



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการรูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูป
จากถั่วแมคคาเดเมีย ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

โดย วิษณุ บัวเทศ และคณะ

ธันวาคม 2562

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการรูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูป
จากถั่วแมคคาเดเมีย ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. วิษณุ บัวเทศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
2. แดนชัย เครื่องเงิน	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
3. อิทธิพล เหลาพรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
4. สมโภชน์ วงษ์เขียด	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
5. อติเรก พันเขียว	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร แม่สอด
6. ณัฐภาณี บัวดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร แม่สอด
7. กันต์ อินทวงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
8. ดุษฎี บุญธรรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
9. ไพโรจน์ นะเที่ยง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ชุดโครงการ “การพัฒนาอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม” ปีงบประมาณ 2562

สนับสนุนโดย สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)
(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย สกสว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

รายละเอียดโครงการ

สัญญาเลขที่	RDG62T0049
ชื่อโครงการ (ไทย)	รูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก
ชื่อโครงการ (อังกฤษ)	Development of appropriate technology in the processing of macadamia nuts of Baan Sari Rat Community Enterprise, Phop Phra District, Tak Province.
หัวหน้าโครงการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษณุ บัวเทศ สังกัด โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ระยะเวลาดำเนินการ	1ปี (วันที่ 1 มกราคม 2562 ถึง วันที่ 31 ธันวาคม 2562)
งบประมาณ	1,686,776.-บาท (หนึ่งล้านหกแสนแปดหมื่นหกพันเจ็ดร้อยเจ็ดสิบบาทถ้วน)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของหน่วยงานและบุคคลเป็นจำนวนมาก หน่วยงานแรกที่ทำให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงคือ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ซึ่งได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยที่ได้ให้แนวคิดและประสบการณ์จากการร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยให้ได้แนวทางในพัฒนารูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพะ จังหวัดตาก ได้อย่างเป็นรูปธรรม

ผู้บริหารมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ และผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งภายในภายนอกที่เข้าร่วมดำเนินการวิจัย ได้แก่ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ องค์การบริหารส่วนตำบลช่องแคบ เกษตรตำบลช่องแคบ อำเภอบพพะ จังหวัดตาก วิสาหกิจแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย ตำบลแสงภา อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปแมคคาเดเมีย เขาค้อ ตำบลเข็กน้อย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่เข้าร่วมโครงการในครั้งนี้ ซึ่งเป็นส่วนช่วยให้โครงการวิจัยนี้สามารถดำเนินการวิจัยได้บรรลุผลดีตามแผนอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นประโยชน์สูงสุด

คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงในความกรุณาของทุกท่านที่ได้กล่าวถึง รวมทั้งผู้ใกล้ชิดและผู้ที่ได้มีส่วนสนับสนุนที่มีอาจกล่าวนามได้ทั้งหมด คุณค่าและประโยชน์ที่พึงมีจากการวิจัยในครั้งนี้ขอมอบเป็นกตเวทิตาคุณแด่บูรพาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้วิจัย
ธันวาคม 2562

บทสรุปผู้บริหาร

โครงการวิจัยเรื่อง รูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก โดยมีวิธีดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย การศึกษาศักยภาพในการแปรรูปถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ โดยการประชุมเชิงปฏิบัติการ การศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ จำนวน 2 แห่ง ได้แก่ 1) วิสาหกิจแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย ตำบลแสงภา อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย และ 2) วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปแมคคาเดเมีย เขาค้อ หรือศูนย์เรียนรู้การแปรรูปแมคคาเดเมียเข็กน้อย ตำบลเข็กน้อย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยการสัมภาษณ์ การพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และ 2) เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน และการประเมินผลการใช้เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ ในด้านความเหมาะสม และด้านความเป็นประโยชน์โดยการประชุมเชิงปฏิบัติการ

สรุปผลการวิจัย

1. ศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ ประกอบด้วย 4 ด้าน ดังนี้

1.1 ด้านกระบวนการผลิต สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตเฉลี่ย 50 ตันต่อปี และส่งสินค้าทั้งหมดให้แก่บริษัท พี เอส เอ็น อินเตอร์ฟู้ด จำกัด

1.2 ด้านเงินทุน มีการนำเงินมาลงทุนจาก 3 แหล่งทุน คือ 1) เงินทุนตนเอง 2) เงินทุนที่กู้ยืมจากแหล่งเงินกู้ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส) และ 3) เงินทุนที่ได้มาจากการระดมทุนจากสมาชิก

1.3 ด้านแรงงาน แรงงานส่วนใหญ่เป็นคนต่างชาติด เป็นแรงงานที่มีความรู้ต่ำ ขาดทักษะและประสบการณ์ในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

1.4 ด้านการมีส่วนร่วมของสมาชิก สมาชิกแต่ละคนมีหน้าที่ร่วมกันรับผิดชอบในแต่ละส่วนงานที่ได้รับมอบหมายงาน มีการประชุมปรึกษาร่วมกันคิด ร่วมกันตัดสินใจ และลงมือในการทำงาน

2. แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ จำนวน 2 หน่วยงาน มีดังนี้

วิสาหกิจแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย และวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปแมคคาเดเมีย เขาค้อ มีจุดเด่นในการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับแมคคาเดเมีย เช่น น้ำมันจากแมคคาเดเมีย ช็อกโกแลตชุบแมคคาเดเมีย นม เนยถั่ว เครื่องสำอาง น้ำมันบำรุงผิว ถ่านกัมมันต์ สบู่ ตู๊กตาถ่านกัมมันต์ และการออกแบบบรรจุภัณฑ์โดยการนำเอาลายผ้าของชาวม้งมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นอัตลักษณ์ของชุมชนชาวม้ง

เป็นที่สนใจของผู้ซื้อทำให้สามารถเพิ่มยอดขายได้ ซึ่งจากผลการศึกษาดังกล่าว สามารถนำเอาจุดเด่นของทั้ง 2 หน่วยงาน มาส่งเสริมเพื่อให้ความรู้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์แมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ และการออกแบบเพื่อสร้างเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ โดยเน้นเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับแมคคาเดเมีย

3. การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก มีผลดังนี้

3.1 การพัฒนาเทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม พบว่า ความชื้นของผลิตภัณฑ์แมคคาเดเมียหลังจากอบแห้งเป็นระยะเวลา 6 วัน มีความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 2.87 โดยเริ่มต้นในการอบผลิตภัณฑ์มีความชื้นเฉลี่ยที่ 25.09 แล้วลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 1-2 จากนั้นจะเริ่มลดลงเพียงเล็กน้อย จนถึงปริมาณความชื้นที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 3 และสามารถเพิ่มปริมาณการอบได้เพิ่มขึ้น 1,000 กิโลกรัม ลดค่าแรงจากวันละ 1,500 บาท เหลือวันละ 900 บาท และลดค่าแก๊สได้ครั้งละ 2,400 บาท ต่อการอบ 1 ครั้ง

3.2 การพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน พบว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแมคคาเดเมียอบอินฟราเรด คือพลังงานอินฟราเรด 4129 วัตต์ ใช้เวลาในการอบ 3.87 นาที เพราะสามารถลดปริมาณกรดไขมันอิสระร้อยละ 0.508 (เทียบกับกรดโอเลอิก), ความชื้นร้อยละ 2.041, ค่า a_w 0.532 มีค่าความสว่าง (L^*) 67.062 และค่าสีเหลือง 19.142 และสามารถลดเวลาและเพิ่มปริมาณการในการอบเนื้อดิบจากเดิมใช้เวลาอบต่อหนึ่งครั้ง 15 ชั่วโมง อบได้ 80 กิโลกรัม หลังจากใช้เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพานลดเวลาในการอบต่อหนึ่งครั้งเหลือ 8 ชั่วโมง อบได้ 112 กิโลกรัม ลดค่าแรงจากวันละ 2,100 บาท เหลือวันละ 300 บาท และลดค่าแก๊สได้ครั้งละ 1,200 บาท ต่อการอบ 1 ครั้ง

3.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

3.3.1 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) พบว่า ค่าอัตราการคืนผลเฉลี่ย (ARR) ของการอบแห้งแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) (ตัวใหม่) มีค่าเท่ากับ 16.12 % และการอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ (ตัวเดิม) มีค่าเท่ากับ 16.43 % การอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) จะสามารถคืนทุน (PBP) ได้ภายในการอบแห้งจำนวน 9 ครั้ง ส่วนการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จะคืนทุนภายในการอบแห้ง 7 ครั้ง และค่า BCR ของการอบแห้งแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) มีค่าเท่ากับ 1.52 ดีกว่าการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่มีค่าเท่ากับ 0.10

3.3.2 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน พบว่า ค่าอัตราการคืนผลเฉลี่ย (ARR) ของการอบแห้งด้วยระบบอินฟราเรด (ตัวใหม่) มีค่าเท่ากับ 20.86 % และการอบแห้งด้วยระบบแก๊ส (ตัวเดิม) มีค่าเท่ากับ 53.33 % การอบแห้งด้วยระบบอินฟราเรดจะสามารถคืนทุน (PBP) ได้ภายในการอบแห้งจำนวน 3 ครั้ง ส่วนการอบแห้งด้วยระบบแก๊สจะคืนทุนภายในการอบแห้ง 1 ครั้ง และค่า BCR ของการอบแห้งด้วยระบบอินฟราเรด มีค่าเท่ากับ 1.16 ดีกว่าการอบแห้งด้วยระบบแก๊สที่มีค่าเท่ากับ 0.90

4. การประเมินการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบรบือ จังหวัดตาก ประกอบด้วย

4.1 ด้านความเหมาะสม สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ มีความคิดเห็นว่า โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน มีความเหมาะสมกับการใช้งาน เนื่องจากสามารถลดต้นทุนในกระบวนการผลิตได้ เช่น ลดปริมาณการใช้แก๊สเป็นพลังงานเชื้อเพลิงในการอบ ลดค่าไฟฟ้า ลดค่าแรงงาน ราคาต้นทุนที่เหมาะสมไม่สูงจนเกินไป และเมื่อเทียบกับปริมาณการอบในแต่ละครั้ง สามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาการอบเพียงไม่กี่ครั้ง

4.2 ด้านความเป็นประโยชน์ สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ มีความคิดเห็นว่า โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงซึ่งหลังจากการใช้ เนื่องจากสามารถลดค่าใช้จ่ายค่าแก๊สในการอบแต่ละครั้ง แก้ไขปัญหาในขั้นตอนการอบแห้งในช่วงฤดูฝนซึ่งมีปัญหาการอบแห้งแต่ละครั้งไม่ทัน ลดระยะเวลาและเพิ่มปริมาณในการอบแต่ละครั้งได้ และยังสามารถนำไปอบพืชสมุนไพร ผลไม้แปรรูป และเนื้อสัตว์ได้

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก โดยมีวิธีดำเนินงานศึกษาศักยภาพในการแปรรูปถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ ศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ พัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ และประเมินผลการใช้เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นในกระบวนการแปรรูปถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ ผลการศึกษาพบว่า

1) ศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ กระบวนการผลิตสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดแมคคาเดเมียเฉลี่ย 50 ตันต่อปี เงินทุนมาจาก 3 แหล่งทุน คือ เงินทุนตนเอง แหล่งเงินกู้ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) และเงินทุนที่ได้มาจากการระดมทุนจากสมาชิกในกลุ่มเอง แรงงานส่วนใหญ่เป็นคนต่างชาตินับเป็นคนพม่าทั้งหมด เป็นแรงงานที่ขาดทักษะและประสบการณ์ในการแปรรูปถั่วแมคคาเดเมีย และการมีส่วนร่วมของสมาชิกมีหน้าที่รับผิดชอบร่วมกันในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

2) แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ จำนวน 2 หน่วยงาน สามารถนำเอาจุดเด่นมาส่งเสริมให้ความรู้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์แมคคาเดเมียเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ และเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับถั่วแมคคาเดเมียได้

3) การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ประกอบด้วย

3.1) โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) พบว่า ประสิทธิภาพการอบแห้งของโรงอบแห้งแบบพลังงานร่วม โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งแบบพลังงานร่วม มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในเท่ากับ 33.2918 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ภายในเท่ากับ 56.1763 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายนอกโรงอบเท่ากับ 24.2015 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกเท่ากับ 86.5949 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ส่วนประสิทธิภาพการอบแห้งของโรงอบแห้งแบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในเท่ากับ 33.5091 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ภายในเท่ากับ 53.4653 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายนอกโรงอบเท่ากับ 27.6701 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกเท่ากับ 75.7353 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการใช้โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม และโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของโรงอบแห้งแบบพลังงานร่วมเท่ากับ 9.0905 องศาเซลเซียส และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 30.4187 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง และค่าเฉลี่ยของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 5.8394 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 22.2700 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง และความชื้นของผลิตภัณฑ์แมคคาเดเมียหลังจากอบแห้งเป็นระยะเวลา 6 วัน มีความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 2.87 โดยเริ่มต้นในการอบผลิตภัณฑ์มีความชื้น

เฉลี่ยที่ 25.09 แล้วลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 1-2 จากนั้นจะเริ่มลดลงเพียงเล็กน้อยจนถึงปริมาณความชื้นที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง เมล็ดแมคคาเดเมียอบที่กำหนดให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 3

3.2) เครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน พบว่า พลังงานอินฟราเรดและเวลาที่ใช้ในการอบแมคคาเดเมียมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยคุณภาพของแมคคาเดเมียจะมีค่าสีแดง (a^*), ค่าสีเหลือง (b^*) จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มพลังงานและเวลาในการอบ ซึ่งต่างจากค่าความสว่าง (L^*) ที่มีค่าลดลงตามพลังงานอินฟราเรดและเวลาในการอบ นอกจากนี้พลังงานอินฟราเรดและเวลาในการอบที่เพิ่มขึ้น ยังมีส่วนทำให้ปริมาณความชื้น, ค่า a_w และปริมาณกรดไขมันอิสระเมื่อทำการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ ในแมคคาเดเมียลดลง ทั้งนี้เมื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้ง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแมคคาเดเมียอบอินฟราเรด คือ ที่พลังงานอินฟราเรด 4,129 วัตต์ ใช้เวลาในการอบ 3.87 นาที ซึ่งความชื้นร้อยละ 2.041, ค่า a_w เท่ากับ 0.532 มีค่าความสว่าง (L^*) อยู่ในเกณฑ์สูง 67.062 และมีปริมาณกรดไขมันอิสระน้อยที่สุด จากการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ คือ ร้อยละ 0.508 (เมื่อเทียบกับกรดโอเลอิก)

3.3) การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) มีค่าอัตราการคืนผลเฉลี่ย (ARR) เท่ากับ 16.12 เปอร์เซ็นต์ และการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 16.43 เปอร์เซ็นต์ การอบแห้งโดยใช้พลังงานร่วมจะสามารถคืนทุน (PBP) ได้ภายในการอบแห้งจำนวน 9 ครั้ง ส่วนการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จะคืนทุนภายในการอบแห้งจำนวน 7 ครั้ง และค่า BCR ของการอบแห้งโดยพลังงานร่วมมีค่าเท่ากับ 1.52 ดีกว่าการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่มีค่าเท่ากับ 0.10 และเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน มีค่าอัตราการคืนผลเฉลี่ย (ARR) เท่ากับ 20.86 เปอร์เซ็นต์ และการอบแห้งด้วยระบบแก๊สมีค่าเท่ากับ 53.33 เปอร์เซ็นต์ การอบแห้งด้วยระบบอินฟราเรดจะสามารถคืนทุน (PBP) ได้ภายในการอบแห้งจำนวน 3 ครั้ง ส่วนการอบแห้งด้วยระบบแก๊สจะคืนทุนภายในการอบแห้งจำนวน 1 ครั้ง และค่า BCR ของการอบแห้งด้วยระบบอินฟราเรด มีค่าเท่ากับ 1.16 ดีกว่าการอบแห้งด้วยระบบแก๊สที่มีค่าเท่ากับ 0.90

4) การประเมินการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ด้านความเหมาะสม มีความคิดเห็นว่า เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย และด้านความเป็นประโยชน์ มีความคิดเห็นว่า เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

Abstract

The objective of this study was to development of appropriate technology in the processing of macadamia nuts of Baan Sari Rat Community Enterprise, Phop Phra District, Tak Province. With methods to study the potential of macadamia nut processing of Baan Sari Rat Community Enterprise. Study the technology development process in the macadamia nut processing process of a prototype that is recognized or successful. Develop technology in processing from macadamia nuts and evaluating the use of technology developed in the macadamia nuts of Baan Sari Rat Community Enterprise. The results showed that:

1) The potential of macadamia nut processing of Baan Sari Rat Community Enterprise. The production process can harvest an average of 50 tons of macadamia seeds per year. Funds come from 3 sources of funds: self-financing, loan sources, the Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives (BAAC), and funds obtained from funding from members of the group themselves. Most of the workers are foreigners, all are Burmese, and workers who lack skills and experience in processing macadamia nuts and the participation of members is responsible for the processing of macadamia nuts.

2) Guidelines for technology development in macadamia nut processing of the prototype unit that has been accepted or succeeded in the amount of 2 units, Able to use the strengths to promote the knowledge in processing macadamia products to add value to the Baan Sari Rat Community Enterprise and product processing technology that can add value to macadamia nuts.

3) Development of appropriate technology in the processing of macadamia nuts of Baan Sari Rat Community Enterprise, Phop Phra District, Tak Province. Consisting of,

3.1) Combined energy macadamia nut drying plant (biomass - solar) found that the drying efficiency of the combined energy dries plant by comparing the differences between temperature and humidity of the combined energy macadamia nut drying plant (biomass-solar) and solar dryer average internal temperature is 33.2918 °C and 33.5091 °C respectively. Internal relative humidity of biomass-solar dryer was 56.1763, dew point temperature and 53.4653, dew point temperature for solar dryer. The average temperature outside of biomass-solar dryer 24.2015 °C and 27.6701 °C for solar dryer and internal relative humidity of biomass-solar dryer was 86.5949, dew point temperature and 75.7353, dew point temperature for solar dryer. The comparison of the difference between temperature and moisture content between the use of the combined energy macadamia nut and the solar drying plant has the average temperature of the combined energy dryer at 9.0905 °C and internal relative humidity was 30.4187, dew point

temperature. And the average value of the solar drying plant is 5.8394 °C and internal relative humidity was 22.2700, dew point temperature. And moisture of macadamia products after drying for 6 days with humidity at 2.87 percent. The drying started with an average moisture content of 25.09 and then decreased rapidly during the 1-2 days. After that, it will start to decrease slightly to the moisture content specified by the Community Product Standard for Roasted Macadamia Seed which the moisture content is not more than 3%.

3.2) Dried macadamia using infrared heating, found that infrared power and process time to heat macadamia production were investigated as rancidity, moisture content, water activity, and color. From the experiment, the color as a^* (red-green value) and b^* (yellow-blue) were increased when increase infrared power and process time. On the other hand, the brightness value (L^*) was decreased with both increase infrared power and process time. The moisture content and a_w value were decrease then increase infrared power and process time. The automatic infrared heating to heat macadamia optimal conditions was 4,129 watts of infrared energy and 3.87 minutes process time. The macadamia product in optimal condition were 2.041% moisture content, 0.532 of a_w value, 67.062 of brightness (L^*). The lowest free fatty acids content (storage duration 3 weeks) was 0.508 % (as oleic acid).

3.3) The economic analysis shows that the Annual Rate of Return (ARR) of combined energy macadamia nut drying plant (biomass-solar) and solar dryer is 16.12 % and 16.43 % respectively. The Payback period (PBP) of biomass-solar dryer is 9 times and 7 times for solar dryer. Benefit – Cost Ratio (BCR) of biomass-solar dryer is 1.52 better than using solar dryer. Annual Rate of Return (ARR) of dried macadamia using infrared heating and gas dryer is 20.86 % and 53.33 % respectively. The Payback period (PBP) of infrared heating dryer is 3 times and 1 times for gas dryer. Benefit – Cost Ratio (BCR) of infrared heating dryer is 1.16 better than using gas dryer

4) Assessment of technology developed in the macadamia nut processing process of Baan Sari Rat Community Enterprise. Phop Phra District, Tak Province. Regarding suitability, it was agreed that the developed technology was suitable for processing from macadamia nuts. And for the benefit, it was thought that the technology developed in the processing from macadamia nuts can really be utilized.

สารบัญ

บทที่	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
Abstract.....	ง
บทสรุปผู้บริหาร.....	ฉ
สารบัญ.....	ณ
สารบัญตาราง.....	ฏ
สารบัญภาพ.....	ฐ
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและที่ของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
กรอบแนวความคิดของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการทำวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบ.....	7
ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการศึกษาศักยภาพวิสาหกิจชุมชน.....	8
ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับการแปรรูปถั่วแมคคาเดเมีย.....	10
ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย.....	14
ตอนที่ 5 แนวคิดเกี่ยวกับการมีส่วนร่วม.....	23
ตอนที่ 6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	27
ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้าน เสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก.....	27
ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ.....	28
ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก.....	29

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่ม วิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก.....	33
4 ผลการดำเนินงานวิจัย.....	34
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้าน เสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก.....	34
ตอนที่ 2 ผลการศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ.....	37
ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก.....	44
ตอนที่ 4 ผลการประเมินการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่ม วิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก.....	66
5 สรุปผลการดำเนินงาน.....	68
1. ศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก.....	68
2. แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงาน ต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ.....	68
3. การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจ ชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก.....	69
4. การประเมินการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจ ชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก.....	70
บรรณานุกรม.....	71
ภาคผนวก.....	74
ภาคผนวก ก. การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก.....	75
ภาคผนวก ข. การสัมภาษณ์เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่ว แมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ.....	85
ภาคผนวก ค. การพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจ ชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก.....	95

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ง. การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อการประเมินการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจาก ถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก.....	105
ภาคผนวก จ.	113
1. ตารางแสดงแผนงาน (Gantt Chart) เปรียบเทียบกิจกรรมที่เสนอในข้อเสนอ โครงการและกิจกรรมที่ดำเนินการจริง.....	114
2. ตารางแสดงแผนงานการใช้งบประมาณ.....	115
3. ตารางเปรียบเทียบผลผลิต (Output) ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและที่ดำเนินการ ได้จริง.....	116
ประวัติผู้วิจัย.....	117

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติเบื้องต้นและค่าพลังงานความร้อนจากกะลาแมคคาเดเมีย.....	16
3.1	การกำหนดสภาวะการอบแมคคาเดเมียโดยเครื่องอินฟราเรดแบบสายพานอัตโนมัติ.....	32
4.1	การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นภายในและภายนอกของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์).....	48
4.2	การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นภายในและภายนอกของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.....	50
4.3	การเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.....	50
4.4	ค่าสีของแมคคาเดเมียที่อบด้วยอินฟราเรด.....	53
4.5	ความชื้น และ ค่า a_w ของแมคคาเดเมียอบด้วยอินฟราเรด.....	54
4.6	ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ของแมคคาเดเมียอบด้วยอินฟราเรด.....	55
4.7	ANOVA for Response Surface Quadratic Model ของปริมาณกรดไขมันอิสระ,ค่า a_w , ความชื้น, ค่าความสว่าง ของแมคคาเดเมียอบด้วยอินฟราเรด.....	57
4.8	การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ (ตัวเดิม) และผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงอบความร้อนร่วมจากพลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล (ตัวใหม่).....	62
4.9	การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการอบแห้งเนื้อถั่วโดยใช้ก๊าซ (ตัวเดิม) และการอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรด (ตัวใหม่).....	64

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 การลงพื้นที่ของคณะผู้วิจัยในวันที่ 10 มีนาคม 2561 เพื่อหาโจทย์วิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก.....	2
1.2 กรอบแนวความคิดในการวิจัย.....	4
2.1 ลักษณะการติดผลของแมคคาเดเมีย.....	11
2.2 ลักษณะของแมคคาเดเมียที่มีเปลือกหุ้มกะลาและเนื้อในสำหรับบริโภค.....	12
2.3 แผนผังแสดงกระบวนการแปรรูปถั่วแมคคาเดเมียแบบทั่วไป.....	13
2.4 ไซโลที่ใช้ในการอบเมล็ดถั่วแมคคาเดเมีย.....	14
2.5 ตู้อบแห้ง (Cabinet solar dryer).....	17
2.6 เครื่องอบแห้งแบบรังสีแสงอาทิตย์ทางอ้อม.....	18
2.7 ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก.....	19
2.8 การสูญหายของรังสี.....	20
2.9 การอบแห้งด้วยการแผ่รังสีของแผ่นของแข็งขึ้น.....	21
2.10 โปรไฟล์อุณหภูมิ (a) และโปรไฟล์ความชื้น (b) ระหว่างการอบแห้งด้วยการแผ่รังสีของแผ่นของแข็งขึ้นเมื่อ 1 คือ เงื่อนไขเริ่มต้นและ 2-5 คือสภาวะไม่สม่ำเสมอ.....	21
4.1 ลักษณะโรงอบแห้งแมคคาเดเมียของบ้านบ่อเหมืองน้อย.....	37
4.2 การกะเทาะแมคคาเดเมียด้วยเครื่องจักรและมือ.....	38
4.3 การคัดแยกขนาดแมคคาเดเมีย.....	38
4.4 การอบผลดิบแมคคาเดเมียด้วยพลังงานแก๊ส.....	39
4.5 ผลิตรังสีจากแมคคาเดเมียของกลุ่มแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย.....	39
4.6 การกะเทาะเปลือกเขียวด้วยเครื่องจักร.....	40
4.7 การคัดแยกขนาดแมคคาเดเมีย.....	41
4.8 การอบแห้งแมคคาเดเมียพลังงานแสงอาทิตย์ อำเภอเขาค้อ.....	41
4.9 การกะเทาะแมคคาเดเมียด้วยแรงงานคน.....	42
4.10 การอบผลดิบแมคคาเดเมียด้วยพลังงานแก๊ส.....	42
4.11 ผลิตรังสีจากแมคคาเดเมียของกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปแมคคาเดเมีย เขาค้อ.....	43
4.12 ลักษณะโครงสร้างและการออกแบบโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์).....	45
4.13 ผลการสร้างโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์).....	46
4.14 อุณหภูมิภายในและภายนอกโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์).....	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.15 ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์).....	47
4.16 อุณหภูมิภายในและภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.....	49
4.17 ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.....	49
4.18 ความชื้นของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการอบแห้ง.....	51
4.19 ลักษณะโครงสร้างและการออกแบบเครื่องอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน.....	52
4.20 ผลการสร้างเครื่องอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน.....	53
4.21 ความสัมพันธ์ของสภาวะการอบแห้งต่อค่าปริมาณกรดไขมันอิสระ (พลังงานอินฟราเรด A และเวลาในการอบ B).....	58
4.22 ความสัมพันธ์ของสภาวะการอบแห้งต่อค่าปริมาณร้อยละความชื้น (พลังงานอินฟราเรด A และเวลาในการอบ B).....	58
4.23 ความสัมพันธ์ของสภาวะการอบแห้งต่อค่า a_w (พลังงานอินฟราเรด A และเวลาในการอบ B).....	59
4.24 ความสัมพันธ์ของสภาวะการอบแห้งต่อค่าความสว่าง L^* (พลังงานอินฟราเรด A และเวลาในการอบ B).....	59
4.25 ความสัมพันธ์ของสภาวะการอบแห้งต่อค่าสีแดง a^* (พลังงานอินฟราเรด A และเวลาในการอบ B).....	60
4.26 ความสัมพันธ์ของสภาวะการอบแห้งต่อค่าสีเหลือง b^* (พลังงานอินฟราเรด A และเวลาในการอบ B).....	60
ก.1 การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบรบือ จังหวัดตาก.....	76
ข.1 การสัมภาษณ์แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย ตำบลแสงภา อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย.....	86
ข.2 การสัมภาษณ์แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปแมคคาเดเมีย เขาค้อ ศูนย์เรียนรู้การแปรรูปแมคคาเดเมียเข็กน้อย ตำบลเข็กน้อย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์.....	87
ค.1 แบบโครงสร้างเทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)..	96

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ค.2	การพัฒนาเทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์).....	97
ค.3	การทดสอบประสิทธิภาพการอบแห้ง.....	98
ค.4	แบบโครงสร้างเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน.....	99
ค.5	การพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน.....	100
ค.6	การวิเคราะห์คุณภาพแมคคาเดเมีย.....	102
ค.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานอินฟราเรด และเวลาในการอบต่อปริมาณร้อยละความชื้นของแมคคาเดเมียอบอินฟราเรด.....	102
ค.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานอินฟราเรด และเวลาในการอบต่อค่า a_w ของแมคคาเดเมียอบอินฟราเรด.....	103
ค.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานอินฟราเรด และเวลาในการอบต่อค่าความสว่าง (L^*) ของแมคคาเดเมียอบอินฟราเรด.....	103
ค.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานอินฟราเรด และเวลาในการอบต่อค่าสีแดง (a^*) ของแมคคาเดเมียอบอินฟราเรด.....	104
ค.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานอินฟราเรด และเวลาในการอบต่อค่าสีเหลือง (b^*) ของแมคคาเดเมียอบอินฟราเรด.....	104
ง.1	การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อการประเมินการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก.....	106

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

แมคคาเดเมียมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Macadamia spp.* ซึ่งมีมากกว่า 10 ชนิด แต่มีเพียง 2 ชนิดที่รับประทานได้และปลูกเพื่อการค้า คือ แบบผิวเรียบ (*Smooth-shelled Macadamia : Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher) และแบบผิวขรุขระ (*Rough-shelled Macadamia : Macadamia tetraphylla* L.Johnson) อยู่ในวงศ์ *Proteaceae* เป็นพืชที่ผู้บริโภคทั่วโลกให้ความสนใจและมีความต้องการทางตลาดสูงเนื่องจากมีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดี มีคุณค่าทางอาหารสูง อุดมไปด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม โพแทสเซียม มีปริมาณไขมันสูงแต่เป็นกรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัวเฉลี่ยถึง 76 % เช่น กรดโอเลอิก กรดปาล์มิโตเลอิก กรดปาล์มิติก เป็นต้น ไขมันประเภทนี้สามารถช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลชนิดแอลดีแอลในเลือดได้ ช่วยลดอัตราการเกิดโรคหัวใจ (ศิริบุญ พูลสวัสดิ์, 2552, (ออนไลน์))

สำหรับประเทศไทยพื้นที่ที่มีการปลูกแมคคาเดเมียกันมากจะอยู่ทางตอนเหนือของประเทศ เช่น จังหวัด เชียงราย เชียงใหม่ เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันการเพาะปลูกประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี แต่กระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตยังไม่มีความเหมาะสมเท่าที่ควร มักพบปัญหาในด้านแปรรูปและการเก็บรักษาทำให้คุณภาพของแมคคาเดเมียลดลง (ธานินทร์ รัชโพธิ์, 2553)

อดิเรก พันเขียว และคณะ (2560) ได้ลงพื้นที่ในวันที่ 26-27 ธันวาคม 2560 ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ซึ่งเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีศักยภาพด้านการเกษตร ปัจจุบันมีการปลูกแมคคาเดเมีย ต้นกาแฟ ต้นไผ่ เสาวรส และพืชอื่นอีกเล็กน้อย มีลักษณะการจำหน่ายเป็นการค้าส่ง มีพื้นที่เพาะปลูกกว่า 1,000 ไร่ มีแหล่งน้ำไหลผ่านพื้นที่ มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพื้นที่ท่องเที่ยวเชิงเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรได้เป็นอย่างดี

การดำเนินการของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรบ้านเสรีราษฎร์ ยังอยู่ระยะเริ่มต้น เป็นการเกษตรที่มีการลองผิดลองถูกในการผลิต มีการปรับเปลี่ยนการปลูกและการผลิตผลผลิตทางการเกษตรอยู่ตลอดเวลา ได้แก่ กุหลาบ ส้ม ลำไย กาแฟ แมคคาเดเมีย เป็นต้น และมีเครื่องมือเครื่องจักรในการผลิตทั้งที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันและไม่ได้ใช้งานแล้ว เช่น เครื่องคัดแยกส้ม เครื่องอบลำไย เครื่องอบแห้งพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น

ส่วนแมคคาเดเมียเป็นพืชผลหลักของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรบ้านเสรีราษฎร์ในปัจจุบัน แต่ยังมีปัญหาดังแต่การผลิตจนถึงกระบวนการทางการตลาด เนื่องจากมีปัญหาการทำลายของรา แมลงและสัตว์ทำลายต่างๆ ปัญหาการเก็บผลของแมคคาเดเมีย ปัญหาการจัดการศัตรูพืช ปัญหาการขาดเครื่องมือเครื่องจักรช่วยในการผลิต ปัญหาการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่มีอยู่ ปัญหาการอบแห้งผลผลิต ปัญหาการขายให้ได้ราคา ปัญหาการจัดเก็บผลผลิต ปัญหาการจัดเก็บและใช้ประโยชน์จากของเหลือใช้ ปัญหาการสร้างแบรนด์สินค้า เป็นต้น การได้รับความช่วยเหลือปัจจุบันยังขาดหน่วยงานราชการเข้ามาช่วยเหลือและผลักดัน มีการขอความช่วยเหลือจากหน่วยงานต่างๆ จึงเริ่มมีการให้คำปรึกษาบ้าง แต่ยังไม่มีการดำเนินการใดๆ และมีความต้องการพัฒนาไปสู่การเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร มีร้านอาหาร ร้านกาแฟ มีที่พัก เป็นต้น โจทย์วิจัยที่สามารถดำเนินการได้ทันที เช่น การ

พัฒนาการผลิต การพัฒนาเครื่องมือทางการเกษตร การจัดการศัตรูพืช การอบแห้งผลผลิต การส่งเสริมการขาย การสร้างแบรนด์สินค้า การจัดการคงคลัง การจัดการสินค้าคงเหลือ เป็นต้น และจากการลงพื้นที่ของคณะผู้วิจัยในวันที่ 10 มีนาคม 2561 เพื่อหาโจทย์วิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ ในการสัมภาษณ์สมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ พบว่า ปัญหาของการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียเริ่มตั้งแต่กระบวนการอบเมล็ดที่ได้จากการเก็บเกี่ยว โดยปริมาณการเก็บเมล็ดเฉลี่ยต่อปีประมาณ 50 ตันต่อปี โรงอบที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อปริมาณการอบในแต่ละครั้งทำให้เมล็ดที่ยังไม่ได้ทำการอบเกิดความเสียหายในช่วงฤดูฝนกลุ่มวิสาหกิจชุมชนต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเนื่องจากการอบถั่วแมคคาเดเมียต้องใช้แก๊สช่วยในการอบ ซึ่งใช้เวลาในการอบแต่ละครั้งถึงนานถึง 3 วัน วิธีการลดค่าใช้จ่ายในการอบด้วยแก๊สสามารถทำได้โดยการนำเปลือกกะลาและเปลือกชั้นนอกของถั่วแมคคาเดเมียมาเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตให้ความร้อนแทนแก๊สได้ การคัดแยกขนาดถั่วแมคคาเดเมียทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนยังคงใช้ภาชนะหม้อซึ่งนั่งอาหารเจาะเป็นรูให้มีขนาดตามที่ต้องการแบ่งออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ได้วันละประมาณ 1,200 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งการคัดแยกขนาดถั่วแมคคาเดเมียโดยวิธีดังกล่าวยังคงคัดแยกได้ช้า การกะเทาะเปลือกชั้นในที่เป็นกะลา ทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนยังคงใช้แรงงานคนกะเทาะอยู่ ได้วันละประมาณ 40 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ซึ่งยังช้าและไม่ทันต่อความต้องการของตลาด และการอบเนื้อถั่วแมคคาเดเมียหลังจากการกะเทาะเอาเปลือกกะลาออกแล้ว ยังคงใช้วิธีการอบโดยใส่กะละมังและเปิดแก๊สอบเนื้อถั่วแมคคาเดเมีย ซึ่งการอบในแต่ละครั้งในเวลานานถึง 15 ชั่วโมงต่อการอบเนื้อถั่วแมคคาเดเมีย 80 กิโลกรัม วิธีการอบยังไม่มีระบบป้องกันความปลอดภัยจากการปล่อยแก๊ส ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบได้ ซึ่งอาจเกิดอันตรายต่อกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้



ภาพที่ 1.1 การลงพื้นที่ของคณะผู้วิจัยในวันที่ 10 มีนาคม 2561 เพื่อหาโจทย์วิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

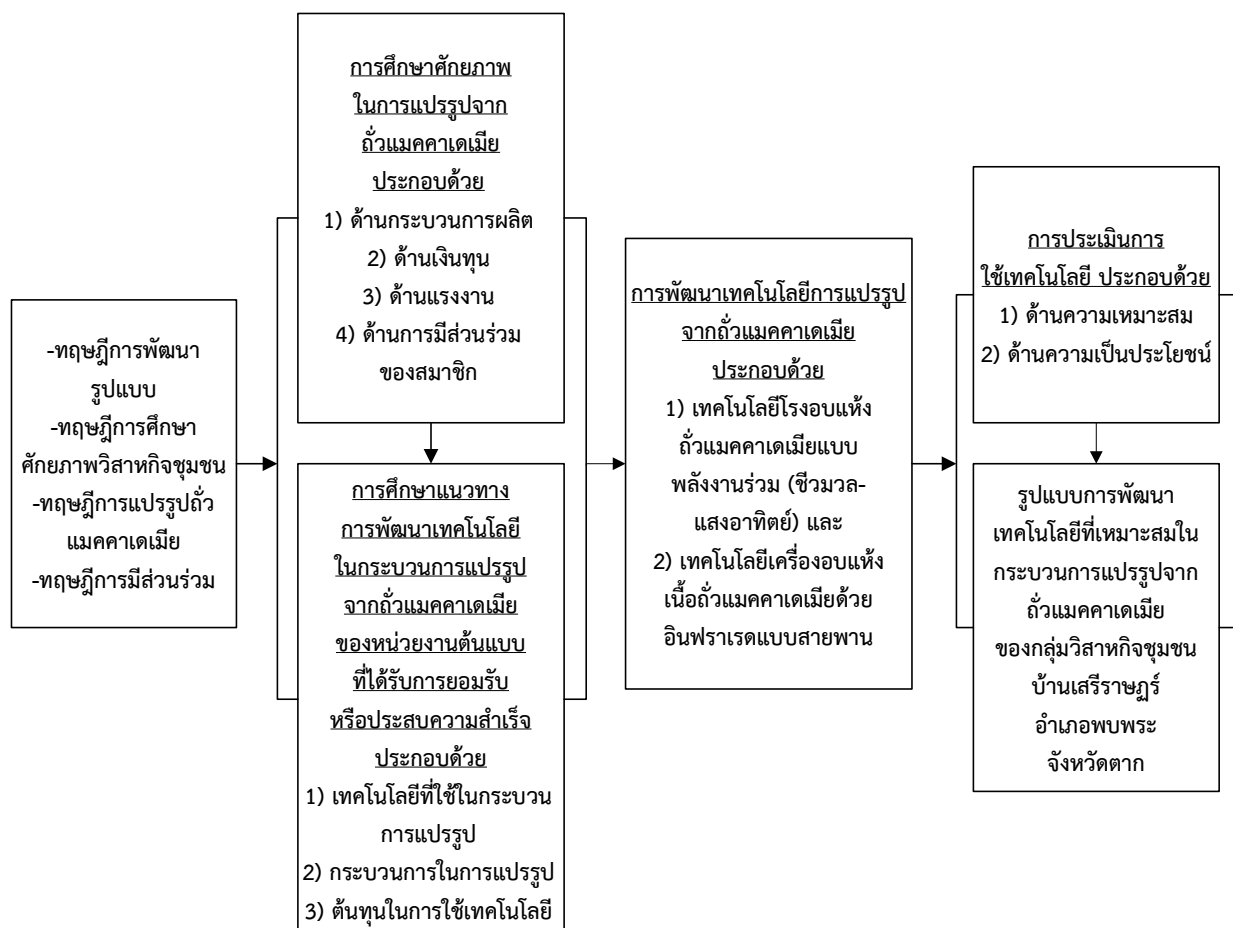
จากความสำเร็จและปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษารูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก โดยศึกษาจากศักยภาพในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ เพื่อที่จะมาพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และ 2) เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน โดยเทคโนโลยีดังกล่าวจะสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดจากแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย เพื่อให้มีต้นทุนน้อยที่สุด ได้ผลผลิตมากที่สุด มีคุณภาพมากที่สุด แล้วสามารถนำส่วนเหลือทิ้งของถั่วแมคคาเดเมียกลับมาใช้ประโยชน์ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก
2. เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ
3. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก
4. เพื่อประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

กรอบแนวความคิดของการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คณะผู้วิจัยได้นำมาเป็นแนวคิดในการสร้างกรอบแนวความคิดในการวิจัยเพื่อศึกษารูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ดังแสดงในภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้ แบ่งตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. การศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

1.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ ประกอบด้วย 1) ด้านกระบวนการผลิต 2) ด้านเงินทุน 3) ด้านแรงงาน และ 4) ด้านการมีส่วนร่วมของสมาชิก

1.2 ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

1.3 ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

พื้นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

2. การศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ

2.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการแปรรูป 2) กระบวนการในการแปรรูป และ 3) ต้นทุนในการใช้เทคโนโลยี

2.2 ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

หน่วยงานที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย จำนวน 2 แห่ง

2.3 ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

พื้นที่หน่วยงานที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

3. การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก โดยการศึกษาเนื้อหาจากทฤษฎี และหลักการเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

3.2 ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

3.2.1 ข้อมูลที่ได้จากศึกษาศักยภาพและแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2

3.2.2 ข้อมูลจากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา 1) เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และ 2) เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

3.2.3 ข้อมูลจากสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

3.3 ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

3.3.1 พื้นที่หน่วยงานที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

3.3.2 พื้นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

4. การประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก คณะผู้วิจัยใช้เกณฑ์เป็นการประเมินในด้านความเหมาะสม และด้านความเป็นประโยชน์ (ทวิวรรณ อินตา, 2552) ในการจัดทำข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ

4.2 ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

4.3 ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

พื้นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ มีเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
2. เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียได้มากขึ้น
3. เกิดการพัฒนาอย่างมีส่วนร่วมในพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์
4. เกิดการบูรณาการให้ความรู้และการพัฒนาเทคโนโลยี ที่มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงและสามารถที่เชื่อมโยงกับวิสาหกิจชุมชนได้
5. เกิดรูปแบบการบริหารจัดการผลงานวิจัยแบบมีส่วนร่วมไปขยายผลสู่การปฏิบัติและกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน รวมทั้งสามารถสนองปัญหาและความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเป้าหมายอย่างเป็นระบบ
6. เสริมสร้างความตระหนักรู้และพัฒนาศักยภาพองค์กรชุมชน ในการจัดการความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีและประสานความร่วมมือกับภาคีหน่วยงานท้องถิ่น เพื่อแก้ปัญหาในชุมชนร่วมกันอย่างมีระบบและเกิดการขยายผล
7. ส่งเสริมให้มีนักวิจัยรุ่นใหม่เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น
8. เผยแพร่ผลงานวิจัยในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และวารสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. รูปแบบการพัฒนา หมายถึง กระบวนการในการสร้างหรือพัฒนาแบบจำลองที่มีผลของการวิเคราะห์ โดยผ่านขั้นตอนการศึกษาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องเป็นการศึกษาสภาพและข้อมูลพื้นฐาน เพื่อกำหนดหลักการและองค์ประกอบในการสร้างหรือการพัฒนาแบบจำลองโดยการประชุมสัมมนา และการตรวจสอบรูปแบบเพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมและความเป็นไปได้
2. เทคโนโลยี หมายถึง เทคโนโลยีที่นำมาใช้ในกระบวนการแปรรูปถั่วแมคคาเดเมีย ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และ 2) เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน
3. กลุ่มวิสาหกิจชุมชน หมายถึง กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ดำเนินการโดยใช้ทุนของชุมชนที่ผ่านกระบวนการคิด การจัดการผลผลิตและทรัพยากรโดยใช้วัตถุดิบในพื้นที่เพื่อการพึ่งพาตนเอง โดยชุมชนเป็นเจ้าของและดำเนินการเองในทุกขั้นตอน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การนำเสนอผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก จำแนกได้ดังนี้

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบ

ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการศึกษาศักยภาพวิสาหกิจชุมชน

ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับการแปรรูปถั่วแมคคาเดเมีย

ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

ตอนที่ 5 แนวคิดเกี่ยวกับการมีส่วนร่วม

ตอนที่ 6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบ

คีฟส์ (Keeves, 1988) ได้กล่าวถึงหลักการอย่างกว้างๆ เพื่อกำกับการสร้างรูปแบบไว้ 4 ประการ คือ 1) รูปแบบควรประกอบขึ้นด้วยความสัมพันธ์อย่างมีโครงสร้าง (ของตัวแปร) มากกว่าความสัมพันธ์ เชิงเส้นตรงแบบธรรมดา อย่างไรก็ตามความเชื่อมโยงแบบเส้นตรงแบบธรรมดาทั่วไบนั้นก็มีประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการศึกษาวิจัยในช่วงต้นของการพัฒนารูปแบบ 2) รูปแบบควรใช้เป็นแนวทางในการพยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นจากการใช้รูปแบบได้ สามารถตรวจสอบได้โดยการสังเกต และหาข้อสนับสนุนด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ 3) รูปแบบควรจะต้องระบุ หรือชี้ให้เห็นถึงกลไกเชิงเหตุผลของเรื่องที่ศึกษา ดังนั้นนอกจากรูปแบบจะเป็นเครื่องมือในการพยากรณ์ได้ ควรใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ได้ด้วย 4) นอกจากคุณสมบัติต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว รูปแบบควรเป็นเครื่องมือในการสร้างโมทัศน์ใหม่ และการสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรในลักษณะใหม่

วิลเลอร์ (Willer, 1968), อุทัย บุญประเสริฐ (2546), รุ่งนภา จิตรโรจนรักษ์ (2548) และศักดา สถาพรวงษา (2549) ได้กล่าวถึงการพัฒนารูปแบบซึ่งสอดคล้องกัน สรุปได้ว่า การพัฒนารูปแบบ หมายถึง กระบวนการในการสร้าง หรือพัฒนาแบบจำลองและมีผลของการวิเคราะห์ขั้นตอน การพัฒนารูปแบบ 4 ขั้นตอน คือ 1) การศึกษาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องเป็นการศึกษาสภาพและข้อมูลพื้นฐาน การระบุปัญหาและความต้องการความจำเป็นของการวิเคราะห์ข้อมูล หรือภารกิจเพื่อกำหนดหลักการ และองค์ประกอบ 2) การสร้างหรือการพัฒนารูปแบบการสร้างแบบร่าง หรือการนำเสนอทางเลือกหรือการประชุมสัมมนาเพื่อสร้างรูปแบบ 3) การตรวจสอบหรือทดสอบรูปแบบ เป็นการพิจารณาความเหมาะสมความตรงและความเป็นไปได้โดยการประมวลความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ การประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลของรูปแบบ การเปรียบเทียบองค์ประกอบกับภารกิจ 4) การปรับปรุงและพัฒนาให้สมบูรณ์เป็นการทบทวนข้อมูลที่ได้รับจากการตรวจสอบหรือทดสอบรูปแบบและปรับปรุงรูปแบบให้มีความเหมาะสมและมีความสมบูรณ์มากขึ้นการประเมินการใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น

ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการศึกษาศักยภาพวิสาหกิจชุมชน

ความหมายของวิสาหกิจชุมชน

เสรี พงศ์พิศ (2545) ได้กล่าวถึง “วิสาหกิจ” แปลจากภาษาอังกฤษว่า “Enterprise” ซึ่งแปลว่า “การประกอบการ” แต่ในปัจจุบันมีคำว่า “วิสาหกิจชุมชน” (SMCE: Small and Micro Community Enterprise) เกิดขึ้น ซึ่งผู้คนเริ่มหันมาให้ความสำคัญกับวิสาหกิจชุมชนจนกล่าวได้ว่าเป็นยุคแห่งวิสาหกิจชุมชน วิสาหกิจชุมชนเป็นแนวคิดที่มุ่งแปรรูปผลผลิตตามธรรมชาติ หรือสร้างผลิตภัณฑ์หรือผลิตผลโดยครอบครัวในชุมชน โดยองค์กรชุมชน และเครือข่ายองค์กรชุมชน เพื่อการบริโภคและสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนโดยมีหลักการคิดที่สำคัญ คือ สร้างความหลากหลายของผลผลิตและผลิตภัณฑ์ในชุมชน เพื่อการบริโภคแบบพึ่งพาตนเอง ลดรายจ่ายให้ครอบครัว สร้างเสริมสุขภาพอนามัยที่ดีให้ตนเอง และมีคุณธรรมรับผิดชอบต่อสมาชิกคนอื่นๆ ที่อยู่ร่วมในชุมชน ไม่เห็นแก่ประโยชน์ด้านกำไรสูงสุดและเอาเปรียบผู้บริโภค วิสาหกิจชุมชนเกิดจากการที่คนกลุ่มหนึ่งในชุมชนมารวมมือกันทำอะไรบางอย่างที่เกี่ยวกับการผลิต การแปรรูป การจัดการทรัพยากร การจัดการทุน การจัดการตลาด โดยมีการซื้อขายในลักษณะสหกรณ์ แต่แตกต่างกันที่ระเบียบและกฎเกณฑ์ ซึ่งวิสาหกิจ

ชุมชนเน้นการแบ่งปัน การช่วยเหลือกันมากกว่าการแข่งขัน วิสาหกิจชุมชนจึงเป็นหน่วยที่ทำให้เกิดความร่วมมือร่วมใจ ไม่แตกแยก แบ่งพวก เพราะวิสาหกิจชุมชนคือการเน้นการช่วยเหลือกัน (เสรี พงศ์พิศ, 2552)

พระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548 ได้ให้ความหมายของคำว่า วิสาหกิจชุมชนหมายถึง กิจกรรมของชุมชนเกี่ยวกับการผลิตสินค้า การให้บริการ หรือการอื่นๆ ที่ดำเนินการโดยคณะบุคคลที่มีความผูกพัน มีวิถีชีวิตร่วมกันและรวมตัวกันประกอบกิจการดังกล่าว ไม่ว่าจะเป็นนิติบุคคลในรูปแบบใดหรือไม่เป็นนิติบุคคลเพื่อสร้างรายได้และเพื่อการพึ่งพาตนเองของครอบครัว ชุมชนและระหว่างชุมชน

จากความหมายของคำว่าวิสาหกิจชุมชน คณะผู้วิจัยสรุปได้ว่า วิสาหกิจชุมชน หมายถึง กิจกรรมการประกอบการโดยใช้ทุนของชุมชนที่ผ่านกระบวนการคิด การจัดการผลผลิตและทรัพยากรทุกขั้นตอนโดยใช้วัตถุดิบในพื้นที่เพื่อการพึ่งพาตนเอง โดยชุมชนเป็นเจ้าของและดำเนินการเอง ผลผลิตมาจากกระบวนการในชุมชน มีการดำเนินการแบบบูรณาการและเชื่อมโยงกิจกรรมต่างๆ อย่างเป็นระบบเพื่อให้เกิดความมั่นคงก่อนที่จะพัฒนาไปสู่การแข่งขันเชิงธุรกิจต่อไป

ลักษณะวิสาหกิจชุมชน

วิสาหกิจชุมชนมีลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

1. มีชุมชนเป็นเจ้าของและดำเนินการเองโดยที่คนนอกมาร่วมถือหุ้นส่วนน้อย
2. ใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นผลิตสินค้าและบริการ และมีการนำวัตถุดิบบางส่วนจากภายนอกชุมชนมาใช้ผลิตได้
3. ใช้ความรู้ ภูมิปัญญา และนวัตกรรมของชุมชนเป็นฐานทุนที่สำคัญมาผลิตสินค้าและบริการ แต่อาจใช้ภูมิปัญญาสากลมาผสมผสานได้
4. มีการดำเนินการแบบบูรณาการเชื่อมโยงกิจกรรมต่างๆ ในการผลิตสินค้าและการให้บริการอย่างเป็นระบบให้มีการผสมผสานและเกื้อกูลกัน
5. เน้นการพึ่งพาตนเอง มีการพัฒนาเป็นขั้นตอนเพื่อให้เกิดความมั่นคงและก้าวไปสู่การแข่งขันเชิงธุรกิจต่อไป

ศักยภาพวิสาหกิจชุมชน

ศักยภาพวิสาหกิจชุมชนควรจะสอดคล้องกับสถานภาพและสถานการณ์ของท้องถิ่นและชุมชนตลอดจนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เป้าหมาย และทิศทางของวิสาหกิจชุมชนนั้นๆ สำนักงานเกษตรจังหวัดเป็นหน่วยงานหลักในการขับเคลื่อนงานส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนให้มีความเข้มแข็งขึ้น เพื่อให้สามารถแข่งขันกับธุรกิจภาคเอกชนได้ เช่น การส่งเสริมให้วิสาหกิจชุมชนเกิดเครือข่ายประเภทอาชีพเดียวกัน เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้อมูลข่าวสารการประกอบอาชีพ การจัดหาปัจจัยและวัตถุดิบ การช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ตลอดจนสร้างความสัมพันธ์กับบุคคลภายนอกในลักษณะห่วงโซ่อุปทาน โดยการเชื่อมโยงหน่วยงานต่างๆ ที่เป็นสายการผลิต ตลอดจนลูกค้า ผู้จำหน่ายและลูกค้าผู้เป็นผู้บริโภค (สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน, 2548)

ปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จและความล้มเหลวของวิสาหกิจชุมชน

ณรงค์ เพ็ชรประเสริฐ (2542) กล่าวถึงปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดความสำเร็จและความล้มเหลวของวิสาหกิจชุมชน สรุปได้ดังนี้

1. ปัจจัยด้านเงินทุน กิจกรรมธุรกิจที่ต้องอาศัยการตลาดจะต้องเริ่มจากการนำเงินไปลงทุนทำการผลิตทำการค้า ได้รายได้กลับมาเป็นเงินก่อนใหญ่กว่าเดิม เงินลงทุนในการทำธุรกิจมาจาก 3 แหล่งคือ เงินทุนตนเอง เงินทุนที่กู้ยืมจากแหล่งเงินกู้ต่างๆ และเงินทุนที่ได้มาจากการระดมทุนจากคนในชุมชนเอง

2. ปัจจัยด้านการตลาด จะต้องรู้ว่าสินค้าที่ผลิตได้จะนำไปขายที่ไหนและขายอย่างไร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ประสบผลสำเร็จเป็นกลุ่มที่มีคู่ค้าที่แน่นอนและพอเพียง กลุ่มชุมชนที่มีตลาดแน่นอน เพียงพอจะเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ยืนอยู่ได้ เติบโตได้ พร้อมกับการขยายกิจการ ปัจจัยด้านการตลาดเป็นตัวบ่งชี้ความสำเร็จ หรือความล้มเหลวของวิสาหกิจชุมชนตลาดจึงเป็นหัวใจการผลิตเป็นตัวนำการผลิต

3. ปัจจัยด้านการผลิต การจะผลิตอะไร ผลิตอย่างไร ต้องผ่านการวิเคราะห์ทั้งอุปสงค์และอุปทานของการตลาด ความชำนาญของผู้ทำการผลิตเป็นปัจจัยที่สำคัญพอๆ กับโอกาสทางการตลาด การผลิตในชุมชนที่มีต้นทุนการผลิตไม่สูง พร้อมกับผู้ผลิตมีความรู้ ทักษะ ความชำนาญสามารถได้รับผลผลิตที่มีคุณภาพและสามารถแข่งขันในตลาดได้ การผลิตที่จะประสบผลสำเร็จต้องสอดคล้องกับโอกาสทางการตลาด และผลผลิตเป็นสิ่งที่ต้องการของตลาด

4. ปัจจัยด้านการบริหารจัดการ การบริหารจัดการเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชนแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ

4.1 ด้านระบบเงิน ความสามารถในการระดมทุนและสะสมทุนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ

4.2 ด้านระบบงาน วิสาหกิจชุมชนที่จะประสบผลสำเร็จต้องมีการจัดโครงสร้างการบริหาร มีการแบ่งฝ่าย แบ่งสายงาน เพื่อการควบคุมกำกับอย่างชัดเจน

4.3 ด้านระบบบุคลากร ในวิสาหกิจชุมชนส่วนใหญ่ไม่ค่อยมีสายงานบังคับบัญชาที่ชัดเจนเนื่องจากบุคลากรที่เป็นลูกจ้างมีน้อย บุคลากรของกลุ่มส่วนใหญ่จะเป็นสมาชิกและกรรมการ การสั่งการ การบังคับบัญชาการให้คุณให้โทษจึงไม่มี ความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนในด้านบุคลากรจึงขึ้นอยู่กับผู้บริหารและสมาชิกมีสัจจะคุณธรรมและความเสียสละ

5. ปัจจัยด้านผู้นำ ชาวชนบทส่วนใหญ่มักขาดแคลนผู้นำ ผู้นำมักเกิดขึ้นโดยธรรมชาติเกิดจากผู้ประสบผลสำเร็จในอาชีพ ความมีบารมี มีความรู้ มีฐานะ เป็นที่พึ่งพาของคนในสังคมได้ วิสาหกิจชุมชนที่ประสบผลสำเร็จมักอยู่ภายใต้การนำของบุคคลเหล่านี้ จากการศึกษาจะพบว่าวิสาหกิจชุมชนที่ก่อตั้งโดยบุคคลที่เป็นที่ยอมรับของชาวบ้าน การระดมทุนจะง่าย กิจกรรมขยายตัวได้รวดเร็วมีความมั่นคง และโอกาสประสบผลสำเร็จมีสูง

6. ปัจจัยด้านแรงงาน แรงงานในวิสาหกิจชุมชนที่เป็นลูกจ้างมีส่วนใหญ่มีน้อย โดยมากเป็นประเภททำงานให้ตัวเอง ภายในครอบครัว ส่วนมากพบว่า เป็นแรงงานที่มีความรู้น้อย ขาดทักษะและประสบการณ์ จึงเป็นแรงงานไร้ฝีมือ เป็นแรงงานของคนรุ่นพ่อ แม่ ปู่ ย่า เป็นสำคัญ

7. ปัจจัยด้านการมีส่วนร่วมของสมาชิก การเกิดขึ้นหรือการคงอยู่การเติบโตและยั่งยืนของวิสาหกิจชุมชน ต้องอาศัยความร่วมมือร่วมใจของชุมชน ต้องร่วมกันคิด ร่วมกันตัดสินใจ ร่วมกันทำ และร่วมกันรับผิดชอบ การมีส่วนร่วมของสมาชิกจะรวมถึงร่วมกันระดมทุน ถือหุ้นและนำทุนไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะเดียวกันการมีส่วนร่วมอย่างเอางานเอาการ เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถพึ่งตนเองได้

จากแนวคิดในการศึกษาศักยภาพวิสาหกิจชุมชนที่กล่าวมา คณะผู้วิจัยสรุปได้ว่าการศึกษาศักยภาพวิสาหกิจชุมชนจะต้องศึกษาถึงความสอดคล้องกับสถานภาพและสถานการณ์ของท้องถิ่นและชุมชน ตลอดจนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เป้าหมาย และทิศทางของวิสาหกิจชุมชนนั้นๆ โดยการวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยจะทำการศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก ประกอบด้วย 1) ด้านกระบวนการผลิต 2) ด้านเงินทุน 3) ด้านแรงงาน และ 4) ด้านการมีส่วนร่วมของสมาชิก

ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับการแปรรูปถั่วแมคคาเดเมีย

แมคคาเดเมีย

แมคคาเดเมียที่ได้ชื่อว่าเป็นราชาแห่งถั่วผู้บริโภคทั่วโลกให้ความสนใจและมีความต้องการทางตลาดสูง เนื่องจากมีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดี มีคุณค่าทางอาหารสูง อุดมไปด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม โพแทสเซียม มีปริมาณไขมันสูงแต่เป็นกรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัวเฉลี่ยถึง 76 % ซึ่งมีความสามารถในการช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ช่วยลดอัตราการเป็นโรคหัวใจ (ศิริบุญ พลสวัสดิ์, 2552, (ออนไลน์)) เป็นพืชที่เกิดโดยธรรมชาติแถวชายฝั่งของตะวันออกเฉียงใต้ของรัฐควีนส์แลนด์และทางตอนเหนือแม่น้ำของรัฐนิวเซาท์เวล ประเทศออสเตรเลียชนเผ่าพื้นเมืองของออสเตรเลียเรียกแมคคาเดเมียว่า kindal kindal และมีชื่อเรียกอื่นๆ เช่น Queensland nut, Australian nut, Bopple nut และ Baupplenut ซึ่งมีอยู่ 10 ชนิด อยู่ในออสเตรเลีย 6 ชนิด อยู่ที่เกาะเซเลเบสของอินโดนีเซีย 1 ชนิด อีก 3 ชนิด อยู่ในหมู่เกาะคาลเลโดเนียใหม่เป็นหมู่เกาะใกล้เคียงกับปาปัวนิวกินี (ผกา มาศ รุ่งทิวา, 2552, (ออนไลน์)) แต่มี 2 ชนิดเท่านั้นที่รับประทานได้และอยู่ในออสเตรเลีย คือแบบผิวเรียบ (Smooth-shelled Macadamia : *Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher) และแบบผิวขรุขระ (Rough-shelled Macadamia : *M.tetraphylla* L.Johnson) อยู่ในวงศ์ *Proteaceae* โดยมีการปลูกและพัฒนาเพื่อการค้าในรัฐฮาวายสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ ซึ่งชนิดนิยมปลูกเพื่อการค้าเป็นส่วนใหญ่ คือ *Macadamia integrifolia*



ภาพที่ 2.1 ลักษณะการติดผลของแมคคาเดเมีย

แมคคาเดเมียจัดเป็นพืชเคี้ยวมัน เป็นพืชยืนต้นเขียวชอุ่มตลอดปี ลำต้นสูงตั้งตรง เมื่อโตเต็มที่มีความสูงประมาณ 20 เมตร ทรงพุ่มลักษณะคล้ายปิรามิดแผ่กว้างประมาณ 13 เมตร ใบมีลักษณะเหมือนหอกหัวกลับ ใบแก่สีเขียวเข้ม ขอบใบมีหนามเล็กน้อย ออกดอกเป็นช่อยาวประมาณ 7-12 นิ้ว (20-30 ซม.) ดอกมีสีขาวหรือสีชมพู มีกลิ่นหอม แต่ละกิ่งที่ติดดอกจะมีดอกประมาณ 300-600 ดอก ติดผลเป็นช่อ ๆ ละประมาณ 20 ผล ผลมีเปลือกแข็งหนา มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว (2.5 ซม.) มีเปลือกแข็งอีกชั้นหนึ่งหุ้มเนื้อใน เรียกว่า กะลา ในกะลามีเมล็ดเป็นเนื้อแน่นสีขาวรับประทานได้พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกแมคคาเดเมีย ควรสูงจากระดับน้ำทะเลไม่น้อยกว่า 700 เมตร มีแหล่งน้ำที่สามารถให้น้ำได้ตลอดปี ดินเป็นดินโปร่งระบายน้ำได้ดี มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.5-6.5

สภาพอากาศควรมีช่วงอุณหภูมิ 10-25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 และปลูกไม้บังลมไว้ด้วยเนื่องจากแมคคาเดเมียมีเนื้อไม้ที่เปราะหักง่าย แมคคาเดเมียให้ผลผลิตเชิงการค้าเมื่อ อายุ 7-10 ปี และให้ผลทุกปีจนกระทั่งอายุ 50 ปี เมื่อเริ่มออกผลต้องรออีก 6 เดือนจึงจะแก่จัดแล้วร่วงลงมาที่โคนต้นผลแมคคาเดเมียใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน เนื้อในแมคคาเดเมียอบแห้งนอกจากรับประทานธรรมดาหรือปรุงรสต่างๆ แล้วยังสามารถนำไปใส่ในขนมต่างๆ เช่น ขนมเค้ก ไอศกรีมหรือนำไปเคลือบด้วยช็อกโกแลตเป็นขนมหวานนอกจากนั้นแมคคาเดเมียไม่มีคอเลสเตอรอล น้ำมันของแมคคาเดเมียมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เช่น กรดโอเลอิก กรดปาล์มิโตเลอิก กรดปาล์มิติก กรดสเตียริก กรดไมริสติก กรดโดโคเฮกซะอีโนอิก กรดไลโนเลอิก เป็นต้น ซึ่งช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลชนิดแอลดีแอล ทำให้สามารถช่วยลดอัตราการเกิดโรคหัวใจ ในกลุ่มของถั่วเปลือกแข็งชนิดต่างๆ แมคคาเดเมียนับว่ามีสารต้านอนุมูลอิสระมาก รองจากบราซิลนัทซึ่งเป็นสารที่ช่วยลดอัตราความเสียหายอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของเซลล์ที่เป็นสาเหตุหนึ่งของโรคมะเร็ง ส่วนของกะลาแมคคาเดเมียมีการนำไป ใช้เป็นองค์ประกอบในอุตสาหกรรมพลาสติก และส่วนเปลือกนอกเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำไปผสมดินที่ใช้ปลูกพืช (ศิริบุญ พูลสวัสดิ์, 2552, (ออนไลน์))

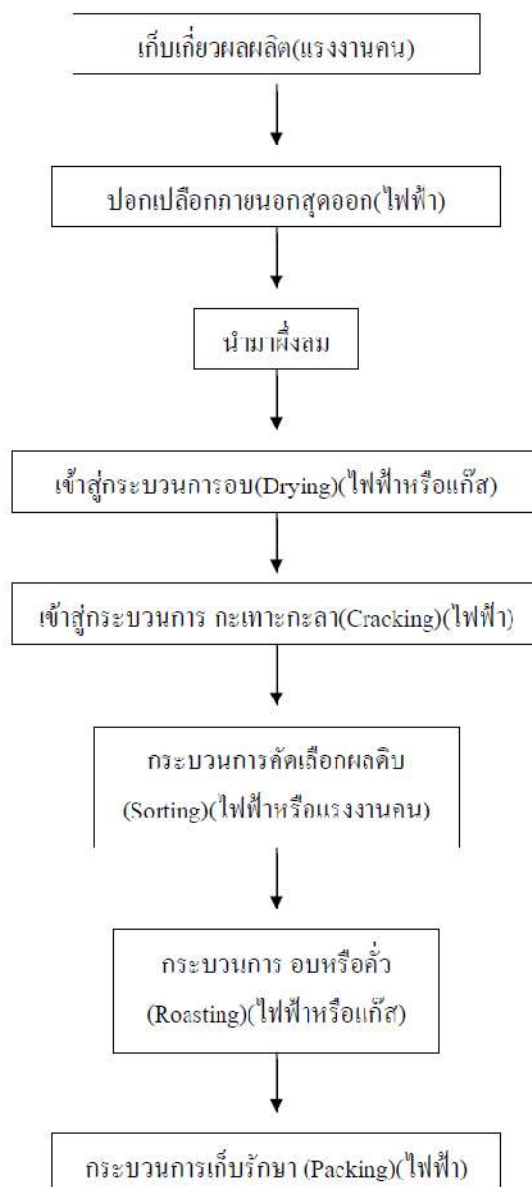


ภาพที่ 2.2 ลักษณะของแมคคาเดเมียที่มีเปลือกหุ้มกะลาและเนื้อในสำหรับบริโภค

แมคคาเดเมีย *Macadamia integrifolia* เป็นพันธุ์ที่ปลูกมากในทางตอนเหนือของประเทศไทย ซึ่งจะสามารถเก็บเกี่ยวแมคคาเดเมียได้ตลอดทั้งปี โดยเมื่อผลแมคคาเดเมียหล่นจากต้นลงสู่พื้นจึงเริ่มมีการเก็บด้วยมือ (ต่างประเทศนิยมใช้รถหรือเครื่องทุ่นแรง) แล้วจึงเอาเปลือกนอกออกทันที หากเว้นระยะในการเก็บแมคคาเดเมียที่หล่นอยู่พื้นนานโดยไม่รีบเอาเปลือกออก จะทำให้เนื้อในแมคคาเดเมียเสื่อมคุณภาพ เนื่องจากผลแมคคาเดเมียสดที่ร่วงซึ่งยังมีเปลือกนอกสีเขียวมีความชื้นสูงถึง 45 % (ถนอม ไชยปัญญา และคณะ, 2544) หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดที่อยู่ในกะลา (nut in shell) มาลดความชื้นให้เหลือประมาณ 3.5 % ส่วนเนื้อในจะมีความชื้นประมาณ 1-1.5 % (Prichavudhi and Yamamoto, 1987)

การแปรรูปถั่วแมคคาเดเมีย

กระบวนการแปรรูปถั่วแมคคาเดเมียมีความแตกต่างจากกระบวนการผลิตถั่วชนิดอื่นๆ เนื่องจากต้องมีกระบวนการบางขั้นตอนเพิ่มมากขึ้น แม้ว่ากระบวนการเดียวกันการผลิตอาจแตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิที่ใช้ในการอบระยะเวลาที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆ (อาทิตย์ วาณิชอดิศักดิ์, 2548)



ภาพที่ 2.3 แผนผังแสดงกระบวนการแปรรูปถั่วแมคคาเดเมียแบบทั่วไป

จากแนวคิดในการแปรรูปถั่วแมคคาเดเมียที่กล่าวมา คณะผู้วิจัยสรุปได้ว่า การแปรรูปถั่วแมคคาเดเมียสามารถแปรรูปได้โดยใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยว ใช้ไฟฟ้าในการปอกเปลือกชั้นนอกเข้าสู่การอบด้วยไฟฟ้าหรือแก๊ส กะเทาะเปลือกด้วยไฟฟ้าหรือแรงงานคน นำไปอบหรือคั่วด้วยไฟฟ้าหรือแก๊ส และเข้าสู่กระบวนการเก็บรักษา โดยคณะผู้วิจัยมีแนวคิดในการแปรรูปโดยใช้เทคโนโลยี ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และ 2) เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

1. เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

1.1 กระบวนการอบ (Drying)

หลังจากนำเมล็ดถั่วแมคคาเดเมียมาผึ่งลมให้เหลือความชื้นประมาณ 15% แล้ว นำมาอบต่อโดยใช้ไฮโดรในการอบแห้งการเพิ่มอุณหภูมิต้อง มีช่วงอุณหภูมิและช่วงเวลาแต่ละช่วงประมาณ 1-2 วัน มี 3 ช่วงประมาณ 40 °C 50 °C และ 60 °C ตามลำดับ ที่ความชื้น 8-10% 3.5% และ 1.5% ตามลำดับ กระบวนการอบเป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุด ช่วยเพิ่มตะเข็บรอยแยก เนื้อมากขึ้น และลดการใช้พลังงานในการกะเทาะ ถ้าไม่มีการอบจะทำให้เหม็นหืนได้ การอบจะมีประโยชน์สามารถทำให้เมล็ดในกับกะลาไม่ติดกัน การอบให้ดูสีของเมล็ด ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปสีจะเปลี่ยน (อาทิพย์ วาณิชชิตศักดิ์, 2548)



ภาพที่ 2.4 ไฮโดรที่ใช้ในการอบเมล็ดถั่วแมคคาเดเมีย

1.2 การวัดความชื้นผลิตภัณฑ์

ปริมาณความชื้นของวัสดุจะอธิบายอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก และความชื้นมาตรฐานแห้ง

ความชื้นมาตรฐานเปียกจะแสดงน้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ต่อน้ำหนักรวมของวัสดุ โดยปกติจะแสดงอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียกนิยมใช้ในการการค้า เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$M_w = \frac{w-d}{w} \quad (1)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง ซึ่งจะใช้ในงานวิจัยทางวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ เนื่องจาก Dry matter ของวัสดุไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการอบแห้งดังนั้นจึงง่ายในการวิเคราะห์การถ่ายเท

$$M_d = \frac{w-d}{d} \quad (2)$$

โดยที่

w	คือ มวลของวัสดุ, kg
d	คือ มวลของวัสดุแห้ง, kg
M_w	คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก
M_d	คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง

1.3 ชีวมวล

ชีวมวล หมายถึง สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ สารอินทรีย์เหล่านี้ได้มาจากพืชและสัตว์ต่างๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การใช้งานชีวมวลเพื่อให้ได้พลังงานอาจจะทำโดยนำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าทดแทนพลังงานจากฟอสซิล ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและอาจหมดลงได้ ชีวมวลมีแหล่งที่มาต่างๆ กัน อาทิ พืชผลทางการเกษตร เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ไม้และเศษไม้ หรือของเหลือจากจากอุตสาหกรรมและชุมชน ตัวอย่างเช่น แกลบ ชานอ้อย เศษไม้ กากมันสำปะหลัง ชังข้าวโพด กาบ กะลามะพร้าว และเปลือกกะลาถั่วแมคคาเดเมีย เป็นต้น

พลังงานชีวมวล หมายถึง พลังงานที่ได้จากชีวมวลโดยผ่านกระบวนการทำให้อินทรีย์สารที่อยู่ในชีวมวลเกิดการแตกตัวแล้วผลิตเป็นพลังงานออกมา พลังงานชีวมวลสามารถใช้ได้ทั้งในรูปของพลังงานความร้อน ไอน้ำ และผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า โดยจะใช้เชื้อเพลิงชีวมวลชนิดใดชนิดหนึ่งทีกล่าวมาข้างต้น หรือหลายชนิดรวมกันก็ได้ จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบหลักของชีวมวลแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. ความชื้น (Moisture) หมายถึง ปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ในชีวมวล ซึ่งชีวมวลส่วนมากแล้วจะมีความชื้นค่อนข้างสูง ถ้าต้องการนำไปเป็นพลังงานในการเผาไหม้ ควรมีค่าความชื้นไม่เกิน 50%

2. ส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible substance) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ สารระเหย (Volatiles Matter) และคาร์บอนคงที่ (Fixed Carbon) ซึ่งชีวมวลใดที่มีค่า Volatiles Matter สูง แสดงว่าชีวมวลนั้นสามารถติดไฟได้ง่าย

3. ส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ หรือขี้เถ้า (Ash) เมื่อชีวมวลถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์แล้ว จะมีสารบางส่วนที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ ซึ่งเรียกสารนี้ว่า ขี้เถ้า โดยชีวมวลแต่ละประเภทจะมีสัดส่วนของปริมาณขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้แตกต่างกัน โดยชีวมวลส่วนใหญ่จะมีขี้เถ้าเฉลี่ยประมาณ 1 -3%

พลังงานที่ได้จากชีวมวล (Biomass Heating Value) ชีวมวลแต่ละประเภทจะให้พลังงานจากการเผาไหม้ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ของชีวมวลแต่ละชนิด และรวมไปถึงสัดส่วนความชื้นที่สะสมอยู่ในชีวมวล โดยค่าความร้อนหรือพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ชีวมวลจะแสดงได้เป็น

1. ค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value, LHV) เป็นค่าพลังงานที่สามารถนำมาใช้ได้จริงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งได้หักพลังงานส่วนหนึ่งที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำที่สะสมอยู่ในชีวมวลออกไประหว่างการเผาไหม้ โดยทั่วไปจะมีหน่วยเป็น kJ/kg หรือ kcal/kg

2. ค่าความร้อนสูง (High Heating Value, HHV) เป็นค่าพลังงานทั้งหมดที่ได้จากการเผาไหม้ชีวมวล โดยไม่มีการหักพลังงานส่วนใดส่วนหนึ่งออกไป มีหน่วยเป็น kJ/kg หรือ kcal/kg

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ เปลือกกะลาจากแมคคาเดเมีย เป็นชีวมวลในการให้ความร้อนมีคุณสมบัติเบื้องต้นและค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากชีวมวลดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติเบื้องต้นและค่าพลังงานความร้อนจากกะลาแมคคาเดเมีย

วิธีการทดสอบ	พารามิเตอร์ที่ทดสอบ	ผลลัพธ์ (% weight)
As received basis	ความชื้น	10.14
	ขี้เถ้า	0.4
	สารระเหย	69.86
	ความชื้นภายใน	19.59
Air dry basis	ความชื้น	8.73
	ขี้เถ้า	0.41
	สารระเหย	70.96
	ความชื้นภายใน	19.9
Dry basis	ขี้เถ้า	0.45
	สารระเหย	77.75
	ความชื้นภายใน	21.8

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า กะลาแมคคาเดเมียที่ออกมาจากทั้งโรงงานแมคคาเดเมีย มีค่าความชื้นอยู่ค่อนข้างต่ำ 8-10 % มีปริมาณขี้เถ้าที่อยู่ในระดับต่ำประมาณ 0.4% ซึ่งสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงได้โดยไม่ต้องผ่านการลดความชื้น

1.4 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

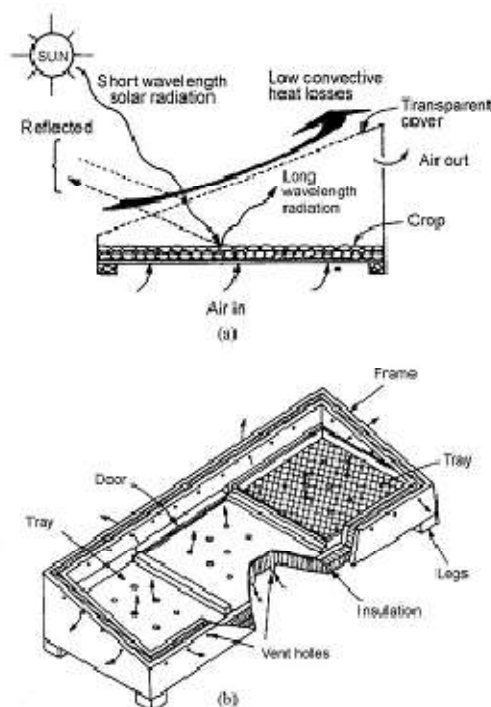
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นวิธีการตากแห้งชนิดหนึ่งที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในกระบวนการตากแห้ง ซึ่งวิธีการตากแห้งเป็นที่นิยมใช้ในชุมชน เพราะแสงแดดเป็นพลังงานที่มีอยู่โดยทั่วไปและไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงาน อย่างไรก็ตามกรรมวิธีในการตากแห้งโดยแสงแดดตามชุมชนส่วนใหญ่ยังขาดกรรมวิธีที่สะอาด เพราะเป็นการตากแห้งที่ไม่มีการป้องกันฝุ่นละออง จึงได้มีการพัฒนาระบบตากแห้งด้วยแสงแดดแบบต่างๆ ขึ้นมามากมาย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกจากการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ปัจจุบันการอบแห้งที่เป็นที่ยอมรับมี 3 ลักษณะคือ

1. การอบแห้งแบบรับรังสีอาทิตย์โดยตรง (Direct solar drying; DSD)

ด้วยวิธีนี้วัสดุอบแห้งรับรังสีอาทิตย์โดยตรง วัสดุอบแห้งมักจะอยู่ในวัสดุโปร่งใส อากาศภายในเครื่องอบแห้งได้รับความร้อน และจะพาความชื้นออกจากวัสดุ และหมุนเวียนตามหลักการพาความร้อนตามธรรมชาติ เครื่องอบแห้งแบบนี้อุณหภูมิภายในอาจสูงกว่าบรรยากาศประมาณ 30°C ทำให้เวลาในการอบแห้งจะสั้นลง เป็นตู้อบแห้ง (Cabinet solar dryer) ประกอบด้วยวัสดุโปร่งใส เพื่อให้รังสีอาทิตย์ส่งผ่านไปยังวัสดุอบแห้งในตู้อบ โดยรังสีอาทิตย์ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับสู่บรรยากาศ ที่เหลือส่วนใหญ่จะผ่านกระจกเข้าไปในตู้และถูกดูดกลืนโดยวัสดุอบแห้ง และแผ่นดูดกลืนรังสีทำด้วยสีดำทำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ตามลำดับ

จนมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเปล่งรังสีความร้อนออกมาจากตัวมันเอง ซึ่งรังสีความร้อนดังกล่าวอยู่ในย่านอินฟราเรด ซึ่งมีความยาวคลื่นยาวกว่ารังสีอาทิตย์ ไม่สามารถสะท้อนทะลุผ่านกระจกออกไปได้ปรากฏการณ์สภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect) ส่งผลให้อุณหภูมิในห้องอบสูงขึ้นตามลำดับ โดยมีกระจกใสปิดเพื่อช่วยลดความร้อนที่สูญเสีย ความร้อนออกจากตู้อบสู่บรรยากาศโดยตรง อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวมีการสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อน และการระเหยตัวของความชื้นเสมอ เนื่องจากการเจาะรูที่ฐานและที่ด้านบนของตู้อบเพื่อก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศภายใน เพื่อพาความชื้นออกจากวัสดุอบแห้ง เครื่องอบแห้งชนิดนี้เหมาะสมกับการใช้งานในเขตที่อากาศร้อนและค่อนข้างแห้ง โดยที่สามารถก่อสร้างและใช้งานได้ง่าย

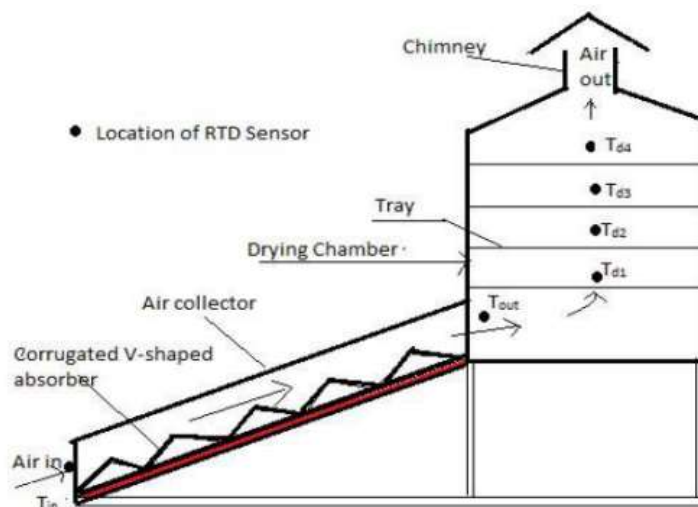
ข้อจำกัดของตู้อบแห้งแบบ Cabinet dryer คือ ส่วนใหญ่มีความจุขนาดเล็ก สีของวัสดุอบแห้งซีดจางลง เนื่องจากสัมผัสกับรังสีอาทิตย์โดยตรง ความชื้นกลั่นตัวเป็นหยดบริเวณกระจก ทำให้ค่าส่งผ่านรังสีอาทิตย์ลดลงประสิทธิภาพการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ต่ำเนื่องจากมีวัสดุอื่นมาบังแผ่นดูดกลืนรังสี ซึ่งปัจจุบันเครื่องอบแห้งแบบนี้ได้รับการพัฒนาให้มีรูปแบบและวัสดุโปร่งใสให้มีประสิทธิภาพสูง เช่น วัสดุที่ใช้ทำหลังคา ต้องโปร่งใส ทนทานรังสีอัลตราไวโอเลต รังสีอาทิตย์ผ่านเข้าง่ายและสะท้อนออกยาก ทำให้เก็บสะสมความร้อนได้เป็นอย่างดี และมีน้ำหนักเบาเพื่อลดน้ำหนักโครงสร้าง ปัจจัยสำคัญในการพิจารณาปัจจัยหนึ่ง คือ ราคาของวัสดุที่เลือกใช้ กระจกถือได้ว่าเป็นวัสดุที่มีการเลือกใช้กันมาก เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดี ราคาถูก แต่มีปัญหาเรื่องการแตกหักง่าย เครื่องอบแห้งแบบโดยตรงที่มีใช้ในปัจจุบันมีหลายรูปแบบด้วยกัน เช่น แบบตู้อบแห้ง อุโมงค์หลังคาโค้ง หรืออาจเป็นหลังคาทรงจั่ว



ภาพที่ 2.5 ตู้อบแห้ง (Cabinet solar dryer)

2. รับรังสีอาทิตย์โดยอ้อม (Indirect solar drying; ISD)

เครื่องอบแห้งแบบนี้วัสดุอบแห้งไม่ได้รับรังสีอาทิตย์โดยตรง ทำให้ลดการเปลี่ยนสี และผลกระทบอื่นๆ ของวัสดุอบแห้ง ซึ่งเป็นผลมาจากการสัมผัสรังสีโดยตรง โดยระบบดังกล่าวจะมีส่วนของอุปกรณ์ผลิตอากาศร้อนแบบต่างๆ สำหรับใช้ในห้องอบแห้งที่หุ้มฉนวนไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกภายนอก ภายในห้องอบแห้งอาจทำเป็นชั้นหลายๆ ชั้น เพื่อให้บรรลุจุดในการอบแห้งได้มากขึ้น ลักษณะโครงสร้างของเครื่องอบแห้งแบบนี้สามารถแสดงในภาพที่ 2.6 ประกอบด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ระบบอากาศ (Solar air system collector) หรือใช้หลักการสะท้อนรังสีอาทิตย์ไปยังแผ่นดูดกลืนรังสีสำหรับผลิตอากาศร้อน ในการให้ความร้อนกับวัสดุเพื่อระเหยความชื้นออกจากวัสดุ โดยหลักการถ่ายเทความร้อนโดยการพาระหว่างอากาศร้อนและวัสดุ เปียกบนพื้นฐานของความแตกต่างความเข้มข้นของความชื้นระหว่างอากาศที่ใช้ออบแห้งกับความชื้นของอากาศบริเวณผิวของวัสดุเปียกในส่วนของการถ่ายโอนความร้อนและมวลตามลำดับ



ภาพที่ 2.6 เครื่องอบแห้งแบบรับรังสีแสงอาทิตย์ทางอ้อม

3. แบบรับพลังงานจากแสงอาทิตย์แบบประยุกต์ร่วม (Mixed solar drying)

เครื่องอบแห้งแบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกับแบบ ISD ต่างกันตรงห้องอบแห้งจะทำด้วยวัสดุโปร่งใสด้วยเพื่อให้ห้องอบแห้งสามารถรับรังสีอาทิตย์แบบ DSD ด้วย เป็นการรับรังสีอาทิตย์สองแหล่ง คือความร้อนจากแหล่งภายนอก และภายในห้องอบแห้ง โดยการเลือกใช้งานพิจารณาตามคุณสมบัติของวัสดุอบแห้งว่าได้รับผลกระทบจากการรับรังสีอาทิตย์โดยตรงได้หรือไม่ เช่นสีของวัสดุอบแห้ง มีความสำคัญมาน้อยเพียงใด

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่จะนำมาประยุกต์ร่วมกับชีวมวลในการอบเมล็ดแมคาเดเมีย ซึ่งระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกจะมีบทบาทสำคัญที่จะแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้ ซึ่งมีข้อดี คือ เมื่อดวงอาทิตย์ส่องผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบใสเข้าไปภายในจะถูกผลิตพันธุ์และองค์ประกอบต่างๆ ภายในเรือนกระจกดูดกลืนรังสีแล้วเปลี่ยนเป็นความร้อน วัสดุภายในโรงเรือนจะแผ่รังสีอินฟราเรด ออกมา แต่ไม่สามารถผ่านกระจกออกมาภายนอกได้ ทำให้อุณหภูมิในเรือนกระจกสูงขึ้น และ

ถ่ายเทความร้อนให้กับผลิตภัณฑ์ เครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจกจะใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตแทนกระจกเนื่องจากสามารถตัดโค้งได้ง่าย น้ำหนักเบาและแสงอาทิตย์ผ่านได้ดี มีพัดลมระบายอากาศ ซึ่งทำงานด้วยโซล่าเซลล์หรือไฟฟ้า ทำให้ผลิตภัณฑ์สะอาดถูกหลักอนามัย และอายุการเก็บรักษานานขึ้นซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการแปรรูป เพื่อรองรับการเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรืออุตสาหกรรมในครัวเรือนต่อไป



ภาพที่ 2.7 ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก

2. เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

2.1 กระบวนการอบหรือการคั่ว (Roasting)

ถั่วแมคคาเดเมียจะมีน้ำมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่สูงและมีลักษณะคล้ายน้ำมันมะพร้าว แต่มีคุณภาพสูงกว่า จึงนิยมนำมาคั่วกับน้ำมันมะพร้าวเพื่อรสชาติที่กลมกลืน โดยทอดใช้เวลาประมาณ 12-15 นาที ที่อุณหภูมิ 135°C ถ้าอบใช้เวลา 40-50 นาที และอุณหภูมิ 135°C (อาทิตย์ วาณิชอดิศักดิ์, 2548)

2.2 รังสีอินฟราเรด (Infrared Radiation)

การแผ่รังสีอินฟราเรด รังสีอินฟราเรด (Infrared) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.75 - 100 ไมโครเมตร (Sandhu, Sakai และ Hanzawa) ความยาวคลื่นในช่วงนี้สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 3 ระดับตามความยาวคลื่นคือ

1. รังสีอินฟราเรดใกล้ (Near infrared, NIR)
2. รังสีอินฟราเรดกลาง (Middle infrared, mid-IR)
3. รังสีอินฟราเรดไกล (Far infrared, FIR)

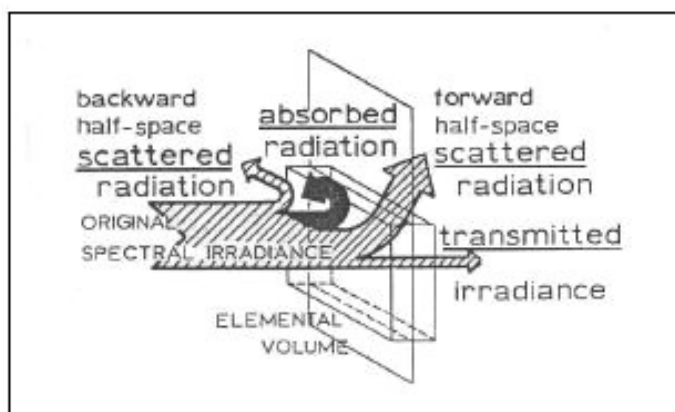
โดยรังสีอินฟราเรดใกล้จะมีความยาวคลื่นสั้นอินฟราเรดกลางมีความยาวคลื่นปานกลาง และอินฟราเรดไกล มีความยาวช่วงคลื่นมากที่สุดความยาวช่วงคลื่นในแต่ละระดับมีการกำหนดแตกต่างกันไป Sandhu (1986) ได้กำหนดช่วงคลื่นของ NIR อยู่ในช่วง 0.75 - 3 ไมโครเมตร mid-IR อยู่ในช่วง 3 - 25 ไมโครเมตรและ FIR อยู่ในช่วง 25 - 100 ไมโครเมตรส่วน (Sakai และ Hanzawa., 1994) กำหนดความยาวคลื่นของ NIR, mid-IR และ FIR อยู่ในช่วง 0.78 - 1.4 ไมโครเมตร, 1.4 - 3 ไมโครเมตรและ 3 - 1,000 ไมโครเมตร ตามลำดับ

2.3 คุณลักษณะการดูดกลืนรังสีของอาหาร

อาหารประกอบด้วยน้ำและอื่นๆ เช่น คาร์โบไฮเดรตโปรตีนและไขมัน เป็นต้น คุณลักษณะการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดนั้น พิจารณาจากการสั่นสะเทือนของพันธะภายในโมเลกุลของน้ำในอาหาร เมื่อเกิดการสั่นสะเทือนที่ความถี่ที่ตรงกับความถี่ของรังสีอินฟราเรดก็จะเกิดการดูดกลืนรังสีความร้อนขึ้น การสั่นสะเทือนของพันธะภายในโมเลกุลของน้ำในอาหารมี 3 ลักษณะ คือ การสั่นสะเทือนที่ยืด-หดแบบสมมาตร การสั่นสะเทือนที่ยืด-หดแบบไม่สมมาตร และการสั่นสะเทือนที่เปลี่ยนมุมแบบสมมาตรอาหาร โดยทั่วไปจะดูดกลืนพลังงานที่แผ่รังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 2.5 นาโนเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่มีประสิทธิภาพสูงผ่านทางกลไกของการเปลี่ยนแปลงสภาพของการสั่นสะเทือนของโมเลกุลเป็นพลังงานความร้อน (Shimizu & Igarashi, 1991) โดยการอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด คือ การแผ่รังสีในรูปแบบของแม่เหล็กไฟฟ้าตลอดช่วงความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรดจากแหล่งพลังงานความร้อนมาตกกระทบลงบนผิวของวัสดุ แล้วรังสีจะทะลวงเข้าไปในวัสดุ ทำให้พลังงานส่วนหนึ่งของการแผ่รังสีถูกวัสดุดูดกลืนไว้ และทำให้โมเลกุลของวัสดุเกิดสภาวะสั่นสะเทือนแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนขึ้นในวัสดุ ดังนั้นน้ำที่อยู่ภายในโมเลกุลก็จะได้รับความร้อนก็จะเกิดการแพร่ออกไปยังผิวของวัสดุ ซึ่งในสภาวะดังกล่าวนี้จะสอดคล้องกับความยาวคลื่นในช่วงระหว่าง 2.5-100 นาโนเมตร หรือในช่วงรังสีอินฟราเรดแบบคลื่นยาว โดยทั่วไปแล้วอาหารต่างๆ เช่น เมล็ดพืช ข้าว ข้าวโพด ผลไม้ ถั่ว ผัก เนื้อสัตว์ ปลา จะมีส่วนประกอบหลักคือ น้ำ แป้ง และโปรตีน ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้มักจะดูดซึมพลังงานจากการแผ่รังสีของอินฟราเรดคลื่นยาวได้ดี

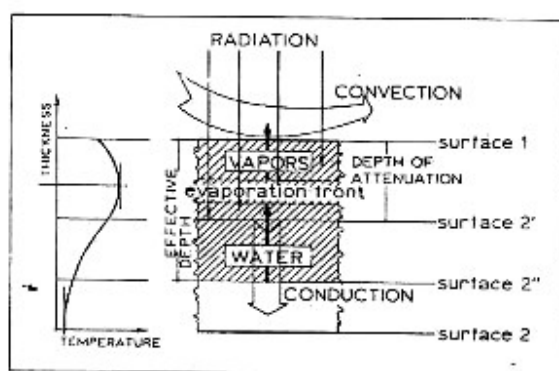
2.4 กลไกการแผ่รังสีอินฟราเรด

เมื่อรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบและแพร่กระจาย (Propagate) ผ่านวัสดุทำให้เกิดการสูญหายของรังสี (Extinction of radiation) เนื่องจากรังสีบางส่วนจะถูกวัสดุดูดกลืน (Absorption) และเปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานความร้อนภายในตัววัสดุบางส่วนเกิดการกระเจิง (Scattering) ทำให้รังสีมีทิศทางแตกต่างจากทิศทางของรังสีจากแหล่งกำเนิดและส่วนที่เหลือจะเกิดการส่งผ่านวัสดุ (Transmission) ดังแสดงในภาพที่ 2.8

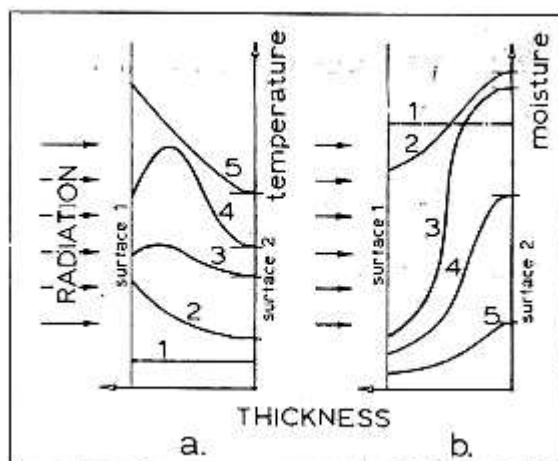


ภาพที่ 2.8 การสูญหายของรังสี (Sandhu, 1986)

Sandhu (1986) ได้กล่าวถึงกลไกการเปลี่ยนแปลงรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปเป็นพลังงานความร้อนภายในตัววัสดุโดยจำลองการแผ่รังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิห้องเพื่ออบแห้งแผ่นของแข็งชื้น (Moist solid plate) ดังแสดงในภาพที่ 2.9 รังสีอินฟราเรดแบบโพลีโครเมติกจะแผ่ออกมาตกกระทบบนพื้นผิวของแผ่นของแข็งด้านหนึ่ง ขณะที่พื้นผิวด้านตรงข้ามจะสมมติว่าเป็นฉนวนแบบแอดิยาเบติก (Adiabatic) มีกระบวนการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบ 1 มิติและเป็นกระบวนการแบบไม่คงตัว (Transient process) รังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจะถูกแผ่นของแข็งชั้นดูดกลืนทำให้อ่อนกำลังลงตามความลึกซึ่งความลึกดังกล่าวนี้ เรียกว่า ความลึกของการอ่อนกำลังลง (Depth of attenuation) มีลักษณะเป็นชั้นตื้นๆ (Superficial layer) และเป็นบริเวณที่เกิดความร้อนเกือบจะคงที่ (An almost uniform heat-generation) ซึ่งโปรไฟล์อุณหภูมิ (Temperature profile) จะมีค่าสูงที่สุดในช่วงความลึกของการอ่อนกำลังลงนี้ขณะเดียวกันจะเกิดการถ่ายเทความร้อนภายในแผ่นของแข็งชื้นโดยพื้นผิว 1 จะสูญเสียพลังงานความร้อนให้กับอากาศโดยการพาความร้อนซึ่งมีค่าน้อยมากส่วนพื้นผิวที่ 2 จะเกิดการถ่ายเทพลังงานความร้อนเข้าสู่ภายในแผ่นของแข็งชื้นโดยการนำความร้อน



ภาพที่ 2.9 การอบแห้งด้วยการแผ่รังสีของแผ่นของแข็งชื้น (Sandhu, 1986)



ภาพที่ 2.10 โปรไฟล์อุณหภูมิ (a) และโปรไฟล์ความชื้น (b) ระหว่างการอบแห้งด้วยการแผ่รังสีของแผ่นของแข็งชื้นเมื่อ 1 คือ เงื่อนไขเริ่มต้นและ 2-5 คือสภาวะไม่สม่ำเสมอ (Sandhu, 1986)

พิจารณาภาพที่ 2.10 ในสภาวะเริ่มต้น (หมายเลข 1) จะพิจารณาว่าแผ่นของแข็งมีปริมาณความชื้นสม่ำเสมอจะเกิดการระเหยในช่วงความลึกของการอ่อกำลังลง (หมายเลข 2 และ 3) การถ่ายเทความชื้นเกิดขึ้นภายในแผ่นของแข็งและด้านหน้าของบริเวณการระเหยน้ำในสถานะของเหลวและไอน้ำเคลื่อนที่สู่ด้านหน้าของการระเหยเนื่องจากแรงผลักดัน (Driving force) ต่างๆ เช่น การแพร่โมเลกุล (Molecular diffusion) การแพร่ความร้อน (Thermal diffusion) การแพร่แคปิลลารี (Capillary diffusion) ที่กระทำพร้อมกัน ส่วนการเพิ่มของความชื้นที่พื้นผิวที่ 2 (หมายเลข 2 และ 3) ซึ่งจะสูงกว่าความชื้นเริ่มต้นของแผ่นของแข็ง (หมายเลข 1) จะเกิดขึ้นระหว่างช่วงเริ่มต้นของการอบแห้ง เนื่องจากการแพร่ของน้ำในสถานะของเหลวเข้าสู่ภายในแผ่นของแข็งทำให้ความชื้นที่พื้นผิวที่ 2 เพิ่มขึ้นมากกว่าความชื้นเริ่มต้น จึงส่งผลให้ความชื้นที่อยู่ลึกกว่าความลึกประสิทธิผล (Effective depth) แพร่ออกมายังพื้นผิวที่ 1 ได้ช้า (พื้นผิวที่ 2) ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้จะเรียกว่า ข้อจำกัดของการถ่ายเทมวลเนื่องมาจากกระบวนการแผ่รังสีอินฟราเรด ดังนั้นวัสดุที่อยู่ในทิศทางของการแผ่รังสีตกกระทบนั้น จะต้องไม่มีความหนาแน่นมากกว่าความลึกประสิทธิผล ซึ่งเป็นชั้นที่ลึกที่สุดภายในวัสดุที่มีการเคลื่อนที่ของน้ำออกไปได้ดีที่สุด ส่วนน้ำที่อยู่ลึกกว่าความลึกประสิทธิผลจะเคลื่อนที่ออกมา เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนถ้าวัสดุมีความหนาแน่นมากกว่าความลึก ประสิทธิภาพจะต้องใช้เทคนิคอย่างอื่นเข้ามาช่วยเช่นวิธีการแผ่รังสีเป็นช่วงๆ (Intermittent irradiation method) ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ จะช่วยให้ความชื้นที่อยู่ในชั้นความหนาที่ลึกกว่าความลึกประสิทธิผลแพร่ออกมายังความลึกประสิทธิผล และส่งผลให้สามารถอบแห้งได้เร็วขึ้น (Lykow, 1955) หรืออาจจะใช้วิธีการแผ่รังสีอินฟราเรดมากกว่า 1 ทิศทางเป็นต้น (Sandhu, 1986)

2.5 ข้อดีและข้อเสียของการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

1. ข้อดีของการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

- 1.1 ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นความร้อนสูงสำหรับอุปกรณ์การแผ่รังสีอินฟราเรดทางไฟฟ้า (Electrical infrared radiator)
- 1.2 ประสิทธิภาพถ่ายเทความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์จะทำให้ลดระยะเวลาของกระบวนการ (Processing time) และพลังงาน
- 1.3 รังสีสามารถทะลุทะลวงเข้าไปในผลิตภัณฑ์ได้โดยตรง
- 1.4 ง่ายในการกำหนดวัฏจักรความร้อน (Beating cycle) สำหรับผลิตภัณฑ์ต่างๆ และง่ายในการปรับเปลี่ยนให้เข้ากับเงื่อนไขที่ถูกเปลี่ยนแปลงแบบต่างๆ ได้อย่างแม่นยำ
- 1.5 โปรไฟล์ความชื้นในผลิตภัณฑ์ทั้งหมดถูกอบแห้งอยู่ในระดับเดียวกัน และความเสียหายของผลิตภัณฑ์
- 1.6 อากาศภายในอุปกรณ์จะไม่ค่อยร้อน ดังนั้นจึงทำให้อุณหภูมิแวดล้อมถูกรักษาอยู่ในระดับปกติควบคุมง่าย
- 1.7 แหล่งพลังงานรังสีอินฟราเรดมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงาน Dielectric และไมโครเวฟ เนื่องจากแหล่งพลังงานรังสีอินฟราเรดมีอายุการใช้งานยาวนาน และบำรุงรักษาต่ำ
- 1.8 การติดตั้งอุปกรณ์รังสีอินฟราเรดใช้พื้นที่น้อย และสามารถติดตั้งร่วมกับเครื่องอบแห้งแบบทั่วไปได้ง่าย
- 1.9 สภาพแวดล้อมการทำงานภายนอกของเครื่องอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดจะสะอาดมากกว่าเครื่องอบแห้งแบบทั่วไป

2. ข้อเสียของการอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด

2.1. การขยายของหลอดรังสีอินฟราเรดจะไม่ใช้เรื่องง่ายเสมอไป

2.2 จำเป็นต้องมีความพยายามอย่างมากในการปรับปรุงเทคโนโลยีรังสีอินฟราเรดเพื่อให้สามารถอบแห้งวัสดุที่มีความหนาได้สำเร็จ

2.3 การทดสอบอุปกรณ์แผ่รังสีอินฟราเรดจะต้องนำไปทดสอบในโรงงานเพื่อรับรองความสำเร็จในการออกแบบอุปกรณ์

2.4 Fire hazards ที่แฝงอยู่จะต้องนำไปพิจารณาในการออกแบบและการทำงาน (นเรศ มีโส, 2545)

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้การอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยรังสีอินฟราเรดแบบสายพาน ซึ่งมีข้อดี คือ ระบบมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นความร้อนสูง ซึ่งการถ่ายเทความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์จะทำให้ลดระยะเวลาของกระบวนการอบ แหล่งพลังงานมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงานDielectric และไมโครเวฟ มีอายุการใช้งานยาวนาน และบำรุงรักษาต่ำกว่าแหล่งพลังงานอื่น ทำให้การแปรรูปผลิตภัณฑ์สะดวกหลักอนามัย และอายุการเก็บรักษานานขึ้นซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการแปรรูป

ตอนที่ 5 แนวคิดเกี่ยวกับการมีส่วนร่วม

วรรณิ จันทรสว่าง (2546) ได้สรุปขั้นตอนการมีส่วนร่วมของประชาชนว่า เป็นการมีส่วนร่วมตามกระบวนการพัฒนา แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ

1. การมีส่วนร่วมในการกำหนดปัญหาและความต้องการ เป็นขั้นตอนที่ประชาชนร่วมกันค้นหาปัญหาสาเหตุของปัญหาและกำหนดความต้องการของชุมชน รวมทั้งจัดลำดับความสำคัญของความต้องการ

2. การมีส่วนร่วมในการวางแผน เป็นขั้นตอนที่ประชาชนร่วมกันคิดและตัดสินใจวางแผนการแก้ปัญหา โดยกำหนดวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหา กำหนดกิจกรรม หรือโครงการ กำหนดทรัพยากรที่ต้องการใช้ทั้งทางด้านกำลังคน เงินและวัสดุ อุปกรณ์

3. การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน เป็นขั้นตอนที่ประชาชนร่วมกันติดตามและประเมินผลการดำเนินงาน โดยการตรวจสอบความก้าวหน้า ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน และพิจารณาผลงานที่เกิดขึ้นทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ

4. การมีส่วนร่วมในการรับและใช้ผลประโยชน์ เป็นขั้นตอนที่ประชาชนได้รับและนำเอาผลจากการดำเนินงานไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและชุมชน รวมทั้งร่วมบำรุงรักษาผลประโยชน์ที่ได้รับ

วิชญ์ สถานนท์ชัย (2550) ได้สรุปแนวคิดจากกระบวนการวิจัยมีส่วนร่วมของชุมชน โดยได้กำหนดการมีส่วนร่วมของชุมชนเป็น 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การร่วมศึกษาปัญหาและปรึกษาหารือ ขั้นที่ 2 การร่วมวางแผนโครงการ ขั้นที่ 3 การร่วมตัดสินใจ ขั้นที่ 4 การร่วมติดตามตรวจสอบประเมินผลการดำเนินงาน ขั้นที่ 5 การร่วมกันปฏิบัติ/ร่วมกิจกรรม และขั้นที่ 6 ร่วมเป็นอาสาสมัครโครงการ

ปาริชาติ บัวเจริญ (2551) ได้สรุปแนวคิดกระบวนการมีส่วนร่วมเป็นลำดับขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ร่วมคิด เป็นการขั้นให้โอกาสที่ผู้เกี่ยวข้องทุกระดับเข้ามามีส่วนร่วมในการเสนอข้อมูลสภาพปัญหา ค้นหาสาเหตุปัญหาที่เกิดขึ้นในองค์กรของตนเอง ตลอดจนรวมถึงการศึกษาข้อมูล และการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อเสนอความต้องการขององค์กร สร้างรูปแบบวิธีการที่จะแก้ไขปัญหาและแก้ปัญหาขององค์กรหรือสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่จะเป็นประโยชน์ที่สนองต่อความต้องการขององค์กร

ขั้นที่ 2 ร่วมวางแผน เป็นขั้นการเปิดโอกาสในการวางแผนนโยบาย แผนงาน โครงการ หรือกิจกรรมเพื่อจัดและแก้ไขปัญหาขององค์กร นำมาวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ และอาจนำแผนนโยบาย โครงการที่มีอยู่ไปประยุกต์ใช้ให้เข้ากับสภาพการณ์ ความต้องการขององค์กร และศักยภาพขององค์กร และศึกษาสภาพการณ์ขององค์กร ตลอดจนร่วมวางแผนลงทุนในกิจกรรมตามความสามารถขององค์กรนั้นๆ

ขั้นที่ 3 ร่วมทำ เป็นการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ การดำเนินงานตามกิจกรรม แผนงานโครงการหรือนโยบายที่วางไว้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้ โดยสอดคล้องกับภูมิปัญญา ทรัพยากรที่มีอยู่

ขั้นที่ 4 ร่วมติดตามประเมินผล เป็นขั้นการมีส่วนร่วมในการการควบคุม ประเมินผล และร่วมบำรุงรักษาโครงการ หรือกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติไปแล้วให้เกิดประโยชน์ตลอดไป ตลอดจนการวิเคราะห์ถึงผลสำเร็จที่เกิดขึ้นว่า เป็นอย่างไร สามารถแก้ไขหรือสนองความต้องการขององค์กรได้จริงหรือไม่ มีปัญหาอะไรบ้างที่เกิดขึ้นที่จะต้องนำไปปรับปรุงแก้ไข หรือมีแนวทางอะไรบ้างที่จะต้องผลักดันไปเป็นโครงการ แผนงาน หรือนโยบายของรัฐต่อไป ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะต้องมีการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบที่สมบูรณ์ และนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์อย่างเป็นกระบวนการ

โคเฮน และอัฟฮอฟ (Cohen & Uphoff, 1977) ได้กล่าวถึงลักษณะของการมีส่วนร่วม โดยแบ่งกระบวนการการมีส่วนร่วมของชุมชน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การร่วมศึกษาปัญหา ค้นหาสาเหตุของปัญหาและความต้องการของชุมชน

ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์ จัดลำดับความสำคัญของปัญหา การแสวงหาแนวทางในการพัฒนา/แก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 การตัดสินใจเลือกแนวทางในการแก้ไขปัญหา และ/หรือร่วมวางแผนหรือนโยบาย

ขั้นที่ 4 การร่วมมือปฏิบัติ/ดำเนินการ

ขั้นที่ 5 การร่วมควบคุม ติดตามและประเมินผลกิจกรรม

ขั้นที่ 6 การร่วมกันรับผลประโยชน์จากโครงการหรือกิจกรรม

จากแนวคิดในการมีส่วนร่วม คณะผู้วิจัยสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการมีส่วนร่วม ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 1) การมีส่วนร่วมในการศึกษาศักยภาพของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ 2) การมีส่วนร่วมในการวางแผนการสร้างรูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย 3) การมีส่วนร่วมในการดำเนินการในการนำรูปแบบที่พัฒนาขึ้นไปใช้ และ 4) การมีส่วนร่วมในติดตามและประเมินผลกิจกรรมของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น

ตอนที่ 6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

วิลาวัลย์ ปันอิน และคณะ (2555) ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ที่นำพลังงานแสงอาทิตย์และเชื้อเพลิงจากชีวมวลมาใช้ร่วมกัน ห้องอบแห้งภายในมีลักษณะเป็นอุโมงค์โค้งขนาด กว้าง 2.4 m ยาว 5 m และสูง 2.4 m ส่วนด้านล่างมีท่อลมร้อนต่อจากเตาแก๊สซีฟิเออร์เข้ามาภายในอุโมงค์เพื่อปล่อยความร้อนที่ผลิตได้จากเตาแก๊สซีฟิเออร์ จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของการอบแห้ง พบว่า การอบแห้งผลผลิตจากการเกษตรทั้งสามชนิด ได้แก่ ขิง กล้วยน้ำว้า และใบมะกรูด กรณีการใช้ถ่านไม้มาเป็นเชื้อเพลิงให้กับเตาแก๊สซีฟิเออร์และนำความร้อนที่ได้มาใช้ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้ถึง 9.84% 12.76% และ 24.20% และ 13.88% ตามลำดับ เมื่อประเมินความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ โครงการที่เหมาะสมสำหรับการลงทุนมากที่สุดคือ การแปรรูปการอบแห้งใบมะกรูด เนื่องจากให้ให้อัตราผลตอบแทนภายในสูงที่สุดเท่ากับ 56.25% และมีระยะเวลาคืนทุนน้อยที่สุดเท่ากับ 1.77 ปี และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อย CO₂ และการปล่อย SO₂ ได้มากกว่า 90% เมื่อเทียบกับการอบแห้งโดยใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิง LPG

Cavaletto (1981) ศึกษาขั้นตอนการอบแห้งแมคคาเดเมีย โดยขั้นตอนแรกจะทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 38 °C จนเนื้อในแมคคาเดเมียมีความชื้นลดลงเหลือ 8 % หรือต่ำกว่าหลังจากนั้นอบแห้งในขั้นตอนที่สองโดยเพิ่มอุณหภูมิเป็น 52 °C เมื่อเนื้อในแมคคาเดเมียมีความชื้นลดลงเหลือ 5-6 % จะอบแห้งในขั้นตอนที่สามและเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60 °C แต่ไม่ควรเพิ่มอุณหภูมิให้สูงกว่านี้ เพราะการอบแห้งแมคคาเดเมียที่มีความชื้นสูงโดยใช้อุณหภูมิสูง จะทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ตรงกลางเมล็ดมีความเข้มข้นสูงส่งผลให้แมคคาเดเมียเกิดสีน้ำตาลตรงกลางเมล็ด

Prichavudhi and Yamamoto (1987) ทำการอบแห้งแมคคาเดเมียที่มีความชื้นเริ่มต้น 28 % ด้วยตู้อบหรือในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิและใช้พัดลมเป็นตัวทำให้มีการไหลเวียนอากาศที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 51.7 60 และ 71.1 °C เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นอบแห้งที่อุณหภูมิ 51.7 °C จนถึงความชื้นสมดุลขั้นตอนนี้ใช้เวลา 3 วัน หลังจากนั้นวิเคราะห์คุณภาพเนื้อในของแมคคาเดเมีย

Palipane (1992) อบแห้งแมคคาเดเมียที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 20 % db ด้วยวิธี Deep bed drying ใช้อากาศเป็นตัวกลางอบแห้งที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ดังนี้ 26 °C : 75 % 30 °C : 30 % 39 °C : 28 % 40 °C : 21 % และ 56 °C : 15 % จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพเนื้อในของแมคคาเดเมีย หาเส้น Moisture Sorption Isotherm และหาสมการอบแห้งชั้นบางที่สามารถทำนายอัตราการอบแห้งได้เหมาะสมที่สุด

Borompichaichartkul, C. and others. (2009) ทำการอบแห้งแมคคาเดเมียที่มีความชื้นเริ่มต้น 20-21 % db ด้วยเครื่องอบแห้งแบบบีบความร้อนร่วมกับแบบลมร้อน การอบแห้งแบ่งเป็นสองขั้นตอน ขั้นตอนแรกอบแห้งด้วยบีบความร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C จนความชื้นหลังจากการอบแห้งในขั้นตอนแรกเท่ากับ 8.7 และ 11.1 % db หลังจากนั้นอบแห้งขั้นตอนที่สองโดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 หรือ 70 °C จนมีความชื้นสุดท้าย 1.5-2.7 % db จากนั้นนำเนื้อในแมคคาเดเมียมาวิเคราะห์คุณภาพด้านค่าสี น้ำตาลรีดิวซ์ และค่าเปอร์ออกไซด์

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

กนลรัตน์ เหลืองสด (2550) ศึกษาผลของการอบแห้งด้วยวิธีปั๊มความร้อนร่วมกับแบบลมร้อนต่อคุณภาพแมคคาเดเมีย พบว่า การอบแมคคาเดเมียขั้นตอนแรกด้วยการปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C โดยลดความชื้นให้เหลือ 11.11% d.b. และอบแห้งขั้นตอนที่สองด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งแมคคาเดเมียทั้งกะลา นอกจากนี้ยังพบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดบรรจุภัณฑ์ และระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่า a_w ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และค่าเปอร์ออกไซด์ แต่ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้น ค่าสี L^* ค่าสี b^* และค่าการเปลี่ยนแปลงสีภายนอก และภายในเนื้อในแมคคาเดเมีย

ธานินทร์ รัชโพธิ์ และคณะ (2553) การวิเคราะห์หาสมการอบแห้งเอมไพริคเคิลที่เหมาะสมในการทำนายค่าความชื้นและเวลาในการอบแห้ง พบว่า สมการ Two term สามารถทำนายได้อย่างเหมาะสมที่สุด และศึกษาผลของอุณหภูมิต่อค่าสีของแมคคาเดเมีย พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้มีค่าความสว่างลดลง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสีรวมมีค่าสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ

ณัฐพล ภูมิสะอาด และ ละมุล วิเศษ (2558) ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งแมคคาเดเมียด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน ในการทดลองจะใช้แมคคาเดเมียทั้งกะลา ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นอยู่ในช่วงร้อยละ 16-19 มาตรฐานแห้ง อบแห้งจนเหลือความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าร้อยละ 4 มาตรฐานแห้ง การอบแห้งดำเนินการที่สภาวะแตกต่างกัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของลมร้อน (40, 50 และ 60 °C) และกำลังไมโครเวฟ (300 450 และ 600 W) ต่อลักษณะปรากฏของแมคคาเดเมียและความสิ้นเปลืองพลังงาน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของกำลังไมโครเวฟสามารถลดความชื้นของแมคคาเดเมียได้มากกว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการอบแห้ง หลังการอบแห้งและกะเทาะเปลือกพบว่าที่ กำลังไมโครเวฟ 300 วัตต์ ในทุกๆอุณหภูมิ เนื้อในของแมคคาเดเมียมีสีสม่ำเสมอมากที่สุด เมื่อพิจารณาในแง่พลังงาน พบว่า การทดลองที่อุณหภูมิ 40 °C กำลังไมโครเวฟที่ 450 W ใช้พลังงานต่ำสุด 0.17 กิโลวัตต์ชั่วโมง

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเพื่อสร้างรูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก มีวิธีดำเนินงานวิจัยแบ่งตามวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก โดยการประชุมเชิงปฏิบัติการ

ผู้ให้ข้อมูล/แหล่งข้อมูล

สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบบันทึกผลที่เกิดจากการประชุมเชิงปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ ประกอบด้วย 1) ด้านกระบวนการผลิต 2) ด้านเงินทุน 3) ด้านแรงงาน และ 4) ด้านการมีส่วนร่วมของสมาชิก

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คณะผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมประชุมเชิงปฏิบัติการในวันที่ 22-23 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 เพื่อทำการศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก (ภาคผนวก ก. หน้า 74)

2. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก โดยมีคณะผู้วิจัยและผู้ดำเนินรายการ และมีผู้ช่วยนักวิจัยจดบันทึกข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยนำข้อมูลที่ได้จากการจดบันทึกการประชุมเชิงปฏิบัติการ มาจำแนก จัดกลุ่มและสร้างข้อสรุปที่จะนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาเทคโนโลยีการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ โดยการสัมภาษณ์

ผู้ให้ข้อมูล/แหล่งข้อมูล

หน่วยงานที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย จำนวน 2 แห่ง ได้แก่ 1) วิสาหกิจแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย ตำบลแสงภา อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย และ 2) วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปแมคคาเดเมีย เขาค้อ หรือศูนย์เรียนรู้การแปรรูปแมคคาเดเมียเข็กน้อย ตำบลเข็กน้อย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ เพื่อวิเคราะห์แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการแปรรูป 2) กระบวนการในการแปรรูป และ 3) ต้นทุนในการใช้เทคโนโลยี

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คณะผู้วิจัยลงพื้นที่เก็บข้อมูลครั้งที่ 1 ในวันที่ 22-24 มีนาคม 2562 ณ กลุ่มวิสาหกิจแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย ตำบลแสงภา อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย (ภาคผนวก ข. หน้า 85)

2. คณะผู้วิจัยลงพื้นที่เก็บข้อมูลครั้งที่ 2 ในวันที่ 28-29 มีนาคม 2562 ณ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปแมคคาเดเมีย เขาค้อ หรือศูนย์เรียนรู้การแปรรูปแมคคาเดเมียเข็กน้อย ตำบลเข็กน้อย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย (ภาคผนวก ข.)

3. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการสัมภาษณ์หน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ จำนวน 2 แห่ง เพื่อหาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย โดยมีคณะผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยจดบันทึกข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์หน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ ในพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย มาจำแนก จัดกลุ่มและสร้างข้อสรุปที่จะนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาเทคโนโลยีการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ผู้ให้ข้อมูล/แหล่งข้อมูล

1. ข้อมูลที่ได้จากศึกษาศักยภาพและแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2
2. ข้อมูลจากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา 1) เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และ 2) เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน
3. ข้อมูลจากสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

เทคโนโลยีที่ใช้ในการวิจัย

เทคโนโลยีที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และ 2) เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

1. เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) มีขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1.1 ขั้นตอนศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

1.1.1 ข้อมูลทฤษฎี และหลักการเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

1.1.2 ข้อมูลการออกแบบ และพัฒนาเทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

1.1.3 ข้อมูลการประเมินศักยภาพของระบบพลังงานร่วม

1.1.4 ข้อมูลด้านการอบแห้งและข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.2 ขั้นตอนการออกแบบและสร้าง

1.2.1 ระบบผลิตความร้อนเสริมด้วยชีวมวลทำการออกแบบระบบให้ความร้อนพลังงานชีวมวลโดยใช้กะลาจากแมคคาเดเมีย เป็นชีวมวลในการให้ความร้อน เพื่อส่งต่ออากาศร้อนไปยังห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการออกแบบโรงอบแห้งแบบรูปพาราโบลา หลังคาทำจากวัสดุใสเป็นแผ่นโพลีคาร์บอเนตชนิดเคลือบสารป้องกันแสงยูวี ปิดบนหลังคาโครงโลหะที่ตั้งอยู่บนพื้นซีเมนต์ซึ่งการใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตในการทำหลังคาทำให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านได้ดี แต่รังสีความร้อนที่แผ่จากภายในโรงอบแห้งจะผ่านออกมาได้น้อย จึงทำให้เกิดผลเรือนกระจก (Green House Effect) ความร้อนส่วนใหญ่จึงถูกกักเก็บอยู่ภายในโรงอบ โดยอ้างอิงจากแบบของกระทรวงพลังงาน แบบ พพ.1 ขนาด 6.00 x 8.20 เมตร (บุศรากรณ์ มหาโยธี และ ยุทธศักดิ์ บุญรอด, 2561) และทำการเพิ่มช่องสำหรับผลิตความร้อนเสริมจากพลังงานชีวมวล (Burning Space) (ภาคผนวก ค. หน้า 95)

1.3 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพการอบแห้งจากโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสมรรถนะของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) ดังนี้

1.3.1 อุปกรณ์การวัดและบันทึกข้อมูล

ในการทดสอบสมรรถนะของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) จะใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 1) สายเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค (K-type thermocouple) สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้ง
- 2) เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Hygrometer) ยี่ห้อ Elektronik รุ่น EE23 B สำหรับวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ
- 3) เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศแบบฮีตไวร์ (Hot wire anemometer) ยี่ห้อ Airflow รุ่น TA5
- 4) เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น DC100
- 5) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล ยี่ห้อ KERN รุ่น 474-42

ในการดำเนินการทดลองทดสอบสมรรถนะโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) จำเป็นต้องทราบข้อมูลต่างๆ ดังเช่นความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศแวดล้อม อุณหภูมิในโรงอบแห้ง อุณหภูมิขาออก มวลตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงอบแห้ง และอัตราการไหลของอากาศ โดยอัตราการไหลของอากาศอุณหภูมิอากาศแวดล้อม อุณหภูมิในโรงอบแห้ง อุณหภูมิอากาศที่ไหลออกจากโรงอบแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงอบแห้ง และความเข้มรังสีอาทิตย์ ซึ่งจะถูกบันทึกโดย Data logger ทุกๆ 1 นาที โดยตำแหน่งของหัววัดต่าง ๆ

1.3.2 วิธีการทดลอง

ในการทดสอบสมรรถนะของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) แบบเรือนกระจกหลังคารูปทรงพาราโบลา จะทำการอบแห้งเม็ดแมคคาเดเมียจำนวน 200 กิโลกรัม

- 1) โดยทำการชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของเม็ดแมคคาเดเมียที่จะอบและตัวอย่างที่เตรียมไว้ทั้งในโรงอบแห้ง
- 2) นำเม็ดแมคคาเดเมียเข้าอบในโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) มีการจุดเตาชีวมวลทุก 1 ชั่วโมงในช่วงเวลา 07.30 – 17.00 น.
- 3) ปล่องให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอยู่ในโรงอบแห้งทั้งในช่วงกลางวัน และกลางคืน
- 4) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเม็ดแมคคาเดเมียวัดความชื้นทุกวันในช่วงเวลา 17.00 น.
- 5) นำตัวอย่างของเม็ดแมคคาเดเมียไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 1,053 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหามวลแห้ง
- 6) ทำการวัดอุณหภูมิภายนอก และภายในโรงเรือน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความร้อนของระบบชีวมวล

2. เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน มีขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย ดังนี้

2.1 ขั้นตอนศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

2.1.1 ข้อมูลทฤษฎี และหลักการเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

2.1.2 ข้อมูลการออกแบบ และพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

2.1.3 ข้อมูลการประเมินศักยภาพของเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

2.1.4 ข้อมูลด้านการอบแห้งและข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.2 ขั้นตอนการออกแบบและสร้าง

2.2.1 เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน มีขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 200 เซนติเมตร ทำการออกแบบระบบเครื่องโดยใช้กลไกการเปลี่ยนแปลงรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปเป็นพลังงานความร้อนภายในตัววัสดุโดยจำลองการแผ่รังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิห้องเพื่ออบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมีย โดยมีชุดลูกกลิ้งขับเพื่อลำเลียงเนื้อถั่วแมคคาเดเมียขึ้นบนสายพานเพื่อผ่านกระบวนการอบแห้ง (ภาคผนวก ค. หน้า 99)

2.3 ขั้นตอนการทดสอบและวิเคราะห์ผล

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน ดังนี้

2.3.1 อุปกรณ์ ประกอบด้วย

- 1) Auto Pipette (Rainin, U.S.A)
- 2) Beaker (Pyrex, Germany)
- 3) Centrifuge Tube 10 ml. (Capp, Denmark)
- 4) Cylinder (Witeg, Germany)
- 5) Micropipette Tips (Rainin, U.S.A)
- 6) Stirring rod, spatula
- 7) Erlenmeyer flask (Pyrex, Mexico), Rack
- 8) Volumetric flask (Pyrex, Germany)

2.3.2 เครื่องมือ

- 1) Balance analysis 4 decimals (Mettler Toledo, AB 204-5, Switzerland)
- 2) Colorimeter (Hunter Lab, Color flex, USA)
- 3) Fume Hood (Flexlab, FH120, Thailand)
- 4) Hot air oven (Mettmert, UF110, Germany)
- 5) Infrared with hot air (Thailand)
- 6) Moisture can and Desiccator (jipo, Germany)
- 7) Refrigerator (HITACHI, R-64V-3, Thailand)

- 8) Ultrasonic bath (Sonorex, Germany)
- 9) Vortex mixer (Scientific industries, G-560E, U.S.A.)
- 10) Water Activity Meter (AQUA LAB, Series, USA)

2.3.4 สารเคมี

- 1) Phenolphthalein
- 2) Ethylalcohol 95% AR. Grade (RCL Labscan, Thailand)
- 3) Sodium hydroxide

2.3.5 วิธีการทดลอง

1) หาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแมคคาเดเมียอบด้วยคลื่นอินฟราเรดแบบสายพาน ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านต่าง ๆ โดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology) และวางแผนการทดลองแบบ Central composite design ทำการศึกษา 2 ปัจจัย คือ พลังงานอินฟราเรดในช่วง 2,700 ถึง 3,900 วัตต์ และช่วงเวลาในการอบ 2.15 ถึง 4.3 นาที ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การกำหนดสภาวะการอบแมคคาเดเมียโดยเครื่องอินฟราเรดแบบสายพานอัตโนมัติ

treatment	% Infrared (100%=6000W)	Infrared wattage (W)	Hz speed	Duration time (min)
1	55.00	3300	7.50	3.00
2	40.86	2452	7.50	3.00
3	69.14	4148	7.50	3.00
4	55.00	3300	11.04	1.59
5	55.00	3300	3.96	5.45
6	65.00	3900	5.00	4.30
7	55.00	3300	7.50	3.00
8	65.00	3900	10.00	2.15
9	45.00	2700	10.00	2.15
10	55.00	3300	7.50	3.00
11	45.00	2700	5.00	4.30

2) หาคุณภาพของแมคคาเดเมียอบอินฟราเรด

2.1) วัดค่าสีของตัวอย่างโดยวัดค่า L^* , a^* , b^* โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab รุ่น Color flex, USA) เป็นเครื่องมือที่ผ่านการสอบเทียบมาตรฐานก่อนนำมาใช้งาน ทำการวัดตัวอย่าง 3 ครั้ง ที่ตำแหน่งที่แตกต่างกัน ข้อมูลที่ใช้ในการรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัด ค่าสี L^* , a^* , b^* ตามลำดับ

2.2) วัดความชื้น (AOAC, 1999)

2.3) วัดค่า Water activity (a_w) ทำการวัดค่า a_w โดยใช้เครื่องวัด a_w (AQUA LAB รุ่น Series, USA) โดยใส่ตัวอย่างที่ผ่านการบดแล้วในถ้วยสำหรับวัดค่า a_w ประมาณ 3 ส่วน 4 ของถ้วย จากนั้นทำการวัด 3 ซ้ำ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2.4) วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty Value) (AOAC, 2000)

เก็บตัวอย่างทั้ง 11 ตัวอย่างไว้ในที่อุณหภูมิห้องนาน 3 สัปดาห์ ทำการวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระ โดยวิธีการไตเตรท

3) เปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำ 3 ครั้ง ทำการวิเคราะห์ค่าสี ความชื้น และค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ตามแผนการทดลองแบบ factorial in completely randomized design (CRD) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลอง โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4) การหาสภาวะที่เหมาะสมของการอบแมคคาเดเมีย

ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำ 3 ครั้ง นำค่าเฉลี่ยมาหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology) และวางแผนการทดลองแบบ Central composite design

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก โดยการประชุมเชิงปฏิบัติการ

ผู้ให้ข้อมูล/แหล่งข้อมูล

สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบบันทึกผลที่เกิดจากการประชุมเชิงปฏิบัติการ เพื่อประเมินผลในด้านความเหมาะสม และด้านความเป็นประโยชน์ ในการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คณะผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมประชุมเชิงปฏิบัติการในวันที่ 14-15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 เพื่อประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก (ภาคผนวก ง. หน้า 105)

2. เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการประเมินผลการใช้เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น ในด้านความเหมาะสม และด้านความเป็นประโยชน์ โดยมีคณะผู้วิจัยและผู้ดำเนินรายการ และมีผู้ช่วยนักวิจัยจดบันทึกข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงคุณภาพวิเคราะห์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยนำข้อมูลที่ได้จากการจดบันทึกการประชุมเชิงปฏิบัติการ มาจำแนก จัดกลุ่มและสร้างข้อสรุปเพื่อประเมินผลการใช้เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

การนำเสนอผลการดำเนินงานวิจัยเพื่อสร้างรูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ที่สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก มีผลการดำเนินการดังนี้

1. แมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ เริ่มทำการปลูกเมื่อปี พ.ศ. 2545 มีพื้นที่เพาะปลูกกว่า 1,000 ไร่ เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2550 เลื่อยมาจนถึงปัจจุบัน โดยปกติแมคคาเดเมียจะเริ่มตั้งช่อดอกประมาณช่วงเดือนมกราคม ถึง กุมภาพันธ์ ของทุกปี แต่ในบางปีการตั้งช่อดอกอาจเลื่อนมาช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง มีนาคม เนื่องจากผลกระทบของอากาศในแต่ละปีถ้าปีไหนอากาศร้อนมาก การตั้งช่อดอกก็จะเลื่อนมาหนึ่งเดือน การติดผลของแมคคาเดเมียจะนับจากการตั้งช่อดอกประมาณ 6 เดือน ก็เริ่มทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ปัญหาช่วงการตั้งช่อดอกและการติดผลของแมคคาเดเมียส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในช่วงฤดูฝนประมาณเดือนกรกฎาคม ถึง ตุลาคม ดอกและผลจะร่วงในช่วงนี้ และมีหนอนเจาะผลทำให้ผลเกิดความเสียหายไม่สามารถนำมาแปรรูปได้

2. ขั้นตอนการดำเนินงานและศักยภาพของการผลิตในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก มีดังนี้

- 2.1 ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิต แมคคาเดเมียจะเริ่มตั้งช่อดอกประมาณช่วงเดือนมกราคม ถึง กุมภาพันธ์ และเริ่มทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงปลายเดือนกรกฎาคม ถึง สิงหาคม อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 6 ถึง 7 เดือน กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตแมคคาเดเมียเฉลี่ยต่อปีประมาณ 50 ตันกะลาแห้งต่อปี ขั้นตอนนี้ใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยวอยู่ซึ่งทำให้เก็บเกี่ยวผลผลิตในบางช่วงไม่ทัน โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน การเก็บเกี่ยวผลผลิตเกิดความล่าช้าทำให้ผลร่วงเป็นจำนวนมาก และอาจมีหนอนเจาะผลทำให้ผลเกิดความเสียหายไม่สามารถนำมาแปรรูปได้

- 2.2 ขั้นตอนกะเทาะเปลือกเขียว ขั้นตอนนี้ใช้เครื่องกะเทาะเปลือกที่ทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมาใช้เอง มีจำนวน 1 เครื่อง สามารถทำการกะเทาะเปลือกเขียวได้ประมาณ 50 ถึง 60 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งเครื่องดังกล่าวยังมีจำนวนไม่เพียงพอต่อปริมาณการกะเทาะเปลือกเมื่อเทียบกับจำนวนผลผลิตต่อวัน

- 2.3 ขั้นตอนการคัดขนาดของเมล็ด ขั้นตอนนี้ใช้แรงงานคนในการคัดขนาดของเมล็ด โดยใช้ภาชนะหม้อซึ่งนั่งอาหารจะเป็นรูให้มีขนาดแบ่งออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ การใช้แรงงานคนในการคัดขนาดของเมล็ดสามารถทำการคัดได้วันละประมาณ 1,200 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งการคัดขนาดเมล็ดโดยวิธีดังกล่าวยังคงคัดได้ปริมาณไม่มากพอต่อจำนวนผลผลิตต่อวัน

2.4 ขั้นตอนการนำเมล็ดมาลอยน้ำ ขั้นตอนนี้ใช้แรงงานคนเพื่อคัดแยกเมล็ดดีและเมล็ดที่เสียโดยสังเกตได้จากเมล็ดที่จมจะเป็นเมล็ดดีและเมล็ดที่ลอยน้ำจะเป็นเมล็ดที่เสียไม่สามารถนำมาแปรรูปได้

2.5 ขั้นตอนการอบแห้ง ขั้นตอนนี้ใช้การอบแห้งในโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส ขนาดโรงอบกว้าง 8 เมตร ยาว 20 เมตร การอบหนึ่งครั้งสามารถอบแมคคาเดเมียได้ประมาณ 1,500 กิโลกรัม ใช้เวลาในการอบประมาณ 3 ถึง 4 วัน เพื่อลดความชื้น จนเนื้อในล่อนออกไม่ติดกะลา ซึ่งปริมาณการอบแต่ละครั้งใช้เวลาไม่นานไม่เพียงพอต่อจำนวนผลผลิตต่อวัน ทำให้เมล็ดเกิดความเสียหาย และการอบแห้งในบางช่วงไม่ทัน โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนต้องใช้แก๊สประมาณ 2 ถึงใหญ่ในการอบซึ่งต้องใช้เวลาในการอบแห้งเพิ่มเป็น 4 ถึง 5 วัน เพื่อลดความชื้น

2.6 ขั้นตอนกะเทาะกะลา ขั้นตอนนี้ใช้แรงงานคนในการกะเทาะกะลาเพื่อให้ได้ผลดิบ โดยใช้เครื่องกะเทาะกะลาแบบใบมีดกระแทก สามารถกะเทาะกะลาได้วันละประมาณ 40 กิโลกรัม ต่อวัน ต่อคน ข้อดีของการกะเทาะกะลาโดยใช้แรงงานคน คือ คุณภาพของผลดิบที่ได้จะไม่ค่อยเกิดการแตกหักจะดีกว่าการใช้เครื่องกะเทาะแบบมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งผลดิบที่ได้มีปริมาณมากแต่เกิดการแตกหักมากกว่า แต่ข้อเสียของการใช้แรงงานคนในการกะเทาะกะลา คือ ปริมาณผลดิบที่ได้มีน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องกะเทาะแบบมอเตอร์ไฟฟ้า และไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดในปัจจุบัน

2.7 ขั้นตอนการคัดเลือกผลดิบ ขั้นตอนนี้ใช้แรงงานคนในการคัดเลือกเพื่อให้ได้ขนาดและคุณภาพของผลดิบ ซึ่งแบ่งเกรดของผลดิบออกเป็น 3 เกรด คือ เกรดเอ เกรดบี และเกรดซี เกรดเอผลดิบจะมีเมล็ดเต็ม เกรดบีผลดิบจะแตกหักไม่เกินครึ่งซีก และเกรดซีผลดิบจะแตกหักเกินครึ่งซีก

2.8 ขั้นตอนการอบผลดิบ ขั้นตอนนี้ใช้แก๊สในการอบผลดิบเพื่อให้ได้ถั่วแมคคาเดเมียที่สามารถรับประทานได้ โดยการอบผลดิบแต่ละครั้งใช้เวลาในการอบประมาณ 15 ชั่วโมง สามารถอบได้ครั้งละประมาณ 80 กิโลกรัม ซึ่งใช้เวลาในการอบค่อนข้างนาน วิธีการอบผลดิบของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ ยังคงใช้วิธีการอบโดยนำผลดิบมาใส่กะละมังและเปิดแก๊สปรับอุณหภูมิให้มีความร้อนที่เหมาะสมในการอบโดยสังเกตจากเปลวไฟและใช้มือสัมผัสความรู้สึกดูว่ามีอุณหภูมิพอดีหรือยัง ซึ่งวิธีการดังกล่าวยังไม่มีอุปกรณ์ควบคุมการทำงานและระบบป้องกันอันตรายจากการอบผลดิบ

2.9 ขั้นตอนการบรรจุ ขั้นตอนนี้ใช้เครื่องซีลสุญญากาศในการบรรจุถั่วแมคคาเดเมีย ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนที่จะทำการจำหน่าย

2.10 ขั้นตอนการจัดจำหน่ายสินค้า หลังจากผ่านกระบวนการแปรรูปเสร็จสิ้นแล้วทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ได้จำหน่ายสินค้าให้แก่ บริษัท พี เอส เอ็น อินเตอร์ฟู้ด จำกัด และส่งจำหน่ายให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย เป็นหลัก และมีการนำเข้าเมล็ดถั่วแมคคาเดเมียจากจังหวัดลำปาง เชียงใหม่ และเลย ในกรณีที่มีสินค้าไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด

3. การศึกษาศักยภาพที่เกี่ยวข้องในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ประกอบด้วย 1) ด้านกระบวนการผลิต 2) ด้านเงินทุน 3) ด้านแรงงาน และ 4) ด้านการมีส่วนร่วมของสมาชิก มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ด้านกระบวนการผลิต พบว่า กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ สามารถเก็บเกี่ยวเมล็ดแมคคาเดเมียเฉลี่ยต่อปีประมาณ 50 ตันต่อปี แต่ปัญหาของการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียเริ่มตั้งแต่กระบวนการอบเมล็ด โรงอบที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อปริมาณการอบในแต่ละครั้งทำให้เมล็ดที่ยังไม่ได้ทำการอบเกิดความเสียหาย ในช่วงฤดูฝนต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเนื่องจากการอบถั่วแมคคาเดเมียต้องใช้แก๊สช่วยในการอบซึ่งใช้เวลาในการอบแต่ละครั้งถึงนานถึง 4-5 วัน การคัดแยกขนาดถั่วแมคคาเดเมียทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนยังคงใช้ภาชนะหม้อซึ่งหนึ่งอาหารจะเป็นรูให้มีขนาดตามที่ต้องการแบ่งออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง

และขนาดใหญ่ ได้วันละประมาณ 1,200 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งการคัดแยกขนาดถั่วแมคคาเดเมียโดยวิธีดังกล่าว ยังคงคัดแยกได้ช้า การกะเทาะเปลือกชั้นในที่เป็นกะลา ยังคงใช้แรงงานคนกะเทาะอยู่ ได้วันละประมาณ 40 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ไม่ทันต่อความต้องการของตลาด และการอบเนื้อถั่วแมคคาเดเมียหลังจากการกะเทาะเอาเปลือกกะลาออกแล้ว ยังคงใช้วิธีการอบโดยใส่กะละมังและเปิดแก๊สอบเนื้อถั่วแมคคาเดเมีย ซึ่งการอบในแต่ละครั้งในเวลานานถึง 15 ชั่วโมงต่อการอบเนื้อถั่วแมคคาเดเมีย 80 กิโลกรัม วิธีการอบยังไม่มีระบบป้องกันความปลอดภัยจากการปล่อยแก๊ส ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบได้ ซึ่งอาจเกิดอันตรายต่อกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้ หลังจากผ่านกระบวนการแปรรูปแล้วทางกลุ่มได้จำหน่ายสินค้าให้แก่ บริษัท พี เอส เอ็น อินเตอร์ฟู้ด จำกัด และส่งจำหน่ายให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย เป็นหลัก และมีการนำเข้าเมล็ดถั่วแมคคาเดเมียจากจังหวัดลำปาง เชียงใหม่ และเลย ในกรณีที่สินค้าไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด

3.2 ด้านเงินทุน พบว่า กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ มีการนำเงินมาลงทุนในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย จาก 3 แหล่งทุน คือ 1) เงินทุนตนเอง 2) เงินทุนที่ยืมจากแหล่งเงินกู้ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) และ 3) เงินทุนที่ได้มาจากการระดมทุนจากสมาชิกในกลุ่มเอง

3.3 ด้านแรงงาน พบว่า กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ มีแรงงานที่เป็นลูกจ้างที่เป็นคนไทย จำนวน 1 คน และคนต่างชาติ จำนวน 27 คน ซึ่งเป็นคนพม่าทั้งหมด โดยคนพม่าส่วนมากเป็นแรงงานที่มีความรู้น้อย ขาดทักษะและประสบการณ์ในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

3.4 ด้านการมีส่วนร่วมของสมาชิก พบว่า กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ มีจำนวนสมาชิกที่ถือหุ้นทั้งสิ้น 7 คน ประกอบด้วย

3.4.1	นางสาวธัญญะรัตน์	เมียงคลองคลาม	ประธานกลุ่ม
3.4.2	นายธนาศักดิ์	เมียงคลองคลาม	รองประธานกลุ่ม และเลขานุการ
3.4.3	นางสาวธนพินท์	พิณประสงค์	เหรัญญิก และการเงิน
3.4.4	นางสาวชลิดา	พิณประสงค์	การตลาด
3.4.5	นายคำ	พิณประสงค์	คัดแยกวัตถุดิบ
3.4.6	นายเลิศสิน	ซุสุทิสกุล	ควบคุมแรงงาน
3.4.7	นางสุภาพ	แต้มทอง	ทั่วไป

โดยแต่ละคนมีหน้าที่ร่วมกันรับผิดชอบในแต่ละส่วนงาน มีการประชุมปรึกษาหารือร่วมกันคิด ร่วมกันตัดสินใจ เพื่อลงมติในการหาแนวทางร่วมกันในการพัฒนากระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ จำนวน 2 หน่วยงาน ดังนี้

1. วิสาหกิจแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย

1.1 ประวัติกลุ่มวิสาหกิจ

วิสาหกิจแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย ตั้งอยู่เลขที่ 60 หมู่ที่ 5 ตำบลแสงภา อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย โดยมีคุณบรรพพร สุโพธิ์ อายุ 45 ปี เป็นประธานกลุ่มแม่บ้านแมคคาเดเมียนาแห้ว กล่าวถึงความเป็นมาของแมคคาเดเมียบ้านบ่อเหมืองน้อยว่า บ้านบ่อเหมืองน้อยเริ่มปลูกแมคคาเดเมียมาตั้งแต่ ปี 2533 โดยการสนับสนุนของกองทัพอากาศที่ 3 ต่อมาทางกองทัพอากาศที่ 3 โอนพื้นที่ให้กองทัพอากาศที่ 2 การปลูกครั้งแรกก็ไม่ได้มีความมั่นใจว่า เมื่อปลูกแล้วจะเอาไปขายที่ไหน เอามาแปรรูปอย่างไร แต่ปัจจุบันการปลูกแมคคาเดเมียปีหนึ่งสามารถทำรายได้ถึง 50,000 บาท ต่อครอบครัว ปัจจุบันมีแมคคาเดเมียประมาณ 3,000 ต้น และมีการปลูกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากไม่พอต่อความต้องการของตลาดเมื่อ วันที่ 9 มกราคม 2542 มีการจัดตั้งกลุ่มโดยการร่วมแรงร่วมใจของสมาชิกที่ปลูกแมคคาเดเมีย และการสนับสนุนจากสำนักงานเกษตรอำเภอนาแห้ว และอำเภอนาแห้ว มีสมาชิกทั้งหมด จำนวน 20 คน โดยการดำเนินงานของกลุ่มจะแบ่งการทำงานกัน โดยมีกลุ่มที่ปลูกแมคคาเดเมีย กลุ่มแปรรูป และการตลาด โดยเฉพาะกลุ่มแปรรูป ได้รับการสนับสนุนจากพัฒนาชุมชนทางเคหะเกษตรและเกษตรจังหวัด เข้ามาอบรมให้ความรู้ตลอดเวลาและอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งสามารถผลิตสินค้าจากแมคคาเดเมียได้หลายชนิด และปัจจุบันได้ตั้งเป็นวิสาหกิจชุมชนของอำเภอนาแห้ว มีสินค้าหลายอย่างของกลุ่ม แต่ที่ทำชื่อเสียงให้กลุ่มก็จะเป็นแมคคาเดเมีย

1.2 เทคโนโลยี กระบวนการ หรือต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการแปรรูป

1.2.1 การเก็บเกี่ยวผลผลิต ใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยวซึ่งทำให้เก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงไม่ทันโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน การเก็บเกี่ยวผลผลิตเกิดความล่าช้าทำให้ผลร่วงเป็นจำนวนมาก

1.2.2 การกะเทาะเปลือกเขียว ใช้เครื่องกะเทาะเปลือก สามารถทำการกะเทาะเปลือกเขียวได้ประมาณ 50 ถึง 60 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

1.2.3 การอบแห้ง โดยการตากหรือผึ่งแดดบนพื้นที่มีลมพัดผ่านสะดวกประมาณ 3-7 วัน ความชื้นจะลดลงเหลือประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและฤดูกาลด้วย จากนั้นจึงนำเข้าโรงอบเพื่อลดความชื้น จนเนื้อในล่อนออกไม่ติดกะลา ซึ่งความชื้นจะเหลือประมาณ 1-1.5 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4.1 ลักษณะโรงอบแห้งแมคคาเดเมียของบ้านบ่อเหมืองน้อย

1.2.4 กะเทาะเมล็ด เมื่อกะเทาะเปลือกเขียวออกแล้ว จะเห็นเปลือกของเมล็ดเป็นกะลาสีน้ำตาลซึ่งแข็งมาก ต้องใช้เครื่องมือกะเทาะกะลาออกจึงจะได้เนื้อในสีขาวที่นำมารับประทาน ในกลุ่มมีการกะเทาะเมล็ด 2 แบบ คือ จากการใช้เครื่องจักร และจากใช้แรงงานคน ในกลุ่มส่วนมากจะใช้เครื่องจักรในการกะเทาะเมล็ดมากกว่าแรงงานคนเนื่องจากมีปัญหาเรื่องการสรรหาล้างคน ข้อดีของการใช้เครื่องจักรคือสามารถกะเทาะได้ปริมาณมาก แต่ข้อเสียคือเม็ดแตกเมื่อนำมาขายจะทำให้ราคาต่ำกว่าเมล็ดเต็ม



(ก) การกะเทาะด้วยเครื่องจักร

(ข) การกะเทาะด้วยมือ

ภาพที่ 4.2 การกะเทาะแมคคาเดเมียด้วยเครื่องจักรและมือ

1.2.5 การคัดแยกแมคคาเดเมีย หลังจากนำแมคคาเดเมียที่ได้จากการกะเทาะจะทำการแยกออกมาเป็น 3 ประเภท คือ เม็ดเต็ม เม็ดซีก และที่เป็นผง



ภาพที่ 4.3 การคัดแยกขนาดแมคคาเดเมีย

1.2.6 การอบผลดิบ (เนื้อดิบก่อนบรรจุเพื่อจำหน่าย) หลังจากกะเทาะเปลือกในเมล็ดแมคคาเดเมียออก ทางกลุ่มเลือกการอบแมคคาเดเมียแบบใช้พลังงานแก๊ส เพื่อให้แมคคาเดเมียสุกสามารถรับประทานได้ จะต้องนำเมล็ดแมคคาเดเมียไปอบในเตาอบซึ่งสามารถอบได้ครั้งละ 30 กิโลกรัม



ภาพที่ 4.4 การอบผลดิบแมคคาเดเมียด้วยพลังงานแก๊ส

1.2.7 การแปรรูปแมคคาเดเมียเนื่องจากทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีแรงงานที่ใช้ในการผลิตน้อย จึงเน้นเรื่องการเพิ่มมูลค่าให้กับแมคคาเดเมีย เช่น ซ็อกโกแลตเคลือบแมคคาเดเมีย น้ำมันจากแมคคาเดเมีย รวมถึงการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีความสวยงามเพื่อดึงดูดสายตาของผู้ซื้อ



ภาพที่ 4.5 ผลิตภัณฑ์จากแมคคาเดเมียของกลุ่มแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย

1.3 ข้อสรุป

จากการสัมภาษณ์สมาชิกในกลุ่ม พบว่า ทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีปัญหาเรื่องแรงงานคนจึงมีการนำเทคโนโลยีการกะเทาะเมล็ด ทำให้สามารถกะเทาะได้จำนวนมาก แต่ก็เกิดผลเสียในเรื่องของเมล็ดที่ได้แตกหักจำนวนมาก แต่ทางกลุ่มวิสาหกิจก็ใช้การแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับแมคคาเดเมีย เช่น น้ำมันจากแมคคาเดเมีย ซ็อกโกแลตชุบแมคคาเดเมีย ส่วนในเรื่องของบรรจุภัณฑ์ มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สวยงาม เป็นที่สนใจของผู้ซื้อทำให้สามารถเพิ่มยอดขายได้

2. วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปแมคคาเดเมีย เขาค้อ

2.1 ประวัติกลุ่มวิสาหกิจ

วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปแมคคาเดเมีย เขาค้อ หรือศูนย์เรียนรู้การแปรรูปแมคคาเดเมียเข็กน้อย ตั้งอยู่เลขที่ 429 หมู่ที่ 12 ตำบลเข็กน้อย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยมีคุณวานรรัตน์ แสนยากุล เป็นประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปแมคคาเดเมีย กล่าวถึงความเป็นมาของแมคคาเดเมียเข็กน้อยว่า เขาค้อเป็นพื้นที่ที่สมบูรณ์เหมาะแก่การปลูกเมล็ดแมคคาเดเมียมากๆ ซึ่งจัดเป็นถั่วที่ให้โปรตีนสูงและกำลังได้รับความนิยม แต่ว่าการปลูกยังมีน้อย จึงต้องเร่งส่งเสริมให้ชาวบ้านปลูกเพิ่มเติมบนที่ดินของตนเองแล้วขายเมล็ดให้กลุ่มเพื่อแปรรูป โดยเปิดกลุ่มแปรรูปเมล็ดแมคคาเดเมียตั้งแต่ปี 2556 ปัจจุบันมีการกระจายสินค้าทั่วประเทศ โดยจำหน่ายในราคากิโลกรัมละ 1,200-1,400 บาท และแบ่งบรรจุภัณฑ์เป็นกล่อง เป็นถุงเพื่อสะดวกแก่การซื้อขาย ซึ่งปัจจุบันช่วยสร้างรายได้ให้ชุมชนเป็นอย่างดี ปัจจุบันมีสมาชิกที่ปลูกแมคคาเดเมียทั้งหมด จำนวน 70 คน ได้ผลผลิตประมาณ 30 ตันกะลาต่อปี หลังจากตั้งวิสาหกิจชุมชนก็ได้รับการช่วยเหลือจากภาครัฐเรื่ององค์ความรู้ ซึ่งได้นำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์และวิสาหกิจจนก่อให้เกิดรายได้กับคนในชุมชน และทำให้ชาวบ้านไม่ต้องไปทำงานนอกชุมชน

2.2 เทคโนโลยี กระบวนการ หรือต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการแปรรูป

2.2.1 การเก็บเกี่ยวผลผลิต เริ่มทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงปลายเดือนกรกฎาคม เก็บเกี่ยวผลผลิตแมคคาเดเมียเฉลี่ยต่อปีประมาณ 30 ตันกะลาแห้งต่อปี ขั้นตอนนี้ใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยวอยู่ซึ่งทำให้เก็บเกี่ยวผลผลิตในบางช่วงไม่ทันโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน

2.2.2 การกะเทาะเปลือกเขียว ใช้เครื่องกะเทาะเปลือก มีจำนวน 1 เครื่อง สามารถทำการกะเทาะเปลือกเขียวได้ประมาณ 50 ถึง 60 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 4.6 การกะเทาะเปลือกเขียวด้วยเครื่องจักร

2.2.3 การคัดแยกแมคคาเดเมีย หลังจากนำแมคคาเดเมียที่ได้จากการกะเทาะเปลือกเขียวจะทำการแยกออกมาเป็น 2 ประเภท คือ ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก



ภาพที่ 4.7 การคัดแยกขนาดแมคคาเดเมีย

2.2.4 การอบแห้ง โดยการตากหรือผึ่งเมล็ดประมาณ 3-7 วัน ความชื้นจะลดลงเหลือประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและฤดูกาลด้วย จากนั้นจึงนำไปเข้าโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งทางกลุ่มยังไม่มีโรงอบต้องทำการเช่าโรงอบวันละ 400 บาท ใช้เวลา 15-20 วัน เพื่อลดความชื้น จนเนื้อในล่อนออกไม่ติดกะลา ซึ่งความชื้นจะเหลือประมาณ 1-1.5 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4.8 การอบแห้งแมคคาเดเมียพลังงานแสงอาทิตย์ อำเภอเขาค้อ

2.2.5 กะเทาะเมล็ด เมื่อกะเทาะเปลือกเขียวออกแล้ว จะเห็นเปลือกของเมล็ดเป็นกะลาสีน้ำตาลซึ่งแข็งมาก ต้องใช้เครื่องมือกะเทาะกะลาออกจึงจะได้เนื้อในสีขาวที่นำมารับประทาน ในกลุ่มมีการกะเทาะโดยใช้แรงงานคนเป็นหลัก



ภาพที่ 4.9 การกะเทาะแมคคาเดเมียด้วยแรงงานคน

2.2.6 การอบผลดิบ (เนื้อดิบก่อนบรรจุเพื่อจำหน่าย) หลังจากกะเทาะเปลือกในเมล็ดแมคคาเดเมียออก ทางกลุ่มเลือกการอบแมคคาเดเมียโดยใช้ตู้อบลมร้อนพลังงานแก๊ส เพื่อให้แมคคาเดเมียสุกสามารถรับประทานได้ จะต้องนำเมล็ดแมคคาเดเมียไปอบในเตาอบซึ่งสามารถอบได้ครั้งละ 50 กิโลกรัม โดยใช้เวลา 72 ชั่วโมงต่อครั้ง



ภาพที่ 4.10 การอบผลดิบแมคคาเดเมียด้วยพลังงานแก๊ส

2.2.7 การแปรรูปและบรรจุภัณฑ์แมคคาเดเมีย ทางกลุ่มได้ทำการออกแบบบรรจุภัณฑ์โดยการนำเอาสายผ้าของชาวม้งมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นอัตลักษณ์ของชุมชนชาวม้ง นอกจากนี้ยังเน้นเรื่องการเพิ่มมูลค่าให้กับแมคคาเดเมียโดยการแปรรูปแมคคาเดเมียขายนักท่องเที่ยว เช่น แมคคาเดเมียอบเกลือ แมคคาเดเมียรสดั้งเดิม แมคคาเดเมียแบบกะลา (อบพร้อมกะลาแมคคาเดเมีย) นอกจากนี้ ยังขายในส่วนที่เป็นเมล็ดดิบซึ่งได้กะเทาะเมล็ดแล้ว พร้อมทั้งคัดเกรดเรียบร้อยสำหรับการนำไปแปรรูปต่อเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ต้องการ เช่น ทำเบเกอรี่ นม เนยถั่ว เครื่องสำอาง น้ำมันบำรุงผิว ถ่านกัมมันต์ สบู่ ตู๊กตาถ่านกัมมันต์



ภาพที่ 4.11 ผลิตภัณฑ์จากแมคคาเดเมียของกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปแมคคาเดเมีย เขาคว้อ

2.3 ข้อสรุป

จากการสัมภาษณ์สมาชิกในกลุ่ม พบว่า ทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีปัญหาเรื่องการอบแห้ง ซึ่งทางกลุ่มยังไม่มีโรงอบต้องทำการเข้าโรงอบวันละ 400 บาท ใช้เวลาอบต่อครั้ง 15-20 วัน เพื่อลดความชื้นและการอบผลดิบ (เนื้อดิบก่อนบรรจุเพื่อจำหน่าย) ซึ่งต้องใช้เวลาอบนานถึง 72 ชั่วโมงต่อการอบ 1 ครั้ง การแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับแมคคาเดเมียทางกลุ่มสามารถแปรรูปผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายโดยมีหน่วยงานของรัฐและเอกชนเข้ามาช่วยให้คำแนะนำ เช่น นม เนยถั่ว เครื่องสำอาง น้ำมันบำรุงผิว ถ่านกัมมันต์ สบู่ ตูจกถ่านกัมมันต์ ส่วนในเรื่องของบรรจุภัณฑ์ มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สวยงามโดยการนำเอาลายผ้าของชาวม้งมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นอัตลักษณ์ของชุมชนชาวม้ง เป็นที่สนใจของผู้ซื้อทำให้สามารถเพิ่มยอดขายได้

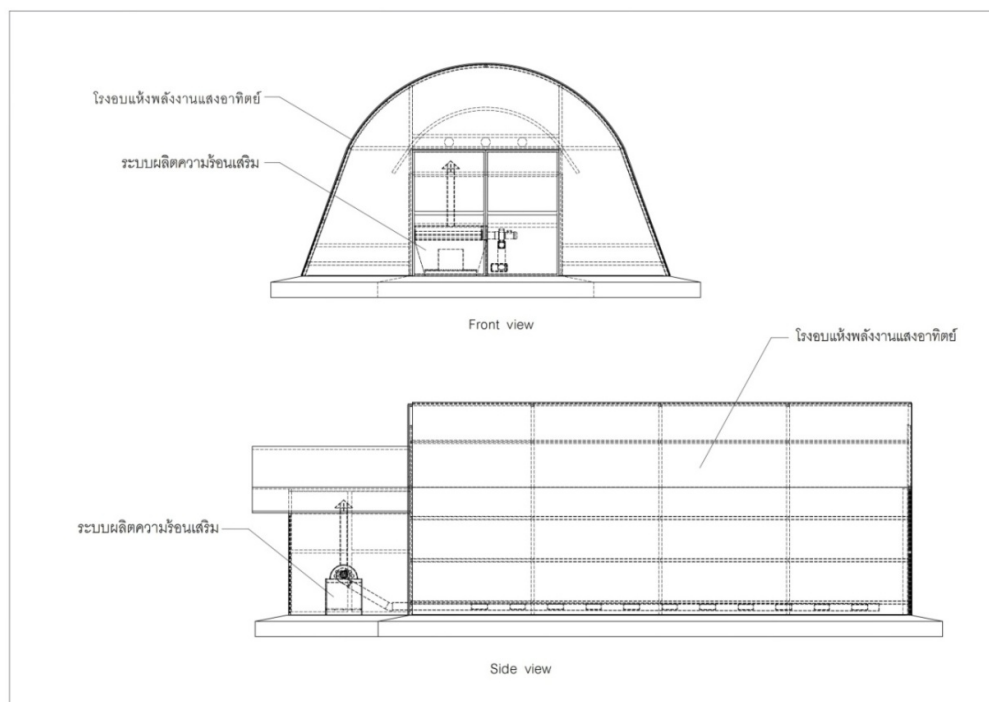
จากการศึกษาหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ จำนวน 2 หน่วยงานสามารถนำเอาจุดเด่นมาส่งเสริมให้ความรู้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์แมคคาเดเมียเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ และเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับถั่วแมคคาเดเมียได้

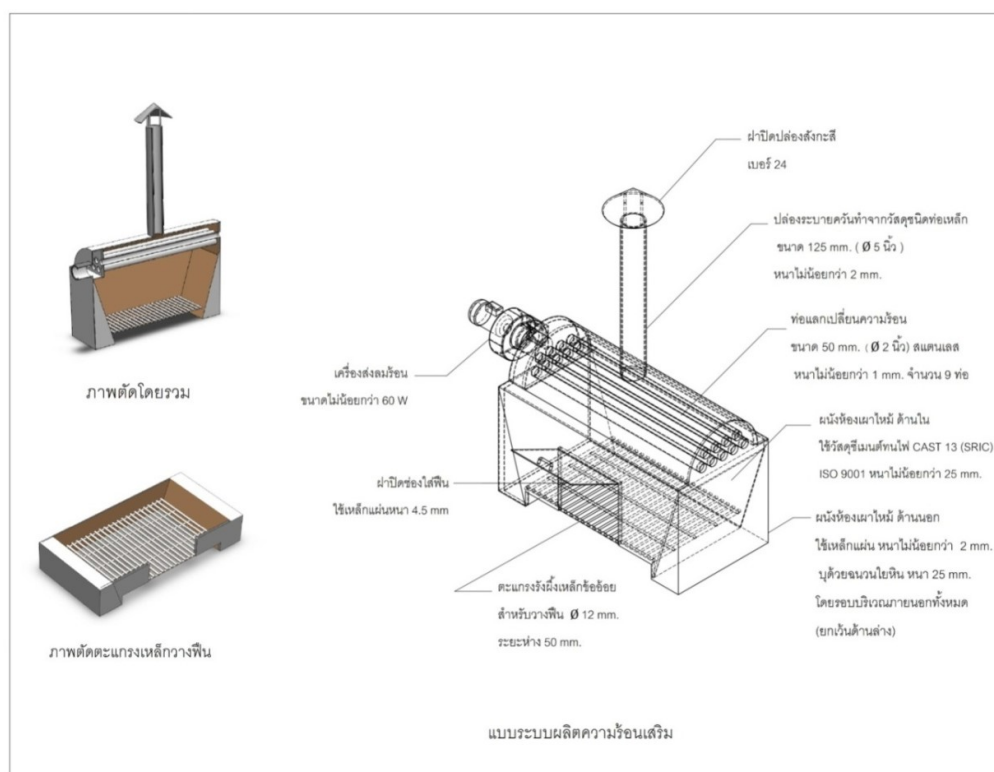
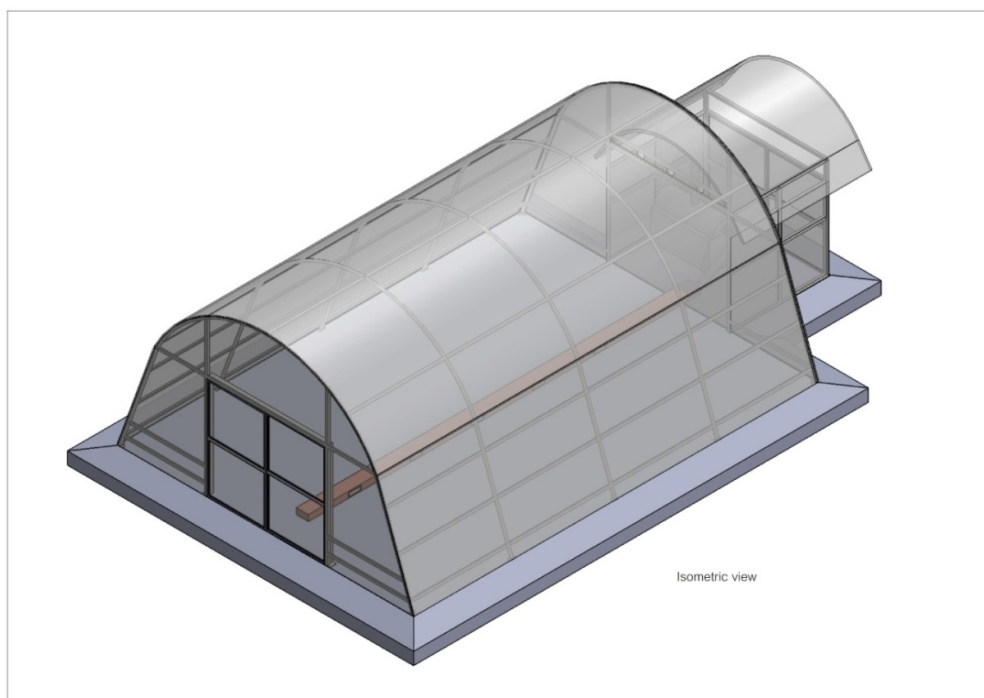
ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

1. ผลการพัฒนาเทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

1.1 ผลการออกแบบและสร้างโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

โรงอบแห้งดังกล่าวมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปทรงแบบพาราโบลา ปิดคลุมทุกด้านด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต เพื่อช่วยทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) โรงอบแห้งนี้มีขนาดพื้นที่ฐาน 6.0×8.2 ตารางเมตร และสูง 3.25 เมตร พื้นที่ติดตั้ง 42.9 ตารางเมตร พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล) 0.30 เมตร โครงหลังคาของโรงอบแห้งมีลักษณะเป็นเหล็กโค้งรูปพาราโบลา จำนวน 5 ชั้น แต่ละชั้นเป็นท่อกลมซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 นิ้ว หนา 2.0 มิลลิเมตร มีระยะห่างแต่ละโครงหลังคา 2.00 เมตรซึ่งยึดติดกับพื้นฐานคอนกรีต ด้านข้างมีเหล็กยึดติดโครงเข้าด้วยกันจำนวน 10 ชั้น เพื่อเสริมความแข็งแรงและทำหน้าที่เป็นโครงสำหรับยึดแผ่นโพลีคาร์บอเนตด้วย ด้านหน้ามีประตูกระจกสำหรับนำผลิตภัณฑ์เข้าออกทั้งด้านหน้าและด้านหลังเป็นประตูบานเลื่อนคู่กรอบบานอลูมิเนียม ลูกฟักกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร ขนาด 2.00×2.10 เมตร มีประตูบานเลื่อนคู่ ใส่มุ้งลวดกันแมลง ขนาด 2.00×2.10 เมตร และมีช่องระบายอากาศ ส่วนด้านหลังมีพัดลมระบายอากาศ 3 ตัว เพื่อดูดอากาศขึ้นจากภายในโรงอบแห้งออกสู่อากาศแวดล้อมภายนอก พัดลมดังกล่าวใช้กำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 50 วัตต์ จำนวน 3 แผง โรงอบแห้งดังกล่าวมีเครื่องเผาไหม้แก๊ส ติดตั้งอยู่ด้านหลังภายในโรงคลุม และมีท่อนำอากาศร้อนเข้าไปเพื่อให้ความร้อนเสริมในช่วงฝนตกหรือแสงแดดไม่เพียงพอ ภายในโรงอบแห้งมีชั้นสำหรับสำหรับวางผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยโต๊ะวางตะแกรง 4 แถว ขนาดกว้างยาว 1.00×6.00 เมตร ความสูงจากพื้นถึงบาร์ับตะแกรง 0.80 เมตร โครงสร้างโต๊ะทำจากเหล็ก 1 นิ้ว $\times$ 1 นิ้ว $\times$ 1.6 มิลลิเมตร บนโต๊ะวางมีตะแกรง 24 อันขนาด 1.00×1.00 เมตร เสริมอลูมิเนียมแบนป้องกันมุ้งลวดหย่อน และมีการเสริมอลูมิเนียมฉากป้องกัน ลักษณะและโครงสร้างของโรงอบแห้งแสดงดังภาพที่ 4.12





ภาพที่ 4.12 ลักษณะโครงสร้างและการออกแบบโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม
(ชีวมวล-แสงอาทิตย์)



ภาพที่ 4.13 ผลการสร้างโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

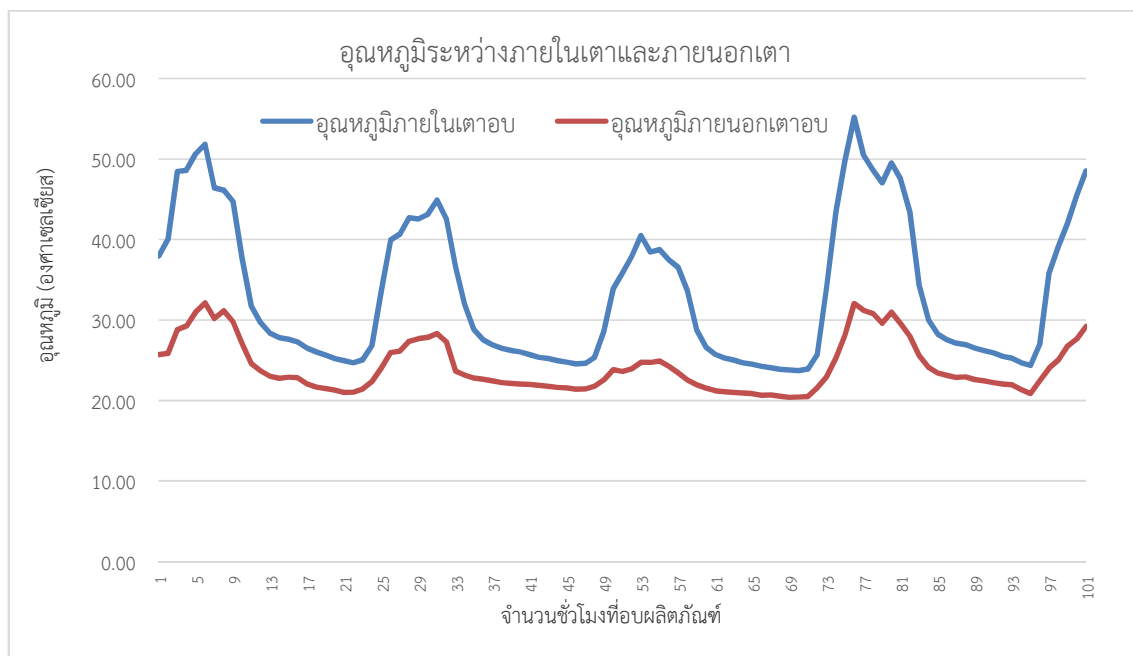
1.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการอบแห้ง

1.2.1 โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

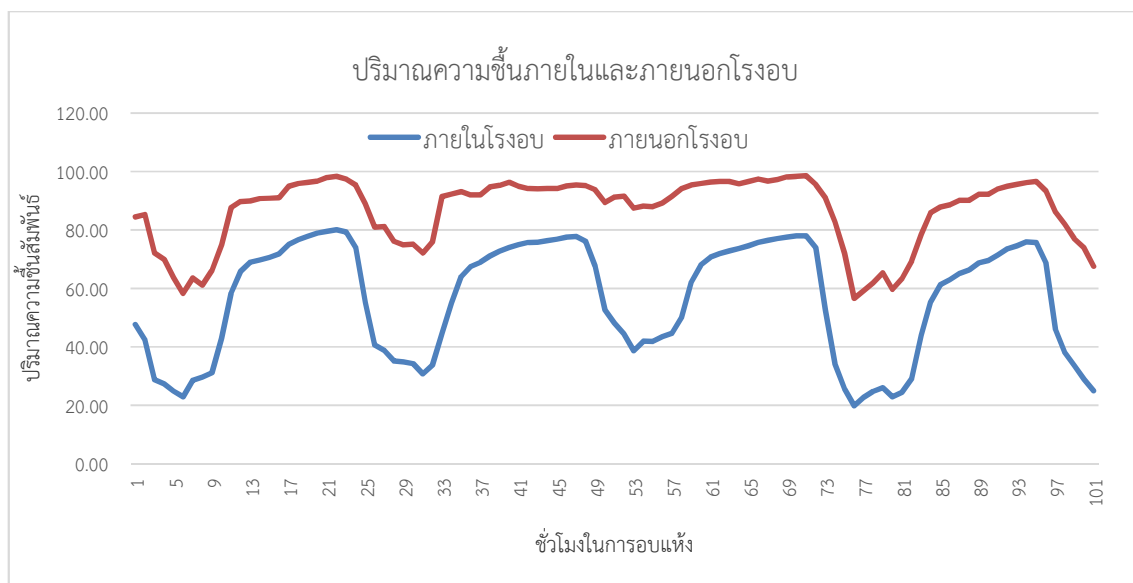
1) อุณหภูมิภายนอกและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) พบว่า ระหว่างช่วงการทดสอบเป็นระยะเวลา 6 วัน มีอุณหภูมิเฉลี่ย 24.39 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ร้อยละ 86.37 อุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ย (Dew point temperature) 21.72 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงสุดภายนอกโรงอบที่ 33.2 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดที่ร้อยละ 98.8 อุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุด (Dew point temperature) 24 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิต่ำสุดที่ 20.3 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่ร้อยละ 54.1 อุณหภูมิจุดน้ำค้างต่ำสุด (Dew point temperature) 20 องศาเซลเซียส

2) อุณหภูมิภายในและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) พบว่า ระหว่างช่วงการทดสอบเป็นระยะเวลา 6 วัน มีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.97 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 57.30 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature) 21.89 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงสุดภายนอกโรงอบที่ 69.4 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดที่ร้อยละ 87.3 อุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุด (Dew point temperature) 27.8 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิต่ำสุดที่ 23 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่ร้อยละ 11.7 อุณหภูมิจุดน้ำค้างต่ำสุด (Dew point temperature) 19 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าโดยเฉลี่ยแล้วโรงอบสามารถเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งได้ 8.58 องศาเซลเซียส

3) การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ภายในเตาอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับพลังงานความร้อนชีวมวล พบว่า การใช้พลังงานความร้อนร่วมจากเตาชีวมวลจะทำการเพิ่มอุณหภูมิได้ประมาณ 9.09 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ลดลงได้ประมาณร้อยละ 30.42 โดยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ได้แสดงในภาพที่ 4.14 และ 4.15



ภาพที่ 4.14 อุณหภูมิภายในและภายนอกโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)



ภาพที่ 4.15 ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกโรงอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นภายในและภายนอก ของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

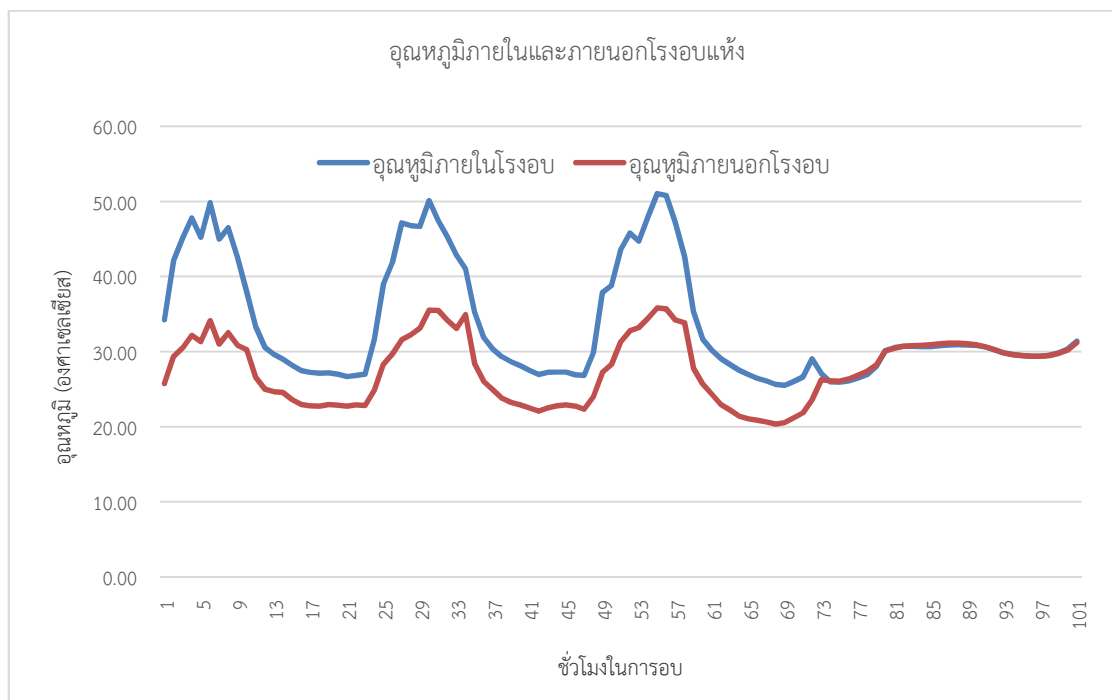
ตัวแปรคุณลักษณะ	ภายในโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)		ภายนอกโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)		t	p-value
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
อุณหภูมิ	33.2918	8.99784	24.2015	3.20914	9.563	0.000
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	56.1763	19.54817	86.5949	11.63176	-13.439	0.000

1.2.2 โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานแสงอาทิตย์

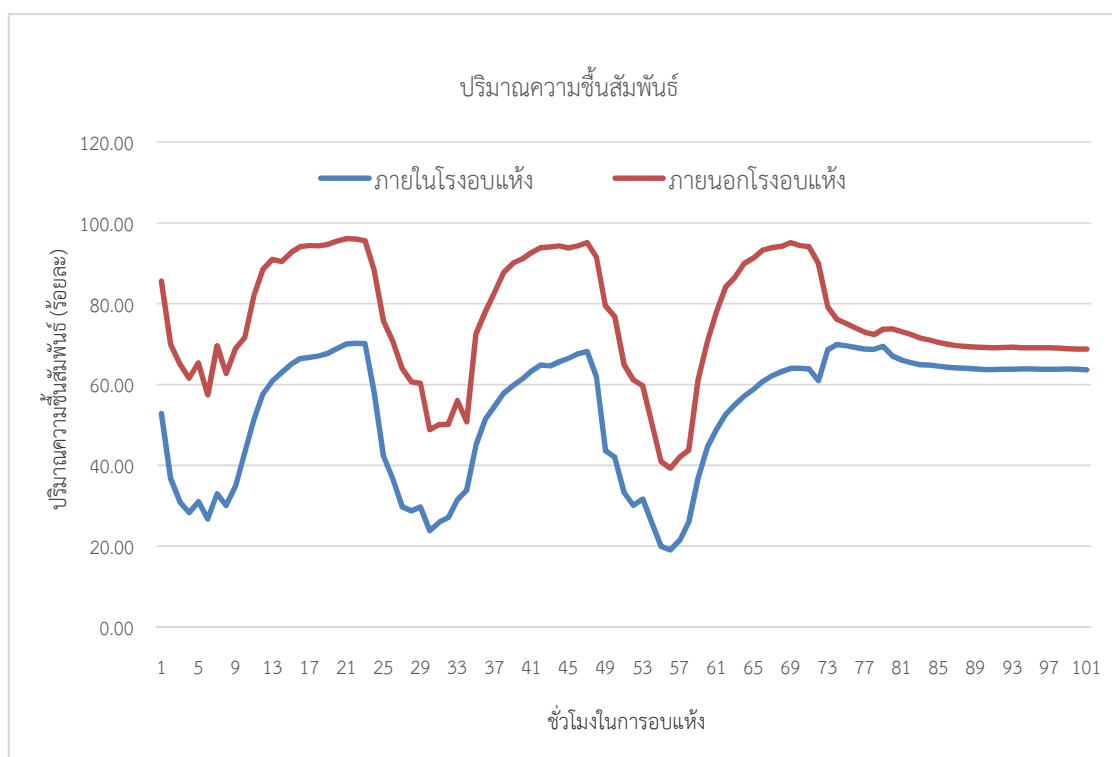
1) อุณหภูมิภายนอกและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ระหว่างช่วงการทดสอบเป็นระยะเวลา 6 วัน มีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.67 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ร้อยละ 75.73 อุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ย (Dew point temperature) 19.25 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงสุดภายนอกโรงอบที่ 35.78 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดที่ร้อยละ 96.14 อุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุด (Dew point temperature) 24 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิต่ำสุดที่ 20.34 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่ร้อยละ 39.27 อุณหภูมิจุดน้ำค้างต่ำสุด (Dew point temperature) 18 องศาเซลเซียส

2) อุณหภูมิภายในและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ระหว่างช่วงการทดสอบเป็นระยะเวลา 6 วัน มีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.51 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 53.47 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature) 21.89 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงสุดภายในโรงอบที่ 51.01 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดที่ร้อยละ 70.23 อุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุด (Dew point temperature) 25.8 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิต่ำสุดที่ 25.51 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่ร้อยละ 19.7 อุณหภูมิจุดน้ำค้างต่ำสุด (dew point temperature) 19 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าโดยเฉลี่ยแล้วโรงอบสามารถเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งได้ 5.84 องศาเซลเซียส

3) การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเตาอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า การใช้พลังงานความร้อนจากโรงอบแห้งจะทำให้มีการเพิ่มอุณหภูมิได้ประมาณ 5.84 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ลดลงได้ประมาณร้อยละ 22.27 โดยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ได้แสดงในภาพที่ 4.16 และ 4.17



ภาพที่ 4.16 อุณหภูมิภายในและภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4.17 ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างภายในและภายนอกโรงอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นภายในและภายนอกของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

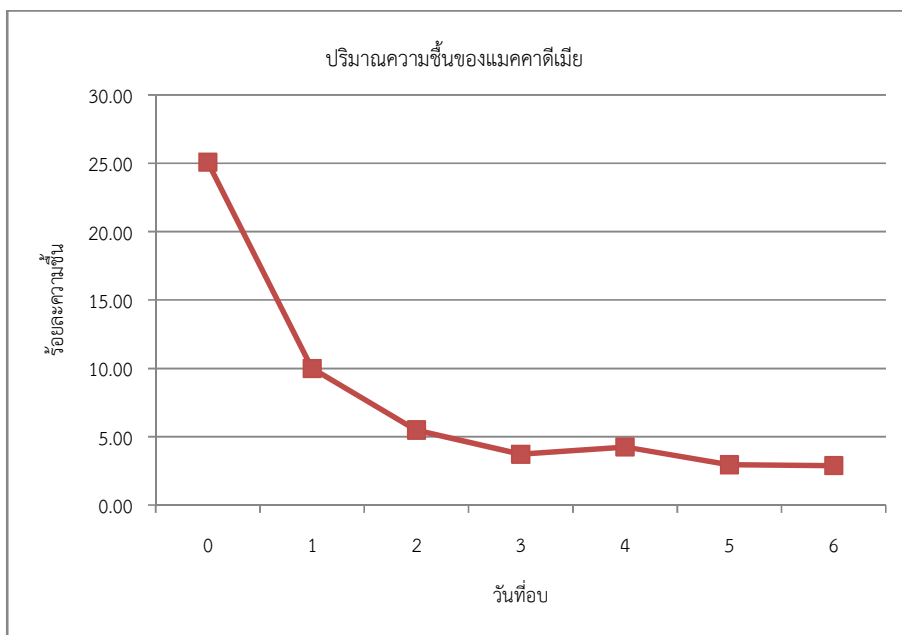
ตัวแปรคุณลักษณะ	ภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์		ภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์		t	p-value
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
อุณหภูมิ	33.5091	7.72608	27.6701	4.36647	6.612	0.000
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	53.4653	15.7448	75.7353	14.8704	-10.334	0.000

1.2.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการใช้โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ประสิทธิภาพการเพิ่มอุณหภูมิของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) จะสามารถเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงอบได้ดีกว่า และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ความแตกต่างของคุณลักษณะ	โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)		โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์		t	p-value
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
อุณหภูมิ	9.0905	5.97508	5.8394	5.03219	4.183	0.000
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	30.4187	10.13294	22.2700	11.17576	5.429	0.000

1.2.4 ความชื้นของผลิตภัณฑ์แมคคาเดเมียหลังจากอบแห้งเป็นระยะเวลา 6 วันแล้ว ดังแสดงในภาพที่ 4.18 พบว่า มีความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 2.87 โดยพบว่า เริ่มต้นในการอบผลิตภัณฑ์มีความชื้นเฉลี่ยที่ 25.09 แล้วลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 1-2 จากนั้นจะเริ่มลดลงเพียงเล็กน้อย จนถึงปริมาณความชื้นที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่องเมล็ดแมคคาเดเมียอบที่กำหนดให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 3 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2549)

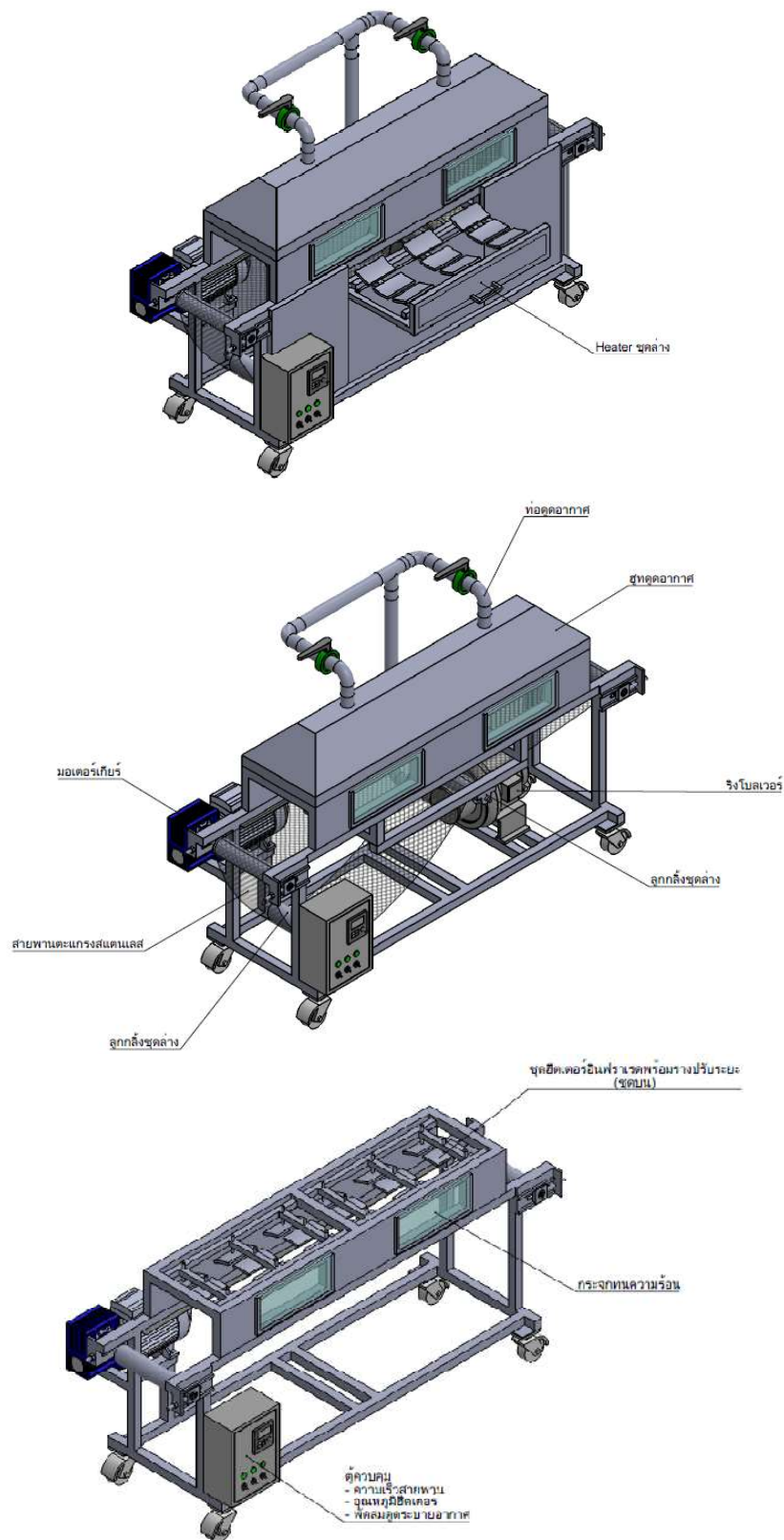


ภาพที่ 4.18 ความชื้นของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการอบแห้ง

2. ผลการพัฒนาเทคโนโลยีเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

2.1 ผลการออกแบบและสร้างเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

2.1.1 เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน มีตัวเครื่องอบแห้งขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 200 เซนติเมตร ทำการออกแบบระบบเครื่องโดยใช้กลไกการเปลี่ยนแปลงรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปเป็นพลังงานความร้อนภายในตัววัสดุโดยจำลองการแผ่รังสีอินฟราเรดแบบต่อเนื่องขนาด 30 Kg/Hr มีชุดควบคุมอุณหภูมิแบบ Digital PID Control เพื่ออบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมีย โดยมีชุดสายพานลำเลียงกว้าง 30 เซนติเมตร ความยาว 5 เมตร แบบต่อกลม สายพานเป็นสายพานชนิดทนความร้อนแบบสแตนเลสสตีลเกรด 304 ทนอุณหภูมิได้ 120 องศา ขับเพื่อลำเลียงเนื้อถั่วแมคคาเดเมียขึ้นบนสายพานเพื่อผ่านกระบวนการอบแห้ง ผนังห้องให้ความร้อนเป็นแบบ 2 ชั้นเพื่อป้องกันความร้อนและความปลอดภัยจากการใช้งาน มีระบบดูดความชื้นออกจากห้องให้ความร้อน พัดลมดูดความชื้นตัวเรือนและใบพัดผลิตจากอลูมิเนียมแรงลมสูงสุด 100 m/h ท่อดูดความชื้นขนาดมี 2 นิ้ว วัสดุทำจากสแตนเลสเกรด 304 และข้อต่อระบบท่อลมเป็นแบบหน้าแปลน โดยมีชุดควบคุมระบบให้ความร้อนผลิตภัณฑ์ มีชุดเบรกเกอร์พร้อมระบบป้องกันกระแสเกินโหลดการใช้งาน มีชุดป้องกันการต่อสายผิด แรงดันไฟตก แรงดันไฟเกิน ชุดแสดงสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัวพร้อมสวิทช์เปิด-ปิดการทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 ลักษณะโครงสร้างและการออกแบบเครื่องอบแห้งเนื้อแก้วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน



ภาพที่ 4.20 ผลการสร้างเครื่องอบแห้งเนื้อกล้วยแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพแมคคาเดเมีย

จากการนำแมคคาเดเมีย มาอบด้วยเครื่องอบอินฟราเรดตามสภาวะที่ต้องการศึกษาจากนั้นนำตัวอย่างแมคคาเดเมียอบที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพ ได้ผลดังนี้

2.2.1 ค่าสีของแมคคาเดเมียอบ

ทำการวัดสีของตัวอย่างโดยวัดค่า L^* , a^* และ b^* ของแมคคาเดเมียที่อบด้วยอินฟราเรดที่สภาวะต่าง ๆ ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าสีของแมคคาเดเมียที่อบด้วยอินฟราเรด

สภาวะในการทดลอง		ค่าสีของแมคคาเดเมียอบ		
พลังงานอินฟราเรด (วัตต์)	เวลาในการอบ (นาท)	L^* ความสว่าง	a^* สีแดง	b^* สีเหลือง
3,300.00	3.00	66.65 ± 0.1^{bcd}	3.40 ± 0.5^{ab}	22.56 ± 1.4^{ab}
2,451.47	3.00	66.36 ± 0.1^d	3.01 ± 0.1^b	22.80 ± 0.1^{ab}
4,148.53	3.00	66.48 ± 0.2^{cd}	3.46 ± 0.26^{ab}	23.48 ± 0.8^{zb}
3,300.00	1.59	66.95 ± 0.05^{bcd}	3.03 ± 0.1^b	23.37 ± 0.2^{ab}
3,300.00	5.45	66.86 ± 0.1^{bcd}	3.07 ± 0.2^b	23.03 ± 0.3^{ab}
3,900.00	4.30	66.41 ± 0.7^d	3.83 ± 0.01^a	24.32 ± 0.2^a
3,300.00	3.00	69.44 ± 0.1^a	2.14 ± 0.2^c	20.69 ± 0.3^{ab}
3,900.00	2.15	67.83 ± 0.1^b	3.29 ± 0.4^{ab}	23.50 ± 0.3^{ab}
2,700.00	2.15	67.67 ± 1.9^{bc}	3.11 ± 0.1^b	24.15 ± 1.4^a
3,300.00	3.00	67.51 ± 0.1^{bcd}	3.52 ± 0.5^{ab}	23.06 ± 0.7^{ab}
2,700.00	4.30	67.20 ± 0.05^{bcd}	2.92 ± 0.6^b	16.52 ± 11.93^b

หมายเหตุ : ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของแต่ละสภาวะของการอบอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.4 พบว่า เมื่อใช้เวลาและพลังงานอินฟราเรดมากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่า L^* ลดลง สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Zhu and Pan (2009) พบว่า ระยะเวลาการอบที่เพิ่มขึ้น จะมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของค่า L^* ในการอบแห้งแอปเปิ้ลแผ่น การเกิดสีน้ำตาลอาจเป็นเหตุผลที่สำคัญสำหรับการเปลี่ยนแปลงสี แต่กลับพบว่าค่าสีแดง a^* และค่าสีเหลือง b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาและพลังงานอินฟราเรดมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าสีในการอบแมคคาเดเมียตามสภาวะที่ทำการศึกษา พบว่าที่พลังงานอินฟราเรด 3,300 วัตต์ อบ 3 นาที ได้แมคคาเดเมียที่มีค่าความสว่างมากที่สุด และมีค่าสีแดงต่ำที่สุด คือ 69.44 และ 2.14 ตามลำดับ และแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และพบว่าที่พลังงานอินฟราเรด 2,700 วัตต์ อบ 4.3 นาที ได้แมคคาเดเมียที่มีค่าสีเหลืองน้อยที่สุด คือ 16.52 การเปลี่ยนแปลงของสีเกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ เช่น ความร้อน และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือการเกิดปฏิกิริยาน้ำตาล เนื่องจากเอนไซม์รวมถึงการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) (Wu *et al.*, 2014) ซึ่งในการอบแห้งแมคคาเดเมียความชื้นสูงกว่า 6-8% w.b. ที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส จะเพิ่มความเข้มข้นน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งตรงกลางเมล็ด อาจเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเอนไซม์มาติกอินเวอร์ชัน (Enzymatic Inversion) เอนไซม์อินเวอร์เทสทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส โดยน้ำตาลนอน-รีดิวซ์ (Non-reducing sugar) เปลี่ยนรูปเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ส่งผลให้แมคคาเดเมียเกิดสีน้ำตาลตรงกลางเมล็ดและผิวของเมล็ด (กนลรัตน์ เหลืองสด, 2550)

2.2.2 ความชื้นและ a_w ในแมคคาเดเมียอบด้วยอินฟราเรด

การหาความชื้น และ ค่า a_w ในแมคคาเดเมียอบด้วยอินฟราเรดได้ผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ความชื้น และ ค่า a_w ของแมคคาเดเมียอบด้วยอินฟราเรด

สภาวะในการทดลอง		คุณภาพของแมคคาเดเมียอบ	
พลังงานอินฟราเรด (วัตต์)	เวลาในการอบ (นาที)	ความชื้น (%)	แอกทิวิตีของน้ำ (a_w)
3,300.00	3.00	2.07 ± 0.02^{de}	0.522 ± 0.003^{ef}
2,451.47	3.00	2.26 ± 0.02^b	0.544 ± 0.003^c
4,148.53	3.00	2.17 ± 0.03^c	0.518 ± 0.003^g
3,300.00	1.59	2.19 ± 0.03^{bc}	0.552 ± 0.001^b
3,300.00	5.45	2.04 ± 0.1^{ef}	0.523 ± 0.002^e
3,900.00	4.30	1.99 ± 0.05^f	0.519 ± 0.002^{fg}
3,300.00	3.00	2.08 ± 0.1^{de}	0.545 ± 0.002^c
3,900.00	2.15	2.20 ± 0.1^{bc}	0.532 ± 0.002^d
2,700.00	2.15	2.44 ± 0.03^a	0.565 ± 0.002^a
3,300.00	3.00	2.26 ± 0.08^b	0.552 ± 0.002^b
2,700.00	4.30	2.13 ± 0.03^{cd}	0.547 ± 0.002^c

หมายเหตุ : ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของแต่ละสภาวะของการอบอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.5 พบว่า เวลาในการอบและระดับพลังงานอินฟราเรด มีผลต่อความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แมคคาเดเมียอบอินฟราเรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากการทดลองพบว่า แมคคาเดเมียอบที่พลังงาน 2,700 วัตต์ เวลาอบ 2.15 นาที มีค่าความชื้น และค่า a_w สูงที่สุด และยังพบว่าแมคคาเดเมียที่ระดับพลังงาน 4,148 วัตต์ เวลาอบ 3 นาที มีค่า a_w ต่ำที่สุด แต่ที่ระดับพลังงาน 3,900 วัตต์ อบที่ 4.3 นาที มีปริมาณร้อยละความชื้นต่ำที่สุด คือ 0.518 และ 1.99 ตามลำดับ ความชื้นและค่า a_w มีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาและพลังงานอินฟราเรดในการอบเพิ่มขึ้น ดังนั้นควรเลือกใช้วิธีการอบแมคคาเดเมียที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการลดร้อยละความชื้น และค่า a_w ที่เป็นสาเหตุสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา

2.2.3 ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ของแมคคาเดเมียอบด้วยอินฟราเรด

การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระของแมคคาเดเมียอบด้วยอินฟราเรดได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ของแมคคาเดเมียอบด้วยอินฟราเรด

สภาวะในการทดลอง		ปริมาณกรดไขมันอิสระ (% as Oleic acid)
พลังงานอินฟราเรด (วัตต์)	เวลาในการอบ (นาที)	
3,300.00	3.00	0.68
2,451.47	3.00	0.92
4,148.53	3.00	0.58
3,300.00	1.59	1.18
3,300.00	5.45	0.58
3,900.00	4.30	0.56
3,300.00	3.00	0.71
3,900.00	2.15	0.73
2,700.00	2.15	1.28
3,300.00	3.00	0.99
2,700.00	4.30	0.77

จากตารางที่ 4.6 พบว่า แมคคาเดเมียที่อบด้วยอินฟราเรด ในช่วงสภาวะที่ได้ทำการศึกษาพบว่า แมคคาเดเมียอบที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระน้อยที่สุดคือ ที่พลังงานอินฟราเรด 3,900 วัตต์ เวลาอบ 4.3 นาที นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณกรดไขมันอิสระมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มพลังงานอินฟราเรดและเวลาในการอบ ซึ่งสอดคล้องกับกับงานวิจัยนิตยา จันกา และ ชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล (2558) พบว่า ปริมาณกรดไขมันอิสระของตัวอย่างข้าวที่ไม่ผ่านการอบแห้งมีค่ามากกว่าข้าวที่ผ่านการอบแห้งอย่างเห็นได้ชัดแสดงให้เห็นว่ากระบวนการทางความร้อนที่ใช้สามารถยับยั้งการก่อตัวของปริมาณกรดไขมันของข้าวได้

การเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ในถั่วแมคคาเดเมียสามารถใช้แทนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังนั้น ระดับกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์จึงสามารถแสดงได้ด้วยค่าเปอร์ออกไซด์ (Fourie and Basson, 1989) กลิ่นหืนของแมคคาเดเมียยังขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และพื้นที่ในการปลูก (Kaijser *et.al.*, 2000)

2.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแมคคาเดเมีย

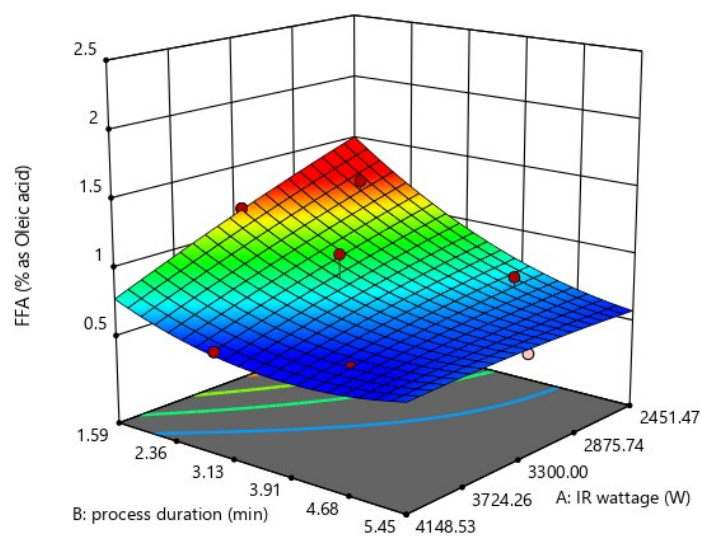
จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแมคคาเดเมียโดยใช้เทคนิค Response surface Methodology (RSM) วางแผนการทดลองแบบ Central composite design (CCD) เพื่อเลือกระดับพลังงานอินฟราเรดและเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตแมคคาเดเมียอบ แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ANOVA for Response Surface Quadratic Model ของปริมาณกรดไขมันอิสระ,ค่า a_w , ความชื้น, ค่าความสว่าง ของแมคคาเดเมียอบด้วยอินฟราเรด

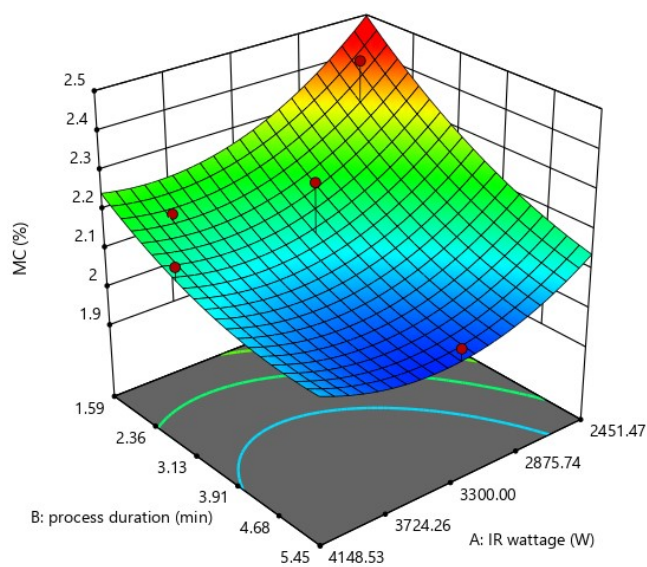
Coefficient	Response							
	Free fatty acid		MC		a_w		brightness L [*]	
	F-value	P-value ^a	F-value	P-value ^a	F-value	P-value ^a	F-value	P-value ^a
Model	6.45	0.0309 [*]	2.62	0.1567 ^{ns}	2.87	0.1361 ^{ns}	0.5182	0.756 ^{ns}
A	0.3530	0.5783 ^{ns}	3.66	0.1139 ^{ns}	9.01	0.0300 [*]	0.0249	0.8807 ^{ns}
B	0.7729	0.4196 ^{ns}	7.62	0.0398 [*]	4.89	0.0780 ^{ns}	0.4792	0.5196 ^{ns}
AB	1.45	0.2818 ^{ns}	0.28	0.6167 ^{ns}	0.047	0.8367 ^{ns}	0.2125	0.6641 ^{ns}
A ²	0.0553	0.8234 ^{ns}	1.33	0.3017 ^{ns}	0.3123	0.6004 ^{ns}	1.73	0.2460 ^{ns}
B ²	2.15	0.2029 ^{ns}	0.014	0.9120 ^{ns}	0.0125	0.9154 ^{ns}	0.5691	0.4846 ^{ns}
Lack of Fit	0.2595	0.8517 ^{ns}	0.615	0.6678 ^{ns}	0.2306	0.8697 ^{ns}	0.2	0.8891 ^{ns}
R ²	0.8657		0.7240		0.7415		0.3413	
Adj R ²	0.7315		0.4481		0.483		-0.3174	
%C.V.	15.61		4.33		2.14		1.53	

หมายเหตุ : A = power of Infrared (watt), B = Process time (min),

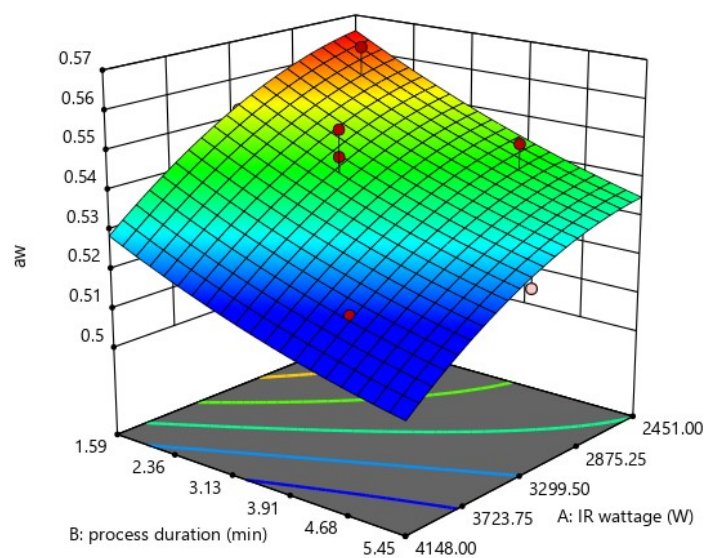
* = Significant p<0.05, ** = Significant p<0.01, *** = Significant p<0.005, **** = Significant p<0.001, ^{ns} = not significant



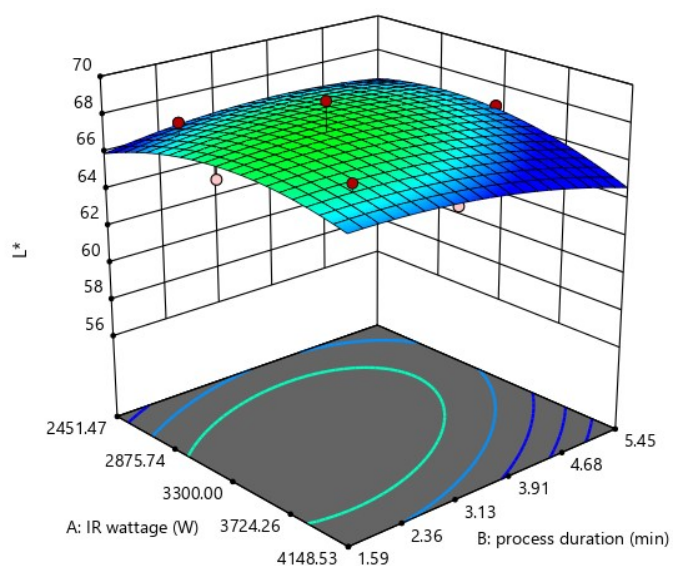
ภาพที่ 4.21 ความสัมพันธ์ของสภาวะการอบแห้งต่อค่าปริมาณกรดไขมันอิสระ (พลังงานอินฟราเรด A และเวลาในการอบ B)



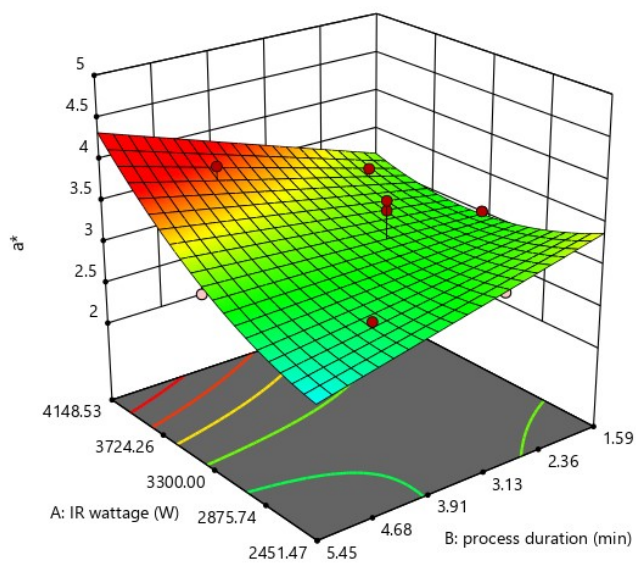
ภาพที่ 4.22 ความสัมพันธ์ของสภาวะการอบแห้งต่อค่าปริมาณร้อยละความชื้น (พลังงานอินฟราเรด A และเวลาในการอบ B)



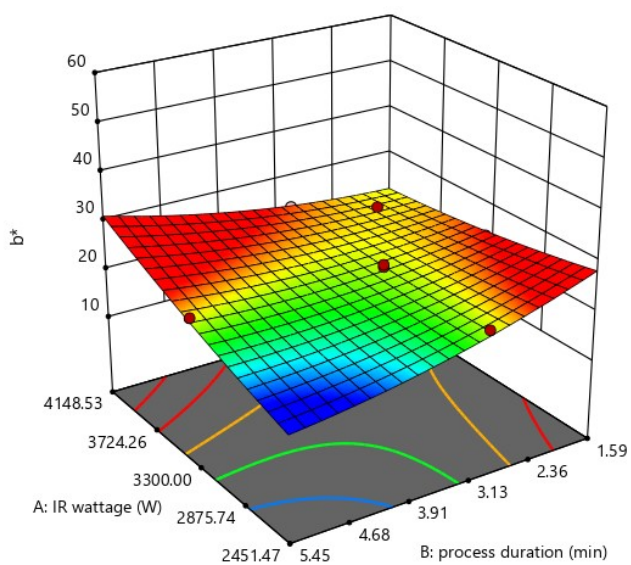
ภาพที่ 4.23 ความสัมพันธ์ของสภาวะการอบแห้งต่อค่า a_w
(พลังงานอินฟราเรด A และเวลาในการอบ B)



ภาพที่ 4.24 ความสัมพันธ์ของสภาวะการอบแห้งต่อค่าความสว่าง L^*
(พลังงานอินฟราเรด A และเวลาในการอบ B)



ภาพที่ 4.25 ความสัมพันธ์ของสภาวะการอบแห้งต่อค่าสีแดง a^*
(พลังงานอินฟราเรด A และเวลาในการอบ B)



ภาพที่ 4.26 ความสัมพันธ์ของสภาวะการอบแห้งต่อค่าสีเหลือง b^*
(พลังงานอินฟราเรด A และเวลาในการอบ B)

จากตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณกรดไขมันอิสระ, ความชื้น, ค่า a_w และค่าความสว่าง (L^*) ของแมคคาเดเมียอบตามสภาวะการอบด้วยคลื่นอินฟราเรด พบว่า อยู่ในช่วง 0.56 ถึง 1.28 %, 1.99 ถึง 2.44 %, 0.518 ถึง 0.565 และ 66.36 ถึง 69.44 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ศึกษา คือระดับพลังงานอินฟราเรด (วัตต์) และเวลาในการอบแห้ง (นาท) กับค่าการตอบสนองของปริมาณกรดไขมันอิสระ แสดงดังภาพที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ของสภาวะการอบแห้ง ต่อปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปแบบของภาพ 3 มิติ (3D) พบว่า ปริมาณกรดไขมันอิสระมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเพิ่มระดับพลังงานอินฟราเรด และเวลาในการอบ เช่นเดียวกับค่าการตอบสนองของค่าความชื้น (MC), ค่า a_w แสดงดังภาพที่ 4.22 และ 4.23 ตามลำดับ ซึ่งต่างจากความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ศึกษากับค่าการตอบสนองของค่าสีแดง a^* ที่พบว่าเมื่อเพิ่มระดับพลังงานอินฟราเรด และเวลาในการอบจะทำให้ค่าสีแดงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เช่นเดียวกันค่าการตอบสนองของสีเหลือง แต่ต่างกันที่เมื่อใช้พลังงานอินฟราเรดต่ำจะมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาอบน้อยลง แสดงดังภาพที่ 4.25 และ 4.26 ตามลำดับ และค่าการตอบสนองของค่าความสว่างเมื่อเทียบที่เวลาในการอบเดียวกัน (เวลาอบเท่ากัน) พบว่าค่าความสว่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มพลังงานอินฟราเรด และจะมีค่าลดลงเมื่อพลังงานอินฟราเรดสูงกว่า 3,300 วัตต์ แสดงดังภาพที่ 4.24

จากการกำหนดเงื่อนไขเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป พบว่า ที่ระดับพลังงานอินฟราเรด 2,989.572 วัตต์ เวลาในการอบ 5.194 นาที สามารถลดปริมาณกรดไขมันอิสระ, ความชื้น, ค่า a_w และลดการเกิดสีแดง (a^*) ในผลิตภัณฑ์แมคคาเดเมียอบได้ และมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลืองอยู่ในช่วงกลางซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.607 %, 2.041 %, 0.532 %, 67.062 % และ 19.142 % ตามลำดับ โดยมีค่าความพึงพอใจรวม (Desirability) เท่ากับ 0.740 จากการทดลองข้างต้นสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับค่าการตอบสนองของปัจจัยเป็นสมการการถดถอยได้ โดยแสดงสมการ ดังต่อไปนี้

$$\%FFA = 3.47419 - 0.000387 * \text{Infrared power} - 0.861285 * \text{process time} + 0.000118 (\text{Infrared power} * \text{process time}) - 3.6123501131356 * 10^{-08} * \text{Infrared power}^2 + 0.046531 * \text{process time}^2$$

$$\%MC = 4.64057 - 0.001106 * \text{Infrared power} - 0.255950 * \text{process time} + 0.000028 * \text{Infrared power} * \text{process time} + 1.3836 * 10^{-7} * \text{Infrared power}^2 + 0.013566 * \text{process time}^2$$

$$A_w = 0.556111 + 0.000032 * \text{Infrared power} - 0.015041 * \text{process time} + 9.34665 * 10^{-07} * \text{Infrared power} * \text{process time} - 8.38167 * 10^{-9} * \text{Infrared power}^2 + 0.000686 * \text{process time}^2$$

$$L^* = 44.68947 + 0.012100 * \text{Infrared power} + 2.24070 * \text{process time} - 0.000392 * \text{Infrared power} * \text{process time} - 1.663 * 10^{-6} * \text{Infrared power}^2 - 0.166429 * \text{process time}^2$$

$$a^* = 9.41087 - 0.003327 * \text{Infrared power} - 0.95179 * \text{process time} + 0.000299 * \text{Infrared power} * \text{process time} + 4.13863 * 10^{-7} * \text{Infrared power}^2 + 0.0007 * \text{process time}^2$$

$$b^* = 72.99639 - 0.017235 * \text{Infrared power} - 15.51003 * \text{process time} + 0.00345 * \text{Infrared power} * \text{process time} + 1.240 * 10^{-6} * \text{Infrared power}^2 + 0.502806 * \text{process time}^2$$

3. ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

3.1 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยพิจารณาจากการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงความร้อนจากแสงอาทิตย์ของโรงอบตัวเดิม ขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 20 เมตร และการอบแห้งโดยใช้ความร้อนร่วมจากพลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 8.20 เมตร โดยค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ (ตัวเดิม) และผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงอบความร้อนร่วมจากพลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล (ตัวใหม่)

รายการ		อบแห้งแสงอาทิตย์ (ตัวเดิม)	อบแห้งแสงอาทิตย์- ชีวมวล (ตัวใหม่)
งบลงทุน (โรงอบแมคคาเดเมียพลังงานแสงอาทิตย์) (บาท)		800,000	300,000
งบลงทุน (ระบบผลิตความร้อนชีวมวล) (บาท)		-	370,000
อัตราดอกเบี้ย (%)		7.00	7.00
อายุการใช้งาน (ปี)		10	10
ระยะเวลาของการทำงาน (วัน/ครั้ง)		5	3
ชั่วโมงการทำงาน (07.30-17.00) (ชั่วโมง/วัน)		9.5	9.5
ครั้งการทำงาน (ครั้ง/เดือน)		5	5
เดือนของการทำงาน (เดือน/ปี) (มกราคม-กันยายน)		9	9
จำนวนครั้งของการอบแห้ง (ครั้ง/ปี)		45	45
อัตราค่าไฟฟ้า (บาท/kW-h)		3.2405	3.2405
อัตราค่าแรงงาน (บาท/วัน)		300	300
อัตราค่าแก๊ส (บาท/ครั้ง)		2,400	-
ราคาแมคคาเดเมีย (เมล็ดทะลากล่อนอบแห้ง) (บาท/kg)		70	70
กำลังการผลิต (kg แมคคาเดเมีย /ครั้ง) พิจารณาที่เต็มความจุของห้องอบ		1,500	1,000
ราคาแมคคาเดเมีย (หลังจากการอบแห้ง) (บาท/kg)		100	100
ผลผลิตแมคคาเดเมียอบ (kg/ครั้ง)		1,200	800
รายจ่าย (บาท/ครั้ง)	ค่าแรง	1,500	900
	ค่าไฟฟ้า	149.06	100.46
	ค่าแก๊ส	2,400	-
	ค่าแมคคาเดเมีย (เมล็ดทะลากล่อนอบแห้ง)	105,000	70,000
	รวม	109,049.06	71,000.46
รายรับ (บาท/ครั้ง)	ค่าแมคคาเดเมียอบ	120,000	80,000
	รวม	120,000	80,000
ผลกำไรสุทธิ	(บาท/ครั้ง)	10,950.94	8,999.54
	(บาท/ปี)	131,411.28	107,994.48
ค่าทางเศรษฐศาสตร์	อัตราการคืนผลเฉลี่ย (ARR) (%)	16.43	16.12
	ระยะเวลาคืนทุน (PBP) (ปี [ครั้ง])	6.67	8.38
	อัตราส่วนระหว่างผลตอบแทนและต้นทุน (BCR)	0.10	1.52

ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะพิจารณาในกรณีของการอบแห้งในช่วงเวลากลางวันเท่านั้น ทั้งนี้ ค่าประกอบการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ 4.8 โดยพบว่า กรณีการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (ตัวเดิม) จะได้กำไรต่อครั้งเท่ากับ 10,950.94 บาท และกรณีการอบแห้งโดยใช้พลังงานร่วมแสงอาทิตย์กับชีวมวล (ตัวใหม่) จะได้กำไรต่อครั้งเท่ากับ 8,999.54 บาท

การวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ในการอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียใช้พลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับชีวมวล (ตัวใหม่) จะสามารถคืนทุนได้ภายในการอบแห้งจำนวน 9 ครั้ง ส่วนการอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ (ตัวเดิม) จะคืนทุนภายในการอบแห้ง 7 ครั้ง จะเห็นว่าระยะเวลาคืนทุนในกรณีการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (ตัวเดิม) มีค่าน้อยกว่าการอบแห้งโดยใช้ความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับชีวมวล (ตัวใหม่) เนื่องจากขนาดของโรงอบที่แตกต่างกันทำให้ความจุของห้องอบมีปริมาณไม่เท่ากัน แต่เมื่อพิจารณาค่าทางเศรษฐศาสตร์ค่าอื่นๆ คือ ARR จะมีค่าใกล้เคียงกัน และ BCR ของการอบแห้งด้วยพลังงานร่วมจะมีค่าที่ดีกว่าการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เพราะค่าทางเศรษฐศาสตร์เหล่านี้เป็นค่าที่พิจารณาจากผลกำไรไม่ใช่จากรายรับ ซึ่งผลกำไรของการอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนร่วมมีค่าสูงกว่าการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

3.2 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยพิจารณาจากการอบแห้งเนื้อถั่วโดยใช้แก๊ส (ตัวเดิม) และการอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรด (ตัวใหม่) โดยค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการอบแห้งเนื้อถั่วโดยใช้ก๊าซ (ตัวเดิม) และการอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรด (ตัวใหม่)

รายการ		อบเนื้อดิบ โดยใช้แก๊ส (ตัวเดิม)	อบเนื้อดิบ โดยใช้อินฟราเรด (ตัวใหม่)
งบลงทุน (เครื่องอบเนื้อดิบแมคคาเดเมียระบบก๊าซ) (บาท)		60,000	-
งบลงทุน (เครื่องอบเนื้อดิบแมคคาเดเมียระบบอินฟราเรด) (บาท)		-	250,000
อัตราดอกเบี้ย (%)		7.00	7.00
อายุการใช้งาน (ปี)		10	10
ระยะเวลาของการทำงาน (วัน/ครั้ง)		5	2
ชั่วโมงการทำงาน (ชั่วโมง/วัน)		15	8
ครั้งการทำงาน (ครั้ง/เดือน)		5	5
เดือนของการทำงาน (เดือน/ปี) (มกราคม-กันยายน)		9	9
จำนวนครั้งของการอบเนื้อดิบ (ครั้ง/ปี)		45	45
อัตราค่าไฟฟ้า (บาท/kW-h)		3.2405	3.2405
อัตราค่าแรงงาน (บาท/วัน)		2,100	300
อัตราค่าแก๊ส (บาท/ครั้ง)		1,200	-
ราคาเนื้อดิบแมคคาเดเมีย (เนื้อดิบก่อนการอบแห้ง) (บาท/kg)		400	400
กำลังการผลิต (kg แมคคาเดเมีย /ครั้ง) พิจารณาที่เต็มความจุของการอบเนื้อดิบ		80	111.6
ราคาเนื้อดิบแมคคาเดเมีย (เนื้อดิบหลังจากการอบแห้ง) (บาท/kg)		900	900
ผลผลิตแมคคาเดเมียอบ (kg/ครั้ง)		75	108
รายจ่าย (บาท/ครั้ง)	ค่าแรง	2,100	300
	ค่าไฟฟ้า	200.91	106.94
	ค่าแก๊ส	1,200	-
	ค่าเนื้อดิบแมคคาเดเมีย (เนื้อดิบก่อนการอบแห้ง)	32,000	44,640
	รวม	35,500.91	45,046.94
รายรับ (บาท/ครั้ง)	ค่าเนื้อดิบแมคคาเดเมีย (เนื้อดิบหลังจากการอบแห้ง)	67,500	97,200
	รวม	67,500	97,200
ผลกำไรสุทธิ	(บาท/ครั้ง)	31,999.09	52,153.06
	(บาท/ปี)	383,989.08	625,836.72
ค่าทางเศรษฐศาสตร์	อัตราการคืนผลเฉลี่ย (ARR) (%)	53.33	20.86
	ระยะเวลาคืนทุน (PBP) (ปี [ครั้ง])	0.89	2.57
	อัตราส่วนระหว่างผลตอบแทนและต้นทุน (BCR)	0.90	1.16

ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะพิจารณาจากค่าประกอบการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ 4.9 โดยพบว่า กรณีการอบเนื้อดิบระบบแก๊ส (ตัวเดิม) จะได้กำไรต่อครั้งเท่ากับ 31,999.09 บาท และกรณีการอบเนื้อดิบระบบอินฟราเรด (ตัวใหม่) จะได้กำไรต่อครั้งเท่ากับ 52,153.06 บาท

การวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ในการอบเนื้อดิบระบบอินฟราเรด (ตัวใหม่) จะสามารถคืนทุนได้ภายในการอบแห้งจำนวน 3 ครั้ง ส่วนการอบเนื้อดิบระบบแก๊ส (ตัวเดิม) จะคืนทุนภายในการอบแห้ง 1 ครั้ง จะเห็นว่าระยะเวลาคืนทุนในกรณีการอบเนื้อดิบระบบก๊าซ (ตัวเดิม) มีค่าน้อยกว่าการอบเนื้อดิบระบบอินฟราเรด (ตัวใหม่) เนื่องจากราคาค่าลงทุนที่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาค่าทางเศรษฐศาสตร์ค่าอื่นๆ คือ BCR ของการอบเนื้อดิบระบบอินฟราเรดจะมีค่าที่ดีกว่าการอบเนื้อดิบระบบแก๊ส เพราะค่าทางเศรษฐศาสตร์เหล่านี้เป็นค่าที่พิจารณาจากผลกำไรไม่ใช่จากรายรับ ซึ่งผลกำไรของการอบเนื้อดิบระบบอินฟราเรดมีค่าสูงกว่าการอบเนื้อดิบระบบแก๊ส

ตอนที่ 4 ผลการประเมินการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

การประเมินการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ประกอบด้วย 1) ด้านความเหมาะสม และ 2) ด้านความเป็นประโยชน์ มีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านความเหมาะสม

1.1 ความเหมาะสมของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ มีความคิดเห็นว่า โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) มีความเหมาะสมกับการใช้งาน เนื่องจากโรงอบแห้งแบบพลังงานร่วมใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่มีอยู่จากเปลือกกะลาแมคคาเดเมียซึ่งมีอยู่ปริมาณมาก ไม่ต้องใช้แก๊สเป็นพลังงานเชื้อเพลิงในการอบเหมือนกับตัวเดิมซึ่งต้องใช้แก๊สการอบในช่วงฤดูฝน และต้นทุนของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วมมีราคาต้นทุนที่เหมาะสมไม่สูงจนเกินไปเมื่อเทียบกับปริมาณการผลิต สามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาการอบแห้งจำนวน 9 ครั้ง

1.2 ความเหมาะสมของเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ มีความคิดเห็นว่า เครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน มีความเหมาะสมกับการใช้งาน เนื่องจากเครื่องอบแห้งด้วยอินฟราเรดมีต้นทุนการอบต่อครั้งถูกกว่าเครื่องอบด้วยระบบแก๊สตัวเดิม โดยมีค่าไฟฟ้าในการอบต่อครั้ง 106.94 บาท และค่าแรง 300 บาท ส่วนเครื่องอบด้วยระบบแก๊สมีค่าไฟฟ้าในการอบต่อครั้ง 200.91 บาท ค่าแก๊ส 1,200 บาท และค่าแรง 2,100 บาท และต้นทุนของเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน มีราคาต้นทุนที่เหมาะสมไม่สูงจนเกินไปเมื่อเทียบกับปริมาณการอบในแต่ละครั้ง สามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาการอบแห้งจำนวน 3 ครั้ง

2. ด้านความเป็นประโยชน์

2.1 ความเป็นประโยชน์ของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ มีความคิดเห็นว่า โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงซึ่งหลังจากการใช้ พบว่า สามารถลดค่าใช้จ่ายค่าแก๊สในการอบแต่ละครั้ง เนื่องจากใช้เปลือกกะลาของถั่วแมคคาเดเมียเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลในการอบแห้งแทนการใช้แก๊สในการอบแห้งแบบเดิม เพิ่มปริมาณการอบแห้งในการอบแต่ละครั้ง 1,000 กิโลกรัมต่อการอบ 1 ครั้ง แก้ไขปัญหาในขั้นตอนการอบแห้งในช่วงฤดูฝนซึ่งมีปัญหาการอบแห้งแต่ละครั้งไม่ทัน และยังสามารถนำไปอบพืชสมุนไพร ผลไม้แปรรูป และเนื้อสัตว์ได้ เช่น ปลา เนื้อหมู เนื้อวัว เป็นต้น

2.2 ความเป็นประโยชน์ของเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ มีความคิดเห็นว่า เครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงซึ่งหลังจากการใช้ พบว่า สามารถลดระยะเวลาและเพิ่มปริมาณในการอบแต่ละครั้งได้ เนื่องจากการอบเนื้อดิบแบบเดิมต้องใช้เวลาในการอบเนื้อดิบแต่ละครั้งถึง 15 ชั่วโมง ซึ่งอบได้เพียง 80 กิโลกรัม แต่เครื่องอบแห้งตัวใหม่ใช้เวลาอบเนื้อดิบเพียง 8 ชั่วโมง อบได้ 111.6 กิโลกรัม และมีระบบป้องกันอันตรายจากการอบเนื้อดิบซึ่งเครื่องอบเนื้อดิบตัวเดิมยังไม่มีระบบป้องกันอันตรายจากการอบ

และยังสามารถนำไปอบพืชสมุนไพร ผลไม้แปรรูปได้เนื่องจากมีระบบการปรับอุณหภูมิและความเร็วรอบของสายพานในการอบให้เหมาะสมกับพืชสมุนไพรและผลไม้ชนิดต่างๆ ได้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก 2) ศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ 3) พัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก และ 4) ประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ผลการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ประกอบด้วย

1.1 ด้านกระบวนการผลิต สามารถเก็บเกี่ยวเมล็ดแมคคาเดเมียเฉลี่ย 50 ตันต่อปี คัดแยกขนาดถั่วแมคคาเดเมีย ได้วันละ 1,200 กิโลกรัม การกะเทาะเปลือกชั้นในที่เป็นกะลา ได้วันละประมาณ 40 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน การอบเนื้อดิบต่อครั้งได้ปริมาณ 80 กิโลกรัม ใช้เวลา 15 ชั่วโมง หลังจากผ่านกระบวนการแปรรูปแล้วทางกลุ่มได้จำหน่ายสินค้าให้แก่ บริษัท พี เอส เอ็น อินเตอร์ฟู้ด จำกัด เป็นหลัก

1.2 ด้านเงินทุน มีการนำเงินมาลงทุนจาก 3 แหล่งทุน คือ 1) เงินทุนตนเอง 2) เงินทุนที่กู้ยืมจากแหล่งเงินกู้ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) และ 3) เงินทุนที่ได้มาจากการระดมทุนจากสมาชิกในกลุ่มเอง

1.3 ด้านแรงงาน แรงงานส่วนใหญ่เป็นคนต่างชาติ ซึ่งเป็นคนพม่าทั้งหมด จำนวน 27 คน แรงงานที่เป็นลูกจ้างที่เป็นคนไทยจำนวน 1 คน โดยแรงงานพม่าส่วนมากเป็นแรงงานที่มีความรู้น้อย ขาดทักษะและประสบการณ์ในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

1.4 ด้านการมีส่วนร่วมของสมาชิก มีจำนวนสมาชิกที่ถือหุ้นทั้งสิ้น 7 คน โดยแต่ละคนมีหน้าที่ร่วมกันรับผิดชอบในแต่ละส่วนงาน มีการประชุมปรึกษาร่วมกันคิด ร่วมกันตัดสินใจ เพื่อลงมติในการหาแนวทางร่วมกันในการพัฒนากระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

2. แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ จำนวน 2 หน่วยงาน ประกอบด้วย

2.1 วิสาหกิจแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย มีจุดเด่นในการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับแมคคาเดเมีย เช่น น้ำมันจากแมคคาเดเมีย ช็อกโกแลตชุบแมคคาเดเมีย ส่วนในเรื่องของบรรจุภัณฑ์ มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สวยงาม เป็นที่สนใจของผู้ซื้อทำให้สามารถเพิ่มยอดขายได้

2.2 วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปแมคคาเดเมีย เขาค้อ มีจุดเด่นในการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับแมคคาเดเมียทางกลุ่มสามารถแปรรูปผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายโดยมีหน่วยงานของรัฐและเอกชนเข้ามาช่วยให้คำแนะนำ เช่น นม เนยถั่ว เครื่องสำอาง น้ำมันบำรุงผิว ถ่านกัมมันต์ สบู่ ตู๊กตาถ่านกัมมันต์ ส่วนใน

เรื่องของบรรจุภัณฑ์ มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สวยงามโดยการนำเอาลายผ้าของชาวม้งมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นอัตลักษณ์ของชุมชนชาวม้ง เป็นที่สนใจของผู้ซื้อทำให้สามารถเพิ่มยอดขายได้

จากการศึกษาหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ จำนวน 2 หน่วยงาน สามารถนำเอาจุดเด่นมาส่งเสริมให้ความรู้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์แมคคาเดเมียเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ และเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับถั่วแมคคาเดเมียได้

3. การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก ประกอบด้วย

3.1 การพัฒนาเทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม

3.1.1 การทดสอบประสิทธิภาพการอบแห้งของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในเท่ากับ 33.2918 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ภายในเท่ากับ 56.1763 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature) และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิกายนอกโรงอบเท่ากับ 24.2015 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกเท่ากับ 86.5949 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature)

3.1.2 การทดสอบประสิทธิภาพการอบแห้งของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในเท่ากับ 33.5091 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ภายในเท่ากับ 53.4653 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature) และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิกายนอกโรงอบเท่ากับ 27.6701 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกเท่ากับ 75.7353 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature)

3.1.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการใช้โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) เท่ากับ 9.0905 องศาเซลเซียส และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 30.4187 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง และค่าเฉลี่ยของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 5.8394 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 22.2700 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง

3.1.4 ความชื้นของผลิตภัณฑ์แมคคาเดเมียหลังจากอบแห้งเป็นระยะเวลา 6 วัน พบว่า มีความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 2.87 โดยพบว่า เริ่มต้นในการอบผลิตภัณฑ์มีความชื้นเฉลี่ยที่ 25.09 แล้วลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 1-2 จากนั้นจะเริ่มลดลงเพียงเล็กน้อย จนถึงปริมาณความชื้นที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง เมล็ดแมคคาเดเมียอบที่กำหนดให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 3

3.2 การพัฒนาเทคโนโลยีเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

พลังงานอินฟราเรด และเวลาที่ใช้ในการอบแมคคาเดเมีย มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยคุณภาพของแมคคาเดเมียจะมี ค่าสีแดง (a^*), ค่าสีเหลือง (b^*) จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มพลังงาน และเวลาในการอบ ซึ่งต่างจากค่าความสว่าง (L^*) ที่มีค่าลดลง ตามพลังงานอินฟราเรด และเวลาในการอบที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้พลังงานอินฟราเรด และเวลาในการอบที่เพิ่มขึ้นยังผลทำให้ปริมาณความชื้น, ค่า a_w และปริมาณกรดไขมันอิสระในแมคคาเดเมียลดลง โดยพบว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแมคคาเดเมียอบอินฟราเรด คือพลังงานอินฟราเรด 4129 วัตต์ ใช้เวลาในการอบ 3.87 นาที เพราะสามารถลดปริมาณกรดไขมันอิสระร้อยละ 0.508

(เทียบกับกรดโอเลอิก), ความชื้นร้อยละ 2.041, ค่า a_w 0.532 มีค่าความสว่าง (L^*) 67.062 และค่าสีเหลือง 19.142

3.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

3.3.1 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

1) ค่าอัตราการคืนผลเฉลี่ย (ARR) ของการอบแห้งแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) (ตัวใหม่) มีค่าเท่ากับ 16.12 % และการอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ (ตัวเดิม) มีค่าเท่ากับ 16.43 %

2) การอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) จะสามารถคืนทุน (PBP) ได้ ภายในการอบแห้งจำนวน 9 ครั้ง ส่วนการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จะคืนทุนภายในการอบแห้ง 7 ครั้ง

3) ค่า BCR ของการอบแห้งแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) มีค่าเท่ากับ 1.52 ดีกว่าการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่มีค่าเท่ากับ 0.10

3.3.2 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

1) ค่าอัตราการคืนผลเฉลี่ย (ARR) ของการอบแห้งด้วยระบบอินฟราเรด (ตัวใหม่) มีค่าเท่ากับ 20.86 % และการอบแห้งด้วยระบบแก๊ส (ตัวเดิม) มีค่าเท่ากับ 53.33 %

2) การอบแห้งด้วยระบบอินฟราเรดจะสามารถคืนทุน (PBP) ได้ ภายในการอบแห้งจำนวน 3 ครั้ง ส่วนการอบแห้งด้วยระบบแก๊สจะคืนทุนภายในการอบแห้ง 1 ครั้ง

3) ค่า BCR ของการอบแห้งด้วยระบบอินฟราเรด มีค่าเท่ากับ 1.16 ดีกว่าการอบแห้งด้วยระบบแก๊สที่มีค่าเท่ากับ 0.90

4. การประเมินการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบรบพระ จังหวัดตาก ประกอบด้วย

4.1 ด้านความเหมาะสม สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ มีความคิดเห็นว่า โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน มีความเหมาะสมกับการใช้งาน

4.2 ด้านความเป็นประโยชน์ สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ มีความคิดเห็นว่า โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

บรรณานุกรม

- กมลรัตน์ เหลืองสด. (2550). ผลของกรอบแห้งด้วยวิธีบีบความร้อนร่วมกับแบบลมร้อนและบรรจุภัณฑ์ต่อ **คุณภาพแมคคาเดเมีย**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณรงค์ เพชรประเสริฐ. (2542). **ธุรกิจชุมชน: เส้นทางที่เป็นไปได้**. กรุงเทพฯ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- ณัฐพล ภูมิสะอาด และละมุล วิเศษ. (2558). Macadamia Drying by Microwave Dryer combined with Hot Air. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี**, 17(2) : 36-40.
- ถนอม ไชยปัญญา อุทัย นพคุณวงศ์ และ จำรอง ดาวเรือง. (2544). การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการเก็บรักษา **เมล็ดมะคาเดเมีย**. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541-2542. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ทวีวรรณ อินดา. (2552). การพัฒนารูปแบบที่มีประสิทธิภาพของการนำกลยุทธ์ไปปฏิบัติในสถาบันอุดมศึกษา **ของรัฐ**. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ธานินทร์ รัชโพธิ์. (2553). การอบแห้งแมคคาเดเมียด้วยเครื่องอบแห้งแบบบีบความร้อนโดยใช้อากาศและก๊าซ **ไนโตรเจนเป็นตัวกลาง**. ปรินญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัย มหาสารคาม
- ธานินทร์ รัชโพธิ์, ละมุล วิเศษ, ณัฐพล ภูมิสะอาด และ ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล. (2553). สมการอบแห้งเอมไพริคเคิล และคุณภาพด้านสีของแมคคาเดเมียภายใต้การอบแห้งแบบบีบความร้อน. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 41(1) : 564-567.
- นิตยา จันกา และ ชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล. (2558). การทำนายปริมาณกรดไขมันอิสระของข้าวกล้องอบแห้งระหว่างการ เก็บรักษาด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง. **วารสารวิจัยสหวิทยาการไทย**, 3(10) : 24-30.
- นเรศ มีโส. (2545). การศึกษาความเหมาะสมของการแผ่รังสีอินฟราเรดและการเก็บในที่อับอากาศหลังการ **อบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์ เซชัน**. รายงานการศึกษาพิเศษระดับปริญญาเอก, สาขาวิชา เทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 13-18.
- บุศรากรณ์ มหาไยธี และ ยุทธศักดิ์ บุญรอด. (2561). **คู่มือโครงการสนับสนุนการลงทุนติดตั้งใช้งานระบบอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์**. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร. เพชรเกษมพรีนติ้ง กรุ๊ป จำกัด
- ปาริชาติ บัวเจริญ. (2551). การพัฒนาแผนกลยุทธ์แบบมีส่วนร่วมของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. **ดุชนิพนธ์ สาขาวิชาบริหารศาสตร์ สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้**.
- ผกามาศ รุ่งทิวา. (2552). “แมคคาเดเมีย,” **เกษตรแผ่นดินทอง**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก <http://www.rakbankerd.com/agriculture/wb/show.php? Category = agriculture & No=13233>. [15 กรกฎาคม 2552].
- รุ่งนภา จิตรโรจน์รักษ์. (2548). การพัฒนารูปแบบการบริหารของคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน. **ดุชนิพนธ์ครุศาสตร์ดุชนิพนธ์บัณฑิต สาขาวิชาบริหารศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**.
- วรรณิ จันทรสว่าง. (2546). **สุขภาพชุมชน แนวคิดและกระบวนการดำเนินงาน**. สงขลา: คณะพยาบาลศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- วิลาวัลย์ ปั่นอิน, ณัฐนิ วรรณยศ และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2555). การประเมินพลังงานและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของอุโมงค์อบแห้งแสงอาทิตย์. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. วันที่ 4-5 เมษายน 2555 จังหวัดเชียงใหม่.
- วิชญ์ สถานนท์ชัย. (2550). การมีส่วนร่วมของชุมชนในการคัดแยกประเภทขยะมูลฝอย. ดุษฎีนิพนธ์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ศิริบุญ พลสวัสดิ์. (2552). “มะคาเดเมีย : พืชเศรษฐกิจ สารพัดประโยชน์,” บทความวิทยุกระจายเสียงรายการ วันนี้กับวิทยาศาสตร์. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก http://siweb.dss.go.th/dss_doc/fulltext/radio/R15.pdf. [24 มิถุนายน 2552].
- ศักดิ์ดา สถาพรจนา. (2549). การพัฒนารูปแบบการบริหารแบบมีส่วนร่วมของสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน. ดุษฎีนิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาบริหารศึกษาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เสรี พงศ์พิศ. (2545). วิสาหกิจชุมชนไม่ใช่ธุรกิจชุมชน. กรุงเทพฯ: บริษัทเอดิชั่นเพรสโปรดักส์ จำกัด.
- เสรี พงศ์พิศ. (2552). คู่มือทำวิสาหกิจชุมชน. กรุงเทพฯ: พลังปัญญา.
- สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน. (2548). พระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ.2548. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (อัดสำเนา).
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2549). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนมะคาเดเมียอบ มผช.๑๑๔๕/๒๕๔๙. กรุงเทพฯ.
- อดิเรก พันเขียว และคณะ. (2560). สรุปองค์ความรู้จากการลงพื้นที่ด้านการวิจัย ปีการศึกษา 2560. หน่วยงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร แม่สอด.
- อาทิตย์ วาณิชชิตศักดิ์. (2548). การจัดการพลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากถั่วแมคาเดเมีย สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน. คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- อุทัย บุญประเสริฐ. (2546). ตัวแบบหุ่นจำลอง แบบจำลองหรือโมเดล. กรุงเทพฯ: รุ่งเรืองสาส์นการพิมพ์.
- AOAC. (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. p. 1298.
- AOAC. 2000. Official Method of AOAC international. 17th ed. Maryland: The association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Borompichaichartkul, C. and others. (2009). Improving Quality of Macadamia Nut (Macadamia Integrifolia) Though the Use of Hybrid Drying Process, *Journal of Food Engineering*, 93, 348-353.
- Cavaletto, C.G. (1981). Macadamia Nut Quality. In *Hawaii Macadamia Producers Association 21st Annual Meeting Proceedings*. Hawaii: Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources University of Hawaii.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Cohen, J. M. & Uphoff, N. T. (1977). **Rural Development. Participation: Concepts and Measures for Project. Design, Implementation and Evaluation.** New York: Cornell University.
- E. Tarigan and P. Tekasakul. (2005). “**Mixed-Mode Natural Convection Solar Dryer with Biomass Burner and Heat Storage Back-up Heater**” ANZSES 2005. (pp. 1–9). Bangkok: King Mongkut’s University of Technology Thonburi.
- Fourie, P.C. and Basson, D.S. (1989). Predicting rancidity in stored nuts by means of chemical analysis. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Techologie**, 22 : 251-253.
- Kaijser, A., Dutta, P. and Savage, G. (2000). Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grow in New Zealand. **Food Chemistry**, 71 : 67-70.
- Keeves, J.P. (1988). **Organization theory and management: Macro approach.** New York: John Wiley and Sons. 1980.
- Lykow, A.W. (1955). Experimentelle und theoretische Grundlagen der Trocknung, Berlin.
- Palipane, K.B. (1992). **Deep Bed Drying of Macadamia Nuts.** Doctor’s thesis. New South Wales: University of New South Wales.
- Prichavudhi, K. and H.Y. Yamamoto. (1987). “**Effect of Drying Temperature on Chemical Composition and Quality of Macadamia Nuts,**” **Food Technology**. 19 : 129-132.
- Sandhu, C. (1986). “Infrared Radiative Drying in Food Engineering: A Process Analysis”, **Biotechnology Progress**, Vol. 2, No. 3, pp. 109-119.
- Sakai, N., Hanzawa, T. (1994). “Applications and Advances in Far-Infrared Heating in Japan”, **Trends in Food Science & Technology**, Vol. 5, pp. 357-362.
- Shimizu, M., & Igarashi, H. (1991). **Far-Infrared radiation technology.** New food Industry, 33, 23-30.
- Willer, D. (1968). **Scientific sociology: Theory and method.** Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Wu, B., Pan, Z., Qu, W., Wang, J. and Ma, H. (2014). Effect of simultaneous infrared dry-blanching and dehydration on quality characteristics of carrot slices. **Food Science and Technology**, 57, 90-98.
- Zhu, Y. and Pan, Z. (2009). Processing and quality characteristics of apple slices under simultaneous infrared dry-blanching and dehydration with continuous heating. **Journal of Food Engineering**, 90, 441–452

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบรบพระ จังหวัดตาก



ภาพที่ ก.1 การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบรบพระ จังหวัดตาก



เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติ
การวิจัยเรื่อง รูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

วันที่ 22-23 กุมภาพันธ์ 2562
ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก
ข้อมูลการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อการศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

แมคคาเดเมียมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Macadamia* spp. ซึ่งมีมากกว่า 10 ชนิด แต่มีเพียง 2 ชนิดที่รับประทานได้และปลูกเพื่อการค้า คือ แบบผิวเรียบ (*Smooth-shelled Macadamia* : *Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher) และแบบผิวขรุขระ (*Rough-shelled Macadamia* : *Macadamia tetraphylla* L.Johnson) อยู่ในวงศ์ *Proteaceae* เป็นพืชที่ผู้บริโภคทั่วโลกให้ความสนใจและมีความต้องการทางตลาดสูงเนื่องจากมีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดี มีคุณค่าทางอาหารสูง อุดมไปด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม โปแตสเซียม มีปริมาณไขมันสูงแต่เป็นกรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัวเฉลี่ยถึง 76 % เช่น กรดโอเลอิก กรดปาล์มิโตเลอิก กรดปาล์มิติก เป็นต้น ไขมันประเภทนี้สามารถช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลชนิดแอลดีแอลในเลือดได้ ช่วยลดอัตราการเกิดโรคหัวใจ (ศิริบุญ พลสวัสดิ์, 2552, (ออนไลน์))

สำหรับประเทศไทยพื้นที่ที่มีการปลูกแมคคาเดเมียกันมากจะอยู่ทางตอนเหนือของประเทศ เช่น จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันการเพาะปลูกประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี แต่กระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตยังไม่มีความเหมาะสมเท่าที่ควร มักพบปัญหาในด้านแปรรูปและการเก็บรักษาทำให้คุณภาพของแมคคาเดเมียลดลง (ธานินทร์ รัชโพธิ์, 2553)

อดิเรก พันเขียว และคณะ (2560) ได้ลงพื้นที่ในวันที่ 26-27 ธันวาคม 2560 ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ซึ่งเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีศักยภาพด้านการเกษตร ปัจจุบันมีการปลูกแมคคาเดเมีย ต้นกาแฟ ต้นไผ่ เสาวรส และพืชอื่นอีกเล็กน้อย มีลักษณะการจำหน่ายเป็นการค้าส่ง มีพื้นที่เพาะปลูกกว่า 1,000 ไร่ มีแหล่งน้ำไหลผ่านพื้นที่ มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพื้นที่ท่องเที่ยวเชิงเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรได้เป็นอย่างดี

การดำเนินการของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรบ้านเสรีราษฎร์ ยังอยู่ระยะเริ่มต้น เป็นการเกษตรที่มีการลองผิดลองถูกในการผลิต มีการปรับเปลี่ยนการปลูกและการผลิตผลผลิตทางการเกษตรอยู่ตลอดเวลา ได้แก่ กุหลาบ ส้ม ลำไย กาแฟ แมคคาเดเมีย เป็นต้น และมีเครื่องมือเครื่องจักรในการผลิตทั้งที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันและไม่ได้ใช้งานแล้ว เช่น เครื่องคัดแยกส้ม เครื่องอบลำไย เครื่องอบแห้งพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น

ส่วนแมคคาเดเมียเป็นพืชผลหลักของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรบ้านเสรีราษฎร์ในปัจจุบัน แต่ยังมีปัญหาดังแต่การผลิตจนถึงกระบวนการทางการตลาด เนื่องจากมีปัญหาการทำลายของรา แมลงและสัตว์ทำลายต่างๆ ปัญหาการเก็บผลของแมคคาเดเมีย ปัญหาการจัดการศัตรูพืช ปัญหาการขาดเครื่องมือเครื่องจักรช่วยในการผลิต ปัญหาการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่มีอยู่ ปัญหาการอบแห้งผลผลิต ปัญหาการขายให้ได้ราคา ปัญหาการจัดเก็บผลผลิต ปัญหาการจัดเก็บและใช้ประโยชน์จากของเหลือใช้ ปัญหาการสร้างแบรนด์สินค้า เป็นต้น การได้รับความช่วยเหลือปัจจุบันยังขาดหน่วยงานราชการเข้ามาช่วยเหลือและผลักดัน มีการขอความช่วยเหลือจากหน่วยงานต่างๆ จึงเริ่มมีการให้คำปรึกษาบ้าง แต่ยังไม่มีการดำเนินการใดๆ และมีความต้องการพัฒนาไปสู่การเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร มีร้านอาหาร ร้านกาแฟ มีที่พัก เป็นต้น โจทย์วิจัยที่สามารถดำเนินการได้ทันที เช่น การพัฒนาการผลิต การพัฒนาเครื่องมือทางการเกษตร การจัดการศัตรูพืช การอบแห้งผลผลิต การส่งเสริมการขาย การสร้างแบรนด์สินค้า การจัดการคงคลัง การจัดการสินค้าคงเหลือ เป็นต้น และจากการลงพื้นที่ของคณะผู้วิจัยในวันที่ 10 มีนาคม 2561 เพื่อหาโจทย์วิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ ในการสัมภาษณ์สมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ พบว่า ปัญหาของการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียเริ่มตั้งแต่กระบวนการอบเมล็ดที่ได้จากการเก็บเกี่ยว โดยปริมาณการเก็บเมล็ดเฉลี่ยต่อปีประมาณ 50 ตัน

ต่อปี โรงอบที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อปริมาณการอบในแต่ละครั้งทำให้เมล็ดที่ยังไม่ได้ทำการอบเกิดความเสียหาย ในช่วงฤดูฝนกลุ่มวิสาหกิจชุมชนต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเนื่องจากการอบถั่วแมคคาเดเมียต้องใช้แก๊สช่วยในการอบ ซึ่งใช้เวลาในการอบแต่ละครั้งถึงนานถึง 3 วัน วิธีการลดค่าใช้จ่ายในการอบด้วยแก๊สสามารถทำได้โดยการนำเปลือกกะลาและเปลือกชั้นนอกของถั่วแมคคาเดเมียมาเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตให้ความร้อนแทนแก๊สได้ การคัดแยกขนาดถั่วแมคคาเดเมียทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนยังคงใช้ภาชนะหม้อซึ่งนั่งอาหารจะเป็นรูให้มีขนาดตามที่ต้องการแบ่งออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ได้วันละประมาณ 1,200 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งการคัดแยกขนาดถั่วแมคคาเดเมียโดยวิธีดังกล่าวยังคงคัดแยกได้ช้า การกะเทาะเปลือกชั้นในที่เป็นกะลา ทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนยังคงใช้แรงงานคนกะเทาะอยู่ ได้วันละประมาณ 40 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ซึ่งยังช้าและไม่ทันต่อความต้องการของตลาด และการอบเนื้อถั่วแมคคาเดเมียหลังจากการกะเทาะเอาเปลือกกะลาออกแล้ว ยังคงใช้วิธีการอบโดยใส่กะละมังและเปิดแก๊สอบเนื้อถั่วแมคคาเดเมีย ซึ่งการอบในแต่ละครั้งในเวลานานถึง 15 ชั่วโมงต่อการอบเนื้อถั่วแมคคาเดเมีย 80 กิโลกรัม วิธีการอบยังไม่มีระบบป้องกันความปลอดภัยจากการปล่อยแก๊ส ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบได้ ซึ่งอาจเกิดอันตรายต่อกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้

จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษารูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก โดยศึกษาจากศักยภาพในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ เพื่อที่จะมาพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และ 2) เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน โดยเทคโนโลยีดังกล่าวจะสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดจากแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย เพื่อให้มีต้นทุนน้อยที่สุด ได้ผลผลิตมากที่สุด มีคุณภาพมากที่สุด แล้วสามารถนำส่วนเหลือทิ้งของถั่วแมคคาเดเมียกลับมาใช้ประโยชน์ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก
2. เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ
3. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก
4. เพื่อประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้ แบ่งตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ ประกอบด้วย 1) ด้านกระบวนการผลิต 2) ด้านเงินทุน 3) ด้านแรงงาน และ 4) ด้านการมีส่วนร่วมของสมาชิก

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

พื้นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการแปรรูป 2) กระบวนการในการแปรรูป และ 3) ต้นทุนในการใช้เทคโนโลยี

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

หน่วยงานที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย จำนวน 2 แห่ง

ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

พื้นที่หน่วยงานที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ขอบเขตด้านเนื้อหา

การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก โดยการศึกษาเนื้อหาจากทฤษฎี และหลักการเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

1) ข้อมูลที่ได้จากศึกษาศักยภาพและแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2

2) ข้อมูลจากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา 1) เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และ 2) เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

3) ข้อมูลจากสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฏร์ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

- 1) พื้นที่หน่วยงานที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
- 2) พื้นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ขอบเขตด้านเนื้อหา

การประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก คณะผู้วิจัยใช้เกณฑ์เป็นการประเมินในด้านความเหมาะสม และด้านความเป็นประโยชน์ (ทวิวรรณ อินตา, 2552) ในการจัดทำข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

พื้นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากโครงการ

1. กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ มีเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
2. เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียได้มากขึ้น
3. เกิดการพัฒนาอย่างมีส่วนร่วมในพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์
4. เกิดการบูรณาการให้ความรู้และการพัฒนาเทคโนโลยี ที่มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงและสามารถที่เชื่อมโยงกับวิสาหกิจชุมชนได้
5. เกิดรูปแบบการบริหารจัดการผลงานวิจัยแบบมีส่วนร่วมไปขยายผลสู่การปฏิบัติและกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน รวมทั้งสามารถสนองปัญหาและความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเป้าหมายอย่างเป็นระบบ
6. เสริมสร้างความตระหนักรู้และพัฒนาศักยภาพองค์กรชุมชน ในการจัดการความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีและประสานความร่วมมือกับภาคีหน่วยงานท้องถิ่น เพื่อแก้ปัญหาในชุมชนร่วมกันอย่างมีระบบและเกิดการขยายผล
7. ส่งเสริมให้หมื่นนักวิจัยรุ่นใหม่เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น
8. เผยแพร่ผลงานวิจัยในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และวารสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

คำอธิบาย

ศักยภาพวิสาหกิจชุมชน

ศักยภาพวิสาหกิจชุมชนควรจะสอดคล้องกับสถานภาพและสถานการณ์ของท้องถิ่นและชุมชนตลอดจนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เป้าหมาย และทิศทางของวิสาหกิจชุมชนนั้นๆ สำนักงานเกษตรจังหวัดเป็นหน่วยงานหลักในการขับเคลื่อนงานส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนให้มีความเข้มแข็งขึ้น เพื่อให้สามารถแข่งขันกับธุรกิจภาคเอกชนได้ เช่น การส่งเสริมให้วิสาหกิจชุมชนเกิดเครือข่ายประเภทอาชีพเดียวกัน เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้อมูลข่าวสารการประกอบอาชีพ การจัดหาปัจจัยและวัตถุดิบ การช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ตลอดจนสร้างความสัมพันธ์กับบุคคลภายนอกในลักษณะห่วงโซ่อุปทาน โดยการเชื่อมโยงหน่วยงานต่างๆ ที่เป็นสายการผลิต ตลอดจนลูกค้า ผู้จำหน่ายและลูกค้าผู้เป็นผู้บริโภค (สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน, 2548)

ปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จและความล้มเหลวของวิสาหกิจชุมชน

ณรงค์ เพ็ชรประเสริฐ (2542) กล่าวถึงปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดความสำเร็จและความล้มเหลวของวิสาหกิจชุมชน สรุปได้ดังนี้

1. ปัจจัยด้านเงินทุน กิจกรรมธุรกิจที่ต้องอาศัยการตลาดจะต้องเริ่มจากการนำเงินไปลงทุนทำการผลิตทำการค้า ได้รายได้กลับมาเป็นเงินก่อนใหญ่กว่าเดิม เงินลงทุนในการทำธุรกิจมาจาก 3 แหล่งคือ เงินทุนตนเอง เงินทุนที่กู้ยืมจากแหล่งเงินกู้ต่างๆ และเงินทุนที่ได้มาจากการระดมทุนจากคนในชุมชนเอง

2. ปัจจัยด้านการตลาด จะต้องรู้ว่าสินค้าที่ผลิตได้จะนำไปขายที่ไหนและขายอย่างไร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ประสบผลสำเร็จเป็นกลุ่มที่มีคู่ค้าที่แน่นอนและพอเพียง กลุ่มชุมชนที่มีตลาดแน่นอน เพียงพอจะเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ยืนอยู่ได้ เติบโตได้ พร้อมกับการขยายกิจการ ปัจจัยด้านการตลาดเป็นตัวบ่งชี้ความสำเร็จ หรือความล้มเหลวของวิสาหกิจชุมชนตลาดจึงเป็นหัวใจการผลิตเป็นตัวนำการผลิต

3. ปัจจัยด้านการผลิต การจะผลิตอะไร ผลิตอย่างไร ต้องผ่านการวิเคราะห์ทั้งอุปสงค์และอุปทานของการตลาด ความชำนาญของผู้ทำการผลิตเป็นปัจจัยที่สำคัญพอๆ กับโอกาสทางการตลาด การผลิตในชุมชนที่มีต้นทุนการผลิตไม่สูง พร้อมกับผู้ผลิตมีความรู้ ทักษะ ความชำนาญสามารถได้รับผลผลิตที่มีคุณภาพและสามารถแข่งขันในตลาดได้ การผลิตที่จะประสบผลสำเร็จต้องสอดคล้องกับโอกาสทางการตลาด และผลผลิตเป็นสิ่งที่ต้องการของตลาด

4. ปัจจัยด้านการบริหารจัดการ การบริหารจัดการเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชนแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ

4.1 ด้านระบบเงิน ความสามารถในการระดมทุนและสะสมทุนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ

4.2 ด้านระบบงาน วิสาหกิจชุมชนที่จะประสบผลสำเร็จต้องมีการจัดโครงสร้างการบริหาร มีการแบ่งฝ่าย แบ่งสายงาน เพื่อการควบคุมกำกับอย่างชัดเจน

4.3 ด้านระบบบุคลากร ในวิสาหกิจชุมชนส่วนใหญ่ไม่ค่อยมีสายงานบังคับบัญชาที่ชัดเจนเนื่องจากบุคลากรที่เป็นลูกจ้างมีน้อย บุคลากรของกลุ่มส่วนใหญ่จะเป็นสมาชิกและกรรมการ การสั่งการ การบังคับบัญชาการให้คนให้โทษจึงไม่มี ความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนในด้านบุคลากรจึงขึ้นอยู่กับผู้บริหารและสมาชิกมีสัจจะคุณธรรมและความเสียสละ

5. ปัจจัยด้านผู้นำ ชาวชนบทส่วนใหญ่มักขาดแคลนผู้นำ ผู้นำมักเกิดขึ้นโดยธรรมชาติเกิดจากผู้ประสบผลสำเร็จในอาชีพ ความมีบารมี มีความรู้ มีฐานะ เป็นที่พึ่งพาของคนในสังคมได้ วิสาหกิจชุมชนที่ประสบผลสำเร็จมักอยู่ภายใต้การนำของบุคคลเหล่านี้ จากการศึกษาจะพบว่าวิสาหกิจชุมชนที่ก่อตั้งโดยบุคคลที่เป็นที่ยอมรับของชาวบ้าน การระดมทุนจะง่าย กิจกรรมขยายตัวได้รวดเร็วมีความมั่นคง และโอกาสประสบผลสำเร็จมีสูง

6. ปัจจัยด้านแรงงาน แรงงานในวิสาหกิจชุมชนที่เป็นลูกจ้างมีส่วนใหญ่มีน้อย โดยมากเป็นประเภททำงานให้ตัวเอง ภายในครอบครัว ส่วนมากพบว่า เป็นแรงงานที่มีความรู้ต่ำ ขาดทักษะและประสบการณ์ จึงเป็นแรงงานไร้ฝีมือ เป็นแรงงานของคนรุ่นพ่อ แม่ ปู่ ย่า เป็นสำคัญ

7. ปัจจัยด้านการมีส่วนร่วมของสมาชิก การเกิดขึ้นหรือการคงอยู่การเติบโตและยั่งยืนของวิสาหกิจชุมชนต้องอาศัยความร่วมมือร่วมใจของชุมชน ต้องร่วมกันคิด ร่วมกันตัดสินใจ ร่วมกันทำ และร่วมกันรับผิดชอบ การมีส่วนร่วมของสมาชิกจะรวมถึงร่วมกันระดมทุน ถิ่นทุนและนำทุนไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะเดียวกันการมีส่วนร่วมอย่างเอางานเอาการ เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถพึ่งตนเองได้

จากแนวคิดในการศึกษาศักยภาพวิสาหกิจชุมชนที่กล่าวมา คณะผู้วิจัยสรุปได้ว่าการศึกษาศักยภาพวิสาหกิจชุมชนจะต้องศึกษาถึงความสอดคล้องกับสถานภาพและสถานการณ์ของท้องถิ่นและชุมชนตลอดจนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เป้าหมาย และทิศทางของวิสาหกิจชุมชนนั้นๆ โดยการวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยจะทำการศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก ประกอบด้วย 1) ด้านกระบวนการผลิต 2) ด้านเงินทุน 3) ด้านแรงงาน และ 4) ด้านการมีส่วนร่วมของสมาชิก

**ประเด็นในการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อการศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบรบพระ จังหวัดตาก**

1. ศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบรบพระ
จังหวัดตาก ในแต่ละด้านมีศักยภาพเป็นอย่างไร

1.1 ด้านกระบวนการผลิต

.....

.....

.....

1.2 ด้านเงินทุน

.....

.....

.....

1.3 ด้านแรงงาน

.....

.....

.....

1.4 ด้านการมีส่วนร่วมของสมาชิก

.....

.....

.....

2. ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข.

การสัมภาษณ์เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ



ภาพที่ ข.1 การสัมภาษณ์แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
ของกลุ่มวิสาหกิจแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย ตำบลแสงภา อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย



ภาพที่ ข.2 การสัมภาษณ์แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
 ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปแมคคาเดเมีย เขาค้อ
 ศูนย์เรียนรู้การแปรรูปแมคคาเดเมียเข็กน้อย ตำบลเข็กน้อย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์



เอกสารประกอบการสัมมนา
วิจัยเรื่อง รูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

วันที่ 22-24 มีนาคม 2562
ณ กลุ่มวิสาหกิจแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย ตำบลแสงภา อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย
วันที่ 28-29 มีนาคม 2562
ณ ศูนย์เรียนรู้การแปรรูปแมคคาเดเมียเชิงน้อย ตำบลเชิงน้อย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

แมคคาเดเมียมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Macadamia* spp. ซึ่งมีมากกว่า 10 ชนิด แต่มีเพียง 2 ชนิดที่รับประทานได้และปลูกเพื่อการค้า คือ แบบผิวเรียบ (*Smooth-shelled Macadamia* : *Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher) และแบบผิวขรุขระ (*Rough-shelled Macadamia* : *Macadamia tetraphylla* L.Johnson) อยู่ในวงศ์ *Proteaceae* เป็นพืชที่ผู้บริโภคทั่วโลกให้ความสนใจและมีความต้องการทางตลาดสูงเนื่องจากมีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดี มีคุณค่าทางอาหารสูง อุดมไปด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม โปแตสเซียม มีปริมาณไขมันสูงแต่เป็นกรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัวเฉลี่ยถึง 76 % เช่น กรดโอเลอิก กรดปาล์มิโตเลอิก กรดปาล์มิติก เป็นต้น ไขมันประเภทนี้สามารถช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลชนิดแอลดีแอลในเลือดได้ ช่วยลดอัตราการเกิดโรคหัวใจ (ศิริบุญ พลสวัสดิ์, 2552, (ออนไลน์))

สำหรับประเทศไทยพื้นที่ที่มีการปลูกแมคคาเดเมียกันมากจะอยู่ทางตอนเหนือของประเทศ เช่น จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันการเพาะปลูกประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี แต่กระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตยังไม่มีความเหมาะสมเท่าที่ควร มักพบปัญหาในด้านแปรรูปและการเก็บรักษาทำให้คุณภาพของแมคคาเดเมียลดลง (ธานินทร์ รัชโพธิ์, 2553)

อดิเรก พันเขียว และคณะ (2560) ได้ลงพื้นที่ในวันที่ 26-27 ธันวาคม 2560 ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ซึ่งเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีศักยภาพด้านการเกษตร ปัจจุบันมีการปลูกแมคคาเดเมีย ต้นกาแฟ ต้นไผ่ เสาวรส และพืชอื่นอีกเล็กน้อย มีลักษณะการจำหน่ายเป็นการค้าส่ง มีพื้นที่เพาะปลูกกว่า 1,000 ไร่ มีแหล่งน้ำไหลผ่านพื้นที่ มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพื้นที่ท่องเที่ยวเชิงเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรได้เป็นอย่างดี

การดำเนินการของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรบ้านเสรีราษฎร์ ยังอยู่ระยะเริ่มต้น เป็นการเกษตรที่มีการลงมือปลูกในการผลิต มีการปรับเปลี่ยนการปลูกและการผลิตผลผลิตทางการเกษตรอยู่ตลอดเวลา ได้แก่ กุหลาบ ส้ม ลำไย กาแฟ แมคคาเดเมีย เป็นต้น และมีเครื่องมือเครื่องจักรในการผลิตทั้งที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันและไม่ได้ใช้งานแล้ว เช่น เครื่องคัดแยกส้ม เครื่องอบลำไย เครื่องอบแห้งพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น

ส่วนแมคคาเดเมียเป็นพืชผลหลักของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรบ้านเสรีราษฎร์ในปัจจุบัน แต่ยังมีปัญหาดังแต่การผลิตจนถึงกระบวนการทางการตลาด เนื่องจากมีปัญหาการทำลายของรา แมลงและสัตว์ทำลายต่างๆ ปัญหาการเก็บผลของแมคคาเดเมีย ปัญหาการจัดการศัตรูพืช ปัญหาการขาดเครื่องมือเครื่องจักรช่วยในการผลิต ปัญหาการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่มีอยู่ ปัญหาการอบแห้งผลผลิต ปัญหาการขายให้ได้ราคา ปัญหาการจัดเก็บผลผลิต ปัญหาการจัดเก็บและใช้ประโยชน์จากของเหลือใช้ ปัญหาการสร้างแบรนด์สินค้า เป็นต้น การได้รับความช่วยเหลือปัจจุบันยังขาดหน่วยงานราชการเข้ามาช่วยเหลือและผลักดัน มีการขอความช่วยเหลือจากหน่วยงานต่างๆ จึงเริ่มมีการให้คำปรึกษาบ้าง แต่ยังไม่มีการดำเนินการใดๆ และมีความต้องการพัฒนาไปสู่การเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร มีร้านอาหาร ร้านกาแฟ มีที่พัก เป็นต้น โจทย์วิจัยที่สามารถดำเนินการได้ทันที เช่น การพัฒนาการผลิต การพัฒนาเครื่องมือทางการเกษตร การจัดการศัตรูพืช การอบแห้งผลผลิต การส่งเสริมการขาย การสร้างแบรนด์สินค้า การจัดการคงคลัง การจัดการสินค้าคงเหลือ เป็นต้น และจากการลงพื้นที่ของคณะผู้วิจัยในวันที่ 10 มีนาคม 2561 เพื่อหาโจทย์วิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ ในการสัมภาษณ์สมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ พบว่า ปัญหาของการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียเริ่มตั้งแต่กระบวนการอบเมล็ดที่ได้จากการเก็บเกี่ยว โดยปริมาณการเก็บเมล็ดเฉลี่ยต่อปีประมาณ 50 ตัน

ต่อปี โรงอบที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อปริมาณการอบในแต่ละครั้งทำให้เมล็ดที่ยังไม่ได้ทำการอบเกิดความเสียหาย ในช่วงฤดูฝนกลุ่มวิสาหกิจชุมชนต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเนื่องจากการอบถั่วแมคคาเดเมียต้องใช้แก๊สช่วยในการอบ ซึ่งใช้เวลาในการอบแต่ละครั้งถึงนานถึง 3 วัน วิธีการลดค่าใช้จ่ายในการอบด้วยแก๊สสามารถทำได้โดยการนำเปลือกกะลาและเปลือกชั้นนอกของถั่วแมคคาเดเมียมาเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตให้ความร้อนแทนแก๊สได้ การคัดแยกขนาดถั่วแมคคาเดเมียทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนยังคงใช้ภาชนะหม้อซึ่งนั่งอาหารจะเป็นรูให้มีขนาดตามที่ต้องการแบ่งออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ได้วันละประมาณ 1,200 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งการคัดแยกขนาดถั่วแมคคาเดเมียโดยวิธีดังกล่าวยังคงคัดแยกได้ช้า การกะเทาะเปลือกชั้นในที่เป็นกะลา ทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนยังคงใช้แรงงานคนกะเทาะอยู่ ได้วันละประมาณ 40 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ซึ่งยังช้าและไม่ทันต่อความต้องการของตลาด และการอบเนื้อถั่วแมคคาเดเมียหลังจากการกะเทาะเอาเปลือกกะลาออกแล้ว ยังคงใช้วิธีการอบโดยใส่กะละมังและเปิดแก๊สอบเนื้อถั่วแมคคาเดเมีย ซึ่งการอบในแต่ละครั้งในเวลานานถึง 15 ชั่วโมงต่อการอบเนื้อถั่วแมคคาเดเมีย 80 กิโลกรัม วิธีการอบยังไม่มีระบบป้องกันความปลอดภัยจากการปล่อยแก๊ส ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบได้ ซึ่งอาจเกิดอันตรายต่อกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้

จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษารูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก โดยศึกษาจากศักยภาพในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ เพื่อที่จะมาพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และ 2) เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน โดยเทคโนโลยีดังกล่าวจะสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดจากแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย เพื่อให้มีต้นทุนน้อยที่สุด ได้ผลผลิตมากที่สุด มีคุณภาพมากที่สุด แล้วสามารถนำส่วนเหลือทิ้งของถั่วแมคคาเดเมียกลับมาใช้ประโยชน์ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก
2. เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ
3. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก
4. เพื่อประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้ แบ่งตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ ประกอบด้วย 1) ด้านกระบวนการผลิต 2) ด้านเงินทุน 3) ด้านแรงงาน และ 4) ด้านการมีส่วนร่วมของสมาชิก

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

พื้นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการแปรรูป 2) กระบวนการในการแปรรูป และ 3) ต้นทุนในการใช้เทคโนโลยี

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

หน่วยงานที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย จำนวน 2 แห่ง

ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

พื้นที่หน่วยงานที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ขอบเขตด้านเนื้อหา

การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก โดยการศึกษาเนื้อหาจากทฤษฎี และหลักการเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

1) ข้อมูลที่ได้จากศึกษาศักยภาพและแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2

2) ข้อมูลจากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา 1) เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และ 2) เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

3) ข้อมูลจากสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

- 1) พื้นที่หน่วยงานที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
- 2) พื้นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ขอบเขตด้านเนื้อหา

การประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก คณะผู้วิจัยใช้เกณฑ์เป็นการประเมินในด้านความเหมาะสม และด้านความเป็นประโยชน์ (ทวิวรรณ อินตา, 2552) ในการจัดทำข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

พื้นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากโครงการ

1. กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ มีเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
2. เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียได้มากขึ้น
3. เกิดการพัฒนาอย่างมีส่วนร่วมในพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์
4. เกิดการบูรณาการให้ความรู้และการพัฒนาเทคโนโลยี ที่มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงและสามารถที่เชื่อมโยงกับวิสาหกิจชุมชนได้
5. เกิดรูปแบบการบริหารจัดการผลงานวิจัยแบบมีส่วนร่วมไปขยายผลสู่การปฏิบัติและกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน รวมทั้งสามารถสนองปัญหาและความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเป้าหมายอย่างเป็นระบบ
6. เสริมสร้างความตระหนักรู้และพัฒนาศักยภาพองค์กรชุมชน ในการจัดการความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีและประสานความร่วมมือกับภาคีหน่วยงานท้องถิ่น เพื่อแก้ปัญหาในชุมชนร่วมกันอย่างมีระบบและเกิดการขยายผล
7. ส่งเสริมให้หมื่นนักวิจัยรุ่นใหม่เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น
8. เผยแพร่ผลงานวิจัยในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และวารสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ประเด็นในการสัมภาษณ์เพื่อการศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูป
จากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ

1. ชื่อหน่วยงานที่สัมภาษณ์

.....

2. ที่อยู่/เบอร์โทรศัพท์

.....

.....

3. ประวัติในการจัดตั้งกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

.....

.....

4. แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยี กระบวนการ หรือต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
ของหน่วยงานท่าน มีอะไรบ้างและมีวิธีการพัฒนาอย่างไร

4.1 การเก็บเกี่ยวผลผลิต

.....

.....

.....

4.2 การกะเทาะเปลือกเขียว

.....

.....

.....

4.3 การคัดขนาดของเมล็ด

.....

.....

.....

4.4 การอบแห้ง (โรงอบแห้ง)

.....

.....

.....

4.5 การกะเทาะเปลือกกะลา

.....

.....

.....

4.6 การอบผลดิบ (เนื้อมีดิบก่อนบรรจุเพื่อจำหน่าย)

.....

.....

.....

4.7 การบรรจุผลิตภัณฑ์หรือการแปรรูปผลิตภัณฑ์

.....

.....

.....

5. ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค.

การพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์
อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

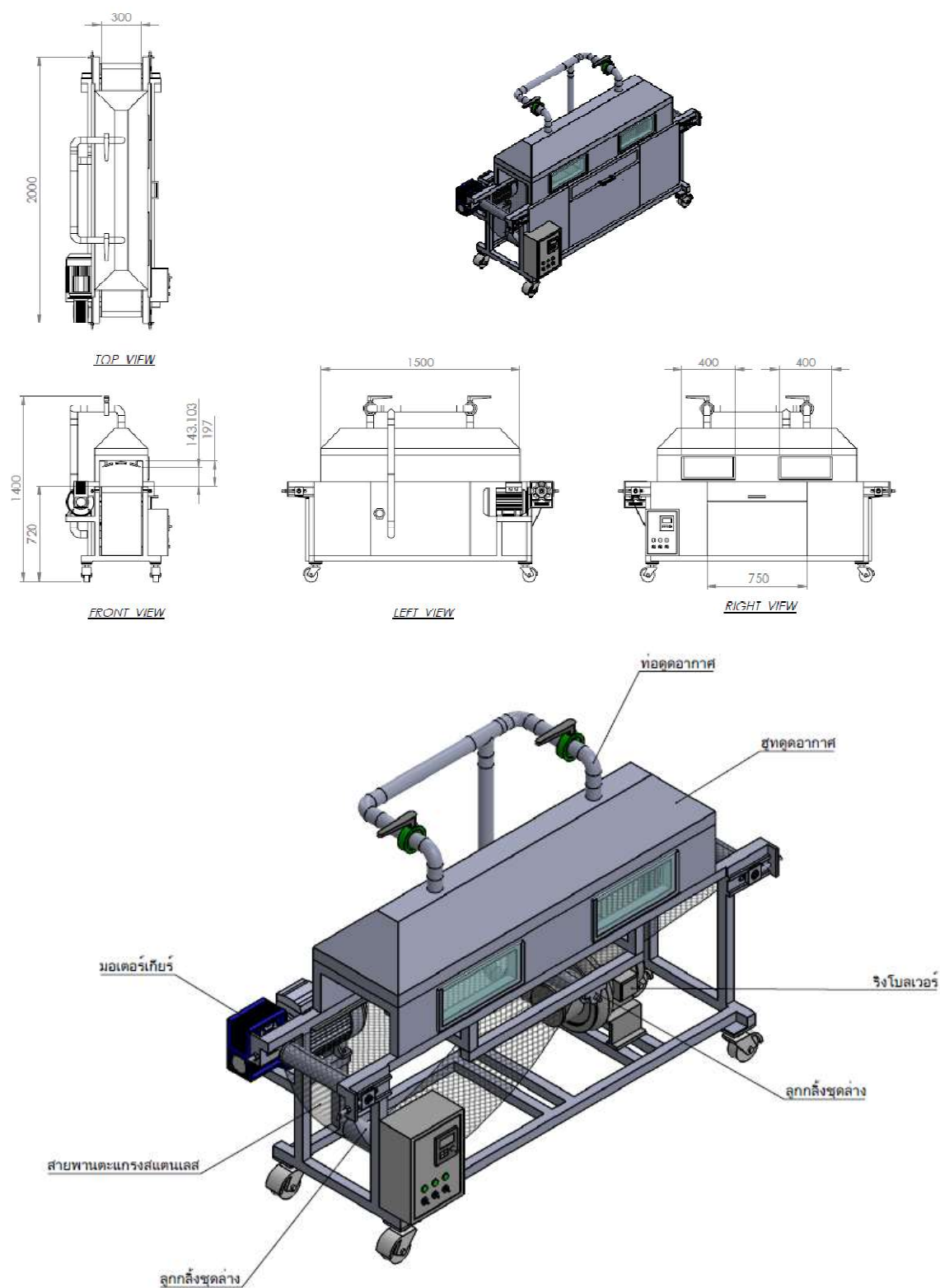


ภาพที่ ค.2 การพัฒนาเทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)



ภาพที่ ค.3 การทดสอบประสิทธิภาพการอบแห้ง

2. เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน



ภาพที่ ค.4 แบบโครงสร้างเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

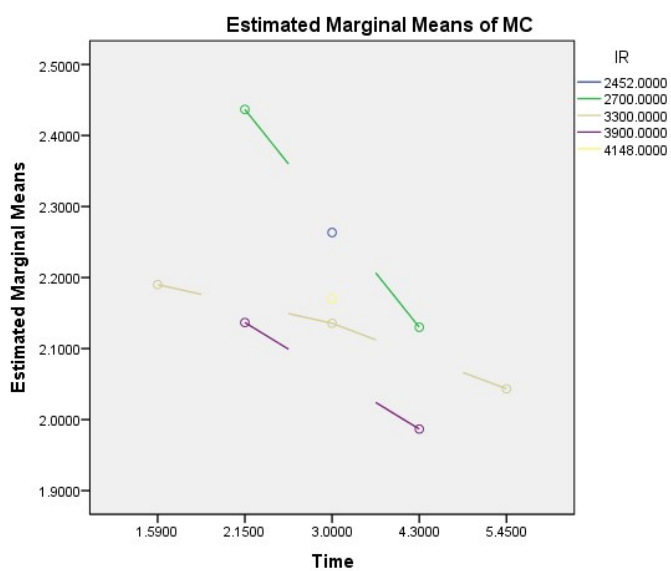


ภาพที่ ค.5 การพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

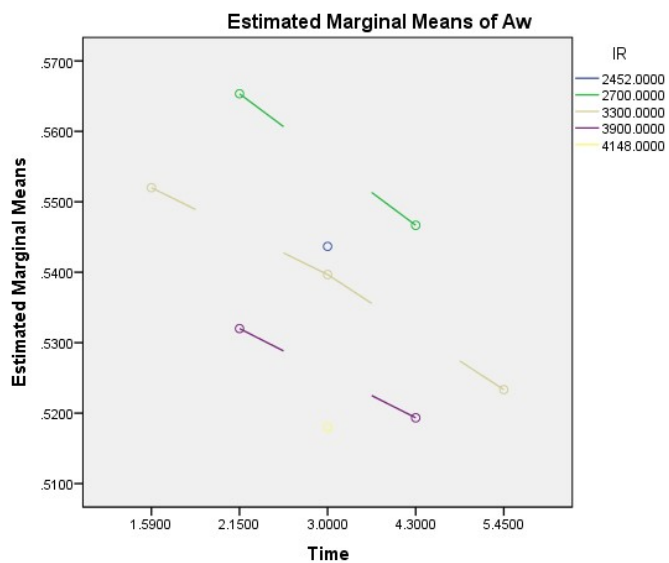




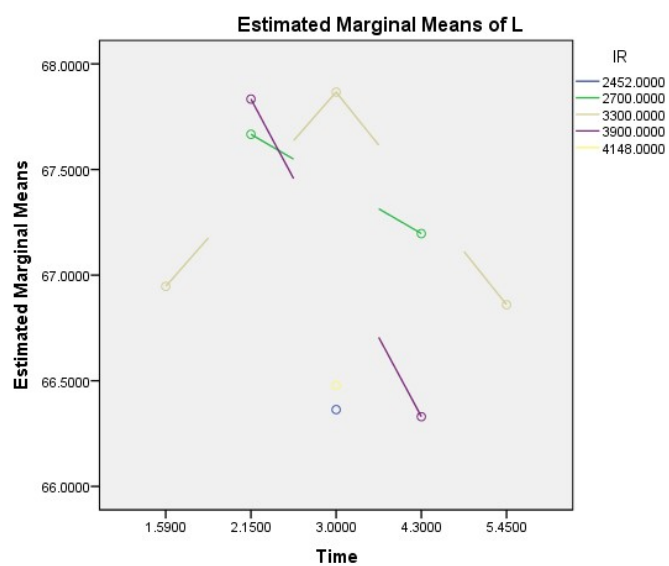
ภาพที่ ค.6 การวิเคราะห์คุณภาพแมคคาเดเมีย



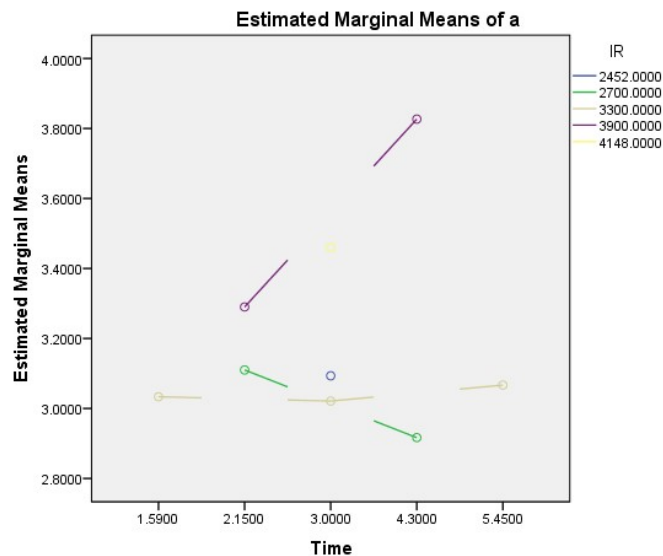
ภาพที่ ค.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานอินฟราเรด และเวลาในการอบ
ต่อปริมาณร้อยละความชื้นของแมคคาเดเมียอบอินฟราเรด



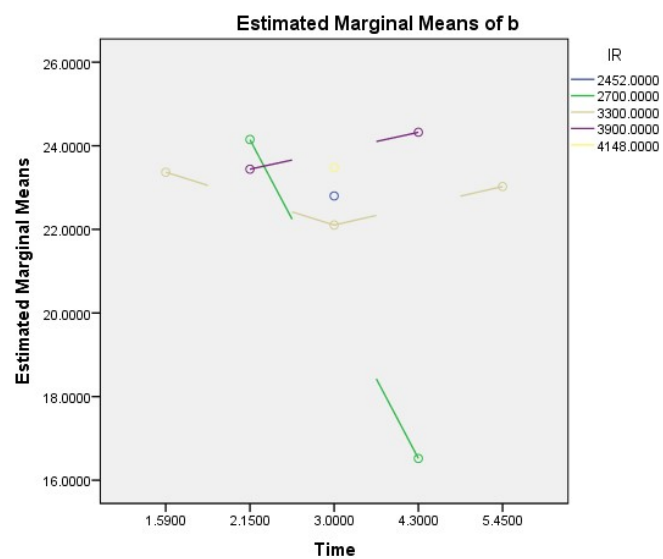
ภาพที่ ค.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานอินฟราเรด และเวลาในการอบ
ต่อค่า a_w ของแมคคาเดเมียอบอินฟราเรด



ภาพที่ ค.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานอินฟราเรด และเวลาในการอบ
ต่อค่าความสว่าง (L^*) ของแมคคาเดเมียอบอินฟราเรด



ภาพที่ ค.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานอินฟราเรด และเวลาในการอบ
ต่อค่าสีแดง (a*) ของแมคคาเดเมียอบอินฟราเรด



ภาพที่ ค.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานอินฟราเรด และเวลาในการอบ
ต่อค่าสีเหลือง (b*) ของแมคคาเดเมียอบอินฟราเรด

ภาคผนวก ง.

การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อการประเมินการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก



ภาพที่ ง.1 การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อการประเมินการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบรบพระ จังหวัดตาก



เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติ
การวิจัยเรื่อง รูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

วันที่ 14-15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562
ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก
ข้อมูลการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อการประเมินการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีรราชูร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

แมคคาเดเมียมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Macadamia* spp. ซึ่งมีมากกว่า 10 ชนิด แต่มีเพียง 2 ชนิดที่รับประทานได้และปลูกเพื่อการค้า คือ แบบผิวเรียบ (*Smooth-shelled Macadamia* : *Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher) และแบบผิวขรุขระ (*Rough-shelled Macadamia* : *Macadamia tetraphylla* L.Johnson) อยู่ในวงศ์ *Proteaceae* เป็นพืชที่ผู้บริโภคทั่วโลกให้ความสนใจและมีความต้องการทางตลาดสูงเนื่องจากมีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดี มีคุณค่าทางอาหารสูง อุดมไปด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม โพแทสเซียม มีปริมาณไขมันสูงแต่เป็นกรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัวเฉลี่ยถึง 76 % เช่น กรดโอเลอิก กรดปาล์มิโตเลอิก กรดปาล์มิติก เป็นต้น ไขมันประเภทนี้สามารถช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลชนิดแอลดีแอลในเลือดได้ ช่วยลดอัตราการเกิดโรคหัวใจ (ศิริบุญ พลสวัสดิ์, 2552, (ออนไลน์))

สำหรับประเทศไทยพื้นที่ที่มีการปลูกแมคคาเดเมียกันมากจะอยู่ทางตอนเหนือของประเทศ เช่น จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันการเพาะปลูกประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี แต่กระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตยังไม่มีความเหมาะสมเท่าที่ควร มักพบปัญหาในด้านแปรรูปและการเก็บรักษาทำให้คุณภาพของแมคคาเดเมียลดลง (ธานินทร์ รัชโพธิ์, 2553)

อดิเรก พันเขียว และคณะ (2560) ได้ลงพื้นที่ในวันที่ 26-27 ธันวาคม 2560 ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ซึ่งเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีศักยภาพด้านการเกษตร ปัจจุบันมีการปลูกแมคคาเดเมีย ต้นกาแฟ ต้นไผ่ เสาวรส และพืชอื่นอีกเล็กน้อย มีลักษณะการจำหน่ายเป็นการค้าส่ง มีพื้นที่เพาะปลูกกว่า 1,000 ไร่ มีแหล่งน้ำไหลผ่านพื้นที่ มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพื้นที่ท่องเที่ยวเชิงเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรได้เป็นอย่างดี

การดำเนินการของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรบ้านเสรีราษฎร์ ยังอยู่ระยะเริ่มต้น เป็นการเกษตรที่มีการลองผิดลองถูกในการผลิต มีการปรับเปลี่ยนการปลูกและการผลิตผลผลิตทางการเกษตรอยู่ตลอดเวลา ได้แก่ กุหลาบ ส้ม ลำไย กาแฟ แมคคาเดเมีย เป็นต้น และมีเครื่องมือเครื่องจักรในการผลิตทั้งที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันและไม่ได้ใช้งานแล้ว เช่น เครื่องคัดแยกส้ม เครื่องอบลำไย เครื่องอบแห้งพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น

ส่วนแมคคาเดเมียเป็นพืชผลหลักของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรบ้านเสรีราษฎร์ในปัจจุบัน แต่ยังมีปัญหาดังแต่การผลิตจนถึงกระบวนการทางการตลาด เนื่องจากมีปัญหาการทำลายของรา แมลงและสัตว์ทำลายต่างๆ ปัญหาการเก็บผลของแมคคาเดเมีย ปัญหาการจัดการศัตรูพืช ปัญหาการขาดเครื่องมือเครื่องจักรช่วยในการผลิต ปัญหาการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่มีอยู่ ปัญหาการอบแห้งผลผลิต ปัญหาการขายให้ได้ราคา ปัญหาการจัดเก็บผลผลิต ปัญหาการจัดเก็บและใช้ประโยชน์จากของเหลือใช้ ปัญหาการสร้างแบรนด์สินค้า เป็นต้น การได้รับความช่วยเหลือปัจจุบันยังขาดหน่วยงานราชการเข้ามาช่วยเหลือและผลักดัน มีการขอความช่วยเหลือจากหน่วยงานต่างๆ จึงเริ่มมีการให้คำปรึกษาบ้าง แต่ยังไม่มีการดำเนินการใดๆ และมีความต้องการพัฒนาไปสู่การเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร มีร้านอาหาร ร้านกาแฟ มีที่พัก เป็นต้น โจทย์วิจัยที่สามารถดำเนินการได้ทันที เช่น การพัฒนาการผลิต การพัฒนาเครื่องมือทางการเกษตร การจัดการศัตรูพืช การอบแห้งผลผลิต การส่งเสริมการขาย การสร้างแบรนด์สินค้า การจัดการคงคลัง การจัดการสินค้าคงเหลือ เป็นต้น และจากการลงพื้นที่ของคณะผู้วิจัยในวันที่ 10 มีนาคม 2561 เพื่อหาโจทย์วิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ ในการสัมภาษณ์สมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ พบว่า ปัญหาของการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียเริ่มตั้งแต่กระบวนการอบเมล็ดที่ได้จากการเก็บเกี่ยว โดยปริมาณการเก็บเมล็ดเฉลี่ยต่อปีประมาณ 50 ตัน

ต่อปี โรงอบที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อปริมาณการอบในแต่ละครั้งทำให้เมล็ดที่ยังไม่ได้ทำการอบเกิดความเสียหาย ในช่วงฤดูฝนกลุ่มวิสาหกิจชุมชนต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเนื่องจากการอบถั่วแมคคาเดเมียต้องใช้แก๊สช่วยในการอบ ซึ่งใช้เวลาในการอบแต่ละครั้งถึงนานถึง 3 วัน วิธีการลดค่าใช้จ่ายในการอบด้วยแก๊สสามารถทำได้โดยการนำเปลือกกะลาและเปลือกชั้นนอกของถั่วแมคคาเดเมียมาเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตให้ความร้อนแทนแก๊สได้ การคัดแยกขนาดถั่วแมคคาเดเมียทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนยังคงใช้ภาชนะหม้อซึ่งนั่งอาหารจะเป็นรูให้มีขนาดตามที่ต้องการแบ่งออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ได้วันละประมาณ 1,200 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งการคัดแยกขนาดถั่วแมคคาเดเมียโดยวิธีดังกล่าวยังคงคัดแยกได้ช้า การกะเทาะเปลือกชั้นในที่เป็นกะลา ทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนยังคงใช้แรงงานคนกะเทาะอยู่ ได้วันละประมาณ 40 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ซึ่งยังช้าและไม่ทันต่อความต้องการของตลาด และการอบเนื้อถั่วแมคคาเดเมียหลังจากการกะเทาะเอาเปลือกกะลาออกแล้ว ยังคงใช้วิธีการอบโดยใส่กะละมังและเปิดแก๊สอบเนื้อถั่วแมคคาเดเมีย ซึ่งการอบในแต่ละครั้งในเวลานานถึง 15 ชั่วโมงต่อการอบเนื้อถั่วแมคคาเดเมีย 80 กิโลกรัม วิธีการอบยังไม่มีระบบป้องกันความปลอดภัยจากการปล่อยแก๊ส ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบได้ ซึ่งอาจเกิดอันตรายต่อกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้

จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษารูปแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก โดยศึกษาจากศักยภาพในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ เพื่อที่จะมาพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และ 2) เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน โดยเทคโนโลยีดังกล่าวจะสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดจากแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย เพื่อให้มีต้นทุนน้อยที่สุด ได้ผลผลิตมากที่สุด มีคุณภาพมากที่สุด แล้วสามารถนำส่วนเหลือทิ้งของถั่วแมคคาเดเมียกลับมาใช้ประโยชน์ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก
2. เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ
3. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก
4. เพื่อประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้ แบ่งตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ ประกอบด้วย 1) ด้านกระบวนการผลิต 2) ด้านเงินทุน 3) ด้านแรงงาน และ 4) ด้านการมีส่วนร่วมของสมาชิก

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

พื้นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการแปรรูป 2) กระบวนการในการแปรรูป และ 3) ต้นทุนในการใช้เทคโนโลยี

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

หน่วยงานที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย จำนวน 2 แห่ง

ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

พื้นที่หน่วยงานที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ขอบเขตด้านเนื้อหา

การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก โดยการศึกษาเนื้อหาจากทฤษฎี และหลักการเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

1) ข้อมูลที่ได้จากศึกษาศักยภาพและแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2

2) ข้อมูลจากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา 1) เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และ 2) เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

3) ข้อมูลจากสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

- 1) พื้นที่หน่วยงานที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
- 2) พื้นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ขอบเขตด้านเนื้อหา

การประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก คณะผู้วิจัยใช้เกณฑ์เป็นการประเมินในด้านความเหมาะสม และด้านความเป็นประโยชน์ (ทวิวรรณ อินตา, 2552) ในการจัดทำข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล/ผู้ให้ข้อมูล

สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ที่ทำการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย

ขอบเขตด้านพื้นที่และหน่วยงาน

พื้นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากโครงการ

1. กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ มีเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย
2. เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียได้มากขึ้น
3. เกิดการพัฒนาอย่างมีส่วนร่วมในพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์
4. เกิดการบูรณาการให้ความรู้และการพัฒนาเทคโนโลยี ที่มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงและสามารถที่เชื่อมโยงกับวิสาหกิจชุมชนได้
5. เกิดรูปแบบการบริหารจัดการผลงานวิจัยแบบมีส่วนร่วมไปขยายผลสู่การปฏิบัติและกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน รวมทั้งสามารถสนองปัญหาและความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเป้าหมายอย่างเป็นระบบ
6. เสริมสร้างความตระหนักรู้และพัฒนาศักยภาพองค์กรชุมชน ในการจัดการความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีและประสานความร่วมมือกับภาคีหน่วยงานท้องถิ่น เพื่อแก้ปัญหาในชุมชนร่วมกันอย่างมีระบบและเกิดการขยายผล
7. ส่งเสริมให้หมื่นนักวิจัยรุ่นใหม่เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น
8. เผยแพร่ผลงานวิจัยในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และวารสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

**ประเด็นในการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อการประเมินการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูป
จากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก**

1. ด้านความเหมาะสมในการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

1.1 ความเหมาะสมของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

.....

.....

.....

1.2 ความเหมาะสมของเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

.....

.....

.....

2. ด้านความเป็นประโยชน์ในการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

2.1 ความเป็นประโยชน์ของโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์)

.....

.....

.....

2.2 ความเป็นประโยชน์ของเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน

.....

.....

.....

ภาคผนวก จ.

1. ตารางแสดงแผนงาน (Gantt chart) เปรียบเทียบกิจกรรมที่เสนอในข้อเสนอโครงการ
และกิจการที่ดำเนินการจริง
2. ตารางแสดงแผนงานการใช้งบประมาณ
3. ตารางเปรียบเทียบผลผลิต (Output) ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและที่ดำเนินการได้จริง

1. ตารางแสดงแผนงาน (Gantt chart) เปรียบเทียบกิจกรรมที่เสนอในข้อเสนอโครงการและกิจกรรมที่ดำเนินการจริง

กิจกรรมตามแผนดำเนินการ	การดำเนินการ			กิจกรรมที่ดำเนินงานจริง
	ดำเนินการแล้ว	กำลังดำเนินการ	ยังไม่ได้ดำเนินการ	
ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก (ม.ค. 62)	✓			จัดกิจกรรมประชุมเชิงปฏิบัติการในวันที่ 22-24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 เพื่อศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก
ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ (ม.ค. -ก.พ. 62)	✓			ลงพื้นที่เพื่อศึกษาศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย กับหน่วยงานที่ประสบความสำเร็จ จำนวน 2 หน่วยงาน ได้แก่ 1) วิสาหกิจแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านบ่อเหมืองน้อย ตั้งอยู่เลขที่ 60 หมู่ที่ 5 ตำบลแสงภา อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย และ 2) วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปแมคคาเดเมีย เขาค้อ ที่ศูนย์เรียนรู้การแปรรูปแมคคาเดเมียเขื่อน้อย ตั้งอยู่เลขที่ 429 หมู่ที่ 12 ตำบลเขื่อน้อย อำเภอกำแพง จังหวัดเพชรบูรณ์
ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก (ม.ค.-ต.ค. 62)	✓			ออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย จำนวน 2 เทคโนโลยี ได้แก่ 1) เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) และ 2) เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน
ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก (ต.ค. -พ.ย. 62)	✓			จัดกิจกรรมประชุมเชิงปฏิบัติการในวันที่ 14-15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 เพื่อประเมินการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก
สรุปผลการทดลองและจัดทำเล่มสมบูรณ์ (ธ.ค. 62)	✓			ดำเนินการสรุปผลการวิจัยและจัดทำเล่มฉบับสมบูรณ์ นำส่ง สกสว.

2. ตารางแสดงแผนงานการใช้งบประมาณ

งบประมาณตามแผนงาน	การเบิกจ่าย			ผลการใช้งบประมาณ ในการดำเนินงานจริง
	งวดที่ 1	งวดที่ 2	งวดที่ 3	
ก. ส่วนที่โครงการบริหาร				
1. หมวดค่าตอบแทนคณะวิจัย				
1.1 ค่าตอบแทนคณะผู้วิจัย (ผู้ช่วยศาสตราจารย์)	60,000	30,000	30,000	120,000
2. หมวดค่าจ้าง				
2.1 ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัย ป.ตรี จำนวน 2 คน คนละ 13,300 บาทต่อเดือน จำนวน 9 เดือน	159,600	79,800	-	239,400
3. หมวดค่าใช้สอย				
3.1 การศึกษาศักยภาพในการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก โดยการประชุมเชิงปฏิบัติการ	48,840	-	-	53,000
3.2 การศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย ของหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ	44,560	-	-	18,800
3.3 การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก	88,000	-	-	131,070
3.4 การประเมินผลการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก โดยการประชุมเชิงปฏิบัติการ	-	48,840	-	36,050
3.5 การประชาสัมพันธ์/เผยแพร่/จัดทำรูปเล่ม	-	20,069	-	22,000
3.6 การรายงานความก้าวหน้าและนำเสนองานวิจัย	20,000	12,760	-	29,100
4. หมวดค่าวัสดุ				
4.1 วัสดุสำนักงานและคอมพิวเตอร์	15,000	-	-	15,000
4.2 วัสดุเชื้อเพลิง	20,000	19,600	-	30,468
ข. ส่วนที่บริหารโดย สกว.				
5. ค่าครุภัณฑ์ (งวดพิเศษ ค.)				
5.1 ค่าใช้สอยในการพัฒนาเทคโนโลยีกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมีย				
1) เทคโนโลยีโรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) จำนวน 1 โรงเรือน โรงเรือนละ 670,000 บาท	670,000	-	-	670,000
2) เทคโนโลยีการอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียอินฟราเรดแบบสายพาน เซนติเมตร จำนวน 1 เครื่อง เครื่องละ 250,000 บาท	250,000	-	-	250,000
6. หมวดค่าใช้จ่ายทางอ้อม				
6.1 ค่าบำรุงสถาบัน (งวดพิเศษ ก.) 10 %	-	-	69,707	-
รวมงบประมาณแต่ละงวด	1,376,000	211,069	99,707	
รวมงบประมาณทั้งโครงการ	1,686,776			1,614,888

3. ตารางเปรียบเทียบผลผลิต (Output) ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและที่ดำเนินการได้จริง

ผลผลิต (Output)		ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100%) ให้ท่าน ระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่านดำเนินการ
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/หรือจากการปรับแผน	ผลสำเร็จ (%)	
1. ทราบศักยภาพในกระบวนการแปรรูปถั่วแมคคาเดเมีย ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์	100%	-
2. ได้แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการแปรรูปจากถั่วแมคคาเดเมียจากหน่วยงานต้นแบบที่ได้รับการยอมรับหรือประสบความสำเร็จ	100%	-
3. ได้แบบร่างหรือต้นแบบของ (1) โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (2) เครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน	100%	-
4. มีเทคโนโลยีที่เพิ่มผลผลิตในกระบวนการแปรรูปถั่วแมคคาเดเมีย ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเสรีราษฎร์ จำนวน 2 ชิ้น ได้แก่ 4.1 โรงอบแห้งถั่วแมคคาเดเมียแบบพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) 4.2 เครื่องอบแห้งเนื้อถั่วแมคคาเดเมียด้วยอินฟราเรดแบบสายพาน	100%	-
5. ผลวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ (cost-benefit) ของการใช้เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นทั้ง 2 ระบบ เทียบกับการดำเนินการแบบเดิม	100%	-

ลงนาม.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษณุ บัวเทศ)

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน

สถานที่ทำงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชณุ บัวเทศ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

เลขที่ 69 หมู่ที่ 1 ต. นครชุม อ. เมือง จ. กำแพงเพชร 62000

เบอร์โทรศัพท์ 095 626 4411

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน

สถานที่ทำงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัณฑ์ อินทวงศ์

คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

เลขที่ 27 ต. ท่าอิฐ อ. เมือง จ. อุตรดิตถ์ 63000

เบอร์โทรศัพท์ 081 727 6735

ชื่อ

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน

สถานที่ทำงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพโรจน์ นะเที่ยง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

เลขที่ 27 ต. ท่าอิฐ อ. เมือง จ. อุตรดิตถ์ 63000

เบอร์โทรศัพท์ 088 154 6860

ชื่อ

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน

สถานที่ทำงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดุชนิ บุญธรรม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

เลขที่ 27 ต. ท่าอิฐ อ. เมือง จ. อุตรดิตถ์ 63000

เบอร์โทรศัพท์ 085 863 0830

ชื่อ

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน

สถานที่ทำงาน

ดร.อดิเรก พันเขียว

อาจารย์ประจำโปรแกรมมิชารัฐประศาสนศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร แม่สอด

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร แม่สอด

ที่อยู่ 222 ม.7 ต.แม่ปะ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก 63110

เบอร์โทรศัพท์ 089 755 5466

ประวัติผู้วิจัย (ต่อ)

ชื่อ	นางสาวณัฐภาณี บัวดี
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาสังคมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร แม่สอด
สถานที่ทำงาน	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร แม่สอด ที่อยู่ 222 ม.7 ต.แม่ปะ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก 63110 เบอร์โทรศัพท์ 055 801 661-2
ชื่อ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์แดนชัย เครื่องเงิน
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
สถานที่ทำงาน	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เลขที่ 69 หมู่ที่ 1 ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000 เบอร์โทรศัพท์ 055 706 555 ต่อ 4170
ชื่อ	นายอิทธิพล เหล่าพรม
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	อาจารย์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
สถานที่ทำงาน	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เลขที่ 69 หมู่ที่ 1 ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000 เบอร์โทรศัพท์ 089 229 0692
ชื่อ	นายสมโภชน์ วงษ์เชียด
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	อาจารย์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
สถานที่ทำงาน	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เลขที่ 69 หมู่ที่ 1 ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000 เบอร์โทรศัพท์ 081 674 3177