



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนานวัตกรรมตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

Innovation Development of Chili Foldable Cabinet Dryer

หทัยนุช จันทรชัยภูมิ

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2566

รหัสโครงการสัญญา 182067

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนานวัตกรรมตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

Innovation Development of Chili Foldable Cabinet Dryer

หทัยนุช จันทรชัยภูมิ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนงานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2566

ชื่องานวิจัย การพัฒนานวัตกรรมการสูบน้ำแบบพื้กแบบพื้กเก็บได้
ผู้วิจัย หทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ
สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิตและการจัดการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสรีจวิจัย 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสูบน้ำแบบพื้กแบบพื้กเก็บได้ ทดสอบสมรรถนะและประเมินความพึงพอใจสูบน้ำแบบพื้กแบบพื้กเก็บได้ที่พัฒนาขึ้นมา จากผลการทดสอบสมรรถนะสูบน้ำแบบพื้กแบบพื้กเก็บได้ พบว่าผลของเปอร์เซ็นต์น้ำหนักพื้กที่หายไปเมื่อผ่านการอบแห้งโดยการใช้สูบน้ำแบบพื้กแบบพื้กเก็บได้มีค่ามากกว่าการอบแห้งพื้กด้วยวิธีตากแดด และระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งพื้กโดยตั้งอุณหภูมิสูบน้ำไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งเท่ากับ 11 ชั่วโมง โดยมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 12.34% จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งพื้กโดยวิธีการออกแบบการทดลองแบบ 2^k Full factorial design พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งพื้กด้วยสูบน้ำแบบพื้กแบบพื้กเก็บได้ คือ อุณหภูมิสูบน้ำ และชนิดการเตรียมพื้กก่อนอบ ซึ่งข้อมูลแต่ละปัจจัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสูบน้ำแบบพื้กแบบพื้กเก็บได้ พบว่ามีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.41 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.70 ระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมาก

คำสำคัญ : สูบน้ำแบบ/ อบแห้ง/ พื้ก

Title Innovation Development of Chili Foldable Cabinet Dryer
Author Hathainuch Janchaiyaphoom
Branch Production Engineering and Management
Phetchabun Rajabhat University 2023

Abstract

The objective of this research is to develop of chili foldable cabinet dryer. The performance of the developed chili foldable cabinet dryer is tested and its user satisfaction is evaluated. From the results of the performance testing of the chili foldable cabinet dryer, it is evident that the percentage of weight loss of chili after undergoing drying using the foldable and portable drying oven is significantly higher than the weight loss observed through sun drying. The drying process is conducted at a temperature of 70 degrees Celsius for a duration of 11 hours, with a moisture content percentage of 12.34%. By studying the factors affecting chili pepper drying using the 2^k Full Factorial Design experimental method, it has been determined that the pivotal factors influencing the drying process in the chili foldable cabinet dryer are the oven temperature and the pre-drying preparation method of the chilis. These individual factor data exhibit statistically significant differences at a confidence level of 95%. Based on the results of the user satisfaction assessment regarding the chili foldable cabinet dryer, the average user satisfaction score is found to be 4.41, with a standard deviation of 0.70. This satisfaction level corresponds to a highly satisfactory rating.

Keywords : Cabinet Dryer/ Drying/ Chili

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์และนักศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณกลุ่มผู้วิสาห์กิจชุมชนบ้านศรีทอง(ฝักปลอดภัย) ตำบลปากดุก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความร่วมมือและให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัย และขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ 2566 ครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

หทัยนุช จันทรัชฎมิ

ธันวาคม 2566

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 พริก	3
2.2 ทฤษฎีการอบแห้ง	4
2.3 อัตราการอบแห้ง	5
2.4 ตู้อบแห้ง	6
2.5 การทำพริกแห้ง	7
2.6 มาตรฐานผลิตภัณฑ์พริกแห้ง	7
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	12
3.1 การออกแบบและสร้างตู้อบพริกแบบพับเก็บได้	12
3.2 การทดสอบสมรรถนะตู้อบพริกแบบพับเก็บได้	15
3.3 การประเมินความพึงพอใจตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้	22
3.4 วิเคราะห์ผล สรุป และจัดทำเอกสารรายงานการวิจัย	23
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	24
4.1 การออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้	24
4.2 ผลการเปรียบเทียบการอบแห้งพริกด้วยตู้อบกับการตากแดด	25
4.3 ผลการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้	29
4.5 ผลการประเมินความพึงพอใจตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้	32
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	34
5.1 สรุปผลการวิจัย	34
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	36
5.3 ข้อเสนอแนะ	36
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก	39
ภาคผนวก ก	40
ภาคผนวก ข	43
ภาคผนวก ค	49
ประวัติผู้วิจัย	54

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 การเตรียมสารละลายสำหรับแช่พริกจินดา	21
ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งพริกจินดา	26
ด้วยตู้อบแห้งกับการตากแดด	
ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกด้วยตู้อบแห้งพับเก็บได้	28
ตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาน้ำจิ้มที่ส่งผลต่อการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพับเก็บได้	29
ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้	33
ตารางที่ ข.1 ผลการเปรียบเทียบการอบแห้งพริกด้วยตู้อบกับตากแดดครั้งที่ 1	44
ตารางที่ ข.2 ผลการเปรียบเทียบการอบแห้งพริกด้วยตู้อบกับตากแดดครั้งที่ 2	44
ตารางที่ ข.3 ผลการเปรียบเทียบการอบแห้งพริกด้วยตู้อบกับตากแดดครั้งที่ 3	45
ตารางที่ ข.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกด้วยตู้อบแบบพับเก็บได้ ครั้งที่ 1	45
ตารางที่ ข.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกด้วยตู้อบแบบพับเก็บได้ ครั้งที่ 2	46
ตารางที่ ข.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกด้วยตู้อบแบบพับเก็บได้ ครั้งที่ 3	46
ตารางที่ ข.7 ผลศึกษาน้ำจิ้มที่ส่งผลต่อการอบแห้งด้วยตู้อบแบบพับเก็บได้ ครั้งที่ 1	47
ตารางที่ ข.8 ผลศึกษาน้ำจิ้มที่ส่งผลต่อการอบแห้งด้วยตู้อบแบบพับเก็บได้ ครั้งที่ 2	47
ตารางที่ ข.9 ผลศึกษาน้ำจิ้มที่ส่งผลต่อการอบแห้งด้วยตู้อบแบบพับเก็บได้ ครั้งที่ 3	48

สารบัญรูปลูกภาพ

	หน้า
รูปที่ 3.1 แบบร่างตู้อบพริกแห้งพริกแบบพับเก็บได้	13
รูปที่ 3.2 ตู้อบพริกแห้งพริกแบบพับเก็บได้ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมา	14
รูปที่ 3.3 ตู้อบพริกแห้งพริกแบบพับเก็บได้ขณะทำการพับเก็บ	14
รูปที่ 3.4 การทดสอบอบแห้งพริกด้วยวิธีตากแดด	15
รูปที่ 3.5 การทดสอบอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้	16
รูปที่ 3.6 การทดสอบการอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้	16
กับการตากแดด ณ ช่วงเวลาเดียวกัน	
รูปที่ 3.7 การทดสอบเพื่อการศึกษาระยะเวลาการอบพริกด้วยตู้อบแบบพับเก็บได้	17
รูปที่ 3.8 ลักษณะของพริกจินดาที่ผ่านการอบด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้	17
รูปที่ 3.9 พริกสดก่อนการคัดแยก	18
รูปที่ 3.10 พริกสดหลังจากคัดคุณภาพและเด็ดขั้วก้านพริกออก	19
รูปที่ 3.11 ลักษณะของชนิดการเตรียมพริกก่อนอบแบบพริกจินดาปกติ (A)	19
รูปที่ 3.12 พริกสดก่อนทำการลวก	20
รูปที่ 3.13 พริกจินดาลวก	20
รูปที่ 3.14 การเตรียมสารละลาย	21
รูปที่ 3.15 การแช่สารเคมี	21
รูปที่ 4.1 ลักษณะของตู้อบพริกแห้งพริกแบบพับเก็บได้ต้นแบบ	24
รูปที่ 4.2 ตู้อบพริกแห้งแบบพับเก็บได้ขณะทำการพับเก็บ	25
รูปที่ 4.3 ลักษณะของพริกที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยวิธีใช้ตู้อบ	26
รูปที่ 4.4 กราฟ Pareto Chart ของปัจจัยที่ส่งผลต่อน้ำหนักของพริกหลังอบ	30
รูปที่ 4.5 กราฟ Main Effect ของปัจจัยที่ส่งผลต่อน้ำหนักของพริกหลังอบ	30
รูปที่ 4.6 กราฟ Pareto Chart ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราเร็วการอบแห้งพริก	31
รูปที่ 4.7 กราฟ Main Effect ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราเร็วการอบแห้งพริก	31
รูปที่ 4.8 กราฟ Pareto Chart ของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าสีของพริกจินดาหลังอบ	32
รูปที่ 4.9 กราฟ Main Effect ของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าสีของพริกจินดาหลังอบ	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

วิสาหกิจชุมชนเป็นกลไกหลักในการเสริมสร้างความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยสร้างรายได้ให้แก่ประเทศก่อให้เกิดการจ้างงาน อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือในการแก้ไขปัญหาความยากจนในท้องถิ่น และในการสร้างผู้ประกอบการด้วยการสร้างกลุ่มอาชีพ หรือผู้ประกอบการรายใหม่ (อุบลวรรณ สุวรรณภูสิทธิ์ และณภัทรา ปานเจริญ, 2563) โดยกิจการของชุมชนเกี่ยวกับการผลิตสินค้า การให้บริการ หรือการอื่น ๆ ที่ดำเนินการโดยบุคคลที่มีความผูกพันกันรวมตัวกันประกอบกิจการเพื่อสร้างรายได้และเพื่อการพึ่งพาตนเองของครอบครัว ในชุมชนและระหว่างชุมชน (สำนักงานเกษตรจังหวัดนนทบุรี, 2563)

จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้ชื่อว่าเป็นแหล่งผลิตเกษตรกรรมอีกจังหวัดหนึ่งในประเทศไทย และที่ผ่านมาก็มีเสียงร่ำลือตามมาเช่นกันว่าเป็นแหล่งที่ใช้สารเคมีในการผลิตจำนวนมากด้วย แต่หลังจากมีการณรงค์ให้มีการผลิตสินค้าปลอดภัย ทำให้เกษตรกรหันมาตระหนักถึงผลกระทบต่างๆจากสารเคมี ที่ส่งผลกระทบต่อตั้งแต่เกษตรกรไปจนถึงผู้บริโภค จึงได้มีการก่อตั้งกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยบ้านศรีทองขึ้น เพื่อให้มีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพให้แก่ผู้บริโภคและเกิดรายได้แก่คนในชุมชน ซึ่งผักสดที่ถูกนำมาบรรจุในอาคารคัดแยกและบรรจุผักสดของวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยบ้านศรีทอง ตำบลปากช่อง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยจะถูกส่งมาจาก 4 อำเภอในจังหวัดเพชรบูรณ์ ได้แก่ อำเภอหล่มสัก อำเภอน้ำหนาว อำเภอเขาค้อ และ อำเภอหล่มเก่า เพื่อนำมาคัดแต่ง บรรจุถุง และจำหน่ายภายใต้แบรนด์ผักปลอดภัยบ้านศรีทอง ผลิตภัณฑ์ที่สร้างรายได้หลักให้กับวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยบ้านศรีทอง คือ พริกจินดาสดบรรจุถุง เพื่อส่งจำหน่ายให้กับบริษัทบาปี้วปลาซ่า และตามห้างชั้นนำของประเทศ ซึ่งจะมีข้อกำหนดมาตรฐานคุณภาพของสินค้าตามที่บริษัทตั้งเกณฑ์เอาไว้ ซึ่งมีผลผลิตพริกสดบางส่วนที่ขายไม่ได้ เนื่องจากตกเกรดหรือไม่ตรงตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพที่ถูกกำหนดไว้ โดยพริกสดที่ขายไม่ได้หรือราคาตกต่ำทางวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยบ้านศรีทองจะนำไปเททิ้งตามข้างทางหรือตามไร่นา

ดังนั้นเพื่อลดปริมาณผลผลิตพริกเหลือทิ้งทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนควรจะนำพริกที่ขายไม่ได้ไปผลิตเป็นพริกแห้ง เพื่อเป็นการลดต้นทุนของเสีย เพิ่มมูลค่าให้กับพริกและสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน แต่เนื่องจากพื้นที่ในการทำงานของทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีน้อยและจำกัด ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการตากแห้งพริกบนพื้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาตู้อบแห้งพริก

แบบพับได้ขึ้นมา เพื่อให้การตากแห้งพริกมีการใช้พื้นที่น้อยและประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ ช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งพริก ลดต้นทุนของเสียโดยการนำมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าให้พริกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยบ้านศรีทอง สามารถพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์พริกแห้งเพื่อจำหน่ายเพิ่มเติมจากการจำหน่ายเฉพาะพริกสดเพียงอย่างเดียว

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้
- 2) เพื่อทดสอบสมรรถนะ และประเมินความพึงพอใจตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) การออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ เพื่อใช้ในกระบวนการอบแห้งพริกสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยบ้านศรีทอง จำนวน 1 เครื่อง
- 2) การทดสอบสมรรถนะของตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ ได้แก่ ระยะเวลาการอบแห้ง, อุณหภูมิการอบแห้ง, อัตราการอบแห้ง, ปริมาณความชื้น และคุณภาพสีของพริก โดยพื้นที่ทำการทดสอบ ณ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
- 3) ประชากรที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะของตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ คือ พริกจินดา
- 4) การประเมินความพึงพอใจตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ ใช้กลุ่มตัวอย่าง คือ สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยบ้านศรีทอง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 50 ราย โดยพื้นที่ทำการทดสอบ ณ วิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยบ้านศรีทอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

