การศึกษาการถ่ายเทความร้อนภายในห้องอบแห้งสภาวะสุญญากาศ

A STUDY OF HEAT TRANSFER IN CHAMBER DRYING VACUUM CONDITION

ประสิทธิ์ โสภา / พิพัฒน์ ปราโมทย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงการถ่ายความร้อนของผนังห้องอบแห้งกับวัสดุเกษตร และศึกษาแบบจำลองของการถ่ายเทความร้อนด้วยเครื่องอบแห้งระบบสุญญากาศ มีเงื่อนไขศึกษาคือ วัสดุที่ใช้เป็นพริกพันธุ์จินดา ความดันสุญญากาศ -15 cmHg. วิธีการศึกษาการถ่ายความร้อนของผนังห้องอบแห้งกับวัสดุเกษตรจะทดสอบที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 70, 80 และ 90 ^{0}C เวลาที่ใช้ในศึกษาการอบแห้ง คือ 6, 7 และ 8 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าที่อุณหภูมิ 80 ^{0}C เวลาในการทดลอง 7 ชั่วโมง มีการถ่ายเทความร้อนที่ผนังดีที่สุดเพราะความชื้นสุดท้ายของพริกแห้งโดยเฉลี่ยคือ 13.37 % (wb) ซึ่งใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของ มอก. คือ ความชื้นสุดท้ายต้องไม่เกิน 14 % (wb)

คำสำคัญ: การถ่ายเทความร้อน,พริก, การอบแห้งสุญญากาศ

ABSTRACT

This article aims to study heat transfer of a dryer wall for argicultural products and to study model of heat transfer using the finite element method in the dryer vacuum system Experiments were performed on Jinda chilli under the vacuum pressure of –15 cmHg. The heat transfer of the dryer wall was studied with a tested products at three different temperature which are 70,80 and 90 celsius.The time of stuied dryer was 6,7 and 8 hour. Results shows that temperature at 80 celsius with test time of 7 hour. gave good heat transfer because the residued moisture of chilli is 13.37%(wb) which is closed to standard moisture 14% (wb)

Keywords: Heat transfer, chilli ,vacuum drying

บทนำ

การอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเป็นที่นิยมอย่างมากโดยเฉพาะการอบแห้งในสภาพที่ความดันต่ำเพราะเป็นการถนอมอาหารที่สามารถรักษาคุณค่าของอาหาร สี และรูปทรงได้ใกล้เคียงกับของเดิม โดยเฉพาะการทำพริกแห้งที่ทำให้คุณสมบัติทางยายังอยู่ครบและมีอัตราการอบแห้งสูง ปริมาณออกซิเจนน้อย และอุณหภูมิในการอบแห้งต่ำ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งมีสี รสชาติกลิ่น และคุณประโยชน์ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์สดเพราะการทำงานของเอนไซน์ที่เป็นต้นเหตุทำให้สีและรสชาติเปลี่ยนแปลงไม่สามารถเกิดขึ้นได้ และกลิ่นของผลิตภัณฑ์แห้งยังสูญเสียน้อย เนื่องจากจากใช้อุณหภูมิในการอบแห้งต่ำและใช้เวลาไม่นาน นอกจากนี้รูปร่างของผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้ยังเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อเทียบกับการอบแห้งแบบลมร้อน(Wu,2007) อีกทั้งยังสามารถควบคุมเรื่องความสะอาดของผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งได้ และได้มีการพัฒนาการอบแห้งโดยการนำคลื่นไมโครเวฟร่วมกับสุญญากาศ เพราะคลื่นไมโครเวฟมีความสามารถในการทะลุทะลวงสูงและโมเลกุลของน้ำสามารถดูดซับพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟได้ดี ทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นเพราะผลิตภัณฑ์มีรูพรุนมากขึ้น แต่การนำคลื่นไมโครเวฟมาใช้มีข้อเสียคือ การกระจายของคลื่นไมโครเวฟบนผลิตภัณฑ์มีน้อย โดยเฉพาะที่จุดอับต่างๆ เช่น มุม รู และซอกเล็กๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีอันตรายที่เกิดจากคลื่นไมโครเวฟอีกด้วย (Drouzas,1999)

แต่ในปัจจุบันเครื่องอบแห้งสุญญากาศส่วนใหญ่จะนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งราคาต่อเครื่องก็จะประมาณ 800,000 ถึง 2,000,000 บาท (MARCH COOL INDUSTRY CO., LTD. 2550) ถ้าหากสามารถผลิตขึ้นใช้ในประเทศโดยใช้ต้นทุนที่ต่ำกว่า ก็จะช่วยลดการนำเข้าจากต่างประเทศและลดการขาดดุลทางการค้าได้อีกด้วย สำหรับเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ ที่สร้างขึ้นได้เลือกเอาเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบเป็นตัวทำสุญญากาศ เนื่องจากมีหลักการทำงานที่ง่าย สามารถทำสุญญากาศได้รวดเร็ว ไม่ส่งเสียงดังขณะทำงาน สามารถดูดความชื้นออกจากพริกได้ดี ราคาถูกกว่าปั๊มสุญญากาศทั่วไป หาซื้อได้ง่าย(ชัยวิทย์ ศิลาวัชนาไนย,2526) และในการสร้างเครื่องอบแห้งสภาวะสุญญากาศจะมีปัญหาในเรื่องของการถ่ายเทความร้อนเพราะอยู่ในสภาพที่ไม่มีอากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนจึงเป็นเหตุให้ผลผลิตเกิดความเสียหายจากการอบแห้งเนื่องจากความร้อนจะถูกถ่ายเทผ่านผนังและถาดรองผลผลิตซึ่งความร้อนจะสัมผัสกับผลผลิตโดยตรงทำให้เกิดการไหม้ได้

การศึกษานี้เลือกทำการศึกษาการการถ่ายเทความร้อนภายในห้องอบแห้งสภาวะสุญญากาศเพราะการถ่ายความร้อนในสภาวะสุญญากาศจะช่วยการนำความร้อนได้มากกว่าการพาความร้อน(สุนันท์ ศรัณยนิตย์,2545)ซึ่งมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนจากวัสดุที่ทำผนังห้องอบแห้ง

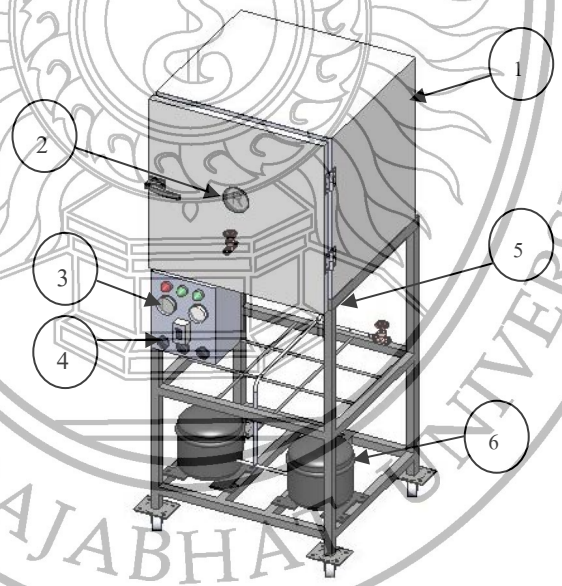
กับวัสดุเกษตรที่รับความร้อนและมีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนไม่เท่ากันส่งผลให้เวลาในการทำแห้งนานเกินไป ดังนั้นจึงวิเคราะห์อุณหภูมิที่ถ่ายเทความร้อนโดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลวัดอุณหภูมิ 16 จุด และใช้วิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีความสามารถและมีศักยภาพในการสร้างแบบจำลองของการถ่ายเทความร้อน

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการถ่ายความร้อนของผนังห้องอบแห้ง
2. ศึกษาแบบจำลองของการถ่ายเทความร้อนของการอบแห้งพริกแบบสุญญากาศ

วิธีการวิจัย

เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้ในการทดสอบห้องอบแห้งขนาดกว้าง 30 cm. ยาว 30 cm. และสูง 30 cm.ทำด้วยสแตนเลส เบอร์ 304 ชุดขดลวดให้ความร้อนประกอบด้วยฮีทเตอร์สำหรับเพิ่มอุณหภูมิขนาด 3,000 วัตต์ เครื่องอัดอากาศในการดูดอากาศ 2 ตัว ลักษณะของเครื่องดังภาพ 1



