สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE CEREAL AND GRAIN ROASTER

โดย

นายวัชรินทร์ พรหมสุวรรณ์

นายเอกรินทร์ อรรถชัยยะ

ปช.
ว 3811
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....73127
วัน,เดือน,ปี.....- 3 ก.ค. 2550

b.11182691
i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่ง ของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2549

ชื่อเรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

The Design and Construction of The Cereal and Grain Roaster

ชื่อ – สกุล นายวัชรินทร์ พรหมสุวรรณ์

นายเอกรินทร์ อรรถชัยยะ

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. จินตนา บุนนาค

บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้ เป็นการศึกษาการออกแบบประดิษฐ์และทดสอบประสิทธิภาพเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ ซึ่งประกอบด้วยชุดคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ ใช้กำลังจากมอเตอร์เป็นตัวหมุนถังสเตนเลส ลักษณะเป็นตะแกรงกลมทรงกระบอกวางในแนวนอน และให้ความร้อนโดยใช้แก๊ส หลักการทำงานของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติที่ได้ทำการออกแบบและประดิษฐ์ขึ้นมานั้น เป็นเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติซึ่งทำงานโดยอาศัยหลักการหมุน ของถังสเตนเลส ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถัง 22 เซนติเมตร ความยาว 50 เซนติเมตร ขนาดของรูตะแกรง 0.5-0.7 หุน อุปกรณ์ให้ความร้อนโดยใช้แก๊ส ชุดส่งกำลังใช้มอเตอร์แบบซิงโครนัส 220/240 โวลต์ 0.6 แอมแปร์ ความเร็วรอบ 63.48 รอบต่อนาที 100 วัตต์ ชนิด 1 เฟส ตัวต้านทานไฟฟ้า (R) แบบปรับค่าได้ช่วยในการปรับความเร็วการหมุนของมอเตอร์ได้

ได้ทำการทดสอบ ประสิทธิภาพและการใช้งานของเครื่องคั่วโดยทดสอบการคั่วข้าวเม่าที่อุณหภูมิ 65 75 และ 85 องศาเซลเซียส พบว่าข้าวเม่าที่คั่วที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส มีลักษณะกรอบไม่เหนียว สีขาวปนสีน้ำตาล มีเปอร์เซ็นต์ของการสุกของข้าวเม่า ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพในการคั่วโดยใช้เครื่องคั่วที่สร้างขึ้นนี้ 8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ได้ทดสอบประสิทธิภาพ โดยทดสอบการคั่วถั่วลิสงที่อุณหภูมิ 110 120 และ 130 องศาเซลเซียส พบว่าถั่วลิสงอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีลักษณะกรอบไม่เหนียวสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลืองเล็กน้อยเปอร์เซ็นต์ของการสุกของถั่วลิสง ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพในการคั่วโดยใช้เครื่องคั่วที่สร้างขึ้นนี้ 3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ต้นทุนที่ใช้ในการประดิษฐ์เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 6,840 บาท ซึ่งใช้ในการจัดซื้ออุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาประดิษฐ์เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ เช่น มอเตอร์ ท่อส่งแก๊ส แผ่นเหล็กสเตนเลส และอุปกรณ์อื่นๆ เป็นต้น

ได้เครื่องคั่วที่ใช้เงินลงทุนในการประดิษฐ์ต่ำ และมีประสิทธิภาพคุ้มค่าต่อการลงทุน สามารถที่จะนำไปประดิษฐ์ เป็นเครื่องต้นแบบ เพื่อนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารขบเคี้ยวต่อไป

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ สำเร็จอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายฝ่ายด้วยกัน โดยเฉพาะ รศ.ดร. จินตนา บุนนาค ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ และวิธีการแก้ไขปัญหาพิเศษ รวมทั้งข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดระยะเวลาในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ขอขอบคุณ คุณบารมี ทองใบน้อย และคุณ ปริญญา ปัญญาวัย นายช่างเทคนิคผู้ซึ่งให้ความช่วยเหลือในการให้ข้อชี้แนะเกี่ยวกับเครื่องมือต่างๆ ในการทำปัญหาพิเศษ และนอกจากนี้ยังได้รับการอำนวยความสะดวกต่างๆ จากเจ้าหน้าที่ภาควิชาคหกรรมศาสตร์เกษตร รวมทั้งความช่วยเหลือจากเพื่อนๆ ในการทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่อง

ความดีและประโยชน์จากปัญหาพิเศษเล่มนี้ ขอมอบให้ บิดา มารดา พี่ๆ และสมาชิกในครอบครัวที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุน ในด้านทุนทรัพย์ตลอดมา รวมทั้งอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทุกท่าน จึงขอกราบขอพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

วัชรินทร์ พรหมสุวรรณ์
เอกรินทร์ อรรถชัยยะ
พฤศจิกายน 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของปัญหา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ธัญพืช	3
2.2 ธัญชาติ	5
2.3 การใช้ประโยชน์จากเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ	13
2.4 ผลิตภัณฑ์จากธัญพืชและธัญชาติ	15
2.5 อุปกรณ์คั่วธัญพืชและธัญชาติ	19
2.6 วัสดุที่เกี่ยวข้องและใช้ในการประดิษฐ์เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ	20
2.7 แหล่งกำเนิดความร้อนและการประยุกต์ใช้กับอาหาร	30
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	33
3.1 การทดสอบคั่วข้าวเม่าเบื้องต้น	33
3.2 การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ	33
3.3 การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ	37
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	42
4.1ผลการทดสอบคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ	42
4.2 ผลการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ผลการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ..... 47

4.4 ต้นทุนการประดิษฐ์เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ..... 50

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 51

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 51

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 51

บรรณานุกรม..... 53

ภาคผนวก..... 55

ภาคผนวก ก..... 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่ว	4
2.2	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเม่า	11
2.3	ข้อดีและข้อเสียของแหล่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิดในการแปรรูปอาหาร	31
4.1	ผลการทดสอบคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติโดยใช้ตัวอย่างจากข้าวเม่า	43
4.2	ผลการทดสอบคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติโดยใช้ตัวอย่างจากข้าวเม่าโดยใช้เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ	48
4.3	ผลการทดสอบคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติโดยใช้ตัวอย่างจากถั่วลิสงโดยใช้เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ	48
4.4	สรุปผลการประเมินจากช่างผู้เชี่ยวชาญ	49
4.5	ต้นทุนการประดิษฐ์แต่ละรายการของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าว	8
2.2	ลักษณะของข้าวเม่าที่ทำเสร็จแล้ว	10
2.3	ลักษณะของข้าวเม่าที่คั่วแล้ว	11
2.4	การบริโภคโดยตรงในตลาดระดับบน	14
2.5	การบริโภคโดยตรงในตลาดระดับกลางและล่าง	15
2.6	ถั่วลิสงทอดกรอบ	16
2.7	กระยาสารท	17
2.8	ถั่วลิสงเคลือบ	17
2.9	ถั่วลิสงคัดผสมงา	18
2.10	ถั่วลิสงคั่วทราย	19
2.11	คั่วในกระทะใบบัวแบบใช้ฟืน	19
2.12	คั่วถั่วลิสงโดยใช้แรงงานคน	20
2.13	คั่วโดยใช้ครีบกวน	20
2.14	มอเตอร์ไฟฟ้า	24
2.15	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	25
2.16	มอเตอร์สปลิทเฟส	25
2.17	มอเตอร์คาร์ปาซิเตอร์	26
2.18	มอเตอร์ยูนิเวอร์แซลในสว่านไฟฟ้า	28
2.19	ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่	28
2.20	ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้	29
2.21	สัญลักษณ์ของตัวต้านทาน	29
2.22	สัญลักษณ์ของตัวต้านทานแบบปรับค่าได้	29
3.1	ถังคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ	34
3.2	ชุดให้ความร้อน	34
3.3	วาล์วปรับปริมาณแก๊ส	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

3.4 ลักษณะการต่อวงจรไฟฟ้า..... 35
3.5 มอเตอร์ซิงโครนัส..... 36
3.6 ตัวต้านทาน (R) แบบปรับค่าได้..... 36
3.7 ตัวจ่ายประจุไฟฟ้า..... 37
3.8 ลักษณะการติดตั้งชุดคั่วเข้ากับตัวโครง..... 37
3.9 เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ..... 38
3.10 ลักษณะของข้าวเม่าที่คั่วเป็นเวลา 2 นาที..... 38
3.11 ลักษณะของข้าวเม่าที่คั่วเป็นเวลา 2.5 นาที..... 39
3.12 ลักษณะของข้าวเม่าที่คั่วเป็นเวลา 3 นาที..... 39
3.13 ลักษณะของถั่วลิสงที่คั่วเป็นเวลา 9 นาที..... 40
3.14 ผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงที่คั่วเป็นเวลา 10 นาที..... 41
3.15 ผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงที่คั่วเป็นเวลา 11 นาที..... 41
4.1 คั่วที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 30 วินาที..... 44
4.2 คั่วที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 45 วินาที..... 44
4.3 คั่วที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 60 วินาที..... 45
4.4 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ..... 46
4.5 เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ..... 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ มีการเกษตรเป็นพื้นฐาน ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศเป็นเกษตรกร ซึ่งในสมัยก่อนประเทศไทยส่งสินค้าเกษตรเป็นสินค้าส่งออกทำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันได้มีเครื่องมือเครื่องจักรหรือเทคโนโลยีต่างๆ สมัยใหม่ ได้เข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้อุตสาหกรรมเกษตรขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหาร ก่อให้เกิดเครื่องมือเครื่องจักรที่เป็นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการแปรรูปอาหารเพิ่มมากขึ้น การส่งเสริมสินค้าทางการเกษตรทำรายได้เข้าสู่ประเทศเพิ่มมากขึ้น ในอุตสาหกรรมอาหารมีการผลิตเครื่องมือและเครื่องจักรในการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรนำไปสู่ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ มากมายและกว้างขวางมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะอาหารประเภท แครกเกอร์ (Cracker) ขนมอบ (Bakery) และขนมหรืออาหารขบเคี้ยว เช่น ถั่วกรอบปรุงรส ข้าวน้ำนมอบกรอบปรุงแต่งรส ข้าวโพดคั่ว (Popcorn) ต่างๆ เป็นต้นฯลฯ การแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวแต่ละชนิดต้องมีเครื่องมือหรือสิ่งประดิษฐ์ที่มีคุณภาพ ตรงตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น การผลิตถั่วเคลือบปรุงรสจำเป็นต้องมีเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

ในปัจจุบันและอนาคตข้างหน้า ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวพวกธัญพืชและธัญชาติต้องใช้เครื่องมือเครื่องจักรที่นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพงทำให้ประเทศไทยสูญเสียเงินตราต่างประเทศ ขาดดุลการค้าอย่างมาก ได้แก่ การใช้เครื่องจักรในการผลิตอาหารขบเคี้ยว ประเภทถั่วเคลือบปรุงแต่งรสต่างๆ หรือข้าวโพดอบกรอบต่าง ๆ เป็นต้น

จากเหตุผลข้างต้น จึงมีการจัดทำเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติซึ่งเป็นกรรมวิธีการแปรรูปขั้นแรก ของการผลิตอาหารขบเคี้ยวเพื่อให้ง่ายและสะดวกของการแปรรูปในขั้นตอนต่อไป และเนื่องจากสาขาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ไม่มีเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชหรือธัญชาติ และมีงบประมาณที่จำกัดในการจัดซื้อเครื่องมืออุปกรณ์ดังกล่าว

ดังนั้นจึงทำให้ผู้ที่จะทำปัญหาพิเศษมีความสนใจ ที่จะทำการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติขึ้น โดยใช้วัสดุที่หาง่ายภายในประเทศและต้นทุนในการผลิตต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและประดิษฐ์เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

2. เพื่อประดิษฐ์เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติและเพื่อลดต้นทุนการนำเข้าเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ จากต่างประเทศ

3. เพื่อใช้ประโยชน์ในการศึกษาในภาคปฏิบัติของนักศึกษา สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ที่ต้องใช้เครื่องมือนี้ในการคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

1.3 ขอบเขตของปัญหา

ปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ได้ทำการออกแบบและศึกษา ชิ้นส่วนประกอบได้แก่ มอเตอร์ แผ่นตะแกรงสเตนเลส เหล็กฉาก ท่อแก๊ส ระยะเวลาในการคั่ว อุณหภูมิที่เหมาะสมในการคั่ว วัตถุดิบหรือ เมล็ดธัญพืชและธัญชาติที่สามารถใช้คั่วกับเครื่องคั่วนี้ได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติในการผลิตอาหารขบเคี้ยวหรืออาหารอื่นๆ

2. ได้เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติที่มีราคาต้นทุนของการผลิตต่ำและ ใช้วัสดุที่อยู่แล้วภายในประเทศ ช่วยลดต้นทุนการนำเข้าจากต่างประเทศ

3. นักศึกษาสามารถใช้ประโยชน์จากเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติประกอบการศึกษาในภาคปฏิบัติของสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตรและเพื่อการทำวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับธัญพืชและธัญชาติ

2.1 ธัญพืช

หมายถึง เมล็ดพืชที่ได้มาจากพืชวงศ์ถั่ว (Leguminosae) ซึ่งเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ มีหลายชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง ถั่วดำ และถั่วแดง เป็นต้น มนุษย์เรารู้จักนำเมล็ดถั่วโดยเฉพาะถั่วเหลืองมาบริโภคควบคู่กับธัญชาติช้านานแล้ว เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและให้พลังงานต่อผู้บริโภค และทำให้ได้คุณค่าอาหารโปรตีนครบถ้วน จากการที่ธัญชาติขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นคือ ไลซีน แต่เมล็ดถั่วขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นคือ เมไทโอนีน เมื่อบริโภคร่วมกันจึงได้รับกรดอะมิโนที่จำเป็นครบตามความต้องการของร่างกาย ในปัจจุบันนี้มีการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อแปรรูปถั่วให้ใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางมากขึ้นโดยทำผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ชนิดต่างๆมากมาย

โครงสร้างของเมล็ดถั่วโดยทั่วไปจะมีลักษณะคล้ายคลึงกันซึ่งประกอบด้วยเปลือกคัพภะและใบเลี้ยงหรือเนื้อเมล็ด โดยเปลือกจะทำหน้าที่ป้องกันอันตรายและควบคุมการดูดซึมน้ำเข้าสู่เนื้อเมล็ด เปลือกนี้จะมีสีต่าง ๆ กันตามชนิดของถั่วเช่น ถั่วเหลืองมีเปลือกสีเหลือง ถั่วเขียวมีเปลือกสีเขียว ถั่วลิสงมีเปลือกสีน้ำตาล เป็นต้น ส่วนของคัพภะเมื่อมองภายนอกจะเห็นจมูกของเมล็ด (Hilum) ตรงกลาง ส่วนของต้นอ่อนประกอบด้วยยอดอ่อนและรากอ่อนซึ่งเป็นส่วนที่จะเจริญเติบโตเป็นต้นถั่วต่อไป สำหรับส่วนเนื้อเมล็ดจัดเป็นใบเลี้ยงซึ่งทำหน้าที่สะสมอาหารไว้ให้ต้นอ่อน จึงอุดมไปด้วยสารอาหารต่าง ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุ ดังตารางที่ 2.1

2.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่ว

เนื่องจากเมล็ดถั่วมีมากมายหลายชนิด (13,000 ชนิด) จึงมีรูปร่างลักษณะและองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันบ้าง หรือคล้ายคลึงกันบ้างแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีโปรตีนสูง กลุ่มที่มีไขมันสูง และกลุ่มปกติ (มีคาร์โบไฮเดรตสูง) แต่โดยทั่วไปแล้ว เมล็ดถั่วเป็นแหล่งสะสมอาหารของพืชจึงมีคุณค่าทางอาหารสูง มีสารอาหารทุกชนิดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (ตาราง 2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่ว (กรัมต่อ 100 กรัมส่วนที่กินได้)

เมล็ดถั่ว	แคลอรี่	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	แร่ธาตุ	คาร์โบ-ไฮเดรต
ถั่วเหลือง (Glycine max)	335	8	38.0	18.0	4.7	31.3
ถั่วลิสง (Arachis hypogaea)	343	5	25.6	43.4	2.5	23.4
ถั่วเขียว (Phaseous aureus)	340	11	23.9	1.3	3.4	60.4
ถั่ว Pigeon (Cajanus Cajan)	343	11	20.9	1.7	3.5	62.9
ถั่ว Chick (Cicer arietinum)	358	11	20.1	4.5	2.9	61.5
ถั่ว Lentil (Lens esculenta)	346	11	24.2	1.8	2.2	60.8
ถั่ว Kidney (Phaseous vulgaris)	341	11	22.1	1.7	3.8	61.4
ถั่ว Broad (Vicia faba)	343	11	23.4	2.0	3.4	60.2
ถั่ว Cowpea (Vigna unguiculata)	342	11	23.4	1.8	4.3	60.3