- 1) ได้ต้นแบบนวัตกรรมตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยบ้านศรีทอง
- 2) สามารถช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งพริกเมื่อเทียบกับการตากแดด
- 3) สามารถช่วยลดต้นทุนของเสียโดยการนำมาแปรรูปเป็นพริกแห้งเพื่อเพิ่มมูลค่าให้พริกสดที่คุณภาพต่ำของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยบ้านศรีทอง
- 4) มหาวิทยาลัยฯ ได้ดำเนินการวิจัยเพื่อสนับสนุนเกษตรกร ท้องถิ่น และวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดเพชรบูรณ์ ตามพันธกิจมหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พริก

พริกเป็นพืชในตระกูล Solanaceae ที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum frutescens* L. ชื่อภาษาอังกฤษว่า Chilli, Chile พริกชนิดต่างๆ มีต้นกำเนิดมาจากทวีปอเมริกา ซึ่งในปัจจุบันนี้ได้มีการปลูกกันในหลายประเทศทั่วโลก เพราะพริกเป็นเครื่องเทศที่สำคัญชนิดหนึ่งและยังมีความเป็นยาสมุนไพรด้วยเช่นกัน

พริกมีวิตามินซีสูงเป็นแหล่งของกรด ascorbic ซึ่งสารเหล่านี้ช่วยขยายเส้นโลหิตในลำไส้และกระเพาะอาหาร เพื่อให้ดูดซึมอาหารได้ดีขึ้น ช่วยให้ร่างกายขับถ่ายของเสียและนำธาตุอาหารไปยังเนื้อเยื่อในส่วนในร่างกาย (tissue) พริกยังมีสารสำคัญอีก 2 ชนิด ได้แก่ Capsaicin และ Oleresin โดยเฉพาะสาร Capsaicin ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์รักษาโรค สาร Capsaicin ยังมีความสามารถทำให้เกิดรสเผ็ด ลดความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อหัวใจ แขน ข้อมือ และส่วนต่างๆ ของร่างกาย และมีผลิตภัณฑ์จำหน่ายทั้งชนิดโลชั่นและครีม แต่หากใช้ในปริมาณมากเกินไปอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของกล้ามเนื้อได้เช่นกัน

สีของพริกมีหลากหลาย ทั้งสีเขียว แดง เหลือง ส้ม ม่วง และสีต่างๆ โดยเฉพาะเมื่อนำมาปลูกในเขตร้อนชื้นที่ได้รับแสงแดดตลอดวัน จะมีสีที่สดใส ซึ่งสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ทั้งการปรุงแต่งรสชาติและสีตามความต้องการของผู้บริโภค หลากหลายผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มว่าการผสมสีในอาหารจะมาจากธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ และพริกเป็นพืชอายุสั้นที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งบริโภคสดและแปรรูปได้หลากหลาย ดังนั้นพริกจึงจัดเป็นพืชผักที่มีศักยภาพชนิดหนึ่ง พฤติกรรมการบริโภคและความต้องการอาหารในชีวิตประจำวันของผู้คนในปัจจุบันให้ความสนใจในอาหารที่มีคุณค่าและประโยชน์ต่อร่างกาย มีความสะอาดและปลอดภัยจากสิ่งตกค้าง โดยเฉพาะสารเคมี ดังนั้นการผลิตพริกที่ดีจำเป็นต้องปรับระบบการผลิตตั้งแต่การคัดเลือกที่เหมาะสมในท้องถิ่นต่างๆ เพื่อให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและมีคุณภาพ ลดการใช้สารเคมีในการควบคุมศัตรูพืช และลดต้นทุนการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ลดความเสียหาย และได้รูปลักษณะที่ดีตรงตามมาตรฐานของตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ ทั้งเพื่อการบริโภคสดและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์พริกชนิดต่างๆ เช่น พริกแห้ง, พริกป่น, พริกคอง, ซอสพริก, น้ำพริก, เครื่องแกง, น้ำจิ้มต่างๆ และผลิตภัณฑ์รักษาโรค (มงคล ฤทธิมา และคณะ, 2557)

พริก จึงถูกจัดให้เป็นพืชวัฒนธรรมของคนไทยที่มีการใช้ประโยชน์ในแง่ของการบริโภคในรูปแบบของเครื่องเทศสำหรับปรุงแต่งรสชาติ กลิ่น สี ใช้เป็นพืชสมุนไพรต่างๆ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่ง

โดยมีปริมาณการบริโภคภายในประเทศที่ค่อนข้างสูง และส่งออกไปยังต่างประเทศในรูปแบบพริกแห้ง ด้านการผลิตนั้นมีการเพาะปลูกมานานควบคู่กับชาติไทยอย่างแพร่หลาย ทำให้ในบางฤดูกาล ผลผลิตพริกที่ออกสู่ตลาดนั้นมีปริมาณมากเกินความจำเป็น

พริกจินดาเป็นพริกอีกชนิดหนึ่งที่ปลูกกันมากในประเทศไทย นิยมนำไปทำซอสพริก และพริกแห้ง เนื่องจากผลที่ตากแห้งจะมีสีสวย ไม่หึงงอ กรอบ ต่ำให้แหลกง่าย เป็นที่ต้องการของตลาดทั่วไปและสามารถหาซื้อได้ง่าย ซึ่งพริกจินดาจัดเป็นพริกในกลุ่มพริกชี้หนูผลใหญ่ มีรสชาติเผ็ดปานกลาง ผลโต สีต้นสวยงาม เมื่อยามที่ผลยังอ่อนจะมีสีเขียวแก่ แต่เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม เมื่อเก็บผลผลิตแล้วสามารถอยู่ได้นาน ทนทาน ไม่หึงงอ สามารถนำไปประกอบอาหารได้ทุกชนิด จึงเป็นที่ต้องการของตลาดและผู้บริโภคเป็นอย่างมาก พริกจินดาเป็นพริกที่มีผลผลิตสูง และมีระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวยาวนาน นอกจากนี้ยังสามารถนำมาเพิ่มมูลค่าได้ด้วยการนำมาทำเป็นพริกแห้ง จะให้ผลผลิตที่สวย ไม่หึงงอ ด้วยเหตุนี้จึงมีเกษตรกรส่วนใหญ่หันมาปลูกพริกชนิดนี้กันมากขึ้น โดยพื้นที่ปลูกพริกชี้หนูผลใหญ่ของประเทศไทย ส่วนใหญ่นิยมปลูกกันมากในจังหวัดเพชรบูรณ์ ชัยภูมิ ศรีสะเกษ อุบลราชธานี นครพนม ตาก เชียงใหม่ กาญจนบุรี และนครศรีธรรมราช จากข้อมูลการปลูกพริกชี้หนูผลใหญ่ของประเทศไทยในปี 2562 มีเกษตรกรที่ปลูกจำนวน 33,529 ราย พื้นที่ปลูก 88,866 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 145,929 ไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 111,778 ตัน ส่งผลให้สินค้าล้นตลาด ทำให้พริกมีราคาต่ำ วิธีการถนอมพริกด้วยวิธีการอบแห้งจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาสินค้าราคาตกต่ำ และป้องกันการเน่าเสียของผลผลิตพริก ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า และสามารถเก็บไว้ได้นาน เพื่อสามารถวางจำหน่ายช่วงที่ตลาดมีความต้องการสินค้าได้ (อภิชาติ ศรีไชยรัตน์และคณะ, 2563)

2.2 ทฤษฎีการอบแห้ง

กระบวนการอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้นโดยจะใช้วิธีการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่เอาความชื้นออกโดยการระเหย ใช้การถ่ายเทความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหยการอบแห้งเป็นการทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อวัสดุช่วยให้เก็บผลผลิตหรือถนอมผลผลิตนั้นไว้ได้นานขึ้น สำหรับปริมาณความชื้นในวัสดุ (Moisture) เป็นการวัดปริมาณน้ำที่เหลือในวัสดุจะบอกค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ สามารถคำนวณได้ 2 วิธี คือ

- 1) ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis) คือ อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ชื้น สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$M_w(\%) = \left(\frac{w-d}{w} \right) \times 100 \quad \text{-----(1)}$$

- 2) ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis) คือ อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$M_d(\%) = \left(\frac{w-d}{d} \right) \times 100 \quad \text{-----}(2)$$

โดยที่ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (% wb)

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (% db)

w คือ มวลของวัสดุเปียก (kg)

d คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

โดยทั่วไปการอบแห้งวัสดุสามารถแบ่งออกเป็นช่วง คือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ซึ่งปริมาณความชื้นภายในวัสดุมีค่าสูงกว่าความชื้นวิกฤติที่ผิวของวัสดุมีน้ำอยู่จำนวนมาก เมื่อความร้อนจากอากาศถ่ายเทไปยังวัสดุ การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของวัสดุ ช่วงนี้อุณหภูมิผิวของวัสดุอบแห้งและอัตราการอบแห้งจะมีค่าคงที่ และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งปริมาณความชื้นภายในวัสดุมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤติ เมื่อความร้อนจากอากาศถ่ายเทไปยังวัสดุ น้ำจะเคลื่อนที่จากภายในเนื้อวัสดุมาที่ผิวของวัสดุในลักษณะของเหลวหรือไอน้ำและน้ำที่ผิวจึงจะระเหยไปกับอากาศ

2.3 อัตราการอบแห้ง

อัตราการอบแห้ง (Drying Rate, DR) เป็นความสามารถในการลดความชื้นในวัสดุโดยเป็นตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญ ซึ่งถ้าอัตราการอบแห้งมีค่าสูง แสดงว่าปริมาณสูงมาก สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$\text{Drying Rate (DR)} = \frac{Mc_o - Mc_t}{t} \quad \text{-----}(3)$$

โดยที่ DR คือ อัตราการอบแห้ง (% db/hr)

Mc_o คือ ความชื้นเริ่มต้น (% db)

Mc_t คือ ความชื้นสิ้นสุด (% db)

t คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (hr)

2.4 ตู้อบแห้ง

การทำให้แห้งเป็นวิธีหนึ่งของการถนอมอาหารซึ่งนิยมทำกันทั้งในระดับชาวบ้านและอุตสาหกรรมมาช้านานแล้ว การทำให้แห้งมีหลายวิธีเช่น การตากด้วยแสงอาทิตย์การอบแห้งด้วยลมร้อนและการอบแห้งแบบเย็นเยือกแข็งเป็นต้น วิธีตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์จะมีความสะดวกและเสียค่าใช้จ่ายน้อยโดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย การตากแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม เช่น การตากเนื้อปลา พืชผักและผลไม้ จะมีปัญหาเรื่องฝุ่นละอองมีเชื้อจุลินทรีย์ แมลงวันตอมเป็นพาหะนำเชื้อโรคและยังทำให้เกิดหนอนขึ้นได้ เมื่อฝนตกหรืออากาศเย็น การตากอาจมีปัญหาเรื่องเชื้อราเป็นเหตุให้เก็บไว้ได้ไม่นาน ทำให้ผู้บริโภคอาจเจ็บป่วยได้ มีการพัฒนาการอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งจากแหล่งพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์โดยใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถจำแนกประเภทได้โดยการพิจารณาจากลักษณะของการพาความร้อน (วรнуข แจ้งสว่าง, 2556) ซึ่งการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งได้ 3 ระบบ ดังนี้

- 1) ระบบ Passive คือ ระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลมพัดผ่าน เช่น เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ โดยวางวัตถุในกลางแจ้งอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมจากบรรยากาศพัดผ่านและระเหยความชื้นออกจากวัสดุ
- 2) ระบบ Active คือ ระบบอบแห้งที่มีเครื่องช่วยในอากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น จะมีพัดลมติดตั้งในระบบ เพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลมและห้องอบแห้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของพืชผล จึงพาความชื้นของพืชผลออกสู่ภายนอก ทำให้พืชผลที่อบไว้แห้งได้
- 3) ระบบ Hybrid คือ เครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และอาศัยพลังงานรูปอื่นเพิ่ม เช่น พลังงานเชื้อเพลิง พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ การไหลเวียนของอากาศอาศัยพัดลม หรือเครื่องดูดอากาศช่วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดใช้แผงรับความร้อน (บุญธง วสุรีย์ และคณะ, 2561)

2.5 การทำพริกแห้ง

ควรเลือกเก็บพริกที่แก่จัด สีแดงสดตลอดทั้งผล ปราศจากโรคแมลงเข้าทำลาย แล้วรีบนำไปทำให้แห้งโดยเร็ว จะทำให้ได้พริกแห้งที่มีสีสวยและคุณภาพดี การทำให้พริกแห้งให้มีสีสวย คุณภาพดีมีหลายวิธี (มงคล กุพิมาย และคณะ, 2557) ดังนี้

- 1) การตากแดด คือ การนำพริกที่คัดเลือกแล้วนำมาตากแดดโดยตรง แผ่พริกบางๆ บนเสื่อหรือพื้นบ้านซีเมนต์ที่สะอาด โดยตากแดดทิ้งไว้ 5-7 แดด
- 2) การอบด้วยไอร้อน คือ การนำพริกเข้าอบด้วยไอร้อนในเตาอบ โดยวางพริกบนตะแกรง แล้ววางตะแกรงเรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ วิธีนี้เหมาะสำหรับเกษตรกรที่ปลูกพริกเป็นจำนวนมาก และการทำพริกแห้งในช่วงฤดูฝน
- 3) การลวกน้ำร้อน คือ การนำพริกไปลวกน้ำร้อนก่อน โดยลวกนาน 15 นาที แล้วนำไปตากแดดประมาณ 5 แดด วิธีนี้จะทำให้สีของพริกแห้งสวย และไม่ขาวดำ
- 4) การอบพริกด้วยโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นวิธีที่ทำให้ได้พริกที่มีคุณภาพดีสีสวย ก้านพริกแห้งสีทองไม่ดำ สะอาดไม่มีฝุ่นจับ อบได้ครั้งละ 400 กิโลกรัม ใช้เวลาในการอบ 3 วัน

กรณีที่เก็บพริกแก่จัด แต่ไม่แดงตลอดทั้งผลให้นำพริกไปสุ่มกันในเชิงหรือกระสอบปุย บ่มไว้ในร่มประมาณ 2 คืน เพื่อให้พริกสุกสม่ำเสมอ หลังจากนั้นทำให้แห้งได้ตามกรรมวิธีที่ 1-4 ข้างต้น

2.6 มาตรฐานผลิตภัณฑ์พริกแห้ง

พริกแห้งเป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญทางเศรษฐกิจเป็นที่ต้องการของตลาดในประเทศและต่างประเทศมาก จนจำเป็นต้องนำเข้าในบางฤดูกาล จึงควรสนับสนุนการควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยการผลิตพริกแห้งอย่างเป็นระบบ เพื่อคุ้มครองผู้บริโภคในการกำกับดูแลพริกแห้งที่จำหน่ายภายในประเทศและพริกแห้งนำเข้าจำเป็นต้องมีเกณฑ์กำหนดเพื่ออำนวยความสะดวก มีมาตรฐานด้านความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคคณะกรรมการสินค้าเกษตรจึงเห็นสมควรจัดทำมาตรฐานสินค้าเกษตรเรื่อง พริกแห้ง ตามมาตรฐานสินค้าการเกษตร มกษ.3001-2553

- 1) นิยาม ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานสินค้าเกษตรนี้มีดังต่อไปนี้

พริกแห้ง หมายถึง ผลพริกที่สุกหรือแก่จัด ที่ผ่านกระบวนการทำให้แห้ง อาจมีก้านหรือไม่มีก้านติด อยู่ก็ได้ สำหรับจำหน่ายปลีกหรือบรรจุปริมาณมากเพื่อขายส่ง เพื่อใช้ปรุงรสหรือใช้เป็นส่วนประกอบ อาหารเพื่อการบริโภค รวมถึงพริกแห้งที่จำหน่ายเพื่อนำไปแบ่งบรรจุหรือใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

2) ชนิด : พริกแห้งบางออกเป็น 2 ชนิด คือ พริกขี้หนูแห้ง และ พริกใหญ่แห้ง

3) คุณภาพ : คุณภาพทั่วไป พริกแห้งต้องมีคุณภาพดังต่อไปนี้และมีตำหนิไม่เกินเกณฑ์ที่ระบุไว้ดังต่อไปนี้

- ไม่มีกลิ่นอับ หรือกลิ่นแปลกปลอม
- พริกแห้งในบรรจุภัณฑ์เดียวกันต้องเป็นชนิดเดียวกัน
- ไม่มีศัตรูพืช หรือชิ้นส่วนของศัตรูพืช
- ไม่น่าเสียจนทำให้ไม่เหมาะต่อการบริโภค
- ไม่เห็นเส้นใยของเชื้อรา เมื่อมองด้วยตาเปล่า
- ความชื้นไม่เกิน 13.5 %
- ไม่มีการแต่งสี

4) ตำหนิและเกณฑ์การยอมรับ : นิยามของตำหนิและเกณฑ์การยอมรับตำหนิ (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) มีดังนี้

- ผลมีสีผิดปกติ หมายถึง ผลพริกแห้งที่มีสีผิดปกติ เนื่องจากผลิตจากผลพริกที่ยังไม่สุกหรือแก่จัด กรรมวิธีการผลิตไม่เหมาะสม หรือเนื่องจากการเข้าทำลายของโรค ซึ่งเกณฑ์การยอมรับตำหนิไม่เกิน 5 %
- ผลไม่สมบูรณ์ หมายถึง ผลพริกแห้งที่มีรูปร่างลักษณะผิดปกติ เนื่องจากการเข้าทำลายของศัตรูพืช หรือการเพาะปลูกไม่เหมาะสม ซึ่งเกณฑ์การยอมรับตำหนิไม่เกิน 5 %
- ผลแตกหรือหัก หมายถึง ผลพริกแห้งรวมทั้งเมล็ดที่เกิดจากการเสื่อมเสียทางกายภาพ เช่น แตก หรือหัก เนื่องจากการบรรจุขนย้ายหรือขนส่ง ซึ่งเกณฑ์การยอมรับตำหนิสำหรับพริกขี้หนูแห้งไม่เกิน 5 % และพริกใหญ่แห้ง ไม่เกิน 10 %
- สิ่งแปลกปลอม หมายถึง ส่วนต่างๆ ของต้นพริก เช่น กิ่ง ก้าน ใบ หรือช่อดอกของพริก ยกเว้นก้าน ที่ติดมากับผล และหมายความรวมถึงสิ่งปะปนอื่นๆ ที่ไม่ใช่ส่วนประกอบตามธรรมชาติของพริก ซึ่งเกณฑ์การยอมรับตำหนิไม่เกิน 1 %

5) วัตถุเจือปนอาหาร : หากมีการใช้ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

6) สารปนเปื้อนและสารพิษตกค้าง : ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในกฎหมายที่เกี่ยวข้องและข้อกำหนดใน มกษ.9002 มาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด

และ มกษ.9003 มาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง สารพิษ ตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้

7) สุขลักษณะ

การผลิตและการปฏิบัติต่อพริกแห้งให้เป็นไปตามข้อกำหนดใน มกษ. 9023 มาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง หลักเกณฑ์การปฏิบัติ: หลักเกณฑ์ทั่วไปเกี่ยวกับสุขลักษณะอาหาร

6.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้ได้มีการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับเทคโนโลยีการอบแห้งและตู้อบแห้งเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนานวัตกรรม ดังนี้

พิภพ แซ่ตั้ง (2555) ได้ศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม โดยใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวสะสมความร้อน พบว่าการอบแห้งพริกชี้ฟ้าสด 20 กิโลกรัม อุณหภูมิอากาศในเครื่องอบแห้งในช่วง 8.00-18.00น. แปรค่าในช่วง 27-52 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบพบว่า เครื่องอบแห้งสามารถอบแห้งพริกชี้ฟ้าที่มีความชื้นเริ่มต้น 69% ให้แห้งได้ภายใน 3 วัน มีน้ำหนักของพริกเหลือ 8.7 กิโลกรัม และความชื้นสุดท้ายของผลผลิตแห้งที่ได้มีคุณลักษณะที่ดีกว่าการตากแดดโดยทั่วไป

สุพล แนวตัน (2555) ได้ศึกษาการนำวัสดุเก็บสะสมความร้อนมาใช้กับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าประสิทธิภาพแผ่นรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 16.13, 12.48 และ 10.92 %wb ให้เหลือความชื้นสุดท้ายที่ 30%wb ใช้เวลา 32 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการอบแห้งเท่ากับ 9.44, 9.32 และ 9.26% เมื่อใช้ทราย ใช้เกลือ และใช้ขี้ผึ้งเป็นวัสดุเก็บสะสมความร้อน ตามลำดับ และ 9.49% เมื่อไม่ใช้วัสดุเก็บสะสมความร้อน สำหรับการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งทั้ง 4 แบบที่พัฒนาขึ้นมา พบว่าสามารถคืนทุนได้ในเวลา 1.15 ปี สำหรับตู้อบแห้งแบบไม่มีวัสดุเก็บสะสมความร้อน และ 1.16, 1.18 และ 1.47 ปี สำหรับตู้อบแห้งแบบใช้ทราย ใช้เกลือ และใช้ขี้ผึ้งเป็นวัสดุเก็บสะสมความร้อน ตามลำดับ

วรณัฐ แจ้งสว่าง (2556) ได้ทำการออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัด โดยออกแบบให้มีการอุ่นอากาศเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศภายนอกก่อนเข้าไปยังห้องสะสมความร้อน มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 และอุณหภูมิอากาศร้อนที่จ่ายไปยังห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกร้อยละ 37 และจากการออกแบบการไหลของอากาศร้อนไปยังห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ตำแหน่งชั้นวางผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ชั้น พบว่ามีอุณหภูมิไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตำราวย ภูบาล และวลัยรัตน์ จันทรวงศ์ (2558) ได้ศึกษาการอบแห้งหมึกกะตอยโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนร่วม ผลการศึกษาพบว่า หลังการตากแดดกลางแจ้งกับการตากแดดในตู้อบที่มีอากาศร้อนจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเหลือ 170 และ 70%มาตรฐานแห้ง โดยมีอัตราการลดความชื้นต่อชั่วโมงเป็น 23.4 และ 35.1 % ตามลำดับ เมื่อนำปลาหมึกไปอบต่อในห้องอบด้วยความร้อนจากแก๊สเชื้อเพลิง จึงสามารถลดเวลาการอบแห้งจนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นตามต้องการ ทำให้การใช้พลังงานแก๊สเชื้อเพลิงลดลงโดยเฉลี่ย 22.5% จากการศึกษาประสิทธิภาพการอบแห้งผลิตภัณฑ์เป็นรายชั่วโมง พบว่า ประสิทธิภาพการอบแห้งลดลงเมื่อค่าความเข้มรังสีอาทิตย์สูงขึ้น แสดงว่าอัตราการอบแห้งมีค่าสม่ำเสมอ และค่าประสิทธิภาพการอบแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 31.0%

บุญธง วสุรีย์ และคณะ (2561) ได้ทำการออกแบบและสร้างระบบควบคุมการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนแบบอัดโนมิต และการประสิทธิภาพของระบบ พบว่าระดับความร้อนภายในตู้อบเมื่อเวลาแสงอาทิตย์ระดับอุณหภูมิเฉลี่ย 38.38 องศาเซลเซียส และระยะเวลาอุณหภูมิของเจลใน 5 ชั่วโมง และเมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ ระดับอุณหภูมิ 34.4-37.4 องศาเซลเซียส และผลการทดสอบคุณภาพทางกายภาพของพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยตู้อบที่พัฒนาขึ้นมา พบว่ามีความชื้นมาตรฐานแห้งร้อยละ 43.53 และพริกชี้ฟ้าอบแห้งแบบตากแดดธรรมดา มีความชื้นมาตรฐานแห้งร้อยละ 22.07

สุหัตถ์ นิเช็ง และคณะ (2562) ได้ทำการศึกษาผลของขนาดช่องระบายความชื้นสำหรับการอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานผสมผสาน ด้วยพลังงานไฟฟ้าและการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับแสงอาทิตย์ ซึ่งมีผลต่อความชื้นที่เหลือและอัตราการความเร็วในการอบแห้ง โดยทำการทดลองปรับขนาดช่องระบายความชื้นที่ 32, 64, 96 และ 128 ตารางเซนติเมตร ควบคุมอุณหภูมิในการอบแห้ง 70 ± 3 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้ง 5 ชั่วโมง พบว่าการอบแห้งด้วยพลังงานไฟฟ้าเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด คือ การเปิดช่องระบายความชื้น 96 ตารางเซนติเมตร ความชื้นในพริกเหลือ 10.63% มาตรฐานความชื้นแห้ง อัตราความเร็วการอบแห้ง 1.04% ความชื้นที่ออกก่อนนาที่ ใช้พลังงานไฟฟ้า 10.8 หน่วย ในขณะที่การอบแห้งด้วยพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์เงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด คือ การเปิดช่องระบายความชื้น 96 ตารางเซนติเมตร ความชื้นในพริกเหลือ 13.10% มาตรฐานความชื้นแห้ง อัตราความเร็วการอบแห้ง 1.05% ความชื้นที่ออกก่อนนาที่ ใช้พลังงานไฟฟ้า 20.8 หน่วย ดังนั้นการระบายความชื้นที่เหมาะสมทำให้ความชื้นภายในวัสดุและอัตราการอบแห้งลดลงได้เร็วขึ้น และทั้ง 2 เงื่อนไข เหมาะสำหรับการใช้ในการอบแห้งพริกตามเกณฑ์มาตรฐานพริกแห้ง

อภิชาติ ศรีไชยรัตนา 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 อุณหภูมิที่ดีที่สุดในการอบแห้งพริกคือ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งให้คุณลักษณะของพริกอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ที่สุด และพบว่าเมื่อครบ 12 ชั่วโมง สามารถลดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้งจาก 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

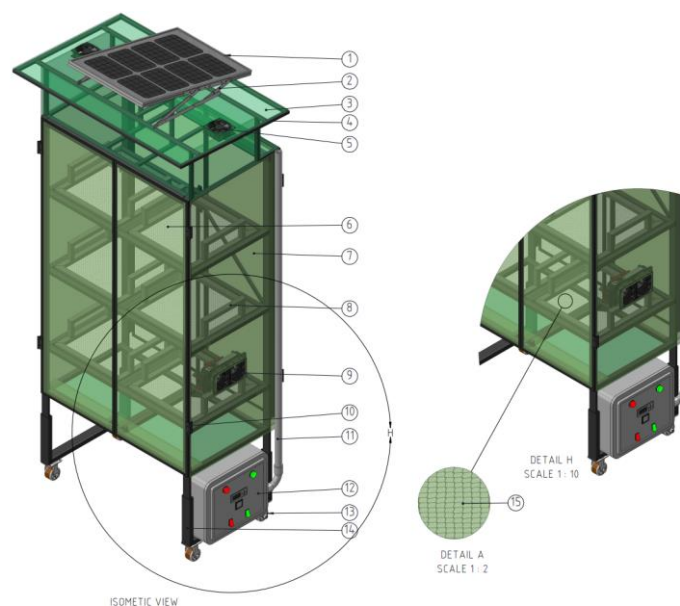
วิธีการดำเนินงานวิจัย

จากการได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วในเนื้อหาบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการการพัฒนาวัตกรรมการตู้อบแห้งพริกแบบพัมป์เก็บได้ โดยมีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ (1) การออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพริกแบบพัมป์เก็บได้ (2) การทดสอบสมรรถนะตู้อบแห้งพริกแบบพัมป์เก็บได้ และ (3) ประเมินความพึงพอใจตู้อบแห้งพริกแบบพัมป์เก็บได้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพริกแบบพัมป์เก็บได้

