three inclined angles and three oscillating revolution speeds). All experimental data were analyzed using the analysis of variance (ANOVA). Duncan's multiple-range tests were used to determine the differences between mean values at a confidence level of 95%.

3 Results and Discussion

3.1 The weight purity index (P_w)

Table 1 shows the weight purity index (P_w) of size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction at various inclined angles and oscillating revolution speeds. The experimental result showed that the inclined angle and oscillating revolution speed were significantly affected the value of P_w . The increase of inclined angle and oscillating revolution speed provided the lower value of P_w . The values of P_w were in the ranges of 76.57-94.03%. The lower value of P_w was due to the movement of green coffee bean. When increasing the inclined angle and oscillating revolution speed, green coffee bean rapidly moved and dropped to

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

incorrect category, leading to lower value of P_w . From surveying the size grading machine of Small and Medium Enterprises (SMEs) in Chumphon province, it was found that the maximum P_w value of size grading machine was about 74.25%. This P_w value was acceptable for size grading and used as the standard of weight purity index. When comparing the value of P_w between size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction and the size grading machine of SMEs in Chumphon province, the size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction can provide the higher P_w value than the size grading machine of SMEs in Chumphon province in every condition. All above results confirmed the potential of size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction in term of increase of weight purity index (P_w) in the size grading machine.

Table 1. The weight purity index (P_w) of size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction at various conditions.

Inclined angle (Degree)	Oscillating revolution speed (RPM)	Weight purity index (P_w : %)
4	170	94.03 ± 0.24 ^a
	185	92.91 ± 0.37 ^b
	200	82.20 ± 0.71 ^c
5	170	88.43 ± 0.40 ^c
	185	86.11 ± 0.28 ^d
	200	80.78 ± 0.33 ^e
6	170	86.49 ± 0.48 ^d
	185	81.15 ± 0.22 ^f
	200	76.57 ± 0.40 ^g

^{a-g} Means with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$)

3.2 The size grading efficiency (E_w)

Table 2 shows the size grading efficiency (E_w) of size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction at various inclined angles and oscillating revolution speeds. It was found that the oscillating revolution speed remarkably affected the E_w value; the E_w value was significantly lower when the oscillating revolution speed was higher. The decrease of E_w value is due to the movement of green coffee bean as already explained in the previous section. A similar result was found by Preetha et al. [5] who reported that the speed of grading affect the grading efficiency of tomato. Abd and Magda [6] also reported that the total grading efficiency tended to decrease slightly from 94.34 to 94.2 % when the revolving speed of riddle was increased from 55 to 65 rpm.

Considering inclined angle, it is seen that the E_w value was increased when increasing inclined angle from

4° to 5°. The E_w values were in the ranges of 70.69-73.74% and 74.07-79.07% at inclined angles of 4° and 5°, respectively. The increase of inclined angle can decrease the time for size grading, leading to higher size grading efficiency. However, the E_w value was significantly decreased when increasing inclined angle from 5 to 6°; the E_w values were decreased to the ranges of 69.69-73.22%. Although the size grading time was decreased when increasing inclined angle from 5 to 6° but the increase of inclined angle from 5 to 6° provided the excess movement speed of green coffee bean, leading to the higher incorrect category dropping, and resulting in the decrease of size grading efficiency. This result was similar to that reported by Gunathilake et al. [7] who observed the evaluation of a size grading machine for onion. They stated that the grading efficiency was higher when increase of inclined angle from 2 to 3° and it was lower with increasing inclined angle from 3 to 4°. When comparing the E_w value between size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction and the size grading machine of SMEs in Chumphon province, it seem that the size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction provided the higher E_w value than the size grading machine of SMEs in Chumphon province (60.09%) in every condition.

Table 2. The size grading efficiency (E_w) of size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction at various conditions.

Inclined angle (Degree)	Oscillating revolution speed (RPM)	Size grading efficiency (E_w : %)
4	170	71.47 ± 0.27 ^c
	185	73.74 ± 0.36 ^{cd}
	200	70.69 ± 0.82 ^f
5	170	75.23 ± 0.51 ^b
	185	79.07 ± 0.19 ^a
	200	74.07 ± 0.48 ^c
6	170	71.99 ± 0.40 ^e
	185	73.22 ± 0.27 ^d
	200	69.69 ± 0.39 ^g

^{a-g} Means with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$)

3.3 The clogging sieve percentage (C_w)

The results for clogging sieve percentage (C_w) of size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction at various inclined angles and oscillating revolution speeds are given in Table 3. The C_w value of Robusta green coffee bean which was graded by the size grading machine of SMEs in Chumphon province was about 28.38%. When using size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction, it was found that all of the C_w values were lower than 28.38%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

As shown in Table 3, the inclined angle and oscillating revolution speed were significantly affected the C_w value. The C_w values were decreased when increasing inclined angle and oscillating revolution speed. These results implied the size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction can increase the distribution of green coffee bean, leading to lower green coffee bean press and resulting in the low C_w value.

Table 3. The clogging sieve percentage (C_w) of size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction at various conditions.

Inclined angle (Degree)	Oscillating revolution speed (RPM)	Clogging sieve percentage (%)
4	170	18.29 ± 0.83 ^a
	185	12.87 ± 1.32 ^b
	200	2.52 ± 0.52 ^d
5	170	6.05 ± 0.88 ^c
	185	2.89 ± 0.19 ^d
	200	1.96 ± 0.09 ^{de}
6	170	3.10 ± 0.32 ^d
	185	2.32 ± 0.22 ^d
	200	1.06 ± 0.05 ^e

^{a-e} Means with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

4 Conclusions

The size grading machine of green coffee bean using oscillating sieve with swing along width direction can improve the performance of size grading machine. It provided the high weight purity index (94.03% maximum) and size grading efficiency (79.07% maximum) and low clogging sieve percentage (1.06% minimum). The appropriate condition for using the size grading machine of Robusta green coffee bean using oscillating sieve with swing along width direction is the inclined angle of 5 degree and the oscillating revolution speed of 185 rpm. This condition provided the weight purity index of 86.11%, the size grading efficiency of 79.07% and clogging sieve percentage of 2.89%. These performance values were better than the performance values of size grading machine of SMEs in Chumphon province. In addition, the performance of size grading machine was decreased when increasing oscillating revolution speed. When increasing the inclined angle from 4 to 6 degree, the weight purity index and the clogging sieve percentage were decreased. The size grading efficiency was increased with increasing the inclined angle from 4 to 5 degree and decreased when increasing the inclined angle from 5 to 6 degree.

Acknowledgement

The authors express the sincere appreciation to the King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KREF016003) for supporting the study financially.

References

1. M.E. Rasha, P. Donfack & A. Materny. (2011). Discrimination between Arabica and Robusta green coffee using visible micro Raman spectroscopy and chemometric analysis. *Food Chemistry*, 126, 1443-1448.
2. B. Cheng, A. Furtado, H.E. Smyth & R.J. Henry. (2016). Influence of genotype and environment on coffee quality. *Trends in Food Science & Technology*, 57, 20-30.
3. The Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2009). *Thai Agricultural standard: Robusta coffee bean (TAS 5700-2009)*, The Royal Gazette, Thailand.
4. R. Tabatabaekolooor & J. Hashemi. (2008). Development and Evaluation of a citrus sorting machine with rotary semi-conical disc. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 4, 371-374.
5. P. Preetha, R. Pandiselvam, J. Deepa & N. Varadharaju. (2016). Development and performance evaluation of rotary drum grader for tomato. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 9, 137-144.
6. E.R. Abd & M. Magda. (2011). Development and performance evaluation of a simple grading machine suitable for onion sets. *Journal of Soil Science and Agricultural Engineering*, 2, 213-226.
7. D.M.C.C. Gunathilake, W.M.C.B. Wasala & K.B. Palipane. (2016). Design, development and evaluation of a size grading machine for onion. *Procedia Food Science*, 6, 103-107.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.2. Optimization of sorting efficiency of size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction

ACMME 2019

June 14-17, 2019 | Tokyo, Japan

The 7th Asia Conference on Mechanical and Materials Engineering



Publication

All submissions will be peer reviewed by 2-3 reviewers. The registered and presented papers will be published into **ACMME2019 Conference Proceedings**, which is indexed by Ei Compendex, Scopus.

Publication History

ACMME 2018 –Materials Science Forum(MSF) Vol. 934. Published and waiting for indexing.
ACMME 2017 - Indexed by **Ei Compendex and Scopus**.
ACMME 2016 - Indexed by **Ei Compendex and Scopus**.
ACMME 2015 - Indexed by **Ei Compendex and Scopus**.

Submission

1.Full Paper (Presentation and Publication)
Accepted full paper will be invited to give the oral presentation at the conference and be published in the conference proceeding.

2.Abstract (Presentation only)
Accepted abstract will be invited to give oral presentation or poster presentation at the conference, the abstract will not be published.

Please log in the Electronic Submission System (.pdf only) to submit your full paper and abstract.
(<https://easychair.org/conferences/?conf=acmme2019>)

For any inquiry about the conference, please feel free to contact us at: info@acmme.org.

Important Date

Submission Deadline:	April 20, 2019
Notification Deadline:	May 5, 2019
Registration Deadline:	May 15, 2019

Conference Schedule

June 14, 2019: Participants Registration & Conference Kits Collection
June 15, 2019: Invited Speeches & Papers Presentations
June 16, 2019: Invited Speeches & Papers Presentations
June 17, 2019: Vist/Tour

Submission Topics

Topics of interest for submission include, but are not limited to:

- New Materials and Advanced Materials
- Composites
- Micro / Nano Materials
- Surface Engineering/Coatings
- Materials Forming
- Materials Machining

More information can be found through:
<http://www.acmme.org/cfp.html>

Keynote Speakers

The information will be announced soon.
Please visit: <http://www.acmme.org/speakers.html>

Conference Venue



Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan

Address: 2-24-16 Naka-cho, Koganei-shi, Tokyo 184-8588 JAPAN

Contact us



Ms. Priscilla Kuang

Tel: +86-13481111110

For paper submission: sub@acmme.org

For paper registration: reg@acmme.org

For ACMME details: info@acmme.org

Website: www.acmme.org

Supported by



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Optimization of sorting efficiency of size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction

Thatchapol Chungcharoen¹, Warunee Limmun¹, Watcharapong Chanpaka¹ and Naruebodee Srisang¹

