



รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบแห้งสำหรับควบคุมพารามิเตอร์
ที่เหมาะสมของวิสาหกิจชุมชนติตไม้ติตมื่อ

**Development of Innovative to Ginger Dryers for Controlling the
Optimal Parameters of Tidmaitidmue Community Enterprise.**

ยศวรรัตน์ จันทนา และคณะ
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2566

รายงานวิจัยโครงการฉบับสมบูรณ์

การพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบแห้งสำหรับควบคุมพารามิเตอร์
ที่เหมาะสมของวิสาหกิจชุมชนติ๊ดไม้ติ๊ดมื่อ

**Development of Innovative to Ginger Dryers for Controlling the
Optimal Parameters of Tidmaitidmue Community Enterprise.**

ยศวรรัตน์ จันทนา

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

นริศว์ รัตนวัย

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนประเภทงานวิจัยพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ประจำปีงบประมาณ 2566

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

(ก)

ชื่องานวิจัย	การพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบจิงสำหรับควบคุมพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ของวิสาหกิจชุมชนคิดไม้ติดมือ
ผู้วิจัย	ยศวรรัตน์ จันทนา
ผู้ร่วมวิจัย/ที่ปรึกษา	นรินทร์ รัตนวัย
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสร็จวิจัย 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบจิงสำหรับควบคุมพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิสาหกิจชุมชนคิดไม้ติดมือ ซึ่งนำการประยุกต์ใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์เพื่อทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DoE) สำหรับกระบวนการใช้เครื่องมือทางสถิติได้อย่างเป็นระบบ ด้วยการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบเพื่อศึกษาปัจจัยที่สองระดับ (2^k Full Factorial Design) จำนวนปัจจัยที่ทำการศึกษา 3 ปัจจัย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2 กำลัง 3 การทดลอง โดยทำการทดลองจำนวน 8 ครั้ง และพิจารณาค่ากลาง (Center Point) อีก 3 ครั้ง สำหรับการปรับปรุงกระบวนการเพื่อการออกแบบการทดลองได้อย่างเหมาะสมอันจะช่วยให้สามารถกำหนดการตั้งค่าของปัจจัย หรือ สัดส่วนขององค์ประกอบในการปรับตั้งเครื่องมือ เครื่องจักรได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ตัวเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดที่ศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยตัวเครื่องสามารถปฏิบัติงานได้ตามการออกแบบ

จากผลการวิจัยเครื่องอบจิงสำหรับควบคุมพารามิเตอร์ที่เหมาะสม พบว่า การออกแบบการทดลองได้ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ R-sq มีค่าเท่ากับ 96.99 % และค่า R-sq (adj) มีค่าเท่ากับ 89.96 % ซึ่งมากกว่า 70% แสดงว่าการออกแบบการทดลองนี้มีความถูกต้องและเหมาะสม จากนั้นเมื่อทำการตั้งค่าอุณหภูมิภายในตู้อบที่ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมภายในตู้อบเท่ากับ 0.5 เมตรต่อวินาที และระยะเวลาในการอบที่หลังจากผ่านการทดสอบเท่ากับ 200 นาที ทำให้ได้ผลผลิตจากกระบวนการอบจิงซึ่งมีผลลัพธ์จากค่าความชื้นที่เหมาะสมสุดท้ายเท่ากับ 13.125 % เป็นไปตามลักษณะเชิงหลังการอบแห้งจนมีความชื้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คำสำคัญ : นวัตกรรม, เครื่องอบจิง, พารามิเตอร์ที่เหมาะสม, วิสาหกิจชุมชน

Title	Development of Innovative to Ginger Dryers for Controlling the Optimal Parameters of Tidmaitidmue Community Enterprise.
Author	Yotsawat Jantana
Co-Researcher	Narat Rattanawai
Branch	Computer Engineer. Phetchabun Rajabhat University 2023

Abstract

This research is, the development of innovative to ginger dryers for controlling the optimal parameters of Tidmaitidmue community enterprise. The machine can operate as designed. It uses mathematical models to design experiments (Design of Experiment: DoE) for the systematic application of statistical tools. A full factorial experiment can be designed to study factors at two levels. (2^k Full Factorial Design) The number of factors studied is 3 factors, which is equal to 2 to the power of 3 experiments. The experimental value can be found 8 times and the experiment is performed at the median value (Center Point) another 3 times for process improvement for design. Experiments will help determine the setting of factors. or the proportion of components in the tool setting machinery properly in addition, the prototype can work efficiently according to the studied requirements.

From the research results of the ginger drying machine for controlling the optimal parameters, it was found that the experimental design resulted in the calculated R-sq value being equal to 96.99 % and the R-sq (adj) value being equal to 89.96 %, which is more than 70%. It shows that this experimental design is correct and appropriate and when setting the temperature inside the oven at 60 degrees Celsius, the wind speed inside the oven is 0.5 meters per second. And the drying time after passing the test is equal to 200 minutes, which will cause the product from the ginger drying process to have a final optimum humidity value of 13.125%, in accordance with the characteristics of ginger after drying until it has moisture according to industrial product standards.

Keywords : Innovative, Ginger Dryers, Optimal Parameters, Community Enterprise

(ก)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่างๆ จากคณาจารย์ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนติดไม้ติดมือ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้และขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

ยศวรรัตน์ จันทนา และคณะ

พฤษภาคม 2566

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัย.....	2
1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	2
1.5 กรอบแนวความคิดการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 จิง.....	5
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	6
2.3 สรรพคุณ	7
2.4 การเก็บเกี่ยว.....	8
2.5 ทฤษฎีการอบแห้ง	9
2.6 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	10
2.7 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจิงแห้ง.....	12

(จ)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8 วัสดุที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิง.....	13
2.9 การออกแบบการทดลอง.....	18
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	24
3.1 ระยะที่ 1 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิงสำหรับควบคุม พารามิเตอร์ที่เหมาะสม	24
3.2 ระยะที่ 2 การศึกษาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจิง	26
3.3 ระยะที่ 3 การประเมินความคิดเห็นต่อเครื่องต้นแบบการอบจิง.....	28
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	31
4.1 ระยะที่ 1 ผลการออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิง	31
4.2 ระยะที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจิง	34
4.3 ระยะที่ 3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจิง	37
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	40
5.1 สรุปผล.....	40
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	41
5.3 แนวทางในการพัฒนา	41
บรรณานุกรม	42
ภาคผนวก	43
ภาคผนวก ก ภาพถ่ายเครื่องต้นแบบการอบจิง.....	44
ประวัติคณะผู้วิจัย.....	46

(น)

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1	คุณลักษณะทางเคมีของขิงแห้ง 13
3-1	ตารางออกแบบการทดลองหาความชื้นสุดท้ายของขิงที่เหมาะสมในการอบขิง..... 27
3-2	ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ในการทำงานของเครื่องต้นแบบการอบขิง 28
4-1	ผลค่าความถี่ และค่าร้อยละของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 32
4-2	ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้าน การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบขิง 33
4-3	ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบขิง 34
4-4	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัย 35
4-5	ผลลัพธ์ค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดล..... 35
4-6	ค่าความถี่ และค่าร้อยละของด้านข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 37
4-7	ผลค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่อประสิทธิผลของเครื่องต้นแบบการอบขิง 37

สารบัญรูป

ภาพที่	หน้า
2-1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของจิง	7
2-2 จิงสด.....	9
2-3 แผ่นโพลีคาร์บอเนต.....	14
2-4 ฮีตเตอร์.....	15
2-5 เครื่องควบคุมอุณหภูมิและควบคุมความชื้น	15
2-6 เมกเนติกคอนแทคเตอร์.....	16
2-7 พัดลมดูดอากาศ.....	16
2-8 ไฟลัดแลมป์	17
2-9 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น.....	17
2-10 สวิตช์ปุ่มกด	18
2-11 เบรกเกอร์	18
2-12 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการหรือระบบที่สนใจ.....	19
4-1 แสดงตัวเครื่องต้นแบบการอบจิงสำหรับควบคุมพารามิเตอร์ที่เหมาะสม.....	31
4-2 แสดงลักษณะของจิงที่ได้จากกระบวนการอบแห้ง.....	32
4-3 กราฟพาเรโตแสดงเทอมของปัจจัย	36
4-4 ค่าที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องต้นแบบการอบจิง.....	36

ภาคผนวก ก

ก-1	ภาพถ่ายชั้นวางชิงภายในเครื่องต้นแบบการอบชิง	45
ก-2	ภาพถ่ายตัวอย่างเครื่องต้นแบบการอบชิง.....	45

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิสาหกิจชุมชนเป็นกลไกหลักในการเสริมสร้างความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยสร้างรายได้ให้แก่ประเทศก่อให้เกิดการจ้างงาน อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือในการแก้ไขปัญหาความยากจนในท้องถิ่น และในการสร้างผู้ประกอบการด้วยการสร้างกลุ่มอาชีพ หรือผู้ประกอบการรายใหม่ (อุบลวรรณ สุวรรณภูสิทธิ์ และณภัทรา ปานเจริญ, 2563) โดยกิจการของชุมชนเกี่ยวกับการผลิตสินค้า การให้บริการ หรือการอื่นๆ ที่ดำเนินการโดยบุคคลที่มีความผูกพันกันรวมตัวกันประกอบกิจการเพื่อสร้างรายได้และการพึ่งพาตนเองของครอบครัว ในชุมชนและระหว่างชุมชน (สำนักงานเกษตรจังหวัดนนทบุรี, 2563)

จังหวัดเพชรบูรณ์มีวิสาหกิจชุมชนจำนวน 1,234 แห่ง แบ่งเป็นอำเภอเขาค้อจำนวน 73 แห่ง (ระบบสารสนเทศวิสาหกิจชุมชน กองส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน, 2564) วิสาหกิจชุมชนส่วนใหญ่ในอำเภอเขาค้อรวมกลุ่มกันเพื่อแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าทางการเกษตร ซึ่งวิสาหกิจชุมชนคิดไม้ติ๊ดมือเขาค้อเป็นหนึ่งในวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่อำเภอเขาค้อที่นำผลผลิตทางการเกษตรมาแปรรูป จากการลงพื้นที่สัมภาษณ์กลุ่มวิสาหกิจชุมชนคิดไม้ติ๊ดมือเขาค้อ พบว่าทางกลุ่มมีผลผลิตที่นำมาแปรรูปที่หลากหลาย คือ ขิงน้ำตาลแดง, ข้าวไร้ลืมผัวขงพร้อมดื่ม, ข้าวไร้ลืมผัว ซึ่งประสบปัญหาเรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการกระบวนการของผลิตภัณฑ์ ช่องทางการจำหน่าย และความพึงพอใจของผู้บริโภคที่เชื่อถือในผลิตภัณฑ์ของทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นคณะผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาค้นคว้าเพื่อพัฒนาวัตกรรมเครื่องต้นแบบการอบขิงสำหรับควบคุมพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแบบอัตโนมัติ โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์และควบคุมพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อกระบวนการอบขิงหลังจากการแปรรูปขิง เพื่อพิจารณาและสังเกตลักษณะทางกายภาพโดยนำเอาเทคโนโลยีการตัดสินใจด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์เพื่อทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DoE) สำหรับกระบวนการใช้เครื่องมือทางสถิติได้อย่างเป็นระบบด้วยการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบเพื่อศึกษาปัจจัยที่สองระดับ (2^k Full Factorial Design) ในการหาค่าที่เหมาะสมของผลผลิต ที่สามารถพัฒนากระบวนการและสร้างความน่าเชื่อถือในผลิตภัณฑ์แปรรูปทางการเกษตร สามารถลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตของวิสาหกิจชุมชนคิดไม้ติ๊ดมือเขาค้อ โดยระยะเวลาที่เกิดผลจะเท่ากับระยะเวลาในการดำเนินงานโครงการวิจัยตามสัญญาทุน

1.2 วัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิ้งสำหรับควบคุมพารามิเตอร์ที่เหมาะสม
- 1.2.2 เพื่อทดสอบสมรรถนะและประเมินประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบสำหรับควบคุมพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

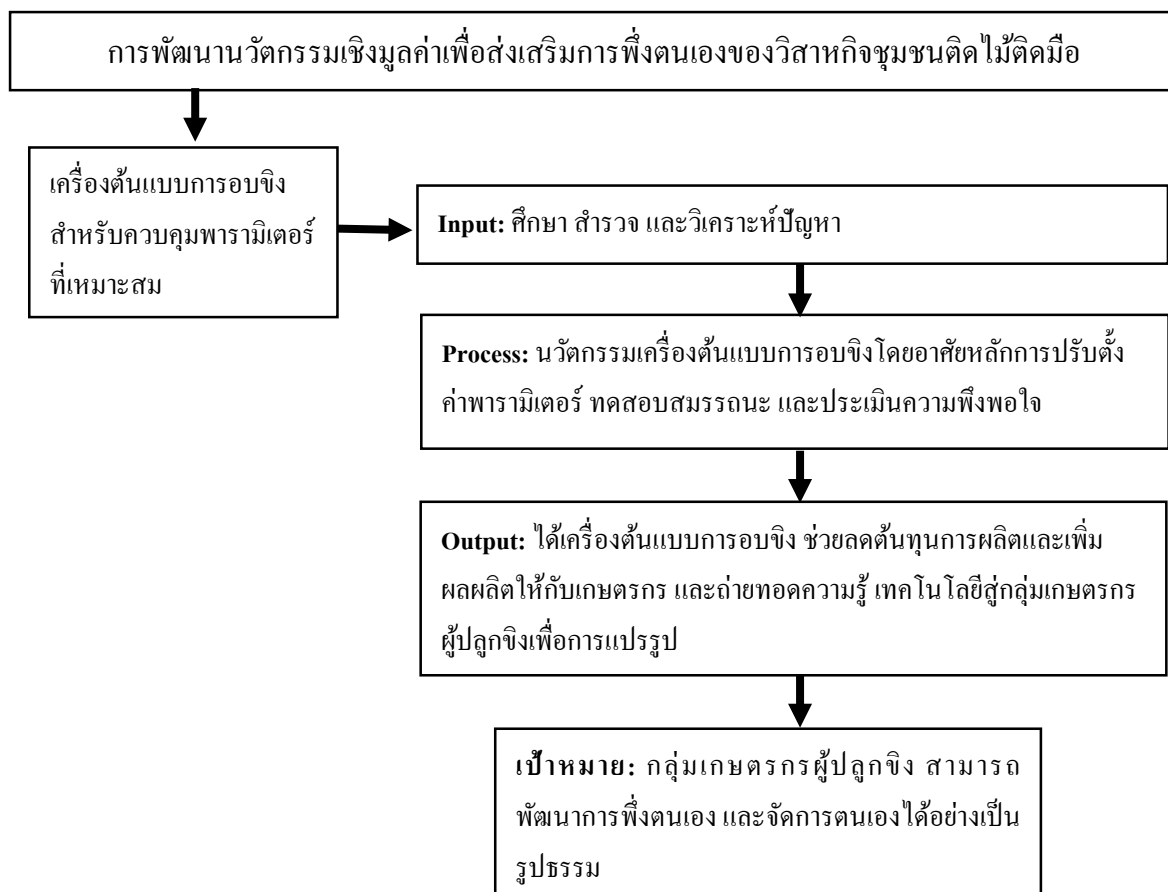
1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาข้อมูล ทฤษฎี งานวิจัยสำหรับพัฒนานวัตกรรมต้นแบบ
- 1.3.2 พัฒนาและออกแบบเครื่องต้นแบบการอบจิ้ง
- 1.3.3 ทำการสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิ้งที่ได้พัฒนาออกแบบขึ้นมา
- 1.3.4 ทดสอบการใช้งาน และวิเคราะห์หาปัญหาที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งหาทางแก้ไข และทำการปรับปรุงให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 1.3.5 สรุปและรายงานผล

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1.4.1 ขอบเขตพื้นที่ในการวิจัย
 - 1) พื้นที่ในการวิจัยเพื่อประเมินความคิดเห็นของเครื่องต้นแบบการอบจิ้ง ได้แก่ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนคิดไม้ดีดมือ อำเภอบ้านค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์
 - 2) พื้นที่ในการทำวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิ้ง และทดสอบสมรรถนะ ได้แก่ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนคิดไม้ดีดมือ อำเภอบ้านค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์
 - 3) พื้นที่ในการวิจัยเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนคิดไม้ดีดมือ อำเภอบ้านค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์
- 1.4.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา
 - ระยะที่ 1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - ระยะที่ 2 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิ้ง
 - ระยะที่ 3 ประเมินความคิดเห็นของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนคิดไม้ดีดมือ อำเภอบ้านค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์
 - ระยะที่ 4 ถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีสู่ชุมชน
- 1.4.3 ขอบเขตด้านประชากร
 - ประชากรในการศึกษารั้งนี้ คือ เครื่องต้นแบบการอบจิ้ง

1.5 กรอบแนวความคิดการวิจัย



1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้พัฒนาตนเองในด้านวิชาการในการสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิง

1.6.2 ได้เครื่องต้นแบบการอบจิง ที่ช่วยแก้ไขปัญหาในชุมชนท้องถิ่น สอดคล้องกับปรัชญาและพันธกิจของมหาวิทยาลัย

1.6.3 กลุ่มวิสาหกิจชุมชนคิดไม้ติดมือ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้เทคโนโลยีเครื่องต้นแบบการอบจิง ที่สามารถลดเวลาในการผลิตในลักษณะงานที่ใกล้เคียงกันได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องโดยนำแนวคิดการพัฒนานวัตกรรมเครื่องต้นแบบการอบจิงสำหรับควบคุมพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแบบอัตโนมัติ ซึ่งอาศัยหลักการวิเคราะห์และควบคุมพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการดึงปริมาณความชื้นออกจากการกระบวนการผลิตจิงสำหรับการแปรรูปผลิตภัณฑ์จิงน้ำตาลแดง จากการประยุกต์ใช้นวัตกรรมเครื่องต้นแบบได้อย่างเหมาะสมผู้วิจัยได้นำทฤษฎีมาอ้างอิงในการดำเนินโครงการดังนี้

2.1 จิง (Ginger)

จิง (Ginger) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Zingiber officinale* Rosco เป็นไม้ล้มลุก มีเหง้าใต้ดิน สีน้ำตาลแกมเหลือง เนื้อในสีเหลืองหรือเหลืองอ่อน จิงเป็นสมุนไพรไทยชนิดหนึ่งที่ประโยชน์เป็นทั้งอาหารและยารักษาโรค เหง้าจิงมีรสหวาน เผ็ดและขม มีสรรพคุณช่วย ขับเสมหะ ขับลม ลดอาการ จุกเสียด ท้องอืดเฟ้อ แก้กลิ้น ไล่อาเจียนและช่วยเจริญอาหาร (ปณิณนุช อมรคณา, 2559) ปัจจุบันนอกจากใช้จิงสดในการประกอบอาหารแล้ว ยังถูกนำไปแปรรูปโดยผ่านกระบวนการที่เหมาะสมเพื่อรักษาสรรพคุณของจิง และให้ง่ายต่อการเก็บรักษาและใช้ประโยชน์ เช่น จิงผงสำหรับชงดื่ม ยาแคปซูล หรือจิงแผ่น จิงเป็นพืชสมุนไพรที่มีความสำคัญในวงการอาหารและการแพทย์มาเป็นเวลาหลายพันปี มีประวัติความเป็นมายาวนานและมีการใช้งานในหลายวัฒนธรรมทั่วโลก

จิง (*Zingiber officinale* Roscoe) เป็นพืชสมุนไพรที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ไม่เพียงแต่นิยมใช้รับประทานเป็นอาหารเครื่องเคียง ผลิตภัณฑ์แปรรูปต่างๆ เช่น จิงดอง จิงผง จิงอบ จิงแช่แข็ง ฯลฯ อีกทั้งยังนำมาทำเป็นยาสมุนไพร เครื่องสำอาง ส่งออกยังตลาดต่างประเทศการบริโภคหรือแปรรูปจิงนั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพภายในของจิง ซึ่งสามารถแบ่งได้ตามอายุการเก็บเกี่ยวของจิงสด 3 ระยะ คือ จิงอ่อน (immature ginger) จิงกลาง (early mature ginger) และ จิงแก่ (mature ginger) ในปี 2559 มีมูลค่าการส่งออกจิงสดและจิงแห้ง 981 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ซึ่งจิงสดที่ทำการแปรรูปนั้น ระหว่างกระบวนการผลิตจะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพ เพื่อที่จะได้จิงตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดและเหมาะสมกับการแปรรูปผลิต

จิงเป็นสายพันธุ์พืชที่สังเกตเห็นในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ครอบคลุมเขตร้อนของอินเดียช่วงโบราณมีการนำจิงมาใช้เป็นเครื่องเทศและสมุนไพร และต่อมาจิงถูกนำเข้ามายังอาณาจักรโรมันในสมัยกรีกโบราณในประเทศจีนโบราณ จิงถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมในยาจีนแผนโบราณ และมีการใช้จิงเป็นยาบำรุงร่างกายในอินเดียโบราณ เช่น ใช้ในการรักษาปัญหาทางเดินหายใจ แก้อาการ

กระเพาะอาหาร และช่วยลดอาการอักเสบต่างๆ ในยุโรป จึงถูกนำมาใช้ในสมัยกลางเฉียงมังกรและยุโรปกลาง ในช่วงศตวรรษที่ 13 จึงกลายเป็นสินค้าที่มีความสำคัญในการค้าและการท่องเที่ยว ทั้งโดยเฉพาะระหว่างประเทศอาณาจักรเนเธอร์แลนด์และอินเดีย จึงยังถูกนำมาใช้ในยาสมัยกลางเฉียงมังกรเพื่อรักษาอาการท้องอืด และแก้ปัญหาด้านทางเดินหายใจ ในสมัยยุโรปกลาง ชาวบริติชก็นำมาใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นการนำมามาผสมกับน้ำผึ้งและสุรา เพื่อสร้างเครื่องดื่มที่ร้อนและมีรสชาติหวานกลมกล่อม

ปัจจุบัน จึงเป็นวัตถุดิบที่ได้รับความนิยมในอาหารและเครื่องดื่มทั่วโลก เช่น ในอาหารเอเชีย เครื่องปรุงรสผงชูรส เครื่องดื่มและขนมหวาน รวมทั้งยังนำมาใช้ในสมุนไพรและผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพอื่นๆ ซึ่งเป็นการยืนยันถึงความยาวนานและความสำคัญของขิงในวงการอาหารและการแพทย์ ปัจจุบันแหล่งผลิตที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ เชียงราย พะเยา เลย เพชรบูรณ์ และศรีสะเกษ

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ขิงเป็นพืชล้มลุก มีลำต้นตั้งอยู่ใต้ดินลักษณะเป็นเหง้า นิยมเรียกกันว่าแงงขิง หรือหัวขิง มีลักษณะเป็นแท่งสั้นแตกแขนงออกเป็นแงงย่อยรูปร่างเหมือนฝ่ามือ ประกอบด้วยแงงเล็ก ๆ คล้ายนิ้วมือ รสชาติหวาน เผ็ดร้อน เหง้าหรือลำต้นแห่งนี้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ข้ามฤดูหรือหลายฤดู ซึ่งต่างจากลำต้นเทียมเหนือดินที่มีอายุอยู่ได้เพียงฤดูเดียว หรือประมาณ 8-12 เดือน ดังภาพที่ 2-1

เหง้า/ลำต้นใต้ดิน

ขิงเป็นพืชในกลุ่มเดียวกับข่า และขมิ้น มีลำต้นขึ้นแน่นเป็นกอ โดยมีลำต้นแท้ที่เป็นเหง้าอยู่ใต้ดิน ซึ่งมักเรียก แงงขิงหรือหัวขิง (Rhizome) ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้นำมาบริโภค และใช้ประโยชน์มากที่สุด หัวขิงมีลักษณะเป็นแท่งสั้น แตกแขนงออกเป็นแงงย่อย เปลือกของแงงหรือหัวมีสีขาวอมเหลืองหรือสีเหลืองอ่อนตามสายพันธุ์ มีแผ่นเปลือกนอกหุ้มเป็นแผ่นสีน้ำตาลแกมเหลือง และมีรากฝอยแตกออกจากแงง เนื้อด้านในมีสีเหลือง มีกลิ่นหอมเฉพาะ ส่วนลำต้นเทียมที่โผล่เหนือดินจะประกอบด้วยแกนลำที่มีลักษณะเป็นปล้อง ถูกหุ้มด้วยกาบใบเรียงตามความสูง

ลักษณะใบ

ใบและกาบใบเป็นส่วนหนึ่งของลำต้นเทียมที่แทงออกจากเหง้าหรือลำต้นใต้ดิน ใบเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ลักษณะคล้ายหอกเกลี้ยง ๆ ยาวประมาณ 15-17 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1.8-3 เซนติเมตร ใบออกเรียงสลับกันเป็นสองแถวหลังใบห่อจับเป็นรูปร่างน้ำใบส่วนยอดชันตั้งตรง ใบล่างโค้งพับลงด้านล่าง ขอบใบเรียบ ปลายใบสอบเรียวแหลมมีเส้นกลางใบมองเห็นอย่างชัดเจน โคนใบสอบแคบ และจะเป็นกาบหุ้มลำต้นเทียม มีสีเขียวเข้ม มีขนเล็ก ๆ ขึ้นตามใบ

ลักษณะดอก

ขิงออกดอกเป็นช่อ แต่เป็นพืชที่ไม่ค่อยออกดอกหรือติดเมล็ด แต่พบการออกดอกบ้างในบางพันธุ์และสภาพแวดล้อมที่ปลูก ช่อดอกออกตรงใจกลางของเหง้า มีก้านช่อยาว 10-20 เซนติเมตร ประกอบด้วยดอกและกลีบดอกจำนวนมาก กลีบดอกยาวประมาณ 4-7 เซนติเมตร กลีบดอกมีสีเหลืองแกมเขียว เมื่อดอกบานมีสีแดงสดสวยงาม



ภาพที่ 2-1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของขิง

2.3 สรรพคุณ

ขิงเป็นพืชรสเผ็ดอุ่น มีฤทธิ์แก้หวัดเย็น ขับเหงื่อ บำรุงกระเพาะแก้อาการคลื่นไส้ อาเจียน ลดคลอเลสเตอรอลที่สะสมในตับและเส้นเลือด

เหง้า

เหง้าขิงแก้ทั้งสดและแห้ง รสหวานเผ็ดร้อน ช่วยขับลมแก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ เสียท้อง อาหารไม่ย่อยปวดเกร็งช่องท้อง ช่วยขับลมขับเหงื่อ ขับเสมหะ แก้คลื่นไส้ อาเจียนจากการเมาเรือ และหลังการผ่าตัด บรรเทาอาการท้องเสีย ช่วยกระตุ้นความอยากอาหาร รักษาอาการหวัด รักษาอาการปวดศีรษะเนื่องจากไมเกรน และรักษาอาการปวดข้อ ปวดกล้ามเนื้อ ช่วยฆ่าพยาธิ แก้ปากคอเปื่อย แก้ท้องผูกและลดความดัน เป็นยาบำรุงธาตุไฟ รักษากระดูกไม่สมส่วนหรือมาน้อยกว่าปกติ บรรเทาอาการปวดประจำเดือน และขับน้ำคาวปลาในหญิงหลังคลอดบุตร

ต้น

รสเผ็ดร้อน ช่วยขับลม แก้จุกเสียดแน่นเฟ้อ แก้น้ำ แก้อ่อนปื่อย ช่วยย่อยอาหาร ฆ่าพยาธิ แก้โรคตา แก้บิด แก้ลมป่วง แก้ท้องร่วง แก้อาเจียน บำรุงธาตุไฟ

ใบ

รสเผ็ดร้อน บำรุงกำลัง แก้ฟกช้ำ แก้น้ำ แก้ขัดปัสสาวะ แก้โรคตา ฆ่าพยาธิ ขับผายลม แก้น้ำ แก้อ่อนปื่อย ช่วยย่อยอาหาร ขับลมในลำไส้ แก้ขัดปัสสาวะ บำรุงไฟธาตุ

ดอก

รสเผ็ดร้อน ทำให้รู้สึกชุ่มชื้นแก้โรคประสาทซึ่งทำให้ใจชุ่มฉ่ำ ช่วยย่อยอาหาร แก้ขัดปัสสาวะ แก้โรคตาและ ฆ่าพยาธิ ช่วยย่อยอาหาร แก้อ่อนปื่อย แก้น้ำ แก้ขัดเบา แก้บิด แก้ขัดบำรุงไฟธาตุ

ราก

รสหวานเผ็ดร้อนขม ขับลม ฆ่าพยาธิ แก้แน่น แก้ลม แก้เสมหะ แก้บิด ช่วยเจริญอาหาร

ผล

รสหวานเผ็ด เป็นยาอายุวัฒนะ รักษาอาการไข้ บำรุงน้ำนม แก้ไข้ แก้อ่อนแห้ง เจ็บคอ แก่ตาฟาง

แก่น

ฝนทำยาแก้คัน

นอกจากนั้น น้ำมันหอมระเหยจากกิ่ง ยังช่วยบรรเทาอาการเหนื่อยล้าของจิตใจโดยจะทำให้เกิดอาการตื่นตัว และรู้สึกอบอุ่น ช่วยเพิ่มความจำ กระตุ้นการไหลเวียนเลือด บรรเทาอาการปวดรูมาตอยด์ ปวดกล้ามเนื้อ และเคล็ดขัดยอก

2.4 การเก็บเกี่ยว

1. การเก็บเกี่ยว

เก็บเกี่ยวกิ่งแก่ (อายุ 10 เดือนขึ้นไป) การเก็บเกี่ยวนิยมนอนด้วยมือ ก่อนเก็บเกี่ยวจึงควรรดน้ำในแปลงปลูกให้ชื้นเสียก่อนเพื่อให้ง่ายต่อการถอน การถอนใช้มือถอนต้นจึ้นมาทั้งกอ พร้อมกับเขย่าให้ดินหลุดออกจากแง่ง ให้ถอนขึ้นตรง ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้แง่งชิงขาด (มีการตรวจสอบสำคัญและสารพิษตกค้าง ตั้งแต่ 5 เดือนถึงระยะการเก็บเกี่ยว)

2. วิธีการชุด

การเก็บเกี่ยวนิยมนอนด้วยมือ ถ้าดินแห้งเกินไปในขณะที่จะชุดก็ให้รดน้ำก่อนทุกครั้ง เพื่อให้สะดวกต่อการชุดและง่ายต่อการเอาดินออกจากหัวจึง เสร็จแล้วจึงตัดใบ ราก และลำน้ำให้สะอาด

3. ผลผลิต

ขิงแก่ จะได้ผลผลิตประมาณ 2,000-5,000 กิโลกรัมต่อไร่ และแง่งขิงแก่นี้เก็บได้นานถึง 3 เดือน

4. การทำความสะอาด

คัดแยกหัวและแง่งออกจากกัน ตัดรากและส่วนต่างๆ ที่ไม่ต้องการทิ้ง คัดเลือกส่วนที่สมบูรณ์ ปราศจากโรคและแมลงนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด ดังภาพที่ 2-2 จากนั้นคัดแยกส่วนของผลผลิตที่จะนำไปทำแห้งและเก็บรักษาไว้ทำหัวพันธุ์ต่อไป



ภาพที่ 2-2 ขิงสด

2.5 ทฤษฎีการอบแห้ง

นิยามและความหมายของการอบแห้ง

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้น ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้นเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยมีหลักการคือเมื่อวัสดุที่มีความชื้นอยู่ในสัมผัสกับอากาศร้อนจะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุนั้นๆ และวัสดุอบแห้งดังกล่าวจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นจะระเหยกลายเป็นไอออกไปจากวัสดุสู่บรรยากาศรอบข้าง โดยทั่วไปการอบแห้งมักจะใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้ง ความร้อนจะถ่ายเทไปยังผิววัสดุโดยส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการระเหยน้ำ ซึ่งไอน้ำจะเคลื่อนที่จากผิววัสดุมายังกระแสอากาศ และถ้าผิววัสดุมีปริมาณน้ำอยู่มาก อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวจะคงที่ ส่งผลให้อัตราการถ่ายเท

ความร้อนและอัตราการอบแห้งคงที่ด้วย ถ้าอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วของกระแสอากาศมีค่าคงที่ เมื่อผิววัสดุมีปริมาณน้ำลดลงเหลือน้อย อุณหภูมิและความชื้นของไอน้ำที่ผิววัสดุย่อมเปลี่ยนแปลงไป โดยที่อุณหภูมิของวัสดุจะสูงขึ้นและความชื้นของไอน้ำจะลดลงส่งผลให้อัตราการอบแห้งลดลง ดังนั้นช่วงอัตราการอบแห้งความชื้นที่อยู่ระหว่างช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเรียกว่า ความชื้นวิกฤต

ช่วงของการอบแห้ง

วัสดุที่ต้องผ่านการอบส่วนใหญ่มีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุน ซึ่งสามารถแบ่งช่วงการอบแห้งออกเป็น 2 ช่วง ดังนี้

1. ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (Constant Drying Rate)

ในการอบแห้งวัสดุที่มีความชื้นสูงๆ ในช่วงแรกของกระบวนการอบแห้งจะอยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ จะเกิดจากพื้นผิวของวัสดุมีการถ่ายเทมวลและความร้อนที่ผิวนอกของวัสดุอย่างเดียว พารามิเตอร์ของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งช่วงนี้ได้แก่อุณหภูมิ ความเร็วลมและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ช่วงอัตราการอบแห้งช่วงนี้จะสั้น

2. ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling Drying Rate)

เมื่อปริมาณความชื้นของวัสดุมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤต การถ่ายเทความร้อนและมวลไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของวัสดุเท่านั้น แต่จะเกิดภายในผิวและเนื้อวัสดุ การเคลื่อนที่ของน้ำในวัสดุมายังผิวจะช้ากว่าการพาความชื้นจากผิวไปยังอากาศทำให้อัตราการอบแห้งลดลง ตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งช่วงนี้คืออุณหภูมิของอากาศอบแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ค่าสัดส่วนของความชื้นเริ่มต้นปกติจะน้อยกว่าสัดส่วนความชื้นวิกฤต ดังนั้นการอบแห้งทั้งหมดจะเกิดขึ้นในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง แม้ว่าช่วงอัตราการอบแห้งคงที่จะมีผลต่อการเริ่มต้นของการอบแห้งแต่มีกฏกลาย เพราะเป็นช่วงที่สั้นที่สุด และมีความชื้นจำนวนน้อยมากถูกพาออกไปก่อนจะเข้าสู่ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง

การลดลงของความชื้น

การลดลงของความชื้น สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ ได้แก่

1. ระยะเริ่มต้นของการอบ (Settling Down Period)

ระยะในช่วงนี้อุณหภูมิที่พื้นผิวของวัสดุอบแห้งจะเข้าสู่สภาวะสมดุลทางความร้อน (Dynamic) และมีการระเหยของความชื้นเกิดขึ้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุ ค่าอัตราการอบแห้งของวัสดุจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

2. ระยะอัตราการระเหยของไอน้ำคงที่ (Constant Rate Period)

ระยะนี้อุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุจะมีค่าคงที่ และความชื้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาวะอิ่มตัว การกระจายความชื้นที่พื้นผิวของวัสดุมีค่าสม่ำเสมอ

3. ระยะอัตราการระเหยของไอน้ำลดลง (Falling Rate Period)

ระยะนี้จะเริ่มจากเมื่อความชื้นบนพื้นผิวไม่อิ่มตัว อัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในวัสดุอบแห้งไปยังพื้นผิวมีค่าน้อยกว่าอัตราการระเหยของความชื้นที่พื้นผิวของวัสดุอบแห้ง จุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการระเหยที่คงที่มายังช่วงที่มีอัตราการระเหยลดลง เรียกว่า จุดความชื้นวิกฤต (Critical Moisture Content) การระเหยของไอน้ำ จะสิ้นสุดเมื่อถึงจุดที่เรียกว่าความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content)

2.6 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

โดยการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ปัจจุบันมีการใช้งาน 3 ลักษณะ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน) ได้แก่

1. การอบแห้งระบบ Passive เป็นระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ และกระแสลมที่พัดผ่าน ได้แก่

- เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ เป็นการวางวัสดุไว้ที่กลางแจ้ง อาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์ และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ

- ตู้อบแห้งแบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง วัสดุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ทำด้วยวัสดุโปร่งใส ความร้อนที่ใช้ได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัวของอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเทอากาศขึ้น

- ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัสดุที่อยู่ภายในจะได้รับความร้อน 2 ทาง คือ ทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศร้อนก่อนที่จะผ่านวัสดุอบแห้ง

2. การอบแห้งระบบ Active เป็นระบบอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น มีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลมและห้องอบแห้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของพืชผล จึงพาความชื้นจากพืชผลออกสู่ภายนอกทำให้พืชผลที่อบไว้แห้งได้

3. การอบแห้งระบบ Hybrid เป็นระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และยังคงอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ช่วยในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ หรือต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น เช่น ใช้ร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงจากชีวมวล พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ และการหมุนเวียนของอากาศจะอาศัยพัดลมหรือเครื่องดูดอากาศช่วย

ประโยชน์ของการอบแห้งด้วยพลังงานจากแสงอาทิตย์

การอบแห้งด้วยพลังงานจากแสงอาทิตย์นอกจากจะเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สะอาดปราศจากมลภาวะด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังเป็นการใช้ความร้อนในการทำให้อาหารแห้งขึ้นในผลิตภัณฑ์นั้นๆ กลายเป็นไอน้ำออกไป ซึ่งประโยชน์ของการอบแห้งที่สำคัญๆ ได้แก่

1. เพื่อการถนอมหรือยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ซึ่งการอบแห้งเป็นการลดปริมาณน้ำในอาหารเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทุกชนิด เช่น เชื้อรา (Mold), ยีสต์ (Yeast) และเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสียรวมทั้งยับยั้งการทำงานของเอนไซม์หรือชะลอปฏิกิริยาต่างๆ ทั้งทางเคมีและทางชีวเคมี ซึ่งมีน้ำเป็นส่วนร่วมและเป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย
2. เพื่อให้อาหารมีน้ำหนักเบา อาหารที่แห้งแล้วจะมีปริมาตรและน้ำหนักลดลงทำให้สามารถลดต้นทุนในการเก็บรักษาและทำให้สะดวกต่อการขนส่ง การบริโภครวมถึงการนำไปเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปต่อเนื่องด้วยวิธีอื่น
3. เพื่อเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นทางเลือกในการบริโภคที่หลากหลายมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่สินค้าอื่นๆ ด้วย

2.7 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจึงแห้ง

ผลิตภัณฑ์จึงอบแห้ง ที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์จึงแห้ง (มอก.458-2526))

คุณลักษณะที่ต้องการ

1. ลักษณะทั่วไป

ต้องมีสี กลิ่นรสเฉพาะตามธรรมชาติของจึง ไม่มีกลิ่นหืน กลิ่นอับและรสขม หรือกลิ่นรสแปลกปลอมอื่นใด

ต้องไม่มีรา แมลง ชิ้นส่วนของแมลง หรือมูลสัตว์ ที่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า

2. การปราศจากข้อบกพร่อง

สิ่งเจือปน จะมีได้ไม่เกินร้อยละ 2

การตรวจสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2

3. คุณลักษณะทางเคมีของขิงแห้ง ให้เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 2-1

4. สุขลักษณะ

สุขลักษณะในการทำขิงแห้ง ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนด
สุขลักษณะของอาหาร มาตรฐานเลขที่ มอก.34

5. ภาชนะบรรจุ

ภาชนะที่ใช้บรรจุขิงแห้งต้องสะอาด ถูกสุขลักษณะ

6. ปริมาณ

น้ำหนักสุทธิของขิงแห้งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

ตารางที่ 2-1 คุณลักษณะทางเคมีของขิงแห้ง (ตามข้อ 3)

ลำดับ ที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่ กำหนด	วิธีวิเคราะห์ตาม
1	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	12.0	AOAC (1980) ข้อ 30.005
2	เถ้าทั้งหมด ร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง ไม่เกิน	10.0	ISO 928
3	แคลเซียม (คำนวณเป็นแคลเซียมออกไซด์) ร้อยละ ของน้ำหนักอบแห้ง ไม่เกิน	1.0	ISO 1003 AOAC (1980)
4	น้ำมันระเหย (volatile oil) ร้อยละของน้ำหนัก อบแห้ง ไม่น้อยกว่า	1.5	ข้อ 30.020 ถึงข้อ 30.021

หมายเหตุ : แหล่งที่มาจากฐานข้อมูลสถาบันอาหาร (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง (มอก.458-2526))

2.8 วัสดุที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องต้นแบบการอบขิง

การเลือกใช้วัสดุต่างๆในการสร้างเครื่องต้นแบบการอบขิง จะต้องมีความสามารถในการ
เลือกใช้อย่างเหมาะสมและอาศัยข้อมูลการทดสอบมาพิจารณาร่วมด้วย ความสำคัญในการเลือกใช้
วัสดุยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอื่นๆด้วย เช่น คุณภาพของวัสดุ การออกแบบและการนำไปใช้งาน
นอกจากนี้การเลือกใช้วัสดุยังต้องควบคุมวัสดุนั้นๆใช้ไปอย่างมีขอบเขตอีกด้วย จึงจะทำให้เกิด
ความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสำหรับผู้ออกแบบด้วย เพราะฉะนั้นสแตนเลส จึงเป็นวัสดุอีก
หนึ่งชนิด ที่ผู้จัดทำใช้ในการผลิตเครื่องต้นแบบการอบขิง

1. แผ่นโพลีคาร์บอเนต

โพลีคาร์บอเนตเป็นพลาสติกที่ใช้ทำหลังคา แผ่นโพลีคาร์บอเนตมีข้อเสียน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวัสดุอื่น เช่น กระจกหรือโลหะ จึงทำให้แผ่นโพลีคาร์บอเนตเหมาะสำหรับมุงหลังคา อีกทั้งยังทนต่อความร้อน แสงแดด หิมะและฝน สามารถใช้งานได้ยาวนานหลายปี



ภาพที่ 2-3 แผ่นโพลีคาร์บอเนต

2. เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม

เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม หรือ เหล็กแป๊บ โปร่ง (Square Steel Tube) เป็นเหล็กโครงสร้างรูปพรรณกลวงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีลักษณะเป็นท่อสี่เหลี่ยม มีมุมฉากที่เรียบคม เหมาะสำหรับงานโครงสร้างทั่วไปที่ไม่รับน้ำหนักมาก

สแตนเลส หรือ เหล็กกล้าไร้สนิม เป็นวัสดุที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนสูงจึงไม่เป็นสนิมมีความเป็นกลางจึงไม่ทำปฏิกิริยากับกรด และเกลือที่มีอยู่ในอาหาร ใ้มีค้สำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร

3. ฮีตเตอร์

เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่ชิ้นงานในโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภทเกษตรกรรม งานทำความร้อนในอาคาร หรือระบบระบายอากาศ ที่มีความต้องการสร้างความร้อนให้กับชิ้นงานอาหารห้องอบสี งานบรรจุหีบห่อ



ภาพที่ 2-4 ฮีตเตอร์

4. เครื่องควบคุมอุณหภูมิและควบคุมความชื้น

อุปกรณ์สำหรับวัดและควบคุมอุณหภูมิ หรือความชื้นในบริเวณที่ใช้งานซึ่งเหมาะสำหรับ ห้องควบคุมอุณหภูมิความชื้น และอุตสาหกรรมอาหาร



ภาพที่ 2-5 เครื่องควบคุมอุณหภูมิและควบคุมความชื้น

5. เมกเนติกคอนแทคเตอร์

อุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้า เพื่อเปิด-ปิด หน้าสัมผัสในการตัดต่อวงจรไฟฟ้า เช่น การเปิด-ปิดระบบควบคุมปั๊มน้ำ หรือมอเตอร์ และยังใช้งานในเครื่องจักรต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมอีกด้วย



ภาพที่ 2-6 เมกเนติกคอนแทคเตอร์

6. พัดลมดูดอากาศ

ทำหน้าที่ดูดอากาศภายนอกเข้าไปยังภายในห้องอบทำให้อากาศภายในห้องเกิดการหมุนเวียนตลอดเวลา



ภาพที่ 2-7 พัดลมดูดอากาศ

7. ไฟลัดแลมป์

ไฟลัดแลมป์เป็นสิ่งที่บอกสถานะการทำงานต่างๆ เช่น แสดงการทำงานปกติ การหยุดทำงาน การเกิด Alarm และการเกิด Over load การเปิดหรือปิดระบบไฟแสดงเฟสระบบไฟฟ้าและอื่นๆ



ภาพที่ 2-8 ไฟลัดแลมป์

8. เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น

อุปกรณ์สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ หรือความชื้นในบริเวณที่ใช้งาน ซึ่งเหมาะสำหรับห้องควบคุมอุณหภูมิความชื้น อุตสาหกรรมอาหาร และห้องอบ



ภาพที่ 2-9 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น

9. สวิตช์ปุ่มกด

Push Button Switch หรือที่เรียกกันว่าสวิตช์ปุ่มกดเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่ตัดและต่อวงจรทางไฟฟ้าและใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ หรือการทำงานของเครื่องจักรต่างๆ เป็นเหมือนอุปกรณ์พื้นฐาน ใช้ได้กับอุตสาหกรรมทั่วไป มีทั้งแบบมีไฟและที่บ



ภาพที่ 2-10 สวิตช์ปุ่มกด

10. เบรกเกอร์

เบรกเกอร์เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ในการตัดวงจรไฟฟ้าแบบอัตโนมัติเมื่อเกิดความผิดปกติในระบบ เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับสายไฟ โหลด Load เช่น มอเตอร์ ,Generator หรือ อุปกรณ์ไฟฟ้า

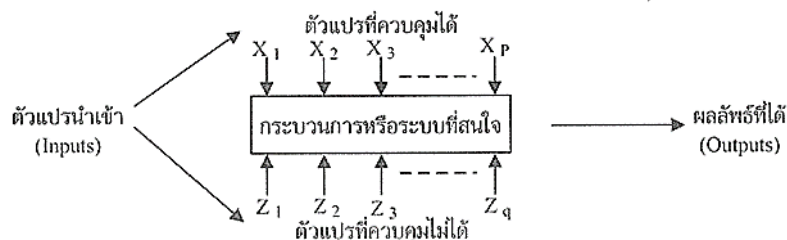


ภาพที่ 2-11 เบรกเกอร์

2.9 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลอง (Experimental Design or Design of Experiments) การออกแบบ (Design) หมายถึงการเลือกรูปแบบที่เหมาะสมในการศึกษาระบบที่สนใจการทดลอง (Experiments) หมายถึงสิ่งที่จัดทำขึ้นเพื่อการค้นหาองค์ความรู้หรือข้อมูลส่วนที่ยังขาดไปเกี่ยวกับกระบวนการหรือระบบที่สนใจโดยผู้ทำการศึกษาในสาขานั้น ๆ การออกแบบและวิเคราะห์การทดลองการออกแบบแผนการทดลอง (Experimental Design or Design of Experiments) คือการทดสอบเพียงครั้งเดียวหรือต่อเนื่องโดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรนำเข้า (Input Variables) ในระบบหรือกระบวนการที่สนใจศึกษาเพื่อที่จะทำให้สามารถสังเกตและชี้ถึงสาเหตุต่างๆที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ได้ (Outputs or Responses) จากกระบวนการหรือระบบนั้น โดยตัวแปรนำเข้าจะถูกจัดแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มที่ควบคุมได้เรียกว่า “ ตัวแปร (หรือปัจจัย) ที่ควบคุมได้ (Controllable Variables or Factors) หรือตัวแปร (หรือปัจจัย) ที่สามารถออกแบบได้” (Design

Variables or Factors) และกลุ่มที่ไม่สามารถควบคุมได้เรียกว่า “ตัวแปร (หรือปัจจัย) ที่รบกวนระบบ” (Uncontrollable or Noise Variables (Factors))



ภาพที่ 2-12 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการหรือระบบที่สนใจ
(ที่มา : ประไพพรศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบุลย์, 2551.)

1. สมมุติฐานการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัย “สมมุติฐาน” (hypothesis) เป็นสิ่งที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากการวิจัยเป็นกระบวนการแก้ปัญหาหรือค้นหาคำตอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเริ่มต้นโดยการกำหนดปัญหา จากนั้นจะพยายามคาดคะเนคำตอบของปัญหานั้น การคาดคะเนคำตอบก็คือสมมุติฐาน ดังนั้นสมมุติฐานการวิจัย คือ คำตอบหรือข้อสรุปของผลการวิจัยที่ผู้วิจัยคาดการณ์ หรือคาดคะเนไว้ล่วงหน้าอย่างมีเหตุและผล โดยอาศัยรากฐานของแนวคิดทฤษฎี ผลการศึกษาค้นคว้า ผลการวิจัยรวมถึงประสบการณ์ของผู้วิจัยเอง ซึ่งสมมุติฐานนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการค้นคว้าทดลองจนเป็นแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลว่าสิ่งที่ผู้วิจัยศึกษาอยู่นั้นเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ ทั้งนี้สมมุติฐานที่ตั้งไว้อาจเป็นจริงหรือไม่เป็นจริงตามที่ผู้วิจัยคาดคะเนก็ได้ ขึ้นอยู่กับการทดสอบสมมุติฐานโดยอาศัยข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้และวิธีการทางสถิติ

2. ประเภทของสมมุติฐาน

สมมุติฐานแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1 สมมุติฐานการวิจัย (research hypothesis) เป็นสมมุติฐานที่เขียนอยู่ในรูปของข้อความที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษากับคำตอบที่ผู้วิจัยคาดคะเนโดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายสามารถสื่อความหมายได้โดยตรง

2.2 สมมุติฐานทางสถิติ (statistical hypothesis) เป็นสมมุติฐานที่เปลี่ยนรูปมาจากสมมุติฐานการวิจัย โดยใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่แทนคุณลักษณะเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ของประชากร (population parameter) มาเขียนอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปร สมมุติฐานทางสถิติจะประกอบด้วย 2 ลักษณะ ควบคู่ไปเสมอ คือ