การออกแบบตู้อบแห้งพริกแบบพัมป์เก็บได้ อาศัยหลักการทำให้โครงสร้างของตู้อบแห้งสามารถพัมป์เก็บได้ เพื่อให้สามารถใช้พื้นที่น้อยในการอบแห้งและประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บตู้อบแห้ง ซึ่งโครงสร้างของตู้อบแห้งพริกแบบพัมป์เก็บได้มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 39.7x 71.5x 174.5 เซนติเมตร โดยวัสดุที่ใช้ในการทำกรอบตู้อบแห้ง คือ แผ่นโพลีคาร์บอเนต ซึ่งภายในตู้อบแห้งจะมีตะแกรงสำหรับใส่วัตถุดิบที่จะอบแห้งผลิตจากสแตนเลสเกรด 304 จำนวน 3 ชั้น 6 ตะแกรง สามารถบรรจุพริกได้สูงสุด 2 กิโลกรัม โดยมีระยะห่างระหว่างชั้นตะแกรงแต่ละชั้นเท่ากับ 15.1 เซนติเมตร สำหรับระบบการทำความร้อนของตู้อบแห้งพริกแบบพัมป์เก็บได้จะทำงานด้วยระบบไฟฟ้าจากฮีตเตอร์ขนาด 1,000 วัตต์ สามารถตั้งอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 – 100 องศาเซลเซียส และมีพัดลมระบายอากาศออกจากตู้อบแห้งที่ทำงานด้วยระบบพลังงานแสงอาทิตย์จากโซลาร์เซลล์ที่มีขนาดความจุ 30 วัตต์ โดยมีกลองควบคุมการทำงานของตู้อบแห้งพริกแบบพัมป์เก็บได้ที่สามารถทำการปรับระดับอุณหภูมิและความเร็วลมของพัดลมระบายอากาศได้ ซึ่งมีรายละเอียดลักษณะและส่วนประกอบของตู้อบแบบพัมป์เก็บได้ เป็นดังแสดงในรูปที่ 3.1

ซึ่งส่วนประกอบตู้อบแห้งพริกแบบพัมป์เก็บได้ มีส่วนประกอบสำคัญ 15 รายการ ได้แก่ แผงโซลาร์เซลล์, ขาพัมป์แผ่นโซลาร์เซลล์, หลังกาตู้อบแห้งพริกแบบพัมป์เก็บได้, โครงหลังคา, พัดลมระบายอากาศ, ประตูเปิด – ปิด ตู้อบแห้งพริกแบบพัมป์เก็บได้, ผนังตู้อบแห้ง, ตะแกรงใส่วัตถุดิบ, ฮีตเตอร์ทำความร้อน, บานพัมป์ตู้อบแห้งพริกแบบพัมป์เก็บได้, ท่อเดินสายไฟ, กลองควบคุมระบบไฟฟ้า, ล้อ, support frame และตะแกรงใส่วัตถุดิบ เป็นต้น



รูปที่ 3.1 แบบร่างตู้อบพริกแห้งพริกแบบพับเก็บได้

ส่วนประกอบตู้อบพริกแบบพับเก็บได้ ประกอบด้วยส่วนประกอบดังนี้

หมายเลข 1 แผงโซลาร์เซลล์

หมายเลข 2 ขาพับแผ่นโซลาร์เซลล์

หมายเลข 3 หลังคาตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

หมายเลข 4 โครงหลังคา

หมายเลข 5 พัดลมระบายอากาศ

หมายเลข 6 ประตูเปิด – ปิด ตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

หมายเลข 7 ผนังตู้อบแห้ง

หมายเลข 8 ตะแกรงใส่วัตถุดิบ

หมายเลข 9 ฮีทเตอร์ทำความร้อน

หมายเลข 10 บานพับตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

หมายเลข 11 ท่อเดินสายไฟ

หมายเลข 12 กล่องควบคุมระบบไฟฟ้า

หมายเลข 13 ล้อ

หมายเลข 14 support frame

หมายเลข 15 ตะแกรงใส่วัตถุดิบ

เมื่อทำการออกแบบตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ต้นแบบเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงดำเนินการสร้างตู้อบแห้งตามแบบร่างและทำการปรับปรุงแก้ไขตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ต้นแบบจนกระทั่งสามารถใช้งานได้จริง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.2 และ 3.3



รูปที่ 3.2 ตู้อบพริกแห้งพริกแบบพับเก็บได้ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมา



รูปที่ 3.3 ตู้อบพริกแห้งพริกแบบพับเก็บได้ขณะทำการพับเก็บ

3.2 การทดสอบสมรรถนะตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

การทดสอบสมรรถนะตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ จะทำการทดสอบโดยใช้พริกจินดาสดสีแดงที่เด็ดหัวออก โดยการทดสอบสมรรถนะของตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ที่พัฒนาขึ้นมาจะทำการเก็บข้อมูลการใช้งาน ได้แก่ ระยะเวลาการอบแห้ง, อุณหภูมิการอบแห้ง, น้ำหนัก, อัตราการอบแห้ง, ปริมาณความชื้น และคุณภาพสีของพริก โดยพื้นที่ทำการทดสอบ ณ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ซึ่งมีรายละเอียดของการทดสอบแต่ละหัวข้อดังนี้

3.2.1 การเปรียบเทียบการอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้กับการตากแดด

ผู้วิจัยทำการทดสอบสมรรถนะตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้โดยทำการเปรียบเทียบการอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้กับการตากแดด โดยเริ่มต้นจากการเตรียมพริกจินดาที่เด็ดหัวก้านออกปริมาณ 2 กิโลกรัม/การทดลอง/วิธีการ โดยทำการอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้เทียบกับการตากแดดในช่วงเวลาเดียวกัน โดยทำการทดสอบในพื้นที่โล่งแจ้ง โดยเริ่มทำการทดสอบ ณ เวลา 10.00น.- 15.00น.

สำหรับการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้นั้น ผู้วิจัยจะทำการนำพริกปริมาณ 2 กิโลกรัม บรรจุใส่ในตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นมา แล้วตั้งอุณหภูมิภายในตู้อบเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส โดยมีความเร็วลมเข้าเท่ากับ 1 m/s และควบคุมความชื้นภายในตู้อบไม่เกิน 60% RH (หากเกิดกรณีที่ความชื้นภายในตู้อบแห้งเกิน 60% RH จะทำการระบายลมออกที่ความเร็วลมออกเท่ากับ 0.43 m/s เป็นเวลา 10 นาที) สำหรับการอบแห้งพริกด้วยวิธีการตากแดด จะนำพริกปริมาณ 2 กิโลกรัม มาวางบนตะแกรงโปร่ง จากนั้นผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ น้ำหนักของพริก, อุณหภูมิภายในตู้อบแต่ละชั้น, อุณหภูมิภายนอกตู้อบแห้ง, น้ำหนักของพริกที่หายไป ทำการเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำ



รูปที่ 3.4 การทดสอบอบแห้งพริกด้วยวิธีตากแดด



รูปที่ 3.5 การทดสอบอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้



รูปที่ 3.6 แสดงการทดสอบการอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้กับการตากแดด
ณ ช่วงเวลาเดียวกัน

3.2.2 การศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

ผู้วิจัยทำการทดสอบสมรรถนะตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้โดยทำการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้เพื่อพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งพริก เพื่อให้ได้พริกแห้งที่ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์พริกแห้งมีความชื้นไม่เกิน 13.5 % ตามมาตรฐานสินค้าการเกษตร มกษ.3001-2553 โดยเริ่มต้นจากการเตรียมพริกจินดาที่เด็ดขั้วก้าน

ออกปริมาณ 2 กิโลกรัม/การทดลอง โดยทำการอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ โดยทำการทดสอบในพื้นที่โล่งแจ้ง โดยเริ่มทำการทดสอบ ณ เวลา 10.00น. และทำการเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง จนกระทั่งพริกที่ผ่านการอบแห้งมีความชื้นไม่เกิน 13.5 %

ผู้วิจัยจะทำการนำพริกปริมาณ 1.2 กิโลกรัม บรรจุใส่ในตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นมาแล้ว ตั้งอุณหภูมิภายในตู้อบเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส โดยมีความเร็วลมเข้าเท่ากับ 1 m/s และควบคุมความชื้นภายในตู้อบไม่เกิน 60% RH (หากเกิดกรณีที่ความชื้นภายในตู้อบแห้งเกิน 60% RH จะทำการระบายลมออกที่ความเร็วลมออกเท่ากับ 0.43 m/s เป็นเวลา 10 นาที) จากนั้นผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ ระยะเวลาการอบแห้ง, อุณหภูมิภายในตู้อบแต่ละชั้น , อุณหภูมิภายนอกตู้อบแห้ง, น้ำหนักของพริกหลังอบแห้ง, เปอร์เซ็นต์ความชื้นของพริก โดยทำการเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง จนกระทั่งพริกที่ผ่านการอบแห้งมีความชื้นไม่เกิน 13.5 % โดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำ



รูปที่ 3.7 การทดสอบเพื่อการศึกษาระยะเวลาใช้ในการอบพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้



รูปที่ 3.8 ลักษณะของพริกจินดาที่ผ่านการอบด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

3.2.3 การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ โดยวิธีการออกแบบการทดลองแบบ 2^k Full factorial design โดยกำหนดปัจจัย 2 ปัจจัย คือ (1) ชนิดการเตรียมพริกก่อนอบที่ 3 ระดับ ได้แก่ A (พริกปกติ), B (พริกลวก), C (พริกแช่สารเคมี) และ (2) อุณหภูมิในการอบที่ 3 ระดับ ได้แก่ 60, 65, 75 องศาเซลเซียส โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยผู้วิจัยจะทำการนำพริกที่ชนิดการเตรียมก่อนอบแบบต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ปริมาณ 2 กิโลกรัม บรรจุใส่ในตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นมา แล้วตั้งอุณหภูมิภายในตู้อบที่ระดับต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ โดยมีความเร็วลมเข้าเท่ากับ 1 m/s และควบคุมความชื้นภายในตู้อบไม่เกิน 60% RH (หากเกิดกรณีที่ความชื้นภายในตู้อบแห้งเกิน 60% RH จะทำการระบายลมออกที่ความเร็วลมออกเท่ากับ 0.43 m/s เป็นเวลา 10 นาที) โดยทำการทดสอบที่เวลา 10.00น.-15.00น. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิภายในตู้อบ, อุณหภูมิภายนอกตู้อบแห้ง, น้ำหนักของพริกหลังอบแห้ง, เปอร์เซ็นต์ความชื้นของพริก, อัตราเร็วของการอบแห้ง และค่าสีของพริกหลังอบ โดยทำการเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำ แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab 17

การเตรียมตัวอย่างพริกก่อนอบ วัตถุดิบที่ใช้คือ พริกจินดา ที่นำมาจากวิสาหกิจชุมชนผักวิสาหกิจชุมชนบ้านศรีทอง(ผักปลอดภัย) ต.ปากช่อง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ จากนั้นนำพริกจินดาแดงมาคัดคุณภาพ โดยเลือกพริกสดที่มีสีแดงจัดทั้งผล ไม่มีแผลรอยแมลงกัดแทะ และพริกไม่เน่าเสีย แล้วทำการเด็ดขั้วก้านพริกออก ล้างน้ำประปาที่อุณหภูมิห้องให้สะอาด 2 ครั้ง และผึ่งให้สะเด็ดน้ำ



รูปที่ 3.9 พริกสดก่อนการคัดแยก



รูปที่ 3.10

จากนั้นผู้วิจัยทำการแบ่งชนิดการเตรียมพริกก่อนอบออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ A (พริกจินดาปกติ), B (พริกจินดาลวก), C (พริกจินดาแช่สารเคมี) ซึ่งมีรายละเอียดในการเตรียมตัวอย่างพริกแต่ละชนิดดังต่อไปนี้

1) การเตรียมพริกจินดาปกติ (A)

เตรียมโดยการนำพริกมาบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (PE) แล้วเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 7-10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 วัน จากนั้นคัดเลือกพริกสดที่มีสีแดงจัดทั้งผล ไม่มีแผลและไม่เน่า แล้วทำการเด็ดขั้วก้านพริกออก ล้างน้ำประปาที่อุณหภูมิห้อง และผึ่งให้สะเด็ดน้ำ



รูปที่ 3.11 ลักษณะของชนิดการเตรียมพริกก่อนอบแบบพริกจินดาปกติ (A)

2) การเตรียมพริกจินดาลวก (B)

เตรียมโดยการนำพริกจินดาแบบแบบพริกจินดาปกติมาทำการลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที เพื่อเป็นการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase) โดยใช้อัตราส่วนพริก 500 กรัม / ต่อน้ำ 2 ลิตร ทำให้พริกเย็นลงทันทีที่อุณหภูมิห้อง และนำพริกผึ่งให้สะเด็ดน้ำก่อนนำไปทำการทดลอง



รูปที่ 3.12 พริกสดก่อนทำการลวก



รูปที่ 3.13 พริกจินดาลวก

3) การเตรียมพริกจินดาแช่สารเคมี (C)

เตรียมโดยการนำพริกจินดาแบบแบบพริกจินดาปกติมาทำการแช่ในสารละลาย โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 (w/w) ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/w) ทำการแช่สารเคมีที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้อัตราส่วนระหว่าง 500 กรัม ต่อสารละลาย 2 ลิตร โดยวิธีการเตรียมสารละลายเป็นดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงการเตรียมสารละลายสำหรับแช่พริกจินดา

การเตรียมสารละลาย	สารละลายปริมาณ 1,000 g		นำสารละลายทั้ง 2 มาผสมกันที่ อุณหภูมิห้อง
	สารเคมี (g)	น้ำเปล่า (g)	
สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 w/w	3	997	
สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความ เข้มข้นร้อยละ 1 w/w	10	990	



รูปที่ 3.14 การเตรียมสารละลาย



รูปที่ 3.15 การแช่สารเคมี

3.3 การประเมินความพึงพอใจผู้ตอบแบบสอบถาม

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อคู่มือแบบฝึกหัดได้ต้นแบบ ซึ่งแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องต้นแบบจะประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านออกแบบและสร้างคู่มือแบบฝึกหัดได้ 2) ด้านประสิทธิภาพคู่มือแบบฝึกหัดได้ และ 3) ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ทำการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องจะทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive selection) คือสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านศรีทอง(ผักปลอดภัย) ต. ปากช่อง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ จำนวน 50 ราย โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ ซึ่งเป็นคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามแบบของลิเคิร์ต (Likert Scale) ซึ่งแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องจะประกอบด้วย

แบบประเมินความพึงพอใจมีโครงสร้าง (Structured Or Standardized) รูปแบบข้อคำถามแบบผสม โดยข้อคำถามประกอบด้วยจำแนกได้ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมินความพึงพอใจ

ตอนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อคู่มือแบบฝึกหัดได้

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

โดยในตอนที่ 2 ของแบบประเมินจะกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจแบบประมาณค่าตามแบบของลิเคิร์ต (Likert Scale) เป็นการวัดความพึงพอใจของผู้ตอบแบบประเมินความพึงพอใจ ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนความพึงพอใจของผู้ให้ข้อมูลนั้นจะมีระดับคะแนนของความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อคู่มือแบบฝึกหัดได้ในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

ระดับคะแนน 5 ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

ระดับคะแนน 4 ระดับความพึงพอใจมาก

ระดับคะแนน 3 ระดับความพึงพอใจปานกลาง

ระดับคะแนน 2 ระดับความพึงพอใจน้อย

ระดับคะแนน 1 ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

สำหรับเกณฑ์การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อคู่มือแบบฝึกหัดได้ต้นแบบ ด้วยลิเคิร์ตสเกลดังนี้

4.51-5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

3.51-4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

2.51-3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

1.51-2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

1.00-1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อคู่มือแห่งแบบพับเก็บได้ต้นแบบ โดยผู้วิจัยทำการอธิบายรายละเอียดของคู่มือแห่งแบบพับเก็บได้และวิธีการใช้อย่างละเอียด ก่อนที่จะให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานจริง จากนั้นจึงนำแบบประเมินความพึงพอใจให้แก่กลุ่มตัวอย่างในการให้ข้อมูล ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมแบบประเมินความพึงพอใจเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.4 วิเคราะห์ผล สรุป และจัดทำเอกสารรายงานการวิจัย

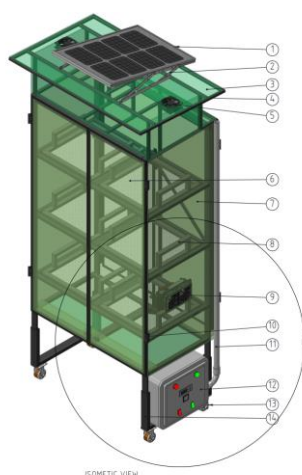
ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำผลที่ได้จากการทดสอบทดสอบสมรรถนะของคู่มือแห่งพริกแบบพับเก็บได้ และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อคู่มือแห่งพริกแบบพับเก็บได้ต้นแบบมาทำการวิเคราะห์ เพื่อสรุปผลว่านวัตกรรมต้นแบบจากงานวิจัยสามารถนำไปใช้ได้จริงหรือไม่ สามารถช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งพริก และเป็นแนวทางในการช่วยลดต้นทุนของเสียโดยการนำมาพริกสดที่ขายไม่ได้ราคามาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าให้เป็นผลิตภัณฑ์พริกแห้งให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยบ้านศรีทองได้หรือไม่

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ต้นแบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป แล้วดำเนินการสร้างตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยอาศัยหลักการทำให้โครงสร้างของตู้อบแห้งสามารถพับเก็บได้ เพื่อให้สามารถใช้พื้นที่น้อยในการอบแห้งและประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บตู้อบแห้ง ซึ่งโครงสร้างของตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 39.7x 71.5x 174.5 เซนติเมตร โดยวัสดุที่ใช้ในการทำกรอบตู้อบแห้ง คือ แผ่นโพลีคาร์บอเนต ซึ่งภายในตู้อบแห้งจะมี ตะแกรงสำหรับใส่วัตถุดิบที่จะอบแห้งผลิตจากสแตนเลสเกรด 304 จำนวน 3 ชั้น 6 ตะแกรง สามารถบรรจุพริกได้สูงสุด 2 กิโลกรัม โดยมีระยะห่างระหว่างชั้นตะแกรงแต่ละชั้นเท่ากับ 15.1 เซนติเมตร สำหรับระบบการทำความร้อนของตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้จะทำงานด้วยระบบ ไฟฟ้าจากฮีตเตอร์ขนาด 1,000 วัตต์ สามารถตั้งอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 – 100 องศาเซลเซียส และมีพัดลมระบายอากาศออกจากตู้อบแห้งที่ทำงานด้วยระบบพลังงานแสงอาทิตย์จากโซลาร์เซลล์ที่มีขนาด ความจุ 30 วัตต์ โดยมีกลไกควบคุมการทำงานของตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ที่สามารถทำการ ปรับระดับอุณหภูมิและความเร็วลมของพัดลมระบายอากาศได้ ซึ่งลักษณะของตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมา เป็นดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ลักษณะของตู้อบพริกแห้งพริกแบบพับเก็บได้ต้นแบบ



รูปที่ 4.2 ตู้อบพริกแห้งแบบพับเก็บได้ขณะทำการพับเก็บ

4.2 ผลการเปรียบเทียบการอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้กับการตากแดด

จากการที่ผู้วิจัยทำการทดสอบสมรรถนะตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้โดยทำการเปรียบเทียบการอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้กับการตากแดด โดยทำการอบแห้งพริกจินดาปริมาณ 2 กิโลกรัม ด้วยวิธีการใช้ตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้เทียบกับวิธีการตากแดดในช่วงวันและเวลาเดียวกัน โดยทำการทดสอบในพื้นที่โล่งแจ้ง โดยเริ่มทำการทดสอบ ณ เวลา 10.00น.-15.00น. โดยตั้งอุณหภูมิตู้อบแห้งไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส แล้วทำการเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบ 3 ชั่วโมง แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบที่ได้เป็นดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งกับการตากแดด

เวลา	พริกนอก ตู้อบ (g)	พริกใน ตู้อบ (g)	อุณหภูมิ ภายนอก ตู้อบ (°C)	อุณหภูมิภายในตู้อบแต่ละ ตำแหน่ง (°C)			ค่าเฉลี่ย อุณหภูมิ ภายในตู้อบ (°C)	น้ำหนักพริก นอกตู้อบ หายไป (%)	น้ำหนักพริก ในตู้อบ หายไป (%)
				ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3			
10.00น.	2,000.00	2,000.00	35.1	68.0	69.4	70.4	69.3	-	-
11.00น.	1,995.70	1,993.60	38.3	68.6	69.0	70.6	69.4	0.27%	0.32%
12.00น.	1,838.70	1,817.83	40.4	68.5	69.6	71.1	69.7	10.63%	9.11%
13.00น.	1,757.30	1,700.53	43.9	69.2	70.0	70.9	70.0	14.27%	14.97%
14.00น.	1,634.07	1,436.30	44.4	69.3	70.4	71.0	70.2	22.26%	28.19%
15.00น.	1,538.30	1,287.60	44.6	69.5	70.7	71.0	70.4	28.49%	35.62%



รูปที่ 4.3 ลักษณะของพริกจินดาที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยวิธีใช้ตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้



รูปที่ 4.4 ลักษณะของพริกจินดาที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยวิธีการตากแดด

จากตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบการอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งกับการตากแดด ณ เวลาเดียวกัน จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายนอกตู้อบไม่ส่งผลการอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง เนื่องจากผู้วิจัยได้ตั้งอุณหภูมิตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งที่วัดค่าได้ในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้เนื่องจากตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้มีเทอร์โมสตัทเพื่อช่วยในการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ ดังนั้นจึง

สามารถใช้งานตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ในที่ร่ม โดยไม่จำเป็นต้องนำไปตากแดด และสามารถใช้งานได้ทุกฤดูกาลเนื่องจากการทำความร้อนด้วยระบบไฟฟ้า

ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์น้ำหนักพริกที่หายไปเมื่อผ่านการทำให้แห้งด้วยวิธีการตากแดด ในช่วงเวลาที่ 1-5 มีค่าเท่ากับ 0.27% , 10.63% , 14.27% , 22.26% และ 28.49% ตามลำดับ และผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์น้ำหนักพริกที่หายไปเมื่อผ่านการทำให้แห้งด้วยวิธีการใช้ตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ ในช่วงเวลาที่ 1-5 มีค่าเท่ากับ 5.59% , 13.81% , 19.47% , 28.84% , 36.36% ตามลำดับ

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักพริกที่หายไปเมื่อผ่านการทำให้แห้งด้วยวิธีการตากแดดมีค่าน้อยกว่าวิธีการใช้ตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ แสดงว่าการใช้งานตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้สามารถช่วยลดระยะเวลาในการทำให้พริกแห้งได้

4.3 ผลการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

จากการที่ผู้วิจัยทำการทดสอบสมรรถนะตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้โดยทำการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ ผู้วิจัยได้ทดลองอบแห้งพริกจินดา ปริมาณ 1.2 กิโลกรัม โดยใช้ตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ ซึ่งเริ่มทำการทดสอบ ณ เวลา 10.00น. โดยตั้งอุณหภูมิตู้อบแห้งไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส แล้วทำการเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง จนกระทั่งพริกที่ผ่านการอบแห้งมีความชื้นไม่เกิน 13.5 % โดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบเป็นดังแสดงในตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.3 ลักษณะของพริกที่อบด้วยตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้เป็นเวลา 11 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

เวลา	อุณหภูมิ ภายนอก (°C)	อุณหภูมิภายในตู้แต่ละตำแหน่ง (°C)				น้ำหนักพริก หลังอบ (g)	ความชื้น (%)
		ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	เฉลี่ย		
11.00 น.	35.03	68.0	68.7	70.4	69.03	1,096.75	40.99
12.00 น.	38.33	67.6	69.0	70.6	69.04	993.25	41.13
13.00 น.	40.43	67.8	69.6	71.1	69.49	952.35	36.22
14.00 น.	43.87	68.6	70.0	71.2	69.93	867.60	33.97
15.00 น.	43.77	69.5	70.4	71.6	70.50	791.40	30.95
16.00 น.	42.47	69.3	70.7	71.8	70.59	753.63	28.26
17.00 น.	41.90	69.2	70.4	71.5	70.34	709.40	26.44
18.00 น.	38.83	68.8	70.0	70.9	69.91	639.33	20.92
19.00 น.	38.00	68.9	69.7	70.7	69.79	570.70	16.82
20.00 น.	36.80	68.3	69.3	70.3	69.32	525.33	14.36
21.00 น.	36.97	68.4	69.7	70.2	69.44	478.30	12.34

จากตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ พบว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ จนกระทั่งพริกมีความชื้นไม่เกิน 13.5% ตามมาตรฐานสินค้าการเกษตร มกษ.3001-2553 จะใช้เวลาในการอบแห้งทั้งสิ้น 11 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูล ณ เวลา 10.00 – 21.00 น. ทุกๆ ชั่วโมง โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้มีค่าใกล้เคียงกับ 70 องศาเซลเซียสในทุกช่วงเวลา

ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยน้ำหนักของพริกจินดาหลังอบในทุกๆ ชั่วโมง จะมีน้ำหนักลดลงไปเรื่อยๆ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักพริกหลังอบตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 – 11 เท่ากับ 1,096.75, 993.25, 952.35, 867.60, 791.40, 753.63, 709.40, 639.33, 570.70, 525.33 และ 478.30 กรัม ตามลำดับ

ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้นของพริกจินดาหลังอบในทุกๆ ชั่วโมง จะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงไปเรื่อยๆ โดยมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้นหลังอบตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 – 11 เท่ากับ 40.99%, 41.13%, 36.22%, 33.97%, 30.95%, 28.26%, 26.44%, 20.92%, 16.82%, 14.36% และ 12.34% ตามลำดับ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมา โดยตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งเท่ากับ 11 ชั่วโมง

โดยมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 12.34% ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานสินค้าการเกษตร มกษ.3001-2553 ที่กำหนดไว้ว่าผลิตภัณฑ์พริกแห้งต้องมีความชื้นไม่เกิน 13.5%

4.4 ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

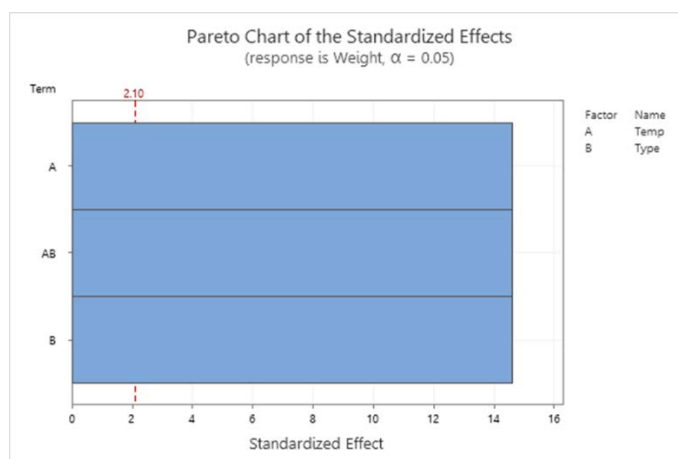
จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ โดยวิธีการออกแบบการทดลองแบบ 2^k Full factorial design โดยกำหนดปัจจัย 2 ปัจจัย คือ (1) ชนิดการเตรียมพริกก่อนอบที่ 3 ระดับ ได้แก่ พริกปกติ (A), พริกลวก (B), พริกแช่สารเคมี (C) และ (2) อุณหภูมิในการอบที่ 3 ระดับ ได้แก่ 60, 65, 75 องศาเซลเซียส ซึ่งได้การทดลองทั้งสิ้น 9 การทดลอง โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ/การทดลอง โดยผู้วิจัยจะทำการนำพริกที่ชนิดการเตรียมก่อนอบแบบต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ปริมาณ 2 กิโลกรัม บรรจุใส่ในตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นมา แล้วตั้งอุณหภูมิภายในตู้อบที่ระดับต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ โดยทำการทดสอบที่เวลา 10.00น.-15.00น. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบเป็นดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้

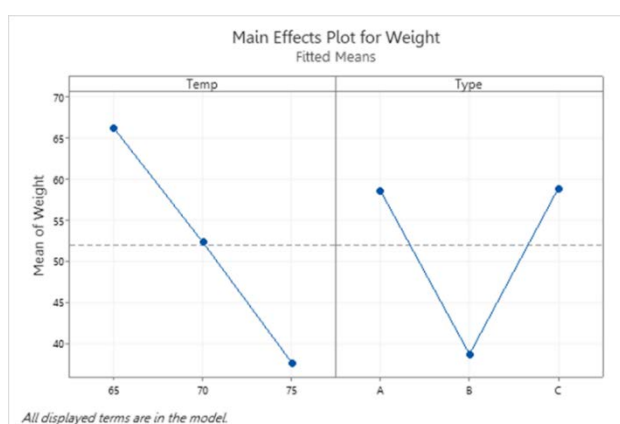
NO	Temp IN (°C)	Type	Temp OUT (°C)	Temp Diff (°C)	Weight After (g)	Moisture Before (%)	Moisture After (%)	Dring rate	Color After		
									L	a*	b*
1	65	A	32.6	32.4	1,726.67	72.64	38.77	6.77	29.95	34.05	36.93
2	65	B	35.5	29.5	815.33	62.44	14.26	9.64	32.70	35.78	33.33
3	65	C	34.1	30.9	1,553.33	71.95	39.21	6.55	30.15	35.62	35.76
4	70	A	35.4	34.6	1,260.67	74.01	31.43	8.52	29.45	32.97	32.64
5	70	B	36.4	33.6	759.67	52.84	12.56	8.06	28.70	29.30	35.35
6	70	C	36.3	33.7	1,214.67	69.14	31.49	7.53	34.09	32.33	32.73
7	75	A	34.3	40.7	768.00	71.43	22.49	9.79	29.77	33.65	34.47
8	75	B	33.9	41.1	656.00	68.94	11.40	11.51	28.70	35.68	42.05
9	75	C	34.9	40.1	944.87	74.39	26.91	9.49	34.17	37.47	34.20

เมื่อนำผลการทดสอบจากตารางที่ 4.3 ไปทำการหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ โดยใช้โปรแกรม Minitab 17 ช่วยในการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อน้ำหนักของพริกหลังอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่า P-value

≤ 0.05 โดยข้อมูลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ปัจจัยชนิดการเตรียมพริกก่อนอบ, และ อุณหภูมิตู้อบล้วนส่งผลต่อน้ำหนักของพริกหลังอบดังแสดงในรูปที่ 4.4 – 4.5

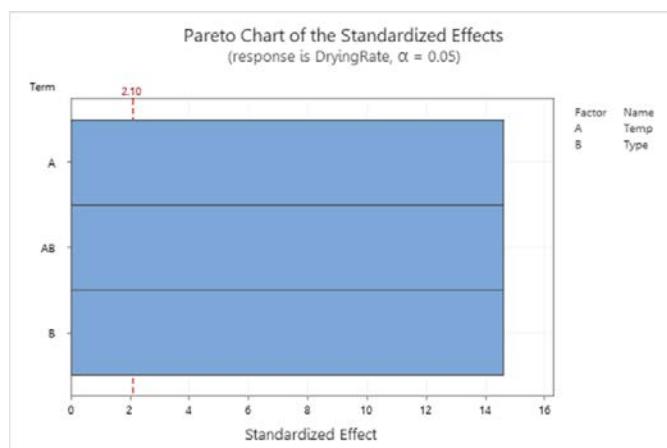


รูปที่ 4.4 กราฟ Pareto Chart ของปัจจัยที่ส่งผลต่อน้ำหนักของพริกหลังอบ

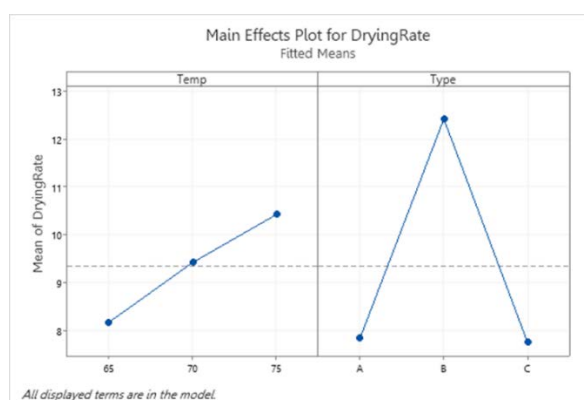


รูปที่ 4.5 กราฟ Main Effect ของปัจจัยที่ส่งผลต่อน้ำหนักของพริกหลังอบ

ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราเร็วการอบแห้ง (Drying Rate) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่า P-value ≤ 0.05 โดยข้อมูลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ปัจจัยอุณหภูมิตู้อบพริก และชนิดการเตรียมพริกก่อนอบ ล้วนส่งผลต่ออัตราเร็วการอบแห้งพริก ดังแสดงในรูปที่ 4.6 – 4.7

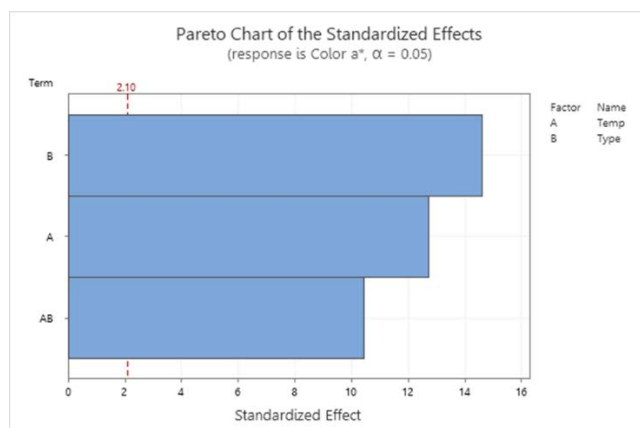


รูปที่ 4.6 กราฟ Pareto Chart ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราเร็วการอบแห้งพริก

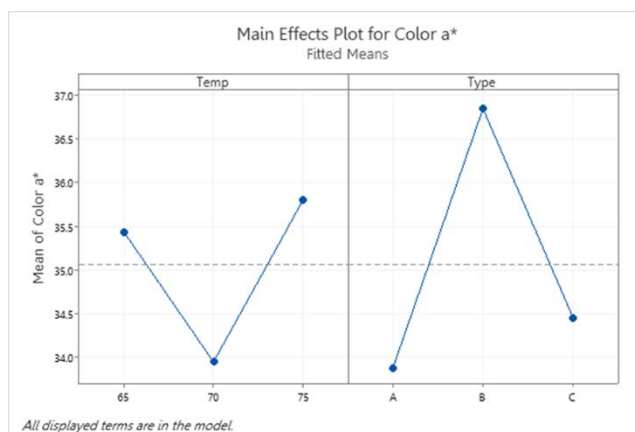


รูปที่ 4.7 กราฟ Main Effect ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราเร็วการอบแห้งพริก

เมื่อทำการพิจารณาผลการทดสอบค่าสีของพริกแห้งอบ โดยจะทำการพิจารณาเฉพาะค่าสี a^* เนื่องจากค่าสี a^* จะเป็นการบ่งบอกถึงช่วงสีของพริกจากสีเขียว ($-a^*$) จนกระทั่งถึงสีแดง ($+a^*$) แสดงว่าพริกที่มีค่าสี a^* เป็นมีค่าเป็นบวกมาก จะแสดงว่าพริกแห้งอบมีสีแดงมากตามไปด้วย ซึ่งเป็นสีที่บ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์พริกแห้งได้ จากผลการทดสอบ ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าสีของพริกจินดาแห้งอบ (Color a^*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่า P-value ≤ 0.05 โดยข้อมูลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ปัจจัยชนิดการเตรียมพริกก่อนอบ และ อุณหภูมิตู้อบพริก ล้วนส่งผลต่อค่าสีของพริกจินดาแห้งอบ (Color a^*) ดังแสดงในรูปที่ 4.8 – 4.9



รูปที่ 4.8 กราฟ Pareto Chart ของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าสีของพริกจินดาหลังอบ (Color a*)



รูปที่ 4.9 กราฟ Main Effect ของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าสีของพริกจินดาหลังอบ (Color a*)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ คือ อุณหภูมิตู้อบพริก และชนิดการเตรียมพริกก่อนอบ ซึ่งข้อมูลแต่ละปัจจัยมีค่า P-value ≤ 0.05 แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.5 ผลการประเมินความพึงพอใจตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

จากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ต้นแบบ โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ต้นแบบ โดยให้กลุ่มตัวอย่างที่ทำการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้เป็นการสุ่มกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive selection) คือสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านศรีทอง

(ผักปลอดภัย) ต. ปากช่อง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ จำนวน 50 ราย โดยแบบประเมินความพึงพอใจ จะประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านออกแบบและสร้างตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ 2) ด้านประสิทธิภาพ ตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ และ 3) ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ซึ่งผลที่ได้จากการ ประเมินความพึงพอใจเป็นดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

ประเด็นวัดความ พึงพอใจ	หัวข้อในการสอบถาม	ผลการประเมินความ พึงพอใจ		ระดับความพึงพอใจ
		$\bar{X}$	S.D.	
ด้านการออกแบบ และสร้าง	1. ความเหมาะสมของการออกแบบตู้อบแห้ง แบบพับเก็บได้	4.42	0.75	พึงพอใจมาก
	2. ความเหมาะสมของระบบการให้ความร้อน	3.89	0.65	พึงพอใจปานกลาง
	3. ความเหมาะสมของการออกแบบระบบการ ควบคุมการทำงาน	3.92	0.71	พึงพอใจปานกลาง
	4. ความเหมาะสมของการออกแบบภาชนะที่ใช้วาง วัตถุดิบ	4.01	0.81	พึงพอใจมาก
	5. ความเหมาะสมของการออกแบบโครงสร้าง ตู้อบแห้ง	4.65	0.74	พึงพอใจมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของการออกแบบระบบรักษา ความปลอดภัย	4.52	0.68	พึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย		4.24	0.72	พึงพอใจมาก
ด้านประสิทธิภาพ	1. คุณภาพของวัตถุดิบหลังการอบ	4.67	0.66	พึงพอใจมากที่สุด
	2. เวลาที่ใช้ในการอบที่เหมาะสม	4.23	0.71	พึงพอใจมาก
	3. การทำงานของระบบการให้ความร้อน	4.25	0.54	พึงพอใจมาก
	4. ความสม่ำเสมอของอุณหภูมิ	4.57	0.63	พึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย		4.43	0.64	พึงพอใจมาก
ด้านความ สะดวกสบายใน การใช้งาน	1. ลักษณะโดยรวมของตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้	4.33	0.72	พึงพอใจมาก
	2. การเคลื่อนย้ายตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้	4.68	0.81	พึงพอใจมากที่สุด
	3. ความสะดวกในการซ่อมบำรุง	4.57	0.77	พึงพอใจมากที่สุด
	4. ความสะดวกในการทำความสะดวกตู้อบแห้ง แบบพับเก็บได้	4.55	0.73	พึงพอใจมากที่สุด
	5. ความปลอดภัยในการใช้งานตู้อบแห้งแบบพับ เก็บได้	4.71	0.67	พึงพอใจมากที่สุด
	6. ความสะดวกสบายในการปฏิบัติงานกับตู้อบ แห้งแบบพับเก็บได้	4.62	0.83	พึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย		4.58	0.76	พึงพอใจมากที่สุด
รวมค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ด้าน		4.41	0.70	พึงพอใจมาก

จากตารางที่ 4.4 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือแห่งพริกแบบพับเก็บได้ของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านศรีทอง(ผักปลอดภัย) พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือแห่งพริกแบบพับเก็บได้ทั้ง 3 ด้าน เป็นดังนี้

1) ด้านการออกแบบและสร้าง มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.72 ระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมาก

2) ด้านประสิทธิภาพ มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.43 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64 ระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมาก

3) ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.58 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.76 ระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยรวมความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือแห่งพริกแบบพับเก็บได้ทั้ง 3 ด้าน มีค่าเท่ากับ 4.41 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.70 ระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมาก

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยทำให้ได้นวัตกรรมตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ โดยอาศัยหลักการทำให้โครงสร้างของตู้อบแห้งสามารถพับเก็บได้ เพื่อให้สามารถใช้พื้นที่น้อยในการอบแห้งและประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บตู้อบแห้ง ซึ่งสามารถบรรจุพริกได้สูงสุด 2 กิโลกรัม ปรับตั้งอุณหภูมิได้ด้วยระบบไฟฟ้าจากฮีตเตอร์โดยสามารถปรับอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 – 100 องศาเซลเซียส และมีพัดลมระบายอากาศออกจากตู้อบแห้งที่ทำงานด้วยระบบพลังงานแสงอาทิตย์จากโซลาร์เซลล์

จากการทดสอบสมรรถนะตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้โดยทำการเปรียบเทียบการอบแห้งพริกด้วยวิธีการใช้ตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้กับวิธีการตากแดด พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักพริกที่หายไปเมื่อผ่านการทำให้แห้งด้วยวิธีการตากแดดมีค่าน้อยกว่าวิธีการใช้ตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ แสดงว่าการใช้งานตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมา สามารถช่วยลดระยะเวลาในการทำให้พริกแห้งได้

จากการทดสอบสมรรถนะตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้โดยทำการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมา โดยตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งเท่ากับ 11 ชั่วโมง โดยมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 12.34% ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานสินค้าการเกษตร มกษ.3001-2553 ที่กำหนดไว้ว่าผลิตภัณฑ์พริกแห้งต้องมีความชื้นไม่เกิน 13.5%

จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ โดยวิธีการออกแบบการทดลองแบบ 2k Full factorial design โดยกำหนดปัจจัย 2 ปัจจัย คือ (1) ชนิดการเตรียมพริกก่อนอบที่ 3 ระดับ ได้แก่ พริกปกติ (A), พริกตาก (B), พริกแช่สารเคมี (C) และ (2) อุณหภูมิในการอบที่ 3 ระดับ ได้แก่ 60, 65, 75 องศาเซลเซียส พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ คือ อุณหภูมิตู้อบพริก และชนิดการเตรียมพริกก่อนอบ ซึ่งข้อมูลแต่ละปัจจัยมีค่า P-value $\square$ 0.05 แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านศรีทอง(ผักปลอดภัย) พบว่าค่าเฉลี่ยรวมความพึงพอใจที่มีต่อตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านออกแบบและสร้างตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ 2) ด้านประสิทธิภาพตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ และ 3) ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.41 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.70 ระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมาก

5.2 อภิปรายผล

นวัตกรรมตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมาสามารถนำไปใช้งานได้จริง เพื่อให้การตากแห้งพริกมีการใช้พื้นที่น้อยและประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บตู้อบแห้ง ช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งพริก อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการลดต้นทุนของเสียโดยการนำพริกสดมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าให้พริกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยบ้านศรีทอง เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์พริกแห้งเพื่อจำหน่ายเพิ่มเติมจากการจำหน่ายเฉพาะพริกสดเพียงอย่างเดียว โดยระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้พริกแห้งด้วยวิธีการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้เมื่อปรับตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการอบแห้งเท่ากับ 11 ชั่วโมง ซึ่งดีกว่าวิธีการทำให้พริกแห้งด้วยวิธีการตากแดดที่ต้องใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 5-7 วัน ในการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์พริกแห้งที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานสินค้าการเกษตร มกษ.3001-2553 โดยมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งพริกคือ อุณหภูมิตู้อบพริก และชนิดการเตรียมพริกก่อนอบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากตู้อบพริกแบบพับเก็บได้ ยังมีส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้นจึงนำเสนอแนวทางในพัฒนาตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ ดังนี้

- 1) การทำให้โครงสร้างของตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้แข็งแรงกว่าเดิม
- 2) การเพิ่มตะแกรงสำหรับใส่วัตถุดิบที่ต้องการอบแห้งหลายๆ ชั้น เพื่อเป็นการพื้นที่ในการบรรจุวัตถุดิบ ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณวัตถุดิบในการอบแห้งได้
- 3) ทำการหุ้มฉนวนตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนของตู้อบ
- 4) ทำการตัดระบบพลังงานแสงอาทิตย์จากโซล่าเซลล์ทิ้ง เนื่องจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ของตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้จะใช้งานได้เฉพาะการทำงานของพัดลมระบายอากาศออกเท่านั้น ซึ่งเกินความจำเป็น และทำให้โครงสร้างตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้มีขนาดใหญ่เกินไป

บรรณานุกรม

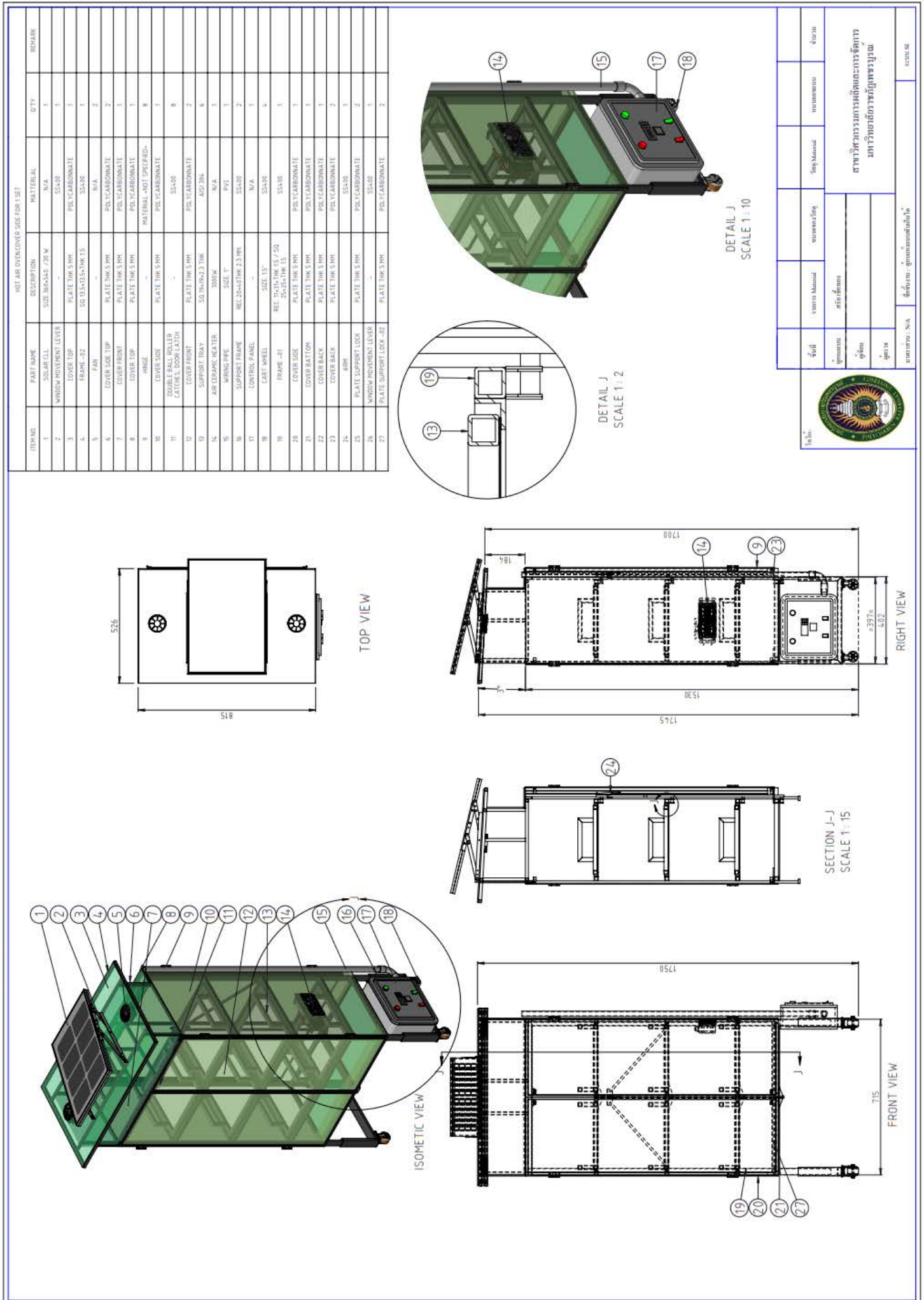
- นครชัย คำด้วง, สุมิตรา สกุตรตันกุลชัย. (2542) การอบแห้งพริกโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน.
- บุญธง วสุรีย์, จุฑาทิณี พรพุทธศรี และชานิล ม่วงพูล. (2561). ระบบควบคุมตู้อบแห้งด้วยเจลกักเก็บ ความร้อนแบบอัตโนมัติ. วารสารโครงการวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. 4(2). 66 – 73.
- พิภพ แซ่ตั้ง. (2555). เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่ใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวสะสม ความร้อนเพื่ออบพริก. ลำปาง: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.
- พจน์ ตุงกเศรษฐ์. (ม.ป.ป.). ความชื้นในอุตสาหกรรมอาหาร [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก <https://www.measuretronix.com> (วันที่สืบค้น 6 มีนาคม 2565)
- มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ.3001. (2553). มาตรฐานพริกแห้ง. [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก https://www.acfs.go.th/standard/download/dried_chili_peppers.pdf/ (วันที่สืบค้น 3 มีนาคม 2565)
- วรรณุช แจงสว่าง. (2556). ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัด. วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา. 24(1). 37-41.
- สุหดี นิเช็ง, ภาณุ มาศ สุขบางคำ, ฤทัยพงศ์ สังขวสี และสุพัตรา เฟ็งเกลี้ยง. (2562). การศึกษาผล ของขนาดช่องระบายความชื้นสำหรับการอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานผสมผสาน. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 11(1) . 158-168.
- สุพล แนวตัน. (2555). การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้วัสดุเก็บสะสมความร้อนเพื่อใช้กับ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.
- เสริมศักดิ์ เกิดวัน และคณะ การศึกษาวิจัยเพื่อผลผลิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย (2561).[ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก<http://fulltext.rmu.ac.th/fulltext/2561/M126174/Poratso%20Yanisa.pdf> (วันที่สืบค้น 10 เมษายน 2565)
- สำนักพิมพ์มติชน. (2564). พริก คู่ครัวไทย ปลูกง่าย รายได้งาม พริกจินดา. [ออนไลน์]. สืบค้นได้ จาก https://www.technologychaoban.com/featured/article_108191/ (วันที่สืบค้น 2 มีนาคม 2565)

ลำรวย ภูบาล และวลัยรัตน์ จันทรวงศ์. (2558). การอบแห้งปลาหมึกกะตอยโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนร่วม. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 11(1). 78-87.

อภิชาติ ศรีไชยรัตนา, อภิชาติ ศรีไชยรัตนา, บัญญัติ นิยมवास, ว่าที่ร.ต.อนก ไทยกุล และเสรี ทองชุม. (2563). การศึกษาสมรรถนะของตู้อบพริกโดยใช้ฮีตเตอร์อินฟราเรด. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 34. วันที่ 15 -17 กรกฎาคม พ.ศ. 2563 จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. หน้า 747 – 755.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบร่างคู่มือแห่งพริกแบบพับเก็บได้



ภาคผนวก ข

ตารางเก็บข้อมูลผลการทดสอบของตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้

ตารางที่ ข.1 ผลการเปรียบเทียบการอบแห้งพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งกับการตากแดดครั้งที่ 1

วันที่ทดสอบ	เวลา	พริกนอกตู้อบ (g)	พริกในตู้อบ (g)	อุณหภูมิภายนอกตู้อบ (°C)	อุณหภูมิภายในตู้อบแต่ละตำแหน่ง (°C)			น้ำหนักพริกนอกตู้อบหายไป (%)	น้ำหนักพริกในตู้อบหายไป (%)
					ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3		
19/4/66	10.00น.	2000	2000	34.4	69.2	70.0	70.0	-	-
	11.00น.	1996.7	1998.5	44	69.5	70.0	70.0	0.16%	0.08%
	12.00น.	1899.7	1832.1	46.8	68.3	70.0	70.0	5.02%	8.40%
	13.00น.	1826.4	1680.1	54	69.6	70.0	70.0	8.68%	16.00%
	14.00น.	1659.9	1346.2	51.7	69.5	70.0	70.0	17.01%	32.69%
	15.00น.	1545.8	1220.5	54.4	70.0	70.0	70.0	22.71%	38.98%

ตารางที่ ข.2 ผลการเปรียบเทียบการอบแห้งพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งกับการตากแดดครั้งที่ 2

วันที่ทดสอบ	เวลา	พริกนอกตู้อบ (g)	พริกในตู้อบ (g)	อุณหภูมิภายนอกตู้อบ (°C)	อุณหภูมิภายในตู้อบแต่ละตำแหน่ง (°C)			น้ำหนักพริกนอกตู้อบหายไป (%)	น้ำหนักพริกในตู้อบหายไป (%)
					ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3		
20/4/66	10.00น.	2000	2000	36.4	67.4	68.3	70.9	-	-
	11.00น.	1993.1	1989.1	36.5	67.5	68.7	71.3	0.35%	0.55%
	12.00น.	1832.1	1875.5	37.8	68.1	69.4	71.4	8.40%	6.23%
	13.00น.	1756.7	1723.1	40.5	69.4	70.4	71.6	12.17%	13.85%
	14.00น.	1622.2	1540.8	42.7	70.1	70.9	71.4	18.89%	22.96%
	15.00น.	1529.4	1420.7	41.8	69.8	70.7	71.2	23.53%	28.97%

ตารางที่ ข.3 ผลการเปรียบเทียบการอบแห้งพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งกับการตากแดดครั้งที่ 3

วันที่ทดสอบ	เวลา	พริกนอกตู้อบ (g)	พริกในตู้อบ (g)	อุณหภูมิภายนอกตู้อบ (°C)	อุณหภูมิภายในตู้อบแต่ละตำแหน่ง (°C)			น้ำหนักพริกนอกตู้อบหายไป (%)	น้ำหนักพริกในตู้อบหายไป (%)
					ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3		
21/4/66	10.00น.	2000	2000	34.4	67.4	69.9	70.2	-	-
	11.00น.	1997.3	1993.2	34.5	68.8	68.2	70.4	0.14%	0.34%
	12.00น.	1784.3	1745.9	36.7	69.1	69.3	71.8	10.79%	12.71%
	13.00น.	1688.8	1698.4	37.1	68.7	69.6	71.1	15.56%	15.08%
	14.00น.	1620.1	1421.9	38.9	68.4	70.2	71.5	19.00%	28.91%
	15.00น.	1539.7	1221.6	37.5	68.6	71.3	71.7	23.02%	38.92%

ตารางที่ ข.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ ครั้งที่ 1

วันที่ทดสอบ	เวลา	อุณหภูมิภายนอก (°C)	อุณหภูมิภายในตู้อบแต่ละตำแหน่ง (°C)				น้ำหนักพริกหลังอบ (g)	ความชื้น (%)
			ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	เฉลี่ย		
26/4/66	11.00 น.	34.4	69.2	70.0	70.0	69.73	1090.00	41.86
	12.00 น.	44	69.5	70.0	70.0	69.83	1012.50	46.61
	13.00 น.	46.8	69.3	70.0	70.0	69.77	957.70	43.72
	14.00 น.	54	69.6	70.0	70.0	69.87	871.50	33.66
	15.00 น.	51.7	70.0	70.0	70.0	70.00	807.10	29.7
	16.00 น.	48.1	69.5	70.0	70.0	69.83	758.90	25.3
	17.00 น.	44.2	69.5	70.0	70.0	69.83	713.30	22.28
	18.00 น.	40.3	69.4	70.0	70.0	69.80	619.70	17.52
	19.00 น.	38	69.2	70.0	70.0	69.73	588.00	16.5
	20.00 น.	38.3	69.2	70.0	70.0	69.73	541.70	14.31
	21.00 น.	38.6	69.1	70.0	70.0	69.70	491.80	12.97

ตารางที่ ข.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ ครั้งที่ 2

วันที่ ทดสอบ	เวลา	อุณหภูมิ ภายนอก (°C)	อุณหภูมิภายในตู้แต่ละตำแหน่ง (°C)				น้ำหนักพริก หลังอบ (g)	ความชื้น (%)
			ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	เฉลี่ย		
27/4/66	11.00 น.	36.4	67.4	68.3	70.9	68.87	1098.5	40.24
	12.00 น.	36.5	67.5	68.7	71.3	69.17	986.5	36.55
	13.00 น.	37.8	68.1	69.4	71.4	69.63	937.2	32.47
	14.00 น.	40.5	69.4	70.4	71.6	70.47	869.7	30.12
	15.00 น.	42.7	70.1	70.9	72.4	71.13	781.9	29.65
	16.00 น.	41.8	69.8	70.7	72.2	70.90	726.7	27.12
	17.00 น.	44.6	69.6	70.2	71.8	70.53	695.2	26.44
	18.00 น.	39.7	68.7	69.3	71.6	69.87	642.1	22.43
	19.00 น.	39.8	68.9	69.8	71.4	70.03	551.3	14.52
	20.00 น.	36.7	67.7	68.7	70.2	68.87	500.1	13.09
	21.00 น.	36.5	67.9	69.5	70.3	69.23	467.2	11.86

ตารางที่ ข.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบพริกจินดาด้วยตู้อบแห้งพริกแบบพับเก็บได้ ครั้งที่ 3

วันที่ ทดสอบ	เวลา	อุณหภูมิ ภายนอก (°C)	อุณหภูมิภายในตู้แต่ละตำแหน่ง (°C)				น้ำหนักพริก หลังอบ (g)	ความชื้น (%)
			ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	เฉลี่ย		
28/4/66	11.00 น.	34.3	67.4	67.9	70.2	68.50	1095.0	41.74
	12.00 น.	34.5	65.8	68.2	70.4	68.13	1000.0	40.24
	13.00 น.	36.7	66.1	69.3	71.8	69.07	967.5	39.96
	14.00 น.	37.1	66.7	69.6	72.1	69.47	865.5	37.82
	15.00 น.	36.9	68.4	70.2	72.5	70.37	800.9	32.24
	16.00 น.	37.5	68.6	71.3	73.2	71.03	775.3	29.39
	17.00 น.	36.9	68.5	70.9	72.6	70.67	723.6	26.44
	18.00 น.	36.5	68.4	70.6	71.2	70.07	656.2	22.81
	19.00 น.	36.2	68.6	69.4	70.8	69.60	572.8	19.43
	20.00 น.	35.4	68.1	69.3	70.7	69.37	534.2	15.67
	21.00 น.	35.8	68.3	69.5	70.4	69.40	475.9	12.18

ตารางที่ ข.7 ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ ครั้งที่ 1

NO	Temp IN (°C)	Type	Temp OUT (°C)	Temp Diff (°C)	Weight After (g)	Moisture Before (%)	Moisture After (%)	Dring rate	Color After		
									L	a*	b*
1	65	A	33.6	31.4	1,740.0	73.31	39.92	6.68	27.31	34.15	36.86
2	65	B	36.1	28.9	874.0	47.98	14.22	6.75	33.58	36.94	23.49
3	65	C	34	31	1,146.0	72.7	40.1	6.52	27.57	37.72	33.42
4	70	A	37.5	32.5	1,660.0	73.8	35.96	7.57	27.31	32.06	31.14
5	70	B	38.6	31.4	806.0	45.66	12.9	6.55	19.36	17.41	32.36
6	70	C	37.1	32.9	956.0	70.24	30.81	7.89	39.15	30.46	26.01
7	75	A	37.1	37.9	684.0	73.31	14.9	11.68	25.68	32.95	31.23
8	75	B	34.3	40.7	628.0	72.14	11.9	12.05	21.13	35.73	49.14
9	75	C	33.1	41.9	806.6	74.1	27.82	9.26	35.69	38.79	23.78

ตารางที่ ข.8 ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ ครั้งที่ 2

NO	Temp IN (°C)	Type	Temp OUT (°C)	Temp Diff (°C)	Weight After (g)	Moisture Before (%)	Moisture After (%)	Dring rate	Color After		
									L	a*	b*
1	65	A	33.1	31.9	1,710.0	72.12	32.83	7.86	32.23	34.86	37.06
2	65	B	34.6	30.4	684.0	65.12	14.5	10.12	30.93	33.46	38.01
3	65	C	34.8	30.2	1,772.0	70.64	42.81	5.57	31.94	34.58	36.14
4	70	A	34.5	35.5	1,054.0	75.31	23.64	10.33	30.72	33.79	35.64
5	70	B	35.1	34.9	645.0	65.1	12.26	10.57	33.51	35.09	37.32
6	70	C	35.6	34.4	1,602.0	67.63	35.79	6.37	30.96	32.08	36.18
7	75	A	32.1	42.9	914.0	70.12	25.12	9.00	32.41	35.06	36.49
8	75	B	34.3	40.7	604.0	63.45	10.8	10.53	30.05	34.57	37.86
9	75	C	35.8	39.2	1,172.0	73.87	26.11	9.55	33.14	35.83	39.03

ตารางที่ ข.9 ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการอบแห้งพริกด้วยตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ ครั้งที่ 3

NO	Temp IN (°C)	Type	Temp OUT (°C)	Temp Diff (°C)	Weight After (g)	Moisture Before (%)	Moisture After (%)	Dring rate	Color After		
									L	a*	b*
1	65	A	31.1	33.9	1,730.0	72.49	43.56	5.79	30.31	33.15	36.86
2	65	B	35.7	29.3	888.0	74.23	14.05	12.04	33.58	36.94	38.49
3	65	C	33.5	31.5	1,742.0	72.51	34.71	7.56	30.94	34.57	37.72
4	70	A	34.3	35.7	1,068.0	72.92	34.68	7.65	30.31	33.06	31.14
5	70	B	35.5	34.5	828.0	47.76	12.53	7.05	33.23	35.41	36.36
6	70	C	36.3	33.7	1,086.0	69.54	27.88	8.33	32.15	34.46	36.01
7	75	A	33.7	41.3	706.0	70.85	27.45	8.68	31.23	32.95	35.68
8	75	B	33.2	41.8	736.0	71.23	11.51	11.94	34.93	36.73	39.14
9	75	C	35.8	39.2	856.0	75.19	26.81	9.68	33.69	37.79	39.78

ภาคผนวก ค

คู่มือการใช้งานตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้

คู่มือการใช้งานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพับเก็บได้

1. เสียบปลั๊กกับตัวอาคารที่มีการต่อระบบไฟฟ้าด้วยไฟฟ้า 3 เฟส



2. ยกคัทเอาท์ขึ้น (ON) เพื่อเปิดการทำงานของระบบไฟฟ้าของตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้



3. ทำการกดสวิตช์ไฟสีแดงเพื่อเปิดการทำงาน แล้วปรับตั้งอุณหภูมิของตู้อบตามที่ผู้ใช้งานต้องการ



4. นำพริกที่ต้องการอบแห้งใส่ลงตะแกรงใส่วัตถุดิบแต่ละชั้น จากนั้นนำตะแกรงใส่เข้าตู้อบแห้งแบบพับเก็บได้ แล้วทำการปิดประตูตู้อบแห้งให้แนบสนิท



5. ในระหว่างการอบแห้งด้วยตู้อบแบบพับเก็บได้ให้ทำการควบคุมความชื้นภายในตู้อบไม่เกิน 60% RH (หากเกิดกรณีที่ความชื้นภายในตู้อบแห้งเกิน 60% RH จะทำการระบายลมออก)
6. เมื่อพริกแห้งตามต้องการแล้ว ให้นำพริกออกมาจากตู้



ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล นางสาวหทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ
Miss Hathainuch Janchaiyaphoom
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1670400078671
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก
สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000
โทรศัพท์ 056-717164 ต่อ 1608, 1609 โทรสาร 056-717164
E-mail hathainuch.jan@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา
วศ.ม. (วิศวกรรมการจัดการพลังงาน)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
พลังงาน
วัสดุวิศวกรรม
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย ผู้อำนวยการโครงการวิจัย :-
 - 7.1. หัวหน้าโครงการวิจัย :
 - การบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อยกระดับขีดความสามารถของวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตกล้วยอบไส้มะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์
เสนอขอทุนวิจัยกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทสว.) 2563
 - การพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีในกระบวนการผลิตแปรรูป และเพิ่มมูลค่าจากเศษเหลือทิ้งของมะขามสำหรับ

ผู้ประกอบการในจังหวัดเพชรบูรณ์ ขอเสนอขอทุนวิจัยพัฒนา
วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) 2566

7.2. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

- การออกแบบและพัฒนาชุดคันร้งใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรังไหมจากจ่อไม้โดยใช้วัสดุที่มีความยืดหยุ่น. นำเสนอในวารสารการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 1 เครือข่ายสถาบันวิจัยและพัฒนา ร่วมกับเครือข่ายวิชาการทางด้านคณิตศาสตร์ “งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น” ประจำปี 2557
- การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลสำหรับใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนวิชาการจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 2 ประจำปี 2558
- การออกแบบและสร้างอุปกรณ์จับยึดหมุนเพลานางานตัดด้วยแท่นตัดไฟเบอร์ นำเสนอภาคบรรยาย (Oral Presentation) การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ “ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 3” 21 พฤษภาคม 2558 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
- การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ปั๊มโลหะเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าของที่ระลึกพวงกุญแจโลหะรูปฝักมะขาม กลุ่มสตรีก้าวหน้า อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ และสำรวจความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. 2558; 8(1) : /24-33. TCI กลุ่ม 1
- การพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากเกล็ดผสมฟองน้ำยางธรรมชาติเพื่อการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้. ในการประชุมวิชาการระดับชาติและระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2559 วันที่ 29 เมษายน 2559. หน้า 352 - 360.
- การประยุกต์ใช้วิธีอานานิคมมดเพื่อจัดเส้นทางท่อเทียวในอำเภอเขาค้อ. ในการประชุมวิชาการการประชุมวิชาการเครือข่าย

วิศวกรรมไฟฟ้า (EENET) ประจำปี 2559 ระหว่างวันที่ 25-27 พฤษภาคม พ.ศ. 2559. หน้า 501 - 504.

- การพัฒนาชุดกระทึงถ่านสำหรับเตาแก๊สซีฟเออร์. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 3 วันที่ 22 กรกฎาคม 2559; มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคั่นไซในการพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ขนมทองม้วนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปบ้านกุดกุ่ม ตำบลบึงคล้า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เสนอขอทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2559
- การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ OTOP ด้วยวิศวกรรมการเคลือบผิว: กรณีศึกษาสินค้ากลุ่มตีมีดบ้านใหม่และสินค้ากลุ่มสตรีก้าวหน้า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เสนอขอทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2559
- การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม เสนอขอทุนสนับสนุนนักวิจัยรุ่นใหม่มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2560
- การออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดแมคคาเดเมียแบบชั้นรางท่อ สำหรับกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปแมคคาเดเมีย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ เสนอขอทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2562
- การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้ง ในการผลิตกล้วยอบได้มะขามเพื่อพัฒนาเป็นวัสดุชะลอการสุกของผลไม้ เสนอขอทุนวิจัยของทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกว.) 2563
- การพัฒนาบรรจุภัณฑ์แอคทีฟช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสตอเบอรี่จากวัสดุเหลือทิ้งในการแปรรูปแมคคาเดเมีย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ขอเสนอขอทุนวิจัยพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) 2565
- การพัฒนานวัตกรรมเบาะรองนั่งจากวัสดุเหลือทิ้งในการแปรรูปเสาวรส ขอเสนอขอทุนวิจัยพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) 2565