



รายงานการวิจัย

การพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์สำหรับ
กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามจังหวัดเพชรบูรณ์

The development of sour tamarind briquetting machine
controlled Pneumatic Control for tamarind community in
Phetchabun province.

วิทยา หนูช่างสิงห์

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ทุนอุดหนุนงานวิจัย งบประมาณผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์
วิจัยและนวัตกรรม (สกว) ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์สำหรับ
กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามจังหวัดเพชรบูรณ์

The development of sour tamarind briquetting machine
controlled Pneumatic Control for tamarind community in
Phetchabun province.

วิทยา หนูช่างสิงห์

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนงานวิจัย งบประมาณผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์
วิจัยและนวัตกรรม (สกสว) ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

ชื่องานวิจัย	การพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์สำหรับกลุ่ม วิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามจังหวัดเพชรบูรณ์
ผู้วิจัย	วิทยา หนูช่างสิงห์
ผู้ร่วมวิจัย/ที่ปรึกษา	ธนภัทร มะณีแสง
สาขาวิชา	วิศวกรรมการผลิตและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสร็จวิจัย 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องอัดมะขามเปียกให้เป็นก้อน เพื่อแก้ปัญหาจากกระบวนการผลิตแบบเดิม โดยเครื่องจักรจะสามารถทำให้การอัดมะขามก้อนทำได้ง่าย สะอาด สะดวก และรวดเร็วยิ่งขึ้น รวมถึงเป็นการลดต้นทุนแรงงานผลิต เนื่องจากใช้แรงงานในการปฏิบัติงานเพียงแค่ 1 คนเท่านั้น ในกระบวนการอัดขึ้นรูปก้อนมะขามเปียก 1 กิโลกรัมต่อครั้ง ของแรงงานคนใช้เวลาเฉลี่ย 55 วินาทีต่อครั้ง และลักษณะของรูปทรงก้อนมะขามมีรูปทรงไม่สมมาตรจึงไม่สามารถวัดขนาดได้ ส่วน การอัดขึ้นรูปก้อนมะขามเปียกของเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียก ทำงานโดยใช้แรงดันอากาศใน การอัดขึ้นรูปก้อนมะขาม ปริมาณ 6 บาร์ ใช้เวลาในการอัดขึ้นรูปเป็นเวลาเฉลี่ย 7.79 วินาทีต่อครั้ง และลักษณะของก้อนมะขามเปียกที่ผ่านการอัดแล้ว จะเป็นรูปก้อนสี่เหลี่ยม ขนาด $12 \times 14 \times 4$ เซนติเมตร ส่วนผลจากการเปรียบเทียบระหว่างการอัดขึ้นรูปด้วยแรงงานคนกับเครื่องต้นแบบอัดก้อน มะขามเปียก พบว่า เครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียกมีการทำงานดีกว่าการใช้แรงงานคน ด้วยเวลา ในการผลิตที่ดีกว่า ถึง 7 เท่า และลักษณะของรูปทรงก้อนมะขามที่ดีกว่าการอัดขึ้นรูปด้วยแรงงานคน

คำสำคัญ : กลุ่มวิสาหกิจชุมชน มะขามเปรี้ยวอัดก้อน เครื่องอัดมะขาม

Title	The Development of Sour Tamarind Briquetting Machine Controlled Pneumatic Control for Tamarind Community in Phetchabun Province.
Author	Wittaya Nuchangsing
Co-Researcher	Thanapat Maneesaeng
Branch	Production Engineering and Management Phetchabun Rajabhat University

Abstract

Objective of this research is to develop a machine to compress the tamarind into cubes. To solve problems from traditional manufacturing processes the machine will be able to make the tamarind cubes more easily, clean, convenient and faster. Including reducing production labor costs since only one person is employed in the operation in the extrusion process, 1 kg of tamarind lumps per time of workers spent an average of 55 seconds per time and the shape of the tamarind cubes has an asymmetrical shape and therefore cannot measure the size. Worked by air pressure in Extrusion of 6 bars of tamarind lumps takes an average of 7.79 seconds per extrusion time. And the characteristics of the compressed tamarind lump the results from the comparison between the manual extrusion and the tamarind briquette machine found that the tamarind briquette prototype had better work than manual labor with time. It is 7 times better production and better appearance of tamarind lump shape than manual extrusion.

Keywords : Community Enterprise Group , Sour tamarind cubes Tamarind
Compression Machine

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้และขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา งบประมาณผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (สกว) ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรมที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

วิทยา หนูช่างสิงห์

28 ธันวาคม 2563

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ข
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย	7
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย	7
1.5 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวคิดของโครงการ.....	8
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
2.1 การแปรรูปมะขาม	10
2.2 การอบแห้ง	11
2.3 มะขาม.....	13
2.5 นิ่วแมตึก	16
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิ่วแมตึก.....	30
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	32
3.1 ระยะที่ 1 การออกแบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวต้นแบบ	32
3.2 ระยะที่ 2 การสร้างเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปรี้ยว	33
3.3 ระยะที่ 3 เพื่อทดสอบสมรรถนะเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปรี้ยว	38
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	41
4.1 ผลการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบ	41
4.2 การทดสอบสมรรถนะเครื่องมะขามเปรี้ยวอัดก้อน	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	45
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	45
5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ	45
5.3 แนวทางการแก้ปัญหา.....	45
5.4 แนวทางการพัฒนา	46
บรรณานุกรม.....	47
ภาคผนวก.....	50
ภาคผนวก ก ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องจักร	51
ภาคผนวก ข ภาพเครื่องจักรที่สร้างเสร็จแล้ว	59
ภาคผนวก ค รายละเอียดการคำนวณค่าพลังงาน.....	63
ภาคผนวก ง ขั้นตอนการใช้งานเครื่องจักร	65
ภาคผนวก จ ภาพกิจกรรมและการถ่ายทอดเทคโนโลยี.....	69
ประวัติคณະนักวิจัย	72

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3-1 ตารางการทดสอบเพื่อหาแรงอัดที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียก....	39
3-2 ตารางการทดสอบเพื่อหาเวลาและขนาดก้อนมะขามในการผลิตของแรงงานคน	39
3-3 ตารางการทดสอบเพื่อหาเวลาและขนาดก้อนมะขามในการผลิตของเครื่องต้นแบบ	40
4-1 ตารางเปรียบเทียบค่า วอเตอร์แอกทิวิตี้ ก่อนและหลังจากการอบไล่ความชื้น	42
4-2 ตารางผลลัพธ์การทดสอบเพื่อหาเวลาและขนาดก้อนมะขามการผลิตของแรงงานคน..	43

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1-1 แสดงสถิติพื้นที่การปลูกมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์ (ไร่).....	2
1-2 แสดงผลผลิตมะขามเปรี้ยวทั่วประเทศ.....	3
1-3 แสดงสถิติพื้นที่การปลูกมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์ (กิโลกรัม)	4
1-4 ราคาจำหน่ายมะขามเปรี้ยวเฉลี่ยในแต่ละจังหวัด	4
2-1 ผลไม้อบแห้ง	12
2-2 มะขามเปรี้ยวยักษ์.....	14
2-3 แสดงสวิตช์ปุ่มกดปกติเปิด	17
2-4 แสดงสวิตช์ปุ่มกดปกติปิด	17
2-5 แสดงสวิตช์ปุ่มกดหน้าสัมผัสคู่.....	17
2-6 แสดงสวิตช์กดค้างตำแหน่ง	18
2-7 แสดงการทำงานของลิมิตสวิตช์.....	18
2-8 รีดสวิตช์.....	19
2-9 แสดงการติดตั้งรีดสวิตช์ที่กระบอกสูบ.....	19
2-10 แสดงการติดตั้งรีดสวิตช์ที่กระบอกสูบ.....	20
2-11 แสดงรีเลย์ (Relay).....	20
2-12 แสดงสัญลักษณ์ของคอนแทกเตอร์.....	21
2-13 แสดงการทำงานและส่วนประกอบคอนแทกเตอร์	22
2-14 แสดงรูปร่างลักษณะของคอนแทกเตอร์.....	22
2-15 แสดงลักษณะของรีเลย์ตั้งเวลา.....	22
2-16 แสดงลักษณะและการทำงานของอินดักทีฟเซ็นเซอร์.....	23
2-17 แสดงลักษณะและการทำงานของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์	23
2-18 แสดงการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว	24
2-19 แสดงการทำงานของวาล์ว 2/2 ปกติปิด เลื่อนด้วยขดลวดโซลินอยด์ เลื่อนกลับด้วยสปริง.....	24

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2-20 แสดงการทำงานของวาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนด้วยขดลวดโซลินอยด์ เลื่อนกลับด้วยสปริง.....	25
2-21 แสดงวาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนด้วยขดลวดโซลินอยด์ เลื่อนกลับด้วยสปริง.....	25
2-22 แสดงการทำงานของวาล์ว 4/2 ใช้ขดลวดโซลินอยด์เปิดทางลมให้ลมไปเลื่อนวาล์ว เลื่อนกลับด้วยสปริง.....	26
2-23 แสดงการทำงานของกระบอกสูบ	27
2-24 แสดงการทำงานของกระบอกสูบทางเดียวแบบต่างๆ	27
2-25 แสดงการทำงานของกระบอกสูบสองทางแบบไม่มีกันกระแทก	28
2-26 กระบอกสูบสองทางแบบไม่มีกันกระแทกแบบต่างๆ	28
2-27 แสดงการโครงสร้างการทำงาน. กระบอกสูบสองทางแบบมีตัวกันกระแทก	29
2-28 แสดงการการทำงานของกระบอกสูบสองทางแบบมีตัวกันกระแทก.....	29
2-29 แสดงกระบอกสูบสองทางแบบมีตัวกันกระแทก	29
2-30 แสดงส่วนประกอบของกระบอกสูบสองชนิดที่มีก้านสูบแบบสองข้าง	30
3-1 ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียวต้นแบบ.....	32
3-2 เครื่องอัดก้อนมะขามเปียวต้นแบบ.....	33
3-3 โครงสร้างหลักของเครื่องจักร.....	33
3-4 โครงยึดอุปกรณ์การอัด.....	34
3-5 แผ่นเพลทอัดส่วนบน	34
3-6 แผ่นเพลทอัดส่วนล่าง.....	35
3-7 แผ่นเพลทอัดส่วนบน	35
3-8 ชุดกลไกในแผ่นเพลท.....	36
3-9 ชุดกระบอกลมนิวเมติกส์.....	36
3-10 ระบบการของส่วนควบคุม.....	37
3-11 ระบบการของกลไกการอัดก้อนมะขามเปียว	38
4-1 ผลสำเร็จในการผลิตเครื่องจักรต้นแบบ	41

บทที่ 1

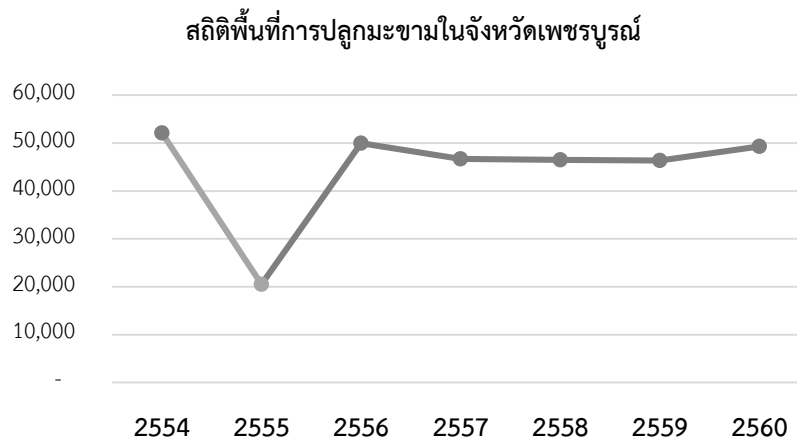
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาความยากจนเป็นปัญหาที่สำคัญและเป็นอุปสรรคที่ส่งผลกระทบต่อพัฒนาประเทศ แม้รัฐบาลของประเทศในทุกยุคทุกสมัยต่างมุ่งหวังแก้ปัญหาความยากจน โดยวางแผนยุทธศาสตร์เพื่อเอาชนะแต่ก็สามารถแก้ปัญหาได้บางส่วนเท่านั้น โดยในภาพรวมก็ยังมีประชากรที่มีรายได้น้อยกระจายอยู่ตามชนบทในพื้นที่ส่วนใหญ่ จากแผนพัฒนาภาคเหนือในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้แสดงภาพรวมของสภาพเศรษฐกิจรายได้ของภาคเหนือมีมูลค่าร้อยละ 8.9 เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ รายได้เฉลี่ยต่อประชนกรยังต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ ข้อมูลจากปี 2558 ผลิตภัณฑ์ต่อหัวของประชากรภาคเหนือเท่ากับ 18,952 บาทต่อเดือนต่อครัวเรือน ในขณะที่รายได้เฉลี่ยของประเทศอยู่ที่ 26,268 บาทต่อเดือนต่อครัวเรือน รายได้ส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคของเกษตรกรรมและภาคบริการ จากกรอบแผนพัฒนาจังหวัดเพชรบูรณ์ 4 ปี (2561-2564) มีเป้าหมายการพัฒนาให้เพชรบูรณ์เป็นดินแดนแห่งความสุขของคนอยู่และผู้มาเยือน โดยมุ่งไปที่การส่งเสริมการเกษตรปลอดภัย การพัฒนาและยกระดับการท่องเที่ยวเพื่อ สร้างสรรค์มูลค่าเพิ่ม พร้อมกับยกระดับคุณภาพชีวิตและเสริมสร้างมั่นคงของสังคม รวมทั้งรักษา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้มีความยั่งยืน จากข้อมูลในปี 2559 พบว่า จังหวัดเพชรบูรณ์ผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดอยู่ที่ประมาณ 80,000 ล้านบาท ซึ่งรายได้ของประชากรเฉลี่ยของจังหวัด ๑ ต่อหัวจะอยู่ที่ 86,017 บาทต่อปี อยู่ในลำดับที่ 49 ของประเทศ โดยมูลค่ากว่าร้อยละ 30 จะเป็นรายได้จากภาคเกษตร ส่วนที่เหลือกว่าร้อยละ 60 จะเป็นรายได้จาก อุตสาหกรรมการทำเหมืองแร่ การท่องเที่ยว การค้า และการบริการทั่วไป ซึ่งในอัตราการขยายตัวในส่วนอื่นมีแนวโน้มที่เพื่อสูงขึ้นยกเว้นภาคเกษตร ที่ลดลงมากถ้าหากเทียบกับปี 2554 เป็นต้นมา ปัญหาสำคัญที่ทำให้ภาคเกษตรมีอัตราการขยายตัวปรับลดลงเกิดจาก ราคาผลผลิตที่ตกต่ำ ปัญหาจากโรคพืช ปัญหาภัยแล้ง รวมไปถึงปัญหาที่เกิดจากมาตรฐานด้านการผลิต ส่งผลให้เกษตรกรและผู้ประกอบการยังไม่สามารถขยายตลาดได้กว้างและหลากหลายมากนัก

มะขามเป็นผลไม้ที่ถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีชื่อเสียงมาอย่างช้านานของจังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นผลไม้ที่มีราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับราคาผลไม้ชนิดอื่น ปลูกง่าย โตเร็ว แข็งแรง ทนทานต่อสภาพ

อากาศที่แห้งแล้ง อีกทั้ง มะขามเป็นผลไม้ชนิดเดียวของไทยที่ไร้คู่แข่งในตลาดโลก เพราะไม่มีประเทศไหนที่ปลูกได้ดีเหมือนประเทศไทย ซ้ำยังเป็นที่ต้องการของหลายประเทศ ที่สำคัญยังเป็นผลไม้ที่เกษตรกรไม่ต้องรีบขาย สามารถเก็บไว้ได้นานเป็นเดือน ซึ่งมะขามหวานเพชรบูรณ์ได้รับการจดทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Thai Geographical Indication) หรือตราสัญลักษณ์ GI จากกรมทรัพย์สินทางปัญญากระทรวงพาณิชย์ ซึ่งสาเหตุที่มะขามหวานเพชรบูรณ์ได้ตรา GI นั้น เพราะสภาพดินฟ้าอากาศที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของเจ้าผลไม้ชนิดนี้ ทำให้มะขามหวานเพชรบูรณ์ฝักใหญ่ เปลือกสีน้ำตาลเนียนสวย เนื้อหวานสวยสม่ำเสมอ มีรสหวานหอม แตกต่างจากจังหวัดอื่น พันธุ์มะขามที่นิยมปลูกกันมากเพราะสามารถขายได้ดีได้แก่ พันธุ์สีทอง พันธุ์ศรีชมภู พันธุ์ประกายทอง เทพ เพียงมะลั่ง (2553)



รูปที่ 1-1 แสดงสถิติพื้นที่การปลูกมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์ (ไร่)

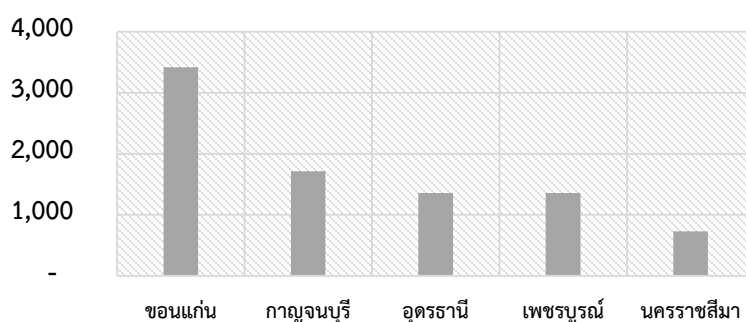
ที่มา : ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online กรมส่งเสริมการเกษตร

ถึงมะขามจะเป็นที่นิยมของผู้บริโภคและเป็นผลไม้ที่มีราคาแพง แต่ก็มีปัญหาที่สำคัญคือเรื่องของแมลงและการเกิดเชื้อราในมะขาม ส่งผลต่อการตัดสินใจในการบริโภคของผู้บริโภค ทำให้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งมะขามมีราคาที่ตกต่ำทำให้เกษตรกรตัดสินใจเลิกปลูกมะขามเป็นจำนวนมาก จากสถิติพบว่าตั้งแต่ปี 2554-2559 มีผู้ปลูกมะขามลดลงเนื่องจากมะขามไม่สามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรอย่างเช่นในปี 2553 ดังนั้นเกษตรกรจึงต้องใช้พื้นที่ทำกินที่มีอยู่อย่างจำกัดสำหรับปลูกพืชชนิดใหม่เพื่อหารายได้เลี้ยงครอบครัว ในปัจจุบันมีการพัฒนากระบวนการจัดการเพื่อป้องกันเชื้อราและแมลงที่อาจเกิดขึ้นในมะขาม เช่น การเก็บมะขามไว้ในห้องเย็น การอบไอน้ำเพื่อใช้ความร้อนฆ่าแมลง และกรรมวิธีการแปร

รูปมะขาม แต่ยังสามารถคงไว้ซึ่งคุณภาพของมะขามได้ในบางส่วนเท่านั้น ผู้ประกอบการจึงได้หาวิธีในการแปรรูปมะขามเพื่อตอบสนองการให้แก่ผู้บริโภค จากเดิมผู้บริโภคซื้อมะขามมา 1 กิโลกรัม อาจรับประทานได้เพียงไม่กี่ฝักเพราะมีเชื้อราหรือแมลงอยู่ในมะขามทำให้ต้องทิ้ง แต่ในปัจจุบันมีการพัฒนามะขามไร้เมล็ดอบแห้งบรรจุในบรรจุภัณฑ์อย่างดีทำให้ผู้บริโภคสามารถรับประทานได้ทุกฝัก ซึ่งทำให้มะขามกลับมาเป็นต้องการและมีมูลค่าสูงขึ้น ส่งผลให้มีผู้ปลูกมะขามค่อยๆ เพิ่มจำนวนขึ้น ในปี 2560 ประเทศไทยมีผู้ปลูกมะขามทั้งสิ้น 32,8528 ครัวเรือน เฉพาะในจังหวัดเพชรบูรณ์ 5,480 ครัวเรือน มีพื้นที่การปลูกมะขามจำนวน 49,299 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปี 2559 กว่าร้อยละ 6 และมีแนวโน้มมากขึ้นเรื่อยๆ ดังในภาพที่ 1

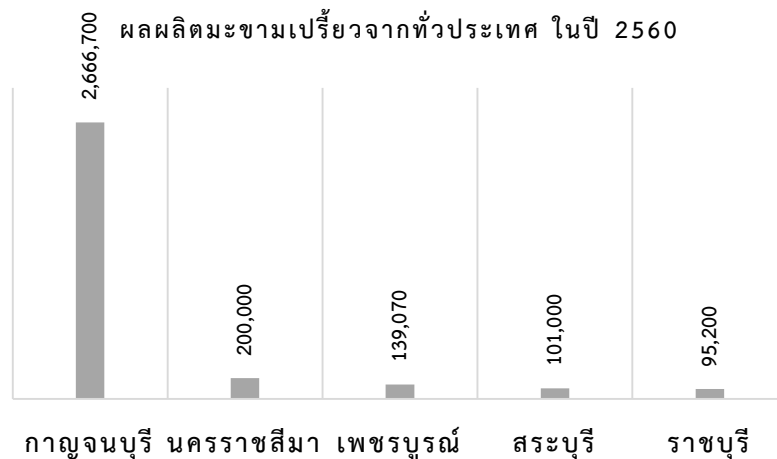
นอกจากมะขามหวานแล้ว มะขามเปรี้ยวยังถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่น่าจับตามองเช่นเดียวกัน โดยความต้องการของตลาดมีแนวโน้มสูงขึ้น ในปี 2560 ประเทศไทยมีการปลูกมะขามเปรี้ยวทั้งหมด 12,605 ครัวเรือน ใช้พื้นที่ในการปลูก 11,988 ไร่ สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ 3.4 ล้านกิโลกรัม คิดเป็นมูลค่ากว่า 192 ล้านบาท จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นจังหวัดที่ปลูกมากเป็นอันดับ 4 รองจาก ขอนแก่น กาญจนบุรี อุตรดิตถ์ สามารถเก็บผลผลิตได้เป็นลำดับที่ 3 รองจาก ขอนแก่น กาญจนบุรี และ อุตรดิตถ์ ดังภาพที่ 3 ถึงจะเป็นที่ 4 (ยังไม่ปรากฏข้อมูลของจังหวัดขอนแก่น) ผลผลิตก็ยังห่างจากลำดับที่ 1 เป็นอย่างมาก แต่มีแนวโน้มที่จะปลูกมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากมะขามเปรี้ยวได้รับความนิยมเป็นอย่างมากทั้งในและต่างประเทศ

จังหวัดที่ปลูกมะขามเปรี้ยวมากที่สุดในประเทศไทย ในปี 2560



รูปที่ 1-2 แสดงสถิติพื้นที่การปลูกมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์ (ไร่)

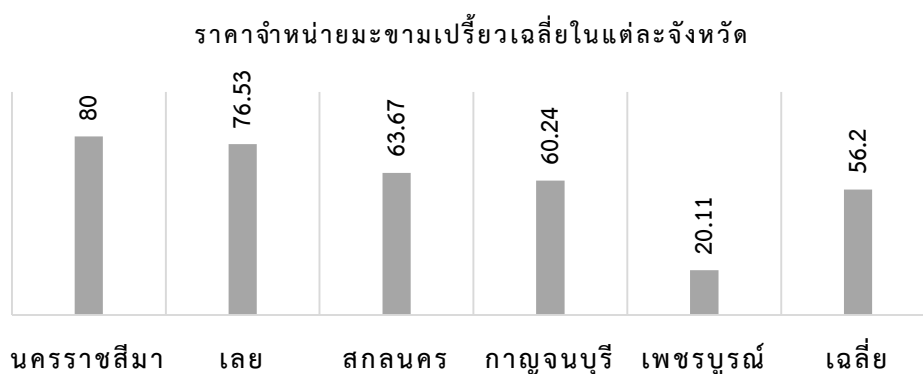
ที่มา : ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online กรมส่งเสริมการเกษตร



รูปที่ 1-3 แสดงผลผลิตมะขามเปรี้ยวทั่วประเทศ

ที่มา : ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online กรมส่งเสริมการเกษตร

ปัจจุบันในจังหวัดเพชรบูรณ์มีการรวมตัวของผู้ปลูกมะขามรายย่อย จำนวนหลายกลุ่ม เพื่อแก้ปัญหาการถูกเอาเปรียบ การกดราคาจากพ่อค้าคนกลาง จากการบอกเล่าปัญหาของกลุ่มผู้ปลูกมะขามพบว่า เมื่อถึงฤดูกาลมะขามออกฝักจะมีผู้มารับซื้อถึงสวนมะขาม โดยให้ราคาเฉลี่ยประมาณ 25-35 บาท สำหรับมะขามหวาน และเฉลี่ย 25 บาทสำหรับมะขามเปรี้ยว ซึ่งห่างจากราคาเฉลี่ยจากทั่วประเทศเกือบร้อยละ 50 ดังที่แสดงในภาพที่ 4



รูปที่ 1-4 ราคาจำหน่ายมะขามเปรี้ยวเฉลี่ยในแต่ละจังหวัด

ที่มา : ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online กรมส่งเสริมการเกษตร

ถึงวิธีการนี้จะการันตีว่ามะขามที่ออกมาจะสามารถขายได้อย่างแน่นอน แต่ก็ยังขายได้ในราคาที่ต่ำมาก ถ้าหากเทียบกับราคาขายปลีก แต่เกษตรกรไม่มีทางเลือก เนื่องจากไม่สามารถนำไปจำหน่ายเองได้ ทำให้ต้องขายในราคาที่ต่ำมากๆ ในบางครั้งถึงกับขาดทุน เนื่องจากพบกับปัญหาศัตรูพืช โรคพืช หรือสภาพอากาศทำให้ดอกร่วง ทำให้ไม่ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกษตรกรต้องรวมกลุ่มกันอาจเป็นกลุ่มหรือสร้างรูปแบบของวิสาหกิจชุมชน เพื่อเพิ่มศักยภาพในการค้าขายและต่อรองราคากับผู้ซื้อมากขึ้น ส่งผลให้สามารถขายสินค้าได้ในราคาใกล้เคียงกับท้องตลาด ลดช่องว่างในด้านการถูกเอารัดเอาเปรียบจากการกดราคา

ในงานวิจัยของ เทพ และจินตนา (2555) พบว่ามีแนวโน้มความต้องการบริโภคมะขามเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้น จากข้อมูลในปี 2555 ถ้าหากเก็บผักขาย เกษตรกรสามารถขายมะขามได้ในราคา 7-10 บาทต่อกิโลกรัม แต่ข้อมูลในปี 2560 พบว่าราคาเฉลี่ยทั่วประเทศของมะขามเปรี้ยวจากเกษตรกรเฉลี่ยอยู่ที่ 56 บาท ถ้าหากผ่านกระบวนการแปรรูป สามารถขายได้เฉลี่ย 87.5 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นผู้ประกอบการจึงนิยมที่จะนำมะขามเปรี้ยวมาแปรรูปมากกว่าจำหน่ายแบบผักสด โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการนิยมได้แก่ มะขามจี๊ดจี๊ด มะขามคลุกจี๊ดจี๊ด มะขามแก้ว มะขามเคี้ยวหนึบ มะขามแช่อิ่ม มะขามเปียก น้ำมะขามพร้อมดื่ม ในต่างประเทศนิยมนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปมะขามเปรี้ยวไปปรุงอาหาร ซึ่งมะขามเปรี้ยวถือได้ว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหารไทย หากมีการผลิตมะขามเปียกที่ได้มาตรฐานและสามารถขนส่งได้ง่ายก็นำไปสู่การกระจายมะขามสำหรับประกอบอาหารไปทั่วโลก โดยประเทศที่นิยมผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะขามเปรี้ยวได้แก่ ประเทศแถบตะวันออกกลาง และ กลุ่มธุรกิจร้านอาหารไทยในต่างประเทศ ในงานวิจัยของ ธิติยา (2549) ได้มีการศึกษาการพัฒนาสู่กลยุทธ์ผลิตภัณฑ์มะขามเปรี้ยวสำเร็จรูปเพื่อจำหน่ายภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งอุปสรรคสำคัญของมะขามเปรี้ยวคือมาตรฐานในด้านของคุณภาพสี รสชาติ การปนเปื้อนกับเศษหิน ดินทราย ตลอดจนวิธีการเก็บรักษาที่ถูกต้อง จากผลงานวิจัยพบว่า ผู้บริโภคที่ต้องการมะขามเปรี้ยว นิยมนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปมะขามเปรี้ยวไปปรุงอาหาร เนื่องจากสามารถให้เวลาในการทำอาหารน้อยกว่าเดิม ซึ่งมะขามเปียกถือได้ว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหารไทย เช่น ต้มโคล้ง ต้มปลา ต้มยำไก่บ้าน รวมทั้งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเมนูระดับโลกอย่างต้มยำกุ้ง จากการสอบถามผู้ประกอบการร้านอาหารไทยในญี่ปุ่นพบว่าราคามะขามเปียกอัดก้อนอยู่ที่ราคา 380 เยนหรือ ประมาณ 110 บาท ต่อ 16 OZ หรือ 454 กรัม (อัตราแลกเปลี่ยนเดือนตุลาคม 2561 เท่ากับ 29 เยนต่อ 1 บาท) และประเทศห้างสรรพสินค้าไทยในประเทศสหรัฐอเมริกาจะจำหน่ายที่ราคา 5 เหรียญดอลลาร์สหรัฐ หรือประมาณ 160 บาทต่อ ต่อ 16 OZ เช่นกัน

(อัตราแลกเปลี่ยนเดือนตุลาคม 2561 เท่ากับ 32 บาทต่อ 1 เหรียญดอลลาร์สหรัฐ) ซึ่งถ้าหากมีการผลิตมะขามเปียกอัดก้อนที่ได้มาตรฐานและสามารถขนส่งได้ง่าย อาจนำไปสู่การกระจายมะขามสำหรับธุรกิจร้านอาหารที่อยู่ทั่วโลก

จากแผนพัฒนาจังหวัดเพชรบูรณ์ 4 ปี (พ.ศ. 2561 – พ.ศ. 2564) ในประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 1: การส่งเสริมเกษตรปลอดภัย การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและสร้างมูลค่าเพิ่ม ซึ่งต้องการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าทางการเกษตร ทำให้สินค้าและบริการได้รับการรับมาตรฐานมากขึ้น เพิ่มขึ้น ในงานวิจัยของ เทพและจินตนา (2555) พบว่ามีแนวโน้มความต้องการการบริโภคมะขามเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ถ้าหากเก็บฝักขาย ปัจจุบันเกษตรกรสามารถขายมะขามได้ในราคาเฉลี่ยเพียง 25 บาทต่อกิโลกรัม แต่ถ้าหากผ่านกระบวนการแปรรูป สามารถขายได้เฉลี่ย 87.5 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นผู้ประกอบการจึงนิยมที่จะนำมะขามเปรี้ยวมาแปรรูป ในต่างประเทศนิยมนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปมะขามเปรี้ยวไปปรุงอาหาร ซึ่งมะขามเปียกถือได้ว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหารไทย เช่น ต้มโคล้ง ต้มปลา ต้มยำไก่บ้าน รวมทั้งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเมนูระดับโลกอย่างต้มยำกุ้ง ในปัจจุบันการทำมะขามเปียกอัดก้อนแบบเดิม จะใช้มะขามเปรี้ยวยักษ์ไปปอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศา เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปใส่ถุงให้ได้ 454 กรัม หรือ 16 OZ จากนั้นนำมาใส่บล็อกไม้เพื่ออัดให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 12 x 14 x 4 เซนติเมตร ในการอัดต้องใช้เวลาประมาณ 1-2 นาทีต่อก้อน แต่มักเกิดปัญหาถุงพลาสติก รกทะลุ ถุงพลาสติกออกมา รวมถึงความสะอาดจากกระบวนการ รวมถึงน้ำรูปร่างของแต่ละก้อนไม่เท่ากัน งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องอัดมะขามเปียกให้เป็นก้อน เพื่อแก้ปัญหาจากกระบวนการผลิตแบบเดิม โดยเครื่องจักรจะสามารถทำให้การอัดมะขามก้อนทำได้ง่าย สะอาด สะดวก และรวดเร็วยิ่งขึ้น รวมถึงเป็นการลดต้นทุนแรงงานผลิต เนื่องจากใช้แรงงานในการปฏิบัติงานเพียงแค่ 1 คนเท่านั้น

1.2 วัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัย

1.2.1 พัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกโดยใช้ระบบนิวแมติกส์สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามจังหวัดเพชรบูรณ์

1.2.2 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกโดยใช้ระบบนิวแมติกส์

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

- 1.3.1 สํารวจข้อมูลและร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาจากกรณีวิธีการผลิตจากสถานประกอบการ
- 1.3.2 กำหนดขอบเขตของปัญหา จัดเตรียมวัตถุบ ุปรณ์ สําหรับใช้ในการทดลอง
- 1.3.3 ออกแบบและคํานว้หาระบบในการพัฒนาเครื่องจักรในคอมพิวเตอร์การดำเนินการสร้างจริง
- 1.3.4 ทํากการทดลองเบื้องต้นเพื่อวัดผล
- 1.3.5 ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน และหาการตั้งค่าเพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพมากที่สุด
- 1.3.6 ถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการและประชาชนที่สนใจ รวมถึงนำผลการวิจัยมาบูรณาการเข้ากับการจัดการเรียนการสอน
- 1.3.7 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและหาข้อควรปรับปรุง ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการพัฒนาการทำวิจัยในอนาคต

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1.4.1 ขอบเขตด้านประชากร

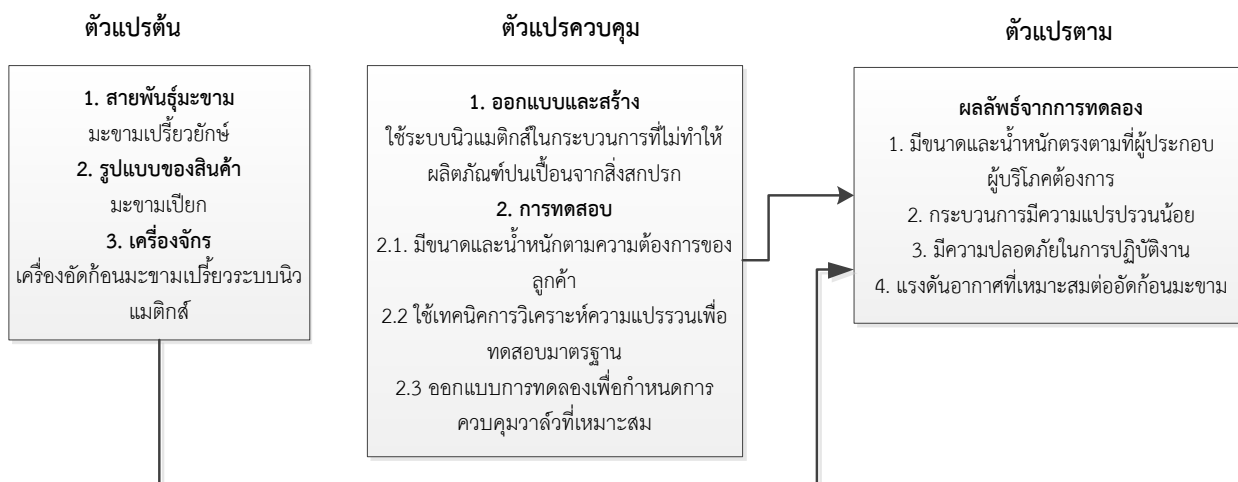
ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ วิศวกรกลุ่มซ่อมกลุ่มแปรรูปมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์
- 1.4.2 ขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่าง

มะขามเปียกจากพันธุ์มะขามเปรี้ยวยักษ์
- 1.4.3 ขอบเขตด้านเนื้อหา
- 1.4.4 การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ต้นแบบจำนวน 1 เครื่อง ที่สามารถอัดให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 12 x14 x 4 เซนติเมตร น้ำหนัก 454 กรัมหรือประมาณ 16 OZ ตามความต้องการของกลุ่มวิศวกรกลุ่มซ่อมผู้แปรรูปมะขามจังหวัดเพชรบูรณ์ และการทดสอบการทำงาน และ ออกแบบการทดลองเพื่อหาศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมที่ส่งผลให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด
- 1.4.5 ขอบเขตด้านพื้นที่
 - 1.4.5.1 ใช้อาคารปฏิบัติการ 18/6 คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เป็นสถานที่ออกแบบและสร้างเครื่องจักร
 - 1.4.5.2 พื้นที่ในการวิจัยเพื่อศึกษาข้อมูลประกอบการดำเนินการวิจัย ได้แก่ สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดเพชรบูรณ์ วิศวกรกลุ่มซ่อมฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ฯลฯ

1.4.6 ขอบเขตด้านระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย 12 เดือน

1.5 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวคิดของโครงการ



1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ประโยชน์ต่อคณะผู้วิจัย

1.6.1.1 ผลลัพธ์ที่สามารถตอบสนองการบูรณาการในการจัดการเรียนการสอน

1.6.1.2 บทความทางวิชาการ

1.6.1.3 ปัญหาและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนางานวิจัยที่จะนำไปสู่องค์

ความรู้ในด้านอื่นๆ ของคณะผู้วิจัย

1.6.2 ประโยชน์ต่อมหาวิทยาลัย

1.6.2.1 พันธกิจการบริการวิชาการที่สร้างประโยชน์ให้แก่ชุมชน

1.6.2.2 ความร่วมมือทางวิชาการและความสัมพันธ์ที่ดีของมหาวิทยาลัย ภาครัฐ และ

สถานประกอบการ

1.6.2.3 ช่วยให้อาจารย์นักศึกษาได้รับการยอมรับจากชุมชนและตลาดแรงงาน

1.6.3 ประโยชน์ต่อสังคมและชุมชน

1.6.3.1 การรวมตัวกันของเกษตรกรในการประกอบธุรกิจในระดับชุมชน มีความมั่นคง ได้รับการรับรองตามกฎหมาย มีมาตรฐานที่ตอบสนองความต้องการแก่ผู้บริโภค

1.6.3.2 การส่งเสริมความรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น การพัฒนาความสามารถในการจัดการ ตรงตามความต้องการที่แท้จริง

1.6.3.3 ระบบเศรษฐกิจชุมชนมีความเข้มแข็งพึ่งพาตนเองได้ มีความพร้อมที่จะพัฒนา สำหรับการแข่งขันทางการค้าในอนาคต

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้คณะผู้วิจัยจะกล่าวถึงเอกสารที่เกี่ยวข้องกับมะขาม ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตมะขามหวานอบแห้ง ความรู้ด้านการออกแบบและสร้างเครื่องจักรที่นำมาใช้พัฒนากระบวนการแปรรูปมะขาม การออกแบบการทดลองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การแปรรูปมะขาม

การแปรรูป เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม และสร้างความแปลกใหม่ให้กับผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น แก้ปัญหาผลผลิตล้นตลาดและราคาตกต่ำได้ มะขามนับเป็นผลไม้ที่มีการแปรรูปได้หลากหลายกว่าไม้ผลชนิดอื่นๆ จากรสชาติที่มีความเปรี้ยวอยู่แล้ว ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสเข้มข้น เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค มะขามสามารถแปรรูปได้ทั้งมะขามอ่อน มะขามดิบ มะขามสุก ทั้งมะขามหวานและมะขามเปรี้ยว ทำเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการบริโภค เป็นเครื่องสำอางและเป็นสมุนไพร มะขามถือได้ว่าเป็นไม้ผลเพื่ออนาคตซึ่งอาจจะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แปลกใหม่ได้อีกมาก ปัจจุบันมะขามหวานที่เกษตรกรปลูกประสบปัญหาทำให้ปริมาณและคุณภาพต่ำมะขามหวานมีรสชาติอมเปรี้ยว ฝักเล็ก เนื้อแห้ง มีปัญหาการเกิดเชื้อราและแมลงทำลาย หรือมะขามที่ออกนอกฤดูกาลเป็นมะขามที่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์จะสุกในฤดูฝนถัดไป ทำให้เกิดเชื้อราทั้งหมด และเกิดผลเสียตามมาคือทำให้มะขามในฤดูกาลออกน้อย เพราะมีมะขามนอกฤดูกาลติดอยู่บนต้น ต้องตัดทิ้งตอนตัดแต่งกิ่ง ซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงาน ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น หากนำมาแปรรูปก็จะสามารถนำสิ่งที่ไม่เป็นประโยชน์มาเพิ่มมูลค่ามะขามเปรี้ยวสามารถนำผลผลิตมาใช้ในการประกอบอาหารเป็นหลัก ทั้งในส่วนของใบอ่อน ผลดิบ และผลสุก นิยมนำมาประกอบอาหารเป็นหลักทำให้อาหารมีรสเปรี้ยวเป็นธรรมชาติซึ่งปัจจุบัน มีการเก็บผลสุกนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิด และมีการส่งเสริมตั้งแต่ระดับครัวเรือนกลุ่มเกษตรกรไปจนถึงในรูปแบบของบริษัท ในงานวิจัยของ เทพ และจินตนา (2555) พบว่ามีแนวโน้มความต้องการบริโภคมะขามเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้น จากข้อมูลในปี 2555 ถ้าหากเก็บฝักขาย เกษตรกรสามารถขายมะขามได้ในราคา 7-10 บาทต่อกิโลกรัม แต่ข้อมูลในปี 2560 พบว่าราคาเฉลี่ยทั่วประเทศของมะขามเปรี้ยวจากเกษตรกรเฉลี่ยอยู่ที่ 56 บาท ถ้าหากผ่านกระบวนการแปรรูป สามารถขายได้เฉลี่ย 87.5 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นผู้ประกอบการจึงนิยมที่จะนำมะขามเปรี้ยวมาแปรรูปมากกว่าจำหน่ายแบบฝักสด โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการนิยมได้แก่

มะขามจี๊ดจ๊าด มะขามคลุกจี๊ดจ๊าด มะขามแก้ว มะขามเคี้ยวหนึบ มะขามเชื่อม มะขามเปียก น้ำมะขามพร้อมดื่ม ในต่างประเทศนิยมนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปมะขามเปรี้ยวไปปรุงอาหาร ซึ่งมะขามเปรี้ยวถือได้ว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหารไทย หากมีการผลิตมะขามเปียกที่ได้มาตรฐานและสามารถขนส่งได้ง่ายก็นำไปสู่การกระจายมะขามสำหรับประกอบอาหารไปทั่วโลก โดยประเทศที่นิยมผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะขามเปรี้ยวได้แก่ ประเทศแถบตะวันออกกลาง และ กลุ่มธุรกิจร้านอาหารไทยในต่างประเทศ ในงานวิจัยของ ธิติยา (2549) ได้มีการศึกษาการพัฒนาสู่กลยุทธ์ผลิตภัณฑ์มะขามเปรี้ยวสำเร็จรูปเพื่อจำหน่ายภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งอุปสรรคสำคัญของมะขามเปรี้ยวคือมาตรฐานในด้านของคุณภาพสี รสชาติ การปนเปื้อนกับเศษหิน ดินทราย ตลอดจนวิธีการเก็บรักษาที่ถูกต้อง จากผลงานวิจัยพบว่า ผู้บริโภคที่ต้องการมะขามเปรี้ยว นิยมนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปมะขามเปรี้ยวไปปรุงอาหาร เนื่องจากสามารถให้เวลาในการทำอาหารน้อยกว่าเดิม ซึ่งมะขามเปียกถือได้ว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหารไทย เช่น ต้มโคล้ง ต้มปลา ต้มยำไก่บ้าน รวมทั้งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเมนูระดับโลกอย่างต้มยำกุ้ง

2.2 การอบแห้ง

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



รูปที่ 2-1 ผลไม้อบแห้ง

ที่มา : ผลไม้อบแห้ง, 23 ม.ค. 2019

2.2.1 การอบแห้งโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์

เป็นระบบการอบแห้งแบบระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยกระแสลมที่พัดเป็นตัวกลางพาความร้อนจากแหล่งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยมีลักษณะของการทำงานดังนี้

2.2.1.1 เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ เป็นการวางวัตถุไว้ที่กลางแจ้ง อาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ

2.2.1.2 ตู้อบแห้งแบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง วัตถุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยวัสดุที่โปร่งใส ความร้อนที่ใช้ออบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัวเอง อากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเทอากาศขึ้น

2.2.1.3 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัตถุที่อยู่ภายในจะได้รับความร้อน 2 ทาง คือ ทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศร้อนก่อนที่จะผ่านการอบแห้ง

2.2.2 การอบแห้งโดยใช้ลมร้อน

2.2.2.1 การอบแห้งโดยใช้ลมร้อน ใช้กระแสลมร้อนสัมผัส กับวัตถุดิบ เช่น ตู้อบลมร้อน (Hot air dryer) โดยจะใช้ Blower ในการเป่าลมร้อน จากแหล่งพลังงานความร้อนคือ Heater ไปยังวัตถุดิบ การนำไปประยุกต์ใช้ โดยทั่วไปแล้วจะใช้ในการอบแห้งวัตถุดิบในทางอุตสาหกรรม เพื่อให้วัตถุดิบแห้ง ก่อนที่จะเริ่มกระบวนการต่อไป ข้อดีคือ สามารถทำการอบแห้งได้ในอัตราการผลิตที่คงที่

ประสิทธิภาพในการทำงานสูง ควบคุมการทำงานได้ดี แต่ข้อเสียคือวิธีนี้สิ้นเปลืองพลังงานมาก เพราะจะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิง ในการสร้างความร้อน และหมุน Blower

2.2.2.2 การอบแห้งด้วยการพ่นวัตถุดิบที่เป็นของเหลวไปในลมร้อน เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) มีกระบวนการ เริ่มจาก อากาศจะถูกดูดผ่าน filter และผ่านตัวให้ความร้อน จากนั้นจึงเข้าสู่ห้องอบแห้ง (drying chamber) ส่วนวัตถุดิบที่ใช้ spray (feed) ควรมีลักษณะเหลว จากนั้นสารละลายของเหลวจะถูกดูดโดยปั๊มผ่านอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดละอองฝอยภายในห้องอบและจุดสัมผัสกับอากาศร้อนทำให้เกิดการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า อุณหภูมิระเปาะเปิกเล็กน้อย จะได้ผงผลิตภัณฑ์ที่ตกลงสู่ด้านล่างของ drying chamber และผงบางส่วนที่หลุดมากับอากาศจะถูกแยกโดยใช้ cyclone จนได้ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายในกระบวนการอบด้วย spray dryer นั้น การประยุกต์ใช้งาน การใช้งานโดยทั่วไปจะใช้กับวัตถุดิบที่เป็นน้ำเพื่อทำให้เป็นผง ใช้ในกระบวนการผลิตยา เช่นในอุตสาหกรรมนมผง ไข่ผง กาแฟผง และผงซักฟอก การอบแห้งด้วยการพ่นวัตถุดิบที่เป็นของเหลวไปในลมร้อนจะเหมาะสำหรับการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่เป็นผงแห้งจำนวนมาก อุณหภูมิที่ใช้ไม่ต้องสูงมากนัก แต่ก็มีข้อเสียคือกระบวนการในการติดตั้งระบบ มีความซับซ้อน

2.3 มะขามเปรี้ยว

2.3.1 เกี่ยวกับมะขามเปรี้ยว

มะขามเปรี้ยวเป็นผลผลิตทางการเกษตรพื้นบ้านของไทย นำเข้ามาปลูกครั้งแรกที่จังหวัดเพชรบูรณ์ มะขามมีลักษณะเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่แตกกิ่งก้านสาขามาก เปลือกมีลักษณะขรุขระและหนา สีน้ำตาลอ่อน ใบเป็นใบประกอบ ผลเป็นฝักยาว รูปร่างยาวหรือโค้ง 3-20 เซนติเมตร ฝักอ่อนมีเปลือกสีเขียวอมเทา

2.3.2 การเก็บเกี่ยว

มะขามเปรี้ยวจะแก่ และสามารถเก็บเกี่ยวได้ในช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือน กุมภาพันธ์ของปีถัดไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งปลูกและสภาพดินฟ้าอากาศด้วย วิธีเก็บทำได้ 2 วิธี คือ

2.3.2.1 เก็บโดยการปีนขึ้นต้น เขย่าให้ฝักมะขามที่สุกเต็มที่หล่นลงมาบนพื้น หลังจากเก็บเกี่ยวแล้วนำฝักมะขามเปรี้ยวมาแกะเอาเปลือกและเมล็ดออกจากนั้นนำเนื้อมะขาม ที่แกะได้ เรียกว่ามะขามเปียก บรรจุลงในภาชนะต่างๆ เช่น ถุงพลาสติก หรือ เชง เพื่อจำหน่ายต่อไป สำหรับวิธีการเก็บรักษามะขามเปียกไว้นานๆ เพื่อจะนำมาจำหน่ายในช่วงที่มีราคาสูง โดย ที่เนื้อมะขาม ไม่เปลี่ยนเป็นสีคล้ำทำได้โดย การนำมะขามเปียกที่บรรจุในภาชนะ ไปเก็บไว้ในห้อง เย็นที่อุณหภูมิต่ำ คือ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถชะลอการเกิดสีดำของเนื้อมะขามได้ประมาณ 10 เดือน หรือ อาจทำได้โดยการนำเอาเกลือผง

2-3 กก. ละลายน้ำเล็กน้อยคลุกกับมะขามเปียกหนัก 7080 กก. ให้ทั่ว จะทำให้มะขามเก็บรักษาได้ทนขึ้น และช่วยป้องกันไม่ให้เนื้อมะขามเปลี่ยนเป็นสีดำ เพราะมะขามที่มีสีดำ ราคาจะลดลงประมาณครึ่งหนึ่ง ปกติถ้าทิ้งไว้ประมาณ 15 วัน เนื้อจะเริ่ม เปลี่ยนสี อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาโดยการคลุกเกลือจะอยู่ได้นานประมาณ 6-7 เดือน หลังจากนั้น จะเริ่มเปลี่ยนสีได้เหมือนกัน

2.3.2.2 เก็บเกี่ยวโดยใช้กรรไกรตัดแต่งกิ่ง ตัดที่ขั้วให้หลุดออกจากกิ่ง ถ้ามะขามต้น โตให้ใช้บันไดขึ้นเก็บเกี่ยวฝักที่อยู่สูง เมื่อเก็บฝักมะขามเปรี้ยวแล้ว ไม่ควรให้ถูกน้ำ ให้ตัดแต่งฝัก ที่มีก้านช่อยาวเกินไปทิ้ง พร้อมทำการคัดแยกขนาดของฝัก (เกรด) และฝักเสียหรือฝักแตก มีตำหนิ หรือไม่สมบูรณ์ออกไป การตัดแยกขนาดของฝัก (เกรด) เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องทำ เพราะฝักที่แยกแล้ว ไม่ว่าฝักเล็กหรือฝักใหญ่ ถ้ามีความสม่ำเสมอในขนาดของฝัก มีผลทำให้ได้ราคาดีขึ้น สำหรับฝักที่ แยกได้เกรดตามต้องการแล้ว ต้องนำมากองฟุ้งลมในที่ที่มีการระบายอากาศได้ดี และการฟุ้งลม จะต้องเกลี่ยให้ทุกฝักโดนลม คือ ไม่ทับกันมากเกินไป ยิ่งลมไว้ประมาณ 2-5 วัน จึงนำไปบรรจุถุง หรือกล่องเพื่อจำหน่ายต่อไป



รูปที่ 2-2 มะขามเปรี้ยวยักษ์

2.3.3 การเก็บรักษามะขามเปรี้ยว

มะขามเปรี้ยว สามารถเก็บรักษาเพื่อรอการขายได้นานถึงปี หากมีวิธีการเก็บ รักษาที่ถูกต้อง ซึ่งการเก็บรักษาฝักมะขามเปรี้ยว ทำได้ด้วยวิธีต่างๆ ดังนี้

2.3.3.1 การฟุ้งลม เป็นการเก็บรักษาฝักมะขามเปรี้ยวในระยะเวลาสั้น ๆ 20-62 วัน โดยนำฝักมะขามเปรี้ยวที่เก็บมาคัดขนาดแล้วยังลมในที่ร่ม มีการระบายอากาศได้ดี ถ้าต้องการเก็บ รักษาฝักไว้ 20-30 วัน ให้ฟุ้งลมเป็นเวลา 2-5 วัน และคอยเกลี่ยฝัก ระวังไม่ให้ทับกันแน่นเกินไป และถ้าต้องการเก็บรักษาฝักมะขามเปรี้ยวให้นาน 30-60 วัน ระยะเวลาการฟุ้งลมต้องนานขึ้น 10-15 วัน โดยสังเกตว่าฝักมะขามเปรี้ยวจะหยุดการคายน้ำ เพราะการคายน้ำจะทำให้เกิดไอน้ำและความ ร้อนขึ้น เมื่อ

นำฝักมะขามเปรี้ยวบรรจุลงในกล่องหรือถุงเพื่อการจำหน่ายแล้ว ฝักมะขามเปรี้ยวอาจ เกิดเชื้อราเสียหายได้ การพืงลมถ้าทำบนตะแกรงเหล็กจะทำให้ได้ผลดีขึ้น

2.3.3.2 การนึ่ง คือการทำให้เนื้อและเมล็ดมะขามเปรี้ยวสุกโดยอาศัยความร้อนจาก ไอน้ำ เพื่อเป็นการกำจัดเชื้อราและแมลงต่าง ๆ ที่อาจจะมีอยู่ในฝักมะขามเปรี้ยว เพื่อต้องการเก็บ รักษาฝักมะขามเปรี้ยวให้นานออกไปอีก โดยที่ฝักมะขามเปรี้ยวยังคงมีคุณภาพและรสชาติคงเดิม วิธีการนึ่งกระทำเช่นเดียวกับการนึ่งอาหารทั่วไป ไม่ต้องใช้เครื่องมือราคาแพง ใช้ซึ่งนึ่งข้าว ธรรมดา โดยใช้ความร้อนจากไอน้ำเดือดนึ่ง การนึ่งใช้เวลา 10-20 นาที ขึ้นอยู่กับขนาดของฝัก ถ้า ฝักมีขนาดใหญ่ใช้เวลา นานกว่าฝักขนาดเล็ก และความหนาบางของเปลือกฝักด้วย เมื่อนึ่ง เรียบร้อยแล้วก็นำฝักมะขามเปรี้ยว ออกผึ่งให้เย็น หรือตากผึ่งแดดจนแน่ใจว่าแห้งดีแล้ว ถ้าจะเก็บไว้ นาน ๆ ก็เก็บในภาชนะที่มีฝาปิดสนิทกัน แมลงได้ เช่น โองเคลือบ หรือ ปี บ

2.3.3.3 การอบด้วยไอร้อน คือการทำให้เนื้อและเมล็ดมะขามเปรี้ยวสุก โดยอาศัย ความร้อนจากไอร้อนเพื่อเป็นการกำจัดเชื้อราและแมลงต่าง ๆ ที่อาจมีอยู่ภายในฝัก เมื่อต้องการเก็บ รักษาฝักมะขามเปรี้ยวได้นาน ไอร้อนจะออกจากเครื่องมือผลิตลมร้อนคล้ายกับการอบของโรงบ่ม ใบ ยาสูบ ซึ่งต้องลงทุนมากและการใช้ยุ่งยาก หรือไม่ก็อาจใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์

2.3.3.4 การเก็บในห้องเย็น เป็นการเก็บที่ต้องลงทุนสร้างห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิ ได้ ให้อยู่ในระดับ 5-10 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาฝักมะขามเปรี้ยวไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิที่ต่ำ

2.3.4 ผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากมะขามเปรี้ยว

ผลิตภัณฑ์จากส่วนต่างๆ ที่ไม่ใช่เนื้อมะขาม มะขามเป็นพืชที่มีบทบาท สำคัญต่อ ชีวิตประจำวันของคนไทย (ชุมสาย และคณะ, 2529) โดยเฉพาะประชาชนในชนบท สามารถใช้ประโยชน์ จากมะขามได้เกือบทุกส่วน ดังนี้

เมล็ดมะขามมักนำไป ทำแป้ง ทำกาบแป้งเปียก อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมผ้า ดอก อุตสาหกรรมพลาสติก นำมาทำให้สุกรับประทานเป็นยาถ่ายพยาธิเส้นเดือน ส่วนเปลือก มักนำมา ทบให้เป็นเกล็ดเล็กๆ ใช้ผสมยาสูบพื้นเมือง ทำให้รสชาติกลมกล่อมยิ่งขึ้น ผสมกับสารส้มและยางสน ใช้ ย้อมผ้า และขนแกะให้เป็นสีกากี แก้ว ท้องร่วงและอาเจียน ส่วนของใบ ใช้ใบอ่อนมาเป็นส่วนประกอบใน การปรุงอาหาร ใบแก่นำมาย้อมผ้า ใช้เป็นยาถ่ายพยาธิ ใบ มะขามมีสารออกฤทธิ์ทำลายแกรมบวก เช่น คอกโค บาซิลโล และ อีโคไล ส่วน เนื้อไม้จากต้นมะขาม ที่มีความ แข็ง เหนียว และละเอียด เหมาะ สำหรับทำเชือก ตู และเตียง เส้นใยใช้ทำเชือกได้

ผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากเนื้อมะขาม มะขามเปรี้ยวนอกจากจะใช้รับประทานสดแล้วยังสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ ต่างๆ ได้ สามารถแบ่งได้ดังนี้ (สำรวจตลาด, 2548) สามารถแบ่งได้หลัก ๆ ออกเป็น 4 ประเภทประกอบด้วย เครื่องดื่ม เครื่องสำอาง เครื่องปรุงอาหาร ตัวอย่างเช่น

2.3.4.1 เครื่องดื่ม ได้แก่ น้ำมะขามพร้อมดื่มผสมโซดา ไวน์มะขามเปียก ไวน์มะขามสด

2.3.4.2 อาหารขบเคี้ยว ได้แก่ มะขามผง มะขามคลุก มะขามกวน มะขามแก้ว มะขามแช่อิ่ม ฝั่มมะขามพร้อมดื่ม ท็อปปิ้งมะขาม มะขามหยี มะขามแช่อิ่มแห้ง มะขามคลุกบ๊วย

2.3.4.3 ประเภทเครื่องสำอาง ได้แก่ สบู่มะขามสมุนไพร สบู่ไพรครีมมะขาม ผงมะขามขัดตัว สบู่เหลวมะขามผสมแคโรทีน

2.3.4.4 และประเภทเครื่องปรุงอาหาร ซอสมะขาม แยมมะขาม น้ำมะขามเข้มข้น น้ำมะขามปรุงรส

2.4 นิเวศ

มนูญ ชื่นชม (26) ความหมายของคำว่า “นิเวศ” ได้ให้ความหมายว่า นิเวศ หมายถึง ระบบการส่งกำลังจากต้นทางไปยังปลายทาง โดยอาศัยลมเป็นตัวกลางในการส่งกำลัง และการ ควบคุมการทำงาน ส่วนคำว่า “นิเวศไฟฟ้า” หมายถึง ระบบการส่งกำลังจากต้นทางไปยัง ปลายทางโดยอาศัยลมเป็นตัวกลางในการส่งกำลัง และควบคุมการทำงานด้วยระบบลมผสมไฟฟ้า

ฐิตารีย์ ถมยา (27) การควบคุมระบบนิเวศไฟฟ้า คือ การควบคุมการทำงานของวาล์วด้วยระบบไฟฟ้าที่วาล์วควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทำงาน การควบคุมระบบนิเวศไฟฟ้าแบ่งการควบคุมออกเป็น 2 ระบบ คือ 1. วงจรกำลัง เป็นวงจรควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทำงานในระบบนิเวศ และ 2. วงจรควบคุมไฟฟ้า เป็นการทำงานของวาล์วโดยใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าในการควบคุม

ในปัจจุบันระบบนิเวศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญมากในระบบการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะกระบวนการผลิตที่ต้องการความแม่นยำของชิ้นงานและความต่อเนื่อง จึงมีการใช้เครื่องมือ หุ่นยนต์ ระบบนิเวศมาประยุกต์ใช้ในการทำงานแทนคน หรือเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายก็คือ แขนกล หรือ หุ่นยนต์ ซึ่งในการทำงานของแขนกลหรือหุ่นยนต์ในระบบการผลิตในโรงงาน อุตสาหกรรมก็คือ อุปกรณ์ในระบบนิเวศ และระบบไฮดรอลิกส์นั่นเอง

วิทยา ดีวัน และคณะ [28] ในระบบนิเวศไฟฟ้า การควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลนั้นสามารถแบ่งการควบคุมออกเป็น 2 อย่าง คือ การควบคุมวงจรไฟฟ้า และวงจรกำลัง ในส่วนของ วงจรการควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าเป็นการใช้อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าสั่งงานให้โซลินอยด์ทำงาน แล้วใน ส่วนของโซ

ลินอยด์ก็จะสั่งให้วาล์วทำงานโดยเลื่อนตำแหน่งการทำงานจากตำแหน่งปกติเป็นตำแหน่ง การทำงานซึ่ง การสั่งงานของโซลินอยด์จะอาศัยการเกิดอำนาจแม่เหล็กเป็นตัวเลื่อนตำแหน่งวาล์ว

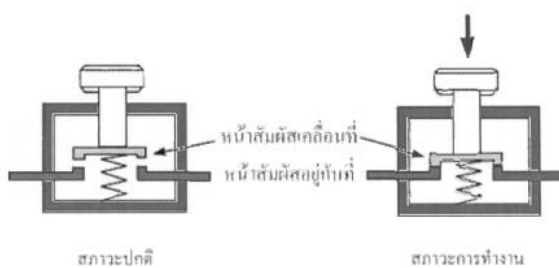
2.4.1 อุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบนิวแมติกส์ (Electricity Control in Pneumatic System)

อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมระบบนิวแมติกส์ มีดังนี้ 128, 29, 30)

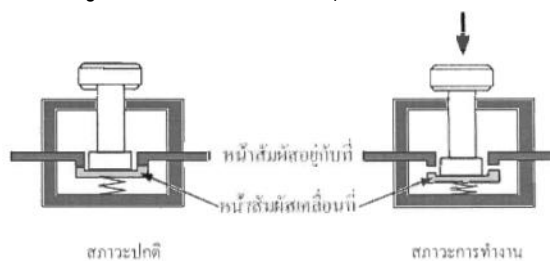
2.4.1.1 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) สวิตช์ปุ่มกด (Push button Switch)

เป็นสวิตช์ที่ใช้มือในการกดปุ่มทำให้หน้าสัมผัสของสวิตช์ต่อ ถึงกัน และเมื่อปล่อยมือจากสวิตช์ก็จะทำให้ หน้าสัมผัสของสวิตช์จากออกกัน มี 2 ลักษณะคือ

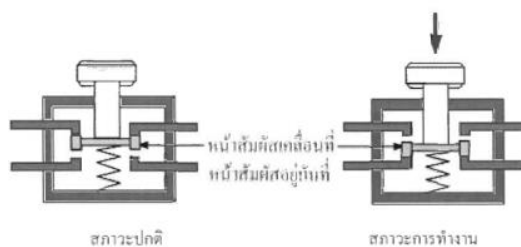
สภาวะปกติเปิด (Normally Opened : NO) เมื่อสวิตช์ยังไม่ทำงานหน้าสัมผัส จะต่อถึงกัน เมื่อกดสวิตช์ หน้าสัมผัสก็จะจากกัน



รูปที่ 2-3 แสดงสวิตช์ปุ่มกดปกติเปิด

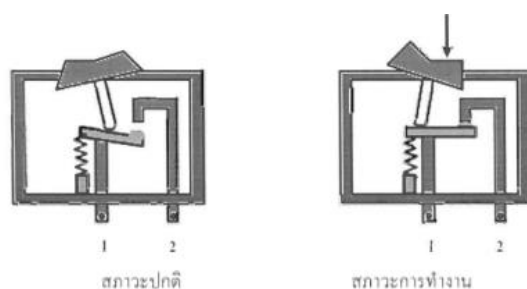


รูปที่ 2-4 แสดงสวิตช์ปุ่มกดปกติปิด



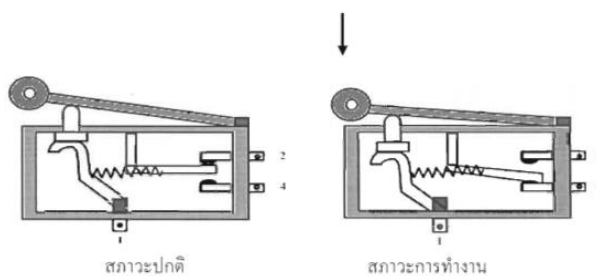
รูปที่ 2-5 แสดงสวิตช์ปุ่มกดหน้าสัมผัสคู่

2.4.1.2 สวิตช์กดค้างตำแหน่ง (Toggle Switch) สวิตช์กดค้างตำแหน่ง (Toggle Switch) เป็นสวิตช์ที่กดเปลี่ยนตำแหน่งแล้วค้างสภาวะการทำงานไว้ และเมื่อกดสวิตช์อีกครั้งหนึ่งก็จะเป็นการคืนสภาวะตำแหน่งเดิม



รูปที่ 2-6 แสดงสวิตช์กดค้างตำแหน่ง

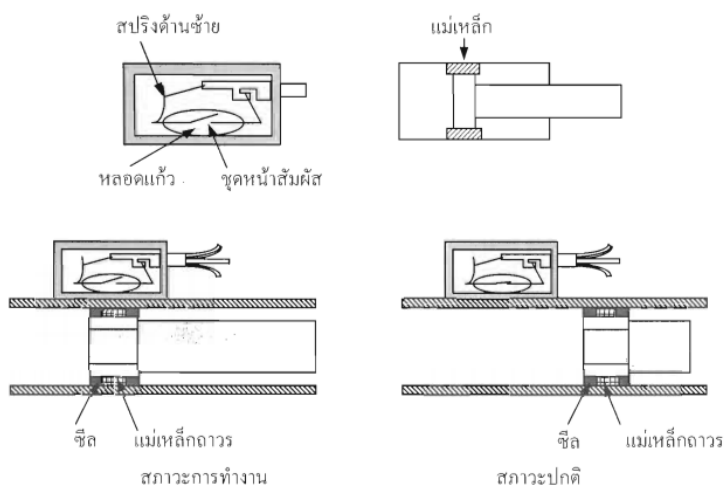
2.8.1.3 ลิ้มิตสวิตช์ (Limit Switch) ลิ้มิตสวิตช์ (Limit Switch) เป็นสวิตช์ที่กดด้วยกลไกจากภายนอกที่เลื่อนมากดตัวสวิตช์โดยเมื่อมีการกดสวิตช์ตำแหน่งของหน้าสัมผัสก็จะเปลี่ยนตำแหน่ง และเมื่อเลื่อนออกจากการกดสวิตช์ก็จะคืน สภาวะเดิม



รูปที่ 2-7 แสดงการทำงานของลิ้มิตสวิตช์

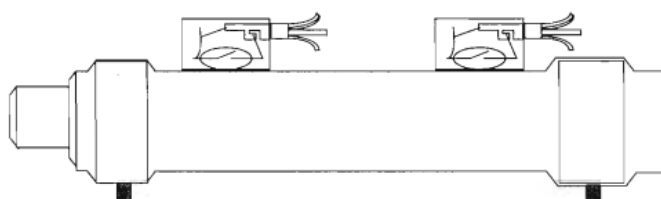
2.4.1.3 รีดสวิตช์ (Reed Switch) รีดสวิตช์ (Reed Switch) เป็นสวิตช์ที่ทำงาน โดยไม่มีการสัมผัสหรือกดที่ตัวสวิตช์ สามารถทำงาน ได้โดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กที่ติดตั้งไว้ในลูกสูบ เพื่อทำการตรวจจับตำแหน่งการทำงานของ ลูกสูบ โดยมีความไวในการตัดต่อสูงซึ่งเหมาะสำหรับงานที่ไม่สามารถติดตั้งลิ้มิตสวิตช์ไว้ที่บริเวณ ลูกสูบได้ ซึ่งเมื่อลูกสูบเลื่อนมาตรงตำแหน่งของรีดสวิตช์ติดตั้งไว้

สภาวะของหน้าสัมผัสภายในก็จะ เปลี่ยนตำแหน่ง และกลับสภาพเดิมเมื่อลูกสูบเลื่อนออกจากตำแหน่งของรีดสวิตช์



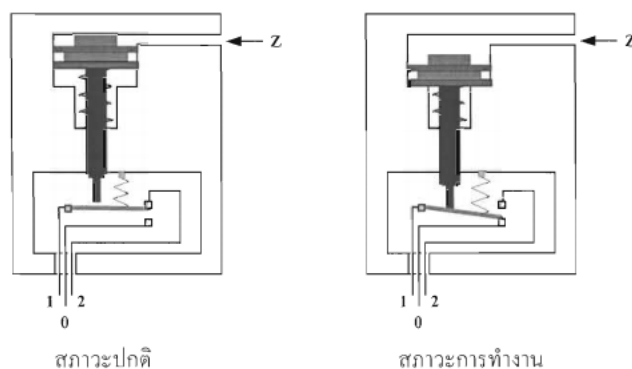
รูปที่ 2-8 รีดสวิตช์

ในการติดตั้งรีดสวิตช์จะติดตั้งที่ตัวกระบอกสูบและให้ตัวรีดสวิตช์แนบกับกระบอกสูบ ส่วนตำแหน่ง สามารถเลือกได้ตามความต้องการขึ้นอยู่กับลักษณะของการทำงานงาน



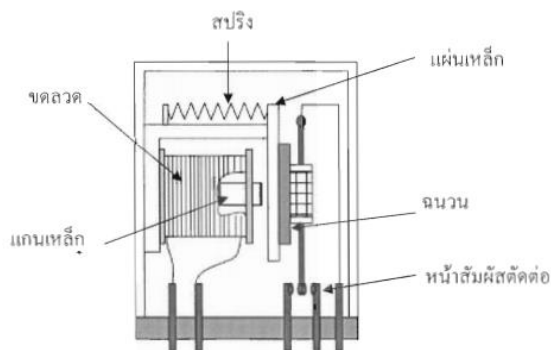
รูปที่ 2-9 แสดงการติดตั้งรีดสวิตช์ที่กระบอกสูบ

2.4.1.4 สวิตช์ความดัน (Pressure Switch) สวิตช์ความดัน (Pressure Switch) เป็นสวิตช์ที่อาศัยแรงดันจากลมเป็นตัวกดสวิตช์ โดยเมื่อมี แรงดันลมกดสวิตช์ตำแหน่งของหน้าสัมผัสก็จะเปลี่ยนตำแหน่ง และเมื่อแรงดันลมน้อยกว่าแรงของ สปริงตำแหน่งของหน้าสัมผัสก็จะกลับคืนสู่สภาพเดิมปกติ



รูปที่ 2-10 แสดงการติดตั้งรีดสวิตช์ที่กระบอกสูบ

2.4.1.5 รีเลย์ (Relay) หมายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดต่อวงจรไฟฟ้าเป็นลักษณะการทำงานที่อาศัยหน้าสัมผัส เป็นลักษณะคล้ายสวิตช์ โดยหน้าสัมผัสจะทำงานโดยอาศัยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กที่เกิดจาก ขดลวดไฟฟ้า หรือคอยล์ในตัวรีเลย์ ใช้สำหรับระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดันต่ำ ขนาด 24 โวลต์ ลงมา ซึ่งใช้ประกอบในวงจรนิวแมติกส์ไฟฟ้า



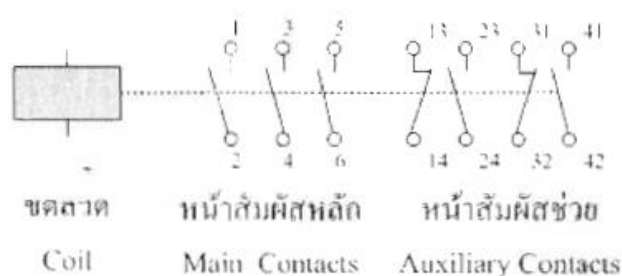
รูปที่ 2-11 แสดงรีเลย์ (Relay)

2.4.1.6 คอนแทกเตอร์ (Contactor) คอนแทกเตอร์ (Contactor) หมายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดต่อวงจรไฟฟ้ากำลังที่ใช้กระแสและ แรงดันไฟฟ้าสูง เป็นลักษณะการทำงานที่อาศัยหน้าสัมผัส เป็นลักษณะคล้ายสวิตช์ โดยหน้าสัมผัสจะ ทำงานโดยอาศัยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดไฟฟ้าในคอยล์ ใช้สำหรับระบบไฟฟ้า กระแสสลับที่มีแรงดันสูง เช่น ขนาดแรงดัน 220 โวลต์ และ 380 โวลต์ หน้าที่ของคอนแทกเตอร์ คือ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้า

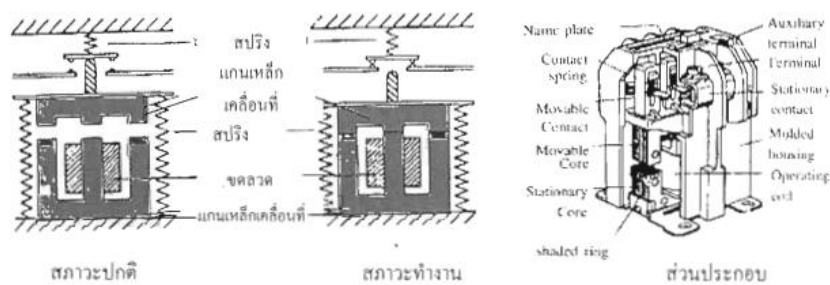
จำนวนมาก คอนแทกเตอร์ ทำให้เราสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่นๆ ของระบบไฟฟ้าได้ สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลัง หรือคอนแทกเตอร์ทำงานเป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็กต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุม คอยล์ของคอนแทกเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอยล์อาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ ขึ้นอยู่กับการ ออกแบบการใช้คอนแทกเตอร์ ทำให้สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกล (Remote) ได้ ซึ่งทำให้เกิด ความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมกำลังไฟฟ้า นอกจากนี้จะมีหน้าสัมผัสทั้งส่วนเคลื่อนที่ และ หน้าสัมผัสส่วนที่อยู่กับที่แล้วหน้าสัมผัสภายในของคอนแทกเตอร์ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตาม ลักษณะ ของการทำงาน ดังนี้ คือ

1) หน้าสัมผัสหลัก (Main Contacts) โดยปกติแล้วหน้าสัมผัสหลักมี 3 อัน สำหรับส่งผ่าน กำลังไฟฟ้า 3 เฟสเข้าไปสู่มอเตอร์ หรือโหลดที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส หน้าสัมผัสหลักของ คอนแทกเตอร์มีขนาดใหญ่ทนแรงดันและกระแสได้สูง หน้าสัมผัสหลักเป็นชนิดปกติเปิด (Normally open; N.O. contact) อักษรกำกับ หน้าสัมผัสด้านแหล่งจ่ายคือ 1, 3, 5 หรือ L1, L2, L3 และด้านโหลด คือ 2, 4, 6 หรือ T1, T2, T3 ดังรูป

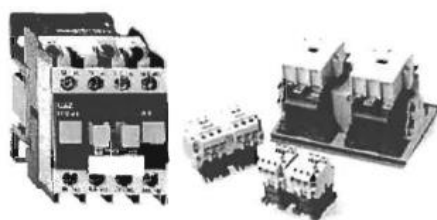
2) หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contacts) หน้าสัมผัสชนิดนี้ติดตั้งอยู่ด้านข้างทั้งสองด้านของ ตัวคอนแทกเตอร์ มีขนาดเล็กทนกระแสได้ต่ำทำหน้าที่ช่วยการทำงานของวงจร เช่น เป็น หน้าสัมผัสที่ ทำให้คอนแทกเตอร์ทำงานได้ตลอดเวลา หรือเรียกว่า "holding" หรือ "maintaining contact" หน้าสัมผัสช่วยนี้จะหน้าสัมผัสแบบโยกได้สองทาง โดยจะถูกดึงขึ้น-ลงไปตามจังหวะการดูด ปลดของคอนแทกเตอร์ อักษรกำกับหน้าสัมผัสช่วย จะเป็น 13, 14 สำหรับคอนแทกเตอร์ที่มี หน้าสัมผัส ช่วยแบบปกติเปิด 1 ชุด ถ้ามี N.O. ชุดที่ 2 จะเป็น 23, 24 เป็นต้น



รูปที่ 2-12 แสดงสัญลักษณ์ของคอนแทกเตอร์



รูปที่ 2-13 แสดงการทำงานและส่วนประกอบคอนแทกเตอร์



รูปที่ 2-14 แสดงรูปร่างลักษณะของคอนแทกเตอร์

2.4.1.7 รีเลย์ตั้งเวลา (Time Relay) เป็นสวิตช์ที่ทำงาน โดยอาศัยการหน่วงเวลาด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือระบบมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็ก การทำงานจะจ่ายสัญญาณไฟเลี้ยงเข้าที่มอเตอร์หรือเข้าวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แล้วตั้งเวลาที่ปุ่ม ปรับเวลา เมื่อได้เวลาตามที่กำหนดหน้าสัมผัสก็จะเปลี่ยนตำแหน่งและหยุดการทำงานหรือกลับคืน สภาวะเดิมโดยการกดปุ่มรีเซทในตัว หรือตัดสัญญาณไฟที่เลี้ยงมอเตอร์ไฟฟ้าหรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การหน่วงเวลาจะมี 2 ลักษณะ คือ หน่วงเวลาตอนมีสัญญาณ กับ หน่วงเวลาตอนตัดสัญญาณ



รูปที่ 2-15 แสดงลักษณะของรีเลย์ตั้งเวลา

2.4.1.8 อุปกรณ์ตรวจจับ หรือเซ็นเซอร์ (Sensor) อุปกรณ์ตรวจจับ หรือเซ็นเซอร์ (Sensor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับหรือรับสัญญาณจากอุปกรณ์ ทำงานหรือกระบวนการทำงานของอุปกรณ์อื่น ซึ่งเป็นผลทางฟิสิกส์หรือทางกายภาพ เช่น ระยะทาง แสง ความร้อน เสียงและสี เป็นต้น แล้วเปลี่ยนสัญญาณเหล่านั้นให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อนำผล ไปใช้งานในระบบควบคุมต่อไป อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่นิยมใช้ในปัจจุบันในโรงงานอุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 3 ชนิด



รูปที่ 2-16 แสดงลักษณะและการทำงานของอินดักทีฟเซ็นเซอร์

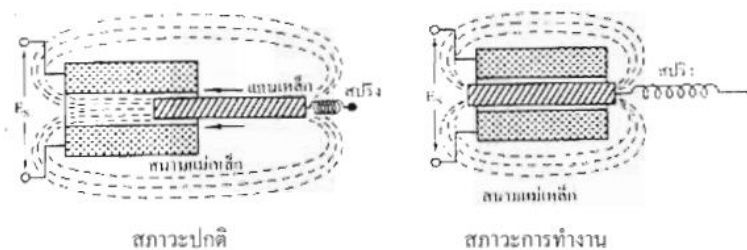
หลักการทำงาน บริเวณส่วนหัวจะสร้างสนามแม่เหล็ก แล้วส่งอำนาจแม่เหล็กไปยังวัตถุที่ต้องการตรวจสอบซึ่งเป็นโลหะ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าการเหนี่ยวนำขึ้นในวงจรตรวจจับ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจะส่งสัญญาณไปขยายให้สูงขึ้นเพื่อต่อไปยังอุปกรณ์ควบคุมภายนอก การนำไปใช้งาน ใช้ตรวจจับชิ้นงานที่เป็นโลหะโดยใช้แทนลิมิตสวิตช์ ใช้ในงานเกี่ยวกับการนับจำนวน การแยกประเภทชิ้นงาน และการตรวจสอบตำแหน่ง เป็นต้น

2.4.1.9 คาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ (Capacitive Sensor) เป็นอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ทำงาน โดยอาศัยหลักการ เปลี่ยนแปลงค่าความจุภายในเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุที่เป็นสื่อไฟฟ้า หลักการทำงาน บริเวณส่วนหัวจะสร้างสนามแม่เหล็ก แล้วส่งอำนาจแม่เหล็กไปยังวัตถุที่ต้องการตรวจสอบซึ่งเป็นสื่อไฟฟ้า ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความจุทางไฟฟ้า การนำไปใช้งาน ใช้ตรวจจับชิ้นงานที่เป็นโลหะหรือวัตถุที่เป็นสื่อไฟฟ้าในรูปของ ตรวจสอบระยะทาง การนับจำนวน การแยกประเภทชิ้นงาน และการตรวจสอบตำแหน่ง เป็นต้น



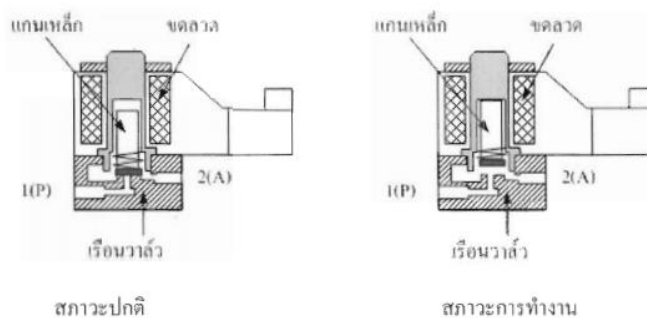
รูปที่ 2-17 แสดงลักษณะและการทำงานของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์

2.4.1.10 วาล์วทำงานด้วยไฟฟ้าหรือโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) ในการควบคุมระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้าให้สามารถทำงานได้ตามต้องการนั้น จะต้องใช้วาล์วเป็นตัว ควบคุมการทำงานหรือทำหน้าที่ในการเปลี่ยนทิศทางการไหล เพื่อส่งผลไปยังอุปกรณ์ทำงานให้สามารถ ทำงานตามที่ต้องการได้ อุปกรณ์ดังกล่าว คือโซลินอยด์หรือขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กนั่นเอง หลักการทำงาน ในสภาวะปกติ เมื่อยังไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดโซลินอยด์ จึงยังไม่มีอำนาจแม่เหล็ก สปริงก็จะดึงแกนเหล็กให้อยู่กับที่ สภาวะการทำงาน เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดโซลินอยด์ ก็จะเกิดอำนาจแม่เหล็กแล้วทั้ง เอาแกนเล็กเข้ามาในวงโคจรสนามแม่เหล็ก และเอาแกนเหล็กไปเลื่อนตำแหน่งของวาล์วต่อไป



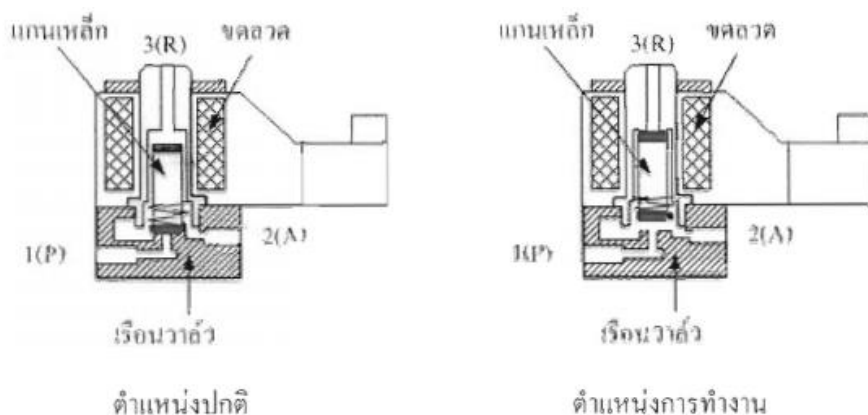
รูปที่ 2-18 แสดงการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

2.4.1.11 วาล์ว 2/2 ปกติปิด เลื่อนด้วยขดลวดโซลินอยด์ เลื่อนกลับด้วยสปริง (2/2 Way Single Solenoid valve) หลักการทำงาน ตำแหน่งปกติ เมื่อยังไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดโซลินอยด์ Y1 จึงยังไม่มีอำนาจ แม่เหล็กสปริงก็จะดันให้ลิ้นของวาล์วปิด ทำให้ลมไม่สามารถผ่านจาก 1(P) ไปยัง 2(A)ตำแหน่งการทำงาน เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวด โซลินอยด์ Y1 ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก แล้วดึงเอาแกนเล็กเข้ามาในวงโคจรสนามแม่เหล็กทำให้ลิ้นวาล์วเลื่อนเปิดทางลม ลมสามารถผ่านจาก 1(P) ไปยัง 2(A) ได้ และเมื่อตัดกระแสไฟฟ้า Y1 หมดอำนาจแม่เหล็กสปริงจะเลื่อนวาล์วกลับสู่ ตำแหน่งปกติ



รูปที่ 2-19 แสดงการทำงานของวาล์ว 2/2 ปกติปิด เลื่อนด้วยขดลวดโซลินอยด์ เลื่อนกลับด้วยสปริง

2.4.1.12 วาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนด้วยขดลวดโซลินอยด์ เลื่อนกลับด้วยสปริง (3/2 Way Single Solenoid valve) หลักการทำงานตำแหน่งปกติ ยังไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดโซลินอยด์ Y1 ยังไม่มีอำนาจแม่เหล็ก สปริงก็จะดันให้ลิ้นของวาล์วปิด ทำให้ลมไม่สามารถผ่านจาก 1(P) ไปยัง 2(A) แต่ลมจาก 2(A) ผ่านไป 3(R) ได้ ตำแหน่งการทำงาน เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวด โซลินอยด์ Y1 ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก แล้วดึงเอาแกนเล็กเข้ามาในวงโคจรสนามแม่เหล็กทำให้ลิ้นวาล์วเลื่อนเปิดทางลม และมีลมไหลจาก 1(P) ไปยัง 2(A) ได้ และเมื่อตัดกระแสไฟฟ้า Y1 หหมดอำนาจแม่เหล็กสปริงจะเลื่อนวาล์วกลับสู่ ตำแหน่งปกติ



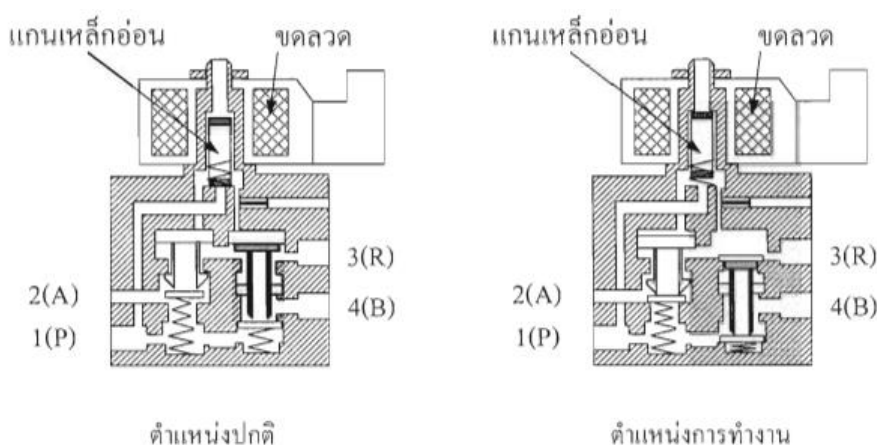
รูปที่ 2-20 แสดงการทำงานของวาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนด้วยขดลวดโซลินอยด์ เลื่อนกลับด้วยสปริง



รูปที่ 2-21 แสดงวาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนด้วยขดลวดโซลินอยด์ เลื่อนกลับด้วยสปริง

2.4.1.13 วาล์ว 4/2 ใช้ขดลวดโซลินอยด์เปิดทางลม ให้ลมไปเลื่อนวาล์ว เลื่อนกลับด้วยสปริง (4/2 Way Single Solenoid valve pilot controlled) หลักการทำงาน ตำแหน่งปกติ ยังไม่มี

กระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดโซลินอยด์ Y1 ยังไม่มีอำนาจแม่เหล็ก สปริงก็จะดันให้ลิ้นของวาล์วปิด ทำให้ลมไหลผ่านจาก 1(P) ไปยัง 2(B) และลมจาก 4(A) ผ่านไป 3(R) ตำแหน่งการทำงาน เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดโซลินอยด์ Y1 ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กแล้วดูดเอาแกนเหล็กเข้ามาในวงโคจร ทำให้ลิ้นเล็กของวาล์วเปิด ลมจากท่อ 1(P) จะไหล ผ่านช่องเล็กๆ ผ่านไป 4(A) และจากท่อ 2(B) ไป 3(R) เมื่อตัดกระแสไฟฟ้าออกขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า Y1หมดอำนาจแม่เหล็กสปริงจะดันลิ้นเล็กของวาล์วเลื่อนกลับตำแหน่งปกติ แผ่นไดอะแฟรมเลื่อน กลับด้วยแรงสปริงลิ้นของวาล์วเลื่อนกลับตำแหน่งปกติ



รูปที่ 2-22 แสดงการทำงานของวาล์ว 4/2 ใช้ขดลวดโซลินอยด์เปิดทางลมให้ลมไปเลื่อนวาล์ว เลื่อนกลับด้วยสปริง

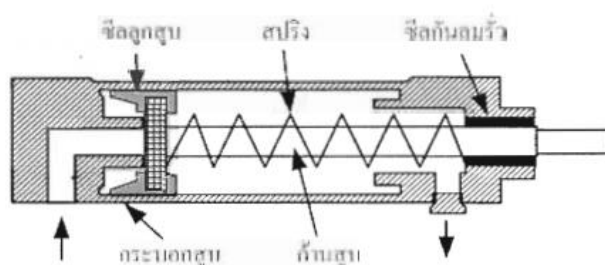
2.4.1.14 อุปกรณ์ทำงานในระบบนิวแมติกส์ (Working element in pneumatic system) อุปกรณ์ทำงานในระบบนิวแมติกส์ (Working Element in Pneumatic System) หมายถึง อุปกรณ์ที่ ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานแรงดันลมอัดให้เป็นพลังงานกล แบ่งการทำงานได้ 3 ลักษณะ คือ

- 1) อุปกรณ์ทำงานในแนวเส้นตรง เช่น กระบอกสูบ
- 2) อุปกรณ์ทำงานในแนวแกว่ง เช่น กระบอกสูบหมุน มอเตอร์ลมแบบแกว่ง
- 3) อุปกรณ์ทำงานในแนวหมุนรอบตัว เช่น มอเตอร์ลม

2.4.2 อุปกรณ์ทำงานในแนวเส้นตรง อุปกรณ์ทำงานในแนวเส้นตรงของระบบนิวแมติกส์ คือ อุปกรณ์ทำงานที่เปลี่ยนพลังงานแรงดันลมอัด ให้เป็นพลังงานกล โดยมีการเคลื่อนอยู่ในแนวเส้นตรง ทิศทางขึ้นอยู่กับการวางของอุปกรณ์ ได้แก่ กระบอกสูบลมแบบชนิดต่างๆ

2.4.2.1 กระบอกสูบทางเดียว (Single acting Cylinder)

1) โครงสร้างและส่วนประกอบ



รูปที่ 2-23 แสดงการทำงานของกระบอกสูบ

หลักการทำงาน กระบอกสูบทางเดียว (Single Acting Cylinder) จะทำงานโดยมีแรงดันลมมาเลื่อนลูกสูบโดยแรงดัน ลมมากกว่าแรงดันสปริงก้านสูบก็จะเลื่อนออก และเมื่อไม่มีแรงดันลมก้านสูบก็จะถูกสปริงดันกลับสภาวะปกติ

2) คุณสมบัติและการนำไปใช้งาน

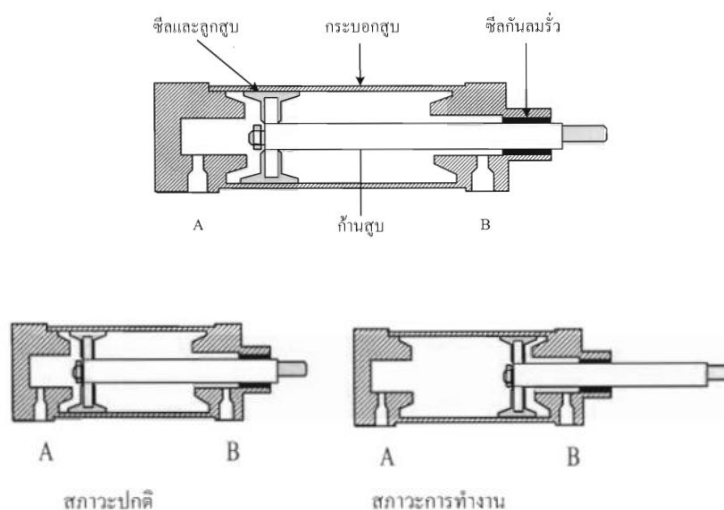
ขนาดของกระบอกสูบชนิดนี้ที่นิยมผลิตกันจะมีขนาดโตไม่เกิน 100 มม. ระยะชักไม่เกิน 100 มม. จะใช้กับงานที่ต้องการแรงกระทำที่ไม่มากนัก เนื่องจากแรงที่กระทำจะถูกต้านด้วยแรงของสปริง



รูปที่ 2-24 แสดงการทำงานของกระบอกสูบทางเดียวแบบต่างๆ

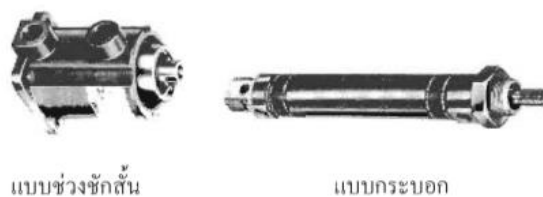
2.4.2.2 กระบอกสูบสองทางแบบไม่มีก้านกระแทก (Single acting Cylinder)

หลักการทำงานของกระบอกสูบสองทางแบบไม่มีก้านกระแทก เมื่อจ่ายแรงดันลมเข้าทาง A ลมจะระบายทิ้งทางด้านรู B ก้านสูบจะเลื่อนออกสุด เมื่อจ่ายแรงดันลมเข้าทาง B ลมจะระบายทิ้งทางด้านรู A ก้านสูบจะเลื่อนเข้าสุด

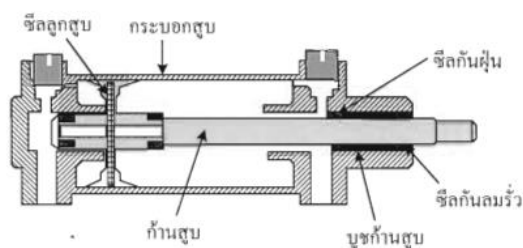


รูปที่ 2-25 แสดงการทำงานของกระบอกสูบสองทางแบบไม่มีก้านกระแทก

คุณสมบัติและการนำไปใช้งาน ขนาดของกระบอกสูบสองทางจะมีขนาดโตไม่เกิน 100 มม. และระยะชักยาวไม่เกิน 2 เมตร กระบอกสูบแบบนี้จะใช้กับงานที่ต้องการแรงกระทำมากหรืองานที่มีการทำงานในระยะไกลเนื่องจากแรงที่กระทำจะขึ้นอยู่กับขนาดแรงดันลม

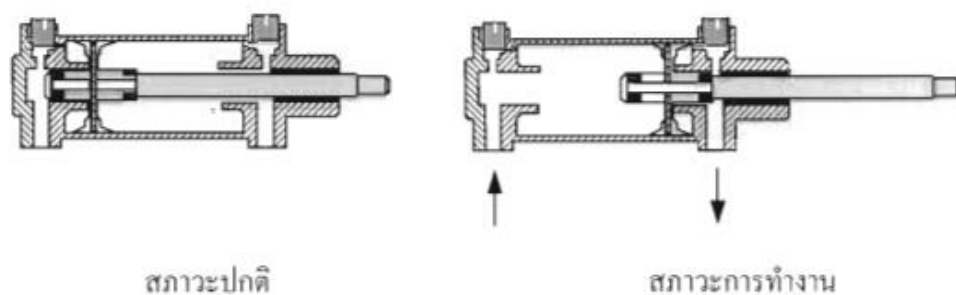


รูปที่ 2-26 กระบอกสูบสองทางแบบไม่มีก้านกระแทกแบบต่างๆ



รูปที่ 2-27 แสดงการโครงสร้างการทำงาน. กระบอกสูบสองทางแบบมีตัวกันกระแทก

หลักการทำงาน เมื่อจ่ายแรงดันลมเข้าทาง A หรือ B ระบายลมทั้งก้านสูบจะเลื่อนออกและมีเบาะกันกระแทกอาศัยลม ภายในก้านสูบซึ่งผ่านวาล์วปรับอัตราการไหลต้านการเคลื่อนที่ของลูกสูบ เพื่อป้องกันการกระแทก ระหว่างลูกสูบและฝาสูบด้านลูกสูบ เมื่อจ่ายแรงดันลมเข้าทาง B ลมจะระบายทั้งทางด้านรู A ก้านสูบ จะเลื่อนเข้าสู่สุดและมีชุดกันกระแทกทำงานเหมือนเดิม



รูปที่ 2-28 แสดงการการทำงานของกระบอกสูบสองทางแบบมีตัวกันกระแทก

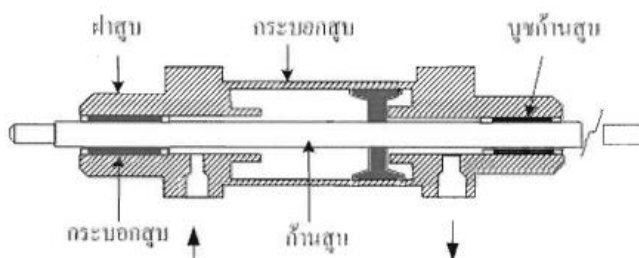
คุณสมบัติและการนำไปใช้งาน คุณสมบัติของกระบอกสูบสองทางแบบมีกันกระแทกจะมีระยะชักยาวไม่เกิน 2 เมตร ใช้กับงานที่ ต้องการใช้แรงขณะลูกสูบเคลื่อนที่ออกและเคลื่อนที่กลับ ได้ เช่น งานยกชิ้นงาน งานเลื่อนชิ้นงาน



รูปที่ 2-29 แสดงกระบอกสูบสองทางแบบมีตัวกันกระแทก

2.4.2.3 กระบอกสูบสองทางชนิดมีก้านสูบสองข้าง (Double end rod cylinder)

โครงสร้างและส่วนประกอบหลักการทำงาน เมื่อจ่ายแรงดันลมเข้าทางลมเข้าอีกทางระบายลมทั้งก้านสูบจะเลื่อนไปทางขวา และเมื่อจ่ายลมเข้า ทางด้านขวาก้านสูบจะเลื่อนไปทางซ้าย มีลักษณะการเลื่อนด้วยก้านสูบก้านเดียว มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากันตลอด มีแปรงรูดรับโครงสร้างทั้งสองข้าง



รูปที่ 2-30 แสดงส่วนประกอบของกระบอกสูบสองชนิดที่มีก้านสูบแบบสองข้าง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์

เนื้อหาในส่วนนี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมเป็นการยกตัวอย่างงานงานวิจัยที่กล่าวถึงนวัตกรรมที่ประยุกต์ใช้ระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic) ในการพัฒนาเครื่องจักร ตัวอย่างเช่น ชีรภัทร (2548) ได้ประยุกต์ใช้ระบบนิวแมติกส์ร่วมกับ Programmable Logic Controller ในการพัฒนาและสร้างหุ่นยนต์ไต่ผนังที่สามารถเคลื่อนที่ในแนวดิ่งได้ โดยสามารถควบคุมการเคลื่อนที่แบบไร้สาย ผู้วิจัยใช้กระบอกลูกสูบ 2 ทางทั้งหมด 5 ตัวเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ 4 ทิศทาง จากการทดสอบการใช้งานพบว่า หุ่นยนต์สามารถไต่ผนังความชันตั้งแต่ 0 ถึง 180 องศา ในพื้นผิวหลายๆ รูปแบบ (กระฉก ไม้ และโลหะ) สามารถเคลื่อนที่ได้เร็วในพื้นที่ที่เป็นกระฉก ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ 1 เมตรภายใน 8.89 นาที และรับน้ำหนักได้สูงสุดถึง 2.93 กิโลกรัม ในปีต่อมางานวิจัยของ รัตนชาติ (2549) ได้ประยุกต์ใช้ระบบนิวแมติกส์เพื่อพัฒนาเครื่องปั๊มสบู่สมุนไพร เพื่อแก้ปัญหาอุปกรณ์ปั๊มขึ้นรูปที่ใช้ในปัจจุบันในชุมชน ซึ่งมีปัญหาในด้านความปลอดภัยและอัตราการผลิตต่ำ และไม่สามารถทำนากำลังการผลิตได้ เนื่องจากจำนวนที่ได้จะขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้ปฏิบัติงานแต่ละคน ในงานวิจัยชิ้นนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ เครื่องอัดลมที่มีกำลังมอเตอร์ ½ แรงม้า ใช้กำลังไฟ 0.4 กิโลวัตต์ มีถังบรรจุมลได้สูงสุด 2.9 MPa ใช้วาล์วควบคุมทิศทางระยะไกล 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ลูกสูบเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร สั่งการทำงานโดยใช้แป้นเหยียบเพื่อควบคุมการขึ้นลงของกระบอกสูบ จากการทดลองพบว่า สามารถผลิตสบู่ได้ 70 ก้อนต่อชั่วโมง ในงานวิจัยของผดุงศักดิ์ (2549) ได้พัฒนาเครื่องบรรจุข้าวสารเชิงปริมาณ โดยใช้ระบบนิวแมติกส์ในการ

ควบคุม ร่วมกับการศึกษาการวิธีการผลิตข้าวสาร ใช้การวัดปริมาณเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องจากการทดสอบพบว่าสามารถบรรจุข้าวสารได้ 681 ถังต่อชั่วโมง และมีความคลาดเคลื่อนในการบรรจุเฉลี่ย 1.8 กรัมต่อถัง และมีการแตกหักอยู่ที่ร้อยละ 1.06 มีการใช้เทคโนโลยีนิวแมติกส์กับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของกฤตและคสุติ (2551) ได้ออกแบบเครื่องหยดจ่ายของเหลวขนาดเล็กจากระบบนิวแมติกส์ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ในการหยุดของเหลวในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กมากๆ เนื่องจากการนำเข้าเครื่องมือชนิดนี้จากต่างประเทศนั้นมีราคาที่สูงมาก จากการทดลองพบว่าสามารถผลิตเครื่องหยดจ่ายที่มีขนาดเล็กและสามารถควบคุมปริมาตรตามเวลาได้จริง โดยสามารถปรับรายละเอียดมากกว่าเครื่องในตลาดประมาณ 100 เท่า และสามารถหยดจ่ายของเหลวได้ทั้งแบบอัตโนมัติโดยมีความละเอียดอยู่ที่ 100 มิลลิวินาที และแบบใช้คนบังคับ ซึ่งนำมีความสัมพันธ์ระหว่างการเปิดปิดโซลินอยด์วาล์วควบคุมความดันอากาศกับปริมาณหยดจ่ายเป็นเชิงเส้น ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมปริมาณของหยดน้ำผ่านการปรับเปลี่ยนเวลาในการเปิดปิดโซลินอยด์วาล์ว นอกจากนี้ยังมีผู้นำระบบนิวแมติกส์ไปใช้ในการแปรรูปผลไม้ ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของบัณฑิต (2555) ได้ประยุกต์ใช้ระบบนิวแมติกส์กับการพัฒนาเครื่องปอกผลไม้ เพื่อยกระดับกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และเพื่อลดระยะเวลาการทำงาน ในการทดสอบผู้วิจัยเลือกใช้ มะละกอและแคนตาลูป ซึ่งสามารถปอกเปลือกได้ทั้งหมด เมื่อใช้ความเร็วชุดใบมีดเท่ากับ 0.52 และ 0.63 เมตรต่อวินาที ความเร็วรอบเพลาลูกหมุนเท่ากับ 200 และ 250 รอบต่อนาที โดยใช้เวลารวมประมาณ 19-22 วินาทีต่อการปอกเปลือกผลไม้ 1 ลูก ซึ่งถ้าปากเปรียบเทียบกับแรงงานคน พบว่าเครื่องสามารถปอกได้เร็วกว่า ประมาณ 2.44 เท่า

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

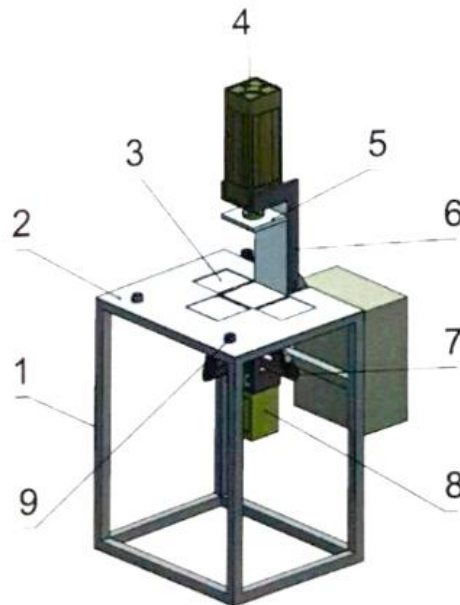
จากการได้ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีแล้วในเนื้อหาบทนี้ จะกล่าวถึงรายละเอียดของการออกแบบเครื่องอัดมะขามเปียก ลำดับขั้นตอนในการดำเนินการออกแบบเครื่องต้นแบบอัดมะขามเปียก มีขั้นตอนหลักๆ คือ การออกแบบและการสร้าง ต้องคำนึงถึงปลอดภัยและความสะดวกในการใช้งาน

3.1 ระยะที่ 1 การออกแบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกต้นแบบ

3.1.1 การออกแบบเครื่องจักร

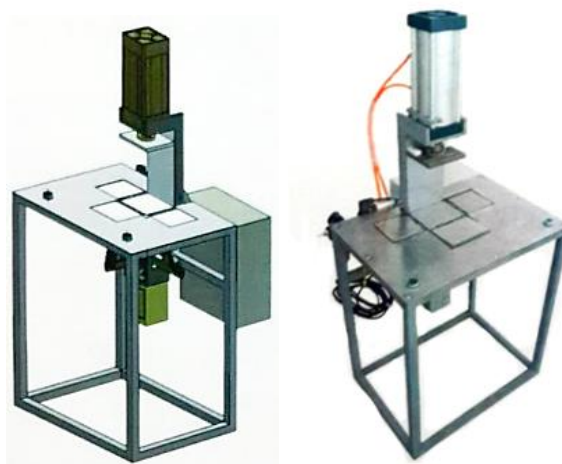
3.1.1.1 การออกแบบการทำงานของเครื่อง ทำงานโดยเอามะขามที่แกะแต่เปลือกปริมาณ 1 กิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติกแล้วใส่ลมออกจากถุง จากนั้นก็นำก้อนมะขามที่ใส่ถุงพลาสติกแล้วนำมาวาง ในส่วนของบล็อกอัดขึ้นรูปมะขาม จากนั้นกลไกการอัดก็ทำหน้าที่อัดขึ้นรูปมะขาม จนเป็นรูปร่าง สีเหลืองที่กำหนด

3.1.1.2 การออกแบบส่วนประกอบหลัก ของเครื่องอัดมะขามเปียก ส่วนประกอบหลักมีอยู่ 9 ส่วน ประกอบด้วย



รูปที่ 3-1 ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกต้นแบบ

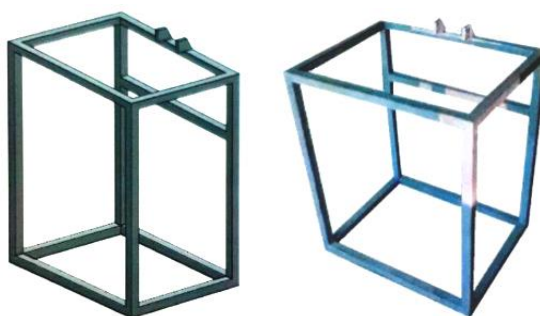
หมายเลข 1. โครงสร้างหลัก หมายเลข 2. ฝาปิดด้านบนโครงเครื่อง หมายเลข 3. ชุดแผ่นเพลทอัดส่วนล่าง หมายเลข 4 ครอบกลมส่วนบน หมายเลข 5 แผ่นเพลทอัดส่วนบน หมายเลข 6. โครงยึดอุปกรณ์การอัด หมายเลข 7. ชุดกลไกกดแผ่นเพลท หมายเลข 8 ครอบกลมส่วนล่าง หมายเลข 9 ส่วนควบคุมการอัด



รูปที่ 3-2 เครื่องอัดก้อนมะขามเปียวต้นแบบ

3.2 ระยะที่ 2 การสร้างเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียก

3.2.1 โครงสร้างหลัก ทำหน้าที่ยึดส่วนประกอบต่าง ๆ โดยใช้เหล็กกล่อง ขนาด 2x2 นิ้ว มีความกว้าง 450 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร สูง 70 มิลลิเมตร ดังในรูปที่ 3-2



รูปที่ 3-3 โครงสร้างหลักของเครื่องจักร

3.2.2 โครงยึดอุปกรณ์การอัด ใช้เหล็กเพลทหนา 12 มิลลิเมตร มีความกว้าง 140 มิลลิเมตร ยาว 160 มิลลิเมตร สูง 582 มิลลิเมตร ดังในรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-4 โครงยึดอุปกรณ์การอัด

3.2.3 แผ่นเพลทอัดส่วนบน ใช้เหล็กเพลทหนา 12 มิลลิเมตร มีรูขนาด 7 มิลลิเมตร จำนวน 1 รู มีความกว้างของแผ่น 140 มิลลิเมตร ยาว 119 มิลลิเมตร ดังในรูปที่ 3-4



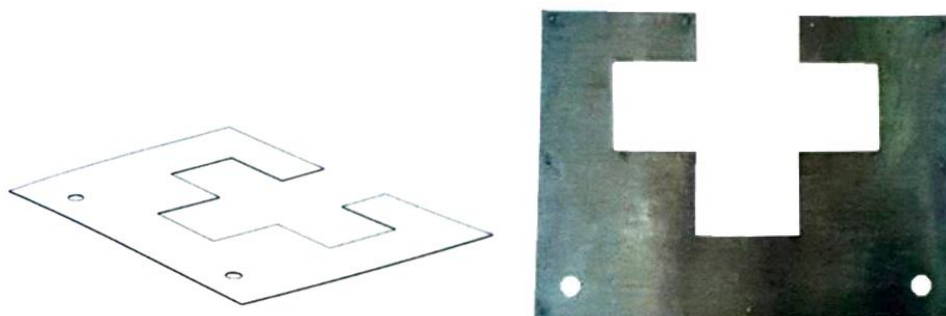
รูปที่ 3-5 แผ่นเพลทอัดส่วนบน

3.2.4 ชุดแผ่นเพลทอัดส่วนล่าง ใช้เหล็กเพลทหนา 12 มิลลิเมตร กว้าง 110 มิลลิเมตร ยาว 120 มิลลิเมตร ส่วนแผ่นเพลทด้านหน้ากว้าง 140 มิลลิเมตร ยาว 110 มิลลิเมตร ดังในภาพที่ 3-5



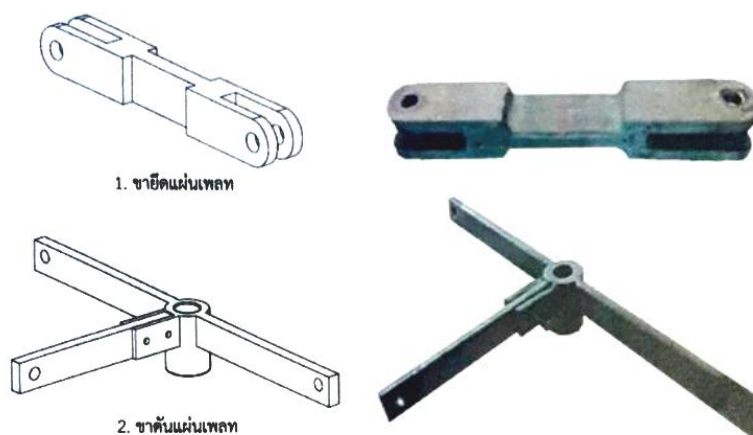
รูปที่ 3-6 แผ่นเพลทอัดส่วนล่าง

3.2.5 แผ่นปิดด้านบนโครงเครื่อง ใช้แผ่นสแตนเลส SUS304 หนา 1 มิลลิเมตร มีความกว้าง 20 มิลลิเมตร ความยาว 450 มิลลิเมตร ดังในภาพที่ 3-6



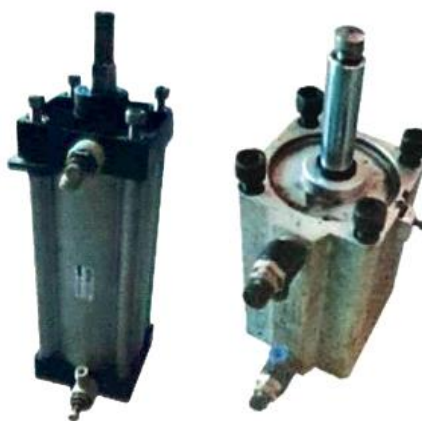
รูปที่ 3-7 แผ่นเพลทอัดส่วนบน

3.2.6 ชุดกลไกในแผ่นเพลท มีอยู่ 2 ส่วนคือ 1. ข่ายึดแผ่นเพลทใช้เหล็กเพลทหนา 10 มิลลิเมตร กว้าง 25 มิลลิเมตร ยาว 183 มิลลิเมตร 2. ขาดันแผ่นเพลทใช้เหล็กหนา 10 มิลลิเมตร กว้าง 25 มิลลิเมตร ยาว 364 มิลลิเมตร ขาด้านหน้ายาว 155 มิลลิเมตร ดังในรูปที่ 3-7



รูปที่ 3-8 ชุดกลไกในแผ่นเพลท

3.2.7 กระบอกลมนิวเมติกส์ กระบอกลมที่ใช้มี 2 กระบอก คือ กระบอกลมส่วนบนมีก้านสูบขนาด 80 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตร ใช้แรงดันอากาศ 1-7 บาร์ (bar) และกระบอกลมส่วนล่างขนาด 20 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร ใช้แรงดันอากาศ 1-7 บาร์ (bar) ดังในภาพที่

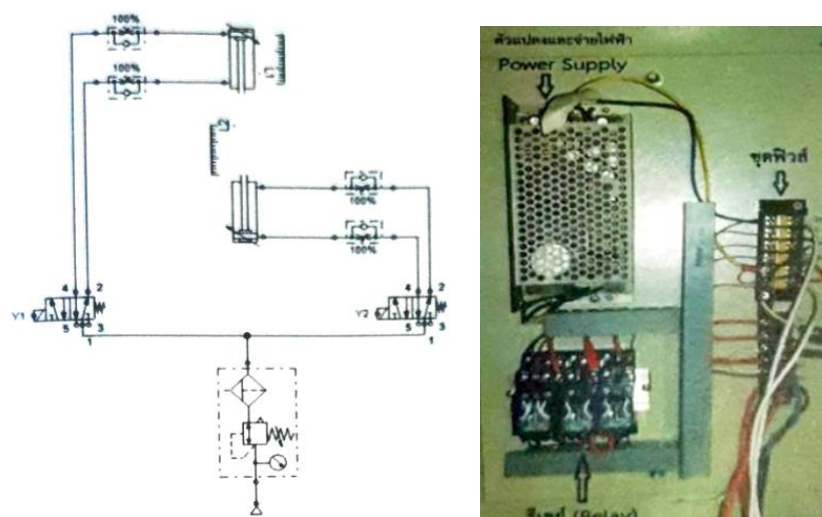


รูปที่ 3-9 ชุดกระบอกลมนิวเมติกส์

3.2.8 ส่วนควบคุม ทำหน้าที่เป็นชุดวงจรควบคุมระบบไฟฟ้าและระบบนิวเมติกส์ในการทำงาน องอัดมะขามเปียกกึ่งอัตโนมัติ ประกอบด้วย

- 1) สวิตช์(เปิด/ปิด)ระบบไฟฟ้า 24 โวลต์ (V) 1 ตัว

- 2) หลอดไฟสีแดง 1 หลอดสวิตช์ควบคุมการทำงาน 24 โวลต์ M 2 ตัว
- 3) ตัวแปลงและจ่ายไฟฟ้า (Power Supply) 220 VDC ADPT 24 โวลต์ (V) 1 ตัว
- 4) รีเลย์ (Relay) 3 ตัว - ชูตฟิวส์จำนวน 2 ชุด
- 5) เซ็นเซอร์สวิตช์แบบตรวจจับแม่เหล็ก (Sensor) 24 โวลต์ M 2 ตัว
- 6) โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) 24 โวลต์ (V) 2 ตัว
- 7) เกจวัดปรับแรงดันและกรองอากาศที่สามารถควบคุมแรงดันได้ 1-10 บาร์ (bar) 1 ตัว



รูปที่ 3-10 ระบบการของส่วนควบคุม

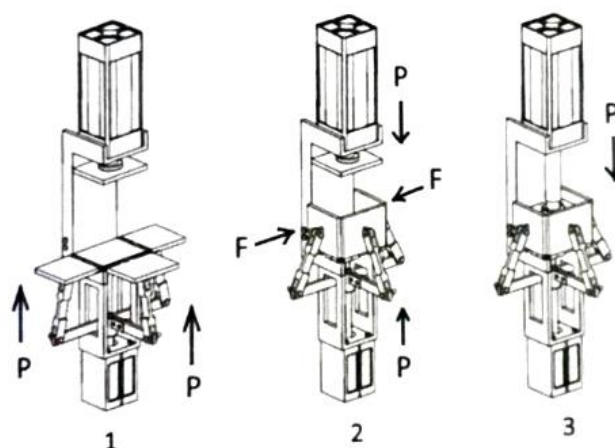
3.2.9 หลักการทำงานของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก

การทำงานของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกนั้น จะต้องอาศัยพลังงานสองอย่าง คือ ตกไฟฟ้าและอากาศ โดยผ่านการใช้งานของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างจนทำให้เครื่อง ทำงานได้ ด้วยการใช้อากาศจากเครื่องอัดอากาศ (Compressor) ที่เป็นเครื่องส่งอากาศมา ส่งลมมายังเกจวัดปรับแรงดันและกรองอากาศ จะทำหน้าที่ควบคุมแรงดันและกรองอากาศ แยกไปยัง โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) ทั้งสองตัว ซึ่งทำหน้าที่ส่งแรงดันอากาศไปยังกระบอกลมทั้งสองส่วนของเครื่องด้วยการควบคุมของระบบไฟฟ้าผ่านสวิตช์ควบคุมการทำงานของ เครื่องจนทำให้กระบอกลมทั้งสองส่วนทำงานโดย

3.2.9.1 ขั้นตอนที่ 1 กระบอกลมส่วนล่างจะดันชุดกลไกดันแผ่นเพลทกับชุดแผ่นเพลทตัดส่วนล่างขึ้นมาประกบกันเป็นลักษณะบล็อกอัด

3.2.9.2 ขั้นตอนที่ 2 กระจกกลมส่วนบนจะดันแผ่นเพลทอัดส่วนบนลงมาอัดด้านบนของก้อนมะขามเปรี้ยวจนถึงระยะที่ตั้งไว้

3.2.9.3 ขั้นตอนที่ 3 หลังจากที่กระจกกลมส่วนบนจะดันแผ่นเพลทอัดส่วนบนลงมาถึงระยะที่ตั้งไว้ กระจกกลมทั้งสองจะชักกลับและกลไกลกับแผ่นเพลทอัดจะเคลื่อนที่กลับที่เดิม ดังใน ภาพที่ 3.21



รูปที่ 3-11 ระบบการของกลไกการอัดก้อนมะขามเปรี้ยว

3.3 ระยะที่ 3 เพื่อทดสอบสมรรถนะเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียก

เมื่อสร้างเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะต้องทดสอบหาสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องอัดมะขามเปียก ซึ่งแยกออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้

3.3.1 การทดสอบเพื่อหาแรงอัดที่เหมาะสมของเครื่องอัดมะขามเปียก

การทดสอบเพื่อหาแรงอัดที่เหมาะสมของเครื่องอัดมะขามเปียก เป็นการทดสอบด้านเทคนิคที่มีความเกี่ยวข้องกับเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก ทำการทดสอบโดยคณะผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาแรงอัดที่เหมาะสมของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก ในการทดสอบแต่ละครั้งต้องใช้เครื่องมือดังนี้ 1 นาฬิกาจับเวลา 2. เครื่องชั่งน้ำหนัก 3. ถุงพลาสติกบรรจุมะขาม 4. เนื้อมะขามพันธุ์เปรี้ยวยักษ์ที่ แกะเปลือกไม่แกะรมะขามออก จำนวน 12 กิโลกรัม ค่าที่วัดได้จะบันทึกลงในตารางที่ออกแบบไว้ ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ตารางการทดสอบเพื่อหาแรงอัดที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียก

การอัดขึ้นรูปมะขาม ปริมาณ 1 กิโลกรัม / ครั้ง				
แรงดันอากาศ บาร์ (bar)	ครั้งที่	เวลา (วินาที)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	ผลของการอัด
2-4 บาร์ (Bar)	1			
	2			
	3			

3.3.2 การผลทดสอบเพื่อหาเวลาและขนาดของก้อนมะขามในการผลิต

การผลทดสอบเพื่อหาเวลาและขนาดของก้อนมะขามในการผลิต เป็นการทดสอบด้านเทคนิคที่มีความเกี่ยวข้องกับเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก ทำการทดสอบโดยคณะผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเวลาและขนาดของก้อนมะขามในการผลิตของแรงงานคนกับเครื่อง ให้ได้ข้อมูลนำมาเปรียบเทียบกันให้เห็นความต่างในการผลิต ในการทดสอบแต่ละครั้งต้องใช้เครื่องมือดังนี้ 1.นาฬิกาจับเวลา 2 เครื่องชั่งน้ำหนัก 3.ถุงพลาสติกบรรจุมะขาม 4.ไม้บรรทัด 5.เนื้อมะขามพันธุ์เปรี้ยวยักษ์ ร็อกไม้แกะรมมะขามออกจำนวน 10 กิโลกรัม เป็นต้น ค่าที่วัดได้จะบันทึกลงในตารางที่ออกแบบไว้ ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ตารางการทดสอบเพื่อหาเวลาและขนาดก้อนมะขามในการผลิตของแรงงานคน

อัดขึ้นรูปมะขาม ปริมาณ 1 กิโลกรัม/ครั้ง ด้วยแรงงานคน				
ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป (วินาที)	ขนาดของก้อนมะขาม (เซนติเมตร)		
1		กว้าง	ยาว	สูง
2				
3				

N				
เฉลี่ย				

ตารางที่ 3-3 ตารางการทดสอบเพื่อหาเวลาและขนาดก้อนมะขามในการผลิตของเครื่องต้นแบบ

อัดขึ้นรูปมะขาม ปริมาณ 1 กิโลกรัม/ครั้ง ด้วยเครื่องจักร				
ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป (วินาที)	ขนาดของก้อนมะขาม (เซนติเมตร)		
1		กว้าง	ยาว	สูง
2				
3				

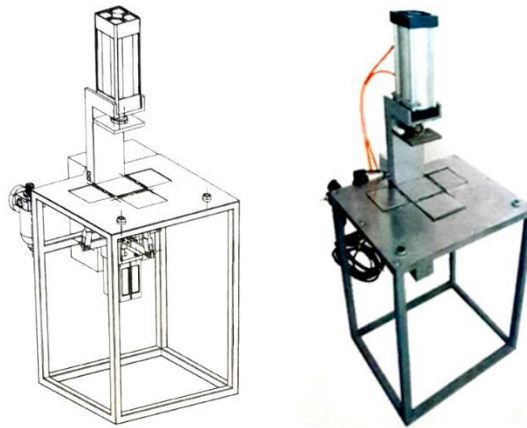
N				
เฉลี่ย				

บทที่ 4

ผลการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองทั้งหมดทั้ง 3 ระยะ ประกอบด้วย ผลลัพธ์การออกแบบเครื่องจักรต้นแบบ การทดสอบเพื่อหาแรงอัดที่เหมาะสมของเครื่องอัดมะขามเปียก การทดสอบเพื่อหาเวลาและขนาดก้อนมะขามในการผลิตของแรงงานคน และเครื่องต้นแบบ ซึ่งสามารถแสดงผลลัพธ์และการอภิปรายผลลัพธ์จากการทดลองได้ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบ



รูปที่ 4-1 ผลสำเร็จในการผลิตเครื่องจักรต้นแบบ

การออกแบบและพัฒนาสามารถทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ เครื่องจักรสามารถขึ้นรูปมะขามเปียกอัดก้อนได้ตามที่คาดการณ์ไว้ ทั้งระบบนิวแมติกและระบบการควบคุมมีความสมบูรณ์ ดังนั้นในขั้นตอนต่อไปจะเป็นระยะของการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักร

4.2 การทดสอบสมรรถนะเครื่องมะขามเปียกอัดก้อน

4.2.1 การทดลองในการอัดขึ้นรูป

โดยผลการในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องจักรจะแบ่งออกเป็นการทดสอบ 2 รูปแบบ ได้แก่ การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างการทำงานแบบเดิมและการใช้เครื่องจักร โดยวิธีการทดสอบคือการนำมะขามที่แกะเปลือกแล้วนำมาบรรจุใส่ถุงพลาสติก

ก่อนจากนั้นทำไปบางไว้บนตำแหน่งชุดแผ่นเพลตอัดขึ้นรูป เครื่องจะอัดขึ้นรูปมะขามให้ได้ขนาดตามที่ต้องการจากนั้นนำมะขามที่อัดขึ้นรูปแล้วตรวจสอบคุณสมบัติและลักษณะ ทำซ้ำ 3 ครั้งแล้วบันทึกผลลัพธ์ ลักษณะ และเวลาของแต่ละการทดลองที่แรงดันอากาศที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

ตารางที่ 4.1 ตารางผลทดสอบเพื่อหาแรงอัดที่เหมาะสมของเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวต้นแบบ

การอัดขึ้นรูปมะขาม ปริมาณ 1 กิโลกรัม / ครั้ง				
แรงดันอากาศ บาร์ (bar)	ครั้งที่	เวลา (วินาที)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	ผลของการอัด
2 บาร์	1	10.98	10.40	ก้อนมะขามมีลักษณะเป็น ก้อนแต่เนื้อมะขามยังไม่ แน่นมากนัก
	2	9.97		
	3	10.27		
4 บาร์	1	8.97	8.64	เช่นเดียวกับแรงลม 2 บาร์ แต่เนื้อมะขามเปียกมี ลักษณะแน่นมากขึ้น
	2	7.69		
	3	9.27		
6 บาร์	1	8.33	7.77	เนื้อมะขามลักษณะแน่นเป็น ก้อนชัดเจน และได้ขนาด ตามที่ต้องการ
	2	7.39		
	3	7.59		
7 บาร์	1	7.66	7.40	เนื้อมะขามลักษณะแน่นเป็น ก้อนชัดเจน แต่ดูที่บรรจุฉี ขาด
	2	6.75		
	3	7.81		

สรุปผลการทดสอบจากการทดสอบเพื่อหาแรงอัดที่เหมาะสมของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกพบว่า แรง ที่เหมาะสมกับการอัดก้อนมะขามเปียกนั้นคือ แรงดันอากาศปริมาณ 6 บาร์ (bar) เพราะ เป็นแรงดัน อากาศที่ใช้ในการทำงาน ในการอัดมะขามเปียก ซึ่งมีปัญหาของถุงบรรจุแตกน้อยที่สุด และได้ลักษณะ ของรูปทรงก้อนมะขามเป็นสี่เหลี่ยม ขนาด 12 x 14 x 4 เซนติเมตร ตามขนาดของบล็อกอัด เมื่อได้ เปรียบเทียบกับแรงดันอากาศในปริมาณต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบ เพื่อหาแรงอัดที่เหมาะสม ผลสรุป ว่า แรงดันอากาศปริมาณ 6 บาร์ (bar) เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องอัดมะขามเปียกที่สุด

4.2.2 ผลทดสอบเพื่อหาเวลาและขนาดของก้อนมะขามในการผลิต

ผลทดสอบด้านเทคนิคที่มีความเกี่ยวข้องกับเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียก ทำการทดสอบโดยคณะผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาเวลาและขนาดของก้อนมะขามในการผลิตของแรงงานคนกับเครื่อง ให้ได้ข้อมูลนำมาเปรียบเทียบกันให้เห็นความต่างในการผลิต ดังตารางที่ 4-2

ตาราง 4.2 ตารางผลลัพธ์การทดสอบเพื่อหาเวลาและขนาดก้อนมะขามในการผลิตของแรงงานคน

อัดขึ้นรูปมะขาม ปริมาณ 1 กิโลกรัม/ครั้ง		
ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป	
	แรงงาน	เครื่องจักร
1	56.20	8.33
2	53.91	7.39
3	58.21	7.59
4	51.57	7.64
5	59.17	7.45
6	52.68	7.59
7	51.36	8.74
8	54.72	7.13
9	57.38	8.44
10	53.42	7.60
เฉลี่ย	55.00	7.79

สรุปผลการทดสอบ จากการทดสอบเพื่อหาเวลาในการผลิตของเครื่องอัดมะขามเปียก พบว่า เวลาในการผลิตของแรงงานคน มีเวลาเฉลี่ยในการผลิต อยู่ที่ 55 วินาที/ครั้ง และลักษณะของรูปทรงก้อน มะขามมีรูปทรงไม่สมมาตรจึงไม่สามารถวัดขนาดได้ ดังภาพใน ส่วนเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียก มีเวลาเฉลี่ยในการผลิต อยู่ที่ 7.79 วินาที/ครั้ง และลักษณะของรูปทรงก้อนมะขามเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 12 x 14 x 4 เซนติเมตร เป็นไปตามขนาดของบล็อกอัดที่ได้กำหนดไว้ ผลจากการเปรียบเทียบระหว่างการอัดขึ้นรูปด้วยแรงงานคนกับเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียก พบว่า

เครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียกมีการทำงานดีกว่าการใช้แรงงานคน ด้วยเวลาในการผลิตที่ดีกว่า ถึง 7 เท่า และลักษณะของรูปทรงก้อนมะขามที่ดีกว่าการอัดขึ้นรูปด้วยแรงงานคน

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การสร้างเครื่องต้นแบบอัดมะขามเปียก เพื่อหาขีดความสามารถสูงสุดและข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียก พร้อมทำการแก้ไขจุดบกพร่องและอุปสรรคต่างๆ ระหว่าง การศึกษาวิจัย รวมถึงข้อเสนอนแนะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียก ซึ่งสรุปผล การทดสอบดังนี้

ในกระบวนการอัดขึ้นรูปก้อนมะขามเปียก 1 กิโลกรัมต่อครั้ง ของแรงงานคนใช้เวลาเฉลี่ย 55 วินาทีต่อครั้ง และลักษณะของรูปทรงก้อนมะขามมีรูปทรงไม่สมมาตรจึงไม่สามารถวัดขนาดได้ ส่วน การอัดขึ้นรูปก้อนมะขามเปียกของเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียก ทำงานโดยใช้แรงดันอากาศใน การอัดขึ้นรูปก้อนมะขาม ปริมาณ 6 บาร์ ใช้เวลาในการอัดขึ้นรูปเป็นเวลาเฉลี่ย 7.79 วินาทีต่อครั้ง และลักษณะของก้อนมะขามเปียกที่ผ่านการอัดแล้ว จะเป็นรูปก้อนสี่เหลี่ยม ขนาด $12 \times 14 \times 4$ เซนติเมตร ส่วนผลจากการเปรียบเทียบระหว่างการอัดขึ้นรูปด้วยแรงงานคนกับเครื่องต้นแบบอัดก้อน มะขามเปียก พบว่าเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียกมีการทำงานดีกว่าการใช้แรงงานคน ด้วยเวลา ในการผลิตที่ดีกว่า ถึง 7 เท่า และลักษณะของรูปทรงก้อนมะขามที่ดีกว่าการอัดขึ้นรูปด้วยแรงงานคน

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

5.2.1 ก้อนมะขามที่อัดขึ้นรูปแต่ละก้อนไม่เท่ากัน 2. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือมีราคาสูง

5.2.2 แหล่ง ซื้อ-ขาย อุปกรณ์ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือหายาก จึงต้องใช้เวลาในการ หาแหล่งซื้อ-ขาย อุปกรณ์เป็นเวลานาน

5.3 แนวทางการแก้ปัญหา

5.3.1 ดัดอุปกรณ์ที่ช่วยในการตั้งระยะการกดอัดขึ้นรูปก้อนมะขาม เพื่อให้ก้อนมะขามมีขนาดเท่ากันทุกก้อน คือเซ็นเซอร์ตรวจจับแม่เหล็ก ระยะการกดอัดของตัวเซ็นเซอร์ตรวจจับแม่เหล็กจะมี 2 ระยะดังนี้

5.3.1.1 ระยะการกดอัดขึ้นรูปก้อนมะขาม ปริมาณ 1 กิโลกรัม ก้อนมะขามที่ ถูกอัดขึ้นรูปมีขนาด $12 \times 14 \times 4$ เซนติเมตร (ปรับปรุงขนาดให้เหมาะกับเนื้อมะขามปริมาณ 1 กิโลกรัม)

5.3.1.2 ระยะการกดอัดขึ้นรูปก้อนมะขาม ปริมาณ 2 กิโลกรัม ก้อนมะขามที่ ถูกอัดขึ้นรูปมีขนาด $12 \times 14 \times 8$ เซนติเมตร (เป็นค่าที่สามารถกดอัดขึ้นรูปก้อนมะขามได้ปริมาณ 2 กิโลกรัม)

5.3.2 หาววัสดุและอุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการสร้างเครื่องมือได้และราคาไม่แพง

5.3.3 สอบถามหาแหล่ง ซื่อ-ขาย อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือ จากผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ

5.4 แนวทางในการพัฒนา

เนื่องจากเครื่องต้นแบบอัดมะขามเปียก มีบางส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้มีประสิทธิภาพ ในการทำงานที่เพิ่มขึ้น โดยคณะผู้ศึกษาจึงได้เสนอแนวทางไว้ดังนี้

5.4.1 ควรออกแบบบล็อกอัดก้อนมะขามให้ประกบกันให้แน่นในระหว่างการอัดขึ้นรูป เพื่อป้องกันบล็อกอัดประกบกับไม่สนิท

5.4.2 ควรออกแบบบล็อกอัดให้สามารถเปลี่ยนขนาดได้ เพื่อจะได้สามารถอัดก้อนมะขามได้หลากหลายขนาดมากขึ้น

5.4.3 ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์เก็บเสียงในส่วนของการระบายลมอัด เพื่อป้องกันเสียงรบกวนระหว่างการทำงานของผู้ใช้งาน

5.4.4 ควรออกแบบให้เครื่องสามารถประยุกต์ใช้กับงานอย่างอื่นๆ เพื่อเพิ่มความสามารถให้แก่เครื่องได้มีประโยชน์มากยิ่งขึ้น

ในอนาคตข้างหน้าทางคณะผู้วิจัยหวังว่า คงมีการพัฒนาประสิทธิภาพในการใช้งานมากยิ่งขึ้น และสามารถพัฒนาเครื่องต้นแบบอัดมะขามเปียกให้มีประสิทธิภาพการทำงานมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, “การออกแบบเครื่องจักรกล 1”, ครั้งที่ 3 ,พศ. 2536, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กทม.
วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, “การออกแบบเครื่องจักรกล 2”, ครั้งที่ 2 , พศ. 2535, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
กทม.

ปารามาศ ชุตินา.การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2545

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ เหลืองไพบูลย์ พงศ์ชนัน. การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง.
กรุงเทพฯ: ท็อป,2551

ชาญ ถนัดงาน. (2541). การออกแบบเครื่องจักรกล. กรุงเทพมหานคร. ซีเอ็นยูเคชั่น.

