

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประมวลผลภาพสี

การประมวลผลภาพสี เป็นกระบวนการหนึ่งในการประมวลผลภาพดิจิทัลที่ผู้ใช้ต้องการเน้นในด้านคุณภาพของสีของภาพพิมพ์ ซึ่งโดยปกติมนุษย์สามารถแยกแยะสีได้หลากหลายระดับมากกว่าการแยกแยะสีเทา เนื่องจากเซลล์รับแสงที่เรียกว่า เซลล์รูปกรวย (cone cell) และเซลล์รูปแท่ง (rod cell) ในตามนุษย์ (Gonzalez et al. 2010) เซลล์รับแสงรูปกรวยมี 3 ชนิด คือ เซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดง (red, R) สีเขียว (green, G) และสีน้ำเงิน (blue, B) เมื่อได้รับแสง เซลล์รับแสงทั้งสามถูกกระตุ้นในอัตราส่วนที่ต่างกันขึ้นกับสีและความเข้มของแสงที่ตกกระทบ จากนั้นสมองก็แปลสัญญาณที่แตกต่างกันนั้นเป็นสีที่แตกต่างกัน (Hunt et al. 2011)

การประมวลผลภาพสี สามารถทำการประมวลผลโดยการคำนวณทางคณิตศาสตร์อาศัยหลักการสำคัญเหมือนการมองเห็นสีของตามนุษย์ คือ ข้อมูลภาพสี RGB ได้รับการปรับเป็นภาพดิจิทัล ที่สามารถแทนด้วยฟังก์ชัน 2 มิติ $f(x,y)$ 3 ระบาย แยกเป็นระนาบของสี R สี G และสี B โดย x, y เป็นตำแหน่งหรือโคออดิเนตในระนาบ 2 มิติ ทั้งนี้ค่าของตำแหน่ง (x,y) ใด ๆ จะเรียกว่า ความเข้ม (intensity) ของจุดภาพ (pixel) จากนั้นมีการคำนวณแปลงภาพดิจิทัลของ RGB ไปเป็นขอบเขตสีตามที่ต้องการ อาทิ CMYK ซึ่งเป็นแม่สีทางการพิมพ์ หรือ การแปลงเป็นขอบเขตสี CIELAB ซึ่งเป็นขอบเขตสีที่บ่งบอกถึงความสว่าง (lightness, L^*) สีแดง ($+a^*$) หรือสีเขียว ($-a^*$) สีเหลือง ($+b^*$) หรือสีน้ำเงิน ($-b^*$) และเป็นระบบสีที่ไม่อิงอุปกรณ์ (Hunt et al. 2004) จึงใช้เป็นระบบสีอ้างอิงและนำมาแปลงเป็นระบบสีที่อิงอุปกรณ์ เช่น RGB และ CMYK ได้

2.2 การพิมพ์พ่นหมึก

การพิมพ์พ่นหมึก (ink jet printing) เป็นการพิมพ์แบบไม่สัมผัส อาศัยหลักการทำงานสำคัญของหัวพิมพ์ คือ การพ่นหมึกออกมาเป็นหยดหมึกเล็ก ๆ วิธีการที่ใช้ในการพ่นหมึกมี 2 แบบ คือ แบบพ่นหมึกต่อเนื่อง และแบบพ่นหมึกตามสั่ง (drop on demand) ซึ่งแบบหลังเป็นแบบที่นิยมใช้มาก เพราะหมึกที่พ่นมาแต่ละหยดจะใช้หมดไปตามคำสั่งข้อมูลภาพ การพ่นหมึกตามสั่งอาศัยด้วยความร้อนหรือเพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric) ทำให้เหมาะสมกับการพิมพ์ไปบนวัสดุหลายชนิด (Genina et al. 2013) หมึกพิมพ์ที่ใช้ประกอบด้วยแม่สีหลัก 4 สี คือ สีน้ำเงินเขียว (cyan, C) สีม่วงแดง (magenta, M) สีเหลือง (yellow, Y) และสีดำ (black, K) ที่มีการพ่นหมึกตามคำสั่งของข้อมูลเพื่อให้เกิดการผสมสีตามที่ต้องการ ในปัจจุบันมีการพัฒนาให้สามารถใช้หมึกพิมพ์มากกว่า 4 สี เพื่อให้สามารถพิมพ์งานได้ใกล้เคียงกับภาพที่ต้องการมากขึ้น

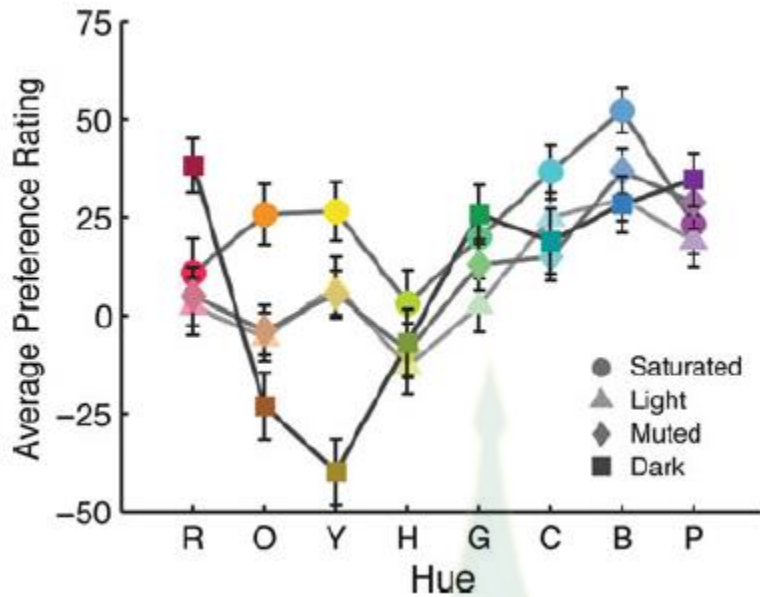
2.3 คุณภาพและสีของมะม่วงน้ำดอกไม้

Wattanawan et al. (2014) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความสุกและคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* L. var. Namdokmai) ส่งออกของไทย จากจังหวัดจันทบุรี โดยมะม่วงที่นำมาศึกษามีอายุการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ 91-119 วัน ผลการศึกษาพบว่า ความเป็นสีเหลือง (yellowing) หรือ b^* ในค่าสี $L^*a^*b^*$ หรือค่าสีในระบบ CIELAB ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เป็นตัวชี้วัดความสุกได้ดี

Jha et al. (2004) ทำการศึกษาเกี่ยวกับโมเดลของค่าสีสำหรับการประเมินความสุกของมะม่วงแบบไม่ทำลายผล ในการศึกษาที่มีการพิจารณาค่าความเป็นสีเขียว ($-a^*$) และความเป็นสีเหลือง ($+b^*$) จากค่าสี $L^*a^*b^*$ ในการเป็นตัวชี้วัดความสุกของมะม่วงพันธุ์ Dashehari ของประเทศอินเดีย จากสามแหล่งเพาะปลูกในฟาร์มของสถาบันกลางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว (Central Institute of Postharvest Engineering and Technology) โดยนำค่าสี $L^*a^*b^*$ ที่วัดได้จาก 160 ตัวอย่างมาหาโมเดลค่าสีที่แสดงความสัมพันธ์กับค่าระดับความหวานของมะม่วงเมื่อสุก เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดความสุกของมะม่วง จากนั้นมีการทดสอบผลความชอบในรสชาติเพื่อยืนยันตัวชี้วัดความสุกที่เหมาะสม โดยใช้กลุ่มทดสอบการชิม ชิมมะม่วงที่มีทั้งสุกและไม่สุกปะปนกัน ผลการศึกษาพบว่า ผู้ชิมชอบรสชาติมะม่วงสุกในระดับปานกลางมากที่สุด ไม่สุกหรือดิบเกินไป

2.4 ความชอบสี

ความชอบสี (color preference) หมายถึง ความพอใจในสีมากน้อยอย่างไร โดยทั่วไปมีวิธีการในการหาความชอบสีได้ 3 วิธี วิธีแรก ผู้ทดสอบถูกถามคำถามว่าสีไหนที่ชอบจากสีที่เทียบกันเป็นคู่ๆ จากนั้นพิจารณาความเป็นไปได้โดยเฉลี่ยของความชอบสีเทียบจากทั้งหมด วิธีที่สอง ผู้ทดสอบดูสีตัวอย่างแล้วจัดอันดับตั้งแต่ชอบมากที่สุดไปถึงชอบน้อยที่สุด จากนั้นค่าเฉลี่ยที่ได้ของการจัดอันดับของทั้งหมดจะเป็นตัวบอกถึงสีที่ชอบมากที่สุดไปถึงสีที่ชอบน้อยที่สุด และวิธีที่สาม ผู้ทดสอบดูสีตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบตามสเกล อาทิ 1-5, 1-7 เป็นต้น ค่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้จะเป็นตัวบอกถึงความชอบมากหรือน้อย ค่าความสัมพันธ์สูงเมื่อผู้ทดสอบให้ความชอบสีที่เหมือนกันระหว่างวิธีการวัดทั้งสามแบบ (Palmer et al. 2015) ความชอบสีโดยเฉลี่ยส่วนใหญ่จะแสดงในมิติ 3 มิติของสี คือ สีสัน (hue หรือสีอะไร), ความอิ่มตัวสี (saturation หรือความสดใส ความบริสุทธิ์ของสี) และความสว่างของสี (lightness หรือ ความสว่างหรือมืดของสี) ตัวอย่างเช่น ภาพที่ 2.1 ค่าเฉลี่ยความชอบใน 32 เฉดสี ที่ประกอบด้วย 8 สีสัน คือ สีแดง (red, R) สีส้ม (orange, O) สีเหลือง (yellow, Y) สีเหลือง-เขียว (chartreuse, H) สีเขียว (green, G) สีฟ้า (cyan, C) สีน้ำเงิน (blue, B) และสีม่วง (purple, P) ในเฉดสีที่มีความอิ่มตัวสีสูง (saturated) สว่าง (light) ความอิ่มตัวสีต่ำ (muted) และความสว่างน้อย (dark) แสดงให้เห็นว่า สีน้ำเงินและสีเหลืองมีความแตกต่างด้านความชอบสีมาก คนชอบสีน้ำเงินเข้มข้นมากกว่าสีเหลืองที่เหลืองขึ้น ขณะที่สีแดงและสีเขียวมีความแตกต่างด้านความชอบโดยเฉลี่ยน้อย โดยทั่วไป คนชอบสีที่อิ่มตัวมากกว่าสีที่ไม่อิ่มตัว รวมทั้งสีที่ไม่สว่างมากนัก



ภาพที่ 2.1 สีล้วน และความชอบสีโดยเฉลี่ย

ที่มา: Palmer et al. 2015

ความชอบสีของผู้บริโภคเป็นสิ่งสำคัญที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลไม้หรือผักที่ผู้บริโภคสนใจชื้อ นายดอเบิร์แซนสกีและคณะ (Dobrzanski et al., 2008) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของวิธีการบรรจุต่อการรับรู้สีเพื่อปรับปรุงการมองเห็นสีของผักและผลไม้ โดยทำการบรรจุผักและผลไม้ในตาข่ายที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด มีทั้ง สีแดง สีส้ม สีขาว เป็นต้น แล้ววัดค่าสีในระบบ CIELAB ผลการศึกษาพบว่า ถ้าใช้ตาข่ายสีแดงบรรจุส้มสีเหลืองที่ยังไม่สุกจะมีผลทำให้ความสว่างของสีของผลส้มลดลงหรือสีมีความอึมครึมมากขึ้น นอกจากนี้ในการศึกษา ยังพบว่า ค่า a^* หรือค่าสีแดง-เขียว เป็นค่าที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้สีของมนุษย์ในด้านผลไม้ด้วย นอกจากนี้แล้ว ลักษณะของสีที่ปรากฏของผลไม้ใช้เป็นดัชนีระบุถึงความสุขด้วย เช่น ดัชนีการสุกของมะม่วงตามระดับที่กำหนดของฟาร์มในประเทศมาเลเซีย แบ่งเป็น 6 ระดับตามสีของเปลือกมะม่วง ดังนี้ (Yahaya, et al., 2014)

- ระดับที่ 1 สีสีเขียวทึบ หมายถึง ยังไม่สุก
- ระดับที่ 2 สีเขียวสว่าง หมายถึง เริ่มสุก
- ระดับที่ 3 สีเหลือง-เขียว หมายถึง เริ่มสุกเพิ่มขึ้น
- ระดับที่ 4 สีเหลืองปนเขียวเล็กน้อย หมายถึง เกือบสุก
- ระดับที่ 5 สีเหลืองทั้งใน หมายถึง สุก
- ระดับที่ 6 สีเหลืองปนส้มเล็กน้อย หมายถึง สุกมาก

2.4 สภาพแสงในการมองเห็นสี

โดยทั่วไป ในการมองเห็นสีของมนุษย์ มีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ แสง วัตถุที่มีสี และตามนุษย์ แสงสว่างที่ใช้มีทั้งแสงสว่างจากธรรมชาติ คือ ดวงอาทิตย์ และแสงจากหลอดไฟ อาทิ หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ หลอดไฟทังสเตน หลอดไฟ LED เป็นต้น หลอดไฟ LED เป็นหลอดไฟที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน เนื่องจากช่วยลดพลังงานในการใช้ไฟ ในการวิจัยนี้จึงใช้หลอด LED เป็นแหล่งให้แสงสว่างด้วย สำหรับอุณหภูมิสีและความส่องสว่างที่ใช้ ซึ่งมีการใช้สภาพแสงในการมองเห็นสีแตกต่างกันไป เช่น ในการศึกษาของนายฮวง และคณะ (Huang et al. 2017) เกี่ยวกับอุณหภูมิสีและความส่องสว่างของหลอดไฟ LED ที่มีผลต่อการรับรู้ภาพของมนุษย์ มีการใช้สภาพแสงอ้างอิงที่อุณหภูมิสี 6500 K ความส่องสว่าง 400 Lux ในการจับภาพด้วยกล้องดิจิทัลที่ระยะห่าง 30 เซนติเมตร จากแถบสีทดสอบ (color checker) การศึกษาของนายแดนกอล (Dangol, R. 2015) เกี่ยวกับความชอบของผู้ทดสอบในการทำงานภายใต้สภาพแสงต่าง ๆ กันที่มีการปรับอุณหภูมิสี 3 แบบ ได้แก่ 2700 K, 4000K และ 6500 K และความส่องสว่าง 2 ระดับ ได้แก่ 300 และ 500 Lux จากการศึกษาพบว่า สภาพแสงที่ผู้ทดสอบชอบ คือที่อุณหภูมิสี 4000 และ 6500 K มากกว่า ที่ อุณหภูมิสี 2700 K และระดับความส่องสว่างที่ 500 Lux มากกว่า 300 Lux นอกจากนี้แล้วพบว่า การมองภาพพิมพ์หรือภาพถ่ายตามมาตรฐาน ISO 3664: 2009 กำหนดมาตรฐานสภาพแสงที่ใช้ในการมองภาพที่อุณหภูมิสี 5000 K ความส่องสว่าง 2 ระดับ คือ 2000 Lux และ 500 Lux ทั้งนี้ ความส่องสว่างแรกเหมาะสำหรับการมองเพื่อเปรียบเทียบภาพ ขณะที่ความส่องสว่างที่สองเหมาะสำหรับการมองเพื่อประเมินภาพ (Green, P., 2010) อย่างไรก็ตาม มาตรฐานการมองเห็นภาพของ ASTM D1729-2016 ระบุการใช้สภาพแสงที่ อุณหภูมิสี 6500 K และเป็นอุณหภูมิสีที่นิยมใช้มากในการมองภาพพิมพ์และภาพถ่ายในหลายอุตสาหกรรม อาทิ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมรถยนต์ เป็นต้น (GTI graphic technology, Inc. 2017) ดังนั้นสภาพแสงในการมองคุณภาพในการศึกษานี้ ใช้สภาพแสงที่อุณหภูมิสี 6500 K และความส่องสว่างแสงที่ 500 Lux

2.5 ความแตกต่างของสี

เนื่องจากการประเมินสีมีค่าสีที่เป็นตัวเลขหลายค่า โดยทั่วไปการประเมินความแตกต่างของสี (color difference, ΔE^*_{ab}) เป็นการเทียบความแตกต่างของสีที่ต้องการกับสีมาตรฐานหรือสีอ้างอิง ถ้าเป็นค่าสีในระบบสี CIELAB หรือค่าสีที่แสดงเป็น ค่า L^* , a^* และ b^* ค่าความแตกต่างของสีที่ใช้เป็น ΔE^*_{ab} ที่มีค่าความแตกต่างของสีคำนวณตามสมการที่ 2.1 (Hunt, 2011)

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \dots\dots\dots(2.1)$$

โดยที่ ΔE^*_{ab} เป็นค่าความแตกต่างของสีในระบบสี CIELAB ของสีตัวอย่างและสีอ้างอิง
 ΔL^* เป็นค่าความแตกต่างด้านความสว่างของสีตัวอย่างกับสีอ้างอิง

Δa^* เป็นค่าความแตกต่างด้านสีแดงและสีเขียวของสีตัวอย่างและสีอ้างอิง

Δb^* เป็นค่าความแตกต่างด้านสีเหลืองและสีน้ำเงินของสีตัวอย่างและสีอ้างอิง

นอกจากนี้แล้วค่าความแตกต่างของสีสัน (ΔH^*_{ab}) และความแตกต่างของความอิ่มตัวสี (ΔC^*_{ab}) มีความสำคัญในการพิจารณาข้อมูลสีที่เปลี่ยนแปลงด้วย (Dharavath et al., 2018) ทั้งนี้สมการที่ใช้ในการคำนวณ ΔH^*_{ab} ตามสมการที่ 2.2 และ 2.3 และ ΔC^*_{ab} ตามสมการที่ 2.4

$$\Delta H^*_{ab} = \sqrt{\Delta L^*_{ab*2} + \Delta a^*2 + \Delta b^*2} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$= \sqrt{\Delta a^*2 + \Delta b^*2 + \Delta L^*_{ab*2} } \dots\dots\dots(2.3)$$

โดยที่ ΔH^*_{ab} เป็นค่าความแตกต่างของสีสันในระบบสี CIELAB ของสีตัวอย่างและสีอ้างอิง

ΔE^*_{ab} เป็นค่าความแตกต่างของสีในระบบสี CIELAB ของสีตัวอย่างและสีอ้างอิง

ΔL^* เป็นค่าความแตกต่างด้านความสว่างของสีตัวอย่างกับสีอ้างอิง

Δa^* เป็นค่าความแตกต่างด้านสีแดงและสีเขียวของสีตัวอย่างและสีอ้างอิง

Δb^* เป็นค่าความแตกต่างด้านสีเหลืองและสีน้ำเงินของสีตัวอย่างและสีอ้างอิง

ΔC^*_{ab} เป็นค่าความอิ่มตัวของสีในระบบสี CIELAB ของสีตัวอย่างและสีอ้างอิง

$$\Delta C^*_{ab} = \sqrt{\Delta a^*2 + \Delta b^*2} \dots\dots\dots(2.4)$$

โดยที่ ΔC^*_{ab} เป็นค่าความอิ่มตัวของสีในระบบสี CIELAB ของสีตัวอย่างและสีอ้างอิง

Δa^* เป็นค่าความแตกต่างด้านสีแดงและสีเขียวของสีตัวอย่างและสีอ้างอิง

Δb^* เป็นค่าความแตกต่างด้านสีเหลืองและสีน้ำเงินของสีตัวอย่างและสีอ้างอิง

จากการวิจัยของนายดาราวาทและคณะ (2018) ในการเปรียบเทียบคุณภาพสีของงานพิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์พ่นหมึกและระบบอิเล็กทรอนิกส์กราฟิ ในระบบการจัดการสีแบบดิจิทัล โดยเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ใช้เป็นเครื่อง EPSON StylusPro 7990 (Spectro-Proof) และเครื่องพิมพ์เลเซอร์ที่ใช้ เป็นเครื่อง Konica- Minolta (KM) C6000bizHub color printer (or digital press) ในการศึกษาพบว่า คุณภาพของงานพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัลที่ต่างกันมีคุณภาพของภาพที่ให้ค่าความแตกต่างของสีที่ยอมรับได้เมื่อเทียบกับภาพพิมพ์ที่ได้ในระบบการพิมพ์ออฟเซตตามระบบ ISO 12647-7 ต่างกัน ตัวอย่างเช่น ค่าความแตกต่างของสี ΔE^*_{ab} โดยเฉลี่ยของทุกสี R, G, B, C, M, Y, K ตาม ISO 12647-7

คือ 3.00 ส่วนของภาพพิมพ์ที่ได้จากระบบการพิมพ์พ่นหมึกและระบบเลเซอร์ เท่ากับ 2.13 และ 5.56 ตามลำดับ โดยค่าความแตกต่างของสีสัน (ΔH^*_{ab}) สำหรับแม่สี C, M, Y และ K ตาม ISO 12647-7 เท่ากับ 2.50 ขณะที่จากการพิมพ์พ่นหมึกและเลเซอร์ เท่ากับ 3.09 และ 1.61 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ดังนั้นในการวิจัยที่ทำการศึกษาคั้งนี้ ใช้ค่าความแตกต่างสี และความแตกต่างของสีสัน สำหรับเปรียบเทียบภาพพิมพ์จากการพิมพ์พ่นหมึก ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าความแตกต่างสี และ ค่าความแตกต่างสีสัน ของภาพพิมพ์ที่ได้จากการพิมพ์พ่นหมึกและการพิมพ์เลเซอร์ เมื่อเทียบกับภาพพิมพ์อ้างอิงตาม ISO 12647-7

รายการ	ISO 12647-7	การพิมพ์พ่นหมึก	การพิมพ์เลเซอร์
ค่าความแตกต่างสี (ΔE^*_{ab})	3.00	2.13	5.56
ค่าความแตกต่างของสีสัน (ΔH^*_{ab}) ของแม่สี C, M, Y, K	2.50	3.09	1.61

ที่มา: ปรับปรุงจาก Dharavath et al., 2018

