



โครงการ: สิ่งประดิษฐ์เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ
A new invention of Low-Cost Direct Passive Solar Dryer

พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี 76120

E-mail: phisit@su.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ (Invention) สำหรับใช้ในการถนอมอาหารหรือแปรรูปอาหาร ประเภทเนื้อสัตว์ ผักและผลไม้โดยทำให้แห้งนอกจากนี้ยังสามารถใช้อบแห้งสมุนไพรต่างๆได้ด้วย ในการอบแห้งของเครื่องอบแห้งฯใช้หลักการไหลเวียนอากาศร้อน เพื่อระบายความชื้นโดยวิธีธรรมชาติ เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ส่องผ่านเครื่องอบแห้งฯ พื้นวัสดุสีดำภายในเครื่องอบแห้งฯจะดูดกลืนความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์เก็บสะสมไว้ เมื่ออุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งฯสูงขึ้น ประมาณ 45-60 องศาเซลเซียส อากาศร้อนในเครื่องอบแห้งฯจะถ่ายเทความชื้นที่มีอยู่ในอาหารหรือสมุนไพรให้ระเหยออกมา ลอยตัวสูงขึ้นออกไปทางช่องลมด้านบนของเครื่องอบแห้งฯ อากาศเย็นที่อยู่ภายนอกจะไหลเข้าทางช่องลมที่อยู่ส่วนล่างทางด้านหน้าของเครื่องอบแห้งฯแทนที่อากาศร้อน เป็นการถ่ายเทความชื้นภายในอาหารสู่ภายนอกเครื่องอบแห้งฯ ในการออกแบบเครื่องอบแห้งฯดังกล่าว เครื่องอบแห้งฯดังกล่าวนั้นออกแบบให้ใช้งานและบำรุงรักษาได้โดยง่าย มีพื้นที่ฐานในการอบแห้ง 45 x 57 เซนติเมตร ตัวเครื่องอบแห้งฯมีขนาดกะทัดรัด น้ำหนักเบาและเคลื่อนย้ายสะดวกตลอดจนต้นทุนในการสร้างเครื่องอบแห้งฯต่ำ เครื่องอบแห้งฯดังกล่าวจะทำให้การถนอมอาหารและสมุนไพรถูกสุขลักษณะ สามารถลดการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง และแมลงรบกวน ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, แปรรูปอาหาร, อบแห้งสมุนไพร

1. บทนำ

ปัญหาด้านอาหารที่พบมากที่สุดในประเทศกำลังพัฒนาส่วนใหญ่มาจากการที่ไม่สามารถเก็บรักษาผลผลิตอาหารในทันทีหมายถึงผลผลิตทางการเกษตรที่มีมากจนล้นตลาดในระดับภูมิภาค ซึ่งผลผลิตทางการเกษตรโดยปกติแล้วนั้นเป็นที่ต้องการในการบริโภค แต่ความต้องการในการบริโภคนั้นมีจำกัด จึงทำให้เกิดของเสียจากผลผลิตทางการเกษตรที่ล้นตลาดจำนวนมากในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวผลผลิต วิธีการอบแห้งนั้นเป็นหนึ่งในวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรหรือแปรรูป เพื่อเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรได้ยาวนานขึ้น ซึ่งพบว่าเทคนิคการอบแห้งนั้นนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพมากสำหรับผลผลิตทางการเกษตรประเภทพืชเมืองร้อน

การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวิธีการแบบดั้งเดิมนั้นรู้จักกันในนาม การตากแห้ง(Sun drying) เป็นวิธีการอย่างง่ายโดยการวางผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรลงบน เสื่อ หลังคาหรือพื้นสำหรับการตากแห้ง ซึ่งปัญหาหลักของวิธีการดังกล่าวคือการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรจากฝุ่นละออง นก หนูและแมลง ซึ่งบางส่วนของผลิตภัณฑ์นั้นจะมีเปอร์เซ็นต์การเสียหายและสูญหายเกิดขึ้น นอกจากนี้วิธีการดังกล่าวก็ยังขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ เพราะการอบแห้งโดยวิธีการตากแห้งนั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานแสงอาทิตย์และลม ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ทั้งนี้การอบแห้งโดยการตากแห้งใช้ต้นทุนต่ำในการลงทุน วิธีการอบแห้งดังกล่าวเป็นที่นิยมใช้กันและประสบความสำเร็จสำหรับผลผลิตทางการเกษตรในประเทศกำลังพัฒนา

วิธีการที่เป็นทางเลือกที่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคนอกเหนือจากวิธีการตากแห้ง(Open sun drying) นั่นคือเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar dryer) วิธีการดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูงกว่านอกจากนี้ผลผลิตทางการเกษตรที่อบแห้งเป็นผลิตภัณฑ์นั้นมีคุณภาพสูงกว่า แต่มีต้นทุนในเบื้องต้น ถ้าเงื่อนไขที่สำคัญในการอบแห้งคือสภาพภูมิอากาศและแหล่งอาหาร นั่นถือว่าเป็นวิธีการที่น่าสนใจเพราะเป็นเทคโนโลยีที่ทำให้อาหารหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งสะอาดและมีคุณภาพ

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ คือเครื่องมือที่ใช้ในการถนอมอาหารที่ลดความชื้นออกจากวัตถุดิบสามารถป้องกันความเสียหายจาก นก แมลงและฝนได้บางส่วน อาหารที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ดังกล่าวใช้พลังงานความร้อนนั้นจะมีความชื้นต่ำ สะอาด ถูกหลักสุขลักษณะ โดยพื้นฐานเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั้นสามารถจำแนกออกเป็น 4 ชนิด ดังนี้

1) เครื่องอบแห้งแบบโดยตรง (Direct solar dryer) วัตถุดิบที่ใช้ออบแห้งจะอยู่ในวัสดุโปร่งใส เช่น แก้ว หรือพลาสติก พลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์จะทำให้วัตถุดิบแห้งและภายในเครื่องอบแห้งจะเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (green house effect) ภายในเครื่องอบแห้งจะมีสีดำเพื่อดูดซับรังสีดวงอาทิตย์เพื่อให้เกิดความร้อนสะสมมากที่สุด



2) เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (Indirect solar dryer) สำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รังสีดวงอาทิตย์ไม่ได้ส่งผ่านความร้อนกับวัตถุดิบโดยตรงแต่ จะมีอุปกรณ์สะสมความร้อนหรือแผงรับรังสีดวงอาทิตย์และถ่ายเทอากาศไปยังห้องอบแห้ง

3) เครื่องอบแห้งแบบผสม (Mix Mode type) สำหรับเครื่องอบแห้งแบบผสมเป็นเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงไปยังวัตถุดิบร่วมกับอากาศร้อนจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ห้องอบแห้งจะทำด้วยวัสดุโปร่งใส

4) เครื่องอบแห้งระบบ Hybrid (Hybrid solar dryer) สำหรับเครื่องอบแห้งแบบ Hybrid ถึงแม้ว่าจะใช้รังสีดวงอาทิตย์ในการทำให้อาหารแห้งหรือวัตถุดิบแห้ง แต่ก็มีการนำเทคโนโลยีอื่นๆมาใช้ในการให้เกิดการไหลเวียนของอากาศในเครื่องอบ เช่น การใช้พัดลมซึ่งอาศัยไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ (solar cell) [1]

ในปัจจุบันที่ประเทศไทยเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหาร ตลอดจนสมุนไพรต่างๆ ถ้ามีการนำเทคโนโลยีการอบแห้งมาใช้ในการถนอมอาหาร แปรรูปอาหาร ตลอดจนวัตถุดิบต่างๆ เป็นวิธีการที่ทำให้อาหาร หรือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งสะอาด ถูกสุขลักษณะ มีความชื้นตามมาตรฐานที่เหมาะสมในการเก็บรักษาจึงเป็นที่มาของโครงการ: สิ่งประดิษฐ์เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ ซึ่งสามารถสร้างขึ้นมาโดยง่ายอีกทั้งยังง่ายต่อการบำรุงรักษา

2. วิธีการวิจัย

2.1 กระบวนการอบแห้ง

กระบวนการในการทำให้แห้ง(Dehydration) ประกอบด้วยการนำเอาความชื้นออกจากวัตถุดิบโดยอาศัยความร้อน โดยควบคุมการไหลเวียนของอากาศ ปริมาณน้ำในวัตถุดิบ อาหารและสมุนไพรจะมีค่าอยู่ระหว่าง 5-25 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ การอบแห้งที่ประสบความสำเร็จนั้นขึ้นอยู่กับ

- 1) ความร้อนที่เพียงพอในการทำให้ความชื้นหรือน้ำระเหยออกจากวัตถุดิบ
- 2) อากาศที่แห้ง (Dry air) พอดีที่จะดูดซับความชื้นที่ปล่อยออกมาจากวัตถุดิบและ
- 3) การหมุนเวียนของอากาศในห้องอบ

สำหรับวัตถุดิบประเภทอาหารเมื่ออาหารที่ผ่านการอบแห้งนั้นแห้งสนิท ซึ่งวัตถุประสงค์ในการอบแห้งที่ต้องการนำความชื้นออกจากอาหารอย่างรวดเร็วเท่าที่อุณหภูมิไม่มีผลต่อ รสชาติ(Flavor) เนื้อสัมผัส (texture) และสี (color) ของอาหาร [1]

2.2 วัสดุและอุปกรณ์

อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการประดิษฐ์เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ ประกอบไปด้วย แผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ชนิดใส แผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) สีดำ ปากกา คัตเตอร์ ปืนยิงกาว กาวแท่ง ซิลิโคนซิลแลนท์ชนิดใสไร้กรด มุ้งฟ้า เหล็กไวร์เมช (Wire Mesh) และไม้บรรทัด

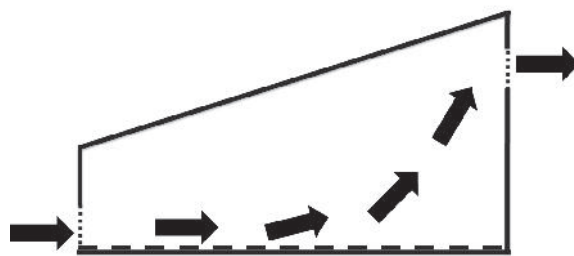
2.3 วิธีการ

หลักการของเครื่องอบแห้งแบบโดยตรง (Direct solar dryer) ได้นำมาใช้ในการออกแบบสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่าย ต้นทุนต่ำโครงการ โดยมีหลักดังนี้

ในการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะออกแบบให้รังสีดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะส่งผ่านความร้อนวัสดุโปร่งใสที่เข้ามาถึงวัตถุดิบโดยตรง ความร้อนสะสมในห้องอบเกิดจากปรากฏการณ์เรือนกระจกและบางส่งผ่านไปยังแผงรับรังสีดวงอาทิตย์สีดำด้านล่างของวัตถุดิบเพื่อสะสมความร้อนมีผลทำให้อากาศภายในห้องอบร้อนและขยายตัวเพิ่มขึ้นอุณหภูมิที่อยู่ภายในห้องอบมีค่าอยู่ระหว่าง 45-60 องศาเซลเซียส อากาศร้อนจะส่งผ่านความร้อนทำให้อากาศภายในห้องอบร้อนและขยายตัวเพิ่มขึ้นอุณหภูมิที่ระเหยกลายเป็นไอเมื่ออากาศภายในห้องอบจะขยายตัวซึ่งมีช่องเปิดด้านบนของห้องอบให้อากาศร้อนและความชื้นไหลออกและอากาศเย็นไหลเข้าสู่ส่วนล่างของห้องอบ ทำให้อากาศมีการหมุนเวียนจากกระบวนการพาความร้อน (Convection) และการระเหย (Evaporation)

การออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ

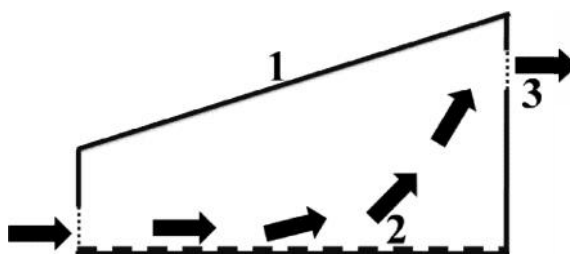
ในการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ฯ โดยใช้หลักการการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบโดยตรง (Direct solar dryer) ดังรูปในนี้จะออกแบบให้มีการไหลของอากาศเย็นเข้าห้องอบโดยอยู่ต่ำสุดเป็นทางเข้าและส่วนบนเป็นส่วนที่ให้อากาศที่ร้อนและขยายตัวออกโดยใช้หลักการพาความร้อน ในการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้องการให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกเกิดขึ้นส่วนบนและส่วนข้างของเครื่องอบแห้งจึงเป็นวัสดุโปร่งใสให้รังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านเข้ามาในห้องอบและส่วนล่างสุดจะเป็นวัสดุสีดำเพื่อสะสมพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์



