

คุณลักษณะเครื่องอบแห้งรูปกรวยแบบหมุนควง

Characteristics of a Vortexing Conical Dryer

¹อิทธิพล แก่งสันเทียะ, ภูรินทร์ อัครกุลธร ², พงษ์เจต พรหมวงศ์ ^{3*}

^{1, 3} ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนน ฉลองกรุง เขต ลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520

² ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

* E-mail: Kppongie@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งเมล็ดข้าวโพดชนิดฟลูอิดไดซ์เบดโดยใช้เทคนิคลมหมุนควงมาใช้ในการอบ โดยหอตกลงที่ใช้ในการทดลองเป็นอะคริลิกใส ซึ่งภายในหอตกลงจะมีกรวยที่ทำด้วยสังกะสีทำมุม 0, 60, 75 และ 90 องศา กับขอบเทอร์โบ ในการทดลองแต่ละครั้งใช้เมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 81% (430% มาตรฐานแห้ง) มวล 300 กรัม ใช้ความเร็วลมในหอตกลง 0.5, 1.0, 1.5 m/s อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าหอตกลง 80 และ 100 °C ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกประมาณ 65 - 67% ใช้เวลาในการทดลอง 2 ชั่วโมง โดยทำการบันทึกผลทุกๆ 10 นาที และทำการเปรียบเทียบผลจากการทดลอง

จากการทดลองพบว่า การอบแห้งด้วยเทคนิคลมหมุนควง ความเร็วลมมีอิทธิพลต่อการลดความชื้นของเมล็ดข้าวโพด ในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (Constant-rate Drying Period) และการเพิ่มกรวยไปในหอตกลงมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งดีขึ้น ในการทดลองที่กรวยทำมุม 0, 60, 75 และ 90 องศา กับขอบเทอร์โบ พบว่ากรวยที่ทำมุม 60 องศา ให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งที่ดีที่สุด และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกรวยที่อบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์แบบธรรมดาสามารถลดเวลาในการอบแห้งได้ประมาณ 33%

Abstract

This paper presents the comparative study of drying corn kernels using fluidization and vortex flow techniques. The experiment has been carried out in a drying chamber having the variation of inside wall angle of 0, 60, 75 and 90 degree. Each experimental run the wet corn with initial moisture around 81 % (430% dry basis) of 300 g was put into the chamber. Then, hot air at 80 and 100 °C was flowed through the chamber with different velocity of 0.5, 1.0 and 1.5 m/s for each case. The relative humidity of the ambient was around 65 - 67 %. The drying duration of each case was set to 2 hours. In every 10 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 with variation of inside wall angle (60 degree) performs better and can reduce drying time to be about 33%.

1. บทนำ

ในอุตสาหกรรมอาหารนั้น มีผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่จำเป็น ต้องผ่านกระบวนการอบแห้งในกรณีที่ต้องการอบแห้งวัสดุในปริมาณมาก การอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดเป็นวิธีการอบแห้งวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากข้อดีของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดสามารถควบคุมการทำงานได้โดยอัตโนมัติเพื่อลดปริมาณความชื้นออกจากวัสดุ และป้องกันการจับตัวกันของผลิตภัณฑ์ระหว่างการปฏิบัติการ ในขั้นตอนต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นเครื่องแยกวัสดุด้วยซึ่งการอบแห้งวัสดุ และการแยกวัสดุจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน นอกจากนี้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดยังมีข้อดีข้ออื่นๆ อีกเช่น มีอัตราการอบแห้งสูง มีขนาดเครื่องอบแห้งไม่ใหญ่มาก สามารถเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อนให้สูงขึ้นได้และบำรุงรักษาได้ง่าย เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปรากฏการณ์และการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดแบบธรรมดาและแบบอากาศหมุนควง โดยอาศัยหลักการพื้นฐานในการอบแห้ง ทฤษฎีการเกิดฟลูอิดไดซ์เบด ตลอดจนการถ่ายเทความร้อนระหว่างเมล็ดวัสดุกับกระแสลมร้อน

2. ความชื้นในวัสดุ

ความชื้นเป็นตัวบอกระดับของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุแห้งหรือแห้งความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ความชื้นมาตรฐานเปียก, M_w

