บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

ผลส้มที่ใช้ในการทดลองเป็นส้มเขียวหวานพันธุ์ฟรีมองต์ ซึ่งได้มาจากสวนส้มทรายทอง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเดือน ตุลาคม 2540 - มกราคม 2541 และ ตุลาคม - ธันวาคม 2541 ผลส้มที่นำมาทดลองได้ผ่านการคัดจากคนงานในสวนซึ่งใช้วิธีการจุ่ม-ลอยน้ำมาก่อน เพื่อแยกส้มที่ฟ่ามมาทดลอง โดยนำผลส้มมาทำความสะอาดและทำเครื่องหมายบนผล ชั่งน้ำหนักผล หาค่าความถ่วงจำเพาะ จากนั้นนำผลส้มไปเก็บในห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิที่ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% ที่ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ การศึกษาประกอบด้วยการศึกษาลักษณะอาการฟ่าม การทดสอบหาวัสดุและแหล่งกำเนิดแสงที่เหมาะสม การทดสอบเพื่อหาอิทธิพลของเปลือกที่มีต่อการวัดความเข้มแสง และการทดสอบความเข้มแสงที่เหมาะสมซึ่งเป็นการตรวจสอบแบบไม่ทำลายผล เพื่อเปรียบเทียบกับการประเมินความฟ่ามแบบมาตรฐานซึ่งเป็นการตรวจสอบคุณภาพแบบทำลายผล โดยขั้นตอนการทดลองแสดงดังภาพที่ 6

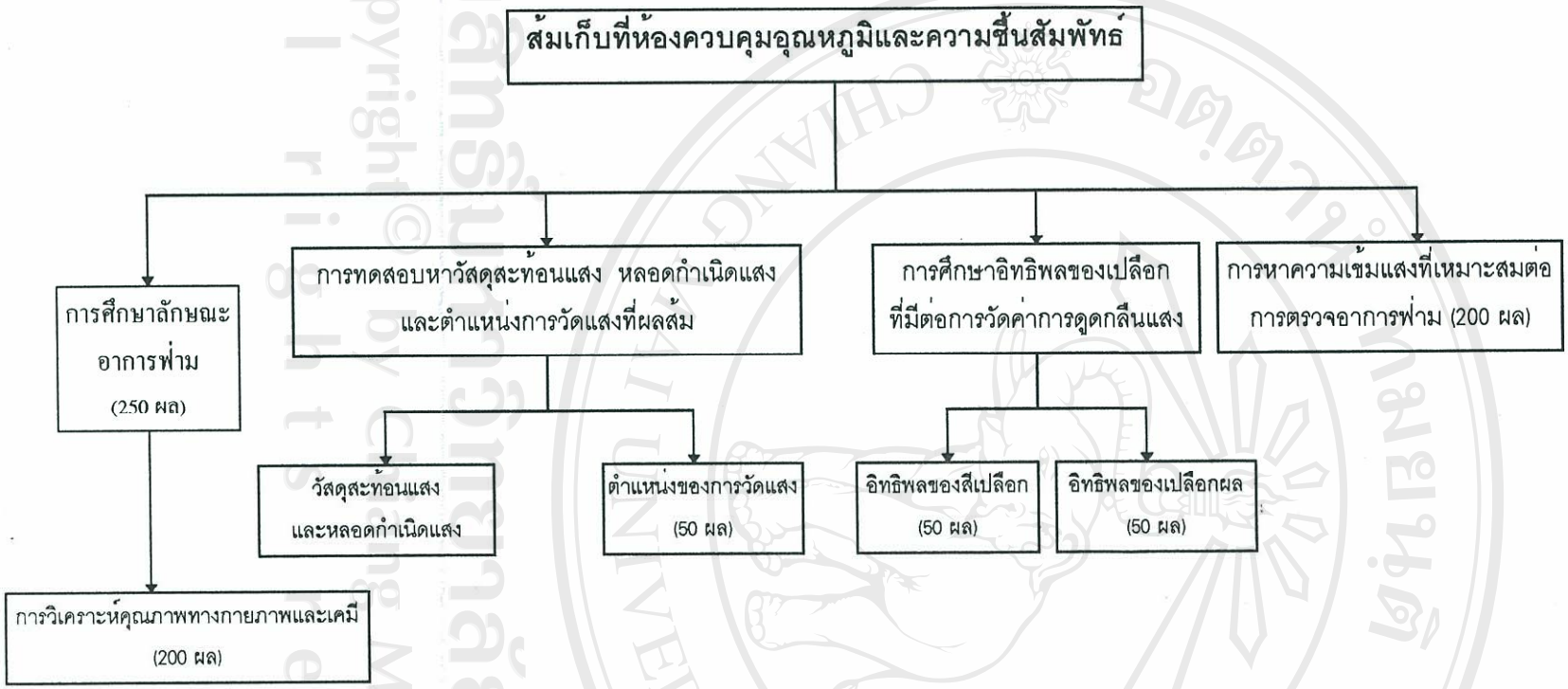
ตอนที่ 1 การศึกษาลักษณะอาการฟ่ามของผลส้ม

