บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การศึกษาลักษณะอาการฟ่ามของผลส้ม

1. การประเมินความฟ่าม ผลส้มจำนวน 250 ผล เมื่อนำมาผ่าประเมินความฟ่ามโดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่จัดทำไว้ พบว่าเมื่อประเมินส้มฟ่ามจำนวน 150 ผล ที่ได้จากการคัดมาจากสวน มีส้มปกติปนมา 49 ผล (32.67%) ส้มปกติจำนวน 100 ผล มีส้มฟ่ามปนมา 6 ผล (6%) อาการฟ่ามที่พบส่วนใหญ่เป็นอาการฟ่ามแห้ง 105 ผล (42%) ฟ่ามไต 2 ผล (0.8%) นอกนั้นเป็นส้มปกติ 143 ผล (57.2%) อาการฟ่ามแห้งมีลักษณะของถุงเนื้อส้มแห้งและมีสีขาวขุ่นซึ่งสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับส้มปกติ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bartholomew *et al*. (1941), Burns and Achor (1989) และ จริญญา (2542) ซึ่งรายงานว่าอาการฟ่ามแห้งเป็นสภาพที่ถุงเนื้อส้มมีการหดตัวเล็กน้อย หากมีอาการฟ่ามมากขึ้นถุงเนื้อส้มจะล้มหรือยุบอย่างสมบูรณ์ อันเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำและมีอากาศแทรกอยู่ภายในเนื้อผลแทน ส่วนอาการฟ่ามไตผนังเซลล์ของถุงเนื้อส้มที่เกิดอาการฟ่ามไตจะหนากว่าปกติ ถุงเนื้อส้มมีสีขาว เต่งเหมือนปกติแต่เมื่อกดดูจะแข็งเป็นไตเนื่องจากของเหลวภายในมีการรวมตัวกันเป็นผลึก

จากการสังเกตผลส้มฟรีมองต์ที่เกิดอาการฟ่ามจำนวน 107 ผล ในขณะที่ผ่าประเมินความฟ่ามแบบมาตรฐานพบว่าส้มส่วนใหญ่เกิดอาการฟ่ามแห้ง ส่วนอาการฟ่ามไตพบในปริมาณที่น้อยมาก ตำแหน่งที่พบอาการฟ่ามส่วนใหญ่จะเกิดที่บริเวณขั้วผลทั้งในส้มที่เกิดอาการฟ่ามแห้งและฟ่ามไต

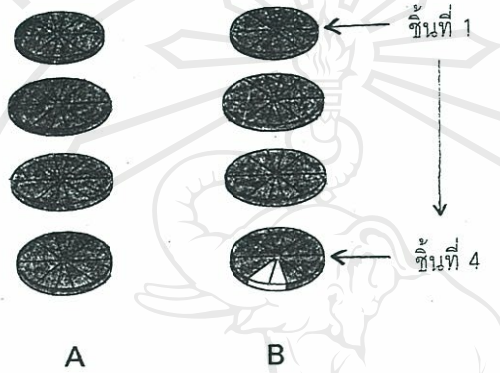
ลักษณะอาการฟ่ามในผลส้มฟรีมองต์ที่ศึกษานี้ พบทั้ง 2 แบบ คือ อาการฟ่ามไตและฟ่ามแห้ง โดยพบอาการฟ่ามแห้งมากที่สุด คิดเป็น 98.14%ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมดที่ศึกษา ในขณะที่อาการฟ่ามไตพบเพียง 1.86% ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมดที่ศึกษา อย่างไรก็ดีอาการฟ่ามทั้ง 2 แบบข้างต้น ยังมีลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้

1. อาการฟ่ามไต ที่พบมี 2 แบบ คือ

1.1ฟ่ามจากขั้วผลแล้วขยายลงมาในแนวระนาบตามแนวระดับไปจนถึงก้นผล (ภาพที่ 12 A) โดยพบผลส้มที่มีอาการฟ่ามแบบนี้ 0.93% ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 ฟ่ามจากขั้วผลแล้วขยายลงมาตามแนวระนาบตามแนวระดับ และแผ่ลงมาถึงก้นผล แต่มีส่วนที่ปกติปนอยู่ (ภาพที่ 12 B) โดยพบผลส้มที่มีอาการฟ่ามแบบนี้ 0.93% ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมด



ภาพที่ 12 อาการฟ่ามไต 2 แบบที่พบในการทดลอง A. ฟ่ามทั้งผล B. ฟ่าม $3\frac{8}{10}$ ชิ้นใน 4 ชิ้น
หมายเหตุ : บริเวณสีดำ คือบริเวณที่เกิดอาการฟ่าม บริเวณสีขาว คือบริเวณที่ไม่ฟ่าม

2. อาการฟ่ามแห้งที่พบ มี 3 แบบ คือ

2.1 อาการฟ่ามแบบที่ 1 ซึ่งอาการฟ่ามเริ่มต้นจากบริเวณขั้วผลแล้วแผ่ขยายตามแนวระดับเรื่อยไปจนอาการฟ่ามเพิ่มมากขึ้นก็จะลามลงมาถึงครึ่งผลและหากฟ่าม 100% ก็จะลามมาถึงก้นผล ซึ่งแบ่งย่อยออกได้เป็น 5 แบบ (ภาพที่ 13) คือ

2.1.1 ฟ่ามตั้งแต่ชิ้นที่ 1 ถึงชิ้นที่ 4 (จากขั้วผลไปถึงก้นผล) แบบเต็มชิ้นทุกชิ้น โดยพบผลส้มที่มีอาการฟ่ามแบบนี้ 45.79% ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมด

2.1.2 ฟ่ามตั้งแต่ชิ้นที่ 1 ถึงชิ้นที่ 3 แบบเต็มชิ้น แต่ในชิ้นที่ 4 จะฟ่ามที่บริเวณส่วนของเนื้อที่อยู่กับเปลือก โดยพบผลส้มที่มีอาการฟ่ามแบบนี้ 0.93% ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมด

2.1.3 ฟ่ามในชิ้นที่ 1 และ 2 แบบเต็มชิ้น ส่วนในชิ้นที่ 3 ฟ่ามเป็นบางแห่งแบบไม่เต็มชิ้นและกลับมาฟ่ามแบบเต็มชิ้นอีกในชิ้นที่ 4 โดยพบผลส้มที่มีอาการฟ่ามแบบนี้ 1.87% ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.4 ฟ่ามในชิ้นที่ 1 และ 2 แบบเต็มทั่วทั้งชิ้น ส่วนในชิ้นที่ 3 และ 4 ฟ่ามเป็นบางส่วนโดยอยู่ติดเป็นบริเวณเดียวกัน โดยพบผลส้มที่มีอาการฟ่ามแบบนี้ 24.30% ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมด

2.1.5 ฟ่ามในชิ้นที่ 1 แบบเต็มชิ้น และในชิ้นที่ 2 และ 3 ฟ่ามเป็นบางส่วนแบบติดกัน ส่วนในชิ้นที่ 4 ไม่ฟ่าม โดยพบผลส้มที่มีอาการฟ่ามแบบนี้ 8.41% ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมด

2.2 อาการฟ่ามแบบที่ 2 ซึ่งอาการฟ่ามเริ่มต้นจากขั้วผลแล้วแผ่ขยายลงมาทางด้านข้างของผลด้านใดด้านหนึ่งตามแนวดิ่ง ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 4 แบบ (ภาพที่ 14) คือ

2.2.1 ฟ่ามในชิ้นที่ 1 บริเวณเนื้อที่อยู่ติดกับเปลือก และแผ่ขยายจากขอบมาถึงไส้ของผลในชิ้นที่ 2 ส่วนในชิ้นที่ 3 และ 4 ไม่เกิดอาการฟ่าม โดยพบผลส้มที่มีอาการฟ่ามแบบนี้ 0.93% ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมด

2.2.2 ฟ่ามในชิ้นที่ 1 และ 2 ที่ด้านใดด้านหนึ่งของผลแบบติดกัน ส่วนในชิ้นที่ 3 และ 4 ไม่ฟ่าม โดยพบผลส้มที่มีอาการฟ่ามแบบนี้ 4.67% ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมด

2.2.3 ฟ่ามในชิ้นที่ 1 ถึง ชิ้นที่ 3 ที่ด้านใดด้านหนึ่งของผลแบบติดกัน ส่วนในชิ้นที่ 4 จะฟ่ามบริเวณเนื้อที่อยู่ติดกับเปลือก โดยพบส้มที่มีอาการฟ่ามแบบนี้ 3.74% ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมด

2.2.4 ฟ่ามในชิ้นที่ 1 ถึง ชิ้นที่ 4 โดยจะฟ่ามมากในชิ้นที่ 1 และลดลงมาในชิ้นที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ โดยพบผลส้มที่มีอาการฟ่ามแบบนี้ 3.74%ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมด

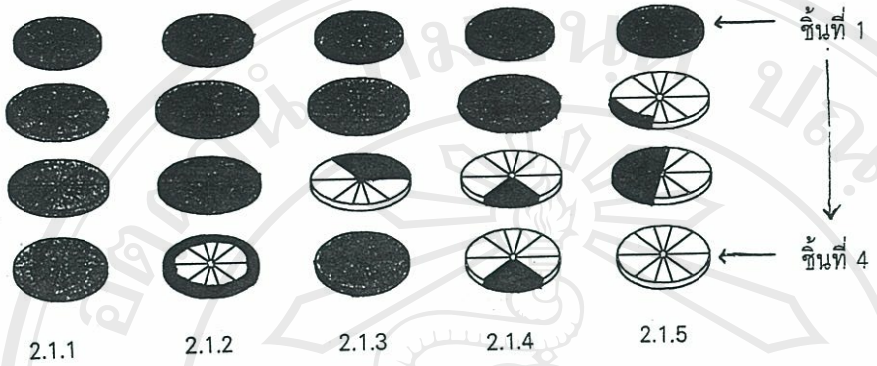
2.3 อาการฟ่ามแบบที่ 3 ซึ่งอาการฟ่ามเริ่มเกิดในชิ้นที่ 2 และ ชิ้นที่ 3 แล้วแผ่ขยายลงมาทางด้านข้างของผลด้านใดด้านหนึ่งตามแนวดิ่งซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 3 แบบ (ภาพที่ 15) คือ

2.3.1 ชิ้นที่ 1 และ ชิ้นที่ 2 ไม่ฟ่าม แต่ในชิ้นที่ 3 จะเริ่มฟ่ามเป็นบางส่วนแบบติดกันและในชิ้นที่ 4 ฟ่ามเต็มทั่วทั้งชิ้น โดยพบผลส้มที่มีอาการฟ่ามแบบนี้ 0.93% ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมด

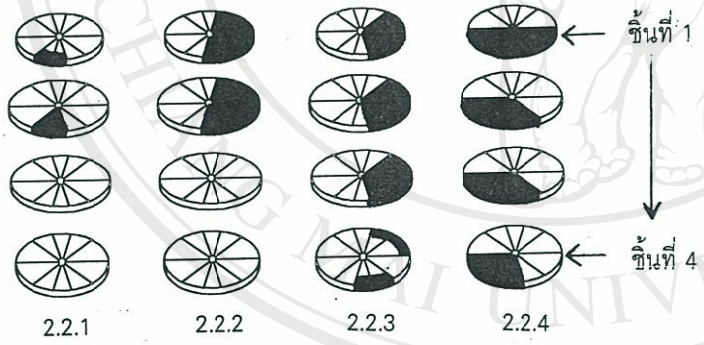
2.3.2 ชิ้นที่ 1 ไม่ฟ่าม ส่วนในชิ้นที่ 2 3 และ 4 ฟ่ามเป็นบางส่วน โดยในชิ้นที่ 2 ฟ่ามเล็กน้อย และเพิ่มมากขึ้นในชิ้นที่ 3 แต่กลับลดลงในชิ้นที่ 4 โดยพบผลส้มที่มีอาการฟ่ามแบบนี้ 1.87% ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

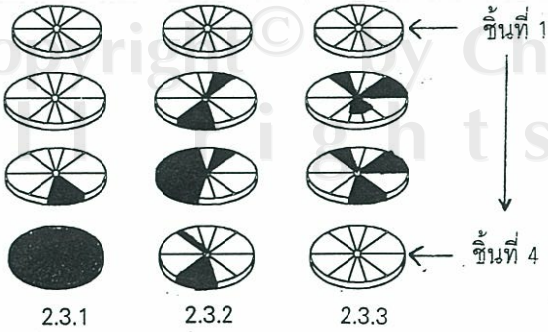
2.3.3 ชิ้นที่ 1 ไม่ฟ่าม ส่วนในชิ้นที่ 2 และ 3 ฟ่ามเป็นบางส่วน แต่ในชิ้นที่ 4 ไม่ฟ่าม โดยพบผลส้มที่มีอาการฟ่ามแบบนี้ 0.93% ของจำนวนส้มฟ่ามทั้งหมด



ภาพที่ 13 อาการฟ่ามแห้งแบบที่ 1



ภาพที่ 14 อาการฟ่ามแห้งแบบที่ 2

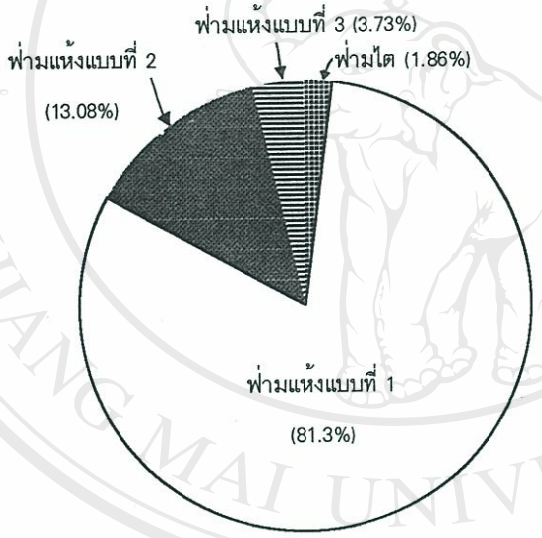


ภาพที่ 15 อาการฟ่ามแห้งแบบที่ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

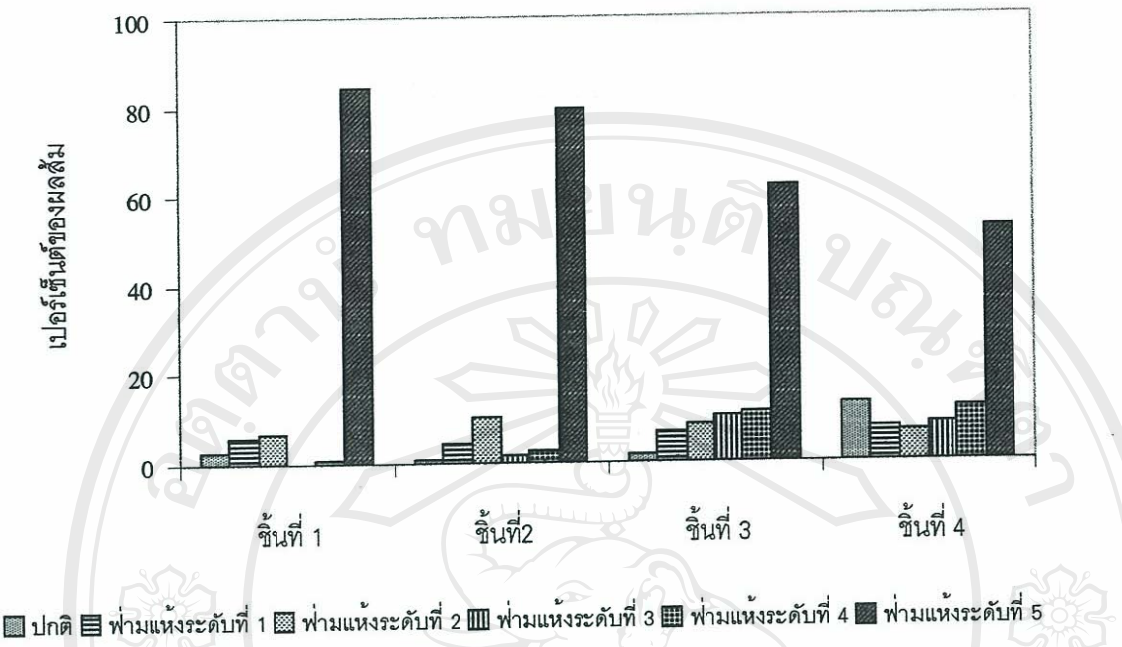
ผลส้มฟรีมองต์ที่เกิดอาการฟ่ามมีสัดส่วนของอาการฟ่ามไต 1.86% อาการฟ่ามแห้งแบบที่ 1 81.3% อาการฟ่ามแห้งแบบที่ 2 13.08% อาการฟ่ามแห้งแบบที่ 3 3.73% (ภาพที่ 16)

จากผลส้มจำนวน 250 ผล นำมาผ่าประเมินดูสัดส่วนของส้มที่ปกติและส้มที่ฟ่ามในแต่ละชิ้น พบว่าส้มทั้ง 4 ชิ้น เกิดอาการฟ่ามแห้งระดับที่ 5 มากที่สุด โดยส้มชิ้นที่ 4 พบผลส้มที่เกิดอาการฟ่ามระดับที่ 5 มากกว่าชิ้นที่ 2 3 และ 4 คิดเป็น 84.09% 79.44% 61.68% และ 52.34% ของส้มแต่ละชิ้น ตามลำดับ ซึ่งเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าอาการฟ่ามแห้งแบบเต็มชิ้น (แบบที่ 5) เกิดที่บริเวณขั้วผลมากที่สุดและอาการจะลดน้อยลงที่บริเวณก้นผล (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 16 สัดส่วนของผลส้มที่เกิดอาการฟ่ามแบบต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 17 เปอร์เซ็นต์ของผลส้มที่ปกติและผลส้มที่ฟ่ามระดับต่างๆ ในผลส้มแต่ละชิ้น

หมายเหตุ : ฟ่ามแห้งระดับที่ 1 คือ ฟ่าม 1-20% ฟ่ามแห้งระดับที่ 2 คือ ฟ่าม 21-40%
ฟ่ามแห้งระดับที่ 3 คือ ฟ่าม 41-60% ฟ่ามแห้งระดับที่ 4 คือ ฟ่าม 61-80%
ฟ่ามแห้งระดับที่ 5 คือ ฟ่าม 81-100%

ผลการประเมินลักษณะอาการฟ่ามโดยการสังเกต พบว่าอาการฟ่ามที่พบส่วนใหญ่เป็นอาการฟ่ามแห้ง โดยบริเวณที่เกิดอาการฟ่ามเกิดได้ทั้งบริเวณขั้วผล ขั้วผลด้านข้างและที่บริเวณก้นผล แต่ส่วนใหญ่จะเกิดที่บริเวณขั้วผลแล้วแผ่ขยายลงมาทางด้านล่างของผล โดยผลส้มที่เกิดอาการฟ่ามรุนแรง (81-100%) จะพบในส้มชิ้นที่ 1 หรือบริเวณขั้วผลมากที่สุดและมากกว่าชิ้นที่ 2 3 และ 4 ที่บริเวณก้นผล ตามลำดับ

นอกจากนี้เมื่อศึกษาลักษณะภายนอกของผลส้มที่จะนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งบอกความฟ่ามของผลส้ม ได้แก่ ความหนาเปลือกและลักษณะของผิวเปลือก โดยพบว่าความหนาเปลือกของส้มที่ฟ่ามมากๆ เปลือกจะหนากว่าส้มปกติเล็กน้อยไม่แตกต่างกัน ลักษณะผิวของส้มฟ่ามและส้มปกติมีลักษณะผิวทั้งผิวเรียบและผิวขรุขระไม่แตกต่างกัน โดยผิวของส้มพันธุ์ฟรีมองต์ส่วนใหญ่มีลักษณะขรุขระ แต่บางส่วนมีลักษณะผิวเรียบบ้าง บางครั้งส้มที่มีผิวขรุขระแต่ไม่เกิดอาการฟ่าม ในขณะที่ส้มผิวเรียบบางครั้งก็เกิดอาการฟ่าม ทั้งนี้ลักษณะของผิวขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ การจัดการตั้งแต่อยู่ในสวนและสภาพภูมิอากาศในระหว่างที่มีการพัฒนา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

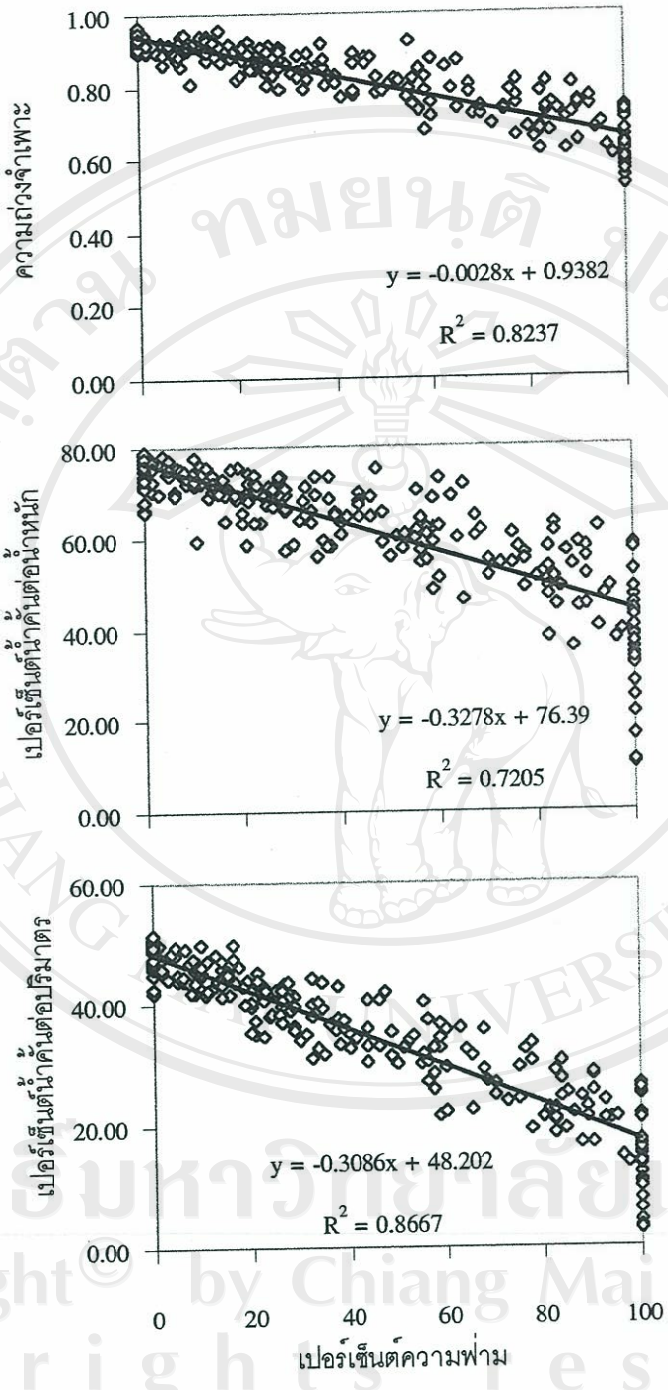
ดังนั้นความหนาเปลือกและลักษณะของผิวเปลือก ซึ่งเป็นลักษณะภายนอกของผลส้ม ไม่สามารถบ่งบอกลักษณะอาการฟ่ามที่เกิดขึ้นภายในผล

