บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ส้ม (Citrus) เป็นไม้ผลชนิดหนึ่งอยู่ในกลุ่มของไม้ผลกึ่งร้อน (Subtropical fruit) จัดอยู่ในวงศ์ Rutaceae ซึ่งพบได้ในเขตกึ่งร้อนและเขตหนาวของหลายประเทศ แม้ว่าถิ่นเดิมของพืชตระกูลส้มนั้นจะอยู่ในเอเชียอาคเนย์ แต่ได้มีการนำไปปลูกอย่างแพร่หลายในหลายท้องถิ่นเป็นระยะเวลานานจนกลายเป็นพืชสำคัญของท้องถิ่นนั้นๆ ในประเทศไทยได้มีการปลูกพืชตระกูลส้มหลายชนิด เช่น ส้มเขียวหวาน ส้มโอ ส้มเกลี้ยง ส้มตรา ส้มจุก มะนาว มะกรูด และส้มจี๊ด พันธุ์ส้มที่มีการปลูกมากเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ คือ ส้มเขียวหวาน ซึ่งมีการปลูกมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ปลูกส้มทั้งหมด (จุฑามาศ, 2546) ส่วนใหญ่จะผลิตขึ้นเพื่อบริโภคภายในประเทศ แต่ก็สามารถส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศปีละหลายสิบล้านบาท (สถาบันเทคโนโลยีพืชสวน, 2550) โดยในปี 2550 มีปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นจากในปี 2549 ถึง 8 เท่า คิดเป็นมูลค่ากว่า 272,347,000 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

2.1 ลักษณะประจำพันธุ์ของส้มสายน้ำผึ้ง (เปรมปรี, 2532)

ส้มสายน้ำผึ้ง หรือส้มโชกุน (*Citrus reticulata* Blanco cv. Sai Nam Peung) เป็นพันธุ์ส้มในกลุ่มส้มเขียวหวานชนิดหนึ่ง ที่ปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมอย่างสูง เพราะผลส้มนี้มีคุณภาพและรสชาติที่ดีกว่าส้มเขียวหวานชนิดอื่นๆ ในหลายๆ ด้าน เนื้อแน่น สีสันสวยงาม ชานมีลักษณะนิ่ม มีน้ำส้มในปริมาณมาก รสชาติหวานแหลม อมเปรี้ยวเล็กน้อย

ทรงพุ่ม ส้มสายน้ำผึ้งมีการเจริญได้ดีพอๆ กับส้มเขียวหวาน โดยจะมีทรงพุ่มแน่นกว่าส้มเขียวหวาน ลักษณะกิ่งและใบจะตั้งขึ้น ในขณะที่ส้มเขียวหวานใบจะตก หรือห้อยลงมา (weeping form and willow leaf)

ใบ ใบของส้มสายน้ำผึ้งเมื่อเทียบกับส้มเขียวหวาน จะมีขนาดเล็กและมีสีเขียวเข้มมากกว่า นอกจากนี้ใบยังมีกลิ่นหอมคล้ายส้มจีน และส้มพองแกน

ผล ส้มสายน้ำผึ้งมีลักษณะผลคล้ายส้มเขียวหวานมาก ขณะที่ผลยังอ่อนจะมีสีคล้ายส้มเขียวหวาน เมื่อแก่จัดผิวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแดง ยกเว้นผลส้มที่ได้จากภาคใต้จะมีสีผิว

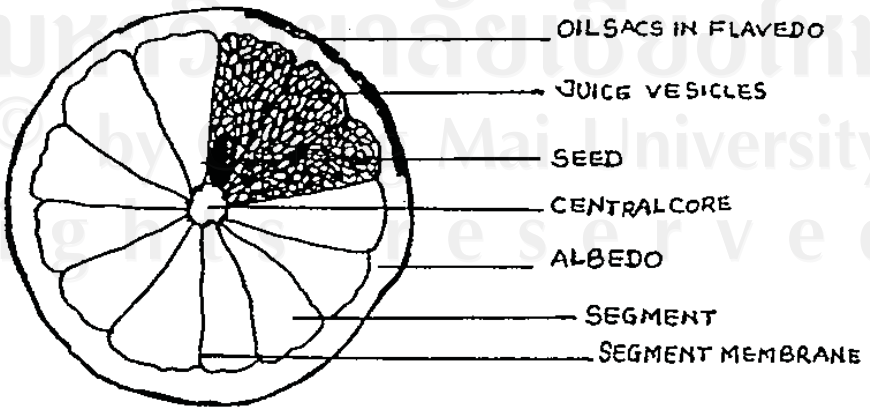
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เหมือนกับส้มเขียวหวาน ปอกเปลือกง่าย เปลือกมีกลิ่นหอมคล้ายส้มจีน หรือส้มพองแกน ส้มพันธุ์นี้มีช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว 8 - 8.5 เดือนนับจากดอกบาน ในการปลูกจากกิ่งตอนจะเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในปีที่ 3 ภายหลังการติดผลจนกระทั่งโตเต็มที่ ส่วนของผนังรังไข่จะเปลี่ยนไปเป็น pericarp ซึ่งมี 3 ชั้น (ภาพ 2.1) คือ

1. exocarp ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเปลือกของผลส้ม เรียกว่า ฟลาวิโด (flavedo) ในส่วนของฟลาวิโด เป็นเซลล์ที่ประกอบด้วยแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นส่วนที่บ่งบอกถึงลักษณะของสีเปลือกที่ต่างกันของผลไม้ตระกูลส้มแต่ละชนิด เช่น orange, tangerine, grapefruit, lemon และอื่นๆ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยต่อมน้ำมัน (oil glands) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่อยู่บริเวณเปลือกและมีน้ำมันที่เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละพันธุ์ (Kale and Adsule, 1995)