1.) สมมุติฐานว่าง หรือสมมุติฐานหลัก (null hypothesis) แทนสัญลักษณ์ด้วย H_0 เป็นสมมุติฐานแสดงข้อความที่เป็นกลาง โดยระบุถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรว่าเท่ากัน ไม่แตกต่างกันหรือไม่มีความสัมพันธ์กัน

2.) สมมุติฐานทางเลือกหรือสมมุติฐานรอง (alternative hypothesis) แทนสัญลักษณ์ด้วย H_1 หรือ H_a เป็นสมมุติฐานแตกต่างหรือตรงข้ามกับสมมุติฐานหลัก โดยระบุถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรว่าไม่เท่ากัน แตกต่างกัน มากกว่า น้อยกว่า หรือมีความสัมพันธ์กัน

3. วิธีการตั้งสมมุติฐาน

สมมุติฐานเป็นการคาดคะเนคำตอบของปัญหาที่ทำการศึกษา ดังนั้นการตั้งสมมุติฐานจึงต้องเริ่มคิดก่อนว่าจะมีจุดมุ่งหมายอย่างไร แล้วจึงตั้งสมมุติฐานขึ้น สำหรับวิธีการตั้งสมมุติฐานมี 2 ลักษณะ คือ

3.1 สมมุติฐานแบบมีทิศทาง (directional hypothesis) เป็นการเขียนโดยระบุทิศทางของความสัมพันธ์ของตัวแปรว่าสัมพันธ์ในทางใด หรือถ้าเป็นการเปรียบเทียบก็สามารถระบุถึงทิศทางของความแตกต่างได้ เช่น มากกว่า น้อยกว่า มีความสัมพันธ์ทางบวก ทางลบ เช่น

$$H_0 : r_{AB} = 0$$

$$H_1 : r_{AB} > 0$$

3.2 สมมุติฐานแบบไม่มีทิศทาง (nondirectional hypothesis) เป็นการเขียนที่ไม่ได้ระบุทิศทางของความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือทิศทางของความแตกต่างเพียงแต่ระบุว่ามีความสัมพันธ์กันหรือแตกต่างกันเท่านั้น เช่น

$$H_0 : m_A = m_B$$

$$H_1 : m_A \neq m_B$$

ในการตั้งสมมุติฐานอาจจะตั้งแบบมีทิศทางหรือไม่มีทิศทางก็ได้ ขึ้นอยู่กับผู้วิจัยจะมีข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษามากน้อยเพียงใด ถ้ามีข้อมูลมากพอที่จะยืนยัน ก็ตั้งแบบมีทิศทาง ถ้าข้อมูลไม่พอหรือไม่แน่ใจก็ตั้งแบบไม่มีทิศทาง

4. แหล่งของสมมุติฐาน

การตั้งสมมุติฐานจะต้องตั้งอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งผู้วิจัยจะต้องอาศัยที่มาของสมมุติฐานจากหลายทาง ดังนี้

4.1 ทฤษฎีต่างๆ ซึ่งเป็นเนื้อหาของแขนงวิชานั้นๆ ผู้วิจัยจะต้องทำการศึกษาค้นคว้าและทำความเข้าใจในทฤษฎีและเนื้อหาเหล่านั้น ในอันที่จะช่วยให้การกำหนดปัญหาและการตั้งสมมุติฐานได้เป็นอย่างดี และทำให้การวิจัยมีหลัก ได้ข้อค้นพบที่มีน้ำหนักน่าเชื่อถือ

4.2 ข้อค้นพบจากการวิจัยที่มีผู้ทำมาแล้ว ซึ่งข้อค้นพบต่างๆ จะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถนำไปใช้ในการตั้งสมมติฐานได้

4.3 ความเชื่อทั่วไป ของสังคมและหลักความจริงที่เป็นที่ยอมรับของคนทั่วไป

4.4 ประสบการณ์ตรงของผู้วิจัยเอง ซึ่งผู้วิจัยเองอาจเป็นผู้มีความรู้ ความชำนาญ ในเรื่องนั้นเป็นอย่างดี อีกทั้งอาจจะเป็นสิ่งที่ผู้วิจัยได้ทำงานคลุกคลีกับเรื่องนั้นมาตลอด

4.5 ผู้รู้หรือผู้ที่เชี่ยวชาญในเรื่องนั้นๆ โดยเฉพาะ ซึ่งคำกล่าวหรือข้อคิดเห็นของบุคคลเหล่านั้น สามารถนำมาใช้ในการตั้งสมมติฐานได้

4.6 การสังเกตพฤติกรรมหรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น รวมถึงการได้มีการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ และแนวโน้มของพฤติกรรมหรือเหตุการณ์นั้นๆ ก็จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการตั้งสมมติฐานได้

5. ลักษณะของสมมติฐานที่ดี

สมมติฐานที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

5.1 สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการวิจัย จุดมุ่งหมายต้องการศึกษาอะไร สมมติฐานก็ควรตั้งให้อยู่ในลักษณะแนวทางเดียวกัน

5.2 ต้องตอบคำถามได้ครอบคลุมปัญหาทุกๆ ด้านที่ศึกษา โดยระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรที่สนใจในรูปของความแตกต่าง มากกว่า น้อยกว่าหรือสัมพันธ์กัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเป็นจริงหรือไม่

5.3 สามารถทดสอบได้ด้วยข้อมูลและวิธีการทางสถิติ

5.4 ใช้ภาษาที่ชัดเจน เข้าใจง่าย รัดกุม

5.5 สมมติฐานแต่ละข้อควรตอบคำถามเพียงข้อเดียวหรือประเด็นเดียว หากมีตัวแปรที่จะต้องศึกษาหลายตัว ควรแยกเป็นสมมติฐานย่อยแต่ละข้อ เพราะจะสามารถสรุปการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานได้ชัดเจน

5.6 สมเหตุสมผลตามทฤษฎี หลักการและเหตุผล สภาพที่เป็นจริงที่ยอมรับกันทั่วไป

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โชติกา เทียบคำ ศุภชัย ดิยวรนนท์ และธนีสร์ ปทุมานนท์ (2561) ได้ทำวิจัย “อิงแห่ง” สมุนไพรที่ใช้ทางเภสัชกรรมไทยตามศาสตร์การแพทย์แผนไทย ซึ่งอิงแห่งเป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งตามตำรายาไทยเป็นด้วยประจำอากาศธาตุมีรสหวานร้อนสรรพคุณแก้พรรดิแก้ม ไข้ นอนไม่หลับ

แก้ลม และเป็นส่วนประกอบในตำรับยาสามัญประจำบ้านแผนโบราณมี 7 ขนาน ส่วนในบัญชียาหลักแห่งชาติมี 5 ขนาน และอีก 713 ขนาน จาก 21 พระคัมภีร์จากตำราการแพทย์แผนไทยของชาติ 4 ชุด โดยสมุนไพรจิงแห้งเป็นสมุนไพรอีกชนิดหนึ่งที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับชื่อวิทยาศาสตร์และชนิดพืชที่ใช้เป็นสมุนไพรจิงแห้ง เนื่องจากบางส่วนเข้าใจว่าจิงแห้งได้จากสมุนไพรจิง (*Zingiber officinale* Roscoe) ทำให้แห้ง ซึ่งตำรายาไทยบางเล่มปรากฏคำว่า “จิงและจิงแห้ง” อยู่ในยาตำรับเดียวกัน จึงเป็นไปได้ว่าจิงแห้งเป็นพืชชนิดอื่นที่ไม่ใช่จิงทำให้แห้ง สอดคล้องกับหอมพื้นบ้านส่วนใหญ่ที่ใช้สมุนไพรชนิดหนึ่งชื่อจิงแห้ง ยิ่งไปกว่านั้นจิงแห้งที่หอมพื้นบ้านใช้เป็นพืชต่างชนิดกัน ซึ่งพืชทั้งหมดอยู่ในวงศ์จิง (*Zingiberaceae*) ได้แก่ *Zingiber ligulatum* Roxb, *Zingiber mekongense* Gagnep, *Zingiber zerumbet* Smith, *Zingiber* sp. และ *Hedychium gomezianum* Wall. อย่างไรก็ตาม การใช้สมุนไพรจิงแห้ง สามารถเลือกใช้ตามความเข้าใจและความสะดวกที่พืชนั้นหาได้ในท้องถิ่น

สิรินาถ น้อยพิทักษ์ และอนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล (2561) ได้ทำวิจัยการจำแนกและทำนายความแก่ ปริมาณความชื้น และปริมาณเส้นใยของจิงสดด้วยสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ ซึ่งศึกษาเทคนิคการจำแนกความอ่อนแก่ของจิงสด 3 ระยะ คือ จิงอ่อน จิงกลางและจิงแก่ เพื่อสร้างสมการการทำนายค่าปริมาณความชื้น และค่าปริมาณเส้นใย โดยนำจิงสดมาวัดด้วยเครื่อง Near Infrared spectrophotometer ช่วงเลขคลื่น 12500–4000 cm^{-1} (800–2500 nm) ด้วยโหมดการวัดแบบสะท้อนแสง แล้วจึงนำมาหาค่าปริมาณความชื้น และค่าปริมาณเส้นใย สำหรับใช้เป็นค่าอ้างอิงในการสร้างสมการ โดยสมการจำแนกกลุ่มสร้างด้วยวิธี Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLS-DA) และสร้างสมการทำนายด้วยวิธี Partial Least Squares Regression (PLSR) ผลการวิจัยพบว่า ค่าการดูดกลืนของแสงที่ปรับแต่งทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Second Derivative ให้ความถูกต้องสูงสุดในการจำแนกระยะจิงสด 100% สมรรถนะของแบบจำลองในการทำนายปริมาณความชื้นสูงสุดมีค่า $R_p=0.93$ และ $RMSEP=1.09\%$ ตามลำดับ และสมรรถนะของแบบจำลองในการทำนายปริมาณเส้นใยสูงสุดมีค่า $R_p=0.67$ และ $RMSEP=0.06\%$ ตามลำดับ ซึ่งการวัดนี้จะไม่ทำลายผลผลิต ประหยัดการใช้สารเคมี ประหยัดเวลา

จิระพงศ์ ศรีวิชัย และคมกฤษณ์ ศรีสุวรรณ (2558) ได้ทำวิจัยกรณีศึกษาการอบแห้งลมร้อนด้วยวิธีความร้อนเหนี่ยวนำ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการอบแห้งลมร้อนด้วยเทคนิคการเหนี่ยวนำความร้อน ตัวตู้อบแห้งมีขนาดโดยรวม 450×520×880 มิลลิเมตร ภายในตู้อบด้านบนเป็นแหล่งกำเนิดลมร้อนแบบเหนี่ยวนำความร้อน มีพิกัดกำลังไฟฟ้า 0.6 กิโลวัตต์ และพัดลมบังคับไหลตามแนวความเร็วลมเฉลี่ย 0.5 เมตรต่อวินาที ภายในห้องอบแห้งมีขนาด 360×410×750 มิลลิเมตร มีชั้นวางถาดวัสดุอบจำนวน 6 ชั้น การทดลองทำโดยปรับอุณหภูมิของแหล่งกำเนิดลมร้อนแบบเหนี่ยวนำในตู้อบแห้งที่ 50, 70 และ 90 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาผลของ

อัตราการอบแห้ง, อัตราการลดความชื้นจำเพาะ และค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ผลการศึกษาพบว่าอัตราการอบแห้ง 0.0107, 0.0218 และ 0.0389 กิโลกรัมต่อชั่วโมง, อัตราการลดความชื้นจำเพาะ 0.0429, 0.0623 และ 0.0794 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง และค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 23.29, 16.03 และ 12.58 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม

อภิชาติ ศรีไชยรัตน์ และคณะ (2563) ได้ทำการศึกษาสมรรถนะของตู้อบพริกโดยใช้ฮีตเตอร์อินฟราเรดชนิดเซรามิก 500 W เป็นแหล่งความร้อนในการอบแห้งพริกจินดา โดยทำการทดลองควบคุมอุณหภูมิในตู้อบให้คงที่แบ่งออกเป็น 3 ค่าการทดลอง คือ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส และเปรียบเทียบระดับความสูงของฮีตเตอร์ที่มีผลต่อการอบแห้งพริก 3 ค่าการทดลอง คือ 20, 40 และ 60 cm จากการศึกษาพบว่า การอบพริกโดยใช้ฮีตเตอร์แบบอินฟราเรด โดยมีระยะห่างระหว่างพริกและฮีตเตอร์ที่ 20 cm จะมีประสิทธิภาพในการอบสูงสุด อุณหภูมิที่ดีที่สุดในการอบแห้งพริก คือ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งให้คุณลักษณะของพริกอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ที่สุด และพบว่าเมื่อครบ 12 ชั่วโมงสามารถลดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้งจาก 146.91% db ลงเหลือ 22.67% db ซึ่งมีค่าที่ดีกว่าการตากแห้งพริกโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ธรรมชาติอยู่ 70.01% เมื่อใช้งานที่ระยะห่างระหว่างพริกและฮีตเตอร์ที่ 20 cm และตั้งอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าอัตราการอบแห้งของพริกสูงสุด คือ 9.65 %db/hr มีค่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยที่สุด 48 MJ/kg

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิ้งเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบจิ้งสำหรับควบคุมพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิสาหกิจชุมชนคิดไม้คิดมือ โดยจะมีวิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิ้ง ระยะที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจิ้ง ระยะที่ 3 ประเมินความคิดเห็นต่อเครื่องต้นแบบการอบจิ้ง ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ระยะที่ 1 การออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิ้งสำหรับควบคุมพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิ้ง 3 ท่าน จำแนกเป็น ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องจักรกลการเกษตร ผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรมเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้าอุตสาหกรรม ผู้เชี่ยวชาญด้านการปลูกจิ้ง ที่มีประสบการณ์การทำงาน 5 ปีขึ้นไป

3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1) แบบสัมภาษณ์มีโครงสร้างสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิ้งโดยข้อคำถามประกอบตัว 2 ด้วยดังนี้

1. ด้านการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิ้ง
2. ด้านประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจิ้ง

2) ข้อเสนอแนะ

3.1.2 วิธีสร้างเครื่องมือวิจัย

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินสัมพันธภาพความคิดเห็นแบบประมาณค่า ตามแบบของลิเคิร์ต (R.A Likert) มีเกณฑ์คะแนน ดังนี้

ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด	ให้	5	คะแนน
ระดับความพึงพอใจ มาก	ให้	4	คะแนน
ระดับความพึงพอใจ ปานกลาง	ให้	3	คะแนน
ระดับความพึงพอใจ น้อย	ให้	2	คะแนน
ระดับความพึงพอใจ น้อยที่สุด	ให้	1	คะแนน

3) นำเครื่องมือวิจัยที่ดำเนินการเสร็จแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อทำการตรวจสอบและแก้ไข

4) นำข้อมูลกลับมาแก้ไขตามข้อเสนอแนะของที่ปรึกษา

5) ตรวจสอบข้อมูลแบบสอบถามโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน พิจารณาความเหมาะสมของคำถาม และแผนผัง การสร้างแบบสอบถาม โดยให้เกณฑ์ในการตรวจพิจารณาข้อคำถาม ดังนี้

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน -1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

แล้วนำผลที่ได้พิจารณาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยเกณฑ์ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 มีค่าความเที่ยงตรง ใช้ได้ และข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ต้องปรับปรุง ยังใช้ไม่ได้ พบว่า ดัชนี ความสอดคล้องของคำถามมีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าคำถามมีความตรงเชิงเนื้อหาทุกข้อ

6) แก้ไขปรับปรุงแบบสอบถาม

7) นำแบบสอบถามที่สมบูรณ์แบบไปสอบถาม

3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ แล้วนำข้อมูลมาคำนวณทางสถิติโดยใช้การแจกแจงความถี่ และหาค่าร้อยละของข้อมูลแต่ละรายการ

2) การวิเคราะห์ผลความคิดเห็นต่อเครื่องต้นแบบการอบขิงเป็นการถามระดับความคิดเห็นการประมาณค่า 5 ระดับ แล้วนำข้อมูลมาคำนวณทางสถิติโดยใช้การหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลแต่ละคำถาม

3.1.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1) ค่าร้อยละ (Percentage) ใช้สูตรดังนี้ (พิสนุ พองศรี,2551)

$$\text{สูตร } P = \frac{F}{N} \times 100$$

เมื่อ P คือ ร้อยละ

F คือ ความถี่หรือจำนวนข้อมูลที่ต้องการหาร้อยละ

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2) ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ใช้สูตรดังนี้ (พิสนุ พองศรี,2551)

$$\text{สูตร } \bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าตัวกลางเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ใช้สูตรดังนี้ (พิชญ์ พงศรี, 2551)

$$\text{สูตร } S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

เมื่อ S.D. แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

x แทน คะแนนของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

N แทน จำนวนทั้งหมด

4) สถิติที่ใช้ในการบรรยายลิเคิร์ท มีเกณฑ์คะแนน ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.21-5.00 แปลความว่า ฟังพอใจมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.41-4.20 แปลความว่า ฟังพอใจมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.61-3.40 แปลความว่า ฟังพอใจปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.81-2.60 หมายถึง แปลความว่า ฟังพอใจน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.80 หมายถึง แปลความว่า ฟังพอใจน้อยที่สุด

3.2 ระยะที่ 2 การศึกษาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจิง

3.2.1 วัสดุ ได้แก่ จิงอ่อน น้ำหนัก 55 กิโลกรัม

3.2.2 อุปกรณ์

- 1) เครื่องต้นแบบการอบจิง
- 2) อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ
- 3) นาฬิกาจับเวลา
- 4) เครื่องชั่งน้ำหนัก

5) ภาชนะสำหรับบรรจุขิงสำหรับการอบ

6) ตารางบันทึกข้อมูลการทดลอง

7) โปรแกรม Minitap 18

3.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) กำหนดตัวแปรในการทดลอง คือ อุณหภูมิภายในตู้อบ ความเร็วลมภายในตู้อบ และระยะเวลาในการอบ

2) ออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม Minitap 18

3) ทดสอบตัวแปรตามการออกแบบการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3-1 โดยใช้ ขิง ที่ได้จากการหั่นขิงเป็นแว่น จำนวน 55 กิโลกรัม แบ่งเป็นครั้งละ 5 กิโลกรัม 8 ครั้ง และทำการทดลองที่ค่ากลาง (Center Point) 3 ครั้ง เพื่อหาค่าความชื้นของขิงที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 3-1 ตารางออกแบบการทดลองหาความชื้นสุดท้ายของขิงที่เหมาะสมในการการอบขิง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Temp (C)	Air Velocity (m/s)	Time (min)	Dry Basic (%)
1	1	1	1	40	0.5	200	
2	2	1	1	60	0.5	200	
3	3	1	1	40	0.7	200	
4	4	1	1	60	0.7	200	
5	5	1	1	40	0.5	400	
6	6	1	1	60	0.5	400	
7	7	1	1	40	0.7	400	
8	8	1	1	60	0.7	400	
9	9	0	1	50	0.6	300	
10	10	0	1	50	0.6	300	
11	11	0	1	50	0.6	300	

4) บันทึกผลการทดลองหาความชื้นสุดท้ายของขิงที่เหมาะสม

5) ทดสอบสมมุติฐานการทดลอง โดยการนำปัจจัยที่ความชื้นสุดท้ายน้อยที่สุดมาทำการทดสอบซ้ำอีกครั้ง ซึ่งมีสมมุติฐานการวิจัยดังนี้

$$H_0: \mu = 0$$

$$H_1: \mu \neq 0$$

6) สรุปผลการทดลอง

3.2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบชิงวิเคราะห์ข้อมูลการออกแบบการทดลองแบบ Full Factorial งานวิจัยนี้เลือกใช้การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบสำหรับศึกษาปัจจัยที่สองระดับ (2^k Full Factorial Design) จำนวนปัจจัยที่ศึกษา 3 ปัจจัย และทำการทดลองที่ค่ากลาง (Center Point) 3 ครั้ง เพื่อทดสอบว่าสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการออกแบบการทดลองมีความเหมาะสมหรือไม่

ปัจจัยหรือตัวแปรนำเข้าที่มีความสัมพันธ์กันในการทำงานของเครื่องต้นแบบการอบชิงเพื่อให้ได้ค่าผลลัพธ์ที่ต้องการ

ตารางที่ 3-2 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ในการทำงานของเครื่องต้นแบบการอบชิง

ปัจจัย	ค่า Min-Max
อุณหภูมิภายในตู้อบ (องศา)	40 - 60
ความเร็วลมภายในตู้อบ (เมตร/วินาที)	0.5 - 0.7
ระยะเวลาในการอบ (นาทีก)	200 - 400

3.3 ระยะที่ 3 การประเมินความคิดเห็นต่อเครื่องต้นแบบการอบชิง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ใช้งานเครื่องจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนติดไม้ติดมือ และผู้จัดทำน่ายกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกชิง อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 10 คน จากการสุ่มตัวอย่าง

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามโครงสร้างเครื่องต้นแบบการอบชิงโดยข้อคำถามประกอบด้วย 2 ด้าน ดังนี้

- 1) ด้านการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบชิง
- 2) ด้านประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบชิง
- 3) ข้อเสนอแนะ

3.3.2 วิธีการสร้างเครื่องมือวิจัย

- 1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินสัมพันธภาพความคิดเห็นแบบประมาณค่าตามแบบของลิเคิร์ต (R.A Likert) มีเกณฑ์คะแนน ดังนี้

5 = มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด

4 = มีระดับความพึงพอใจมาก

3 = มีระดับความพึงพอใจปานกลาง

2 = มีระดับความพึงพอใจน้อย

1 = มีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

3) นำเครื่องมือวิจัยที่ดำเนินการเสร็จแล้วปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการตรวจสอบและแก้ไข

4) นำข้อมูลกลับมาแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

5) ตรวจสอบข้อมูลแบบสอบถามโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน พิจารณาความเหมาะสมของคำถามและแผนผัง การสร้างแบบสอบถาม แล้วนำผลที่ได้พิจารณาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) พบว่าดัชนีความสอดคล้องของคำถามมีค่าเท่ากับ 0.97 แสดงว่าคำถามมีความตรงเชิงเนื้อหาทุกข้อตรวจพิจารณาข้อคำถาม ดังต่อไปนี้

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน -1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดไม่ได้ตรงตามวัตถุประสงค์

6) นำแบบสอบถามที่สมบูรณ์ไปสอบถาม

3.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ แล้วนำข้อมูลมาคำนวณทางสถิติโดยใช้การแจกแจงความถี่ และหาค่าร้อยละของข้อมูลแต่ละรายการ

2) การวิเคราะห์ผลความคิดเห็นต่อเครื่องอบขิงเป็นการถามระดับความคิดเห็นการประมาณค่า 5 ระดับ แล้วนำข้อมูลมาคำนวณทางสถิติโดยใช้การหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลแต่ละคำถาม

3.3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ค่าร้อยละ (Percentage) ใช้สูตรดังนี้ (พิสนุ ฟองศรี, 2551)

$$\text{สูตร} \quad P = \frac{F}{N} \times 100$$

เมื่อ	P	คือ ร้อยละ
	F	คือ ความถี่หรือจำนวนข้อมูลที่ต้องการหาร้อยละ
	N	คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ใช้สูตรดังนี้ (พิสนุ พองศรี, 2551)

$$\text{สูตร} \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ	$\bar{x}$	แทน ค่าตัวกลางเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย
	$\sum x$	แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
	N	แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D) ใช้สูตรดังนี้ (พิสนุ พองศรี, 2551)

$$\text{สูตร} \quad \text{S.D.} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

เมื่อ	S.D	แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
	$\bar{x}$	แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	x	แทน คะแนนของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง
	N	แทน จำนวนทั้งหมด

สถิติที่ใช้ในการบรรยายลิเคิร์ท มีเกณฑ์คะแนน ดังนี้

- คะแนนเฉลี่ย 4.21-5.00 แปลความว่า พึงพอใจมากที่สุด
- คะแนนเฉลี่ย 3.41-4.20 แปลความว่า พึงพอใจมาก
- คะแนนเฉลี่ย 2.61-3.40 แปลความว่า พึงพอใจปานกลาง
- คะแนนเฉลี่ย 1.81-2.60 หมายถึง แปลความว่า พึงพอใจน้อย
- คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.80 หมายถึง แปลความว่า พึงพอใจน้อยที่สุด

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจึงโดยจะมีวิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ผลออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจึง ระยะที่ 2 ผลทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจึง ระยะที่ 3 ผลประเมินความคิดเห็นต่อเครื่องต้นแบบการอบจึง ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ระยะที่ 1 ผลการออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบการอบจึง

4.1.1 การสร้างเครื่องต้นแบบการอบจึง

หลักการทำงานของเครื่องต้นแบบการอบจึงสำหรับควบคุมพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ซึ่งนำเอาโมเดลทางคณิตศาสตร์มาทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DoE) ซึ่งเป็นเครื่องมือทางสถิติที่ประยุกต์ใช้ อย่างเป็นระบบสามารถปรับปรุงกระบวนการโดยการออกแบบการทดลองอันจะช่วยให้สามารถกำหนดการตั้งค่าของปัจจัย หรือสัดส่วนขององค์ประกอบในการปรับตั้งเครื่องมือ ซึ่งมีการตั้งสมมติฐานของปัจจัยคือ อุณหภูมิภายในตู้อบ ความเร็วลมหมุนเวียนภายในตู้ และระยะเวลาในการอบจึงได้อย่างเหมาะสม



ภาพที่ 4-1 แสดงตัวเครื่องต้นแบบการอบจึงสำหรับควบคุมพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

จากภาพที่ 4-1 การออกแบบและสร้างเครื่องดันแบบการอบจิง มีขนาดความกว้าง 800 มิลลิเมตร ความยาว 1,200 มิลลิเมตร และความสูงตัวตู้ 850 มิลลิเมตร ความสูงโดยรวมจากพื้น 1,380 มิลลิเมตร (ตัวตู้รวมขาและล้อลาก)

4.1.2 ลักษณะของจิงที่ได้จากกระบวนการอบแห้ง

หลังการอบแห้งจิงด้วยเครื่องดันแบบการอบจิง ลักษณะจิงหลังการอบแห้งจนมีความชื้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ซึ่งต้องมีค่าอยู่ในช่วงความชื้นแห้งจิงไม่เกิน 7-14% (Dry basis) ลักษณะของจิงที่ได้จะมีลักษณะเป็นสีน้ำตาล สำหรับเรื่องกลิ่นเมื่อเปรียบเทียบกับการตากแดดทั่วไป พบว่ากลิ่นมีลักษณะคล้ายคลึงกันจนแยกไม่ออก แสดงดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 แสดงลักษณะของจิงที่ได้จากกระบวนการอบแห้ง

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามของเครื่องดันแบบการอบจิง

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้ใช้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องดันแบบการอบจิง ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลค่าความถี่ และค่าร้อยละของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ประสบการณ์ในการทำงาน	ความถี่	ร้อยละ
ต่ำกว่า 5 ปี	-	-
5 - 10 ปี	3	100
11 ปีขึ้นไป	-	-
รวม	3	100

จากตารางที่ 4-1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 3 คน และจากข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 3 คน คนประสบการณ์การทำงาน 5 – 10 ปี มี 3 คน คิดเป็นร้อยละ 100

ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิง

ประเด็นคำถาม	$\bar{X}$	S.D	สรุปผลระดับความคิดเห็น
ด้านการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิง			
1. ความเหมาะสมของการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิง	4.00	1.00	พึงพอใจมาก
2. ความเหมาะสมของการออกแบบชุดสร้างความร้อนตู้อบ	4.33	0.58	พึงพอใจมากที่สุด
3. ความเหมาะสมของการออกแบบกระบวนการปรับค่าของเครื่อง	4.00	0.00	พึงพอใจมาก
4. ความเหมาะสมของการออกแบบชุดถ่ายเทความร้อนตู้อบ	4.33	0.58	พึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.17	0.41	พึงพอใจมาก
ด้านประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจิง			
1. ระยะเวลาสำหรับเครื่องต้นแบบการอบจิงที่เหมาะสม	4.00	0.00	พึงพอใจมาก
2. สีผิวของจิงหลังจากการอบไม่เสียหาย	4.33	0.58	พึงพอใจมากที่สุด
3. จิงหลังการอบแห้งจนมีความชื้นตามมาตรฐาน	4.33	0.58	พึงพอใจมากที่สุด
4. ความสะดวกและความปลอดภัยในการใช้งานเครื่อง	4.33	0.58	พึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.25	0.29	พึงพอใจมากที่สุด
รวมค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ด้าน	4.21	0.33	พึงพอใจมากที่สุด

จากตารางที่ 4-2 ผลของการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่อเครื่องต้นแบบการอบจิง ด้านการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิง พบว่ามีค่าเฉลี่ย 4.17 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.41 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ด้านประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจิง พบว่ามีค่าเฉลี่ย 4.25 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.29 มีระดับความคิดเห็นอยู่ใน

ระดับความพึงพอใจมากที่สุด ดังนั้น ในภาพรวมพบว่าทั้งสองด้านมีค่าเฉลี่ย 4.21 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.33 มีความคิดเห็น อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุดที่มีต่อเครื่องต้นแบบการอบจิง

4.2 ระยะที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจิง

4.2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจิง

ตารางที่ 4-3 ตารางออกแบบการทดสอบหาความชื้นสุดท้ายของจิงที่เหมาะสมในการการอบจิง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Temp (C)	Air Velocity (m/s)	Time (min)	Dry Basic (%)
1	1	1	1	40	0.5	200	45
2	2	1	1	60	0.5	200	11
3	3	1	1	40	0.7	200	37
4	4	1	1	60	0.7	200	32
5	5	1	1	40	0.5	400	14
6	6	1	1	60	0.5	400	9
7	7	1	1	40	0.7	400	22
8	8	1	1	60	0.7	400	29
9	9	0	1	50	0.6	300	16
10	10	0	1	50	0.6	300	15
11	11	0	1	50	0.6	300	18

จากตารางที่ 4-3 พบว่า ปัจจัยในการทดลอง คือ อุณหภูมิภายในตู้อบที่ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมภายในตู้อบที่ 0.5 เมตรต่อวินาที และระยะเวลาในการอบที่ 400 นาที ซึ่งจากการทดสอบหาความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 9 % โดยลักษณะจิงหลังการอบแห้งจนมีความชื้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ซึ่งต้องมีความชื้นไม่เกิน 7-14% (Dry basis) ลักษณะของจิงที่ได้จะมีลักษณะเป็นสีน้ำตาล สำหรับเรื่องกลิ่นเมื่อเปรียบเทียบกับการตากแดด พบว่ากลิ่นมีลักษณะคล้ายคลึงกันจนแยกไม่ออก

ตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ความสัมพัทธ์ของปัจจัย (Analysis of Variance)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	1313.94	187.705	13.8	0.027
Linear	3	706.37	235.458	17.32	0.021
Temp (°C)	1	171.12	171.125	12.59	0.038
Air Velocity (m/s)	1	210.12	210.125	15.45	0.029
Time (min)	1	325.12	325.125	23.91	0.016
2-Way Interactions	3	448.38	149.458	10.99	0.04
Temp (C)*Air Velocity (m/s)	1	210.13	210.125	15.45	0.029
Temp (C)*Time (min)	1	210.13	210.125	15.45	0.029
Air Velocity (m/s)*Time (min)	1	28.12	28.125	2.07	0.246
Curvature	1	159.19	159.186	11.71	0.042
Error	3	40.79	13.597		
Lack-of-Fit	1	36.13	36.125	15.48	0.050
Pure Error	2	4.67	2.333		
Total	10	1354.73			

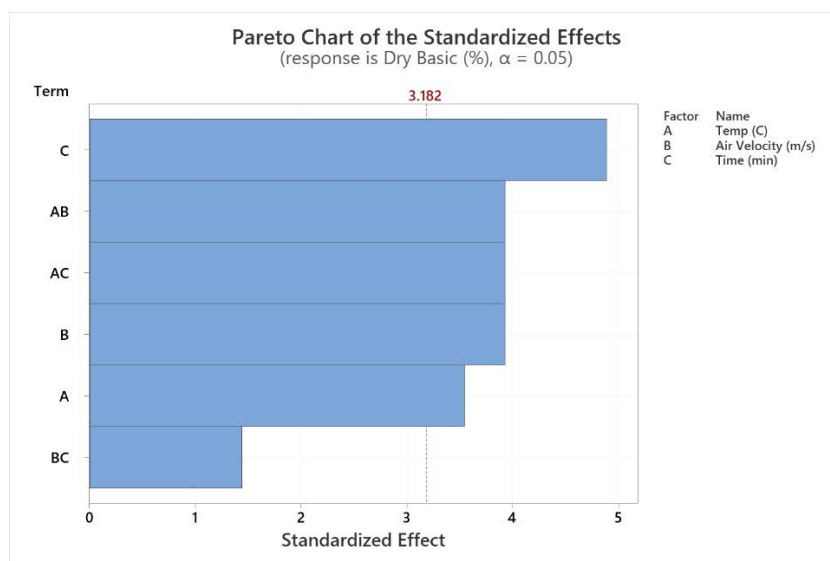
จากตารางที่ 4-4 พบว่าความสัมพัทธ์ของปัจจัยค่า P-Value ของอุณหภูมิภายในตู้อบ (Temp (°C) ความเร็วลมภายในตู้อบที่ (Air Velocity (m/s)) ระยะเวลาในการอบ (Time (min)) ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งมีผลต่อผลลัพธ์ของการทดลอง

ตารางที่ 4-5 ผลลัพธ์ค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดล (Model Summary)

S	R-sq	R-sq adj	R-sq
3.68744	96.99%	89.96%	0.00%

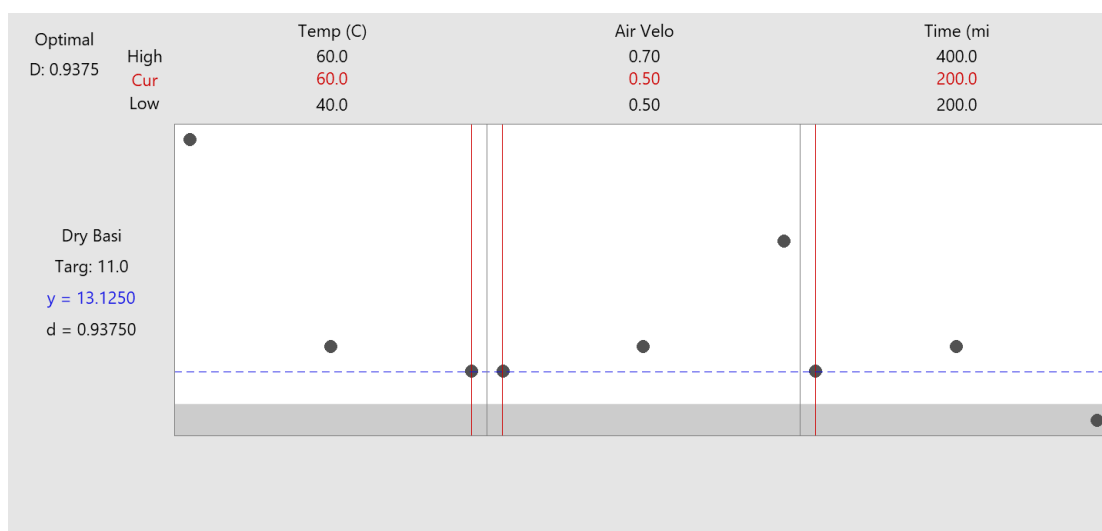
จากตารางที่ 4.3 ผลลัพธ์ค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดลพบว่า ค่าความแปรปรวนจากการ ทดลอง ที่ได้ออกแบบไว้ผลของ R-sq มีค่าเท่ากับ 96.99 % และค่า R-sq (adj) มีค่าเท่ากับ 89.96 % ซึ่งมากกว่า 70% แสดงว่าการออกแบบการทดลองนี้มีความถูกต้องและเหมาะสมซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า

P-Value ของปัจจัยที่ตั้งเป็นสมมติฐานที่ตั้งมาดังกล่าวส่งผลต่อผลลัพธ์ (Response) ของการทดลองมากที่สุด



ภาพที่ 4-3 กราฟพาเรโตแสดงเทอมของปัจจัย

จากภาพที่ 4-3 กราฟพาเรโตแสดงผลของปัจจัยของอุณหภูมิ ความเร็วลม และระยะเวลานั้นมีค่ามากกว่าเส้นวิกฤตมาก ตำแหน่งค่า กลางของปัจจัยหลักอยู่บนช่วงของเส้นตรง ซึ่งตรงกับการวิเคราะห์ค่า P-Value ของ Curvature ที่มีค่ามากกว่า 0.05



ภาพที่ 4-4 ค่าที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องต้นแบบการอบขิง

จากภาพที่ 4-4 ผลจากการทดลองบนโปรแกรม Minitab ได้ค่าที่เหมาะสมในการปรับตั้งค่าเครื่องต้นแบบการอบจึงให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยเมื่อทำการตั้งค่าอุณหภูมิภายในตู้อบที่ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมภายในตู้อบเท่ากับ 0.5 เมตรต่อวินาที และระยะเวลาในการอบที่หลังจากผ่านการทดสอบเท่ากับ 200 นาที ซึ่งจะทำให้ผลผลิตจากกระบวนการอบจึงมีผลลัพธ์จากค่าความชื้นเหมาะสมสุดท้ายเท่ากับ 13.125 % ซึ่งอยู่ในช่วงความชื้นไม่เกิน 7-14% (Dry basis) ตามมาตรฐานกำหนดที่ได้จึงอบตรงความต้องการและมีปริมาณจึงในการผลิตดีที่สุด

4.3 ระยะที่ 3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจึง

4.3.1 ผลข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมินประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4-6 ค่าความถี่ และค่าร้อยละของด้านข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ประสบการณ์ในการทำงาน	ความถี่	ร้อยละ
ต่ำกว่า 5 ปี	-	-
5 - 10 ปี	6	60
11 ปีขึ้นไป	4	40
รวม	10	100

จากตารางที่ 4-6 7 ผลวิจัยพบว่าในภาพรวมด้านประสบการณ์ในการทำงานของผู้ตอบแบบสอบถามมี ประสบการณ์ในการทำงาน 5 – 10 ปี มี 6 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ประสบการณ์ในการทำงาน 11 ปีขึ้นไป มี 4 คิดเป็นร้อยละ 40

4.3.2 ผลค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความคิดเห็นของผู้ใช้เครื่อง

ตารางที่ 4-7 ผลค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่อประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจึง

ประเด็นคำถาม	$\bar{x}$	S.D	สรุปผลระดับความคิดเห็น
ด้านการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจึง			
1. ความเหมาะสมของการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจึง	4.90	0.31	พึงพอใจมากที่สุด
2. ความเหมาะสมของการออกแบบชุดสร้างความร้อนตู้อบ	4.50	0.52	พึงพอใจมาก

ประเด็นคำถาม	$\bar{x}$	S.D	สรุปผลระดับ ความคิดเห็น
3. ความเหมาะสมของการออกแบบกระบวนการปรับค่าของเครื่อง	4.60	0.51	พึงพอใจมากที่สุด
4. ความเหมาะสมของการออกแบบชุดถ่ายเทความร้อนตู้อบ	4.30	0.48	พึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย	4.58	0.46	พึงพอใจมากที่สุด
ด้านประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจิง			
1. ระยะเวลาสำหรับเครื่องต้นแบบการอบจิงที่เหมาะสม	4.40	0.51	พึงพอใจมาก
2. สีผิวของจิงหลังจากการอบไม่เสียหาย	4.40	0.69	พึงพอใจมาก
3. จิงหลังการอบแห้งจนมีความชื้นตามมาตรฐาน	4.50	0.52	พึงพอใจมาก
4. ความสะดวกและความปลอดภัยในการใช้งานเครื่อง	4.30	0.48	พึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย	4.40	0.55	พึงพอใจมาก
ด้านประสิทธิผลของเครื่องต้นแบบการอบจิง			
1. ความพึงพอใจที่มีต่อภาพรวมของเครื่องต้นแบบการอบจิง	4.70	0.48	พึงพอใจมากที่สุด
2. ความพึงพอใจในด้านกลไกการทำงาน ของเครื่องต้นแบบการอบจิง	4.40	0.51	พึงพอใจมาก
3. ความพึงพอใจในด้านความปลอดภัย ของเครื่องต้นแบบการอบจิง	4.60	0.51	พึงพอใจมากที่สุด
4. ความพึงพอใจในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่อง	4.50	0.52	พึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย	4.55	0.51	พึงพอใจมากที่สุด
รวมค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ด้าน	4.51	0.51	พึงพอใจมากที่สุด

จากตารางที่ 4-7 ผลการประเมินด้านการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิง มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.58 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46 ความคิดเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในระดับที่ดี ด้านประสิทธิผลของเครื่องต้นแบบการอบจิง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 รองลงมาอยู่ในระดับที่ดี ด้านประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจิง มีค่าเฉลี่ย 4.40 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 ความคิดเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมาก และค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่อประสิทธิผลของเครื่องต้นแบบการอบ

จึงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 ความคิดเห็นระดับความพึงพอใจมากที่สุด

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้เป็นการสรุปผลการวิจัย เรื่อง การพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบจิ้งสำหรับควบคุมพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิสาหกิจชุมชนชนิตไม้ดัดมือ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ดังนี้

5.1 สรุปผล

5.1.1 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบจิ้ง มีขนาดความกว้าง 800 มิลลิเมตร ความยาว 1,200 มิลลิเมตร และความสูงตัวตู้ 850 มิลลิเมตร ซึ่งผลที่ได้จากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและสร้างตัวเครื่อง และด้านประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจิ้ง ในภาพรวมทั้งสองด้าน พบว่า มีค่าเฉลี่ย 4.21 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.33 มีความคิดเห็น อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุดที่มีต่อเครื่องต้นแบบการอบจิ้ง

5.1.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจิ้งจากการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบหาค่าความชื้นสุดท้ายของจิ้งที่เหมาะสมในกระบวนการอบจิ้ง การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบสำหรับศึกษาปัจจัยที่สองระดับ (2^k Full Factorial Design) จำนวนปัจจัยที่ศึกษา 3 ปัจจัย ซึ่ง 2 กำลัง 3 เท่ากับ 8 ครั้ง และทำการทดลองที่ค่ากลาง (Center Point) 3 ครั้ง โดยทำการทดลองจากการออกแบบการทดลองได้ผลลัพธ์ของค่าความ R-sq มีค่าเท่ากับ 96.99 % และค่า R-sq (adj) มีค่าเท่ากับ 89.96 % ซึ่งมากกว่า 70% แสดงว่าการออกแบบการทดลองนี้มีความถูกต้องและเหมาะสม และเมื่อทำการตั้งค่าอุณหภูมิภายในตู้อบที่ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมภายในตู้อบเท่ากับ 0.5 เมตรต่อวินาที และระยะเวลาในการอบที่หลังจากผ่านการทดสอบเท่ากับ 200 นาที ซึ่งจะทำให้ผลผลิตจากกระบวนการอบจิ้งมีผลลัพธ์จากค่าความชื้นเหมาะสมสุดท้ายเท่ากับ 13.125 % เป็นไปตามลักษณะจิ้งหลังการอบแห้งจนมีความชื้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) โดยมีลักษณะของจิ้งที่ได้เป็นสีน้ำตาล

5.1.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบการอบจิ้ง ในภาพรวมพบว่าทั้ง 3 ด้าน ผู้ใช้งานเครื่อง มีความพึงพอใจ โดยมีค่าเฉลี่ย 4.51 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

เครื่องต้นแบบการอบจิงสำหรับควบคุมพารามิเตอร์ จากการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบสำหรับศึกษาปัจจัยได้แก่ การปรับตั้งค่าอุณหภูมิภายในตู้อบ ความเร็วลมภายในตู้อบ และระยะเวลาในการอบ ต่างมีผลความสัมพันธ์ของทั้ง 3 ปัจจัย ที่ส่งผลทำให้ผลผลิตจิงอบมีค่าความชื้นหลังจากกระบวนการอบได้อย่างเหมาะสม ส่งผลทำให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนติดไม้ติดมือได้ปริมาณจิงอบปริมาณมากกว่าการอบในแบบเดิม ช่วยลดต้นทุนเพิ่มผลผลิตต่อกลุ่มเกษตรกร

5.3 แนวทางในการพัฒนา

เนื่องจากเครื่องต้นแบบการอบจิง ยังมีส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานขึ้นจึงนำเสนอแนวทางในการออกแบบพัฒนา คือ ควรปรับเปลี่ยนเซ็นเซอร์อุณหภูมิให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อการคำนวณการตัดสินใจ และเพื่อการตั้งค่าให้ได้ผลผลิตในการอบจิงมีคุณภาพที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- โชติกา เทียบคำ ศุภชัย ดิยวรรณันท์ และธนีสร์ ปทุมมานนท์. (2561). “ชิงแห้ง” สมุนไพรที่ใช้ทางเภสัชกรรมไทยตามศาสตร์การแพทย์แผนไทย. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. ปีที่ 20 ฉบับที่ 2. กันยายน – ตุลาคม 2561. หน้า 53-62.
- สิรินาฏ น้อยพิทักษ์ และอนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. (2557). การศึกษาวิธีการประเมินคุณภาพและความอ่อนแอของชิงสด. วารสารวิศวกรรมสารขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ปีที่ 41 ฉบับที่ 4. ตุลาคม – ธันวาคม 2557. หน้า 473-481
- จิระพงศ์ ศรีวิชัย และคมกฤษณ์ ศรีสุวรรณ. (2558). กรณีศึกษาการอบแห้งสมุนไพรด้วยวิธีความร้อนเหนี่ยวนำ. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง มหาวิทยาลัยเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีที่ 24 ฉบับที่ 1. มกราคม - มิถุนายน 2558. หน้า 16-26.
- อภิชาติ ศรีไชยรัตน์, บัญญัติ นิยมวาส, อเนก ไทยกุล และเสรี ทองชุม..(2563). การศึกษาสมรรถนะตู้อบฟริกโดยใช้ฮีตเตอร์อินฟราเรด. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย. โรงแรมวรวรนา หัวหิน โฮเต็ล แอนด์ คอนเวนชั่น อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. ครั้งที่ 34, วันที่ 14 - 17 กรกฎาคม 2563, (หน้า. 747-755).
- อุบลวรรณ สุวรรณภูสิทธิ์ และณภัทชา ปานเจริญ. (2563). การพัฒนากลยุทธ์การตลาดด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรมไทยแลนด์ 4.0 สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์. วารสารชุมชนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. ปีที่ 15 ฉบับที่ 1. มกราคม-มีนาคม. หน้า 94-108.
- _____. (2526). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชิงแห้ง (มอก. 458-2526). ฐานข้อมูลสถาบันอาหาร. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
- ยศวรธรณ์ จันทนา , นรัตว์ รัตนวัย (2562) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อปรับตั้งค่าเครื่องหันใบตะไคร้ สาขาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ.คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
- เอราวิน ชาญพล ยศวรธรณ์ จันทนา การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ปรับตั้งเครื่องอัดยางขอบมุ้งลวดด้วยวิธีออกแบบการทดลอง สาขาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ.คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ภาพถ่ายเครื่องต้นแบบการอบจิง



ภาพที่ ก-1 ภาพถ่ายชั้นวางขึงภายในเครื่องต้นแบบการอบขึง



ภาพที่ ก-2 ภาพถ่ายตัวอย่างเครื่องต้นแบบการอบขึง

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายยศวรรัตน์ จันทนา
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Yotsawat Jantana
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
3. สถานที่ติดต่อได้สะดวก วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โทรศัพท์ 056-717164
4. e-mail : yotsawat.j@pcru.ac.th
5. ประวัติการศึกษา วศ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้าโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
วศ.ม. วิศวกรรมไฟฟ้าโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) เทคโนโลยีการสื่อสาร
6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
7. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

หัวหน้าโครงการ : การพัฒนาต้นแบบการเก็บถนอมและแปรรูปมะเดื่อฝรั่ง ปี 2563 ได้รับ
ทุนสนับสนุนวิจัยจาก มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ผู้ร่วมวิจัย : การพัฒนาเครื่องอบสำหรับอุตสาหกรรมมะขามแปรรูปอัดแท่งจังหวัด
เพชรบูรณ์ ปี 2563 ได้รับทุนสนับสนุนวิจัยจาก มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

8. งานวิจัยที่กำลังทำ

9. ผ่านการอบรม :

- Basic Human Subject Protection Course (จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์)
- อบรมโครงการพัฒนาศักยภาพนักวิจัยในการเขียนบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์
เผยแพร่ระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย นรตว์ รัตนวัย
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Narat Rattanawai
2. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย (สายวิชาการ)
3. สถานที่ติดต่อได้สะดวก สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โทรศัพท์ 056-717164
4. e-mail : narat_pcru@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยนเรศวร
วศ.ม. (วิศวกรรมการจัดการ) มหาวิทยาลัยนเรศวร
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
7. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

หัวข้อโครงการวิจัย : การประยุกต์ใช้เทคนิคและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในโรงปฏิบัติการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เผยแพร่มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์วิจัย ครั้งที่ 2 ปี 2558

ผู้ร่วมวิจัย : เครื่องทำไม้ไผ่อย่าง ปี 2557 ได้รับทุนสนับสนุนวิจัยจาก มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ร่วมวิจัย : การออกแบบและสร้างเครื่องปั่นเนื้อมะขามแก้ว เผยแพร่ราชภัฏวิจัยที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ปี 2558

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตสำหรับการผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในตำบลลงมูลเหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

8. ผ่านการอบรม :

- Basic Human Subject Protection Course (จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์)
- อบรมโครงการพัฒนาศักยภาพนักวิจัยในการเขียนบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2