การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18
18-20 ตุลาคม 2547 จังหวัด-ขอนแก่น

การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งระหว่างเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นและเทคนิคหมุนควง

Comparative Study between Fluidization and Vortex Drying Techniques

การุณ เลาะมาน [1] มณฑา เทียมเมือง [1] ภูรินทร์ อัครกุลธร [2] พงษ์เจต พรหมวงศ์ [1]
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนน ฉลองกรุง เขต ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์ 0-2326-4197 โทรสาร 0-2326-4198 E-mail: kppongje@kmitl.ac.th

[2] คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล บางพระ ศรีราชา ชลบุรี

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบถึงคุณลักษณะการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นกับเทคนิคหมุนควง โดยทำการอบในหอทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.17 เมตร สูง 1 เมตร โดยในการทดลองแต่ละครั้งใช้เมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 81%(430%มาตรฐานแห้ง) มวล 0.7 kg ความเร็วลมในหอทดลอง 2.7, 3.2, 3.8, 4.3 m/s อุณหภูมิลมทางเข้า 70 °C ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกประมาณ 61-63% ใช้เวลาในการทดลอง 3 ชั่วโมง จนกระทั่งเมล็ดข้าวโพดเหลือความชื้นประมาณ 7%(40%มาตรฐานแห้ง) โดยทำการบันทึกผลทุกๆ 20 นาที และทำการเปรียบเทียบผลจากการทดลองทั้ง 2 เทคนิค

จากการทดลองพบว่าในการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นความเร็วลมไม่มีผลต่อการอบแห้งของเมล็ดข้าวโพด แต่ในการอบแห้งด้วยเทคนิคหมุนควงพบว่าความเร็วลมมีผลต่อการลดความชื้นของเมล็ดข้าวโพด ในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (Constant-rate Drying Period) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 เทคนิคจะได้ว่าเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นให้ผลดีกว่า ที่ความเร็วลมต่ำๆ แต่ที่ความเร็วลมสูงเทคนิคหมุนควงให้ผลดีกว่า โดยสามารถลดเวลาในการอบแห้งได้ถึง 30%

Abstract

This paper presents the comparative study of drying corn kernels using fluidization and swirl techniques. The experiment has been carried out in a drying chamber having internal diameter 0.17 m. and 1 m. height. Each experimental run the wet corn with initial moisture around 81%(430%dry basis) of 0.7 kg was put into the chamber. Then, hot air at 70 °C was flowed through the chamber with different velocity of 2.7, 3.2, 3.8 and 4.3 m/s for each case. The relative humidity of the ambient was around 61-63 %. The drying duration of each case was set to 3 hours to reach the final moisture (7%) of corn. In every 20 minutes, weight of corn in the bed was measured for each test of both techniques. The experimental results show that use of different velocities leads to no significant effect on drying rate for the fluidization technique but provides substantial influence for the vortex drying method. In comparison between both methods, at low velocity(around minimum fluidization velocity) the fluidization drying shows slightly better. At higher velocity the vortex drying performs better and can reduce drying time to be 30%

1.บทนำ

การอบแห้งเป็นกระบวนการไล่ความชื้นออกจากวัสดุโดยการระเหย โดยทั่วไปจะอาศัยอากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนและความชื้น การถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังวัสดุ และการถ่ายเทความชื้นจากวัสดุไปยังอากาศจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน ซึ่งอัตราการถ่ายเทความร้อน และความชื้นจะช้าหรือเร็วเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของกระแสอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง การอบแห้งจะช่วยให้เก็บรักษาวัสดุไว้ได้นาน และเป็นการป้องกันการเสียหายของวัสดุ เนื่องจากการทำลายของจุลินทรีย์

โดยทั่วไปเรามักจะใช้อากาศที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเป็นตัวกลางในการอบแห้ง ทั้งนี้เพราะสามารถอบแห้งได้เร็ว และได้ความชื้นของเมล็ดพืชต่ำตามที่ต้องการ อุณหภูมิของอากาศจะสูงเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการนำเมล็ดพืชไปใช้งาน วิธี และเทคนิคที่ใช้ในการอบแห้ง โดยมากเรามักจะเลือกเอาอุณหภูมิสูงสุดที่ยอมให้ได้โดยคุณภาพของเมล็ดพืชไม่เสียหาย เพราะจะทำให้อบแห้งเร็ว มีผลให้เครื่องอบแห้งที่ต้องใช้มีขนาดเล็กลง ทำให้การลงทุนต่ำ

เครื่องอบแห้งเมล็ดพืชอาจจะแบ่งได้เป็นสองชนิดคือ เครื่องอบแห้งแบบเมล็ดพืชอยู่กับที่ (fixed-bed dryer) และเครื่องอบแห้งแบบ

เมล็ดพืชไหล (moving-bed dryer) ซึ่งเทคนิคการอบแห้งฟลูอิดไดซ์เซชั่นเป็นเครื่องอบแห้งแบบเมล็ดพืชไหล ซึ่งมีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงและเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมานานแล้ว

เมื่อพิจารณาเทคนิคการอบแห้งฟลูอิดไดซ์เซชั่นพบว่าการเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งทำได้ยากเนื่องจากมีเงื่อนไขหลายอย่างจึงได้ทำการทดลองหาเทคนิคใหม่ ๆมาใช้ในการอบแห้งเมล็ดพืชและเทคนิคหมุนควงก็เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจและคาดว่าน่าจะพัฒนาจนมีประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไป

2 ความชื้นในวัสดุ

ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ เมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชื้นหรือแห้ง ความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ความชื้นมาตรฐานเปียก, M_w

$$M_w = \frac{w-d}{w} \qquad (1)$$

ความชื้นมาตรฐานเปียกนิยมใช้ในวงการค้า โดยทั่วๆ ไปจะอ้างในรูปของเปอร์เซ็นต์ $100M_w$

2. ความชื้นมาตรฐานแห้ง, M_d

$$M_d = \frac{w-d}{d} \text{x100} \qquad (2)$$

เมื่อ w คือ มวลของวัสดุ , kg

d คือ มวลของวัสดุแห้ง (ไม่มีความชื้น) , kg

ความชื้นมาตรฐานแห้งนี้เป็นที่นิยมใช้กันในการวิเคราะห์ของกระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เพราะช่วยให้การคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง ที่เกือบคงที่ผลผลิตทางเกษตรเป็นสิ่งมีชีวิต มีการหายใจ ดังนั้นจึงมีการเผาผลาญสารอาหาร ทำให้มวลแห้งลดลง ส่วนใหญ่แล้วมวลแห้งจะลดลงเล็กน้อย

3.อุปกรณ์การทดลอง

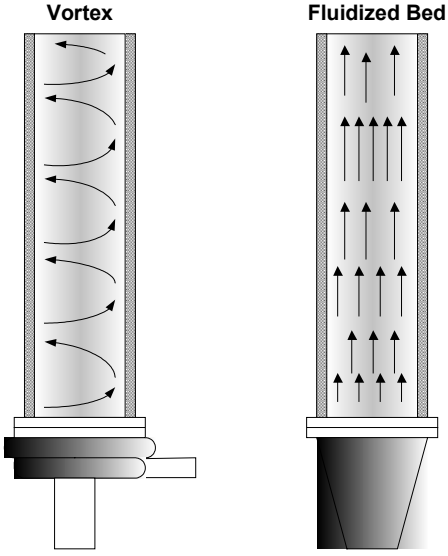
3.1อุปกรณ์เครื่องอบแห้งเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่น

เครื่องอบแห้งเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นและอุปกรณ์ต่างๆ ได้ถูกแสดงในรูปที่ 1และ 2 ซึ่งประกอบด้วยหอทดลองรูปทรงกระบอก ทำจากอะคริลิกใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.17 เมตร และความสูง 1 เมตร แผ่นกระจายลมเป็นแบบเจาะตรงซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเท่ากับ 3.2 มิลลิเมตร และมีจำนวน 908 รู ซึ่งคิดเป็นพื้นที่เปิด 32% ข้าวโพดที่ใช้ทดลองมีความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 430%(มาตราฐานแห้ง)

พัดลมขนาด 7.46 กิโลวัตต์มีอินเวอร์เตอร์เป็นตัวควบคุมความเร็วรอบขับลมผ่านท่อ โดยที่ความเร็วของอากาศที่ทางเข้าจะถูกวัดด้วยออริฟิสมิเตอร์ อากาศในเครื่องอบเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นและถูกทำให้ร้อนขึ้นด้วยขดลวดความร้อนขนาด 3 กิโลวัตต์ พร้อมด้วยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิการอบแห้ง และห้องทำความร้อนถูกหุ้มด้วยฉนวนจนถึงทางเข้าหอทดลอง ซึ่งจะมีอุณหภูมิของอากาศสูงสุดถึง 120°C ในการทดลองแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 15นาที ในการควบคุมอุณหภูมิของอากาศให้มีค่าคงที่ตามที่กำหนด อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้าหอทดลองจะอยู่ที่ 70°C โดยจะทำการวัดอุณหภูมิภายในเบดด้วยเทอร์โมคัพเปิลชนิด J ในการทดลองเมล็ดข้าวโพดจะถูกวัดความชื้นที่ลดลงจากค่าน้ำหนักเมล็ดข้าวโพดที่เปลี่ยนไปซึ่งจะทำการวัดทุกๆ 20 นาทีโดยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลที่มีค่าความละเอียด 0.01 กรัม

3.2อุปกรณ์เครื่องอบแห้งเทคนิคหมุนควง

เครื่องมืออบแห้งด้วยเทคนิคหมุนควงใช้อุปกรณ์พื้นฐานร่วมกับเครื่องอบแห้งเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นแต่จะต่างตรงกันที่บริเวณฐานหอทดลองจะมีอุปกรณ์เพื่อสร้างลมหมุน แบบกันหอยและไม่มีแผ่นกระจายลม

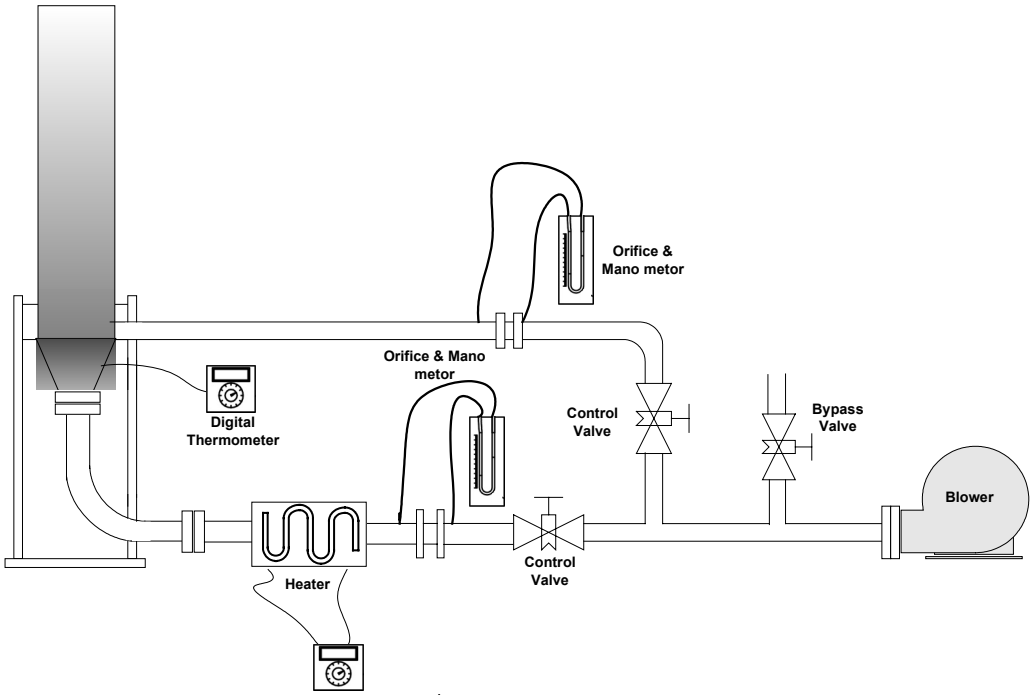


รูปที่ 1. ลักษณะของหอทดลอง

4.วิธีการทดลอง

4.1 การหาค่าความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เซชั่น

1. ทำการปรับเทียบชุดออริฟิสมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง
2. ใส่เมล็ดข้าวโพดมวล 0.7 กิโลกรัม ลงในหอทดลอง



รูปที่ 2. แสดงอุปกรณ์การทดลอง

3. เดินเครื่องพัดลมที่ใช้ในการอบแห้ง โดยค่อยๆ ผ่านอากาศที่อัตราการไหลต่ำๆ ก่อน แล้วค่อยๆ เพิ่มอัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น

4.บันทึกผลของความดันลดคร่อมเบดจากที่อ่านได้จากมานอร์มิเตอร์ และบันทึกค่าความดันตกคร่อมออริฟิสมิเตอร์ เพื่อนำไปหาค่าความเร็วอากาศที่ไหลผ่านหอทดลอง

5.นำผลที่บันทึกมาเขียนเป็นกราฟและวิเคราะห์หาจุดที่ความดันลดคร่อมเบดเริ่มคงที่

6.เลือกใช้ความเร็วที่ความดันลดคร่อมเบดเริ่มคงที่เป็นค่าความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดเซชั่น

4.2 การอบแห้งโดยเทคนิคฟลูอิดไดเซชั่นและเทคนิคหมุนควง

1. เปิดสวิทช์เดินเครื่องพัดลม ให้อากาศไหลผ่านระบบเครื่องอบแห้ง และเปิดเครื่องให้ความร้อน อุ่นเครื่องให้ได้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ประมาณ 15 นาที

2. ปรับความเร็วลมในหอทดลองให้ได้เท่ากับ 2.7 เมตรต่อวินาที

3. ใส่เมล็ดข้าวโพดมวล 0.7 กิโลกรัม ลงในหอทดลอง และสังเกตผลการทดลอง

4. นำเมล็ดข้าวโพดออกมาชั่งน้ำหนักของน้ำที่หายไปทุกๆ 20 นาที ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลที่มีค่าความละเอียด 0.01 กรัม และบันทึกผลการทดลอง

5. ทำการทดลองจนกระทั่งครบ 3 ชั่วโมง(มวลของเมล็ดข้าวโพดไม่เปลี่ยนแปลง)แล้วเปลี่ยนความเร็วลมเป็น 3.2, 3.8, และ4.3 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ แล้วดำเนินการทดลองซ้ำตามขั้นตอน 1 – 5 ใหม่ตามลำดับ

5. ผลการทดลอง

5.1ลักษณะและอิทธิพลของความเร็วลมที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เซชั่น

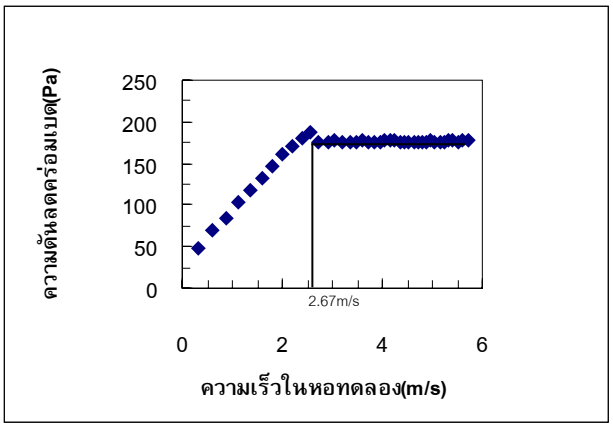
ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความดันลดคร่อมเบด พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วอากาศทีละน้อย เริ่มจากเบดนิ่งจะมีผลให้ความดันตกคร่อมของเบดเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศระดับหนึ่ง เมล็ดข้าวโพดจะเกิดการสั่นและเริ่มขยับตัว แตกตัวเป็นอิสระออกจากกัน และหลังจากนี้ความดันลดคร่อมเบดจะไม่เพิ่มขึ้น แม้ว่าความเร็วของอากาศจะเพิ่มขึ้น ซึ่งจุดนี้คือจุดเริ่มต้นในการเกิดปรากฏการณ์ฟลูอิดไดซ์เซชั่นและฟลูอิดไดซ์เซชั่นที่เกิดขึ้นเป็นแบบสองสถานะ จากผลการทดลองเม็ดข้าวโพดมวล 0.7 กิโลกรัมที่ความชื้นเริ่มต้น 430% (มาตรฐานแห้ง) อุณหภูมิอากาศ 70^{o}C และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ 61% พบว่าความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เซชั่นจะมีค่าประมาณ 2.7เมตรต่อวินาที

5.2 อิทธิพลของความเร็วลมในการอบแห้งโดยเทคนิคฟลูอิดไดเซชั่น

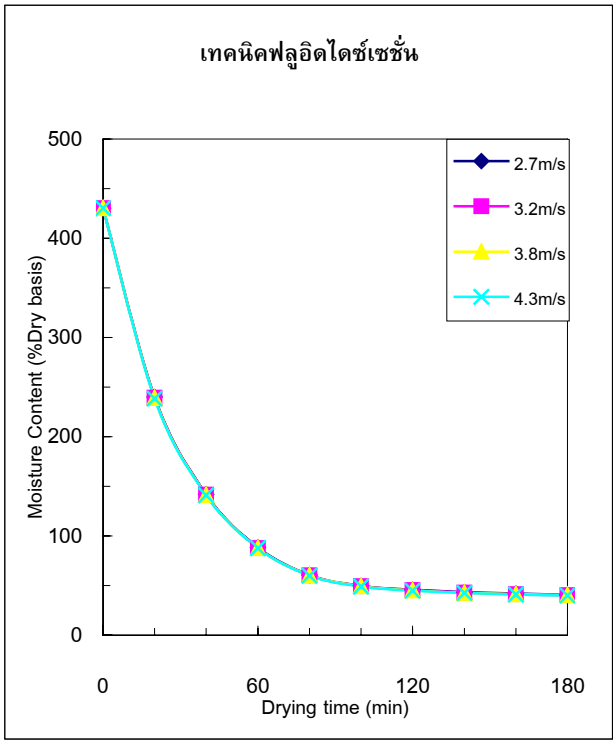
ในรูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบแห้งกับความชื้น ที่ความเร็วลม 2.7,3.2,3.8 และ 4.3เมตรต่อวินาที ของการอบแห้งโดยเทคนิคฟลูอิดไดเซชั่นซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลการทดลองแล้วจะเห็นได้ว่าความเร็วลมไม่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง

5.3 อิทธิพลของความเร็วลมในการอบแห้งโดยเทคนิคหมุนควง

ในรูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบแห้งกับความชื้นที่ความเร็วลม 2.7, 3.2, 3.8 และ 4.3เมตรต่อวินาที ของการอบแห้งโดยเทคนิคหมุนควงเมื่อพิจารณาจากผลการทดลองแล้วจะ



รูปที่ 3.แสดงการหาค่าความเร็วลมต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เซชั่น

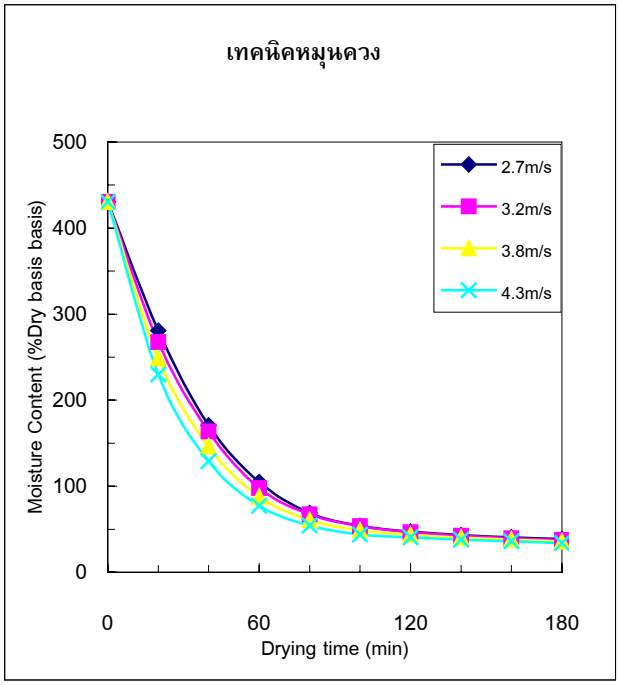


รูปที่ 4. แสดงอัตราการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่น

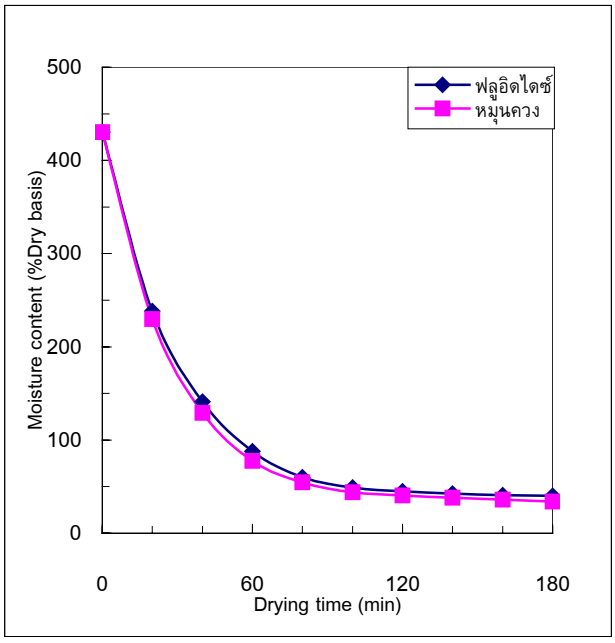
เห็นได้ว่าความเร็วลมมีอิทธิพลต่อความชื้นในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่(Constant-rate Drying Period) ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการอบแห้งที่ความเร็วลมสูงจะให้อัตราการอบแห้งดีกว่าที่ความเร็วลมต่ำ

6. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองการอบแห้งทั้ง 2 เทคนิค เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้วปรากฏว่าเทคนิคการอบแห้งแบบฟลูลูอิดไดซ์เซชั่นให้ผลดีกว่าเทคนิคการอบแห้งแบบหมุนควงที่ความเร็วลมต่ำ



รูปที่ 5. แสดงอัตราการอบแห้งด้วยเทคนิคหมุนควง



รูปที่ 6. เปรียบเทียบเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นกับเทคนิคหมุนควงที่ความเร็วลม 4.3 m/s

แต่เมื่อทำการอบแห้งที่ความเร็วลมสูงดังรูปที่6. ปรากฏว่าเทคนิคการอบแห้งแบบหมุนควงให้ผลดีกว่าเทคนิคการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เซชั่น โดยสามารถลดเวลาในการอบแห้งได้ถึง 30% เป็นที่น่าสนใจว่าถ้าทำการทดลองที่ความเร็วลมสูงยิ่งขึ้นแล้วน่าจะช่วยลดเวลาในการอบแห้งได้มากกว่านี้ ซึ่งจะได้มีการทดลองค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไป

7.เอกสารอ้างอิง

[1] Kunii,d.,1969,Fluidization Engineering,New York, John Wiley and Sons, pp. 66 – 120.

[2] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2535, การอบแห้งเมล็ดพืชอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 5, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 50 – 67.

[3] สมศักดิ์ ดำรงเลิศ, 2528,ฟลูอิดไดซ์เซชัน, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 3 – 84.

[4] อรุณี ผุดผ่อง, 2531, การศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบการอบแห้งเมล็ด ข้าวโพด, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 1 – 38.

[5] S. Syahrul[a] ,F. Hamdullahpur[b] ,I.Dincer[c],2002,Thermal analysis in fluidized bed drying of moist particles