Agricultural Sci. J. 49 : 4 (Suppl.) : 279-282 (2018) ว. วิทย. กษ. 49 : 4 (พิเศษ) : 279-282 (2561)

เครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟโรบัสต้าสดระบบน้ำปั่นป่วน

Robusta Coffee Cherry Separator Using Turbulent Water System

ชมพูนุช กูลเกตุวงศ์[1] **และ ณัฐพร สุวรรณพยัคฆ์**[2]

Chompoonud Kulketwong[1] and Nathaporn Suwanpayak[2]

Abstract

Robusta is the most coffee cultivation in Chumphon province, Thailand. The harvested fresh coffee cherries must be separated and cleaned before processing. This research aims to study the physical properties of fresh Robusta coffee cherries and fabricate the separator with the turbulent water system, that the emitted water was discharged from the porous pipeline at the bottom of the sorting chamber, with the flow rate range of 1.8-2.6 l/s. The results found that the average fresh coffee cherry mass was 1.10±0.17 g, the average volume was 1009.32±183.57 mm^3 and the specific gravity of the whole and poor coffee cherries were 1.009-1.117 and 0.36-0.988, respectively. The emitted turbulent water separator induced the good cherries to the outlet at the bottom and drifted the poor seed to the upper outlet. The whole seed separation efficiency was not less than 97.78% and the maximum capability was 28.44 kg/h at the water flow rate of 2.6 l/s.

Keywords: fresh Robusta coffee cherry, turbulent water system, separation efficiency

บทคัดย่อ

โรบัสต้าเป็นสายพันธุ์กาแฟที่นิยมปลูกกันมากในจังหวัดชุมพรของประเทศไทย ผลกาแฟสดหลังเก็บเกี่ยวต้องนำไปคัดแยกและทำความสะอาดก่อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูป งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าสดและสร้างเครื่องคัดแยกด้วยระบบน้ำปั่นป่วน ที่มีหลักการทำงานโดยให้น้ำพ่นออกมาจากท่อชนิดรูพรุนที่อยู่ด้านล่างของถังคัดแยกด้วยอัตราการไหลในช่วง 1.8-2.6 l/s จากผลการทดลองพบว่าเมล็ดกาแฟสดมีมวลเฉลี่ย 1.10±0.17 g ปริมาตรของเมล็ดเฉลี่ย 1009.32±183.57 mm^3 และความถ่วงจำเพาะของเมล็ดดีและเมล็ดเสีย 1.009-1.117 และ 0.36-0.988 ตามลำดับ เครื่องคัดแยกแบบน้ำพ่นปั่นป่วนสามารถควบคุมให้เมล็ดกาแฟสดดีไหลออกทางช่องคัดแยกด้านล่างและเมล็ดเสียไหลออกทางด้านบนได้ โดยมีประสิทธิภาพการคัดแยกเมล็ดไม่น้อยกว่า 97.78% และความสามารถในการทำงานสูงสุด 28.44 kg/h ที่อัตราการไหลของน้ำ 2.6 l/s

คำสำคัญ: เมล็ดกาแฟโรบัสต้าสด, ระบบน้ำปั่นป่วน, ประสิทธิภาพการคัดแยก

คำนำ

กาแฟสายพันธุ์โรบัสต้านิยมปลูกในพื้นที่จังหวัดชุมพร เนื่องจากสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศมีความเหมาะสม (Kiattisin *et al*., 2016) ในฤดูเก็บเกี่ยวผลกาแฟสุกจะถูกเก็บเกี่ยวออกจากช่อด้วยแรงงานคน ขณะเก็บเกี่ยวผลผลิตจะร่วงหล่นสู่ภาชนะรองรับชนิดตาข่ายที่วางอยู่บนพื้นดิน ซึ่งผลิตผลที่เก็บเกี่ยวประกอบไปด้วยเมล็ดกาแฟสุกคุณภาพดี เมล็ดกาแฟเสียเนื่องจากโรคพืชและแมลง เมล็ดกาแฟแห้ง รวมทั้งอาจมีการปะปนของก้อนกรวดหรือเศษของแข็งที่ไม่พึงประสงค์อยู่ด้วย ดังนั้นก่อนที่จะนำกาแฟสดไปสู่กระบวนการลดความชื้นและแปรรูป จึงจำเป็นต้องมีการคัดแยกและทำความสะอาดเพื่อให้ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพดี (Evangelista *et al*., 2014) ในการคัดแยกและทำความสะอาดผลผลิตกาแฟสดที่พบโดยทั่วไปนิยมใช้วิธีการคัดแยกโดยอาศัยความแตกต่างของค่าความถ่วงจำเพาะ (Sanz-Uribe *et al*., 2011) โดยการใช้ภาชนะบรรจุน้ำช่วยในการคัดแยกเมล็ดเสียออกโดยวิธีการล้นบ่า ซึ่งมีข้อดีคือราคาถูกแต่อัตราการสิ้นเปลืองน้ำต่อน้ำหนักกาแฟสูง (Márquez, 1987) สำหรับในปัจจุบันการคัดแยกและล้างผลผลิตกาแฟจะอาศัยหลักการเช่นเดิม แต่มีการนำอุปกรณ์เชิงกลและอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ร่วมด้วยเพื่อให้ได้กาแฟที่มีคุณภาพดียิ่งขึ้น อาทิเช่น การนำสกรูลำเลียงที่มีอัตราความเร็วรอบและการวางเอียงในตำแหน่งที่เหมาะสมมาใช้ร่วมกับการใช้น้ำในการคัดแยก ส่งผลให้ความสามารถในการคัดแยกสูงขึ้นแต่มีอัตรา

[1] ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160

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

[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160

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

การใช้น้ำลดลง (Oliveros-Tascón *et al.*, 2008) การคัดแยกเมล็ดกาแฟเพื่อให้เหลือเฉพาะเมล็ดกาแฟที่สุกงอมและมีคุณภาพสูงสามารถกระทำโดยการประเมินสีผิวเปลือก ซึ่ง Franca and Oliveira (2008) ได้รายงานว่าในประเทศบราซิลมีการคัดแยกสีเมล็ดกาแฟสดอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ การใช้แรงงานคนและเครื่องคัดแยกสีแบบอิเล็กทรอนิกส์ ที่อาศัยกล้องจับภาพมาวิเคราะห์ความแตกต่างของความยาวคลื่น ซึ่งความต่างของความยาวคลื่นนี้เป็นตัวแปรสำคัญในการแบ่งแยกความสมบูรณ์ของเมล็ดกาแฟ และข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาใช้ควบคุมการทำงานของระบบเชิงกลให้คัดแยกเมล็ดกาแฟแบบเมล็ดต่อเมล็ด ซึ่งการคัดแยกจะได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพดีแต่มีข้อเสียในด้านต้นทุนการดำเนินการที่สูง อย่างไรก็ตามการคัดแยกและทำความสะอาดเมล็ดกาแฟยังคงมีความจำเป็นที่ต้องพัฒนาเพื่อให้ได้เครื่องมือที่ทำงานได้อย่างรวดเร็วและราคาถูก บทความนี้จึงนำเสนอเทคนิคในการคัดแยกและทำความสะอาดผลผลิตเมล็ดกาแฟสดหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการใช้ระบบน้ำปั่นป่วน ซึ่งเป็นหลักการที่ปรับปรุงมาจากการพัดพาของอนุภาคทรายและตะกอนทรายในกระแสน้ำภายใต้ทางน้ำเปิด โดยอนุภาคของทรายหยาบและกรวดที่มีมวลขนาดใหญ่ไม่สามารถลอยน้ำได้จะเคลื่อนที่ด้วยการกลิ้ง กระเด้งกระดอนไปตามพื้นท้องน้ำ ในขณะที่ทรายละเอียดจะถูกพัดให้ลอยเหนือผิวน้ำและไหลไปตามทิศทางของกระแสน้ำ (Parker *et al.*, 2011; Naqshband *et al.*, 2014) ซึ่งวิธีการนี้ยังใช้ในคัดอนุภาคทรายที่มีขนาดต่างกันได้ (Endo *et al.*, 1996) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าสดสำหรับสร้างเครื่องคัดแยก และนำหลักการของน้ำปั่นป่วนมาประยุกต์ใช้ในการคัดแยกเมล็ดกาแฟสดและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างเมล็ดกาแฟโรบัสต้าสด

ผลกาแฟโรบัสต้าสดถูกเก็บเกี่ยวด้วยมือในฤดูเก็บเกี่ยวจากต้นกาแฟที่ปลูกในอำเภอสวี จังหวัดชุมพร แล้วนำไปบรรจุลงในถุงกระสอบและเก็บรักษาไว้ในกระบวนการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 ^{o}C เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ ก่อนการทดสอบเมล็ดกาแฟสดจะถูกปรับอุณหภูมิด้วยวิธีธรรมชาติภายใต้การควบคุมอุณหภูมิที่ 25 ^{o}C เป็นระยะเวลา 24 h

2. การหาสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าสด

นำเมล็ดกาแฟสดจำนวน 500 g มาหาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่มวล พื้นที่ผิว ปริมาตร มุมเริ่มไถล และความถ่วงจำเพาะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกโดยสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าสดแสดงดัง Table 1

Table 1 Physical properties of fresh Robusta coffee cherries.

Properties	Mean ± SD
Mass (g)	1.10 ± 0.17
Surface area (mm^2)	13514.4 ± 3566.27
Volume (mm^3)	1009.32 ± 183.57
Sliding angle (^{o})	12.59 ± 1.77
Whole seed specific gravity (dimensionless)	1.009 - 1.117
Poor seed specific gravity (dimensionless)	0.36 - 0.988

3 .เครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟโรบัสต้าสดระบบน้ำปั่นป่วน

การออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยก มีหลักการคล้ายกับการเคลื่อนที่ของเม็ดทรายและกรวดที่เคลื่อนที่ไปบนท้องน้ำอาศัยความปั่นป่วนของกระแสน้ำเพื่อกระตุ้นให้เมล็ดกาแฟสดเกิดการสั่น กระจายตัว กลิ้ง กระโดดและลอยตัวไหลออกทางช่องทางคัดแยกดัง Figure 1 เครื่องคัดแยกถูกออกแบบและเลือกใช้วัสดุราคาถูกโดยการปั่นป่วนของน้ำเกิดจากการพ่นน้ำออกจากท่อพีวีซีขนาด 1½” ยาว 47 cm ที่มีรูพรุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm จำนวน 68 รู ที่ส่วนล่างของถังคัดแยกดังแสดงใน Figure 2 และท่อรูพรุนย่อยขนาด 1” ยาว 38 cm จะถูกติดตั้งไว้ช่วงกลางของถังคัดแยกเพื่อสร้างความปั่นป่วนแก่ผิวน้ำและน้ำส่วนบน ทำการทดสอบภายใต้อัตราการไหลของน้ำ 1.8 2.1 และ 2.6 l/s เพื่อประเมินความสามารถในการคัดแยกเมล็ดกาแฟดีและกาแฟเสีย

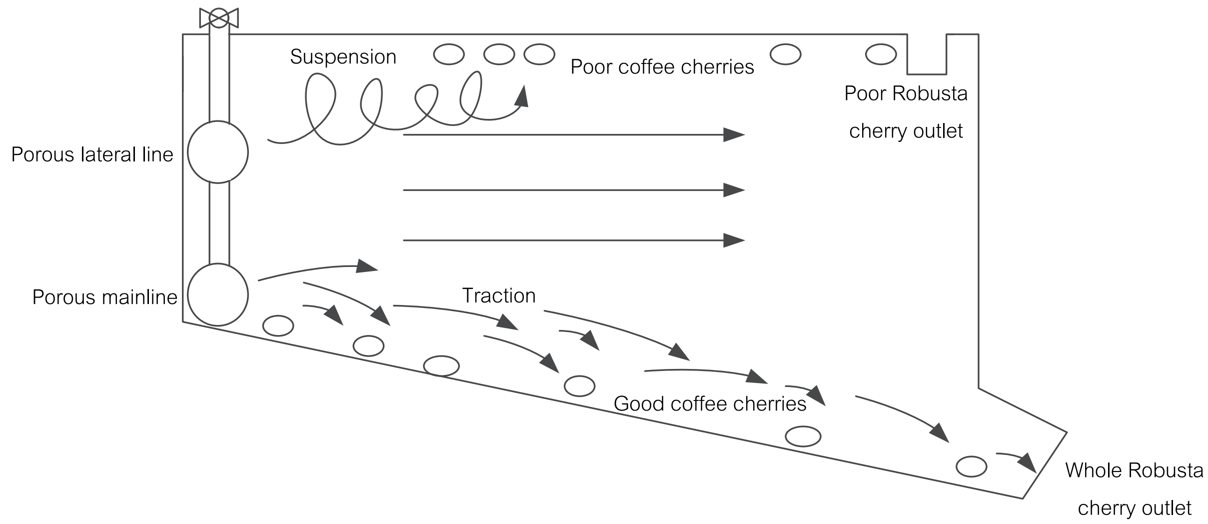

Figure 1 Schematic illustration of the transportation of fresh Robusta cherries in separator chamber

ผลและวิจารณ์ผล

จากการทดลองและวิเคราะห์ผลการคัดแยกเมล็ดกาแฟโรบัสต้าสดด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้ Bonferroni correction ดังแสดงใน Figure 3 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของมวลเมล็ดกาแฟในช่องทางออกของเมล็ดดีที่อยู่ด้านล่างถังคัดแยกและเมล็ดกาแฟเสียที่อยู่ด้านบนที่อัตราการไหลของน้ำปั่นป่วน 1.8 l/s และ 2.1 l/s มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญชัดเจน โดยการคัดแยกด้วยระบบน้ำพ่นปั่นป่วนจากท่อรูพรุนที่ 1.8 l/s มีความคลาดเคลื่อนต่ำสุดคิดเป็น 1.49% ที่ช่องเมล็ดกาแฟดี และ 3.20% ที่ช่องเมล็ดกาแฟเสีย และที่อัตราการไหล 2.1 l/s มีค่าความเคลื่อนที่ช่องทางออกของเมล็ดดีมากที่สุดคิดเป็น 3.28% ในขณะที่น้ำปั่นป่วนไหลด้วยอัตรา 2.6 l/s มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเป็น 2.20% ในช่องคัดแยกเมล็ดดี แต่มีค่ามากที่สุดที่ช่องเมล็ดเสีย

ความสามารถในการทำงานสูงสุดของเครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟโรบัสต้าสดที่อัตราการไหลทั้งสามเป็น 11.41 20.63 และ 28.44 kg/h ตามลำดับ แม้การคัดแยกด้วยการไหลของน้ำปั่นป่วนที่ 1.8 l/s จะเกิดความผิดพลาดน้อยสุดแต่ใช้ระยะเวลามากจึงส่งผลให้ความสามารถในการทำงานของเครื่องน้อยลง เมื่อพิจารณาที่ 2.6 l/s ที่มีค่าความผิดพลาดสูงกว่า แต่การทำงานของระบบมีค่าสูงเนื่องจากน้ำมีสภาพปั่นป่วนมาก ทำให้เมล็ดกาแฟสมบูรณ์ดีและไม่สมบูรณ์แยกออกจากกันได้ โดยเมล็ดเสียไม่สมบูรณ์จะลอยน้ำได้รวดเร็วขึ้นจึงใช้ระยะเวลาน้อยกว่า

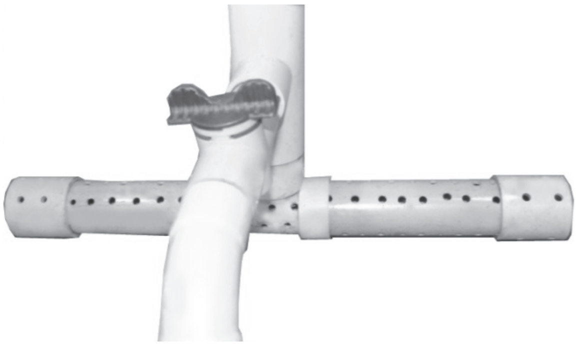

Figure 2 Porous mainline at the bottom of separator Chamber

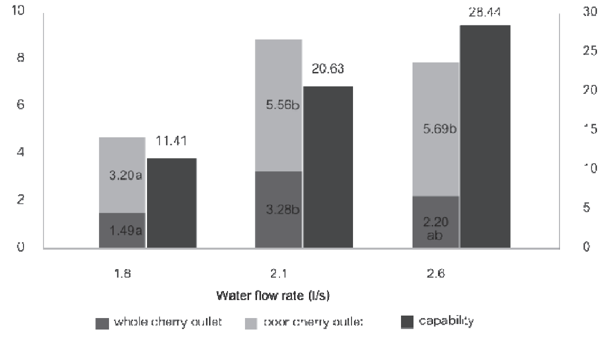

Figure 3 The percentage error and capability of the separator at different water flow rates

น้ำที่ถูกพ่นออกจากท่อรูพรุนที่อยู่ส่วนกลางและด้านล่างของถังคัดแยก จะสร้างความปั่นป่วนให้แก่น้ำภายในเครื่องคัดแยก เมื่อเมล็ดกาแฟถูกปล่อยลงสู่น้ำที่มีสภาวะปั่นป่วนในเครื่องคัดแยกจะถูกทำให้กระจายตัวออก เมล็ดดีที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำจะจมลงสู่ก้นถังและน้ำที่พ่นอยู่ด้านล่างจะสร้างแรงผลักให้เมล็ดกาแฟกลิ้งไปตามพื้นถัง ส่วนเมล็ดเสีย

เมื่อกระจายตัวแล้วจะลอยขึ้นสู่ผิวน้ำคล้ายวัตถุแขวนลอย และถูกบังคับให้ไหลไปตามกระแสน้ำที่เคลื่อนที่ทิศทางเดียว ลักษณะดังกล่าวคล้ายกับหลักการพัดพาอนุภาคตะกอนทรายภายในทางน้ำเปิด (Endo *et al*., 1996; Parker *et al*., 2011; Naqshband *et al*., 2014) ซึ่งจะทำให้อนุภาคเมล็ดกาแฟสามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งได้ โดยไม่ต้องอาศัยการทำงานของเครื่องจักรกลใดๆ จึงเป็นเครื่องคัดแยกที่มีต้นทุนในการทำไม่สูงเกินไป รวมทั้งน้ำที่ปั่นป่วนนี้ยังสามารถทำความสะอาดผิวของเมล็ดกาแฟควบคู่กับการคัดแยกเมล็ดกาแฟได้อีกด้วย

สรุปผลการทดลอง

ระบบน้ำปั่นป่วนสามารถใช้คัดแยกเมล็ดกาแฟเสียพร้อมกับทำความสะอาดเมล็ดกาแฟโรบัสต้าสดได้ โดยคิดเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการทำงานอยู่ที่ 97.78% โดยน้ำที่พ่นออกจากท่อรูพรุนทั้งสองท่อนั้นสามารถสร้างความปั่นป่วนเพียงพอเพื่อทำให้เมล็ดกาแฟสดหลังการเก็บเกี่ยวกระจายตัว เมล็ดสมบูรณ์ดีจะจมถูกน้ำผลักให้กลิ้งไหลลงสู่ช่องทางออกของเมล็ดดี ส่วนเมล็ดเสียไม่สมบูรณ์จะลอยตัวและไหลตามกระแสน้ำออกสู่ช่องเมล็ดเสีย โดยเครื่องคัดแยกนี้มีความสามารถในการทำงานที่เหมาะสมที่อัตราการป้อน 28.44 kg/h ภายใต้อัตราการไหลของน้ำ 2.6 l/s อย่างไรก็ตามการคัดแยกเมล็ดกาแฟโรบัสต้าสดด้วยระบบน้ำปั่นป่วนนี้ยังเป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้น ซึ่งระบบดังกล่าวสามารถพัฒนาการคัดแยกให้ใช้วัสดุที่มีราคาถูกและประเมินอัตราการไหลจำเพาะของน้ำต่อปริมาณกาแฟเพื่อการประหยัดพลังงานและทำให้ประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Endo, N., F. Masuda and M. Yokokawa. 1996. Grain-size distributions of sediment carried by single transportation modes in an experimental micro delta system. Sedimentary Geology 102: 297-304.

Evangelista, S. R., C. F. Silva, M. G. P. da Cruz Miguel, C. de Souza Cordeiro, A. C. M. Pinheiro, W. F. Duarte and R. F. Schwan. 2014. Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. Food research international 61: 183-195.

Franca, A. S. and L. S. Oliveira. 2008. Chemistry of defective coffee beans. pp. 105-138. *In* E. N. Koeffer (ed). Food Chemistry Research Developments. Nova Publishers, New York.

Kiattisin, K., T. Nantarat and P. Leelapornpisid. 2016. Evaluation of antioxidant and anti-tyrosinase activities as well as stability of green and roasted coffee bean extracts from *Coffea arabica* and *Coffea canephora* grown in Thailand. Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy 8(10): 182-192.

Márquez, G. S. M. 1987. Evaluación, optimización de la operación del tanque sifón para el clasificado del café cereza. Medellín. Doctoral dissertation, Tesis: Ingeniero Agrícola, Universidad nacional de Colombia. Facultad deficiencias agropecuarias. 117 p.

Naqshband, S., J. S. Ribberink, D. Hurther and S. J. Hulscher. 2014. Bed load and suspended load contributions to migrating sand dunes in equilibrium. Journal of Geophysical Research: Earth Surface 119(5): 1043-1063.

Oliveros-Tascón, C. E., J. R. Sanz-Uribe and C. A. Ramírez-Gómez. 2008. Hydraulic device for cleaning and sorting of coffee fruits. In Central theme, technology for all: sharing the knowledge for development. In Proceedings of the International Conference of Agricultural Engineering, XXXVII Brazilian Congress of Agricultural Engineering, International Livestock Environment Symposium-ILES VIII, Iguassu Falls City, Brazil.

Parker, C., N. J. Clifford and C. R. Thorne. 2011. Understanding the influence of slope on the threshold of coarse grain motion: Revisiting critical stream power. Geomorphology 126: 51-65.

Sanz-Uribe, J. R., J. P. Pabón-Usaquén, J. A. Cardona-Duque, P. J. Ramos-Giraldo and C. E. Oliveros-Tascón. 2011. Electronic coffee grains separator. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín 64(2): 6241-6246.