ที่มา : คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546 : 379

2.1.2. ประโยชน์และผลิตภัณฑ์จากเมล็ดถั่วต่างๆ

1. ถั่วเหลือง มีโปรตีนและไขมันอยู่สูงดังนั้นในการแปรรูปเพื่อการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมปัจจุบันจึงคำนึงถึงการสกัดโปรตีนและไขมันเพื่อนำไปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป เช่น การผลิตเนยเทียม เนยขาว มาการีน นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง ดุกกี้ ข้าวเกรียบ ซอสปรุงรส กาแฟ เป็นต้น ในระดับอุตสาหกรรมอีกด้วย

2. ถั่วลิสง จัดอยู่ในกลุ่มเมล็ดพืชน้ำมัน เนื่องจากมีปริมาณไขมันสูง 43 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีนถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น จึงไม่นิยมนำมาแปรรูปเป็นแป้ง โปรตีนเข้มข้นหรือโปรตีนสกัด แต่นิยมที่จะนำมาสกัดไขมัน นอกจากนี้ยังมีการนำถั่วลิสงมาทำเป็นเนยถั่วลิสง โดยการนำเมล็ดถั่วมาแกะเปลือกออกนำไปปิ้งหรือคั่ว แล้วฝัดหรือถูให้เปลือกหุ้มเมล็ดและแกนใจกลางหลุดออก นำมาบดให้ละเอียดหรือบดหยาบตามความนิยมและปรุงแต่งด้วยเกลือ น้ำตาล แล้วบรรจุขวดเป็นเนยถั่วลิสง

3. ถั่วเขียว จัดในกลุ่มเมล็ดถั่วปกติ ที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง 60.4 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็ให้คุณค่าของโปรตีน 23.9 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าธัญชาติ นำมาบริโภคทั้งเมล็ด ทำเป็นถั่วงอกเพื่อบริโภคเป็นผัก ทำแป้ง ถั่วเขียว ทำวุ้นเส้นและเนื้อเทียมจากโปรตีนสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ธัญชาติ

หมายถึง เมล็ดจากธัญพืชวงศ์หญ้า (Gramineae) ซึ่งเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีหลายชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ ข้าวฟ่าง ข้าวไรย์ ข้าวโอ๊ต ข้าวมิลเลตและลูกเดือย เป็นต้น ธัญชาติเหล่านี้มี คุณค่าทางอาหารด้านพลังงานสูงเนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีโปรตีนและไขมันมากกว่าพืชอย่างอื่น และในประเทศไทยของเรานิยมใช้เมล็ดข้าวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ทั้งชาวบ้านและโรงงานอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของเมล็ดข้าว มีดังนี้

1.ข้าว (Rice)

เป็นคำทั่วไปที่ใช้เรียก เมล็ดข้าว (Rice fruit, Rice grain, หรือ Rice seed) ซึ่งทางพฤกษศาสตร์ จะหมายถึง ผล (Fruit) ที่มีลักษณะเป็นผลเดี่ยว (Single fruit) เกิดจากรังไข่อันเดียวชนิดลอยตัว (Superior ovary) ของดอกเดี่ยวในแต่ละดอกย่อย ที่เกิดรวมกันอยู่เป็นช่อดอก ผลเดี่ยวนี้ติดแน่นอยู่กับรังไข่ หรือ เยื่อหุ้มผล (Pericarp) ซึ่งเมื่อผลสุกหรือแก่จะเป็นผลแห้ง (*Dry fruit*) ที่ไม่แตก (Indehiscent fruit) เรียกว่า เมล็ด (Caryopsis grain) ที่มีเยื่อหุ้มผล และเปลือกหุ้มเมล็ด (Seed coat หรือ Testa) เชื่อมรวมกันอย่างแนบแน่นโดยตลอดผลหรือเมล็ดข้าวจะมีลักษณะแตกต่างตามพันธุ์ ในด้านรูปร่าง สี การมีหาง (Awn) หรือไม่มีหาง และขน (Pubescence) หรือไม่มีขนบนเปลือกแข็ง (Hull หรือ Husk)

เมล็ดข้าว ดังภาพที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ (1) ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว (หรือผล) เรียกว่า แกลบ (Hull หรือ Husk) และ (2) ส่วนเนื้อผล หรือ ผลแท้ (True fruit หรือ Caryopsis grain) หรือ ข้าวกล้อง (Caryopsis หรือ Brown rice) โดยมีรายละเอียดแต่ละส่วน ดังนี้

1.1 แกลบ ประกอบด้วย เปลือกใหญ่ (Lemma), เปลือกเล็ก (Palea), ขน, หาง, ขั้วเมล็ด (Rachilla) และกลีบรองเมล็ด (Sterile lemmas) ซึ่งเชื่อมต่อกับก้าน (Pedicel) ดังภาพที่ 2.1

1.1.1 เปลือกใหญ่ เป็นเปลือกหุ้มเนื้อผลด้านท้อง (Dorsal side) มีขนาดใหญ่อาจมีหางหรือ ไม่มีก็ได้ ลักษณะของเปลือกใหญ่จะเป็นรอยเส้น (Nerves) ตามความยาวของเปลือกประมาณ 5 เส้น เปลือกใหญ่จะห่อหุ้มเปลือกเล็กไว้ทั้ง 2 ด้านในลักษณะขบอยู่ข้างบนอย่างแน่นสนิทประมาณ 2/3 ของเปลือกทั้งหมดตามแนวยาวของเมล็ด ดังภาพที่ 2.1

1.1.2 เปลือกเล็ก เป็นเปลือกหุ้มเนื้อผลด้านหลัง (Ventral side) ที่มีขนาดเล็กกว่าเปลือกใหญ่ประมาณ 1/3 ของเปลือกทั้งหมด จะขบอยู่ใต้เปลือกใหญ่ตามแนวยาว ทำให้เปลือกทั้ง 2 ติดกันสนิทบนผิวเปลือกเล็กจะเป็นรอยเส้นตามความยาวของเปลือกประมาณ 3 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอยเส้นบนเปลือกใหญ่และเปลือกเล็ก อาจทำให้ข้าวกล้องเป็นรอยเส้นตามไปด้วย ในข้าวบางพันธุ์ ถึงแม้จะผ่านกระบวนการขัดขาว (Polishing) แล้วอาจยังมีรอยเส้นค้างอยู่บนข้าวสาร (Milled rice) เรียกว่า สาแหรกข้าว ดังภาพที่ 2.1

1.1.3 ขน จะขึ้นบนเปลือกใหญ่ และเปลือกเล็กเป็นส่วนใหญ่ อาจมีบางพันธุ์ที่ไม่มีขนแต่เป็นส่วนน้อย ดังภาพที่ 2.1 ขนนี้คือ ส่วนของเซลล์ผิวนอก (Epidermal cell) ที่เจริญกลายเป็นขน เพื่อทำหน้าที่ลดการระเหยของน้ำ ป้องกันอันตรายต่อเมล็ดจากสภาวะภายนอกเมล็ด และเพื่อการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติโดยช่วยให้เมล็ดติดไปกับคน สัตว์ หรือสิ่งของต่างๆที่มีโอกาสสัมผัสเมล็ด จนทำให้เมล็ดหลุดติดไปด้วย

1.1.4 หาง เป็นส่วนปลายของเปลือกใหญ่ที่ยาวออกมาเกินตำแหน่งยอดดอก (Apiculus) ในบางพันธุ์อาจสั้น หรือยาว หรือไม่มี ทำหน้าที่ในการกระจายพันธุ์ คล้ายขน ดังภาพที่ 2.1

1.1.5 ขั้วเมล็ด เป็นก้านสั้น อยู่ระหว่างกลีบรองเมล็ดกับเปลือกใหญ่ และยังติดอยู่กับเมล็ดข้าวเปลือก ดังภาพที่ 2.1

1.1.6 กลีบรองเมล็ด เป็นกลีบเล็ก 2 กลีบ อยู่ตรงข้ามกันใต้สุดของเมล็ด ดังภาพที่ 2.1

1.2 ข้าวกล้องหรือเนื้อผล ประกอบด้วย

1.2.1 เยื่อหุ้มผล (ดังภาพที่ 2.1) เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอก มีความหนาประมาณ 10 ไมครอน (μ) ห่อหุ้มผลอยู่ภายใน มีลักษณะเป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์เส้นใย 6 ชั้น มีสารสีหรือรงควัตถุปนอยู่ ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่างๆ เช่น น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ น้ำตาลแดง น้ำตาลม่วง น้ำตาลจนเกือบดำ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส เป็นองค์ประกอบสำคัญ ในชั้นเยื่อหุ้มผลนี้แบ่งย่อยได้เป็น 3 ชั้นย่อย คือ

1. เอพิคาร์พ หรือ เอกโซคาร์พ (Epicarp หรือ Exocarp) เป็นผิวหรือผนังหรือเปลือกที่อยู่นอกสุด มีลักษณะเรียบ เหนียว และเป็นมัน ประกอบด้วยเซลล์ชั้นเดียว

2. เมโซคาร์พ หรือ ไฮพอเดิร์ม (Mesocarp หรือ Hypoderm) เป็นผนังผลชั้นกลาง

3. เอนโดคาร์พ (Endocarp) เป็นเยื่อชั้นใน

1.2.2 เยื่อหุ้มเมล็ด อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้ามา ดังภาพที่ 2.1 ประกอบด้วย เซลล์ 2 ชั้น รูปยาว เรียงตามขวาง และมีผนังบางกั้น (หนาประมาณ 0.5 ไมครอน) ภายในเซลล์มีไขมันและสารสี เช่นเดียวกับเยื่อหุ้มผล ทำให้ข้าวกล้องมีสี

1.2.3 นิวเซลลัส (Nucellus) เป็นเซลล์ชั้นที่ติดกับเยื่อหุ้มเมล็ด ดังภาพที่ 2.1 แต่พันธะระหว่าง นิวเซลลัส กับเยื่อหุ้มเมล็ดไม่ติดแน่น จึงแยกจากกันได้ง่าย มีความหนาประมาณ 0.8-2.5 ไมครอน

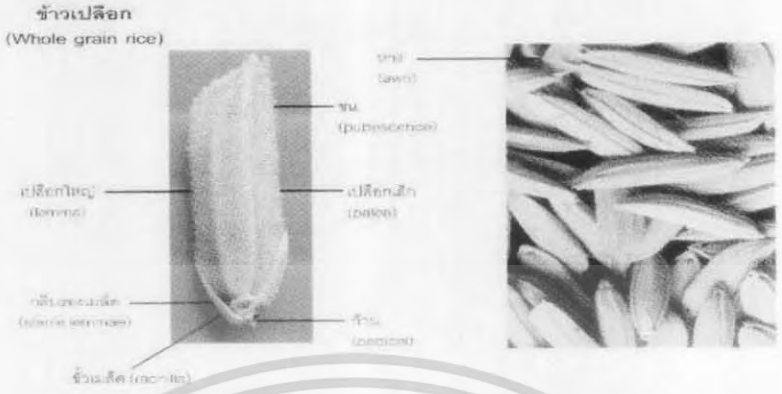
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

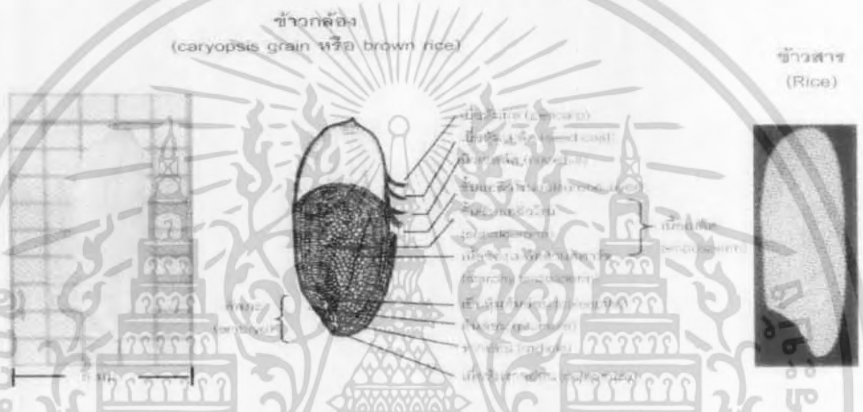
1.2.4 เยื่อชั้นแอลิวโรน (Aleurone layer) เป็นเยื่อชั้นถัดจากเยื่อหุ้มเมล็ด ดังภาพที่ 2.1 ประกอบด้วยเซลล์ 1-7 ชั้น และมีลักษณะของเยื่อหุ้มด้านหลังของเมล็ดจะหนากว่าเยื่อหุ้มด้านท้อง ซึ่งความหนานี้จะแตกต่างไปตามพันธุ์ข้าว เช่น ข้าวเมล็ดป้อม-สั้นจะมีเยื่อชั้นแอลิวโรนหนากว่าข้าวเมล็ดยาว เป็นต้น เซลล์แอวิลโรนจะไม่เชื่อมติดกับคัภะในส่วนของใบเลี้ยงด้านท้องของเมล็ดลงมาถึงจุดเชื่อมระหว่างใบเลี้ยงกับเยื่อหุ้มรากอ่อน ซึ่งอยู่ข้างในของเมล็ด จึงแบ่งลักษณะของเซลล์แอลิวโรนเป็น 2 ลักษณะคือ เซลล์ส่วนที่ห่อหุ้มรอบเนื้อของเมล็ดจะมีรูปร่างเป็นลูกบาศก์ และมีไซโทพลาซึม (Cytoplasm) อยู่หนาแน่น ในเซลล์ยังมีกลุ่มโปรตีนที่มีรูปร่าง (Protein bodies) กลุ่มไขมัน (Lipid bodies) และสารอื่นๆ เช่น นิวเคลียส (Nucleus), ไมโครบอดี (Microbodies), ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria), เอนโดพลาสมิก เรทิคิวลัม (Endoplasmic reticulum), เวสิเคิล (Vesicles) และพลาสทิด (Plastids) เป็นต้น ส่วนเซลล์แอลิวโรนที่ห่อหุ้มคัพภะจะบาง มีไซโทพลาสซึมน้อย รูปร่างยาว มีกลุ่มไขมัน และกลุ่มโปรตีนน้อย มีเวสิเคิลมาก เป็นต้น ส่วนผนังเซลล์จะมีโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสประกอบอยู่

1. คัพภะ หรือเชื้อชีวิต จะอยู่ที่โคนเมล็ดด้านเปลือกใหญ่ดังภาพที่ 2.1 ส่วนท้องของเมล็ดมีส่วนประกอบเป็นรากอ่อน (Radicle) ต้นอ่อน (Plumle) เยื่อหุ้มรากอ่อน (Coleorhiza) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (Coleoptile) ท่อน้ำท่ออาหาร (Epiblast) และใบเลี้ยง (Scutellum) ซึ่งเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว คัพภะเป็นแหล่งสะสมอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของต้นอ่อน จึงอุดมด้วยโปรตีน และไขมันในส่วนต่างๆ

2. เนื้อเมล็ด หรือเนื้อข้าว (Endosperm) มีมากที่สุดในเมล็ดข้าว (ประมาณ 80% ของน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด) แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนชั้นซับแอลิวโรน (Subuleurone layer) เป็นเซลล์ 2 ชั้น อยู่ถัดจากชั้นแอลิวโรน และส่วนที่เป็นสตาร์ชในเนื้อของเมล็ด (Starchy endosperm) ในชั้นซับแอลิวโรน จะมีกลุ่มโปรตีนอยู่ภายใน 3 ลักษณะ คือ ลักษณะกลมใหญ่ (ขนาด 1-2 ไมครอน) กลมเล็ก (ขนาด 0.5-0.75 ไมครอน) และเป็นผลึกติดกันขนาด 2-3.5 ไมครอน แต่ในส่วนเนื้อของเมล็ดจะมีกลุ่มโปรตีนลักษณะกลมใหญ่เท่านั้นแทรกอยู่ในระหว่างเม็ดสตาร์ช (Starch glanules) มีขนาด 3-9 ไมครอน ที่มีอยู่มากอัดแน่นรวมเป็นกลุ่มเม็ดสตาร์ท (Compound glanules) อยู่ภายในเซลล์ พาเรนไคมา (Parenchyma cells) ที่มีผนังเซลล์บางมีรูปร่างรี หรือสี่เหลี่ยมเข้าสู่ใจกลางเมล็ดโดยด้านนอกของเมล็ดจะรี และยาวมากกว่าด้านในของเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