ผลส้มที่นำมาทดลองผ่านการคัดจากคนงานของสวนโดยการจุ่ม-ลอยน้ำ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 6 - 7 เซนติเมตร และสูง 5 - 6 เซนติเมตร แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด โดยชุดที่ 1 ใช้ในการประเมินลักษณะอาการฟ่าม ชุดที่ 2 ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

1. การประเมินความฟ่าม

นำผลส้มผลที่คาดว่าฟ่ามจำนวน 150 ผล และผลส้มปกติจำนวน 100 ผล มาผ่าประเมินความฟ่ามแบบมาตรฐานเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการคัดว่ามีส้มปกติปนมาในกลุ่มส้มฟ่ามกี่ผล และมีส้มฟ่ามปนมาในกลุ่มส้มปกติกี่ผล ผลส้มทั้ง 2 ชุดนำมาสังเกตลักษณะอาการฟ่าม รูปแบบของการฟ่าม รวมทั้งตำแหน่งที่มักเกิดอาการฟ่ามในผล การประเมินความฟ่ามของผลส้มซึ่งได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานในการผ่าประเมินความฟ่ามของผลส้ม (ภาพที่ 7) โดยผ่าผลส้มออก

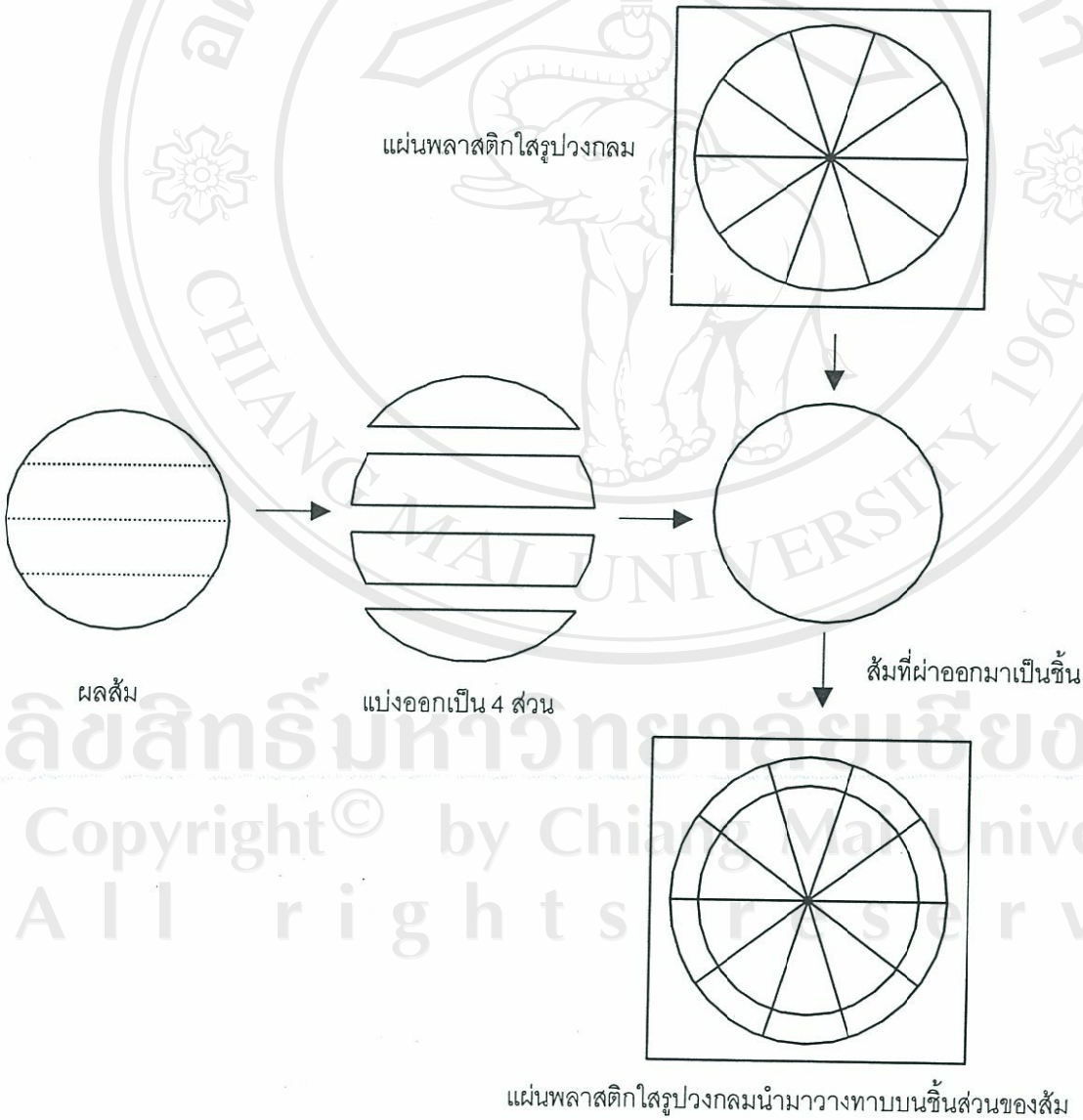
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการทดลองต่างๆ เพื่อประเมินความฟ่ามของผลส้ม

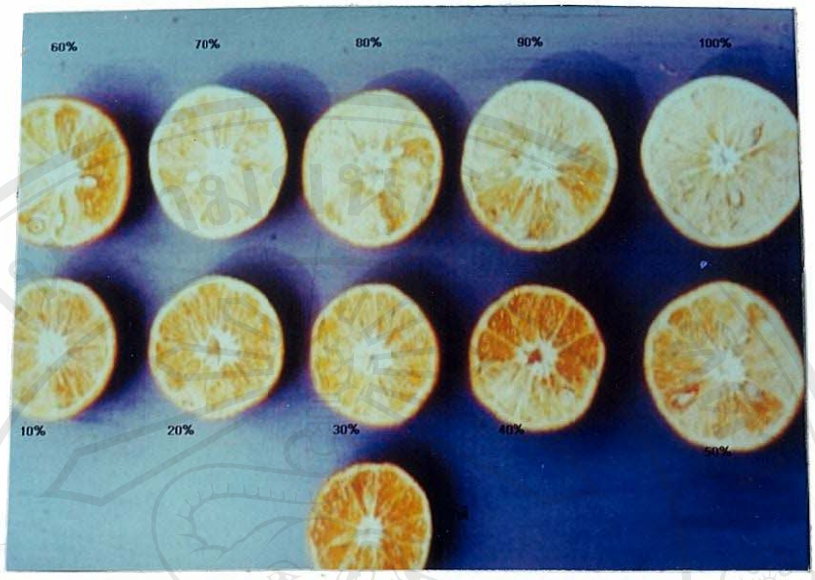
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็น 4 ส่วนตามขวางให้มีขนาดเท่าๆ กัน จากนั้นนำแผ่นพลาสติกใสซึ่งวาดเป็นรูปวงกลม แบ่งออกเป็น 10 ช่องๆ ละ 10% นำแผ่นพลาสติกใสที่ทำขึ้นมาวางทาบบนส้มที่ผ่าทั้ง 4 ชิ้น โดยพิจารณาบริเวณที่แห้งและมีสีขาวกว่าปกติ ประเมินความฟ่ามในส้มทั้ง 4 ชิ้น โดยคิดค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ชิ้นรวมกัน แล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเนื้อทั้งผล เกณฑ์ของความฟ่ามจะแบ่งออกเป็น 10 ระดับ ห่างกันระดับละ 10% ดังนั้นจะได้ระดับของความฟ่ามเป็นเนื้อปกติ เนื้อฟ่าม 10 20 30 40 50 60 70 80 90 และ 100% ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 7 การผ่าประเมินความฟ่ามของผลส้มแบบมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 8 ผลส้มปกติและผลส้มฟ่ามที่ระดับต่างๆ ตั้งแต่ 10-100% (ล่างสุดปกติ แถวกลางจากซ้ายมาขวา 10-50% แถวบนจากซ้ายมาขวา 60-100%)

2. การประเมินคุณภาพทางกายภาพและเคมี

ผลส้มฟรีมองต์ชุดที่ 2 จำนวน 200 ผล นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามกับคุณภาพทางกายภาพและเคมี ดังนี้

2.1 การประเมินคุณภาพทางกายภาพ

2.1.1 ค่าความถ่วงจำเพาะ ใช้วิธี Platform scale (Mohsenin, 1986) โดยนำผลส้มไปชั่งน้ำหนักในอากาศและหาปริมาตรด้วยการชั่งน้ำหนักในน้ำด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า (Mettler BD1201) นำค่าที่ได้ไปคำนวณดังแสดงในสมการที่ 4

น้ำหนักผลที่แทนที่ในน้ำ = (น้ำหนักภาชนะ+น้ำ+ลวด+ผลไม้) - (น้ำหนักภาชนะ+น้ำ+ลวด)

$$\text{ปริมาตรผล} = \frac{\text{น้ำหนักผลที่แทนที่ในน้ำ (กรัม)}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำของน้ำ (กรัม/มิลลิลิตร)}}$$

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ (SG)} = \frac{\text{น้ำหนักของผลที่ชั่งในอากาศ X ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำ}}{\text{น้ำหนักผลที่แทนที่ในน้ำ}} \quad (4)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำ = 1

2.1.2 เปอร์เซ็นต์น้ำคั้น นำผลส้มทั้ง 4 ส่วนมาแกะเอาเปลือกและเมล็ดออก นำเฉพาะส่วนเนื้อไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักเนื้อ จากนั้นนำส่วนเนื้อไปคั้นด้วยเครื่องสกัดน้ำผลไม้ส่วนของกากที่เหลือนำมาคั้นอีกครั้งหนึ่งโดยใช้ผ้าขาวบาง นำน้ำคั้นที่ได้ไปชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นที่ได้ต่อน้ำหนักและปริมาตรดังสมการที่ 5 และ 6

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำคั้น}}{\text{น้ำหนักผล}} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อปริมาตร} = \frac{\text{ปริมาตรน้ำคั้น}}{\text{ปริมาตรผล}} \times 100 \quad (6)$$

2.2 การประเมินคุณภาพทางเคมี

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids) นำน้ำคั้นที่ได้มาวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง Hand refractometer (ของบริษัท ATAGO รุ่น ATC-1 Brix 0-32%) โดยนำน้ำคั้นมาหยดลงบนแผ่นผลึกของเครื่องมือ (ก่อนหยดใช้น้ำกลั่นเป็นตัวปรับศูนย์) ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็น %TSS

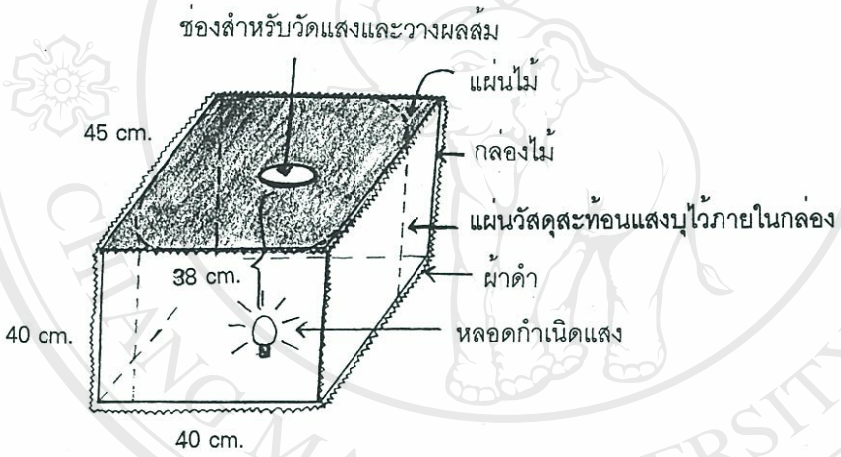
ตอนที่ 2 การทดสอบหาวัสดุสะท้อนแสง หลอดกำเนิดแสงและตำแหน่งการวัดแสงที่ผลส้ม

1. การศึกษาวัสดุสะท้อนแสงและหลอดกำเนิดแสง

วัสดุที่ใช้ได้แก่ แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล, กระดาษขาวและไม้อัดสีน้ำตาล โดยใส่วัสดุดังกล่าวไว้ในกล่องส่องแสง หลอดกำเนิดแสงที่ใช้มี 6 หลอด คือ หลอด Halogen ขนาด 50 วัตต์ ยี่ห้อ Micron หลอด Filament 220V - 230 V ขนาด 60 วัตต์ ยี่ห้อ Philips หลอด Spotline R 80 - 230 V ขนาด 100 วัตต์ ยี่ห้อ Philips หลอด Superlux ขนาด 100 วัตต์ ยี่ห้อ Philips หลอด Tungsten Halogen 220 V ขนาด 300 และ 500 วัตต์ ยี่ห้อ Micron โดยนำวัสดุแต่ละชนิดใส่ไว้ในกล่องที่ทำขึ้น (ขนาด 40 X 45 X 40 ซม.) แล้วนำหลอดไฟวางไว้ที่ด้านล่างของกล่อง จากนั้นนำแผ่นไม้เจาะรูวงกลมให้มีขนาดเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของผลส้ม (6.5 ซม.) ที่จุดกึ่งกลางของแผ่นไม้แล้วนำมาวางไว้ที่ด้านบนของกล่อง นำผ้าสีดำที่เจาะรูวงกลมให้ได้ขนาดเท่ากับรูวงกลมของแผ่นไม้คลุมแผ่นไม้และกล่องส่องแสงเพื่อปิดแสงที่จะลอดออกมาทางด้านข้างของผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(ภาพที่ 9) เมื่อเตรียมอุปกรณ์ในการส่องแสงเสร็จแล้ว วัดความเข้มแสงที่ทะลุออกมาด้วยเครื่อง Digital Illuminance meter (model 510 รุ่น 51001 ของ บริษัท YOGOGAWA) โดยวัดที่บริเวณที่เจาะรูที่ด้านบนของผ้าดำบนกล่องส่องไฟ วัด 15 ครั้งแต่ละครั้งวัดห่างกัน 30 นาที เพื่อดูความสม่ำเสมอของความเข้มแสง โดยเปลี่ยนใช้วัสดุไปจนครบ 3 ชนิด และเปลี่ยนหลอดกำเนิดแสงจนครบ 6 หลอด พิจารณาว่าวัสดุชนิดใดที่มีค่าความสว่างมากที่สุด เพื่อที่จะได้นำเอาวัสดุดังกล่าวไปใช้เพื่อเพิ่มแสงสว่างภายในกล่องส่องแสงในการทดลองขั้นต่อไป



ภาพที่ 9 กล่องส่องแสงที่ใช้ในการทดลอง

2. การศึกษาตำแหน่งของการวัดแสงที่ผลส้ม

การทดลองนี้ใช้หลอดกำเนิดแสงทั้ง 6 หลอดจากการทดลองที่ 2.1 ใช้ผลส้มจำนวน 50 ผล นำผลส้มไปวางบนกล่องส่องแสงที่เตรียมไว้วัดความเข้มแสงที่ทะลุออกมาจากผลโดยใช้เครื่องวัดความเข้มแสงมาสัมผัสที่ผิวของผลส้มโดยเอาผลส้มตั้งขึ้นข้างบนแล้ววัดแสงที่ขั้วผล (stem-end) และเอาผลคว่ำลงแล้ววัดแสงที่บริเวณก้นผล (stylar-end) (ภาพที่ 10) วัดตำแหน่งละ 3 จุดแบบสุ่ม แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย นำค่าที่ได้ไปคำนวณเป็นค่าการดูดกลืนแสง (optical density : O.D.) ดังสมการที่ 7

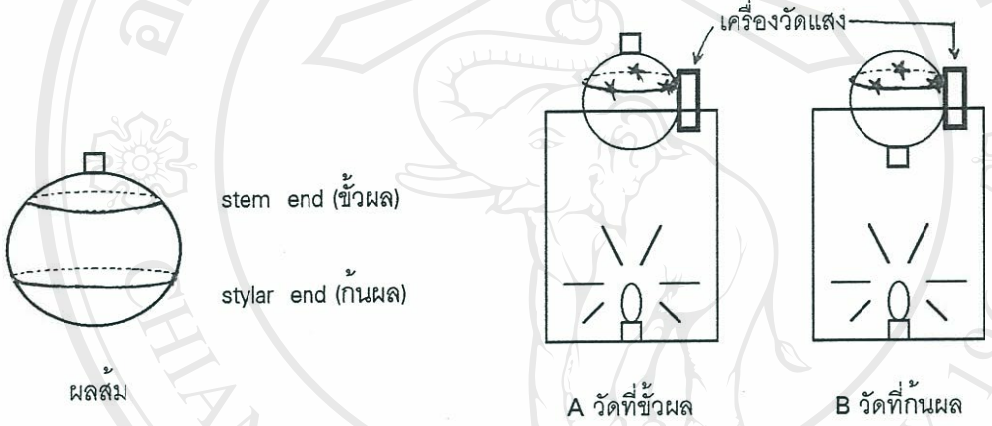
$$O.D. = \log \frac{Ii}{Id} \qquad (7)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ Ii คือ ระดับพลังงานของแสงเริ่มต้นที่ตกกระทบ (incidence light)

Id คือ ระดับพลังงานของแสงที่จุดตรวจวัด (detected light) ที่ผ่านออกมาจากผล

ผลส้มเมื่อส่องแสงเสร็จนำไปผ่าประเมินความฟ่ามแบบมาตรฐาน จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปหาความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความฟ่าม



ภาพที่ 10 ตำแหน่งที่วัดแสง (✱) โดย A. เอาผลตั้งขึ้นข้างบนแล้ววัดแสงที่ขั้วผล และ B. เอาผลคว่ำลงแล้ววัดแสงที่ก้นผล

ตอนที่ 3 การศึกษาอิทธิพลของเปลือกที่มีต่อการวัดค่าการดูดกลืนแสง

1. อิทธิพลของสีเปลือกที่มีการวัดค่าการดูดกลืนแสง

นำผลส้มที่มีเปลือกสีเหลืองปนเขียวจำนวน 50 ผล (ภาพที่ 11 A) วัดสีเปลือกโดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter's colorimeter ของ Minolta model CR-200) แต่ละผลจะวัดสีเปลือก 3 ตำแหน่ง ค่าที่ได้แสดงเป็นค่า L, a, b

เมื่อ L = The lightness factor (value) แสดงให้เห็นถึงความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุที่มีสีคล้ำ หากค่า L มีค่าสูงเข้าใกล้ 100 วัตถุจะมีสีสว่างสดใส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

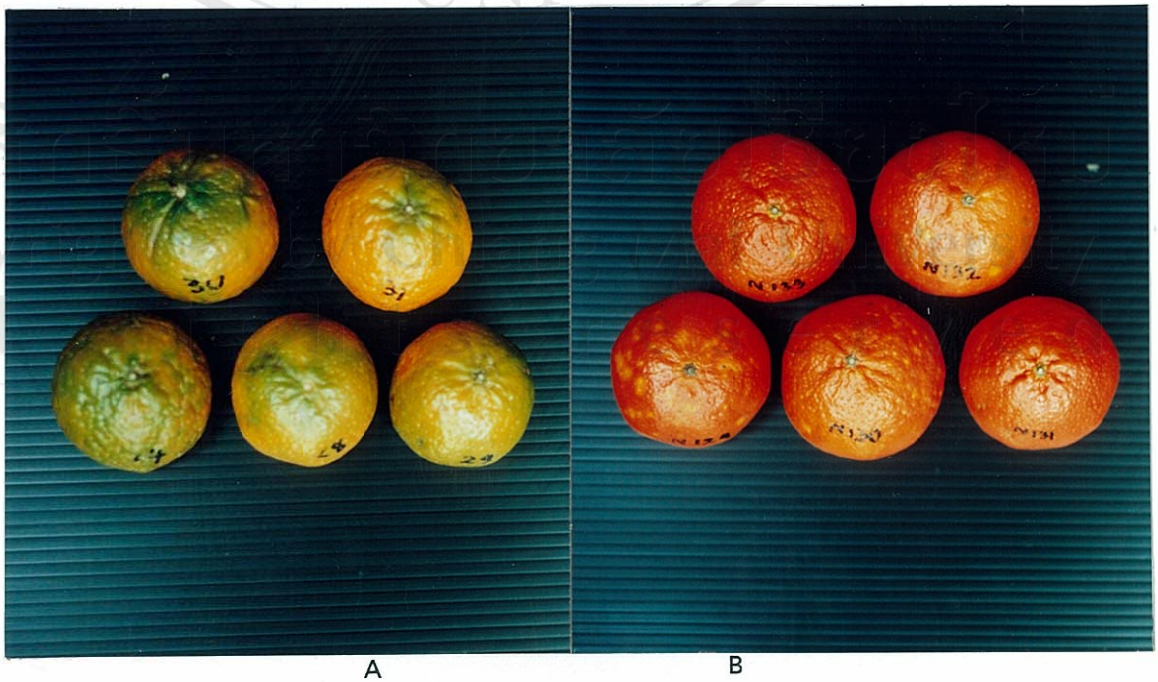
a, b = The chromaticity coordinates (hue, chroma) หาก a มีค่าเป็นบวกวัตถุจะมีสีแดง แต่ถ้ามีค่าเป็นลบวัตถุจะมีสีเขียว ส่วนค่า b หากมีค่าเป็นบวกวัตถุจะมีสีเหลือง แต่ถ้ามีค่าเป็นลบวัตถุจะมีสีน้ำเงิน

Hue เป็นอัตราส่วนของค่า a ต่อ b ซึ่งหาได้จากสมการที่ 8

$$\text{Hue} = \frac{\text{a value}}{\text{b value}} \qquad (8)$$

ในกรณีของส้ม ค่า Hue ถ้ามีค่าเป็นลบมากแสดงว่ามีสีเขียว หากมีค่าเพิ่มขึ้นแสดงว่ามีสีเหลือง

