

ตู้อบสมุนไพรควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

Drying Cabinets Herb Control Temperature and Humidity

อัญชลี มโนสืบ ณิชัญชยธร วัชรกรสิริกุล คุณากร วงศ์วิวัฒน์ และ ณิชวุฒิ ศรีพิชัย

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: anchalee.m@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างตู้อบสมุนไพรควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เป็นไปตามข้อกำหนดของสถาบันวิจัยสังกัดกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และกระทรวงสาธารณสุข โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ATmega 2560 ประมวลผลควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์ เพื่อให้ความร้อนในการไล่ความชื้นพร้อมทั้งมีพัดลม 2 ตัว ทำหน้าที่หมุนเวียนความร้อนภายในตู้อบ จนกระทั่งความชื้นน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ จึงหยุดการทำงาน โดยแสดงอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้อบผ่านทางจอแอลซีดี สามารถอบสมุนไพรได้ 2 ชนิด คือ ใบเตยและใบบัวหลวง โดยปริมาณน้อยสุดของการอบที่น้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม และปริมาณมากสุดของการอบที่น้ำหนัก 3 กิโลกรัม ซึ่งใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการอบใบเตยที่ 55 นาที และ 380 นาที ตามลำดับ ส่วนการอบใบบัวหลวงใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการอบที่ 112.6 นาที และ 473.4 นาที ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการผึ่งแดด การใช้ตู้อบสมุนไพรช่วยลดเวลาและความชื้นของสมุนไพรดีกว่าการผึ่งแดด

คำสำคัญ: สมุนไพร, ตู้อบสมุนไพร, ฮีตเตอร์, ความชื้น, อุณหภูมิ

Abstract

This article presents the design and construction of a herbal incubator to control the temperature and humidity according to the research institute requirements. Department of Medical Sciences And the Ministry of Public Health. By using the Microcontrollers ATmega 2560. The processor controls the operation of the heater to allow heat to evaporate moisture, along with 2 fans to circulate heat inside the oven, which stops working when the moisture content is less than 10 percent by showing the temperature and humidity inside the oven via the LCD screen. The drying cabinets can bake 2 types of herbs: pandan leaves and lotus leaves, the minimum amount of baking that weight 0.5 kg and the maximum amount of baking that weight 3 kg. The average duration of pandan leaves baking is 55 minutes and 380 minutes, respectively, and the lotus leaves baking takes an average time of baking at 112.6 minutes and 473.4 minutes, respectively. The drying cabinets can reduce the time and moisture of the plant better than the sun drying.

Keyword: herbs, herbal incubator, heater, humidity, temperature

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีมีความสะดวกในการดำเนินชีวิตที่มนุษย์ได้ก่อให้เกิดประโยชน์ต่างๆ ในการดำรงชีวิตมากขึ้น แต่ในทางกลับกันก็ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นฝุ่นควันจากรถยนต์ ฝุ่นควันจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการเกษตรกรรม เนื่องด้วยหลายปัจจัยทำให้มนุษย์หันมาดูแลสุขภาพมากขึ้น สมุนไพรต่างๆ จึงเป็นทางเลือกที่ผู้คนให้ความสนใจ ส่วนใหญ่นิยมอบสมุนไพรเก็บไว้ ด้วยวิธีการตากแห้ง การหมักคองเป็นดิน แต่การตากแห้งนั้นทำให้คุณภาพของสมุนไพรไม่แน่นอน เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความชื้นและอุณหภูมิได้ ทำให้สมุนไพรบางส่วน เกิดเชื้อราหรือแห้งจนเกินไป ส่งผลให้สูญเสียคุณภาพของสมุนไพรบางส่วนไป ถึงแม้ในปัจจุบันจะมีเครื่องอบสมุนไพร แต่ราคานั้นค่อนข้างสูงจึงยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก

จากการศึกษาโครงงานของนายไกรสร ใจแปง นายเชาว์ลิด ไทยแสนและนายวิวัฒนา อยู่พันธ์สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ดาก ; 2556 ได้ออกแบบเครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำ พบว่าปัญหา และจุดด้อยของเครื่องอบแห้งสมุนไพรดังกล่าวเป็นการอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ทำให้การที่เครื่องอบแห้งใช้ระยะเวลาพอสมควร และปริมาณในการอบแห้งแต่ละครั้งของวัตถุดิบทั้ง 2 อย่างจำกัดไว้ที่ 2 กิโลกรัมต่อการอบในแต่ละครั้ง อีกทั้งทางเจ้าของโครงงานยังมีข้อเสนอแนะลองให้ใช้การให้พลังงานความร้อนชนิดอื่นมาใช้ทดแทนจากการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ เพื่อเปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย ของเครื่องอบแห้งสมุนไพร

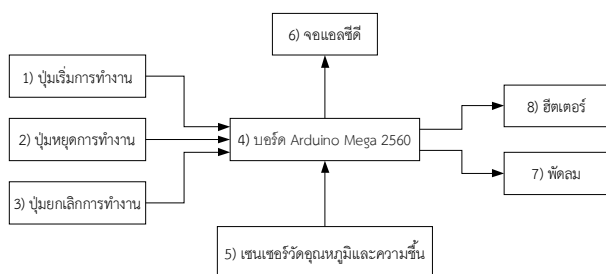
ดังนั้นจึงมีแนวคิดโครงการพัฒนาเครื่องอบสมุนไพรขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณในการผลิตสมุนไพรอบแห้งต่อการอบในแต่ละครั้ง และใช้พลังงานความร้อนจากฮีตเตอร์มาทดแทนพลังงานความร้อนจากไอน้ำ เพื่อให้ความชื้นลดลงและค่าชื้นในการอบที่เหมาะสมที่ 10 – 15 เปอร์เซ็นต์ จากคุณภาพของสมุนไพรได้ตามที่ สถาบันวิจัยสมุนไพรกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์และกระทรวงสาธารณสุขกำหนด

บทความวิจัย

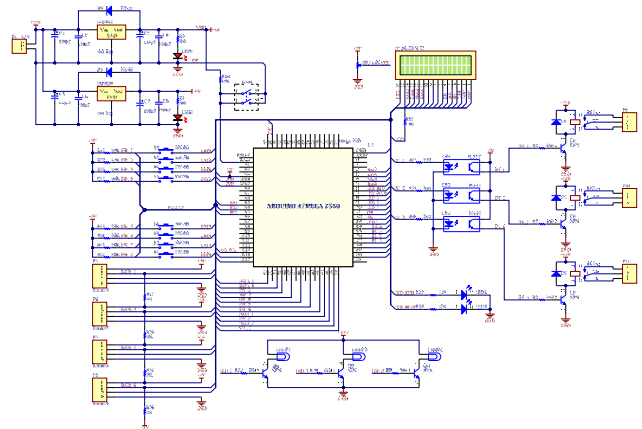
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4
 Proceedings of the 4th RMUTP Conference of Engineering and Technology

2. หลักการและการออกแบบ

การทำงานของตู้อบสมุนไพรควบคุมอุณหภูมิและความชื้นจะประกอบด้วยส่วนหลักๆ คือ เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิกับความชื้น ชุดวงจรที่ใช้ควบคุมพัลลวมกับฮีตเตอร์ โดยจะรับค่าจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิกับความชื้นภายในตู้อบ ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมการทำงานของพัลลวมกับฮีตเตอร์ ซึ่งจะทำให้พัลลวมกับฮีตเตอร์เริ่มทำงานหรือหยุดการแบ่งการทำงานเป็น 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1 ปุ่มเริ่มการทำงาน ทำการส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการทำงานของฮีตเตอร์และพัลลวม เพื่อเริ่มการทำงานของตู้อบ 2 ปุ่มหยุดการทำงาน ทำการส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการทำงานของฮีตเตอร์และพัลลวม เพื่อหยุดการทำงานของตู้อบชั่วคราว 3 ปุ่มยกเลิกการทำงาน ทำการส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการทำงานของฮีตเตอร์และพัลลวม เพื่อยกเลิกการทำงานของตู้อบอีกครั้ง 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega 2560 ทำการรับค่าจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ส่งไปแสดงผลบนจอแอลซีดี พร้อมทั้งทำการสั่งการทำงานของฮีตเตอร์และพัลลวม 5 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ทำการวัดค่าของอุณหภูมิกับความชื้นภายในตู้อบส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผลสั่งการให้ฮีตเตอร์และพัลลวมเริ่มทำงาน 6 จอแอลซีดี จะแสดงผลของอุณหภูมิและความชื้นที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง พร้อมทั้งสถานะในกรอบที่ถูกส่งมาจากการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ 7 พัลลวม ทำการหมุนเวียนความร้อนภายในตู้อบให้สม่ำเสมอ โดยการสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มาจากการประมวลผล รับค่าจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น เพื่อทำการเปิดหรือปิดพัลลวมในการหมุนเวียนความร้อนภายในตู้อบ 8 ฮีตเตอร์ ทำการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิภายในตู้อบ โดยการสั่งการของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มาจากการประมวลผล โดยการรับค่าจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมตู้อบสมุนไพรควบคุมอุณหภูมิและความชื้น



รูปที่ 2 วงจรตู้อบสมุนไพรควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

2.1 ออกแบบชุดควบคุม

วงจรตู้อบสมุนไพรควบคุมอุณหภูมิและความชื้น มีจุดเชื่อมโยงด้วยกัน ทั้งหมด 6 ส่วน โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega 2560 เป็นตัวควบคุมการทำงานหลักทั้งหมด ดังรูปที่ 2

3. การสร้างและการทดสอบ

โครงสร้างตู้อบสมุนไพรควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยเริ่มจากการนำโครงภายนอก โครงภายในและฝาตู้อบ ทำการทากาวที่แผ่นฉนวนกันความร้อนที่ฉี ดัดตั้งพัลลวมและเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น พร้อมเดินสายสัญญาณ ดัดตั้งฮีตเตอร์เข้ากับโครงสร้างด้านในของตู้อบ พร้อมทั้งเดินสายเข้ากล่องควบคุม นำใส่ตะแกรงและถาดเข้าไปภายในตู้อบดังรูปที่ 4 หน้ากล่องควบคุมดังรูปที่ 5 ตู้อบสมุนไพรควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่พร้อมใช้งานจริงดังรูปที่ 6



รูปที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4

Proceedings of the 4th RMUTP Conference of Engineering and Technology



รูปที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ



รูปที่ 6 ตู้อบสมุนไพรควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เสร็จสมบูรณ์

3.1 ทดสอบ การอบสมุนไพรใบเตย และใบบัวหลวง

นำใบเตยและใบบัวหลวงที่ได้ทำการตัดตามขนาดมาจัดวางลงถาดเฉลี่ยน้ำหนักเท่าๆ กันตามน้ำหนักที่จะนำมาอบ ดังตารางที่ 1 และดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลในการอบแต่ละครั้งและน้ำหนักต่างๆ ของใบเตย

การอบใบเตย						
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ระยะเวลาที่ใช้ในการอบ (นาที)					ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
0.5	45	50	60	55	65	55
1	120	115	135	130	125	125
1.5	165	175	170	175	180	173
2	235	245	240	255	250	245
2.5	285	300	295	280	310	294
3	355	370	395	380	400	380

จากการอบใบเตยทั้งหมด 5 ครั้งเพื่อหาระยะเวลาเฉลี่ยในการอบแต่ละครั้งและน้ำหนักต่างๆ ที่ผ่านการผึ่งลม 1 วัน น้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม 1 กิโลกรัม 1.5 กิโลกรัม 2 กิโลกรัม 2.5 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการอบที่ 55 นาที 125 นาที 173 นาที 245 นาที 294 นาที และ 380 นาที ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ข้อมูลในการอบแต่ละครั้งและน้ำหนักต่างๆ ของใบบัวหลวง

การอบใบบัวหลวง						
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ระยะเวลาที่ใช้ในการอบ (นาที)					ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
0.5	110	90	118	120	125	112.6
1	177	195	180	210	190	190.4
1.5	200	220	255	230	215	224
2	268	276	298	280	290	282.4
2.5	300	327	340	335	355	331.4
3	480	458	493	476	460	473.4

จากการอบใบบัวหลวงทั้งหมด 5 ครั้งเพื่อหาระยะเวลาเฉลี่ยในการอบแต่ละครั้งและน้ำหนักต่างๆ ที่ผ่านการผึ่งลม 1 วัน น้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม 1 กิโลกรัม 1.5 กิโลกรัม 2 กิโลกรัม 2.5 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการอบที่ 112.6 นาที 190.4 นาที 224 นาที 282.4 นาที 331.4 นาที และ 473.4 นาที ตามลำดับ

3.2 ทดสอบ อบใบเตยสด

นำใบเตยสดที่น้ำหนัก 3 กิโลกรัม ที่ผ่านการเฉลี่ยน้ำหนักเท่าๆ กัน 4 ถาด จะได้ถาดละ 750 กรัม มาทำการแยกอบ 4 ครั้ง ครั้งละ 1 ถาด 2 ถาด และ 4 ถาด ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลในการอบใบเตยสดตามจำนวนถาดที่ใช้ในการอบ

ระยะเวลาที่ใช้ในการอบ (นาที)					
จำนวน ถาด	ครั้งที่				ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	
1 ถาด	110	105	117	129	115.25
2 ถาด	195	185	190	195	191.25
4 ถาด	490	488	493	496	491.75

จากการนำใบเตยสดที่น้ำหนัก 3 กิโลกรัม ผ่านการเฉลี่ยน้ำหนักเท่าๆ กัน 4 ถาด ได้ถาดละ 750 กรัม มาแยกอบ ในการอบแยก 1 ถาด ใช้ระยะเวลาในการอบเฉลี่ยอยู่ที่ 115.25 นาที ต่อ 1 รอบ อบ 4 รอบ ให้ครบ 3 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการอบ 461 นาที ในการอบ 2 ถาด ใช้ระยะเวลาในการอบเฉลี่ยอยู่ที่ 191.25 นาที ต่อ 1 รอบ อบ 2 รอบ ให้ครบ 3 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการอบ 382.5 นาที และอบ 4 ถาด ใช้ระยะเวลาในการอบเฉลี่ยอยู่ที่ 491.75 นาที ต่อ 1 ครั้ง จะครบ 3 กิโลกรัม จะเห็นว่ากรอบแยก 1 ถาด อบ 4 รอบ ให้ครบ 3 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลา

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4

Proceedings of the 4th RMUTP Conference of Engineering and Technology

ในการอบมากกว่าการอบแบบ 2 ถาด อยู่ 78.5 นาที แต่ใช้ระยะเวลาในการอบน้อยกว่าการอบแบบ 4 ถาด อยู่ 30.75 นาที ส่วนแบบ 2 ถาด ทำการอบ 2 รอบ ให้ครบ 3 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการอบน้อยกว่าการอบแบบ 1 ถาด อยู่ 78.5 นาที และแบบ 4 ถาด อยู่ 109.25 นาที ดังนั้นจึงควรอบแบบ 2 ถาด จะทำให้ลดระยะเวลาในการอบได้มากกว่าการอบแยกแบบ 1 ถาด และการอบแบบ 4 ถาด

3.3 ทดสอบ อบใบเตยสด – ใบเตยที่ผึ่งแดด

จากการศึกษาและสอบถามข้อมูลในการตากแห้ง ใบเตย หลังจากทำการตัดตามขนาดที่ต้องการจะนำใบเตยมาทำการผึ่งลมในที่ร่มและต้องมีอากาศถ่ายเทสม่ำเสมอเป็นเวลาประมาณ 1 วัน จากนั้นจึงนำไปผึ่งแดด โดยไม่ให้สัมผัสแดดโดยตรงจะเป็นโรงเรือนที่มีผ้าคลุมเป็นหลังคาอีก 2 วัน ถึง 3 วัน จึงได้ทำการเทียบระยะเวลาในการอบ 1 ครั้ง ใบสดไม่ผ่านการผึ่งลม ใช้ระยะเวลาเท่าใดจึงจะเท่ากับการผึ่งแดด 3 วัน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อบใบเตยที่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม โดยนำใบเตยที่ทำการผึ่งแดด 3 วัน วันละ 5 ชั่วโมงมาเทียบค่าใบเตยสดที่ผ่านการอบ

ครั้งที่	ตู้อบสมุนไพร (ชั่วโมง)	ผึ่งแดด (ชั่วโมง)
1	4.20	15
2	4.10	15
3	4.30	15
4	4.15	15
5	4.25	15

4. บทสรุป

จากการทดสอบการอบใบเตย และใบบัวหลวงทั้งหมด 5 ครั้งเพื่อหาระยะเวลาเฉลี่ยในการอบแต่ละครั้งและน้ำหนักต่างๆ ที่ผ่านการผึ่งลม 1 วัน น้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม 1 กิโลกรัม 1.5 กิโลกรัม 2 กิโลกรัม 2.5 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการอบที่ 55 นาที 125 นาที 173 นาที 245 นาที 294 นาที และ 380 นาที ตามลำดับ ส่วนใบบัวหลวง ใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการอบที่ 112.6 นาที 190.4 นาที 224 นาที 282.4 นาที 331.4 นาที และ 473.4 นาที ตามลำดับ จากการนำใบเตยสดที่น้ำหนัก 3 กิโลกรัม ผ่านการผึ่งน้ำหนักเท่าๆ กัน 4 ถาด ได้ถาดละ 750 กรัม มาแยกอบ ในการอบแยก 1 ถาด ใช้ระยะเวลาในการอบเฉลี่ยอยู่ที่ 115.25 นาที ต่อ 1 รอบ อบ 4 รอบ ให้ครบ 3 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการอบ 461 นาที ในการอบ 2 ถาด ใช้ระยะเวลาในการอบเฉลี่ยอยู่ที่ 191.25 นาที ต่อ 1 รอบ อบ 2 รอบ ให้ครบ 3 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการอบ 382.5 นาที และอบ 4 ถาด ใช้ระยะเวลาในการอบเฉลี่ยอยู่ที่ 491.75 นาที ต่อ 1 ครั้ง จะครบ 3 กิโลกรัม จะเห็นว่ากรอบแยก 1 ถาด

อบ 4 รอบ ให้ครบ 3 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการอบมากกว่าการอบแบบ 2 ถาด อยู่ 78.5 นาที แต่ใช้ระยะเวลาในการอบน้อยกว่าการอบแบบ 4 ถาด อยู่ 30.75 นาที ส่วนแบบ 2 ถาด ทำการอบ 2 รอบ ให้ครบ 3 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการอบน้อยกว่าการอบแบบ 1 ถาด อยู่ 78.5 นาที และแบบ 4 ถาด อยู่ 109.25 นาที ดังนั้นจึงควรอบแบบ 2 ถาด จะทำให้ลดระยะเวลาในการอบได้มากกว่าการอบแยกแบบ 1 ถาด และการอบแบบ 4 ถาด จากการทดสอบอบใบเตยสดที่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม เทียบค่ากับการนำไปอบไปทำการผึ่งแดด 3 วัน จะเห็นได้ว่าตู้อบสมุนไพรควบคุมอุณหภูมิและความชื้นใช้ระยะเวลาในการที่ทำให้ใบเตยแห้งน้อยกว่ามากเฉลี่ย 4.2 ชั่วโมง ถ้าคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การอบสมุนไพรโดยใช้ตู้อบสมุนไพรควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแทนที่จะผึ่งแดดตามธรรมชาติจะลดระยะเวลาลง 72 เปอร์เซ็นต์

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคมทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการจัดทำโครงการ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1]. คู่มือการใช้งาน การบำรุงดูแลรักษาระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และวิธีการอบแห้งสมุนไพร, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, มหาวิทยาลัยศิลปากร, กันยายน 2559.
- [2]. บัณฑิต กฤตาคม และคณะ, แบบจำลองการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งบอระเพ็ดด้วยลมร้อน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.นครราชสีมา, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี
- [3]. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์ และคณะ, การพัฒนากระบวนการผลิตต้นแบบชาสมุนไพรคุณภาพสูง ในระดับวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2555.
- [4]. ปิยพร พยัฆพรหม, การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพร, กลุ่มวิจัยผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ, R&D NEWSLETTER, ฉบับที่ 4, 2558.
- [5]. ไกรสร ใจแปง และคณะ, เครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำ, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดา, 2556.