1.ห้องอบแห้ง 2.เกจวัดสุญญากาศ 3.เกจวัดและควบคุมอุณหภูมิ
4.ชุดควบคุม 5.ท่อดูดอากาศ 6.เครื่องดูดอากาศ

ภาพ 1 ชุดทดสอบการอบแห้งพริกแบบสุญญากาศ

อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

1.ห้องอบแห้งสุญญากาศ

2.เครื่องชั่งน้ำหนักแบบตัวเลขมีความละเอียด 0.01 กรัม

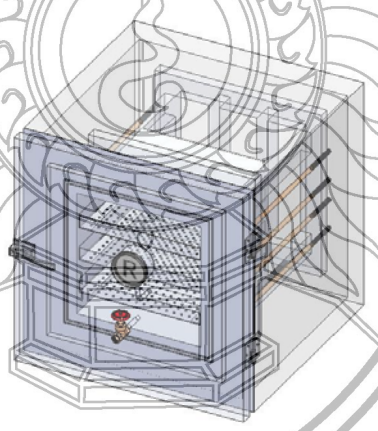
3.เทอร์โมคัปเปิ้ลจำนวนหัววัด 16 หัว

4.พริกพันธุ์จินดา

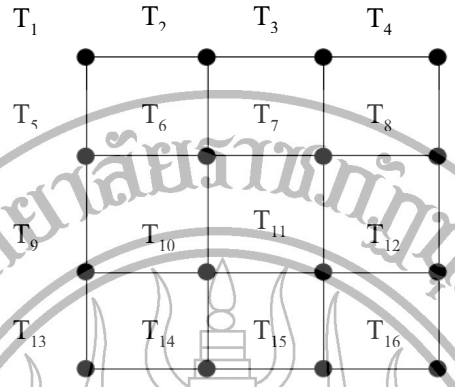
5. นาฬิกาจับเวลา

วิธีการ

การศึกษาการถ่ายเทความร้อนในห้องอบแห้งสุญญากาศดังแบบจำลองรูปที่ 2 เพื่อต้องการทราบถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของความร้อนที่เกิดขึ้นต้องมีการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลรอบๆ ชุดทดลอง โดยใช้ฉนวนเป็นใยแก้วหุ้มเพื่อไม่ให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากห้องอบชั้นในเป็นยังผนังชั้นนอก และจะติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลจำนวน 16 จุด รอบๆ ชุดทดลอง ดังรูปที่ 3 เพื่อบันทึกอุณหภูมิที่เกิดจากการอบแห้ง อุณหภูมิที่ทดสอบ 3 ระดับ คือ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส เวลาในการทดสอบ 6, 7 และ 8 ชั่วโมง ความดันสุญญากาศ -15 cmHg.



ภาพ 2 แบบจำลองตู้อบแห้งสุญญากาศ



ภาพ 3 ภาพด้านหน้าตำแหน่งการวัดอุณหภูมิโดยเทอร์โมคัปเปิ้ล 16 จุด

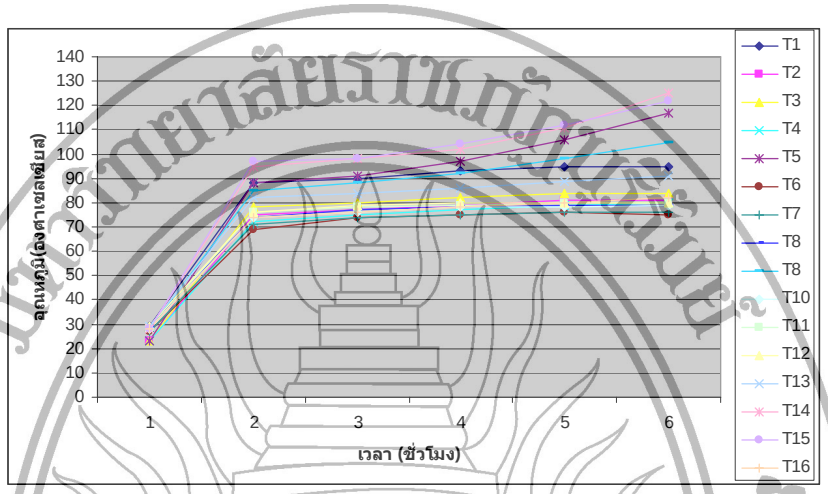
ศึกษาการทดสอบหาความชื้นของผลิตภัณฑ์

สำหรับการทดสอบหาความชื้นของผลิตภัณฑ์มีวิธีการคือคัดเลือกเม็ดพริกสดพันธุ์จินดาที่ไม่มีความผิดปกติจากโรคและแมลง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักให้ได้ 200 กรัม จำนวน 3 ชุด นำมาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง ความดันสุญญากาศ - 15 cm.Hg เมื่อครบ 6 ชั่วโมง นำพริกแห้งออกมาชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้น จากนั้นเปลี่ยนอุณหภูมิในการอบแห้งเป็น 80 และ 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเวลาของการอบแห้งพริกเป็น 7 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ นำตัวอย่างที่ได้จากการอบด้วยเครื่องสุญญากาศมาอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบ Hot air oven ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำพริกแห้งออกมาชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้าย

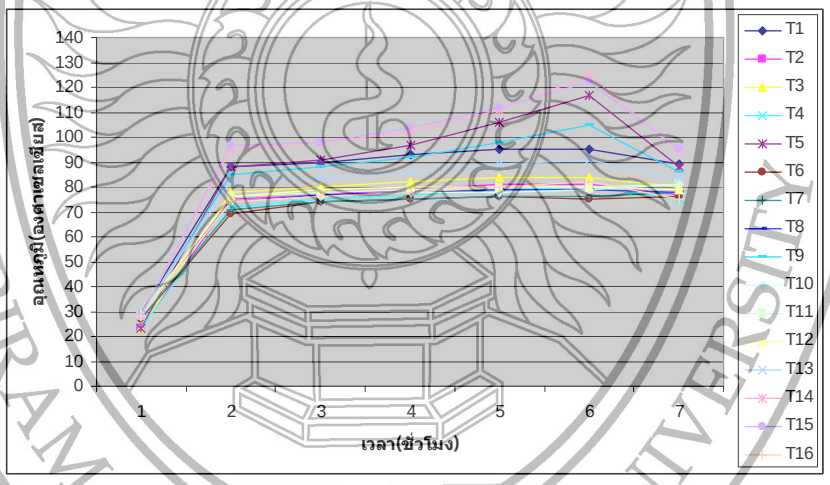
ผลการวิจัย

จากการทดลองการถ่ายเทความร้อนของการอบแห้งสภาพสุญญากาศ โดยอุณหภูมิที่ทดสอบ 3 ระดับ คือ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เวลาในการทดสอบ 6, 7 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ความดันสุญญากาศ -15 cmHg. โดยนำผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาเปรียบเทียบกับการทดลอง ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองดังรูปที่ 4 ถึง 12 พบว่าการถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการทดสอบ 7 ชั่วโมง เป็นการถ่ายความร้อนที่เหมาะสมซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ผนังด้านบน T_1 ,T_2 ,T_3 และ T_4 อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 79 องศาเซลเซียส ผนังด้านซ้าย T_5 ,T_9 และ T_{13} อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 82 องศาเซลเซียส ผนังด้านขวา T_8 ,T_{12} และ T_{16} อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 80.66 องศาเซลเซียส ผนังด้านล่าง T_4 ,T_{15} และ T_{16} อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่

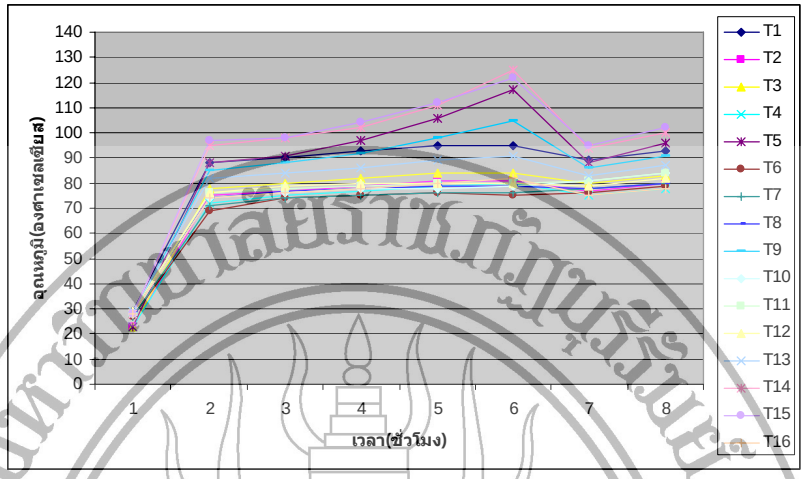
ที่ 78.33 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง T_6 , T_7 ,T_{10} และ T_{11} อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 77.25 องศาเซลเซียส



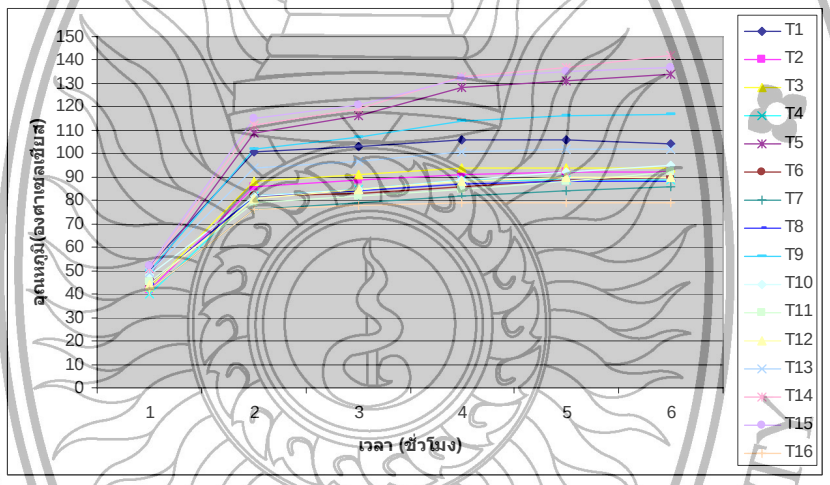
ภาพ 4 ถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 70 ^0C เวลา 6 ชั่วโมง



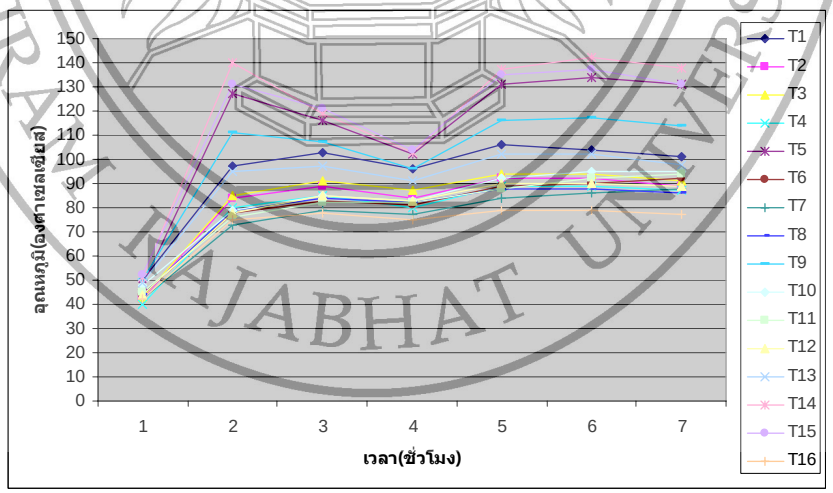
ภาพ 5 ถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 70 ^0C เวลา 7 ชั่วโมง



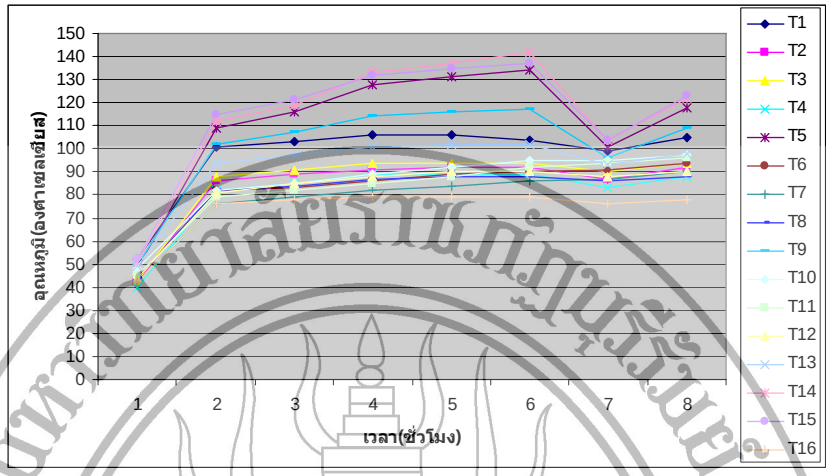
ภาพ 6 ถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 70 ^{0}C เวลา 8 ชั่วโมง



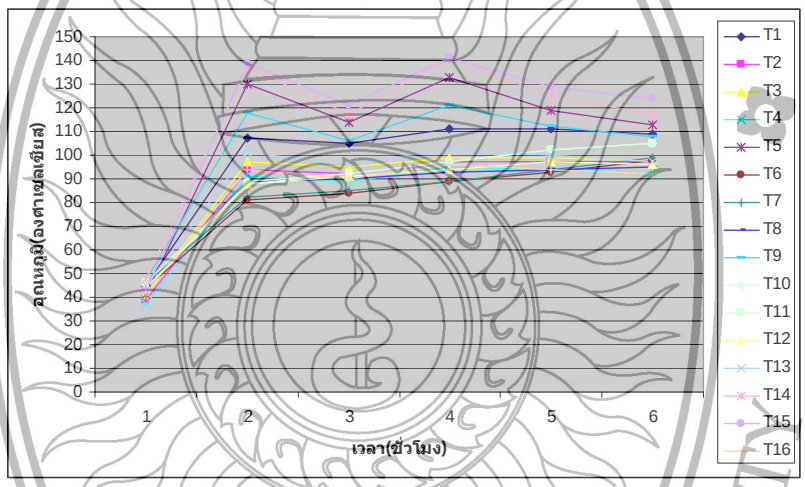
ภาพ 7 ถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 80 ^{0}C เวลา 6 ชั่วโมง



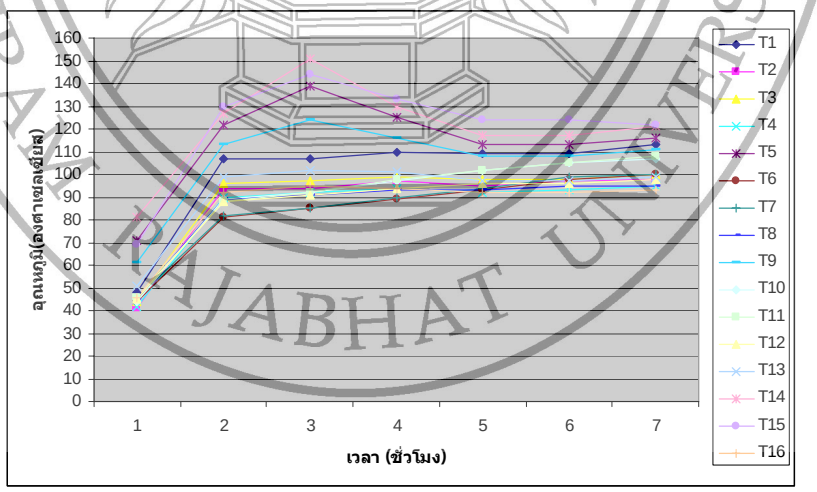
ภาพ 8 ถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 80 ^{0}C เวลา 7 ชั่วโมง



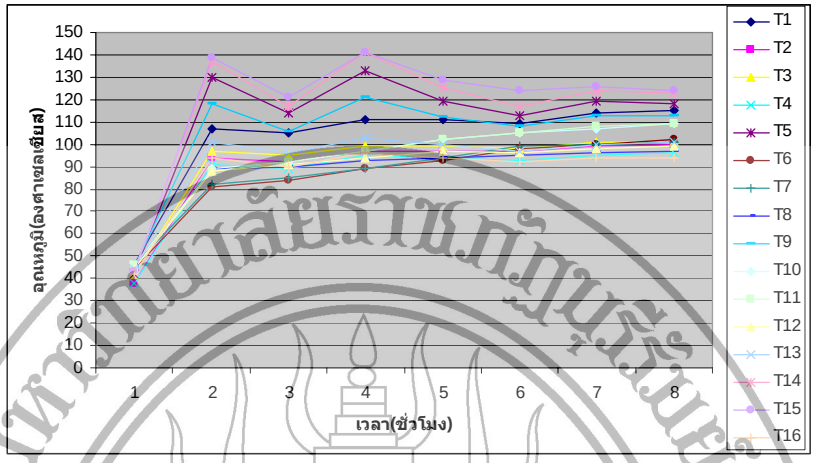
ภาพ 9 ถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 80 ^{0}C เวลา 8 ชั่วโมง



ภาพ 10 ถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 90 ^{0}C เวลา 6 ชั่วโมง



ภาพ 11 ถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 90 ^{0}C เวลา 7 ชั่วโมง



ภาพ 12 ถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 90 ^{0}C เวลา 8 ชั่วโมง

ผลการทดสอบความชื้นของผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและประสิทธิภาพในการอบแห้งพริกพันธุ์จินดาโดยอุณหภูมิที่ทดสอบ 3 ระดับ คือ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เวลาในการทดสอบ 6, 7 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลการทดสอบดังตารางที่ 1, 2 และ 3 พบว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการทดสอบ 7 ชั่วโมง เป็นอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะที่สุดเนื่องจากความชื้นสุดท้ายของพริกแห้งโดยเฉลี่ย คือ 13.37 % (wb) ซึ่งใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของ มอก. คือ ความชื้นสุดท้ายต้องไม่เกิน 14 % (wb)

ตาราง 1 ผลการอบแห้งพริกที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

เวลาที่ใช้อบ (ชม.)	ครั้งที่ทดลอง	น้ำหนัก (กรัม)		% ความชื้นเริ่มต้น (% wb)	% ความชื้นสุดท้าย (% wb)
		ก่อนอบ	หลังอบ		
6	1	200	73.85	63.07	32.47
	2	200	73.16	63.42	26.52
	3	200	69.96	65.02	27.72
	เฉลี่ย	200	72.2	63.83	28.90
7	1	200	66.52	66.74	26.23
	2	200	64.74	67.63	24.42
	3	200	64.04	67.98	20.99
	เฉลี่ย	200	65.10	67.45	23.88
8	1	200	60.87	69.56	15.74
	2	200	61.08	69.46	14.88
	3	200	59.12	70.44	17.71
	เฉลี่ย	200	60.35	69.82	16.11

ตาราง 2 ผลการอบแห้งพริกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลาที่ใช้อบ (ชม.)	ครั้งที่ทดลอง	น้ำหนัก (กรัม)		% ความชื้นเริ่มต้น (% wb)	% ความชื้นสุดท้าย (% wb)
		ก่อนอบ	หลังอบ		
6	1	200	65.86	67.07	20.92
	2	200	64.59	67.70	17.46
	3	200	62.16	68.92	18.79
	เฉลี่ย	200	64.20	67.89	19.05
7	1	200	58.09	70.95	12.70
	2	200	56.03	71.98	14.36
	3	200	57.92	71.04	13.05
	เฉลี่ย	200	57.34	71.32	13.37
8	1	200	52.05	73.97	10.97
	2	200	54.44	72.78	10.49
	3	200	52.31	73.84	11.16
	เฉลี่ย	200	52.93	73.53	10.87

ตาราง 3 ผลการอบแห้งพริกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

เวลาที่ใช้อบ (ชม.)	ครั้งที่ทดลอง	น้ำหนัก (กรัม)		% ความชื้นเริ่มต้น (% wb)	% ความชื้นสุดท้าย (% wb)
		ก่อนอบ	หลังอบ		
6	1	200	57.88	71.06	17.54
	2	200	57.82	71.09	16.90
	3	200	57.48	71.26	13.97
	เฉลี่ย	200	57.72	71.13	16.13
7	1	200	53.76	73.12	10.31
	2	200	50.98	74.51	8.94
	3	200	53.38	73.31	8.97
	เฉลี่ย	200	52.70	73.64	9.40
8	1	200	49.05	75.45	6.10
	2	200	48.72	75.64	4.70
	3	200	49.37	75.35	5.61
	เฉลี่ย	200	49.04	75.48	5.47

สรุปผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การทดลองการถ่ายเทความร้อนของการอบแห้งสภาพสุญญากาศโดยอุณหภูมิที่ทดสอบ 3 ระดับ คือ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เวลาในการทดสอบ 6, 7 และ 8

ชั่วโมง ตามลำดับ ความดันสุญญากาศ -15 cmHg. พบว่าการถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการทดสอบ 7 ชั่วโมง เป็นการถ่ายความร้อนที่เหมาะสมซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ผนังด้านบน T_1 ,T_2 ,T_3 และ T_4 อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 79 องศาเซลเซียส ผนังด้านซ้าย T_5 ,T_9 และ T_{13} อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 82 องศาเซลเซียส ผนังด้านขวา T_8 ,T_{12} และ T_{16} อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 80.66 องศาเซลเซียส ผนังด้านล่าง T_4 ,T_{15} และ T_{16} อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 78.33 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง T_6 , T_7 ,T_{10} และ T_{11} อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 77.25 องศาเซลเซียส สำหรับการถ่ายเทพลังงานความร้อนจะเคลื่อนจากตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังตำแหน่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และการถ่ายเทความร้อนในสภาพสุญญากาศจะเกิดขึ้นในลักษณะการนำความร้อนในสภาวะสม่ำเสมอ (สุนันท์,2545) และจะเกิดขึ้นมากกว่าการพาความร้อนและการแร่รังสี ดังนั้นการที่วัสดุเกษตรจะมีการถ่ายเทความร้อนดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาสร้างผนังห้องอบแห้ง การวิจัยนี้ใช้สแตนเลส เบอร์ 304 ซึ่งค่าการนำความร้อนสูงมีผลให้การถ่ายความร้อนไปยังวัสดุเกษตรดีทำให้แห้งเร็ว

การทดสอบความชื้นของผลิตภัณฑ์อุณหภูมิที่ทดสอบ 3 ระดับ คือ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เวลาในการทดสอบ 6, 7 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับพบว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการทดสอบ 7 ชั่วโมง เป็นอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะที่สุดเนื่องจากความชื้นสุดท้ายของพริกแห้งโดยเฉลี่ย คือ 13.37 % (wb) ซึ่งใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของ มอก. คือ ความชื้นสุดท้ายต้องไม่เกิน 14 % (wb)

ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยนี้ทดสอบโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้นเองและการควบคุมอุณหภูมิและการควบคุมสภาพสุญญากาศค่อยข้างยาก เนื่องจากมีข้อจำกัดของอุปกรณ์ที่นำมาสร้าง
2. การทดสอบในสภาวะสุญญากาศโดยใช้วัสดุเกษตรที่มีความชื้นสูงจะเป็นผลเสียกับเครื่องเนื่องจากเครื่องต้องดูดน้ำออกมามากกว่าปกติทำให้ปั๊มดูดอากาศเสียหายได้

เอกสารอ้างอิง

A.E. Drouzas,E.Tsami and G.D. Saravacos.1999, “Microwave vacuum drying of model fruit gels” **Journal of Food Engineering**.Vol. 39. pp.117-122

L.Wu,T.Orikasa,Y.Ogawa,and A.Tagawa.2007, “Vacuum drying characteristics of eggplants” **Journal of Food Engineering** .Vol. 89. pp.422-429

สุนันท์ ศรัณยนิตย์.**การถ่ายเทความร้อน**.พิมพ์ครั้งที่ 1.สมาคมส่งเสรมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2545

MARCH COOL INDUSTRY CO., LTD. 2550. **เครื่องอบแห้งสุญญากาศ**.

ชัยวิทย์ ศิลาวัชนาไนย, **ฟิสิกส์และเทคโนโลยีของระบบสุญญากาศ.** พิมพ์ครั้งที่ 1.สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2526

ปราโมทย์ เดชะอำไพ,**ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม**.พิมพ์ครั้งที่ 4.สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.2550

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. **การอบแห้งเล็ดพืชและอาหารบางประเภท.** พิมพ์ครั้งที่ 7. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.2540