



รายงานการวิจัย

การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของการอบแห้งสมุนไพรว่านชักมดลูกด้วยตู้อบ
สมุนไพรสองพลังงาน

Study of Drying Effect for Drying Wan Chak Mot Luk Herb by
Two Energy

บุษบากร คงเรือง

สาขาเทคโนโลยีการผลิต

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของการอบแห้งสมุนไพรว่านชักมดลูกด้วยตู้อบสมุนไพร
สองพลังงาน

Study of Drying Effect for Drying Wan Chak Mot Luk Herb by Two
Energy

บุษบากร คงเรือง

สาขาวิชา เทคโนโลยีการผลิต

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนงานวิจัย งบประมาณรายได้

โดยคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2561

ชื่องานวิจัย	การจัดการเทคโนโลยีการอบแห้งสมุนไพรว่านชักมดลูกด้วยเครื่องอบแห้งแบบสองพลังงาน สำหรับกลุ่มผู้ประกอบการสมุนไพรอบแห้ง อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์
ผู้วิจัย	บุษบากร คงเรือง
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการผลิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบแห้งสมุนไพรว่านชักมดลูกด้วยตู้อบแห้ง 2 พลังงาน ประกอบด้วยพลังงานความร้อนจากแก๊สและพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ เพื่อนำมาใช้ในการกระบวนการแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าให้กับสมุนไพรในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ในการหาประสิทธิภาพการทำงาน คณะผู้วิจัยได้นำตัวอย่างสมุนไพรว่านชักมดลูกแห้งให้เป็นชิ้นขนาดความหนา 1-2 มิลลิเมตร เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้ความร้อนจากพลังงานและพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ในการอบแห้งที่มีอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งประมาณ 40 องศาเซลเซียสของทั้งสองระบบจากเครื่องอบแห้งสองพลังงาน โดยพิจารณาจากการชั่งน้ำหนักและวัดความชื้นของสมุนไพรว่านชักมดลูกก่อนและหลังการอบแห้งเป็นเวลา 7 ชั่วโมง ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนจากแก๊สที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และพลังงานแก๊สที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส คือ ที่เวลาการอบแห้ง 7 ชั่วโมง ว่านชักมดลูกแห้งที่อบด้วยพลังงานความร้อนจากแก๊สที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 7.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนว่านชักมดลูกแห้งที่อบด้วยพลังงานความร้อนจากแก๊สที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 8.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนว่านชักมดลูกแห้งที่อบด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 12.03 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ตู้อบแห้งสองพลังงาน, การอบแห้ง, ว่านชักมดลูก

Title	Management Technology for Drying Wan Chak Mot Luk Herb with Two Energy for Entrepreneurs Dried Herb in Khao Kho, Phetchabun.
Author	Budsabagorn Kongruang
Branch	Production Technology Phetchabun Rajabhat University 2018

Abstract

The objectives of this research were to study for *Curcuma comosa* drying with two energy it consists of thermal energy from LPG and solar thermal energy for entrepreneurs dried herb in Khao Kho, Phetchabun. We used *Curcuma comosa* into pieces of 1-2 mm thickness for finding the performance of two energy dryers to compare the differences between thermal energy from LPG and solar thermal energy for drying. The temperature inside the dryer about 40 °C on both systems. Consider the test results from weighing and residual moisture measurement after drying for 7 hours. The results show that drying by heat energy from thermal energy from LPG better than solar thermal energy. The final moisture content of *Curcuma comosa* drying with two energy it consists of thermal energy from LPG and solar thermal energy was 8.31% and 11.73%, respectively. But, LPG drying at 50 °C gave the best drying performance. is the final moisture content is 7.2%.

Keywords: drying cabinets two energy, drying, curcuma comosa

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่างๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้และขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

บุษบากร คงเรือง

18 สิงหาคม 2561

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการ	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
วิธีการดำเนินการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
สมุนไพรรว้นชักมดลูก	4
สรรพคุณของสมุนไพรรว้นชักมดลูก	5
ทฤษฎีการอบแห้ง	7
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	23
วิธีการทดลอง	23
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	24
บทที่ 4 ผลการวิจัย	26
ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบสมุนไพรรว้นชักมดลูกสองพลังงาน	27
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	30
สรุปผลการวิจัย	30
อภิปรายผล	30
ปัญหาและอุปสรรคที่พบ	30
การแก้ปัญหา	30

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ข้อเสนอแนะ.....	31
บรรณานุกรม	32
ภาคผนวก	33
ประวัติคณะผู้วิจัย	39

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1	แสดงส่วนของพืชสมุนไพรและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง..... 13
2-2	แสดงส่วนของพืชสมุนไพรและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งเพื่อการค้าทั่วไป..... 13
2-3	ศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียมของ จ.เชียงใหม่ 17
3-1	ตัวอย่างตารางบันทึกการทดสอบเวลาในการทำงาน ความชื้น และอัตราการอบแห้ง ของขึ้นสมุนไพรชั่งมอดลูกหั่น 27
4-1	ตารางบันทึกการทดสอบเวลาในการทำงาน ความชื้น และอัตราการอบแห้งของขึ้น สมุนไพรชั่งมอดลูกหั่น 5 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องอบ แห้งพลังงานแสงอาทิตย์.....27
4-2	ตารางบันทึกการทดสอบเวลาในการทำงาน ความชื้น และอัตราการอบแห้งของขึ้น สมุนไพรชั่งมอดลูกหั่น 5 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง อบแห้งพลังงานแก๊ส.....28
4-3	ตารางบันทึกการทดสอบเวลาในการทำงาน ความชื้น และอัตราการอบแห้งของขึ้น สมุนไพรชั่งมอดลูกหั่น 5 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องอบ แห้งพลังงานแก๊ส.....29

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1-1 กลุ่มเกษตรกรเลี้ยงสมุนไพรว่านชักมดลูก.....	2
1-3 สมุนไพรว่านชักมดลูกที่ตากแห้งเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์.....	2
2-1 ลักษณะว่านชักมดลูกตัวเมีย	4
2-2 ลักษณะว่านชักมดลูกตัวผู้.....	5
2-3 กราฟอัตราการแห้ง	12
2-4 วัฏจักรของพลังงานแสงอาทิตย์	14
2-5 การทำงานของโรงอบไม้กล่องอบแห้ง และเตาอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์.....	15
2-6 ศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียมประเทศไทย	16
2-7 เครื่องอบแห้งระบบ passive.....	18
2-8 เครื่องอบแห้งระบบ Hybrid	19
2-9 การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการทำแห้ง	20
2-10 การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบถาดทั่วไป	21
ก-1 การชุดสมุนไพรว่านชักมดลูก.....	35
ก-2 หัวสมุนไพรว่านชักมดลูก	35
ก-3 การทำความสะอาดหัวสมุนไพรว่านชักมดลูก.....	36
ก-4 การหั่นสมุนไพรว่านชักมดลูกด้วยวิธีการดั้งเดิม	36
ก-5 ลักษณะเนื้อสมุนไพรว่านชักมดลูก.....	37
ก-6 ความหนาของสมุนไพรว่านชักมดลูกที่ต้องการ	37
ก-7 การตากสมุนไพรว่านชักมดลูกเพื่อเพิ่มมูลค่า	38

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

ประเทศไทยได้มีการใช้ยาสมุนไพรรักษาโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ ในครัวเรือนกันอย่างกว้างขวางมาเป็นเวลานานและตลาดโลกของผลิตภัณฑ์สมุนไพรกำลังได้รับความนิยมมากขึ้นอย่างรวดเร็ว มีอัตราการเติบโต 10-12 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี โดยมีมูลค่าสูงมากถึง 180 ล้าน ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2557 และธนาคารโลกคาดว่าจะเพิ่มเป็น 250 ล้าน ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2570 สำหรับผลิตภัณฑ์สมุนไพรในแนวอายุวัฒนะ หรือชะลอวัย กำลังได้รับความนิยมสูงต่อผู้บริโภคและการป้องกันโรคและการรักษา ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2555-2559) ได้กล่าวถึงนโยบายการพัฒนาภูมิปัญญาด้านการแพทย์แผนไทยเพื่อการพึ่งพาตนเอง โดยเฉพาะการพัฒนาสมุนไพรเพื่อใช้ทดแทนยาเคมีซึ่งจากนโยบายดังกล่าวจึงมีความพยายามที่จะพัฒนาสมุนไพรอย่างเป็นระบบมากขึ้น อีกทั้งเป็นการสร้างความมั่นคงของเศรษฐกิจชุมชนด้วยการบูรณาการกระบวนการผลิตบนฐานศักยภาพ และความเข้มแข็งของชุมชนอย่างสมดุล เน้นการผลิตเพื่อการบริโภคอย่างพอเพียงภายในชุมชน สนับสนุนให้ชุมชนมีการรวมกลุ่มในรูปสหกรณ์กลุ่มอาชีพ สนับสนุนการนำภูมิปัญญาและวัฒนธรรมท้องถิ่นมาใช้ในการสร้างสรรค์คุณค่าของสินค้าและบริการ และสร้างความร่วมมือกับภาคเอกชนในการลงทุนสร้างอาชีพและรายได้ที่มีการจัดสรรประโยชน์อย่างเป็นธรรมแก่ชุมชน

ปัจจุบันวิสาหกิจชุมชนได้เข้ามามีบทบาทในการพัฒนาชุมชน ด้านการสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนการสร้างงานและการพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น โดยการนำวัตถุดิบที่มีในชุมชนมาแปรรูปให้มีคุณค่าเพิ่มขึ้น เช่น ผลไม้กระป๋อง ถั่วตาก ผลไม้กวน น้ำสมุนไพร เป็นต้น ซึ่งมีการนำเทคโนโลยีที่มีความก้าวหน้าและทันสมัยเข้ามาช่วยในการผลิต ผู้ประกอบการหรือวิสาหกิจชุมชนจึงปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มคุณภาพของสินค้าหรือบริการ เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดและผู้บริโภค เครื่องจักรในการแปรรูปสมุนไพรปัจจุบันมีการผลิตออกมาจำหน่ายในหลายแบบ หลายขนาด ต้นทุนราคาแตกต่างกันไปตามประสิทธิภาพของเครื่อง จากการสำรวจวิสาหกิจชุมชนในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ วิธีการอบแห้งสมุนไพรว่านชักมดลูกที่วิสาหกิจชุมชนทำอยู่เป็นการตากนำว่านชักมดลูกที่ผ่านการหั่นแล้วมาตากบนแผ่นสังกะสีแล้วให้ความร้อนเป็นเวลาประมาณ 4 วันถึงจะสมุนไพรว่านชักมดลูกแห้งตามที่ต้องการ ซึ่งวิธีดังกล่าวจะทำให้กระบวนการการอบแห้งสมุนไพรว่านชักมดลูกใช้เวลานาน และต้องรอแสงแดด ซึ่งทำให้กำลังการผลิตได้น้อยไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้า

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการวิจัยการจัดการเทคโนโลยีการอบแห้งสมุนไพรว่านชักมดลูกด้วยเครื่องอบแห้งแบบ 2 พลังงาน สำหรับกลุ่มผู้ประกอบการสมุนไพรอบแห้ง อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการอบแห้งสมุนไพรว่านชักมดลูก และลดเวลาในกระบวนการอบแห้ง โดยให้ผู้ปฏิบัติงานที่ไม่มีความชำนาญสามารถใช้งานเครื่องได้อย่างปลอดภัย สามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่องและเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคและก่อให้เกิดรายได้แก่ชุมชนมากขึ้นต่อไป



ภาพที่ 1.1 กลุ่มเกษตรกรล้างสมุนไพรว่านชักมดลูก



ภาพที่ 1.2 กลุ่มเกษตรกรหั่นสมุนไพรแบบเดิมโดยใช้มีด



ภาพที่ 1.3 สมุนไพรว่านชักมดลูกที่ตากแห้งเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์

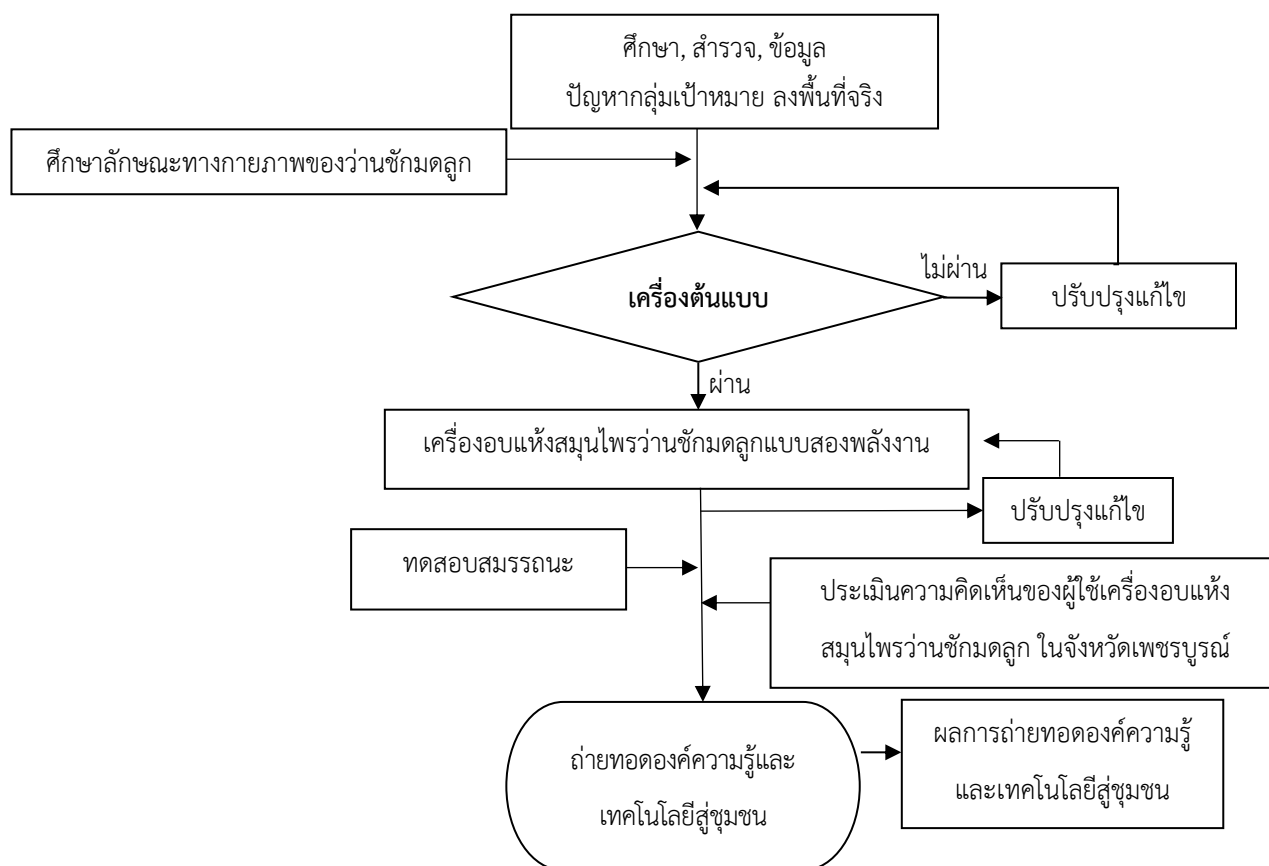
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อหาตัวแปร ด้านเวลา และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งสมุนไพรว่านชักมดลูก

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1.3.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานก๊าซหุงต้ม
- 1.3.2 สมุนไพรว่านชักมดลูกแห้งที่ใช้ในการทดลอง มีความหนา 1-2 มิลลิเมตร
- 1.3.3 อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง 40-50 องศาเซลเซียส
- 1.3.4 ไม่ศึกษาคุณสมบัติของสมุนไพรว่านชักมดลูกหลังการอบแห้ง

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับอบสมุนไพรว่านชักมดลูก

1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

- 1.6.1 กำหนดปัญหาที่จะดำเนินการวิจัย
- 1.6.2 กำหนดวัตถุประสงค์การวิจัย
- 1.6.3 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (ทฤษฎี เอกสาร งานวิจัย) ที่เคยมีมาก่อน
- 1.6.4 กำหนดกรอบแนวคิดและตั้งสมมติฐาน นิยามศัพท์
- 1.6.5 กำหนดแบบการวิจัย โดยการศึกษาแบบการวิจัยที่ได้จากข้อ 3
- 1.6.6 กำหนดประชากรและวิธีการสุ่มตัวอย่าง
- 1.6.7 สร้างเครื่องมือและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ
- 1.6.8 การรวบรวมข้อมูล
- 1.6.9 การวิเคราะห์ข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
- 1.6.10 สรุปวิธีการดำเนินการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติความเป็นมาของว่านชักมดลูก

ว่านชักมดลูก จัดอยู่ในวงศ์ขิง เป็นพืชที่มีลำต้นเป็นหัวอยู่ใต้ดิน และมีหลากหลายสายพันธุ์ แต่สำหรับในประเทศไทยว่านชักมดลูกที่พบได้ตามท้องตลาดจะมีอยู่ด้วยกัน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ว่านชักมดลูกตัวเมีย (*Curcuma comosa* Roxb) ซึ่งจะมีลักษณะของหัวกลมรีตามแนวดั้ง มีแขนงสั้น และ ว่านชักมดลูกตัวผู้ (*Curcuma latifolia*) จะมีลักษณะต่างจากตัวเมียตรงที่ หัวใต้ดินจะกลมแป้นมากกว่า และแขนงจะยาวมากกว่า ทำให้การซื้อมาใช้บางครั้งอาจจะจำแนกลำบาก เพราะบางครั้งเมื่อนำมาเทียบกันทั้งตัวเมียและตัวผู้ จะคล้ายกันมาก โดยจะปลูกมากในจังหวัดเลย และเพชรบูรณ์ทั้งนี้ยังได้พบว่ามีพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีต้นกำเนิดในประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับว่านชักมดลูกของไทยมาก และมีสรรพคุณทางยาที่คล้ายคลึง (<https://www.yonlada2539.wordpress.com>.ออนไลน์)

ว่านชักมดลูกเป็นพืชที่มีลำต้นเป็นหัวอยู่ใต้ดิน กลุ่มเดียวกับขมิ้นชัน การสับสนซื้อว่านชักมดลูกในตลาดสมุนไพร พบว่าเป็นเหง้าที่มีลักษณะต่างกันอยู่ กลุ่มที่พบมากจะเรียกกันว่า ว่านชักมดลูกตัวเมีย (*C.comosa* Roxb) และว่านชักมดลูกตัวผู้ (*C.urcuma latifolia*)

ว่านชักมดลูกตัวเมีย (*C.urcuma comosa* Roxb) เรียกสั้นๆว่า ว่านตัวเมีย มีลักษณะหัวกลมรีแนวดั้ง แขนงสั้น



ภาพที่ 2.1 ลักษณะว่านชักมดลูกตัวเมีย

ที่มา : (ริ่งว่านปากช่อง, 2524)

ว่านชักมดลูกตัวผู้ (*C.urcuma latifolia*) หรือว่านตัวผู้ มีลักษณะต่างไปเล็กน้อย คือ หัวใต้ดินจะกลมแป้นกว่า แขนงข้างยาวกว่าแต่บางครั้งแขนงถูกตัดออกไปหรือหักไป ทำให้จำแนกไม่ชัดเจนนักผู้ไม่คุ้นเคยอาจจำแนกไม่ได้และมักมีปัญหาในการซื้อขาย



ภาพที่ 2.2 ลักษณะว่านขมิ้นดลูกตัวผู้

ที่มา : (รังว่านปากช่อง, 2524)

หากผ่าดูเนื้อในเปรียบเทียบกัน ว่านตัวเมียจะมีสีขาวนวลลงในมีสีชมพูเรื่อยๆ ทั้งไว้สีชมพูจะเข้มข้น ส่วนเนื้อในว่านตัวผู้สีคล้ายกันแต่วงในออกสีเขียวแกมเทาอ่อนๆ ทั้งไว้จะออกสีชมพูเข้มขึ้นเรื่อยๆ เช่นกัน แต่หากผู้ซื้อไม่มีตัวอย่างเทียบเคียงจะจำแนกยาก

จากการสำรวจและตรวจสอบพันธุ์กรรมดีเอ็นเอระบุว่ารานขมิ้นดลูกมีความหลากหลายของชนิดพันธุ์มากกว่า 2 ชนิด แต่ที่มีการวิจัยตรวจสอบคุณภาพชัดเจนมีเพียงสองชนิดข้างต้น พบว่า พืชที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินโดนีเซีย ไม่พบการปลูกในประเทศไทยและมีลักษณะคล้ายว่านขมิ้นดลูกของไทยรวมทั้งมีสรรพคุณคล้ายกัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่ามีการวิจัยในต่างประเทศค่อนข้างมาก ทำให้มีผู้เข้าใจผิดว่าเป็นผลวิจัยของว่านขมิ้นดลูกของเราพบว่ามีสาระสำคัญคนละกลุ่มกันส่วนว่านขมิ้นดลูกของเรามีการวิจัยอย่างเป็นระบบในสัตว์ทดลองโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวไทยล้วน สรรพคุณตามตำรายาไทย ใช้เหง้าว่านขมิ้นดลูกรักษาอาการของสตรี เช่น ประจำเดือนมาไม่ปกติ ปวดท้องระหว่างมีประจำเดือน ตกขาว ขับน้ำคาวปลา แก้อาการอาหารไม่ย่อย ริดสีดวงทวาร และไส้เลื่อน (www.pharmacy.mahidol.ac.th.ออนไลน์)

2.2.1 สรรพคุณของยารานขมิ้นดลูก

1. ว่านขมิ้นดลูกมีความปลอดภัยมากกว่า กวาวเครือขาว และยังช่วยให้ทำให้กล้ามเนื้อกระชับขึ้น
2. ว่านขมิ้นดลูก ช่วยรักษาอาการมดลูกหดตัว หรือมดลูกต่ำไม่เข้าที่
3. มีส่วนช่วยเสริมหรือขยายหน้าอก
4. ช่วยทำให้ผิวพรรณเปล่งปลั่งสดใส ขาวนวล และมีเลือดฝาด
5. มีส่วนช่วยลดเลือนรอยเหี่ยวย่น ฝ้า และรอยดำ
6. ช่วยแก้อาการแพ้ปรวนต่างๆ ของสตรี เช่น อาการผื่นคัน จิตใจห่อเหี่ยว โกรธง่าย อ่อนไหวง่ายให้หายไป
7. ช่วยกระชับหน้าท้องที่หย่อนคล้อยหลังคลอดบุตร
8. ช่วยกระชับช่องคลอดภายในของสตรี ช่วยให้มีดลูกเข้าอู่เร็วขึ้น

9. ช่วยป้องกันโรคมะเร็งปากช่องคลอดหรือในมดลูก
10. ช่วยทำให้ซิสต์หรือเนื้องอกภายในช่องคลอดฝ่อตัวลง
11. ช่วยดื่บกี้นภายในช่องคลอดของสตรีให้ลดลงหรือหายไป
12. ช่วยเพิ่มน้ำหล่อลื่นในช่องคลอดของสตรี
13. ช่วยรักษาอาการแห้งเสียวของมดลูกหรืออาการเจ็บท้องน้อยเป็นประจำให้ดีขึ้น
14. ช่วยแก้ปัญหาอาการประจำเดือนมาไม่ปกติ
15. ช่วยรักษาอาการปวดท้องระหว่างมีประจำเดือน หรืออาการปวดท้องอย่างรุนแรงให้มีอาการดีขึ้น
16. ช่วยแก้อาการตกขาวในสตรี ทำให้อาการดีขึ้น
17. ช่วยทำให้สตรีมีอารมณ์ทางเพศที่สมบูรณ์ ทำให้อารมณ์ทางเพศที่ขาดหายไปกลับมาเหมือนเดิม
18. วานชักมดลูกมีสรรพคุณช่วยขับน้ำคาวปลา
19. ช่วยแก้อาหารไม่ย่อย
20. ช่วยรักษาและบรรเทาอาการของโรคจิตสัีดวงทวาร
21. ช่วยรักษาโรคไส้เลื่อน
22. ช่วยลดอาการร้อนวูบวาบในสตรีวัยทอง
23. ช่วยดื่บกี้นปาก และกลืนตามตัว
24. ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระและการอักเสบต่างๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของความเสื่อมและความผิดปกติของเซลล์ในร่างกาย
25. ช่วยปกป้องเซลล์เรตินาของตาจากอนุมูลอิสระต่างๆ ช่วยป้องกันโรคจอประสาทตาเสื่อมของคนวัยทอง
26. ช่วยป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุน โดยช่วยป้องกันการสูญเสียแคลเซียม ช่วยรักษาความหนาแน่นของมวลกระดูก
27. ช่วยรักษาซ่อมแซมระบบหลอดเลือดและหัวใจ
28. ช่วยทำให้หลอดเลือดแข็งตัวมากขึ้น ช่วยป้องกันอาการเยื่อปุ่นหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจขาดความยืดหยุ่น
29. ช่วยฆ่าเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว (P388 leukemic cell) ด้วยการไปทำลายดีเอ็นเอของเซลล์มะเร็ง
30. ช่วยในการลำเลียงไขมันออกจากเนื้อเยื่อต่างๆ เข้าไปในตับและช่วยเสริมให้เกิดการขับคอเลสเตอรอลและกรดน้ำดีสู่ทางเดินอาหารและออกจากร่างกายพร้อมกับอุจจาระ
31. วานชักมดลูกมีประโยชน์ช่วยกระตุ้นการหลั่งน้ำดี และช่วยเสริมให้มีการหลั่งกรดน้ำดีมากยิ่งขึ้น จึงช่วยลดการเกิดนิ่วในถุงน้ำดี
32. มีฤทธิ์ปกป้องเซลล์ตับจากสารพิษคาร์บอนเตตระคลอไรด์ โดยไปช่วยกระตุ้นกลไกการล้างพิษและลดการสร้างสารเคมีที่เป็นพิษต่อร่างกาย
33. ช่วยปกป้องตับและไต

34. มีฤทธิ์ต่อต้านการอักเสบต่างๆ ซึ่งเป็นผลดีกับโรคในระบบประสาท
35. นำมาเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตยาสมุนไพรยี่ห้อต่างๆ ทั้งชนิดแคปซูล ชนิดผง เป็นต้น
(<https://medthail.com>.ออนไลน์)

2.1.2 ผลข้างเคียงของยาว่านชักมดลูก

1. มีอาการตกขาวมากกว่าปกติซึ่งเป็นเรื่องที่พบได้บ่อยที่สุดแต่ก็มีคำแนะนำว่าสามารถรับประทานต่อไปได้เลย
2. มีอาการเวียนศีรษะ ปวดศีรษะตัวร้อน มีอาการเหมือนจะเป็นไข้ ซึ่งมักจะเกิดขึ้นได้สตรีที่ไม่แข็งแรง และมีคำแนะนำว่าให้หยุดรับประทานสักพักจนกว่าอาการไข้จะหายไป แล้วให้รับประทานต่อในปริมาณที่ลดลงครึ่งหนึ่ง หรือสำหรับผู้ที่ไม่ได้มีอาการไข้ให้เริ่มรับประทานในปริมาณน้อยๆ ก่อนค่อยๆ เพิ่มปริมาณในการรับประทานตามฉลากสมุนไพร
3. มีผื่นขึ้นบริเวณผิวหนังและตามลำตัว ซึ่งเป็นอาการที่พบได้น้อย มีคำแนะนำว่าถ้าหากอาการไม่รุนแรงมากจนเกินไปให้รับประทานต่อได้ แต่ถ้าผื่นขึ้นมากก็ให้ปริมาณลงครึ่งหนึ่ง หากอาการดีขึ้นค่อยกลับมารับประทานในปริมาณที่กำหนด
4. มีอาการปวดหน้าอก ตึงหน้าอก หรือปวดมดลูก ช่องคลอด แนะนำว่าหากมีอาการดังกล่าวให้ลดปริมาณลงครึ่งหนึ่ง หลังจากอาการดีขึ้นค่อยรับประทานในปริมาณที่กำหนด
5. สำหรับสตรีวัยทองหรือวัยหมดประจำเดือนหลังจากรับประทานยาอาจมีประจำเดือนใหม่เกิดขึ้นได้ โดยสามารถรับประทานต่อไปได้ประจำเดือนก็จะค่อยๆ หายไปเอง

2.2 ทฤษฎีทั่วไปของการอบแห้ง

การอบแห้ง (Drying) เป็นกระบวนการลดความชื้นของอาหารโดยอาศัยความร้อนเป็นตัวทำให้น้ำหรือความชื้นที่อยู่ภายในอาหารเกิดการเคลื่อนที่ออกมายังผิวของผลิตภัณฑ์และระเหยออกไป อาหารที่ได้จะมีลักษณะแห้งและสามารถเก็บไว้ในได้นาน ในกรณีของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น ผักและผลไม้ การอบแห้งจะช่วยเกษตรกรสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ที่ได้มาไว้ขายในช่วงนอกฤดูกาลเก็บเกี่ยวส่งผลให้ขายได้ราคาสูง รวมถึงยังช่วงลดปัญหาภาวะล้นตลาดของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้อีกทางหนึ่งด้วย

นอกจากนี้การอบแห้งยังถือเป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูปซึ่งปัจจุบันมีความต้องการบริโภคในอัตราค่อนข้างสูง

การอบแห้งมีด้วยหลายวิธี แต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป การตากแห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ถือเป็นวิธีการอบแห้งที่ประหยัดที่สุด แต่ต้องใช้เวลาานกว่าที่อาหารจะแห้งในระดับที่ต้องการ นอกจากนี้ยังมีโอกาสที่ผลิตภัณฑ์จะเกิดการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและเชื้อโรคต่างๆ ได้มาก การอบแห้งด้วยลมร้อน (Hot air drying) สามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้มากกว่าการตากแห้ง แต่ต้องใช้พลังงาน

มากกว่า มีการสูญเสียพลังงานในอัตราสูงและผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆ เช่น สี หรือ คุณค่าทางอาหารไปค่อนข้างมาก

การอบแห้งในลักษณะที่ภาวะอากาศคงที่ (อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, และความเร็วลมร้อน) โดยอาศัยหลักการดังนี้

1. การถ่ายเทความร้อนและมวล

1.1 การนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ข้างเคียง สภานำความร้อน เป็นคุณสมบัติของสารที่ประกอบกันขึ้นเป็นวัตถุซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันสภานำความร้อนขึ้นกับอุณหภูมิและความร้อน ค่าสภานำความร้อนของน้ำจะค่ามากกว่าค่าของวัตถุแห้งที่เป็นอาหาร ซึ่งจะเกิดอาหารที่ลักษณะเป็นของแข็ง

1.2 การพาความร้อน จะเกิดกับอาหารที่เป็นของเหลวโดยกระแสความร้อนจะถูกพาผ่านช่องว่างที่เป็นอากาศหรือแก๊สจากของเหลวชนิดหนึ่งไปยังของเหลวอีกชนิดหนึ่ง

1.3 การแผ่รังสี เป็นการถ่ายเทความร้อน โดยการแผ่รังสีความร้อนไปยังอาหารซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีอบอาหารในสุญญากาศและการอบแห้งแบบเยือกแข็ง

2. การเปลี่ยนสถานะของน้ำ

ไอน้ำ (Vapor) คือ น้ำที่อยู่ในสถานะแก๊ส ไอน้ำเป็นแก๊สที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น โปร่งใสมองไม่เห็น น้ำในอากาศสามารถเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปอีกสถานะหนึ่งกลับไปกลับมาได้ โดยไม่ต้องพึ่งพาการถ่ายเทความร้อนและมวลสารจากสิ่งแวดล้อม กลไกการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้เรียกว่า “กระบวนการแอเดียแบติก” (Adiabatic process) การเปลี่ยนสถานะของน้ำทำให้การดูดกลืนหรือการคายความร้อนซึ่งเรียกว่า “ความร้อนแฝง” (Latent heat) ความร้อนแฝงมีหน่วยวัดเป็นแคลอรี 1 แคลอรี เท่ากับปริมาณความร้อนซึ่งทำให้น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส (ดังนั้นหากเราเพิ่มความร้อน 10 แคลอรี ให้น้ำ 1 กรัม น้ำจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส)

2.1 การหลอมเหลว (Melting) คือ การที่น้ำเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว เมื่อเพิ่มพลังงานความร้อนให้แก่แข็งบรรจุน้ำแข็ง น้ำแข็งจะดูดกลืนความร้อนนี้ไว้โดยยังคงรักษาอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส คงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง จนกว่าน้ำแข็งจะละลายหมดก่อนความร้อนที่ถูกดูดกลืนเข้าไปจะทำลายพันธะไฮโดรเจนในโครงสร้างผลึกน้ำแข็ง ทำให้น้ำแข็งเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว โดยมีอัตราการดูดกลืนความร้อนแฝง 80 แคลอรีต่อกรัม

2.2 การแข็งตัว (Freezing) คือ การที่น้ำเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง ซึ่งน้ำจำเป็นต้องถ่ายเทพลังงานภายในออกมาในรูปของการคายความร้อนแฝง 80 แคลอรี/กรัม เพื่อลดแรงสั่นสะเทือนของโมเลกุล เพื่อให้พันธะไฮโดรเจนสามารถยึดเหนี่ยวโมเลกุลให้จับตัวกันเป็นโครงสร้างผลึก

2.3 การระเหย (Evaporation) คือ การที่น้ำเปลี่ยนจากสถานะของเหลวเป็นแก๊ส เมื่อเพิ่มพลังงานความร้อนให้แก่แข็งบรรจุ น้ำจะดูดกลืนความร้อนนี้ไว้โดยยังคงรักษาอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส คงที่ไม่เปลี่ยนแปลงจนกว่าน้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำหมดแล้วโดยใช้อัตราการดูดกลืนความร้อนแฝง 600 แคลอรีต่อกรัม

2.4 การควบแน่น (Condensation) คือ การที่น้ำเปลี่ยนจากสถานะแก๊สเป็นของเหลวซึ่งน้ำจำเป็นต้องถ่ายเทพลังงานภายในออกมาในรูปของการคายความร้อนแฝง 600 แคลอรีต่อกรัม เพื่อลดแรงดันของระหว่างโมเลกุล

2.5 การระเหิด (Sublimation) คือ การที่น้ำเปลี่ยนจากสถานะจากของแข็งเป็นแก๊สโดยตรง ซึ่งต้องการดูดกลืนความร้อนแฝง 680 แคลอรีต่อกรัม

2.6 การระเหิดกลับ (Deposition) คือ การที่น้ำเปลี่ยนจากสถานะแก๊สเป็นของแข็ง ซึ่งน้ำจำเป็นต้องถ่ายเทพลังงานภายในออกมาในรูปของการคายความร้อนแฝง 680 แคลอรีต่อกรัม

2.7 สมการที่ใช้ในการคำนวณหาพลังงานความร้อนที่ใช้ในการอบ

$$Q = ms \cdot \Delta t$$

เมื่อ

Q = ปริมาณความร้อน (จูล)

m = มวลของสาร (กรัม)

s = ความร้อนจำเพาะ (องศาเซลเซียส)

Δt = อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (องศาเซลเซียส)

3. การคำนวณค่าปริมาณความร้อน

ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว หมายถึง ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะของของแข็งเป็นของเหลวโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง

ความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลว หมายถึง ปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้สารที่เป็นของแข็งมีมวล 1 กรัม เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว 1 กรัม โดยอุณหภูมิไม่มีการเปลี่ยนแปลงหน่วยเป็น แคลอรี/กรัม เช่น ความร้อนแฝงจำเพาะของน้ำแข็งมีค่าประมาณ 80 แคลอรีต่อกรัม

ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ หมายถึง ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของของเหลวกลายเป็นไอ โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง

ความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอ หมายถึง ปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้สารที่เป็นของเหลวมีมวล 1 กรัม เปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง เช่น ความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอของน้ำเดือด มีค่าประมาณ 540 แคลอรีต่อกรัม

ความจุความร้อนจำเพาะ หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้สารมวล 1 กรัม มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียส

สมการคำนวณค่าปริมาณความร้อน

$$Q = mc \cdot \Delta t \quad (2.2)$$

เมื่อ

Q = ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิของสารนั้น ๆ (แคลอรี)

M = มวลของสาร (กรัม)

c = ความจุความร้อนจำเพาะของสาร (แคลอรี/กรัม-องศาเซลเซียส)

Δt = อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลง

ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำมีค่าเท่ากับ 1 แคลอรีต่อกรัม-องศาเซลเซียส

4. การคำนวณหาความยาวเส้นรอบวง

การคำนวณหาความยาวของเส้นรอบวงตัวถัง ผู้จัดทำได้ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมแผ่นม้วนขึ้นรูปตามขนาดที่ต้องการ จึงทำการเชื่อมรอยต่อชนก่อนที่จะทำการตัดแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม จำเป็นต้องมีการคำนวณขนาดของเหล็กแผ่นหรือเหล็กกล้าไร้สนิมแผ่น ตามสมการดังนี้

สมการคำนวณความยาวเส้นรอบวง

$$\text{ความยาวเส้นรอบวง} = \pi \times D \quad (2.3)$$

เมื่อ π = ค่าคงตัว โดยประมาณ (3.14159)

D = เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)

2.2.1. การอบแห้ง

การอบแห้ง (drying) เป็นกระบวนการย้ายมวลประกอบด้วยการกำจัดน้ำหรือตัวทำละลายอื่นโดยการระเหยจากของแข็ง กึ่งของแข็งหรือของเหลว กระบวนการนี้มักใช้เป็นขั้นตอนการผลิตสุดท้ายก่อนขายหรือบรรจุหีบห่อผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายต้องเป็นของแข็งจึงพิจารณาว่า "อบแห้งแล้ว" ในรูปแบบต่อเนื่อง (เช่น กระดาษ) ขึ้นยาว (เช่น ไม้) อนุภาค (เช่น เมล็ดธัญพืชหรือเกล็ดข้าวโพด) หรือผง (เช่น ทราย เกลือ ผงซักล้าง นมผง) แหล่งกำเนิดความร้อนและตัวดึงไอที่ผลิตจากกระบวนการดังกล่าวมักเกี่ยวข้องกับด้วย ในผลิตภัณฑ์ชีวภาพอย่างอาหาร ธัญพืชและเภสัชภัณฑ์อย่างวัคซีน น้ำเป็นตัวทำละลายที่ต้องกำจัดแทบทั้งสิ้น

2.2.2. ประเภทของการอบแห้ง

พิจารณาการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของแข็งเปียกกับก๊าซร้อนเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง

1) การอบแห้งแบบไหลเวียนผ่านผิว (Cross-Circulation drying)

คือ การอบแห้งที่ความร้อนไหลขนานกับผิวของของแข็ง อาจจะไหลผ่านผิวด้านบนหรือผ่านผิวด้านล่าง หรือผ่านทั้งสองด้าน ตัวอย่างเครื่องอบแห้งประเภทนี้ คือ เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer) ข้อควรระวังในการใช้งาน ควรเรียงวัสดุของแข็งเป็นชั้นเดียว หรือเป็นชั้นบางๆ

2) การอบแห้งแบบไหลเวียนแทรกผ่าน (Through-Circulation drying)

ของแข็งที่จะทำการอบแห้ง ถูกวางบนตะแกรงและให้ก๊าซร้อนเคลื่อนที่แทรกผ่านชั้นของแข็ง ความร้อนอาจเคลื่อนที่จากผิวด้านบนสู่ผิวด้านล่างของของแข็ง และผ่านตะแกรงออกไป ข้อควรระวังในการใช้งาน ควรปรับความเร็วของก๊าซร้อนไม่ให้สูงเกินไป ถ้าก๊าซร้อนมีความเร็วสูง จะพัดพาของแข็งออกจากเครื่องได้

3) การอบแห้งแบบโปรย (Showering drying)

การอบแห้งแบบโปรย คือ การอบแห้งที่ของแข็งถูกตักขึ้นและโปรยลงสู่ด้านล่าง จะมีก๊าซร้อนเคลื่อนที่ผ่านกลุ่มของแข็ง ตัวอย่างเครื่องอบแห้งประเภทนี้ คือ เครื่องอบแห้งแบบหมุน (rotary dryer) ข้อควรระวังในการใช้งาน วัสดุที่เป็นผงละเอียดต้องใช้ความระมัดระวังในการอบแห้ง เพราะก๊าซร้อนอาจพัดพาวัสดุออกจากเครื่องอบ ทำให้เกิดการสูญเสียของแข็ง

4) การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์ (Fluidized drying)

การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์ คือ การอบแห้งที่วัสดุของแข็งถูกวางบนตะแกรงเป็นชั้นของแข็ง และมีการให้ก๊าซร้อนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเหมาะสมผ่านตะแกรงเข้าสู่ด้านล่างของชั้นของแข็งและออกไปทางด้านบน ส่งผลให้กลุ่มของแข็งมีลักษณะเป็นฟลูอิดไดซ์ ข้อควรระวังในการใช้งาน ควรปรับความเร็วของก๊าซร้อนให้เหมาะสม ไม่ควรต่ำเกินไปเพราะจะทำให้ของแข็งไม่เกิดเอนทรอนเมนต์ของวัสดุที่เป็นผงละเอียด

5) การอบแห้งแบบนิวเมติก (pneumatic drying)

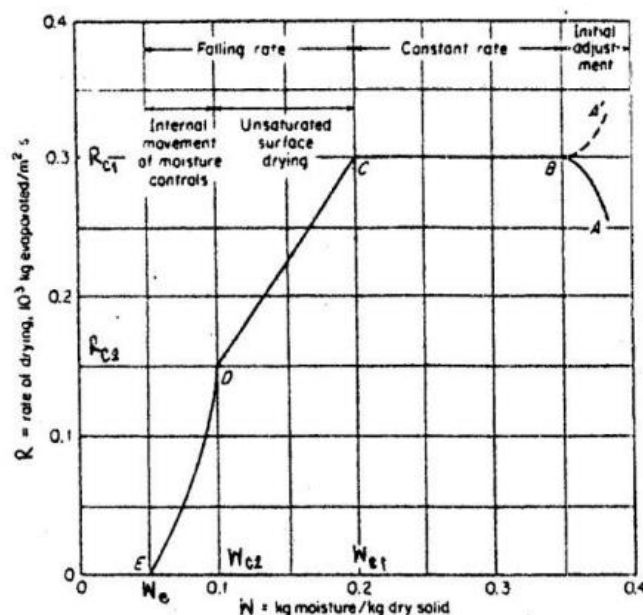
การอบแห้งแบบนิวเมติก คือ การอบแห้งที่มีการขนส่งวัสดุของแข็งเกิดขึ้นพร้อมกัน โดยใช้ความเร็วของก๊าซร้อนทำให้ของแข็งเคลื่อนที่ไปยังปลายทาง พร้อมกับการลดความชื้นภายในวัสดุของแข็งนั้น

2.2.3. การทำแห้ง

การทำแห้ง (Drying) หมายถึง การให้ความร้อนภายใต้สภาวะการควบคุมเพื่อกำจัดน้ำที่มี อยู่ในอาหารโดยการระเหยน้ำ วัตถุประสงค์ของการกำจัดน้ำ คือ การยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร โดยการลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (aw) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้น การลดน้ำหนักและปริมาณของอาหารยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา และการขนส่งเพิ่มความหลากหลายและความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค

1) กลไกการทำแห้ง

เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านหน้าอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหาร จะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่สภาวะดังกล่าวจะทำให้ ความดันไอที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอน้ำในอาหารเป็นผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำ อาหารชั้นด้านในจะมีความดันไอน้ำสูงและค่อยๆ ลดต่ำลงเมื่อชั้นอาหารเข้าใกล้อากาศแห้ง ความแตกต่างนี้ทำให้เกิดแรงดันเพื่อไล่น้ำออกจากอาหาร



ภาพที่ 2.3 กราฟอัตราการแห้ง (จุด E คือความชื้นสมดุล, W_e)

ที่มา : Geankoplis C.J. 2003

แสดงกราฟอัตราแห้งซึ่งเป็นกราฟระหว่างอัตราการแห้ง (drying rate) และความชื้นในสารนั้น (moisture content, W) ดังภาพที่ 1 ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

1.1) ช่วงการปรับสภาวะเบื้องต้น (Initial Adjustment Period) เป็นช่วงที่ความชื้นที่มีอยู่ในอาหารปรับตัวเพื่อมีอุณหภูมิเท่ากับลมร้อน อัตราการแห้งจะต่ำและจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงช่วงที่อัตราการอบแห้งคงที่ จากรูปที่ 1 คือ ช่วง AB ซึ่งถือว่าเป็นช่วงสั้นๆ สามารถตัดทิ้งได้เมื่อคำนวณเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (drying time) ส่วนช่วง A'B เป็นกรณีที่บริเวณผิวหน้าของแข็งมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิที่จะเริ่มเกิดการระเหยในตอนแรกจะสูงและค่อยๆ ลดลงจนคงที่

1.2) ช่วงอัตราการแห้งคงที่ (Constant Rate Period) เป็นช่วงที่น้ำในอาหารระเหยเป็นไออย่างต่อเนื่อง คล้ายกับการระเหยของน้ำโดยทั่วไป

1.3) ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling Rate Period) เป็นช่วงที่ความชื้นในอาหารเหลือน้อยจนแพร่ไปยังผิวหน้าอาหารอย่างต่อเนื่อง ทำให้ชั้นของเหลวที่ปกคลุมอยู่ไม่สม่ำเสมอ อัตราการแห้งจึงลดลง และ เมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้นความชื้นจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงความชื้นสมดุล ซึ่งน้ำในอาหารไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนของพืชสมุนไพรและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง

ส่วนของสมุนไพร	อุณหภูมิอบแห้ง (C°)
ผล	60 - 65
ราก, กิ่ง, ผิว	55 - 60
ดอก, ใบ, ลำต้น	45 - 55
สมุนไพรที่มีน้ำมันหอมระเหย	40 - 50

ที่มา : โครงการบริการวิชาการเชิงบูรณาการงบประมาณแผ่นดิน ปี 2550, ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

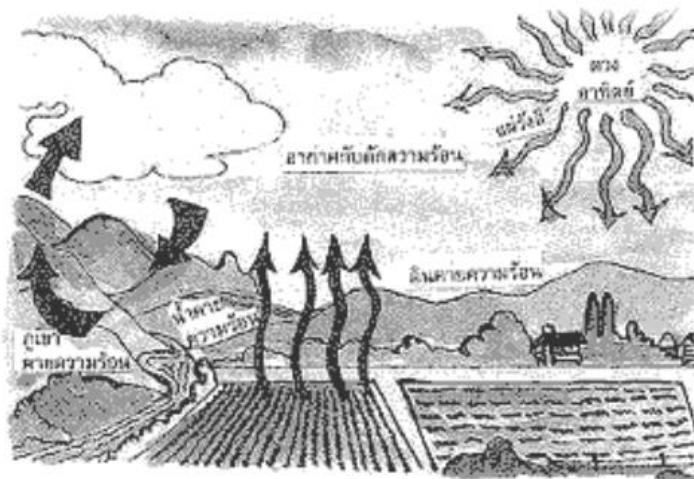
ตารางที่2.2 แสดงส่วนของพืชสมุนไพรและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งเพื่อการค้าทั่วไป

ส่วนของสมุนไพร	อุณหภูมิอบแห้ง (C°)
ดอก, ใบ และพืชล้มลุกที่ใช้ทั้งต้น	45 - 55
เปลือกต้น, ราก และกิ่ง	55 - 65
ผล	55 - 80
สมุนไพรที่มีน้ำมันหอมระเหยง่าย	40 - 45

ที่มา : กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร, “การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว” [Online], Available: <http://www.doae.go.th/library/html/detail/linn/Linn9.htm>, [2008, January 6].

2.2.4 พลังงานแสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของสุริยจักรวาลโลกเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่ง ซึ่งเป็นบริวารของดวงอาทิตย์ดวงอาทิตย์มีอิทธิพลต่อโลกและความเป็นอยู่ของมนุษย์มากที่สำคัญๆ คือ ดวงอาทิตย์ทำให้สภาพภูมิศาสตร์ของโลกแตกต่างกันคือ เขตร้อน เขตอบอุ่นเขตหนาว ดวงอาทิตย์ทำให้เกิดการหมุนเวียนของกระแสอากาศที่สำคัญคือ ลม การหมุนเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทร คือ กระแสน้ำอุ่นกระแสน้ำเย็น นอกจากนั้นดวงอาทิตย์ทำให้เกิดวัฏจักรของน้ำซึ่งมีผลต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2.4 วัฏจักรของพลังงานแสงอาทิตย์

ที่มา : <http://dnfe5.nfe.go.th/ilp/sunshine/SUN-1.htm>

ดวงอาทิตย์ให้พลังงานแสงสว่างแก่โลกโดยการแผ่รังสี เมื่อวัตถุต่างๆ บนผิวโลกได้รับแสงจากดวงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและกระจายความร้อนออกมา ซึ่งอยู่ในรูปของรังสีอินฟราเรดขณะที่แสงอาทิตย์เดินทางมาถึงส่วนหนึ่งของแสงอาทิตย์จะเดินทางผ่านบรรยากาศที่หุ้มห่อโลกและมาสู่ดิน ทั้งอากาศและน้ำจะเป็นกับดักพลังงานความร้อน ต่อมาดินและน้ำจะคายความร้อนให้อากาศ ดังนั้นอากาศจึงเป็นที่ดักความร้อนครั้งสุดท้ายของโลก

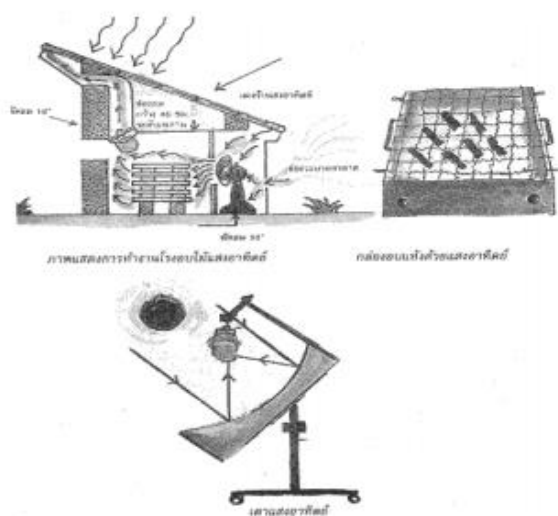
วัตถุต่างๆ บนผิวโลกจะมีคุณสมบัติในการรับความร้อนและคายความร้อนไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับระยะใกล้ ไกลจากดวงอาทิตย์คือที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ เขตหนาว เขตร้อน เขตอบอุ่นระยะเวลาคือ เวลา กลางวัน กลางคืน เนื้อของวัตถุ เช่น ดิน หิน น้ำ ฯลฯ จะรับความร้อนและคายความร้อนไม่เท่ากัน ทำให้เกิดลมบกลมทะเล เป็นต้นนอกจากนั้นสีของวัตถุจะมีคุณสมบัติในการรับและคายความร้อนต่างกันอีกด้วย มนุษย์รู้จักนำพลังงานจากดวงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์โดยตรงมาตั้งแต่สมัยโบราณคือ ใช้ในการตากผ้าตากผลผลิตทางการเกษตร และอุตสาหกรรมทำนาเกลือ เป็นต้น

ในสมัยปัจจุบันได้นำความรู้เกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์โดยใช้เทคโนโลยีและออกแบบเครื่องมือในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด สำหรับประเทศไทยมีพื้นที่ประมาณ 500,000 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ในเขตใกล้เส้นศูนย์สูตร หรือ อยู่ในแถบร้อนมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยค่อนข้างสูง ประมาณวันละ 4.7 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรหากสามารถใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนประเทศไทยเพียงร้อยละ 1 ของพื้นที่ทั้งหมดต่อปีจะได้พลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบประมาณ 700 ล้านตัน การค้นคว้าเพื่อนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้แทนพลังงานเชื้อเพลิงอื่น ซึ่งเป็นพลังงานทั้งหมดไปจากโลกได้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องวิจัยและพัฒนา

เพื่อให้สามารถนำมาใช้งานให้ได้อีกต่อไป การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยการประดิษฐ์เครื่องมือต่างๆ เช่น การกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ และการแปรรูปพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรงหรือที่เรียกว่าโซลาร์เซลล์

การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ใช้ระบบเดียวกับการกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ คือมีพื้นทาสีดำอากาศที่ไหลเข้ามาจะร้อนและลอยตัวผ่านผลิตภัณฑ์ที่นำมาอบให้แห้ง อากาศที่ร้อนจะพาความชื้นจากพืชผลออกไปที่ปล่องด้านบน เมื่ออากาศร้อนไหลออกไปจะเกิดช่องว่าง อากาศภายนอกจะไหลเข้ามาแทนที่วนเวียนเช่นนี้ดังภาพที่

3

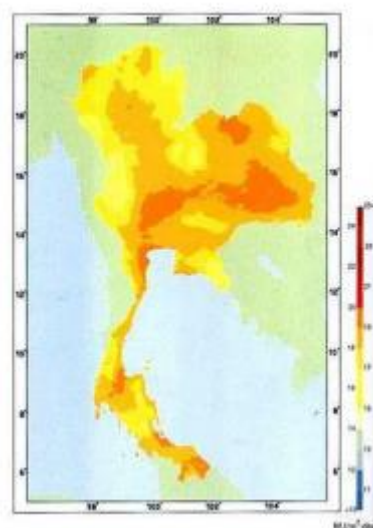


ภาพที่ 2.5 แสดงการทำงานโรงอบไม้ กล่องอบแห้ง และ เตาอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ที่มา : <http://dnfe5.nfe.go.th/ilp/sunshine/SUN-1.htm>

จากภาพที่ 4 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ.2542) โดยกรมพัฒนาส่งเสริมพลังงานคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พบว่าการกระจายของความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆในแต่ละเดือนของประเทศได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้ รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือน (เมษายน และ พฤษภาคม) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 24 MJ/m²-day เมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีพบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และอุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อ่างทอง และลพบุรี โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี 19 ถึง 20 MJ/m²-day พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3 % ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยัง

พบว่า 50.2 % ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี ในช่วง 18-19 MJ/m²-day จากการคำนวณ รังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่าเท่ากับ 18.2 MJ/m²-day จากผลที่ได้ นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง



ภาพที่ 2.6 ศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียมของประเทศไทย

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ดำเนินโครงการพัฒนาเครือข่ายสถานีวัดความเข้ม รังสีดวงอาทิตย์สำหรับประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2543 เพื่อให้ได้รับข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่มีความละเอียดถูกต้องและสามารถตอบสนองต่อความต้องการในด้านการวิจัยพัฒนาและประยุกต์ใช้พลังงาน แสงอาทิตย์ของประเทศไทย สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจตรวจวัด ได้แก่ เครื่องมือวัดความเข้ม แสงอาทิตย์ เป็นการวัดรังสีรวมของความเข้มแสงอาทิตย์ เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า ไพราโนมิเตอร์ (Pyranometer) ซึ่งปัจจุบันที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงานใช้วัด มี 2 ชนิด ได้แก่

4.1 ไพราโนมิเตอร์ ที่ใช้ Thermo mechanical Sensor หรือแบบ bimetallic ซึ่งมี sensor เป็น แกลบโลหะ 2 แกลบ โดยแกลบหนึ่งเป็นสีขาว และอีกแกลบหนึ่งเป็นสีดำเมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบแกลบสีดำจะ ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์และขยายตัวได้มากกว่าแกลบสีขาว แรงที่เกิดจากการขยายตัวดังกล่าวจะไปขับเคลื่อน หัวปากกาให้บันทึกข้อมูลเป็นลายเส้นลงบนกระดาษกราฟ ซึ่งจะพันติดรอบกระบอกกลมที่มีการขับเคลื่อนด้วย ระบบโซลาร์ หรือ ระบบแบตเตอรี่ ไฟฟ้าใช้แบบเตอโรรี

4.2 ไพราโนมิเตอร์ ที่ใช้ Thermoelectric Sensor หรือแบบ Thermopile ซึ่งมี sensor ทำด้วย โลหะ 2 ชนิด ซึ่งเชื่อมปลายทั้งสองติดกันโดยปลายข้างหนึ่งทำหน้าที่เป็น hot junction และ อีกข้างหนึ่งเป็น

cold junction เมื่อ hot junction ถูกรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบจะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของ junction ทั้งสองและก่อให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (electromotiveforce) ขึ้นในวงจรที่ประกอบด้วยโลหะทั้งสองจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นสามารถนำไปคำนวณหาความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบได้ ปัจจุบันกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานมีสถานีวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ จำนวน 36 สถานี ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2.3 ศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียมของ จ.เชียงใหม่

Latitude : 18° 47' 49" Longitude : 98° 59' 07" Month	Global illuminance (klux)						
	9.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00	14.00-15.00	15.00-16.00
JAN	34.0	50.7	64.8	74.2	68.2	56.5	40.6
FEB	34.0	51.4	66.1	76.5	70.4	58.5	42.3
MAR	44.6	64.4	79.4	82.8	82.7	70.2	51.2
APR	63.8	83.8	88.4	95.9	94.6	76.6	58.2
MAY	70.8	86.0	87.1	106.9	104.9	92.2	61.8
JUN	78.2	91.7	92.3	105.6	94.2	85.9	77.1
JUL	70.0	86.3	84.8	94.9	87.0	87.3	63.9
AUG	67.6	78.9	82.8	96.6	86.7	96.5	57.5
SEP	62.1	81.2	80.6	92.4	83.7	72.8	54.2
OCT	56.0	70.3	74.7	86.1	83.1	67.0	52.1
NOV	54.8	71.1	81.3	90.8	80.1	66.2	47.6
DEC	41.5	58.3	71.1	84.0	72.6	59.2	40.6

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

5. ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งาน 3 ลักษณะ คือ

5.1 การอบแห้งระบบ Passive

การอบแห้งระบบ Passive คือระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และ

กระแสนที่พัดผ่าน ดังภาพที่ 5 ได้แก่

5.1.1 เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติเป็นการวางวัสดุไว้ที่กลางแจ้งจะอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสนในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ

5.1.2 ตู้อบแห้งแบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง วัสดุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยวัสดุที่โปร่งใสความร้อนที่โซบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์และอาศัยหลักการขยายตัวเอง อากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเทอากาศขึ้น

5.1.3 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัสดุที่อยู่ภายในจะได้รับความร้อน 2 ทาง คือ ทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์



ภาพที่ 2.7 เครื่องอบแห้งระบบ Passive

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

5.2 การอบแห้งระบบ Active

การอบแห้งระบบ Active คือระบบอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้ อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น จะมีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลมและห้องอบแห้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของพืชผลจึงพาความชื้นจากพืชผลออกสู่ภายนอกทำให้พืชผลที่อบไว้แห้งได้

5.3 การอบแห้งระบบ Hybrid

การอบแห้งระบบ Hybrid คือ ระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และยังต้องอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ช่วยในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอหรือต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น เช่น ใช้

ร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงจากชีวมวล พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ และการหมุนเวียนของอากาศจะอาศัยพัดลมหรือเครื่องดูดอากาศช่วย ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 2.8 เครื่องอบแห้งระบบ (Hybrid)

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

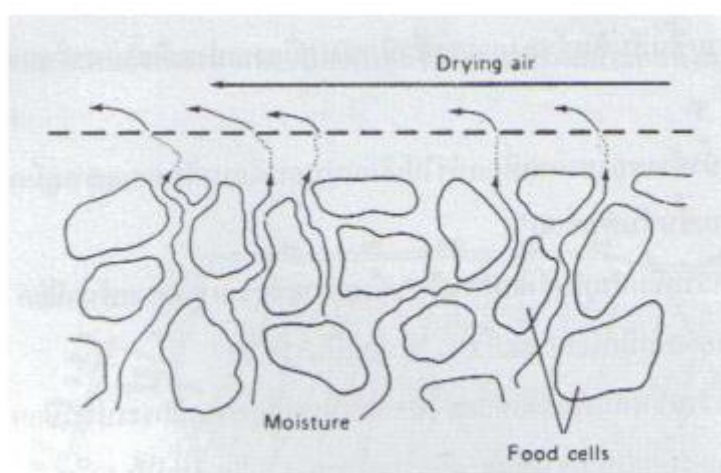
5.4 การทำแห้ง

การกำจัดน้ำหรือการทำให้แห้ง (drying) หมายถึง การใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหารโดยการระเหยน้ำหรือการระเหิดของน้ำแข็งในการอบแห้งแบบระเหิด (freeze drying) คำจำกัดความนี้จะไม่รวมถึงการกำจัดน้ำออกจากอาหารด้วยวิธีอื่นๆ เช่น การแยกโดยทางกลการทำให้ ชื้นโดยใช้ เมมเบรน การระเหย และการอบ เนื่องจากในกระบวนการเหล่านี้จะมีการกำจัดน้ำน้อยกว่าการทำแห้ง วัตถุประสงค์ของการกำจัดน้ำคือการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยการลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีซึ่งมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ โดยทั่วไปอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการมักจะต่ำพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้นการลดน้ำหนัก และปริมาณของอาหารยังช่วยลดค่าใช้จ่าย ในการเก็บรักษาและขนส่ง เพิ่มความหลากหลายและความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค อย่างไรก็ตามการทำแห้งทำให้เกิดความสูญเสียทั้งคุณภาพการบริโภค และคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบเครื่องทำแห้งคือ การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำอาหารแต่ละชนิด ให้แห้งโดยมีการสูญเสียคุณภาพการบริโภคและคุณค่าของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการ มักจะไม่สูงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้นการลดน้ำหนักและปริมาณของอาหารยังช่วยลดค่าใช้จ่าย ในการเก็บรักษาและขนส่งเพิ่มความหลากหลายและความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค ตามการทำแห้งทำให้เกิด

ความสูญเสียทั้งคุณภาพการบริโภคและคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบเครื่องทำแห้งคือ การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำอาหารแต่ละชนิดให้แห้งโดยมีการสูญเสียคุณภาพการบริโภคและคุณค่าทางโภชนาการน้อยที่สุด ตัวอย่างอาหารแห้งที่ผลิต ในระดับอุตสาหกรรมที่สำคัญได้แก่น้ำตาล กาแฟ นม มันฝรั่ง แป้ง ถั่ว ถั่วลิสง อาหารเข้าประเภทที่ทำมาจากธัญพืช ข้าว และเครื่องเทศ

5.4.1 กลไกการทำแห้งโดยใช้อากาศหรือลมร้อน

เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหารและน้ำในอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอน้ำ จะแพร่ผ่านฟิล์มของอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 2.9 การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการทำแห้ง

สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันไอน้ำที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอน้ำด้านในของอาหารเป็นผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำขึ้น อาหารชั้นในจะมีความดันไอน้ำสูงและค่อยๆ ลดต่ำลงเมื่อชั้นอาหารเข้าใกล้อาหารแห้ง ความแตกต่างนี้จะทำให้เกิดแรงดันเพื่อไล่น้ำออกจากอาหาร น้ำจะเคลื่อนที่ไปยังผิวหน้าด้วยกลไกดังต่อไปนี้

5.4.2 การเคลื่อนที่ของของเหลวโดยแรงแคปิลารี

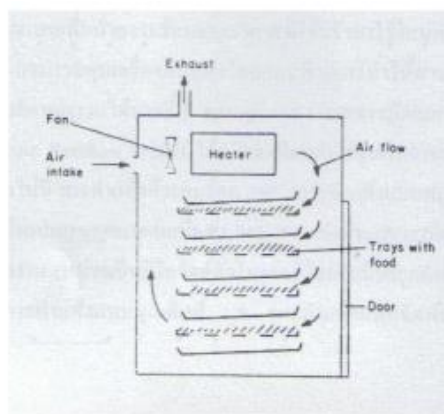
5.4.3 การแพร่ของของเหลวที่เกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นของตัวละลายในอาหารส่วนต่างๆ

5.4.4 การแพร่ของของเหลวซึ่งถูกดูดซับโดยผิวหน้าของของแข็งในอาหาร

5.4.5 ความแตกต่างของความดันไอน้ำทำให้เกิดการแพร่ของไอน้ำในช่องอากาศของอาหาร

5.5 เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray Dryers)

เครื่องอบแห้งแบบถาดประกอบด้วยถาดเตี้ยๆที่มีช่องตาข่ายอยู่ด้านล่างและปูเครื่องด้วยฉนวนในแต่ละถาดจะบรรจุอาหารชิ้นบางๆ ขนาด 2-6 เซนติเมตร อากาศร้อนจะไหลหมุนเวียนอยู่ในตู้ที่ความเร็วลม 0.5-5 เมตร/วินาที/เมตร 2 ของพื้นที่ผิวของถาด มีระบบท่อหรือแบบพัดเพื่อนำลมร้อนขึ้นไปด้วยด้านบนผ่านแต่ละถาดเพื่อให้ลมร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอ อาจมีการติดตั้งเครื่องทำความร้อนเพิ่มเติมด้านบนหรือด้านข้างของถาดเพื่อเพิ่มอัตราการแห้ง นิยมใช้สำหรับการผลิตอาหารในปริมาณต่ำ หรือสำหรับใช้ในโรงงานต้นแบบ เครื่องอบชนิดนี้ใช้เงินลงทุนและค่าดูแลรักษาที่ต่ำ และจะควบคุมดูแลยาก ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไม่สม่ำเสมอ ดังภาพที่ 8 แสดงการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบถาด



ภาพที่ 2.10 การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบถาดทั่วไป

5.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง

อัตราการอบแห้งในผลิตภัณฑ์นำมาอบแห้งเกิดขึ้นเร็วหรือช้า มีผลมาจากปัจจัยหลายประการ ดังนี้

5.6.1 ลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเป็นรูพรุนมากๆ จะมีอัตราการอบแห้งเร็ว เนื่องจากน้ำในอาหารสามารถเคลื่อนจากภายในออกมาภายนอกได้ง่าย นอกจากนี้อาหารที่มีพื้นที่ผิวมากอัตราการอบแห้งสามารถเกิดได้เร็วเช่นกัน ทั้งนี้ก็เนื่องจากพื้นที่การระเหยของน้ำในวัสดุเพิ่มขึ้นมากนั่นเอง

5.6.2 รูปร่างและความหนาของอาหาร อาหารที่มีความหนามากอัตราการอบแห้งจะช้ากว่าอาหารที่หนาน้อยกว่าเนื่องจาก อัตราการแห้งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร

5.6.3 ปริมาณของอาหารที่นำมาอบแห้ง อาหารที่นำมาอบแห้งในปริมาณมากๆจะมีอัตราการอบแห้งที่ช้าเนื่องจากอากาศร้อนไม่สามารถสัมผัสกับอาหารที่นำมาอบแห้งได้อย่างทั่วถึง จึงไม่สามารถถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารได้ จึงทำให้อัตราอบแห้งช้าลง

5.6.4 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ความชื้นของอากาศเป็นสิ่งสำคัญมาก การระเหยน้ำออกจะทำได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความชื้นของอากาศและความเร็วลม

5.6.5 ความดันเกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำ เนื่องจากในที่มีความดันต่ำๆ ลงมา น้ำก็จะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำลงดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันจะทำให้อัตราการแห้งเร็วขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไกรศร ใจแปง เชาว์ลิต ไทยแสน และวัฒนา อยู่พันธ์ เพื่อสร้างเครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำ หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องอบแห้งจากไอน้ำและใช้ใบพัดเป่าลมให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศภายในตู้อบ ซึ่งตัวถังทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร สามารถบรรจุจุดกักอุณหภูมิหรือใบเตยได้ครั้งละ 2 กิโลกรัม และสามารถปรับอุณหภูมิในการอบสูงสุดไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส การทดลองการอบแห้งทำการทดลอง 3 ช่วงอุณหภูมิ คือ 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส ผลจากการทดลองทำการอบอุณหภูมิและใบเตย ให้มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นร้อยละ 12 และร้อยละ 20 ของน้ำหนัก พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบดอกอัญชัน เพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์ความชื้นร้อยละ 12 ของน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบใบเตย ให้ได้เปอร์เซ็นต์ความชื้นร้อยละ 20 ของน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง ตามลำดับ (<http://hrd.rmutl.ac.th>)

บัณฑิต กฤตาคม และคณะ ทำการศึกษาเพื่อหาแบบจำลองการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งบอระเพ็ดด้วยลมร้อน ภายใต้อุณหภูมิตอบแห้ง 50-70 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 1.0-2.0 เมตรต่อวินาที แบบจำลองทำการทดสอบโดยเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นจากแบบจำลองที่เหมาะสมโดยใช้ค่า r^2 และ RMSE เป็นดัชนีตัวชี้วัด ผลจากการศึกษาพบว่าแบบจำลองแอมพลิคัลสามารถทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งได้ดี โดยที่แบบจำลองของ Page มีความเหมาะสมที่สุดกับผลการทดลอง โดยมีค่า r^2 มากที่สุด เท่ากับ 0.98634 และ RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 0.03463

อัจฉรา แซ่ไคว้ และคณะ (2556) ศึกษาปัจจัยของสภาวะในการอบแห้งต่ออุณหภูมิและคุณภาพการอบแห้งพริกไทย โดยกระบวนการอบแห้งแบบ 1 ขั้นตอน ด้วยการพาความร้อนของลมร้อน การแผ่รังสีได้แดงและกระบวนการอบแห้งแบบ 2 ขั้นตอน ด้วยการแผ่รังสีของไมโครเวฟร่วมการพาความร้อนด้วยลมร้อน และการอบแห้ง 2 ขั้นตอนด้วยไมโครเวฟและรังสีได้แดง โดยความชื้นเริ่มต้นของเม็ดพริกไทยสดและความชื้นสุดท้ายของเม็ดพริกไทยแห้งอยู่ในช่วงร้อยละ 300-400 ของมูลฐานแห้งและร้อยละ 12-16 ของมูลฐานแห้ง ตามลำดับ ผลทดลองพบว่า การอบแห้งพริกไทยเกิดขึ้นในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง โดยอุณหภูมิอบแห้งมีผลโดยตรงต่ออัตราการอบแห้งและระยะเวลาอบแห้ง นอกจากนี้ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การอบแห้งด้วยอุณหภูมิตอบแห้งสูงทุกแหล่งพลังงานความร้อนจะมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำกว่ากรณีอบแห้งด้วยอุณหภูมิตอบแห้งต่ำ และที่อุณหภูมิตอบแห้งเดียวกัน

การอบแห้งด้วยรังสีได้แดงเพียงอย่างเดียวมีอัตราการอบแห้งและค่าสัมประสิทธิ์ การแพร่ยังผลสูงที่สุด ในกรณี การสร้างแบบจำลองทำนายจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ด้วยวิธีการถดถอยแบบไม่เชิงเส้น สรุปได้ว่า แบบจำลองของ Page สามารถทำนายผลจลนพลศาสตร์การอบแห้งพริกไทยด้วยรังสีได้แดงทั้งแบบขั้นตอนเดียว การอบแห้งด้วยลมร้อนแบบขั้นตอนเดียว และสรุปได้ว่า การอบแห้งโดยการแผ่รังสีความร้อนจากรังสีได้แดง และการใช้แหล่งพลังงานความร้อนร่วมไมโครเวฟและรังสีได้แดงมีค่าความสิ้นเปลือง

สุหัตถิ นิเช็ง และภานุมาศ สุยบางคำ (2559) ได้ทำการออกแบบเตาอบแห้งพริกชี้ฟ้าแบบพาความร้อน โดยสามารถใช้พลังงานความร้อนจากไฟฟ้าหรือแผงรับแสงอาทิตย์ โดยตัวแปรที่ต้องการศึกษา คือ ความชื้นที่เหลือหลังจากการอบแห้ง และอัตราเร็วของการอบแห้ง จากการทดลองพบว่าการอบแห้งพริกชี้ฟ้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียว ควบคุมอุณหภูมิที่ 70 ± 2 °C สามารถลดความชื้นลงเหลือ 8.83% (มาตรฐานเปียก) และอัตราเร็วของการอบแห้ง 0.22 % ความชื้นที่ระเหย/นาที่ ใช้เวลาเพียง 5 ชั่วโมง ในขณะที่การอบแห้งพริกชี้ฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว ซึ่งมีอุณหภูมิในเตาอบเฉลี่ย 40

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1. วิธีการทดลอง

3.1.1 การเตรียมตัวอย่างสมุนไพรว่านชักมดลูก

สมุนไพรว่านชักมดลูกที่ใช้ทดลองเป็นสมุนไพรว่านชักมดลูกหอม จากอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ นำสมุนไพรมาล้างทำความสะอาดดินออก นำไปวางบนตะแกรงทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำสมุนไพรว่านชักมดลูกไปหั่นด้วยเครื่องหั่นสมุนไพรว่านชักมดลูก แล้วนำสมุนไพรว่านชักมดลูกไปวัดค่าความชื้นเริ่มต้น

3.1.2 ตู้อบแห้ง 2 พลังงาน

ในการทดลองจะใช้เครื่องอบแห้ง 2 พลังงานที่สร้างขึ้นมาคือพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานแก๊ส เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมของการอบแห้งสมุนไพรว่านชักมดลูก โดยตู้อบแห้งสองพลังงานที่ใช้มีขนาดตู้อบ 2 พลังงาน โดยโครงสร้างตู้อบพลังงานเป็นทรงสี่เหลี่ยมคางหมู ขนาดของตู้อบกว้าง 125 x 145 x 125 เซนติเมตร และด้านหน้าตู้สูง 64 เซนติเมตร ทำมุมเอียง 48 องศา กับแนวตั้ง ภายในตู้อบมีชั้นวางตะแกรง 4 ชั้น ระยะห่างระหว่างตะแกรงแต่ละชั้น 15 เซนติเมตร แผงรับแสงอาทิตย์มีขนาด 110 x 180 x 22 เซนติเมตร ทำมุม 14 องศา กับแนวราบ ตู้อบพลังงานแก๊สใช้หัวแก๊สจำนวน 2 หัว และมีพัดลมเป่าเพื่อกระจายความร้อนภายในตู้เครื่อง 2 ตัว

3.1.3 การทดลองการอบแห้ง

1). นำสมุนไพรว่านชักมดลูกหั่นที่มีความหนา 1-2 มิลลิเมตร 5 กิโลกรัม วางบนตะแกรงสแตนเลส แล้วนำไปอบด้วยพลังงานไฟฟ้าที่อุณหภูมิภายในตู้อบประมาณ 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ชั่วโมง เก็บบันทึกผลโดยการวัดค่าความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นรุ่น Moisture Meter TK100S และชั่งน้ำหนักที่เหลือของสมุนไพรว่านชักมดลูก และทำการทดลองในลักษณะเดียวกันแต่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยวางตู้อบแห้ง 2 พลังงานให้หันหน้ารับแสง แล้ววางแผงรับแสงอาทิตย์เสริม เก็บบันทึกผลโดยการวัดค่าความชื้นและน้ำหนักที่เหลือของสมุนไพรว่านชักมดลูก

2). อัตราการอบแห้ง (Drying rate, DR) คือ อัตราเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นต่อหน่วยเวลา ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$DR = \frac{M_0 - M_T}{T} \quad (1)$$

เมื่อ	M_0	คือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้น (กรัม/น้ำ/กรัมมวลแห้ง)
	M_T	คือ ปริมาณความชื้นที่เวลาใดๆ (กรัม/น้ำ/กรัมมวลแห้ง)
	T	คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (นาท)

3). ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้ง

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้ง (specific energy consumption, SEC) อัตราส่วนปริมาณพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุอบแห้ง สำหรับใช้ในการทดลองของตู้อบแห้งที่ใช้ขดลวดความร้อน ขนาด 1500 วัตต์ จำนวน 2 ตัว แบะพัดลมระบายอากาศ 304.8 มิลลิเมตร จำนวน 1 ตัว ใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ตู้อบแห้งใช้กระแสไฟฟ้า 13.7 แอมแปร์ และนำค่าความชื้นสุดท้ายมาคำนวณหาความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้งจากสมการที่ 2

$$SEC = \frac{3.6E_p}{(m_{in} - m_f)} \quad (2)$$

เมื่อ m_{in} คือ มวลวัสดุก่อนอบแห้ง เป็นกิโลกรัม (kg)
 m_f คือ มวลวัสดุหลังอบแห้ง เป็นกิโลกรัม (kg)
 E_p คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้เป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง และค่าคงที่ 3.6 คือ แฟกเตอร์การเปลี่ยนแปลงหน่วยจาก kW-h เป็น MJ/kg of water evaporated

3.2. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1. การทดลองเพื่อหาเวลาที่เหมาะสม

ขั้นตอนนี้จะเป็นการหาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งสมุนไพรว่านชักมดลูก ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และพลังงานแก๊ส ที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียสโดยการจับเวลาการทำงานตั้งแต่ขั้นตอนการนำชิ้นว่านเข้าเครื่องอบ โดยในแต่ละครั้งในการทดสอบจะใช้สมุนไพรว่านชักมดลูกแบบหั่นสดจำนวน 10 กิโลกรัมต่อครั้ง โดยจะทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางบันทึกการทดสอบเวลาในการทำงาน ความชื้น และอัตราการอบแห้งของชิ้นสมุนไพรวุ้นแช่เมล็ดลูกห่าน

เวลา (ชม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความชื้น (%)	อัตรา การอบแห้ง

3.2.2 การตรวจสอบค่าความชื้นของสมุนไพรวุ้นแช่เมล็ดลูกห่านที่ผ่านการอบแล้ว

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำชิ้นวุ้นที่ผ่านการทดสอบจากอุปกรณ์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำมาตรวจสอบดูความถูกต้องของชิ้นวุ้นที่ผ่านการอบจากเครื่องอบแห้งว่าผ่านเกณฑ์หรือไม่ แล้วมาหาเปอร์เซ็นต์การยอมรับแล้วทำการบันทึกข้อมูลในตารางที่ 3.1

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดสอบสมรรถนะของตู้อบสมุนไพรวุ้นแช่ผักผลไม้สองพลัง

การทดสอบสมรรถนะของตู้อบสมุนไพรวุ้นแช่ผักผลไม้สองพลังแสงอาทิตย์และพลังงานแก๊ส โดยคณะผู้วิจัยได้ออกแบบตารางในการทดลองแต่ละครั้ง โดยใช้วุ้นแช่ผักผลไม้สดครั้งละ 5 กิโลกรัม ทำการทดลองที่เวลาเวลาต่างๆ เพื่อหาค่าความชื้นและน้ำหนักที่เหลือ แล้วจดบันทึกลงในตารางที่ออกแบบไว้

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกการทดสอบเวลาในการทำงาน ความชื้น และอัตราการอบแห้งของวุ้นแช่สมุนไพรวุ้นแช่ผักผลไม้ 5 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เวลา (ชม.)	ครั้งที่ ทำ การ ทดลอง	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความชื้น (%)	อัตราการอบแห้ง
0	1	5.0	24.4	0
	2	5.0	25.12	0
	3	5.0	24.61	0
	เฉลี่ย	5.0	24.71	0
1	1	4.33	21.00	0.057
	2	4.30	20.7	0.074
	3	4.60	21.2	0.057
	เฉลี่ย	4.41	20.9	0.064
2	1	3.78	19.7	0.039
	2	3.51	19.0	0.051
	3	3.56	19.02	0.047
	เฉลี่ย	3.62	19.24	0.046
3	1	2.90	18.4	0.033
	2	2.80	18.3	0.038
	3	2.89	18.32	0.035
	เฉลี่ย	2.86	18.34	0.035
4	1	2.57	16.8	0.032

	2	2.41	16.1	0.038
	3	2.45	16.32	0.035
	เฉลี่ย	2.48	16.41	0.035
5	1	2.01	15.01	0.031
	2	1.93	14.5	0.035
	3	2.00	14.9	0.032
	เฉลี่ย	1.98	14.8	0.033
6	1	1.88	13.20	0.031
	2	1.75	13.0	0.034
	3	1.80	13.12	0.032
	เฉลี่ย	1.81	13.11	0.032
7	1	1.72	12.3	0.029
	2	1.69	11.8	0.032
	3	1.70	12	0.030
	เฉลี่ย	1.70	12.03	0.030

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกการทดสอบเวลาในการทำงาน ความชื้น และอัตราการอบแห้งของชิ้นสมุนไพรว่าน ชักมดลูกแห้ง 5 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแก๊ส

เวลา (ชม.)	ครั้งที่ทำการ ทดลอง	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความชื้น (%)	อัตราการอบแห้ง
0	1	5.0	24.4	0
	2	5.0	25.12	0
	3	5.0	24.61	0
	เฉลี่ย	5.0	24.71	0
1	1	4.78	17.04	0.123
	2	4.75	17.1	0.134
	3	4.69	17.2	0.124
	เฉลี่ย	4.74	17.11	0.127
2	1	3.95	16.7	0.064
	2	3.86	16.7	0.070
	3	3.80	16.56	0.067
	เฉลี่ย	3.87	16.65	0.067

3	1	3.26	15.21	0.051
	2	3.28	15.40	0.054
	3	3.26	15.32	0.052
	เฉลี่ย	3.27	15.31	0.052
4	1	2.68	14.70	0.040
	2	2.61	14.38	0.045
	3	2.66	14.40	0.043
	เฉลี่ย	2.65	14.49	0.043
5	1	2.24	13.6	0.036
	2	2.23	12.9	0.041
	3	2.20	12.0	0.42
	เฉลี่ย	2.22	12.83	0.040
6	1	1.99	10.2	0.039
	2	1.98	9.8	0.043
	3	1.97	9.52	0.042
	เฉลี่ย	1.98	9.77	0.042
7	1	1.89	8.9	0.037
	2	1.64	8.7	0.039
	3	1.65	8.8	0.037
	เฉลี่ย	1.73	8.8	0.039

ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกการทดสอบเวลาในการทำงาน ความชื้น และอัตราการอบแห้งของชิ้นสมุนไพรว่าน ชักมดลูกหั่น 5 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแก๊ส

เวลา (ชม.)	ครั้งที่ทำการ ทดลอง	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความชื้น (%)	อัตราการอบแห้ง
0	1	5.0	24.4	0
	2	5.0	25.12	0
	3	5.0	24.61	0
	เฉลี่ย	5.0	24.71	0
1	1	4.6	17	0.123
	2	4.51	16.5	0.144
	3	4.55	16.5	0.133

	เฉลี่ย	4.55	16.67	0.127
2	1	3.62	16.0	0.07
	2	3.59	15.2	0.083
	3	3.60	15.3	0.078
	เฉลี่ย	3.60	15.5	0.077
3	1	3.0	15.0	0.052
	2	3.1	15.1	0.053
	3	3.05	15.1	0.052
	เฉลี่ย	3.05	15.07	0.053
4	1	2.2	14.0	0.043
	2	2.29	14.1	0.046
	3	2.3	14.1	0.044
	เฉลี่ย	2.26	14.07	0.044
5	1	1.80	12.1	0.041
	2	1.82	12.0	0.044
	3	1.81	11.9	0.42
	เฉลี่ย	1.81	12.0	0.042
6	1	1.62	9.0	0.045
	2	1.59	9.5	0.044
	3	1.60	9.6	0.042
	เฉลี่ย	1.60	9.7	0.042
7	1	1.2	7.0	0.042
	2	1.23	7.2	0.043
	3	1.25	7.4	0.041
	เฉลี่ย	1.23	7.2	0.042

ทดลองที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อาคารเทคโนโลยีการผลิตและวิศวกรรมการผลิต การทดลองครั้งนี้เป็นการทดลอง 3 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ว่านชักมดลูกจำนวน 5 กิโลกรัม เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องหั่นสมุนไพรว่านชักมดลูก

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากผลการทดลองอบสมุนไพรว่านชักมดลูกหั่นน้ำหนักเริ่มต้น 5 กิโลกรัม ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอุณหภูมิภายในเฉลี่ย 40 องศาเซลเซียส เมื่อทำการอบเป็นเวลา 7 ชั่วโมงจะให้น้ำหนักสมุนไพรว่านชักมดลูกแห้งเหลือ 1.70 กิโลกรัม และความชื้นเป็น 12.03 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดลองอบสมุนไพรว่านชักมดลูกหั่นน้ำหนักเริ่มต้น 5 กิโลกรัม ด้วยพลังงานแก๊สที่มีอุณหภูมิภายในเฉลี่ย 40 องศาเซลเซียส เมื่อทำการอบเป็นเวลา 7 ชั่วโมงจะให้น้ำหนักสมุนไพรว่านชักมดลูกแห้งเหลือ 1.70 กิโลกรัม และความชื้นเป็น 8.8 เปอร์เซ็นต์ และการทดลองอบสมุนไพรว่านชักมดลูกหั่นน้ำหนักเริ่มต้น 5 กิโลกรัม ด้วยพลังงานแก๊สที่มีอุณหภูมิภายในเฉลี่ย 50 องศาเซลเซียส เมื่อทำการอบเป็นเวลา 7 ชั่วโมงจะให้น้ำหนักสมุนไพรว่านชักมดลูกแห้งเหลือ 1.23 กิโลกรัม และความชื้นเป็น 7.2 เปอร์เซ็นต์

5.2 อภิปรายผล

ในการทดลองครั้งนี้ทำให้ทราบว่า สำหรับการอบสมุนไพรว่านชักมดลูกด้วยพลังงานพลังงานแก๊สจะให้ความชื้นในสมุนไพรว่านชักมดลูกลดลงได้เร็วกว่าการอบด้วยเครื่องอบสมุนไพรว่านชักมดลูกที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบ 40 องศาเซลเซียส แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบการอบสมุนไพรว่านชักมดลูกด้วยพลังงานแก๊สระหว่างอุณหภูมิ 40 กับ 50 องศาเซลเซียส ทำให้ทราบว่าการอบสมุนไพรว่านชักมดลูกที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสให้ความชื้นในสมุนไพรว่านชักมดลูกลดลงได้ดีกว่าการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แต่ว่านชักมดลูกที่ได้มีความกรอบ ลักษณะของว่านชักมดลูกที่ได้จากอบด้วยพลังงานแก๊ส 50 องศาเซลเซียสอาจจะเหมาะสำหรับการนำสมุนไพรว่านชักมดลูกอบแห้งเพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ว่านชักมดลูกผงบด ส่วนการอบสมุนไพรว่านชักมดลูกที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับการนำไปแปรรูปเป็นสมุนไพรลูกประคบ

5.3 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

5.3.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแก๊สยังมีการปรับอุณหภูมิได้ไม่คงที่มากนัก

5.3.2 การทดลองเก็บผลทำในช่วงที่มีฝนตกบ่อยครั้ง ทำให้การทดลองล่าช้า และแสงแดดไม่แรง

5.4 การแก้ไข้ปัญหา

1) ปรับปรุงแก้ไขระบบความร้อนของเครื่องอบแห้งสองพลังงาน

5.5 ข้อเสนอแนะ

ควรทำการทดลองเก็บผลในฤดูร้อน จะทำให้ได้ค่าผลการทดลองอบแห้งสมุนไพรว่านชักมดลูกหรือสมุนไพรอื่นๆที่ดี

บรรณานุกรม

- บัณฑิต กฤตาคม, ปฏิวดี วรามิตร , นันทวัฒน์ วีระยุทธ, อำไพศักดิ์ ทีบุญมา และ โสภณ สีนสร้าง. **แบบจำลองการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งบอระเพ็ดด้วยลมร้อน**. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. นครราชสีมา.
- พนา จักรเสน, มนตรี ก้านบัว, วรุธ วิลัยวงศ์, วรเดช รอดคง และ อุดลย์ แก้วโก้ย. (2546). **ตู้อบแห้งสองพลังงาน**. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์
- มนตรี เรืองประดับ, ชูเกียรติ คุปตานนท์, จันกานต์ ทวีกุล และ ปัญญรักษ์ งามศรีตระกูล.(2550). **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งผลหมาก**. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 21 จังหวัดชลบุรี.
- ร้านบ้านไอนิน. (2556). **โครงการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสุขภาพและความงาม ลูกประคบสมุนไพร**. กรุงเทพมหานคร.
- สุรพงษ์ โช้ทอง และไกรสร รวยป้อม. (2559). **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งผลหมาก**. *Journal of Industrial Technology Ubon Ratchathani Rajabhat University*, 6(2), 197-213.
- สุหดี นิธิ และ ภาณุมาศ สุยบางดำ. (2559). **เตาอบแห้งพริกชี้ฟ้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์**. การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 9, 50-54.
- สุทัศน์ ยอดเพ็ชร, พงษ์ศักดิ์ นาใจคง, เจริญ พลต่าง และชัยวัฒน์ วัฒนะกุล. (2553). **โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องหั่นสมุนไพรประเภทหัว กลุ่มแม่บ้านชุมชนเดชอุดมพัฒนาและกลุ่มสตรีบ้านโนนกรวด จ. นครราชสีมา**. คลินิกเทคโนโลยีเครือข่ายมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน : นครราชสีมา.
- สุวรรณ ภูนิษชัยกุล, สลิลลา ชาญเขียว และ ยุทธนา ภูนิษชัยกุล. (2556). **การอบแห้งใบบัวบกเพื่อผลิตใบบัวบกแห้งขงดื่มด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด: จลนศาสตร์ ความเปลี่ยนแปลงพลังงานและคุณภาพ**. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 18(2), 311-324.
- อติคม ฤกษ์บุตร. (2546). **เส้นใยแก้วและการประยุกต์ใช้งานเบื้องต้น**. ซีดีบลูซี พรินติ้ง, กรุงเทพฯ :
- อัจฉรา แซ่ไคว้, สุวรรณ ภูนิษชัยกุล และ ยุทธนา ภูนิษชัยกุล (2556). **ปัจจัยการอบแห้งด้วยแหล่งพลังงานความร้อนแบบการพาและการแผ่รังสีความร้อนที่มีต่อจลนพลศาสตร์และคุณภาพของพริกไทยดำ**. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 18 (2556) 1: 166-180.
- อำไพศักดิ์ ทีบุญมา และ ศักดิ์ชัย จงจำ. (2553.). **การอบแห้งขิงด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกับอินฟราเรด**. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 15(2), 76-86.

ภาคผนวก
รูปการการลงพื้นที่สำรวจ

การลงพื้นที่สำรวจ ณ อ.เขาค้อจังหวัดเพชรบูรณ์



รูปที่ ก-1 การชุดสมุนไพรว่านชักมดลูก



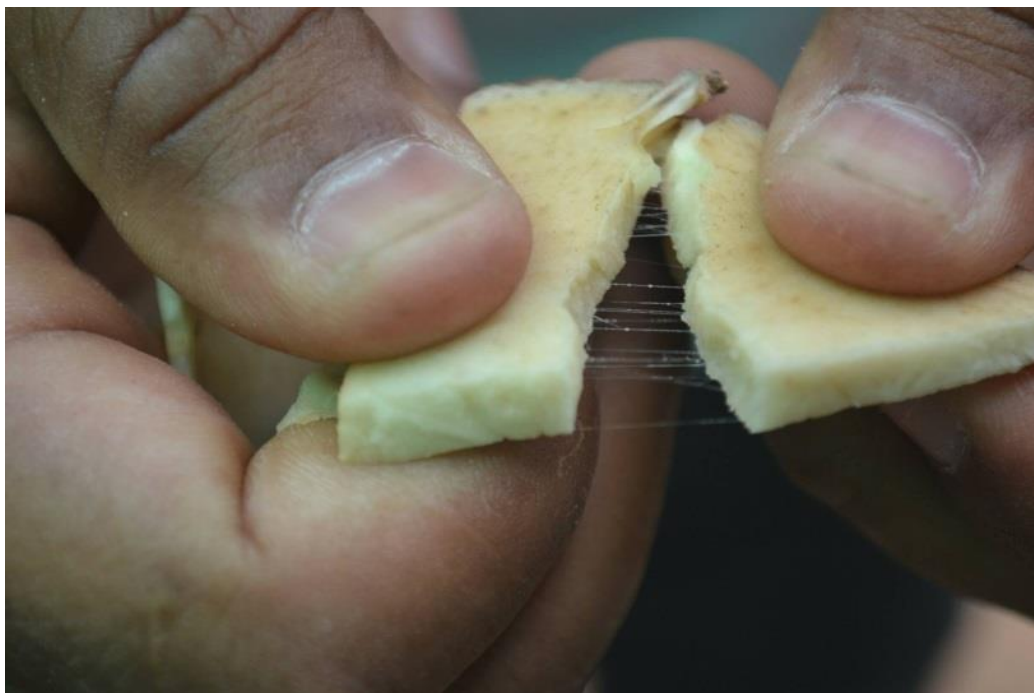
รูปที่ ก-2 หัวสมุนไพรว่านชักมดลูก



รูปที่ ก-3 การทำความสะอาดหัวสมุนไพรว่านชักมดลูก



รูปที่ ก-4 การหั่นสมุนไพรว่านชักมดลูกด้วยวิธีการดั้งเดิม



รูปที่ ก-5 ลักษณะเนื้อสมุนไพรว่านชักมดลูก



รูปที่ ก-6 ความหนาของสมุนไพรว่านชักมดลูกที่ต้องการ



รูปที่ ก-7 การตากสมุนไพรว่านชักมดลูกเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์

ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล นางสาว บุษบากร คงเรือง
Miss. Budsabagorn Kongruang
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน
3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ (อาจารย์)
4. ตำแหน่งทางวิชาการ -
5. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก
โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000
โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 1608
tao_bud@hotmail.com
6. ประวัติการศึกษา
วศ.ม. (วิศวกรรมวัสดุ)
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วท.บ. (ฟิสิกส์)
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
- วัสดุนาโน
- วัสดุวิศวกรรม
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

Journal

- 1 Lek Sikong, Budsabakorn Kongreong, Duangporn Kantachote and Weerawan Sutthisripok “Photocatalytic Activity and Antibacterial Behavior of Fe^{3+} -Doped $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$ Nanoparticles” Energy Research Journal 1 (2) : 120-125, 2010, ISSN 1949-0151. (ทุนรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)
2. Lek Sikong, Budsabakorn Kongreong, Duangporn Kantachote and Weerawan Sutthisripok “Inactivation of *Salmonella Typhi* using Fe^{3+} Doped $\text{TiO}_2/3\text{SnO}_2$ Photocatalytic powders and films” Journal of Nano Research Vol. 12 (2010) pp 89-97. (ทุนรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

Conference

- 1 Lek Sikong, Duangporn Kantachote, Weerawan Sutthisripok and Budsabakorn Kongreong “Photocatalytic Activity and Inactivation of *Penicirium expensum* of Fe^{3+} doped

TiO₂ Nanoparticle” The 2th Thailand Nanotechnology Conference Nanomaterials for Health, Energy and Environment, Phuket Graceland Resort & Spa Patong, Phuket, Thailand, 13th-15th August 2008. (ทุนรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

2 Budsabakorn Kongreong, Lek Sikong, Duangporn Kantachote and Weerawan Sutthisripok “Photocatalytic Activity and Antibacterial Behavior of Fe³⁺-Doped TiO₂/SnO₂ Nanoparticles” International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being (STISWB), Pullman Raja Orchid Hotel, Khon Kaen, Thailand, 23th-24th July 2009. (ทุนรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

3 Budsabakorn Kongreong, Lek Sikong, Duangporn Kantachote and Weerawan Sutthisripok “Antibacterial Activity of Fe³⁺ doped TiO₂/3SnO₂ Powders (ทุนรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

