รายงานการวิจัย
การพัฒนาเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวาน สำหรับใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของกลุ่มผู้ประกอบการแปรรูปมะขามหวานจังหวัดเพชรบูรณ์

Development of Seed Separating Tamarind Machine For Processing Product of Tamarind Processed Entrepreneur Groups in Phetchabun

วิทยา หนูช่างสิงห์
สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2558

PCRU_2558_L083

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวาน สำหรับใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของกลุ่มผู้ประกอบการแปรรูปมะขามหวานจังหวัดเพชรบูรณ์

Development of Seed Separating Tamarind Machine For Processing Product of Tamarind Processed Entrepreneur Groups in Phetchabun

วิทยา หนูช่างสิงห์
สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ทุนอุดหนุนโดย งบประมาณแผ่นดินที่พิจารณาจากโดยผ่านความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558

ชื่องานวิจัย การพัฒนาเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานสำหรับใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของกลุ่มผู้ประกอบการแปรรูปมะขามหวานจังหวัดเพชรบูรณ์

ผู้วิจัย วิทยา หนูช่างสิงห์

ผู้ร่วมวิจัย/ที่ปรึกษา ธนภัทร มะณีแสง

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบแยกเนื้อมะขามหวาน โดยใช้การปรับปรุงความผิดพลาดจากเครื่องต้นแบบ วัตถุประสงค์ถูกแบ่งออกเป็น 3 ข้อคือ การศึกษาลักษณะทางกายภาพของฝักมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภู การสร้างเครื่องจักร และการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของเครื่องจักร โดยทดลองกับมะขาม 3 กลุ่มคือ กลุ่ม A ช่วงความโต 12.5 – 13 มิลลิเมตร. กลุ่ม B ช่วงความโต 13.1 – 14 มิลลิเมตร และ กลุ่ม C ช่วงความโต 14.1 – 15 มิลลิเมตร การศึกษาลักษณะทางกายภาพพบว่าฝักของมะขามไม่ได้ตรงเสมอไปบางช่วงจะมีโค้งงอบ้างเล็กน้อย ส่วนความหนาที่เป็นเนื้อและเมล็ดของมะขาม ตลอดความยาวของฝักมะขามจะมีความโตความหนาของเนื้อและเมล็ดมะขามไม่เท่ากัน

ในขั้นตอนประเมินประสิทธิภาพแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ กรรมวิธีการเตรียมวัตถุดิบและการทดลองใช้งาน โดยกรรมวิธีการเตรียมวัตถุดิบที่ดีที่สุดคือ การนำมะขามไปตากแดด ซึ่งเนื้อมะขามจะแห้ง ยังคงรูป และยังเนื้อยังแน่นขึ้น ส่วนขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพของเครื่อง ซึ่งจากการทดสอบพบว่า การทดสอบการทำงานโดยใช้ระดับความเร็วรอบที่มีความแตกต่างกัน ปัญหาจากการใช้งานคล้ายกันในความเร็วทุกระดับคือ เมื่อกรีดมะขามใบมีดจะมีแรงเสียดทานทำให้ความเร็วรอบจะลดลงจึงต้องคอยทำความสะอาดใบมีดอยู่เป็นระยะ อีกสาเหตุที่สำคัญคือ ตลอดความยาวฝักมะขามบางฝักจะมีร่องลึกอยู่ ซึ่งใบมีดที่ใช้กรีดมีระดับความสูงเดียว ซึ่งทำให้ใบมีดกรีดไม่ถึง ส่วนความเร็วที่ดีที่สุดของการกรีดคือความเร็วระดับสูงสุด โดยข้อดีของการใช้ความเร็วในระดับที่สูงที่สุดคือ จะสามารถกรีดได้เร็วกว่าการใช้ความเร็วระดับที่ต่ำกว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาในการกรีดก็ต่ำกว่าเช่นเดียวกัน แต่ข้อเสียของการใช้ความเร็วรอบในระดับที่สูงคือ โอกาสที่ฝักมะขามที่กรีดก็จะกระเด็นออกจากฐานก็จะมีสูงขึ้นตามไปด้วย

คำสำคัญ : เครื่องจักรกล เครื่องแยกเมล็ด มะขามหวานพันธุ์ศรีชมภู

Title Development of Seed Separating Tamarind Machine For Processing Product of Tamarind Processed Entrepreneur Groups in Phetchabun

Author Wittaya Nuchangsing

Co-Researcher Thanapat Maneesaeng

Branch Production Engineering

Phetchabun Rajabhat University

Abstract

This research is to design and develop a prototype Seed Separating Tamarind Machine For Processing Product of Tamarind Processed. The Machine is developing error from the prototype old generation. The aim divide is three terms include intro study the physical strain of sweet tamarind pods Sri Chan. Building machines and testing and evaluating the performance of the machines.The experimenting with tamarind three groups: include intro Group A range grew from 12.5 to 13 mm. Group B range grew from 13.1 to 14 mm, and Group C range was 14.1 to 15 millimeters, the physical characteristics found pods of the tamarind is not always straight. Some will have to bend a little. The thickness of the flesh and seeds of the tamarind. The entire length of tamarind pods are grown thick tamarind pulp and seeds are not equal.

The performance evaluation machine process is divided into two phases is he preparation process and experiment. The best method of preparation is bringing the sun of tamarind which is dry and the meat also remains tight. The process of evaluating the performance of the machine. The tests found The test works by using the speed is different. The problem of the use of all levels are similar in speed. The tamarind tree cutters are friction makes the speed is reduced, thus having to clean the blade periodically. Another important cause is the entire length tamarind pods are some grooves deeply. This blade is used to elevation cut. This causes the blade to sharpen up The best speed of the cut is the highest speed. The advantages of using speed level is the highest. The Machine can cut faster than the speed the lower level. The standard deviation of the time to cut it lower as well. The disadvantage of using the speed is high. Tamarind pods chance to cut it to rebound from the base will be higher as well.

Keywords : Machine, Seed Separating Tamarind Machine, Sweet Tamarind

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอบพระคุณ ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความกรุณา ให้คำปรึกษาแนะนำให้แก่ผู้วิจัย จึงขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

วิทยา หนูช่างสิงห์และคณะ

1 มีนาคม 2559

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญตาราง ..... ง

สารบัญรูป ..... จ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 2

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย 4

1.6 ประโยชน์ของการวิจัย 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 มะขาม 6

2.2 กรรมวิธีการแปรรูป 8

2.3 การลดขนาด 9

2.4 การอบแห้ง 10

2.5 ส่วนประกอบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 13

2.6 การแยกเนื้อมะขามหวาน 30

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 33

3.1 ขั้นตอนการออกแบบ 33

3.2 ลักษณะและการทำงานของเครื่องจักร 34

3.3 วิธีการใช้งานเครื่องจักร 35

บทที่ 4 ผลการวิจัย 38

4.1 ลักษณะทางกายภาพ 38

4.2 การเตรียมวัตถุดิบ 39

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ผลการวิจัย (ต่อ) 38
4.3 การทดสอบและประเมิน 40
4.4 การทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขามหวาน .. 42
บทที่ 5 สรุปและอภิปราย 45
บรรณานุกรม 47
ภาคผนวก 49
ภาคผนวก ก (ภาพตัวอย่างการปฏิบัติงาน) 50
ประวัติคณะผู้วิจัย 51

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 แสดงขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO / R 755 – 1969 14

3-1 ตัวอย่างตารางการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทดสอบประสิทธิภาพ..... 35

3-2 ตัวอย่างตารางการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักร..... 35

4-1 ผลลัพธ์การเลือกวิธีการเตรียมวัตถุดิบ..... 39

4-2 ผลลัพธ์การหาประสิทธิภาพการทำงานเครื่องกรีดมะขามที่ความเร็วรอบระดับต่ำ.... 40

4-3 ผลลัพธ์การหาประสิทธิภาพการทำงานเครื่องกรีดมะขามที่ความเร็วรอบระดับกลาง 41

4-4 ผลลัพธ์การหาประสิทธิภาพการทำงานเครื่องกรีดมะขามที่ความเร็วรอบระดับสูง ... 41

4-5 ผลการประเมินประสิทธิภาพเครื่องต้นแบบเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขามหวาน.... 42

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2-1 การเปลี่ยนรูปของอาหาร 10
2-2 ลักษณะการทำงานของการอบแบบใช้ลมร้อน 11
2-3 ลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย 12
2-4 สกรูชนิดต่างๆ 16
2-5 โบลต์หัวหกเหลี่ยมพร้อมนัต 17
2-6 นัต (NUT) ชนิดต่างๆ 17
2-7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 21
2-8 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 22
2-9 สวิตช์ปุ่มกดที่มีหลอดสัญญาณติดอยู่ (Illuminated push button) 23
2-10 ลักษณะของตลับลูกปืน 24
2-11 ลักษณะของโซ่ 27
2-12 แผ่นอะคริลิค 29
2-13 การปอกเปลือกและดึงรกออก 30
2-14 มะขามที่ปอกเปลือกและดึงรกออกแล้ว 31
2-15 การใช้มีดกรีดมะขาม 31
3-1 ลักษณะของเนื้อมะขามที่เสียรูปจากการแยกเมล็ดโดยใช้เครื่องแยกเมล็ดมะขาม 33
3-2 ลักษณะของเครื่องแยกเมล็ดมะขาม 34
4.1 ลักษณะทางกายภาพของมะขาม 38
4.2 แสดงความหนาส่วนที่เป็นเนื้อและความโตของเมล็ดมะขาม 39

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะขามหวานเปรียบเสมือนพืชที่เป็นเอกลักษณ์และพืชเศรษฐกิจของจังหวัดเพชรบูรณ์ เมื่อนึกถึงเมืองมะขามหวาน ประชาชนโดยทั่วไปก็เข้าใจเป็นอย่างเดียวกันว่าหมายถึง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยมะขามหวานของจังหวัดมีหลายสายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์หมื่นจง พันธุ์สีทอง พันธุ์อินทผาลัม พันธุ์สีชมภู พันธุ์ปากดุก พันธุ์นายเบื้อง พันธุ์หลังแตก พันธุ์น้ำผึ้ง พันธุ์โป่งตูม พันธุ์ผู้ใหญ่มา เป็นต้นซึ่งมะขามหวานมีการปลูกกันแพร่หลายทั่วทุกอำเภอในจังหวัดเพชรบูรณ์ ทั้งจังหวัดมีพื้นที่ทำการเพาะปลูกมะขามหวานประมาณ 85,526 ไร่ ดังนั้นในแต่ละปีจะมีผลผลิตมะขามหวานที่สามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกและกลุ่มอาชีพผู้แปรรูปมะขามหวานเป็นจำนวนมาก

มะขามหวานสามารถนำไปทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย เช่น มะขามหวานไร้เมล็ด มะขามคลุก มะขามแช่อิ่ม มะขามกวน มะขามเปียก น้ำมะขามพร้อมดื่ม และเครื่องสำอางต่างๆ เป็นต้น ซึ่งในการแปรรูปมะขามหวานนั้นจำเป็นจะต้องทำการแยกเมล็ดออกมาให้เหลือแต่เนื้อมะขามหวานเท่านั้น ก่อนที่จะนำไปทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ต่อไป โดยกรรมวิธีในการแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานของกลุ่มผู้ประกอบการผู้แปรรูปมะขามหวานนั้น จะทำโดยการใช้มีดปลายแหลมหรือคัตเตอร์กรีดที่บริเวณท้องของฝักมะขามหวาน จากนั้นใช้ปลายแหลมของมีดหรือคัตเตอร์ทำการแหวกที่รอยกรีด แล้วเขี่ยเมล็ดมะขามหวานออกทีละเมล็ด แต่การแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานด้วยวิธีดังกล่าวนั้นมีอัตราการผลิตต่ำ จากการสอบถามกลุ่มผู้ประกอบการผู้แปรรูปมะขามหวานพบว่า แรงงาน 1 คนในหนึ่งวันสามารถแกะเมล็ดมะขามออกจากเนื้อมะขามได้เพียง 5-6 กิโลกรัม ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการในการนำไปแปรรูปเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์มะขามหวานแปรรูปต่างๆ หากต้องการปริมาณเนื้อมะขามจำนวนมาก ก็จำเป็นต้องใช้แรงงานจำนวนมากในการแกะเมล็ดด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อมะขามที่ผ่านจากแยกเมล็ดออกแล้วมีความสกปรก ในบางครั้งมีการพบเศษผมและฝุ่นละอองปนอยู่ ซึ่งไม่ถูกหลักอนามัย

นอกจากวิธีการแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามจะใช้แรงงานคนแกะแล้ว ยังมีอีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานนั่นคือ การใช้เครื่องจักรช่วยในการแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวาน แต่วิธีการนี้มีต้นทุนของเครื่องจักรสูงมาก จากการสอบถามจากผู้ประกอบการบริษัทไนน์แทมมะรินด์ พบว่าเครื่องจักรที่ใช้ในการแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานมีราคาหลายล้าน

บาท อีกทั้งจะต้องสั่งซื้อเครื่องจักรและใบมีดกรีดมาจากประเทศเยอรมัน หากประเทศไทยสามารถผลิตเครื่องจักรที่ใช้สำหรับแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานได้เองก็จะสามารถลดต้นทุนด้านการผลิตของผู้ประกอบการได้มาก อีกทั้งผู้ประกอบการผู้แปรรูปมะขามหวานรายย่อยก็จะมีกำลังทรัพย์เพียงพอที่จะสามารถซื้อเครื่องจักรได้ เพื่อให้มีอัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้นและผลิตภัณฑ์มีคุณภาพมากขึ้น จนกระทั่งสามารถแข่งขันกับผู้ประกอบการแปรรูปมะขามหวานรายใหญ่ๆ ที่มีกำลังทรัพย์มากๆ ได้

ที่ผ่านมาได้มีการออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับใช้ในการแยกเนื้อมะขามหวานออกมาเพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าวของผู้ประกอบการแปรรูปมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยตัวเครื่องทำด้วยสแตนเลส สามารถควบคุมความเร็วในการกรีดได้ (วิทยา) จากการทดสอบการทำงานพบว่า สามารถกรีดมะขามโดยไม่ให้เสียรูปและเนื้อฉีกขาดได้เพียง 20% เท่านั้นจากจำนวนมะขามทั้งหมด สาเหตุอันเนื่องมาจากความชื้นในเนื้อมะขามทำให้ มะขามเกิดการเสียรูป ทำให้การกรีดสามารถทำได้ยาก จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นประกอบกับผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจปัญหา ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการจัดการเทคโนโลยีเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มผลผลิตเนื้อมะขามหวานสำหรับนำไปใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ด้วยการออกแบบและสร้างเครื่องเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขามหวาน สำหรับกลุ่มอาชีพผู้แปรรูปมะขามหวานจังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อก่อให้เกิดการเพิ่มผลผลิต ลดแรงงานจากคน ผลิตภัณฑ์มะขามหวานมีความสะอาด ถูกสุขอนามัย และเพิ่มความปลอดภัยระหว่างปฏิบัติงานวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของฝักมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูสำหรับนำมาใช้ในการออกแบบเครื่อง

1.2.2 เพื่อพัฒนาเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภู

1.2.3 เพื่อทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของเครื่อง

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่าง

1.3.1.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ มะขามหวานสายพันธุ์ศรีชมภู

1.3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยจะมีการแบ่งตามขนาดความโตของฝักมะขาม ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่มดังนี้

1) กลุ่ม A ช่วงความโต 12.5 – 13 มม.

2) กลุ่ม B ช่วงความโต 13.1 – 14 มม.

3) กลุ่ม C ช่วงความโต 14.1 – 15 มม.

1.3.1.3 กลุ่มตัวอย่างที่นำมาทดสอบคุณภาพและประสิทธิภาพของเครื่องต้องผ่านการอบแห้งเพื่อลดความชื้นมาก่อน

1.3.1.4 ประชากรผู้ทำการประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพของเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวาน ได้แก่ กลุ่มผู้ประกอบการผู้แปรรูปมะขามหวานจังหวัดเพชรบูรณ์ และผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและสร้างเครื่องจักร

1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

1.3.2.1 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาลักษณะทางกายภาพของมะขามหวานสำหรับนำมาใช้ในการออกแบบเครื่อง ได้แก่ ขนาดความโตของฝัก รูปทรงของฝักมะขาม ความชื้นของเนื้อมะขาม

1.3.2.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาเพื่อพัฒนาเครื่อง ได้แก่ ผลการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

1.3.2.3 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาเพื่อทดสอบคุณภาพของเครื่อง ได้แก่ ความสามารถในการแยกเนื้อออกจากเมล็ด ความสามารถในการคงสภาพของฝักมะขามหวานเดิม อัตราเร็วในการทำงาน

1.3.2.4 การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานโดยกลุ่มผู้ประกอบการผู้แปรรูปมะขามหวานจังหวัดเพชรบูรณ์ และผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและสร้างเครื่องจักร จะแบ่งการประเมินออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1) ด้านรูปแบบคุณลักษณะของเครื่อง
2) ด้านความสะดวกในการปฏิบัติงาน
3) ด้านความปลอดภัย
4) ด้านผลผลิตที่ได้ออกมา

1.3.3 ขอบเขตด้านพื้นที่

1.3.3.1 พื้นที่ในการวิจัยด้านการศึกษาลักษณะทางกายภาพของมะขามหวานสำหรับนำมาใช้ในการออกแบบเครื่อง ได้แก่ พื้นที่ที่มีกลุ่มผู้ประกอบการผู้แปรรูปมะขามหวานในจังหวัดเพชรบูรณ์

1.3.3.2 พื้นที่ในการวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวาน ได้แก่ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

1.3.3.3 พื้นที่ในการวิจัยเพื่อทดสอบคุณภาพของเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวาน ได้แก่ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

1.3.3.4 พื้นที่ในการวิจัยเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวาน ได้แก่ กลุ่มมะขามหวานแปรรูปไร่บุญคง กลุ่มเกษตรอุตสาหกรรมท่าพล บริษัทไนน์แทมมะรินด์ และบริษัทสารัช มาร์เก็ตติ้งจำกัด