2. mesocarp เป็นผนังชั้นกลางที่อยู่ถัดจากชั้น exocarp เรียกว่า อัลบิโด (albedo) เป็นเซลล์พวก spongy parenchyma มีสีขาว ชั้นนี้อาจบางมาก เช่น ผลส้มเขียวหวาน และเพิ่มความหนามากขึ้น ในผลส้มเกลี้ยง จนหนามาก เช่น ผลส้มโอและซิตรอน ชั้นนี้อาจติดกับชั้นฟลาวิโด หรือติดกับส่วนเนื้อใน

3. endocarp จัดเป็นชั้นในสุดของ pericarp คือ carpel membrane ของกลีบผล เซลล์ผนังด้านในของชั้นนี้เมื่อมีการพัฒนาของผล ส่วนนี้จะมีการแบ่งเซลล์และขยายตัวออกกลายเป็นถุงน้ำส้ม (juice sac) ทำหน้าที่เก็บสะสมน้ำ น้ำตาล และสารต่างๆ สำหรับชั้นของผนัง (septum) ที่กั้นระหว่างกลีบนั้นเกิดจากผนังของกลีบ 2 กลีบที่อยู่ติดกัน



ภาพ 2.1 ลักษณะโครงสร้างของผลส้ม (Kale and Adsule, 1995)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 พันธุ์ส้มที่ปลูกในประเทศไทย (จุฑามาศ, 2546)

พันธุ์ส้มเขียวหวานที่ปลูกเป็นการค้าในประเทศไทย ได้แก่

1. ส้มแหลมทอง หรือแสงทอง เป็นสายพันธุ์ที่ปลูกในเขตจังหวัดราชบุรี ลักษณะลำต้นขนาดใหญ่ ทรงพุ่มใหญ่ ติดผลค่อนข้างยาก ไม่ดก ผลขนาดปานกลางแต่มีรสหวานจัด

2. ส้มบางมด เป็นพันธุ์ส้มเขียวหวานที่ปลูกในเขตบางมด บางขุนเทียน ชนิดพันธุ์ผิวเรียบเปลือกบาง เรียกว่า ส้มบางล่าง แหล่งปลูกเดิมคือบางมด ชนิดที่เปลือกค่อนข้างหนา ผลใหญ่ มีจุกนูนเล็กน้อย เรียกว่า ส้มบางบน รสไม่หวานมาก เดิมปลูกกันมากบริเวณบางขุนนนท์ บางกรวย บางกอกน้อย

สามารถกล่าวได้ว่าพันธุ์ส้มเขียวหวานที่นิยมปลูกทั่วไปในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นพันธุ์บางมด ให้ผลขนาดปานกลางจนถึงขนาดโต ทรงผลค่อนข้างกลมแป้นเล็กน้อย ก้นผลราบหรือเว้าเล็กน้อย ผิวเปลือกมีต่อมน้ำมันถี่เต็มผิว ลักษณะของเปลือกบาง ล่อน ปอกง่าย ผิวเรียบ มีสีเขียวอมเหลือง หรือเหลืองเข้มเมื่อปลูกทางภาคเหนือ เนื้อมีสีส้ม ชานนิ่ม ผนังกลีบบาง รสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย

3. ส้มฟรีมองต์ เป็นลูกผสมระหว่างพันธุ์คลีแมนไทน์และพันธุ์พองแกน ลักษณะพุ่มเป็นทรงสูง ใบสีเขียวเข้มและพุ่มโปร่งกว่าส้มเขียวหวาน ขนาดผลใกล้เคียงกับส้มเขียวหวาน เปลือกค่อนข้างหนาและเหนียว ปอกยากกว่า ผิวเปลือกขรุขระและเป็นสีส้มเข้มกว่า เนื้อผลมีลักษณะค่อนข้างแน่น ทำให้สามารถเก็บผลได้นานหลังจากเก็บจากต้นได้ถึง 30 วัน รสชาติหวานอมเปรี้ยวมีกลิ่นหอม

4. ส้มโชกุน เป็นส้มที่มีลักษณะทรงต้นและขนาดใกล้เคียงกับส้มเขียวหวาน แต่ทรงพุ่มค่อนข้างแน่นกว่า ลักษณะผลใกล้เคียงกับส้มเขียวหวาน แต่มีสะดือเป็นเอกลักษณ์พิเศษ เนื้อมีลักษณะแน่น ชานนิ่มและให้น้ำส้มปริมาณมาก รสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ผลอาจเกิดการแตกง่ายกว่าส้มเขียวหวาน เหมาะที่จะปลูกทางภาคใต้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 การเก็บเกี่ยวผลส้ม

ส้มเป็นผลไม้จำพวก non-climacteric คือ ไม่สามารถสุกได้เมื่อเก็บเกี่ยวมาจากต้นแล้ว มีอัตราการหายใจหลังการเก็บเกี่ยวต่ำ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี เกิดขึ้นอย่างช้าๆ

(Ting and Attaway, 1971) ผลส้มเขียวหวานเริ่มเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุประมาณ 8–8.5 เดือนหลังจากดอกบาน สีผิวเริ่มมีสีเหลือง มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 8.0–8.8 เปอร์เซ็นต์ (จริงแท้, 2542)

2.3.1 ดัชนีการเก็บเกี่ยว

ดัชนีการเก็บเกี่ยวที่ดีควรเป็นดัชนีที่นำมาตรวจสอบผลส้มได้ง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่ทำลายผลิตผล สามารถใช้อุปกรณ์ที่ราคาไม่แพงและสามารถทำได้สะดวก โดยพิจารณาจาก

1.) การนับอายุ จากระยะออกดอกถึงดอกบานประมาณ 1 เดือน และจากระยะดอกบานถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 8–8.5 เดือน ในส้มพันธุ์ส้มสายน้ำผึ้ง

2.) การวัดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น ความต้านทานแรงกดของผลลดลง (Baldwin, 1993)

3.) การวัดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และการคำนวณอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เทียบกับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 6.5 สำหรับส้มเขียวหวานที่ปลูกในประเทศไทย (ดนัย, 2545)

ดัชนีการเก็บเกี่ยวของส้มแต่ละพันธุ์อาจแตกต่างกัน เช่น ส้มพันธุ์วาเลนเซีย ต้องมีสีผิวเปลี่ยนอย่างน้อยประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ส้มบางพันธุ์ใช้อัตราส่วนของของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดต่อปริมาณกรด และหาปริมาณของน้ำส้มต่อน้ำหนักผล ซึ่งปริมาณจะผันแปรไปตามชนิดและพันธุ์ของส้ม ในประเทศอินเดียส้มแมนดารินจะเก็บเกี่ยวเมื่อเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีส้ม น้ำส้มมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ 0.4 เปอร์เซ็นต์ มีของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 12-14 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น (ดนัยและนิธิยา, 2548)

2.3.2 วิธีการเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวผลส้มจะเริ่มเก็บได้เมื่อผลมีอายุประมาณ 8–8.5 เดือนนับจากดอกบาน การเก็บนิยมใช้วิธีปลิดผลโดยใช้มือจับทางด้านใต้ผลขึ้นไป แล้วหักทับตรงบริเวณขั้วผลไปทางด้านใดด้านหนึ่งผลก็จะหลุดออกมาโดยง่าย (นิด, 2544) เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับผลส้ม ต้องให้ผู้ที่ทำหน้าที่เก็บเกี่ยวผลส้มตัดเล็บ สวมถุงมือ พร้อมทั้งใช้กรรไกรชนิดพิเศษที่มีลักษณะปลายมนกลมตัดขั้วผลโดยให้มีใบส้มติดออกมาด้วยสองถึงสามใบ (ภาพ 2.2A–B) จากนั้นจึงนำผลส้มทั้งช่อเข้ามาใกล้ตัวแล้วตัดขั้วผลให้ชิดกับผลเบาๆ อีกครั้ง (ภาพ 2.2C)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับผลส้มที่ส่งเข้าโรงงานแปรรูปจะเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักร และมีการใช้สารเคมีที่มีผลต่อ abscission zone ช่วย เช่น วิตามินซี กรดซิตริก กรดโบรโมแอซิตริก เฟอริกแอมโมเนียมซิเตรต เอทิลเอสเทอร์ กรดแนฟทาลีน เป็นต้น (ดนัยและนิธิยา, 2548) การเก็บเกี่ยวไม่ควรกระทำหลังฝนตกหรือหลังการให้น้ำแบบฉีดพ่นซึ่งผลยังเปียกน้ำอยู่ ทำให้เซลล์ผิวมีความเต่งกว่าปกติ และมีความอ่อนไหวต่อการเกิดบาดแผล นอกจากนั้นต่อมน้ำมันที่เปลือกยังแตกง่ายทำให้เกิดตำหนิที่ผิวและง่ายต่อการแพร่ระบาดของโรคหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บเกี่ยวแล้วควรใส่ในภาชนะบรรจุที่ไม่ลึกมากเกินไป เพราะส้มที่ปลูกในประเทศไทยเป็นส้มเปลือกบาง หากบรรจุในภาชนะที่ลึกเกินไปจะทำให้ส้มช้ำได้ (ดนัย, 2545)

ภาพ 2.2 A ใช้กรรไกรด้ามยาวตัดผลส้มที่อยู่สูง

ภาพ 2.2 B ตัดผลส้มส่งให้แก่คนงานเพื่อตัดขั้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 2.2 C ตัดขั้วผลส้มให้สั้นลงโดยใช้กรรไกรด้ามสั้น

2.4 ภาชนะบรรจุที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวผลส้ม (เปรมปรี, 2532)

ภาชนะที่ใช้ควรเป็นภาชนะที่แข็งและที่มีรูระบายอากาศที่ดี ทั้งนี้หากใช้ภาชนะที่ยืดหยุ่นหรืออ่อนตัวได้จะทำให้ผลส้มเบียดกันเองทำให้ช้ำได้ นอกจากนี้ก้นของภาชนะควรปูด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ ถุงปูนหรือถุงปุ๋ยก็ได้ ถ้าให้ดีควรเคลื่อนย้ายภาชนะที่บรรจุส้มหลังเก็บเกี่ยวแล้วให้น้อยที่สุดและอย่าวางตากแดดไว้

การนำส้มที่ตัดขั้วแล้วใส่ในภาชนะบรรจุ มีหลายวิธี ได้แก่

1. ใส่ในถุงผ้า แล้วนำไปเทใส่ตะกร้าที่วางไว้เป็นระยะๆ
2. ใส่ในตะกร้าโดยตรง
3. ใส่ในถังพลาสติกโดยตรง

ชาวสวนนิยมการใช้วิธีที่ 1 โดยถุงดังกล่าวเป็นถุงผ้าหรือกระสอบ (ภาพ 2.3A–B) มีห่วงเหล็กอยู่ด้านบน มีตะขอเกี่ยว มีช่องเปิดด้านล่างสำหรับเทส้ม ป้องกันผลส้มช้ำหรือแตกได้ดี 1 ถุงบรรจุส้มได้ 5-7 กิโลกรัม เมื่อเก็บส้มได้เต็มถุง คนงานจะปลดตะขอด้านหน้าถุงผ้าออก ส้มจะค่อยๆ ไหลออกจากช่องเปิดด้านล่างของถุงผ้าลงในตะกร้า (ภาพ 2.4A – C) ตะกร้า 1 ใบบรรจุส้มได้ประมาณ 22 กิโลกรัม (ภาพ 2.5) นอกจากถุงผ้า บางสวนใช้ถังพลาสติกสำหรับบรรจุส้ม โดย 1 ถังบรรจุได้ประมาณ 10 กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 A **2.3 B**

ภาพ 2.3 A และ B ถุงกระสอบและถุงผ้าสำหรับใส่ผลส้ม

2.4 A

2.4 B **2.4 C**

ภาพ 2.4 A – C การเทผลส้มจากถุงลงในตะกร้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 2.5 ตะกร้าที่ใช้ใส่ผลส้มหลังเก็บเกี่ยวจากต้น

2.5 การซื้อขายและการคัดขนาด (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

