



กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

รายงานผลสัมฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund)

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

หน่วยงาน กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรโดยใช้เทคโนโลยีสุญญากาศ
และอบลมร้อนแบบมีระบบควบคุมการทำงานอัจฉริยะ

Research and development of agricultural product processing
machinery by using vacuum and hot air technology with
intelligent operation control

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

เวียง อากรชี

Weang Arekornchee

ปี 2565

บทสรุปผู้บริหาร

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ประเทศไทยมีผลผลิตทางการเกษตรมากและสำคัญของโลก แต่ในทางกลับกันผลผลิตกับมีราคาที่ผันผวนไม่แน่นอน ทางออกที่จะแก้ปัญหาเรื่องนี้ทางหนึ่งคือการแปรรูปผลิตผลเกษตรให้มีมูลค่าเพิ่ม เก็บรักษาได้นานขึ้น จากการศึกษาพบว่า การนำเทคโนโลยีระบบสุญญากาศมาใช้สามารถเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรได้สูงมาก เช่น การทอดด้วยระบบสุญญากาศ การทำแห้งด้วยระบบฟริชดราย การทำน้ำผลไม้เข้มข้น เป็นต้น ทั้งนี้เพราะระบบสุญญากาศจะทำให้ระบบดังกล่าวทำงานที่อุณหภูมิต่ำกว่าภาวะปกติมาก ช่วยรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้ดี มีมูลค่าทางการตลาดสูง แต่มีข้อจำกัดในเรื่องการลงทุนสูงเกษตรกรเข้าถึงยาก ส่วนการยืดอายุการเก็บรักษาที่นิยมทำกันมากคือการทำให้แห้งซึ่งเทคโนโลยีการอบแห้งที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปคือการใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดวาง ซึ่งเครื่องอบแห้งนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงลดลงมาจนถึงจุดที่เก็บรักษาได้ ความชื้นที่เหมาะสมกับการเก็บรักษาโดยทั่วไปจะต่ำกว่า 13% มาตรฐานเปียกลงมา แต่เครื่องอบลมร้อนที่มีอยู่ทั่วไปยังไม่สามารถปรับค่าการทำงานตามความชื้นที่ลดลงของผลิตภัณฑ์ได้ ส่งผลให้การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ยังไม่ดีเท่าที่ควร จากที่กล่าวมาจึงเป็นประเด็นที่จะทำการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาตามที่กล่าวมา โดยเทคโนโลยีเครื่องจักรแปรรูปผลิตผลเกษตรตามแผนวิจัยนี้จะนำมาใช้กับกลุ่มพืชผัก ผลไม้ เป็นสำคัญ และการพัฒนาครั้งนี้จะมีการนำระบบสมองกลที่สามารถประมวลผลค่าปัจจัยที่ป้อนให้ไว้เพื่อการคำนวณตัดสินใจว่าจะให้เครื่องจักรทำงานตามค่าไหนเมื่อปัจจัยสำคัญมีค่าเปลี่ยนแปลงไป โดยโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลแปรรูปผลิตผลเกษตรโดยใช้เทคโนโลยีสุญญากาศและอบลมร้อนแบบมีระบบควบคุมการทำงานอัจฉริยะวิจัย นี้ประกอบไปด้วย 3 โครงการย่อย คือ 1) โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องทอดสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว 2) โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องกวนระเหยน้ำในภาวะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติสำหรับทำน้ำอ้อยเข้มข้นและน้ำเชื่อม และ 3) โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบลมร้อนแบบถาดอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้นผลิตผลเกษตร

2. วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาและพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีสุญญากาศและเทคโนโลยีเครื่องอบลมร้อนให้มีระบบควบคุมการทำงานได้อย่างอัตโนมัติและแม่นยำสำหรับการแปรรูปและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลเกษตร

2) เพื่อวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการใช้ระบบสุญญากาศสำหรับเครื่องทอดสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว และเครื่องกวนระเหยน้ำภายใต้ภาวะความดันสุญญากาศสำหรับการทำน้ำอ้อยเข้มข้นและน้ำเชื่อม ให้มีประสิทธิภาพและราคาไม่สูงนัก เกษตรกรเข้าถึงได้

3) เพื่อวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องอบลมร้อนแบบถาดวาง ให้มีระบบควบคุมอุณหภูมิความร้อนและการทำงานต่าง ๆ ตามค่าปริมาณความชื้นผลิตผลเกษตรที่ลดลงขณะทำการอบลดความชื้น ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่มีคุณภาพ

4) เพื่อเผยแพร่เทคโนโลยีต้นแบบเครื่องทอดสุญญากาศ เครื่องต้มระเหยน้ำ และเครื่องอบลมร้อนแบบถาดสู่เกษตรกร ผู้ประกอบการ สำหรับการแปรรูปผลิตผลเกษตร

3. ระเบียบวิธีวิจัย (โดยย่อ)

การดำเนินการวิจัยภายใต้ระเบียบวิธีวิจัยทางการเกษตร ระยะเวลาดำเนินการวิจัยระหว่าง ปี 2565-2566 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี และสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ซึ่งเป็นหน่วยงานของกรมวิชาการเกษตร วิสาหกิจชุมชน และภาคเอกชนในการร่วมทดสอบเพื่อต่อยอดขยายผลเทคโนโลยีและผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์

4. งบประมาณที่ใช้ และระยะเวลาที่ดำเนินงาน

งบประมาณที่ใช้ปี 2565 จำนวน 1,462,116 บาท

ระยะเวลาที่ดำเนินงานโครงการ ระหว่างเดือนตุลาคม 2564 - กันยายน 2566 (2 ปี)

5. ผลการวิจัย

1) โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องทอสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว

การทำงานปั๊มสุญญากาศแบบ Water Jet ใช้ปั๊มน้ำขนาด 20 hp สูบน้ำจากอ่างพักน้ำขึ้นไปยังชุดทอ Water jet ให้น้ำวิ่งผ่านไปยังหัวฉีดด้วยความเร็วที่สูงมากพอที่จะสร้างสุญญากาศตรงท่อทางดูดไม่น้อยกว่า 700 mm Hg ซึ่งที่ท่อทางดูดนี้ต่อตรงกับหม้อทอสุญญากาศ หลังจากนั้นน้ำจะผ่านออกไปยังปากทางออกกลับไปยังอ่างพักน้ำ การคำนวณการออกแบบความหนาผนังถังทอสุญญากาศ ค่าความดันที่ยอมให้ได้สูงสุด $P_a = 4.314 \text{ kg/cm}^2$ มากกว่าค่าความดันออกแบบ 1.055 kg/cm^2 ดังนั้นความหนาของผนังถัง 6 mm จึงสามารถใช้งานได้ และผลการคำนวณการออกแบบความหนาฝาถังทอสุญญากาศ ค่าความดันที่ยอมให้ได้สูงสุด $P_a = 4.070 \text{ kg/cm}^2$ มากกว่าค่าความดันออกแบบ 1.055 kg/cm^2 ดังนั้นความหนาของฝาถังทอ 6 mm จึงสามารถใช้งานได้ การออกแบบตะแกรงทอ ประกอบด้วย 1) ฝาปิดตะแกรงด้านบน และส่วนตะแกรงทอทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 450 mm .สูง 350 mm ความจุ 55.65 ลิตร ซึ่งจะใช้ทอผลผลิตครั้งละ 20 กิโลกรัม ใช้วัสดุเป็นสแตนเลส 304 ขนาดรูตะแกรง 5 mm หนา 2 mm 2) ใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า เป็นต้นกำลังเพื่อขับเพลลาขณะทอและสลัดน้ำมัน หลังการจัดสร้างและทดสอบเครื่องต้นแบบเบื้องต้นพบว่า เครื่องต้นแบบสามารถรองรับการทำงานที่สภาวะสุญญากาศประมาณ 650 – 700 มม.ปรอท และได้ออกแบบลำดับขั้นในการควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของเครื่องต้นแบบไว้แล้ว แต่ยังคงต้องมีการติดตั้งและทดสอบระบบเพิ่มเติมในปีงบประมาณ 2566

2) โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องกวนระเหยน้ำในภาวะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติสำหรับทำน้ำอ้อยเข้มข้นและน้ำเชื่อม

ได้ข้อมูลอ้อยคั้นน้ำและผลิตภัณฑ์ที่จะทำเป็น อ้อยคั้นน้ำเข้มข้น และน้ำเชื่อม ในการทดสอบน้ำอ้อยคั้นน้ำ จำเป็นต้องทราบปัจจัยที่สำคัญ ๆ เช่น น้ำหนักต่อปริมาตรของน้ำอ้อยที่ความหวานต่าง ๆ เครื่องมือในการหาเปอร์เซ็นต์ความหวาน และปริมาณสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำอ้อย ซึ่งจะเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดความหวาน และความเข้มข้นของน้ำอ้อย โดยในการทดลองนี้ได้ใช้เครื่องมือวัด Brix refractometer และใช้การระเหยน้ำออกจากน้ำอ้อยให้เหลือแต่สารแขวนลอย โดยใช้ตู้อบลมร้อน ทำการสร้างอุปกรณ์การทดสอบต้มระเหยน้ำอ้อยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิจุดเดือด กับความเข้มข้นของน้ำอ้อยภายใต้ความดันสุญญากาศ เพื่อนำไปใช้ในการตั้งค่าการทำงานและการควบคุมคุณภาพของน้ำอ้อยในโอกาสต่อไป ซึ่งสรุปได้ว่าแนวโน้มของอุณหภูมิจุดเดือด

กับความเข้มข้นของสารละลายมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งค่าอุณหภูมิจุดเดือดนี้ถ้าเป็นน้ำบริสุทธิ์จะมีค่าคงที่ แต่ถ้าเป็นสารละลายจะมีค่าสูงขึ้นตามค่าความเข้มข้นที่สูงขึ้น ซึ่งค่าความสัมพันธ์ในส่วนนี้จะนำไปเป็นค่าในการกำหนดสำหรับการตั้งค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมกับคุณภาพของน้ำอ้อยเข้มข้น และน้ำเชื่อมจากน้ำอ้อยต่อไป สร้างต้นแบบเครื่องกวนระเหยน้ำในภาวะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ ต้นแบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ 1.ห้องลดแรงดันอากาศหรือสภาวะสุญญากาศ 2.เครื่องกวนระเหยน้ำอ้อย ซึ่งได้ดำเนินการออกแบบสร้างห้องลดแรงดันอากาศมีรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด กว้าง x ยาว x สูง 1.20 x 1.20 x 1.20 เมตร หรือคิดเป็นปริมาตร 1.73 ลูกบาศก์เมตร มีการขยายท่อดูดอากาศให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้รองรับการระเหยไอน้ำได้มากขึ้น และจะใช้เพื่อวางเครื่องกวนระเหยน้ำอ้อยด้านใน ทำการเปรียบเทียบน้ำอ้อยคั้นสด(ความหวาน 23 %Brix) กับน้ำอ้อยที่ต้มระเหยน้ำในห้องสุญญากาศ จนมีความเข้มข้นมากกว่า 85 %Brix) แล้วเอาน้ำผสมกลับให้เหลือความหวานเท่าเดิม 23 %Brix เพื่อสังเกตดูสี ชิมรสชาติ และอื่นๆ ซึ่งผลปรากฏว่า มีสีสันใกล้เคียงธรรมชาติมาก รสชาติใกล้เคียงกัน แต่จะมีคล้ายๆ เป็นเนื้อตะกอนปนอยู่ ซึ่งต้องหาวิธีการกรองต่อไป และศึกษาเรื่องการบรรจุและอายุการเก็บรักษาต่อไป

3) โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบลมร้อนแบบกาศอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้นผลิตภัณฑ์เกษตร

ได้ข้อมูลขั้นตอนและกระบวนการผลิตกล้วยเล็บมือนางอบแห้ง และสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง โดยเข้าไปเก็บข้อมูลกับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มสตรีเพื่อการแปรรูปกล้วยเล็บมือนาง ร้านวิจิตรธรรม กล้วยเล็บมือนาง พอตาหินช้าง ต.สลุย อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร ตั้งแต่ขั้นตอนการปอกกล้วยเรียงบนตะแกรงไม้ไผ่ การอบกล้วยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 3 วัน รวมถึงข้อมูลและกระบวนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง จากนั้นทำการศึกษาคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งกล้วยเล็บมือนาง และสับปะรดแช่อิ่ม ดังนี้ คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การวัดขนาดของกล้วยเล็บมือนาง และผลิตภัณฑ์กล้วยเล็บมือนางอบแห้ง พบว่ากล้วยเล็บมือนางของผู้ประกอบการรายที่ 1 มีขนาดความโตเฉลี่ย 23.1 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 92.9 มิลลิเมตร ส่วนผู้ประกอบการรายที่ 2 มีขนาดความโต 25.2 มิลลิเมตร และยาว 103.6 มิลลิเมตร และพบว่าขนาดของขึ้นสับปะรดก่อนทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง จะใช้อุปกรณ์ปอกสับปะรดแบบเกลียว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 8.5 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใน 3 เซนติเมตร และความหนาประมาณ 1.75 เซนติเมตร ทำการวัดค่าสีกล้วยเล็บมือนาง พบว่าค่าสีของเนื้อกล้วยเป็นข้อมูลเปรียบเทียบความสุกของกล้วยได้ การวัดค่าสีสับปะรดและผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินคุณภาพความนิยมของผู้บริโภค การหาข้อมูลอื่น ๆ เช่น คุณสมบัติทางเคมี ค่าความชื้น และคุณค่าทางโภชนาการ เป็นต้น ได้ทำการทดสอบอบแห้งกล้วยเล็บมือนาง ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้แก่ 70 75 80 และ 85 องศาเซลเซียส เพื่อหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์คุณภาพดี สีสันสวยงาม รวมถึงค่าอัตราการอบแห้งเวลาที่ใช้ อบแห้งเป็นต้น พบว่าการอบอุณหภูมิเดียว ไม่ควรใช้อุณหภูมิสูง เกิน 80 องศาเซลเซียส ควรใช้อุณหภูมิที่ 70 และ 75 องศาเซลเซียส เมื่อได้ข้อมูลแล้วจึงทำการออกแบบเบื้องต้น และสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องอบลมร้อนแบบกาศขนาดเล็กเพื่อทดสอบการสลับทิศทางลมร้อน และศึกษาการไหลเวียนของลมร้อนเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับออกแบบห้องลมร้อนของเครื่องอบลมร้อนแบบกาศอัจฉริยะต่อไป โดยในการทำวิจัยได้นำเครื่องอบลดความชื้นแบบลมร้อนแบบกาศวางของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมมาดัดแปลง ซึ่งเครื่องดังกล่าวผู้วิจัยได้ทดลองใช้แล้ว ซึ่งการกระจายลมร้อนสม่ำเสมอในแต่ละชั้น คือ ชั้นบน, ล่าง, กลาง แต่มีปัญหาเรื่อง ผลผลิตที่อบแห้งในจุดที่ปะทะลมร้อนก่อน เช่น ระบายที่ 1 จะแห้งกว่า ระบายที่ 2,3,4 ตามลำดับ โดยรวมถือว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการ

อบแห้งยังมีคุณภาพดีไม่ต่างกันมาก แต่ยังสังเกตเห็นความแตกต่างได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาในเรื่องนี้ ผู้วิจัยและคณะจึงคิดสร้างเครื่องอบลมร้อนแบบภาคอัจฉริยะที่สามารถสลับทิศทางลมร้อนได้เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วย โดยใช้ใบพัดลมกรงกระรอกแบบใบตรง พัดลมหมุนทวนเข็มนาฬิกาแล้วหมุนสลับใบพัดลมไปทางขวา ลมจะไปทางซ้าย ถ้าพัดลมหมุนตามเข็มนาฬิกาแล้วหมุนสลับใบพัดลมไปทางซ้าย ลมจะไปทางขวา ซึ่งจะดำเนินการทดสอบต่อไป จึงได้ดำเนินการสร้างใบพัดลมกรงกระรอกแบบใบตรง และถ่วงใบพัดลม ติดตั้ง ทดสอบ โดยผลการทดสอบใบพัดลมเมื่อสลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ หรือใบพัดลมกระแสลมจะเปลี่ยนทิศทาง โดยไม่ต้องใช้ลิ้นปิดเปิดหรือ มีการหมุนเพื่อเปลี่ยนลักษณะของสลับใบพัดลม เหมือนตอนตั้งสมมติฐานไว้ แต่อาศัยการเลือกใช้รอบการหมุนของใบพัดลม (725 รอบต่อนาที) และการออกแบบสลับใบพัดที่เหมาะสม ก็สามารถบังคับทิศทางลมให้ไหลไปในทิศทางที่ต้องการได้โดยมีลมไหลสวนทางย้อนกลับน้อยที่สุดจนไม่สามารถเอาชนะแรงดูดของพัดลมได้ ทำการทดสอบวัดความเร็วการไหลของลม การกระจายลมร้อน และปรับการไหลของลมในแต่ละภาคให้สม่ำเสมอ โดยติดตั้งคลิบกระจายลม และปรับตำแหน่ง มุมและ ขนาด จนได้ความเร็วลมที่ใกล้เคียงในแต่ละภาค โดยมีความเร็วลมประมาณ 1.2-1.8 เมตร/วินาที เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบภาคอัจฉริยะ สำหรับลดความชื้นผลิตภัณฑ์ ต้นแบบ ปัจจุบันดำเนินการไปประมาณ 95% ดังภาพ

6. ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัย

6.1 ข้อเสนอแนะจากผลงานวิจัย

ในการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการแปรรูปผลิตภัณฑ์ มีความสำคัญมากที่จะช่วยให้เกษตรกรสามารถแก้ปัญหาผลผลิตล้นตลาด ราคาที่ซบเซาตกต่ำ แนวทางในการวิจัยต้องศึกษาองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีความแม่นยำในการควบคุมการทำงานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง ต้นทุนการผลิตต่ำ ขายได้ราคาสูงขึ้นกว่าการจำหน่ายสด ผู้วิจัยจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำระบบความแม่นยำเข้ามาประยุกต์ใช้กับเครื่อง

6.2 ข้อเสนอแนะจากผู้วิจัย

งานวิจัยเครื่องจักรสำหรับการแปรรูปผลิตภัณฑ์ นอกจากการสร้างเครื่องต้นแบบแล้ว ยังมีความจำเป็นต้องมีข้อมูลสำคัญที่ได้จากการทดลอง ซ้ำๆ หลายครั้งเพื่อให้ได้ผลที่มีความแม่นยำ และการปรับปรุงแก้ไข รวมถึงการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ถึง ต้นทุน จุดคุ้มทุน ระยะเวลาคืนทุน เป็นต้น และที่สำคัญอีกอย่างคือการร่วมมือกับภาคเอกชนเพื่อการพัฒนาต่อไปเชิงพาณิชย์

7. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

7.1 ประโยชน์ที่เกิดต่อผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรง

ผลงานวิจัยทั้งหมดจะถ่ายทอดและขยายผลสู่กลุ่มเป้าหมาย โดยมีเครือข่ายเชื่อมโยงความร่วมมือในระบบการผลิตครบวงจร บูรณาการร่วมกันระหว่างกลุ่มเกษตรกร หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน วิชากิจชุมชน โดยทดสอบในพื้นที่แบบเกษตรกรมีส่วนร่วม และประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกรในการนำผลงานวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์ เกษตรกรสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ประยุกต์ปรับใช้ได้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด รวมถึงนักวิชาการ หน่วยงานราชการและภาคเอกชนที่จะนำไปเผยแพร่ ส่งเสริม และขยายผลต่อทั้งในระดับชุมชนและระดับอุตสาหกรรม ส่งผลให้เกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเองได้ เป็นการเสริมสร้างระบบการผลิตที่ยั่งยืน นำไปสู่การขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันภาคการเกษตรด้วย

เทคโนโลยีและนวัตกรรม เพื่อแก้ปัญหาผลผลิตพืชผลล้นตลาด ราคาตกต่ำ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและราคาสูงขึ้น

7.2 ประโยชน์ทางวิชาการ

ผลงานวิจัยของโครงการสามารถนำไปเผยแพร่ ขยายผล และต่อยอด เกิดการเผยแพร่องค์ความรู้ไปสู่การใช้ประโยชน์ในวงกว้างโดยตีพิมพ์ผลงานวิจัย วารสาร บทความวิชาการ การประชุมเผยแพร่ผลงาน/สัมมนา ระดับชาติ สามารถสร้างเครือข่ายความร่วมมือด้านวิชาการในระดับชาติได้

7.3 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ และเกิดประโยชน์ในด้านใด (เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม)

หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตผักผลไม้แปรรูป ในรูปวิสาหกิจชุมชนต่างๆ
2. หน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ กรมส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมสหกรณ์ สหกรณ์การเกษตร สถาบันการศึกษา

ด้านเศรษฐกิจ

- เกษตรกรผู้ปลูกหรือประกอบการด้านการแปรรูปพืชผักและผลไม้ มีทางเลือกในการสร้างรายได้เพิ่มจากการขายในรูปพืชผัก ผลไม้สด กว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าเมื่อเทียบกับเกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายเดียวกันก่อนและหลังนำเทคโนโลยีไปใช้

ด้านสังคม

1. เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตดีขึ้น เพราะมีรายได้เพิ่มขึ้น
2. การพัฒนาและดำเนินงานแบบมีส่วนร่วม โดยการบูรณาการระหว่างเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และผู้เกี่ยวข้อง ทำให้เกิดองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่ทันสมัย และสามารถไปใช้ประโยชน์ได้จริงในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ราคาสูงในการจำหน่าย

ด้านสิ่งแวดล้อม

- เกษตรกรมีทางเลือกในการจัดการผลผลิตที่ล้นตลาด ทำให้ลดการนำไปทิ้งเน่าเสียซึ่งเท่ากับเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมไปด้วย

8. การเผยแพร่ผลงานวิจัย

การถ่ายทอดผลงานวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ เกษตรกร นักวิชาการ เจ้าหน้าที่ส่งเสริม ผู้ประกอบการ สถาบันการศึกษา และผู้สนใจ เพื่อนำเทคโนโลยีที่ได้จากงานวิจัยสามารถนำไปพัฒนาปรับใช้ให้เหมาะสมในพื้นที่ ส่งผลให้เกิดการเพิ่มรายได้ของเกษตรกร ยกระดับเศรษฐกิจของชุมชน เกิดความยั่งยืนด้านความมั่นคงทางอาหารของประเทศในที่สุด โดยผลงานวิจัยที่ได้จะถ่ายทอดและขยายผลเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องทั้งระหว่างการดำเนินงานวิจัย และเมื่อสิ้นสุดโครงการ

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรโดยใช้เทคโนโลยีสุญญากาศและอบลมร้อนแบบมีระบบควบคุมการทำงานอัจฉริยะวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีสุญญากาศและเทคโนโลยีเครื่องอบลมร้อนให้มีระบบควบคุมการทำงานได้อย่างอัตโนมัติและแม่นยำสำหรับการแปรรูปและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยโครงการนี้ประกอบไปด้วย 3 โครงการย่อย คือ 1) โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องทอดสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว 2) โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องกวนระเหยน้ำในภาวะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติสำหรับทำน้ำอ้อยเข้มข้นและน้ำเชื่อม และ 3) โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบลมร้อนแบบกึ่งอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้นผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: การแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตร, เทคโนโลยีสุญญากาศ, เทคโนโลยีการอบลมร้อน, ระบบควบคุมการทำงานอัจฉริยะ, ระบบควบคุม

Abstract

Research and development of agricultural product processing machinery by using vacuum and hot air technology with intelligent operation control. The objectives are to study and develop knowledge on using vacuum technology and hot air dryer technology to enable automatic and precise control systems for processing and extending the shelf life of agricultural products. This project consists of 3 sub-projects: 1) Research and development of an automatic vacuum frying machine by using embedded control techniques 2) Research and development of vacuum evaporator by automatic control for concentrated sugar cane juice and syrup 3) Research and development of intelligent tray hot air dryer for dehumidification of agricultural product

Keywords : Agricultural product processing, vacuum technology, hot air drying technology, Intelligent control system, control system

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรโดยใช้เทคโนโลยีสุญญากาศและอบลมร้อนแบบมีระบบควบคุมการทำงานอัจฉริยะ ได้รับความร่วมมือ อำนวยความสะดวก ในการปฏิบัติงานและร่วมวิจัย จากหัวหน้าโครงการวิจัยย่อย ผู้ร่วมวิจัย และหน่วยงานสนับสนุน ได้แก่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตภัณฑ์ และที่จะขาดไม่ได้คือบุคลากร ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่นทุกท่าน

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	2
บทคัดย่อ	7
Abstract	8
กิตติกรรมประกาศ	9
สารบัญ	10
สารบัญภาพ	11
สารบัญตาราง	13
บทที่ 1 บทนำ	15
บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน	20
บทที่ 3 ผลการศึกษา	26
บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล	32
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	36

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แนวทางการดำเนินงานของโครงการวิจัย	18
2	แนวทางการทดสอบและขยายผลเทคโนโลยีสู่เกษตรกรและผู้ประกอบการ	18
3	แสดงการทำงานปั๊มสุญญากาศแบบ Water jet ของ ศวศ.ขอนแก่น	36
4	แบบผังการติดตั้งหน่วยทอดสุญญากาศ (vacuum fryer unit)	36
5	แบบผังการติดตั้งโรงงานทอดสุญญากาศ (vacuum fryer plant)	37
6	วัดค่าความหวานของน้ำอ้อย ด้วยเครื่องวัด Brix refractometer หาปริมาตรต่อ น้ำหนักของน้ำอ้อยที่ % Brix ที่วัดได้ (23 % Brix)	39
7	การสร้างอุปกรณ์ต้นแบบในการทดสอบต้มระเหยน้ำอ้อย	39
8	ออกแบบถังอบสุญญากาศให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อสะดวกต่อการทดสอบต้มระเหยน้ำที่ ปริมาตรมากขึ้น	39
9	การสร้างถังสุญญากาศที่มีปริมาตรห้องมากขึ้น	40
10	ห้องลดแรงดันอากาศมีรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด กว้าง x ยาว x สูง 1.20 x 1.20 x 1.20 เมตร	40
11	การทดสอบต้มระเหยน้ำอ้อยภายใต้ห้องลดแรงดันอากาศที่สร้างขึ้น	40
12	แสดงลักษณะสีสันของน้ำอ้อยคั้นสด และน้ำอ้อยที่ผ่านการต้มระเหยและทำกลับมา เข้มข้นเท่าเดิม	41
13	กลุ่มสตรีเพื่อการแปรรูปทุเรียน	44
14	กล้วยเล็บมือนางแก่จัด	44
15	ห้องป่มกล้วย	44
16	ปอกกล้วยเรียงบนตะแกรงไม้ไผ่	44
17	อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 3 วัน	44
18	ร้านวิวรรณ์กล้วยอบเล็บมือนางพ่อตาหินช้าง จ.ชุมพร	44
19	กล้วยเล็บมือนางแก่จัดก่อนป่ม (ซ้าย) และหลังป่ม (ขวา)	44
20	ปอกกล้วยเรียงบนตะแกรงไม้ไผ่เข้าสู่ตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 3 วัน	45
21	นำออกจากเตา จัดเรียงกล้วยใหม่ แล้วสลับถาด	45
22	กล้วยเล็บมือนางผลสุก (ซ้าย) กล้วยเล็บมือนางอบแห้ง (ขวา)	45
23	อุปกรณ์ปอกสับปะรดแบบเกลียว	46
24	สับปะรดแช่อบแห้ง	46
25	การวัดสีกล้วยด้วยเครื่องวัดสี รุ่น CS-10 Portable	46
26	เป็นการออกแบบสื่อใบพัดลม และช่องลมเพื่อเปลี่ยนทิศทางการไหลของลมร้อน	46

ภาพที่

27	ถ่วงใบพัดลมแบบ Static Balancing (ซ้าย) การติดตั้งและทดสอบใบพัด (กลาง) ทดสอบลิ้นปิดเปิดบังคับทิศทางลม (ขวา)	47
28	การทดสอบวัดความเร็วลม (ซ้าย) และการติดตั้งกระจายลมร้อน (ขวา)	47
29	ทดสอบวงจรควบคุมการสลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ และการสปาร์คจุดหัวพันไฟ (BURNER)	47
30	การอบแห้งกล้วยเล็บมือนางโดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 28 ชั่วโมง	48
31	การอบแห้งกล้วยเล็บมือนางโดยใช้อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 25 ชั่วโมง	48
32	การอบแห้งกล้วยเล็บมือนางโดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 22 ชั่วโมง	48
33	การอบแห้งกล้วยเล็บมือนางโดยใช้อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 ชั่วโมง	49
34	กราฟค่าความชื้นกล้วยเล็บมือนางและกล้วยเล็บมือนางอบแห้ง ของผู้ประกอบการ รายที่ 1 และ 2	49
35	กราฟความชื้นของสับปะรดผลสด และสับปะรดแช่อบแห้ง ของผู้ประกอบการราย ที่ 3 และ 4	49
36	เครื่องทอดสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว	63
37	เครื่องกวนระเหยน้ำในภาวะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติสำหรับทำ น้ำอ้อยเข้มข้นและน้ำเชื่อม	63
38	เครื่องอบลมร้อนแบบถาดอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้นผลิตภัณฑ์เกษตร	64
39	กล้วยเล็บมือนาง และสับปะรด ซึ่งอบ โดยวิธีอบแบบ 2 อุณหภูมิที่แนะนำ	64
40	ผู้ประกอบการทดสอบการใช้กระบวนการอบแห้งกล้วยและสับปะรดตามอุณหภูมิที่ แนะนำ	64

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลำดับการควบคุมการทำงานของเครื่องทอดสุญญากาศที่ควบคุมแบบสมองกลฝังตัว	38
2	งานทดสอบการต้มน้ำอ้อยในสุญญากาศ ครั้งที่ 1	42
3	งานทดสอบการต้มน้ำอ้อยในสุญญากาศ ครั้งที่ 2	43
4	วัดขนาดของกล้วยเล็บมือนาง ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มสตรีเพื่อการแปรรูป“ภุมรินทร์” (ผู้ประกอบการรายที่ 1)	50
5	การวัดขนาดกล้วยเล็บมือนาง และผลิตภัณฑ์กล้วยเล็บมือนางอบแห้ง ของร้านวีรวรรณ กล้วยเล็บมือนาง (ผู้ประกอบการรายที่ 2)	51
6	การวัดขนาดของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร ร่องแก้ว (ผู้ประกอบการรายที่ 3)	51
7	การวัดขนาดของสับปะรดอบแห้ง ของวิสาหกิจชุมชนบึงบัวโฮมสเตย์และการท่องเที่ยว (ผู้ประกอบการรายที่ 4)	52
8	การวัดค่าสีกล้วยเล็บมือนาง ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มสตรีเพื่อการแปรรูป“ภุมรินทร์”	52
9	การวัดสีกล้วยเล็บมือนาง และผลิตภัณฑ์กล้วยเล็บมือนางอบแห้ง ของร้านวีรวรรณกล้วยเล็บมือนาง (ผู้ประกอบการรายที่ 2)	53
10	การวัดสีสับปะรด และผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรร่องแก้ว (ผู้ประกอบการรายที่ 3)	53
11	การวัดสีสับปะรด และผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ของวิสาหกิจชุมชนบึงบัวโฮมสเตย์และการท่องเที่ยว (ผู้ประกอบการรายที่ 4)	54
12	ตารางแสดงค่าความชื้นฐานเปียกกล้วยเล็บมือนาง และกล้วยเล็บมือนางอบแห้ง ของผู้ประกอบการรายที่ 1 และ 2	54
13	ความชื้นฐานเปียกของสับปะรดผลสด และสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ของผู้ประกอบการรายที่ 3 และ 4	55
14	คุณค่าทางโภชนาการขกล้วยเล็บมือนาง ต่อ 100 กรัม	55
15	คุณค่าทางโภชนาการของสับปะรดต่อ 100 กรัม	56
16	คุณสมบัติที่กายภาพ และทางเคมี ผลิตภัณฑ์สับปะรดอบแห้งของผู้ประกอบการรายที่ 1 บริษัท ทองเสรี ดี-ฟู้ด จำกัด	57
17	คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์สับปะรดอบแห้งของผู้ประกอบการรายที่ 2 ร้านโชคประเสริฐ ตลาดวโรรสเชียงใหม่	58

ตารางที่		หน้า
18	คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์สับปะรดอบแห้งของผู้ประกอบการรายที่ 3 หจก. ส.รุ่งเรือง ลำไยแห้ง (SR)	59
19	แสดงค่าสีการอบลดความชื้นสับปะรดสวีแบบกรรมวิธีที่ 1	60
20	แสดงค่าสีการอบลดความชื้นสับปะรดสวีแบบกรรมวิธีที่ 2	60
21	แสดงค่าความชื้นของการอบแห้งสับปะรดสวีเปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี	61
22	แสดงค่าสีการอบลดความชื้นกล้วยเล็บมือนาง แบบกรรมวิธีที่ 2	61
23	แสดงค่าความชื้นของการอบแห้งกล้วยเล็บมือนางเปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี	62

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 1 บทนำ

1. วิสัยทัศน์ และพันธกิจของหน่วยงาน

วิสัยทัศน์

กรมวิชาการเกษตรเป็นองค์กรที่เป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาด้านพืช เครื่องจักรกลการเกษตร และเป็นศูนย์กลางรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรด้านพืชในระดับสากล บนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

พันธกิจ

1. สร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านพืชและเครื่องจักรกลการเกษตรสู่กลุ่มเป้าหมาย
2. กำหนดและกำกับดูแลมาตรฐานระบบการผลิตและผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต พัฒนาระบบตรวจรับรองสินค้าการเกษตรด้านพืชให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล
3. อนุรักษ์และพัฒนาการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืช แมลง และจุลินทรีย์
4. กำกับ ดูแล และพัฒนานโยบายที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบ

2. ยุทธศาสตร์ชาติที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานด้าน ววน. ของหน่วยงาน (โปรดเลือกเฉพาะยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานของท่าน)

ยุทธศาสตร์ที่ 1 ด้านความมั่นคง

เพื่อบริหารจัดการสภาวะแวดล้อมของประเทศให้มีความมั่นคง ปลอดภัย และมีความสงบเรียบร้อยในทุกระดับและทุกมิติ

ยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน

เน้นการยกระดับศักยภาพในหลากหลายมิติควบคู่กับการขยายโอกาสของประเทศไทยในเวทีโลก

ยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์

คนไทยในอนาคต มีความพร้อมทั้งกาย ใจ สติปัญญา มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีทักษะสื่อสารภาษาอังกฤษ และภาษาที่ 3 และมีคุณธรรม

ยุทธศาสตร์ที่ 4 ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม

สร้างความเป็นธรรม และลดความเหลื่อมล้ำในทุกมิติ กระจายศูนย์กลางความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคม เพิ่มโอกาสให้ทุกภาคส่วนเข้ามาเป็นกำลังของการพัฒนาประเทศในทุกระดับ

ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำนึงถึงความยั่งยืนของฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านมาตรการต่างๆ ที่มุ่งเน้นให้เกิดผลลัพธ์ต่อความยั่งยืน

ยุทธศาสตร์ที่ 6 ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ

การปรับเปลี่ยนภาครัฐ ยึดหลัก “ภาครัฐของประชาชนเพื่อประชาชนและประโยชน์ส่วนรวม”

3. วงเงินงบประมาณกองทุน ววน. ที่ได้รับจัดสรรในปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 จำนวน.....1,462,116.....บาท

4. รายละเอียดโครงการ

ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

ประเทศไทยมีผลผลิตทางการเกษตรมากและสำคัญของโลก แต่ในทางกลับกันผลผลิตก็มีราคาที่ผันผวนไม่แน่นอน ทางออกที่จะแก้ปัญหาเรื่องนี้ทางหนึ่งคือการแปรรูปผลผลิตเกษตรให้มีมูลค่าเพิ่ม เก็บรักษาได้นานขึ้น จากการศึกษาพบว่า การนำเทคโนโลยีระบบสุญญากาศมาใช้สามารถเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรได้สูงมาก เช่น การทอดด้วยระบบสุญญากาศ การทำแห้งด้วยระบบฟริชดราย การทำน้ำผลไม้เข้มข้น เป็นต้น ทั้งนี้เพราะระบบสุญญากาศจะทำให้ระบบดังกล่าวทำงานที่อุณหภูมิต่ำกว่าภาวะปกติมาก ช่วยให้การรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้ดี มีมูลค่าทางการตลาดสูง แต่มีข้อจำกัดในเรื่องการลงทุนสูงเกษตรกรเข้าถึงยาก ส่วนการยืดอายุการเก็บรักษาที่นิยมทำกันมากคือการทำให้แห้งซึ่งเทคโนโลยีการอบแห้งที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปคือการใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดวาง ซึ่งเครื่องอบแห้งนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงลดลงมาจนถึงจุดที่เก็บรักษาได้ ความชื้นที่เหมาะสมกับการเก็บรักษาโดยทั่วไปจะต่ำกว่า 13% มาตรฐานเปียกกลมา แต่เครื่องอบลมร้อนที่มีอยู่ทั่วไปยังไม่สามารถปรับค่าการทำงานตามความชื้นที่ลดลงของผลิตภัณฑ์ได้ ส่งผลให้การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ยังไม่ดีเท่าที่ควร จากที่กล่าวมาจึงเป็นประเด็นที่จะทำการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาตามที่กล่าวมา โดยเทคโนโลยีเครื่องจักรแปรรูปผลผลิตเกษตรตามแผนวิจัยนี้จะนำมาใช้กับกลุ่มพืชผัก ผลไม้ เป็นสำคัญ และการพัฒนาครั้งนี้จะมีการนำระบบสมองกลที่สามารถประมวลผลค่าปัจจัยที่ป้อนให้ไว้เพื่อการคำนวณตัดสินใจว่าจะให้เครื่องจักรทำงานตามค่าไหนเมื่อปัจจัยสำคัญมีค่าเปลี่ยนแปลงไป โดยโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลแปรรูปผลผลิตเกษตรโดยใช้เทคโนโลยีสุญญากาศและอบลมร้อนแบบมีระบบควบคุมการทำงานอัจฉริยะวิจัย นี้ประกอบไปด้วย 3 โครงการย่อย คือ 1) โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องทอดสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว 2) โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องกวนระเหยน้ำในภาวะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติสำหรับทำน้ำอ้อยเข้มข้นและน้ำเชื่อม และ 3) โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบลมร้อนแบบถาดอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้นผลผลิตเกษตร

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1) เพื่อศึกษาและพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีสุญญากาศและเทคโนโลยีเครื่องอบลมร้อนให้มีระบบควบคุมการทำงานได้อย่างอัตโนมัติและแม่นยำสำหรับการแปรรูปและยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตเกษตร

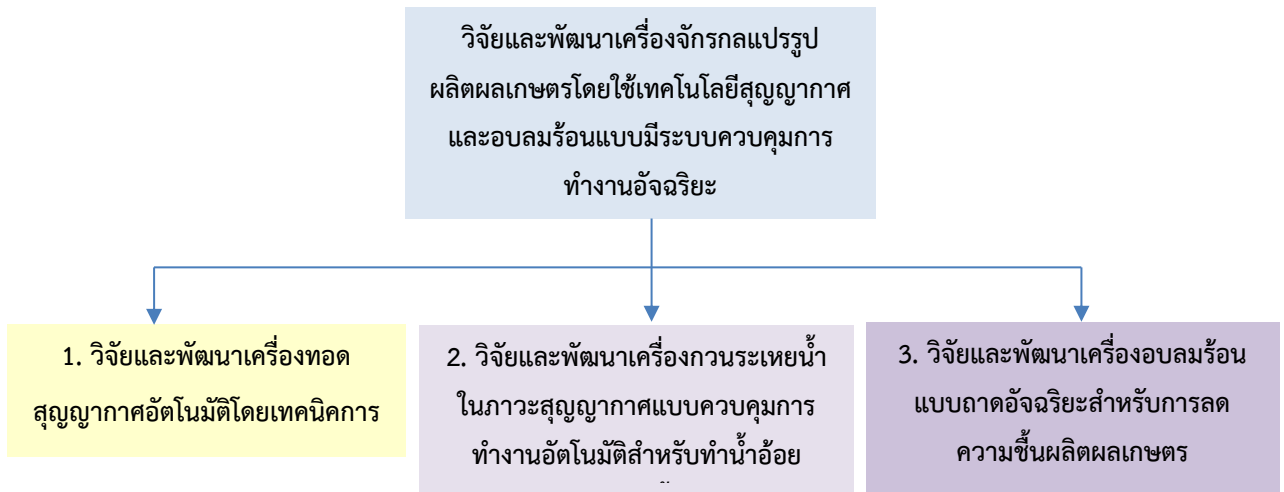
2) เพื่อวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการใช้ระบบสุญญากาศสำหรับเครื่องทอดสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว และเครื่องกวนระเหยน้ำภายใต้ภาวะความดันสุญญากาศสำหรับการทำน้ำอ้อยเข้มข้นและน้ำเชื่อม ให้มีประสิทธิภาพและราคาไม่สูงนัก เกษตรกรเข้าถึงได้

3) เพื่อวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องอบลมร้อนแบบถาดวาง ให้มีระบบควบคุมอุณหภูมิลมร้อนและการทำงานต่าง ๆ ตามค่าปริมาณความชื้นผลผลิตเกษตรที่ลดลงขณะทำการอบลดความชื้น ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่มีคุณภาพ

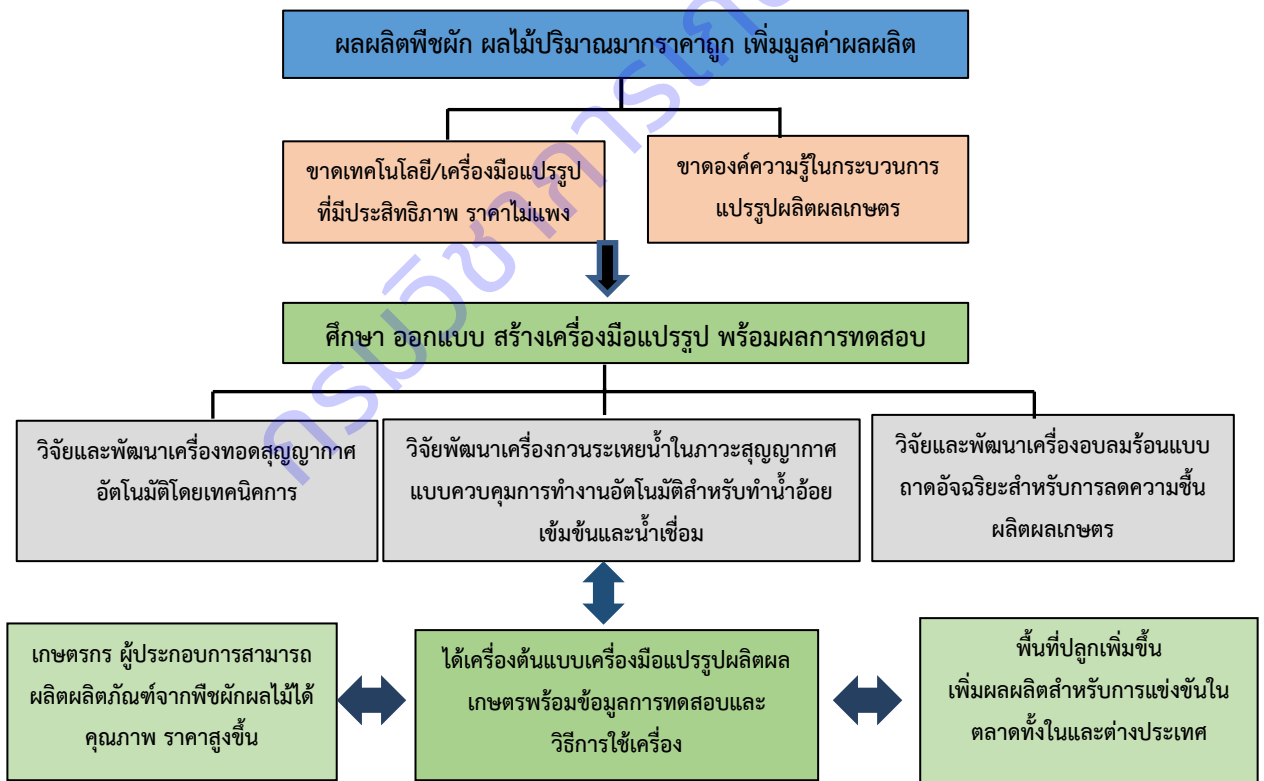
4) เพื่อเผยแพร่เทคโนโลยีต้นแบบเครื่องทอดสุญญากาศ เครื่องต้มระเหยน้ำ และเครื่องอบลมร้อนแบบ
ภาค ผู้เกษตรกร ผู้ประกอบการ สำหรับการแปรรูปผลิตผลเกษตร

ขอบเขตการศึกษา

งานด้านเครื่องจักรกลแปรรูปผลิตผลเกษตรก็เป็นผลงานที่สำคัญที่ช่วยให้เกษตรกรมีเครื่องมือในการ
แปรรูปผลิตผลเกษตรให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น ลดปัญหาผลผลิตล้นตลาด จากองค์ความรู้และประสบการณ์ของนักวิจัย
ด้านวิศวกรรมเกษตรเชื่อได้ว่าการดำเนินการครั้งนี้จะบรรลุเป้าหมายเป็นอย่างดี โดยมีการศึกษาค้นคว้าเพื่อหา
ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือการแปรรูปผลิตผลเกษตรที่มีความสำคัญ และความจำเป็นต้องใช้ของเกษตรกร ซึ่ง
พบว่าเทคโนโลยีการใช้ระบบสุญญากาศและเทคโนโลยีการใช้เครื่องอบลมร้อนมีส่วนสำคัญมากในการแปรรูป
ผลิตผลเกษตร จึงได้ศึกษาข้อดีข้อเสียของระบบการทำงานดังกล่าวมาทำการวางแผนออกแบบพัฒนาให้มี
ประสิทธิภาพ เหมาะสมกับระดับเกษตรกร และคาดว่าถ้างานสำเร็จจะช่วยให้เกษตรกรหรือผู้ประกอบการมี
เครื่องมือในการแปรรูปผลิตผลเกษตรที่มีประโยชน์มาก เป้าหมายและตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการ ได้
เทคโนโลยีและนวัตกรรมเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลิตผลเกษตรที่มีการทำงานง่ายและแม่นยำขึ้นจากที่มีอยู่
เดิม โดยการใช้สภาวะสุญญากาศเป็นส่วนประกอบสำคัญ ซึ่งจะได้อัตโนมัติแบบเครื่องทอดสุญญากาศที่ควบคุมการ
ทำงานอัตโนมัติแบบสมองกลฝังตัวสำหรับการทอดผักหรือผลไม้ในสภาวะสุญญากาศ และได้ต้นแบบเครื่องกวน
ระเหยน้ำภายใต้สภาวะสุญญากาศสำหรับการทำน้ำอ้อยเข้มข้น น้ำเชื่อม และน้ำตาลจากอ้อย ให้มีการเก็บรักษาได้
ยาวนานขึ้น และเป็นทางเลือกที่ดีให้เกษตรกรปลูกอ้อยคั้นน้ำในการแปรรูปเพื่อจำหน่าย ได้เทคโนโลยีและ
นวัตกรรมเครื่องอบลมร้อนสำหรับลดความชื้นผลิตผลเกษตร ได้แก่ เครื่องอบลมร้อนแบบภาตวางที่มีการพัฒนา
ระบบควบคุมการทำงานให้มีความสะดวก แม่นยำ และมีประสิทธิภาพ เกษตรกรหรือผู้ประกอบการด้านการแปรรูป
ผลิตผลเกษตร มีเครื่องมือในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพให้ได้ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ สามารถ
จำหน่ายได้ราคา มีรายได้เพิ่มขึ้น และมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ความสอดคล้องของโครงการประกอบด้วย 3 โครงการ
ย่อยภายใต้โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลแปรรูปผลิตผลเกษตรโดยใช้เทคโนโลยีสุญญากาศและอบลมร้อน
แบบมีระบบควบคุมการทำงานอัจฉริยะ โดยทั้ง 3 โครงการย่อยมีวิธีดำเนินการวิจัยคือการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นมาทำการวิเคราะห์เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบ ทำการทดสอบแก้ไขเครื่องต้นแบบ ทดสอบ
เก็บข้อมูล วิเคราะห์ผลทั้งประสิทธิภาพเครื่องต้นแบบและด้านเศรษฐศาสตร์ สรุปผล(ซึ่งรายละเอียดขั้นตอนการ
ดำเนินการจะมีอยู่ในโครงการแต่ละโครงการแล้ว) ดังภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 แนวทางการดำเนินงานของโครงการวิจัย



ภาพที่ 2 แนวทางการทดสอบและขยายผลเทคโนโลยีสู่เกษตรกรและผู้ประกอบการ

นิยามศัพท์

สูญญากาศ หมายถึง การลดสภาวะแรงดันอากาศให้ต่ำกว่าภาวะแรงดันอากาศปกติ สภาวะสูญญากาศ สัมบูรณ์จะอยู่ที่แรงดันลดลงจากสภาวะปกติ 760 มิลลิเมตรปรอท

การอบแห้งลมร้อน หมายถึง การทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิปกติจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ โดยมีแหล่งกำเนิดความร้อนเป็นตัวทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น

ระบบควบคุมอัจฉริยะ หมายถึง การใช้สมการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรให้ทำงานได้ตามที่เขียนโปรแกรมสั่งการทำงานไว้ ซึ่งเปรียบเหมือนมันสมองของการทำงานโดยมีส่วนที่รับข้อมูลที่เรียกว่าเซนเซอร์ จากนั้นจึงสั่งงานไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ให้ทำงานตามที่ต้องการ

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน

1. วิธีการดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรโดยใช้เทคโนโลยีสุญญากาศและอบลมร้อนแบบมีระบบควบคุมการทำงานอัจฉริยะ ประกอบด้วย 3 โครงการวิจัยย่อย ดังนี้

1) โครงการวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเครื่องทอดสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว

กิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องทอดสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว

การทดลองที่ 1.1 วิจัยและพัฒนาเครื่องทอดสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

ปั๊มสุญญากาศแบบวอเตอร์เจ็ทของ ศวศ.ขอนแก่น

อุปกรณ์สำหรับการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว

เครื่องวัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิล

เครื่องวัดความเร็วรอบมอเตอร์

ตู้อบลมร้อนสำหรับวัดความชื้นผลไม้

เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 60 กิโลกรัม และเครื่องชั่งดิจิตอล

วัสดุสร้างต้นแบบ วัสดุไฟฟ้า และเครื่องมือช่างโรงงานสำหรับการสร้างต้นแบบ

คอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบงานสร้างต้นแบบ

นาฬิกาจับเวลา

น้ำมันพืช ผักและผลไม้สำหรับการทดสอบการทำงานเครื่องต้นแบบ

แบบและวิธีการทดลอง

การดำเนินการวิจัยในปีงบประมาณ 2565 ได้ดำเนินการตามขั้นตอน ข้อที่ 1 – 2.7 ส่วนในปีงบประมาณ 2566 จะเป็นการดำเนินการตามขั้นตอน ข้อที่ 3 – 5 ดังนี้

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1) ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องทอดสุญญากาศที่มีใช้งานในปัจจุบัน

2) ออกแบบสร้างเครื่องทอดสุญญากาศต้นแบบ ส่วนปั๊มสุญญากาศ จะใช้ปั๊มสุญญากาศ แบบ water jet ของ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ซึ่งต้นแบบประกอบด้วย

2.1 ชุดถังทอดที่เป็นแบบถังสองชั้น เพื่อบรรจุ hot oil และแผง heater ในถังชั้นนอก เพื่อให้ ความร้อน และถังชั้นในเพื่อบรรจุน้ำมันสำหรับทอด ที่สามารถทอดวัตถุดิบได้ครั้งละ 20 กิโลกรัม ปริมาณน้ำมันที่ใช้ทอด 100 ลิตร ซึ่งถังทอดจะเลือกใช้สแตนเลส 304

2.2 ตะแกรงทรงกระบอก บรรจุวัตถุดิบสำหรับทอด พร้อมมอเตอร์ต้นกำลังชุดหมุนตะแกรงที่ ปรับความเร็วรอบในการหมุน ทั้งการหมุนช้าในช่วงทอด และการหมุนเร็วในช่วงการสลัดน้ำมันหลังการทอด

2.3 ถังพักน้ำมันที่ใช้ทอดแบบทรงกระบอก พร้อมระบบอุ่นน้ำมัน โดยใช้แผง heater และมีเทอร์โมคัปเปิลตรวจวัดอุณหภูมิน้ำมัน และส่งค่ากลับชุดควบคุมเพื่อควบคุมอุณหภูมิการอุ่นน้ำมัน

2.4 ระบบท่อ และวาล์วควบคุมอัตโนมัติ สำหรับการเชื่อมต่อในแต่ละชุดอุปกรณ์ในระบบการทอด ทั้งระบบลำเลียงน้ำมันทอด และระบบสุญญากาศ

2.5 ระบบการให้ความร้อนน้ำมันที่ใช้ทอด ซึ่งจะเลือกแบบฮีตเตอร์ไฟฟ้า ให้เหมาะสมกับความต้องการของระบบ และมีการกระจายความร้อนอย่างทั่วถึง โดยมีการวิเคราะห์ความร้อนสัมพัทธ์ที่ต้องการสำหรับการเพิ่มอุณหภูมิของวัตถุดิบที่ทอดจากอุณหภูมิเริ่มต้นจนถึงอุณหภูมิการทอด ความร้อนแฝงที่ใช้ในการระเหยน้ำจากวัตถุดิบระหว่างการทอด ความร้อนที่สูญเสียออกจากระบบทอด โดยความร้อนรวมจะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเลือกแบบและขนาดฮีตเตอร์ไฟฟ้า

2.6 ชุดควบคุมการทำงานโดยใช้ software Simmulink บอร์ดคำสั่ง Arduino ซึ่งจะควบคุมทั้งอุณหภูมิ เวลา และลำดับขั้นตอนการทำงานของแต่ละอุปกรณ์

2.7 การทดสอบผลการตอบสนองของระบบควบคุมอัตโนมัติ เมื่อพิจารณาปัจจัยที่ต้องการของระบบ ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำมัน hot oil และน้ำมันทอด เวลาการทำงานของแต่ละช่วงการทอด ความเร็วการหมุนของตะแกรงทอดทั้งขณะทอดที่หมุนด้วยความเร็วต่ำ และขณะสลัดน้ำมันหลังการทอดที่หมุนด้วยความเร็วสูง ความถูกต้องของลำดับการทำงานของระบบ การปิดเปิดวาล์วที่ถูกต้อง

3) ทดสอบการทอดสุญญากาศผลิตภัณฑ์ ได้แก่ มะม่วง หอมแดง กระเทียม โดยตั้งค่าการทำงานให้เหมาะสมกับวัตถุดิบที่ทอด โดยพิจารณา ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ และ เวลาในการทอด โดยที่ มะม่วงจะเลือกใช้ อุณหภูมิ 90-95 °C เวลาการทอด 85-95 นาที ส่วนหอมและกระเทียมเลือกใช้อุณหภูมิ 120 °C เวลาการทอด 17-20 นาที โดยอ้างอิงข้อมูลจากการทดลองโดยใช้เครื่องทอดสุญญากาศที่ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสนที่มีการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ให้คงที่ หลังจากนั้นทำการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์หลังการทอด ได้แก่ สี ความชื้น การดูดซับน้ำมันหลังการทอด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช 1038/2554) และผลการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยการใช้สเกลความพอใจ (hedonic scaling) ซึ่งเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมมากที่สุด โดยใช้สเกลแบบฮีโดนิค 7 จุด (7 –point hedonic scales)

4) นำข้อมูลสภาวะการทอดที่เหมาะสมของแต่ละผลิตภัณฑ์ที่ได้รับผลการยอมรับที่ดีที่สุดมาป้อนข้อมูลให้ระบบควบคุม เพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานได้อัตโนมัติสำหรับพืชผักหรือผลไม้ชนิดนั้น ๆ แต่ยังสามารถปรับค่าต่าง ๆ ได้โดยผู้ใช้งานเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการทำงานจริงที่เปลี่ยนแปลงไปได้

5) วิเคราะห์ผล และประเมินเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม และรายงานผลการวิจัย

การบันทึกข้อมูล

การทดสอบผลการทำงานของเครื่องต้นแบบมีการบันทึกข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ และผลการตอบสนองต่อการควบคุมของระบบควบคุมอัตโนมัติ เช่น

1. อุณหภูมิ น้ำมัน hot oil และน้ำมันทอด ที่ตั้งค่าไว้ และอุณหภูมิที่วัดได้จริง ในแต่ละช่วงเวลา รวมถึงเวลาที่อุณหภูมิเข้าสู่ระดับที่ต้องการควบคุมในแต่ละขั้นตอนการทอด

2. เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการทอด ได้แก่เวลาในขั้นตอนการดูดน้ำมันจากถังพักเข้าสู่หม้อทอด การทอดผลิตภัณฑ์ การส่งน้ำมันทอดกลับถังพัก การสลัดน้ำมันออกจากผลิตภัณฑ์ การนำผลิตภัณฑ์ออกจากหม้อทอดและการนำผลิตภัณฑ์เข้าทอดในลำดับต่อไป

3. ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ควบคุมการหมุนของถังทอดในขณะทอด และการสลัดน้ำมันออกจากผลิตภัณฑ์หลังการทอด

4. การตอบสนองต่อลำดับการทำงานที่ถูกต้องของอุปกรณ์แต่ละส่วนของเครื่องต้นแบบ ตามระบบการควบคุมที่ออกแบบไว้

ค่าชี้ผล

1. การใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะ (วัตต์ / น้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทอด)

2. การตอบสนองต่อลำดับการทำงานที่ถูกต้องของอุปกรณ์แต่ละส่วนของเครื่องต้นแบบ ตามระบบการควบคุมที่ออกแบบไว้ ทั้งในส่วนของลำดับการทำงานที่ถูกต้อง รวมถึงค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการเทียบกับค่าที่วัดได้จริง เช่นอุณหภูมิ และเวลาในแต่ละขั้นตอน

2) โครงการวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเครื่องกวนระเหยน้ำในภาวะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติสำหรับทำน้ำอ้อยเข้มข้นและน้ำเชื่อม

ปี 2565

1. ศึกษาข้อมูล ทฤษฎี งานวิจัย เครื่องกวนระเหยน้ำสุญญากาศ ข้อมูลอ้อยคั้นน้ำและผลิตภัณฑ์ที่จะทำเป็น อ้อยคั้นน้ำเข้มข้น และน้ำเชื่อม

2. การทดสอบเก็บข้อมูลเบื้องต้น โดยการสร้างเครื่องกวนระเหยน้ำขนาดเล็ก แล้วนำไปต้มในเครื่องอบแห้งสุญญากาศที่มีอยู่ เพื่อเก็บข้อมูลที่จะนำไปออกแบบเครื่องกวนระเหยน้ำสุญญากาศต่อไปโดยแบ่งเป็นการสร้างเครื่องและการทดสอบเก็บข้อมูล

2.1 สร้างเครื่องต้นแบบความจุประมาณ 10 ลิตร ให้ความร้อนด้วย heater ไฟฟ้า มีระบบใบกวนขับเคลื่อนการหมุนด้วยมอเตอร์ขนาดเล็ก

2.2 ทดสอบการระเหยที่อุณหภูมิต่าง ๆ จนกว่าจะได้ข้อสรุปถึงความเหมาะสมของอุณหภูมิที่จะใช้สำหรับการทำน้ำอ้อยเข้มข้น และน้ำเชื่อม

2.3 ทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ สี กลิ่น รสชาติ โดยในการทดสอบรสชาติจะทำการทดสอบความพึงพอใจจากคนชิม 30-50 คน

3. ทำการออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบตามกรอบแนวคิดของโครงการที่วางไว้ คือจะเป็นเครื่องกวนระเหยน้ำสุญญากาศแบบกะเดี่ยว (Batch vacuum evaporators) ซึ่งมีส่วนสำคัญดังนี้

3.1 ขนาดความจุเครื่องกวนระเหยน้ำรองรับน้ำอ้อยสดประมาณ 50-75 ลิตร จำนวน ซึ่งถึงทำจากสแตนเลส 304 หนา 6 มิลลิเมตร ม้วนเป็นทรงกระบอกกลม กั้นถังป้อนขึ้นรูปโค้งพาราโบลา

3.2 ออกแบบระบบใบกวนมีชุดขับเคลื่อนด้านบนฝาถัง ควบคุมความเร็วรอบด้วย inverter

3.3 แหล่งความร้อนจะออกแบบทดสอบ 2 แบบด้วยกันคือ ใช้ Heater ไฟฟ้า และแบบท่อ แลกเปลี่ยนความร้อนจากของเหลวร้อน

3.3 ปั๊มสุญญากาศ จะใช้ปั๊มสุญญากาศ แบบ water jet ซึ่งจะใช้ในการดึงไอน้ำออกและการเติม เข้า-ดูดออก ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว

ปี 2566

3.4 ออกแบบระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ โดยใช้คำสั่งโปรแกรม Matlab Simulink และบอร์ดควบคุม Arduino ในการสั่งให้เปิด-ปิด การดูดน้ำอ้อยและน้ำผลไม้เข้มข้น เมื่อความเข้มข้นถึงค่าที่ตั้งไว้

4. ทำการทดสอบเก็บข้อมูลเบื้องต้น แก้ไขปรับปรุง

5. ทำการทดสอบการทำงานเพื่อเก็บข้อมูล

5.1 วางแผนการทดลองให้สอดคล้องกับปัจจัยที่จะมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความดันสุญญากาศ อุณหภูมิที่ใช้ในการต้มระเหย และความเร็วรอบของใบกวนเครื่องต้มระเหย

โดยจะวางแผนการทดลองแบบ 5 x 3 Factorial in CRD 3 ชั้น

ปัจจัยที่ 1 ได้แก่ ความดันสุญญากาศ 650 มิลลิเมตรปรอท 1 ระดับ(เป็นค่าการทำงานที่ปั๊มทำได้)

ปัจจัยที่ 2 ได้แก่ อุณหภูมิในการต้ม 5 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิ 40 50 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส

ปัจจัยที่ 3 ความเร็วรอบของใบกวน 3 ระดับ ได้แก่ ความเร็วรอบที่ 5 10 15 รอบ/นาที

5.2 ทำการทดสอบคุณภาพ โดยส่งผลิตภัณฑ์ไปให้หน่วยงานที่มีมาตรฐานในทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำอ้อย

5.3 ทำการทดสอบผลการชิมรสชาติ สี และกลิ่น ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด โดยใช้ผู้ประเมินความพึงพอใจ 30-50 คน

6. วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบเครื่องกวนระเหยน้ำสุญญากาศ ดังนี้

6.1 อัตราการผลิต (ลิตร/ชั่วโมง) 6.2 การสิ้นเปลืองพลังงานที่ให้ความร้อน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)

6.3 การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในระบบการผลิต (กิโลวัตต์) 6.4 ต้นทุนการผลิต (บาท/ลิตร)

6.5 คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และอายุการเก็บรักษาซึ่งจะทดสอบการเก็บรักษาในรูปของการพาสเจอร์ไรส์ การบรรจุในขวดสุญญากาศ เป็นต้น ซึ่งในส่วนนี้จะทำงานวิจัยร่วมกับหน่วยงานที่มีศักยภาพในการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำอ้อยเข้มข้น และน้ำเชื่อม เช่น กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ห้องปฏิบัติการทดสอบคุณภาพ คุณค่าโภชนาการ ที่ได้มาตรฐาน

7. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม สรุปผลการทดลอง จัดทำรายงานผลการดำเนินงานและเผยแพร่งานวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

3) โครงการวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเครื่องอบลมร้อนแบบภาคอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้น ผลิตผลเกษตร

1) เก็บข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา ข้อจำกัดต่าง ๆ ของการจัดการผลผลิตกล้วยเล็บมือนาง และสับปะรดหลัง การ เก็บเกี่ยว วิธีการลดความชื้นวิธีต่าง ๆ ในปัจจุบัน โดยเฉพาะวิธีการลดความชื้นด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบภาค ของผลผลิต กล้วยเล็บมือนางอบแห้ง และสับปะรดอบแห้ง (ไตรมาสที่ 1/2565)

2) เก็บข้อมูลคุณสมบัติผลผลิตกล้วยเล็บมือนางอบแห้ง และสับปะรดอบแห้ง เบื้องต้น เช่น คุณสมบัติ ทางกายภาพได้แก่ ขนาด ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ค่าความหนาแน่น (Bulk density) คุณสมบัติทางเคมีได้แก่ ค่า ความชื้นเป็นต้น ของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ก่อนอบลดความชื้นและหลังอบลดความชื้นด้วยเครื่องอบลดความชื้น ของเกษตรกร หรือผู้ประกอบการ (ไตรมาสที่ 1/2565)

3) ทดสอบหาอุณหภูมิการอบแห้งผลิตภัณฑ์แบบ 2 อุณหภูมิ หรือแบบ 3 อุณหภูมิ ในห้องปฏิบัติการ ดำเนินการโดยศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี และ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี (ไตรมาสที่ 2/2565) ซึ่งใช้อุณหภูมิในการอบแห้งดังนี้

3.1 การอบแบบ 2 อุณหภูมิ จะแบบช่วงอุณหภูมิตั้งเป็น 2 ช่วง โดยช่วงแรกใช้อุณหภูมิ ประมาณ 70,75 หรือ 80 องศาเซลเซียส โดยเป็นช่วงเวลาที่วัสดุยังมีความชื้นสูงอยู่จึงใช้อุณหภูมิสูงกว่าช่วงที่ 2 อยู่ประมาณ 5-10 องศาเซลเซียส ส่วนช่วงที่ 2 จะใช้อุณหภูมิทั่ว ๆ ไปที่ใช้ในการอบผลผลิตนั้น ๆ ซึ่งจะใช้อุณหภูมิประมาณ 65,70 หรือ 75 องศาเซลเซียส (ซึ่งการอบแห้งผลไม้ แบบ 2 อุณหภูมิ ได้มีการทดสอบอบแห้ง ลำไยสีทองและ มังคุดอบแห้ง โดย ดร.พุทธิพันธ์ จารุวัฒน์ จากศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี)

3.2 การอบแบบ 3 อุณหภูมิ คือใช้อุณหภูมิอบแห้งช่วงที่ 1 และ 2 เหมือนการอบแห้งแบบ 2 อุณหภูมิ แต่เพิ่มอุณหภูมิช่วงที่ 1 และ 2 ใช้สูงกว่าประมาณ 5 องศาเซลเซียส และช่วง 1-3 ชั่วโมงสุดท้ายจะ ลดอุณหภูมิอบแห้งให้ต่ำกว่าช่วงที่ 2 ประมาณ 5-10 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วงนี้เป็นช่วงที่วัสดุที่อบแห้งมีความชื้นต่ำ และอาจเสียคุณภาพได้ถ้าใช้อุณหภูมิสูง (ซึ่งการอบแบบ 3 อุณหภูมิ ยังไม่มีผู้ทดลอง)

4) ออกแบบเครื่องอบลมร้อนแบบภาคอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้นผลิตผลเกษตร (ไตรมาสที่ 3/2565)

5) สร้างเครื่องต้นแบบเครื่องอบลมร้อนแบบภาคอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้นผลิตผลเกษตร (ไตร มาตราที่ 4/2565)

6) ทดสอบเครื่องอบลมร้อนแบบภาคอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้นผลิตผลเกษตรเบื้องต้นโดยใช้ อุณหภูมิที่ได้จากการทดลองในข้อ 3 (ไตรมาสที่ 1/2566)

7) ปรับปรุงเครื่องต้นแบบเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง (ไตรมาสที่ 2/2566)

8) ทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องอบลมร้อนแบบภาคอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้นผลิตผลเกษตร โดยมี หัวข้อการเก็บข้อมูลดังนี้ (ไตรมาสที่ 3/2566)

- 8.1) ระยะเวลาในการอบลดความชื้น (ชั่วโมง)
 - 8.2) การสิ้นเปลืองพลังงานแก๊ส (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
 - 8.3) การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)
 - 8.4) ต้นทุนการลดความชื้น (บาท/กิโลกรัม)
 - 8.5) คุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้ง
- 9) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.136/2558
- 10) วิเคราะห์ข้อมูลในเชิงปริมาณและประสิทธิภาพ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (ไตรมาสที่ 4/2566)
- 11) สรุปผลการทดลอง จัดทำรายงานผลการดำเนินงานและเผยแพร่งานวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย (ไตรมาสที่ 4/2566)

2. การปรับแผนงบประมาณระหว่างปี

- ไม่มี มี ได้รับอนุมัติเมื่อวันที่..... (โปรดแสดงหลักฐานในภาคผนวก)
- เปลี่ยนแปลงงบประมาณ โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง
.....
- เปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์/ผลผลิต โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

บทที่ 3 ผลการศึกษา

3.1 ผลการดำเนินงานของโครงการ

ประกอบด้วย 3 โครงการวิจัยย่อย

1. โครงการวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเครื่องทอดสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว

ได้ข้อมูลระบบการควบคุมการทอดสุญญากาศ และผลิตผลที่นิยมนำมาทอด ได้แก่ไข่เพิ่มเติมแบบการสร้างถังทอด แบบตะแกรงทอด แบบถังกรองน้ำมัน แบบถังพักน้ำมัน แบบระบบเส้นท่อระบบน้ำมันทอด แบบเส้นท่อระบบสุญญากาศ แบบระบบวาล์วควบคุมอัตโนมัติ แบบผังการติดตั้งหน่วยทอดสุญญากาศ (vacuum fryer unit) และแบบการติดตั้งโรงงานทอดสุญญากาศ (vacuum fryer plant) ได้ออกแบบขั้นตอนการควบคุมการทำงานของขั้นตอนต่าง ๆ ยังเหลือการออกแบบระบบการควบคุมอัตโนมัติโดยใช้ Simulink รายละเอียดพอสังเขป ดังนี้

1) ผลการศึกษาการทำงานปั๊มสุญญากาศแบบ Water Jet

ใช้ปั๊มน้ำขนาด 20 hp สูบน้ำจากอ่างพักน้ำขึ้นไปยังชุดท่อ Water jet ให้น้ำวิ่งผ่านไปยังหัวฉีดด้วยความเร็วที่สูงมากพอที่จะสร้างสุญญากาศตรงท่อทางดูดไม่น้อยกว่า 700 mm Hg ซึ่งที่ท่อทางดูดนี้ต่อตรงกับหม้อทอดสุญญากาศ หลังจากนั้นน้ำจะผ่านออกไปยังปากทางออกกลับไปอ่างพักน้ำ

2) ผลการออกแบบถังทอด และตะแกรงทอดสุญญากาศ

ผลการคำนวณการออกแบบความหนาผนังถังทอดสุญญากาศ ค่าความดันที่ยอมให้ได้สูงสุด $Pa = 4.314 \text{ kg/cm}^2$ มากกว่าค่าความดันออกแบบ 1.055 kg/cm^2 ดังนั้นความหนาของผนังถัง 6 mm จึงสามารถใช้งานได้ และผลการคำนวณการออกแบบความหนาฝาถังทอดสุญญากาศ ค่าความดันที่ยอมให้ได้สูงสุด $Pa = 4.070 \text{ kg/cm}^2$ มากกว่าค่าความดันออกแบบ 1.055 kg/cm^2 ดังนั้นความหนาของฝาถังทอด 6 mm จึงสามารถใช้งานได้

ผลการออกแบบตะแกรงทอด ประกอบด้วย 1) ฝาปิดตะแกรงด้านบน และส่วนตะแกรงทอดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 450 mm สูง 350 mm ความจุ 55.65 ลิตร ซึ่งจะใช้ทอดผลผลิตครั้งละ 20 กิโลกรัม

2) ใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า เป็นต้นกำลังเพื่อขับเพลากลมหอดและสลัดน้ำมัน และผลการคำนวณ ตะแกรงสามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุด 34.70 kg สามารถรับแรงเหวี่ยงได้มากที่สุด 14,960.97 N จากการศึกษาการใช้ขนาดและชนิดรูตะแกรงจากงานวิจัยพบว่า มีการใช้วัสดุเป็นสแตนเลส 304 ซึ่งใช้สำหรับอาหารและขนาดรูตะแกรง 5 mm หนา 2 mm ซึ่งอ้างอิงจากงานวิจัย เซวาร์ อินทร์ประสิทธิ์ ที่ใช้ทอดผลผลิตทางการเกษตรผักผลไม้ ดังภาพประกอบในภาคผนวก

2. โครงการวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเครื่องกวนระเหยน้ำในภาวะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติสำหรับทำน้ำอ้อยเข้มข้นและน้ำเชื่อม

1) ได้ศึกษาข้อมูล ทฤษฎี งานวิจัย เครื่องกวนระเหยน้ำสุญญากาศ ข้อมูลอ้อยคั้นน้ำและผลิตภัณฑ์ที่จะทำเป็น อ้อยคั้นน้ำเข้มข้น และน้ำเชื่อม ในการทดสอบน้ำอ้อยคั้นน้ำ จำเป็นต้องทราบปัจจัยที่สำคัญ ๆ เช่น น้ำหนักต่อปริมาตรของน้ำอ้อยที่ความหวานต่าง ๆ เครื่องมือในการการหาเปอร์เซ็นต์ความหวาน และปริมาณสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำอ้อย ซึ่งจะเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดความหวาน และความเข้มข้นของน้ำอ้อย โดยใน

การทดลองนี้ได้ใช้เครื่องมือวัด Brix refractometer และใช้การระเหยน้ำออกจากน้ำอ้อยให้เหลือแต่สารแขวนลอย โดยใช้ตู้อบลมร้อน

2) การสร้างอุปกรณ์การทดสอบต้มระเหยน้ำอ้อยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิจุดเดือด กับความเข้มข้นของน้ำอ้อยภายใต้ความดันสุญญากาศ เพื่อนำไปใช้ในการตั้งค่าการทำงานและการควบคุมคุณภาพของน้ำอ้อยในโอกาสต่อไป ซึ่งสรุปได้ว่าแนวโน้มของอุณหภูมิจุดเดือดกับความเข้มข้นของสารละลายมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งค่าอุณหภูมิจุดเดือดนี้ถ้าเป็นน้ำบริสุทธิ์จะมีค่าคงที่ แต่ถ้าเป็นสารละลายจะมีค่าสูงขึ้นตามค่าความเข้มข้นที่สูงขึ้น ซึ่งค่าความสัมพันธ์ในส่วนนี้จะนำไปเป็นค่าในการกำหนดสำหรับการตั้งค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมกับคุณภาพของน้ำอ้อยเข้มข้น และน้ำเชื่อมจากน้ำอ้อยต่อไป

3) สร้างต้นแบบเครื่องกวนระเหยน้ำในภาวะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ ต้นแบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ 1.ห้องลดแรงดันอากาศหรือสภาวะสุญญากาศ 2.เครื่องกวนระเหยน้ำอ้อย ซึ่งได้ดำเนินการออกแบบสร้างห้องลดแรงดันอากาศมีรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด กว้าง x ยาว x สูง 1.20 x 1.20 x 1.20 เมตร หรือคิดเป็นปริมาตร 1.73 ลูกบาศก์เมตร มีการขยายท่อดูดอากาศให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้รองรับการระเหยไอน้ำได้มากขึ้น และจะใช้เพื่อวางเครื่องกวนระเหยน้ำอ้อยด้านใน

4) ทำการทดสอบเบื้องต้นการระเหยของน้ำอ้อยภายในห้องลดแรงดันอากาศที่สร้างขึ้น และทำการเปรียบเทียบน้ำอ้อยคั้นสด(ความหวาน 23 %Brix) กับน้ำอ้อยที่ต้มระเหยน้ำในห้องสุญญากาศ จนมีความเข้มข้นมากกว่า 85 %Brix แล้วเอาน้ำผสมกลับให้เหลือความหวานเท่าเดิม 23 %Brix เพื่อสังเกตดูสี ขิมนรสชาติ และอื่นๆ ซึ่งผลปรากฏว่า มีสีสนิใกล้เคียงธรรมชาติมาก รสชาติใกล้เคียงกัน แต่จะมีคล้ายๆ เป็นเนื้อตะกอนปนอยู่ ซึ่งต้องหาวิธีการรองต่อไป และศึกษาเรื่องการบรรจุและอายุการเก็บรักษาต่อไป

3. โครงการวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเครื่องอบลมร้อนแบบกวดอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้น

ผลิตภัณฑ์

ได้ข้อมูลขั้นตอนและกระบวนการผลิตกล้วยเล็บมือนางอบแห้ง และสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง โดยเข้าไปเก็บข้อมูลกับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มสตรีเพื่อการแปรรูปกล้วยเล็บมือนาง ร้านวิวรรธณ กล้วยเล็บมือนาง พ่อตาหินช้าง ต.สลวย อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร ตั้งแต่ขั้นตอนการปอกกล้วยเรียงบนตะแกรงไม้ไผ่ การอบกล้วยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 3 วัน รวมถึงข้อมูลและกระบวนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง จากนั้นทำการศึกษาคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งกล้วยเล็บมือนาง และสับปะรดแช่อิ่ม ดังนี้ คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การวัดขนาดของกล้วยเล็บมือนาง และผลิตภัณฑ์กล้วยเล็บมือนางอบแห้ง พบว่ากล้วยเล็บมือนางของผู้ประกอบการรายที่ 1 มีขนาดความโตเฉลี่ย 23.1 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 92.9 มิลลิเมตร ส่วนผู้ประกอบการรายที่ 2 มีขนาดความโต 25.2 มิลลิเมตร และยาว 103.6 มิลลิเมตร และพบว่าขนาดของชิ้นสับปะรดก่อนทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง จะใช้อุปกรณ์ปอกสับปะรดแบบเกลียว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 8.5 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใน 3 เซนติเมตร และความหนาประมาณ 1.75 เซนติเมตร ทำการวัดค่าสีกล้วยเล็บมือนาง พบว่าค่าสีของเนื้อกล้วยเป็นข้อมูลเปรียบเทียบความสุกของกล้วยได้ การวัดค่าสีสับปะรดและผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินคุณภาพความนิยมของผู้บริโภค การหาข้อมูลอื่น ๆ เช่น คุณสมบัติทางเคมี ค่าความชื้น และคุณค่าทางโภชนาการ เป็นต้น ได้ทำการทดสอบอบแห้งกล้วยเล็บมือนาง ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้แก่ 70 75 80 และ

85 องศาเซลเซียส เพื่อหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์คุณภาพดี สีสนสวยงาม รวมถึงค่าอัตราการอบแห้ง เวลาที่ใช้ อบแห้งเป็นต้น พบว่าการอบอุณหภูมิเดียว ไม่ควรใช้อุณหภูมิสูง เกิน 80 องศาเซลเซียส ควรใช้อุณหภูมิที่ 70 และ 75 องศาเซลเซียส เมื่อได้ข้อมูลแล้วจึงทำการออกแบบเบื้องต้น และสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องอบลมร้อนแบบภาตขนาดเล็กเพื่อทดสอบการสลับทิศทางลมร้อน และศึกษาการไหลเวียนของลมร้อนเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับออกแบบห้องลมร้อนของเครื่องอบลมร้อนแบบภาตอัจฉริยะต่อไป โดยในการทำวิจัยได้นำเครื่องอบลดความชื้นแบบลมร้อนแบบภาตวางของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมมาดัดแปลง ซึ่งเครื่องดังกล่าวผู้วิจัยได้ทดลองใช้แล้ว ซึ่งการกระจายลมร้อนสม่ำเสมอในแต่ละชั้น คือ ชั้นบน, ล่าง, กลาง แต่มีปัญหาเรื่อง ผลผลิตที่อบแห้งในจุดที่ปะทะลมร้อนก่อน เช่น ระบายที่ 1 จะแห้งกว่า ระบายที่ 2,3,4 ตามลำดับ โดยรวมถือว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งยังมีคุณภาพดีไม่ต่างกันมาก แต่ยังสังเกตเห็นความแตกต่างได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาในเรื่องนี้ ผู้วิจัยและคณะจึงคิดสร้างเครื่องอบลมร้อนแบบภาตอัจฉริยะที่สามารถสลับทิศทางลมร้อนได้เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วย โดยใช้ใบพัดลมกรงกระรอกแบบใบตรง พัดลมหมุนทวนเข็มนาฬิกาแล้วหมุนลื้อใบพัดลมไปทางขวา ลมจะไปทางซ้าย ถ้าพัดลมหมุนตามเข็มนาฬิกาแล้วหมุนลื้อใบพัดลมไปทางซ้าย ลมจะไปทางขวา ซึ่งจะดำเนินการทดสอบต่อไป จึงได้ดำเนินการสร้างใบพัดลมกรงกระรอกแบบใบตรง และถ่วงใบพัดลม ติดตั้ง ทดสอบ โดยผลการทดสอบใบพัดลมเมื่อสลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ หรือใบพัดลมกระแสลมจะเปลี่ยนทิศทาง โดยไม่ต้องใช้ลิ้นปิดเปิดหรือ มีการหมุนเพื่อเปลี่ยนลักษณะของลื้อใบพัดลม เหมือนตอนตั้งสมมติฐานไว้ แต่อาศัยการเลือกใช้รอบการหมุนของใบพัดลม (725 รอบต่อนาที) และการออกแบบลื้อใบพัดที่เหมาะสม ก็สามารถบังคับทิศทางลมให้ไหลไปในทิศทางที่ต้องการได้โดยมีลมไหลสวนทางย้อนกลับน้อยที่สุดจนไม่สามารถเอาชนะแรงดูดของพัดลมได้ ทำการทดสอบวัดความเร็วการไหลของลม การกระจายลมร้อน และปรับการไหลของลมในแต่ละภาตให้สม่ำเสมอ โดยติดตั้งคลิบกระจายลม และปรับตำแหน่ง มุมและ ขนาด จนได้ความเร็วลมที่ใกล้เคียงในแต่ละภาต โดยมีความเร็วลมประมาณ 1.2-1.8 เมตร/วินาที เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบภาตอัจฉริยะ สำหรับลดความชื้นผลิตผลเกษตร ต้นแบบ ปัจจุบันดำเนินการไปประมาณ 95% ดังภาพ ซึ่งยังเหลือระบบที่ยังไม่ได้ติดตั้ง ดังนี้

1. ติดตั้งหัวพันไฟซึ่งได้ออกแบบระบบวงจรควบคุมการสลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ และการสปาร์คจุดหัวพันไฟแล้ว
3. ติดตั้งประตูปิดเปิด
4. ติดฉนวนกันความร้อนและปิดผนังด้านนอก
5. ติดตั้งโหลดเซลล์และวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อคำนวณค่าความชื้นผลผลิตขณะอบแห้ง และระบบไอโอที สำหรับดูข้อมูลอุณหภูมิความชื้นภายในภายนอกเครื่อง ค่าความชื้นผลผลิตขณะอบแห้ง และให้สามารถสั่งปิดเปิดเครื่องผ่านสมาร์ทโฟนได้

ดังภาพประกอบ และตารางแสดงผลการทดสอบในภาคผนวก

3.2 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)

ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)**	เชิงคุณภาพ
4. ต้นแบบผลิตภัณฑ์หรือเทคโนโลยี/กระบวนการใหม่ หรือนวัตกรรมทางสังคม 4.3 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ (Prototype) ระดับอุตสาหกรรม	3	ต้นแบบ	1. เครื่องทอดสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัวพร้อมผลการทดสอบการควบคุมอัตโนมัติ 2. เครื่องกระจายระเหยน้ำในภาชนะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติสำหรับทำน้ำอ้อยเข้มข้นและน้ำเชื่อม 3. เครื่องอบลมร้อนแบบถาดอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้นผลิตภัณฑ์	3	ต้นแบบ	1. ต้นแบบเครื่องทอดสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว (ภาพที่ 36) 2. ต้นแบบเครื่องกระจายระเหยน้ำในภาชนะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติสำหรับทำน้ำอ้อยเข้มข้นและน้ำเชื่อม (ภาพที่ 37) 3. ต้นแบบเครื่องอบลมร้อนแบบถาดอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้นผลิตภัณฑ์ (ภาพที่ 38)	- ได้เทคโนโลยีในการแปรรูปพืชผัก ผลไม้ที่มีประสิทธิภาพในการทำงาน และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ
4. ต้นแบบผลิตภัณฑ์หรือเทคโนโลยี/กระบวนการใหม่ หรือนวัตกรรมทางสังคม 4.4 เทคโนโลยี/กระบวนการใหม่ ระดับห้องปฏิบัติการ	2	กระบวนการใหม่	ได้อุณหภูมิการอบแห้งของ กล้วยเล็บมือนาง, สับปะรด แบบ 2 อุณหภูมิ หรือ 3 อุณหภูมิ ซึ่งเกษตรกรหรือผู้ประกอบการสามารถนำค่าอุณหภูมินี้มาใช้กับเครื่องอบลมร้อนของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการได้	2	กระบวนการใหม่	ได้เทคโนโลยีการใช้ อุณหภูมิในการอบแห้ง 2 อุณหภูมิสำหรับกล้วยเล็บมือนาง 75, 70 องศาเซลเซียส และสำหรับ สับปะรด 80,75 องศาเซลเซียส จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และเผยแพร่ให้ผู้ประกอบการ (ภาพที่ 39,40)	ได้ผลิตภัณฑ์กล้วยและสับปะรดอบแห้งที่มีคุณภาพ

* ใส่ผลผลิตที่ได้ตามคำรับรอง

** หลักฐานเชิงประจักษ์ของผลผลิตให้แสดงรายละเอียดในภาคผนวก และแนบไฟล์ เรียงตามลำดับผลผลิต

3.3 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Outcome)

ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลลัพธ์
3. เกษตรกร ผู้ประกอบการ วิสาหกิจชุมชน และผู้สนใจนำเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการแปรรูปพืชผัก ผลไม้ นำไปใช้จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ราคาสูง ทำให้รายได้เพิ่มขึ้น	2567
5. ผู้ประกอบการนำต้นแบบเทคโนโลยีเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลิตภัณฑ์ไปขยายผลในเชิงพาณิชย์	2567

*ผลลัพธ์ : ผลสำเร็จที่เกิดจากการนำผลผลิต (Output)ไปต่อยอด การเปลี่ยนรูปของผลผลิตไปสู่รูปแบบที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง หรือการเคลื่อนผลผลิตไปสู่กิจกรรมที่ต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (Change) ที่ปรากฏชัด และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

3.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง (Impact) (ถ้ามี)

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลกระทบ
<p>ด้านเศรษฐกิจ :</p> <p>- เกษตรกรผู้ปลูกหรือประกอบการด้านการแปรรูปพืชผักและผลไม้ มีทางเลือกในการสร้างรายได้เพิ่มจากการขายในรูปพืชผัก ผลไม้สด สด กว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าเมื่อเทียบกับเกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายเดียวกันก่อนและหลังนำเทคโนโลยีไปใช้ สามารถขยายต่อเชิงพาณิชย์</p>	2568
<p>ด้านสังคม :</p> <p>1. เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตดีขึ้น เพราะมีรายได้เพิ่มขึ้น</p> <p>2. การพัฒนาและดำเนินงานแบบมีส่วนร่วม โดยการบูรณาการระหว่างเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และผู้เกี่ยวข้อง ทำให้เกิดองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่ทันสมัย และสามารถใช้ประโยชน์ได้จริงในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ราคาสูงในการจำหน่าย</p>	2568
<p>ด้านสิ่งแวดล้อม :</p> <p>- เกษตรกรมีทางเลือกในการจัดการผลผลิตที่ล้นตลาด ทำให้ลดการนำไปทิ้งเน่าเสียซึ่งเท่ากับเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมไปด้วย</p>	2568

* ผลกระทบ : ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงตามผลลัพธ์ (Results of the change) ซึ่งวัดได้อย่างชัดเจนและมีหลักฐานปรากฏชัด (Evidence-based) ทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ทั้งที่วัดในเชิงปริมาณได้และไม่ได้ ผลกระทบอาจเป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ

3.5 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

วิธีการ/กระบวนการผลักดันงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ (โปรดแนบหลักฐานเชิงประจักษ์การนำผลงานไปใช้ประโยชน์ โดยชี้แจงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก และแนบไฟล์หลักฐาน)

ด้านนโยบาย :

หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตผักผลไม้แปรรูป ในรูปวิสาหกิจชุมชนต่างๆ
2. หน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ กรมส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมสหกรณ์ สหกรณ์การเกษตร

สถาบันการศึกษา

ด้านเศรษฐกิจ

- เกษตรกรผู้ปลูกหรือประกอบการด้านการแปรรูปพืชผักและผลไม้ มีทางเลือกในการสร้างรายได้เพิ่มจากการขายในรูปพืชผัก ผลไม้สด สด กว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าเมื่อเทียบกับเกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายเดียวกันก่อนและหลังนำเทคโนโลยีไปใช้ สามารถขยายต่อเชิงพาณิชย์

ด้านสังคม

1. เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตดีขึ้น เพราะมีรายได้เพิ่มขึ้น

2. การพัฒนาและดำเนินงานแบบมีส่วนร่วม โดยการบูรณาการระหว่างเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และผู้เกี่ยวข้อง ทำให้เกิดองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่ทันสมัย และสามารถใช้ประโยชน์ได้จริงในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ราคาสูงในการจำหน่าย

ด้านสิ่งแวดล้อม

- เกษตรกรมีทางเลือกในการจัดการผลผลิตที่ล้นตลาด ทำให้ลดการนำไปทิ้งเน่าเสียซึ่งเท่ากับเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมไปด้วย

ด้านวิชาการ :

1. องค์ความรู้ด้านเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลิตผลเกษตร พร้อมข้อมูลการตลาด โดยเกษตรกรมีส่วนร่วมเพื่อสร้างและพัฒนาเครือข่ายระหว่างผู้ผลิต ผู้บริโภคและผู้ประกอบการ จะทำให้เกิดเป็นระบบการผลิตแบบครบวงจรอย่างยั่งยืน และสามารถถ่ายทอดขยายผลสู่เกษตรกรในพื้นที่อื่น

2. การเผยแพร่ผลงานวิชาการ โดยการนำเสนอผลงานและถ่ายทอดสู่กลุ่มเป้าหมาย เกิดการสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการในการวิจัย พัฒนา ต่อยอดผลงานวิจัยและขยายผลสู่ผู้ใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล

สรุปผลและอภิปรายผล

1) โครงการวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเครื่องทอดสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว

สรุปผล

จากการศึกษาออกแบบเครื่องทอดสุญญากาศในปี 2565 พบว่างานส่วนใหญ่เป็นการสร้างตัวเครื่องต้นแบบและระบบควบคุมการทำงาน โดยมีขนาดถังทอดความจุ 55.65 ลิตร ซึ่งจะใช้ทอดผลผลิตครั้งละ 20 กิโลกรัม วัสดุที่ใช้เป็นสแตนเลสหนา 6 mm เป็นเกรดสำหรับทำอาหาร ใช้ปั๊มสุญญากาศแบบ Water Jet ใช้ปั๊มน้ำขนาด 20 hp สร้างสภาวะสุญญากาศตรงท่อทางดูดไม่น้อยกว่า 700 mm Hg ระบบในการควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของเครื่องต้นแบบไว้แล้ว แต่ยังคงต้องการติดตั้งและทดสอบระบบเพิ่มเติมในปีงบประมาณ 2566 รวมถึงข้อมูลในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องทอดสุญญากาศ

อภิปรายผล

จากการประเมินงานวิจัยที่สำเร็จแล้วยังไม่ครบถ้วนตามที่ตั้งเป้าไว้ ซึ่งทางผู้วิจัยกำลังเร่งดำเนินงานให้แล้วเสร็จพร้อมทดสอบต่อไป โดยเฉพาะในเรื่องของการติดตั้งระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ

2) โครงการวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเครื่องกวนระเหยน้ำในภาวะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติสำหรับทำน้ำอ้อยเข้มข้นและน้ำเชื่อม

สรุปผล

จากผลการวิจัยและพัฒนาเครื่องกวนระเหยน้ำในภาวะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติสำหรับทำน้ำอ้อยเข้มข้นและน้ำเชื่อม ได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับความหวานของน้ำอ้อย การต้มระเหยของน้ำอ้อยในสภาวะสุญญากาศ จนได้ความสัมพันธ์ของจุดเดือดน้ำอ้อยกับความเข้มข้นของน้ำอ้อยที่เพิ่มขึ้นในสภาวะสุญญากาศซึ่งจะได้ใช้ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ในการติดตั้งระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ และจากการออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องกวนระเหยน้ำในภาวะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ ต้นแบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ 1.ห้องลดแรงดันอากาศหรือสภาวะสุญญากาศ 2.เครื่องกวนระเหยน้ำอ้อย ซึ่งได้ดำเนินการออกแบบสร้างห้องลดแรงดันอากาศมีรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด กว้าง x ยาว x สูง 1.20 x 1.20 x 1.20 เมตร หรือคิดเป็นปริมาตร 1.73 ลูกบาศก์เมตร มีการขยายท่อดูดอากาศให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้รองรับการระเหยไอน้ำได้มากขึ้น และจะใช้เพื่อวางเครื่องกวนระเหยน้ำอ้อยด้านใน ผลการทดสอบเบื้องต้นการระเหยของน้ำอ้อยภายในห้องลดแรงดันอากาศที่สร้างขึ้น และทำการเปรียบเทียบน้ำอ้อยคั้นสด(ความหวาน 23 %Brix) กับน้ำอ้อยที่ต้มระเหยน้ำในห้องสุญญากาศ จนมีความเข้มข้นมากกว่า 85 %Brix) แล้วเอาน้ำผสมกลับให้เหลือความหวานเท่าเดิม 23 %Brix เพื่อสังเกตดูสี ชิมรสชาติ และอื่นๆ

อภิปรายผล

จากผลที่ได้เป็นการออกแบบการต้มระเหยในห้องสุญญากาศ น่าจะสะดวกในการจัดการได้ง่าย แต่การควบคุมสภาวะต่างๆ ในขณะทำงานค่อนข้างยาก อาจจะต้องมีการออกแบบถึงต้มระเหยรูปแบบใหม่ ซึ่งทางผู้วิจัยกำลังเร่งดำเนินงานให้แล้วเสร็จพร้อมทดสอบต่อไป โดยเฉพาะในเรื่องของการติดตั้ง ระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ

3) โครงการวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเครื่องอบลมร้อนแบบถาดอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้น ผลิตภัณฑ์เกษตร

สรุปผล

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นจากผู้ประกอบการพบว่ากล้วยเล็บมือนางมีขนาดความโต 23.1-25.2 มิลลิเมตร ความยาว 92.9-103.6 มิลลิเมตร และพบว่าขนาดของชิ้นสับปรดก่อนทำสับปรดแช่อิ่มอบแห้ง จะใช้อุปกรณ์ปอกสับปรดแบบเกลียว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 8.5 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใน 3 เซนติเมตร และความหนาประมาณ 1.75 เซนติเมตร ค่าสีของเนื้อกล้วยเป็นข้อมูลเปรียบเทียบความสุกของกล้วยได้ การวัดค่าสีสับปรดและผลิตภัณฑ์สับปรดแช่อิ่มอบแห้งเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินคุณภาพความนิยมของผู้บริโภค การหาข้อมูลอื่น ๆ เช่น คุณสมบัติทางเคมี ค่าความชื้น และคุณค่าทางโภชนาการ ค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์คุณภาพดี สีสนสวยงาม รวมถึงค่าอัตราการอบแห้ง เวลาที่ใช้ อบแห้งเป็นต้น พบว่าการอบอุณหภูมิเดียว ไม่ควรใช้อุณหภูมิสูง เกิน 80 องศาเซลเซียส ควรใช้อุณหภูมิที่ 70 และ 75 องศาเซลเซียส การออกแบบเครื่องอบลมร้อนแบบถาดอัจฉริยะที่สามารถสับทิศทางลมร้อนได้โดยใช้ใบพัดลมกรงกระรอกแบบใบตรง พัดลมหมุนวนเข็มนาฬิกาแล้วหมุนเสือใบพัดลมไปทางขวา ลมจะไปทางซ้าย ถ้าพัดลมหมุนตามเข็มนาฬิกาแล้วหมุนเสือใบพัดลมไปทางซ้าย ลมจะไปทางขวา เลือกใช้รอบการหมุนของใบพัดลม 725 รอบต่อนาที ทำการทดสอบวัดความเร็วการไหลของลม การกระจายลมร้อน และปรับการไหลของลมในแต่ละถาดให้สม่ำเสมอ โดยติดตั้งคลิกระบายลม และปรับตำแหน่ง มุมและ ขนาด จนได้ความเร็วลมที่ใกล้เคียงในแต่ละถาด โดยมีความเร็วลมประมาณ 1.2-1.8 เมตร/วินาที เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดอัจฉริยะ

อภิปรายผล

สำหรับลดความชื้นผลิตภัณฑ์เกษตร ต้นแบบ ปัจจุบันดำเนินการไปประมาณ 95% ดังภาพ ซึ่งยังเหลือระบบที่ยังไม่ได้ติดตั้ง ดังนี้

1. ติดตั้งหัวพ่นไฟซึ่งได้ออกแบบระบบวงจรควบคุมการสับทิศทางหมุนของมอเตอร์ และการสปาร์คจุดหัวพ่นไฟแล้ว
3. ติดตั้งประตูปิดเปิด
4. ติดฉนวนกันความร้อนและปิดผนังด้านนอก
5. ติดตั้งโหลดเซลล์และวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อคำนวณค่าความชื้นผลผลิตขณะอบแห้ง และระบบไอโอที สำหรับข้อมูลอุณหภูมิความชื้นภายในภายนอกเครื่อง ค่าความชื้นผลผลิตขณะอบแห้ง และให้สามารถสั่งปิดเปิดเครื่องผ่านสมาร์ตโฟนได้

ข้อเสนอแนะต่อผู้เกี่ยวข้องสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อไป

ในการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการแปรรูปผลิตผลเกษตร มีความสำคัญมากที่จะช่วยให้เกษตรกรสามารถแก้ปัญหาผลผลิตล้นตลาด ราคาพืชผลตกต่ำ แนวทางในการวิจัยต้องศึกษาองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีความแม่นยำในการควบคุมการทำงานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง ต้นทุนการผลิตต่ำ ขายได้ราคาสูงขึ้นกว่าการจำหน่ายสด ผู้วิจัยจึงจำเป็นที่จะต้องนำระบบความแม่นยำเข้ามาประยุกต์ใช้กับเครื่องที่สร้างขึ้น

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

งบประมาณรอบที่ 2 ส่งมาล่าช้า ทำให้การเบิกจ่ายค่าน้ำจ้างกระชั้นชิดเกินไป เบิกจ่ายไม่ทัน ไม่สามารถซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์บอร์ดสมองกลและ เซนเซอร์ต่าง ๆ ตามที่วางแผนไว้ การดำเนินงานจึงยังไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม ทั้งระบบไฟฟ้าคอนโทรลและ ระบบอ่านค่าและประมวลผลด้วยบอร์ดสมองกล นอกจากนี้งานต้นแบบบางส่วนต้องใช้เวลาในการทำ ทำให้เริ่มงานค่อนข้างช้าและเสร็จไม่ทันตามกำหนดเวลาเดิม ช่วงไตรมาส 1 และ 2 มีภาวะระบาดของไวรัส โควิด 19 ทำให้การทำงานสะดุดไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้

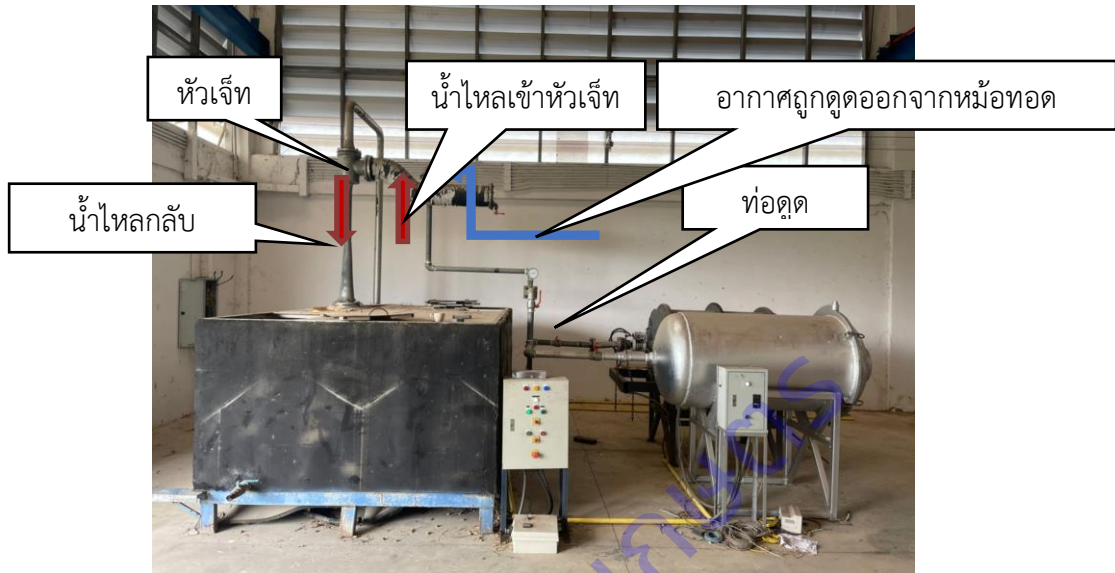
เอกสารอ้างอิง

- ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัตพาณิชย์, วิบูลย์ เทเพนทร์, เวียง อากรชี่, พุทธิธินันท์ จารุวัฒน์, บัณฑา แสงวงษา และยงยุทธ คงช่าน, 2551. ออกแบบพัฒนาเครื่องทอดสุญญากาศ (สำหรับทุเรียน). น. 46-63. ใน โชคชัย ธีรกุลเกียรติ. 2558. วิทยาเอนไซม์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ถาวร อริยภุชชัย. 2550. แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกล้วยหอมที่ผ่านการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2549. เคมีอาหาร. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- ประชาชาติธุรกิจ. 2563. โควิดทำสวนมะม่วงสุกกว่า 2.5 พันล้าน หวั่นราคาดีง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.prachachat.net/local-economy/news-429636>. (เข้าถึงเมื่อ 25 พฤษภาคม 2563).
- รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2551. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- วีไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- สั๊กกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา. 2555. การอบแห้งอาหารและวัสดุชีวภาพ. ท้อป, กรุงเทพฯ.
- สิงหนาท พวงจันทร์แดง. 2555. เทคโนโลยีการทำแห้งอาหาร. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- อรอุมา วงศาางาม. 2553. วิศวกรรมอาหาร 1. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, แพร่.
- Dueik V. and Bouchon P. 2011a. Development of healthy low-fat snacks: understanding the mechanisms of quality changes during atmospheric vacuum frying. Food Reviews International 27: 408-432.
- Edwards, M. 1999. Vegetables and Fruit. In Food Texture :Measurement and Perception. Aspen Publishers,Inc. Maryland.

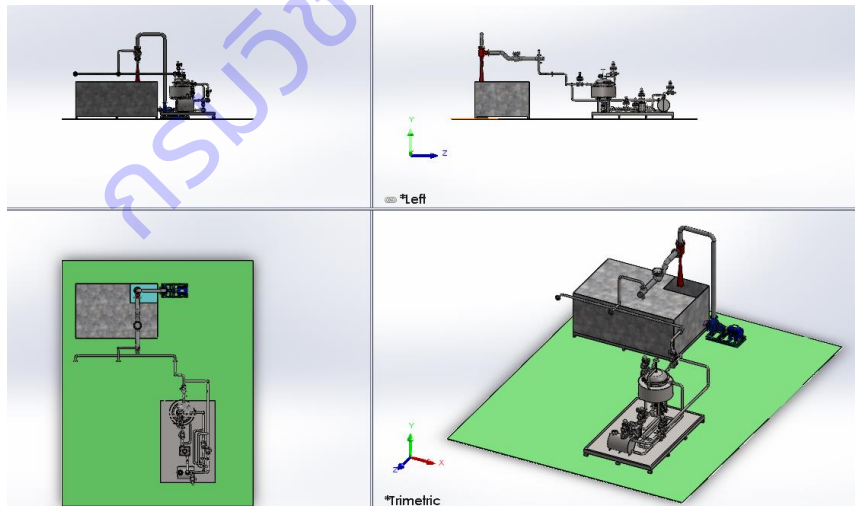
ภาคผนวก

1. ภาคผนวก 1 สิ่งที่แสดงประกอบเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาผลงานวิจัย

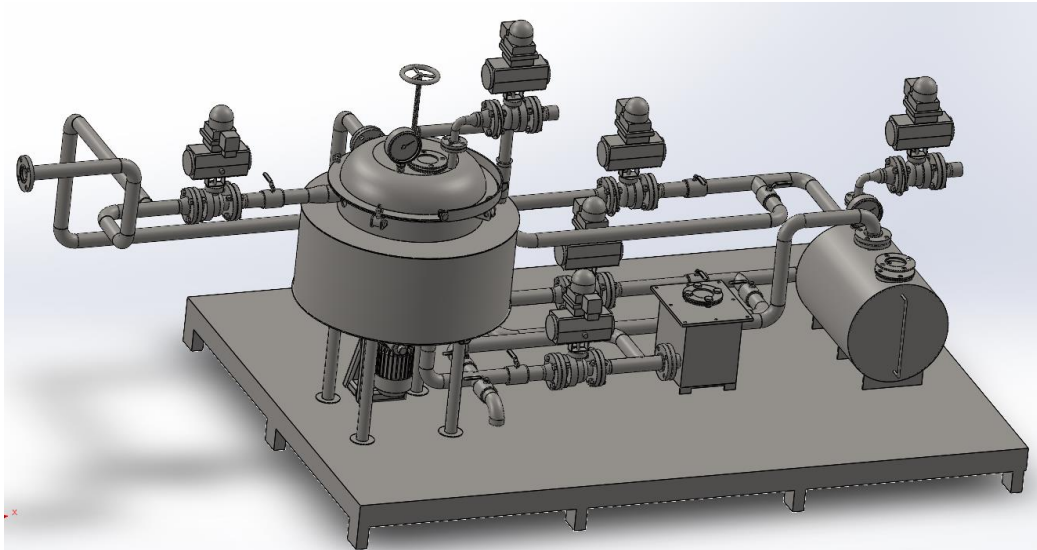
1) โครงการย่อยวิจัยและพัฒนาเครื่องทอดสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว



ภาพที่ 3 แสดงการทำงานปั๊มสุญญากาศแบบ Water jet ของ ศวศ.ขอนแก่น



ภาพที่ 4 แบบผังการติดตั้งหน่วยทอดสุญญากาศ (vacuum fryer unit)



ภาพที่ 5 แบบผังการติดตั้งโรงงานทอดสุญญากาศ (vacuum fryer plant)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1: ลำดับการควบคุมการทำงานของเครื่องทอดสุญญากาศที่ควบคุมแบบสมองกลฝังตัว

กระบวนการ	ลำดับ	jet	หม้อทอดสุญญากาศ						ถังพักน้ำมันทอด						หมายเหตุ	
		pump	V6	V8	M9	M9	Temp	Clock	Temp	V3	V2	V4	Clock	V5		Clock
		p	Vac	Air	หมุน	สลัด	contrl	counter	contrl	Vac	Air	Supply	counter	Return		counter
		frying	venti	ทอด	น้ำมัน	frying oil	frying oil	hot oil	Oil	venti	Oil	Supply oil	Oil	Return Oil		
Stand by	0															
เปิดฝาถัง วางตะแกรงทอดในถังทอด	1															
ปิดฝา ถังทอด	2															
สร้างสภาวะสุญญากาศ ในถังทอด	3															
เติมน้ำมัน เข้าสู่ถังทอด	4															
เริ่มการทอด สุญญากาศ	5															
สิ้นสุด การทอด	6															
สร้างสภาวะสุญญากาศ ในถังพักน้ำมัน	7															
ถ่ายน้ำมัน ออกจากถังทอด	8															
สิ้นสุดการถ่ายน้ำมัน ออกจากถังทอด	9															
สร้างสภาวะสุญญากาศ ในถังทอด	10															
สลัดน้ำมัน ออกจากผลิตภัณฑ์	11															
สิ้นสุดการสลัดน้ำมัน ออกจากผลิตภัณฑ์	12															
เปิดฝาถังยกตะแกรงทอด ออกจากถังทอด	13															
Stand by	0															

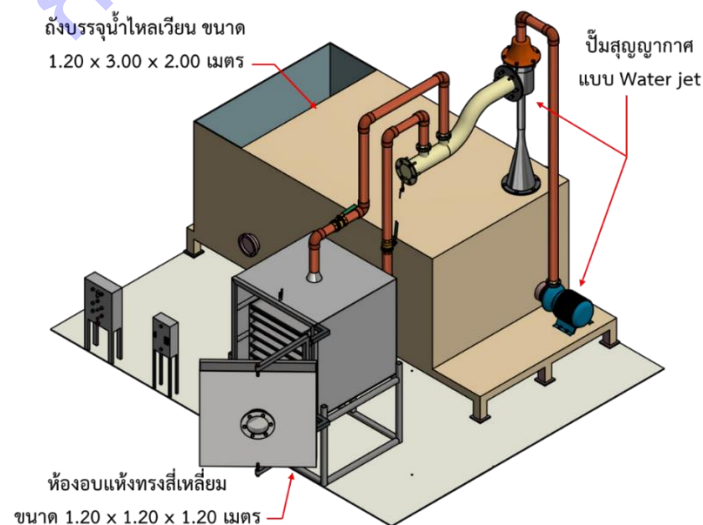
2) โครงการวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเครื่องกวนระเหยน้ำในภาวะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ สำหรับทำน้ำอ้อยเข้มข้นและน้ำเชื่อม



ภาพที่ 6 วัดค่าความหวานของน้ำอ้อย ด้วยเครื่องวัด Brix refractometer หาปริมาณต่อน้ำหนักของน้ำอ้อยที่ % Brix ที่วัดได้ (23 % Brix)



ภาพที่ 7 การสร้างอุปกรณ์ต้นแบบในการทดสอบต้มระเหยน้ำอ้อย



ภาพที่ 8 ออกแบบถังอบสุญญากาศให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อสะดวกต่อการทดสอบต้มระเหยน้ำที่ปริมาณมากขึ้น



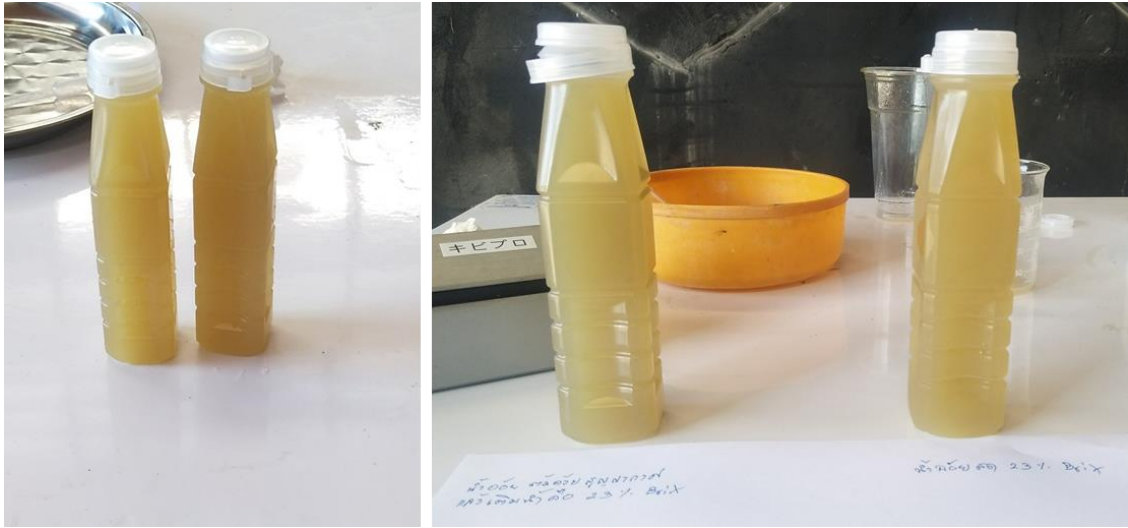
ภาพที่ 9 การสร้างถังสุญญากาศที่มีปริมาตรห้องมากขึ้น



ภาพที่ 10 ห้องลดแรงดันอากาศมีรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด กว้าง x ยาว x สูง 1.20 x 1.20 x 1.20 เมตร



ภาพที่ 11 การทดสอบต้มระเหยน้ำอ้อยภายใต้ห้องลดแรงดันอากาศที่สร้างขึ้น



ภาพที่ 12 แสดงลักษณะสีส้มของน้ำอ้อยคั้นสด และน้ำอ้อยที่ผ่านการต้มระเหยและทำกลับมาเข้มข้นเท่าเดิม

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2 งานทดสอบการต้มน้ำอ้อยในสุญญากาศ ครั้งที่ 1

ลำดับ ที่	เวลา	แรง vacuum	อุณหภูมิ น้ำอ้อย °C	อุณหภูมิ ที่ตั้ง°C	น้ำหนัก kg	หมายเหตุ
1	15.35	680	26	20	1.803	
2	15.45	680	23	23	1.768	
3	15.55	680	24	25	1.735	เปลี่ยนอุณหภูมิ 23 เป็น 25 °C
4	16.20	680	25	25	1.657	
5	16.40	680	25	25	1.599	
6	17.10	680	25	25	1.529	
7	17.30	680	25	25	1.436	
8	17.54	670	25	25	1.396	
9	18.39	670	25	25	1.277	
10	19.30	670	25	25	1.183	
11	19.45	650	29	25	1.141	
12	20.18	650	39	40	1.087	เปลี่ยนอุณหภูมิ 25 เป็น 40 °C
13	20.43	650	41	42	0.989	
14	21.20	650	44	44	0.812	
15	21.43	645	46	45	0.724	
16	22.10	645	47	47	0.698	

ตารางที่ 3 งานทดสอบการต้มน้ำอ้อยในสุญญากาศ ครั้งที่ 2

ลำดับที่	เวลา	แรง vacuum	อุณหภูมิ น้ำอ้อย °C	อุณหภูมิ ที่ตั้ง°C	น้ำหนัก kg	หมายเหตุ
1	11.45	680	26	20	1.875	
2	11.55	680	25	20	1.859	
3	12.10	680	20	20	1.834	
4	12.25	680	20	20	1.815	
5	12.45	680	21	21	1.786	เปลี่ยนอุณหภูมิ 20 เป็น 21 °C
6	13.00	670	21	21	1.770	
7	13.20	660	21	21	1.744	
8	13.35	660	24	23	1.729	เปลี่ยนอุณหภูมิ 21 เป็น 23 °C
9	13.50	650	23	23	1.709	
10	14.15	650	25	25	1.674	เปลี่ยนอุณหภูมิ 23 เป็น 25 °C
11	14.27	650	25	25	1.654	
12	14.45	650	25	25	1.630	
13	15.09	650	27	27	1.596	เปลี่ยนอุณหภูมิ 25 เป็น 27 °C
14	15.35	650	27	27	1.558	
15	16.30	640	30	30	1.474	เปลี่ยนอุณหภูมิ 27 เป็น 30 °C
16	16.55	640	41	41	1.429	เปลี่ยนอุณหภูมิ 30 เป็น 41 °C
17	17.1	640	44	44	1.386	เปลี่ยนอุณหภูมิ 41 เป็น 44 °C
18	17.4	640	44	44	1.297	
19	18.23	640	47	47	1.184	เปลี่ยนอุณหภูมิ 44 เป็น 47 °C
20	18.54	640	47	47	1.079	
21	19.29	640	49	49	0.995	เปลี่ยนอุณหภูมิ 47 เป็น 49 °C
22	19.53	630	49	49	0.925	
23	20.38	630	51	51	0.849	เปลี่ยนอุณหภูมิ 49 เป็น 51 °C
24	21.05	630	51	51	0.781	

3) โครงการวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเครื่องอบลมร้อนแบบถาดอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้นผลิตผลเกษตร



ภาพที่ 13 กลุ่มสตรีเพื่อการแปรรูปทุเรียน



ภาพที่ 14 กล้วยเล็บมือนางแก่จัด



ภาพที่ 15 ห้องปมกล้วย



ภาพที่ 16 ปอกกล้วยเรียงบนตะแกรงไม้ไผ่



ภาพที่ 17 อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 3 วัน



ภาพที่ 18 ร้านวิวัฒนาการกล้วยอบเล็บมือนาง
-พ่อตาหินช้าง จ.ชุมพร



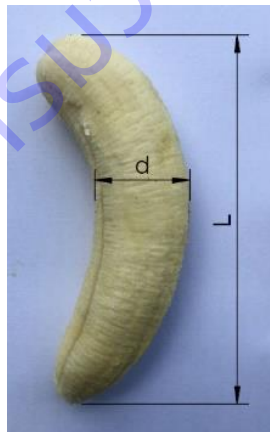
ภาพที่ 19 กล้วยเล็บมือนางแก่จัดก่อนปม (ซ้าย) และหลังปม (ขวา)



ภาพที่ 20 ปอกกล้วยเรียงบนตะแกรงไม้ไผ่เข้าสู่ตู้อบอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 3 วัน



ภาพที่ 21 นำออกจากเตา จัดเรียงกล้วยใหม่ แล้วสลับถาด



ผู้ประกอบการรายที่ 1 ผู้ประกอบการรายที่ 2

ภาพที่ 22 กล้วยเล็บมือนางผลสุก (ซ้าย) กล้วยเล็บมือนางอบแห้ง (ขวา)

*โดยกำหนด d เท่ากับความโต และ L เท่ากับความยาวของกล้วยเล็บมือนาง และกล้วยเล็บมือนางอบแห้ง



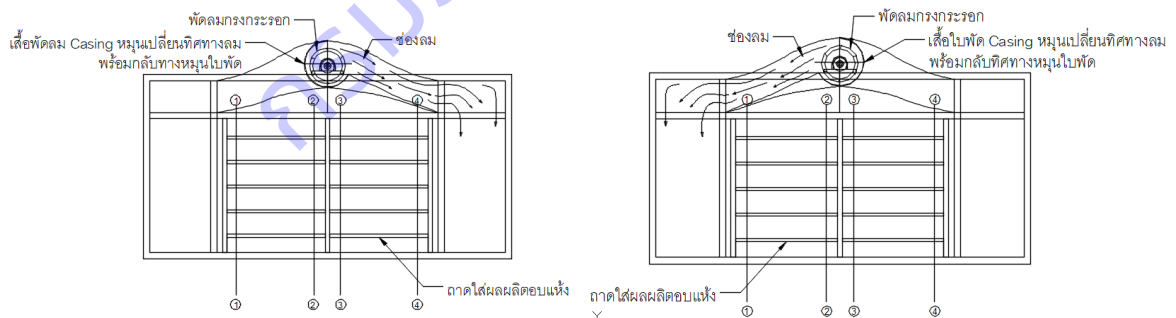
ภาพที่ 23 อุปกรณ์ปอกสับประดแบบเกลียว



ภาพที่ 24 สับประดแช่อิ่มอบแห้ง



ภาพที่ 25 การวัดสีกกล้วยด้วยเครื่องวัดสี รุ่น CS-10 Portable



ภาพที่ 26 เป็นการออกแบบเสื่อใบพัดลม และช่องลมเพื่อเปลี่ยนทิศทางการไหลของลมร้อน



ภาพที่ 27 ถ่วงใบพัดลมแบบ Static Balancing (ซ้าย) การติดตั้งและทดสอบใบพัด (กลาง) ทดสอบล้นปิดเปิด บังคับทิศทางลม (ขวา)



ภาพที่ 28 การทดสอบวัดความเร็วลม (ซ้าย) และการติดตั้งกระจายลมร้อน (ขวา)



ภาพที่ 29 ทดสอบวงจรควบคุมการสลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ และการสปาร์คจุดหัวฟืนไฟ (BURNER)



ภาพที่ 30 การอบแห้งกล้วยเล็บมือนางโดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 28 ชั่วโมง



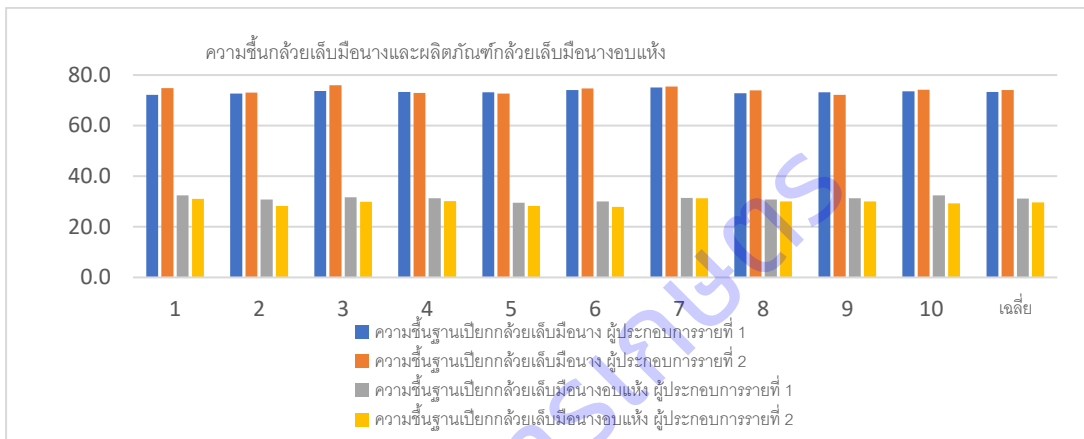
ภาพที่ 31 การอบแห้งกล้วยเล็บมือนางโดยใช้อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 25 ชั่วโมง



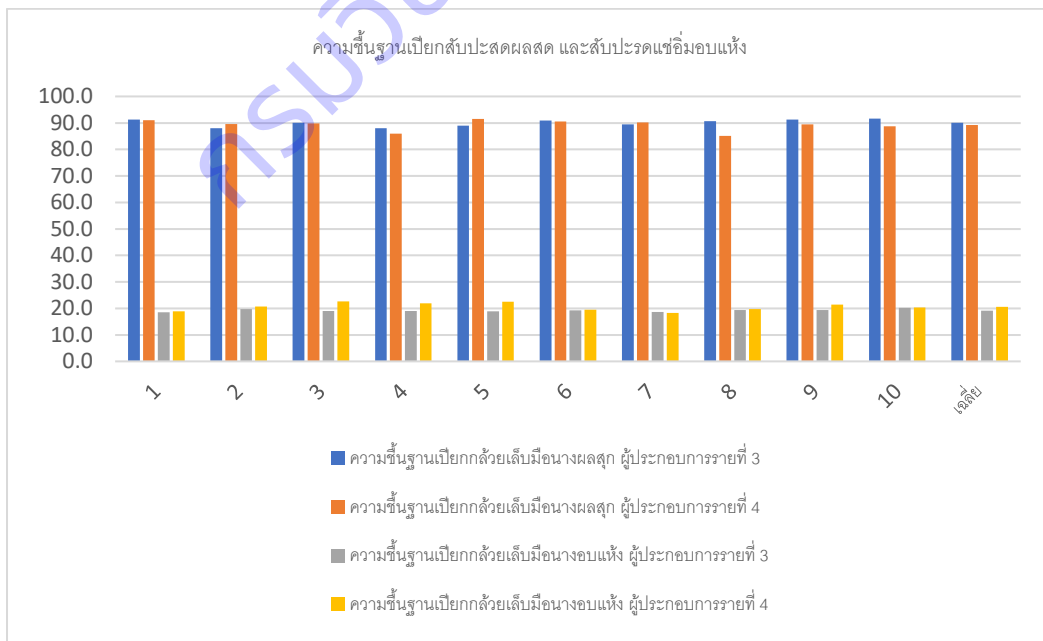
ภาพที่ 32 การอบแห้งกล้วยเล็บมือนางโดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 22 ชั่วโมง



ภาพที่ 33 การอบแห้งกล้วยเล็บมือนางโดยใช้อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 ชั่วโมง



ภาพที่ 34 กราฟค่าความชื้นกล้วยเล็บมือนางและกล้วยเล็บมือนางอบแห้ง ของผู้ประกอบการรายที่ 1 และ 2



ภาพที่ 35 กราฟความชื้นของสับปะรดผลสด และสับปะรดแช่อบแห้ง ของผู้ประกอบการรายที่ 3 และ 4

ตารางที่ 4 วัดขนาดของกล้วยเล็บมือนาง ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มสตรีเพื่อการแปรรูป
“ภูมรินทร์” (ผู้ประกอบการรายที่ 1)

ลูกที่	กล้วยเล็บมือนาง		กล้วยเล็บมือนางอบแห้ง		ลูกที่	กล้วยเล็บมือนาง		กล้วยเล็บมือนางอบแห้ง	
	d	L	d	L		d	L	d	L
1	27.2	105.5	15.5	97.7	16	20.4	98.6	13.3	74.5
2	25.3	94.1	16.9	93.9	17	24.5	94.0	13.5	69.1
3	21.8	90.3	16.3	93.5	18	23.9	91.6	15.5	75.1
4	23.8	95.1	16.0	89.8	19	20.8	96.3	13.4	73.8
5	23.1	92.8	14.1	82.3	20	25.4	97.0	12.1	72.9
6	25.2	91.5	15.6	88.0	21	23.4	94.0	12.5	65.1
7	21.1	94.1	15.1	87.6	22	21.5	83.6	11.4	63.1
8	25.3	89.1	14.2	85.1	23	25.3	83.1	14.0	65.1
9	24.6	95.9	13.0	85.2	24	23.1	97.4	13.6	65.5
10	23.6	97.7	15.0	87.4	25	22.1	91.5	10.9	68.5
11	21.3	93.6	12.9	70.6	26	21.6	93.4	11.6	66.3
12	21.7	91.8	13.1	69.1	27	21.3	89.3	11.9	65.1
13	22.1	98.9	12.8	70.9	28	25.0	82.7	13.8	66.3
14	23.5	94.6	13.3	85.5	29	20.9	88.3	12.9	56.3
15	21.0	91.3	13.2	79.9	30	24.2	89.6	10.8	65.1
					เฉลี่ย	23.1	92.9	13.6	75.9

ตารางที่ 5 การวัดขนาดกล้วยเล็บมือนาง และผลิตภัณฑ์กล้วยเล็บมือนางอบแห้ง ของร้านวีรวรรณ
กล้วยเล็บมือนาง (ผู้ประกอบการรายที่ 2)

ลูกที่	ขนาดกล้วยสุก		ขนาดกล้วยอบแห้ง		ลูกที่	ขนาดกล้วยสุก		ขนาดกล้วยอบแห้ง	
	d	L	d	L		d	L	d	L
1	22.4	105.4	13.5	76.3	16	25.1	101.9	12.8	71.6
2	25.0	115.4	14.8	77.5	17	27.3	102.6	13.6	82.7
3	24.6	113.0	13.5	72.3	18	26.2	95.0	17.5	85.8
4	24.5	109.8	14.9	70.0	19	22.8	90.4	13.8	81.2
5	25.9	104.5	11.5	67.1	20	23.3	98.4	14.5	77.0
6	25.9	112.6	15.6	71.1	21	26.3	105.8	15.8	80.9
7	26.4	105.5	12.8	70.9	22	26.2	110.2	11.9	60.7
8	25.6	104.1	14.0	70.5	23	25.8	96.3	14.5	70.1
9	24.8	106.6	10.6	58.9	24	26.5	103.3	12.3	65.9
10	24.8	102.8	12.8	67.0	25	27.2	107.2	13.3	64.0
11	25.8	97.7	13.4	67.5	26	22.8	108.2	15.4	78.9
12	26.9	108.9	12.3	65.0	27	26.8	96.1	15.5	63.8
13	25.5	107.5	15.1	71.8	28	26.5	100.2	14.5	57.7
14	21.7	91.3	13.9	75.1	29	24.1	103.8	13.0	67.3
15	24.9	98.8	14.9	71.5	30	23.5	104.3	14.0	72.6
					เฉลี่ย	25.2	103.6	13.9	71.1

ตารางที่ 6 การวัดขนาดของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง วิสาหกิจชุมชนกลุ่ม
แม่บ้านเกษตรกร ร่องแก้ว (ผู้ประกอบการรายที่ 3)

จำนวน	ขนาดของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง			
	ตัวอย่าง	เส้นผ่านศูนย์กลางนอก	เส้นผ่านศูนย์กลางใน	ความหนา
1		64.0	15.9	9.2
2		65.5	14.9	7.9
3		57.9	11.8	7.6
4		60.3	13.1	8.5
5		59.2	12.0	7.5
6		57.8	10.1	9.1
7		61.3	14.2	7.5
8		64.6	12.4	8.2
9		61.1	6.5	8.7
10		61.6	4.9	8.8
	เฉลี่ย	61.3	11.6	8.3

ตารางที่ 7 การวัดขนาดของสับประตอบแห้ง ของวิสาหกิจชุมชนบึงบัวโฮมสเตย์และการท่องเที่ยว (ผู้ประกอบการรายที่ 4)

จำนวน	ขนาดของสับประตอบแห้ง			
	ตัวอย่าง	เส้นผ่านศูนย์กลางนอก	เส้นผ่านศูนย์กลางใน	ความหนา
1		59.7	16.8	7.6
2		63.7	14.9	8.0
3		57.5	12.1	7.2
4		64.2	16.8	8.7
5		61.4	12.0	8.0
6		65.8	18.3	8.2
7		62.4	16.2	9.5
8		64.0	15.8	8.8
9		65.3	12.8	7.4
10		63.6	12.0	8.1
เฉลี่ย		62.7	14.8	8.1

ตารางที่ 8 การวัดค่าสีกล้วยเล็บมือนาง ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มสตรีเพื่อการแปรรูป “ภูมรินทร์”

จำนวน	เปลือกกล้วย			เนื้อกล้วยเล็บมือนาง			กล้วยเล็บมือนางอบแห้ง			
	ตัวอย่าง	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1		60.48	3.67	58.08	74.82	-1.79	24.58	57.46	5.55	31.85
2		68.45	3.25	58.96	74.60	-2.26	25.90	55.90	4.84	27.58
3		69.86	4.01	58.82	75.68	-1.63	27.06	46.84	12.19	31.88
4		68.46	4.65	58.95	72.86	-2.18	29.18	42.89	9.66	24.07
5		68.87	2.26	54.66	74.13	-2.19	26.63	49.80	7.24	31.50
6		67.35	4.13	61.90	77.33	-1.48	27.25	52.22	11.91	37.59
7		66.89	5.79	61.41	76.23	-1.29	27.89	46.80	9.56	29.47
8		70.76	3.33	58.50	76.24	-1.72	26.53	44.45	8.08	27.61
9		66.65	3.92	60.28	76.76	-1.30	28.99	44.66	9.26	30.68
10		66.46	4.73	58.06	77.25	-1.61	26.04	49.20	6.68	31.47
เฉลี่ย		67.42	3.97	58.96	75.59	1.74	27.01	49.02	8.50	30.37

ตารางที่ 9 การวัดสีกล้วยเล็บมือนาง และผลิตภัณฑ์กล้วยเล็บมือนางอบแห้ง ของร้านวีร
วรรณกล้วยเล็บมือนาง (ผู้ประกอบการรายที่ 2)

จำนวน ตัวอย่าง	เปลือกกล้วย เล็บมือนาง			เนื้อกล้วยเล็บมือนาง			กล้วยเล็บมือนางอบแห้ง		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	63.38	3.04	55.79	68.53	-2.96	23.97	50.06	7.46	35.56
2	69.92	2.86	54.85	79.67	-1.49	21.75	47.22	7.35	27.06
3	71.39	2.97	54.06	75.80	-2.14	22.71	47.32	7.67	31.08
4	68.28	2.55	52.64	74.42	-2.70	20.62	41.07	7.88	26.49
5	64.20	2.95	54.79	74.22	-2.51	21.51	43.61	7.93	27.14
6	71.59	1.73	54.31	76.34	-2.28	22.23	47.98	8.28	34.39
7	68.05	3.07	51.23	79.50	-1.74	23.20	41.78	7.61	31.75
8	66.44	2.19	51.03	76.51	-1.83	24.87	41.14	11.22	28.59
9	69.49	3.69	57.93	75.54	-2.00	23.67	48.51	10.88	37.23
10	66.45	2.56	52.38	75.85	-1.95	23.33	47.29	7.96	33.13
เฉลี่ย	67.92	2.76	53.90	75.64	2.16	22.79	45.60	8.42	31.24

ตารางที่ 10 การวัดสีสับปะรด และผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ของ
วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรร่องแก้ว (ผู้ประกอบการรายที่ 3)

จำนวน ตัวอย่าง	เนื้อสับปะรด			สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	75.27	-2.95	18.31	31.04	-4.18	10.34
2	69.72	-3.60	20.64	35.17	-4.75	14.33
3	67.57	-4.05	21.56	40.38	-5.07	9.83
4	70.99	-3.45	21.49	36.24	-4.71	10.92
5	70.61	-4.02	21.34	40.80	-5.02	12.73
6	69.55	-2.98	23.82	34.35	-4.74	12.98
7	65.18	-4.05	20.65	36.52	-5.16	13.08
8	65.51	-4.07	20.35	39.35	-5.30	13.77
9	68.61	-4.29	18.74	32.99	-4.87	10.33
10	68.40	-4.11	18.05	48.26	-5.59	16.26
เฉลี่ย	69.14	-3.76	20.50	37.51	-4.94	12.46

ตารางที่ 11 การวัดสีสับปรด และผลิตรกัณฑ์สับปรดแช่อีมอบแห้ง ของวิสาหกิจ
ชุมชนบึงบัวโฮมสเตย์และการท่องเที่ยว (ผู้ประกอบการรายที่ 4)

จำนวน ตัวอย่าง	เนื้อสับปรด			สับปรดแช่อีมอบแห้ง		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	67.13	-1.79	19.03	57.62	6.20	31.85
2	65.86	-2.26	21.17	55.90	5.42	27.58
3	65.20	-1.63	22.39	46.84	12.19	31.88
4	64.11	-2.18	21.97	42.89	9.66	25.74
5	64.55	-2.19	23.87	49.80	7.24	31.50
6	68.43	-1.48	20.92	52.22	11.91	37.59
7	63.15	-1.29	23.05	46.80	9.56	29.47
8	64.53	-1.72	21.93	44.42	8.08	27.61
9	67.52	-1.30	20.39	45.32	9.26	30.68
10	64.94	-1.61	18.41	50.87	6.68	31.47
เฉลี่ย	65.32	-1.68	21.51	47.47	8.91	30.58

ตารางที่ 12 ตารางแสดงค่าความชื้นฐานเปียกกล้วยเล็บมือนาง และกล้วยเล็บมือนางอบแห้ง
ของผู้ประกอบการรายที่ 1 และ 2

ตัวอย่าง ที่	ความชื้นฐานเปียกกล้วยเล็บมือนาง		ความชื้นฐานเปียกกล้วยเล็บมือนางอบแห้ง	
	ผู้ประกอบการรายที่ 1	ผู้ประกอบการรายที่ 2	ผู้ประกอบการรายที่ 1	ผู้ประกอบการรายที่ 2
1	72.1	74.8	32.4	31.1
2	72.7	73.0	30.7	28.3
3	73.7	76.0	31.6	29.9
4	73.4	73.0	31.3	30.1
5	73.2	72.7	29.5	28.2
6	74.1	74.7	30.0	27.8
7	75.1	75.5	31.4	31.3
8	72.8	73.9	30.8	30.1
9	73.2	72.2	31.3	30.0
10	73.6	74.3	32.4	29.3
เฉลี่ย	73.4	74.0	31.1	29.6

ตารางที่ 13 ความขึ้นฐานเปียกของสับปะรดผลสด และสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง
ของผู้ประกอบการรายที่ 3 และ 4

ตัวอย่าง ที่	ความขึ้นฐานเปียกของสับปะรดผลสด		ความขึ้นฐานเปียกของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง	
	ผู้ประกอบการรายที่ 3	ผู้ประกอบการรายที่ 4	ผู้ประกอบการรายที่ 3	ผู้ประกอบการรายที่ 4
1	91.3	91.1	18.5	18.9
2	88.0	89.6	19.7	20.8
3	90.0	89.8	19.0	22.7
4	88.1	85.9	19.0	21.9
5	88.9	91.6	18.9	22.5
6	90.9	90.6	19.2	19.4
7	89.5	90.2	18.7	18.2
8	90.7	85.1	19.3	19.7
9	91.3	89.4	19.4	21.5
10	91.7	88.8	20.2	20.4
เฉลี่ย	90.0	89.2	19.2	20.6

ตารางที่ 14 คุณค่าทางโภชนาการขกกล้วยเล็บมือนาง ต่อ 100 กรัม

พลังงาน	72 kcal
คาร์โบไฮเดรต	18 g
ไขมัน	0.2 g
โปรตีน	1.8 g
วิตามิน	
ไทอามีน (บี 1)	0.03 mg
ไรโบเฟลวิน (บี 2)	0.04 mg
ไนอาซิน (บี 3)	0.6 mg
วิตามินซี	8 mg
โลหะรอง	
แคลเซียม	10 mg
เหล็ก	1.3 mg
ฟอสฟอรัส	24 mg

ข้อมูลจาก : ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทย ของกองโภชนาการ กรมอนามัย กรกฎาคม 2530
(คัดลอกข้อมูลจาก กินดีบ้านโรค โดย พรพรรณ รัตน์)

*หน่วย - μm = ไมโครกรัม

mg = มิลลิกรัม

kJ = กิโลจูล kcal = กิโลแคลอรี

ตารางที่ 15 คุณค่าทางโภชนาการของสับปะรดต่อ 100 กรัม

พลังงาน	50 kcal	
คาร์โบไฮเดรต	13.12 g	
น้ำตาล	9.85 g	
ใยอาหาร	1.4 g	
ไขมัน	0.12 g	
โปรตีน	0.54 g	
วิตามิน		
ไทอามีน (บี 1)	0.079 mg 7%	
ไรโบเฟลวิน (บี 2)	0.032 mg 3%	
ไนอาซิน (บี 3)	0.5 mg 3%	
กรดแพนโทเทนิค (บี 5)	0.213 mg 4%	
วิตามินบี (บี 6)	0.112 mg 9%	
โฟเลต (บี 9)	18 μ m 5%	
โคลีน	5.5 mg 1%	
วิตามินซี	47.8 mg 58%	
โลหะรอง		
แคลเซียม	13 mg 1%	
เหล็ก	0.29 mg 2%	
แมกนีเซียม	12 mg 3%	
แมงกานีส	0.927 mg 44%	
แมกนีเซียม	12 mg 3%	
ฟอสฟอรัส	8 mg 1%	
โพแทสเซียม	109 mg 2%	
โซเดียม	1 mg 0%	
สังกะสี	0.12 mg 1%	

ตารางที่ 16 คุณสมบัติที่กายภาพ และทางเคมี ผลิตภัณฑ์สับปะรดอบแห้งของผู้ประกอบการรายที่ 1
บริษัท ทองเสรี ดี-ฟรุ๊ต จำกัด

ลำดับ ที่	ซ้ำที่	ค่าสี			ขนาด(มม.)		น้ำหนัก(กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้นเปียก
		L*	a*	b*	ขนาด	หนา		
1	A	69.51	3.46	32.53	52.70	2.60	4.00	9.25
	B	66.60	2.38	29.07				
2	A	79.26	4.19	31.47	51.00	2.10	3.70	15.68
	B	77.55	4.95	34.20				
3	A	73.53	3.51	33.10	49.00	2.00	3.23	5.88
	B	72.60	2.07	30.36				
4	A	78.36	4.42	28.20	48.00	1.40	2.81	14.59
	B	71.64	3.36	26.35				
5	A	71.15	4.81	35.09	60.60	2.40	6.50	12.15
	B	69.79	3.92	35.94				
6	A	68.75	3.23	33.22	46.00	2.50	2.79	13.26
	B	67.91	0.82	30.23				
7	A	65.33	2.72	30.85	48.40	1.90	3.50	18.86
	B	66.02	5.38	34.07				
8	A	63.25	0.62	35.67	56.50	2.80	6.45	12.71
	B	62.45	5.88	43.62				
9	A	67.41	3.86	31.96	55.20	2.00	4.83	12.22
	B	71.22	4.31	34.06				
10	A	80.06	3.31	30.39	47.00	2.00	2.65	13.96
	B	74.05	3.73	33.46				
เฉลี่ย		70.82	3.55	32.69	51.44	2.17	4.05	12.86

ตารางที่ 17 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์สับปะรดอบแห้งของผู้ประกอบการรายที่ 2 ร้านโชคประเสริฐ
ตลาดวโรรสเชียงใหม่

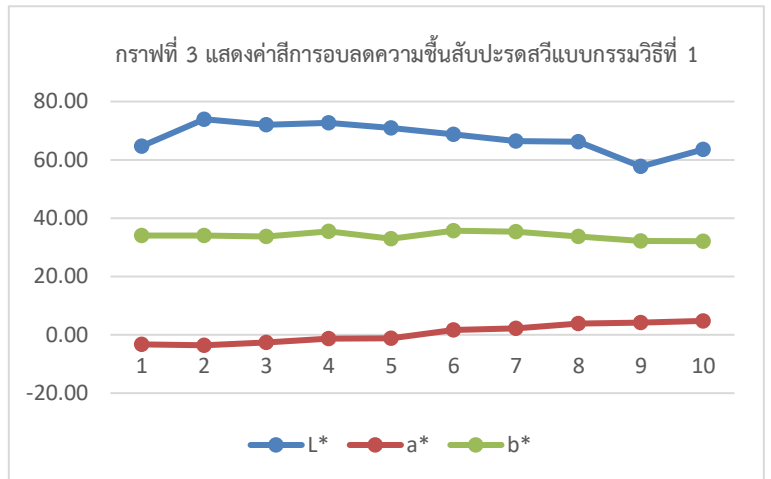
ลำดับ ที่	ซ้ำที่	ค่าสี			ขนาด(มม.)		น้ำหนัก(กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้นเปียก
		L*	a*	b*	ขนาด	หนา		
1	A	64.03	4.21	32.96	52.40	2.80	9.24	14.18
	B	65.56	3.57	33.39				
2	A	77.65	4.08	30.45	61.00	1.60	7.14	15.13
	B	76.65	4.37	28.62				
3	A	70.52	4.96	32.60	53.30	2.20	7.13	14.17
	B	61.07	4.06	34.29				
4	A	64.84	6.71	33.18	52.30	1.60	7.00	16.00
	B	51.26	7.01	32.84				
5	A	62.00	4.98	34.60	51.50	2.10	9.59	14.70
	B	61.64	4.26	32.60				
6	A	70.29	4.09	33.64	51.10	1.90	7.17	14.09
	B	62.79	5.04	34.57				
7	A	65.62	5.70	33.03	56.00	1.50	6.19	14.54
	B	61.21	5.30	29.37				
8	A	56.53	3.08	27.05	50.00	2.20	5.63	14.21
	B	60.80	4.75	28.61				
9	A	65.43	2.94	27.26	56.00	1.60	6.27	14.35
	B	61.12	5.31	29.83				
10	A	67.99	5.15	32.57	50.00	2.30	6.61	15.89
	B	69.41	4.14	28.50				
เฉลี่ย		64.82	4.69	31.50	53.36	1.98	7.20	14.72

ตารางที่ 18 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์สับปะรดอบแห้งของผู้ประกอบการรายที่ 3 หจก. ส.รุ่งเรืองลำไยแห้ง (SR)

ลำดับ ที่	ซ้ำที่	ค่าสี			ขนาด(มม.)		น้ำหนัก(กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้นเปียก
		L*	a*	b*	ขนาด	หนา		
1	A	61.22	4.27	32.91	43.50	2.60	5.64	9.22
	B	75.79	3.36	9.00				
2	A	69.53	5.84	36.68	47.40	2.70	6.91	10.13
	B	69.52	5.06	34.69				
3	A	64.71	7.97	37.78	42.00	3.20	6.86	13.99
	B	61.47	7.79	39.10				
4	A	52.77	6.37	32.69	43.30	2.60	6.60	16.82
	B	47.97	3.82	29.46				
5	A	56.72	6.44	34.04	45.20	2.00	5.35	12.71
	B	61.08	8.00	34.49				
6	A	64.01	5.25	37.45	45.00	2.00	5.81	10.15
	B	57.53	5.45	34.99				
7	A	66.17	5.53	36.00	48.00	2.70	6.15	14.63
	B	57.11	4.13	35.20				
8	A	56.81	3.62	32.71	38.00	2.60	4.87	12.94
	B	66.16	4.90	38.89				
9	A	66.91	5.06	34.48	43.80	2.60	5.93	13.15
	B	69.15	1.52	30.50				
10	A	63.46	5.83	36.60	39.30	2.50	5.26	13.31
	B	63.69	3.69	33.87				
เฉลี่ย		62.59	5.20	33.58	43.55	2.55	5.94	12.71

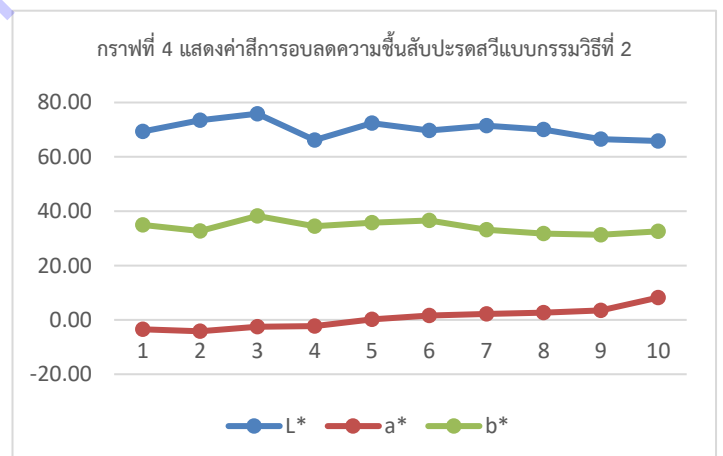
ตารางที่ 19 แสดงค่าสีการอบลดความชื้นสับประตสวี่แบบกรรมวิธีที่ 1

ตัวอย่างที่	ค่าสีกรรมวิธีที่ 1		
	L*	a*	b*
1	64.68	-3.27	34.07
2	73.94	-3.59	34.07
4	72.04	-2.60	33.70
6	72.66	-1.30	35.48
8	70.91	-1.15	32.92
10	68.72	1.62	35.72
12	66.49	2.23	35.40
14	66.18	3.82	33.68
16	57.71	4.17	32.16
10	63.55	4.77	32.10



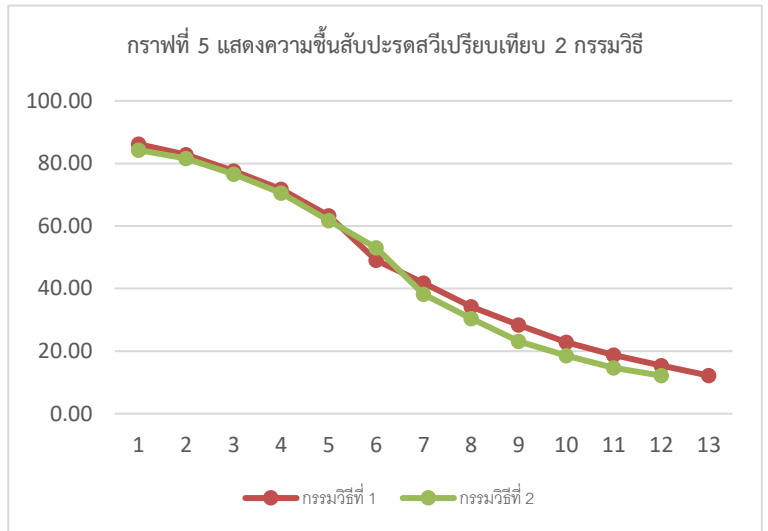
ตารางที่ 20 แสดงค่าสีการอบลดความชื้นสับประตสวี่แบบกรรมวิธีที่ 2

ตัวอย่างที่	ค่าสีกรรมวิธีที่ 2		
	L*	a*	b*
1	69.37	-3.45	34.97
2	73.48	-4.20	32.69
4	75.87	-2.52	38.25
6	66.19	-2.34	34.50
8	72.38	0.13	35.76
10	69.67	1.60	36.63
12	71.41	2.24	33.19
14	69.99	2.65	31.79
16	66.53	3.50	31.33
18	65.84	8.19	32.64



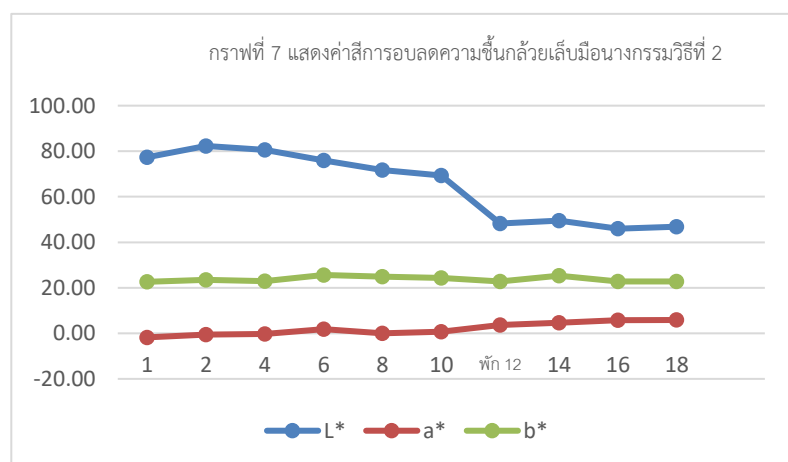
ตารางที่ 21 แสดงค่าความชื้นของการอบแห้งสับประดาสวีเปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี

ชั่วโมงที่	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2
1	86.17	84.26
2	82.77	81.59
4	77.59	76.55
6	71.75	70.51
8	63.27	61.73
10	49.08	53.07
12	41.73	38.22
14	34.18	30.37
16	28.41	23.19
18	22.84	18.56
20	18.74	14.65
22	15.36	12.16
24	12.18	



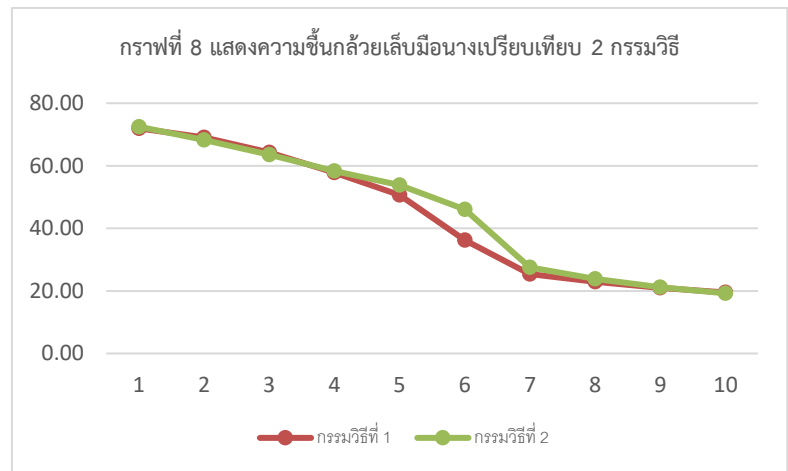
ตารางที่ 22 แสดงค่าสีการอบลดความชื้นกล้วยเล็บมือนาง แบบกรรมวิธีที่ 2

ครั้งที่	สีเฉลี่ย		
	L*	a*	b*
1	77.38	-1.77	22.64
2	82.30	-0.56	23.45
4	80.63	-0.23	22.93
6	76.01	1.78	25.63
8	71.75	-0.02	24.83
10	69.32	0.69	24.37
พัก 12	48.22	3.67	22.75
14	49.48	4.70	25.26
16	45.97	5.79	22.82
18	46.81	5.85	22.83



ตารางที่ 23 แสดงค่าความชื้นของการอบแห้งกล้วยเล็บมือนางเปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี

ชั่วโมงที่	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2
1	71.95	72.50
2	69.09	68.28
4	64.29	63.56
6	57.81	58.36
8	50.66	53.88
10	36.18	46.07
12	25.35	27.48
14	22.89	23.86
16	20.98	21.20
18	19.50	19.22



การวิชาการเกษตร

2. ภาคผนวก 2 หลักฐานเชิงประจักษ์ของผลผลิตที่ได้ จากข้อ 3.2 โดยให้เรียงข้อมูลหลักฐานตามผลผลิตที่แสดงในตาราง



ภาพที่ 36 เครื่องทอดสุญญากาศอัตโนมัติโดยเทคนิคการควบคุมแบบสมองกลฝังตัว



ภาพที่ 37 เครื่องกวนระเหยน้ำในภาวะสุญญากาศแบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติสำหรับทำน้ำอ้อยเข้มข้นและน้ำเชื่อม



ภาพที่ 38 เครื่องอบลมร้อนแบบถาดอัจฉริยะสำหรับการลดความชื้นผลิตผลเกษตร



ภาพที่ 39 กลัวยเล็บมือนาง และสับปะรด ซึ่งอบ โดยวิธีอบแบบ 2 อุณหภูมิที่แนะนำ



ภาพที่ 40 ผู้ประกอบการทดสอบการใช้กระบวนการอบแห้งกลัวยและสับปะรดตามอุณหภูมิที่แนะนำ

3. ภาคผนวก 3 หลักฐานเชิงประจักษ์ของการนำผลงานไปใช้ประโยชน์

-

4. ภาคผนวก 4 หลักฐานการปรับแผนงบประมาณระหว่างปี

-