

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. กาแฟ (Coffee)

1.1 สายพันธุ์กาแฟ (Coffee species)

สายพันธุ์กาแฟทั่วโลกมีมากกว่า 6,000 สายพันธุ์ แต่มีเพียงพันธุ์อาราบิก้า และโรบัสต้า เท่านั้นที่เป็นที่นิยมปลูกเพื่อการค้าเนื่องจากมีรสชาติดีกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ

ก. กาแฟพันธุ์อาราบิก้า (Coffee Arabica L.)

เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุดในโลก ลักษณะเมล็ดค่อนข้างใหญ่ รูปทรงค่อนข้างเรียวยาวเกือบเป็นวงรี ส่วนผ่าตรงกลางคล้ายรูปตัว S ในภาษาอังกฤษ เมล็ดดิบมีสีเขียวอมเทา ฟ่ำ เติบโตได้ดีในพื้นที่ที่อยู่เหนือขึ้นไปจากระดับของน้ำทะเลประมาณ 1,000 เมตร ขึ้นไป ลักษณะเด่น คือ มีกลิ่นหอมและรสชาตินุ่มละมุน มีปริมาณของคาเฟอีนน้อยกว่า 2% จึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค แต่มีข้อด้อยคือ ไม่ต้านทานต่อสภาพแวดล้อม

ข. กาแฟพันธุ์โรบัสต้า (Coffee Robusta)

ลักษณะเมล็ดค่อนข้างกลมและส่วนผ่าตรงกลางจะเป็นเส้นตรง เป็นพันธุ์กาแฟที่ต้องการความชุ่มชื้นสูง ปลูกง่ายให้ปริมาณผลผลิตมาก เติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีระดับความสูงตั้งแต่ 500–600 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล ข้อดีของการเพาะปลูกกาแฟสายพันธุ์นี้คือดูแลง่าย เจริญเติบโตได้เกือบทุกสภาพอากาศ ข้อเสียกาแฟโรบัสต้าจะมีกลิ่นฉุน รสชาติก็จะเข้มข้นและขมกว่า ส่วนมากจะถูกนำไปผลิตเป็นกาแฟสำเร็จรูป เพราะมีปริมาณคาเฟอีนที่มากกว่า 2% ขึ้นไป

1.2 องค์ประกอบทางเคมีของกาแฟ

ภายในเมล็ดกาแฟประกอบไปด้วยสารประกอบมากมาย ไม่ว่าจะเป็นคาเฟอีน ตัวที่ช่วยสร้างกลิ่นหอม รสชาติขม ไปจนถึงสารบางชนิดที่ทำให้กาแฟมีความเปรี้ยว เมื่อสัมผัสกับอากาศหรือความชื้น โดยทั้งสองสายพันธุ์เมื่อเป็นเมล็ดกาแฟดิบ องค์ประกอบหลักทางเคมีที่พบประกอบด้วยความชื้น 12% คาร์โบไฮเดรต 50% โปรตีน 10% ไขมัน 16% นอกจากนี้ อาจพบคาเฟอีนประมาณร้อยละ 1.2 ในโรบัสต้าจะมีความเข้มข้นของคาเฟอีนสูงกว่า ส่งผลให้มีรสชาติที่ขมเข้ม มีกลิ่นที่รุนแรง ส่วนอาราบิก้ามีคาเฟอีนน้อยกว่าจึงมีความนุ่มละมุนในรสชาติแบบกลมกล่อม กรดคลอโรจีนิก ซึ่งเป็นกรดที่สำคัญที่สุดที่อยู่ในกาแฟ ใน

ระหว่างการคั่ว หรือชงกาแฟ กรดจะแตกตัวได้กรดสองตัว คือ กรดคาเฟอิกที่มีรสเปรี้ยว และกรดควินิกที่มีรสขม และสารอื่น ๆ อีกเป็นจำนวนมาก

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟอาราบิก้า โรบัสต้า และกาแฟสำเร็จรูป

องค์ประกอบ	อาราบิก้า		โรบัสต้า		กาแฟสำเร็จรูป
	เมล็ดกาแฟดิบ	เมล็ดกาแฟคั่ว	เมล็ดกาแฟดิบ	เมล็ดกาแฟคั่ว	
Minerals	3.0 - 4.2	3.5 - 4.5	4.0 - 4.5	4.6 - 5.0	9.0 - 10.0
Caffeine	0.9 - 1.2	Appr. 1.0	1.6 - 2.4	Appr. 2.0	4.5 - 5.1
Trigonelline	1.0 - 1.2	0.5 - 1.0	0.6 - 0.75	0.3 - 0.6	-
Lipids	12.0 - 18.0	14.5 - 20.0	9.0 - 13.0	11.0 - 16.0	1.5 - 1.6
Total Chlorogenic Acids	5.5 - 8.0	1.2 - 2.3	7.0 - 10.0	3.9 - 4.6	5.2 - 7.4
Aliphatic Acids	1.5 - 2.0	2.4 - 3.0	1.5 - 2.0	2.4 - 3.0	-
Oligosaccharides	6.0 - 8.0	0 - 3.5	5.0 - 7.0	0 - 3.5	0.7 - 5.2
Total Polysaccharides	50.0 - 55.0	24.0 - 39.0	37.0 - 47.0	-	Appr. 6.5
Amino Acids	2.0	0	2.0	0	0
Proteins	11.0 - 13.0	13.0 - 15.0	11.0 - 13.0	13.0 - 15.0	16.0 - 21.0

ที่มา: www.blackriverroasters.com/the-science-of-coffee (เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม 2562)

1.3 กรรมวิธีการผลิต เปลี่ยนผลเชอร์รี่เป็นเมล็ดกาแฟมี 2 วิธี

ก) วิธีการแบบเปียก (Wet method)

การแปรรูปแบบเปียกใช้เวลา 1 - 2 สัปดาห์ มีขั้นตอนมากและต้นทุนสูง แต่จะได้กาแฟที่สะอาดมีคุณภาพและรสชาติที่มั่นคง นิยมใช้กับกาแฟอาราบิก้า

- ชั้นแรกเก็บผลเชอร์รี่มาปอกเปลือกออก ซึ่งต้องทำในวันเดียวกันกับที่เก็บผลเพื่อป้องกันไม่ให้ผลเน่าเสีย
- จากนั้นนำมากำจัดเมือกที่ติดอยู่โดยการนำไปแช่น้ำ แช่ทิ้งไว้ประมาณ 24 - 36 ชั่วโมงขั้นตอนนี้เป็นการล้างทำความสะอาดด้วย

- นำผลกาแฟไปตากแดดให้แห้งบนลานซีเมนต์หรือตากบนตะแกรงที่ยกให้สูงจากพื้นดินเพื่อให้ความชื้นระบายออกได้มากยิ่งขึ้น กว่าเมล็ดกาแฟจะแห้งต้องใช้เวลาประมาณ 7 วัน กาแฟที่ได้ในขั้นตอนนี้เรียกว่า กาแฟกะลา ซึ่งนี้มาจากลักษณะของเมล็ดกาแฟมีเปลือกแข็งห่อหุ้มเมล็ดอยู่คล้ายกะลา

- จากนั้นจะต้องนำไปสีเอากะลา (เปลือกแข็ง) ออกจึงจะได้เป็นสารกาแฟ หรือเมล็ดกาแฟดิบที่เราเห็นกันทั่วไป เรียกชื่ออีกอย่างว่ากาแฟเขียว (Green bean)

ข) วิธีการแบบแห้ง (Dry method)

เป็นวิธีง่ายและต้นทุนต่ำ มีความยุ่งยากน้อยกว่าแบบเปียกแต่จะใช้เวลามากกว่าประมาณ 2 – 3 สัปดาห์ และสารกาแฟที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบเปียก คุณภาพจะดีกว่า กรรมวิธีนี้เหมาะกับการผลิตกาแฟในปริมาณมากๆ นิยมใช้กับกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

- น้

ตากแดดบน
วันต้องหมั่น
เมล็ดกาแฟ
ใช้ เวลา
จนกว่าจะ
กาแฟกะลา



ผลเชอร์รี่ที่เก็บได้มา
ลานซีเมนต์ ในระหว่าง
โลกกลับด้านเพื่อให้
แห้งอย่างทั่วถึง ซึ่งต้อง
ประมาณ 15 วัน หรือ
แห้งดี ขั้นตอนนี้ก็จะได้

- จากนั้นนำไปสีเอาเปลือกแข็งแห้งออก ก็จะได้สารกาแฟของเมล็ดกาแฟดิบ

1.4 การเก็บรักษาผลผลิต

เมื่อผ่านขั้นตอนต่าง ๆ จนเมล็ดกาแฟมีความแห้งที่เหมาะสมแล้วก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการบรรจุและเก็บรักษา ซึ่งการเก็บรักษาคุณภาพของเมล็ดกาแฟให้ยาวนาน ควรเก็บในรูปแบบของกาแฟกะลา ช่วยป้องกันการดูดความชื้นของเมล็ดกาแฟ สำหรับกาแฟกะลาที่นำไปจำหน่ายในท้องตลาด ควรนำไปสีเอาส่วนของกะลาออก ซึ่งจะได้สารกาแฟ (Green bean) ซึ่งมีสีเขียวอมฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 2.1 และเมื่อนำสารกาแฟไปคั่วก็จะกลายเป็นเมล็ดกาแฟที่มีกลิ่นหอม ซึ่งเป็นผลผลิตสุดท้ายก่อนที่เมล็ดกาแฟจะกลายเป็นเครื่องดื่ม

ภาพที่ 2.1 สารกาแฟ

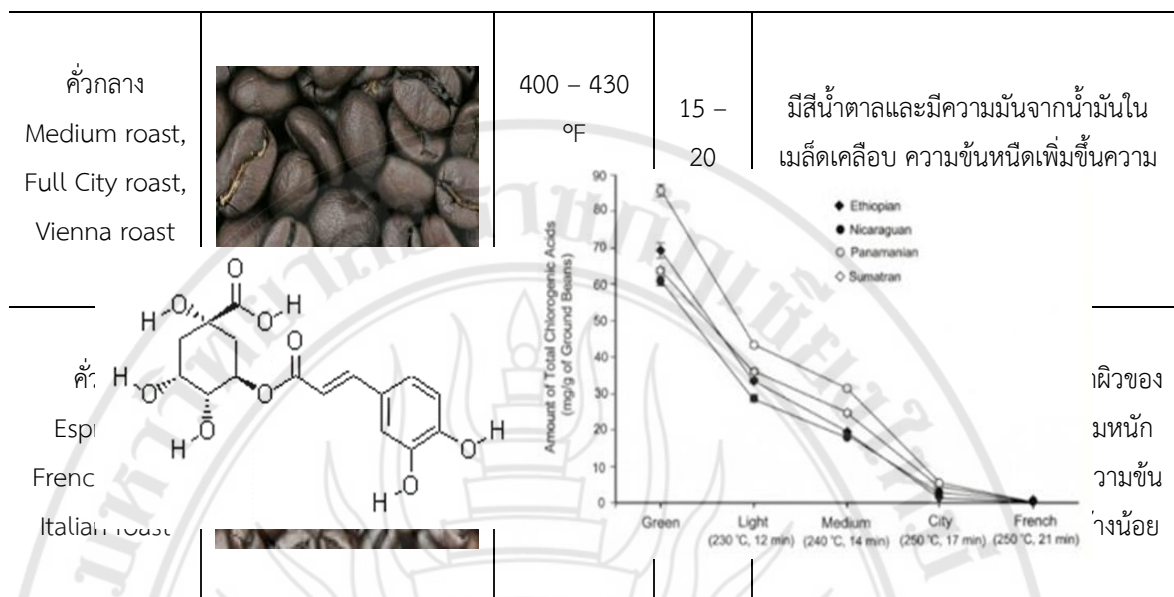
ที่มา : <http://www.coffeefavour.com/processing-and-production-of-coffee-bean/>
(เข้าถึงเมื่อ 12 ธันวาคม 2561)

1.5 ระดับการคั่วกาแฟ

เมื่อนำเมล็ดกาแฟดิบไปคั่ว เมล็ดสีเขียวจะเกิดการขยายตัว (Popping) เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างขนาดเล็กของเมล็ด ทำให้เมล็ดกาแฟมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นลดลง เกิดช่องว่างขนาดใหญ่ (Large micropore) ในผนังเซลล์ ซึ่งทำให้ความสามารถในการสกัด (Extractability) เพิ่มขึ้น (นนทวัชร ชิตวิสัย, 2547) พร้อมทั้งเกิดการเปลี่ยนสี โดยเริ่มจากเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและในที่สุดก็จะกลายเป็นสีน้ำตาลอ่อน ๆ และมีสีเข้มขึ้นเรื่อย ๆ จนกว่าจะถูกยกออกจากความร้อนซึ่งระดับการคั่วกาแฟสามารถแบ่งได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ระดับการคั่วเมล็ดกาแฟ

ระดับการคั่ว	รูป	อุณหภูมิ	เวลา	ลักษณะ
คั่วอ่อน Light roast, Cinnamon roast, American roast		350 °F (173.67 °C)	10 - 15 นาที	มีสีน้ำตาลอ่อนหรือเหลืองซีดคล้ายอบเชย ไม่มีความมันที่ผิวเมล็ด ความขุ่นหนืดน้อย มีความเป็นกรดอ่อน ๆ



ที่มา: www.nescafedolcegusto.popsho.ps/blog/coffee-roast-difference
(เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม 2562)

1.6 การบด

หลังจากการคั่วเมล็ดจะถูกบด เพื่อให้ได้รสชาติกาแฟมากที่สุดเวลาชง นับเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง จะบดให้ละเอียดหรือหยาบ ก็ต้องแล้วแต่ว่าจะชงกาแฟชนิดใดการบดจะต้องใช้กาแฟในปริมาณที่เหมาะสมในแต่ละครั้งที่จะชงเท่านั้นเพราะเมื่ออากาศสัมผัสกับกาแฟ น้ำมันกาแฟจะหายไป ความหอมและรสชาติที่มาจากน้ำมันกาแฟก็จะเสียไปด้วย ยิ่งบดกาแฟละเอียดเท่าไร ผิวสัมผัสของกาแฟกับน้ำก็ยิ่งมากขึ้น ทำให้ได้กาแฟนี้ออกมามากขึ้น (เกด ริน, 2558)

1.7 กรดในกาแฟ

ในเมล็ดกาแฟมีกรดอยู่หลายชนิดซึ่งกรดที่พบมากในกาแฟ ได้แก่ กรดคลอโรจีนิก (Chlorogenic acids, CGAs) เป็นสารประกอบฟีนอล สูตรโมเลกุล $C_{16}H_{18}O_9$ น้ำหนักโมเลกุล 354.32 g/mol ละลายได้ดีในน้ำละลาย เอทานอลและอะซิโตน ละลายได้เล็กน้อยในเอทิลอะซิเตต มีบทบาทสำคัญต่อระดับความเปรี้ยวของกาแฟโดยปริมาณกรดจะลดลงตามระดับการคั่ว ดังภาพที่ 2.2

(ก)

(ข)

ภาพที่ 2.2 (ก) โครงสร้างของกรดคลอโรจีนิก (ข) กราฟแสดงปริมาณของกรด Chlorogenic Acids ทั้งหมดที่ระดับการคั่วต่าง ๆ

ที่มา: www.ilovehillkoff.blogspot.com/2016/03/blog-post_71.html

ที่มา: <http://th.gmp-factory.com/herbal-medicine/anti-tumor/chlorogenic-acid.html>

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม 2562)

2. การสุกของผลไม้

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

1) ความแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity) หมายถึง การที่ผลมีการเจริญเติบโต ผ่านระยะพัฒนาการตามธรรมชาติจนถึงระยะที่สมบูรณ์ที่สุด

2) ความแก่ทางการค้า (Commercial maturity) หมายถึง การที่ผลมีการเจริญและพัฒนาการ จนถึงระยะที่ตลาดต้องการนำไปใช้ประโยชน์ ความแก่ทางการค้าอาจแบ่งออกได้เป็น

การสุก (Ripening) เป็นกระบวนการที่ผลไม้เข้าสู่ระยะชราภาพ โดยมีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างภายในผล เช่น ผลจะอ่อนนุ่ม เกิดกลิ่นตามชนิดของผลไม้ รสชาติหวานขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล ปริมาณกรดลดลง ผิวเปลี่ยนสีเป็นสีแดงเหลืองหรือสีอื่น ๆ ตามชนิดของผลไม้ การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เหล่านี้จะเกิดขึ้นได้ต้องใช้พลังงานอย่างมากซึ่งพลังงานนี้จะได้มาจากการหายใจที่เกิดขึ้นภายในผล ผลจะเปลี่ยนสภาพจากผลดิบกลายเป็นผลสุกภายในเวลาไม่กี่วัน ในช่วงที่ผลสุกจะมีการหายใจสูงมากจึงเรียกผลไม้เหล่านี้ว่า Climacteric fruit เช่น มะเขือเทศ มะม่วง ละคร กล้วย ทูเรียน ส่วนผลไม้อีกประเภทหนึ่งเมื่อผลแก่จัดแล้วไม่มีการสุกเกิดขึ้น การหายใจในผลอยู่ในระดับต่ำ เรียกว่า Non-climacteric fruit ได้แก่ ส้ม สับปะรด มะนาว เงาะ ลำไย ลิ้นจี่ ผลไม้เหล่านี้ เมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงภายในผลเกิดขึ้นน้อยมาก รสชาติของผลมักจะคงที่ตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนกระทั่งหมดอายุ ดังนั้นถ้าเก็บเกี่ยวผลในระยะที่ยังไม่แก่จัดหรือผลยังเปรี้ยวอยู่ ก็มักจะคงรสชาตินั้นจนกระทั่งผลเน่าเสียไป ซึ่งต่างจากผลพวก Climacteric fruit เช่น มะม่วง เมื่อ

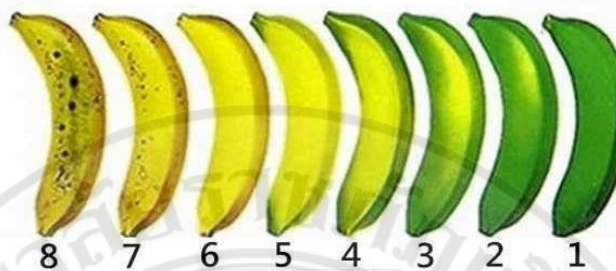
เก็บเกี่ยวในขณะที่ผลแก่จัดแต่ยังดิบอยู่ จะมีรสเปรี้ยวและมีแป้งมาก แต่เมื่อทิ้งไว้จะมีอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นและเกิดการสุกเกิดขึ้นและรสชาติจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก

การเปลี่ยนแปลงของสีในระหว่างการสุกของผล สามารถใช้เป็นดัชนีชี้ให้ทราบถึงระยะการสุกได้ ผลไม้หลายชนิดใช้ดัชนีสีในการตัดสินใจเก็บเกี่ยว เช่น มะเขือเทศ มะละกอ ฯลฯ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของสีผลในระหว่างการสุกและการเก็บรักษา จึงมีความสำคัญมาก โดยทั่วไป เมื่อผลแก่จัดหรือเริ่มสุก สีพื้นเดิม (Ground color) จะเริ่มซีดจางลงจากสีเขียวเข้ม เป็นสีเขียวที่อ่อนกว่าและเกิดสีทับ (Over color) สีต่าง ๆ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานพนธ์, 2557)

2.1 กล้วย (Banana)

กล้วย เป็นผลไม้ที่นิยมรับประทานกันในประเทศ เนื่องจากหาทานได้ง่าย มีราคาถูก มีสีสวยงาม หอมหวานน่าทานและยังมีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย ซึ่งให้พลังงานสูง และกล้วยก็ยังมีหลากหลายสายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่ผู้คนนิยมทานกันมาก คือ กล้วยหอม เพราะนอกจากจะมีกลิ่นหอมแล้ว ยังมีประโยชน์ และอุดมไปด้วยน้ำตาลจากธรรมชาติรวมกัน ถึง 3 ชนิด คือ ซูโครส กลูโคสและฟรุคโทสที่จะช่วยเพิ่มพลังงานให้กับร่างกายเป็นพืชที่จัดอยู่ใน *Family Musaceae, order Zingiberales* และ *genus Musa* ระดับความสุกของกล้วยสามารถแบ่งคร่าว ๆ ได้ 4 ระดับ ได้แก่

- 1) กล้วยดิบ เปลือกภายนอกสีเขียวเข้ม (ซึ่งมีระยะการสุกที่ 1-2 ดังภาพที่ 2.3)
- 2) กล้วยห่าม หรือกล้วยกึ่งดิบกึ่งสุก เปลือกภายนอกสีเหลืองแต่มีสีเขียวประปรายสามารถรับประทานได้สดๆ รสชาติไม่หวานจัดอาจติดรสฝาดเล็กน้อย (ซึ่งมีระยะการสุกที่ 3-4 ดังภาพที่ 2.3)
- 3) กล้วยสุก สีเหลืองสด โดยปกติจะรับประทานที่ความสุกระยะนี้ มีสีเหลืองสดทั้งลูก แก่เมื่ออมมากขึ้นจะเริ่มปรากฏสีน้ำตาลคล้ำ เริ่มเปลี่ยนแปลงให้ผลตรงกันข้ามกับกล้วยห่าม (ซึ่งมีระยะการสุกที่ 5-6 ดังภาพที่ 2.3)
- 4) กล้วยงอม กล้วยสุกจัดผิวคล้ำไม่สดสวย ซึ่งเกิดจากการสุกเต็มที่หรือสุกมากเกินไป เนื้อเริ่มอ่อนละ และมีกลิ่นแรง (ซึ่งมีระยะการสุกที่ 7-8 ดังภาพที่ 2.3) (ดวงแก้ว ศรีลักษณ์, 2544)



ภาพที่ 2.3 สีของกล้วยระยะการสุกระยะที่ 1-8 (ดิบ-งอม)

ที่มา : http://www.liekr.com/post_133552.html (เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2561)

2.2 มะม่วงหาวมะนาวโห่ (Carunda or Karonda)

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

มะม่วงหาวมะนาวโห่จัดว่าเป็นเบอร์รี่ชนิดหนึ่ง เป็นผลไม้สมุนไพร ลักษณะของผลเป็นผลไม้ที่มีเนื้อสด (Fleshy fruit) มี Pericarp เป็นเนื้อนุ่มรับประทานได้ ผลเป็นแบบ Drupe (ผลไม้ ที่มีเมล็ดแข็ง) ลักษณะรูปไข่ ขนาดกว้าง 12-17 mm ยาว 15-23 mm ผลเป็นผลเดี่ยวออก รวมกันเป็นช่อ ผลรูปกลมรี มนรี หรือรูปไข่ ผลอ่อนมีสีขาวอมชมพู ผลดิบมีน้ำยางมาก ผลจะค่อย ๆ เข้มขึ้นเป็นสีแดง กระทั่งสุกจึงกลายเป็นสีดำ สำหรับรสชาติของผลสุกจะออกหวานนุ่มลิ้น แต่ถ้ายังไม่สุกจะมีรสเปรี้ยวเข็ดฟัน มีธาตุเหล็กและวิตามินซีสูง เมื่อ

กัดไปแล้ว

จะมียางเหนียว ๆ

ฝาดคอ

มี 2-4

ลักษณะ

สเปิร์ม

(Fleshy

ลักษณะแก้ว (พรนิตา แก้วเกิดมี, 2558)



เมล็ด: เมื่อผลสุกจะ

เมล็ด มี

แบน รูปไข่ เอนโด

เป็นแบบเนื้อ

endosperm) มี

ภาพที่ 2.4 ผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่

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

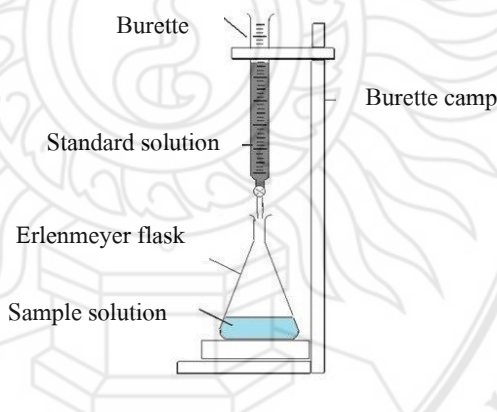
3. การวิเคราะห์โดยอาศัยการไหล (Flow - Based Analysis, FBA)

หลักการวิเคราะห์โดยอาศัยการไหล หรือเทคนิค FBA เป็นวิธีการวิเคราะห์แบบต่อเนื่องวิธีหนึ่ง โดยอาศัยหลักการพื้นฐานการฉีดสารตัวอย่างปริมาณน้อย ๆ เข้าไปในกระแสตัวพา (Carrier) ซึ่งอาจเป็นรีเอเจนต์ (Reagent) หรือตัวทำละลายที่ไหลอย่างต่อเนื่องภายในระบบท่อพลาสติกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในขนาดเล็กโดยปราศจากฟองอากาศคั้น

อัตราการไหลของสารเคมีจะคงที่ซึ่งสามารถควบคุมได้โดยใช้เครื่องสูบลuft ซึ่งเรียกว่า ปั๊มเพอริสตาลติก สารตัวอย่างจะเข้าผสมกับกระแสตัวพา ซึ่งระดับของการผสมกัน (Degree of mixing) จะถูกควบคุมโดยการแพร่กระจาย (Dispersion controlled process) ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรต่าง ๆ ของระบบ เช่น ขนาดและความยาวของท่อเล็ก ๆ อัตราการไหลของตัวพาปริมาตรของสารตัวอย่างเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดที่ใช้พื้นที่ผสมและรูปร่างลักษณะของมิกซิงพาร์ท (Mixing part) แบบต่าง ๆ เป็นต้น แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เช่น เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีการเปลี่ยนแปลงสี การเปลี่ยน pH และกระแสไฟฟ้า เป็นต้น กระแสตัวพาจะพาเอาผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นซึ่งเกิดเป็นช่วงตัวอย่าง แพร่ไหลไปตามท่อจนกระทั่งไหลเข้าสู่โฟลเซลล์ เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยใช้เครื่องตรวจวัด ซึ่งจะเป็นชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและธรรมชาติของสารที่ต้องการวิเคราะห์หรือวิธีการวิเคราะห์ที่นำมาประยุกต์ใช้กับระบบ FIA การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นที่เครื่องตรวจวัดอาจบันทึกได้โดยใช้เครื่องบันทึกสัญญาณ (Recorder) หรือคอมพิวเตอร์ สัญญาณของสารละลายมาตรฐานและสารตัวอย่างสามารถวัดได้จากความสูงของพีค (Peak height) ความกว้างของพีค (Peak width) พื้นที่ใต้พีค (Peak area) หรือพีคต่อพีค (Peak to Peak) เป็นต้น ส่วนปริมาณหรือความเข้มข้นของสารตัวอย่างหาได้โดยการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน ซึ่งเตรียมจากสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ โดยทำการวิเคราะห์ภายใต้สภาวะการทดลองเดียวกัน (เจนจิรา จันทร์หล้า, 2559)

4. การไทเทรต (Titration)

การไทเทรต เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณของสารที่ไม่ทราบความเข้มข้น (Unknown) ด้วยการวัดปริมาตรของสารละลาย ซึ่งปริมาตรของสารละลายจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณสาร โดยทำปฏิกิริยากับสารที่ทราบปริมาณหรือความเข้มข้นที่แน่นอน สารที่ไม่ทราบความเข้มข้นจะบรรจุในขวดรูปชมพู่เรียกว่าไทแทรนด์ (Titrand) ส่วนสารที่ทราบความเข้มข้นแล้วหรือเรียกว่าสารมาตรฐาน จะถูกบรรจุในบิวเรตต์ เรียกว่าไทแทรนต์ (Titrant)



ภาพที่ 2.5 การไทเทรตสารละลายมาตรฐาน

ที่มา: ฌปภัช พิมพ์ดี. (2560)

สำหรับการไทเทรตทุกชนิด จุดที่สารที่นำมาไทเทรตทำปฏิกิริยากันพอดี เรียกว่าจุดสมมูลหรือจุดสะเทิน (Equivalence Point) ส่วนจุดที่อินดิเคเตอร์ (Indicator) เปลี่ยนสีเรียกว่าจุดยุติ (End Point) ซึ่งเป็นจุดที่จะยุติการไทเทรต (ฌปภัช พิมพ์ดี, 2560)

4.1 การไทเทรตกรด-เบส (Acid – Base titration)

สำหรับวิธีการไทเทรตกรด-เบส จะนำสารละลายกรดหรือเบสตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์หาปริมาณ มาทำการไทเทรตกับสารละลายเบสหรือกรดมาตรฐานที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอน กล่าวคือ ถ้าสารละลายตัวอย่างเป็นสารละลายกรด ก็ต้องใช้สารละลายมาตรฐานเป็นเบส นำมาทำการไทเทรต เช่น NaOH , LiOH , Ba(OH)_2 และ Sr(OH)_2 เป็นต้น หรือทางตรงกันข้าม ถ้าใช้สารละลายตัวอย่างเป็นเบส ก็ต้องใช้สารละลายมาตรฐานเป็นกรด ตัวอย่าง เช่น HCl , HBr , H_2SO_4 และ HNO_3 เป็นต้น (สรวุฒิ สมนาม, 2557)

4.2 การไทเทรตแบบย้อนกลับ (Back titration)