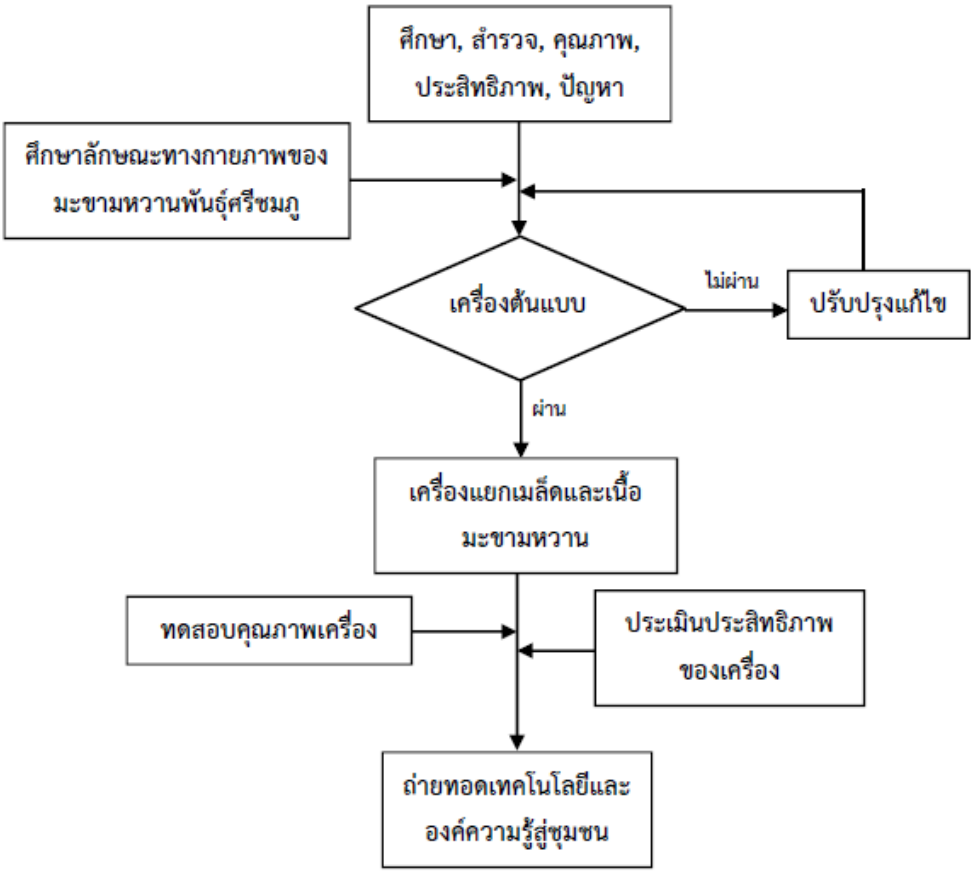
1.3.3.5 พื้นที่ในการวิจัยเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีสู่ชุมชนในจังหวัดเพชรบูรณ์ ได้แก่ กลุ่มมะขามหวานแปรรูปไร่บุญคง และกลุ่มเกษตรอุตสาหกรรมท่าพล ซึ่งกลุ่มเหล่านี้เป็นกลุ่มชุมชนผู้แปรรูปมะขามหวานในจังหวัดเพชรบูรณ์

1.3.4 ขอบเขตด้านระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย 1 ปี

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

1.4.1 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย



1.4.2 สมมุติฐานของการวิจัย

1.4.2.1 เครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานที่พัฒนาขึ้นมา ต้องสามารถแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ50 และเนื้อมะขามหวานที่แยกออกมาต้องยังคงสภาพของฝักเดิมไม่น้อยกว่าร้อยละ 50

1.4.2.2 เครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานที่พัฒนาขึ้นมา จะสามารถช่วยแก้ปัญหาเรื่องความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของแรงงาน และต้องทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อมะขามหวานมีความสะอาด ถูกหลักอนามัย ปราศจากสิ่งปลอมปน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มะขามไร้เม็ดซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากมะขามที่ได้รับความนิยมของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ โดยสินค้าดังสามารถสร้างรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการเป็นจำนวนมาก แต่ขั้นตอนการผลิตนั้นทำได้ยาก โดยปกติแล้วการนำเมล็ดมะขามออกจากเนื้อมะขามจะทำด้วยมือ ซึ่งเป็นการนำมีดปลายแหลมมาใช้ในการแยกเมล็ด บ่อยครั้งที่แรงงานถูกมีดบาด รวมถึงกระบวนการผลิตทำได้อย่างล่าช้าดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและสร้างเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขามหวาน เพื่อนำไปในขั้นตอนการผลิตดังกล่าว ซึ่งจะช่วยให้สามารถผลิตได้รวดเร็วขึ้นทันต่อความต้องการ ลดแรงงาน อัตราการเกิดอุบัติเหตุ มีความสะอาดถูกหลักอนามัย เนื้อหาในบทที่ 2 จะประกอบด้วย ทฤษฎี และองค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องแยกเมล็ดมะขาม ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วนประกอบด้วย เนื้อหาทีเกี่ยวข้องกับมะขาม การแปรรูป การสร้างเครื่องจักร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะขาม

มะขามเป็นไม้เขตร้อน มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกาแถบประเทศซูดาน ต่อมามีการนำเข้ามาในประเทศแถบเขตร้อนของทวีปเอเชีย และประเทศแถบลาตินอเมริกา ในปัจจุบันมีมากในประเทศเม็กซิโก การปลูกมะขามหวานในประเทศไทยในแต่ละพื้นที่ พันธ์มะขามที่ปลูกจะแตกต่างกันออกไป โดยพันธุ์มะขามหวานที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบูรณ์มีดังนี้

2.1.1 พันธ์มะขามหวาน

2.1.1.1 พันธุ์หมื่นจง เปลือกของฝักเป็นสีน้ำตาลเข้มเนื้อสีเหลืองเหมือนฟักทองกวน เปลือกลำต้นเข้มเกือบดำ ใบใหญ่สีเขียวสด ใบไม่มาก และไม่หนาทึบ ฝักมีขนาดปานกลาง ฝักโค้งเป็นรูปวงฆ้อง บางฝักโค้งเกือบจรดกัน เมล็ดเล็ก เนื้อหนา มีรสหวานเป็นมะขามพันธุ์หนักเก็บเกี่ยวช้าฝักแก่เก็บได้ประมาณเดือนกุมภาพันธ์ น้ำหนักฝักประมาณ 30-35 ฝักต่อกิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงถึงร้อยละ 45.20 ข้อเสียของพันธุ์นี้คือ เป็นพันธุ์ที่มีใบน้อย ทำให้ติดดอกออกฝักไม่ค่อยดก และมักออกเว้นปีถ้ากระทบฝนช่วงฝักแก่ฝักจะแตก ในปัจจุบันไม่ค่อยนิยมปลูกกัน

2.1.1.2 พันธุ์สีทอง เปลือกของลำต้นสีค่อนข้างขาวนวลลายแตกของเปลือกละเอียด ใบใหญ่และบาง ใบมีน้อย ออกดอกช้ากว่าพันธุ์อื่น ๆ ถ้าฝนแรกมาช้าจะออกดอกช้า ลักษณะฝักโค้งใหญ่ยาว เมล็ดเล็ก เป็นพันธุ์ที่มีขนาดฝักใหญ่ เนื่องจากมะขามหวานพันธุ์นี้เป็นมะขามหวานพันธุ์

หนัก ฝักเลยแก่ช้า ฝักแก่เก็บได้ราว ๆ ปลายเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม การติดฝักไม่ค่อยจะดก และมักออกปีเว้นปี พันธุ์นี้เคยชนะเลิศการประกวดประเภทฝักโค้งใหญ่มาเกือบทุกปี จำนวนฝักประมาณ 25-30 ฝักต่อกิโลกรัม

2.1.1.3 พันธุ์ขันตี ใบถี่และเล็ก ใบหนาสีเขียวเข้ม ลักษณะทรงพุ่มคล้ายพันธุ์น้ำผึ้งมาก ลำต้นคล้ายพันธุ์สีทอง คือเปลือกค่อนข้างขาว มีลายแตกตามยาวละเอียดกว่าพันธุ์สีทอง ฝักค่อนข้างตรง แต่ฝักสั้นกว่า และมองเห็นเป็นข้อปล้องชัดกว่าพันธุ์ศรีชมภู ออกดอกเดือนพฤษภาคม และเก็บได้ประมาณต้นเดือนมกราคม ผลผลิตเฉลี่ย 50 กิโลกรัมต่อต้น (อายุ 6-7 ปี) พันธุ์นี้ได้รับการส่งเสริมโดย ครูนิยม เหมพนม ครูใหญ่โรงเรียนบ้านท่าพล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นพันธุ์ที่ผลผลิตดกดีมากเพราะว่าดกไม่เว้นปี

2.1.1.4 พันธุ์อินทผาลัม ลายแตกของเปลือกลำต้นละเอียดพอ ๆ กับหมื่นจงแต่ว่าหยาบกว่าพันธุ์ขันตี ใบเขียวเข้มทึบ ใบใหญ่และถี่ปานกลาง ยอดอ่อนมีสีเขียวอ่อน ทรงพุ่มค่อนข้างไปทางทรงกระบอก ฝักค่อนข้างโค้งบ้างไม่มาก แบนเรียบ ค่อนข้างกลม เนื้อเป็นสีน้ำตาลเหมือนสีเนื้ออินทผาลัม เนื้อฉ่ำ เมล็ดล่อน มีรสชาติอร่อยเฉพาะตัว ฝักแก่ประมาณกลางเดือนธันวาคมถึงปลายเดือนธันวาคม ซึ่งแก่พร้อมกับพันธุ์ศรีชมภู ผลผลิตปานกลาง ทนแล้งได้ดีกว่าพันธุ์อื่น ๆ แต่มีข้อเสีย คือ มีเมล็ดใหญ่

2.1.1.5 พันธุ์ประกายทอง เปลือกของลำต้นเรียบเกล็ดเล็กคล้ายพันธุ์อินทผาลัม แต่สีของเปลือกเป็นสีเทาอ่อน ยอดอ่อนมีสีเขียวอมเหลือง ดอกเหลืองอ่อนเช่นเดียวกับพันธุ์อินทผาลัม น่าจะกลายพันธุ์จากอินทผาลัม แต่ฝักมีขนาดใหญ่กว่า ฝักกลมตรง โค้งเล็กน้อย รสชาติหวานสนิท เมล็ดเล็กร่อน เปลือกบาง แก่เร็ว เป็นมะขามหวานพันธุ์เบาซึ่งเก็บเกี่ยวได้ในเดือนธันวาคม ในบางปีอาจสุกตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ข้อเสียของพันธุ์ประกายทองคือเกิดเชื้อราสาเหตุมาจากเปลือกบาง เนื้อหนามาก ความชื้นในฝักสูง การเก็บฝักต้องเก็บอย่างระมัดระวังเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นมะขามหวานที่มีฝักขนาดใหญ่และติดฝักดกสม่ำเสมอ จึงต้องให้ปุ๋ยอย่างพอเพียงเพื่อไม่ให้รสชาติเปลี่ยนแปลงไป

2.1.1.6 พันธุ์ศรีชมภู ใบมีสีเขียวแก่ยอดอ่อนสีแดงเข้มออกแดงปนเหลืองมองเห็นได้ชัด ยอดอวบกว่าอินทผาลัม ทรงพุ่มเป็นทรงกระบอกแน่นทึบ เปลือกลำต้นสีน้ำตาลเข้มลายแตกของเปลือกต้นหยาบ ฝักใหญ่และยาวค่อนข้างตรงและกลม ที่ตรงฝักมีร่องอกแบนหรือเรียกว่า“ท้องปิง” เปลือกฝักสีน้ำตาลอ่อนปนเทา เนื้อมีรสหวานสนิท บางต้น อมเปรี้ยวนิด ๆ เนื้อสีน้ำตาลอมเหลือง สาแหรก (รก) มีเนื้อน้อย เยื่อหุ้มเมล็ดบางไม่เหนียว ความดกปานกลางถึงดกมาก เป็นมะขามหวานพันธุ์เบารองมาจากพันธุ์น้ำผึ้ง ฝักแก่เก็บได้ประมาณเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตเร็ว มะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูนี้มีข้อสังเกตอยู่ว่ารสชาติเปลี่ยนได้ง่ายในบางต้น ตาม

สภาพดินฟ้าอากาศของแต่ละปี คือถ้าปีไหนแล้งจัด ต้นไม่สมบูรณ์หรือฝนตกชุกเกินไป รสชาติออกมาอมเปรี้ยวบ้าง แต่ไม่ถึงกับเสียรสชาติมะขามหวานไปมากนัก จุดอ่อนอีกอย่างหนึ่งคือเปลือกบาง ฝักแตกง่าย การเก็บเกี่ยวหรือการบรรจุกล่องหรือการขนส่งต้องทำอย่างระมัดระวัง

2.1.2 ลักษณะของฝักมะขาม แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

ฝักดาบ มีลักษณะฝักค่อนข้างแบนและโค้งเล็กน้อยคล้ายดาบ ฝักฆ้อง มีลักษณะฝักโค้งวนมาเกือบจรดกัน มีลักษณะเหมือนฆ้องวง ฝักดิ่ง มีลักษณะฝักเหยียดตรงค่อนข้างยาว ไม่โค้งงอเหมือน 2 ชนิดแรก ฝักดูก มีลักษณะเป็นปล้อง เปลือกนูนขึ้นมาเป็นเหลี่ยมมองเห็นได้ชัดเจน ในงานวิจัยชิ้นนี้คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้มะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูเพราะมีลักษณะเป็นฝักตรงและยาว เนื้อเหนียวหนาซึ่งต่างจากมะขามพันธุ์อื่น และเป็นที่ต้องการของตลาด

2.2 กรรมวิธีการแปรรูป

การแปรรูป คือ การเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส แต่ยังคงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไว้ โดยมีเป้าหมายเพื่อด ชะลอการเน่าเสีย การแปรรูปเป็นวิธีที่เพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค รวมไปถึงเพื่อยืดอายุของอาหาร ซึ่งวิธีในการแปรรูปมะขามมีอยู่หลายวิธี แบ่งออกเป็น 6 วิธีดังนี้

2.2.1 การแปรรูปโดยการใช้ความร้อน เป็นการใช้ความร้อนเพื่อทำลายหรือยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และจุลินทรีย์

2.2.2 การแปรรูปโดยใช้ความเย็น เป็นการลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส เพื่อยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ ชะลอการเน่าเสีย และลดอัตราการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของอาหาร

2.2.3 การทำให้แห้ง เป็นการดึงน้ำออกจากอาหาร เพื่อทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโต รวมทั้งลดการทำงานทางชีวเคมีของอาหารด้วย

2.2.4 การหมักดองเป็นการถนอมอาหารโดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดเพื่อให้สารดังกล่าวไปช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียหรือเกิดโรค ตลอดจนลดการทำงานของเอนไซม์ในอาหาร

2.2.5 การแปรรูปโดยการใช้สารเคมีเป็นวิธีการใช้สารเคมีเพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการทำงานของปฏิกิริยาทางชีวเคมีของอาหาร

2.2.6 การแปรรูปโดยการฉายรังสีอาหาร เป็นการนำเอาอาหารที่บรรจุในภาชนะหรือหีบห่อที่เหมาะสมไปผ่านการฉายรังสีแกมมา หรือรังสีเอกซ์ หรือ อิเล็กตรอนในห้องกำบังรังสีในปริมาณรังสี

ที่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของการฉายรังสี เช่น การฆ่าเชื้อโรคและพยาธิ การยับยั้งการทำลายของแมลง การยืดอายุการเก็บรักษา การยับยั้งการงอก และการชะลอการสุก

2.3 การลดขนาด

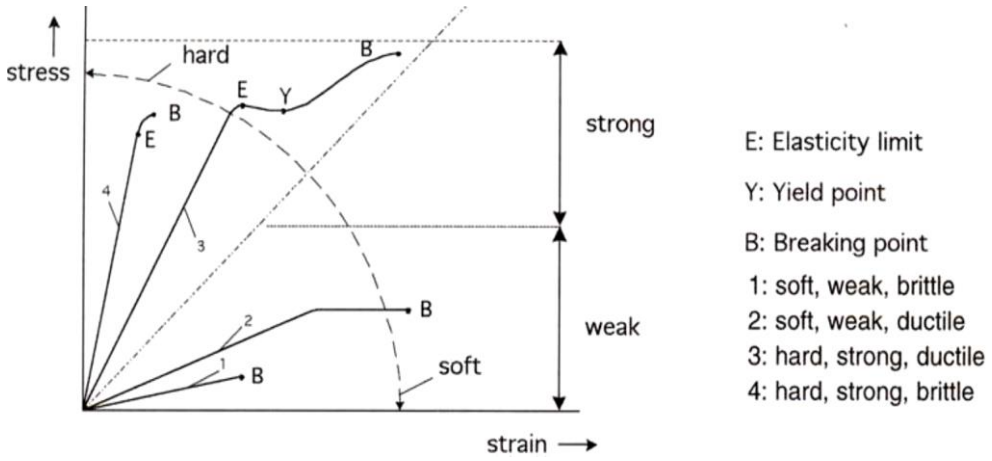
การลดขนาด เป็นวิธี ที่ทำให้อาหารที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง และเป็นการปรับปรุงคุณภาพของอาหารเพื่อนำไปรับประทาน ในขั้นตอนการลดขนาดอาจเกิดการ คุณภาพอาหารเสื่อมลงเนื่องจากสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการในอาหารซึมออกจากชิ้นอาหาร และเนื่องจากอาหารมีพื้นที่ผิวมากขึ้นสารอาหารบางอย่างที่เป็นประโยชน์ต่อเอนไซม์หรือจุลินทรีย์ได้ซึมออกมาซึ่งมีผลจากการบดหรือเฉือนอาหาร ทำให้เอนไซม์หรือจุลินทรีย์เข้าไปทำปฏิกิริยากับชิ้นส่วนอาหารทำให้สมบัติของอาหารบางอย่างเปลี่ยนไป เช่น รสชาติ คุณค่าทางอาหาร อาจทำให้อาหารเน่าเสียได้ง่าย

2.3.1 ประโยชน์ของการลดขนาดอาหาร มีหลายประการ ตัวอย่างเช่น ทำให้อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของอาหารเพิ่มสูงขึ้นทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อน อัตราการถ่ายเทมวลสารเพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้ร่วมกับขั้นตอนการคัดเลือกด้วยตะแกรงจะได้อาหารที่มีขนาดตามความต้องการของกระบวนการผลิตอาหารนั้นๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีคุณภาพตามที่ต้องการ นอกจากนี้ขนาดชิ้นจะมีขนาดสม่ำเสมอกันจะทำให้การผสมเป็นไปอย่างสมบูรณ์ และสุดท้ายใช้สำหรับการสกัดองค์ประกอบที่ต้องการออกจากโครงสร้าง เช่น การสกัดแป้งจากเมล็ดข้าวสาร

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกเครื่องลดขนาด ปัจจัยในการลดขนาดของอาหาร ประกอบด้วย ความแข็งของวัตถุดิบ โครงสร้างของวัตถุดิบ และความชื้นซึ่งวัตถุดิบที่มีความแข็งมากจะใช้กำลังในการลดขนาดสูง และมี residence time ใน action zone นาน เครื่องลดขนาดที่ใช้ควรจะมีความจุ (capacity) ใหญ่ขึ้นและทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงเพื่อทนต่อการรับแรงได้ดี ในส่วนของโครงสร้าง ถ้าหากโครงสร้างของวัตถุดิบมีผลต่อการลดขนาดมากที่สุดถ้าหากโครงสร้างของวัตถุดิบมีลักษณะแข็งกรอบก็จะทำแตกและหักได้ง่ายและถ้าวัตถุดิบมีความชื้นมากก็จะทำให้ติดกับผิวสัมผัสของอุปกรณ์อาจเกิดความเสียหายของชิ้นงานได้ และ ความชื้นจะมีทั้งผลดีและผลเสียแต่ถ้าหากค่าของความชื้นมีมากกว่า 2-3% ขึ้นไปอาจทำให้วัตถุดิบเหนียวติดกันเป็นก้อนภายในของเครื่องจักร ดังนั้นจึงต้องควบคุมความชื้นของวัตถุดิบให้มีค่าที่เหมาะสม

