

การวิเคราะห์วัสดุเม็ดสีชีวภาพในเนื้อเยื่อพืชโดยใช้ภาพสีดิจิทัล

ANALYSIS OF BIO-PIGMENT MATERIALS IN PLANT TISSUE USING DIGITAL
COLOR IMAGE



โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุนาโน

วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF THE ANALYSIS OF BIO-PIGMENT MATERIALS IN
PLANT TISSUE USING DIGITAL COLOR IMAGE



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING
IN NANOMATERIAL ENGINEERING
COLLEGE OF NANOTECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2015

COLLEGE OF NANOTECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การวิเคราะห์วัสดุเม็ดสีชีวภาพในเนื้อเยื่อพืชโดยใช้ภาพสื่อดิจิตอล
นักศึกษา	นายกุลภาค มั่นไทรทอง
รหัสประจำตัว	55110008
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมวัสดุนาโน
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.กนกพร สมพรไพลิน

บทคัดย่อ

ความแตกต่างของสีในพืชเกิดจากการสะสมของวัสดุเม็ดสีชีวภาพหลายชนิดในเนื้อเยื่อพืชเช่น คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี แคโรทีนอยด์ และ ฟลาโวนอยด์ โดยทั่วไปการตรวจสอบระดับค่าเม็ดสีชีวภาพ ซึ่งบ่งบอกถึงสีของพืชใช้การสกัดทางเคมี และตามด้วยการตรวจสอบทางกายภาพ กระบวนการตรวจสอบนี้ ประกอบด้วยหลายขั้นตอนที่มีความซับซ้อน และตัวอย่างที่ตรวจสอบจะถูกทำลาย นอกจากนี้ การตรวจสอบวัสดุเม็ดสีชีวภาพ ในแปลงทดลองโดยตรง อาจทำได้ไม่สะดวก การวิเคราะห์สีของภาพถ่ายพืช ที่สัมพันธ์กับระดับเม็ดสีชีวภาพได้มีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการบันทึกภาพสี ข้อมูลของภาพถ่ายดิจิตอลซึ่งแสดงในรูปแบบปริมาณและคุณภาพของสีในค่า อาร์จีบี ข้อมูลของตัวอย่างเหล่านี้ นำใช้สำหรับการปรับค่าในสมการคณิตศาสตร์ ความสัมพันธ์ ระหว่างค่าอาร์จีบี หรือ ค่าอาร์จีบี ที่ถูกปรับแล้ว และ ค่าระดับเม็ดสีชีวภาพ จะถูกวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสม สำหรับการวิเคราะห์วัสดุเม็ดสีชีวภาพ ในเนื้อเยื่อพืช

Special Project Title	Analysis of bio-pigment materials in plant tissue using digital color image
Student	Mr. Kullapak Munsaitong
Student ID	55110008
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Nanomaterial Engineering
Year	2015
Special Project Advisor	Associate Professor Dr. Kanokporn Sompornpailin

ABSTRACT

Difference in plant colors are affected by accumulating levels of various bio-pigment materials in plant tissue such as chlorophyll A, chlorophyll B, carotenoid and flavonoids. Bio-pigment levels are usually determined by using chemical extraction and followed by using physical detection method. These processes are not only composed of several complicated steps, but are also uncomfortable to directly analyze bio-pigment materials of plant in the field. In this research, similar color of leaf samples is classified in the same group. Digital image data in RGB values of each group are produced by color scanner. The digital data of several samples are converted in mathematic equations. The same sample was performed the chemical extraction of each bio-pigment. The relationships between RGB or modified RGB values and extracted bio-pigment values were analyzed. HSL modified color system showed high correlation with chlorophyll A, carotenoid and anthocyanin under specific equations. XYZ modified color system showed high correlation with chlorophyll B under specific equations. in order to find a suitable method for image analysis of bio-pigment materials in plant tissue.

กิตติกรรมประกาศ

การทำงานวิจัยฉบับนี้สามารถเกิดขึ้นมาได้ด้วยดีนั้นเป็นผลมาจาก การคอยอบรมสั่งสอนจาก รศ.ดร. กนกพร สมพรไพสิน ทั้งทางด้านความรู้ การใช้ชีวิตอย่างมีจริยธรรม ตลอดจนความรู้ทางด้านต่างๆอีกมากมาย รวมทั้งความช่วยเหลือด้วยดีจากพี่ๆในห้องวิจัยทุกท่าน คำแนะนำและกำลังใจจากเหล่าพี่ น้อง เพื่อนๆ ทุกท่าน ผู้วิจัยจึงต้องขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ บิดา มารดา ตลอดจนทุกคนในครอบครัวที่เป็นแรงผลักดัน หล่อหลอมจนข้าพเจ้าสามารถเป็นส่วนหนึ่งของวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จนสามารถประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดี



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญ(ต่อ)	V
สารบัญ(ต่อ)	VI
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญตาราง(ต่อ).....	VIII
สารบัญภาพ.....	IX
สารบัญภาพ(ต่อ)	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	1
1.4 สมมติฐานงานวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการดำเนินการ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	3
2.1 ทฤษฎีสี.....	3
2.1.1 วงสีธรรมชาติ (Natural order of color)	3
2.1.2 การผสมสี.....	4
2.1.2.1 การผสมสีแบบบวก (Additive Color Mixing)	4
2.1.2.2 การผสมสีแบบลบ (Subtractive Color Mixing)	5
2.1.3 สีที่เป็นกลาง (Neutral Colors)	7
2.1.4 ทฤษฎีสีของมันเชลล์ (The Munsell Colors System)	8
2.1.4.1 ค่า Hue.....	9
2.1.4.2 ค่า Value.....	10
2.1.4.3 ค่า Chroma.....	11
2.1.5 ระบบของสี.....	11
2.1.5.1 ระบบสี RGB.....	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.5.2 ระบบสี XYZ.....	12
2.1.5.3 ระบบสี CMYK.....	12
2.1.5.4 ระบบสี HSL.....	13
2.1.5.5 ระบบสี L*a*b*.....	13
2.1.5.6 ระบบสี HSV.....	13
2.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกภาพ.....	14
2.2.1 หลักการทำงานของเครื่องสแกน (Scanner)	14
2.2.2 หลักการทำงานของกล้อง.....	15
2.3 ประเภทและนามสกุลของไฟล์ภาพ.....	15
2.3.1 ประเภทของไฟล์ภาพ.....	15
2.3.1.1 ภาพกราฟิกแบบราสเตอร์ (Raster Graphics)	15
2.3.1.2 ภาพกราฟิกแบบเวกเตอร์ (Vector Graphics)	16
2.3.2 นามสกุลของไฟล์ภาพ.....	17
2.3.2.1 ไฟล์นามสกุล PNG (Portable Network Graphics)	17
2.3.2.2 ไฟล์นามสกุล JPG (Joint Photographer's Experts Group)	17
2.3.2.3 ไฟล์นามสกุล BMP (Window Bitmap)	17
2.3.2.4 ไฟล์นามสกุล JPX (Joint Photographic Experts Group)	17
2.3.2.5 ไฟล์นามสกุล TIFF (Tagged Image File Format)	17
2.3.2.6 ไฟล์นามสกุล GIF (Graphics Interlace File)	18
2.3.2.7 ไฟล์นามสกุล WMF (Windows MetaFile)	18
2.3.2.8 ไฟล์นามสกุล EPS (Encapsulated PostScript)	18
2.3.2.9 ไฟล์นามสกุล PCX Z – Soft PC Paintbrush Format.....	18
2.4 วัสดุเม็ดสีชีวภาพในเนื้อเยื่อพืช.....	18
2.4.1 คลอโรฟิลล์.....	18
2.4.2 แคโรทีนอยด์.....	19
2.4.3 ฟลาโวนอยด์.....	20
2.5 หลักการทำงานของ UV-Visible Spectrophotometer.....	21
2.6 ทบทวนวรรณกรรม.....	22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1 การบันทึกภาพถ่ายเนื้อเยื่อพืชในระบบดิจิทัลและการจัดการข้อมูลค่าสี.....	25
3.1.1 การบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกน.....	25
3.1.2 การจัดการข้อมูลค่าสี.....	25
3.1.2.1 การจัดการแปลงข้อมูลค่าสีจากระบบสี RGB ไปเป็นระบบสี XYZ.....	26
3.1.2.2 การจัดการแปลงข้อมูลค่าสีจากระบบสี RGB ไปเป็นระบบสี HSL.....	28
3.2 การสกัดหาปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพในเนื้อเยื่อพืช.....	29
3.2.1 การสกัดสารคลอโรฟิลล์ A คลอโรฟิลล์ B และแคโรทีนอยด์.....	29
3.2.2 การสกัดสารกลุ่มฟลาโวนอยด์.....	29
3.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีเฉลี่ยกับปริมาณสารสกัด.....	30
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	31
4.1 ข้อมูลภาพใบพืชที่ได้จากการบันทึกภาพ.....	31
4.2 ข้อมูลค่าสีที่ได้จากการทดลอง.....	32
4.3 ปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพที่ได้จากการทดลอง.....	34
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสมการค่าสีกับปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพ.....	34
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	45
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	45
5.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย.....	45
บรรณานุกรม.....	46
ประวัติผู้เขียน.....	47

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงการตั้งค่าเครื่องสแกน.....	25
3.2 แสดงเมทริกซ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนค่าสี.....	27
3.3 แสดงสมการที่นำมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพชนิดต่างๆ.....	30
4.1 แสดงภาพถ่ายใบต้นคริสติน่าในกลุ่มต่างๆ.....	31
4.2 แสดงค่าสี RGB เฉลี่ยของใบต้นคริสติน่า.....	32
4.3 แสดงค่าสี HSL เฉลี่ยของใบต้นคริสติน่า.....	33
4.4 แสดงค่าสี XYZ เฉลี่ยของใบต้นคริสติน่า.....	33
4.5 แสดงปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพที่ได้จากการทดลองในหน่วย($\mu\text{g}/\text{gF.W.}$)	34
4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับสมการค่าสีในระบบ RGB.....	35
4.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับสมการค่าสีในระบบ XYZ.....	35
4.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับสมการค่าสีในระบบ HSL.....	36
4.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์บีกับสมการค่าสีในระบบ RGB.....	37
4.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์บีกับสมการค่าสีในระบบ XYZ.....	37
4.11 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์บีกับสมการค่าสีในระบบ HS.....	38
4.12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณแคโรทีนอยด์กับสมการค่าสีในระบบ RGB.....	39
4.13 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณแคโรทีนอยด์กับสมการค่าสีในระบบ XYZ.....	39
4.14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณแคโรทีนอยด์กับสมการค่าสีในระบบ HSL.....	40
4.15 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณไซยานิดินกับสมการค่าสีในระบบ RGB.....	41

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.16 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณไซยานิดินกับสมการค่าสีในระบบ XYZ.....	41
4.17 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณไซยานิดินกับสมการค่าสีใน HSL.....	42
4.18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณเพลาร์โกนิตินกับสมการค่าสีในระบบ RGB.....	43
4.19 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณเพลาร์โกนิตินกับสมการค่าสีในระบบ XYZ.....	43
4.20 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณเพลาร์โกนิตินกับสมการค่าสีในระบบ HSL.....	44



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงการฉายแสงขาวผ่านปริซึม.....	3
2.2 แสดงวงสีธรรมชาติ.....	4
2.3 แสดงการผสมสีแบบบวก.....	5
2.4 แสดงการผสมสีแบบลบ.....	5
2.5 แสดงแผนภูมิสีปฐมภูมิ.....	6
2.6 แสดงแผนภูมิสีทุติยภูมิ.....	6
2.7 แสดงแผนภูมิสีตติยภูมิ.....	7
2.8 แสดงสีที่เป็นกลาง.....	8
2.9 การกระจายของสีจากทฤษฎีสีของมันเชลล์.....	8
2.10 แสดงสีหลักในวงจสีของมันเชลล์.....	9
2.11 แสดงการผสมกันของสีตามเข็มนาฬิกา.....	10
2.12 แสดงการกำกับตัวเลขและตัวอักษรลงไปในแต่ละสี.....	10
2.13 แสดงลักษณะค่า Value ที่ 1 – 9 ของสีม่วงแดง.....	11
2.14 แสดงค่า Chroma ที่ถูกไล่จากอ่อนไปแก่.....	11
2.15 แสดงความแตกต่างระหว่างระบบสี HSV กับระบบสี HSL.....	14
2.16 แสดงภาพกราฟิกแบบบราสเตอร์.....	16
2.17 แสดงภาพกราฟิกแบบเวคเตอร์.....	16
2.18 แสดงโครงสร้างของคลอโรฟิลล์เอ.....	19
2.19 แสดงโครงสร้างของแคโรทีนอยด์ชนิดต่างๆ.....	20
2.20 แสดงโครงสร้างของสารฟลาโวนอยด์ชนิดต่างๆ.....	21
2.21 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง UV – Vis spectrophotometer	22
2.22 แสดงสมการที่ใช้ในการหาค่าแกนในแผนภูมิโครมาติกซิตี.....	22
2.23 แสดงการแปลงค่าแกนไปเป็นความยาวคลื่น.....	23
2.24 แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับปริมาณสารคลอโรฟิลล์.....	23
2.25 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างสารสกัดจริงกับค่าจากสมการ	24
3.1 แสดงการเลือกตำแหน่งที่ต้องการวิเคราะห์ค่าสี RGB.....	25
3.2 แสดงฮิสโตแกรมของภาพถ่ายใบต้นคริสติน่า.....	26
3.3 แสดงการหารค่า RGB ด้วย 255.....	26
3.4 แสดงฟังก์ชันที่ใช้ในการเปรียบเทียบ.....	27

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.5 แสดงการแปลงค่าระบบสี RGB ไปเป็นระบบสี XYZ.....	27



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การหาปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพชนิดต่างๆจากเนื้อเยื่อพืชนั้นมีด้วยกันหลายวิธี แต่เนื่องจากวิธีที่นิยมใช้ในการสกัดส่วนมากนั้น จำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องมืออุปกรณ์รวมถึงสารเคมีอีกหลายๆ ชนิดจึงไม่สะดวก ต่อการทำงานในพื้นที่ห่างไกลและยากแก่การเข้าถึง ในงานวิจัยฉบับนี้ทำการหาปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพ ในเนื้อเยื่อพืชจากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายในระบบดิจิทัล ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายในระบบดิจิทัลนั้นมีข้อดีในเรื่องการเก็บข้อมูลซึ่ง การเก็บข้อมูลด้วยการบันทึกภาพนั้นสามารถทำได้สะดวก รวดเร็ว แม้ในพื้นที่ที่ไม่เอื้ออำนวยทั้งทางด้านอุปกรณ์และสารเคมี อีกทั้งยังเป็นวิธีที่ประหยัดไม่จำเป็นต้องใช้ความเชี่ยวชาญในการสกัดสารมากนัก ทั้งนี้การหาค่าสมการที่มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ภาพสื่อดิจิทัลที่สัมพันธ์กับปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพนั้น มีความสำคัญต่อความถูกต้องในการวิเคราะห์ภาพ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพเปรียบเทียบกับกรวิเคราะห์จากค่าสี ในระบบสีหลายๆระบบได้แก่ ระบบสี XYZ ระบบสี HSL ระบบสี $L^*a^*b^*$ ระบบสี HSV แล้วหาระบบสีที่สามารถทำนายปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพ ได้ดีที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาเงื่อนไขของการบันทึกภาพถ่ายเนื้อเยื่อพืช
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการแปลงค่าสีของระบบสีชนิดต่างๆ จากข้อมูลการบันทึกภาพถ่ายเนื้อเยื่อพืช
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในเนื้อเยื่อพืช
- 1.2.4 เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพชนิดอื่นๆ (แคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์)

1.3 แผนการดำเนินงานวิจัย

- 1.3.1 การดำเนินการศึกษาเงื่อนไขของการบันทึกภาพถ่ายเนื้อเยื่อพืช
- 1.3.2 การดำเนินการศึกษาการแปลงค่าสีของระบบสีชนิดต่างๆ จากข้อมูลการบันทึกภาพถ่ายเนื้อเยื่อพืช
- 1.3.3 การดำเนินการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในเนื้อเยื่อพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.4 การดำเนินการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพชนิดอื่นๆ (แคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์)

1.4 สมมติฐานของงานวิจัย

เนื้อเยื่อพืชมีสีแตกต่างกัน นั้นเป็นผลมาจากวัสดุเม็ดสีชีวภาพชนิดต่างๆ ในเนื้อเยื่อพืชซึ่งการที่เราจะทราบว่ามีเนื้อเยื่อมี วัสดุเม็ดสีชีวภาพมากหรือน้อยนั้นเราสามารถสังเกตคร่าวๆ ได้ด้วยความเข้มของสีเนื้อเยื่อนั้นเอง ด้วยความที่ในเนื้อเยื่อพืชล้วนประกอบไปด้วยเม็ดสีหลายชนิดได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี แคโรทีนอยด์ ซึ่งการที่เราจะทราบปริมาณเฉพาะเจาะจงของวัสดุเม็ดสีชีวภาพแต่ละชนิดด้วยการใช้การดูเพียงความเข้มของสีด้วยดวงตาค่อนข้างจะทำได้ยาก ในงานวิจัยนี้ใช้การหาค่าเฉลี่ยของค่าสีในระบบต่างๆ เพื่อหาความสัมพันธ์กับค่าปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพที่มีอยู่จริง เพื่อหาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ในการเปลี่ยนค่าเฉลี่ยของค่าสีในระบบต่างๆ ไปเป็นปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพที่มีอยู่จริง ทำให้สะดวกต่อการหาค่าปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพ

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 ศึกษาหาเงื่อนไขที่ใช้ในการบันทึกภาพจากเนื้อเยื่อพืช

1.5.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกภาพ

1.5.1.2 ชนิดไฟล์ที่ใช้ในการบันทึกภาพ

1.5.2 ศึกษาการแปลงค่าสีของระบบสีชนิดต่างๆจากข้อมูลการบันทึกภาพเนื้อเยื่อพืช

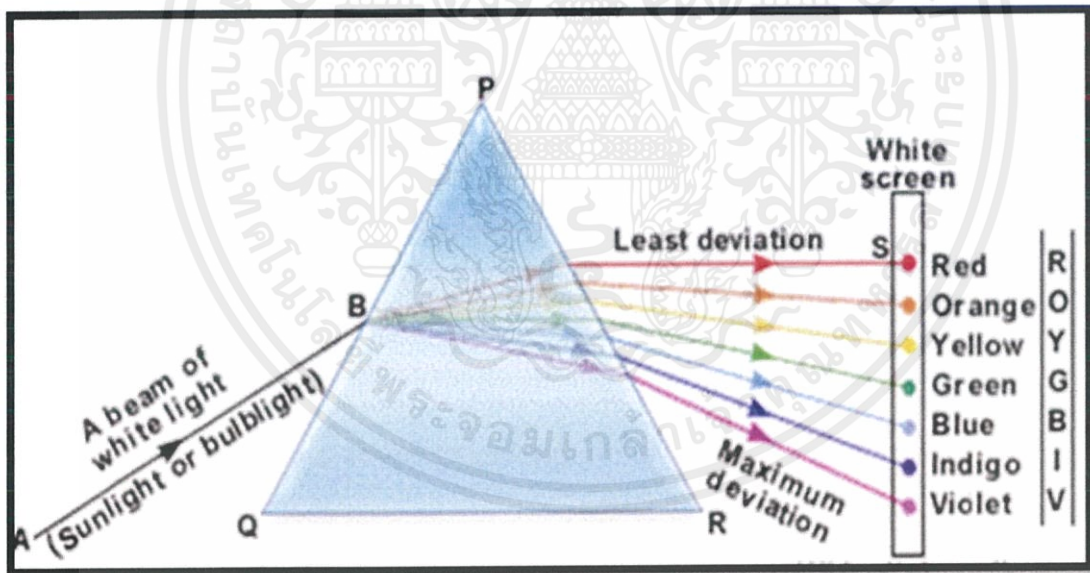
1.5.3 ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในเนื้อเยื่อพืช

1.5.4 ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพชนิดอื่นๆ (แคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์)

ทัศนวิสัยและหลักการ

2.1 ทัศนวิสัย

การมองเห็นสีของวัตถุต่าง ๆ นั้นเกิดจากการที่แสงส่องกระทบวัตถุ แสงที่มีสีเดียวกันกับวัตถุจะถูกสะท้อนกลับออกมาถึงดวงตาของเรา เพราะฉะนั้นการที่เราจะสามารถแยกแยะสีต่าง ๆ นั้นจำเป็นที่จะต้องใช้แสงที่มีองค์ประกอบสีเดียวกันกับวัตถุนั้น ๆ รวมอยู่ด้วย สาเหตุที่ในชีวิตประจำวันของเรามองเห็นสีต่างๆ ได้อย่างชัดเจน เป็นผลมาจากการที่แสงจากดวงอาทิตย์นั้นเป็นแสงสีขาวเมื่อเรานำแสงสีขาวไปส่องผ่านปริซึมแล้วแสงสีขาวจะสามารถแยกสีออกได้เป็น 7 สี คือ แดง ส้ม เหลือง เขียว ฟ้า น้ำเงิน และ ม่วง ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ทำให้เราสามารถแยกแยะสีของสิ่งต่างๆ ได้หลากหลายนั่นเอง ยกตัวอย่างเช่น วัตถุที่มีสีส้มถ้าถูกแสงขาวส่องเข้าไปยังวัตถุนั้น วัตถุจะทำการดูดกลืนแสงทุกแสงสียกเว้นแสงสีเดียวกันกับวัตถุซึ่งแสงสีเดียวกับวัตถุจะถูกสะท้อนออกมาสู่ตาของเรานั้นเองทำให้เราสามารถรู้ได้ว่าสีของวัตถุนี้คือสีส้มนั่นเอง



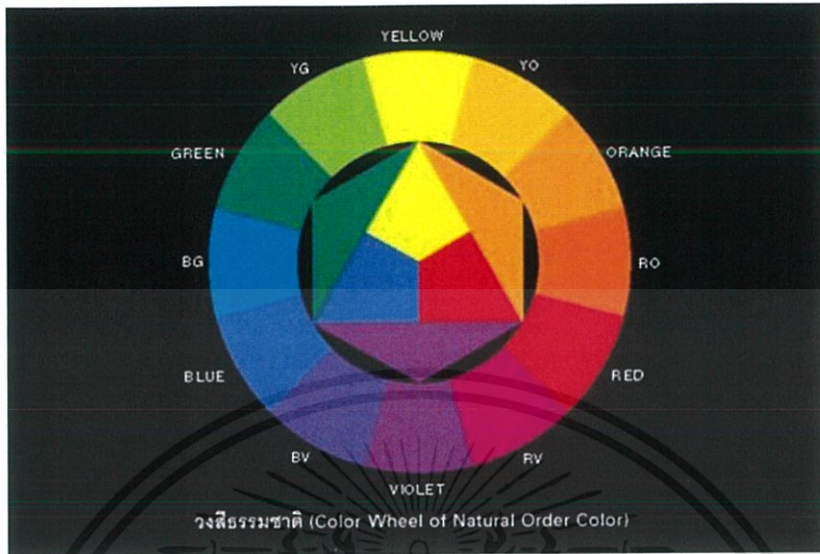
ภาพที่ 2.1 แสดงการฉายแสงขาวผ่านปริซึม [1]

2.1.1 วงสีธรรมชาติ (Natural order of color)

วงสีธรรมชาตินั้นถูกคิดค้นขึ้นโดย เซอร์ ไอแซค นิวตัน ในคริสต์ศักราชที่ 1666 วงสีนี้เกิดจากการนำเอา สีปฐมภูมิ สีทุติยภูมิ สีตติยภูมิ ทั้งหมด 12 สี มารวมกันไว้ในแผนผังวงกลมอันเดียวกันโดยเรียงสีจากอ่อนไปแก่ โดยเราจะเห็นได้ว่าสีที่อ่อนที่สุดจะอยู่ ตรงข้ามกับสีที่แก่ที่สุดในแผนผังวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าสีที่แก่ที่สุดนั่นคือสีม่วงจะอยู่ล่างสุด ซึ่งตรงกันข้ามกับสีที่อ่อนที่สุดพอดี (สีที่อ่อนที่สุดคือสีเหลือง)



ภาพที่ 2.2 แสดงวงสีธรรมชาติ [2]

2.1.2 การผสมสี

การที่สีต่างๆมีจำนวนหลากหลายมากมายมหาศาลนั้นล้วนเกิดมาจากการผสมกันของสีแล้วเกิดเป็นสีใหม่ ซึ่งการผสมสีสามารถแบ่งประเภทการผสมออกกว้างๆ ได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

2.1.2.1 การผสมสีแบบบวก (Additive Color Mixing)

การผสมสีแบบบวกนั้นต่างออกไปจากการผสมสีในงานสีของงานวาดเขียนสาเหตุที่เราเรียกการผสมสีของแสงว่า “การผสมสีแบบบวก” นั้นมีที่มาจากการศึกษาที่ความยาวคลื่นแสงสีต่างๆมีการซ้อนทับกัน จะทำให้เกิดการบวกกันและมีการรวมตัวกันของความยาวคลื่นแสงนั่นเอง ที่ความยาวคลื่นแสงพื้นฐานนั้นคือ สีเขียว สีแดง สีนํ้าเงิน เมื่อนำมาผสมกันจะได้แสงสีใหม่ ดังนี้

แสงสีแดง ผสมกับ แสงสีนํ้าเงิน จะได้ สีแดงแกมม่วง (Magenta)

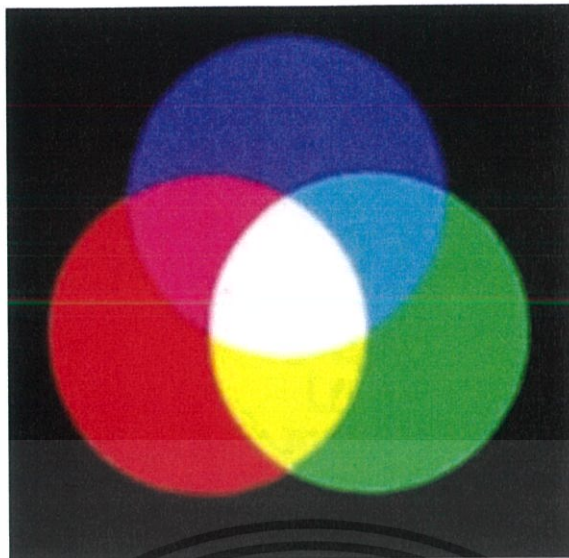
แสงสีแดง ผสมกับ แสงสีเขียว จะได้ สีเหลือง (Yellow)

แสงสีเขียว ผสมกับ สีนํ้าเงิน จะได้ สีนํ้าเงินแกมเขียว (Cyan)

ซึ่งหลักการดังกล่าวนี้ได้มีการนำไปใช้ในหลายๆอย่างที่เกี่ยวข้องกับการใช้แสงส่องสว่างออกมา โดยในปัจจุบันสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ในชีวิตประจำวันหลายชนิดก็มีการใช้หลักการดังกล่าวยกตัวอย่างเช่น

1. จอสมาร์ทโฟน
2. จอโทรทัศน์
3. จอคอมพิวเตอร์ หรือแม้กระทั่งโปรเจคเตอร์ก็ตาม

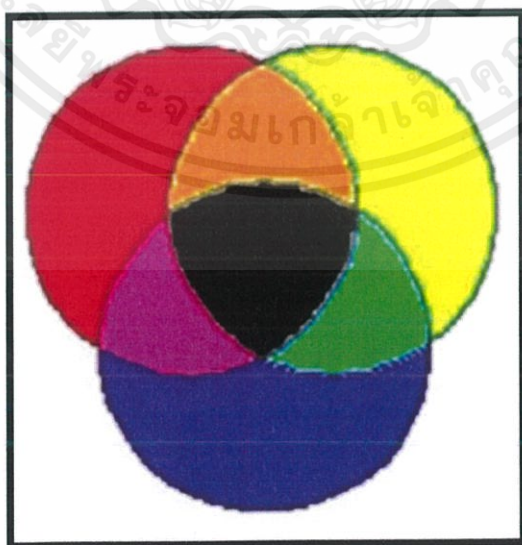
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 แสดงการผสมสีแบบบวก [3]

2.1.2.2 การผสมสีแบบลบ (Subtractive Color Mixing)

การผสมสีแบบลบนั้นต่างจากการผสมสีแบบบวกตรงที่การผสมสีแบบลบนั้นไม่ได้มีความเกี่ยวข้องกับแสงแต่อย่างใดเลย การผสมสีแบบลบนั้นมีที่มาจากการทำงานของสีที่เกิดการผสมกันทำให้เมื่อมีแสงขาวมาตกกระทบจะส่งผลให้แสงที่สะท้อนออกมามีค่าน้อยลงเนื่องจากการดูดกลืนไว้มากขึ้นและเมื่อเราทำการผสมสีหลายๆสีรวมกันก็จะทำให้ไม่มีแสงสีเกิดการสะท้อนออกมาได้เลยเราจึงเห็นเป็นสีดำ เพราะวัตถุที่เราทำการผสมสีไว้นั้นสามารถดูดกลืนสีได้ทุกสีนั่นเองจนไม่มีแสงสีใดหลุดรอดมาสะท้อนเข้าสู่ดวงตาเราได้เลย ซึ่งในการผสมสีแบบลบนั้น เราสามารถจำแนกขั้นตอนการผสมออกได้เป็น 3 ขั้นตอนจากแม่สี 3 สี ดังนี้

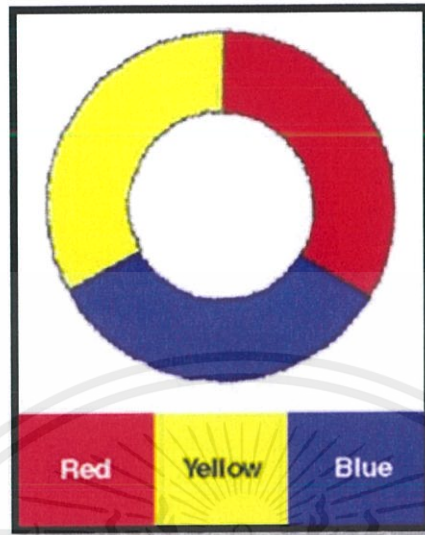


ภาพที่ 2.4 แสดงการผสมสีแบบลบ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สีขั้นที่ 1 สีปฐมภูมิ (Primary Color)

สีขั้นที่ 1 สีปฐมภูมิ (Primary Color) คือ สีแดง (Red) สีเหลือง (Yellow) สีน้ำเงิน (Blue)

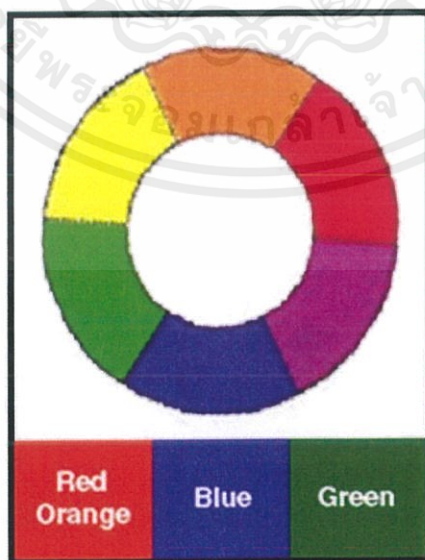


ภาพที่ 2.5 แสดงแผนภูมิสีปฐมภูมิ [2]

2. สีขั้นที่ 2 สีทุติยภูมิ (Secondary Color)

สีขั้นที่ 2 สีทุติยภูมิ (Secondary Color) คือ สีที่เกิดจากการผสมกันของสีขั้นที่ 1 ในปริมาณเท่ากันๆ จะได้สีเกิดขึ้นใหม่อีก 3 สี สีดังกล่าวนี้คือสีขั้นที่ 2 นั้นเอง โดยมีการผสมดังนี้

1. สีเหลือง ผสมกับ สีน้ำเงิน จะได้เป็นเป็น สีเขียว (Green)
2. สีแดง ผสมกับ สีเหลือง จะได้เป็น สีส้ม (Orange)
3. สีน้ำเงิน ผสมกับ สีแดง จะได้เป็น สีม่วง (Violet)



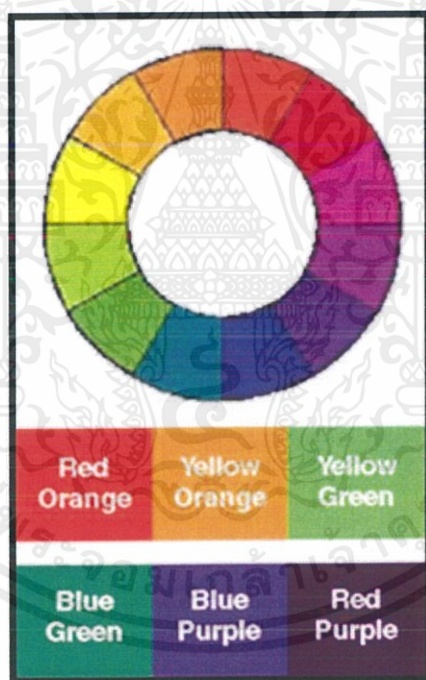
ภาพที่ 2.6 แสดงแผนภูมิสีทุติยภูมิ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สีชั้นที่ 3 สีตติยภูมิ (Tertiary Colors)

สีชั้นที่ 3 สีตติยภูมิ (Tertiary Colors) คือ สีที่เกิดจากการผสมกันของ สีชั้นที่1 (สีปฐมภูมิ) กับ สีชั้นที่2 (สีทุติยภูมิ) ทำให้ได้สีใหม่เพิ่มขึ้นมาใหม่อีก 6 สี ดังนี้

1. สีส้ม ผสมกับ สีแดง จะได้เป็น สีส้มแดง (Red – Orange)
2. สีม่วง ผสมกับ สีแดง จะได้เป็น สีม่วงแดง (Red – Violet)
3. สีน้ำเงิน ผสมกับ สีเขียว จะได้เป็น สีเขียวน้ำเงิน (Blue - Green)
4. สีน้ำเงิน ผสมกับ สีม่วง จะได้เป็น สีม่วงน้ำเงิน (Blue – Violet)
5. สีเหลือง ผสมกับ สีส้ม จะได้เป็น สีส้มเหลือง (Yellow – Orange)
6. สีเหลือง ผสมกับ สีเขียว จะได้เป็น สีเขียวเหลือง (Yellow – Green)



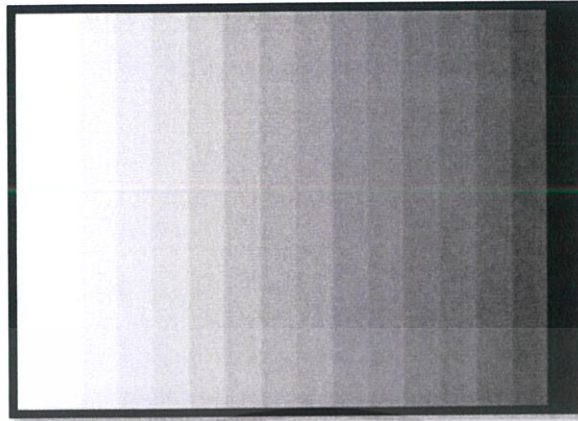
ภาพที่ 2.7 แสดงแผนภูมิสีตติยภูมิ [2]

2.1.3 สีที่เป็นกลาง (Neutral Colors)

สีที่เป็นกลาง คือ สีกลุ่มที่ไม่ได้ถูกรวมไว้ในวงสีธรรมชาติเนื่องจาก สีกลุ่มนี้จะเป็นสีกลุ่มที่ไม่ได้ รับอิทธิพลใดๆ จากสีอื่นเลยสีกลุ่มนี้ได้แก่ สีเทา , สีดำ , สีขาว โดยที่แม้ว่าน้ำหนักของสีเทา จะมี จำนวนมากมายเพียงใดก็ตาม แต่เพียงสีกลุ่มนี้ 256 ระดับดวงตาของมนุษย์เราก็ไม่สามารถที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยกแยะความแตกต่างได้แล้ว สีกู่มนี้จะมองเห็นเป็นแถบสีระหว่างสีดำกับสีขาวโดยไม่มีรอยต่อแต่อย่างใด

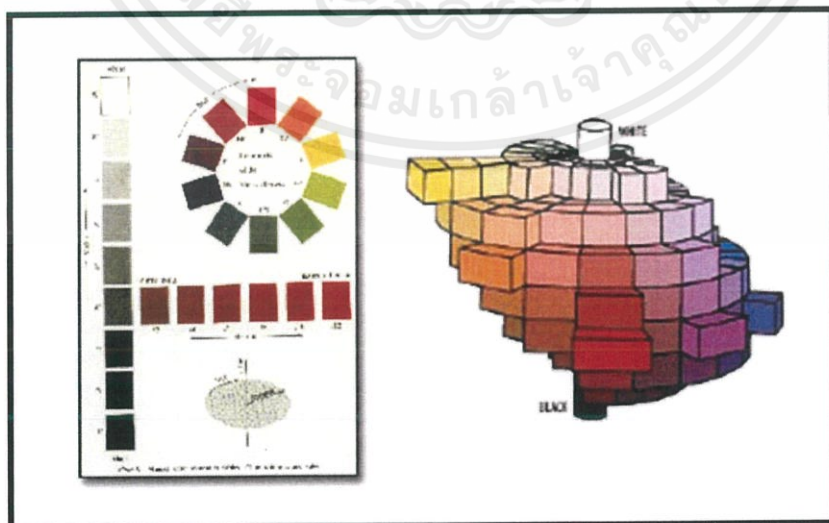


ภาพที่ 2.8 แสดงสีที่เป็นกลาง [2]

2.1.4 ทฤษฎีสีของมันเซลล์ (The Munsell Colors System)

ทฤษฎีสีของมันเซลล์ ถูกสร้างขึ้นโดย อัลเบิร์ต เฮนรี่ มันเซลล์ (Albert Henry Munsell) ชาวอเมริกัน ในปีค.ศ. 1898 ซึ่งเขาได้ทำการออกแบบแผนผังของสีที่มีการกระจายออรอบด้านแล้วทำการกำหนดชื่อและตำแหน่งของสีที่มีการผสมกันอย่างหลากหลายออกเป็นสัญลักษณ์ ตัวเลข และตัวอักษร ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้เขาได้ตีพิมพ์ ลงในชื่อ Color Notation ในปีค.ศ. 1905 จนถูกยอมรับและ มีการนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลายในทุกวงการ

ทฤษฎีสีของมันเซลล์ อธิบายถึงการกระจายตัวของสีออกจากจุดศูนย์กลางโดยตามแนวแกนตั้งจะแสดง ถึงค่าน้ำหนักของสี ที่เป็นกลางในตอนบนสุดจะเป็นสีขาว ตรงกลางเป็นสีเทา ข้างล่างจะเป็นสีดำ และเส้นรอบวงของวงกลมจะแสดงถึงสีต่างๆ ส่วนรัศมีจะเป็นค่าความจัดของสี



ภาพที่ 2.9 การกระจายของสีจากทฤษฎีสีของมันเซลล์ [2]

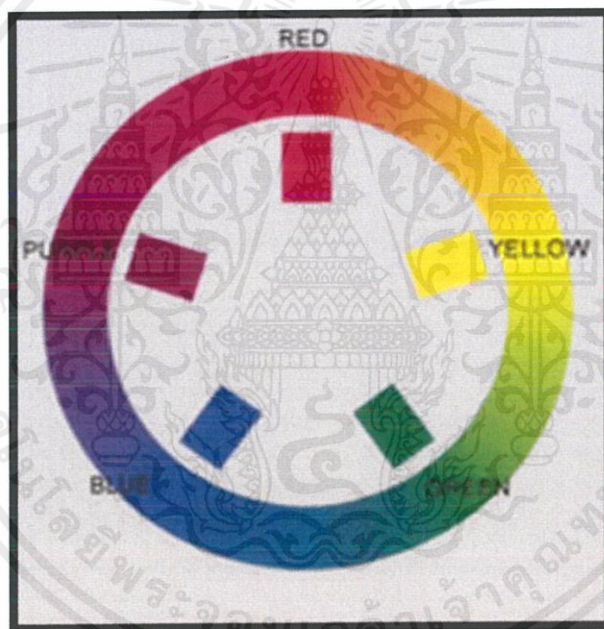
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทฤษฎีสีของมันเชลล์ นั้นมีการแสดงถึงความสัมพันธ์ใน 3 มิติ ได้แก่ Hue , Value , Chroma ความสัมพันธ์ของทั้ง 3 ค่าก่อให้เกิดสีที่แตกต่างกันจำนวนมากมาย

2.1.4.1 ค่า Hue

ค่า Hue นั้นแสดงถึงคุณสมบัติของสีหนึ่งๆซึ่งมีความแตกต่างกันออกไป ซึ่งมันเชลล์ได้ทำการกำหนดสีหลักไว้ทั้งหมด 5 สีด้วยกัน ได้แก่

1. เขียว (Green)
2. น้ำเงิน (Blue)
3. ม่วง (Purple)
4. แดง (Red)
5. เหลือง (Yellow)

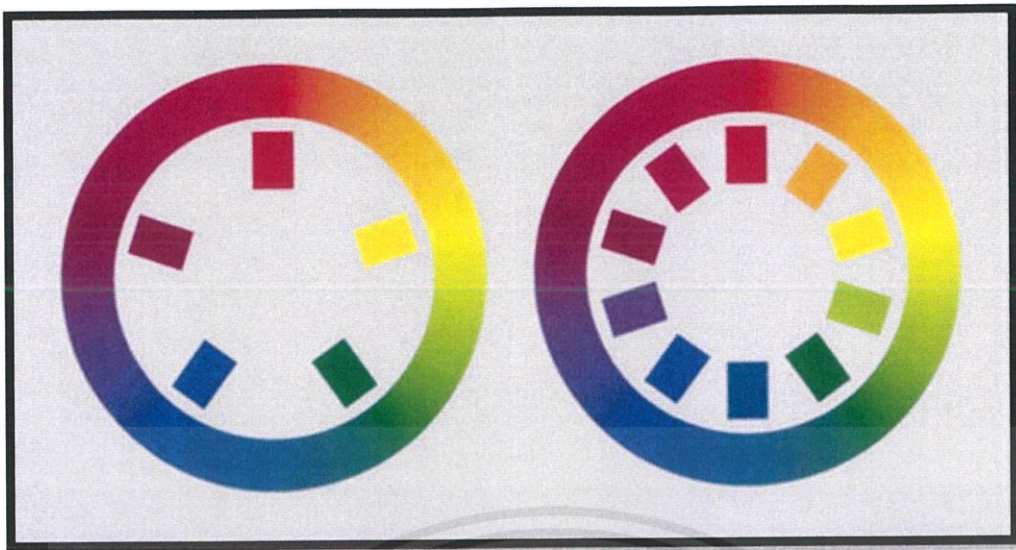


ภาพที่ 2.10 แสดงสีหลักในวงจรสีของมันเชลล์ [2]

จากนั้นเขาได้ทำการวางสีทั้ง 5 เป็นรูปวงกลมจากนั้นนำแต่ละสีไปผสมกันตามเข็มนาฬิกา จะเกิดเป็นสีใหม่เพิ่มขึ้นมา ถ้าหากเราทำการหมุนตามเข็มนาฬิกาต่อไปก็จะเกิดเป็น Hue ใหม่เพิ่มขึ้นมาอีกมากมายนับไม่ถ้วนโดยยกตัวอย่าง เช่น

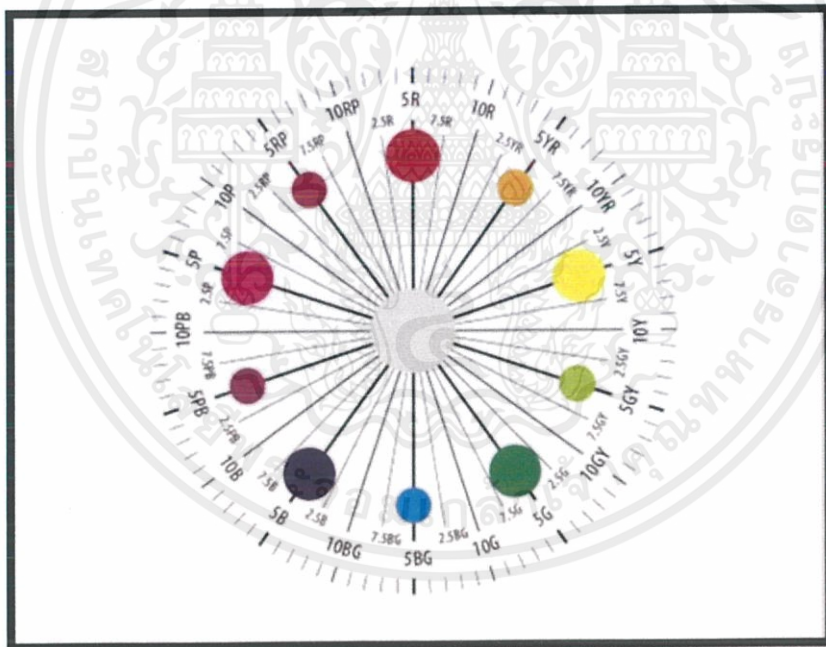
1. สีแดงผสมกับสีเหลืองก็จะได้ออกมาเป็น สีส้ม
2. สีเหลืองผสมกับสีเขียวก็จะได้ สีเขียวอ่อน
3. สีม่วงผสมกับสีแดงก็จะได้ออกมาเป็น สีม่วงแดง
4. สีม่วงผสมกับสีน้ำเงินก็จะได้ออกมาเป็น สีน้ำเงินม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 แสดงการผสมกันของสีตามเข็มนาฬิกา [2]

จากนั้นมันเซลล์ได้ทำการแบ่งวงสีออกเป็น 100 ส่วนเท่าๆกันแล้วจึงทำการสร้างตัวเลขและตัวอักษรในแต่ละส่วนเพื่อให้มีมาตรฐานในการนำไปใช้อ้างอิง สำหรับใช้งาน

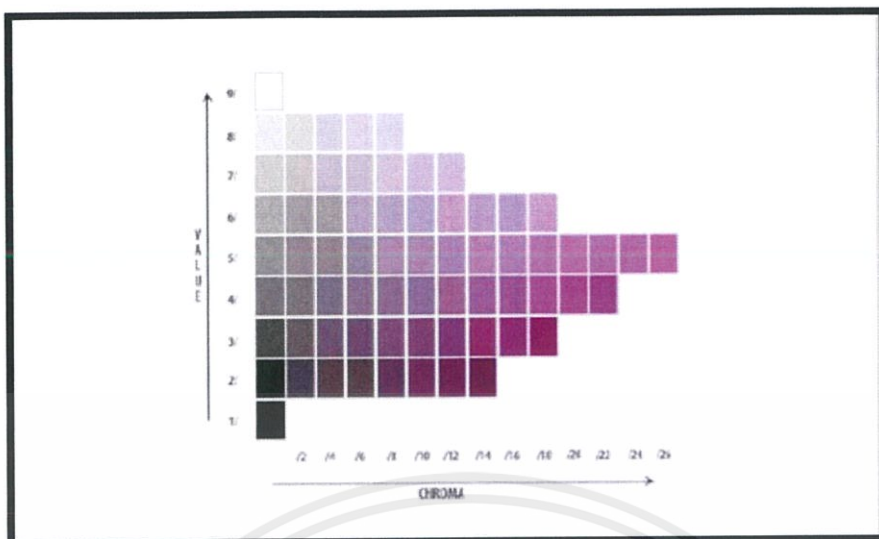


ภาพที่ 2.12 แสดงการกำกับตัวเลขและตัวอักษรลงไปในแต่ละสี [2]

2.1.4.2 ค่า Value

ค่า Value เป็นการแสดงน้ำหนักอ่อนแก่โดยการนำเอาสีที่เป็นกลางได้แก่ สีดำ สีเทา สีขาวซึ่งในสีเหล่านี้จะไม่มีคุณสมบัติของสี Hue ในตัวมันอยู่เลยมีการกำหนดน้ำหนักของสีที่เป็นกลางเป็นเลข 1 - 9 โดย 1 คือ สีดำ ส่วน 9 คือ สีขาว เมื่อนำไปผสมกับ สี Hue จะได้น้ำหนักอ่อนแก่ของสีดังนี้

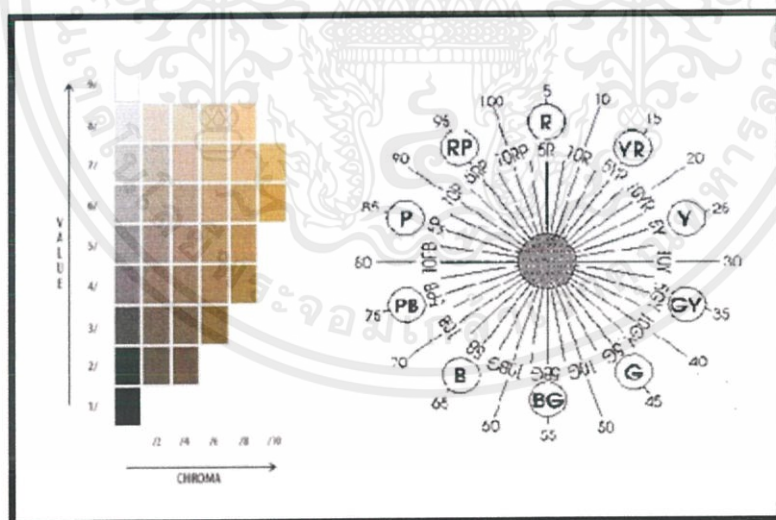
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.13 แสดงลักษณะค่า Value ที่ 1 – 9 ของสีม่วงแดง [2]

2.1.4.3 ค่า Chroma

ค่า Chroma ถูกใช้ในการแสดงความจัดของสี เมื่อสี Hue ผสมกับ สีที่เป็นกลาง(สีดำ สีเทา สีขาว) ค่า Chroma จะถูกไล่จากอ่อน (ความจัดของสีน้อย Low Chroma) ไปแก่ (ความจัดของสีสูง High Chroma)



ภาพที่ 2.14 แสดงค่า Chroma ที่ถูกไล่จากอ่อนไปแก่ [2]

2.1.5 ระบบของสี

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเทคโนโลยีในเรื่องของระบบสีมีการปรับปรุงดัดแปลงพัฒนาไปเป็นอย่างมาก ในบางระบบก็มีการใช้งานจนถึงปัจจุบันขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของงานนั้นๆ ซึ่งแต่ละระบบก็มีข้อดีข้อด้อยต่างกันออกไป เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.1 ระบบสี RGB

ระบบสี RGB เป็นระบบสี ที่ใช้การระบุสีต่างๆ ด้วยค่า 3 ค่าคือ R (สีแดง) G (สีเขียว) B (สีน้ำเงิน) ออกมาเป็นปริมาณตัวเลข ซึ่งเลขดังกล่าวจะแสดงถึงปริมาณ ที่แสงสีนั้นๆ ฉายออกมา แล้วใช้ทฤษฎีการผสมสีแบบบวก (Additive Color Mixing) มาบอกว่าสีที่ได้ออกมานั้นจะมีค่าเป็นสีอะไร (มีการรวมกันของแสงสีทั้ง 3 ออกมาเป็นสีใหม่) โดยบางโปรแกรมจะบอกเป็นตัวเลข 0 – 255 ในแต่ละค่า ยกตัวอย่างเช่น

1. R = 255 G = 255 B = 0 จะได้สีออกมาเป็นสีเหลือง (ในการผสมแสง แดง + เขียว = เหลือง)
2. R = 0 G = 0 B = 0 จะได้สีออกมาเป็นสีดำ (เนื่องจากไม่มีการฉายแสงออกมาเลย)

ตัวอย่าง การใช้งานคือ ในจอคอมพิวเตอร์จะมีพิกเซลเล็กๆจำนวนมากภายใน 1 พิกเซลจะมีตัวฉายแสงอยู่ 3 สีคือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน เมื่อเราสั่งค่า RGB ใดๆ ลงไปคอมพิวเตอร์ จะสั่งให้มีการฉายแสง 3 สีออกมา พร้อมกันตามปริมาณที่เราสั่ง (255 คือ ปริมาณการฉายแสง ที่มากสุดในสีนั้นๆ) ทำให้เกิดสีออกมาตามที่ เราป้อนข้อมูลเข้าไป

2.1.5.2 ระบบสี XYZ

มีการสร้างระบบสี CIE XYZ ขึ้นมาเนื่องจากข้อบกพร่องของระบบสี RGB เนื่องจากในสมการการเปรียบเทียบค่าสี หลายๆค่ามีค่าเป็นลบ ซึ่งจะส่งผลให้การคำนวณผ่านฟังก์ชันการเปรียบเทียบสี (color matching function) มีค่าที่ผิดเพี้ยนไปได้ จึงมีความจำเป็นอย่างมากในการสร้างระบบสี CIE XYZ ระบบสี XYZ มีข้อดี ในเรื่องการเปรียบเทียบค่าสีมีความแม่นยำมากกว่าระบบสี RGB แต่ระบบสีระบบสี XYZ ถูกสร้างขึ้นมาจากระบบทางคณิตศาสตร์เป็นหลัก จึงมีข้อดีต่อยกกว่าระบบสี RGB ตรงที่การนำไปแปลความหมายเป็นสีค่อนข้างซับซ้อน

2.1.5.3 ระบบสี CMYK

ระบบสี CMYK นั้นถูกกำหนดขึ้นด้วยหลักการการผสมกันของสีหมึกพิมพ์ ค่าสีต่างๆจะถูกระบุไว้ด้วยปริมาณพื้นที่เม็ดหมึกของแต่ละสีหมึกพิมพ์ถ้าค่ามากเครื่องพิมพ์จะพิมพ์เม็ดหมึกสีนั้นๆใหญ่ซึ่งมีผลต่อการมองเห็นของมนุษย์โดยที่ค่า C คือ cyan (สีน้ำเงินแกมเขียว) , M คือ magenta (สีม่วงแดง) , Y คือ yellow (สีเหลือง) , K คือ black (สีดำ)

ในการใช้งานจริงคือ ไม่ว่าเราจะใช้ระบบสีใดๆทำงานในคอมพิวเตอร์ พอถึงขั้นตอนการพิมพ์ออกมาเป็นแผ่นงานเครื่องพิมพ์จะทำการแปลงออกมาเป็นระบบสี CMYK ก่อนจะพิมพ์งานออกมาก่อนทุกครั้ง เพราะระบบสี CMYK นั้นเกี่ยวข้องกับการแสดงสีของเม็ดหมึกจริงนั่นเอง

2.1.5.4 ระบบสี HSL

ระบบสี HSL เป็นระบบสีที่ถูกกำหนดมาจากองค์ประกอบการมองเห็นสีของมนุษย์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ hue / saturation / lightness

โดย ค่า H นั้นหมายถึง hue เป็นการบอกถึง สีต่างๆตั้งแต่ ออกมาในรูปของตัวเลขตั้งแต่ 0 – 359 เช่น สีเขียว สีแดง

ค่า S นั้นหมายถึง saturation เป็นการบอกถึง ความอิ่มของสีตั้งแต่ 0 – 100 % ถ้า 0 นั้นจะหมายถึงการอิ่มตัวต่ำสุดจะได้สีเทาออกมา ถ้าถึง 100 จะไม่มีสีเทาผสมอยู่เลยหมายถึงสีแท้ๆนั่นเอง

ค่า L นั้นหมายถึง lightness เป็นการบอกถึง ความสว่างของสีมีค่าตั้งแต่ 0 – 100 % ถ้ามีค่าเท่ากับ 0 จะได้ สีดำออกมา แต่ถ้าถึง 100 จะมี ค่าความสว่างมากไปสีที่ได้จะเป็นสีขาวถ้าประมาณ 50 จะได้สีแท้

2.1.5.5 ระบบสี $L^*a^*b^*$

ระบบสีซีแอลบี ($L^*a^*b^*$) เป็นระบบสีที่ถูกกำหนดโดยการใช้ทฤษฎีสถิติคู่ตรงข้าม ได้แก่ สีเหลืองกับสีน้ำเงิน , สีแดงกับสีเขียว , สีขาวกับสีดำ ระบบสีซีแอลบีนี้ประกอบไปด้วยค่า 3 ค่าได้แก่ L^* , a^* , b^*

โดย ค่า L^* นั้นหมายถึง ค่าความสว่างของสี มีค่าทั้งหมดตั้งแต่ 0 – 100 ถ้ามีค่า เท่ากับ 100 จะหมายถึงสีนั้นมีความสว่างสูงสุดจะแสดงออกมาเป็นสีขาว

ค่า a^* นั้นหมายถึง ค่าความเป็นสีแดงหรือสีเขียว มีค่าทั้งหมดตั้งแต่ -100 ถึง 100 หากค่าเป็นลบแสดงว่าสีสีนั้นมีค่าความอิ่มตัวเอนไปทางสีเขียวมาก ถ้าค่าเป็น 0 หมายถึงสีสีนั้นไม่อมตัวทั้งแดงและเขียว

ค่า b^* นั้นหมายถึง ค่าความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน มีค่าทั้งหมดตั้งแต่ -100 ถึง 100 หากค่าเป็นลบแสดงว่าสีสีนั้นมีค่าความอิ่มตัวเอนไปทางสีน้ำเงินมาก ถ้าค่าเป็น 0 หมายถึงสีสีนั้นไม่อมตัวทั้งสีเหลืองและสีน้ำเงิน

2.1.5.6 ระบบสี HSV

ระบบสี HSV เป็นระบบสีที่มีจุดเด่นในการแยกแยะสีที่ใกล้เคียงกัน โดยที่ระบบสีนี้สามารถอธิบายความแตกต่างระหว่างสีให้ใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์มากกว่าระบบสี RGB

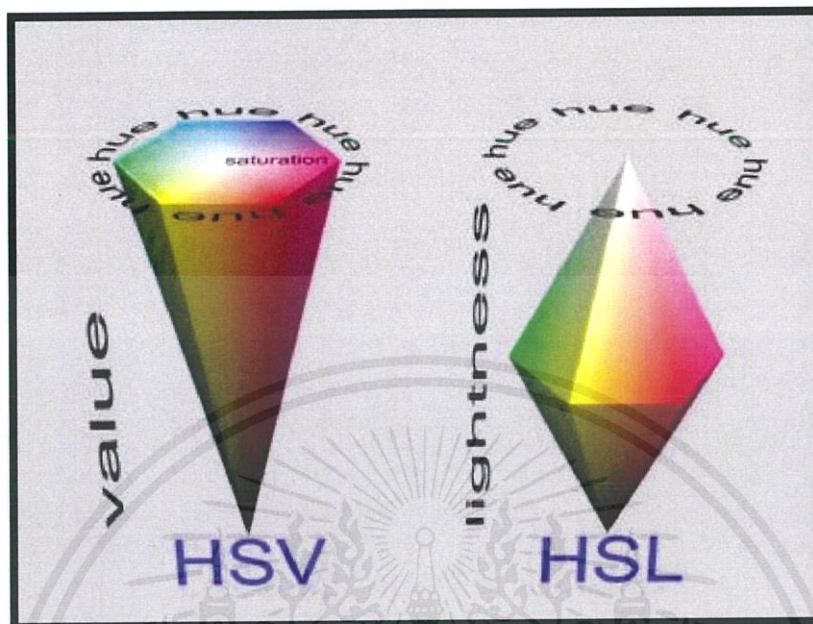
โดย ค่า H นั้นหมายถึง hue เป็นการบอกถึงสีสีต่างๆ เช่น สีเขียว สีแดง

ค่า S นั้นหมายถึง saturation เป็นการบอกถึงความอิ่มตัวของสี หรือความเข้มของสีนั่นเอง

ค่า V นั้นหมายถึง value เป็นการบอกถึงความสว่างของสีนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในระบบสี HSV กับระบบสี HSL นั้นจะมีความคล้ายคลึงกันแต่เราจะเห็นความแตกต่างได้จากปรัภูมิของทั้ง 2 ระบบดังภาพที่ 2.15 นั้นเอง



ภาพที่ 2.15 แสดงความแตกต่างระหว่างระบบสี HSV กับระบบสี HSL [4]

2.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกภาพ

2.2.1 หลักการทำงานของเครื่องสแกน (Scanner)

เครื่องสแกน คือ เครื่องมือที่สามารถบันทึกภาพให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ดิจิทัลสามารถบันทึกได้ไม่ว่าจะเป็น ภาพถ่าย หรือวัตถุในสภาพ 2 มิติเพียงอย่างเดียวยังสามารถบันทึกวัตถุที่เป็น 3 มิติได้อีกด้วยทำให้เครื่องสแกนเป็นเครื่องมือที่สามารถเก็บรักษาข้อมูลต่างๆให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้ไม่ว่าเวลาจะผ่านไปนานเพียงใด เพราะเป็นการเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์คอมพิวเตอร์ขอเพียงรักษาฮาร์ดแวร์ไว้ ทำให้เป็นผลดีในเรื่องของการประหยัดพื้นที่จัดเก็บทั้งยังมีความคมชัดที่สูงมาก(ขึ้นอยู่กับรุ่นและการตั้งค่าของผู้ใช้งาน) ข้อดีอีกอย่างของเครื่องสแกน คือ การบันทึกภาพเราจะไม่ต้องพะวงเรื่องแสงมากเท่ากับกล้องดิจิทัล ในกล้องดิจิทัลเวลาที่เราจะทำการบันทึกภาพจำเป็นจะต้องควบคุมปัจจัยในเรื่องแสงปัญหาที่พบเวลาไม่ควบคุมปัจจัยของแสงให้ดีในกล้องดิจิทัล เช่น การถ่ายย้อนแสง หรือแสงไม่เพียงพอ เป็นต้น

โดยการทำงานของเครื่องสแกนจะบันทึกภาพโดย ด้วยการฉายแสงไปที่ชิ้นงาน โดยที่ตัวเครื่องสแกนจะมีตัว CCD (Charge-Couple Device) เป็นตัวที่ทำหน้าที่คอยตรวจวัดปริมาณแสงที่สะท้อนกลับออกมาโดยเครื่องสแกนจะทำการประมวลผลปริมาณแสงที่สะท้อนกลับออกมาเป็นภาพนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้พัฒนาไปเป็นอย่างมาก ทำให้เครื่องสแกนรุ่นใหม่ ๆ มีราคาที่ประหยัดลง ทั้งยังมีระบบการใช้งานที่หลากหลายทันสมัยกว่าเครื่องสแกนยุคเก่าเป็นอย่างมาก อาทิ เช่น

1. ความละเอียดในการสแกนที่มากขึ้น
2. ความเร็วในการบันทึกภาพที่มากขึ้น
3. ระบบการใช้พลังงานที่น้อยลง

ทำให้เครื่องสแกนเป็นอุปกรณ์บันทึกภาพ ที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถเชื่อถือได้ทั้งยังมีราคาที่ไม่สูงมากนัก ทำให้นักวิจัยนี้เลือกใช้เครื่องสแกนเป็นอุปกรณ์บันทึกภาพไบพิกในงานวิจัย

2.2.2 หลักการทำงานของกล้อง

หลักการทำงานของกล้อง คือ ภายในกล้องจะมีลักษณะที่บ่งแสงโดยจะมีเลนส์กล้องที่ทำหน้าที่คล้ายกับเลนส์ตาของมนุษย์คอยรวมแสงและส่งต่อไปยังเซนเซอร์รับภาพ ซึ่งจะมีไดอะแฟรมทำหน้าที่ควบคุมปริมาณแสงที่ส่งผ่านไปยังเซนเซอร์รับภาพโดยเซนเซอร์รับภาพ จากนั้นเซนเซอร์รับภาพจะทำการแปลงสีสั้นต่างๆที่ส่งผ่านเข้ามาให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งปัจจัยสำคัญในการบันทึกภาพด้วยกล้องให้ได้ภาพที่ดีนั้นจะอยู่ที่การจัดการกับปริมาณแสง ไม่ว่าจะ เป็นสถานที่บันทึกภาพ เวลาที่บันทึกภาพ โดยในปัจจุบันเทคโนโลยีมีการพัฒนาไปมากทำให้ตัวกล้องรุ่นใหม่มีการคำนวณควบคุมการเปิดรับแสงได้ดี ทำให้การบันทึกภาพเป็นไปอย่างง่ายดายดีกว่าในสมัยก่อนมาก

แต่เนื่องด้วยการบันทึกภาพในงานวิจัยจำเป็นต้องมีการควบคุมแสงที่เท่ากันทุกครั้ง การบันทึกภาพด้วยกล้องจำเป็นต้องอาศัยแหล่งกำเนิดแสงจากภายนอกตัวอุปกรณ์ ทำให้การควบคุมแสงเป็นไปได้ยากมาก งานวิจัยนี้จึงเลือกที่จะไม่ใช้กล้องในการบันทึกภาพไบพิก

2.3 ประเภทและนามสกุลของไฟล์ภาพ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีเกี่ยวกับการถ่ายภาพและจัดการไฟล์ภาพถ่ายในระบบดิจิทัลถูกพัฒนาไปมาก มีหลากหลายชนิดให้เลือกใช้ตามคุณสมบัติและความเหมาะสมของงานที่ต้องการใช้

2.3.1 ประเภทของไฟล์ภาพ

ประเภทของไฟล์ภาพที่ใช้ในการแสดงผลกับคอมพิวเตอร์มีทั้งหมด 2 ชนิด คือ ภาพกราฟิกแบบบราสเตอร์ กับ ภาพกราฟิกแบบเวกเตอร์

2.3.1.1 ภาพกราฟิกแบบบราสเตอร์ (Raster Graphics)

ภาพกราฟิกแบบบราสเตอร์ สามารถเรียกอีกแบบได้ว่า บิตแมป (Bitmap) ภาพกราฟิกแบบบราสเตอร์ เป็นภาพที่เกิดมาจากเรียงกันของจุดสีเหลี่ยม จำนวนมากมายมหาศาลเราสามารถเรียกจุดสีเหลี่ยมนั้นว่าพิกเซล ถ้าหากภาพมีจำนวนพิกเซลมากเวลาขยายภาพก็จะสามารถขยายสเกลภาพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากโดยที่ภาพยังมีความละเอียดอยู่ แต่ถ้าหากภาพมีความละเอียดน้อยเวลาทำการขยายสเกลภาพ ภาพก็จะแตกออกเป็นสี่เหลี่ยม ทำให้ภาพขาดความชัดเจน แต่ภาพกราฟิกแบบราสเตอร์ยังมีข้อด้อย อยู่ นั่นคือ ถ้าหากต้องการภาพขนาดใหญ่จำเป็นต้องมีพื้นที่จัดเก็บมากตามไปด้วยดังตัวอย่างใน ภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 แสดงภาพกราฟิกแบบราสเตอร์ [5]

2.3.1.2 ภาพกราฟิกแบบเวกเตอร์ (Vector Graphics)

ภาพกราฟิกแบบเวกเตอร์ นั้นเป็นภาพที่อาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์มาประมวลผลภาพทำให้ในแต่ละส่วนของภาพจะเป็นอิสระต่อกัน เพราะฉะนั้นไม่ว่าเราจะขยายเพียงไรภาพก็จะมีวินเบลล ยังคงสามารถรักษาสัดส่วนและความชัดเจนไว้ได้ดั้งเดิมแต่ขอเสียเพียงไม่กี่อย่างของภาพกราฟิกแบบเวกเตอร์ คือ ใช้เวลาในการประมวลผลภาพนาน



ภาพที่ 2.17 แสดงภาพกราฟิกแบบเวกเตอร์ [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 นามสกุลของไฟล์ภาพ

นามสกุลของไฟล์ภาพในปัจจุบันมีหลากหลายชนิดมากมายแต่ละชนิดก็มีรายละเอียดต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับผู้เลือกใช้ว่าต้องการใช้กับงานประเภทใด อาทิ เช่น

1. การใช้งานในด้านสื่อสิ่งพิมพ์
2. การใช้งานในด้านแอนิเมชัน
3. การใช้งานในด้านการพัฒนาภาพที่ใช้บนเว็บไซต์
4. การใช้งานในด้านการวิจัย

2.3.2.1 ไฟล์นามสกุล PNG (Portable Network Graphics)

ไฟล์นามสกุล PNG เป็นชนิดไฟล์ที่มีการพัฒนามาจากการนำเอาข้อดีของไฟล์นามสกุล JPG กับไฟล์นามสกุล GIF มาใช้ในการพัฒนาทำให้ได้รูปแบบไฟล์ภาพที่สามารถทำให้พื้นหลังโปร่งใสได้ ซึ่งในขั้นตอนของการบีบอัดไฟล์ยังสามารถตั้งค่าต่างๆได้ตามต้องการ จัดเป็นรูปแบบไฟล์รูปแบบหนึ่งที่ได้รับคามนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน แต่ยังมีข้อจำกัดดังนี้ หากตั้งค่าการบีบอัดไฟล์ไว้สูงเวลาต้องการคลายไฟล์เพื่อนำมาใช้งานจะใช้เวลาตามไปด้วย อีกทั้งโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างยังมีไม่หลากหลายเพียงพอ

2.3.2.2 ไฟล์นามสกุล JPG (Joint Photographer's Experts Group)

ไฟล์นามสกุล JPG เป็นชนิดไฟล์ที่มีการเก็บข้อมูลภาพแบบราสเตอร์ เหมาะสำหรับการใช้งานในกล้องถ่ายภาพดิจิทัล โดยที่ไฟล์ชนิดนี้สามารถแสดงสีได้ถึง 16.7 ล้านสี อีกทั้งยังมีจุดเด่นที่ไฟล์มีขนาดไม่ใหญ่ไม่กินพื้นที่จัดเก็บมากนัก สามารถทำการบีบอัดไฟล์ได้หลายระดับมาก มีโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างมากมายหลากหลายโปรแกรมมาก แต่ยังมีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลภาพเคลื่อนไหวได้เลย

2.3.2.3 ไฟล์นามสกุล BMP (Window Bitmap)

ไฟล์นามสกุล BMP เป็นชนิดไฟล์รูปภาพมาตรฐานชนิดหนึ่งของระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ใช้การเก็บข้อมูลแบบเก็บทีละจุดสีทำให้ได้ภาพที่มีความเสมือนจริง มีจุดเด่นคือไม่มีการเสียข้อมูลส่วนใดๆเลยเมื่อเราทำการย่อขยายภาพ แต่ยังมีข้อจำกัด คือ ภาพมีขนาดใหญ่ค่อนข้างกินพื้นที่จัดเก็บเป็นอย่างมาก

2.3.2.4 ไฟล์นามสกุล JPX (Joint Photographic Experts Group)

ไฟล์นามสกุล JPX เป็นชนิดไฟล์ที่เกิดจากการบีบอัดข้อมูล ทำให้ได้ไฟล์ภาพที่มีขนาดค่อนข้างเล็กมีข้อดีตรงที่สามารถประหยัดพื้นที่จัดเก็บได้มาก แต่การที่ไฟล์มีขนาดค่อนข้างส่งผลทำให้ภาพที่ได้

มีรายละเอียดของภาพมีความชัดเจนน้อยลงตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.5 ไฟล์นามสกุล TIFF (Tagged Image File Format)

ไฟล์นามสกุล TIFF เป็นชนิดไฟล์รูปภาพที่มีรายละเอียดของภาพชัดเจนที่สุด ไม่ว่าเราจะทำการขยายสเกลภาพหรือลดสเกลภาพก็ยังคงมีความคมชัดอยู่เนื่องมาจากการที่ไฟล์ชนิดนี้มีการรวบรวมข้อมูลจากบิตแมป เวลาที่ไฟล์ชนิดนี้ถูกสร้างขึ้นยังรวมไปถึงโปรแกรมที่ใช้ในการสร้าง แต่ข้อจำกัดเพียงไม่กี่อย่างของไฟล์ชนิดนี้คือ ไฟล์มีขนาดใหญ่มากส่งผลให้ค่อนข้างเปลืองพื้นที่จัดเก็บ

2.3.2.6 ไฟล์นามสกุล GIF (Graphics Interlace File)

ไฟล์นามสกุล GIF เป็นชนิดไฟล์ที่สามารถแสดงผลออกมาเป็นภาพเคลื่อนไหวได้ อีกทั้งยังสามารถทำพื้นหลังให้โปร่งใสได้ โดยสามารถใช้ได้กับบราวเซอร์ทุกชนิด มีซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการสร้างไฟล์จำนวนมาก แต่ยังมีข้อจำกัดตรงที่การแสดงผลสีไฟล์ชนิดนี้สามารถแสดงผลออกมาได้เพียง 256 สี ทำให้ไม่เหมาะกับงานที่ต้องการความสดใสของภาพสูง

2.3.2.7 ไฟล์นามสกุล WMF (Windows MetaFile)

ไฟล์นามสกุล WMF เป็นชนิดไฟล์ภาพที่มีจุดเด่นตรงที่สามารถเก็บรูปแบบภาพกราฟิกได้ทั้งแบบราสเตอร์และแบบเวกเตอร์ แต่ไฟล์ชนิดนี้ยังมีข้อจำกัดตรงที่การเก็บข้อมูลของรูปภาพยังไม่ดีนัก ส่งผลให้การแสดงผลภาพยังไม่ค่อยถูกต้องสมจริงเท่าไร

2.3.2.8 ไฟล์นามสกุล EPS (Encapsulated PostScript)

ไฟล์นามสกุล EPS เป็นชนิดไฟล์ที่ถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับการใช้งานในด้านการพิมพ์ ภาพมีจุดเด่นอยู่ตรงที่เมื่อนำไฟล์ชนิดนี้ไปทำการย่อขยาย จะไม่ทำให้ภาพสูญเสียความคมชัด เป็นผลมาจากการที่ไฟล์ชนิดนี้มีความละเอียดที่สูงมาก

2.3.2.9 ไฟล์นามสกุล PCX Z – Soft PC Paintbrush Format

ไฟล์นามสกุล PCX Z เป็นชนิดไฟล์ที่มีรูปแบบการเก็บข้อมูลภาพใกล้เคียง การเก็บภาพกราฟิกแบบราสเตอร์ ถูกพัฒนาขึ้นมาโดย Z-soft Corporation เพื่อนำมาใช้กับโปรแกรม Paintbrush แต่ในปัจจุบันไม่ค่อยเป็นที่นิยมในการใช้งานเท่าใดนัก

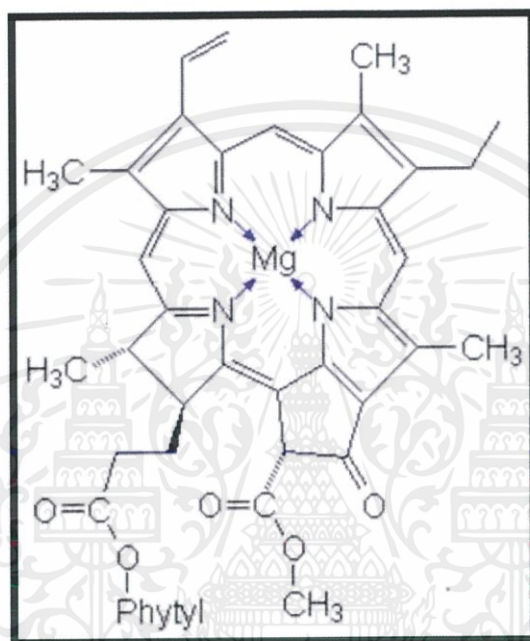
2.4 วัสดุเมดิซีนชีวภาพในเนื้อเยื่อพืช

2.4.1 คลอโรฟิลล์

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และคณะ [6] “คลอโรฟิลล์เป็นวัสดุเมดิซีนชีวภาพหรือสารสี (pigment) ที่มีสีเขียวอยู่ในคลอโรพลาสต์ (chloroplast) มีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชเพื่อสร้างเป็นน้ำตาล ซึ่งเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานในเซลล์ของพืช คลอโรฟิลล์มีโครงสร้างเอกลีแกนเป็นเอกลีแกนที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นวงโพพริน (porphyrin) ประกอบด้วยวงแหวนไพร์โรล (pyrrole) 4 วง เรียงติดกัน มี Mg^{+2} อยู่ตรงกลาง คลอโรฟิลล์พบมากในพืชชั้นสูง เช่น ผักใบเขียวและเปลือกผลไม้ดิบ รวมทั้ง สาหร่ายสีเขียว เช่น spirulina

คลอโรฟิลล์ที่พบในพืชมี 2 ชนิด คือ คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll A) และ คลอโรฟิลล์ (chlorophyll B) ในอัตราส่วน 3:1 คลอโรฟิลล์ทั้งสองชนิดมีโครงสร้างเหมือนกัน แตกต่างกันที่หมู่ในบางตำแหน่งของโครงสร้างโมเลกุล คลอโรฟิลล์ไม่คงตัวต่อความร้อน เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน (pheophytin) ทำให้สีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเขียวน้ำตาล”



ภาพที่ 2.18 แสดงโครงสร้างของคลอโรฟิลล์เอ [6]

2.4.2 แคโรทีนอยด์

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และคณะ [7] “แคโรทีนอยด์ (carotenoid) เป็นวัสดุเม็ดสีชีวภาพ (pigment) สีเหลือง ส้ม แดง และส้ม-แดง พบทั่วไปในพืช และสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ ทำงานร่วมกับคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ซึ่งเป็นวัสดุเม็ดสีชีวภาพที่มีสีเขียว ทำหน้าที่ดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์ เพื่อการสังเคราะห์แสง และช่วยการเจริญเติบโตของพืช และป้องกันอันตรายจากแสง (photoprotective agents) ในอุตสาหกรรมอาหาร ใช้เป็นสีผสมอาหาร (food color) จากธรรมชาติ เป็นกลุ่มสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกาย ช่วยต้านอนุมูลอิสระ

โครงสร้างหลักของวัสดุเม็ดสีชีวภาพกลุ่มนี้คือการเป็นสายไฮโดรคาร์บอนซึ่งประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอน 40 อะตอม เป็นไฮโดรคาร์บอนชนิดไม่อิ่มตัว มีพันธะคู่หลายตำแหน่ง การแบ่งประเภทแคโรทีนอยด์ จำแนกได้เป็น 2 กลุ่มย่อย ดังนี้

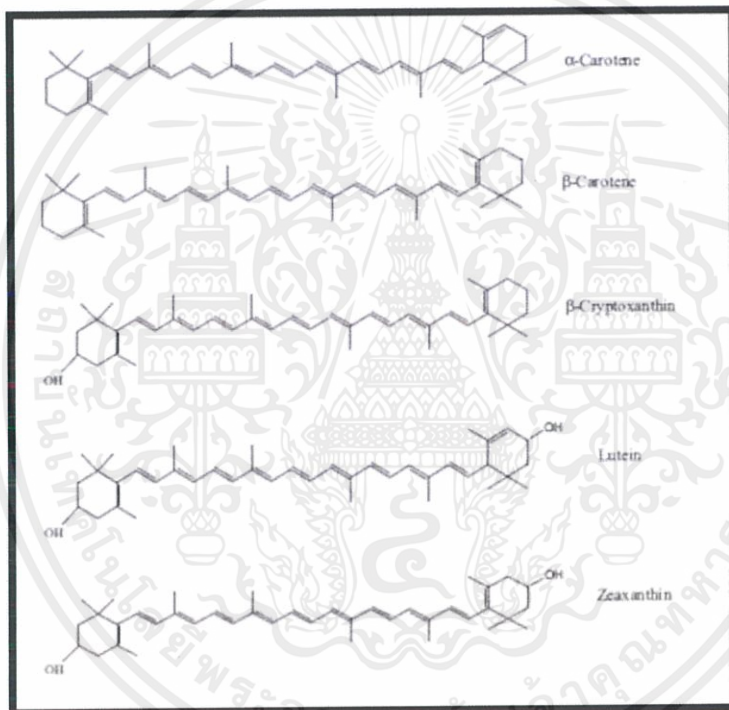
1. แคโรทีน (Carotene) เป็นวัสดุเม็ดสีชีวภาพที่มีสีส้ม หรือส้ม-แดง เป็นสายยาวของไฮโดรคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แซโทไฟลล์ (xanthophyll) มีสีเหลือง หรือส้ม-เหลือง เป็นสายยาวของ ไฮโดรคาร์บอน โดยมีออกซิเจน O เป็นองค์ประกอบ ซึ่งแซโทไฟลล์ มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับระดับ oxidation ของโมเลกุล

แคโรทีนอยด์ในอาหารธรรมชาติมีประมาณ 600 ชนิด ที่พบมากมี 6 ชนิด คือ

- 1 แอลฟา-แคโรทีน (alpha-carotene)
- 2 บีตา-แคโรทีน (beta-carotene)
- 3 บีตา-คริปโตแซนทิน (beta-cryptoxanthin)
- 4 ไลโคพีน (lycopene)
- 5 ลูทีน (lutein)
- 6 ซีแซนทิน (zeaxanthin) ”

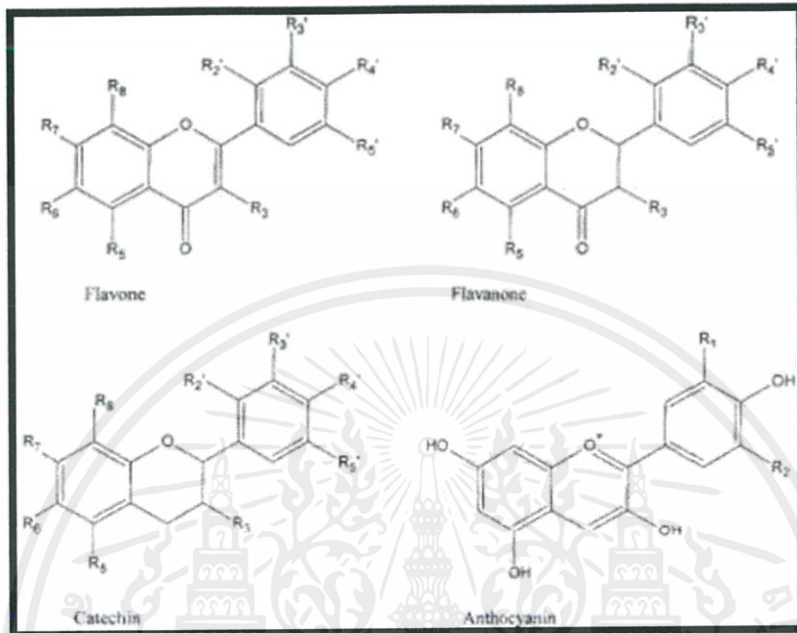


ภาพที่ 2.19 แสดงโครงสร้างของแคโรทีนอยด์ชนิดต่างๆ [7]

2.4.3 ฟลาโวนอยด์

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และคณะ [8] “ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) เป็นสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) ประเภทพอลิฟีนอล (polyphenol) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนแอโรมาติก (aromatic ring) ที่มีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) รวมอยู่ในโมเลกุลตั้งแต่ 2 วงขึ้นไป สามารถละลายในน้ำได้ ส่วนใหญ่มักพบอยู่รวมกับน้ำตาล ในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycoside) สารประกอบ flavonoids ได้แก่ flavonol, flavonone, flavone, isoflavone, flavonol catechin และ anthocyanins สารฟลาโวนอยด์ที่พบในพืช naringin เป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่ทำให้รสขมในเปลือกของผลไม้พืชตระกูลส้ม (citrus fruit) catechin พบในใบเอ็กสาร์เป็นเอ็กสาร์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซามักพบมากในชาเขียว สารในกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ จัดเป็น nutraceutical มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) โดยทำหน้าที่ในการหน่วงเหนี่ยวหรือเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) จึงช่วยหยุดปฏิกิริยาถูกโซ่ของอนุมูลอิสระได้ แหล่งของอาหารที่พบ ฟลาโวนอยด์มาก ได้แก่พืช ผักและผลไม้ เช่นยอ ถั่วเหลือง กระชายดำ สารสกัดจากเมล็ดองุ่น รวมทั้งเครื่องดื่มต่างๆ ”



ภาพที่ 2.20 แสดงโครงสร้างของสารฟลาโวนอยด์ชนิดต่างๆ [8]

2.5 หลักการทำงาน UV-Visible Spectrophotometer (UV-Vis)

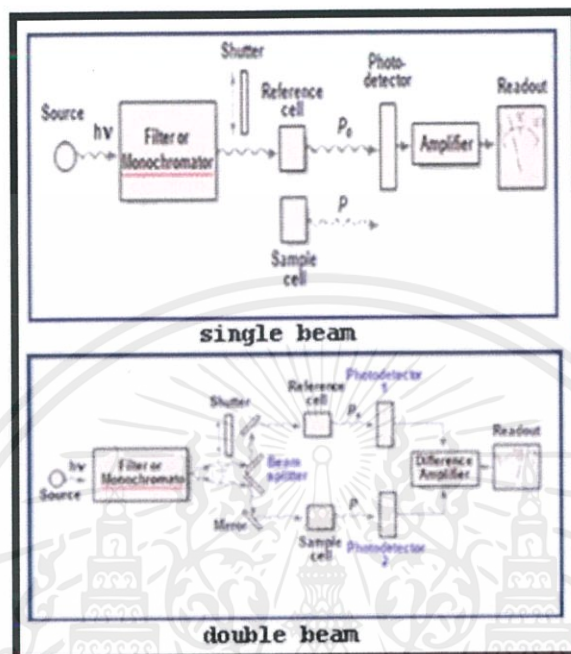
เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer คือ เครื่องมือที่ถูกสร้างขึ้นมาโดยใช้หลักการเกี่ยวกับการดูดกลืนแสงของสาร โดยมีหลักการทำงานของเครื่องคือ เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer จะทำการฉายลำแสงที่มีความยาวคลื่นสัมพันธ์กับชนิดของสาร เมื่อโมเลกุลของสารได้รับได้รับพลังงานจากลำแสงแล้วนั้นจะทำให้อิเล็กตรอนภายในโมเลกุลสารเกิดการดูดกลืนพลังงานแล้วอิเล็กตรอนดังกล่าวจะเปลี่ยนสถานะไปยังสถานะกระตุ้น เมื่อแสงถูกดูดกลืนไปบางส่วนทำให้ลำแสงที่ส่องผ่านออกมามีความเข้มลดลง เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer จะทำการวัดปริมาณลำแสงที่ส่องผ่านออกมาแล้วแสดงผลออกมาเป็นค่าการส่องผ่าน (Transmission) , ค่าการดูดกลืน(Absorbance) แล้วเราก็อ่านข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์โดยค่าดังกล่าวสามารถบอก ปริมาณของสารและชนิดของสารได้

โดยส่วนประกอบสำคัญของเครื่อง UV- Visible Spectroscopy มี 4 ส่วนดังนี้

1. แหล่งกำเนิดแสง เป็นส่วนที่คอยสร้างลำแสง ซึ่งแหล่งกำเนิดแสงจำเป็นที่จะต้องให้ลำแสงได้หลายช่วงความยาวคลื่น โดยที่การปลดปล่อยลำแสงจะต้องมีความต่อเนื่องและคงที่
2. โมโนโครมาเตอร์ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แยกลำแสงให้เหลือเพียงหนึ่งความยาวคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คิวเวทท์ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่บรรจุแสง มีหลายชนิดให้เลือกใช้ สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ คิวเวทท์ต้องไม่ดูดกลืนแสงในช่วงที่เราต้องการวิเคราะห์
4. ดีเทคเตอร์ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจวัดความเข้มแสง ซึ่งตัวดีเทคเตอร์ที่ดีนั้นต้องมีความแม่นยำ และมีความไวของการตรวจวัดสูง



ภาพที่ 2.21 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง UV – Vis spectrophotometer [9]

โดยในภาพที่ 2.21 แสดงถึงส่วนประกอบของเครื่อง UV-Vis ทั้งชนิด 1 แหล่งกำเนิดแสงและ 2 แหล่งกำเนิดแสงแบบ 2 แหล่งกำเนิดแสงมีข้อดีคือประหยัดเวลาในการทำงานแต่มีราคาที่สูงกว่าแบบ 1 แหล่งกำเนิดแสง

2.6 ทบทวนวรรณกรรม

Shibghatallah และคณะ ในปี 2013 [10] ได้ทำการวัดปริมาณของคลอโรฟิลล์จากใบต้นข้าว โดยการใช่วิธีวิเคราะห์จากค่าสี RGB ชั้นแรกเขาทำการบันทึกภาพใบข้าวด้วยเครื่องสแกนแล้วจึงทำการหาค่า RGB จากรูปถ่ายดังกล่าวจากนั้นทำการแปลงระบบสี RGB ไปเป็นระบบสี XYZ ต่อมานำค่าสี XYZ เข้าสมการดังภาพที่ 2.22 เพื่อหาค่าแกนในแผนภูมิโครมาติกซิตี้

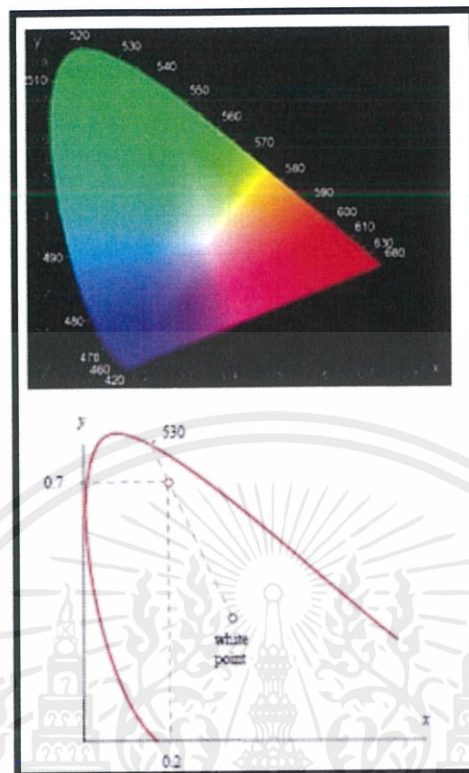
$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

ภาพที่ 2.22 แสดงสมการที่ใช้ในการหาค่าแกนในแผนภูมิโครมาติกซิตี้ [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำค่าแกนที่ได้ไปเปรียบเทียบเป็นความยาวคลื่นแสงจากแผนภูมิโครมาติกซีทีดังภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 แสดงการแปลงค่าแกนไปเป็นความยาวคลื่น [10]

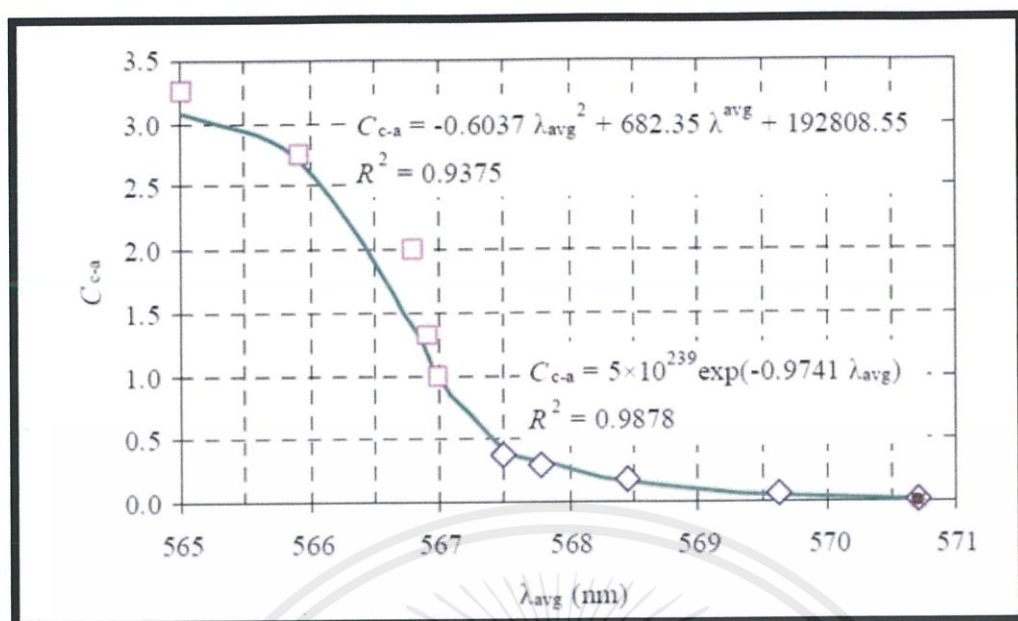
แล้วนำค่าความยาวคลื่นที่ได้ไปเขียนเป็นแกน x นำค่าปริมาณสารคลอโรฟิลล์จริงเขียนเป็นแกน y ทำการ วิเคราะห์ เพื่อหาสมการในการประมาณค่าคลอโรฟิลล์ผลที่ได้คือสมการดังภาพที่ 2.24

$$C_{c-a} = \begin{cases} -0.6037 \lambda_{avg}^2 & 565 < \lambda_{avg} \\ + 682.35 \lambda_{avg} & < 567.0, \\ + 192808.55, & \\ \\ 5 \times 10^{239} & 567.5 < \lambda_{avg} \\ e^{-0.9741 \lambda_{avg}}, & < 571, \end{cases}$$

ภาพที่ 2.24 แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับปริมาณสารคลอโรฟิลล์ [10]

ในสมการจะเห็นได้ว่าเขาแบ่งช่วงความยาวคลื่นออกเป็น 2 ช่วงเพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับปริมาณสารจริงในธรรมชาติมากที่สุด ดังจะเห็นได้ในภาพที่ 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.25 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างสารสกัดจริงกับค่าจากสมการ [10]

ในภาพที่ 2.25 บริเวณตำแหน่งสีเหลี่ยมคือปริมาณค่าที่ได้จากการทดลอง ส่วนเส้นสีเขียวคือกราฟที่สร้างจากสมการในภาพที่ 2.25 จะเห็นได้ว่ากราฟที่สร้างจากสมการมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณสารคลอโรฟิลล์จริงมาก

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การบันทึกภาพถ่ายเนื้อเยื่อพืชในระบบดิจิทัลและการจัดการข้อมูลค่าสี

ในงานวิจัยนี้ทำการบันทึกภาพถ่ายใบต้นคริสต์น้าด้วยเครื่องสแกน

3.1.1 การบันทึกภาพด้วยเครื่องสแกน

ทำการคัดเลือกใบต้นคริสต์น้าที่มีความสมบูรณ์ไม่มีรอยฉีกขาดและเสียหายที่เนื้อเยื่อ โดยทำการตั้งค่าเครื่องสแกนดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงการตั้งค่าเครื่องสแกน

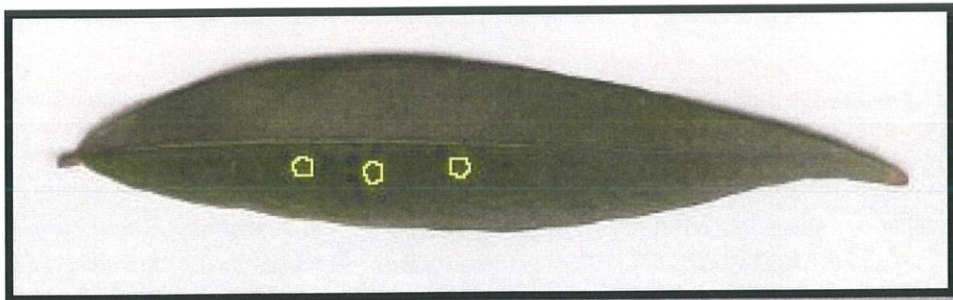
ประเภท	การตั้งค่า
Resolution	1200 dpi
ระบบสี	sRGB
Image Type	Color

โดยในระหว่างที่ลงมือทำการสแกนนั้นมีข้อควรระวังคือ หลังจากเด็ดเนื้อเยื่อจากต้นจำเป็นต้องรีบสแกนถ้าการสแกนช้าอาจทำให้คุณภาพเนื้อเยื่อลดลงได้และระหว่างตั้งค่าการสแกนจำเป็นต้องตั้งชื่อไฟล์ให้ชัดเจนระบุถึงสายพันธุ์ให้ละเอียดเพื่อป้องกันการผิดพลาดระหว่างการทำงาน ขณะทำการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1. ระหว่างสแกนเสร็จ 1 ตัวอย่างจำเป็นต้องนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อป้องกันสารบางชนิดเสียหายจากอุณหภูมิภายนอก
2. หลังจากสแกนเสร็จครบทุกตัวอย่าง

3.1.2 การจัดการข้อมูลค่าสี

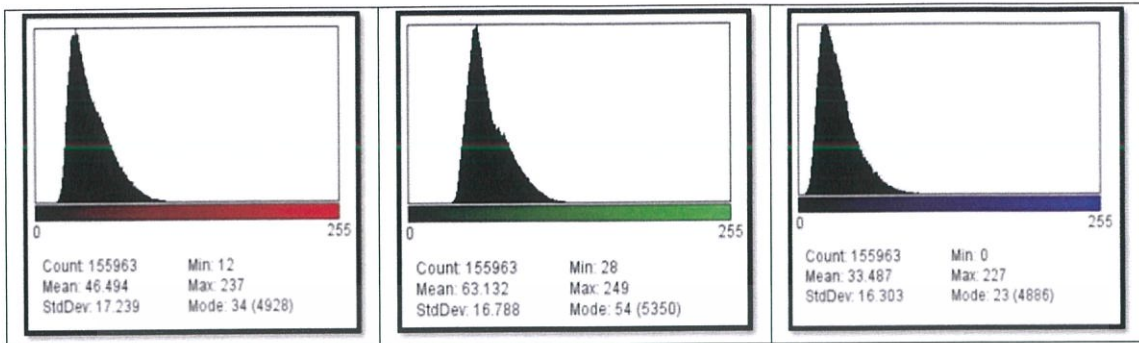
นำไฟล์ข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรม Image J ในการจัดการข้อมูลค่าสีทำการเลือกตำแหน่งที่ต้องการวิเคราะห์ดังจะเห็นได้ในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แสดงการเลือกตำแหน่งที่ต้องการวิเคราะห์ค่าสี RGB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการเปิดโหมด HISTOGRAM ดังในภาพที่ 3.2 ขึ้นมาจะได้ค่าสีเฉลี่ยจากการผ่านการทำตามวิธี
ขั้นต้นทำให้ได้ค่าสี RGB เฉลี่ย ดังนี้ R = 46.494 , G = 63.132 , B = 33.487



ภาพที่ 3.2 แสดงฮิสโตแกรมของภาพถ่ายใบต้นคริสต์น้า

หลังจากได้ข้อมูลค่าสีในระบบ RGB แล้วผู้วิจัยจะทำการแปลงค่าสี RGB ให้อยู่ในระบบอื่นๆ
ต่อไปได้แก่ ระบบสี XYZ ระบบสี HSL ระบบสี L*a*b* ระบบสี HSV

3.1.2.1 การจัดการแปลงข้อมูลค่าสีจากระบบสี RGB ไปเป็นระบบสี XYZ

โดยในการแปลงค่าจาก RGB ไปเป็นระบบสี XYZ จะมีหลักการดังนี้

1. นำค่า RGB ที่ต้องการแปลงระบบสี มาหารด้วย 255 ดังสมการในภาพที่ 3.3

$$\begin{aligned}
 r_{lin} &= f^{-1} \left(\frac{\tilde{r}}{255} \right) \\
 g_{lin} &= f^{-1} \left(\frac{\tilde{g}}{255} \right) \\
 b_{lin} &= f^{-1} \left(\frac{\tilde{b}}{255} \right)
 \end{aligned}$$

ภาพที่ 3.3 แสดงการหารค่า RGB ด้วย 255 [11]

2. นำค่า RGB ที่หารแล้วมาเทียบกับฟังก์ชันต่อไปนี้ว่า ค่า RGB ที่ผ่านกระบวนการแล้วมาเทียบกับค่า
0.04045 ว่าเข้ากรณีใดถ้าเข้ากรณีบนในภาพที่ 3.4 ให้นำค่าดังกล่าวหารกับ 12.92 ทำจนครบทุก
กรณีทั้งค่าสี R , ค่าสี G , ค่าสี B แต่ถ้าเข้ากรณีล่างให้คำนวณตามสูตรตั้งเงื่อนไขด้านล่างทำจนครบ
ทุกกรณีทั้งค่าสี R , ค่าสี G , ค่าสี B

- ค่า $x = 0.04045$ ให้นำค่า x ไปหารด้วย 12.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f^{-1}(v) = \begin{cases} v \div 12.92 & \text{if } x \leq 0.04045 \\ \left(\frac{v+0.055}{1.055}\right)^{2.4} & \text{if } x > 0.04045 \end{cases}$$

ภาพที่ 3.4 แสดงฟังก์ชันที่ใช้ในการเปรียบเทียบ [11]

3. นำค่า RGB ที่ผ่านกระบวนการที่ 1 และ 2 แล้วมาคำนวณด้วยวิธีทางเมตริกซ์ดังภาพที่ 3.5

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} r_{lin} \\ g_{lin} \\ b_{lin} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{lin} \\ g_{lin} \\ b_{lin} \end{bmatrix}$$

ภาพที่ 3.5 แสดงการแปลงค่าระบบสี RGB ไปเป็นระบบสี XYZ [11]

โดยที่ค่าคงที่ในระบบเมตริกซ์ในภาพที่ 3.5 นั้นจะมีค่าขึ้นกับชนิดของแหล่งกำเนิดและอุณหภูมิของสี ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงเมตริกซ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนค่าสี [11]

PAL/SECAM RGB	D65	0.4306190	0.3415419	0.1783091	3.0628971	-1.3931791	-0.4757517
		0.2220379	0.7066384	0.0713236	-0.9692660	1.8760108	0.0415560
		0.0201853	0.1295504	0.9390944	0.0678775	-0.2288548	1.0693490
ProPhoto RGB	D50	0.7976749	0.1351917	0.0313534	1.3459433	-0.2556075	-0.0511118
		0.2880402	0.7118741	0.0000857	-0.5445989	1.5081673	0.0205351
		0.0000000	0.0000000	0.8252100	0.0000000	0.0000000	1.2118128
SMPTE-C RGB	D65	0.3935891	0.3652497	0.1916313	3.5053960	-1.7394894	-0.5439640
		0.2124132	0.7010437	0.0865432	-1.0690722	1.9778245	0.0351722
		0.0187423	0.1119313	0.9581563	0.0563200	-0.1970226	1.0502026
sRGB	D65	0.4124564	0.3575761	0.1804375	3.2404542	-1.5371385	-0.4985314
		0.2126729	0.7151522	0.0721750	-0.9692660	1.8760108	0.0415560
		0.0193339	0.1191920	0.9503041	0.0556434	-0.2040259	1.0572252
Wide Gamut RGB	D50	0.7161046	0.1009296	0.1471858	1.4628067	-0.1840623	-0.2743606
		0.2581874	0.7249378	0.0168748	-0.5217933	1.4472381	0.0677227
		0.0000000	0.0517813	0.7734287	0.0349342	-0.0968930	1.2884099

โดยในตารางที่ 3.2 จะแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับ ชนิดไฟล์ , อุณหภูมิสี , เมตริกซ์แสดงการเปลี่ยนค่าระบบสี RGB ไปเป็นระบบสี XYZ , เมตริกซ์แสดงการเปลี่ยนค่าระบบสี XYZ ไปเป็นระบบสี RGB ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.2 การจัดการแปลงข้อมูลค่าสีจากระบบสี RGB ไปเป็นระบบสี HSL

ในระบบสี HSL นั้นจะมีหลักการแปลงจากระบบสี RGB ดังนี้

1. นำค่าสี RGB มาหารด้วย 255

$$f(\blacksquare) = \frac{\blacksquare}{255} \quad \text{โดย } \blacksquare \text{ คือค่า RGB นั้นเอง}$$

- จากเดิมค่าสี RGB มีค่าตั้งแต่ 0 – 255 ทำให้มีค่าเป็น 0 - 1

- ค่า RGB ในขั้นตอนถัดๆไปจะเป็นค่า RGB ที่ผ่านการหารด้วย 255 แล้วทั้งหมด

2. การหา

$$\text{กำหนดให้} \quad \max = \begin{cases} R & ; \text{ ถ้า } R \text{ มีค่ามากกว่า } G, B \\ G & ; \text{ ถ้า } G \text{ มีค่ามากกว่า } R, B \\ B & ; \text{ ถ้า } B \text{ มีค่ามากกว่า } R, G \end{cases}$$

$$\min = \begin{cases} R & ; \text{ ถ้า } R \text{ มีค่าน้อยกว่า } G, B \\ G & ; \text{ ถ้า } G \text{ มีค่าน้อยกว่า } R, B \\ B & ; \text{ ถ้า } B \text{ มีค่าน้อยกว่า } R, G \end{cases}$$

3. การหาค่า H (hue)

- ทำการคำนวณตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

$$H = \begin{cases} 0 & ; \text{ ถ้า } \max - \min = 0 \\ 60 \times \left(\frac{G-B}{\max-\min} \bmod 6 \right) & ; \text{ ถ้า } \max = R \\ 60 \times \left(\frac{B-R}{\max-\min} + 2 \right) & ; \text{ ถ้า } \max = G \\ 60 \times \left(\frac{R-G}{\max-\min} + 4 \right) & ; \text{ ถ้า } \max = B \end{cases}$$

4. การหาค่า S (saturation)

- ทำการคำนวณตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

$$S = \begin{cases} 0 & ; \text{ ถ้า } \max - \min = 0 \\ \frac{\max - \min}{1 - \left| 2 \left(\frac{\max + \min}{2} \right) - 1 \right|} & ; \text{ ถ้า } \max - \min \neq 0 \end{cases}$$

5. การหาค่า L (lightness)

- ทำการคำนวณตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

$$L = \frac{\max + \min}{2}$$

โดยเนื่องจากการแปลงค่าสีนี้ถูกใช้ในการทำวิจัยทำให้จำเป็นต้องคำนวณในระดับทศนิยมหลักที่ 4 เป็นอย่างต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การสกัดหาปริมาณวัสดุเม็ตชีชีวภาพในเนื้อเยื่อพืช

3.2.1 การสกัดสารคลอโรฟิลล์ A คลอโรฟิลล์ B และแคโรทีนอยด์

ทำการตัดตัวอย่างเนื้อเยื่อพืชให้ได้น้ำหนัก 50 มิลลิกรัมต่อ 1 ตัวอย่างจากนั้นทำการบดให้ละเอียดด้วย liquid nitrogen เติมอะซิโตนปริมาณ 1.5 มิลลิลิตร นำไปใส่ตุ้ยที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง ทำการวัดค่า OD โดยใช้เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer จากนั้นทำการตั้งค่าความยาวคลื่นไปที่ 662 644 470 นาโนเมตร ทำการคำนวณหาปริมาณสารสกัดโดยใช้สมการดังนี้

$$ChA = (9.784 \times D662) - (0.99 \times D644)$$

$$ChB = (21.42 \times D644) - (4.65 \times D662)$$

$$Car = \frac{(1,000 \times D470) - (1.9 \times ChA) - (63.14 \times ChB)}{214}$$

โดย ค่า ChA คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอในหน่วย ไมโครกรัมต่อน้ำหนักใบสด
 ค่า ChB คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์บีในหน่วย ไมโครกรัมต่อน้ำหนักใบสด
 ค่า Car คือ ปริมาณแคโรทีนอยด์ในหน่วย ไมโครกรัมต่อน้ำหนักใบสด
 ค่า D662 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 662 นาโนเมตร
 ค่า D644 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 644 นาโนเมตร
 ค่า D470 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

3.2.2 การสกัดสารกลุ่มฟลาโวนอยด์

ทำการตัดตัวอย่างเนื้อเยื่อพืชให้ได้น้ำหนัก 0.5 กรัมต่อ 1 ตัวอย่าง จากนั้นทำการบดให้ละเอียดด้วย liquid nitrogen เติมสารสกัดฟลาโวนอยด์ปริมาณ 2 มิลลิลิตร ลงในหลอดที่ใส่ตัวอย่าง ต่อมาทำการ Vortex ให้เข้ากันนำไปแช่ที่อุณหภูมิห้องที่ความเร็วรอบคือ 250 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง นำมาทำการตกตะกอนคลอโรฟิลล์โดยการใส่คลอโรฟอร์มปริมาณ 1 มิลลิลิตร ทำการ Vortex ให้เข้ากัน จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที ภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 10 นาทีทำการดูส่วนใสไปใสไว้ในหลอด microcentrifuge tube (ขนาด 1.5 มิลลิลิตร) ทำการวัดค่า OD โดยใช้เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer

- หากเป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ชื่อ เพลาริโกนินดินและไซยานินดิน จะทำการวัดที่ความยาวคลื่น 520 535 นาโนเมตรตามลำดับจากนั้นทำการหาปริมาณฟลาโวนอยด์โดยใช้สมการดังนี้

$$flavonoid\ concentrations = \frac{OD \times DF}{f.w.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ค่า OD คือ ค่าการดูดกลืนแสง

DF คือ ค่าอัตราส่วนการเจือจาง

f.w. คือ น้ำหนักเนื้อเยื่อในที่นี้คือ 0.5 กรัม

3.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีเฉลี่ยกับปริมาณสารสกัด

นำค่าสีในระบบสีต่างได้แก่ RGB HSL และ XYZ ที่คำนวณได้จากการทดลองข้างต้นมาคำนวณตามสมการต่างๆ ดังตารางที่ 3.3 จากนั้นนำค่าที่ได้จากสมการมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพชนิดต่างๆ โดยใช้โปรแกรม origin 8 ทำการวิเคราะห์เชิงพหุที่เหมาะสม (Polynomial fitting) จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted r-square) มาวิเคราะห์ว่าค่าสีจากสมการมีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใดกับ ปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพชนิดต่างๆ

ถ้า ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันมาก
ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันน้อย

ตารางที่ 3.3 แสดงสมการที่นำมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพชนิดต่างๆ

ระบบสี RGB	ระบบสี HSL	ระบบสี XYZ
R	H	X
G	S	Y
B	L	Z
R/G	H/S	X/Y
G/R	S/H	Y/X
G-B/G+B	S-L/S+L	Y-Z/Y+Z
G+B/G-B	S+L/S-L	Y+Z/Y-Z
R+B/G+B	H+L/S+L	X+Z/Y+Z
G+B/R+B	S+L/H+L	Y+Z/X+Z
R+G/R-G	H+S/H-S	X+Y/X-Y
$(R+G-B)/2/(R+G+B)/2$	$(H+S-L)/2/(H+S+L)/2$	$(X+Y-Z)/2/(X+Y+Z)/2$
$R-G/2-B/2$	$H-S/2-L/2$	$X-Y/2-Z/2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้






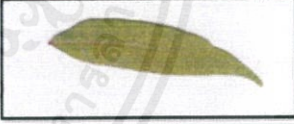






บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ข้อมูลภาพใบพืชที่ได้จากการบันทึกภาพ

ภาพใบพืชตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ ใบต้นคริสติน่าหรือในชื่อวิทยาศาสตร์ *Syzygium australe* ภาพใบต้นคริสติน่าถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มตามลักษณะสีของใบ คือ เขียวเข้ม , เขียวอ่อน , ส้ม , แดง เพื่อให้ครอบคลุมช่วงสีต่างๆของใบ เมื่อเก็บข้อมูลช่วงสีได้มากก็จะทำให้การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพมีค่าที่แม่นยำที่สุด ซึ่งจากการหาข้อมูลเกี่ยวกับชนิดไฟล์ภาพและนามสกุลไฟล์พบว่าไฟล์นามสกุล JPEG มีความเหมาะสมมากที่สุดเนื่องจาก เหมาะสำหรับการใช้งานในกล้องถ่ายภาพดิจิทัล โดยที่ไฟล์ชนิดนี้สามารถแสดงสีได้ถึง 16.7 ล้านสี ในตารางที่ 4.1 จะแสดงภาพถ่ายใบพืชในกลุ่มต่างๆ

ตารางที่ 4.1 แสดงภาพถ่ายใบต้นคริสติน่าในกลุ่มต่างๆ

ภาพใบในกลุ่ม	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
สีเขียวเข้ม			
สีเขียวอ่อน			
สีส้ม			
สีแดง			

โดยจะพบว่าในส่วนปลายใบของต้นคริสติน่าที่มีลักษณะแตกต่างไปจากกลางใบค่อนข้างมาก ทำให้เมื่อทำการหาปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพอาจได้ค่าที่คลาดเคลื่อนได้ งานวิจัยนี้จึงทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการตัดส่วนปลายใบทิ้งก่อนทำการสกัด โดยขณะทำการหาค่าสีเฉลี่ยจะทำการวิเคราะห์แค่กลางใบซึ่งเป็นตำแหน่งที่ทำการหาปริมาณจริง ทำให้สังเกตได้ว่า

1. สีใบในแต่ละกลุ่มค่อนข้างต่างกันชัดเจนทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์
2. สีใบในกลุ่มเดียวกันมีสีค่อนข้างใกล้เคียงกันทำให้การวิเคราะห์ค่อนข้างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ข้อมูลค่าสีที่ได้จากการทดลอง

ภาพถ่ายสีใบพืชจะถูกวิเคราะห์โดยโปรแกรม ImageJ ข้อมูลที่เก็บรวบรวมออกมาจะเป็นค่าสีเฉลี่ยในระบบสี RGB ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าสี RGB เฉลี่ยของใบต้นคริสติน่า

กลุ่มสีใบ	ตัวอย่างที่	ค่าสี R เฉลี่ย	ค่าสี G เฉลี่ย	ค่าสี B เฉลี่ย
เขียวเข้ม	1	56.32	74.52	38.25
	2	58.54	76.39	40.75
	3	57.63	77.39	33.65
เขียวอ่อน	1	128.03	121.16	39.22
	2	127.70	122.75	34.59
	3	123.50	119.47	36.92
ส้ม	1	149.56	109.58	47.83
	2	151.33	96.55	49.53
	3	148.96	94.86	46.93
แดง	1	154.34	75.26	50.37
	2	153.27	61.32	46.83
	3	152.39	72.82	54.74

จากการสังเกตจะพบว่าค่าสี R จะมากที่สุดในกลุ่มสีแดงและจะน้อยที่สุดในใบกลุ่มสีเขียวเข้ม ส่วนค่าสี B มีค่าไม่แตกต่างกันมากในแต่ละกลุ่ม ส่วนค่า G จะพบมากที่สุดในกลุ่มที่ 2 น้อยสุดในกลุ่มที่ 4 ต่อมาจะเป็นการแปลงค่าสีในระบบสี RGB ไปเป็นระบบสี HSL และระบบสี XYZ ตามลำดับ ทำให้ทราบว่า

1. กลุ่มสีใบเขียวเข้ม จะมีค่าสี G มากสุดตามด้วย R และ B ตามลำดับ
2. กลุ่มสีใบเขียวอ่อน จะมีค่าสี R มากสุดตามด้วย G และ B ตามลำดับ
3. กลุ่มสีใบส้ม จะมีค่าสี R มากสุดตามด้วย G และ B ตามลำดับ
4. กลุ่มสีใบแดง จะมีค่าสี R มากสุดตามด้วย G และ B ตามลำดับ

โดยเมื่อสังเกตเฉพาะแต่ละกลุ่มพบว่า

1. ค่าสีชนิดเดียวกันในแต่ละกลุ่มพบว่ามีความใกล้เคียงกันมาก
2. ในทุกกลุ่มสีจะพบว่าค่าสี B มีค่าต่ำสุดในทุกกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าสี HSL เฉลี่ยของใบต้นคริสติน่า

กลุ่มสีใบ	ตัวอย่างที่	ค่าสี H เฉลี่ย	ค่าสี S เฉลี่ย	ค่าสี L เฉลี่ย
เขียวเข้ม	1	90	32.2	22.1
	2	90	30.4	23
	3	87	39.4	21.8
เขียวอ่อน	1	55	53.1	32.8
	2	57	57.4	31.8
	3	57	54	31.5
ส้ม	1	36	51.5	38.7
	2	28	50.7	39.4
	3	28	52.1	38.4
แดง	1	14	50.8	40.1
	2	8	53.2	39.2
	3	11	47.1	40.6

ในตารางที่ 4.3 จะแสดงให้เห็นว่าค่า L ในกลุ่มสีแดงจะมากที่สุดหมายถึงความสว่างมากที่สุดส่วนในกลุ่มสีเขียวเข้มจะพบว่ามีค่าน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าสี XYZ เฉลี่ยของใบต้นคริสติน่า

กลุ่มสีใบ	ตัวอย่างที่	ค่าสี X เฉลี่ย	ค่าสี Y เฉลี่ย	ค่าสี Z เฉลี่ย
เขียวเข้ม	1	4.486	5.959	2.769
	2	4.784	6.297	3.038
	3	4.688	6.364	2.468
เขียวอ่อน	1	16.133	18.453	4.65
	2	16.206	18.789	4.331
	3	15.226	17.687	4.355
ส้ม	1	18.558	17.716	5.219
	2	17.623	15.304	4.99
	3	16.978	14.75	4.634
แดง	1	16.509	12.204	4.545
	2	15.383	10.374	3.863
	3	16.076	11.728	4.998

ในตารางที่ 4.4 จะแสดงให้เห็นว่าค่า X ในกลุ่มสีแดงจะมากที่สุดหมายถึงความสว่างมากที่สุดส่วนในกลุ่มสีเขียวเข้มจะพบว่ามีค่าน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ปริมาณวัสดุเม็ตลีชีวภาพที่ได้จากการทดลอง

ในการทดลองจะแสดงให้เห็นถึงปริมาณของคลอโรฟิลล์เอ , คลอโรฟิลล์บี , แคโรทีนอยด์ และ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ได้แก่ ไฮยานินดิน และ เพลาร์โกนินดิน ที่พบในใบพืชแต่ละกลุ่มสี

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณวัสดุเม็ตลีชีวภาพที่ได้จากการทดลองในหน่วย($\mu\text{g/gF.W.}$)

กลุ่มสีใบ	ตัวอย่างที่	คลอโรฟิลล์เอ	คลอโรฟิลล์บี	แคโรทีนอยด์	ไฮยานินดิน	เพลาร์โกนินดิน
เขียวเข้ม	1	53.45	25.83	16.42	0.96	1.10
	2	56.34	29.34	15.49	1.01	1.08
	3	43.82	24.32	11.78	0.87	1.01
เขียวอ่อน	1	9.12	4.35	4.15	1.95	2.64
	2	8.43	4.22	3.95	1.78	1.86
	3	10.95	5.17	5.23	3.58	3.68
ส้ม	1	7.45	3.36	2.96	5.44	5.44
	2	8.23	4.15	3.45	5.82	5.74
	3	8.47	4.06	3.68	5.82	5.82
แดง	1	5.38	3.62	3.14	11.20	11.32
	2	6.04	2.94	2.63	11.80	11.84
	3	7.52	3.97	2.94	15.54	16.14

จะพบว่าในกลุ่มสีเขียวเข้มจะพบปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดตามมาด้วยสีเขียวอ่อน เนื่องจากคลอโรฟิลล์เอมีเป็นวัสดุเม็ตลีชีวภาพที่มีสีเขียวจึงเป็นปกติที่จะพบมากในพืชที่มีสีเขียวมาก ทำให้ทราบว่

1. คลอโรฟิลล์เอ พบมากในกลุ่มสีใบเขียวเข้ม
2. คลอโรฟิลล์บี พบมากในกลุ่มสีใบเขียวเข้ม
3. แคโรทีนอยด์ พบมากในกลุ่มสีใบเขียวเข้ม
4. ไฮยานินดิน พบมากในกลุ่มสีใบแดง
5. เพลาร์โกนินดิน พบมากในกลุ่มสีใบแดง

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสมการค่าสีกับปริมาณวัสดุเม็ตลีชีวภาพ

ในการทดลองจะทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีในระบบสีต่างได้แก่ RGB HSL และ XYZ กับปริมาณของคลอโรฟิลล์เอ , คลอโรฟิลล์บี , แคโรทีนอยด์ และ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ได้แก่ ไฮยานินดิน และ เพลาร์โกนินดิน ให้ออกมาในรูปของ ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted r-square) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ความสัมพันธ์ระหว่างสมการค่าสีกับปริมาณคลอโรฟิลล์เอ

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับสมการค่าสีในระบบ RGB

สมการค่าสีในระบบสี RGB	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว
R	0.97
G	-0.00353
B	0.09133
R/G	0.69691
G/R	0.91835
G-B/G+B	0.12
G+B/G-B	0.0108
R+B/G+B	0.73883
G+B/R+B	0.88426
R+G/R-G	0.63695
$(R+G-B/2)/(R+G+B/2)$	0.804
$R-G/2-B/2$	0.96939

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับสมการค่าสีในระบบ XYZ

สมการค่าสีในระบบสี XYZ	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว
X	0.96921
Y	0.92689
Z	0.7908
X/Y	0.66064
Y/X	0.81525
Y-Z/Y+Z	0.59139
Y+Z/Y-Z	0.62133
X+Z/Y+Z	0.55565
Y+Z/X+Z	0.66775
X+Y/X-Y	-0.06093
$(X+Y-Z/2)/(X+Y+Z/2)$	0.92156
$X-Y/2-Z/2$	0.97552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับสมการค่าสีในระบบ HSL

สมการค่าสีในระบบสี HSL	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว
H	0.95835
S	0.91951
L	0.9368
H/S	0.97009
S/H	0.49923
S-L/S+L	-0.14246
S+L/S-L	-0.15372
H+L/S+L	0.98573
S+L/H+L	0.93958
H+S/H-S	-0.16481
$(H+S-L/2)/(H+S+L/2)$	0.79954
$H-S/2-L/2$	0.98308

จากการสังเกตค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับสมการค่าสี จะพบว่า สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์เอมากที่สุดได้แก่ H+L/S+L เนื่องจากให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วที่สูงที่สุดถึง 0.98573

เมื่อทำการพิจารณาในแต่ละระบบสีพบว่า

1. ในระบบสี RGB สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์เอมากที่สุดได้แก่ R
2. ในระบบสี XYZ สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์เอมากที่สุดได้แก่ X-Y/2-Z/2
3. ในระบบสี HSL สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์เอมากที่สุดได้แก่ H+L/S+L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ความสัมพันธ์ระหว่างสมการค่าสีกับปริมาณคลอโรฟิลล์ปี

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ปีกับสมการค่าสีในระบบ RGB

สมการค่าสีในระบบสี RGB	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว
R	0.98
G	0.01692
B	0.08561
R/G	0.68958
G/R	0.93242
G-B/G+B	0.12
G+B/G-B	0.01402
R+B/G+B	0.73862
G+B/R+B	0.90074
R+G/R-G	0.65322
$(R+G-B/2)/(R+G+B/2)$	0.7756
$R-G/2-B/2$	0.97539

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ปีกับสมการค่าสีในระบบ XYZ

สมการค่าสีในระบบสี XYZ	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว
X	0.9789
Y	0.92974
Z	0.81978
X/Y	0.66182
Y/X	0.83318
Y-Z/Y+Z	0.56653
Y+Z/Y-Z	0.58928
X+Z/Y+Z	0.55789
Y+Z/X+Z	0.68539
X+Y/X-Y	-0.06035
$(X+Y-Z/2)/(X+Y+Z/2)$	0.89935
$X-Y/2-Z/2$	0.98418

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์กับสมการค่าสีในระบบ HSL

สมการค่าสีในระบบสี HSL	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว
H	0.96079
S	0.8976
L	0.95113
H/S	0.94565
S/H	0.47026
S-L/S+L	-0.15662
S+L/S-L	-0.15784
H+L/S+L	0.96536
S+L/H+L	0.92982
H+S/H-S	-0.15984
$(H+S-L/2)/(H+S+L/2)$	0.81104
H-S/2-L/2	0.98047

จากการสังเกตค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์กับสมการค่าสีจะพบว่า สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดได้แก่ X-Y/2-Z/2 เนื่องจากให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วที่สูงที่สุดถึง 0.98418

เมื่อทำการพิจารณาในแต่ละระบบสีพบว่า

1. ในระบบสี RGB สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดได้แก่ R
2. ในระบบสี XYZ สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดได้แก่ X-Y/2-Z/2
3. ในระบบสี HSL สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดได้แก่ H-S/2-L/2

-ความสัมพันธ์ระหว่างสมการค่าสีกับปริมาณแคโรทีนอยด์

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณแคโรทีนอยด์กับสมการค่าสีในระบบ RGB

สมการค่าสีในระบบสี RGB	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว
R	0.95
G	-0.05234
B	0.13553
R/G	0.71342
G/R	0.89905
G-B/G+B	0.10
G+B/G-B	0.02685
R+B/G+B	0.74964
G+B/R+B	0.86707
R+G/R-G	0.6082
$(R+G-B/2)/(R+G+B/2)$	0.80982
$R-G/2-B/2$	0.95151

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณแคโรทีนอยด์กับสมการค่าสีในระบบ XYZ

สมการค่าสีในระบบสี XYZ	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว
X	0.9338
Y	0.89933
Z	0.74642
X/Y	0.67853
Y/X	0.80709
Y-Z/Y+Z	0.59489
Y+Z/Y-Z	0.62547
X+Z/Y+Z	0.57998
Y+Z/X+Z	0.67326
X+Y/X-Y	-0.01622
$(X+Y-Z/2)/(X+Y+Z/2)$	0.91666
$X-Y/2-Z/2$	0.95376

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณแคโรทีนอยด์กับสมการค่าสีในระบบ HSL

สมการค่าสีในระบบสี HSL	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว
H	0.94767
S	0.90923
L	0.91435
H/S	0.97696
S/H	0.52638
S-L/S+L	-0.10648
S+L/S-L	-0.13064
H+L/S+L	0.98745
S+L/H+L	0.93918
H+S/H-S	-0.18618
$(H+S-L/2)/(H+S+L/2)$	0.80178
$H-S/2-L/2$	0.97202

จากการสังเกตค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณแคโรทีนอยด์กับสมการค่าสีจะพบว่า สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณแคโรทีนอยด์มากที่สุดได้แก่ H+L/S+L เนื่องจากให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วที่สูงที่สุดถึง 0.98745

เมื่อทำการพิจารณาในแต่ละระบบสีพบว่า

1. ในระบบสี RGB สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณแคโรทีนอยด์มากที่สุดได้แก่ R-G/2-B/2
2. ในระบบสี XYZ สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณแคโรทีนอยด์มากที่สุดได้แก่ X-Y/2-Z/2
3. ในระบบสี HSL สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณแคโรทีนอยด์มากที่สุดได้แก่ H+L/S+L

-ความสัมพันธ์ระหว่างสมการค่าสีกับปริมาณไซยานิน

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณไซยานินกับสมการค่าสีในระบบ RGB

สมการค่าสีในระบบสี RGB	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว
R	0.67
G	0.05785
B	0.75857
R/G	0.85366
G/R	0.87054
G-B/G+B	0.74
G+B/G-B	0.71434
R+B/G+B	0.83275
G+B/R+B	0.85
R+G/R-G	0.049
$(R+G-B/2)/(R+G+B/2)$	0.35518
$R-G/2-B/2$	0.81552

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณไซยานินกับสมการค่าสีในระบบ XYZ

สมการค่าสีในระบบสี XYZ	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว
X	0.17802
Y	0.75299
Z	0.10623
X/Y	0.87663
Y/X	0.87963
Y-Z/Y+Z	0.1711
Y+Z/Y-Z	0.28039
X+Z/Y+Z	0.86146
Y+Z/X+Z	0.86549
X+Y/X-Y	0.35668
$(X+Y-Z/2)/(X+Y+Z/2)$	0.39913
$X-Y/2-Z/2$	0.7257

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณไซยานิดินกับสมการค่าสีในระบบ HSL

สมการค่าสีในระบบสี HSL	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว
H	0.90968
S	0.23134
L	0.73417
H/S	0.85672
S/H	0.92456
S-L/S+L	0.56654
S+L/S-L	0.57344
H+L/S+L	0.83563
S+L/H+L	0.83082
H+S/H-S	-0.00763
$(H+S-L/2)/(H+S+L/2)$	0.97224
$H-S/2-L/2$	0.88218

จากการสังเกตค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณไซยานิดินกับสมการค่าสีจะพบว่า สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไซยานิดินมากที่สุดได้แก่ $(H+S-L/2)/(H+S+L/2)$ เนื่องจากให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วที่สูงที่สุดถึง 0.97224 เมื่อทำการพิจารณาในแต่ละระบบสีพบว่า

1. ในระบบสี RGB สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไซยานิดินมากที่สุดได้แก่ G/R
2. ในระบบสี XYZ สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไซยานิดินมากที่สุดได้แก่ Y/X
3. ในระบบสี HSL สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไซยานิดินมากที่สุดได้แก่ $(H+S-L/2)/(H+S+L/2)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ความสัมพันธ์ระหว่างสมการค่าสีกับปริมาณเพลาโรโกนิติน

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณเพลาโรโกนิตินกับสมการค่าสีในระบบ RGB

สมการค่าสีในระบบสี RGB	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว
R	0.64
G	0.05368
B	0.75625
R/G	0.83432
G/R	0.84851
G-B/G+B	0.74
G+B/G-B	0.71327
R+B/G+B	0.81132
G+B/R+B	0.82673
R+G/R-G	0.05397
$(R+G-B/2)/(R+G+B/2)$	0.33766
$R-G/2-B/2$	0.78825

ตารางที่ 4.19 แสดงมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณเพลาโรโกนิตินกับสมการค่าสีในระบบ XYZ

สมการค่าสีในระบบสี XYZ	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว
X	0.1827
Y	0.72772
Z	0.10762
X/Y	0.85685
Y/X	0.85804
Y-Z/Y+Z	0.14869
Y+Z/Y-Z	0.26169
X+Z/Y+Z	0.83935
Y+Z/X+Z	0.8428
X+Y/X-Y	0.32194
$(X+Y-Z/2)/(X+Y+Z/2)$	0.39845
$X-Y/2-Z/2$	0.69331

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 แสดงมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณเพลาไรโกนิตินกับสมการค่าสีในระบบ HSL

สมการค่าสีในระบบสี HSL	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้ว
H	0.89093
S	0.23545
L	0.71032
H/S	0.83624
S/H	0.91417
S-L/S+L	0.56626
S+L/S-L	0.58412
H+L/S+L	0.81288
S+L/H+L	0.81321
H+S/H-S	-0.03172
$(H+S-L/2)/(H+S+L/2)$	0.96485
$H-S/2-L/2$	0.86014

จากการสังเกตมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วระหว่างปริมาณเพลาไรโกนิตินกับสมการค่าสีจะพบว่า สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณเพลาไรโกนิตินมากที่สุดได้แก่ $(H+S-L/2)/(H+S+L/2)$ เนื่องจากให้มีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วที่สูงที่สุดถึง 0.96485 เมื่อทำการพิจารณาในแต่ละระบบสีพบว่า

1. ในระบบสี RGB สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณเพลาไรโกนิตินมากที่สุดได้แก่ G/R
2. ในระบบสี XYZ สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณเพลาไรโกนิตินมากที่สุดได้แก่ Y/X
3. ในระบบสี HSL สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณเพลาไรโกนิตินมากที่สุดได้แก่ $(H+S-L/2)/(H+S+L/2)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุเม็ดสีชีวภาพได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ , คลอโรฟิลล์บี , แคโรทีนอยด์ และ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ คือ โซยานินดิน กับ เพลาร์โกนินดิน ในเนื้อเยื่อพืชกับภาพสื่อดิจิตอล ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์ภาพถ่ายโดยใช้ค่าสีในระบบสีต่างๆ จากนั้นนำค่าสีมาเข้าสมการรูปแบบต่างๆ เพื่อให้ได้สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพมากที่สุด ซึ่งจากผลการทดลอง

5.1.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีสมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดคือ $H+L/S+L$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วที่สูงถึง 0.98573

5.1.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์บีมีสมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดคือ $X-Y/2-Z/2$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วที่สูงถึง 0.98418

5.1.3 ปริมาณแคโรทีนอยด์มีสมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดคือ $H+L/S+L$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วที่สูงถึง 0.98745

5.1.4 ปริมาณโซยานินดินมีสมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดคือ $(H+S-L/2)/(H+S+L/2)$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วที่สูงถึง 0.97224

5.1.5 ปริมาณเพลาร์โกนินดินมีสมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดคือ $(H+S-L/2)/(H+S+L/2)$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ที่ปรับแก้แล้วที่สูงถึง 0.96485

จากผลการวิจัยทำให้ทราบว่าวัสดุเม็ดสีชีวภาพมีความสัมพันธ์กับค่าสีในระบบต่างๆ แต่สมการค่าสีที่มีความสัมพันธ์ค่อนข้างมากกับปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพจะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดวัสดุเม็ดสีชีวภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะเป็นการยืนยันว่าปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพมีความสัมพันธ์กับปริมาณค่าสีในระบบต่างๆค่อนข้างสูง ซึ่งในอนาคตสามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาเทคนิคใหม่ในการหาปริมาณวัสดุเม็ดสีชีวภาพที่สะดวกรวดเร็วทั้งยังแม่นยำต่อการทำความเข้าใจในหลักการ สามารถใช้ได้แม้ในพื้นที่ที่ห่างไกลยากแก่การเข้าถึง

บรรณานุกรม

- [1] Available URL http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/62/light1/ligh_28.htm
- [2] Available URL <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour1.htm>
- [3] Available URL <http://www.fotofile.net/learning/colortheory/color1.html>
- [4] Available URL <http://www.cuneytozdas.com/software/3dsmax/ColorCorrect/help/FAQ.htm>
- [5] Available URL <http://www.rsc.ac.th/teacher/anchalee/cg/unit1/unit1.html>
- [6] Available URL <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1341/chlorophyll>
- [7] Available URL <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1228/carotenoid>
- [8] Available URL <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2951/flavonoid>
- [9] Available URL <http://glasswarechemical.com/scientific-instrument>
- [10] Shibghatallah et al. 2013 “Measuring Leaf Chlorophyll Concentration from Its Color:A Way in Monitoring Environment Change to Plantations” Environment and Agriculture
- [11] C. A. Bouman: Digital Image Processing - January 12, 2015
- [12] Tewari, V. K., A. A. Kumar, S. P. Kumar, V. Pandey, and N. S. Chandel. 2013. “Estimation of plant nitrogen content using digital image processing” Agric Eng Int: CIGR Journal, 15(2): 78 — 86.
- [13] M. M. Ali et al. 2013 “An Algorithm Based on the RGB Colour Model to Estimate Plant Chlorophyll and Nitrogen Contents” Environment and Agriculture
- [14] Kyu-Jong Lee, Byun-Woo Lee. 2013 “Estimation of rice growth and nitrogen nutrition status using color digital camera image analysis” Agronomy
- [15] Bernardo Pace et al. 2013 “Multiple regression models and Computer Vision Systems to predict antioxidant activity and total phenols in pigmented carrots” Food Engineering
- [16] Miguel Pagola et al. 2009 “New method to assess barley nitrogen nutrition status based on image colour analysis Comparison with SPAD-502” computers and electronics in agriculture

ประวัติผู้เขียน

นายกุลภาค มั่นไทรทอง ชื่อภาษาอังกฤษ Kullapak Munsaithong เกิดวันที่ 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2536 จบการศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนเทวรักษ์ จังหวัด ปราจีนบุรี จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนมารีวิทยาภินทรบุรี จังหวัดปราจีนบุรี จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนสมุทรปราการ จังหวัด สมุทรปราการ ในปีการศึกษา 2555 ได้เข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมวัสดุนาโน วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้