ปารามาศ ชุตินา.การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2545

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ เหลืองไพบูลย์ พงศ์ชนัน. การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง.
กรุงเทพฯ: ท็อป,2551

พิทยพันธ์ สิทธิรักษ์.มาตรฐานการออกแบบเรขศิลป์ บนบรรจุภัณฑ์สำหรับสมุนไพรไทย. วิทยานิพนธ์
ศิลปกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานฤมิตรศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย,2547

ธิดิยา ทองเกิน.การศึกษาการตลาดมะขามเปรี้ยวในการพัฒนาสู่กลยุทธ์ผลิตภัณฑ์มะขามเปรี้ยว
สำเร็จรูป.วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทั่วไป วิทยาลัย
บัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,2548

สิทธิชัย เชนทร.การศึกษาสมรรถนะตู้อบแห้งชนิดการพาความร้อนแบบบังคับโดยใช้พลังงาน
แสงอาทิตย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์
เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,2549

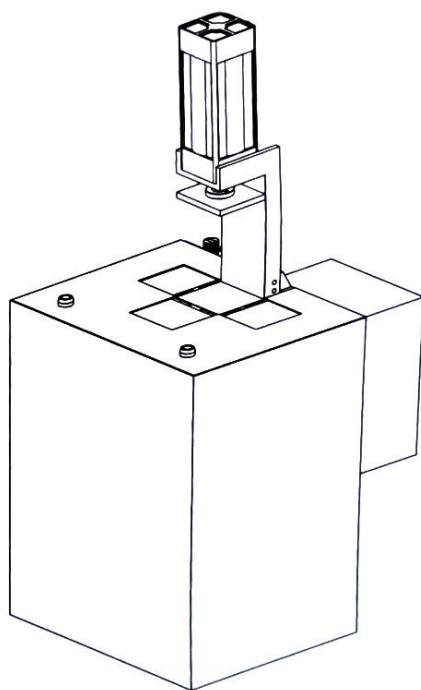
นิติพงษ์ ใจสิน. การคัดแยกฝักมะขามหวานด้วยวิธีการแปรรูปภาพ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ,
2549

- ขวัญเรือน เมฆหมอก. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์มะนาวแปรรูปของกลุ่มสตรีสหกรณ์เครดิตยูเนียนท่าขาม
สามัคคีจำกัด อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี. การศึกษาด้วยตนเอง ,ศิลปศาสตรบัณฑิต
มหาบัณฑิตสาขาการออกแบบบรรจุภัณฑ์ คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร,2549
- ถาวร ราชรองเมือง.การอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ.
วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,2549
- นางสาวปริชาต สบาย และนางสาวสุนาร ราชศรี. การลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำตาลปี๊บและมะขามเปียก.
รายงานฉบับสมบูรณ์,งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
นครราชสีมา, 2549
- วรวิทย์ วรนาวิน. เครื่องกวนน้ำมะขามเปียก. รายงานฉบับสมบูรณ์การวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากทุน
วิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลพระนคร.กรุงเทพฯ, 2550
- ขุนแผน ตุ่มทองคำ. การออกแบบบรรจุภัณฑ์ใยก้างข้าวเปลือก. รายงานฉบับสมบูรณ์,งานวิจัยได้รับทุน
สนับสนุนจากทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.เพชรบูรณ์, 2551
- อิศรพงษ์ พงษ์ศิริ .อายุการเก็บรักษาของใบมะกรูดที่อบแห้งโดยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อน
แบบถาดและตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,2553
- ณัฐพล ชัยพิทักษ์นันท์. การตรวจสอบฝักมะขามหวานเสียโดยวิธีการประมวลภาพ. รายงานการวิจัยที่
รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะ
เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์, 2555
- ดุษฎี ชัยสุข.การพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่อง ความร้อนของ
ไหล และพลังงานยังยืน.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์
ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี,2555
- สุพล แนวตัน.การศึกษาสมรรถนะตู้อบแห้งชนิดการพาความร้อนแบบบังคับโดยใช้พลังงาน
แสงอาทิตย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี,2555
- ประเสริฐ สิงห์คำ และคณะ.เครื่องปั่นเนื้อมะขามแก้ว. สารนิพนธ์ปริญญาเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชา
เทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์,2556

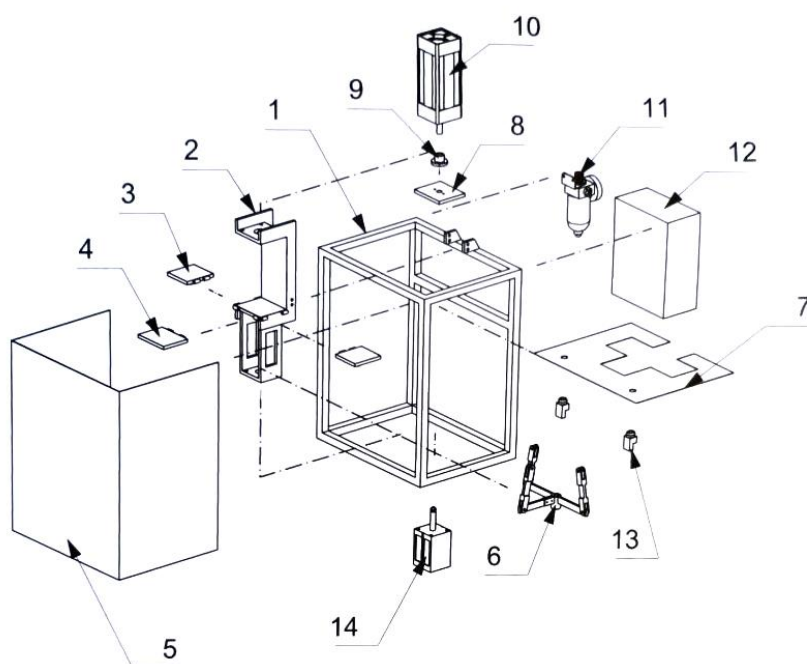
- ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์. การศึกษาสมรรถนะของชุดถอดรอกมะขาม : กรณีศึกษามะขามหวานพันธุ์ประกายทอง. รายงานการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์, 2556
- ลัดดา โสภณรัตน์. อิทธิพลของการออกแบบบรรจุภัณฑ์ต่อกระบวนการตัดสินใจของผู้บริโภค. วิทยานิพนธ์นิเทศศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการโฆษณา คณะนิเทศศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2556
- นิทัศน์ วัฒนธรรม. การศึกษาสมรรถนะตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบท้อความร้อนจากกระป๋องเครื่องดื่มใช้แล้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2556
- กาญจนา คุ่มม่วง. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำมะขามเปรี้ยวเข้มข้นสำเร็จรูปของผู้บริโภคในเขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. กรุงเทพมหานคร, 2557
- วิทยา หนูช่างสิงห์ และ ธนภัทร มะณีแสง, “การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกะเทาะเปลือกมะขาม,” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม สมุทรปราการ ประเทศไทย, 30-31 ตุลาคม, 2557
- สถาบันมะขามหวาน [online] แหล่งเข้าถึง : <http://agritech.pcru.ac.th/new/page/tamarineinst.html> , คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ [26 ตุลาคม 2557.]

ภาคผนวก

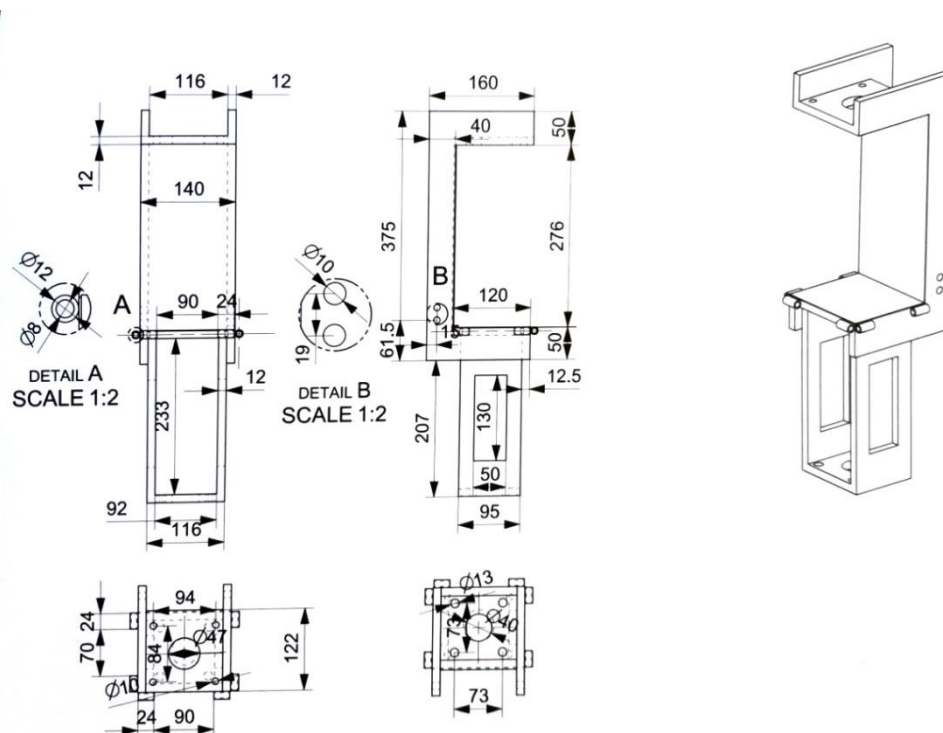
ภาคผนวก ก
ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องจักร



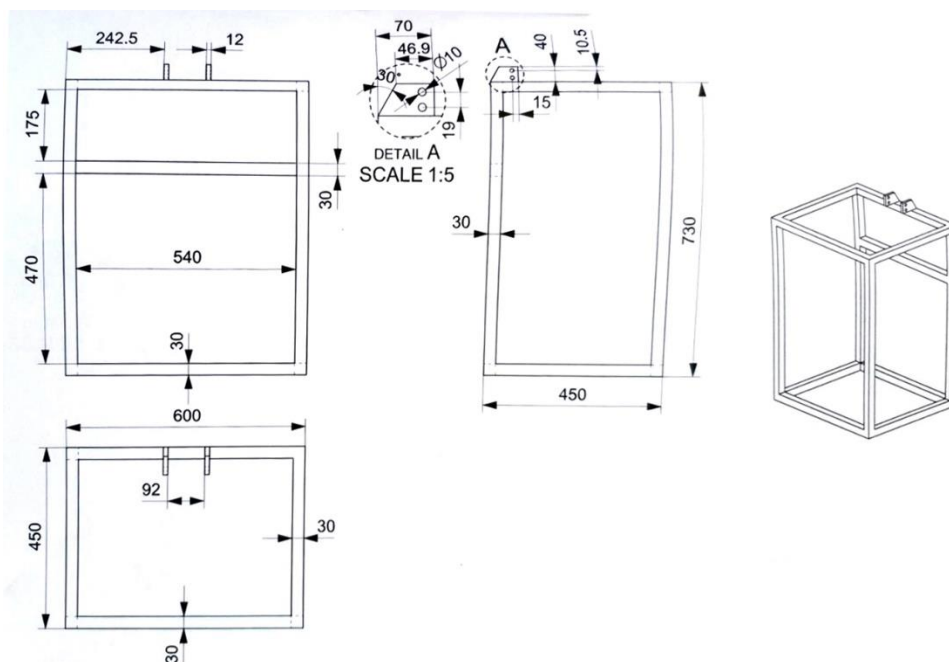
ภาพร่างแบบเครื่องสมบูรณ์



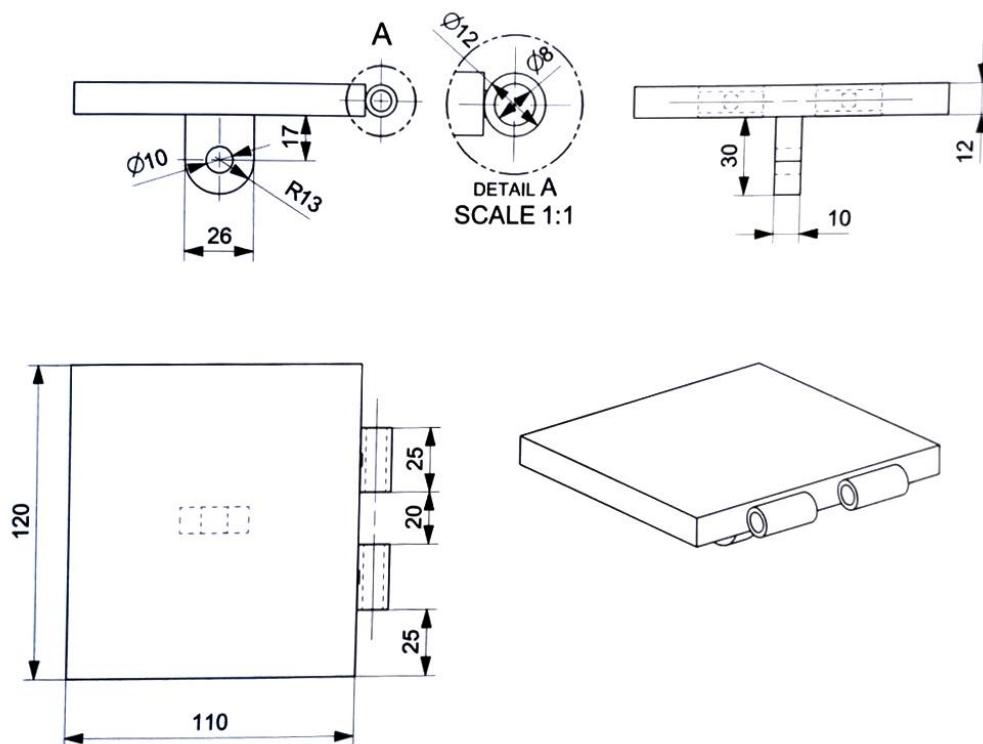
ภาพร่างแบบเครื่องสมบูรณ์แบบแยกส่วนประกอบ



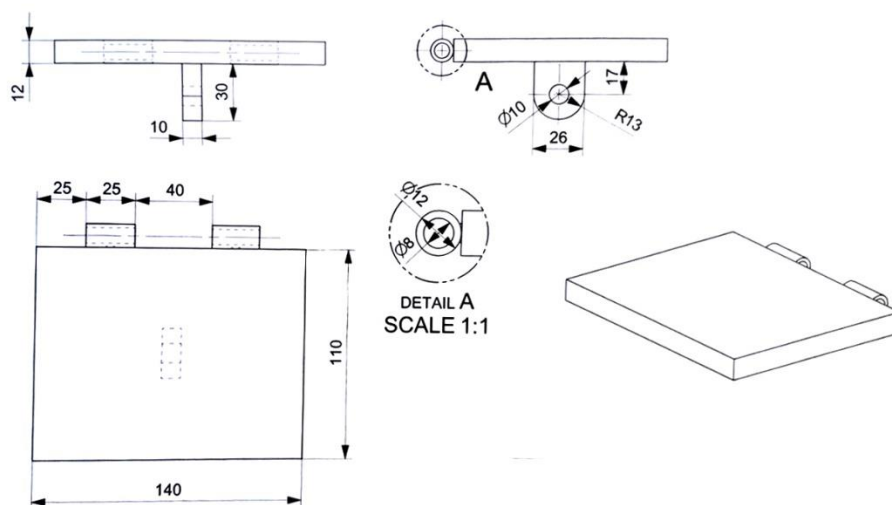
ภาพร่างแบบโครงยึดอุปกรณ์การอัด



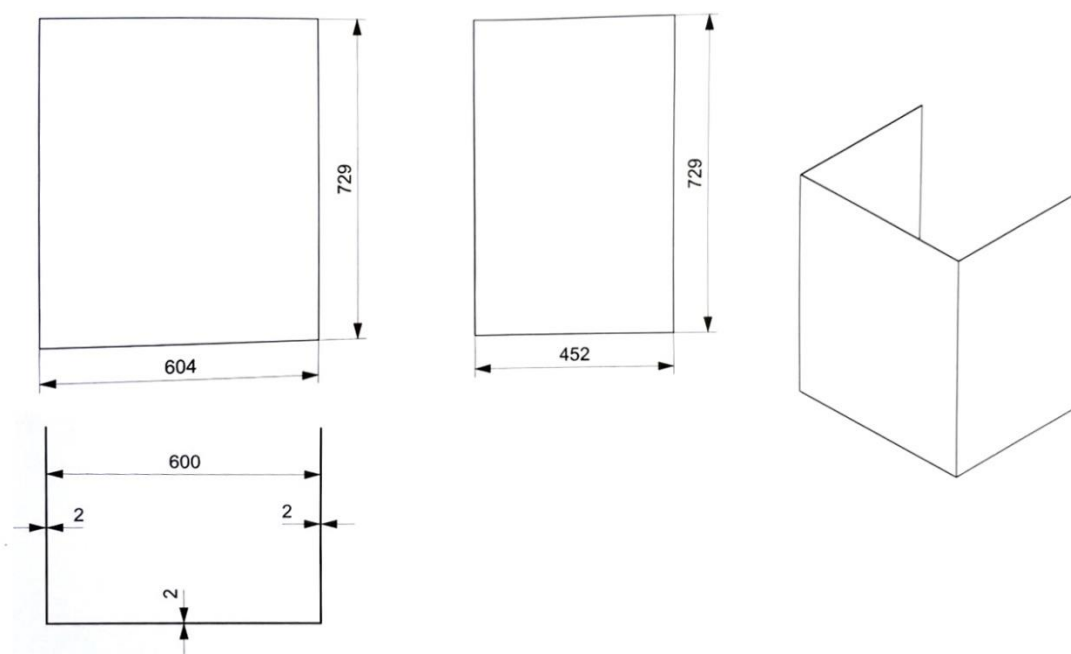
ภาพร่างแบบโครงสร้างยึดอุปกรณ์เครื่องจักร



