

การแปรรูปสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์

วันไชย คำเสน^{1*}, อำนาจ พัดวัง¹, ชูธง สัมมัตตะ¹, จิรพนธ์ ทาแกง¹, พงศกร สุรินทร์¹,
สรายุทธ มัลลย์พันธุ์¹, สุมิตรา สุปินราช², ณัฏฐาลินคณ เศรษฐปราโมทย์², ปิยะมาสส์ ตันทะเจริญรัตน์²,
ชนิชา จินาการ์², ปัญจพร ศรีชนาพันธ์³ และวิษณุ ช้างเนียม³

Processing of Dried Pineapple Glace using Solar Dryer

Wanchai Khamsen^{1*}, Amnaj Patwang¹, Chuthong Summatta¹, Chiraphon Takeang¹,
Pongsakorn Surin¹, Sarayut Malaipun¹, Sumidtra Supinrach², Natwalinkhol Settapromote²,
Piyamas Tancharoenrat², Chanicha Jinakarn², Puchaporn Srichanapun³ and Visanu Changniam³

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

³คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

¹Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Mueang, Lampang 52000.

²Faculty of Sciences and Agriculture, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Mueang, Lampang 52000.

³Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Mueang, Lampang 52000.

*Corresponding author. E-mail address: wanchai_kh@rmul.ac.th

Received: 8 March 2016; Accepted: 10 August 2016

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อแปรรูปสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ โดยมีการดำเนินงาน 3 ส่วน คือ 1) พัฒนาระบบการแปรรูปสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งและทดสอบการทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนและโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ 2) ออกแบบและสร้างโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ให้สามารถถอดประกอบได้ และใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นส่วนรับรังสีแสงอาทิตย์ โดยระบบการทำงานของโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์มี 2 ระบบ คือ ระบบธรรมดา เป็นการอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มจะใช้รังสีแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวในการอบแห้ง และระบบอัตโนมัติ เป็นการใช้รังสีแสงอาทิตย์และรังสีอินฟราเรดจากหลอดไฟฟ้าในการอบแห้ง และ 3) ศึกษาต้นทุนการแปรรูปสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง โดยใช้ตู้อบลมร้อนและโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ ผลการทดสอบการอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มด้วยโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ มีคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีด้านปริมาณความชื้นมีค่าที่ต่ำกว่า การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ซึ่งผลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นอุณหภูมิภายในโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์สูงกว่าภายนอกสูงสุด 20 องศาเซลเซียส และพบว่าต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งวิธีการใช้โรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ต่ำกว่าต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งวิธีการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนกิโลกรัมละ 498.8 บาท

คำสำคัญ: สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง, การทำแห้ง, การอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์, การอบแห้งด้วยลมร้อน, ต้นทุนการแปรรูป

Abstract

The objective of this research was to process pineapple glace drying by using solar radiator. This research consists of three parts. Firstly, developed pineapple glace process, and investigated the drying process by using tray drying and solar drying. Secondly, design and built the solar drying house which can be disassembled and used polycarbonate to absorb solar radiation. The drying house composed of systems: manual and automatic systems. The manual system used only solar radiation to dry products whereas the automatic system consists of solar radiation and infrared lamp to dry products. Thirdly, study on the cost of pineapple glace drying process using tray drying and solar drying. The result showed that drying pineapple glace with solar radiation had better physical quality, chemical quality and moisture content than drying with tray dryer. The temperature and moisture content in the drying house using solar radiation were determined. It was found that the temperature inside drying house



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 ลูกกลิ้งบรรจุ เป็นต้น ที่สำคัญเป็นการเพิ่มรายได้แก่เกษตรกรและยกระดับคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น (Suphanat Ketcharean, 2005) สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดลำปาง ปลูกมากที่สุด คือ อำเภอเมืองลำปาง อำเภอแจ้ห่ม อำเภอแม่เมาะ และอำเภอเสริมงาม ตามลำดับ ซึ่งอำเภอเมืองลำปาง ปลูกมากที่สุดที่ตำบลบ้านเสด็จ ตำบลบ้านแลง และตำบลบุญนาควพัฒนา ตามลำดับ รวมพื้นที่ปลูกโดยประมาณ 21,002 ไร่ ผลผลิตรวม 79,808 ตัน (Lampang Provincial Agriculture Extension Office, 2012) ซึ่งผลผลิตที่ได้ส่งขายให้โรงงานอุตสาหกรรมและขายเพื่อบริโภคผลสด และราคาขายมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทุกปี ซึ่งแปรผันตามกลไกตลาด การแปรรูปสับปะรดจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้เกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดมีรายได้เพิ่มขึ้น หนึ่งในกระบวนการแปรรูปที่จะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผลผลิตได้คือ การทำสับปะรดอบแห้ง

การทำสับปะรดอบแห้ง โดยทั่วไปจะใช้วิธีการตากแห้งอาศัยแสงอาทิตย์ ให้ความร้อนเพื่อทำให้น้ำระเหยออกมา และให้ลมพัดเอาไอน้ำออกไป วิธีนี้ต้องอาศัยธรรมชาติและใช้พื้นที่มากในการตาก อีกทั้งยังมีโอกาสที่จะทำให้อาหารได้รับสิ่งปนเปื้อนได้ง่าย จึงจำเป็นต้อง

อบแห้งในเครื่องอบหรือโรงเรือนอบแห้งด้วยพลังงานต่างๆ ในขณะที่พลังงานถือเป็นสิ่งสำคัญในชีวิตและการเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ซึ่งประเทศไทยมีการใช้พลังงานในด้านต่างๆ เพิ่มขึ้นทุกปี ซึ่งพลังงานบางส่วนไม่สามารถนำมาทดแทนได้ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ด้านการอบแห้ง เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการใช้พลังงานค่อนข้างสูงในกระบวนการอบแห้ง ซึ่งมีวิธีการอบแห้งโดยการลดความชื้นมีหลากหลายรูปแบบ 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 คือ หมุนเวียนตามธรรมชาติ (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 % เครื่องอบแห้งนี้สามารถอบมะเขือเทศราชินีแช่แข็งในเวลา 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

ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการแปรรูปสับปะรดแช่แข็งอบแห้ง ออกแบบและสร้างโรงเรือนอบแห้งสับปะรดแช่แข็งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ และศึกษาด้านทุนการแปรรูปสับปะรดแช่แข็งอบแห้ง เพื่อแก้ปัญหาสับปะรดมีราคาตกต่ำ และเพิ่มมูลค่าของผลผลิต

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. การแปรรูปสับปะรดแช่แข็งอบแห้ง

การพัฒนาระบบการทำแห้งที่มีผลต่อคุณภาพสับปะรดแช่แข็งอบแห้ง

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

ในวันที่ 2, 3 และ 4 นำสับปะรดแช่แข็งมาแช่น้ำเชื่อมมาแช่น้ำเชื่อมออกส่วนเนื้อสับปะรดตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ ส่วนน้ำเชื่อมนำไปต้มเดือด 20 นาที และวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดแล้วคำนวณปรับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำเชื่อมเพิ่มขึ้นอีก 10 องศาบริกซ์ต่อวัน แล้วนำเนื้อสับปะรดแช่ในน้ำเชื่อมทิ้งไว้ 1 คืนในวันที่ 2 และ 3 โดยเก็บในภาชนะบรรจุปิดสนิทที่สะอาดเก็บไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น ส่วนวันที่ 4 นำเนื้อสับปะรดแช่ในน้ำเชื่อมทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 10 วัน เก็บในสภาวะแช่เย็นภายใต้ภาชนะบรรจุปิดสนิท เมื่อครบระยะเวลา 10 วัน นำสับปะรดแช่แข็งมาแช่น้ำเชื่อมสับปะรดออกจากน้ำเชื่อม ทิ้งให้สะเด็ด จุ่มลงในน้ำร้อน 1 นาที แล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 12 ชั่วโมง และอบด้วยโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ โดยใช้ระยะเวลา 18 ชั่วโมง จึงจะได้ผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่แข็งมีความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 10

2) การศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการทำแห้งสับปะรดแช่แข็งอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนกับโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่แข็งอบแห้ง นำสับปะรดแช่แข็งที่ได้กระบวนการทำสับปะรดแช่แข็งดังแสดงในรูปที่ 1 ไปอบแห้งและทำการกลับด้านทุก 1 ชั่วโมง วัดปริมาณความชื้นทุก 1 ชั่วโมง จนสับปะรดแห้งมีความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 10 นำผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่แข็งอบแห้งได้มาทำการตรวจสอบคุณภาพด้านเคมีกายภาพ 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)

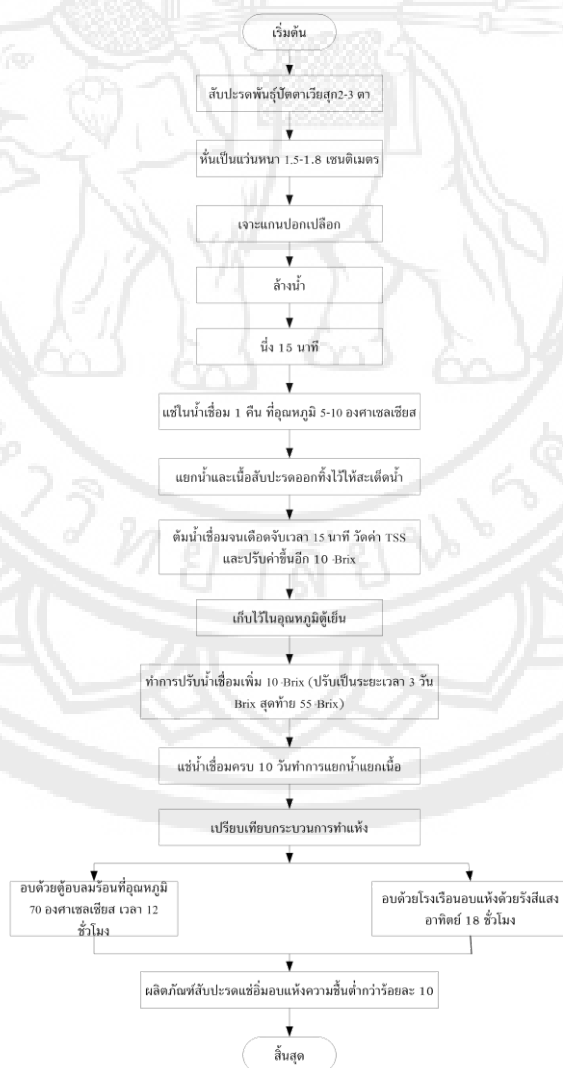
3. วัดค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง Water Activity meter ยี่ห้อ Aqualab lite AI-1846

4. วัดปริมาณความชื้นด้วยวิธีการอบแห้ง (AOAC, 2000)

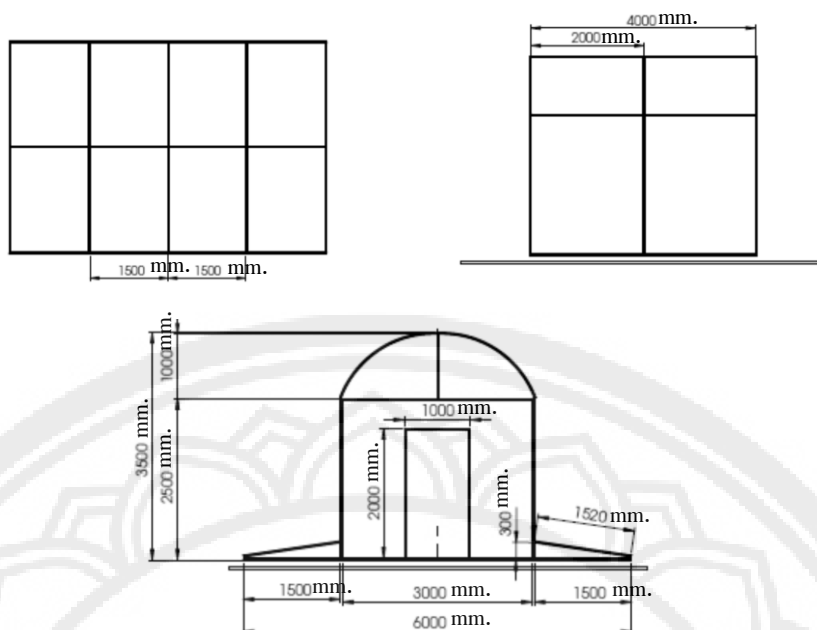
5. วัดปริมาณปริมาณยีสต์และรา (FDA-BAM, 1995) ทำการทดลอง 2 ข้างวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. โรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์

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



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตสับประรดแช่อิ่มอบแห้ง

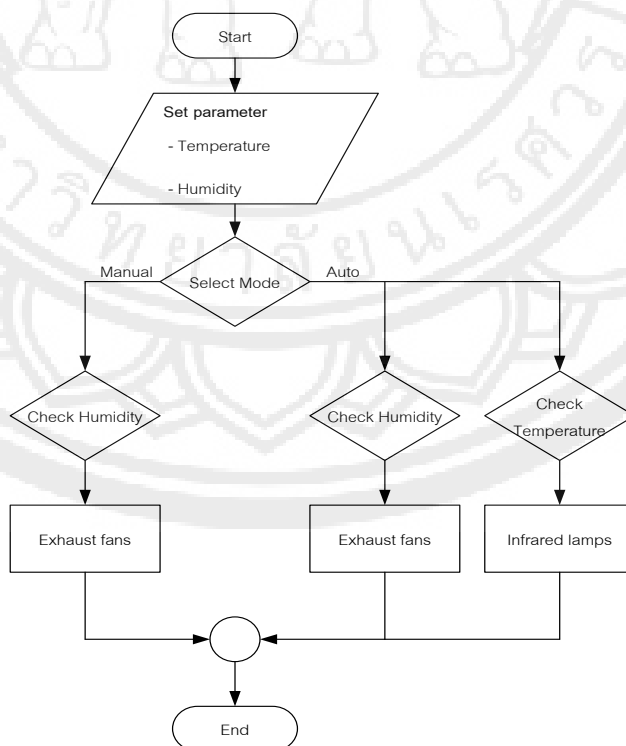


รูปที่ 2 โครงสร้างโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์

ระบบการควบคุมการทำงานของโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ ระบบการทำงานแบบธรรมดา และระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยมีการทำงานดังรูปที่ 3

ระบบการทำงานแบบธรรมดาคือจะออกแบบเพื่อให้ใช้พลังงานไฟฟ้าให้น้อยที่สุด คือ ใช้รังสีแสงอาทิตย์เพียง

อย่างเดียวในการอบแห้ง ส่วนการระบายความชื้นจะยังคงใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำให้พัดลมดูดอากาศทำงาน เพื่อระบายความชื้นออกไปด้านนอก โดยที่พัดลมระบายอากาศจะทำงานเมื่อมีความชื้นในโรงเรือนสูงกว่าที่กำหนดไว้เท่านั้น การทำงานในระบบนี้จะสามารถอบแห้งในเวลากลางวันเท่านั้น



รูปที่ 3 ระบบการควบคุมการทำงาน



ระบบการทำงานแบบอัตโนมัติจะออกแบบเพื่อให้การอบใช้เวลาที่น้อยที่สุด คือ ใช้รังสีแสงอาทิตย์เป็นหลักในการอบแห้ง ส่วนรังสีอินฟราเรดจากหลอดไฟฟ้าจะทำงานในกรณีที่อุณหภูมิภายในโรงเรือนต่ำกว่าที่กำหนดไว้ ซึ่งสามารถทำงานได้ต่อเนื่องตลอดทั้งวันทั้งคืน เพื่อการอบใช้เวลาที่น้อยที่สุด ส่วนการระบายความชื้นจะยังคงใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำให้พัดลมดูดอากาศทำงาน เพื่อระบายความชื้นออกไปด้านนอก โดยที่พัดลมระบายอากาศจะทำงานก็ต่อเมื่อมีความชื้นในโรงเรือนสูงกว่าที่กำหนดไว้เท่านั้น การทำงานในระบบนี้จะสามารถอบแห้งทั้งเวลากลางวันและกลางคืน ส่งผลให้ใช้เวลาที่น้อยในการอบแห้ง ในขณะที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าวิธีระบบการทำงานแบบธรรมดา

