บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ส้มเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญมีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อน ในปี 1993 ผลผลิตส้มทั่วโลกมีประมาณ 80,000 ล้านตัน ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับผลผลิตของกล้วยและองุ่น ตลอดระยะเวลา 25 ปีที่ผ่านมา (1968 - 1997) การปลูกส้มเพื่ออุตสาหกรรมมีการเติบโตอย่างรวดเร็วเนื่องจากประชากรมีความต้องการบริโภคเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางการเกษตรในการผลิตส้ม ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมาให้ความสนใจเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ ประกอบกับรสชาติที่เฉพาะตัวของส้มทำให้มีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม แสดงให้เห็นว่าความต้องการบริโภคผลส้มและผลิตภัณฑ์จากส้มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคต (Murata, 1997)

ถิ่นกำเนิดของส้มสันนิษฐานว่าอยู่ที่บริเวณแคว้นอัสสัมหรือในแถบบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นเขตร้อนชื้น จากนั้นได้มีการแพร่ขยายไปยังเขตร้อน เขตกึ่งร้อนและเขตหนาว ซึ่งสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อการปลูกส้ม คือ ที่ละติจูด 40 องศาเหนือ ถึง 34 องศาใต้ โดยส้มในกลุ่ม mandarine, tangerine และ orange ปลูกได้ดีในเขตที่ค่อนข้างมีละติจูดสูง ส่วนกลุ่ม pomelo, grapefruit, lemons และ lime จะปลูกได้ดีในเขตที่มีละติจูดต่ำเนื่องจากไวต่อการตอบสนองอาการสะท้านหนาว (chilling sensitivity) (Kale and Adsule, 1995)

การแบ่งพืชตระกูลส้ม

พืชตระกูลส้มมีมากมายหลายพันธุ์ ในแต่ละพันธุ์ก็มีความแตกต่างกัน ทั้งในพันธุ์ที่มีการค้นพบใหม่และพันธุ์ที่เกิดจากการปรับปรุงพันธุ์ในแต่ละประเทศ แต่พันธุ์ที่มีความสำคัญทางการค้า แบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่ม (Murata, 1997; Davies and Albrigo, 1997 ; เปรมปรี, 2538) ดังนี้คือ

1. Orange [*Citrus sinensis* (L.) Osb.]
2. Mandarin and tangerine [*Citrus reticulata* Blanco and *Citrus unshiu* Mare]
3. Lemon and lime [*Citrus limon* Bur. and *Citrus aurantifolia* Swing.]
4. Grapefruit [*Citrus paradisi* Macf.]
5. Pomelo (pummelo) [*Citrus grandis* Osb.]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะทางกายภาพของส้ม

ส้ม (*Citrus* spp) เป็นไม้ผลเขตกึ่งร้อน มีผลแบบ berry ชนิดพิเศษ ที่เรียกว่า hesperidium ส่วนของเปลือกผลที่หุ้มอยู่แยกออกได้ 3 ชั้น คือ ชั้นนอกสุด (exocarp : flavedo) มีสีเขียวอันเนื่องมาสีของรงควัตถุคลอโรฟีลล์ เมื่อผลแก่สีผิวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีส้มอันเนื่องมาจากสีของรงควัตถุแซนโทฟีลล์และคาโรทีน ถัดเข้ามาเป็นเปลือกชั้นกลาง (mesocarp : albedo) ส่วนนี้ไม่มีสีแต่มีส่วนประกอบเป็นพวกเพคติน ไกลโคไซด์ วิตามินซีและน้ำตาล ด้านในสุดเป็นเปลือกชั้นใน (endocarp : rag) ลักษณะเป็นเยื่อโปร่งใสหุ้มรอบช่องของรังไข่หรือกลีบของผลส้ม เห็นเป็นขนจากผนังชั้นในของช่องรังไข่จำนวนมากมายและมีน้ำบรรจุอยู่ภายใน ฉะนั้นเปลือกชั้นในจึงเกิดลักษณะของถุงน้ำ (pulp vesicles) เรียกว่า กุ้ง (juice sac) เป็นส่วนของผลที่นำมารับประทานได้ ส่วนประกอบของน้ำภายในตัวกุ้งจะเป็นน้ำตาลและกรดโดยเฉพาะซิตริก (citric acid) (เปรมปรี, 2538)

ส้มพันธุ์ฟรีมองต์

ส้มพันธุ์ฟรีมองต์จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับส้มเขียวหวาน กล่าวคือจัดอยู่ในกลุ่มส้มแมนดาริน (Mandarin group : *Citrus reticulata* Blanco) เป็นพันธุ์ลูกผสมที่เกิดจาก ส้มคลีเมนไทน์ (Clementine) ผสมกับพองแกน (Ponkan) ผู้ที่ปรับปรุงพันธุ์คือ P.C. Reece จากกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา และผู้ที่ทำการคัดเลือก คือ J.R. Furr ส้มพันธุ์นี้ติดผลและนำออกมาจำหน่ายครั้งแรกในปี 1964 เป็นพันธุ์ที่แนะนำให้ปลูกในเขตพื้นที่แห้งแล้งในแคลิฟอเนียและอริโซน่า (Robert, 1967)

ส้มพันธุ์นี้ถูกนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยประมาณ 20 กว่าปีมาแล้ว โดยปลูกในภาคเหนือ ได้แก่จังหวัดเชียงใหม่ แพร่ น่าน จากนั้นจึงได้แพร่ขยายไปยังแหล่งอื่น ภายหลังชาวสวนแถบรังสิต จังหวัดปทุมธานีหลายรายมีความสนใจนำมาปลูกทดแทนส้มเขียวหวานที่ปลูกมาก่อน ซึ่งผลผลิตที่ได้ใกล้เคียงกับส้มเขียวหวาน แต่ราคาของส้มฟรีมองต์ที่ขายได้นั้นมีราคาสูงกว่าส้มเขียวหวานค่อนข้างมาก (เปรมปรี, 2538)

