SWU Engineering Journal (2016) 11(1), 61-69
วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม – มิถุนายน พ.ศ. 2559

ผลกระทบของขนาดรูเปิดของแผ่นกระจายอากาศและความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่อคุณลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟล

INFLUENCES OF HOLD SIZE OF AIR DISTRIBUTOR AND HIGHT OF PADDY BED TO WORKING CHARACTERISTICS OF MUST FLOW DRYER

ณัฐพล มณีโชติ* มณฑล ชูโชนาค มุสตาฟา ยะภา ประชา บุณยวานิชกุล
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
63 หมู่ที่ 7 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลองครักษ์ อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120
*Corresponding author: E-mail: maneechot_3128@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของขนาดรูเปิดของแผ่นกระจายอากาศและชั้นความหนาของข้าวเปลือกที่มีผลต่อความดันตกคร่อมในห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟล โดยทดสอบในห้องอบแห้งที่มีขนาดกว้าง 20cm x ยาว 95cm x สูง 30 cm โดยมีแผ่นกระจายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิด 1.1 mm, 1.5 mm, 2.0 mm และแผ่นตาข่ายสแตนเลส ที่ระดับความหนาของเบดข้าวเปลือก 1 – 5 cm.และใช้อัตราการไหลของอากาศร้อนตั้งแต่ 0.05 - 0.30 m^3/sผลจากการทดลองพบว่าแผ่นกระจายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิด 1.5 mm.มีค่าความดันตกคร่อมต่ำกว่าแผ่นกระจายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิด2.0 mm, 1.1 mm และแผ่นตาข่ายสแตนเลสตามลำดับ สำหรับความดันตกคร่อมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศและความหนาของชั้นข้าวเปลือกนอกจากนี้ยังพบว่าที่ความหนาของชั้นข้าวเปลือก 1cm ความดันตกคร่อมจะมีค่าต่ำที่สุด

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งมัสท์โฟล ความดันตกคร่อม ความหนาของชั้นข้าวเปลือก แผ่นกระจายอากาศ

ABSTRACT

This research aims to study the influence of the holes size of air distributor plate and height of paddy bed that affects the pressure drop in Must Flow dryer. Experiments are conducted using test dryer chamber of 20 cm Width x 95 cm Length x 30 cm Height with the holes size of the air distributor plate varied from1.1mm, 1.5mm, 2.0mm and stainless steel mesh with different height of paddy bed varied from 1 to 5 cm. The air flow rate during experiments varied from 0.05 to0.30m^3/s. Experimental results show that the air distributor plate holes size 1.5mm. has lower pressure drop than the holes size of the air distributor plate of2.0mm, 1.1mm and stainless steel mesh respectively. The pressure drop increased with the air flow rate and the height of paddy bed. It also found that the lowest pressure drop found of the height of paddy bed of 1cm.

Keyword: Must Flow Dryer, Differential pressure, Height of paddy bed, Air distributor plate

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ประกอบอาชีพทางด้านเกษตรกรรม ผลผลิตทางการเกษตรหลัก ๆ คือข้าว ข้าวโพด ฯลฯโดยเฉพาะข้าวที่สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีถ้าพื้นที่นั้นมีระบบชลประทานที่เพียงพอ ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยมีการทำนาเพื่อผลิตข้าวเปลือก

อยู่ 2 ช่วง คือการทำนาปีและนาปรัง ซึ่งมีผลผลิตข้าวเปลือกโดยประมาณ 36.6 ล้านตันต่อปี ผลผลิตที่ได้นอกจากจะใช้เพื่อการบริโภคภายในประเทศแล้วยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ สามารถทำรายได้เข้าประเทศแต่ละปีเป็นจำนวนมาก เนื่องจากการบริโภคข้าวมีตลอดทั้งปี แต่การผลิตสามารถทำได้เฉพาะฤดูกาล ดังนั้นจึงต้องมีวิธีการจัดเก็บที่ดีและเหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพให้คงเดิมความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือกเป็นตัวแปรสำคัญและมีผลอย่างมากต่อคุณภาพในการเก็บรักษา หากความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกสูงเกินไป จะทำให้เมล็ดของข้าวเปลือกเน่าเสียได้ แต่ถ้าความชื้นต่ำเกินไปอาจจะทำให้สูญเสียน้ำหนักในเชิงพาณิชย์ และยังทำให้เมล็ดของข้าวเปลือกเสื่อมคุณค่าทางอาหาร รวมทั้งเกิดการแตกหักระหว่างขนถ่ายได้ ดังนั้นในการเก็บรักษาเมล็ดข้าวเปลือกจึงต้องควบคุมความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม โดยประมาณ 14 – 15 %wb

โดยปกติความชื้นของข้าวเปลือกขณะเก็บเกี่ยวจะอยู่ในช่วง 22-30 %wb โดยความชื้นของข้าวเปลือกในช่วงนี้ทำให้คุณภาพของข้าวเปลือกอยู่ในเกณฑ์ดี ในอดีตเกษตรกรต้องนำข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวได้จากท้องนานำมาตากแดดเพื่อลดความชื้นก่อนนำไปเก็บรักษา ซึ่งมักจะประสบกับปัญหาต่าง ๆ เช่น สภาพดิน ฟ้า อากาศ และมีสัตว์มารบกวน พื้นที่ตากแห้งไม่เพียงพอทำให้ข้าวเปลือกเกิดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณ และคุณภาพ เนื่องจากการตากแห้งข้าวเปลือกในลานตากนั้นต้องใช้เวลานานในการลดความชื้น

ปัจจุบันเกษตรกรได้นำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้เพื่อพัฒนางานด้านการเกษตรมากขึ้น ทำให้งานทางด้านการเกษตรมีความสะดวกรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นเมื่อมีการพัฒนากระบวนการผลิตและเก็บเกี่ยวจนสามารถผลิตได้ในปริมาณมากและมีประสิทธิภาพสูง จึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนกระบวนการเก็บรักษาที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงด้วยเช่นกัน ทำให้ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งข้าวเปลือกเพื่อรักษาคุณภาพของข้าวเปลือก ทำให้ได้เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกรูปแบบต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพและสามารถทำงานได้โดยไม่ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ใช้พื้นที่ทำงานน้อยและอัตราลดความชื้นดีกว่าแบบตากลาน

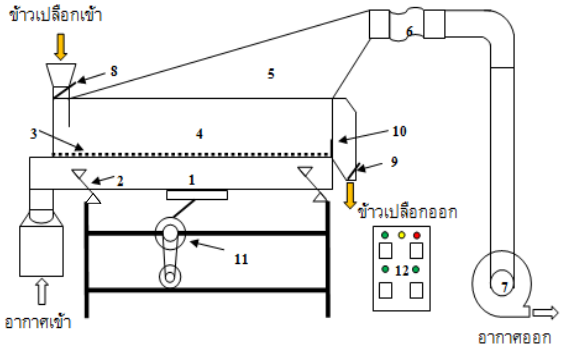
การศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการลดปริมาณลดความชื้นของข้าวเปลือกที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นสูง ที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาและออกแบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบเคลื่อนที่ในแนวราบโดยใช้ลมร้อนในการอบแห้ง โดยได้ศึกษาทั้งเชิงทฤษฎีและทดลองเพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการลดปริมาณความชื้นแบบข้าวเปลือกเคลื่อนที่ในแนวราบที่เรียกว่าเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้งานจริงในเชิงอุตสาหกรรม พร้อมทั้งมีการเปรียบเทียบกับวิธีการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบอื่นๆ เพื่อหาความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน ซึ่งผลการวิจัยต่างๆ มีดังต่อไปนี้ ในปี พ.ศ.2534 สมเกียรติ ปรัชญาวารากร [1]ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการอบแห้งข้าวเปลือกที่ช่วงความชื้นสูงและอุณหภูมิสูงโดยเทคนิคฟลูอิดไดเซชัน โดยพิจารณาตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อัตราการอบแห้งและการสิ้นเปลืองพลังงาน จากนั้นจึงใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์หาสภาพที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวเปลือก โดยใช้ห้องอบแห้งที่มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm สูง 140 cm และแผ่นกระจายอากาศที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิด 2 mm จากการทดลองพบว่าในระยะที่ชั้นข้าวเปลือกอยู่นิ่งเมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศมีผลทำให้ความดันตกคร่อมในชั้นข้าวเปลือกสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศจนถึงค่า ๆ หนึ่ง พบว่าเมล็ดข้าวเปลือกเริ่มขยับตัวและแยกออกจากกัน ที่จุดนี้เรียกว่า ความเร็วต่ำสุดที่เกิดฟลูอิดไดเซชันและยังพบอีกว่าหลังจากเกิดฟลูอิดไดเซชันแล้ว เมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศ ความดันตกคร่อมของชั้นข้าวเปลือกยังคงที่ เนื่องจากความพรุนในชั้นข้าวเปลือกมีมากขึ้นมีผลทำให้การไหลของอากาศที่ผ่านชั้นข้าวเปลือกไหลได้สะดวกจึงทำให้ความดันตกคร่อมในชั้นข้าวเปลือกคงที่ และที่ความหนาของชั้นข้าวเปลือกเริ่มต้น 15 cm ความเร็วต่ำสุดที่เกิดฟลูอิด

ไดเซชันประมาณ 1.38m/s ความดันตกคร่อมในชั้นข้าวเปลือก 860Pa และความเร็วสูงสุดที่ไม่ทำให้ข้าวเปลือกลอยออกจากห้องอบแห้ง ประมาณ 4.9m/s ในปี พ.ศ.2536 อรอนงค์ ศรีพวาทกุล[2] ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวเปลือกที่ช่วงความชื้นที่สูงของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชันอย่างต่อเนื่อง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ควบคู่ไปกับผลการทดลองซึ่งพิจารณาที่อัตราการผลิตสูง ความสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ โดยใช้ห้องอบแห้งที่มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า และแผ่นกระจายอากาศที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิด 2 mm จากผลการทดลองพบว่าที่ความหนาของชั้นข้าวเปลือก 13cm ความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดไดเซชัน 1.7m/s ค่าความดันตกคร่อมในชั้นข้าวเปลือก 722Pa ความเร็วสูงสุดที่ไม่ทำให้ข้าวเปลือกลอยออกจากห้องอบแห้ง ประมาณ 5.54m/s ในปี พ.ศ.2537 มุสตาฟา ยะภา [3] ได้ศึกษาการออกแบบและทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกที่ช่วงความชื้นสูงโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดอย่างต่อเนื่องชนิดอากาศไหลขวาง เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกที่ออกแบบและสร้างนี้ มีกำลังผลิต 1ton/hr โดยใช้ห้องอบแห้งที่มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีพื้นที่หน้าตัด 30x170 cm และแผ่นกระจายอากาศที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิด 2 mm จากผลการทดลองพบว่าที่ความหนาของชั้นข้าวเปลือก 10cm ความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดไดเซชัน 1.53m/s ค่าความดันตกคร่อมในชั้นข้าวเปลือก 582.3Pa ความเร็วของอากาศร้อนที่เหมาะสมในห้องอบแห้ง ประมาณ 1.9m/s ในปี พ.ศ. 2556 ณัฐพล มณีโชติและคณะ[4] ได้ศึกษาอิทธิพลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่อความดันและความเร็วของกระแสอากาศในเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟลโดยใช้แผ่นกระจายอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเปิด 2 mm ใช้พัดลมดูดอากาศที่มีกำลังขับ 2 hp เพื่อดูดอากาศผ่านชั้นข้าวเปลือกที่มีความหนาตั้งแต่ 1-10 เซนติเมตร จากการทดสอบพบว่าเมื่อความหนาของชั้นข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นทำให้ผลต่างของความดันระหว่างภายในห้องอบแห้งและห้องผสมอากาศจะมีค่าสูงขึ้น โดยที่ความดันภายในห้องอบแห้งจะมีค่าลดต่ำลงเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นข้าวเปลือก แต่ความดันภายในห้องผสมอากาศจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ และความเร็วภายในห้องอบแห้งจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นข้าวเปลือก แต่ความเร็วภายในห้องผสมอากาศจะมีค่าลดต่ำลง ในปีเดียวกันพิรสิทธิ์ ทวยนาคและคณะ[5] ได้ศึกษาผลกระทบของอัตราการไหลและอุณหภูมิของอากาศร้อนต่อการลดความชื้นข้าวเปลือก(กรณีศึกษาของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสท์โฟล)โดยทดสอบการอบแห้งข้าวเปลือกซึ่งมีระดับความชื้นเริ่มต้นที่ 21-23 %wb. โดยใช้อัตราการไหลของอากาศตั้งแต่ 0.04, 0.05, 0.06 และ 0.07 m^3/s และระดับอุณหภูมิของอากาศตั้งแต่ 80, 90 และ 100°C จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่ระดับอัตราการไหลของอากาศร้อน 0.05m^3/s สามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้งได้สูงกว่าที่ระดับอัตราการไหลของอากาศร้อน 0.04, 0.06 และ 0.07 m^3/s และที่ระดับอุณหภูมิการอบแห้ง 100°C สามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้งได้สูงกว่าที่ระดับอุณหภูมิ 90°Cและ 80°Cในปี พ.ศ. 2557พงศกร สุวโทและคณะ[6] ได้ศึกษาอิทธิพลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวเปลือกในเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟล โดยทดสอบในห้องอบที่มีขนาด กว้าง 20cm x ยาว 95cm x สูง 30 cm ความถี่ในการยกห้องอบแห้ง 140rpm ระยะยกของห้องอบแห้งในช่วง 4 – 6cm และความหนาของชั้นข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลองมีอยู่ 5 ระดับคือ 1234 และ5cm โดยใช้อัตราการไหลของลมตั้งแต่ 0 – 0.3 m^3/sจากการทดลองพบว่าที่ความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่างๆ เมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นค่าความพรุนในห้องอบแห้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และความหนาแน่นปรากฏในห้องอบแห้งมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องและในปีเดียวกันพิรสิทธิ์ ทวยนาคและคณะ[7] ได้ศึกษาพฤติกรรมการทำงานของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสท์โฟลโดยใช้ข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้น 22 %wb ใช้อุณหภูมิของอากาศร้อน 150 °C ในการอบแห้ง โดยมีการจัดวางตำแหน่งตัววัดอุณหภูมิทั้งหมด 15 ตำแหน่ง แบ่งการวัดออกเป็น 4 ส่วนด้วยกันคือ ตำแหน่งที่ 1 และ 2

เป็นส่วนของห้องผสมอากาศ ตำแหน่งที่ 3 - 6 เป็นส่วนของห้องควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ตำแหน่งที่ 7 - 10 เป็นส่วนของห้องอบแห้ง และตำแหน่งที่ 11 - 15 เป็นส่วนของห้องทางออกของอากาศร้อน จากผลการทดลองพบว่าการกระจายของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสท์โฟล ณ ตำแหน่งต่างๆ ของห้องอบแห้งระหว่างกรณีไม่มีข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้งและมีข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้งเมื่อทั้ง 2 กรณีอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ อยู่ในสภาวะคงที่จะสังเกตได้ว่าที่ตำแหน่งของตัววัดอุณหภูมิ 1 - 6 จะมีระดับอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน ส่วนตำแหน่งที่ 7 - 15 ระดับอุณหภูมิจะมีค่าต่างกัน โดยหลังจากที่เกิดการถ่ายเทความร้อนจากอากาศร้อนให้กับเมล็ดข้าวเปลือกทำให้ตำแหน่งที่ 7 - 15 จะมีอุณหภูมิต่างกันอยู่ที่ประมาณ 70 - 80 °C จึงส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในชั้นข้าวเปลือกและการลดลงของความชื้นภายในเมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 22 %wb ให้เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 16 %wb

เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมนั้น เป็นเครื่องอบแห้งชนิดที่ใช้ลมร้อนไหลผ่านวัสดุแบบบังคับ ซึ่งมีทั้งแบบเมล็ดพืชกับลมร้อนไหลตามกัน แบบเมล็ดพืชกับลมร้อนไหลสวนทางกัน และแบบเมล็ดพืชกับลมร้อนไหลตัดขวางกัน สำหรับงานวิจัยนี้มีความสนใจศึกษาเครื่องอบแห้งแบบเมล็ดพืชกับลมร้อนไหลตัดขวางกัน ซึ่งทำงานโดยเมล็ดพืชจะมีการเคลื่อนที่คล้ายของไหลผ่านกระแสลมร้อนในแนวขวางตลอดเวลาจึงทำให้ลมร้อนสัมผัสกับเมล็ดข้าวเปลือกได้อย่างทั่วถึงในขณะเกิดฟลูอิดไดเซชั่นในห้องอบแห้ง ซึ่งจากการทดลองอบแห้งพบว่าการใช้ลมร้อนผ่านชั้นความหนาของเมล็ดพืชที่อยู่บนแผ่นกระจายอากาศ จะต้องใช้ความเร็วของลมร้อนสูงจึงเกิดฟองก๊าซขึ้นในชั้นความหนาของเมล็ดพืชทำให้มีการแยกตัวของอนุภาคของแข็งเป็นชั้น ๆ ทำให้การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นไม่ทั่วถึง จึงเป็นที่มาของแนวคิดในการสร้างต้นแบบเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟลที่มีลักษณะข้าวเปลือกเคลื่อนที่แนวราบและลมร้อนไหลตัดขวางข้าวเปลือก โดยการทำงานของเครื่องอบแห้งจะมีพัดลมดูดอากาศร้อนอยู่ทางด้านบนของเครื่องและมีการขยับตัวขึ้นลงของห้องอบแห้งเป็นจังหวะทำให้ข้าวเปลือกเคลื่อนที่ไปในแนวราบ ซึ่งทำให้ค่าความชื้นของข้าวเปลือกที่ได้หลังการอบแห้งนั้นมีความสม่ำเสมอกว่าเครื่องอบแห้งแบบต่างๆโดยงานวิจัยนี้เน้นการศึกษาผลกระทบของขนาดรูเปิดของแผ่นกระจายอากาศและความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่อคุณลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟลที่ได้คิดค้นขึ้นมาใหม่นี้ เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟลให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

2. รูปแบบของเครื่องอบแห้ง



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องอบข้าวแบบมัสท์โฟล (Must Flow Dryer)

1. Hot Air Distributer	2.Spring Support
3. Distributer Plate	4. Drying Chamber
5. Cover Chamber	6.Flexible Tube
7. Blower Suction	8. Paddy Feed Port
9. Paddy Discharge Port	10. Weir
11. Crankshaft	12. Electrical Control Switch

หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสท์โฟล เริ่มจากพัดลมดูดอากาศจากห้องเผาไหม้ด้านล่างโดยมีการควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ทางออกของอากาศ จากนั้นอากาศจะไหล

ผ่านชั้นความหนาของข้าวเปลือกที่ตกลงมาจาก Hopper โดยอิสระในแนวดิ่งที่อยู่บนแผ่นกระจายอากาศ การขยับของห้องอบแห้งทำให้ข้าวเปลือกเกิดการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในแนวระนาบไปตามแผ่นกระจายอากาศ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเม็ดที่สม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่หน้าตัดของห้องอบแห้งพัดลมจะดูดอากาศไปจากห้องอบแห้ง เมล็ดข้าวเปลือกก็จะกระโดดข้ามแผ่นกั้น Weir และตกลงไปที่ทางออกของห้องอบแห้ง

ในการทดลองหาค่าความดันตกคร่อม เป็นการวัดความดันจากห้องผสมอากาศกับห้องอบแห้ง หรือจากด้านบนแผ่นกระจายอากาศกับด้านล่างแผ่นกระจายอากาศ และใช้เครื่องมือวัดแบบรูปตัวยู(U-tube)มานอมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดอ่านค่า โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 แบบ คือ ความดันตกคร่อมขณะเบดข้าวเปลือกอยู่นิ่งและเบดข้าวเปลือกเคลื่อนที่

1)ขั้นตอนการทดลอง(เบดนิ่ง)คือ นำข้าวเปลือกใส่ในห้องอบแห้งแล้วกระจายความหนาให้ได้ 1 cm. ตลอดความยาวของห้องอบแห้งเปิดพัดลมดูดอากาศ ที่อัตราการไหลของอากาศ 0.05 – 0.30 m^3/s เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.05 m^3/s บันทึกผลการทดลอง ทำการทดลองซ้ำทั้งหมดที่ความหนา 2 – 5 cm เพิ่มขึ้นครั้งละ 1 cm.

2)ขั้นตอนการทดลอง (เบดเคลื่อนที่) คือ เปิดมอเตอร์ของระบบยกห้องอบแห้งให้ทำงานตามความเร็วรอบที่จะทดลองเปิดพัดลมดูดอากาศ ที่อัตราการไหลของอากาศ 0.05 – 0.30 m^3/s เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.05 m^3/s ปล่อยข้าวเปลือกจาก(Hopper)สังเกตการกระจายความหนาให้ได้ 1 cm. ตลอดความยาวของห้องอบแห้ง บันทึกผลการทดลอง ทำการทดลองซ้ำทั้งหมดที่ความหนา 2 – 5 cm เพิ่มขึ้นครั้งละ 1 cm.

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ความชื้น

ปริมาณความชื้นของเมล็ดพืชประกอบไปด้วยปริมาณความชื้นภายนอกเมล็ดและปริมาณความชื้นภายในเมล็ด การหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาณความชื้นทำได้โดยการย่อยเมล็ดพืชให้มีขนาดเล็กลงและทำการลดปริมาณความชื้นเมล็ดด้วยความร้อนจนกระทั่งเมล็ดพืชแห้ง ปริมาณน้ำหนักที่หายไปก็คือค่าปริมาณความชื้นของเมล็ดพืชนั้น วิธีการลดปริมาณความชื้นด้วยความร้อนในเมล็ดพืชแต่ละชนิดจะมีวิธีการและมาตรฐานที่ต่างกัน เปอร์เซ็นต์ความชื้นมี 2 แบบคือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก(%wb) และเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง(%db)

$$M_w = \frac{w-d}{w}(100\%) = (\%wb) \qquad (1)$$

$$M_d = \frac{w-d}{d}(100\%) = (\%db) \qquad (2)$$

เมื่อ w = น้ำหนักเปียก, kg
d = น้ำหนักแห้ง, kg
M_w = ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก, %
M_d = ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง, %

3.2 ความดันลดสถิต(Static pressure drop)[8]

ในการออกแบบเครื่องอบแห้งเมล็ดพืชจะต้องทราบค่าของความดันลดเนื่องจากการไหลของอากาศผ่านเบดเมล็ดพืชที่แน่นอน เพื่อนำไปใช้เลือกขนาดพัดลมที่เหมาะสม มีนักวิจัยหลายคนพบว่าอัตราการไหลของอากาศ ลักษณะพื้นผิวและรูปทรงของเมล็ด ขนาดและรูปแบบของช่องว่าง ความชื้น ความไม่สม่ำเสมอของขนาดเมล็ด ความสูงของเบด รูปแบบของการบรรจุและจำนวนของวัสดุอื่นๆ จะส่งผลกระทบต่อความดันลดของการไหลผ่านเมล็ดพืชของอากาศ

ASAE พัฒนาสมการเพื่อหาค่าความดันลดสถิตของอากาศที่ไหลผ่านเบดของข้าวเปลือก ดังสมการที่ 3ค่าคงที่ในสมการสำหรับข้าวเปลือกและข้าวโพด

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{aQ^2}{\ln(1+bQ)} \qquad (3)$$

เมื่อ ΔP = ความดันลดสถิต (Pa)
L = ความสูงของเบด (m)

Q = อัตราการไหลของอากาศ (m^3/s)

a = ค่าคงที่ ($Pa\ s^2/m^3$)

b = ค่าคงที่ ($m^2\ s/m^3$)

3.3 ความดันลดในชั้นข้าวเปลือก

ในขณะที่เมล็ดข้าวเปลือกเริ่มลอยตัวเป็นอิสระนั้น เมล็ดข้าวเปลือกจะอยู่ในสภาวะสมดุลของแรง 2 แรง คือ แรงที่เกิดจากน้ำหนักของตัวเมล็ดข้าวเปลือกกับแรงพยุงจากข้าวเปลือกหรือเกิดจากแรงเสียดทานกับแรงต้านของของไหล สามารถเขียนเป็นสมการดังนี้

$$\Delta P = L(1-\varepsilon_1)(\rho_p - \rho_a)g \qquad (4)$$

เมื่อ ΔP = ความดันลด; Pa

L = ความหนาข้าวเปลือกขณะเคลื่อนที่; m

ε_1 = ความพรุนของข้าวเปลือกขณะเคลื่อนที่

ρ_p = ความหนาแน่นของข้าวเปลือก; kg/m^3

ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศ; kg/m^3

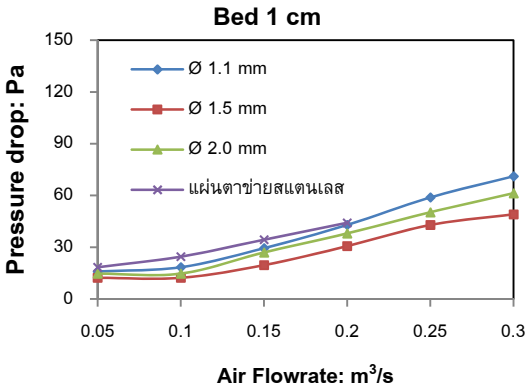
g = ความเร่งโน้มถ่วงของโลก; 9.81 m/s^2

4. วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง

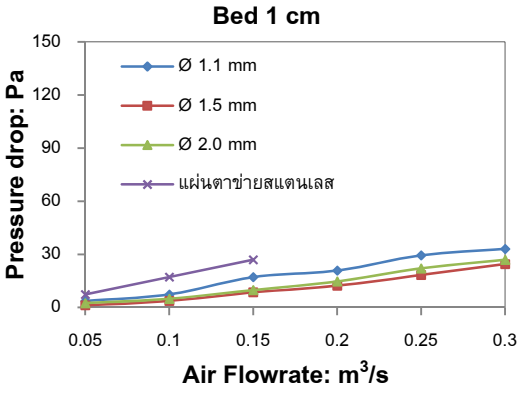
จากการทดลองหาความดันตกคร่อมด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสท์โฟลดังแสดงในรูปที่ 2จะเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากปริมาณลมที่ไหลผ่านแผ่นกระจายอากาศและชั้นความหนาของเบดข้าวเปลือก โดยอ่านค่าจากมานอมิเตอร์ผลที่ได้จากการทดลองที่สภาวะต่าง ๆ สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

รูปที่ 2 แสดงลักษณะข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้ง

จากการทดลองที่สภาวะต่าง ๆแล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบจะได้กราฟดังต่อไปนี้



รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมกับอัตราการไหลของอากาศ ที่แผ่นกระจายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิด 1.1, 1.5, 2.0 mm และแผ่นตาข่ายสแตนเลส ตามลำดับที่ความหนาของชั้นข้าวเปลือก 1 cm(เบดนิ่ง)



รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมกับอัตราการไหลของอากาศ ที่แผ่นกระจายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิด 1.1, 1.5, 2.0 mm และแผ่นตาข่ายสแตนเลส ตามลำดับที่ความหนาของชั้นข้าวเปลือก 1 cm (เบดเคลื่อนที่)

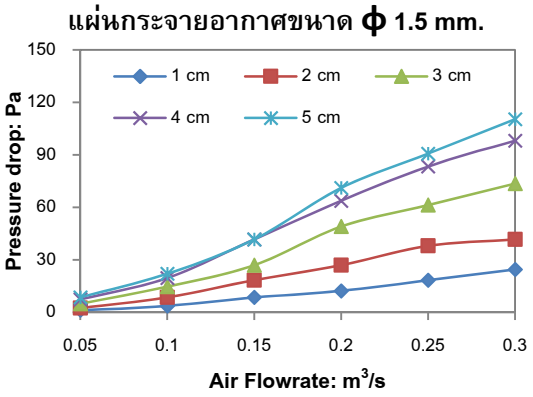
จากรูปที่ 3 และรูปที่ 4แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมกับอัตราการไหลของอากาศ ที่แผ่นกระจายอากาศขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลางรูเปิด 1.1, 1.5, 2.0 mm และแผ่นตาข่ายสแตนเลส ตามลำดับ ที่ความหนาของชั้นข้าวเปลือก 1 cm.พบว่าความดันตกคร่อมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศ และที่แผ่นกระจายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิด1.5 mm ความดันตกคร่อมจะมีค่าต่ำกว่าแผ่นกระจายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิด2.0 mm, 1.1 mm และแผ่นตาข่ายสแตนเลสตามลำดับเนื่องจากมีพื้นที่รูเปิดให้อากาศสามารถไหลผ่านได้มากกว่าแผ่นกระจายอากาศอื่น ๆและยังพบว่าแผ่นตาข่ายสแตนเลสที่มีรูเปิดแบบสี่เหลี่ยมจะทำให้เกิดฟองก๊าซขึ้นในเบดข้าวเปลือกและมีการแยกตัวของอนุภาคของข้าวเปลือกเป็นชั้น ๆ ได้ง่ายกว่าแผ่นกระจายอากาศที่มีรูเปิดแบบวงกลมจึงทำให้ที่อัตราการไหลของอากาศสูง ๆ ข้าวเปลือกจะเกิดการฟุ้งกระจายในห้องอบแห้งและพบว่าค่าความดันตกคร่อมขณะเบดเคลื่อนที่จะมีค่าต่ำกว่าค่าความดันตกคร่อมขณะเบดนิ่ง

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบผลต่างค่าความดันตกคร่อมระหว่างเบดเคลื่อนที่กับเบดนิ่งที่อัตราการไหลของอากาศต่าง ๆ

อัตราการไหลของอากาศ (m^3/s)	แผ่นกระจายอากาศ 1.5 mm Bed 1 cm.		
	เบดเคลื่อนที่ ; Pa	เบดนิ่ง ; Pa	ผลต่าง %
0.05	1.23	12.26	10.00
0.1	3.68	12.26	30.00
0.15	8.58	19.62	43.75
0.2	12.26	30.66	40.00
0.25	18.39	42.92	42.85
0.3	24.52	49.05	49.98

จากตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบผลต่างค่าความดันตกคร่อมระหว่างเบดเคลื่อนที่กับเบดนิ่งโดยทำการทดลองที่เบด 1 cm.ที่แผ่นกระจายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิด 1.5 mm. จากข้อมูลพบว่าเมื่อเบดข้าวเปลือกในห้องอบแห้งเกิดการเคลื่อนที่ความดันตกคร่อมจะมีค่าน้อยกว่าเบดนิ่ง และยังพบว่าที่อัตราการไหลของอากาศ 0.05 m^3/sความดันตกคร่อมมีค่าต่ำสุดโดยที่เบดนิ่งมีค่า 12.26 Pa และที่เบดเคลื่อนที่มีค่า 1.23 Pa ซึ่งความดันตกคร่อมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศ โดยที่อัตราการไหลของอากาศ 0.30 m^3/s ค่าความดันตกคร่อมสูงสุดโดยที่เบดนิ่งมีค่า 49.05 Pa และที่เบดเคลื่อนที่มีค่า 24.52 Pa



รูปที่ 5แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมกับอัตราการไหลของอากาศ ที่ความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่าง ๆ

รูปที่ 5แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมกับอัตราการไหลของอากาศ ที่ความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่าง ๆ จากผลการทดลองพบว่าความดันตกคร่อมจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการไหลของอากาศและความหนาของชั้นข้าวเปลือกเพิ่มขึ้น และยังพบว่าที่อัตราการไหลของอากาศ 0.05-0.15 m^3/s ความดันตกคร่อมจะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ที่อัตราการไหลของอากาศ 0.2-0.3 m^3/s ความดันตกคร่อมที่ความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่าง ๆ จะมีค่าแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด และมีค่าเพิ่มขึ้นตามความหนาของชั้นข้าวเปลือก และยังพบว่าที่ความหนาของชั้นข้าวเปลือก 1cm ความดันตกคร่อมมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งจะมีค่าความดันตกคร่อมจะอยู่ในช่วง 1.23 - 49.98 Pa (0.125 – 5.0 mm-water)

5. สรุปผลการทดลอง

การศึกษาผลกระทบของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิดของแผ่นกระจายอากาศและความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่อคุณลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟลจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิดของแผ่นกระจายอากาศและชั้นความหนาของข้าวเปลือกที่มีผลต่อความดันตกคร่อมในห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟลโดยการเปรียบเทียบค่าความดันตกคร่อมขณะเบดอยู่กับที่และเบดเคลื่อนที่ของแผ่นกระจายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิด 1.1 mm, 1.5 mm, 2.0 mm และแผ่นตาข่ายสแตนเลส และที่ระดับความหนาของเบดข้าวเปลือก 1 – 5 cm. พบว่าแผ่นกระจายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิด1.5 mm ความดันตกคร่อมจะมีค่าต่ำกว่าแผ่นกระจายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิด2.0 mm, 1.1 mm และแผ่นตาข่ายสแตนเลสตามลำดับเนื่องจากพื้นที่รูเปิดของแผ่นกระจายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิด1.5 mm อากาศสามารถไหลผ่านได้มากกว่าแผ่นกระจายอากาศอื่น ๆและยังพบว่าแผ่นตาข่ายสแตนเลสที่มีรูเปิดแบบสี่เหลี่ยมจะทำให้เกิดฟองก๊าซขึ้นในเบดข้าวเปลือกและมีการแยกตัวของอนุภาคของข้าวเปลือกเป็นชั้น ๆ ได้ง่ายกว่าแผ่นกระจายอากาศที่มีรูเปิดแบบวงกลม

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประจำปี 2556 ผ่านสัญญารับทุนเลขที่ 448/2556 และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพฯและบริษัทมัสตะเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ที่ได้สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

7. อักษรย่อและสัญลักษณ์

d น้ำหนักแห้ง,(kg)

L ความหนาของเบดข้าวเปลือก,(m)

M ปริมาณความชื้น, (%)

M_w ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก,(%wb)

M_d ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง,(%db)

ΔP ความดันตกคร่อม,(Pa)

Q อัตราการไหลของอากาศ , (m^3/s)

ρ_p ความหนาแน่นของข้าวเปลือก, (kg/m^3)

ρ_a ความหนาแน่นของอากาศ, (kg/m^3)

ε ความพรุนของข้าวเปลือก

w น้ำหนักเปียก, (kg)

8. เอกสารอ้างอิง

[1] สมเกียรติ ปรัชญาวรากร. *การศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกความชื้นสูงโดยใช้เทคนิคฟลูอิเซชั่น.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมเคมีคณะวิศวกรรมศาสตร์.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, (2534).

[2] อรอนงค์ศรีพวาทกุล. *การอบแห้งข้าวเปลือกโดยวิธีฟลูอิไดซ์เบดอย่างต่อเนื่อง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, (2536).

[3] มุสตาฟา ยะภา.*การออกแบบและทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบฟลูอิไดซ์เบดแบบต่อเนื่องขนาดต้นแบบสำหรับอุตสาหกรรม*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานคณะพลังงานและวัสดุ.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, (2537).

[4] ณัฐพล มณีโชติและคณะ. “อิทธิพลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่อความดันและความเร็วของกระแสอากาศในเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟล”. *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 27*.16-18 ตุลาคม 2556. โรงแรมดุสิตธานี พัทยา จังหวัดชลบุรี: หน้าที่ 251, (2556).

[5] พิรสิทธิ์ ทวยนาคและคณะ. “ผลกระทบของอัตราการไหลและอุณหภูมิของอากาศร้อนต่อการลดความชื้นข้าวเปลือก (กรณีศึกษาของเครื่องอบแห้ง

ข้าวเปลือกแบบมัสท์โฟล)". *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 27*.16-18 ตุลาคม 2556.โรงแรมดุสิตธานี พัทยา จังหวัดชลบุรี: หน้าที่ 243, (2556).

[6] พงศกร สุวโทและคณะ. "อิทธิพลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวเปลือกในเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟล".*การประชุมวิชาการ เรื่อง การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ต้านความร้อนและกระบวนการครั้งที่ 13*. 13 – 14 มีนาคม 2557. ณ.หาดเจ้าหลาว คาบาน่ารีสอร์ท จันทบุรี: หน้าที่ 30, (2557)

[7] พิรสิทธิ์ ทวยนาคและคณะ. "การศึกษาพฤติกรรมการทำงานของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสท์โฟล". *การประชุมวิชาการ เรื่อง การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ต้านความร้อนและกระบวนการครั้งที่ 13*. 13 – 14 มีนาคม 2557. ณ.หาดเจ้าหลาว คาบาน่ารีสอร์ท จันทบุรี: หน้าที่ 5, (2557)

[8] Broker, D. B., Bakker-Arkema, F. W., and Hall, C. W., "Drying and Storage of Grains and Oilseeds," *AVI Book Publishing*, New York, 1992.