บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและแนวคิดต่างๆ

1. **กาแฟ (Coffee)**

กาแฟจัดเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมมากที่สุดอย่างหนึ่งของโลก จากประวัติศาสตร์อันยาวนาน ต้นกำเนิดในทวีปแอฟริกาไปสู่ยุโรป และได้แพร่หลายไปยังทุกมุมโลก ผ่านเส้นทางการค้าประวัติศาสตร์ของโลกยุคอาณานิคม ผลจากการเดินทางอันยาวนานได้บ่มเพาะสายพันธุ์และกรรมวิธีการผลิต พัฒนาด้านการคั่วและการปรุงกาแฟในสูตรต่าง ๆ ตามรากฐานทางวัฒนธรรมที่กาแฟได้แทรกตัวเข้าไป

กาแฟเป็นผลผลิตที่ได้จาก ต้นกาแฟ (Coffee Tree: Coffea) ผลกาแฟมีลักษณะเป็นผลกลมรี เมื่อสุกจะมีสีแดงสดเหมือนลูกเชอร์รี่ (แต่มีบางสายพันธุ์ที่สุกแล้วมีสีเหลือง) ภายในจะมีเมล็ด 2 เมล็ดประกบกันโดยทั่วไปแล้ว จะนิยมเรียกผลดิบนี้ว่าเชอร์รี่ (Cherry) ส่วนที่นำมารับประทานคือ เมล็ด ซึ่งต้องนำมาผ่านกระบวนการแยกเนื้อออกก่อน หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดมาตากแห้ง เมื่อได้เมล็ดแห้ง (Green beans) แล้ว เกษตรกรจึงนำไปขายให้แก่พ่อค้า โรงงานคั่ว

เป็นที่ทราบกันดีว่ากาแฟในโลกใบนี้แบ่งออกเป็น 2 พันธุ์ใหญ่ ๆ นั่นคือ อาราบิก้า และโรบัสต้า โดยอาราบิก้าจะสามารถเพาะปลูกให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีได้ต้องปลูกในที่สูง สภาพอากาศเย็น เพราะหากปลูกในที่ต่ำและอากาศร้อนเกินไปจะทำให้ผลกาแฟเชอร์รี่สุกเร็ว ซึ่งนั่นเป็นผลร้ายเพราะเมล็ดกาแฟจะไม่มีปริมาณคาเฟอีนมากพอ จึงไร้คุณภาพ ในส่วนของกาแฟโรบัสต้าสามารถปลูกได้ในสภาพแวดล้อมทั่วไป คือ อากาศร้อนชื้น ต้องการน้ำจำนวนมาก โดยในตัวโรบัสต้านั้นจะมีสารคาเฟอีนมากพออยู่แล้วจึงทำให้มีความทนมากกว่าอาราบิก้าที่ต้องใช้เวลาบ่มสะสม นอกจากนี้พื้นที่ในการเพาะปลูกก็สามารถปลูกได้ในที่ ๆ ต่ำกว่าได้

เนื่องจากกาแฟที่รับประทานกันในปัจจุบันนิยมให้อยู่ในรูปแบบกระบวนการสุดท้าย นั่นคือ การนำเมล็ดกาแฟสารมาคั่วตามความต้องการ เช่น คั่วอ่อน คั่วกลาง คั่วแก่ เมื่อเป็นผลกาแฟเชอร์รี่ที่ยังไม่ได้ทำการแปรรูปนั้นจะไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนัก แต่กลุ่มคนที่นิยมนำกาแฟไปให้ตัวชะมดกินเพื่อเป็นการหมักกาแฟกลับได้รับความนิยมมากกว่าการที่คนทั่วไปจะกินเนื้อเชอร์รี่นี้เอง แม้สุดท้ายของการเป็นกาแฟจะไม่ใช่ผลเชอร์รี่ที่คนนิยมรับประทาน กาแฟเชอร์รี่จะถูกนำไปผ่าน

กระบวนการแปรรูป โดยแบ่งออก เป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ นั่นคือการหมักเอาเนื้อเชอร์รี่ออก และ การตากแห้งกาแฟเชอร์รี่ ซึ่งการหมักก็จะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ โดยที่กล่าวไปข้างต้นคือการให้ชะมดรับประทานกาแฟและขับถ่ายออกมา หรือการแช่หมักเอาไว้ในบ่อซีเมนต์ และการกะเทาะออกด้วยเครื่องกะเทาะกาแฟเชอร์รี่เปียก โดยวิธีนี้จะช่วยให้กาแฟมีรสชาติที่แปลกใหม่ไปจากเดิมเนื่องจากเป็นวิธีใหม่ที่ใช้เทคโนโลยีเข้าช่วย

(ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552)

1.1 อาราบิก้า (Arabica: Coffea Arabica)

เป็นสายพันธุ์ที่ผู้คนนิยมมากที่สุด มีลักษณะเด่นที่กลิ่นและรสที่หอมหวนเป็นที่ถูกใจคนทั่วโลก มีคาเฟอีนประมาณ 1-1.6% ต่อเมล็ด แต่มีข้อจำกัดในเรื่องพื้นที่ปลูก มักจะไม่ทนต่อโรคและความผันผวนทางสภาพอากาศ (กลัวน้ำค้างแข็ง) ในประเทศไทยมีการปลูกมากในจังหวัดภาคเหนือ เช่น เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ตาก น่าน ลักษณะของเมล็ดจะเป็นเมล็ดที่ค่อนข้างเรียวและส่วนผ่าตรงกลางนั้นจะเป็นเหมือนรูปตัว S พื้นที่ที่ใช้ปลูกอาราบิก้าให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพควรจะเป็นที่สูง อากาศเย็น เพราะสายพันธุ์นี้จะเจริญเติบโตได้ดี จึงจำเป็นต้องปลูกบนพื้นที่ที่อยู่เหนือขึ้นไปจากระดับของน้ำทะเลประมาณ 800 – 1,000 เมตร หรือ 1,000 เมตร ขึ้น และด้วยเอกลักษณ์ของกลิ่นที่หอมอย่างพอดี พร้อมกับรสชาติที่ออกไปทางกลมกล่อมนุ่มนวล อีกทั้งยังมีปริมาณของคาเฟอีนที่ต่ำมากไม่ถึง 2% ที่ส่งผลให้สายพันธุ์กาแฟอาราบิก้าเป็นที่นิยมและขายได้มากที่สุดในโลก เฉลี่ยถึง 80%

อาราบิก้ามีสายพันธุ์ย่อยอีกหลายสายพันธุ์ เช่น ทริปปิก้า , เบอร์เบิ้ล , คาทูร่า , คาติมอร์ (เกิดจากการผสมลูกครึ่ง คาทูร่า-โรบัสต้า เข้ากับ คาทูร่า จนได้ลูกผสม 75% คาทูร่า – 25% โรบัสต้า มีรสชาติใกล้เคียงกับสายพันธุ์บริสุทธิ์อาราบิก้า แต่มีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศและโรคราสนิมเหมือนโรบัสต้า) (พัชนี สุวรรณวิศลกิจ, 2552)

1.2 การให้ผลผลิต

ต้นกาแฟจะเริ่มให้ผลผลิตประมาณเดือนเมษายนจะผลิตตาดอกในซอกใบที่ข้อของกิ่งนอนดอกกาแฟมีสีขาวเกิดเป็นกลุ่ม แต่ละช่อดอกในแต่ละข้ออาจมี 2-20 ดอก บานต่อเนื่องในช่วง 8-12 วัน ดอกที่ออกในแต่ละครั้งจะมีการติดผลจนถึงการเก็บเกี่ยว ผิวผลจะมีสีเขียวและค่อนข้างแข็งต่อเมื่อมีการเจริญพัฒนาและสะสมสารอาหารมากขึ้น จนกระทั่งมีขนาดผลโตเต็มที่ ผลที่สุกแก่เต็มที่ (Coffee cherries) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ผิวผลจะมีการ

เปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีตามลักษณะประจำพันธุ์ เช่น สีแดงสดแบบเลือดนก สีแดงเข้มแบบสีเลือดหมู สีส้มหรือสีเหลือง เป็นต้น ผิวผลจะมีความอ่อนนุ่มขึ้น ระยะเวลาตั้งแต่การออกดอกจนถึงการเก็บเกี่ยวสำหรับอาราบิก้าคือ 6-8 เดือน (พัชนี สุวรรณวิศลกิจ, 2549)

ภาพที่ 2.1 ผลเชอร์รี่กาแฟ

ที่มา : https://www.viriyah.co.th/th/content/article.php?page=76 (เข้าถึงเมื่อ 12 ธันวาคม 2561)

1.3 การเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวผลผลิตที่เป็นผลสดของกาแฟในประเทศไทยยังคงเป็นการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานเกษตรกร โดยการปลิดเฉพาะผลที่สุกแก่จากช่อผลในช่วงต้นและปลายฤดูที่มีผลกาแฟสุกเต็มที่ การเก็บเกี่ยวผลสดที่สุกไม่เต็มที่ จะทำให้กาแฟเมล็ดที่มีสีซีดจาง หรือมีความหนาแน่นน้อย ส่วนการเก็บเกี่ยวที่มีผลสุกเกินไป จะทำให้ได้กาแฟเมล็ดที่มีกลิ่นรสไม่ดีเท่าที่ควร เช่น อาจมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว หรือรสเปรี้ยวที่เกิดจากการหมักของสารประกอบที่อยู่ภายในเนื้อผลนานเกินไป กาแฟเมล็ดลักษณะดังกล่าวจัดว่าเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ และจัดว่ามีคุณภาพต่ำ

กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวที่นิยมปฏิบัติ ได้แก่ วิธีเปียก และวิธีแห้งซึ่งแต่ละวิธีมีความเหมาะสมในการปฏิบัติแตกต่างกัน รวมทั้งการทำให้ได้กาแฟเมล็ดดิบที่มีคุณภาพแตกต่างกันด้วย การผลิตกาแฟอาราบิก้าในภาคเหนือของประเทศไทย ส่วนใหญ่มักได้รับการส่งเสริมให้ปฏิบัติด้วยวิธีเปียก ส่วนวิธีแห้งมีการปฏิบัติอยู่บ้างในส่วนผลผลิตที่เก็บเกี่ยวช่วงปลายฤดู สำหรับการผลิตกาแฟโรบัสต้าในภาคใต้นั้น ผลผลิตเกือบทั้งหมดเป็นการปฏิบัติด้วยวิธีแห้ง (พัชนี สุวรรณวิศลกิจ, 2549)

1.4 กรรมวิธีการผลิต เปลี่ยนผลเชอร์รี่เป็นเมล็ดกาแฟมี 2 วิธี

ก) วิธีการแบบเปียก (Wet method)

การแปรรูปแบบเปียกใช้เวลา 1 – 2 สัปดาห์ มีขั้นตอนมากและต้นทุนสูง แต่จะได้กาแฟที่สะอาดมีคุณภาพและรสชาติที่มั่นคง นิยมใช้กับกาแฟอาราบิก้า

- ขั้นแรกเริ่มจากเก็บผลเชอร์รี่มาปลอกเปลือกออก ซึ่งต้องทำในวันเดียวกันกับที่เก็บผล เพื่อป้องกันไม่ให้ผลเน่าเสีย

- จากนั้นนำมากำจัดเมือกที่ติดอยู่โดยการนำไปแช่น้ำ แช่ทิ้งไว้ประมาณ 24 – 36 ชั่วโมง ขั้นตอนนี้เป็นการล้างทำความสะอาดด้วย
- นำผลกาแฟไปตากแดดให้แห้งบนลานซีเมนต์หรือตากบนตะแกรงที่ยกให้สูงจากพื้นดิน เพื่อให้ความชื้นระบายออกได้มากยิ่งขึ้น กว่าเมล็ดกาแฟจะแห้งต้องใช้เวลาประมาณ 7 วัน กาแฟที่ได้ในขั้นตอนนี้เรียกว่า กาแฟกะลา ชื่อนี้มาจากลักษณะของเมล็ดกาแฟมีเปลือกแข็งห่อหุ้มเมล็ดอยู่คล้ายกะลา
- จากนั้นจะต้องนำไปสีเอากะลา(เปลือกแข็ง)ออกจึงจะได้เป็นสารกาแฟ หรือเมล็ดกาแฟดิบที่เราเห็นกันทั่วไป เรียกชื่ออีกอย่างว่ากาแฟเขียว (Green been)

ข) วิธีการแบบแห้ง (Dry method)

วิธีการแปรรูปแบบแห้ง ง่ายและต้นทุนต่ำ มีความยุ่งยากน้อยกว่าแบบเปียกแต่จะใช้เวลามากว่าประมาณ 2 – 3 สัปดาห์ และสารกาแฟที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบเปียก คุณภาพจะด้อยกว่า กรรมวิธีนี้เหมาะกับการผลิตกาแฟในปริมาณมากๆ นิยมใช้กับกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

- ขั้นตอนการทำคือนำผลเชอร์รี่ที่เก็บได้มาตากแดดบนลานซีเมนต์ ในระหว่างวันต้องหมั่นไถกลับด้านเพื่อให้เมล็ดกาแฟแห้งอย่างทั่วถึง ซึ่งต้องใช้เวลาประมาณ 15 วัน หรือจนกว่าจะแห้งดี ขั้นตอนนี้ก็จะได้กาแฟกะลา
- จากนั้นนำไปสีเอาเปลือกแข็งแห้งออก ก็จะได้สารกาแฟของเมล็ดกาแฟดิบ

1.5 การเก็บรักษาผลผลิต

เมื่อผ่านขั้นตอนต่าง ๆ จนเมล็ดกาแฟมีความแห้งที่เหมาะสม แล้วก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการบรรจุและเก็บรักษา ซึ่งการเก็บรักษาคุณภาพของเมล็ดกาแฟให้ยาวนาน ควรเก็บในรูปของกาแฟกะลา ช่วยป้องกันการดูดความชื้นของเมล็ดกาแฟ สำหรับกาแฟกะลาที่นำไปจำหน่ายในท้องตลาด ควรนำไปสีเอาส่วนของกะลาออก ซึ่งจะได้สารกาแฟ (Green bean) ซึ่งมีสีเขียวอมฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 2.2 และเมื่อนำสารกาแฟไปคั่วก็จะกลายเป็นเมล็ดกาแฟที่มีกลิ่นหอม ซึ่งเป็นผลผลิตสุดท้ายก่อนที่เมล็ดกาแฟจะกลายเป็นเครื่องดื่ม (http://www.coffeefavour.com/processing-and-production-of-coffee-bean/ (เข้าถึงเมื่อ 12 ธันวาคม 2561)

ภาพที่ 2.2 สารกาแฟ

ที่มา : http://www.coffeefavour.com/processing-and-production-of-coffee-bean/
(เข้าถึงเมื่อ 12 ธันวาคม 2561)

CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY

1.6 การคั่วกาแฟ (Roasting)

การคั่วกาแฟ คือ กระบวนการให้ความร้อนกับเมล็ดกาแฟดิบ จนเกิดการเปลี่ยนแปลงสารดั้งเดิมในเมล็ดกาแฟดิบให้กลายไปเป็นสารที่ให้กลิ่นและรสชาติอันพึงประสงค์ เมื่อนำเมล็ดกาแฟที่คั่วแล้วมาชงเป็นเครื่องดื่ม กาแฟแต่ละชนิดมีจุดที่เหมาะสมที่สุดในการคั่วแตกต่างกัน การคั่วกาแฟจึงเป็นวิธีและขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการดึงคุณสมบัติต่างของกาแฟ ออกมาไม่ว่าจะเป็นความหอม ความกลมกล่อมของรสชาติเข้ม กลมกล่อม ต่าง ๆ ออกมา ปกติการคั่วกาแฟจะใช้ความร้อนที่ 180 – 240 °C ใช้ระยะเวลาประมาณ 10 -20 นาที อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้จะมีผลต่อความหอมและรสชาติกาแฟ เป็นอย่างยิ่ง ระดับความเข้มอ่อนของการคั่ว (ลานิ คิงส์ตัน , 2560)

ระดับของการคั่วโดยทั่วไปแล้วแบ่งได้หลักๆ 3 ระดับ ดังภาพที่ 2.3

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 2.3 สีของกาแฟคั่วแต่ละระดับ (ก) ดิบ (ข) คั่วอ่อน (ค) คั่วกลาง และ (ง) คั่วเข้ม
ที่มา : https://nescafedolcegusto.popsho.ps/blog/cherries-to-coffee-cup/ (เข้าถึงเมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน 2561)

1. คั่วอ่อน (Light roast หรือเรียกว่า Cinnamon roast หรือ American roast) การคั่วระดับอ่อนให้กาแฟเป็นสีน้ำตาลอ่อนหรือเหลืองซีดคล้ายซินนามอน ดังภาพที่ 2.3 (ข)ไม่มีความมันที่ผิวเมล็ด ใช้อุณหภูมิความร้อนที่ประมาณ 350 °F (176.7 °C) ใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที การคั่วระดับนี้จะคงรสของของเมล็ดกาแฟดั้งเดิมไว้ได้มากที่สุด ให้ความรู้สึกของสมุนไพร ผลไม้ พืชเขียว และยังมีความเป็นกรดอยู่มากทำให้ออกรสอมเปรี้ยว

2. คั่วกลาง (Medium roast) แบ่งย่อยได้อีกเป็น High, City+ roast, Full city roast และ Full City+ Roast กาแฟที่ได้มีความเข้มปานกลาง เมล็ดกาแฟเป็นสีน้ำตาลและ

มีความมันจากน้ำมันในเมล็ดเคลือบ ดังภาพที่ 2.3 (ค) รสชาติเข้มขึ้นอย่างกลมกล่อม ความเปรี้ยวลดลง คั่วที่อุณหภูมิ 400 – 430 °F (204.4-221.1 °C) ใช้เวลาประมาณ 15 – 20 นาที คนอเมริกันมักชอบกาแฟที่คั่วในระดับนี้ นำไปชงแบบหม้อต้มหรือใช้เครื่องแบบกด (French press) เป็นส่วนใหญ่

3. คั่วเข้ม (Dark roast หรือเรียกว่า Vienna roast, French roast, Italian roast) รสชาติกาแฟเข้ม เมล็ดกาแฟที่คั่วระดับนี้จะมีสีเข้มมาก เมล็ดจะมันวาวเหมือนมีน้ำมันมาเคลือบจนบางคนเข้าใจว่าต้องใส่น้ำมันหรือเนยการคั่วแบบนี้จะให้รสเข้มข้น เมล็ดสีน้ำตาลเกือบไหม้แต่ไม่ถึงกับดำ ดังภาพที่ 2.3 (ง) คั่วในอุณหภูมิ 450 °F (232.2 °C) ระยะเวลาประมาณ15 – 20 นาที ไม่มีรสเปรี้ยวเพราะความเป็นกรดถูกความร้อนทำลายไปจนหมด การคั่วถึงระดับนี้จะทำให้รสชาติดั้งเดิมของเมล็ดกาแฟแทบไม่หลงเหลืออยู่ แต่จะทดแทนด้วยความหนักแน่นของกลิ่นกาแฟรุนแรง กาแฟที่คั่วระดับนี้ มักนำไปชง Espresso

1.7 การบด

หลังจากการคั่วเมล็ดจะถูกบด เพื่อให้ได้รสชาติกาแฟมากที่สุดเวลาชง นับเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง จะบดให้ละเอียดหรือหยาบ ก็ต้องแล้วแต่ว่าจะชงกาแฟชนิดใดการบดจะต้องใช้กาแฟในปริมาณที่เหมาะสมในแต่ละครั้งที่จะชงเท่านั้นเพราะเมื่ออากาศสัมผัสกับกาแฟ น้ำมันกาแฟจะหายไป ความหอมและรสชาติที่มาจากน้ำมันกาแฟก็จะเสียไปด้วย ยิ่งบดกาแฟละเอียดเท่าไหร่ ผิวสัมผัสของกาแฟกับน้ำก็ยิ่งมากขึ้น ทำให้ได้คาเฟอีนออกมามากขึ้น (เกด ริน, 2558)

2. การสุกของผลไม้

ความแก่ของผลไม้ (Mature) เป็นสภาวะทางธรรมชาติที่การเจริญเติบโตและพัฒนาการของผลสิ้นสุดลง จากนั้นจะเข้าสู่ระยะสุก (Ripening) และระยะชรา (Senescence) ในระยะที่ผลไม้แก่จะเป็นระยะที่มีความเหมาะสมในการบริโภคและเก็บรักษาสูงสุด แต่ทั้งนี้ ความแก่ของผลผลิตแต่ละชนิดจะขึ้นกับอุปนิสัยการบริโภค หรือการนำผลไม้นั้นไปใช้ประโยชน์ ผลไม้บางชนิดอาจใช้ประโยชน์ตั้งแต่ยังอ่อนอยู่ เช่น ข้าวโพดฝักอ่อน แตงโมอ่อน ฯลฯ ผลไม้บางชนิดจะใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่ผลยังดิบอยู่จนถึงสุก เช่น มะม่วง มะละกอ ฯลฯ และผลไม้บางชนิดจะใช้ประโยชน์เมื่อสุกแล้ว เช่น กล้วย ทุเรียน เป็นต้น ความแก่ของผลไม้อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ

- ความแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity) หมายถึง การที่ผลมีการเจริญเติบโตผ่านระยะพัฒนาการตามธรรมชาติจนถึงระยะที่สมบูรณ์ที่สุด

- ความแก่ทางการค้า (Commercial maturity) หมายถึง การที่ผลมีการเจริญและพัฒนาการ จนถึงระยะที่ตลาดต้องการนำไปใช้ประโยชน์ ความแก่ทางการค้าอาจแบ่งออกได้เป็น

- ผลไม้ที่เก็บเกี่ยวในระยะที่กำลังเจริญก่อนเข้าสู่ระยะแก่ การเก็บเกี่ยวในระยะนี้เป็นการเก็บเกี่ยวเมื่อผลยังอ่อนอยู่หรือมีอายุน้อย ผลมักจะมีรสหวาน เนื้อผลกรอบ ฉ่ำน้ำ ไม่เหนียว มีเสี้ยนน้อย การเก็บเกี่ยวในระยะนี้มักใช้เก็บเกี่ยวผักประเภทรับประทานผล (Fruit vegetable) เช่น ถั่วลันเตา ถั่วฝักยาว ถั่วพู กระเจี๊ยบ แตงกวา มะเขือเทศเขียว และผลไม้ที่ใช้ในรูปพืชผัก เช่น ขนุนอ่อน แตงโมอ่อน มะละกอดิบ ฯลฯ
- ผลไม้ที่เก็บเกี่ยวในระยะที่แก่จัด แต่ยังไม่สุกหลังจากเก็บเกี่ยวมาแล้วอาจนำไปใช้ประโยชน์ทันที หรือนำไปบ่มให้สุก ก่อนใช้ประโยชน์ต่อไปเช่น กล้วย มะม่วง แอปเปิล สาลี่ ทุเรียน ท้อ ฯลฯ
- ผลไม้ที่เก็บเกี่ยวเมื่อสุกแล้ว หากเก็บเกี่ยวในระยะก่อนหน้านี้ (ยังไม่สุก) มักจะมีคุณภาพในการใช้ประโยชน์ต่ำกว่า ได้แก่ แตงโม องุ่น ลำไย ลิ้นจี่ มะเขือเทศสุก และพวก nut

การสุก (Ripening) เป็นกระบวนการที่ผลไม้เข้าสู่ระยะชราภาพ โดยมีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างภายในผล เช่น ผลจะอ่อนนุ่ม เกิดกลิ่นตามชนิดของผลไม้นั้น รสชาติหวานขึ้นเนื่องจากมีการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล ปริมาณกรดลดลง ผิวเปลี่ยนสีเป็นสีแดงเหลืองหรือสีอื่น ๆ ตาม ชนิดของผลไม้ การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เหล่านี้จะเกิดขึ้นได้ต้องใช้พลังงานอย่างมาก ซึ่งพลังงานนี้จะได้มาจากการหายใจที่เกิดขึ้นภายในผล การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นรวดเร็วมาก ผลจะเปลี่ยนสภาพจากผลดิบกลายเป็นผลสุกภายในเวลาไม่กี่วัน ในช่วงที่ผลสุกนี้จะมีการหายใจสูงมากจึงเรียกผลไม้เหล่านี้ว่า Climacteric fruit เช่น มะเขือเทศ มะม่วง ละมุด กล้วย ทุเรียน ส่วนผลไม้อีกประเภทหนึ่งเมื่อผลแก่จัดแล้วไม่มีการสุกเกิดขึ้น การหายใจในผลอยู่ในระดับต่ำ เรียกว่า Non-climacteric fruit ได้แก่ ส้ม สับปะรด มะนาว เงาะ ลำไย ลิ้นจี่ ผลไม้เหล่านี้ เมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงภายในผลเกิดขึ้นน้อยมาก รสชาติของผลมักจะคงที่ ตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนกระทั่งหมดอายุ ดังนั้นถ้าเก็บเกี่ยวผลในระยะที่ยังไม่แก่จัดหรือผลยังเปรี้ยวอยู่ ก็มักจะคงรสชาตินั้นจนกระทั่งผลเน่าเสียไป ซึ่งต่างจากผลพวก Climacteric fruit เช่น มะม่วง เมื่อเก็บเกี่ยวในขณะที่ผลแก่จัดแต่ยังดิบอยู่ จะมีรสเปรี้ยวและมีแป้งมาก แต่เมื่อทิ้งไว้จะมีการสุกเกิดขึ้นและรสชาติจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก

ผลไม้ที่มีรูปแบบการหายใจแบบ Climacteric เมื่อถูกเก็บเกี่ยวมาแล้วและเข้าสู่ระยะของการสุก จะมีการเพิ่มของอัตราการหายใจให้สูงขึ้น ในช่วงที่อัตราการหายใจเริ่มเพิ่มสูงขึ้นเรียกว่าระยะ Climacteric rise ซึ่งในระยะนี้จะตรงกับการเข้าสู่ระยะชรา การเพิ่มอัตราการหายใจของผลจะสูงขึ้นจนถึงจุดสูงสุด เมื่อผลไม้นั้นสุกเต็มที่ เรียกว่า Climacteric peak หลังจากนั้น อัตราการหายใจจะลดลง ซึ่งจะเป็นการเข้าสู่ระยะสุกงอม (Over ripening) และตายผลไม้พวก Climacteric มักเป็นผลไม้ที่มีการเก็บสะสมอาหารในรูปของแป้งหรือไขมัน และผลไม้เหล่านี้สามารถเก็บเกี่ยวมาแล้วนำมาทิ้งไว้ให้สุกได้ เนื่องจากในระหว่างการสุก

โดยปกติการสุกของผลไม้กลุ่ม Climacteric fruit เกี่ยวข้องกับเอทิลีน ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชประเภทไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (unsaturated hydrocarbon) สูตรโมเลกุล คือ C_2H_4 โดยมีพันธะคู่ (double bond) อยู่หนึ่งคู่ เอทิลีนมีสมบัติเป็นแก๊สเกิดขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช โดยเฉพาะในช่วงที่ผลใกล้สุกจะมีแก๊สนี้แพร่ออกมาปริมาณสูงซึ่งไปมีผลกระตุ้นกระบวนการหายใจอีกต่อหนึ่งและทำให้ผลที่อยู่ใกล้เคียงสุกได้เร็วขึ้น ด้วยเหตุนี้บางครั้งจึงเรียก เอทิลีนว่า Ripening gas หรือ Ripening hormone จากคุณสมบัตินี้เองเอทิลีนจึงถูกนำมาใช้มากในการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว โดยสารสังเคราะห์ที่มีสมบัติคล้ายเอทิลีนที่ใช้ในการบ่มผลไม้มีคุณสมบัติเช่นเดียวกันกับเอทิลีนที่ผลไม้สร้างขึ้นมากระตุ้นให้ผลไม้สุกได้เองตามธรรมชาติ

การเปลี่ยนแปลงของสีในระหว่างการสุกของผล สามารถใช้เป็นดัชนีชี้ให้ทราบถึงระยะการสุกได้ ผลไม้หลายชนิดใช้ดัชนีสีในการตัดสินใจเก็บเกี่ยว เช่น มะเขือเทศ มะละกอ ฯลฯ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของสีผลในระหว่างการสุกและการเก็บรักษา จึงมีความสำคัญมาก โดยทั่วไป เมื่อผลแก่จัดหรือเริ่มสุก สีพื้นเดิม (Ground color) จะเริ่มซีดจางลงจากสีเขียวเข้ม เป็นสีเขียวที่อ่อนกว่าและเกิดสีทับ (Over color) สีต่าง ๆ

การเปลี่ยนแปลงของสีของผลไม้ เกิดขึ้นทันทีที่ผลเข้าสู่ระยะ Climacteric peak ในระหว่างการสุก ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อของผล (Texture) การปฏิบัติการในการผลิตบางอย่าง เช่น การห่อผล จะทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยลง การเหลืองของผลไม้เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเสมอ ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งการเหลืองและการคงสีเขียวของผล จะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา องค์ประกอบของอากาศ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557)

2.1 กล้วย (Banana)

กล้วย เป็นผลไม้ที่นิยมรับประทานกันในประเทศ เนื่องจากหาทานได้ง่าย มีราคาถูก มีสีสันสวยงาม หอมหวานน่าทานและยังมีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย ซึ่งให้พลังงานสูง และกล้วยก็ยังมีหลากหลายสายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่ผู้คนนิยมทานกันมาก คือ กล้วยหอม เพราะนอกจากจะมีกลิ่นหอมแล้ว ยังมีประโยชน์ และอุดมไปด้วยน้ำตาลจากธรรมชาติรวมกัน ถึง 3 ชนิด คือ ซูโครส

กลูโคสและฟรุคโทสที่จะช่วยเพิ่มพลังงานให้กับร่างกายเป็นพืชที่จัดอยู่ใน *Family Musaceae, order Zingiberales* และ *genus Musa*

ในประเทศไทยมีการปลูกกล้วยหลายชนิด ชนิดที่นิยมปลูกกันมากเป็นการค้า ได้แก่กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม และกล้วยไข่ สำหรับกล้วยหอมที่ปลูกกันมากที่อยู่ 3 พันธุ์ คือ กล้วยหอมทอง เป็นกล้วยหอมที่เกษตรกรปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจอย่างมากในปัจจุบัน ลำต้นใหญ่แข็งแรง สูง 2.5-3.5 เมตร ก้านใบมีร่องค่อนข้างกว้าง ก้านช่อดอกมีขน ผลยาวรี ปลายคอดมีจุก เปลือกบาง ปลูกมากในจังหวัดฉะเชิงเทรา ราชบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม ปทุมธานี นนทบุรีนครปฐม และธนบุรี ส่วนกล้วยหอมเขียว และกล้วยหอมค่อม ปลูกกันมากทางภาคใต้ สำหรับกล้วยไข่ปลูกมากในจังหวัดกำแพงเพชร ส่วนกล้วยน้ำว้าปลูกกันทั่ว ๆ ไปกระจายอยู่ทั่วทั้งประเทศ ปลูกมาก ได้แก่ จังหวัดสุโขทัย พิษณุโลก เชียงใหม่ ฉะเชิงเทรา และจังหวัดในภาคกลาง

ระดับความสุกของกล้วยสามารถแบ่งคร่าว ๆได้ 4 ระดับ ได้แก่

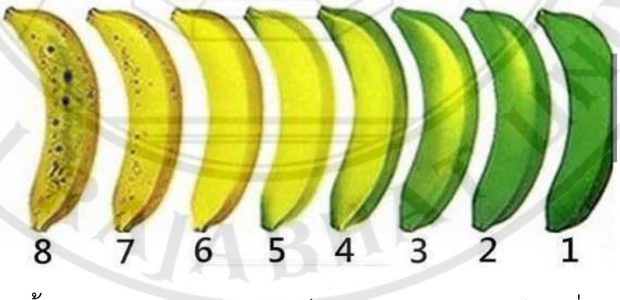
1) กล้วยดิบ เปลือกภายนอกสีเขียวเข้ม (ซึ่งมีระยะการสุกที่ 1-2 ดังภาพที่ 2.4)

2) กล้วยห่าม หรือกล้วยกึ่งดิบกึ่งสุก เปลือกภายนอกสีเหลืองแต่มีสีเขียวประปราย สามารถรับประทานได้สดๆ รสชาติไม่หวานจัดอาจติดรสฝาดเล็กน้อย (ซึ่งมีระยะการสุกที่ 3-4 ดังภาพที่ 2.4)

3) กล้วยสุก สีเหลืองสด โดยปกติจะรับประทานที่ความสุกระยะนี้ มีสีเหลืองสดทั้งลูก แก่เมื่องอมมากขึ้นจะเริ่มปรากฏสีน้ำตาลคล้ำ เริ่มเปลี่ยนแปลงให้ผลตรงกันข้ามกับกล้วยห่าม (ซึ่งมีระยะการสุกที่ 5-6 ดังภาพที่ 2.4)

4) กล้วยงอม กล้วยสุกจัดผิวคล้ำไม่สดสวย ซึ่งเกิดจากการสุกเต็มที่หรือสุกมากเกินไป เนื้อเริ่มอ่อนเละ และมีกลิ่นแรง (ซึ่งมีระยะการสุกที่ 7-8 ดังภาพที่ 2.4)

(ดวงแก้ว ศรีลักษณ์, 2544)



ภาพที่ 2.4 สีของกล้วยระยะการสุกระยะที่ 1-8 (ดิบ-งอม)
ที่มา : http://www.liekr.com/post_133552.html (เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2561)

2.1.1 การเก็บรักษาผลกล้วย

กล้วยสามารถเก็บรักษาได้ดีที่อุณหภูมิ 13 ℃ เป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 11 ℃ กล้วยจะเกิดอาการสะท้านหนาว (Chilling injury) เมื่อนำกล้วยดิบออกมาจากห้องเก็บรักษา ควรบ่มให้กล้วยสุก ที่อุณหภูมิ 18-20 ℃ ความชื้นสัมพัทธ์ 90 % และหากมีเอทิลีนช่วยเร่งให้กล้วยสุกเร็วขึ้นด้วย

กล้วยหอมทองสามารถเก็บรักษาได้ดีในบรรยากาศที่มีแก๊สออกซิเจน5% และคาร์บอนไดออกไซด์ 5 % ที่อุณหภูมิ 11.7 ℃ ได้ 20 วัน

2.2 มะม่วงหาวมะนาวโห่ (Carunda or Karonda)

เป็นชื่อที่เพี้ยนมาจากชื่อ “มะม่วงไม่รู้หาวมะนาวไม่รู้โห่” พันธุ์ไม้ชนิดนี้มีชื่อท้องถิ่นอื่น ๆ ว่า หนามขี้แฮด (เชียงใหม่), หนามแดง (กรุงเทพฯ), มะนาวไม่รู้โห่ (ภาคกลาง), มะนาวโห่ (ภาคใต้)

มะม่วงหาวมะนาวโห่ จัดว่าเป็นเบอร์รีชนิดหนึ่ง เป็นผลไม้สมุนไพร ลักษณะของผลเป็นผลไม้ที่มีเนื้อสด (Fleshy fruit) มี Pericarp เป็นเนื้อนุ่มรับประทานได้ ผลเป็นแบบ Drupe (ผลไม้ ที่มีเมล็ดแข็ง) ลักษณะรูปไข่ ขนาดกว้าง 12-17 mm ยาว 15-23 mm ผลเป็นผลเดี่ยวออก รวมกันเป็นช่อ ผลรูปกลมรีมนรี หรือรูปไข่ ผลอ่อนมีสีขาวอมชมพู ผลดิบมีน้ำยางมาก ผลจะค่อย ๆ เข้มขึ้นเป็นสีแดง

กระทั่งสุกจึงกลายเป็นสีดำ สำหรับรสชาติของผลสุกจะออกหวานนุ่มลิ้น แต่ถ้ายังไม่สุกจะมีรสเปรี้ยวเข็ดฟัน มีธาตุเหล็กและวิตามินซีสูง เมื่อกัดไปแล้วจะมียางเหนียว ๆ ฝาดคอ

เมล็ด: เมื่อผลสุกจะมี 2-4 เมล็ด เมล็ดมี ลักษณะแบน รูปไข่ เอนโดสเปิร์มเป็นแบบเนื้อ (Fleshy endosperm) มีลักษณะเว้า (พรนิดา แก้วเกิดมี, 2558)

ภาพที่ 2.5 ผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่

ที่มา : https://health.mthai.com/howto/health-care/17002.html. (เข้าถึงเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2561)

3. คัลเลอริเมทรี

วิธีคัลเลอริเมทรี (Colorimetric method) เป็นวิธีการวิเคราะห์ทางเคมี สารที่วิเคราะห์เป็นสารที่มีสีหรือทำให้เกิดสีขึ้น โดยที่สารที่มีสีนั้นจะดูดกลืนแสงในช่วงวิสิเบิล สมบัติของสารดังกล่าวนี้ได้นำมาใช้วิเคราะห์ ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณอย่างกว้างขวาง เพราะวิธีนี้ให้ความเที่ยงและความแม่นดีและมีสภาพไว (Sensitivity) สูง โดยอาจทำการวิเคราะห์อยู่ในรูปของธาตุหรือโมเลกุลก็ได้ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เช่น เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (พรลดา ศรีประพัติ, 2552)

4. ระบบสี (Color model)

สี (Color) เป็นคุณสมบัติเชิงแสงที่สามารถใช้บรรยายคุณลักษณะของวัสดุได้ง่ายที่สุดวิธีหนึ่ง ที่ปรากฏแก่ สายตาเรา ให้เห็นเป็น สีขาว ดำ แดง เขียว ฯลฯ หรือการสะท้อนรัศมีของแสงมาสู่ตาเรา เป็นคุณลักษณะด้านคุณภาพอันดับหนึ่งของอาหารที่ผู้บริโภคได้รับการประเมินดังนั้นจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคุณภาพอาหารที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับของตลาด จำเป็นต้องมีการวัดสีอาหารเพื่อการควบคุมคุณภาพสำหรับการจัดระดับผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า สี มีอิทธิพลต่อมนุษย์เราเป็นอย่างสูง และมนุษย์ก็ใช้ประโยชน์ สีต่าง ๆ ที่เราเห็นสามารถเกิดจากการผสมกันของแม่สีเพียง 3 สีเท่านั้น

ในการพิจารณาการซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคจะพิจารณาซื้อผลิตภัณฑ์ที่ความสดใหม่ สีจึงใช้เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพ การประเมินผลของผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นมาตรฐานและการกำหนดในการซื้อ การประเมินสีจึงถูกดำเนินการอย่างสอดคล้องกันและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือ จากหลักการพื้นฐานเรื่องสีการมองเห็นสี จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้วัดสีที่มีมาตรฐานเนื่องจากปัจจัยของแหล่งกำเนิดแสงและผู้สังเกตการณ์ ระบบสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบด้วยกัน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้

ระบบสีของคอมพิวเตอร์ จะเกี่ยวข้องกับการแสดงผลแสงที่แสดงบนจอคอมพิวเตอร์ โดยมีลักษณะการแสดงผล คือ ถ้าไม่มีแสดงผลสีใดเลย บนจอภาพจะแสดงเป็น "สีดำ" หากสีทุกสีแสดงผลพร้อมกัน จะเห็นสีบนจอภาพเป็น "สีขาว" ส่วนสีอื่นๆ เกิดจากการแสดงสีหลายๆ สี แต่มีค่าแตกต่างกัน การแสดงผลลักษณะนี้ เรียกว่า การแสดงสีระบบ Additive

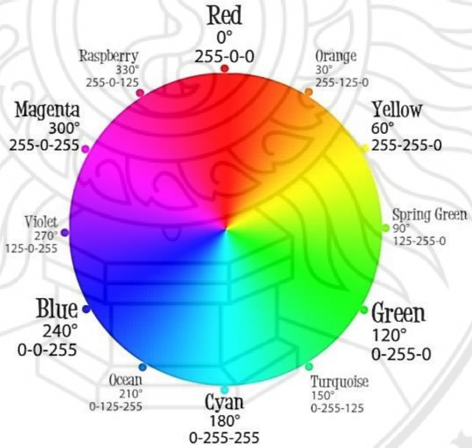
สีที่ใช้ในงานด้านกราฟิกทั่วไป มี 4 ระบบ คือ RGB CMYK HSB และ LAB (ธนาพัฒน์ หัสดิน, 2555) โดยในแต่ละระบบสีก็ใช้งานแตกต่างกันไป ซึ่งในวิจัยนี้สนใจศึกษาเฉพาะระบบสี RGB

5. ระบบสี RGB

RGB ย่อมาจาก Red, Green และ Blue คือระบบสีของแสง เกิดจากการหักเหของแสงกลายเป็นสีรุ้ง ด้วยกัน 7 สี ซึ่งเป็นช่วงแสงที่ตาของคนเราสามารถมองเห็นได้ แสงสีม่วงจะมีความถี่สูงสุดเรียกว่า อุลตร้าไวโอเลต และแสงสีแดงจะมีความถี่ต่ำสุด เรียกว่าอินฟาเรด คลื่นแสงที่มีความถี่

สูงกว่าสีม่วง และต่ำ กว่าสีแดงนั้น สายตาของมนุษย์ไม่สามารถรับได้ แสงสีทั้งหมดเกิดจาก แสงสี 3 สี คือ สีแดง (Red) สีน้ำเงิน (Blue) และสีเขียว (Green) ทั้งสามสีถือเป็นแม่สีของแสง

เมื่อนำมาฉายรวมกันจะทำให้เกิดสีใหม่ อีก 3 สี คือ สีแดงมาเจนต้า (Magenta) สีฟ้าไซแอน (Cyan) และสีเหลือง (Yellow) และถ้าฉายแสงสีทั้งหมดรวมกันจะได้แสงสีขาวจากคุณสมบัติของแสงนี้เราได้นำมาใช้ประโยชน์ทั่วไป ในการฉายภาพยนตร์ การบันทึกภาพวิดีโอภาพโทรทัศน์ การสร้างภาพเพื่อการนำเสนอทางจอคอมพิวเตอร์ และการจัดแสงสีในการแสดง เป็นต้นRGB เป็นระบบสีที่ประกอบด้วยแม่สี 3 สีคือ แดง (Red), เขียว (Green) และ น้ำเงิน (Blue) ในสัดส่วนความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาผสมกันทำให้เกิดสีต่างๆ บนจอคอมพิวเตอร์แบบจอธรรมดา หรือ Standard Gamut (ความกว้างของช่วงสีที่จอรองรับ หรือจอ 99% ที่คนใช้) แสดงสีได้มากถึง 16.7 ล้านสี ซึ่งใกล้เคียงกับสีที่ตาเรามองเห็นได้โดยปกติ และจุดที่สีทั้งสามสีรวมกันจะกลายเป็นสีขาว (Sara Dee, 2014)

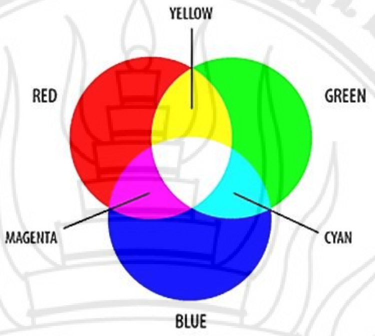


ภาพที่ 2.6 ภาพโครงสร้างการผสมสี

ที่มา : http://www.krusarawut.net/wp/?p=20662 (เข้าถึงเมื่อ 24 มกราคม 2562)

แบบจำลองสี RGB ถูกออกแบบมาเพื่ออธิบายสีและช่วงของค่าแม่สีบนจอภาพสี ให้ช่วงสีที่กว้างขึ้น เฉดสีที่แตกต่างกัน การใช้สัดส่วนของสี 3 สี (red, green และ blue)จะทำให้เกิดสีต่างๆ ได้อีกมากมาย เพื่อให้ได้ภาพที่เมื่อแสดงผลบนหน้าจอแล้วมีความสวยงามใกล้เคียงกับสีที่ตาเรามองเห็นปกติ

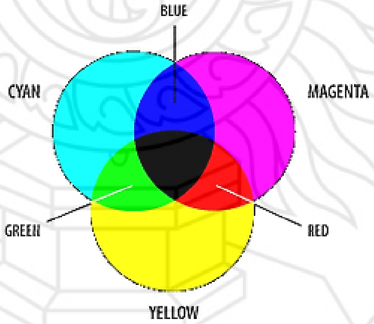
สำหรับระบบผสมสีแบ่งออกเป็นสองแบบคือ การผสมสีแบบบวกและการผสมสีแบบลบ โดยการผสมสีแบบบวกเกิดจากการผสมกันของสี 3 สีคือ น้ำเงิน สีเขียว และสีแดง ทำให้เกิดสีอีก 3 สี คือ สีฟ้า สีชมพู สีเหลือง และหากทั้งสามสีผสมกันก็จะได้สีขาว การผสมสีแบบนี้จึงนิยมเรียกว่า “Additive” หรือการผสมสีแบบบวกดังภาพที่ 2.7 (Pohanka, M., 2015)



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างการผสมสีแบบบวก

ที่มา : https://sites.google.com/site/multimediastechnology12/home/kar-phsm-kan-khxng-si (เข้าถึงเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2561)

ส่วนการผสมสีแบบลบ เกิดจากสีที่ได้จากการผสมแบบบวก มาผสมกันทำให้ได้ สีแดง สีน้ำเงิน และ สีเขียว ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างการผสมสีแบบลบ

ที่มา : https://sites.google.com/site/multimediastechnology12/home/kar-phsm-kan-khxng-si (เข้าถึงเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2561)

เมื่อนำแม่สีของแสงทั้ง 3 มาผสมกัน ในปริมาณแสงสว่างเท่ากันก็จะได้เป็นแสงที่สีขาว แต่ถ้าผสมกันระหว่างแสงระดับความสว่างต่างกัน ก็จะได้ผลทีเป็นแสงสี ๆ มากมายเป็นล้านสีทีเดียว ส่วนใหญ่การใช้สีลักษณะนี้จะใช้ในอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับแสง เช่น จอภาพ กล้องดิจิตอล สแกนเนอร์ เป็นต้น

6. หลักการค่าสี L*a*b*

เครื่องสเปคโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) จัดเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่สามารถวัดค่าสีของวัตถุออกมาเป็นตัวเลข ซึ่งจะวัดปริมาณการสะท้อนแสงของวัตถุเทียบกับกราฟอ้างอิงมาตรฐานที่เป็นกราฟการสะท้อน (Reflectance curve) วัตถุที่มีสีแตกต่างกันจะมีกราฟการสะท้อนต่างกันและเมื่อสะท้อนแสงของสีนั้นออกมาจะมีความยาวคลื่นต่างกัน โดยที่สีน้ำเงินมีความยาวคลื่นที่ 430-460 nm สีเขียวมีความยาวคลื่นที่ 500-580 nm สีแดงมีความยาวคลื่นที่ 620-780 nm ระบบการวัดสีในเครื่องสเปคโทรโฟโตมิเตอร์มีอยู่หลายระบบด้วยกันดังนี้

1) ระบบ Tristimulus Value

ค่าที่หาได้ออกมาเป็น X-Y-Z โดยค่านี้จะระบุเป็นค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ตามลำดับ แต่ค่าที่ได้ยังขาดความสัมพันธ์ระหว่างกันของสีที่มองเห็นจึงไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มาก

2) ระบบ CIE Lab scale

ในระยะเริ่มแรก CIE ได้กำหนดสเกลการวัดสีเป็น X-Y-Z ซึ่งใช้บรรยายสีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) แต่เนื่องจากระบบสีดังกล่าวไม่สามารถบรรยายถึงลักษณะความมืด - สว่างของสีได้ CIE ได้พัฒนาต่อมาเป็นระบบ X-Y-L ซึ่งบรรยายถึงค่าสีแดง สีเขียว และความสว่าง (Lightness) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวก็ยังขาดส่วนที่บรรยายถึงค่าสีน้ำเงิน CIE จึงได้พัฒนาระบบสีต่อมาจนเป็นระบบที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือระบบ L*a*b* ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติโดยที่

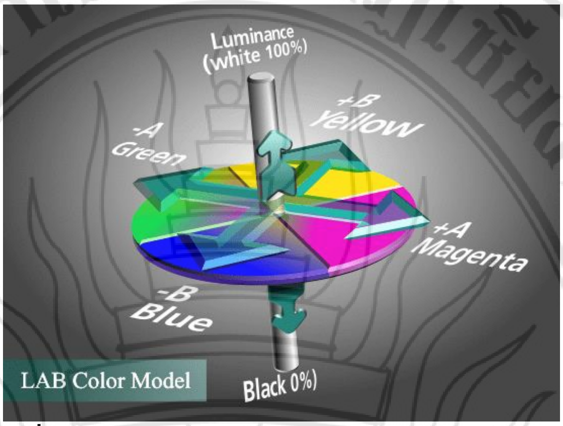
แกน L* จะบรรยายถึงความสว่าง จากค่า +L* แสดงถึงสีขาว จนไปถึง -L* แสดงถึงสีดำ

แกน a* จะบรรยายถึงแกนสีจากเขียว (-a*) ไปจนถึงแดง (+a*)

แกน b* จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน (-b*) ไปเหลือง (+b*)

ลักษณะการบรรยายสีของ CIE แสดงได้ดังภาพที่ 2.9 นอกจากนี้บริษัท Hunter lab ในอเมริกาเป็นอีกองค์กรหนึ่งซึ่งทำการวิจัยและพัฒนาระบบการวัดสี จนในที่สุดได้ระบบของ Hunter lab เอง ซึ่งเรียกว่า การวัดสีระบบ Hunter lab scale ซึ่งบรรยายแกนใน 3 มิติเช่นเดียวกับระบบ CIE โดยที่

Hunter lab จะใช้สเกล L-a-b บรรยายลักษณะสีเช่นเดียวกับ L*a*b* ของ CIE ข้อแตกต่างระหว่างระบบสีของ CIE และ Hunter lab คือสูตรการคำนวณค่าสี ซึ่งทั้ง L-a-b และ L*-a*-b* ล้วนมีพื้นฐานการคำนวณมาจากระบบ X-Y-Z ทั้งสิ้น (https://www.pballtechno.com/article/18/การวัดสี-color-measuring (เข้าถึงเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2561)



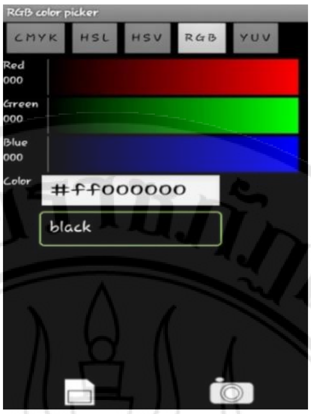
ภาพที่ 2.9 แผนภาพระบบสี L-a-b ของ CIE Lab scale

ที่มา : https://www.pballtechno.com/article/18/การวัดสี-color-measuring
(เข้าถึงเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2561)

7. โทรศัพท์มือถือ

โทรศัพท์มือถือ หรือ โทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นอุปกรณ์สื่อสารอิเลคทรอนิคส์ลักษณะเดียวกับโทรศัพท์บ้านแต่ไม่ต้องใช้สายโทรศัพท์ จึงทำให้สามารถพกพาไปที่ต่าง ๆ ได้โทรศัพท์มือถือใช้คลื่นวิทยุในการติดต่อกับเครือข่ายโทรศัพท์มือถือโดยผ่าน สถานีฐาน โดยเครือข่ายของโทรศัพท์มือถือแต่ละผู้ให้บริการจะเชื่อมต่อกับเครือข่ายของ โทรศัพท์บ้านและเครือข่ายโทรศัพท์มือถือของผู้ให้บริการอื่น ๆ โทรศัพท์ มือถือในปัจจุบันนอกจากจะมีคุณสมบัติในการสื่อสารทางเสียงแล้วยังมีความสามารถอื่นอีก เช่น สนับสนุนการสื่อสารด้วยข้อความ การเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต การสื่อสารแบบมัลติมีเดีย (Multimedia) นาฬิกา นาฬิกาปลุก นาฬิกาจับเวลา ปฏิทินตารางนัดหมาย สเปรดชีต โปรแกรมประมวลผลคำ รวมไปถึงความสามารถในการรองรับแอปพลิเคชัน เช่น เกมส์ต่าง ๆ ได้โทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องแรกถูกผลิตและออกแสดงในปี พ.ศ. 2516 โดย มาร์ติน คูเปอร์ (Martin cooper) นักประดิษฐ์จากบริษัทโมโตโรลา เป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักประมาณ 1.1 kg (วรากรณ์ สามโกเศศ, 2547)

8. **แอพพลิเคชัน Rgb color picker**



แอพพลิเคชัน Rgb color picker เป็นแอพพลิเคชันที่สามารถดาวน์โหลดได้จาก Play Store ที่มีอยู่ในโทรศัพท์มือที่เป็นระบบปฏิบัติการแบบแอนดรอยด์ แอพพลิเคชันนี้จะมีระบบสีที่ใช้ในการวัดสีอยู่ทั้งหมด 5 ระบบคือ CMYK HSL HSV RGB และ YUV โดยในแต่ละระบบสีก็ใช้งานแตกต่างกันไป ซึ่งในวิจัยนี้สนใจศึกษาเฉพาะระบบสี RGB ดังภาพที่ 2.10

ภาพที่ 2.10 แอพพลิเคชัน Rgb color picker

9. **แอพพลิเคชัน Color match**

แอพพลิเคชัน Color match เป็นแอพพลิเคชันที่สามารถดาวน์โหลดได้จาก Play store บนระบบปฏิบัติการเป็น Android ดังภาพที่ 2.11 ซึ่งจะนำค่าสีจากระบบ L*a*b* มาแปลงค่าเป็นค่าแม่สี RGB

ภาพที่ 2.11 แอพพลิเคชัน Color match

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา: ตัวแปรที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยประสิทธิภาพของกล่องวัดค่าแม่สีที่สร้างขึ้น ค่าสีของผลเชอร์รี่กาแฟ กาแฟคั่ว และความสุกของผลไม้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สกุลกานต์ สิมลา (2556) เมื่อผลมะม่วงหาวมะนาวโห่มีระยะการสุกเพิ่มมากขึ้น ผลจะมีสีเข้มขึ้น (ค่า L* ลดลง) มีความเป็นสีแดงลดลง (ค่า a* ลดลง) และมีความเป็นสีน้ำเงินเพิ่มขึ้น (ค่า b* ลดลง) โดยในผลที่ปั่นละเอียดก็ให้ผล เช่นเดียวกัน คือเมื่อผลมีความสุกมากขึ้นจะมีสีเข้มขึ้น มีความเป็นสีแดงลดลง และมีความเป็นสีน้ำเงินเพิ่มขึ้น เมื่อผลมีระยะการสุกเพิ่ม ขึ้น จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น โดยลักษณะเช่นนี้พบได้ในลักษณะปริมาณ วิตามินซี ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณกรด ฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูล อิสระ ที่เมื่อผลมีระยะการสุกเพิ่มมากขึ้น จะมีปริมาณ เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย จะเห็นได้ว่าเมื่อผลมีระยะการสุกเพิ่มมากขึ้น จะมีปริมาณสารสำคัญเพิ่มมากขึ้นโดยในระยะผลสุกเป็น ทำให้ทราบได้ว่าการนำผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ไปใช้ประโยชน์ควรเลือกระยะให้เหมาะสมกับการนำ ไปใช้ ทั้งนี้เนื่องจากในแต่ละระยะการสุกของผลจะมี สีผล และปริมาณสารพฤกษเคมีในผลแตกต่างกัน

ศศิภา เต็กอวยพร (2554) ศึกษาการวัดค่าสีและตรวจสอบตำหนิบริเวณพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบด้วยระบบเชิงภาพถ่ายสำหรับนำไปใช้ในระบบการควบคุมคุณภาพภายในโรงงาน วิเคราะห์ค่าสีโดยใช้โปรแกรมอิมเมจ เจ แล้ววิเคราะห์ออกมาในรูปของฮิสโตแกรมสีเปรียบเทียบกับการวัดสีด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ (Hunter Lab) สำหรับการตรวจสอบตำหนิของผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจะใช้กระบวนการปรับปรุงภาพถ่าย โดยการลดจำนวนสีจาก 24 บิต (16,777,216 สี) เหลือ 3 บิต (8 สี) เพื่อเป็นดัชนีในการบ่งชี้บริเวณที่เป็นตำหนิของผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ จากนั้นนำมาคำนวณหาพื้นที่ดังกล่าวต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 35 ของพื้นที่ทั้งหมด

Choodum, A., et al. (2013) ได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณของสารเมทแอมเฟตามีน(ยาบ้า) ด้วยแอพพลิเคชัน RGB ในโทรศัพท์มือถือ โดยการทดลองจะนำสารสกัดที่ได้จากเม็ดยาบ้ามาทำปฏิกิริยากับ ไซมอนรีเอเจนต์ (Simon reagent) จะได้สารที่มีสีน้ำเงินที่สามารถใช้แอพพลิเคชัน RGB ในโทรศัพท์มือถือวัดค่าสีได้ และมีกราฟมาตรฐานที่มีช่วงความเป็นเส้นตรงที่ความเข้มข้น 0.1-2.5 mg/mL ผลของการวิเคราะห์ที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน (Gas-Chromatograph-flame ionization)

Iqbal, Z. and Robert, B. (2011) ทำการวิเคราะห์น้ำหรือสารตัวอย่างโดยใช้โทรศัพท์มือถือ โดยใช้หน้าจอของโทรศัพท์เป็นเป็นส่วนที่แสดงผลการวิเคราะห์ ใช้กล้องโทรศัพท์เป็นตัวตรวจวัดสีต่าง ๆ คือ สีขาว สีแดง สีเขียว และสีฟ้า เพื่อที่จะนำเอาค่าสีที่ได้นี้ไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ หาองค์ประกอบหรือระบุชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่าง ๆ ได้ ในที่นี้ทำการวิเคราะห์เกลือโซเดียมในกรด Ethylenediaminetetraacidic ทำปฏิกิริยากับ Cu (II) ที่ความเข้มข้นระหว่าง 2 - 10 mg/L ซึ่งจะใช้โหมดสีแดงในการวิเคราะห์ จากการทดลองโดยใช้โทรศัพท์มือถือในการวิเคราะห์วัดค่าสีพบว่าโทรศัพท์มือถือสามารถวิเคราะห์ได้สูงสุดที่ 2 mg/L ของ Cu(II) และการวิเคราะห์หาสารหนู (As) ในน้ำโดยวิธีการฟอกจางสีไอโอดีนในน้ำแป้งที่ความเข้มข้นของสารหนู(As) ระหว่าง 25 - 400 μg/L ใช้โหมดสีแดงในการวิเคราะห์ แต่ถ้ากรณีที่ความเข้มข้นของสารหนูต่ำมากจะใช้โหมดสีขาวในการวิเคราะห์

Navarro, L. V., et al. (2016). กาแฟที่ได้จากบดและคั่วเป็นหนึ่งในเครื่องดื่มที่บริโภคมากที่สุดทั่วโลกและถือว่าเป็นสินค้าที่มีค่ามากที่สุดเป็นอันดับสองของโลกโดยอาศัยการวิเคราะห์ภาพสีเพื่อประเมินปริมาณความชื้นของเมล็ดกาแฟในระหว่างการคั่วอธิบายการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดข้าวตามความสว่าง (L *), ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (BI) และระยะทางที่กำหนดตามมาตรฐาน (ΔE) อุปกรณ์จับภาพได้รับการออกแบบเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสีในพื้นที่ L * a * b โดยใช้การทดลองที่อุณหภูมิ 400 °C, 450 °C และ 500 °C ระบบการตรวจสอบสีได้ถูกนำมาใช้โดยอาศัยรูปแบบ ANFIS โดยทฤษฎี ANFIS ที่ดัดแปลงมาจากทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ โดยประยุกต์ใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมมาช่วยสร้างกฎเกณฑ์ฟัซซีสมรรถนะของแบบจำลองฟัซซีประสาทมีผลดีกว่าวิธีธรรมดาที่ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของการวัด> 0.98 ความคลาดเคลื่อนของค่าความคลาดเคลื่อนของราก = 0.002 และเกณฑ์ข้อมูล Schwarz-Rissanen ที่ปรับเปลี่ยน <0 ความเรียบ

ง่ายของแบบจำลองและความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลง ในตัวแปรอินพุททำให้เหมาะสำหรับการเฝ้าติดตามกระบวนการคั่วแบบออนไลน์

Samo, S., et al. (2014) ศึกษาความแตกต่างทางเคมี (Chemical markers) ระหว่างระดับความสุก (Degree of ripeness) โดยทำการวิเคราะห์กาแฟ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์คาทุย (Catuai) และพันธุ์ทิปิก้า (Tipica) จากแหล่งปลูกแห่งเดียวกัน โดยใช้วิธีการวัดปริมาณคาเฟอีนและกรดคลอโรจีนิกด้วยเครื่อง HPLC วัดปริมาณซูโครสด้วยเครื่องไฮโดรฟีลิก อินเตอร์แรคชันโครมาโทกราฟี (Hydrophilic interaction chromatography) วัดสัดส่วนน้ำหนักโมเลกุลสูง (High-molecular weight - HMW) ด้วยเครื่อง HPSEC (Highperformance size-exclusion chromatography) และวัดสารประกอบที่ระเหยง่ายด้วยเทคนิคเฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอ็กแทรคชันแก๊สโครมาโตกราฟ/แมสสเปคโตเมทรี (Headspace solid phase micro extraction gas chromatography/Mass spectrometry) วิธีการที่ดีที่สุดในการหาความแตกต่างระหว่างระดับความสุก คือ เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยอาศัยข้อมูล HPLC ผลการทดสอบด้วยเครื่อง HPSEC แสดงให้เห็นความแตกต่างในสัดส่วน HMW ที่ระดับความสุกต่างๆ กันและพบในกาแฟทั้ง 2 สายพันธุ์ คุณสมบัติการระเหยง่ายทำให้สามารถแยกความแตกต่างของกาแฟ 2 สายพันธุ์ได้ ยกเว้นในกรณีของกาแฟพันธุ์คาทุยที่สุกงอมซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างของระดับความสุก

Wu, D. and Sun, D. W. (2013) สีเป็นคุณลักษณะด้านคุณภาพอันดับหนึ่งของอาหารที่ผู้บริโภคได้รับการประเมิน จึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคุณภาพอาหารที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับของตลาดวัตถุประสงค์การวัดสีของอาหารจำเป็นในการควบคุมคุณภาพการจัดระดับผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ เป็นเกณฑ์หลักในการตัดสินใจซื้อ โดยคำนึงถึงขนาดรูปร่างรูปร่างสีสภาพความสดใหม่ลักษณะที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ได้รับการประเมินโดยพิจารณาจากขนาดรูปร่างรูปร่างสีสภาพ ปัจจัยด้านคุณภาพ เช่น ความสดความสมบูรณ์ความหลากหลายและความพึงพอใจและความปลอดภัยของอาหาร ตรวจสอบด้วยคอมพิวเตอร์ที่ใช้เครื่องสแกนเนอร์แบบกราฟิกที่เขียนและออกแบบมาเพื่อกำหนดสีอาหาร สี CIE L * a * b * เป็นมาตรฐานสี ผลลัพธ์ที่ได้ในการทดสอบค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.991, 0.989 และ 0.995 สำหรับ L *, a * และ b * ตามลำดับ เมื่อมีตัวอย่างอาหารต่างๆ ถูกนำมาใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ (ค่า R2 มีค่าเท่ากับ 0.958, 0.938 และ 0.962 สำหรับ L *, a * และ b * ตามลำดับ) ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.60% และ 2.34% ตามลำดับสำหรับการทดสอบและตัวอย่างอาหารต่างๆพบว่าความเป็นไปได้ในการใช้คอมพิวเตอร์ใน

การวัดผล การแปลงสีจาก RGB เป็น L * a * b * ของสีอาหารแทน spectrophotometer ได้เนื่องจากมีราคาไม่แพง

Youryon, P., et al. (2017) กล้วย (Musaceae) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นผลไม้สำหรับตลาดในประเทศและส่งออกทั่วโลกการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพและสารต้านอนุมูลอิสระของกล้วย ถูกตรวจสอบในระหว่างการสุก ลักษณะที่ปรากฏผิวเปลือกและสีของเยื่อ, ความแน่นเนื้อ, ความเข้มข้นของของแข็งละลายทั้งหมด (TSS) ความเป็นกรดทั้งหมด (TA) และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผลไม้ในขั้นตอนที่สุก ถูกตรวจสอบ การเปลี่ยนแปลงทั้งในสีเปลือกและสีเยื่อ ลักษณะที่ปรากฏของผลไม้มีความเกี่ยวข้องกับสีเปลือกซึ่งเป็นผลไม้สีเขียวแก่ ผลสุกมีสีเหลืองมีก้านสีเขียวผลสุกเกินไป ปลายและก้านสีดำ ผลไม้สุก จะค่อยๆเพิ่มขนาดและจำนวนเป็นผลไม้ที่เพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการสุก พบว่าเปลือกกล้วยมีสีเปลือกและเยื่อที่กล้วยหอมได้รับการประเมินในรูปของความสว่างสีแดงถึงเขียวอ่อน ค่า L * ของเปลือกกล้วยเพิ่มขึ้นอย่าชัดเจนจากสีเขียว เมื่อสุกแล้วจะมีค่าลดลงที่ระยะ ในระหว่างการสุกที่เพิ่มขึ้นค่า L * มีการลดความเป็นสีเขียวและ a เป็นการเพิ่มขึ้นของความเป็นสีเหลือง ค่าของเปลือกเปลี่ยนจากค่า G 19.06 (สีเขียว) กับผลที่มีสีเขียวแก่ค่า 3.11 และค่า R 9.09 (สีแดง) ของผลสุก ตามลำดับ ส่วนค่า b * ของเปลือกเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจากสีเขียวถึงระยะสุกและคงที่ การสุก ในทางตรงกันข้ามค่า b * ของทั้งสีเขียวแก่และสุกมีความคล้ายคลึงกัน แต่ b * เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

กรอบแนวคิด

ค่าแม่สี RGB ของภาพถ่ายผลเชอร์รี่กาแฟ กาแฟคั่ว และผลไม้จากโทรศัพท์มือถือ ภายใต้การควบคุมสภาวะการถ่ายภาพด้วยกล่องตรวจวัดค่าแม่สีที่ประดิษฐ์ขึ้น

→

ความสม่ำเสมอในระดับการสุกของผลเชอร์รี่กาแฟ ผลไม้ และความสม่ำเสมอของระดับการคั่วกาแฟเพื่อนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์

สมมุติฐานการวิจัย

กล่องวัดค่าสีที่สร้างขึ้นสามารถใช้ตรวจสอบคุณภาพของผลผลิต และเมล็ดกาแฟคั่วได้