

แผ่นเทียบสีสำหรับการเก็บเกี่ยวผลกาแฟในระยะที่เหมาะสม Color Chart for Harvesting the Coffee Cherry at Optimum Stage

อารีรัตน์ การุณสฤตย์ชัย¹ ชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์¹ โกเมศ สัตยาวิธ¹

สุภาภรณ์ เหลืองไพบูลย์ศรี² ปานหทัย นพชินวงศ์³ เมรินทร์ บุญอินทร์⁴

Areerat Karunsatitchai¹ Chaowalert Trikarunasawat¹ Komate Satyawut¹

Supaporn Luangpaiboonsri² Parnhathai Nopchinwong³ Merin Boonin⁴

บทคัดย่อ

ความสุกแก่ของผลกาแฟ มีผลต่อสารประกอบต่าง ๆ รวมถึงกลิ่นและรสชาติของเมล็ดกาแฟ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแผ่นเทียบสีสำหรับประเมินความสุกแก่ของผลกาแฟที่เข้าใจง่ายและสะดวกต่อการใช้งานของเกษตรกรและแรงงานเก็บเกี่ยวผลกาแฟ การเลือกใช้สีผิวผลกาแฟอะราบิกาที่เหมาะสมสำหรับประดิษฐ์แผ่นเทียบสีได้จากผลการศึกษความสัมพันธ์ของสีผิวผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ในผลกาแฟ ปริมาณทรिโบเตน กรด 3-เมทิลบิวทาโนอิก กรดคลอโรจีนิค และคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟ โดยศึกษาในระยะความสุกแก่ 4 ระยะ ได้แก่ (0) ผลอ่อน อายุ 92-98 วันหลังดอกบาน (1) ผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีชมพู อายุ 172-182 วันหลังดอกบาน (2) ผลสีแดง อายุ 232-238 วันหลังดอกบาน และ (3) ผลสีแดงมะเหมี่ยว อายุ 273-280 วันหลังดอกบาน (แหล่งปลูกเขาคว่ำ เมืองเชียงราย ขุนวางและวาวี) พบว่า ปริมาณ TSS ในผลกาแฟสูงขึ้นตามอายุของผล (5.6-22.4 °Brix) เมล็ดกาแฟหรือสารกาแฟที่ได้จากผลกาแฟแต่ละระยะ ไม่พบทริโบเตน และกรด 3-เมทิลบิวทาโนอิก แต่พบกรดคลอโรจีนิคและคาเฟอีนเป็นส่วนประกอบสำคัญ และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามอายุของผลกาแฟ ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมและมีคุณภาพดีของผลกาแฟ คือ ผลมีอายุไม่น้อยกว่า 232 วันหลังดอกบาน และน้ำคั้นจากผลกาแฟควรมีปริมาณ TSS ไม่น้อยกว่า 17 °Brix และเปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีแดง ได้เมล็ดกาแฟคุณภาพดี มีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากข้อมูลงานวิจัยนำมาสู่การพัฒนาเป็นแผ่นเทียบสีสำหรับประเมินความสุกแก่ของผลกาแฟในแปลง เริ่มจากการเลือกสีผิวผลกาแฟที่เหมาะสมสำหรับประดิษฐ์แผ่นเทียบสีต้นแบบ ออกแบบ ทดสอบการใช้งานในพื้นที่และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ใช้งานในโครงการแฟฟริเมียม (วาวี) แผ่นเทียบสีที่ประดิษฐ์ขึ้นประกอบด้วยแถบสีที่ทดแทนความสุกแก่ของผลกาแฟเริ่มตั้งแต่สีชมพู แสดงถึง (1) ผลกาแฟที่ยังไม่สุก สีแดง แสดงถึง (2) ผลกาแฟที่สุก ไปจนถึงสีแดงมะเหมี่ยว แสดงถึง (3) ผลกาแฟที่สุกเกิน

¹ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ลาตยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Postharvest and Processing Research and Development Division, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

² กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช ลาตยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² Plant Standard and Certification Division, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

³ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร 70 หมู่ 2 ต.วิสัยใต้ อ.สะวี จ.ชุมพร 86130

³ Chumphon Horticulture Research Centre, 70 Moo 2, Wisai Tai Sub-district, Sawi District, Chumphon 86130

⁴ ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ 51 หมู่ที่ 3 ต.สะเดาะพง อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์ 67270

⁴ Phetchabun Highland Agricultural Research Centre, 51 Moo 3, Sado Phong Sub-district, Khao Kho District, Phetchabun 67270

และพัฒนาแผ่นเทียบสีที่ใช้ได้กับกาแฟที่ปลูกกลางแจ้งและปลูกร่วมกับไม้ให้ร่มเงารวมทั้งถ่ายทอดสู่กลุ่มเป้าหมายโดยฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง “การประเมินการสุกแก่ของผลกาแฟและการคัดคุณภาพเมล็ดกาแฟเบื้องต้น” พบว่า เกษตรกร ผู้รับจ้างเก็บเกี่ยว และผู้ประกอบการ ให้การยอมรับเทคโนโลยีเป็นอย่างดี เนื่องจากการใช้แผ่นเทียบสีสามารถจำแนกการสุกแก่ของผลกาแฟตั้งแต่ผลไม่สุก สุก และสุกเกินไปให้เข้าใจได้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน

คำสำคัญ: กาแฟอาราบิกา การสุกแก่ การเก็บเกี่ยว แผ่นเทียบสี

ABSTRACT

Maturity stage of coffee cherries affects various compounds of the coffee beans, including the aroma and flavor. The objective of this research was to create a color chart for assessing the ripeness of coffee cherries that was easy to understand and convenient to farmers and harvesters. The optimum color selection for fabrication of color chart was obtained from the study of the correlation between the skin color and total soluble solid (TSS) of the coffee cherry including the amount of tryptophan, 3-methylbutanoic acid, chlorogenic acid (CGA) and caffeine in coffee beans. The study was conducted in 4 stages of maturity: (0) young fruit, age of 92-98 days after flowering (DAF), (1) pink fruit, age of 172-182 DAF, (2) red fruit, age of 232-238 DAF and (3) crimson fruit, age of 273-280 DAF from area of Khao Kho, Chaing Rai, Khun Wang and Wawi. It was found that the TSS content (5.6-22.4 °Brix) in coffee cherries increased with age. Tryptophan and 3-methylbutanoic acid were not detected but CGA and caffeine were found as the main components in coffee bean which increased with the age of the coffee cherry. The optimum stage for harvesting should be at least 232 DAF with minimum TSS at 17°Brix with red to dark-red skin color. From the research results led to create a color chart for assessing the ripeness of coffee cherries bloom. The first step: selecting the suitable coffee cherry color for creating color reference chart, design the prototype that accurately reflects the color of coffee cherries and test under real conditions at Wawi Premium Coffee Program. The invented color chart, color brand was replaced the maturity of the coffee fruit, starting from pink showed (1) unripen fruit, red showed (2) ripen fruit to dark red showed (3) overripen fruit for both open space coffee plantation and shade tree cover. After the improved color chart was successfully transferred to target group of workshops which were conducted to assess the maturity of coffee fruits and perform preliminary grading of coffee bean quality. It has been well accepted by

the farmers, harvester and operators. Because color chart can help a sorting of maturity of the coffee fruits (unripening, ripe and overripe) to be easy to understand and convenient to use.

Keywords: arabica coffee, color plate, harvesting, maturity

คำนำ

ในปี พ.ศ. 2561 การเติบโตของธุรกิจกาแฟในภาพรวมมีมูลค่ากว่า 419.70 ล้านบาท โดยจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย เป็นจังหวัดที่มีเติบโตของธุรกิจสูงที่สุด และมีแนวโน้มมุ่งเน้นการผลิตกาแฟคุณภาพเพื่อเจาะตลาดกาแฟพิเศษและการพัฒนาเป็นผู้ผลิตกาแฟที่ทำการค้าอย่างเป็นธรรม (fair trade) เพื่อตีตลาดโลก (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, 2562) ในขณะที่การผลิตกาแฟ กลับประสบปัญหาการขาดแรงงานเนื่องจากแรงงานวัยทำงานเข้าสู่ภาคการเกษตรลดลง จนส่งผลให้ต้องจ้างแรงงานต่างชาติ ที่ขาดความชำนาญในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเก็บผลกาแฟที่เมล็ดยังไม่บริบูรณ์ ส่งผลให้ได้กาแฟคุณภาพต่ำ ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (กรมวิชาการเกษตร, 2559ก) กาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 เป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร มีลักษณะเด่น คือ ผลกาแฟมีการสุกพร้อมกัน เมื่อผลกาแฟมีอายุเพิ่มขึ้น ผลอ่อนสีเขียวเข้ม เปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน สีชมพู สีแดง และสีแดงเข้มหรือแดงมะเหมี่ยวตามลำดับ โดยผลสีแดงเป็นระยะผลมีคุณภาพดีที่สุดถือเป็นระยะที่เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยว (กรมวิชาการเกษตร, 2559ข) ขณะเดียวกัน ผลกาแฟมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอื่นๆ ได้แก่ การพักตัวและขยายขนาดของผล การสะสมอาหารและสารสำคัญของผลและเมล็ดกาแฟ โดยมีปัจจัยภายนอกที่ส่งเสริมหรือชะลอการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ได้แก่ ระดับความสูงจากน้ำทะเลของพื้นที่ปลูกกาแฟ ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในการเพาะปลูก ความลาดชันของพื้นที่เพาะปลูก เป็นต้น (มานพ และคณะ, 2547; Keiko *et al.*, 2014 และ SCAA, 2014)

การเปลี่ยนแปลงอาหารที่สะสมในผลกาแฟ เมื่อผลกาแฟมีอายุเพิ่มขึ้น แบ่งเป็นอาหารสำรองสะสมในเนื้อผลกาแฟ เกิดการสลายตัวกลายเป็นน้ำตาล ทั้งน้ำตาลรีดิวซ์และซูโครสสะสมเพิ่มขึ้นตลอดการสุกแก่ของผลกาแฟ โดยการสลายตัวของแป้งเป็นน้ำตาลของผลกาแฟที่มีอายุเพิ่มขึ้น สามารถตรวจวัดในรูปปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid: TSS) ค่า TSS สามารถใช้ในการประเมินความสุกแก่ของผลกาแฟและคุณภาพของเมล็ดกาแฟจากผลกาแฟที่มีความสุกแก่แตกต่างกันได้ จากรายงานคุณภาพกาแฟหลังผ่านการแปรรูป (final cup score) ของ Specialty Coffee Association of America : SCAA (2014) พบว่า TSS ของน้ำคั้นเนื้อผลกาแฟส่งผลโดยตรงต่อการยอมรับของผู้บริโภคต่อคุณภาพเมล็ดกาแฟ หลังผ่านกระบวนการแปรรูปและคั่วบด โดยประเมินการยอมรับคุณภาพกาแฟแต่ละด้าน หากน้ำคั้นของเนื้อผลกาแฟที่มีความสุกแก่และอายุที่เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยว จะมีค่า TSS สูง ส่งผลให้ final cup score ของเมล็ดกาแฟ มีค่าสูงและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น การสะสมสารประกอบที่มีผลต่อกลิ่นและกลิ่นรสของเมล็ดกาแฟ เมล็ดกาแฟที่ได้จากผลกาแฟที่อ่อนเกินไป มีการสะสมกรดอะมิโนทริปโตเฟนในปริมาณสูง

แตกต่างกับเมล็ดกาแฟที่ได้จากผลกาแฟที่มีอายุเพิ่มขึ้น มีการสะสมในปริมาณต่ำ หากมีเมล็ดกาแฟที่ได้จากผลกาแฟที่เป็นระยะผลอ่อนปะปนในปริมาณมาก เมื่อนำมาคั่วบดจะส่งผลให้เกิดกลิ่นของสารประกอบอินดอล ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ไพโรไลซิส (pyrolysis product) ของทริบิโตนเฟน ในปริมาณสูง ทำให้มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์และไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค ขณะเดียวกันเมล็ดกาแฟที่ได้จากผลกาแฟที่อ่อนเกินไป มีการสะสมกรดอินทรีย์ในปริมาณน้อย ซึ่งสารกลุ่มนี้เป็นสารสำคัญที่มีผลต่อกลิ่นรสและรสชาติหลังเมล็ดกาแฟผ่านการคั่วบด ทำให้กลิ่นรสและรสชาติของเมล็ดด้อยคุณภาพ จึงส่งผลให้ final cup score มีค่าต่ำ และเกิดปัญหาไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคกาแฟ (โกเมศ, 2559 และ Keiko *et al.*, 2014) นอกจากนี้ พบว่า เมื่อผลกาแฟที่อยู่บนต้น มีอายุเพิ่มมากขึ้น เมล็ดกาแฟมีการสังเคราะห์สารสำคัญต่าง ๆ เพิ่มขึ้นตามไปด้วย เช่น กรดอินทรีย์ เป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคเกี่ยวกับคุณภาพกาแฟหลังคั่วบด ดังนั้น การเก็บเกี่ยวผลกาแฟในระยะสุกแก่ที่เหมาะสม ส่งผลให้เมล็ดกาแฟที่ได้มีคุณภาพดี มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากข้อมูลงานวิจัยความสุกแก่ของผลกาแฟ มีผลต่อสารประกอบต่าง ๆ รวมถึงกลิ่นและรสชาติของเมล็ดกาแฟ นำมาสู่การสร้างและพัฒนาแผ่นเทียบสีผิวผลกาแฟเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินความสุกแก่ของผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 ในแปลง ซึ่งเข้าใจได้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งานของเกษตรกรและแรงงานรับจ้างเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ยังไม่มีความชำนาญ สามารถเก็บเกี่ยวผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 ในระยะที่เหมาะสม ลดการปะปนของผลอ่อน ส่งผลให้ได้กาแฟที่มีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาความสัมพันธ์ของระยะความสุกแก่ของกาแฟและสารสำคัญในเมล็ดกาแฟ

1.1 ศึกษาคุณภาพของกาแฟหลังการเก็บเกี่ยว

โดยคัดเลือกต้นกาแฟ ที่มีอายุใกล้เคียงกัน ตัดป้ายช่อดอกกาแฟและนับอายุหลังดอกบานเพื่อกำหนดกรรมวิธีตามอายุการเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่สอดคล้องกับระยะการพัฒนาของผลกาแฟ 4 ระยะ ได้แก่ ระยะ 0 ผลอ่อน อายุ 92 92 94 และ 98 วันหลังดอกบาน 1 ผลไม่สุก อายุ 172 172 180 และ 182 วันหลังดอกบาน 2 ผลสุก อายุ 232 232 235 และ 238 วันหลังดอกบาน และ 3 ผลสุกเกิน อายุ 273 273 278 และ 280 วันหลังดอกบาน (Table 1) โดยการสุกแก่ของผลกาแฟจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้า นั้น ขึ้นอยู่ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในการเพาะปลูกในแต่ละปี (มานพ และคณะ, 2547) เก็บตัวอย่างผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 จากแหล่งปลูกในเขตภาคเหนือ จำนวน 4 แห่ง คือ 1) ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ) 2) ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย (ที่ราบเชียงราย) ทั้ง 2 แห่งสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 750-800 เมตร 3) ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) และ 4) ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวิ) ปลูกสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,000 เมตร ขึ้นไป

โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธี 4 ซ้ำ มีขนาดของหน่วยทดลองละ 400 ผลกาแฟพันธุ์เชียงใหม่ 80 เก็บผลกาแฟตามระยะของผลที่กำหนด คือ

กรรมวิธีที่ 1 ผลอ่อน (84-98 วันหลังดอกบาน) ผลขยายตัวอย่างรวดเร็ว หากได้รับปริมาณน้ำฝนอย่างเพียงพอและมีการกระจายตัวของฝนสม่ำเสมอ สีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อน

กรรมวิธีที่ 2 ผลไม่สุก (98-182 วันหลังดอกบาน) เมล็ดและผลมีการสะสมน้ำหนักเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนกลายเป็นสีชมพู

กรรมวิธีที่ 3 ระยะผลสุก (182-238/270 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ผลสุกแก่เต็มที่ โดยผลเปลี่ยนสีจากสีชมพูเป็นสีแดง โดยน้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากระยะเมล็ดสะสมน้ำหนัก

กรรมวิธีที่ 4 ระยะสุกแก่มาก (อายุมากกว่า 238 หรือ 270 วันขึ้นไป) ผลเปลี่ยนจากสีแดงกลายเป็นสีแดงมะเหมี่ยว หากไม่มีการเก็บเกี่ยวผลระยะนี้ทิ้งจากต้น จะเป็นแหล่งอาศัยของมอดเจาะผลเชอร์รี่

หาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง pocket refractometer (pocket PAL-1) อ่านค่าที่ได้เป็นอาศาบริกซ์ และวัดสีเปลือกของผลกาแฟด้วยเครื่องวัดสี colorimeter โดยแสดงค่าที่อ่านได้ รายงานเป็นค่า L, a และ b ตามระบบ Hunter's scale

Table 1 Maturity stages of *Coffea Arabica* cherry from four locations: Khao Kho, Chaing Rai, Khung Wang and Wawi

Location	Maturity stage of arabica coffee cherry (Days after flowering) ⁽¹⁾			
	Green-young	Pink-unripen	Red-ripen	Dark red-over ripen
Khao Kho	92	172	232	273
Chaing Rai	92	172	232	273
Khun Wang	94	180	235	278
Wawi	98	182	238	280

⁽¹⁾ Different maturity stage of Arabica coffee cherry were indicate day after flowering

Source: Karunsatitchai *et al.* (2020) (in Thai)

1.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ ได้แก่ ปริมาณทริบโทเฟน กรด 3-เมทิลพิวทาโนอิก กรดคลอโรจีนิก และคาเฟอีน

1.2.1 การแปรรูปเป็นสารกาแฟ นำผลกาแฟข้างต้นมาแปรรูป เริ่มจากการแยกเปลือก เนื้อ และเมล็ดออกจากกันด้วยเครื่องสีกาแฟ นำเมล็ดกาแฟแช่น้ำ เป็นเวลานาน 24-48 ชั่วโมงเพื่อหมักเปลือก และล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้ง นำไปตากแดดบนลานปูนซีเมนต์ปูด้วยผ้าใบหรือสแลน ประมาณ 10-15 วัน หรือตากจนกว่าเมล็ดกาแฟมีความชื้นไม่เกิน 12 % เมล็ดกาแฟที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดหรือกาแฟกะลาไปบรรจุในถุงตาข่าย วางบนแผ่นไม้ที่อยู่ในโรงเก็บรักษาที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก เป็นเวลานาน 6-9 เดือน จากนั้นนำกาแฟกะลาที่ได้มาสีเปลือกหุ้มเมล็ดออกจนได้สารกาแฟเพื่อนำมาทดสอบสมบัติทางเคมีในสารกาแฟต่อไป

1.2.2 การสกัดสารสำคัญ ชั่งสารกาแฟที่ผ่านการคั่ว และบดจนละเอียด ปริมาณ 5 กรัม แช่ในสารละลายเมทานอลต่ออะซิโตรไนโตรลั่นต่อน้ำ อัตราส่วน 2:2:1 จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าที่ความเร็วรอบ 85 รอบต่อนาที ด้วยเครื่องเขย่า นาน 8 ชั่วโมง แยกสารสกัดที่ได้และตัวทำละลายออกจากกันด้วย vacuum rotary evaporator ที่ความดัน 50-200 mbar อุณหภูมิ 34 °ซ จนได้สารสกัดกาแฟเข้มข้น แล้วนำไปกรองด้วย pre-filtered ขนาด 0.2 ไมครอน นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-MS

1.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ โดยใช้ UV chromatograms ซึ่งสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดกลืนแสง UV ที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน การทดลองนี้ใช้ทริปโตเฟน กรด 3-เมทิลบิวทาโนอิก กรดคลอโรจีนิก และคาเฟอีน เป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบ คอลัมน์ที่ใช้ คือ Waters XSelect-CSH ขนาด 100 mmx 4.6 mm. ความจุ 3 ไมโครลิตร gradient time คือ 12-30 นาที สารละลาย A คือ น้ำที่มีกรดฟอร์มิก 0.1 เปอร์เซ็นต์ สารละลาย B คือเมทานอลและอะซิโตรไนโตรลั่นอัตรา 1:1 MS ที่ใช้คือ ESI+ อัตราการไหล คือ 1 มิลลิลิตรต่อนาที ฉีดตัวอย่างสารสกัด 10 ไมโครลิตร โดยใช้สารมาตรฐาน ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร 10 ไมโครลิตร ทั้งแบบสารมาตรฐานผสมและแบบสารมาตรฐานแต่ละชนิด ฉีดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง โดยมี retention time (RT) และความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสง UV มากที่สุด ($W_{mix\ UV}$)ของสารมาตรฐาน

1.3 ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม

นำสารกาแฟที่เตรียมได้จากข้อที่ 1.2.1 คั่ว บดให้มีขนาดเล็กกว่า 20 mesh ชั่งน้ำหนัก 10 กรัมต่อแก้ว เติมน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 92 -94 °ซ 180-200 มิลลิลิตร ทิ้งไว้นาน 3 นาที ประเมินกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้าง โดยผู้ทดสอบจำนวน 10 คน ทำการประเมินตัวอย่างโดยใช้ช้อนสแตนเลส ขนาด 5 มิลลิลิตร ตักชิม และให้คะแนนในแบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ตามข้อกำหนดของ SCAA (2012) แล้วให้คะแนนคุณภาพกาแฟที่ชิม คือ

1) กลิ่น (aroma) หมายถึง ความรู้สึกถึงกลิ่นหอมของผงกาแฟที่บดไว้ไม่เกิน 15 นาที กลิ่นหอมที่ระเหยออกมาเมื่อเทน้ำร้อนลงบนกาแฟตามอัตราส่วนในข้อ 1.3 เป็นเวลานาน 3 นาที

2) กลิ่นรส (flavor) หมายถึง ความรู้สึกถึงกลิ่นรสสัมผัสของกาแฟ ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรประเมินคือ 8-10 นาที นับจากเริ่มเทน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 92 -94°ซ ที่อุณหภูมิห้อง 25°ซ

3) ความรู้สึกตกค้าง (after taste) หมายถึง ความยาวนานในความรู้สึกเชิงคุณภาพของกลิ่นรสที่ยังคงอยู่ในลมหายใจ หลังจากที่ถูกทดสอบกลิ่นกาแฟเข้าไปแล้วหรือบ้วนออกมา หากความรู้สึกนั้นสั้น หรือไม่ดี คะแนนควรจะอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรประเมิน คือ 8-10 นาที

โดยเกณฑ์การประเมินของผู้ทดสอบ การยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้าง โดยใช้เกณฑ์คะแนน 9 ระดับ ตามที่กำหนดไว้

1= extremely poor แย่ที่สุด	4= below average ต่ำกว่าเกณฑ์	7= very good ดีมาก
2= very poor แย่มาก	5= fair ปานกลาง	8= excellent ยอดเยี่ยม
3= poor แย่	6= good ดี	9= outstanding โดดเด่น

2. การออกแบบและพัฒนาแผ่นเทียบสีเพื่อประเมินการสุกแก่ของผลกาแฟ

2.1 ออกแบบแผ่นเทียบสีกาแฟ (color chart) ต้นแบบ เพื่อใช้ในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 โดยใช้ข้อมูลความสัมพันธ์ของสีผิวผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 และปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟร่วมกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสข้างต้น จัดทำแผ่นเทียบสีต้นแบบ เพื่อใช้ประเมินความสุกแก่ของผลกาแฟ ทดสอบ และปรับแก้ไขก่อนใช้งานจริง

2.2 การทดลองใช้งาน นำแผ่นเทียบสีไปให้เกษตรกรและผู้เก็บเกี่ยวผลกาแฟในโครงการกาแฟพรีเมียม (วาวี) ทดลองใช้งาน พร้อมเก็บข้อมูลความคิดเห็นจากผู้ใช้งานมาประเมินเพื่อปรับปรุงให้ได้แผ่นเทียบสีกาแฟที่เป็นที่ยอมรับจากผู้ใช้และมีประสิทธิภาพ

2.3 การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ผู้ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาความสัมพันธ์ของระยะความสุกแก่ของผลกาแฟและสารสำคัญในเมล็ดกาแฟ

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ กาแฟจาก 4 แหล่งปลูก มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ TSS เพิ่มขึ้นเมื่อผลกาแฟมีอายุเพิ่มขึ้น ผลกาแฟสีเขียว (stage 0) มีค่า TSS น้อยที่สุด 5.6-9.7 องศาบริกซ์ ถัดไปคือผลสีชมพู (stage 1) มีค่า 7.3-9.8 องศาบริกซ์ เมื่อผลกาแฟเปลี่ยนเป็นสีแดง (stage 2) ค่า TSS เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว 16.8-20.5 องศาบริกซ์ และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อผลกาแฟเปลี่ยนเป็นสีแดงมะเหมี่ยว (stage 3) มีค่า 19.2-22.4 องศาบริกซ์ โดยผลกาแฟสีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวจากเขาค้อและที่ราบเชิงทราย มีปริมาณ TSS ต่ำกว่าผลกาแฟที่ได้จากขุนวางและวาวี เนื่องจากการพัฒนาการสุกของผลกาแฟจากเขาค้อและที่ราบเชิงทรายใช้ระยะเวลานาน ทำให้เกิดการสะสมปริมาณ TSS น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผลกาแฟจากขุนวางและวาวีที่มีการพัฒนาการสุกที่นาน ส่งผลให้มีปริมาณ TSS สะสมสูง (Figure 1) สอดคล้องกับมานพ และคณะ (2547)

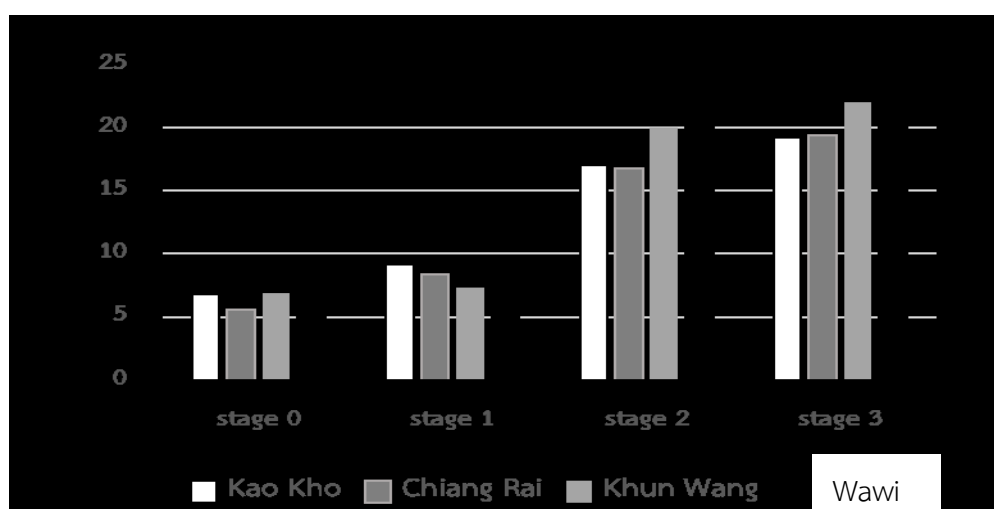


Figure 1 Total soluble solid in different maturity stages of of *Coffea arabica* cherry cv. Chaing Mai 80 from Khao Kho, Chaing Rai, Khun Wang and Wawi

การเปลี่ยนสีของผิวผลกาแฟ ค่า L ของผลกาแฟจากทั้ง 4 แหล่ง มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่ออายุของผลกาแฟมากขึ้น ผลกาแฟจากแหล่งปลูกที่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเล 1,000 เมตร มีค่า L ลดลงอย่างรวดเร็ว ผลกาแฟจากเขาค้อที่ระยะผลอ่อน ผลไม่สุก ผลสุก และผลสุกเกิน มีค่า L อยู่ที่ 55.34 43.51 33.85 และ 28.02 ตามลำดับ ทำนองเดียวกับที่ราบเชิงทราย มีค่า L อยู่ที่ 44.23 46.68 39.49 และ 26.60 ตามลำดับ แตกต่างกับแหล่งปลูกที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 1,000 เมตร ที่มีค่า L ลดลงเล็กน้อย ทั้งผลกาแฟจากขุนวางและจากาวี ตลอดอายุของผลกาแฟที่เพิ่มขึ้น (Figure 2) ค่า b มีทิศทางลดลง เช่นเดียวกับค่า L ส่วนค่า a มีค่าสูงสุดในผลกาแฟที่สุกแดงเหมาะแก่การเก็บเกี่ยว (ระยะที่ 2 ผลสุก) โดยผลกาแฟของเขาค้อ ที่ราบเชิงทราย ขุนวางและาวี มีค่าอยู่ที่ 25.30 20.12 21.40 และ 22.64 ตามลำดับ และลดลงเล็กน้อยในระยะที่ 3 ผลเปลี่ยนเป็นสีแดงมะเหมี่ยว โดยมีค่าอยู่ที่ 16.63 14.66 17.82 และ 19.84 ตามลำดับ (Figure 2)

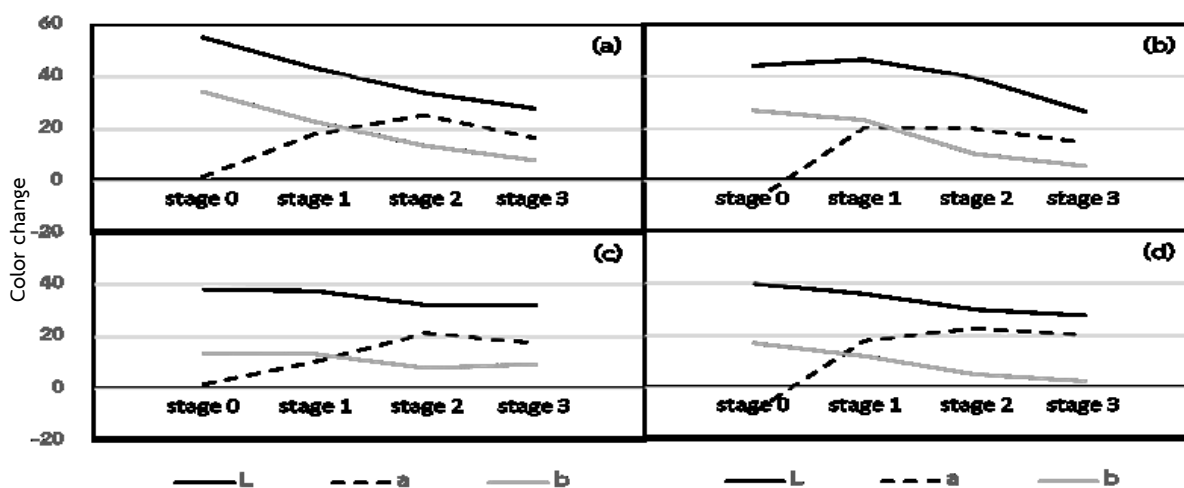


Figure 2 Color changes (L, a, b values) in different maturity stages of *Coffea arabica* cherry cv. Chaing Mai 80 from Khao Kho (a), Chaing Rai (b), Khun Wang (c) and Wawi (d)

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ ทั้ง 4 แหล่งปลูก พบสารสำคัญเพียง 2 ชนิด คือ กรดคลอโรจีนิค และคาเฟอีน ไม่พบทริบิโตนเฟน และกรด 3-เมทิลบิวทาโนอิก (Figure 3) สารกาแฟที่ได้จากผลกาแฟทั้ง 4 ระยะ มีปริมาณกรดคลอโรจีนิคสูงกว่าปริมาณคาเฟอีน ปริมาณกรดคลอโรจีนิคลดลงเมื่อผลกาแฟเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพู จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุของผลกาแฟเพิ่มมากขึ้น ส่วนปริมาณคาเฟอีนของสารกาแฟ พบว่า ลดลงเมื่อผลกาแฟเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพู โดยผลกาแฟสีชมพูจากขุนวางและาวีตรวจไม่พบคาเฟอีน ส่วนผลกาแฟสีชมพูจากเขาค้อและที่ราบเชิงทราย ตรวจพบในปริมาณ 0.424 และ 0.415 พีพีที ตามลำดับ จากนั้นมีค่าคงที่เมื่อผลเปลี่ยนเป็นสีแดง และเพิ่มมากขึ้นเมื่อผลเปลี่ยนเป็นสีแดงมะเหมี่ยว เนื่องจากการสังเคราะห์คาเฟอีนเกิดขึ้นในขณะที่ยีนโดสเปอริมยังอ่อนและเป็นของเหลวอยู่ในผลกาแฟ ส่วนการสังเคราะห์กรดคลอโรจีนิคมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นขณะที่ยีนโดสเปอริมเกิดการพัฒนามาในผลกาแฟ และมีปริมาณลดลง เมื่อผลกาแฟสุกแก่เพิ่มขึ้น แต่กรดคลอโรจีนิคที่ตรวจพบในปริมาณสูงก็ใกล้เคียงกับ

คาเฟอีน เนื่องจากมี 5 -CQA เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดคลอโรจินิกและคาเฟอีนเหมือนกัน (Castro and Marraccini, 2006) ทั้งนี้ ปริมาณที่พบขึ้นกับพันธุ์ของกาแฟและปัจจัยภายนอก ได้แก่ สภาพอากาศ การเพาะปลูก คุณภาพดิน ปริมาณและการกระจายตัวของฝน ตลอดจนอุณหภูมิในแต่ละปีรวมด้วย

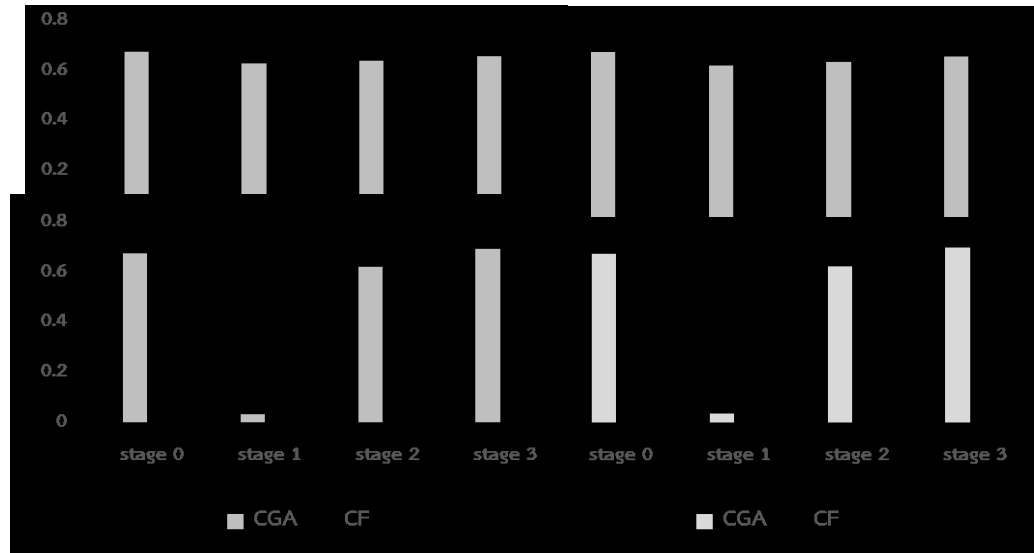


Figure 3 Accumulation of chlorogenic acid (CGA) and caffeine (CF) in different maturity stages of *Coffea arabica* cherry cv. Chaing Mai 80 from Khao Kho (a), Chaing Rai (b), Khun Wang (c) and Wawi (d).

คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม คะแนนการยอมรับของผู้ชิมทั้ง 3 ด้านเพิ่มสูงขึ้นตามระยะการสุกที่เพิ่มขึ้น มีค่าระหว่าง 5.8-6.8 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงดีมาก โดยสารกาแฟจากผลสีแดง มีคะแนนการยอมรับทั้ง 3 ด้านมากที่สุด กาแฟจากเขาค้อได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรสและความรู้สึกตกค้าง อยู่ที่ 6.3 6.2 และ 6.4 กาแฟจากที่ราบเชิงเขาได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรสและความรู้สึกตกค้าง อยู่ที่ 5.8 5.8 และ 5.5 ขณะที่กาแฟจากขุนวางได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 6.7 6.5 และ 6.3 ตามลำดับ กาแฟจากกว๊นาได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 6.7 6.8 และ 6.5 ตามลำดับ ทั้งนี้ ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสทั้ง 3 ด้าน เกิดขึ้นจากความอ่อนแก่ของผลกาแฟที่ต่างกัน สารกาแฟที่ได้จากผลกาแฟระยะต่างๆ มีการพัฒนาและสังเคราะห์กรดอินทรีย์ที่มีผลต่อกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างในการชิมหลังคั่วบดแล้วแตกต่างกัน รวมถึงมีปัจจัยด้านการหมักและกำจัดเมือก วิธีการเก็บรักษากาแฟกะลาที่เหมาะสม และการกำจัดของสิ่งบกพร่องหลักและรองที่ปะปนมากับสารกาแฟที่นำมาทดสอบด้วย จึงส่งผลให้การยอมรับจากผู้ชิมด้านกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างแตกต่างกันไป (Boot, 2005)

คะแนนการยอมรับของผู้ชิมทั้ง 3 ด้านเพิ่มสูงขึ้นตามระยะการสุกที่เพิ่มขึ้น มีค่าระหว่าง 5.8-6.8 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงดีมาก โดยสารกาแฟจากผลสีแดง มีคะแนนการยอมรับทั้ง 3 ด้านมากที่สุด กาแฟจากเขาค้อได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรสและความรู้สึกตกค้าง อยู่ที่ 6.3 6.2

และ 6.4 กาแฟจากที่ราบเชียงรายได้รับการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรสและความรู้สึกตกค้าง อยู่ที่ 5.8 5.8 และ 5.5 ขณะที่กาแฟจากขุนวางได้รับการยอมรับอยู่ที่ 6.7 6.5 และ 6.3 ตามลำดับ กาแฟจากวาปีได้รับการยอมรับอยู่ที่ 6.7 6.8 และ 6.5 ตามลำดับ ทั้งนี้ ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสทั้ง 3 ด้าน เกิดขึ้นจากความอ่อนแก่ของผลกาแฟที่ต่างกัน สารกาแฟที่ได้จากผลกาแฟระยะต่างๆ มีการพัฒนาและสังเคราะห์กรดอินทรีย์ที่มีผลต่อกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างในการชิมหลังคั่วบดแล้วแตกต่างกัน รวมถึงมีปัจจัยด้านการหมักและกำจัดเมือก วิธีการเก็บรักษากาแฟกะลาที่เหมาะสม และการกำจัดของสิ่งบกพร่องหลักและรองที่ปะปนมากับสารกาแฟที่นำมาทดสอบด้วย จึงส่งผลให้การยอมรับจากผู้ชิมด้านกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างแตกต่างกันไป (Boot, 2005)

2. การออกแบบและพัฒนาแผ่นเทียบสีเพื่อประเมินการสุกแก่ของผลกาแฟ

ออกแบบแผ่นเทียบสีต้นแบบ สำหรับใช้ในการเลือกเก็บเกี่ยวผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 ด้วยการเลือกสีที่เหมาะสมทดแทนระยะการสุกแก่ของผลทั้ง 4 ระยะ เริ่มจากการใช้ eyedropper tool ดูดสีจากรูปภาพตัวอย่างผลกาแฟทั้ง 4 ระยะ จาก 4 แหล่งปลูก (Figure 4 5 6 and 7) นำมาจัดเรียงสีที่ได้จากอ่อนไปเข้มในแต่ละระยะการสุกแก่ของผลกาแฟ จากนั้นนำสีอ่อนที่สุดและเข้มที่สุดจากรูปภาพ ผสมกันด้วยการใช้ mixer brush tool จนได้ “สีกลาง” เป็นสีที่ไม่มีอยู่จริงแต่เป็นสีที่สามารถรับรู้ได้จากการมองเห็นภาพรวมในแต่ละระยะการสุกแก่ของผลกาแฟ (Figure 8) แล้วนำมาเรียงต่อกันเป็นแถบสี เริ่มจากสีอ่อน สีกลาง และสีเข้ม จนได้ 3 ช่องสีในแต่ละแถบสีที่ทดแทนระยะการสุกของผลกาแฟ จัดเรียงแถบสีจนครบทั้ง 4 ระยะการสุกแก่ของผลกาแฟ จนได้แผ่นเทียบสีต้นแบบ

การใช้ข้อมูลความสัมพันธ์ของระยะความสุกแก่ของผลกาแฟ สีผิวผลกาแฟ อายุผลกาแฟหลังดอกบาน ปริมาณกรดคลอโรจีนิกและคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟ นำมาจัดจำแนกตามระยะของผลกาแฟ ตาม RGB color chart ได้ดังแสดงใน Table 2 ออกแบบให้แผ่นเทียบสีกาแฟมีลักษณะที่สามารถวางด้านบนผลกาแฟที่ต้องการ แต่ละช่องสีมีช่องว่างเป็นวงกลมตรงกลางของสี เพื่อให้เลื่อนหาช่องสีของแผ่นเทียบสีที่มีสีใกล้เคียงกับผลกาแฟที่ต้องการมากที่สุด โดยแผ่นเทียบสีกาแฟต้นแบบ ทำจากกระดาษเคลือบพลาสติกด้านเพื่อลดการสะท้อนแสง มีขนาด 15 ซม. X 5 ซม. จัดเรียงสีเป็นชุดสี โดยแบ่งเป็น 4 ช่วงตามความสุกแก่ของผลกาแฟ เริ่มจากผลอ่อน ผลไม่สุก ผลสุก และผลสุกเกิน โดยแต่ละชุดสี แยกเป็น 3 ระดับสีที่ใกล้เคียงกับสีที่วัดได้จริง ด้วยเครื่องวัดสี colorimeter และอ่านค่าสีในระบบ RGB (Table 2)

วิธีการใช้แผ่นเทียบสีกาแฟเพื่อประเมินความสุกในกาแฟอะราบิกา เริ่มจากการนำแผ่นเทียบสีกาแฟวางด้านบนผลกาแฟที่ต้องการ โดยให้ช่องว่างของแผ่นเทียบสีตรงกับกลางผลผลกาแฟ เลื่อนหาช่องสีของแผ่นเทียบสีที่มีสีใกล้เคียงกับผลกาแฟที่ต้องการมากที่สุด นำค่าที่ได้มาเทียบกับตารางเพื่อทราบข้อมูลความสัมพันธ์ของปริมาณกรดคลอโรจีนิกและคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟ ควรใช้แผ่นเทียบสีกับผลกาแฟขณะอยู่กลางแจ้งเพื่อลดความผิดพลาดจากสายตาและแสงขณะอ่านค่า

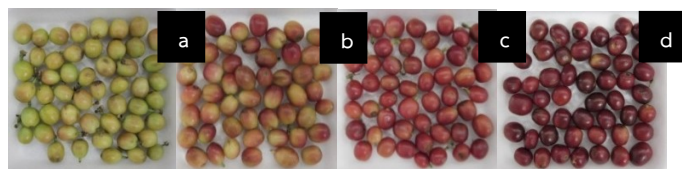


Figure 4 Appearance of *Coffea arabica* cherry cv. Chaing Mai 80 at different maturity stages: (a) Green (b) Pink (c) Red and (d) Dark red from Khao Kho



Figure 5 Appearance of *Coffea arabica* cherry cv. Chaing Mai 80 at different maturity stages: (a) Green (b) Pink (c) Red and (d) Dark red from Chaing Rai



Figure 6 Appearance of *Coffea arabica* cherry cv. Chaing Mai 80 at different maturity stages: (a) Green (b) Pink (c) Red and (d) Dark red from Khun Wang



Figure 7 Maturity stages of coffee cherry of *Coffea arabica* cv. Chaing Mai 80: (a) Green (b) Pink (c) Red and (d) Dark red from Wawi

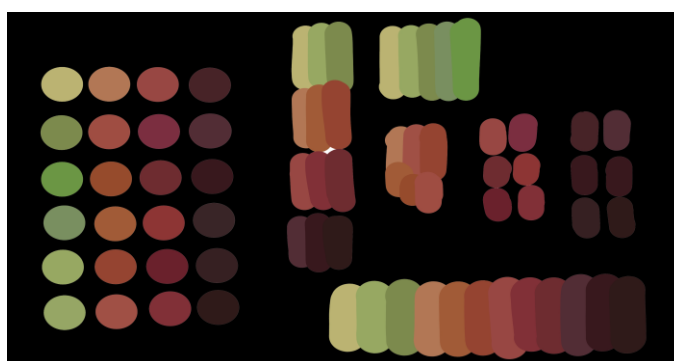
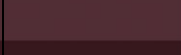


Figure 8 Color mixture and gradation obtained from coffee skin color in the color chart

Table 2 The correlation between maturity stage of arabica coffee cherry, color chart, RGB, days after flowering and accumulation of chlorogenic acid and caffeine in coffee bean

Maturity stage of Arabica coffee cherry	Color chart	RGB	Days after flowering	Accumulation of components in coffee bean (ppt)	
				Chlorogenic acid	Caffeine
young		R182:G198:B174	84-98	0.680-0.684	0.360-0.561
		R154:G185:B158			
		R136:G165:B136			
unripen		R173:G150:B127	98-182	0.040-0.635	0.415-0.424
		R164:G126:B97			
		R151:G103:B86			
ripen		R156:G96:B87	182-270	0.628-0.646	0.408-0.425
		R139:G82:B80			
		R126:G82:B85			
over ripen		R111:G83:B94	More than 270 days	0.659-0.706	0.420-0.498
		R96:G79:B87			
		R93:G79:B86			

การทดลองใช้งาน ผลการทดลองใช้งานแผ่นเทียบสีกาแฟต้นแบบ พบว่า แผ่นเทียบสีกาแฟต้นแบบ เหมาะกับการประเมินการสุกของผลกาแฟอาราบิก้าจากต้นที่ปลูกในที่ร่ม ควรตัดแถบสีระยะผลอ่อนหรือระยะ 0 ออก เนื่องจากเกษตรกรและแรงงานรับจ้างจะไม่เก็บเกี่ยวในระยะนี้ ในแต่ละแถบสีควรตัดสีอ่อนออก เนื่องจากสีกลางและสีเข้มของแต่ละแถบสีที่ทดแทนระยะความสุกแก่ของผลกาแฟเป็นสีที่ใกล้เคียงและเหมือนกับสีผลกาแฟมากที่สุด และควรมีการเจาะรูกลางช่องสีเพื่อง่ายต่อการเทียบสีกับผลกาแฟ พกพาโดยนำแผ่นเทียบสีกาแฟผูกติดกับสายคล้องคอ นอกจากนี้ ควรมีแผ่นเทียบสีผลกาแฟอาราบิก้าสำหรับแปลงที่ปลูกกลางแจ้งด้วย เนื่องจากสีของผลกาแฟมีความแตกต่างจากต้นที่ปลูกแบบมีไม้ให้ร่มเงา จึงทำการปรับปรุงแผ่นเทียบสีกาแฟต้นแบบ ตามข้อเสนอจากการนำไปใช้งาน ประเมินสีผิวผลกาแฟที่มีความสุกแก่ตั้งแต่ระยะผลอ่อน ผลไม่สุก ผลสุก และผลสุกเกิน จากต้นกาแฟที่เพาะปลูกในนาวิ แยกแผ่นเทียบสีเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ใช้กับกาแฟที่ปลูกร่วมกับไม้บังเงา และกาแฟที่ปลูกกลางแจ้ง จนได้แผ่นเทียบสีกาแฟที่สมบูรณ์มีจุดเด่น คือ สามารถใช้ประเมินการสุกแก่ของผลกาแฟจากต้นที่เพาะปลูกร่วมกับไม้บังเงา และผลกาแฟจากต้นที่เพาะปลูกกลางแจ้งได้ โดยแผ่นเทียบสีกาแฟชุดนี้ มีขนาดเท่าต้นแบบแรก แต่มีการจัดเรียงสีเป็นชุดสี โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงตามความสุกแก่ของผลกาแฟ โดยแต่ละแถบสีที่ทดแทนความสุกแก่ของผลกาแฟ เริ่มตั้งแต่สีชมพู แสดงถึง (1) ผลกาแฟที่ยังไม่สุกสีแดง แสดงถึง (2) ผลกาแฟที่สุก ไปจนถึงสีแดงมะเขียวย แสดงถึง (3) ผลกาแฟที่สุกเกิน โดยแต่ละช่วง

แยกเพียง 2 ระดับสีที่ใกล้เคียงกับสีที่วัดได้จริง ด้วยการใช้เครื่องวัดสี colorimeter อ่านค่าสีในระบบ RGB และระบุ color group (Table 3)

เมื่อนำไปทดสอบ พบว่า แผ่นเทียบสีกาแฟที่ได้นี้ เหมาะกับการประเมินการสุกของผลกาแฟอะราบิกาจากต้นที่ปลูกร่วมกับไม้ให้ร่มเงา และต้นที่ปลูกกลางแจ้ง โดยเกษตรกรและแรงงานรับจ้างเก็บเกี่ยวผลกาแฟให้การยอมรับเทคโนโลยีการประเมินการสุกแก่ของเชอร์รี่โดยใช้แผ่นเทียบสีนี้ เนื่องจากช่องสีที่กว้างขึ้นทำให้เปรียบเทียบได้ชัดเจนเมื่อนำวางบนผลกาแฟที่อยู่กลางแจ้ง ใช้งานง่าย ขนาดสะดวกต่อการพกพาและใช้งาน สามารถแก้ไขปัญหาการสื่อสารระหว่างผู้จ้างและแรงงานรับจ้างเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ไม่มีประสบการณ์และทักษะ ลดปัญหาการปะปนผลอ่อนที่ไม่มีคุณภาพ อย่างไรก็ตามควรมีการต่อยอดด้วยการทำแผ่นเทียบสีเชอร์รี่เป็นสายรัดข้อมือ หรือริสแบนด์ และแอปพลิเคชันในมือถือเพื่อความสะดวกต่อผู้ใช้งาน และทำแผ่นเทียบสีที่ใช้กับผลกาแฟผลสีเหลือง

Table 3 The invented color chart for coffee grown in shaded and open areas

Maturity stage of Arabica coffee cherry	Shade Area			Open Area		
	Color chart	RGB	Color group	Color chart	RGB	Color group
unripen	1	R175:G136:B114	Greyed-orange group 174, Moderate reddish brown A	1	R185:G175:B139	Greyed-brown group N199, Strong Yellowish Grown D
		R158:G108:B92	Greyed-orange group 176, Moderate reddish brown B		R187:G160:B127	Greyed-orange group 166, Moderate orangeD
ripen	2	R143:G84:B84	Greyed-purple group 183, Moderate red C	2	R176:G115:B105	Greyed-red group 151, Moderate red A
		R129:G85:B87	Greyed-purple group 187, Dark red A		R164:G100:B100	Greyed-purple group 184, Greyed red A
over ripen	3	R111:G85:B94	Purple group N77, Greyish purple A	3	R121:G90:B96	Greyed-Purple group N186, Dark Greyish Red C
		R100:G82:B91	Brown group 200, Dark Greyish reddish brown A		R106:G90:B98	Brown group N200, Dark Greyish reddish brown A

การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ นำแผ่นเทียบสีที่ปรับปรุงแล้วนี้ ไปถ่ายทอดสู่กลุ่มเป้าหมายภายใต้การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การประเมินการสุกแก่ของผลกาแฟและการคัดคุณภาพเมล็ดกาแฟเบื้องต้น เมื่อวันที่ 2 กันยายน 2565 ในรูปแบบออนไลน์ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) จังหวัดเชียงราย มีเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอะราบิกา และผู้ที่สนใจ เข้าร่วมจำนวน 30 ราย (Figure 9)



Figure 9 Training of assessment of the maturity stage of coffee cherries using color chart

สรุปผลการทดลอง

1. ได้ใช้ข้อมูลความสัมพันธ์ของดัชนีการเก็บเกี่ยวกาแฟต่อสารสำคัญ รสชาติ และกลิ่นของเมล็ดกาแฟในการจัดทำแผนเทียบสีผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ) ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย (ที่ราบเชียงราย) ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) และศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟที่สูงเชียงราย (วาวิ) จากงานวิจัย พบว่า กรดคลอโรจีนิค และ คาเฟอีนเป็นส่วนประกอบสำคัญในเมล็ดกาแฟและมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามอายุของผลกาแฟ สารกาแฟที่ได้จากผลกาแฟระยะที่ 2 ผลสุกเป็นสีแดง ได้รับคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในการทดสอบทางประสาทสัมผัส เรื่องกลิ่นและกลิ่นรสสูงที่สุด ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมและมีคุณภาพดีของผลกาแฟอะราบิกา คือ ผลมีอายุไม่น้อยกว่า 232 วันหลังดอกบาน และน้ำคั้นจากกาแฟเชอร์รี่กาแฟควรมีปริมาณ TSS ไม่น้อยกว่า 17 °Brix และเปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีแดง ได้เมล็ดกาแฟคุณภาพดี มีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2. การเลือกใช้สีผิวผลกาแฟที่เหมาะสมสำหรับประดิษฐ์แผ่นเทียบสี แผ่นเทียบสีที่ประดิษฐ์ขึ้นแยกเป็นแผ่นเทียบสีกาแฟสำหรับกาแฟปลูกกลางแจ้งและกาแฟปลูกร่วมกับไม้ให้ร่มเงา แผ่นเทียบสีที่ประดิษฐ์ มีสีแบ่งออกเป็น 3 ช่วง เริ่มตั้งแต่สีชมพู แสดงถึง (1) ผลกาแฟที่ยังไม่สุก สีแดง แสดงถึง (2) ผลกาแฟที่สุก (ระยะที่แนะนำให้เก็บเกี่ยวผลกาแฟ) ไปจนถึงสีแดงมะเหมี่ยว แสดงถึง (3) ผลกาแฟที่สุกเกิน

การนำไปใช้ประโยชน์

การถ่ายทอดเทคโนโลยีแผ่นเทียบสีสำหรับการเก็บเกี่ยวผลกาแฟในระยะที่เหมาะสม สู่กลุ่มเป้าหมายผ่านการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การประเมินการสุกแก่ของเชอร์รี่และการคัดคุณภาพเมล็ดกาแฟเบื้องต้น ในปี พ.ศ. 2565 จำนวน 1 ครั้ง (Figure 10)



Figure 10 Model of color chart for Arabica coffee cherries harvesting

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาธุรกิจการค้า. 2562. ธุรกิจผลิตกาแฟหวิเคราะห์ธุรกิจ ประจำปีเดือนมกราคม 2562. แหล่งข้อมูล : https://www.dbd.go.th/download/document_file/Statistic/2562/T26/T26_201901.pdf. สืบค้น : วันที่ 6 เมษายน 2565.
- กรมวิชาการเกษตร. 2559ก. การผลิตกาแฟครบวงจร: การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว. แหล่งข้อมูล : <http://www.doa.go.th/hort/images/stories/academy/coffee/prepostharvest.pdf>. สืบค้น : วันที่ 17 พฤษภาคม 2559.

- กรมวิชาการเกษตร. 2559ข. การผลิตกาแฟครบวงจร : ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และพันธุ์กาแฟ.
แหล่งข้อมูล :
<http://www.doa.go.th/hort/images/stories/academy/coffee/botanyandcultivar.pdf>. สืบค้น :
วันที่ 17 พฤษภาคม 2559.
- โกเมศ สัตยาจุ. 2559. Coffee taster and roaster level 1. เอกสารประกอบการฝึกอบรม วันที่ 25-29 เม.ย. 2559. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. 57 หน้า.
- มานพ หาญเทวี จันทรเพ็ญ แสนพรหม และอุทัย นพคุณวงศ์, 2547. ศึกษาคุณภาพเมล็ดกาแฟดิบในแต่ละแหล่งปลูกที่ระดับความสูงต่างกัน. หน้า 48-58. ใน : รายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2545-2550. ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่.
- อารีรัตน์ การุณสถิตชัย โกเมศ สัตยาจุ สุภาภรณ์ เหลืองไพบูลย์ศรี ฉัตรนภา ช่มอาวุธ และปานหทัย นพชินวงศ์. 2563. ดัชนีการสุกแก่ต่อปริมาณความหวาน ($^{\circ}$ Brix) ปริมาณทริปีโตเฟนและสาร Methylbutanoic Acid ของผลเชอร์รี่ในกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 และกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2. หน้า 1-13. ใน : รายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2563. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร.
- Boot, W. 2005. Cupping for flavor vs. Defects. *Roast Magazine*. 2005 (Jan/Feb):1-4.
- Castro, R. D., and P. Marraccini. 2006. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. *Braz. J. Plant Physiol.* 18(1):175-199.
- Keiko, I., S. Daiki, S. Harumichi, S. Hiroaki, F. Yoshinori, M. Daisuke, W. Hiroyaki, N. Chifumi and N. Koichi. 2014. World's First Evaluation of the Strong Correlation between Tryptophan in *Coffea arabica* green beans and the Maturity Level of Coffee Cherries, a Determinant of Coffee Flavor Quality. Presentation at the 25th International Conference on Coffee Science. Available at:
<http://www.suntry.com/softdrink/news/pr/d/SBF0198.html?fromid=sic>. Accessed: July 7, 2016.
- SCAA. 2012. SCAA standard for cupping: cupping vessel v.06_20_2012. Available at:
<http://www.scaa.org>. Accessed: December 7, 2016.
- SCAA. 2014. Three varieties in El Salvador Production and Potential. Available at:
<https://static1.squarespace.com/static/53a8685ee4b0b60c01cf8b20/t/53b2d744e4b00f80139736bd/1404229444681/2014+SCAA++Three+Varieties+Presentation.pdf>. Accessed: July 7, 2016.