รายงานสรุปแผนงานวิจัย
การบูรณาการเพื่อยกระดับมาตรฐานกระบวนการผลิตมะขามเปรี้ยวอัดก้อนให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์

Integration Upgrading Standards of Sour Tamarind Briquetting Production Process for Tamarind Community in Phetchabun Province

ธนภัทร มะณีแสงและคณะ

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

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

PCRU_2563_TSRI013

รายงานสรุปแผนโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การบูรณาการเพื่อยกระดับมาตรฐานกระบวนการผลิตมะขามเปรี้ยวอัดก้อนให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์

Development of Packaging to Extend Shelf Life of Briquette Tamarind for Export.

ธนภัทร มะณีแสง	สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
วิทยา หนูช่างสิงห์	สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มานะ อินพรมมี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบบรรจุภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

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

ชื่องานวิจัย การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะขามเปรี้ยวอัดก้อนเพื่อการส่งออก
ผู้วิจัย ธนภัทร มะณีแสง
ผู้ร่วมวิจัย/ที่ปรึกษา มานะ อินพรมมี วิทยา หนูช่างสิงห์
คณะ เทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสร็จวิจัย 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาจากกระบวนการผลิตแบบเดิม และเพิ่มประสิทธิภาพกรรมวิธีการผลิตมะขามเปียกอัดก้อนให้สามารถทำได้ง่ายยิ่งขึ้น รวมถึงลดต้นทุนการผลิต เพื่อทำให้กลุ่มวิสหกิจมีศักภาพที่สามารถแข่งขันกับคู่แข่งได้ โดยแบ่งการดำเนินการออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย 1) การพัฒนาระบบการควบคุมป้อนกลับในกระบวนการอบเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้อาศัยแรงลมจากใบพัดและแผงควบคุม เพื่อช่วยทิศทางความร้อนให้ความร้อนสามารถไปในทิศทางที่ต้องการ และทำงานแบบอัตโนมัติโดยอาศัยระบบการควบคุมป้อนกลับ ทำให้ประหยัดพลังงานกว่าตู้อบที่ใช้ในปัจจุบัน 2) การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับมะขามเปียกอัดก้อน ซึ่งอาศัยเทคนิคการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยวิศวกรรมคันไซ โดยมุ่งเน้นให้การเลือกวัสดุที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค รวมถึง มีสี กลิ่น รสชาติ อยู่ในช่วงคุณภาพที่ผู้บริโภคต้องการ และมีรายละเอียดในฉลากครบถ้วนตามมาตรฐานที่ถูกกำหนดไว้ และ 3) การพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวเมติกส์ ที่สามารถอัดมะขามเปรี้ยวให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 12 x14 x 4 เซนติเมตร น้ำหนัก 454 กรัมหรือประมาณ 16 OZ ตามความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้แปรรูปมะขามจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยเน้นการออกแบบจะเน้นให้เครื่องสามารถใช้งานง่าย มีน้ำหนักเบา มีระบบความปลอดภัย และสามารถทำงานได้รวดเร็วว่าการทำงานแบบเดิม

คำสำคัญ : การออกแบบบรรจุภัณฑ์ กลุ่มวิสาหกิจชุมชน มะขามเปรี้ยวอัดก้อน

Title Development of Packaging to Extend Shelf Life of Briquette Tamarind for Export.

Author Thanapat Maneesaeng

Co-Researcher Mana Inpromme and Wittaya Nuchangsing

Faculty Agicultural and Industrial Technology

Phetchabun Rajabhat University

Abstract

This research aims to solve problems from conventional manufacturing processes. And increase the efficiency of the tamarind mass production process to be able to do more easily Including reducing production costs In order to make the Wisahakit Group have the potential to compete with competitors The operations are divided into 3 parts: 1) Development of a feedback control system in the baking process to inhibit the growth of microbes. By using the wind from the blades and the control panel. To help the heat direction, heat can go in the desired direction. And work automatically by means of a feedback control system. This makes it more energy-efficient than the current incubators. 2) Development of packaging for briquette tamarind. Which relies on new product development techniques with Kansai engineering. We focus on selecting materials that are harmless to consumers, including color, smell, and taste within the quality range that consumers want. And details in the label are complete according to the established standards and 3) Development of a pneumatic tamarind briquette press machine. That can compress sour tamarind into a square, size 12 x14 x 4 cm, weight 454 grams, or about 16 OZ according to the needs of the community enterprise of tamarind processing, Phetchabun Province. By focusing on the design, the machine is easy to use, lightweight and has a safety system. And able to work as fast as traditional work.

Keywords: Packaging Design, Community Enterprise Group, Sour tamarind cubes

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้และขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว) ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

ธนภัทร มะณีแสงและคณะ

28 ธันวาคม 2563

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

กิตติกรรมประกาศ ..... ข

สารบัญรูป ..... ฉ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย 6

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย 6

1.5 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการ 7

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

2.1 การแปรรูปมะขามเปรี้ยว 10

2.2 การอบแห้ง 11

2.3 มะขามเปรี้ยว 12

2.4 การอบแห้ง 15

2.5 การออกแบบการทดลอง (Design of Experimen: DOE) 17

2.6 นิวแมติก 19

2.7 วิศวกรรมคันไซ 19

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 29

3.1 ขั้นตอนรวบรวมข้อมูล 29

3.2 การพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ 29

3.3 การพัฒนาระบบการควบคุมป้อนกลับในกระบวนการอบ 30

3.4 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับมะขามเปียกอัดก้อน 30

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย.....30
4.1 ผลลัพธ์การออกแบบและพัฒนาการพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์.....30
4.2 ผลลัพธ์การพัฒนาและทดสอบสมรรถนะตู้อบควบคุมความร้อนควบคุมความร้อนแบบควบคุมป้อนกลับ.....32
4.3 ผลลัพธ์จากการออกแบบการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับมะขามเปียกอัดก้อน....36
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....41
5.1 สรุปผลจากการทดลองโครงการพัฒนาและทดสอบสมรรถนะตู้อบควบคุมความร้อนควบคุมความร้อนแบบควบคุมป้อนกลับ.....41
5.2 สรุปผลจากการทดลองโครงการพัฒนาและทดสอบสมรรถนะตู้อบควบคุมความร้อนควบคุมความร้อนแบบควบคุมป้อนกลับ.....42
5.3 สรุปผลจากการทดลองโครงการออกแบบการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับมะขามเปียกอัดก้อน.....44
บรรณานุกรม.....46
ประวัติคณะนักวิจัย.....51

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1-1 แสดงสถิติพื้นที่การปลูกมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์ (ไร่) 2
1-2 แสดงสถิติพื้นที่การปลูกมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์ (กิโลกรัม) 2
1-3 ราคาจำหน่ายมะขามเปรี้ยวเฉลี่ยในแต่ละจังหวัด 3
2-1 มะขามเปรี้ยวยักษ์ 11
4-1 ผลสำเร็จในการผลิตเครื่องจักรต้นแบบ 34
4-2 ตู้อบลมร้อนเมื่อดำเนินการเสร็จแล้ว 38
4-3 ระบบการควบคุมพัดลมระบายอากาศแบบควบคุมป้อนกลับ 38
4-4 แผงกระจายอุณหภูมิและพัดลมระบายอากาศ 39
4-5 แผนภูมิการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้และไม่ใช้พัดลมดูดความชื้น 45
4-6 การตรวจสอบหาค่าการเป็นปกติของข้อมูล 47
4-7 Pareto Chart 48
4-8 Main Effects เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการกระจายความร้อน 48
4-9 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์คุณลักษณะสำคัญของตัวแทนผลิตภัณฑ์ของกลุ่มไร่บุญคง 47
4-10 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์คุณลักษณะสำคัญของตัวแทนผลิตภัณฑ์ของกลุ่มเพชรน้ำพุ 48
4-11 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์คุณลักษณะสำคัญของตัวแทนผลิตภัณฑ์ของกลุ่มไร่ชนิกา 48

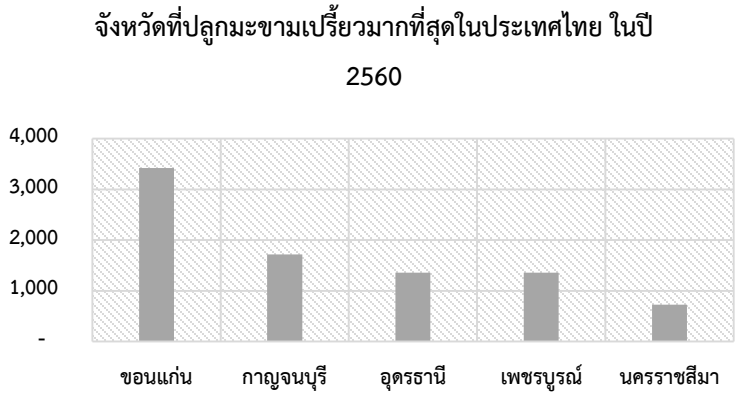
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะขามเป็นผลไม้ที่ถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีชื่อเสียงมาอย่างช้านานของจังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นผลไม้ที่มีราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับราคาผลไม้ชนิดอื่น ปลูกง่าย โตเร็ว แข็งแรง ทนทานต่อสภาพอากาศที่แห้งแล้ง อีกทั้ง มะขามเป็นผลไม้ชนิดเดียวของไทยที่ไร้คู่แข่งในตลาดโลก เพราะไม่มีประเทศไหนที่ปลูกได้ดีเหมือนประเทศไทย ซ้ำยังเป็นที่ต้องการของหลายประเทศ ที่สำคัญยังเป็นผลไม้ที่เกษตรกรไม่ต้องรีบขาย สามารถเก็บไว้ได้นานเป็นเดือน ซึ่งมะขามหวานเพชรบูรณ์ได้รับการจดทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Thai Geographical Indication) หรือตราสัญลักษณ์ GI จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์ ซึ่งสาเหตุที่มะขามหวานเพชรบูรณ์ได้ตรา GI นั้น เพราะสภาพดินฟ้าอากาศที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของเจ้าผลไม้ชนิดนี้ ทำให้มะขามหวานเพชรบูรณ์ฝักใหญ่ เปลือกสีน้ำตาลเนียนสวย เนื้อหนาสวยสม่ำเสมอ มีรสหวานหอม แตกต่างจากจังหวัดอื่น พันธ์มะขามที่นิยมปลูกกันมากเพราะสามารถขายได้ดีได้แก่ พันธุ์สีทอง พันธุ์ศรีชมภู พันธุ์ประกายทอง เทพ เพียงมะลัง (2553) แต่ถึงมะขามจะเป็นที่นิยมของผู้บริโภคและเป็นผลไม้ที่มีราคาแพง แต่ก็มีปัญหาที่สำคัญคือเรื่องของแมลงและการเกิดเชื้อราในมะขาม ส่งผลต่อการตัดสินใจในการบริโภคของผู้บริโภค ทำให้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งมะขามมีราคาที่ตกต่ำ ทำให้เกษตรกรตัดสินใจเลิกปลูกมะขามเป็นจำนวนมาก จากสถิติพบว่าตั้งแต่ปี 2554-2559 มีผู้ปลูกมะขามลดลงเนื่องจากมะขามไม่สามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรอย่างเช่นในปี 2553 ดังนั้นเกษตรกรจึงต้องใช้พื้นที่ทำกินที่มีอยู่อย่างจำกัดสำหรับปลุกพืชชนิดใหม่เพื่อหารายได้เลี้ยงครอบครัว ในปัจจุบันมีการพัฒนากระบวนการจัดการเพื่อป้องกันเชื้อราและแมลงที่อาจเกิดขึ้นในมะขาม เช่น การเก็บมะขามไว้ในห้องเย็น การอบไอน้ำเพื่อใช้ความร้อนฆ่าแมลง และกรรมวิธีการแปรรูปมะขาม แต่ยังสามารถคงไว้ซึ่งคุณภาพของมะขามได้ในบางส่วนเท่านั้น ผู้ประกอบการจึงได้หาวิธีในการแปรรูปมะขามเพื่อตอบสนองการให้แก่ผู้บริโภค จากเดิมผู้บริโภคซื้อมะขามมา 1 กิโลกรัม อาจรับประทานได้เพียงไม่กี่ฝักเพราะมีเชื้อราหรือแมลงอยู่ในมะขามทำให้ต้องทิ้ง แต่ในปัจจุบันมีการพัฒนามะขามไร้เมล็ดอบแห้งบรรจุในบรรจุภัณฑ์อย่างดีทำให้ผู้บริโภคสามารถรับประทานได้ทุกฝัก

นอกจากมะขามหวานแล้ว มะขามเปรี้ยวยังถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่น่าจับตามองเช่นเดียวกัน โดยความต้องการของตลาดมีแนวโน้มสูงขึ้น ในปี 2560 ประเทศไทยมีการปลูกมะขามเปรี้ยวทั้งหมด 12,605 ครัวเรือน ใช้พื้นที่ในการปลูก 11,988 ไร่ สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ 3.4 ล้านกิโลกรัม คิดเป็นมูลค่ากว่า

192 ล้านบาท จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นจังหวัดที่ปลูกมากเป็นอันดับ 4 รองจาก ขอยแก่น กาญจนบุรี อุดรธานี สามารถเก็บผลผลิตได้เป็นลำดับที่ 3 รองจาก ขอนแก่น กาญจนบุรี และ อุดรธานี ดังภาพที่ 3 ถึงจะเป็นที่ 4 (ยังไม่ปรากฏข้อมูลของจังหวัดขอนแก่น) ผลผลิตก็ยังห่างจากลำดับที่ 1 เป็นอย่างมาก แต่มีแนวโน้มที่จะปลูกมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากมะขามเปรี้ยวได้รับความนิยมเป็นอย่างมากทั้งในและต่างประเทศ



รูปที่ 1-1 แสดงสถิติพื้นที่การปลูกมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์ (ไร่)

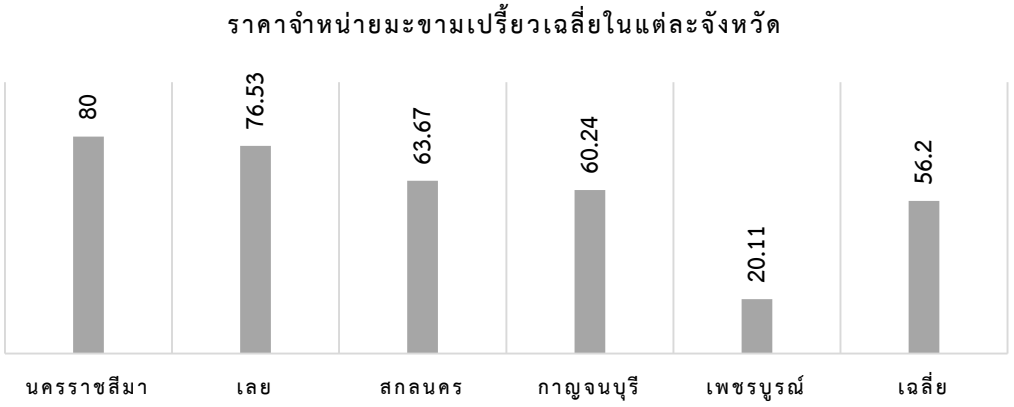
ที่มา : ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online กรมส่งเสริมการเกษตร

รูปที่ 1-2 แสดงสถิติพื้นที่การปลูกมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์ (กิโลกรัม)

ที่มา : ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online กรมส่งเสริมการเกษตร

ปัจจุบันในจังหวัดเพชรบูรณ์มีการรวมตัวของผู้ปลูกมะขามรายย่อย จำนวนหลายกลุ่ม เพื่อแก้ปัญหาการถูกเอาเปรียบ การกดราคาจากพ่อค้าคนกลาง จากการบอกเล่าปัญหาของกลุ่มผู้ปลูกมะขาม

พบว่า เมื่อถึงฤดูกาลมะขามออกฝักจะมีผู้มารับซื้อถึงสวนมะขาม โดยให้ราคาเฉลี่ยประมาณ 25-35 บาท สำหรับมะขามหวาน และเฉลี่ย 25 บาทสำหรับมะขามเปรี้ยว ซึ่งห่างจากราคาเฉลี่ยจากทั่วประเทศเกือบร้อยละ 50 ดังที่แสดงในภาพที่ 4



รูปที่ 1-3 ราคาจำหน่ายมะขามเปรี้ยวเฉลี่ยในแต่ละจังหวัด

ที่มา : ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online กรมส่งเสริมการเกษตร

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

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 มะขามแช่อิ่ม มะขามเปียก น้ำมะขามพร้อมดื่ม ในต่างประเทศนิยมนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปมะขามเปรี้ยวไปปรุงอาหาร ซึ่งมะขาม

เปรี้ยวถือได้ว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหารไทย หากมีการผลิตมะขามเปียกที่ได้มาตรฐานและสามารถขนส่งได้ง่ายก็นำไปสู่การกระจายมะขามสำหรับประกอบอาหารไปทั่วโลก โดยประเทศที่นิยมผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะขาวเปรี้ยวได้แก่ ประเทศแถบตะวันออกกลาง และ กลุ่มธุรกิจร้านอาหารไทยในต่างประเทศ ในงานวิจัยของ ธิติยา (2549) ได้มีการศึกษาการพัฒนาสู่กลยุทธ์ผลิตภัณฑ์มะขามเปรี้ยวสำเร็จรูปเพื่อจำหน่ายภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งอุปสรรคสำคัญของมะขามเปรี้ยวคือมาตรฐานในด้านของคุณภาพสี รสชาติ การปนเปื้อนกับเศษหิน ดินทราย ตลอดจนวิธีการเก็บรักษาที่ถูกต้อง จากผลงานวิจัยพบว่า ผู้บริโภคที่ต้องการมะขามเปรี้ยว นิยมนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปมะขามเปรี้ยวไปปรุงอาหาร เนื่องจากสารมารถให้เวลาในการทำอาหารน้อยลงกว่าเดิม ซึ่งมะขามเปียกถือได้ว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหารไทย เช่น ต้มโค้ง ต้มปลา ต้มยำไก่บ้าน รวมทั้งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเมนูระดับโลกอย่างต้มยำกุ้ง จากการสอบถามผู้ประกอบการร้านอาหารไทยในญี่ปุ่นพบว่าราคามะขามเปียกอัดก้อนอยู่ที่ราคา 380 เยนหรือ ประมาณ 110 บาท ต่อ 16 OZ หรือ 454 กรัม (อัตราแลกเปลี่ยนเดือนตุลาคม 2561 เท่ากับ 29 เยนต่อ 1 บาท) และประเทศห้างสรรสินค้าไทยในประเทศสหรัฐอเมริกาจะจำหน่ายที่ราคา 5 เหรียญดอลล่าสหรัฐ หรือประมาณ 160 บาทต่อ ต่อ 16 OZ เช่นกัน (อัตราแลกเปลี่ยนเดือนตุลาคม 2561 เท่ากับ 32 บาทต่อ 1 เหรียญดอลล่าสหรัฐ) 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 ต้มโค้ง ต้มปลา ต้มยำไก่บ้าน รวมทั้งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเมนูระดับโลกอย่างต้มยำกุ้ง ในปัจจุบันการทำมะขามเปียกอัดก้อนแบบเดิม จะใช้มะขามเปรี้ยวยักษ์ไปปอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศา เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปใส่ถุงให้ได้ 454 กรัม หรือ 16 OZ จากนั้นนำมาใส่บล็อคไม้เพื่ออัดให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 12 x14 x 4 เซนติเมตร การเก็บรักษามะขามเปรี้ยวในปัจจุบัน ผู้บริโภคมักจะเก็บไว้ในถุงและใส่ไว้ในตู้เย็น ซึ่งจะเก็บมะขามเปียกไว้ได้นาน แต่ถ้าหากต้องการจำน่ายมะขามเปรี้ยวเพื่อนำไปใช้ประกอบอาหารในที่ที่

ห่างไกลจากแหล่งผลิต ผู้ประกอบการควรใช้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถหยุดหรือลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหารที่บรรจุได้ ซึ่งวัสดุที่ใช้ทำนับว่ามีความสำคัญยิ่ง ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น ปัญหาของผู้ประกอบการคือใช้ระยะเวลาการขนส่งสินค้าประมาณ 1 เดือน กว่าจะถึงมือผู้บริโภค ส่งผลให้คุณภาพของสินค้าลดลง รวมถึงบรรจุภัณฑ์ควรระบุรายละเอียดสินค้า ชื่อ วิธีการใช้งานรวมถึงวันหมดอายุ ตามมาตรฐานบรรจุภัณฑ์

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาจากกระบวนการผลิตแบบเดิม และเพิ่มประสิทธิภาพกรรมวิธีการผลิตมะขามเปียกอัดก้อนให้สามารถทำได้ง่ายยิ่งขึ้น รวมถึงลดต้นทุนการผลิต เพื่อทำให้กลุ่มวิสหกิจมีศักภาพที่สามารถแข่งขันกับคู่แข่งได้ โดยแบ่งการดำเนินการออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย 1) การพัฒนาระบบการควบคุมป้อนกลับในกระบวนการอบเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้อาศัยแรงลมจากใบพัดและแผงควบคุม เพื่อช่วยทิศทางความร้อนให้ความร้อนสามารถไปในทิศทางที่ต้องการ และทำงานแบบอัตโนมัติโดยอาศัยระบบการควบคุมป้อนกลับ ทำให้ประหยัดพลังงานกว่าตู้อบที่ใช้ในปัจจุบัน 2) การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับมะขามเปียกอัดก้อน ซึ่งอาศัยเทคนิคการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยวิศวกรรมคันไซ โดยมุ่งเน้นให้การเลือกวัสดุที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค รวมถึง มีสี กลิ่น รสชาติอยู่ในช่วงคุณภาพที่ผู้บริโภคต้องการ และมีรายละเอียดในฉลากครบถ้วนตามมาตรฐานที่ถูกกำหนดไว้ และ 3) การพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวเมติกส์ ที่สามารถอัดมะขามเปรี้ยวให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 12 x14 x 4 เซนติเมตร น้ำหนัก 454 กรัมหรือประมาณ 16 OZ ตามความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้แปรรูปมะขามจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยเน้นการออกแบบจะเน้นให้เครื่องสามารถใช้งานง่าย มีน้ำหนักเบา มีระบบความปลอดภัย และสามารถทำงานได้รวดเร็วว่าการทำงานแบบเดิม

1.2 วัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามจังหวัดเพชรบูรณ์

1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบการควบคุมป้อนกลับในกระบวนการอบเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในมะขามเปรี้ยวและการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษา

1.2.3 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะขามเปรี้ยวอัดก้อนเพื่อการส่งออก

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.3.1 สำรวจข้อมูลและร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาจากกรรมวิธีการผลิต

1.3.2 กำหนดขอบเขตของปัญหา จัดเตรียมวัตถุดิบ อุปกรณ์ สำหรับใช้ในการทดลอง

1.3.3 ออกแบบการการเก็บข้อมูลโดยใช้วิศวกรรมคันเซ

1.3.4 ดำเนินการทดลองตามแผนและบันทึกผลลัพธ์

1.3.5 ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบหาระยะเวลาการเก็บรักษา

1.3.6 ถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการและประชนชนที่สนใจ รวมถึงนำผลการวิจัยมาบูรณาการเข้ากับการจัดการเรียนการสอน

1.3.7 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและหาข้อควรปรับปรุง ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการพัฒนาการทำวิจัยในอนาคต

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตด้านประชากร

กลุ่มประชากรวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปมะขาม 3 กลุ่ม ได้วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปมะขามเพชรน้ำพุ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปมะขามไร่บุญคง และวิสาหกิจชุมชนไร่ชานิกา และผู้ประกอบการผู้ใช้ข้อมูลจำนวน 1 ราย คือ ผู้ประกอบการแปรรูปมะขามหวาน น้องมาย์แทมมารีน ซึ่งเป็นผู้ให้ความร่วมมือในด้านข้อมูลการตลาด และข้อมูลเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์

1.4.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

1.4.2.1 ระยะที่ 1 ศึกษากระบวนและกรรมวิธีการทำมะขามเปียกก้อน ตั้งแต่ระยะที่เหมาะสมในการเก็บมะขาม ขั้นตอนการทำมะขามเปียก ขั้นตอนการขนส่งแบบเดิม รวมถึงศึกษาลักษณะรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ประกอบการต้องการ

1.4.2.2 ระยะที่ 2 การพัฒนาระบบการควบคุมป้อนกลับในกระบวนการอบเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในมะขามเปรี้ยว

ระยะที่ 2.1 ออกแบบและพัฒนาตู้อบมะขามแบบลมร้อนจากขดลวดไฟฟ้าแบบระบบการควบคุมป้อนกลับเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในมะขามเปียกอัดก้อน ที่ถูกออกแบบให้สามารถทำงานแบบอัตโนมติ และมีแหล่งกำเนิดความร้อนเพียงจุดเดียว แต่สามารถกระจายความร้อนได้ทั่วทั้งเตา ซึ่งโดยอาศัยแรงลมจากใบพัดและแผงควบคุมทิศทาง เพื่อควบคุมทิศทางความร้อนให้ไปในทิศทางที่ต้องการ เพื่อทำให้ประหยัดพลังงานกว่าตู้อบที่ใช้ในปัจจุบัน

ระยะที่ 2.2 ออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยและพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อการกระจายความร้อนภายในตู้อบที่ดีที่สุด โดยใช้การพิจารณาจาก ความเร็วของใบพัดพัดลม เพื่อดูดความชื้นจากกระบวนการและตรวจวัดอุณหภูมิเพื่อสังเกตการเพิ่มขึ้นและการกระจายตัวของความร้อน

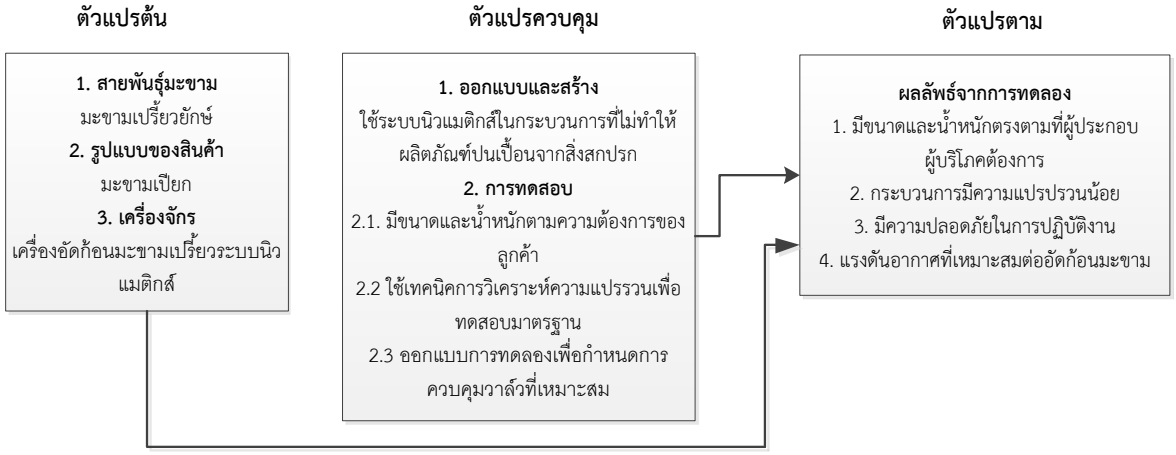
ระยะที่ 2.3 ออกแบบการทดลองเพื่อหาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบมะขามเปียก โดยใช้การพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารในด้านคุณภาพของสี และรสชาติของอาหารที่ปรุงด้วยมะขามเปียกที่เปลี่ยนไปในแต่ละการทดลอง

ระยะที่ 3 พัฒนาบรรจุภัณฑ์ทำให้สามารถเก็บรักษามะขามเปียกอัดก้อนได้นานขึ้นโดยการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่สามารถปิดสนิทเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลดอัตราการสูญเสียของผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องเป็นวัสดุที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ไม่ส่งผลต่อคุณภาพ สามารถป้องกันเชื้อโรค ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจน กลิ่น รสชาติ และปกป้องจากแสงแดดจากภายนอกได้ รวมถึงการระบุรายละเอียดสินค้าไว้บนบรรจุภัณฑ์ ตามมาตรฐานที่กำหนด

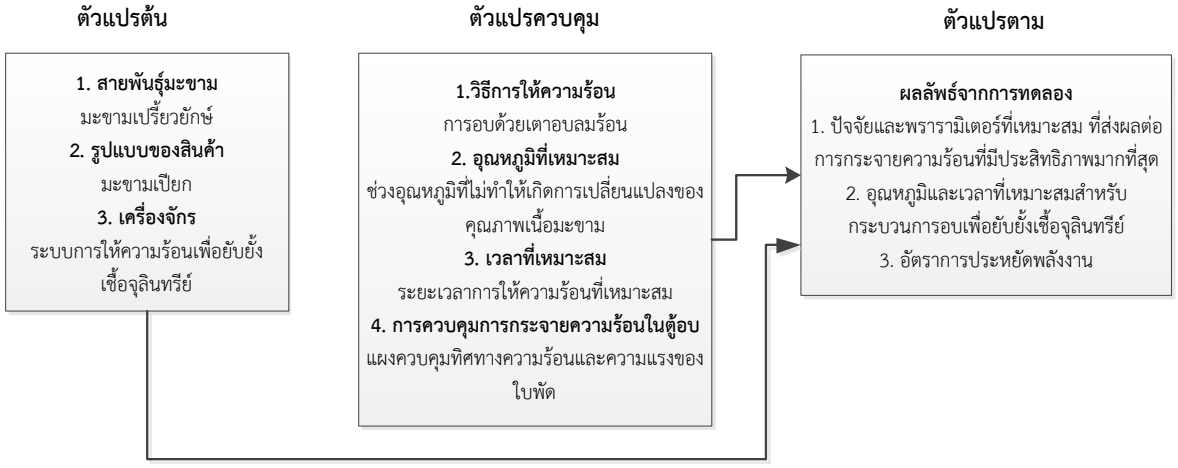
ระยะที่ 4 พัฒนาเครื่องอัดมะขามเปรี้ยวให้เป็นก้อนระบบนิวแมติกส์ โดยออกแบบให้ระบบนิวแมติกส์ไปควบคุมการทำงานของเครื่องจักรเพื่อทำให้มะขามเป็นรูปทรงตามที่ต้องการผ่านแรงดันอากาศ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาการอัดก้อนแบบเดิมที่ผู้ปฏิบัติงานต้องสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ รวมถึงรูปทรงที่ได้มักมีขนาดและรูปร่างที่ไม่เท่ากัน

1.5 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการ

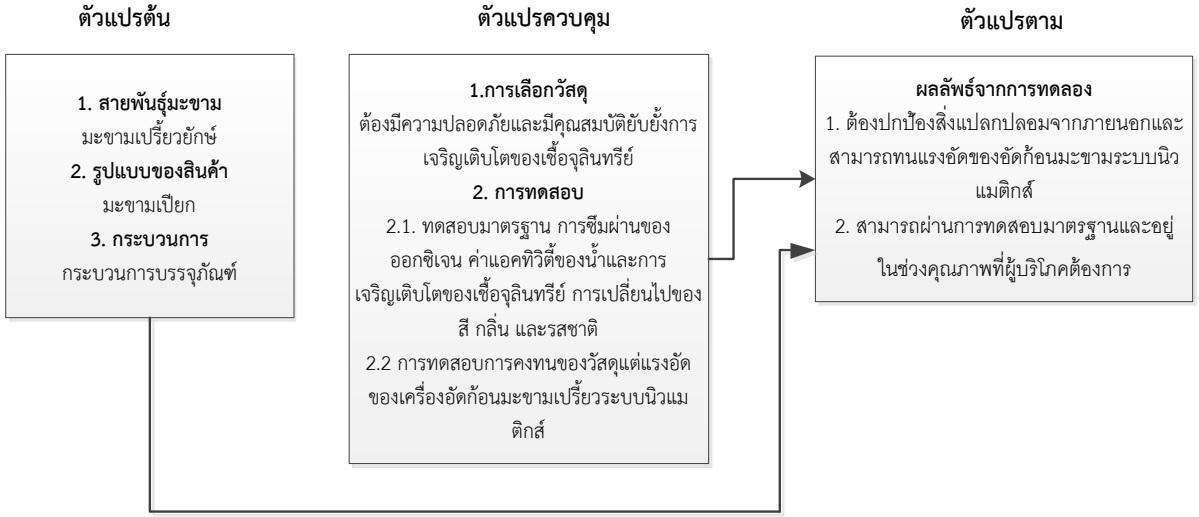
1.5.1 การพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์



1.5.2 การพัฒนาระบบการควบคุมป้อนกลับในกระบวนการอบเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในมะขามเปรี้ยวและการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษา



1.5.3 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะขามเปรี้ยวอัดก้อนเพื่อการส่งออก



1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ประโยชน์ต่อคณะผู้วิจัย

1.6.1.1 ผลลัพธ์ที่สามารถตอบสนองการบูรณาการในการจัดการเรียนการสอน

1.6.1.2 บทความทางวิชาการ

1.6.1.3 ปัญหาและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนางานวิจัยที่จะนำไปสู่องค์ความรู้ในด้านอื่นๆ ของคณะผู้วิจัย

1.6.2 ประโยชน์ต่อมหาวิทยาลัย

1.6.2.1 พันธกิจการบริการวิชาการที่สร้างประโยชน์ให้แก่ชุมชน

1.6.2.2 ความร่วมมือทางวิชาการและความสัมพันธ์ที่ดีของมหาวิทยาลัย ภาครัฐ และสถานประกอบการ

1.6.2.3 ช่วยให้สถาบันการศึกษาได้รับการยอมรับจากชุมชนและตลาดแรงงาน

1.6.3 ประโยชน์ต่อสังคมและชุมชน

1.6.3.1 การรวมตัวกันของเกษตรกรในการประกอบธุรกิจในระดับชุมชน มีความมั่นคง ได้รับการรับรองตามกฎหมาย มีมาตรฐานที่ตอบสนองความต้องการแก่ผู้บริโภค

1.6.3.2 การส่งเสริมความรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น การพัฒนาความสามารถในการจัดการตรงตามความต้องการที่แท้จริง

1.6.3.3 ระบบเศรษฐกิจชุมชนมีความเข้มแข็ง พึ่งพาตนเองได้ มีความพร้อมที่จะพัฒนาสำหรับการแข่งขันทางการค้าในอนาคต

1.6.3.4 กระบวนการผลิตและแปรรูปมะขามเปรี้ยวอัดก้อนที่มีความเป็นมาตรฐาน

1.6.3.5 มะขามของเปรี้ยวในพื้นทีจังหวัดเพชรบูรณ์มีราคาเฉลี่ยสูงขึ้น

1.6.3.6 รายได้ที่สูงขึ้นของกลุ่มผู้แปรรูปมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์

1.6.3.7 สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่า

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้คณะผู้วิจัยจะกล่าวถึงเอกสารที่เกี่ยวข้องกับมะขาม ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตมะขามหวานอบแห้ง ความรู้ด้านการออกแบบและสร้างเครื่องจักรที่นำมาใช้พัฒนากระบวนการแปรรูปมะขาม การออกแบบการทดลองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การแปรรูปมะขามหวาน

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 ซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น หากนำมาแปรรูปก็จะสามารถนำสิ่งที่ไม่เป็นประโยชน์มาเพิ่มมูลค่ามะขามเปรี้ยวสามารถนำผลผลิตมาใช้ในการประกอบอาหารเป็นหลักทั้งในส่วนของใบอ่อน ผลดิบ และผลสุก นิยมนำมาประกอบอาหารเป็นหลักทำให้อาหารมีรสเปี้ยวเป็นธรรมชาติซึ่งปัจจุบัน มีการเก็บผลสุกนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิด และมีการส่งเสริมตั้งแต่ระดับครัวเรือนกลุ่มเกษตรกรไปจนถึงในรูปของบริษัท

2.1.1 การเก็บรักษามะขามเปรี้ยว

มะขามเปรี้ยว สามารถเก็บรักษาเพื่อรอการขายได้นานถึงปี หากมีวิธีการเก็บ รักษาที่ถูกต้อง ซึ่งการเก็บรักษาฝักมะขามเปรี้ยว ทำได้ด้วยวิธีต่างๆ ดังนี้

1. การพึ่งลม เป็นการเก็บรักษาฝักมะขามเปรี้ยวในระยะเวลาสั้น ๆ 20-62 วัน โดยนำฝักมะขามเปรี้ยวที่เก็บมาคัดขนาดแล้วยิ่งลมในที่ร่ม มีการระบายอากาศได้ดี ถ้าต้องการเก็บ รักษาฝักไว้ 20-30 วัน ให้พึ่งลมเป็นเวลา 2-5 วัน และคอยเกลี่ยฝัก ระวังไม่ให้ทับกันแน่นเกินไป และถ้าต้องการเก็บรักษาฝักมะขามเปรียวให้นาน 30-60 วัน ระยะเวลาการฝั่งลมต้องนานขึ้น 10-15 วัน โดยสังเกตว่าฝักมะขามเปรี้ยวจะหยุดการคายฐ้า เพราะการคายฐ้าจะทำให้เกิดไอฐ้าและความ ร้อนขึ้น เมื่อนำฝักมะขามเปรี้ยวบรรจุลงในกล่องหรือถุงเพื่อการจำหน่ายแล้ว ฝักมะขามเปรี้ยวอาจ เกิดเชื้อราเสียหายได้ การพึ่งลมถ้าทำบนตะแกรงเหล็กจะทำให้ได้ผลดีขึ้น

2. การนึ่ง คือการทำให้เนื้อและเมล็ดมะขามเปรี้ยวสุกโดยอาศัยความร้อนจาก ไอฐ้า เพื่อเป็นการกำจัดเชื้อราและแมลงต่าง ๆ ที่อาจจะมีอยู่ในฝักมะขามเปรี้ยว เพื่อต้องการเก็บ รักษาฝักมะขามเปรี้ยวให้ได้นานออกไปอีก โดยที่ฝักมะขามเปรี้ยวยังคงมีคุณภาพและรสชาติคงเดิม วิธีการนึ่ง กระทำเช่นเดียวกับการนึ่งอาหารทั่วไป ไม่ต้องใช้เครื่องมือราคาแพง ใช้ซึ้งนึ่งข้าว ธรรมดา โดยใช้ความร้อนจากไอฐ้าเดือดนึ่ง การนึ่งใช้เวลา 10-20 นาที ขึ้นอยู่กับขนาดของฝัก ถ้า ฝักมีขนาดใหญ่ใช้เวลานึ่งนานกว่าฝักขนาดเล็ก และความหนาบางของเปลือกฝักด้วย เมื่อนึ่ง เรียบร้อยแล้วก็นำฝักมะขามเปรี้ยวออกฝั่งให้เย็นหรือตากฝั่งแดดจนแน่ใจว่าแห้งดีแล้ว ถ้าจะเก็บไว้ นาน ๆ ก็เก็บในภาชนะที่มีฝาปิดสนิทกันแมลงได้ เช่น โอ่งเคลือบ หรือ ปี

3 การอบด้วยไอร้อน คือการทำให้เนื้อและเมล็ดมะขามเปรี้ยวสุก โดยอาศัย ความร้อนจากไอร้อนเพื่อเป็นการกำจัดเชื้อราและแมลงต่าง ๆ ที่อาจมีอยู่ภายในฝัก เมื่อต้องการเก็บ รักษาฝักมะขามเปรี้ยวได้นาน ไอร้อนจะออกจากเครื่องมือผลิตลมร้อนคล้ายกับการอบของโรงบ่ม ใบยาสูบ ซึ่งต้องลงทุนมากและการใช้ยุ่งยาก หรือไม่ก็อาจใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์

4 การเก็บในห้องเย็น เป็นการเก็บที่ต้องลงทุนสร้างห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิ ได้ ให้อยู่ในระดับ 5-10 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาฝักมะขามเปรี้ยวไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิที่ฐ่า

2.2 การอบแห้ง

การอบแห้ง คือการทำแห้งหรือการกำจัดน้ำ การใช้ความร้อนเพื่อกำจัดน้ำที่อยู่วัสดุโดยการระเหยน้ำหรือการระเหิดจากของแข็ง โดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนซึ่งจะเกิดตรงจุดที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างจุดสองจุด หรืออาศัยหลักการอบแห้งการลดความชื้นในระบบ การถ่ายเทความร้อนมี 3 แบบ คือ การพาความร้อน จะเกิดกับวัตถุดิบที่เป็นของเหลว โดยกระแสความร้อนจะถูกพาผ่านช่องว่างที่

เป็น อากาศหรือแก๊สจากของเหลวชนิดหนึ่งไปยังของเหลวอีกชนิดหนึ่ง หรือการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนจาก โมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งจะเกิดกับวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นของแข็ง และสุดท้ายเป็นการการแผ่รังสี ซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนไปยัง วัตถุดิบซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีอบในสุญญากาศ และการอบแห้งแบบเยือกแข็ง ในทางปฏิบัติ การถ่าย เทความร้อนในการอบแห้งอาจ เกิดขึ้นพร้อมกันทั้ง 2 หรือ 3 แบบก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบที่นำไปอบแห้ง ประเภทการอบแห้งแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

2.2.1 การอบแห้งโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์

เป็นระบบการอบแห้งแบบระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยกระแสลมที่พัดเป็นตัวกลางพาความร้อนจากแหล่งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยมีลักษณะของการทำงานดังนี้

2.2.1.1 เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ เป็นการวางวัตถุไว้ที่กลางแจ้ง อาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ

2.2.1.2 ตู้อบแห้งแบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง วัตถุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยวัสดุที่โปร่งใส ความร้อนที่ใช้อบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัวเอง อากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเทอากาศชื้น

2.2.1.3 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัตถุที่อยู่ภายในจะได้รับความร้อน 2 ทาง คือ ทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศร้อนก่อนที่จะผ่านการอบแห้ง

2.3 มะขามเปรี้ยว

2.3.1 เกี่ยวกับมะขามเปรี้ยว

มะขามเปรี้ยวเป็นผลผลิตทางการเกษตรพื้นบ้านของไทย นำเข้ามาปลูกครั้งแรกที่จังหวัดเพชรบูรณ์ มะขามมีลักษณะเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่แตกกิ่งก้านสาขามาก เปลือกมีลักษณะขรุขระและหนา สีน้ำตาลอ่อน ใบเป็นใบประกอบ ผลปเป็นฝักยาว รูปร่างยาวหรือโค้ง 3-20 เซ็นติเมตร ฝักอ่อนมีเปลือกสีเขียวอมเทา

2.3.2 การเก็บเกี่ยว

มะขามเปรี้ยวจะแก่ และสามารถเก็บเกี่ยวได้ใช้ช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือน กุมภาพันธ์ของปีถัดไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งปลูกและสภาพดินฟ้าอากาศด้วย วิธีเก็บทำได้ 2 วิธี คือ

2.3.2.1 เก็บโดยการปีนขึ้นต้น เขย่าให้ฝักมะขามที่สุกเต็มที่หล่นลงมาบนพื้น หลังจากเก็บเกี่ยวแล้วนำฝักมะขามเปรี้ยวมาแกะเอาเปลือกและเมล็ดออกจากนั้นนำเนื้อมะขาม ที่แกะได้ เรียกว่า มะขามเปียก บรรจุลงในภาชนะต่างๆ เช่น ถุงพลาสติก หรือ เข่ง เพื่อจำหน่ายต่อไป สำหรับวิธีการเก็บรักษามะขามเปียกไว้นานๆ เพื่อจะนำมาจำหน่ายในช่วงที่มีราคาสูง โดย ที่เนื้อมะขาม ไม่เปลี่ยนเป็นสีคล้ำ ทำได้โดย การนำมะขามเปียกที่บรรจุในภาชนะ ไปเก็บไว้ในห้อง เย็นที่อุณหภูมิต่ำ คือ 5 อาศาเซลเซียส ซึ่งสามารถชะลอการเกิดสีดำของเนื้อมะขามได้ประมาณ 10 เดือน หรือ อาจทำได้โดยการนำเอาเหลือผง 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 โตให้ใช้บันไดขึ้นเก็บเกี่ยวผักที่อยู่สูง เมื่อเก็บฝักมะขามเปรี้ยวแล้ว ไม่ควรให้ถูกน้ำ ให้ตัดแต่งฝัก ที่มีก้านช่อยาวเกินไปทิ้ง พร้อมทำการคัดแยกขนาดของฝัก (เกรด) และฝักเสียหรือฝักแตก มีตำหนิ หรือไม่สมบูรณ์ออกไป การตัดแยกขนาดของฝัก (เกรด) เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องทำ เพราะฝักที่แยกแล้ว ไม่ว่าฝักเล็กหรือฝักใหญ่ ถ้ามีความสม่ำเสมอในขนาดของฝัก มีผลทำให้ได้ราคาดีขึ้น สำหรับฝักที่ แยกได้เกรดตามต้องการแล้ว ต้องนำมากองพึ่งลมในที่ที่มีการระบายอากาศได้ดี และการพึ่งลม จะต้องเกลี่ยให้ทุกฝักโดนลม คือไม่ทับกันมากเกินไป ยิ่งลมไว้ประมาณ 2-5 วัน จึงนำไปบรรจุถุง หรือกล่องเพื่อจำหน่ายต่อไป

รูปที่ 2-1 มะขามเปรี้ยวยักษ์

2.3.3 การเก็บรักษามะขามเปรี้ยว

มะขามเปรี้ยว สามารถเก็บรักษาเพื่อรอการขายได้นานถึงปี หากมีวิธีการเก็บ รักษาที่ถูกต้อง ซึ่งการเก็บรักษาฝักมะขามเปรี้ยว ทำได้ด้วยวิธีต่างๆ ดังนี้

2.3.3.1 การพึ่งลม เป็นการเก็บรักษาฝักมะขามเปรี้ยวในระยะเวลาสั้น ๆ 20-62 วัน โดยนำฝักมะขามเปรี้ยวที่เก็บมาคัดขนาดแล้วยิ่งลมในที่ร่ม มีการระบายอากาศได้ดี ถ้าต้องการเก็บ รักษาฝักไว้ 20-30 วัน ให้พึ่งลมเป็นเวลา 2-5 วัน และคอยเกลี่ยฝัก ระวังไม่ให้ทับกันแน่นเกินไป และถ้าต้องการเก็บรักษาฝักมะขามเปรียวให้นาน 30-60 วัน ระยะเวลาการฝั่งลมต้องนานขึ้น 10-15 วัน โดยสังเกตว่าฝักมะขามเปรี้ยวจะหยุดการคายน้ำ เพราะการคายน้ำจะทำให้เกิดไอน้ำและความ ร้อนขึ้น เมื่อนำฝักมะขามเปรี้ยวบรรจุลงในกล่องหรือถุงเพื่อการจำหน่ายแล้ว ฝักมะขามเปรี้ยวอาจ เกิดเชื้อราเสียหายได้ การพึ่งลมถ้าทำบนตะแกรงเหล็กจะทำให้ได้ผลดีขึ้น

2.3.3.2 การนึ่ง คือการทำให้เนื้อและเมล็ดมะขามเปรี้ยวสุกโดยอาศัยความร้อนจาก ไอน้ำ เพื่อเป็นการกำจัดเชื้อราและแมลงต่าง ๆ ที่อาจจะมีอยู่ในฝักมะขามเปรี้ยว เพื่อต้องการเก็บ รักษาฝักมะขามเปรี้ยวให้ได้นานออกไปอีก โดยที่ฝักมะขามเปรี้ยวยังคงมีคุณภาพและรสชาติคงเดิม วิธีการนึ่งกระทำเช่นเดียวกับการนึ่งอาหารทั่วไป ไม่ต้องใช้เครื่องมือราคาแพง ใช้ซึ้งนึ่งข้าว ธรรมดา โดยใช้ความร้อนจากไอน้ำเดือดนึ่ง การนึ่งใช้เวลา 10-20 นาที ขึ้นอยู่กับขนาดของฝัก ถ้า ฝักมีขนาดใหญ่ใช้เวลานึ่งนานกว่าฝึกขนาดเล็ก และความหนาบางของเปลือกฝักด้วย เมื่อนึ่ง เรียบร้อยแล้วก็นำฝักมะขามเปรี้ยวออกฝั่งให้เย็น หรือตากฝั่งแดดจนแน่ใจว่าแห้งดีแล้ว ถ้าจะเก็บไว้ นาน ๆ ก็เก็บในภาชนะที่มีฝาปิดสนิทกันแมลงได้ เช่น โอ่งเคลือบ หรือ ปี บ

2.3.3.3 การอบด้วยไอร้อน คือการทำให้เนื้อและเมล็ดมะขามเปรี้ยวสุก โดยอาศัยความร้อนจากไอร้อนเพื่อเป็นการกำจัดเชื้อราและแมลงต่าง ๆ ที่อาจมีอยู่ภายในฝัก เมื่อต้องการเก็บรักษาฝักมะขามเปรี้ยวได้นาน ไอร้อนจะออกจากเครื่องมือผลิตลมร้อนคล้ายกับการอบของโรงบ่ม ใบยาสูบ ซึ่งต้องลงทุนมากและการใช้ยุ่งยาก หรือไม่ก็อาจใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์

2.3.3.4 การเก็บในห้องเย็น เป็นการเก็บที่ต้องลงทุนสร้างห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิได้ ให้อยู่ในระดับ 5-10 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาฝักมะขามเปรี้ยวไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิที่ต่ำ

2.3.4 ผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากมะขามเปรี้ยว

ผลิตภัณฑ์จากส่วนต่างๆ ที่ไม่ใช่เนื้อมะขาม มะขามเป็นพืชที่มีบทบาท สำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนไทย (ชุมสาย และคณะ, 2529) โดยเฉพาะประชาชนในชนบท สามารถใช้ประโยชน์จากมะขามได้เกือบทุกส่วน ดังนี้

เมล็ดมะขามมักนำไป ทำแป้ง ทำกาวแป้งเปียก อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมผ้าดอก อุตสาหกรรมพลาสติก นำมาทำให้สุกรับประทานเป็นยาถ่ายพยาธิเส้นเดือน ส่วนเปลือก มักนำมาทุบให้เป็นเกล็ดเล็กๆ ใช้ผสมยาสูบพื้นเมือง ทำให้รสชาติกลมกล่อมยิ่งขึ้น ผสมกับสารส้มและยางสน ใช้ย้อมผ้า และขนแกะให้เป็นสีกากี แก้ ท้องร่วงและอาเจียน ส่วนของใบ ใช้ใบอ่อนมาเป็นส่วนประกอบในการปรุงอาหาร ใบแก่นำมาย้อมผ้า ใช้เป็นยาถ่ายพยาธิ ใบ มะขามมีสารออกฤทธิ์ทำลายแกรมบวก เช่น คอกไค บาซิลไล และ อีโคไล ส่วน เนื้อไม้จากต้นมะขาม ที่มีความ แข็ง เหนียว และละเอียด เหมาะสำหรับทำเขียง ตู้ และเตียง เส้นใยใช้ทำเชือกได้

ผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากเนื้อมะขาม มะขามเปรี้ยวนอกจากจะใช้รับประทานสดแล้วยังสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ ต่างๆ ได้ สามารถแบ่งได้ดังนี้ (สำรวจตลาด, 2548) สามารถแบ่งได้หลักๆ 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 ฟู้มะขามพร้อมดื่ม ท็อฟฟี่มะขาม มะขามหยี มะขามแช่อิ่มแห้ง มะขามคลุกบ๊วย

2.3.4.3 ประเภทเครื่องสำอาง ได้แก่ สบู่มะขามสมุนไพร สมุนไพรครีมมะขาม ผงมะขามขัดตัว สบู่เหลวมะขามผสมแครอท

2.3.4.4 และประเภทเครื่องปรุงอาหาร ซอสมะขาม แยมมะขาม น้ำมะขามเข้มข้น น้ำมะขามปรุงรส

2.4 การอบแห้ง

การอบแห้ง คือการทำแห้งหรือการกำจัดน้ำ การใช้ความร้อนเพื่อกำจัดน้ำที่อยู่วัสดุโดยการระเหยน้ำหรือการระเหิดจากของแข็ง โดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนซึ่งจะเกิดตรงจุดที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างจุดสองจุด หรืออาศัยหลักการอบแห้งการลดความชื้นในระบบ การถ่ายเทความร้อนมี 3 แบบ คือ การพาความร้อน จะเกิดกับวัตถุดิบที่เป็นของเหลว โดยกระแสความร้อนจะถูกพาผ่านช่องว่างที่เป็น อากาศหรือแก๊สจากของเหลวชนิดหนึ่งไปยังของเหลวอีกชนิดหนึ่ง หรือการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนจาก โมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งจะเกิดกับวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นของแข็ง และสุดท้ายเป็นการการแผ่รังสี ซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนไปยัง วัตถุดิบซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีอบในสุญญากาศ และการอบแห้งแบบเยือกแข็ง ในทาง

ปฏิบัติ การถ่าย เทความร้อนในการอบแห้งอาจ เกิดขึ้นพร้อมกันทั้ง 2 หรือ 3 แบบก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบที่นำไปอบแห้ง ประเภทการอบแห้งแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

2.4.1 การอบแห้งโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์

เป็นระบบการอบแห้งแบบระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยกระแสลมที่พัดเป็นตัวกลางพาความร้อนจากแหล่งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยมีลักษณะของการทำงานดังนี้

2.4.1.1 เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ เป็นการวางวัตถุไว้ที่กลางแจ้ง อาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ

2.4.1.2 ตู้อบแห้งแบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง วัตถุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยวัสดุที่โปร่งใส ความร้อนที่ใช้อบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัวเอง อากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเทอากาศชื้น

2.4.1.3 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัตถุที่อยู่ภายในจะได้รับความร้อน 2 ทาง คือ ทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศร้อนก่อนที่จะผ่านการอบแห้ง

2.4.2 การอบแห้งโดยใช้ลมร้อน

2.4.2.1 การอบแห้งโดยใช้ลมร้อน ใช้กระแสลมร้อนสัมผัส กับวัตถุดิบ เช่น ตู้อบลมร้อน (Hot air dryer) โดยจะใช้ Blower ในการเป่าลมร้อน จากแหล่งหลังงานความร้อนคือ Heater ไปยังวัตถุดิบ การนำไปประยุกต์ใช้ โดยทั่วไปแล้วจะใช้ในการอบแห้งวัตถุดิบในทางอุตสาหกรรม เพื่อทำให้วัตถุดิบแห้ง ก่อนที่จะเริ่มกระบวนการต่อไป ข้อดีคือ สามารถทำการอบแห้งได้ในอัตราการผลิตที่คงที ประสิทธิภาพในการทำงานสูง ควบคุมการทำงานได้ดี แต่ข้อเสียคือวิธีนี้สิ้นเปลืองพลังงานมาก เพราะจะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิง ในการสร้างความร้อน และหมุน Blower

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

เช่นในอุตสาหกรรมนมผง ไข่ผง กาแฟผง และผงชักฟอก การอบแห้งด้วยการพ่นวัตถุดิบที่เป็นของเหลวไปในลมร้อนจะเหมาะสำหรับการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่เป็นผงแห้งจำนวนมาก อุณหภูมิที่ใช้ไม่ต้องสูงมากนัก แต่ก็มีข้อเสียคือแกระบวนการในการติดตั้งระบบ มีความซับซ้อน

2.5 การออกแบบการทดลอง(Design of Experimen : DOE)

Design of Experiment (DOE) มีจุดประสงค์ที่จะควบคุมการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าปัจจัย (factors) ของกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง แล้วดูผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตอบสนอง (Response)ของกระบวนการนั้นกระบวนการ (Process) คือการทำงานรวมกัน ผสมผสานกันของเครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) มนุษย์ (People) กรรมวิธีการทำงาน (Methods) สภาพแวดล้อมในการทำงาน (Environment) และกระบวนการวัดค่า (Measurement) เพื่อให้เกิดเป็นผลผลิตหรือการบริการ รูปต่อไปนี้เป็นตัวอย่างกระบวนการหนึ่งที่อยู่ในหมวดการผลิตสินค้าอุตสาหกรรม เพื่อชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของปัจจัย กระบวนการ และตัวแปรตอบสนอง

ในกระบวนการหนึ่งๆอาจจะมีปัจจัยมากมาย บางตัวเราก็ไม่อาจจะควบคุมได้และถึงแม้จะเป็นเหตุให้เกิดผลกระกระทบต่อกระบวนการก็ตาม เราก็จำเป็นต้องละเลยหรือปล่อยให้ตัวแปรเหล่านี้เป็นไปตามธรรมชาติของมัน ในการออกแบบการทดลองเราจะเรียกตัวแปรเหล่านี้ว่า Noise แต่ตัวแปรบางตัวเราไม่สามารถปล่อยให้มันเปลี่ยนไปตามธรรมชาติของมันได้ เพราะมันมีผลต่อกระบวนการมากกว่าตัวแปร Noise เราจะต้องควบคุมตัวแปรเหล่านี้ให้เปลี่ยนแปลงอยู่ในตำแหน่งและช่วงใดช่วงหนึ่งที่มีผลเสียต่อกระบวนการน้อยที่สุด เราเรียกตัวแปรเหล่านี้ว่า Key Process Input Variable หรือ KPIV ในขณะเดียวกันเราจะรู้ประสิทธิภาพหรือความเป็นไปของกระบวนการได้ก็โดยการวัดด้วยตัวชี้วัด เช่นเดียวกันกระบวนการหนึ่งๆอาจจะวัดด้วยตัวชี้วัดเพียงตัวเดียว หรือมากกว่า 1 ตัวก็เป็นได้ วิธีวัดก็มีได้ทั้งวัดด้วยเครื่องมือวัดซึ่งจะได้ค่าเป็นค่าต่อเนื่อง (Continuous data) หรือเรียกว่าตัวแปรเชิงปริมาณ (Quantitative variable) ถ้าวัดได้ด้วยการนับ การสังเกต ซึ่งจะได้ค่าเป็นค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) หรือเรียกว่าตัวแปรเชิงคุณภาพ (Qualitative variable) แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นเราจะไม่สามารถวัดตัวแปร Output ของกระบวนการได้ทุกตัว จำเป็นจะต้องวัดเฉพาะตัวแปรที่เราเห็นว่าบอกหรือสื่อถึงประสิทธิภาพหรือผลที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้ดีที่สุดหรือมากที่สุดเท่านั้น เราเรียกตัวแปรที่เราคัดเลือกมานี้ว่า Key Process Output Variable หรือ KPOV ตัวแปรเข้า Input factors ที่เห็นนั้นคือตัวแปรที่พิสูจน์แล้วว่าเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการมาก และ Output factors ที่ปรากฏก็เป็นตัวชี้วัดที่จะบ่งบอกถึงกระบวนการได้ดีที่สุด ซึ่งมีทั้งที่วัดด้วยเครื่องมือวัดได้คือความหนา การหดตัวของชิ้นงาน และที่นับหรือ

สังเกตด้วยคนเท่านั้น คือจำนวนชิ้นงานที่ไม่ผ่านเกณฑ์หรือมีตำหนินั่นเอง เมื่อต้องใช้ DOE นั้นจะไม่นิยมใช้ Response หลายตัวในการทำครั้งหนึ่ง

2.5.1 ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง

2.5.1.1 กำหนดหัวข้อปัญหา (Problem statement) จะต้องชัดเจน เข้าใจได้ง่ายและเป็นรูปธรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 อย่าง อะไรที่กำลังเป็นเป็นปัญหา (What) ลักษณะของปัญหาเป็นเช่นไรขนาดไหน (How) และพบปัญหานั้นที่ไหนช่วงเวลาใด (Where)

2.5.1.2 การเลือกปัจจัย (Factor) และการกำหนดระดับของปัจจัย (Treatment) จำเป็นที่จะต้องเลือกปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอย่างแท้จริง ซึ่งสามารถเลือกจากกรรมวิธีคัดกรองโดยเครื่องมือทางสถิติ จำพวก Univar ate เช่น T-Test เป็นต้น ผู้ที่มีความรู้หรือเชี่ยวชาญในกระบวนการนั้นๆ ก็เป็นผู้ที่สามารถให้คำแนะนำที่ดีในการเลือกปัจจัย และการกำหนดระดับของปัจจัยด้วย

2.5.1.3 การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response) จะต้องเน้นตัวแปรที่สามารถวัดได้ ทั้งที่วัดด้วยเครื่องมือวัดและวัดด้วยกระบวนการวัดอื่นๆ เช่น การนับ และจะต้องเป็นตัวแปรที่สื่อถึงกระบวนการที่เราต้องการศึกษานั้นได้ดีด้วย

2.5.1.4 เลือกแบบทดลอง (Experiment design) เช่น การกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่าง วิธีการเลือกสิ่งตัวอย่าง วางแผนการทำการทดลอง วิธีการบันทึกผลการทดลอง และการกำหนดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ เป็นต้น

2.5.1.5 ดำเนินการทดลอง (Perform the Experiment) ให้เป็นไปตามแผนการ ทั้งวิธีการดำเนินการ ความถูกต้องในการวัด การควบคุมตัวแปรในการทดลอง และเก็บผลการทดลอง

2.5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ไม่ใช่แค่การ Run เพื่อให้ได้ผลออกมาเท่านั้น แต่รวมถึงการตรวจสอบ ลักษณะและคุณภาพของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การพิสูจน์ทราบความถูกต้องของ Model ที่ได้ (Model Adequacy Checking) หาค่าระดับนัยสำคัญของอิทธิพลของแต่ละปัจจัย โดยปกติ DOE จะใช้ ANOVA ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นผู้วิเคราะห์ก็ต้องเข้าใจเงื่อนไข ของ ANOVA ด้วย

2.5.1.7 สรุปผลการทดลองและให้คำแนะนำ ผู้ดำเนินการทดลองจะเป็นผู้ที่เข้าใจที่ไปที่มาของข้อมูลดี และมองออกว่าผลที่ได้เป็นเช่นนั้นเพราะอะไร การดำเนินการมีข้อบกพร่องตรงไหน มีสาระสำคัญอะไรที่ผู้อ่านรายงานควรจะได้รับรู้ เผื่ออนาคตได้ดำเนินการทดลองบ้างก็จะเอาไปเป็นบรรทัดฐานได้ ผู้บริหารหน่วยงานอาจจะสนใจข้อวิเคราะห์ ความคิดเห็น ของผู้ดำเนินการมากกว่าผลที่ปรากฏก็เป็นได้

2.6 นิวแมติก

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

ฐิตารีย์ ถมยา (27| การควบคุมระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า คือ การควบคุมการทำงานของวาล์วด้วยระบบไฟฟ้าที่วาล์วควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทำงาน การควบคุมระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้าแบ่งการควบคุมออกเป็น 2 ระบบ คือ 1. วงจรกำลัง เป็นวงจรควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทำงานในระบบนิวแมติกส์ และ 2. วงจรควบคุมไฟฟ้า เป็นการทำงานของวาล์วโดยใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าในการควบคุม

ในปัจจุบันระบบนิวแมติกส์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญมากในระบบการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะกระบวนการผลิตที่ต้องการความแม่นยำของชิ้นงานและความต่อเนื่อง จึงมีการใช้เครื่องมือ ทุ่นแรงระบบนิวแมติกส์มาประยุกต์ใช้ในการทำงานแทนคน หรือเป็นที่รู้จักกันย่างแพร่หลายก็คือ แขนกล หรือ หุ่นยนต์ ซึ่งในการทำงานของแขนกลหรือหุ่นยนต์ในระบบการผลิตในโรงงาน อุตสาหกรรมก็คืออุปกรณ์ในระบบนิวแมติกส์ และระบบไฮดรอลิกส์นั่นเอง

วิทยา ดีวุ่น และคณะฯ [28] ในระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า การควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลนั้นสามารถแบ่งการควบคุมออกเป็น 2 อย่าง คือ การควบคุมวงจรไฟฟ้า และวงจรกำลัง ในส่วนของ วงจรการควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าเป็นการใช้อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าสั่งงานให้โซลินอยด์ทำงาน แล้วใน ส่วนของโซลินอยด์ก็จะสั่งให้วาล์วทำงานโดยเลื่อนตำแหน่งการทำงานจากตำแหน่งปกติเป็นตำแหน่ง การทำงานซึ่งการสั่งงานของโซลินอยด์จะอาศัยการเกิดอำนาจแม่เหล็กเป็นตัวเลื่อนตำแหน่งวาล์ว

2.7 วิศวกรรมคันไซ

วิศวกรรมคันไซ หรือบางครั้งเรียกว่า วิศวกรรมเชิงประสิทธิผล เป็นระเบียบวิธีพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญ โดยการแปลความหมายจากความรู้สึกและความต้องการของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์หรือลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์นั้นๆ แล้วนำมากำหนดเป็นตัวแปลหรือพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ส่วนขั้นตอนของวิศวกรรมคันไซหรือวิศวกรรมเชิงประสิทธิผลนั้น เป็นการประยุกต์ความคิดเห็น อารมณ์ และความรู้สึกของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์มาเป็นส่วนประกอบในการออกแบบ เปรียบเสมือนการรับประกันว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการออกแบบด้วยขั้นตอนนี้สามารถตอบสนองตามความต้องการของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ได้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการวิศวกรรมเชิงประสิทธิผลนั้น เริ่มเกิดขึ้นครั้งแรกในราวต้นปี ค.ศ. 1970 ในประเทศญี่ปุ่นและจนปัจจุบันมาการใช้งานอย่างกว้างขวาง ทั้งในเอเชีย ได้แก่ ญี่ปุ่น เกาหลี และไต้หวัน

หรือในประเทศแถบยุโรป เช่น สวีเดน สเปน และฝรั่งเศส โดยมีการนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างหลากหลายสาขา เช่น วิทยาศาสตร์ประยุกต์ และวิทยาศาสตร์เชิงจิตวิทยา นอกจากนี้ยังมีการนำวิศวกรรมเชิงประสิทธิผลมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวันที่หลากหลาย ปัจจุบันผลิตภัณฑ์และบริการต่างๆ ได้มีการออกแบบและผลิตขึ้นมาเพื่อความสะดวกสบายในชีวิตประจำวันมากขึ้น การแข่งขันของการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่สูงขึ้น ทำให้อุตสาหกรรมหรือผู้ผลิตภัณฑ์เห็นความสำคัญต่อความพึงพอในของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ว่ามีความต้องการต่อผลิตภัณฑ์นั้นมากหรือน้อยแค่ไหน สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์หรือบริการใหม่ๆ ที่ได้รับความสำเร็จทางด้านการตลาด โดยใช้ผลตอบสนองจากผู้ใช้ผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งสำคัญ ส่วนความประทับใจต่อผลิตภัณฑ์นั้นทางด้านการตัดสินใจซื้อสินค้าในเชิงจิตวิทยานั้นจัดเป็นส่วนที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ ระเบียบวิธนี้เหมาะสมสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ในเชิงวิศวกรรมนี้ เรียกว่า “วิศวกรรมคันไซ” (Kansei Enngineering) หรือ “วิศวกรรมเชิงประสิทธิผล” ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาหรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือบริการ โดยการแปลความหมายจากความรู้สึกบนพื้นฐานความต้องการผลิตภัณฑ์นั้นๆ มาใช้เป็นตัวแปรสำหรับการออกแบบในเชิงธุรกิจ

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์

เนื้อหาในส่วนนี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมเป็นการยกตัวอย่างงานงานวิจัยที่กล่าวถึงนวัตกรรมที่ประยุกต์ใช้ระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic) ในการพัฒนาเครื่องจักร ตัวอย่างเช่น ธีรภัทร (2548) ได้ประยุกใช้ระบบนิวแมติกส์ร่วมกัน Programmable Logic Controller ในการพัฒนาและสร้างหุ่นยนต์ไต่ผนังที่สามารถเคลื่อนที่ในแนวดิ่งได้ โดยสามารถควบคุมการเคลื่อนที่แบบไร้สาย ผู้วิจัยใช้กระบอกลูกสูบ 2 ทางทั้งหมด 5 ตัวเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ 4 ทิศทาง จากการทดสอบการใช้งานพบว่า หุ่นยนต์สามารถไต่ผนังความชันตั้งแต่ 0 ถึง 180 องศา ในพื้นผิวหลายๆ รูปแบบ (กระจก ไม้ และโลหะ) สามารถเคลื่อนที่ได้เร็วในพื้นที่ที่เป็นกระจก ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ 1 เมตรภายใน 8.89 นาที และรับน้ำหนักได้สูงสุดถึง 2.93 กิโลกรัม ในปีต่อมางานวิจัยของ รัตนชาติ (2549) ได้ประยุกต์ใช้ระบบนิวแมติกส์เพื่อพัฒนาเครื่องปั้มสบู่สมุนไพร เพื่อแก้ปัญหาอุปกรณ์ปั้มขึ้นรูปที่ใช้ในปัจจุบันในชุมชน ซึ่งมีปัญหาในด้านความปลอดภัยและอัตราการผลิตต่ำ และไม่สามารถทำนายกำลังการผลิตได้ เนื่องจากจำนวนที่ได้จะขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้ปฏิบัติงานแต่ละคน ในงานวิจัยชิ้นนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ เครื่องอัดลมที่มีกำลังมอเตอร์ ½ แรงม้า ใช้กำลังไฟ 0.4 กิโลวัตต์ มีถังบรรจุลมได้สูงสุด 2.9 MPa ใช้วาล์วควบคุมทิศทางระยะไกล 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ลูกสูบเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร สั่งการทำงานโดยใช้แป้นเหยียบ

เพื่อควบคุมการขึ้นลงของกระบอกสูบ จากการทดลองพบว่า สามารถผลิตสบู่ได้ 70 ก้อนต่อชั่วโมง ในงานวิจัยของผดุงศักดิ์ (2549) ได้พัฒนาเครื่องบรรจุข้าวสารเชิงปริมาณ โดยใช้ระบบนิวแมติกส์ในการควบคุม ร่วมกับการศึกษากรรวิธีการผลิตข้าวสาร ใช้การวัดปริมาณเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่อง จากการทดสอบพบว่าสามารถบรรจุข้าวสารได้ 681 ถุงต่อชั่วโมง และมีความคลาดเคลื่อนในการบรรจุเฉลี่ย 1.8 กรัมต่อถุง และมีการแตกหักอยู่ที่ร้อยละ 1.06 มีการใช้เทคโนโลยีนิวแมติกส์กับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของกฤตและดุสิต (2551) ได้ออกแบบเครื่องหยดจ่ายของเหลวขนาดเล็กจากระบบนิวแมติกส์ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ในการหยุดของเหลวในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กมากๆ เนื่องจากการนำเข้าเครื่องมือชนิดนี้จากต่างประเทศนั้นมีราคาที่สูงมาก จากผลการทดลองพบว่าสามารถผลิตเครื่องหยดจ่ายที่มีขนาดเล็กและสามารถควบคุมปริมาตรตามเวลาได้จริง โดยสามารถปรับรายละเอียดมากกว่าเครื่องในตลาดประมาณ 100 เท่า และสามารถหยดจ่ายของเหลวได้ทั้งแบบอัตโนมัติโดยมีความละเอียดอยู่ที่ 100 มิลลิวินาที และแบบใช้คนบังคับ ซึ่งน้ำมีความสัมพันธ์ระหว่างการเปิดปิดโซลีนอยด์วาล์วควบคุมความดันอากาศกับปริมาณหยดจ่ายเป็นเชิงเส้น ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมปริมาณของหยดน้ำผ่านการปรับเปลี่ยนเวลาในการเปิดปิดโซลีนอยด์วาล์ว นอกจากนี้ยังมีผู้นำระบบนิวแมติกส์ไปใช้ในการแปรรูปผลไม้ ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของบัณฑิต (2555) ได้ประยุกต์ใช้ระบบนิวแมติกส์กับการพัฒนาเครื่องปอกผลไม้ เพื่อยกระดับกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และเพื่อลดระยะเวลาการทำงาน ในการทดสอบผู้วิจัยเลือกใช้ มะละกอและแคนตาลูป ซึ่งสามารถปลอกเปลือได้ทั้งหมด เมื่อใช้ความเร็วชุดใบมีดเท่ากับ 0.52 และ 0.63 เมตรต่อวินาที ความเร็วรอบเพลาหมุนเท่ากับ 200 และ 250 รอบต่อนาที โดยใช้เวลารวมประมาณ 19-22 วินาทีต่อการปอกเปลือกผลไม้ 1 ลูก ซึ่งถ้าปากเปรียบเทียบกับแรงงานคน พบว่าเครื่องสามารถปอกได้เร็วว่า ประมาณ 2.44 เท่า

2.8.2 การพัฒนาระบบการควบคุมป้อนกลับในกระบวนการอบเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในมะขามเปรี้ยวและการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษา

ที่ผ่านมามีรูปแบบการให้ความร้อนเพื่อ ลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งค่าระดับชุมชม ตามมาตรฐาน ยีสและราต้องน้อยกว่า $1x10^3$ โคโลยีต่อ 1 ตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ในงานวิจัยของปริชาตและสุมาร (2549) ได้ใช้กระบวนการความร้อนเพื่อลดเชื้อ จุลินทรีย์ใน น้ำตาลปี๊บกับมะขามเปียกจากตลาดในอำเภอเมือง อำเภอพิมาย และอำเภอปากช่องจังหวัดนครราชศรีมา เพื่อศึกษาอุณหภูมิและระนะเวลาในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ทั้งแบบผ่านและไม่ผ่านความร้อน การให้ความร้อนจะอยู่ที่ระดับ 70 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 2 และ 3 นาที จากการตรวจสอบเบื้องต้นพบว่า น้ำตาลปี๊บมีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.6×10^4 โคโลนีต่อกรัม เมื่อผ่านความ

ร้อน 90 องศาเซลเซียสในเวลา 1 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ $2x10^2$ โคโลนีต่อกรัม ส่วนมะขามเปียกที่มี เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.5×10^4 โคโลนีต่อกรัม เมื่อผ่านความร้อน 100 องศาเซลเซียสนาน 1 นาที สามารถลดปริมาณ ยีสต์และรา ได้ 2.5×10^2 โคโลนีต่อกรัม ที่ผ่านมามีการพัฒนานวัตกรรมเกี่ยวกับการให้ความร้อนจากพลังงานหลายรูปแบบ ซึ่งสามารถมาช่วยในกระบวนการผลิตที่หลากหลาย ดังนั้นจึงสามารถนำความรู้จากการทบทวนวรรณกรรมไปต่อยอดประยุกต์กับงานวิจัยชิ้นนี้ ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของนายวิทธิชัย เชนทร (2549) ได้ศึกษาการทำงานของตู้อบแห้งชนิดการพาความร้อนแบบบังคับ โดยพาความความร้อนให้แก่ผลิตภัณฑ์ โดยใช้อากาศเป็นสารตัวกลางในการความความร้อนผ่านแผงรับแสงรังสีสุริยะแบบราบเรียบขนาดพื้นที่ ตารางเมตร วางทำมุม 9 องศา ซึ่งทำให้การอัตราการไหลของอากาศร้อนเท่ากับ 0.84 ลูกบาศ์กเมตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่หมุนเวียนในตู้อบเฉลี่ย 50-60 องศา ซึ่งจากการทดสอบการทำงานพบกว่าสามารถลดน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ได้เร็วกว่าการตากแห้งแบบปกติเกือบ 3 เท่า ต่อมาในปี 2553 ในงานวิจัยของ อิศรพงษ์ (2553) ผู้วิจัยได้ศึกษากรรมการวิธีอบแห้งต่ออัตราการอบแห้ง เพื่อแปรรูปไปใช้เป็นส่วนประกอบในการปรุงอาหาร ระยะเวลาการอบแห้ง ปริมาณ citronellal ค่าสี และค่าวอเตอร์แคติวิตี ของใบมะกรูดอบแห้ง โดยใช้ตู้อบแสงอาทิตย์แบบพาอากาศร้อยเข้าสู่ห้องอบ ตู้อบลมร้อนแบบถาด และตู้อบไมโครเวฟสูญญากาศ จากผลการทดลองพบว่าใบมะกรูดที่มีความร้อนเริ่มต้นเฉลี่ยร้อยละ 177.13 จะแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส ส่วนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราความร้อนกับความชื้นในระยะเวลาการอบต่างๆ พบว่า อัตราส่วนความชื้นจะลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียวเมื่อระยะเวลาอบแห้งเพิ่มขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ใช้แบบจำลอง Lewis, Henderson and Pabis และ Page เพื่อทำนายจลนศาสตร์ของการอบแห้งใบมะกรูด จึงพบว่า เครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสได้ดีที่สุด มีการพัฒนาตู้อบเพื่อสังเกตการไหลเวียนของความร้อนและนำมาใช้เป็นสื่อการสอนในวิชาฟิสิกส์ โดยเป็นงานวิจัยของ ดุจดาว ผู้วิจัยได้พัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อการเรียนรู้เรื่องการไหลของความร้อนในวิชาฟิสิกส์ โดนใช้การเก็บความร้อนด้วยก้อนกรวด จากนั้นใช้การพาความร้อนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยหลักการแบร์นูลลี จากผลการทดลองพบว่า ตู้อบแห้งสามารถลดน้ำหนักปลาสดได้ร้อยละ 45.20 ภายในเวลา 5 ชั่วโมงซึ่งมากกว่าวิธีการตาแห้งตามธรรมชาติ รวมถึงสีของปลายังคงเหมือนเดิมมากกว่าวิธีการตากแห้งแบบธรรมชาติ

อีกหนึ่งตัวอย่างที่มีการพัฒนาเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ อีกหนึ่งงานวิจัยที่น่าสนใจ เช่นในงานของสุพล (2555) ได้ศึกษาปัญหาขั้นตอนการผลิตของกล้วยตากว่าต้องอาศัย แสงอาทิตย์ โดยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของรังสีที่อาจทำให้อุณหภูมิ ทำให้กล้วยอาจจะแห้งไม่เท่ากัน ความถึงปัญหาจากความชื้นในอากาศ การปนเปื้อนจากฝุ่นละออง สิ่งสกปรก และการรบกวนของแมลง นก หนูที่อาจนำพาโรคติดต่อสู่ผู้บริโภค ผู้วิจัยจึงได้พัฒนา เครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบอากาศไหลเวียนตามธรรมชาติ โดย

อาศัยการสะสมความร้อนจากวัสดุสะสมความร้อนด้านล่าง ศึกได้ทดสอบกับอุณหภูมิ 3 ชนิด คือ ทราย ขี้ผึ้งและเกลือ พบว่าทรายสามารถเก็บความร้อนได้ดีกว่า การใช้เกลือหรือขี้ผึ้ง โดยสามารถใช้เวลา 32 ชั่วโมงในการลดความชื้นของกล้วยจาก 68.92% xb. ถึง 30% wb. ในเวียง อากรชี และคณะ (2559) ได้ศึกษาการใช้เครื่องแบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางร่วมกับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้แก๊สหุงต้มเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน ร่วมกับการใช้โรงอบแห้งโดยใช้หลักการสะสมพลังงาน แบบสภาวะเรือนกระจก โดยใช้ทดสอบกับพริกขี้หนูสดจำนวน 100 กิโลกรัมที่มีความชื้นเริ่มต้นเริ่มที่ร้อยละ 60 ซึ่งต้องการลดความชื้นให้เหลือร้อยละ 14 โดยเปรียบเทียบการอบแห้ง 3 รูปแบบ คือ การใช้เครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางเพียงอย่างเดียว ใช้แก๊สหุงต้มในการอบ และสุดท้ายใช้โรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ จากการทดลองพบว่า เครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางโดยใช้แก๊สได้อุณหภูมิที่ 60 องศาสเซิลเซียสต้องใช้เวลา 16 ชั่วโมงโดยใช้แก๊ส 16 กิโลกรัมในการอบ ส่วนโรตากพลังงานงานแสงอาทิตย์ต้องใช้เวลากว่า 4- 5 วัน และ ถ้าหากใช้ตู้อบลมร้อนแบบชั้นวางอุณหภูมิ 60 องศา 8 ชั่วโมง และต่อด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ 1-2 วัน พบว่าสามารถประหยัดแก๊สหุงต้มได้ร้อยละ 50 แต่พริกที่ได้จะสีสวยกว่า มีนักวิจัยที่สร้างระบบการอบแห้งด้วยวัสดุเหลือใช้ ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของ นิทัศน์ (2556) คณะผู้วิจัยได้ออกแบบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์จากวัสดุที่ใช้แล้วและหาง่ายแบบกระป๋องเครื่องดื่ม โดยใช้เป็นส่วนประกอบแทนท่อนำความร้อน จากแผงรับรังสีที่มีพื้นที่รับรังสีเท่ากับ 0.66 ตารางเมตร โดยใช้การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างกระป๋องเครื่องดื่น 2 ขนาดคือ 50 มม. และ 65 มม. จากการทดสอบพบว่าแผงรับรังสีที่ใช้กระป๋องขนาด 50 มม. ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนดีกว่า 65 มม จากนั้นนำหมู และพริกขี้หนูมาอบแห้ง จากนั้นนำอุณหภูมิและความเข้มแสงมาคำนวณ เพื่อหาค่าประสิทธิ์ภาพการถ่ายเทความร้อนของตู้อบ ซึ่งพบว่ามีความเข้มแสงที่ 727.7 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่าการนำความร้อนเท่ากับ 360.7 วัตต์ ซึ่งสามารถลดน้ำหนักหมูสามชั้นจาก 3 กิโลกรัมจนถึง 2.3 กิโลกรัม ภายใน 8 ชั่วโมง มีการใช้ไอน้ำมาช่วยในการให้ความร้อนในการอบแห้งให้กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ในงานวิจัยของ ถาวร (2549) ได้พัฒนาตู้อบพลังงานความร้อนจากไอน้ำ โดยการพาความร้อนแบบอิสระและการพาความร้อนแบบบังคับ จากแหล่งกำเนิดความร้อนโดยใช้หม้อไอน้ำขนาดการผลิต 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เพื่อนำมาใช้ศึกษาการอบกล้วยน้ำว้าและพริกชี้ฟ้า จากการทดลองพบว่า กล้วยน้ำว้าสภาวะอบแห้งที่เหมาะสมจะอยู่ที่แรงดันไอน้ำ 1 บาร์ โดยอุณหภูมิอยู่ที่ 70-75 องศาเซลเซียส โดยสามารถอบกล้วยได้ครั้งละ 26 กิโลกรัม ต่อครั้ง

2.8.3 การการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะขามเปรี้ยวอัดก้อนเพื่อการส่งออก

วิศวกรรมคันเซเป็นเทคนิคที่เปลี่ยนความรู้สึกของผู้บริโภค และภาพที่เกิดจากผลิตภัณฑ์เข้าสู่องค์ประกอบการออกแบบ ถูกเสนอขึ้นครั้งแรกโดยนักวิชาการชาวญี่ปุ่น M. Nagamachi ที่

มหาวิทยาลัยฮิโรชิมา (Nagamachi, 1989) ในภาษาญี่ปุ่นคันเซหมายถึงความรู้สึกทางจิตใจของลูกค้า เช่น ถ้าหากลูกค้าต้องการซื้อบางอย่าง เช่น รถยนต์ เครื่องแต่งกาย หรือ โซฟา พวกเขาจะรู้สึกถึงความสง่างาม ดูดี แต่ราคาสินค้าต้องไม่แพงนัก ความรู้สึกนี้ ถูกเรียกว่า“ คันเซ” ในภาษาญี่ปุ่น คันเซยังหมายถึงความรู้สึกทางจิตใจของลูกค้ารวมถึงปัญหาด้านสรีรวิทยา เช่นหากเป้าหมายในการพัฒนาเครื่องปรับอากาศในห้องที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยอัตโนมัติ เพื่อให้บุคคลที่ทำงานอยู่ในห้องสะดวกสบาย เครื่องปรับอากาศควรได้รับการพัฒนาตามความรู้สึกทางจิตวิทยาที่ขึ้นอยู่บนพื้นฐานทางสรีรวิทยา (Nagamachi, 2002) วิศวกรรมคันเซมีส่วนรวมในหลายความสำเร็จที่เกิดขึ้นในประเทศญี่ปุ่น ตัวอย่างเช่น มาสด้าใช้ วิศวกรรมคันเซในการพัฒนาโมเดล MX-5 สำหรับกลุ่มคนหนุ่มสาวโดยเริ่มจากการสำรวจพฤติกรรม วิถีชีวิตของลูกค้า จากนั้นทำการวิเคราะห์เพื่อค้นหาคำสำคัญ เพื่อใช้เป็นแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์ (Nagamachi, 2002) สิบปีหลังจากที่เปิดตัวเป็นครั้งแรก MX-5 กลายเป็นเป็นรถยนต์ประเภท Sports Coupé ที่ขายดีที่สุดในโลก (The Guinness Book of Records, 2001) อีกหนึ่งตัวอย่างของความสำเร็จนั่นเกิดขึ้นในบริษัทชาร์ป พวกเราเปิดตัวกล้องวีดีโอรุ่นใหม่ ที่มีจอ LCD แทนกล้องแบบเดิมที่ต้องใช้สายตาส่องเข้าไปในช่องมองภาพ ทำให้ได้ส่วนแบ่งในตลาดเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 3-24 ดังนั้นจึงเห็นได้ชัดว่าวิศวกรรมคันเซสามารถระบุความต้องการลูกค้าเพื่อนำไปสู่แนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ (Schütte , Eklund, Axelsson, & Nagamachi, 2004)

การพัฒนาทางเศรษฐกิจที่รวดเร็ว ส่งผลให้การออกแบบผลิตภัณฑ์ค่อยๆ เปลี่ยนเป็นการออกแบบทางอารมณ์ที่เน้นความพึงพอใจทางอารมณ์ของผู้ใช้ ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของ Chuan, Sivaji, Shahimin, & Saad (2013) ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิศวกรรมคันเซกับธุรกิจอีคอมเมิร์ซในการจำหน่ายแว่นตากันแดดบนอินเตอร์เน็ต กลุ่มเป้าหมายคือผู้บริโภคที่มีอายุระหว่าง 18 ถึง 34 ปีในประเทศมาเลเซีย ผู้วิจัยใช้ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (Partial Least Square : PLS) ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคำแสดงความรู้สึกและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าแว่นกันแดดที่มีสีอ่อนกรอบครึ่งหนึ่ง กับเลนท์ที่มีการรวมกันของ 2 สี สามารถดึงดูดอารมณ์ได้มากที่สุด วิศวกรรมคันเซถูกนำมาใช้อีกครั้งโดย Tama et al., (2015) สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกที่ผลิตจากเซรามิกในเมืองมาลัง ประเทศอินโดนนีเซีย วัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมมุมมองของลูกค้าเพื่อนำไปสู่การตีความคุณลักษณะ ด้านประสิทธิภาพและลักษณะที่ปรากฏ จากนั้นตรวจสอบคุณลักษณะเชิงเส้นในโมเดลของคาโน (Kano Model) ผลลัพธ์จากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่ามีเพียงปัจจัยลักษณะที่ปรากฏเท่านั้น ที่ส่งผลต่อผู้บริโภค และคุณลักษณะที่กลุ่มเป้าหมายต้องการมากที่สุดคือแก้วน้ำ หรือถ้วยที่มีการเคลือบพื้นผิวและตกแต่งลวดลาย 2 มิติ ในงานวิจัยของ Wang & Chin (2017) พวกเขาได้ประยุกต์ใช้วิศวกรรมคันเซเพื่อดึงทัศนคติของผู้ใช้ทั้งในด้านคุณลักษณะที่ปรากฏ (Affective Features) และคุณสมบัติทาง

วิศวกรรม (Engineering Features) ที่ส่งผลต่อด้านอารมณ์ของผู้ใช้กล้องดิจิตอล โดยทดลองกับ 3 กลุ่มการใช้งาน ประกอบด้วย การถ่ายภาพกีฬา การใช้ในบ้าน และ มืออาชีพ ต้นไม้ตัดสินใจ (Classification Tree) ถูกนำมาใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ จากการประเมินด้วยการจัดลำดับด้วย วิธีไวโกร (VIKOR Ranking) พบว่ายิ่ง EFs มากเท่าใด ความน่าสนใจยิ่งมากขึ้น อย่างไรก็ตาม EFs ที่มากขึ้นก็ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตมากสูงขึ้นเช่นเดียวกัน ในปีเดียวกัน Hsu, Fann, & Chuang (2017) ได้ใช้เทคนิควิศวกรรมคันเซร่วมกับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของตากับการออกแบบเก้าอี้ พวกเขาได้พิจารณา 2 ปัจจัยหลัก คือ ความสุขและการตอบสนองต่อตัวกระตุ้น (Arousal) และประเมินความสัมพันธ์โดยใช้ Circumplex Model of Affect ของ Russell จากการทดลองพบว่า ความสุข และการตอบสนองต่อตัวกระตุ้นมีความสัมพันธ์ต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ และพบว่ากลุ่มเป้าหมายให้ความสนใจกับที่นั่งและพนักพิงมากที่สุด ในงานวิจัยของ Misaka & Aoyama (2018) พวกเขาได้ใช้วิศวกรรมคันเซ และการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในงานออกแบบ (Computer Aided Design) สำหรับสร้างพื้นผิวโค้งแบบเบซิเยร์ (Bézier)โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ถูกนำมาใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง คำแสดงความรู้สึก และรูปแบบของรอยแตก ซึ่งผู้วิจัยได้รายงานว่าผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยยืนยันผ่านวิธีการสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman Rank Correlation Coefficient)

การรวบรวมการตอบสนองทางอารมณ์ของลูกค้าแบบเดิม มีค่าใช้จ่ายจำนวนมาก และจำเป็นต้องใช้เวลานาน ดังนั้นจึงมีกลุ่มนักวิจัยที่นำบทวิจารณ์สินค้าจากผู้บริโภคบนเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าออนไลน์มาใช้ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ (Yeh & Chen, 2018) (Wang, Li, Tian, Wang, & Cheng, 2018) (Wang, Wang, Li, Tian, & Tsui, 2019) (Jiao & Qu, 2019) ในงานวิจัยของ Yeh & Chen (2018) พวกเขาได้ใช้วิธีการดังกล่าวเพื่อแปลการรับรู้ของผู้ใช้เป็นข้อกำหนดการออกแบบการบริการ จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้ไปปรับปรุงการบริการ การศึกษาในครั้งนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการทำนายเจตนาในการใช้งานของลูกค้าที่มีต่อการบริการจัดส่งแบบถึงมือลูกค้า (Door-to-Door Service) รวมถึงนำไปสามารถนำไปวางแผนการตลาด การวางกลยุทธ์การส่งเสริมการขายให้ตรงกับเจตนาใช้งานของผู้บริโภค จากนั้น Wang, Li, Tian, Wang, & Cheng (2018) ได้เสนอวิธีการทำงานร่วมกันระหว่างวิศวกรรมคันเซและเหมืองข้อมูล (Data Mining) โดยการพัฒนาระบบที่มีการเรียนรูปแบบอัตโนมัติ เพื่อดึงข้อมูลที่มีประโยชน์จากบทวิจารณ์สินค้าออนไลน์บนเว็บไซต์ Amazon และคัดแยกและสรุปความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์และการตอบสนองด้านอารมณ์ ผลจากการวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าระบบต้นแบบสามารถดึงข้อมูลด้านอารมณ์ออกมาได้อย่างแม่นยำสูงและข้อมูลเหล่านั้นไม่เพียงแค่นำไปในเป็นแนวทางในการเพิ่มยอดขาย แต่ยังสามารถช่วยให้ผู้ผลิตเข้าใจผลิตภัณฑ์ของตนเองและคู่แข่งมากยิ่งขึ้น ต่อมาใน

ปัญหาเดียวกัน Wang, Wang, Li, Tian, & Tsui (2019) ได้ใช้วิศวกรรมคันเซและวิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักรแบบจำเป็นต้องมีผู้สอน (Supervised Machine learning) เพื่อจำแนกประเภทอารมณ์ที่หลากหลาย จากเว็บไซต์ Amazon ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า วิธีการที่พวกเขาเสนอมีความแม่นยำกว่าวิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักรแบบดั่งเดิม ในปีเดียวกัน Jiao & Qu (2019) ได้บูรณาการระหว่างวิศวกรรมคันเซกับความรู้ในด้านภาษาศาษสตร์ (Linguistics) เพื่อสกัดเอาคำแสดงความรู้สึกจากบทวิจารณ์ผลิตภัณฑ์ออนไลน์ เมาส์คอมพิวเตอร์ถูกนำมาใช้ในกรณีศึกษา ร่วมกับ 3 ตัวชี้วัด ประกอบด้วย ความหลากหลาย ประสิทธิผล และความเอาใจใส่ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการสกัดเชิงสัมพันธ์ (Relational Extraction Method) จากนั้นสร้างใช้ต้นไมความรู้คันเซ (Kansei Knowledge Tree) เพื่อเชื่อต่อความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อทัศนคติของผู้ใช้งาน จากการสำรวจความต้องการพบว่าวิธีการที่เสนอ มีประสิทธิภาพที่เหนือกว่า 9.8 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแบบดั่งเดิม

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

แผนงานการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 3 โครงการ ดังนั้นเพื่อให้เนื้อหามีความกะทัดรัดและเข้าใจง่าย ในส่วนการสรุปแผนงานจะอธิบายวิธีการแบบคร่าวๆ ส่วนบรรยายวิธีการโดยละเอียดสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากเล่มรายงานสรุปโครงวิจัยของแต่ละโครงการ ซึ่งวิธีการวิจัยของแต่ละโครงการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนรวบรวมข้อมูล

3.1.1 ศึกษากระบวนและวิธีการทำมะขามเปียกอัดก้อน ตั้งแต่ ขั้นตอนการทำมะขามเปียก ขั้นตอนการขนส่งแบบเดิม ลักษณะรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ประกอบการต้องการ ปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตและกระบวนการบรรจุ รวมถึงมาตรฐานของมะขามเปียกอัดก้อน

3.1.2 กำหนดแนวคิดและออกแบบเครื่องมือ เพื่อนำไปสู่การยกระดับกระบวนการผลิตมะขามเปียกอัดก้อนเพื่อการส่งออก โดยแบ่งออกเป็นการพัฒนาแบบเชื่อมโยงกันทั้ง 3 ส่วน ประกอบด้วย การพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ การพัฒนาระบบการควบคุมป้อนกลับในกระบวนการอบเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และ การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับมะขามเปียกอัดก้อน

3.2 การพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์

3.2.1 ศึกษาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องการพัฒนาเครื่องจักรสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหารให้เป็นรูปทรงที่ต้องการ การทำงานของระบบนิวแมติกส์ในเครื่องจักรกล เพื่อนำองค์ความรู้มาใช้ต่อยอดในสร้างเครื่องจักรเพื่ออัดมะขามให้เป็นรูปทรงที่ต้องการ

3.2.2 ออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขาม โดยเลือกใช้ระบบนิวแมติกส์ ที่เป็นระบบที่สะอาดเหมาะกับอุตสาหกรรมอาหาร สามารถอัดให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 12 x14 x 4 เซนติเมตร น้ำหนัก 454 กรัมหรือประมาณ 16 OZ ตามความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้แปรรูปมะขามจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยการออกแบบเน้นให้เครื่องสามารถใช้งานง่าย มีน้ำหนักเบา มีระบบความปลอดภัย และสามารถทำงานได้รวดเร็วว่าการทำงานแบบเดิม

3.2.3 ออกแบบการทดลองเพื่อกำหนดการควบคุมวาล์วที่เหมาะสม เพื่อควบคุมแรงดันอากาศให้เหมาะสมกับการอัด ถ้าหากใช้แรงดันอากาศมากเกินไปก็จะส่งผลต่อรูปร่างของมะขาม แต่ถ้าหากใช้แรงดันอากาศน้อยเกินไปก็จะส่งผลต่อความเร็วในการผลิต

3.2.4 ทดสอบการทำงานของเครื่องจักรโดยใช้มะขามที่ได้จากกระบวนการบรรจุ เพื่อทดสอบความแข็งแรงและทนทานของบรรจุภัณฑ์ ตรวจสอบรูปร่างและน้ำหนักที่ได้ โดยใช้เทคนิค*การ*วิเคราะห์*ความแปรปรวน เพื่อตรวจสอบมาตรฐานของเครื่องจักร รวมไปถึง*การบันทึกเวลาเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้เปรียบเทียบกับเวลาการทำงานจากการใช้แรงงานคน

3.2.4.1 ปรับปรุงและแก้ไขความบพพร่องจากผลลัพธ์ที่ได้รับหลังจากการทดสอบ

3.2.4.2 วิเคราะห์และอภิปรายผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง สังเคราะห์ข้อมูล เพื่อ สรุปเป็นองค์ความรู้

3.2.4.3 ถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการและประชนชนที่สนใจ รวมถึงนำผลการวิจัยมาบูรณาการเข้ากับการจัดการเรียนการสอน

3.2.4.4 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและหาข้อควรปรับปรุง ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการพัฒนาการทำวิจัยในอนาคต

3.3 การพัฒนาระบบการควบคุมป้อนกลับในกระบวนการอบเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

3.3.1 ศึกษาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการให้ความร้อนจากอดีตที่ผ่านมา เพื่อนำองค์ความรู้มาใช้ต่อยอดเพื่อพัฒนาระบบให้ความร้อนที่เหมาะสมกับมะขามเปียก

3.3.2 ออกแบบและพัฒนาตู้อบมะขามแบบลมร้อนจากขดลวดไฟฟ้าแบบระบบการควบคุมป้อนกลับเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในมะขามเปียกอัดก้อน ตู้อบถูกออกแบบให้เตามีแหล่งกำเนิดความร้อนเพียงจุดเดียว (จากขดลวดไฟฟ้า) แต่สามารถกระจายความร้อนได้ทั่วทั้งเตา โดยอาศัยการควบคุมความร้อนอาศัยแรงลมจากใบพัดและแผงควบคุมความร้อนให้ความร้อนสามารถไปในทิศทางที่กำกหนดทำให้ประหยัดพลังงานกว่าตู้อบที่ใช้ในปัจจุบัน และสามารถทำงานแบบอัตโนมัติโดยอาศัยระบบการควบคุมป้อนกลับ

3.3.3 ออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยและพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ส่งผลต่อการกระจายความร้อนที่ดีที่สุด โดยใช้การปรับรูปแบบการกระจายความร้อนของแผนควบคุมทิศทาง และความเร็วของใบพัด จากนั้นใช้กล้องตรวจจับอุณหภูมิเพื่อสังเกตพฤติกรรมการกระจายความร้อนของตู้อบ

3.3.4 นำความร้อน และความเร็วใบพัดที่เหมาะสม มาทดสอบอบมะขามเปียก เพื่อหาเวลาที่เหมาะสม

3.4 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับมะขามเปียกอัดก้อน

3.4.1 ศึกษาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารในอดีตที่ผ่านมา เพื่อนำองค์ความรู้มาใช้ต่อยอดให้เหมาะสมกับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับมะขามเปียกอัดก้อน

3.4.2 ใช้เทคนิคการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยวิศวกรรมคันไซ โดยมุ่งเน้นให้การเลือกวัสดุที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ผ่านการทดสอบว่าไม่มีการซึมผ่านของออกซิเจน ค่าแอคทิวิตี้ของน้ำและการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน รวมถึง มีสี กลิ่น รสชาติ อยู่ในช่วงคุณภาพที่ผู้บริโภคต้องการ และมีรายละเอียดในฉลากครบถ้วนตามมาตรฐานที่ถูกกำหนดไว้

3.4.3 นำรแบบบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากเทคนิคการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยวิศวกรรมคันไซส่งให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินและคัดเลือกแบบที่เหมาะสมจำนวนหนึ่ง ก่อนนำบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญไปให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกมะขามประเมินความพึงพอใจ นำผลลัพธ์ไปปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องให้ตรงกับความต้องการของผู้ประกอบการ และส่งให้กลุ่มประชากรตรวจอย่างเพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การนำเสนอผลลัพธ์ของแผนงานการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 3 โครงการ ดังนั้นเพื่อให้เนื้อหามีความกะทัดรัด และเข้าใจง่าย ในส่วนการสรุปแผนงานจะอธิบายการอภิปรายผลลัพธ์แบบคร่าวๆ หาต้องการเนื้อโดยละเอียดสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากเล่มรายงานสรุปโครงวิจัยของแต่ละโครงการ ซึ่งวิธีการวิจัยของแต่ละโครงการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลลัพธ์การออกแบบและพัฒนาการพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองทั้งหมดทั้งประกอบด้วย ผลลัพธ์การออกแบบเครื่องจักรต้นแบบ การทดสอบเพื่อหาแรงอัดที่เหมาะสมของเครื่องอัดมะขามเปียก การทดสอบเพื่อหาเวลาและขนาดก้อนมะขามในการผลิตของแรงงานคน และเครื่องต้นแบบ ซึ่งสามารถแสดงผลลัพธ์และการอภิปรายผลลัพธ์จากการทดลองได้ดังต่อไปนี้

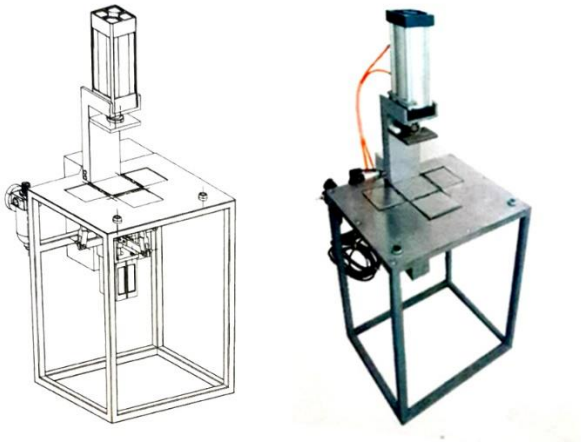
4.1.1 การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์

การออกแบบและพัฒนาสามารถทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เครื่องจักรสามารถขึ้นรูปมะขามเปียกอัดก้อนได้ตามที่คาดการณ์ไว้ ทั้งระบบนิวแมติกและระบบการควบคุมมีความสมบูรณ์ ดังนั้นในขั้นตอนต่อไปจะเป็นระยะของการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักร โดยการทำงานจะต้องอาศัยพลังงานสองอย่าง คือ พลังงานจากไฟฟ้าและอากาศ โดยผ่านการใช้งานของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างจนทำให้เครื่อง ทำงานได้ ด้วยการใช้อากาศจากเครื่องอัดอากาศ (Compressor) ที่เป็นเครื่องส่งอากาศมา ส่งลมมายังเกจวัดปรับแรงดันและกรองอากาศ จะทำหน้าที่ควบคุมแรงดันและกรองอากาศ แยกไปยัง โซลีนอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) ทั้งสองตัว ซึ่งทำหน้าที่ส่งแรงดันอากาศไปยังกระบอกลมทั้งสองส่วนของเครื่องด้วยการควบคุมของระบบไฟฟ้าผ่านสวิตซ์ควบคุมการทำงานของ เครื่องจนทำให้กระบอกลมทั้งสองส่วนทำงานโดย

ขั้นตอนที่ 1 กระบอกลมส่วนล่างจะดันชุดกลไกลดันแผ่นเพลทกับชุดแผ่นเพลท ด้ดส่วนล่างขึ้นมาประกบกันเป็นลักษณะบล็อกอัต

ขั้นตอนที่ 2 กระบอกสมส่วนบนจะดันแผ่นเพลทอัดส่วนบนลงมาอัดด้านบน ของก้อนมะขามเปรี้ยวจนถึงระยะที่ตั้งไว้

ขั้นตอนที่ 3 หลังจากที่กระบอกลมส่วนบนจะดันแผ่นเพลทอัดส่วนบนลงมาถึง ระยะที่ตั้งไว้ กระบอกลมทั้งสอง



รูปที่ 4-1 ผลสำเร็จในการผลิตเครื่องจักรต้นแบบ

4.1.2 การทดสอบสมรรถนะเครื่องมะขามเปียกอัดก้อน

4.1.2.1 การทดลองในการอัดขึ้นรูป

โดยผลการในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องจักรจะแบ่งออกเป็นการทดสอบ 2 รูปแบบได้แก่ การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างการทำงานแบบเดิมและการใช้เครื่องจักร โดยวิธีการทดสอบคือการนำมะขามที่แกะเปลือกแล้วนำมาบรรจุใส่ถุงพลาสติกก่อนจากนั้นทำไปบางไว้บนตำแหน่งชุดแผ่นเพลตอัดขึ้นรูป เครื่องจะอัดขึ้นรูปมะขามให้ได้ขนาดตามที่ต้องการจากนั้นนำมะขามที่อัดขึ้นรูปแล้วตรวจสอบคุณสมบัติและลักษณะ ทำซ้ำ 3 ครั้งแล้วบันทึกผลลัพธ์ ลักษณะ และเวลาของแต่ละการทดลองที่แรงดันอากาศที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ผลลัพธ์การทดสอบจากการทดสอบเพื่อหาแรงอัดที่เหมาะสมของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกพบว่า แรง ที่เหมาะสมกับการอัดก้อนมะขามเปียกนั้นคือ แรงดันอากาศปริมาณ 6 บาร์ (bar) เพราะ เป็นแรงดัน อากาศที่ใช้ในการทำงาน ในการอัดมะขามเปียก ซึ่งมีปัญหาของถุงบรรจุแตกน้อยที่สุดและได้ลักษณะ ของรูปทรงก้อนมะขามเป็นสี่เหลี่ยม ขนาด 12 x 14 x 4 เซนติเมตร ตามขนาดของบล็อกอัด เมื่อได้ เปรียบเทียบกับแรงดันอากาศในปริมาณต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบ เพื่อหาแรงอัดที่เหมาะสม ผลสรุป ว่า แรงดันอากาศปริมาณ 6 บาร์ (bar) เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องอัดมะขามเปียกที่สุด

4.1.2.2 ผลทดสอบเพื่อหาเวลาและขนาดของก้อนมะขามในการผลิต

ผลทดสอบด้านเทคนิคที่มีความเกี่ยวข้องกับเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียก ทำการ ทดสอบโดยคณะผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาหาเวลาและขนาดของก้อนมะขามในการผลิตของ แรงงานคนกับเครื่อง ให้ได้ข้อมูลนำมาเปรียบเทียบกันให้เห็นความต่างในการผลิต สรุปผลการทดสอบ จากการทดสอบเพื่อหาเวลาในการผลิตของเครื่องอัดมะขามเปียก พบว่า เวลาใน การผลิตของแรงงานคน มีเวลาเฉลี่ยในการผลิต อยู่ที่ 55 วินาที/ครั้ง และลักษณะของรูปทรงก้อน มะขามมีรูปทรงไม่สมมาตรจึงไม่สามาตรวัดขนาดได้ ดังภาพใน ส่วนเครื่องต้นแบบอัดก้อน มะขามเปียก มีเวลาเฉลี่ยในการผลิต อยู่ที่ 7.79 วินาที/ครั้ง และลักษณะของรูปทรงก้อนมะขามเป็น รูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 12 x 14 x 4 เซนติเมตร เป็นไปตามขนาดของบล็อกอัดที่ได้กำหนดไว้ ผลจาก การเปรียบเทียบระหว่างการอัดขึ้นรูปด้วยแรงงานคนกับเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียก พบว่า เครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียกมีการทำงานดีกว่าการใช้แรงงานคน ด้วยเวลาในการผลิตที่ดีกว่า ถึง 7 เท่า และลักษณะของรูปทรงก้อนมะขามที่ดีกว่าการอัดขึ้นรูปด้วยแรงงานคน

4.2 ผลลัพธ์การพัฒนาและทดสอบสมรรถนะตู้อบควบคุมความร้อนควบคุมความร้อนแบบควบคุมป้อนกลับ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองทั้งหมดทั้ง 3 ระยะ ประกอบด้วย ผลลัพธ์การออกแบบเครื่องจักรต้นแบบ การทดสอบการทำงานเบื้องต้น การทดสอบเพื่อการเพิ่มขึ้นของความร้อนของตู้อบกับ แรงลมที่ได้รับจากความเร็วลมของใบพัด และเครื่องต้นแบบ ซึ่งสามารถแสดงผลลัพธ์และการอภิปรายผลลัพธ์จากการทดลองได้ดังต่อไปนี้

4.2.1 การออกแบบระบบควบคุมความร้อนควบคุมความร้อนแบบควบคุมป้อนกลับ

การออกแบบและพัฒนาสามารถทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เครื่องจักรสามารถอบมะขามเปี้ยวอัดก้อนได้ถึง 50 กิโลกรัม และระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในรูปแบบที่ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า สามารถทำอุณหภูมิได้สูงสุด 65 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถลดเวลาอบได้สั้นลง ประมาณ 3 ชั่วโมงครึ่งจากวิธีการตากแดด ส่วนในช่วงเวลากลางคืน สามารถทำงานได้โดยใชพลังงานต่ำกว่าตู้อบทั่วไป

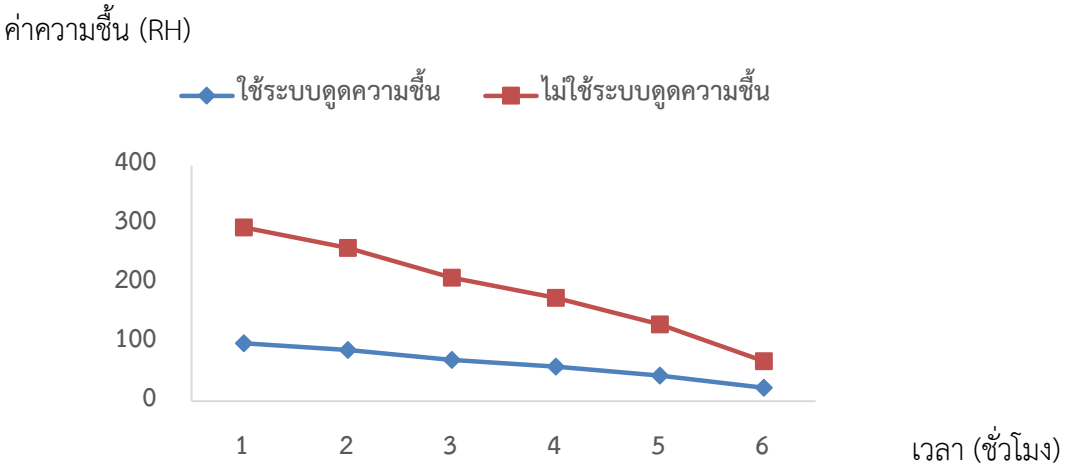
รูปที่ 4-2 ตู้อบลมร้อนเมื่อดำเนินการเสร็จแล้ว

รูปที่ 4-3 ระบบการควบคุมพัดลมระบายอากาศและแผงควบคุมความร้อนแบบควบคุมป้อนกลับ

รูปที่ 4-4 แผงกระจายอุณหภูมิและพัดลมระบายอากาศ

4.2.2 ผลลัพธ์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบการดูดความชื้นจากกระบวนการอบ

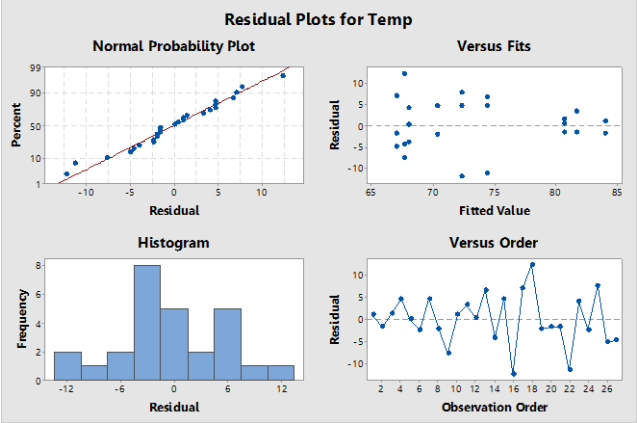
จากการพิจารณาการตรวจวัดความชื้น ทั้งเวลาจุดเมื่อเวลาเปลี่ยนไปตั้งแต่ 1-6 ชั่วโมง พบว่าเมื่อชิ้นงานมีความชื้นอยู่มาก อัตราระยะห่างของความชื้นสัมพัทธ์ในตู้อบจะมีสูง เนื่องจากเนื้อมะขามเปรี้ยวอัดก้อนก่อนอบนั้นค่อนข้างมีความชื้นสูง ซึ่งส่งผลไปยังความแตกต่างของการเปรียบเทียบการระบบกับดูดความขึ้นกับไม่ดูด ซึ่งถ้าหากไม่มีการใช้พัดลมดูดความชื้น จะมีร้อยละความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย196.96 ในชั่วโมงแรก และ ค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ จนเหลือเพียง 45.39 ส่วนถ้าหากมีการใช้พัดลมดูดความชื้นในกระบวนการอบ พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย 102.89 ในชั่วโมงแรก และ ค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ จนเหลือเพียง 10.17 ดังที่แสดงผลลัพธ์ในตารางแสดงผลลัพธ์ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ ตามตาราง 4-1 และ 4-2



รูปที่ 4-5 แผนภูมิการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้และไม่ใช้พัดลมดูดความชื้น

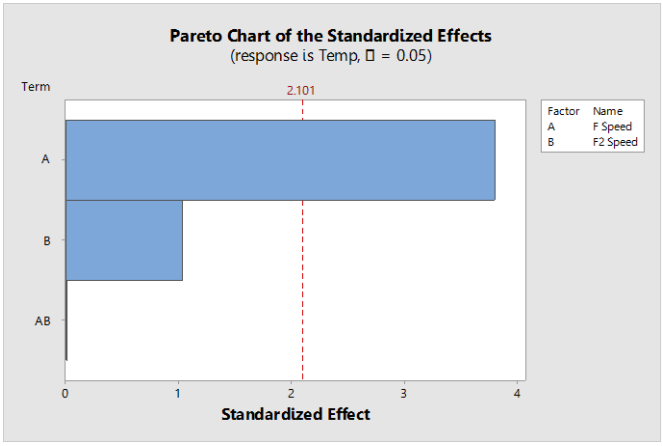
4.2.3 การทดลองออกแบบการกระจายความร้อนและการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ

การหาปัจจัยที่เหมาะสมต่อค่าความร้อนและการกระจายความร้อนที่เหมาะสม ใช้การสุ่มวัดความร้อนทั่วตู้อบ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงนาทีที่ 20 และใช้การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยและการกระจายความร้อนที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % หรือมีค่า P-value มีค่าน้อยกว่า 0.05

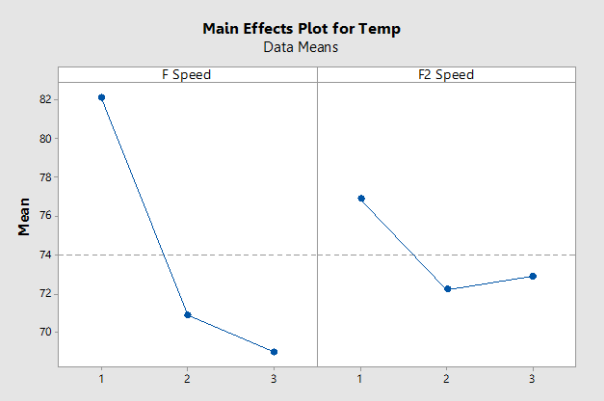


รูปที่ 4-6 การตรวจสอบหาค่าการเป็นปกติของข้อมูล

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยของพัดลมการกระจายความร้อนส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความร้อนเฉลี่ยที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % โดยการปรับความเร็วลมความร้อนที่ความเร็วระดับที่ 1 มีผลมากที่สุด ซึ่งสามารถเห็นผลได้อย่างชัดเจน โดยมีค่า P-Value เท่ากับ 0.001 ส่วนใบพัดตัวที่ 2 หรือพัดลมกระจายความร้อน มีค่า P – Value เท่ากับ 0.312 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีผลอย่างมีนัยยะสำคัญ



รูปที่ 4-7 Pareto Chart



รูปที่ 4-8 Main Effects เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการกระจายความร้อน

แต่อย่างไรก็ตาม ควรปรับค่าความเร็วใบพัดลมสำหรับกระจายความร้อนและพัดลมดูดความชื้นไว้ที่ระดับที่ 1 เนื่องจาก ในระดับที่ 1 เป็นระดับที่ทำให้ความร้อนเพิ่มขึ้นได้ดีที่สุดในทั้งหมด 3 ระดับ ส่วนผลลัพธ์จากการทดลองอบไล่ความชื้นในช่วงเวลา 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 70 ดังที่แสดงในตารางที่ 4-2 พบว่ามะขามมีค่าร้อยละความแตกต่างของความชื้นอยู่ที่ประมาณ ร้อยละ 40-50 ซึ่งมากที่สุด เนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิที่สูงมาก และสีของมะขามมีลักษณะเข้มขึ้นจากเดิมจนเห็นได้ชัด จนเริ่มมีกลิ่นไหม้ โดยค่าร้อยละความแตกต่างของความชื้นเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ ครั้งที่ 1 ซึ่งความแตกต่างของความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 12-15 ตามลำดับ และจากการกรีดเพื่อตรวจสอบพบว่าด้านในมะขามไม่มีความชื้นสะสม แต่เนื้อมะขามที่อุณหภูมิ 55 และ 65 องศาเซลเซียส

4.3 ผลลัพธ์จากการออกแบบการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับมะขามเปียกอัดก้อน

4.3.1 ผลการสำรวจความต้องการเบื้องต้น

จากการให้ข้อมูลของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ ทางกลุ่มมีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย แต่ด้วยรูปแบบที่เหมือนเดิม จึงพยายามสร้างสรรค์รูปแบบใหม่ แต่ยังไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากนัก ซึ่งจากการสังเกตพบว่า ผู้ที่ให้ความสนใจ คือกลุ่มวัยกลางคน จนถึงผู้สูงอายุ กลุ่มผู้บริโภคอายุน้อยไม่ค่อยให้ความสนใจ งานวิจัยชิ้นนี้จึงเน้นไปที่ความต้องการของกลุ่มผู้บริโภค ซึ่งเป็นกลุ่มวัยทำงาน จนไปถึงผู้สูงอายุ ที่ชื่นชอบในการปรุงอาหารเองมากกว่าการซื้อจากด้านนอกเข้ามารับประทาน โดยมะขามเปี้ยวอัดก้อนที่เลือกร้อยละ 80 จะเลือกมะขามเปี้ยวอัดก้อนกล่องเล็ก ที่สามารถใช้ง่ายมากกว่ากล่องใหญ่ที่มีราคาถูกกว่า โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่มักจะพบว่ามะขามก้อนเล็กสามารถใช้สะดวกและรวดเร็วกว่า

4.3.2 ขั้นตอนการปรับปรุงผลิตภัณฑ์โดยใช้วิศวกรรมคันเซ

จากการสำรวจกลุ่มเป้าหมายที่มีความเกี่ยวข้องการประกอบอาหาร และผู้ประกอบการร้านอาหาร จำนวน 30 คน โดยมีระดับการประเมินความเห็นด้วยทั้งหมด 5 ระดับ คือ 1-5 ผลลัพธ์จากแบบสอบถามจะถูกนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ (Square Multiple Correlation Coefficient: Mcc^2) หรือ ค่า R^2 ในสมการถดถอย (Regression Model) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสองระหว่างคุณลักษณะผลิตภัณฑ์และกลุ่มคำแสดงความรู้สึก ซึ่งถ้าค่า Mcc^2 ยิ่งมาก นั่นหมายถึงความสามารถที่ตัวแปรสามารถอธิบายความเชื่อมั่นว่าสินค้าจะเป็นที่นิยมในกลุ่มเป้าหมายทั้งในทางลบและทางบวก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือผู้คนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์มีความน่าเชื่อถือและสามารถให้กับที่จะนำไปใช้ในเป็นแนวทางในการออกแบบได้เป็นอย่างดี ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากสมการถดถอย ในตารางที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบผลิตภัณฑ์ตัวแทนที่มีค่า Mcc^2 มากที่สุดคือ รูปแบบที่ 1 รูปแบบที่ 2 และรูปแบบที่ 3 ซึ่งถือว่าเป็นรูปแบบที่มีความสัมพันธ์ที่มีความสอดคล้องด้านความต้องการของผู้บริโภคไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่า Mcc^2 สูงที่สุดอยู่ที่ 40.10 ในผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 2 แต่อย่างไรก็ตาม ถึงค่า Mcc^2 จะสูงแต่ก็ยังไม่สามารถบอกได้ว่าความคิดเห็นจะมีความสอดคล้องกันไปในทิศทางบวกหรือไม่ดังนั้นจึงต้องใช้การ ค้นหาคุณสมบติของผลิตภัณฑ์ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณประเภท 1 ซึ่งเป็นวิธีที่เป็นที่นิยมใช้กันมากใน การค้นหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความรู้สึกและคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ ในวิธีการวิศวกรรมคันเซ ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้สำหรับกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายในงานวิจัยชิ้นนี้ของการค้นหาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ก่อนนำรูปแบบและสร้างเป็นโมเดลต้นแบบเพื่อนำไปเผยแพร่ให้กับผู้ประกอบการเพื่อใช้พิจารณาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ต่อไ

4.3.3 ผลลัพธ์จากการพิจารณาเพื่อค้นหาคุณลักษณะสำคัญหลักของผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบย่อย

ในการกำหนดคุณลักษณะสำคัญหลักของผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบย่อยๆ ทั้ง 6 ประการสามารถกำหนดโดยพิจารณาข้อมูล 3 องค์ประกอบหลักประกอบด้วย ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความรู้สึกและคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ แผนภูมิแสดงค่าคุณลักษณะย่อยดังรูปที่ 4-5 และตารางสรุปคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ตัวแทนตามความต้องการของผู้บริโภคในตารางที่ 4-7 ซึ่งสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังต่อไปนี้

4.3.3.1 ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ตัวแทนที่ 1 กลุ่มเป้าหมายเห็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยต้องการให้ผลิตภัณฑ์ มีรสชาติที่เป็นธรรมชาติไม่มีการปรุงแต่ง และเห็นตรงกันว่าหากนำเมล็ดออกอาจส่งผลกระทบไม่ดีต่อตัวผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ไม่ควรมีขนาดใหญ่

4.3.3.2 ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ตัวแทนที่ 2 ความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายมีความสัมพันธ์ที่ไม่ค่อยชัดเจน ในองค์ประกอบหลักทั้ง 5 ประการ ซึ่งมีเพียงประการเดียวที่ค่อนข้างมีความชัดเจนคือ ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติที่เป็นธรรมชาติไม่มีการปรุงแต่ง เช่นเดียวกันกับในรูปแบบที่ 1

4.3.3.3 ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ตัวแทนที่ 3 มีประการที่กลุ่มเป้าหมายเล็งเห็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ผลิตภัณฑ์ไม่ควรมีเมล็ดด้านใน ส่วนที่กลุ่มเป้าหมายเล็งเห็นว่า คุณสมบัติที่จะส่งผลเสียต่อผลิตภัณฑ์มี 2 ประการคือ การสร้างผิวสัมพัสแบบหยาบ และไม่ควรกำหนดให้มีขนาดใหญ่

4.3.3.4 ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ตัวแทนที่ 4 มีประการที่กลุ่มเป้าหมายเล็งเห็นไปในทิศทางเดียวกันคือ ผลิตภัณฑ์ไม่ควรมีเมล็ดด้านใน ส่วนที่กลุ่มเป้าหมายเล็งเห็นว่า คุณสมบัติที่จะส่งผลเสียต่อผลิตภัณฑ์มี 2 ประการคือ การสร้างผิวสัมพัสแบบหยาบ และไม่ควรกำหนดให้มีขนาดใหญ่

4.3.3.5 ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ตัวแทนที่ 4 มีประการที่กลุ่มเป้าหมายเล็งเห็นไปในทิศทางเดียวกัน คือการกำหนดให้รูปร่างของผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นทรงเหลี่ยม ใช้พื้นผิวที่มีลักษณะหยาบ และมีจำนวนชิ้นที่น้อย

4.3.3.6 สุดท้าย ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ตัวแทนที่ 5 ประการที่กลุ่มเป้าหมายเล็งเห็นไปในทิศทางเดียวกัน คือการกำหนดให้รูปร่างของผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นทรงเหลี่ยม ไม่ต้องการให้มีเมล็ด สามารถให้พื้นผิวมีลักษณะที่หยาบ และเน้นให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติที่เป็นธรรมชาติไม่มีการปรุงแต่ง

รูปที่ 4-9 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์คุณลักษณะสำคัญของตัวแทนผลิตภัณฑ์ของกลุ่มไร่บุญคง

รูปที่ 4-10 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์คุณลักษณะสำคัญของตัวแทนผลิตภัณฑ์ของกลุ่มเพชรน้ำพุ

รูปที่ 4-11 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์คุณลักษณะสำคัญของตัวแทนผลิตภัณฑ์ของกลุ่มไร่ชนิกา

จะเห็นได้ว่ารูปแบบผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะมีความต้องการกำหนดคุณลักษณะสำคัญหลักของผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบย่อยๆ ที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำความต้องการทั้งหมดเพื่อกำหนดให้เป็นคุณลักษณะหลักของตัวผลิตภัณฑ์ภาพรวมโดยใช้ ข้อมูลสรุปจาก ตารางกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ตัวแทนตามความต้องการของผู้บริโภคที่ 4-7 เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์มะขามเปรี้ยวอัดก้อนรูปแบบใหม่ให้แก่ กลุ่มผู้แปรมะขามจำนวน 3 กลุ่ม เพื่อให้ตรงกับความ

ต้องการของผู้บริโภค โดยจากการสังเคราะห์ข้อมูลสามารถกำหนดผลิตภัณฑ์ต้นแบบดังรูปที่ 4-6 – 4-8 ซึ่งรูปแบบทั้งหมดจะนำไปเป็นข้อมูลให้ผู้ประกอบการตัดสินใจในการกำหนดรูปแบบ ขนาด และคุณลักษณะภายในของตัวผลิตภัณฑ์อีกครั้ง เช่น ผลลัพธ์ในประเด็นการกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ที่เมล็ด แต่ทางสถานประกอบการบางแห่งมีการผลิตให้ไม่มีเมล็ด ดังนั้นทางสถานประกอบการสามารถกำหนดคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ได้เองโดยไม่จำเป็นต้องอ้างอิงจากผลลัพธ์จากงานวิจัยก็ได้หากมีกลุ่มลูกค้าที่ชัดเจนอยู่แล้ว

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

เนื้อหาในการสรุปผลลัพธ์จากแผนงานวิจัย คณะผู้วิจัยได้รวบรวมประเด็นสำคัญจากทุกโครงการวิจัย เพื่อรูปเป็นเรื่องๆ เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจของผู้ศึกษา รวมถึงได้ระบุข้อสรุปของ ปัญหาและอุปสรรคที่พบ แนวทางการแก้ปัญหา และ แนวทางในการพัฒนาไว้เพื่อการย่อยอดและพัฒนาให้กระบวนการทำวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการแปรรูปมะขามเปรี้ยวมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต ซึ่งผลลัพธ์จากการสรุปผลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลจากการทดลองโครงการพัฒนาและทดสอบสมรรถนะตู้อบควบคุมความร้อนควบคุมความร้อนแบบควบคุมป้อนกลับ

ระบบการควบคุมป้อนกลับในกระบวนการอบด้วยความร้อนในโรงเรือนระบบปิด เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยไม่กระทบต่อคุณภาพของเนื้อมะขาม และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย อุณภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ รวมถึงปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษา โดยการทดลองตั้งแต่เริ่มอัดก้อนจนถึงการบรรจุภัณฑ์จะอยู่ในภายโรงเรือนที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันเชื้อโรคจากภายนอกเข้ามาปะปนในผลิตภัณฑ์ ผลลัพธ์จากการทดสอบทำให้ทราบว่าเครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ เครื่องจักรสามารถอบมะขามเปี้ยวอัดก้อนได้ถึง 50 กิโลกรัม และระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในรูปแบบที่ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า สามารถทำอุณหภูมิได้สูงสุด 65 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถลดเวลาอบได้สั้นลง ประมาณ 3 ชั่วโมงครึ่งจากวิธีการตากแดด ส่วนในช่วงเวลากลางคืน สามารถทำงานได้โดยใชพลังงานต่ำกว่าตู้อบทั่วไป จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยของพัดลมการกระจายความร้อนส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความร้อนเฉลี่ยที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % โดยการปรับความเร็วลมความร้อนที่ความเร็วระดับที่ 1 มีผลมากที่สุด ซึ่งสามารถเห็นผลได้อย่างชัดเจน โดยมีค่า P-Value เท่ากับ 0.001 ซึ่งจากกราฟผลกระทบหลักพบว่าควรปรับค่าความเร็วใบพัดลมสำหรับกระจายความร้อนและพัดลมดูดความชื้นไว้ที่ระดับที่ 1 เนื่องจาก ในระดับที่ 1

5.1.1 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

5.1.1.1 ความชื้นเริ่มต้นในมะขามแต่ละก้อนที่นำมาทดสอบไม่เท่ากัน ทำให้ไม่สามารถควบคุมการทดลองได้

5.1.1.2 ไม่มีการทดสอบการกระจายความร้อนก่อนวางเซนเซอร์ในการวัดความร้อนและความชื้น

5.1.1.3 การทำความร้อนยังไม่สามารถทำให้ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ 100% ทำให้ยังมีต้นทุนด้านการใช้ไฟฟ้าอยู่

5.1.1.4 ควรมีผลการทดสอบในส่วนของเชื้อแบตทีเรียเพื่อพิสูทจน์ว่าเครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.1.2 แนวทางการแก้ปัญหา

5.1.2.1 ควรหาแนวทางในการควบคุมความชื้นของมะขามเปียกอัดก้อน

5.1.2.2 ควรหาแนวทางในการวางแผนการวางจุดวัดอุณหภูมิเพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าการวางจุดเซนเซอร์มีความสัมพันธ์กับความร้อนทั่วทั้งตู้อบ

5.1.2.3 ลดกำลังวัตก์ในการให้ความร้อนเพื่อให้สามารถใช้พลังงานแสดงอาทิตย์ได้ 100% เพื่อเป็นการลดต้นทุน

5.1.2.4 ควรมีการทดสอบเชื้อแบททีเรียในเนื้อมะขามเพื่อให้ทราบว่าตู้อบสามารถยับยั้งแบตทีเรียได้

5.1.3 แนวทางในการพัฒนา เนื่องจากเครื่องต้นแบบอั มีบางส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้มีประสิทธิภาพ ในการทำงานที่เพิ่มขึ้น โดยคณะผู้ศึกษาจึงได้เสนอแนวทางไว้ดังนี้

5.1.3.1 ออกแบบให้สามารถทำงานกับพลังงานทางเลือกได้อย่าง 100

5.1.3.2 ควรเปลี่ยนแปลงวัสดุที่มีราคาแพงลง แต่ยังคงหาแนวทางในการรักษาอุณหภูมิให้ดีขึ้น เพื่อการลดต้นทุน

5.1.3.3 การเคลื่อนย้ายสามารถทำได้ยากเนื่องจากตู้มีขนาดใหญ่ ควรออกแบบให้มีขนาดพอที่จะใช้รถกะบะในการขนส่งได้

5.1.3.4 ในอนาคตข้างหน้าทางคณะผู้วิจัยหวังว่า คงมีการพัฒนาประสิทธิภาพในการใช้งานมากยิ่งขึ้น และสามารถพัฒนาเครื่องต้นแบบอัตมะขามเปียกให้มีประสิทธิภาพการทำงานมากยิ่งขึ้น

5.2 สรุปผลจากการทดลองโครงการพัฒนาและทดสอบสมรรถนะตู้อบควบคุมความร้อนควบคุมความร้อนแบบควบคุมป้อนกลับ

ในกระบวนอัดขึ้นรูปก้อนมะขามเปียก 1 กิโลกรัมต่อครั้ง แรงงานคนใช้เวลาเฉลี่ย 55 วินาทีต่อครั้ง และลักษณะของรูปทรงก้อนมะขามมีรูปทรงไม่สมมาตรจึงไม่สามาตรวัดขนาดได้ ส่วน การอัดขึ้นรูปก้อนมะขามเปียกของเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียก ทำงานโดยใช้แรงดันอากาศใน การอัดขึ้นรูปก้อน

มะขาม ปริมาณ 6 บาร์ ใช้เวลาในการอัดขึ้นรูปเป็นเวลาเฉลี่ย 7.79 วินาทีต่อครั้ง และลักษณะของก้อนมะขามเปียกที่ผ่านการอัดแล้ว จะเป็นรูปก้อนสี่เหลี่ยม มีขนาด 12 x 14 x 4 เซนติเมตร ส่วนผลจากการเปรียบเทียบระหว่างการอัดขึ้นรูปด้วยแรงงานคนกับเครื่องต้นแบบอัดก้อน มะขามเปียก พบว่าเครื่องต้นแบบอัดก้อนมะขามเปียกมีการทำงานดีกว่าการใช้แรงงานคน ด้วยเวลาในการผลิตที่ดีกว่า ถึง 7 เท่า และลักษณะของรูปทรงก้อนมะขามที่ดีกว่าการอัดขึ้นรูปด้วยแรงงานคน

5.2.1 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

5.2.1.1 ก้อนมะขามที่อัดขึ้นรูปแต่ละก้อนไม่เท่ากัน

5.2.1.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือมีราคาสูง

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

5.2.2 แนวทางการแก้ปัญหา

5.2.2.1 ติดอุปกรณ์ที่ช่วยในการตั้งระยะการกดอัดขึ้นรูปก้อนมะขาม เพื่อให้ก้อนมะขามมีขนาด เท่ากันทุกก้อน คือเซ็นเซอร์ตรวจจับแม่เหล็ก ระยะการกดอัดของตัวเซ็นเซอร์ตรวจจับแม่เหล็กจะมี 2 ระยะดังนี้

5.2.2.2 ระยะการกดอัดขึ้นรูปก้อนมะขาม ปริมาณ 1 กิโลกรัม ก้อนมะขามที่ ถูกอัดขึ้นรูปมีขนาด 12 x 14 x 4 เซนติเมตร (ปรับปรุงขนาดให้เหมาะกับเนื้อมะขามปริมาณ 1 กิโลกรัม)

5.2.2.3 ระยะการกดอัดขึ้นรูปก้อนมะขาม ปริมาณ 2 กิโลกรัม ก้อนมะขามที่ ถูกอัดขึ้นรูปมีขนาด 12 x 14 x 8 เซนติเมตร (เป็นค่าที่สามารถกดอัดขึ้นรูปก้อนมะขามได้ปริมาณ 2 กิโลกรัม)

5.2.2.4 หาวัสดุและอุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการสร้างเครื่องมือได้และราคาไม่แพง

5.2.2.5 สอบถามหาแหล่ง ซื้อ-ขาย อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือ จากผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับ เรื่องนั้นๆ

5.2.3 แนวทางในการพัฒนา เนื่องจากเครื่องต้นแบบอัดมะขามเปียก มีบางส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้มีประสิทธิภาพ ในการทำงานที่เพิ่มขึ้น โดยคณะผู้ศึกษาจึงได้เสนอแนวทางไว้ดังนี้

5.2.3.1 ควรออกแบบบล็อกอัดก้อนมะขามให้ประกบกันให้แน่นในระหว่างการอัดขึ้นรูป เพื่อป้อง กันบล็อกอัดประกบกับไม่สนิท

5.2.3.2 ควรออกแบบบล็อกอัตให้สามารถเปลี่ยนขนาดได้ เพื่อจะได้สามารถอัดก้อนมะขามได้ หลากหลายขนาดมากขึ้น

5.2.3.3 ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์เก็บเสียงในส่วนของการละบายสมอัด เพื่อป้องกันเสียงรบกวน ระหว่างการทำงานของผู้ใช้งาน

5.2.3.4 ควรออกแบบให้เครื่องสามารถประยุกต์ใช้กับงานอย่างอื่นๆ เพื่อเพิ่มความสามารถให้แก่ เครื่องได้มีประโยชน์มากยิ่งขึ้น

ในอนาคตข้างหน้าทางคณะผู้วิจัยหวังว่า คงมีการพัฒนาประสิทธิภาพในการใช้งานมากยิ่งขึ้น และสามารถพัฒนาเครื่องต้นแบบอัตมะขามเปียกให้มีประสิทธิภาพการทำงานมากยิ่งขึ้น

5.3 สรุปผลจากการทดลองโครงการออกแบบการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับมะขามเปียกอัดก้อน

5.3.1 สรุปผลการวิจัย

รูปแบบผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะมีความต้องการกำหนดคุณลักษณะสำคัญหลักของผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบย่อยๆ ที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยได้นำความต้องการทั้งหมดเพื่อกำหนดให้เป็นคุณลักษณะหลักของตัวผลิตภัณฑ์ภาพรวมโดยใช้ ข้อมูลสรุปจาก วิธีการวิศวกรรมคันเซเพื่อกำหนดตัวแทนตามความต้องการของผู้บริโภค เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์มะขามเปรี้ยวอัดก้อนรูปแบบใหม่ให้แก่ กลุ่มผู้แปรมะขามจำนวน 3 กลุ่ม ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค โดยสามารถสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดให้เป็นรูปแบบในภาพรวม และสรุปได้ว่าผู้บริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์ มีลักษณะกลม มีเมล็ด พื้นผิวมีลักษณะที่หยาบ แต่ละชิ้นควรมีขนาดเล็ก จำนวนชิ้นในแต่ละหน่วยไม่ควรมีมากนัก เพื่อป้องกันไม่ให้กล่องมีขนาดใหญ่ และสุดท้าย รสชาติไม่ควรมีการปรุงเพื่อไม่ให้รสชาติของอาหารผิดเพี้ยนไป ซึ่งรูปแบบทั้งหมดจะนำไปเป็นข้อมูลให้ผู้ประกอบการตัดสินใจในการกำหนดรูปแบบของตัวผลิตภัณฑ์อีกครั้ง เช่น ผลลัพธ์ในประเด็นการกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ที่เมล็ด แต่ถ้าหากสถานประกอบการบางแห่งมีการผลิตให้ไม่มีเมล็ด รวมถึงรูปร่างที่เป็นวงกลมนั้นนำนำมาซึ่งปัญหาการบรรจุและเศษเหลือจากการอัด และต้องสร้างบล็อคการอัดใหม่ ทางสถานประกอบจึงไม่พร้อมในการผลิตตามคุณสมบัติตามความต้องการของผู้บริโภคทั้งหมดจนกว่าจะสามารถสร้างสายการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ร้อย % ในอนาคต

5.3.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

5.3.2.1 เวลาในการทดสอบลักษณะของผลิตภัณฑ์มีเวลาไม่มากนัก เนื่องจากต้องทิ้งไว้เป็นระยะเวลานานเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

5.3.2.2 มีสารเคมีหลายชนิดที่มาช่วยลดการสูญเสียนอกจากบรรจุภัณฑ์ที่ยังไม่ได้นำมาพิจารณา

5.3.2.3 สายการผลิตของผู้ประกอบการยังไม่สามารถตอบโจทย์การผลิตตามความต้องการของผู้บริโภคได้ทั้งหมด

5.3.3 แนวทางในการพัฒนา เนื่องจากบรรจุภัณฑ์มะขามเปียก มีบางส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้มีประสิทธิภาพ ในการทำงานที่เพิ่มขึ้น โดยคณะผู้ศึกษาจึงได้เสนอแนวทางไว้ดังนี้

5.3.3.1 จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบว่า ข้อคำถามจำนวนมากจำเป็นต้องใช้เวลานานในการให้ข้อมูล ผู้ให้ข้อมูลอาจเกิดความเมื่อยล้าในระหว่างการตอบแบบสอบถาม ซึ่งอาจส่งผลต่อความเที่ยงตรงของผลลัพธ์ ดังนั้นขั้นตอนการกำหนดขอบเขตคุณลักษณะให้ชัดเจนจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก นักวิจัยจึงควรหาวิธีการในการคัดกรอง คุณลักษณะและรูปแบบที่ไม่มีความสำคัญออกให้มากที่สุด ซึ่งอาจจะใช้ วิธีการระดมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ วิธีการทางสถิติ การเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine learning) หรือเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristic) ในขั้นตอนการลดจำนวนรูปแบบหรือคุณลักษณะที่ไม่สำคัญเหล่านั้นลง นอกจากจะสามารถลดความขั้นตอนและความซับซ้อนในการดำเนินงานวิจัยแล้ว ยังสามารถลดเวลาการตอบแบบสอบถามของผู้ให้ข้อมูลอีกด้วย

5.3.3.2 หากสังเกตุค่า Mcc^2 ที่ได้จากผลลัพธ์การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่ายังมีค่าไม่มากนัก ซึ่งส่งผลต่อความสามารถของตัวแปรในการอธิบายความเชื่อมั่นว่าผลิตภัณฑ์ตัวแทนจะเป็นที่นิยมในกลุ่มเป้าหมายทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ สาเหตุเกิดจากข้อมูลความคิดเห็นที่แตกต่างของกลุ่มเป้าหมายจำนวนมาก ดังนั้นในการเก็บผลสำรวจใครครั้งหน้าควรมีการระบุเงื่อนไขในการแบ่งกลุ่มเป้าหมายให้มีชัดเจนมากยิ่งขึ้น เช่น เพศ อาชีพ และระดับรายได้ เป็นต้น อีกสาเหตุหนึ่งที่สำคัญ คือ การกำหนดขอบเขตและการคัดเลือกหมวดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ควรได้รับการคัดกรองอีกครั้งโดยกลุ่มเป้าหมายเอง ซึ่งอาจทำให้ผลลัพธ์จากการสำรวจความคิดเห็นที่ใกล้เคียงกัน ส่งผลให้นักวิจัยสามารถตัดสินใจในการนำผลลัพธ์ไปใช้ได้ง่ายยิ่งขึ้น

5.3.3.3 หากนำสารเคมีมาช่วยในการรักษาคุณภาพของเนื้อมะขามจะทำให้งานวิจัยมีมิติที่มีความหลากหลายมายิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

Insawang S., & Insawang, K.,(2015) The Study Guidelines for Developing a Network of Community-based . Western University Research Journal of Humanities and Social Science, 1(1), 81-59.

Panadda, P. (2017) the Study of the Managerial Development of Community Enterprise in Kalasin Province. Journal of the Way Human Society, 5(1), 191-206.

Department of Agricultural Extension. (2560). Summary Report of Community Enterprise Businesses. Retrieved January 20th, 2020,from https://www.m-society.go.th/ewt_news.php?nid=18750

Ministry of Tourism & Sports. (2560). Summary Report of Tourism Statistics 2017. Retrieved November 16th, 2018, from https://www.mots.go.th/

Tchiarakul, T.(2014).The Problems and the Adaptation of OTOP to AEC. Executive Journal, 34(1), 177-191.

Imruang,.N.& Mongkolsrisawas, S.,(2008). Potential Development of Community Enterprise of Wailum Village. Local Administration Journal ,4(2),1-15

Sasipen, P.(2006). Integrated research to develop and increase competitiveness for exports of the sesame oil producer community in Mae Hong Son province.Chiang Mai University Journal of Economics, 10 (1), 1-27

Wonganuproungkul, P.(2009).Guidelines for Marketing Development of Community Enterprise: A Case Study of Watchanpattana Housewives' Group, Muang District, Phitsanulok Province. A Degree of Master of Art Field in Development Strategy. .Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok

Nagamachi, M. (1999). Kansei Engineering and its Applications in Automotive Design. *SAE Technical Papers*,108 (6) pp. 2275-2282

Yeh, C.-T., & Chen, M.-C. (2018). Applying Kansei Engineering and data mining to design door-to-door delivery service. Computers & Industrial Engineering, 120, 401-417.

Nagamachi, M. (2002). Kansei Engineering in Consumer Product Design. Ergonomics in Design, 10(2), 5-9.

Schütte *, S. T. W., Eklund, J., Axelsson, J. R. C., & Nagamachi, M. (2004). Concepts, methods and tools in Kansei engineering. Theoretical Issues in Ergonomics Science, 5(3), 214-231.

Chuan, N. K., Sivaji, A., Shahimin, M. M., & Saad, N. (2013). Kansei Engineering for e-commerce Sunglasses Selection in Malaysia. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 97, 707-714.

Tama, I. P., Azlia, W., & Hardiningtyas, D. (2015). Development of Customer Oriented Product Design using Kansei Engineering and Kano Model: Case Study of Ceramic Souvenir. Procedia Manufacturing, 4, 328-335

Wang, C.-H., & Chin, H.-T. (2017). Integrating affective features with engineering features to seek the optimal product varieties with respect to the niche segments. Advanced Engineering Informatics, 33, 350-359.

Wang, C.-H., & Chin, H.-T. (2017). Integrating affective features with engineering features to seek the optimal product varieties with respect to the niche segments. Advanced Engineering Informatics, 33, 350-359.

Misaka, M., & Aoyama, H. (2018). Development of design system for crack patterns on cup surface based on KANSEI. *Journal of Computational Design and Engineering,* 5(4), 435-441.

Wang, W. M., Wang, J. W., Li, Z., Tian, Z. G., & Tsui, E. (2019). Multiple affective attribute classification of online customer product reviews: A heuristic deep learning method for supporting Kansei engineering. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 85, 33-45.

Jiao, Y., & Qu, Q.-X. (2019). A proposal for Kansei knowledge extraction method based on natural language processing technology and online product reviews. Computers in Industry, 108, 1-11.

Pimapunsri, K. (2011). New Product Development Using Kansei Engineering.The 2nd National Conference of Industrial Operations Development, 11 May 2011.

Udomsak, S. (2007). Product Design,Brand and ECO Package Design for Community in Middle of Thailand (Research Report). King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

Kerlinger, F.N. (1986).Foundations of Behavioral Research. 3rd Edition, Holt, Rinehart and Winston, New York.

Terada, P. (2018). **Techniques for Interpreting the Results of Factor Analysis in Research Work. Panyapiwat Journal, 10(Special), 292-304**

Nagamachi, M. (2011). Kansei/Affective Engineering. 1rd ed. Boca Raton, FL : CRC Press.

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์, “**การออกแบบเครื่องจักรกล 1**”, ครั้งที่ 3 ,พศ. 2536, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กทม.

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์, “**การออกแบบเครื่องจักรกล 2**”, ครั้งที่ 2 , พศ. 2535, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กทม.

ปาราเมศ ชุติมา.**การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม**. กรุงเทพ: สานักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545

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

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

ปาราเมศ ชุติมา.**การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม**. กรุงเทพ: สานักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545

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

พิทย์พันธ์ สิทธิรักษ์.**มาตรฐานการออกแบบเรขศิลป์ บนบรรจุภัณฑ์สำหรับสมุนไพรไทย.** วิทยานิพนธ์ศิลปกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานฤมิตศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2547

ธิติยา ทองเกิน.**การศึกษาการตลาดมะขามเปรี้ยวในการพัฒนาสู่กลยุทธ์ผลิตภัณฑ์มะขามเปรี้ยวสำเร็จรูป**.วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทั่วไป วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,2548

สิทธิชัย เชนทร.**การศึกษาสมรรถนะตู้อบแห้งชนิดการพาความร้อนแบบบังคับโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,2549

นิติพงษ์ ใจสิน. **การคัดแยกฝักมะขามหวานด้วยวิธีการแปรรูปภาพ**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, 2549

ขวัญเรือน เมฆหมอก. **การพัฒนาบรรจุภัณฑ์มะนาวแปรรูปของกลุ่มสตรีสหกรณ์เครดิตยูเนี่ยนท่าขาม สามัคคีจำกัด อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี.** การศึกษาด้วยตนเอง ,ศิลปศาสตรบัณฑิต มหาบัณฑิตสาขาการออกแบบบรรจุภัณฑ์ คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร,2549

ถาวร ราชรองเมือง.**การอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,2549

นางสาวปริชาต สบาย และนางสาวสุมาร ราศรี. **การลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำตาลปี๊บและมะขามเปียก.** รายงานฉบับสมบูรณ์,งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. นครราชสีมา, 2549

วรวิทย์ วรนาวิน. **เครื่องกวนน้ำมะขามเปียก.** รายงานฉบับสมบูรณ์การวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.กรุงเทพฯ, 2550

ขุนแผน ตุ้มทองคำ. **การออกแบบบรรจุภัณฑ์ไก่ย่างข้าวเบือ.** รายงานฉบับสมบูรณ์,งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.เพชรบูรณ์, 2551

อิศรพงษ์ พงษ์ศิริ .**อายุการเก็บรักษาของใบมะกรูดที่อบแห้งโดยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อนแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ**.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,2553

ณัฐพล ชัยทวิชธานันท์. **การตรวจสอบฝักมะขามหวานเสียโดยวิธีการประมวลภาพ.** รายงานการวิจัยที่รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์, 2555

ดุจดาว ช่วยสุข.**การพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่อง ความร้อนของไหล และพลังงานยั่งยืน**.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี,2555

สุพล แนวตัน.**การศึกษาสมรรถนะตู้อบแห้งชนิดการพาความร้อนแบบบังคับโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมหมาบัณฑิต สาขาวิชา

วิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,2555

ประเสริฐ สิงห์คำ และคณะ.***เครื่องปั้นเนื้อมะขามแก้ว.*** สารนิพนธ์ปริญญาเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์,2556

ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์. *การศึกษาสมรรถนะของชุดถอดรกมะขาม : กรณีศึกษามะขามหวานพันธุ์ประกายทอง.* รายงานการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์, 2556

ลัดดา โศภณรัตน์.**อิทธิพลของการออกแบบบรรจุภัณฑ์ต่อกระบวนการตัดสินใจของผู้บริโภค.** วิทยานิพนธ์นิเทศศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการโฆษณา คณะนิเทศศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2556

นิทัศน์ วัฒนธรรม.**การศึกษาสมรรถนะตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อความร้อนจากกระป๋องเครื่องดื่มใช้แล้ว**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,2556

กาญจนา คุ้มม่วง.**ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำมะขามเปรี้ยวเข้มข้นสำเร็จรูปของผู้บริโภคในเขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาบริหารธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. กรุงเทพมหานคร,2557

วิทยา หนูช่างสิงห์ และ ธนภัทร มะณีแสง, “**การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกะเทาะเปลือกมะขาม**,” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ สมุทรปราการ ประเทศไทย, 30-31 ตุลาคม, 2557

สถาบันมะขามหวาน [online] แหล่งเข้าถึง : http://agritech.pcru.ac.th/new/page/tamarinei
.html , คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพช
[26 ตุลาคม 2557.]

ประวัติคณะนักวิจัย

ประวัติคณะนักวิจัย

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

1. **ชื่อ-นามสกุล** นายธนภัทร มะณีแสง
   Mr. Thanapat Maneesaeng
2. **หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน**
3. **ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์
4. **ตำแหน่งทางวิชาการ** -

5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000
โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 1608

6. ประวัติการศึกษา

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

7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

การวิจัยดำเนินการ การจำลองสถานการณ์ เมตาฮิวริสติกส์

8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

8.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

การบูรณาการเพื่อยกระดับมาตรฐานกระบวนการผลิตมะขามเปรี้ยวอัดก้อนให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดเพชรบูรณ์

8.2 หัวหน้าโครงการ

2563 (โครงการวิจัยย่อย) การพัฒนาระบบการควบคุมป้อนกลับในกระบวนการอบเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในมะขามเปรี้ยวและการศึกษาปัจจัยที่ส่งผล

ต่อการยืดอายุการเก็บรักษา [แหล่งทุน: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน: ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)] [ผู้อำนวยการแผนฯ: ธนภัทร มะณีแสง คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

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

ผู้ร่วมวิจัย

2562 การเพิ่มประสิทธิภาพกรรมวิธีการแปรรูปมะขามจี๊ดจ๊าด 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 ตำบลบุ่งคล้า 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 การศึกษาระบบการขนส่งด้วยรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองและเมตาฮิวริสติกอัลกอลิทึม [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 : การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ

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

วิทยา หนูช่างสิงห์ ธนภัทร มะณีแสง และขวัญนิธิ คำเมือง นำเสนอผลงานวิจัย เรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกะเทาะเปลือกมะขาม รายงานสืบเนื่องจากงานประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ (IE Network Conference 2014) ระหว่าง วันที่ 30 - 31 ตุลาคม พ.ศ. 2557 ณ โรงแรมโนโวเทล สนามบินสุวรรณภูม

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

วิทยา หนูช่างสิงห์ ธนภัทร มะณีแสง และ นรัตว์ รัตนวัย (2558).**การออกแบบและสร้างเครื่องปั้นเนื้อมะขามแก้ว**.การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ “ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 3”

ปัญญา เทียนนาวา ธนภัทร มะณีแสง และ ขวัญนิธิ คำเมือง (2559).**การศึกษาระบบการขนส่งด้วยรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์**. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 ราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย

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

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

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

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

<u>หัวหน้าโครงการ : การพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามจังหวัดเพชรบูรณ์</u>

1. ชื่อ-นามสกุล นายวิทยา หนูช่างสิงห์
Mr. Wittaya_Nuchangsing

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. ตำแหน่งทางวิชาการ -

5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก
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. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
วิศวกรรมเครื่องมือกล

8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

8.1 หัวหน้าโครงการ

2563 (โครงการวิจัยย่อย) การพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปรี้ยวโดยใช้ระบบนิวแมติกส์สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามจังหวัดเพชรบูรณ์ [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว] [ผู้อำนวยการแผน ฯ : ธนภัทร มะณีแสง คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

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

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

2559 (โครงการวิจัยย่อย) การเพิ่มผลผลิตผลิตภัณฑ์ขนมทองม้วนโดยวิธีการศึกษาการการทำงานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปบ้านกุดกุ่ม ตำบลบุ่งคล้า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : สร้าง สะสมองค์ความรู้ที่มีศักยภาพ] [ผู้อำนวยการแผนฯ : ปัญญา เทียนนาวา คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

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

2558 การพัฒนาเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานสำหรับใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของกลุ่มผู้ประกอบการแปรรูปมะขามหวาน 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 ตำบลบุ่งคล้า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : สร้าง สะสมองค์ความรู้ที่มีศักยภาพ] [หัวหน้าโครงการฯ : ปัญญา เทียนนาวา คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

2558 การศึกษาระบบการขนส่งด้วยรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองและเมตาฮิวริสติกอัลกอลิทึม [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : พัฒนาชุมชนและท้องถิ่น] [หัวหน้าโครงการฯ : ปัญญา เทียนนาวา คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

9. บทความวิจัยที่ได้รับการนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติ และนานาชาติ

2560 การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม วิทยา หนูช่างสิงห์ 1, ธนภัทร มะณีแสง2 [แหล่งตีพิมพ์ : การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 4 วันที่ 10 มีนาคม 2560 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์]

2560 การพัฒนาวิธีการทำขนมทองม้วนโดยประยุกต์ใช้ระบบวิธีการวัดเวลา

วิทยา หนูช่างสิงห์1, ธนภัทร มะณีแสง2 [แหล่งตีพิมพ์ : การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏหมู่บ้านจองบึง ครั้งที่ 5 วันที่ 1 มีนาคม 2560]

2559 การพัฒนาเครื่องแยกเมล็ดออกจากเนื้อมะขามหวานวิทยา หนูช่างสิงห์1, ธนภัทร มะณีแสง2 [แหล่งตีพิมพ์ : การประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 16 และการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 3 “งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น” วันที่ 22 กรกฎาคม 2559 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์]

2558 การออกแบบและสร้างเครื่องปั้นเนื้อมะขามแก้ว วิทยา หนูช่างสิงห์,นรัตว์ รัตนวัย, ธนภัทร มะณีแสง [แหล่งตีพิมพ์ : การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ "ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 3" สหวิทยาการ งานวิจัย และนวัตกรรมอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นไทย ก้าวไกลสู่อาเซียน วันที่ 20 - 22 พฤษภาคม 2558 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช]

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

<u>หัวหน้าโครงการ : การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะขามเปรี้ยวอัดก้อนเพื่อการส่งออก</u>

1. ชื่อ-นามสกุล นายมานะ อินพรมมี
Mr. Mana Inpromme

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน -

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. ตำแหน่งทางวิชาการ -

5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

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

6. ประวัติการศึกษา

ค.อ.ม. สถาปัตยกรรม
ค.บ. อุตสาหกรรมศิลป์

7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้

8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

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

2560 การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกกลุ่มผลิตภัณฑ์ชุมชนโดยการผสมผสานวัสดุและศิลปกรรมของท้องถิ่นในจังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อรองรับประชาคมอาเซียน [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : สร้าง สะสมองค์ความรู้ที่มีศักยภาพ]

2555 (โครงการวิจัยย่อย) การออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกกลุ่มผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดเพชรบูรณ์ [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : พิจารณาผ่าน วช.] [ผู้อำนวยการแผนฯ : นุทิศ เอี่ยมใส]

2554 การออกแบบผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านจากวัฒนธรรมการแต่งกายของชนเผ่า บนพื้นที่สูง จังหวัดเพชรบูรณ์ [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : พิจารณาผ่าน วช.] [ผู้อำนวยการแผนฯ : เพ็ญจันทร์ สังข์แก้ว คณะวิทยาการจัดการ]

2553 พัฒนาการเรียนออกแบบตกแต่งภายใน 1 [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : การเรียนการสอน]

2558 การออกแบบและพัฒนาสร้างนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ไม้ไผ่จากภูมิปัญญาท้องถิ่นเพชบุระ สำหรับผลิตภัณฑ์ OTOP จังหวัดเพชรบูรณ์ [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : สร้าง สะสมองค์ความรู้ที่มีศักยภาพ] [หัวหน้าโครงการฯ : ขุนแผน ตุ้มทองคำ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

2557 การสร้างนวัตกรรมบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ OTOP จังหวัดเพชรบูรณ์จากภูมิปัญญาท้องถิ่น [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : พิจารณาผ่าน วช.] [หัวหน้าโครงการฯ : ขุนแผน ตุ้มทองคำ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]