3. การศึกษาต้นทุนการแปรรูปสับปะรดแช่อบแห้ง

การศึกษาด้านต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อบแห้ง มีวิธีการวิจัยประกอบด้วย กระบวนการเก็บข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย และการวิเคราะห์ข้อมูล

กระบวนการเก็บข้อมูล เครื่องมือวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ทำการเริ่มเก็บข้อมูลต้นทุนจากกระบวนการทำสับปะรดแช่อบแห้ง หลังจากนั้นทำการเก็บข้อมูลสับปะรดอบแห้งแบบลมร้อน (Tray Dryer) กับโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ (Solar Dryer) โดยเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง สร้างตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิด โดยสัมภาษณ์เกี่ยวกับกระบวนการแช่อบสับปะรดจนถึงเข้าตู้อบและเปรียบเทียบระหว่างการใช้กระบวนการแสงอาทิตย์ พร้อมทั้งสอบถามเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการแปรรูปผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อบแห้งระหว่างวิธีการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน กับวิธีอบแห้งแบบโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ เมื่อสัมภาษณ์เสร็จนำข้อมูลที่ได้อาจการสัมภาษณ์มาทำการถอดข้อมูลแบบคำต่อคำ และนำไปทวนคำตอบกับผู้ถูกสัมภาษณ์ว่าข้อมูลที่ถอดความมีความถูกต้อง หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ถูกต้องมาวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุนการผลิตประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก วัตถุดิบ ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายในการผลิต

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อบแห้ง

ผลการเปรียบเทียบกระบวนการทำแห้งระหว่างตู้อบลมร้อน และตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าค่าสี a^* b^* ค่าเนื้อสัมผัสของอาหาร ปริมาณน้ำอิสระ และด้านจุลินทรีย์ ปริมาณยีสต์และรา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ด้านค่าสี L^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสี L^* ของการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีค่าเท่ากับ 67.92 ± 4.04 ซึ่งมีค่าความสว่างมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่อบด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่า L^* น้อยกว่าคือเท่ากับ 50.93 ± 0.1 อาจเป็นเนื่องจากปัจจัยด้านอุณหภูมิในระหว่างการทำแห้งของตู้อบลมร้อน กับตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีความแตกต่างกันเช่น ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์อาจจะมีบางช่วงเวลาที่อุณหภูมิลดต่ำกว่าอุณหภูมิที่ควบคุมไว้ ส่งผลต่อค่าสีแดง คือ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ขึ้นได้ และปริมาณความชื้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณความชื้นของการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีค่าเท่ากับร้อยละ 17.97 ± 0.60 ซึ่งจะมีค่ามากกว่าผลิตภัณฑ์ที่อบด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์จะมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าคือเท่ากับร้อยละ 6.43 ± 2.48 สาเหตุอาจเนื่องมาจากปัจจัยด้านความหนาของชั้นสับปะรด ที่ไม่มีความสม่ำเสมอในบางชิ้น ซึ่งความหนาของชั้นสับปะรดมีผลต่อการระเหยของน้ำในกระบวนการทำแห้ง อีกทั้งมีความเข้มข้นของน้ำตาลในเนื้อสับปะรดสูงก็จะส่งผลต่อกระบวนการทำแห้งทำให้ความชื้นอาจจะมีค่าแตกต่างกันได้ในแต่ละชิ้น ลักษณะธรรมชาติของอาหาร ขนาดรูปร่าง ปริมาตร และพื้นที่ผิวของอาหารเป็นสมบัติทางกายภาพของอาหารที่มีผลต่อการทำแห้ง ดังนั้นการอาหารที่มีความหนามากอัตราการอบแห้งจะช้ากว่าอาหารที่หนาน้อยกว่า เนื่องจากอัตราการทำแห้งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร (Rungsardthong, 2000) เมื่อเปรียบเทียบกระบวนการทำแห้งสับปะรดแช่อบแห้งทั้งสองวิธีการทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์จะได้ผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อบแห้งที่มีคุณภาพดีกว่าทั้งในด้านคุณภาพทางเคมีและกายภาพ

เช่น ปริมาณความชื้น สี อาจเป็นเนื่องจากตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีการถ่ายเทความร้อนได้สม่ำเสมอว่าตู้อบลมร้อนซึ่งมีลักษณะเป็นตู้อบที่มีหลายชั้นการส่งผ่านความร้อนอาจไม่เท่ากัน แต่ด้านจุลินทรีย์ ปริมาณยีสต์และรา พบว่าการทำแห้งตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์จะมี

ปริมาณยีสต์และราน้อยกว่าการทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งตู้อบลมร้อน ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 136/2546 เรื่อง ผลไม้แห้ง ว่าปริมาณยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ตารางที่ 1 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อบแห้ง

คุณลักษณะ	ตู้อบลมร้อน	โรงเรือนรังสีแสงอาทิตย์
ทางกายภาพ		
สี		
L*	67.92 ^a ±4.04	50.93 ^b ±0.18
a* ^{ns}	2.62 ±0.63	2.96 ±0.13
b* ^{ns}	25.24 ±0.82	20.79 ±6.63
texture ^{ns} (N/m ²)	31.46 ±11.43	18.16 ±0.55
a _w ^{ns}	0.74 ±0.01	0.60 ±0.06
ทางเคมี		
moisture (ร้อยละ)	17.97 ^a ±0.60	6.43 ^b ±2.48
ทางจุลินทรีย์		
ยีสต์และรา cfu /g	1.64 x 10 ^{2b} ±0.55	7.3 x 10 ^a ±32.52

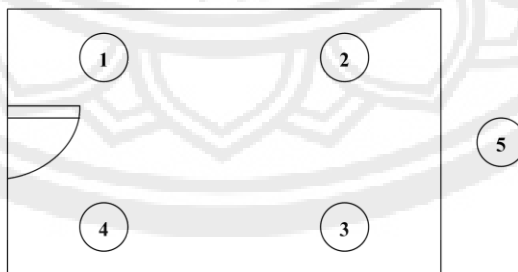
หมายเหตุ: a,b อักษรกำกับในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ (P<0.05)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

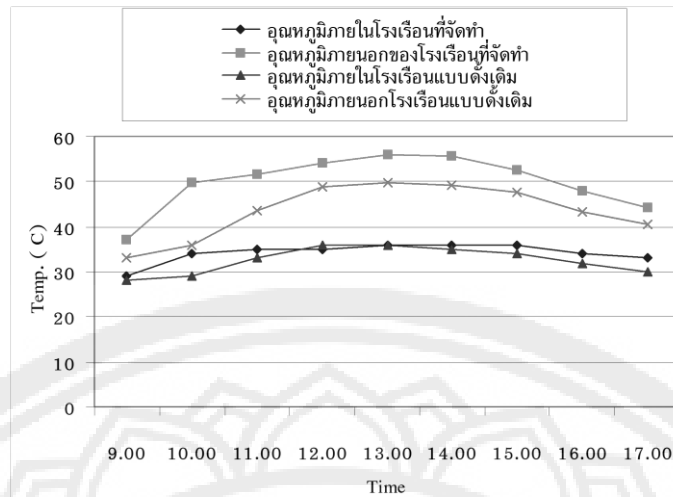
2. การทดสอบโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์

การทดสอบโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ เป็นการทดสอบประสิทธิภาพการอบแห้งโดยใช้โรงเรือนที่สร้างขึ้น โดยวัดค่าต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การใช้พลังงานไฟฟ้า โดยดำเนินการวัดค่าต่างๆ ในโรงเรือน 2 รูปแบบ คือ โรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิมและโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ที่จัดทำ

ขึ้น การดำเนินการวัดความร้อนด้วยเทอร์โมมิเตอร์เพื่อเป็นการเปรียบเทียบความร้อนที่เกิดขึ้นภายในโรงเรือน การทดสอบนี้เป็นการวัดอุณหภูมิและความชื้นทั้งภายในและนอกโรงเรือน จำนวน 5 จุด ดังรูปที่ 4 โดยทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นตั้งแต่เวลา 09.00-17.00 น. เป็นเวลา 30 วัน (ภายในโรงเรือน 4 จุด และภายนอกโรงเรือน 1 จุด) ผลการวัดอุณหภูมิเฉลี่ยแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 4 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิและความชื้น

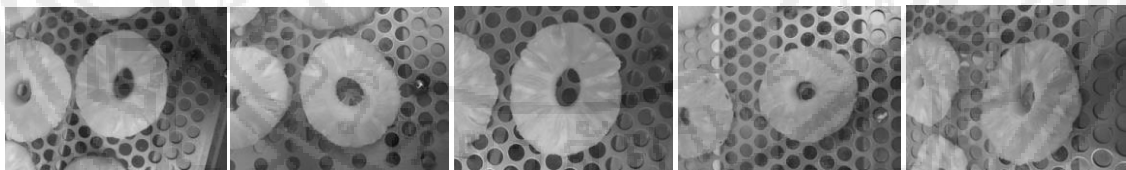


รูปที่ 5 ความร้อนของโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิมกับโรงเรือนที่จัดทำขึ้น

การทดสอบการอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มด้วยรังสีแสงอาทิตย์

การทดสอบการอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มโดยใช้โรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ 2 รูปแบบ คือ การทดสอบการอบแห้งแบบธรรมดาและแบบอัตโนมัติ โดยวัดค่าต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การใช้พลังงานไฟฟ้า ระยะเวลา และอัตราการลดความชื้นของสับปะรด ซึ่งผลการทดสอบการอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มพบว่าการอบแห้งแบบธรรมดา จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งจำนวน 2.5 วัน เพื่อให้ได้สับปะรดที่มีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 10

ในขณะทำการอบแห้งแบบอัตโนมัติ จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 1.5 วัน และผลของอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน ซึ่งในช่วงเวลากลางวันผลต่างของอุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอกโรงเรือนสูงสุด 17.25 องศาเซลเซียส ในขณะที่เวลากลางคืนผลต่างของอุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอกโรงเรือนสูงสุด 6.25 องศาเซลเซียส ส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบแห้งธรรมดาจะใช้พลังงาน 2.65 หน่วยต่อการอบแห้งหนึ่งครั้ง ส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบแห้งอัตโนมัติจะใช้พลังงาน 25.45 หน่วยต่อการอบแห้งหนึ่งครั้ง



รูปที่ 6 ลักษณะสับปะรดแช่อิ่มในแต่ละช่วงเวลา

3. การศึกษาต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

การศึกษาด้านต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง พบว่าต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งวิธีการใช้โรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ต่ำกว่าต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งวิธีการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน กิโลกรัมละ 498.8 บาท สอดคล้องกับการศึกษาของ Kuanpradit, Kunchornra, and Tavattana (2013) พบว่าต้นทุนของการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงาน

รังสีอาทิตย์สามารถประหยัดต้นทุนได้มากกว่าการอบแห้งแบบเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

ต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งวิธีการใช้โรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ แบบธรรมดา ต่ำกว่าต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งวิธีการใช้โรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ กิโลกรัมละ 4.67 บาท สอดคล้องกับงานวิจัยของ Taikhao and Teekasap (2013) ต้นทุนการอบแห้งแบบธรรมชาติมีต้นทุนที่ต่ำกว่าต้นทุนการอบแห้งแบบบังคับร้อน



สรุปผลการศึกษา

1. อุณหภูมิในการอบแห้งไม่มีผลต่อคุณภาพทางเคมี และกายภาพของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง แต่เวลาในการอบแห้งมีผลต่อคุณภาพทางเคมีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งด้านค่าปริมาณน้ำอิสระ และสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

2. ผลผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งด้วยโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ มีคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพด้านปริมาณความชื้น และด้านจุลินทรีย์มีค่าที่ดีกว่า และต้นทุนการแปรรูปต่ำกว่าการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน

3. โรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ สามารถการอบแห้งได้ 2 ระบบ คือแบบธรรมดาและแบบอัตโนมัติ และอุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่าภายนอกสูงสุด 20 องศาเซลเซียส และต้นทุนการแปรรูปผลผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งด้วยโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ แบบธรรมดา ต่ำกว่าต้นทุนการแปรรูปผลผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งด้วยโรงเรือนอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์ แบบอัตโนมัติ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการวิจัยยกระดับคุณภาพชีวิตของชุมชนผู้ปลูกสับปะรด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาลำปาง

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: King 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.