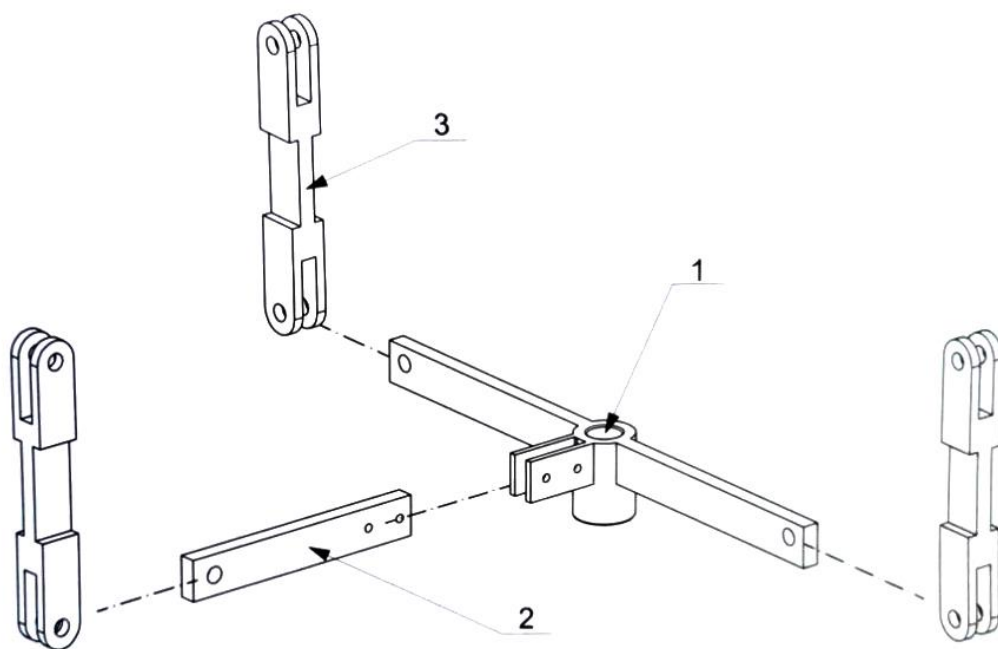
ภาพร่างแบบแผ่นเพลทอัดล่าง ซ้าย-ขวา



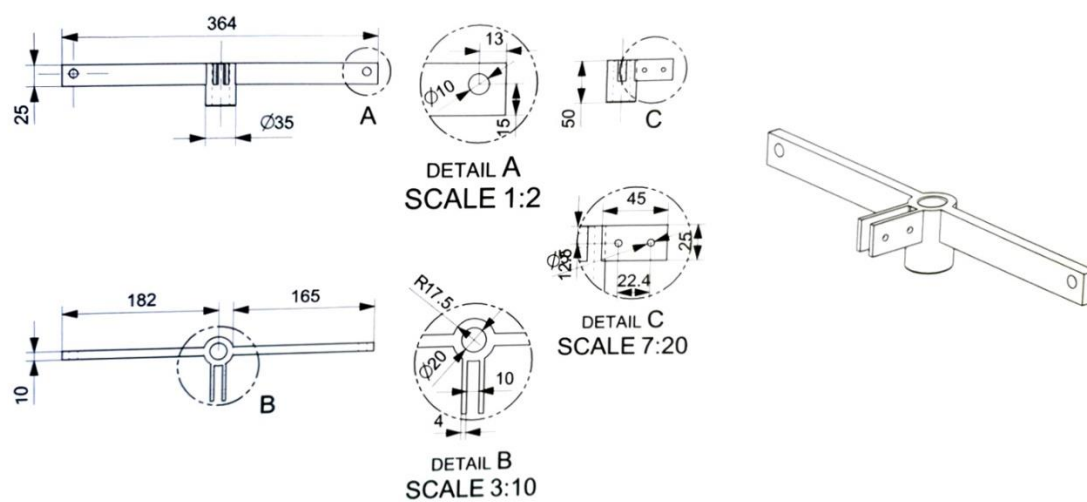
ภาพร่างแบบแผ่นเพลทอัดล่าง ด้านหน้า



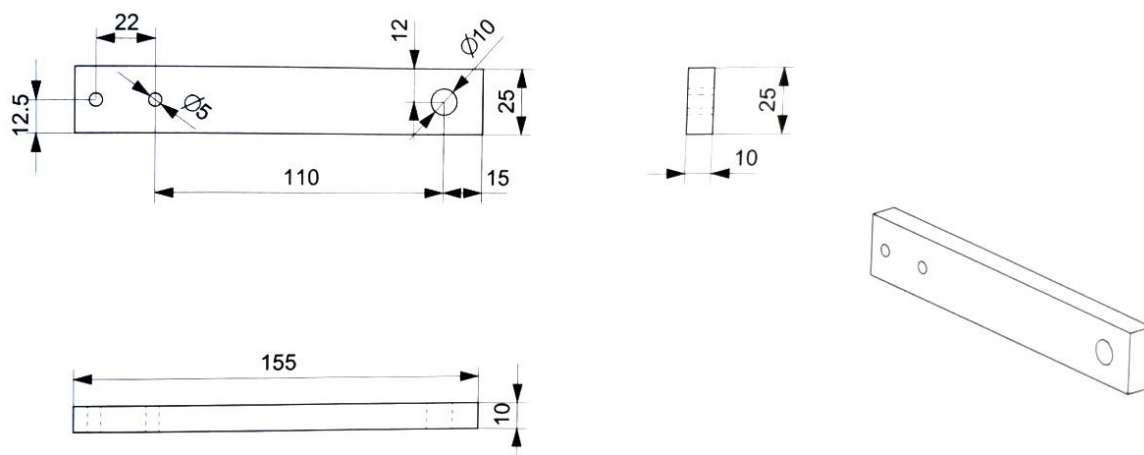
ภาพร่างแบบฝาปิดโครงสร้างเครื่องจักร



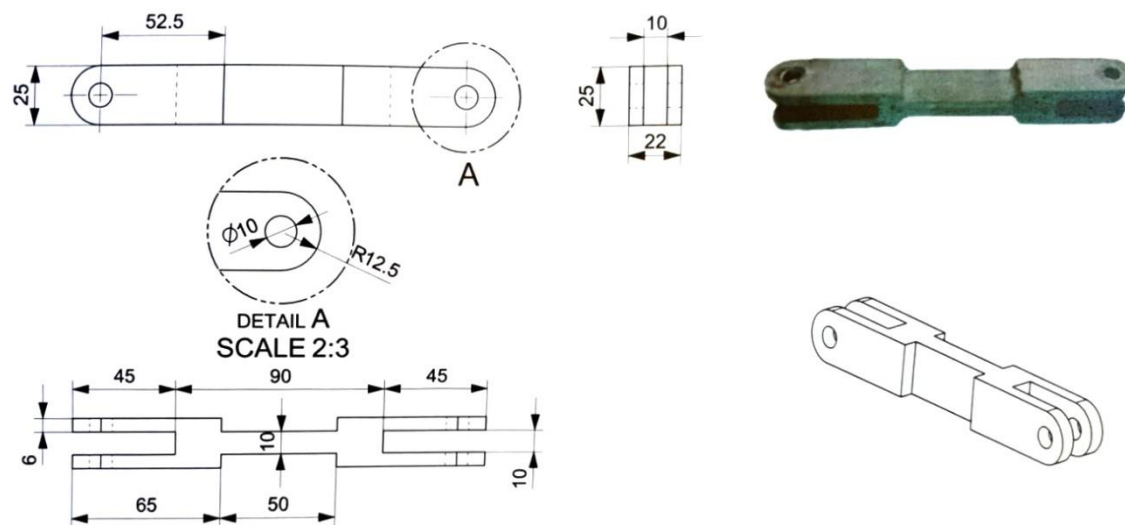
ภาพร่างแบบชุดกลไกต้นแผ่นเพลท



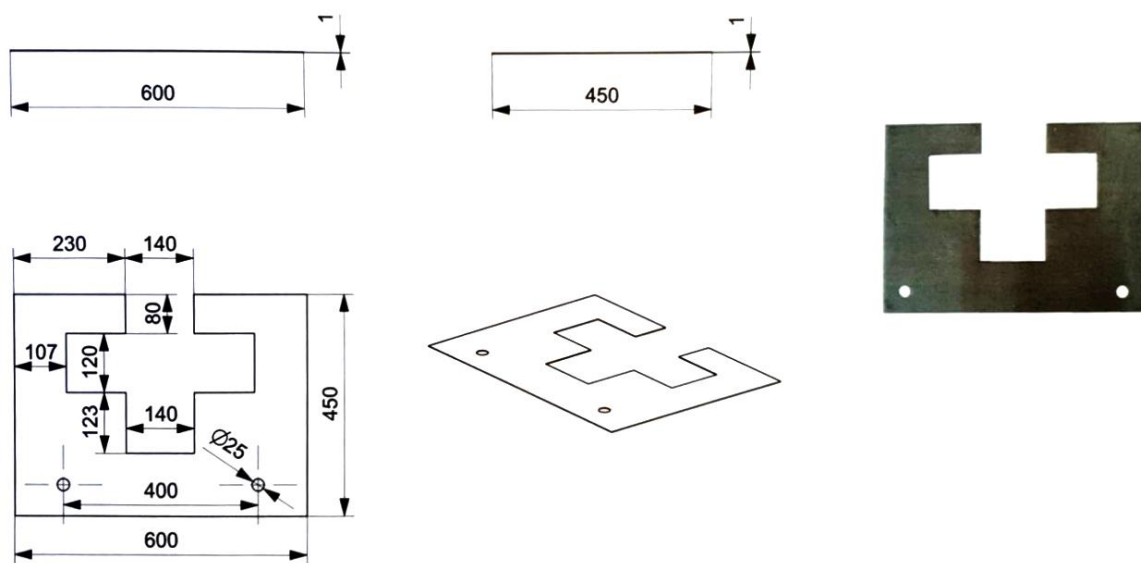
ภาพร่างแบบขาดันแผ่นเพลทหลัก



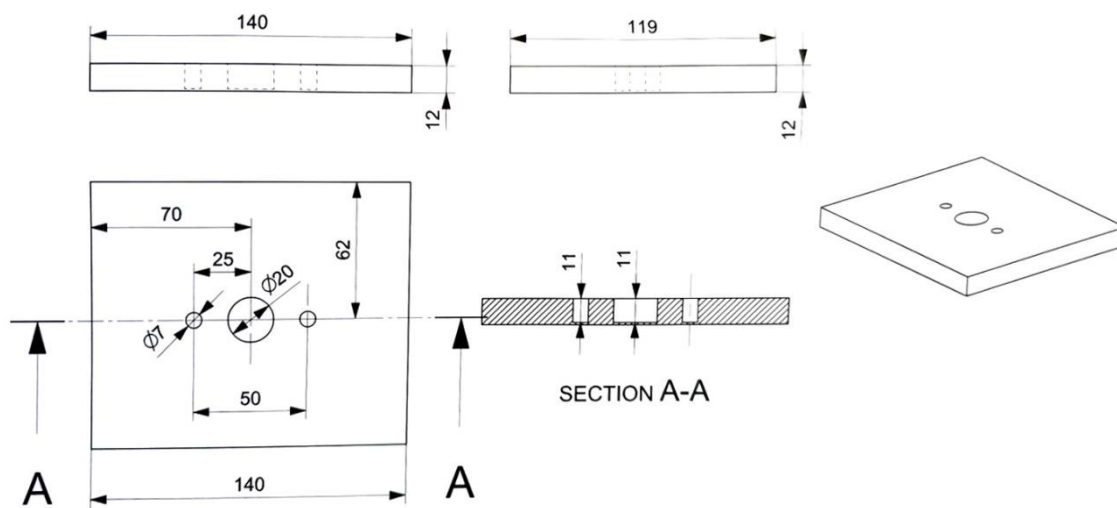
ภาพร่างแบบขาดันแผ่นเพลทรอง



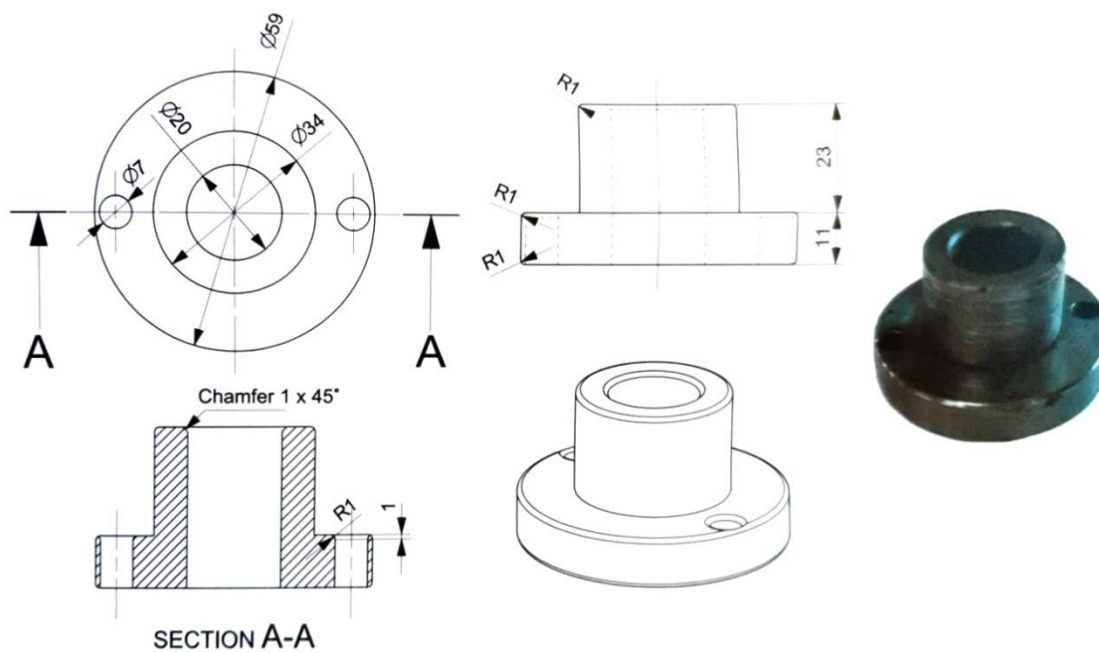
ภาพร่างแบบขาจับยึดแผ่นเหล็ก



ภาพร่างแบบฝาปิดด้านบนโครงสร้างเครื่องจักร



ภาพร่างแบบแผ่นเพลทอัดส่วนบน

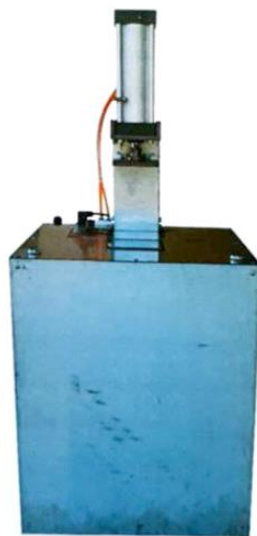


ภาพร่างแบบตัวยึดแผ่นเพลทอัดส่วนบน

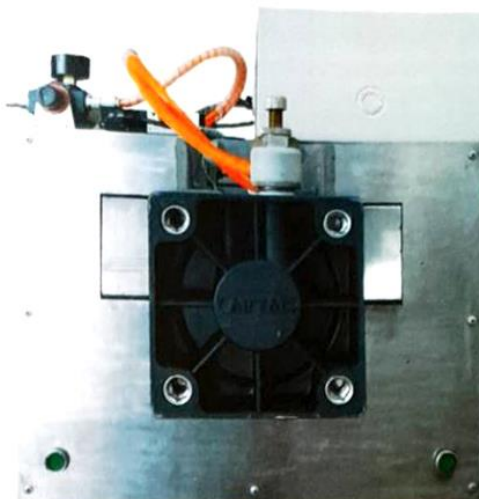
ภาคผนวก ข
ภาพเครื่องจักรที่สร้างสำเร็จแล้ว



ภาพถ่ายเครื่องจักรที่สร้างเสร็จสมบูรณ์



ภาพถ่ายด้านหน้าเครื่องจักร



ภาพถ่ายด้านบนเครื่องจักร



ภาพถ่ายด้านข้างเครื่องจักร



ภาพถ่ายด้านในเครื่องจักร

ภาคผนวก ค
รายละเอียดการคำนวณค่าพลังงาน

การคำนวณค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้า

การคำนวณค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้า โดยคิดค่าพลังงานกระแสไฟฟ้า ยูนิตละ 3.60 บาท สามารถคำนวณได้ดังนี้

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียก และวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าไปด้วย เครื่องวัดกิโลวัตต์ชั่วโมง ขณะอัดขึ้นรูปก้อนมะขาม

วงล้อลูมิเนียมหมุน 300 รอบต่อนาที = 1 หน่วย

ขณะทำการทดสอบล้อลูมิเนียมหมุน = 2 รอบต่อนาที

ฉะนั้น 1 ชั่วโมง ล้อลูมิเนียมหมุน = 2×60

สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า $(1 \times 120) / 300 = \text{หน่วย} = 0.40 \text{ หน่วย}$

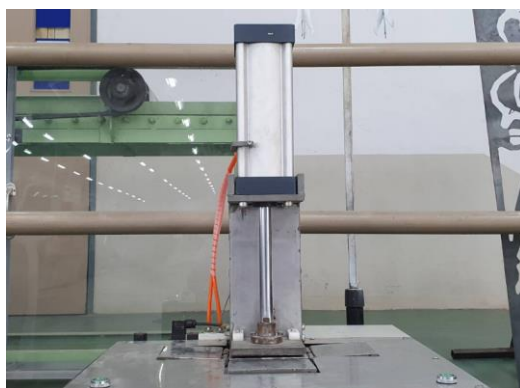
ฉะนั้นค่าพลังงานไฟฟ้า = $0.40 \times 3.60 = 1.44 \text{ บาท/ชั่วโมง}$

ภาคผนวก ง

ขั้นตอนการใช้งานเครื่องจักร



ขั้นตอนที่ 1 : ติดตั้งปั๊มลมกับเครื่องจักร



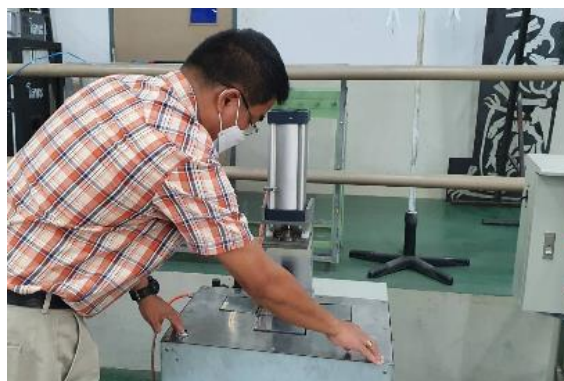
ขั้นตอนที่ 2 : ตรวจสอบตำแหน่งของอุปกรณ์ให้อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น



ขั้นตอนที่ 3 : นำชิ้นงานที่เตรียมไว้ใส่ลงบนเพลทอัด



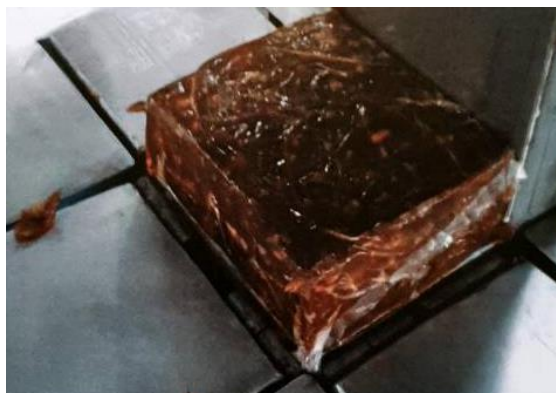
ขั้นตอนที่ 4 : เปิดระบบการทำงานที่ตู้ควบคุม



ขั้นตอนที่ 5 : เปิดระบบการทำงานโดยกดปุ่มเริ่มการทำงานทั้ง 2 ข้าง



ขั้นตอนที่ 6 : รอให้เครื่องจักรอัดมะขามเปรี้ยวให้เป็นก้อน อาจทำการอัดมากกว่า 1 ครั้ง



ขั้นตอนที่ 7 : นำชิ้นงานที่ได้ออกจากเครื่องจักร



ขั้นตอนที่ 7 : ภาพถ่ายชิ้นงานจากการใช้แรงงานคน

ภาคผนวก จ

ภาพกิจกรรมและการถ่ายทอดเทคโนโลยี



ภาพถ่ายการจัดเตรียมวัตถุดิบ



ภาพถ่ายการจัดเตรียมวัตถุดิบ



ภาพถ่ายการถ่ายทอดเทคโนโลยี



ภาพถ่ายการสาธิตการทำงาน



ภาพถ่ายการรับฟังความคิดเห็นเพื่อปรับปรุงเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ

ประวัตินักวิจัย

ประวัติคณะนักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล นายวิทยา หนูช่างสิงห์
Mr. Wittaya_Nuchangsing

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. ตำแหน่งทางวิชาการ -

5. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000
โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 1608
Email wittaya_992000@yahoo.com

6. ประวัติการศึกษา

วศ.ม. (วิศวกรรมการจัดการ)
มหาวิทยาลัยนเรศวร
ค.อ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

วิศวกรรมเครื่องมือกล

8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

8.1 หัวหน้าโครงการ

2563 (โครงการวิจัยย่อย) การพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามจังหวัดเพชรบูรณ์ [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกว.)] [ผู้อำนวยการแผนฯ : ธนภัทร มะณีแสง คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

2562 การเพิ่มประสิทธิภาพกรรมวิธีการแปรรูปมะขามจัดจืด สำหรับธุรกิจชุมชน [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : เพื่อสร้างองค์ความรู้พื้นฐานของประเทศ]

2561 ออกแบบและพัฒนาเครื่องแล่ปลาเพื่อแปรรูป ปลาน้ำจืด โดยการเชื่อมโยงเทคโนโลยีร่วมกับภูมิปัญญาชาวบ้าน : กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจแปรรูปผลิตภัณฑ์ จากปลาน้ำจืด ในจังหวัดเพชรบูรณ์ [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างความเข้มแข็ง]

2559 (โครงการวิจัยย่อย) การเพิ่มผลผลิตผลิตภัณฑ์ขนมทองม้วนโดยวิธีการศึกษาการทำงานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปบ้านกุดกุ่ม ตำบลบึงคล้า อำเภอลำสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : สร้าง สะสมองค์ความรู้ที่มีศักยภาพ] [ผู้อำนวยวยการแผนฯ : ปัญญา เทียนนาวา คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

2559 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกมะขามหวานสำหรับการแปรรูปมะขามหวานของกลุ่มผู้ประกอบการแปรรูปมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์ [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน สร้าง สะสมองค์ความรู้ที่มีศักยภาพ]

2558 การพัฒนาเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานสำหรับการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของกลุ่มผู้ประกอบการแปรรูปมะขามหวาน จังหวัดเพชรบูรณ์ [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : พัฒนาชุมชนและท้องถิ่น]

2557 โครงการพัฒนาเครื่องกรอก - ปอกข้าวหลาม [แหล่งทุน : กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี]

2553 ศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาที่ใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรม [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : การเรียนการสอน]

2552 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบแยกเนื้อมะขาม [แหล่งทุน : IRPUS (สกว.)]

2551 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องแล่เนื้อปลาลำตัวแบนด้วยมีดเดี่ยววางตัว [แหล่งทุน : IRPUS (สกว.)]

8.2 ผู้ร่วมโครงการ

2559 การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตขนมทองม้วนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปบ้านกุดกุ่ม ตำบลบึงคล้า อำเภอลำสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : สร้าง สะสมองค์ความรู้ที่มีศักยภาพ] [หัวหน้าโครงการฯ : ปัญญา เทียนนาวา คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

2558 การศึกษาระบบการขนส่งด้วยรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏ เพชรบูรณ์ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองและเมตาฮิวิสติกอัลกอริทึม [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏ เพชรบูรณ์] [ประเภททุน : พัฒนาชุมชนและท้องถิ่น] [หัวข้อโครงการ : ปัญญา เทียนนาวา คณะ เทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

9. บทความวิจัยที่ได้รับการนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติ และนานาชาติ

2560 การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม วิทยา หนูช่างสิงห์ 1, ธนภัทร มะณีแสง 2 [แหล่งตีพิมพ์ : การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 4 วันที่ 10 มีนาคม 2560 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์]

2560 การพัฒนาวิธีการทำขนมทองม้วนโดยประยุกต์ใช้ระบบวิธีการวัดเวลา วิทยา หนูช่างสิงห์ 1, ธนภัทร มะณีแสง 2 [แหล่งตีพิมพ์ : การประชุมวิชาการ ระดับชาติราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ครั้งที่ 5 วันที่ 1 มีนาคม 2560]

2559 การพัฒนาเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานวิทยา หนูช่าง สิงห์ 1, ธนภัทร มะณีแสง 2 [แหล่งตีพิมพ์ : การประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 16 และการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 3 “งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น” วันที่ 22 กรกฎาคม 2559 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์]

2558 การออกแบบและสร้างเครื่องปั่นเนื้อมะขามแก้ว วิทยา หนูช่างสิงห์, น รัตน์ รัตน์วัย, ธนภัทร มะณีแสง [แหล่งตีพิมพ์ : การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ และนานาชาติ "ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 3" สหวิทยาการ งานวิจัย และนวัตกรรมอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนา ท้องถิ่นไทย ก้าวไกลสู่อาเซียน วันที่ 20 - 22 พฤษภาคม 2558 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช]

2557 การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกะเทาะเปลือกมะขาม วิทยา หนู ช่างสิงห์ [แหล่งตีพิมพ์ : การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2557 30 – 31 ตุลาคม 2557]

ผู้ร่วมโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล นายธนภัทร มะณีแสง
Mr. Thanapat Maneesaeng

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. ตำแหน่งทางวิชาการ -

5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000

โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 1608

6. ประวัติการศึกษา

วศ.ม.(วิศวกรรมการจัดการ)

มหาวิทยาลัยนเรศวร

วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ)

มหาวิทยาลัยนเรศวร

7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

การวิจัยดำเนินการ การจำลองสถานการณ์ เมตาฮิวริสติกส์

8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

8.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

การบูรณาการเพื่อยกระดับมาตรฐานกระบวนการผลิตมะขามแปรรูปอัด
ก้อนให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดเพชรบูรณ์

8.2 หัวหน้าโครงการ

2563 (โครงการวิจัยย่อย) การพัฒนาระบบการควบคุมป้อนกลับใน
กระบวนการอบเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในมะขามแปรรูปและการศึกษาปัจจัยที่ส่งผล
ต่อการยืดอายุการเก็บรักษา [แหล่งทุน: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน: ผ่านกองทุน

ส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)) [ผู้อำนวยการแผนฯ: ธนภัทร มะณีแสง คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

2562 การพัฒนากรรมวิธีการยืดอายุการเก็บรักษามะขามคลุกเพื่อการส่งออก [แหล่งทุน: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน: นักวิจัยรุ่นใหม่]

ผู้ร่วมวิจัย

2562 การเพิ่มประสิทธิภาพกรรมวิธีการแปรรูปมะขามจัดจืด สำหรับธุรกิจชุมชน [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : เพื่อสร้างองค์ความรู้พื้นฐานของประเทศ] [หัวหน้าโครงการฯ : นายวิทยา หนูช่างสิงห์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

2561 ออกแบบและพัฒนาเครื่องแล่ปลาเพื่อแปรรูป ปลาน้ำจืด โดยการเชื่อมโยงเทคโนโลยีร่วมกับภูมิปัญญาชาวบ้าน : กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจแปรรูปผลิตภัณฑ์ จากปลาน้ำจืดในจังหวัดเพชรบูรณ์ [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างความเข้มแข็ง] [หัวหน้าโครงการฯ : นายวิทยา หนูช่างสิงห์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

2559 การเพิ่มผลผลิตผลิตภัณฑ์ขนมทองม้วนโดยวิธีการศึกษาการการทำงานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปบ้านกุดกุ่ม ตำบลบึงคล้า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : สร้าง สะสมองค์ความรู้ที่มีศักยภาพ] [หัวหน้าโครงการฯ : นายวิทยา หนูช่างสิงห์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

2558 การพัฒนาสารไทเทเนียมไดออกไซด์เคลือบบนวัสดุกันกระแทกเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยว [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : พัฒนาชุมชนและท้องถิ่น] [หัวหน้าโครงการฯ : นางสาวบุษบากร คงเรือง คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

2558 การพัฒนาเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานสำหรับใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของกลุ่มผู้ประกอบการแปรรูปมะขามหวาน จังหวัดเพชรบูรณ์ [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : พัฒนาชุมชนและท้องถิ่น] [หัวหน้าโครงการฯ : นายวิทยา หนูช่างสิงห์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

2558 การศึกษาระบบการขนส่งด้วยรถไฟในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองและเมตาฮิวริสติกอัลกอริทึม [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏ

เพชรบูรณ์] [ประเภททุน : พัฒนาชุมชนและท้องถิ่น] [หัวหน้าโครงการฯ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปัญญา เทียนนาวา คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

9. บทความวิจัยที่ได้รับการนำเสนอใน วารสาร การประชุมวิชาการระดับชาติ และนานาชาติ

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 : การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม

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

วิทยา หนูช่างสิงห์ ธนภัทร มะณีแสง และ ขวัญนิธิ คำเมือง นำเสนอผลงานวิจัย เรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกะเทาะเปลือกมะขาม รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ ข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม (IE Network Conference 2014) ระหว่าง วันที่ 30 - 31 ตุลาคม พ.ศ. 2557 ณ โรงแรมโนโวเทล สยามบิณสุวรรณภูมิ

ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์ เอร่าวัน ชาญพหล และธนภัทร มะณีแสง (2558). การออกแบบและพัฒนาชุดกลไกการกรอกน้ำจิ้ม.การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 1 "งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น"งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น", 59-65

วิทยา หนูช่างสิงห์ ธนภัทร มะณีแสง และ นรุตว์ รัตนวัย (2558).การออกแบบและสร้างเครื่องปั่นเนื้อมะขามแก้ว.การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ “ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 3”

ปัญญา เทียนนาวา ธนภัทร มะณีแสง และ ขวัญนิธิ คำเมือง (2559).การศึกษา ระบบการขนส่งด้วยรถไฟฟ้านในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. รายงานสืบเนื่องจากการประชุม วิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 ราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย

วิทยา หนูช่างสิงห์ ธนภัทร มะณีแสง (2559). **การพัฒนาเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวาน**. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 16 และรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 3 "งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น

วิทยา หนูช่างสิงห์ ธนภัทร มะณีแสง (2559). **การประยุกต์ใช้วิธีอณานิคมดเพื่อจัดเส้นทางท่อเกี่ยวในอำเภอเขาค้อ**. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8 , ภูเก็ต ประเทศไทย

วิทยา หนูช่างสิงห์ ธนภัทร มะณีแสง (2560). **การศึกษาระบบการขนส่งด้วยรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์โดยวิธีการสร้างแบบจำลองและวิธีอณานิคมด**. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยหมู่บ้านจอมบึง, ปีที่ 6 ฉบับที่ 1, หน้า 74-88

วิทยา หนูช่างสิงห์ และธนภัทร มะณีแสง (2561). **การพัฒนาวิธีการทำขนมทองม้วนโดยประยุกต์ใช้ระบบวิธีการวัดเวลา**. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 ราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย, เพชรบุรี ประเทศไทย, หน้า 125-135 วิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 ราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย, เพชรบุรี ประเทศไทย, หน้า 125-135