ส้มฟรีมองต์เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะมีลักษณะทรงพุ่มเป็นทรงสูง ใบมีสีเขียวเข้มและอยู่ในลักษณะตั้ง หากเปรียบเทียบกับส้มเขียวหวานแล้วส้มเขียวหวานจะมีทรงพุ่มเตี้ยกว่า ส่วนส้มฟรีมองต์จะมีพุ่มโปร่งกว่าและจะเริ่มให้ผลเมื่อปลูกไปได้เพียง 20 เดือนเท่านั้น ที่สำคัญคือทรงต้นและกิ่งแข็งแรงรับน้ำหนักได้ดีกว่าส้มเขียวหวาน ผลส้มฟรีมองต์มีขนาดโตใกล้เคียงกับผลส้มเขียวหวาน ลักษณะของผลจะมีเปลือกค่อนข้างหนาและเหนียวจึงทำให้ส้มพันธุ์นี้ปอกเปลือกได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยากกว่าส้มเขียวหวานทั่วไป ผิวเปลือกของส้มฟรีมองต์มีลักษณะขรุขระและสีเข้มมากกว่าส้มเขียวหวาน เนื้อผลมีลักษณะค่อนข้างแน่นจึงทำให้สามารถเก็บผลไว้ได้นานหลังจากที่เก็บมาจากต้นแล้ว โดยสามารถคงอยู่ในสภาพสดและมีคุณภาพดีได้มากกว่า 30 วัน ดังนั้นส้มฟรีมองต์จึงเป็นพันธุ์ส้มที่เหมาะสมที่จะขนส่งไปจำหน่ายตลาดในระยะทางไกล ส้มฟรีมองต์เป็นส้มที่มีรสจัดมีรสหวานอมเปรี้ยวโดยออกเปรี้ยวมากกว่าซึ่งตรงกับรสนิยมของชาวต่างประเทศ ผลส้มฟรีมองต์มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 11 องศาบริกซ์ ส่วนในผลส้มเขียวหวานมีค่า 12-13 องศาบริกซ์ ฉะนั้นในผลส้มฟรีมองต์จึงมีความหวานน้อยกว่าในผลส้มเขียวหวาน นอกจากนี้ผลส้มฟรีมองต์ยังมีกลิ่นหอมชวนรับประทาน ผลส้มมีระยะเวลาตั้งแต่ออกดอกจนถึงเก็บผลประมาณ 8 เดือน และมีผลให้เก็บเกี่ยวได้ปีละ 2 รุ่น โดยจะมีมากในเดือนพฤศจิกายน ทั้งยังเชื่อว่าจะสามารถบังคับให้ออกดอกติดผลได้เช่นเดียวกับที่ได้ปฏิบัติกับส้มเขียวหวาน (เปรมปรี, 2538)

อาการผิดปกติของผลส้ม

อาการผิดปกติที่พบในผลส้มแต่ละพันธุ์อาจพบมากน้อยแตกต่างกัน ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. อาการฟ่าม (section-drying) เป็นอาการที่สภาพของถุงส้ม (vesicle) ที่อยู่ภายในกลีบ (segment) เกิดอาการฟ่ามไต (granulation) หรือ ฟ่ามแห้ง (dehydration) หรือเกิดอาการทั้ง 2 แบบภายในผลเดียวกัน (Burns and Achor, 1989)

1.1 อาการข้าวสารหรือฟ่ามไต (granulation, ricing, crystallization) เป็นสภาพที่ปริมาณของถุงเนื้อส้ม (juice vesicle) บางส่วนเปลี่ยนรูปจากของเหลวไปเป็นเจลโดยถุงเนื้อส้มจะแข็ง ต่อจากนั้นถุงส้มที่อยู่ภายในก็จะค่อยๆ ล้ม ภายในของผลกว่างเปล่าเนื่องจากไม่มีน้ำ (Peiris *et al.*, 1998) ในขั้นแรกจะปรากฏอาการที่บริเวณขั้วผล อาการฟ่ามไตหนึ่งในสามหรือหนึ่งในสองของถุงเนื้อส้มอาจจะเกิดจากการได้รับความกระทบกระเทือน (Bartholomew *et al.*, 1941) ผนังเซลล์ของถุงเนื้อส้มที่เกิดอาการฟ่ามไตจะหนากว่าปกติ และมีความแตกต่างกันในส่วนประกอบของเซลล์ โดยสารประกอบเพคติน (pectic substance) จะเพิ่มจำนวนขึ้นและอยู่ในรูปของเจลและแอลกอฮอล์ที่ไม่ละลาย (alcohol-insoluble) ที่มีเป็นส่วนน้อยในถุงเนื้อส้มจะเพิ่มขึ้นตามความรุนแรงของการเกิดอาการฟ่ามไต ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับความแข็งของถุงส้มโดยน้ำตาล กรดอินทรีย์และคาโรทีนอยด์จะลดลง ในขณะที่ส่วนประกอบของแร่ธาตุจะเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะแคลเซียมและแมกนีเซียม (Sinclair and Jolliffe, 1961) ถุงส้มที่เกิดอาการฟ่ามไตมีรสชาติไม่ดี ซึ่งในระยะสุดท้ายของการเกิดอาการฟ่ามไต เซลล์ที่อยู่ภายในถุงเนื้อส้มอาจยุบลงและอาจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีแก๊สปล่อยออกมาจากช่องว่าง (Walter *et al.*, 1968) ลักษณะของถุงส้มทางด้านขั้วผลกลายเป็นสีขาวขุ่นและแห้งไม่มีน้ำ ในผลที่เป็นมากอาจพบลามมาถึงครึ่งผลหรืออาจเกือบหมดผลดังเช่นที่พบในผลส้มโอ (รวี, 2540) ในสหรัฐอเมริกาอาการฟ่ามไตมักจะเกิดขึ้นก่อนการเก็บเกี่ยว โดยพบบ่อยในผลที่เติบโตทางด้านที่โดนแสงอาทิตย์มากกว่าผลที่อยู่ในทรงพุ่ม ส่วนในแอฟริกาใต้การพัฒนาของการเกิดอาการฟ่ามไตในส้มวาเลนเซียและเนเวลจะเกิดได้ทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว (Whiteside *et al.*, 1998)

1.2 อาการฟ่ามแห้ง (dehydration) หรือมีชื่อเรียกอย่างอื่น เช่น vesicle collapse (Hwang, 1990), dry juice sac, core dryness, blossom end granulate และ stylar end granulate (Bartholomew *et al.*, 1941) ซึ่งเป็นสภาพที่ถุงเนื้อส้มมีการหดตัวเพียงเล็กน้อย ต่อมามีการล้มของถุงส้มอย่างสมบูรณ์อันเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำ โดยในส้มที่เกิดอาการฟ่ามแห้งถุงเนื้อส้มจะแบนและ internal parenchyma จะอัดกันแน่น ในขณะที่ถุงเนื้อส้มที่ปกติจะยาวและแข็ง โดยมี epidermal cell และ internal parenchyma สมบูรณ์ (Burns and Achor, 1989)

2. **อาการผลแตก** (fruit cracking) อาการผลแตกในขณะที่ผลยังอ่อนอยู่ มักพบในพันธุ์ส้มที่มีเปลือกบาง เช่นส้มเขียวหวานโดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์โชกุนที่มีเปลือกบางกว่าพันธุ์อื่นๆ อาการดังกล่าวอาจรุนแรงมากในบางพื้นที่และเป็นเฉพาะบางสวน ในบางช่วงของระยะเวลาหรือบางฤดูกาลของรอบปี ข้อสันนิษฐานจากอาการดังกล่าวมักปรากฏในพื้นที่สวนที่มีการผลิตส้ม 3-4 รุ่นในต้นเดียวกัน (เปรมปรี, 2538)

3. **อาการผลพอง** (puffing) ลักษณะของอาการผลพอง คือ ส่วนของเปลือกแยกตัวออกจากส่วนเนื้อเกิดเป็นช่องว่างระหว่างเปลือกกับผลเมื่อแกะผลออกส่วนเนื้อสามารถแยกออกจากส่วนเปลือกอย่างง่ายดาย โดยมักพบในผลส้มที่แก่และเก็บเกี่ยวในช่วงระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม ส่วนในช่วงอื่นของปีมักไม่พบอาการดังกล่าว ลักษณะเช่นนี้ไม่ได้ก่อให้เกิดผลเสียหายมากนัก รสชาติยังคงปกติแต่อาจบอบช้ำได้ง่ายจากผลกระแทกหรือเบียดกัน ความผิดปกตินี้เกิดเนื่องมาจากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของช่วงฤดูเวลาดังกล่าวลดต่ำลงส่งผลให้ผลส้มมีการปรับตัวเพื่อลดการสูญเสียน้ำให้น้อยลง (เปรมปรี, 2538)

4. **อาการที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม** ได้แก่ อาการแดดเผา (sun burn) อาการนี้สามารถพบได้กับใบ ดอก ผล กิ่งหรือลำต้น อาการที่เกิดขึ้นนี้พบกับส่วนของต้นส้มในด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ในช่วงระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคมอันเป็นช่วงฤดูหนาว เนื่องจากแนวโคจรของดวงอาทิตย์จะอ้อมผ่านลงไปยังซีกโลกใต้ เพราะแกนหมุนของโลกบิดเอียงขึ้นไปทางแนวบนทำให้ด้านของทิศดังกล่าวหันเข้าหาดวงอาทิตย์ในช่วงบ่ายของวัน (ตะวันอ้อมข้าว) ต้นส้มที่ยังมีขนาดเล็ก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และมีใบไม่มากนักอาจมีส่วนทำให้เปลือกแห้งได้เนื่องจากยังมีใบน้อยกว่าต้นที่มีขนาดโตแล้ว ความรุนแรงดังกล่าวจะลดน้อยลงเนื่องจากมีใบช่วยปกคลุมได้มากขึ้น ความรุนแรงนี้จะมีมากขึ้นตามแนวเส้นรุ้งที่เพิ่มขึ้น สำหรับอาการผิวลายจากลม (wind scar) ในสภาพพื้นที่ราบลุ่มของภาคกลาง จะมีลมพัดผ่านตลอดเวลา สภาพที่ลมพัดก่อให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างผลหรือระหว่างผลกับใบหรือกับกิ่งก่อให้เกิดผิวลายขึ้น แม้ว่าจะมีการค้ำกิ่งช่วยก็ไม่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ (เปรมปรี, 2538)

สำหรับอาการผิดปกติส่วนใหญ่ที่พบในผลส้มพันธุ์ฟรีมองต์และส้มอีกหลายๆพันธุ์ เป็นอาการฟ่ามของผลซึ่งมีผู้ศึกษาถึงสาเหตุของอาการฟ่ามพอสรุปได้ดังนี้ Sinha *et al.* (1962) ได้รายงานว่าอาการฟ่ามของผลส้มมีความสัมพันธ์กับชนิดของส้ม โดยพบมากในส้มโอ ส้มเขียวหวานหรือกลุ่ม mandarin และลูกผสมของ mandarin และ Valencia orange นอกจากนี้อายุของต้นส้มก็มีผลด้วย โดยต้นส้มที่มีอายุน้อย (ส้มสาว) ผลจะมีโอกาสของการเกิดอาการข้าวสารมากกว่าต้นส้มที่มีอายุมาก และผลที่มีขนาดใหญ่จะมีโอกาสเกิดอาการฟ่ามได้เร็วและมากกว่าผลที่มีขนาดเล็ก หนานคำ (2534) กล่าวว่าต้นส้มที่ปริมาณการติดผลต่ำจะมีโอกาสของการเกิดอาการฟ่ามได้มาก และผลที่มีอายุครบกำหนดแล้วหากยังปล่อยไว้ต่อไปบนต้นจะมีโอกาสเป็นมากกว่าผลส้มที่เก็บเกี่ยวเมื่อครบตามกำหนดอายุ อาการฟ่ามพบบ่อยในผลที่มีการติดผลและเติบโตทางด้านที่โดนแสงอาทิตย์มากกว่าผลที่อยู่ในทรงพุ่มซึ่งมีความสัมพันธ์กับความร้อนของผลที่โดนแดดในช่วงผลเจริญเติบโต ผลที่เก็บเกี่ยวในรุ่นท้ายจะมีโอกาสเกิดได้มากกว่า ต้นส้มที่มีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่สูงโดยเฉพาะในระยะที่ผลใกล้แก่จะมีโอกาสเกิดได้สูงกว่า สำหรับผลส้มที่ใช้วิธีการเลี้ยงน้ำให้อยู่บนต้นเมื่อครบกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวแล้วหากมีการใช้ปุ๋ยที่มีโพแทสเซียมสูงกับต้นส้มก็จะเป็นการกระตุ้นให้เกิดอาการฟ่ามได้เร็วมากยิ่งขึ้น บริเวณที่ปลูกส้มหากปลูกที่บริเวณชายฝั่งทะเลจะเกิดอาการฟ่ามไตได้มากกว่าส้มที่ปลูกในที่ดอน ความชื้นในดินส้มที่ปลูกในดินที่มีความชื้นสูงจะเกิดอาการฟ่ามไตได้มากกว่าปลูกในดินที่มีความชื้นต่ำ (Erickson, 1968)

รวี (2540) กล่าวว่าการเกิดอาการฟ่ามสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดได้โดยใช้หลักการเรื่อง sink และ source โดยระยะ vegetative growth เป็นตัวควบคุมกระบวนการทั้งหมด การผลิใบอ่อนเป็นการเริ่มต้นของ vegetative growth ซึ่งจัดเป็น sink ที่รุนแรงที่สุดภายในต้นโดย sink จะดึงอาหารไปใช้ ส่วนของผลทำหน้าที่เป็น source ที่ไม่พึงประสงค์ แม้ว่าในขณะที่ผลกำลังมีการเจริญเติบโตอยู่นั้นจะอยู่ในรูปการเป็น sink ก็ตาม แต่เมื่อครบกำหนดเวลาของอายุผลแล้วหากไม่มีการเก็บเกี่ยว ผลนั้นจะแปรสภาพจาก sink ไปเป็น source ทันที การใช้ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไนโตรเจนเพื่อเร่งให้การผลิใบอ่อนก็เป็นการเร่งให้ผลเกิดอาการฟ่ามเร็วมากขึ้น ในขณะเดียวกันกับการที่มีปุ๋ยโพแทสเซี่ยมสูงก็จะช่วยเร่งให้มีการลำเลียงน้ำตาลออกจากผล (ที่เปลี่ยนรูปเป็น source ที่จำเป็นแล้ว) เร็วยิ่งขึ้น

การตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายผลิตผล

การตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายผลิตผล เป็นวิธีการที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อนำมาใช้ตรวจสอบคุณภาพของผลิตผลเกษตร โดยอาศัยคุณสมบัติที่คุณภาพของผลิตผลหลายประการมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางกายภาพ (physical property) ของผลิตผลนั้นๆ เทคนิคการตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายผลิตผลเป็นเทคนิคที่มีประโยชน์สามารถนำมาใช้กับผลิตผลเกษตรบางชนิดได้ โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับผลิตผลที่ตรวจสอบ เป็นวิธีที่มีความแม่นยำและเป็นวิธีที่วัดแบบวัตถุพิสัย ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาวิธีการหรือเทคนิคการตรวจสอบคุณภาพภายในโดยไม่ทำลายผลิตผลขึ้นมาโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตผล การตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายมีหลายเทคนิค เช่น vibration characteristic, X-ray and gamma ray transmission, optical reflectance transmission, electrical properties และ nuclear magetic resonance (NMR) เป็นต้น (Chen, 1996) วิธีการตรวจสอบผลส้มฟ่ามแบบไม่ทำลายผลในปัจจุบันอาศัยความชำนาญในการเลือก กล่าวคือผลที่ฟ่ามจะมีน้ำหนักน้อยกว่าผลปกติที่มีขนาดของผลเท่ากัน แต่ทั้งนี้ในการชั่งน้ำหนักด้วยมือก็ขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้เลือกด้วย เนื่องจากวิธีการนี้เป็นวิธีการที่ไม่ให้ความถูกต้องแม่นยำนัก ส่วนอีกวิธีหนึ่งซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผลถูกต้องแน่นอน คือ การผ่าผลพิสูจน์ซึ่งถือว่าเป็นการตรวจสอบคุณภาพที่ทำลายผลิตผล (destructive technique) แต่ปัจจุบันวิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายผลิตผลได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตผลโดยเครื่องมือที่ใช้ในการคัดคุณภาพแยกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่อาศัยคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น การเคาะฟังเสียงและการลอยน้ำเป็นต้น อีกประเภทหนึ่ง คือ ประเภทที่อาศัยคุณสมบัติของแสง (optical property) (จริงแท้, 2538) Chen (1996) รายงานว่าเทคนิคหนึ่งที่ประสบความสำเร็จในการตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายผลผลิตและการคัดเลือกผลิตผลทางการเกษตร คือเทคนิคที่เกี่ยวกับการใช้คุณสมบัติของแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

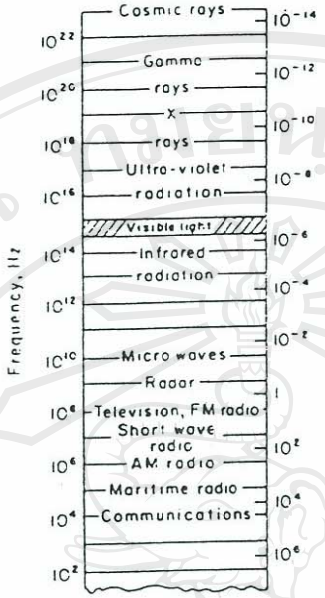
คุณสมบัติของแสง

การที่คนเรามองเห็นวัตถุเป็นสีต่างๆ เพราะแสงที่สะท้อนออกมาจากตัววัตถุเมื่อได้รับแสงสว่างแตกต่างกัน วิศวกรอาศัยความแตกต่างของการสะท้อนแสงนี้ สร้างเครื่องมือเพื่อคัดแยกผลส้มสีเขียวออกจากผลที่มีสีส้ม โดยการตรวจวัดปริมาณการสะท้อนแสงในช่วงความยาวคลื่น 600 - 800 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่มีการสะท้อนแสงแตกต่างกันมากที่สุด นอกจากนี้วิทยาการสมัยใหม่ทำให้มีการคัดเลือกคุณภาพโดยใช้เครื่องมือมากขึ้น โดยอาศัยคุณสมบัติทางแสงอื่นๆ ของผลผลิต เช่น การยอมให้แสงส่องผ่านทั้งแสงในช่วงที่มองเห็นได้ (visible light) ตลอดจนรังสีเอกซ์และแกมมา (จริงแท้, 2538)

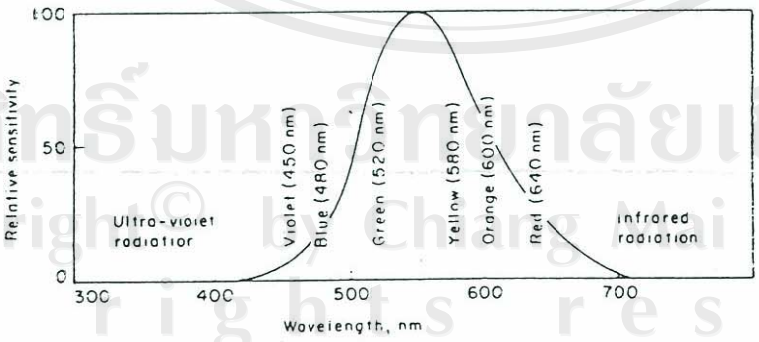
สเปคตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic spectrum) เป็นพื้นฐานของวิธีการแผ่รังสีในส่วนที่ต่างกันของสเปคตรัม การแผ่รังสีเป็นส่วนหนึ่งของขบวนการพื้นฐานทางกายภาพซึ่งมีการเปลี่ยนพลังงานจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง การแผ่รังสีของแสงภายใน free space เหมือนกับการแผ่รังสีของสเปคตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ภาพที่ 1) คือมีการแผ่รังสีของความยาวคลื่นจากความยาวคลื่นที่สั้นที่สุด คือ gamma ray ไปจนถึงความยาวคลื่นที่ยาวที่สุด คือ radio wave (Gunasekaran *et al.*, 1985)

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผ่านจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง มีความเร็วสูงถึง 3×10^8 เมตร/วินาที ใช้เวลาเดินทางประมาณ 1.3 วินาที จากพระจันทร์มายังโลก และประมาณ 8.3 วินาที จากดวงอาทิตย์มายังโลก แสงที่สามารถมองเห็นได้มีสเปคตรัมอยู่ในช่วง 400 - 700 นาโนเมตร (สีม่วง-แดง) (ภาพที่ 2) ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่แคบมากเมื่อเทียบกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งหมดความไวของสายตาจะแปรปรวนมากภายในช่วงของแสงที่สามารถมองเห็นได้ที่แคบนี้และภายใต้สภาพของการให้แสงสว่างปานกลางไปจนถึงการแสงสว่างมาก สายตามีความไวที่สุดในช่วงแสงสีเขียว-เหลือง ซึ่งมีความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร และต่ำลงที่ความยาวคลื่นต่ำกว่า 400 นาโนเมตร และสูงกว่า 700 นาโนเมตร (Gunasekaran *et al.*, 1985)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 1 แถบสเปคตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ของความไวของสายตามนุษย์ต่อแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณสมบัติของแสงสามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ

1. คุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต ก่องกัญจน์และธนกาญจน์ (2530) กล่าวว่าการศึกษาคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิตเป็นการศึกษาคุณสมบัติของแสงโดยอาศัยรังสีของแสงและเรขาคณิตวิเคราะห์ โดยรังสีของแสงนี้ต้องตั้งฉากกับหน้าคลื่นและอาจคิดว่าเป็นการไหลของพลังงานออกไปจากแหล่งกำเนิดคลื่น คุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิตมีดังนี้

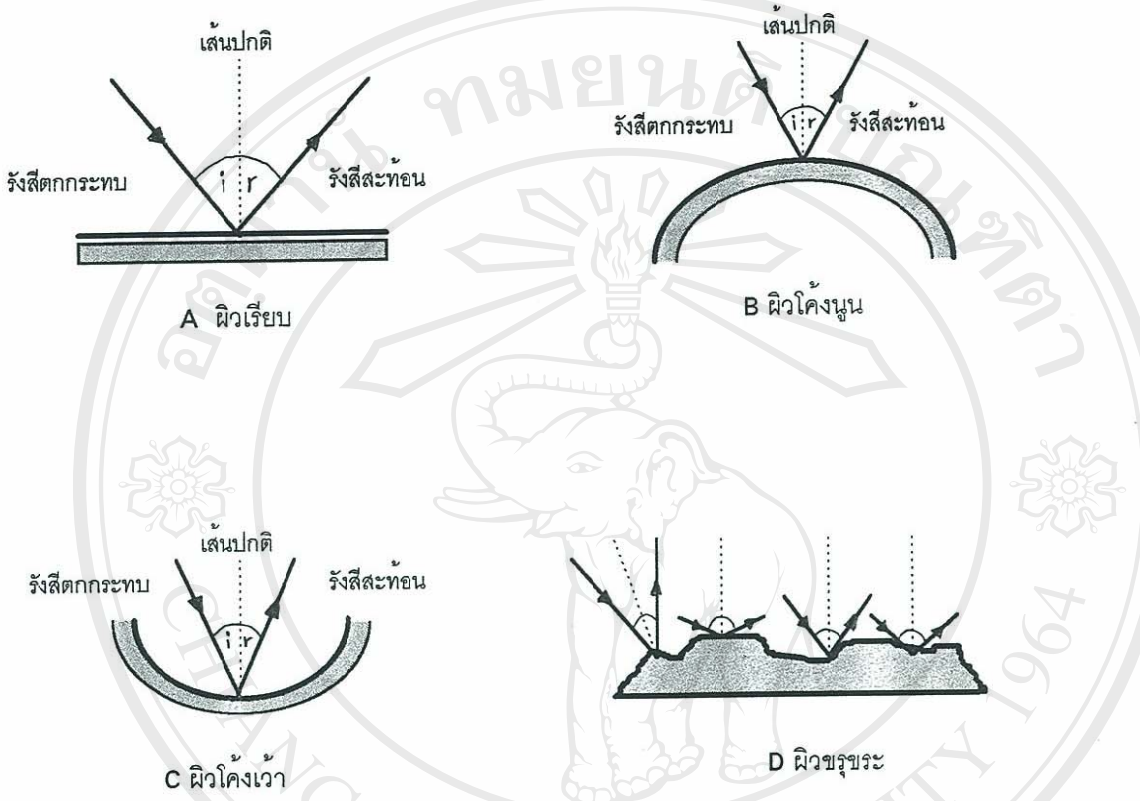
1.1 การสะท้อนแสง เกิดจากคลื่นแสงตกกระทบกับผิววัตถุแล้วสะท้อนกลับในทิศทางต่างๆ โดยขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวรับแสงนั้น ซึ่งจะต้องเป็นไปตามกฎการสะท้อนที่กล่าวว่า " รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อนและเส้นปกติของผิวสะท้อนอยู่ในระนาบเดียวกัน และมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน" ดังแสดงในภาพที่ 3

1.2 การหักเหของแสง เกิดจากแสงผ่านตัวกลางจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง ซึ่งแสงมีอัตราเร็วแตกต่างกัน (แสงไม่ตั้งฉากกับผิว) ทิศทางเดินของแสงจะเปลี่ยนไป ถ้าอัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วของแสงมีค่ามากขึ้นก็จะหักเหมาก ถ้าแสงจากตัวกลางที่แสงมีอัตราความเร็วสูงกว่าไปยังตัวกลางที่แสงมีอัตราเร็วต่ำกว่า แสงจะเบนเข้าหาเส้นปกติ ส่วนแสงที่เดินในแนวทิศตั้งฉากกับผิวจะไม่หักเห (ดังแสดงในภาพที่ 4 A) โดยแสงจะมีการหักเหเมื่อเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางคู่หนึ่งๆ ซึ่งจะต้องเป็นไปตามกฎการหักเหของแสง ที่กล่าวว่า "รังสีตกกระทบ เส้นปกติและรังสีหักเหอยู่ในระนาบเดียวกันเสมอ และสำหรับตัวกลางคู่หนึ่ง อัตราส่วนระหว่างค่าซายน์ของมุมตกกระทบในตัวกลางหนึ่งกับค่าซายน์ของมุมหักเหในอีกตัวกลางหนึ่ง มีค่าคงที่เสมอ"

ในกรณีที่แสงตกกระทบจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมากไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหน้อย ถ้าเพิ่มค่ามุมตกกระทบมุมหักเหจะยิ่งมีค่ามากขึ้น จนกระทั่งที่มุมตกกระทบค่าหนึ่งจะได้มุมหักเหมีค่า 90 องศา มุมตกกระทบในกรณีเช่นนี้ เรียกว่า "มุมวิกฤต" และถ้ามุมตกกระทบมีค่ามากกว่ามุมวิกฤตจะไม่พบรังสีหักเหในตัวกลางที่มีดัชนีหักเหน้อยกว่าอีกเลย จะมีแต่การสะท้อนที่ผิวรอยต่อระหว่างตัวกลางเท่านั้นปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า "การสะท้อนกลับหมด" (ดังแสดงในภาพที่ 4 B) (ก่องกัญจน์และธนกาญจน์, 2530)

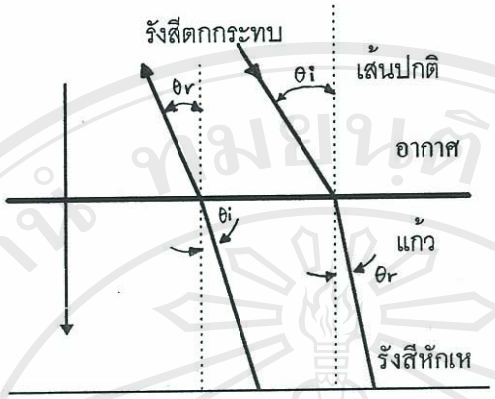
1.3 การกระจายของแสง เกิดจากแสงขาวส่องผ่านปริซึมส่งผลให้แสงหักเหออกจากปริซึมมีแถบสีต่างๆ กัน และตำแหน่งของสีจะต่างกันด้วย แถบสีนี้เรียกว่าสเปกตรัมของแสง ซึ่งจะเรียงกันอยู่ตามความยาวคลื่นจากน้อยไปหามาก ตั้งแต่แสงสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง ตามลำดับ (พิบูลย์, 2528)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

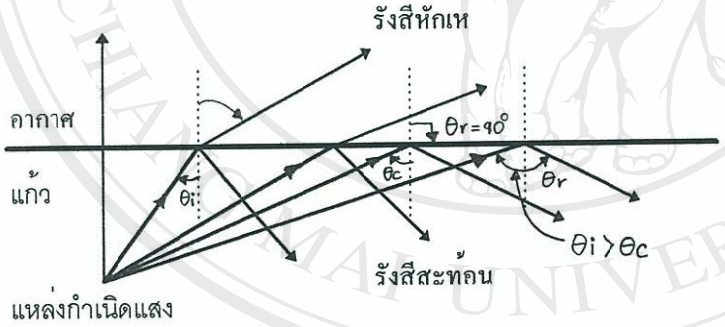


ภาพที่ 3 การสะท้อนของแสงบนผิววัตถุต่างๆ (ดัดแปลงมาจาก ก่องกัญจน์และธนกาญจน์, 2530)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



A การหักเหของแสง



B การสะท้อนกลับหมด

เมื่อ θ_i คือ มุมตกกระทบ

θ_r คือ มุมหักเห

θ_c คือ มุมวิกฤต

ภาพที่ 4 ทิศทางรังสีของแสงที่เกิดจากการหักเห (ดัดแปลงมาจากก่องกัญจน์และธนกาญจน์, 2529)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. คุณสมบัติของแสงเชิงกายภาพ เป็นการศึกษาคุณสมบัติของแสงที่ไม่ใช่รังสีของแสงมาวิเคราะห์ คุณสมบัติของแสงเชิงกายภาพที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

2.1 การแทรกสอด เกิดจากกระบวนการรวมกันของคลื่น 2 ชุด ซึ่งอาจจะเป็นการรวมกันเป็นแบบเสริมกันหรือหักล้างกันก็ได้ ขึ้นอยู่กับเฟสสัมพันธ์ระหว่างคลื่น 2 ชุดนั้น (ก่องกัญจน์และธนกาญจน์, 2530) สำหรับคลื่นแสงที่ผ่านสลิตแต่ละช่องจะเป็นแหล่งกำเนิดแสงใหม่ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ คลื่นแสงจากช่องสลิตทั้งสองนี้จะเกิดการแทรกสอดกัน ถ้าเป็นแบบเสริมกันจะเห็นเป็นแถบสว่าง (Frincham and Freeman, 1974)

2.2 การเลี้ยวเบน เป็นการแผ่กระจายหรือการเลี้ยวของคลื่นรอบๆ ขอบของช่องเปิดและรอบๆขอบของสิ่งที่กีดขวางที่ทึบแสง นอกจากนี้ยังรวมถึงกระบวนการแทรกสอด (interference pattern) ที่คลื่นแสงเบี่ยงเบนไปจากแนวทางเดินเส้นตรงด้วย ผลของการเลี้ยวเบนของคลื่นแสงทำให้เกิดการแทรกสอดของแสงได้เช่นเดียวกับการรวมกันของคลื่น 2 ชุด (ก่องกัญจน์และธนกาญจน์, 2531)

2.3 การดูดกลืนและการส่องผ่าน การดูดกลืนเป็นความสามารถของวัตถุในการดูดกลืนปริมาณแสงไม่ว่าจะเป็นกรณีที่มีการสะท้อนกลับจากผิวหน้าหรือส่องผ่านวัตถุนั้น (Tenquist *et al.*, 1969) นอกจากนี้ไม่มีวัตถุใดที่จะโปร่งใสได้อย่างสมบูรณ์ พลังงานบางส่วนจะถูกดูดกลืนไว้โดยตัวกลางในขณะที่แสงเดินทางไป (ยกเว้นสูญญากาศ) ซึ่งจะทำให้พลังงานภายในวัสดุที่เพิ่มขึ้นและความเข้มแสงแห่งการส่องสว่างจะลดลง เมื่อแสงผ่านวัสดุบางๆที่มีความหนา x ความเข้มแห่งการส่องสว่างของแสงจะลดลงเป็นไปตามกฎของแลมเบิร์ต ดังแสดงในสมการที่ 1 คือ

$$I = I_0 \exp^{-\alpha x} \qquad (1)$$

เมื่อ I คือ ความเข้มของแสงที่ลดลง

I_0 คือ ความเข้มแห่งการส่องสว่าง $x = 0$ (จุดที่แสงตกกระทบ)

α คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของวัสดุนั้นๆ

X คือ ความหนาของแผ่นวัสดุ

สำหรับการส่องผ่านของแสงเป็นความสามารถของคลื่นแสงในการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางหรือวัตถุต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผิวหน้าและการดูดกลืนของตัวกลางนั้นๆ ในกรณีที่เป็นตัวกลางโปร่งใส เช่น กระจกใส เป็นต้น (Emsley, 1973)

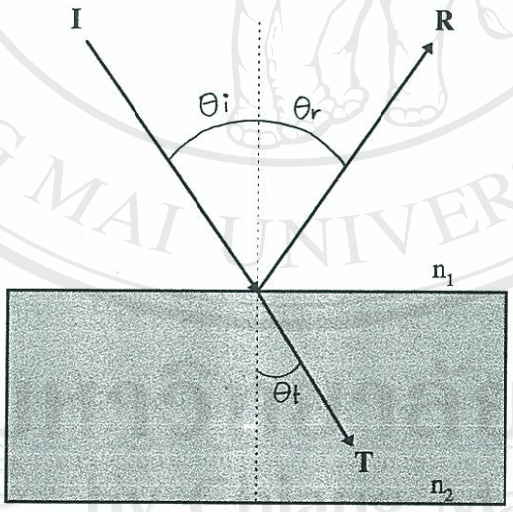
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กฎของแสงและการวัดแสง

Wolf (1969) ได้ให้คำอธิบายว่าเมื่อแสงตกกระทบบนวัตถุด้วยความเข้มของแสงค่าหนึ่งจะเกิดปรากฏการณ์ทางแสง 3 อย่าง คือ การสะท้อนแสง การส่องผ่านและการดูดกลืนของแสง ซึ่งผลรวมของความเข้มแสงทั้ง 3 อย่างนี้จะมีค่าคงที่ คือ มีค่าเท่ากับความเข้มแสงที่ตกกระทบผิววัตถุเริ่มต้นนั้น (ภาพที่ 5) ดังสมการที่ 2

$$I = R + T + A \qquad (2)$$

เมื่อ I (incidence light) คือ ความเข้มของแสงที่ตกกระทบ
R (reflected light) คือ ความเข้มแสงที่สะท้อน
T (transmitted light) คือ ความเข้มของแสงที่ส่องทะลุผ่าน
A (absorbed light) คือ ความเข้มของแสงที่ถูกดูดกลืน



ภาพที่ 5 การแผ่รังสีที่ตกกระทบบนผิวของวัตถุที่ไม่มีการดูดกลืนที่แสดงให้เห็นว่าแสงมีการสะท้อนและการทะลุผ่านออกมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวัดการสะท้อนและการส่องผ่านของแสงทำได้จากการวัดพลังงานแสงส่วนที่เหลือผ่านตัวกลางออกมาก คือใช้หลักการไม่มีการสูญหายของพลังงาน จากสมการที่ 3 (Gunasekaran *et al.*, 1985)

$$A = \log \frac{I}{T} \qquad (3)$$

เมื่อ A (absorbanced light) คือ พลังงานแสงที่ถูกดูดกลืน
I (incidence light) คือ ความเข้มของแสงที่ตกกระทบ
T (transmitted light) คือ ความเข้มของแสงที่ส่องผ่าน

แต่ค่าการดูดกลืนแสงที่นิยมใช้ทั่วไปมักแสดงในรูปของ Optical Density (O.D.) มากกว่า Absorbance เนื่องจากวิเคราะห์ง่าย นอกจากนี้การนำข้อมูลไปคำนวณให้อยู่ในรูปลอการิทึมได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง โดยมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่าง O.D. และความเข้มข้นของการดูดกลืนแสงของสสาร (Gunasekaran *et al.*, 1985)

การวัดพลังงานของแสงที่ทะลุผ่านออกมาหรือที่ถูกดูดกลืนมีความสำคัญมากกว่าการวัดพลังงานการสะท้อนกลับ ซึ่งใช้ในการประเมินคุณภาพภายในที่เป็นปัญหา เช่น สีภายในผลและตำหนิ เป็นต้น Kramer and Smith (1947) เป็นกลุ่มแรกที่ประยุกต์ใช้ transmittance spectrophotometry เพื่อวัดระดับความแก่โดยการสกัดวัด ethyl ether extract ที่ทำให้ผลท้อและแอพริคอตยุ่ย Norris (1956) เป็นคนแรกที่ใช้ light transmittance technique กับผลไม้ทั้งผล โดยดูการเปลี่ยนแปลงของสีภายในผลเพื่อติดตามความบริบูรณ์ของผักผลไม้ ต่อมาเทคนิคนี้ได้กลายเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายสำหรับตรวจสอบคุณภาพภายใน

การนำคุณสมบัติของแสงมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพผลิตผลเกษตร

ลักษณะของการแผ่รังสีออกมาจากผิวของผลิตผลขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตผลและการแผ่รังสีที่ตกกระทบ Birth *et al.* (1957) รายงานว่า พลังงานของแสงจะลดลงในรูปของลอการิทึมตามระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสง แสงที่สะท้อนโดยทั่วไปจะมีความเข้มของแสงสูงกว่าแสงที่ส่องออกมาจากวัตถุ ทำให้ง่ายต่อการวัดคุณภาพและแหล่งกำเนิดแสงไม่จำเป็นต้องมีความเข้มของแสงสูงมากและตัวรับแสงไม่ต้องมีความไวสูง ส่วนการวัดแสงที่ส่องทะลุผ่านต้องการแหล่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กำเนิดแสงที่มีความเข้มของแสงสูงและตัวรับแสงที่มีความไวสูง รวมทั้งต้องมีการป้องกันการรั่วของแสงระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับตัวอย่างเป็นอย่างดี Massie and Norris (1975) อธิบายการเลือกแหล่งกำเนิดแสงและตัววัดแสงว่าจะต้องมีผลกระทบจากแสงที่ไม่ต้องการน้อยที่สุด และต้องทำการทดลองในห้องมืด (Jacob *et al.*, 1965)

ในการวัดคุณภาพของผลิตผลจำเป็นต้องทราบตำแหน่งของต้นกำเนิดแสง ชนิดของตัวอย่างและตัวรับแสง สำหรับการวัด body reflectance นั้นทราบกันทั่วไปว่าเป็นการวัดการสะท้อนแสงแบบง่ายๆ ซึ่งเกิดขึ้นใกล้ๆ กับบริเวณที่ตกกระทบ ซึ่งเหมาะสำหรับการวัดปัจจัยทางคุณภาพ เช่น สีภายนอก ความเสียหายที่ผิว เป็นต้น ส่วนการวัดแสงที่ส่องทะลุผ่านออกมาเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกเหมาะสมสำหรับตรวจสอบปัจจัยคุณภาพภายใน เช่น สีภายในผลมะเขือเทศ ไส้กลวงดำของมันฝรั่งเป็นต้น (Chen, 1996) การใช้คุณสมบัติของแสงในการตรวจสอบคุณภาพภายในของผลไม้เมื่อส่องแสงเข้าไปในผลไม้แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนไว้ โดยปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืนนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของสารหรือจำนวนโมเลกุลที่แสงผ่าน (ดวงสมร, 2532) นอกจากนี้แสงบางส่วนที่ส่องทะลุผ่านออกมาจากผลิตผลยังขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่างๆ ภายในผลว่ามีปริมาณน้ำมากหรือน้อย กล่าวคือในเนื้อของผลิตผลที่มีน้ำมากแสงก็สามารถส่องผ่านออกมาได้มาก แต่ถ้าเนื้อของผลิตผลแห้งหรือมีน้ำน้อยแสงบางส่วนก็จะถูกดูดกลืนไว้ เมื่อวัดความเข้มแสงที่ผ่านออกมาก็จะได้ค่าที่แตกต่างกัน

การใช้ลักษณะหรือคุณสมบัติของแสงชนิดใดในการทดลองขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการทดลองและลักษณะของผลผลิต Akimoto *et al.* (1995) ใช้หลอดฮาโลเจน ขนาด 500 วัตต์ และมีลูกปัดสีดำเป็นตัวบ่งชี้ความสว่างเพื่อตรวจแยกพลับที่ฝาดกับพลับที่หวาน โดยพบว่าพลับที่มีรสฝาดสามารถดูดกลืนแสงน้อยกว่าพลับที่มีรสหวาน Chen and Nattuvetty (1980) ได้ทดลองการส่องผ่านของแสงที่ออกมาจากผลมะเขือเทศ แอปเปิ้ลและส้ม โดยใช้ Baush & Lomb monochrometer ที่มีความยาวคลื่น 450-800 nm เป็นแหล่งกำเนิดแสง และใช้ท่อนำแสงจากแหล่งกำเนิดแสงเข้าไปในผลไม้และนำแสงออกจากผลไม้ไปยังตัวรับแสง โดยรายงานว่าผลไม้แต่ละชนิดจะมีค่าการดูดกลืนแสงที่ต่างกันและที่บริเวณต่างๆ รอบผลจะให้ค่าการดูดกลืนที่ไม่เท่ากัน เพราะฉะนั้นจึงควรใช้ค่าเฉลี่ย นอกจากนั้นยังพบว่าการดูดกลืนแสงมีมากขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างแสงที่ตกกระทบกับจุดที่วัดแสงเพิ่มขึ้นและระดับความลึกของตำหนิที่อยู่ในผลเพิ่มขึ้น Birth *et al.* (1984) ได้ทดลองใช้แสงในการคาดคะเนการสุกแก่ของมะละกอมะละกอ (*Carica papaya* L.)โดยใช้ body transmittance spectroscopic และวิเคราะห์การวัดคลอโรฟิลล์คาโรทีนอยด์และของแข็งที่ละลายน้ำ แหล่งกำเนิดของแสงที่ใช้ คือ scanning monochrometor และ tilting

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

filter, abridged monochrometor ที่ความยาวคลื่น 500-900 nm โดยพบว่าผลที่ยังไม่สุกและผลที่สุกโดยเปลือกนอกมีสีเขียวที่ไม่สามารถแยกออกมาด้วยสายตา สามารถแยกได้โดยใช้ body transmittance spectroscopy Blanke and Notton (1992) ได้ทดลองส่องแสงเข้าไปในผลและใบแอปเปิ้ลพบว่าในผลเขียวการส่องผ่านของแสงจะเกิดการดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์ที่ความยาวคลื่น 678 nm ในขณะที่ผลแอปเปิ้ลที่มีสีแดงและเหลืองจะดูดกลืนแสงที่ 481 nm Kawano *et al*. (1993) พบว่าเทคนิค Near Infrared transmittance ในช่วงความยาวคลื่น 844 nm สามารถใช้ในการประเมินความหวานของส้มซัทซูมา แมนดารินได้ Nattuvetty and Chen (1980) ได้ศึกษาการคัดเลือกความแก่ของมะเขือเทศเขียว โดยการใช้แสงส่องผ่านผลโดยใช้ Hight - density spectrophotometer ที่ผูกติดด้วยท่อนำแสงซึ่งใช้ในการศึกษาการส่องทะลุผ่านของแสงที่บริเวณต่างๆ ของผลมะเขือเทศเขียว พบว่าเมื่อวัดแสงในผลมะเขือเทศด้านที่มีสีเขียวจะมีค่าการดูดกลืนแสงสูงกว่าด้านที่มีสีแดง โดยการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550, 615, 670 และ 730 nm มีความแตกต่างกันในมะเขือเทศ 4 สายพันธุ์ คือการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 615 nm เหมาะที่จะใช้กับพันธุ์ Calmart & Cal Ace การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 nm เหมาะที่จะใช้กับพันธุ์ Royal Fush และการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 670 nm เหมาะที่จะใช้กับพันธุ์ Castlemart อรรณพ (2532) รายงานว่าจากการทดลองวัดแสงที่ปล่อยออกมาหลังจากให้ผลผลิตถูกแสงในที่มืด ผลิตผลที่มีคลอโรฟิลล์จะปล่อยแสงออกมาช่วงระยะเวลาอันสั้น (delay light-emission) โดยมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์สูง ได้มีการศึกษาทดลองใช้วิธีการนี้เพื่อเป็นดัชนีความแก่และคัดแยกมะเขือเทศ ส้ม กล้วยและมะละกอ ถึงแม้ว่าวิธีนี้มีความแม่นยำน้อยกว่าการวัดสีหรือแสงสะท้อนโดยตรงโดยใช้ colour meter ก็ตามแต่มีจุดที่ดีกว่า คือสามารถวัดได้ในอัตราที่เร็วกว่า นอกจากนี้ยังสามารถใช้เทคนิคการส่องทะลุผ่านของแสงในการแยก blood spot ในไข่ (Norris and Rowan, 1962) ใช้แยกอาการ water core ในแอปเปิ้ล (Birth and Olsen, 1964) และตรวจสีที่อยู่ภายในของผลมะเขือเทศ (Worthington *et al*., 1976)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าคุณสมบัติของแสงสามารถนำมาใช้ตรวจสอบคุณภาพภายในของผลผลิตได้หลายชนิด ดังนั้นการส่องทะลุผ่านของแสงก็น่าจะเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการคัดคุณภาพของผลส้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved