



was higher than outside above 20 degree celsius. Moreover, the cost of pineapple glaze drying by solar radiation was lower than drying by tray dryer about 498.8 bath.

Keywords: pineapple glaze, drying, solar dryer, tray dryer processing cost.

บทนำ

สับปะรด เป็นผลไม้ที่คนไทยรู้จักกันดีปลูกได้ทุกพื้นที่ทั่วประเทศ โดยเฉพาะภาคตะวันออก และภาคตะวันตก มีพื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตสูงสุด สับปะรดจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างยิ่งของประเทศเนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมส่งออกที่สำคัญ เช่น สับปะรดกระป๋อง สับปะรดแช่แข็ง น้ำผลไม้ และผลไม้แปรรูปสามารถนำรายได้เข้าประเทศปีละหลายล้านบาท เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้แรงงานมากทำให้เกิดการจ้างงานในท้องถิ่นที่มีอุตสาหกรรมประเภทนี้ตั้งอยู่ ช่วยลดปัญหาการว่างงานได้ในระดับหนึ่ง และทำให้อุตสาหกรรมอื่นต่อเนื่องตามมา เช่น อุตสาหกรรมผลิตกระป๋อง ถู กุ้งบรรจุ เป็นต้น ที่สำคัญเป็นการเพิ่มรายได้แก่เกษตรกรและยกระดับคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น (Suphanat Ketcharean, 2005) สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดลำปาง ปลูกมากที่สุด คืออำเภอเมืองลำปาง อำเภอแจ้ห่ม อำเภอแม่เมาะ และอำเภอเสริมงาม ตามลำดับ ซึ่งอำเภอเมืองลำปาง ปลูกมากที่สุดที่ตำบลบ้านเสด็จ ตำบลบ้านแลง และตำบลบุญญาพัฒนา ตามลำดับ รวมพื้นที่ปลูกโดยประมาณ 21,002 ไร่ ผลผลิตรวม 79,808 ตัน (Lampang Provincial Agriculture Extension Office, 2012) ซึ่งผลผลิตที่ได้ส่งขายให้โรงงานอุตสาหกรรมและขายเพื่อบริโภคผลสด และราคาขายมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทุกปี ซึ่งแปรผันตามกลไกตลาด การแปรรูป สับปะรดจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้เกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดมีรายได้เพิ่มขึ้น หนึ่งในกระบวนการแปรรูปที่จะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผลผลิตได้คือ การทำสับปะรดอบแห้ง

การทำสับปะรดอบแห้ง โดยทั่วไปจะใช้วิธีการตากแห้งอาศัยแสงอาทิตย์ ให้ความร้อนเพื่อทำให้น้ำระเหยออกมา และให้ลมพัดเอาไอน้ำออกไป วิธีนี้ต้องอาศัยธรรมชาติและใช้พื้นที่มากในการตาก อีกทั้งยังมิโอกาสที่จะทำให้อาหารได้รับสิ่งปนเปื้อนได้ง่าย จึงจำเป็นต้อง

อบแห้งในเครื่องอบหรือโรงเรือนอบแห้งด้วยพลังงานต่าง ๆ ในขณะที่พลังงานถือเป็นสิ่งสำคัญในชีวิตและการเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ซึ่งประเทศไทยมีการใช้พลังงานในด้านต่างๆ เพิ่มขึ้นทุกปี ซึ่งพลังงานบางส่วนไม่สามารถนำมาทดแทนได้ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ด้านการอบแห้ง เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการใช้พลังงานค่อนข้างสูงในกระบวนการอบแห้งซึ่งมีวิธีการอบแห้งโดยการลดความชื้นมีหลากหลายรูปแบบ เช่น การใช้ลมร้อนเป่าผ่านผลผลิต การลดความชื้นแบบลูกกลิ้ง (Drum Drying) และแบบพ่นฝอย (Spray Drying) การลดความชื้นด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) (Surbkar, 2013) ซึ่งแต่ละวิธีที่กล่าวมาเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าไปลดความชื้นทั้งสิ้น จึงมีผู้วิจัยทำการประยุกต์ใช้พลังงานจากรังสีแสงอาทิตย์มาลดความชื้นผลผลิตทางการเกษตร อาหารต่างๆ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน การอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ในประเทศไทย พบว่า สามารถแบ่งตามวิธีการรับรังสีอาทิตย์ได้ 3 แบบ คือ รับรังสีอาทิตย์โดยตรง โดยอ้อม และแบบผสม มีลักษณะการหมุนเวียนอากาศภายใน 2 ลักษณะ คือหมุนเวียนตามธรรมชาติ (Passive System) และหมุนเวียนแบบบังคับ (Active System) โดยปัจจัยหลักของการเพิ่มสมรรถนะการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ คือ อุณหภูมิ ความเร็ว และความชื้นของอากาศในระบบ (Jareanjit, 2012) ทำให้มีการสร้างโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกใช้หลักการเรือนกระจก (Greenhouse Effect) เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ส่องผ่านกระจกหรือพลาสติกใสเข้าไปภายใน จะถูกผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบต่างๆ ภายในเรือนกระจกดูดกลืนรังสีแล้วเปลี่ยนเป็นความร้อน วัสดุภายในโรงเรือนจะแผ่รังสีอินฟราเรดออกมา แต่ไม่สามารถผ่านกระจกออกมาภายนอกได้ ทำให้อุณหภูมิในเรือนกระจกสูงขึ้นและถ่ายเทความร้อนให้กับผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้ผลผลิตทางการเกษตรแห้งได้ไว อบได้ในปริมาณครั้งละมากๆ และลดการปนเปื้อนได้ดี (Janchai, 2004) เป็นไปตามการศึกษาของ Hudakorn (2009) พบว่าการอบแห้งใน

วันที่มีทองฟ้าแจ่มใสอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งเฉลี่ยทั้งวันอยู่ที่ 47.0 °C และมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 54.10 °C โดยมีประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์สูงสุดที่ 56.23 % และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดเท่ากับ 16.90 % เครื่องอบแห้งนี้สามารถอบมะเขือเทศราชินีแช่อบในเวลา 24 ชั่วโมง ในขณะที่ตากแดดตามธรรมชาติใช้เวลาถึง 48 ชั่วโมง สอดคล้องกับ Jareanjit, Dusamoh, Detsopha, and Chuyin (2012) พบว่า การอบแห้งด้วยตู้อบแห้งและกลิ่นความชื้นรังสีอาทิตย์แบบเทอร์โมไซฟอน ใช้ระยะเวลาการอบแห้งสั้น อัตราการอบแห้งสูง เมื่อเทียบกับการตากแห้งตามธรรมชาติเพียงอย่างเดียว ในขณะที่ Ninchue Wong, Ekphon, Tirawanichakul, and Tirawanichakul (2012) วิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งและจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งของยางแผ่นดิบ อุณหภูมิอบแห้ง ความเร็วลมร้อน และค่าความชื้นสุดท้ายของยางแผ่นแห้ง พบว่า การอบแห้งยางแผ่นด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีอัตราการอบแห้งเร็วกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแห้งยางแผ่นตามธรรมชาติ คุณภาพของยางพาราแผ่นผึ่งแห้งที่ได้ผ่านเกณฑ์คุณภาพดีทุกเงื่อนไขการทดลอง และความเป็นสีเหลืองยางแผ่นแห้งจะแปรตามอุณหภูมิอบแห้ง จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าพลังงานจากรังสีแสงอาทิตย์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลผลิตได้ จึงขึ้นอยู่กับลักษณะและชนิดของโรงเรือนที่ใช้ในการอบแห้ง

ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้พัฒนากระบวนการแปรรูปสับปะรดแช่อบแห้ง ออกแบบและสร้างโรงเรือนอบแห้งสับปะรดแช่อบด้วยรังสีแสงอาทิตย์ และศึกษาด้านทุนการแปรรูปสับปะรดแช่อบแห้ง เพื่อแก้ปัญหาสับปะรดมีราคาตกต่ำ และเพิ่มมูลค่าของผลผลิต

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. การแปรรูปสับปะรดแช่อบแห้ง

การพัฒนากระบวนการทำแห้งที่มีผลต่อคุณภาพสับปะรดแช่อบแห้ง

1) การเตรียมสับปะรดแช่อบ โดยใช้สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่มีระยะการเก็บเกี่ยวที่มีการสุกประมาณร้อยละ 30 (สุกมีสีเหลืองนวลจากข้อผลขึ้นไปไม่เกินสามตา) หรือมีค่าเฉลี่ยของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solids ; TSS) เท่ากับ 12 องศาบริกซ์ ล้างน้ำให้สะอาด นำมาหั่นเป็นแว่นความหนา 1.5 ถึง 1.8 เซนติเมตร เจาะแกนและเปลือกด้วยที่เจาะแกนและเปลือกเป็นแว่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ล้างน้ำให้ จากนั้นนำไปนึ่งด้วยน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที แช่ในน้ำเชื่อมเริ่มต้นที่มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 25 องศาบริกซ์ ที่เตรียมไว้เป็นระยะเวลา 1 คืน เก็บในภาชนะบรรจุปิดสนิทที่สะอาดเก็บไว้ในตู้เย็น (อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส)

