

การอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมหมุนเวียน Paddy Drying with Circulating Pneumatic Dryer

เกียรติศักดิ์ ใจโต^{1*}, นาฏชนก ปรางปรุ¹, เทวรัตน์ ตรีอำรรค¹, จิตรรัตน์ จอกกิว², กระวี ตรีอำรรค², ธิวัณณ์ ชินอัสดงคต²
Kiattisak Jaito^{1*}, Nartchanok Prangpru¹, Tawarat Treeamnu¹, Jittrarat Jokkew², Krawee Treeeamnu²,
Teerawat chuenatsadongkot²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 30000

¹School of Agricultural Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 30000

²School of Mechanical Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand

*Corresponding author: Tel: +66-8-12776460, E-mail: ball-417@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมหมุนเวียนที่พัฒนาขึ้น โดยทำการทดสอบอบแห้งข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จำนวน 40 kg ที่อุณหภูมิ 80°C อัตราการป้อน 3 ระดับคือ 4.10 6.35 และ 8.45 kg min⁻¹ ใน 2 รูปแบบคือ การอบแห้งแบบไม่ติดตั้งไซโคลน และติดตั้งไซโคลน ทำการประเมินคุณภาพข้าวจากค่าความชื้นและคาร์บอนไดออกไซด์รวม ทั้งประเมินสมรรถนะในการอบแห้งจากค่าอัตราการอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) ผลการทดสอบพบว่า การอบแห้งแบบไม่ติดตั้งไซโคลนที่อัตราการป้อน 6.35 kg min⁻¹ ให้คุณภาพข้าวเปลือกหลังอบแห้งดีที่สุดและอัตราการอบแห้งสูงสุด โดยมีค่า SEC ต่ำสุด เท่ากับ 5.44 MJ kg_{water}⁻¹ ขณะที่การอบแห้งแบบติดตั้งไซโคลนนั้นสามารถนำอากาศที่ผ่านการอบแห้งแล้วกลับมาใช้ใหม่ได้ ดังนั้นจึงได้เลือกสภาวะการอบแห้งแบบติดตั้งไซโคลนที่มีค่าอัตราการอบแห้งสูงสุดมาทดสอบอบแห้งเพื่อดูอิทธิพลของการนำอากาศอบแห้งกลับมาใช้ใหม่ต่อค่า SEC ผลการทดลองพบว่า การนำอากาศที่ผ่านการอบแห้งแล้วกลับมาใช้ใหม่นั้นไม่สามารถทำให้ค่า SEC ของการอบแห้งลดลงได้

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม, การอบแห้ง, ข้าวเปลือก

Abstract

This research aims to study the appropriate drying paddy with developed circulating pneumatic dryer. Each experiment of drying was used 40 kg of Khao Dawk Mali 105 variety with drying condition of 80 °C of drying temperature, 3 levels of feed rate of 4.1, 31 6.35 and 8.45 kg min⁻¹. The dryer was set in 2 types i.e. drying without cyclone and drying with cyclone. Quality of rice was evaluated in terms of moisture content and head rice yeild, the drying performance was evaluated in terms of drying rate and specific energy consumption (SEC). The results found that when drying without cyclone at feed rate equals of 6.35 kg min⁻¹ gave the best quality of rice and highest drying rate with lowest in SEC of 5.44 MJ kg_{water}⁻¹. For drying with cyclone, the highest drying rate condition was used to improve the energy efficiency by mix the exhaust air with the fresh air. The results showed that recirculated air cannot able to reduced SEC.

Keywords: Pneumatic dryer, Drying, Paddy

1 บทนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชียที่นิยมรับประทานข้าวเป็นอาหาร โดยส่วนใหญ่ข้าวที่จะผลิตได้จะบริโภคภายในประเทศ ประเทศที่มีบทบาทสำคัญในการส่งออกข้าวได้แก่ ไทย เวียดนาม อินเดีย จีนและพม่า ดังนั้นข้าวจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยมี

ปริมาณการส่งออกข้าวรวม 8.71 ล้านตันในปี 2560 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ปัจจุบันยังมีความต้องการของตลาดทั้งภายในและนอกประเทศ ข้าวจึงเป็นพืชที่เกษตรกรไทยนิยมปลูกจำนวนมาก เนื่องจากข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวส่วนใหญ่มีความชื้นสูงไม่เหมาะแก่การเก็บรักษา รวมทั้งการซื้อขายข้าวเปลือกจะมีการอ้างอิงราคากับความชื้นของข้าวเปลือก กระบวนการลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมจึงมี

ความสำคัญ ส่งผลต่อการเก็บรักษาและคุณภาพข้าวสารหลังกระบวนการสีข้าว โดยความชื้นที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาและแปรรูปข้าวเปลือกมีความชื้นอยู่ที่ 14 %wb (วิบูลย์, 2561) การลดความชื้นข้าวเปลือกมีหลายวิธีแต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป วิธีที่ง่ายและประหยัด (บุญมีและคณะ, 2546) คือการตากแดดบนลานโดยอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์ แต่ก็มีข้อเสียคือใช้พื้นที่จำนวนมากในการตากประกอบกับต้องพึ่งพาธรรมชาติเป็นตัวแปรที่ไม่แน่นอนอีกทั้งยังใช้เวลานานในการลดความชื้น โดยเฉพาะในฤดูฝนไม่สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกได้ เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกที่นิยมใช้ในเชิงพาณิชย์ (พิริสิทธิ์และคณะ, 2557) มีหลายรูปแบบ เช่นเครื่องอบแห้งแบบ LSU เป็นเครื่องอบแห้งที่นิยมใช้ แต่ด้วยราคาของเครื่องอบแห้งมีราคาสูงจึงเหมาะแก่โรงงานอุตสาหกรรม ทำให้เกษตรกรต้องขายข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงได้ราคาขายต่ำ จึงมีงานวิจัยสร้างเครื่องอบแห้งในรูปแบบต่าง ๆ เกิดขึ้นจำนวนมาก เช่น การอบแห้งเมล็ดพืชโดยเทคนิคสเปาเต็ดเบต ฐานิตย์ (2544) พบว่าเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบต สามารถอบแห้งข้าวเปลือกได้ต่อเนื่องโดยใช้อุณหภูมิอบแห้ง 130-160°C ลดความชื้นลงได้ 14-25%db โดยที่คุณภาพข้าวหลังการสีอยู่ในเกณฑ์ดี ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระบวนการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมที่ใช้หอบแห้งชนิดท่อเกลียว ฉัตรชัย (2555) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิอบแห้ง ความเร็วของอากาศ และอัตราการป้อนข้าวเปลือกส่งผลต่อความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกและค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง และการพัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนประหยัดพลังงานโดยระบบนำอากาศร้อนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ภาณุวัฒน์ (2556) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวเปลือกคือ 70-80°C โดยนำอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่ส่งผลทำให้ค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งลดลง 0.4-0.6 MJ kg_{water}⁻¹

ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาและพัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบพาหะลมหมุนเวียนเป็นเครื่องต้นแบบ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมหมุนเวียน ประกอบด้วยความเร็วลม อุณหภูมิ และประเมิณคุณภาพข้าวหลังกระบวนการสี เพื่อเป็นแนวทางในการลดความชื้นของข้าวเปลือกต่อไป

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 เครื่องอบแห้งแบบพาหะลมหมุนเวียน

เครื่องอบแห้งแบบพาหะลมหมุนเวียนที่พัฒนาขึ้นแสดงดัง Figure 1 ขึ้นตอนการอบแห้งจะเริ่มจากการบรรจุข้าวเข้าถังพัก (หมายเลข 1) ถังพักมีขนาด 40 x 50 x 80 cm ตั้งค่าอุณหภูมิอบแห้งและความเร็วรอบของอัตราการป้อนข้าวเปลือกที่ตู้ Control (หมายเลข 2) จากนั้นข้าวเปลือกจะถูกลำเลียงด้วยเกลียวลำเลียงเข้าคอลัมน์อบแห้ง (หมายเลข 3) ทำจากกระบอก

อะคริลิกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.6 cm ยาว 1 m ในขณะเดียวกันฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2600 W ให้ความร้อน 80°C (หมายเลข 4) กับลมเป่าด้วยพัดลมแรงดันสูง ขนาด 3 hp (หมายเลข 5) ลมร้อนจะเป่าข้าวเปลือกขึ้นไปในคอลัมน์อบแห้งกลับเข้าสู่ถังพักทางด้านบน การอบแห้งเป็นการไหลเวียนจนกว่าข้าวเปลือกจะมีความชื้นประมาณ 14%wb

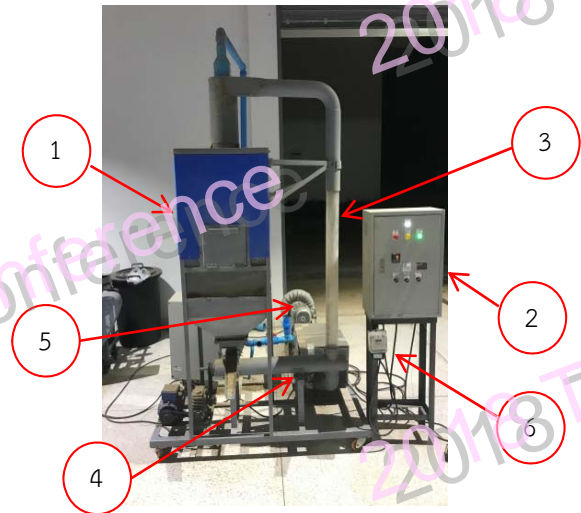


Figure 1 The developed pneumatic dryer

2.2 การทดสอบการอบแห้ง

การทดสอบการอบแห้งในครั้งนี้ทำการอบแห้งข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จำนวน 40 kg ที่อุณหภูมิ 80°C อัตราการป้อน 3 ระดับคือ 4.10 6.35 และ 8.45 kg min⁻¹ (ตั้งค่าความถี่บน inverter) การอบแห้งมี 2 รูปแบบ คือ การอบแห้งแบบไม่ติดตั้งไซโคลน และติดตั้งไซโคลน ทำการทดสอบ 3 ชั่วโมงที่ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แล้วทำการประเมินสมรรถนะของการอบแห้งจาก 1) ความชื้นของข้าวเปลือก 2) ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ความสิ้นเปลืองพลังงานของการอบแห้งประกอบด้วยพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ฮีตเตอร์ไฟฟ้าและ พัดลมแรงดันสูงสามารถวัดได้ด้วยมาตรวัดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kilowatt-hour meter) และพลังงานที่ป้อนให้กับมอเตอร์สกรูลำเลียง โดยค่า SEC (Sharma & Prasad, 2006). สามารถคำนวณได้จากสมการ (1)

$$SEC = \frac{E}{m_{water}} \quad (1)$$

เมื่อ SEC คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ kg⁻¹)

E คือ พลังงานรวมในระบบอบแห้ง (MJ)

m_{water} คือ ปริมาณน้ำที่ถูกนำออกจากข้าวเปลือก (kg)

3) อัตราการอบแห้งเป็นการบ่งบอกถึงความสามารถในการระเหยน้ำออกจากข้าวเปลือกหาได้จากสมการ (2)

$$DR = \frac{W_i - W_f}{t} \quad (2)$$

เมื่อ DR คือ อัตราการอบแห้ง (kg h^{-1})

W_i คือ น้ำหนักข้าวเปลือกเริ่มต้น (kg)

W_f คือ น้ำหนักข้าวเปลือกสุดท้าย (kg)

t คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (h)

การอบแห้งแบบติดตั้งไซโคลนยังสามารถนำอากาศอบแห้งกลับมาใช้ใหม่ได้ จึงเลือกทำการทดสอบที่สภาวะการอบแห้งจากข้างต้นโดยพิจารณาจากอัตราการอบแห้งเพื่อนำมาทดสอบสภาวะติดตั้งไซโคลนที่นำอากาศกลับมาใช้และทำการประเมินสมรรถนะการอบแห้ง 4) ประเมินคุณภาพข้าวจากร้อยละข้าวต้นและทำการเปรียบเทียบค่าคุณภาพข้าวกับชุดควบที่ผ่านการลดความชื้นด้วยวิธีการทั้งในรม

3 ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาพบว่า การอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมหมุนเวียนแบบไม่ติดตั้งไซโคลนมีค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่ำที่สุดที่อัตราการป้อนข้าวเปลือกที่ 6.35 kg min^{-1} ดังแสดงใน Figure 2 เนื่องจากที่อัตราการป้อนเพิ่มขึ้นทำให้ต้องใช้พลังงานในการเป่าลมเพื่อพาข้าวเปลือกไหลขึ้นไปยังถังพักเพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ส่วนที่อัตราการป้อนที่ 4.1 kg min^{-1} ปริมาณการไหลข้าวเปลือกในคอลัมน์อบแห้งน้อยลงส่งผลให้ค่าความร้อนที่สามารถพาความชื้นออกจากข้าวเปลือกเหลือทิ้งในอากาศทำให้ใช้จำนวนรอบในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ส่วนผลของการอบแห้งแบบติดตั้งไซโคลนพบว่า มีพฤติกรรมแบบเดียวกับการอบแห้งแบบไม่ติดตั้งไซโคลน

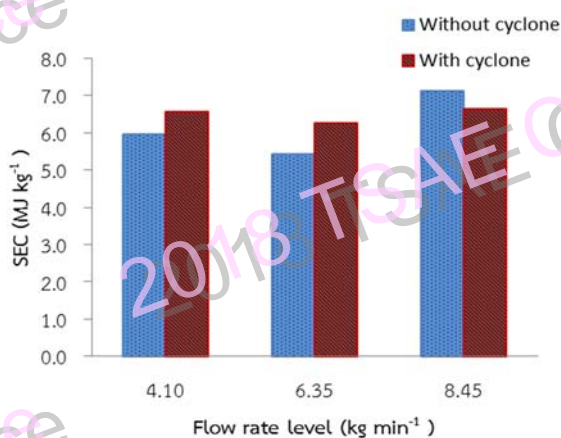


Figure 2 Comparison of specific energy consumption by cyclone and without cyclone installation.

เมื่อพิจารณาอัตราการอบแห้งในรูปของอัตราการระเหยน้ำดังแสดงใน Figure 3 พบว่าการอบแห้งที่ไม่ติดตั้งไซโคลนให้อัตราการระเหยน้ำสูงกว่าการอบแห้งแบบติดตั้งไซโคลนเพราะหลังกระบวนการอบแห้งในคอลัมน์อบแห้งแล้วอากาศร้อนไหลเข้าไปในถังพักข้าวเปลือกช่วยระเหยความชื้นของข้าวเปลือกในถังพัก

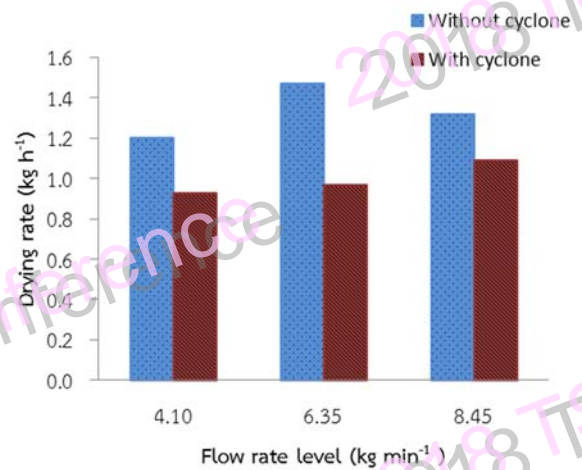


Figure 3 Comparison of drying rate by cyclone and without cyclone installation.

จากลักษณะของไซโคลนที่สามารถนำอากาศอบแห้งกลับมาใช้ใหม่จึงเลือกสภาวะที่อัตราการอบแห้งสูงสุดคือที่อัตราการป้อนข้าวเปลือกที่ 8.45 kg min^{-1} ของสภาวะติดตั้งไซโคลนมาทดสอบการอบแห้งแบบการนำอากาศอบแห้งกลับมาผสมอากาศขาเข้าที่อัตราส่วน 1:3 2:3 และไม่นำอากาศมาผสมเนื่องจากมีการเพิ่มข้อต่อของอากาศทางเข้า จากผลการทดลองพบว่า ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งที่นำอากาศกลับมาใช้ใหม่มีค่าการใช้พลังงานที่สูงขึ้นดังแสดงใน Figure 4 เนื่องจากอากาศที่นำกลับมาใช้ใหม่มีความชื้นสูงทำให้ลดความสามารถในการระเหยน้ำออกจากข้าวเปลือกในคอลัมน์ลดลงทำให้จำนวนรอบในการอบแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อพิจารณาพร้อมกับผลของอัตราการอบแห้งที่ลดลง

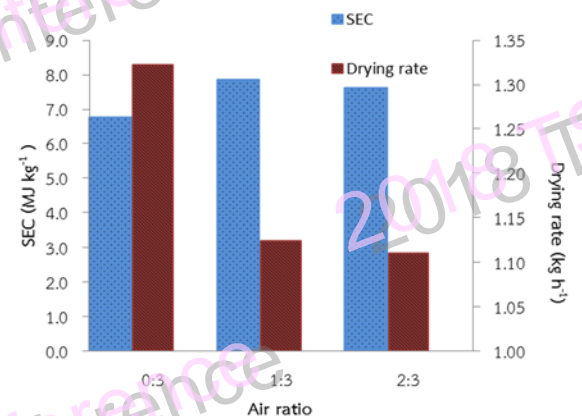


Figure 4 Comparison of specific energy consumption and drying rate by reusable air drying.

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

จากนั้นทำการประเมินคุณภาพข้าวด้วยปริมาณร้อยละข้าวต้นตั้ง Table 1 พบว่าผลของการอบแห้งแบบติดตั้งไซโคลนและไม่ได้ติดตั้งไซโคลนทุกอัตราการไหลเทียบกับสภาวะควบคุมที่ไม่ผ่านกระบวนการทางความร้อนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การอบแห้งแบบใช้ลมหมุนเวียนที่อัตราส่วนของอากาศ 0:3 1:3 และ 2:3 กับชุดควบคุมตั้ง Table 2 พบว่าการติดท่อนำอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่ที่อัตราส่วนต่าง ๆ กันไม่ส่งผลต่อร้อยละข้าวต้น แต่ส่งผลให้ค่าร้อยละข้าวต้นแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมหมุนเวียนที่พัฒนาขึ้นจึงไม่จำเป็นต้องติดตั้งไซโคลนและติดตั้งท่อลมที่นำอากาศกลับมาใช้ใหม่เนื่องจากการอบแห้งแบบไม่ติดตั้งไซโคลนสามารถทิ้งลมร้อนที่ถึงพักเพื่อให้ความร้อนข้าวเปลือกขณะรอเข้าคอลัมน์อบแห้งได้

Table 1 Comparison of head rice yield by control, cyclone and without cyclone installation.

Condition	Paddy feed rate (kg min ⁻¹)	Head rice yeild (%)
Without cyclone	4.1	30.84 ^a
	6.35	35.48 ^a
	8.45	36.84 ^a
With cyclone	4.1	33.91 ^a
	6.35	31.27 ^a
	8.45	27.53 ^a
Control		35.52 ^a

a=Different letters in the same column indicate significant differences (p<0.05).

Table 2 Comparison of head rice yield by control with reusable air drying.

Condition	Air ratio	Head rice yeild (%)
reusable air drying	0:3	41.58 ^b
	1:3	40.68 ^b
	2:3	40.86 ^b
Control		49.89 ^a

a=Different letters in the same column indicate significant differences (p<0.05)

4 สรุป

จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมหมุนเวียนที่ใช้อบแห้งข้าวเปลือกคือสภาวะที่ไม่ติดตั้งไซโคลนที่อัตราการป้อนข้าวเปลือกที่ 6.35 kg min⁻¹ มีค่าการใช้พลังงาน SEC ต่ำสุด เท่ากับ 5.44 MJ kg_{water}⁻¹ และให้อัตราการอบแห้งสูงสุดที่ 1.47 kg h⁻¹ และให้ค่าคุณภาพร้อยละข้าวต้นหลังกระบวนการขัดสีไม่แตกต่างจากชุดควบคุม

5 กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

6 เอกสารอ้างอิง

ฉัตรชัย นิยมล. 2555. ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระบวนการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมที่ใช้หอบแห้งชนิดท่อเกลียว. วารสารวิจัย มช. 17(1), 97-109.

ฐานิตย์ เมธิยานนท์. 2544. การอบแห้งเมล็ดพืชโดยเทคนิคสเปาเต็ดเบด. วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

บุญมี ศิริ, สุภัญญา วงศ์พรชัย, ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา, ศิริพร ศรีล้อม. 2546. ผลการลดความชื้น และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพการขัดสีของข้าวหอมมะลิ 105. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.

พิริสิทธิ์ ทวยนาค, มณฑล ชูโชนาค, มุस्ताฟา ยะกา, ประชาบุญยวานิชกุล. 2557. การทบทวนพัฒนาการของการลดความชื้นข้าวเปลือกในทางอุตสาหกรรม. วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 9(1), 68-74

ภาณุวัฒน์ ทรัพย์ปรุง, อนุรักษ์ ครองทรัพย์, ประสิทธิ์ โสภา. 2556. การพัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนประหยัดพลังงานโดยระบบนำอากาศร้อนเวียนกลับมาใช้ใหม่. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร. ฉบับพิเศษ, 201-207.

วิบูลย์ เทพนนท์. 2561. การวัดความชื้นเมล็ดพืช. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร. แหล่งข้อมูล : <http://www.doa.go.th/aeri/files/KM/moisture%202.pdf> เข้าถึงเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2561.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2561. สถานการณ์การผลิตและการตลาด. แหล่งข้อมูล : http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=23870&filename=new เข้าถึงเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2561.

Sharma, G. P., Prasad, S. 2006. Specific energy consumption in microwave drying of garlic cloves. Energy, 31(12), 1921-1926.