เครื่องลดขนาด จะมีความร้อนเกิดขึ้นเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างอนุภาค เมื่ออาหารได้รับแรงเค้นมากระทำ เนื้อเยื่ออาหารจะดูดซับแรงเค้นไว้ ทำให้เกิดความเครียดภายในอาหารซึ่งทำให้เนื้อเยื่อ ของอาหารเกิดการเสียรูป ดังภาพที่ 2.5 ถ้าแรงที่มากระทำมีค่าน้อยกว่าค่า เมื่อหยุดให้แรงเฉือน อาหารก็จะกลับคืนสู่รูปเดิม และปล่อยพลังงานที่สะสมไว้ในช่วงรับแรงเค้นออกมา ในรูปของความร้อนแต่ถ้าแรงเค้นที่มากระทำต่ออาหารมีค่ามากกว่าค่า elastic stress limit อาหารจะเสีย

รูปไป ถ้าให้แรงเค้นกระทำต่ออาหารอย่างต่อเนื่อง ความเครียดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงจุด yield point (Y) ถ้าเลยจากจุดYไป อาหารเริ่มเกิดการไหล (ช่วง Y-B เป็นช่วงที่อาหารเกิดความอ่อนตัว) จนกระทั่งเมื่อแรงเค้นที่กระทำต่ออาหารเกินจุด breaking stress (B) อาหารจะแตกหัก ส่วนพลังงานที่สะสมในอาหารก็จะเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานเสียงและความร้อน เมื่ออาหารแตกหักเป็นชิ้นๆ ชิ้นส่วนอาหารจะมีค่า breaking stress เพิ่มมากขึ้น หรือเกิดรอยแตก (fissures) ขึ้นมาใหม่ซึ่งจะทำให้ชิ้นส่วนอาหารแตกออกไปเรื่อยๆ แต่การที่จะทำให้ขนาดของชิ้นอาหารเล็กลงไปอีกจะต้องใช้แรงเค้นที่มากขึ้นซึ่งหมายถึง พลังงานที่ต้องใช้ในการลดขนาดเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการกำหนดขนาดในขั้นตอนการลดขนาดจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียพลังงาน



ภาพที่ 2-1 การเปลี่ยนรูปของอาหาร

ที่มา (www.nan.rmutl.ac.th/webnew/read/pakit/units%203%20(PowerPoint).pdf , 2554 ก.ย.15)

2.4 การอบแห้ง

การอบแห้ง คือการทำแห้งหรือการกำจัดน้ำ การใช้ความร้อนเพื่อกำจัดน้ำที่อยู่วัสดุโดยการระเหยน้ำหรือการระเหิดจากของแข็ง โดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนซึ่งจะเกิดตรงจุดที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างจุดสองจุด หรืออาศัยหลักการอบแห้งการลดความชื้นในระบบ การถ่ายเทความร้อนมี 3 แบบ คือ การพาความร้อน จะเกิดกับวัตถุดิบที่เป็นของเหลว โดยกระแสความร้อนจะถูกพาผ่านช่องว่างที่เป็น อากาศหรือแก๊สจากของเหลวชนิดหนึ่งไปยังของเหลวอีกชนิดหนึ่ง หรือการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนจาก โมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งจะเกิดกับวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นของแข็ง และสุดท้ายเป็นการการแผ่

รังสี ซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนไปยัง วัตถุดิบซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีอบในสุญญากาศ และการอบแห้งแบบเยือกแข็ง ในทางปฏิบัติ การถ่าย เทความร้อนในการอบแห้งอาจเกิดขึ้นพร้อมกันทั้ง 2 หรือ 3 แบบก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบที่นำไปอบแห้ง ประเภทการอบแห้งแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

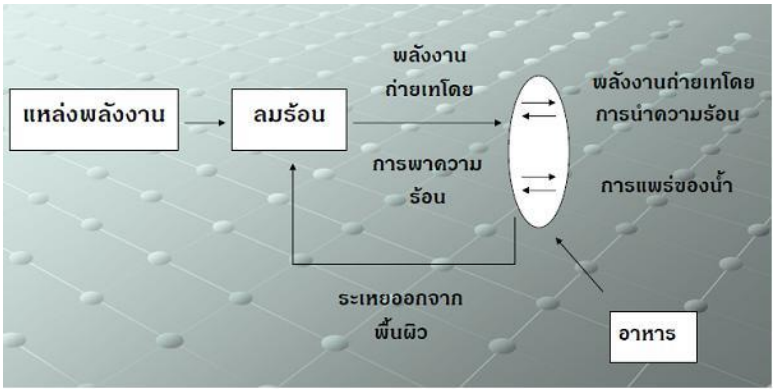
2.4.1 การอบแห้งโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นระบบการอบแห้งแบบระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยกระแสลมที่พัดเป็นตัวกลางพาความร้อนจากแหล่งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยมีลักษณะของการทำงานดังนี้

2.4.1.1 เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ เป็นการวางวัตถุไว้ที่กลางแจ้ง อาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ

2.4.1.2 ตู้อบแห้งแบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง วัตถุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยวัสดุที่โปร่งใส ความร้อนที่ใช้อบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัวเอง อากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเท อากาศชื้น

2.4.1.3 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัตถุที่อยู่ภายในจะได้รับความร้อน 2 ทาง คือ ทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศร้อนก่อนที่จะผ่านการอบแห้ง

2.4.2 การอบแห้งโดยใช้ลมร้อน การอบแห้งโดยใช้ลมร้อน ใช้กระแสลมร้อนสัมผัส กับวัตถุดิบ เช่น ตู้อบลมร้อน (Hot air dryer) โดยจะใช้ Blower ในการเป่าลมร้อน จากแหล่งหลังงานความร้อนคือ Heater ไปยังวัตถุดิบ

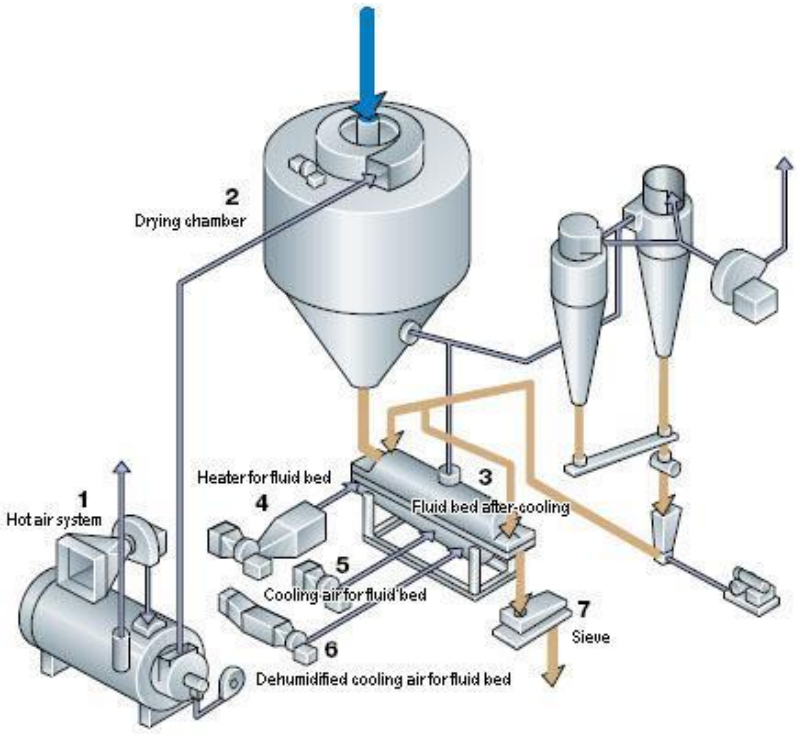


ภาพที่ 2-2 ลักษณะการทำงานของการอบแบบใช้ลมร้อน

ที่มา (http://dryer.siam2web.com/,2554 ต.ค.14)

การนำไปประยุกต์ใช้ โดยทั่วไปแล้วจะใช้ในการอบแห้งวัตถุดิบในทางอุตสาหกรรม เพื่อทำให้ วัตถุดิบแห้ง ก่อนที่จะเริ่มกระบวนการต่อไป ข้อดีคือ สามารถทำการอบแห้งได้ในอัตราการผลิตที่คงที ประสิทธิภาพในการทำงานสูง ควบคุมการทำงานได้ดี แต่ข้อเสียคือวิธีนี้สิ้นเปลืองพลังงานมาก เพราะจะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิง ในการสร้างความร้อน และหมุน Blower

2.4.3 การอบแห้งด้วยการพ่นวัตถุดิบที่เป็นของเหลวไปในลมร้อน เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) มีกระบวนการ เริ่มจาก อากาศจะถูกดูดผ่าน filter และผ่านตัวให้ความร้อน จากนั้นจึงเข้าสู่ห้องอบแห้ง (drying chamber) ส่วนวัตถุดิบที่ใช้ spray (feed) ควรมีลักษณะเหลว จากนั้นสารละลายของเหลวจะถูกดูดโดยปั๊มผ่านอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดละอองฝอยภาย ในห้องอบและจุดสัมผัสกับอากาศร้อนทำให้เกิดการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า อุณหภูมิกระเปาะเปียกเล็กน้อย จะได้ผงผลิตภัณฑ์ที่ตกลงสู่ด้านล่างของ drying chamber และผงบางส่วนที่หลุดมากับอากาศจะถูกแยกโดยใช้ cyclone จนได้ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายในกระบวนการอบด้วย spray dryer นั้น



ภาพที่ 2-3 ลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

ที่มา (http://dryer.siam2web.com/,2554 ต.ค.14)

การประยุกต์ใช้งาน การใช้งานโดยทั่วไปจะใช้กับวัตถุดิบที่เป็นน้ำเพื่อทำให้เป็นผง ใช้ในกระบวนการผลิตยา เช่นในอุตสาหกรรมนมผง ไข่ผง กาแฟผง และผงซักฟอก การอบแห้งด้วยการพ่นวัตถุดิบที่เป็นของเหลวไปในลมร้อนจะเหมาะสำหรับการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่เป็นผงแห้งจำนวนมาก อุณหภูมิที่ใช้ไม่ต้องสูงมากนัก แต่ก็มีข้อเสียคือแกระบวนการในการติดตั้งระบบ มีความซับซ้อน

2.5 ส่วนประกอบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

2.5.1 เพลา เป็นชิ้นส่วนที่หมุนเคลื่อนที่ตามแนวเส้นรอบวงขณะใช้งาน ใช้ส่งถ่ายโมเมนต์แรงบิดและถ่ายทอดแรงหมุนของชิ้นส่วนทางกลที่ติดตั้งอยู่กับเพลา เช่น พูลเล่ย์ ล้อเฟือง คลัปปลิ้ง เฟืองโซ่ หรือลูกเบี้ยว เป็นต้น ภาระที่กระทำกับเพลาจึงเกิดขึ้นทั้งการหมุนบิด และการโค้งงอ ลักษณะของเพลาโดยทั่วไปมีอยู่ 3 ประเภทคือ

2.5.1.1 เพลาส่งกำลัง (TRANSMISSION SHAFTS) เพลาชนิดนี้ใช้เฉพาะการบิดหรืออาจรับทั้งการบิดและการดัดผสมกันก็ได้ การส่งกำลังจะถ่ายทอดผ่านเพลาโดยอาศัยแผ่นประกบต่อเพลา(COULPING)ผ่านเฟือง ผ่านพูลเล่ย์ ผ่านสายพาน จานโซ่ หรือโซ่ เป็นต้น

2.5.1.2 เพลารองรับภาระ เป็นเพลาชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเช่นกัน ขณะใช้งานเพลาชนิดนี้อาจหมุนหรือไม่ก็ได้ แต่ที่สำคัญเพลาชนิดนี้ไม่ได้ส่งกำลังจะทำหน้าที่เป็นตัวรองรับชิ้นส่วนอื่นให้หมุน เช่น เพลาลูกกรอกสายพาน เพลาลูกล้อสลิงต่างๆซึ่งเป็นเพลาที่รับภาระน้ำหนักของอุปกรณ์อื่นที่กดทับทำให้สภาพการเสียหายของเพลาเกิดการดัดงอเป็นส่วนใหญ่ เช่น เพลา ล้อรถไฟ เป็นต้น

2.5.1.3 เพลาขับเคลื่อน เพลาขับเคลื่อนมีหน้าที่รับและส่งต่อพลังงาน จากเกียร์ไปสู่ล้อในลักษณะการหมุน ฉะนั้นเพลาขับเคลื่อนจึงต้องทำงานหนักมากที่สุดตัวหนึ่ง จึงเกิดการสึกหรอได้ง่ายมากหากขาดซึ่งการดูแลเอาใจใส่อย่างถูกวิธี ดังที่กล่าวมาแล้ว หากได้รับการดูแลอย่างดีแล้ว เพลาขับอาจมีอายุการใช้งานถึง 300,000 กม. หรือมากกว่า

2.5.2 การออกแบบเพลา การคำนวณหาขนาดเพลาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้นมุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ นั่นคือ เพลาจะต้องมีความแข็งแกร่งอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการ ถ้าหากมุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้ว ยังอาจก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนมีผลให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลาอยู่ เกิดความเสียหายได้ง่ายยิ่งขึ้นการออกแบบการคำนวณเพลา ในการออกแบบหาขนาดของเพลา จะต้องพิจารณาสิ่งเหล่านี้

2.5.2.1 วัสดุที่ใช้ทำเพลา ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเพลา ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เพลาต้องรับเป็นหลักโดยทั่วไปแล้ว เราจะพิจารณาเลือกวัสดุและวิธีการผลิตเพลาตามขนาดระบุเพลา โดยปกติเพลาจะทำจากวัสดุต่างๆ ดังนี้

1) เหล็กเหนียว หรือเหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) ได้แก่ st37 st42 st44 st50 และst60 หากรับภาระไม่มากนักหรือภาระปกติทั่วไป เช่น เพลาของระบบสายพานลำเลียง อุปกรณ์ต้นกำลังขับที่มีขนาดขับไม่มากนัก

2) เหล็กกล้าผสมต่ำความต้านแรงสูง (High Strength Lowalloy Steel)ได้แก่ 25crMO4 28Mn6 ตัวอย่างเช่น เพลาของรถยนต์ แกนเพลามอเตอร์ เพลาเครื่องมือกล หรือเพลาของเทอร์ไบน์

3) เหล็กกล้าชุบผิวแข็ง (Case Hardening Steel) ได้แก่เกรด C15 ck15 17cr Ni MO6 16Mn cr5 เป็นต้น วัสดุกลุ่มนี้เพลาจะมีผิวแข็งทนการสึกหรอได้ดี ส่วนแกนกลางจะเหนียว ทำให้ทนทานต่อการกระตุกเป็นพิเศษอายุการใช้งานยาวนาน (ปรีชา ทิมทอง, 2543)

2.5.2.2 กำลังงาน (Power) และภาระ (Load) ที่ใช้เพลาส่งกำลัง

2.5.2.3 ความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลา รวมทั้งรูปร่างขนาด วัสดุ และผิวสำเร็จ ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิด ความเค้นตกค้าง (Stress Concentration) ขึ้น ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของเพลา

2.5.2.4 ความแกร่ง (Stiffness หรือ Rigidit) หมายถึง ความคงทนต่อการแอ่นตัวหรือการบิดไปของ เพลา เมื่อรับภาระ

2.5.2.5 ความเร็ววิกฤติ (Critical Speed) หมายถึง การสั่นตัวของเพลาอันเป็นผลเนื่อง มาจากการแอ่น ตัวของเพลา

ตารางที่ 2-1 แสดงขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO / R 755 – 1969

	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)			
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	280
20	65	120	220	-

2.5.2.6 การคำนวณเพลา เนื่องจากเพลาเป็นชิ้นส่วนทางกลที่ใช้ส่งถ่ายโมเมนต์แรงบิด (Torque) เป็นหลัก ซึ่งทอร์คหรือโมเมนต์แรงบิดดังกล่าว จะทำให้เกิดภาระความเค้นลักษณะต่างๆ ขึ้นกับเพลา ดังนั้นจึงควรหาทอร์คก่อน ดังนี้

1) การคำนวณหากำลังงานของต้นกำลัง

$$\text{จากสูตร} \qquad M = 9550\frac{P}{N}$$

กำหนดให้ P = กำลังงานต้นกำลังขับ หรือกำลังงานที่เพลาขับส่งได้ (kw)

M = ทอร์คหรือโมเมนต์แรงบิดที่ส่งถ่ายโดยเพลา (N.m)

N = ความเร็วรอบหมุนของเพลา (รอบ/นาที .rpm)

2) คำนวณโมเมนต์แรงบิดที่ส่งถ่ายโดยเพลา

$$\text{จากสูตร} \qquad M = F \times r$$

กำหนดให้ F = แรงขับตามแนวเส้นรอบวง

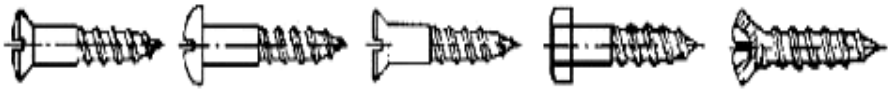
r = ขนาดรัศมีของอุปกรณ์ส่งถ่ายกำลัง เช่น ล้อเฟือง

ดังนั้น เครื่องต้นแบบเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขามหวาน จึงเลือกใช้เพลาชนิดส่งกำลัง ซึ่งมีคุณสมบัติในการส่งกำลังและรับแรงบิดได้ดี เนื่องจากเครื่องจักรต้องทำงานอยู่ตลอดเวลา จึงเหมาะกับการใช้งาน ทำมาจากสเตนเลส กลุ่มดูเพล็กซ์ (Duplex) ซึ่งมีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อน

2.5.3 สกรู โบลต์ และนัต

สกรู โบลต์ และนัต จะใช้ในการจับยึดชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล หรือชิ้นส่วนทั่วไปให้ยึดติดกัน สกรู โบลต์ และนัต แต่ละชนิดจะมีหน้าที่การใช้งานที่แตกต่างกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.5.3.1 สกรู(SCREW) คือ สลักเกลียวที่มีขนาดเล็ก บางแบบมีเกลียวตลอดทั้งตัวสกรูจะมีหัวแตกต่างกัน มีทั้งหัวกลม หัวหกเหลี่ยม หัวสี่เหลี่ยม และหัวฝัง บนหัวจะทำเป็นร่องผ่าเอาไว้หรือเป็นหลุมลงไปใช้สำหรับขันหรือคลายเกลียว สกรูตัวเล็กๆส่วนใหญ่จะมีปลายเรียว แบ่งออกเป็น 6 ชนิด คือ



ภาพที่ 2-4 สกรูชนิดต่างๆ
ที่มา (ปรีชา ทิมทอง, 2543)

1) สกรูหัวหกเหลี่ยม ใช้ยึดชิ้นส่วนเครื่องจักรกลโดยที่ชิ้นส่วนที่จะไปยึดนั้นต้องมีเกลียวในที่เหมือนกันจึงสามารถยึดติดกันได้

2) สกรูหัวหกเหลี่ยมพร้อมนัต ใช้ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลโดยที่ชิ้นส่วนทีจะไปยึดนั้นต้องเจาะรูผ่านตลอดไว้แล้วจึงสามารถใช้สกรูแบบนี้ยึดได้

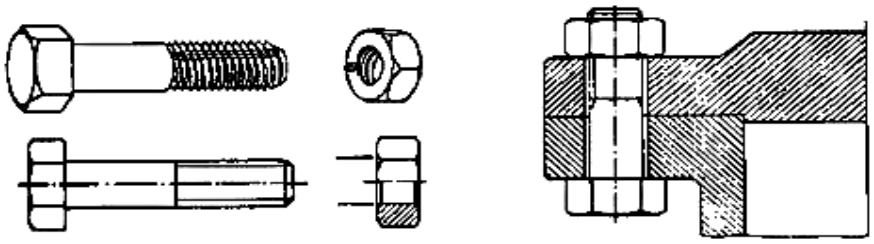
3) สกรูหัวผ่าทรงกระบอก เป็นสกรูที่ใช้ยึดชิ้นงานที่รับแรงน้อยๆเนื่องจากหัวสกรูเป็นหัวผ่าที่ใช้ไขควงสำหรับขันหรือคลายออก ชิ้นงานที่จับยึดต้องมีเกลียวในอยู่จึงสามารถจับยึดกันได้

4) สกรูหัวผ่าแบบหัวเรียวเป็นสกรูที่ใช้ยึดชิ้นงานที่รับแรงน้อยๆ เช่นกัน เนื่องจากหัวสกรูมีลักษณะเป็นหัวผ่าและใช้ไขควงสำหรับขันหรือคลายออก แต่หัวสกรูชนิดนี้จะเรียว ชิ้นงานที่จับยึดต้องมีเกลียวในอยู่จึงสามารถจับยึดกันได้

5) สกรูหัวฝังใช้หกเหลี่ยมขันใน เป็นสกรูที่ใช้จับยึดได้แน่นมากหัวของสกรูจะฝังอยู่ในเนื้อชิ้นงานเรียบ ใช้ประแจหกเหลี่ยมในการขันหรือคลายออก ชิ้นงานที่ต้องการยึดต้องมีเกลียวในอยู่แล้ว

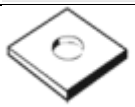
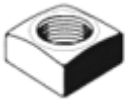
6) สกรูหัวสี่เหลี่ยม ใช้ในการปรับหรือล็อกชิ้นส่วนบางอย่างไม่ให้เคลื่อนที่ เช่น สกรูล็อกมีดกลึง สกูรแบบนี้มีลักษณะการใช้งาน

2.5.4 โบลต์ (BOLT) คือ สลักเกลียวอย่างหนึ่งมีหลายรูปแบบ รูปร่างของโบลต์ด้านหนึ่งจะมีหัว ลำตัวเกลียว ส่วนใหญ่โบลต์จะใช้ควบคู่กับเกลียวตัวเมีย(NUT)เสมอ เช่น สกรูหัวหกเหลี่ยม สกรูหัวฝัง สกรูหัวสี่เหลี่ยม สกรูโลหะแผ่น และสกรูยึดไม้ เป็นต้น



ภาพที่ 2-5 โบลต์หัวหกเหลี่ยมพร้อมนัต
ที่มา (ปรีชา ทิมทอง, 2543)

2.5.5 นัต (NUT) คือ เกลียวตัวเมียที่ใช้คู่กับสลักเกลียว นัตจะมีเกลียวอยู่ภายใน นัตที่ใช้ส่วนใหญ่มักจะเป็นนัตหัวกลม นัตหัวเหลี่ยม นัตหัวสี่เหลี่ยม และนัตบางจะมีปีกเพื่อใช้สำหรับคลายนัตออก มีหลายชนิด เช่น นัตหัวหกเหลี่ยม นัตหัวสี่เหลี่ยม นัตหัวกลมเจาะรูข้าง นัตร่องผ่าข้าง นัตหางปลา นัตหัวกลมพิมพ์ลาย นัตครอบ นัตหัวกลมพิมพ์ลาย นัตครอบ นัตหัวผ่า

	นัตหกเหลี่ยม		นัตหกเหลี่ยมบาง
	นัตล็อคเสริมไนลอน		นัตล็อค
	นัตสี่เหลี่ยมบาง		นัตสี่เหลี่ยม
	นัตหางปลา		นัตหัวหมวก

ภาพที่ 2-6 นัต (NUT)ชนิดต่างๆ
ที่มา (ปรีชา ทิมทอง, 2543)

2.5.6 สเตนเลส หรือ เหล็กกล้าไร้สนิม เป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ(น้อยกว่า 2%)ของน้ำหนัก มีส่วนผสมของโครเมียม อย่างน้อย 10.5% กำเนิดขึ้นในปี พ.ศ.1903 เมื่อนักวิทยาศาสตร์พบว่า การเติมนิเกิล โมบิดินัม ไททาเนียม ไนโอเนียม หรือโลหะอื่นแตกต่างกันไปตามชนิด ของคุณสมบัติเชิงกล และการใช้ลงในเหล็กกล้าธรรมดา ทำให้เหล็กกล้ามีความต้านทานการเกิดสนิมได้ แบ่งได้ 5 ชนิดหลัก

2.5.6.1 เกรดออสเตนิติก (Austenitic) มีโครงสร้างเนื้อโลหะเป็นออสเทนไนต์ (austenite) อะตอมของผลึกจัดเรียงตัวแบบ FCC (face-centered cubic) ธาตุสำคัญที่ทำให้สเตนเลสกลุ่มนี้มีโครงสร้างเป็นออสเทนไนต์คือ ธาตุนิกเกิล และ ธาตุแมงกานิส คุณสมบัติสำคัญของสเตนเลสกลุ่มออสเตนนิติก คือ คุณสมบัติที่แม่เหล็กดูดไม่ติด (non – magnetic) หรืออาจดูดติดแบบอ่อนๆ หาก สเตนเลสออสเตนนิติกผ่านการขึ้นรูปเย็น (cold work) ชุบแข็งไม่ได้มีส่วนผสมหลักที่สำคัญ ได้แก่โครเมียมไม่ต่ำกว่า 16% คาร์บอนไม่เกิน 0.15% และส่วนผสมของธาตุนิกเกิล หรือแมงกานิส อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างรวมกัน สเตนเลสออสเตนนิติกเป็นประเภทที่ใช้งานแพร่หลายมากที่สุดถึงกว่า 70%

2.5.6.2 เกรดเฟอร์ริติก (Ferritic) มีโครงสร้างเนื้อโลหะเป็นเฟอร์ไรต์ (ferrite) อะตอมของผลึกจัดเรียงตัวแบบ BCC (Body-centered cubic) เป็นโครงสร้างอะตอมพื้นฐาน ของสเตนเลสที่เหมือนกับเหล็กกล้าคาร์บอน ธาตุสำคัญที่เป็นตัวหลักของสเตนเลสกลุ่มนี้ได้แก่ โครเมียมไม่ต่ำกว่า 11 % และ คาร์บอนไม่เกิน 0.12% ใช้อนุกรม 400 เป็นตัวสื่อ คุณสมบัติที่สำคัญของสเตนเลสกลุ่มนี้ คือ แม่เหล็กดูดติด (magnetic) แปรรูปได้ง่าย นำความร้อนได้ดีเยี่ยม ราคาต่ำและมีความเสถียร คุณสมบัติที่สำคัญของสเตนเลสกลุ่มนี้คือ แม่เหล็กดูดติด (magnetic) แปรรูปได้ง่าย นำความร้อนได้ดีเยี่ยม ราคาต่ำและเสถียร

2.5.6.3 เกรดมาร์เทนซิติก (Martensitic) มีโครงสร้างเริ่มต้น เช่นเดียวกับกลุ่มเฟอร์ริติก อะตอมของผลึกจัดเรียงตัวแบบ BCC (Body-centered cubic) แต่เมื่อผ่านการชุบแข็งแล้วจะได้โครงสร้างเป็นมาเทนไซต์ ใช้อนุกรม 400 เป็นตัวสื่อ เช่นเดียวกับกลุ่มเฟอร์ริติก มีส่วนผสมใกล้เคียงกับเฟอร์ริติก มีธาตุโครเมียมราว 11.5-18% คาร์บอนอยู่ราว 0.08%-0.75% ที่สำคัญคือไม่มีนิกเกิลหรือหากมีก็ไม่เกิน 0.6%คุณสมบัติที่สำคัญของสเตนเลสตระกูลนี้คือ แม่เหล็กดูดติด (Magnetic) สามารถปรับความแข็งได้โดยการชุบแข็ง (การให้ความร้อนแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว: Quenching) ที่อุณหภูมิ 400-510 °C และอบคืนตัว (Tempering) ที่อุณหภูมิสูงกว่า 600 °Cสามารถลดความแข็งได้ คล้ายกับเหล็กกล้าคาร์บอน ทำให้สเตนเลสกลุ่มนี้ มีคุณสมบัติต้านทานการสึกกร่อนและแข็งแรงทนทานได้ดียิ่งกว่า สเตนเลสกลุ่มออสเทนนิติกและเฟอร์ริติก มักนำไปใช้งานที่สำคัญในการผลิตเครื่องตัดอุตสาหกรรมเครื่องบิน พัดลมกังหัน เป็นต้น

2.5.6.4 กลุ่มเพิ่มความแข็งโดยการตกผลึก (Precipitation hardening) มีโครงสร้างเริ่มต้นเป็นออสเตนนิติก เมื่อผ่านการอบอ่อนที่อุณหภูมิ 1030 °C แล้วปล่อยให้เย็นตัวในอากาศจะเปลี่ยนโครงสร้างไปเป็นมาเทนไซต์ จากนั้น นำไปตกผลึกแข็งที่อุณหภูมิช่วง 500-600 °C แล้วปล่อยให้เย็นตัวในอากาศอีกครั้ง จะทำให้ได้โครงสร้างมาแทนไซต์สมบูรณ์แบบ จะมีเม็ดเกรนละเอียดกว่าเดิม มีความเหนียวสูง สเตนเลสกลุ่มนี้มีส่วนผสมของโครเมียม 15-18% และนิกเกิล 3.00-7.75% เมื่อเพิ่ม

ความแข็งแรงโดยกลไกเพิ่มความแข็ง จากการตกผลึก (Precipitation hardening mechanism) จะสามารถเพิ่มความแข็งแรงสูงมาก มีค่าความเค้นพิสูจน์ (Proof stress) อยู่ระหว่าง 1,000 – 1,500 เมกาปาสคาล (MPa) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและกรรมวิธี การปรับปรุงคุณสมบัติด้วยความร้อน (Heat treatment) ด้วย คุณสมบัติที่โดดเด่นของสเตนเลสกลุ่มนี้ จึงมักนำไปใช้ทำชิ้นส่วนพวก วาล์ว ข้อต่อ เฟือง เพลา ชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมเคมี และชิ้นส่วนในเครื่องบิน ตัวอย่างของชนิดสเตนเลสในกลุ่มนี้ ได้แก่ 630 631 และ 17-4PH

2.5.6.5 กลุ่มดูเพล็กซ์ (Duplex) มีโครงสร้างผสมระหว่างโครงสร้างเฟอร์ริติก และออสเตนนิติก ในสัดส่วนประมาณ 30% และ 70% ตามลำดับ จุดเด่นของสเตนเลสกลุ่มนี้คือ มีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนได้เยี่ยมยอด ด้วยความแข็งแรงทนทานที่เยี่ยมยอดกว่ากลุ่มออสเตนนิติก และง่ายต่อการขึ้นรูปอีกด้วย คุณสมบัติทางกายภาพอยู่ระหว่างสเตนเลสกลุ่มออสเตนนิติกและเฟอร์ริติก แต่ใกล้เคียงกับเฟอร์ติติก และเหล็กคาร์บอนมากกว่า คุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนแบบรูเข็ม (Pitting) และแบบซอกอับ (Crevice) เป็นผลจากความสัมพันธ์ระหว่าง โครเมียม โมลิบดีนัมทังสเตนและไนโตรเจน ที่เป็นส่วนผสมของสเตนเลสกลุ่มนี้ คุณสมบัติของสเตนเลสกลุ่มดูเพล็กซ์ทุกชนิด มีคุณสมบัติทนต่อการเกิดการกัดกร่อนตามแนวขอบเกรนจากคลอไรด์ (chloride stress corrosion cracking) ได้ดียิ่งกว่าสเตนเลสออสเทนไนติกกลุ่ม 300 ด้วย

2.5.7 ประเภทของสเตนเลสที่แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

2.5.7.1 สเตนเลสเบอร์ 304 เป็นสเตนเลสเกรดออสเตนิติก (AUSTENITIC) ที่พบเห็นและใช้แพร่หลายที่สุด มีส่วนผสมของโครเมียม (CHROMIUM) ประมาณ 18% และนิคเกิล (NICKEL) ประมาณ 8% ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม อุปกรณ์ในกระบวนการทางเคมี อุปกรณ์เครื่องครัว เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร เครื่องใช้ในบ้าน เครื่องล้างจาน อ่างล้างจาน ภาชนะหุงต้ม เครื่องมือในโรงพยาบาลและเวชภัณฑ์ ตู้รถไฟ ตู้คอนเทนเนอร์ ฯลฯ

2.5.7.2 สเตนเลสเบอร์ 304D เป็นสเตนเลสเกรดออสเตนิติก (AUSTENITIC) ที่มีโครเมียม (CHROMIUM) ผสมอยู่ 18% และมีนิคเกิล (NICKEL) ผสมอยู่ 8.5% จะมีความสามารถขึ้นรูปเย็นได้ดีกว่าชนิด 304 เหมาะสำหรับการผลิตวัตถุที่มีการขึ้นรูปแบบหลุมลึก และการดึงขึ้นรูปสำหรับรูปทรงที่ซับซ้อน เช่น ภาชนะที่เป็นหลุมลึก เครื่องล้างจาน ภาชนะหุงต้ม อ่างล้างจาน เป็นต้น

2.5.7.3 สเตนเลสเบอร์ 304DDQ เป็นสเตนเลสเกรดออสเตนิติก (AUSTENITIC) ที่มีโครเมียม (CHROMIUM) ผสมอยู่ 18% และมีนิคเกิล (NICKEL) ผสมอยู่ 9% จะมีความสามารถขึ้นรูปเย็นได้ดี เมื่อแผ่นสเตนเลสต้องมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปมาก จึงเหมาะกับงานพิเศษ เช่น การขึ้นรูปแบบหลุมลึก การดึงขึ้นรูปที่มีรูปทรงที่ซับซ้อน การขึ้นรูปที่ใช้ทั้งการดึงและการยืดตัว เป็นต้น

2.5.7.4 สเตนเลสเบอร์ 316 เป็นสเตนเลสเกรดออสเตนิติก (AUSTENNITIC) ที่มีส่วนผสมของโครเมียม (CHROMIUM) 16% ถึง 18% และนิคเกิล (NICKEL) 11% ถึง 14% และยังมีโมลิบดินัม (MOLYBDENUM) ผสมอยู่อย่างน้อยที่สุด 2% ซึ่งจะทนการกัดกร่อนที่เป็นหลุม (PITTING RESISTANCE) ได้ดี สเตนเลสชนิด 316 ใช้ในกระบวนการทางเคมี ปั๊ม แท้งค์ อุตสาหกรรมกระดาษ กระบวนการผลิตอาหารและเครื่องดื่ม การก่อสร้าง ฯลฯ

2.5.7.5 สเตนเลสเบอร์ 430 เป็นสแตนเลสเกรดเฟอร์ริติก (FERRITIC) มีความต้านทานการกัดกร่อนน้อยกว่าชนิด 304 มีส่วนผสมของโครเมียม (CHROMIUM) 17% ใช้ทำเครื่องใช้ในครัว เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร อุปกรณ์หุงต้ม เฟอร์นิเจอร์และการตกแต่งภายในอาคาร

2.5.8 เหล็กรูปพรรณ เหล็กคือส่วนประกอบของโครงสร้างที่สำคัญ ถือว่าอยู่ในลำดับต้นๆก็ว่าได้ ลักษณะและรูปร่างของเหล็กเป็นแบบไหน ในปัจจุบันเราคงจะพบเห็นกันได้ไม่ยาก เหล็กเป็นวัสดุโครงสร้างที่ดีมีกำลังความแข็งแรงเหมาะกับการนำมาใช้กับโครงสร้างเพราะมีน้ำหนักเบาทำงานได้รวดเร็ว โครงสร้างเหล็กรูปพรรณที่ใช้กันมากที่สุดก็คือ โครงสร้างหลังคาซึ่งชนิดของเหล็กที่นำมาใช้คือเป็นเหล็กพับตัวซี หรือเหล็กกล่อง จริงๆแล้วรูปร่างของเหล็กโครงสร้างมีหลายแบบหลายชนิดสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมและสวยงาม เหล็กที่เรานำมาใช้สำหรับงานอาคารมีอยู่หลายชนิด แต่ที่เราได้เห็นบ่อยๆมีดังนี้

2.5.8.1 เหล็กพับตัวซี (Clight lip channel) โดยทั่วไปจะนำมาใช้เป็นแปหลังคารับแผ่นกระเบื้อง ซึ่งขนาดที่นิยมนำมาใช้คือ 3 นิ้ว 4นิ้ว และ 5 นิ้ว เหล็กพับตัวซี มีข้อดีคือ เป็นเหล็กบางพับรีดเย็น (ใช้เหล็กแผ่นมาพับโดยไม่ใช้ความร้อน) ทำให้น้ำหนักเบา ราคาไม่แพง เหมาะสำหรับการรับน้ำหนักของวัสดุ หรืออุปกรณ์ที่มีน้ำหนักไม่มาก หรือในบางครั้งอาจจะนำเหล็กพับตัวซีมาเป็นองค์ประกอบย่อยของโครงสร้างก็ได้ เหล็กพับตัวซีขนาด C 100 x 50 x 20 x 2.3 หมายถึง เหล็กตัวซีพับลึก 100 มม. กว้าง 50 มม. และมีปากกว้าง 20 มม. หนา 2.3 มม การใช้งานส่วนใหญ่จะนำมาใช้เป็นแปหลังคา หรืออาจใช้เป็นจันทันได้ด้วย สำหรับโครงหลังคาที่ระยะห่างของเสาไม่มาก ใช้เป็นตงรับพื้นไม้กระดาน เป็นต้น แต่ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อเหล็กบาง รอยเชื่อมจึงเป็นจุดอ่อนที่ไม่สามารถทำรอยเชื่อมของเหล็กให้มีความแข็งแรง พอที่จะเป็นโครงสร้างหลักได้ เหล็กชนิดนี้จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ ทำเป็นคานรับพื้นคอนกรีตได้ แต่อาจจะใช้เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักเบาๆ และมีระยะห่างของจุดรองรับไม่มากเท่านั้น

2.5.8.2 เหล็กกล่อง (Rectangular) เป็นเหล็กบางพับเหมือนเหล็กตัวซี แต่หน้าตัดจะเป็นกล่องปิด มีขนาดกว้างลึกต่างกันตั้งแต่หนึ่งนิ้วไปจนถึงห้าหรือหกนิ้ว คล้ายขนาดของเหล็กตัวซีมักใช้ทำโครงสร้างหลังคาเช่นเดียวกับเหล็กตัวซี เหล็กกล่องที่มีขนาดเท่ากับเหล็กตัวซีจะแข็งแรงกว่าเหล็กตัวซี เนื่องจากมีเนื้อเหล็กมากกว่าและรูปร่างหน้าตัดที่ยึด

2.5.8.3 เหล็กไวด์แฟรงค์ (Wide Flange, WF) หรือที่ชาวบ้านเรียกว่า ตัวไอหรือตัวเฮช เหล็ก WF นี้มีความหนามากกว่าเหล็กพับรีดเย็น เป็นเหล็กรูปพรรณรีดร้อน (ขึ้นรูปด้วยความร้อน) เหมาะสำหรับทำโครงสร้างหลัก รับน้ำหนักได้มาก ขึ้นอยู่กับขนาดหน้าตัด WF มีความหนาของเนื้อเหล็กมากพอที่จะเชื่อมกันได้อย่างแข็งแรง จึงสามารถใช้ทำโครงสร้างหลัก เช่น เสา คานของอาคารโครงสร้างเหล็ก จันทัน อกไก่ และ อะเสหลังคา เป็นต้น

2.5.8.4 เหล็กเส้นกลมหรือเหล็กข้ออ้อย เหล็กข้ออ้อยมีกำลังความแข็งแรงสูงกว่าเหล็กกลม และสามารถยึดกับเนื้อคอนกรีตดีกว่าเหล็กกลม เหมาะสำหรับงานโครงสร้างทั่วไป เช่นฐานราก เสา หรือพื้น เป็นต้น(ดอกธูป พุทธมงคล, 2542)

2.5.9 มอเตอร์ (MOTOR) คือเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงาน ไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

2.5.9.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะหรือ ใช้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้าเป็นต้น ในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่างๆ

ภาพที่ 2-7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
ที่มา เว็บไซต์ http://www.lu-yang.com.tw/TAI/dc.html

1) ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) และส่วนที่ 2 ตัวหมุน (Rotor) ตัวหมุนหรือเรียกว่า “โรเตอร์” ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ ในตลับลูกปืน(Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End Plate) ของมอเตอร์

2) ข้อดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือ การควบคุมแรงบิดหรือความเร็วทำได้ง่ายและดีมาก มีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง (response) ได้รวดเร็ว และ การปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงกว้าง ส่วนข้อเสีย คือ การบำรุงรักษาสูงมากเนื่องจากมีส่วนสึกหรอของแปรงถ่าน ราคาแพงมากเมื่อเทียบกับ AC motor ที่มีขนาดกำลังแรงม้าเท่ากัน มีขนาดใหญ่กว่า AC motor ที่ขนาดแรงม้าเท่ากัน หาแหล่งจ่ายที่เป็นไฟกระแสตรงได้ยาก และ ไม่สามารถนำไปใช้ในที่มีสารไวไฟได้

2.5.9.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า คือขดลวดในสเตเตอร์และส่วนที่ทำหน้าที่ให้พลังงานกล คือ ตัวหมุนหรือ โรเตอร์ ซึ่งเมื่อขดลวดในสเตเตอร์ได้รับพลังงานไฟฟ้า ก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาในตัวที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะมีการเคลื่อนที่หรือหมุนไปรอบ ๆ สเตเตอร์ เนื่องจากการต่างเฟสของกระแสไฟฟ้าในขดลวดและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ในขณะที่สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปสนามแม่เหล็กจากขั้วเหนือก็จะพุ่งเข้าหาขั้วใต้ ซึ่งจะไปตัดกับตัวนำที่เป็นวงจรปิดหรือขดลวดกรงกระรอกของตัวหมุนหรือโรเตอร์ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดของโรเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กของโรเตอร์นี้จะเคลื่อนที่ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ ก็จะทำให้โรเตอร์ของมอเตอร์เกิดพลังงานกลสามารถนำไปขับภาระที่ต้องการหมุนได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ มอเตอร์อะซิงโครนัสและมอเตอร์ซิงโครนัส

ภาพที่ 2-8 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

ที่มา เว็บไซต์ http://www.lu-yang.com.tw/TAI/induction_motor.html,2554 ก.ย. 15

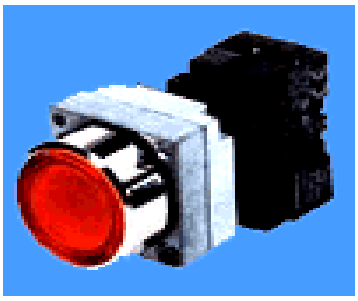
1) ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ มี 3 ส่วน ส่วนแรกคือ สเตเตอร์หรือตัวอยู่กับที่ (Stator) มีลักษณะเป็นแผ่นลามิเนทประกอบเข้าด้วยกันเป็นแกนเหล็ก มีร่องเอาไว้สำหรับพันขดลวดเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสนามแม่เหล็กและเป็นวงจรแม่เหล็ก ส่วนที่ 2 คือ โร

เตอร์หรือตัวหมุน (Rotor) มีลักษณะเป็นแกนเหล็กทรงกระบอกจะหมุนอยู่ในช่องสเตเตอร์ซึ่งจะทำหน้าที่กำเนิดกำลังกลเพื่อส่งไปขับโหลด และส่วนที่ 3 คือฝาครอบทั้ง 2 ด้าน (End Plate) จะมีหน้าที่ยึดโรเตอร์ให้หมุนอยู่ในช่องของ สเตเตอร์อย่างสมดุล

2) ข้อดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ราคาถูกกว่า DC motor ที่ขนาดพิกัดกำลังเท่ากัน และมีลักษณะโครงสร้างง่าย ไม่ซับซ้อน และเล็กกว่า DC motor ที่พิกัดเท่ากัน การบำรุงรักษาน้อยมาก แข็งแรงทนทาน ส่วน ใช้ในสถานที่ที่มีสารไวไฟ หรือสารเคมีได้ มีประสิทธิภาพสูงกว่า DC motor และสุดท้าย หาซื้อได้ง่าย เป็นที่นิยม

3) ส่วนข้อเสียคือ การควบคุมความเร็วทำได้ยากมาก จะต้องใช้อุปกรณ์ทาง power electronics มาควบคุมคือ inverter (ธนเจต สครรัมย์, 2546)

2.5.10 สวิตช์ปุ่มกด สวิตช์ปุ่มกด(Push Button Switch) หมายถึง อุปกรณ์ที่มีหน้าสัมผัสอยู่ภายในการเปิดปิดหน้าสัมผัสได้โดย ใช้มือกดใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์สวิตช์ปุ่มกด ที่ใช้ในการเริ่มเดิน(Start)เรียกว่าสวิตช์ปกติเปิด (Normally Open) หรือที่เรียกว่า เอ็น โอ (N.O.) สวิตช์ปุ่มกดหยุดการทำงาน(Stop) เรียกว่าสวิตช์ปกติปิด(NormallyClose) หรือที่เรียกว่าเอ็น ซี (N.C.)



ภาพที่ 2-9 สวิตช์ปุ่มกดที่มีหลอดสัญญาณติดอยู่ (Illuminated push button)
ที่มา เว็บไซต์ http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara09.html

2.5.10.1 ชนิดของสวิตช์ปุ่มกด

1) สวิตช์ปุ่มกดแบบธรรมดา ใช้ในงานเริ่มเดิน(Start) และหยุดหมุน(Stop) สวิตช์สีเขียวใช้ในการสตาร์ท หน้าสัมผัส เป็นชนิดปกติเปิด (Normally Open) หรือที่เรียกว่า เอ็น โอ (N.O.) สวิตช์สีแดงใช้ในการหยุดการทำงาน(Stop)หน้าสัมผัสเป็นชนิด ปกติปิด (Normally Close) หรือที่เรียกว่าเอ็น ซี (N.C.)

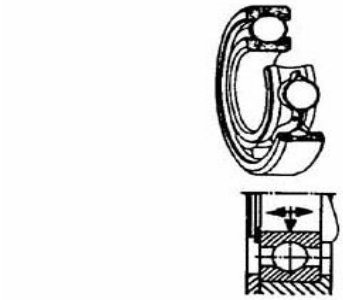
2.5.10.2 สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้ในการเริ่มเดิม(start) และหยุดหมุนนี้อยู่ในกล่องเดียวกันปุ่มสีเขียวสำหรับกดเริ่มเดินมอเตอร์(Start)ปุ่มสีแดง สำหรับกดหยุดหมุน(Stopเหมาะกับการใช้งานมอเตอร์ขนาดเล็กใช้งานธรรมดาที่ใช้กระแสไม่สูงสามารถต่อได้โดยตรง) ใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด

ใหญ่กว่า 1/2 แรงม้าต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นสวิตช์แม่เหล็ก(Magnetic contactor) และอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์ทำงาน เกินกำลัง(Over Load Protection) ดั้งนั้นจึงทำให้ระบบควบคุม การเริ่มเดินมอเตอร์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.5.10.3 สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency push button) สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉินหรือเรียกทั่วไปว่าสวิตช์ดอกเห็ดเป็นสวิตช์หัวใหญ่กว่าสวิตช์ แบบธรรมดาเป็นสวิตช์ที่เหมาะกับงานที่เกิดเหตุฉุกเฉินหรืองานที่ต้องการหยุดทันที

2.5.10.4 สวิตช์ปุ่มกดที่มีหลอดสัญญาณติดอยู่ (Illuminated push button) เมื่อกดสวิตช์ปุ่มกดจะทำให้หลอดสัญญานสว่างออกมา

2.5.10.5 สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้เท้าเหยียบ (Foot push button) เป็นสวิตช์ที่ทำงานที่ใช้เท้าเหยียบเหมาะกับเครื่องจักรที่ต้องทำงานโดย ใช้เท้าเหยียบ เช่นเครื่องตัดเหล็ก ปฏิบัติงาน
ตลับลูกปืน ตลับลูกปืนที่ใช้เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลหลายชนิด ส่วนใหญ่จะประกอบอยู่ในระบบส่งกำลังแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันตามรูปร่างของลูกปืนหรือลูกกลิ้งที่อยู่ภายในโดยที่ทั่วไปลูกปืนหนึ่งตัวจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ตามชนิดของตลับลูกปืน ตลับลูกปืนที่ใช้เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลหลายชนิด ส่วนใหญ่จะประกอบอยู่ในระบบส่งกำลังแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันตามรูปร่างของลูกปืนหรือลูกกลิ้งที่อยู่ภายในโดยที่ทั่วไปลูกปืนหนึ่งตัวจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ตามชนิดของตลับลูกปืน



ภาพที่ 2-10 ลักษณะของตลับลูกปืน

ที่มา เว็บไซต์ http://www.skf.com/portal/skf_th/home/products?contentId=261482&lang=th

2.5.10.6 ชนิด VA201 VA208 และ VA228 เหมาะสำหรับใช้งานที่อุณหภูมิสูงถึงประมาณ 250-350 องศาเซลเซียส นอกจากนั้น ยังมีตลับลูกปืนที่ออกแบบให้มีร่องสำหรับใส่แหวนสปริงที่วงนอกอีกด้วย

2.5.10.7 ตลับลูกปืนเม็ดกลมสองแถวปรับแนวได้เอง เป็นตลับลูกปืนเหมาะสำหรับลักษณะการใช้งานที่ต้องมีลักษณะของการเยื้องแนวเกิดขึ้น (Misalignment) มีทั้งแบบเปิดและแบบที่มีฝาปิดกันฝุ่นสองข้าง และภายในตลับลูกปืนมีจาระบีบรรจุอยู่มาจากโรงงานและไม่จำเป็นต้องมีการอัดจาระบีเพิ่มเติม (Maintenance-free) นอกจากนั้น ยังมีแบบรุ่นที่มีรูเรียวสำหรับใช้งานกับปลอกปรับขนาดเพลาติดตั้งในชุดเสื้อพลัมเมอร์บล็อก เหมาะกับการออกแบบเครื่องจักรที่ต้องการความประหยัด

2.5.10.8 ตลับลูกปืนเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม เป็นตลับลูกปืนที่ออกแบบมาให้เหมาะสำหรับการรับแรงรวมที่เกิดจากแรงในแนวรัศมีและแรงในแนวแกนกระทำกับตลับลูกปืนพร้อมกัน และเป็นตลับลูกปืนที่ช่วยเพิ่มความแข็งเกร็งของเพลา นอกจากนั้น ตลับลูกปืนเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสองแถวยังมีรุ่นที่มีฝาปิดกันฝุ่นให้เลือกใช้งาน และช่วยทำให้การออกแบบเครื่องจักรง่ายขึ้น เนื่องจากตลับลูกปืนสามารถกำหนดตำแหน่งของเพลาได้ทั้งสองทิศทาง และยังมีตลับลูกปืนเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสี่จุด ช่วยลดพื้นที่ที่จำเป็นของตลับลูกปืนสำหรับลักษณะการใช้งานที่มีแรงรุนในแนวแกนเกิดขึ้นทั้งสองทิศทาง

2.5.10.9 ตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอก สามารถใช้รองรับแรงกดในแนวรัศมีที่มีปริมาณมาก และเหมาะกับลักษณะงานที่มีความเร็วรอบสูง ตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอกแถวเดี่ยวรุ่นการออกแบบ EC-designที่ได้รับการออกแบบโครงสร้างภายในใหม่ ช่วยเพิ่มความสามารถรับแรงกดในแนวรัศมีและแรงรุนในแนวแกนให้สูงขึ้น ลดผลเสียที่เกิดจากปัญหาการเยื้องแนวของเพลา ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความสามารถในการหล่อลื่นตลับลูกปืน รุ่นส่วนประกอบสมบูรณ์ (Full Complement) เป็นตลับลูกปืนที่ไม่มีรังเป็นองค์ประกอบ บรรจุด้วยเม็ดลูกกลิ้งอยู่เต็มจำนวน เหมาะสำหรับลักษณะการใช้งานที่ต้องการความสามารถในการรับแรงในแนวรัศมีที่สูงมากๆ แต่ความเร็วใช้งานปานกลาง

2.5.10.10 ตลับลูกปืนเม็ดเข็ม เป็นตลับลูกปืนที่มีหน้าตัดเล็ก (Low Sectional Height) เหมาะกับลักษณะงานที่มีพื้นที่หน้าตัด สำหรับตลับลูกปืนที่มีขนาดจำกัดหรือสำหรับการออกแบบการติดตั้งตลับลูกปืนต้องมีลักษณะเล็กกะทัดรัดเป็นพิเศษ

2.5.10.11 ตลับลูกปืนเม็ดโค้ง เป็นตลับลูกปืนที่แข็งแรงทนทานและมีความสามารถรองรับการเยื้องแนวของเพลา ให้ประโยชน์ในเรื่องความน่าเชื่อถือในการใช้งานที่สูงและอายุการใช้งานที่ยาวนาน แม้ภายใต้สภาวะการใช้งานที่ต้องรับแรงในปริมาณที่สูงมาก เป็นตลับลูกปืนที่ใช้งานได้ทั้งแบบติดตั้งใช้งานบนปลอกปรับขนาดเพลา หรือปลอกสวมเพลาประกอบในตัวเสื้อพลัมเมอร์บล็อก สำหรับการออกแบบลักษณะการประกอบติดตั้งใช้งานตลับลูกปืนที่ประหยัด นอกจากนั้น ยังมีตลับลูกปืนรุ่นที่มีฝาปิดสองข้าง

2.5.10.12 ตลับลูกปืนเม็ดเรียว ออกแบบสำหรับการรับแรงรวมที่มีปริมาณมาก โดยเฉพาะรุ่น TQ-line ที่ออกแบบมาให้ลดผลเสียของปัญหาเนื่องจากการเยื้องแนวของเพลา ช่วยให้อายุการใช้งานยาวนานโดยเฉพาะรุ่นการออกแบบ CL7C ที่มีการผลิตให้มีความแม่นยำสูง ลดแรงเสียดทานจากแรงบิด อาจออกแบบติดตั้งสองตลับชนกัน DF DB DT

2.5.10.13 ตลับลูกปืน CARB เป็นตลับลูกปืนรุ่นใหม่ที่ได้รับการออกแบบและพัฒนา โดยเราสามารถให้ความหมายของตลับลูกปืน CARB ได้ดังต่อไปนี้ คือ กะทัดรัด (C) สามารถยอมรับการเยื้องแนวได้ (A) ตลับลูกปืนเม็ดโค้ง (R) ตลับลูกปืน (B) ความหมายโดยรวมก็คือ ตลับลูกปืนเม็ดโค้งแถวเดี่ยว (กะทัดรัด) ปรับแนวได้

2.5.10.1 ตลับลูกปืนเม็ดโค้งกันรุน เป็นตลับลูกปืนที่มีความแข็งแรงและมีความสามารถในการให้ตัวและยอมรับการเยื้องแนวได้ ดังนั้น ตลับลูกปืนจึงสามารถใช้งานได้ถึงแม้จะมีปัญหาการเยื้องแนวของเพลา ตลับลูกปืนถูกออกแบบมาให้สามารถรับแรงรุนในแนวแกนได้ในปริมาณที่สูง และสามารถรับแรงกดในแนวรัศมีกระทำพร้อมๆ กันได้ถึงประมาณร้อยละ 55 ของแรงรุนในแนวแกนที่กระทำพร้อมๆ กัน เป็นตลับลูกปืนที่มีอายุการใช้งานยาวนานและมีความน่าเชื่อถือสูง ถึงแม้จะนำไปใช้งานในสภาวะการทำงานที่รุนแรง ตลับลูกปืนมีลักษณะการออกแบบที่แยกส่วนได้ ช่วยทำให้การติดตั้งเป็นเรื่องง่ายขึ้น นอกจากนั้น ยังมีตลับลูกปืนตลอดจนผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องประเภทอื่นๆ อีก เช่น ตลับลูกปืนเม็ดเรียวชนิดไขว้ ตลับลูกปืนกันรุนเม็ดกลม ตลับลูกปืนกันรุนสัมผัสเชิงมุม ตลับลูกปืนกันรุนเม็ดทรงกระบอก ตลับลูกปืนกันรุนเม็ดเข็ม ตลับลูกปืนกันรุนเม็ดโค้ง ตลับลูกปืนกันรุนเม็ดเรียว ตลับลูกปืนวาย Cam Rollers Support Rollers Cam ชุดเสื้อพลัมเมอร์บล็อก อุปกรณ์บำรุงรักษา และอุปกรณ์วัดความสั่นสะเทือน

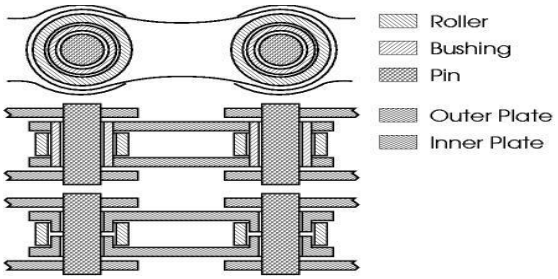
2.5.11 ประเภทของตลับลูกปืน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท

2.5.11.1 ตลับลูกปืนประเภทที่ไม่มีเม็ดลูกกลิ้ง (Plain Bearings) และตลับลูกปืนที่มีเม็ดลูกกลิ้ง (Rolling Bearings) สำหรับเครื่องจักรที่ได้รับการผลิตในปัจจุบันเกือบทั้งหมดจะเลือกใช้ตลับลูกปืนที่มีเม็ดลูกกลิ้ง เนื่องจากค่าความเสียดทานที่ต่ำกว่า มีความสามารถในการรับแรงที่ดี การสึกหรอต่ำ และดูแลรักษาได้ง่ายกว่า

2.5.11.2 ตลับลูกปืนที่มีเม็ดกลมและตลับลูกปืนที่มีเม็ดยาว ด้วยการออกแบบของเม็ดลูกกลิ้งที่แตกต่างกัน ทำให้ตลับลูกปืนที่มีมิติขนาดเท่ากัน เม็ดยาวจะสามารถรับแรงได้มากกว่าเม็ดกลม แต่ในทางตรงข้าม ตลับลูกปืนเม็ดยาวสามารถทำงานได้ที่ความเร็วรอบที่ต่ำกว่าเม็ดกลม เนื่องจากความเสียดทานที่สูงกว่าของผิวสัมผัสนี่เอง

2.5.12 โซ่ เป็นชิ้นส่วนจักรกลที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ถ่ายทอดการเคลื่อนที่ระหว่างการเคลื่อนที่แบบหมุนจากจานขับโซ่ (Sprocket) ไปยังจานขับโซ่อีกอันหนึ่ง โดยทั่วไปโซ่จะผลิตมาจากเหล็กที่มี

ความแข็งแรงสูง ดังนั้น จึงสามารถที่จะส่งแรงบิดและกำลังได้ดีกว่าการส่งกำลังโดยใช้สายพาน การส่งกำลังด้วยโซ่นิยมใช้กันมากทางด้านงานเครื่องจักรกล เนื่องจากมีลักษณะคล้ายกับการขับด้วยสายพาน โดยโซ่จะคล้องอยู่กับล้อโซ่หรือเฟืองโซ่ **(Sprocket)** ซึ่งติดอยู่บนเพลาขับและเพลาตาม อัตราทดของการขับจะขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง และการขับด้วยโซ่นี้จะไม่มีการสลิปเกิดขึ้น ระหว่างโซ่กับเฟืองโซ่ เนื่องจากการส่งกำลังด้วยโซ่มีความน่าเชื่อถือสูงจึงมีความนิยมใช้มาก เช่น ในการส่งกำลังในเรือ เครื่องยนต์ เครื่องจักรกลการเกษตร เครื่องมือกล เครื่องทอผ้าและเครื่องจักรกลงานไม้ เครื่องพิมพ์ และใช้ในการขนส่งและขนถ่ายวัสดุ การส่งกำลังด้วยโซ่มีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับการขับด้วยสายพาน และการขับด้วยเฟืองเกียร์ คือราคาหรือต้นทุนต่ำกว่า มีสมรรถนะในการส่งกำลังดีกว่าและง่ายในการบำรุงรักษา โซ่สามารถขับได้ในระยะทางไกลกว่าสายพาน และขับได้พร้อมๆกันหลายเพลา



ภาพที่ 2-11 ลักษณะของโซ่

ที่มา เว็บไซต์ httpwww.thaimtb.comcgi-binviewkatoo.plid=57719**&**st=331

2.5.12.1 ข้อดีของการขับด้วยโซ่ ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรงเท่ากับเฟือง และไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงชั้นต้นในโซ่เหมือนกับสายพาน ทำให้อายุใช้งานของตลับลูกปืนยาวนานกว่า ไม่มีการสลิปในขณะส่งกำลังเหมือนสายพาน ทำให้ได้อัตราทดที่แน่นอน มีขนาดกะทัดรัดกว่าสายพานเมื่อใช้งานด้วยอัตราทดที่เท่ากัน เฟืองโซ่จะมีขนาดเล็กกว่าล้อสายพาน และถ้าต้องการการส่งกำลังที่เท่ากันความกว้างของสายพาน ติดตั้งง่ายกว่าสายพานเพราะเพียงแค่คล้องเข้ากับเฟืองโซ่แล้วสอดสลักเข้าไปเท่านั้น ใช้งานได้กับอุณหภูมิสูงบริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง

2.5.12.2 ข้อเสียของการขับด้วยโซ่ มีเสียงดังจากการใช้งาน ต้องมีการหล่อลื่น เนื่องจากความเร็วรอบสูงจึงอันตรายเมื่อโซ่ขาด ส่งกำลังแบบครอสไดร์ไม่ได้ และ มีราคาแพงกว่าการขับด้วยสายพาน

2.5.12.3 ชนิดของโซ่แบ่งออกเป็นชนิดใหญ่ๆได้ 3 ชนิด

1) โซ่โรลเล่อร์ (Roller Chain) โซ่ชนิดนี้ประกอบด้วยแผ่นต่อ (Link) ด้านในและด้านนอกยึดติดกันด้วยสลักและบูช (Bush) โดยมีโรลเลอร์สวมอยู่ตรงกลางกับบูช

2) โซ่บูช (Bushed chain) โซ่ชนิดนี้แตกต่างจากโซ่โรลเล่อร์ก็ตรงที่ไม่มีโรลเลอร์ ดังนั้น จึงสามารถออกแบบให้บูช และสลักมีขนาดใหญ่ได้มากกว่าโซ่โรลเลอร์ โดยที่มีระยะพิตช์เท่ากัน โซ่บูชจึงรับแรงได้มากกว่าและแข็งแรงกว่า แต่เนื่องจากในการใช้งานจะมีเสียงดังและมีการสึกหรอมากกว่า โดยทั่วไปแล้วจึงนิยมใช้โซ่โรลเล่อร์มากกว่าโซ่บูช

3) โซ่ฟัน(Toothed chain) โซ่ชนิดนี้อาจเรียกว่า Silent chain ก็ได้ โซ่ฟันประกอบด้วยแผ่นต่อหลายแผ่นเรียงซ้อนกัน และยึดกันด้วยสลัก แผ่นต่อแต่ละแผ่นจะมีฟันสองฟันในขณะส่งกำลัง ข้อต่อโซ่จะทำหน้าที่เป็นจุดหมุนของข้อโซ่ ทำให้โซ่แนบสนิทกับฟันบนเฟืองโซ่ จึงมีการสึกหรอน้อย โซ่ฟันใช้ขับด้วยความเร็วสูงกว่าโซ่โรลเล่อร์ ทำงานได้โดยเกือบจะไม่มีเสียงดัง แต่จะมีน้ำหนักมากกว่าโซ่โรลเล่อร์ ราคาแพงกว่าและต้องการให้มีการบำรุงรักษาที่ดีกว่าโซ่โรลเล่อร์

2.5.13 ใบมีดเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตัดเฉือน สับ หั่น วัตถุดิบทีมีความอ่อนหรือแข็งจะขึ้นอยู่กับประเภทของใบมีด ใบมีดผลิตจากคาร์บอน สแตนเลส เหล็กกล้า โครเมี่ยม และเหล็กที่ไม่เกิดสนิมเพื่อลดแรงเสียดทานและเพื่อยืดอายุการใช้งาน ลักษณะของใบมีดจะมีรูปร่างแตกต่างกันตามลักษณะของการใช้งาน เช่น ใบมีดแบบกลม ใบมีดแบบวงรี ใบมีดแบบสี่เหลี่ยม

2.5.13.1 วัสดุที่ใช้ทำมีด แบ่งเป็น 3 ชนิดคือ

1) เหล็กอัลลอยด์ คือ เหล็กที่ถูกผสมด้วยส่วนผสมบางอย่าง เช่น โครเมี่ยมเหล็กกลุ่มนี้ถูกออกแบบให้เป็น ToolSteel คือมีความแข็งและทนแรงเสียดทานได้ดี แต่รับแรงกระแทกได้น้อยกว่าเหล็กกล้าคาร์บอน เหล็กกลุ่มนี้เน้นการรักษาคมมีด

2) เหล็กกล้าคาร์บอน มีคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.7-1.4% มีความแข็งแรงและสามารถชุบแข็งได้ดี ใช้ทำเครื่องมือตัดต่างๆ

3) สเตนเลส หรือเหล็กกล้าไร้สนิม เป็นวัสดุที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนสูงจึงไม่เป็นสนิม มีความเป็นกลางจึงไม่ทำปฏิกิริยากับกรด และเกลือที่มีอยู่ในอาหาร

2.5.14 เฟือง แต่ละชนิดมีหน้าที่หลักที่เหมือนกัน คือ ใช้ในการส่งกำลังจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งแล้วแต่ลักษณะการใช้งาน แต่การใช้งานของเฟืองแต่ละชนิดจะมีหน้าที่รองต่างกันดังรายละเอียดต่อไปนี้

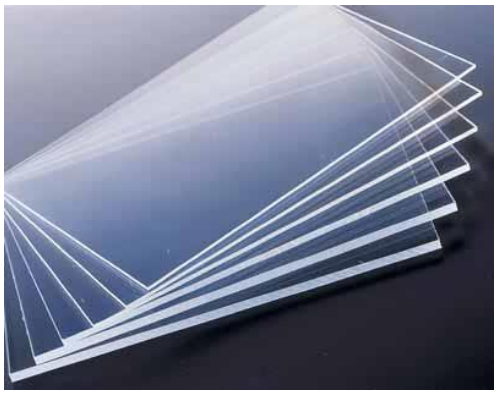
2.5.14.1 เฟืองตรง เป็นเฟืองที่ใช้ส่งกำลังกับเพลาที่ขนานกัน เฟืองตรงเหมาะสำหรับการส่งกำลังที่มีความเร็วรอบต่ำ หรือความเร็วรอบปานกลางไม่เกิน 20 เมตร ต่อนาที เช่น ชุดเฟืองทดลองของเครื่องกลึงเพื่อเดินกลึงอัตโนมัติ หรือชุดเฟืองทดลองของเครื่องจักรกลการเกษตรที่ความเร็วรอบต่ำๆ

2.5.14.2เฟืองสะพาน ในการใช้งานของเฟืองสะพาน(RACK) จะต้องใช้คู่กับเฟืองตรงที่เรียกว่า “พินเนียน(PINNION)” เสมอ ก็จะสามารถทำการส่งกำลังได้ ลักษณะการใช้งานของเฟืองสะพาน ตัวอย่างเช่น เฟืองสะพานของเครื่องกลึงยันศูนย์ ที่ช่วยให้แท่นเลื่อนเคลื่อนที่ ซ้าย-ขวา หรือเฟืองสะพานของเครื่องเจาะ ที่ทำหน้าที่เคลื่อนเพลาเครื่องเจาะให้ขึ้นลง

2.5.14.3เฟืองหนอน เฟืองหนอนประกอบด้วยเกลียวหนอน เพื่อให้เฟืองหนอนส่งกำลังไปเฟืองหนอน เป็นการส่งกำลังระหว่างเพลาที่ทำมุมกัน 90 องศา เป็นการส่งกำลังจากความเร็วรอบสูงให้มาเป็นความเร็วรอบต่ำ การส่งกำลังของชุดเฟืองหนอนของชุดหัวแบ่งของเครื่องกัด ลักษณะการใช้งาน

2.5.14.4เฟืองโซ่ เป็นเฟืองที่ใช้ในการส่งกำลังที่ดีอีกชนิดหนึ่งซึ่งใช้งานร่วมกันกับโซ่ ลักษณะของเฟืองจะคล้ายกันกับเฟืองตรง

2.5.15 อะคริลิค (Acrylic) เป็นแผ่นพลาสติกเรียบชนิด Thermoplastic ซึ่งผลิตจากน้ำยาMMA (Methyl Methacrylate) นำไปเข้าระบบหล่อแบบ (Casting System) กระบวนการผลิต ของ Acrylic ใน 2 ระบบ แตกต่างกันในแง่ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต



ภาพที่ 2-12 แผ่นอะคริลิค

ที่มา เว็บไซต์ http://www.happyshowers.com/index.php?mo=10&art=364248

โดยในระบบ Casting จะใช้น้ำยา MMA เป็นวัตถุดิบในการผลิต ส่วนในระบบ Extrusion ใช้เม็ด PMMA ในการผลิต สำหรับคุณสมบัติจะใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีวัตถุดิบเบื้องต้นชนิดเดียวกัน เพียงแต่เมื่อผ่าน process ที่แตกต่างกัน จึงทำให้มีข้อจำกัดการใช้งานต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งานในลักษณะต่างๆด้วย คุณสมบัติของอะครีลิค คือ เมื่อได้รับความร้อนสูงจะอ่อนตัวลง สามารถดัดหรือขึ้นรูปเป็นแบบต่าง ๆ ได้ และเมื่อเย็นตัวลงจะแข็งตัวและคงสภาพไว้ มีน้ำหนักเบา และสามารถแกะสลัก พ่นสี และสามารถทนแรงกระแทกได้ดีกว่ากระจก โดยความหนาของแผ่น

จะเป็นปัจจัยที่แปรผันโดยตรงกับการทนแรงกระแทก ขนาดความหนาของแผ่นอะครีลิคมีตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร - 100 มิลลิเมตร สามารถนำมาผลิตเป็นสิ่งของต่างๆ ได้หลากหลาย เช่น กรอบรูป ชั้นวางโชว์ ป้ายโฆษณา เป็นต้น

2.6 การแยกเนื้อมะขามหวาน

มะขามหวานที่เรานำมาแยกเนื้อเป็นมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูก่อนที่จะแยกเนื้อกับเมล็ดออก จะนำเอามะขามมาปอกเปลือกและดึงรกออกแล้วผึ่งแดดทิ้งไว้ประมาณ 10 – 15 วัน (บริษัท สารัช มาร์เก็ตติ้ง) แล้วใช้มีดกรีดเพื่อแยกเนื้อกับเมล็ดออกจากกันก่อนจะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ วิธีแยกเนื้อมะขามหวานแบบวิธีของชาวบ้านส่วนใหญ่จะใช้มือสัมผัสกับมะขามโดยตรง อาจเกิดการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง น้ำลาย เศษเส้นผม ทำให้มะขามไม่สะอาดและอาจได้รับอันตรายจากการใช้มีดกรีดมะขาม อีกทั้งยังได้ปริมาณของมะขามไม่เพียงพอต่อความต้องการต่อผู้ประกอบการและผู้บริโภค

ภาพที่ 2-13 การปอกเปลือกและดึงรกออก

ขั้นตอนแรกคือการคัดขนาดมะขามให้มีขนาดใกล้เคียงกัน จากนั้นนำไปแกะเปลือกให้เหลือแต่ฟักมะขาม โดยดึงรกออก เมื่อได้มะขามที่ปลอกเปลือกและดึงรกออกแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการกรีดเนื้อมะขามและนำเมล็ดออก ซึ่งพนักงานจะใช้มีดปลายแหลมกรีดที่ตัวมะขามและนำเมล็ดออกก่อนที่จะนำไปอบและบรรจุภัณฑ์ให้เป็นมะขามไร้เมล็ดต่อไป

ภาพที่ 2-14 มะขามที่ปอกเปลือกและดึงรกออกแล้ว

ภาพที่ 2-15 การใช้มีดกรีดมะขาม

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาเพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรได้มีรายได้จากการจำหน่ายมะขาม ซึ่งงานวิจัยของ จินตนา (2548) ได้หาวิธีการเพื่อพัฒนาเพิ่มผลผลิตมะขามหวานของเกษตรกรบ้านตะเบาะ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ ผู้วิจัยได้ใช้การศึกษาจากการตั้งเวลประชาคมแบบการมีส่วนร่วมของชุมชน ทำการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก จากนั้นก็ใช้การอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่ออบรม และเสริมสร้างความรู้ให้แก่ชาวบ้าน จากการลงพื้นที่ผู้วิจัยพบว่าชุมชนบ้านตะเบาะ มีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบและที่เนินตามเชิงเจา พื้นที่เพาะปลูกเป็นดินดำผสมดินลูกรัง มีความร่วนซุยทำให้เหมาะกับการปลูกมะขามหวาน ซึ่งพันธ์มะขามที่นิยมปลูกคือพันธุ์ขันตี รองลงมาคือพันธุ์สีทองและพันธุ์ศรีชมภู นอกจากวิธีการดังกล่าวแล้วยังมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับการเพิ่มผลผลิตและเพิ่มความรวดเร็วในขั้นตอนต่างๆ ในการผลิตมะชาม ตัวอย่างเช่นในงานวิจัยของ ณัฐพล. (2555). ได้ทำการ

นำเทคโนโลยีการประมวลภาพมาตรวจสอบตำหนิบนฝักมะขามเพื่อคัดแยกฝักมะขามเสียออกจากฝักมะขามดี โดยใช้ค่าของแสงสว่างจากภาพถ่ายฝักมะขามในการคัดแยก จากผลการทดสอบเพื่อหาค่าระดับความเข้มของแสง ในงานวิจัยของศักดิ์ศิริชัย (2556) ผู้วิจัยได้ออกแบบชุดถอดรกมะขาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาประสิทธิภาพและสร้างชุดถอดรกมะขาม ผลการวิจัยพบว่า เวลาที่ใช้ในการถอดรกมะขาม เฉลี่ย 14.58นาที ต่อมะขาม 1 กิโลกรัม คุณภาพฝักมะขามที่ได้ คิดเป็นร้อยละของจำนวนฝักมะขามเฉลี่ย 1 กิโลกรัม คุณภาพฝักมะขามที่ได้จากการถอดรกมะขาม คงสภาพฝักร้อยละ 96 ไม่คงสภาพฝักร้อยละ 4 มะขามนั้นมีประโยชน์มากมาย แม้กระทั่งนำมาสกัดเพื่อนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอาง ในงานวิจัยของปรีชา (2550) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีที่มีฤทธิ์ในการยับยังการทำงานของเอนไซด์ไทโรสิเนสโดยได้สกัดจากส่วนต่าง ๆ ของมะขามป้อม ซึ่งได้พบว่าพบว่าได้สารบริสุทธิ์ 11 ชนิด ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซมีไทโรสิเนส พบว่า สารสกัดหบาจากส่วนใบ ส่วนกิ่ง และส่วนผลชั้นเมทานอลจะมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรสิเนสมากที่สุด

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

จากการได้ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีในบทที่แล้ว เนื้อหาบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของการออกแบบและขั้นตอนในการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบแยกเมล็ดและเนื้อมะขาม โดยแบ่งการอธิบายออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ การออกแบบเครื่องจักร การสร้างเครื่องจักร การทดสอบและการประเมินประสิทธิภาพเครื่องจักร ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยสังเขปดังนี้

3.1 ขั้นตอนการออกแบบ

3.1.1 ศึกษาจากความบพพร่องของเครื่องต้นแบบการออกแบบใช้การศึกษาจากข้อบพพร่องของเครื่องแยกเม็ดมะขามต้นแบบ โดยเครื่องจักรแบบเดิมมีปัญหาในส่วนของการดันเมล็ดมะขามให้แยกออกจากเนื้อ ซึ่งเครื่องต้นแบบความสูงร่องลูกกลิ้งดันเมล็ดมะขามยังมีความสูงน้อยเกินไป สปริงตัวดันโซ่ระบบส่งกำลังมีขนาดเล็กเกินไป ทำให้เกิดการติดขัดระหว่างการทดสอบ และสิ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการทำงานมากที่สุดคือความชื้นของมะขาม มะขามที่มีความชื้นมากจะทำให้ระหว่างขั้นตอนการแยกเมล็ดฝักมะขามจำเสียรูป ทำให้ไม่สามารถนำจำหน่ายได้

ภาพที่ 3-1 ลักษณะของเนื้อมะขามที่เสียรูปจากการแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขาม
โดยใช้เครื่องแยกเมล็ดมะขามต้นแบบ

3.1.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของมะขามหวานพันธุ์สีชมภู ในการศึกษาลักษณะทางกายภาพของมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูโดยนำฝักมะขามมาผ่าครึ่งตามแนวความยาวของฝักแล้วใช้ไม้

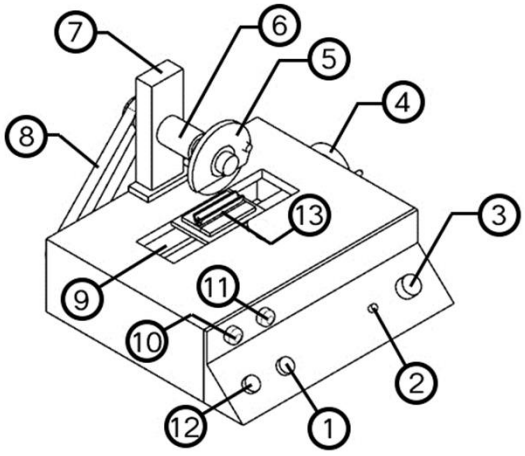
บรรทัดวัดเพื่อหาค่าเฉลี่ยของความยามและความโตของฝักมะขามหวานเพื่อใช้ในขั้นตอนการทดสอบของเครื่อง

3.2 ลักษณะและการทำงานของเครื่องจักร

ในการทำงานของเครื่องจักรจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน หลัก คือ ส่วนควบคุม ส่วนการทำงานและส่วนแสดง ส่วนการควบคุมประกอบด้วย ปุ่มเริ่มการทำงานของเครื่อง หมายเลข 1 ใช้สำหรับเริ่มการทำงาน เมื่อกดปุ่มนี้ใบมีดจะหมุน ซึ่งสามารถปรับความเร็วใบมีดจากปุ่มหมายเลข 2 โดยสามารถปรับความเร็วได้ 5 ระดับ และถ้าหากเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน สามารถหยุดเครื่องจักรได้ทันที โดยกดปุ่มหมายเลข 3 ถัดจากปุ่มปรับความเร็วมอเตอร์ ส่วนหมายเลข 4 ชุดมือหมุนใช้ในการบังคับเพลาเพื่อเลื่อนชุดฐานเลื่อนรับมะขามเพื่อใช้ในการกรีด

ในส่วนการทำงานจะประกอบไปด้วย หมายลข 5 เป็นใบมีดสำหรับกรีดเนื้อมะขามและฝาครอบเพื่อป้องกันอันตรายจากการทำงาน ถัดจากใบมีดคือชุดประคองเพลาหมุนและโครงสร้างสำหรับประคองเพลาหมุน และชุดสายพานส่งกำลัง หมายเลข 6 7 และ 8 ตามลำดับ โดยมอเตอร์จะส่งกำลังผ่านสายพานไปที่เพลาเพื่อให้เพลาไปหมุนใบมีด เพื่อไปกรีดชิ้นงานที่ วางอยู่บนชุดฐานเลื่อนรับมะขามซึ่งฐานเลื่อนจะถูกควบคุมด้วยชุดมือหมุนที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น

ในส่วนของการแสดงสัญญาณต่างๆ เพื่อจะได้ทราบว่าสถานะของเครื่องจักรเป็นอย่างไร โดยหมายเลข 10 จะแสดงปุ่มไฟเข้า ซึ่งจะแสดงหลังจากที่เราเสียบปลั๊ก และเปิดให้ไฟเข้าโดยใช้ปุ่มที่ 12 ซึ่งทำให้ทราบว่าเครื่องพร้อมที่จะใช้งาน และเมื่อกดปุ่มเริ่มทำงานไฟในหมายเลขที่ 11 จะแสดงซึ่งหมายถึงว่าเครื่องกำลังทำงาน ผู้ปฏิบัติงานจะได้ดำเนินงานอย่างมีความระมัดระวัง



ภาพที่ 3-2 ลักษณะของเครื่องแยกเมล็ดมะขาม

3.3 การใช้งานเครื่องจักร

เริ่มจากเลื่อนฐานเลื่อนชิ้นงานมาทางซ้ายสุดโดยใช้ชุดมือหมุนในการควบคุม จากนั้นนำมะขามที่จะกรีดใส่ชุดฐานเลื่อนรับมะขาม เสียบปลั๊กและกดปุ่มให้ไฟเข้าเครื่องจักร ซึ่งจะมีไฟแสดงให้ทราบว่าเครื่องพร้อมดำเนินงานได้ทันที หลังจากนั้นให้กดปุ่มเริ่มการทำงาน ใบมีดจะทำงาน ทำการเลื่อนฐานรับมะขามเพื่อให้มะขามถูกมีดกรีดเป็นทางยาว กรีดซ้ำๆ โดยใช้ชุดมือหมุน ซึ่งเมื่อผู้ปฏิบัติงานพิจารณาแล้วว่ามะขามเป็นรอยพอที่จะแหวกเพื่อนำเนื้อมะขามออกมาได้แล้ว จึงหยุดการทำงาน จากนั้นทำการเลื่อนฐานรับมะขามมาทางซ้ายสุด ปิดเครื่องและนำมะขามออกจากฐานรับมะขาม ใส่มะขามชิ้นต่อไป ทำซ้ำจนกว่าจะได้มะขามปริมาณตามที่ต้องการ

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ มะขามที่ใช้ในการทดสอบเครื่องจักรต้องมีการทำให้เนื้อมะขามแห้งเพื่อลดการเสียรูปเมื่อนำมะขามไปทดลอง โดยในการทำให้เนื้อมะขามแห้งมีการทดลอง 4 วิธีคือ นำมะขามไปตากแดด นำมะขามไปอบลมร้อนที่ความร้อน นำมะขามไปแช่ตู้เย็นเซลเซียส และสุดท้ายคือการนำเข้าเตา ไมโครเวฟ โดยจะเลือกเอาวิธีที่ได้คุณภาพของมะขามที่ดีที่สุด เพื่อนำไปใช้เตรียมมะขามสำหรับนำไปใช้ในการทดสอบเครื่องจักรต่อไป

ตารางที่ 3-1 ตัวอย่างตารางการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทดสอบประสิทธิภาพ

วิธีการเตรียมมะขาม	ปัจจัยและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพิจารณา	ผลการทดสอบ

3.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของจะขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้และลักษณะมะขามที่ได้หลังจากการกรีด ซึ่งในการปฏิบัติงานจะให้ผู้ทดสอบกรีดมะขามจำนวน10 ฝักแล้วทำการจับเวลา โดยในการทดสอบมีการกำหนดปัจจัยที่สิ่งผลต่อการทดสอบคือ ความเร็วรอบที่ต่างกัน 3 ระดับคือ ช้า กลาง และเร็วที่สุด ซึ่งถ้าหากสามารถนำไปแกะนำเมล็ดออกได้และฝักมะขามยังคงสภาพสมบูรณ์ถือการทำงานทำของเครื่องจักรมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดี

ตารางที่ 3-2 ตัวอย่างตารางการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักร

		เวลาที่ใช้ในการทดลองของแต่ละฝัก (วินาที)							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่าเฉลี่ย เท่ากับ									
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ									

3.3.3 การทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขาม เมื่อได้สร้างเครื่องและพบปัจจัยที่เหมาะสมจากการทดสอบแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือนำไปปฏิบัติงานจริงและให้ผู้เชี่ยวชาญและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปมะขามไร้เมล็ดได้ประเมินประสิทธิภาพด้วยแบบสอบถามที่คณะผู้ศึกษาค้นคว้าดังที่ออกแบบไว้ ซึ่งแบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพที่คณะผู้ศึกษาค้นคว้าได้ออกแบบแบ่งเป็น 4 ด้านคือ ด้านรูปแบบเครื่องแยกเมล็ดมะขาม ด้านความสะดวกในการปฏิบัติงาน ด้านความปลอดภัย ความสมบูรณ์ของผลผลิต ซึ่งในการประมวลผลจะใช้ สถิติในที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.3.1 การหาค่าเฉลี่ย

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \qquad (1)$$

ความหมายของตัวแปร

$\bar{x}$ = แทนคะแนนค่าเฉลี่ย

$\sum x$ = แทนผลรวมค่าของตัวแปร

n = แทนจำนวนข้อมูล

3.3.3.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\text{(S.D)} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (X-\bar{X})^2}{N-1}} \qquad (2)$$

ความหมายของตัวแปร

S = เป็นความแปรปรวนของกลุ่ม

$N-1$ = เป็นจำนวนตัวอิสระ

$(x-\bar{x})$ = แทนผลรวมค่าความแตกต่างระหว่างค่าของตัวแปรและค่าเฉลี่ย

3.3.3.3 เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1) การหาค่าระหว่างการแยกคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นของน้ำหนัก

2) คะแนนระดับความคิดเห็นของผู้ใช้เครื่องต้นแบบเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขามค่าเฉลี่ย

3) เกณฑ์การให้คะแนนค่าเฉลี่ยของระดับความคิดเห็น ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, 103)

4.51-5.00 หมายถึง ระดับความคิดเห็น ดีมาก

3.51-4.50 หมายถึง ระดับความคิดเห็น ดี

2.51-3.50 หมายถึง ระดับความคิดเห็น น้อย

1.51-2.50 หมายถึง ระดับความคิดเห็น น้อยที่สุด

1.00-1.50 หมายถึง ระดับความคิดเห็น ควรปรับปรุง

บทที่ 4

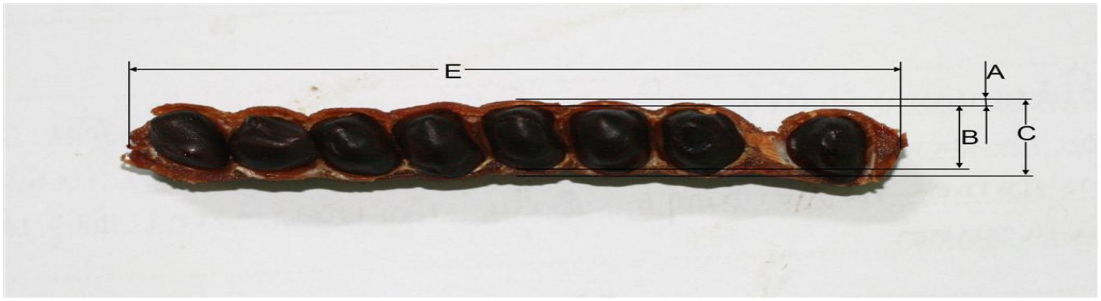
ผลการวิจัย

ผลลัพธ์การวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ การหาปัจจัยที่เหมาะสมจากการเตรียมมะขามที่จะส่งผลต่อการกรีด การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงาน โดยมีการแบ่งปัจจัยการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องออกเป็น 2 ปัจจัย ได้แก่ ขนาดฝักมะขาม และ ความเร็วรอบที่แตกต่าง เป็นการแบ่งประเภทมะขามออกเป็น 3 ขนาด โดยที่ กลุ่ม A ช่วงความโต 12.5 – 13 มม. กลุ่ม B ช่วงความโต 13.1 – 14 มม. และ กลุ่ม C ช่วงความโต 14.1 – 15 มม. และ สำรวจความพึงพอใจจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ที่เกี่ยวข้องการธุรกิจการแปรรูปมะขาม

4.1 ลักษณะทางกายภาพ

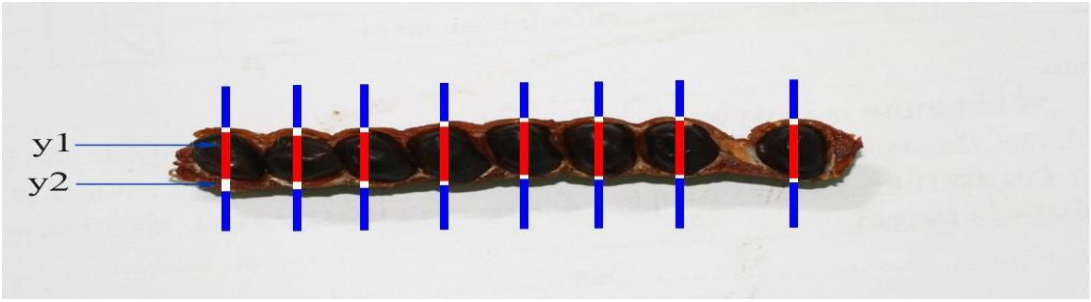
จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของฝักมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูสำหรับนำมาใช้ในการออกแบบเครื่องสามารถสรุปลักษณะทางกายภาพได้ดังนี้

4.1.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของมะขามหวานพันธุ์สีชมภู ในการศึกษาลักษณะทางกายภาพของมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูโดยนำฝักมะขามมาผ่าครึ่งตามแนวความยาวของฝักแล้วใช้ไม้บรรทัดวัดเพื่อหาค่าเฉลี่ยของความยามและความโตของฝักมะขามหวานเพื่อใช้ในขั้นตอนการทดสอบของเครื่อง เราจะเห็นได้ว่าฝักของมะขามหวานจะไม่ได้ตรงเสมอไปบางช่วงจะมีโค้งงอบ้างเล็กน้อย จากรูป 3-2 เป็นการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเนื้อมะขาม โดย A คือ ความหนาของเนื้อมะขามหวาน B คือ ความโตของเมล็ด C คือ ความโตของฝักมะขาม และ E คือ ความยาวของฝักมะขาม



ภาพที่ 4-1 ลักษณะทางกายภาพของมะขาม

ส่วนต่อไปคือความหนาในส่วนที่เป็นเนื้อและเมล็ดของมะขามในแต่ละช่วงของเมล็ด โดย y1 คือ ความโตของเมล็ดมะขาม y2 คือความหนาของเนื้อมะขาม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ตลอดความยาวของฝักมะขามจะมีความโตความหนาของเนื้อและเมล็ดมะขามไม่เท่ากัน ดังภาพ 3-3



ภาพที่ 4-2 แสดงความหนาส่วนที่เป็นเนื้อและความโตของเมล็ดมะขาม

4.2 การเตรียมวัตถุดิบ

การเลือกวิธีการเตรียมวัตถุดิบ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความชื้นมะขาม และให้ฝักมะขามมีเนื้อที่แน่นขึ้นเพื่อที่จะไม่ได้เสียรูปจากการกรีด โดยได้ทดลองกับกรรมวิธี ทั้งหมด 5 กรรมวิธี ประกอบด้วย นำมะขามไปตากแดด นำมะขามไปอบลมร้อนที่ความร้อน นำมะขามไปแช่ตู้เย็น และอบด้วยเตาไมโครเวฟ ส่วนพารามิเตอร์ที่ผู้วิจัยได้นำไปทดลอง คือพารามิเตอร์ที่ได้คัดเลือกจากการทดสอบแบบคราว ๆ ซึ่งผลลัพธ์ได้แสดงดังตารางที่ 4-1

ตาราง 4-1 ผลลัพธ์การเลือกวิธีการเตรียมวัตถุดิบ

วิธีการเตรียมมะขาม	ปัจจัยและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพิจารณา	ผลการทดสอบ
นำมะขามไปตากแดด	2 วัน	มะขามแห้งและคงรูป
นำมะขามไปอบลมร้อน	60 องศาเซียลเซียส 6 ชั่วโมง	เนื้อมะขามแห้งแต่หดตัว
แช่เย็น	อุณหภูมิ – 15 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง	มีความชื้นและละลองน้ำ
อบด้วยเตาไมโครเวฟ	ใช้ความร้อน 800 องศา เป็นเวลา 9 นาที	เนื้อมะขามไม่แห้ง

สรุปว่ากรรมวิธีการเตรียมวัตถุดิบ เป็นการใช้วิธีนำมะขามไปตากแดด ซึ่งจากการทดลองพบว่าถ้าหากใช้วิธีการนี้ เนื้อมะขามจะแห้ง ยังคงรูป และยังเนื้อยังแน่นขึ้น อีกทั้งวิธีการดังกล่าวยังพบว่ามีราคาถูกที่สุดและทำได้โดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์ดังนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้จึงเลือกการเตรียมวัตถุดิบโดยการนำมะขามไปตากแดดก่อนนำไปกรีดเพื่อนำเมล็ดออก

4.3 การทดสอบและประเมิน

ปัจจัยการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้และลักษณะมะขามที่ได้หลังจากการกรีด ซึ่งในการปฏิบัติงานจะให้ผู้ทดสอบกรีดมะขามจำนวน10 ฝักแล้วทำการจับเวลา โดยในการทดสอบมีการกำหนดปัจจัยที่สิ่งผลต่อการทดสอบคือ ความเร็วรอบที่ต่างกัน 3 ระดับคือ ช้า กลาง และเร็วที่สุด ซึ่งถ้าหากสามารถนำไปแกะนำเมล็ดออกได้และฝักมะขามยังคงสภาพสมบูรณ์ถือการทำงานทำของเครื่องจักรมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดี

4.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพและประเมินการทำงานในระดับความเร็วรอบต่ำ

ผลจากการทดสอบในระดับความเร็วรอบที่ต่ำที่สุดพบว่าความเร็วในการกรีดมะขามอยู่ที่ 10 วินาที จนถึง 40 วินาที จากการสังเกตุพบว่าเมื่อตั้งค่าให้ใบมีดมีความเร็วรอบที่ต่ำ เมื่อกรีดมะขามใบมีดจะมีแรงเสียดทานทำให้ความเร็วรอบจะลดลง ดังนั้นทำให้ความเร็วรอบของใบมีดไม่คงที่ส่งผลให้เวลาการกรีดไม่คงที่ตามไปด้วย ซึ่งค่าเบียงเบนมาตรฐานของเวลาการกรีดสูงถึง 9.57 อีกสาเหตุที่สำคัญคือฝักมะขามที่มีความชื้นที่เนื้อมะขามมากจะทำให้เนื้อมะขามติดที่ใบมีดทำให้ยิ่งกรีดไปนานๆ ใบมีดก็ยิ่งเกิดการหนืด ความเร็วในการกรีดก็จะลดลงไปอีก เพราะฉะนั้นถ้าหากขนาดฝักมะขามยิ่งมีความยาวก็ยิ่งทำให้เวลาในการกรีดก็จะยิ่งสูงขึ้น

ตาราง 4-2 ผลลัพธ์การหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกรีดมะขามที่ความเร็วรอบระดับต่ำ

		เวลาที่ใช้ในการทดลองของแต่ละฝัก (วินาที)							
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
40	20	10	12	25	33	26	13	27	20
ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 22.60									
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 9.57									

4.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพและประเมินการทำงานในระดับความเร็วรอบกลาง

ผลจากการทดสอบในระดับความเร็วรอบที่ต่ำที่สุดพบว่าความเร็วในการกรีดมะขามอยู่ที่ 16 วินาที จนถึง 31 วินาที จากการสังเกตุพบว่าระดับของเนื้อมะขามไม่เท่ากัน ดังนั้นถ้าหากมีร่องลึกลงไปอาจะทำให้ใบมีดกรีดไม่ถึง ดังนั้นการที่จะนำเมล็ดมะขามออกขั้นตอนการแยกรอยแผลจะติดในส่วนของช่วงที่ไม่ถูกกรีดทำให้ในการต้องนำเอาเมล็ดมะขามออกทีละส่วน ส่วนปัญหาอื่นๆ ก็จะคล้ายกับปัญหาที่ความเร็วรอบต่ำคือ เมื่อฝักมะขามที่มีความชื้นที่เนื้อมะขามมากจะทำให้เนื้อมะขามติดที่ใบมีดทำให้ยิ่งกรีดไปนานๆ ใบมีดก็ยิ่งเกิดการหนืด ความเร็วในการกรีดก็จะลดลงไปอีก เพราะฉะนั้นถ้าหากขนาดฝักมะขามยิ่งมีความยาวก็ยิ่งทำให้เวลาในการกรีดก็จะยิ่ง

สูงขึ้น ซึ่งถ้าหากใช้ความเร็วรอบในระดับนี้ เวลาเฉลี่ยในการกรีดจะเร็วขึ้นและค่าเบียงเบนมาตรฐานของเวลาการกรีดก็จะลดลง

ตาราง 4-3 ผลลัพธ์การทดสอบการกรีดมะขามกลุ่ม B และความเร็วรอบเท่ากับ 500 รอบต่อนาที

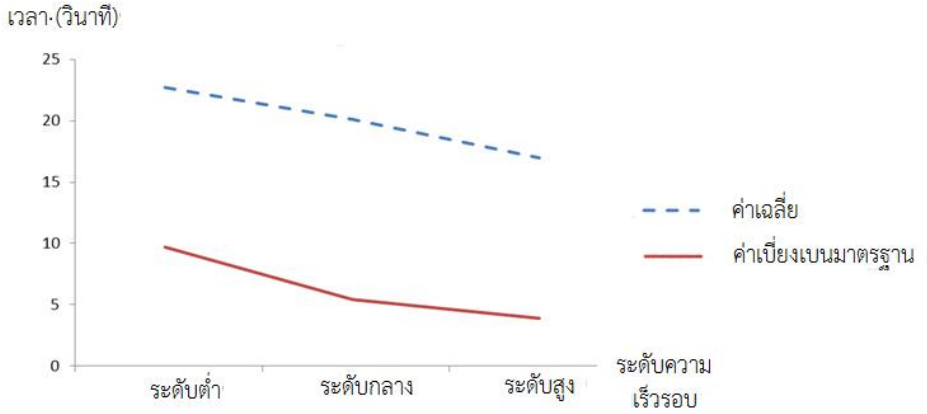
		เวลาที่ใช้ในการทดลองของแต่ละฝัก (วินาที)							
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
31	16	21	12	21	17	25	17	23	20
ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 20.0									
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.31									

4.3.3 การทดสอบประสิทธิภาพและประเมินการทำงานในระดับความเร็วรอบสูง

ผลจากการทดสอบในระดับความเร็วรอบที่สูงที่สุด พบว่าปัญหาจะมีความคล้ายกับความเร็วรอบในระดับกลางและระดับต่ำ แต่ความเร็วในการกรีดมะขามอยู่ที่ 12 วินาที จนถึง 20 วินาที ซึ่งมีความเร็วในการกรีดใกล้เคียงกันมากขึ้น แต่เมื่อใช้ความเร็วในการกรีดมากโอกาสที่มะขามจะกระเด็นออกจากฐานจับมะขาม ซึ่งในการทดลองมีมะขามที่กระเด็นออกจากฐานจับมะขามจำนวน 2 ฝักคือฝักที่ 1 และ ฝักที่ 7 ส่วนค่าเฉลี่ยของเวลากรีดจะอยู่ที่ 16.87 วินาทีและค่าเบี่ยงเมตรมาตรฐานในการทดลองที่ความเร็วรอบสูงที่สุดจะมีค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 2 ระดับ โดยมีค่าเท่ากับ 3.80

ตาราง 4-6 ผลลัพธ์การทดสอบการกรีดมะขามกลุ่ม B และความเร็วรอบเท่ากับ 1000 รอบต่อนาที

		เวลาที่ใช้ในการทดลองของแต่ละฝัก (วินาที)							
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
-	21	15	20	12	20	-	15	20	12
ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 16.87									
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.80									



ภาพที่ 4-3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละระดับ

4.4 การทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องต้นแบบแยกเมล็ดและเนื้อมะขามหวาน

การทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบแยกเมล็ดและเนื้อมะขามหวาน ที่สร้างขึ้นโดยคณะผู้ศึกษาค้นคว้าได้นำเอาเครื่องต้นแบบแยกเมล็ดและเนื้อมะขามหวาน ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คน ทดสอบใช้งานและตอบแบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพทั้ง 4 ด้าน ได้แก่

4.4.1 ด้านรูปแบบเครื่อง

4.4.2 ความสะดวกในการปฏิบัติงาน

4.4.3 ด้านความปลอดภัย

4.4.4 ผลผลิตที่ได้

ตารางที่ 4-8 ผลการประเมินประสิทธิภาพเครื่องต้นแบบเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขามหวาน

หัวข้อประเมินประสิทธิภาพ	**รายการประเมิน**	$\overline{X}$	**(S.D.)**	**ระดับความคิดเห็น**
ด้านรูปแบบเครื่อง	ขนาดและรูปทรงของเครื่องมีความเหมาะสม	4.80	0.42	ดีมาก
	ระบบการทำงานของชุดลูกกลิ้งเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขาม	3.80	1.03	ดี
	การออกแบบระบบส่งกำลังมีความเหมาะสม	3.00	0.88	น้อย
	ค่าเฉลี่ย	3.87	0.78	ดี

ตารางที่ 4-8 ผลการประเมินประสิทธิภาพเครื่องต้นแบบเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขามหวาน (ต่อ)

หัวข้อประเมินประสิทธิภาพ	**รายการประเมิน**	$\overline{X}$	**(S.D.)**	**ระดับความคิดเห็น**
ความสะดวกในการปฏิบัติงาน	ความสะดวกในการดูแลรักษาเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขาม	4.30	0.82	ดี
	ความสะดวกในการปฏิบัติงานกับเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขาม	3.80	0.63	ดี
	ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	3.80	1.03	ดี
	ค่าเฉลี่ย	3.97	0.83	ดี
ด้านความปลอดภัย	ระบบการทำงานของเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขาม	3.50	0.97	น้อย
	ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขาม	3.90	1.00	ดี
	ความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขาม	4.10	1.02	ดี
	ค่าเฉลี่ย	3.84	1.00	ดี
ด้านผลผลิตที่ได้	สภาพเนื้อมะขาม	3.10	1.10	น้อย
	การแยกเมล็ด	3.80	0.92	ดี
	ความสะอาดของฝักมะขาม	4.00	0.82	ดี
	ปริมาณที่ได้	3.10	1.21	น้อย
	ค่าเฉลี่ย	3.84	1.00	ดี

จากตารางที่ 4-8 ผลการทดสอบในภาพรวมคิดเป็นรายด้านพบว่า ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) = 3.80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) = 0.91 ระดับความคิดเห็นอยู่ในเกณฑ์ดี โดยด้านที่ค่าเฉลี่ยสูงสุดคือด้านความสะดวกในการปฏิบัติงาน รองลงมาคือด้านรูปแบบเครื่อง และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือด้านผลผลิตที่ได้

เมื่อวิเคราะห์รายละเอียดในแต่ละด้านพบว่า ในด้านรูปแบบเครื่องข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ขนาดและรูปทรงของเครื่องมีความเหมาะสม รองลงมาคือ ระบบการทำงานของชุดลูกกลิ้งเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขาม และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ การออกแบบระบบส่งกำลังมีความเหมาะสม

ในด้านความสะดวกในการปฏิบัติงานข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ความสะดวกในการดูแลรักษาเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขาม รองลงมาคือ ความสะดวกในการปฏิบัติงานกับเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขาม ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย

ในด้านความปลอดภัยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขาม รองลงมาคือ ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขาม และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ ระบบการทำงานของเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขาม

สุดท้ายในด้านผลผลิตที่ได้ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ความสะอาดของฝักมะขาม รองลงมาคือ การแยกเมล็ด และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ สภาพเนื้อมะขาม ปริมาณที่ได้

บทที่ 5

สรุปและอภิปราย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบแยกเนื้อมะขามหวานเพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าวของผู้ประกอบการแปรรูปมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยตัวเครื่องต้นแบบรุ่นที่แล้วสามารถกรีดมะขามโดยไม่ให้เสียรูปและเนื้อฉีกขาดได้เพียง 20% เท่านั้นจากจำนวนมะขามทั้งหมด สาเหตุอันเนื่องมาจากความชื้นในเนื้อมะขามทำให้ มะขามเกิดการเสียรูป ทำให้การกรีดสามารถทำได้ยาก จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นประกอบกับผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจปัญหา ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการจัดการเทคโนโลยีเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มผลผลิตเนื้อมะขามหวานสำหรับนำไปใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ด้วยการออกแบบและสร้างเครื่องเครื่องแยกเมล็ดและเนื้อมะขามหวาน เพื่อก่อให้เกิดการเพิ่มผลผลิต ลดแรงงานจากคน ผลิตภัณฑ์มะขามหวานมีความสะอาด ถูกสุขอนามัย และเพิ่มความปลอดภัยระหว่างการปฏิบัติงาน

เนื้อหาในงานวิจัยชิ้นนี้แบ่งวัตถุประสงค์ออกเป็น 3 ข้อคือ การศึกษาลักษณะทางกายภาพของฝักมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภู การสร้างเครื่องจักร และการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของเครื่องจักร ขนาดฝักมะขามที่นำมาใช้ในการทดลองคือมะขาม 3 ขนาด โดยที่ กลุ่ม A ช่วงความโต 12.5 – 13 มม. กลุ่ม B ช่วงความโต 13.1 – 14 มม. และ กลุ่ม C ช่วงความโต 14.1 – 15 มม. โดยลักษณะทางกายภาพของมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูโดยนำฝักมะขามมาผ่าครึ่งตามแนวความยาวของฝักแล้วใช้ไม้บรรทัดวัดเพื่อหาค่าเฉลี่ยของความยามและความโตของฝักมะขาม เราจะเห็นได้ว่าฝักของมะขามหวานจะไม่ได้ตรงเสมอไปบางช่วงจะมีโค้งงอบ้างเล็กน้อย ซึ่งจะประกอบไปด้วยความหนาของเนื้อมะขาม ความโตของเมล็ด ความโตของฝักมะขาม ความยาวของฝักมะขาม ส่วนความหนาที่เป็นเนื้อและเมล็ดของมะขาม ตลอดความยาวของฝักมะขามจะมีความโตความหนาของเนื้อและเมล็ดมะขามไม่เท่ากัน

ในขั้นตอนการเตรียมกรรมวิธีการเตรียมวัตถุดิบที่ดีที่สุดคือ วิธีนำมะขามไปตากแดด ซึ่งเนื้อมะขามจะแห้ง ยังคงรูป และยังเนื้อยังแน่นขึ้น อีกทั้งวิธีการดังกล่าวยังพบว่ามีราคาถูกที่สุดและทำได้โดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์ดังนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้จึงเลือกการเตรียมวัตถุดิบโดยการนำมะขามไปตากแดดก่อนนำไปกรีดเพื่อนำเมล็ดออก จากนั้นนำมะขามที่ได้จากการตากแดด 2 วันไปทดสอบกับเครื่อง

ส่วนขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพของเครื่อง โดยผู้วิจัยได้นำเอามะขามทั้งหมดไปตากแดดจำนวน 2 วันก่อนมาทำการทดสอบ ซึ่งจากการทดสอบพบว่า การทดสอบการทำงานโดยใช้

ระดับความเร็วรอบที่มีความแตกต่างกันและทดลองกับมะขามคละขนาด พบว่ามีปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งานคล้ายกันในความเร็วทุกระดับคือ เมื่อกรีดมะขามใบมีดจะมีแรงเสียดทานทำให้ความเร็วรอบจะลดลง ดังนั้นทำให้ความเร็วรอบของใบมีดไม่คงที่ส่งผลให้เวลาการกรีดไม่คงที่ตามไปด้วย และถ้าหากฝักมะขามที่มีความชื้นที่เนื้อมะขามมากจะทำให้เนื้อมะขามติดที่ใบมีด เมื่อกรีดไปนานๆ ใบมีดก็ยิ่งเกิดการหนืด ความเร็วในการกรีดก็จะลดลงไปอีก เพราะฉะนั้นถ้าหากขนาดฝักมะขามยิ่งมีความยาวก็ยิ่งทำให้เวลาในการกรีดเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องคอยทำความสะอาดใบมีดอยู่เป็นระยะ อีกสาเหตุที่สำคัญคือ ตลอดความยาวฝักมะขามบางฝักจะมีร่องลึกอยู่ ซึ่งใบมีดที่ใช้กรีดมีระดับความสูงเดียว ซึ่งถ้าหากมีร่องลึกลงไปอาจจะทำให้ใบมีดกรีดไม่ถึง ดังนั้นการที่จะนำเมล็ดมะขามออก ช่วงที่ไม่ถูกกรีดจะทำให้นำเมล็ดมะขามออกมาได้ยาก ส่วนด้านความเร็วในการกรีด ข้อดีของการใช้ความเร็วในระดับที่สูงที่สุดคือ จะสามารถกรีดได้เร็วกว่าการใช้ความเร็วระดับที่ต่ำกว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาในการกรีดก็ต่ำกว่าเช่นเดียวกัน แต่ข้อเสียของการใช้ความเร็วรอบในระดับที่สูงคือ โอกาสที่ฝักมะขามที่กรีดก็จะกระเด็นออกจากฐานก็จะมีสูงขึ้นตามไปด้วย

ส่วนการสำรวจความพึงพอใจของผู้ที่ได้ทดลองใช้งานพบว่า ในภาพรวมคิดเป็นรายด้านพบว่าค่าเฉลี่ย **($\bar{X}$) = 3.80** ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน **(S.D.) = 0.91** ระดับความคิดเห็นอยู่ในเกณฑ์ดี โดยด้านที่ค่าเฉลี่ยสูงสุดคือด้านความสะดวกในการปฏิบัติงาน รองลงมาคือด้านรูปแบบเครื่อง และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือด้านผลผลิตที่ได

บรรณานุกรม

เล็ก สีคง. (2547). *วัสดุวิศวกรรมและอุตสาหกรรม*, หน่วยโสตทัศนศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. สถาบันมะขามหวาน. แหล่งที่มา : http://agritech.pcru.ac.th/new/page/tamarineinst.html. 26 ตุลาคม 2557

ณัฐพล ชัยทวิชธานันท์. (2555). การตรวจสอบฝักมะขามหวานเสียโดยวิธีการประมวลภาพ. รายงานการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์.

นิติพงษ์ ใจสิน. (2549). การคัดแยกฝักมะขามหวานด้วยวิธีการแปรรูปภาพ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ประเสริฐ สิงห์คำ และคณะ. (2556). เครื่องปั้นเนื้อมะขามแก้ว. สารนิพนธ์ปริญญาเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์.

วรวิทย์ วรนาวิน. (2550). เครื่องกวนน้ำมะขามเปียก. รายงานการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.กรุงเทพฯ.

ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์. (2556). การศึกษาสมรรถนะของชุดถอดรกมะขาม : กรณีศึกษามะขามหวานพันธุ์ประกายทอง. รายงานการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์.

สุภัทร หนูสวัสดิ์ และคณะ. (2537). ออกแบบและทดสอบเครื่องอบแห้งมะขามหวาน. บทความประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเกษตร วันที่ 28-20 พฤษภาคม 2537. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. หน้า 208

กองบรรณาธิการเฉพาะกิจ ฐานเกษตรกรรม. (2543). **มะขามหวาน.** กรุงเทพมหานคร : ฐานเกษตรกรรม. ดอกธูป พุทธมงคล. (2542). **วัสดุช่าง.** กรุงเทพมหานคร:

ธนเจต สครรัมย์. (2546). **มอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม**. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์ ส่งเสริมอาชีวะสนพ.ศูนย์

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). **การวิจัยเบื้องต้น**. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาสน์

ปรีชา ทิมทอง. (2541**). ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จิตรวัฒน์

ล้วน สายยศ, และอังคณา สายยศ. (2521). **ภาควิชาพื้นฐาน(ฝ่ายวัดผลและวิจัย).**คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์. (2552). **ข้อมูลการปลูกมะขามหวานในจังหวัดเพชรบูรณ์.** เพชรบูรณ์: กรมส่งเสริมการเกษตร.

คุณสมบัติของอะครีลิค. (2554). [On-line]. Available : http://www.mtec.or.th/index.php?option=content&task=view&id=577&Itemid=36, [2554, ก.ย. 15].

ชนิดของสเตนเลส.(2554). [On-line]. Available :http://www.akesteel.com/index.php?mo=3&art=45438 [2554, พ.ค. 18].

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง. (2554). [On-line]. Available : http://www.lu-yang.com.tw/TAI/dc.html, [2554, ก.ย. 15].

ลักษณะของตลับลูกปืน. (2554). [On-line]. Available : http://www.skf.com/portal/skf_th/home/products?contentId=261482&lang=th , [2554, ก.ค. 20].

ลักษณะของเฟือง. (2554). [On-line]. Available : http://www.semi-shop.com/shopping/product_group.php?group=1007 , [2554, ก.ค. 27].

ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี. (2547). **การออกแบบเครื่องกลและชิ้นส่วนเครื่องจักร 1.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สวิตช์ปุ่มกด. (2554). [On-line]. Available : http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara09.html [2554, พ.ค. 15].

Brinker, C.J., and Scherer, G.W. (1990). *Sol-Gel Science - The Physic*

Chemistry of Sol-Gel Processing, Academic Press, New York, pp. Yosry, A. Attia. (1993). *Sol-gel Processing and Applications*, New York, pp.

ภาคผนวก ก

-

ภาพการปฏิบัติงาน

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล นายวิทยา หนูช่างสิงห์
   Mr. Wittaya Nuchangsing
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. ตำแหน่งทางวิชาการ -
5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก
   โปรแกรมวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
   มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000
   โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 1608
6. ประวัติการศึกษา
   ค.อ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
   วศ.ม. (วิศวกรรมการจัดการ)
   มหาวิทยาลัยนเรศวร

.7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
   การเขียนแบบทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
   การออกแบบและเขียนแบบชิ้นส่วนเครื่องมือกล
   การวางแผนและควบคุมการผลิต
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

   -

ประวัติคณะผู้วิจัย (ต่อ)

1. ชื่อ-นามสกุล นายธนภัทร มะณีแสง

   Mrs. Thanapat Maneesaeng

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำพิเศษ
4. ตำแหน่งทางวิชาการ -
5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

   โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
   มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000
   โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 1608

6. ประวัติการศึกษา

   วศ.ม.(วิศวกรรมการจัดการ)
   มหาวิทยาลัยนเรศวร
   วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหกการ)
   มหาวิทยาลัยนเรศวร

.7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

   การวิจัยดำเนินการ
   การจำลองสถานการณ์
   เมตาฮิวริสติกส์

8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

   -