ในวันที่ 2, 3 และ 4 นำสับปะรดแช่น้ำเชื่อมมาแยกน้ำเชื่อมออกส่วนเนื้อสับปะรดตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ ส่วนน้ำเชื่อมนำไปต้มเดือด 20 นาที และวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดแล้วคำนวณปรับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำเชื่อมเพิ่มขึ้นอีก 10 องศาบริกซ์ต่อวัน แล้วนำเนื้อสับปะรดแช่น้ำเชื่อมทิ้งไว้ 1 คืนในวันที่ 2 และ 3 โดยเก็บในภาชนะบรรจุปิดสนิทที่สะอาดเก็บไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น ส่วนวันที่ 4 นำเนื้อสับปะรดแช่น้ำเชื่อมทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 10 วัน เก็บในสภาวะแช่เย็นภายใต้ภาชนะบรรจุปิดสนิทเมื่อครบระยะเวลา 10 วัน นำสับปะรดแช่อบมาแยกน้ำเชื่อมออกจากน้ำเชื่อม ทิ้งให้สะเด็ด จุ่มล้างในน้ำร้อน 1 นาที แล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 12 ชั่วโมง และอบด้วยโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ โดยใช้ระยะเวลา 18 ชั่วโมง จึงจะได้ผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อบที่มีความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 10

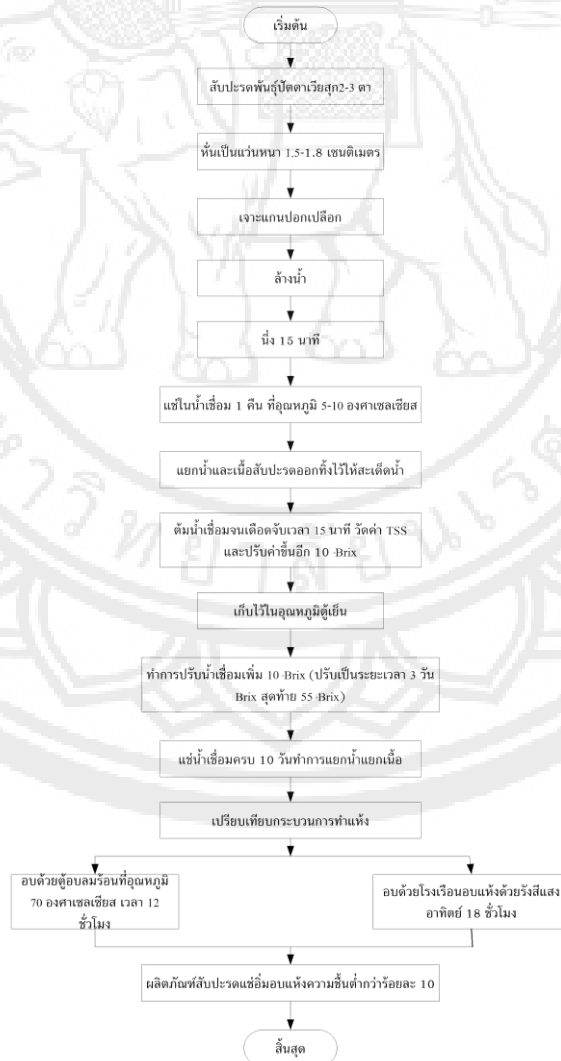
2) การศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการทำแห้งสับปะรดแช่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนกับโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อบแห้ง นำสับปะรดแช่อบที่ได้กระบวนการทำสับปะรดแช่อบตั้งแสดงในรูปที่ 1 ไปอบแห้งและทำการกลับด้านทุก 1 ชั่วโมง วัดปริมาณความชื้นทุก 1 ชั่วโมง จนสับปะรดแห้งมีความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 10 นำผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อบแห้งได้มาทำการตรวจสอบคุณภาพด้านเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ดังนี้



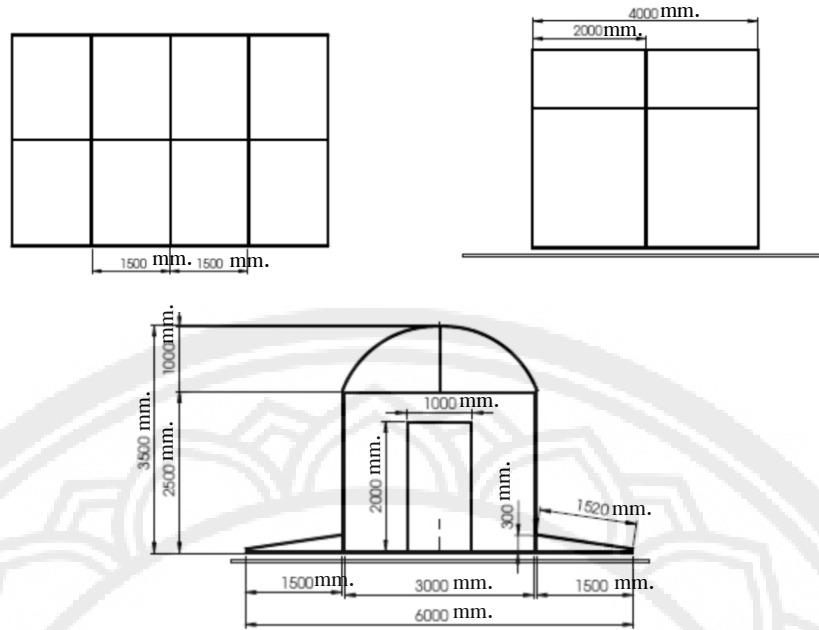
1. วัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Colorimeter รุ่น Color Quest XE ยี่ห้อ Hunter Lab
2. ลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านค่าความแข็ง (Hardness) โดยใช้เครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable Micro System ด้วยหัววัดแบบ 6mm. Cyl. Stainless (P=0.15s)
3. วัดค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง Water Activity meter ยี่ห้อ Aqualab lite AI-1846
4. วัดปริมาณความชื้นด้วยวิธีการอบแห้ง (AOAC, 2000)
5. วัดปริมาณปริมาณยีสต์และรา (FDA-BAM, 1995) ทำการทดลอง 2 ข้างวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. โรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์

การออกแบบสามารถทำงานได้ 2 ระบบ คือ ระบบการทำงานแบบธรรมชาติ และการทำงานแบบอัตโนมัติ ในการออกแบบและสร้างโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์นี้ เป็นการผสมผสานหลักการการทำงานของการอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์แบบการรับรังสีแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Solar Drying : DSD) และการรับรังสีแสงอาทิตย์โดยอ้อม (Indirect Solar Drying : ISD) โดยโครงสร้างของโรงเรือนทำจากเหล็กที่สามารถถอดประกอบได้ ทำให้สามารถนำไปติดตั้งในสถานที่ต่างๆ ได้ และใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นแผ่นกันโรงเรือน เนื่องจากสามารถตัดโค้งได้ง่าย น้ำหนักเบา และแสงอาทิตย์ผ่านได้ดี โรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์มีขนาดกว้าง 3 เมตร ยาว 4 เมตร และสูง 3.5 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตสับประรดแช่อิ่มอบแห้ง

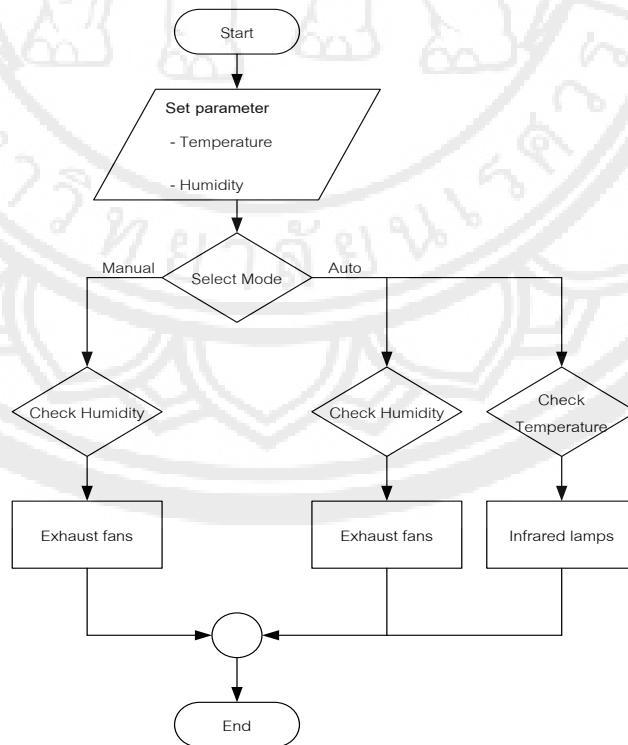


รูปที่ 2 โครงสร้างโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์

ระบบการควบคุมการทำงานของโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ ระบบการทำงานแบบธรรมดา และระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยมีการทำงานดังรูปที่ 3

ระบบการทำงานแบบธรรมดาคะออกแบเพื่อให้ใช้พลังงานไฟฟ้าให้น้อยที่สุด คือ ใช้รังสีแสงอาทิตย์เพียง

อย่างเดียวในการอบแห้ง ส่วนการระบายความชื้นจะยังคงใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำให้พัดลมดูดอากาศทำงาน เพื่อระบายความชื้นออกไปด้านนอก โดยที่พัดลมระบายอากาศจะทำงานเมื่อมีความชื้นในโรงเรือนสูงกว่าที่กำหนดไว้เท่านั้น การทำงานในระบบนี้จะสามารถอบแห้งในเวลากลางวันเท่านั้น



รูปที่ 3 ระบบการควบคุมการทำงาน



สรุปผลการศึกษา

1. อุณหภูมิในการอบแห้งไม่มีผลต่อคุณภาพทางเคมี และกายภาพของสับประรดแช่อิ่มอบแห้ง แต่เวลาในการอบแห้งมีผลต่อคุณภาพทางเคมีของสับประรดแช่อิ่มอบแห้งด้านค่าปริมาณน้ำอิสระ และสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งสับประรดแช่อิ่มอบแห้ง

2. ผลผลิตกัมมันต์สับประรดแช่อิ่มอบแห้งด้วยโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ มีคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพด้านปริมาณความชื้น และด้านจุลินทรีย์มีค่าที่ดีกว่า และต้นทุนการแปรรูปต่ำกว่าการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน

3. โรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ สามารถการอบแห้งได้ 2 ระบบ คือแบบธรรมดาและแบบอัตโนมัติ และอุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่าภายนอกสูงสุด 20 องศาเซลเซียส และต้นทุนการแปรรูปผลผลิตกัมมันต์สับประรดแช่อิ่มอบแห้งด้วยโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์แบบธรรมดา ต่ำกว่าต้นทุนการแปรรูปผลผลิตกัมมันต์สับประรดแช่อิ่มอบแห้งด้วยโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ แบบอัตโนมัติ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการวิจัยยกระดับคุณภาพชีวิตของชุมชนผู้ปลูกสับประรด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

References

Hudakorn, T. (2009). A study on performance of a V-groove flat plate solar collector for a solar dryer. In the 23th Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand, Chiang Mai, Thailand.

Janchai, S. (2004). *Solar crop dryers*. Ministry of Energy: Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Thailand.

Jareanjit, J. (2012). A Solar Dryer Technology and Its Development. *KKU Research Journal*, 17(1), 110-124.

Jareanjit, J., Dusamoh, Y., Detsopha, S., & Chuyin, S. (2012). A solar dryer & moisture condensing cabinet with thermosyphon heat flow. *KKU Engineering Journal*, 38(1), 35-42.

Ketcharean, S. (2005). *The Production Technology of Fresh Pineapple Consumption of Farmers*. N.P.: Department of Agricultural Extension.

Lampang Provincial Agriculture Extension Office. (2012). *Lampang Crop Data 2554/2555*. Lampang: Lampang Provincial Agriculture Extension Office.

Ninchuewong, T., Ekphon, A., Tirawanichakul, S., & Tirawanichakul, Y. (2012). Drying of air dried sheet rubber using hot air dryer and solar dryer for small entrepreneurs and small rubber cooperatives. *Burapha Science Journal*, 17(2), 50-59.

Rungsardthong, V. (2000). *Food Processing Technology*. Bangkok: Kink Mongkut Institute of Technology North Bangkok.

Surbkar, R. (2013). Dehydration Technology. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 23(2), 500-512.

Taikhao, A., & Teekasap, S. (2013). Natural Convection and Forced Convection Solar Dryers. *EAU Heritage Journal*, 7(1), 23-31.