Agricultural Sci. J. 34 : 4-6 (Suppl.) : 209-212 (2003) ว. วิทย. กษ. 34 : 4-6 (พิเศษ) : 209-212 (2546)

การศึกษาลักษณะการแผ่กระจายของรังสีอินฟราเรดเพื่อการอบลดความชื้นวัสดุเกษตร

A Study Of Infrared Distribution For Drying Of Agro-Products

สุพรรณ ยั่งยืน[1] และ เสรี วงส์พิเชษฐ[2]

Suphan Yangyuen[1] and Seree Wongpichet[2]

Abstract

The objective of this study is to investigate the distribution of infrared radiation (IR) from infrared gas heater. In other to design batch-type infrared dryer for dry agro-products. In this Experimental, 130 x 150 mm. gas heater was used to dry instant ginger powder and raw-flaked banana.

The result showed steadily thermal distribution of air in dryer at 575 – 825 mm from the heater on flat area. At that range, the heat steadily radiation to material more than on the area around. The air temperature was steadily on the whole area at 130-100 °C. The moisture content was steadily decreased and if material was dried with continually- decreased moisture, it could finally be destroyed. In the range less than 252 mm. from the heater, the material was burned too quick by high temperature. So this range was not appropriate to use. The average energy from gas used in each experiment was 0.026 MJ/s/m^2.

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะการแผ่กระจายของรังสีอินฟราเรดจากอุปกรณ์กำเนิดรังสีอินฟราเรดแบบใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในการออกแบบตู้อบลดความชื้นวัสดุเกษตร ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้อุปกรณ์กำเนิดรังสีขนาด 130 x 560 มิลลิเมตร อบวัสดุทดสอบซึ่งได้แก่ขิงผงและกล้วยน้ำหว้าแผ่น

ผลการทดลองพบว่า ช่วงการกระจายของอุณหภูมิวัสดุที่สม่ำเสมอบนระนาบตั้งฉากกับอุปกรณ์กำเนิดรังสีอินฟราเรดจะอยู่ในช่วงที่มีระยะห่างจากอุปกรณ์กำเนิดรังสี 575-825 มิลลิเมตร ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าวัสดุมีโอกาสได้รับการแผ่รังสีที่สม่ำเสมอกว่าบริเวณอื่นรอบๆ เล็กน้อย โดยมีค่าอุณหภูมิอากาศสม่ำเสมอตลอดระนาบและมีค่าในช่วง 130–100 °ซ. ความชื้นวัสดุจะลดลงอย่างสม่ำเสมอด้วยเช่นกัน ซึ่งการอบลดความชื้นอย่างต่อเนื่องจะทำให้วัสดุเสียหายในที่สุด ส่วนการอบโดยใช้ระยะห่างจากอุปกรณ์กำเนิดรังสีช่วงต่ำกว่า 525 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิอากาศสูงจัดวัสดุจะถูกเผาไหม้อย่างรวดเร็ว จึงไม่เหมาะสมในการใช้งาน สำหรับอัตราการสิ้นเปลืองก๊าซในทุกการทดลองมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.026 เมกกะจูล/วินาที/ตารางเมตร

คำนำ

การอบแห้ง เป็นกระบวนการหนึ่งในงานด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญยิ่งต่อการรักษาคุณภาพ ลดความสูญเสีย ยืดเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และทำให้ผลิตภัณฑ์การแปรรูปทางการเกษตรมีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันผลิตภัณฑ์แปรรูปทางการเกษตรเป็นที่ต้องการของตลาดอย่างมากทั้งภายในและต่างประเทศ เช่น กระเทียมแห้ง พริกแห้ง ลำไยแห้ง กล้วยอบแห้ง เป็นต้น แต่ปัญหาที่เกษตรกรและเหล่าผู้ประกอบการต้องประสบ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่ตรงตามมาตรฐานอุตสาหกรรม เนื่องจาก กระบวนการผลิตยังนิยมใช้การตากแห้งแบบธรรมชาติ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปัญหาเกี่ยวกับ ฝุ่นละออง การรบกวนจากแมลงต่างๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เสียคุณค่าทางอาหาร และคุณภาพ ไม่ถูกสุขลักษณะ และมีข้อจำกัดเกี่ยวกับฤดูกาล เช่นปัญหาเนื่องจากฝนตก นอกจากนี้ยังมีปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่ที่ใช้ในการตากแห้งต้องใช้ในปริมาณที่มากอีกด้วย (จันจิรา และคณะ, 2543)

ปัจจุบันกระบวนการทำแห้งอาหารในระดับอุตสาหกรรมได้มีการประยุกต์ใช้รังสีอินฟราเรดสำหรับลดความชื้นอาหารที่มีความชื้นต่ำ ในลักษณะของการทำแห้งผิว เช่น ผงโกโก้ แป้ง ผงชา เป็นต้น (วิไล, 2543) ดังนั้นหากมีการนำรังสีอินฟราเรดซึ่งมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูง (Rutti and Mujumdar, 1995) มาประยุกต์ใช้สำหรับอบแห้งน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้/บรรเทาปัญหาเกี่ยวกับการลดความชื้นผลิตภัณฑ์ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การทดสอบครั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการแผ่กระจายของรังสีอินฟราเรดในสภาพเปิดโล่ง ในตู้อบที่ปิดมิดชิด และในการอบวัสดุ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด และการศึกษาคุณลักษณะการอบวัสดุเกษตรที่เกี่ยวข้องในด้านอื่นๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สำหรับการศึกษานี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การทดสอบเบื้องต้นเพื่อกำหนดขอบเขตการออกแบบขนาดตู้อบรังสีอินฟราเรด

ทดสอบเบื้องต้นโดยติดตั้งอุปกรณ์กำเนิดรังสีในสภาพเปิดโล่งไม่มีผนังโดยทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ทราบขอบเขตการแผ่กระจายของรังสีอินฟราเรด และนำข้อมูลที่ได้กำหนดขอบเขตการออกแบบขนาดของตู้อบต่อไป

2. การทดสอบการแผ่กระจายของรังสีอินฟราเรดภายในตู้อบ

หลังจากได้ข้อมูลเบื้องต้นของการแผ่กระจายรังสีดังข้อ 1 แล้วจึงนำข้อมูลมาทำการออกแบบขนาดของตู้อบ จากนั้นทำการศึกษาสภาวะการแผ่กระจายของรังสีอินฟราเรดภายในตู้อบ และพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศภายในตู้อบที่เวลาต่างๆ และขณะเดียวกันทำการศึกษาความสิ้นเปลืองพลังงานของการอบ

3. การทดสอบการแผ่กระจายของรังสีอินฟราเรดเมื่ออบวัสดุเกษตร

หลังจากทราบลักษณะการแผ่รังสีดังข้อ 2 แล้วจึงทำการศึกษาลักษณะการแผ่กระจายของรังสีโดยการอบวัสดุเกษตร ได้แก่ กล้วยน้ำหว้าแผ่นและขิงผง ซึ่งมีรูปแบบแบบการอบแห้งโดยการให้พลังงานแก่วัสดุต่อเนื่องตลอดการอบ เพื่อให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับ อุณหภูมิของวัสดุ อุณหภูมิอากาศภายในตู้อบขณะทำการอบ

ผลและวิจารณ์

1. การทดสอบเบื้องต้นเพื่อกำหนดขอบเขตการออกแบบขนาดตู้อบรังสีอินฟราเรด

ผลการศึกษาพบว่า การแผ่รังสีอินฟราเรดของอุปกรณ์กำเนิดรังสีชนิดใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นแหล่งพลังงาน อุณหภูมิอากาศที่พื้นที่ใต้อุปกรณ์กำเนิดรังสีมีค่าสูงที่สุด และจะลดลงเมื่อพื้นที่รับรังสีไม่ได้อยู่ใต้อุปกรณ์กำเนิดรังสีโดยที่ระยะห่างเพิ่มขึ้นอุณหภูมิจะต่ำลง อุณหภูมิและขอบเขตการแผ่กระจายของรังสีแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาขอบเขตการแผ่กระจายรังสีอินฟราเรดที่ระยะห่างระดับต่างๆใต้อุปกรณ์กำเนิดรังสี

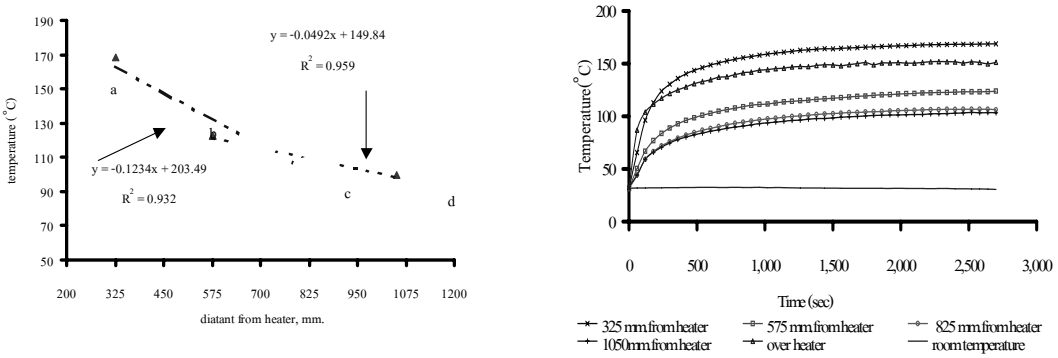
Distant from IR heater (mm.)	Maximum temperature (°C)	Area of distribution (m^2)[1]	
		Width	Length
400	65.8	1.2	1.7
500	53.4	1.0	1.1
600	48.5	0.6	0.78

Remark: 1 = The distribute infrared infrared ray area which is oral shape, and boundary temperature 45 °C

นำข้อมูลที่ได้มาออกแบบขนาดตู้อบโดยกำหนดอุณหภูมิของอากาศไม่เกิน 70 °ซ. แต่เนื่องจากว่าการใช้งานจริงนั้นจำเป็นจะต้องให้ตู้อบมีความมิดชิดป้องกันสิ่งเจือปนและป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อน ระยะห่างระหว่างพื้นที่วางวัสดุเกษตรจากอุปกรณ์กำเนิดรังสีสามารถปรับได้สูงสุด 1.5 เมตร และสามารถปรับระยะห่างระหว่างอุปกรณ์กำเนิดรังสีกับวัสดุได้พื้นที่ในการรับรังสีมีค่า 0.3 ตารางเมตร ดังนั้นจึงออกแบบตู้อบขนาด ขนาด 400x700x1,500 มิลลิเมตร มีผนังและบุด้วยฉนวนกันการสูญเสียความร้อน มีปล่องระบายอากาศ ผนังด้านในทำด้วยอลูมิเนียมช่วยในการสะท้อนรังสี

2. ผลการทดสอบการแผ่กระจายของรังสีอินฟราเรดภายในตู้อบ

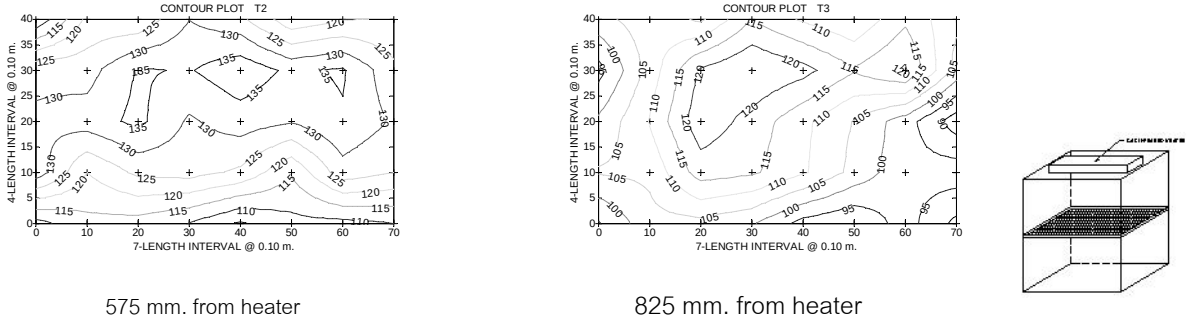
ลักษณะการแผ่กระจายของรังสีอินฟราเรดภายในตู้อบ โดยการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในพบว่า การกระจายตัวของรังสีอินฟราเรดบริเวณที่มีระยะห่างจากอุปกรณ์กำเนิดรังสีในช่วง 575-825 มิลลิเมตร มีค่าสม่ำเสมอมากกว่าบริเวณอื่นๆ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า การวางวัสดุอบที่ระนาบนี้วัสดุจะมีโอกาสได้รับรังสีอินฟราเรดสม่ำเสมอมากกว่าบริเวณอื่นๆ เล็กน้อย ในภาพที่ 1 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในตู้อบที่ระยะห่างจากอุปกรณ์กำเนิดรังสีระดับต่างๆ พบว่าอุณหภูมิอากาศจะมีระดับคงที่ภายหลังการอบ 2,100 วินาที ขึ้นไป



remark : - The mean value which have the same letter shows non significant in LSD at 95% (p = 0.05)
- The trendline estimate from 2 equation

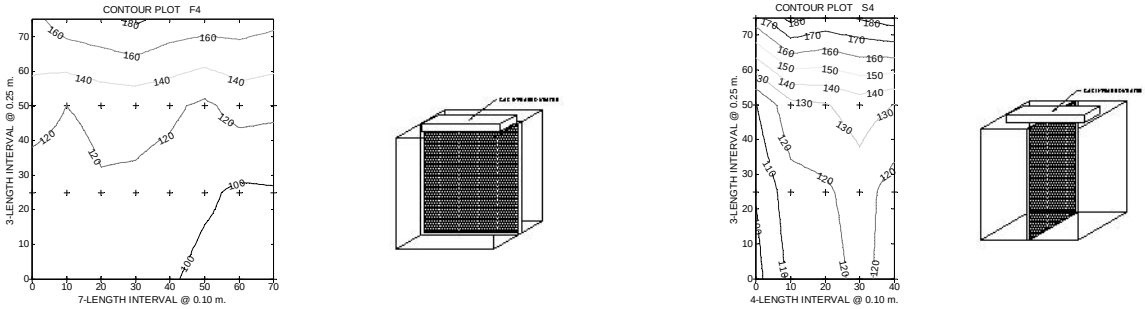
ภาพที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในตู้อบ ที่ระยะห่างระหว่างพื้นที่วางวัสดุเกษตรจากอุปกรณ์กำเนิดรังสี

ผลการศึกษาการแผ่กระจายของรังสีอินฟราเรดของการอบภายในตู้อบ คือ อุณหภูมิของอากาศภายในตู้อบ ข้อมูลดังกล่าวนำมาเขียนเป็นเส้นชั้นอุณหภูมิเพื่ออธิบายพฤติกรรมการแผ่กระจายของรังสีอินฟราเรด ซึ่งภาพที่ 2 แสดงพฤติกรรมของอุณหภูมิในแนวระนาบที่ระยะห่างจากอุปกรณ์กำเนิดรังสีที่ 575 และ 825 มิลลิเมตร ตามลำดับ ภาพที่ 3 แสดงลักษณะเส้นชั้นอุณหภูมิของอากาศในตู้อบตามแนวตัดด้านยาวและตามด้านกว้าง ที่ตำแหน่ง 300 มิลลิเมตร จากด้านหน้าไปด้านหลังของตู้อบ และจากซ้ายไปขวาของตู้อบ ตามลำดับ เมื่ออบนาน 2,700 วินาที ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิคงที่ ในส่วนอุณหภูมิในแนวระนาบนั้นพบว่าอุณหภูมิจะมีค่าสูงที่บริเวณกึ่งกลางและลดลงซึ่งมีลักษณะเหมือนกับเส้นวงกลมซ้อนกัน โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 150-190 110-135 95-120 และ 95-120 °ซ. ที่ระยะห่างจากอุปกรณ์กำเนิดรังสี 325 575 825 และ 1,050 มิลลิเมตร ตามลำดับ



575 mm. from heater 825 mm. from heater

ภาพที่ 2 ลักษณะเส้นชั้นอุณหภูมิของอากาศในตู้อบที่ระนาบห่างจากอุปกรณ์กำเนิดรังสี 575 และ 825 มิลลิเมตร เมื่ออบนาน 2,700 วินาที



ภาพที่ 3 ลักษณะเส้นชั้นอุณหภูมิของอากาศในตู้อบตามแนวตัดด้านยาวและตามด้านกว้าง ที่ตำแหน่ง 300 มิลลิเมตร จากด้านหน้าไปด้านหลังของตู้อบ และจากซ้ายไปขวาของตู้อบ เมื่ออบนาน 2,700 วินาที ตามลำดับ

ผลการทดสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับพลังงานที่ใช้ในการอบ พบว่า อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเฉลี่ย 0.026 เมกกะจูลต่อวินาทีต่อตารางเมตร

3. ผลการศึกษาการแผ่กระจายรังสีเมื่ออบวัสดุเกษตร

ผลการศึกษาพบว่า เมื่ออบขิงผงและกล้วยแผ่นโดยให้พลังงานแบบต่อเนื่องและอบที่ระยะห่างจากอุปกรณ์กำเนิดรังสีช่วงต่ำกว่า 575 มิลลิเมตร นานกว่าเวลาอันควรจะทำให้ขิงผงและกล้วยแผ่นเกิดความเสียหาย (ไหม้) อย่างรวดเร็วที่บริเวณผิวหน้า แต่เมื่ออบที่ระยะห่างจากอุปกรณ์กำเนิดรังสีช่วง 575-1,050 มิลลิเมตร วัสดุสามารถอบลดความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ แต่เมื่ออบนานเกินควรจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยมีสีคล้ำขึ้นอย่างช้าๆ โดยที่อุณหภูมิของวัสดุในช่วงแรกจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในตู้อบ และเมื่อวัสดุเริ่มไหม้เสียหายอุณหภูมิของวัสดุทั้งสองจะสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศ แต่อย่างไรก็ตามการอบแห้งขิงผงทุกระดับสามารถลดความชื้นได้สม่ำเสมอตลอดพื้นที่ ส่วนกล้วยแผ่นบริเวณผิวหน้ามีลักษณะแห้งกว่าเนื้อในโดยที่กล้วยมีความชื้นสม่ำเสมอตลอดพื้นที่เช่นกัน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการแผ่กระจายตัวของรังสีอินฟราเรดโดยการอบวัสดุเกษตร

Distant from IR heater (mm.)	Temp of ginger[1](°C)	Ginger after dried	Time of dried ginger[2]	Temp of banana[1](°C)	Banana after dried	Time of dried banana[2]
325	80	Burn at surface	156	N/A	N/A	N/A
575	105		299	101.5	Burn at surface	840
825	115	Burn at surface	426	103.4	Burn at surface	1,260
1,050	120		625	87.5	Burn at surface	3,475

Remark 1 = Surface of material begin burn, 2 = Time of material begin burn (second), N/A = No record

สรุป

ผลการศึกษาการแผ่กระจายของรังสีอินฟราเรดในตู้อบ พบว่า ที่ระนาบห่างจากอุปกรณ์กำเนิดรังสีในช่วง 575-825 มิลลิเมตร มีค่าสม่ำเสมอมากกว่าบริเวณอื่นๆ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในตู้อบที่ระนาบห่างจากอุปกรณ์กำเนิดจะคงที่ภายหลังจากการอบ 2,100 วินาที ขึ้นไป ซึ่งลักษณะของเส้นชั้นอุณหภูมิขณะที่อุณหภูมิของอากาศคงที่ในแนวระนาบ บริเวณกึ่งกลางจะมีค่าสูงที่สุดจากนั้นจะลดลงเล็กน้อยโดยมีลักษณะเป็นวงกลมซ้อนกัน สำหรับอัตราความสิ้นเปลืองพลังงานเมื่ออบด้วยรังสีอินฟราเรดชนิดใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นแหล่งพลังงาน เฉลี่ย 0.026 เมกกะจูลต่อวินาทีต่อตารางเมตร การศึกษาพบว่า สามารถอบกล้วยน้ำหว้าแผ่นและขิงผงโดยความชื้นลดลงอย่างสม่ำเสมอ การเกิดความเสียหาย(ผิวหน้าไหม้) แก่วัสดุอบจะเกิดค่อนข้างรวดเร็วเมื่ออบที่ระนาบห่างจากอุปกรณ์กำเนิดรังสีต่ำกว่า 525 มิลลิเมตร ส่วนการอบที่ระนาบระหว่าง 575-1,050 มิลลิเมตร วัสดุสามารถอบลดความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ แต่เมื่ออบนานเกินเวลาที่เหมาะสมจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยมีสีคล้ำขึ้นอย่างช้าๆ

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้เงินทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

วิไล รังสาดทอง. 2543. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่1. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาตร์ประยุกต์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Rutti C. and A.S. Mujumdar. 1995. Handbook of industrial drying. 2nd ed. Marcel Dekker. New York. 1: 567-588.

จันจิรา เจียรบุตร ศิรินุช จินดารักษ์ และ จงจิตร์ หิรัญลาภ. 2543. การอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโมดุล. [ออนไลน์ 5 มีนาคม 2544]: http://www.kmutt. ac.th/organization/ Research/Intellect/module.htm.