¹Engineering Department, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon, Thailand

Corresponding author's e-mail: thatchapol.ch@kmitl.ac.th

Abstract. Grading according to the sizes is an important value adding technique for Robusta green coffee bean. Mechanical grading can increase the sorting efficiency and the need for workers is decreased. Therefore, the sorting efficiency of size grading machine was optimized based on inclined angle and oscillating speed. The Response Surface Methodology (RSM) combined with central composite design (CCD) was applied in the optimization of the sorting efficiency of the machine. A quadratic model was suggested for the sorting efficiency of size grading machine. The results showed that the optimum operating parameters for size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction were inclined angle of 5.06 degree and oscillating speed of 183.28 rpm with a sorting efficiency of 79.99%. The high correlation coefficient ($R^2 = 0.9676$) indicated that the data predicted using RSM were in good agreement with the experimental results.

1. Introduction

Size grading is one of the important operations in the production of green coffee bean because the size directly affected the time and temperature in the roasting process [1]. Moreover, it also affects the qualities (taste and odor) and value of green coffee bean [2]. Generally, the size of green coffee bean in Thailand can be divided into four groups based on diameter of the individual coffee bean according to the standard of Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand [3] such as very large, large, medium and small. Their diameters were as follows: the diameter of very large size must be not less than 7.1 mm; the diameter of large size must be not less than 6.3 mm and not more than 7.0 mm; the diameter of medium size must be not less than 5.6 mm and not more than 6.2 mm and the diameter of small size must be not more than 5.5 mm.

Nowadays, commercial size grading of green coffee bean is performed by the size grading machine using oscillating sieve with swing along length direction. This size grading machine has the low sorting efficiency because the green coffee beans were moved in the same direction with oscillating sieve. This provides the slight distribution of green coffee bean and green coffee bean press. Some green coffee beans are stuck on the sieve, leading to low sorting efficiency. One of possible methods that increase the distribution of green coffee bean can be done by using oscillating sieve with swing along width direction. The sieve is perpendicularly moved with green coffee bean. This would provide the good distribution of green coffee bean, leading to lower green coffee bean press and resulting in the higher sorting efficiency. There are two important factors which affected the sorting efficiency of size grading

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

machine using oscillating sieve with swing along width direction such as inclined angle and oscillating speed. However, there are no reports on the optimization of the sorting efficiency which depended on the inclined angle and oscillating speed.

Therefore, the objective of this work was to investigate the optimization of size grading factors (inclined angle and oscillating speed) using Response Surface Methodology (RSM) for sorting efficiency of size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

Robusta green coffee bean without grading was purchased from Coffee Chumphon Provincial Cooperative, Chumphon, Thailand. Its initial moisture content is 13% wet basis (w.b.). The Robusta green coffee bean was graded by size into four groups using the vibrating screening with standard sieves such as very large size (XL), large size (L), medium size (M) and small size (S). Each group was painted with different color as shown in Figure 1.

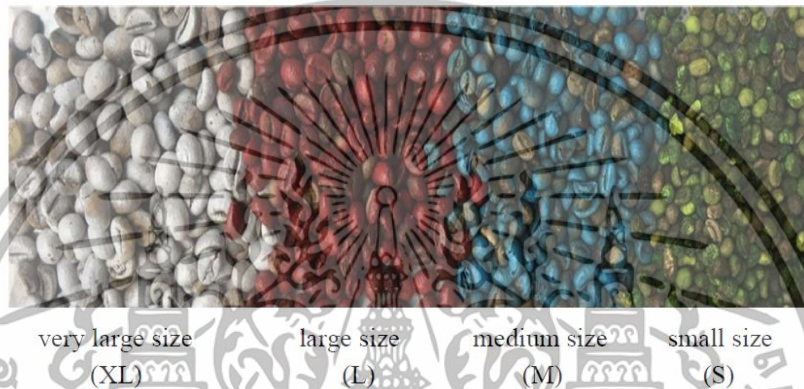


Figure 1. Robusta green coffee bean with different color.

2.2. Experimental design for optimization

A two-factor-two-level central composite design (CCD) with Minitab version 18 was used for grading process. The input variables and their coded and uncoded values are shown in Table 1.

Table 1. Levels of grading process variables employed for this study.

Variable	Coding	Units	Levels		
			-1	0	1
Inclined angle	X_1	degree	4.5	5	5.5
Oscillating speed	X_2	rpm	175	185	195

The response variable (sorting efficiency) was fitted a second-order polynomial equation in order to correlate the response variable to the independent variable (inclined angle and oscillating speed). It was represented by a polynomial quadratic equation as follows [5]:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 \quad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

where Y is the sorting efficiency; X_1 is the inclined angle; X_2 is the oscillating speed; β_0 is the intercept value; β_1 and β_2 are linear value; β_{12} is interaction value; and β_{11} and β_{22} are quadratic values.

2.3. Size grading process

A size grading machine using oscillating sieve with width wise swing was used to screen the size of Robusta green coffee bean as presented by schematic diagram in in Figure 2. It consisted of four oscillating sieves with difference hole sizes (4, 5, 6 and 7 mm). All sieves were oscillated using a camshaft which was driven by a 1HP motor. A brush was installed on each sieve to prevent the stuck coffee bean during oscillation. 500 g of each Robusta green coffee bean group was well-mixed as a sample (total sample of 2 kg) and fed into the grader at feed rate of 30 kg/h. The experiment conditions were set at inclined angles of 4-6° and oscillating revolution speeds of 170-200 rpm. The oscillating sieve could separate the Robusta green coffee bean as four sizes viz., size I (very large size, >7.1 mm), size II (large size, 6.3 – 7 mm), size III (medium size, 5.6 – 6.2 mm) and grade IV (small size, < 5.5 mm). When no Robusta green coffee bean was observed in the oscillating sieve, the mass of Robusta green coffee bean from each outlet were removed and weighed for calculating the sorting efficiency.

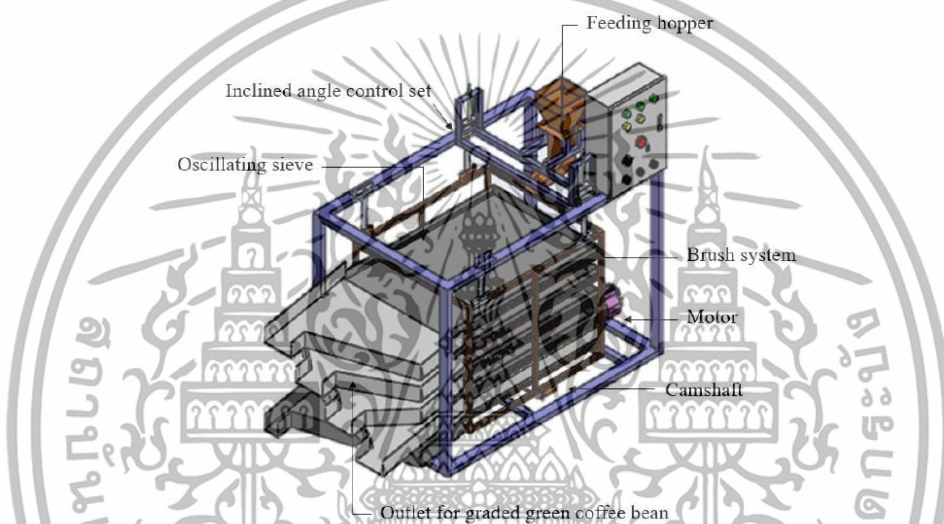


Figure 2. Schematic diagram of size grading machine using oscillating sieve with swing along width direction.

2.4. Analysis of the samples

The sorting efficiency was determined by the standard method reported by Tabatabaekolour and Hashemi [6]. The %sorting efficiency was calculated using Eq. (2):

$$E_w = \frac{\sum P_{gi} W_i G_i}{Q P_i} \quad (2)$$

Where,

E_w size grading efficiency (%)

P_{gi} fraction of green coffee bean size i to total green coffee bean dropping into receiving tray size i

W_i fraction of green coffee bean size i at the beginning of sizing to total green coffee bean at the beginning of sizing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G_i	outflow rate of green coffee bean size i (kg/h)
P_i	fraction of size i to total green coffee bean at the beginning of sizing
Q	feed rate (kg/h)

3. Results and Discussion

3.1. Data analysis

The results obtained from all the variables (inclined angle and oscillating speed) are showed in Table 2. The model achieved using the experiments results were designed using RSM combined with CCD shown in Eq. (3).

$$Y = -2,277 + 267.5X_1 + 18.34X_2 - 18.50X_1^2 - 0.04399X_2^2 - 0.438X_1 X_2; R^2 = 0.9676 \quad (3)$$

The value of determination coefficient (R^2) for the model was found to be 0.96, which indicates the good fitness of the model. The predicted R^2 was 0.9197 which also corroborates the reliability of the model. The statistical significance of model was evaluated using the Fisher test (F test) for ANOVA which was listed in Table 3. The model F-value of 41.80 implies the model is statistically significant at the 95% confidence level. Moreover, the lack of fit was found to be significant; thus indicating divergence of the observed value from the predicted value. In addition, the inclined angle and oscillating speed significantly affected the sorting efficiency as shown in Table 3.

Table 2. The design experiment matrix based on central composite design (CCD).

Runs	Variable		Response, Y
	X_1	X_2	
1	4.65	177.93	74.83
2	5.35	177.93	77.68
3	4.65	192.07	75.03
4	5.35	192.07	73.5
5	4.50	185.00	74.26
6	5.50	185.00	76.3
7	5.00	175.00	76.63
8	5.00	195.00	74.38
9	5.00	185.00	79.07
10	5.00	185.00	80.16
11	5.00	185.00	80.7
12	5.00	185.00	79.08
13	5.00	185.00	80.18

Table 3. ANOVA for model regression for sorting efficiency of size grading machine.

Source	Sum of Square	DF	Mean Square	F-Value	Significance Level
Model	76.10	5	15.22	41.80	0.000**
X_1	2.21	1	2.21	6.07	0.043**
X_2	6.41	1	6.41	17.61	0.004**
$X_1 * X_2$	4.79	1	4.79	13.17	0.008**
X_1^2	37.19	1	37.19	102.13	0.000**
X_2^2	33.66	1	33.66	92.43	0.000**
Residual	2.55	7	0.36		
Lack of Fit	0.42	3	0.14	0.26	0.849*
Pure Error	2.13	4	0.53		
Total	78.65	12			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2. Effect of process variables

Figure 3 shows the interactions between sorting efficiency and independent variables (inclined angle and oscillating speed). When the inclined angle and oscillating speed were increased, the sorting efficiency was increased. However, these trends were reversed when the inclined angle and oscillating speed reached a certain value. This could be explained that too much inclined angle and oscillating speed would lead to excess movement speed of green coffee bean, leading to the higher incorrect category dropping, and resulting in the decrease of size grading efficiency [7, 8].

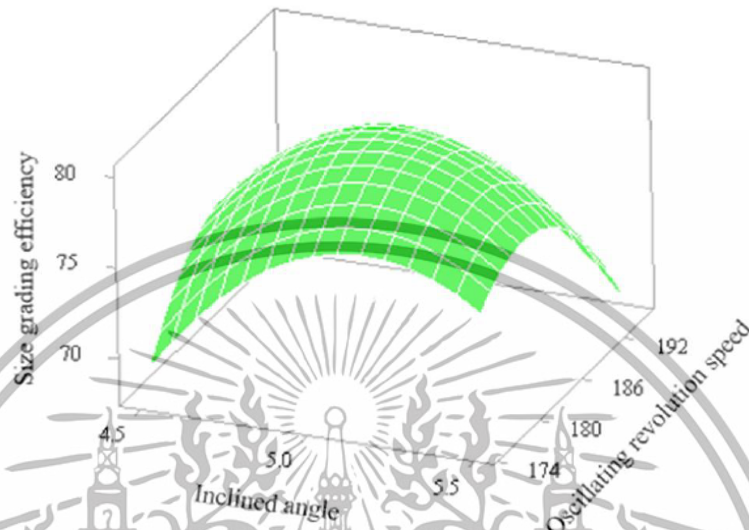


Figure 3. Sorting efficiency against inclined angle and oscillating speed.

3.3. Validation of models

The models obtained for sorting efficiency was validated by comparing experimental values with the predicted values from the test as shown in Figure 4. The result showed that the predicted values were close to the experimental values, demonstrating that the proposed model is credible for expressing the correlation between the effective parameters and the sorting efficiency.

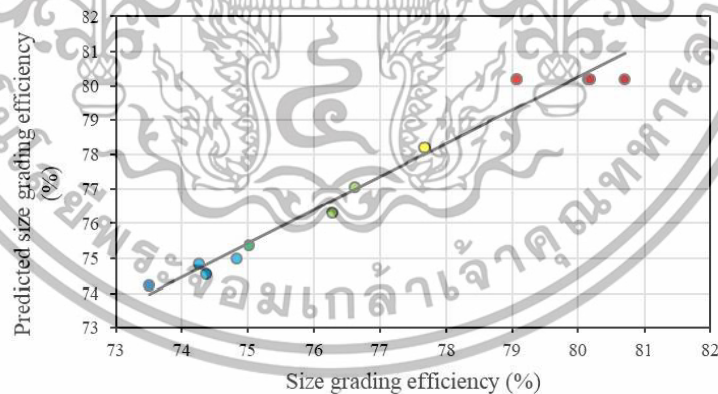


Figure 4. Sorting efficiency against inclined angle and oscillating speed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Conclusions

Based on data analysis with response surface method, Optimum values of 5.06 degree and 183.28 rpm were obtained for inclined angle and oscillating speed respectively. The sorting efficiency was found to have optimum value of 79.99% with desirability of 0.9676. The inclined angle and oscillating speed were found to greatly affect the grading process of Robusta green coffee bean. The models obtained for the grading process was adjudged to adequately describe the observations.

Acknowledgement

The authors express the sincere appreciation to the King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KREF016003) for supporting the study financially.

References

- [1] Vaast P, Bertrand B, Perriot J J, Guyot B and Genard M 2006 Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions *J. Sci. Food Agric.* **86** 197-402
- [2] Leroy T, Ribeyre F, Bertrand B, Charmetant P, Dufour M, Montagnon C, Marraccini P and Pot D 2006 Genetics in coffee quality *Braz. J. Plant Physiol.* **18** 229-242
- [3] The Ministry of Agriculture and Cooperatives 2009 Thai Agricultural standard: Robusta coffee bean (TAS 5700-2009), The Royal Gazette, Thailand
- [4] Srisang N, Chanpaka1 W and Chungcharoen T 2019 *Proc. Int. Conf. On The 12th Thai Society of Agricultural Engineering International Conference*, March 13-15, Chonburi, Thailand
- [5] Arteaga G E, Li-Chan E, Vazquez-Arteaga M C and Nakai S 1994 Systematic experimental designs for product formula optimization *Trends Food Sci. Technol.* **5** 243-254
- [6] Tabatabaekoloor R and Hashemi J 2008 Development and Evaluation of a citrus sorting machine with rotary semi-conical disc *J. Agric. Machin. Sci.* **4** 371-374
- [7] Preetha P, Pandiselvam R, Deepa J and Varadharaju N 2016 Development and performance evaluation of rotary drum grader for tomato *Int. J. Agric. Environ. Biotechnol.* **9** 137-144
- [8] Gunathilake D M C C, Wasala W M C B and Palipane K B 2016 Design, development and evaluation of a size grading machine for onion *Procedia Food Sci.* **6** 103-107

บรรณานุกรม

- กรมการค้าต่างประเทศ. 2558. **สินค้ากาแฟ**. กองบริหารสินค้าข้อตกลงและมาตรฐานการค้า
กรมการค้าต่างประเทศ.
- กรมวิชาการเกษตร. 2552. **เครื่องคัดขนาดและทำความสะอาดสารกาแฟ**. สถาบันวิจัยเกษตร
วิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร.
- กฤษณ์ ชัดแสน, ดนัย จันดีบแจ่ม และสมโภชน์ วังเปียง. 2549. **เครื่องคัดขนาดเมล็ดถั่วแดง**.
ปริญญาานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตภาคพายัพ.
- กลุ่มส่งเสริมไม้ยืนต้นสำนักส่งเสริม และจัดการสินค้าเกษตรกรมส่งเสริมการเกษตร. 2557. **การเพิ่ม
ประสิทธิภาพการผลิตกาแฟ**. เอกสารวิชาการที่ 3/2557, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตร
แห่งประเทศไทย จำกัด.
- กัลยาณี เต็งพงศธร. 2554. **พื้นที่ผิวผลตอบ (Response Surface)**. เอกสารประกอบการสอน
วิชาการวางแผนการทดลองทางอุตสาหกรรมเกษตร ดร.กัลยาณี เต็งพงศธร คณะ
อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2554.
- กาญจนา ชันทกะพันธ์ และเยาวภา สุขพรวมา. 2559. **การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด
สารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ จากชิงโคโยไซวิธีพื้นผิวตอบสนอง**.
วารสาร มฉก.วิชาการ. ปีที่ 20 ฉบับที่ 39 กรกฎาคม - ธันวาคม 2559.
- คลังข้อมูลสารสนเทศระดับภูมิภาค (ภาคใต้). สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์กรมมหาชน).
กาแฟ. ออนไลน์. สืบค้นจาก: www.arda.or.th. [15 มิถุนายน 2559]
- จตุรงค์ ลิงกาพันธ์, สุนัน ปานสาคร, ราชนันท์ หงส์โต, อรรถกร จันทร์ชนะ และอาทิตย์ พูลทวี. 2556.
การออกแบบพัฒนาเครื่องคัดขนาดกระเทียม. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- จรัญ มงคลวัย และสมพร หงส์กิง. 2555. **เครื่องทำความสะอาดและคัดเมล็ดพันธุ์ฝักบุงเงิน**. การ
ประชุมวิชาการสมาคมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 จ. เชียงใหม่ 4-5 เมษายน 2555.
- จรัล ทรัพย์เสรี. 2009. DOE ตอน Central composite design. Q Production,
71-74.
- ณัฐวดี ยมโชติ และวิชชุพร สุขเจริญ. 2558. **กาแฟ**. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, วารสาร
เศรษฐกิจการเกษตร ปีที่ 61/700 มีนาคม 2558.
- ณัฐวดี เนียมสอน และทวีชัย นิมาแสง. 2551. **เครื่องทำความสะอาดเมล็ดถั่วเหลืองโดยใช้ความ
ถ่วงจำเพาะ**. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถาวร อมตกิตต์. 2545. การส่งกำลังและการประหยัดพลังงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ.
กรุงเทพฯ : เอ็มแอนด์อี.
- เทวรัตน์ ตรีอำนาจ, อธิพรรณ ชันธเสน และกระวี ตรีอำนาจ. 2556. เครื่องคัดขนาดกลีบ
กระเทียม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์ และชัยยันต์ จันทร์ศิริ. 2549. เครื่องคัดขนาดถั่วลิสงเมล็ดโตแบบตะแกรง
ทรงกระบอกหมุน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ธีระ วงศ์สมุทร. 2552. กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร : เมล็ดกาแฟโรบัสต้า. ประกาศกระทรวง
เกษตรและสหกรณ์ ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. ๒๕๕๑ เล่ม ๑๒๖ ตอน
พิเศษ ๑๘๖ ง.
- น้ำฝน ไชยลังกา, นักรบ นาคประสม และฤทธิชัย อัครวราชันย. 2556. การหาสภาวะที่เหมาะสม
สำหรับการอบแห้งแครอทแผ่นโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง. ว.มท.ร. 1 (2): 92-102.
- นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล, พิมล วุฒิสินธ์ เวียง อากรชี่, ปรีชา อานันท์รัตนกุล, ยงยุทธ คงชาน และสุภัทร หนู
สวัสดิ์. 2548. เครื่องสีกาแฟ. โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการแปรรูปกาแฟสดโร
บัสต้าสำหรับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ.
- บัณฑิต จริโมภาส. 2549. เครื่องจักรกลคัดแยกหลังการเก็บเกี่ยวบรรจุภัณฑ์และเรือนบรรจุผลไม้.
สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, ขอนแก่น.
- ปิยะนุช นาคะ, ปิยะมาศ ศรีรัตน์ และอรพิน ภูมิภมร. 2550. การปรับปรุงพันธุกาแฟโรบัสต้า.
สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร องค์การมหาชน.
- เปรมชัย เกตุสำเภา. 2015. กาแฟ : Coffee. สำนักงานเกษตรแห่งชาติ.
- ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, ใจทิพย์ วานิชชัง และเพียงขวัญ วานิชชัง. 2557. การพัฒนาเครื่องคัดแยกกาก
ข้าวกล้องแบบถ่มสำหรับธุรกิจชุมชน. การประชุมสัมมนาทางวิชาการ มทร.ตะวันออก
มรภ.กลุ่มศรีอยุธยาและราชนครินทร์วิชาการและวิจัย วันที่ 14-16 พฤษภาคม 2557.
- พลรัชต์ บุญมี, วรวิทย์ วรรณานิน และทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี. 2553. เครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสาร
กาแฟโรบัสต้า. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- วรพจน์ ศิริรักษ์ และเฉลิมวุฒิ เสนอนันตา. 2555. การหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องบดเมล็ด
ข้าวโพดแบบผสม. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 17-19 ตุลาคม 2555.
- วรวิทย์ ปัญญาคำ, ปราโมทย์ พลิกามิน, สมเกียรติ์ เต็มสุข และดุสิต สิงห์พรหมมาศ. 2559. การหาค่า
ควบคุมที่เหมาะสมสำหรับเครื่องสีข้าวขนาดเล็กโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง. การ
ประชุมวิชาการวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติระดับชาติ ครั้งที่ 3
ภาควิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วันที่ 25-26
พฤศจิกายน 2559.
- วริทธิ์ อิงภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. 2541. การออกแบบเครื่องจักรกล 2 ซีเอ็ดยูเคชั่น กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ศักดิ์สิทธิ์ แก้วคำ, ศุภริศ กันทียะ และอานนท์ ดวงโย. 2557. **การออกแบบและการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดกาแฟเชอรี่**. ปริญญาานิพนธ์หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- สถาพร หมั่นสิน. 2557. **การเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบแผ่นความร้อนเครื่องอบชิ้นงานพรมในรถยนต์**. ปริญญาานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สมเกียรติ ตั้งจิตตติเจริญ และวัลภา เตชะสุข. 2554. **การปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ชนิดมีขา**. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 21 (1).
- สมพร ประยงค์ทรัพย์. 2558. **การพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดข้าวสาร สำหรับชุมชน**. Koch Cha Sam J. Sci. 21 (2).
- สายชล ศิลสมบุญทอง. 2558. **ระเบียบวิธีการตอบสนอง**. การวางแผนแบบการทดลอง เล่ม 2 Experimental Designs 2, บริษัท จามจุรีโปรดักส์ จำกัด.
- สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2560. **กาแฟ**. ออนไลน์. สืบค้นจาก: <http://www.arda.or.th/kasetinfo/south/coffee/used/index.php>.
- สุนทร สืบคำ และประพัฒน์ ทองจันทร์. 2555. **การออกแบบและพัฒนาเครื่องวัดและคัดแยกเมล็ดพันธุ์ฝักซีฝรั่ง**. รายงานการวิจัยสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน. 2559. **การคัดเกรดและเก็บรักษากาแฟอาราบิก้า**. ออนไลน์. สืบค้นจาก: <https://hkm.hrdi.or.th/knowledge/detail/156>.
- องอาจ ชังธาดา. 2548. **เอกสารวิชาการกาแฟ**. ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อดุลย์ จิตรอารี. 2555. **การออกแบบการทดลองเพื่อการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสีรูปร่างในการจำลองกระบวนการฉีดขึ้นส่วนพลาสติก เอบีเอส**. ปริญญาานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- Aline, A., Acácio, A.F.Z., Danianni M.Z., Ivo, M.D., Alessandro, N., Luciana, I.M., 2014. **Optimisation of the extraction of phenolic compounds from apples using response surface methodology**. Food chem. 149 (2014), 151-158.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Anita, V., Aleksandra, T. H., Zdravko, Š., Senka, V., Zorica, D., Branimir, P., 2016. **Optimization of garlic (*Allium sativum* L.) vacuum drying process by response surface methodology (RSM).** J. Proc. Energy in Agri. 20 (3), 114-121.
- Chinyere, B., Callistus, N., Okechukwu, D., 2017. **Optimization of the methanolysis of lard oil in the production of biodiesel with response surface methodology.** Egyptian J. Petrol. 26 (4), 1001-1011.
- Das, I., Das, S.K., Bal, S., 2003. **Specific energy and quality aspects of infrared (IR) dried parboiled rice.** Post Harvest Technology Centre, Department of Agricultural and Food Engineering, Indian Institute of Technology, Kharagpur, India. 721-302.
- Hamidreza, C., Mohammadreza, O., Barat, G., Mehdi, A., 2018. **Optimization of hydrodynamic cavitation process of biodiesel production by response surface methodology.** J. Environmental Chemical Eng. 6 (2), 2262-2268.
- Lee, H.V., Yunus, R., Juan, J.C., Taufiq-Yap, Y.H., 2011. **Process optimization design for jatropha-based biodiesel production using response surface methodology.** Fuel Proc. Technol. 92 (12), 2420-2428.
- Mongkonterdmanee, S., Boonmee, P., 2010. **The Specific Energy Consumption of Robusta Coffee Bean Separating.** Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University.
- Nuran, B., 2007. **THE RESPONSE SURFACE METHODOLOGY.** Department of Mathematical Sciences Indiana University of South Bend. 58 (6), 679-683.
- Polrut, B., Songwut, M., 2010. **The Specific energy consumption of robusta coffee bean separating.** Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University Phra Nakhon Piboonsongkham Bangsue 10800, Thailand.
- Ren, H., Li, T., Wan, H., 2017. **Optimization of extraction condition for phytic acid from peanut meal by response surface methodology.** Resource-Efficient Technologies. 3 (3), 226-231.
- Seol, J., Yeong, L.A., Reum, L.A., Goya, C., Ho, K.K., 2017. **Optimization of ultrasound-assisted extraction of glycyrrhizic acid from licorice using response surface methodology.** Integrative medicine research. 6 (4), 388-394.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Sushanta, K., Himanshu, M., Sudipto, C., Meikap, B.C., 2018. **Application of response surface methodology (RSM) for optimization of leaching parameters for ash reduction from low-grade coal.** Inter. J. Mining Sci. Technol.
- Zhe, Z., Lasse, R., Saqib, S.T., Guanyi, C., 2018. **Optimizing the conditions for hydrothermal liquefaction of barley straw for bio-crude oil production using response surface methodology.** Science of the Total Environment. 630 (2018), 560-569.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย

โครงการ การศึกษา ออกแบบ และพัฒนาเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟ
The study, design and development of green coffee bean sizing machine
รายงานความก้าวหน้าของโครงการในรอบ 24 เดือน

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย ผู้รับทุน ผศ.ดร. รัชพล จุ่งเจริญ
รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 15 กรกฎาคม 2560 ถึงวันที่ 14 กรกฎาคม 2562

สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้ นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณ รวม ทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย จากรายงานครั้ง ก่อน	ค่าใช้จ่าย งวดปัจจุบัน	รวม ค่าใช้จ่าย สะสมถึง ปัจจุบัน	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบดำเนินงาน					
ค่าตอบแทน	144,000.00	72,000.00	72,000.00	144,000.00	-
ค่าใช้สอย	263,000.00	80,540.00	169,310.00	249,850.00	13,150.00
ค่าวัสดุ	73,000.00	50,000.00	19,349.20	69,349.20	3,650.80
รวม	480,000.00	202,540.00	260,659.20	463,199.20	16,800.80

จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินที่ใช้จ่าย

งวดเงินที่ได้รับ	จำนวนเงินที่ได้รับ(บาท)	เมื่อ (ระบุวัน เดือน ปี)
งวดที่ 1	231,600.00	28 สิงหาคม 2560
งวดที่ 2	231,600.00	23 พฤศจิกายน 2561
ดอกเบี้ย ครั้งที่ 1	380.71	25 ธันวาคม 2560
ดอกเบี้ย ครั้งที่ 2	321.52	25 มิถุนายน 2561
ดอกเบี้ย ครั้งที่ 3	218.23	25 ธันวาคม 2561
รวม	464,120.46	1

งวดที่	จำนวนเงินที่ใช้จ่าย (บาท)
งวดที่ 1	202,540.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งวดที่ 2	260,659.20	
รวม	463,199.20	๒

จำนวนเงินคงเหลือ ① - ② 921.26 บาท

[Handwritten signature]

.....
 ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน
 โครงการ

[Handwritten signature]

.....
 ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัตินักวิจัย

นักวิจัยคนที่ 1 (หัวหน้าโครงการวิจัย)

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายรัชพล ชุ่มเจริญ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Thatchapol Chungcharoen
- เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-9299-00061-32-9
- หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

17/1 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160 โทรศัพท์ 0-7750-6431 โทรสาร 0-7750-6433

E-mail: thatchapol.ch@kmitl.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ปีสำเร็จการศึกษา	ระดับปริญญา	สาขาวิชา	สถานศึกษา	ประเทศ
2557	ปริญญาเอก	เทคโนโลยีพลังงาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย
2551	ปริญญาโท	เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย
2546	ปริญญาตรี	วิศวกรรมเกษตร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	ไทย

5. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายใน และภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

5.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว:

- หัวหน้าโครงการวิจัย

- เรื่อง การพัฒนาการผลิตข้าวหนึ่งสีเข้มโดยใช้กระบวนการงอก (Development of dark parboiled rice production by using germination process) ทุนพัฒนานักวิจัยใหม่ กองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี 2557-2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เรื่อง เครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟแบบหมุนพร้อมระบบคัดแยกสิ่งปลอมปน (The sizing machine of green coffee bean by rotation integrated with adulterant separation system) งบประมาณแผ่นดิน ปี 2560

- ผู้ร่วมวิจัย

1. เรื่อง เครื่องฟานกล้วยเล็บมือนางบนกระแทกสำหรับผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบชุมชน โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปี 2558

5.2 งานวิจัยที่กำลังทำ:

- หัวหน้าโครงการวิจัย

1. เรื่อง การพัฒนากระบวนการหนึ่งเพื่อผลิตข้าวหนึ่งคุณภาพสูง ทุนพัฒนานักวิจัย กองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี 2560-2562
2. เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบของเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าแบบตะแกรงหมุน งบประมาณของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2561
3. เรื่อง การผลิตข้าวอกหนึ่งโดยไม่ใช้ไอน้ำ งบประมาณของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติประจำปีงบประมาณ 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้