สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนวิจัย สจล. ที่สนับสนุนทุนวิจัยเงินรายได้ ปีงบประมาณ 2552 ในการทำวิจัย และขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สจล.วิทยาเขตชุมพร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

RCH
SB
379
.M25
ท137ค
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....105798
วัน,เดือน,ปี.....- 2 S.A. 2552

b.....18161871.....
i.....

สารบัญเรื่อง

	หน้า
สารบัญเรื่อง	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย	ง
รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการ	จ
บทคัดย่อ	ฉ
บทนำ	1
ตรวจเอกสาร	2
ดัชนีการเก็บเกี่ยวมังคุด	3
ข้อกำหนดขนาดของมังคุด	5
นิยามที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายของมังคุด	5
การสั่นสะเทือนของผลไม้ระหว่างการขนส่ง	9
การทดลองและผลการทดลอง	16
อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	16
วิธีดำเนินการ	18
ผลการทดสอบหาความเสียหายภายนอก	19
ผลการทดสอบหาความเสียหายภายใน	20
บทวิจารณ์และสรุป	25
ข้อเสนอแนะ	26
เอกสารอ้างอิง	27
ภาคผนวก	29
ภาคผนวก ก มาตรฐานมังคุด	30
ภาคผนวก ข มาตรฐานการทดสอบ	36
ภาคผนวก ค ตารางผลการทดลอง	40

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ขนาดกำหนดโดยน้ำหนัก หรือเส้นผ่านศูนย์กลางแนวกึ่งกลางของผลมังคุด	4
2	ความเสียหายภายนอกของมังคุดที่เกิดขึ้นจากการจำลองการขนส่ง	19
3	ความเสียหายภายในของมังคุดวันแรก	22
4	ความเสียหายภายในของมังคุดเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน	22
5	ความเสียหายภายในของมังคุดเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 4 วัน	22
6	ความเสียหายภายในของมังคุดเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 6 วัน	23
7	ความเสียหายภายในของมังคุดเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 8 วัน	23

ตารางผนวกที่

1	ผลการทดสอบหาความเสียหายภายนอก	41
2	ผลการทดสอบหาความเสียหายภายใน	42

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ดัชนีระดับสีของมังคุด	3
2	ความเสียหายเปลือกถลอก	5
3	ความเสียหายกลีบเลี้ยงฉีก	6
4	ความเสียหายกลีบเลี้ยงขาด	6
5	ความเสียหายรอยบุ๋ม	7
6	ความเสียหายเนื้อแก้ว	8
7	ความเสียหายยางไหล	8
8	ความเสียหายเปลือกแข็ง	9
9	เครื่องทดสอบการสั่นสะเทือนเพื่อจำลองการขนส่งผักผลไม้ ของสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพร	17
10	ลักษณะการวางตะกร้าบนเครื่องทดสอบ	18
11	กราฟความเสียหายภายนอก	19
12	กราฟความเสียหายภายในเนื้อแก้วเมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง	20
13	กราฟความเสียหายภายในยางไหลเมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง	21
14	กราฟแสดงความเสียหายภายในเปลือกแข็งเมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง	21

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%	เปอร์เซนต์
Hz	เฮิรตซ์
^{o}C	องศาเซลเซียส
rpm	รอบต่อนาที
g	ความเร่ง, ความเข้มของการสั่นสะเทือน

รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการ

ส่วนที่ 1

ชื่อโครงการ ความเสียหายเชิงกลในการขนส่งมังคุดด้วยรถกระบะขนาด 1 ตัน ในจังหวัดชุมพร

Mechanical Damage of Mangosteen in transportation with 1 ton pickup truck in Chumphon Province

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก กองทุนวิจัย สจล.

ประจำปี 2552 จำนวนเงิน 99,700 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2551 ถึง กันยายน 2552

ผู้วิจัย นายทรงธรรม ไชยพงษ์

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

17/1 หมู่ 6 ตำบลชุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 86160

โทรศัพท์ 0-7759-1445 ต่อ 4101 โทรสาร 0-7750-6434

E-mail: kcsongth@kmitl.ac.th

ส่วนที่ 2

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเสียหายของมังคุดที่เกิดขึ้นจากการจำลองการขนส่งโดยใช้มังคุดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 46-52 มิลิเมตร (51-75กรัม) ระยะสีที่ 3-5 ในตะกร้าพลาสติก ขนาด 320 x 490 x 310 มิลลิเมตร^3 (น้ำหนักตะกร้าละ 22.5 กิโลกรัม) มังคุดที่ใช้ในการทดสอบจากอำเภอหลังสวนจังหวัดชุมพรทดสอบตามมาตรฐานASTM D999 method A2 ด้วยเครื่องทดสอบการสั่นสะเทือนเพื่อจำลองการขนส่งผักผลไม้โดยทดสอบแบบ 3 ซ้ำ วางตะกร้าเรียงกัน 3 ชั้น 3 แถว ลักษณะความเสียหายภายนอกที่พบคือ เปลือกถลอกพบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นกลาง 98% กลีบเลี้ยงฉีกพบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นบน 80% กลีบเลี้ยงขาดพบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นบน 9.34% รอยบุ๋มพบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นบน 5.34% ส่วนความเสียหายภายในที่พบคือ เนื้อแก้วพบมากที่ตะกร้าชั้นล่าง 13.3% ยางไหลพบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นล่าง 6.67% และเปลือกแข็งพบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นบน 23.33%

Abstract

The aim of this research was study the damage of mangosteen under transportation simulate. The 3-5 level of maturity state that 46-52 mm diameter mangosteen from Lang Suan,Chumphon were choosen and put them in plastic basket 320×490×310 mm^3 dimension (22.5 kg). The baskets were put in to the vibrator as 3 row and 3 column follow to ASTM D999 method A2 standard were used in 3 replication. The outside and inside damage were inspect by manual. The Result show that scratched in middle, tear rip in top, miss rip in top and hollow peel in top was 98%, 80%, 9.34% and 5.34% respectively. The Translucent flesh in bottom, yellow resin in bottom and hard peel in top, was 13.33%, 6.67%, and 23.33% respectively.

บทนำ

มังคุด (mangosteen) ได้รับสมญานามว่าเป็น "ราชินีแห่งผลไม้" (Queen of the Fruit) เป็นผลไม้เมืองร้อนที่มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมในแถบคาบสมุทรมาเลย์ (Malay Archipelago) ซึ่งบริเวณดังกล่าวรวมถึงภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทย ด้วยต่อมาได้กระจายพันธุ์ไปยังส่วนต่าง ๆ ของโลกทั้งในทวีปเอเชีย และอเมริกาใต้ที่มีอากาศร้อนชื้นแม้ว่ามังคุดจะเป็นพืชที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายมานานแต่การกระจายตัวของพืชชนิดนี้ยังนับว่าน้อยมากเนื่องจากมังคุดสามารถเติบโตได้เฉพาะพื้นที่ ดังนั้นแหล่งปลูกในปัจจุบันพบว่ามีในประเทศไทย อินเดีย พม่า มาเลเซีย อินโดนีเซีย ศรีลังกา ฟิลิปปินส์ทางตอนใต้ สหรัฐอเมริกาทางตอนใต้ของรัฐฟลอริดา เกาะตรินิแดดเปอร์โตริโก และฮาวาย (โชคชัย, 2533)

มังคุดเป็นผลไม้เมืองร้อนที่นิยมปลูกกันแพร่หลายเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนที่มีอากาศร้อน ความชื้นสูง เป็นผลไม้ที่ให้รสชาติถูกใจผู้บริโภคในต่างประเทศและเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกมังคุดที่ให้ผลผลิตแล้วประมาณ 415,492 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548) ในภาคตะวันออกและภาคใต้ให้ผลผลิตประมาณปีล่ะ 200,000 ตัน มีปริมาณการส่งออกมังคุดสด 40,397 ตัน และคิดเป็นมูลค่า 715.165 ล้านบาท และมังคุดแช่แข็ง 526 ตันคิดเป็นมูลค่า 28.654 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2548) ประเทศไทยส่งออกมังคุดคิดเป็น 80% ของตลาดโลก มาเลเซีย 17% อินโดนีเซีย 1.6% ฟิลิปปินส์ 1.4% ในปี 2550 มังคุดส่งออกคิดเป็น 10.17% ของการส่งออกผลไม้ในประเทศทั้งนี้มาจากจันทบุรี 32% และ ชุมพร 26% โดยส่งออกในรูปของผลสด 94.62% และแช่แข็ง 5.38% โดยส่งไปประเทศจีน 34% ญี่ปุ่น 28% สหรัฐอเมริกา 3% และยุโรป 1.5% การสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์และการใช้ประโยชน์จากส่วนต่าง ๆ ของมังคุดจึงเป็นที่สนใจของนักวิจัยตามแนวโน้มความต้องการของตลาดในปัจจุบัน แนวโน้มการวิจัย ทาง Functional food ของเทคโนโลยีอาหารได้รับความสนใจในระดับนานาชาติ ในการใช้ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติต่าง ๆ เพื่อเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ อาหารเพื่อสุขภาพ

มังคุดที่ส่งออกต่างประเทศได้นั้นต้องมีคุณภาพดีซึ่งมีลักษณะดังนี้คือ ผลมีขนาดใหญ่ น้ำหนักตั้งแต่ 80-100 กรัม/ผล ขึ้นไป ผิวผลสะอาด ไม่มีการทำลายของโรคและแมลง สีผิวผลนวลตามธรรมชาติ เปลือกผลมีความหนาปานกลาง เปลือกไม่แข็ง ไม่มีอาการยางไหลที่เปลือก เนื้อภายในใสขาวนวลน่ารับประทาน ไม่มีอาการเนื้อแก้วหรือเนื้อช้ำ ในปัจจุบันขนาดมังคุดที่ส่งออกได้ต้องมีน้ำหนักมากกว่า 70 กรัม/ผล สาเหตุสำคัญที่ทำให้ผิวของผลมังคุดไม่สะอาดหรือที่เรียกว่ามังคุดผิวลายเนื่องมาจากการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟ และมังคุดผิวมันที่ไม่มีรอยทำลายของแมลง

ดังกล่าวและเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไต้หวัน และประเทศอังกฤษทำ ให้ผลผลิตของมังคุดผิวมันคุณภาพดีมีราคาสูงกว่ามังคุดผิวลายคุณภาพดีถึง 2 เท่าตัว และปริมาณของมังคุดผิวมันคุณภาพดีในแต่ละปียังมีไม่เพียงพอต่อความต้องการส่งออกไปต่างประเทศ (ทวีศักดิ์, 2545)

ในการจำหน่ายมังคุดมีการนำบรรจุภัณฑ์มาใช้ขนส่งผลไม้ไปสู่ผู้บริโภค เช่น ตะกร้าพลาสติกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ตะกร้าพลาสติกรูปสี่เหลี่ยมคางหมู เข่งพลาสติกเข่งไม้ไผ่ ถุงพลาสติกกระสอบพลาสติก สำหรับการขายส่ง และ ถุงหิ้วพลาสติกสำหรับการขายปลีก แต่ในการขนส่งมังคุดยังส่งผลทำให้มังคุดเกิดความเสียหายมากซึ่งความเสียหายของมังคุดมีทั้งความเสียหายภายนอกและภายใน เช่น ความเสียหายที่กลีบเลี้ยง ขั้ว เปลือกแข็ง เปลือกถลอก ยางไหลและเนื้อแก้ว ทำให้มูลค่าในการจำหน่ายลดลง ดั้งนั้นจึงได้ทำวิจัยเพื่อศึกษาความเสียหายของมังคุดและจะนำไปออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อลดความเสียหายของมังคุดต่อไป

ตรวจเอกสาร

การขนส่งมังคุดเป็นขั้นตอนหนึ่งของการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่มังคุดเนื่องจากการสั่นสะเทือนและเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องแก้โดยการลดความเสียหายจากการขนส่งนี้เพื่อให้ได้มังคุดแก่มือผู้บริโภค

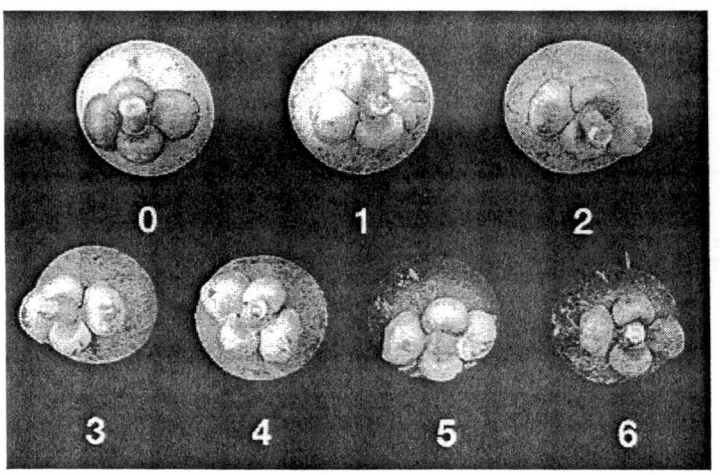
การขนส่งมังคุดเป็นขั้นตอนของการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวที่มีความสำคัญมากเพราะถึงขั้นตอนนี้มังคุดจะมีมูลค่ามากขึ้นแล้ว จากมังคุดที่เก็บเกี่ยวมาอย่างไม่มีการจำแนกคุณภาพมาเป็นมังคุดที่มีคุณภาพดีผ่านการคัดเลือก และทำความสะอาด การบรรจุ ซึ่งทำให้ต้นทุนสูงขึ้นหากการขนส่งทำได้ไม่ดีจะทำให้มังคุดเกิดความเสียหายขึ้น ความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นย่อมมีมูลค่าสูงมากโดยเฉพาะในปัจจุบันค่าขนส่งมีราคาแพง ซึ่งอาจแพงกว่าค่ามังคุดเสียอีก

การวิจัยทดสอบเปรียบเทียบการทำงานของบรรจุภัณฑ์ขายส่งผลมังคุดที่ใช้ในประเทศและเพื่อส่งออกในปัจจุบัน และเสนอบรรจุภัณฑ์ใหม่ที่มีความสามารถในการป้องกันมังคุดสำหรับการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพเครื่องจำลองการสั่นสะเทือนที่ความถี่ของการเขย่า 4 Hz เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน ASTM D999 method A2 ทำการทดลองแบบบรรจุภัณฑ์แบบละ 3 ซ้ำ ผลปรากฏว่า กล่องโฟมบรรจุมังคุด 3 ชั้น และใช้ถาดหลุมปกป้องผลมังคุดได้ดีที่สุดคือคือ มีผลมังคุดเสียหายต่ำสุด (ความเสียหายที่กลีบเลี้ยง 9.3%, ขั้ว 3.7%, เปลือกแข็ง 2.8%, เปลือกถลอก 3.7%) ที่ความหนาแน่นการบรรจุ 21.14% และราคาบรรจุภัณฑ์ 5.54 บาท/กก. ของผลมังคุด (บัณฑิต และคณะ, 2549)

การศึกษาผลของแรงสั่นสะเทือน (vibration) ต่อคุณภาพมังคุดวัยสายเลือด ทำการทดลองโดยบรรจุมังคุดในภาชนะ 2 แบบ คือ บรรจุในถาดหลุมกระดาษ ถาดละ 24 ผล หรือบรรจุในถาด Polyvinylchloride (PVC) ถาดละ 3 ผล จำนวน 8 ถาด แล้วเรียงในกล่องกระดาษลูกฟูก ทำการทดสอบความต้านแรงสั่นสะเทือนตามวิธีการของ International Safe Transits Association (ISTA,2001) ที่ความเร็ว 0, 150 และ 300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 0 (control) 95 และ 48 นาที ตามลำดับ ภายหลังการทดสอบพบว่า กล่องกระดาษลูกฟูกไม่ได้รับความเสียหาย มังคุดไม่แสดงอาการผิดปกติแต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25±2°C) นาน 3 วัน จะพบว่า มังคุดทุกกรรมวิธีที่ทดสอบด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที นาน 48 นาที จะแสดงอาการเปลือกแข็ง และเป็นสีน้ำตาลบริเวณที่ได้รับความเสียหาย สำหรับมังคุดอีกส่วนหนึ่งที่เก็บรักษาที่ 13°C และผ่านการทดสอบที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที นาน 95 นาที นั้น จะแสดงอาการเสียหายดังกล่าวเมื่อเก็บรักษานาน 1 สัปดาห์ ความเสียหายของมังคุดจะรุนแรงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น สำหรับ control จะเก็บรักษาได้นาน 2 สัปดาห์ ที่ 13°C (เบญจมาศ และคณะ, 2548)

ดัชนีการเก็บเกี่ยวมังคุด

การพิจารณาว่าจะเก็บผลมังคุดแก่ระดับไหนจึงจะเหมาะสม ขึ้นอยู่กับระยะทางในการขนส่งและการรอเวลาจำหน่ายเป็นหลัก เพื่อให้ถึงผู้บริโภคเมื่อสีของผิวเป็นสีดำพอดีซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด วัยของการเก็บเกี่ยวมังคุดที่ดีที่สุดนั้นคือ ช่วงที่ผลมังคุดเริ่มมีสายเลือดได้ 1-2 วัน เนื่องจากเปลือกยังแข็งและสังเกตได้ง่าย แต่ถ้าเป็นมังคุดที่มีขนาดเล็กหรือในช่วงที่มังคุดสุกมาก สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยได้แบ่งดัชนีระดับสีของมังคุดออกเป็น7 ระดับ ดังนี้



ภาพที่ 1 ดัชนีระดับสีของมังคุด (สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2551)

ระดับสีที่ 0 ผลสีขาวอมเหลืองสม่ำเสมอ หรือมีสีขาวอมเหลืองแต้มด้วยสีเขียวอ่อนหรือจุดสีเทา มียางสีเหลืองภายในเปลือกในระดับรุนแรงมาก เนื้อและเปลือกไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ไม่ควรเก็บเกี่ยวเพราะคุณภาพด้อยมาก ซึ่งผลที่เก็บเกี่ยวได้ในระยะนี้ถึงแม้จะเปลี่ยนสีไปเป็นระดับ 6 ได้ก็ตาม แต่ผลที่ได้จะมีรสชาติไม่ดี

ระดับสีที่ 1 ผลมีสีเหลืองอ่อนอมเขียว มีจุดสีชมพูกระจายอยู่ในบางส่วนของผล ยางภายในเปลือกยังคงมีอยู่ในระดับรุนแรง เนื้อและเปลือกยังไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ผลที่เก็บเกี่ยวในระยะนี้ถึงแม้ว่าจะเปลี่ยนสีเป็นระดับ 6 ได้ก็ตาม แต่ผลที่ได้จะมีรสชาติไม่ดี แต่เหมาะต่อการขนส่งไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ หรือสามารถบริโภคได้ภายใน 4 วันหลังการเก็บเกี่ยว

ระดับสีที่ 2 ผลมีสีเหลืองอ่อนอมชมพูกระจัดกระจายไปทั่วผล ยางภายในเปลือกอยู่ในระดับปานกลาง การแยกตัวระหว่างเนื้อและเปลือกทำได้ยากถึงปานกลาง เป็นระยะอ่อนที่สุดสำหรับการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ผลที่มีคุณภาพดี

ระดับสีที่ 3 ผลสีชมพูสม่ำเสมอ ประสีชมพูเริ่มขยายเข้ามารวมกัน ไม่แบ่งแยกกับอย่างชัดเจนดังเช่นในระดับที่ 2 ยางภายในเปลือกยังคงมีอยู่ถึงน้อยมาก การแยกตัวระหว่างเนื้อและเปลือกปานกลาง เป็นระยะที่เหมาะสำหรับเก็บเกี่ยวเพื่อส่งออกต่างประเทศ

ระดับสีที่ 4 ผลสีแดงหรือน้ำตาลอมแดง บางครั้งมีแต้มสีม่วง ยางภายในเปลือกมีน้อยถึงไม่มีเลย การแยกตัวระหว่างเนื้อและเปลือกดีมาก เหมาะสมสำหรับเก็บเกี่ยวเพื่อส่งออกต่างประเทศ เป็นระยะที่เกือบรับประทานได้

ระดับสีที่ 5 ผลมีสีม่วงอมแดง ภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่ เนื้อและเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย เป็นระยะที่รับประทานได้

ระดับสีที่ 6 ผลสีม่วงเข้มจนถึงม่วงดำ ภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่ เนื้อและเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย เป็นระยะที่เหมาะแก่การรับประทานให้อร่อยมากที่สุด อายุหลังจากนี้อยู่ได้อีกประมาณ 10 วัน ถ้ามีการเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้องอย่างถูกต้อง

ข้อกำหนดขนาดของมังคุด

ตารางที่ 1 ขนาดกำหนดโดยน้ำหนัก หรือเส้นผ่านศูนย์กลางแนวกึ่งกลางของผลมังคุด

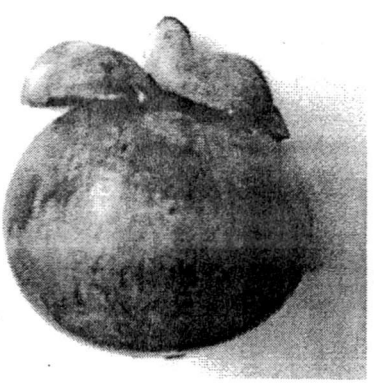
รหัสขนาด	น้ำหนัก (กรัม)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)
A	30-40	38-45
B	51-75	46-52
C	76-100	53-58
D	101-125	59-62
E	>125	>62

ที่มา : ฐานข้อมูลสถาบันอาหาร (2551)

นิยามที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายของมังคุด

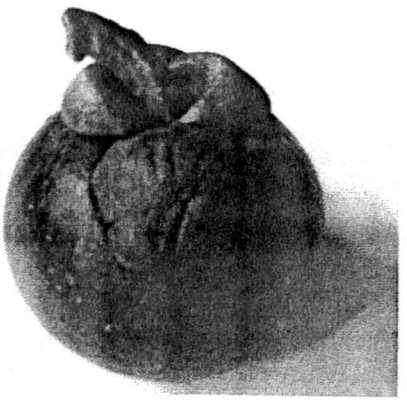
1. ความเสียหายภายนอก

- เปลือกถลอก หมายถึง การแยกของเปอริเดอม (Periderm) หรือหนังไปจนถึงบางส่วนหรือทั้งหมดของเปอริไซคลิค คอเท็ก (Pericyclic cortex) (บัณฑิต, 2549) (ภาพที่ 2)



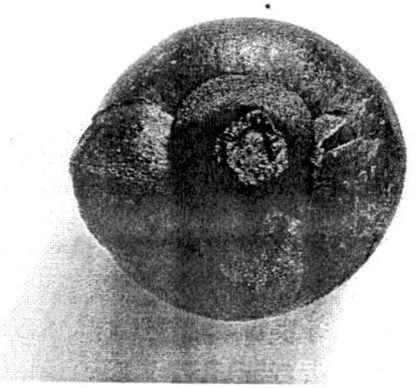
ภาพที่ 2 ความเสียหายเปลือกถลอก

- กลีบเลี้ยงฉีก หมายถึง การแยกของกลีบเลี้ยงของมังคุด (ภาพที่ 3)



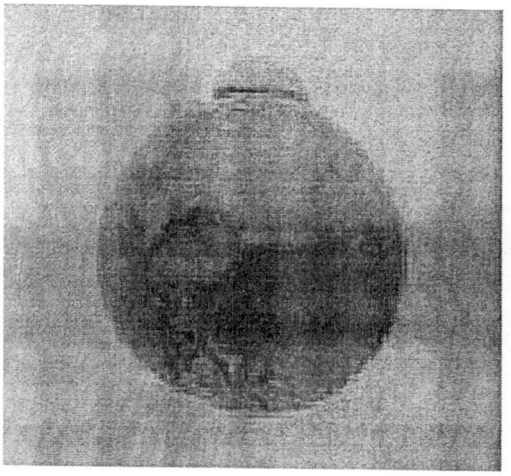
ภาพที่ 3 ความเสียหายกลีบเลี้ยงฉีก

- กลีบเลี้ยงขาด หมายถึง การกลีบเลี้ยงหลุดออกจากส่วนขั้วของผล (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ความเสียหายกลีบเลี้ยงขาด

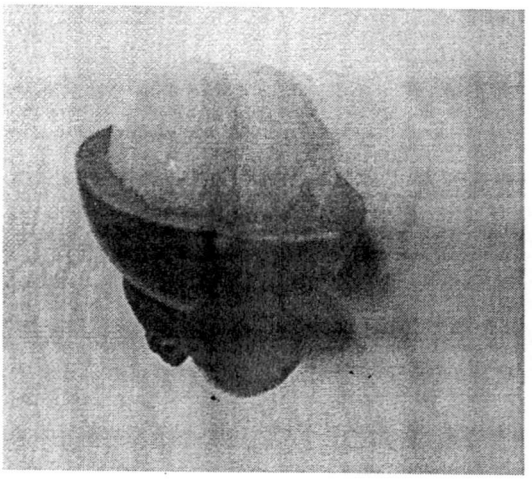
- รอยบุ๋ม หมายถึง ความเสียหายเนื่องจากการกดทับทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของมังคุดที่ทำให้เกิดรอยบุ๋มบริเวณเปลือกของมังคุด (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ความเสียหายรอยบุ๋ม

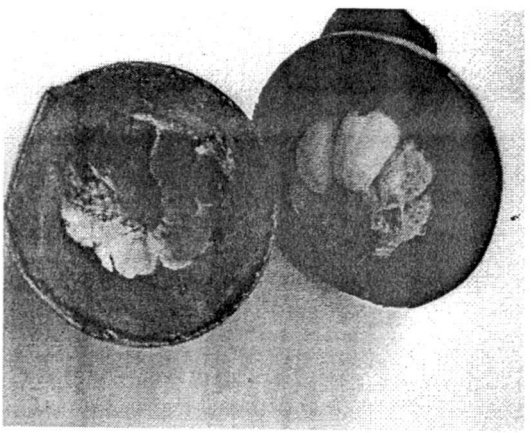
2.4.2 ความเสียหายภายใน

เนื้อแก้ว หมายถึง เป็นอาการของเนื้อมังคุดที่มีสีขาวใสในบางกลีบ โดยมากจะเป็นกับกลีบที่มีขนาดใหญ่ ในบางครั้งก็เป็นเนื้อแก้วทั้งผล อาการเนื้อแก้วนี้จะสังเกตได้จากลักษณะภายนอก โดย พบว่าผลที่มีรอยร้าวอยู่ที่ผิว มักจะมีอาการเนื้อแก้วด้วย แต่ในบางครั้งลักษณะภายนอกเป็นปกติ เมื่อผ่าดูก็อาจพบอาการเนื้อแก้วได้เช่นกัน อาการยางไหลภายในผล พบยางสีเหลืองอยู่ตรงกลางระหว่างกลีบผล มักจะพบคู่กับอาการเนื้อแก้ว หรืออาจจะพบแต่อาการยางไหลเพียงอย่างเดียวก็ได้ อาการเนื้อแก้วและยางไหลภายในผล ยังไม่พบสาเหตุที่แน่ชัด แต่จะพบมากในมังคุดที่ขาดการดูแลรักษา เช่น ได้รับน้ำไม่สม่ำเสมอ หรือขาดน้ำเป็นเวลานาน ๆ เมื่อได้รับน้ำจากฝนที่ตกชุกในช่วงผลใกล้แก่ ผลมังคุดได้รับน้ำอย่างกะทันหัน เปลือกขยายตัวไม่ทันเกิดรอยร้าว ท่อน้ำยางภายในผล ก็ได้รับน้ำมากเช่นกัน เกิดแรงดันมากจึงปะทุแตก มีน้ำยางไหลออกมา นอกจากนั้นแล้วการบำรุงรักษาไม่ถูกต้อง มังคุดได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอ อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการเจริญเติบโต ผิดปกติเกิดเป็นเนื้อแก้วได้ (ภาพที่ 6)



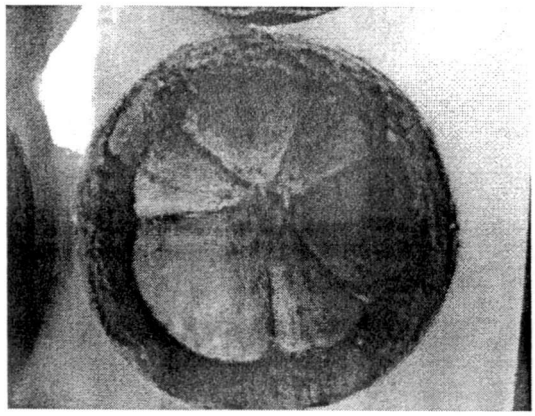
ภาพที่ 6 ความเสียหายเนื้อแก้ว

- ยางไหล หมายถึง อาการที่พบยางสีเหลืองบริเวณเนื้อหรือร่องระหว่างกลีบของเนื้อมังคุด (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 ความเสียหายยางไหล

- **เปลือกแข็ง** หมายถึง อาการที่เปลือกของมังคุดที่แข็งตัวขึ้นเนื่องจาก เอนไซม์ Phenylalanime Ammonia Lyase (PAL) และ Peroxidase (POD) ในบริเวณเปลือกเพิ่มขึ้น ทำให้มีการสังเคราะห์สารลิกนินเพิ่มขึ้นส่งผลให้เปลือกแข็ง (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 ความเสียหายเปลือกแข็ง

การสั่นสะเทือนของผลไม้ระหว่างการขนส่ง

Hinsch *et al.* (1993) ได้ศึกษาคุณสมบัติการสั่นสะเทือนระหว่างการขนส่งผลไม้และผัก พบว่าการใช้ระบบรองรับด้วยแหนบสปริง และความถี่ที่เกิดการสั่นสะเทือนมากที่สุดกับระบบแหนบสปริงอยู่ที่ 3.5 Hz Slaughter *et al.* (1993) พบว่าการขนส่งลูกพีชความถี่ที่เกิดการสั่นสะเทือนมากอยู่ที่ 3.5, 9.0, 18.5 และ 25.0 Hz แต่ที่เสียหายมากที่สุดอยู่ที่ 3.5 และ 18.5 Hz

การเคลื่อนย้ายของสิ่งของใดๆ เมื่อเทียบกับเวลาจะวัดเป็นความเร็วและความเร็วที่เปลี่ยนแปลงต่อหน่วยเวลาจะเป็นความเร่ง บรรจุภัณฑ์ขนส่งด้วยระบบการขนส่งใดๆ จะได้รับทั้งแรงสั่นสะเทือนและการกระแทก การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเปรียบเสมือนกับการกระแทกแต่เป็นการกระแทกที่มีการเคลื่อนย้ายด้วยระยะทางสั้นๆ มีหน่วยวัดเป็นเพียงแค่มิลลิเมตร แต่เกิดอย่างบ่อยครั้งมาก อาจวัดได้ถึง 100 ครั้ง หรือ 1,000 ครั้งต่อวินาที โดยหน่วยเป็น Hz ความเข้มของการกระแทกและการสั่นสะเทือนของบรรจุภัณฑ์นี้วัดเป็นหน่วยของ g หรือ g's ซึ่งมีความหมายว่าความเร่งที่เกิดการกระแทกหรือการสั่นสะเทือนนั้นวัดได้เป็นกี่เท่าของความเร่งโน้มถ่วงโลกด้วยเหตุนี้ เมื่อไหร่ก็ตามที่กล่าวถึงความรุนแรงในการตกกระแทกหรือการสั่นสะเทือนเป็นค่า g ก็คือเป็นกี่เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับความเร่งโน้มถ่วงโลกโดยความเร่งหรือความเข้มของการสั่นสะเทือนหาได้จากสมการที่ (2.1)

$$\text{ความเร่งหรือความเข้มของการสั่นสะเทือน(g)} = \frac{[\text{ช่วงชัก (in)}] \times [\text{ความเร็วรอบ (rpm)}]^2}{70400} \quad \text{------- (1)}$$

การสั่นสะเทือน เริ่มจากการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และความเร่งของการสั่นสะเทือนที่มีโอกาสเกิดในระหว่างการขนส่ง การสั่นสะเทือนที่เกิดระหว่างการขนส่งค่อนข้างสลับซับซ้อนและไม่แน่นอนด้วยเหตุนี้การออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อป้องกันอันตรายจากการ

สั่นสะเทือนจึงจำเป็นต้องทราบถึงค่าความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequencies) ของสินค้าบริเวณที่แตกหักง่ายที่สุด แล้วหาวิธีการป้องกัน ให้สินค้าพ้นความถี่อันตรายต่าง ๆ นักออกแบบบรรจุภัณฑ์จำต้องเลือกหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งและความถี่ พร้อมทั้งใช้ข้อมูลอื่นๆ ประกอบในการออกแบบ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งและความถี่นี้ องค์ประกอบที่จะทำให้สินค้าแตกหักคือ ค่า Amplitude ของความเร่งซึ่งสูงพอที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อชิ้นส่วนของสินค้า พร้อมทั้งช่วงความถี่ที่ก่อให้เกิดความเร่งนี้ โดยปกติในความถี่นี้จะพิจารณาระบบรองรับด้วยลมมีขนาดการสั่นสะเทือนน้อยกว่าการใช้เฉพาะช่วง 1 – 200 Hz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ในสภาวะการขนส่งจริง (วสันต์, 2545)

ความเสียหายจากการสั่นสะเทือน

การสั่นสะเทือนทำให้ผลผลิตเกิดความเสียหาย ทำให้สินค้าขายไม่ออกหรือจำต้องลดราคา พบว่าผลไม้และผักสดที่ได้รับความเสียหายระหว่างการเก็บเกี่ยว, ขนส่ง, การจำหน่าย ได้แก่ เชอรี่, มะเขือเทศและลูกแพร์มีค่าอยู่ระหว่าง 15-68 % ของความเสียหายทั้งหมด (วสันต์, 2545) ได้ประมาณว่าเครื่องกลต่าง ๆ ในการขนส่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ลูกแพร์เสียหาย 4 % ในระดับขายปลีก พบว่าผิวของผลไม้ที่เปลี่ยนสีมีสาเหตุมาจากการสั่นสะเทือนในการขนส่งถึงแม้ว่าเนื้อภายในของผลไม้ไม่มีการเปลี่ยนแปลง การเสียหายของผิวผลไม้นี้เป็นปัญหาสำคัญทางด้านการตลาด การสั่นสะเทือนบ่อยๆ ทำให้ผลไม้หมุนเกิดสีเปลี่ยนหรือเป็นรอยคล้ำรอบ ๆ ผลไม้ หรือเรียกว่ารอยช้ำโรลเลอร์ (Roller bruising) ในการศึกษาเพิ่มพบว่าการสั่นสะเทือนก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ผลไม้เกิดการสูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็วทำให้คุณภาพของผลไม้ลดลง พบว่าการสั่นสะเทือนในการขนส่งที่มีความถี่มากๆ จะเกิดขึ้นในชั้นบนซึ่งก็เป็นเหตุทำให้ผลิตผลเสียหายมากเช่นกัน

หาความเสียหายจากการสั่นสะเทือน

ความเสียหายของผักผลไม้จากการขนส่งที่เรียกว่า การช้ำของลูกกลิ้ง (Roller bruising) เป็นปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผักผลไม้สดและแปรรูป สาเหตุของความเสียหายมาจากความล้า เนื่องจากการสั่นสะเทือนซ้ำแล้วซ้ำเล่าต่อผลไม้ส่งผลให้เซลภายใต้ผิวผลไม้แตก ปัจจัยที่กำหนดความรุนแรงของความเสียหายมี 2 ประการคือ ก) ความเข้มของการสั่นสะเทือน และ ข) ระยะเวลาของการสั่นสะเทือน ความเข้มของการสั่นสะเทือนวัดเป็นความเร่ง (g) ของผลไม้ในชั้นบน ๆ ซึ่งเกิดความเสียหายมากที่สุด ความเร่งนี้ขึ้นอยู่กับ 1) ความลึกของผลไม้ในภาชนะบรรจุ 2) ความหนาแน่นของภาชนะบรรจุ 3) ชนิดของการสั่นสะเทือนในรถบรรทุก

4) ขนาดของการสั่นสะเทือนที่ถูกกระทำจากท้องถนน และ 5) ลักษณะของการสั่นสะเทือนของผลไม้ชนิดต่าง ๆ (บัณฑิต, 2546)

ปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสั่นสะเทือน

การเคลื่อนที่แบบสั่นไป-มา ของระบบที่ประกอบด้วยมวลและมีสภาพยืดหยุ่นในช่วงเวลาที่กำหนดในช่วงเวลาหนึ่งเรียกว่า "การสั่นสะเทือน" การสั่นสะเทือนทางกลจะพิจารณาให้เป็นการเคลื่อนที่เป็นคาบการสั่นสะเทือนทางกล จำแนกออกเป็นสองแบบ ดังนี้

1. การสั่นสะเทือนแบบอิสระ (Free vibration) หมายถึง ระบบเมื่อถูกแรงภายนอกกระทำระบบจะสามารถสั่นไป-มา อย่างต่อเนื่องได้เมื่อปลดแรงนั้นออก ภายใต้การเคลื่อนที่แบบสั่นไป-มาได้เองนี้ระบบจะสั่นด้วยความถี่ธรรมชาติ (Natural frequency) ซึ่งอาจเป็นความถี่เดี่ยวหรือหลายความถี่ก็ได้

2. การสั่นสะเทือนแบบบังคับ (Forced vibration) หมายถึงระบบที่มีการเคลื่อนที่แบบสั่นไป-มา ภายใต้แรงภายนอกกระทำด้วยความถี่ของแรงนั้น ถ้าความถี่ของภายนอกที่กระทำนั้นเท่ากับความถี่ธรรมชาติของระบบ ระบบจะอยู่ในสภาวะการสั่นพ้อง (Resonance) ทำให้ระบบสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงและอาจเกิดความเสียหายต่อระบบได้

ระดับขั้นความเสรี (Degrees of freedom) ของระบบ หมายถึง จำนวนพิกัดอิสระต่ำสุดที่ใช้กำหนดตำแหน่งหรือกำหนดการเคลื่อนที่สมบูรณ์ของระบบ เมื่อมวลซึ่งถูกรองรับด้วยสปริง เช่น แชส์ซีส์ของรถยนต์มีแรงกระแทกกระทำมันจะเกิดการเคลื่อนที่แบบสั่นและจะยังคงสั่นต่อไปจนกว่าพลังงานของการกระแทกจะสลายหายไปด้วยแรงหน่วงที่เอามาชนะ สาเหตุที่เกิดการสั่นสะเทือนของรถยนต์อาจเกิดจาก

- ความขรุขระของผิวถนน
- การไม่สมดุลของเครื่องยนต์
- การแกว่งของเพลา
- แรงที่ลูกเบี้ยวกระทำ
- การกระตุกเป็นจังหวะเนื่องจากการหมุน

การสั่นสะเทือนเนื่องจากสาเหตุเหล่านี้อาจจะเป็นแบบ การสั่นสะเทือนแบบอิสระหรือการสั่นสะเทือนแบบบังคับก็ได้ การสั่นสะเทือนแบบอิสระ อาจจะเกิดขึ้นเมื่อรถยนต์วิ่งผ่านไปบนผิวถนนที่เป็นหลุม ซึ่งจะสลายพลังงานให้หายไปด้วยการหน่วง ในทางตรงกันข้าม การสั่นสะเทือนแบบบังคับ อาจจะเกิดขึ้นเมื่อเมื่อวิ่งไปบนสิ่งกีดขวางจำนวนมากบนผิวถนนในกรณีนี้

แม้จะมีการหน่วงแต่การสั่นสะเทือนอาจจะยังคงมีอยู่และสูงถึงระดับความเสียหายได้ ความจริงแล้วรูปแบบที่แท้จริงของการสั่นสะเทือนของรถยนต์นั้นสลับซับซ้อนมาก โดยเราทราบกันดีแล้วว่ามวลที่แข็งแกร่งซึ่งอยู่อย่างอิสระในอวกาศจะมี degree of freedom เป็นแบบ translation 3 degree of freedom คือ 1) การเด้งขึ้น – ลง 2) การโยกไปทางซ้าย – ขวา 3) การเคลื่อนที่ไปข้างหน้ากับข้างหลังและแบบการหมุนอีก 3 degree of freedom คือ 3.1) การโคลงรอบแนวแกนตามยาวของรถ 3.2) การกระดกรอบแนวแกนขวางลำตัว 3.3) การปัดเฉรอบแกนในแนวดิ่ง (วสันต์, 2545)

ระบบรองรับของรถบรรทุกผักผลไม้

ถ้าใช้รถยนต์บรรทุกผักผลไม้วิ่งอยู่บนถนนที่พื้นผิวราบเรียบเหมือนกระจก รถจะไม่มีการสั่นสะเทือนจากพื้นผิวถนนเลย โดยธรรมชาติแล้วผิวถนนจะมีหลุมมีบ่ออยู่เป็นอันมาก รถยนต์จึงจะได้รับแรงสั่นสะเทือนจากถนนอยู่ตลอดเวลา ต้องลดแรงสั่นสะเทือนนี้ลงให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะเพื่อทำให้การขนส่งผลไม้เป็นไปอย่างนุ่มนวลและเสียหายน้อย จึงได้มีระบบรองรับเชื่อมต่อตัวถังของรถยนต์เข้ากับล้อรถ (วสันต์, 2545)

ส่วนประกอบระบบรองรับ

- สปริง ทำหน้าที่รับอาการสั่นสะเทือนหรือการกระแทกของตัวรถยนต์
- Shock absorber ทำหน้าที่ดูดซับการสั่นสะเทือนของสปริงเพื่อช่วยให้การขับขี่สบายขึ้น
- เหล็กกันโคลง ช่วยให้รถมีเสถียรภาพการทรงตัวที่ดีขึ้นป้องกันการโยกตัวไปมา
- ระบบแขนต่อช่วงล่าง ยึดจับและควบคุมการเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ในแนวดิ่งและแนวขวางตัวถังกับล้อรถยนต์

สัญญาณการสั่นสะเทือน

สัญญาณการสั่นสะเทือนที่วัดได้จากรถบรรทุกจะสามารถนำมาช่วยในการบ่งบอกถึงสภาพต่างๆ ที่เกิดขึ้นของผลไม้ในบรรจุภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดจะประกอบด้วย

- ความถี่
- ขนาดของการสั่นสะเทือน
- มุมเฟส

ความถี่

ความถี่ในที่นี้หมายถึงความถี่ของการสั่นสะเทือน ซึ่งหากพิจารณาสัญญาณการสั่นสะเทือนบนโดเมนเวลาจะหมายถึง จำนวนรอบของการสั่นสะเทือนต่อหน่วยเวลาซึ่งที่นิยมใช้จะเป็น CPM (Cycle per Minute) พารามิเตอร์ความถี่นี้จะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากตัวหนึ่งในการบ่งบอกถึงสภาพความเสียหายได้ถ้าหากนำพารามิเตอร์ไปใช้กับสัญญาณการสั่นสะเทือนบนโดเมนความถี่

การนำสัญญาณที่วัดได้ในโดเมนเวลาที่เกิดขึ้นในพารามิเตอร์ความถี่นี้จะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากตัวหนึ่งในการบ่งบอกถึงสภาพความเสียหายได้ถ้าหากนำพารามิเตอร์นี้ไปใช้กับสัญญาณการสั่นสะเทือนบนโดเมนความถี่ (วสันต์, 2545)

ขนาดของการสั่นสะเทือน

เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญอีกตัวหนึ่งที่ใช้บ่งบอกสภาพของผลไม้ในบรรจุภัณฑ์โดยทั่วไปแล้วขนาดของการสั่นสะเทือนหากมีขนาดใหญ่ย่อมหมายถึงผลเสียหายที่มากขึ้น ขนาดการสั่นสะเทือนในปัจจุบันที่มีอยู่หลายชนิดที่นิยมได้แก่

- การขจัดหรือระยะการเคลื่อนที่ (Displacement)
- ความเร็ว (Velocity)
- ความเร่ง (Acceleration)

หน่วยวัดขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือน

เมื่อสัญญาณการสั่นสะเทือนไม่ว่าจะเป็นการขจัด ความเร็ว หรือความเร่งนั้นอยู่ในรูปคลื่นไซน์ หรือรูปเป็นคาบ ซึ่งจะทั้งค่าบวก – ลบและมีค่าแปรเปลี่ยนตามเวลาการบอกขนาดของสัญญาณการสั่นสะเทือนในลักษณะการบอกขนาดโดยรวม (Overall Value of Vibration) ที่นิยมใช้กันมีดังนี้ต่อไปนี้คือ

1. ระดับยอดสูงสุด (Peak Level) เป็นการบอกค่าระดับสูงสุดของสัญญาณที่เบี่ยงเบนไปจากระดับศูนย์ ทั้งนี้มิได้คำนึงถึงลักษณะการสั่นสะเทือนอย่างอื่น ค่านี้มักนิยมใช้วัดการสั่นสะเทือนที่เกิดจากการกระแทกในช่วงเวลาสั้นๆ

2. ระดับยอดสูงสุดถึงยอดสูงสุดอีกยอดหนึ่ง (Peak to Peak of Level) ซึ่งก็คือการบอกค่าขนาดของสัญญาณที่วัดจากจุดสูงสุดทางบวกกับจุดต่ำสุดทางลบ

3. ค่าเฉลี่ย (Average Level) เป็นค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งในกรณีทั่วๆไปที่สัญญาณการสั่นสะเทือนมีค่าเป็นทั้งบวกและเป็นทั้งลบเมื่อเทียบกับตำแหน่งสมดุลซึ่งจะทำให้ค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ (วสันต์, 2545)

บรรจุภัณฑ์ผักและผลไม้

ภาชนะบรรจุภัณฑ์หมายถึง วัสดุหรือสิ่งที่ใช้ในการรองรับสินค้าเพื่อการจัดการกับสินค้านั้นหรือเพื่อการขนส่งหรือเพื่อการวางขาย ภาชนะบรรจุสำหรับผักและผลไม้มีหลายชนิด ภาชนะใดจะเหมาะสมกับผลิตผลชนิดใดขึ้นอยู่กับความต้องการของผลิตผลนั้นๆ ตลอดจนลักษณะของการขนส่งและการตลาด หน้าที่ของภาชนะบรรจุมี 4 ข้อคือ 1) การบรรจุ (Containment) คือการรองรับสินค้าหรือผลิตผลให้อยู่เป็นหน่วยเดียวกันเพื่อความสะดวกในการจัดการต่าง ๆ 2) การป้องกัน (Protecion) คือ ผลิตผลภายในภาชนะบรรจุจากการสูญเสียระหว่างการขนย้ายหรือเก็บรักษา 3) การใช้ประโยชน์ (Utility) เช่น ใช้เป็นภาชนะในการล้าง บ่ม และป้องกันการถ่ายเทความร้อนได้ 4) ข้อมูล (Information) คือให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตผลภายในภาชนะบรรจุได้ (วสันต์, 2545)

การบรรจุหีบห่อผลิตผลสด

การบรรจุหีบห่อผลิตผลสดทำในบรรจุภัณฑ์ 2 ประเภท คือ บรรจุภัณฑ์ขายปลีกและบรรจุภัณฑ์ขายส่ง บรรจุภัณฑ์ขายส่ง คือภาชนะบรรจุสำหรับการค้าส่ง หรือ การขนส่งโดยระยะทางไกลๆ ส่วนใหญ่ขนาดของบรรจุภัณฑ์จะมีขนาดพอที่คนหนึ่งจะยกหรือแบกหามได้ง่าย มักใช้วัสดุราคาถูกสามารถใช้หนเดียวแล้วไม่นำกลับมาใช้ใหม่ แต่ก็ควรนำกลับไปแปรรูปใช้ใหม่ได้ดีแต่ในปัจจุบันภาชนะบรรจุภัณฑ์ประเภทวัสดุถาวรหรือวัสดุที่เสื่อมสภาพได้ยาก เช่น พลาสติกก็เข้ามามีบทบาทในการขนส่งภายในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ก็ยังมีปัญหาในด้านเงินลงทุนของภาชนะบรรจุภัณฑ์ ภาชนะบรรจุภัณฑ์สำหรับค้าส่งนี้จะเน้นที่การป้องกันผลิตผลภายในจากการสูญเสียต่างๆแต่ในบางครั้งบรรจุภัณฑ์ขายส่งก็ยังใช้เป็นภาชนะบรรจุในการวางขายได้อีกด้วย บรรจุภัณฑ์ขายส่งผักและผลไม้ที่ใช้ในประเทศไทย ได้แก่ เข่งปากบาน เข่งทรงกระบอก เข่งผัก ลังไม้ กล่องกระดาษลูกฟูก ตะกร้าพลาสติกพลาสติก กล่องพลาสติก (วสันต์, 2545)

การบรรจุภัณฑ์ผักผลไม้สำหรับการขนส่งด้วยรถบรรทุก

การขนส่งผลิตผลโดยทั่วไปสามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน 1) การขนส่งจากแปลงปลูกไปยังโรงคัดบรรจุ 2) การขนส่งจากโรงคัดบรรจุไปยังตลาดขายส่ง และ 3) การขนส่งจากตลาดขายส่งไปยังตลาดขายปลีก ทุกขั้นตอนมีความสำคัญด้วยกันทั้งนั้น แต่ขั้นตอนที่สองมักเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลายาวนานที่สุด และก่อให้เกิดความเสียหายมาก การขนส่งผลิตผลแต่ละชนิดในแต่ละท้องที่แตกต่างกันไป บางกรณีอาจมีแค่ขั้นตอนเดียว หรือหลายขั้นตอน เช่นการขนส่งไปยังตลาดต่างประเทศ ยิ่งการขนส่งมีมากขั้นตอนเท่าใด ความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับผลิตผลก็มีมากขึ้น

เท่านั้นโดยเฉพาะหากมีการขนเข้า-ขนออก และเก็บรักษาระหว่างขั้นตอนต่าง ๆ วิธีที่เหมาะสำหรับการขนส่งผักและผลไม้ซึ่งเป็นสินค้าบอบบางเสียหายง่าย ควรเป็นการขนส่งถึงที่แต่ไม่ว่าการขนส่งแบบใดต่างมีปัญหาข้อจำกัด และความแตกต่างกัน การขนส่งผักและผลไม้มีจุดมุ่งหมายที่จะนำผลิตผลจากแหล่งผลิตไปถึงมือผู้บริโภคในเวลาอันรวดเร็วค่าใช้จ่ายต่ำ และผลิตผลคงสภาพดีไม่ช้ำเสียหาย (วสันต์, 2545)

การจัดการบรรจุภัณฑ์ผักและผลไม้สำหรับการขนส่งทางรถในประเทศไทยที่นิยมทำสามารถแบ่งได้เป็น 4 รูปแบบหลัก ๆ คือ

1. กองผักผลไม้โดยตรงบนกระบะ คือ เป็นการบรรจุเสมือนใช้กระบะเป็น Bulk bin อันเดียวการขนส่งแบบนี้ส่วนใหญ่จะใช้ส่งผลไม้ที่มีขนาดใหญ่ เช่น สับปะรด ทุเรียน แตงโม เป็นต้น

2. การบรรจุผลิตผลในตะกร้าพลาสติกที่ซ้อนกัน คือ ภาชนะที่บรรจุจะเป็นตัวรับแรงระหว่างชั้นแต่ละชั้นการขนส่งแบบนี้จะใช้ภาชนะบรรจุที่มีความแข็งแรงที่สามารถทนต่อการกดและ การกระแทกได้ ดังนั้นภาชนะบรรจุประเภทนี้จึงมีราคาแพงและบางชนิดก็นำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกครั้ง ภาชนะบรรจุประเภทนี้ได้แก่ ลังไม้ และ ลังพลาสติกเป็นต้น

3. การวางซ้อนภาชนะที่มีการบรรจุโดยตรง คือ ผลผลิตภาชนะบรรจุล่างจะเป็นตัวแบกรับน้ำหนัก ภาชนะบรรจุประเภทนี้ที่นิยมกัน ได้แก่ ชลอม หลัว และเข่งประเภทต่างๆเช่น เข่งปากบาน เข่งทรงกระบอกโดยใช้บรรจุผักกาด มะม่วงดิบ และพุทรา เป็นต้น

4. ภาชนะบรรจุผลิตผลตั้งแต่ชั้นไม้รองรับด้วยตัวรถซ้อนกันเป็นชั้นๆ ภาชนะบรรจุประเภทนี้จะคล้ายในแบบที่สาม แต่ระหว่างการซ้อนภาชนะบรรจุมีไม้คั่น เพื่อเป็นตัวรับน้ำหนักบรรจุภัณฑ์ของแต่ละชั้นซึ่งไม้นี้จะพาดอยู่บนโครงเหล็กด้านข้างของรถ (วสันต์, 2545)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของหลายประชากร หรือการวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณกับตัวแปรเชิงกลุ่ม โดยตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงปริมาณส่วนตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่สนใจเปรียบเทียบ ตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป

1. วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวน คือการศึกษาว่าตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระหรือไม่

2. หลักการของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลักเกณฑ์สำคัญที่ใช่ในการทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3 ประชากรหรือ 3 กลุ่มขึ้นไป คือ การแยกความแปรปรวนหรือความผันแปรทั้งหมดของข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ

- ความแปรปรวนหรือความผันแปรระหว่างกลุ่มหรือระหว่างประชากร (Between-Group Variability)
- ความแปรปรวนหรือความผันแปรภายในกลุ่มหรือภายในประชากร (Within- Group Variability)

3. ประเภทของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนจะแบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

- การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว หรือแบบมีปัจจัยเดียว (One Way ANOVA)
- การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายทางหรือแบบมีหลายปัจจัย (Multiple-Factors ANOVA)

4. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว หรือแบบมีปัจจัยเดียว

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว หรือแบบมีปัจจัยเดียวเป็นการวิเคราะห์ที่คาดว่ามีเพียงปัจจัยเดียวที่ทำให้ข้อมูลแตกต่างกัน หรือเป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างกันของปัจจัยที่คาดว่ามีอิทธิพลต่อข้อมูลดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวคือ การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรที่รับปัจจัยที่ต่างระดับกันตั้งแต่ 3 ระดับขึ้นไป นั้นคือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3 ประชากร/กลุ่มขึ้นไป โดยถือว่าหน่วยที่ได้รับปัจจัยระดับเดียวกันเป็นประชากรเดียวกันหรือกลุ่มประชากรเดียวกัน และหน่วยที่ได้รับปัจจัยต่าง ๆ กันเป็นคนละประชากรหรือคนละกลุ่ม เช่น คาดว่าปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้รายได้แตกต่างกัน คือ อาชีพ จึงแบ่งคนแยกตามอาชีพ ถ้าแบบเป็น 5 อาชีพ แสดงว่ามี 5 กลุ่ม หรือ 5 ประชากร แล้วนำรายได้เฉลี่ยของแต่ละกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน เป็นต้น (กัลยา, 2549)

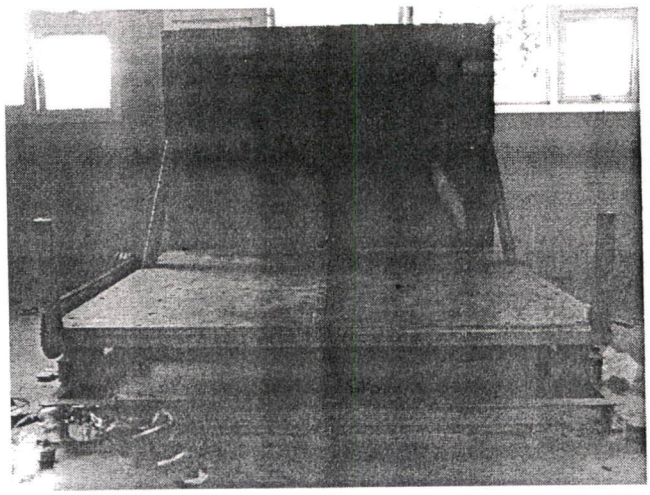
การทดลองและผลการทดลอง

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

1. เครื่องทดสอบการสั่นสะเทือนเพื่อจำลองการขนส่งผักผลไม้เครื่องทดสอบการสั่นสะเทือนเพื่อจำลองการขนส่งผักผลไม้โดยมีมิติประมาณ 1.5 เมตร x 1.5 เมตร x 1 เมตร ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้ โครงสร้างฐาน, โครงสร้างชุดบน, ชุดลูกเบี้ยว, แผ่นไม้อัด, มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ยี่ห้อ MITSUBISHI ขนาด 7.5 กิโลวัตต์ (10 แรงม้า) และอินเวอร์เตอร์ยี่ห้อ ADLEEPOWER รุ่น AP4G-75R กำลังจากมอเตอร์ถูกส่งไปกับเพลาลูกเบี้ยวโดยสายพานลิ่มและโซ่ ทำให้โครงสร้างชุดบนจัดเคลื่อนที่ตามการเยื้องศูนย์ของลูกเบี้ยวซึ่งมีระยะเยื้องศูนย์ 12.5

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

มิลลิเมตร โดยจะเคลื่อนที่ทั้งในแนวราบและแนวระดับ ส่วนโครงสร้างฐานจะถูกยึดติดกับพื้นคอนกรีต



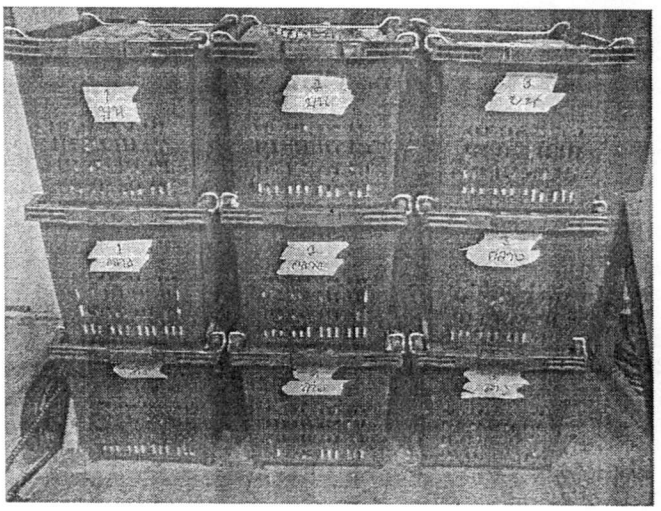
ภาพที่ 9 เครื่องทดสอบการสั่นสะเทือนเพื่อจำลองการขนส่งผักผลไม้ ของสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพร

2. มังคุดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 46 – 52 มิลลิเมตร ระยะสีที่ 3-5 จำนวน 11 ตะกร้า ตะกร้าละ 22.5 กิโลกรัม
3. ตะกร้าพลาสติกขนาด 320 x 490 x 310 มิลลิเมตร^3
4. เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์
5. อุปกรณ์คัดขนาดมังคุด
6. นาฬิกาจับเวลา
7. ตาชั่ง
8. เชือก
9. เขียง
10. มีด

105798

วิธีดำเนินการ

1. คัดมังคุดให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 46 – 52 มิลลิเมตร ใช้มังคุดระยะสี่ที่ 3-5 และไม่มีความเสียหาย
2. บรรจุมังคุดใส่ตะกร้าพลาสติกให้เต็มตะกร้าจำนวน 11 ตะกร้าและเขียนหมายเลขตะกร้า
3. นำตะกร้ามังคุดที่ 1-9 วางบนเครื่องทดสอบการสั่นสะเทือนเพื่อจำลองการขนส่งผักและผลไม้ โดยวางตั้งเรียงเป็นชั้น 3 ชั้น 3 แถวดังภาพที่ 10 ส่วนอีก 2 ตะกร้าทิ้งไว้เป็นตะกร้าควบคุม

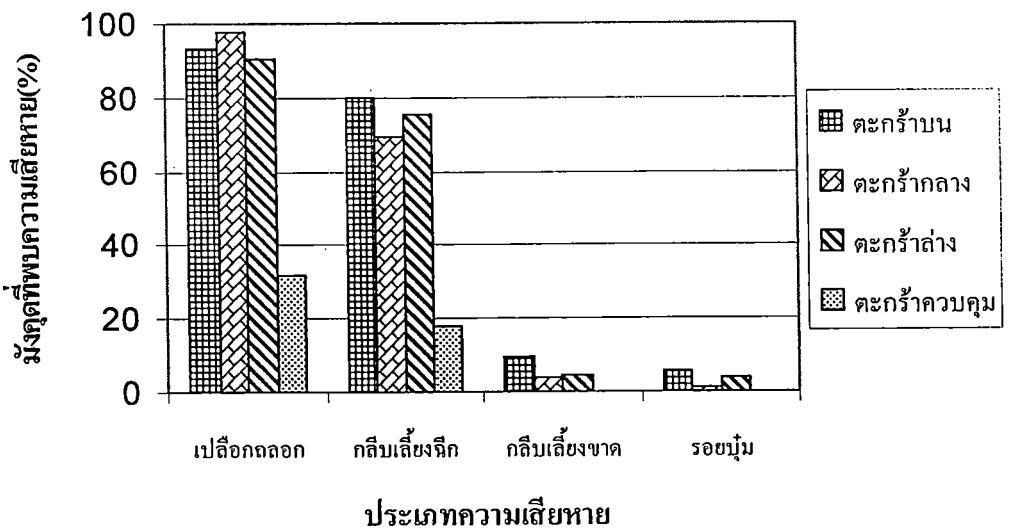


ภาพที่ 10 ลักษณะการวางตะกร้าบนเครื่องทดสอบ

4. ปรับอินเวอร์เตอร์ให้ได้ความเร็วรอบ 240 รอบต่อนาที ที่เพลาเครื่องทดสอบการสั่นสะเทือนเพื่อจำลองการขนส่งผักผลไม้ (ความถี่ = 4 Hz ความเร่งหรือความเข้มของการสั่นสะเทือน = 0.805 g) แล้วเดินเครื่องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
5. นำตะกร้ามังคุดลงจากเครื่องแล้วหาเปอร์เซ็นต์ความเสียหายภายนอกของมังคุดโดยการสุ่มมังคุดจากทุกตำแหน่งของตะกร้าจำนวนตะกร้าละ 50 ลูก (20% ของมังคุดในตะกร้า)
   - เปลือกถลอก กลีบเลี้ยงฉีก กลีบเลี้ยงขาด รอยบุ๋ม สามารถตรวจหาความเสียหายด้วยตา
6. นำมังคุดที่หาความเสียหายภายนอกจำนวนดังกล่าวเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 °C) ทำการผ่ามังคุดเก็บข้อมูลหาความเสียหายภายใน เปลือกแข็งตรวจหาด้วยมือ เนื้อแก้ว และยางไหล ตรวจสอบด้วยสายตาโดยเก็บข้อมูลทุก ๆ 2 วันและครั้งละ 10 ผล ต่อตะกร้า

7. วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวเป็นการจำแนกข้อมูลด้วยตัวแปรหรือปัจจัยเพียงปัจจัยเดียวเป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างกันของระดับความเสียหายเทียบกับชั้นของตะกร้า
8. สรุปผล

ผลการทดสอบหาความเสียหายภายนอก



ภาพที่ 11 กราฟความเสียหายภายนอก

ตารางที่ 2 ความเสียหายภายนอกของมังคุดที่เกิดขึ้นจากการจำลองการขนส่ง

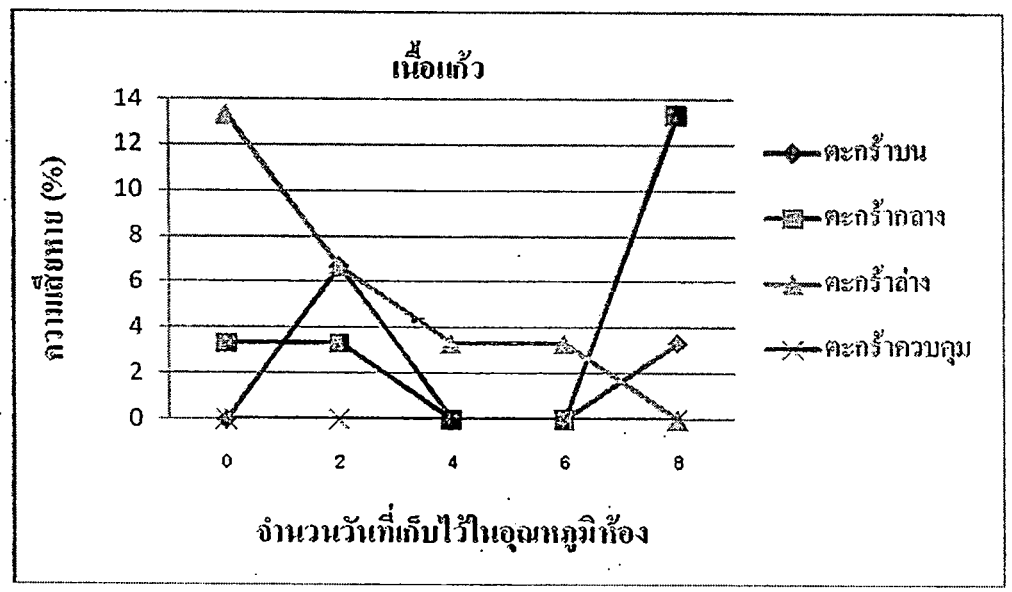
ตะกร้า	เปลือกถลอก (%)	กลีบเลี้ยงฉีก (%)	กลีบเลี้ยงขาด (%)	รอยบุ๋ม (%)
ชั้นบน	93.34 ± 5.03[b]	80.00 ± 13.11[b]	9.34 ± 9.45[a]	5.34 ± 2.31[a]
ชั้นกลาง	98.00 ± 2.00[b]	69.34 ± 2.31[b]	4.00 ± 2.00[a]	1.34 ± 2.31[a]
ชั้นล่าง	90.67 ± 3.05[b]	75.34 ± 6.11[b]	4.66 ± 4.16[a]	4.00 ± 6.93[a]
ชั้นควบคุม	32.00 ± 0.00[a]	33.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	2.00 ± 0.00[a]

* ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5 %

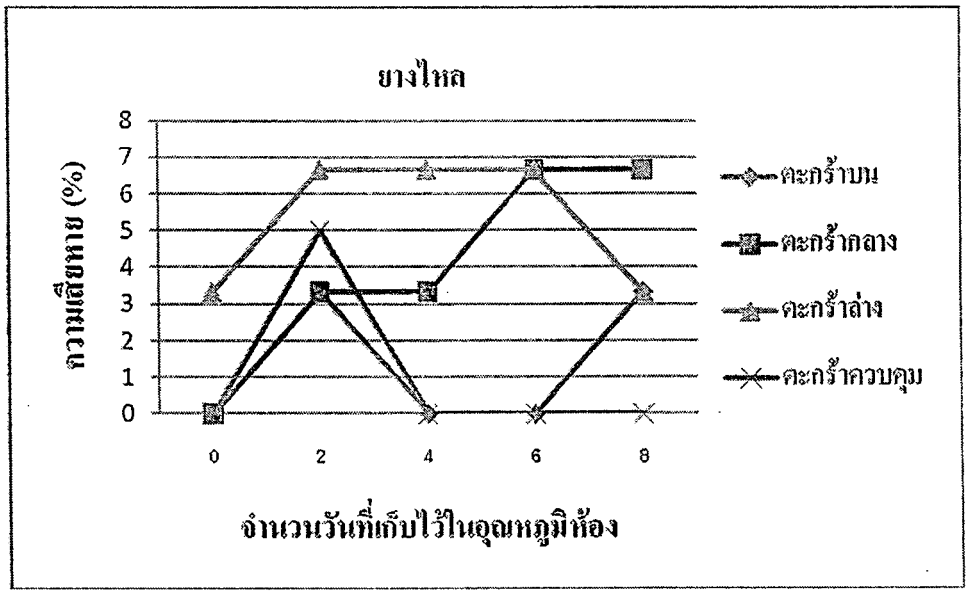
ความเสียหายภายนอกที่เกิดขึ้นจากการทดสอบมี 4 ลักษณะคือ เปลือกถลอก กลีบเลี้ยงฉีก กลีบเลี้ยงขาด รอยบุ๋มความเสียหายภายนอกเกิดขึ้นจากการกดทับ การกระแทก เสียดสี ระหว่างผลมังคุดหรือ ระหว่างผลมังคุดกับตะกร้า ความเสียหายภายนอกที่เกิดมาที่สุดคือ เปลือกถลอกพบมากที่ตะกร้าชั้นกลาง 98% กลีบเลี้ยงฉีกพบมากที่ตะกร้าชั้นบน 80% กลีบเลี้ยงขาดพบมากที่ตะกร้าชั้นบน 9.43% และรอยบุ๋มพบมากที่สุดตะกร้าชั้นบน 5.34%

ผลการทดสอบสังเกตได้ว่าความเสียหายภายนอกที่เกิดขึ้นทุกลักษณะจะพบมากที่ตะกร้าชั้นบนยกเว้นความเสียหายเปลือกถลอกที่พบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นกลางและจากการทดสอบตะกร้าทั้ง 3 ชั้นความเสียหายภายนอกทุกลักษณะไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5% อาจเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนจากการทดสอบทำให้เกิดการกระแทก กดทับ เสียดสีระหว่างการทดสอบมีความใกล้เคียงกันสามารถบอกได้ว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นไม่แตกต่างกันที่จำนวนชั้นตะกร้า 3 ชั้น

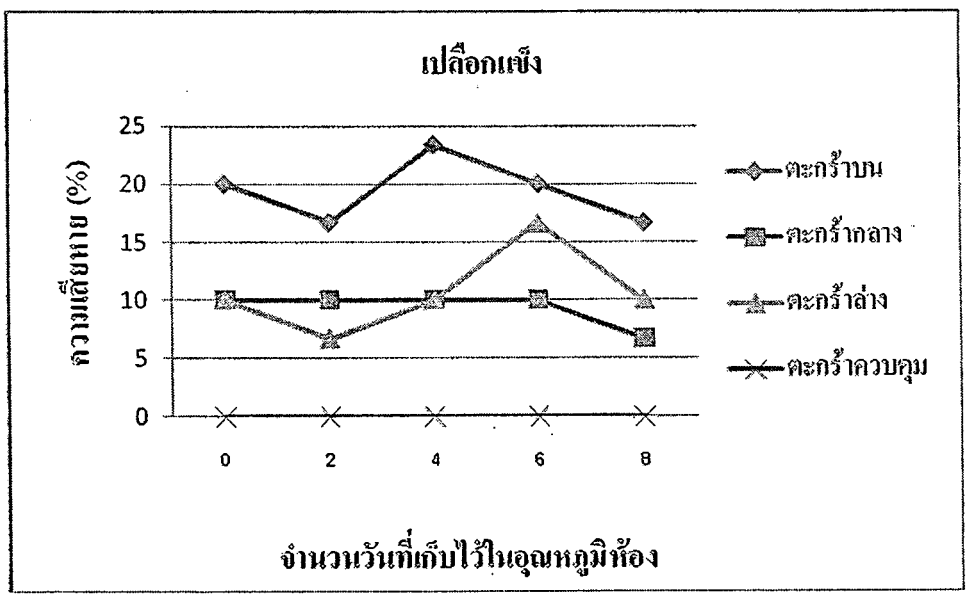
ผลการทดสอบหาความเสียหายภายใน



ภาพที่ 12 กราฟความเสียหายภายในเนื้อแก้วเมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 13 กราฟความเสียหายภายในยางไหลเมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 14 กราฟแสดงความเสียหายภายในเปลือกแข็งเมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 3 ความเสียหายภายในของมังคุดวันแรก

ตะกร้า	เนื้อแก้ว (%)	ยางไหล (%)	เปลือกแข็ง (%)
ชั้นบน	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	20.00 ± 10.00[b]
ชั้นกลาง	3.33 ± 5.77[a]	0.00 ± 0.00[a]	10.00 ± 10.00[ab]
ชั้นล่าง	13.33 ± 15.28[a]	3.33 ± 5.77[a]	10.00 ± 0.00[ab]
ชั้นควบคุม	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	0.00 a ± 0.00[ab]

* ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5 %

ตารางที่ 4 ความเสียหายภายในของมังคุดเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน

ตะกร้า	เนื้อแก้ว (%)	ยางไหล (%)	เปลือกแข็ง (%)
ชั้นบน	6.67 ± 11.55[a]	3.33 ± 5.77[a]	16.67 ± 11.55[a]
ชั้นกลาง	3.33 ± 5.77[a]	3.33 ± 5.77[a]	10.00 ± 17.32[a]
ชั้นล่าง	6.67 ± 15.77[a]	6.67 ± 5.77[a]	6.67 ± 5.77[a]
ชั้นควบคุม	0.00 ± 0.00[a]	5.00 ± 7.07[a]	0.00 ± 0.00[a]

* ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5 %

ตารางที่ 5 ความเสียหายภายในของมังคุดเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 4 วัน

ตะกร้า	เนื้อแก้ว (%)	ยางไหล (%)	เปลือกแข็ง (%)
ชั้นบน	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	23.33 ± 11.55[b]
ชั้นกลาง	0.00 ± 0.00[a]	3.33 ± 5.77[a]	10.00 ± 0.00[a]
ชั้นล่าง	3.3 ± 5.77[a]	6.67 ± 11.55[a]	10.00 ± 0.00[a]
ชั้นควบคุม	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]

* ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5 %

ตารางที่ 6 ความเสียหายภายในของมังคุดเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 6 วัน

ตะกร้า	เนื้อแก้ว (%)	ยางไหล (%)	เปลือกแข็ง (%)
ชั้นบน	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	20.00 ± 26.46[b]
ชั้นกลาง	0.00 ± 0.00[a]	6.67 ± 5.77[a]	10.00 ± 17.32[a]
ชั้นล่าง	3.33 ± 5.77[a]	6.67 ± 5.77[a]	16.67 ± 11.55[a]
ชั้นควบคุม	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]

* ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5 %

ตารางที่ 7 ความเสียหายภายในของมังคุดเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 8 วัน

ตะกร้า	เนื้อแก้ว (%)	ยางไหล (%)	เปลือกแข็ง (%)
ชั้นบน	3.33 ± 5.77[a]	3.33 ± 5.77[a]	16.67 ± 15.28[a]
ชั้นกลาง	13.33 ± 5.77[b]	6.67 ± 5.77[a]	6.67 ± 5.77[a]
ชั้นล่าง	0.00 ± 0.00[a]	3.33 ± 5.77[a]	10.00 ± 10.00[a]
ชั้นควบคุม	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]

* ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5 %

ความเสียภายภายในความเสียหายภายในที่พบมี 3 ลักษณะได้แก่ เนื้อแก้ว ยางไหล และเปลือกแข็ง ความเสียหายภายในที่เกิดขึ้นมากที่สุดในวันแรกคือเปลือกแข็งพบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นบน (20%) เนื้อแก้วพบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นล่าง (12.33%) และยางไหลพบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นล่าง (3.33%) ตามลำดับ

ความเสียหายภายในของมังคุดที่พบมากที่สุดเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน คือ เปลือกแข็งพบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นบน (16.67%) เสียหายเนื้อแก้วและยางไหลเกิดเท่ากันที่ (6.67%) เนื้อแก้วพบมากที่ตะกร้าชั้นชั้นล่างส่วนยางไหลพบมากที่ตะกร้าชั้นกลาง

ความเสียหายภายในของมังคุดที่พบมากที่สุดเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 4 วัน คือ เปลือกแข็งพบมากที่ตะกร้าชันบน (23.3%) รองมาคือยางไหลพบมากที่ตะกร้าชั้นล่าง (6.67%) ความเสียหายที่พบน้อยที่สุดคือเนื้อแก้วพบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นล่าง (3.33%)

ความเสียหายภายในของมังคุดที่พบมากที่สุดเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 6 วัน คือ เปลือกแข็งพบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นบน (20.00%) รองมาคือยางไหลพบมากที่ตะกร้าชั้นล่างและชั้นกลางเท่ากัน (6.67%) ความเสียหายที่เกิดน้อยที่สุดคือเนื้อแก้วพบมากที่ตะกร้าชั้นล่าง (3.33%)

ความเสียหายภายในของมังคุดที่พบมากที่สุดเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 8 วัน คือ เปลือกแข็งพบมากที่ตะกร้าชั้นบน (16.67%) รองมาคือเนื้อแก้วพบมากที่ตะกร้าชั้นกลาง (13.33%) ความเสียหายที่พบน้อยที่สุดคือยางไหลพบมากที่ตะกร้าชั้นกลาง (6.67%)

ความเสียหายเนื้อแก้วจะพบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นล่างทุกวันยกเว้นวันที่ 8 ที่พบมากที่ในตะกร้าชั้นกลาง อาการยางไหลจะพบมากที่ตะกร้าชั้นล่างทุกวัน และอาการเปลือกแข็งจะเห็นได้ว่าจะพบมากที่สุดกับตะกร้าชั้นบนทุกวันเมื่อสังเกตจากตารางที่ 4.1 จะได้ว่าความเสียภายนอกที่เกิดที่เปลือกคือ เปลือกถลอก และ รอยบุ๋ม ซึ่งอาการเปลือกถลอกเป็นความเสียหายภายนอกที่เกิดขึ้นมากที่สุดและรอยบุ๋มจะพบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นบนจึ่งส่งผลต่อความเสียหายภายในที่เปลือกแข็งที่ตะกร้าชั้นบนมากกว่าชั้นอื่น ๆ

ผลการทดสอบหาความเสียหายภายในของมังคุดที่เกิดขึ้นหลังการทดสอบเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องแล้วผ่าทุก 2 วันความเสียหายเนื้อแก้วหลังการทดสอบเป็นไปตามรูปที่ 4.4 ในการทดสอบไม่สามารถบอกได้ว่าอาการเนื้อแก้วที่เกิดขึ้นจากสาเหตุใด ความเสียหายยางไหลที่พบหลังการทดสอบปรากฏดังรูปที่ 4.5 จากการทดสอบไม่สามารถบอกได้เช่นกันว่าสาเหตุของการเกิดอาการยางไหลเกิดขึ้นจากสาเหตุใด จากตารางจะเห็นได้ว่าความเสียหายภายในไม่เพิ่มมากขึ้นตามวันเวลาส่วนความเสียหายเปลือกแข็งที่ปรากฏหลังการทดสอบเป็นไปตามรูปที่ 4.6 อาการเปลือกแข็งสังเกตได้ว่าเกิดขึ้นมากที่สุดของความเสียหายภายในอาการเปลือกแข็งเกิดขึ้นจากงการกระทบกระเทือนระหว่างการทดสอบ จะมีกิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine Ammonia Lyase (PAL) และ Peroxidase (POD) ในบริเวณเปลือกเพิ่มขึ้น ทำให้มีการสังเคราะห์สารลิกนินเพิ่มขึ้นส่งผลให้เปลือกแข็ง (สายชล, 2548)

บทวิจารณ์และสรุป

จากการศึกษาความเสียหายของมังคุดขนาด 46- 52 มิลลิเมตร ระยะสีที่ 3-5 ในตะกร้าพลาสติก (น้ำหนักเฉลี่ยตะกร้าละ 22.5 กิโลกรัม) โดยใช้มังคุดจาก อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร วางเรียงกัน 3 ชั้นและทำการทดสอบแบบ 3 ซ้ำด้วยเครื่องทดสอบการสั่นสะเทือนเพื่อจำลองการขนส่งผักผลไม้ การทดสอบปฏิบัติตามมาตรฐาน ASTM D999 method A2 ซึ่งได้แบ่งความเสียหายไว้เป็น 2 ประเภท คือ ความเสียหายภายนอกและความเสียหายภายใน ความเสียหายภายนอกก็จะมีเปลือกถลอก กลีบเลี้ยงฉีก กลีบเลี้ยงขาดและรอยบุ๋ม ส่วนความเสียหายภายในก็จะมี เนื้อแก้ว ยางไหลและเปลือกแข็ง

จากการทดสอบเพื่อหาความเสียหายภายนอกโดยตรวจสอบด้วยสายตาพบว่ามังคุดเกิดอาการเปลือกถลอกที่ตะกร้าชั้นบนเฉลี่ยออกมาได้เป็น 93.34% ตะกร้าชั้นกลาง 90.00% ตะกร้าชั้นล่าง 90.67% และตะกร้าชั้นควบคุม 32.00% ซึ่งเปลือกถลอกจะเป็นที่ตะกร้าชั้นกลางมากที่สุดแต่ระดับความรุนแรงของเปลือกถลอกตะกร้าชั้นบนจะมีมากกว่าตะกร้าชั้นกลางและชั้นล่าง มังคุดที่เกิดอาการกลีบเลี้ยงฉีกที่ตะกร้าชั้นบนเกิดอาการกลีบเลี้ยงฉีก 80.00% ตะกร้าชั้นกลาง 69.37% ตะกร้าชั้นล่าง 75.43%และตะกร้าชั้นควบคุม 18.00% มังคุดที่เกิดอาการกลีบเลี้ยงขาดที่ตะกร้าชั้นบน 9.34% ตะกร้าชั้นกลาง 4% ตะกร้าชั้นล่าง 4.67% ส่วนตะกร้าชั้นควบคุมไม่เกิด มังคุดที่เกิดเป็นรอยบุ๋มที่ตะกร้าชั้นบน 5.34% ตะกร้าชั้นกลาง 1.34% ตะกร้าชั้นล่าง 4.00% ส่วนตะกร้าชั้นควบคุมไม่เกิดรอยบุ๋ม

ความเสียหายภายในของมังคุดที่พบหลังการทดสอบมีความรุนแรงน้อยกว่าความเสียหายภายนอก มี 3 ลักษณะ คือ เนื้อแก้ว ยางไหล และเปลือกเข็ง ผลการทดหลังจากผ่าทดสอบความเสียหายเนื้อแก้วพบมากในตะกร้าชั้นล่างของวันที่ผ่าตรวจสอบวันแรกและตะกร้าชั้นกลางเมื่อเก็บไว้ ในอุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 8 วัน (13.33%) ยางไหลพบมากที่ตะกร้าชั้นล่างของทุกวัน (6.67%) และความเสียหายภายในของมังคุดที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือเปลือกแข็งและจะพบมากที่ตะกร้าชั้นบนของทุกวันและพบมากที่สุดเมื่อเก็บไว้ ในอุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 4 วัน (23.33%)

ความเสียหายภายนอกของมังคุดหลังการทดสอบที่เกิดมากที่สุดคือ เปลือกถลอก กลีบเลี้ยงฉีก กลีบเลี้ยงขาด และ รอยบุ๋ม ตามลำดับ ความเสียหายเกือบทุกประเภทพบมากที่สุดที่ตะกร้าชั้นบนยกเว้น เปลือกแข็งที่พบที่ตะกร้าชั้นกลาง จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย SPSS การทดสอบทำให้เกิดความเสียหายเปลือกถลอก และกลีบเลี้ยงฉีกจริง ส่วนความเสียกลีบเลี้ยงขาด และรอยบุ๋มไม่เกิดความแตกต่างกันเมื่อเทียบกับตะกร้าชุดควบคุม

ความเสียหายภายในที่พบมากที่สุดคือ เปลือกแข็ง เนื้อแก้ว และยางไหล ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย SPSS การทดสอบทำให้เกิดอาการเปลือกแข็งชัดเจน แต่ อาการเนื้อแก้ว และยางไหลไม่สามารถแยกได้ชัดเจน ความเสียหายของมังคุดเกิดจากการเคลื่อนที่ การกระแทก การกดทับ การเสียดสี ระหว่างผลมังคุดหรือระหว่างผลมังคุดกับตะกร้า เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการขนส่งมังคุดควรลดปัจจัยดังกล่าวที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่มังคุด

ข้อเสนอแนะ

1.การทดสอบควรใช้จำนวนชั้นตะกร้ามากกว่า 3 ชั้น

2. ควรนำเอาเทคนิคการบรรจุเต็มแน่นมาใช้อย่างเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2544. **สถานการณ์การผลิตผลไม้ภาคตะวันออกปี 2544**, [Online].Available: www.phtnet.org/news52/view-news.asp?nID=172-13k-. 6 กุมภาพันธ์ 2552

กรมศุลกากร. 2544. **ข้อมูลการส่งออกมังคุดปี 2547.** [Online].Available: www.phtnet.org/download/FullPaper/pdf/3rdSeminarKu/65.pdf, 23 มกรกคม 2551

กัลยา วานิสย์บัญชา. 2549. **การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

โชคชัย พรหมแพทย์. 2533. **มังคุดเพื่อการส่งออก.** ชมรมผลไม้แห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ

ฐานข้อมูลสถาบันอาหาร. 2551. [Online].Available: http://siweb.dss.go.th/standard/ , 16 ตุลาคม 2551

ทวีศักดิ์ จำปาโท. 2545. **ข้อมูลพื้นฐานมังคุด.** [Online].Available: http://www.pandinthong.com/ReplyUI.php?ForumGroupID=1&ForumID=153, 22 มีนาคม 2551

ทรงธรรม ไชยพงษ์, สุวรรณ หอมหวน และบัณฑิต จริโมภาส, 2549. **เครื่องสั่นสะเทือนทำในประเทศ สำหรับทดสอบบรรจุภัณฑ์ผักและผลไม้.**วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 12 ฉบับที่1มกราคม – มิถุนายน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

บัณฑิต จริโมภาส. 2546. **เอกสารการสอนวิชาสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เกษตร.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม. 87 น.

บัณฑิต จริโมภาส. 2549. **เครื่องจักรกลคัดแยกหลังการเก็บเกี่ยว บรรจุภัณฑ์ และเรือนบรรจุผลไม้.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 136 น.

บัณฑิต จริโมภาส, นเรนทร บุญส่ง, อาทิตย์ จันทร์หิรัญ และ วิเชฐศรีชลเพชร. 2549. **บรรจุภัณฑ์ขายส่งผลมังคุดที่เหมาะสมภายใต้การสั่นสะเทือนจำลอง.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

เบญจมาศ รัตนชินกร, ภาณุมาศ โครตพงศ์, ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ และ ประมาภรณ์ ปลั่งกลาง. 2548. **ผลของการต้านทานการสั่นสะเทือนต่อภาชนะบรรจุเพื่อการขนส่งผลมังคุด.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

วสันต์ แสงนิล. 2545. **การสั่นสะเทือนของตะกร้าพลาสติกบรรจุส้มเขียวหวานระหว่างการขนส่งทางรถบรรทุก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2551. [Online].Available: http://www.tistr.or.th, 13 มีนาคม 2551

สายชล เกตุษา. 2548. **การแข็งของเปลือกมังคุดหลังการตกกระทบ.** วารสารราชบัณฑิตยสถาน ปีที่ 30 ฉบับที่ 3 (ก.ค.-ก.ย.2548) หน้า 632-639

American Society for testing Meterial. 1991. **Standard method for vibration testing of shipping contaainner.** Selected ASTM Standards on packaging 3th[ed]. Baltimore, USA

Hinsch R.T.,D.C. Slaughter, W.L.craig and J.F. Thompson. 1993. **vibration of fresh fruit and vegetables during refrigerated truck transport.** Transactions of the ASAE. 1039 – 1042

International safe Transit Association. 2001. **ISTA Resource book.** P 169-176

Slaughter,D.C,R.T. Hinsch and J.F Thompson. 1993. **Asscssment of vibration injury to Bartlcttpears.** Tran. ASAE 36 (4): 1043-1047

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

มาตรฐานมังคุด

มาตรฐานมังคุด

CODEX STANDARD FOR MANGOSTEENS

CODEX STAN 204-1997

1. นิยามของผลผลิต

มาตรฐานนี้ใช้กับมังคุดชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกในเชิงพาณิชย์ จากมังคุดสายพันธุ์ Garcinia mangostana L. ในวงศ์ Guttiferae ส่งถึงมือผู้บริโภคในลักษณะสด ภายหลังการเตรียมและบรรจุ ทั้งนี้ไม่รวมมังคุดใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม

2. ข้อกำหนดเรื่องคุณภาพ

2.1 คุณภาพขั้นต่ำ

มังคุดทุกชั้นคุณภาพ ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละชั้นคุณภาพ และลักษณะของมังคุดต้องเป็นไปตามนี้

- ทั้งผลครบองค์ประกอบ
- ต้องมีทังกลีบเลี้ยงและก้านของแต่ละผลติดอยู่
- ลักษณะปรากฏดูสด มีรูปร่าง สี และรส ตามลักษณะของสายพันธุ์
- อยู่ในสภาพดี ผลที่เน่าเสียหรือด้อยคุณภาพ ไม่เหมาะสมสำหรับบริโภคต้องคัดออก
- สะอาดปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้
- ปราศจากยางเหนียว
- ปราศจากสัตว์แมลงที่มีผลต่อลักษณะทั่วไปของมังคุด
- ปราศจากความเสียหายจากศัตรูพืช
- ปราศจากความชื้นภายนอกที่ผิวปกติ ยกเว้นหยดน้ำที่เกาะอยู่หลังการนำออกจากการแช่เย็น
- ปราศจากกลิ่นและรสที่ผิดปกติ
- ปราศจากรอยตำหนิที่เห็นได้ชักเจน
- ยินยอมให้มีการผ่าผลมังคุดได้ตามปกติ

2.1.1 มังคุดต้องมีลักษะผลและสภาพดังนี้

- มันใจได้ว่าอยู่ในระยะที่กำลังสุกจนถึงระที่สุกเต็มที่

- ทนทานต่อการขนส่งและหยิบจับ
- มีสภาพดีเมื่อขนส่งไปถึงปลายทาง

2.2 การแบ่งชั้นคุณภาพ

มังคุดแบ่งชั้นคุณภาพออกเป็น 3 ชั้นดังนี้

2.2.1 ชั้นดีเลิศ (Extra Class)

มังคุดชันดีเลิศต้องมีคุณภาพพิเศษ มีลักษณะของสายพันธ์ หรือชนิดในเชิงพาณิชย์ไม่มีตำหนิ ยกเว้นยกเว้นตำหนิเล็กน้อยที่เปลือก ซึ่งตำหนินี้ไม่มีผลต่อลักษณะทั่วไปของผลิตผล คุณภาพของผล คุณการเก็บเกี่ยวการจัดเรียงในภาชนะบรรจุ

2.2.2 ชั้น 1 (Class I)

มังคุดชั้นคุณภาพนี้ต้องมีคุณภาพดี มีลักษณะตามสายพันธุ์ หรือชนิดในเชิงพาณิชย์มีตำหนิเล็กน้อยที่อาจอนุโลมให้มีได้ ถ้าหากตำหนินี้ไม่มีผลต่อลักษณะทั่วไปของผล คุณภาพของผล คุณภาพการเก็บรักษาและการจัดเรียงในภาชนะบรรจุ

- มีข้อบกพร่องเล็กน้อยในเรื่องของรูปร่าง
- เปลือกหรือกลีบเลี้ยงมีข้อบกพร่องเล็กน้อย เช่น รอยช้ำ รอยถลอก รอยขูดขีดหรือรอยกระแทรกต้องไม่มีผลกระทบเกินกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ผิวทั้งหมด

2.2.3 ชั้น 2 (Class II)

ชั้นนี้รวมผลมังคุดที่ไม่เข้าขั้นชั้นที่สูงกว่า แต่มีคุณภาพขั้นต่ำ ดังข้อ 2.1 รูปทรงอาจผิดปกติได้เล็กน้อย มีตำหนิได้เล็กน้อย เช่น ตำหนิที่เปลือก กลีบเลี้ยง รอยขีดข่วน และตำหนิอื่น ๆ โดยไม่มีผลต่อมังคุด รูปลักษณ์ คุณภาพการเก็บรักษารวมทั้งการจัดเรียงในภาชนะบรรจุ
ข้อบกพร่องนี้ต้องไม่มีผลต่อเนื้อมังคุดส่วนที่รับประทานได้ไม่ว่ากรณีใด ๆ

3. ข้อกำหนดเรื่องขนาด

ขนาดกำหนดโดยน้ำหนัก หรือเส้นผ่าศูนย์กลางแนวกึ่งกลางของผลมังคุด

รหัสขนาด	น้ำหนัก(กรัม)	เส้นผ่าศูนย์กลาง(มิลลิเมตร)
A	30-40	38-45
B	51-75	46-52
C	76-100	53-58
D	101-125	59-62
E	>125	>62

4. ข้อกำหนดเรื่องการยอมรับได้

ข้อกำหนดเรื่องการยอมรับได้ด้านคุณภาพและขนาดในแต่ละหีบห่อ (หรือรุ่นของผลิตผลถ้าขนรวมกันเป็นจำนวนมาก) สำหรับผลิตผลที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละชั้นคุณภาพ มีดังนี้

4.1 คุณภาพที่ยอมรับได้

4.1.1 ชั้นดีเลิศ (Extra Class)

มังคุดในชั้นคุณภาพนี้ ยอมให้มีชั้นคุณภาพที่ 1 ปนได้ไม่เกินร้อยละ 5 โดยจำนวนนับหรือน้ำหนัก

4.1.2 ชั้น 1 (Class I)

มังคุดในชั้นคุณภาพนี้ ยอมให้มีผลที่ไม่เข้าข่ายคุณภาพของชั้นนี้หรือคุณภาพขั้นต่ำบนเข้ามาได้ไม่เกินร้อยละ 10 โดยจำนวนนับหรือน้ำหนัก และผลมังคุดต้องไม่เน่าเสียหายอย่างอื่นไม่เหมาะสำหรับบริโภค

4.1.3 ชั้น 2 (Class II)

ยอมให้ผลมังคุดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของชั้นสอง หรือไม่ได้คุณภาพขั้นต่ำปนมาได้ไม่เกินร้อยละ 10 โดยจำนวนนับหรือน้ำหนัก โดยไม่มีผลเน่าเสีย

4.2 ขนาดที่ยอมรับได้

มังคุดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดขนาด จะยอมให้มีผลที่อยู่ในชั้นคุณภาพใกล้เคียง

ที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าตามที่กำหนดไว้ในข้อ 3 ปนเข้ามาได้ไม่เกินร้อยละ 10 โดยนับจำนวนหรือน้ำหนัก

5. ข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดเรียง

5.1 ความสม่ำเสมอของขนาดและคุณภาพ

มังคุดที่บรรจุในหีบห่อ (หรือรุ่นของมังคุดที่ขนรวมกันเป็นจำนวนมาก) ต้องมีลักษณะเดียวกันและมีเฉพาะมังคุดที่มาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน คุณภาพและขนาดเดียวกัน ผลที่มองเห็นได้ที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ (หรือรุ่นของมังคุดที่ขนรวมกันเป็นจำนวนมาก) ต้องเป็นตัวแทนของมังคุดทั้งหมด

5.2 การบรรจุหีบห่อ

มังคุดต้องบรรจุในลักษณะที่สามารถป้องกันผลมังคุดได้อย่างสมบูรณ์ วัสดุที่ในภายในหีบห่อต้องใหม่ สะอาด และมีคุณภาพที่ไม่ทำให้เกิดผลเสียหายต่อทั้งภายนอกและภายในของผลมังคุดการใช้วัสดุโดยเฉพาะกระดาษหรือหรือการประทับตราแสดงเครื่องหมายการค้าอนุญาตให้ทำได้ โดยใช้หมึกพิมพ์หรือกาวที่ติดฉลากที่ไม่เป็นพิษ

มังคุดต้องบรรจุในภาชนะที่เป็นไปตามหลักเกณฑ์สากลในการปฏิบัติว่าด้วยเรื่องการบรรจุและการขนส่งผักและผลไม้สดเมืองร้อน (CAC/RCP 44-1995).

5.2.1 รายละเอียดของภาชนะบรรจุ

ภาชนะบรรจุต้องมีคุณภาพ สุขลักษณะ การระบายอากาศ และความทนทานเพื่อให้มันใจว่าเหมาะสำหรับการเคลื่อนย้าย ขนส่งทางเรือ และการรักษามังคุดให้คงสภาพ บรรจุภัณฑ์ (หรือรุ่นของผลผลิตที่ขนรวมกันเป็นจำนวนมาก) ต้องปราศจากวัตถุและสิ่งแปลกปลอม

6. เครื่องหมายหรือฉลาก

6.1 บรรจุภัณฑ์สำหรับบริโภค

นอกจากจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานทั่วไปของของ Codex ว่าด้วยเรื่องฉลากของอาหารบรรจุเสร็จ (CODEX STAN 1-1985, Rev.2-1999) แล้วยังมีข้อกำหนดที่ต้องปฏิบัติอีก ดังนี้

6.1.1 ธรรมชาติของผลิตผล

ถ้าไม่สามารถมองเห็นผลมังคุดจากภายนอกได้ แต่ละหีบห่อต้องมีฉลากแสดงชื่อของผลิตผลและอาจระบุชื่อของสายพันธุ์ไว้บนฉลากด้วย

6.2 บรรจุภัณฑ์ที่ไม่ใช่เพื่อการขายปลีก

แต่ละหีบห่อจะต้องมีตัวอักษรอยู่ด้านเดียวเป็นกลุ่ม อ่านได้ง่ายและเครื่องหมายที่ทำไว้ต้องไม่ลบเลือน มองเห็นได้จากภายนอกหรืออ่านได้จากเอกสารที่แนบไปกับการขนส่ง สำหรับมังคุดที่ขนร่วมกันจำนวนมากจะต้องมีรายละเอียดปรากฏบนเอกสารที่แนบไปกับสินค้า

6.2.1 การจำแนก

ชื่อและที่อยู่ของผู้ส่งออก ผู้บรรจุ หรือผู้ส่งออก รหัสสินค้า (ไม่บังคับ)

6.2.2 ธรรมชาติของผลิตผล

ชื่อของผลิตผล ถ้าหากไม่สามารถมองเห็นจากภายนอก ควรมีชื่อของสายพันธุ์หรือชนิดในเชิงพาณิชย์ (ไม่บังคับ)

6.2.3 แหล่งกำเนิด

ใส่ชื่อประเทศที่เป็นแหล่งกำเนิด และไม่บังคับให้ใส่ชื่อบริเวณที่ปลูก หรือชื่อที่ใช่ในประเทศภูมิภาคหรือชื่อท้องถิ่น

6.2.4 การจำแนกเชิงพาณิชย์

- ชั้นคุณภาพ
- ขนาด
- น้ำหนักสุทธิ (ไม่บังคับ)

6.2.5 เครื่องหมายการตรวจสอบจากทางราชการ (ไม่บังคับ)

7. สารปนเปื้อน

7.1 โลหะหนัก

มังคุดควรมีโลหะหนักเกินปริมาตรสูงสุดที่กำหนดโดย Codex

7.2 สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

ปริมาตรสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างสูงสุดที่มีได้ในมังคุดให้เป็นไปตามที่Codex

8. สุขลักษณะ

ผลิตผลที่คลุมในมาตรฐานนี้ ต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ในหลักเกณฑ์สากลในการปฏิบัติว่าด้วย หลักเกณฑ์ทั่วไปเกี่ยวกับสุขลักษณะของอาหาร (CAC/RCP-1-1969, Rev.3-199) และเอกสารอื่น ๆของ Codex ที่เกี่ยวข้อง เช่นหลักเกณฑ์การปฏิบัติเรื่องสุขลักษณะ และหลักเกณฑ์การปฏิบัติ

ปริมาณจุลินทรีย์ในมังคุด ต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์เรื่องจุลินทรีย์ที่ระบุไว้ใน Principles of the Establishment and Application of Microbiological Criteria of Foods (CAC/GL 21-1997)

ภาคผนวก ข

มาตรฐานการทดสอบ

ASTM D999

Significance and Use

Shipping containers are exposed to complex dynamic stresses when subjected to vibration present in all transportation vehicles. Approximating the actual damage, or lack of damage, experienced in shipping may require subjecting the container(s) and contents to vibration inputs.

Resonant responses during shipment can be severe and may lead to package or product failure. Identification of critical frequencies and the nature of package stresses can aid in minimizing the effect of these occurrences.

Vibration tests should be based on representative field data. When possible, the confidence level may be improved by comparing laboratory test results with actual field shipment data. It is highly recommended that one understand the most common failures to one's products and packaging in distribution, and then attempt to replicate those failures in the laboratory. Once such replication is established, then that test can become the minimum necessary test for future packaged products to pass.

Exposure to vibration can affect the shipping container, its interior packaging, means of closure, and contents. These tests allow analysis of the interaction of these components. Design modification to one or more of these components may be utilized to achieve optimum performance in the shipping environment.

Methods A1 and A2, Repetitive Shock Tests, are suitable for tests of individual containers that are transported unrestrained on the bed of a vehicle and may be suitable for tests of containers that might be subjected to repetitive shocks due to magnification of vibrations in unit loads or stacks.

Note 1—Methods A1 and A2 produce different vibration motions, and therefore, will generate different forces which may result in different damage modes and intensities. Results from these two methods may not correlate with one another.

Method B, Single Container Resonance Test, tests or determines the ability of an individual container and its interior packaging to protect the contents from transportation vibration, particularly when the container and its contents might exhibit resonant responses.

Note 2—Individual products that are palletized might be better tested using Method C.

Method C, Palletized Load, Unitized Load or Vertical Stack Resonance Test, covers the determination of the presence and the effects of resonance in palletized loads and multiple-unit stacked loads, and whether or not the strength of the containers is sufficient to withstand dynamic loads when stacked.

Any or all of these test methods may be employed, as determined by the appropriate performance specification, with test intensities, frequency ranges, and test durations as called for in the specification. Although these tests do not simulate the shipping environment, they are intended to create the damage-producing potential of the shipping environment. Results of any one of these methods may differ from the results of the others.

1. Scope

1.1 These test methods cover vibration tests of filled shipping containers. Such tests may be used to assess the performance of a container, with its interior packing and means of closure, both in terms of its strength and of the protection it provides its contents when it is subjected to vibration such as it experiences in transportation. These procedures are suitable for testing containers of any form, material, kind, design of interior packing, means of closure, and any size and weight. They are not intended for determining the response of products to vibration for product design purposes, nor are they intended for tests of products in their operational configuration as other more suitable procedures are available for these purposes.

1.2 The following methods appear:

Method A1—Repetitive Shock Test (Vertical Motion).

Method A2—Repetitive Shock Test (Rotary Motion).

Method B—Single Container Resonance Test.

Method C—Palletized Load, Unitized Load, or Vertical Stack Resonance Test.

1.3 For testing of intermediate bulk containers (IBCs) containing liquid hazardous materials, refer to Test Method D 7387.

1.4 These test methods fulfill the requirements of International Organization for Standardization standards ISO 8318 and ISO 2247. The ISO standards may not meet the requirements for these methods.

1.5 The values stated in inch-pound units are to be regarded as standard. The values given in parentheses are mathematical conversions to SI units that are provided for information only and are not considered standard.

1.6 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. Specific precautionary statements are given in Section 6.

ภาคผนวก ค

ตารางผลการทดสอบ

ตารางผนวกที่ 1 ผลการทดสอบหาความเสียหายภายนอก

ชั้นที่	ซ้ำ	เปลือกถลอก 100 %	เปลือกถลอก 75 %	เปลือกถลอก 50 %	เปลือกถลอก 25 %	กลีบเลี้ยงฉีก 100 %	กลีบเลี้ยงฉีก 75 %	กลีบเลี้ยงฉีก 50 %	กลีบเลี้ยงฉีก 25 %	กลีบเลี้ยงขาด 100 %	กลีบเลี้ยงขาด 75 %	กลีบเลี้ยงขาด 50 %	กลีบเลี้ยงขาด 25 %	รอยบุ๋ม
1	1	12	22	2	13	0	5	19	23	0	0	0	10	2
1	2	6	14	6	18	1	1	16	21	0	0	0	3	2
1	3	1	17	8	21	0	0	7	27	0	0	0	1	4
2	1	1	22	5	20	0	0	12	24	1	0	0	2	2
2	2	2	17	8	23	0	0	5	29	0	0	0	2	0
2	3	0	6	9	34	0	0	11	23	0	0	0	1	0
3	1	0	17	7	21	0	0	3	28	0	0	0	0	6
3	2	0	8	7	29	0	0	7	22	0	0	0	3	0
3	3	0	12	6	29	0	0	5	30	0	0	0	4	0

ตารางผนวกที่ 2 ผลการทดสอบหาความเสียหายภายใน

	ซ้ำ	จำนวนวันที่เก็บไว้ (วัน)	เนื้อแก้ว 100% (ผล)	เนื้อแก้ว 75% (ผล)	เนื้อแก้ว 50% (ผล)	เนื้อแก้ว 25% (ผล)	ยางไหล 100% (ผล)	ยางไหล 75% (ผล)	ยางไหล 50% (ผล)	ยางไหล 25% (ผล)	เปลือกแข็ง (ผล)
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	3
1	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	5
1	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	3
1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
1	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	1
1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	3
1	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	3	8	0	0	1	0	0	0	0	1	2

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ชั้นที่	ซ้ำ	จำนวนวันที่เก็บไว้ (วัน)	เนื้อแก้ว 100% (ผล)	เนื้อแก้ว 75% (ผล)	เนื้อแก้ว 50% (ผล)	เนื้อแก้ว 25% (ผล)	ยางไหล 100% (ผล)	ยางไหล 75% (ผล)	ยางไหล 50% (ผล)	ยางไหล 25% (ผล)	เปลือกแข็ง (ผล)
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	1	6	0	0	0	0	0	0	0	1	3
2	1	8	0	0	0	2	0	0	1	0	1
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1
2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	2	0	0	0	0	0	0	1	0	3
2	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	3	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2	3	8	0	0	0	1	0	1	0	0	0

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ชั้นที่	ซ้ำ	จำนวนวันที่เก็บไว้ (วัน)	เนื้อแก้ว 100% (ผล)	เนื้อแก้ว 75% (ผล)	เนื้อแก้ว 50% (ผล)	เนื้อแก้ว 25% (ผล)	ยางไหล 100% (ผล)	ยางไหล 75% (ผล)	ยางไหล 50% (ผล)	ยางไหล 25% (ผล)	เปลือกแข็ง (ผล)
3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
3	1	2	0	0	1	0	0	0	0	1	1
3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	1	6	0	0	0	0	0	0	1	0	3
3	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	2	0	0	0	0	3	0	0	1	0	1
3	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	2	6	0	0	0	0	0	0	1	0	1
3	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	3	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1
3	3	4	0	0	0	1	0	0	1	1	1
3	3	6	0	0	0	0	1	0	0	0	1
3	3	8	0	0	0	0	0	0	0	1	2

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ชั้น	ตะกร้าที่	จำนวนวันที่เก็บไว้ (วัน)	เนื้อแก้ว 100% (ผล)	เนื้อแก้ว 75% (ผล)	เนื้อแก้ว 50% (ผล)	เนื้อแก้ว 25% (ผล)	ยางไหล 100% (ผล)	ยางไหล 75% (ผล)	ยางไหล 50% (ผล)	ยางไหล 25% (ผล)	เปลือกแข็ง (ผล)
ควบคุม	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ควบคุม	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ควบคุม	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ควบคุม	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ควบคุม	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ควบคุม	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ควบคุม	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ควบคุม	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ควบคุม	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ควบคุม	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*เปลือกถลอก กลีบเลี้ยงฉีก กลีบเลี้ยงขาด เนื้อแก้ว ยางไหล 100% คือความเสียหายที่เกิดทั้งผลมังคุด

*เปลือกถลอก กลีบเลี้ยงฉีก กลีบเลี้ยงขาด เนื้อแก้ว ยางไหล 75% คือความเสียหายที่เกิดประมาณ ¾ ของผลมังคุด

*เปลือกถลอก กลีบเลี้ยงฉีก กลีบเลี้ยงขาด เนื้อแก้ว ยางไหล 50% คือความเสียหายที่เกิดประมาณ ½ ของผลมังคุด

*เปลือกถลอก กลีบเลี้ยงฉีก กลีบเลี้ยงขาด เนื้อแก้ว ยางไหล 25% คือความเสียหายที่เกิดประมาณ ¼ ของผลมังคุด