Agricultural Sci. J. 45 : 3/1 (Suppl.) : 325-328 (2014) ว. วิทย. กษ. 45 : 3/1 (พิเศษ) : 325-328 (2557)

การทดสอบสีเมล็ดกาแฟคั่วสดโดยเครื่องคั่วกาแฟขนาดเล็กชนิดไม่สมดุลอุณหภูมิ

Colour Assessment of the Roasted Coffee Beans in a Small Non-isothermal Coffee Roaster

สุขใจ พรมประสานสุข[1] พินัย ทองสวัสดิ์วงศ์[1] และกริช เจียมจิโรจน์[1]
Sookjai Promprasansuk[1], Pinai Thongsawadiwong[1] and Krit Jiamjiroch[1]

Abstract

Quality of freshly roasted coffee deteriorates with time when expose in the atmosphere for 48 hours. The freshly roasted coffee should be brewed immediately in order to obtain the rich aroma of the coffee. This research has designed and constructed a coffee roaster suitable for small business and house hold used. The roaster has a microcontroller for precise controlling heated air temperature in the roasting chamber. An 800 watt electric heater was used to heat coffee bean which was put inside the roasting screen drum inside the chamber. Effects of non-isothemal roasting air temperature on color of coffee bean at various roasting periods were studied. It was found that changes of coffee bean color (L*, a*, b*, values) could be described by empirical equations. Colors values decreased with increased roasting temperatures and time.

Keywords: Coffee bean, Roasting Machine, Roasting Degree

บทคัดย่อ

คุณภาพของเมล็ดกาแฟคั่วนั้นมีแนวโน้มเสื่อมคุณภาพเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 48 ชั่วโมง ดังนั้นหากสามารถที่จะคั่วสดกาแฟเพื่อใช้บริโภคทันที น่าจะเป็นการลดปัญหานี้ได้ งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องคั่วกาแฟสดชนิดที่อุณหภูมิไม่สมดุล ที่เหมาะกับการใช้ในครัวเรือนและธุรกิจขนาดเล็ก โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการควบคุมอุณหภูมิของอากาศในห้องคั่ว และเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิ ต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดกาแฟเนื่องจากการคั่ว ณ เวลาต่าง ๆ ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องพบว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถควบคุมอุณหภูมิในห้องคั่วแม่นยำด้วยอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่อเวลา (Heating rate, °C/min) สูงสุดคือ 12°C/min จากการทดสอบการคั่วพบว่า ความสว่างของเมล็ดกาแฟ (ระบบสี CIE Lab) ที่วัดโดยใช้ภาพถ่าย ร่วมกับการใช้ซอฟแวร์วิเคราะห์ทางภาพ มีแนวโน้มที่ลดลงตามเวลาคั่วที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถแสดงดังสมการทางเอมไพริกัล และยังพบว่า ที่เวลาคั่วหนึ่ง ๆ นั้น ความชื้นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดสอบคั่วเมล็ดกาแฟที่อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่อเวลาเฉลี่ย 9°C/min ใช้เวลา 17 นาที พบว่าเมล็ดกาแฟหลังคั่วมีสีในกลุ่มค่อนข้างคั่วเข้ม งานวิจัยนี้น่าจะมีประโยชน์ต่อภาคครัวเรือนและธุรกิจขนาดเล็ก

คำสำคัญ: กาแฟ, เครื่องคั่ว, สี

คำนำ

การแปรรูปกาแฟจากเมล็ดกาแฟดิบเป็นกาแฟคั่วหรือเมล็ดกาแฟคั่วบดนั้น ทำให้มูลค่าของกาแฟสูงขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่า รสชาติของกาแฟหลังคั่วจะเสื่อมลงอย่างรวดเร็ว สีของเมล็ดกาแฟหลังคั่วนั้น เป็นการกำหนดรสชาติของกาแฟอย่างคร่าว ๆ ซึ่งต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบสีด้วยตาเปล่า (สมพงษ์, 2537) ซึ่งปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีการวิเคราะห์สีด้วยเครื่องวัดสีอาหารมาใช้ในการตรวจสอบสีเมล็ดกาแฟหลังคั่ว ทั้งนี้เพื่อการควบคุมคุณภาพของเมล็ดกาแฟคั่วให้เป็นไปตามมาตรฐาน Specially Coffee Associate of America (SCAA) (วิชัย, 2546) Pugash (1995) ได้วิเคราะห์ศึกษาการใช้ระบบสี CIE Lab พบว่า มีความแม่นยำและสามารถเทียบเคียงกับสีตามมาตรฐานการคั่วกาแฟ (McCaig, 2002) สำหรับสีเมล็ดกาแฟคั่วที่ผู้บริโภคยอมรับได้สำหรับพันธ์อาราบิก้านั้นมีค่า L* อยู่ระหว่าง 37.05 ถึง 4.69 ค่าสี a* อยู่ระหว่าง 2.29 ถึง 4.15 และค่าสี b* อยู่ระหว่าง 2.70 ถึง 6.29 (Mendes *et al.*, 2001) เพื่อคงคุณภาพของกาแฟหลังคั่วให้ดีที่สุด งานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องคั่วกาแฟขนาดเล็กพร้อมทั้งทำการทดสอบสีของเมล็ดกาแฟหลังจากคั่วเพื่อทดลองศึกษา การเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดกาแฟโดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพร่วมกับซอฟแวร์วิเคราะห์ภาพ เพื่อเทียบเคียงสีเมล็ดกาแฟคั่วให้ตรงตามมาตรฐาน (SCAA)

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 99 ถนนพหลโยธิน ต. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120
[1]Department of Mechanical Engineering. Faculty of Engineering, Thammasat University 99 Pahon Yothin RD. Phathumthani 12120

อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

1. การทดสอบการคั่วเมล็ดกาแฟ : เมล็ดกาแฟดิบที่ใช้ในการทดสอบคือ เมล็ดกาแฟดิบพันธุ์อาราบิก้า สายพันธุ์คาติมอร์เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง, เครื่องคั่วกาแฟขนาดเล็กที่ได้ทำการออกแบบและสร้าง (Figure 1) โดยติดตั้งแท่งทำความร้อนขนาด 800 วัตต์ ใช้ตะแกรงทรงกระบอกมีครีบภายใน ต่อเข้ากับมอเตอร์หมุนช้าความเร็ว 8 รอบต่อนาที เพื่อพลิกกลับเมล็ดกาแฟขณะคั่ว โดยคั่วครั้งละ 40 กรัม และควบคุมอุณหภูมิภายในห้องคั่วด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ในระบบปิดที่อุณหภูมิการคั่ว 140 150 160 170 และ 180°C ที่เวลา 0 7 12 15 17 และ 20 นาที เพื่อหาค่าความชื้น สีของเมล็ดกาแฟหลังการคั่วที่เปลี่ยนตามเวลา แบบไม่สมดุลอุณหภูมิ (Non-Isothermal) โดยอุณหภูมิอากาศในห้องคั่วเริ่มต้นที่ประมาณ 40°C จากนั้นจึงเพิ่มอุณหภูมิภายในห้องห้องคั่วด้วยอัตราเฉลี่ย 9°C/min จนถึงอุณหภูมิการคั่วที่ต้องการ

2. การทดสอบสีเมล็ดกาแฟ ณ เวลาต่าง ๆ : ถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพนิ่ง SONY®- A450 ติดตั้งเลนซ์ 90mm F2.8 ภายในห้องมืดติดตั้งโคมไฟขนาด 60 วัตต์ ติดแผ่นเทียบสีมาตรฐานสีเทาเพื่อใช้เป็นค่าสีอ้างอิง ทำการบันทึกภาพในระบบ RAW และใช้ซอฟแวร์ ImageJ รุ่น 1.49b สำหรับการวิเคราะห์สี เพื่อเทียบกับแถบสีมาตรฐาน SCAA Agtron Scale เพื่อหาค่าระดับสีการคั่วเมล็ดกาแฟในระบบสี CIE Lab

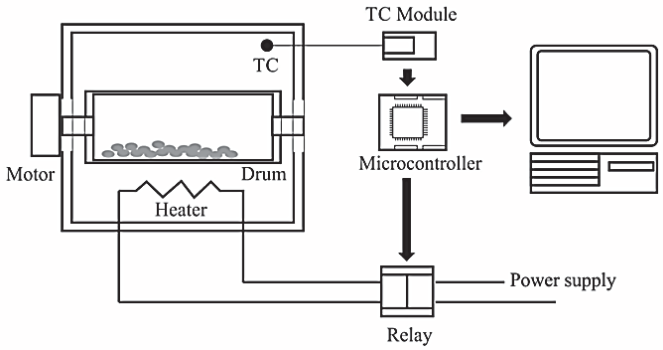


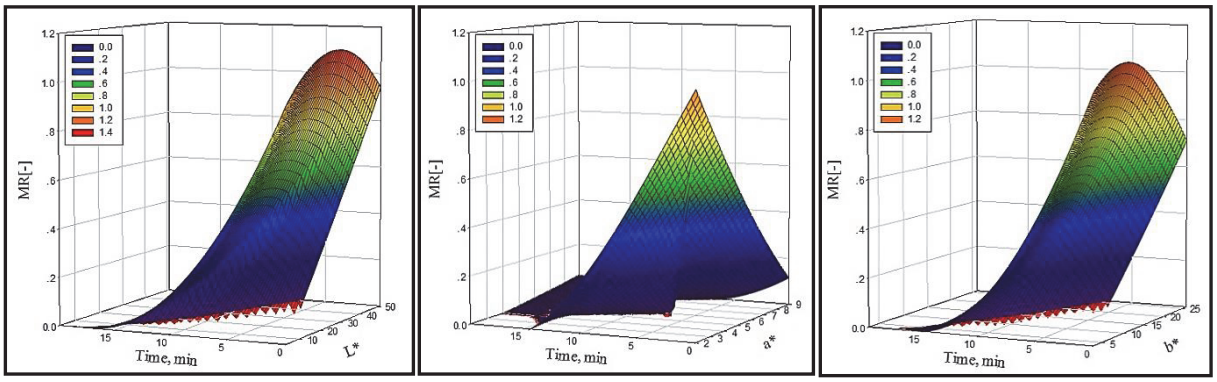
Figure 1 schematic diagram of the coffee bean roaster

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาการควบคุมอุณหภูมิในระบบปิด PID ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถควบคุมอุณหภูมิได้เร็วและคงที่ตลอดการทำงาน โดยในการทดสอบครั้งนี้อุณหภูมิภายในห้องคั่วใช้อุณหภูมิตั้งต้นประมาณ 40°C ซึ่งการทำอุณหภูมิจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น จนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ (set point, SP) ที่ใช้คั่วเมล็ดกาแฟที่อุณหภูมิ 180°C พบว่า ระหว่างการคั่วตั้งแต่ 0-10 นาที มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Heat rating, HR) 12°C/min และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึง SP จะรักษาอุณหภูมิในห้องคั่วให้คงที่ ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการคั่วจะเพิ่มขึ้นด้วย HR เท่ากับ 9°C/min และมีค่าความผิดพลาด ±1%

Figure 2 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างค่า L* a* และ b* ของสีเมล็ดกาแฟคั่ว (แกน X) ที่เวลาต่าง ๆ (แกน Y) และอัตราส่วนความชื้นเมล็ดกาแฟ (แกน Z) พบว่า เมื่อเวลาคั่วเพิ่มขึ้น สัดส่วนความชื้นจะลดลง และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีในระบบ CIE Lab ใน Table 1 แสดงผลอุณหภูมิทดสอบคั่วระหว่าง 140 ถึง 180 องศาเซลเซียส ณ เวลา 0 ถึง 20 นาที โดยค่าชี้กำลัง a b c d และ e แสดงค่าความต่างระหว่างอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงของสีอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า สีของเมล็ดกาแฟมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอุณหภูมิอากาศในห้องคั่วที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 95 โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าความสว่างของกาแฟ (L*) สีในแกน (a*) และ (b*) ลดลง

สำหรับการทดลองคั่วกาแฟที่เงื่อนไขอุณหภูมิหนึ่ง ๆ ณ เวลาต่างกัน นั้นจะส่งผลต่อการสีเมล็ดกาแฟหลังคั่วต่างกัน ดังแสดงผลการทดลองใน Table 2 โดยการทดลองระหว่างเวลา 0 ถึง 20 นาที สำหรับอุณหภูมิทดสอบคั่วระหว่าง 140 ถึง 180 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างของกาแฟ (L*) สีในแกน (a*) และ (b*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นระหว่างเวลาที่ 17-20 ที่ไม่เกิดความต่างของสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



(a) (b) (c)

Figure 2 Colour of coffee beans over time (min) at the difference moisture ratio (MR) using 180°C : (a) L* index (b) a* index and (c) b* index

Table 1 Roasted coffee bean colour at various temperatures on CIE Lab system

Temperature(˚C)	Commission International de l' Eclairage, CIE (L*a*b)		
	L*	a*	b*
140	30.73[a]	18.53[a]	32.93[a]
150	25.93[b]	15.73[b]	27.20[b]
160	23.07[c]	11.93[c]	21.73[c]
170	18.47[d]	8.53[d]	15.53[d]
180	17.20[e]	4.73[e]	10.13[e]

Remark: Similar letters in each column show no significant differences at the 0.05 level.

Table 2 Roasted coffee colour of at various times on CIE Lab system.

Time(min)	Commission International de l' Eclairage, CIE (L*a*b)		
	L*	a*	b*
7	53.93[a]	15.40[a]	44.07[a]
12	24.27[b]	15.20[b]	25.00[b]
15	14.53[c]	11.27[c]	15.13[c]
17	12.13[d]	9.40[d]	12.53[d]
20	10.53[d]	8.20[d]	10.80[d]

Remark : Similar letters in each column show no significant differences at the 0.05 level.

Table 3 Colour analysis of roasted coffee beans at 180°C with various times on CIE Lab system comparing with the standard colour (SCAA)

Time(min)	Commission International de l' Eclairage, CIE (L*a*b)			Specially Coffee Associate of America (SCAA) Agtron Scale
	L*	a*	b*	
0	47	2	7	Light - Moderately light
7	51	6	26	
12	22	9	13	Moderately light - Medium
15	11	3	3	
17	4	4	4	Moderately Dark - Dark
20	4	4	3	

จากผลการทดลองที่ผ่านมา สามารถนำมาหาความสัมพันธ์ของสีในระบบ CIE Lab ณ เวลาและอุณหภูมิต่าง ๆ กัน โดยใช้สมการทางเอมไพริกัลได้ ดังแสดงในสมการที่ (1) ถึง (3) เมื่อ t แสดงเวลาในการคั่วกาแฟ (วินาที) และ T แสดงอุณหภูมิที่ใช้คั่ว (องศาเซลเซียส)

$$L^* = 113 - 3.24\,t - 0.276\,T, \quad (R^2 = 83.0\%) \quad (1)$$

$$a^* = 71.4 - 0.547\,t - 0.324\,T, \quad (R^2 = 85.9\%) \quad (2)$$

$$b^* = 144 - 2.51\,t - 0.548\,T, \quad (R^2 = 89.1\%) \quad (3)$$

โดยค่า R^2 แสดงค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของสมการทางเอมไพริกัล และเมื่อพิจารณาถึงค่าสัมประสิทธิ์หน้าเวลาและอุณหภูมิในสมการทางเอมไพริกัลจากการทดลองคั่วกาแฟแบบไม่สมดุลอุณหภูมิ พบว่า สีของเมล็ดกาแฟหลังคั่วนั้น เวลาส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีได้มากกว่าอุณหภูมิ และ ค่าของ L* a* และ b* นั้นมีค่าลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น สำหรับ Table 3 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงสีที่ขึ้นกับเวลา โดยใช้อุณหภูมิทดสอบคั่ว 180 องศาเซลเซียส ระหว่างเวลา 0 ถึง 20 นาที พบว่าค่าสีของเมล็ดกาแฟดิบ จัดอยู่ในช่วงระดับสี Light - Moderately light จากนั้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นตามลำดับเมื่อได้รับความร้อน ก่อนที่จะเริ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญนาทีที่ 10-12 เนื่องจากเกิดการการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาไพโรไลซิส (Robert *et al*., 2002) ความร้อนจะถูกสะสมภายในเมล็ดกาแฟสูงขึ้น จนกระทั่งเกิดเสียงแตกของเมล็ดกาแฟ (cracks^{1st}) ที่ 12 นาที ช่วงนาทีที่ 17 เริ่มเกิดเสียงแตกเมล็ดกาแฟ (cracks^{2nd}) ครั้งที่สอง ค่าสีจัดอยู่ในช่วงระดับสี Moderately light - Medium และหลังจากช่วงนาทีที่ 17 จนถึง 20 จัดอยู่ในช่วงระดับสี Moderately light - Medium Moderately Dark - Dark ซึ่งหากได้รับความร้อนอีกระยะจะทำให้ได้สีดำเข้มจนไหม้

สรุป

ในการศึกษานี้ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องคั่วกาแฟขนาดเล็ก พร้อมทั้งทดสอบสีของกาแฟหลังคั่ว เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถได้กาแฟที่มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกับกาแฟคั่วสด จากการศึกษาพบว่า เครื่องคั่วกาแฟที่ทำการออกแบบนั้นสามารถควบคุมอุณหภูมิได้แม่นยำ และปัจจัยที่สำคัญและส่งผลต่อสีของเมล็ดกาแฟหลังคั่วนั้น คือ อุณหภูมิ และระยะเวลา โดยผลการทดลองการคั่วกาแฟแบบไม่สมดุลอุณหภูมิที่ได้ สามารถนำมาสร้างเป็นสมการทางเอมไพริกัล โดยพบว่า เวลา เป็นปัจจัยหลักที่ใช้ในการควบคุมสีของเมล็ดกาแฟหลังคั่ว จากผลการทดลองพบว่า สำหรับอุณหภูมิคั่วสูงสุดที่ 180 องศาเซลเซียส ที่เวลา 17 นาทีนั้น จะได้สีของกาแฟหลังคั่วชนิดค่อนข้างคั่วเข้ม (Moderately Dark – Dark) ตามมาตรฐาน SCAA

คำขอบคุณ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ กองทุนส่งเสริมการวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และ สนับสนุนทุนในการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงลงได้

เอกสารอ้างอิง

สมพงษ์ พิเชฐภิญโญ. 2537. ผลงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์ ตั้งแต่ปี 2532-ปัจจุบัน. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 71

วิชัย โอภานุกูล. 2546. การศึกษาและพัฒนาวิธีควบคุมการคั่วกาแฟให้ได้คุณภาพโดยใช้เซนเซอร์วัดสี. วิทยานิพพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตร, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 123 หน้า.

Mendes, L.C., C.M. Hilary, M. Aparecida and A.P. da Silva. 2001. Optimization of the roasting of robusta coffee using acceptability tests and RSM. Food quality and preference 12(2): 153-162.

McCaig, T. N. 2002. Extending the use of visible near-infrared reflectance spectrophotometer to measure colour of food and agricultural products. Food research international. 35(8): 731-736.

Pugash, M. 1995. The roast color classification system: technology designed to advance the art & science of coffee roasting. Tea & Coffee Trade Journal 167(7): 66-74

Redgwell, R., V. Trovato, D. Curti and M. Fischer. 2002. Effect of roasting on degradation and structural features of polysaccharides in Arabica coffee beans. Carbohydrate Research 337(5): 421-431.