เครื่องคั่วเมล็ดกาแฟที่รักษาคุณภาพกาแฟด้วยการควบคุมความดัน

A Small Scale Coffee Bean Roaster that Preserves Coffee Quality by Pressure Regulation

เชาว์ อินทร์ประสิทธิ์[1*] และ พีระพงศ์ กัทลี[1]

Chouw Inprasit[1*] and Peerapong Gutlee

ABSTRACT

In this research, a small scale coffee bean roaster with the improvement of roasting process able to produce 1 kg of better quality coffee beans was invented. The designs were that the roaster could roast coffee beans in hygienic condition, withstand low and high pressure regulation and the roasting temperature were controllable. The improvement in the roasting process was in the following manner. During the first period of roasting, the chamber pressure was kept lower than atmospheric pressure to enhance faster water evaporation than the happened in common practice roasting process. During the second period of roasting the chamber pressure was raised to be higher than atmospheric pressure with the purpose of keeping the air inside the roasting chamber for more fragrant roasted coffee. The optimization of operating conditions revealed that to obtain satisfactory coffee beans, the optimal pressure, temperature and time of roasting in the first period were -0.132 kg/cm^2, 150 ºC and 8 minutes respectively. While, during the second roasting period, the optimal roasting pressure was 0.4 kg/cm^2 with roasting time 8, 9 and 10 minutes for light, medium and dark roasting. Then the total roasting times and temperature for light, medium and dark coffee were 16, 17 and 18 minutes and 190, 200 and 210 ºC, respectively. Sensory evaluation of the coffee roasted by invented roaster was compared to that of a commercial coffee, Lung Nher. The results showed that the aroma of all coffee roasted by the invented roaster was more acceptable.

Keywords: Roasted, Coffee bean, Sensory testing

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟโดยช่วงแรก เป็นการควบคุมความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ เพื่อช่วยเร่งการระเหยน้ำจากเมล็ดกาแฟให้เร็วกว่าการคั่วแบบปกติ และ ช่วงที่สอง เป็นการควบคุมความดันของการคั่วให้อยู่ในช่วงที่สูงกว่าความดันบรรยากาศ เพื่อช่วยกักเก็บอากาศภายในระบบ ลดการสูญเสียกลิ่นในระหว่างการคั่วเพื่อให้ได้ระดับของการคั่วตามต้องการ จากการศึกษาพบว่าสภาวะที่ใช้ ในการคั่วกาแฟภายใต้ความดันทั้งสามระดับ เริ่มต้นที่การควบคุมความดันที่ -0.132 บาร์ โดยใช้เวลาในการคั่วนาน 8 นาที และควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 150 ˚ซ หลังจากนั้นในการคั่วเมล็ดกาแฟทั้ง3ระดับ เริ่ม

[1*] ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Lecturer, Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen, Nakhon Pathom, 73140,Thailand.

[*]Corresponding Author: Tel.034-281-098, Fax.034-281-098, E-mail address: fengchi@ku.ac.th

เปลี่ยนแปลงการควบคุม เป็นความดันที่ 0.4 บาร์ โดยที่ การคั่วอ่อน คั่วต่อไปอีก 8 นาที การคั่วกลาง คั่วต่อไปอีก 9 นาที และการคั่วเข้ม คั่วต่อไปอีก 10 นาที ซึ่ง ในกระบวนการคั่วอ่อน คั่วกลาง และ คั่วเข้ม ใช้เวลาในการคั่วเมล็ดกาแฟทั้งหมด 16 17 และ 18 นาที และใช้อุณหภูมิที่ควบคุมในถังคั่วคือ 190 200 และ 210 ˚ซ ตามลำดับ เมื่อนำสภาวะการคั่วของเมล็ดกาแฟทั้งสามระดับจากการทดลอง มาทดสอบทางประสาทสัมผัส กับวัตถุดิบทางการค้า “กาแฟลุงเหนอ” พบว่า ในปัจจัยที่ทดสอบ ในเรื่องของกลิ่นของเมล็ดกาแฟคั่ว ผู้ทดสอบให้การยอมรับในวัตถุดิบจากการทดลอง มากกว่า วัตถุดิบมาตรฐาน ทั้งสามระดับการคั่ว ซึ่งสอดคล้องกับ การปรับปรุงการคั่วเมล็ดกาแฟเพื่อลดการสูญเสียกลิ่นหอมของเมล็ดกาแฟ

คำสำคัญ: การคั่ว กาแฟ การทดสอบทางประสาทสัมผัส

คำนำ

กระบวนการคั่วกาแฟ (roasting) เป็นขั้นตอนหนึ่งในการผลิตกาแฟโดยในขั้นตอนนี้ มีการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่า pyrolytic reaction (วิชัย, 2538) เป็นผลให้มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีเกิดขึ้น จากนั้นสารโมเลกุลเล็กที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเหล่านี้ก็เกิดปฏิกิริยา polymerization พร้อมทั้งปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ และ สารระเหยง่ายออกมาเป็นจำนวนมาก โพลิเมอร์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา polymerization นี้เรียกว่า malanoidins สารชนิดนี้ทำหน้าที่เป็นสารสี ทำให้เกิดสีในกาแฟนอกจากนี้ปฏิกิริยา pyrolytic reaction ที่เกิดขึ้นยังทำให้เกิดการสลายตัวของ กรดคลอโรเจนนิก ได้สารโมเลกุลเล็ก ระเหยง่าย ที่มีกลิ่นหอมเป็นที่มาของกลิ่นในกาแฟ (สุนทร, 2549)

ในการสูญเสียกลิ่นของกาแฟส่วนใหญ่ มาจากกระบวนการคั่วเมื่อเกิดการเผาไหม้ของเมล็ดซึ่งมีการระเหยของสารที่ทำให้เกิดกลิ่นของกาแฟ จึงต้องปรับปรุงกระบวนการคั่วกาแฟโดยนำระบบการควบคุมความดันเข้ามาช่วย ซึ่งปัจจุบันผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายมากขึ้น ผลิตภัณฑ์กาแฟเหล่านี้มีข้อเด่นและข้อด้อยต่างกันในแง่ของความสะดวกในการบริโภค อายุการเก็บ กลิ่นของกาแฟ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้ตัดสินใจเลือกซื้อ เพราะ กาแฟที่ผ่านกระบวนการต่างๆทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นและรสชาติได้ง่าย ซึ่งคุณภาพดังกล่าวเป็นปัจจัยหลักที่ผู้บริโภคต้องการในการดื่มกาแฟ (จิรสวัสดิ์, 2546)

การคั่วแบบปกติ เป็นการคั่วในระบบเปิดไม่มีการควบคุมความดัน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่ง ที่ทำให้สูญเสียกลิ่นจึงนำมาสู่การศึกษาการออกแบบและปรับปรุงการคั่วเมล็ดกาแฟโดยการควบคุมความดัน ซึ่งการควบคุมความดันสามารถช่วยลดการสูญเสียกลิ่นของกาแฟได้ โดยการศึกษาได้หาสภาวะที่ใช้ในการคั่วเมล็ดกาแฟ เมื่อได้สภาวะที่ใช้ในแต่ละระดับ จึงนำเมล็ดกาแฟที่ได้จากการทดลอง มาเปรียบเทียบคุณภาพ กับวัตถุดิบทางการค้า (กาแฟลุงเหนอ) ด้วยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส

อุปกรณ์และวิธีการ

<u>วัตถุดิบ</u>

ใช้เมล็ดกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้าทั้งเมล็ดกาแฟดิบและเมล็ดกาแฟที่คั่วแล้วทั้งสามระดับ(คั่วอ่อน,กลาง และเข้ม) ที่รู้จักกันในชื่อของ“กาแฟลุงเหนอ” โดยเก็บรักษาเมล็ดกาแฟดิบในถุงพลาสติก (สุญญากาศ) ขนาด 9x12 นิ้ว ในปริมาณถุงละ 1 กก. และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 24 ˚ซ

<u>อุปกรณ์</u>

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพตัวอย่างและวัดค่าเพื่อการคำนวณได้แก่เครื่องชั่งดิจิตอล(Sartorius, Model QS 32A-V2, Germany) เครื่องชั่งดิจิตอล (Sartorius , LC 42005,Germany) บีกเกอร์ 500 ml (Bomex ,Borosilicate glass 500ml) เครื่องวัดอุณหภูมิ (Ebro, Model TTX 100, Thailand) กระบอกสุญญากาศ (Nikko, Model ALASKA SMS 0350, Thailand) ตู้อบลมร้อน (Binder, Model FD 53, Germany) และ เครื่องวัด

ค่าสี spectrophotometer (BYK Gardner Spectro-Guide , North America)

วิธีการทดลอง

1. หลักการและแนวคิดในการออกแบบ

ในการออกแบบเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟ อาศัยหลักการของการออกแบบที่ถูกสุขลักษณะ สำหรับการผลิตอาหาร ใช้วัสดุสแตนเลส (สแตนเลส เกรด 304) มีชุดควบคุมความดัน โดยแบ่งเป็นช่วงที่ต่ำและช่วงที่สูงกว่าความดันบรรยากาศ มีชุดควบคุมอุณหภูมิในการคั่วโดยตัวถังคั่วเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่ได้ออกแบบมาจาก การลดขนาดของเครื่องคั่วขนาดใหญ่ โดยลดขนาดลงมาตามปริมาตรของถังคั่ว คือ เครื่องคั่วขนาดใหญ่มีความจุ 6 กก. ต่อการคั่ว นำมาลดขนาดให้เหลือ ความจุ 1 กก. ต่อการคั่ว และในส่วนของความปลอดภัยในการออกแบบเครื่องคั่วกาแฟ ชิ้นส่วนที่รับภาระแรงดันต้องอาศัยหลักการออกแบบของถังความดัน ในการออกแบบ (ตระการ, 2540) เพื่อให้มีความปลอดภัยในการทดลอง และการใช้งานจริง

2. การศึกษาสภาวะในการคั่วกาแฟภายใต้ความดัน

2.1 การคั่วเมล็ดกาแฟหลังจากที่เมล็ดกาแฟดิบ ถูกปล่อยลงสู่ถังคั่วเมล็ดกาแฟ จึงเริ่มคั่วเมล็ดกาแฟ โดยการคั่ว ถูกควบคุมความดันของระบบสุญญากาศ ที่ ความดัน -0.066 -0.132 และ -0.263 บาร์ และใช้ช่วงของการจับเวลาคือ 0 นาที ถึง 10 นาที และมีค่าความชื้นที่ 5% เป็นดัชนีในการตัดสินใจเลือกสภาวะ เมื่อได้สภาวะในการคั่วจึงเปลี่ยนการควบคุมความดันของระบบสุญญากาศให้เป็นระบบอัดอากาศ ที่ 0.2 0.4 และ 0.6 บาร์ และใช้ช่วงของการจับเวลาคือ 13 นาที ถึง 20 นาที โดยอาศัยค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของวัตถุดิบมาตรฐาน และวัตถุดิบจากการทดลอง เป็นมาตรฐานในการตัดสินใจเลือกสภาวะในการคั่วซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิของเมล็ดกาแฟในถังคั่ว ตามระดับของการคั่วทั้งสามระดับคือ ระดับคั่วอ่อน ระดับคั่วกลาง และระดับคั่วเข้ม ที่ 190 200 และ 210 °ซ ตามลำดับ เมื่อได้สภาวะในการคั่วจากการทดลอง จึงปล่อยเมล็ดกาแฟคั่วออกลงมาสู่ถังลดอุณหภูมิ เพื่อลดอุณหภูมิของเมล็ดกาแฟ

2.2 การลดอุณหภูมิ เมื่อผ่านกระบวนการคั่วจะปล่อยเมล็ดกาแฟคั่วไปยังส่วนของถังลดอุณหภูมิ และ เริ่มให้ใบกวนและพัดลมในถังลดอุณหภูมิทำงาน รอจนเมล็ดกาแฟคั่ว มีอุณหภูมิลงถึงอุณหภูมิห้อง จึงนำเมล็ดกาแฟ ไปเก็บไว้เพื่อการทดสอบคุณภาพในขั้นตอนต่อไป

3. วิธีการตรวจสอบคุณภาพตัวอย่าง

3.1 วิธีวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยมีวิธีวิเคราะห์ดังนี้ นำตัวอย่างเมล็ด 10 ก. ใส่ในถ้วย จากนั้นอบถ้วยเมล็ดกาแฟในตู้อบที่ 105 °ซ เวลา 24 ชม. แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ชั่งน้ำหนักของตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์ จำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณหาปริมาณความชื้นของการวิเคราะห์จากสูตร

เปอร์เซ็นต์ของความชื้น มาตรฐานเปียก = $(A - B)/A \times 100$ (1)

A = น้ำหนักเมล็ดกาแฟก่อนอบ (ก)
B = น้ำหนักเมล็ดกาแฟหลังอบ (ก)

3.2 การวิเคราะห์สีของเมล็ดกาแฟคั่วนำเมล็ดมาตรวจสอบค่าสีแล้วนำค่าสีที่ได้ไปเทียบกับค่าสีของเมล็ดกาแฟมาตรฐาน โดยนำเมล็ดกาแฟที่ผ่านกระบวนการคั่วทั้งสามระดับ มาวัดสีในระบบ CIE โดยใช้Spectrophotometer เพื่อเป็นค่ามาตรฐานที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบ กับวัตถุดิบที่ได้จากการทดลองโดยหาจากสูตรความแตกต่างของค่าสี (ΔE)

$$\Delta E=[(L1^*-L2^*)^2+(a1^*-a2^*)^2+(b1^*-b2^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

L1, L2 = lightness ของกาแฟที่คั่ว และ กาแฟมาตรฐาน
a1, a2 = ค่าความเป็นสีแดงของกาแฟที่คั่ว และกาแฟมาตรฐาน
b1, b2 = ค่าความเป็นสีเหลืองของกาแฟที่คั่ว และกาแฟมาตรฐาน

ซึ่งความแตกต่างของค่าสี นำไปเปรียบเทียบค่าของสีวัตถุดิบมาตรฐาน และวัตถุดิบจากการทดลองว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร เพื่อนำมาใช้ในการเลือกสภาวะที่เหมาะสม ของการคั่วกาแฟ

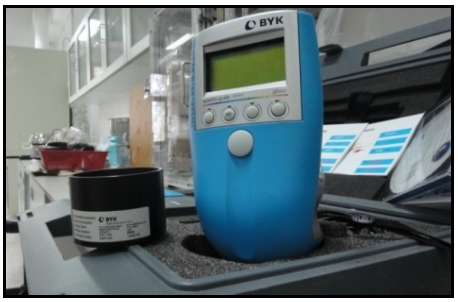

Figure 1 Color meter

3.3 การทดสอบการยอมรับกาแฟคั่วที่ผ่านการคั่วด้วยเครื่องคั่วที่ได้จากการทดลอง มาเปรียบเทียบความแตกต่าง แบบ t-test กับกาแฟในท้องตลาด ที่คั่วแบบปกติ โดยกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคเป็นกลุ่มนักศึกษา บุคลากรภายในมหาวิทยาลัย และกลุ่มบุคคลจากบริษัท กรีนวัน ฟู้ด จิงหลง และ อี้เหวิน ฟู้ด จำกัดโดยการทดสอบการยอมรับเป็นแบบ CLT (Central location test) ซึ่งข้อดีของการทดสอบคือสามารถคัดเลือกผู้ทดสอบได้เป็นจำนวนมากและได้ผู้บริโภคจริง มาทดสอบผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ โดยใช้การทดสอบการยอมรับโดยใช้สเกลแบบ 9 สเกล (hedonic scale) (ไพโรจน์, 2545)

ผลและวิจารณ์การทดลอง

1. ผลการออกแบบเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟโดยการควบคุมความดัน

ในการออกแบบเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟมีรายละเอียดของเครื่องจักรดังแสดงจาก Figure 2 (1) ตัวถังคั่วเมล็ดกาแฟ (2) ชุดถังลดอุณหภูมิ (3) พัดลม เป่าลม (4) มอเตอร์ ชุดใบกวาด ที่อยู่ในชุดของถังลดอุณหภูมิ (5) มอเตอร์ ส่งกำลังให้ถังคั่วหมุน (6) โครงสร้างของเครื่องจักรติดล้อที่ชุดของโครงสร้าง (7) ชุดควบคุม และ จ่าย ความร้อน (8) ชุดควบคุมความดัน จากปั๊มสุญญากาศ และปั๊มลม

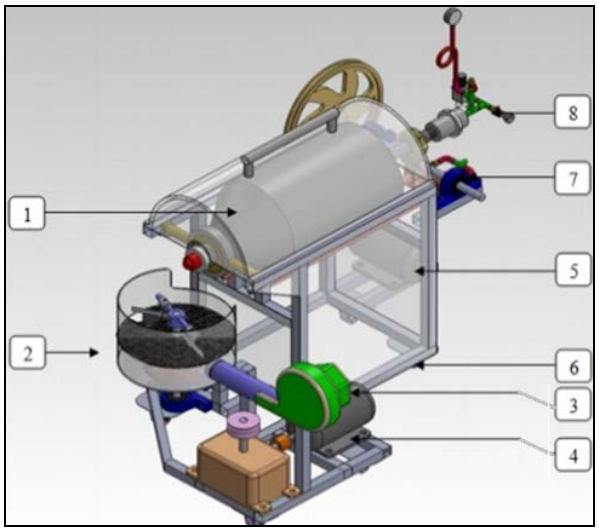

Figure 2 Components of the roaster

1.1 การออกแบบความเร็วรอบของถังคั่วเมล็ดกาแฟ

การออกแบบความเร็วรอบของถังคั่วดังแสดงจาก Figure 3 ใช้ความเร็วรอบที่มีการ ทดรอบของความเร็วจาก มอเตอร์ที่มี ความเร็วรอบที่ 1430 รอบต่อนาที มาใช้กับระบบของมู่เล่ แล้วส่งกำลังผ่านชุดเฟืองหนอน ที่มีอัตราทดรอบที่ 1 ต่อ 10 รอบ ที่ออกแบบให้ติดตั้ง ต่อกับชุดของเพลาขับเคลื่อน ส่งกำลังสู่ถังคั่วเมล็ดกาแฟโดยตรง ทำให้มีความเร็วรอบของถังคั่วที่ใช้ในการคั่วเมล็ดกาแฟ คือ 23.80 รอบต่อนาที

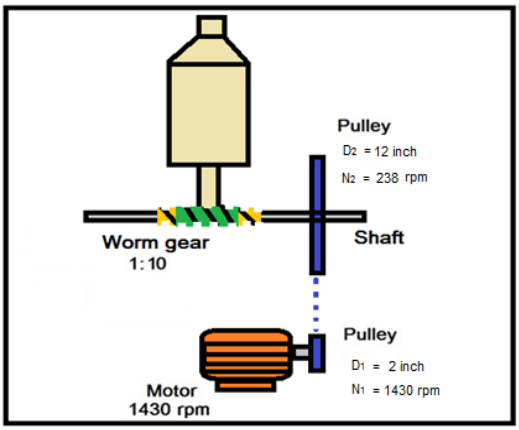

Figure 3 Speed of roaster drum

1.2 การออกแบบการทำงานของถังลดอุณหภูมิ

การทำงานของถังลดอุณหภูมิดังแสดงจาก Figure 4 ประกอบด้วยกัน สองส่วนคือ 1 ทำหน้าที่เกลี่ยเมล็ดกาแฟคั่ว เป็นส่วนของใบกวาด มีความเร็วรอบที่ 12 รอบต่อนาที และส่วนที่ 2 เป็นส่วนของพัดลมเป่าลมที่มีความเร็วลม 9.4 ม/วินาที โดยวัดที่กึ่งกลางของปากท่อเป่าลม ต่อเข้ากับถังลดอุณหภูมิที่เจาะช่องไว้สำหรับใส่ พัดลมเป่า

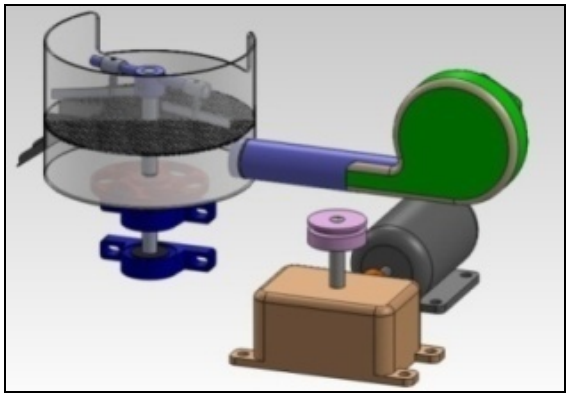

Figure 4 Cool down chamber

1.3 การออกแบบชุดให้ความร้อน

การทำงานของระบบความร้อน เริ่มต้นจากการจ่ายกระแสไฟให้กับตู้ควบคุม จากนั้น เทอร์โมคัปเปิล จึงวัดอุณหภูมิในระบบ(ถังคั่ว) ถ้าหากอุณหภูมิในระบบยังไม่ถึงค่าที่ตั้งไว้ที่ตู้ควบคุม(ค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนด) ชุดควบคุมอุณหภูมิ จึงสั่งให้ โซลีนอยด์ วาล์ว จ่ายแก๊สมายังระบบ ผ่านท่อแก๊สคู่ ที่มีการจุดไฟล่อไว้ตลอดเวลา เมื่ออุณหภูมิเริ่มเข้าใกล้ค่าที่กำหนด ชุดควบคุมอุณหภูมิสั่งให้ โซลีนอยด์ วาล์ว ตัดแก๊สเป็นช่วง เพื่อให้อุณหภูมิในการคั่ว มีค่าตามความต้องการ

1.4 การออกแบบชุดความดัน

การทำงานของระบบควบคุมความดันเริ่มจากระบบที่ควบคุมความดันสุญญากาศ โดยเริ่มจากการเปิดปั๊มสุญญากาศ จากนั้นในระบบมีค่าความดันต่ำลง และเมื่อต้องการเปลี่ยนระบบ โดยเปลี่ยนเป็นการควบคุมแบบ ความดันที่สูงกว่าบรรยากาศ เริ่มจากการ ปิดปั๊มสุญญากาศ แล้วเปิดวาล์วปั๊มลม เพื่อให้ลมเข้าไปในระบบ ทำให้ระบบ มีความดันเพิ่มขึ้น

2. ผลการศึกษาสภาวะในการคั่วกาแฟภายใต้ความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ

ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ที่ ต้องการหาสภาวะในการคั่วเมล็ดภายใต้ความดันสุญญากาศ เพื่อลดความชื้นภายในเมล็ดกาแฟ โดยการทดลองคั่วที่ -0.066 -0.132 และ -0.263 บาร์ ใช้เวลา 0 -10 นาที และแหล่งความร้อนที่ใช้ เป็นถังแก๊ส จากนั้นเมื่อเริ่มการทดลองคั่วเมล็ดกาแฟ จึงหาความชื้นของเมล็ดกาแฟ ตั้งแต่ 1 นาที จนถึง 10 นาที เมื่อทำการทดลองครบทุกสภาวะ จึงนำค่าของความชื้นในแต่ละสภาวะของการทดลอง มาเปรียบเทียบความชื้นที่ใกล้เคียงกับค่าความชื้นที่ 5% แต่ไม่ต่ำกว่า 5% เพราะยังมีกระบวนการคั่วในช่วงที่สอง ที่ยังมีการให้ความร้อนและการควบคุมความดันซึ่งส่งผลทำให้ค่าความชื้นลดลงอีก

2.1 การคั่วเมล็ดกาแฟที่สภาวะ -0.066 บาร์.

จากการทดลองดัง Figure 5 เมื่อเริ่มวัดความชื้นตั้งแต่ใส่เมล็ดกาแฟ จนถึงเวลาที่ 10 นาที พบว่าช่วงที่ 0 นาที ไปจนถึง 3 นาที ค่าความชื้นยังลดลงค่อนข้างช้า เพราะ เวลาของการคั่วในช่วง 0 นาที ไปจนถึง 3 นาที ยังมีอุณหภูมิในการคั่วที่ต่ำอยู่ และ ค่าความชื้น เริ่มมีอัตรา ลดลงอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ช่วงที่ 3 นาที ไปจนถึง 8 นาที และ ลดลงต่อไปอีก จนถึงเวลาที่ 10 นาที ดังนั้น สภาวะที่มีค่าของความชื้นที่ใกล้เคียงกับ 5% ได้แก่การคั่วที่ระยะเวลา 10 นาที ซึ่งมีความชื้นสุดท้ายที่ 5.29% และมีอุณหภูมิเมล็ดที่ 139 ˚ซ

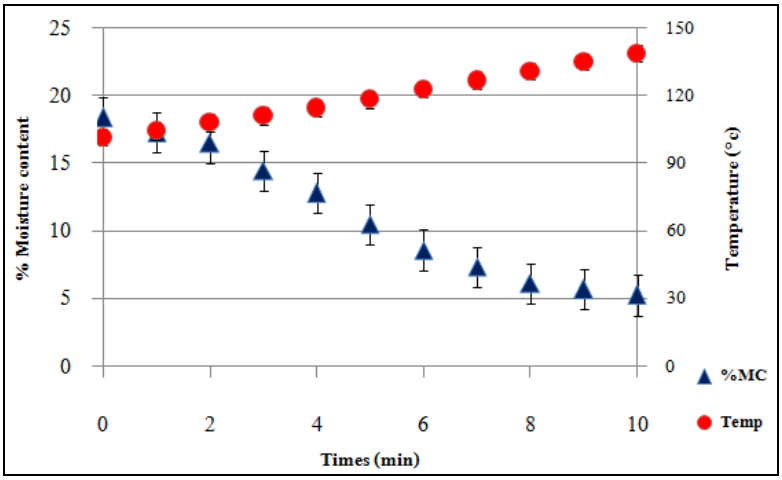

Figure 5 Temperature and % moisture content of roasting at pressure -0.066 kg/cm^2

2.2 การคั่วเมล็ดกาแฟที่สภาวะ -0.132 บาร์

จากการทดลองดัง Figure 6 พบว่า ค่าของความชื้นมีอัตราการลดลง ตั้งแต่เริ่มคั่วเมล็ดกาแฟไปถึง เวลาที่ 10 นาที เมื่อคั่วเมล็ดกาแฟ จนถึงเวลาที่ 8 นาที ความชื้นของเมล็ดกาแฟมีค่า 5.19 % มีอุณหภูมิที่ 136 ˚ซ และ คั่วต่อไปที่ 9 และ 10 นาที พบว่า ความชันของกราฟความชื้นของเมล็ดกาแฟมีแนวโน้มที่เริ่มเป็นเส้นตรง และสังเกตจากกราฟที่มีความชันลดลง ที่ 9 และ 10 นาที ซึ่งมีความชื้นลดลงเหลือน้อยกว่า 5% ซึ่งค่าความชื้นที่ลดลง ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ สามารถส่งผลต่อน้ำหนักวัตถุดิบ เพราะเมื่อมีการระเหยน้ำออกจากเมล็ดกาแฟ ทำให้เมล็ดกาแฟมีน้ำหนักลดลง

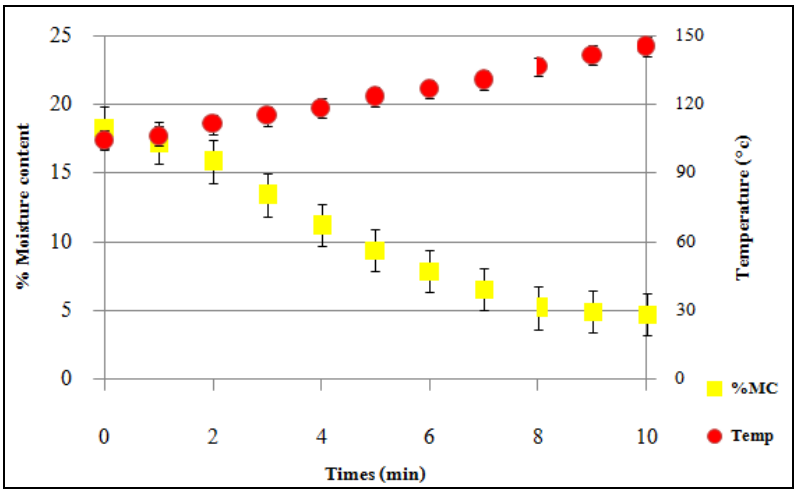

Figure 6 Temperature and % moisture content of roasting at pressure -0.132 kg/cm^2

2.3 การคั่วเมล็ดกาแฟที่สภาวะ -0.263 บาร์

จากการทดลองดัง Figure 7 พบว่า ค่าของความชื้น มีอัตราการลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่นาทีที่ 0 จนถึงนาทีที่ 10 เมื่อสังเกตค่า ตั้งแต่ 9 นาที ถึง 10 นาที ค่าของความชื้นมีค่าลดลงเหลือน้อยกว่า 5 % ซึ่งเมื่อดูกราฟของค่าความชื้น มีแนวโน้มที่ลดลงไปได้อีกเล็กน้อย เป็นผลเนื่องมาจาก เมล็ดกาแฟในสภาวะนี้ ยังมีอัตราการคายน้ำในเมล็ดอยู่ จึงทำให้กราฟของความชื้น ยังมีความชันเล็กน้อย

และ ตั้งแต่นาทีที่ 9 มีความชื้นต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ จึงใช้สภาวะที่มีค่าของความชื้น ที่ใกล้ เคียงกับ 5% ได้แก่การคั่วที่ระยะเวลา 8 นาที ที่มีค่าความชื้นคือ 5.43%

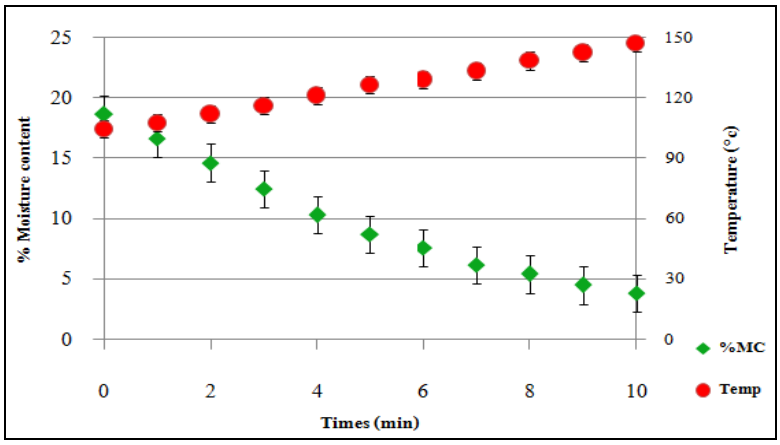

Figure 7 Temperature and % moisture content of roasting at pressure -0.263 kg/cm^2

จากการทดลอง สภาวะที่เหมาะสมในการคั่วเมล็ดกาแฟ คือ สภาวะที่ -0.132 บาร์ มีค่าความชื้นที่5.19 % ที่ใช้เวลา 8 นาที และมีอุณหภูมิที่ 136 ˚ซ เนื่องจากที่สภาวะนี่มีการใช้เวลาในการคั่วให้มีค่าความชื้นที่ 5% น้อยที่สุด และยังเป็นสภาวะที่ใช้พลังงานการคั่ว ต่ำกว่าสภาวะอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบที่เวลาเดียวกัน

3. ผลการศึกษาสภาวะในการคั่วกาแฟภายใต้ความดันที่สูงกว่าความดันบรรยากาศ

การคั่วเมล็ดกาแฟ ของการทดลองนี้ เป็นการคั่วเพื่อให้มีการเปลี่ยนของเมล็ดกาแฟตามระดับของการคั่วทั้งสามระดับ เพื่อให้ได้สี และกลิ่น ของเมล็ดกาแฟ ที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับ วัตถุดิบมาตรฐาน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับวัตถุดิบจากการทดลอง ซึ่งมีค่าความแตกต่างของสี ของเมล็ดกาแฟเป็นเกณฑ์ในการหาสภาวะที่เหมาะสม

3.1 การศึกษาค่าสีวัตถุดิบมาตรฐาน (กาแฟลุงเหนอ)

จากการวัดค่าสีของวัตถุดิบมาตรฐานตามท้องตลาด พบว่า ที่ระดับการคั่วอ่อน มีค่า L*=9.52 a*=5.68 และ b*=6.7 ระดับการคั่วกลางมีค่า L*=2.67 a*=3.55 และ b*=3.12 และการคั่วเข้มมีค่า L*=1.16 a*=1.38 และ b*=1.09 จากผลที่ได้ จึงนำไปใช้ เป็นเกณฑ์ในเปรียบเทียบค่าสีของวัตถุดิบจากการทดลอง ซึ่งเปรียบเทียบเป็นค่า ΔE และใช้ค่านี้เป็นปัจจัยในการเลือกความแตกต่างของค่าสีในแต่ละสภาวะที่ทดลอง

3.2 การคั่วเมล็ดกาแฟเพื่อหาสภาวะของการคั่วอ่อน

ในการทดลองนี้เป็นการทดลองที่ควบคุมความดัน เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม ของระดับการคั่วอ่อน ซึ่งเป็นการทดลองต่อเนื่อง จากการหาสภาวะของการทดลองที่ควบคุมความดันภายใต้ความดันสุญญากาศ โดยใช้ช่วงเวลาระหว่าง 5 ถึง 10 นาที จากนั้นจึงนำผลจากการคั่วในแต่ละสภาวะที่ทดลองที่มีค่าความแตกต่างของสีที่ต่ำที่สุดในแต่ละสภาวะความดัน มาเปรียบเทียบกัน

จาก Figure 8 เส้นสีฟ้า ที่ระดับความดัน 0.2 บาร์ ที่ใช้เวลา 17 นาที เส้นสีแดงที่ระดับความดัน 0.4 บาร์ ที่ใช้เวลา 16 นาที เส้นสีเขียว ที่ระดับความดัน 0.6 บาร์ ที่ใช้เวลา 14 นาที เมื่อนำค่า ΔE มาเปรียบเทียบ กับระดับความดันทั้งสามระดับ พบว่า เส้นสีแดง ที่ระดับความดัน 0.4 บาร์ ที่ใช้เวลา 16 นาที มีค่า ΔE ที่ 0.42 ซึ่งต่ำกว่าสภาวะทั้งสาม

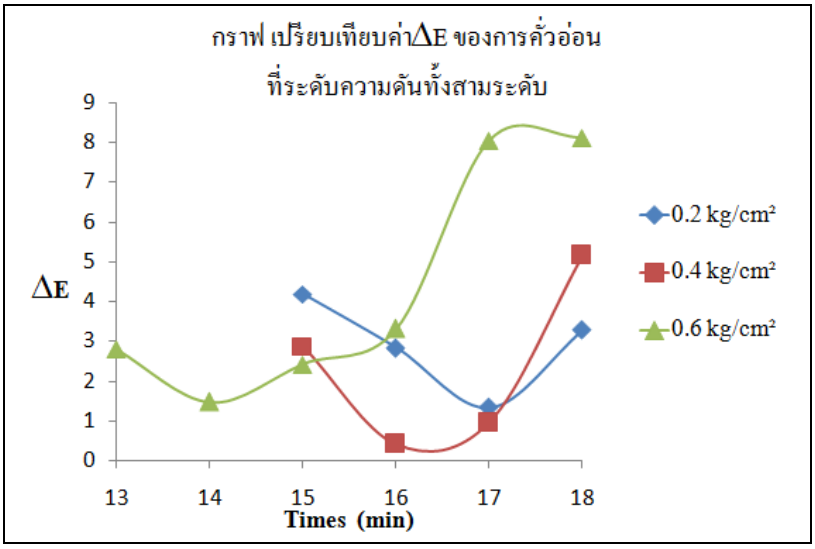

Figure 8 The comparison of ΔE at difference pressure (light roasted)

จากการเปรียบเทียบค่า ΔE ที่ 0.42 ของสภาวะการคั่วเมล็ดกาแฟดังแสดงใน Table 1 ที่ระดับความดัน 0.4 บาร์ ที่เวลา 16 นาที แล้วนำค่า L* a* b* ของวัตถุดิบจากการทดลอง คือ 9.85, 5.88 และ 6.86 และ ค่า L* a* b* ของวัตถุดิบมาตรฐาน คือ 9.52, 5.68 และ 6.70 มาเปรียบเทียบค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม spssพบว่า ค่า L* a* b* ของสองวัตถุดิบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีระดับนัยสำคัญ (ที่ p<0.05)

Table1 Color value between the experimental and standards raw material at light roast level.

Product	Factor			
	L*	a*	b*	ΔE
Standard	9.52±0.99[a]	5.68±0.53[a]	6.70±0.97[a]	
(0.2 kg/cm²)	9.61±0.99[a]	5.12±0.46[b]	5.49±1.51[b]	1.34
(0.4 kg/cm²)	**9.85±0.92[a]**	**5.88±0.88[a]**	**6.86±1.17[a]**	**0.42**
(0.6 kg/cm²)	8.37±0.29[b]	6.42±0.46[b]	6.16±0.36[b]	1.47

* The same letters in vertical show no statistically significant difference (p <0.05).

* Data in the table is a comparison of the three pairs of raw materials (0.2 kg/cm²) (0.4 kg/cm²) and (0.6 kg/cm²).

3.3 การคั่วเมล็ดกาแฟเพื่อหาสภาวะของการคั่วกลาง

การทดลองเพื่อศึกษาสภาวะของการคั่วเมล็ดกาแฟ ที่ระดับการคั่วกลางนี้ มีการเปลี่ยนการควบคุมอุณหภูมิในการคั่ว ไม่เกิน 200 ˚ซ จากนั้นจึงนำผลของความแตกต่างของค่าสีที่ต่ำที่สุดของแต่ละสภาวะความดัน ไปเปรียบเทียบกับค่าสี ของวัตถุดิบมาตรฐาน

จาก Figure 9 เส้นสีฟ้า ที่ระดับความดัน 0.2 บาร์ ที่ใช้เวลา 19 นาที เส้นสีแดง ที่ระดับความ

ดัน 0.4 บาร์ ที่ใช้เวลา 17 นาที เส้นสีเขียว ที่ระดับความดัน 0.6 บาร์ ที่ใช้เวลา 16 นาที เมื่อนำค่า ΔE มาเปรียบเทียบ กับระดับความดันทั้งสามระดับ พบว่า เส้นสีแดง ที่ระดับความดัน 0.4 บาร์ ที่ใช้เวลา 17 นาที มีค่า ΔE ที่ 0.43 ซึ่งต่ำกว่าสภาวะทั้งสาม

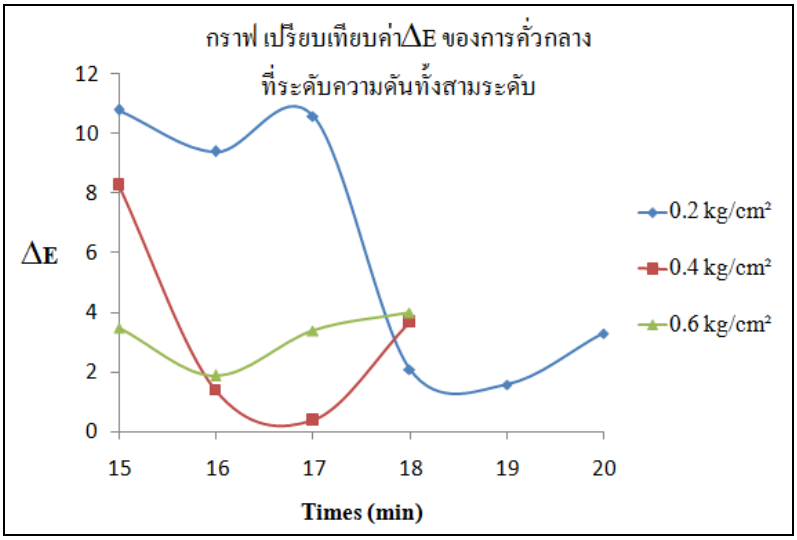

Figure 9 The comparison of ΔE at difference pressure (medium roasted)

เมื่อนำผลของการทดลองในแต่ละสภาวะของความดันทั้งสามสภาวะที่เลือกมาดังแสดงใน Table 2 พบว่า การเปรียบเทียบค่า ΔE ที่ 0.43 ของสภาวะการคั่วเมล็ดกาแฟ ที่ระดับ 0.4 บาร์ และที่เวลา 8-17 นาที แล้วนำค่า L* a* b* ของวัตถุดิบจากการทดลอง คือ 2.57, 3.37 และ 3.50 และ ค่า L* a* b* ของวัตถุดิบมาตรฐาน คือ 2.67, 3.55 และ 3.12 มาเปรียบเทียบค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม spss พบว่า ค่า L* a* b* ของสองวัตถุดิบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีระดับนัยสำคัญ (ที่ $p<0.05$)

Table2 The comparison between the experimental and standards raw material at medium roast level

Product	Factor			
	L*	a*	b*	ΔE
Standard	2.67±0.62^{a}	3.55±0.76^{a}	3.12±0.57^{a}	
(0.2 kg/cm²)	3.59±0.41^{b}	2.51±0.31^{b}	2.36±0.41^{b}	1.59
(0.4 kg/cm²)	**2.57±0.35^{a}**	**3.37±0.65^{a}**	**3.50±0.62^{a}**	**0.43**
(0.6 kg/cm²)	4.55±0.76^{b}	3.38±0.95^{a}	2.91±1.72^{a}	1.90

* The same letters in vertical show no statistically significant difference ($p < 0.05$).

* Data in the table is a comparison of the three pairs of raw materials (0.2 kg/cm²) (0.4 kg/cm²) and (0.6 kg/cm²).

3.4 การคั่วเมล็ดกาแฟเพื่อหาสภาวะของการคั่วเข้ม

การทดลองเพื่อศึกษาระดับของการคั่วกาแฟที่ระดับคั่วเข้ม ซึ่งการทดลองนี้จะเปลี่ยนแปลงการควบคุมของอุณหภูมิเป็น 210 ˚ซ ซึ่งใช้ช่วงเวลาคือที่ 8 -15 นาที 8-16 นาที 8-17 นาที 8-18 นาที และ 8-19 นาที ซึ่งเมื่อได้สภาวะของการคั่วทุกสภาวะ จะนำค่าความแตกต่างของสีที่ต่ำสุดของแต่ละสภาวะความดัน ของวัตถุดิบ มาเปรียบเทียบกับวัตถุดิบมาตรฐานตาม

จาก Figure 10 เส้นสีฟ้า ที่ระดับความดัน 0.2 บาร์ ที่ใช้เวลา 18 นาที เส้นสีแดง ที่ระดับความดัน 0.4 บาร์ ที่ใช้เวลา 18 นาที เส้นสีเขียว ที่ระดับความดัน 0.6 บาร์ ที่ใช้เวลา 18 นาที เมื่อนำค่า ΔE มาเปรียบเทียบ กับระดับความดันทั้งสามระดับ พบว่า เส้นสีแดง ที่ระดับความดัน 0.4 บาร์ ที่ใช้เวลา 17 นาที มีค่า ΔE ที่ 0.39 ซึ่งต่ำกว่าสภาวะทั้งสาม

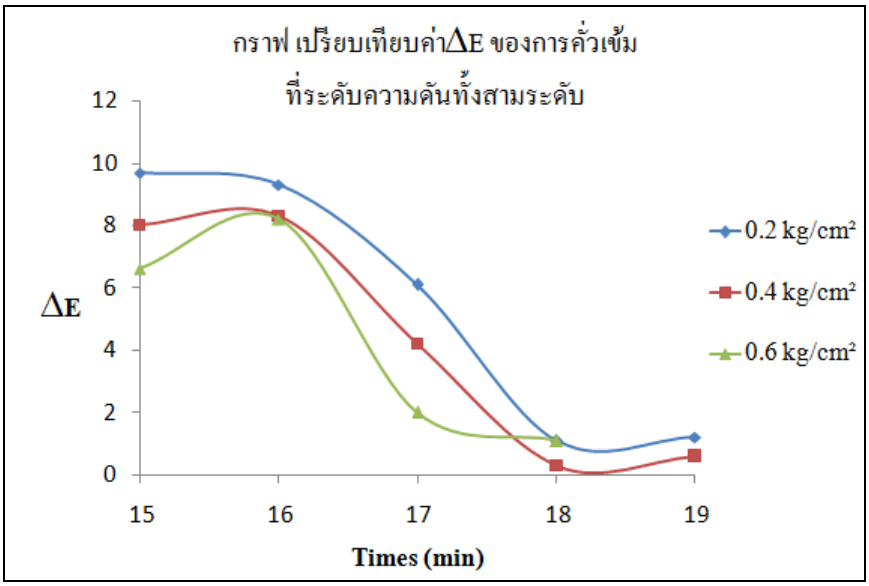

Figure 10 The comparison of ΔE at difference pressure (dark roasted)

จากการเปรียบเทียบค่า ΔE ที่ 0.39 ของสภาวะการคั่วเมล็ดกาแฟดังแสดงใน Table 3 ที่ระดับความดัน 0.4 บาร์ ที่เวลา 8-18 นาที แล้วนำค่า L* a* b* ของวัตถุดิบจากการทดลอง คือ 1.45, 1.50 และ 1.15 และ ค่า L* a* b* ของวัตถุดิบมาตรฐาน คือ 1.16, 1.38 และ 1.09 มาเปรียบเทียบค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม spss พบว่า ค่า L* a* b* ของสองวัตถุดิบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีระดับนัยสำคัญ (ที่ $p<0.05$)

Table3 The color value between experimental and standards raw material at dark roast level

Product	Factor			
	L*	a*	b*	ΔE
Standard	1.16±0.15[a]	1.38±0.33	1.19±0.37[a]	
(0.2 kg/cm²)	2.02±0.45[b]	1.97±0.54	1.66±0.46[a]	1.09
(0.4 kg/cm²)	**1.48±0.31[a]**	**1.60±0.49**	**1.07±0.58[a]**	**0.39**
(0.6 kg/cm²)	0.89±0.09[a]	1.54±0.13	0.44±0.21[b]	1.10

* The same letters in vertical show no statistically significant difference ($p < 0.05$).

* Data in the table is a comparison of the three pairs of raw materials (0.2 kg/cm²) (0.4 kg/cm²) and (0.6 kg/cm²).

ดังนั้นในกระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟทั้งสามระดับ เริ่มต้นควบคุมความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ที่เวลา 0 – 8 นาที ความดัน -0.132 บาร์ จากนั้นในกระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟทั้งสามระดับจึงเริ่มเปลี่ยนการควบคุมความดันที่ 0.4 บาร์ ซึ่ง ในกระบวนการคั่วอ่อน คั่วกลาง และ คั่วเข้ม ใช้เวลาในการคั่วเมล็ดกาแฟทั้งหมด 16 17 และ 18 นาที และควบคุมอุณหภูมิภายในห้องคั่วที่ 190 200 และ 210 ˚ซ ตามลำดับ

4. ผลการศึกษาการยอมรับของเมล็ดกาแฟคั่วทั้งสามระดับ

ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับในการคั่วเมล็ดกาแฟ โดยในการศึกษาครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบค่าของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของเมล็ดกาแฟ ทั้งสามระดับ มีรูปแบบในการทดสอบเป็นแบบ Hedonic scale โดยแทนวัตถุดิบมาตรฐานตามท้องตลาด“กาแฟลุงเหนอ” เป็นสัญลักษณ์ LN และ แทนวัตถุดิบที่ได้จากการทดลองเป็นสัญลักษณ์ PP

Table 4 Points on comparison of roasted coffee beans at light roast level.

Product	Factor			
	Color	Aroma	Flavor	Average
LN	7.38±1.03[a]	7.67±1.17[a]	7.36±1.00[a]	7.48±1.07[a]
PP	7.42±1.13[a]	7.78±0.97[a]	7.21±1.06[a]	7.45±1.08[a]

* The same letters in vertical show no statistically significant difference ($p < 0.05$).

4.1 ผลการยอมรับการคั่ว ที่ระดับคั่วอ่อน

จากการทดสอบดัง Table4 พบว่า ปัจจัยของสี ปัจจัยของกลิ่นปัจจัยของรสชาติน้ำกาแฟ มีค่าคะแนนที่วัดผลทางสถิติ คือไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความหมายในระดับ ชอบปานกลางถึงชอบมาก จากผลเฉลี่ยโดยรวมทั้งสามปัจจัย พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนทั้งสองวัตถุดิบ อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.2 ผลการยอมรับการคั่วที่ระดับคั่วกลาง

จากการทดสอบดัง Table5 พบว่าวัตถุดิบมาตรฐาน มีคะแนนมากกว่า ในด้านสี และ รสชาติของน้ำกาแฟ แต่ในด้านกลิ่นกาแฟ ค่าทางสถิติแสดงให้เห็นว่า กลิ่นในระดับคั่วกลาง มีความใกล้เคียงกัน แสดงว่าในการคั่วแบบควบคุมความดันส่งผลดีต่อกลิ่นกาแฟ ใกล้เคียงกับการคั่วแบบปกติ และ จากผลเฉลี่ยโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนวัตถุดิบมาตรฐานมากกว่า ที่ระดับ 8.01±0.98 คะแนน ซึ่งหมายถึงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของสองวัตถุดิบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Table5 Points on comparison of roasted coffee beans at medium roast level.

Product	Factor			
	Color	Aroma	Flavor	Average
LN	8.24±0.80[a]	7.87±0.99[a]	7.91±1.10[a]	8.01±0.98[a]
PP	7.62±0.89[b]	8.18±1.01[a]	7.24±1.11[b]	7.69±1.06[b]

* The same letters in vertical show no statistically significant difference ($p < 0.05$).

จากการทดสอบดัง Table 6 พบว่าวัตถุดิบจากการทดลอง มีคะแนนมากกว่า ในด้านรสชาติ และ กลิ่น หมายความว่า ผู้ทดสอบสามารถหาความแตกต่างของรสชาติ และกลิ่นได้ จากผลเฉลี่ยโดยรวมทั้งสามปัจจัย พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนวัตถุดิบจากการทดลอง มากกว่า ที่ระดับ 7.67±1.20 คะแนน ซึ่งหมายถึงผลการทดสอบ มีความแตกต่างชัดเจน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.3 ผลการยอมรับการคั่วที่ระดับคั่วเข้ม

Table6 Points on comparison of roasted coffee beans at dark roast level.

Product	Factor			
	Color	Aroma	Flavor	Average
LN	7.73±1.23[a]	7.31±1.12[a]	6.49±1.08[a]	7.18±1.25[a]
PP	7.91±1.08[a]	7.86±1.13[b]	7.04±1.22[b]	7.67±1.20[b]

* The same letters in vertical show no statistically significant difference ($p < 0.05$).

จากผลการศึกษาการยอมรับในการคั่วเมล็ดกาแฟทั้งสามระดับ พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนวัตถุดิบมาตรฐาน (LN) มากกว่าวัตถุดิบจากการทดลอง (PP) ที่ระดับการคั่วกลาง แต่ที่ระดับการคั่วเข้ม ผู้ทดสอบให้คะแนน วัตถุดิบจากการทดลอง (PP) มากกว่าวัตถุดิบมาตรฐาน (LN) และ เมื่อสังเกตที่ระดับคะแนนของ ปัจจัยของกลิ่นกาแฟ (Aroma) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนน ของวัตถุดิบจากการทดลอง (PP) มากกว่าวัตถุดิบมาตรฐาน (LN) ทั้งสามระดับของการคั่ว แสดงว่า การคั่วด้วยการควบคุมความดันส่งผลดีต่อการ ลดการสูญเสียกลิ่นในกระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟ

สรุปผลการทดลอง

1. ในการหาสภาวะที่เหมาะสม ในช่วงที่มีการควบคุมความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ คือ สภาวะในการคั่ว ที่ 8 นาที ที่ระดับความดัน -0.132 บาร์ โดยมีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 5.19% และอุณหภูมิของเมล็ดอยู่ที่ 136 ˚ซ

2. สภาวะที่ใช้ในการคั่วภายใต้ความดันในช่วงที่มีการควบคุมความดันที่สูงกว่าความดันบรรยากาศ คือที่ระดับความดัน 0.4 บาร์ สภาวะในการคั่วอ่อน คั่วกลาง คั่วเข้ม ใช้เวลาที่ 8 9 และ 10 นาที ตามลำดับ อุณหภูมิที่ควบคุมภายในถังคั่วอยู่ที่ 190 200 และ 210 ˚ซ ตามลำดับ

3. ในปัจจัยที่ทำการทดสอบ ในเรื่องของกลิ่นของเมล็ดกาแฟคั่ว ผู้ทดสอบให้การยอมรับในวัตถุดิบจากการทดลอง มากกว่า วัตถุดิบมาตรฐานตามท้องตลาด ทั้งสามระดับการคั่ว ซึ่งสอดคล้องกับการปรับปรุงการคั่วเมล็ดกาแฟเพื่อลดการสูญเสียกลิ่น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเครื่องจักรกลการเกษตรและอาหาร และ ทุนสนับสนุนระดับบัณฑิตศึกษาจากคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เอกสารอ้างอิง

มาตรฐานสินค้าเกษตร. 2552. เมล็ดกาแฟโรบัสตา มาตรฐานเลขที่ มกษ . 5700 – 2552

จิรสวัสดิ์ ภูวิภิรมณ์. 2546. “ปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อสารให้กลิ่นและรสของกาแฟผสมแบบไทย”. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ตระการ ก้าวกสิกรรม. 2540. คู่มือถังรับแรงดัน. บริษัทเอ็มแอนด์อี จำกัด. กรุงเทพฯ

ปิยะมาศ ช่วงวาณิต และคณะ. 2546. การทดสอบการยอมรับกาแฟคั่วโรบัสต้าและการปรุงผสมกาแฟ. บทความทางวิชาการ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพและภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545.การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation).ครั้งที่ 1. พิมพ์โดย คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ . หน้า 218

วิชัย โอภานุกูล. 2538. “เครื่องคั่วกาแฟ”.36 ปี เครื่องจักรกลเกษตร. หน้า 125. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม. 2552

สุนทร จิตเกษม. 2549. เคมีของกาแฟ (ออนไลน์). จาก:http://www.vcharkarn.com/vnews/60152. [8กันยายน 2553]

Teranishi, R., Wick, E.L. and Hornstein, I. 1999. Flavor Chemistry. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. 258 p.

Received 25 March 2014

Accepted 22 December 2014