โครงสร้างของเมล็ดข้าว

รูปร่างและขนาดของเมล็ดข้าว

ภาพที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547 : 45

2. ข้าวเม่า

ข้าวเม่า คือข้าว ที่ถูกตำ หรือทุบ จนเม็ดข้าวแบน ซึ่ง ทำจากข้าวเหนียวที่ไม่อ่อนเกินไป ไม่แก่เกินไป ข้าวเม่า คือข้าววัยแรกรุ่น ที่เลยระยะน้ำนมแล้ว ข้างในเปลือกข้าวเริ่มแข็งตัวเป็นเม็ด มีสีขาว และห่อหุ้มด้วยเยื่อบางๆ สีเขียว ซึ่งเยื่อสีเขียวนี่แหละ เมื่อข้าวแก่ จะกลายเป็นสีน้ำตาล และกลายเป็นรำ (แต่ไม่เป็นฟ่อน) อันเป็นแหล่งรวมของวิตามินหลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 วิธีทำข้าวเม่าแบบดั้งเดิม

2.1.1 การเตรียมข้าวเม่า ขั้นตอนการเตรียมข้าวเม่านี้ แต่ละครอบครัว จะเตรียมกันเองของใครของมัน โดยขนสัมภาระอุปกรณ์สำหรับเตรียมรวมถึงสำหรับคั่วไปนาด้วย (แต่บางคนอาจจะ นำกลับมาทำที่บ้านก็มี) ซึ่งอุปกรณ์ที่จำเป็นในการเตรียมนี้ ก็คือ ซ้อน และภาชนะสำหรับใส่เมล็ดข้าว เช่น ตะกร้าหรือกระด้ง เป็นต้น

1. ตรวจดูในนาว่า แปลงไหนข้าวพอดีทำข้าวเม่า ก็ลงไปดูทีละรวง และหักทีละรวง โดยหักตรงข้อต่อของรวงกับปล้อง จนได้ปริมาณเพียงพอ ซึ่งขั้นตอนนี้ ดั้งเดิม ที่ไม่นิยมใช้เคียว ก็เนื่องจาก ข้าวในกอเดียวกัน อาจจะแก่ไม่เท่ากัน หากใช้เคียวรวบเกี่ยวทั้งกอ ก็จะเสียรวงข้าวไปเปล่าๆ จึงนิยมเลือกหักทีละรวง

2. เมื่อได้ปริมาณเพียงพอแล้ว นำมาที่กระท่อม หรือใต้ร่มไม้ที่จะคั่วข้าวเม่า จากนั้นก็แยกเมล็ดข้าวออกจากรวง โดยใช้ซ้อนขูดเอาเฉพาะเมล็ดข้าวออก ทีละรวง ๆ อีกเหมือนกัน

2.1.2 การคั่วข้าวเม่า ขั้นตอนนี้ คือการทำให้ข้าวสุก นั่นเอง ข้าวที่กำลังเป็นข้าวเม่าเนื่องจากภายในเมล็ดยังมีส่วนที่เป็นน้ำอยู่ จึงสามารถทำให้สุกโดยการคั่วได้ โดยเมล็ดข้าวไม่แตกเหมือนข้าวตอกแตก ซึ่งอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการคั่วข้าวเม่า ก็คือ หม้อดิน(หรืออาจจะใช้กระทะแทนก็ได้) ไม้พายสำหรับคน และที่ขาดไม่ได้เลยก็คือ เตา

1. ตั้งหม้อดิน บนไฟอ่อนๆ (หากไฟแรงไป จะทำให้ไหม้ก่อนสุก)

2. นำเมล็ดข้าวเม่า ซึ่งขูดเตรียมไว้แล้ว ใส่ลงในหม้อดิน พอประมาณ หรือสัก 1/2 ของหม้อดิน หากใส่มากเกินไปเดี๋ยวจะสุกไม่ทั่วถึง หรือ สุกบ้าง ไม่สุกบ้าง ไหม้บ้าง

3. ใช้ไม้พายคนไปมา เพื่อให้ข้าวสุกทั่วถึง คั่วพอสุก และเทพักไว้ในกระด้ง หรือตะกร้า แล้วคั่วหม้อต่อไป จนเสร็จ

2.1.3. การตำข้าวเม่า ขั้นตอนนี้ คือการนำเปลือกข้าวออกจากเนื้อเมล็ดนั่นเอง เมื่อนำเปลือกออกแล้ว ก็จะเหลือเนื้อในสีเขียว น่ารับประทาน ซึ่งอุปกรณ์ที่จำเป็น ก็คือ ครก สาก ไม้คน กระด้ง ครก นิยมใช้ครกมองหรือครกกระเดื่อง

1. นำข้าวเม่าที่คั่วแล้ว ใส่ลงในครก พอประมาณ ด้านหางครก มีคนเหยียบตำไปเรื่อยๆ ด้านหัวหรือตัวครก มีคนคอยใช้ไม้หรือมือคนพลิกข้าวอยู่เรื่อยๆ

2. ตำไปพอประมาณ ก็ตักข้าวออกจากครก ใส่กระด้ง นำไปฝัดเอากากหรือเปลือกข้าวออก แล้วใส่ลงในครกอีก

3. ตำอีก และนำออกไปฝัดอีก ทำซ้ำ ๆ สองขั้นตอนนี้ จนเปลือกออกหมด เป็นอันเสร็จหนึ่งครก

4. ใส่ข้าวเม่าที่คั่วแล้วลงไปใหม่ และทำเหมือนเดิม จนเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : หากเลือกข้าวที่แก่ไม่พอ หรืออ่อนเกินไป จะทำให้ข้าวเม่า มีขี้แมว ปนอยู่

ขี้แมว หมายถึง ข้าวเม่าที่ติดกันเป็นก้อน ซึ่งแน่นอน ก็ต้องมีกากติดอยู่ด้วย เกิดจากข้าวที่อ่อนเกินไปยังไม่แข็งตัวเป็นเม็ดดี ทำให้เหนียวหนืดและติดกันเป็นก้อน โดยข้าวเม่าที่ติดกันเป็นก้อนนี้ ก็มีขนาดก้อนเล็กบ้าง ใหญ่บ้าง

2.2 วิธีทำข้าวเม่าแบบสมัยใหม่

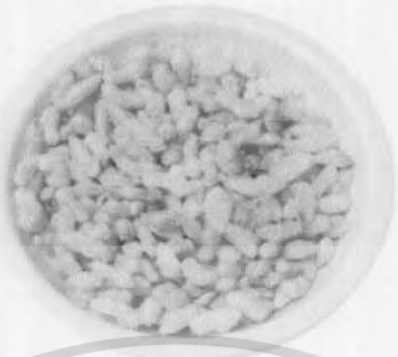
ขั้นตอนการเตรียมและการคั่วข้าวเม่า ก็ไม่ต่างจากแบบดั้งเดิม แต่หากทำในปริมาณมาก บางคน ก็ใช้เดียว เกี่ยวเอาเลย ก็มีส่วนที่แตกต่างจากแบบดั้งเดิมก็คือ เปลี่ยนจากตำ เป็นสีเมื่อไม่นานมานี้ มีโรงสีสำหรับสีข้าว และครกกระเดื่อง เริ่มหมดความสำคัญลง จึงกลายเป็นวิธีทำข้าวเม่าแบบใหม่ ที่เสร็จเร็วกว่า ใช้ครกกระเดื่อง โดย เมื่อคั่วข้าวเม่าเสร็จแล้ว ก็นำไปฝากทางโรงสีข้าวให้สีให้ เข้าโรงสีแป๊บเดียว ก็ได้ข้าวเม่าแล้วแต่ข้าวเม่าที่ได้จากการสี จะคุณภาพด้อยกว่าจากการตำ คือ

1. โรงสี อาจจะขัดเอาส่วนที่เป็นสีเขียวออกมากเกินไป ทำให้เหลือ วิตามินน้อยลง
2. ข้าวเม่าที่ได้ จะอ่อนนุ่ม สู้ที่ตำเองไม่ได้ (ดังนั้น ปัจจุบัน บางรายที่ทำขาย อาจใช้เทคนิค สี แล้ว นำมาตำด้วยครกกระเดื่องติดมอเตอร์ ทีหลัง)
3. บางที อาจมีหินก้อนเล็กๆ ปนมาด้วย (ขึ้นอยู่กับคุณภาพของโรงสี)

2.3 แสดงภาพของข้าวเม่า

ภาพที่ 2.2 ลักษณะของข้าวเม่าที่ทำเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของข้าวเม่าที่คั่วแล้ว

คุณค่าทางโภชนาการอาหารของข้าวเม่าพบว่า ข้าวเม่ามีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวกล้อง (ดังตารางที่ 2.2) หรือ ข้าวซ้อมมือจากข้าวเจ้าและข้าวเม่า ยังมีสีเขียวตามธรรมชาติของคลอโรฟิลล์ ทำให้น่ารับประทาน

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเม่า 100 กรัม ประกอบด้วย

สารอาหาร	ปริมาณ
ไขมัน	1.8 กรัม
เส้นใยอาหาร	0.6 กรัม
โปรตีน	8.0 กรัม
แคลเซี่ยม	14 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	236 มิลลิกรัม
เหล็ก	2.7 มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	0.22 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.44 มิลลิกรัม

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2543

2.4 การพองตัวของข้าวเม่า

จากการเปรียบเทียบการพองตัวของข้าวเม่าคั่วพอง และการทดลอง พบว่าข้าวเม่าทอดพองที่ได้จากพันธุ์ข้าวทุกพันธุ์ที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเดียวกันจะมีคุณภาพการพองตัว ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนการพองตัว และปริมาตรการพองตัว ที่สูงกว่าข้าวเม่าคั่วพองเนื่องจากการทอดใช้น้ำมันเป็นตัวนำความร้อน น้ำมันที่ร้อนจะสัมผัสกับเมล็ดข้าวตลอดเวลาและทุกส่วนของเมล็ด จนกระทั่งเมล็ดข้าวพองตัวได้หมด การพองตัวของเมล็ดข้าวขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ทอดด้วยน้ำมันที่ใช้ทอดควรมีอุณหภูมิ 175-200 องศาเซลเซียส ถ้าหากข้าวมีความชื้นต่ำหรือสูงเกินไป จะทำให้ได้การพองตัวของเมล็ดข้าวที่ต่ำ คือข้าวจะพอพองได้น้อยหรือพองได้ไม่เต็มที่ นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการพองตัวด้วย การใช้อุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ข้าวไหม้ก่อนที่จะพองตัวได้หมด แต่ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำเกินไปอาจทำให้ข้าวไม่พองหรือพองได้น้อยลงเพราะแรงดันไอ (Stream pressure) ที่เกิดขึ้นไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการพองตัวของเมล็ดข้าว นอกจากนั้นเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density) พบว่าข้าวทอดพองให้ค่า ความหนาแน่นรวม (Bulk density) ที่สูงกว่าข้าวเม่าคั่วพอง ทั้ง ๆ ที่มีอัตราส่วนการพองตัว และปริมาตรการพองตัวที่สูงกว่าซึ่งควรจะให้ค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density) ที่ต่ำกว่า เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากวิธีทอดเป็นการลดความชื้นและเพิ่มน้ำมันในอาหารปริมาณน้ำมันจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความชื้นของผลิตภัณฑ์ก่อนทอด ถ้ามีความชื้นสุดท้ายก่อนทอดสูงจะดูดน้ำมันได้มาก และอุณหภูมิที่ใช้ทอดถ้าต่ำเกินไป และทอดนานจนทำให้สุกมากเกนไปก็เป็นสาเหตุที่ทำให้อมน้ำมัน

นอกจากนี้คนไทยยังเป็นช่างประดิษฐ์ และมีฝีมือในการปรุงแต่งอาหารมาแต่โบราณ โดยมีข้าวเป็นอาหารหลัก ข้าวจึงเปรียบเหมือนอัญมณีอาหารไทย ที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารจากข้าวมากมาย ตัวอย่างอาหารไทยทั้งที่ทำจากข้าวทั้งเมล็ด และทำจากแป้ง เป็นอาหารหลัก อาหารว่าง และ อาหารหวาน ดังนี้

อาหารหลัก (อาหารคาว)

ข้าวกล้อง - ข้าวที่ขัดสีแล้วยังมีข้าวเปลือกปนอยู่เพื่อเอาไปซ้อมให้ขาว

ข้าวซ้อม - ข้าวกล้องที่ซ้อมขาวแล้ว

ข้าวสาร - ข้าวเปลือกที่สี ซ้อม จนเหลือแต่เมล็ดข้าวดีแล้ว

ข้าวสุก - ข้าวสวย- ข้าวที่หุงสุกแล้ว

ข้าวอาง - ข้าวเหนียวที่ยังไม่แก่จัด เอามาคั่ว ตากแดดให้แห้ง แล้วตำหรือนึ่ง

อาหารว่าง (ของว่าง)

ข้าวแคกงา - ข้าวเหนียวนึ่งโขลกปนงา

ข้าวตอก (ข้าวตอกแตก, ข้าวแตก)

- ข้าวเปลือกที่เอามาคั่วให้แตกเป็นดอกบาน

ข้าวตัง - ข้าวสุกที่ติดเป็นแผ่นเกรียมอยู่ก้นหม้อ หรือกระทะ

ข้าวตาก - ข้าวสุกที่ตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวตู - ข้าวตากตั่วแล้วตำเป็นผงเคล้ากับน้ำตาล และมะพร้าว

ข้าวเม่า - ข้าวเปลือกที่ยังไม่แก่จัด เอามาตั่วแล้วตำให้แบน

ข้าวเม่าราง - ข้าวเม่าที่เอามาตั่วให้กรอบ

ข้าวเม่าทอด - ทำด้วยกล้วยไข่หุ้มด้วยข้าวเม่าตำคลุกกับมะพร้าวแล้วชุบแป้งทอดเป็นแพ

ข้าวเกรียบ - ทำด้วยแป้งข้าวเจ้าหรือแป้งข้าวเหนียว เป็นแผ่น ตากให้แห้งแล้วปิ้งหรือทอด มีหลายชนิด เช่น ข้าวเกรียบว่าว ข้าวเกรียบงา

อาหารหวาน (ของหวาน หรือขนม)

ข้าวแขก - ทำด้วยข้าวเปียก มีหน้าคล้ายตะโก้ แต่สีเหลืองมีรสเค็มๆ มันๆ

ข้าวตอกตั้ง - ทำด้วยข้าวตอกคลุกน้ำตาล และมะพร้าวทำเป็นแผ่นๆ เกลือกแป้ง

ข้าวแตน - ทำด้วยข้าวเหนียวนึ่ง แผ่แผ่นเป็นวงกลม ทอดน้ำมันให้พอง

ข้าวพอง - ทำด้วยเมล็ดข้าวผสมกับน้ำตาล อัดเป็นแผ่น แล้วทอดให้พอง

2.3 การใช้ประโยชน์จากเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

เนื่องจากเมล็ดธัญพืชและธัญชาติมีคุณค่าทางอาหารสูง คือมีทั้งไขมันและโปรตีนในปริมาณสูง ดังตารางที่ 2.1 และ 2.2 จึงสามารถนำไปบริโภคเป็นอาหารและนำไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมได้หลายอย่าง ซึ่งการบริโภคธัญพืชและธัญชาติดังต่อไปนี้

1. บริโภคโดยตรง เช่น เมล็ดทานตะวันกระเทาะเปลือก ตราซันนัท กรีนนัท ข้าวเหนียวปรุงรส ถั่วอบผสมแป้งกรอบ ถั่วลันเตาเคลือบแป้งกรอบ เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบเกลือ ถั่วปากอ้าอบเกลือ คอกเทลนัต พิสตาชิโออบเกลือ เมล็ดทานตะวันกะเทาะเปลือกตราซันนัท กรีนนัท ข้าวเหนียวปรุงรส ถั่วอบผสมแป้งกรอบ ถั่วลันเตาเคลือบแป้งกรอบ เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบเกลือ ถั่วปากอ้าอบเกลือ คอกเทลนัต พิสตาชิโออบเกลือ เป็นต้น

2. บริโภคโดยอ้อม เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวโพด น้ำมันงา น้ำมันพืช ผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ที่ทำจากธัญพืชและธัญชาติ และนำไปทำปุ๋ย

ในตลาดระดับบนนิยมบริโภคธัญพืชและธัญชาติเคลือบอบรสต่างๆ เช่น เมล็ดทานตะวันกระเทาะเปลือก ตราซันนัท กรีนนัท ข้าวเหนียวปรุงรส ถั่วอบผสมแป้งกรอบ ถั่วลันเตาเคลือบแป้งกรอบ เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบเกลือ ถั่วปากอ้าอบเกลือ คอกเทลนัต พิสตาชิโออบเกลือ ดังในภาพที่ 2.4 เป็นต้น

ตลาดระดับกลางและระดับล่างจะใช้ธัญพืชและธัญชาติทำผลิตภัณฑ์พื้นบ้าน เช่น ถั่วทอด ข้าวแตนทำจากข้าวเหนียว กระยาสารท ถั่วตัด ถั่วลิสงเคลือบ ข้าวแตน ดังภาพที่ 2.5 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก.)

(ข.)

(ค.)

(ง.)

(จ.)

(ฉ.)

(ช.)

(ซ.)

(ฌ.

<u>ภาพที่ 2.4</u> การบริโภคโดยตรงในตลาดระดับบน (ก) เมล็ดทานตะวันกระเทาะเปลือก ตราซันนัท (ข) กรีนนัท (ค) ข้าวเหนียวปรุงรส (ง) ถั่วอบผสมแป้งกรอบ (จ) ถั่วลันเตาเคลือบแป้งกรอบ (ฉ) เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบเกลือ (ช) ถั่วปากอ้าอบเกลือ (ซ) คอกเทลนัต (ฌ) พิสตาชิโออบเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข) (ค)

(ง.) (จ.) (ฉ.)

ภาพที่ 2.5 การบริโภคโดยตรงในตลาดระดับกลางและล่าง (ก) ถั่วทอด (ข) ข้าวแตนทำจากข้าวเหนียว (ค) กระยาสารท (ง) ถั่วตัด (จ) ถั่วลิสงเคลือบ (ฉ) ข้าวแตน

2.4 ผลิตภัณฑ์จากธัญพืชและธัญชาติ

จากอดีตจนถึงปัจจุบันมีการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรอย่างมากมาย และหลากหลาย ซึ่งผลผลิตทางการเกษตรส่วนหนึ่งที่นิยมมาผลิตก็คือ เมล็ดธัญพืชและธัญชาติ เนื่องจากเมล็ดธัญพืชและธัญชาติมีคุณค่าทางอาหารสูง จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมได้หลายอย่าง และอย่างไรก็ตามคนเราก็ยังใช้เมล็ดธัญพืชและธัญชาติไปประกอบเป็นอาหารคาวและหวานหลายอย่าง เช่น กระยาสารท ถั่วลิสงคั่ว ข้าวแตน ถั่วลิสงเคลือบ ถั่วตัดผสมงา เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบเกลือ ถั่วลิสงทอดกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ถั่วลิสงทอดกรอบ

มีขั้นตอนการผลิตต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) นำเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 ปริมาณ 1.5 กิโลกรัม มาลอกเยื่อหุ้มเมล็ดออกก่อน โดยวิธีการคั่วเพียงเล็กน้อย

2) นำไปลวกน้ำเดือดเพื่อทำลายเอนไซม์ไลเปสที่จะทำให้เกิดการหืน และคัดคุณภาพอีกครั้ง

3) เลือกเอาเมล็ดถั่วลิสงที่มีสีคล้ำออกน้ำตาล เมล็ดลีบ และเมล็ดมีตำหนิออก

4) นำไปทอดในน้ำมันพืชอย่างดีกลิ่นรสปกติ ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-8 นาทีแล้วทำให้เย็นลงทันที

5) สะเด็ดน้ำมัน ผสมเกลือ 0.5 – 1 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณ แล้วบรรจุถุง ดังภาพที่ 2.6

ภาพที่ 2.6 ถั่วลิสงทอดกรอบ

2.4.2 กระยาสารท

มีขั้นตอนการผลิตต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) คั่วเครื่องปรุง ข้าวเม่า ถั่วลิสง งา แล้วนำไปอบควันเทียน

2) นำกะทิไปเคี่ยวกับน้ำอ้อยโดยใช้ไฟปานกลาง โดยเคี่ยวไปมาจนกระทั่งเหนียวมาคลุกเคล้าให้ทั่ว

3) จากนั้นเอาขึ้นเทลงถาดอัดเป็นแผ่นตัดเป็นชิ้น แล้วเก็บใส่ภาชนะที่ไม่มีอากาศเข้าได้ สามารถเก็บไว้รับประทานได้นานหลายเดือน ดังภาพที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ภาพที่ 2.7 กระยาสารท

2.4.3 ถั่วลิสงเคลือบ

มีขั้นตอนการผลิตต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) ล้างเมล็ดถั่วลิสงให้สะอาด และผึ่งไว้

2) ผสมน้ำกับน้ำตาลทรายใส่ในกระทะตั้งไฟ และเคี่ยวจนกระทั่งน้ำลดลง จากนั้นคนต่อเบาๆ

3) นำเมล็ดถั่วลิสงที่เตรียมไว้ผสมลงไป แล้วกวนให้น้ำตาลจับเมล็ดจนทั่วทั้งเมล็ดจึงลดไฟให้อ่อนลง

4) เร่งไฟให้แรงขึ้นเพื่อให้เมล็ดถั่วเป็นเงา และคนเร็วๆ

5) เทใส่ถาดพักให้อุ่นและแยกเมล็ด จากนั้นโรยเกลือ งา และคนให้ทั่ว เมื่อเมล็ดถั่วเย็นสนิท จึงบรรจุถุง ดังในภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8 ถั่วลิสงเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

73127

2.4.4 ถั่วลิสงตัดผสมงา

มีขั้นตอนการผลิตต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) แกะถั่วลิสงเลาะเอากากด้านในออกให้สะอาด แล้วนำถั่วลิสงที่ได้ไปคั่วในไฟอ่อน พอสุกจากนั้นตักใส่ภาชนะพักไว้ให้เย็น

2) นำน้ำตาลทรายผสมกับน้ำและแบะแซเล็กน้อย นำไปตั้งไฟอ่อนและคนจน ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันดี เสร็จแล้วนำน้ำมันพืชที่เตรียมไว้ประมาณ 1 ทัพพี ใส่ลงในส่วนผสมข้างต้น แล้วคนให้เข้ากัน เมื่อเสร็จแล้วนำถั่วลิสงที่เตรียมไว้ลงกวนในหม้อหรือกระทะ และคนให้ทั่ว

3) เตรียมภาชนะที่ใช้สำหรับเทส่วนผสม โดยโรยงารองพื้นแล้วนำถั่วลิสงที่ได้เทลงไป และใช้ไม้กลมบดอัดให้แน่นเสมอกัน เสร็จแล้วตัดตามรูปทรงที่ต้องการ ดังภาพที่ 2.9

ภาพที่ 2.9 ถั่วลิสงตัดผสมงา

2.4.5 ถั่วลิสงคั่วทราย

มีขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) คัดขนาดถั่วลิสงที่จะคั่วทราย (ใช้ถั่วลิสงทั้งเปลือก)

2) นำถั่วทั้งเปลือกที่คัดเลือกแล้วมาล้างโดยใช้สารส้มแช่ไว้ในน้ำ โดยสารส้มจะช่วยเคลือบผิวเปลือกถั่ว แล้วนำตากแดดให้แห้ง

3) ตั้งกระทะและใช้ไฟจากเตาแก๊สคั่วทรายให้ร้อนก่อน

4) นำถั่วลิสงทั้งเปลือกที่แห้งแล้วผสมกับทราย โดยใช้ถั่วลิสง 2 ส่วน ทราย 1 ส่วน ใช้ถั่วประมาณ 1.5-2 กิโลกรัม ต่อการคั่ว 1 ครั้ง ใช้เวลาประมาณ 30 นาที หรือสังเกตดูลักษณะของถั่วอาจมากกว่า หรือน้อยกว่า 30 นาที

5) ใช้ตะแกรงร่อนเอาทรายออก แล้วใช้ทรายที่ร้อนนำมาคั่วถั่วลิสงชุดต่อไปเพื่อประหยัดเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ใช้ตะแกรงร่อนเอาทรายออก แล้วใช้ทรายที่ร้อนนำมาคั่วถั่วลิสงชุดต่อไปเพื่อประหยัดเชื้อเพลิง

7) เช็ดทำความสะอาดฝักถั่ว โดยใช้ผ้าสะอาดเช็ดอย่างรวดเร็ว แล้วคัดฝักที่แตกและไหม้ออกบรรจุถั่วลิสงในถุงพลาสติกที่เตรียมไว้ ดังภาพที่ 2.10 ในขณะที่ถั่วยังมีความร้อนอยู่เพื่อไล่อากาศ (โดยปกติจะเก็บไว้ได้นาน 1 ปี

ภาพที่ 2.10 ถั่วลิสงคั่วทราย

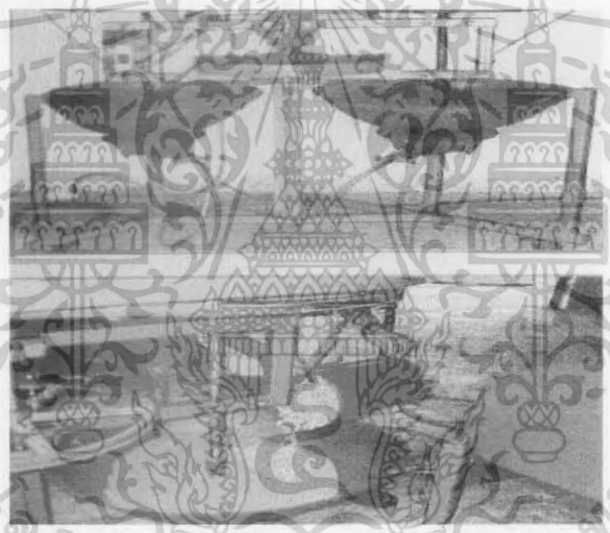
2.5 อุปกรณ์คั่วธัญพืชและธัญชาติ

วิวัฒนาการของการผลิตธัญพืชและธัญชาติที่ได้จากการคั่วมีด้วยกันหลายชนิดเช่น กระยาสารท ถั่วลิสงคั่วทราย ซึ่งในช่วงแรกนั้นจะใช้การคั่วในกระทะใบบัวใช้ฟืน หรือก๊าซหุงต้ม เป็นเชื้อเพลิงและใช้แรงงานคนในการกวน ต่อมาได้มีการพัฒนาเปลี่ยนจากการใช้แรงงานคน(ภาพที่ 2.11 และ 2.12) ในการกวนมาเป็นการใช้เครื่องช่วยในการกวนแทน โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ามาต่อเข้ากับครีบกวนดังในภาพที่ 2.13 แต่ก็ยังคงกวนอยู่ในกระทะใบบัว

ภาพที่ 2.11 คั่วในกระทะใบบัวแบบใช้ฟืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.12 คั่วถั่วลิสงโดยใช้แรงงานคน



ภาพที่ 2.13 คั่วโดยใช้ครีบกวน

2.6 วัสดุที่เกี่ยวข้องและใช้ในการสร้างเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติดังนี้

1. สเตนเลส

เป็นโลหะเปลือยประเภท เฟอรัส เมทอล (Ferrous metal) ซึ่งมีส่วนผสมประกอบด้วย เหล็กโครเมียม นิเกิล และธาตุอื่นๆ อีกเล็กน้อย สเตนเลสมีหลายชนิดสามารถที่จะเลือกใช้ให้เหมาะสมกับความต้องการได้ โดยปกติผิวของสเตนเลสจะมีลักษณะคล้ายเงินเป็นมันวาว

สเตนเลสนิยมใช้ทำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ภาชนะใส่อาหารหรืองานเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมอย่างละเอียด ที่ต้องการความสวยงามใช้ได้ดีทั้งภายนอกและภายในตัวอาคาร โดยไม่ต้องมีการทาสีหรือเคลือบผิว เพื่อป้องกันการกัดกร่อนด้วยวัสดุอื่นใดๆ ทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติทางกายภาพของสเตนเลสก็เหมือนโลหะผสมชนิดอื่นๆ ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของธาตุต่างๆที่ผสมลงไปในขณะที่ยังหลอมละลายอยู่ซึ่งต้องระมัดระวังควบคุมอุณหภูมิและบรรยากาศของก๊าซต่างๆ ด้วยธาตุต่างๆ ที่ผสมเข้าเป็นสเตนเลส ได้แก่

- นิเกิล (Nickel) จะเพิ่มความแข็งแรง ความเหนียว ป้องกันการกัดกร่อนได้ดีและเพิ่มความยืดตัวในขณะดัดโค้งไม่ฉีกขาดหรือแตกร้าวได้ง่าย

- แมงกานีส (Manganese) จะเพิ่มความแข็งแรงความเหนียวและทนต่อแรงดึงได้สูง

- โครเมียม (Chromium) จะเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อน ความแข็งแรงและสามารถทนต่อแรงดึงได้สูง

- วานาเดี่ยม (Vanadium) จะเพิ่มความเหนียวให้สเตนเลส

- โมโลดินั่มและโคลัมเบีย (Molybdenum and columbium) จะต้านทานการกัดกร่อน

- ติตาเนียม (Titanium) และแมกนีเซียม (Magnesium) จะทำให้สเตนเลสมีน้ำหนักเบา

- สเตนเลสมีอยู่หลายชนิด ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของธาตุต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว โดยทั่วไปจะมีส่วนผสมหลักคือ เหล็ก (Fe) นิเกิล (Ni) โครเมียม (Cr)

- สเตนเลสแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 3 ประเภท ตามชนิดของโครงสร้าง ได้แก่

1) ออสเท็นติก สเตนเลส (Austenitic stainless) จะประกอบไปด้วยส่วนผสมของธาตุโครเมียม 18 เปอร์เซ็นต์ นิเกิล 8 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอื่นๆ ผสมอยู่อีกประมาณ 2-4 เปอร์เซ็นต์ สเตนเลสประเภทนี้จัดอยู่ในหมู่ 300 และมีชื่อเรียกว่า โครม-นิคเคิล (Chrome-nickel) ซึ่งมีความแข็งแรงสูงมาก แต่มีความเหนียวต่ำ และไม่มีคุณสมบัติของความเป็นแม่เหล็กอยู่

2) มาเท็นซิทิก สเตนเลส สตีล (Martensitic stainless steel) จะประกอบไปด้วยส่วนผสมของธาตุโครเมียมอยู่ระหว่าง 11.5-17 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนผสมของธาตุคาร์บอนอีกไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์ สเตนเลส ประเภทนี้จัดอยู่ในหมู่ 4 มีความแข็งแรงอยู่มาก แต่มีความเปราะอีกเช่นเดียวกัน

3) เฟอริทิก เมเทล (Ferritic stanless steel) ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนผสมของธาตุโครเมียมอยู่ระหว่าง 17-27 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนผสมของธาตุคาร์บอนอีกไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ สเตนเลส ประเภทนี้จัดอยู่ในหมู่ 4 มีคุณสมบัติอ่อนและเหนียวมาก

สเตนเลส เป็นโลหะที่มีราคาแพง แต่อายุการใช้งานยาวนานมาก ทนต่อการกัดกร่อนได้ดีและเสียค่าบำรุงถูกอีกด้วย เมื่อเทียบกับโลหะชนิดอื่นๆ ดังนั้นในการทำงานควรเลือกสเตนเลสให้เหมาะสมกับงานด้วย (ณัฐวรรณ กู่ภูมิรัตน์ และถวิลจิตร เย็นใจ, 2545 : 10-11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพลา (Shaft)

เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลังแกนเป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลา แต่ไม่หมุนส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ สายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่าเพลาไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรืออยู่นิ่งก็ตาม เพลามีหลายชนิด ดังนี้

สพินเดิล (Spind) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ไม่หมุนเช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง (Head-stock spindle) เป็นต้น

สตับชาฟต์ (Stub shaft) หรือบางครั้งเรียกว่า เฮดชาฟต์ (head shaft) เป็นเพลาที่ตัดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์มอเตอร์ หรือ เครื่องต้นกำลังอื่นๆ มีขนาดรูปร่างและส่วนยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่นๆ

เพลาแนว (Line shaft) หรือเพลาส่งกำลัง หรือเพลาเมน เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง และใช้ในการขนส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่นๆ โดยเฉพาะ

แจ็คชาฟต์ (Jackshaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่าง เครื่องต้นกำลังกับเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล (ณัฐวรรณ ภู่ภูมิรัตน์ และถวิลจิตร เย็นใจ, 2540 : 9)

3. โรลลิ่งแบริ่ง

โรลลิ่งแบริ่ง สามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า แอนตีฟิกชั่นแบริ่ง (Anti-Friction Bearing) แรงเสียดทานในแบริ่งจะไม่ต่างกันมากจากเจอร์นัลแบริ่ง (Journal Bearing) ที่ถูกออกแบบอย่างดีภายใต้การทำฟิล์มน้ำมัน ดังนั้นในการตัดสินใจเลือกใช้โรลลิ่งแบริ่ง สามารถพิจารณาได้จากองค์ประกอบหลายประการดังนี้

1. โรลลิ่งแบริ่งจะมีข้อได้เปรียบตรงแรงบิดเริ่มต้นของเพลาจะสูงกว่า เนื่องจากแรงปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นบนลูกเหล็กหรือโรลเลอร์อิสระ
2. ในการใช้งานที่มีความเร็วรอบของเพลาสูง เจอร์นัลแบริ่งจะเงียบกว่าโรลลิ่งแบริ่ง
3. ในกรณีที่ช่องว่างสำหรับแบริ่งจำกัดโรลลิ่งแบริ่งจะเหมาะสำหรับช่องว่างตามแนวแกนเพลามีจำกัด ส่วนเจอร์นัลแบริ่งจะเหมาะสำหรับช่องว่างตามแนวรัศมีของเพลามีจำกัด
4. ในการใช้งานที่มีกระแสไฟฟ้ามาเกี่ยวข้องและต้องการฉนวนเพื่อความปลอดภัย เจอร์นัลแบริ่งจะเหมาะสมกว่าเพราะมีฟิล์มน้ำมันซึ่งป้องกันการนำไฟฟ้าได้
5. โรลลิ่งแบริ่งจะมีสัญญาณเหตุเมื่อเริ่มมีความผิดปกติ เช่น เริ่มจะมีเสียงดัง ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ทันก่อนที่จะเสียหายมากขึ้น ส่วนเจอร์นอลแบริ่งจะไม่มีสัญญาณบ่งบอกความผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. โรลลิ่งแบริ่งสามารถปรับแรงได้ทั้งแนวรัศมีเพลาและแนวแกนเพลาพร้อมๆกัน (ยกเว้นแบริ่งชนิดโรลเลอร์แบริ่งทรงกระบอกกลม)

7. ก่อนใช้งานโรลลิ่งแบริ่ง โรลลิ่งแบริ่งจะถูกอัดจากแรงกระทำก่อน เพื่อที่จะลดช่องว่างเล็กๆ ในแบริ่งให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในกรณีที่ใช้อุปกรณ์สำหรับเครื่องจักร (Machine Tool)

8. ระยะห่าง (Clearance) ในโรลลิ่งแบริ่งจะน้อยกว่าเจอร์นัลแบริ่ง เพราะว่าจะต้องใช้อุปกรณ์ที่ต้องการความแม่นยำสูง เช่น เฟือง เป็นต้น

9. ในการหล่อลื่นของโรลลิ่งแบริ่งจะไม่ยุ่งยากเท่าเจอร์นัลแบริ่ง ดังนั้นความเสียหายที่เกิดจากเจอร์นัลแบริ่งรุนแรงกว่าโรลลิ่งแบริ่ง

10. โรลลิ่งแบริ่งสามารถรับแรงที่มากกว่าปกติได้ในช่วงเวลาสั้นๆ

11. ค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน

แรงสมมูล หมายถึง แรงในแนวรัศมีซึ่งถ้าให้กระทำต่อโรลลิ่งโรลลิ่งแบริ่ง โดยที่วงแหวนในหมุนและวงแหวนนอกอยู่นิ่งแล้วจะทำให้แบริ่งมีอายุการใช้งานเท่ากับอายุของแบริ่งที่รับแรงจริง (ซึ่งอาจจะมีทั้งแรงในแนวรัศมีและแนวแกนพร้อมกัน) (วีระ รัตนชัย. 2540 : 113-115)

4. สกรู

หัวเซ็ตสกรูมีหลายชนิด เช่น หัวกลม (round head) หัวแบน (Flat head) หัวกลมด้านข้างรูปทรงกระบอก (Fillister head) หัวรูปไข่ (Oval point) หัวหกเหลี่ยม (Hexagonal head) หัวหกเหลี่ยมข้างใน (Internal hex or allen) หัวหกแฉกหน้าข้างใน (Fluted) และหัวสี่แฉก (Phillips) สำหรับขับยึดชิ้นงานให้แน่นตามต้องการ แต่ละรูชิ้นงานมีเกลียวในด้วย จึงยึดชิ้นงานได้แน่น เป็นต้น สำหรับปลายเซ็ตสกรูมีหลายชนิด เช่น ปลายแบน (Flat point) ปลายรูกรวย (Cone poin) ปลายรูปไข่ (Oval point) และปลายรูปถ้วย (Cup point) สำหรับกดแนบชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานนั้นแนบแน่นด้วย แต่ในรูชิ้นงานมีเกลียวด้วย ปลายเซ็ตสกรูจะกดแน่นในรูชิ้นงาน เป็นต้น (บุญธรรม ภัทราจารุกุล, 2540 : 114-115)

5. น็อต

น็อตหรือแป้นเกลียวหรือเกลียวตัวเมียสำหรับจับยึดชิ้นงานให้แน่นกันสลักเกลียวหรือเกลียวตัวผู้และมีวงแหวนรองรับอยู่ระหว่างนอตกับชิ้นงาน เป็นต้น ชนิดของนอต มี 3 ชนิดดังนี้

1. น็อตธรรมดา (Common nuts)

- น็อตหกเหลี่ยม (Hex Nut)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- น็อตหกเหลี่ยมบาง (Jam nut)
- น็อตหกเหลี่ยมเป็นร่องผ่าบน (Castle or castellated hex. Nut)
- น็อตหกเหลี่ยมคล้ายป้อมปืน (Slotted nut)
- น็อตหกเหลี่ยมหัวกลม (Cap or acorn nut)

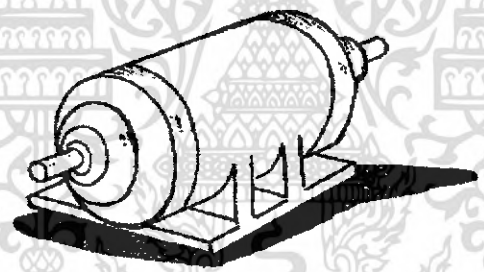
2. น็อตล็อกตัวเอง (Self-locking nut)

3. น็อตหางปลาหรือนอตมีปีก (Wing nut or thumb screw or butterfly nut)

6. ชุดต้นกำลัง

1. มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้า คือ เครื่องมือสำหรับเปลี่ยนจากพลังไฟฟ้าเป็นพลังงานกลเป็นตัวหมุนให้กำลังแก่อุปกรณ์ที่ต้องการแรงขับเคลื่อน เช่นมอเตอร์ที่ใช้ในลิฟท์เครื่องสูบน้ำ เครื่องทำความร้อน เป็นต้น ดังภาพที่ 2.14

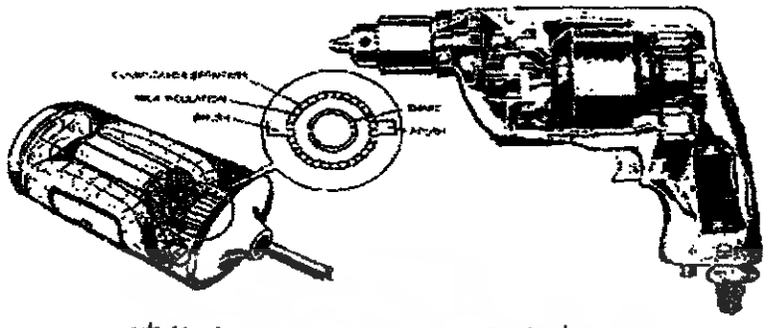


ภาพที่ 2.14 มอเตอร์ไฟฟ้า

1.1 มอเตอร์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C) มอเตอร์ชนิดนี้ส่วนมากใช้กับเครื่องเล่นเด็ก อุปกรณ์ที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เช่น ที่ปัดน้ำฝนของรถยนต์มอเตอร์สตาร์ตรถยนต์ สว่านไฟฟ้า เป็นต้น ดังภาพที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



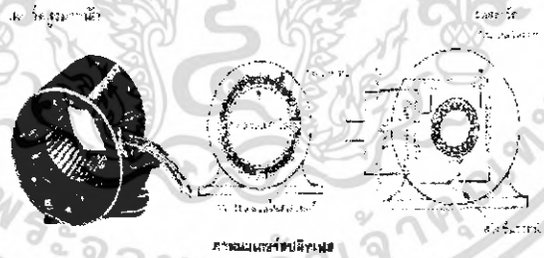
มอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กระแสตรง

ภาพที่ 2.15 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current Motor) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า เอ ซี มอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมีหลายแบบ หลายชนิด แต่ละชนิดใช้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในลักษณะต่าง ๆ กันไป

ก. มอเตอร์ไฟฟ้าเฟสเดียว (Singlephase Motor) **ที่นิยมใช้กันทั่วไป มีดังนี้**

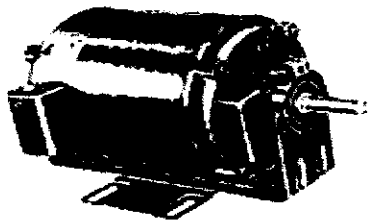
1. มอเตอร์สปลิทเฟส (Split phase motor) เป็นมอเตอร์ขนาดเล็ก และไม่ต้องการแรงสตาร์ตสูงมาก ดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 มอเตอร์สปลิทเฟส

2. มอเตอร์คาปาซิเตอร์ (Capaciter Motor) มอเตอร์ชนิดนี้ต้องการแรงสตาร์ตสูง นิยมใช้กับเครื่องสูบน้ำเครื่องกลึงไม้ เครื่องกลึงเหล็ก เครื่องซักผ้า ดังภาพที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



มอเตอร์คาปาซิเตอร์

ภาพที่ 2.17 มอเตอร์คาร์ปาซิเตอร์

3. มอเตอร์เชดเดดโปล (Shaded Pole Motor) มอเตอร์ชนิดนี้ใช้กับเครื่องไฟฟ้าขนาดเล็ก เช่น พัดลมขนาดเล็กเครื่องเล่นจานเสียง เครื่องเล่นเทปต่าง ๆ

4. มอเตอร์ซิงโครนัสหนึ่งเฟส (ใช้ในการทำเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ) มอเตอร์ซิงโครนัสหนึ่งเฟส จะทำงานด้วยไฟฟ้าสลับหนึ่งเฟสโดยไม่ต้องป้อนไฟกระแสตรงให้กับโรเตอร์เหมือนกับมอเตอร์ซิงโครนัสสามเฟส หมุนด้วยความเร็วซิงโครนัสที่คงที่และสามารถเริ่มหมุน (Start) ได้ด้วยตัวเอง มอเตอร์ซิงโครนัสหนึ่งเฟสมี 2 แบบด้วยกันคือ

1. มอเตอร์รีลักแต็นซ์ (Reluctance motor) โรเตอร์ของมอเตอร์แบบนี้จะเป็นแบบไม่สมมาตร(Unsymmetry) คือที่ขอบโรเตอร์โดยรอบ จะเจาะร่องให้เป็นสล็อท แล้วตัดฟันสล็อทออกบางส่วนเพื่อให้ฟันสล็อทบางส่วนที่เหลือมีลักษณะเป็นเซเลี้ยนโพล โรเตอร์ของมอเตอร์รีลักแต็นซ์เป็นแบบสไควเรจเกจ สมมุติว่าโรเตอร์สไควเรจเกจแบบนี้มี 46 ฟัน 48 สล็อท 4 โพลเมื่อจะทำเป็นเซเลี้ยนโพล จะต้องตัดฟันสล็อทที่ 1 2 3 4 5 6 และฟันที่ 13 14 15 16 17 18 ฟันที่ 25 26 27 28 29 30 ฟันที่37 38 39 40 41 42 ออกยังคงเหลือฟันที่ 7 8 9 10 11 12 ฟันที่ 19 20 21 22 23 24 ฟันที่ 31 32 33 34 35 36 และฟันที่ 43 44 45 46 47 48 อยู่ซึ่งพุ่งออกจากแกนโรเตอร์ ทำให้เป็นเหมือว่าเป็นเซเลี้ยนโพล ลักษณะของโรเตอร์แบบนี้จะทำให้ความต้านทานแม่เหล็ก (Reluctance) มีค่าแตกต่างกันไป ถ้าเซเลี้ยนอยู่ในโพลอยู่ในแนวขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ความต้านทานแม่เหล็กจะน้อย แต่ถ้าช่องแม่เหล็กอยู่ในแนวขั้วแม่เหล็กสเตเตอร์ ความต้านทานแม่เหล็กจะสูง

เมื่อป้อนไฟฟ้าสลับให้กัลปิงคสเตเตอร์ จะเกิดการเหนี่ยวนำขึ้นที่โรเตอร์เกิดแรงบิดขึ้นมาที่เรียกว่า Reluctance torque แรงบิดนี้จะจัดให้แกนแนวของเซเลี้ยนโพลอยู่ในแนวแกนของสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์ ณ. ตำแหน่งนี้ ความต้านทานแม่เหล็กนี้จะมีค่าน้อยสุด แรงบิด Reluctance torque จะเป็นตัวทำให้โรเตอร์หมุนไปเป็นจังหวะกับสนามแม่เหล็กหมุนของสเตเตอร์ ถ้าโรเตอร์มีจำนวนโพลมาก มอเตอร์ก็จะหมุนเป็นจังหวะช้าลงอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าโหลดเพิ่มขึ้นเกินขนาดที่แรงบิด Reluctance torque จะทนได้ โรเตอร์จะออกมาจากจังหวะที่เคลื่อนไปพร้อมๆ กับสนามแม่เหล็กสเตเตอร์ ดังนั้นความเร็วจะหลุดต่ำลง ทำให้เกิดมีสลิป (Slip) ขึ้น ขณะนี้มอเตอร์ก็จะทำงานแบบอินดั๊กชั่นมอเตอร์

2. มอเตอร์ฮีสเตอเรสซิส (Hysteresis moter) มอเตอร์แบบนี้มีส่วนประกอบดังนี้คือ สเตเตอร์เป็นเช็ดเด็ดโพล และมีขดลวดไฟสลับสำหรับทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก โรเตอร์จะทำด้วยเหล็กเหนียวชุบแข็งทรงกระบอก (Hardened steel) ซึ่งมีคุณสมบัติในการเก็บอำนาจแม่เหล็กได้ดีมากดังนั้นความสูญเสียเกี่ยวกับการกลับทิศทางของอำนาจแม่เหล็ก (Hysteresis loss) จึงสูง และที่โรเตอร์นี้จะไม่มีขดลวด ดังนั้นการทำงานของมอเตอร์แบบนี้ จึงอาศัยหลักการทำงานของมอเตอร์หนึ่งเฟสแบบเช็ดเด็ดโพล และเป็นแบบที่เริ่มหมุนได้ด้วยตนเอง (Self starting) เนื่องจากไม่สามารถที่จะทำให้อำนาจแม่เหล็กที่โรเตอร์กลับทิศทางได้ทันที จึงทำให้โรเตอร์ดึงดูด (Lock) กับสนามแม่เหล็กหมุนของสเตเตอร์ และหมุนไปด้วยความเร็วซิงโครนัสเท่ากับความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนของสเตเตอร์ด้วย

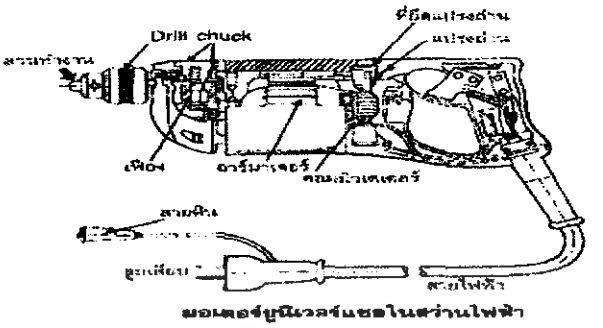
ถ้ามอเตอร์ซิงโครนัสหนึ่งเฟส 2 โพลแบบนี้ทำงานกับไฟสลับ 50 ไซเกิล มอเตอร์ก็จะหมุนด้วยความเร็วซิงโครนัส 3000 รอบ/นาที เพื่อที่จะนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำงานด้วยความเร็วต่ำจะต้องใช้ชุดเฟืองทดที่บรรจุอยู่ในกล่องที่มีน้ำมันหล่อลื่นบรรจุอยู่ (ณรงค์ ชอนตะวัน, 2545 : 264)

ข. มอเตอร์ 3 เฟส (Three Phase Motor)

เป็นมอเตอร์ที่ใช้ในการอุตสาหกรรมเพราะมีโครงสร้างง่ายกว่ามอเตอร์ไฟฟ้าเฟสเดียว แต่จะต้องใช้กับระบบไฟฟ้า 3 เฟส ให้กำลังสูงกว่ามอเตอร์เฟสเดียวนิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อมและอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

3) **มอเตอร์ยูนิเวอร์แซล** (Universal Motor) เป็นมอเตอร์ขนาดเล็ก ใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ เช่น มอเตอร์จักรเย็บผ้า มอเตอร์สว่านไฟฟ้าแบบมือถือ มอเตอร์เครื่องผสมอาหาร เป็นต้น มอเตอร์ชนิดนี้มีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อใช้กับโหลดหนักมอเตอร์จะหมุนช้า ถ้าใช้กับโหลดเบามอเตอร์จะหมุนเร็ว ดังนั้น มอเตอร์ชนิดนี้ จะต้องต่อแกนเพลามอเตอร์ไว้กับโหลดตลอดเวลา เช่น สว่านไฟฟ้าแบบมือถือ มอเตอร์จักรเย็บผ้า เป็นต้น ดังภาพที่ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



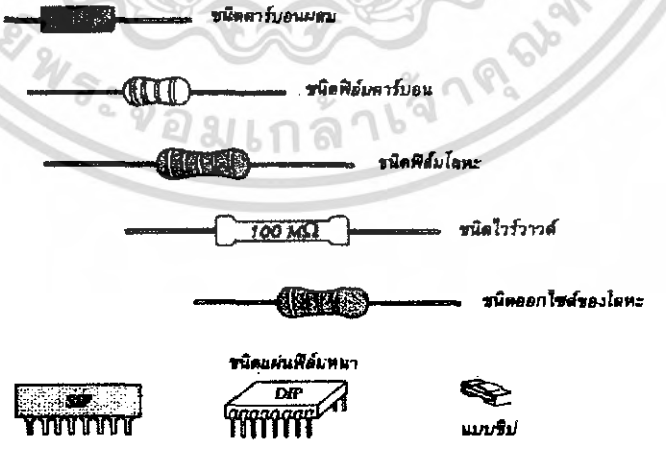
ภาพที่ 2.18 มอเตอร์ยูนิเวอร์แซลในสว่านไฟฟ้า

2. ตัวต้านทาน (Resistor)

ตัวต้านทานเป็นตัวที่ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรตามที่ได้กำหนดเอาไว้ซึ่งจะมีสัญลักษณ์ที่ใช้เป็น (R) และค่าความต้านทานมีหน่วยวัดทางไฟฟ้าเป็น (Ω)

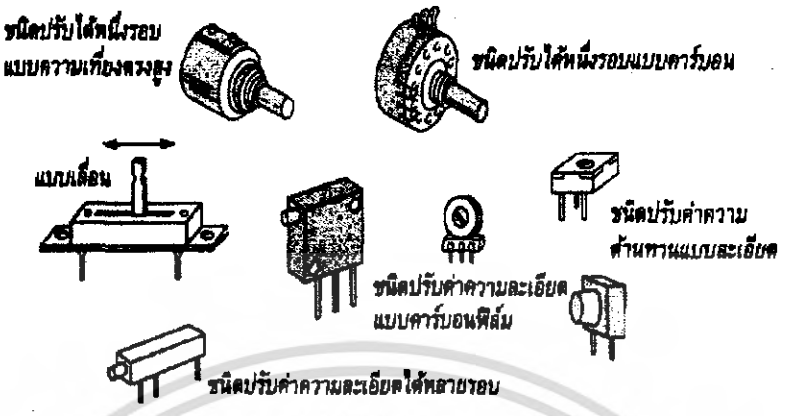
2.1 ชนิดของตัวต้านทาน

ตัวต้านทานที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ (Fixed Value Resistor) ซึ่งตัวต้านทานค่าคงที่นี้ จะมีค่าความต้านทานที่แน่นอนและเป็น ค่าที่นิยมมากในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ สัญลักษณ์ของตัวต้านทานดังรูป 2.21 และลักษณะของตัวต้านทาน ดังภาพที่ 2.19 และตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (Variable Value Resistor) ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้นั้นจะสามารถเลือกค่าความต้านทานที่ต้องการได้โดยการหมุนที่ปุ่มปรับค่าความต้านทาน สัญลักษณ์ของตัวต้านทานดังรูป 2.22 และลักษณะของตัวต้านทานภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.19 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.20 ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้

2.2 สัญลักษณ์ของตัวต้านทาน ดังภาพที่ 2.21 และ 2.22

ภาพที่ 2.21 สัญลักษณ์ของตัวต้านทาน

ภาพที่ 2.22 สัญลักษณ์ของตัวต้านทานแบบปรับค่าได้

3. คาปาซิเตอร์ (Capacitor)

คาปาซิเตอร์ ที่ใช้ร่วมกับมอเตอร์มีหลายแบบด้วยกันดังนั้นจึงจะกล่าวถึงคาปาซิเตอร์แต่ละแบบให้เข้าใจเสียก่อน

คาปาซิเตอร์ทำด้วยแผ่นโลหะตัวนำ ซึ่งปกติจะใช้แผ่นอะลูมิเนียมสองแผ่นวางขนานกันแล้วเอาฉนวนไฟฟ้าวางคั่นกลางเพื่อไม่ให้แผ่นอะลูมิเนียมทั้งสองต่อถึงกันทางไฟฟ้าฉนวนไฟฟ้าอาจจะเป็นกระดาษหรือผ้าก๊อส แล้วม้วนแผ่นตัวนำทั้งสองและฉนวนคั่นกลางไปพร้อม ๆ กัน อาจจะม้วนให้มีรูปทรงกระบอกหรือรูปสี่เหลี่ยมก็ได้ แล้วบรรจุลงในกล่องอะลูมิเนียมหรือกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลาสติก ต่อสายไฟออกจากแผ่นตัวนำทั้งสองเพื่อนำไปต่อร่วมกับขดลวดมอเตอร์ต่อไป ซึ่งคาปาซิเตอร์นี้มีคุณสมบัติที่จะเก็บประจุไฟฟ้าได้ และทำให้กระแสไฟที่ไหลผ่านนำหน้าแรงดันที่ป้อนให้ 90 องศาไฟฟ้า ฉนวนคั่นกลางระหว่างแผ่นตัวนำหรือเรียกว่าไดอิเล็กตริก (Dielectric) คาปาซิเตอร์ที่ใช้กับมอเตอร์มีสองชนิดด้วยกันคือ

1. คาปาซิเตอร์ชนิดบรรจุน้ำมัน (Oil-filled Capacitor) คาปาซิเตอร์ชนิดนี้ฉนวนคั่นกลางระหว่างแผ่นตัวนำทำด้วยแผ่นกระดาษบาง ๆ ชุบด้วยน้ำมันฉนวนไฟฟ้า แล้วม้วนทั้งแผ่นตัวนำและแผ่นกระดาษที่ชุบด้วยน้ำมันให้มีรูปทรงกระบอกหรือรูปสี่เหลี่ยม แล้วบรรจุลงในกล่องอะลูมิเนียมหรือกล่องพลาสติกที่บรรจุด้วยน้ำมัน คาปาซิเตอร์ชนิดนี้สามารถต่ออยู่ในวงจรไฟฟ้าได้เป็นระยะเวลานาน

2. คาปาซิเตอร์ชนิดอีเล็คทรอไลติก (Electrolytic Capacitor) ฉนวนคั่นกลางระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมทั้งสองจะทำด้วยผ้าก๊อสที่ชุบด้วยสารละลายเคมีที่เรียกว่าอีเล็กทรอไลท์จนอิ่มตัว อีเล็กทรอไลท์จะสร้างไขขึ้นมาคั่นกลางระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมทั้งสอง ซึ่งไขที่สร้างขึ้นมานี้จะเป็นฉนวนไฟฟ้าด้วย แล้วจึงม้วนทั้งแผ่นตัวนำและฉนวนไปพร้อมกันให้มีรูปทรงกระบอก หรือรูปสี่เหลี่ยมแล้วบรรจุในกล่องอะลูมิเนียมหรือกล่องพลาสติกหรือกล่องกระดาษชนิดดี คาปาซิเตอร์นี้ไม่สามารถต่อร่วมอยู่กับวงจรไฟฟ้าเป็นเวลานาน ๆ ได้ปกติแล้วจะต่ออยู่ในวงจรในช่วงเวลา 2-3 วินาทีเท่านั้น

2.7 แหล่งกำเนิดความร้อนและการประยุกต์ใช้กับอาหาร

ต้นทุนเรื่องพลังงานที่สูงขึ้นในกระบวนการแปรรูปอาหารเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกกระบวนการการแปรรูปซึ่งต้องพิจารณาร่วมกับต้นทุนของอาหารและผลกำไรที่จะได้รับ เชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน เช่น ต้นทุน ความปลอดภัย ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนในอาหารความยืดหยุ่นในการใช้งาน เงินลงทุนหรือค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสำหรับเครื่องถ่ายเทความร้อนแหล่งกำเนิดความร้อนที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหารมีดังนี้

1.ไฟฟ้า

2. ก๊าซ (ก๊าซธรรมชาติ หรือก๊าซปิโตรเลียมเหลว)

3. การใช้เชื้อเพลิงแข็ง เช่น แอนทราไซท์ ถ่านหิน ไม้และถ่าน

มีการใช้เชื้อเพลิงแข็ง เช่น แอนทราไซท์ ถ่านหิน ไม้และถ่านในปริมาณมาก ดังตารางที่ 2.3 แสดงข้อดีและข้อเสียสำหรับแหล่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ในการให้ความร้อนอาจใช้วิธีให้ความร้อนโดยตรง หรือโดยอ้อม แต่สำหรับการทำให้เย็นจะใช้วิธีโดยอ้อมเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ข้อดีและข้อเสียของแหล่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิดในการแปรรูปอาหาร

	ไฟฟ้า	ก๊าซ	เชื้อเพลิงเหลว	เชื้อเพลิงแข็ง
พลังงานต่อหน่วยมวลหรือปริมาณ	-	ต่ำ[1]	สูง[2]	ปานกลาง-สูง[3]
ต้นทุนต่อพลังงาน 1 กิโลจูลล์	สูง	ต่ำ	ต่ำ	สูง
ต้นทุนของเครื่องถ่ายเทความร้อน	ต่ำ	ต่ำ	สูง	สูง
ประสิทธิภาพการให้ความร้อน	สูง	ปาน กลาง-สูง	ปาน กลาง-สูง	ต่ำ
ความยืดหยุ่นของการใช้งาน	สูง	สูง	ต่ำ	ต่ำ
อันตรายจากการระเบิดหรือไฟไหม้	ต่ำ	สูง	ต่ำ	ต่ำ
ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน	ต่ำ	ต่ำ	สูง	สูง
ค่าใช้จ่ายสำหรับแรงงานและการจัดการ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	สูง

หมายเหตุ

[1] ปริมาณการให้ความร้อนของก๊าซเท่ากับ $1.7 \times 10^3 - 4.78 \times 10^3$ kJ /kg

[2] ปริมาณการให้ความร้อนของน้ำมันเท่ากับ $8.6 \times 10^3 - 9.3 \times 10^3$ kJ /kg

[3] ปริมาณการให้ความร้อนของถ่านหินเท่ากับ $5.26 \times 10 - 6.7 \times 10^3$ kJ /kg และค่าใช้ของไม้จะเท่ากับ $3.8 \times 10^3 - 5.26 \times 10^3$ kJ /kg

[4] ประสิทธิภาพหมายถึง ปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์อาหารด้วยปริมาณพลังงานที่ให้

ที่มา : รายงานของ Farrall (1979) และ Whitman และคณะ (1981)

2.7.1 การให้ความร้อน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) การให้ความร้อนโดยตรง

ในการให้ความร้อนโดยตรงนั้นสามารถใช้ได้เฉพาะก๊าซ หรือเชื้อเพลิงเหลวเนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงอื่นอาจเกิดปัญหาเรื่องการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ มีการประยุกต์ใช้วิธีให้ ความร้อนโดยตรงกับเตาอบ สำหรับการใช้ไฟฟ้าจะแตกต่างกับการใช้เชื้อเพลิงอื่น นั่นคือเครื่องปั่นไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Steam turbine) ซึ่งได้รับความร้อนจากเชื้อเพลิง (เช่น ถ่านหิน หรือน้ำมันเชื้อเพลิง)หรือการใช้ปฏิกิริยานิวเคลียร์เพื่อผลิตไฟฟ้า อย่างไรก็ตามการใช้ไฟฟ้าโดยตรงทำได้ในกรณีของการให้ความร้อนโดยวิธีไดอิเล็กตริกหรือการใช้รังสีไมโครเวฟ

2) วิธีการให้ความร้อนโดยทางอ้อม

การให้ความร้อนโดยทางอ้อมต้องใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อไม่ให้อาหารสัมผัสกับผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ ระบบแบบง่ายที่สุดจะประกอบด้วยการเผาไหม้เชื้อเพลิงใต้แผ่นโลหะ และให้ความร้อนโดยพลังงานจากการแผ่รังสีของแผ่นโลหะ ระบบให้ความร้อนโดยอ้อมที่ใช้ทั่วไปมากที่สุดในการแปรรูปอาหารคือ การใช้ไอน้ำที่ผลิตโดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (หม้อต้มไอน้ำ) ซึ่งตั้งอยู่ห่างออกไปจากพื้นที่ของการแปรรูป เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2 จะถ่ายเทความร้อนจากไอน้ำไปยังอาหารภายใต้สภาวะการควบคุม หรือการฉีดไอน้ำเข้าไปในอาหาร อาจมีการใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีกชุด ซึ่งจะถ่ายเทความร้อนจากไอน้ำไปยังอากาศเพื่อทำอาหารแห้ง หรือให้ความร้อนแก่อาหารภายใต้สภาวะที่แห้ง

การให้ความร้อนโดยอ้อมด้วยการใช้ไฟฟ้าเป็นการใช้เครื่องให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดหรือใช้ความต้านทานไฟฟ้าซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้เส้นลวดนิเกิลและโครเมียมที่บรรจุอยู่ในแผ่นของแข็งซึ่งติดอยู่กับผนังของแจ็กเก็ตซึ่งหุ้มอยู่รอบภาชนะหรือในเครื่องทำความร้อนซึ่งจุ่มอยู่ในอาหารเครื่องทำความร้อนแบบนี้ใช้สำหรับการให้ความร้อนเฉพาะที่หรือสลับเป็นช่วง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการดำเนินการศึกษาออกแบบและประดิษฐ์เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และมีประสิทธิภาพสูงสุดจึงได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้คือ การคั่วข้าวเม่าในเบื้องต้น การออกแบบและสร้างเครื่องคั่วธัญพืชและธัญชาติ การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพและความสามารถของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

3.1 การทดสอบคั่วข้าวเม่าเบื้องต้น

การทดสอบคั่วข้าวเม่าเบื้องต้นเป็นการศึกษาลักษณะการพองตัวของข้าวเม่า เปรียบเทียบปริมาณและระยะเวลาในการคั่วข้าวเม่าในแต่ละครั้งแตกต่างกัน เมื่อได้ปริมาณและเวลาในการคั่วข้าวเม่าที่เหมาะสมแล้ว ก็นำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบเครื่อง โดยมีอุปกรณ์และขั้นตอนการทดสอบดังนี้

วัสดุและอุปกรณ์

1. ข้าวเม่า
2. ตะแกรงคั่ว
3. เตาแก๊ส
4. นาฬิกาจับเวลา

วิธีการทดลอง

1. นำข้าวเม่าแบ่งใส่จาน 3 จาน ในปริมาณที่แตกต่างกันคือ100 200 และ 300 กรัม
2. ตั้งตะแกรงโดยใช้ไฟจากก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง
3. นำข้าวเม่ามาคั่วในเวลาที่แตกต่างกันคือ 50 100 และ 150 วินาที
4. สังเกตลักษณะของข้าวเม่าที่เปลี่ยนแปลง และบันทึกผลการทดลอง

3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

การออกแบบและสร้างเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติได้แบ่งชุดอุปกรณ์ทำงานออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆคือ ถังคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ ชุดให้ความร้อน ชุดส่งกำลังซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

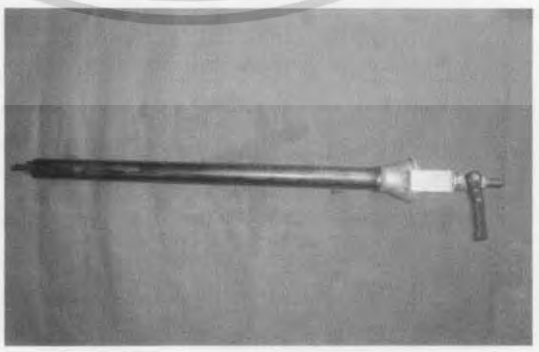
3.2.1 ชุดถังคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

จากผลการทดสอบคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ ต้องการออกแบบตัวถังคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ ขนาดของรูตะแกรง อยู่ระหว่าง 0.5-0.7 หุน ดังภาพที่ 3.1 ในการคั่วข้าวเม่า ถั่วลิสง ลูกเดือย เมล็ดตานตะวัน และเมล็ดธัญพืชอื่น ๆ ที่มีขนาดเมล็ดโตกว่า 0.7 หุน และความเร็วรอบของตัวถังที่หมุนอยู่ประมาณ 60-70 รอบต่อนาที เพื่อให้สามารถคั่วได้กับผลิตภัณฑ์หลายชนิด

ภาพที่ 3.1 ถังคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

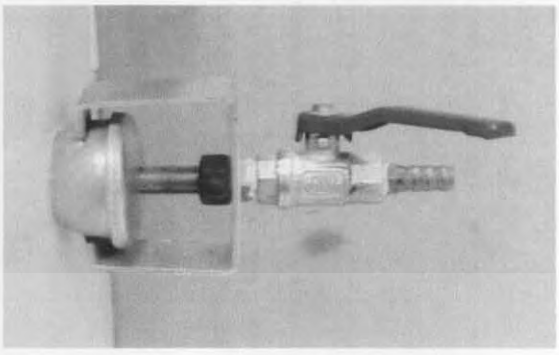
3.2.2 ชุดให้ความร้อน

- ให้ความร้อนโดยแก๊สผ่านท่อเหล็กกลมดังภาพที่ 3.2
- ใช้ท่อเหล็กกลมขนาด 60 เซนติเมตร จำนวน 1 ท่อ
- เจาะรูขนาด 1.5 มิลลิเมตร จำนวน 2 แถว แถวละ 39 รู ระยะห่างระหว่างรู 1.4 เซนติเมตร
- วาล์วปรับปริมาณแก๊ส ดังภาพ 3.3



ภาพที่ 3.2 ชุดให้ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

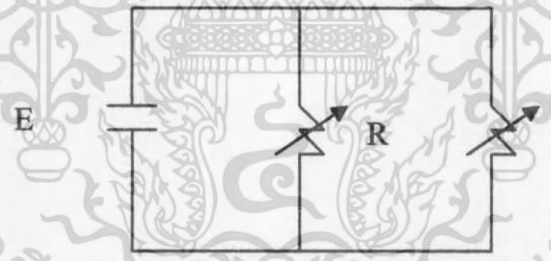


ภาพที่ 3.3 วาล์วปรับปริมาณแก๊ส

3.2.3 ชุดส่งกำลังใช้มอเตอร์

ใช้มอเตอร์ขนาด ความเร็วรอบทดรอบด้วยการลดกระแสไฟโดยการเพิ่มตัวต้านทาน (R) และ มอเตอร์ ส่งไปยังชุดคั่วที่ความเร็วรอบ 62 รอบต่อนาที

3.2.4 การต่อวงจรไฟฟ้า (ดังในภาพที่ 3.4)



ภาพที่ 3.4 ลักษณะการต่อวงจรไฟฟ้าของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ (R) คือ ตัวต้านทาน แบบปรับค่าได้ 1- 50 K (E) คือ แหล่งจ่ายประจุไฟฟ้า 200 เวคคัม 14 ไมโครฟารัท (M) คือ มอเตอร์แบบซิงโครนัส 220/240 โวลต์ 0.6 แอมแปร์ 63.48 รอบต่อนาที 100 วัตต์ 1 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 มอเตอร์

มอเตอร์ซิงโครนัสใช้กำลังไฟฟ้า 220/240 โวลต์ 0.6 แอมแปร์ 63.48 รอบต่อนาที 100 วัตต์1เฟส มอเตอร์ชนิดนี้ จะทำงานด้วยไฟสลับหนึ่งเฟสโดยไม่ต้องป้อนไฟตรงให้กับโรเตอร์ เหมือนกับมอเตอร์ซิงโครนัสสามเฟส หมุนด้วยความเร็วซิงโครนัสที่คงที่และเริ่มหมุน (Start) ได้ด้วยตัวเอง

ภาพ 3.5 มอเตอร์ซิงโครนัส

3.2.6 ตัวต้านทาน

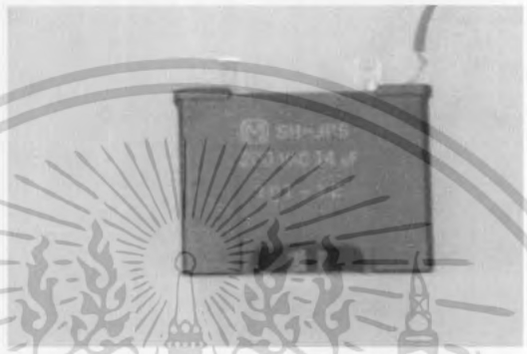
ตัวต้านทาน(R) ที่ใช้เป็นปรับค่าได้ ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้นั้น จะสามารถเลือกค่าความต้านทานที่ต้องการได้โดยการหมุนที่ปุ่มปรับค่าความต้านทาน (ตัวต้านทานเป็นตัวที่ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรตามที่ได้กำหนดเอาไว้ซึ่งจะมีสัญลักษณ์ที่ใช้เป็น (R) และค่าความต้านทานมีหน่วยวัดทางไฟฟ้าเป็น (Ω))

ภาพ 3.6 ตัวต้านทาน (R)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 ตัวจ่ายประจุไฟฟ้า

ตัวจ่ายประจุไฟฟ้า 200 เวคดัม (VAC) 14 ไมโครฟารัท (μF) เป็นแบบคาปาซิเตอร์นี้มีคุณสมบัติที่จะเก็บประจุไฟฟ้าได้และทำให้กระแสไฟที่ไหลผ่านนำหน้าแรงดันที่ป้อนให้ 90 องศา ไฟฟ้า ฉนวนคั่นกลางระหว่างแผ่นตัวนำหรือเรียกว่าไดอิเล็กตริก (Dielectric)



ภาพ 3.7 ตัวจ่ายประจุไฟฟ้า

ภาพที่ 3.8 ลักษณะการติดตั้งชุดคั่วเข้ากับตัวโครง

3.3 การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพและความสามารถของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

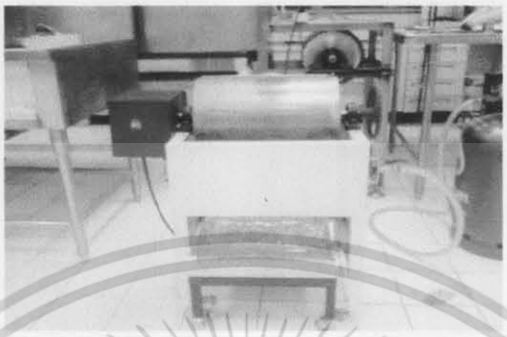
หลังจากทำการออกแบบ และสร้างเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติเรียบร้อยแล้ว จึงทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพและความสามารถของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

1. ทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องโดยใช้ตัวอย่างจากข้าวเม่า

1.1 นำข้าวเม่ามาใส่จาน 80 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 คั่วด้วยเครื่องเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ ดังในภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

1.3 เริ่มจับเวลาเมื่อถังคั่วเริ่มหมุน และเก็บตัวอย่างเมื่อเวลาผ่านไป 120 150 180 วินาที จะได้ผลิตภัณฑ์ของข้าวเม่าที่คั่วเวลาดังกล่าวดังภาพที่ 3.10 3.11 และ 3.12 ตามลำดับ

ภาพที่ 3.10 ลักษณะของข้าวเม่าที่คั่วเป็นเวลา 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.11 ลักษณะของข้าวเม่าที่คั่วเป็นเวลา 2.5 นาที

ภาพที่ 3.12 ลักษณะของข้าวเม่าที่คั่วเป็นเวลา 3 นาที

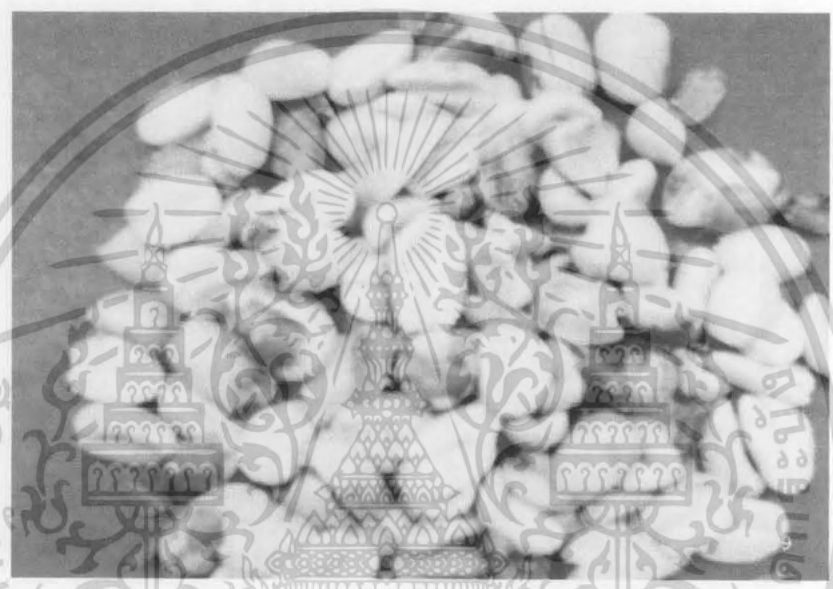
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องโดยใช้ตัวอย่างจากถั่วลิสง

2.1 นำถั่วลิสงมาใส่จาน 100 กรัม

2.2 คั่วเมล็ดถั่วลิสงด้วยเครื่อง

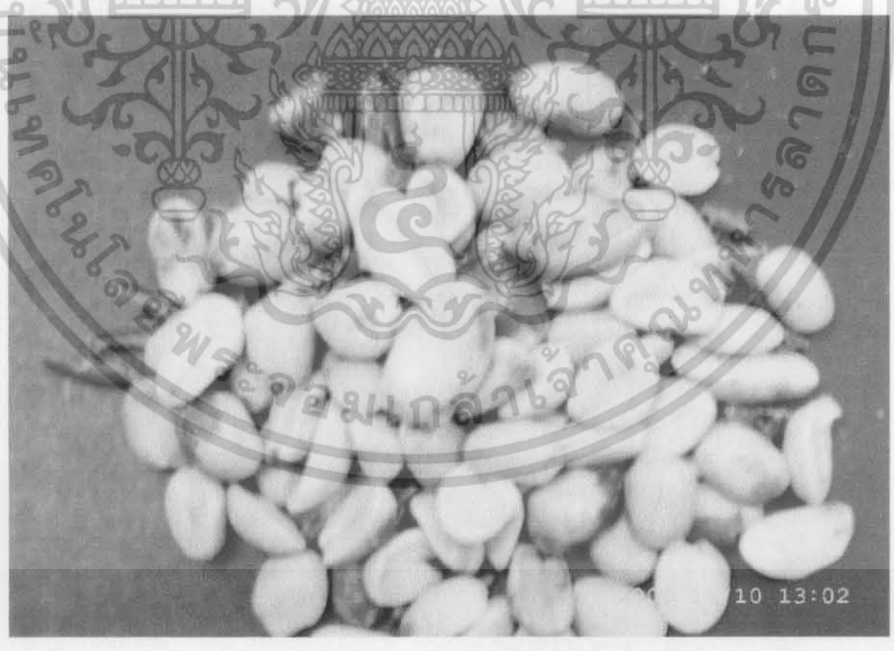
2.3 เริ่มจับเวลาเมื่อถังคั่วเริ่มหมุน และเก็บตัวอย่างเมื่อเวลา 9 10 และ 11 นาทีจะได้ผลิตภัณฑ์ดังภาพ 3.13 3.14 และ 3.15 ตามลำดับ



ภาพที่ 3.13 ลักษณะของถั่วลิสงที่คั่วเป็นเวลา 9 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.14 ผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงที่คั่วเป็นเวลา 10 นาที



ภาพที่ 3.15 ผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงที่คั่วเป็นเวลา 11 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

จากขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบเครื่อง จากนั้นทำการทดสอบหาปัจจัยที่มีผลต่อการคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ โดยใช้เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้น แล้วนำผลที่ได้ไปใช้ในการหาประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ ซึ่งมีหัวข้อดังนี้คือ ผลการทดสอบคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติเบื้องต้น ผลการออกแบบและสร้างเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ และผลการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพและความสามารถของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

4.1 ผลการทดสอบคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

จากการทดสอบคั่วข้าวเม่า มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของข้าวเม่าในปริมาณที่แตกต่างกัน และเวลาที่แตกต่างกัน แล้วนำผลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบเครื่องซึ่งทำการทดสอบโดยนำข้าวเม่าที่แห้งแล้วมาคั่วในตะแกรงโดยใช้แรงงานคน ซึ่งขณะคั่วนั้นต้องส่ายตะแกรงไปมาในความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที และใช้ความร้อนเฉลี่ย 80 องศาเซลเซียส และสังเกตลักษณะของข้าวเม่าที่เปลี่ยนแปลงและบันทึกผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบดั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติโดยใช้ตัวอย่างจากข้าวเม่า

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (วินาที)	ลักษณะของข้าวเม่า	ปริมาณ (กรัม)
75	30	เมล็ดมีสีขาวไม่มีรสขม กรอบ แต่เมล็ดยังเหนียวอยู่ และสุกไม่ทั่วถึง มีปริมาณค่อนข้างมาก	100
80	45	เมล็ดข้าวเม่า มีสีขาวและมีสีน้ำตาลเล็กน้อย เมล็ดกรอบไม่เหนียวเปอร์เซ็นต์สุกโดยประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์	100
85	60	เมล็ดข้าวเม่ามีสีน้ำตาลค่อนข้างมาก เปอร์เซ็นต์สุก 100 เปอร์เซ็นต์ แต่มีรสขมมีกลิ่นไหม้เกรียม	100

จากการทดสอบดั่วข้าวเม่าเบื้องต้นดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้ข้าวเม่า 100 กรัม ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

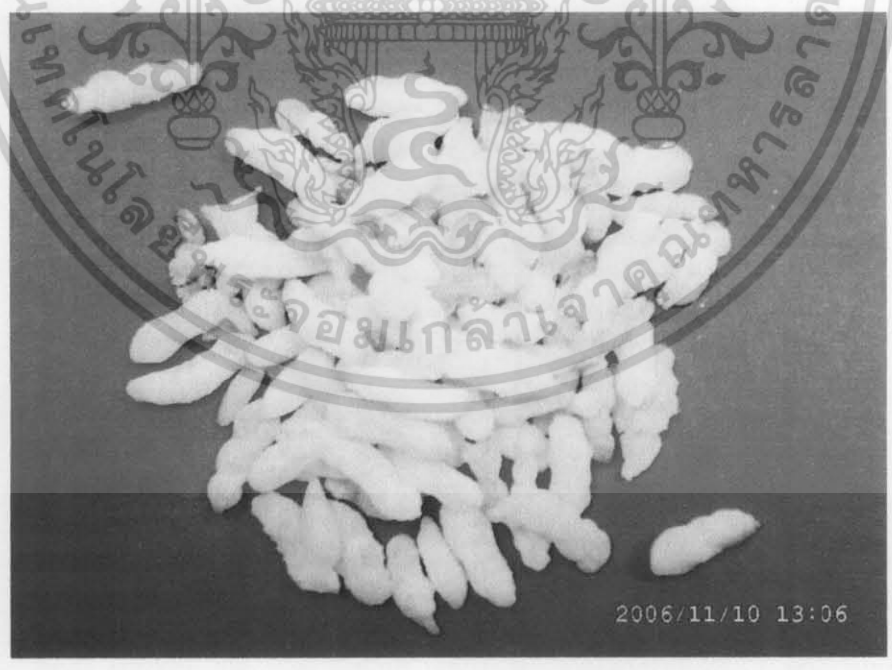
ดั่วครั้งที่ 1 ใช้เวลาในการดั่ว 30 วินาที อุณหภูมิของข้าวเม่าเมื่อดั่วเสร็จคือ 75องศาเซลเซียส น้ำหนัก 100 กรัม ลักษณะของเมล็ดข้าวเม่าที่ได้จะไม่พองตัวเมล็ดลีบและ เปอร์เซ็นต์ของการสุกจะไม่ทั่วถึง เมล็ดยังเหนียวอยู่ ดังในภาพที่ 4.1

ดั่วครั้งที่ 2 ใช้เวลาในการดั่วมากขึ้นคือ 45 วินาที อุณหภูมิของข้าวหลังจากดั่วเสร็จมากขึ้นเป็น 80 องศาเซลเซียส ปริมาณ 100 กรัม ลักษณะของเมล็ดข้าวเม่า มีสีขาวและมีสีน้ำตาลปะปนเล็กน้อย เมล็ดกรอบน่ารับประทาน เปอร์เซ็นต์การสุกของข้าวเม่า ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ ดังในภาพที่ 4.2

ดั่วครั้งที่ 3 ใช้เวลาในการดั่วนานขึ้นอีกคือ 60 วินาที อุณหภูมิก็ของข้าวเม่าหลังจากดั่วเสร็จมากขึ้นตามเวลาที่มากขึ้นเป็น 85 องศาเซลเซียส ลักษณะของเมล็ดข้าวเม่าจะมีสีน้ำตาลค่อนข้างมาก เปอร์เซ็นต์ของการสุก 100 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีกลิ่นไหม้เกรียมและมีรสขม ดังในภาพที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.1 คั่วที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 30 วินาที



ภาพที่ 4.2 คั่วที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 45 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

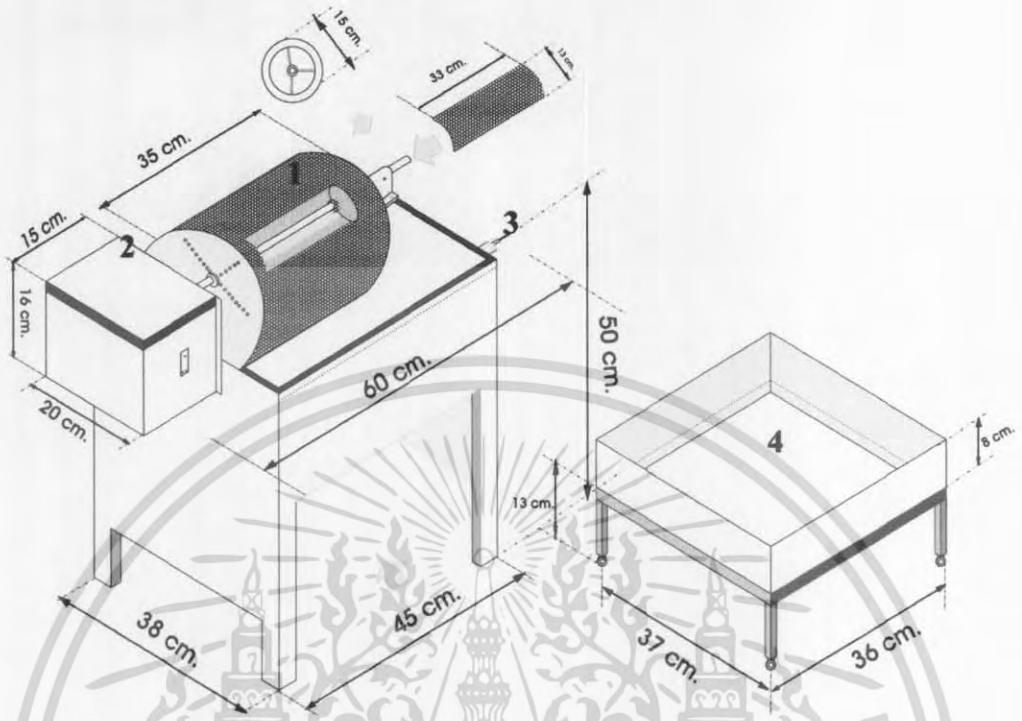
ภาพที่ 4.3 คั่วที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 60 วินาที

4.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

จากการออกแบบและสร้างเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติในหัวข้อ 3.2 ทำให้ได้เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ ดังภาพที่ 4.4 ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

1. ถังคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ
2. ชุดต้นกำลัง
3. ชุดให้ความร้อน
4. ถาดรองรับผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

4.2.1 การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องเมล็ดธัญพืชและธัญชาติมีดังนี้

1. ชุดคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ ทำหน้าที่หมุนเมล็ดธัญพืชและธัญชาติให้เมล็ดโดนไฟได้อย่างทั่วถึง ถังคั่วนี้ได้รับกำลังมาจากมอเตอร์ ซึ่งหมุนด้วยความเร็วรอบ 62 รอบต่อนาที

2. ชุดต้นกำลัง ทำหน้าที่ขับถังคั่วให้หมุน โดยความเร็วรอบของมอเตอร์ หมุน 63.48 รอบต่อนาที

3. ชุดให้ความร้อน เป็นท่อเหล็กยาว 60 เซนติเมตร เจาะรูขนาด 1.5 มิลลิเมตร จำนวน 2 แถว แถวละ 39 รู ระยะห่างระหว่างรู 1.4 เซนติเมตร และติดวาล์วปรับปริมาณแก๊สไว้ที่ทางเข้าของท่อ โดยชุดให้ความร้อนนี้ทำหน้าที่ส่งความร้อนที่เป็นเปลวไฟให้ความร้อนด้านล่างของชุดคั่ว โดยใช้พลังงานจากแก๊สหุงต้มที่ใช้กันทั่วไป

4. ถาดรองรับผลิตภัณฑ์ ทำหน้าที่รองรับผลิตภัณฑ์เมื่อคั่วเสร็จ โดยหมุนตัวถังให้คว่ำแล้วปล่อยให้เมล็ดธัญพืชและธัญชาติตกลงในถาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทำงานของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

เมื่อเตรียมวัตถุดิบพร้อมกับเชื่อมต่อแก๊สเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนแรกของการคั่วคือ เปิดขวาถังคั่วแล้วนำวัตถุดิบใส่ลงถังคั่วปิดฝา[1] เปิดสวิทซ์เครื่อง[2] ปล่อยให้ถังคั่วหมุนไปก่อน แล้วเปิดวาล์ว[3] แก๊สพร้อมกับจุดไฟที่ท่อแก๊ส แล้วปล่อยให้ถังคั่วหมุนแล้วสังเกตดูว่าผลิตภัณฑ์สุกแล้วหรือยัง ถ้าสุกแล้วก็ปิดแก๊สแล้วก็ปิดเครื่อง จากนั้นก็เทผลิตภัณฑ์ลงในถาดรองรับผลิตภัณฑ์[2] (ดังแสดงในภาพ 4.5)

ภาพที่ 4.5 เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ 1. ฝาถังคั่ว 2. ต้นกำลัง (มอเตอร์) 3.วาล์วปรับแก๊ส 4. ถาดรองรับผลิตภัณฑ์

4.3 ผลการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพและความสามารถของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

4.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติโดยใช้ตัวอย่างจากข้าวเม่า

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติที่ประดิษฐ์ตามขั้นตอนที่ 3.2 พบว่าลักษณะของข้าวเม่าที่นำมาทดสอบเมื่อคั่วเสร็จแล้ว มีลักษณะการสุกที่สม่ำเสมอกันที่อุณหภูมิ 75-80 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้คั่ว 160-180 วินาที (ดังตารางที่ 4.2) จะได้เนื้อสัมผัส กรอบไม่เหนียวมาก ลักษณะของสีมีสีขาวปนเหลืองเล็กน้อยน่ารับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติโดยใช้ตัวอย่างจากข้าวเม่า

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (วินาที)	ลักษณะของข้าวเม่า	ปริมาณ (กรัม)
65	120	เมล็ดยังไม่พองตัว เหนียว และสียังออกสีเขียวอยู่ (ดังภาพที่ 3.10)	100
75	150	สีขาวปนสีเขียวเล็กน้อยเล็กน้อย แสดงว่าข้าวเม่ายังสุกไม่หมด (ดังภาพที่ 3.11)	100
85	180	สีขาวปนน้ำตาลเล็กน้อย เปอร์เซ็นต์การสุก 95 เปอร์เซ็นต์	100

4.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติโดยใช้ตัวอย่างจากถั่วลิสง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติที่ประดิษฐ์ตามขั้นตอนที่ 3.2 พบว่าลักษณะของถั่วลิสงที่นำมาทดสอบเมื่อคั่วเสร็จแล้ว มีลักษณะการสุกที่สม่ำเสมอกันที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลาที่เหมาะสมในการคั่ว 10 นาที (ดังตารางที่ 4.3) จะได้เนื้อสัมผัสกรอบไม่เหนียวมาก ลักษณะของสีมีสีขาวปนเหลืองเล็กน้อยน่ารับประทาน

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติโดยใช้ตัวอย่างจากถั่วลิสง

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ลักษณะของถั่วลิสง	ปริมาณ (กรัม)
110	9	เมื่อชิมดูเนื้อสัมผัสยังเหนียวอยู่ในบางเมล็ด (ดังภาพที่ 3.13)	100
120	10	เมื่อชิมดูเนื้อสัมผัสกรอบ เปอร์เซ็นต์การสุก 95 เปอร์เซ็นต์ สีเหลืองเล็กน้อย (ดังภาพที่ 3.14)	100
130	11	มีกลิ่นไหม้ สีเริ่มออกสีน้ำตาลมากขึ้น มีรสขมในบางเมล็ด (ดังภาพ 3.15)	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ผลการประเมินจากช่างผู้เชี่ยวชาญ

ความสามารถของเครื่องสามรถเดินเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติได้นานถึง 1 ชั่วโมง โดยที่มอเตอร์ของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติไม่มีปัญหาติดขัด แต่อย่างไรก็ตามได้ให้ วิศวกร และนายช่างผู้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมอเตอร์ ได้ตรวจสอบความเหมาะสมของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติที่ประดิษฐ์ได้ดังนี้ สรุปผลการประเมินตรวจสอบประสิทธิภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะของผู้ประเมินดังกล่าวด้วย

ตารางที่ 4.4 สรุปผลการประเมินจากช่างผู้เชี่ยวชาญ

ลำดับ	รายการที่ทำการประเมิน	ความคิดเห็น		
		3	2	1
1	ขนาดของเครื่อง	✓		
2	โครงสร้างโดยรวมของเครื่อง		✓	
3	ชนิดของวัสดุ		✓	
4	ความครบถ้วนของอุปกรณ์ในเครื่อง			✓
5	ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง		✓	
6	ความปลอดภัยในการใช้		✓	
7	คุณสมบัติของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ		✓	
8	ความสะดวกในการใช้งาน		✓	
9	คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการผสม		✓	
10	ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่อง		✓	

หมายเหตุ

3 = คือ มีประสิทธิภาพดี เหมาะสม ไม่ต้องมีการแก้ไขปรับปรุง

2 = คือ มีประสิทธิภาพในการทำงานพอใช้

1 = คือ มีประสิทธิภาพไม่ดี ต้องแก้ไขปรับปรุง

ข้อเสนอแนะของผู้ประเมิน

ควรเพิ่มตัวปรับความเร็วของมอเตอร์โดยการใช้ อินเวอร์เตอร์(Inverter) เพื่อที่จะสามารถใช้งานได้หลายๆ ประเภทและรูตะแกรงสามารถปรับเปลี่ยนได้ เพื่อใช้คั่วเมล็ดธัญพืชได้หลายๆ ชนิด มีด้ามจับเวลานำวัตถุดิบออกจากเครื่องเวลาเครื่องร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ต้นทุนการสร้างเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

ต้นทุนการสร้าง เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติได้ใช้วัสดุที่สามารถหาได้ในประเทศไทย ต้นทุนดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ต้นทุนการสร้างแต่ละรายการของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

รายการ	จำนวน/ชิ้น	ราคา/บาท
1. มอเตอร์	1	2,500
2. แผ่นสเตนเลสรู+ ค่าขึ้นรูป	1	1,500
3. เหล็กฉาก	4	400
4. น๊อต	4	40
5. เหล็กเพลา	1	200
6. ตุ๊กตา	2	80
7. สายไฟ+สวิทซ์ไฟฟ้า	1+1	120
8. ลูกล้อ	4	100
9. เหล็กแผ่น	4	400
10. ท่อส่งแก๊ส	1	800
11. วาล์วปิด-เปิดแก๊ส	1	260
12. ต้ามหมุน	1	200
13. ตัวจ่ายประจุไฟฟ้า 200 เวคคัม (VAC) 14 ไมโครฟาร์ท (μF)	1	200
14. ตัวต้านทาน (R) แบบปรับค่าได้	1	40
รวม		6,840

สามารถสรุปค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 6,840 (หกพันแปดร้อยสี่สิบบาทถ้วน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทำงานของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติที่ได้ทำการออกแบบและประดิษฐ์ขึ้นมานั้น เป็นเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ ทำงานโดยอาศัยหลักการหมุนของถังสเตนเลสซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง 22 เซนติเมตร ความยาว 50 เซนติเมตร ขนาดของรูตะแกรง 0.5-0.7 หุน อุปกรณ์ให้ความร้อนโดยใช้แก๊ส ชุดส่งกำลังใช้มอเตอร์แบบซิงโครนัส 220/240 โวลต์ 0.6 แอมแปร์ ความเร็วรอบ 63.48 รอบต่อนาที 100 วัตต์ 1 เฟส ตัวต้านทาน (R) แบบปรับค่าได้ช่วยในการปรับความเร็วการหมุนของมอเตอร์ได้ จากการทดลองคั่วเมล็ดข้าวเม่าที่อุณหภูมิ 3 ระดับ พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่ 85 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการคั่ว 3 นาที ปริมาณ 100 กรัมได้ข้าวเม่าที่มีลักษณะสีขาวปนสีน้ำตาลเล็กน้อยเมล็ดกรอบไม่เหนียว เปอร์เซ็นต์ของการสุกโดยประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นลักษณะที่เหมาะแก่การบริโภค ความสามารถในการคั่ว 8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติสามารถทำงานติดต่อกัน 1 ชั่วโมงโดยไม่หยุดเครื่องสภาพของเครื่องยังปกติดี

จากการทดลองคั่วเมล็ดถั่วลิสงที่อุณหภูมิ 3 ระดับพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่ 120 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้คั่ว 10 นาทีปริมาณ 100 กรัม ได้ถั่วลิสงที่มีลักษณะมีลักษณะกรอบไม่เหนียวสีเหลืองเล็กน้อย เปอร์เซ็นต์ของการสุกของถั่วลิสง ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นลักษณะที่เหมาะแก่การบริโภคและมีความสามารถในการคั่วโดยใช้เครื่องคั่วที่สร้างขึ้นนี้ 3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ต้นทุนที่ใช้ในการประดิษฐ์เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 6,840 บาท ซึ่งใช้ในการจัดซื้ออุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาประดิษฐ์เครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ เช่น มอเตอร์ ท่อส่งแก๊ส แผ่นเหล็กสเตนเลส และอุปกรณ์อื่นๆ เป็นต้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทำงานดังกล่าวพบว่าเมล็ดข้าวเม่าบางเมล็ดไหม้ และเมล็ดข้าวเม่าหลุดออกมานอกถังคั่ว สาเหตุเกิดจากเมล็ดข้าวเม่ามีขนาดเล็กกว่าหรือขนาดเท่ากับรูของตะแกรงถังคั่ว จึงทำให้สูญเสียวัตถุดิบไปบ้างเล็กน้อย แนวทางการแก้ไขเปลี่ยนตัวถังคั่วซึ่งให้มีรูตะแกรงเล็กกว่า 0.5 หุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และควรหา อินเวอร์เตอร์(Inverter) มาติดตั้งเข้ากับตัวมอเตอร์เพื่อช่วยในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เพื่อที่จะสามารถคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติได้หลาย ๆ ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กมล ประกอบวงศ์ และคณะ. 2546. การออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องคั่วถั่วลิสง. กรุงเทพฯ : ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 57 น. อ้างถึง รายงานของ Farrall (1979) และ Whitmon และคณะ (1981)

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.2543. "ข้าวม่า". มข. วิจัย ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 กันยายน . แหล่งที่มา : htt://www.ora.kku.ac.th./Journal3_43/-183k

คณาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.2546. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 528 น.

ฉรงค์ ชอนตะวัน. 2538. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ : กรุงเทพฯ : 238 น.

ฉัฐวรรณ ภู่ภูมิรัตน์ และ ถวิลจิตร์ เย็นใจ. 2545. การประดิษฐ์เครื่องปอกเปลือกและกระทุ้งแกนสับปะรด. กรุงเทพฯ : ปัญหาพิเศษสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 33 น.

_____ .2549. "ถั่วลิสงอบกรอบ". แหล่งที่มา : http : // www. Thaitumbon. Com / tambon/ teatampprodt. Asp? Pape = 1& product = & porcode = 3 & A, 3 ตุลาคม 2549.

_____. 2549. "ถั่วกันเตากรีนนัท". แหล่งที่มา : http : // www. Loxtrade. Com/talog / index , 14 ตุลาคม 2549.

บุญธรรม ภัทราจารุกุล. 2540. เครื่องมือกลในโรงงาน. กรุงเทพฯ : 114-115

_____. 2549. "มอเตอร์กระแสตรง". แหล่งที่มา : http : // www. Skm. Ac. th / skn 422 / file/ moter. Hrm, 9 ตุลาคม 2549.

มงคล ทองสงคราม. 2541. เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : พิมพ์ที่ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พริ้นติ้ง. 187 น.

วีระ รัตนชัย. 2540. เครื่องจักรกลในโรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ. 113-115.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538. เคมีทางธัญญาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ : 148 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 366 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ

3 = คือ มีประสิทธิภาพดี เหมาะสม ไม่ต้องมีการแก้ไขปรับปรุง

2 = คือ มีประสิทธิภาพในการทำงานพอใช้

1 = คือ มีประสิทธิภาพไม่ดี ต้องแก้ไขปรับปรุง

ลำดับ	รายการที่ทำการประเมิน	ความคิดเห็น		
		3	2	1
1	ขนาดของเครื่อง			
2	โครงสร้างโดยรวมของเครื่อง			
3	ชนิดของวัสดุที่ใช้			
4	ความครบถ้วนของอุปกรณ์ในเครื่อง			
5	ขั้นตอนและการทำงานของเครื่อง			
6	ความปลอดภัยในการใช้			
7	คุณสมบัติของเครื่องคั่วเมล็ดธัญพืชและธัญชาติ			
8	ความสะดวกในการใช้งาน			
9	คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการผสม			
10	ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่อง			

ข้อเสนอแนะของผู้ประเมิน

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้