

## การพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีสำหรับอบแห้งพืชหลายชนิด Development of Rotary Dryers for Several Products Drying

เวียง อากรชี่<sup>1</sup> พิมล วุฒิสินธุ์<sup>2</sup> วิบูลย์ เทเพนทร์<sup>2</sup> นิตศัน ตั้งพินิจกุล<sup>2</sup> ปรีชา อานันท์รัตนกุล<sup>2</sup> จิรวาส์ เจียรตระกูล<sup>2</sup> และ อุทัย ธาณี<sup>3</sup>  
Weang Arekornchee<sup>1</sup>, Pimol wutisin<sup>2</sup>, Viboon Thepent<sup>2</sup>, Nitat Tangpinijkul<sup>2</sup>, Preecha Ananrattanukul<sup>2</sup>, Jirawat Chiatrakul<sup>2</sup> and  
Uthai Thane<sup>3</sup>

### Abstract

The objective of this study was to design and develop a rotary dryer for drying coffee beans. The designed dryer has two sizes at holding capacity of 400 and 800 kg. A dryer composes of 3 main parts; (i) The horizontal rotating octagonal drum instead of a spherical drum (ii) A forward curved blade centrifugal fan powered by electric motor. (iii) An LPG burner equipped with temperature control equipment to generate hot air. Results of drying coffee beans from 55% initial moisture content to 12% final moisture content took about 18-22 hours. The initial drying air temperature was 100 degree celsius and gradually decreased with drying time by controlling the coffee bean temperature not to exceed 45 degree celsius. The heat utilization efficiency was approximately 82%. The developed rotary dryer can be used to dry chilli, pepper and cocoa etc.

**Keywords:** Rotary Dryer, Cubical Drum, Octagonal drying drum

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีสำหรับอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟ โดยเครื่องอบแห้งที่ออกแบบมี 2 ขนาดบรรจุ คือ จุได้ครั้งละ 400 และ 800 กิโลกรัม ตัวเครื่องอบประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ 1) ถังอบแห้งรูปทรงกระบอกแปดเหลี่ยม ขับเคลื่อนการหมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า เดิมถังอบเป็นรูปทรงกระบอกกลม เปลี่ยนมาเป็นรูปทรงกระบอกเหลี่ยม เพื่อให้สามารถสร้างถังอบและติดตั้งระบบขับเคลื่อนการหมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าได้แข็งแรงทนทานขึ้น และประสิทธิภาพการอบแห้งดีกว่าเดิม 2) พัดลมเป็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางใบโค้งหน้า ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า 3) ชุดหัวพ่นแก๊สสูงตั้งกำเนิดลมร้อนพร้อมอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ผลการทดสอบอบแห้งกาแฟที่อุณหภูมิลมร้อนเริ่มต้น 100 องศาเซลเซียส และลดลงตามอุณหภูมิเมล็ดที่สูงขึ้นโดยอุณหภูมิเมล็ดไม่ควรเกิน 45 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้งแต่ละครั้งประมาณ 18-22 ชั่วโมง ที่ความชื้นเมล็ดกาแฟเริ่มต้น 55 % ลดลงเหลือ 12% มีค่าประสิทธิภาพความร้อนประมาณ 82% นอกจากนี้ยังได้นำเครื่องอบแห้งแบบโรตารีไปทดสอบอบแห้งกับพืชเมล็ดชนิดอื่น ๆ ได้แก่ พริก, พริกไทย และ โกโก้

**คำสำคัญ:** เครื่องอบแห้งแบบโรตารี, ถังอบแห้งทรงเหลี่ยม, ถังอบแห้งทรงแปดเหลี่ยม

### คำนำ

การทำแห้งเมล็ดพืชส่วนใหญ่ใช้วิธีการตากกลางแจ้งซึ่งใช้ความร้อนจากแสงแดด แต่การตากกลางแจ้งมักมีปัญหาเรื่องพื้นที่ที่ใช้ตาก และจากสภาพภูมิอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดภาวะฝนตกไม่ตรงตามฤดูกาลทำให้พืชเมล็ดต่างๆที่ตากได้รับความเสียหายมากน้อยต่างกันไป เช่น กาแฟพันธุ์โรบัสต้าที่มีปลูกทางภาคใต้ของประเทศไทยที่มีฝนตกชุกเกือบตลอดทั้งปีสร้างปัญหาในการทำแห้งโดยวิธีการตากกลางแจ้งเป็นอย่างมากใช้เวลานานประมาณ 10 วัน ถึง 1 เดือน ส่งผลกระทบต่อคุณภาพสารกาแฟเป็นอย่างมาก เพราะเกิดกระบวนการหมักในระหว่างการตากมีเชื้อราที่เป็นพิษเกิดขึ้น รสชาติและกลิ่นไม่ได้มาตรฐาน ส่งผลโดยตรงต่อราคาในการจำหน่าย ส่วนกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่ปลูกทางภาคเหนือจะมีปัญหาเรื่องน้ำค้าง และมีฝนบ้างเป็นบางช่วง การตากแห้งเมล็ดพืชอีกหลายชนิด เช่น พริก พริกไทย และโกโก้ เป็นต้น ล้วนประสบปัญหาในการตาก เครื่องอบแห้งแบบโรตารีเหมาะสมในการนำมาใช้อบแห้งพืชเมล็ด วิวัฒน์ (2529) การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวในขั้นตอนการทำ

<sup>1</sup> ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น 320 ม.12 ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

<sup>1</sup> Khonkaen Agricultural Engineering Research Center, 320 M.12 T.Bantoom A.Meuang Khonkaen province 40000

<sup>2</sup> กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.ปทุมธานี 12120

<sup>2</sup> Postharvest Engineering Research Group, Agricultural Engineering Research Institute, Pathumthani province 12120

<sup>3</sup> ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี 27 ม.1 ต.พลับพลา อ.เมือง จ.จันทบุรี 22000

<sup>3</sup> Chanthaburi Agricultural Engineering Research Center, 27 M.1 T.pluppa A.Meuang Chanthaburi province 22000

แห้งหรือลดความชื้นจึงมีความจำเป็นมากเพื่อช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว แต่ประเทศไทยยังขาดเทคโนโลยีด้านเครื่องอบแห้งพืช เมล็ดแบบโรตารีที่เหมาะสม เวียงและคณะ (2542)

วัตถุประสงค์ของการวิจัยพัฒนานี้คือการออกแบบสร้างเครื่องอบแห้งแบบโรตารีที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในส่วน ของถังอบแห้งให้สามารถสร้างได้ง่ายแข็งแรง และที่สำคัญสามารถประยุกต์ใช้กับพืชเมล็ดได้หลากหลายชนิด

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### 1. ทำการศึกษาข้อมูล และทำการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบโรตารีต้นแบบเพื่อใช้ในการอบแห้งพืชเมล็ด

ทำการศึกษาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นข้อมูลและแนวทางในการออกแบบสร้างเครื่องอบแห้งแบบโรตารีต้นแบบ โดยแบ่งเป็นการคำนวณออกแบบส่วนสำคัญคือ การคำนวณออกแบบถังอบแห้งให้มีรูปทรงกระบอกแปดเหลี่ยม 2 ขนาดความจุเมล็ดกาแฟ คือ 400 และ 800 กิโลกรัม ซึ่งจะทำการหาค่า น้ำหนัก/ปริมาตร ของเมล็ดกาแฟ (Bulk density) มาใช้ในการคำนวณและทำการการออกแบบชุดขับเคลื่อนการหมุนถังอบแห้งแบบเฟืองโซ่และชุดเกียร์ตรอบการ หมุนขนาดมอเตอร์ขับเคลื่อนโดยติดตั้งชุดตั้งเวลาการหมุนและหยุดหมุนของถังอบแห้งได้ตามต้องการ ทำการออกแบบพัดลม เป่าอัดลมร้อนเข้าถังอบแห้งโดยคำนวณหาปริมาณลมและแรงดันด้านเพื่อเลือกพัดลม จากข้อมูลการออกแบบที่ใช้ในการ คำนวณเครื่องลดความชื้นกาแฟ 500 กก.สด ใช้ลม 1000 cfm ( 28.32 CMM ) ที่แรงดัน 1 นิ้วน้ำ ไมตรี และคณะ (2539) ทำ การคำนวณออกแบบชุดกำเนิดความร้อนพร้อมอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้แก๊สหุงต้ม และเตาฟืน ในการให้ความร้อนใน การอบแห้ง

#### 2. ทำการทดสอบอบแห้งพืชเมล็ดชนิดต่างๆ ได้แก่ กาแฟกะลา พริก พริกไทย และโกโก้

ใช้เครื่องอบแห้งขนาดความจุ 0.95 และ 1.90 ลบ.ม. สำหรับทดสอบอบแห้งเมล็ดกาแฟ และใช้ขนาดความจุ 0.95 ลบ.ม. ในการทดสอบอบแห้ง พริก พริกไทย และโกโก้ เริ่มต้นด้วยการชั่งน้ำหนักพืชเมล็ดที่ต้องการทดสอบใส่ลงถังอบแห้งจน เต็ม สุ่มตัวอย่างไปหาความชื้นเริ่มต้นก่อนอบ เปิดเครื่องพร้อมจุดแก๊สกำเนิดความร้อนตั้งค่าอุณหภูมิลมร้อนเข้าถังอบ เปิดพัด ลมเป่าอัดลมร้อนเข้าถังอบแห้ง สำหรับเมล็ดกาแฟตั้งค่าอุณหภูมิลมร้อนเข้าเริ่มต้น 100 องศาเซลเซียส จากนั้นลดอุณหภูมิลง เรื่อยๆ โดยการสุ่มวัดอุณหภูมิเมล็ดกาแฟเป็นระยะๆ(ประมาณทุก 1 ชั่วโมง) ส่วนพริก พริกไทย และโกโก้ ใช้อุณหภูมิในการ อบแห้ง 55 55 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งในระหว่างทำการอบแห้งนี้ทำการเก็บบันทึกข้อมูลการทดลองทุกๆ 1 ชั่วโมง ได้แก่ สุ่มผลิตภัณฑ์ไปหาความชื้นโดยใช้เครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรดและเก็บไปวัดด้วยตู้อบซ้ำอีกครั้ง จดบันทึก อุณหภูมิลมร้อนเข้า วัดค่าปริมาณการใช้แก๊สหุงต้มโดยการชั่งน้ำหนักถังเพื่อคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานความร้อน ดำเนินการอบแห้งไปจนกว่าปริมาณความชื้นผลิตภัณฑ์จะลดลงถึงจุดที่ต้องการของแต่ละพืช (กาแฟกะลา พริก พริกไทย 12% และโกโก้ ประมาณ 7%) เมื่อได้ข้อมูลการทดสอบอบแห้งเสร็จแล้วนำมาทำการวิเคราะห์ ประเมิน และสรุปผลการทดสอบ การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบโรตารีต้นแบบ

### ผล

จากการศึกษาข้อมูลพบว่าเครื่องอบแห้งแบบโรตารีจะมีรูปทรงของถังอบแห้งเป็นทรงกระบอกกลมใช้เทคโนโลยีใน การสร้างที่มีมาตรฐานสูงและส่งผลให้ราคาต้นทุนการสร้างสูงตามไปด้วย สำหรับเครื่องอบแห้งโรตารีที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็น แบบถังหมุนรูปทรงกระบอกแปดเหลี่ยม (Figure 1) แบ่งเป็น 2 ชั้น เพื่อบรรจุเมล็ดพืชอยู่ระหว่างผนังชั้นนอกของถังกับผนัง ชั้นในซึ่งเป็นท่อลมร้อนสำหรับพัดลมเป่าอัดลมร้อนเข้าถังอบแห้ง มีใบกวนคลุกเคล้า (Figure 2) ซึ่งมี 2 ขนาดความจุ คือ 0.95 ลบ.ม. บรรจุเมล็ดกาแฟ 400 กิโลกรัม (Figure 3) และขนาด 1.90 ลบ.ม.บรรจุเมล็ดกาแฟ 800 กิโลกรัม (Figure 4) ซึ่งความจุ เมล็ดกาแฟ ปริมาตร 1 ลบ.ม. มีน้ำหนัก 640 กิโลกรัม ที่ความชื้น ประมาณ 55 % ชุดขับเคลื่อนการหมุนถังอบแห้งใช้โซ่เบอร์ 100 พันติดแน่นรอบถังอบและใช้เฟืองขับโซ่เพื่อหมุนถังโดยมีมอเตอร์ไฟฟ้าต้นกำลังขนาด 1.50 และ ขนาด 3.00 แรงม้า รอบ หมุนถังอบ 1.5 รอบ/นาที มีอุปกรณ์การตั้งเวลา การหยุด-การหมุน ของถังอบแห้งเพื่อให้เหมาะสมกับการอบแห้งพืชเมล็ดแต่ ละชนิด พัดลมเป่าอัดลมร้อนเข้าถังอบแห้งเป็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางใบโค้งหน้าการเลือกขนาดพัดลมให้เหมาะสมตาม ปริมาณลมและแรงดัน ชุดกำเนิดความร้อน ใช้เชื้อเพลิงจากแก๊สหุงต้มหรือแก๊ส LPG โดยมีชุดหัวพันแก๊สและอุปกรณ์ควบคุม อุณหภูมิสามารถตั้งอุณหภูมิได้ตามต้องการ มีห้องกักเก็บความร้อนเพื่อหมุนเวียนความร้อนกลับมาใช้บางส่วนในช่วงเมล็ดพืช ความชื้นลดต่ำลงเป็นการประหยัดเชื้อเพลิง

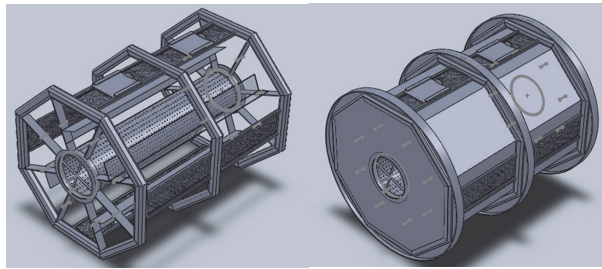


Figure 1 Octagonal drying drum

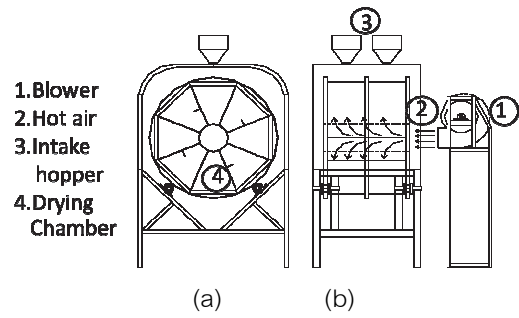


Figure 2 (a) Section view (b) Elevation view

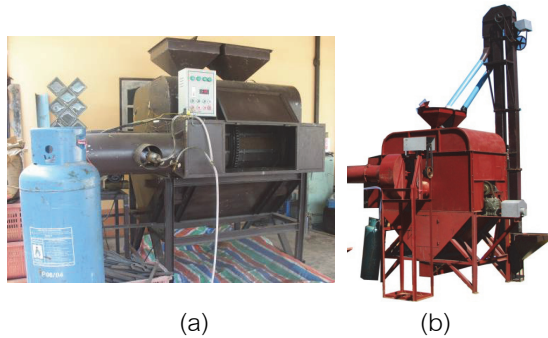


Figure 3 Rotary coffee dryer (a) 400, (b) 800kgs of holdings capacity

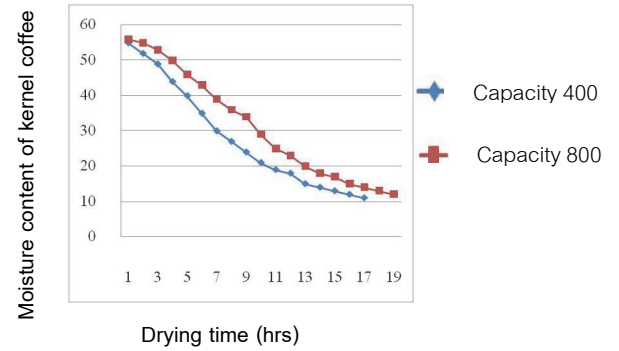


Figure 4 Moisture content of coffee bean/drying time

Table 1 The test result of the developed rotary dryer to dry coffee bean, chili, pepper and cocoa.

Topic of test	Volume 1.90 m <sup>3</sup>		Volume 0.95 m <sup>3</sup>		
	Coffee bean	Coffee bean	Chili	Pepper	Cocoa
Weight of fresh product (kg)	800	400	200	400	240
Initial moisture content (% w.b.)	56	55	65	50	51
Final moisture content (% w.b.)	12	12	12	12	7
Drying Time (hr)	20-22	18	18	18	16
Drying air temperature (°C)	100 reduce to 50	100 reduce to 50	55	55	70
Avg. LPG Consumption ( kg/hr )	1.75	0.8	0.61	0.83	0.95
Heat utilization efficiency ( % )	82	85	83	82	85



Figure 5 Drying Product (coffee bean, chili, pepper and cocoa)

### วิจารณ์ผล

การอบแห้งเมล็ดกาแฟด้วยเครื่องอบแห้งขนาดบรรจุ 400 และ 800 กิโลกรัม ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 55 % ใช้แก๊สหุงต้ม(LPG) ตั้งอุณหภูมิในการอบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียสและค่อยๆลดลงมา ใช้เวลาในการอบแห้งเหลือความชื้น 12% ประมาณ 18 และ 20-22 ชั่วโมง ใช้แก๊สหุงต้มไป 0.80 และ 1.75 กิโลกรัม/ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพการใช้ความร้อนอยู่ที่ 85% และ 82% ตามลำดับ (Table1) และจากกราฟ ( Figure 4) พบว่าอัตราการลดความชื้นในช่วงเริ่มต้นจะช้าเนื่องจากเป็นช่วงที่ความร้อนนำไปใช้ในการทำให้อุณหภูมิของน้ำที่ผิวของเมล็ดกาแฟสูงขึ้นเพื่อให้ระเหยกลายเป็นไอน้ำได้ จากนั้นปริมาณความชื้นในเมล็ดกาแฟจะลดลงได้เร็วขึ้น(ดูจากความชันของกราฟที่สูงขึ้น) เนื่องจากความชื้นที่ผิวของเมล็ดกาแฟสามารถลดได้ง่ายในช่วงนี้สามารถใช้อุณหภูมิความร้อนในการอบแห้งได้สูงเพราะว่าความชื้นในเมล็ดกาแฟมีค่าสูงหรือมีปริมาณน้ำมาก ความร้อนส่วนใหญ่ถูกใช้ไปกับการระเหยน้ำออกจากเมล็ดกาแฟ อุณหภูมิเมล็ดกาแฟจึงยังไม่สูงขึ้น จากนั้นอัตราการลดความชื้นจะเริ่มน้อยลงเมื่อความชื้นในเมล็ดเหลือน้อยซึ่งเป็นผลจากความชื้นในเมล็ดออกช้าลงด้วยซึ่งก็เป็นไปตามหลักการลดความชื้นพืชผลเกษตรทั่วไป และเนื่องจากพืชกาแฟมีข้อจำกัดเรื่องการรักษากลิ่นและรสชาติ จึงต้องควบคุมไม่ให้อุณหภูมิเมล็ดกาแฟสูงเกินกว่า 45 องศาเซลเซียส มิฉะนั้นกลิ่นและรสชาติของกาแฟจะเสียไป การวัดอุณหภูมิเมล็ดวัดได้โดยการนำเทอร์มิสเตอร์จุ่มไปในกองเมล็ดกาแฟที่สุ่มเก็บตัวอย่างมาขณะทำการลดความชื้น ดังนั้นสามารถใช้อุณหภูมิลมร้อนสูงในการอบแห้งช่วงเริ่มต้นได้

การใช้เครื่องอบแห้งโรตารีความจุ 0.95 ลบ.ม. ในการอบแห้งลดความชื้น พริก พริกไทย และโกโก้ พบว่าในการอบแห้งพริกต้องไม่ใช้อุณหภูมิสูงมากเนื่องจากพริกจะมีสีคล้ำ อุณหภูมิลมร้อนไม่ควรเกิน 55 องศาเซลเซียส ถ้ามีการหมุนของถังอบตลอดเวลาขณะอบจะทำให้หัวพริกหลุด การอบพริกไทยก็เช่นเดียวกันต้องระวังเรื่องผิวเมล็ดเสีย ควรใช้อุณหภูมิลมร้อนประมาณ 55 องศาเซลเซียส และหมุนถังอบ 9 วินาที (1/4 รอบ) หยุด 1 นาที สลับกันไปตลอดการอบแห้ง การอบแห้งโกโก้สามารถอบได้ผลเป็นอย่างดี ข้อควรระวังในการอบแห้งโกโก้จะต้องระวังเรื่องความชื้นไม่ให้ต่ำเกินไปจะทำให้เสียน้ำหนักในการขาย ความชื้นที่เหมาะสมประมาณ 7- 9 % ค่าประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของ พริก พริกไทย และโกโก้ อยู่ที่ 83% 82% และ 85% ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งลักษณะของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เมล็ดกาแฟ พริก พริกไทย และโกโก้ ที่ใช้อบแห้งดูได้จาก Figure 5

### สรุป

เครื่องอบแห้งแบบโรตารีสามารถใช้อบแห้งพืชเมล็ดได้หลายชนิดด้วยกันและจากการทดสอบกับ เมล็ดกาแฟ พริก, พริกไทย และ โกโก้ ใช้อบแห้งได้ผลเป็นอย่างดี โดยพิจารณาจากความสม่ำเสมอของการลดความชื้น ระยะเวลาการลดความชื้น ประสิทธิภาพการใช้ความร้อน และคุณภาพผลิตภัณฑ์

### คำขอขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่สนับสนุนการสร้างและทดสอบเครื่องอบ และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยพืชสวน จ.ชุมพร ที่สนับสนุนเมล็ดกาแฟในการทดสอบ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปกาแฟ สวนยาหลวง อ.ท่าวังผา จ.น่าน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และกาแฟกะลาที่ใช้ในการทดสอบ สหกรณ์การเกษตรแหลมสิงห์ จำกัด ที่อนุเคราะห์เมล็ดโกโก้ใช้ในการทดสอบ

### เอกสารอ้างอิง

- ไมตรี แฉวนพิช, วิบูลย์ เทเพนทร์ และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2539. คู่มือการใช้และบำรุงรักษาเครื่องลดความชื้นเมล็ดพืช. กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร
- วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล. 2529. อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม.โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) พิมพ์ครั้งที่ 3. บริษัทซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด.กรุงเทพฯ.
- เวียง อากรชี่, พิมพ์ วุฒิสินธ์ และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2542. การพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสต้าแบบถังกลมทรงกระบอกหมุนในแนวนอน. เอกสารรายงานผลการวิจัยฉบับเต็ม, สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม. กรมวิชาการเกษตร.