สำหรับการซื้อขายจะมีพ่อค้ามารับซื้อถึงสวนและเจ้าของสวนนำออกไปขายยังตลาดกลางเอง ส่วนใหญ่จะชั่งขายเป็นกิโลกรัมซึ่งราคาขึ้นอยู่กับฤดูกาล ส่วนพ่อค้าเมื่อซื้อส้มแล้วจะมาทำการคัดขนาดเพื่อสะดวกในการกำหนดราคาขายต่อไป ช่วงคัดขนาดของส้มมีทั้งหมด 6 เบอร์ คือ

เบอร์ 3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 ซ.ม. เป็นส้มขนาดเล็กที่สุดมีราคาต่ำ ผู้ซื้อส่วนใหญ่จะนำไปคั้นน้ำทำน้ำส้ม

เบอร์ 2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5.5 ซ.ม. มีขนาดใกล้เคียงกับส้มเบอร์ 3

เบอร์ 1 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6 ซ.ม. เป็นส้มที่มีขนาดกลางผู้บริโภคส่วนใหญ่จะนิยมซื้อไปรับประทานสด

เบอร์ 0 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6.5 ซ.ม. ขนาดใกล้เคียงกับส้มเบอร์ 1 เป็นขนาดที่ผู้บริโภคนิยมเช่นกัน

เบอร์ 00 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7 ซ.ม. เป็นส้มที่มีขนาดใหญ่มากผู้บริโภคไม่ค่อยนิยมเพราะมีคุณภาพไม่ดี

เบอร์ 000 เบอร์นี้จะไม่มีช่องให้ลง เป็นส้มที่มีขนาดใหญ่มากเป็นพิเศษไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค

การแบ่งเกรดของกรมวิชาการเกษตรและเกษตรกรนั้นแตกต่างกัน โดยเกษตรกรจะแบ่งออกเป็น 4 เบอร์ คือ (สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว, 2545)

- เบอร์ 3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 ซ.ม.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- เบอร์ 4 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5.5 ซ.ม.
- เบอร์ 5 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6 ซ.ม.
- เบอร์ 6 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6.5 ซ.ม.

2.6 การขนส่ง

การขนส่งไปโรงคัดบรรจุมี 3 วิธี คือ

1. ใช้รถบรรทุก 6 ล้อ มีทั้งแบบมีหลังคา ไม่มีหลังคา หรือใช้ผ้าพลาสติกคลุมด้านบน ขนส่งได้ครั้งละ 200-300 ตะกร้า (ภาพ 2.6A – B)

2.6 A

2.6 B

ภาพ 2.6 A และ B รถบรรทุก 6 ล้อ ขนส่งส้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ใช้รถกระบะ 4 ล้อ ขนส่งได้ครั้งละ 30-40 ตะกร้า (ภาพ 2.7)

ภาพ 2.7 รถบรรทุกสำหรับขนย้ายส้ม

3. ใช้คนงานแบก ขนส่งได้ครั้งละ 1 ตะกร้า/ถัง (ภาพ 2.8)

สวนส้มขนาดเล็กหรือช่วงที่มีการเก็บเกี่ยวไม่มาก ใช้วิธีแบกส้มไปยังโรงคัดบรรจุ สภาพเส้นทางในสวนส้มมีหลายลักษณะทั้งเรียบเป็นคอนกรีต ไปจนถึงเส้นทางลูกรังขรุขระ ระยะทางขนส่งไปโรงคัดบรรจุมีตั้งแต่ 500 เมตร ไปจนถึง 30 กิโลเมตร (สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว, 2545)

ภาพ 2.8 การขนย้ายส้มโดยใช้แรงงานคนแบก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.7 การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

หลังจากเก็บเกี่ยวจากต้น ขั้นตอนสำคัญอีกอย่างหนึ่งก่อนนำส้มออกจำหน่าย ได้แก่ กระบวนการคัดบรรจุ ขั้นตอนวิธีการคัดบรรจุ แต่ละสวนมีวิธีการที่แตกต่างกันออกไป ได้ดังนี้

1. ล้างน้ำ หรือ น้ำผสมคลอรีน ขัดผิว (ภาพ 2.9 และภาพ 2.10)

ภาพ 2.9 การล้างทำความสะอาดผลส้มก่อนการคัดขนาด

ภาพ 2.10 การขัดผิวผลส้มด้วยขนแปรง

2. คัดเอาผลส้มฟ่ามออกโดยดูจากการลอยน้ำ (พบเฉพาะบางสวน)

3. เป่าให้แห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส

4. เคลือบแวกซ์ (ภาพ 2.11)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 2.11 การเคลือบผิวผลส้มด้วยการฉีดพ่นสารเคลือบผิว

5. เป่าให้แห้งด้วยลมร้อน

6. คัดเกรดโดยใช้คนคัด แบ่งเป็นเกรดได้ 3-4 เกรด หรือใช้ระบบคอมพิวเตอร์ (ภาพ 2.12)

ภาพ 2.12 การคัดขนาดผลส้มโดยใช้คนงานและระบบคอมพิวเตอร์

7. คัดขนาด คือ ใช้เครื่องคัดขนาดแบบหมุน

8. ติดสติกเกอร์ (ภาพ 2.13)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 2.13 การติดสติกเกอร์บนผลส้ม

9. บรรจุ ภาชนะบรรจุมี 3 ประเภทคือ กล่อง ถุงตาข่าย และตะกร้า (ภาพ 2.14)

ภาพ 2.14 การบรรจุผลส้มลงในกล่องกระดาษลูกฟูก

ในกรณีที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์คัดบรรจุ ขั้นตอนการคัดขนาดและการติดสติกเกอร์จะเกิดขึ้นก่อน แล้วจึงส่งส้มเข้าไปยังขั้นตอนการคัดเกรด การคัดเกรดด้วยคอมพิวเตอร์มีข้อดีในแง่ความสะดวก สามารถคัดได้ทั้งส้มที่มีตำหนิและส้มที่น้ำหนักไม่ได้มาตรฐานออกได้อย่างรวดเร็ว

ตลอดขั้นตอนการคัดบรรจุ มีการตกกระทบของส้มระหว่างผ่านสายพาน 7-10 ครั้ง แต่ละครั้งมีความสูงตั้งแต่ 5-10 เซนติเมตร (สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.8 ลักษณะความรุนแรงทางกายภาพที่พบระหว่างการขนส่งผัก ผลไม้

ซึ่งมีผลกับคุณภาพของผัก ผลไม้ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. การกดทับ การกดทับที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ซึ่งไม่แข็งแรงพอจะทำให้ผัก ผลไม้บอบช้ำได้ง่าย การกดทับเกิดเนื่องจากการบรรจุผักผลไม้มากเกินไปและการจัดวางไม่เหมาะสม มีการเรียงซ้อนกันหลายชั้นทำให้สินค้าที่อยู่ข้างล่างได้รับความเสียหาย (จิราภา, 2551)

2. การกระแทก ระหว่างการขนส่งกล่องผัก ผลไม้อาจถูกโยนหรือกระแทกกับกล่องผลไม้กล่องอื่น หรือตกกระแทกพื้นสาเหตุเหล่านี้จะส่งผลให้ผักและผลไม้เกิดการเน่าเสียได้ (จิราภา, 2551)

3.การสั่นสะเทือน เกิดจากการสั่นสะเทือนของพาหนะที่ใช้ขนถ่าย ระหว่างการขนส่งการสั่นสะเทือนจะทำให้เกิด การเสียดสีระหว่างผัก ผลไม้ด้วยกัน หรือการเสียดสีระหว่างผัก ผลไม้กับบรรจุภัณฑ์ก่อให้เกิดรอยช้ำ (จิราภา, 2551) การกระทบกระเทือนจากการสั่นสะเทือน (vibration) เกิดจากการที่ผลิตผลในภาชนะบรรจุไม่อยู่กับที่ เคลื่อนไหวไปมาตามแรงสั่นสะเทือนของพาหนะ สำหรับผลไม้ที่มีเปลือกแข็งไม่เป็นปัญหามากแต่ผลไม้ที่มีเปลือกบาง เช่น สตรอเบอรี่ ฝรั่ง สาลี่ กล้วยไข่ จะทำให้เกิดรอยถลอกเกิดขึ้น ดูไม่สวยงามและทำให้ราคาลดลง (จริงแท้, 2549)

2.9 ผลความเสียหายทางกลต่อสรีรวิทยาของผลผลิต

คุณสมบัติทางกลของผลิตผลมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการเก็บรักษา สามารถนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการทำนายพฤติกรรมของผลิตผลระหว่างการเก็บเกี่ยว และกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวได้ (Yurtlu and Erdogan, 2005) ความเสียหายทางกลเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา ได้แก่ ฮอร์โมน พันธุกรรม และระดับของสารชีวเคมีต่างๆ การเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติระหว่างที่ผลิตผลอยู่ในกระบวนการสุก จะถูกเร่งให้เกิดเร็วขึ้นหลังจากเกิดความเสียหายทางกล โดยเฉพาะการเสื่อมสภาพ ความเสียหายทางกลมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา ดังต่อไปนี้

2.9.1 เอทิลีน

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่เกิดขึ้นระหว่างที่ผลิตผลอยู่ในกระบวนการสุกและการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ยังเป็นกุญแจสำคัญในการต่อต้านการตอบสนองต่อความเครียดที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เกิดขึ้นจากความเสียหายทางกล โดยความเครียดจะทำให้เอทิลีนเพิ่มขึ้นในผลไม้ที่อยู่ในกลุ่ม climacteric fruit (Maness *et al*., 1992) และคงที่ในผลไม้กลุ่ม non-climacteric fruit (El-Otmani *et al*., 1995) จากรายงานพบว่า ผลท้อ พันธุ์ Babygold ที่เสียหายจากการกดทับด้วยแรง 30, 40 และ 50 นิวตัน มีเอทิลีนเพิ่มขึ้นหลังจากกดทับ 3-5 ชั่วโมง (Martinez-Romero, 2000) เช่นเดียวกับผล apricots พันธุ์ Mauricio ที่ได้รับความเสียหายจากการกดทับด้วยแรง 25 นิวตัน พบว่ามีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งมากกว่าผลที่ไม่ถูกกดทับ นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าในผลมะเดื่อฝรั่งที่ถูกสั่นสะเทือนเป็นเวลา 10 นาที ด้วยความเร่ง 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 x g พบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างการผลิตเอทิลีนและระดับของการสั่นสะเทือน (Mao *et el*., 1995)

อย่างไรก็ตามความเสียหายทางกลไม่ได้ทำให้ผลิตผลทุกชนิดผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น เช่น ในผลมะม่วงที่ได้รับความเสียหายทางกลไม่มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นเนื่องจากมี phenolic compounds ถูกปลดปล่อยจากผนังเซลล์ซึ่งยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน (Ketsa and Koolpluksee, 1993) เช่นเดียวกับผลมะละกอที่ผ่านการกระแทกและสั่นสะเทือน ไม่มีการผลิต เอทิลีนเพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการสุก (Quintana and Paull, 1993)

2.9.2 อัตราการหายใจ

อัตราการหายใจเป็นสิ่งที่บ่งชี้ถึงความเสียหายทางกลหรือการเกิดบาดแผลได้ทั้งในเนื้อเยื่อพืชและผลไม้ ในผลมะเดื่อที่ได้รับความสั่นสะเทือนที่ระดับความถี่ต่างๆ พบว่ามีปริมาณการผลิต CO_2 เพิ่มขึ้นตามความเร็วในการสั่นสะเทือน (Mao *et al*., 1995) อย่างไรก็ตามยังพบอีกว่าในผลบลูเบอรี่ สวีทเชอรี่และทาร์เชอรี่ มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นตามจำนวนการกระแทกอย่างมีนัยสำคัญ (Burton and Schulte-Paso, 1987) และพบว่าการผลิต CO_2 สูงขึ้นสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของผลิตผล เช่นเดียวกับในผลส้มพันธุ์ Hamlin และ Valencia ที่พบว่าอัตราการหายใจสูงขึ้นหลังจากได้รับความเสียหายทางกล สอดคล้องกับ apricot ซึ่งมีอัตราการหายใจสูงขึ้นหลังจากที่ได้รับความเสียหายทางกลและมีอัตราการหายใจสูงกว่าผลที่ไม่ได้รับความเสียหายระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามยังมีการรายงานถึงผักและผลไม้ที่ไม่มีการหายใจเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาหลังจากที่ได้รับความเสียหายทางกล ได้แก่ ผลท้อ (Martinez-Romero *et al*., 2002) มะละกอ (Quintana and Paull, 1993) และมังคุด (Ketsa and Koolpluksee, 1993) นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าผลิตผลจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น โดยจริงแท้ (2549) กล่าวว่า การกระทบกระเทือนของผลิตผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากจะก่อให้เกิดอาการชอกช้ำแล้ว ยังทำให้มีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นด้วย การเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจ เนื่องจากความเครียดทางกายภาพนี้เกิดขึ้นพร้อมๆกับการเพิ่มขึ้นของ เอทิลีน และอาจเป็นผลเนื่องมาจากเอทิลีนก็ได้

2.9.3 การสูญเสียน้ำหนัก

ตัวบ่งชี้ความเสียหายของผลิตผลทางอ้อมอีกอย่าง คือ การสูญเสียน้ำหนัก ผลของความเสียหายทางกลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลได้มีการศึกษาในผลิตผลหลายชนิด ได้แก่ มะนาว (Martinez-Romero *et al*., 1999) ส้ม (Miller and Buns, 1991) และ บลูเบอรี่ (Sanford *et el*., 1991) การสูญเสียน้ำหนักขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และชนิดของแรงที่ทำให้ เกิดความเสียหายทางกล ในผล apricot ที่ได้รับแรงกดทับ 25 นิวตัน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าผลที่ไม่ได้รับความเสียหาย (Martinez-Romero *et al*., 2002) อาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์และความสามารถในการซึมผ่านของน้ำของเนื้อเยื่อ เกิดรอยแตกเล็กๆบริเวณเซลล์ชั้นในและเซลล์ชั้นนอก ซึ่งบาดแผลช่วยเร่งให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซรวมไปถึงการระเหยของน้ำ (Woods, 1990)

2.9.4 ความแน่นเนื้อ

นักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาความเสียหายจากการกดทับของผลิตผล ได้แก่ Singh and Reddy (2006) ได้ทำการทดสอบการกดทับกับผลส้มโดยใช้ texture analyzer เพื่อหาขนาดแรงและระยะทางกดที่ทำให้ผลส้มช้ำ โดยใช้หัวกดแบบแผ่นเรียบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 65 มิลลิเมตร ความเร็วเมื่อหัวกดสัมผัสกับผลส้ม 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วเมื่อหัวกดถอนกลับ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที จากการทดสอบพบว่า ความแน่นเนื้อของผลส้มลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ทั้งในอุณหภูมิห้องและห้องเย็น แต่ที่ห้องเย็นมีแนวโน้มในการลดลงน้อยกว่าที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำ ผลิตผลมีการสุกช้าลงเพราะกระบวนการเมแทบอลิกเสื่อมลงเป็นผลให้ผลิตผลมีความอ่อนนิ่มช้าลง เช่นเดียวกันกับ Yurtlu and Erdogan (2005) ได้ทำการทดสอบการกดทับของผลแพร์และแอปเปิลเพื่อหาคุณสมบัติทางกล โดยใช้หัวกดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร กดทับผลแพร์และแอปเปิล 7 มิลลิเมตรต่อนาที พบว่า bioyield point force ค่าสัมประสิทธิ์ของการยืดหยุ่น และพลังงานในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของผลแพร์และแอปเปิลลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.9.5 การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์

การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ เช่น ลำไย ซึ่งนวลฉวี (2550) ได้ทำการทดสอบการกดทับผลลำไยสดที่ระยะยุบตัว 30 เปอร์เซ็นต์ของความสูงเริ่มต้นของผล พบว่าการกดทับที่ระยะยุบตัวดังกล่าวทำให้ผลลำไยแตก เมื่อนำผลลำไยที่ถูกกดทับและผลที่ไม่ถูกกดทับไปวัดการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ โดยทำชุดละ 10 ซ้ำๆละ 1 ผล พบว่า ผลลำไยที่ถูกกดทับจนแตกมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ 30.9 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลที่ไม่ผ่านการกดทับมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เพียง 20.1 เปอร์เซ็นต์ โดยการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์จะเพิ่มขึ้นตามระยะยุบตัวของลำไยที่เพิ่มขึ้น ความเสียหายของผลแพร์และแอปเปิล เนื่องมาจากการสั่นสะเทือนที่ระดับต่างๆ ทำให้ plasma membrane ของเซลล์ และปริมาณส่วนประกอบของ polysaccharide ในผนังเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนสี การอ่อนนิ่ม ระหว่างการวางขายหลังจากการขนส่ง (Zhou *et al*., 2007)

2.9.6 อื่นๆ

ความเสียหายที่เกิดขึ้นแก่ผลิตผลเนื่องจากความเสียหายทางกล ได้แก่ เกิดการเปลี่ยนสีเนื้อและเปลือก เช่น ผลแอพริคอต (DeMartino *et al*., 2002) มีปริมาณลิกนินเพิ่มขึ้น ได้แก่ มังคุด (Bunsiri *et al*., 2003) อุราภรณ์และคณะ (2548) ได้ทำการประเมินความเสียหายของส้มในกลุ่มส้มเขียวหวาน โดยจากการสำรวจความเสียหายของส้มในกลุ่มส้มเขียวหวาน ในแหล่งปลูกและแหล่งวางจำหน่ายในเขตภาคเหนือและตลาดกลางสินค้าเกษตรในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า มีความเสียหายของส้มในระยะเก็บเกี่ยว 5-30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับผลผลิตทั้งหมด แยกประเภทความเสียหายได้ 17 กลุ่มอาการ กลุ่มที่พบมาก ได้แก่ ขั้วหลุด ขั้วเน่า ผลเน่าเละ และที่เป็นโรคราเขียวโดยพบกลุ่มละประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตที่เสียหาย ในระยะขนส่ง พบความเสียหาย 1-5 เปอร์เซ็นต์ โดยส่วนใหญ่เสียหายเนื่องจากผลช้ำ รองลงมาได้แก่ อาการผลแตก เป็นโรคราเขียว และโรคเน่าเละ 50.8, 22.0, 15.9 และ 17.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในระยะวางจำหน่าย พบความเสียหาย 2-20 เปอร์เซ็นต์ จำแนกความเสียหายได้ 6 กลุ่มอาการ พบอาการผลช้ำมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ผลเน่าเละ เป็นโรคราเขียว ผลแตก ขั้วเน่า และอาการเน่าเนื่องจากเชื้อ *Aspergillus* 42.6, 35.1, 13.3, 7.9, 0.8 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.10 วิธีการประเมินความเสียหายเชิงกล (Ismail and Miller, 1990)

ความเสียหายเชิงกลเป็นการสูญเสียหลักที่พบในระหว่างการเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผล จึงมีการศึกษาถึงวิธีการประเมินความเสียหาย ดังนี้

2.10.1. การผลิต CO_2

ความเสียหายทางกลของผลส้มมีผลทำให้อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ทั้งการใช้ O_2 และการผลิต CO_2 เพิ่มขึ้นในผลส้มที่เกิดบาดแผลมากกว่าเมื่อเทียบกับผลที่ปกติ

Parker *et al*. (1984) ได้ประเมินความเสียหายเชิงกลของผลไม้ตระกูลส้ม ในโรงคัดบรรจุที่ Florida โดยวัดจากการผลิต CO_2 ของผลส้มที่ผ่านกระบวนการต่างๆ โดยใช้ infrared analyzer วิธีการดังกล่าวทำได้โดยชั่งน้ำหนักผลส้มและเก็บไว้ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิคงที่ (ประมาณ 68˚F) อ่านค่าเมื่อครบ 10 ชั่วโมงและคำนวณค่าเป็น mg/kg/hr พบว่าการผลิต CO_2 ในผลที่เสียหายมีค่ามากกว่าผลที่อยู่ในชุดควบคุม

2.10.2. การสูญเสียน้ำหนัก

วิธีการนี้อาศัยหลักการสำคัญ คือ ผลิตผลที่เกิดความเสียหายจะสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลิตผลที่ไม่เกิดความเสียหาย โดย Ismail and Miller (1990) ได้ทำการสุ่มตรวจสอบจุดต่างๆในกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลิตผลได้ เช่น ขั้นตอนก่อนการล้าง หลังล้าง การคัดขนาด การเคลือบผิว และการบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น โดยการสุ่มผลส้ม 12 – 15 ผล มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 21˚C (70˚F) ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักผลส้มแต่ละผลแล้วหาอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก บันทึกผลทุกๆ 24 ชั่วโมง การหา specific weight loss เป็นตัวบ่งชี้ความเสียหายทางกลได้เป็นอย่างดี

2.10.3. การจุ่มสารเพื่อประเมินการติดสี

Beckenbach (1997) ได้ทดลองใช้สารเคมีหรือ pH indicator สำหรับตรวจสอบบาดแผลบริเวณเปลือกส้ม วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายและสามารถใช้ในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งใช้ระยะเวลาสั้นๆ การใช้ indicator paper ทำได้โดยใช้กระดาษกรองจุ่มลงในสารละลาย alkaline ของ phenolphthalein กระดาษกรองจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเหลืองส้มเมื่อสัมผัสกับน้ำมันของส้ม วิธีการนี้ใช้เพื่อประเมินความเสียหายของผลส้มภายในกล่องบรรจุภัณฑ์ ที่เกิดบาดแผลเพียงเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และทดลองจุ่มผลส้มลงใน สารละลาย 2,3,5 – triphenyl tetrazolium chloride เป็นเวลา 15 ชั่วโมง พบว่าบริเวณที่เกิดบาดแผลของผลส้มจะติดสีแดง

2.11 การทดสอบความเสียหายทางกล

การจำลองการสั่นสะเทือนระหว่างการขนส่ง ได้มีนักวิจัยหลายท่านรายงานไว้ ได้แก่ Jarimopas *et al*. (2003) ทำการทดสอบการสั่นสะเทือนผลส้มด้วย tight-filling machine (VATFM) เครื่องมือนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ที่ใส่ผลิตผลและตุ้มน้ำหนัก (กว้าง 550 มิลลิเมตร ยาว 750 มิลลิเมตร และสูง 350 มิลลิเมตร) ตัวควบคุมและเครื่องสั่น (กว้าง 410 มิลลิเมตร ยาว 580 มิลลิเมตร และสูง 315 มิลลิเมตร) ทำการทดสอบการสั่นสะเทือนเป็นเวลา 5 วินาที ด้วยความถี่ 4 ระดับ และวิธีการบรรจุผลส้มในบรรจุภัณฑ์ 5 วิธี ใช้ผลส้ม 2 ขนาด คือ เบอร์ 2 และเบอร์ 00 พบว่า ผลส้มเหมาะสมกับการสั่นสะเทือนที่ความถี่ 8.7 Hz มีการเสียหายน้อยกว่า 0.9 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกันกับ Chuma *et al*. (1978) ที่ได้ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของส้มเขียวหวานภายใต้สภาวะ static, quasi-static และ impact loading เพื่อนำไปสู่การหาสภาวะที่ทำให้ส้มเขียวหวานเกิดความเสียหายระหว่างการขนส่งน้อยที่สุด โดยพบว่าการใช้ภาชนะบรรจุให้เกิดความปลอดภัยแก่ผลส้มภายใต้การขนส่งเป็นระยะเวลา 70 ชั่วโมง ความสูงของชั้นวางซ้อนไม่ควรเกิน 70 เซนติเมตร ในสภาวะ static loading ผลส้มที่อยู่ด้านล่างของภาชนะบรรจุไม่ควรรับน้ำหนักเกิน 2 กิโลกรัมต่อผล ซึ่งควรหลีกเลี่ยงอย่างยิ่งเพราะผลส้มจะเกิดการแตกเมื่อรับน้ำหนักมากกว่า 4.2 กิโลกรัมต่อผล นอกจากนี้ยังมีการทดสอบผลิตผลชนิดอื่นๆ อีก เช่น องุ่น สตรอเบอรี่ โดย Fischer *et al*. (1990) ทดสอบความถี่ในการสั่นสะเทือนที่ทำให้องุ่นและสตรอเบอรี่เกิดความเสียหาย โดยการสั่นสะเทือนผลองุ่นและสตรอเบอรี่ ด้วยความถี่ระหว่าง 7.5 และ 10 Hz พบว่าองุ่นมีการเปลี่ยนแปลงสีและอัตราการหายใจซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเสียหายอย่างชัดเจน ส่วนสตรอเบอรี่ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีหลังจากผ่านการสั่นสะเทือน นอกจากนี้ความแน่นเนื้อก็ไม่ได้รับผลกระทบจากการสั่นสะเทือนในผลิตผลทั้ง 2 ชนิด โดยการทดสอบความถี่ที่ใช้ในการสั่นสะเทือนส่วนใหญ่ดัดแปลงตามมาตรฐาน ASTM (ASTM, 2002) เช่น ดลหทัยและคณะ (2549) ได้ทดสอบประเมินผลการบรรจุหีบห่อขายส่งมะขามหวาน โดยใช้เครื่องจำลองการสั่นสะเทือนที่ระดับความถี่ 4 Hz เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เช่นเดียวกันกับ Turczyn *et al*. (1986) ที่ทดสอบการสั่นสะเทือนกับมันฝรั่ง และ บัณฑิตและคณะ (ม.ป.ป.) ที่ทดสอบกับบรรจุภัณฑ์ขายส่งชมพู่สด

2.12 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดการช้ำ (Martinez-Romero *et al*., 2004)

1. สายพันธุ์ของผลิตผล

ลักษณะที่ไวต่อการช้ำขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของพืช จึงมีการศึกษาการตอบสนองของพืชแต่ละสายพันธุ์ต่อความเสียหายทางกล ดังนี้ นักวิจัยได้ทำการศึกษาการช้ำของผลท้อ 5 สายพันธุ์ พบว่ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความลึกของอาการช้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับการรายงานในผล Asian pear (Chen *et al*., 1987) และผลแอปเปิ้ล (Ericsson and Tahir, 1996) ทั้งนี้เนื่องมาจากโครงสร้างเซลล์ของแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกัน กล่าวคือ ความแข็งแรงของเซลล์ ความยืดหยุ่นของช่องว่างระหว่างเซลล์ และแรงดันของน้ำภายในเซลล์มีความแตกต่างกัน (Perez, 1999)

2. การจัดการในแปลงปลูก

การให้น้ำแก่ต้นผลิตผลและความชื้นสัมพัทธ์สูงก่อนการเก็บเกี่ยว จะเพิ่มความไวต่อการเกิดความเสียหายทางกล (Garcia *et al*., 1995) ความชื้นของดินเป็นสิ่งที่สำคัญ ถ้าหากเป็นพืชหัว การเก็บเกี่ยวขณะที่ดินแห้งมีผลทำให้เกิดบาดแผลขึ้นมากกว่าเก็บเกี่ยวขณะดินเปียกชื้น การจัดการในแปลงปลูกที่มีผลอย่างมากต่อความเสียหายของผลิตผลคือ การให้ปุ๋ย กล่าวคือ ปุ๋ยโปแตสเซียมมีผลต่อขนาดของเซลล์และคุณลักษณะทางกายภาพของผนังเซลล์ในพืชหัว ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการเกิดการช้ำภายในเซลล์ซึ่งยังมีการรายงานไม่มากนัก มีผู้กล่าวว่าการให้ไนโตรเจนมากทำให้ specific gravity ของผลิตผลลดลงเล็กน้อย ซึ่งทำให้การเกิดการช้ำลดลง (Knowles, 1989)

3. การเก็บเกี่ยว การขนส่งและการจัดการอื่นๆ

ความเสียหายทางกลที่เกิดขึ้นกับผลิตผลระหว่างการเก็บเกี่ยว ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมโดยตรง เช่น ผลส้มที่เก็บเกี่ยวในขณะที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง หรือหลังจากที่ฝนตกจะชักนำให้เกิดอาการ Oleocellosis (Castillo, 1992) Oleocellosis คือ อาการภายนอกของผลส้มที่เป็นจุดเนื่องจากการแตกของ oil vessels บริเวณผิว การรั่วไหลของน้ำมันและสุดท้ายชักนำให้เกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยา oxidation reactions การไวต่ออาการ Oleocellosis ของผลส้มขึ้นอยู่กับความแก่ขณะที่เก็บเกี่ยว สีของเปลือกและสายพันธุ์ (Martinez-Romero *et al*., 2004)

การขนส่งทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตผลเป็นอย่างมาก เนื่องจากการใช้บรรจุภัณฑ์และการจัดเรียงภายในรถบรรทุกไม่เหมาะสม ความเสียหายทางกลอาจเกิดขึ้นจากการกระแทก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การกดทับ การสั่นสะเทือน ถูกของมีคม (Kitinoja and Kader, 1995) การใช้พลาสติกหรือกระดาษในการแยกชั้นของผลิตผลภายในกล่องเป็นการช่วยลดความเสียหายจากการสั่นสะเทือนระหว่างการขนส่งได้ การช้ำที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่งเนื่องจากสาเหตุ 3 ประการ ดังนี้ การกระแทก การสั่นสะเทือนและการกดทับ (Vergano *et al*., 1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved