Agricultural Sci. J. 48 : 3 (Suppl.) : 31-34 (2017) ว. วิทย. กษ. 48 : 3 (พิเศษ) : 31-34 (2560)

เครื่องคัดแยกเม็ดกรวดออกจากเมล็ดกาแฟคั่วสายพันธุ์โรบัสต้า

Gravel-Roasted Robusta Beans Separator

รัตติกร สมบัติแก้ว[1] ดิษฐพร ตุงโสธานนท์[1] และ ณัฐพร สุวรรณพยัคฆ์[2]

Rattikorn Sombutkaew[1], Dithaporn Thungsotanon[1] and Nathaporn Suwanpayak[2]

Abstract

The gravel and contamination separations are important for the quality and cleaning factor of the roasted Robusta beans. This article aims to present the designing, creating and testing of a gravel-roasted coffee beans separator, with the suction air and enforced air. Before testing, the roasted coffee beans at light, medium and dark level, were determined the physical properties, for example, size, mass, specific gravity, and angle of friction. Furthermore, the efficiency of suction air and enforced air separator can be evaluated by feed rate, air velocity, quantities of gravel, the angle of suction air of the supply line and electrical energy conditions. The results found that the suction air method can be separated the gravel of 42.8% mix the 0.47% of the roasted Robusta beans, the electrical energy consumption was 1.77 Wh at the air velocity of 20.5 m/s with the angle of supply line was 16.7 degree and the maximum feed rate was 232.8 kg/h. For the enforced air can be separated by 75% without roasted coffee beans. In the feed rate condition of 33.5 kg/h, the electrical energy consumption was 17.9 Wh. Therefore, the efficiency separator of enforced air method is better than the suction air.

Keywords: Suction air, Enforced air, Gravel

บทคัดย่อ

การคัดแยกกรวดและสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดกาแฟคั่วสายพันธุ์โรบัสต้า มีความสำคัญต่อคุณภาพและความสะอาดของเมล็ดกาแฟคั่ว บทความนี้นำเสนอวิธีการออกแบบ สร้างและทดสอบเครื่องคัดแยกเม็ดกรวดออกจากเมล็ดกาแฟคั่วชนิดลมเป่าและลมดูด ก่อนการทดสอบนำเมล็ดกาแฟคั่วระดับอ่อน กลางและแก่ มาหาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ขนาด มวล ความถ่วงจำเพาะ และมุมเสียดทาน จากนั้นจึงทดสอบประสิทธิภาพเครื่องคัดแยกแบบลมเป่าและลมดูด ภายใต้เงื่อนไขของอัตราการลำเลียง ความเร็วลม ปริมาณของสิ่งเจือปน มุมท่ออากาศลำเลียงกรณีลมเป่าและอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสม จากการทดสอบพบว่ากรณีลมเป่าสามารถคัดแยกกรวดได้ 42.8% และมีเมล็ดกาแฟคั่วปะปนไปด้วย 0.47% อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 1.77 Wh ที่ความเร็วลม 20.5 m/s โดยท่อส่งลมวางเอียงทำมุม 16.7 degree และอัตราการลำเลียงสูงสุด 232.8 kg/h ในกรณีลมดูดแนวดิ่งการคัดแยกสิ่งเจือปนอยู่ที่ 75% และไม่มีเมล็ดกาแฟคั่วปะปน ภายใต้อัตราการลำเลียง 33.5 kg/h ใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 17.9 Wh ซึ่งจากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเครื่องคัดแยกแบบลมดูดมีประสิทธิภาพการใช้งานดีกว่าแบบลมเป่า

คำสำคัญ: ลมเป่า ลมดูด ก้อนกรวด

คำนำ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สำคัญของประเทศไทยมีด้วยกัน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์อาราบิก้า และโรบัสต้า สายพันธุ์อาราบิก้านั้นปลูกได้ดีในภาคเหนือ บริเวณพื้นที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน ส่วนสายพันธุ์โรบัสต้าปลูกได้ดีในภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช (อรุณรัตน์และวงการ, 2545) ในกระบวนการแปรรูปกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้าเกษตรกรนำผลผลิตเมล็ดกาแฟสดมาทำการตากแห้งก่อนทำการกะเทาะเปลือก โดยเกษตรกรนำผลกาแฟมาวางไว้บนพื้นซีเมนต์ซึ่งอาจมีเศษหิน กรวด เจือปนระหว่างการตากแห้งได้ ดังนั้นเพื่อให้ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพสะอาดปราศจากสิ่งเจือปนจึงต้องคัดแยกสิ่งเหล่านี้ออกจากเมล็ดกาแฟ โดยลักษณะของกาแฟที่สีแล้วจะมีเม็ดกรวดปะปนอยู่ซึ่งแยกออกได้ยาก เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพได้แก่ สีและน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน แต่คุณสมบัติดังกล่าวมีความแตกต่าง

[1]ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160

[1]Department of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160

[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160

[2]Department of General Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160

กันเมื่อกาแฟผ่านการคั่วแล้วคือ เมล็ดกาแฟมีน้ำหนักลดลงและเม็ดกรวดนั้นยังคงหนักเท่าเดิม จากความแตกต่างดังกล่าว นักวิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้างเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนโดยใช้ระบบลมในการขนส่งวัสดุ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคัดแยกด้วยระบบลมพบว่า ขจรศักดิ์และศิริมงคล (2543) ได้ทำการพัฒนาเครื่องแยกเปลือกที่ปนมากับเมล็ดที่ผ่านการกะเทาะโดยอาศัยหลักการขนถ่ายวัสดุด้วยลม จากความต่างกันของน้ำหนักเมล็ดและเปลือกทำให้การเคลื่อนที่วิถีโค้งในแนวระดับต่างกัน ส่งผลให้เปลือกถูกพัดลมเป่าเข้าสู่ชุดคัดแยกเปลือกและเมล็ดจะตกลงสู่ท่อขนถ่ายวัสดุ เช่นเดียวกับการใช้เครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากข้าวสารของณัฐดนย์และคณะ (2557) โดยอาศัยลมเป็นตัวดูดขึ้น ทั้งนี้ต้องพิจารณาความเร็วลมที่ไหลในท่อด้วยเนื่องจากความเร็วต่ำไปจะทำให้การไหลของวัสดุต่ำไปด้วย (พรชัย, 2546) นอกจากนี้ความเร็วของกระแสอากาศที่ไม่สม่ำเสมอตลอดความยาวท่อซึ่งแปรเปลี่ยนเป็นส่วนกลับกับความดันบรรยากาศ ถ้าความดันบรรยากาศภายในท่อลดลงเรื่อยๆ ทำให้ความเร็วของอากาศเพิ่มขึ้นตามลำดับ (ศุภชัยและพรชัย, 2547)

สำหรับการศึกษาการแยกเม็ดกรวดหรือสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดกาแฟคั่วเป็นการทดลองหาอัตราการป้อน ความเร็วลมที่เหมาะสม และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปน ซึ่งอุปกรณ์การทดลองอาศัยหลักการขนส่งวัสดุด้วยลมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ อุปกรณ์ที่ใช้แยกเม็ดกรวดออกจากเมล็ดกาแฟคั่วแบบใช้ลมเป่า (Enforced air) และแบบใช้ลมดูด (Suction air)

อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดกาแฟคั่วด้วยระบบลมเป่าและลมดูดอาศัยหลักการจากทฤษฎีการขนถ่ายวัสดุประเภทผง เกล็ด และเมล็ด ด้วยแรงลมหรือนิวเมติคคอนเวเยอร์ (Pneumatic conveyor) นั้น ในลำดับแรกต้องทำการหาคุณลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกาแฟคั่วดังแสดงใน Table 1 รวมทั้งศึกษาระบบการขนถ่ายวัสดุด้วยลม ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วน คือ ตัวต้นกำเนิดลม (Air mover) ตัวจ่ายวัสดุเข้าไปในท่อลำเลียง (Feeding system) ท่อลำเลียงวัสดุ (Pipe line) และตัวแยกวัสดุ (Separation system) โดยมีกระบวนการดัง Figure 1

Table 1 Physical properties of the roasted Robusta bean.

Properties	Roasted level		
	Light	Medium	Dark
Weight (g)	0.183±0.06	0.120±0.05	0.118±0.04
Specific gravity	0.552±0.24	0.500±0.34	0.448±0.13
Volume (m^3)	3.344×10^{-7}±2.99	2.354×10^{-7}±1.2	2.889×10^{-7}±1.5
Bulk specific weight (kN/m^3)	5.412±2.38	4.909±3.4	4.398±1.3
Maximum length (mm)	11.356±1.40	11.481±1.2	11.758±1
Angle of friction (longitudinal, degree)	20.30±3.50	27.50±2.5	26.90±4.5
Angle of friction (transverse, degree)	26.80±3.0	26.90±4.0	27.70±5.5
Coefficient of friction (longitudinal)	0.495±0.07	0.52±0.05	0.508±0.09
Coefficient of friction (transverse)	0.50±0.06	0.508±0.08	0.526±0.12

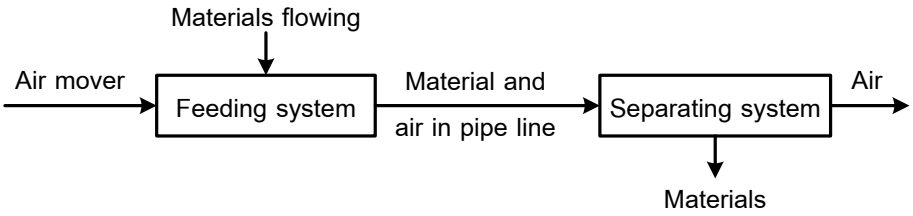
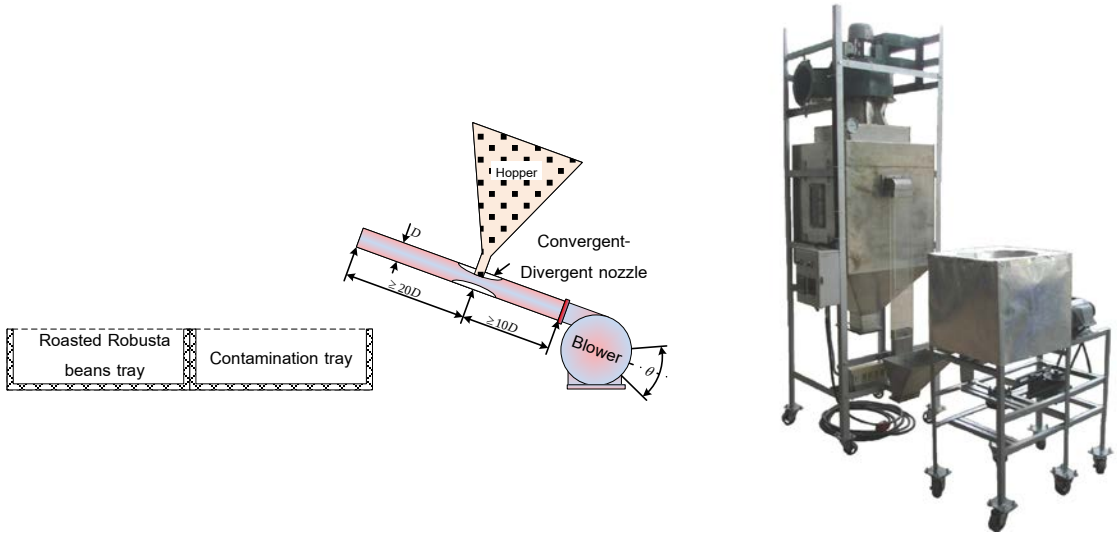


Figure 1 Diagram of pneumatic conveyor process

ผลและวิจารณ์ผล

การใช้ระบบคัดแยกวัสดุด้วยลมสามารถทำได้ 2 แบบ คือ การคัดแยกวัสดุแบบใช้ลมเป่า และการคัดแยกวัสดุแบบใช้ลมดูด ดังแสดงใน Figure 2 (a) และ (b) ตามลำดับ ซึ่งการทดลองทั้งสองแบบมีลักษณะคล้ายกัน คือ เพื่อหาอัตราการลำเลียงสูงสุด อัตราเร็วลม อัตราการแยกเม็ดกรวด และปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสม ซึ่งการคัดแยกวัสดุด้วยลมทั้งสองแบบนี้มี

ความต่างกันที่ระบบท่อลำเลียงวัสดุ โดยในกรณีแบบใช้ลมเป่ามีการทดสอบเพื่อหาค่าองศาของท่อลำเลียงที่เหมาะสมต่อการคัดแยกเม็ดกรวดด้วยการทดสอบในช่วง 0-90 degree (อ้างอิงจากแนวระดับ) ส่วนกรณีแบบใช้ลมดูดลักษณะของท่อลำเลียงจะเป็นชนิดวางตัวในแนวดิ่ง ในขั้นตอนการวิเคราะห์ผลของการคัดแยกวัสดุแบ่งพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) เปอร์เซ็นต์เม็ดกรวดที่แยกได้ และ (2) เปอร์เซ็นต์กาแฟคั่วที่ปะปนกับเม็ดกรวดดังนี้



(a) (b)

Figure 2 Gravel-Roasted coffee bean separation (a) Enforced air (b) Suction air

1. อัตราการแยกเม็ดกรวดออกจากเมล็ดกาแฟคั่วแบบใช้ลมเป่า

จากการทดลองพบว่ามุมเอียงของท่อลำเลียงที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 10-20 degree ดังแสดงใน Table 2 พบว่าเมื่อบีบช่วงของมุมและความเร็วของการทดลองให้แคบลงเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์การคัดแยกเม็ดกรวดออกจากเมล็ดกาแฟคั่วที่เหมาะสมได้สูงสุดอยู่ในช่วงมุม 16.7 degree และความเร็ว 20.5 m/s ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การคัดแยกเม็ดกรวดออกจากเมล็ดกาแฟคั่วสูงสุด คือ 42.8% และเปอร์เซ็นต์กาแฟที่ปะปนในกระบะแยกเม็ดกรวดเพียง 0.47% โดยที่มีอัตราการใช้พลังงาน 1.77 Wh ส่วนมุมอื่นๆ นั้นไม่มีความเหมาะสมเนื่องจากเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดกาแฟที่ปะปนในกระบะแยกเม็ดกรวดมีค่าสูงมากกว่า 86.73%

Table 2 Percentage of gravel and coffee bean separation at 10 - 20 degree of the 20.5 – 22.5 m/s of wind speed.

Angle (degree)	Velocity (m/s)					
	20.5	21.5	22.5	20.5	21.5	22.5
	Gravel (%)			Roasted Robusta bean (%)		
10.0	35.70	28.57	7.14	8.15	0.8	-
13.3	28.57	7.14	-	2.29	-	-
16.7	42.80	28.57	7.14	0.47	-	-
20.0	28.57	14.28	-	-	-	-

(-) The data cannot be collected.

2. อัตราการแยกเม็ดกรวดออกจากเมล็ดกาแฟคั่วแบบใช้ลมดูด

จากการทดลองด้วยการใช้ระบบคัดแยกวัสดุด้วยลมแบบลมดูดที่แรงดันสัมบูรณ์ 500 Pa พบว่าภายใต้เงื่อนไขการทดสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของความเร็วลมดูดและอัตราการป้อนต่างๆ โดยปรับช่วงความเร็วลมตั้งแต่ 15-19 m/s และปรับช่วงอัตราการป้อนอยู่ที่ 15.5-39.5 kg/h พบว่าความเร็วลมดูดและอัตราการป้อนที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การคัดแยกเม็ดกรวดมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 16.5 m/s และ 33.5 kg/h ตามลำดับ โดยมีเปอร์เซ็นต์การแยกเม็ดกรวดอยู่ที่ 75% ซึ่งเป็นค่าสูงสุด จาก Figure 3 สามารถสังเกตได้ว่าที่ความเร็ว 16.5 m/s ของทุกๆ ช่วงอัตราการป้อนนั้นมีค่าเปอร์เซ็นต์การแยกเม็ดกรวดสูงโดยเฉพาะที่อัตรา

การป้อน 33.5 kg/h นั้นจะมีค่าสูงสุดและพบว่าไม่มีกาแฟคั่วปะปนอยู่กับเม็ดกรวดที่แยกออกมา รวมถึงมีเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการคัดแยกสูงกว่าแบบใช้ลมเป่าภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสมอยู่ที่ 42.93% และหากประเมินตามขนาดของเม็ดกรวดที่ทดสอบคือ 2 mm., 2-4 mm., 4-6 mm. และ 6-8 mm. พบว่าเครื่องคัดแยกแบบใช้ลมดูดไม่สามารถแยกเม็ดกรวดที่มีขนาด 2-3 mm. ได้ ดังนั้นหากต้องการคัดแยกเม็ดกรวดที่มีขนาดเล็กควรปรับปรุงหลักการด้วยการสร้างตะแกรงเขย่าที่มีขนาดรูเพียงพอให้เม็ดกรวดก้อนเล็กร่วงหล่นลงมาได้

การประเมินอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องคัดแยกเม็ดกรวดแบบใช้ลมดูดพบว่าอัตราการป้อนที่ 15.5 kg/h ซึ่งมีค่าต่ำสุดนั้นจะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่สูงสุดของทุกๆ ช่วงความเร็วเนื่องจากการเสียดสีกันของเมล็ดกาแฟในขณะลำเลียงมีระยะเวลาที่ยาวนานกว่าและลดลงอย่างแปรผันตรงตามอัตราการป้อนที่เพิ่มสูงขึ้น ส่วนการปรับเพิ่มความเร็วลมดูดพบว่า อัตราการใช้พลังงานจะแสดงผลในทางตรงกันข้ามกับอัตราการป้อน สำหรับการคัดแยกเม็ดกรวดแบบใช้ลมดูดพบว่าภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสมในการคัดแยกเม็ดกรวดออกจากเมล็ดกาแฟคั่วคือ 75% ความเร็ว 16.5 m/s และอัตราการป้อน 33.5 kg/h มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 17.9 Wh เมื่อเปรียบเทียบกับแบบใช้ลมเป่าพบว่าใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าอยู่ที่ 90.11%

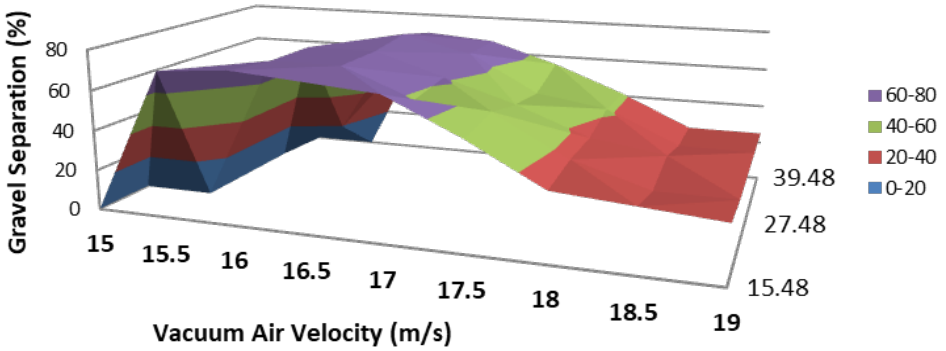


Figure 3 The results of gravel separation.

สรุป

จากการศึกษาและทดลองเปรียบเทียบวิธีการคัดแยกเม็ดกรวดออกจากเมล็ดกาแฟคั่วแบบใช้ลมเป่าและแบบใช้ลมดูด พบว่าการแยกเม็ดกรวดแบบใช้ลมเป่ามีอัตราการแยกเม็ดกรวดได้คือ 42.8% อัตราการป้อนที่เหมาะสมคือ 232.8 kg/h กาแฟคั่วปะปนอยู่ในกระบะเก็บเม็ดกรวดอยู่ที่ 0.47% ของกาแฟทั้งหมด มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 1.77 Wh ส่วนการคัดแยกเม็ดกรวดแบบใช้ลมดูดพบว่าสามารถแยกเม็ดกรวดออกจากเมล็ดกาแฟคั่วได้ 75% ที่อัตราการป้อน 33.5 kg/h มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า 17.9 Wh และไม่มีกาแฟคั่วปะปนอยู่กับเม็ดกรวดที่แยกออกมา จากผลการทดลองทั้งสองวิธีนั้นปรากฏว่าการคัดแยกเม็ดกรวดออกจากเมล็ดกาแฟคั่วแบบใช้ลมดูดมีความเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร สำหรับงบประมาณและสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ขจรศักดิ์ บุญเกี๋ยงวงศ์ และ ศิริมงคล ทองสุข. 2543. การออกแบบและสร้างชุดแยกเปลือกที่ปนมากับเมล็ดที่ผ่านการกระเทาะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. 86 น.

ณัฐดนย์ พรรณุเจริญวงษ์, รพีพัฒน์ ลาดศรีทา และ โกเมน อาสนาทิพย์. 2557. เครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากข้าวสาร. วารสารวิจัย 7(2): 1-6.

พรชัย จงจิตรไพศาล. 2546. งานวิจัยเรื่องการขนถ่ายวัสดุด้วยลมที่มีการไหลแบบหนาแน่น. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี และ พรชัย จงจิตรไพศาล. 2547. ความดันสูญเสียจากวัสดุในท่อตรงของระบบขนถ่ายวัสดุด้วยลม. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 14(1): 43-48.

อรุณรัตน์ อนุภาโส และ วงการ จันทรานาฏ. 2545. คู่มือคนรักกาแฟ. อมรินทร์บุ๊คเซนเตอร์. กรุงเทพมหานคร. 174 น.