

TSF-237

ที่จัดรูปแบบ

การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมและการวิเคราะห์คุณภาพหลังการคั่ว
สำหรับเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟขนาดเล็กโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

The development of temperature control module and after roasted coffee bean
quality by a small coffee bean roaster with a microcontroller

สุขใจ พรหมประสานสุข¹, พินัย ทองสวัสดิ์วงศ์¹, กริช เจียมจิโรจน์^{1*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
99 หมู่ 18 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง ปทุมธานี 12120

*ติดต่อ: +662 564 3001-9 ext. 3151

บทคัดย่อ

กาแฟคั่วนั้นมี กลิ่น รส ที่มีความเฉพาะ อย่างไรก็ตามพบว่าคุณภาพด้านรสชาติโดยเฉพาะกลิ่นของกาแฟนั้นลดลงอย่างรวดเร็ว จึงมีแนวความคิดที่ทำการคั่วสดกาแฟเพื่อใช้บริโภคทันที งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องคั่วกาแฟสดขนาดเล็กที่เหมาะสมกับการใช้ในครัวเรือนและธุรกิจขนาดย่อม โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมอุณหภูมิของอากาศในหีบคั่ว โดยศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิ ต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดกาแฟ เนื่องจากการคั่ว ณ เวลาต่าง ๆ ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องพบว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถควบคุมอุณหภูมิในหีบคั่วแม่นยำด้วยอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่อเวลา (Heating rate, °C/min) สูงสุดคือ 12°C/min จากการทดสอบการคั่วพบว่า ความสว่างของเมล็ดกาแฟ (ในระบบสี CIE Lab) ที่วัดโดยใช้ภาพถ่าย ร่วมกับการใช้ซอฟต์แวร์วิเคราะห์ทางภาพ มีแนวโน้มที่ลดลงตามเวลาคั่วที่เพิ่มขึ้น ผลการทดสอบคั่วเมล็ด พบว่าเมล็ดกาแฟหลังคั่วมีสีที่แตกต่างกันตามเวลาที่ใช้คั่วเมล็ดกาแฟ งานวิจัยนี้น่าจะมีประโยชน์ต่อภาคครัวเรือนและธุรกิจขนาดเล็กที่แปรรูปกาแฟเพื่อการบริโภค

คำหลัก: กาแฟ, เครื่องคั่ว, สี

Abstract

Roasted coffee beans have unique aroma, flavour and colour; however, these flavour and aroma may quickly deteriorate after leave them in an atmosphere. Because the fresh roasted beans can offer more aroma and flavorful, it would be great if it is possible to perform fresh roasted coffee in house and following with immediately brew. The aims of this study are to design and develop a coffee bean roasted machine suitable for a small business and/or household sectors and to study degree of roasting, associated with an increasing roasting time. An accurate roasting temperature was controlled by microcontroller with the maximum heating rate at 12°C/min. The preliminary study on this machine was performed and then degree of roasting was examined using image processing software. The experiment results show that this roasted machine can offer the different colour depending on roasting time. This research would be useful for both of household and small and medium coffee shop.

Keywords: Coffee bean, Roasting Machine, Roasting Degree

TSF-237

1. บทนำ

การแปรรูปเมล็ดกาแฟดิบให้เป็นเมล็ดกาแฟคั่วหรือกาแฟคั่วบด เป็นอีกทางหนึ่งของการเพิ่มมูลค่าของเมล็ดกาแฟให้สูงขึ้น [1] การพัฒนาเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟในประเทศนั้นมุ่งเน้นที่พัฒนาเครื่องคั่วระดับกึ่งอุตสาหกรรม หรือระดับอุตสาหกรรม ซึ่งใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง [2-3,4-4] จากการศึกษาพบว่า คุณภาพของกาแฟคั่วหรือกาแฟคั่วบดนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากคั่วเมื่อเก็บในบรรยากาศ [5,6] การควบคุมคุณภาพของเมล็ดกาแฟคั่วนั้นทำได้โดยการวิเคราะห์สี โดยผู้ชำนาญการซึ่งอาจเกิดความแปรปรวนของการแปรผลได้ [3] เพื่อป้องกันปัญหาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดกาแฟหลังคั่ว งานวิจัยนี้จึงนำเสนอแนวคิดการคั่วสดของเมล็ดกาแฟ โดยทำการออกแบบเครื่องคั่วกาแฟขนาดเล็ก ที่สามารถกำหนดสีของเมล็ดกาแฟได้อย่างแม่นยำ

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบเครื่องคั่วกาแฟขนาดเล็กพร้อมทั้งพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิภายในห้องคั่วโดยใช้แหล่งกำเนิดความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าด้วยการควบคุมอุณหภูมิแบบปิด โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) แทนการใช้พลังงานจากการเผาไหม้ก๊าซหุงต้ม เพื่อได้เมล็ดกาแฟหลังคั่วที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ โดยตรวจสอบได้จากสีของเมล็ดกาแฟคั่วเทียบกับแถบสีมาตรฐาน (SCAA) ในการบอกระดับของรสชาติของกาแฟที่ต้องการ งานวิจัยนี้น่าจะเป็นทางเลือกสำหรับภาคครัวเรือนหรือธุรกิจขนาดเล็กที่ต้องการการควบคุมสีใหม่ของกลิ่นและรสชาติของกาแฟคั่วบด

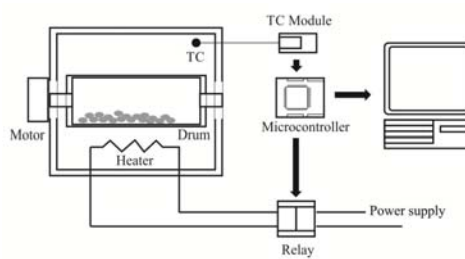
3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิกับเครื่องคั่วขนาดเล็กโดยใช้ไฟฟ้าซึ่งมีขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์การทดสอบ และวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

3.1 อุปกรณ์การทดสอบ

ก. การทดสอบการคั่วเมล็ดกาแฟ : เมล็ดกาแฟดิบที่ใช้ในการทดสอบคือ เมล็ดกาแฟดิบพันธุ์อาราบิก้า สายพันธุ์คาร์ติมอร์ เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง, เครื่องคั่วกาแฟขนาดเล็กที่ได้ทำการออกแบบและสร้าง ติดตั้งแห่งทำความร้อนขนาด 800 วัตต์ ใช้ตะแกรงทรงกระบอกมีครีบบภายใน ต่อเข้ากับมอเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 8 รอบต่อนาที เพื่อพลิกกลับเมล็ดกาแฟขณะคั่ว

ข. การทดสอบสีเมล็ดกาแฟ ณ เวลาต่าง ๆ : ทำการถ่ายภาพนิ่ง โดยใช้กล้องถ่ายภาพ SONY® - A450 ติดตั้งเลนส์ขนาด 90mm F2.8 แผ่นเทียบสีมาตรฐาน Gray Scale ถ่ายภาพในห้องมืด ติดตั้งโคมไฟขนาด 100 วัตต์ และใช้ซอฟต์แวร์ ImageJ เวอร์ชัน 1.49a เพื่อการวิเคราะห์สี ในระบบสี CIE Lab



รูปที่ 1 ไดอะแกรมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

จากรูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์การควบคุมอุณหภูมิแบบปิด สำหรับเครื่องคั่วกาแฟขนาดเล็ก การทำงานเริ่มจากการกำหนดอุณหภูมิคั่วที่ต้องการ (Set point, SP) และอัปโหลดชุดคำสั่งเข้าสู่ MCU โดยที่เทอร์โมคัปเปิล (TC) จะตรวจวัดอุณหภูมิในห้องคั่วและถูกสอบเทียบโดย TC Module แล้วจึงส่งค่าไปยัง MCU ซึ่ง MCU จะตรวจสอบค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิภายในห้องคั่ว ณ เวลาใด ๆ เทียบอุณหภูมิที่ต้องการทุก ๆ 0.2 วินาที พร้อมทั้งบันทึกอุณหภูมิลงบนคอมพิวเตอร์ด้วย ท้ายสุด MCU จะปรับแต่งค่าเอาต์พุตผ่านทางโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้เกิดการควบคุมโดยใช้ PID ทั้งนี้การปรับตั้งทำได้โดยใช้

TSF-237

ทฤษฎีของ Ziegler–Nichols ค่าความต่างศักย์ที่ป้อนให้กับโซลิตสเตอรีเลย์จะเป็นฟังก์ชันของค่าความผิดพลาดข้างต้น ส่งผลให้ค่ากระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับขดลวดความร้อนเปลี่ยน

3.2. วิธีดำเนินการวิจัย

ก. การทดสอบการคั่วเมล็ดกาแฟ : การทดลองศึกษานี้เป็นการทดลองศึกษาการคั่วกาแฟแบบกะ (batch) เตรียมเมล็ดกาแฟน้ำหนัก 40 กรัมจำนวน 5 ชุด ทำการคั่วโดยตั้งเวลาเท่ากับ 0 7 12 15 17 และ 20 นาที ที่อุณหภูมิ 180°C เพื่อทำการเก็บตัวอย่างความชื้น (ไม่ได้แสดงผลในงานวิจัยฉบับนี้) และสีของเมล็ดกาแฟหลังคั่วที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

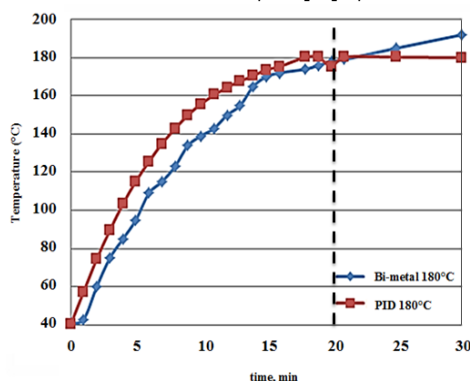
ข. การทดสอบสีของเมล็ดกาแฟหลังคั่ว : ทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดกาแฟหลังคั่ว ณ เวลาต่างประมาณ 10 กรัม มาถ่ายภาพนิ่งพร้อมวางแถบเทียบสีเทาเพื่อใช้เป็นค่าสีอ้างอิง ทั้งทำการบันทึกภาพในรูปแบบ RAW และปรับค่าสีของภาพที่ได้เทียบกับแผ่นเทียบสีเทา หายสุดท้ายจึงทำการวัดสี ในระบบสี CIE Lab เทียบกับค่าแถบสีมาตรฐาน (SCAA)

4. ผลการวิจัย

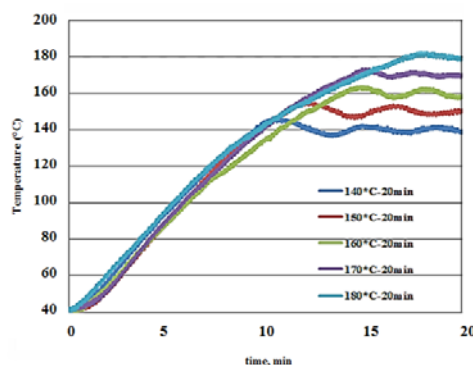
จากการทดลองศึกษาพบว่า การควบคุมอุณหภูมิแบบไบเมทัลที่ติดตั้งจากเตาอบขนาดเล็ก เปรียบเทียบการควบคุมอุณหภูมิแบบปิด โดยการควบคุม PID จากรูปที่ 2 พบว่า อุณหภูมิแบบไบเมทัลแปรปรวน ยากในการควบคุม แต่การทำอุณหภูมิแบบปิด PID ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ พบว่า ช่วงเวลาที่ 0-500 วินาที มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Heat rating, HR) 12°C/min ก่อนเข้าสู่ SP ที่ 180°C และหลังจากวินาทีที่ 1000 สามารถทำอุณหภูมิได้ตามต้องการตลอดการทดสอบ มีค่าความผิดพลาด $\pm 1\%$

จากรูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่อเวลาที่ SP ที่ใช้คั่วเมล็ดกาแฟระหว่าง 140°C และ 180°C พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการคั่วจะเพิ่มขึ้นด้วย HR เท่ากับ 9°C/min เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึง SP

MCU จะพยายามรักษาอุณหภูมิในห้องคั่วให้คงที่ จากการทดสอบคั่วเมล็ดกาแฟที่อุณหภูมิสูงสุด 180°C



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา เปรียบเทียบการทำอุณหภูมิแบบ Bi-metal กับ PID



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่าง ๆ กับระยะเวลาที่ใช้ในการคั่วเมล็ดกาแฟ

การทดสอบการควบคุมอุณหภูมิแบบปิด PID สามารถควบคุมอุณหภูมิได้เร็ว และสามารถทำอุณหภูมิได้ตามต้องการตลอดการทดสอบ จากนั้นทำการคั่วเมล็ดกาแฟ และวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดกาแฟจากสี ในระบบสี CIE Lab ด้วยเทคนิคการถ่ายภาพร่วมกับซอฟต์แวร์วิเคราะห์ทางภาพ ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์สีในระบบสี CIE Lab ซึ่งค่าที่ใช้แสดงการเปลี่ยนแปลงของสีหลังการคั่วได้ชัดเจนที่สุด คือค่า L^* หรือค่าความสว่าง ซึ่งแสดงค่าตั้งแต่ 0-100 หรือจากมืดสุดไปสว่างสุด จากนั้นนำ