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

ความชื้นมาตรฐานเปียกนิยมใช้ในการค้า โดยทั่วไปจะอ้างในรูปของเปอร์เซ็นต์ $100M_w$

2. ความชื้นมาตรฐานแห้ง, M_d

$$M_d = \frac{w-d}{d} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ w คือ มวลของวัสดุ, kg

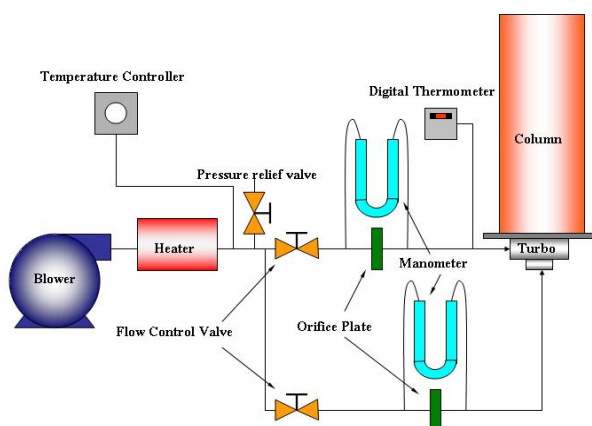
d คือ มวลของวัสดุแห้ง (ไม่มีความชื้น), kg

ความชื้นมาตรฐานแห้งนี้เป็นที่นิยมใช้กันในการวิเคราะห์ของกระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เพราะช่วยให้การคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง ซึ่งผลผลิตทางเกษตรเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการหายใจ ดังนั้นจึงมีการเผาผลาญสารอาหารทำให้มวลแห้งลดลงส่วนใหญ่แล้วมวลแห้งจะลดลงเล็กน้อย

3. อุปกรณ์การทดลอง

3.1 อุปกรณ์เครื่องอบแห้งเทคนิคลมหมุนควง

อุปกรณ์เครื่องอบแห้งเทคนิคลมหมุนควง ได้ถูกแสดงในรูปที่ 1. เริ่มจาก Blower ทำหน้าที่จ่ายอัตราการไหลของอากาศ โดยที่อัตราการไหลของอากาศถูกวัดด้วยออร์ฟิสมิเตอร์ อากาศในเครื่องอบแห้งจะถูกทำให้ร้อนขึ้นด้วยขดลวดความร้อน โดยควบคุมอุณหภูมิด้วยชุดอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ในการทดลองแต่ละครั้งใช้อุณหภูมิของอากาศที่ $80 - 100^\circ C$ และจะทำการวัดอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าหอตกลงด้วยดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ โดยอากาศจะผ่านเทอร์โบก่อนเข้าหอตกลงเพื่อให้การไหลเป็นแบบหมุนควงเกิดขึ้นภายในหอตกลง ในการทดลองเมล็ดข้าวโพดจะถูกวัดความชื้นที่ลดลงจากค่าน้ำหนักเมล็ดข้าวโพดที่เปลี่ยนไปซึ่งจะทำการวัดทุกๆ 10 นาทีโดยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล โดยใช้เวลาในการอบแห้งครั้งละ 2 ชั่วโมง

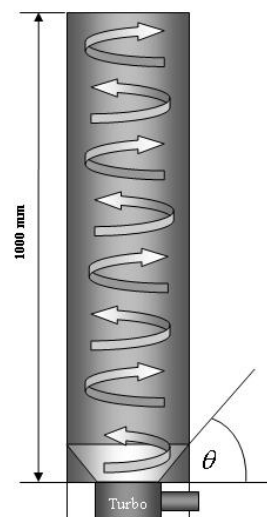


รูปที่ 1. แสดงอุปกรณ์การทดลอง

3.2 หอตกลงของเครื่องอบแห้งชนิดฟลูอิดไดซ์เบดแบบใช้

เทคนิคลมหมุนควง

หอตกลงที่ใช้เครื่องอบแห้งเทคนิคลมหมุนควง มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.17 เมตร และความสูง 1 เมตร โดยติดตั้งเทอร์โบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.5 เซนติเมตร อยู่ทางด้านล่างของหอตกลง และทำการติดตั้งกรวยลักษณะ ดังรูปที่ 2.



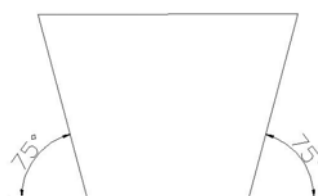
รูปที่ 2. ลักษณะของหอตกลง

3.3 การออกแบบกรวย

กรวยที่จัดทำขึ้นเราเลือกใช้กรวยที่เอียงทำมุม 60 และ 75 องศา ดังรูปที่ 3. ใช้ในการทดลองโดยติดตั้งเข้ากับหอตกลงดังรูปที่ 2.



Side View



Side View

รูปที่ 3. แสดงลักษณะของกรวย

4. ขั้นตอนการทดลอง

4.1 การอบแห้งเมล็ดข้าวโพดสดโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชัน

1. ปรับความเร็วลมเฉลี่ยในหอตทดลองให้ได้เท่ากับ 1.5 เมตรต่อวินาทีที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส
2. ใส่เมล็ดข้าวโพดสด ชั่งน้ำหนัก 300 กรัม ลงในหอตทดลอง และสังเกตผลการทดลอง
3. นำเมล็ดข้าวโพดออกมาชั่งน้ำหนักของน้ำที่หายไปทุกๆ 10 นาทีและบันทึกผลการทดลอง
4. ทำการทดลองจนกระทั่งมวลของเมล็ดข้าวโพดไม่เปลี่ยนแปลงประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนอุณหภูมิของอากาศร้อนเป็น 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วดำเนินการทดลองซ้ำตามขั้นตอน 1 – 4 ใหม่ตามลำดับ

4.2 การอบแห้งเมล็ดข้าวโพดสดโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชันแบบใช้ลมหมุนควง

1. เปลี่ยนหอตทดลอง โดยติดตั้งเทอร์โบไว้ทางด้านล่าง ของหอตทดลอง โดยเริ่มการทดลองที่ผิวกรวยที่ 0 องศา
2. ปรับความเร็วลมเฉลี่ยในหอตทดลองให้ได้เท่ากับ 0.5 เมตรต่อวินาทีที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส
3. ใส่เมล็ดข้าวโพดสด ชั่งน้ำหนัก 300 กรัมด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลที่มีค่าความละเอียด 0.01 กรัม ลงในหอตทดลอง และสังเกตผลการทดลอง
4. นำเมล็ดข้าวโพดออกมาชั่งน้ำหนักของน้ำที่หายไปทุกๆ 10 นาทีและบันทึกผลการทดลอง
5. ทำการทดลองจนกระทั่งมวลของเมล็ดข้าวโพดไม่เปลี่ยนแปลงประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนอุณหภูมิของอากาศร้อนเป็น 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วดำเนินการทดลองซ้ำตามขั้นตอน 2 - 5 ใหม่ตามลำดับ
6. เปลี่ยนมุมของกรวยเป็น 60 องศา แล้วดำเนินการทดลองซ้ำตามขั้นตอน 2 - 5 ใหม่ตามลำดับ แล้วเปลี่ยนมุมของกรวยเป็น 75 องศา แล้วดำเนินการทดลองซ้ำตามขั้นตอน 2 - 6 ใหม่ตามลำดับ
7. ทดลองมุม 90 องศา โดยการเปลี่ยนขนาดของเทอร์โบ ให้มีขนาดความกว้างเท่ากับหอตทดลอง แล้วดำเนินการทดลองซ้ำตามขั้นตอน 2 - 6 ใหม่ตามลำดับ

5. ผลการทดลอง

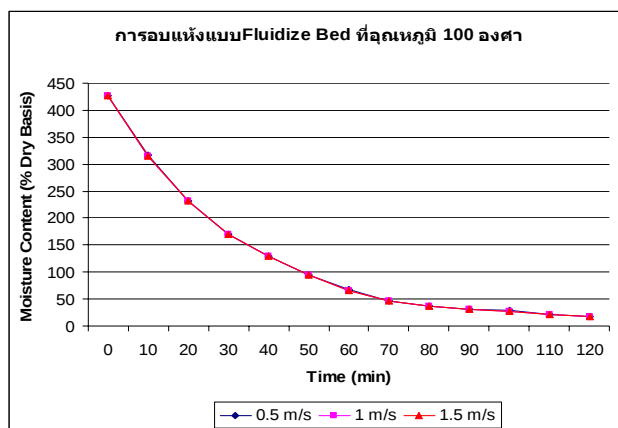
5.1 ผลของการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด

ในรูปที่ 4. แสดงการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดที่ความเร็วลม 0.5, 1.0 และ 1.5 m/s อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าความเร็วลมไม่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชัน

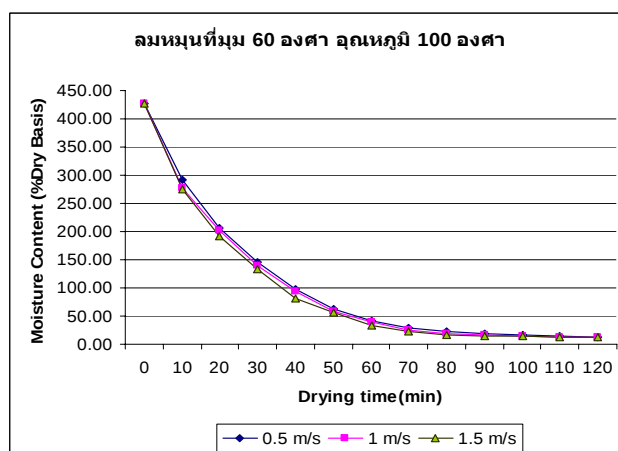
5.2 ผลของการอบแห้งโดยใช้เทคนิคลมหมุนควง

5.2.1 ผลของการอบแห้งโดยการเปลี่ยนความเร็วลมที่อุณหภูมิและมุมของหอตทดลองเดียวกัน

ในรูปที่ 5. แสดงผลของการอบแห้งโดยใช้เทคนิคลมหมุนควงที่ความเร็วลม 0.5, 1.0 และ 1.5 m/s อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มุมของหอตทดลอง 60 องศา



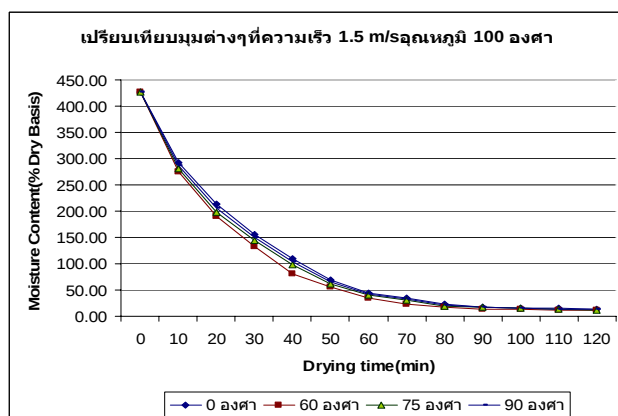
รูปที่ 4. แสดงผลการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชัน



รูปที่ 5. ผลของการอบแห้งโดยใช้เทคนิคลมหมุนควง

จากรูปที่ 5. เมื่อทำการอบแห้งโดยใช้เทคนิคลมหมุนควง เห็นได้ว่าความเร็วลมมีอิทธิพลต่อการอบแห้ง ที่ความเร็วลมสูงจะให้อัตราการอบแห้งดีกว่าที่ความเร็วลมต่ำ

5.2.2 ผลของการอบแห้งโดยการเปลี่ยนมุมของหอตทดลองที่อุณหภูมิและความเร็วลมเดียวกัน



รูปที่ 6. ผลของการอบแห้งโดยใช้เทคนิคลมหมุนควง

ในรูปที่ 6. แสดงผลของการอบแห้งโดยใช้เทคนิคลมหมุนควงที่มุมของหอตดลอง 0,60,75 และ 90 องศาที่ความเร็วลม 1.5 m/s อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าเมื่อทำการอบแห้งโดยใช้เทคนิคลมหมุนควง เห็นได้ว่าเมื่อเปลี่ยนมุมของหอตดลองแล้วมุมที่ให้ผลของการอบแห้งที่ดีที่สุด คือ มุม 60 องศา

6. สรุปผลการทดลอง

6.1 การอบแห้งด้วยเทคนิคลมหมุนควง

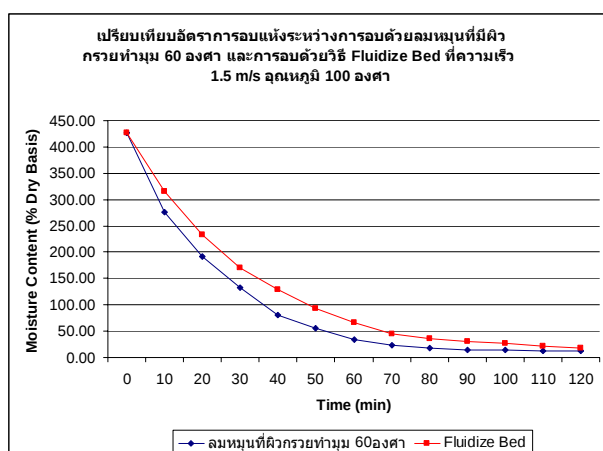
จากการทดลองเพื่อศึกษาการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชันและเทคนิคลมหมุนควงที่ความชื้นเริ่มต้น 81% มาตรฐานเปียก อุณหภูมิอากาศ 80 และ 100 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ 65-67% มวลข้าวโพดที่ใช้ในการอบแห้ง 300 กรัมสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

6.1.1 การอบแห้งเมล็ดข้าวโพดที่ใช้เทคนิคฟลูอิดไดเซชัน ความเร็วลมในหอตดลองไม่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้งที่อุณหภูมิเดียวกัน

6.1.2 การอบแห้งเมล็ดข้าวโพดที่ใช้เทคนิคเทคนิคลมหมุนควงที่อุณหภูมิเดียวกันความเร็วลมในหอตดลองมีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง คือเมื่อเพิ่มความเร็วลมในหอตดลองจะมีผลทำให้อัตราการอบแห้งดีขึ้น

6.1.3 การเปลี่ยนมุมของหอตดลองมีผลต่ออัตราการอบแห้ง โดยจากการทดลองที่มุมของหอตดลอง 0, 60, 75 และ 90 องศา พบว่าที่อุณหภูมิและความเร็วในหอตดลองเดียวกันมุมของหอตดลองที่ 60 องศา จะให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งดีที่สุดตามด้วยมุม 75, 90 และ 0 องศา ตามลำดับ

6.1.4 เมื่อนำผลที่ได้จากการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดที่ใช้เทคนิคลมหมุนควง ที่มุมของหอตดลอง 60 องศา ซึ่งเป็นมุมที่ให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งดีที่สุดมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดที่ใช้เทคนิคฟลูอิดไดเซชันในสภาวะที่อุณหภูมิเดียวกัน ดังรูปที่ 7. จะพบว่า การอบแห้งเมล็ดข้าวโพดที่ใช้เทคนิคเทคนิคลมหมุนควงที่มุมของหอตดลอง 60 องศา จะให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งดีกว่าโดยสามารถลดเวลาในการอบแห้งได้ประมาณ 33%



รูปที่ 7. เปรียบเทียบอัตราการอบแห้งระหว่างการอบด้วยลมหมุนที่มีผิวกรวยทำมุม 60 กับหอตดลองที่ใช้เทคนิคฟลูอิดไดเซชันในการอบแห้ง ที่ความเร็วลมหมุน 1.5 m/s อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เอกสารอ้างอิง

- [1] Daizo Kunii, Octave Levenspiel., 1991, "Fluidization Engineering", 2nd ed., Butterberth-Heinemann., USA
- [2] Couto, H.S. ;Ferreira, M.A.: "Investigation of Food Grain Drying with Pulsating Air Flow", Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004.
- [3] S. Mondal, A.Datta, A.Sarka, "Influence of side wall expansion angle and swirl generator on flow pattern in a model combustor", Jadavpur University, 2003,
- [4] สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ, "ฟลูอิดไดเซชัน", สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ปี พ.ศ.2528.
- [5] วรเมธ ทัดทอง, "การศึกษาเชิงทดลองการอบแห้งเมล็ดกาแฟด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชัน" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปี พ.ศ. 2546.
- [6] การุณ เลาะมาน, มณฑา เทียมเมือง, ภูรินทร์ อัครกุลธร, พงษ์เจต พรหมวงศ์, "การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งระหว่างเทคนิคฟลูอิดไดเซชันและเทคนิคลมหมุนควง", ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปี พ.ศ. 2547.