การอบแห้งเมล็ดพริกไทยแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่มีแผ่นกระจายแบบเกลียว

Drying of Pepper Corns in a Fluidized-bed with Helical Distributor Plate

อำนาจ บุญลอย ดำริห์ จันทร์แสงสุข และ พงษ์เจต พรหมวงศ์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนน ฉลองกรุง เขต ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์ 0-2326-4197 โทรสาร 0-2326-4198 E-mail: kppongje@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ทำการศึกษาคุณลักษณะการอบแห้งเมล็ดพริกไทยด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดที่มีแผ่นกระจายแบบเกลียวโดยทำการอบในหอทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.13 เมตร สูง 1 เมตร ด้านล่างของหอทดลองจะมีแผ่นกระจายแบบเกลียวซึ่งจะเป็นตัวทำให้เกิดการหมุนควงของลมร้อนภายในหอ โดยในการทดลองแต่ละครั้งใช้เมล็ดพริกไทยที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 80%(มาตรฐานเปียก) มวล 0.2 kg ทดลองที่อุณหภูมิ 80°c และใช้ความเร็วของอากาศภายในหอทดลอง1.3U_{mf} 1.6U_{mf} และ2U_{mf} ใช้เวลาทดลองแต่ละกรณี 180 นาที วัดความชื้นของเมล็ดพริกไทยทุกๆ10นาทีและผลจากการทดลองจะทำการเปรียบเทียบกับการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดธรรมดา

จากการทดลองพบว่าในการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดธรรมดาความเร็วลมไม่มีผลต่อการอบแห้งของเมล็ดพริกไทย แต่ในการอบแห้งด้วยเทคนิคแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่มีแผ่นกระจายแบบเกลียวพบว่าความเร็วลมมีผลต่อการลดความชื้นของเมล็ดพริกไทย และเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 แบบจะได้ว่าการอบแห้งเมล็ดพริกไทยด้วยเทคนิคแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่มีแผ่นกระจายแบบเกลียวให้ผลที่ดีกว่าแบบฟลูอิดไดซ์เบดธรรมดา โดยสามารถลดเวลาในการอบแห้งได้ถึง 30%

Abstract

This paper presents the characteristic study of drying pepper corns using fluidized-bed techniques with / without helical distributor plate. The experiment has been carried out in a drying bed having 0.13 m. inner diameter and 1 m. height and the helical distributor plate is also used to produce swirling flow in the bed. In each experimental run, the pepper corns with initial moisture content of about 80% w.b. of 0.2 kg is employed with inlet air temperature of 80°C and varying air inlet velocities to be 1.3 U_{mf} , 1.6 U_{mf} and 2 U_{mf} Drying time and weight of pepper corns are measured in 10 minute intervals for 180 minute 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 fluidized-bed with typical distributor plate but provides substantial influence for the swirling drying method of fluidized-bed with helical distributor plate. In comparison between both methods, the swirling drying performs better than fluidized-bed with typical distributor plate 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) และเครื่องอบแห้งแบบเมล็ดพืชไหล (moving-bed dryer) ซึ่งเทคนิคการอบแห้งฟลูอิดไดซ์เซชั่นเป็นเครื่องอบแห้งแบบเมล็ดพืชไหล ซึ่งมีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงและเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมานานแล้ว แต่เมื่อพิจารณาเทคนิคการอบแห้งฟลูอิดไดซ์เซชั่นพบว่าการเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งทำได้ยากเนื่องจากมีเงื่อนไขหลายอย่างจึง

ได้ทำการทดลองหาเทคนิคใหม่ๆมาใช้ในการอบแห้งเมล็ดพืชและเทคนิคหมุนควงของลมร้อนก็เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจและคาดว่าน่าจะพัฒนาจนมีประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไป

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

3 อุปกรณ์การทดลอง

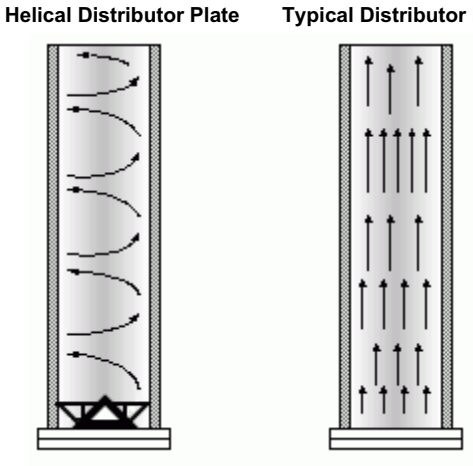
3.1 อุปกรณ์เครื่องอบแห้งเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่น