หลังจากวัดสีเปลือกนำผลส้มไปส่องแสงเพื่อวัดแสงที่ทะลุออกมาจากผลส้ม โดยใช้หลอดและวัดแสงที่ตำแหน่งที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 2.1 และ 2.2 วัดแสงแบบสุ่ม 3 จุด จากนั้นนำผลส้มชุดเดิมไปบ่มเพื่อให้เปลือกเปลี่ยนเป็นสีส้ม (ภาพที่ 11 B) โดยใช้ถ่านแก๊ส(แคลเซียมคาร์ไบด์) เป็นเวลา 3 วันจะได้ผลส้มที่มีสีส้ม นำผลส้มไปวัดสีเปลือกและนำไปส่องแสงเช่นเดียวกับผลที่มีสีเหลืองปนเขียว ค่าความเข้มแสงที่วัดได้เมื่อเปลือกมีสีเหลืองปนเขียวและเปลือกมีสีส้มนำไปคำนวณเป็นค่าการดูดกลืนแสง (สมการที่ 7) เพื่อนำไปหาความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความฟ่าม



A B

ภาพที่ 11 ผลส้มที่นำมาส่องแสงวัดเปลือก A สีเหลืองปนเขียว และ B สีส้ม

2. อิทธิพลของเปลือกผลที่มีต่อการวัดค่าการดูดกลืนแสง

นำผลส้มจำนวน 50 ผล วัดความเข้มแสงที่ทะลุออกจากผลส้ม โดยใช้หลอด Halogen ขนาด 500 วัตต์ โดยวัดทั้งผลรวมเปลือกที่ตำแหน่งที่เหมาะสมตามผลการทดลองที่ 2 โดยวัดแบบสุ่ม 3 จุด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำผลส้มชุดเดียวกันแกะเปลือกออกนำไปส่องแสง โดยวัดแบบสุ่ม 3 จุด ที่ตำแหน่งเดิม แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย นำค่าความเข้มแสงที่วัดได้เมื่อไม่แกะเปลือกและแกะเปลือกไปคำนวณเป็นค่าการดูดกลืนแสง (สมการที่ 7) จากนั้นนำผลส้มไปผ่าประเมินความฟ่ามแบบมาตรฐานเพื่อนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและเปอร์เซ็นต์ความฟ่าม

ตอนที่ 4 การหาความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการตรวจอาการฟ่าม

การทดลองนี้ใช้ผลส้มที่มีความฟ่ามระดับต่างๆ จำนวน 200 ผล ในขั้นแรกใช้ผลส้มจำนวน 100 ผล มาทดลองวัดแสงที่ทะลุออกมาจากผลส้ม โดยใช้หลอด Halogen ขนาด 500 วัตต์ ที่ระดับความเข้มแสง 4.9 20 47 และ 62 กิโลลักซ์ ตามลำดับ โดยทั้ง 4 ระดับความเข้มแสงใช้ผลส้มชุดเดียวกัน วัดแสงที่บริเวณก้นผลแบบสุ่ม 3 จุด นำค่าความเข้มแสงที่ทะลุออกมาจากผลส้มมาคำนวณเป็นค่าการดูดกลืนแสง นำผลส้มไปผ่าประเมินความฟ่ามแบบมาตรฐาน นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟและสมการ calibration เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงและเปอร์เซ็นต์ความฟ่าม ซึ่งสมการที่ได้จาก calibration นี้จะนำไปใช้ในการคาดคะเน (prediction) เปอร์เซ็นต์ความฟ่ามของผลส้มชุดใหม่อีกชุดหนึ่งจำนวน 100 ผล เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ฟ่ามจากการคาดคะเนเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามจริงที่ได้จากการผ่าผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved