การศึกษากลไกการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟร่วมกับฟลูอิดไดซ์เบด

The Study of Drying Kinetics of Corn Seeds Using A Combined Microwave/Fluidized Bed Technique

ศิระ สายศร[1], วสันต์ ด้วงคำจันทร์[2], ปัญญา แดงวิไลลักษณ์[3]
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
โทร 0-77506422 โทรสาร 0-77506410 E-mail: kssira@kmitl.ac.th[1], kdwasan@kmitl.ac.th[2], kppanya@kmitl.ac.th[3]

Sira Saisorn[1], Wasun Duangkhamchan[2], Panya Dangwilailux[3]
Department of Mechanical Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Mu. 6, Chumko, Patiw, Chumphon 86160, Thailand
Tel: 0-77506422 Fax: 0-77506410 E-mail: kssira@kmitl.ac.th[1], kdwasan@kmitl.ac.th[2], kppanya@kmitl.ac.th[3]

บทคัดย่อ

การทดลองการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับไมโครเวฟ ถูกทำขึ้นเพื่อศึกษากลไกของอัตราการอบแห้งของเมล็ดข้าวโพด โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกทำการทดลองกับเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดเพียงอย่างเดียว และกลุ่มที่สองใช้ไมโครเวฟร่วมกับฟลูอิดไดซ์เบด จากการทดลองทั้งสองกลุ่ม พบว่า อัตราการอบแห้งของเมล็ดข้าวโพดจะขึ้นกับ อุณหภูมิของอากาศทางเข้าและความเร็วลม นอกจากนี้ การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับไมโครเวฟ จะทำให้ได้อัตราการอบแห้งซึ่งดีกว่าและประหยัดพลังงานมากกว่าการอบแห้งที่ใช้เพียงเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดอย่างเดียว

Abstract

Combined microwave/fluidized bed drying was conducted experimentally to study the mechanisms of the drying rate of corn seeds. Two sets of experiments were performed. The first set included experiments using fluidized bed ,whereas in the second set a combined microwave/fluidized bed was used. For both experiments, it is demonstrated that the drying rates were dependent on the inlet air temperature and velocity. The results show that the combined microwave/fluidized bed can substantially improved drying rates and energy saving in comparison with a conventional fluidized bed.

1. บทนำ

ข้าวโพดเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งนอกเหนือจากข้าวที่ทำรายได้ให้กับประเทศไทย เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่ายเหมาะสมกับสภาพดินฟ้าอากาศของประเทศไทย แต่แนวโน้มในอนาคตของข้าวโพดไทยยังไม่แจ่มใสมากนัก เพราะยังมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากสารแอฟลาทอกซิลซึ่งเป็นสารพิษอันเกิดจากเชื้อรา คือ แอสเพอร์จิลลัส พาราซิติคัส (Aspergillus parasiticus) ซึ่งเป็นอันตรายต่อคนและสัตว์ที่บริโภคอาหารที่มีสารนี้ปนอยู่ ดังนั้นเพื่อป้องกันอันตรายอันเกิดจากสารพิษนี้จึงต้องหาวิธีเพื่อทำให้ข้าวโพดเก็บไว้ได้นานโดยไม่เกิดเชื้อราขึ้นได้ในภายหลัง ซึ่งในสมัยก่อนการทำข้าวโพดแห้งยังคงอาศัยความร้อนจากแสงแดดเป็นหลัก ซึ่งไม่สามารถควบคุมสภาวะได้ อีกทั้งยังใช้เวลานานและต้องขึ้นอยู่กับสภาวะดินฟ้าอากาศด้วย ทั้งนี้ในปัจจุบันได้มีการใช้เทคโนโลยีทางด้านการอบแห้งมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นต่ำสามารถเก็บไว้ได้นาน

การอบแห้งในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มักจะใช้เครื่องอบแห้งประเภทลมร้อนในการไล่ความชื้น ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมกันมาก เนื่องจากเป็นการลงทุนที่ไม่สูงมากนักแล้วผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการอบยังมีคุณภาพดี เครื่องอบแห้งประเภทลมร้อนมีหลายประเภทได้แก่ เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด, เครื่องอบแห้งแบบสะเป้าเต็ดเบด, เครื่องอบแห้งแบบอากาศร้อนไหลผ่าน และ เครื่องอบแห้งแบบถังหมุน เป็นต้น จากรูปร่างของเมล็ดข้าวโพดซึ่งมีขนาดเล็กและมีรูปทรงสม่ำเสมอ ดังนั้นการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดให้ได้ปริมาณความชื้นที่ลดลงใกล้เคียงกันทุกเมล็ดนั้น ต้องมีเครื่องอบแห้งที่เหมาะสมกับการอบเมล็ดข้าวโพดโดยเฉพาะ นั่นคือ เครื่องอบแห้งต้องมีความเร็วของกระแสอากาศสูง

เพื่อที่จะพาให้เมล็ดข้าวโพดลอยตัวโดยไม่จับกันเป็นก้อน และพาความชื้นที่เมล็ดข้าวโพดออกไปได้ปริมาณมาก ๆ ซึ่งเครื่องอบแห้งที่เหมาะสมกับการอบเมล็ดข้าวโพดคือ “ฟลูอิดไดซ์เบด” ซึ่งใช้หลักการของฟลูอิดไดเซชัน คือ กระบวนการหรือวิธีการที่ของแข็งซึ่งมีรูปร่างลักษณะเป็นเม็ดหรือชิ้น สัมผัสกับของไหลแล้ว เม็ดของแข็งเหล่านี้จะมีคุณสมบัติคล้ายของไหล ซึ่งนำมาปรับปรุงในส่วนของห้องอบเพื่อให้เหมาะสมกับการอบเมล็ดข้าวโพด

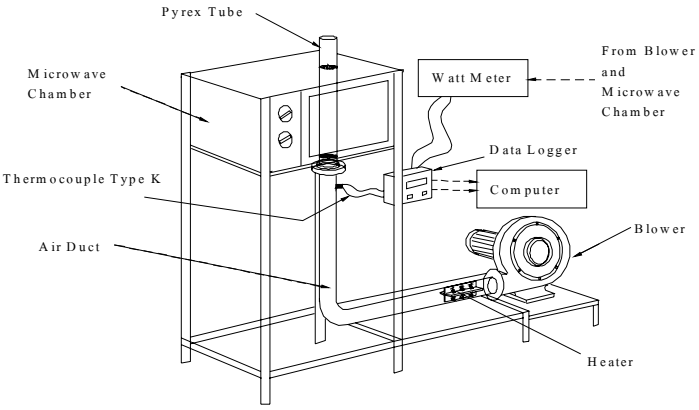
ถึงแม้การอบเมล็ดข้าวโพดแบบฟลูอิดไดซ์เบดจะเป็นวิธีการอบแห้งที่เหมาะสมกับการอบเมล็ดข้าวโพด แต่ถ้ามองในเรื่องของเวลาแล้วยังใช้เวลานานในการอบ ซึ่งการใช้เวลานานนี้ เป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองพลังงานและสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ นอกจากนั้นคุณสมบัติทางกายภาพยังเปลี่ยนสภาพไป เนื่องจากการอบที่อุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานาน โดยอาศัยการพาความร้อนจากผิวไปสู่ใจกลางของผลิตภัณฑ์โดยอาศัยผลต่างของอุณหภูมิ ซึ่งการที่ความร้อนจะเคลื่อนจากเปลือกผิวนอกผลิตภัณฑ์ไปสู่แกนกลางนั้น จะทำให้เปลือกผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนมาก ทำให้บริเวณที่ผิวหน้าไหม้ก่อนเนื้อภายในวัสดุ ทำให้ผิวเปลือกส่วนนอกเกิดการแข็งตัวมากกว่าเนื้อในผลิตภัณฑ์ด้วย ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดเพื่อทำการประยุกต์อุปกรณ์ประเภทไมโครเวฟมาใช้ ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูง คลื่นไมโครเวฟจะทะลุทะลวงเข้าไปสั่นโมเลกุลของน้ำภายในเนื้อวัสดุจะทำให้ความดันภายในสูงกว่าความดันภายนอกของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการระเหยน้ำในเนื้อของวัสดุเท่ากันทั่วทั้งชิ้นและแห้งอย่างรวดเร็ว

2. วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยชิ้นนี้คือเพื่อเปรียบเทียบกลไกการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดที่ได้จากการใช้เครื่องอบแห้งแบบ fluidized bed dryer (FBD) และ เครื่องอบแห้งแบบ combine microwave/fluidized bed dryer (CMFD) รวมไปถึงเพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความเร็วลมที่มีต่อกลไกการอบแห้งและพลังงาน โดยที่ข้อมูลที่ได้จากงานชิ้นนี้สามารถที่จะนำไปพัฒนาการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดที่เหมาะสมต่อไปได้

3. อุปกรณ์การทดลอง

จากรูปที่ 1 แสดงเครื่องอบแห้งแบบ combine microwave/fluidized bed dryer (CMFD) ซึ่งประกอบด้วย เตาไมโครเวฟ Sumsung รุ่น M197DN ให้กำลังงานสูงสุด 560 วัตต์ ที่ความถี่ 2450 MHz โดยด้านบนและด้านล่างของเตาถูกเจาะรูขนาด 10 เซนติเมตร เพื่อใส่ท่อแก้วทนความร้อน (pyrex tube) ยาว 25.5 เซนติเมตร ซึ่งทำหน้าที่เป็นห้องอบเมล็ดข้าวโพด และเพื่อความปลอดภัยในการทดลอง จึงจำเป็นต้องติดตั้งแผ่นตะแกรงที่ปลายทั้งสองของ pyrex tube เพื่อบังคับให้คลื่นไมโครเวฟสะท้อนอยู่ภายในเตาเท่านั้น จากการตรวจสอบโดยใช้ไมโครเวฟเซอร์เวย์มิเตอร์ ดังรูปที่ 2 พบว่าบริเวณรอบ ๆ ตัวเครื่องมีคลื่นรั่วออกมาเพียง 0.1 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 0.5 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ความเร็วลมและอุณหภูมิที่ทางเข้าห้องอบสามารถควบคุมได้โดยใช้ air blower จ่ายลมให้ห้องอบโดยเป่าผ่าน controllable electrical heater อุณหภูมิของห้องอบถูกวัดโดยใช้ thermocouple type K ซึ่งมีความถูกต้อง $\pm 1^{\circ}C$ ในขณะที่ความเร็วลมสามารถวัดได้โดยใช้ pitot tube ร่วมกับ manometer และใช้ตาชั่งแบบตัวเลข (digital balance) Sartorius model BP210S เพื่อวัดมวลของข้าวโพดขณะทำการทดลอง



รูปที่ 1 อุปกรณ์การทดลอง

จากรูปที่ 1 หากทำการทดลองกับเครื่องอบแห้งแบบ FBD อากาศจาก blower จะถูกเป่าผ่าน heater เพื่อให้ความร้อนกับเมล็ดข้าวโพดในห้องอบ จากนั้นจึงระบายออกสู่บรรยากาศต่อไป ส่วนการทดลองกับเครื่องอบแห้งแบบ CMFD จะมีลักษณะเหมือนกับ FBD ทุกประการ จะแตกต่างกันตรงที่ CMFD จะมีการยิงคลื่นไมโครเวฟเข้าไปยังห้องอบ

รูปที่ 2 ไมโครเวฟเซอร์เวย์มิเตอร์

4. ขั้นตอนการทดลอง

นำฝักข้าวโพดสดมาแยกเมล็ดออก โดยคัดเลือกเมล็ดข้าวโพดที่มีขนาดใกล้เคียงกัน นำมาพรมน้ำและบรรจุในภาชนะปิด ที่ $5^{\circ}C$ ทำการคลุกเคล้าให้ทั่วเพื่อให้ความชื้นกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอภายในเมล็ดข้าวโพด

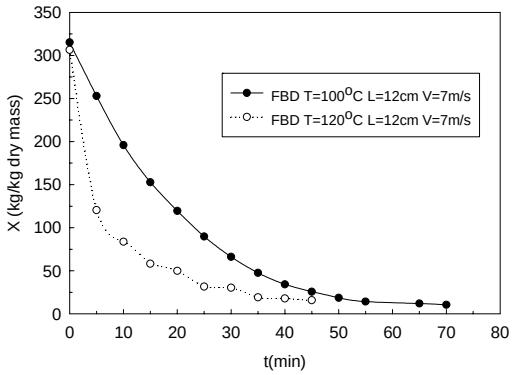
การทดลองจะใช้ข้าวโพดที่ความชื้นเริ่มต้น 315% dry-basis ทำการอบแห้งจนกระทั่งข้าวโพดมีความชื้นเหลืออยู่ 24% dry-basis หรือต่ำกว่า การทดลองทั้งหมดแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ การอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชันธรรมดา และ การอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชันร่วมกับไมโครเวฟ การทดลองแต่ละกลุ่มนั้นจะใช้ความเร็วลม 5.5 m/s และ 7m/s อุณหภูมิในห้องอบถูกควบคุมไว้ที่ 100 $^{\circ}C$ และ 120 $^{\circ}C$ ในการ

วัดความชื้นจะใช้ตู้อบไฟฟ้าโดยทำการอบแห้งข้าวโพดตัวอย่างที่อุณหภูมิ 103 °C จนน้ำหนักคงที่เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

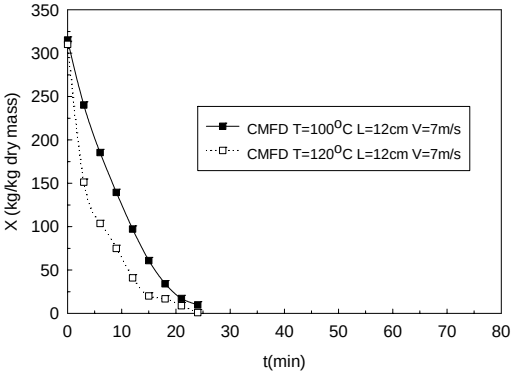
5. ผลการทดลอง

5.1 ผลของอุณหภูมิอากาศ

จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิของอากาศทางเข้ามีผลอย่างมากต่อกลไกการอบแห้ง ซึ่งดูได้จากเวลาในการอบแห้ง (drying time) ที่ต้องใช้ในการทำให้ข้าวโพดมีความชื้นลดลงเหลือ 24% dry-basis รูปที่ 3 และ 4 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อ drying time ของ FBD และ CMFD ตามลำดับ จากผลการทดลองของ FBD พบว่ามีค่า drying time ประมาณ 46.2 และ 32.8 นาที เมื่ออุณหภูมิของอากาศมีค่า 100°C และ 120°C ตามลำดับ หากมีการใช้ไมโครเวฟร่วมด้วย (CMFD) พบว่า drying time มีค่าลดลงเป็น 19.8 และ 14.4 นาที ซึ่งสัมพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศ 100°C และ 120°C ตามลำดับ จะเห็นว่าทั้ง FBD และ CMFD จะมีค่า drying time ลดลง หากอุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น

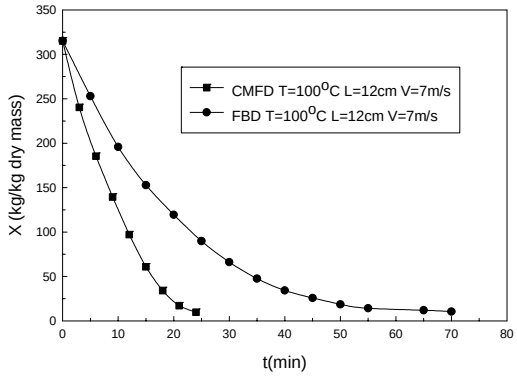


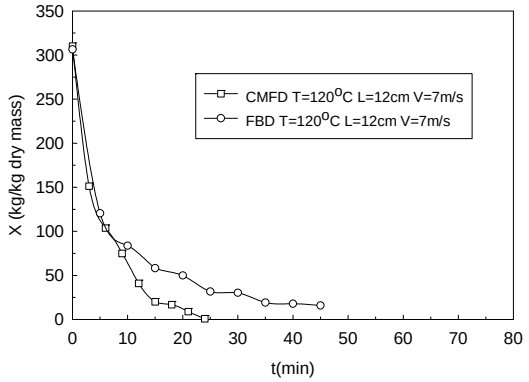
รูปที่ 3 ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อ drying curves(FBD)



รูปที่ 4 ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อ drying curves(CMFD)

การเปรียบเทียบผลของ FBD และ CMFD ที่มีต่อ drying time ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 5 จากรูปพบว่า CMFD ช่วยให้มีอัตราการอบแห้งที่ดีกว่า FBD นอกจากนี้อัตราการอบแห้งของ FBD และ CMFD จะมีค่าแตกต่างกันน้อยลงเมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการอบแห้งเมล็ดพริกไทย [1]



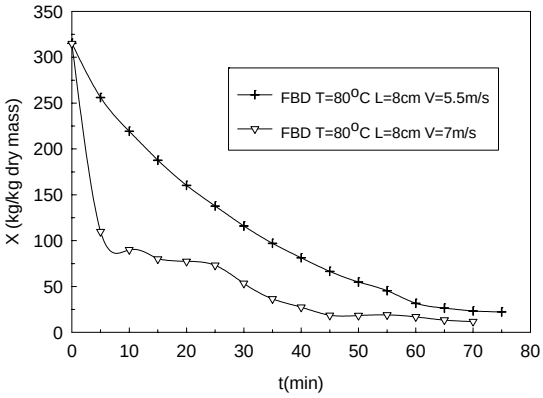


รูปที่ 5 การเปรียบเทียบระหว่าง FBD และ CMFD ที่อุณหภูมิ 100°C และ 120°C

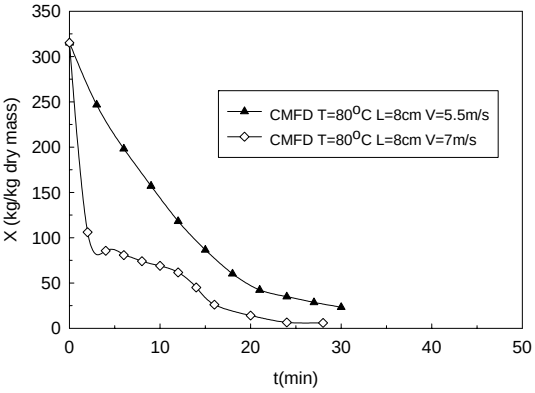
5.2 ผลของความเร็วลม

การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมจาก 5.5 m/s ไปเป็น 7 m/s โดยควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 80°C ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6 และ 7 ซึ่งเป็นของ FBD และ CMFD ตามลำดับ ผลของความเร็วลมจะให้ drying curves ในลักษณะเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ คือ เมื่อความเร็วลมมากขึ้นจะเป็นผลให้ drying time ลดลง และจะพบว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไปนานขึ้น ทั้ง FBD และ CMFD มีอัตราการอบแห้งค่อนข้างต่ำ เนื่องจากที่ความชื้นน้อย ๆ จะมีการระเหยและการถ่ายเทน้ำลดลง [2] สำหรับ FBD ที่อุณหภูมิ 80°C จะมี drying time เท่ากับ 68.8 และ 41.9 นาที เมื่อความเร็วลมมีค่าเท่ากับ 5.5 และ 7 m/s ตามลำดับ ในขณะที่ drying time ของ CMFD มีค่าเท่ากับ 29.6 และ 16.7 ซึ่งสัมพันธ์กับความเร็วลม 5.5 และ 7 m/s ตามลำดับ

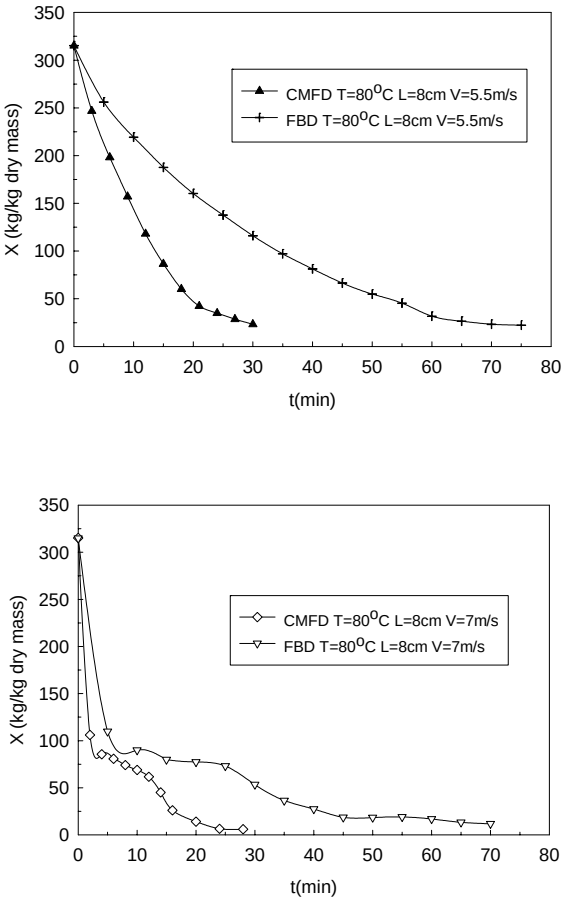
รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการอบแห้งเมื่อใช้ FBD และ CMFD ที่ความเร็วลม 5.5 m/s และ 7 m/s ตามลำดับ โดยอัตราการอบแห้งที่ใช้ CMFD จะมีค่ามากกว่า FBD นอกจากนี้ พบว่าหากใช้ CMFD จะประหยัดพลังงานมากกว่า FBD ประมาณ 45% ดังรูปที่ 9



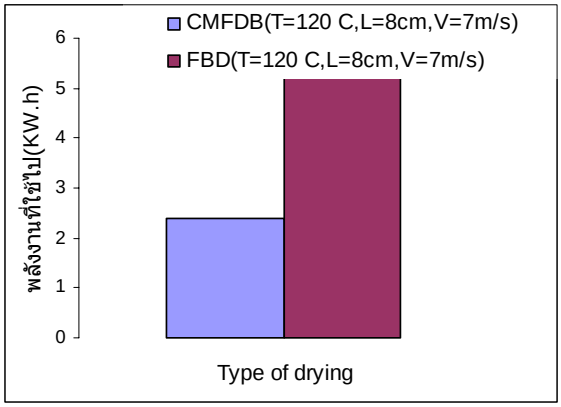
รูปที่ 6 ผลของการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมที่มีต่อdrying curves(FBD)



รูปที่ 7 ผลของการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมที่มีต่อ drying curves(CMFD)



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบระหว่าง FBD และ CMFD ที่ ความเร็ว 5.5 m/s และ 7 m/s



รูปที่ 9 เปรียบเทียบพลังงานที่ใช้สำหรับ FBD และ CMFD

6. สรุป

จากการทดลอง สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

(1) การอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชันร่วมกับไมโครเวฟเป็นผลทำให้อัตราการอบแห้งมากขึ้น เมื่อเทียบกับการอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชันธรรมดา

(2) อัตราการอบแห้งมีค่ามากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าและ/ หรือ ความเร็วของอากาศ

(3) การอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชันร่วมกับไมโครเวฟจะประหยัดพลังงานมากกว่าการอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชันธรรมดาถึง 45%

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบริษัทซัมซุง ที่ช่วยอนุเคราะห์ให้ยืมไมโครเวฟเซอร์เวย์มิเตอร์ เพื่อใช้ในการทดลอง และงานวิจัยชิ้นนี้จะไม่มีทางสำเร็จลงได้หากไม่ได้รับการสนับสนุนที่ดีจากบุคลากรและนักศึกษาสาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, “ การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหาร ”, คณะพลังและวัสดุ, ปี พ.ศ. 2529

[2] W. Kaensup and Wongwises S., “Drying Kinetics of Pepper Seeds Using a Fluidized Bed Dryer and a Combined Microwave/Fluidized Bed Dryer”, International Conference on Food Industry Technology and Energy Applications, 13-15 November 1996, Bangkok, Thailand, pp.121-128

[3] W. Kaensup, Wongwises S. and Chutima S., “Drying of Pepper Seeds Using a Combined Microwave/Fluidized Bed Dryer”, Drying Technology, 1998, Vol.16, pp.853-862

[4] S. Soponronnarit, Pongtornkulpanich A. and Prachayawarakorn S., “Drying Characteristics of Corn in Fluidized Bed Dryer”, Drying Technology, 1997, Vol.15, pp.1603-1615