บรรณานุกรม

"การเกิดความร้อนเมื่อวัสดุได้รับคลื่นไมโครเวฟ." 2553. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://mail.vcharkarn.com/varticle/38525 (25 พฤศจิกายน 2553).

กิตินันท์ รัตนพิทักษ์กุล และ วารินทร์ พิมพา, "ผลของการใช้กระบวนการไมโครเวฟก่อนการอบด้วยลมร้อนต่อคุณภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกล้วยอบแห้ง", วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (2550) : 38(6), (พิเศษ):335-338.

กุลยา จันทร์อรุณ, เกษณี แก้วชูเชิด และพิชัย ปัญญา. รายงานการวิจัยเรื่อง กรรมวิธีผลิตสมุนไพรแห้ง, รายงานการวิจัยภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏ – พิบูลสงคราม 2538, หน้า 142.

"โครงสร้างของ ET - OPTO AC DIMMER." 2553. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.etteam.com/product/12A38.html (1 พฤศจิกายน 2553).

เฉลิมพล น้ำค้าง. (2548). *คลื่นและสนามแม่เหล็กไฟฟ้า*. หน้า 305 – 314. ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ : กรุงเทพ.

ณัฐศักดิ์ กฤติกาเมษ, "การใช้คลื่นความร้อนเพื่อลดความชื้นและทำลายเชื้อ Aspergillus flavus ในเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง", โครงการวิจัยเพื่อพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2543) : 41 หน้า.

ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช, "กระบวนการทำความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยใช้ท่อนำคลื่นรูปทรงสี่เหลี่ยมเพื่ออธิบายการเกิดปรากฏการณ์ Thermal runaway effect", คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2546.

พรพิมล เทพบรรทม และ สิริมา ชินสาร, "ผลของการอบแห้งแบบขั้นตอนเดียวและสองขั้นตอนต่อคุณภาพของใบมะกรูดและตะไคร้", วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (2550) : 38(6).

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, ธนูชัย กองแก้ว, วิภา หอมหวน, จตุรพร รักษ์งาม, มยุรี กระจายกลาง และ พีระศักดิ์ ฉายประสาท, "การวิจัยเทคโนโลยีการผลิตพืชเครื่องปรุงอาหารไทยเพื่อการส่งออก", 2548.

ยุทธพงศ์ เพียรโรจน์, พันธุ์ศักดิ์ เกิดทองมี และ หมุดตอเล็บ หนิสอ , "การพัฒนาระบบการให้

ความร้อนเพื่อการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ", หน่วยวิจัยฟิสิกส์ทดลอง สำนักวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 2548.

รัชดา โสภาคะยัง และ ณัทเดชาธร พวงเงินมาก. (2547). การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18, (18-20 ตุลาคม 2547), จังหวัดขอนแก่น.

"รูปร่างและโครงสร้างของแมกนีตรอน." 2553. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://mail.vcharkarn.com/varticle/38525 (25 พฤศจิกายน 2553).

วศิน เรืองกำเนิด, "การประเมินสมรรถนะการอบแห้งสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน", วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2548, หน้า 84.

วิชญวดี ศรีนุเคราะห์, สิงหนาท พวงจันทน์แดง และ บวรศักดิ์ ลีนานนท์, "การทำแห้งใบมะกรูดโดยเครื่องทำแห้งแบบถาดและเครื่องทำแห้งแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบ", วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (2550) : 38(5)(พิเศษ) : 305-308.

"สเปคตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า." 2553. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.vias.org/wirelessnetw/wndw_04_04.html (25 พฤศจิกายน 2553).

สายสนม ประดิษฐดวง, "การให้ความร้อนด้วยพลังงานไมโครเวฟและการฉายรังสีอาหาร", วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร (2543) : 173 – 195.

โสภา แคนสี และ คำนึง วาทโยธา, "การศึกษาการอบกล้วยน้ำว้าด้วยเตาอบไมโครเวฟดัดแปลง", วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (ก.ค.-ธ.ค. 2546) : 34(4-6).

Contreras, C., MartÍn-Esparza, M. E., Chiralt A. and MartÍnez Navarrete A : Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry. Food Engineering, 88: 55-64, 2008

Singh, R. P. and D. R. Heldman., 2001, "Introduction to Food Engineering", Microwave Heating. 3rd ed. Academic Press, London, pp. 306 – 331.

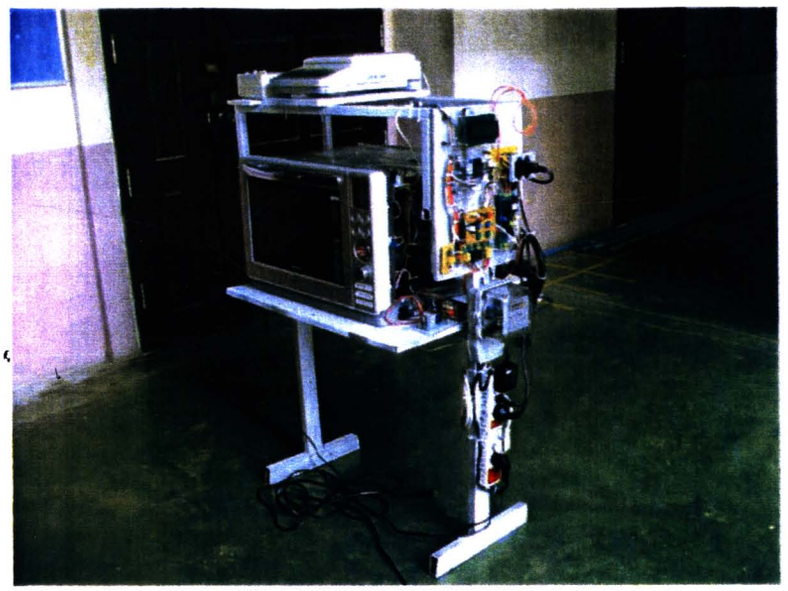
Viboon Changrue, Predrag S., Sunjka, Yvan Gariepy, G.S.Vijava Raghavan and Ning Wang 2004 : Real – Time Control of Microwave Drying Process. Department of Bioresource Engineering, McGill University, 21111 Lakeshore Rd.,Ste-Anne-de- Bellevue, QC,H9X 3V9, Canada.

ภาคผนวก

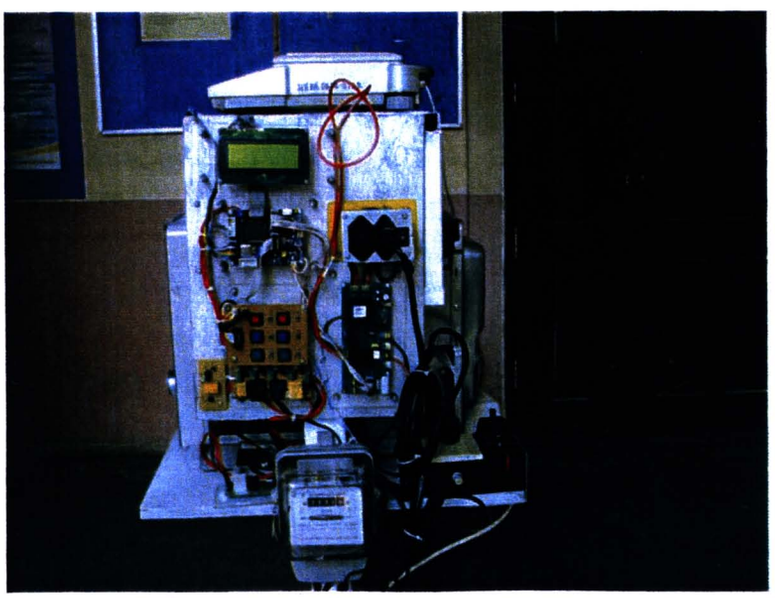
ภาคผนวก ก

ภาพชุดเตาอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟที่มีการควบคุมกำลังของให้ความร้อน โดยอาศัยการตรวจจับอุณหภูมิบนวัสดุภายในเตาอบไมโครเวฟโดยการป้อนกลับค่าผลอุณหภูมิที่ตรวจจับได้

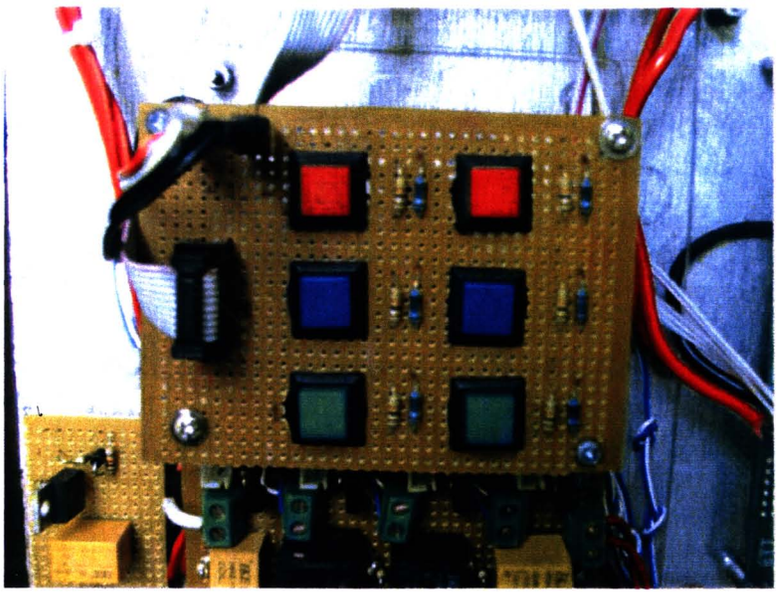
ภาพ ก.1 ชุดเตาอบไมโครเวฟที่มีการควบคุมกำลังของให้ความร้อนโดยอาศัยการตรวจจับอุณหภูมิบนวัสดุภายในเตาอบไมโครเวฟใช้ป้อนกลับค่าผลอุณหภูมิที่ตรวจจับได้



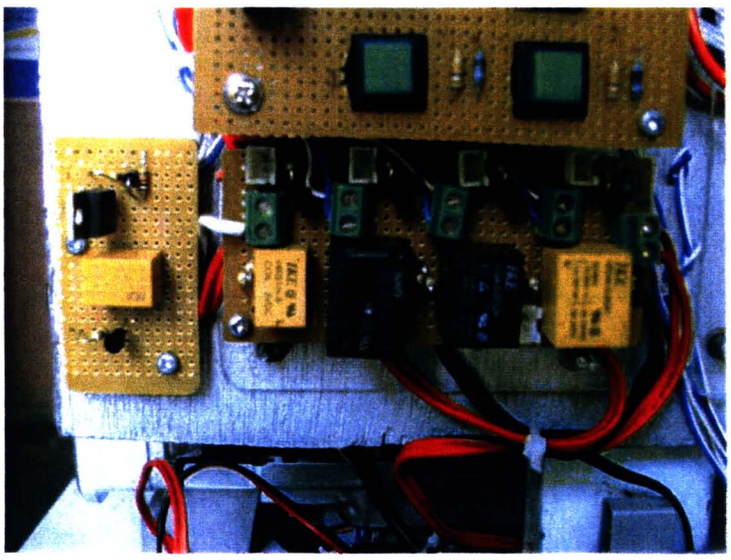
ภาพ ก.2 ส่วนควบคุม



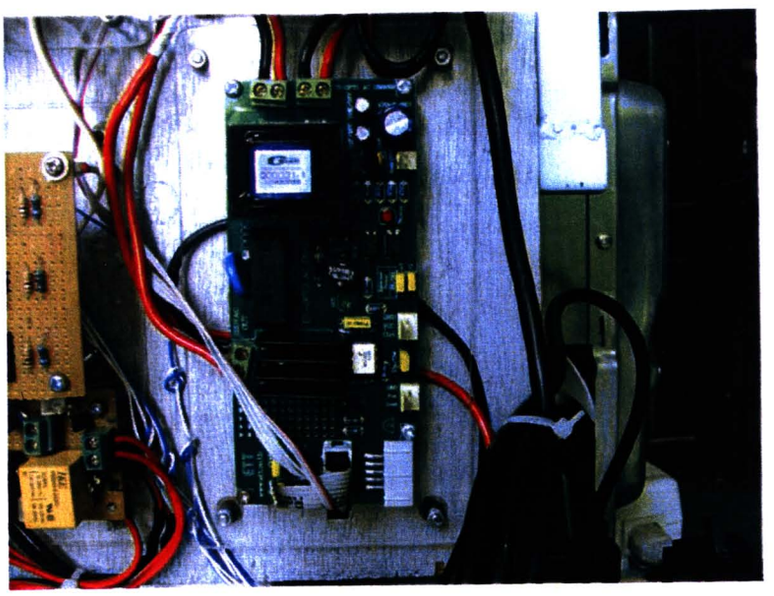
ภาพ ก.3 ส่วนสวิตช์ควบคุม



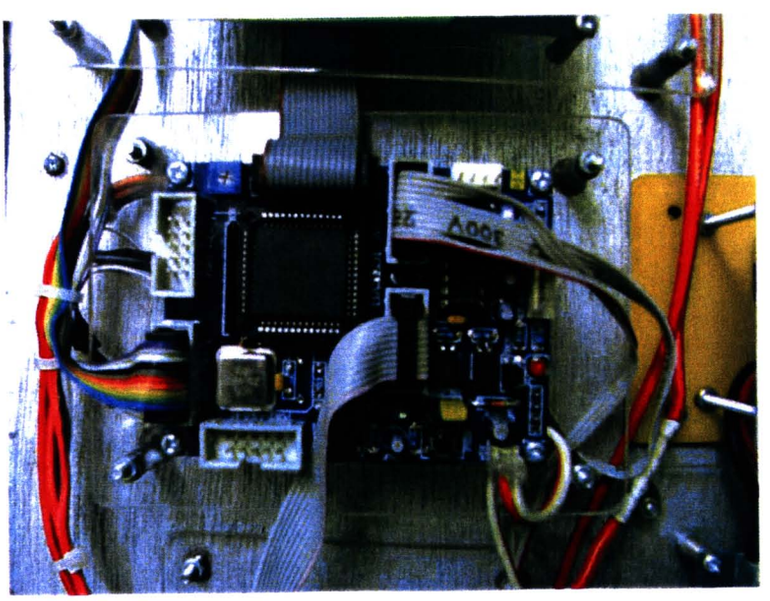
ภาพ ก.4 ส่วนวงจรตัดต่อ



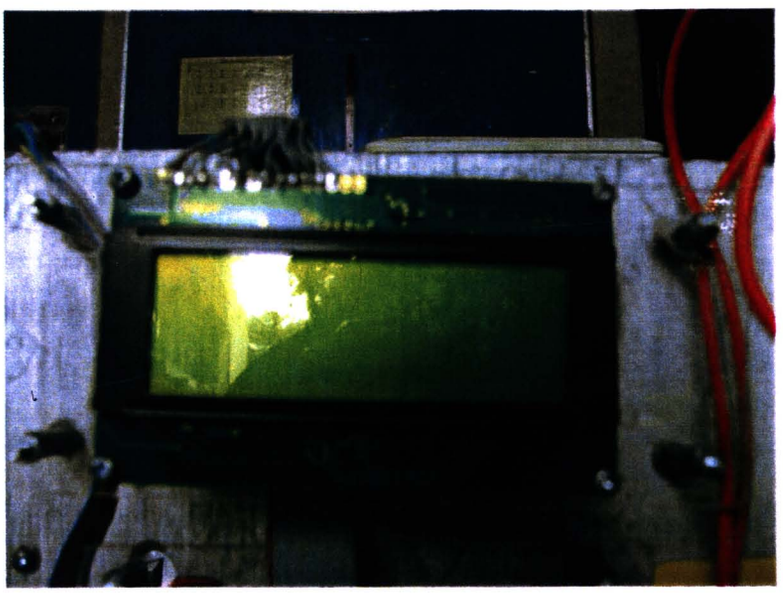
ภาพ ก.5 ส่วนควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้า



ภาพ ก.6 ส่วนประมวลผล

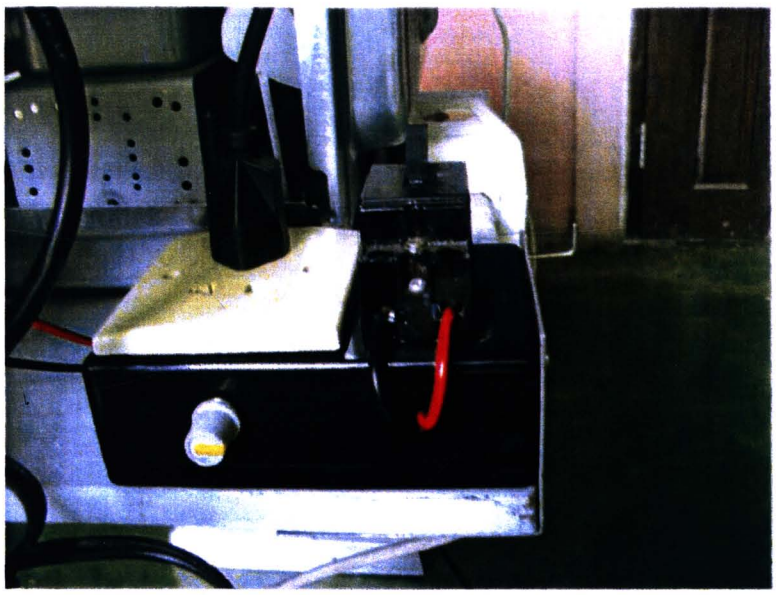


ภาพ ก.7 ส่วนแสดงผล



ภาพ ก.8 มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้

ภาพ ก.9 ส่วนควบคุมกำลังการให้ความร้อนแบบไม่อัตโนมัติ

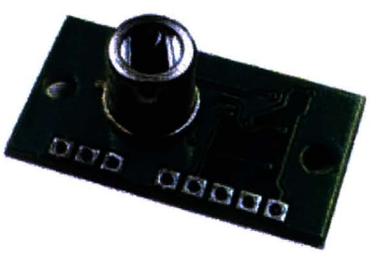


ภาพ ก.10 มิเตอร์วัดปริมาณการรั่วของคลื่นไมโครเวฟ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ภาพ ก.11 Handheld Fiber Optic Meter

ภาพ ก.12 TPA81 Thermopile Array



ภาคผนวก ข

ตารางข้อมูลการทดสอบ

ตาราง ข.1 ข้อมูลการตรวจจับอุณหภูมิของตัวตรวจจับเทอร์มอไพล์เปรียบเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แบบเส้นใยแก้วนำแสงยี่ห้อ OMEGAรุ่น FOH201

ครั้งที่	อุณหภูมิทดสอบ (องศาเซลเซียส)	ผลการตรวจจับอุณหภูมิ		ผลต่าง
		เทอร์มอไพล์ (องศาเซลเซียส)	เทอร์โมมิเตอร์แบบเส้นใยแก้วนำแสง (องศาเซลเซียส)	
1	0	0	0	0
	40	40	40	0
	50	50	50	0
	60	60	60	0
	70	70	70	0
	100	100	100	0
2	0	0	0	0
	40	40	40	0
	50	50	50	0
	60	60	60	0
	70	70	70	0
	100	100	100	0
3	0	0	0	0
	40	40	40	0
	50	50	50	0
	60	60	60	0
	70	70	70	0
	100	100	100	0

ตาราง ข.1 (ต่อ) ข้อมูลการตรวจจับอุณหภูมิของตัวตรวจจับเทอร์มอไพล์เปรียบเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์ยี่ห้อ OMEGAรุ่น FOH201

ครั้งที่	อุณหภูมิทดสอบ (องศาเซลเซียส)	ผลการตรวจจับอุณหภูมิ		ผลต่าง
		เทอร์มอไพล์ (องศาเซลเซียส)	เทอร์โมมิเตอร์แบบเส้นใยแก้วนำแสง (องศาเซลเซียส)	
4	0	0	0	0
	40	40	40	0
	50	50	50	0
	60	60	60	0
	70	70	70	0
	100	100	100	0
5	0	0	0	0
	40	40	40	0
	50	50	50	0
	60	60	60	0
	70	70	70	0
	100	100	100	0
6	0	0	0	0
	40	40	40	0
	50	50	50	0
	60	60	60	0
	70	70	70	0
	100	100	100	0

ตาราง ข.2 ข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำความร้อนที่อัตราส่วนของกำลังงาน 0.5 วัตต์ต่อกรัม

ครั้งที่	อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิควบคุม (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ใช้ (นาที)
1	28	40	4.1
		50	5.4
		60	6.33
		70	9.12
2	28	40	4.1
		50	5.4
		60	6.33
		70	9.12
3	28	40	4.1
		50	5.4
		60	6.33
		70	9.12
4	28	40	4.1
		50	5.4
		60	6.33
		70	9.12
5	28	40	4.1
		50	5.4
		60	6.33
		70	9.12
6	28	40	4.1
		50	5.4
		60	6.33
		70	9.12

ตาราง ข.3 ข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำความร้อนที่อัตราส่วนของกำลังงาน 1.0 วัตต์ต่อกรัม

ครั้งที่	อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิควบคุม (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ใช้ (นาที)
1	28	40	1.49
		50	2.55
		60	3.52
		70	5.08
2	28	40	1.49
		50	2.55
		60	3.52
		70	5.08
3	28	40	1.49
		50	2.55
		60	3.52
		70	5.08
4	28	40	1.49
		50	2.55
		60	3.52
		70	5.08
5	28	40	1.49
		50	2.55
		60	3.52
		70	5.08
6	28	40	1.49
		50	2.55
		60	3.52
		70	5.08

ตาราง ข.4 ข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำความร้อนที่อัตราส่วนของกำลังงาน 1.5 วัตต์ต่อกรัม

ครั้งที่	อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิควบคุม (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ใช้ (นาที)
1	28	40	1.3
		50	2.05
		60	2.43
		70	3.5
2	28	40	1.3
		50	2.05
		60	2.43
		70	3.5
3	28	40	1.3
		50	2.05
		60	2.43
		70	3.5
4	28	40	1.3
		50	2.05
		60	2.43
		70	3.5
5	28	40	1.3
		50	2.05
		60	2.43
		70	3.5
6	28	40	1.3
		50	2.05
		60	2.43
		70	3.5

ตาราง ข.5 ข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำความร้อนที่อัตราส่วนของกำลังงาน 2.0 วัตต์ต่อกรัม

ครั้งที่	อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิควบคุม (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ใช้ (นาที)
1	28	40	0.38
		50	1.5
		60	1.9
		70	2.67
2	28	40	0.38
		50	1.5
		60	1.9
		70	2.67
3	28	40	0.38
		50	1.5
		60	1.9
		70	2.67
4	28	40	0.38
		50	1.5
		60	1.9
		70	2.67
5	28	40	0.38
		50	1.5
		60	1.9
		70	2.67
6	28	40	0.38
		50	1.5
		60	1.9
		70	2.67

ตาราง ข.6 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความร้อนให้น้ำเปลี่ยนอุณหภูมิจาก 28 เป็น 40 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 120 นาที

ครั้งที่	กำลังงานการให้ความร้อน (วัตต์ต่อกรัม)	อุณหภูมิควบคุม (องศาเซลเซียส)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)
1	0.5	40	0.9
		50	1.5
		60	2.0
		70	2.5
2	1.0	40	0.7
		50	1.3
		60	1.6
		70	2.1
3	1.5	40	0.6
		50	1.2
		60	1.6
		70	2.1
4	2.0	40	0.6
		50	1
		60	1.4
		70	2.1

ตาราง ข.7 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบแห้งชิ้นตะไคร้หั่นที่น้ำหนักเริ่มต้น 450 กรัม น้ำหนักสุดท้าย 45 กรัม

อุณหภูมิอบแห้ง (องศาเซลเซียส)	กำลังวัตต์ต่อกรัมที่ใช้ (วัตต์ต่อกรัม)	ระยะเวลาที่ใช้ (นาที)	กำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)
40	0.5	395	5.2
50	0.5	355	9.5
60	0.5	323	12.7
70	0.5	275	19.2
40	1	362	4.7
50	1	325	8.2
60	1	310	11.5
70	1	267	18.3
40	1.5	358	4.1
50	1.5	320	7.5
60	1.5	305	9.9
70	1.5	267	16.3
40	2	345	3.5
50	2	315	7
60	2	294	8.7
70	2	243	15.1

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนในการผลิตชุดควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟสำหรับกระบวนการอบแห้งชิ้นตะไคร้หั่นที่ควบคุมอุณหภูมิได้

ตัวอย่างการคำนวณหาจุดคุ้มทุนในงานวิจัยนี้

ในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนในการผลิตชุดควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟสำหรับกระบวนการอบแห้งชิ้นตะไคร้หั่นที่ควบคุมอุณหภูมิได้เป็นการยกตัวอย่างข้อกำหนดเบื้องต้นมาใช้ประกอบการคำนวณดังต่อไปนี้

1. อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก (ต่ำสุด) 1% ต่อปี ตลอดระยะเวลาดำเนินโครงการ (ตามประกาศธนาคารแห่งประเทศไทย ณ วันที่ 15 ธันวาคม 2553)

2. อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยสำหรับกิจการขนาดเล็ก 2.97 บาทต่อหน่วย (ตามประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ณ ตุลาคม 2543)

3. ค่าวัตถุดิบ (ราคาตะไคร้สด) ราคา 5 บาท ต่อ กิโลกรัม

4. เครื่องอบแห้งไมโครเวฟที่ควบคุมอุณหภูมิได้ ราคา 20,000 บาท

5. กำหนดราคาซากของเครื่องอบแห้งเท่ากับ 10% ของราคาต้นทุนเครื่องอบแห้ง

6. กำหนดค่าบำรุงรักษาของเครื่องอบแห้งเท่ากับ 2 % ของราคาต้นทุนเครื่องอบแห้ง

7. กำหนดให้เครื่องอบแห้งที่ควบคุมอุณหภูมิได้มีการใช้งานตลอดปี โดยมีอายุการใช้งาน 5 ปี

8. การจ่ายงาน คิดที่ 168 บาทต่อวัน (ตามประกาศกระทรวงแรงงานสำหรับอัตราค่าจ้างขั้นต่ำ จังหวัดเชียงใหม่ ณ วันที่ 1 มิถุนายน 2551) ทำงาน 8 ชั่วโมง ต่อวัน คิดค่าจ้างชั่วโมงละ 21 บาท

สูตรและวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าจุดคุ้มทุนประกอบด้วย

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

1.1 ค่าเสื่อมราคาชุดควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ

ชุดควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟสำหรับกระบวนการอบแห้งที่ควบคุมอุณหภูมิได้มีราคา 20,000 บาท มีอายุการใช้งาน 5 ปี หลังจากนั้นสามารถขายเป็นราคาซากได้ในราคา 10% ของราคาต้นทุน ซึ่งเท่ากับ 20,000 บาท

$$D = \frac{(P-S)}{L}$$

$$= \frac{20,000-2,000}{5}$$

$$= 3,600$$

โดยที่

D แทน ค่าเสื่อมราคา (บาท ต่อปี)

P แทน ราคาแรกซื้อ (บาท)

S แทน ค่าราคาเมื่อหมดอายุการใช้งาน (บาท)

L แทน อายุการใช้งาน (ปี)

ดังนั้นค่าเสื่อมราคาชุดควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ เท่ากับ 3,600 บาทต่อปี

1.2 ค่าเสียหายโอกาสเงินลงทุนชุดควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ (กรณีไม่ได้กู้เงิน คิดดอกเบี้ยเงินฝากเป็นค่าเสียโอกาส)

$$I = \frac{(P + S)i}{2}$$

$$= \frac{(20,000 + 2,000)(0.01)}{2}$$

$$= 110$$

โดยที่

I แทน ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน (บาทต่อปี)

P แทน ราคาแรกซื้อ (บาท)

S แทน ราคาเมื่อหมดอายุการใช้งาน (บาท)

i แทน อัตราดอกเบี้ย (เปอร์เซ็นต์)

ดังนั้นค่าเสียหายโอกาสเงินลงทุนชุดควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ เท่ากับ 110 บาทต่อปี

1.3 ค่าซ่อมบำรุงหาได้จากการกำหนดค่าบำรุงรักษาไว้ที่ 2 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนเครื่องอบแห้ง

ค่าซ่อมบำรุง = 2% ของราคาแรกซื้อ

$= 0.02 \times 20,000$

$= 400$

ดังนั้นค่าซ่อมบำรุง 400 บาทต่อปีเมื่อนำไปคิดผลรวมต้นทุนคงที่จะได้

ผลรวมต้นทุนคงที่(TFC) = ค่าเสื่อมราคา + ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน+ ค่าซ่อมบำรุง

$= 3,600 + 110 + 400$

$= 4,110$

ดังนั้น รวมต้นทุนคงที่(TFC) เท่ากับ 4,110 บาทต่อปี

2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต

2.1 ค่าวัตถุดิบ

$$Pm = WmP$$
$$= 2 \times 5$$
$$= 10$$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิตส่วนค่าวัตถุดิบ เท่ากับ 10 บาทต่อกิโลกรัม

โดยที่

Pm แทน ค่าวัตถุดิบ (บาทต่อกิโลกรัม)

Wm แทน น้ำหนักสดของวัตถุดิบที่ใช้ในการอบแห้งแต่ละครั้ง(กิโลกรัม)

Pm แทน ราคาค่าวัตถุดิบต่อหน่วย (บาทต่อกิโลกรัม)

2.2 ค่าไฟฟ้า

$$Pe = WeE$$
$$=0.5 \times 2.97$$
$$=1.5$$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิตส่วนค่าไฟฟ้า เท่ากับ 1.5 บาทต่อกิโลกรัม

โดยที่

Pe แทน ค่าไฟฟ้า (บาทต่อกิโลกรัม)

We แทน หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งแต่ละครั้ง(กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)

E แทน ราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้า (บาท)

2.3 ค่าแรงงานในการอบแห้ง

ค่าแรงงานในการอบแห้งของคนงาน 1 คน ประกอบด้วย ค่าล้าง ค่าหั่น และค่าบรรจุตะไคร้หั่นลงในถาด นำเข้าตู้อบ คิดที่ค่าจ้าง 168 บาทต่อวัน ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นอัตราค่าจ้างเป็น 21 บาทต่อชั่วโมงการทำงาน ซึ่งในการอบแห้งแต่ละครั้งคนงานจะใช้เวลา โดยเฉลี่ยประมาณ 1 ชั่วโมงการทำงาน เพราะฉะนั้นจะคิดค่าจ้างในการอบแต่ละครั้งในอัตราการจ้างงานเป็น 21 บาทต่อชั่วโมงการทำงาน

$$P_L = Tdl$$
$$= 1 \times 21$$
$$=21$$

ดังนั้นค่าแรงงานในการอบแห้ง เท่ากับ 21 บาทต่อกิโลกรัม

โดยที่

P_L แทน ค่าแรงงานในการอบแห้ง (บาทต่อกิโลกรัม)

Td แทน เวลาที่ใช้ในการทำงานอบแห้งทั้งหมดจริง(ชั่วโมงทำงาน)

l แทน ราคาค่าจ้างแรงงาน (บาทต่อชั่วโมงทำงาน)

2.4 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการรวม

$$TOC = Pm + Pe + P_L$$

$$=10.00+1.50+21.00$$

$$=32.5$$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการรวม เท่ากับ 32.5 บาท ต่อกิโลกรัม

โดยที่

Pm แทน ค่าวัตถุดิบ (บาทต่อกิโลกรัม)

Pe แทน ค่าไฟฟ้า (บาทต่อกิโลกรัม)

P_L แทน ค่าแรงงานในการอบแห้ง (บาทต่อกิโลกรัม)

3. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

ทำได้โดยการนำข้อมูลจากข้อ 1 และ 2 มาแทนค่าลงในสมการที่ใช้วิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนซึ่งจะได้ว่า

$$\text{Break - even point} = \frac{TFC}{Pd - TOC}$$

$$=\frac{4,110}{50-32.5}$$

$$=234.86$$

ดังนั้นจุดคุ้มทุนจะเกิดเมื่อต้องขายตะไคร้อบแห้งไปทั้งสิ้น 234.86 กิโลกรัม

โดยที่

Pd แทน รายรับจากการผลิต (บาทต่อกิโลกรัม) จากการกำหนดราคาขายตะไคร้แห้งกิโลกรัมละ 50 บาท

ภาคผนวก ง

เอกสารประกอบการนำเสนอบทความทางวิชาการ

ที่ ศธ 0578.13/604

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี
จังหวัดปทุมธานี12110

7 ตุลาคม 2553

เรื่อง แจ้งผลการนำเสนอผลงานวิชาการ

เรียน อนุสรณ์ เราเท่า

ตามที่ท่านได้ส่งบทความวิจัยเพื่อเข้าร่วมเสนอในการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3 "การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในยุคเศรษฐกิจสร้างสรรค์" (3rd RMUTCON) ระหว่างวันที่ 23 – 26 พฤศจิกายน 2553 ณ ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ หลักสี่ กรุงเทพมหานคร ทางคณะผู้ดำเนินการขอแจ้งว่าบทความวิจัยของท่านได้รับคัดเลือกให้นำเสนอใน **รูปแบบบรรยาย** ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับ เวลา และห้องบรรยาย สามารถดูรายละเอียดได้ที่ http://www.rmutcon.rmutt.ac.th/

รหัสบทความ : NEME017

ชื่อบทความ : การควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟสำหรับกระบวนการอบแห้งที่ควบคุมอุณหภูมิได้

ผู้เสนอ: อนุสรณ์ เราเท่า

จึงเรียนมาเพื่อทราบ และขอขอบคุณท่านเป็นอย่างยิ่งที่ให้เกียรติส่งผลงานเข้าร่วมการประชุมวิชาการครั้งนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประธานคณะกรรมการจัดงานการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

โทรศัพท์ 0 2549 4682 3
โทรสาร 0 2577 5038, 0 2549

การควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ สำหรับกระบวนการอบแห้งที่ควบคุมอุณหภูมิได้

อนุสรณ์ เราเท่า[1], วิบูลย์ ช่างเรือ[2] สัมพันธ์ ไชยเทพ[3] และ วีระ ฟ้าเฟื่องวิทยากุล[4]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประเมินผลการใช้พลังงานไฟฟ้าในการการควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟสำหรับกระบวนการอบแห้งที่ควบคุมอุณหภูมิได้ โดยพิจารณาค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง และระดับกำลังการให้ความร้อนตลอดช่วงระยะเวลาที่ใช้ 1 ชั่วโมง ที่ค่าอุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราส่วนของพลังงานต่อมวลมีผลต่อการปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและระยะเวลาในการให้ความร้อน คือ ในการให้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำจาก 28 เป็น 50 องศาเซลเซียสที่อัตราส่วนของพลังงานต่อมวล 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 วัตต์ต่อกรัมจะใช้พลังงานไฟฟ้า 1.5, 1.3, 1.2 และ 1.0 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และระยะเวลา 5.24, 2.33, 2.03 และ 1.30 นาทีตามลำดับส่วนที่ 60 องศาเซลเซียสที่อัตราส่วนของพลังงานต่อมวล 0.5, 1, 1.5 และ 2 วัตต์ต่อกรัมจะใช้พลังงานไฟฟ้า 2.0, 1.6, 1.6 และ 1.4 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และระยะเวลา 6.20, 3.31, 2.06 และ 1.54 นาทีตามลำดับและ 70 องศาเซลเซียสที่อัตราส่วนของพลังงานต่อมวล 0.5, 1, 1.5 และ 2 วัตต์ต่อกรัมจะใช้พลังงานไฟฟ้า 2.9, 2.4, 2.3 และ 2.1 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และระยะเวลา 9.07, 5.05, 3.30 และ 2.4 นาทีตามลำดับจากผลการทดสอบการควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟสำหรับกระบวนการอบแห้งที่ควบคุมอุณหภูมิได้สามารถเลือกค่ากำลังการให้ความร้อนกับวัสดุและใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต่ำจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการอบแห้งต่อไป

คำสำคัญ: การให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ ป้อนกลับค่าผลอุณหภูมิที่ตรวจจับได้ และตัวตรวจจับอินฟราเรด

1. บทนำ

กระบวนการของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟประกอบไปด้วยแหล่งกำเนิดคลื่น ส่วนแพร่กระจายคลื่น ส่วนจ่ายกำลังงานไฟฟ้า และส่วนโครงสร้าง ของเตาอบตัวอย่างเช่นเตาอบไมโครเวฟเชิงพาณิชย์ที่ใช้ทั่วไปในครัวเรือนสำหรับให้ความร้อนแก่วัสดุประเภทอาหารโดยทั่วไป แล้วจะประกอบด้วยหลอดแมกนีตรอนที่ใช้เป็นตัวผลิตความถี่คลื่นไมโครเวฟและปล่อยกำลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (กำลังงานตั้งแต่ 200 – 1200 วัตต์) ท่อนำคลื่น (Wave guide) เป็นตัวส่งผ่านกำลังงานไปแพร่กระจายสู่ห้องใช้งาน (Heating chamber) โดยปกติเตาอบไมโครเวฟเชิงพาณิชย์ที่ใช้ทั่วไปในครัวเรือนในส่วนของการให้ความร้อนกับวัสดุภายในห้องอบถูกควบคุมด้วยระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วยเทคนิคการควบคุมเวลาซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การให้กำลังไมโครเวฟอย่างต่อเนื่อง และการให้กำลังแบบเป็นจังหวะ (ปิด-เปิด) ปัจจุบันได้มีการศึกษาถึงการประยุกต์ใช้คลื่นไมโครเวฟเป็นแหล่งให้กำลังความร้อนกับกระบวนการอบแห้งจำนวนมาก กิตินันท์ และ วารินทร์ (2550), คำนึง (2545), จาตุพงศ์ และคณะ (2547), นพวรรณ และคณะ (2549), โสภา(2546), อัศวิน(2546), Changrue et al. (2004)

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งจะมีความสำคัญต่อกระบวนการอบแห้ง เนื่องจากการอบแห้งวัสดุทางการเกษตรและอาหารเป็นกระบวนการลดความชื้นจนถึงระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ เพื่อให้วัสดุมีรูปทรงที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาด้วยการถ่ายเทความร้อนและมวลสารไปพร้อม ๆ กัน การอบแห้งวัสดุ โดยทั่วไปมักจะใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการพาความชื้นออกไปจากวัสดุ สมชาติ (2540) ดังนั้นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้งจึง ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการไหลของอากาศ ทั้งนี้ค่าอุณหภูมิในเครื่องอบแห้งจะมีการแปรผันกับชนิดของวัสดุและระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการอบแห้ง ผลของอุณหภูมิและวิธีในการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพหลังการอบแห้งของสมุนไพรบางชนิด แสดงไว้ดังตาราง 1

[1]อาจารย์ประจำหลักสูตรอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถนนห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

[2]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

[3]รองศาสตราจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

[4]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

โทรศัพท์: 0-5392-1444 ต่อ 2111 โทรสาร: 0-5321-3183

E-mail: anusornel_rmutl@hotmail.com

ตาราง 1 ช่วงค่าอุณหภูมิและวิธีในการอบแห้ง

ชนิดเครื่องอบแห้ง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ชนิดสมุนไพร	ผู้วิจัย
ตู้อบลมร้อน	75 - 80	ใบมะกรูด ตะไคร้	พรพิมลและสิริมา (2550)
แบบปั๊มความร้อน	45	ใบมะกรูด	วศิน (2548)
ลมร้อนแบบถาด	50	ใบมะกรูด	วิชญาวดีและคณะ (2550)
ตู้อบไฟฟ้า	80	ตะไคร้	ภูมิศักดิ์และคณะ (2548)
	70	ใบกะเพรา ใบมะกรูด ใบโหระพาพริกข่า	

จากการตรวจเอกสารพบว่ากระบวนการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟเชิงพาณิชย์ตามบ้านเรือนยังพบปัญหาจากอุณหภูมิที่ปรากฏบนวัสดุอบแห้งสูงขึ้นตามระยะเวลาการอบและกำลังการให้ความร้อนขณะทำการอบแห้งสูงจนทำให้วัสดุเกิดความเสียหาย นอกจากนี้ยังไม่มีรายงานถึงการควบคุมอุณหภูมิในวัสดุขณะทำการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟซึ่ง Contreras et al. (2008) รายงานว่า อุณหภูมิสูงระหว่างการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟมีผลทำให้เกิดการสลายของรงควัสดุในวัสดุมากยิ่งขึ้นแม้ว่าอัตราการระเหยของน้ำจะเพิ่มขึ้นตามระดับกำลังงานไมโครเวฟ และเวลาของการอบแห้งรวมจะลดลงตามระดับกำลังงานไมโครเวฟที่เพิ่มขึ้นก็ตาม อีกทั้งงานศึกษาการควบคุมกำลังงานการให้ความร้อนโดยทั่วไป มีการรายงานระดับกำลังงานของไมโครเวฟที่ใช้ยังไม่เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยรายงานเป็นระดับกำลังงานที่มีหน่วยเป็นกำลังวัตต์และความเข้มของกำลังงานเป็นวัตต์ต่อกรัม Changrue et al. (2004)

งานศึกษานี้จึงต้องการสร้างชุดควบคุมอุณหภูมิสำหรับการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการประยุกต์ใช้พลังงานไมโครเวฟการให้ความร้อนสำหรับงานที่ต้องการอุณหภูมิที่แน่นอน เช่น การอบแห้ง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ความร้อนที่เกิดบนวัสดุภายในเตาอบไมโครเวฟ เป็นผลมาจากอันตรกริยา (Interaction) ระหว่างคลื่นไมโครเวฟกับวัสดุที่มีโมเลกุลเชิงขั้วโดยสามารถหาค่ากำลังงานออกมาในรูปวัตต์ต่อตารางเมตร ดังสมการที่ 1

$$P = 2\pi f \varepsilon_r \varepsilon_0 \tan\delta \left|E_i^2\right| \qquad (1)$$

โดยที่

E_i แทน ขนาดของความเข้มสนามไฟฟ้า

f แทน ความถี่คลื่นของเตาอบไมโครเวฟ

ε_0 แทน ค่าความนำทางไฟฟ้าของอากาศ

ε_r แทน ค่าความนำทางไฟฟ้าสัมพัทธ์ของวัสดุ

$\tan\delta$ แทน การสูญเสียกำลังงานในวัสดุ

. ความสมดุลทางความร้อนที่เกิดขึ้นในวัสดุ สัมพันธ์โดยตรงกับกำลังไฟฟ้า (P) และมวลวัสดุ (M) ดังแสดงในสมการที่ 2

$$P = M\frac{d\theta}{dt}s \qquad (2)$$

โดยที่

P แทน กำลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้

M แทน มวลของวัสดุ

$\frac{d\theta}{dt}$ แทน อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อเวลา

s แทน ค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุ

การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิบนวัสดุในขณะได้รับพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟสามารถหาได้จากสมการที่ 3

$$\Delta T = \frac{P}{sM} \qquad (3)$$

โดยที่

ΔT แทน อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

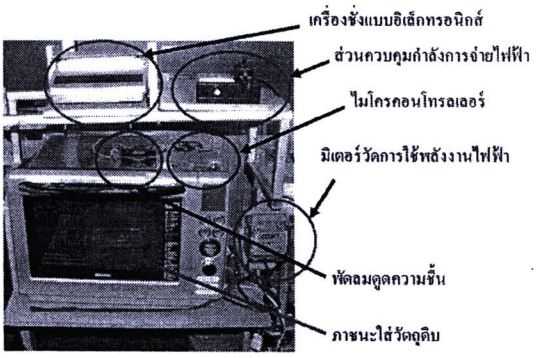
ดังนั้นอุณหภูมิและกำลังการให้ความร้อนจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาประกอบในการอบแห้งวัสดุด้วยคลื่นไมโครเวฟ งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวคิดการพัฒนากระบวนการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟที่มีการควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยอาศัยการตรวจจับอุณหภูมิบนวัสดุภายในเตาอบไมโครเวฟใช้ป้อนกลับค่าผลอุณหภูมิที่ตรวจจับได้(Power Control of microwave Heating by Detected Temperature Feedback) มาควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าสู่หลอดแมกนีตรอนอย่างอัตโนมัติเพื่อให้คงค่าคงที่อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งตลอดกระบวนการอบแห้ง

2. วิธีการวิจัย

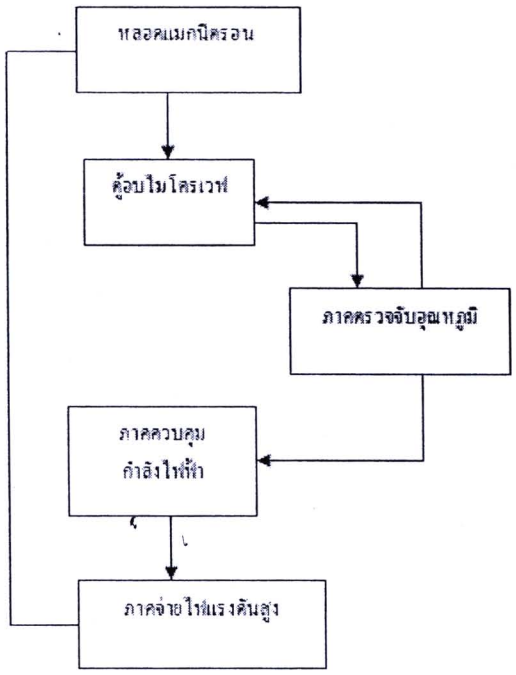
2.1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประเมินผลการใช้พลังงานไฟฟ้าในการการควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟสำหรับกระบวนการอบแห้งที่ควบคุมอุณหภูมิได้โดยพิจารณาค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง และระดับกำลังการให้ความร้อนตลอดช่วงเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส

2.2 อุปกรณ์และวิธีการ



ภาพ 1 ควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่น ไมโครเวฟสำหรับกระบวนการอบแห้งที่ควบคุมอุณหภูมิได้



ภาพ 2 แผนภาพแสดงการทำงาน

2.2.1 เทคนิคการตรวจจับอุณหภูมิ

เทคนิคการตรวจจับอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสจะอาศัยตัวตรวจจับอุณหภูมิแบบอินฟราเรดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลการตรวจจับเพื่อแสดงอุณหภูมิและควบคุมการทำงานของระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้าของเตาอบไมโครเวฟโดยทำการดัดแปลงเตาอบไมโครเวฟยี่ห้อ Toshiba รุ่น ER-A7C (S) ความจุ 30 ลิตร ความถี่คลื่น 2,450 เมกะเฮิรตซ์ กำลังไฟฟ้า 900 วัตต์ และเทอร์โมมิเตอร์ยี่ห้อ Nicety รุ่น DT811A ที่ใช้เทอร์มอคัปเปิลชนิดเคเป็นอุณหภูมิควบคุมหรืออุณหภูมิในการใช้เปรียบเทียบ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการใช้ตัวตรวจจับอุรหภูมิเทอร์มอไพล์ที่ประกอบด้วยเทอร์มอคับเปิล 8 ชุด เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสโดยรังสีความร้อนจะตกกระทบบนรอยต่อด้านหนึ่งของปลายรอยต่อเทอร์มอคัปเปิลเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างปลายร้อนและปลายเย็นอีกด้านหนึ่งทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะบอกปริมาณรังสีความร้อนที่ถูกดูดไว้ ก่อนส่งต่อมายังภาคของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลแสดงอุณหภูมิ

2.2.2 ส่วนควบคุมการจ่ายกำลัง (Control Power Unit)

ทำการออกแบบให้เป็นระบบควบคุมอัตโนมัติโดยอาศัยการตรวจจับอุณหภูมิบนวัสดุภายในเตาอบไมโครเวฟใช้ป้อนกลับค่าผลอุณหภูมิที่ตรวจจับได้แบบทันเวลามาควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าสู่หลอดแมกนีตรอนอย่างอัตโนมัติ ให้สามารถทำงานแบบ เปิด - ปิด ที่ความเข้มของกำลัง 1.5 วัตต์ต่อกรัมน้ำตามสมการที่ 3

2.3 การทดสอบ

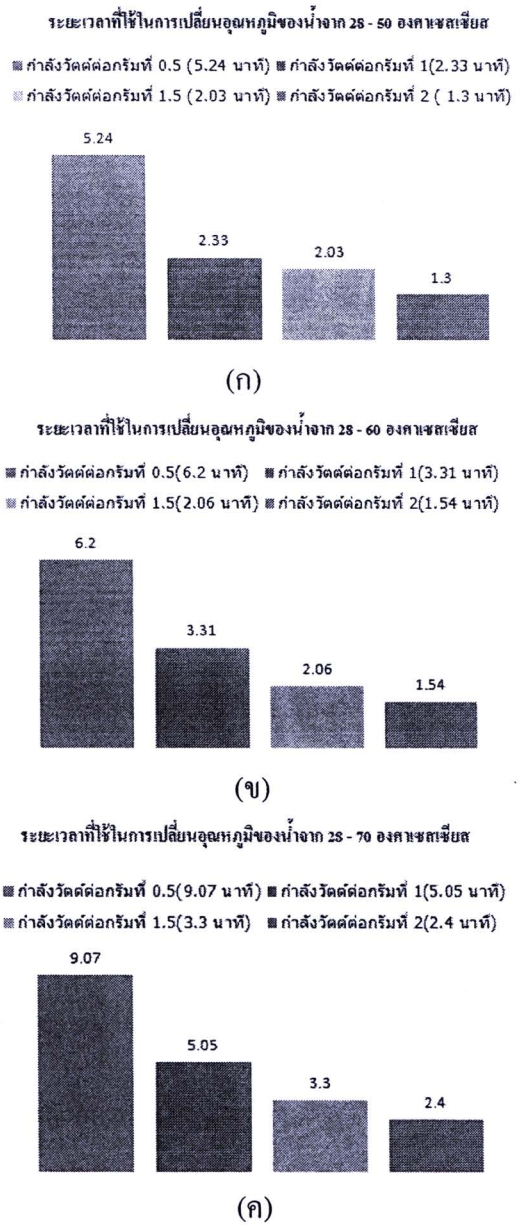
ใช้น้ำเป็นวัสดุตัวอย่างในการทดสอบ เนื่องจากมีการกระจายความร้อนดีและไม่มีความแตกต่างกันระหว่างอุณหภูมิผิวและอุณหภูมิภายใน ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและรวบรวมผล การให้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำจาก 28 เป็น 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียสที่อัตราส่วนของพลังงานต่อมวล 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 วัตต์

3. ผลและการอภิปรายผล

ตาราง 2 ข้อมูลแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ

อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิควบคุม (องศาเซลเซียส)	กำลังงาน (วัตต์ / กรัม)	ระยะเวลาที่ใช้ (นาที)
28	50	0.5	5.24
28	60	0.5	6.20
28	70	0.5	9.07
28	50	1.0	2.33
28	60	1.0	3.31
28	70	1.0	5.05
28	50	1.5	2.03
28	60	1.5	2.06
28	70	1.5	3.30
28	50	2.0	1.30
28	60	2.0	1.54
28	70	2.0	2.40

จากผลการทดลองดังตาราง 2 พบว่าการให้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำจากอุณหภูมิเริ่มต้นเป็นอุณหภูมิสุดท้ายที่กำหนดนั้นช่วงระยะเวลาการให้ความร้อนจะแปรผันตรงกับการเพิ่มค่าอุณหภูมิ คือ ถ้าให้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำจาก 28 เป็น 50 องศาเซลเซียส ที่การจ่ายอัตราส่วนของพลังงานต่อมวล 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 วัตต์ต่อกรัมจะใช้ระยะเวลา 5.24, 2.33, 2.03 และ 1.30 นาทีตามลำดับในการเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำจาก 28 เป็น 60 องศาเซลเซียสที่อัตราส่วนของพลังงานต่อมวล 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 วัตต์ต่อกรัมใช้ระยะเวลา 6.20, 3.31, 2.06 และ 1.54 นาทีตามลำดับ และในการเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำจาก 28 เป็น 70 องศาเซลเซียสที่อัตราส่วนของพลังงานต่อมวล 0.5, 1.0, 1.5 และ2 วัตต์ต่อกรัมจะมีการใช้ระยะเวลาอยู่ที่ 9.07, 5.05, 3.30 และ 2.4 นาทีตามลำดับ

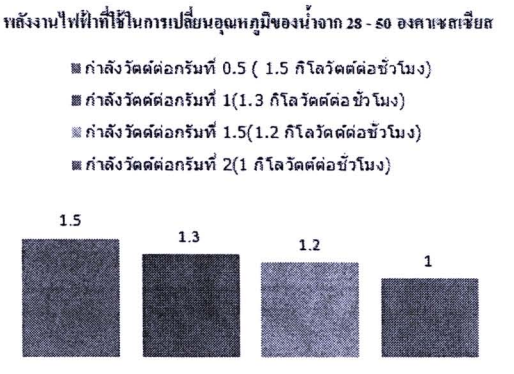


ภาพ 3 กราฟเปรียบเทียบผลการใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนกับน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ

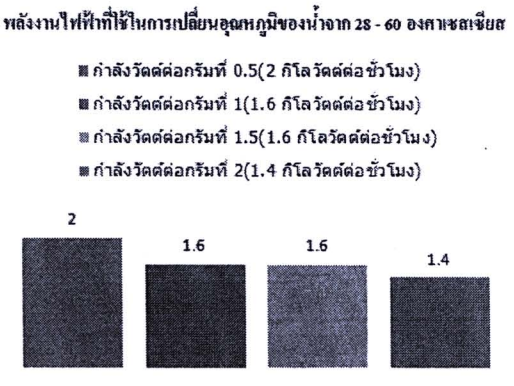
ตาราง 3 การใช้พลังงานไฟฟ้ากับพลังงานความร้อนที่จ่ายให้กับน้ำ

อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิควบคุมสุดท้าย (องศาเซลเซียส)	อัตราการจ่ายกำลังงานต่อมวล (วัตต์ / กรัม)	ระยะเวลาที่ใช้ทดสอบ (นาที)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)
28	50	0.5	120	1.5
		1.0	120	1.3
		1.5	120	1.2
		2.0	120	1.0
28	60	0.5	120	2.0
		1.0	120	1.6
		1.5	120	1.6
		2.0	120	1.4
28	70	0.5	120	2.9
		1.0	120	2.4
		1.5	120	2.3
		2.0	120	2.1

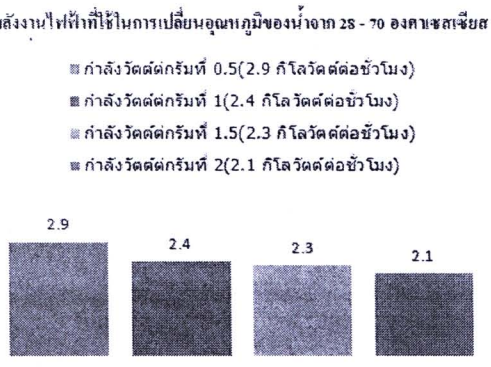
จากผลการทดลองดังตาราง 3 พบว่าการให้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำจากอุณหภูมิเริ่มต้นเป็นอุณหภูมิสุดท้ายที่กำหนดนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้การให้ความร้อนจะแปรผกผันกับอัตราการจ่ายพลังงานต่อมวล คือ ถ้าให้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำจาก 28 เป็น 50 องศาเซลเซียสที่อัตราส่วนของพลังงานต่อมวล 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 วัตต์ต่อกรัมจะใช้พลังงานไฟฟ้า 1.5, 1.3, 1.2 และ1.0 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงที่การให้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำจาก 28 เป็น 60 องศาเซลเซียสที่อัตราส่วนของพลังงานต่อมวล 0.5, 1.0, 1.5และ 2.0 วัตต์ต่อกรัมจะใช้พลังงานไฟฟ้า 2.0, 1.6, 1.6 และ 1.4 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และการให้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำจาก 28 เป็น 70 องศาเซลเซียสที่อัตราส่วนของพลังงานต่อมวล 0.5, 1.0, 1.5 และ2 วัตต์ต่อกรัมจะใช้พลังงานไฟฟ้า 2.9, 2.4, 2.3และ 2.1 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงตามลำดับ



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพ 4 กราฟเปรียบเทียบผลการใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้ความร้อนกับน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ

4. สรุปผลการวิจัย

4.1 การป้อนกลับค่าอุณหภูมิที่ตรวจจับได้แบบทันเวลาที่ได้พัฒนาโดยใช้อินฟราเรดตรวจจับมีความเที่ยงตรง 100 % เมื่อเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์ยี่ห้อ Nicety รุ่น DT811A ดังนั้นสามารถนำการตรวจจับนี้ไปประยุกต์ใช้ในงานได้จริง

4.2 การควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยการป้อนกลับค่าอุณหภูมิที่ตรวจจับได้ ทันเวลาตลอดกระบวนการอบที่ระยะการทดสอบเพื่อเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำจากอุณหภูมิเริ่มต้นเป็นอุณหภูมิสุดท้ายที่กำหนดนั้นช่วงระยะเวลาการให้ความร้อนจะแปรผันตรงกับการเพิ่มค่าอุณหภูมิ

4.3 การควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยการป้อนกลับค่าอุณหภูมิที่ตรวจจับได้ ทันเวลาตลอดกระบวนการอบที่ระยะการทดสอบเพื่อเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำจากอุณหภูมิเริ่มต้นเป็นอุณหภูมิสุดท้ายที่กำหนดนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้การให้ความร้อนจะแปรผกผันกับอัตราการจ่ายพลังงานต่อมวล

5. เอกสารอ้างอิง

[1] กิตินันท์ รัตนพิทักษ์กุล และวารินทร์ พิมพา.2550. ผลของการใช้กระบวนการไมโครเวฟก่อนการอบด้วยลมร้อนต่อคุณภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกล้วยอบแห้งวารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 38(6)(พิเศษ):335-338.

[2] กุลยา จันทร์อรุณ, เกษณี แก้วชูเชิด และพิชัย ปัญญา.2538. กรรมวิธีผลิตสมุนไพรแห้ง. รายงานวิจัยภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์,เทคโนโลยีสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.

[3] พรพิมล เทพบรรทม และสิริมา ชินสาร. 2550. ผลของการอบแห้งแบบขั้นตอนเดียวและสองขั้นตอนต่อ คุณภาพของใบมะกรูดและตะไคร้.วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 38(6) (พิเศษ):135-138.

[4] ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, ธนูชัย กองแก้ว, วิภา หอมหวน จตุรพร รักษ์งาร,มยุรี กระจายกลาง และ พีระศักดิ์ ฉายประสาท. 2548. เทคโนโลยีการผลิตพืชเครื่องปรุงอาหารไทยเพื่อการส่งออก

[5] วศิน เรืองกำเนิด. 2548. การประเมินสมรรถนะการอบแห้งสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[6] . วิชญวดี ศรีนุเคราะห์, สิงหนาท พวงจันทน์แดง และบวรศักดิ์ ลีนานนท์. 2550. การทำแห้งใบมะกรูดโดยเครื่องทำแห้งแบบถาดและเครื่องทำแห้งแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบ.วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 38(5)(พิเศษ)

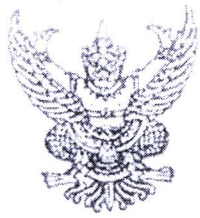
[7] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและ อาหารบางประเภท. พิมพ์ครั้งที่ 7. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

[8] Changrue V. ,Sunjka P.S., Gariepy Y., Raghavan G.S.V and Wang N. 2004. Real Time Control of Microwave Drying Process. Proceeding of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004). Sao PauLo, Brazil. 22-25 August 2004. pp.941-948.

[9] Contreras, C., M. E. MartÍn-Esparza, A.Chiralt and N. MartÍnez Navarrete.drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry. Journal of Food Engineering Vol. 88: 55-64.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนวิจัย และหลักสูตรอิเล็กทรอนิกส์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ทำการวิจัย



ที่ ศธ 0513.20303/ว.187

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน
อำเภอกำแพงแสน
จังหวัดนครปฐม 73140

22 มีนาคม 2553

เรื่อง ตอบรับการนำเสนอผลงานวิชาการ

เรียน คุณวิบูลย์ ช่างเรือ

ตามที่ท่านได้ส่งผลงานวิจัยเรื่อง "การควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยการป้อนกลับค่าอุณหภูมิที่ตรวจจับได้" โดย อนุสรณ์ เราเท่า , วิบูลย์ ช่างเรือ สัมพันธ์ ไชยเทพ และ วีระ ฟ้าเฟื่องวิทยากุล เพื่อนำเสนอในการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11 ประจำปี 2553 "นวัตกรรมทางวิศวกรรมเกษตรเพื่อเศรษฐกิจพอเพียงและชุมชนเข้มแข็ง" วันที่ 6 - 7 พฤษภาคม 2553 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม ทางกรรมการวิชาการขอแจ้งว่าผลงานวิจัยของท่านได้ผ่านการพิจารณาให้นำเสนอแบบปากเปล่า โดยจะแจ้งให้ท่านทราบเกี่ยวกับวันและเวลาในการนำเสนอต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รศ.อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล)
ประธาน
การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 11 ประจำปี 2553

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน
โทร. 0-3435-1896 โทรสาร 0-3435-1896

การควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยการป้อนกลับค่าอุณหภูมิที่ตรวจจับได้

Power Control of Microwave Heating by Detected Temperature Feedback

อนุสรณ์ เราเท่า*[2], วิบูลย์ ช่างเรือ[1] สัมพันธ์ ไชยเทพ[1] และวีระ ฟ้าเฟื่องวิทยากุล[1]

Anusorn raothao*[1], Viboon Changrue[1] Sumpun Chaitep[1], WeraPhaphuangwittayakul[1]

บทคัดย่อ

หลักการของการควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยการป้อนกลับค่าอุณหภูมิที่ตรวจจับได้ ที่ได้ทำการวิจัยในโครงการนี้ คือ ทำการปรับปรุงพัฒนาเครื่องไมโครเวฟยี่ห้อ Toshiba รุ่น ER-A7C (S) ความจุ 30 L ความถี่คลื่น 2450 MHz กำลังไฟฟ้า 900 W ให้มีการตรวจจับอุณหภูมิด้วยอินฟราเรดในขณะที่กำลังใช้งานแบบทันเวลาพร้อมส่งค่าอุณหภูมิที่ตรวจจับกลับมาควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับเตาอบไมโครเวฟ จากการทดสอบพบว่าการตรวจจับอุณหภูมิสามารถทำได้แบบทันเวลาและมีความเที่ยงตรงตามอุณหภูมิที่เกิดจากการทดสอบให้ความร้อนกับน้ำที่น้ำหนัก 600 กรัม อุณหภูมิเริ่มต้น 28 องศาเซลเซียส อุณหภูมิควบคุมและการตรวจจับอุณหภูมิกำหนดที่ 50, 60และ 70 องศาเซลเซียสตามลำดับ โดยกำหนดอัตราการให้พลังงานแก่น้ำอยู่ที่ 1.5 วัตต์ ต่อ กรัม พบว่า ระยะเวลาจะแปรผันตรงกับค่าอุณหภูมิ คือ 1.55, 2.30 และ 3.11 นาที ตามลำดับ รวมถึงพลังงานความร้อนที่ป้อนสู่น้ำก็จะแปรผันตรงกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ดังนี้ พลังงานความร้อนที่ป้อนสู่น้ำ 55.18, 80.26 และ 105.30 จูล จะใช้พลังงานไฟฟ้า 21.569, 32.019 และ 43.305 วัตต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ

คำสำคัญ: การให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ ป้อนกลับค่าผลอุณหภูมิที่ตรวจจับได้ และ ตัวตรวจจับอินฟราเรด

ABSTRACT

The principle of Power Control of Microwave Heating by Detected Temperature Feedback In this research is to improve the development of a microwave generation Toshiba brand ER-A7C (S) of 30 L capacity is 2,450 MHz power to 900 W with infrared temperature monitoring as a running pace. Time with temperature detection value sent back to control the pay is electric oven with microwave. From the experiment showed that the detection temperature can be a time and precision as a result of the test temperature to heat the water weight of 600 grams from 28 degrees C temperature control and temperature monitoring, temperature set at 50, 60 and 70 degrees C, respectively. The rate of energy for water was 1.5 watts per gram found time to meet with variable temperature settings are 1.55, 2.30 and 3.11 minutes, respectively, including thermal energy input to the water will vary directly with the power. used as thermal energy input to the water 55.18, 80.26 and 105.30 Joule to power. 21.569, 32.019 and 43.305 watts per hour, respectively.

Keywords : Microwave Heating , Detected Temperature Feedback , Infrared Sensor

สำนักงานคณะกรรมการ... แห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล นายอนุสรณ์ เราเท่า

วันเดือนปีเกิด 22 พฤศจิกายน 2520

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษามัธยมตอนต้น โรงเรียนสบเปิงวิทยา อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2540

สำเร็จการศึกษาปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ ปีการศึกษา 2544

ผลงานการวิจัย

- พัฒนาอุปกรณ์ยิงตะปูในงานไม้โดยใช้แรงแม่เหล็กไฟฟ้า โครงการวิจัยเงินผลประโยชน์ ปี 2553 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
- การควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยการป้อนกลับค่าอุณหภูมิที่ตรวจจับ การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11 ประจำปี 2553 จังหวัดนครปฐม
- ชุดกลั่นเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3 ประจำปี 2553 กรุงเทพ
- พัฒนาอุปกรณ์ยิงตะปูในงานไม้โดยใช้แรงแม่เหล็กไฟฟ้า การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3 ประจำปี 2553 กรุงเทพ
- การควบคุมกำลังของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟสำหรับกระบวนการ อบแห้งที่ควบคุมอุณหภูมิได้ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3 ประจำปี 2553 กรุงเทพ