รูปที่ 1: หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบโดยตรง (Direct solar dryer)

การสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ

วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำประกอบด้วย แผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ชนิดใส แผ่นโพลีโพรพิลีนสีดำ ปากกา คัตเตอร์ ปืนยิงกาว กาวแท่ง ซิลิโคนซิลแลนท์ชนิดใสไร้กรด มุ้งฟ้า เหล็กไวร์เมช (Wire Mesh) และไม้บรรทัด สำหรับเครื่องอบแห้งที่นำเสนอในบทความนี้เป็นเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ออกแบบให้มีขนาดเล็กเหมาะสมกับอุตสาหกรรมระดับครัวเรือน และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ดังกล่าวได้ผ่านทดลองในงานวิจัยอบแห้งสับปะรด กรณีศึกษาในเขตอำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ในช่วงเดือน กุมภาพันธ์-มีนาคม พ.ศ. 2557 ในการประดิษฐ์เครื่องอบแห้งจากรูปที่ 2 จะสร้างห้องอบให้มีช่องเปิดสำหรับให้อากาศเย็นไหลเข้าและอากาศร้อนไหลออก ส่วนบนของห้องอบส่วนบนทั้งหมด จะสร้างประกอบขึ้นจากแผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ชนิดใส ในที่นี้ขนาดในท้องตลาดจะมีขนาด 65x80 ตารางเซนติเมตร แผ่นโพลีโพรพิลีนมีความหนา 3 มิลลิเมตร เครื่องอบแห้งออกแบบให้มีวิธีการทำงานที่สะดวกต่อการใช้งานเครื่องอบแห้งดังกล่าวมีขนาดมิติ กว้าง ยาว สูง เท่ากับ 45 57 37 เซนติเมตรตามลำดับ ทั้งนี้ได้ออกแบบให้มุมเอียงส่วนบนสุดของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ฯ ทำมุม 30 องศา กับแนวระดับ มีพื้นที่ฐานในการอบแห้ง 45 x 57 เซนติเมตร ทำด้วยแผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) สีดำ และวางด้วยเหล็กไวร์เมช (Wire Mesh) เพื่อใช้ในการวางวัตถุดิบ



รูปที่ 2: แสดงโครงสร้างของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ฯ

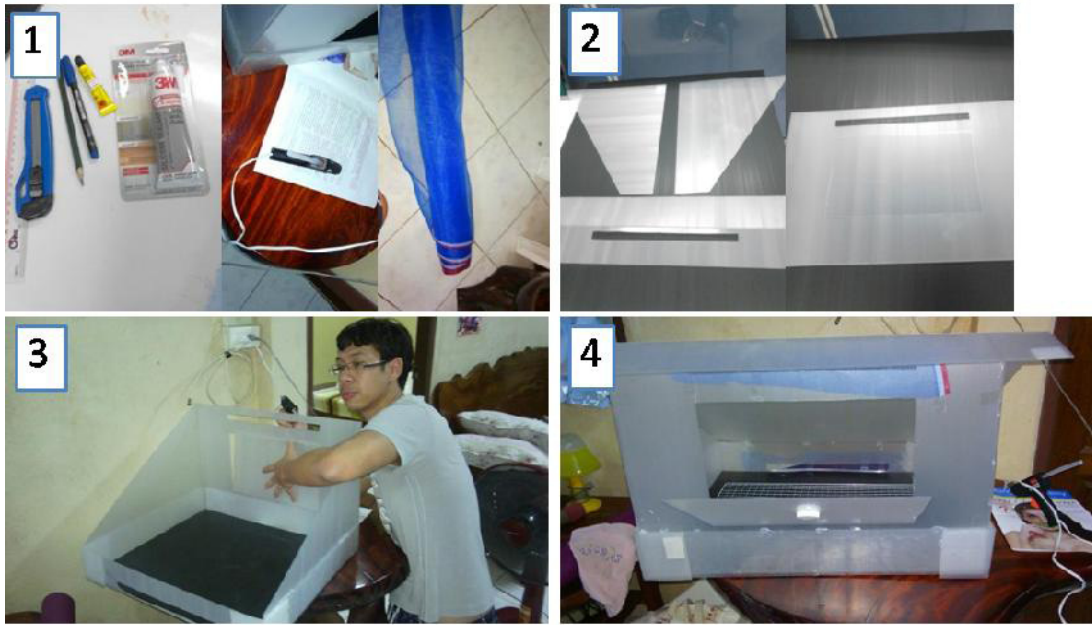
1. แผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ชนิดใส 2. เหล็กไวร์เมช (Wire Mesh) และ 3. ช่องสำหรับอากาศร้อนและความชื้นจากวัตถุดิบไหลออก

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมวัสดุอุปกรณ์ ได้แก่ แผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ชนิดใส แผ่นโพลีโพรพิลีนสีดำ ปากกา คัตเตอร์ ปืนยิงกาว กาวแท่ง ซิลิโคนซิลแลนท์ชนิดใสไร้กรด มุ้งฟ้า เหล็กไวร์เมช (Wire Mesh) และไม้บรรทัดตั้งรูปที่ 3

ขั้นตอนที่ 2 ตัดแผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ชนิดใสสำหรับส่วนที่เป็นห้องอบและตัดแผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) สีดำสำหรับเป็นแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้ในเบื้องต้นตั้งรูปที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 ประกอบส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นลักษณะตู้อบโดยใช้ปืนยิงกาวแท่งในการติดวัสดุแผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) จนขึ้นโครงสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตั้งรูปที่ 3

ขั้นตอนที่ 4 ติดมุ้งฟ้าทางเข้าออกของอากาศเย็น (ด้านล่าง) อากาศร้อนร้อน (ด้านบน) และความชื้นเพื่อป้องกันแมลงและสัตว์อื่น ๆ เข้ามาทำให้วัตถุดิบเสียหายหรือสูญหาย จากนั้นใช้ซิลิโคนซิลแลนท์ชนิดใสไร้กรด ยานแนวป้องกันช่องเปิดโดยรอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อป้องกันไม่ให้ เกิดช่องว่างสำหรับแมลงและป้องกันฝนได้บางส่วนขณะอบถ้ามีฝนตก จะได้เครื่องอบแห้งที่สมบูรณ์พร้อมใช้งานตั้งรูปที่ 4



รูปที่ 3: ขั้นตอนการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 4: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ

อ้างอิงจากผลงานวิจัยของ Suvarnaphaet (2014) ที่ได้วิจัยทดสอบสิ่งประดิษฐ์เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำระบบดังกล่าวในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม พ.ศ. 2557 กรณีศึกษา อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดนครราชสีมา พบว่าสับปะรดที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ สำหรับการทดสอบได้นำตัวอย่างสับปะรดสายพันธุ์ปัตตาเวียหั่นเป็นแผ่นหนา 5 มิลลิเมตร (± 1.5 มิลลิเมตร) เพื่อทำการทดสอบเครื่องอบแห้งฯ ซึ่งทดสอบการอบแห้งสับปะรดด้วยเครื่องอบแห้งฯ จำนวน 500 กรัม และตากแห้งด้วยวิธีดั้งเดิม 500 กรัม พบว่าความชื้นภายหลังการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งฯ นั้นมีค่า 15.2% (w.b.) ใช้เวลาในการอบแห้ง 3 วัน ขณะที่การตากโดยวิธีดั้งเดิมด้วยการตากแห้งมีความชื้นอยู่ที่ 22.6% ใช้เวลาในการอบแห้ง 3 วัน ซึ่งพบว่าสับปะรดอบแห้งที่ได้จากการอบด้วยเครื่องอบแห้งฯ นั้นมีคุณภาพ [2] ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5: สับปะรดอบแห้งที่ผ่านการอบจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ

3. สรุปผลการวิจัย

จากโครงการ: สิ่งประดิษฐ์เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ ที่ได้สร้างสรรค์ออกแบบและสร้างไว้มีประสิทธิภาพ ใช้วัสดุที่มีต้นทุนต่ำสามารถหาซื้อวัสดุอุปกรณ์ได้ในท้องถิ่นทำได้โดยง่ายใช้ได้จริง สามารถซ่อมบำรุงได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องใช้เทคนิควิธีการที่ซับซ้อนอีกทั้งเป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรมครัวเรือนให้กับเกษตรกรหรือกลุ่มผู้ที่ต้องการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้งวัตถุดิบอื่นๆ ซึ่งสามารถเป็นช่องทางหนึ่งในการแปรรูปผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิต เพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานและป้องกันการปนเปื้อนของวัตถุดิบจาก ฝุ่นละออง นก หนู แมลงและฝนที่ตกลงมาในเบื้องต้นขณะที่ทำการอบแห้ง ซึ่งต้นทุนที่ใช้ในการสร้างเครื่องอบแห้งนี้มีมูลค่าเพียง 200 บาท เป็นข้อมูลราคาวัสดุที่อยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 จากร้านวัสดุก่อสร้างในชุมชนเขตพื้นที่ชะอำ หัวหิน

4. บรรณานุกรม

- [1] Ogunkoya A.K., Ukoba K.O., and Olunlade B.A., 2011. Development of a low cost solar dryer. The Pacific Journal of Science and Technology, 12(01), 98-101.
- [2] Suvarnaphaet, K., Suvarnaphaet, P., 2014, "Performance of a Low-Cost Direct Passive Solar Dryer for Pineapple Drying: Case Study of Cha-Am District, Petchaburi Province, Thailand" Abstract of The 5th Rajamangala University of Technology International Conference (5th RMUTIC) "Technology and Innovation towards ASEAN", 112.

Performance of a low-cost direct passive solar dryer for Jerusalem Artichoke, Curcuma White and Sago Palm drying: case study of Nakhon Ratchasima province, Thailand

Bhutharit Vittayaphattananurak Raksasisi¹ and Phisit Suvarnaphaet^{1*}

ABSTRACT: In this study, a low-cost direct passive solar dryer was designed and constructed with available local materials. Field level experiments on solar drying of Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm using solar dryer was conducted at Nakhon Ratchasima Province, Thailand. The solar dryer which was direct type was tested with Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm, in order to evaluate the drying rate of these products. The moisture content of Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm was reduced to 21.07 ± 1.12 , 21.72 ± 1.81 and $19.88 \pm 0.72\%$ (w.b.), respectively, in 3 days of drying while the traditional drying method reduced the moisture content of similar sample to 25.53 ± 2.02 , 26.22 ± 1.78 and $24.83 \pm 1.33\%$ (w.b.) in 3 days of drying. The Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm dried faster with the low-cost direct passive solar dryer than with the sun drying. The Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm dried in the low-cost passive solar dryer was completely protected from insects and dust.

Keywords: low-cost direct passive solar dryer, moisture contents, Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm

Introduction

The traditional method of drying, known as 'sun drying', involves simply laying the product in the sun on mats, roofs, or drying floors. The major disadvantage of this method is contamination of the products by dust, birds, and insects (some percentages will usually be lost or damaged). The process is labor intensive, results in nutrient loss (such as vitamin A), and the method totally depends on good weather conditions. Because the energy requirements (Sun and wind) are readily available in the ambient environment, little capital is required (Ogunkoya et al., 2011). In Thailand, a majority of the farmers is subsistence farmers and affording hi-tech facilities and equipment has been a major problem. A majority

of substance farmers farm perishable produces which if not preserved can lead to wastage. This has forced them in the past to either sell the produce at give-away prices or throw away the produce due to spoilage. The need for a dryer that can function effectively and efficiently with minimal maintenance yet is inexpensive to purchase or construct, lead to this work. Small scale field level studies were conducted at Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand to demonstrate the otentiality of the solar dryer for production of high quality solar dried Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm. Some typical results for Low-Cost direct passive solar dryer are summarized below:

¹ Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Cha-Am, Phetchaburi, Thailand

* Corresponding author: phisit186@gmail.com

The objective of this research is to develop a low-cost direct passive solar dryer for drying of Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm under the metrological conditions of Nakhon Ratchasima Province in Thailand. The experiments were conducted during the period from February 2014 to April 2014. The performance of a low-cost direct passive solar dryer and drying characteristics of Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm are discussed in this paper.

Materials and Methods

Material

The experiment was conducted on effect of drying on storage and dried quality of Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm. The Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm were collected from local markets during Feb- March. The Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm were thoroughly washed and sliced into 5 mm thickness using sharp sterilized knife.

Construction of low cost direct passive solar dryer

A low cost direct passive solar dryer has been designed at Silpakorn University Phetchaburi IT Campus, Cha-Am District, Phetchaburi Province, Thailand and the pictorial view of the dryer under construction is shown in Fig. 1. The major materials used for the development of the low cost direct passive solar dryer include, transparent polypropylene sheets, a black polypropylene sheet, a pen, a glue gun, a silicone sealant, a glass cutter, a ruler, a measuring tape, mosquito net and a tri-square. The solar dryer used in present which is constructed in form of vents for

natural air flow in dryer and also platform constructed as in **Figure 1**. It is made up of transparent polypropylene sheets of 65×80 cm size. Plastic of 3mm thickness is placed at about 30° inclined. Area of surface area of drying platform is about 0.3 m², which is made up of galvanized wire mesh. And its inner surface is coated with black color. Vents are provided for natural air flow in dryer.

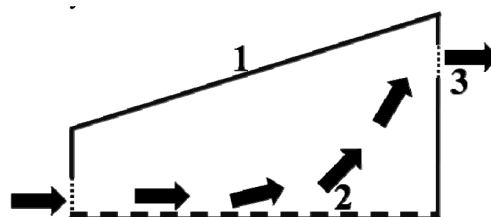


Figure 1 Schematic Diagram of a low-cost direct passive Solar Dryer

1. Transparent polypropylene sheet cover, 2. Wire mesh platform, and 3. Vent for air flow

Method

To understand and determine when the Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm slices are at the end point of the drying process, drying tests have been carried out at Nakhon Ratchasima Province, Thailand. First the Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm were cut in slices of 5 mm (± 1.5 mm). These were kept for drying in three replications.

The design of the Low-Cost direct passive solar dryer has been further improved and tested at Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand. The open sun and solar drying experiments were carried out during the periods of February-March under the clean climatic conditions of Nakhon Ratchasima Province,

Thailand. Each experiment started at 8:00 am and continued till 5:00 pm. To determine the moisture loss of drying samples during experiments, Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm samples were taken out of the solar dryer and weighed at various time intervals, ranging from 30 min at the beginning of the drying to 1hr during the last stage of the process. The moisture loss of samples was determined with the help of a digital electronic balance having an accuracy of 0.01 g. These were again spread in the dryer in the next morning and the drying process was continued until no further changes in their mass were observed. Also, to compare the performance of the solar dryer with that of open sun drying, both samples were dried simultaneously under the same weather conditions.

Moisture content (M.C)

The percentage moisture content was determined by using the following formula (Sengar et

$$\text{M.C. (w. b.) \%} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100$$

$$\text{M.C. (d. b.) \%} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100$$

Where, W_1 = weight of sample before drying, gram
 W_2 = weight of bone dried sample, gram.

Moisture ratio

$$\text{MR} = \frac{(M - M_e)}{(M_0 - M_e)} \times 100$$

where MR is the dimensionless moisture ratio, M , M_e and M_0 are the moisture content at any time, the equilibrium moisture content and the initial moisture content in kg, respectively.

Results and Discussions

Comparison of the moisture contents of Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm in the solar dryer with those obtained by the samples dried in open sun drying method for the Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm for a typical experimental run during drying. Dried Jerusalem artichoke is medicinal plant which could use as prebiotic in animal diets. Comparison of the moisture contents of Jerusalem artichoke in the solar dryer with those obtained by the open sun drying method for a typical experimental run during drying at Nakhon Ratchasima, Thailand. The Low-Cost direct passive solar dryer required 3 days to dry Jerusalem artichoke samples from 95.40% to 21.07 ± 1.12% as compared to 95.40% to 25.53±2.02% in 3 days.

Dried Curcuma white is medicinal plant which could use as prebiotic in animal diets and also Thai herb as Thai food. Comparison of the moisture contents of Curcuma white in the solar dryer with those obtained by the open sun drying method for a typical experimental run during drying at Nakhon Ratchasima, Thailand. The Low-Cost direct passive solar dryer required 3 days to dry Curcuma white samples from 95.62% to 21.72± 1.81% as compared to 95.62% to 26.22±1.78% in 3 days.

Dried Sago palm is also medicinal plant which could use as prebiotic in animal diets. Comparison of the moisture contents of Sago palm in the solar dryer with those obtained by the open sun drying method for a typical experimental run during drying at Nakhon Ratchasima, Thailand. The Low-Cost direct passive solar dryer required

3 days to dry Sago palm samples from 95.92% to $19.88 \pm 0.72\%$ % as compared to 95.92% to $24.83 \pm 1.33\%$ in 3 days.

The faster drying of Jerusalem artichoke, Curcuma white and Sago palm slices inside the solar dryer is due to the fact that the samples in the solar dryer received energy both from the collector and from incident solar radiation, while the control samples received energy only from incident radiation and lost significant amount of energy to the environment.

Conclusion

The two drying methods used greatly affected the drying characteristics Jerusalem

artichoke, Curcuma white and Sago palm. The solar dryer was found to be more efficient than the open sun drying. In addition, the samples of solar dryer were completely protected from insects, birds, rain and dusts. The commonly consumed artichoke, Curcuma white and Sago palm was dried under solar drying and open sun drying. Total cost of this dryer was 300-baht.

References

- Ogunkoya, A. K., K. O. Ukoba, and B. A. Olunlade. 2011. Development of a low cost solar dryer. *Pac. J. Sci. Technol.* 12(01): 98-101.
- Sengar, S. H., Y. P. Khandetod, and A. G. Mohod. 2009. Low cost solar dryer for fish. *Afr. J. Environ. Sci. Technol.* 3(9): 265-271.

**การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้ง
พลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำเพื่อการเกษตร
สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช**

พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์¹ และกตัญ มหახนะวงศ์ สุวรรณแพทย์²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช 2) เพื่อทดลองและศึกษาผลการใช้หลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร จำนวน 26 คน ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย ใช้การทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลทดสอบก่อนและหลังฝึกอบรม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย หลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช แบบประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของหลักสูตรฝึกอบรม แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรม แบบทดสอบความรู้ก่อนและหลังฝึกอบรม วิเคราะห์ข้อมูล และใช้ค่าสถิติ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที่ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตรฝึกอบรมด้วยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าหลักสูตรมีความสอดคล้องและมีความเหมาะสมในระดับมาก 2) ผลการทดลองใช้หลักสูตรโดยผลการประเมินความแตกต่างของคะแนนความรู้หลังเข้ารับการฝึกอบรม สูงกว่าก่อนเข้ารับการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้ง

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจำคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี อีเมล : suvarnaphaet_p@silpakorn.edu

² อาจารย์ ประจำคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี อีเมล : suvarnaphaet_k@silpakorn.edu

พลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาปริญญาตรีสาขา
เทคโนโลยีการผลิตพืช อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : 1. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม 2. อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

The development of the training course on low-cost solar dryer for crop production technology students

Phisit Suvarnaphaet³ and Kataya Mahachanawong Suvarnaphaet⁴

Abstract

The objectives of the research were to: 1) develop a training course on low-cost solar dryer for crop production technology students, 2) examine the results of the training course on low-cost solar dryer for crop production technology students, and 3) to survey students' satisfaction with the training course. The samples of the research were 26 students in the crop production technology program of the Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University, derived from the simple random sampling technique. This experimental research employed a one group pretest – posttest design. Research instruments comprised the training course on low-cost solar dryer for crop production technology students, the evaluation form for the relevancy and appropriateness of training course, the satisfaction evaluation form, the pre-test and the post-test. Data analysis involved the use of the following statistical measures: percentage, mean, standard deviation and dependent t-test. The results were as follows: 1) experts' evaluation of the program's relevancy and appropriateness ranked at the high level, 2) the test scores after the training was statistically significantly higher at the 0.01 significance level, and 3) the participants' satisfaction with the training course on low-cost solar dryer for crop production technology students was at a high level.

Keywords: 1.Training course 2. Solar dryer

³ Assistant Professor, Ph.D. at Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University Petchaburi IT Campus, Petchaburi, Thailand. Email address: suvarnaphaet_p@silpakorn.edu

⁴ Lecturer at Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University Petchaburi IT Campus, Petchaburi, Thailand. Email address: suvarnaphaet_k@silpakorn.edu

บทนำ

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ได้เปิดหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต 4 สาขาประกอบไปด้วย สาขาสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์น้ำ สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช และสาขาธุรกิจการเกษตร ซึ่งทุกหลักสูตรมีพันธกิจด้านการสอน วิจัย บริการวิชาการ และทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม ซึ่งมีกิจกรรมการเรียนการสอนสอดคล้องกับบริบททางสังคม เศรษฐกิจ และชุมชนในเขตพื้นที่ภาคกลางตอนล่าง หรือภาคตะวันตก หนึ่งในหลักสูตรที่สำคัญของคณะวิชาได้แก่ หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ซึ่งมีแนวคิดมาจากการพัฒนาหลักสูตรจากสถานการณ์หรือการพัฒนาทางเศรษฐกิจที่พิจารณาในการวางแผนหลักสูตร เป็นไปตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) ซึ่งกล่าวไว้ว่า ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม หรือแหล่งผลิตอาหารของโลก ถือได้ว่าภาคการผลิตที่สำคัญที่เพิ่มรายได้ให้กับประเทศด้วยการส่งออกผลิตผลทางการเกษตร จึงมีความต้องการกำลังคนที่มีความรู้ความสามารถในกระบวนการผลิตพืชและผลิตภัณฑ์จากพืช

จากการเปิดเสรีทางการค้าและการประกอบอาชีพ จึงเกิดสภาวะการแข่งขันกันในการผลิตทางการเกษตรทั้งในประเทศและต่างประเทศ จึงจำเป็นต้องพัฒนาและผลิตบัณฑิตที่มีศักยภาพสอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน บัณฑิตต้องฐานความรู้ทางด้านกรวิจัยและพัฒนา การเรียนการสอนและองค์ความรู้จากการวิจัยจากการดำเนินงานของหลักสูตรจะเป็นแหล่งเรียนรู้และสร้างสรรค์นวัตกรรมที่นำมาใช้ประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาให้แก่เกษตรกรและผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพ บริบทที่เกิดจากสถานการณ์หรือการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรม จะถูกพิจารณาในการพัฒนาหลักสูตร ได้แก่ การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของสังคมโลก จากปัญหาการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติในสังคมโลกปัจจุบันอย่างรวดเร็ว จึงมีความจำเป็นในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างประหยัดและคุ้มค่า อีกทั้งการที่สังคมมีความตื่นตัวด้านการบริโภคอาหารปลอดภัย และการรักษาสุขภาพ ส่งผลต่อการกำหนดและการกำกับดูแล กระบวนการผลิตพืชที่มีคุณภาพ และปลอดภัยจากยาและสารพิษตกค้าง รวมทั้งการเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตรซึ่งเกี่ยวข้องกับการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรในรูปแบบต่างๆ (Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, 2012)

จากเหตุการณ์สภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง หรือภาวะโลกร้อน ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในชีวิตประจำวันของมนุษย์หรือรูก้าแหล่งชุ่มน้ำบริเวณผืนป่าเพื่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อตอบสนองความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของมนุษย์

ซึ่งมีแนวโน้มไม่เพียงพอต่อการใช้งานในปัจจุบันจนเกิดสถานการณ์ขาดแคลนพลังงานในอนาคต จนมีการกล่าวถึง การนำพลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียนนั้น เริ่มเข้ามามีบทบาทให้เห็นชัดเจนแล้วกับสถานการณ์ปัจจุบัน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานจากชีวมวล เป็นต้น เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั้นเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีการอบแห้งชนิดหนึ่งที่อาศัยแหล่งพลังงานทดแทนจากรังสีดวงอาทิตย์ ทดแทนพลังงานจากไฟฟ้าซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ได้มาฟรีและมีใช้ไม่สิ้นสุด เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สามารถนำผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรทั้งผลิตภัณฑ์พืช ได้แก่ ผัก ผลไม้ สมุนไพร ต่าง เป็นต้น รวมทั้งผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ประเภทต่างๆ เช่น เนื้อ สุนัข และปลา กุ้ง เป็นต้น โดยนำผลิตภัณฑ์สดมาแปรรูปด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในการลดความชื้นในผลิตภัณฑ์ เพื่อวัตถุประสงค์ในการถนอมอาหาร หรือเพื่อการเพิ่มมูลค่า Suvarnaphaet (2014a) ได้ออกแบบและสร้างสรรค์ผลงานสิ่งประดิษฐ์ เรื่อง “โครงการ : สิ่งประดิษฐ์เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ” โดยใช้รังสีดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน ใช้หลักการกระบวนการถ่ายเทความร้อน โดยอาศัยการไหลเวียนของอากาศร้อน เพื่อระบายความชื้นด้วยวิธีธรรมชาติ เครื่องอบแห้งดังกล่าวจะดูดกลืนพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์สะสมเป็นแหล่งความร้อนภายในเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ดังกล่าวถูกออกแบบให้สามารถสร้างได้โดยง่าย ไม่ต้องใช้พื้นฐานความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ที่ซับซ้อน บำรุงรักษาง่ายและมีน้ำหนักเบา มีความเหมาะสมที่จะใช้กับครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมการเกษตรในระดับครัวเรือน หรือแม้แต่ขยายขนาดของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีขนาดสอดคล้องเหมาะสมกับปริมาณวัตถุดิบทางการเกษตรที่จะนำมาใช้ออบแห้ง วัตถุดิบทางการเกษตรที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีปริมาณความชื้นที่ต่ำตามมาตรฐาน รวมทั้งมีปริมาณการปนเปื้อนของฝุ่นละอองที่ต่ำกว่าการตากแดดเพื่อทำแห้งโดยทั่วไป อีกทั้งวัตถุดิบที่ใช้ตากปราศจากการปนเปื้อนจากสัตว์ เช่น หนู นก แมลง เป็นต้น (Suvarnaphaet, 2014a)

จากงานวิจัยของ Suvarnaphaet (2014b) ซึ่งได้นำสับปะรดซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มักเกิดวิกฤติการณ์ราคาตกต่ำจากผลผลิตที่มีล้นตลาดมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร พบว่าสับปะรดที่อบแห้งมีความชื้นต่ำเพียง 15.2% และใช้เวลาในการอบแห้งเพียง 3 วัน นอกจากนี้ Raksasisi and Suvarnaphaet (2014) ได้นำเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ (Suvarnaphaet, 2014a) มาทดลองอบพืชได้แก่ แก่นตะวัน ขมิ้นม่วง และสาकु พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งมีความชื้น 21.07%

21.72% และ 19.88% ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เพียง 3 วัน (Raksasisi, & Suvarnaphaet, 2014)

จากการที่กล่าวมาในเบื้องต้น เพื่อเป็นการนำพลังงานทดแทนมาบูรณาการกับหลักสูตรการเรียนการสอนของคณะวิชาตั้งนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เป็นหลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาในระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนตลอดจนนำการวิจัยไปใช้งานจริงของคณะวิชาต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาในระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช
2. เพื่อประเมินผลการใช้หลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาในระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาในระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นการทดลองแบบกลุ่มเดียว (one group pretest – posttest) วัดผลทดสอบก่อนและหลังฝึกอบรม (Saiyot, & Saiyot, 1995) แผนการทดลองแสดงเป็นแผนภาพดังนี้

$$T_1 \times T_2$$

แผนการทดลองมีสัญลักษณ์ที่แสดง ประกอบไปด้วย

T_1 หมายถึง การสอบก่อนการทดลอง (pretest)

X หมายถึง การทดลองใช้หลักสูตร

T_2 หมายถึง การสอบหลังการทดลอง (posttest)

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตประชากร

1.1 ประชากรคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการผลิต พืช คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ภาคการศึกษา ปลาย ปีการศึกษา 2557

1.2 กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ภาคการศึกษา ปลาย ปีการศึกษา 2557 ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) จำนวน 26 คน

2. ขอบเขตเวลา

ในการทดลองใช้หลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช ภาคการศึกษา ปลาย ปีการศึกษา 2557 จำนวน 2 วัน วันละ 5 ชั่วโมง รวม 10 ชั่วโมง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. หลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำเพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช เนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมแบ่งออกเป็น 3 หน่วยการเรียนรู้ คือ หน่วยที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ หน่วยที่ 2 กระบวนการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ และหน่วยที่ 3 การสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมของหลักสูตรฝึกอบรม ได้แก่ หลักการและเหตุผล วัตถุประสงค์ เนื้อหาของหลักสูตร ระยะเวลาการอบรม สื่อการฝึกอบรม การวัดและประเมินผล ความสอดคล้องและเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

2. แบบทดสอบก่อนและหลังฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำหรับใช้ในการประเมินทดสอบความรู้ความเข้าใจ แบบทดสอบมีลักษณะแบบทดสอบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ผ่านผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา

3. แบบประเมินความพึงพอใจ ของผู้เรียนที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช จำนวน 12 ข้อ

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช ตามแนวคิดการพัฒนาหลักสูตรของ (Utharanan, 1989) ผู้วิจัยได้พัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมและนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ตรวจสอบความสอดคล้องและเหมาะสม พบว่ามีความสอดคล้องและเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

2. เมื่อผู้วิจัยได้นำหลักสูตรฝึกอบรมไปทดลองใช้ (try out) กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน พบว่า นักศึกษามีความสนใจและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมการเรียนการสอน ตามหลักสูตรฝึกอบรมครบถ้วนและเมื่อทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล พบว่า แบบทดสอบก่อนและหลังฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช มีค่าความเชื่อมั่น 0.83

3. ผลการทดลองใช้ และศึกษาผลการใช้หลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช ผลการศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 26 คน พบว่า

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร

คะแนน	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	Df	T	Sig
ก่อนเรียน	20	12.19	1.470	25	11.391	.000*
หลังเรียน	20	16.38	1.299			

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการเปรียบเทียบความรู้ก่อนเรียนเรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช ก่อนเข้ารับการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 12.19$, S.D. = 1.470) และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 16.38$, S.D. = 1.299) นักศึกษาที่ผ่านการฝึกอบรมมีความรู้หลังการฝึกอบรมสูงกว่าก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช มีความพึงพอใจต่อหลักสูตรฝึกอบรมในระดับมาก

อภิปรายผลการวิจัย

ในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช ผู้วิจัยอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

1. งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้แนวคิดทฤษฎีการพัฒนาหลักสูตรของ (Utharanan, 1989) มาประยุกต์ใช้กับหลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช มีขั้นตอนดังนี้ หลักการและเหตุผล วัตถุประสงค์ของหลักสูตร เนื้อหาของหลักสูตร ระยะเวลาฝึกอบรม สื่อการฝึกอบรม การวัด และประเมินผล โดยผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสม พบว่ามีความสอดคล้องกับรูปแบบกระบวนการพัฒนาหลักสูตร อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 หลักสูตรฝึกอบรมดังกล่าวมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Paiwithayasiritham et al., 2013) ที่ได้ศึกษาการสร้างและหาความเหมาะสมของหลักสูตรฝึกอบรมด้านประเมินผลการเรียนรู้ระดับสูงสำหรับครูในสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่ประกอบด้วยกระบวนการ ดังนี้ หลักการและเหตุผลของหลักสูตร จุดหมายของหลักสูตร โครงสร้างและจำนวนเวลา แนวทางการฝึกอบรม แนวทางการวัดและประเมินผลการฝึกอบรม เนื้อหา กิจกรรมการฝึกอบรม สื่อและแหล่งการเรียนรู้ และเรื่องมีอุปประเมิน พบว่าหลักสูตรฝึกอบรมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากทุกรายการ

2. ผลการทดลองใช้ และศึกษาผลการใช้หลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช กับกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ผลการเปรียบเทียบความรู้เกี่ยวกับการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังฝึกอบรม พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์หลังฝึกอบรมสูงกว่าก่อนฝึกอบรม นักศึกษามีความรู้หลังการฝึกอบรมสูงกว่าก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Koetrop et al. (2016) ที่พัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเรื่องการปลูกผักเกษตรอินทรีย์แบบไร้ดินสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยนำหลักสูตรไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 22 คน พบว่า 1) ผลการเปรียบเทียบความรู้ ระหว่างก่อนการฝึกอบรมกับหลังการฝึกอบรม นักเรียนมีความรู้หลังการฝึกอบรมสูงกว่าก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจ ของผู้เข้าฝึกอบรมที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช จากการวิเคราะห์แบบสอบถาม

ความพึงพอใจ พบว่า มีความพึงพอใจต่อหลักสูตรอยู่ที่ระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Kositichaiwat, 2013) ได้ศึกษาผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมค่ายภาษาอังกฤษเพื่อเสริมสร้างทักษะการพูดภาษาอังกฤษ ความรู้ด้านกิจกรรมค่ายภาษาอังกฤษ และทักษะสังคมสำหรับนักศึกษาสาขาวิชาภาษาอังกฤษ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พบว่า ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรม มีความพึงพอใจอยู่ในระดับที่มากที่สุด

จึงสรุปได้ว่า หลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช มีความเหมาะสมนำไปใช้ฝึกอบรมกับนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

ควรเพิ่มเติมเนื้อหาเรื่องอาหารปลอดภัย และการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบและการเก็บรักษาวัตถุดิบเพื่อการแปรรูป

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. สามารถนำหลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการเกษตรสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช ไปปรับใช้กับนักศึกษาสาขาวิชาเกษตรศาสตร์แขนงอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. สามารถนำไปปรับใช้กับงานบริการวิชาการของ หรือโครงการบริการวิชาการแก่สังคมเป็นหนึ่งในภารกิจสนองนโยบายของรัฐในการบริการวิชาการแก่สังคม บนพื้นฐานของศักยภาพที่มีในมหาวิทยาลัย สอดรับกับความต้องการของสังคม นำมาซึ่งรายได้ให้แก่มหาวิทยาลัย และเป็นการประชาสัมพันธ์ชื่อเสียงของมหาวิทยาลัย



References

- Faculty of Animal Science and Agricultural Technology. (2012). **Bachelor of Science Program in crop production technology (หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช)**. Silpakorn University.
- Koetrop, A., Thongphae, W., & Nanthamanop, W. (2016). The Development of Curriculum on Organic Agriculture Vegetables with Soilless Culture System for Secondary School Students (การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเรื่อง การปลูกผักเกษตรอินทรีย์แบบไร้ดินสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น). In **Proceedings of The 7th Academic Meeting National and International Conference. SSRU2016, 1(1), 876-887.**
- Kositchaivat, S. (2013). Development of an English Camp Training Program to Enhance English Speaking Skills, English Camp Activity Knowledge and Social Skills for English Major Students, Faculty of Education, Silpakorn University (การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมค่ายภาษาอังกฤษเพื่อเสริมสร้างทักษะการพูดภาษาอังกฤษความรู้ด้านกิจกรรมค่ายภาษาอังกฤษ และทักษะสังคมสำหรับนักศึกษาสาขาวิชาภาษาอังกฤษ คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร). **Veridian E-Journal**, 6(1), 430-447.
- Paiwithayasiritham, C., Makmee, P., & Mingsiritham, K. (2013). Development of a training program for basic education school teachers on developing the higher level learning assessment methods (การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมด้านประเมินผลการเรียนรู้ระดับสูงสำหรับครูในสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน). **Veridian E-Journal**, 6(1), 448-456.
- Raksasisi, B., & V. Suvarnaphaet, P. (2014). Performance of a low-cost direct passive solar dryer for Jerusalem Artichoke, Curcuma White and Sago Palm drying: case study of Nakhon Ratchasima province, Thailand. **Khon Kaen Agriculture journal** 42(4), 271-274.
- Saiyot, L. , & Saiyot, A. (1995). **Research Techniques in Education (เทคนิควิจัยทางการศึกษา)**. Bangkok: Suwiriyasan.
- Suvarnaphaet, P. (2014a). A new invention of Low-Cost Direct Passive Solar Dryer (โครงการ: สิ่งประดิษฐ์เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ). In **Proceedings of the 7th Thailand Renewable Energy for Community**

Conference. 12-14 November 2014, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Prachuap Khiri Khan, Thailand.

Suvarnaphaet, P. (2014b). Performance of A Low-Cost Direct Passive Solar Dryer for Pineapple Drying: Case Study of Cha-am District, Petchaburi Province, Thailand, In **the Proceedings of the 5th Rajamangala University of Technology International Conference Agricultural and Food Industry**, 605–609.

Utharanan, S. (1989). **Fundamental principle of curriculum development (พื้นฐานและหลักการพัฒนาหลักสูตร)**. Bangkok: Mitsayam.