



รายงานการวิจัย

การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกมะขามหวานสำหรับการแปรรูป
มะขามหวานของกลุ่มผู้ประกอบการแปรรูปมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์

**Design and Construction of a Tamarind Pod Cracking Machine
for Entrepreneurial Processed Tamarind
Products at Phetchabun Province**

วิทยา หนูช่างสิงห์และคณะ

สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ประจำปีงบประมาณ 2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

**การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกมะขามหวานสำหรับการแปรรูป
มะขามหวานของกลุ่มผู้ประกอบการแปรรูปมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์**

**Design and Construction of a Tamarind Pod Cracking Machine
for Entrepreneurial Processed Tamarind
Products at Phetchabun Province**

**วิทยา หนูช่างสิงห์และคณะ
สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์**

**ทุนอุดหนุนโดย งบประมาณแผ่นดินที่พิจารณาจากโดยผ่านความเห็นชอบจากสำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2559**

ชื่องานวิจัย	การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกมะขามหวานสำหรับการแปรรูปมะขามหวานของกลุ่มผู้ประกอบการแปรรูปมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์
ผู้วิจัย	วิทยา หนูช่างสิงห์
ผู้ร่วมวิจัย/ที่ปรึกษา	ชนภัทร มะณีแสง
สาขาวิชา	วิศวกรรมการผลิตและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม วัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการกะเทาะเปลือก ในการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ระยะ โดยระยะที่ 1 เป็นการทดลองเบื้องต้น และการทดลองเพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสม การทดลองเบื้องต้นได้ทดลองกับมะขามจำนวน 100 ฝัก โดยแบ่งออกเป็น 10 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ฝัก จากการทดลองพบว่า ใช้เวลาเฉลี่ยในการกะเทาะเพียง 7 วินาทีต่อการกะเทาะ 10 ฝัก ซึ่งรวดเร็วกว่าเมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคนแกะ และเมื่อตรวจสอบร้อยละพื้นที่ที่เครื่องจักรสามารถกะเทาะเปลือกได้ พบว่าเครื่องจักรมีประสิทธิภาพในการกะเทาะเฉลี่ยร้อยละ 89 ของพื้นที่การกะเทาะทั้งหมด แต่ถึงความสามารถในการกะเทาะมีสูง แต่ก็ยังมีฝุ่นที่ติดมากับเนื้อมะขาม และมีมะขามที่ฉีกขาดจำนวน 3 ฝักจากจำนวนมะขามทั้งหมด ส่วนในการทดลองเพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสม คณะผู้วิจัยได้ทดสอบโดยการเปรียบเทียบการทำงานจากการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบทั้ง 3 ระดับ โดยการทำซ้ำจำนวน 30 ฝัก ผลที่ได้คือร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเฉลี่ยของความเร็วรอบที่ 800 และ 900 ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะมีความใกล้เคียงกันมาก ส่วนระดับที่ผลออกมาแย่ที่สุดในความเร็วรอบ 3 ระดับคือที่ความเร็วรอบ 1,200 รอบต่อนาที ซึ่งมีจำนวนฝักในการฉีกขาดมากที่สุดส่งผลให้มีร้อยละของพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเฉลี่ยน้อยที่สุด จากนั้นได้การวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบจำแนกทางเดียว เพื่อหาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ ซึ่งได้พบว่า ค่า P value มีค่าเท่ากับมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบไม่มีส่งผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกมะขามอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถึงอย่างไรก็ตามได้แนะนำให้มีการตั้งค่าความเร็วรอบการกะเทาะเปลือกมะขามไว้ที่ 800 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นการกะเทาะเปลือกที่ดีที่สุดในการเร็วทั้ง 3 ระดับ

คำสำคัญ : มะขามหวาน การออกแบบการทดลอง เครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม

Title	Design and Construction of a Tamarind Pod Cracking Machine for Entrepreneurial Processed Tamarind Products at Phetchabun Province
Author	Wittaya Nuchangsing
Co-Researcher	Thanapat Maneesaeng
Branch	Production Engineering and Management Phetchabun Rajabhat University 2017

Abstract

The main aim of this research is development for tamarind pod cracking Machine and efficacy test. The experiment comprise two phase following, the phase one is fundamental experiment and the phase two is find fitness revolutions per minute. In fundamental experiment tested with tamarind 100 piece that are divide ten group, each group have 10 piece. From the experiment, the machine can be a cracked ten of tamarind in average of 7 seconds which faster than cracked from employee. Inspection percentage crack area, we found that the machine can be effective of percentage average of 89 in the total area however overall equipment effectiveness, but tamarinds covered with dust and fond 3 of shredded tamarinds from hundred pieces. In two is find fitness revolutions per minute three levels comprise 800 900 and 1,200 rpm. As a result is percentage crack area, revolutions per minute 800 look like 900, but the worst revolutions per minute is 1,200 rpm, which the most laceration number of tamarinds. As a result is the lowest percentage crack area. The next step is analyzed of variances by one way anova. As a result, The different revolutions per minute don't have significantly affect to effective of tamarind pod cracking, since p value is higher than 0.05 However the result of experiment show, the operate should sets revolutions per minute to 800 rpm that is the best of revolutions per minute.

Keywords : Sweet tamarind, Experiment, Tamarinds cracking Machine

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้และขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

วิทยา หนูช่างสิงห์และคณะ

22 กุมภาพันธ์ 2560

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ข
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของ โครงการวิจัย.....	4
1.5 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการ	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 มะขาม.....	6
2.2 วิธีการแปรรูปมะขาม	9
2.3 ส่วนประกอบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล.....	14
2.4 วิธีการแยกเตรียมเนื้อมะขามหวานก่อนการแปรรูป.....	32
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	35
3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม	35
3.2 วิธีการทดลอง	40
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	42
4.1 การทดสอบเบื้องต้น	42
4.2 การทดสอบแบบมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ	44

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	46
5.1	สรุปผลการวิจัย	46
5.2	ข้อเสนอแนะ	47
บรรณานุกรม		48
ภาคผนวก		50
	ภาคผนวก ก (ตารางแสดงผลลัพธ์การหาร้อยละพื้นที่การกะเทาะ).....	51
	ภาคผนวก ข (ภาพถ่ายอย่างผลการทดลอง).....	59
ประวัติคณะผู้วิจัย.....		63

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1-1 ประเทศผู้ส่งออกผลไม้เมืองร้อนที่สำคัญ 5 อันดับใน โลกปี 2552	2
1-2 ประเทศผู้นำเข้าผลไม้เมืองร้อนที่สำคัญ 20 อันดับในปี 2552.....	2
4-1 ผลลัพธ์การทดสอบการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม.....	43
4-2 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบการทดสอบเครื่องกะเทาะเปลือกความเร็วรอบทั้ง 3 ระดับ ..	44
4-3 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบจำแนกทางเดียว.....	44

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2-1 ลักษณะของฝักมะขาม	8
2-2 การเปลี่ยนรูปของอาหาร	11
2-3 ลักษณะการทำงานของกรอบแบบใช้ลมร้อน	12
2-4 ลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย	13
2-5 สกรูชนิดต่างๆ.....	16
2-6 โบลต์หัวหกเหลี่ยมพร้อมนัต	17
2-7 นัต (NUT) ชนิดต่างๆ.....	18
2-8 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	23
2-9 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	24
2-10 สวิตช์ปุ่มกดที่มีหลอดสัญญาณติดอยู่.....	25
2-11 ลักษณะของโซ่.....	29
2-12 แผ่นอะคริลิก.....	31
2-13 การปอกเปลือกและดึงรอกออก.....	32
2-14 ตัวอย่างมะขามแปรรูป	35
3-1 ระบบการทำงานของเครื่องกะเทาะมะขาม	35
3-2 โครงสร้างเครื่องจักร	36
3-3 ฝาครอบ	36
3-4 ถาดป้อน.....	37
3-5 ถาดส่ง.....	37
3-6 ถาดรับ	38
3-7 สายพาน	38
3-8 มอเตอร์	39
3-9 มู่เล่	39
3-10 ลูกกลิ้ง.....	40
3-11 วิธีการตรวจสอบพื้นที่การกะเทาะเปลือกมะขาม	41
4-1 มะขามที่ถูกกะเทาะเปลือกโดยเครื่องจักร	42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สินค้าทางการเกษตรมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก โดยที่เป็นฐานการผลิตสินค้าทางการเกษตร เนื่องจากลักษณะของภูมิประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติสูงจึงเอื้ออำนวยต่อการทำการเกษตร ทำให้ได้ชื่อว่าเป็นศูนย์กลางแห่งอาหารของโลก โดยสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรหลากหลายชนิดออกมาสู่ผู้บริโภคภายในประเทศได้ตลอดทั้งปี อีกทั้งยังสามารถนำส่วนเกินที่เหลือจากการบริโภคภายในประเทศ ส่งออกเพื่อจำหน่ายในต่างประเทศ ทำให้สามารถนำเงินตราเข้าประเทศเป็นจำนวนมาก สินค้าทางการเกษตรของไทยที่สำคัญคือผลไม้ซึ่งจากตารางที่ 1 ประเทศไทยอยู่ในอันดับ 2 ของประเทศที่มีการส่งออกผลไม้เมืองร้อนมากที่สุดทั่วโลก โดยจัดลำดับจากมูลค่าการส่งออก และจากตารางที่ 2 ก็พบว่าประเทศจีนเป็นประเทศหนึ่งที่สำคัญเนื่องจากเป็นผู้นำเข้าผลไม้เมืองร้อนจากทั่วโลกรายใหญ่ และเป็นประเทศที่สำคัญที่นำเข้าผลไม้จากประเทศไทย ซึ่งจากข้อมูลการนำเข้า-ส่งออก ในหมวดผลไม้ ของกรมศุลกากรชี้ให้เห็นว่าหลังการเปิดการค้าเสรี (FTA) ไทยมีมูลค่าการส่งออกไปจีนเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ย ร้อยละ 21 ต่อปีและในปี 2547 และเพิ่มขึ้นสูงกว่า 10,000 ล้านบาท สำหรับผลไม้ที่เป็นที่นิยมมากที่สุดของผู้บริโภคชาวจีน ได้แก่ ทุเรียน มังคุด ลำไย ถั่วลิสง มะม่วง เงาะ ส้มสายน้ำผึ้ง และหนึ่งในนั้นคือ มะขามหวาน (โครงการศึกษาการขยายตลาดผลไม้สดไทยไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีน ภายใต้การเปิดเขตการค้าเสรีไทย-จีน) ซึ่งเป็นสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญของจังหวัดเพชรบูรณ์ จากข้อมูลของพาณิชย์จังหวัดเพชรบูรณ์พบว่าจีนเป็นแหล่งค้ามะขามหวานแหล่งใหญ่ของจังหวัดเพชรบูรณ์และผู้ประกอบการในจังหวัดเพชรบูรณ์ก็มีความประสงค์ที่จะติดต่อค้าขายกับผู้ประกอบการจีนมากขึ้น และนอกจากจีนแล้วยังมีแหล่งจำหน่ายมะขามในต่างประเทศอื่นๆ ประกอบด้วย สิงคโปร์ มาเลเซีย ซาอุดีอาระเบีย สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเพชรบูรณ์)

ตารางที่ 1-1 ประเทศผู้ส่งออกผลไม้เมืองร้อนที่สำคัญ 5 อันดับในโลกปี 2552 (จัดลำดับด้วยมูลค่า)

ลำดับ	ประเทศ	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (1,000 เหรียญสหรัฐ)	มูลค่าต่อหน่วย (เหรียญสหรัฐ/ตัน)
1	ฮ่องกง	314,913	185,067	588
2	ไทย	256,172	119,822	468
3	อียิปต์	26,618	29,979	1,126
4	เคนย่า	19,098	20,748	1,086
5	สหรัฐอเมริกา	11,386	14,934	1,312

ประมาณการของ FAO

ที่มา: <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>

ตารางที่ 2-1 ประเทศผู้นำเข้าผลไม้เมืองร้อนที่สำคัญ 20 อันดับในปี 2552 (จัดลำดับด้วยมูลค่า)

ลำดับ	ประเทศ	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (1,000 เหรียญสหรัฐ)	มูลค่าต่อหน่วย (เหรียญสหรัฐ/ตัน)
1	จีน	338,433	288,019	851
2	ฮ่องกง	333,157	199,570	599
3	แคนาดา	41,496	54,202	1,306
4	สิงคโปร์	53,066	29,617	558
5	สหรัฐอเมริกา	3,693	10,790	2,922

มะขามหวานเป็นผลไม้ที่มีราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับราคาผลไม้ชนิดอื่น ปลูกง่าย โตเร็ว แข็งแรง ทนทานต่อสภาพอากาศที่แห้งแล้ง อีกทั้ง มะขามหวานเป็นผลไม้ชนิดเดียวของไทยที่ไร้คู่แข่งในตลาดโลก เพราะไม่มีประเทศไหนที่ปลูกได้ดีและรสชาติหวานเหมือนประเทศไทย ข้ำยังเป็นที่ต้องการของหลายประเทศ ที่สำคัญยังเป็นผลไม้ที่เกษตรกรไม่ต้องรีบขาย สามารถเก็บไว้ได้นานเป็น

เดือน ซึ่งมะขามหวานเพชรบูรณ์ได้รับการจดทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Thai Geographical Indication) หรือตราสัญลักษณ์ GI จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์ ซึ่งสาเหตุที่มะขามหวานเพชรบูรณ์ได้ตรา GI นั้น เพราะสภาพดินฟ้าอากาศที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของเจ้าผลไม้ชนิดนี้ ซึ่งดินส่วนใหญ่ในจังหวัดเพชรบูรณ์เป็นดินร่วน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 5.5-6.5 มีฝนตกไม่ชุกนัก จึงไม่มีปัญหาเรื่องเชื้อเหมือนจังหวัดอื่นๆ นอกจากนี้ ดินในจังหวัดเพชรบูรณ์ยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุอาหารฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูง อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม ซึ่งเป็นระยะที่ฝักสุก ทำให้มะขามหวานเพชรบูรณ์ฝักใหญ่ เปลือกสีน้ำตาลเนียนสวย เนื้อหนา สวยสม่ำเสมอ มีรสหวานหอม แตกต่างจากจังหวัดอื่น พันธุ์มะขามที่นิยมปลูกกันมากเพราะสามารถขายได้ดีได้แก่ พันธุ์สีทอง พันธุ์ศรีชมภู พันธุ์ประกายทอง เทพ เพียงมะลิ่ง ถ้าหากพิจารณาข้อมูลของเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์พบว่าในปี 2555 จังหวัดเพชรบูรณ์มีพื้นที่ปลูกมะขามหวานประมาณ 50,524 ไร่ ซึ่งปลูกมากที่สุดที่อำเภอเมือง อำเภอชนแดน และ อำเภอหล่มเก่า ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ถึง 32 ล้านกิโลกรัม (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์) มะขามหวานเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้แก่ผู้ปลูกอย่างมาก มะขามหวานเป็นพืชสัญลักษณ์สำคัญของจังหวัดเพชรบูรณ์มานาน ซึ่งความหวานของมะขามมีชื่อเสียงจนมีผู้เรียกเมืองเพชรบูรณ์อีกชื่อหนึ่งว่าเป็นเมืองมะขามหวาน ไม่เพียงมะขามหวานฝักที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคแต่ผลิตภัณฑ์มะขามแปรรูปก็ยังเป็นที่นิยมทั้งในและต่างประเทศ ตัวอย่างเช่น มะขามอบแห้ง ไร่เมล็ด มะขามคลุก มะขามเชื่อม เป็นต้น ซึ่งจากกรณีดังกล่าวทำให้มีการนิยมนำสวนมะขาม ทั้งในจังหวัดเพชรบูรณ์และในต่างจังหวัด เพราะแม้ว่าจังหวัดเพชรบูรณ์จะปลูกมะขามมากที่สุดในประเทศแต่มะขามหวานก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการในตลาด ดังนั้นมะขามหวานที่ออกสู่ตลาดจึงไม่ได้มีเพียงแค่มะขามที่ปลูกในจังหวัดเพชรบูรณ์เท่านั้น โดยจังหวัดที่มีการปลูกกันมาก ได้แก่ อุบลราชธานี เลย แพร่ น่าน ชัยภูมิ ศรีสะเกษ อุดรดิตถ์ กาญจนบุรี และนครราชสีมา

จากข้อมูลของพานิชจังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่าผลิตภัณฑ์จากมะขามเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในต่างประเทศจำนวนมาก ในขั้นตอนการแกะเปลือกเป็นขั้นตอนที่สำคัญ โดยปกติผู้ประกอบการใช้วิธีการแกะเปลือกโดยใช้มือ ขั้นตอนนี้มีค่าซ้ำ ผู้คนเองที่ติดมากับเปลือกมักจะปะปนกับเนื้อมะขาม เครื่องมือที่ใช้ในการแกะเปลือกมีลักษณะแหลมคม บ่อยครั้งที่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องแกะเปลือกมะขามเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณของเนื้อมะขาม เพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ลดขั้นตอนการผลิต ลดต้นทุนในการผลิต และที่สำคัญที่สุดคือทำให้เนื้อมะขามสะอาดถูกหลักอนามัย ในงานวิจัยของ วิทยา และ ธนภัทร (2556) นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องแกะเปลือกมะขามเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณของเนื้อมะขาม ซึ่งการทำงานของเครื่องจักรยัง

ไม่สมบูรณ์มากนัก เนื่องจากยังไม่สามารถกะเทาะเปลือกได้อย่างเต็ม 100% รวมถึงยังมีเศษเปลือกและฝุ่นปะปนอยู่กับเนื้อมะขาม เนื้อมะขามฉีกขาดเนื่องจากความเร็วรอบที่สูง ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าวในงานวิจัยชิ้นนี้จึงเป็นการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะมะขามที่สามารถปรับปรุงการทำงานเพื่อไม่ให้ฝักมะขามเกิดการฉีกขาดและลดการแตกละเอียดของเปลือกมะขาม รวมถึงมีการทำให้ส่วนประกอบของเครื่องกะเทาะมะขามสามารถถอดประกอบได้ง่ายในส่วนที่ผู้ปฏิบัติงานต้องถอดออกมาล้างทำความสะอาด

1.2 วัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของฝักมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูสำหรับนำมาใช้ออกแบบเครื่อง

1.2.2 เพื่อพัฒนาเครื่องกะเทาะมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูและทดสอบการทำงานและประสิทธิภาพของเครื่อง

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.3.1 ศึกษาข้อมูล ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และขั้นตอนการทำกะเปลือกมะขาม

1.3.2 วิเคราะห์องค์ความรู้ที่ได้จากการสำรวจข้อมูลการทำงาน และปัญหาในการทำงานของเครื่องจักรแบบเดิม สรุปปัญหา จัดองค์ความรู้เพื่อหาแนวทางแก้ไขข้อบกพร่อง

1.3.3 สังเคราะห์ข้อมูลที่ได้เพื่อนำองค์ความรู้ หาแนวทางและวิธีการทำงานที่เหมาะสม เพื่อออกแบบ และสร้างเครื่องกะเทาะมะขามโดยมุ่งการพิจารณาไปที่มะขามพันธุ์ศรีชมภูซึ่งเป็นมะขามพันธุ์เศรษฐกิจที่สำคัญ

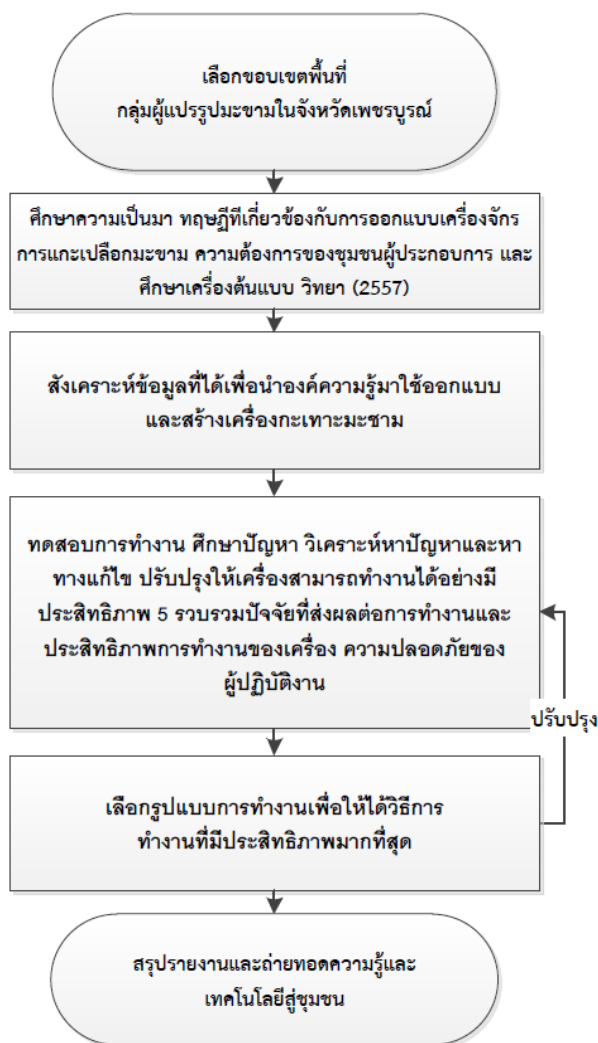
1.3.4 ทดสอบการทำงาน เครื่องมืออุปกรณ์และวิเคราะห์หาปัญหาที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งหาทางแก้ไข และทำการปรับปรุงให้เครื่องมืออุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3.5 สรุปและรายงานผล

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาข้อมูลการผลิตมะขามแปรรูปจากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปมะขามไร่บุญคง เพื่อวิเคราะห์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตออกแบบเครื่องกะเทาะ จากนั้นทำการทดสอบการทำงานเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร

1.5 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการ



1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่เพื่อใช้เพิ่มศักยภาพการแข่งขันที่สูงขึ้น

1.6.2 เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันการแปรรูปให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน ผู้ประกอบการ
หน่วยงานเอกชนและหน่วยงานรัฐบาล

1.6.3 คณะผู้วิจัยได้เรียนรู้กระบวนการวิจัยและการบูรณาการเรียนการสอนกับการวิจัยผ่าน
การวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับการประกันคุณภาพการศึกษาของมหาวิทยาลัยฯ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้คณะผู้วิจัยจะกล่าวถึงเอกสารที่เกี่ยวข้องกับมะขาม ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแกะเปลือกมะขาม รวมไปถึงสร้างเครื่องจักร รูปแบบ ลักษณะ และประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรแบบเก่า

2.1 มะขาม

2.1.1 ชนิดของพันธุ์มะขาม

มะขามหวานที่มีการปลูกในประเทศไทยในแต่ละพื้นที่พันธุ์ที่ใช้ปลูกจะแตกต่างกันออกไป และพันธุ์มะขามหวานที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบูรณ์มีดังนี้

2.1.1.1 พันธุ์หมื่นจง มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ตำบลหล่มเก่า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ลักษณะประจำพันธุ์หมื่นจงคือ เปลือกของลำต้นหยาบ เกล็ดโตห่างเป็นร่องลึก มีสีเทาแก่จนเกือบดำ ทรงพุ่มกว้าง ค่อนข้างโปร่ง ยอดอ่อนสีชมพู ใบขนาดปานกลางสีเขียวเข้ม ดอกสีชมพูอมเหลืองฝักกลมขนาดใหญ่ ทั้งโค้งมากจนเป็นวงกลม และโค้งน้อยเป็นครึ่งวงกลม มีทั้งฝักยาวและฝักสั้นมักติดฝักตกเป็นพวง เนื้อของฝักที่แก่จะมีสีน้ำตาลอมเหลือง เนื้อกรอบ เมล็ดโตปานกลาง เยื่อหุ้มเมล็ดหนาและเหนียว แตรสชาติหวานจัด เนื้อกรอบ มีกลิ่นหอมชวนรับประทาน

2.1.1.2 พันธุ์สีทอง (พันธุ์นายหยัด) มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ตำบลหล่มเก่า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ ลักษณะประจำพันธุ์สีทอง คือ เปลือกของลำต้นเป็นสีน้ำตาลอ่อนนวล เกล็ดของเปลือกเรียบไม่หยาบเหมือนพันธุ์หมื่นจง ใบใหญ่สีเขียวเข้ม ยอดอ่อนสีชมพู กิ่งทอดยืดยาว ทรงพุ่มกว้างไม่เป็นระเบียบ ดอกสีแดงอมเหลือง ฝักกลม มีทั้งฝักโค้งมากเป็นครึ่งวงกลม และโค้งน้อยจนเกือบตรง เปลือกค่อนข้างหนา รสหวานเนื้อนุ่มและเหนียว เนื้อหนา เมล็ดโต เยื่อหุ้มเมล็ดหนาและเหนียว เนื้อสีน้ำตาลทอง รสชาติหวาน

2.1.1.3 พันธุ์ขันตี มีถิ่นกำเนิดที่บ้านปาม่วง หมู่ที่ ๑๑ ตำบลท่าพล อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ ลักษณะประจำพันธุ์ขันตีคือ ต้นมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์อื่นๆ เปลือกของลำต้นเป็นสีเทา เกล็ดของเปลือกเรียบเล็กใบเล็กกว่าทุกพันธุ์ ยอดอ่อนสีเขียวอมชมพูเล็กน้อย ทรงพุ่มกว้าง มีกิ่งแขนงมาก ฝักใหญ่กลมตรงคล้ายพันธุ์ศรีชมภู แต่ท้องฝักไม่แบน เปลือกฝักหนาออกสี

น้ำตาลเข้มและเปลือกหนากว่าพันธุ์สีชมพู เนื้อสีน้ำตาลแดง เนื้อหุ้มเมล็ดหนาและเหนียว รกหุ้มเนื้อมีมากกว่าพันธุ์สีชมพู รสชาติหวานหอม การติดฝักดี ฝักดกสม่ำเสมอทุกปี ติดฝักเร็ว จะเก็บฝักได้ เดือนมกราคม

2.1.1.4 พันธุ์อินทผลัม มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่บ้านหนองแล ตำบลหินขาว อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ ลักษณะประจำพันธุ์อินทผลัม คือ เปลือกของลำต้นสีเทาอ่อน เกร็ดเปลือกละเอียดเรียบ ใบใหญ่สีเขียว ยอดอ่อนสีเขียวอมเหลือง ทรงพุ่มกว้างเป็นทรงกลมสวยงาม ฝักกลมโตโค้งเล็กน้อย เปลือกบาง อมเปรี้ยวเล็กน้อย เนื้อมีสีน้ำตาล เมล็ดโตปานกลาง รกหุ้มเนื้อมีน้อยเนื้อหุ้มเมล็ดบางและไม่เหนียว เปลือกบาง รสชาติหวานมัน เป็นพันธุ์ที่ให้ฝักค่อนข้างดกเป็นพวงต่ำสม่ำเสมอทุกปี จะเริ่มเก็บฝักได้ประมาณกลางเดือนมกราคมหรือต้นเดือนกุมภาพันธ์

2.1.1.5 พันธุ์ประกายทอง มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่บ้านโป่งตาบ้ำ หมู่ที่ ๑๔ ตำบลชนแดน อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ ลักษณะประจำพันธุ์ประกายทอง คือ เปลือกของลำต้นเรียบเกล็ดเล็กคล้ายพันธุ์อินทผลัม แต่สีของเปลือกเป็นสีเทาอ่อน ไม่มีขนพันธุ์อินทผลัมที่มีเปลือกขาวนวลยอดอ่อนสีเขียวอมเหลืองดอกเหลืองอ่อนเช่นเดียวกับพันธุ์อินทผลัมน่าจะกลายพันธุ์จากอินทผลัม แต่ฝักมีขนาดใหญ่กว่า ฝักกลมตรง โค้งเล็กน้อย รสชาติหวานสนิท เมล็ดเล็กร่อน เปลือกบาง แก่เร็ว เป็นพันธุ์เบาซึ่งเก็บเกี่ยวได้ในเดือนธันวาคม ในบางปีอาจสุกตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและการบำรุงของเจ้าของสวนที่จะทำให้ผลผลิตออกก่อนฤดูกาล

2.1.1.6 พันธุ์ประกายเพชร มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่บ้านบ้านเสาธงทอง ตำบลตะบะ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ลักษณะประจำพันธุ์ประกายเพชร คือ ทรงต้นกว้างคล้ายพันธุ์สีทอง แตกกิ่งใหม่ ๆ กิ่งค่อนข้างโตแล้วกิ่งจะย่อยลงทำให้ทรงพุ่มไม่สูงมาก สีของดอกมีสีส้มอมเหลือง มีลักษณะของคล้ายฝักพันธุ์สีทอง แต่โค้งไม่เท่าพันธุ์สีทอง และมีความแตกต่างจากมะขามหวานพันธุ์อื่นๆ คือมีลักษณะของฝักใหญ่กว่ามะขามหวานพันธุ์อื่นๆ อีกทั้งมีรูปของฝักโค้งแบนคล้ายกับรูปตัวซี (C) และมีเปลือกหนาแข็งแรง สีของเนื้อสีน้ำตาล น้ำหนักฝักเฉลี่ยประมาณ ๔๐๐ กรัม / ฝัก รสชาติหวาน

2.1.1.7 พันธุ์ศรีชมพู มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่บ้านน้ำร้อน หมู่ที่ ๖ ตำบลน้ำร้อน อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ ลักษณะประจำพันธุ์ศรีชมพู คือ เปลือกของลำต้นมีสีเทาแก่ เกล็ดของเปลือกหยาบเป็นร่องลึก ยอดอ่อนมีสีแดงเข้ม ทรงพุ่มทรงกระบอกตั้งตรงไม่กว้าง ดอกสีแดงปนเหลือง ฝักกลมใหญ่และเหยียดตรงสะดวกต่อการบรรจุหีบห่อ เหมาะต่อการส่งออก รกหุ้มเนื้อมีน้อย เนื้อหุ้มเมล็ดบางไม่เหนียว ฝักออกเป็นพวงเรียกว่าศรีชมพูพวง และบางต้นฝักแบนเหมือนรูปปลิงเรียกว่าศรี

ชมพูท้อปลิง เป็นพันธุ์เบา ฝักแก่เริ่มเก็บได้ประมาณปลายเดือนพฤศจิกายนหรือติดฝักดกปานกลางสม่ำเสมอ

2.1.2 ลักษณะของฝักมะขามแบ่งออกเป็น ๔ ชนิด คือ

- 2.1.2.1 ฝักดาบ มีลักษณะฝักค่อนข้างแบนและโค้งเล็กน้อยคล้ายดาบ
- 2.1.2.2 ฝักฆ้อง มีลักษณะฝักโค้งวนมาเกือบจรดกัน มีลักษณะเหมือนฆ้องวง
- 2.1.2.3 ฝักดิ่ง มีลักษณะฝักเหยียดตรงค่อนข้างยาว ไม่โค้งงอเหมือน ๒ ชนิดแรก
- 2.1.2.4 ฝักตุก มีลักษณะเป็นปล้อง เปลือกนูนขึ้นมาเป็นเหลี่ยมมองเห็นได้ชัดเจน

ดังนั้นมะขามหวานที่คณะผู้ศึกษาค้นคว้า เลื่อนนำมาทดสอบกับเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานคือ มะขามหวานพันธุ์ศรีชมพู เนื่องจากมีลักษณะเป็นฝักตรงและยาว ทำให้ง่ายต่อการป้อนเข้าเครื่องจักร และมีเนื้อมะขามเหนียวหนาซึ่งต่างจากมะขามพันธุ์อื่น จึงง่ายต่อการควบคุมปัจจัยในการผลิต



ฝักดาบ



ฝักฆ้อง



ฝักดิ่ง



ฝักตุก

รูปที่ 2-1 ภาพลักษณะของฝักมะขาม

2.2 วิธีการแปรรูปมะขาม

วิธีการแปรรูปมะขามแบ่งออกเป็น 6 รูปแบบดังนี้

2.2.1 การแปรรูปโดยใช้ความร้อน เป็นการใช้ความร้อนในการทำลายหรือยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และจุลินทรีย์

2.2.2 การแปรรูปโดยใช้ความเย็น เป็นการลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำกว่า ๑๐ องศาเซลเซียส ยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ ชะลอการเน่าเสีย และลดอัตราการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของอาหาร

2.2.3 การแปรรูปโดยทำให้แห้ง เป็นการดึงน้ำออกจากอาหาร ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตและทำให้อาหารเสื่อมเสียได้ รวมทั้งลดการทำงานทางชีวเคมีของอาหารด้วย

2.2.4 การแปรรูปโดยการหมักดอง เป็นการถนอมอาหารโดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดเจริญเติบโตในอาหารและเปลี่ยนสารคาร์โบไฮเดรตเป็นสารที่ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียหรือเกิดโรค ตลอดจนลดการทำงานของเอนไซม์ในอาหารด้วย

2.2.5 การแปรรูปโดยใช้สารเคมี เป็นวิธีการใช้สารเคมีควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการทำงานของปฏิกิริยาทางชีวเคมีของอาหาร

2.2.6 การแปรรูปโดยการฉายรังสีอาหาร (food irradiation) คือการนำอาหารที่บรรจุในภาชนะหรือหีบห่อที่เหมาะสมไปผ่านการฉายรังสีแกมมา หรือรังสีเอกซ์ หรือ อิเล็กตรอนในห่อกำบังรังสีในปริมาณรังสีที่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของการฉายรังสี เช่น การฆ่าเชื้อโรคและพยาธิ การยับยั้งการทำลายของแมลง การยืดอายุการเก็บรักษา การยับยั้งการงอก และการชะลอการสุก

การแปรรูปของมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภู ผู้ปฏิบัติงานจะนำเอามะขามที่แก่เมล็ดแล้วมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น มะขามอบบ๊วย มะขาม ๕ รส ท็อปปิ้งมะขาม มะขามกวน มะขามไร้เมล็ด เป็นต้น (ประเสริฐ สิงห์คำ และคณะ. 2556)

2.2.7 การลดขนาด

การลดขนาด เป็นวิธี ที่ทำให้อาหารที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง และเป็นการปรับปรุงคุณภาพของอาหารเพื่อนำไปรับประทาน ในขั้นตอนการลดขนาดอาจเกิดการ คุณภาพอาหารเสื่อมลงเนื่องจากสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการในอาหารซึมออกจากชิ้นอาหาร และเนื่องจากอาหารมีพื้นที่ผิวมากขึ้นสารอาหารบางอย่างที่เป็นประโยชน์ต่อเอนไซม์หรือจุลินทรีย์ได้ซึมออกมาซึ่งมีผลจาก

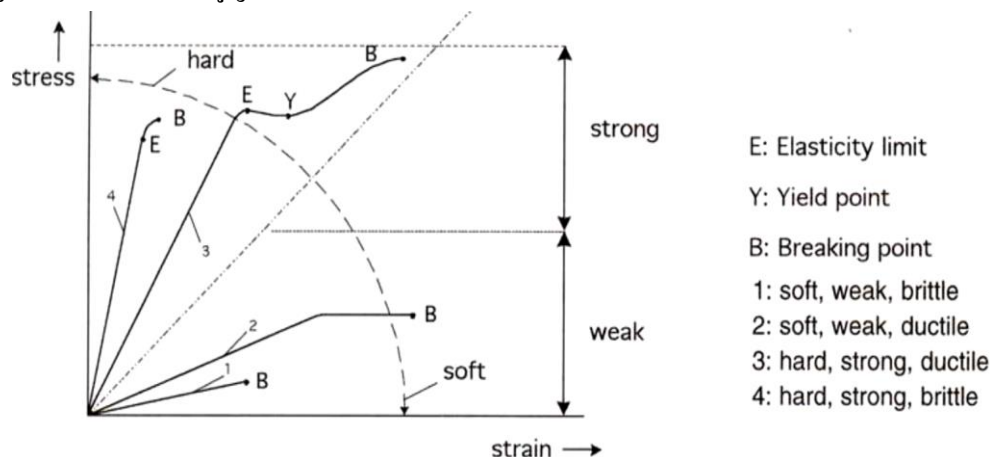
การบดหรือเนืออาหาร ทำให้เอนไซม์หรือจุลินทรีย์เข้าไปทำปฏิกิริยากับชิ้นส่วนอาหารทำให้สมบัติของอาหารบางอย่างเปลี่ยนไป เช่น รสชาติ คุณค่าทางอาหาร อาจทำให้อาหารเน่าเสียได้ง่าย

2.2.7.1 ประโยชน์ของการลดขนาดอาหาร มีหลายประการ ตัวอย่างเช่น ทำให้อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของอาหารเพิ่มสูงขึ้น ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อน อัตราการถ่ายเทมวลสารเพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้ร่วมกับขั้นตอนการคัดเลือกด้วยตะแกรงจะได้อาหารที่มีขนาดตามความต้องการของกระบวนการผลิตอาหารนั้นๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีคุณภาพตามที่ต้องการ นอกจากนี้ขนาดชิ้นจะมีขนาดสม่ำเสมอจะทำให้การผสมเป็นไปอย่างสมบูรณ์ และสุดท้ายใช้สำหรับการสกัดองค์ประกอบที่ต้องการออกจากโครงสร้าง เช่น การสกัดแป้งจากเมล็ดข้าวสาร

2.2.7.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกเครื่องลดขนาด ปัจจัยในการลดขนาดของอาหารประกอบด้วย ความแข็งของวัตถุดิบ โครงสร้างของวัตถุดิบ และความชื้นซึ่งวัตถุดิบที่มีความแข็งมากจะใช้กำลังในการลดขนาดสูง และมี residence time ใน action zone นาน เครื่องลดขนาดที่ใช้ควรจะมี ความจุ (capacity) ใหญ่ขึ้นและทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงเพื่อทนต่อการรับแรงได้ดี ในส่วนของโครงสร้าง ถ้าหากโครงสร้างของวัตถุดิบมีผลต่อการลดขนาดมากที่สุดถ้าหากโครงสร้างของวัตถุดิบมีลักษณะแข็งกรอบก็จะแตกและหักได้ง่ายและถ้าวัตถุดิบมีความชื้นมากก็จะทำให้ติดกับผิวสัมผัสของอุปกรณ์อาจเกิดความเสียหายของชิ้นงานได้ และ ความชื้นจะมีทั้งผลดีและผลเสียแต่ถ้าหากค่าของความชื้นมีมากกว่า 2-3% ขึ้นไปอาจทำให้วัตถุดิบเหนียวติดกันเป็นก้อนภายในของเครื่องจักร ดังนั้นจึงต้องควบคุมความชื้นของวัตถุดิบให้มีค่าที่เหมาะสม

2.2.7.3 เครื่องลดขนาด จะมีความร้อนเกิดขึ้นเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างอนุภาค เมื่ออาหารได้รับแรงเค้นมากจะทำ เนื้อเยื่ออาหารจะดูดซับแรงเค้นไว้ ทำให้เกิดความเครียดภายในอาหารซึ่งทำให้เนื้อเยื่อ ของอาหารเกิดการเสียรูป ดังรูปที่ 2.5 ถ้าแรงที่มากกระทำมีค่าน้อยกว่าค่า เมื่อหยุดให้แรงเนือ อาหารก็จะกลับคืนสู่รูปเดิม และปล่อยพลังงานที่สะสมไว้ในช่วงรับแรงเค้นออกมา ในรูปของความร้อนแต่ถ้าแรงเค้นที่มากกระทำต่ออาหารมีค่ามากกว่าค่า elastic stress limit อาหารจะเสียรูปไป ถ้าให้แรงเค้นกระทำต่ออาหารอย่างต่อเนื่อง ความเครียดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงจุด yield point (Y) ถ้าเลยจากจุด Y ไป อาหารเริ่มเกิดการไหล (ช่วง Y-B เป็นช่วงที่อาหารเกิดความอ่อนตัว)จนกระทั่งเมื่อแรงเค้นที่กระทำต่ออาหารเกินจุด breaking stress (B) อาหารจะแตกหัก ส่วนพลังงานที่สะสมในอาหารก็จะเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานเสียงและความร้อน เมื่ออาหารแตกหักเป็นชิ้นๆ ชิ้นส่วนอาหารจะมีค่า breaking stress เพิ่มมากขึ้น หรือเกิดรอยแตก (fissures) ขึ้นมาใหม่ซึ่งจะทำให้ชิ้นส่วนอาหารแตกออกไปเรื่อยๆ แต่การที่จะทำให้ขนาดของชิ้นอาหารเล็กลงไปอีกจะต้องใช้แรงเค้นที่มากขึ้นซึ่งหมายถึง

พลังงานที่ต้องใช้ในการลดขนาดเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการกำหนดขนาดในขั้นตอนการลดขนาดจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียพลังงาน



รูปที่ 2-2 การเปลี่ยนรูปของอาหาร

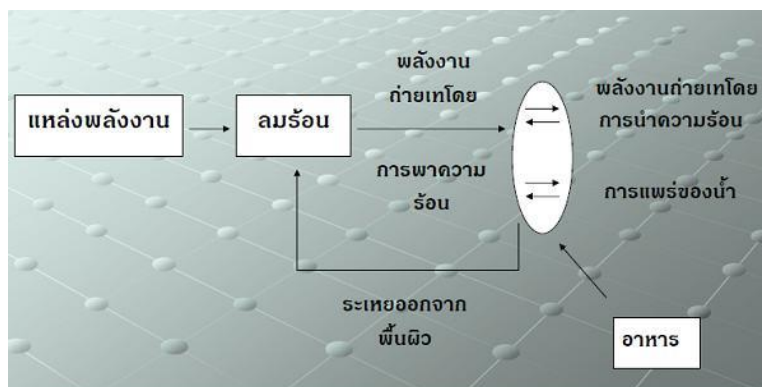
2.2.8 การอบแห้ง

การอบแห้ง คือการทำแห้งหรือการกำจัดน้ำ การใช้ความร้อนเพื่อกำจัดน้ำที่อยู่วัสดุโดยการระเหยน้ำหรือการระเหิดจากของแข็ง โดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนซึ่งจะเกิดตรงจุดที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างจุดสองจุด หรืออาศัยหลักการอบแห้งการลดความชื้นในระบบ การถ่ายเทความร้อนมี 3 แบบ คือ การพาความร้อน จะเกิดกับวัตถุที่เป็นของเหลว โดยกระแสความร้อนจะถูกพาผ่านช่องว่างที่เป็น อากาศหรือแก๊สจากของเหลวชนิดหนึ่งไปยังของเหลวอีกชนิดหนึ่ง หรือการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนจาก โมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งจะเกิดกับวัตถุที่มีลักษณะเป็นของแข็ง และสุดท้ายเป็นการการแผ่รังสี ซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนไปยัง วัตถุซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีอบในสุญญากาศ และการอบแห้งแบบเยือกแข็ง ในทางปฏิบัติ การถ่าย เทความร้อนในการอบแห้งอาจ เกิดขึ้นพร้อมกันทั้ง 2 หรือ 3 แบบก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุที่นำไปอบแห้ง ประเภทการอบแห้งแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

2.2.8.1 การอบแห้งโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นระบบการอบแห้งแบบระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยกระแสลมที่พัดเป็นตัวกลางพาความร้อนจากแหล่งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยมีลักษณะของการทำงานดังนี้

- 1) เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ เป็นการวางวัตถุไว้ที่กลางแจ้ง อาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ
- 2) ตู้อบแห้งแบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง วัตถุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยวัสดุที่โปร่งใส ความร้อนที่ตู้อบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัวของอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเท อากาศขึ้น
- 3) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัตถุที่อยู่ในตู้จะได้รับความร้อน 2 ทาง คือ ทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศร้อนก่อนที่จะผ่านการอบแห้ง

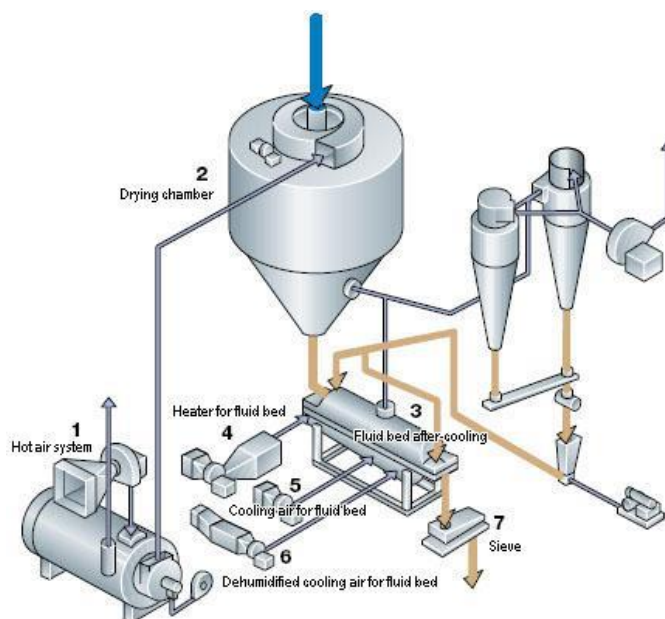
2.2.9 การอบแห้งโดยใช้ลมร้อน การอบแห้งโดยใช้ลมร้อน ใช้กระแสลมร้อนสัมผัส กับ วัตถุดิบ เช่น ตู้อบลมร้อน (Hot air dryer) โดยจะใช้ Blower ในการเป่าลมร้อน จากแหล่งพลังงานความร้อนคือ Heater ไปยังวัตถุดิบ



รูปที่ 2-3 ลักษณะการทำงานของกรอบแบบใช้ลมร้อน

การนำไปประยุกต์ใช้ โดยทั่วไปแล้วจะใช้ในการอบแห้งวัตถุดิบในทางอุตสาหกรรม เพื่อให้วัตถุดิบแห้ง ก่อนที่จะเริ่มกระบวนการต่อไป ข้อดีคือ สามารถทำการอบแห้งได้ในอัตราการผลิตที่คงที่ ประสิทธิภาพในการทำงานสูง ควบคุมการทำงานได้ดี แต่ข้อเสียคือวิธีนี้สิ้นเปลืองพลังงานมาก เพราะจะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิง ในการสร้างความร้อน และหมุน Blower

2.2.10 การอบแห้งด้วยการพ่นวัตถุดิบที่เป็นของเหลวไปในลมร้อน เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) มีกระบวนการ เริ่มจาก อากาศจะถูกดูดผ่าน filter และผ่านตัวให้ความร้อน จากนั้นจึงเข้าสู่ห้องอบแห้ง (drying chamber) ส่วนวัตถุดิบที่ใช้ spray (feed) ควรมีลักษณะเหลว จากนั้นสารละลายของเหลวจะถูกดูดโดยปั๊มผ่านอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดละอองฝอยภายในห้องอบแห้งและจุดสัมผัสกับอากาศร้อนทำให้เกิดการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า อุณหภูมิกระเปาะเพียงเล็กน้อย จะได้ผงผลิตภัณฑ์ที่ตกลงสู่ด้านล่างของ drying chamber และผงบางส่วนที่หลุดมากับอากาศจะถูกแยกโดยใช้ cyclone จนได้ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายในกระบวนการอบด้วย spray dryer นั้น



รูปที่ 2-4 ลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

ที่มา (<http://dryer.siam2web.com/>, 2554 ค.ศ.14)

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

2.3 ส่วนประกอบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

2.3.1 เพลา

เป็นชิ้นส่วนที่หมุนเคลื่อนที่ตามแนวเส้นรอบวงขณะใช้งาน ใช้ส่งถ่ายโมเมนต์แรงบิด และถ่ายทอดแรงหมุนของชิ้นส่วนทางกลที่ติดตั้งอยู่กับเพลา เช่น พูลเลย์ ล้อเฟือง คลັปปลิง เฟืองโซ่ หรือลูกเบี้ยว เป็นต้น ภาระที่กระทำกับเพลาจึงเกิดขึ้นทั้งการหมุนบิด และการโค้งงอ

2.3.1.1 ลักษณะของเพลาโดยทั่วไปมีอยู่ 3 ประเภทประกอบด้วย

1) เพลาส่งกำลัง (TRANSMISSION SHAFTS) เพลาชนิดนี้ใช้เฉพาะการบิดหรืออาจรับทั้งการบิดและการดัดผสมกันก็ได้ การส่งกำลังจะถ่ายทอดผ่านเพลาโดยอาศัยแผ่นประกบต่อเพลา(COULPING)ผ่านเฟือง ผ่านพูลเลย์ ผ่านสายพาน จานโซ่ หรือโซ่ เป็นต้น

2) เพลารองรับภาระ เป็นเพลาชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเช่นกัน ขณะใช้งานเพลาชนิดนี้อาจหมุนหรือไม่ก็ได้ แต่ที่สำคัญเพลาชนิดนี้ไม่ได้ส่งกำลังจะทำหน้าที่เป็นตัวรองรับชิ้นส่วนอื่นให้หมุน เช่น เพลาลูกกรอกสายพาน เพลาลูกล้อสลิงต่างๆซึ่งเป็นเพลาที่รับภาระน้ำหนักของอุปกรณ์อื่นที่กดทับทำให้สภาพการเสียหายของเพลาเกิดการดัดงอเป็นส่วนใหญ่ เช่น เพลา ล้อรถไฟ เป็นต้น

3) เพลาขับเคลื่อน เพลาขับเคลื่อนมีหน้าที่รับและส่งต่อพลังงาน จากเกียร์ไปสู่ล้อในลักษณะการหมุน ฉะนั้นเพลาขับเคลื่อนจึงต้องทำงานหนักมากที่สุดตัวหนึ่ง จึงเกิดการสึกหรอได้ง่ายมากหากขาดซึ่งการดูแลเอาใจใส่อย่างถูกวิธี ดังที่กล่าวมาแล้ว หากได้รับการดูแลอย่างดีแล้ว เพลาขับเคลื่อนอาจมีอายุการใช้งานถึง 300,000 กม. หรือมากกว่า

2.3.1.2 การออกแบบเพลา การคำนวณหาขนาดเพลาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้นมุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ นั่นคือ เพลาจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ในพิสัยที่ต้องการ ถ้าหากมุมบิดมากเกินไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้ว ยังอาจก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนมีผลให้เฟืองและแบร็งที่รองรับเพลาอยู่ เกิดความเสียหายได้ง่ายยิ่งขึ้นการออกแบบการคำนวณเพลา ในการออกแบบหาขนาดของเพลา จะต้องพิจารณาสิ่งเหล่านี้

1) วัสดุที่ใช้ทำเพลา ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเพลา ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เพลาต้องรับเป็นหลักโดยทั่วไปแล้ว เราจะพิจารณาเลือกวัสดุและวิธีการผลิตเพลาตามขนาดระบุเพลา โดยปกติเพลาจะทำจากวัสดุต่างๆ ดังนี้

- เหล็กเหนียว หรือเหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) ได้แก่ st37 st42 st44 st50 และst60 หากรับภาระไม่มากนักหรือภาระปกติทั่วไป เช่น เฟลาของระบบสายพานลำเลียง อุปกรณ์ต้นกำลังขับที่มีขนาดขับไม่มากนัก

- เหล็กกล้าผสมต่ำความต้านแรงสูง (High Strength Lowalloy Steel) ได้แก่ 25crMO4 28Mn6 ตัวอย่างเช่น เฟลาของรถยนต์ แกนเฟลามอเตอร์ เฟลาเครื่องมือกล หรือเฟลาของเทอร์ไบน์

- เหล็กกล้าชุบผิวแข็ง (Case Hardening Steel) ได้แก่เกรด C15 ck15 17cr Ni MO6 16Mn cr5 เป็นต้น วัสดุกลุ่มนี้เฟลาจะมีผิวแข็งทนการสึกหรอได้ดี ส่วนแกนกลางจะเหนียว ทำให้ทนทานต่อการกระดุกเป็นพิเศษอายุการใช้งานยาวนาน (ปรีชา ทิมทอง, 2543)

- 2) กำลังงาน (Power) และภาระ (Load) ที่ใช้เฟลาส่งกำลัง
- 3) ความเค้นที่เกิดขึ้นกับเฟลา รวมทั้งรูปร่างขนาด วัสดุ และผิวสำเร็จ ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิด ความเค้นตกค้าง (Stress Concentration) ขึ้น ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของเฟลา
- 4) ความแกร่ง (Stiffness หรือ Rigidity) หมายถึง ความคงทนต่อการแอ่นตัว หรือการบิดไปของ เฟลาเมื่อรับภาระ
- 5) ความเร็ววิกฤติ (Critical Speed) หมายถึง การสั่นตัวของเฟลาอันเป็นผลเนื่อง มาจากการแอ่น ตัวของเฟลา
- 6) การคำนวณเฟลา เนื่องจากเฟลาเป็นส่วนทางกลที่ใช้ส่งถ่ายโมเมนต์แรงบิด (Torque) เป็นหลัก ซึ่งทอร์คหรือโมเมนต์แรงบิดดังกล่าว จะทำให้เกิดภาระความเค้นลักษณะต่างๆขึ้นกับเฟลา ดังนั้นจึงควรหาทอร์คก่อน ดังนี้

- การคำนวณหาำลังงานของต้นกำลัง

จากสูตร
$$M = 9550 \frac{P}{N}$$

กำหนดให้
P = กำลังงานต้นกำลังขับ หรือกำลังงานที่เฟลาขับส่งได้
(kw)

M = ทอร์คหรือ โมเมนต์แรงบิดที่ส่งถ่ายโดยเฟลา (N.m)

N = ความเร็วรอบหมุนของเฟลา (รอบ/นาที .rpm)

- คำนวณโมเมนต์แรงบิดที่ส่งถ่ายโดยเพล

จากสูตร $M = F \times r$

กำหนดให้

F = แรงจับตามแนวเส้นรอบวง

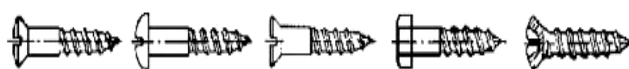
r = รัศมีของอุปกรณ์ส่งถ่ายกำลัง เช่น ล้อเฟือง

ดังนั้น เครื่องต้นแบบเครื่องแยกกะเทาะเปลือกมะขามหวาน จึงเลือกใช้เพลชนิดส่งกำลัง ซึ่งมีคุณสมบัติในการส่งกำลังและรับแรงบิดได้ดี เนื่องจากเครื่องจักรต้องทำงานอยู่ตลอดเวลา จึงเหมาะกับการใช้งาน ทำมาจากสแตนเลส กลุ่มดูเพล็กซ์ (Duplex) ซึ่งมีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อน

2.3.2 สกรู โบลต์ และนัต

สกรู โบลต์ และนัต จะใช้ในการจับยึดชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล หรือชิ้นส่วนทั่วไปให้ยึดติดกัน สกรู โบลต์ และนัต แต่ละชนิดจะมีหน้าที่การใช้งานที่แตกต่างกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.3.2.1 สกรู(SCREW) คือ สลักเกลียวที่มีขนาดเล็ก บางแบบมีเกลียวตลอดทั้งตัวสกรู จะมีหัวแตกต่างกัน มีทั้งหัวกลม หัวหกเหลี่ยม หัวสี่เหลี่ยม และหัวฟุ้ง บนหัวจะทำเป็นร่องผ่าเอาไว้หรือเป็นหลุมลงไปใช้สำหรับขันหรือคลายเกลียว สกรูตัวเล็กๆส่วนใหญ่จะมีปลายเรียว แบ่งออกเป็น 6 ชนิด คือ



รูปที่ 2-5 สกรูชนิดต่างๆ

ที่มา (ปรีชา ทิมทอง, 2543)

1) สกรูหัวหกเหลี่ยม ใช้ยึดชิ้นส่วนเครื่องจักรกลโดยที่ชิ้นส่วนที่จะไปยึดนั้นต้องมีเกลียวในที่เหมือนกันจึงสามารถยึดติดกันได้

2) สกรูหัวหกเหลี่ยมพร้อมนัต ใช้ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลโดยที่ชิ้นส่วนที่จะไปยึดนั้นต้องเจาะรูผ่านตลอดไว้แล้วจึงสามารถใช้สกรูแบบนี้ยึดได้

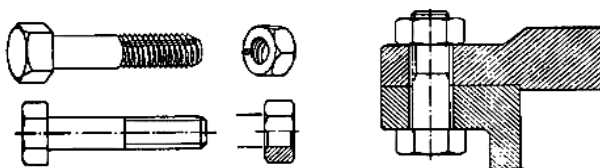
3) สกรูหัวผ่าทรงกระบอก เป็นสกรูที่ใช้ยึดชิ้นงานที่รับแรงน้อยๆเนื่องจากหัวสกรูเป็นหัวผ่าที่ใช้ไขควงสำหรับขันหรือคลายออก ชิ้นงานที่จับยึดต้องมีเกลียวในอยู่จึงสามารถจับยึดกันได้

4) สกรูหัวผ่าแบบหัวเรียวเป็นสกรูที่ใช้ยึดชิ้นงานที่รับแรงน้อยๆเช่นกัน เนื่องจากหัวสกรูมีลักษณะเป็นหัวผ่าและใช้ไขควงสำหรับขันหรือคลายออก แต่หัวสกรูชนิดนี้จะเรียว ชิ้นงานที่จับยึดต้องมีเกลียวในอยู่จึงสามารถจับยึดกันได้

5) สกรูหัวฝังใช้หกล้อมขันใน เป็นสกรูที่ใช้จับยึดได้แน่นมากหัวของสกรูจะฝังอยู่ในเนื้อชิ้นงานเรียบ ใช้ประแจหกเหลี่ยมในการขันหรือคลายออก ชิ้นงานที่ต้องการยึดต้องมีเกลียวในอยู่แล้ว

6) สกรูหัวสี่เหลี่ยม ใช้ในการปรับหรือล็อกชิ้นส่วนบางอย่างไม่ให้เคลื่อนที่ เช่น สกรูล็อกมีดกลึง สกรูแบบนี้มีลักษณะการใช้งาน

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



รูปที่ 2.6 โบลต์หัวหกเหลี่ยมพร้อมนัต

ที่มา (ปริษา ทิมทอง, 2543)



รูปที่ 2.7 นัท (NUT) ชนิดต่างๆ

ที่มา (ปริษา ทิมทอง, 2543)

2.3.2.3 นัท (NUT) คือ เกลียวตัวเมียที่ใช้คู่กับสลักเกลียว นัทจะมีเกลียวอยู่ภายใน นัทที่ใช้ส่วนใหญ่มักจะเป็นนัทหัวกลม นัทหัวเหลี่ยม นัทหัวสี่เหลี่ยม และนัทบางจะมีปีกเพื่อใช้สำหรับขันหรือคลายนัทออก มีหลายชนิด เช่น นัทหัวหกเหลี่ยม นัทหัวสี่เหลี่ยม นัทหัวกลมเจาะรูข้าง นัทหัวกลมร่องผ่าข้าง นัททางปลา นัทหัวกลมพิมพ์ลาย นัทครอบ นัทหัวกลมพิมพ์ลาย นัทครอบ นัทหัวผ่า

2.3.3 สเตนเลส หรือ เหล็กกล้าไร้สนิม

เป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ(น้อยกว่า 2%)ของน้ำหนัก มีส่วนผสมของโครเมียมอย่างน้อย 10.5 % กำเนิดขึ้นในปี พ.ศ.1903 เมื่อนักวิทยาศาสตร์พบว่า การเติมนิเกิล โมบดินัม ไททานเนียม ไนโอเนียม หรือโลหะอื่นแตกต่างกันไปตามชนิด ของคุณสมบัติเชิงกล และการใช้ลงใน

2.3.3.1 เหล็กกล้าธรรมดา ทำให้เหล็กกล้ามีความต้านทานการเกิดสนิมได้ แบ่งได้ 5 ชนิดหลัก

1) เกรดออสเทนนิติก (Austenitic) มีโครงสร้างเนื้อโลหะเป็นออสเทนไนต์ (austenite) อะตอมของผลึกจัดเรียงตัวแบบ FCC (face-centered cubic) ธาตุสำคัญที่ทำให้สเตนเลสกลุ่มนี้มีโครงสร้างเป็นออสเทนไนต์คือ ธาตุนิเกิล และ ธาตุแมงกานีส คุณสมบัติสำคัญของสเตนเลสกลุ่มออสเทนนิติก คือ คุณสมบัติแม่เหล็กดูดไม่ติด (non – magnetic) หรืออาจดูดติดแบบอ่อนๆ หาก สเตนเลสออสเทนนิติกผ่านการขึ้นรูปเย็น (cold work) ชุบแข็งไม่ได้มีส่วนผสมหลักที่สำคัญได้แก่โครเมียม

ไม่ต่ำกว่า 16% คาร์บอนไม่เกิน 0.15% และส่วนผสมของธาตุникเกิด หรือแมงกานีส อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างรวมกัน สเตนเลสออสเทนนิติกเป็นประเภทที่ใช้งานแพร่หลาย มากที่สุดถึงกว่า 70%

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

3) เกรดมาร์เทนซิติก (Martensitic) มีโครงสร้างเริ่มต้น เช่นเดียวกับกลุ่มเฟอร์ริติก อะตอมของผลึกจัดเรียงตัวแบบ BCC (Body-centered cubic) แต่เมื่อผ่านการชุบแข็งแล้วจะได้โครงสร้างเป็นมาเทนไซต์ ใช้อุณหภูมิ 400 เป็นตัวสื่อ เช่นเดียวกับกลุ่มเฟอร์ริติก มีส่วนผสมใกล้เคียงกับเฟอร์ริติก มีธาตุโครเมียมราว 11.5-18% คาร์บอนอยู่ราว 0.08%-0.75% ที่สำคัญคือไม่มีนิเกิลหรือหากมีก็ไม่เกิน 0.6% คุณสมบัติที่สำคัญของสเตนเลสตระกูลนี้คือ แม่เหล็กดูดติด (Magnetic) สามารถปรับความแข็งได้โดยการชุบแข็ง (การให้ความร้อนแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว: Quenching) ที่อุณหภูมิ 400-510 °C และอบคืนตัว (Tempering) ที่อุณหภูมิสูงกว่า 600 °Cสามารถลดความแข็งได้คล้ายกับเหล็กกล้าคาร์บอน ทำให้สเตนเลสกลุ่มนี้ มีคุณสมบัติด้านการสึกกร่อน และแข็งแรงทนทานได้ดียิ่งกว่า สเตนเลสกลุ่มออสเทนนิติกและเฟอร์ริติก มักนำไปใช้งานที่สำคัญในการผลิตเครื่องตัดอุตสาหกรรมเครื่องบิน พัดลมกังหัน เป็นต้น

4) กลุ่มเพิ่มความแข็งแรงโดยการตกผลึก (Precipitation hardening) มีโครงสร้างเริ่มต้นเป็นออสเทนนิติก เมื่อผ่านการอบอ่อนที่อุณหภูมิ 1030 °C แล้วปล่อยให้เย็นตัวในอากาศจะเปลี่ยนโครงสร้างไปเป็นมาเทนไซต์ จากนั้น นำไปตกผลึกแข็งที่อุณหภูมิช่วง 500-600 °C แล้วปล่อยให้เย็นตัวในอากาศอีกครั้ง จะทำให้ได้โครงสร้างมาเทนไซต์สมบูรณ์แบบ จะมีเม็ดเกรนละเอียดกว่าเดิม มีความเหนียวสูง สเตนเลสกลุ่มนี้มีส่วนผสมของโครเมียม 15-18% และนิเกิล 3.00-7.75% เมื่อเพิ่มความแข็งแรงโดยกลไกเพิ่มความแข็งแรง จากการตกผลึก (Precipitation hardening mechanism) จะสามารถเพิ่มความแข็งแรงสูงมาก มีค่าความเค้นพิสูจน์ (Proof stress) อยู่ระหว่าง 1,000 – 1,500 เมกาปาสกาล (MPa) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและกรรมวิธี การปรับปรุงคุณสมบัติด้วยความร้อน (Heat treatment) ด้วย คุณสมบัติที่โดดเด่นของสเตนเลสกลุ่มนี้ จึงมักนำไปใช้ทำชิ้นส่วนพวก วาล์ว ข้อ

ต่อเฟือง เพลา ขึ้นส่วนในอุตสาหกรรมเคมี และขึ้นส่วนในเครื่องบิน ตัวอย่างของชนิดสแตนเลสในกลุ่มนี้ ได้แก่ 630 631 และ 17-4 PH

5) กลุ่มดูเพล็กซ์ (Duplex) มีโครงสร้างผสมระหว่างโครงสร้างเฟอร์ริติกและออสเทนนิติก ในสัดส่วนประมาณ 30% และ 70% ตามลำดับ จุดเด่นของสแตนเลสกลุ่มนี้คือ มีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนได้เยี่ยมยอด ด้วยความแข็งแรงทนทานที่เยี่ยมยอดกว่ากลุ่มออสเทนนิติก และง่ายต่อการขึ้นรูปอีกด้วย คุณสมบัติทางกายภาพอยู่ระหว่างสแตนเลสกลุ่มออสเทนนิติกและเฟอร์ริติก แต่ใกล้เคียงกับเฟอร์ริติก และเหล็กคาร์บอนมากกว่า คุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนแบบรูเข็ม (Pitting) และแบบชอกอับ (Crevice) เป็นผลจากความสัมพันธ์ระหว่าง โครเมียม โมลิบดีนัม ทั้งสแตนเลสและไนโตรเจน ที่เป็นส่วนผสมของสแตนเลสกลุ่มนี้ คุณสมบัติของสแตนเลสกลุ่มดูเพล็กซ์ทุกชนิด มีคุณสมบัติทนต่อการเกิดการกัดกร่อนตามแนวขอบเกรนจากคลอไรด์ (chloride stress corrosion cracking) ได้ดียิ่งกว่าสแตนเลสออสเทนนิติกกลุ่ม 300 ด้วย

2.3.3.2 ประเภทของสแตนเลสที่แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

1) สแตนเลสเบอร์ 304 เป็นสแตนเลสเกรดออสเทนนิติก (AUSTENITIC) ที่พบเห็น และใช้แพร่หลายที่สุด มีส่วนผสมของโครเมียม (CHROMIUM) ประมาณ 18% และนิกเกิล (NICKEL) ประมาณ 8% ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม อุปกรณ์ในกระบวนการทางเคมี อุปกรณ์เครื่องครัว เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร เครื่องใช้ในบ้าน เครื่องล้างจาน อ่างล้างจาน ภาชนะหุงต้ม เครื่องมือในโรงพยาบาลและเวชภัณฑ์ ตู้รถไฟ ตู้คอนเทนเนอร์ ฯลฯ

2) สแตนเลสเบอร์ 304D เป็นสแตนเลสเกรดออสเทนนิติก (AUSTENITIC) ที่มีโครเมียม (CHROMIUM) ผสมอยู่ 18% และมีนิกเกิล (NICKEL) ผสมอยู่ 8.5% จะมีความสามารถขึ้นรูปเย็นได้ดีกว่าชนิด 304 เหมาะสำหรับการผลิตวัตถุที่มีการขึ้นรูปแบบหลุมลึก และการดึงขึ้นรูปสำหรับรูปทรงที่ซับซ้อน เช่น ภาชนะที่เป็นหลุมลึก เครื่องล้างจาน ภาชนะหุงต้ม อ่างล้างจาน เป็นต้น

3) สแตนเลสเบอร์ 304DDQ เป็นสแตนเลสเกรดออสเทนนิติก (AUSTENITIC) ที่มีโครเมียม (CHROMIUM) ผสมอยู่ 18% และมีนิกเกิล (NICKEL) ผสมอยู่ 9% จะมีความสามารถขึ้นรูปเย็นได้ดี เมื่อแผ่นสแตนเลสต้องมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปมาก จึงเหมาะกับงานพิเศษ เช่น การขึ้นรูปแบบหลุมลึก การดึงขึ้นรูปที่มีรูปทรงที่ซับซ้อน การขึ้นรูปที่ใช้ทั้งการดึงและการยืดตัว เป็นต้น

4) สแตนเลสเบอร์ 316 เป็นสแตนเลสเกรดออสเทนนิติก (AUSTENITIC) ที่มีส่วนผสมของโครเมียม (CHROMIUM) 16% ถึง 18% และนิกเกิล (NICKEL) 11% ถึง 14% และยังมีโมลิบดีนัม (MOLYBDENUM) ผสมอยู่อย่างน้อยที่สุด 2% ซึ่งจะทนการกัดกร่อนที่เป็นหลุม

(PITTING RESISTANCE) ได้ดี สแตนเลสชนิด 316 ใช้ในกระบวนการทางเคมี ปัม্প แทงค์ อุตสาหกรรม กระดาษ กระบวนการผลิตอาหารและเครื่องคั่ว การก่อสร้าง ฯลฯ

5) สแตนเลสเบอร์ 430 เป็นสแตนเลสเกรดเฟอร์ริติก (FERRITIC) มีความต้านทานการกัดกร่อนน้อยกว่าชนิด 304 มีส่วนผสมของโครเมียม (CHROMIUM) 17% ใช้ทำเครื่องใช้ในครัว เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร อุปกรณ์หุงต้ม เฟอร์นิเจอร์และการตกแต่งภายในอาคาร

2.3.4 เหล็กรูปพรรณ

เหล็กคือส่วนประกอบของโครงสร้างที่สำคัญ ถือว่าอยู่ในลำดับต้นๆก็ว่าได้ ลักษณะและรูปร่างของเหล็กเป็นแบบไหน ในปัจจุบันเราจะพบเห็นกันได้ไม่ยาก เหล็กเป็นวัสดุโครงสร้างที่ดีมีกำลังความแข็งแรงเหมาะกับการนำมาใช้กับโครงสร้างเพราะมีน้ำหนักเบา ทำงานได้รวดเร็ว โครงสร้างเหล็กรูปพรรณที่ใช้กันมากที่สุดก็คือ โครงสร้างหลังคาซึ่งชนิดของเหล็กที่นำมาใช้คือเป็นเหล็กพับตัวซี หรือเหล็กกล่อง จริงๆแล้วรูปร่างของเหล็กโครงสร้างมีหลายแบบหลายชนิดสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมและสวยงาม เหล็กที่เรานำมาใช้สำหรับงานอาคารมีอยู่หลายชนิด แต่ที่เราได้เห็นบ่อยๆมีดังนี้

2.3.4.1 เหล็กพับตัวซี (Clight lip channel) โดยทั่วไปจะนำมาใช้เป็นแปหลังคา รับแผ่นกระเบื้อง ซึ่งขนาดที่นิยมนำมาใช้คือ 3 นิ้ว 4 นิ้ว และ 5 นิ้ว เหล็กพับตัวซี มีข้อดีคือ เป็นเหล็กบาง พับรีดเย็น (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 ใช้เป็นดงรับพื้นไม้กระดาน เป็นต้น แต่ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อเหล็กบาง รอยเชื่อมจึงเป็นจุดอ่อนที่ไม่สามารถทำรอยเชื่อมของเหล็กให้มีความแข็งแรง พอที่จะเป็นโครงสร้างหลักได้ เหล็กชนิดนี้จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ ทำเป็นคานรับพื้นคอนกรีตได้ แต่อาจจะใช้เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักเบาๆ และมีระยะห่างของจตุรองรับไม่มากนัก

2.3.4.2 เหล็กกล่อง (Rectangular) เป็นเหล็กบางพับเหมือนเหล็กตัวซี แต่หน้าตัดจะเป็นกล่องปิด มีขนาดกว้างลึกต่างกันตั้งแต่หนึ่งนิ้วไปจนถึงห้าหรือหกนิ้ว คล้ายขนาดของเหล็กตัวซีมัก

ใช้ทำโครงสร้างหลังคาเช่นเดียวกับเหล็กตัวซี เหล็กกล่องที่มีขนาดเท่ากับเหล็กตัวซีจะแข็งแรงกว่าเหล็กตัวซี เนื่องจากมีเนื้อเหล็กมากกว่าและรูปร่างหน้าตัดที่ชิด

2.3.4.3 เหล็กไวด์แฟรงค์ (Wide Flange, WF) หรือที่ชาวบ้านเรียกว่า ตัวไอหรือตัวเฮ เหล็ก WF นี้มีความหนาแน่นมากกว่าเหล็กพับรีดเย็น เป็นเหล็กรูปพรรณรีดร้อน (ขึ้นรูปด้วยความร้อน) เหมาะสำหรับการทำโครงสร้างหลัก รับน้ำหนักได้มาก ขึ้นอยู่กับขนาดหน้าตัด WF มีความหนาของเนื้อเหล็กมากพอที่จะเชื่อมกันได้อย่างแข็งแรง จึงสามารถใช้ทำโครงสร้างหลัก เช่น เสา คาน ของอาคาร โครงสร้างเหล็ก จันทัน อกไก่ และ อะเสหลังคา เป็นต้น

2.3.4.4 เหล็กเส้นกลมหรือเหล็กข้ออ้อย เหล็กข้ออ้อยมีกำลังความแข็งแรงสูงกว่าเหล็กกลม และสามารถยึดกับเนื้อคอนกรีตดีกว่าเหล็กกลม เหมาะสำหรับงาน โครงสร้างทั่วไป เช่น ฐานราก เสา หรือพื้น เป็นต้น

2.3.5 มอเตอร์ (Motor)

เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่สามารถแปลงพลังงาน ไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

2.3.5.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใย โพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะหรือ ใช้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟไฟฟ้า เป็นต้น ในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่างๆ



รูปที่ 2-8 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ที่มา เว็บไซต์ <http://www.lu-yang.com.tw/TAI/dc.html>

- 1) ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) และส่วนที่ 2 ตัวหมุน (Rotor) ตัวหมุนหรือเรียกว่า “โรเตอร์” ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในคลัตลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End Plate) ของมอเตอร์
- 2) ข้อดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือ การควบคุมแรงบิดหรือความเร็วทำได้ง่ายและดี มีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง (response) ได้รวดเร็ว และการปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงกว้าง ส่วนข้อเสีย คือ การบำรุงรักษาสูงมากเนื่องจากมีส่วนสึกหรอของแปรงถ่านราคาแพงมากเมื่อเทียบกับ AC motor ที่มีขนาดกำลังแรงม้าเท่ากัน มีขนาดใหญ่กว่า AC motor ที่มีขนาดแรงม้าเท่ากัน หาแหล่งจ่ายที่เป็นไฟกระแสตรงได้ยาก และ ไม่สามารถนำไปใช้ในที่มีสารไวไฟได้

2.3.5.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า คือ ขดลวดในสเตเตอร์ และส่วนที่ทำหน้าที่ให้พลังงานกล คือ ตัวหมุนหรือ โรเตอร์ ซึ่งเมื่อขดลวดในสเตเตอร์ได้รับพลังงานไฟฟ้า ก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาในตัวที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะมีการเคลื่อนที่หรือหมุนไปรอบ ๆ สเตเตอร์ เนื่องจากการต่างเฟสของกระแสไฟฟ้าในขดลวดและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ในขณะที่สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปสนามแม่เหล็กจากขั้วเหนือก็จะพุ่งเข้าหาขั้วใต้ ซึ่งจะไปตัดกับตัวนำที่เป็นวงจรมอเตอร์หรือขดลวดวงจร

กระบอกของตัวหมุนหรือโรเตอร์ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดของโรเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กของโรเตอร์นี้จะเคลื่อนที่ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ ก็จะทำให้โรเตอร์ของมอเตอร์เกิดพลังงานกลสามารถนำไปขับเคลื่อนที่ต้องการหมุนได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ มอเตอร์อะซิงโครนัสและมอเตอร์ซิงโครนัส



รูปที่ 2-9 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ที่มา เว็บไซต์ <http://www.lu-yang.com.tw>

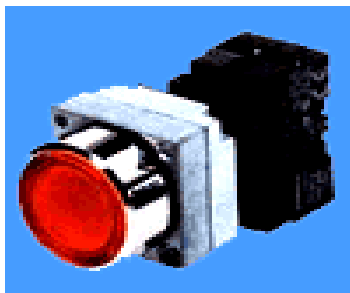
1) ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ มี 3 ส่วน ส่วนแรกคือ สเตเตอร์หรือตัวอยู่กับที่ (Stator) มีลักษณะเป็นแผ่นลามีเนตประกอบเข้าด้วยกันเป็นแกนเหล็ก มีร่องเอาไว้สำหรับพันขดลวดเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสนามแม่เหล็กและเป็นวงจรแม่เหล็ก ส่วนที่ 2 คือ โรเตอร์หรือตัวหมุน (Rotor) มีลักษณะเป็นแกนเหล็กทรงกระบอกจะหมุนอยู่ในช่องสเตเตอร์ซึ่งจะทำให้หน้าที่กำเนิดกำลังกลเพื่อส่งไปขับโหลด 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 สกรรัมย์, 2546)

2.3.6 สวิตช์ปุ่มกด สวิตช์ปุ่มกด

อุปกรณ์ที่มีหน้าสัมผัสอยู่ภายในการเปิดปิดหน้าสัมผัสได้โดยใช้มือกดใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์สวิตช์ปุ่มกด ที่ใช้ในการเริ่มต้น(Start)เรียกว่าสวิตช์ปกติเปิด (Normally Open) หรือที่เรียกว่า เอ็น โอ (N.O.) สวิตช์ปุ่มกดหยุดการทำงาน(Stop) เรียกว่าสวิตช์ปกติปิด (Normally Close) หรือที่เรียกว่าเอ็น ซี (N.C.)



รูปที่ 2-10 สวิตช์ปุ่มกดที่มีหลอดสัญญาณติดอยู่ (Illuminated push button)

ที่มา เว็บไซต์ <http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara09.html>

2.3.6.1 ชนิดของสวิตช์ปุ่มกด

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

1) สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้ในการเริ่มเดิน(start) และหยุดหมุนนี้อยู่ในกล่องเดียวกันปุ่มสีเขียวสำหรับกดเริ่มเดินมอเตอร์(Start)ปุ่มสีแดง สำหรับกดหยุดหมุน(Stop)เหมาะกับการใช้งานมอเตอร์ขนาดเล็กใช้งานธรรมดาที่ใช้กระแสไม่สูงสามารถต่อได้โดยตรง) ใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาดใหญ่กว่า 1/2 แรงม้าต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นสวิตช์แม่เหล็ก(Magnetic contactor) และอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์ทำงาน เกินกำลัง(Over Load Protection) ดังนั้นจึงทำให้ระบบควบคุม การเริ่มเดินมอเตอร์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2) สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency push button) สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉินหรือเรียกทั่วไปว่าสวิตช์ดอกเห็ดเป็นสวิตช์หัวใหญ่กว่าสวิตช์ แบบธรรมดาเป็นสวิตช์ที่เหมาะสมกับงานที่เกิดเหตุฉุกเฉินหรืองานที่ต้องการหยุดทันที

3) สวิตช์ปุ่มกดที่มีหลอดสัญญาณติดอยู่ (Illuminated push button) เมื่อกดสวิตช์ปุ่มกดจะทำให้หลอดสัญญาณสว่างออกมา

4) สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้เท้าเหยียบ (Foot push button) เป็นสวิตช์ที่ทำงานที่ใช้เท้าเหยียบ เหมาะกับเครื่องจักรที่ต้องทำงานโดย ใช้เท้าเหยียบ เช่นเครื่องตัดเหล็ก ปฏิบัติงาน

2.3.7 ตลับลูกปืน

ตลับลูกปืนใช้เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลหลายชนิด ส่วนใหญ่จะประกอบอยู่ในระบบส่งกำลังแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันตามรูปร่างของลูกปืนหรือลูกกลิ้งที่อยู่ภายในโดยที่ทั่วไปลูกปืนหนึ่งตัวจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ตามชนิดของตลับลูกปืน ตลับลูกปืนที่ใช้เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลหลายชนิด ส่วนใหญ่จะประกอบอยู่ในระบบส่งกำลังแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันตามรูปร่างของลูกปืนหรือลูกกลิ้งที่อยู่ภายในโดยที่ทั่วไปลูกปืนหนึ่งตัวจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ตามชนิดของตลับลูกปืน

2.3.7.1 ชนิดของตลับลูกปืน

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

2) ตลับลูกปืนเม็ดกลมสองแถวปรับแนวได้เอง เป็นตลับลูกปืนเหมาะสำหรับลักษณะการใช้งานที่ต้องมีลักษณะของการเอียงแนวเกิดขึ้น (Misalignment) มีทั้งแบบเปิดและแบบที่มีฝาปิดกันฝุ่นสองข้าง และภายในตลับลูกปืนมีจาระบีบรรจุอยู่มาจากโรงงานและไม่จำเป็นต้องมีการอัดจาระบีเพิ่มเติม (Maintenance-free) นอกจากนั้น ยังมีแบบรุ่นที่มีรูเรียวสำหรับใช้งานกับปลอกปรับขนาดเพลาติดตั้งในชุดเลื่อพลัมเมอร์บล็อก เหมาะกับการออกแบบเครื่องจักรที่ต้องการความประหยัด

3) ตลับลูกปืนเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม เป็นตลับลูกปืนที่ออกแบบมาให้เหมาะสำหรับการรับแรงรวมที่เกิดจากแรงในแนวรัศมีและแรงในแนวแกนกระทำกับตลับลูกปืนพร้อมกัน และเป็นตลับลูกปืนที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเพลานอกจากนั้น ตลับลูกปืนเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสองแถวยังมีรุ่นที่มีฝาปิดกันฝุ่นให้เลือกใช้งาน และช่วยทำให้การออกแบบเครื่องจักรง่ายขึ้น เนื่องจากตลับลูกปืนสามารถกำหนดตำแหน่งของเพลาได้ทั้งสองทิศทาง และยังมีตลับลูกปืนเม็ดกลมสัมผัส

เชิงมุมต่ำสุด ช่วยลดพื้นที่ที่จำเป็นของตลับลูกปืนสำหรับลักษณะการใช้งานที่มีแรงรุนในแนวแกน เกิดขึ้นทั้งสองทิศทาง

4) ตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอก สามารถใช้รองรับแรงกดในแนวรัศมีที่มีปริมาณมาก และเหมาะกับลักษณะงานที่มีความเร็วรอบสูง ตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอกแถวเดี่ยวรุ่นการออกแบบ EC-design ที่ได้รับการออกแบบโครงสร้างภายในใหม่ ช่วยเพิ่มความสามารถรับแรงกดในแนวรัศมีและแรงรุนในแนวแกนให้สูงขึ้น ลดผลเสียที่เกิดจากปัญหาการเอียงแนวของเพลลา ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความสามารถในการหล่อลื่นตลับลูกปืน รุ่นส่วนประกอบสมบูรณ์ (Full Complement) เป็นตลับลูกปืนที่ไม่มีริงเป็นองค์ประกอบ บรรจุด้วยเม็ดลูกกลิ้งอยู่เต็มจำนวน เหมาะสำหรับลักษณะการใช้งานที่ต้องการความสามารถในการรับแรงในแนวรัศมีที่สูงมากๆ แต่ความเร็วใช้งานปานกลาง

5) ตลับลูกปืนเม็ดเข็ม เป็นตลับลูกปืนที่มีหน้าตัดเล็ก (Low Sectional Height) เหมาะกับลักษณะงานที่มีพื้นที่หน้าตัด สำหรับตลับลูกปืนที่มีขนาดจำกัดหรือสำหรับการออกแบบการติดตั้งตลับลูกปืนต้องมีลักษณะเล็กกะทัดรัดเป็นพิเศษ

6) ตลับลูกปืนเม็ดโค้ง เป็นตลับลูกปืนที่แข็งแรงทนทานและมีความสามารถรองรับการเอียงแนวของเพลลา ให้ประโยชน์ในเรื่องความน่าเชื่อถือในการใช้งานที่สูงและอายุการใช้งานที่ยาวนาน แม้ภายใต้สภาวะการใช้งานที่ต้องรับแรงในปริมาณที่สูงมาก เป็นตลับลูกปืนที่ใช้งานได้ทั้งแบบติดตั้งใช้งานบนปลอกปรับขนาดเพลลา หรือปลอกสวมเพลลาประกอบในตัวยึดล้อ เมอร์บล็อก สำหรับการออกแบบลักษณะการประกอบติดตั้งใช้งานตลับลูกปืนที่ประหยัด นอกจากนั้นยังมีตลับลูกปืนรุ่นที่มีฝาปิดสองข้าง

7) ตลับลูกปืนเม็ดเรียว ออกแบบสำหรับการรับแรงรวมที่มีปริมาณมาก โดยเฉพาะรุ่น TQ-line ที่ออกแบบมาช่วยลดผลเสียของปัญหาเนื่องจากการเอียงแนวของเพลลา ช่วยให้อายุการใช้งานยาวนาน โดยเฉพาะรุ่นการออกแบบ CL7C ที่มีการผลิตให้มีความแม่นยำสูง ลดแรงเสียดทานจากแรงบิด อาจออกแบบติดตั้งสองตลับชนกัน DF DB DT

8) ตลับลูกปืน CARB เป็นตลับลูกปืนรุ่นใหม่ที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาโดยเราสามารถให้ความหมายของตลับลูกปืน CARB ได้ดังต่อไปนี้ คือ กะทัดรัด (C) สามารถยอมรับการเอียงแนวได้ (A) ตลับลูกปืนเม็ดโค้ง (R) ตลับลูกปืน (B) ความหมายโดยรวมก็คือ ตลับลูกปืนเม็ดโค้งแถวเดี่ยว (กะทัดรัด) ปรับแนวได้

9) ตลับลูกปืนเม็ดโค้งกันรุน เป็นตลับลูกปืนที่มีความแข็งแรงและมีความสามารถในการให้ตัวและยอมรับการเอียงแนวได้ ดังนั้น ตลับลูกปืนจึงสามารถใช้งานได้ถึงแม้จะ

มีปัญหาการเอียงแนวของเพลลา คลັบลูกปืนถูกออกแบบมาให้สามารถรับแรงรุนในแนวแกนได้ในปริมาณที่สูง และสามารถรับแรงกดในแนวรัศมีกระทำพร้อมๆ กันได้ถึงประมาณร้อยละ 55 ของแรงรุนในแนวแกนที่กระทำพร้อมๆ กัน เป็นคลັบลูกปืนที่มีอายุการใช้งานยาวนานและมีความน่าเชื่อถือสูง ถึงแม้จะนำไปใช้งานในสภาวะการทำงานที่รุนแรง คลັบลูกปืนมีลักษณะการออกแบบที่แยกส่วนได้ ช่วยทำให้การติดตั้งเป็นเรื่องง่ายขึ้น นอกจากนั้น ยังมีคลັบลูกปืนตลอดจนผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องประเภทอื่นๆ อีก เช่น คลັบลูกปืนเม็ดรีวชนิดไขว้ คลັบลูกปืนกันรุนเม็ดกลม คลັบลูกปืนกันรุนสัณฆ์ผิวฟันมูม คลັบลูกปืนกันรุนเม็ดทรงกระบอก คลັบลูกปืนกันรุนเม็ดเข็ม คลັบลูกปืนกันรุนเม็ดโค้ง คลັบลูกปืนกันรุนเม็ดรีว คลັบลูกปืนวาล์ว Cam Rollers Support Rollers Cam ชุดเสื้อพาล์มเมอร์บล็อกจากอุปกรณ์บำรุงรักษา และอุปกรณ์วัดความสั่นสะเทือน

2.3.7.2 ประเภทของคลັบลูกปืน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

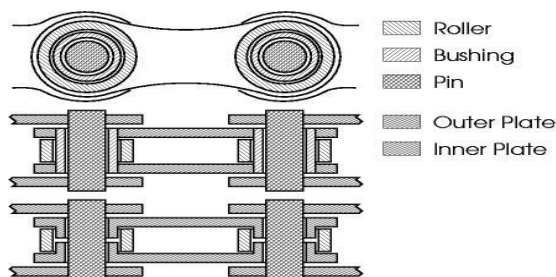
1) คลັบลูกปืนประเภทที่ไม่มีเม็ดลูกกลิ้ง (Plain Bearings) และคลັบลูกปืนที่มีเม็ดลูกกลิ้ง (Rolling Bearings) สำหรับเครื่องจักรที่ได้รับการผลิตในปัจจุบันเกือบทั้งหมดจะเลือกใช้คลັบลูกปืนที่มีเม็ดลูกกลิ้ง เนื่องจากค่าความเสียดทานที่ต่ำกว่า มีความสามารถในการรับแรงที่ดี การสึกหรอต่ำ และดูแลรักษาได้ง่ายกว่า

2) คลັบลูกปืนที่มีเม็ดกลมและคลັบลูกปืนที่มีเม็ดยาว ด้วยการออกแบบของเม็ดลูกกลิ้งที่แตกต่างกัน ทำให้คลັบลูกปืนที่มีมิติขนาดเท่ากัน เม็ดยาวจะสามารถรับแรงได้มากกว่าเม็ดกลม แต่ในทางตรงข้าม คลັบลูกปืนเม็ดยาวสามารถทำงานได้ด้วยความเร็วรอบที่ต่ำกว่าเม็ดกลม เนื่องจากความเสียดทานที่สูงกว่าของผิวสัมผัสนี้เอง

2.3.8 โซ่

โซ่ เป็นชิ้นส่วนจักรกลที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ถ่ายทอดการเคลื่อนที่ระหว่างการเคลื่อนที่แบบหมุนจากจานขับโซ่ (Sprocket) ไปยังจานขับโซ่อีกอันหนึ่ง โดยทั่วไปโซ่จะผลิตมาจากเหล็กที่มีความแข็งแรงสูง ดังนั้น จึงสามารถที่จะส่งแรงบิดและกำลังได้ดีกว่าการส่งกำลังโดยใช้สายพาน การส่งกำลังด้วยโซ่ นิยมใช้กันมากทางด้านงานเครื่องจักรกล เนื่องจากมีลักษณะคล้ายกับการขับเคลื่อนด้วยสายพาน โดยโซ่จะคล้องอยู่กับล้อโซ่หรือเฟืองโซ่ (Sprocket) ซึ่งติดอยู่บนเพลาลูกสูบและเพลาลูกตาม อัตราทดของการขับเคลื่อนขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง และการขับเคลื่อนด้วยโซ่นี้จะไม่มีการสลิปเกิดขึ้นระหว่างโซ่กับเฟืองโซ่ เนื่องจากการส่งกำลังด้วยโซ่มีความน่าเชื่อถือสูงจึงมีความนิยมใช้มาก เช่น ในการส่งกำลังในเรือ เครื่องยนต์ เครื่องจักรกลการเกษตร เครื่องมือกล เครื่องทอผ้าและเครื่องจักรกลงาน

ไม้ เครื่องพิมพ์ และใช้ในการขนส่งและขนถ่ายวัสดุ การส่งกำลังด้วยโซ่มีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับ การขับเคลื่อนด้วยสายพาน และการขับเคลื่อนด้วยเฟืองเกียร์ คือราคาหรือต้นทุนต่ำกว่า มีสมรรถนะในการส่งกำลังดีกว่า และง่ายในการบำรุงรักษา โซ่สามารถขับได้ในระยะทางไกลกว่าสายพาน และขับได้พร้อมๆกันหลายเพลลา



รูปที่ 2-11 ลักษณะของโซ่

ที่มา เว็บไซต์ www.thaimtb.com/cgi-bin/viewkatoo.plid=57719&st=331

2.3.8.1 ข้อดีของการขับเคลื่อนด้วยโซ่ ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรงเท่ากับเฟือง และไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงขึ้นต้นในโซ่เหมือนกับสายพาน ทำให้อายุใช้งานของตลับลูกปืนยาวนานกว่า ไม่มีการสลิปในขณะส่งกำลังเหมือนสายพาน ทำให้ได้อัตราทดที่แน่นอน มีขนาดกะทัดรัดกว่าสายพาน เมื่อใช้งานด้วยอัตราทดที่เท่ากัน เฟืองโซ่จะมีขนาดเล็กกว่าล้อสายพาน และถ้าต้องการการส่งกำลังที่เท่ากันความกว้างของสายพาน ติดตั้งง่ายกว่าสายพานเพราะเพียงแค่คล้องเข้ากับเฟืองโซ่แล้วสอดสลักเข้าไปเท่านั้น ใช้งานได้ดีกับอุณหภูมิสูงบริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง

2.3.8.2 ข้อเสียของการขับเคลื่อนด้วยโซ่ มีเสียงดังจากการใช้งาน ต้องมีการหล่อลื่น เนื่องจากความเร็วรอบสูงจึงอันตรายเมื่อโซ่ขาด ส่งกำลังแบบครอสไดร์ไม่ได้ และ มีราคาแพงกว่าการขับเคลื่อนด้วยสายพาน

2.3.8.3 ชนิดของโซ่แบ่งออกเป็นชนิดใหญ่ๆได้ 3 ชนิด

1) โซ่โรลเลอร์ (Roller Chain) โซ่ชนิดนี้ประกอบด้วยแผ่นต่อ (Link) ด้านในและด้านนอกยึดติดกันด้วยสลักและบุช (Bush) โดยมีโรลเลอร์สวมอยู่ตรงกลางกับบุช

2) โซ่บุช (Bushed chain) โซ่ชนิดนี้แตกต่างจากโซ่โรลเลอร์ก็ตรงที่ไม่มีโรลเลอร์ดั่งนั้น จึงสามารถออกแบบให้บุช และสลักมีขนาดใหญ่ได้มากกว่าโซ่โรลเลอร์ โดยที่มีระยะพิตช์เท่ากัน โซ่บุชจึงรับแรงได้มากกว่าและแข็งแรงกว่า แต่เนื่องจากการใช้งานจะมีเสียงดัง และมีการสึกหรอมากกว่า โดยทั่วไปแล้วจึงนิยมใช้โซ่โรลเลอร์มากกว่าโซ่บุช

3) โซ่ฟัน (Toothed chain) โซ่ชนิดนี้อาจเรียกว่า Silent chain ก็ได้ โซ่ฟันประกอบด้วยแผ่นต่อหลายแผ่นเรียงซ้อนกัน และยึดกันด้วยสลัก แผ่นต่อแต่ละแผ่นจะมีฟันสองฟัน ในขณะที่ส่งกำลัง ข้อต่อโซ่จะทำหน้าที่เป็นจุดหมุนของข้อโซ่ ทำให้โซ่แนบสนิทกับฟันบนเฟืองโซ่ จึงมีการสึกหรอน้อย โซ่ฟันใช้ขับเคลื่อนด้วยความเร็วสูงกว่าโซ่โรลเลอร์ ทำงานได้โดยเกือบจะไม่มีเสียงดัง แต่จะมีน้ำหนักมากกว่าโซ่โรลเลอร์ ราคาแพงกว่าและต้องการให้มีการบำรุงรักษาที่ดีกว่าโซ่โรลเลอร์

2.3.9 เฟือง

เฟือง แต่ละชนิดมีหน้าที่หลักที่เหมือนกัน คือ ใช้ในการส่งกำลังจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งแล้วแต่ลักษณะการใช้งาน แต่การใช้งานของเฟืองแต่ละชนิดจะมีหน้าที่รองต่างกัันดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.3.9.1 เฟืองตรง เป็นเฟืองที่ใช้ส่งกำลังกับเพลาคี่ขนานกัน เฟืองตรงเหมาะสำหรับการส่งกำลังที่มีความเร็วรอบต่ำ หรือความเร็วรอบปานกลางไม่เกิน 20 เมตร ต่อนาที เช่น ชุดเฟืองทดของเครื่องกลึงเพื่อเดินกลึงอัตโนมัติ หรือชุดเฟืองทดของเครื่องจักรกลการเกษตรที่ความเร็วรอบต่ำๆ

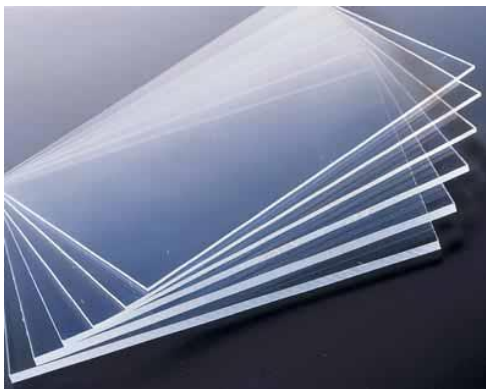
2.3.9.2 เฟืองสะพาน ในการใช้งานของเฟืองสะพาน(RACK) จะต้องใช้คู่กับเฟืองตรงที่เรียกว่า “พินเนียน(PINNION)” เสมอ ก็จะสามารถทำการส่งกำลังได้ ลักษณะการใช้งานของเฟืองสะพาน ตัวอย่างเช่น เฟืองสะพานของเครื่องกลึงยืนศูนย์ ที่ช่วยให้แท่นเลื่อนเคลื่อนที่ ซ้าย-ขวา หรือเฟืองสะพานของเครื่องเจาะ ที่ทำหน้าที่เคลื่อนเพลาคี่เครื่องเจาะให้ขึ้นลง

2.3.9.3 เฟืองหนอน เฟืองหนอนประกอบด้วยเกลียวหนอน เพื่อให้เฟืองหนอนส่งกำลังไปเฟืองหนอน เป็นการส่งกำลังระหว่างเพลาคี่ทำมุมกัน 90 องศา เป็นการส่งกำลังจากความเร็วรอบสูงให้มาเป็นความเร็วรอบต่ำ การส่งกำลังของชุดเฟืองหนอนของชุดหัวแบ่งของเครื่องกัดลักษณะการใช้งาน

2.3.9.4 เฟืองโซ่ เป็นเฟืองที่ใช้ในการส่งกำลังที่ดีอีกชนิดหนึ่งซึ่งใช้งานร่วมกันกับโซ่ ลักษณะของเฟืองจะคล้ายกันกับเฟืองตรง

2.3.10 อะคริลิก

เป็น แผ่นพลาสติกเรียบชนิด Thermoplastic ซึ่งผลิตจากน้ำยา MMA (Methyl Methacrylate) นำไปเข้าระบบหล่อแบบ (Casting System) กระบวนการผลิต ของ Acrylic ใน 2 ระบบ แตกต่างกันในแง่ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต



รูปที่ 2-12 แผ่นอะคริลิก

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 ซึ่งขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งานในลักษณะต่างๆ ด้วย คุณสมบัติของอะคริลิก คือ เมื่อได้รับความร้อนสูงจะอ่อนตัวลง สามารถตัดหรือขึ้นรูปเป็นแบบต่างๆ ได้ และเมื่อเย็นตัวลงจะแข็งตัวและคงสภาพไว้ มีน้ำหนักเบาและสามารถแกะสลัก ฟันสี และสามารถทนแรงกระแทกได้ดีกว่ากระจก โดยความหนาของแผ่น จะเป็นปัจจัยที่แปรผันโดยตรงกับการทนแรงกระแทก ขนาดความหนาของแผ่นอะคริลิกมีตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร - 100 มิลลิเมตร สามารถนำมาผลิตเป็นสิ่งของต่างๆ ได้หลากหลาย เช่น กรอบรูป ชั้นวางโชว์ ป้ายโฆษณา เป็นต้น

2.4 วิธีการแยกเตรียมเนื้อมะขามหวานก่อนการแปรรูป



รูปที่ 2-13 การปอกเปลือกและดึงรอกออก

มะขามหวานที่เรานำมาแยกเนื้อเป็นมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูก่อนที่จะแยกเนื้อกับเมล็ดคอกจะนำเอามะขามมาปอกเปลือกและดึงรอกออกแล้วผึ่งแดดทิ้งไว้ประมาณ 10 – 15 วัน (บริษัท สารัช มาร์เก็ตติ้ง) แล้วใช้มีดกรีดเพื่อแยกเนื้อกับเมล็ดออกจากกันก่อนจะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ วิธีแยกเนื้อมะขามหวานแบบวิธีของชาวบ้านส่วนใหญ่จะใช้มือสัมผัสกับมะขามโดยตรง อาจเกิดการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง น้ำลาย เศษเส้นผม ทำให้มะขามไม่สะอาดและอาจได้รับอันตรายจากการใช้มีดกรีดมะขาม อีกทั้งยังได้ปริมาณของมะขามไม่เพียงพอต่อความต้องการต่อผู้ประกอบการและผู้บริโภค (ประเสริฐ สึงห์คำ และคณะ. 2556)



ก



ข

รูปที่ 2-14 ตัวอย่างมะขามแปรรูป ก คือ มะขาม 5 รส ข คือมะขามท็อฟฟี่

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐพล ชัยทวิชานันท์ (2555) ได้ทำการนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพมาตรวจสอบตำแหน่งฝักมะขามเพื่อคัดแยกฝักมะขามเสียออกจากฝักมะขามดี โดยใช้ค่าของแสงสว่างจากภาพถ่ายฝักมะขามในการคัดแยก จากผลการทดสอบเพื่อหาค่าระดับความเข้มของแสง 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนที่ 1 ทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างมะขามพันธุ์ศรีชมพู่จำนวน 30 ฝัก กับระดับค่าความเข้มแสงที่ 0.10 – 0.30 ได้ผลค่าแสงที่พิจารณาตำแหน่งที่เหมาะสมในช่วงที่ 0.15 – 0.20 ขั้นตอนที่ 2 ทำการทดสอบกับมะขามพันธุ์ศรีชมพู่จำนวน ๑๐๐ ฝัก กับระดับค่าความเข้มแสงที่ 0.15 – 0.20 ได้ผลของค่าแสงที่พิจารณาตำแหน่งมองเห็นได้ชัดในช่วงระดับที่ 0.15 – 0.16

นิติพงษ์ ใจสิน (2549) ได้ทำการคัดแยกฝักมะขามหวานด้วยวิธีการแปรรูปภาพ ด้วยการวัดตัวแปรระบุรูปร่าง ขนาด และตำแหน่งฝักมะขามหวานที่ใช้เป็นพันธุ์ที่นิยม คือ พันธุ์สีทอง และศรีชมพู่ โดยใช้อุปกรณ์คัดแยกฝักมะขามหวานระดับห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย กล้องที่วิ้งจระปิดคัดแปลงให้ทำงานร่วมกับการ์ดทีวี ไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์ และคอมพิวเตอร์ การวิเคราะห์ด้วยวิธี Image Processing และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรระบุรูปร่าง ขนาด และตำแหน่ง ปัจจัยควบคุม ได้แก่ ความเร็วสายพาน ลักษณะของการวางฝักมะขามหวาน ลักษณะการเคลื่อนที่ของฝัก ระยะห่างการวางฝักบนสายพานลำเลียง จากผลการทดลองพบว่า ตัวแปรกำหนดคุณลักษณะทางกายภาพ ค่า C ของฝักไม่เกิน 55% ฝักดาบอยู่ระหว่าง 57 – 65% และฝักโค้งมากกว่า 68% อัตราส่วนของความกว้างต่อความหนาในพันธุ์สีทองเท่ากับ 1.25 และพันธุ์ศรีชมพู่เท่ากับ 1.02 มุมข้อฝักพันธุ์สีทองเท่ากับ 152 องศา และพันธุ์ศรีชมพู่อยู่ที่ 125 องศา ปัจจัยควบคุมในการวิเคราะห์ความแปรปรวนไม่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรระบุรูปร่าง ขนาด และรอยแตก อุปกรณ์วัดสามารถแยกฝักมะขามหวานตามรูปร่าง ขนาด และรอยแตกได้ประสิทธิภาพการคัดขนาด อัตราส่วนสิ่งเจือปนเฉลี่ย และสมรรถนะเท่ากับ 89.8% 10.2% และ 1,517 ฝัก/ชั่วโมง และ 94.3% 5.7% และ 1491 ฝัก/ชั่วโมง สำหรับมะขามหวานพันธุ์สีทองและศรีชมพู่ตามลำดับ อุปกรณ์วัดสามารถตรวจจับรอยแตกที่มีขนาดมากกว่า 0.49 ตารางเซนติเมตรได้ 100%

วรวิทย์ วรรณวิน (2550) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องกวนน้ำมะขามเปียก เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมะขามเปียกในโรงงานที่ใช้มือในการกวนทั้งหมด ทำให้น้ำมะขามเปียกไม่สามารถควบคุมคุณภาพได้มาตรฐาน ดังนั้นจึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องกวนน้ำมะขามเปียก ซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 HP 220 Volts AC ที่ 1425 rpm 1:40 ใบกวน และถังบรรจุวัตถุดิบ 2 ชั้นที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในและภายนอกเป็น 0.5 m and 0.6 m ตามลำดับ โดยระบบการทำงานนั้นจะใช้

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นส่งกำลังผ่านเกียร์ทดรอบ ด้วยความเร็วรอบ 35.6 RPM เพื่อใช้ขับใบกวนและให้ความร้อนด้วยแก๊ส LPG ในขณะที่ถังชั้นนอกบรรจุน้ำเพื่อใช้ในการส่งผ่านความร้อนสู่ถังชั้นใน จากผลการทดสอบเครื่องกวนน้ำมะขามเปียกจำนวน 70 กิโลกรัม โดยใช้เชื้อเพลิง 0.7 กิโลกรัม พบว่า ภายใ้การพาความร้อนของน้ำที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่ 80 องศา และ 65 นาที ทำให้คุณภาพของน้ำมะขามเปียกเพิ่มขึ้นหรือไม่มีการไหม้ของผลิตภัณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตแบบเดิมและยังแสดงให้เห็นว่าเครื่องกวนน้ำมะขามเปียกนี้ยังสะดวกต่อการใช้งานอีกด้วย

ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์ (2556) วิจัยเรื่องการพัฒนาประสิทธิภาพและสร้างชุดถอดक्रमะขาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาประสิทธิภาพและสร้างชุดถอดक्रमะขาม ผลการวิจัยพบว่าการสร้างชุดถอดक्रमะขาม ประกอบด้วย รางเลื่อนลูกป็นแกนหนีบ รางบังคับฝักมะขามด้านหน้า รางเลื่อนลูกป็นเข็ม ชุดหนีบक्रमะขามด้านซ้าย - ขวา เข็มเลียบขั้วมะขามด้านซ้าย เข็มเลียบขั้วมะขามด้านขวา รางบังคับฝักมะขามด้านหลัง ชุดรอกบังคับลวดสลิง ชุดส่งกำลัง การประเมินประสิทธิภาพการออกแบบชุดถอดक्रमะขาม มีค่าเฉลี่ย 3.70 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.46 อยู่ในเกณฑ์ระดับคุณภาพดี ด้านประสิทธิภาพการทำงานของชุดถอดक्रमะขาม เวลาที่ใช้ในการถอดक्रमะขาม เฉลี่ย 14.58 นาที ต่อมะขาม 1 กิโลกรัม คุณภาพฝักมะขามที่ได้ คิดเป็นร้อยละของจำนวนฝักมะขามเฉลี่ย 1 กิโลกรัม คุณภาพฝักมะขามที่ได้จากการถอดक्रमะขาม คงสภาพฝักร้อยละ 96 ไม่คงสภาพฝักร้อยละ 4

สุภัทร หนูสวัสดิ์ และคณะ (2537) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมร้อน (tunnel dryer) บรรจุถาดสำหรับวางถาดใส่วัสดุอบ 5 คัน คันละ 10 ถาด คิดเป็นพื้นที่การอบแห้งทั้งหมด ๒๘ ตารางเมตร ใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิง โดยมีพัดลมแบบไหลตามแกนขนาด 1 แรงม้า จำนวน 2 ตัว เป็นตัวทำให้ลมร้อนไหลวนมีระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ ที่สามารถปรับได้ 100 องศาเซลเซียส โดยมีความละเอียดถึง 1 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่า สามารถอบแห้งมะขามหวานได้ครั้งละ 300 กิโลกรัม โดยอบมะขามที่แห้งแล้ว ด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สามารถฆ่าแมลงและลดการเกิดเชื้อราได้ โดยใช้พลังงานไฟฟ้า 1.5 หน่วย และแรงงาน 4 คน การอบแห้งมะขามที่มีความชื้นสูง ได้ทดสอบอบแห้งมะขามหวานที่มีความสุกแก่ในระยะคาบหมู ที่มีความชื้น 20-28 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดความชื้นลงเหลือ 11 เปอร์เซ็นต์ wb โดยใช้เวลา 8-10 ชั่วโมง โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแก๊สประมาณ 1.5 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งสามารถเก็บรักษาให้ปลอดภัยจากแมลงและเชื้อราได้ และยังช่วยให้เก็บเกี่ยวมะขามได้เร็วกว่ากำหนด และลดจำนวนครั้งในการเก็บเกี่ยวลงได้ ในกรณีที่เกิดฝนตกหลายวัน ในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวมะขามหวาน การอบแห้งจะช่วยลดความเสียหายจากเชื้อราได้มาก

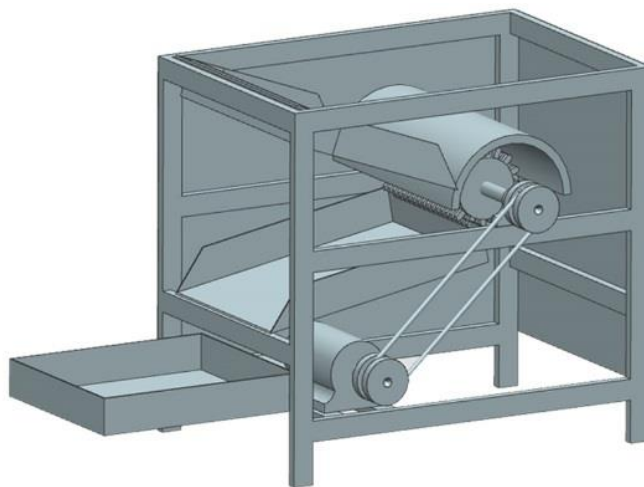
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องและการสร้างเครื่องจักร ดังนั้นการอธิบายจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะมะขาม และการทดสอบการทำงาน โดยการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบเช่นกัน ส่วนแรกเป็นใช้เครื่องทดสอบกะเทาะเปลือกกับมะขามพันธุ์ศรีชมภูเบื้องต้น และส่วนที่ 2 เป็นการทดสอบการกะเทาะเปลือกมะขาม โดยมีการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบ โดยสามารถอธิบายได้โดยสังเขปดังนี้

3.1 การออกแบบเครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม

การทำงานของเครื่องจักรจะอาศัยระบบส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังสายพานและส่งต่อกำลังไปที่ลูกกลิ้ง เมื่อเริ่มการทำงานผู้ใช้งานจะทำการนำมะขามไปยังลูกกลิ้งกะเทาะเปลือก หลังจากนั้นเปลือกจะถูกกะเทาะออกจากฝักมะขาม จากนั้นฝักมะขามที่ถูกกะเทาะเปลือกแล้วจะไหลและตกลงบนแผ่นรองรับฝักมะขาม



รูปที่ 3-1 ระบบการทำงานของเครื่องกะเทาะมะขาม

3.1.1 โครงสร้าง

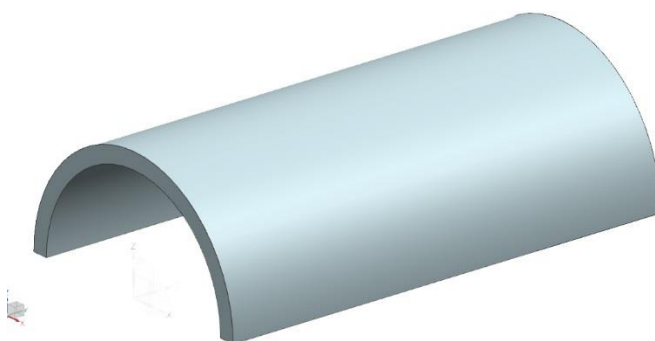
ทำหน้าที่ในการยึดส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องของเครื่องจักรเข้าด้วยกัน



รูปที่ 3-2 โครงสร้างเครื่องจักร

3.1.2 ฝาครอบ

มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้ฝักมะขามกระเด็น อันเกิดจากกระบวนการการกะเทาะเปลือกมะขาม และช่องว่างระหว่าง ลูกกลิ้งและฝาครอบมีส่วนช่วยให้การกะเทาะสามารถทำได้ดียิ่งขึ้น

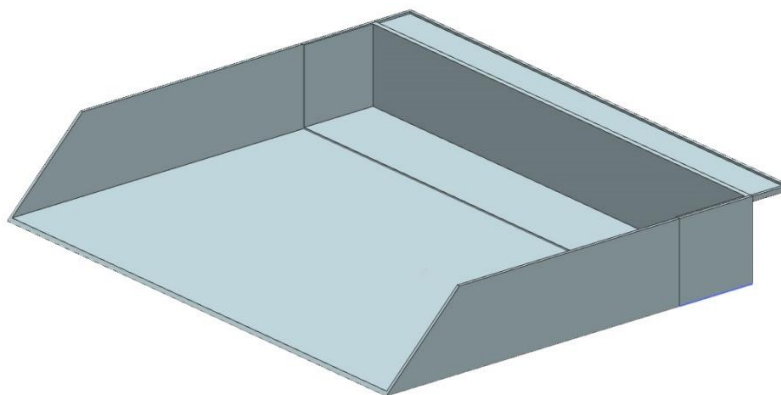


รูปที่ 3-3 ฝาครอบ

3.1.3 ถาดป้อน

ดูกลิ้ง

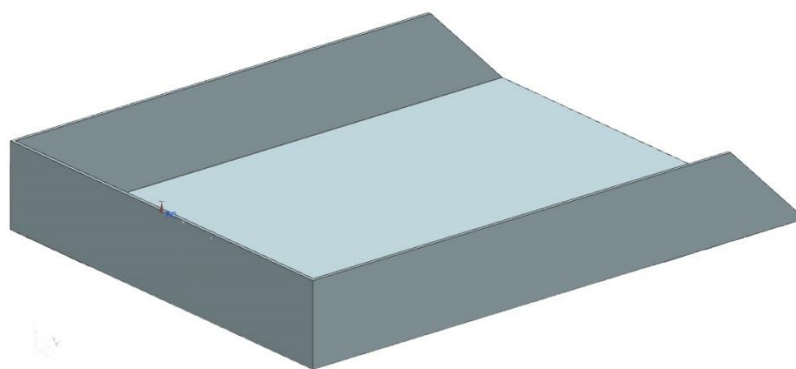
ทำหน้าที่ในการส่งฝักระฆามโดยการอาศัยแรงโน้มถ่วงเพื่อสไลด์ฝักระฆามลงไปสู่



รูปที่ 3-4 ถาดป้อน

3.1.4 ถาดส่ง

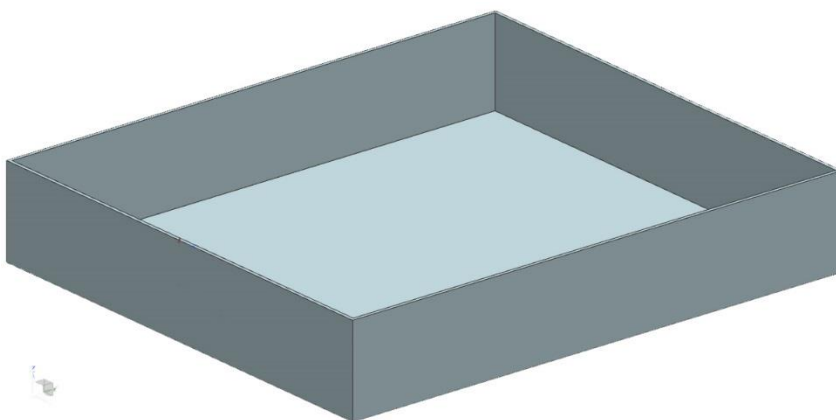
เมื่อกะเทาะเปลือกแล้ว มะขามจะตกลงบนถาดส่ง มันจะทำหน้าที่ในการส่งฝักระฆามไปยัง ถาดรับที่ถูกถักจากมันลงไป โดยการทำงานจะอาศัยแรงโน้มถ่วงในการทำให้ฝักระฆามเคลื่อนที่ เช่นเดียวกับถาดป้อน



รูปที่ 3-5 ถาดส่ง

3.1.5 ถาดรับ

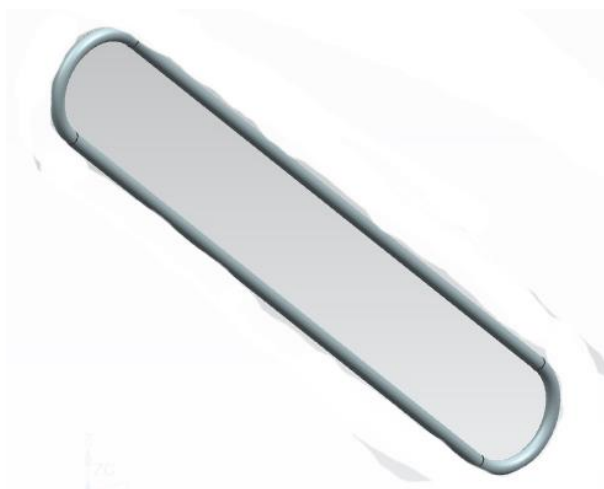
ทำหน้าที่ในการรับฝักระหว่างที่ถูกกะเทาะแล้ว โดยฝักระหว่างที่ถูกกะเทาะจะถูกส่งมาจากถาดส่ง และตกลงมายังถาดรับตามแรงโน้มถ่วง



รูปที่ 3-6 ถาดรับ

3.1.6 สายพาน

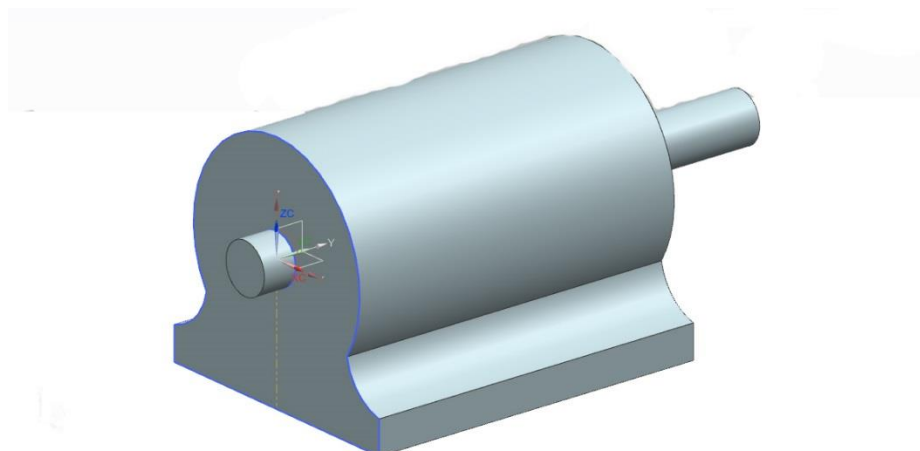
ทำหน้าที่ในการส่งกำลังระหว่างมอเตอร์กับเพลลา เพื่อให้ลูกกลิ้งหมุน



รูปที่ 3-7 สายพาน

3.1.7 มอเตอร์

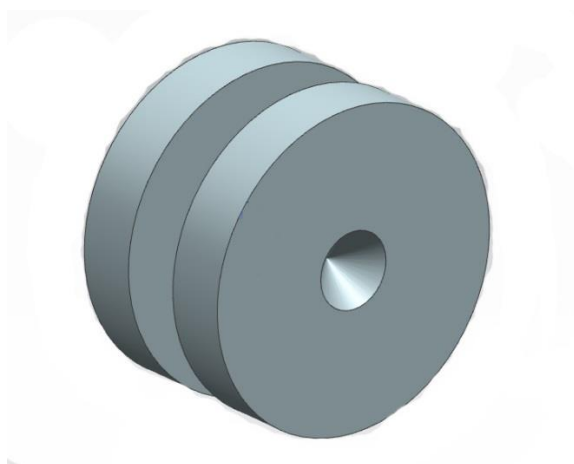
ทำหน้าที่สร้างกำลังขับเคลื่อนเพลลา โดยการส่งแรงผ่านสายพานเพื่อไปหมุนลูกกลิ้ง โดยกำลังการหมุนของมอเตอร์จะอยู่ที่ 1,440 รอบต่อนาที



รูปที่ 3-8 มอเตอร์

3.1.8 มู่เล่

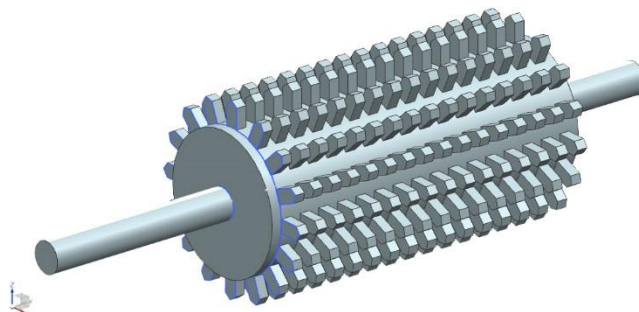
ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนและรับแรง โดยมู่เล่ตัวขับเคลื่อนจะอยู่ที่มอเตอร์ ส่วนมู่เล่รับแรงจะอยู่ที่เพลลาซึ่งจะเป็นตัวกำหนดความเร็วรอบ โดยในงานวิจัยชิ้นนี้จะประกอบไปด้วยความเร็วรอบ 3 ระดับ คือ 1,200 900 และ 800 ตามลำดับ



รูปที่ 3-9 มู่เล่

3.1.9 ลูกกลิ้ง

ทำหน้าที่ในการกะเทาะเปลือกมะขามให้แตกออกจากเนื้อมะขาม โดยรับรับแรงจากมอเตอร์ผ่านสายพานส่งกำลัง



รูปที่ 3-10 ลูกกลิ้ง

3.2 วิธีการทดลอง

ทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบเช่นกัน ส่วนที่ 1 เป็นการใช้เครื่องทดสอบกะเทาะเปลือกกับมะขามพันธุ์ศรีชมภูเบื้องต้น และส่วนที่ 2 เป็นการทดสอบการกะเทาะเปลือกมะขามโดยมีการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบ

3.2.1 การทดลองเบื้องต้น

ในการทดลองเบื้องต้นจะใช้การทดลองในความเร็วรอบระดับกลาง ซึ่งมีความเร็วอยู่ที่ 900 รอบต่อนาที ซึ่งในการปฏิบัติงานผู้ทดสอบจะใส่มะขามที่ละฟักและทำการจับเวลา ในการจับเวลาผู้ทดลองจะเริ่มจับเวลาเมื่อมีการใส่มะขาม และเมื่อเกิดการกะเทาะจะหยุดเวลา และเริ่มจับใหม่เมื่อมีการใส่มะขามในครั้งต่อไป ในการทดลองการจะแบ่งมะขามออกเป็น 10 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ฟัก ทำการทดลองซ้ำจำนวน 10 กลุ่ม (ปารามศ. 2545) นำมะขามที่ได้มาเข้าเครื่องกะเทาะเปลือกที่ละฟัก จากนั้นนำมะขามที่ได้มาตรวจสอบเพื่อหาร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะโดยใช้สมการที่ 1 (วิทยาและธนภัทร. 2557)

$$p = 100 - \left(\frac{c \times 100}{k \times n} \right) \quad (1)$$

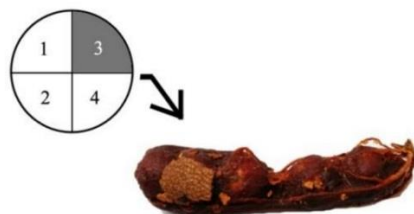
สัญลักษณ์ของตัวแปร

p คือ ร้อยละพื้นที่ที่เปลือกมะขามถูกกะเทาะ

n คือ จำนวนเมล็ดทั้งหมดในฝักมะขาม

c คือ พื้นที่ส่วนที่ไม่ถูกกะเทาะ

k คือ จำนวนการแบ่งส่วนพื้นที่การกะเทาะเปลือกในแต่ละเมล็ด



รูปที่ 3-11 วิธีการตรวจสอบพื้นที่การกะเทาะเปลือกมะขาม

ที่มา : วิทยาและชนภัทร (2557)

ในการคำนวณจะตรวจสอบจากเปลือกที่หุ้มเนื้อมะขามที่เหลืออยู่หลังจากการกะเทาะ ตัวอย่างเช่น ถ้าหากมะขามทั้งหมดมีเมล็ด n เมล็ด โดยที่พื้นที่ที่เปลือกหุ้มอยู่ k ส่วน ดังนั้นทั้งฝักมะขามจะมีเปลือกหุ้มอยู่ทั้งหมด kn ส่วนของซึ่งเท่ากับ 100 % แต่ถ้าหากเครื่องจักรไม่สามารถกะเทาะเปลือกออกทั้งหมดได้ ให้คิดเป็นค่า c ใน k ส่วนที่หุ้มเปลือกเมล็ดนั้นอยู่ โดยงานวิจัยชิ้นนี้จะกำหนดให้พื้นที่เปลือกที่หุ้มแต่ละเมล็ดมีแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ($k = 4$) ดังรูปที่ 2 ซึ่งเมล็ดมะขามจำนวน 5 เมล็ด ($k = 5$) และเครื่องไม่สามารถกะเทาะเปลือกในเมล็ดที่ 2 ได้จำนวน 1 ส่วน ($c = 1$) ซึ่งใช้สมการที่ 1 ในการคำนวณก็จะได้ว่าร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเท่ากับ 95 %

3.2.2 การทดสอบการปรับความเร็วรอบ

เป็นการทดลองการกะเทาะโดยใช้การปรับความเร็วรอบที่ต่างกัน 3 ระดับ ประกอบด้วยความเร็วเท่ากับ 1,200 และ 800 รอบต่อนาที แต่ละความเร็วรอบจะทดลองกับมะขามจำนวน 30 ฝัก นำมะขามที่ได้มาเข้าเครื่องกะเทาะเปลือกทีละฝัก จากนั้นนำมะขามที่ได้มาตรวจสอบเพื่อหาร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะโดยใช้สมการที่ 1 เช่นเดียวกับการทดลองเบื้องต้น จับเวลาและทำการบันทึกผล

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในงานบทนี้จะแสดงผลลัพธ์จากการทดลองการทำงานเครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม โดยใช้การทดลอง 2 แบบ แบบแรกเป็นการทดลองเบื้องต้น ผู้ปฏิบัติงานจะทำการทดลองในความเร็วรอบระดับกลาง ซึ่งมีความเร็วรอบอยู่ที่ 900 รอบต่อนาที จำนวน 100 ฟักและแบ่งมะขามออกเป็น 10 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ฟัก ส่วนรูปแบบที่ 2 เป็นการทดสอบโดยมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ 3 ระดับ ประกอบด้วย ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 800 และ 1,200 ตามลำดับ โดยทุกความเร็วรอบจะใช้มะขามจำนวน 30 ฟัก

4.1 การทดสอบเบื้องต้น

ผลจากการทดลองจากการนำเอา มะขามจำนวน 10 กลุ่ม โดยที่แต่ละกลุ่มมีมะขามจำนวน 10 ฟัก มาทดสอบกับเครื่องจักรเพื่อหาร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะ ตารางที่ 1 คือตัวอย่างผลลัพธ์จากการใช้เครื่องจักรในการกะเทาะเปลือกมะขาม ตารางที่ 1 ได้แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเฉลี่ยเท่ากับ 90 ซึ่งกล่าวได้ว่าเปลือกมะขามทั้งหมดร้อยละ 90 ถูกกะเทาะออกจากฟัก แต่ในฟักที่ 9 เกิดการนิกขาดของเนื้อมะขามซึ่งมะขามฟักนั้นก็จะนำมาใช้ไม่ได้เช่นกัน ดังนั้นถึงเปลือกมะขามจะถูกกะเทาะออกเฉลี่ยร้อยละ 90 แต่ถึงอย่างไรก็ตามถ้าหากให้ฟักที่ 9 เป็นฟักที่เสียและคิดเป็นร้อยละการกะเทาะเท่ากับ 0 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรจะเหลือเพียงร้อยละ 82 เท่านั้น รูปที่ 2 จะแสดงตัวอย่างมะขามที่กะเทาะเปลือกโดยใช้เครื่องจักร



รูปที่ 4-1 มะขามที่ถูกกะเทาะเปลือกโดยเครื่องจักร

การทดลองจะเปรียบเทียบร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเฉลี่ยและเวลากะเทาะเฉลี่ยมะขามจำนวน 10 กลุ่ม หรือมะขามทั้งหมด 100 ฝัก ซึ่งผลลัพธ์ได้แสดงในตารางที่ 2 พบว่าประสิทธิภาพการกะเทาะของเครื่องกะเทาะที่ได้มีการปรับปรุงจากเครื่องเดิมสามารถกะเทาะมะขามได้ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 89 โดย ซึ่งประสิทธิภาพการกะเทาะสูงสุดจะอยู่ที่ร้อยละ 92 และต่ำสุดอยู่ที่ 84 เนื่องจากมะขามกลุ่มนั้นมีการฉีกขาดของเนื้อมะขาม ส่วนเวลาในการกะเทาะ มะขามจำนวน 10 ฝักจะใช้เวลากะเทาะเฉลี่ยเพียง 7 วินาที ซึ่งถือว่าเร็วมากถ้าเทียบกับการใช้มือแกะเปลือกมะขาม และพบว่าการฉีกขาดของเนื้อมะขามเพียง 3 ฝักจาก 100 ฝักเท่านั้น

ตารางที่ 4-1 ผลลัพธ์การทดสอบการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกมะขามทั้ง 10 กลุ่ม จำนวน 100 ฝัก

กลุ่มที่	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเฉลี่ย	เวลา (วินาที)	จำนวนมะขามที่ฉีกขาด
1	90	8.16	-
2	89	5.89	-
3	90	6.43	-
4	92	6.52	-
5	92	7.84	-
6	88	7.69	1
7	84	6.04	1
8	86	5.90	1
9	92	7.90	-
10	91	7.72	-
เฉลี่ย	89	7	0.3

4.2 การทดสอบแบบมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ

เป็นการทดลองการกะเทาะโดยใช้การปรับความเร็วรอบที่ต่างกัน 2 ระดับ ประกอบด้วยความเร็วเท่ากับ 1,200 และ 800 รอบต่อนาที แต่ละความเร็วรอบจะทดลองกับมะขามจำนวน 10 ฝักนำมะขามที่ได้มาเข้าเครื่องกะเทาะเปลือกที่ละฝัก จากนั้นนำมะขามที่ได้มาตรวจสอบเพื่อหาร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะโดยใช้สมการที่ 1 เช่นเดียวกับการทดลองเบื้องต้น จับเวลาและทำการบันทึกผลและความเร็วรอบ ที่ 900 เราจะนำผลการทดสอบเบื้องต้น 3 กลุ่มแรกมาเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบความเร็วรอบ 3 ระดับ

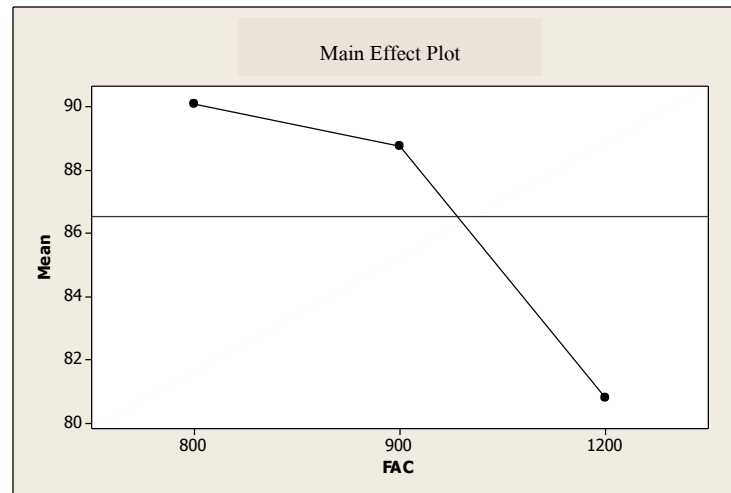
ตารางที่ 4-2 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบการทดสอบเครื่องกะเทาะเปลือกความเร็วรอบทั้ง 3 ระดับ

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเฉลี่ย	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
800	90	2.71
900	89	6.82
1200	81	2.16

ตารางที่ 4-3 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบจำแนกทางเดียว

Source	DF	SS	MS	F	P
Result	19	572694	30142	1.04	0.429
Error	70	2027306	28962		
Total	89	2600000			

จากการเปรียบเทียบพบว่าผลลัพธ์ของความเร็วรอบทั้ง 3 ระดับพบว่า ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเฉลี่ยของความเร็วรอบที่ 800 และ 900 ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะมีความใกล้เคียงกันมาก ส่วนระดับที่ผลออกมาแย่ที่สุดในความเร็วรอบ 3 ระดับคือที่ความเร็วรอบ 1,200 รอบต่อนาที ซึ่งมีจำนวนฝักในการฉีกขาดมากที่สุดส่งผลให้มีร้อยละของพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเฉลี่ยน้อยที่สุด



จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variances) แบบจำแนกทางเดียว : One-Way ANOVA โดยมีตัวแปรต้นเพียงตัวเดียวคือ ปัจจัยในด้านความเร็วรอบ ซึ่งพบว่า ค่า P value มีค่าเท่ากับ 0.429 หรือการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบไม่มีส่งผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกมะขามอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถึงอย่างไรก็ตามได้แนะนำให้มีการตั้งค่าความเร็วรอบการกะเทาะเปลือกมะขามไว้ที่ 800 รอบต่อนาที ซึ่งจากกราฟ ปัจจัยหลักได้แสดงว่าเป็นการตั้งค่าที่ให้ผลลัพธ์การกะเทาะเปลือกที่ดีที่สุดในการเร็วทั้ง 3 ระดับ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

สินค้าทางการเกษตรมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก โดยที่เป็นฐานการผลิตสินค้าทางการเกษตร เนื่องจากมีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติสูงจึงเอื้ออำนวยต่อการทำการเกษตร ทำให้ได้ชื่อว่าเป็นศูนย์กลางแห่งอาหารของโลก สินค้าทางการเกษตรของไทยที่สำคัญคือผลไม้ซึ่งจากตารางที่ 1 ประเทศไทยอยู่ในอันดับ 2 ของประเทศที่มีการส่งออกผลไม้เมืองร้อนมาก จากข้อมูลของพานิชจังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่าผลิตภัณฑ์จากมะขามเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในต่างประเทศจำนวนมาก ในขั้นตอนการแกะเปลือกเป็นขั้นตอนที่สำคัญ โดยปกติผู้ประกอบการใช้วิธีการแกะเปลือกโดยใช้มือ ขั้นตอนนี้มักล่าช้า ในงานวิจัยของ วิทยา และ ธนภัทร (2556) นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องแกะเปลือกมะขามเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณของเนื้อมะขาม ซึ่งการทำงานของเครื่องจักรยังไม่สมบูรณ์มากนัก เนื่องจากยังไม่สามารถแกะเปลือกได้อย่างเต็ม 100% เนื้อมะขามฝักขาดเนื่องจากความเร็วรอบที่สูง ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าว จึงได้ทำการปรับปรุงเครื่องแกะมะขามที่สามารถปรับปรุงการทำงานเพื่อไม่ให้ฝักมะขามเกิดการฉีกขาดและลดการแตกละเอียดของเปลือกมะขาม รวมถึงมีการทำให้ส่วนประกอบของเครื่องแกะมะขามสามารถถอดประกอบได้ง่ายในส่วนที่ผู้ปฏิบัติงานต้องถอดออกมาล้างทำความสะอาด ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องแกะมะขามที่มีการปรับปรุงข้อบกพร่องเดิม โดยโครงสร้างของเครื่องง่ายต่อการถอดประกอบทำให้สามารถทำความสะอาดได้ง่าย และยังสามารถปรับเปลี่ยนความเร็วรอบ เพื่อลดอัตราการฉีกขาดของเนื้อมะขาม โดยการทำงานของเครื่องจักรจะอาศัยระบบส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังสายพานและส่งต่อกำลังไปที่ลูกกลิ้ง เมื่อเริ่มการทำงานผู้ใช้จะทำการนำมะขามไปหย่อนไปยังลูกกลิ้งแกะเปลือก หลังจากนั้นเปลือกจะถูกแกะออกจากฝักมะขาม จากนั้นฝักมะขามที่ถูกแกะเปลือกแล้วจะไหลและตกลงบนแผ่นรองรับฝักมะขาม

ในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพคณะผู้วิจัยได้ทดสอบ โดยการเปรียบเทียบการทำงานจากการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบทั้ง 3 ระดับ โดยการทำซ้ำจำนวน 30 ฝัก ผลที่ได้คือ ร้อยละพื้นที่ที่ถูกแกะทะลุเนื้อของความเร็วรอบที่ 800 และ 900 ร้อยละพื้นที่ที่ถูกแกะทะลุเนื้อมีความใกล้เคียงกันมาก ส่วนระดับที่ผลออกมาแย่ที่สุดในความเร็วรอบ 3 ระดับคือที่ความเร็วรอบ 1,200 รอบต่อนาที ซึ่งมีจำนวนฝักในการฉีก

ขาดมากที่สุดส่งผลให้มีร้อยละของพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเล็กน้อยที่สุด จากนั้นได้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variances) แบบจำแนกทางเดียว เพื่อหาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ ซึ่งได้พบว่า ค่า P value มีค่าเท่ากับมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบไม่มีส่งผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกมะขามอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถึงอย่างไรก็ตามได้แนะนำให้มีการตั้งค่าความเร็วรอบการกะเทาะเปลือกมะขามไว้ที่ 800 รอบต่อนาที ซึ่งจากกราฟการตั้งค่าที่ทำให้ผลลัพธ์การกะเทาะเปลือกที่ดีที่สุดในความเร็วทั้ง 3 ระดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

การฝึกขาดอาจจะขึ้นอยู่กับความชื้นและความยาวของมะขามที่นำมาทดสอบด้วย ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้มะขามมีลักษณะฝักที่สั้นและความชื้นน้อยส่งผลให้มีอัตราการกะเทาะเปลือกที่สูง แต่ถึงอย่างไรก็ตามถ้าข้อจำกัดดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงอาจจะทำให้ร้อยละพื้นที่ในการกะเทาะลดลง เนื้อมะขามยังมีฝุ่นจากการกะเทาะติดอยู่เล็กน้อย แต่น้อยกว่าเครื่องรุ่นก่อนเนื่องจากการออกแบบลูกกลิ้งใหม่ทำให้เปลือกไม่แตกละเอียดมาก จากการสังเกตก็ยังพบว่าฝุ่นที่ติดมากับเนื้อมะขามก็มีน้อยลง ถ้าหากเครื่องจักรสามารถติดตั้งเครื่องดูดฝุ่นจากกระบวนการกะเทาะอาจจะทำให้ฝุ่นที่เกาะมากับเนื้อมะขามลดลงกว่าที่เป็น ซึ่งถือว่าเป็นความท้าทายในการทำการวิจัยในครั้งต่อไป

บรรณานุกรม

- วรวิทย์ อิงภากรณ์, “การออกแบบเครื่องจักรกล 1”, ครั้งที่ 3 ,พศ. 2536, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กทม.
- วรวิทย์ อิงภากรณ์, “การออกแบบเครื่องจักรกล 2”, ครั้งที่ 2 , พศ. 2535, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กทม.
- ปารามาศ ชุตินา.การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545
- ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ เหลืองไพบูลย์ พงษ์นัน. การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. กรุงเทพฯ: ท็อป, 2551
- ณัฐพล ชัยพิชิตนันท์. การตรวจสอบฝักระยะขามหวานเสียโดยวิธีการประมวลผลภาพ. รายงานการวิจัยที่ รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์, 2555
- นิติพงษ์ ใจสิน. การคัดแยกฝักระยะขามหวานด้วยวิธีการแปรรูปภาพ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, 2549
- ประเสริฐ สิงห์คำ และคณะ.เครื่องปั้นเนื้อมะขามแก้ว. สารนิพนธ์ปริญญาเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์, 2556
- วรวิทย์ วรรณวิน. เครื่องกวนน้ำมะขามเปียก. รายงานฉบับสมบูรณ์การวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ, 2550
- ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์. การศึกษาสมรรถนะของชุดลดอุณหภูมิ : กรณีศึกษามะขามหวานพันธุ์ประกายทอง. รายงานการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์, 2556
- วิทยา หนูช่างสิงห์ และ ธนภัทร มะณีแสง, การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกะเทาะเปลือกมะขาม,การประชุมวิชาการข่างานวิศวกรรมอุตสาหกรรม สมุทรปราการ ประเทศไทย, 30-31 ตุลาคม, 2557

สถาบันมะขามหวาน.. [online] แหล่งเข้าถึง : <http://agritech.pcru.ac.th/new/page/tamarineinst.html> ,
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ [26
ตุลาคม 2557.]

รายงานพิเศษ กลุ่มผลิตทองม้วน ของกลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านกุดกุ่ม [online] แหล่งเข้าถึง :
<http://thainews.prd.go.th>, สำนักข่าว กรมประชาสัมพันธ์ [17 กรกฎาคม 2558]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลลัพธ์การหาร้อยละพื้นที่การกะเทาะ

ตาราง แสดงผลลัพธ์การหาร้อยละพื้นที่การกะเทาะ ความเร็วรอบเท่ากับ 900 กลุ่มที่ 1

ลำดับ	จำนวนเมล็ด	พื้นที่ที่ไม่ถูกกะเทาะ	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะ	เนื้อมะขามฉีกขาด
1	7	6	79	
2	6	5	79	
3	5	1	95	
4	6	1	96	
5	7	2	93	
6	4	0	100	
7	6	1	96	
8	5	1	95	
9	6	5	79	
10	4	2	88	
เฉลี่ย			90	

ตาราง แสดงผลลัพธ์การหาร้อยละพื้นที่การกะเทาะ ความเร็วรอบเท่ากับ 900 กลุ่มที่ 2

ลำดับ	จำนวนเมล็ด	พื้นที่ที่ไม่ถูกกะเทาะ	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะ	เนื้อมะขามฉีกขาด
1	4	4	75	
2	4	1	94	
3	4	0	100	
4	5	6	70	
5	3	4	67	
6	4	1	94	
7	5	1	95	
8	4	3	81	
9	6	1	96	
10	5	1	95	
เฉลี่ย			87	

ตาราง แสดงผลลัพธ์การหาร้อยละพื้นที่การกะเทาะ ความเร็วรอบเท่ากับ 900 กลุ่มที่ 3

ลำดับ	จำนวนเมล็ด	พื้นที่ที่ไม่ถูกกะเทาะ	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะ	เนื้อมะขามดิบขีด
1	6	2	92	
2	6	4	83	
3	5	5	75	
4	6	2	92	
5	5	2	90	
6	6	1	96	
7	6	1	96	
8	4	0	100	
9	7	6	79	
10	6	1	96	
เฉลี่ย			90	

ตาราง แสดงผลลัพธ์การหาร้อยละพื้นที่การกะเทาะ ความเร็วรอบเท่ากับ 900 กลุ่มที่ 4

ลำดับ	จำนวนเมล็ด	พื้นที่ที่ไม่ถูกกะเทาะ	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะ	เนื้อมะขามดิบขีด
1	4	2	88	
2	5	1	95	
3	4	3	81	
4	7	1	96	
5	4	1	94	
6	6	0	100	
7	5	0	100	
8	4	3	81	
9	3	1	92	
10	4	1	94	
เฉลี่ย			90	

ตาราง แสดงผลลัพธ์การหาร้อยละพื้นที่การกะเทาะ ความเร็วรอบเท่ากับ 900 กลุ่มที่ 5

ลำดับ	จำนวนเมล็ด	พื้นที่ที่ไม่ถูกกะเทาะ	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะ	เนื้อมะขามฉีกขาด
1	5	0	100	
2	6	2	92	
3	4	1	94	
4	6	0	100	
5	5	5	75	
6	6	4	83	
7	5	1	95	
8	6	3	88	
9	6	0	100	
10	7	1	96	
เฉลี่ย			92	

ตาราง แสดงผลลัพธ์การหาร้อยละพื้นที่การกะเทาะ ความเร็วรอบเท่ากับ 900 กลุ่มที่ 6

ลำดับ	จำนวนเมล็ด	พื้นที่ที่ไม่ถูกกะเทาะ	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะ	เนื้อมะขามฉีกขาด
1	4	2	88	
2	5	1	95	
3	4	0	100	
4	4	0	100	
5	5	0	100	
6	4	0	100	
7	5	0	100	
8	4	0	100	
9	2	0	100	
10	4	2	88	✓
เฉลี่ย			97	

ตาราง แสดงผลลัพธ์การหาร้อยละพื้นที่การกะเทาะ ความเร็วรอบเท่ากับ 900 กลุ่มที่ 7

ลำดับ	จำนวนเมล็ด	พื้นที่ที่ไม่ถูกกะเทาะ	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะ	เนื้อมะขามฉีกขาด
1	4	1	94	
2	5	1	95	
3	4	1	94	
4	6	6	75	
5	6	0	100	
6	6	1	96	
7	6	1	96	
8	5	1	95	
9	5	3	85	✓
10	4	1	94	
เฉลี่ย			92	

ตาราง แสดงผลลัพธ์การหาร้อยละพื้นที่การกะเทาะ ความเร็วรอบเท่ากับ 900 กลุ่มที่ 8

ลำดับ	จำนวนเมล็ด	พื้นที่ที่ไม่ถูกกะเทาะ	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะ	เนื้อมะขามฉีกขาด
1	6	0	100	
2	7	0	100	
3	5	3	85	
4	5	0	100	
5	6	0	100	
6	7	2	93	
7	8	2	94	
8	5	2	90	
9	5	2	90	✓
10	7	1	96	
เฉลี่ย			95	

ตาราง แสดงผลลัพธ์การหาร้อยละพื้นที่การกะเทาะ ความเร็วรอบเท่ากับ 900 กลุ่มที่ 9

ลำดับ	จำนวนเมล็ด	พื้นที่ที่ไม่ถูกกะเทาะ	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะ	เนื้อมะขามฉีกขาด
1	6	0	100	
2	5	0	100	
3	6	2	92	
4	6	0	100	
5	7	1	96	
6	6	6	75	
7	5	1	95	
8	4	1	94	
9	6	1	96	
10	1	1	75	
เฉลี่ย			92	

ตาราง แสดงผลลัพธ์การหาร้อยละพื้นที่การกะเทาะ ความเร็วรอบเท่ากับ 900 กลุ่มที่ 10

ลำดับ	จำนวนเมล็ด	พื้นที่ที่ไม่ถูกกะเทาะ	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะ	เนื้อมะขามฉีกขาด
1	6	1	96	
2	6	0	100	
3	4	1	94	
4	6	1	96	
5	7	3	89	
6	5	1	95	
7	7	3	89	
8	6	4	83	
9	6	1	96	
10	5	5	75	
เฉลี่ย			91	

ตาราง แสดงผลลัพธ์การหาร้อยละพื้นที่การกะเทาะ ความเร็วรอบเท่ากับ 800 มะขาม จำนวน 30 ฝัก

ลำดับ	จำนวนเมล็ด	พื้นที่ที่ไม่ถูกกะเทาะ	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะ	เนื้อมะขามฉีกขาด
1	5	1	95	
2	7	1	96	
3	6	5	79	
4	5	4	80	
5	5	1	95	
6	6	1	96	
7	7	2	93	
8	7	0	100	
9	5	5	75	
10	6	3	88	
11	4	2	88	
12	6	3	88	
13	6	0	100	
14	5	0	100	
15	5	0	100	
16	4	1	94	
17	6	5	79	
18	5	1	95	
19	5	3	85	
20	5	3	85	
22	4	4	75	
23	5	2	90	
24	4	0	100	
25	6	3	88	
26	5	0	100	
27	4	1	94	
28	5	5	75	
29	5	2	90	
30	5	2	90	

ตาราง แสดงผลลัพธ์การหาร้อยละพื้นที่การกะเทาะ ความเร็วรอบเท่ากับ 1,200 มะขาม จำนวน30 ฝัก

ลำดับ	จำนวนเมล็ด	พื้นที่ที่ไม่ถูกกะเทาะ	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะ	เนื้อมะขามลักษณะ
1	6	6	75	
2	5	2	90	
3	5	4	80	
4	5	0	100	
5	4	1	94	
6	4	3	81	
7	4	1	94	
8	5	4	80	
9	5	0	100	
10	6	1	96	
11	5	5	75	
12	5	2	90	
13	6	1	96	
14	6	4	83	
15	5	3	85	
16	6	2	92	
17	6	24	0	✓
18	6	24	0	✓
19	6	2	92	
20	6	3	88	
22	5	3	85	
23	5	5	75	
24	5	4	80	
25	5	1	95	
26	3	6	50	
27	4	1	94	
28	5	2	90	
29	5	2	90	
30	5	4	80	

ภาคผนวก ข
ภาพถ่ายอย่างผลการทดลอง

ภาพตัวอย่าง มะขามที่ถูกกะเทาะจากเครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม



ภาพตัวอย่างการทดลองที่ 1



ภาพตัวอย่างการทดลองที่ 2



ภาพตัวอย่างการทดลองที่ 3



ภาพตัวอย่างการทดลองที่ 4



ภาพตัวอย่างการทดลองที่ 5



ภาพตัวอย่างการทดลองที่ 6

ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล นายวิทยา หนูช่างสิงห์
Mr. Wittaya_Nuchangsing
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ข้าราชการ สายวิชาการ (อาจารย์)
4. ตำแหน่งทางวิชาการ -
5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก
โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000
โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 1608
wittaya_992000@yahoo.com
6. ประวัติการศึกษา
วศ.ม. (วิศวกรรมการจัดการ)
มหาวิทยาลัยนเรศวร
ค.อ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
-
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

-- การพัฒนาประสิทธิภาพชุดจับเพื่อลำเลียงแร่เนื้อปลา, ทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ๒๕๕๓
- กังหันลมปั่นน้ำเทคโนโลยีพลังงานทดแทนตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง, ทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ๒๕๕๓
- การออกแบบและสร้างเครื่องดันแบบแยกเนื้อมะขามหวาน. ทุน IRPUS (๒๕๕๒)
- เครื่องฟั่นขนุน. รางวัลรองชนะเลิศอันดับ ๑ IRPUS Popular Vote สาขาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี TIA ครั้งที่ ๗ (๒๕๕๐)

- การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องแล่นเรือปลาตัวแบนด้วยมิดเดิ้ลวอเตอร์. ทุน IRPUS (๒๕๕๑)

- การพัฒนาเครื่องกรอกข้าวหลาม-ปลอกข้าวหลาม. ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันไทย-เยอรมัน กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

งานวิจัยที่มีการเผยแพร่:

- วิทยา หนูช่างสิงห์ ธนภัทร มะณีแสง และ ขวัญนิธิ คำเมือง (๓๐-๓๑ ตุลาคม ๒๕๕๙) การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกะเทาะเปลือกมะขาม สมุทรปราการ, ประเทศไทย: การประชุมวิชาการข่างานวิศวกรรมอุตสาหกรรม

1. การพัฒนาเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานสำหรับการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของกลุ่มผู้ประกอบการแปรรูปมะขามหวานจังหวัดเพชรบูรณ์เสนอขอทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2558

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล นายธนภัทร มะณีแสง
Mr. Thanapat Maneesaeng
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำพิเศษ
4. ตำแหน่งทางวิชาการ -
5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก
โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000
โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 1608
6. ประวัติการศึกษา
วศ.ม.(วิศวกรรมการจัดการ)
มหาวิทยาลัยนเรศวร
วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)
มหาวิทยาลัยนเรศวร
7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
การวิจัยดำเนินการ
การจำลองสถานการณ์
เมตาฮิวริสติกส์
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

- ธนภัทร มะณีแสง และ ขวัญนิธิ คำเมือง. (2555). การแก้ปัญหาการจัดสรรท่าเรือแบบไม่ต่อเนื่องเชิงพลวัตโดยใช้เมตาฮิวริสติกส์. วารสารศรีปทุมปริทัศน์ฉบับวิทย์และเทคโนโลยี , 4(1), 57-66.

- ธนภัทร มะณีแสง และ ขวัญนิธิ คำเมือง (11-14 กันยายน 2556). แบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์สำหรับวางแผนการผลิตน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ. นครราชสีมา, ประเทศไทย : การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ

- ธนภัทร มะณีแสง และ ขวัญนิธิ คำเมือง (16-20 ตุลาคม 2556) แบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการจัดสรรท่าเรือแบบไม่ต่อเนื่องเชิงพลวัต. ชลบุรี, ประเทศไทย : การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ

- วิทยา หนูช่างสิงห์ ธนภัทร มะณีแสง และ ขวัญนิธิ คำเมือง (30-31 ตุลาคม 2557) การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกะเทาะเปลือกมะขาม สมุทรปราการ, ประเทศไทย: การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ

- ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์ เอร่าวัน ชาญพหล และ ธนภัทร มะณีแสง (14 กุมภาพันธ์ 2556) การออกแบบและพัฒนาเครื่องกรอกน้ำจิ้ม. เพชรบูรณ์ . ประเทศไทย : ประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 1 "งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น"

- การศึกษาระบบการขนส่งด้วยรถไฟไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองและเมตาฮิวริสติกอัลกอริทึม ทุนวิชัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2558