

ความเร็วของจานหมุนและอุณหภูมิในการอบแห้งต่ออุณหภูมิของผลิตภัณฑ์โดยใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

Rotating speed and drying temperature product temperature using microwave combined with hot air

ชนภัทร นวลทูล,^{1*} เกสร วงศ์เกษม,^{2*} ละมุล วิเศษ,³ ณัฐพล ภูมิสะอาด ⁴

Thanaphat Nuantoon,^{1*} Kasorn Wongkasem,^{2*} Lamul Wiset,³ Nattapol Pumsa-ad ⁴

บทคัดย่อ

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลม กำลังไมโครเวฟ ความเร็วรอบของจานหมุนในห้องอบ จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือศึกษาผลของความเร็วยุโรปของจานหมุนและอุณหภูมิในการอบแห้งต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างเครื่องอบแห้งลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟที่มีขนาดห้องอบกว้าง ยาวและสูง 60 x 60 x 60 เซนติเมตร ตามลำดับ พร้อมติดตั้งระบบสร้างคลื่นไมโครเวฟขนาด 800 วัตต์จำนวน 2 ชุด และมีชุดความร้อนขนาด 20 กิโลวัตต์ ผลิตภัณฑ์ที่เลือกใช้คือมันฝรั่งพันธุ์บิ้นท์เจ ทดลองที่อุณหภูมิลมร้อน 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และความเร็วจานหมุน 0 5 และ 10 รอบต่อนาที จากการศึกษาพบว่าที่ความเร็วรอบ 0 รอบต่อนาที มีผลทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอ ในขณะที่ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที การกระจายตัวของอุณหภูมิมีความสม่ำเสมอภายในผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 60 70 80 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: การกระจายตัวของอุณหภูมิ อบแห้ง มันฝรั่ง

Abstract

Factors affecting the quality of the dried product are temperature, are rotating, rotating speed in drying chamber and microwave power. The purpose of this research is to study the rotational speed of the temperature on temperature distribution of product. Microwave combined with hot air with the sing of drying chamber at height, length and width of 60 x 60 x 60 cm was constructed. The 2 set of 800 W microwave were equipped. The heater was 20 kW. Potato cv. Bintje was used for testing. The drying temperature of 60 , 70 and 80 °C with rotating speeds 0, 5 and 10 rpm were applied. The results found that at rotating speeds 0 rpm has effect on product temperature distribution of product. However the uniform of product temperature distribution was found at rotating speed of 10 rpm at 3 level temperature.

Keywords: temperature distribution, potato, drying

¹ นิสิตปริญญาโท, ^{2,3,4} อาจารย์, หน่วยวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Master's students, ^{2,3,4}Lecturer , Postharvest Technology and Agricultural Machinery, Mahasarakham University, Kantaravichai District, Mahasarakham, 44150, Thailand.

*Corresponding Author: numkung41@gmail.com



บทนำ

การตรวจวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้ง เช่น ความชื้น สี ลักษณะผิวภายนอก ทำได้หลายวิธี อาทิเช่น การตรวจวัดความชื้นของกล้วยอบ โดยตรวจสอบจากความพรุนของผลิตภัณฑ์¹ การตรวจสอบใช้ภาพชนิดคลื่นความถี่สูง (Hyperspectral) เพื่อประเมินคุณภาพของเนื้อแกะอบแห้ง โดยพิจารณาจากลักษณะภายนอกของเนื้อแกะ คือ สี และการหดตัว² จากการศึกษาคำว่าพบว่ามิงงานวิจัยหลายงานที่ศึกษาปัจจัยต่างๆในกระบวนการอบแห้ง ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น อุณหภูมิ ความเร็วลมและความชื้นภายในห้องอบ^{1,4-9} การลดเวลาในการอบสามารถทำได้โดยใช้เตาอบไมโครเวฟเพื่อเร่งปฏิบัติการระเหยของน้ำในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากคลื่นความถี่สูงในเตาอบไมโครเวฟไปกระตุ้นโมเลกุลของน้ำในผลิตภัณฑ์นั้น ให้มีการเคลื่อนที่รวดเร็วขึ้น¹³ ต่อมา มีการพัฒนาการอบแบบใช้เตาอบไมโครเวฟเพื่อลดระยะเวลาการอบและได้คุณภาพของผลผลิตดียิ่งขึ้น ด้วยการนำลมร้อนเป่าผ่านห้องอบเพื่อนำความชื้นที่ระเหยออกไปภายนอกห้องอบ มีการวิจัยระบบเตาอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนในการอบแห้งโดยมีผลิตภัณฑ์หลากหลาย ได้แก่ การอบกล้วย² การอบแห้งเพื่อลดความชื้นของแผ่นซิลิกาเจล⁴ การอบแห้งลำไยปอกเปลือก⁵ การอบแห้งเพื่อศึกษาลักษณะของหินน้ำมัน⁶ การอบแห้งแครอท⁷ และ การอบแห้งเม็ดมะม่วงหิมพานต์¹² เป็นต้น งานวิจัยที่ใช้เตาอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนเหล่านี้ มีจุดประสงค์หลักคือศึกษาผลของการปรับอุณหภูมิลมร้อนและกำลังวัตต์ที่ป้อนให้แก่เตาอบไมโครเวฟต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยวัดจากความชื้น สีของผลิตภัณฑ์ และเวลาที่ใช้ในการอบ ปัญหาที่มักพบในงานวิจัยที่ใช้การอบโดยใช้เตาอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนคือ สามารถลดเวลาในการอบลง ทำให้ประหยัดพลังงานแต่ ปัญหา

ที่สามารถสรุปได้จากงานวิจัยเหล่านี้คือ สีของชิ้นงานที่ผ่านการอบไม่สม่ำเสมอ และหากชิ้นงานมีขนาดใหญ่หรือหนา ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบจะมีค่าความชื้นที่ต่างกัน ซึ่งตามหลักการทำงานของเตาอบไมโครเวฟไม่เพียงอุณหภูมิลมร้อนและกำลังวัตต์จะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการอบ ความเร็วของจานหมุนจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมาก¹³ เพราะการหมุนของจานไมโครเวฟทำให้เกิดการกระจายความร้อนที่สม่ำเสมอในชิ้นงานที่ถูกรอบ ดังนั้น จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาผลของความเร็วรอบของจานหมุนในไมโครเวฟที่มีต่อการกระจายความร้อนและสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบโดยใช้เตาอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน ผลที่ได้จากการศึกษานี้จะสามารถนำไปพัฒนาระบบควบคุมการความเร็วรอบของจานหมุนภายในไมโครเวฟเพื่อให้ได้ระบบที่สามารถให้ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่มีคุณภาพสูงต่อไป

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การออกแบบเตาอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

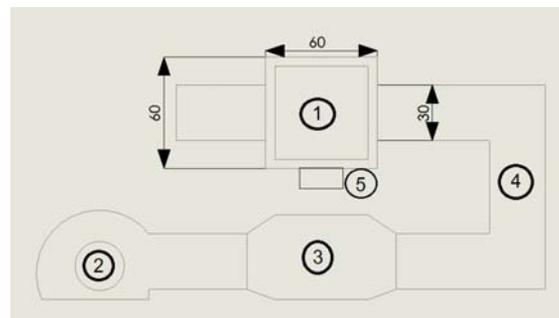
จากการศึกษาหลักการอบแห้งโดยใช้เตาอบไมโครเวฟที่มีการเป่าลมร้อนผ่านห้องอบให้สามารถออกแบบเตาอบเพื่อที่ใช้งานวิจัย โดยแบบของเตาอบได้แสดงดัง Figure 1 รายละเอียดดังนี้ ห้องอบรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์มีขนาดความกว้าง ยาวและสูงเท่ากันคือ 60 เซนติเมตร ผนังด้านหลังติดตั้งแหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟขนาด 800 วัตต์ จำนวนสองชุด อีกทั้งยังติดตั้งพัดลมระบายอากาศไว้ด้วย ที่พื้นด้านล่างของตู้อบติดตั้งตะแกรงสำหรับวางชิ้นงานอบแห้ง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ผนังของทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของตู้อบ มีช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดความกว้างและยาว 30 เซนติเมตร เพื่อเชื่อมต่อกับท่อเป่าลมร้อน ที่ติดตั้งแท่งความร้อนขนาด 21 กิโลวัตต์ และพัดลมขนาด 1 แรงม้า (ความเร็วลมปรับได้สูงสุด 10 เมตรต่อวินาที) ผนังของไมโครเวฟถูกหุ้มด้วยฉนวน

กันความร้อนชนิดพิเศษที่สามารถดูดซับความร้อนได้สูงถึง 1200 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาการกระจายความร้อนที่ภายในชั้นงานขณะอบแห้ง และ ความสม่ำเสมอของสีชั้นงานภายหลังการอบด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงเลือกใช้มันฝรั่งเป็นวัตถุดิบ โดยเป็นมันฝรั่งพันธุ์บิ้นท์เจ (Bintje) และหันให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร น้ำหนัก 8 ± 0.5 กรัม

การทดลองอบแห้งมีเงื่อนไขการทดลองดังนี้ ควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับไมโครเวฟเท่ากับ 700 วัตต์ และค่าความเร็วของลมร้อน คงที่ที่ 2 เมตรต่อวินาที ปัจจัยที่มีการปรับเปลี่ยนค่าได้แก่ อุณหภูมิของลมร้อนโดยการปรับอุณหภูมิที่ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และแต่ละระดับอุณหภูมิมีการตั้งรอบของจานหมุนปรับรอบของจานหมุน 0, 5 และ 10 รอบต่อนาที เพื่อให้ได้เงื่อนไขที่ตรงกันทุกการทดลอง ชั้นมันฝรั่งจำนวน 4 ชั้น จะถูกวางบนตะแกรงอบโดยวาง ห่างจากจุดศูนย์กลางของตะแกรงเป็นรัศมี 10 เซนติเมตร แสดงดัง Figure 2 ทำการอบนาน 20 นาที และทุกห้านาทีชั้นงานจะถูกนำมาวัดค่าอุณหภูมิ 3 ตำแหน่ง คือ จุดศูนย์กลาง จุดที่อยู่กึ่งกลางระหว่างจุดศูนย์กลางและขอบ และจุดที่อยู่ขอบชั้นงาน แสดงดัง จุด 1 2 และ 3 ใน Figure 3 เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิคือ เทอร์โมคัปเปิล ซึ่งได้ผ่านการสอบเทียบความแม่นยำในการวัดจากเครื่องมือมาตรฐานเรียบร้อยแล้ว



- (1) Microwave oven (3) Heater 20 KW.
 (2) Blower 1 hp. (4) Air duct
 (5) Control motor Gear box

Figure 1 Drawing of microwave oven with hot air (Metre)

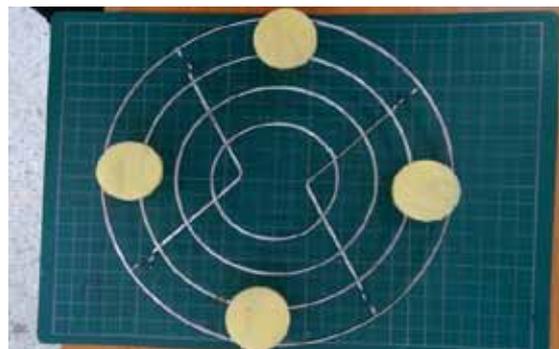


Figure 2 Position of placing Potato slab on grid plate



Figure 3 Points in potato slab for measuring temperature

ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า ความเร็วรอบของจานหมุนมีผลต่อการกระจายความร้อนภายในชั้นมันฝรั่งที่ถูกอบ กล่าวคือ อุณหภูมิในชั้นมันฝรั่งระหว่างการอบทั้งสามจุดมีความแตกต่างกัน โดยจุดที่อยู่กึ่งกลางระหว่างจุดศูนย์กลางและขอบ (จุดที่สองใน Figure 3) จะมีอุณหภูมิสูงสุด ส่วนบริเวณขอบของชั้นมันฝรั่ง(จุดที่สามใน Figure 3) มีค่าอุณหภูมิต่ำที่สุด ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในชั้นงานจะสูงมากเมื่ออบโดยให้จานหมุนหยุดนิ่ง เมื่ออบด้วยอุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของจุด 2 และ 3 สูงถึง 10 องศาเซลเซียส ที่เวลา 10 นาที และเมื่อจานหมุนถูกปรับให้หมุนด้วยความเร็ว 5 และ 10 รอบต่อนาที การกระจายความร้อนบนชั้นงานมีความสม่ำเสมอมากขึ้น วิเคราะห์ได้จากความแตกต่างของอุณหภูมิของจุด 2 และ 3 ลดลงเหลือเพียง 9 และ 5 องศาตามลำดับ เมื่อปรับให้ลมร้อนมีอุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียสพบว่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิแต่ละจุดในชั้นงาน เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลการทดลองที่อุณหภูมิลมร้อน 70 องศาเซลเซียสนั้นคือ

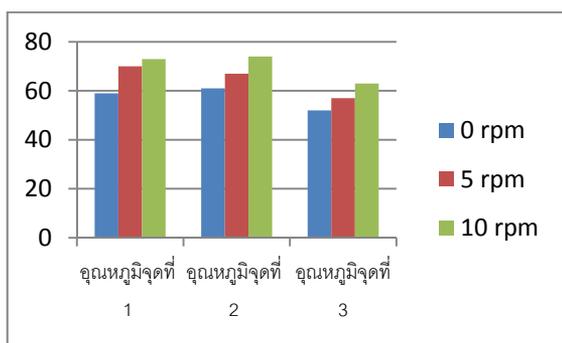


Figure 4 Hot air Temperature of 60°C

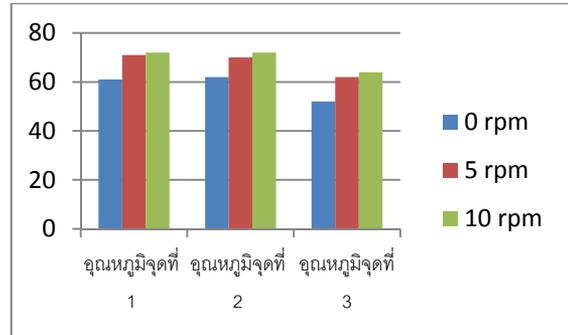


Figure 5 Hot air Temperature of 70°C

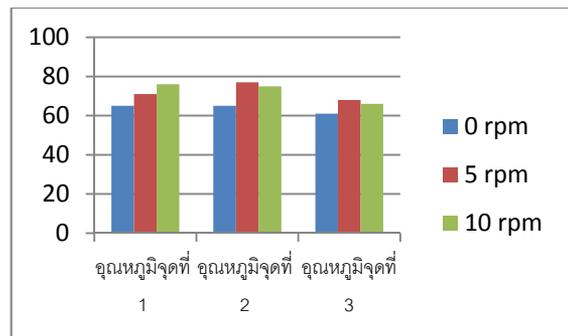


Figure 6 Hot air Temperature of 80°C

ความแตกต่างของค่าอุณหภูมิจะลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วยรอบของจานหมุน ดังจะเห็นได้จาก กราฟใน Figure 4 ถึง Figure 6

Table 1 The temperature of each component in the product.

°C	rpm	อุณหภูมิ		
		จุดที่ 3	จุดที่ 2	จุดที่ 1
60	0	59	61	52
	5	70	67	57
	10	73	74	63
70	0	61	62	52
	5	71	70	62
	10	72	72	64
80	0	65	65	61
	5	71	77	68
	10	76	75	66

ค่าอุณหภูมิของชั้นผลิตภัณฑ์ที่ถูกอบ วัดที่จุดต่างๆ เมื่อมีการปรับความเร็วรอบของจานหมุน แสดงดัง

Table 1

จากการทดลองพบว่าความเร็วรอบของจานหมุนสำหรับวางชิ้นงานมีผลต่อการกระจายความร้อน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อสีของมันฝรั่งอบแห้ง

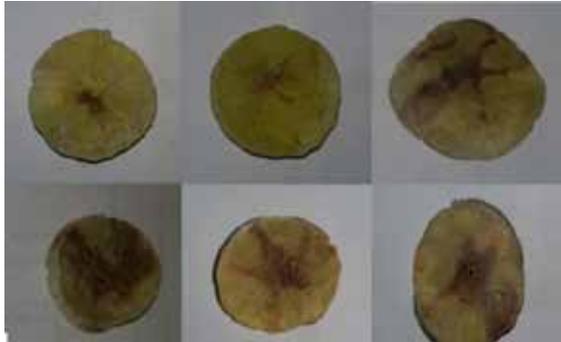


Figure 7 compare the quality of potatoes

แสดงตัวอย่างของมันฝรั่งอบแห้งที่อบด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสด้วยเวลา 15 และ 20 นาที ที่ ความเร็วรอบของจานหมุน 0, 5 และ 10 รอบต่อนาที ตามลำดับ ในงานวิจัยนี้ได้เก็บภาพมันฝรั่งอบแห้ง ที่ถูกอบด้วยความเร็วของจานหมุนต่างกัน มาวิเคราะห์ค่าความสม่ำเสมอของสีโดยใช้หลักการประมวลผลภาพวิเคราะห์ร้อยละความสม่ำเสมอของสีมันฝรั่ง แสดงตัวอย่างการหาเปอร์เซ็นต์ร้อยละใน

Figure 7

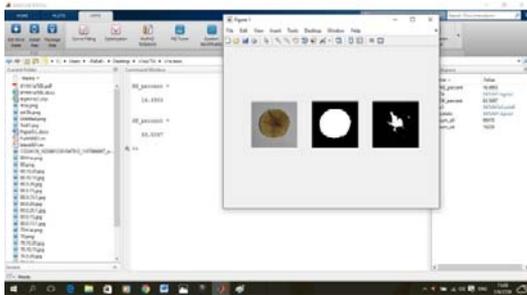


Figure 7 A percentage of the principles of image processing analysis.

Table 2 Image analysis of color uniformity

Time	rpm	ร้อยละ
	0	79.38
15	5	98.33
	10	88.57
	0	69.37
20	5	83.5
	10	82.38

โดยแสดงตัวอย่างข้อมูล ค่าร้อยละของความสม่ำเสมอของสีในมันฝรั่งอบแห้งที่อบด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสด้วยเวลา 15 และ 20 นาที ที่ ความเร็วรอบของจานหมุน 0, 5 และ 10 รอบต่อนาที ตามลำดับ แสดงใน Table 2 พบว่ามันฝรั่งที่ถูกอบบนจานหมุนที่ความเร็ว 10 รอบต่อนาที มีค่าความสม่ำเสมอของสีมากที่สุดคือ ร้อยละ 15 เปอร์เซ็นต์

สรุป

เนื่องจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังจากการอบแห้งเป็นสิ่งสำคัญเช่น สี ความชื้น จึงต้องมีการควบคุมทั้งอุณหภูมิ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง แม้กระทั่งคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์นั้นๆ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้คือการศึกษารอบการควบคุมความเร็วรอบของจานหมุนในตู้อบลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ โดยทำการปรับความเร็วรอบของจานหมุนที่ 0 5 และ 10 รอบต่อนาทีตามลำดับที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียสตามลำดับ

จากการศึกษาพบว่า การปรับความเร็วของจานหมุนร่วมกับการปรับอุณหภูมิมีผลต่อ ความชื้นและสีของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้จึงสามารถนำมาพัฒนาต่อยอดเพื่อประยุกต์ใช้ในทางพาณิชย์ต่อไปในอนาคตช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพได้มากขึ้นได้อย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. Ricardo L. Monteiro, Bruno A.M. Carciofi, Jo~ao B. Laurindo*, A microwave multi-flash drying process for producing crispy bananas, Journal of Food Engineering 178 (2016) 1-11
2. Mohammed Kamruzzaman, Gamal ElMasry, Da-Wen Sun,*, Paul Allen, Prediction of some quality attributes of lamb meat using near-infrared hyperspectral imaging and multivariate

- analysis, *Analytica Chimica Acta* 714 (2012) 57– 67
3. Gamal ElMasry, Da-Wen Sun , Paul Allen , Near-infrared hyperspectral imaging for predicting colour, pH and tenderness of fresh beef, *Journal of Food Engineering* 110 (2012) 127–140
 4. ChunFang Song , YanWang , Shuguang Wang ,ZhengWei Cui , Yanfeng Xu ,Haiqing Zhu,Non-uniformity investigation in a combined thermal and microwave drying of silica gel, *Applied Thermal Engineering* 98 (2016) 872– 879
 5. J. Varith , P. Dijkanarukkul , A. Achariyaviriya , S. Achariyaviriya, Combined microwave-hot air drying of peeled longan , *Journal of Food Engineering* 81 (2007) 459–468
 - 6 Qing Wang, Zeng-yi G, Jing-ru Bai, Juan Liu, Hong-peng Liu, Comparative Study of the Characteristics of Oil Shale with Hot Air Drying and Microwave Drying, *Energy Procedia* 17 (2012) 884 – 891
 7. Jiapeng Huang , Min Zhang , Benu Adhikari , Zaixing Yang, Effect of microwave air spouted drying arranged in two and threestages on the drying uniformity and quality of dehydrated carrot cubes, *Journal of Food Engineering* 177 (2016) 80-89
 8. Yuan-Yuan Pu, Da-Wen Sun, Vis–NIR hyperspectral imaging in visualizing moisture distribution of mango slices during microwave- vacuum drying, *Food Chemistry* 188 (2015) 271–278
 9. Thijs Defraeye , Bart Nicolai , David Mannes , Wondwosen Aregawi , Pieter Verboven , Dominique Derome, Probing inside fruit slices during convective drying by quantitative neutron imaging, *Journal of Food Engineering* 178 (2016) 198-202
 10. Yuan-Yuan Pu, Da-Wen Sun, Prediction of moisture content uniformity of microwave- vacuum dried mangoes as affected by different shapes using NIR hyperspectral imaging, *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 33 (2016) 348–356 (infra 4)
 11. HJALTE TRNKA et al,Near-Infrared Imaging for High-Throughput Screening of Moisture Induced Changes in Freeze-Dried Formulations, *JOURNAL OF PHARMACEUTICAL SCIENCES* 103:2839– 2846, 2014
 - 12.Supawan Tirawanichakul, Navee Saenaratana, Patakorn Boonyakiat ,Yutthana Tirawanichakul ,Microwave and Hot Air Drying of Cashew Nut: Drying Kinetics and Quality Aspects, 2011 IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering Research (CHUSER 2011), Dec 5-6 2011, Penang
 13. วีระยุทธ สุวรรณประทีป พิชัย ลีละพัฒนาะ พงษ์ธร จรรย์ญากรณ์ และนพดล เวชสวัสดิ์ พิสิกส์, ไมโครเวฟ,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล