

การเปรียบเทียบผลของอากาศทุติยภูมิและความสูงของถังไซโคลน

ต่อการอบแห้งข้าวเปลือก

A Comparative of the Effect of the Secondary Air and the Height of a Cyclone Tank on Drying of Paddy

วิศิษฐ์ ลีลาผาดิกุล

Wisit Lelaphatikul

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

96 หมู่ 3 ถนนพุทธมณฑล สาย 5 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Rattanakosin

96 Phutthamonthon Sai V Rd., Saraya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170, Thailand

E-mail: wisitle17@yahoo.com, wisit.lee@rmutr.ac.th Tel: 0-2889-4585-7 ext. 2675

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการศึกษาเชิงทดลอง การอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคหมุนวนในถังไซโคลน โดยใช้ฮีตเตอร์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน เพื่อลดความชื้นและเวลาที่ใช้ในการตากข้าวเปลือกในลานตากจากระยะเฉลี่ย 2-3 วัน เหลือเพียง 1 ชั่วโมง ในการทดลองจะใช้อุณหภูมิในการอบแห้งคงที่เท่ากับ 70°C โดยถังอบแห้งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) เท่ากับ 0.4m ความสูงของถังไซโคลนถูกออกแบบให้สามารถปรับเปลี่ยนขนาดได้ 5 ขนาด คือ 1.6m (H/D=4.0), 1.8m (H/D=4.5), 2.0m (H/D=5.0), 2.2m (H/D=5.5) และ 2.4m (H/D=6.0) ตามต้องการ ซึ่งมีการติดตั้งตำแหน่งท่อฉีดอากาศไว้ในแนวสัมผัสรอบ ๆ ผนังถังอบแห้ง เพื่อทำให้เกิดการไหลหมุนวนของอากาศภายใน กำหนดอัตราส่วนการไหลเชิงปริมาตรของอากาศทุติยภูมิต่ออากาศทั้งหมด (λ) เท่ากับ 0.0 และ 0.47 จากผลการทดลองที่ความสูงของถังไซโคลนขนาด 1.8 m (H/D=4.5) และ $\lambda = 0.47$ จะสามารถอบแห้งข้าวเปลือกที่ความชื้นสุดท้ายต่ำสุดประมาณ 15% w.b. ใช้เวลา 50 นาที

คำสำคัญ: ถังไซโคลน การไหลหมุนวนของอากาศ อากาศทุติยภูมิ อบแห้งข้าวเปลือก

ABSTRACT

This paper presents an experimental study of drying of paddy by vortex technique in a cyclone tank. The heater was used to be the heat supply for drying in order to decrease moisture and time of exposing from the sun from 2-3 days in average to be 1 hour. The temperature for drying of paddy was held constant at 70°C. The diameter of drying tank is 0.4m (D). The heights of the cyclone tank were designed to be adjustable for five-size 1.6m (H/D=4.0), 1.8m (H/D=4.5), 2.0m (H/D=5.0), 2.2m (H/D=5.5) and 2.4m (H/D=6.0) with a set of air nozzles placing circumferentially on the cyclone tank to produce air-vortex flow inside. The ratio of volumetric flow rates of the secondary air to the total air, λ was set to be 0.0 and 0.47 for each test condition. The experiment showed the lowest moisture

about 15% w.b. for 50 minutes when the height of the cyclone tank size was 1.8m (H/D=4.5) and $\lambda = 0.47$.

Keywords: cyclone tank, air-vortex flow, secondary air, paddy drying

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศกลุ่มเกษตรกรรมที่สำคัญประเทศหนึ่งของโลก โดยในปี พ.ศ. 2556-2557 ประเทศไทยส่งออกข้าวเป็นอันดับที่สองของโลก และมีแนวโน้มที่จะกลับมาเป็นประเทศที่ส่งออกข้าวเป็นอันดับที่หนึ่งของโลกประมาณ 10 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2558 [1] นอกจากนี้ยังส่งออกผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรประเภทอื่นๆ อีกมากมาย เช่น พืชไร่ พืชสวน และเครื่องเทศ ซึ่งส่วนใหญ่ต้องผ่านการแปรรูปหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อให้สามารถเก็บรักษาหรือคงคุณค่าของอาหารนั้นไว้ กระบวนการแปรรูปที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ การตากแห้งหรืออบแห้ง เพื่อเป็นการยืดอายุของผลิตภัณฑ์และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรีย ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งมีคุณสมบัติทางอาหารตรงกับความต้องการของผู้บริโภคทั้งทางด้านรสชาติ สี และกลิ่น ในปัจจุบันการเก็บเกี่ยวข้าวของชาวนานิยมการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวข้าวมากกว่าการใช้แรงงานเหมือนในอดีต เนื่องจากไม่เสียเวลาและแรงงานคน ซึ่งปัจจุบันก็หาแรงงานได้ยากเช่นเดียวกัน โดยการเกี่ยวข้าวด้วยรถเกี่ยวต้องมีการจัดลำดับการเกี่ยวก่อนและหลัง และเมื่อถึงลำดับของการเกี่ยวข้าวแล้ว ไม่ว่าข้าวจะได้ระยะเวลาของการเกี่ยวหรือไม่ก็ตาม ชาวนาก็จำเป็นต้องเกี่ยวข้าวเพราะไม่เช่นนั้นกว่าจะได้รอบของการเกี่ยวข้าวอีกครั้ง อาจจะต้องกำหนดของการเกี่ยวเกี่ยว มีผลทำให้ข้าวที่เกี่ยวแล้วจะมีความชื้นต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งทำให้ขายไม่ได้ราคาเช่นเดียวกัน และอีกปัจจัยหนึ่งคือ ในฤดูการปลูกและเกี่ยวเกี่ยวของชาวนามักอยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน ทำให้ชาวนาไม่สามารถรอจนข้าวได้ระยะเวลาของการเกี่ยวได้ และหลังจากการเกี่ยวเกี่ยวข้าวแล้ว ส่วนใหญ่จะได้ข้าวเปลือกที่มีความชื้นค่อนข้างสูง คือ 28-30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งชาวนาจำเป็นต้องรีบขายข้าวให้กับโรงสี จึงทำให้ราคาขายข้าวเปลือกหน้าโรงสีอาจถูกตัดราคาถึง 30-40 เปอร์เซ็นต์ต่อตันได้ แต่ถ้าชาวนาเก็บเกี่ยวข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงไว้

ค้างคืน ข้าวเปลือกก็อาจจะเสีย มีกลิ่นเหม็นได้ เนื่องจากข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวแล้วมีปริมาณมากและไม่มีพื้นที่มากพอในการตากลานเพื่อลดความชื้น ซึ่งวิธีการตากลานก็มักประสบปัญหาผลผลิตทางการเกษตรเสียหายระหว่างการตาก เช่น การถูกทำลายโดยสัตว์ นก หนู และแมลง รวมถึงการปนเปื้อนสิ่งสกปรกต่างๆ ฉะนั้นเพื่อลดปัญหาความชื้นสูงของข้าวเปลือกหลังจากการเก็บเกี่ยว และการถูกตัดราคาเปอร์เซ็นต์ความชื้นเมื่อนำข้าวเปลือกไปขายให้กับโรงสีข้าว จึงจำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ที่ช่วยในกระบวนการอบแห้ง ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถลดความเสียหายของผลผลิตทางการเกษตรและลดการปนเปื้อนจากเชื้อโรค สิ่งสกปรกได้อีกด้วย

ปัจจุบันได้มีงานวิจัยที่ศึกษาถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของไซโคลนมากมาย อาทิเช่น งานวิจัยของ ชินรัชย์ เขียวพงษ์ และคณะ [2] ได้ทำการศึกษา การออกแบบและสร้างเครื่องเก็บอนุภาคแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางโดยการไหลเข้าของแก๊สในแนวสัมผัส และใช้วาล์วบายพาสเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดักเก็บอนุภาคฝุ่นในแก๊ส ที่เกิดจากการเผาไหม้ จากการทดลอง พบว่าการเปิดวาล์วบายพาสการดักเก็บฝุ่นจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการไม่เปิดวาล์วบายพาส งานวิจัยของ ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ และคณะ [3] ได้ทำการศึกษาของสภาวะที่เปลี่ยนแปลงในไซโคลน ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเก็บฝุ่น จากการทดลอง มุมของใบพัดที่ 50 องศา และระยะติดตั้ง 50 เซนติเมตร จะให้ประสิทธิภาพของไซโคลนสูงสุด งานวิจัยของ วิศิษฐ์ ลีลาพาดิกุล [4] ได้ทำการทดลองการศึกษานิวทริคัลของอากาศทุกขุมต่อการดักฝุ่นในถังไซโคลนหลายชั้น โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในถังไซโคลนมีขนาดเท่ากับ 0.28 m (D) ความสูงของถังไซโคลนเท่ากับ 1.2 m กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังไซโคลนสามารถปรับเปลี่ยนได้ 2 ขนาด คือ 0.75D และ 1.0D และกำหนดอัตราส่วนของอากาศทุกขุมต่ออากาศทางเข้า

(λ) เท่ากับ 0.0, 0.25 และ 0.35 จากการทดลองพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในถังไซโคลนส่วนบน เท่ากับ 1.0D และ λ เท่ากับ 0.35 จะให้ประสิทธิภาพการดักอนุภาคฝุ่นของไซโคลนหลายชั้นสูงสุด เท่ากับ 96% งานวิจัยของ ประจักษ์ จิตริทิพย์ [5] ได้ทำการศึกษา รูปแบบการไหลและลักษณะการสันดาปของห้องเผาไหม้แบบไซโคลนที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้ห้องเผาไหม้จำลองผลิตจากวัสดุแอลคาไลด์ (Alkali metal) ที่อัตราส่วนสมมูลอยู่ระหว่าง 1.5-2.0 จากการทดลอง จะเกิดการเผาไหม้ตั้งแต่ส่วนล่างจนถึงปากทางออกแก๊สไอเสีย ลักษณะของเปลวไฟมีความแปรปรวนต่ำ มีอุณหภูมิเปลวไฟอยู่ในช่วง 900-1,000°C งานวิจัยของ สุพจน์ นานาโชค [6] ได้ทำการศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้แบบไซโคลนชนิดอากาศเข้าหลายช่องทาง ซึ่งทำให้เชื้อเพลิงไหลเวียนอยู่ในห้องเผาไหม้ได้นานขึ้น จากการทดลองห้องเผาไหม้ลักษณะดังกล่าวจะให้อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 1,200°C งานวิจัยของ ปรีชา แก้วศรีพรหม [7] ได้ทำการศึกษา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกอนุภาคของไฮโดรไซโคลน โดย การกำจัดแก๊สอากาศ ไฮโดรไซโคลนที่ใช้ในการทดลองมี 3 แบบ คือ แบบมาตรฐาน, แบบไฮแกนโลหะอยู่หนึ่งในแนวแกน และ แบบไฮแกนโลหะหมุนในแนวแกน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไฮโดรไซโคลนแบบไฮแกนโลหะหมุนในแนวแกนมีประสิทธิภาพในการแยกดีกว่าไฮโดรไซโคลนแบบไฮแกนโลหะอยู่หนึ่งในแนวแกน และ ดีกว่าไฮโดรไซโคลนแบบมาตรฐาน เนื่องจากแก๊สโลหะหมุนสามารถกำจัดแก๊สอากาศ ในตำแหน่ง แกนกลาง ของไฮโดรไซโคลนได้ ทำให้แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจากแก๊สอากาศภายในไฮโดรไซโคลนลดลง งานวิจัยของ Sahati [8] ได้สร้างอุปกรณ์ทดลองแบบไซโคลน 2 ชุด บ่อนอากาศเข้าในแนวสัมผัสหลายช่องทางตามความยาวของอุปกรณ์ จากการศึกษาพบว่า ภายในอุปกรณ์มีความปั่นป่วนและระดับการหมุนวนสูงตลอดปริมาตร ความเร็วของก๊าซขณะเผาไหม้ที่

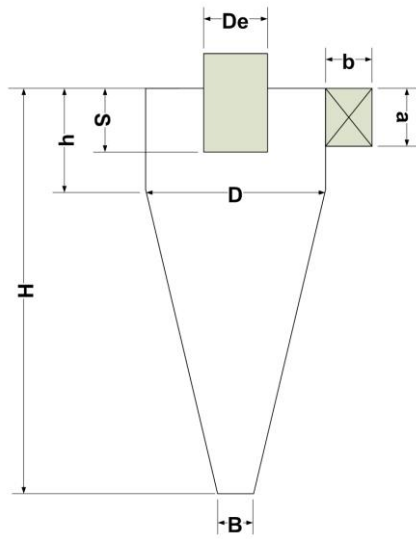
บริเวณศูนย์กลางของการไหลวนภายในห้องเผาไหม้คือ 14-19 m/s และที่ปากทางออกประมาณ 25 m/s โดยอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปริมาตรห้องเผาไหม้ที่ $\Phi = 1.64-2.2$ มีค่าประมาณ 1,100 องศาเซลเซียส งานวิจัยของ Bin and Bin [9] ได้สร้างเตาแบบไซโคลนติดตั้งในแนวดิ่ง ที่บ่อนอากาศเข้าในแนวสัมผัสและใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง จากการศึกษา พบว่า เปลวไฟมีความเสถียรสูง ในบริเวณที่การไหลของก๊าซสวนทางกันระหว่างวงแหวนของการไหลหมุนวนที่ใกล้กับผนังและการไหลหมุนวนย้อนกลับออกสู่ปากทางออก ซึ่งเป็นย่านที่มีความปั่นป่วนสูง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงมีแนวความคิดที่จะทำการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคหมุนควงในถังไซโคลน ซึ่งข้อดีของหลักการดังกล่าว คือ สามารถแยกอนุภาค (ข้าวเปลือก) และ ฝุ่น (ข้าวลีบ เศษฟาง) ออกจากกันได้ รวมถึงการลดความชื้นของอนุภาคเมื่อเกิดการเคลื่อนที่ร่วมกับลมร้อนภายในถังไซโคลน โดยจะทำการศึกษาถึงความสูงของถังไซโคลน และอากาศศุนยภูมิ ที่มีผลต่อการลดความชื้นของข้าวเปลือก จึงถือได้ว่าเทคนิคจากงานวิจัยดังกล่าว จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง และยังสามารถนำองค์ความรู้ไปต่อยอดการอบแห้งกับผลผลิตทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ ต่อไป

2. อุปกรณ์การทดลอง

การหาขนาดของถังไซโคลนสามารถทำได้โดยอาศัยขนาดมาตรฐาน ซึ่งมีอยู่หลายลักษณะ โดยขนาดของแต่ละส่วนของไซโคลนจะสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตัวถังไซโคลน

การออกแบบถังไซโคลนในการทดลองนี้ได้พิจารณาเลือกใช้ไซโคลนแบบทางเข้าของอากาศในแนวสัมผัส (Tangential inlet) ของ Stairmand Boltzmann ซึ่งอ้างอิงจากรูปภาพที่ 1 ดังนี้



Symbol	Nomenclature	High Efficiency		Conventional	
		Stairmand	Swift	Lapple	Swift
D	Body diameter	1.0	1.0	1.0	1.0
a	Inlet length	0.5	0.44	0.5	0.5
b	Inlet width	0.2	0.21	0.25	0.25
S	Outlet length	0.5	0.5	0.625	0.6
De	Outlet diameter	0.5	0.4	0.5	0.5
h	Cylinder length	1.5	1.4	2.0	1.75
H	Overall height	4.0	3.9	4.0	3.75
B	Bottom diameter	0.375	0.4	0.25	0.4

รูปที่ 1 สัดส่วนของไซโคลนมาตรฐานรูปแบบต่างๆ [11]

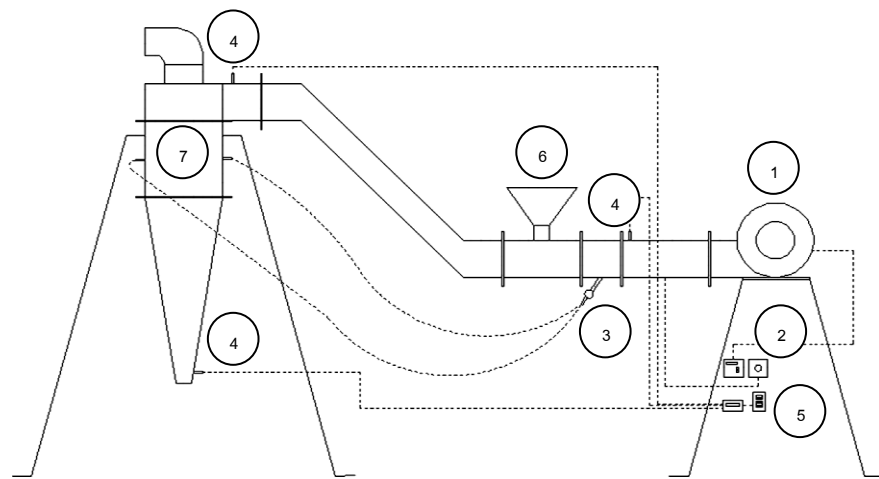
ถังไซโคลนทำจากเหล็กแผ่นขนาด 1.2 มิลลิเมตร นำมาขึ้นรูปเป็นทรงกระบอก ถังไซโคลนจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนบน ส่วนกลางและส่วนล่าง ไซโคลนส่วนบน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มิลลิเมตร มีความสูงเท่ากับ 300 มิลลิเมตร โดยมีส่วนที่ลดขนาดคอคอด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 200 มิลลิเมตร มีความสูงเท่ากับ 200 มิลลิเมตร มีช่องทางเข้ากว้าง 80 มิลลิเมตรและสูง 150 มิลลิเมตร ไซโคลนส่วนกลาง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มิลลิเมตร มีความสูงที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 400, 600 และ 800 มิลลิเมตร ซึ่งไซโคลนส่วนนี้จะมีช่องทางเข้าของอากาศหุติภูมิ จำนวน 2 ท่อติดอยู่ข้างถังไซโคลนส่วนล่าง จะมีลักษณะเป็นทรงกรวย มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มิลลิเมตร มีความสูงเท่ากับ 1,000 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปลายกรวย 150 มิลลิเมตร

ชุดท่อลมจะติดตั้งตั้งแต่ปากทางออกของโบลเวอร์ จนถึงปากทางเข้าของถังไซโคลนมีด้วยกัน 4 ส่วน ได้แก่ ท่อลมส่วนที่ 1 ท่อลมจากปากทางออกของโบลเวอร์และภายในท่อจะติดตั้งฮีตเตอร์กำลัง 1,000 วัตต์จำนวน 4 ตัว ท่อลมส่วนที่ 2 ท่อลมที่มีท่อแยกออกไปเป็นอากาศหุติภูมิ ท่อลมส่วนที่ 3 ท่อลมที่มีช่องด้านบนเพื่อไว้ใส่ถังที่

บรรจุข้าวเปลือกเอาไว้ท่อลมส่วนที่ 4 ท่อยกระดับความสูงขึ้นไปทางเข้าของถังไซโคลนทำมุมขึ้นไป 45 องศา ถังบรรจุข้าวเปลือก มีลักษณะเป็นถังสี่เหลี่ยมทรงกรวย ช่องทางเข้ามีขนาดสี่เหลี่ยมด้านเท่า ขนาด 300 มิลลิเมตร ช่องทางออกมีขนาดสี่เหลี่ยมด้านเท่า ขนาด 80 มิลลิเมตร และมีแผ่นปิดกั้นไม่ให้ข้าวเปลือกตกลงในท่อลมโดยทันที ชุดอากาศหุติภูมิแยกออกเป็น 4 ท่อ เท่าๆกันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 10 มิลลิเมตร โดยใช้สายยางที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 12 มิลลิเมตรต่อกับท่ออากาศหุติภูมิเข้ากับตัวถังไซโคลน และติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple type J) เพื่อวัดอุณหภูมิของชุดถังไซโคลนอบแห้ง ทั้งสิ้น 3 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 2

ตารางที่ 1 สัดส่วนต่างๆของไซโคลนที่คำนวณได้ [11]

เส้นผ่าศูนย์กลางตัวไซโคลน (D)	$(1.0 \times 400) = 400$ mm
ความสูงของช่องทางเข้า (a)	$(0.5 \times 400) = 200$ mm
ความกว้างของช่องทางเข้า (b)	$(0.2 \times 400) = 80$ mm
ความยาวของช่องทางออก (S)	$(0.5 \times 400) = 200$ mm
เส้นผ่าศูนย์กลางของช่องทางออก (De)	$(0.5 \times 400) = 200$ mm
ความสูงของช่วงที่เป็นทรงกระบอก (h)	$(1.5 \times 400) = 600$ mm
ความสูงทั้งหมดของไซโคลน (H)	$(4.0 \times 400) = 1600$ mm
เส้นผ่าศูนย์กลางปลายกรวย (B)	$(0.375 \times 400) = 150$ mm



- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 1. Blower | 5. Digital temperature |
| 2. Inverter | 6. Hopper |
| 3. Secondary air nozzle | 7. Cyclone tank |
| 4. Thermocouple type J | |

รูปที่ 2 เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคหมวนวนในถังไซโคลน

โดยสมการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องการระเหยจากผลิตภัณฑ์

$$m_w = m_i \left[\frac{M_i - M_f}{100 - M_f} \right] \quad (1)$$

โดย m_w คือ มวลของน้ำระเหยจากผลิตภัณฑ์ ที่พิจารณา (kg)

m_i คือ มวลของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง (kg)

M_i คือ ความชื้นของผลิตภัณฑ์ (% w.b.)

M_f คือ ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำแห้ง (% w.b.)

อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศทุติยภูมิต่ออากาศทั้งหมดเป็นตัวแปรที่ศึกษา ในเรื่องของการเพิ่มความปั่นป่วนในขณะการลดความชื้นระหว่างข้าวเปลือกกับอากาศ ซึ่งเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ [4, 10]

$$\lambda = \frac{Q_s}{Q_T} \quad (2)$$

เมื่อ Q_s คือ ปริมาณอากาศทุติยภูมิ (m^3/s)

Q_T คือ ปริมาณอากาศทั้งหมด (m^3/s)

3. วิธีการทดลอง

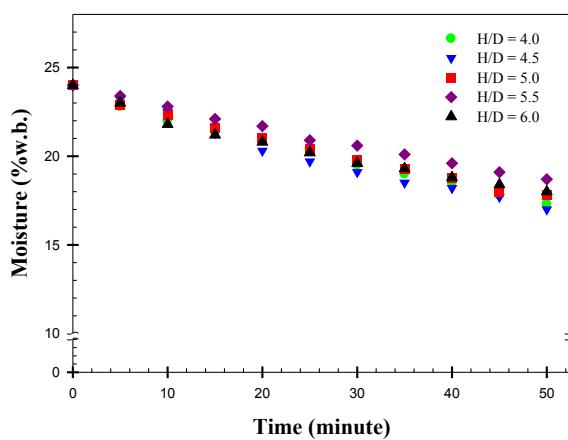
ติดตั้งชุดอบแห้งถังไซโคลนพร้อมอุปกรณ์การทดลอง ดังรูปที่ 2 โดยเริ่มทดลองที่ความสูงถังไซโคลนขนาด 1.6m (H/D=4.0) ทำการปรับค่า $\lambda = 0.0$ จากนั้นนำข้าวเปลือกไปชั่งให้ได้ 5 กิโลกรัมและวัดค่าความชื้นของข้าวเปลือก โดยนำข้าวเปลือกที่วัดค่าความชื้นแล้ว ใส่ใน Hopper ที่บรรจุข้าวเปลือกก่อนเริ่มทำการทดลอง (กำหนดความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกแต่ละการทดลอง เท่ากับ 24% w.b.) ทำการตั้งอุณหภูมิในการอบแห้งเท่ากับ 70°C รอจนอุณหภูมิภายในชุดอบแห้งถังไซโคลนคงที่ ให้เริ่มเปิดลิ้นกั้นข้าวเปลือกของ Hopper เพื่อให้ข้าวเปลือกเข้าสู่ท่อลมร้อนก่อนเข้าไปในถังไซโคลน และทำการวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง T₁, T₂ และ T₃ จากนั้นนำข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งแล้ว ไปชั่งน้ำหนักและวัดค่าความชื้นของข้าวเปลือก หลังจากเก็บผลการทดลองเสร็จสิ้นแล้ว ให้ทำการทดลองซ้ำโดยปรับค่า $\lambda = 0.47$ และ ปรับเปลี่ยนขนาดความสูงถังไซโคลนเป็น 1.8m (H/D=4.5), 2.0m (H/D=5.0), 2.2m (H/D=5.5) และ 2.4m (H/D=6.0) ตามลำดับ บันทึกผลการทดลอง

4. ผลการทดลอง

จากการทดลองได้ทำการศึกษาตัวแปร ได้แก่ ผลของความสูงถังไซโคลน อากาศหุติยภูมิ และการกระจายอุณหภูมิภายในชุดอบแห้งถังไซโคลน ที่มีผลต่อการอบแห้งข้าวเปลือก โดยได้ผลการทดลอง ดังนี้

4.1 อิทธิพลของอากาศหุติยภูมิและความสูงของถังไซโคลนต่อการลดความชื้นข้าวเปลือก

4.1.1 เมื่อค่า $\lambda = 0.0$

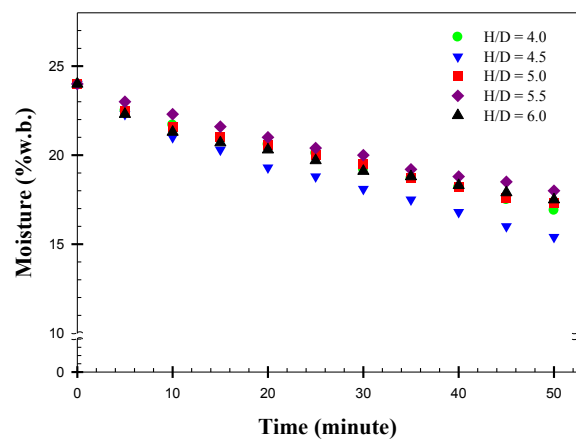


รูปที่ 3 ประสิทธิภาพการลดความชื้นข้าวเปลือกของถังไซโคลนแต่ละขนาด กรณีไม่มีอากาศหุติยภูมิ

จากการทดลองช่วงแรกของการอบแห้ง (ช่วงเวลา 0-30 นาที) เป็นช่วงการอบแห้งคงที่ การถ่ายเทความร้อนและมวลระหว่างข้าวเปลือกกับอากาศจะเกิดขึ้นรอบๆ ผิววัสดุเท่านั้น ความร้อนจากอากาศร้อนจะถ่ายเทไปยังผิวข้าวเปลือกโดยการนำความร้อนผ่านชั้นฟิล์มของก๊าซข้าวเปลือกจะแพร่ความร้อนจากผิวผ่านชั้นฟิล์มของก๊าซไปยังอากาศร้อนอย่างรวดเร็ว และเมื่อผิวของข้าวเปลือกมีปริมาณน้ำลดลงมาก การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสารจะเกิดขึ้นภายในข้าวเปลือกด้วย โดยน้ำภายในข้าวเปลือกจะเคลื่อนที่มายังผิวในรูปของเหลวหรือไอน้ำแล้วระเหยเมื่อได้รับความร้อนจากอากาศร้อน การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในข้าวเปลือกมายังผิวจะช้ากว่าการพาความร้อนจากผิวไปยังอากาศ ทำให้อัตราการลดความชื้น

ของข้าวเปลือกเป็นไปอย่างช้าลง (เกิดในช่วงเวลา 30-50 นาที) จากรูปที่ 3 ที่ขนาดความสูงถังไซโคลน เท่ากับ H/D=4.0 สามารถลดความชื้นได้ 17.3%w.b., ที่ขนาดขนาด H/D=4.5 สามารถลดความชื้นได้ 17%w.b., ที่ขนาด H/D=5.0 สามารถลดความชื้นได้ 17.8%w.b., ที่ขนาด H/D=5.5 สามารถลดความชื้นได้ 18.7%w.b. และที่ขนาด H/D=6.0 สามารถลดความชื้นได้ 18%w.b. จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพการอบแห้งในการทดลองแบบไม่มีอากาศหุติยภูมิ ที่ขนาด H/D=4.5 สามารถลดความชื้นได้ดีที่สุด

4.1.2 เมื่อค่า $\lambda = 0.47$

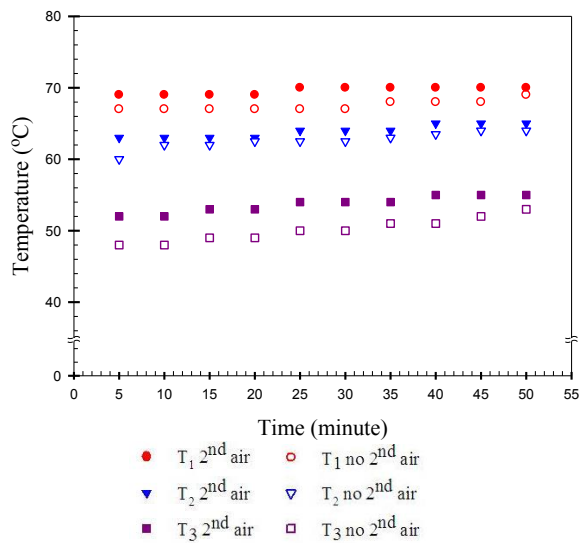
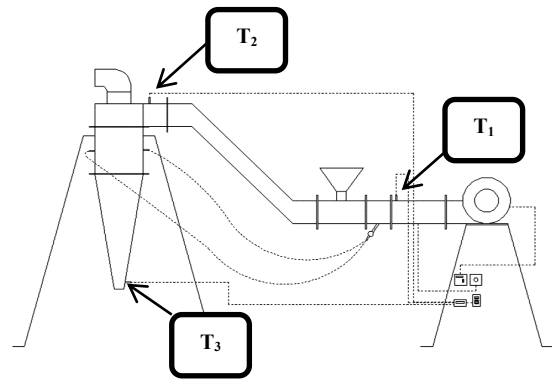


รูปที่ 4 ประสิทธิภาพการลดความชื้นข้าวเปลือกของถังไซโคลนแต่ละขนาด กรณีมีอากาศหุติยภูมิ

จากรูปที่ 4 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดความชื้นข้าวเปลือกของถังไซโคลนทุกขนาด กรณีมีการเพิ่มอากาศหุติยภูมิในขณะการอบแห้ง จากผลการทดลอง พบว่ามีแนวโน้มของการลดความชื้นของข้าวเปลือก เช่นเดียวกับรูปที่ 3 โดยที่ขนาดความสูงถังไซโคลน เท่ากับ H/D=4.0 สามารถลดความชื้นได้ 16.9%w.b., ที่ขนาด H/D=4.5 สามารถลดความชื้นได้ 15.4%w.b., ที่ขนาด H/D=5.0 สามารถลดความชื้นได้ 17.3%w.b., ที่ขนาด H/D=5.5 สามารถลดความชื้นได้ 18%w.b. และที่ขนาด H/D=6.0 สามารถลดความชื้นได้ 17.5%w.b. จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการอบแห้งในการ

ทดลองแบบมีอากาศทุติยภูมิ ที่ขนาด $H/D=4.5$ สามารถลดความชื้นได้ดีที่สุด เช่นเดียวกับรูปที่ 3

4.2 ผลของการกระจายอุณหภูมิภายในชุดอบแห้งถึงไซโคลน



รูปที่ 5 การกระจายอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆของชุดอบแห้งข้าวเปลือกแบบถึงไซโคลน

จากรูปที่ 5 เป็นผลการกระจายอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆของชุดอบแห้งข้าวเปลือกแบบถึงไซโคลน ระหว่างการทดลองแบบมีอากาศทุติยภูมิ และไม่มีอากาศทุติยภูมิ ที่ความสูง $H/D=4.5$ จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าอากาศทุติยภูมิ มีผลต่อการกระจายอุณหภูมิภายใน เนื่องจากอากาศทุติยภูมิมีส่วนช่วยเพิ่มความปั่นป่วนการไหลของอากาศ ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนภายในถึงไซโคลน เป็นไปอย่างทั่วถึง สังเกตที่ตำแหน่งวัดอุณหภูมิ T₃ ที่มีการกระจายอุณหภูมิอย่างสม่ำเสมอในช่วง 52-55°C จึงส่งผล

ให้สามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกได้เร็วกว่ากรณีไม่มีอากาศทุติยภูมิ ที่มีการกระจายอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีช่วงการกระจายอุณหภูมิอยู่ที่ 48-53°C

5. สรุปผลการทดลอง

5.1 อัตราส่วนของความสูงของถังอบแห้งต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของถังอบแห้ง $H/D=4.5$ สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกได้ดีที่สุด เนื่องจากมีขนาดสัดส่วนของพื้นที่ภายในถังอบแห้งที่เหมาะสมต่อการกระจายความร้อน ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนให้กับข้าวเปลือก ในขณะที่ไหลไปตามลำอากาศภายในถังอบแห้ง เป็นไปอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ

5.2 ผลของอากาศทุติยภูมิ ก่อให้เกิดความปั่นป่วนของอากาศ ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนระหว่างข้าวเปลือกกับอากาศร้อนในขณะหมุนวนในแนวรัศมีภายในถึงไซโคลน จึงสามารถลดความชื้นภายในเมล็ดข้าวเปลือกได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการอบแห้งลดความชื้นของอาหารที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน และด้วยเทคนิคดังกล่าวนี้ยังสามารถใช้กับการอบแห้งอาหารที่มีปริมาณมาก ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งโดยปกติจะมีอัตราการอบแห้งที่ช้า เนื่องจากอากาศร้อนไม่สามารถสัมผัสกับอาหารที่นำมามาอบแห้งได้อย่างทั่วถึง จึงไม่สามารถถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารได้ จึงทำให้อัตราอบแห้งช้าลง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทนอดหนุนการทำวิจัยจากสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปี 2557

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร, [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://www.oae.go.th>, 2558.
- [2] ชินรัชย์ เขียวพงษ์, จิระศักดิ์ รัตน์นะ, ปราโมทย์ หลีมานัน และ ยอดชาย เกสรบุบผา. การออกแบบและสร้างเครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง. ปรินญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2544.
- [3] ธวัชชัย นาคพิพัฒน์, พลชัย สหวัฒน์พงศ์, สุโกศล ไตรสันติกุล และ อติเทพ สุขวัฒน์กุล. การศึกษาผลกระทบจากองศาของใบพัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของไซโคลน. ปรินญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2544.
- [4] วิศิษฐ์ ลีลาพาติกุล. อิทธิพลของอากาศหตุยภูมิต่อพฤติกรรมการดักฝุ่นในไซโคลนหลายชั้น. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา, 2549.
- [5] ประจักษ์ จิตริพิทย์. การศึกษารูปแบบการไหลและลักษณะการสันดาปของห้องเผาไหม้แบบไซโคลนที่ใช้เชื้อเพลิงเชื้อเพลิง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2535.
- [6] สุพจน์ น่านำโชค. การเผาไหม้เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้แบบไซโคลนชนิดอากาศเข้าหลายช่องทาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2536.
- [7] ปรีชา แก้วศรีพรหม. การศึกษาประสิทธิภาพในการแยกอนุภาคของไฮโดรไซโคลนแบบใส่แกนโลหะอยู่หนึ่งและแบบใส่แกนโลหะหมุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2552.
- [8] Sahati, M.A. Combustion of Poor Quality Fuel Using a Multi-Inlet Cyclone Combustion. University of Wales, United Kingdom, 1983.
- [9] Bin Mat, S. and Bin Ali, B. Vertical Cyclone for Combustion of Rich Husks. Proceeding of the Asean Workshop on Thermal Conversion of Biomass, Prince of Songkla University, Thailand, 1988.
- [10] Lelaphatikul, W. Effect of the Height of Bed on Exhaust Gas in A Rice Husk Fired Cyclone Combustor. *KKU Engineering Journal*, 2012; 39 (1): 69-76.
- [11] วิศิษฐ์ ลีลาพาติกุล และ นิชาภา มินานูลย์. การอบแห้งข้าวเปลือกให้กับโรงสีข้าวชุมชนด้วยเทคนิคหมุนวนในถังไซโคลน. รายงานโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, 2557; 24-29.