เครื่องอบแห้งเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นและอุปกรณ์ต่างๆ ได้ถูกแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยหอทดลองรูปทรงกระบอกทำจากอะคริลิกใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.13 เมตร และความสูง 1 เมตร แผ่นกระจายลมเป็นแบบเจาะตรงซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเท่ากับ 3.2 มิลลิเมตร และมีจำนวน 908 รู ซึ่งคิดเป็นพื้นที่เปิด 32% พริกไทยที่ใช้ทดลองมีความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 80%(มาตราฐานเปียก)

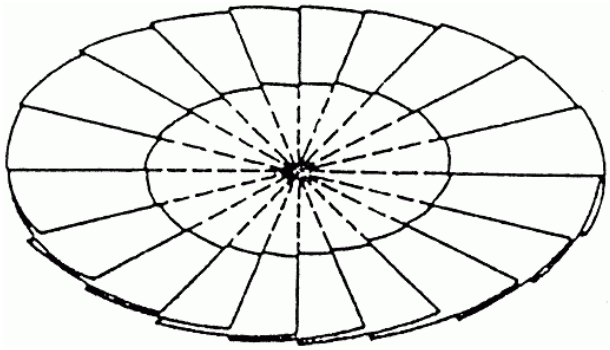
พัดลมขนาด 7.46 กิโลวัตต์มีอินเวอร์เตอร์เป็นตัวควบคุมความเร็วรอบขับลมผ่านท่อ โดยที่ความเร็วของอากาศที่ทางเข้าจะถูกวัดด้วยออริฟิสมิเตอร์ อากาศในเครื่องอบเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นและถูกทำให้ร้อนขึ้นด้วยขดลวดความร้อนขนาด 12 กิโลวัตต์ พร้อมด้วยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิการอบแห้ง และห้องทำความร้อนถูกหุ้มด้วยฉนวนจนถึงทางเข้าหอทดลอง การทดลองแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 15นาที ในการควบคุมอุณหภูมิของอากาศให้มีค่าคงที่ตามที่กำหนด อุณหภูมิอากาศในทดลองจะอยู่ที่ 80°C โดยจะทำการวัดอุณหภูมิภายในเบดด้วยเทอร์โมคัพเปิลชนิด K ในการทดลองเมล็ดพริกไทยจะถูกวัดความชื้นที่ลดลงจากค่าน้ำหนักเมล็ดพริกไทยที่เปลี่ยนไปซึ่งจะทำการวัดทุกๆ 10 นาทีโดยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลที่มีค่าความละเอียด 0.01 กรัม

3.2 อุปกรณ์เครื่องอบแห้งที่มีแผ่นกระจายแบบเกลียว

เครื่องมืออบแห้งแบบลมหมุนใช้อุปกรณ์พื้นฐานร่วมกับเครื่องอบแห้งเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นแต่จะต่างตรงกันที่บริเวณฐานหอทดลองจะมีอุปกรณ์เพื่อสร้างลมหมุนเป็นแบบแผ่นกระจายแบบเกลียวซึ่งมีมุมเอียง 30° แสดงดังรูปที่ 2 โดยเป็นการออกแบบลักษณะการไหลของอากาศ โดยมีแนวความคิดที่ว่าการเพิ่มระยะทางการไหลของลมร้อนให้มากขึ้นภายในหอทดลองจะช่วยให้ลมร้อนสัมผัสกับเมล็ดพืชได้มากขึ้น และการกระจายตัวกันของเมล็ดพริกไทยภายในหอทดลองจะช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนได้มากขึ้นด้วย

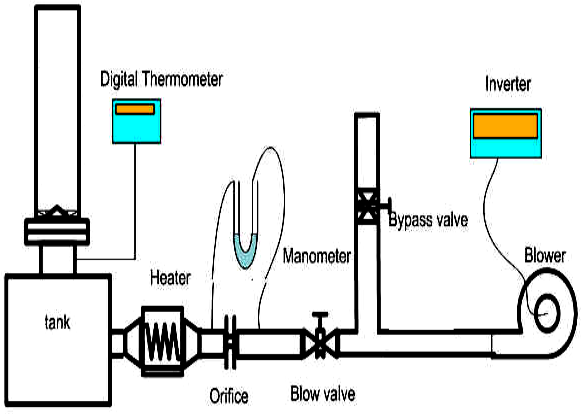


รูปที่ 1 ลักษณะของหอทดลอง



รูปที่ 2 ลักษณะของแผ่นกระจายลมแบบเกลียว

3.3 ลักษณะเครื่องอบและชุดอุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์การทดลอง

4 วิธีการทดลอง

4.1 การหาค่าความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เซชั่น

1. ทำการปรับเทียบชุดออริฟิสมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

2. ใส่เมล็ดพริกไทยมวล 0.5 กิโลกรัม ลงในหอทดลอง

3. เดินเครื่องพัดลมที่ใช้ในการอบแห้ง โดยค่อยๆ ผ่านอากาศที่อัตราการไหลต่ำๆ ก่อนแล้วค่อยๆเพิ่มอัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น

4.บันทึกผลของความดันลดคร่อมเบดจากที่อ่านได้จากมานอร์มิเตอร์ และบันทึกค่าความดันตกคร่อมออริฟิสมิเตอร์ เพื่อนำไปหาค่าความเร็วอากาศที่ไหลผ่านหอทดลอง

5.นำผลที่บันทึกมาเขียนเป็นกราฟและวิเคราะห์หาจุดที่ความดันตกคร่อมเบดเริ่มคงที่

6. ทำตามขั้นตอน 2 ถึง 5 โดยเปลี่ยนแผ่นกระจายธรรมดาเป็นแผ่นกระจายแบบเกลียว

7.เลือกใช้ความเร็วที่ความดันลดคร่อมเบดเริ่มคงที่เป็นค่าความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดเซชั่น

4.2การอบแห้งโดยเทคนิคฟลูอิดไดเซชั่นและแบบที่มีแผ่นกระจายแบบเกลียว

1.เปิดสวิชต์เดินเครื่อง (Blower) ให้อากาศไหลผ่านระบบเครื่องอบแห้ง พร้อมกับเปิดฮีทเตอร์ปรับอากาศให้มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ประมาณ 15 นาที สังเกตอุณหภูมิเริ่มคงที่

2.ปรับความเร็วลมในกรณีแรกประมาณ 1.3 U_{mf}

3.บันทึกค่าน้ำหนักของเมล็ดพริกไทยสดก่อนทดลองที่ 0.2 กิโลกรัม จากนั้นนำเมล็ดพริกไทยสดไปใส่ในหอทดลอง

4.เริ่มทำการทดลอง โดยกรณีแรกใช้แผ่นกระจายลมแบบธรรมดา จับเวลานำเมล็ดพริกไทยออกมาชั่งทุกๆ 10 นาที ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลที่มีค่าความละเอียด 0.01 กรัม และบันทึกผลการทดลอง

5.ทำการทดลองประมาณ 180 นาที จะเห็นว่าน้ำหนักของเมล็ดพริกไทยเริ่มคงที่จากนั้นทำตามขั้นตอน1-4ใหม่โดยเปลี่ยนความเร็วลมเป็น 1.6U_{mf} และ 2.0U_{mf} ตามลำดับ

6.ทำการทดลองตามขั้นตอนข้อ1-5ใหม่โดยทำการเปลี่ยนจากแผ่นกระจายลมแบบธรรมดาเป็นแผ่นกระจายลมแบบเกลียว

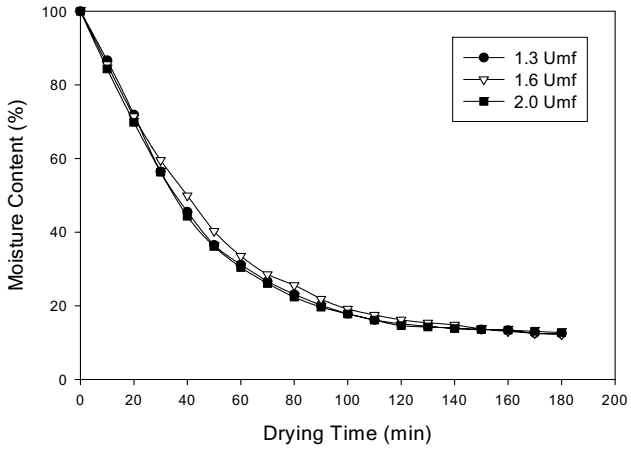
5. ผลการทดลอง

5.1 ลักษณะและอิทธิพลของความเร็วลมที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เซชั่น

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความดันลดคร่อมเบดพบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วอากาศทีละน้อย เริ่มจากเบดนิ่งจะมีผลให้ความดันตกคร่อมของเบดเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศระดับหนึ่ง เมล็ดพริกไทยจะเกิดการสั่นและเริ่มขยับตัว แตกตัวเป็นอิสระออกจากกัน และหลังจากนี้ความดันลดคร่อมเบดจะไม่เพิ่มขึ้น แม้ว่าความเร็วของอากาศจะเพิ่มขึ้น ซึ่งจุดนี้คือจุดเริ่มต้นในการเกิดปรากฏการณ์ฟลูอิดไดซ์เซชั่นและฟลูอิดไดซ์เซชั่นที่เกิดขึ้นเป็นแบบสองสถานะ จากผลการทดลองเม็ดพริกไทยมวล 0.5 กิโลกรัมที่ความชื้นเริ่มต้น 80% (มาตรฐานเปียก) อุณหภูมิอากาศ 80°C พบว่าความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เซชั่นจะมีค่าประมาณ 1.03 เมตรต่อวินาที

5.2 อิทธิพลของความเร็วลมในการอบแห้งโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นที่มีแผ่นกระจายลมแบบธรรมดา

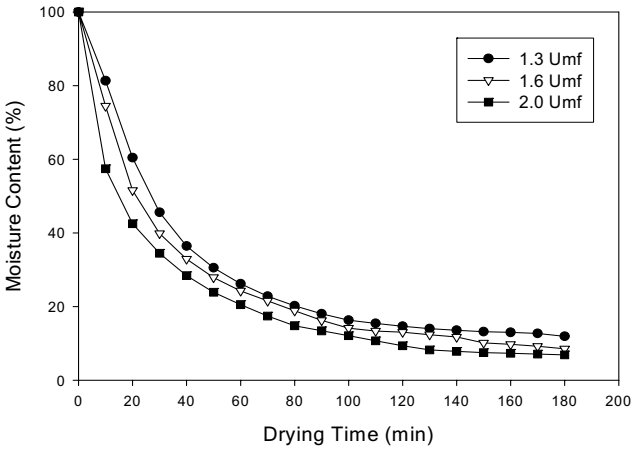
ในรูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบแห้งกับความชื้น ที่ความเร็วลม 1.3U_{mf} 1.6U_{mf} และ2U_{mf} ตามลำดับ ของการอบแห้งโดยเทคนิคฟลูอิดไดเซชั่นซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลการทดลองแล้วจะเห็นได้ว่าความเร็วลมไม่มีอิทธิพลต่อการอบแห้ง



รูปที่ 4 แสดงอัตราการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นที่มีแผ่นกระจายลมแบบธรรมดา

5.3 อิทธิพลของความเร็วลมในการอบแห้งโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นที่มีแผ่นกระจายแบบเกลียว

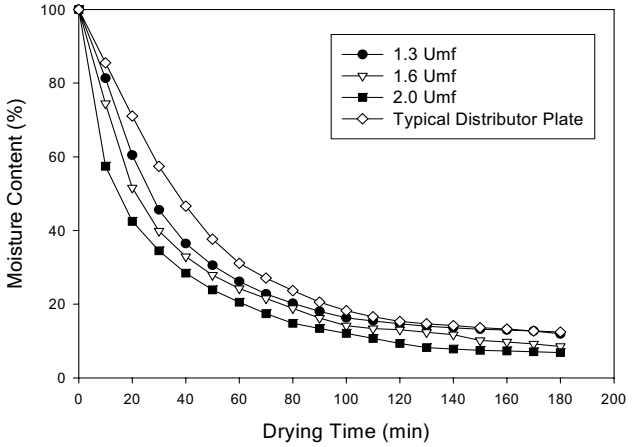
ในรูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบแห้งกับความชื้นที่ความเร็วลม 1.3U_{mf} 1.6U_{mf} และ 2U_{mf} ตามลำดับของการอบแห้งที่มีแผ่นกระจายลมแบบเกลียว เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองแล้วจะเห็นได้ว่าความเร็วลมมีอิทธิพลต่อความชื้น ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการอบแห้งที่ความเร็วลมสูงจะให้อัตราการอบแห้งดีกว่าที่ความเร็วลมต่ำ



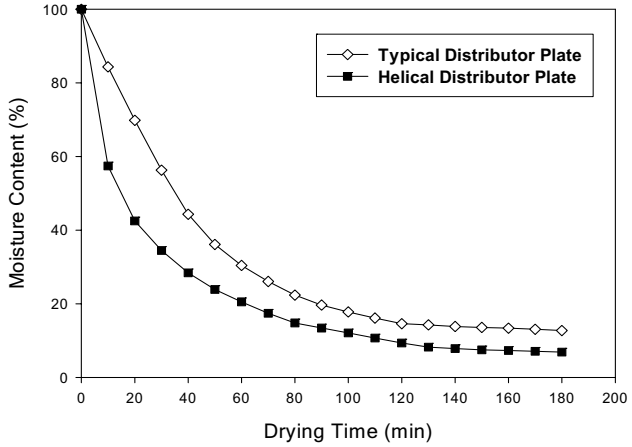
รูปที่ 5 แสดงอัตราการอบแห้งแบบเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นที่มีแผ่นกระจายแบบเกลียว

5.4 อิทธิพลของความเร็วลมในการอบแห้งที่มีแผ่นกระจายลมแบบธรรมดา กับแบบที่มีแผ่นกระจายลมแบบเกลียว

ในรูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบแห้งกับความชื้น ของการอบแห้งโดยเทคนิคฟลูอิดไดเซชั่นแบบแผ่นกระจายลมแบบธรรมดาเปรียบเทียบกับแบบที่มีแผ่นกระจายแบบเกลียวที่ความเร็วลม 1.3U_{mf} 1.6U_{mf} และ2U_{mf} ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ความเร็วลม 2U_{mf} ของแผ่นกระจายแบบเกลียว สามารถลดความชื้นได้อย่างมากเมื่อเทียบกับแบบแผ่นกระจายลมแบบธรรมดา



รูปที่ 6 เปรียบเทียบเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นที่มีแผ่นกระจายลมแบบเกลียวกับแบบที่มีแผ่นกระจายลมแบบธรรมดา



รูปที่7 เปรียบเทียบอิทธิพลของการอบแห้งแบบเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชั่นที่มีแผ่นกระจายลมแบบธรรมดากับแบบที่มีแผ่นกระจายแบบเกลียว ที่ความเร็วลม 2U_{mf}

6. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ผ่านมาพบว่า เมื่อมีการใส่แผ่นกระจายแบบเกลียวเข้าไปในหอทดลองปริมาณความชื้นของเมล็ดพริกไทยจะลดลงเร็วกว่าในกรณีที่ใช้แผ่นกระจายลมแบบธรรมดา ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นกระจายแบบเกลียว จะทำให้เกิดการสั่นและการไหลอย่างปั่นป่วนของลมร้อน อีกทั้งยังช่วยให้การกระจายตัวกันของเมล็ดพริกไทยทั่วหอมากขึ้นทำให้การอบแห้งเมล็ดพริกไทยเร็วขึ้น และจากผลการทดลองที่ความเร็วลม 2.0U_{mf} ซึ่งแสดงดังรูปที่ 7 แบบแผ่นกระจายแบบเกลียวการอบแห้งจะเร็วที่สุดสามารถอบแห้งได้เร็วกว่าเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดแบบใช้แผ่นกระจายลมแบบธรรมดาได้ถึง 30%

เอกสารอ้างอิง

[1] สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ " ฟลูอิดไดเซชั่น " สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , พ.ศ.2528. หน้า 3 - 84

[2] วรเมธ ทัดทอง, " การศึกษาเชิงทดลองการอบแห้งเมล็ดกาแฟด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, พ.ศ.2546.

[3] การุณ เลาะมาน, " การศึกษาการอบแห้งเทคนิคลมหมุนควงแบบมีแผ่นขวาง " วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง,พ.ศ.2547

[4] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, การอบแห้งเมล็ดพืชอาหาร,พิมพ์ครั้งที่5, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,พ.ศ.2535, หน้า 50-67.

[5] อรุณี ผุดผ่อง, การศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบการอบแห้งเมล็ดข้าวโพด, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,พ.ศ.2531, หน้า 1-38.

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

[7] S. Syahrul[a] ,F. Hamdullahpur[b] ,I.Dincer[c],2002,Thermal analysis in fluidized bed drying of moist particles." Applied Thermal Engineering. 1763-1775.