เป็นวิธีหาความเข้มข้นที่ไม่ทราบค่า โดยให้สารตั้งต้นดังกล่าวทำปฏิกิริยากับสารที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนและมีปริมาณมากเกินไปซึ่งหลังจากการเกิดปฏิกิริยาในสารละลายจะเหลือสารที่ทราบความเข้มข้นในขณะที่สารตั้งต้นจะเกิดปฏิกิริยาจนหมด จากนั้นนำสารละลายผสมดังกล่าวมาไทเทรตกับสารที่ทราบความเข้มข้นอีกหนึ่งตัวเพื่อหาปริมาณสารที่ทราบความเข้มข้นชนิดแรกที่เหลือจึงสามารถคำนวณย้อนกลับไปหาความเข้มข้นของสารตัวอย่างได้ (สรวุฒิ สมนาม, 2557)

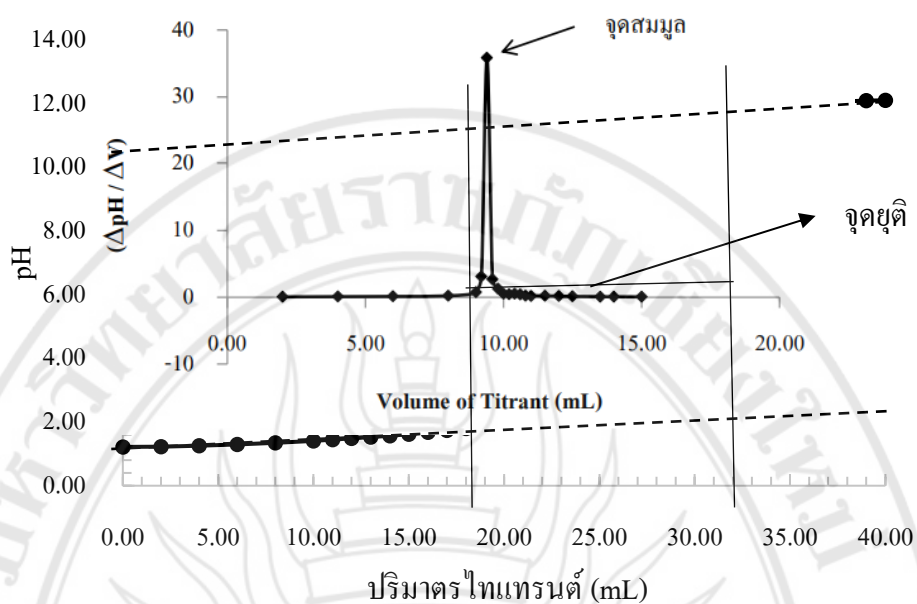
4.3 อินดิเคเตอร์ (Indicator)

อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมกับการไทเทรตกรด-เบส จะต้องมีความ pH ที่จุดกึ่งกลางช่วงการเปลี่ยนสีใกล้เคียงหรือเท่ากับ pH ที่จุดสมมูลของปฏิกิริยา นอกจากนี้การเลือกใช้อินดิเคเตอร์ กรด-เบส ต้องพิจารณาสีที่ปรากฏ ให้มีความเข้มมากพอที่จะมองเห็นได้ง่าย หรือเห็นการเปลี่ยนสีได้ชัดเจน ตัวอย่างเช่น การไทเทรตกรดแก่กับเบสแก่ pH ของสารละลาย เมื่อถึงจุดสมมูลมีค่าใกล้เคียง 7 จึงควรเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่มีช่วง pH ของการเปลี่ยนสีใกล้เคียงกับ 7 เช่น โบรโมไทมอลบลู หรือ ฟีนอล์ฟทาลีน เป็นต้น

4.4 การหาจุดสมมูลจากกราฟการไทเทรต (pH meter)

ก. กราฟการไทเทรตปกติ (Titration curves) โดยทั่วไปการหาจุดยุติจากการไทเทรตนิยมหาจากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ แต่จุดยุติสามารถหาจากกราฟการไทเทรตได้ด้วยเช่นกัน ดังตัวอย่างขั้นตอนการหาจุดยุติจากกราฟการไทเทรตในปฏิกิริยากรด-เบส (สรวุฒิ สมนาม, 2557) ดังภาพที่ 2.6 มีขั้นตอนดังนี้

1. ลากเส้นต่อกราฟช่วงที่ค่า pH ค่อนข้างคงที่ (เส้นประ)
2. ลากเส้นขนาน 2 เส้นให้ตัดเส้นประทั้ง 2 เส้น
3. หาจุดกึ่งกลางของจุดตัดของเส้นประและเส้นขนาน จากนั้นลากเส้นเชื่อมจุดกึ่งกลางทั้งสองเข้าด้วยกัน จะได้จุดยุติ ณ จุดตัดของเส้นเชื่อมกับเส้นกราฟของการไทเทรต



ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการหาจุดยุติจากกราฟการไทเทรต

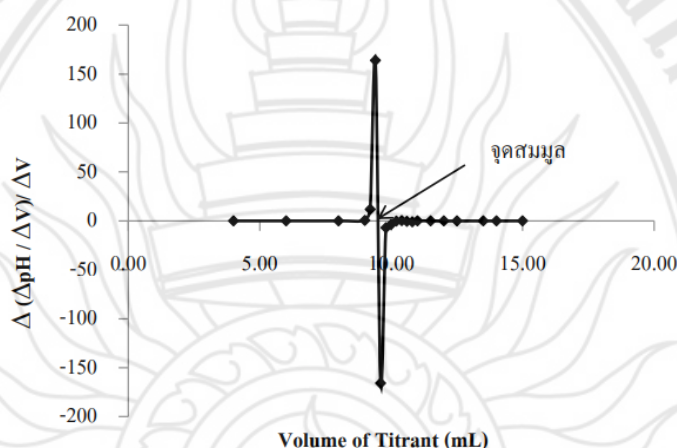
ที่มา : สราวุฒิ สมนาม. (2557, 196)

ข. กราฟการไทเทรตแบบอนุพันธ์อันดับหนึ่ง (First derivative titration curve) เป็นการนำค่าความชันของกราฟการไทเทรตแบบธรรมดา ($\Delta\text{pH}/\Delta V$) มาพลอตกับ ปริมาตรไทเทรนต์ ทำให้ได้กราฟมีลักษณะเป็นพีค (Peak) โดยจุดสูงสุดแสดงถึงจุดที่มีการ เปลี่ยนแปลงค่าความชันของกราฟมากที่สุด ในขณะที่ช่วงเริ่มแรกและช่วงท้ายจะมีค่าเข้าใกล้ ศูนย์ เพราะมีค่า pH ค่อนข้างคงที่ (สราวุฒิ สมนาม, 2557)

ภาพที่ 2.7 กราฟการไทเทรตแบบอนุพันธ์อันดับหนึ่ง

ที่มา: สราวุฒิ สมนาม. (2557, 199)

ง. กราฟการไทเทรตแบบอนุพันธ์อันดับสอง (Second derivative titration curve) เป็นการนำค่าความชันของกราฟการไทเทรตแบบอนุพันธ์อันดับหนึ่ง ($\Delta(\Delta\text{pH}/\Delta V)\Delta V$ หรือ $(\Delta^2\text{pH}/\Delta V^2)$) มาพลอตกับปริมาตรไทเทรนต์ โดยจะได้จุดยุติ ณ จุดตัดแกน x ส่วนยอดพีคทั้งสองจะแสดงส่วนโค้ง (Inflection point) ที่เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในกราฟการไทเทรตแบบธรรมดา (สราวุฒิ สมนาม, 2557)



ภาพที่ 2.8 กราฟการไทเทรตแบบอนุพันธ์อันดับสอง

ที่มา: สราวุฒิ สมนาม. (2557, 199)

5. คัลเลอร์ิเมทรี

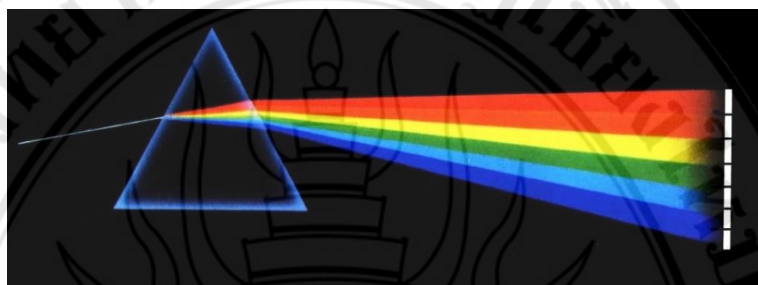
วิธีคัลเลอร์ิเมทรี (Colorimetric method) เป็นวิธีการวิเคราะห์ทางเคมี สารที่วิเคราะห์เป็นสารที่มีสีหรือทำให้เกิดสีขึ้น โดยที่สารที่มีสีนั้นจะดูดกลืนแสงในช่วงวิสิเบิล สมบัติของสารดังกล่าวนี้ได้นำมาใช้วิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณอย่างกว้างขวาง เพราะวิธีนี้ให้ความเที่ยงและความแม่นยำ และมีสภาพไว (Sensitivity) สูง โดยอาจทำการวิเคราะห์ที่อยู่ในรูปของธาตุหรือโมเลกุลก็ได้ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เช่น เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (พอลดา ศรีประพัตติ, 2552)

6. ทฤษฎีสี

6.1 การเกิดสีและการมองเห็นสีของมนุษย์

การมองเห็นสีของมนุษย์ เกิดจากการที่แสงที่สะท้อนจากวัตถุนั้นๆ มากระทบตา และส่งไปสมองเพื่อแปลออกมาเป็นสีที่เห็น ซึ่งแสงพลังงานรูปหนึ่งที่สามารรถแผ่รังสีในรูปแบบ

สเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic spectrum) ดังแสดงในภาพที่ 9 โดยสายตามนุษย์สามารถมองเห็นในช่วงคลื่นที่อยู่ระหว่าง 400 - 800 nm นอกจากนี้ยังมีปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการมองเห็นของมนุษย์อาทิเช่น แผลงกำเนิดแสง วัตถุมีสี และสายตาของคนเรา เป็นต้น



ภาพที่ 2.9 แสงที่สามารถแผ่รังสีในรูปสเปกตรัม

ที่มา: <http://lpgauntlet.com/features/blue-red/>

(เข้าถึงเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2562)

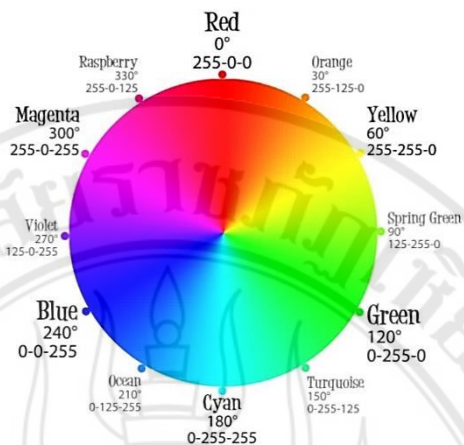
6.2 ระบบสี RGB

RGB ย่อมาจาก Red, Green และ Blue คือระบบสีของแสง เกิดจากการหักเหของแสงกลายเป็นสีรุ้ง ด้วยกัน 7 สี ซึ่งเป็นช่วงแสงที่ตาของคนเราสามารถมองเห็นได้ แสงสีม่วงจะมีความถี่สูงสุดเรียกว่า อัลตราไวโอเล็ต และแสงสีแดงจะมีความถี่ต่ำสุดเรียกว่า อินฟราเรด คลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าสีม่วงและต่ำ กว่าสีแดงนั้น สายตาของมนุษย์ไม่สามารถรับได้ แสงสีทั้งหมดเกิดจาก แสงสี 3 สี คือ สีแดง (Red) สีน้ำเงิน (Blue) และ สีเขียว (Green) ดังภาพที่ 2.10 แต่ละแม่สีมีองค์ประกอบดังนี้

สีแดง+สีเขียว ได้ สีเหลือง (Yellow)

สีเขียว+น้ำเงินได้ สีฟ้า (Cyan)

สีแดง+สีน้ำเงิน ได้ สีแดงอมชมพู (Magenta)

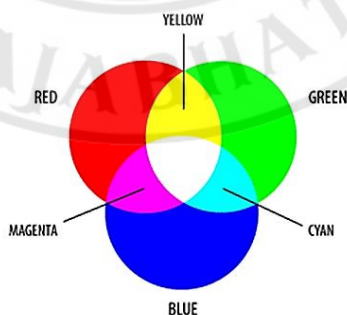


ภาพที่ 2.10 ระบบสี RGB (Red, Green, Blue)

ที่มา: https://4.bp.blogspot.com/NtoTQgz8_7M/U5rlefpNetI/AAAAAAAAEbQ/HBAFezxcIAs1600/rgb_color_wheel_lg.jpg (เข้าถึงเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2562)

เมื่อนำแม่สีของแสงทั้ง 3 มาผสมกัน ในปริมาณแสงสว่างเท่ากันก็จะได้เป็นแสงที่สีขาว ซึ่งส่วนใหญ่การใช้สีลักษณะนี้จะใช้ในอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง เช่น จอภาพ กล้องดิจิทัล สแกนเนอร์ เป็นต้น ระบบสี RGB จะการแสดงผลออกมา เป็นรูปแบบการรับแสง โดยทั่วไป RGB ทำงานในระบบ 8 bit ต่อสี คือ แม่สีแต่ละสีมีน้ำหนักแตกต่างกันได้เท่ากับ $2^8 = 256$ น้ำหนักสี หรือ 0-255 โดย 0 คือ มีดสนิท ส่วน 255 คือ สว่างเต็มที่ เมื่อนำแม่สีมาผสมกันทั้งสามแล้วได้เท่ากับ $256 \times 256 \times 256 = 16777216$ เฉดสี หรือ 16.7 ล้านสี (ทัสตา สงสิริ, 2555)

สำหรับระบบผสมสีแบ่งออกเป็นสองแบบคือ การผสมสีแบบบวกและการผสมสีแบบลบ โดยการผสมสีแบบบวกเกิดจากการผสมกันของสี 3 สีคือ น้ำเงิน สีเขียว และสีแดง ทำให้เกิดสีอีก 3 สีคือ สีฟ้า สีชมพู สีเหลือง และหากทั้งสามสีผสมกันก็จะได้สีขาว การผสมสีแบบนี้จึงนิยมเรียกว่า “Additive” หรือการผสมสีแบบบวกดังภาพที่ 2.11 (Pohanka, M., 2015)



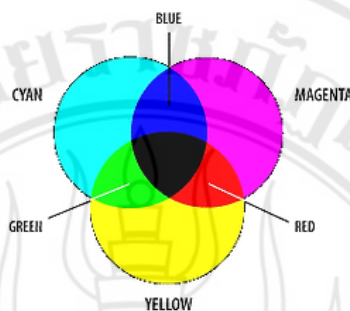
ภาพที่ 2.11 โครงสร้างการผสมสีแบบบวก

ที่มา : <https://sites.google.com/site/multimediatechnology12/home/kar-phsm-kan-khxng-si>

(เข้าถึงเมื่อ 30

พฤศจิกายน 2561)

ส่วนการผสม
ผสมแบบบวกมาผสม
และ สีเขียว ดังภาพที่



สีแบบลบ เกิดจากสีที่ได้จากการ
กันทำให้ได้สีแดง สีน้ำเงิน
2.12

ภาพที่ 2.12 โครงสร้างการผสมสีแบบลบ

ที่มา : <https://sites.google.com/site/multimediatechnology12/home/kar-phsm-kan-khxng-si>

(เข้าถึงเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2561)

เมื่อนำแม่สีของแสงทั้ง 3 มาผสมกัน ในปริมาณแสงสว่างเท่ากันก็จะได้เป็นแสงที่สีขาว แต่ถ้าผสมกันระหว่างแสงระดับความสว่างต่างกัน ก็จะได้ผลที่เป็นแสงสี ๆ มากมายเป็นล้านสี ส่วนใหญ่การใช้สีลักษณะนี้จะใช้ในอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับแสง เช่น จอภาพ กล้องดิจิตอล สแกนเนอร์ เป็นต้น

7. หลักการค่าสี $L^*a^*b^*$

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

1) ระบบ Tristimulus Value

ค่าที่หาได้ออกมาเป็น X-Y-Z โดยค่านี้จะระบุเป็นค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ตามลำดับ แต่ค่าที่ได้ยังขาดความสัมพันธ์ระหว่างกันของสีที่มองเห็นจึงไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มาก

2) ระบบ CIE Lab scale

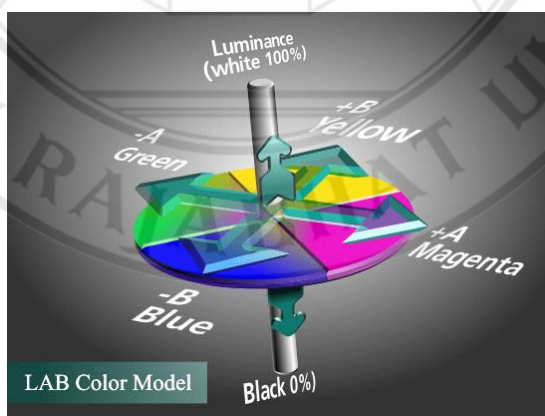
ในระยะเริ่มแรก CIE ได้กำหนดสเกลการวัดสีเป็น X-Y-Z ซึ่งใช้บรรยายสีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) แต่เนื่องจากระบบสีดังกล่าวไม่สามารถบรรยายถึงลักษณะความมืด - สว่างของสีได้ CIE ได้พัฒนาต่อมาเป็นระบบ X-Y-L ซึ่งบรรยายถึงค่าสีแดง สีเขียว และความสว่าง (Lightness) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวก็ยังขาดส่วนที่บรรยายถึงค่าสีน้ำเงิน 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 2.13 นอกจากนี้บริษัท Hunter lab ในอเมริกา เป็นอีกองค์กรหนึ่งซึ่งทำการวิจัยและพัฒนาระบบการวัดสี 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 2.13 แผนภาพระบบสี L-a-b ของ CIE Lab scale

ที่มา : <https://www.pballtechno.com/article/18/การวัดสี-color-measuring>

(เข้าถึงเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2561)

8. โทรศัพท์มือถือ

โทรศัพท์มือถือ หรือ โทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นอุปกรณ์สื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ลักษณะเดียวกับโทรศัพท์บ้านแต่ไม่ต้องใช้สายโทรศัพท์ จึงทำให้สามารถพกพาไปที่ต่าง ๆ ได้โทรศัพท์มือถือใช้คลื่นวิทยุในการติดต่อกับเครือข่ายโทรศัพท์มือถือโดยผ่าน สถานีฐาน โดยเครือข่ายของโทรศัพท์มือถือแต่ละผู้ให้บริการ โทรศัพท์บ้านและเครือข่าย ๆ โทรศัพท์ มือถือในปัจจุบันสื่อสารทางเสียงแล้วยังมีสนับสนุนการสื่อสารด้วยข้อความ สื่อสารแบบมัลติมีเดีย นาฬิกาจับเวลา ปฏิทิน โปรแกรมประมวลผลคำ รวมไปถึงเกมต่าง ๆ ได้โทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องแรกถูกผลิตและออกแสดงในปี พ.ศ. 2516 โดย มาร์ติน คูเปอร์ (Martin cooper) นักประดิษฐ์จากบริษัทโมโตโรลา เป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักประมาณ 1.1 kg (วารกรรม สามโกเศศ, 2547)



จะเชื่อมต่อกับเครือข่ายของโทรศัพท์มือถือของผู้ให้บริการอื่น นอกจากจะมีคุณสมบัติในการความสามารถอื่นอีก เช่น การเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต การ (Multimedia) นาฬิกา นาฬิกา ตารางนัดหมาย สเปรดชีต ถึงความสามารถในการรองรับแอฟ

9. แอปพลิเคชัน Rgb color picker

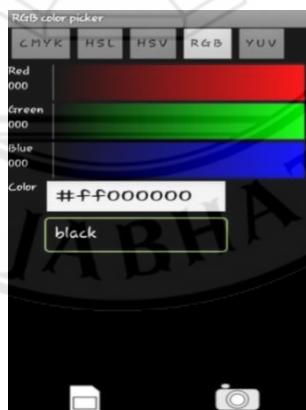
แอปพลิเคชัน Rgb color picker เป็นแอปพลิเคชันที่สามารถดาวน์โหลดได้จาก Play Store ที่มีอยู่ในโทรศัพท์มือถือที่เป็นระบบปฏิบัติการแบบแอนดรอยด์ แอปพลิเคชันนี้จะมระบบสีที่ใช้ในการวัดสีอยู่ทั้งหมด 5 ระบบคือ CMYK HSL HSV RGB และ YUV โดยในแต่ละระบบสีก็ใช้งานแตกต่างกันไป ซึ่งในวิจัยนี้สนใจศึกษาเฉพาะระบบสี RGB ดังภาพที่ 2.14

ภาพที่ 2.14 แอปพลิเคชัน Rgb color picker

10. แอปพลิเคชัน Color match

แอปพลิเคชัน Color match เป็นแอปพลิเคชันที่สามารถดาวน์โหลดได้จาก Play store บนระบบปฏิบัติการเป็น Android ดังภาพที่ 2.15 ซึ่งจะนำค่าสีจากระบบ L*a*b* มาแปลงค่าเป็นค่าแม่สี RGB

ภาพที่ 2.15 แอปพลิเคชัน
ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่
1. ตัวแปรต้น: ระบบ
แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ
2. ตัวแปรตาม: ค่า
เป็นกรด ค่าสีของผลเชอร์รี่กาแฟ
3. ตัวแปรควบคุม:
เคเตอร์ ความเข้มข้นไทแทนต์



Color match

ศึกษา

การวิเคราะห์แบบไทเทรตโดยใช้

สัญญาณแม่สี และปริมาณความ
กาแฟคั่ว และความสุกของผลไม้
ปริมาณสารตัวอย่าง ชนิดของอินดิ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สกุลกานต์ สิมลา (2556) เมื่อผลมะม่วงหาวมะนาวโห่มีระยะการสุกเพิ่มมากขึ้น ผลจะมีสีเข้มขึ้น (ค่า L^* ลดลง) มีความเป็นสีแดงลดลง (ค่า a^* ลดลง) และมีความเป็นสีน้ำเงินเพิ่มขึ้น (ค่า b^* ลดลง) โดยในผลที่บ่มละเอียดยกให้ผล เช่นเดียวกัน คือเมื่อผลมีความสุกมากขึ้นจะมีสีเข้มขึ้น มีความเป็นสีแดงลดลง และมีความเป็นสีน้ำเงินเพิ่มขึ้น เมื่อผลมีระยะการสุกเพิ่ม ขึ้น จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น โดยลักษณะเช่นนี้พบได้ในลักษณะปริมาณ วิตามินซี ปริมาณแอนโทไซยานิน ทั้งหมด ปริมาณกรด ฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ที่เมื่อผลมีระยะการสุกเพิ่มมากขึ้น จะมีปริมาณ เพิ่มขึ้นตามไปด้วย จะเห็นได้ว่าเมื่อผลมีระยะการสุกเพิ่มมากขึ้น จะมีปริมาณสารสำคัญเพิ่มมากขึ้นโดยในระยะผลสุกเป็น ทำให้ทราบได้ว่าการนำผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ไปใช้ประโยชน์ควรเลือกระยะที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ ทั้งนี้เนื่องจากในแต่ละระยะการสุกของผล จะมี สีผล และปริมาณสารพฤกษเคมีในผลแตกต่างกัน

เจนจิรา จันทร์หล้า (2559) ได้พัฒนาชุดการวิเคราะห์แบบไทเทรตที่อาศัยการไหลโดยใช้โทรศัพท์มือถือเป็นเครื่องตรวจวัด ในการวิเคราะห์ได้นำกล่องตรวจวัดค่าแม่สี RGB ที่พัฒนาขึ้นมาประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณตัวอย่างกรด - เบสในชีวิตประจำวัน ซึ่งค่าสัญญาณแม่สี RGB ที่วัดได้จะถูกนำมาคำนวณค่า RGB - Based Value และหาจุดสมมูลจากการพล็อตกราฟการไทเทรตเปรียบเทียบผลที่ได้กับการไทเทรตแบบวัด สัญญาณด้วยแสง โดยพบว่าวิธีไทเทรตโดยอาศัยการไหลนี้มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ เท่ากับร้อยละ 1.14 ผลการวิเคราะห์เป็นที่ยอมรับที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับวิธีมาตรฐาน

Honorato R.S. et.al. (1999) เป็นการนำการไทเทรตโดยเทคนิคการวิเคราะห์แบบอาศัยการไหล เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ โดยนำมาประยุกต์ใช้ในการไทเทรตไวน์ขาวกับสารละลาย NaOH เพื่อหาความเป็นกรด ซึ่งใช้ m-cresol purple เป็นอินดิเคเตอร์ จากผลการทดลองพบว่า สามารถวิเคราะห์ได้ 20 ตัวอย่าง/ชั่วโมง มีความเป็นกรดอยู่ที่ 5.2-7.3 g/L คัดร้อยละความคลาดเคลื่อนได้เท่ากับ 0.7 % ซึ่งจากผลการทดลองให้ผลที่สอดคล้องกับวิธีมาตรฐาน Potentiometric titration ที่ควรมีค่าความคลาดเคลื่อน <0.8%

Iqbal, Z. and Robert, B. (2011) ทำการวิเคราะห์น้ำหรือสารตัวอย่างโดยใช้โทรศัพท์มือถือ โดยใช้หน้าจอของโทรศัพท์เป็นส่วนที่แสดงผลการวิเคราะห์ ใช้กล้องโทรศัพท์เป็นตัวตรวจวัดสีต่าง ๆ คือ สีขาว สีแดง สีเขียว และสีฟ้า เพื่อที่จะนำเอาค่าสีที่ได้นี้ไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ หางค์ประกอบหรือระบุชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่าง ๆ ได้ ในที่นี้ทำการวิเคราะห์เกลือโซเดียมไนกรด Ethylenediaminetetraacidic ทำปฏิกิริยากับ Cu (II) ที่ความเข้มข้นระหว่าง 2 - 10 mg/L ซึ่งจะใช้โหมตสีแดงในการวิเคราะห์ จากการทดลองโดยใช้โทรศัพท์มือถือในการวิเคราะห์วัดค่าสีพบว่าโทรศัพท์มือถือสามารถวิเคราะห์ได้สูงสุดที่ 2 mg/L ของ Cu(II) และการ

วิเคราะห์หาสารหนู (As) ในน้ำโดยวิธีการฟอกจางสีไอโอดีนในน้ำแบ่งที่ความเข้มข้นของสารหนู(As) ระหว่าง 25 - 400 µg/L ใช้โหมตสีแดงในการวิเคราะห์ แต่ถ้ากรณีที่ความเข้มข้นของสารหนูต่ำมาก จะใช้โหมตสีขาวในการวิเคราะห์

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

Torres A. R., et.al. (2011) ได้ไทเทรตหาปริมาณกรดในไวน์แดงโดยนำเทคนิคการถ่ายภาพดิจิทัลเข้ามาประยุกต์ใช้แทนการสังเกตสีของอินดิเคเตอร์ ในการวิเคราะห์เมื่อทำการไทเทรตและถ่ายภาพการเปลี่ยนแปลงสีของ Anthocyanines ที่อยู่ในไวน์ในสภาวะ pH ต่าง ๆ นำค่าแม่สี R, G และ B ที่ได้มาสร้างกราฟการไทเทรตอนุพันธ์อันดับสองเพื่อหาจุดยุติ เปรียบเทียบผลกับวิธีไทเทรตแบบวัดค่าศักย์ไฟฟ้า (Potentiometric titration) ตัวอย่างจะถูกเจือจางให้มี pH อยู่ในช่วง 8.2 - 8.4 ก่อนจะนำไปไทเทรตกับ NaOH จากผลการวิเคราะห์พบว่ามีความเชื่อมั่น (t-test) อยู่ที่ร้อยละ 95 แสดงให้เห็นว่าผลการทดลองสอดคล้องกับวิธีมาตรฐาน

กรอบแนวคิด

ตัวแปรอิสระ

1. ระบบการตรวจวัดค่าแม่สี RGB โดยมีปัจจัยที่จะศึกษา ได้แก่ ขนาดและรูปทรงของกล่องสำหรับติดตั้งโทรศัพท์เพื่ออ่านค่าแม่สี ปริมาตรของตัวอย่างที่นำมาอ่านค่าแม่สี
2. การหาค่าความเป็นกรดโดยการไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH โดยศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของไทเทรนต์ และอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมต่อปฏิกิริยา
4. ค่าแม่สี RGB ของภาพถ่ายผลเซอร์รีกาแพกแพคั่ว และผลไม้จากโทรศัพท์มือถือภายใต้การควบคุมสภาวะการถ่ายภาพ



ตัวแปรตาม

1. ได้สภาวะที่เหมาะสมของระบบการไทเทรตแบบอาศัยการไหลที่ประหยัดเวลาและสารเคมีในการวิเคราะห์ ให้ผลการวิเคราะห์ที่เที่ยงตรงในกรณีทำซ้ำ
2. ได้ระบบการตรวจวัดค่าแม่สี RGB ที่มีขนาดและรูปทรงที่กระทัดรัดและเคลื่อนย้ายง่าย ใช้ปริมาณสารในการอ่านค่าน้อย
3. ได้ค่าความเป็นกรดในเครื่องดื่มแต่ละชนิด อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับวิธีมาตรฐาน
4. ความสม่ำเสมอในระดับการสุกของผลเซอร์รีกาแพค ผลไม้ และความสม่ำเสมอ

สมมุติฐานการวิจัย

1. กล่องวัดค่าสีที่สร้างขึ้นสามารถใช้ตรวจสอบคุณภาพของผลผลิต และเมล็ดกาแฟคั่วได้
2. ระบบไทเทรตแบบอาศัยการไหลโดยอ่านสัญญาณค่าแม่สี RGB ด้วยแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือสามารถวิเคราะห์หาความเป็นกรดในกาแฟและน้ำผลไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