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลส้ม พบว่าความถ่วงจำเพาะ เปอร์เซ็นต์น้ำค้นต่อน้ำหนัก และเปอร์เซ็นต์น้ำค้นต่อปริมาตรมีค่าลดลงเมื่อมีเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามของผลเพิ่มขึ้น โดยมีค่า R^2 = 0.824 0.776 0.867 ตามลำดับ (ภาพที่ 18) ขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ซึ่งเป็นคุณภาพทางเคมีพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามที่เพิ่ม โดยมีค่า R^2 = 0.546 (ภาพที่ 19)

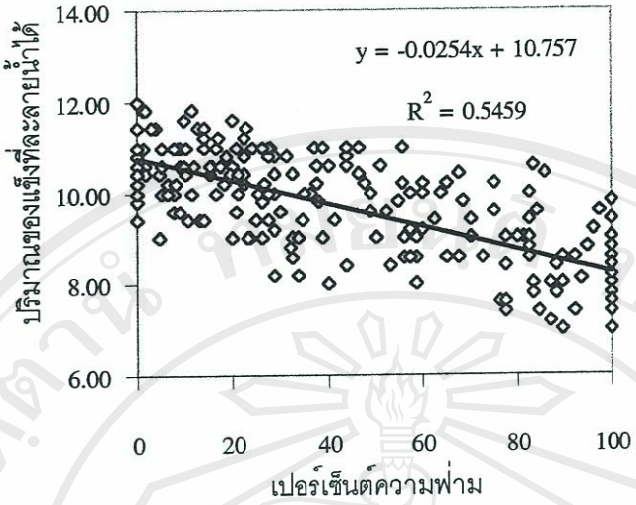
จริงแท้ (2538) รายงานว่า การเจริญเติบโตของผลไม้จะเริ่มต้นด้วยการขยายขนาดของเซลล์จนถึงระยะหนึ่งจึงเริ่มมีการสะสมอาหารในรูปต่างๆ เช่น น้ำตาลและแป้ง ซึ่งถูกลำเลียงมาสะสมในผลมากขึ้น น้ำหนักแห้งของผลสูงขึ้นทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของผลสูงขึ้น และค่าความถ่วงจำเพาะจะเพิ่มขึ้นตามความบริบูรณ์ของผลและลดลงเมื่อผลถูกทำลายหรือมีตำหนิ (Chen, 1996) ความถ่วงจำเพาะที่ลดลงเมื่อเกิดอาการฟ่ามเพิ่มขึ้นแสดงว่าผลส้มมีน้ำหนักลดลงเนื่องจากมีปริมาณน้ำในผลลดลงจากผลการทดลองพบว่าส้มปกติมีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.9 ขณะที่ส้มฟ่าม 100% มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.5-0.8 (R^2 = 0.824) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจริญญา (2542) รายงานว่าผลส้มปกติมีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.9 ขณะที่ส้มฟ่าม 100% มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.5-0.8 (R^2 = 0.878) ส่วนธงชัยและคณะ (2542) รายงานว่าส้มปกติมีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.8-0.9 ส้มฟ่าม 100% มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.6-0.8 (R^2 = 0.665) จะเห็นว่าค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าใกล้เคียงกันทั้งในผลส้มที่ปกติและส้มที่ฟ่าม 100% ผลการทดลองที่ได้นี้สอดคล้องกับ Turrel and Slack (1948) ที่รายงานว่าผลส้มที่มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำเป็นผลส้มที่ฟ่ามแบบแห้งซึ่งเป็นอาการ freezing injury อย่างหนึ่งซึ่งเป็นคุณภาพที่ไม่ดีและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ขณะที่ผลที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงเป็นผลปกติ Grierson and Hayward (1959) รายงานว่าผลส้มที่มีอาการฟ่ามแบบแห้งจะมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าผลปกติ โดยทั้งส้มปกติและส้มฟ่ามมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่า 1.00 ทำให้คัดแยกโดยวิธีการจมและลอยน้ำไม่ได้ จึงต้องใช้ emulsion (ส่วนผสมของน้ำกับน้ำมัน) ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะที่เหมาะสมในการคัดแยก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพทางกายภาพกับเปอร์เซ็นต์ความพ่าม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพทางเคมีกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่าม

เปอร์เซ็นต์น้ำคั้นที่ลดลงเมื่อมีอาการฟ่ามเพิ่มขึ้น แสดงถึงมีปริมาณน้ำในเนื้อผลลดลง เมื่อพิจารณาในผลส้มปกติ พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อน้ำหนัก 20%-80% ในขณะที่ส้มฟ่าม 100% มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อน้ำหนัก 10% - 60% (R^2 = 0.721) เปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อปริมาตรในส้มปกติมีค่า 40%-50% ในขณะที่ส้มฟ่าม 100% มีเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อปริมาตร 5%-25% (R^2 = 0.866) จริญญา (2542) พบว่า ส้มปกติมีเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อน้ำหนัก 30%-45% ส้มที่ฟ่าม 100% มีเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อน้ำหนัก 5%-30% (R^2 = 0.608) ส่วนเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อปริมาตร พบว่า ส้มปกติมีค่า 30%-45% ขณะที่ส้มฟ่าม 100% มีเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อปริมาตร 5%-25% (R^2 = 0.759) เมื่อพิจารณาผลของเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อปริมาตรในส้มปกติและส้มฟ่ามจากการทดลองเปรียบเทียบกับผลของจริญญา (2542) พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อปริมาตรมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกัน แต่เปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อน้ำหนักมีค่าต่างกัน โดยค่าที่ได้จากการทดลองมีค่ามากกว่าจริญญา และเมื่อพิจารณาค่า R^2 พบว่ามีค่ามากกว่าเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากตอนที่หาน้ำคั้น เมื่อใช้เครื่องคั้นสังเกตเห็นว่ายังมีน้ำติดอยู่ที่กาก จึงนำกากมาคั้นต่อโดยใช้ผ้าขาวบางอีกครั้งหนึ่งจนไม่มีน้ำเหลืออยู่ในกาก จึงทำให้ได้น้ำคั้นของผลที่ถูกต้องมากกว่า ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ รวี (2540) กล่าวคือส้มฟ่ามมีลักษณะของถุงเนื้อส้มทางด้านขั้วผลกลายเป็นสีขาวขุ่นแห้งไม่มีน้ำ Bartholomew *et al.* (1941) รายงานว่าอาการฟ่ามแห้ง เป็นสภาพที่ถุงเนื้อส้มมีการหดตัวเพียงเล็กน้อย ต่อมามีการล้มของถุงอย่างสมบูรณ์อันเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เป็นการวัดปริมาณน้ำตาลในน้ำคั้นรูปแบบหนึ่ง เนื่องจากน้ำตาลเป็นส่วนประกอบสำคัญของของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำคั้นของผลไม้เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นเมื่อพูดถึงปริมาณน้ำตาลหรือความหวานของผลไม้โดยทั่วไปจะหมายถึงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (อรรณพ, 2532) ผลการทดลองพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าแปรปรวนเมื่อเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามเพิ่มขึ้น กล่าวคือส้มในแต่ละระดับความฟ่ามมีช่วงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้กว้างมาก เช่น ส้มฟ่าม 40% มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 8-11%TSS ส้มฟ่าม 80%มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 7-11%TSS จะเห็นว่าส้มที่ระดับความฟ่ามต่างกันแต่มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ใกล้เคียงกันมาก โดยสอดคล้องกับจริงแท้ (2538) ที่รายงานว่าปริมาณน้ำตาลอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงแล้วแต่ชนิดของผลิตผลและสภาพแวดล้อม โดยน้ำตาลอาจถูกนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับการหายใจหรืออาจเปลี่ยนไปอยู่ในรูปอื่น เช่นเป็นกรดอินทรีย์ต่างๆ เช่นที่พบในผลไม้ตระกูลส้มแต่ผลต่อคุณภาพของผลส้มไม่เด่นชัด ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับการจัดการดูแลส้มตั้งแต่ในสวนตลอดจนสภาพดินฟ้าอากาศในขณะที่ผลเจริญเติบโตด้วย

ผลการทดลองที่ได้ทำให้ทราบว่าการประเมินความฟ่ามของผลส้มโดยใช้วิธีหาการหาเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นแทนการประเมินความฟ่ามแบบมาตรฐานมีค่าความสัมพันธ์สูงที่สุด รองลงมาได้แก่การหาความถ่วงจำเพาะ ส่วนวิธีการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าแปรปรวน ดังนั้นหากต้องการการประเมินความฟ่ามแบบไม่ทำลายผลควรใช้วิธีการวัดค่าความถ่วงจำเพาะ เนื่องจากมีความสะดวกและรวดเร็วกว่าแต่มีความแม่นยำน้อยกว่า หากต้องการความถูกต้องและแม่นยำกว่าอาจใช้วิธีการประเมินความฟ่ามแบบทำลายผลโดยการหาเปอร์เซ็นต์น้ำคั้น ซึ่งเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อปริมาตรมีค่าความสัมพันธ์สูงกว่าเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่อน้ำหนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอนที่ 2 การทดสอบหาวัสดุสะท้อนแสง หลอดกำเนิดแสงและตำแหน่งการวัดแสงที่ผลส้ม

1. การศึกษาวัสดุสะท้อนแสงและหลอดกำเนิดแสง

การใช้วัสดุสะท้อนแสงชนิดต่างๆ ได้แก่ แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล กระดาษขาวและไม้อัดสีน้ำตาลบุไว้ภายในกล่องส่องแสงเพื่อไม่ให้แสงถูกดูดกลืน เพื่อที่จะได้มีความเข้มแสงมากพอที่จะทะลุผ่านเข้าไปในผลส้มได้ ผลการศึกษาพบว่าแผ่นอะลูมิเนียมฟอยลให้ค่าความสว่างของแสงมากที่สุด (ตารางที่ 1) รองลงมาได้แก่กระดาษขาวและไม้ตามลำดับ สำหรับผลการใช้หลอดกำเนิดแสงที่แตกต่างกัน 6 ชนิด พบว่าเมื่อกำลังไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นค่าความเข้มแสงก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วยจากหลอด Halogen 50 วัตต์ ถึง 500 วัตต์ ตามลำดับ หลอด Halogen ขนาด 500 วัตต์ ให้ค่าความเข้มแสงสูงสุดเมื่อใช้แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล 60 กิโลลักซ์ รองลงมาคือ กระดาษขาว 47 กิโลลักซ์ และไม้อัดสีน้ำตาลมีค่าความเข้มแสงต่ำสุด 43 กิโลลักซ์ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนหลอด Halogen ขนาด 300 วัตต์ เมื่อใช้แผ่นอะลูมิเนียมฟอยลมีค่าความเข้มแสง 31 กิโลลักซ์ กระดาษขาว 23 กิโลลักซ์ และไม้อัดสีน้ำตาล 21 กิโลลักซ์ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นเดียวกับเมื่อใช้หลอด Halogen ขนาด 500 วัตต์ แต่ผลการทดลองที่ได้ไม่สอดคล้องกับรายงานของ Croff and Summers (1987) ที่กล่าวว่ากระดาษสีขาวมีเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงสูงกว่าผิวฉาบอะลูมิเนี่ยม (80% และ 67% ตามลำดับ) สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากสารประกอบที่นำมาใช้ในการทำกระดาษแตกต่างกัน โดยกระดาษที่ Croff and Summers กล่าวถึงอาจเป็นกระดาษที่มีส่วนผสมของ Ba ซึ่งใช้เป็นมาตรฐานของกระดาษขาว หรืออาจจะมี TiO_2 ซึ่งมีความบริสุทธิ์มากกว่า จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์ของการสะท้อนแสงมากกว่าแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล ในขณะที่การทดลองใช้กระดาษชาร์ทสีขาวมาทดลอง ซึ่งอาจจะมีส่วนประกอบดังกล่าวน้อยกว่าหรืออาจเป็นกระดาษที่ผสมสารตัวอื่นจึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงต่ำกว่าแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล ดังนั้นผลการทดลองที่ได้ทำให้ทราบว่าแผ่นอะลูมิเนียมฟอยลเหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุสะท้อนแสง และหลอด Halogen ขนาด 500 วัตต์ เหมาะที่จะใช้เป็นหลอดกำเนิดแสง เนื่องจากให้ค่าความเข้มแสงสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 ค่าความเข้มแสงที่ทะลุผ่านออกมาจากผลส้ม เมื่อใช้วัสดุและหลอดกำเนิดแสงชนิดต่างๆ (n=15)

วัสดุ	ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยเมื่อใช้หลอดกำเนิดแสงชนิดต่างๆ [x/] ± SD					
	Halogen 50 วัตต์	Filament 60 วัตต์	Spotline 100 วัตต์	Superlux 100 วัตต์	Halogen 300 วัตต์	Halogen 500 วัตต์
- ไม้	4943.33^{a} ± 52.73	307.33^{a} ± 5.46	2231.30^{a} ± 337.78	3437.33^{a} ± 52.71	21813.33^{a} ± 313.65	43406.67^{a} ± 240.44
- กระดาษขาว	4967.33^{a} ± 52.16	842.20^{b} ± 25.66	20240.00^{b} ± 258.57	7155.33^{b} ± 48.09	23380.00^{b} ± 479.88	47406.67^{b} ± 175.12
- แผ่นอะลูมิเนี่ยมฟอยล	6500.67^{b} ± 37.51	1340.67^{c} ± 17.51	22580.00^{c} ± 398.57	11806.67^{c} ± 109.98	31140.00^{c} ± 411.96	60026.67^{c} ± 1569.56
F - test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	13.50	51.63	5.10	46.39	16.28	14.36

[x/] ตัวเลขในกลุ่มเดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Lest - significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$)

n = จำนวนครั้งที่ทำการวัดความเข้มแสง

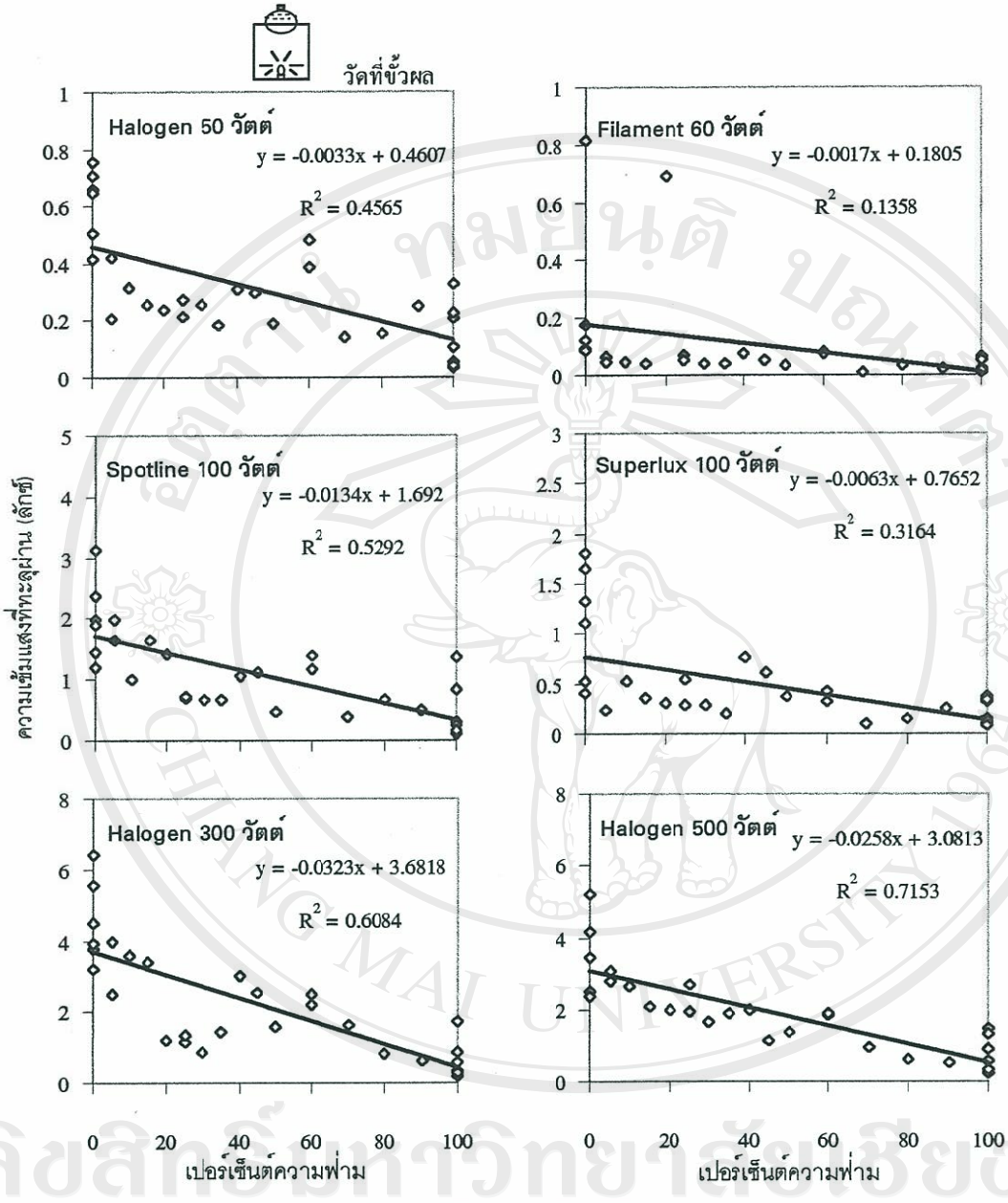
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. การศึกษาตำแหน่งของการวัดแสงที่ผลส้ม

การวัดความเข้มแสงที่ทะลุผ่านออกมาจากผลส้ม ใช้หลอด Halogen ขนาด 50 วัตต์ วัดแสงบริเวณขั้วผล แล้วนำผลส้มไปผ่าประเมินความฟ่ามแบบมาตรฐาน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงที่ทะลุผ่านกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่าม จากการศึกษาพบว่าเมื่อส้มมีเปอร์เซ็นต์ฟ่ามเพิ่มขึ้น ความเข้มแสงที่ทะลุออกมามีค่าลดลง โดยมีแนวโน้มความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรง (R^2 = 0.457) (ภาพที่ 20) ซึ่งหากมีกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงที่ทะลุผ่านกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามอาจเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงได้ทดลองต่อโดยใช้หลอด Filament ขนาด 60 วัตต์ หลอด Spotline ขนาด 100 วัตต์ หลอด Superlux ขนาด 100 วัตต์ หลอด Halogen ขนาด 300 วัตต์ และ 500 วัตต์ (R^2 = 0.715) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงที่ทะลุกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามมีค่าสูงที่สุดเมื่อใช้หลอด Halogen ขนาด 500 วัตต์ รองลงมาได้แก่ หลอด Halogen ขนาด 300 วัตต์ (R^2 = 0.608) หลอด Spotline ขนาด 100 วัตต์ (R^2 = 0.529) หลอด Superlux ขนาด 100 วัตต์ (R^2 = 0.316) และหลอด Filament ขนาด 60 วัตต์ ตามลำดับ (R^2 = 0.136)

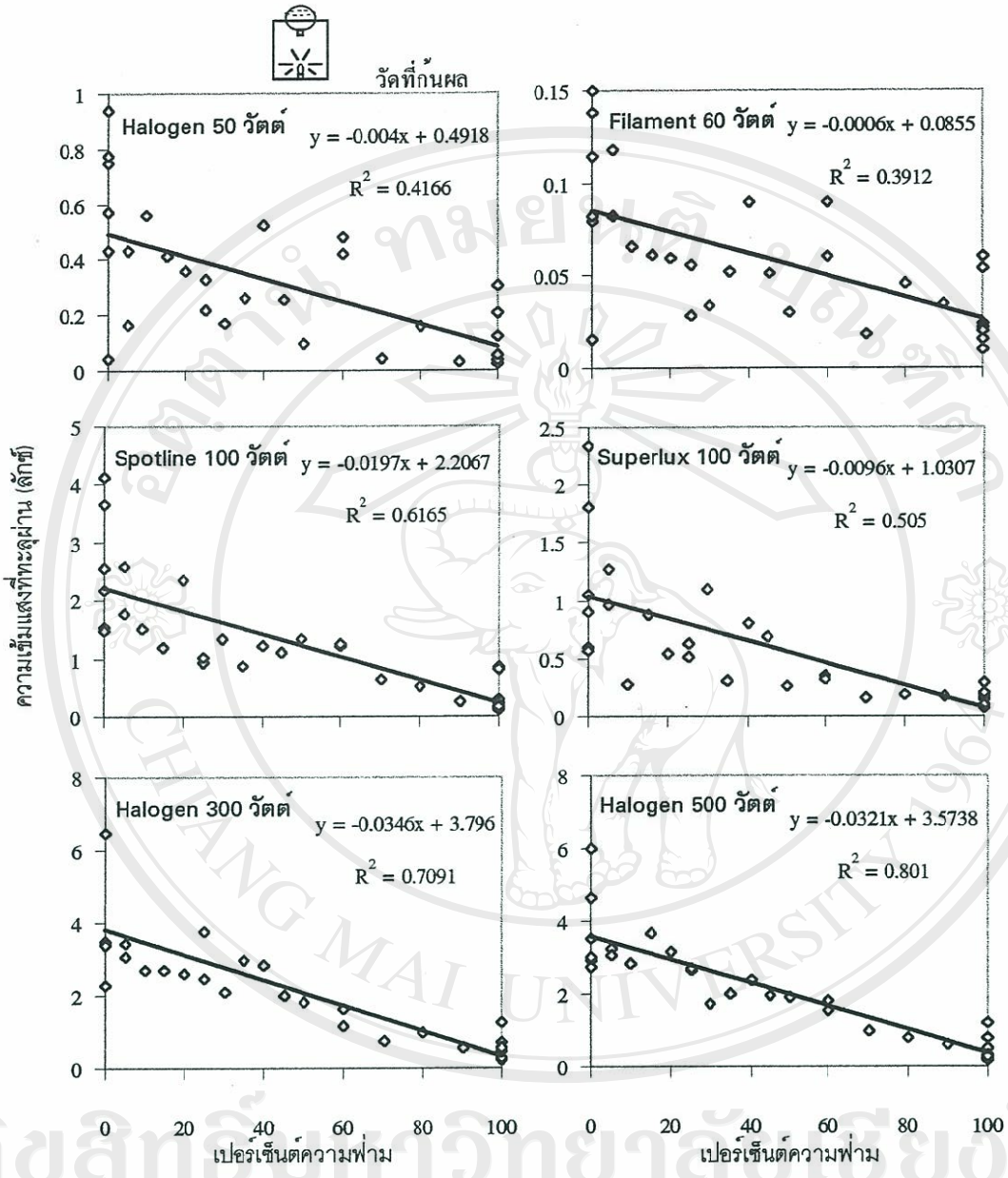
เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งของการวัดจากบริเวณขั้วผลมาวัดที่บริเวณก้นผล การวัดความเข้มแสงที่ทะลุออกมาจากผลส้ม โดยใช้หลอดต่างชนิดและกำลังไฟฟ้าต่างกัน พบว่าหลอดที่มีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงที่ทะลุผ่านกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามสูงที่สุด คือหลอด Halogen ขนาด 500 วัตต์ (R^2 = 0.801) รองลงมาคือ หลอด Halogen ขนาด 300 วัตต์ (R^2 = 0.709) หลอด Spotline ขนาด 100 วัตต์ (R^2 = 0.617) หลอด Superlux ขนาด 100 วัตต์ (R^2 = 0.505) และหลอด Filament ขนาด 60 วัตต์ ตามลำดับ (R^2 = 0.391) (ภาพที่ 21)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงที่ทะลุผ่านกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่าม เมื่อใช้หลอดที่มีชนิดและกำลังไฟฟ้าต่างกัน โดยวัดแสงที่ขั้วผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงที่ทะลุผ่านกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่าม เมื่อใช้หลอดที่มีชนิดและกำลังไฟฟ้าต่างกัน โดยวัดแสงที่ก้นผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการวัดความเข้มแสงที่ทะลุผ่านบริเวณขั้วผลและก้นผล โดยใช้หลอดกำเนิดแสงชนิดต่างๆ พบว่าหลอดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงที่ทะลุผ่านกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามสูงกว่าหลอดที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องจากหลอดที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำ มีความเข้มแสงไม่พอที่จะทะลุผ่านผลส้มออกมา ซึ่งมีเปลือกและเนื้อเป็นตัวดูดกลืนแสงส่วนหนึ่งเอาไว้

เมื่อพิจารณาชนิดของหลอดกำเนิดแสง พบว่า หลอด Halogen ได้ถูกนำมาใช้เป็นหลอดกำเนิดแสงในงานวิจัยหลายเรื่อง ดังเช่น Osborne *et al.* (1996) ใช้หลอด Halogen ที่มีกำลังไฟฟ้า 50 วัตต์ คาดคะเนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และน้ำหนักแห้งของผลกีวี Takao (1995) ใช้กำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ ตรวจโรค Suberose ที่เกิดภายในผลสับปะรด Bull (1991) ใช้กำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ ตรวจปริมาณความชื้นในเมล็ดข้าว Akimoto *et al.* (1995) ใช้กำลังไฟฟ้า 650 วัตต์ ตรวจแยกพลับที่มีรสฝาดและพลับที่มีรสหวาน โดยพบว่าพลับที่มีรสฝาดสามารถดูดกลืนแสงได้น้อยกว่าพลับที่มีรสหวาน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้หลอดกำเนิดแสงชนิดอื่นในงานวิจัย อาทิเช่น Long and Webb (1976) ใช้หลอด Xenon ขนาด 450 วัตต์ หาความสัมพันธ์ของสัดส่วนการสะท้อนกลับของแสงต่อความบริบูรณ์ของผลท้อ Worthington *et al.* (1976) ใช้หลอด EKP Quartz ขนาด 80 วัตต์ คาดคะเนระยะเวลาสุกของผลมะเขือเทศที่มีสีเขียว เป็นต้น งานวิจัยส่วนใหญ่ใช้หลอด Halogen เป็นหลอดกำเนิดแสง เนื่องจากให้ความสว่างเกือบเท่าตัวเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดไส้ขนาดเดียวกัน ในขณะเดียวกันกินไฟน้อยกว่า ทนความร้อนได้สูงและมีอายุการใช้งานได้นาน และกำลังส่องสว่างของไส้หลอดมีค่าคงที่เกือบ 100 % (วัฒนา, 2539)

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามของผลส้มกับความเข้มแสงที่ทะลุผ่าน พบว่าในผลส้มที่ปกติและส้มที่ฟ่าม 100% ค่าความเข้มแสงที่ทะลุผ่านมีค่ากว้างมาก ทั้งนี้สันนิษฐานว่าอาจเนื่องมาจากระดับความเข้มข้นของสารเคมีหรือองค์ประกอบทางเคมีในถุงเนื้อส้มมีไม่เท่ากันในส้มแต่ละผล

การใช้หลอด Halogen ขนาด 500 วัตต์ วัดแสงที่บริเวณก้นผล พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงที่ทะลุผ่านกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามสูงกว่าเมื่อวัดแสงที่บริเวณขั้วผลและสูงกว่าเมื่อใช้หลอดกำเนิดแสงชนิดอื่น เนื่องจากอาการฟ่ามส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่บริเวณขั้วผล (สอดคล้องกับผลที่ได้จากการสังเกตลักษณะอาการฟ่ามของผลส้ม) ซึ่งบริเวณขั้วผลเปลือกมีความหนามากกว่าที่ส่วนอื่นของผล สันนิษฐานว่าเมื่อนำส่วนที่หนาและมักเกิดอาการฟ่าม คือ ขั้วผล ไปอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดแสง เนื้อที่ฟ่ามจะดูดกลืนไว้แสงบางส่วนไว้และแสงบางส่วนสามารถทะลุผ่านออกมาได้ ในขณะที่เมื่อเอาขั้วผลตั้งขึ้นแล้ววัดแสงที่บริเวณขั้วผล แสงจะทะลุเข้าไปในผลแต่เมื่อผ่านไปยังบริเวณเนื้อที่ฟ่ามที่บริเวณขั้วผลจะดูดกลืนแสงเอาไว้ทำให้แสงไม่สามารถทะลุผ่านออกมาได้หรือแสงทะลุผ่านออกมาจากผลได้น้อยกว่า ดังนั้นในการวัดความเข้มแสงควรวัดที่บริเวณก้นผลแสงจึงจะสามารถทะลุผ่านออกมาจากผลได้ดีกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอนที่ 3 การศึกษาอิทธิพลของเปลือกที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสง

1. อิทธิพลของสีเปลือกที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสง

การวัดสีเปลือกของผลส้มในขณะที่เปลือกมีสีเหลืองปนเขียวแล้วไปบ่มให้เปลือกมีการพัฒนาเปลี่ยนเป็นสีส้ม พบว่า ค่า L a b และ Hue ของเปลือกที่มีสีส้มมีค่าสูงกว่าเปลือกที่มีสีเหลืองปนเขียว (ภาพที่ 22) โดยผลส้มที่เปลือกมีสีส้ม มีค่า L = 60.0 a = 27.0 b = 45.0 และ Hue = 0.5 ในขณะที่เปลือกมีสีเหลืองปนเขียว มีค่า L = 48.0 a = -4.0 b = 22.0 และHue = -2.0 ผลส้มที่เปลือกมีสีส้มมีค่า L มากกว่าผลส้มที่เปลือกมีสีเหลืองปนเขียว แสดงว่าผลสีส้มมีความสว่างมากกว่า และผลที่เปลือกมีสีส้มมีค่า Hue เป็นบวกมากกว่าผลที่เปลือกมีสีเหลืองปนเขียวซึ่งมีค่าเป็นลบ แสดงว่าผลสีส้มมีสีออกแดงมากกว่าผลสีเหลืองปนเขียว

เมื่อนำผลส้มที่วัดสีเสร็จแล้วไปส่องแสงเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า L a b และ Hue กับความเข้มแสงที่ทะลุผ่าน พบว่า ผลส้มที่เปลือกมีสีส้มมีค่า L a b และ Hue สูงกว่าเปลือกที่มีสีเหลืองปนเขียว (ภาพที่ 23) เมื่อนำผลส้มไปผ่าประเมินความฟ่ามแบบมาตรฐานเพื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับความเข้มแสงที่ทะลุผ่าน พบว่า ผลส้มที่เปลือกมีสีส้มแสงสามารถทะลุผ่านออกมามากกว่าผลส้มที่เปลือกมีสีเหลืองปนเขียว (ภาพที่ 24) โดยมีค่า R^2 = 0.719 และ 0.303 ตามลำดับ แต่ค่าความเข้มแสงที่ทะลุผ่านที่วัดได้ อาจเป็นค่าที่ไม่ถูกต้องเพราะไม่มีการนำค่าความเข้มแสงเริ่มต้นมาคิด ซึ่งหากใช้งานหลอดกำเนิดแสงนานเกินไปอาจทำให้หลอดเสื่อมได้ ทำให้ความเข้มแสงเริ่มต้นมีค่าไม่คงที่ เมื่อนำค่าความเข้มแสงที่ทะลุผ่านที่วัดได้มาใช้โดยตรงจึงอาจไม่ถูกต้อง ดังนั้นจึงวัดความเข้มแสงเริ่มต้นและความเข้มแสงที่ทะลุผ่านแล้วไปคำนวณเป็นค่าการดูดกลืนแสง (สมการที่ 7) ซึ่งพบว่าผลส้มที่มีเปลือกสีส้มมีค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามสูงกว่าเปลือกที่มีสีเหลืองปนเขียว (ภาพที่ 25) โดยมีค่า R^2 = 0.705 และ 0.277 ตามลำดับ โดยที่ระดับความฟ่าม 20% กลุ่มที่มีเปลือกสีส้มมีค่าการดูดกลืนแสงประมาณ 4 ในขณะที่กลุ่มที่มีเปลือกสีเหลืองปนเขียวมีค่าการดูดกลืนแสงประมาณ 5 ขณะที่ผลที่มีระดับความฟ่าม 90% กลุ่มผลที่มีเปลือกสีส้มมีค่าการดูดกลืนแสงประมาณ 5 เปรียบเทียบกับกลุ่มผลที่มีสีเหลืองปนเขียวมีค่าการดูดกลืนแสงประมาณ 6 ผลส้มที่เปลือกมีสีเขียวมีปริมาณของคลอโรฟิลล์มากจึงดูดกลืนแสงได้ดีกว่าเปลือกสีส้ม สอดคล้องกับ Nattuvetty and Chen (1980) ที่รายงานว่าเมื่อวัดแสงในผลมะเขือเทศด้านที่มีสีเขียวจะมีค่าการดูดกลืนแสงสูงกว่ามะเขือเทศด้านที่มีสีแดง และความเข้มแสงที่ทะลุออกมาจากภายในผลจะเพิ่มขึ้นในผลมะเขือเทศระยะที่มีสีอ่อนๆ (Hetherington and MacDougall, 1992)

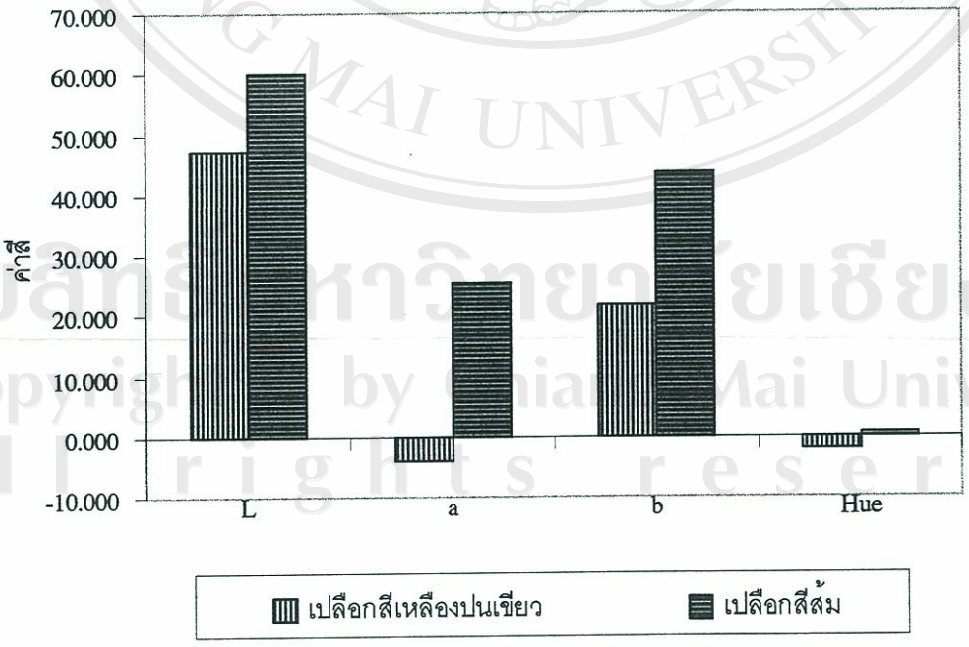
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่า R^2 ของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงที่ทะลุผ่านกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่าม กับความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นความเข้มแสงที่ทะลุผ่านที่วัดได้ ในการทดลองต่อไปจึงนำมาคำนวณเป็นค่าการดูดกลืนแสงก่อนแล้วนำไปหาความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความฟ่าม

เมื่อพิจารณาความชันของกราฟในภาพที่ 25 ที่ระดับความฟ่าม 5% ผลที่เปลือกมีสีส้มกับเปลือกที่มีเหลืองปนเขียวมีค่าการดูดกลืนแสงแตกต่างกันอยู่ประมาณ 1 เมื่อเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามเพิ่มขึ้นที่ระดับ 90% ผลที่เปลือกมีสีส้มกับผลที่เปลือกมีเหลืองปนเขียวมีค่าการดูดกลืนแสงแตกต่างกันประมาณ 0.3 จากค่าความแตกต่างที่ได้ ชี้ให้เห็นว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามเพิ่มมากขึ้น สีเปลือกอาจจะมีอิทธิพลต่อการดูดกลืนแสงน้อยกว่าอิทธิพลของเปอร์เซ็นต์ความฟ่าม

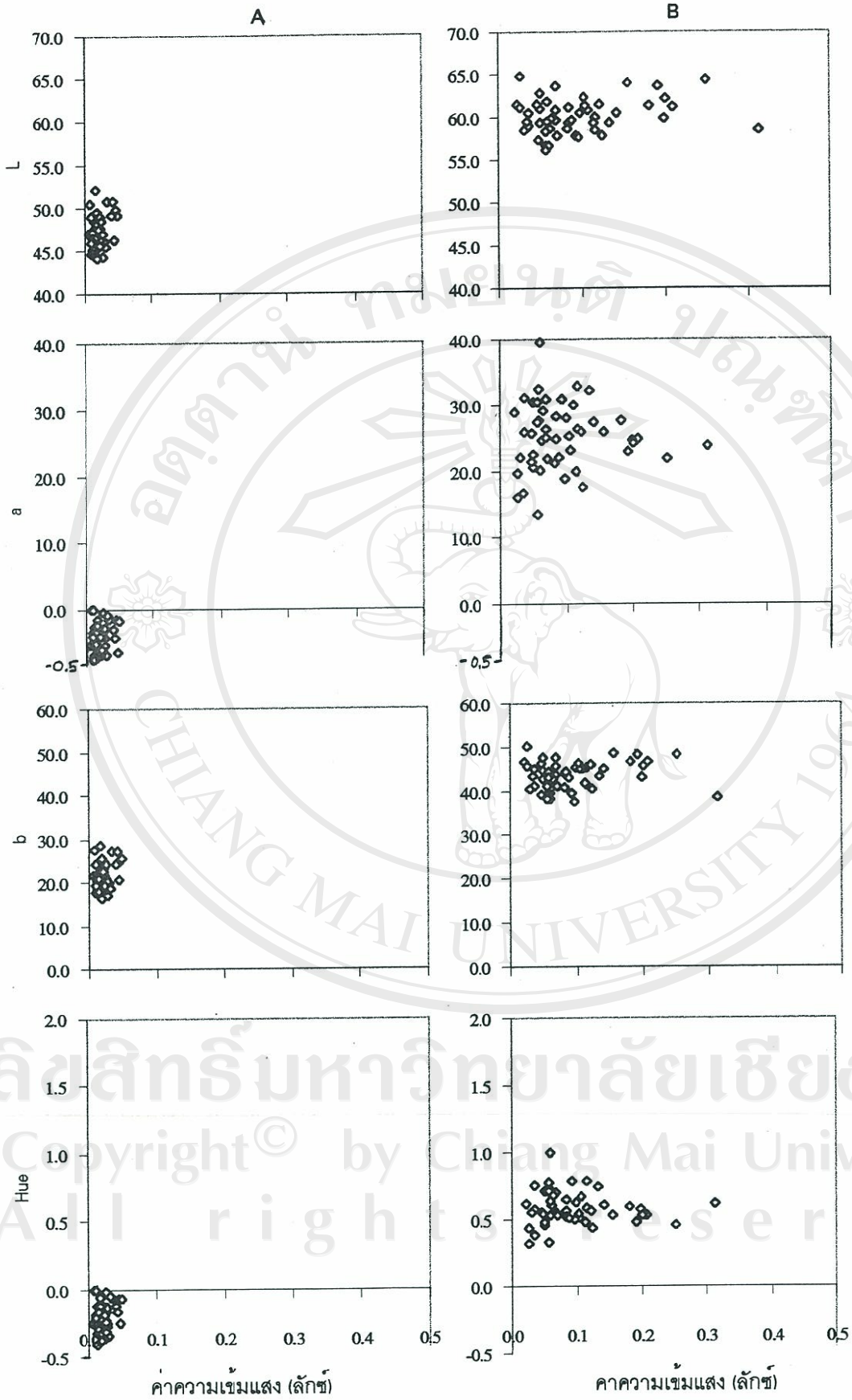
จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าสีของเปลือกมีผลต่อความเข้มแสงที่ทะลุออกมา โดยเปลือกที่มีสีส้ม ความเข้มแสงที่ทะลุออกมามีมากกว่าหรือถูกดูดกลืนไว้น้อยกว่า แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับอาการฟ่ามที่เกิดขึ้นภายในผลด้วย โดยหากส้มฟ่ามมากแสงก็จะถูกดูดกลืนเอาไว้มาก

ดังนั้นหากต้องการความถูกต้องในการวัดความเข้มแสงในผลส้ม ควรวัดในขณะที่เปลือกมีสีส้มเนื่องจากเปลือกสีส้มมีความสว่างมากกว่า แสงจึงถูกดูดกลืนไว้น้อยกว่าเปลือกที่มีสีเหลืองปนเขียว ซึ่งเป็นการลดตัวแปรที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงได้อีกตัวแปรหนึ่ง



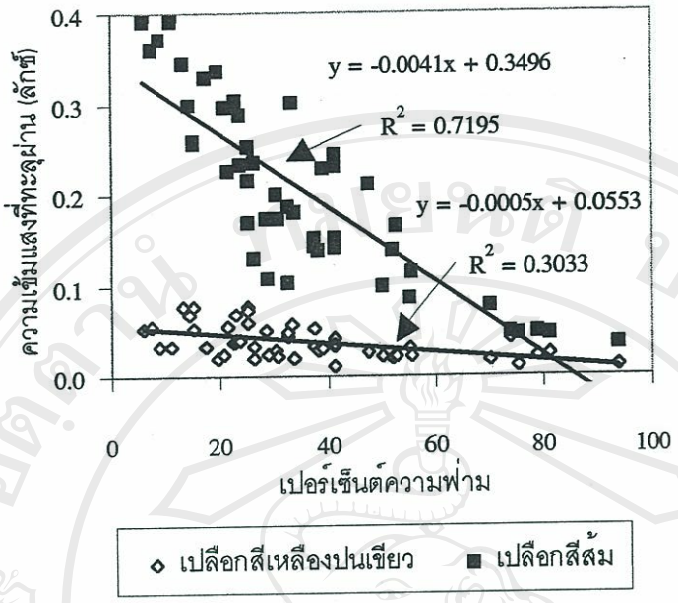
ภาพที่ 22 ค่า L, a, b และ Hue ของผลส้มเมื่อเปลือกมีสีเหลืองปนเขียวและสีส้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

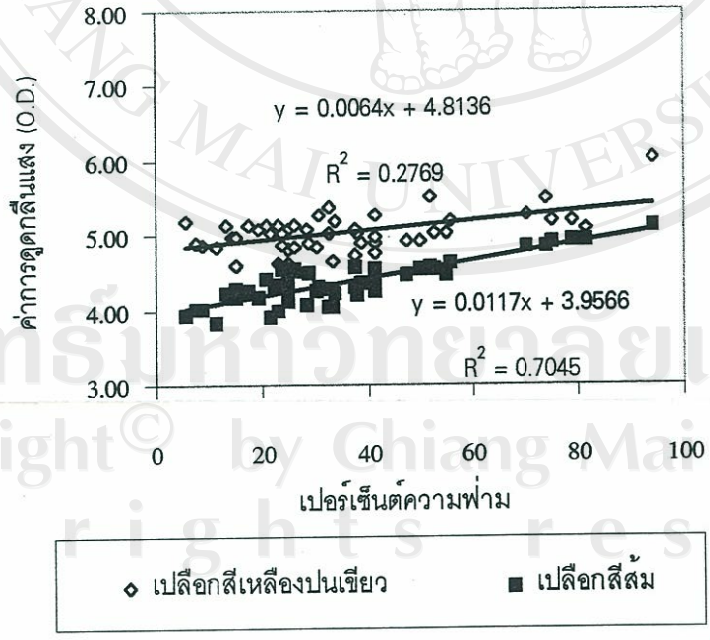


ภาพที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า L, a, b และ Hue กับค่าความเข้มแสงที่ทะลุผ่าน เมื่อเปลือกมี A. สีเหลืองปนเขียว และ B. สีส้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงที่ทะลุผ่านกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่าม เมื่อเปลือกมีสีเหลืองปนเขียวและสีส้ม



ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (O.D.) กับ เปอร์เซ็นต์ความฟ่าม เมื่อเปลือกมีสีเหลืองปนเขียวและสีส้ม

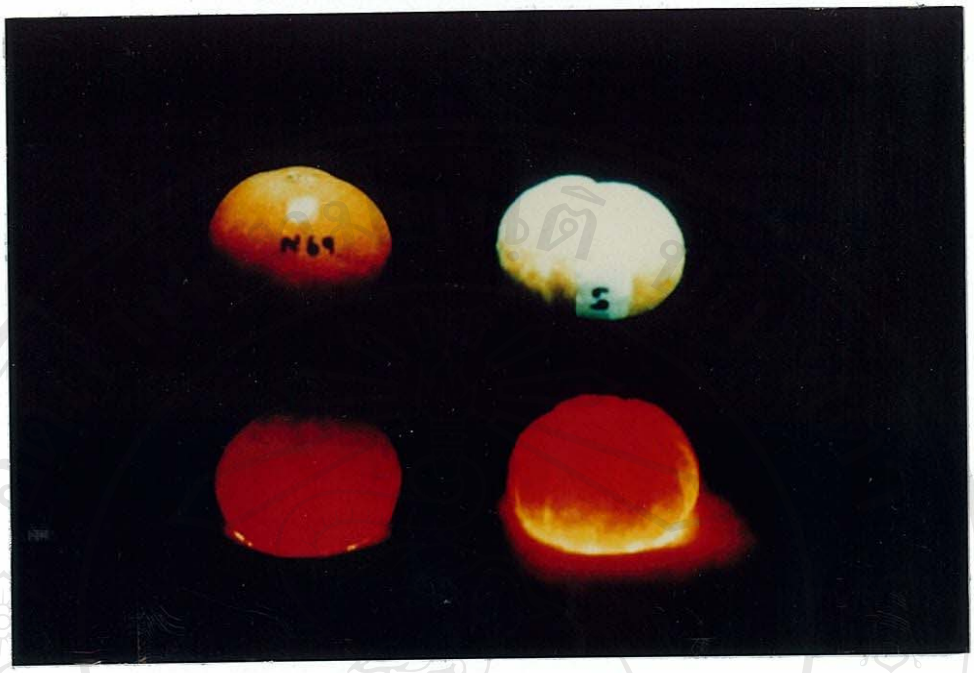
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. อิทธิพลของเปลือกผลที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสง

การวัดความเข้มแสงที่ทะลุออกมาจากผลส้มในขณะที่มีเปลือกติดอยู่และเมื่อแกะเปลือกออก นำค่าที่วัดได้ไปคำนวณเป็นค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำผลส้มไปผ่าประเมินความฟ่ามแบบมาตรฐานเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามกับค่าการดูดกลืนแสง ผลจากการศึกษาพบว่าผลส้มที่แกะเปลือกออกแล้วนำไปส่องแสง แสงถูกดูดกลืนน้อยกว่าผลส้มที่ไม่แกะเปลือก (ภาพที่ 26) โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่าม R^2 = 0.876 และ 0.706 ตามลำดับ (ภาพที่ 27) ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกดูดกลืนแสงไว้ เมื่อแสงผ่านเข้าไปที่ผลต้องผ่านเปลือกก่อนจึงเกิดการหักเหและการกระจายของแสง และแสงบางส่วนจะถูกดูดกลืนไว้ที่เปลือก ดังนั้นเมื่อแกะเปลือกออกแสงจะถูกดูดกลืนน้อยลง กล่าวคือแสงจะผ่านเข้าไปในผลได้มากขึ้น นอกจากนี้อาการฟ่ามที่เกิดอยู่ภายในเนื้อผลซึ่งมีอากาศมากกว่าเนื้อปกติช่วยให้เกิดการหักเหและการกระจายของแสงมากขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาส้มที่ฟ่าม 20% พบว่าเมื่อวัดแสงในผลส้มโดยไม่แกะเปลือกออกมีค่าการดูดกลืนแสงประมาณ 4.5 เมื่อวัดแสงโดยแกะเปลือกออกมีค่าการดูดกลืนแสงประมาณ 2-3 ในขณะที่ส้มฟ่าม 80% พบว่าเมื่อวัดแสงในผลโดยไม่แกะเปลือกออกมีค่าการดูดกลืนแสงประมาณ 5 ขณะที่เมื่อวัดแสงโดยแกะเปลือกออกมีค่าการดูดกลืนแสงประมาณ 3 เมื่อพิจารณาภาพที่ 27 พบว่าเมื่อผลส้มฟ่ามมากขึ้นค่าการดูดกลืนแสงก็เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย และเมื่อมีความฟ่ามมากขึ้นความชันของกราฟของค่าการดูดกลืนแสงในส้มที่แกะเปลือกออกมีความชันมากกว่าส้มที่ไม่แกะเปลือก สันนิษฐานว่าเมื่อส้มฟ่ามมากขึ้นอิทธิพลของอาการฟ่ามมีมากกว่าอิทธิพลของเปลือก เช่น ฟ่าม 100% การแกะเปลือกหรือไม่แกะเปลือกอาจไม่มีอิทธิผลต่อการดูดกลืนแสง จากการทดลองสังเกตเห็นว่าผลส้มที่แกะเปลือกออกเมื่อผ่านการวัดแสงไปแล้วผลส้มมีอาการเหี่ยวเนื่องจากผิวเนื้อไปสัมผัสกับอากาศร้อนที่เกิดจากตัวหลอดโดยตรงโดยไม่มีส่วนเปลือกเป็นตัวป้องกันความร้อน

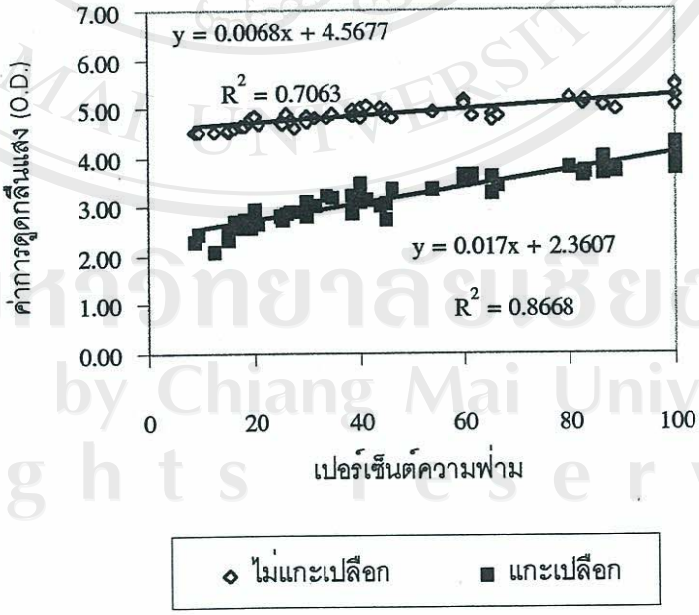
จากผลการทดลองที่ได้แสดงว่าเปลือกมีผลต่อแสงที่ทะลุผ่านออกมาจากผลส้ม ถึงแม้ค่าที่ได้จะไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ก็อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การวัดค่าของแสงที่ทะลุออกมาจากผลส้มเกิดความผิดพลาดได้อันเนื่องมาจากแสงบางส่วนถูกดูดกลืนไว้ที่เปลือก (ข้อมูลความหนาเปลือกแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



A B

ภาพที่ 26 ผลส้มที่นำมาส่องแสง เมื่อวัดโดย A. ไม่แกะเปลือก และ B. แกะเปลือก



ภาพที่ 27 ค่าการดูดกลืนแสงที่ระดับความฟ่ามต่างๆ เมื่อใช้หลอด Halogen ขนาด 500 วัตต์ วัดโดยไม่แกะเปลือกและแกะเปลือกออก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

634.31

ตอนที่ 4 การหาความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการตรวจอาการฟ่าม

ผลการวัดความเข้มแสงที่ทะลุออกมาจากผลส้ม จำนวน 100 ผล โดยใช้หลอด Halogen ขนาด 500 วัตต์ ปรับระดับความเข้มแสงที่ 4.9 กิโลลักซ์ 20 กิโลลักซ์ 47 กิโลลักซ์ และ 62 กิโลลักซ์ โดยทดลองในส้มผลเดียวกัน (ภาพที่ 28) นำค่าความเข้มแสงที่ได้ไปคำนวณเป็นค่าการดูดกลืนแสง (ตามสมการที่ 7) แล้วนำผลส้มไปผ่าประเมินความฟ่ามแบบมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่าที่ระดับความเข้มแสง 47 กิโลลักซ์ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามมีค่าสูงที่สุด $R^2 = 0.725$ รองลงมาคือที่ระดับความเข้มแสง 20 กิโลลักซ์ 4.9 กิโลลักซ์ และ 62 กิโลลักซ์ $R^2 = 0.709$ 0.663 และ 0.642 ตามลำดับ (ภาพที่ 29) ส้มที่ปกติมีค่าการดูดกลืนแสงต่ำ ส่วนส้มที่ฟ่ามมีค่าการดูดกลืนแสงมากกว่า ตัวอย่างเช่น ส้มที่ฟ่าม 20% มีค่าการดูดกลืนแสง 4.5 ส่วนส้มที่ฟ่าม 80% มีค่าการดูดกลืนแสง 4.5 - 5.0 ส้มที่ฟ่ามมีปริมาณน้ำที่อยู่ภายในเนื้อผลน้อยและมีอากาศแทรกอยู่แทน เมื่อแสงเดินทางผ่านเข้าไปในผลก็จะเกิดการหักเหการกระจายแสงและการดูดกลืนแสงภายในเนื้อที่ฟ่ามมาก ทำให้แสงที่ทะลุออกมาที่จุดวัดมีปริมาณที่น้อยลง สมการแสดงความสัมพันธ์มีดังนี้

-ความเข้มแสง 4.9 กิโลลักซ์ $Y = 73.945X - 297.18, \quad R^2 = 0.663$ (9)

-ความเข้มแสง 20 กิโลลักซ์ $Y = 67.092X - 271.60, \quad R^2 = 0.709$ (10)

-ความเข้มแสง 47 กิโลลักซ์ $Y = 69.591X - 287.70, \quad R^2 = 0.725$ (11)

-ความเข้มแสง 62 กิโลลักซ์ $Y = 63.768X - 258.52, \quad R^2 = 0.642$ (12)

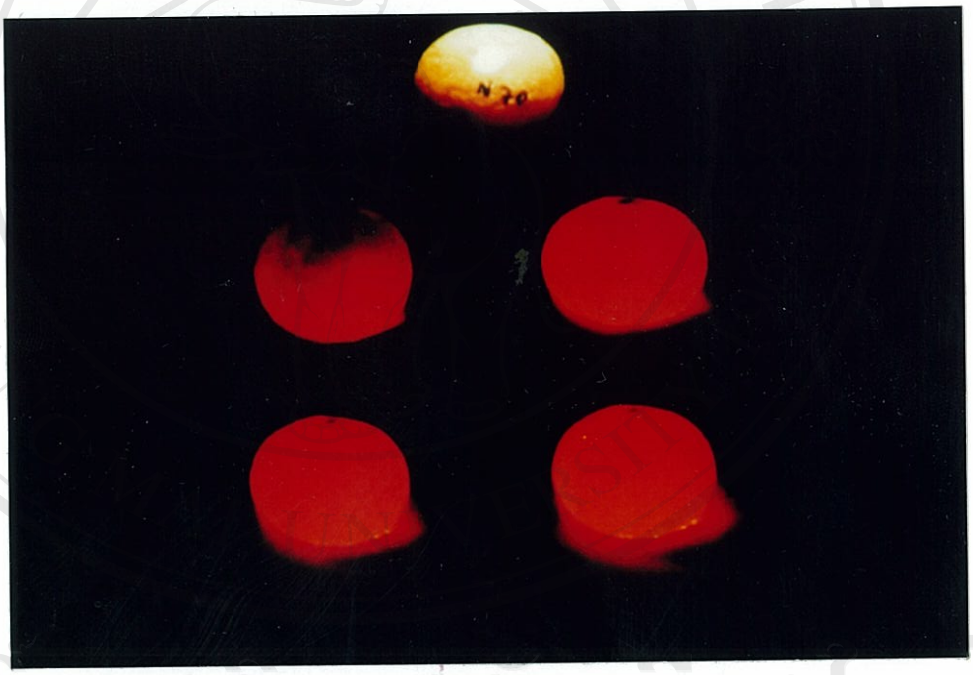
เมื่อ Y คือ เปอร์เซ็นต์ความฟ่าม

X คือ ค่าการดูดกลืนแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

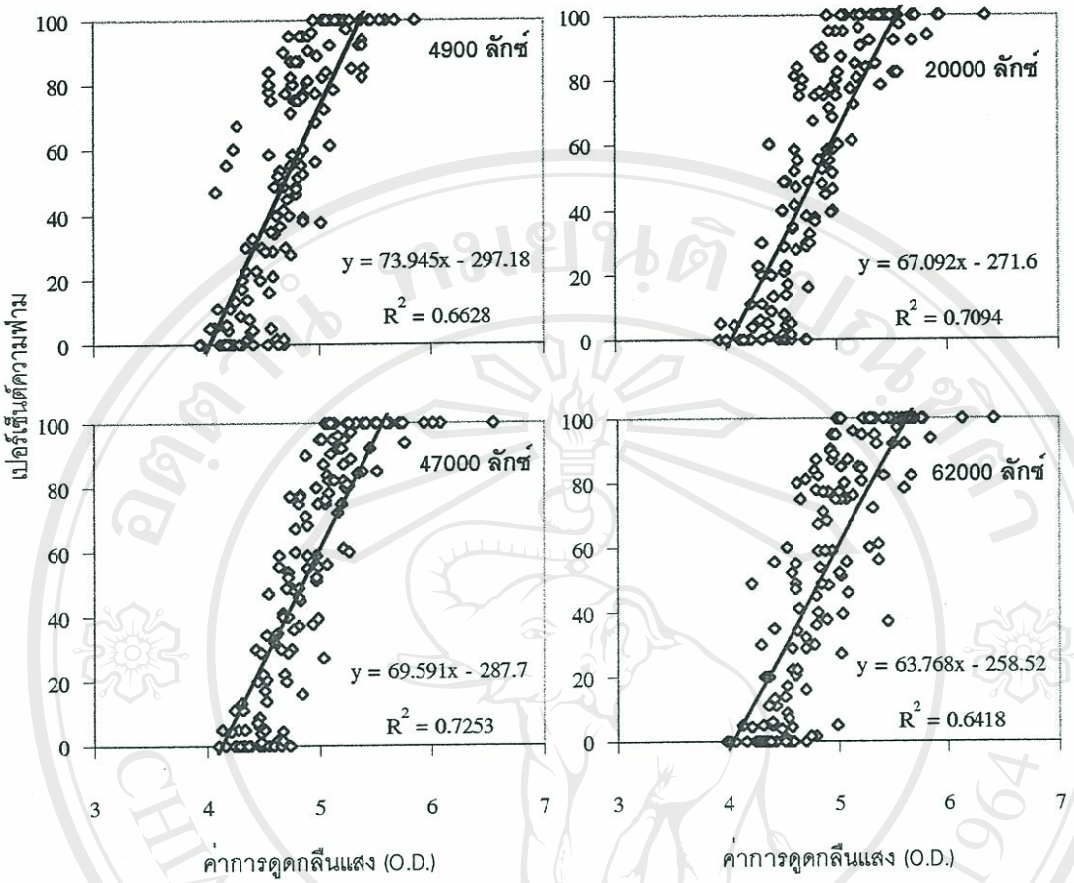
เมื่อนำสมการของความเข้มแสงที่ระดับ 47 กิโลลักซ์ (calibration สมการที่ 11) ซึ่งมีค่าความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามกับค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุดไปคำนวณเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามจากการคาดคะเนความฟ่ามในผลส้มชุดใหม่อีกชุดหนึ่ง จำนวน 100 ผล (prediction) เพื่อทดสอบความแม่นยำของสมการ โดยนำผลส้มชุดดังกล่าวไปส่องแสงที่ระดับความเข้มแสง 47 กิโลลักซ์ นำค่าความเข้มแสงที่วัดได้ไปคำนวณเป็นค่าการดูดกลืนแสง จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสง(X) ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามจากการคาดคะเนในสมการที่ 11 นำ

ผลส้มไปผ่าประเมินความฟ่ามแบบมาตรฐานเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามจากการคาดคะเนกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามจากการผ่าประเมิน ผลปรากฏว่าเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามจากการคาดคะเนกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามจากการผ่าประเมินมีความสัมพันธ์กัน โดยมีค่า R^2 = 0.727 (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 28 ผลส้มเมื่อนำไปส่องแสงที่ระดับความเข้มแสงต่างๆ (แถวบน : ผลส้มยังไม่ได้ส่องแสง แถวกลางจากซ้ายมาขวา : ระดับความเข้มแสง 4.9 และ 20 กิโลลักซ์ แถวล่างจากซ้ายมาขวา : ระดับความเข้มแสง 47 และ 62 กิโลลักซ์)

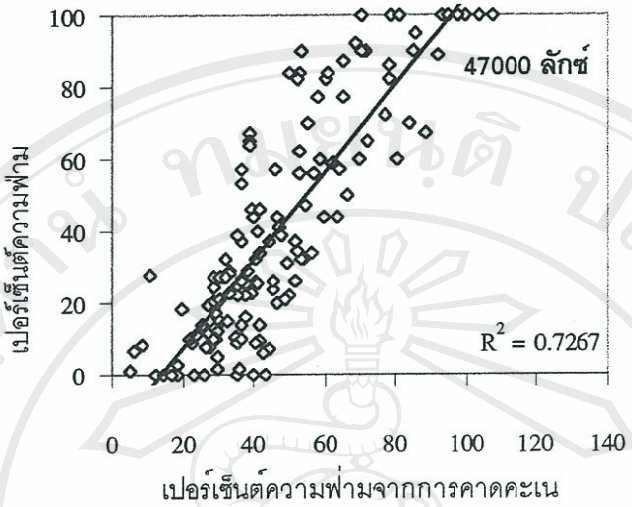
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามกับค่าการดูดกลืนแสง เมื่อใช้หลอด Halogen ขนาด 500 วัตต์ ที่ระดับความเข้มแสงต่างๆ

สาเหตุที่ระดับความเข้มแสง 47 กิโลลักซ์ มีความเหมาะสมเนื่องจากสามารถเห็นความแตกต่างของความไม่สม่ำเสมอของแสงที่ทะลุผ่านผลส้มฟ่ามและส้มปกติ และความไม่สม่ำเสมอของแสงที่ทะลุผ่านผลส้มฟ่ามและส้มปกติจะลดลงอย่างมากที่ระดับความเข้มแสง 62 กิโลลักซ์ เนื่องมาจากกำลังไฟฟ้าสูงเกินไป และความสว่างมากไปทำให้ความละเอียดของภาพในส้มปกติและส้มฟ่ามจากการสังเกตด้วยสายตาจะไม่เห็นความแตกต่างของแสงที่ทะลุออกมา และเมื่อใช้เครื่องมือวัดแสงที่ทะลุออกมาก็ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้เช่นกัน นอกจากนี้ผลส้มที่ผ่านการส่องแสงที่ระดับความเข้มแสง 62 กิโลลักซ์ พบว่าเริ่มเกิดอาการไหม้ที่ผิวเปลือก ทั้งนี้เนื่องจากที่ระดับความเข้มแสงนี้ให้ความร้อนออกมาสูง ดังนั้นความเข้มแสงที่ดีที่สุด คือ 47 กิโลลักซ์ เนื่องจากมีความร้อนต่ำกว่าและมีค่าความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามกับค่าการดูดกลืนแสงสูงกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

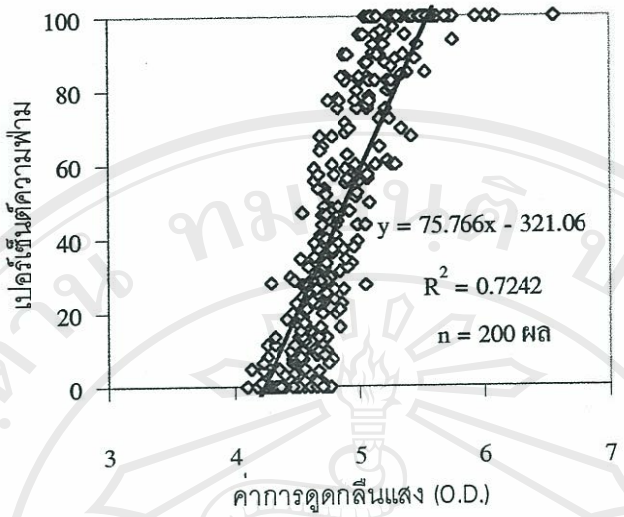


ภาพที่ 30 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามจากการผ่าประเมินกับเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามที่ได้จากการคาดคะเน

เนื่องจากมีจำนวนของผลส้มที่ระดับความฟ่ามต่างๆ น้อย จึงได้ลองนำผลส้มในการหา calibration และ prediction ที่วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ระดับความเข้มแสง 47 กิโลลักซ์ มารวมกันเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามกับค่าการดูดกลืนแสง พบว่ามีความสัมพันธ์กันโดยมีค่า R^2 = 0.726 (ภาพที่ 31)

ความเข้มแสงที่เหมาะสมสำหรับตรวจสอบคุณภาพภายในของผลิตผลอาจมีค่าต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผลและลักษณะผิดปกติที่เกิดขึ้นในผล Brown (1991) ใช้ความเข้มแสง 2,152-5,380 ลักซ์ คัดผลแอปเปิ้ลและเชอร์รี่ที่มีตำหนิ Kupferman (1991) ใช้ความเข้มแสง 538-4,304 ลักซ์ ตรวจสีและตำหนิในผลเชอร์รี่ Marshall and Brown (1991) ใช้ความเข้มแสง 1,796 ลักซ์ คัดแยกแตงกวาที่เกิดโรคเน่า เมื่อพิจารณาระดับความเข้มแสงที่ใช้ในการวิจัยข้างต้น พบว่ามีระดับความเข้มแสงต่ำกว่าผลการทดลองนี้ ระดับความเข้มแสงที่เหมาะสมสำหรับตรวจอาการฟ่ามในการทดลองนี้ คือ 47 กิโลลักซ์ ส่วนงานวิจัยอื่นใช้ระดับความเข้มแสงต่ำกว่า อาจเนื่องมาจากไม่จำเป็นต้องใช้ความเข้มแสงมากเพื่อบอกตำหนิหรือโรคที่เกิดขึ้นในผล โดยไม่ต้องแยกออกมาว่าเกิดตำหนิหรือโรคในปริมาณมากหรือน้อยเพียงใด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามกับค่าการดูดกลืนแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved