ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

ปริญญา

วิศวกรรมเกษตร	วิศวกรรมเกษตร
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การศึกษาบรรจุภัณฑ์ของมะม่วงที่ใช้ในการขนส่งจากสวนเกษตรกร ไปยังศูนย์รวบรวมมะม่วงเพื่อการส่งออก

The Study of Mango Packaging for Transportation from Farmer Orchards to Collecting Center for Export

นามผู้วิจัย นายอธิคม จันทร์มล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์สมยศ เชิญอักษร, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์วันรัฐ อับดุลลากาซิม, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์ปนัดดา กสิกิจวิวัฒน์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภรต กุญชร ณ อยุธยา, M.Eng.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาบรรจุภัณฑ์ของมะม่วงที่ใช้ในการขนส่งจากสวนเกษตรกร ไปยังศูนย์รวบรวมมะม่วงเพื่อการส่งออก

The Study of Mango Packaging for Transportation from Farmer Orchards to Collecting Centers for Export

โดย

นายอธิคม จันทร์มล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)
พ.ศ.2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อธิคม จันทร์มล 2556: การศึกษาบรรจุภัณฑ์ของมะม่วงที่ใช้ในการขนส่งจากสวนเกษตรกรไปยังศูนย์รวบรวมมะม่วงเพื่อการส่งออก ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) สาขาวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตรจารย์สมยศ เชิญอักษร, Ph.D. 161 หน้า

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาระบบห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์มะม่วงส่งออกในเขตภาคกลางและภาคเหนือตอนล่าง ของเกษตรกรถึงผู้ส่งออก เพื่อศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานในภาพรวมและวิเคราะห์คุณค่าของในแต่ละกิจกรรมของการส่งออกมะม่วง และเสนอรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะที่ดีมีคุณภาพ เพื่อลดความเสียหายจากการขนส่งให้ได้มากที่สุด

ผลการศึกษาพบว่า การเคลื่อนย้ายผลผลิตมะม่วงเมื่อเก็บเกี่ยวจากสวนแล้วมีปลายทางที่ตลาดหลัก 3 แห่ง คือ 1. ผู้ส่งออกมะม่วงสด 2. ผู้รับซื้อและผู้รวบรวมผลผลิต และ 3. ผู้ส่งออกแปรรูป ผลผลิตที่มีเป้าหมายส่งออกตลาดบนร้อยละ 34.45 เป็นผลผลิตที่มีคุณภาพสูง จำหน่ายแก่ผู้ส่งออกผลสดในราคา 65 บาทต่อกิโลกรัม ร้อยละ 9.63 จำหน่ายแก่ผู้ส่งออกแปรรูปในสองราคาที่ 50 และ 35 บาทต่อกิโลกรัมในสัดส่วนอย่างละครึ่ง และที่เหลืออีกร้อยละ 55.92 จำหน่ายในประเทศในสามราคาที่ 50, 35 และ 20 บาทต่อกิโลกรัม ในสัดส่วนร้อยละ 20, 50 และ 30 ตามลำดับ การสูญเสียรายได้ส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมการขนส่ง และกิจกรรมการเคลื่อนย้ายที่ทำให้เกิดการกระแทกและการเสียดสี ระหว่างผลผลิตและตะกร้าซึ่งก่อให้เกิดความช้ำปรากฏที่ผิวและเปลือก วิธีการจัดการบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณภาพสามารถช่วยลดต้นทุนโลจิสติกส์ได้

ผลการทดสอบความเสียหายเชิงกลของมะม่วงในบรรจุภัณฑ์ตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กและตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับด้านบน พบว่า สำหรับตะกร้าแบบมีบ่าเหล็กที่มีการจัดเรียงแบบไม่มีการซ้อนกัน ความเสียหายและปริมาตรความช้ำจะมีค่าน้อยกว่าตะกร้าแบบมีฐานรองรับด้านบน 36.83% แต่เมื่อมีการจัดเรียงแบบซ้อนกันตะกร้าแบบมีบ่าเหล็กมีความเสียหายมากกว่าตะกร้าแบบมีฐานรองรับด้านบน 18.27%

สำหรับการทดสอบหาค่าความเร่งสูงสุดในการปล่อยตกของตะกร้าแบบมีบ่าเหล็กซึ่งบรรจุมะม่วงไม่เกินขอบบนของตะกร้า น้ำหนักรวม 25 กิโลกรัม ปล่อยตกในระดับความสูง 2 ถึง 10 เซนติเมตร โดยใช้วัสดุกันกระแทกได้แก่ แผ่นฟองน้ำ แผ่นยางฟองน้ำ แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์ และกระดาษฝอย ที่มีความหนาต่างกัน รองก้นและปิดด้านบนตะกร้า พบว่า แผ่นฟองน้ำที่มีความหนา 2 เซนติเมตรให้ค่าน้อยที่สุดทั้งค่าความเร่งสูงสุดและค่าพลังงานในการกระแทก

_____ _____ ____/____/____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Atikom Janmol 2013: The Study of Mango Packaging for Transportation from Farmer Orchards to Collecting Centers for Export. Master of Engineering (Agricultural Engineering) Major Field: Agricultural Engineering, Department of Agricultural Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Somyot Chirnaksorn, Ph.D. 161 pages.

This research aims to study the system of supply chain and logistics in mango exporting from local farmers to exporters in Central Thailand as well as the lower part of Northern Thailand. The objectives are to study the holistic operational process and analyze the value in each activity related to mango export and to present the good type of high quality packaging in order to minimize as much as possible the damage risks during transportation.

The result of this research indicated that the transportation of mango production after harvested from farms had 3 main market destinations: 1. Fresh mango exporters, 2. product buyers and collectors and 3. processing exporters. The products aiming to be exported to top markets at 34.45 percent were the products of high quality that were sold to fresh fruit exporters at a price of 65 baht per kilogram. 9.63 percent of the products were sold to processing exporters at two prices of 50 and 35 baht per kilogram in proportion of each half. And the remaining 55.92 per cent were sold in domestic at the prices of 50, 35 and 20 baht per kilogram in proportion of 20, 50 and 30 percent respectively. Most of income loss resulted from transport and handling activities which caused impact and scratching between the product and a basket and caused bruises to appear on the skin and shell. A method of quality packaging management could help reduce the logistics cost.

Results of mechanical damage of mango packaging in plastic baskets with steel shoulders and plastic baskets with the mounting base on top showed that for the baskets with steel shoulder using no stacked arrangement, the damage and the bruised volume were less than the baskets with the mounting base on top at 36.83%, but when using stacked arrangement the baskets with steel shoulder damaged more than the baskets with the mounting base on top at 18.27%.

In case of drop tests to find the maximum acceleration of baskets with steel shoulder containing mango under the top edge of the basket, total weight of 25 kg, dropping in height from 2 to 10 cm using cushioning material including sponge sheet, sponge rubber sheet, Arrow flex rubber sheet, and shredded paper with different thickness, grooving at bottom and topping off the basket, it was found that the sponge sheet with a thickness of 2 cm showed the minimum values of both the maximum acceleration and the impact energy.

_____ _____ ____/____/____

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ดร. สมยศ เชิญอักษร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร.วันรัฐ อับดุลลากาซิม และอาจารย์ ดร.ปนัดดา กสิกิจวิวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ได้ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ ให้การสนับสนุน ทั้งในด้านในการเรียน และการค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ แนะนำแนวทางในการทำงานวิจัย และช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน ที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ในการทดสอบ และขอขอบคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ นิสิตปริญญาโทที่ให้ความช่วยเหลือในการทดสอบ และการเก็บข้อมูลการทดลอง

และท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยดูแล ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ให้กำลังใจ และสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

อธิคม จันทร์มล

พฤษภาคม 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(10)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	32
อุปกรณ์	32
วิธีการ	33
ผลและวิจารณ์	44
สรุปและข้อเสนอแนะ	112
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	114
ภาคผนวก	121
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	161

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความต้านทานแรงกดของภาชนะบางชนิดที่ใช้ในประเทศไทย	11
2	แสดงคุณสมบัติเชิงกลของฟองน้ำพีวีเอ (PVA Sponge)	30
3	การทดสอบการปล่อยตก	38
4	แสดงสัดส่วนต้นทุนในแต่ละกิจกรรมที่เกษตรกรเป็นผู้รับผิดชอบ	49
5	แสดงสัดส่วนต้นทุนเฉลี่ยในแต่ละกิจกรรมการเก็บเกี่ยวที่เกษตรกรเป็นผู้รับผิดชอบ	52
6	ต้นทุนการตลาดมะม่วงน้ำดอกไม้ของผู้ส่งออกจากเกษตรกรถึงผู้นำเข้าประเทศญี่ปุ่น ปี 2553	57
7	ต้นทุนการขนส่งและต้นทุนรวมของการขนส่งมะม่วงในส่วนของเกษตร	63
8	ต้นทุนการขนส่งและต้นทุนรวมของการขนส่งมะม่วงที่การบรรทุกน้ำหนักต่าง ๆ	64
9	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนักปล่อยตก 5 กิโลกรัม	70
10	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนักปล่อยตก 15 กิโลกรัม	70
11	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัม	71
12	เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักปล่อยตก 5 กิโลกรัม กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร	73
13	เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักปล่อยตก 15 กิโลกรัม กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร	73
14	เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร	74
15	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0 เซนติเมตร กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร	76
16	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำ 2 เซนติเมตร กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร	77
17	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำ 4 เซนติเมตร กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร	77
18	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำ 6 เซนติเมตร กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร	78
19	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร	80
20	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร	80
21	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร	81

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
22	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร	81
23	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร	82
24	เปรียบเทียบระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 0.5 เซนติเมตร	84
25	เปรียบเทียบระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.0 เซนติเมตร	85
26	เปรียบเทียบระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.5 เซนติเมตร	86
27	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร	87
28	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร	88
29	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร	88
30	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร	89
31	เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร	89
32	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ทดสอบ	92
33	เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุกระดาษฝอย	93
34	เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้แผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร	94
35	เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้แผ่นฟองน้ำหนา 4 เซนติเมตร	95
36	เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้แผ่นฟองน้ำหนา 6 เซนติเมตร	96
37	เปรียบเทียบระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้ากับแผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 เซนติเมตร	97
38	เปรียบเทียบระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้ากับแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 เซนติเมตร	98
39	เปรียบเทียบระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้ากับแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 เซนติเมตร	99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

40 เปรียบเทียบระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้ากับแผ่นแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 เซนติเมตร 100
41 เปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตก 2 เซนติเมตร 101
42 เปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตก 4 เซนติเมตร 103
43 เปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตก 6 เซนติเมตร 104
44 เปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตก 8 เซนติเมตร 105
45 เปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตก 10 เซนติเมตร 106
46 เปรียบเทียบแรงกระแทกสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร น้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม 110
47 เปรียบเทียบพลังงานกระแทกสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร น้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม 110

ตารางผนวกที่ **หน้า**

1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนัก 5 กิโลกรัม 122
2 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนัก 5 กิโลกรัม 122
3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนัก 15 กิโลกรัม 123
4 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัม 123
5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนัก 5 กิโลกรัม 124
6 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัม 124
7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่น้ำหนัก 5 กิโลกรัม 125
8 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่น้ำหนัก 5 กิโลกรัม 125

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่น้ำหนัก 15 กิโลกรัม 126
10 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่น้ำหนัก 15 กิโลกรัม 126
11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัม 127
12 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัม 127
13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0 เซนติเมตร 128
14 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0 เซนติเมตร 128
15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 2 เซนติเมตร 129
16 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 2เซนติเมตร 129
17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 4 เซนติเมตร 130
18 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 4 เซนติเมตร 130
19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 6 เซนติเมตร 131
20 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 6 เซนติเมตร 131
21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร 132
22 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร 132
23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร 133
24 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร 133

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร 134
26 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร 134
27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร 135
28 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร 135
29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร 136
30 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร 136
31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 0.5 เซนติเมตร 137
32 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 0.5 เซนติเมตร 137
33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.0 เซนติเมตร 138
34 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.0 เซนติเมตร 138
35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.5 เซนติเมตร 139
36 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.5 เซนติเมตร 139
37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร 140
38 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร 140
39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร 141
40 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร 141

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร 142
42 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร 142
43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร 143
44 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร 143
45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร 144
46 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร 144
47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างวัสดุที่ใช้รองพื้นตะกร้า 145
48 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างวัสดุที่ใช้รองพื้นตะกร้า 145
49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกกับทุกวัสดุ 146
50 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกกับทุกวัสดุ 146
51 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า 147
52 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า 147
53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทกระดาษฝอย 148
54 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทกระดาษฝอย 148
55 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร 149
56 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร 149
57 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นฟองน้ำหนา 4 เซนติเมตร 150

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

58 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติก ประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นฟองน้ำหนา 4 เซนติเมตร 150

59 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นฟองน้ำหนา 6 เซนติเมตร 151

60 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติก ประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นฟองน้ำหนา 6 เซนติเมตร 151

61 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 เซนติเมตร 152

62 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติก ประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 เซนติเมตร 152

63 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 เซนติเมตร 153

64 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติก ประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 เซนติเมตร 153

65 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 เซนติเมตร 154

66 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติก ประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 เซนติเมตร 154

67 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์ หนา 1.0 เซนติเมตร 155

68 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติก ประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 เซนติเมตร 155

69 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร 156

70 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้าปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร 156

71 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร 157

72 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้าปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร 157

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

73 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร 158

74 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้าปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร 158

75 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร 159

76 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้าปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร 159

77 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร 160

78 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้าปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร 160

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขั้นตอนในการส่งออกมะม่วงของไทย	5
2	แสดงองค์ประกอบของระบบโลจิสติกส์และการจัดการที่เกี่ยวข้อง	7
3	บทบาทของโลจิสติกส์	8
4	ระบบ มวล - สปริง - แดมเพอร์ (mass - spring - damper)	19
5	แดมเพอร์ (Damper)	20
6	ระบบ มวล – สปริง – แดมเพอร์ และสภาวะเริ่มต้นของระบบ	21
7	แสดงหลักการกระแทก	21
8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรง (F) กับเวลา (t)	25
9	กราฟแสดงความแตกต่างระหว่างแรงกระแทกบนพื้นแข็งกับแรงกระแทกที่มีวัสดุกันกระแทกรองรับ	26
10	สัญญาณแรงกระแทก	27
11	ตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็ก	35
12	ตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับ	36
13	เครื่องจำลองการสั่นสะเทือนสำหรับทดสอบบรรจุภัณฑ์	36
14	การจำลองการสั่นสะเทือนของตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กมีการจัดเรียงไม่ซ้อนกัน	37
15	การจำลองการสั่นสะเทือนของตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับจัดเรียงแบบซ้อนกัน	37
16	ลักษณะรอยช้ำมะม่วงที่ทิ้งไว้ ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง	38
17	วัสดุรองก้นตะกร้าแผ่นฟองน้ำ	39
18	วัสดุรองก้นตะกร้าแผ่นยางฟองน้ำ	39
19	วัสดุรองก้นตะกร้าแผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์	39
20	วัสดุรองก้นตะกร้ากระดาษฝอย	40
21	หัววัดสัญญาณความเร่ง (Accelerometer)	40
22	เครื่องบันทึกเอนกประสงค์ (Universal Recorder)	40
23	การติดตั้งหัววัดสัญญาณความเร่งที่จุดกึ่งกลางของชุดทดสอบ	41
24	การจำลองการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติก	42
25	ลักษณะการบันทึกสัญญาณการทดลองปล่อยตก และการแสดงผลค่า ณ เวลาต่าง ๆ	42
26	ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ และความเร่ง	43
27	การใช้โปรแกรม Excel ในการปรับแก้ข้อมูล	43
28	สรุปโครงสร้างของโลจิสติกส์มะม่วง	44
29	สรุปภาพรวมห่วงโซ่อุปทานของการเคลื่อนย้ายมะม่วงส่งออก	47
30	แสดงสัดส่วนต้นทุนของกิจกรรมการเก็บเกี่ยวที่เกษตรกรเป็นผู้รับผิดชอบ	50
31	แสดงสัดส่วนต้นทุนของกิจกรรมการขนย้ายที่เกษตรกรเป็นผู้รับผิดชอบ	51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
32	แสดงสัดส่วนต้นทุนของกิจกรรมการคัดคุณภาพเบื้องต้นที่เกษตรกรเป็นผู้รับผิดชอบ	51
33	แสดงสัดส่วนต้นทุนเฉลี่ยในแต่ละกิจกรรมการเก็บเกี่ยวที่เกษตรกรเป็นผู้รับผิดชอบ	52
34	ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรภาพรวม	53
35	ผู้มีบทบาทสำคัญในห่วงโซ่อุปทานในเชิงปริมาณการผ่านของผลผลิตเฉพาะที่มีเป้าหมายในการส่งออกตลาดบน	53
36	สัดส่วนผลผลิตจากสวนเกษตรกรไปสู่ตลาดต่าง ๆ	54
37	สัดส่วนผลผลิตเฉพาะส่วนที่มีเป้าหมายส่งออกตลาดบน	54
38	แสดงสัดส่วนและรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตที่ผ่านศูนย์รวบรวมของกลุ่ม	55
39	รูปแบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานของผู้ส่งออกที่มีโรงอบไอน้ำ	58
40	รูปแบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานของผู้ส่งออกที่ไม่มีโรงอบไอน้ำ	59
41	ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการขนส่งกับต้นทุนรวม	65
42	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรถบรรทุกกับต้นทุนรวม	65
43	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับต้นทุนรวม	66
44	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของตะกร้าพลาสติก	68
45	ค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นการบรรจุ	68
46	ลักษณะของอาการช้ำหลังจากทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง	69
47	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งสูงสุด น้ำหนักที่ใช้ในการปล่อยตกและความหนาของแผ่นฟองน้ำ	71
48	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักปล่อยตก และระยะการปล่อยตกของตะกร้า	75
49	เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นฟองน้ำที่มีความหนา 0, 2, 4 และ 6 เซนติเมตร ในระดับความสูงของการปล่อยตก 2 - 10 เซนติเมตร	79
50	เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นฟองน้ำหนา 0 เซนติเมตร กับแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร ในระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 - 10 เซนติเมตร	83
51	เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นยางฟองน้ำที่มีความหนา 0.5, 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร ในระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 - 10 เซนติเมตร	86
52	เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นยางฟองน้ำ ที่น้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม ความหนา 1.5, 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร ในระยะปล่อยตก 2 – 10 เซนติเมตร	90
53	เปรียบเทียบ ค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นยางฟองน้ำ ที่น้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม หนา 0.5, 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร กับฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร ในระยะปล่อยตกของตะกร้าระดับเดียวกัน	90
54	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ทดสอบ	93
55	เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดกระดาษฝอย	94

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
56	เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร	95
57	เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดแผ่นฟองน้ำหนา 4 เซนติเมตร	96
58	เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดแผ่นฟองน้ำหนา 6 เซนติเมตร	97
59	เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดแผ่นยางฟองน้ำ หนา 0.5 เซนติเมตร	98
60	เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดแผ่นยางฟองน้ำ หนา 1.0 เซนติเมตร	99
61	เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดแผ่นยางฟองน้ำ หนา 1.5 เซนติเมตร	100
62	เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดแผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์ หนา 1.0 เซนติเมตร	101
63	ค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้ทดสอบกับระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร	102
64	ค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้ทดสอบกับระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร	103
65	ค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้ทดสอบกับระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร	104
66	ค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้ทดสอบกับระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร	106
67	ค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้ทดสอบกับระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร	107
68	แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุทดสอบต่างชนิดกันที่ระยะ ปล่อยตกของตะกร้า 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร	108
69	เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของฟองน้ำที่มีความหนา 0, 2, 4 และ 6 เซนติเมตร	109
70	เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นฟองน้ำที่มีความหนา 0, 2, 4 และ 6 เซนติเมตร	109

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาบรรจุภัณฑ์ของมะม่วงที่ใช้ในการขนส่งจากสวนเกษตรกร ไปยังศูนย์รวบรวมมะม่วงเพื่อการส่งออก

The Study of Mango Packaging for Transportation from Farmer Orchards to Collecting Centers for Export

คำนำ

การจัดการโลจิสติกส์มีความสำคัญต่อการดำเนินการทางธุรกิจ โดยเฉพาะภายใต้ภาวะการแข่งขันที่รุนแรงในปัจจุบัน ปัญหาด้านการจัดการโลจิสติกส์ที่ไม่มีประสิทธิภาพสามารถส่งผลต่อต้นทุนที่สูงขึ้น การวางแผนการบริหารจัดการตั้งแต่วัตถุดิบจนเป็นสินค้าสำเร็จที่มีคุณภาพ โดยใช้กระบวนการโลจิสติกส์ ซึ่งประกอบไปด้วยการเคลื่อนย้ายผลผลิตหรือวัสดุที่คล่อง และข้อมูลข่าวสารที่สามารถส่งต่อถึงกันได้ทั้งห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่กลุ่มเกษตรกรไปถึงผู้ประกอบการส่งออกจนกระทั่งถึงลูกค้า จะสามารถส่งผลต่อผลผลิตที่ไปยังลูกค้าได้ทันตามความต้องการ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม สินค้าออกหลักของประเทศคือ สินค้าเกษตรกรรม ดังนั้นหากพัฒนาศักยภาพของผลผลิต และรวมไปถึงการจัดการด้านโลจิสติกส์ที่ดีย่อมส่งผลต่อการขยายตลาดการส่งออกเพิ่มขึ้น และลดต้นทุนที่สิ้นเปลืองโดยไม่จำเป็นได้

ในปัจจุบันมะม่วงเป็นผลไม้ที่ได้รับความสนใจจากเกษตรกรอย่างกว้างขวาง เพราะเป็นพืชที่ปลูกง่ายขึ้นได้ดีในสภาพดินแทบทุกชนิด ผลมีรสชาติที่อร่อยสามารถรับประทานได้ทั้งผลดิบ และผลสุกมีการปลูกกันอย่างแพร่หลายในทั่วทุกภาคของประเทศไทย นอกจากนี้มะม่วงยังเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกร และสร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนไม่น้อยต่อปี โดยมีการส่งออกไปยังประเทศต่าง ๆ ทั้งในทวีปเอเชีย และทวีปยุโรป มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นที่ต้องการในตลาดญี่ปุ่นเป็นอย่างมาก มีลักษณะเด่นคือ เป็นพันธุ์ที่มีผลใหญ่ กลิ่นหอม รสชาติหวาน แต่ก็มีลักษณะด้อยคือ มีเปลือกบาง ผลช้ำเป็นรอย และเกิดโรคได้ง่าย

การศึกษากิจกรรมโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการส่งออกมะม่วง ตั้งแต่ศูนย์รวบรวมผลผลิตไปยังตลาดเป้าหมายหลักจากประเทศไทย จึงเป็นสิ่งจำเป็นยิ่งในการหาแนวทาง และพัฒนาศักยภาพของการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้ของไทย อย่างไรก็ตามการเก็บเกี่ยวมะม่วงเกษตรกรจะเด็ดมะม่วงด้วยมือแล้วนำมะม่วงมาบรรจุลงในตะกร้าที่มีกระดาษหนังสือพิมพ์รองพื้นก้นตะกร้า เพื่อป้องกันไม่ให้ผลมะม่วงเสียดสีกับพื้นตะกร้าโดยตรง ในการขนส่งเกษตรกรจะใช้รถกระบะ 4 ล้อ ในการขนส่งโดยวางซ้อนบรรจุภัณฑ์มะม่วงเป็นชั้นประมาณ 3 – 4 ชั้น ในระหว่างการขนส่งถ้าเกษตรกรบรรจุมะม่วงในบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสม หรือสภาพถนนที่ไม่ดีก็จะทำให้มะม่วงเกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากการเสียดสี แรงสั่นสะเทือน แรงกระแทก และแรงกดทับ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในระหว่างการขนส่งมะม่วง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการศึกษาบรรจุภัณฑ์ของผลไม้บางชนิด พบว่าเกษตรกรมีวิธีการบรรจุผลไม้ในตะกร้าพลาสติกที่รองก้นตะกร้าด้วยแผ่นฟองน้ำ ดังนั้นการรองพื้นก้นตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กด้วยแผ่นฟองน้ำ และการใช้แผ่นฟองน้ำปิดด้านบนตะกร้าจะช่วยป้องกันการเสียดสีระหว่างผลมะม่วงกับตะกร้าทั้งด้านล่าง และด้านบนของตะกร้าที่ซ้อนกันจะช่วยลดแรงกระแทก ช่วยป้องกันความเสียหายของมะม่วง และเพิ่มประสิทธิภาพบรรจุภัณฑ์ของมะม่วงในการขนส่งจากสวนเกษตรกรไปยังศูนย์รวบรวมมะม่วงเพื่อการส่งออก ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการแก้ปัญหาความเสียหายที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการขนส่งมะม่วง และช่วยลดต้นทุนกับค่าใช้จ่ายของเกษตรกร เพราะแผ่นฟองน้ำมีราคาถูก ทำความสะอาดง่าย และยังสามารถนำกลับมาใช้ได้หลายครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานในภาพรวม และวิเคราะห์คุณค่าของในแต่ละกิจกรรมของการส่งออกมะม่วง

2. เพื่อเสนอรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะที่ดีมีคุณภาพ เพื่อลดความเสียหายจากการขนส่งให้ได้มากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

มะม่วง

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) ในทางพฤกษศาสตร์จัดมะม่วงอยู่ในวงศ์ อะนาคาร์ดิอาซีอี (Anacardiaceae) พืชในวงศ์นี้ส่วนมากอยู่ในเขตร้อนเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในอินเดีย เพราะที่ภูมิภาคนั้นมีความหลากหลายทางพันธุกรรม มะม่วงมีความแตกต่างประมาณ 49 สายพันธุ์ กระจายอยู่ตามประเทศในเขตร้อนตั้งแต่ประเทศอินเดียไปจนถึงประเทศฟิลิปปินส์ จากนั้นจึงแพร่หลายไปทั่วโลก มะม่วงเป็นไม้ผลพุ่มขนาดกลาง ใบโตยาวปลายแหลม ขอบใบเรียบ ใบอ่อนสีแดง ออกดอกเป็นช่อตามปลายกิ่ง ดอกขนาดเล็กสีขาว ผลอ่อนสีเขียว ผลแก่สีเหลือง เมล็ดแบน และเปลือกหุ้มเมล็ดแข็ง

มะม่วงเป็นผลไม้เศรษฐกิจของประเทศไทยที่มีศักยภาพในการผลิตและส่งออกสูง ปัจจุบันไทยเป็นผู้ส่งออกมะม่วงอันดับ 3 ของโลกรองจากฟิลิปปินส์ และเม็กซิโก ประเทศไทยมีปริมาณผลผลิตมะม่วงต่อไร่เพียง 1.01 ตันต่อไร่ ซึ่งในขณะที่ประเทศอื่นมีผลผลิตได้สูงถึง 1.97 - 1.35 ตันต่อไร่ ดังนั้นมะม่วงของไทยยังมีโอกาสในการพัฒนาขีดความสามารถและศักยภาพในการผลิตเพื่อใช้ในการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก รวมทั้งมะม่วงยังสามารถสร้างรายได้ให้เกษตรกรชาวสวนมะม่วงเป็นอย่างมาก ความต้องการบริโภคมะม่วงภายในประเทศและต่างประเทศนับวันจะเพิ่มสูงมากขึ้น มะม่วงจะมีปริมาณการบริโภคภายในประเทศค่อนข้างสูง แต่ราคาของมะม่วงไม่เคยมีปัญหาเหมือนกับพืชประเภทอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยเหลายประการที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของความสมดุลระหว่างปริมาณผลผลิตที่ได้ในแต่ละปี และความต้องการบริโภคภายในประเทศประกอบกับเทคโนโลยีการควบคุมการออกดอกที่ได้รับการพัฒนามาถึงขั้นที่สามารถกระจายผลผลิตได้ทั้งปีทำให้ปัญหามะม่วงล้นตลาดไม่เกิดขึ้น รวมทั้งคนไทยยังมีการบริโภคมะม่วงเป็นผลไม้หลัก ดังนั้นการเพิ่มช่องทางการส่งออกมะม่วงจะเป็นการเพิ่มรายได้เข้าประเทศ และรายได้สู่เกษตรกร

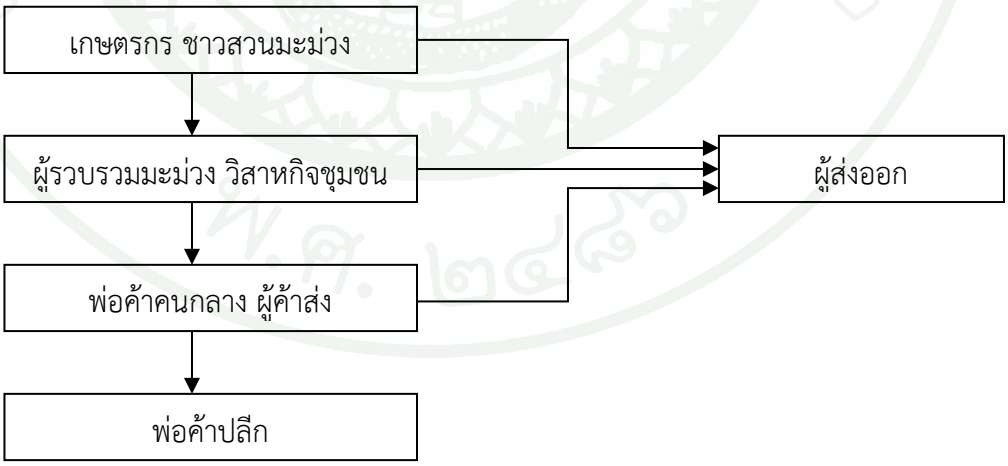
มะม่วงเป็นไม้ผลที่สามารถปลูกได้ผลดีในทุกภาคของประเทศไทย ยกเว้นภาคใต้ซึ่งออกดอกติดผลค่อนข้างยาก กรมส่งเสริมการเกษตร (2555ก.) ได้รายงานผลผลิตโดยรวมของมะม่วงในประเทศไทย ปี 2554 มีพื้นที่ให้ผลผลิต 2,019,980 ไร่ และผลผลิตรวม 2,793,640 ตัน เฉลี่ย 1,383 กิโลกรัมต่อไร่ แหล่งเพาะปลูกที่สำคัญได้แก่ ฉะเชิงเทรา ราชบุรี อุทัยธานี พิจิตร พิษณุโลก เชียงใหม่ นครราชสีมา ขอนแก่น และประจวบคีรีขันธ์ พันธุ์มะม่วงที่เป็นการค้าแบ่งเป็น 2 ประเภท สำหรับรับประทานผลสด ได้แก่ พันธุ์น้ำดอกไม้ เขียวเสวย ฟ้าลั่น แรด หนังกลางวัน และสำหรับแปรรูป ได้แก่ มะม่วงแก้ว ปี 2554 มูลค่าส่งออกมะม่วงของประเทศไทยรวม 1,576 ล้านบาท โดยส่งออกเป็นมะม่วงสดแช่เย็นมูลค่า 699.9 ล้านบาท และมะม่วงกระป๋องมูลค่า 876.1 ล้านบาท ตลาดส่งออกมะม่วงสดที่สำคัญได้แก่ ญี่ปุ่น เวียดนาม มาเลเซีย เกาหลีใต้ จีน ลาว ฮ่องกง ส่วนมะม่วงกระป๋องตลาดส่งออกที่สำคัญได้แก่ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร ออสเตรเลีย ฝรั่งเศส เยอรมนี (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2555) ชนิดของมะม่วงสดที่ส่งออกมากได้แก่ เขียวเสวย หนังกลางวัน โชคอนันต์ น้ำดอกไม้ แรด และอกร่อง ซึ่งการส่งออกนับเป็น 2 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตมะม่วงทั้งหมดนับว่าน้อยมาก ซึ่งประเทศไทยยังมีศักยภาพสามารถ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่งออกได้มากกว่านี้ ความต้องการมะม่วงโดยเฉพาะพันธุ์น้ำดอกไม้นับว่าเป็นที่ชื่นชอบอย่างมากในต่างประเทศ แต่ก็ยังมีปัญหาในการส่งออกหลายประการ เช่นคุณภาพของวัตถุดิบที่จะส่งยังไม่ดีเท่าที่ควรอายุการเก็บรักษาสั้น ปัจจัยที่ทำให้เกิดความเสียหาย ค่าขนส่งทางอากาศไปยุโรปและสหรัฐอเมริกาสูงทำให้ต้องเพิ่มค่าใช้จ่าย เป็นต้น

ในปัจจุบันมะม่วงที่นิยมเพาะปลูกเพื่อการส่งออกจะต้องมีขั้นตอนการดำเนินงานในแต่ละกระบวนการ เช่น การคัดเกรด การบรรจุ การตรวจสอบ การเก็บรักษา และการขนส่ง เป็นต้น ในทุกกระบวนการที่เกิดขึ้นล้วนมีระยะเวลาในการดำเนินงานแตกต่างกันไป ซึ่งมะม่วงเป็นสินค้าที่เน่าเสียง่าย และมีระยะเวลาในการเก็บรักษาจำกัด การจัดการกระบวนการขนส่งจึงเป็นกิจกรรมหลัก ซึ่งก่อให้เกิดต้นทุนในการดำเนินการ จะเห็นว่าในด้านสัดส่วนต้นทุนของเกษตรกรในช่วงการเก็บเกี่ยวไปถึงการรับซื้อผลผลิต คือ 3.99 บาทต่อกิโลกรัม พบว่ามีต้นทุนหลักคือ ต้นทุนการเก็บเกี่ยว ต้นทุนการคัดเลือกผลผลิตเบื้องต้น และต้นทุนการขนย้ายจากสวนไปยังศูนย์รวบรวม เป็นร้อยละ 73.72, 15.39 และ 10.89 ตามลำดับ (สมยศ และคณะ, 2554) ซึ่งปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญในการขนส่งมะม่วงที่มักพบอยู่เสมอได้แก่ ปัญหาด้านการขนย้ายจากสวนไปยังศูนย์รวบรวมไม่ได้ตามมาตรฐาน คุณภาพต่ำทำให้เกิดการสูญเสียภายหลังการส่งออกตามมา

ขั้นตอนในการส่งออกมะม่วงของไทย ผู้ส่งออกที่มีสวนของตนเองจะดำเนินการส่งออกมะม่วงที่มีคุณภาพตามมาตรฐานการส่งออกมะม่วงโดยตรงหรือจะขายผ่านวิสาหกิจชุมชน หรือพ่อค้าคนกลางเพื่อส่งออกอีกทอดหนึ่ง ส่วนมะม่วงที่มีคุณภาพไม่ผ่านตามมาตรฐานก็จะนำมาขายกับพ่อค้าปลีกเพื่อนำไปขายในตลาดที่อยู่ในประเทศต่อไปตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนในการส่งออกมะม่วงของไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัญหาที่สำคัญในการส่งออกมะม่วงที่มักพบอยู่เสมอ ได้แก่ ปัญหาด้านคุณภาพผลผลิตมะม่วงไม่สม่ำเสมอมีทั้งผลแก่ และผลอ่อนปะปนอยู่ในกล่องบรรจุเดียวกัน ปัญหาต้นทุนการผลิตและการขนส่งอยู่ในระดับที่สูง ปัญหาในเรื่องผลผลิตที่ออก คือประมาณเดือนมีนาคม - พฤษภาคม เป็นช่วงที่ผลไม้ชนิดอื่นออกมามากทำให้ราคาตกต่ำ นอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านการบรรจุหีบห่อไม่ได้มาตรฐานคุณภาพต่ำทำให้เกิดการสูญเสียภายหลังการส่งออกตามมา

ระบบโลจิสติกส์จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อมะม่วงที่ปลูกเพื่อการส่งออก เนื่องจากการส่งออกจะต้องมีระยะเวลาในดำเนินงานในแต่ละกระบวนการ การเคลื่อนย้ายมะม่วงจากสวนของเกษตรกรหรือกลุ่มผู้รวบรวมมะม่วงเพื่อการส่งออกไปยังบริษัทที่ทำการส่งออกไปยังประเทศต่าง ๆ การคัดเกรด การบรรจุ การตรวจสอบ การเก็บรักษา และการขนส่งทุกกระบวนการที่เกิดขึ้นล้วนมีระยะเวลาในการดำเนินงานแตกต่างกันไป ซึ่งมะม่วงเป็นสินค้าที่เน่าเสียง่าย และมีระยะเวลาในการเก็บรักษาจำกัด ฉะนั้นการบริหารจัดการกิจกรรมของโลจิสติกส์จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการกำหนดคุณภาพของมะม่วงที่ส่งมอบ ณ ประเทศปลายทาง ในส่วนของการขนส่งที่จัดว่าเป็นกิจกรรมหลัก และก่อให้เกิดต้นทุนและเวลาในการดำเนินการ ถ้าเราอยากจะตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดีนั้น การวางแผนระบบโลจิสติกส์จึงเป็นงานที่มีความสำคัญต่อการขนส่ง เพราะถ้าการวางแผนมีความผิดพลาดจะส่งผลให้การขนส่งผิดพลาดเช่นกัน ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลา (ธเนศ, 2549)

โซ่อุปทาน

โซ่อุปทาน (Supply Chain) คือ โครงสร้างขององค์กรที่เกี่ยวข้องกันโดยมีการเชื่อมต่อในกระบวนการที่แตกต่างกัน ซึ่งให้ผลลัพธ์ในรูปของผลิตภัณฑ์และการบริการที่จะส่งไปยังผู้บริโภค ซึ่งเป็นลำดับสุดท้าย การจัดการโซ่อุปทานเป็นการประสานงานของกิจกรรมต่าง ๆ ระหว่างผู้ขายกับผู้ผลิต และผู้ผลิตกับลูกค้า เพื่อที่จะนำสินค้าและบริการไปตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ทันเวลาและเชื่อถือได้ การจัดการโซ่อุปทานที่มีประสิทธิภาพจะทำให้เกิดความได้เปรียบในเชิงแข่งขัน อีกทั้งยังก่อให้เกิดความสมดุลระหว่างความพึงพอใจสูงสุดของลูกค้าและต้นทุนที่ต่ำสุดได้

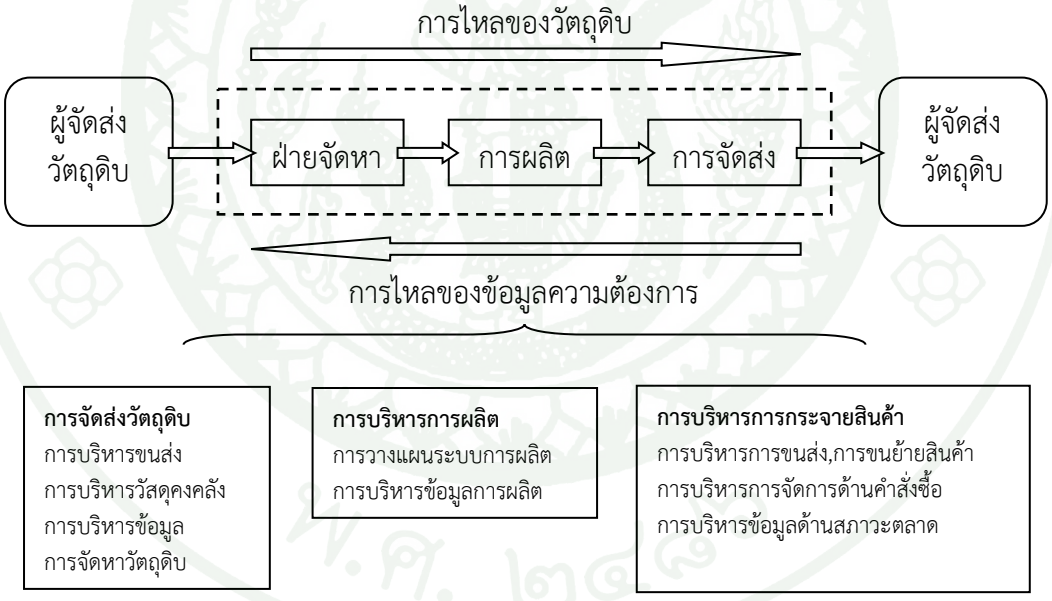
โซ่อุปทานจะประกอบไปด้วยขั้นตอนทุก ๆ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรง และทางอ้อมที่มีต่อการตอบสนองความต้องการของลูกค้า ซึ่งไม่เพียงแต่อยู่ในส่วนของผู้ผลิตและผู้จัดส่งวัตถุดิบเท่านั้น แต่รวมถึงส่วนของผู้ขนส่ง คลังสินค้า พ่อค้าคนกลาง และลูกค้าอีกด้วย ซึ่งสิ่งที่เป็นตัวเชื่อมองค์ประกอบต่าง ๆ ในโซ่อุปทานคือ สายสัมพันธ์ทางธุรกิจตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ ซึ่งการมีสายสัมพันธ์ที่ดีในทางธุรกิจจะทำให้เกิดความไว้วางใจนำไปสู่การเป็นพันธมิตรทางธุรกิจ และจะทำให้การดำเนินงานภายในโซ่อุปทานเป็นผลในทางปฏิบัติมากขึ้น ทั้งนี้การดำเนินงานภายใต้โซ่อุปทานจะพิจารณาถึงผลการดำเนินงานในระยะยาวของธุรกิจที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ร่วมกันของทุกฝ่าย และจะต้องมีกลยุทธ์ในการแข่งขันคือ การระบุความต้องการของลูกค้าต่าง ๆ ซึ่งองค์กรจะต้องตอบสนองความต้องการนั้นการที่จะนำโซ่อุปทานเข้ามาประยุกต์ใช้ในการส่งออกมะม่วง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โลจิสติกส์

โลจิสติกส์ (Logistics) หมายถึง กิจกรรมเกี่ยวกับการจัดการลำเลียงสินค้าเพื่อให้เกิดต้นทุนโดยรวมในการกระจายสินค้าต่ำสุด ตั้งแต่กระบวนการจัดหาวัตถุดิบไปสิ้นสุด ณ จุดที่มีการบริโภค โดยมีการบริการและการบริหารข้อมูลเป็นปัจจัยสนับสนุนที่ช่วยให้การดำเนินงานสามารถบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบที่โลจิสติกส์เข้าไปมีบทบาทนั้น เริ่มต้นตั้งแต่จากผู้จัดส่งวัตถุดิบไปสู่การผลิตผ่านไปยังผู้กระจายสินค้าไปยังลูกค้า ซึ่งจะเห็นว่ามีคุณค่าที่เพิ่มขึ้นในตัวผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการเคลื่อนย้ายจากกระบวนการเพิ่มคุณค่าหนึ่งไปอีกกระบวนการเพิ่มคุณค่าหนึ่ง ดังนั้นโลจิสติกส์จะเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ และการสร้างมูลค่าเพิ่มเข้าไปในวัตถุที่เคลื่อนที่ในระบบ

ระบบโลจิสติกส์ครอบคลุมเริ่มต้นจากผู้จัดส่งวัตถุดิบไปสู่ผู้ผลิต ส่งต่อไปยังผู้กระจายสินค้าและผู้ขาย สิ้นสุดปลายทางที่ลูกค้า ซึ่งในแต่ละส่วนมีกิจกรรมการดำเนินการต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการไหลส่งผ่านวัตถุดิบและกิจกรรมที่สร้างมูลค่าเพิ่มสินค้า ดังแสดงในภาพที่ 2

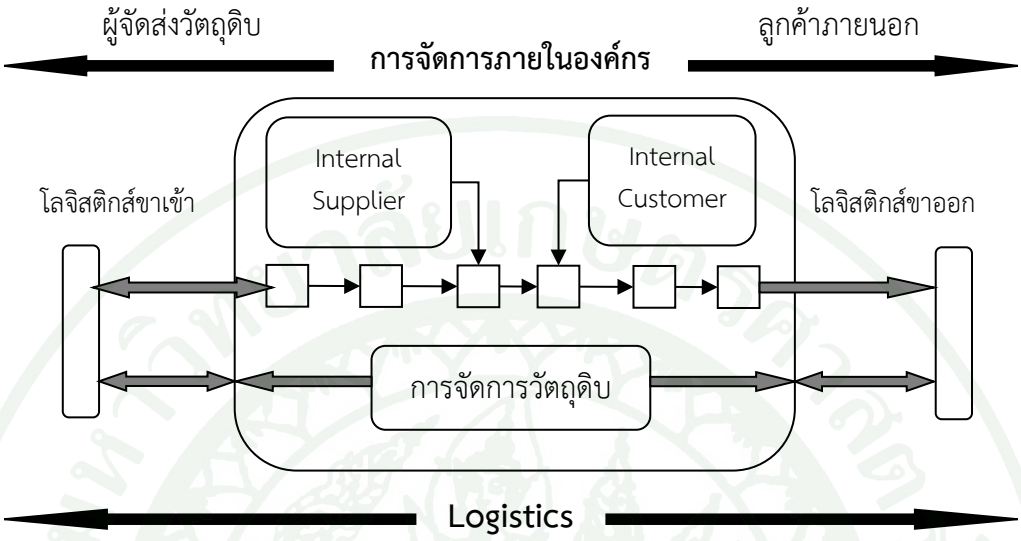


ภาพที่ 2 แสดงองค์ประกอบของระบบโลจิสติกส์ และการจัดการที่เกี่ยวข้อง

โลจิสติกส์จะทำหน้าที่ในความรับผิดชอบในการจัดการการไหลของวัตถุดิบจากผู้จัดส่งวัตถุดิบเข้าสู่ตัวองค์กรผ่านการดำเนินการการผลิตภายในองค์กรซึ่งก็มีการเคลื่อนที่เคลื่อนย้ายวัตถุดิบระหว่างกระบวนการผลิตจนเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป จากนั้นจะถูกเคลื่อนย้ายไปจัดเก็บในคลังสินค้าหรือจัดส่งผ่านกิจกรรมการขนส่งในรูปแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นทางบก ทางน้ำ ทางอากาศ จนไปถึงมือลูกค้า การขนส่ง หมายถึง การเคลื่อนย้ายสินค้าจากที่หนึ่งไปยังที่หนึ่งทำให้เกิดการสร้างเส้นทางจาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุดเริ่มต้นของโซ่อุปทานไปสู่มือของลูกค้าในโซ่อุปทาน บทบาทโดยรวมของโลจิสติกส์ดังแสดงในภาพที่ 3 (สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2550)



ภาพที่ 3 บทบาทของโลจิสติกส์

ที่มา: สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2550)

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งการจัดการโลจิสติกส์ออกได้อีก 2 ส่วน คือ การจัดการโลจิสติกส์ขาเข้า (Inbound Logistics Management) และการจัดการโลจิสติกส์ขาออก (Outbound Logistics Management)

โลจิสติกส์ขาเข้าจะประกอบไปด้วยการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบจากแหล่งกำเนิดไปสู่บริษัทที่ทำการผลิต โลจิสติกส์การผลิตจะเกี่ยวโยงกับการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ภายในโรงเรือน หรือคลังสินค้าภายในบริษัท ส่วนโลจิสติกส์ขาออกก็จะเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ออกจากโรงงานไปยังลูกค้า

กิจกรรมโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออก

กิจกรรมโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออก ประกอบไปด้วย 6 กิจกรรมหลัก คือ

1. กิจกรรมการรับ และเก็บรักษาสินค้า (receiving and storage) เมื่อรับผลผลิตเข้ามายังโรงงาน พนักงานทำการตรวจสินค้าในด้านคุณภาพ และจำนวนว่าถูกต้องตามที่ตกลงซื้อ หรือตาม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หลักฐานการขนส่ง เมื่อมีการตรวจรับแล้วสินค้าจะเก็บรักษาในสถานที่ที่เหมาะสม ซึ่งต้องคำนึงถึงปริมาณและความถี่ของการใช้งาน (ทวีศักดิ์, 2552)

2. กิจกรรมการเคลื่อนย้ายพัสดุ (material handling) หมายถึงเป็นการเคลื่อนย้ายพัสดุในระยะสั้นคือ การเคลื่อนย้ายสินค้าเข้าออกจากคลังสินค้า หรือภายในคลังสินค้า ซึ่งจะต้องพิจารณาเกี่ยวกับความปลอดภัย ประสิทธิภาพ และความเสียหายของสินค้า กิจกรรมการเคลื่อนย้ายพัสดุนี้เป็นกิจกรรมที่ครอบคลุมการเคลื่อนย้ายสินค้าเฉพาะภายในโรงงานหรือคลังสินค้าเท่านั้น โดยจะมีการเลือกใช้อุปกรณ์เคลื่อนย้ายขึ้นอยู่กับสินค้าที่ต้องการจัดเก็บ (ปุ่น, 2552)

ในกระบวนการส่งออกมะม่วงมีการเคลื่อนย้ายมะม่วงอยู่ภายในโรงงานอบไอน้ำ ตั้งแต่การรับและคัดคุณภาพ มะม่วงเมื่อเข้ามาภายในโรงอบไอน้ำเพื่อผ่านกระบวนการต่าง ๆ ตามมาตรฐานการส่งออกมะม่วงหลังจากเข้าโรงงานเพื่อทำการอบไอน้ำ ติดสติ๊กเกอร์ แล้วต้องมีการเคลื่อนย้ายไปอีกจุดหนึ่งเพื่อทำการคัดขนาด น้ำหนักเท่าๆ กันเพื่อรอการบรรจุลงกล่อง และท้ายสุดลำเลียงมะม่วงในกล่องเข้าเก็บในห้องเย็นเพื่อรอการส่งออกต่อไป จากกระบวนการเหล่านี้จะเห็นได้ว่ามีการเคลื่อนย้ายมะม่วงแต่เป็นการเคลื่อนย้ายในระยะทางสั้น ๆ ภายในตัวโรงงาน และศูนย์รวบรวมมะม่วง แต่อุปกรณ์ที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายก็ต้องเหมาะสมกับสภาพมะม่วง เนื่องจากบอบช้ำง่าย ดังนั้นกระบวนการนี้จึงเกิดกิจกรรมการเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้น ไปจนถึงการเคลื่อนย้ายมะม่วงขึ้นรถ เพื่อขนส่งไปยังสนามบิน

3. การบรรจุหีบห่อ (packaging) มีความสำคัญต่อระบบโลจิสติกส์ด้านค่าใช้จ่ายและความปลอดภัยในตัวสินค้า ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนบรรจุหีบห่อก็คือวัสดุที่ใช้หีบห่อ และวิธีการบรรจุหีบห่อจะใช้เครื่องจักรหรือทำด้วยมือ และการกำจัดวัสดุภัณฑ์ นอกจากนี้การบรรจุหีบห่อจะต้องมีการสื่อสารหรือถ่ายทอดข้อมูล เช่น ผู้ผลิต ผลิตภัณฑ์ และหมายเลขสินค้า ซึ่งใช้ทำการติดตามสินค้า และยังมีบทบาทในระบบโลจิสติกส์ที่บอกวิธีการเคลื่อนย้ายและความเสียหายที่เกิดกับสินค้า เช่น สินค้าแตกหักง่าย การวางซ้อน เป็นต้น (ทวีศักดิ์, 2552)

ในการส่งออกมะม่วงซึ่งก็หมายถึงสินค้าชนิดหนึ่งย่อมต้องมีการบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งต้องมีความสวยงามดึงดูดใจลูกค้า แต่ในด้านโลจิสติกส์ บรรจุภัณฑ์นั้นต้องมีการออกแบบให้ปกป้องสินค้าข้างในนั่นก็คือมะม่วง ซึ่งเป็นสินค้าที่บอบช้ำง่าย และอาจส่งผลต่อคุณภาพมะม่วงในปลายทางได้และการบรรจุหีบห่อนี้ก็หมายถึงการติดฉลากต่าง ๆ เพื่อบ่งบอกคุณลักษณะของสินค้าด้วย ดังนั้นกิจกรรมโลจิสติกส์การบรรจุหีบห่อจึงเกิดขึ้นในกระบวนการส่งออกมะม่วง

4. การบริการลูกค้า (customer services) การบริการลูกค้าคือผลลัพธ์ของระบบโลจิสติกส์รวมไปถึงการส่งมอบสินค้าไปยังสถานที่ที่กำหนด ภายใต้เงื่อนไข และเวลาที่เหมาะสมด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เป็นกิจกรรมที่องค์กรพยายามตอบสนองความต้องการของลูกค้า ซึ่งจะทำได้ดีเพียงใดต้องขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของกิจกรรมโลจิสติกส์อื่น ๆ เข้ามาประกอบ โดยเฉพาะการส่งมอบสินค้าที่ตรงเวลาและครบตามจำนวน (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การจัดการสินค้าคงคลัง (inventory management) บทบาทของการจัดการสินค้าคงคลังคือ การวางแผนความต้องการของสินค้าที่จะเก็บสต็อกไว้ และการจัดการสินค้าที่สต็อกไว้ รวมถึงการจัดการส่งสินค้าให้กับลูกค้า (ทวีศักดิ์, 2552)

การบริหารสินค้าคงคลังก็เป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่ง เนื่องจากปริมาณสินค้าคงคลังที่มีอยู่ย่อมส่งผลต่อองค์กรไม่ทางใดก็ทางหนึ่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของเงินทุน องค์กรที่มีระดับปริมาณสินค้าคงคลังที่สูงย่อมสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดี แต่ในขณะเดียวกันปริมาณสินค้าที่มากก็ส่งผลให้องค์กรเกิดค่าเสียโอกาสด้านการนำเงินทุนไปหมุนเวียน เสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้า (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2551)

จะเห็นได้ว่ากิจกรรมการบริหารสินค้าคงคลังเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะอาจก่อให้เกิดต้นทุนที่สิ้นเปลืองเกิดขึ้น ดังจะเห็นได้จากกระบวนการส่งออกมะม่วงที่ต้องมีการจัดเก็บมะม่วงที่บรรจุลงกล่องไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิตลอดเวลา เพื่อรอการขนส่งต่อไป และอาจมีการจัดเก็บที่ศูนย์รวบรวมก่อนการไปรับเข้าโรงงานด้วย ซึ่งหากไม่มีการจัดการที่ดีก็จะเกิดต้นทุนเพิ่ม เช่น ค่าไฟของห้องควบคุมอุณหภูมิ หรือคุณภาพมะม่วงในการเก็บรักษาที่ศูนย์รวบรวม

6. การขนส่ง (transportation) ประเด็นสำคัญในกิจกรรมด้านโลจิสติกส์ คือการทำให้การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบและสินค้าจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดบริโภค การขนส่งจึงรวมไปถึงการเลือกวิธีการขนส่งประเภทต่าง ๆ การเลือกเส้นทาง และการเลือกผู้ขนส่ง ซึ่งโดยปกติแล้วการขนส่งเป็นต้นทุนที่สูงที่สุดในกิจกรรมด้านโลจิสติกส์ (*Lambert et al*, 2004) ครอบคลุมถึงทุกกิจกรรมที่เป็นการเคลื่อนย้ายตัวสินค้าจากจุดกำเนิดไปยังจุดที่มีการบริโภคให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยจะต้องจัดส่งสินค้าถูกต้องครบจำนวนในสภาพที่สมบูรณ์ และตรงเวลาที่กำหนด ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าในมุมมองของคนทั่วไป การขนส่งเป็นกิจกรรมโลจิสติกส์ที่มีบทบาทชัดเจนที่สุด (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2551)

การบรรจุภัณฑ์ และการขนส่งมะม่วง

มะม่วงที่ปลูกเพื่อการส่งออกจะถูกเก็บเกี่ยวเมื่อมีความแก่ประมาณ 80 - 90 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บเกี่ยวมะม่วงลงจากต้นแล้ว ขั้นตอนต่อมาเกษตรกรจะนำมะม่วงใส่ลงในภาชนะบรรจุ ในการเลือกใช้ภาชนะบรรจุถ้าเกษตรกรเลือกใช้ไม่เหมาะสมอาจส่งผลให้เกิดการสูญเสียกับมะม่วงในช่วงระหว่างการขนส่งมากถึง 25 เปอร์เซ็นต์ (Techawongstien, 1999) ภาชนะบรรจุที่เกษตรกรนิยมนำมาใช้บรรจุมี 2 ประเภทคือ ตะกร้าพลาสติกมีความจุประมาณ 15 - 30 กิโลกรัม และเข่งไม้ไผ่มีความจุประมาณ 30 - 50 กิโลกรัม การขนส่งด้วยเข่งไม้ไผ่มีข้อดี คือ เข่งหาได้ง่ายราคาไม่แพง แต่มีข้อเสีย คือ ผลมะม่วงที่บรรจุในเข่งไม้ไผ่จะได้รับความเสียหายมากกว่าผลมะม่วงที่บรรจุในตะกร้าพลาสติก ทั้งนี้เพราะเข่งมีความแข็งแรงน้อยกว่า และมีรูปทรงสูงกว่าตะกร้าพลาสติกทำให้ผลมะม่วงที่อยู่ด้านล่างได้รับน้ำหนัก และแรงกดมากกว่าจึงเกิดอาการการช้ำ ทำให้มีตำหนิมากกว่าผลมะม่วงที่บรรจุในตะกร้าพลาสติก(มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2533) การบรรจุมะม่วงลงในเข่งไม้ไผ่ที่มีความจุ 15 - 40 กิโลกรัม และวางเรียงซ้อนกัน 10 ชั้น เข่งไม่สามารถรองรับน้ำหนักที่กดลงมาได้ส่งผลให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลิตผลที่อยู่ด้านล่างเกิดความบอบช้ำซึ่งนำไปสู่การเน่าเสียของผลิตผลในที่สุด (Techawongstien, 1999)

อัญชลี (2537) ได้รายงานความต้านทานแรงกดของภาชนะบรรจุที่นิยมใช้ในประเทศไทย ดังตารางที่ 1 พบว่าลังไม้มีค่าความต้านทานแรงกดมากกว่า 5,000 กิโลกรัม - แรง รองลงมา คือ กล่องกระดาษลูกฟูก กล่องพลาสติก และลังพลาสติก

ตารางที่ 1 ความต้านทานแรงกดของภาชนะบางชนิดที่ใช้ในประเทศไทย

ชนิดของภาชนะบรรจุ	ความจุ (ลิตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความต้านทานแรงกด (กิโลกรัม - แรง)
เข่งปากบาน	11 - 237	0.25 - 4.65	80 - 200
เข่งทรงกระบอก	40 - 188	0.7 - 0.9	67
เข่งผัก	40 - 82	0.18 - 0.58	4.43
ลังไม้	40	6.0 - 7.0	5,000
กล่องกระดาษลูกฟูก	22 - 60	0.45 - 1.5	400 - 1,000
ตะกร้าพลาสติก (ลังส้ม)	45	2.33	840
กล่องพลาสติก (ตะกร้าลำไย)	29	1.48	911

ที่มา: อัญชลี (2537)

นอกจากความต้านทานแรงกดของภาชนะบรรจุ ดังตารางที่ 1 แล้วภาชนะบรรจุควรจะมีขนาดที่เหมาะสมกับมาตรฐานในการขนส่งด้วย เช่น มาตรฐานของ The Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) กำหนดขนาดภาชนะบรรจุเพื่อการขนส่งไว้ดังนี้ ความกว้าง × ความยาว เท่ากับ 60 × 40, 50 × 30 และ 40 × 30 เซนติเมตร เพื่อให้เรียงซ้อนพอดีกับแท่นรองสินค้าขนาด 80 × 120 และ 100 × 120 เซนติเมตร แต่ขนาดของภาชนะบรรจุที่ทำจากกระดาษจะมีขนาดเล็กกว่าขนาดข้างต้นประมาณ 0.5 - 1.0 เซนติเมตร เพราะภาชนะบรรจุที่ทำจากกระดาษจะเกิดการป่องตัวออกเมื่อบรรจุผลิตผลจนเต็มหรือเรียงซ้อนกันหลายๆ ชั้นทำให้เมื่อเรียงกล่องบนแท่นรองรับสินค้าแล้วอาจจะมีขนาดมากกว่าขนาดของแท่นรองรับสินค้า โดยความสูงของภาชนะบรรจุจะผันแปรตามขนาด และลักษณะของผลิตผล แต่สำหรับผลิตผลที่มีความบอบช้ำได้ง่าย เช่น มะม่วง เมื่อมีการจัดเรียงซ้อนกันภาชนะบรรจุต้องมีขนาดไม่สูงมากนัก โดยทั่วไปแล้วภาชนะบรรจุสำหรับผักและผลไม้จะบรรจุได้ไม่เกิน 12 กิโลกรัม ถ้าเป็นผลิตผลที่บอบบางจะบรรจุไม่เกิน 5 กิโลกรัม (อมรรัตน์ และคณะ, 2538; จริงแท้, 2544)

ในปัจจุบันตะกร้าพลาสติกนิยมนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับมะม่วงมากขึ้น เพราะมีความแข็งแรงในการรองรับน้ำหนัก สามารถรับแรงกระแทกระหว่างชั้นแต่ละชั้นในระหว่างการขนส่งได้ดี สามารถทนต่อแรงกดและแรงกระแทก สามารถซ้อนกันได้โดยไม่เกิดน้ำหนักกดทับมะม่วงเพราะมุม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทั้งสี่ของตะกร้าพลาสติกมีความแข็งแรงช่วยกระจายน้ำหนักของมะม่วงได้ทั่วตะกร้า ตะกร้าพลาสติกมีความมั่นคง คงรูป สะดวกต่อการขนย้าย ทำความสะอาดง่าย สามารถนำมาล้างให้สะอาด และยังนำกลับไปใช้ใหม่ได้หลายครั้ง (วสันต์, 2545) ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อภาชนะ

อย่างไรก็ตามการวางมะม่วงจนเต็มตะกร้าในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวในสวนเพื่อขนส่งมายังศูนย์รวบรวมของกลุ่มเกษตรกรก็เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่ทำให้เกิดการกระแทกระหว่างมะม่วงกับตะกร้า ทำให้ผลมะม่วงเกิดการช้ำและสูญเสียในที่สุด เนื่องจากตะกร้าที่ขนส่งจะถูกวางเรียงซ้อนกัน ดังนั้นผลที่อยู่ส่วนบนสุดซึ่งบางครั้งเกินขอบบนของตะกร้า จะสัมผัสกับก้นตะกร้าที่วางซ้อนทับอยู่ด้านบน ทำให้เกิดการช้ำโดยเฉพาะในเส้นทางขนย้ายผลผลิตที่ถนนขรุขระ เช่น ถนนลูกรัง เป็นต้น จนทำให้เกิดความสูญเสียเพิ่มมากขึ้น (สมยศ และคณะ, 2555)

ณพวีร์ (2543) ได้ทำการทดลองพบว่า บริเวณใกล้ขอบตะกร้าจะเป็นบริเวณที่ผลส้มที่อยู่บริเวณนี้ช้ำมาก เนื่องจากในระหว่างการสั่นสะเทือนผลส้มเกิดการเคลื่อนที่ไปกระทบกับผนังของตะกร้าซึ่งมีความแข็งจึงทำให้เกิดความช้ำเกิดขึ้น

การบรรจุผลิตผลให้มีประสิทธิภาพ คือการใช้ประโยชน์ของปริมาตรของบรรจุภัณฑ์ให้ได้มากที่สุด ซึ่งดูจากความหนาแน่นในการบรรจุ (Packing density) ที่ดีที่สุด (Peleg, 1985) กล่าวว่าปริมาตรของการบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งจะถูกใช้บรรจุผลผลิตระหว่าง 60 - 65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งวิธีการที่บรรจุแบบ fcc (Face centered cubic packing pattern) เป็นวิธีการที่ให้ความหนาแน่นในการบรรจุสูง และสามารถป้องกันผลิตผลได้ดี

จากการสำรวจและสัมภาษณ์เกษตรกรเกี่ยวกับลักษณะของภาชนะที่ใช้บรรจุมะม่วงเพื่อการขนส่ง พบว่ารูปแบบภาชนะบรรจุที่เกษตรกรต้องการคือ ภาชนะบรรจุที่คงทนถาวร สามารถนำกลับมาใช้งานได้หลายครั้ง สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย ช่วยประหยัดต้นทุนในการขนส่ง สามารถปกป้องมะม่วงจากแรงกระทำเชิงกลขณะเคลื่อนย้ายขนส่งได้ เกษตรกรบางรายคัดเลือกผลผลิตมะม่วงแล้ววางลงในตะกร้าที่รองพื้นด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ด้านล่าง พร้อมทั้งด้านข้างทั้ง 4 ด้าน และส่วนด้านบน จะใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ปิดด้วยเช่นกัน ผลมะม่วงจะถูกวางเรียงซ้อนกันในตะกร้าพลาสติกไม่เกิน 3 ชั้น น้ำหนักบรรจุมะม่วงประมาณ 20 - 22 กิโลกรัม รวมน้ำหนักตะกร้าอีก 3 กิโลกรัม เป็น 25 กิโลกรัม อย่างไรก็ตามเกษตรกรยังประสบปัญหาเกี่ยวกับความเสียหายของผลมะม่วงอันเนื่องมาจากการเสียดสีระหว่างผลมะม่วงกับตะกร้าพลาสติกด้านบนและด้านล่าง การใช้กระดาษหนังสือพิมพ์รองก้นตะกร้าพลาสติก และการใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ปิดด้านบนตะกร้าพลาสติกไม่สามารถป้องกันความเสียหายของผลมะม่วงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการขนส่งมะม่วงจากสวนของเกษตรกรไปยังศูนย์รวบรวมมะม่วงเพื่อการส่งออก เกษตรกรนิยมใช้พาหนะขนส่ง 2 ประเภทดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. รถ 6 ล้อ ทั้งแบบมีหลังคา และแบบไม่มีหลังคา สามารถขนส่งแต่ละครั้งได้ประมาณ 200 - 300 ตะกร้า หรือประมาณ 4 - 6 ตัน รถแบบไม่มีหลังคาจะใช้ผ้าพลาสติกคลุมด้านบน เช่นเดียวกับรถบรรทุก 10 ล้อ และมีตะกร้ามะม่วงวางซ้อนกัน 8 ชั้น

2. รถกระบะ 4 ล้อ ทั้งแบบมีหลังคา และไม่มีหลังคา รถแบบไม่มีหลังคาจะใช้ผ้าพลาสติกคลุมขณะขนส่ง เกษตรกรนิยมใช้รถชนิดนี้มากที่สุด รถ 1 คัน บรรจุมะม่วงได้ประมาณ 100 ตะกร้า ขณะขนส่งจะใช้ผ้าพลาสติกคลุมด้านบนของตะกร้า ตะกร้าวางซ้อนกัน 6 - 7 ชั้น ถ้าขนส่งเป็นเข่งไม้ไผ่ รถ 1 คันบรรจุมะม่วงได้ประมาณ 40 เข่ง โดยเกษตรกรจะดัดแปลงรถให้มีโครงเหล็กด้านข้างทั้ง 2 ด้าน แล้วใช้ไม้กระดานสอดตรงกลางแบ่งเป็นชั้น ๆ เพื่อไม่ให้มะม่วงในเข่งซ้อนทับกัน

การขนส่งผลิตผลโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน

1. การขนส่งจากแปลงปลูกไปยังโรงคัดบรรจุ
2. การขนส่งจากโรงคัดบรรจุไปยังตลาดขายส่ง
3. การขนส่งจากตลาดขายส่งไปยังตลาดขายปลีก

ทุกขั้นตอนมีความสำคัญด้วยกันทั้งนั้น (วสันต์, 2545) การขนส่งแต่ละขั้นตอนสามารถทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิต

อย่างไรก็ตาม การขนส่งผักและผลไม้ มีจุดมุ่งหมายที่จะนำผลผลิตจากแหล่งผลิตไปถึงมือผู้บริโภคในเวลาอันรวดเร็ว ค่าใช้จ่ายต่ำ และผลิตผลคงสภาพดีไม่ช้ำเสียหาย (จริงแท้, 2541) การนำเอาบรรจุภัณฑ์ขายส่งไปใช้งานกับผักผลไม้ชนิดหนึ่ง ๆ ต้องพิจารณาเลือกทั้งบรรจุภัณฑ์ภายนอกควบคู่ไปกับการจัดการภายในบรรจุภัณฑ์อย่างเหมาะสม เพื่อก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลิตผลน้อยและค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการบรรจุต่ำ (บัณฑิต, 2549) การบรรจุผลไม้ในบรรจุภัณฑ์ควรมีความหนาแน่นพอเหมาะเพื่อป้องกันการยุบตัว และการกระดอนกลับของผลไม้

ความเสียหายของมะม่วงขณะขนส่ง

ความเสียหายของมะม่วงจากการขนส่งเป็นผลของแรงกระทำเชิงกลจากการกระทบ การตกและการกดทับ ทำให้ผลมะม่วงมีผิวแตกร้าว ถลอก มีรอยขูดขีด ซึ่งปัญหาดังกล่าวเป็นสาเหตุให้อายุของมะม่วงสั้นลง ด้อยคุณภาพไม่สามารถส่งออกได้ สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการบรรจุที่ไม่ดี เมื่อเกิดแรงสั่นสะเทือนจากการขนส่งระหว่างสวนเกษตรกรถึงศูนย์รวบรวมมะม่วงเพื่อการส่งออกทำให้มะม่วงกระแทกกับตะกร้าพลาสติกหรือเบียดเสียดกันเอง ฉะนั้นแรงสั่นสะเทือนมีความสำคัญ และเป็นสาเหตุของความเสียหาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้แรงกระทำเชิงกลที่เกิดขึ้นขณะขนส่งเคลื่อนย้าย เช่น การกระแทก การตก และการกดทับ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลมะม่วงเกิดความเสียหาย ซึ่งพบว่าที่ระดับความสูงตกกระทบระยะ 10 เซนติเมตร สามารถก่อให้เกิดความช้ำได้ บรรจุภัณฑ์มะม่วงที่ซ้อนกันหลายชั้นมะม่วงในชั้นล่างจะเกิดความช้ำได้ง่ายกว่าการเรียงชั้นเดียว (ณัฐธร, 2548) เช่นเดียวกับ Satriana (1993) พบว่าความช้ำระดับรุนแรงในมะม่วงสุกเมื่อตกกระทบที่ระดับความสูง 10 เซนติเมตร

การบรรจุผลิตผลในภาชนะซ้อนกันภาชนะบรรจุจะเป็นตัวรับแรงในแต่ละชั้น ดังนั้นภาชนะบรรจุที่ใช้ต้องสามารถรองรับแรงกด และแรงกระแทกได้ดี ตะกร้าพลาสติกจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด ข้อดีของตะกร้าพลาสติก คือ สะดวก และง่ายต่อการขนส่งสามารถนำภาชนะบรรจุมาหมุนเวียนใช้ใหม่ได้แต่มี ข้อเสีย คือ มีต้นทุนภาชนะบรรจุสูงสิ้นเปลืองเนื้อที่ในส่วนของภาชนะบรรจุ ภาชนะบรรจุที่อยู่ด้านล่างจะเป็นตัวแบกรับน้ำหนักที่อยู่ด้านบนทั้งหมดซึ่งจะทำให้ผลผลิตเกิดความเสียหายจากแรงกดทับ และแรงกระแทกได้

อุราภรณ์ และคณะ (2546) ได้ทำการศึกษาความเสียหายของมะม่วงในระยะต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังนี้ คือ ความเสียหายในระยะเก็บเกี่ยว ประมาณ 23.75 เปอร์เซ็นต์ ความเสียหายในระยะขนส่งไปยังตลาดประมาณ 31.05 เปอร์เซ็นต์ และความเสียหายในระยะการวางจำหน่าย ประมาณ 20.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในแต่ละระยะการเกิดความเสียหายเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ คือ

1. ในระยะเก็บเกี่ยวความเสียหายเกิดจาก

    1.1 โรค Anthracnose 62.80%
    1.2 ผลแตก 12.50%
    1.3 ผลช้ำ 9.4%
    1.4 ราดำ 6.0%
    1.5 ตำหนิที่ผิว 5.3%
    1.6 ยางไหล 2.3%
    1.7 ขั้วเน่า 1.5%

2. ระยะการขนส่งเสียหายเนื่องจาก

    2.1 ผลช้ำ 45.60%
    2.2 โรค Anthracnose 44.30%
    2.3 ยางไหล 5.80%
    2.4 ราดำ 3.10%
    2.5 ขั้วเน่า 1.30%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ระยะการวางจำหน่ายเสียหายเนื่องจาก

3.1 โรค Anthracnose 63.20%
3.2 ผลช้ำ 29.0%
3.3 ขั้วเน่า 4.40%
3.4 ราดำ 2.40%
3.5 ยางไหล 1.10%

จากความเสียหายคิดเป็นมูลค่า (หากคิดราคามะม่วง 40 บาท/ กก.) ดังนี้ ระยะการเก็บเกี่ยวสูญเสีย 23,463.2 ล้านบาท ระยะขนส่งสูญเสีย 30,675.1 ล้านบาท และระยะการวางจำหน่ายสูญเสีย 19,758.5 ล้านบาท รวมสูญเสียประมาณ 73,896.8 ล้านบาท จะเห็นได้ว่าความเสียหายจากผลช้ำเกิดจากสาเหตุของการขนส่งมากที่สุด และคิดเป็นมูลค่าของความเสียหายมากที่สุด

ความเสียหายเนื่องจากแรงกระทำเชิงกล

ได้มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับแรงกระทำเชิงกลของผลไม้ เช่น ความเสียหายเชิงกลของผลแอปเปิล (Nelson and Moshenin. 2003) สาลี่ (Berardinelli *et al*, 2005) มังคุด (Bunsiri *et al*, 2003) พลับ (Martinez-Romero *et al*, 2003) และแอพริคอต (DeMartino *et al*, 2002) เป็นต้น

ในการทดสอบความเสียหายเชิงกล วิธีที่ง่ายที่สุดในการหาความเสียหายจากการกระแทกคือการปล่อยให้วัตถุตกลงสู่พื้น Satriana (1993) ได้ใช้เครื่องมือปล่อยตก (Drop Tester) ทดสอบกับผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยผูกผลมะม่วงติดกับแกนด้านบนของเครื่อง มีระบบสุญญากาศเป็นตัวยึดและปล่อยผลมะม่วงลงสู่พื้นพลาสติก ที่มีความหนา 1.3 เซนติเมตร โดยวางไว้บน load cell และ load cell นี้ยึดติดกับฐานเหล็ก ซึ่งมีน้ำหนัก 30 กิโลกรัม และทั้งหมดจะวางอยู่บนฐานคอนกรีตอีกทีหนึ่ง สำหรับ load cell นี้สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 200 กิโลกรัม ที่ตัวเครื่องจะมี HAMEG memory oscilloscope เป็นเครื่องบันทึกค่า Peak Force และระยะเวลาของการกระแทก ค่าพลังงานดูดซับ (energy absorbed) สามารถคำนวณได้จากความสูงของการตกกระแทก และความสูงของการกระดอนกลับหลังจากที่ผลมะม่วงตกลงสู่ฐาน

Ragn and Berardinelli (2001) ได้ทดสอบการปล่อยผลแอปเปิลให้ตกลงบนพื้นผิวต่าง ๆ โดยใช้เครื่องมือทดสอบการตก ซึ่งประกอบด้วยเส้นโลหะขนาดเล็กสำหรับแขวนผลแอปเปิลให้ติดกับโครงสร้างของตัวเครื่องที่ฐานด้านล่างจะมีแผ่นเหล็กเรียบยึดติดกับฐานคอนกรีต โดยแผ่นเหล็กนี้สามารถเปลี่ยนเป็นพื้นผิวชนิดอื่นได้ ที่ตัวเครื่องทดสอบจะมีเครื่องมือวัดความเร็วขนาดเล็กมีน้ำหนักประมาณ 0.65 กรัม ผูกติดกับผลแอปเปิล และต่อเข้ากับ charge amplifier และ acquisition system ซึ่งจะบันทึกค่าความเร็วสูงสุด (peak acceleration) และค่าการเปลี่ยนแปลงความเร็วของผลแอปเปิลเมื่อตกลงสู่พื้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Van linden *et al*. (2006) ได้ทำการทดสอบหาความไวในการเกิดความช้ำของผลมะเขือเทศที่เกิดจากการกระแทก โดยใช้เครื่องมือทดสอบการกระแทก (impact tester) ซึ่งประกอบด้วยลูกตุ้มอะลูมิเนียมครึ่งวงกลมรัศมี 25 มิลลิเมตร ซึ่งจำลองมาจากขนาดของผลมะเขือเทศ ลูกตุ้มนี้จะยึดติดกับแขนไม้ และแขนไม้นี้จะแขวนกับตัวโครงสร้างโลหะอีกทีหนึ่ง ในการทดลองจะกางลูกตุ้มที่ติดอยู่กับแขนไม้ให้เคลื่อนที่กระแทกกับผลมะเขือเทศที่วางอยู่บนฐานด้านล่าง ที่ด้านบนสุดของแขนไม้จะมีเข็มชี้ขนาดเล็กผูกติดกับตำแหน่งที่แขนไม้แขวนอยู่ และสามารถเคลื่อนที่ไปพร้อมกับแขนไม้ได้ และที่ตัวเครื่องทดสอบจะมีเครื่องบันทึกการหมุนของเข็ม (Heidenhain RONN 275) ซึ่งจะรายงานผลเป็นเวลาที่ใช้ในการกระแทก และมี force sensor (Dytran Instruments 1051V3. Sensitivity: 11 m V/N) ติดกับลูกตุ้มโดยจะบันทึกค่าแรงจากการกระแทก (N)

Satriana (1993) ได้ทดสอบการปล่อยวัตถุให้ตกกระทบกับผลมะม่วง ใช้เครื่องทดสอบที่ประกอบด้วยหัวค้อนเหล็ก ซึ่งยึดติดกับแกนทองเหลือง และแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า ระบบจะทำงานบนพื้นฐานหลักการของ Electromagnetic Force เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไปยังขดลวดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ทำให้แกนที่มีหัวค้อนติดอยู่เคลื่อนที่ลงกระแทกผลมะม่วงซึ่งวางอยู่บนฐานด้านล่าง ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแกน และความเร็วในการตกกระทบจะทราบได้จากการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าในขดลวดที่อยู่ด้านบนแกน ค่า amplitude จะเป็นสัดส่วนต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าของความเร็วของแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อหัวค้อนกระทบกับผลมะม่วงระบบจะตัดไฟไม่ให้กระแสไฟเคลื่อนที่ไปยังขดลวด ทำให้เครื่องทดสอบไม่บันทึกแรงจากการกระดอนกลับของหัวค้อน และที่ตัวเครื่องทดสอบจะมีเครื่องบันทึกเวลาในการทำงานของลวดไฟฟ้า

บัณฑิต และธนรัตน์ (2549) ได้ทดสอบการเกิดความช้ำของผลมะพร้าวอ่อนภายใต้การกระแทก โดยการปล่อยหัว Plunger เหล็กขนาดต่าง ๆ ให้ตกกระทบผลมะพร้าวอ่อนที่ความสูงระดับต่าง ๆ สำหรับพลังงานกระแทกสามารถคำนวณได้จากมวลของหัวกระแทก ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก และระยะห่างระหว่างหัวกระแทกกับผิวของผลมะพร้าวอ่อน

การเกิดความช้ำอันเนื่องมาจากความเสียหายเชิงกลขึ้นอยู่กับขนาดของพลังงานจากการกระแทก (DeMartino *et al*. 2002 and Pang *at al*., 1992) ขนาดของแรงกดทับ (Nelson and Moshenin, 2003) และอุณหภูมิของผลิตผล (Baritelle and Hyde, 2001 and Martines-Romero *et al.* 2003)

ความเสียหายเนื่องจากการกดทับ (Compression)

การกดทับที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ซึ่งไม่แข็งแรงพอ จะทำให้ผัก ผลไม้เกิดอาการบอบช้ำได้ง่าย การกดทับเกิดเนื่องจากการบรรจุผัก ผลไม้มากเกินไป และการจัดวางไม่เหมาะสม มีการเรียงซ้อนกันหลายชั้นทำให้สินค้าที่อยู่ข้างล่างได้รับความเสียหาย (จิราภา, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดสอบการกดทับ นักวิจัยหลายท่านใช้เครื่อง Instron โดยใช้ทดสอบกับผลไม้ทีละผล เพื่อหาขนาดของแรงกดทับที่ทำให้ผลไม้เกิดความช้ำ (Satriana, 1993; Perez-Vicente *et al*, 2002; Serrano, 2004) เช่น Singh and Reddy (2006) ได้ทดสอบการกดทับกับผลส้มโดยใช้ Texture Analyzer เพื่อหาขนาดของแรง และระยะทางกดที่ทำให้ผลส้มเกิดความช้ำ

การสั่นสะเทือน (Vibration)

การสั่นสะเทือนเกิดจากพาหนะที่ใช้ขนถ่ายในระหว่างการขนส่ง การสั่นสะเทือนจะทำให้เกิดการเสียดสีระหว่างผลไม้ด้วยกัน หรือระหว่างผลไม้กับบรรจุภัณฑ์ก่อให้เกิดรอยช้ำ (จิราภา, 2551) การกระทบกระเทือนจากการสั่นสะเทือน (vibration) เกิดจากการที่ผลิตผลในภาชนะบรรจุไม่อยู่กับที่เคลื่อนไหวไปมาตามแรงสั่นสะเทือนของพาหนะ สำหรับผลไม้ที่มีเปลือกแข็งไม่เป็นปัญหามาก แต่ผลไม้ที่มีเปลือกบาง เช่น สตรอเบอร์รี่ สาลี่ กล้วยไข่ จะทำให้เกิดรอยถลอกเกิดขึ้นดูไม่สวยงาม และทำให้ราคาลดลง

การขนส่งมะม่วงเกษตรกรนิยมใช้รถกระบะ 4 ล้อ บรรทุกมะม่วงจากสวนไปยังศูนย์รวบรวมมะม่วง การขนส่งทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแก่บรรจุภัณฑ์ และผลมะม่วง ในการขนส่ง ทางรถยนต์ ทางเรือ หรือทางเครื่องบิน ล้วนแล้วแต่มีการสั่นสะเทือนเกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการสั่นสะเทือนที่เกิดมาจากเครื่องยนต์ หรือจากกระบวนการต่าง ๆ ที่เราได้กระทำต่อผลไม้ ตลอดจนการบรรจุลงในภาชนะ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลไม้เกิดการกระแทกกันเอง และกระแทกกับผนังภาชนะบรรจุ แรงภายนอกที่กระทำต่อผลไม้ที่เกิดขึ้นในระหว่างการขนส่งมี 2 ชนิด คือ แรงสถิตยศาสตร์ (Static forces) และแรงพลศาสตร์ (Dynamic forces) ซึ่งแรงสถิตยศาสตร์เกิดจากน้ำหนักของผลไม้ น้ำหนักของบรรจุภัณฑ์ที่กดทับ แรงพลศาสตร์เกิดจากการสั่นสะเทือน และสภาพแวดล้อมในการขนส่ง เช่น ธรรมชาติของคนขับรถ ตลอดจนกระบวนการต่างๆ ที่ปฏิบัติในระหว่างการขนส่ง (Peleg, 1985)

Chesson และ O'Brian (1971) ได้ทำการศึกษาการสั่นสะเทือนเชิงกลของผลไม้ในระหว่างการขนส่ง ได้ทำการศึกษาทดสอบในห้องทดลองโดยจำลองลักษณะการสั่นสะเทือนในการขนส่ง พบว่าความเร่งในการสั่นสะเทือนด้านบนของถังอยู่ที่ประมาณ 1 G โดยความเร่งในการสั่นสะเทือนนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยดังนี้ ความลึกผลไม้ในภาชนะบรรจุ ความหนาแน่นในการบรรจุ ชนิดของระบบกันสะเทือนที่ใช้ในรถขนส่ง และคุณสมบัติการสั่นสะเทือนของผลไม้ชนิดนั้น ๆ

ระดับการสั่นสะเทือนสามารถวัดได้โดยการใช้เครื่องวัดความเร่ง เครื่องวัดความเร่งจะถูกนำไปติดกับวัสดุที่ต้องการวัดการสั่นสะเทือน แต่ละครั้งที่มีการเคลื่อนไหวของเครื่องวัดความเร่งจะเกิดสัญญาณไฟฟ้าขนาดเล็ก (ซึ่งจะถูกขยายสัญญาณโดยวงจรขยาย) ที่จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์สำหรับวัดที่มีหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าดังกล่าวให้อยู่ในรูปที่สามารถอ่านผลได้ง่ายขึ้น

การเคลื่อนย้ายของสิ่งของใด ๆ เมื่อเทียบกับเวลาจะวัดเป็นความเร็ว และความเร็วที่เปลี่ยนแปลงต่อหน่วยเวลาจะเป็นความเร่ง บรรจุภัณฑ์ขนส่งด้วยระบบขนส่งใด ๆ จะได้รับทั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แรงสั่นสะเทือน และการกระแทก การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเปรียบเสมือนกับการกระแทกแต่เป็นการกระแทกที่มีการเคลื่อนย้ายด้วยระยะทางสั้น ๆ มีหน่วยวัดเป็นเพียงแค่มิลลิเมตร แต่เกิดอย่างบ่อยครั้งอาจวัดได้ถึง 100 ครั้ง หรือ 1,000 ครั้งต่อวินาที โดยหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hertz) ความเข้มของการกระแทก และการสั่นสะเทือนของบรรจุภัณฑ์นี้วัดเป็นหน่วย G ซึ่งมีความหมายว่า ความเร่งที่เกิดการกระแทกหรือสั่นสะเทือนนั้นวัดได้เป็นกี่เท่าของความเร่งโน้มถ่วงโลก ด้วยเหตุนี้เมื่อไรก็ตามที่กล่าวถึงความรุนแรงในการตกกระแทกหรือการสั่นสะเทือนเป็นค่า G ก็คือ เป็นกี่เท่าเมื่อเทียบกับความเร่งโน้มถ่วงโลก

การกระแทก (Impact)

นักวิจัยพบว่าการกระแทกของผลไม้บนพื้นผิวเรียบแข็งมีความใกล้เคียงกับการกระแทกของทรงกลมยืดหยุ่นและค่าความแน่นเนื้อของผลไม้มีความสัมพันธ์กับการตอบสนองของแรงกระแทก

ตัวแปรการกระแทก (โดยเฉพาะอย่างยิ่ง มวล ความเร็วกระแทกเริ่มต้น พลังงานกระแทก พลังงานดูดกลืน ความเร่งสูงสุด เวลาที่สมนัยกับความเร่งสูงสุด การเปลี่ยนแปลงความเร็ว ความสูงของการปล่อยตก) ล้วนมีอิทธิพลอย่างมากต่อปรากฏการณ์กระแทก (Chen and Yazdani, 1991; Bajema and Hyde, 1998 ; Pang *et al*, 1992) เช่นเดียวกับสมบัติโครงสร้างใหญ่ และเล็กของผลไม้

Nahir *et al*. (1986) รายงานว่าเมื่อนำมะเขือเทศปล่อยจากที่สูง 70 มิลลิเมตร ตกลงสู่พื้นผิวเรียบแข็งการตอบสนองของแรงมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของผลไม้ และค่าความแน่นเนื้อ

Delwiche *et al*. (1987) ศึกษาวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นเมื่อวัสดุเกษตรตกลงกระแทกสู่พื้นผิวเรียบแข็ง และพบว่าลักษณะแรงกระแทกมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับโมดูลัสความยืดหยุ่นของผลไม้ และค่าความแน่นเนื้อที่อ่านได้จาก Penetrometer

Zapp *et al*. (1990) ได้พัฒนาผลไม้จำลองทรงกลมเพื่อนำไปสู่การเก็บข้อมูลค่าความเร่งที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการ การบรรจุ และขนส่งของผักและผลไม้ ปรากฏว่าเมื่อทดลองแบบปล่อยผลไม้ตก ค่าสัญญาณความเร่งที่เกิดขึ้นมีความใกล้เคียงกับสัญญาณที่ได้จากผลไม้จริง

Bollen (1993) นำข้อมูลซึ่งได้จากเครื่องมือทรงกลมซึ่งเกิดจากการกระแทกปรากฏว่าเมื่อผลไม้เกิดการกระแทกที่ความสูงประมาณ 50 มิลลิเมตร มีโอกาส 20 เปอร์เซ็นต์ ที่แอปเปิลจะเกิดความช้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกิน 1 ตารางเซนติเมตร

การป้องกันความเสียหายของมะม่วงที่เกิดจากความเสียหายเชิงกล ได้แก่ การสั่นสะเทือน แรงกระแทกระหว่างผลมะม่วงกับก้นภาชนะบรรจุในขณะที่มีการขนส่งมะม่วงสามารถป้องกันได้

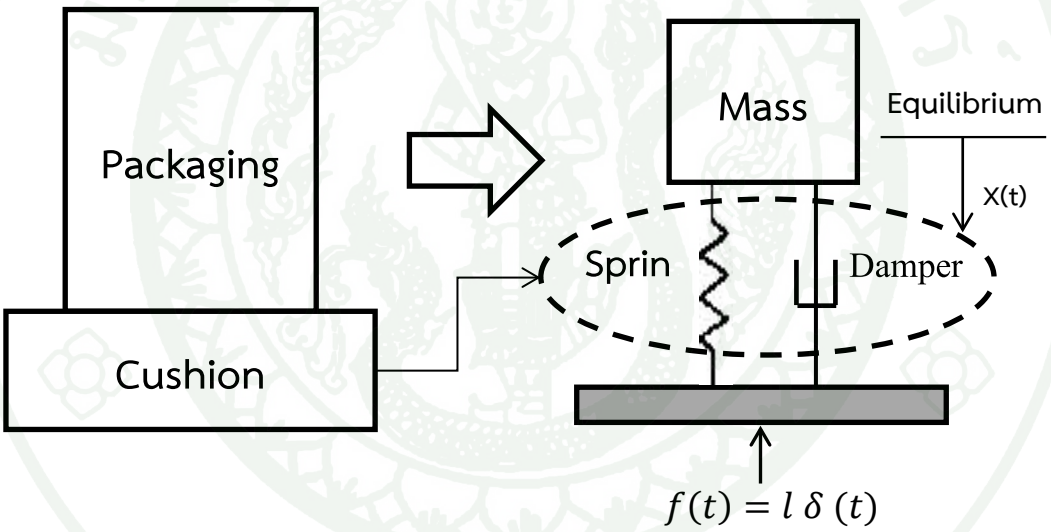
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยใช้วัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูงรองก้น และปิดส่วนบนภาชนะ คือ ตะกร้าพลาสติกบรรจุผลมะม่วง โดยมีหลักการเช่นเดียวกับหลักการของสปริง และมวลที่มีการหน่วงแรง

ทฤษฎีการกระแทก (Impact loading)

แรงที่กระทำกับวัตถุแบบพลศาสตร์นั้นจะเป็นแรงกระทำแปรค่ากับเวลา เช่น การชนของวัตถุหรือที่เรียกว่า แรงกระทำแบบกระแทก (Impact loading) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกระแทกที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุหนึ่งชนกับอีกวัตถุหนึ่งในเวลาอันสั้น (บุรฉัตร, 2545)

แบบจำลองทางกายภาพ (Physical Model) ของระบบบรรจุภัณฑ์เมื่อรับแรงกระแทกซึ่งจำลองแบบด้วยระบบการเคลื่อนที่หนึ่งองศาอิสระ มวล - สปริง - แดมเพอร์ ซึ่งรับแรงกระแทกแบบ Impulse องศาอิสระที่เราพิจารณาในที่นี้คือระยะกระจัดของก้อนมวลซึ่งวัดเทียบกับตำแหน่งสมดุล ดังแสดงในภาพที่ 4 ส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบมีรายละเอียด ดังนี้



ภาพที่ 4 ระบบ มวล - สปริง - แดมเพอร์ (mass - spring - damper)

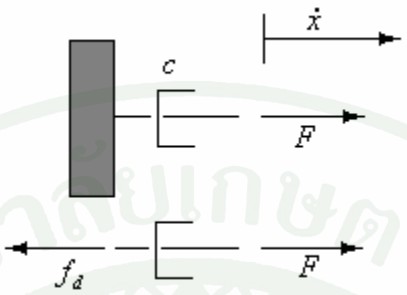
ที่มา: วรุตม์ และคณะ (2547)

มวลเป็นตัวแทนของบรรจุภัณฑ์ในระหว่างการขนส่ง วัสดุกันกระแทกจะถูกแทนที่ด้วยระบบสปริง - แดมเพอร์

สปริงจะออกแรงแก่มวลเพื่อต่อต้านการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวสปริง สปริงจะทำหน้าที่เป็นตัวเก็บรักษาพลังงานศักย์ของระบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แดมเพอร์จะออกแรงเพื่อต่อต้านการเคลื่อนที่ของมวล โดยจะออกแรงกระทำแก่มวลในทิศทางตรงข้ามกับความเร็วของมวล แดมเพอร์จะนำพลังงานออกไปจากระบบแรงที่แดมเพอร์กระทำกับมวล และความเร็วมีความสัมพันธ์แบบสมการเชิงเส้น ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แดมเพอร์ (Damper)

ที่มา: วรุตม์ และคณะ (2547)

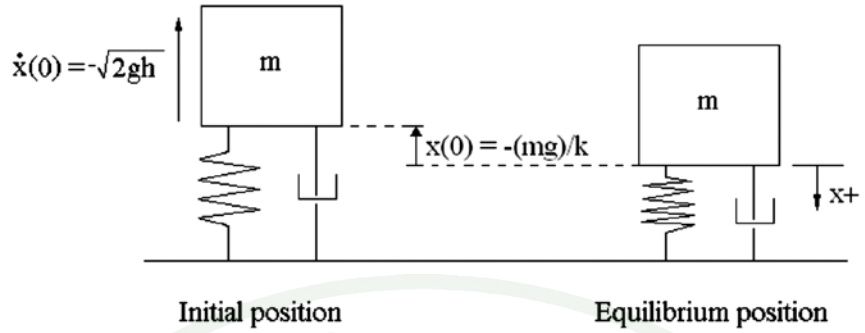
การออกแรงของแดมเพอร์

$$f_d = -F - cx \qquad (1)$$

จากภาพที่ 5 เมื่อค่า c คือ สัมประสิทธิ์ความหน่วง (Damping coefficient) มีหน่วยเป็น นิวตัน - วินาทีต่อเมตร หรือ กิโลกรัมต่อวินาที และ x คือ ความเร็วของมวล หน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

ในการทดสอบเรามีสมมติฐานว่า เมื่อบรรจุภัณฑ์มะม่วงได้รับแรงกระแทก บรรจุภัณฑ์มะม่วงจะถูกกระทำโดยการดล (Impulse) การที่ระบบรับแรงกระแทกแบบ Impulse อาจพิจารณาได้ว่าระบบมีการสั่นแบบธรรมชาติเนื่องมาจากการตกในแนวดิ่งโดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำ ขณะเริ่มกระทบพื้น การกระจัดเริ่มต้น (Initial Displacement) วัดเทียบกับตำแหน่งสมดุลเป็นระยะ $-\sqrt{\frac{mg}{k}}$ และมีความเร็วหลังกระแทกเริ่มต้น (Initial velocity) จะเท่ากับ $-\sqrt{2gh}$ ดังแสดงในภาพที่ 6 ความเร็วเริ่มต้นเกิดจากการตกอย่างอิสระจากความสูง h ผลของ Initial Displacement และ Initial Velocity ทำให้มวลเกิดการสั่นอย่างธรรมชาติ (Free vibration) เป็นระยะเวลาหนึ่งหลังจากตกกระแทกพื้น

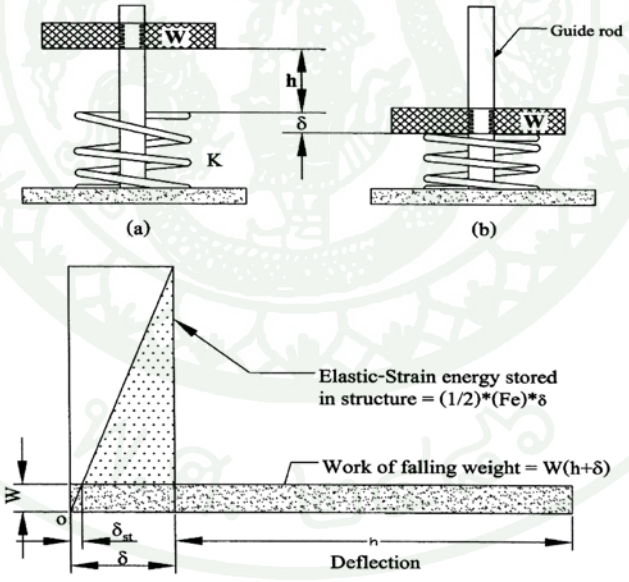
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 ระบบ มวล – สปริง – แดมเพอร์ และสภาวะเริ่มต้นของระบบ

ที่มา: วรุตม์ และคณะ (2547)

จากการศึกษาพฤติกรรมการกระแทกโดยใช้หลักการอนุรักษ์พลังงานพบว่า เมื่อมวลถูกปล่อยและตกลงมาเป็นระยะ h กระทบกับสปริงและอัดสปริงเป็นระยะ $\delta(m)$ ก่อนที่จะกลับมาอยู่ในสภาวะนิ่งจะได้แรงที่เกิดขึ้นคือ $F_e = k\delta$ โดยมีค่าคงตัว $k(N/m)$ และถ้าน้ำหนัก $W(N)$ กระทำกับสปริงแบบสถิตศาสตร์ทำให้สปริงเกิดการยุบตัว $\delta_{st} = w/k$



ภาพที่ 7 แสดงหลักการกระแทก

ที่มา: Juvinall and Marshek (1991)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิจารณากฎของพลังงาน

จากภาพที่ 7 สมการสมดุลพลังงานระหว่างพลังงานที่เกิดจากแรงยืดหยุ่น และน้ำหนักที่ตกลงบนผิวงานของโครงสร้างสปริงซึ่งจะมีค่าเท่ากันดังนี้

$$w(h+\delta) \quad = \frac{1}{2} \cdot F_e \cdot \delta \qquad (2)$$

จากคำจำกัดความ $F_e = k\delta$ และ $k = w/\delta_{st} (w = k\delta_{st})$

จะได้ $F_e = (\delta/\delta_{st})w$ หรือ $\delta/\delta_{st} = F_e/w$ (3)

แทนสมการ (3) ในสมการ (2)

จะได้ $$w(h+\delta) \quad = \frac{1}{2}\left(\frac{\delta^2}{\delta_{st}}\right) w \qquad (4)$$

สมการที่ (4) เป็นสมการของ δ^2 ซึ่งแก้สมการจะได้ค่า

$$\delta = \delta_{st}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta_{st}}}\right) \qquad (5)$$

และแทนสมการ (3) ในสมการ (5) จะได้

$$F_e = W\left(1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta_{st}}}\right) \qquad (6)$$

เมื่อ F_e = ขนาดของแรงตกกระแทก (*N*)
W = น้ำหนักของมวลตกกระแทก (*N*)
h = ระยะความสูงระหว่างสปริงและมวลตกกระแทก (*mm*)
δ = ระยะยุบตัวมากที่สุดของสปริงเมื่อเกิดการตกกระแทก (*mm*)
δ_{st} = ระยะยุบตัวของสปริงแบบสถิตศาสตร์จากน้ำหนักมวลกระแทก (*mm*)

จากสมการ (6) อธิบายได้ว่า ขนาดของแรงกระแทกที่เกิดขึ้นมีค่ามากขึ้นตามระยะความสูงระหว่างสปริง และมวลตกกระแทกที่เพิ่มขึ้น

เนื่องจากโครงสร้างของสปริงจะยืดหยุ่น และตอบสนองแรงที่มากระทบ ความเค้นที่เกิดขึ้นกับภาระนี้จากสมการ (5) และ (6) จึงเรียกว่าองค์ประกอบแรงกระแทก และในบางครั้งสมการที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(5) และ (6) จะมีความเร็ว $V(m/s)$ ของการกระแทกเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งจะแทนด้วยความสูงที่ตกลงมา h

จาก $v^2 = 2gh$ หรือ $h = v^2/2g$

เมื่อ g คือ แรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

$v^2 = u^2 + 2gs$ ปล่อยวัตถุให้ตก u^2(ความเร็วต้น) เป็น 0

แทนค่าในสมการที่ (5) และ (6) จะได้ว่า

$$\delta = \delta_{st} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + \frac{v^2}{2\delta_{st}}}\right) \quad (7)$$

และ

$$F_e = W \cdot \left(1 + \sqrt{1 + \frac{v^2}{2\delta_{st}}}\right) \quad (8)$$

เมื่อ v คือ ความเร็วของมวลกระแทก (m/s)
g คือ ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

จากสมการ (8) อธิบายได้ว่า ขนาดของแรงตกกระแทกมีค่ามากขึ้นตามความเร็วของมวลกระแทก

พลังงานจลน์กระแทก

เมื่อน้ำหนักที่ตกลงมาจากที่สูงด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกมากระทบกับวัตถุ จะทำให้เกิดพลังงานการกระแทกขึ้น โดยคำนวณได้จาก (ปิยะพงษ์, 2546)

$$U = \frac{1}{2} \cdot mv^2 \quad (9)$$

เมื่อ U คือ พลังงานจากการกระแทก (J)
M คือ มวลของผลไม้ (kg)
V คือ ความเร็วของผลไม้ (m/s)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้ พลังงานจลน์จากการกระแทก U ยังสามารถคำนวณได้จาก (บัณฑิต, 2549)

$$U = m_f g h_f \quad (10)$$

เมื่อ m_f = มวลของผลไม้ (kg)
h_f = ความสูงของผลไม้ (m)

พลังงานนี้มาจากพลังงานศักย์ที่สมนัยกับความสูง วัดจากตำแหน่งนิ่งเดิมกับจุดที่เป็นพื้นกระแทกที่พิจารณา ผลไม้เป็นวัสดุที่มีสมบัติความยืดหยุ่น หลังจากการกระแทก มันจะกระดอนกลับขึ้นไปในอากาศเนื่องจากผลไม้พยายามกลับคืนสู่สภาพเดิม โดยคืนพลังงานให้กับสิ่งแวดล้อม หรืออาจมีการดูดกลืนบางส่วนของพลังงานเอาไว้ในขณะเกิดการกระดอนอาจมีการชนกันระหว่างผลไม้ด้วยกัน และการชนกันจะเกิดมากขึ้นในกรณีที่ผลไม้ในบรรจุภัณฑ์มีความหนาแน่นในการบรรจุน้อย

แรงดล การดล และโมเมนตัม (Impulse and Momentum)

แรงที่กระทำในช่วงเวลาสั้น ๆ เรียกว่า “แรงดล” (F) ผลคูณระหว่าง แรงดล (F) กับช่วงเวลาสั้น ๆ (dt) เรียกว่า “การดล” (Impulse) เราสามารถคำนวณการดลได้ ดังสมการที่ 11

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อสองของนิวตันที่ว่า “ความเร่งของวัตถุเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำ และเป็นปฏิภาคผกผันกับมวลของวัตถุ”

จะได้ว่า $F = ma$ (11)

แต่ $a = \frac{v-u}{\Delta t}$ (12)

ดังนั้น $F = m\frac{v-u}{\Delta t}$ (13)

$$F = \frac{mv-mu}{\Delta t} \quad (14)$$

เมื่อ F คือ แรงลัพธ์ที่คงตัวกระทำต่อวัตถุมวล m
mu คือ โมเมนตัมของวัตถุก่อนออกแรงกระทำ
mv คือ โมเมนตัมของวัตถุหลังออกแรงกระทำ
$mv - mu$ คือ โมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไป
$\frac{mv-mu}{\Delta t}$ คือ โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา (อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัม)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั้น ถ้าแรง F กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ

$$F = \frac{dp}{dt} \quad (15)$$

จะได้

$$Fdt = dp \quad (16)$$

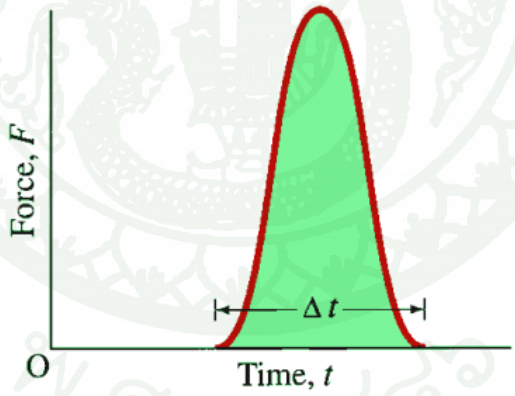
$$\int_{t_i}^{t_f} Fdt = \int_{i}^{f} dp \quad (17)$$

$$\int_{t_i}^{t_f} Fdt = p_f - p_i \quad (18)$$

จากสมการ (18) มีความหมายว่า การดล (I) ของวัตถุใดที่ได้รับแรงกระกระทำมีค่าเท่ากับโมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไป

เมื่อ $\int_{i}^{f} dp$ หมายถึง การดล (ใช้สัญลักษณ์ I)

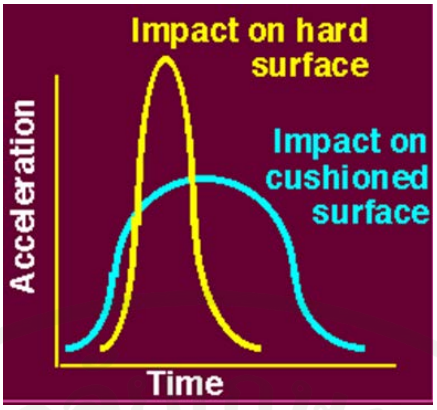
$$I = p_f - p_i \quad (19)$$



ภาพที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรง (F) กับเวลา (t)

ที่มา: สุชาติ (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 กราฟแสดงความแตกต่างระหว่างแรงกระแทกบนพื้นแข็งกับแรงกระแทกที่มีวัสดุกันกระแทกรองรับ

สามารถหาแรงดลเฉลี่ยได้ดังนี้

$$F = \frac{I}{\Delta t}\int_{t_i}^{t_f} F dt \quad (20)$$

$$\int_{t_i}^{t_f} F dt = F\Delta t \quad (21)$$

ดังนั้น

$$I = F\Delta t \quad (22)$$

ในการทดสอบการกระแทกนั้นมีหลายแบบ และวิธีการหนึ่งที่นำไปใช้อย่างแพร่หลายก็คือการปล่อยวัตถุที่มีมวลขนาดหนึ่งโดยติดตั้ง Accelerometer เข้ากับมวลวัตถุนั้นจะได้ค่าความเร่งจากการวัดขณะทดสอบ และกำหนดการทดสอบอยู่ภายใต้แรงกระแทก (impact forces) จากภาวะมวลปล่อยตกอิสระ (วีระพงษ์, 2549)

จากสมการที่ (22) $I = F\Delta t$ สามารถอธิบายได้ว่า มะม่วงในบรรจุภัณฑ์ตะกร้าพลาสติกที่มีวัสดุกันกระแทก ตกลงสู่พื้นอย่างอิสระ จะใช้เวลาในการตกลงสู่พื้นช้ากว่าการไม่ใช้วัสดุกันกระแทก เพราะวัสดุกันกระแทกมีสมบัติความยืดหยุ่นสูงและมีลักษณะอ่อนนุ่ม พิจารณาอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัม ในช่วงระยะเวลาการตกกระทบสั้นๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ความเสียหายของผลมะม่วงจึงเกิดขึ้นน้อย และเมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างการดล การเปลี่ยนโมเมนตัม และค่าความเร่งสูงสุด

จะได้สมการ

$$F\Delta t = mv_2 - mv_1 = \Delta G \quad (23)$$

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{G}}{dt} = \vec{G} \quad (24)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

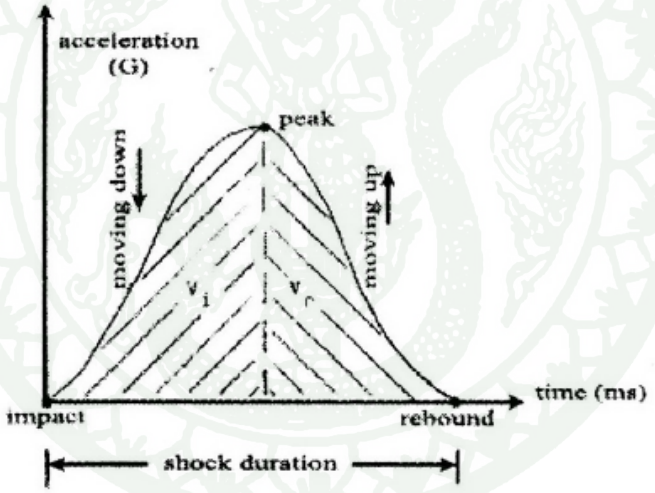
ค่าความเร่งสูงสุด (G_{max}) ที่ได้จากผลการทดสอบ โดยใช้วัสดุกันกระแทกชนิดต่าง ๆ เป็นค่าวัดแรงกระแทกโดยเปรียบเทียบเป็นจำนวนเท่าของความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก และจะเป็นตัวบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงความเร็วต่อเวลา

$$\text{Deceleration} = \frac{\text{Velocity change}}{\text{Time}} \quad (25)$$

$$G = \frac{\text{Deceleration}}{g} \quad (26)$$

เมื่อ g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก มีค่าเท่ากับ 9.81 m / s^2

สัญญาณแรงกระแทก ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่ง หรือความหน่วง (Acceleration or Deceleration) กับเวลาที่เกิดการตกกระแทก (Shock duration) อัตราเร็วที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมดจากการตกกระแทกจนสิ้นสุดการกระดอนขึ้น (Velocity change) ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 สัญญาณแรงกระแทก

ที่มา: Burgess (2002)

จากภาพที่ 10 สรุปได้ว่า

1. แรงกระแทกสูงสุด (Peak G) คือจุดที่มีค่า G สูงสุดจากกราฟสัญญาณแรงกระแทก (Shock pulse)

2. เวลาที่ใช้ในการตกกระแทก (Shock duration) คือช่วงฐานของกราฟตั้งแต่เริ่มต้นตกกระแทก (Impact) จนกระทั่งสิ้นสุดการกระดอน (Rebound) มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. อัตราเร็วที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมดตั้งแต่การตกกระทบจนถึงสิ้นสุดการกระดอนคือพื้นที่ใต้กราฟ หรือ

$$\Delta V = v_i + v_r \quad (27)$$

โดย $\Delta V = Shape\ factor \times base \times height$ หรือ

พื้นที่ใต้กราฟของสัญญาณแรงกระแทกสำหรับกราฟ รูปสามเหลี่ยม Shape factor มีค่าเท่ากับ 0.5 สี่เหลี่ยมมีค่าเท่ากับ 1.0 และ Half sine มีค่าเท่ากับ 0.636

4. ความสูงของการกระแทก (Drop height) มีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วในการตกกระแทก (impact velocity) โดย

$$v_i = \sqrt{2gh} \quad (28)$$

5. สัมประสิทธิ์การคืนตัว คือ (Coefficient of restitution) ใช้สัญลักษณ์ “e” มีค่าตั้งแต่ 0 -1

โดย $e = \frac{v_r}{v_i}$ (29)

เมื่อ e = 0 หมายถึง ไม่มีการคืนตัว คือความเร็วของการกระดอนมีค่าเป็นศูนย์ หรือไม่เกิดการกระดอนขึ้น

e = 1 หมายถึง เป็นการคืนตัวอย่างสมบูรณ์ หรืออัตราเร็วของการกระดอนมีค่าเท่ากับอัตราเร็วการตกกระทบ

ค่าดัชนีที่บ่งชี้สมบัติการป้องกันแรงกระแทกของวัสดุกันกระแทก คือ ค่า G ซึ่งเป็นค่าความหน่วงสูงสุด เมื่อวัสดุที่ทดสอบตกกระทบพื้นอย่างอิสระ วัสดุกันกระแทกที่ดูดซับแรงกระแทกได้ต่ำจะส่งผลให้แรงกระแทกถูกส่งผ่านมายังบรรจุภัณฑ์ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุได้ ดังนั้นวัสดุกันกระแทกที่ดีจึงต้องสามารถดูดซับแรงกระแทกได้มาก และส่งผ่านแรงกระแทกมายังผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด (ค่า G ต่ำ)

สภาพยืดหยุ่น

สภาพยืดหยุ่น หมายถึง สมบัติของวัตถุในการเปลี่ยนรูปร่างเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ และสามารถกลับคืนสู่รูปร่างเดิมได้ เมื่อแรงกระทำหมดไปเนื่องจากการเปลี่ยนรูปร่างของวัตถุอาจมีได้หลายแบบ โดยแต่ละแบบอัตราส่วนระหว่างความเค้นกับความเครียดจะมีค่าคงตัวแตกต่างกันออกไป และเรียกค่าคงตัวต่าง ๆ เหล่านี้ว่ามอดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (กรณีการเปลี่ยนรูปร่างตามยาว เรียกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่ามอดูลัสของยัง) มอดูลัสของสภาพยืดหยุ่น และความเค้นที่ขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น ต่างเป็นสมบัติเฉพาะตัวของวัตถุหนึ่ง ๆ วัตถุที่มีค่ามอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นสูง จะทนต่อแรงภายนอกได้มาก หรือทำให้เปลี่ยนรูปร่างได้ยากค่าความเค้นที่ขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น บอกให้ทราบว่าวัตถุสามารถทนต่อแรงภายนอกได้มากสุดเท่าใด โดยที่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ ตัวอย่างวัตถุที่มีสภาพยืดหยุ่น เช่น ฟองน้ำ ลวดสปริง ยางยืด ฯลฯ (วัตถุต่างชนิดกันจะมีสภาพยืดหยุ่นแตกต่างกัน)

วัสดุกันกระแทก

ในการกันกระแทก (Cushioning) วัสดุที่ใช้กันกระแทก คือวัสดุที่นำมาใช้เพื่อปกป้องสินค้าจากความเสียหายเนื่องมาจากการกระแทกอย่างรุนแรง หรือสั่นสะเทือนระหว่างกระบวนการขนส่ง เคลื่อนย้าย และขนถ่าย วัสดุกันกระแทกถูกใช้เพื่อดูดซับแรงกระแทกเป็นการดูดกลืนพลังงานกระแทกไว้บางส่วน ปล่อยให้พลังงานกระแทกส่วนที่เหลือไปกระทำต่อผักผลไม้ เป็นการบรรเทาความเสียหาย (บัณฑิต, 2549) หลักการพื้นฐานที่สำคัญของวัสดุกันกระแทกในการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับสินค้าคือ วัสดุกันกระแทกปกป้องการส่งผ่านแรงกระแทกมายังตัวสินค้า และมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนที่ของสินค้าที่บรรจุภายในหีบห่อ ซึ่งเป็นการลดการเคลื่อนที่มากระแทกกันจากการสั่นสะเทือน

ปัจจุบันมีวัสดุหลายชนิดที่นำมาใช้เป็นวัสดุกันกระแทก และการเลือกใช้วัสดุที่ให้ผลในการปกป้องเพียงพอ ระดับราคาที่เหมาะสม จะช่วยควบคุมต้นทุนของสินค้า และลดการสูญเสียของสินค้าลงได้ ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเลือกวัสดุกันกระแทก คือ 1. รูปทรง ขนาด และน้ำหนักของสินค้า 2. ความเปราะบางของสินค้า 3. ลักษณะของการขนส่ง 4. สมบัติ ราคา และการใช้ประโยชน์อื่น ๆ ของวัสดุกันกระแทก

วัสดุกันกระแทก ได้แก่ กระดาษลูกฟูก โฟมพอลีสไตรีน โฟมพอลียูรีเทน โฟมพอลีเอทิลีน แผ่นพลาสติกอัดอากาศ ฝอยไม้ ฝอยกระดาษ เป็นต้น

วัสดุกันกระแทกที่นำมาศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้กับบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่เป็นตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็ก ได้แก่ กระดาษฝอย ฟองน้ำพอลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA Sponge Sheet) แผ่นยางฟองน้ำ (Rubber Sponge) หรือโฟมยาง และแผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์ (Aeroflex)

กระดาษฝอย

กระดาษฝอยเป็นวัสดุที่มีราคาถูกและหาได้ง่าย มีข้อเสียคือ ดูดซับความชื้นในอากาศได้ง่าย มีการปนเปื้อนของฝุ่นละออง และไม่สะอาด ในประเทศอุตสาหกรรมจะไม่นิยมใช้ โดยเฉพาะฝอยกระดาษที่ได้จากกระดาษหนังสือพิมพ์ หรือกระดาษที่ผ่านการพิมพ์มากก่อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แผ่นฟองน้ำ

แผ่นฟองน้ำที่ใช้ในการทดสอบคือแผ่นฟองน้ำโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA Sponge Sheet) เป็นวัสดุสังเคราะห์ที่ทำมาจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ มีลักษณะทางกายภาพคล้ายฟองน้ำทะเลในธรรมชาติ มีโครงสร้างเซลล์เปิดสามมิติที่เชื่อมต่อกัน ลักษณะดังกล่าวนี้ทำให้มีประสิทธิภาพในการกรองได้สูง และสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่หลังจากที่ผ่านการทำความสะอาด ฟองน้ำพีวีเอ มีความยืดหยุ่นเหมือนฟองน้ำธรรมชาติ และมีความแข็งแรงเชิงกล (mechanical strength) ดีเท่ากับหรือมากกว่าฟองน้ำที่สังเคราะห์จากวัสดุอื่น เช่น cellulose sponge และฟองน้ำพอลิยูเรเทน (PU sponge) คุณสมบัติของฟองน้ำพีวีเอ (PVA Sponge) ดูดซับพลังงานกลการสั่นสะเทือน ดูดซับแรงกระแทก ปกป้องการส่งผ่านแรงกระแทกไปยังสินค้าอย่างรวดเร็วมีน้ำหนักเบา และมีความยืดหยุ่นสูง ดังตารางที่ 2 (วรรณฤดี, 2549)

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติเชิงกลของฟองน้ำพีวีเอ (PVA Sponge)

	คุณสมบัติเชิงกลของฟองน้ำพีวีเอ (PVA Sponge)	หน่วย
1.	ความสามารถในการดูดซึมน้ำ (จำนวนเท่าของน้ำหนักแห้ง)	9.151 เท่า
2.	สมบัติต้านแรงดึง (สภาวะแบบแห้ง)	
-	ความทนต่อแรงดึง	0.988N/m^2
-	ค่าโมดูลัส	6.97 N/m^2
-	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว	36.3%
3.	สมบัติต้านแรงดึง (สภาวะแบบเปียก)	
-	ความทนต่อแรงดึง	0.297 N/m^2
-	ค่าโมดูลัส	6.088 N/m^2
-	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว	298%
4.	ความต้านทานการขัดถู (ปริมาตรเฉลี่ยที่หายไป cm^3)	
-	น้ำหนักกด 315 กรัม	1.761 cm^3
-	น้ำหนักกด 700.5 กรัม	3.108 cm^3
-	น้ำหนักกด 1000 กรัม	3.557 cm^3

ที่มา: วรรณฤดี (2549)

แผ่นยางฟองน้ำ (Rubber Sponge) หรือ โฟมยาง

แผ่นยางฟองน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้จากน้ำยางธรรมชาติ ประกอบด้วยเซลของอากาศที่ต่อเนื่องติดกันไปในโครงสร้างของยางฟองน้ำ ยางฟองน้ำสามารถเตรียมให้มีคุณสมบัติค่อนข้างหลากหลาย เช่น มีความยืดหยุ่นดี มีความนิ่ม มีความหนาแน่นต่ำ เมื่อถูกกระทำด้วยแรงกด สามารถ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลับคืนสู่สภาวะเดิมได้ ไปจนกระทั่งเป็นยางฟองน้ำที่มีคุณภาพกึ่งแข็ง ที่มีความหนาแน่นสูง ส่งผลให้ยางฟองน้ำเป็นที่นิยมใช้ในงานประเภทต่าง ๆ มากมาย ซึ่งทำผลิตภัณฑ์จำพวก เบาะนั่ง ที่นอน หมอน อุปกรณ์ตกแต่งต่าง ๆ วัสดุกันกระแทก ฉนวนความร้อน แผ่นรองเช็ดเท้าในห้องน้ำ เป็นต้น (วราภรณ์, 2537)

หลักการสำคัญของการผลิตยางฟองน้ำประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอน คือ

1. การทำให้น้ำยางเกิดฟองเป็นฟองอากาศหรือฟองของแก๊สต่าง ๆ

2. การทำให้น้ำยางที่เป็นฟองแล้วเกิดเป็นเจลในเบ้าหรือโดยวิธีการอื่น ๆ ที่ต้องการทำยางให้เป็นแผ่น

3. การวัลคาไนซ์ฟองยางที่ได้ คือการอบยางให้คงรูป

ข้อดีของยางฟองน้ำหรือโฟมยาง คือ ทำจากยางพาราธรรมชาติ เหนียวทนทาน มีความยืดหยุ่นสูง ไม่มีสารเคมีที่เป็นพิษ และรักษาสิ่งแวดล้อม (วิริยะ และคณะ, 2547)

แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์ (Aeroflex)

แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์ (Aeroflex) ผลิตจากยางอีลาสโตนชนิดพิเศษ (EPDM) ประกอบไปด้วยเซลล์อิสระซึ่งมีผนังกั้น ไม่ทะลุถึงกันเป็นจำนวนมาก ภายในเซลล์บรรจุด้วยอากาศแห้ง จึงมีคุณสมบัติพิเศษ คือลดการสั่นสะเทือนเพราะมีความยืดหยุ่นสูง และมีผิวเรียบ มีความคงทน ไม่เสื่อมสภาพโดยง่าย ใช้ทำฟองน้ำหุ้มท่อแอร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องจำลองการสั่นสะเทือนที่ทำในประเทศสำหรับทดสอบบรรจุภัณฑ์ (บัณฑิต และทรงธรรม์, 2548)

2. ตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็ก

3. ตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับ

4. วัสดุรองก้นตะกร้าสำหรับทดสอบบรรจุภัณฑ์ เพื่อที่จะช่วยลดแรงสั่นสะเทือน และลดแรงกระแทกของมะม่วง

   4.1 แผ่นฟองน้ำ
   4.2 แผ่นยางฟองน้ำ
   4.3 แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์
   4.4 กระดาษฝอย

5. หัววัดสัญญาณความเร่ง (KYOWA AS-10GA Acceleration Transduce)

6. เครื่องวิเคราะห์สัญญาณพลวัต (KYOWA EDX-100A Universal Recorder)

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

   7.1 เครื่องคอมพิวเตอร์
   7.2 โปรแกรม Dynamic Data Recording Software รุ่น DSC-100A
   7.3 โปรแกรม Data Analysis Software รุ่น DAS-100A
   7.4 โปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูป SPSS for Windows version 12

8. ผลมะม่วง

9. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล

10. กล้องถ่ายภาพแบบดิจิตอล (Sony, Cyber shot DSC-WX7)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. ศึกษา และรวบรวมข้อมูลขั้นตอนการดำเนินงานในภาพรวมและวิเคราะห์คุณค่าของในแต่ละกิจกรรมของการส่งออกมะม่วง

แนวทางและวิธีการที่จะใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมาจาก 2 แหล่ง คือจะมีการใช้ข้อมูลทั้งจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ และแหล่งข้อมูลทุติยภูมิซึ่งได้มาจากข้อมูลทางสถิติการผลิตและค้ามะม่วง รวมทั้งทบทวนวรรณกรรม วารสารวิชาการ ข่าวสารและเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

1.1 การเก็บข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ โดยข้อมูลที่ได้รับจะเป็นเชิงคุณภาพ จะใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลดังนี้ คือ 1. การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม (non-participant observation) และ 2. การสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview)

เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์โดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกอย่างเดียว ดังนั้นเพื่อให้การศึกษากระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และถูกต้องสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยจะทำการลงพื้นที่ศึกษา เริ่มจากการออกไปศึกษาเก็บข้อมูลในสถานที่จริง ประกอบด้วย

1) ชมรมผู้ปลูกมะม่วงอำเภอเนินมะปราง ตำบลเนินมะปราง อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก

2) วิสาหกิจชุมชนส่งเสริมการผลิตมะม่วงคุณภาพเพื่อการส่งออก ตำบลบ้านน้อย อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก

3) วิสาหกิจชุมชนมะม่วงส่งออกพันชาลี ตำบลพันชาลี อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

4) กลุ่มผู้ผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกและแปรรูปบ้านพระพุทธบาทน้อย ตำบลสองคอน อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

5) วิสาหกิจชุมชนพัฒนาการผลิตมะม่วงบ้านเพชรน้ำผึ้ง ตำบลลานสัก อำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานี

6) วิสาหกิจชุมชนกลุ่มส่งเสริมการผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกอำเภอหนองไผ่ ตำบลบ่อไทย อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

7) วิสาหกิจชุมชนผู้ส่งออกมะม่วงอำเภอชนแดน ตำบลพระพุทธบาท อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8) กลุ่มปรับปรุงคุณภาพมะม่วงเพื่อการค้าและส่งออกอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ ตำบลบ้านโคก อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี

9) วิสาหกิจชุมชนมะม่วงส่งออก ตำบลยี่ล้น อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง

10) วิสาหกิจชุมชนมะม่วงส่งออกมงคลธรรมนิมิต ตำบลมงคลธรรมนิมิต อำเภอสามโก้ จังหวัดอ่างทอง

11) วิสาหกิจชุมชนปลูกพืชเศรษฐกิจเพื่อการส่งออก ตำบลมงคลนิมิต อำเภอสามโก้ จังหวัดอ่างทอง

12) กลุ่มปลูกมะม่วงเพื่อการส่งออก อำเภอพร้าว ตำบลป่าไทน์ จังหวัดเชียงใหม่

13) ชมรมผู้ปลูกมะม่วงจังหวัดเชียงใหม่ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

1.2 ศึกษาวิเคราะห์ระบบห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของมะม่วงน้ำดอกไม้ ทำการสำรวจข้อมูลการผลิต การเก็บเกี่ยว การเคลื่อนย้ายผลผลิตจากสวนไปสู่กลุ่มเกษตรกร จากกลุ่มเกษตรกรไปสู่ผู้ส่งออก และจากผู้ส่งออกสู่สนามบิน และศึกษาข้อมูลต้นทุนของแต่ละกิจกรรม เน้นกิจกรรมการขนส่ง (Transportation)

1.3 ศึกษาวิธีการขนส่งมะม่วงจากสวนเกษตรกรไปยังศูนย์รวบรวมมะม่วงเพื่อการส่งออก เพื่อทราบถึงลักษณะรูปแบบของภาชนะบรรจุ ปัญหาที่เกิดขึ้น และรูปแบบของภาชนะบรรจุที่ต้องการศึกษาวิธีการจัดเรียงมะม่วงลงในภาชนะบรรจุ วิธีการขนส่ง โดยการสอบถาม นำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์ผล สร้างเป็นแนวความคิดที่สามารถนำไปพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่เป็นตะกร้าพลาสติก โดยเลือกวิธีการจัดเรียงมะม่วงในบรรจุภัณฑ์ตะกร้าพลาสติกที่มีแผ่นฟองน้ำรองรับและปิดด้านบนของบรรจุภัณฑ์ตะกร้าพลาสติกเพื่อลดความเสียหายของมะม่วงในระหว่างการขนส่ง

2. ศึกษาเปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการขนส่งมะม่วงภายใต้สภาวะสั่นสะเทือน

2.1 นำมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ผลิตเพื่อการส่งออกอายุ 110 - 115 วัน จากอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมามาชั่งน้ำหนักหาความถ่วงจำเพาะ (SG) ของผลมะม่วงโดยนำผลมะม่วงมาชั่งในอากาศ (w_f) ก่อนแล้วจุ่มทั้งผลลงไปในน้ำให้ปริ่มพอดี อ่านค่าน้ำหนักที่ได้ขณะผลมะม่วงอยู่ในน้ำ (w_d) นี้ไปคำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะของมะม่วงตามสมการที่ (30)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมการคำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะ

$$SG = \frac{W_f}{W_d} \quad (30)$$

2.2 นำผลที่ได้มาคำนวณหาปริมาตรจริงมะม่วงจากสูตร (น้ำหนักมะม่วง × (ถ.พ. × ความหนาแน่นน้ำ))

2.3 นำค่าปริมาตรจริงและน้ำหนักของแต่ละผลมาหาความสัมพันธ์เพื่อใช้ในการคำนวณความหนาแน่นการบรรจุพร้อมทั้งทำหมายเลขไว้ที่ผลของมะม่วงแล้วทำการวัดปริมาตรของบรรจุภัณฑ์แต่ละแบบ

2.4 ทำการทดลองโดยมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดแล้วทดลองแบบมี 2 ปัจจัย 2 ซ้ำ โดยทำการบรรจุมะม่วงลงในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบคือ ตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็ก และตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับ (ภาพที่ 11 และ 12)



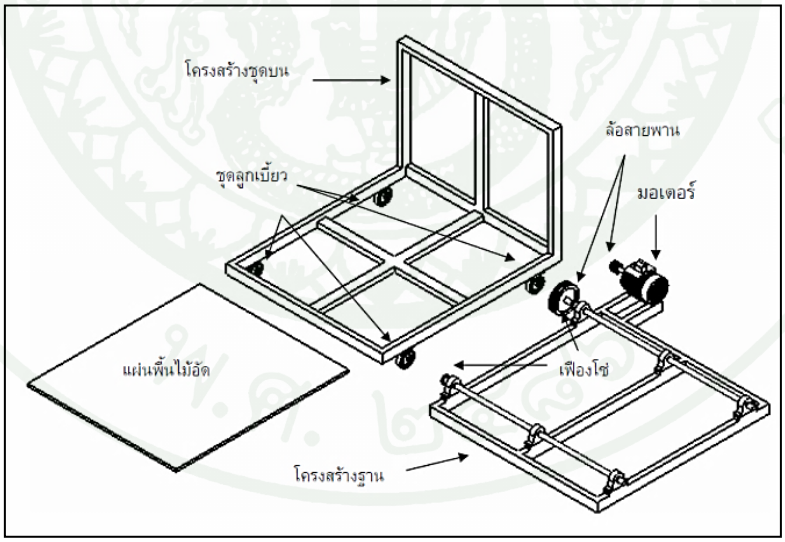
ภาพที่ 11 ตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็ก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 ตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับ

2.5 นำแต่ละตะกร้ามาจัดเรียงให้มีการจัดเรียงแบบซ้อนกันและไม่ซ้อนกันแล้วนำมาทดสอบกับเครื่องจำลองการสั่นสะเทือนตามมาตรฐาน ASTM-999 A2 (American Society for Testing Materials, 1991) (ภาพที่ 13) ที่ทำการติดตั้งและสอบเทียบไว้แล้วที่ความถี่ 2.5 Hz หรือที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง (ภาพที่ 14 และ 15)



ภาพที่ 13 เครื่องจำลองการสั่นสะเทือนสำหรับทดสอบบรรจุภัณฑ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 การจำลองการสั่นสะเทือนของตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กมีการจัดเรียงไม่ซ้อนกัน



ภาพที่ 15 การจำลองการสั่นสะเทือนของตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับจัดเรียงแบบซ้อนกัน

2.6 เมื่อทำการทดสอบแล้วนำมะม่วงที่ได้มาตรวจสอบ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อให้มะม่วงแสดงรอยช้ำ (ภาพที่ 16) แล้วตรวจสอบความเสียหายวัดปริมาตรรอยช้ำและคำนวณตามสูตร นำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย (จำนวนผลที่เกิดความเสียหายทั้งหมดในบรรจุภัณฑ์ ÷ จำนวนผลทั้งหมดในบรรจุภัณฑ์) × 100 พร้อมทั้งทำการคำนวณค่าความหนาแน่นการบรรจุ (ปริมาตรผลทั้งหมด ÷ ปริมาตรบรรจุภัณฑ์)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 ลักษณะรอยช้ำมะม่วงที่ทิ้งไว้ ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3. การทดสอบบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีวัสดุรองก้น และปิดด้านบน เพื่อลดแรงสั่นสะเทือน และลดแรงกระแทก

3.1 ชุดทดสอบประกอบด้วย

3.1.1 ตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กบรรจุมะม่วงภายในรองก้นตะกร้าด้วยวัสดุต่าง ๆ ได้แก่ แผ่นฟองน้ำ (ภาพที่ 17) แผ่นยางฟองน้ำ (ภาพที่ 18) แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์ (ภาพที่ 19) กระดาษฝอย (ภาพที่ 20) และปิดทับด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร กำหนดให้มีมวลทดสอบมะม่วงที่มีขนาดต่างๆ กัน ความสูงต่างกัน ทำการทดสอบแต่ละการทดสอบ 5 ซ้ำ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การทดสอบการปล่อยตก

การทดสอบ	น้ำหนัก (kg)	ความสูงปล่อยตก (cm)	วัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้า
1	5, 15, 25	2, 4, 6, 8, 10	ไม่ใช้
2	5, 15, 25	2, 4, 6, 8, 10	แผ่นฟองน้ำหนา 2, 4, และ 6 ซม.
3	25	2, 4, 6, 8, 10	แผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5, 1 และ 1.5 ซม.
4	25	2, 4, 6, 8, 10	แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1 ซม.
5	25	2, 4, 6, 8, 10	กระดาษฝอย หนา 1 ซม.

3.1.2 หัววัดสัญญาณความเร่ง (ภาพที่ 21) (Accelerometer) (AS-10GA, Kyowa Electronic Instruments Col, Ltd., Tokyo, Japan)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.3 เครื่องบันทึกเอนกประสงค์ (ภาพที่ 22) (Universal Recorder) (EDX–100A, Kyowa Electronic Instruments Col, Ltd., Tokyo, Japan)



ภาพที่ 17 วัสดุรองก้นตะกร้าแผ่นฟองน้ำ



ภาพที่ 18 วัสดุรองก้นตะกร้าแผ่นยางฟองน้ำ



ภาพที่ 19 วัสดุรองก้นตะกร้าแผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 20 วัสดุรองก้นตะกร้ากระดาษฝอย



ภาพที่ 21 หัววัดสัญญาณความเร่ง (Accelerometer) (AS-10GA, Kyowa Electronic Instruments Col, Ltd., Tokyo, Japan)



ภาพที่ 22 เครื่องบันทึกเอนกประสงค์ (Universal Recorder) (EDX–100A, Kyowa Electronic Instruments Col, Ltd., Tokyo, Japan)

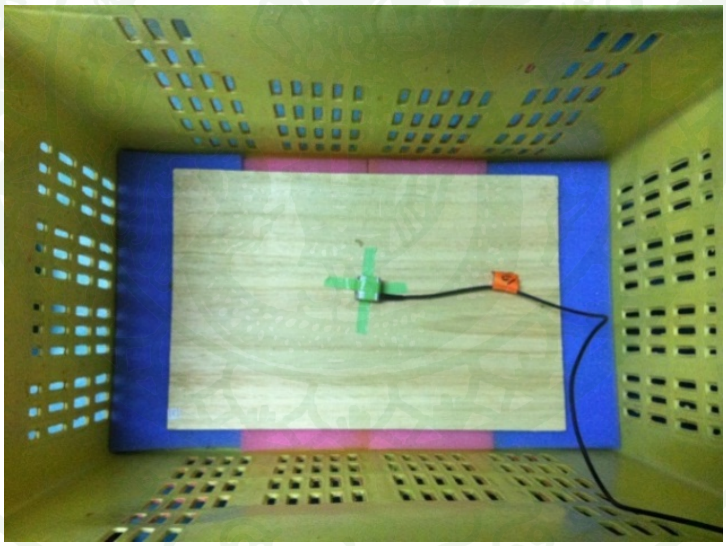
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 วิธีทดสอบ

3.2.1 ติดตั้งหัววัดสัญญาณความเร่ง (Accelerometer) ที่จุดกึ่งกลางด้านล่างตะกร้าพลาสติกที่ชุดทดสอบต่าง ๆ (ภาพที่ 23) ซึ่งสัญญาณที่วัดค่าได้จากอุปกรณ์วัดความเร่งจะถูกส่งผ่านไปที่เครื่องบันทึกเอนกประสงค์ (Universal Recorder)

3.2.2 จำลองการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็ก (ภาพที่ 24) กับชุดทดสอบต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ทดสอบให้ตกลงในแนวดิ่งที่ระดับความสูงจากพื้นถึงก้นตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็ก 5 ระดับ คือ 2, 4, 6, 8, 10 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยรองก้นตะกร้า และปิดด้านบนตะกร้าพลาสติกด้วยแผ่นฟองน้ำ แล้วเปลี่ยนเป็นใช้วัสดุอื่น ๆ ตามชุดทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าความเร่ง

3.2.3 บันทึกผลการทดสอบ โดยเครื่องบันทึกเอนกประสงค์จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ได้รับจากหัวเซนเซอร์เปลี่ยนสัญญาณ Analog เป็นข้อมูลตัวเลขค่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าความเร่งการสั่นสะเทือน และส่งผ่านข้อมูลไปบันทึกที่คอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Dynamic Data Recording Software รุ่น DSC-100A (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 23 การติดตั้งหัววัดสัญญาณความเร่งที่จุดกึ่งกลางของชุดทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 24 การจำลองการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติก



ภาพที่ 25 ลักษณะการบันทึกสัญญาณการทดลองปล่อยตก และการแสดงผลค่าความเร่ง ณ เวลาต่าง ๆ

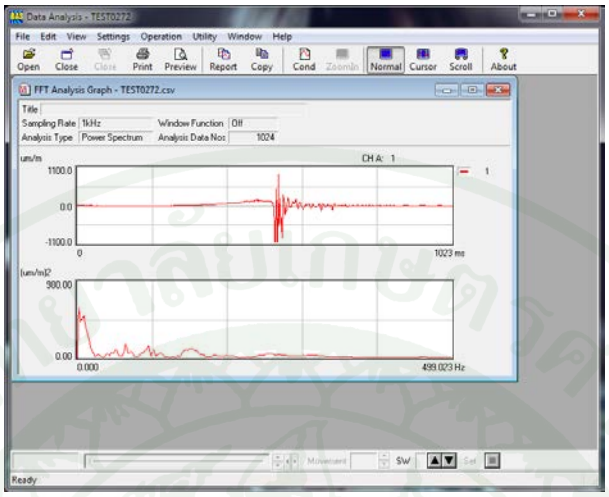
3.2.4 ในแต่ละชุดทดสอบทำการทดสอบซ้ำ 5 ครั้ง แล้วข้อมูลตัวเลขค่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าความเร่งการสั่นสะเทือนที่ได้จากการบันทึกทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย และนำค่าความเร่งสูงสุดเฉลี่ยในแต่ละชุดทดสอบมาเปรียบเทียบกัน

4. การวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเร่งที่ได้จากการทดลอง

4.1 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Data Analysis Software รุ่น DAS-100A โดยเลือกการแปลงรูปข้อมูลแบบ Fast Fourier Transform (FFT) เพื่อแสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ และความเร่ง หรือ เรียกว่าเพาเวอร์สเปกตรัมของความเร่ง (Power

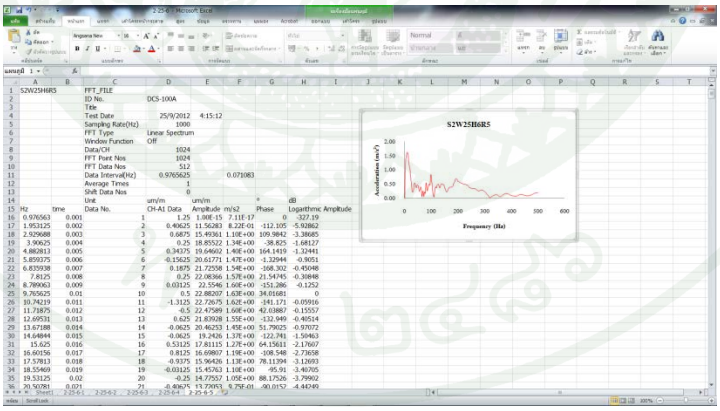
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

spectrum of acceleration) ค่าความเร่งสูงสุดที่ปรากฏขึ้นที่ความถี่ค่าหนึ่งจะถูกนำมาใช้วิเคราะห์ต่อไป (ภาพที่ 26)



ภาพที่ 26 ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ และความเร่ง

4.2 ข้อมูลค่าความเร่งที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Data Analysis Software รุ่น DAS-100A จะเป็นค่าที่ยังไม่ได้ปรับสอบเทียบเครื่องมือ จึงต้องนำข้อมูลค่าความเร่งสูงสุดของในแต่ละการทดสอบมาปรับข้อมูลโดยนำมาคูณค่าคงที่ของหัววัดความเร่ง คือ 0.071083 โดยใช้โปรแกรม Excel ในการปรับแก้ข้อมูล (ภาพที่ 27)



ภาพที่ 27 การใช้โปรแกรม Excel ในการปรับแก้ข้อมูล

4.3 เมื่อปรับแก้ข้อมูลให้อยู่ในรูปมาตรฐานแล้วก็นำค่าความถี่สูงสุดของในแต่ละการทดสอบมาวิเคราะห์ผลการทดสอบในโปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูป SPSS ในลำดับต่อไป

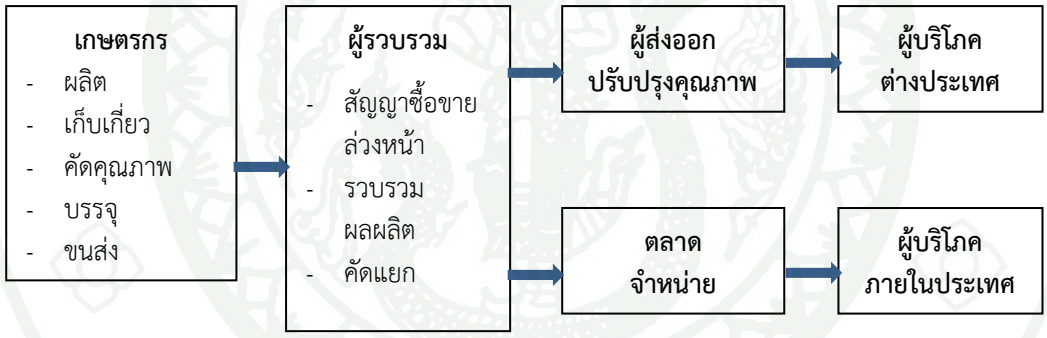
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. การศึกษาระบบห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์มะม่วงส่งออก

ในการศึกษาระบบห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์มะม่วง โดยศึกษามะม่วงน้ำดอกไม้จากกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกในเขตภาคกลางและภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 13 กลุ่ม ที่ตั้งอยู่ในแหล่งผลิต 6 จังหวัด เขตภาคกลาง 3 จังหวัด คือ อ่างทอง อุทัยธานี และสระบุรี ภาคเหนือ 3 จังหวัด คือ เชียงใหม่ พิษณุโลก และเพชรบูรณ์ ทำการศึกษาการเคลื่อนย้ายมะม่วงส่งออกระบบห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ การปฏิบัติและต้นทุนแต่ละกิจกรรมในระบบผลไม้ไทยตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวจนถึงผู้ส่งออก โดยวิธีการสัมภาษณ์ การใช้แบบสอบถามกลุ่มตัวอย่างในเขตภาคกลาง และภาคเหนือตอนล่าง

จากการสำรวจข้อมูลการผลิต การเก็บเกี่ยว การเคลื่อนย้ายผลผลิตจากสวนไปสู่กลุ่มเกษตรกร จากกลุ่มเกษตรกรไปสู่ผู้ส่งออก และจากผู้ส่งออกไปสนามบินโดยในระบบห่วงโซ่อุปทานสามารถสรุปโครงสร้างของโลจิสติกส์มะม่วงได้ดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 สรุปโครงสร้างของโลจิสติกส์มะม่วง

ที่มา: ดัดแปลงจากปนัดดา และคณะ (2553) และจากการสำรวจ

จากภาพที่ 28 โครงสร้างโลจิสติกส์มะม่วงประกอบด้วย เกษตรกรทำหน้าที่ผลิตมะม่วงตามมาตรฐานคุณภาพเพื่อการส่งออก ทำการคัดขนาดและคุณภาพตามผู้สั่งซื้อ ส่งให้กลุ่มเกษตรกรวิสาหกิจชุมชนหรือสหกรณ์ผู้ทำหน้าที่รวบรวมผลผลิต และตกลงซื้อขายกับผู้ส่งออก หรือผู้จำหน่ายภายในประเทศ และบริษัทผู้ส่งออกทำหน้าที่ปรับปรุงคุณภาพและแปรรูปเพื่อการส่งออก

จากการสัมภาษณ์เกษตรกรเกี่ยวกับขั้นตอนการผลิตมะม่วงพบว่า ในขั้นตอนการผลิตมะม่วงเกษตรกรผู้ผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ต้องเอาใจใส่ในการดูแล โดยการตรวจสอบคุณภาพดิน การกำจัดวัชพืช การให้ปุ๋ย ตกแต่งกิ่ง เร่งสร้างตาดอก เร่งการออกดอก การรักษาช่อดอก การกำจัดศัตรูพืช การห่อผลมะม่วง ตรวจสอบผลห่อมะม่วง ระมัดระวังการใช้สารเคมีไม่ให้มีสารพิษตกค้าง การเก็บ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกี่ยวด้วยความระมัดระวัง การคัดเลือกคุณภาพและการจัดการบรรจุภัณฑ์เพื่อนำส่งศูนย์รวบรวมมะม่วง

รูปแบบและวิธีการเคลื่อนย้ายมะม่วงน้ำดอกไม้จากสวนเกษตรกรมายังศูนย์รวบรวมมะม่วง เพื่อให้ผู้ส่งออกคัดแยก จัดการผลผลิตและขนส่งไปยังบริษัทเพื่อปรับปรุงคุณภาพก่อนส่งออกไปยังประเทศผู้บริโภค ได้แก่ ญี่ปุ่น เกาหลี ยุโรป ตะวันออกกลาง จีน และมาเลเซีย ในส่วนของการส่งออกไปยังประเทศจีนพบว่าผู้ส่งออกบางรายทำการคัดผลผลิตและบรรจุหีบห่อ ณ จุดคัดแยกของเกษตรกร สำหรับตลาดค้าส่งภายในประเทศมะม่วงน้ำดอกไม้ส่วนหนึ่งจะเป็นผลผลิตที่เหลือจากการคัดออกของผู้ส่งออก อีกส่วนหนึ่งเป็นผลผลิตที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวตามคำสั่งซื้อโดยเฉพาะ โดยการมารับซื้อที่จุดคัดแยกของกลุ่มหรือจุดคัดแยกเอง

ผู้ส่งออกผลสดส่วนใหญ่จะคัดผลผลิตที่แหล่งเพาะปลูกโดยใช้โรงคัดแยกผลผลิตของกลุ่มเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน เป็นสถานที่คัดผลผลิตและจัดการผลผลิตก่อนการขนส่งไปยังบริษัทหรือตลาดจำหน่าย การคัดผลผลิตของผู้ส่งออกที่ผ่านการคัดเบื้องต้นจากเกษตรกรจะคัดจากผิว ความสุกแก่ ขนาดโดยน้ำหนัก ผลผลิตที่ส่งไปประเทศญี่ปุ่น เกาหลี ยุโรป และตะวันออกกลางจะคัดเลือกเฉพาะที่มีผิว ความสุกและขนาดที่ต้องการ สำหรับการส่งออกไปประเทศจีนผู้ส่งออกจะรับซื้อผลผลิตที่เกษตรกรคัดแยกแล้วเกือบทั้งหมด ผลผลิตที่ถูกคัดเลือกจากจุดคัดแยกจะถูกห่อด้วยโฟมตาข่ายแล้ววางลงในตะกร้าที่รองพื้นด้วยโฟมแผ่นบางและปูด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ด้านล่าง และรอบด้านข้าง 4 ด้าน ผลผลิตจะถูกวางเรียงไม่เกิน 3 ชั้น ประมาณ 20 - 22 กิโลกรัม ด้านบนปิดด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ การส่งออกผลผลิตไปประเทศจีนอาจใช้ตาข่ายโฟมบรรจุลงกล่องกระดาษและนำเข้าคอนเทนเนอร์เย็นหรือขนส่งโดยรถขนส่งคลุมผ้าใบป้องกันความร้อน ส่วนการส่งออกผลผลิตไปประเทศญี่ปุ่น เกาหลี ยุโรป ตะวันออกกลางผู้ส่งออกจะดำเนินการปรับปรุงผลผลิตต่อ โดยใช้รถบรรทุก 4 ล้อ ไม่ใช้ห้องเย็น มีบางรายใช้รถห้องเย็น รถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุก 10 ล้อ และคอนเทนเนอร์เย็น

ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ตั้งแต่การเก็บเกี่ยวไปจนถึงโรงงานปรับปรุงคุณภาพเพื่อการส่งออกจะถูกควบคุมให้ใช้เวลาประมาณไม่เกิน 30 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและระยะทาง แต่โดยปกติผู้ส่งออกจะควบคุมเวลาในการขนส่งไม่ให้เกิน 12 ชั่วโมง

การกำหนดมาตรฐานเพื่อการส่งออกมะม่วง เกษตรกรต้องดูแลสวนมะม่วงตามหลักวิชาการเกษตร ห่อผลมะม่วงด้วยวัสดุที่เหมาะสมในช่วงเวลา 2 เดือนก่อนเก็บเกี่ยว มีการกำหนดมาตรฐานร่วมกันเกี่ยวกับน้ำหนักผล ผิวมะม่วงไม่มีรอยแผลจากโรคและแมลง ไม่มีคราบยางและรอยช้ำจากการกระแทก ลักษณะผลต้องตรงตามพันธุ์ การเก็บเกี่ยวเมื่อมีความแก่ 85 - 90 % ห่อหุ้มผลมะม่วงก่อนบรรจุในภาชนะ

การคัดแยกเบื้องต้นและการขนส่งไปยังจุดรวบรวมผลผลิต เกษตรกรจะใช้รถกระบะ หรือรถไถพ่วงกระบะ มะม่วงจะถูกคัดแยกเบื้องต้นบรรจุลงในตะกร้า เกษตรกรบางรายประสบปัญหา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกี่ยวกับระยะทางในการขนส่ง จึงไม่ได้ถอดถุงคาร์บอนเพื่อป้องกันความช้ำ แต่มีข้อเสียคือไม่ได้คัดแยกเบื้องต้นก่อให้เกิดความสิ้นเปลืองในการขนส่ง

เกษตรกรจะรวมกลุ่มเป็นกลุ่มเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน หรือสหกรณ์ เพื่อเป็นศูนย์กลางในการติดต่อประสานงานระหว่างบริษัทผู้ส่งออก ผู้ค้าภายในประเทศกับเกษตรกร โดยมีการตกลงทำสัญญาซื้อขายระหว่างผู้ประกอบการกับบริษัทผู้ส่งออก มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพและราคาที่เหมาะสม มีการรวบรวมและเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารและเทคโนโลยีการผลิตมะม่วง จัดหาปัจจัยการผลิตและการตลาดให้กับสมาชิก เป็นศูนย์กลางในการรวบรวมผลผลิตของสมาชิก ขนส่งสินค้าให้กับบริษัทผู้ส่งออก และตรวจสอบรหัสย้อนกลับถึงแหล่งผลิต

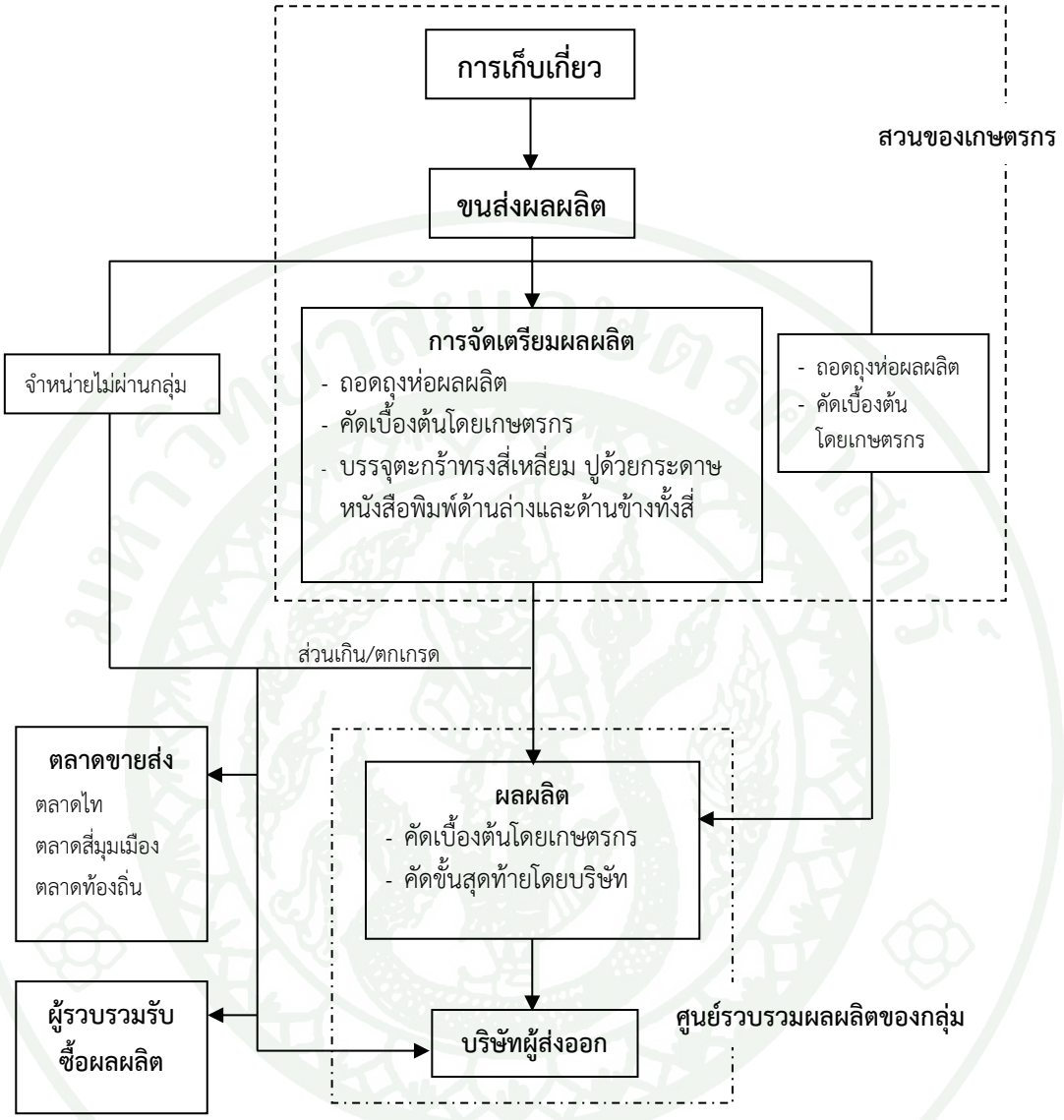
การคัดคุณภาพ เป็นหน้าที่ของผู้ประกอบการส่งออกมะม่วง มะม่วงต้องมีคุณภาพเกรด A และ B มีน้ำหนักผลมะม่วง 370 - 400 กรัมต่อผล รูปทรงสม่ำเสมอตามลักษณะสายพันธุ์ มีขั้วติดผล ความยาว 3 เซนติเมตร ผิวไม่เป็นรา ไม่แตก ไม่มีรอยตำหนิ ไม่มีโรคแอนแทรกและโรคราดำ มีสีเนื้อเหลืองเข้ม รสชาติหวาน กลิ่นหอม

การอบไอน้ำ เริ่มจากโรงงานรับมะม่วงทำการชั่งน้ำหนัก ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำผสมคลอรีน นำผลมะม่วงไปจุ่มในน้ำร้อน อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อฆ่าเชื้อโรคผลเน่า ลดความร้อนโดยใช้น้ำเปล่า ผึ่งให้แห้งในอากาศ อบไอน้ำในตู้อบที่อุณหภูมิแกนกลางมะม่วง 47 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และลดความร้อนโดยใช้เวลา 3 - 4 ชั่วโมง ทำการ บรรจุภัณฑ์โดยตาข่ายโฟม ก่อนบรรจุลงกล่องๆ ละ 5 หรือ 3 กิโลกรัม เจ้าหน้าที่ออกใบรับรอง

การขนส่งมะม่วงไปยังสนามบินสุวรรณภูมิ บริษัทผู้ส่งออกอาจใช้รถขนส่ง หรือการจ้างรถอุณหภูมิจากโรงงานอบไอน้ำไปยังสนามบิน ค่าใช้จ่ายขึ้นอยู่กับระยะทาง ขนาดของรถ ปริมาณมะม่วงต่อความจุของรถขนส่ง

จากการศึกษาการเคลื่อนย้ายมะม่วงส่งออก ระบบห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ การปฏิบัติและต้นทุนแต่ละกิจกรรมในระบบผลไม้ไทยตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวจนถึงผู้ส่งออก โดยวิธีการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างในเขตภาคกลางและภาคเหนือตอนล่าง จากแบบสอบถาม ข้อมูลการเคลื่อนย้ายมะม่วงตลอดห่วงโซ่อุปทาน สรุปเป็นแผนภาพห่วงโซ่อุปทานของการเคลื่อนย้ายมะม่วงส่งออก ได้ดังภาพที่ 29 ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 29 สรุปภาพรวมห่วงโซ่อุปทานของการเคลื่อนย้ายมะม่วงส่งออก

ที่มา: ดาเรศร์ และคณะ (2553) และจากการสำรวจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาต้นทุนการผลิตของเกษตรกรในห่วงโซ่อุปทานตั้งแต่การเก็บเกี่ยวไปจนถึงผู้ส่งออก

เมื่อวิเคราะห์ความสูญเสียในห่วงโซ่อุปทาน พิจารณาเฉพาะที่มีเป้าหมายในการส่งออกจากการสังเกตพฤติกรรม พบว่าการปฏิบัติในขั้นตอนต่างๆ สามารถสร้างความเสียหายให้แก่ผลผลิตได้ส่วนหนึ่งแต่ไม่อาจประเมินได้ว่ามีจำนวนเท่าใด เนื่องจากการแสดงออกของความเสียหายยังไม่ปรากฏระหว่างระยะเวลาที่ศึกษา อย่างไรก็ตาม พบว่าปริมาณความเสียหายหรือผลผลิตที่ถูกคัดออกจากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพเพื่อการส่งออกมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 15 ของจำนวนที่เข้ากระบวนการ หรือคิดเป็นร้อยละ 5 ของจำนวนที่มีเป้าหมายในการส่งออกตลาดบน ทั้งนี้พฤติกรรมที่อาจสร้างความเสียหายดังกล่าว ได้แก่

1. การเก็บเกี่ยวและการบรรจุลงตะกร้าและการซ้อนตะกร้า พบว่าเกษตรกรต้องเก็บเกี่ยวผลผลิตจำนวนมากในเวลาอันจำกัด ทำให้เกิดโอกาสในการกระทบและกดทับกันของผลผลิตได้มาก การบรรจุลงตะกร้าไม่มีระบบกันกระแทกระหว่างผลนอกจากถุงห่อผลที่เป็นกระดาษเพียงชั้นเดียวและกระดาษหนังสือพิมพ์ที่ใช้กรุกันกระแทกข้างตะกร้า

2. การขนส่งจากสวนและการขนส่งมาศูนย์รวบรวมมะม่วง ขนส่งด้วยรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กพ่วงเทลเลอร์ รถเข็น รถอีแต๋น และรถบรรทุก 4 ล้อ ในระหว่างการขนส่งจะได้รับความกระทบกระเทือนเนื่องจากเส้นทางขรุขระ

3. การถอดถุงและคัดแยกเบื้องต้นจากสวนเกษตรเป็นการคัดแยกผลผลิตที่ไม่ได้คุณภาพออกในเบื้องต้นเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนย้าย แต่การถอดถุงแล้วใส่ตะกร้าขนย้ายไปยังศูนย์รวบรวมผลผลิตของกลุ่มหรือสถานที่ซื้อขายสามารถสร้างความเสียหายในด้านการบอบช้ำ

4. การถอดถุงและคัดแยกที่ศูนย์รวบรวมผลผลิต เป็นการคัดแยก ของผู้รับซื้อหรือผู้ส่งออกทำให้ลดปริมาณการสูญเสียจากการบอบช้ำ ผลผลิตที่ถูกคัดออกสามารถขายส่งในประเทศได้ ส่วนผลผลิตที่คัดเพื่อการส่งออกจะห่อด้วยโฟมตาข่ายและใส่ตะกร้า

5. การขนส่งไปโรงงานปรับปรุงคุณภาพเพื่อการส่งออก บางส่วนขนส่งด้วยรถห้องเย็น แต่ส่วนใหญ่ขนส่งในอุณหภูมิปกติโดยใช้ผ้าคลุมลดความร้อนจากแสงแดดแต่จะเกิดความสูญเสียในห่วงโซ่คือเป็นการเร่งให้ผลไม้สุกแก่เร็วขึ้นซึ่งก่อให้เกิดผลเสียโดยรวมของระบบห่วงโซ่อุปทานกล่าวคือจะทำให้ลดช่วงเวลาในการขายลง

6. การปรับปรุงคุณภาพเพื่อการส่งออก พบว่ามีปริมาณโดยรวมประมาณ ร้อยละ 15 การสูญเสียที่พบในขั้นตอนนี้เป็นผลจากการกระทบกระแทกของผลผลิตจากหลายขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. การขนส่งออกไปต่างประเทศ ข้อมูลส่วนนี้อยู่นอกเหนือขอบเขตของการศึกษาครั้งนี้ และเป็นส่วนที่บุคคลเป้าหมายในการสำรวจไม่อาจตอบได้

8. การขนส่งจากศูนย์รวบรวมไปยัง ผู้ส่งออกตลาดสดล่าง ผู้ส่งออกแปรรูป ตลาดขายส่งในประเทศและตลาดท้องถิ่น ข้อมูลส่วนนี้อยู่นอกเหนือขอบเขตของการศึกษา อย่างไรก็ตามพบว่าทั้งหมดใช้วิธีขนส่งด้วยรถบรรทุกขนาดต่างๆ ตามปริมาณสินค้า โดยไม่มีระบบทำความเย็น

จากการที่ได้ไปสำรวจและประมวลผลข้อมูลของเกษตรกรในห่วงโซ่อุปทานช่วงการเก็บเกี่ยวไปจนถึงผู้ส่งออก สามารถวิเคราะห์สัดส่วนต้นทุนในแต่ละกิจกรรมที่เกษตรกรเป็นผู้รับผิดชอบ ซึ่งประกอบด้วย การเก็บเกี่ยว การตัดขั้ว การคัดแยกผลผลิตเบื้องต้น เพื่อส่งต่อให้ผู้ส่งออกคัดเลือกอีกครั้งหนึ่ง แสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงสัดส่วนต้นทุนในแต่ละกิจกรรมที่เกษตรกรเป็นผู้รับผิดชอบ

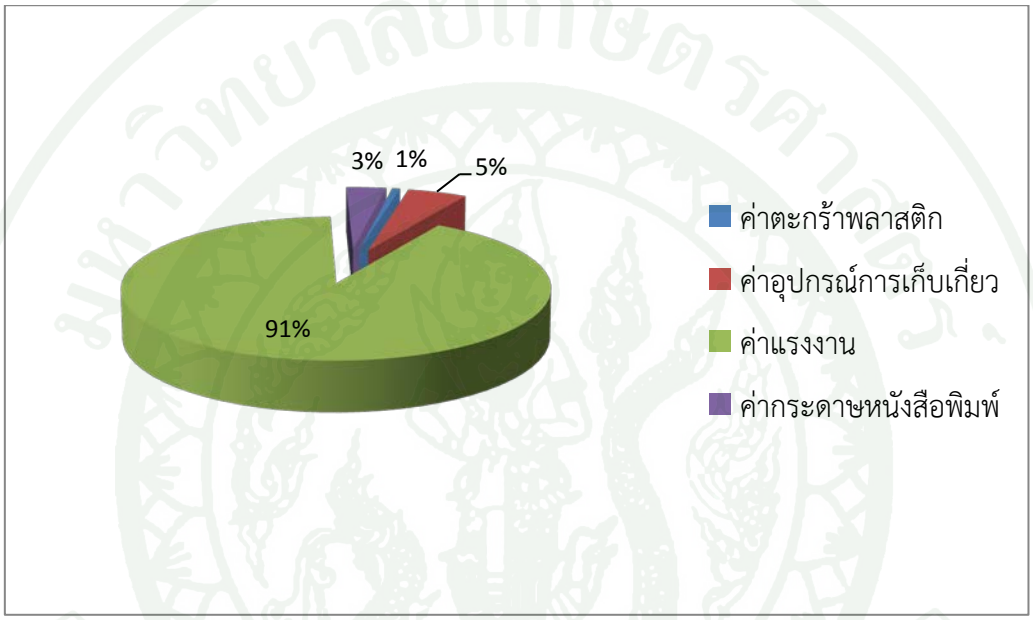
กิจกรรม	ค่าเฉลี่ยต้นทุน(บาท/กก.)		สัดส่วนร้อยละของต้นทุนกิจกรรม	
	ต้นทุนคงที่	ต้นทุนผันแปร	ต้นทุนคงที่	ต้นทุนผันแปร
การเก็บเกี่ยว				
ค่าตะกร้าพลาสติก	0.36*	-	24.16*	-
ค่าอุปกรณ์การเก็บเกี่ยว	0.43	-	28.86	-
ค่าแรงงาน	-	0.68		45.64
ค่ากระดาษหนังสือพิมพ์	-	0.02		1.34
การขนย้าย				
ค่าเสื่อมรถขนย้าย	0.18	-	41.47	-
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	-	0.19	-	43.83
ค่าซ่อมแซม/บำรุงรักษา	-	0.06	-	14.70
การคัดคุณภาพเบื้องต้น				
ค่าตะกร้าพลาสติก	0.004*	-	0.66*	-
ค่าอุปกรณ์การเก็บเกี่ยว	0.03	-	4.97	-
ค่าแรงงาน	-	0.55	-	91.06
ค่ากระดาษหนังสือพิมพ์	-	0.02	-	3.31

หมายเหตุ * คิดระยะการใช้งานที่ 5 ปี

ที่มา: ดาเรศร์ และคณะ (2553) และจากการสำรวจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

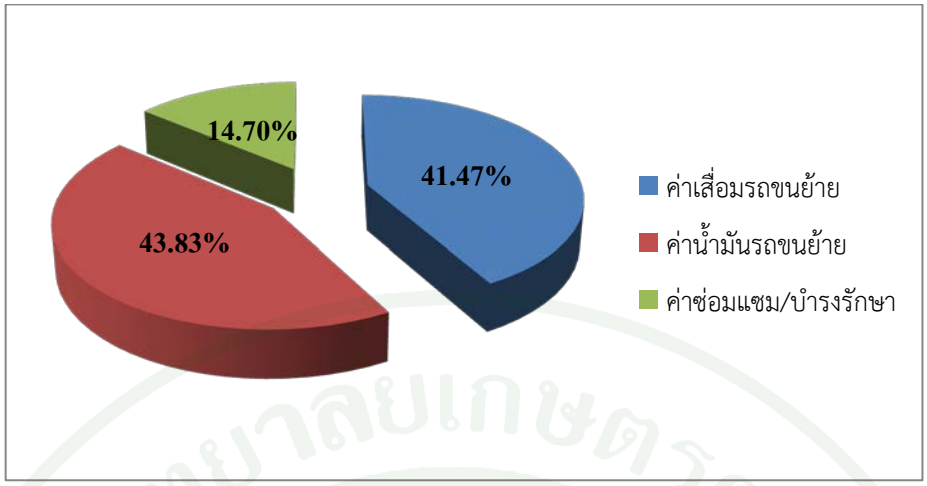
จากตารางที่ 4 ต้นทุนรวมทั้งหมด 2.524 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายแยกทุกรายการ พบว่าต้นทุนคงที่สูงที่สุด ได้แก่ ค่าอุปกรณ์เก็บเกี่ยวซึ่งใช้ใน 2 กิจกรรม คือการเก็บเกี่ยวและการคัดคุณภาพเบื้องต้น มีค่าเฉลี่ย 0.46 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 18.23 ของต้นทุนรวมทั้งหมด รองลงมาคือ ค่าตะกร้าพลาสติก มีค่าเฉลี่ย 0.364 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 14.42 ของต้นทุนรวมทั้งหมด และต้นทุนผันแปรสูงสุด ได้แก่ ค่าแรงงานเก็บเกี่ยว มีค่าเฉลี่ย 0.68 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 26.94 ของต้นทุนรวมทั้งหมด รองลงมาคือ ค่าแรงงานคัดคุณภาพ ค่าเฉลี่ย 0.55 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 21.79 ของต้นทุนรวมทั้งหมด



ภาพที่ 30 แสดงสัดส่วนต้นทุนของกิจกรรมการเก็บเกี่ยวที่เกษตรกรเป็นผู้รับผิดชอบ

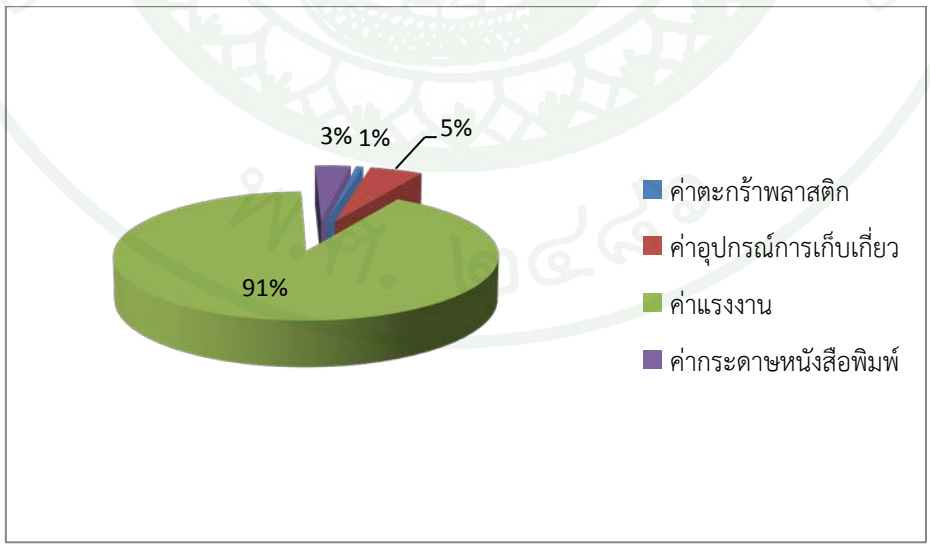
จากภาพที่ 30 ต้นทุนในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว มีค่าเฉลี่ยรวม 1.49 บาทต่อกิโลกรัม หรือ 3,385.95 บาทต่อไร่ ประกอบด้วยค่าแรงงานเก็บเกี่ยว มีค่าเฉลี่ย 0.68 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 45.64 ของต้นทุนการเก็บเกี่ยวทั้งหมด ค่าอุปกรณ์การเก็บเกี่ยว มีค่าเฉลี่ย 0.43 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 28.86 ของต้นทุนการเก็บเกี่ยวทั้งหมด ค่าตะกร้าพลาสติก มีค่าเฉลี่ย 0.36 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 24.16 ของต้นทุนการเก็บเกี่ยวทั้งหมด และค่ากระดาษหนังสือพิมพ์ มีค่าเฉลี่ย 0.02 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 1.34 ของต้นทุนการเก็บเกี่ยวทั้งหมด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 31 แสดงสัดส่วนต้นทุนของกิจกรรมการขนย้ายที่เกษตรกรเป็นผู้รับผิดชอบ

จากภาพที่ 31 ต้นทุนในขั้นตอนการขนย้าย / ขนส่งผลผลิตจากสวนถึงศูนย์รวบรวมมะม่วงของกลุ่ม โดยใช้รถบรรทุก 4 ล้อ รถแทรกเตอร์เล็กขนาด 20 – 25 แรงม้าพ่วงเทรลเลอร์ รวมถึงรถเข็นในการขนย้าย / ขนส่งมีค่าเฉลี่ยรวม 0.43 บาทต่อกิโลกรัม ประกอบด้วยค่าน้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าเฉลี่ย 0.19 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนรอยละ 41.47 ของต้นทุนการขนส่งจากสวนทั้งหมด ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา มีค่าเฉลี่ย 0.06 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนรอยละ 14.70 ของต้นทุนการขนส่งจากสวนทั้งหมด และค่าเสื่อมรถขนย้าย มีค่าเฉลี่ย 0.18 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 41.47 ของต้นทุนการขนส่งทั้งหมด



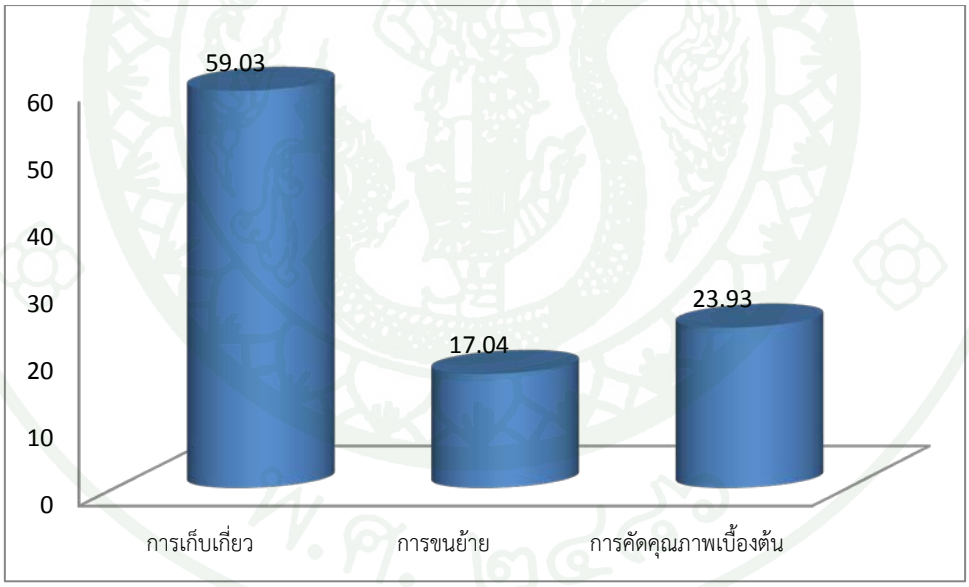
ภาพที่ 32 แสดงสัดส่วนต้นทุนของกิจกรรมการคัดคุณภาพเบื้องต้นที่เกษตรกรเป็นผู้รับผิดชอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากภาพที่ 32 ต้นทุนในขั้นตอนการคัดคุณภาพเบื้องต้น มีค่าเฉลี่ยรวม 0.604 บาทต่อกิโลกรัม ประกอบด้วยค่าแรงงานในการคัดคุณภาพเบื้องต้น มีค่าเฉลี่ย 0.55 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 91.06 ของต้นทุนการคัดคุณภาพทั้งหมด ค่ากรรไกร มีค่าเฉลี่ย 0.03 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 4.97 ของต้นทุนการคัดคุณภาพทั้งหมด ค่าตะกร้าพลาสติก (ใช้ร่วมกับกิจกรรมการเก็บเกี่ยว) มีค่าเฉลี่ย 0.004 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 0.66 ของต้นทุนการคัดคุณภาพทั้งหมด และค่ากระดาษหนังสือพิมพ์ มีค่าเฉลี่ย 0.02 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 3.31 ของต้นทุนการคัดคุณภาพทั้งหมด

ตารางที่ 5 แสดงสัดส่วนต้นทุนเฉลี่ยในแต่ละกิจกรรมการเก็บเกี่ยวที่เกษตรกรเป็นผู้รับผิดชอบ

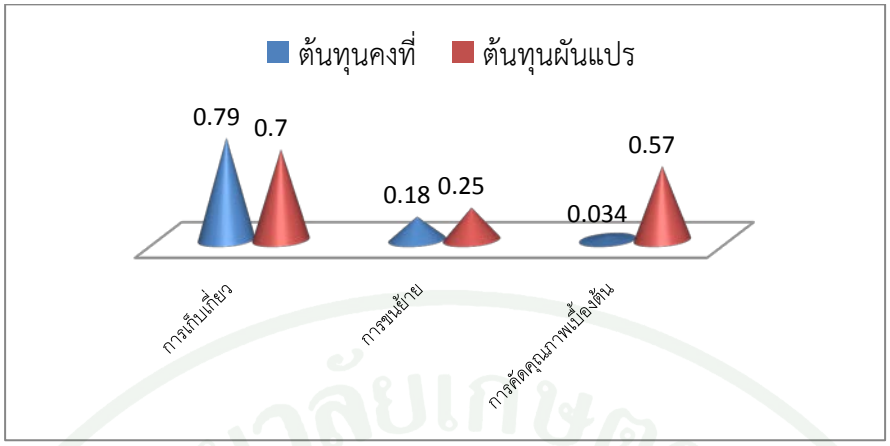
กิจกรรม	ค่าเฉลี่ยต้นทุน(บาท/กก.)	สัดส่วนร้อยละของต้นทุนกิจกรรม
การเก็บเกี่ยว	1.49	59.03
การขนย้าย	0.43	17.04
การคัดคุณภาพเบื้องต้น	0.604	23.93



ภาพที่ 33 แสดงสัดส่วนต้นทุนเฉลี่ยในแต่ละกิจกรรมการเก็บเกี่ยวที่เกษตรกรเป็นผู้รับผิดชอบ

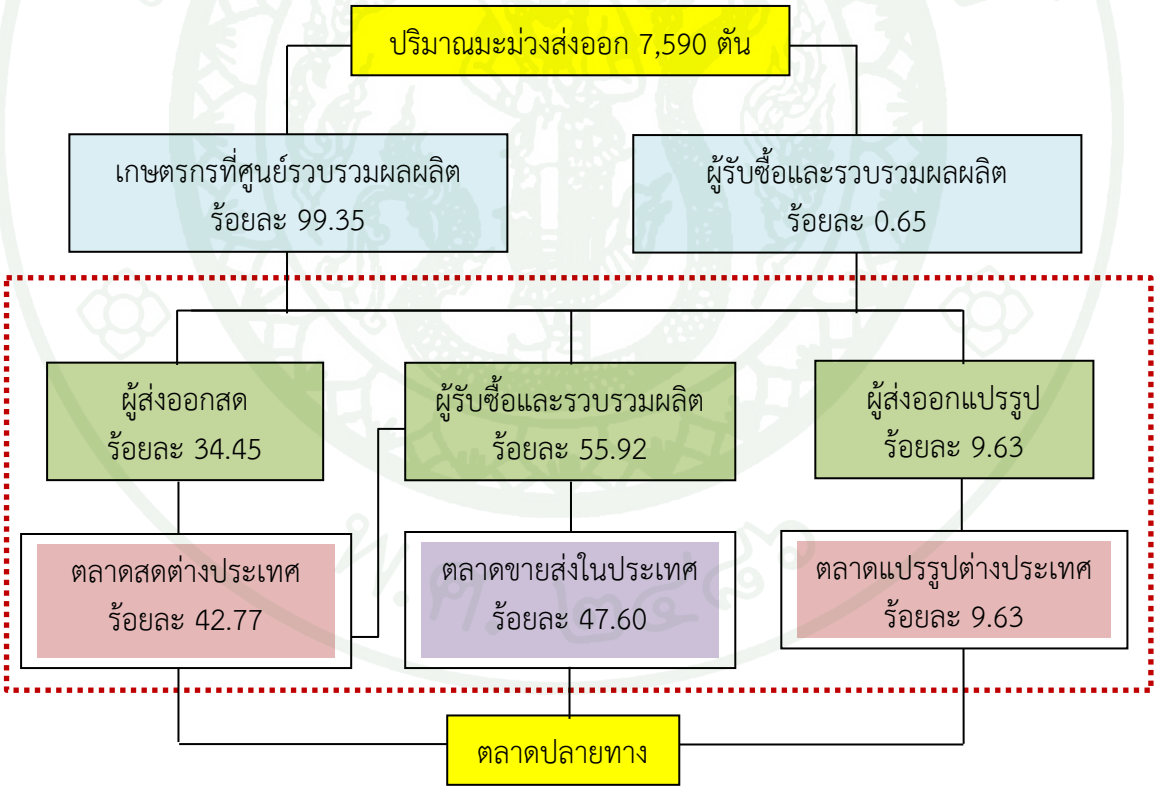
จากภาพที่ 33 พบว่า ต้นทุนการเก็บเกี่ยวมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ต้นทุนการคัดแยกเบื้องต้น และต้นทุนการขนส่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 34 ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรภาพรวม

จากภาพที่ 34 พบว่า การเก็บเกี่ยวมีต้นทุนคงที่สูงสุด การขนส่งมีต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปรใกล้เคียงกัน การคัดแยกเบื้องต้นมีต้นทุนผันแปรสูงสุด

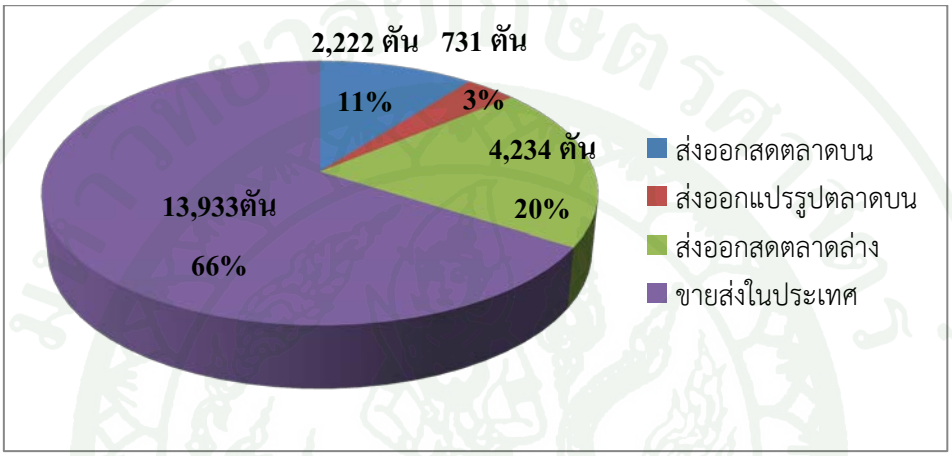


ภาพที่ 35 ผู้มีบทบาทสำคัญในห่วงโซ่อุปทานในเชิงปริมาณการผ่านของผลผลิตเฉพาะที่มีเป้าหมายในการส่งออกตลาดบน

ที่มา: ดาเรศร์ และคณะ (2553) และจากการสำรวจ

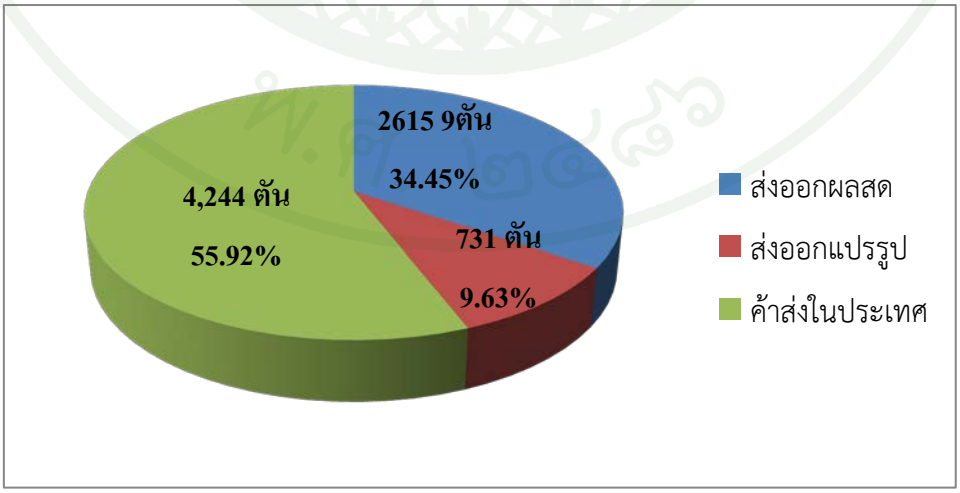
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากภาพที่ 34 และภาพที่ 35 ผู้มีบทบาทสำคัญในห่วงโซ่อุปทานในเชิงปริมาณการผ่านของผลผลิตเฉพาะที่มีเป้าหมายในการส่งออกตลาดบนคือปริมาณมะม่วงเท่ากับ 7,590 ตัน ประกอบด้วยเกษตรกรที่ศูนย์รวบรวมผลผลิต ร้อยละ 99.35 ผู้รับซื้อและรวบรวมผลผลิต ร้อยละ 0.65 และผู้ส่งออกสด ร้อยละ 34.45 ส่วนผู้รับซื้อและรวบรวมผลิตและผู้ส่งออกแปรรูปมีบทบาทเป็นผู้รองรับผลผลิตส่วนเกินและที่ตกเกรดจากการคัดเพื่อการส่งออก มีสัดส่วนร้อยละ 55.92 และ ร้อยละ 9.63 ตามลำดับ สำหรับในด้านตลาดปลายทาง พบว่าตลาดขายส่งในประเทศ ตลาดแปรรูปต่างประเทศและตลาดสดต่างประเทศมีสัดส่วนร้อยละ 47.60 , 9.63 และ 42.77 ตามลำดับ



ภาพที่ 36 สัดส่วนผลผลิตจากสวนเกษตรกรไปสู่ตลาดต่างๆ (21,120 ตัน)

จากภาพที่ 36 ผลผลิตจากสวนเกษตรกร คือปริมาณมะม่วงเท่ากับ 21,120 ตัน พบว่าตลาดขายส่งในประเทศ (รวมทั้งตลาดท้องถิ่นซึ่งมีจำนวนเล็กน้อย) ตลาดแปรรูปต่างประเทศและตลาดสดต่างประเทศมีสัดส่วนร้อยละ 66, 3 และ 31 ตามลำดับ



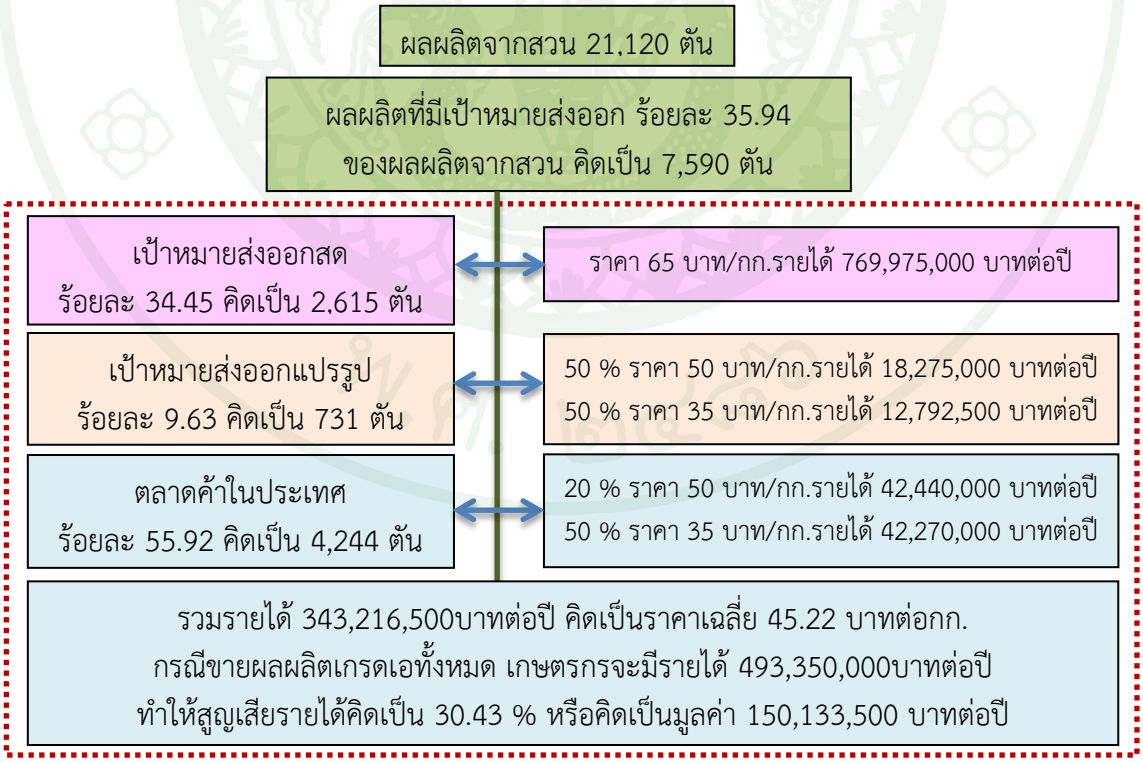
ภาพที่ 37 สัดส่วนผลผลิตเฉพาะส่วนที่มีเป้าหมายส่งออกตลาดบน (7,590 ตัน)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากภาพที่ 37 ผลผลิตจากสวนเกษตรกรที่มีเป้าหมายส่งออก คือปริมาณมะม่วงเท่ากับ 7,590 ตัน พบว่า ส่งออกผลสด จำนวน 2,615 ตัน มีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 34.45 ส่งออกแปรรูป จำนวน 731 ตัน สัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 9.63 และค้าส่งในประเทศ จำนวน 4,244 ตัน มีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 55.92

การวิเคราะห์รายได้ของเกษตรกร

จากข้อมูลการสำรวจผลผลิตมะม่วงที่มีเป้าหมายในการส่งออกตลาดตอนบนโดยสรุปภาพรวม 13 กลุ่ม จำนวน 7,590 ตัน พบว่าร้อยละ 34.45 ของผลผลิตที่มีเป้าหมายส่งออกตลาดบน จำหน่ายผู้ส่งออกผลสดในราคา 65 บาทต่อกิโลกรัม ร้อยละ 9.63 ของผลผลิตที่มีเป้าหมายส่งออกตลาดบน จำหน่ายผู้ส่งออกแปรรูปในราคา 50 บาทต่อกิโลกรัมและ 35 บาทต่อกิโลกรัม ในสัดส่วนร้อยละ 50 และ 50 ตามลำดับ และส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 55.92 ของผลผลิตที่มีเป้าหมายส่งออกตลาดบน จำหน่ายค้าส่งภายในประเทศ จำหน่ายในราคา 50 บาทต่อกิโลกรัม 35 บาทต่อกิโลกรัม และ 20 บาทต่อกิโลกรัม ในสัดส่วนร้อยละ 20, 50 และ 30 ตามลำดับ ดังนั้นเกษตรกรจะมีรายได้เท่ากับ 343,216,500 บาทต่อปี หรือคิดเป็นราคาที่ขายได้เฉลี่ยกิโลกรัมละ 43.88 บาท หากปริมาณผลผลิตที่มีเป้าหมายในการส่งออกตลาดบนสามารถจำหน่ายได้ทั้งหมดในรูประดับคุณภาพสูง คือราคากิโลกรัมละ 65 บาท เกษตรกรจะมีรายได้สูงถึง 493,350,000 บาทต่อปี เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 43.74 ดังภาพที่ 38



ภาพที่ 38 แสดงสัดส่วนและรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตที่ผ่านศูนย์รวบรวมของกลุ่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาวิธีการตลาดของมะม่วงในภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางตอนบน

จากการศึกษาวิธีการตลาดของมะม่วงในภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางตอนบน ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาด้านการส่งออกและการตลาดของมะม่วงน้ำดอกไม้สดและสุก ในภาคเหนือตอนล่าง 3 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ พิษณุโลก และอุทัยธานี ในภาคกลางตอนบน 3 จังหวัด อ่างทอง อุทัยธานี และสระบุรี โดยมีรายละเอียดผลการศึกษา ดังนี้

เมื่อผลผลิตจากศูนย์รวบรวมมะม่วงถูกกระจายไปสู่ผู้รับซื้อ ผู้รวบรวมผลผลิต และบริษัทผู้ส่งออกโดยตรงแล้ว วิธีการตลาดเส้นที่ 2 จากผู้รับซื้อไปยังประเทศผู้นำเข้าปลายทางโดยจะแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ตลาดส่งออกต่างประเทศและตลาดภายในประเทศ ในการสำรวจครั้งนี้มุ่งเน้นไปยังตลาดส่งออกต่างประเทศซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ตลาดบนและตลาดล่าง

มะม่วงน้ำดอกไม้สดจะถูกส่งออกไปตลาดบนโดยผู้ส่งออก ผลผลิตที่ผู้ส่งออกรับซื้อจากศูนย์รวบรวมมะม่วงของเกษตรกรจะส่งออกไปยังตลาดที่สำคัญ ได้แก่ ตลาดญี่ปุ่น รองลงมาคือ ตลาดเกาหลี จีน และในกลุ่มประเทศแถบยุโรป และอื่น ๆ ได้แก่ รัสเซีย ฮ่องกง ดูไบ รวมส่งออกร้อยละ 85 ของมะม่วงที่ผู้ส่งออกรับซื้อ ส่วนอีกร้อยละ 15 เป็นมะม่วงรับซื้อที่มีคุณภาพไม่ได้ตามที่ประเทศนำเข้ากำหนดไว้ หรือมีลักษณะไม่ตรงตามความต้องการของผู้ซื้อ ผู้ส่งออกจะกระจายมะม่วงเหล่านี้ไปยังตลาดขายภายในประเทศ

มะม่วงน้ำดอกไม้ที่ส่งออกไปตลาดล่าง โดยผู้รับซื้อและรวบรวมผลผลิตหรือพ่อค้าจะส่งออกไปยังตลาดหลักที่มาเลเซีย และอื่น ๆ ได้แก่ จีน สิงคโปร์ เวียดนาม เป็นปริมาณรวมร้อยละ 90 ส่วนอีกร้อยละ 10 เป็นมะม่วงรับซื้อที่มีคุณภาพไม่ได้มาตรฐานตามที่ประเทศนำเข้ากำหนดไว้ หรือมีลักษณะไม่ตรงตามความต้องการของผู้ซื้อ ผู้ส่งออกจะกระจายมะม่วงเหล่านี้ไปยังตลาดขายภายในประเทศ

จากข้อมูลดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าวิธีการตลาดของมะม่วงในภาคเหนือตอนล่างและ ภาคกลางตอนบน มีสัดส่วนที่ต่างกันระหว่างปริมาณที่สามารถส่งออกไปยังตลาดบนและตลาดล่าง ซึ่งทั้ง 2 ตลาดนี้มีความต่างกันด้านมาตรฐานและคุณภาพสินค้าในการนำเข้า ตัวอย่าง เช่น ประเทศญี่ปุ่นในขั้นตอนการอบไอน้ำต้องมีเจ้าหน้าที่ญี่ปุ่นตรวจสอบ และควบคุมอยู่ด้วยทุกครั้ง รวมถึงขนาดของผลมะม่วง ประเทศญี่ปุ่นจะมีการกำหนดขนาดและระบุเงื่อนไขซื้อขายที่ขนาดผล 225 - 450 กรัม ประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศที่ไทยส่งออกมะม่วงในปริมาณมากที่สุดในตลาดบน แต่เมื่อเทียบกับปริมาณผลผลิตทั้งหมดยังเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างน้อย ส่วนตลาดล่าง ในแถบประเทศเพื่อนบ้าน เช่น มาเลเซีย เวียดนาม และจีน มีปริมาณและสัดส่วนในการส่งออกที่สูงกว่า

นอกจากนี้ ยังได้มีการศึกษาต้นทุนการตลาดมะม่วงของผู้ส่งออกที่รับผลผลิตจากศูนย์รวบรวมมะม่วงจากพื้นที่ปลูกในภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางตอนบน โดยเน้นศึกษาที่ตลาดบนในประเทศญี่ปุ่น สามารถวิเคราะห์ต้นทุนการตลาดและส่วนเหลื่อมการตลาด (Marketing Margins)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังตารางที่ 6 แสดงต้นทุนการตลาดมะม่วงน้ำดอกไม้ของผู้ส่งออกถึงผู้นำเข้าประเทศญี่ปุ่น ปี 2553 เท่ากับ 152.40 บาท ซึ่งจะประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ดังนี้ ตลอดกระบวนการผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออก ค่าขนส่งขาเข้า 3.96 บาท หรือร้อยละ 2.59 ค่าการผลิต 41.10 บาทหรือร้อยละ 26.97 ค่าขนส่งขาออก 55.84 บาท หรือร้อยละ 36.64 โดยมีส่วนเหลื่อมทางการตลาดเท่ากับ 17.60 บาท จากราคารับซื้อที่ 51.50 บาท และราคาขายที่ได้รับจากลูกค้าที่ 170 บาท

ตารางที่ 6 ต้นทุนการตลาดมะม่วงน้ำดอกไม้ของผู้ส่งออกจากเกษตรกรถึงผู้นำเข้าประเทศญี่ปุ่น ปี 2553

รายการ	จำนวนเงิน (บาท/กก.)	ร้อยละ
ค่าขนส่งขาเข้า (สวนถึงโรงงาน)	**3.96**	**2.59**
- ค่าขนส่ง	3.94	2.58
- ค่าวัสดุกันร้อน กันกระแทก	0.02	0.01
การผลิต	**41.18**	**26.97**
- ค่าพนักงานคัด-รับ	0.14	0.09
- ค่ากระบวนการชุบ	2.81	1.84
- ค่าอบไอน้ำ	25.10	16.47
- ค่าตรวจสารเคมี	3.50	2.29
- ค่าตัวแทนญี่ปุ่น	0.24	0.16
- ค่ากล่อง (5 กก.)	6.15	4.03
- ค่าตาข่ายโฟม	1.28	0.84
- ค่าสติ๊กเกอร์ผ่านการอบไอน้ำ	1.05	0.69
- ค่าเอกสาร	0.83	0.55
ขนส่งขาเข้า (ผู้ส่งออก/โรงงานถึงสนามบิน	**55.84**	**36.64**
- ค่ารถขนส่งไปสนามบิน	0.84	0.55
- ค่าขนส่งทางอากาศ	55.00	36.09
ราคารับซื้อผลผลิต	**51.50**	**33.79**
ต้นทุนการตลาดของผู้ส่งออก	**152.40**	**100**
ราคาที่ผู้ส่งออกได้รับจากลูกค้า (C&F)	**170.00**	
ส่วนเหลื่อมการตลาดผู้ส่งออก	**17.60**	

ที่มา: แสงจันทร์ และคณะ (2553) และจากการสำรวจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รูปแบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานของผู้ส่งออกมะม่วงไปตลาดญี่ปุ่น

จากผลการศึกษา และสำรวจรูปแบบการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้ของผู้ส่งออกถึงผู้นำเข้าประเทศญี่ปุ่น สามารถวิเคราะห์รูปแบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานของผู้ส่งออกมะม่วงได้ดังภาพที่ 39



ภาพที่ 39 รูปแบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานของผู้ส่งออกที่มีโรงอบไอน้ำ

ที่มา: ดัดแปลงจากแสงจันทร์ และคณะ (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 40 รูปแบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานของผู้ส่งออกที่ไม่มีโรงอบไอน้ำ

ที่มา: ดัดแปลงจากแสงจันทร์ และคณะ (2553)

จากภาพที่ 39 และ 40 อธิบายได้ว่ากระบวนการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้ไปประเทศญี่ปุ่น เริ่มจาก ศูนย์รวบรวมมะม่วงของเกษตรกรไปจนถึงการส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นโดยส่งออกทางเครื่องบิน สามารถจำแนกกิจกรรมทางด้านโลจิสติกส์ได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. กิจกรรมการรับผลผลิตจากศูนย์รวบรวมสินค้า เข้าสู่โรงอบไอน้ำ ผู้ส่งออกจะใช้รถบรรทุกของบริษัทหรือจ้างรถขนส่งไปรับผลลิตมะม่วงจากกลุ่มเกษตรกร รถบรรทุก 4 ล้อ บรรจุได้ 2 ตันต่อเที่ยว หรือรถบรรทุก 6 ล้อ บรรจุได้ไม่เกิน 6 ตันต่อเที่ยว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณมะม่วงที่มีอยู่ มะม่วงจะต้องมีความสุกประมาณร้อยละ 80 ของความสุกของมะม่วงทั้งหมด ก่อนรับมะม่วงเข้าโรงอบไอน้ำต้องผ่านการตรวจรับและคัดคุณภาพมะม่วงอีกครั้งหนึ่งโดยบริษัทจะส่งตัวแทนไปคัดขนาดและชั่งน้ำหนักที่ศูนย์รวบรวมมะม่วง มะม่วงจะถูกห่อผลด้วยตาข่ายโฟมและจัดเรียงลงในตะกร้าขนาดมาตรฐาน 365 × 585 × 235 มม. น้ำหนักบรรจุ 15 - 20 กิโลกรัมต่อตะกร้า ลำเลียงขึ้นรถปรับอากาศ บางบริษัทที่ไม่ใช้รถปรับอากาศซึ่งคิดเป็นร้อยละ 66 จะใช้กระดาษหนังสือพิมพ์คลุมตะกร้าและใช้ผ้าใบคลุมหลังรถ เพื่อป้องกันความร้อน

ในขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับกิจกรรมโลจิสติกส์ คือ กิจกรรมการรับและเก็บสินค้า (Receiving and Storage) กิจกรรมการเคลื่อนย้ายพัสดุ (Material Handling) และกิจกรรมการขนส่ง (Transportation)

2. การตรวจรับและคัดคุณภาพมะม่วง เมื่อมะม่วงถูกขนย้ายมาที่โรงงานของบริษัทผู้ส่งออกจะต้องผ่านขบวนการดังนี้

- คัดขนาด ตรวจเช็คความเสียหายภายนอกทีละผลจากเจ้าหน้าที่ของบริษัท

- ตัดขั้วเพื่อป้องกันการไหลเปื้อนของยางสู่ผิวมะม่วง ล้างทำความสะอาดผลด้วยคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค นำผลมะม่วงแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 - 10 นาที และนำมาผึ่งพัดลมเพื่อปรับอุณหภูมิ

- ลำเลียงมะม่วงขึ้นสายพานเพื่อเข้าบรรจุในตะกร้าที่มีขนาดเล็กลง คือ ขนาด 395 × 676 × 210 มม. จำนวน 25 - 30 ผลต่อ 1 ตะกร้า เรียกว่า ตะกร้า VHT โดยวางส่วนปลายผลขึ้นด้านบน นำขึ้นเรียงบนพาเลทเพื่อรอเข้าตู้อบไอน้ำ โดยมีเจ้าหน้าที่กักกันพืชญี่ปุ่น และเจ้าหน้าที่ไทยร่วมตรวจสอบด้วย SENSOR ตรวจวัดอุณหภูมิในห้องอบผ่านเครื่องบันทึกคอมพิวเตอร์ ที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที โดยตะกร้าจะถูกวางเอียง 45 องศา

ในขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับกิจกรรมโลจิสติกส์ คือ กิจกรรมการรับและเก็บสินค้า (Receiving and Storage) กิจกรรมการเคลื่อนย้ายพัสดุ (Material Handling)

3. นำมะม่วงออกจากตู้อบไอน้ำทำการติดสติกเกอร์เพื่อแสดงว่าผ่านการอบ และตรวจสอบแล้ว ติดเครื่องหมาย PQ Thailand (Plant Quarantine) ลงบนมะม่วงทุกผล เพื่อแสดงว่ามะม่วงได้ผ่านขั้นตอนการกำจัดแมลงวันผลไม้แล้ว ทำการติดฉลากและคัดแยกขนาดเพื่อรอการบรรจุลงในกล่องบรรจุหีบห่อให้ได้น้ำหนักตามที่ระบุไว้ข้างกล่อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับกิจกรรมโลจิสติกส์ คือ กิจกรรมการเคลื่อนย้ายพัสดุ (Material Handling) และกิจกรรมการบรรจุหีบห่อ (Packaging)

4. สุ่มตัวอย่างมะม่วงไปตรวจสอบ โดยเจ้าหน้าที่ไทย และญี่ปุ่น เป็นกระบวนการในกิจกรรมการขนส่งและกิจกรรมการบริการลูกค้าเพื่อเป็นการรับประกันและการแสดงความรับผิดชอบต่อลูกค้าว่ามะม่วงได้ปลอดสารพิษ

ในขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับกิจกรรมโลจิสติกส์ คือ กิจกรรมการเคลื่อนย้ายพัสดุ (Material Handling)

5. มะม่วงน้ำดอกไม้ที่ผ่านกระบวนการแล้วจะถูกนำมาห่อหุ้มด้วยโฟมตาข่าย บรรจุลงในกล่องกระดาษที่เจาะรูระบานอากาศด้านข้างด้านละ 2 รูถ้าเป็นการขนส่งทางอากาศ หรือด้านละ 6 รูถ้าเป็นการขนส่งทางเรือ การขนส่งทางเรือต้องมีมุ้งตาข่ายป้องกันแมลง กล่องสินค้าจะถูกปิดด้วยด้วยพลาสติกใส และติดสติกเกอร์ข้างกล่องด้วยตัวหนังสือสีแดงด้วยข้อความว่า TREATED PQ-DOA-THAILAND หมายถึง ผ่านการอบไอน้ำจากไทยที่ได้มาตรฐานสินค้าตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร

ในขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับกิจกรรมโลจิสติกส์ คือ กิจกรรมการเคลื่อนย้ายพัสดุ (Material Handling) และกิจกรรมการบรรจุหีบห่อ (Packaging)

6. การเตรียมการขนส่ง มะม่วงน้ำดอกไม้ที่บรรจุลงกล่องแล้วจะถูกวางเรียงบนพาเลทประมาณ 24 กล่องต่อ 1 พาเลท ที่มีอุณหภูมิประมาณ 13 - 15 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาคุณภาพและรสชาติก่อนถึงผู้บริโภค สินค้าจะถูกเคลื่อนย้ายออกจากโรงงานโดยการขนส่งรถบรรทุกห้องเย็นไปยังสนามบินเพื่อทำการส่งออก

ในขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับกิจกรรมโลจิสติกส์ คือ กิจกรรมการเคลื่อนย้ายพัสดุ (Material Handling) กิจกรรมการจัดการสินค้าคงคลัง (Inventory Management) และกิจกรรมการขนส่ง (Transportation)

วิเคราะห์ต้นทุนขนส่งและโลจิสติกส์เพื่อการส่งออกมะม่วงในส่วนของเกษตรกร

การศึกษาต้นทุนการขนส่งและโลจิสติกส์ในส่วนของเกษตรกร พบว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ต้นทุนการเก็บเกี่ยว ประกอบด้วย ค่าแรงงานซึ่งขึ้นอยู่กับความชำนาญของแรงงาน ความระมัดระวังของผู้เก็บเกี่ยว และวัสดุในการเก็บเกี่ยว เช่น กระดาษคาร์บอน กระดาษหนังสือพิมพ์ ภาชนะบรรจุ นอกจากนี้ลักษณะของแปลงปลูกมะม่วงและต้นมะม่วง ยังมีผลต่อการเก็บเกี่ยว หากระยะห่างระหว่างต้นมะม่วงในแปลงปลูกมีความห่างที่เหมาะสม ระดับของต้นมะม่วงต่ำพอที่คนงานสามารถใช้มือเด็ดหรือกรรไกรตัดได้ง่ายจะทำให้เก็บเกี่ยวมะม่วงได้ง่าย รวดเร็ว เกิดการสูญเสียน้อย และการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขนส่งผลผลิตไปยังศูนย์รวบรวมมะม่วงเพื่อการส่งออก จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายเนื่องจากค่าเสื่อมราคาของรถขนส่ง ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมบำรุง ค่าจ้างคนขับรถ เมื่อพิจารณาเฉพาะต้นทุนการขนส่ง สภาพถนนที่ขรุขระจะส่งผลต่อความเสียหายของมะม่วงถ้าไม่มีการป้องกันการกระแทก การบรรทุกที่มากเกินไปโอกาสที่มะม่วงเสียหายมีมากขึ้น ต้นทุนการขนส่งจะสูงขึ้น อย่างไรก็ตามในเส้นทางการขนส่งที่ขรุขระ ระยะทางการขนส่งที่ไกล เกษตรกรจะแก้ปัญหาป้องกันการกระแทกด้วยวิธีบรรจุมะม่วงลงตะกร้าโดยไม่ถอดถุงคาร์บอน ทำให้ปริมาณการบรรจุมะม่วงต่อตะกร้าและการขนส่งต่อเที่ยวลดลงต้นทุนการขนส่งจึงสูงขึ้น ดังนั้น เกษตรกรควรให้ความสำคัญต่อการลดต้นทุนที่เกิดจากการสูญเสียอันเนื่องมาจากการเก็บเกี่ยวและการขนส่ง การบรรทุกน้ำหนักมะม่วงต่อเที่ยวที่เหมาะสม หรือการมีวัสดุอุปกรณ์ป้องกันการกระแทกในระหว่างการขนส่งเป็นทางเลือกที่เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการขนส่งและโลจิสติกส์ได้

การคิดต้นทุนการขนส่งและโลจิสติกส์ ในส่วนของเกษตรกร ตามวิธีการของ ปนัดดา และคณะ (2553) ประกอบด้วย ต้นทุนการเก็บเกี่ยวและการขนส่งผลผลิตไปยังผู้รวบรวม หรือกลุ่มเกษตรกร รวมค่าการจัดการที่กลุ่มเกษตรกรคิดกับสมาชิก และการสูญเสียที่เกิดจากการเก็บเกี่ยวและขนส่ง กำหนดให้เป็น C_1 (บาท / กิโลกรัม) ดังแสดงในสมการ 31

$$C_1 = C_{hav} + C_{ig} + C_{op} + C_{lost} \quad (31)$$

โดยที่ C_{hav} = ต้นทุนแรงงานต่อกิโลกรัม + ต้นทุนวัสดุที่ใช้สำหรับการเก็บเกี่ยว (บาทต่อกิโลกรัม)

C_{ig} = ต้นทุนการขนส่งจากเกษตรกรไปยังกลุ่ม (บาทต่อกิโลกรัม)

C_{op} = ต้นทุนที่กลุ่มเกษตรกรคิดค่าบริการกับสมาชิก (บาทต่อกิโลกรัม)

C_{lost} = ต้นทุนเนื่องจากการสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวและการขนส่ง (บาทต่อกิโลกรัม)

ต้นทุน C_1 เป็นต้นทุนการขนส่งและโลจิสติกส์ในส่วนของเกษตรกร มีหน่วยเป็น บาทต่อกิโลกรัม C_{hav} เป็นต้นทุนในส่วนของแรงงานและวัสดุในการเก็บเกี่ยว ประกอบด้วย ถุง Carbon หนังสือพิมพ์ ค่าแรง และภาชนะ ในส่วนต้นทุนการเก็บเกี่ยวนี้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุน คือ ลักษณะของแปลงปลูกมะม่วง และต้นมะม่วง หากระยะห่างระหว่างต้นมะม่วงในแปลงปลูกเหมาะสม (50 × 50 หรือ 60 × 60 เซนติเมตร) ก็จะทำให้การเก็บเกี่ยวทำได้ง่ายนอกจากนี้หากระดับของต้นมะม่วงต่ำพอที่คนงานสามารถใช้มือเด็ดหรือกรรไกรตัดได้ง่าย ก็จะทำให้เก็บได้รวดเร็วและมีการสูญเสียน้อย C_{ig} เป็นต้นทุนการขนส่งจากเกษตรกรไปยังกลุ่มเกษตรกร ประกอบด้วยค่าเสื่อมราคา ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมบำรุง ค่าจ้างคนขับ ระยะทาง น้ำหนักบรรทุกต่อเที่ยว และความสูญเสียจากการขนส่ง C_{op} เป็นต้นทุนที่กลุ่มเกษตรกรคิดค่าบริการกับสมาชิก ส่วนค่า C_{lost} สามารถคิดได้จากเปอร์เซ็นต์การสูญเสียคูณราคามะม่วงต่อกิโลกรัม โดยต้นทุนการสูญเสียจะประกอบด้วยข้อมูลจากสองแหล่ง คือ การสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวและการขนส่งที่เก็บได้ที่กลุ่มเกษตรกรซึ่งทำการคัดแยกเพื่อส่งออกในเบื้องต้น และการสูญเสียเนื่องจากการขนส่งจากกลุ่มเกษตรกรไปยังผู้ส่งออกหรือโรงอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ผู้ส่งออกใช้ต้นทุนการขนส่งและโลจิสติกส์ในส่วนของเกษตรกรจากการสำรวจและรวบรวมข้อมูล แสดงได้ดังตารางที่ 7

จากการสัมภาษณ์ รวบรวมข้อมูล และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนโลจิสติกส์ และการขนส่งกับปัจจัยต่างๆ ปรากฏผลดังตารางที่ 7 และตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ต้นทุนการขนส่งและต้นทุนรวมของการขนส่งมะม่วงในส่วนของเกษตร (บาท / กก.)

เกษตรกร	C_1	C_{hav}	C_{tg}	หมายเหตุ
กาย รังสะพรม	4.88	2.81	1.08	รถบรรทุก 4 ล้อ
สุรชัย เกลิ้งสุวรรณ	3.62	2.57	0.05	แทรกเตอร์พ่วงเทลเลอร์
สุรชัย เกลิ้งสุวรรณ	3.32	2.17	0.15	รถบรรทุก 4 ล้อ
สุรชัย เกลิ้งสุวรรณ	3.31	2.17	0.14	รถอีแต๋น
พยม โสภาน้อย	3.67	2.63	0.03	แทรกเตอร์พ่วงเทลเลอร์
พยม โสภาน้อย	3.25	2.23	0.02	รถบรรทุก 4 ล้อ
ธเนต ศิริวัฒน์	4.27	3.25	0.02	แทรกเตอร์พ่วงเทลเลอร์
ธเนต ศิริวัฒน์	3.27	2.25	0.02	รถบรรทุก 4 ล้อ
ธเนต ศิริวัฒน์	3.26	2.25	0.01	รถอีแต๋น
ทองใส จันทะบูลย์	7.81	2.80	0.01	แทรกเตอร์พ่วงเทลเลอร์
ทองใส จันทะบูลย์	7.12	2.10	0.02	แทรกเตอร์พ่วงเทลเลอร์
วิชัย โตธีรกูล	7.52	2.37	0.15	
องอาจ จันอาสา	7.74	2.56	0.18	รถบรรทุก 4 ล้อ
สุรินทร์ ชอบค้า	7.62	2.50	0.11	แทรกเตอร์พ่วงเทลเลอร์
สง่า เกษมสุข	7.45	2.42	0.01	รถบรรทุก 4 ล้อ
สนั่น คำนวล	7.56	2.41	0.15	รถบรรทุก 4 ล้อ
สนั่น คำนวล	7.02	2.00	0.03	รถบรรทุก 4 ล้อ
ณรงค์ หล่อโยธา	9.49	4.47	0.02	รถบรรทุก 4 ล้อ
เลื่อน สุวรรณพรรณ์	10.09	5.07	0.02	รถบรรทุก 4 ล้อ
ทองดี ต๊ะใส	7.71	2.69	0.01	รถบรรทุก 4 ล้อ
นันท์ ทองรัตน์	8.64	3.62	0.02	รถบรรทุก 4 ล้อ
บุญช่วย วิชัยรัตน์	6.97	1.92	0.05	รถบรรทุก 4 ล้อ
วันชัย เกตุนุช	8.81	3.66	0.15	รถบรรทุก 4 ล้อ

ที่มา: ดัดแปลงจากปนัดดา และคณะ (2553) และจากการสำรวจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ต้นทุนการขนส่งและต้นทุนรวมของการขนส่งมะม่วงที่การบรรทุกน้ำหนักต่าง ๆ

ค่าเสื่อมราคา	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	ค่าซ่อมบำรุง	ค่าจ้างคนขับรถบรรทุก	นน.บรรทุก (กก./เที่ยว)	ระยะทาง (กม.)	C_{tg} (บาท / กก.)	C_1 (บาท / กก.)
0.46	2.31	0.62	1.14	300	12	0.18	4.71
0.46	2.31	0.62	1.14	400	12	0.14	4.67
0.46	2.31	0.62	1.14	500	12	0.11	4.64
0.46	2.31	0.62	1.14	600	12	0.09	4.62
0.46	2.31	0.62	1.14	700	12	0.08	4.61
0.46	2.31	0.62	1.14	800	12	0.07	4.60
0.46	2.31	0.62	1.14	900	12	0.06	4.69
0.46	2.31	0.62	1.14	1000	12	0.05	4.58
0.46	2.31	0.62	1.14	1100	12	0.05	4.58
0.46	2.31	0.62	1.14	1200	12	0.05	4.58

ที่มา: ปนัดดา และคณะ (2553) และจากการสำรวจ

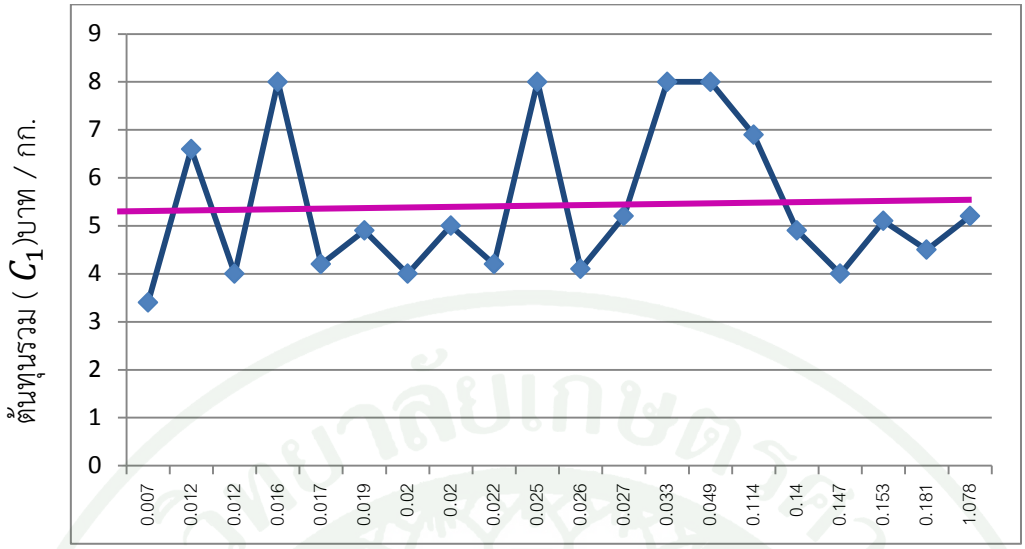
ความยืดหยุ่นของปัจจัยในการขนส่งและโลจิสติกส์ของมะม่วงส่งออกในส่วนของเกษตรกร

จากการศึกษาความยืดหยุ่น ตามวิธีการของ ปนัดดาและคณะ หมายถึง ค่าที่บอกอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนโลจิสติกส์และการขนส่งต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นตัวกำหนดต้นทุนในส่วนของเกษตรกรและผู้ส่งออก ความยืดหยุ่นสามารถแสดงได้ ดังนี้ (ปนัดดา และคณะ, 2553)

$$\text{ความยืดหยุ่น } (E) = \frac{\text{ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนโลจิสติกส์และการขนส่ง}}{\text{ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของปัจจัย}} \quad (32)$$

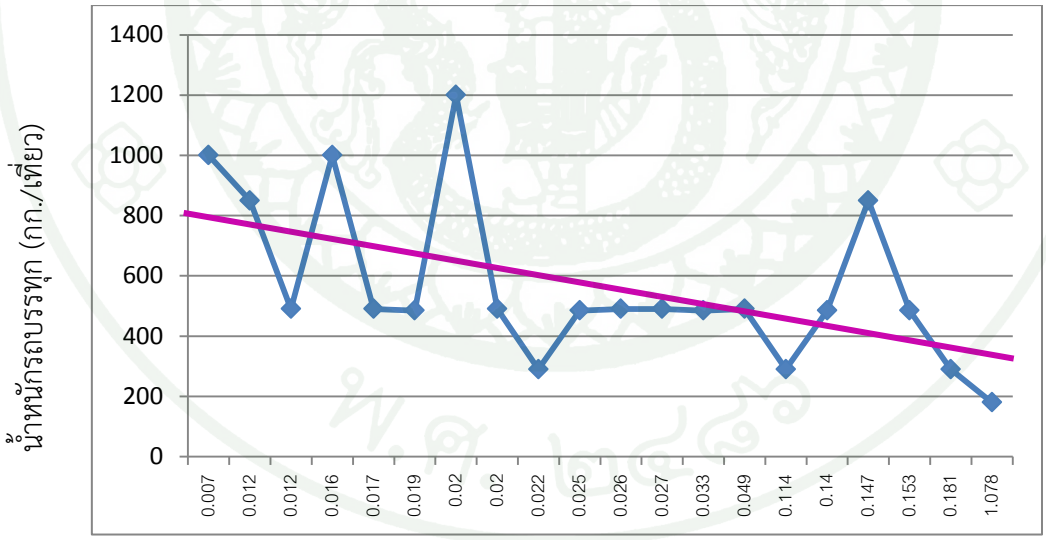
จากภาพ 41 บ่งบอกถึงความยืดหยุ่นของปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนโลจิสติกส์และการขนส่ง จะเห็นได้ว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการขนส่งต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนทั้งหมดมีค่าน้อย (สังเกตจากความชันของกราฟ) เพราะสัดส่วนของต้นทุนการเก็บเกี่ยว และค่าดำเนินการที่กลุ่มเกษตรกรเก็บกับสมาชิกมีค่าสูงกว่าสัดส่วนของต้นทุนการขนส่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 41 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการขนส่งกับต้นทุนรวม

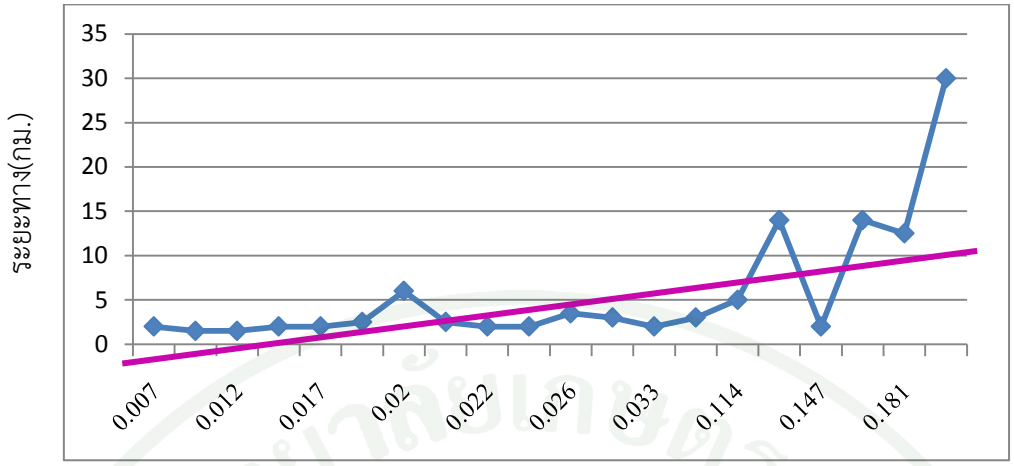
ที่มา: ปนัดดา และคณะ (2553) และจากการสำรวจ



ภาพที่ 42 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรถบรรทุกกับต้นทุนการขนส่ง

ที่มา: ปนัดดา และคณะ (2553) และจากการสำรวจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 43 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับต้นทุนการขนส่ง

ที่มา: ปนัดดา และคณะ (2553) และจากการสำรวจ

จากภาพที่ 42 และภาพที่ 43 เมื่อพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อต้นทุนการขนส่ง ปัจจัยน้ำหนักรถบรรทุก และระยะทางการขนส่ง ต่อต้นทุนการขนส่ง มีอัตราการเปลี่ยนแปลงต่อต้นทุนการขนส่งใกล้เคียงกัน (พิจารณาจากความชันของกราฟ) ดังนั้นเกษตรกรควรพิจารณาระมัดระวังปัจจัยที่มีความยืดหยุ่นเป็นพิเศษ (ปัจจัยน้ำหนักรถบรรทุก และระยะทางการขนส่ง) การลดต้นทุนควรพิจารณาหาแนวทางที่จะลดต้นทุนจากปัจจัยดังกล่าวเป็นอันดับแรก

เมื่อพิจารณาต้นทุนการขนส่ง น้ำหนักบรรทุกต่อเที่ยวและค่าดำเนินการที่กลุ่มเกษตรกรคิดกับสมาชิกกลุ่ม ต้นทุนเหล่านี้ส่งผลต่อต้นทุนการขนส่ง เนื่องจากการบรรจุมะม่วงเป็นปริมาณมากหรือใกล้เคียงความจุของรถบรรทุกจะส่งผลให้โอกาสการสูญเสียจากการขนส่ง เช่น ถ้าเส้นทางการขนส่งมีสภาพถนนขรุขระจะส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อมะม่วงได้ถ้ายังไม่มีการป้องกันการกระแทก อย่างไรก็ตามเกษตรกรสามารถปรับเปลี่ยนน้ำหนักบรรทุกต่อเที่ยวของการขนส่งให้เหมาะสม การบรรทุกมากเกินไปความเสียหายจะเกิดมากขึ้น ส่งผลต่อการลดต้นทุนโลจิสติกส์

ปัจจัยระยะทางการขนส่งมีความยืดหยุ่นสูงต่อต้นทุนการขนส่ง ทั้งนี้เพราะเกษตรกรสามารถเลือกเส้นทางในการขนส่งของเกษตรกรแต่ละรายมีความแตกต่างกันมาก เกษตรกรบางรายขนส่งในระยะทางไกล ต้นทุนจะสูง บางรายต้องขนส่งในสภาพถนนขรุขระ ก็จะส่งผลถึงต้นทุนการขนส่งที่สูงขึ้นเช่นกัน

ในส่วนต้นทุนการเก็บเกี่ยว ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และการสังเกต พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการเก็บเกี่ยวนอกจากความชำนาญ และความระมัดระวังของแรงงานเก็บเกี่ยว คือ ลักษณะของแปลงปลูกมะม่วง และต้นมะม่วง ระยะห่างระหว่างต้นมะม่วงในแปลงปลูกที่เหมาะสม คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 × 50 ซม. หรือ 60 × 60 ซม. จะทำให้การเก็บเกี่ยวได้ง่าย นอกจากนี้ระดับของต้นมะม่วงต่ำพอที่คนงานสามารถใช้มือเด็ดหรือกรรไกรตัดได้ง่าย ก็จะทำให้เก็บได้รวดเร็วและมีการสูญเสียน้อย

จากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์พบว่า ในส่วนของเกษตรกร นอกจากปัจจัยต้นทุนการขนส่งที่กล่าวมาข้างต้น การสูญเสียที่เกิดจากการเก็บเกี่ยวและขนส่ง C_{lost} เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อต้นทุนในส่วนของเกษตรกร C_1 โดยต้นทุนการสูญเสียที่เกิดจากการเก็บเกี่ยวและขนส่งสามารถคิดได้จากเปอร์เซ็นต์การสูญเสียคูณราคามะม่วงต่อกิโลกรัม จากการสัมภาษณ์พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียอยู่ระหว่าง 3 - 20 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าต้นทุนในส่วนของภาคเกษตรกรมีโอกาสเพิ่มขึ้นมากโดยไม่จำเป็น

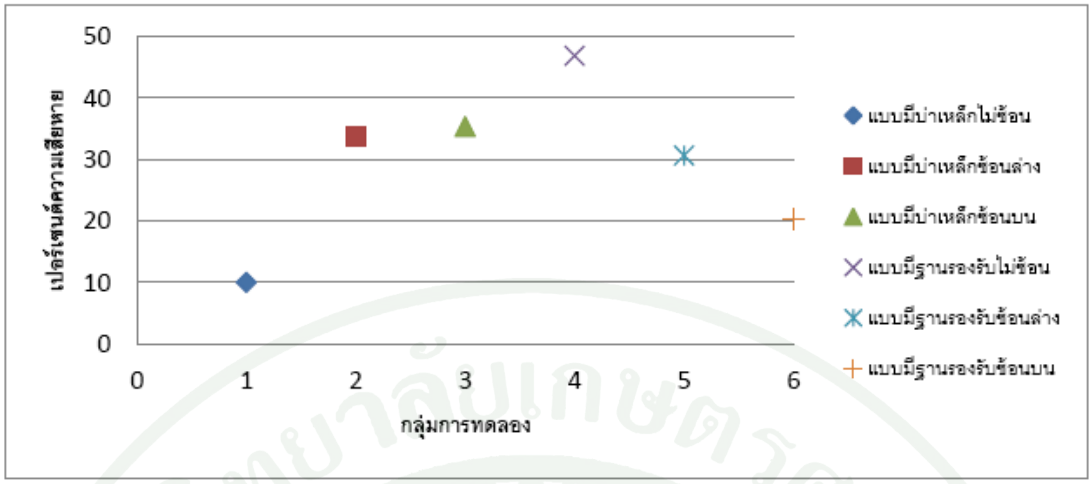
อย่างไรก็ตาม ปัญหาและอุปสรรคในกิจกรรมโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการส่งออกมะม่วงของบริษัทผู้ส่งออกไทย ปัญหาในแต่ละกิจกรรมจะเป็นปัญหาที่กระทบด้านต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้นและส่งผลต่อคุณภาพมะม่วง ถึงแม้จะพยายามแก้ไขแต่มีข้อจำกัดด้วยระยะเวลาอันจำกัดของอายุมะม่วง ฤดูกาล ฤดูกาลที่ผลผลิตออกและยังเป็นสินค้าที่เน่าเสียง่าย จากการสัมภาษณ์เกษตรกรและผู้ส่งออกมะม่วงและจากการวิเคราะห์ของผู้วิจัย พบว่าปัญหาด้านกิจกรรมการขนส่งเป็นปัญหาที่ส่งผลต่อต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ผลตอบแทนที่น้อยลง และยังส่งผลต่อคุณภาพมะม่วงที่พบว่ามีความเสียหายอันเนื่องมาจากผลช้ำ

2. เปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการขนส่งมะม่วงภายใต้สภาวะสั่นสะเทือน

ผลจากการทดสอบบรรจุภัณฑ์มะม่วงกับเครื่องสั่นสะเทือนจำลองทั้ง 2 ปัจจัย คือการบรรจุมะม่วงลงในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบได้แก่ตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็ก และตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับ แต่ละตะกร้าให้มีการจัดเรียงแบบซ้อนกัน และไม่ซ้อนกันสามารถพิจารณาได้ดังนี้

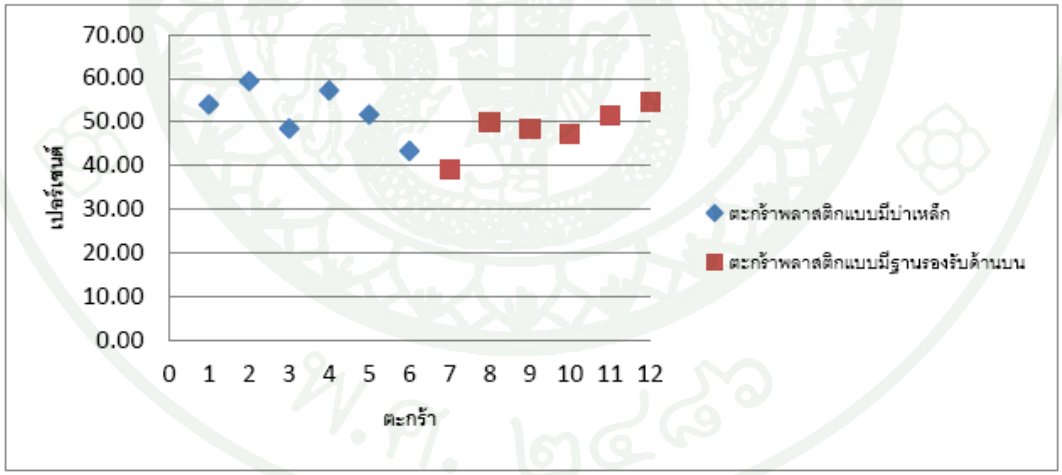
การทดสอบความเสียหายโดยเครื่องจำลองการสั่นสะเทือนได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายออกมาดังภาพที่ 44 คือตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กไม่ซ้อนมีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายน้อยกว่าตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับไม่ซ้อน 36.83% ส่วนการวางซ้อนกันของตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กทั้งตะกร้าที่อยู่ข้างล่าง และตะกร้าที่อยู่ข้างบนมีความเสียหายมากกว่าเมื่อเทียบกับการวางซ้อนกันของตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับ 3.19% และ 15.08% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 44 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของตะกร้าพลาสติก

การหาความหนาแน่นการบรรจุได้มีการเปรียบเทียบกันระหว่างตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กกับตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับดังภาพที่ 45 พบว่าตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กมีความหนาแน่นการบรรจุมากกว่าตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับ 3.85% ซึ่งถือว่าแตกต่างกันน้อยมาก

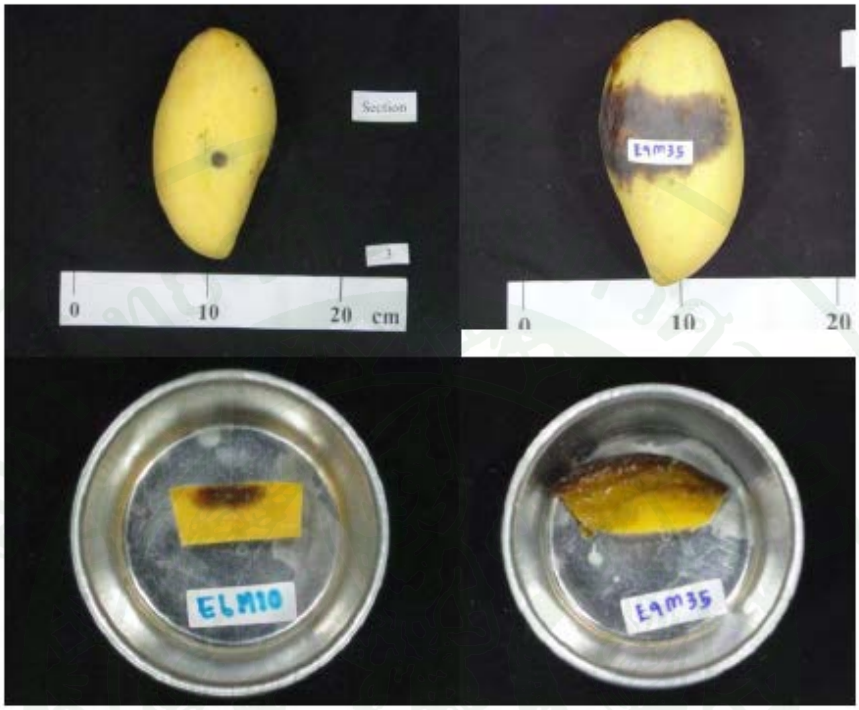


ภาพที่ 45 ค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นการบรรจุ

ค่าปริมาตรความช้ำที่ได้ พบว่าปริมาตรความช้ำของมะม่วงในตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กแบบไม่ซ้อนมีค่าน้อยกว่าตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับแบบไม่ซ้อน 0.70% ส่วนการวางซ้อนกันของตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กที่จัดเรียงแบบวางซ้อนกับตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับทั้งตะกร้าที่อยู่ข้างล่าง และตะกร้าที่อยู่ข้างบนไม่ต่างกันมากเมื่อเทียบกับความเสียหายแตกต่างกัน 0.01% และ 0.04% ตามลำดับ และบริเวณที่มีความเสียหายมากคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เสียหายจากมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไปหาน้อยคือบริเวณส่วนบนส่วนกลางและส่วนก้นที่ 58.74% 25.24% และ16.02% ตามลำดับ ลักษณะของรอยช้ำแสดงดังภาพที่ 46



ภาพที่ 46 ลักษณะของอาการช้ำหลังจากทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง

3. การทดสอบบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีแผ่นฟองน้ำเป็นวัสดุรองก้น และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร เพื่อลดแรงสั่นสะเทือน และลดแรงกระแทก

3.1 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำกับน้ำหนักบรรจุภัณฑ์มะม่วง 5 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 1) การเปรียบเทียบการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 5 กิโลกรัม และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 0, 2, 4 และ 6 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกโดยใช้วัสดุรองก้นตะกร้าด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ความหนา 0, 4, และ 6 เซนติเมตร นอกจากนี้ความหนาของแผ่นฟองน้ำที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนักปล่อยตก 5 กิโลกรัม

น้ำหนักปล่อยตก (kg)	ความหนาของแผ่นฟองน้ำ (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
5	0	2.5038^a
	2	2.1338^b
	4	2.4150^a
	6	2.6270^a

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3.2 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำกับน้ำหนักบรรจุภัณฑ์มะม่วง 15 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 3) การเปรียบเทียบการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 15 กิโลกรัม และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 0, 2, 4 และ 6 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกโดยใช้วัสดุรองก้นตะกร้าด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 0 เซนติเมตร (ไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า) จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ความหนา 2, 4, และ 6 เซนติเมตร นอกจากนี้ความหนาของแผ่นฟองน้ำที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 10

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนักปล่อยตก 15 กิโลกรัม

น้ำหนักปล่อยตก (kg)	ความหนาของแผ่นฟองน้ำ (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
15	0	1.7551^a
	2	2.2237^b
	4	2.7372^c
	6	2.8928^c

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3.3 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำกับน้ำหนักบรรจุภัณฑ์มะม่วง 25 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 5) การเปรียบเทียบการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 0, 2, 4 และ 6 เซนติเมตร พบว่าเมื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

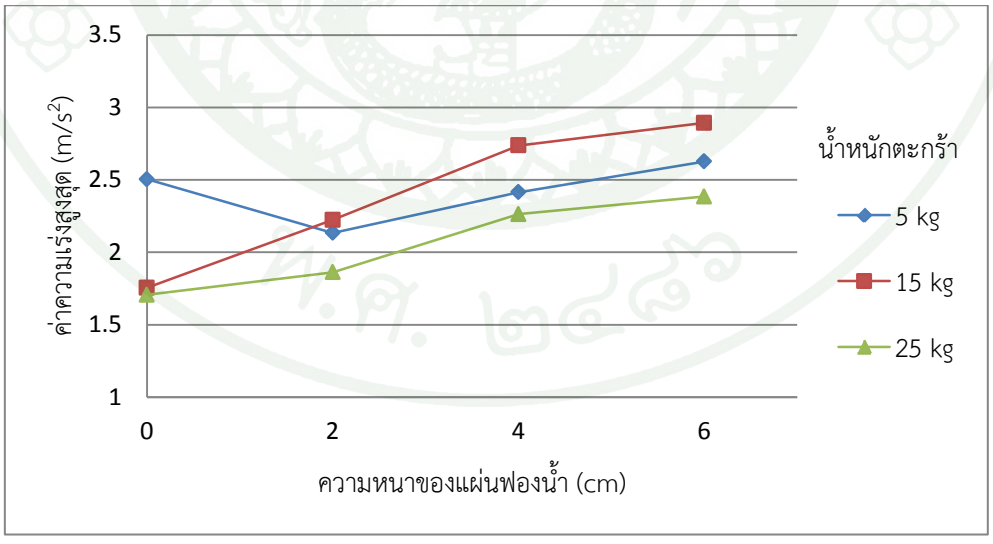
ปล่อยตกโดยใช้วัสดุรองก้นตะกร้าด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 0 เซนติเมตร (ไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า) จะให้ค่าความเร่งสูงที่สุดน้อยกว่าที่ความหนา 2, 4, และ 6 เซนติเมตร นอกจากนี้ความหนาของแผ่นฟองน้ำที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัม

น้ำหนักปล่อยตก (kg)	ความหนาของแผ่นฟองน้ำ (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
25	0	1.7058[a]
	2	1.8622[a]
	4	2.2636[b]
	6	2.3851[b]

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากภาพที่ 47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่ใช้ในการปล่อยตก และความหนาของแผ่นฟองน้ำที่มีผลต่อค่าความเร่งสูงสุด พบว่าเมื่อปล่อยตกที่น้ำหนัก 5 กิโลกรัม ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0, 2, 4, และ 6 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 2.5038, 2.1338, 2.4150 และ 2.6270 m/s^2 ที่น้ำหนัก 15 กิโลกรัม จะได้ค่าความเร่ง 1.7551, 2.2237, 2.7372 และ 2.8928 m/s^2 และที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัม จะได้ค่าความเร่ง 1.7058, 1.8622, 2.2636 และ 2.3851 m/s^2



ภาพที่ 47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งสูงสุด น้ำหนักที่ใช้ในการปล่อยตก และความหนาของแผ่นฟองน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการทดลองจากตารางที่ 9, 10, 11 และภาพที่ 47 พบว่าค่าความเร่งสูงสุดเพิ่มขึ้นตามความหนาของแผ่นฟองน้ำ และน้ำหนักปล่อยตกที่เพิ่มมากขึ้น น้ำหนัก 15 กิโลกรัม มีค่าความเร่งสูงสุดเพิ่มมากที่สุด ความหนาของแผ่นฟองน้ำที่เหมาะสมคือ หนา 2 เซนติเมตร และน้ำหนักปล่อยตกที่เหมาะสมคือ หนัก 25 กิโลกรัม เป็นเพราะว่า

1. แผ่นฟองน้ำที่มีความหนามากจะทำให้เกิดการกระดอนกลับของผลมะม่วง ซึ่งทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือนมากขึ้น

2. น้ำหนัก 15 กิโลกรัม มีค่าความเร่งสูงสุดเพิ่มมากที่สุด เนื่องจากความหนาแน่นในการบรรจุน้อย มะม่วงมีอิสระในการเคลื่อนที่จึงเกิดการกระแทกกันเองในภาชนะ

3. น้ำหนัก 5 กิโลกรัม มีค่าความเร่งสูงสุดรองลงมา เพราะมีน้ำหนักน้อยจึงเกิดแรงกระแทกน้อย

4. น้ำหนัก 25 กิโลกรัม มีค่าความเร่งสูงสุดน้อยที่สุด เนื่องจากความหนาแน่นในการบรรจุมีความพอดี มะม่วงไม่เกิดการกระแทกกันเองในภาชนะ

ผลการทดลองนี้ สอดคล้องกับ Chesson และ O'Brian (1971) พบว่า ความเร่งในการสั่นสะเทือนเชิงกลของผลไม้ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นในการบรรจุ

3.4 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างน้ำหนักปล่อยตก 5 กิโลกรัม กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ10 เซนติเมตร

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 7) เปรียบเทียบการปล่อยตกตะกร้าพลาสติกที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 5 กิโลกรัม และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร ที่มีระยะการปล่อยตกของตะกร้า 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร นอกจากนี้ระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักปล่อยตก 5 กิโลกรัม กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร

น้ำหนักปล่อยตก (kg)	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
5	2	1.7940^{a}
	4	2.3186^{b}
	6	2.6259^{c}
	8	2.6240^{c}
	10	2.7369^{c}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3.5 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างน้ำหนักปล่อยตก 15 กิโลกรัม กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 9) เปรียบเทียบการปล่อยตกตะกร้าพลาสติกที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 15 กิโลกรัม และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร ที่มีระยะการปล่อยตกของตะกร้า 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร นอกจากนี้ระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 13

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักปล่อยตก 15 กิโลกรัม กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร

น้ำหนักปล่อยตก (kg)	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
15	2	1.8829^{a}
	4	2.2497^{b}
	6	2.5093^{bc}
	8	2.5621^{bc}
	10	2.8071^{c}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.6 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างน้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ10 เซนติเมตร

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 11) การเปรียบเทียบการปล่อยตกตะกร้าพลาสติกที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร ที่มีระยะการปล่อยตกของตะกร้า 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร นอกจากนี้ระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 14

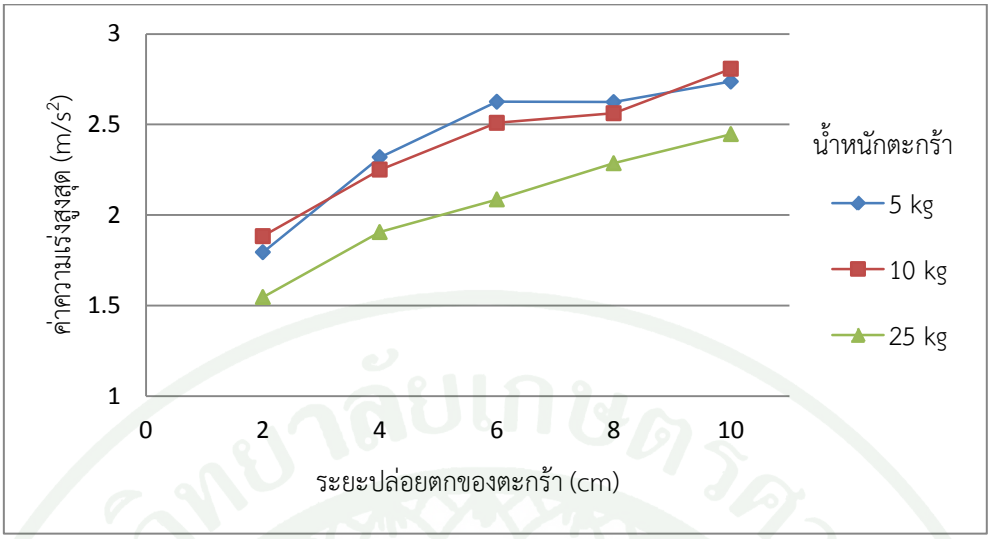
ตารางที่ 14 เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร

น้ำหนักปล่อยตก (kg)	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
25	2	1.5466^{a}
	4	1.9060^{b}
	6	2.0856^{bc}
	8	2.2866^{cd}
	10	2.4460^{d}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากภาพที่ 48 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่ใช้ในการปล่อยตก และระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่มีผลต่อค่าความเร่งสูงสุด พบว่าเมื่อปล่อยตกที่น้ำหนัก 5 กิโลกรัม ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.7940, 2.3186, 2.6259, 2.6240 และ 2.7369 m/s^2 ที่น้ำหนัก 15 กิโลกรัม จะได้ค่าความเร่ง 1.8829, 2.2497, 2.5093, 2.5621 และ 2.8071 m/s^2 และที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัมจะได้ค่าความเร่ง 1.5466, 1.9060, 2.0856, 2.2866 และ 2.4460 m/s^2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 48 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักปล่อยตก และระยะการปล่อยตกของตะกร้า

ผลการทดลองจากตารางที่ 12, 13, 14 และภาพที่ 48 พบว่าค่าความเร่งสูงสุดเพิ่มขึ้นตามระยะปล่อยตก สอดคล้องกับสมการ

$$F_e = W\left(1+\sqrt{1+\frac{2h}{\delta_{st}}}\right) \qquad (33)$$

เมื่อ F_e คือ ขนาดของแรงกระแทกที่แปรผันตามความเร่ง และ h คือ ระยะปล่อยตก และสมการ $|\mathrm{I}|\alpha\sqrt{h}$ เมื่อ Impulse (I) คือ ขนาดของแรงกระแทก

สอดคล้องกับผลการทดลองจำลองสถานการณ์ขนส่งของ O'Brian and Guillou (1969), Chesson and O'Brian (1971), Pelrg and Hinga (1986) Turczyn *et al*. (1986) มีแนวโน้มคล้ายกับผลการทดสอบจากการขนส่งจริงของ O'Brianet al. (1963) Godshall (1971) Grant *et al*. (1986) Hinsch *et al*. (1993) Singh and Xu (1993) ซึ่งพบว่า ขนาดของความเร่งสูงสุดอยู่ที่ชั้นบนสุด และจะค่อย ๆ ลดลงตามความสูงของชั้นผลไม้และลดลงตามระดับความสูงที่ลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hinsch *et al*. (1993) ที่เสนอแนวความคิดว่า ความเร่งตามแนวตั้งมีผลต่อขนาดความเร่งของการสั่นสะเทือนมากกว่าความเร่งตามแนวนอน

3.7 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0 เซนติเมตร (ไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า) กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 13) การเปรียบเทียบการปล่อยตกตะกร้าพลาสติกที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 0 เซนติเมตร และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร ที่มีระยะการปล่อยตกของตะกร้า 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะ 2 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สูงสุดน้อยกว่าที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร นอกจากนี้ระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 15

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0 เซนติเมตร กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร ที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม

ความหนาของแผ่นฟองน้ำ (cm)	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
0	2	1.1925^{a}
	4	1.3769^{a}
	6	1.5966^{ab}
	8	1.8481^{b}
	10	2.5122^{c}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3.8 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำ 2 เซนติเมตร กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร ที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 15) การเปรียบเทียบการปล่อยตกตะกร้าพลาสติกที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร ที่มีระยะการปล่อยตกของตะกร้า 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะ 2 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร นอกจากนี้ระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 16

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำ 2 เซนติเมตร กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร ที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม

ความหนาของแผ่นฟองน้ำ (cm)	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
2	2	1.6392^{a}
	4	2.0743^{b}
	6	1.8744^{ab}
	8	2.0261^{b}
	10	1.6969^{c}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3.9 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่าง ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 4 เซนติเมตร กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร ที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 17) การเปรียบเทียบการปล่อยตกตะกร้าพลาสติกที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 4 เซนติเมตร และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร ที่มีระยะการปล่อยตกของตะกร้า 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะ 2 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร นอกจากนี้ระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 17

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำ 4 เซนติเมตร กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร ที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม

ความหนาของแผ่นฟองน้ำ (cm)	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
4	2	1.6674^{a}
	4	2.1527^{b}
	6	2.4006^{c}
	8	2.4609^{cd}
	10	2.6364^{d}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.10 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำ 6 เซนติเมตร กับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร ที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 19) การเปรียบเทียบการปล่อยตกตะกร้าพลาสติกที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 6 เซนติเมตร และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร ที่มีระยะการปล่อยตกของตะกร้า 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะ 2 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร นอกจากนี้ระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 18

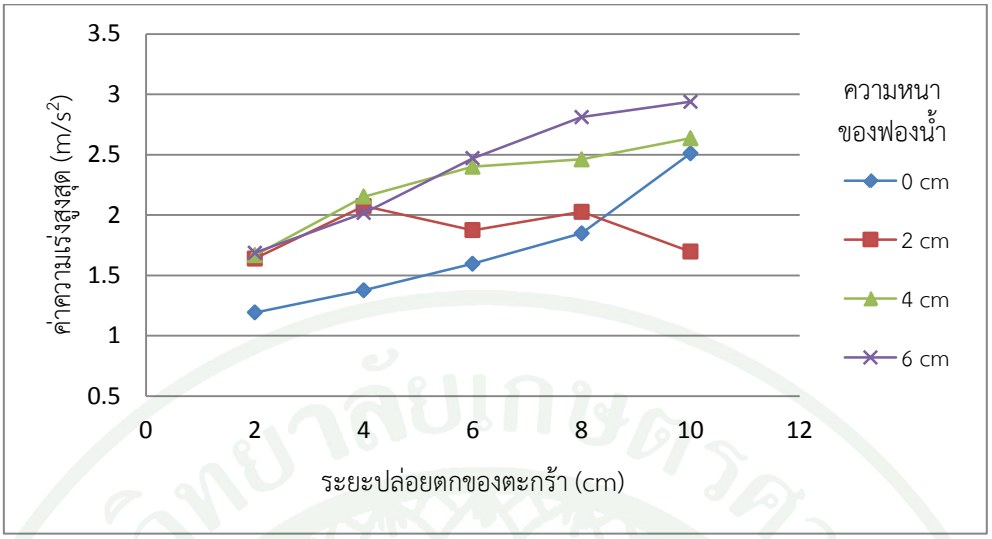
ตารางที่ 18 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำ 6 เซนติเมตรกับระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร ที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม

ความหนาของแผ่นฟองน้ำ (cm)	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
	2	1.6874^{a}
	4	2.0175^{a}
6	6	2.4707^{b}
	8	2.8114^{bc}
	10	2.9384^{c}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากภาพที่ 49 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุรองก้น และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร และระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่มีผลต่อค่าความเร่งสูงสุด พบว่าเมื่อวัสดุรองก้น ที่มีความหนา 0 เซนติเมตร (ไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า) ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.1925, 1.3769, 1.5966, 1.8481 และ 2.5122 m/s^2 ที่มีความหนา 2 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.6392, 2.0743, 1.8744, 2.0261 และ 1.6969 m/s^2 ที่มีความหนา 4 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.6674, 2.1527, 2.4006, 2.4609 และ 2.6364 m/s^2 และที่มีความหนา 6 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.6874, 2.0175, 2.4707, 2.8114 และ 2.9384 m/s^2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 49 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นฟองน้ำที่มีความหนา 0, 2, 4 และ 6 เซนติเมตร ในระดับความสูงของการปล่อยตก 2 - 10 เซนติเมตร

ผลการทดลองจากตารางที่ 15, 16, 17, 18 และภาพที่ 49 ที่น้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม พบว่า ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 2 เซนติเมตร มีค่าความเร่งสูงสุดใกล้เคียงกันในระดับความสูงของการปล่อยตก 2 - 10 เซนติเมตร และมีค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าเมื่อเทียบกับความหนาของแผ่นฟองน้ำ 4 และ 6 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0, 4 และ 6 เซนติเมตร พบว่า ความเร่งสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะปล่อยตกที่สูงขึ้น สำหรับความหนาของแผ่นฟองน้ำ 2 เซนติเมตร พบว่า ความเร่งสูงสุดมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะปล่อยตกสูงขึ้น และความเร่งสูงสุดมีแนวโน้มลดลงมากกว่าความหนาของแผ่นฟองน้ำ 4 และ 6 เซนติเมตร

3.11 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 21) การเปรียบเทียบความหนาของวัสดุรองก้น และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ที่ระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก 2 เซนติเมตร และมีความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0, 2, 4 และ 6 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ความหนา 0 เซนติเมตร(ไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า) จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ความหนา 2, 4 และ 6 เซนติเมตร นอกจากนี้ความหนาของวัสดุรองก้นที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 19

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 ซม.

ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ความหนาของฟองน้ำ (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
2	0	1.1925^a
	2	1.6392^b
	4	1.6674^b
	6	1.6874^b

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3.12 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 23) การเปรียบเทียบความหนาของวัสดุรองก้น และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ที่ระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก 4 เซนติเมตร และมีความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0, 2, 4 และ 6 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ความหนา 0 เซนติเมตร(ไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า) จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ความหนา 2, 4 และ 6 เซนติเมตร นอกจากนี้ความหนาของวัสดุรองก้นที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสูด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 20

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 ซม.

ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ความหนาของแผ่นฟองน้ำ (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
4	0	1.3796^a
	2	2.0743^b
	4	2.1527^b
	6	2.0175^b

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3.13 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 25) การเปรียบเทียบความหนาของวัสดุรองก้น และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ที่ระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก 6 เซนติเมตร และมีความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0, 2, 4 และ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ความหนา 0 เซนติเมตร(ไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า) จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ความหนา 2, 4 และ 6 เซนติเมตร นอกจากนี้ความหนาของวัสดุรองก้นที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 21

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 ซม.

ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ความหนาของแผ่นฟองน้ำ (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
6	0	1.5966^a
	2	1.8744^b
	4	2.4006^c
	6	2.4707^c

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3.14 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 27) การเปรียบเทียบความหนาของวัสดุรองก้น และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ที่ระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก 8 เซนติเมตร และมีความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0, 2, 4 และ 6 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ความหนา 0 เซนติเมตร(ไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า) จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ความหนา 2, 4 และ 6 เซนติเมตร นอกจากนี้ความหนาของวัสดุรองก้นที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 22

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 ซม.

ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ความหนาของแผ่นฟองน้ำ (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
8	0	1.8481^a
	2	2.0261^a
	4	2.4609^b
	6	2.8114^c

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.15 ค่าความเร่งสูงสุดเปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 29) การเปรียบเทียบความหนาของวัสดุรองก้นและปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ที่ระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก 10 เซนติเมตร และมีความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0, 2, 4 และ 6 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ความหนา 2 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงที่สุดน้อยกว่าที่ความหนา 0, 4 และ 6 เซนติเมตร นอกจากนี้ความหนาของวัสดุรองก้นและปิดด้านบนตะกร้า ประเภทแผ่นฟองน้ำ ที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 23

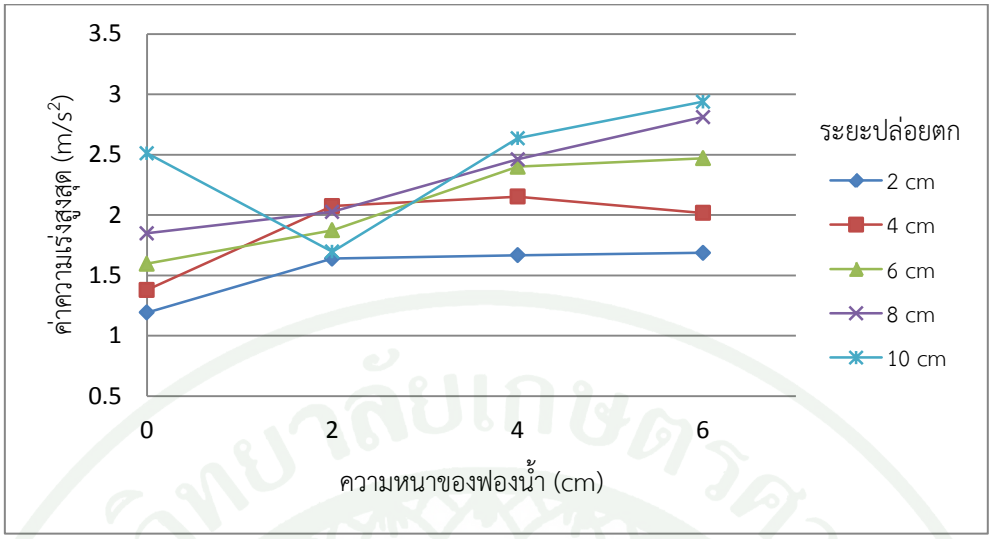
ตารางที่ 23 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 ซม.

ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ความหนาของแผ่นฟองน้ำ (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
10	0	2.5122^a
	2	1.6969^b
	4	2.6364^a
	6	2.9384^a

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากภาพที่ 50 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้า และวัสดุรองก้นตะกร้า ที่มีผลต่อค่าความเร่งสูงสุด พบว่าเมื่อระยะการปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0, 2, 4 และ 6 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.1925, 1.6392, 1.6674 และ 1.6874 m/s^2 ที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.3796, 2.0743, 2.1527 และ 2.0175 m/s^2 ที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.5966, 1.8744, 2.4006 และ 2.4707 m/s^2 ที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.8481, 2.0261, 2.4609 และ 2.8114 m/s^2 และที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 2.5122, 1.6969, 2.6364 และ 2.9384 m/s^2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 50 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นฟองน้ำหนา 0 เซนติเมตร กับแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร ในระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 - 10 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0 และ 2 เซนติเมตร ในระยะปล่อยตก 2, 4, 6, และ 8 เซนติเมตร พบว่า แผ่นฟองน้ำหนา 0 เซนติเมตร (ไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า) ค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร มากกว่าฟองน้ำหนา 0 เซนติเมตร ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในระหว่างการตกกระทบของมะม่วง แผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร มีการกระดอนขึ้นของมะม่วงมากกว่าแผ่นฟองน้ำหนา 0 เซนติเมตร การกระดอนทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือน ทำให้ผลมะม่วงเกิดการชนกันจึงมีโมเมนตัมเกิดขึ้น และเกิดแรงลัพธ์ตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตันโมเมนตัมเกิดขึ้นระหว่างผลมะม่วงกับผลมะม่วงในตะกร้าบรรจุในช่วงเวลาเดียวกันกับการปล่อยตก ความเร่งจึงเพิ่มขึ้นดังสมการ

$$F = \frac{mv - mu}{\Delta t} \quad (34)$$

$$F = ma \quad (35)$$

เมื่อพิจารณา ที่ระยะปล่อยตก 10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่ผลไม้เริ่มมีความช้ำในระดับรุนแรงซึ่งเกิดขึ้นได้บ่อยครั้งในระหว่างการขนส่งมะม่วง พบว่า ค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะปล่อยตกสูงขึ้นและมีค่าน้อยที่สุดที่ระยะ 10 เซนติเมตร ซึ่งระยะการปล่อยตก ดังกล่าวเป็นระยะที่ผลไม้เริ่มมีความช้ำในระดับรุนแรง (ณัฐธร, 2548) และ Satriana (1993) พบว่าความช้ำระดับรุนแรงในมะม่วงสุก เมื่อตกกระทบที่ระดับความสูง 10 เซนติเมตร

จากผลการศึกษาของ ดวงพร (2548) ได้ศึกษาเปรียบเทียบภาชนะบรรจุมะม่วงเพื่อการขนส่งมะม่วงพบว่า ภาชนะบรรจุ และวัสดุกันกระแทกมีผลต่อการสูญเสียมะม่วงจากความช้ำอย่างมีนัยสำคัญ $(p \leq 0.05)$ หลังจากการทดสอบการสั่นสะเทือนพบว่าระดับความช้ำ และปริมาตรความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซ้ำมีความรุนแรงกว่าการขนส่งจริง มะม่วงที่บรรจุด้วยตะกร้าพลาสติกที่ใช้เพื่อการขนส่งในประเทศไทย และใช้กระดาษลูกฟูกที่พัฒนาขึ้นใหม่เป็นวัสดุกันกระแทก มีประสิทธิภาพในการปกป้องมะม่วงจากแรงกระทำเชิงกลได้ดีที่สุด และกระดาษลูกฟูกแถบเดียวสามารถปกป้องมะม่วงได้ดีกว่าโฟมตาข่าย

จากผลการทดลอง พิจารณาได้ว่าแผ่นฟองน้ำ (PVA) ที่มีความหนาระหว่าง 0.5 - 2 เซนติเมตร สามารถใช้เป็นวัสดุกันกระแทกด้านล่าง และด้านบนของตะกร้าพลาสติกได้

4. การทดสอบบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีแผ่นยางฟองน้ำเป็นวัสดุรองก้น และปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร เพื่อลดแรงสั่นสะเทือน และลดแรงกระแทก

4.1 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 0.5 เซนติเมตร ที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 31) การเปรียบเทียบระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ที่ความหนาของวัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำ 0.5 เซนติเมตร และระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะ 2 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ความหนา 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร นอกจากนี้ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 24

ตารางที่ 24 เปรียบเทียบระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 0.5 ซม.

ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ (cm)	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
0.5	2	1.6173^{a}
	4	1.6622^{ab}
	6	1.8530^{abc}
	8	1.9534^{bc}
	10	2.0604^{c}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 ค่าความเร่งสูงสุดเปรียบเทียบระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.0 เซนติเมตร ที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 33) การเปรียบเทียบระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ที่ความหนาของวัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำ 1.0 เซนติเมตร และระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะ 2 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ความหนา 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร นอกจากนี้ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 25

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.0 ซม.

ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ (cm)	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
1.0	2	1.5395^{a}
	4	1.7984^{a}
	6	1.8365^{ab}
	8	2.1677^{bc}
	10	2.2813^{c}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.3 ค่าความเร่งสูงสุดเปรียบเทียบระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.5 เซนติเมตร ที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 35) เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ที่ความหนาของวัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำ 1.5 เซนติเมตร และระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะ 2 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ความหนา 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร นอกจากนี้ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 26

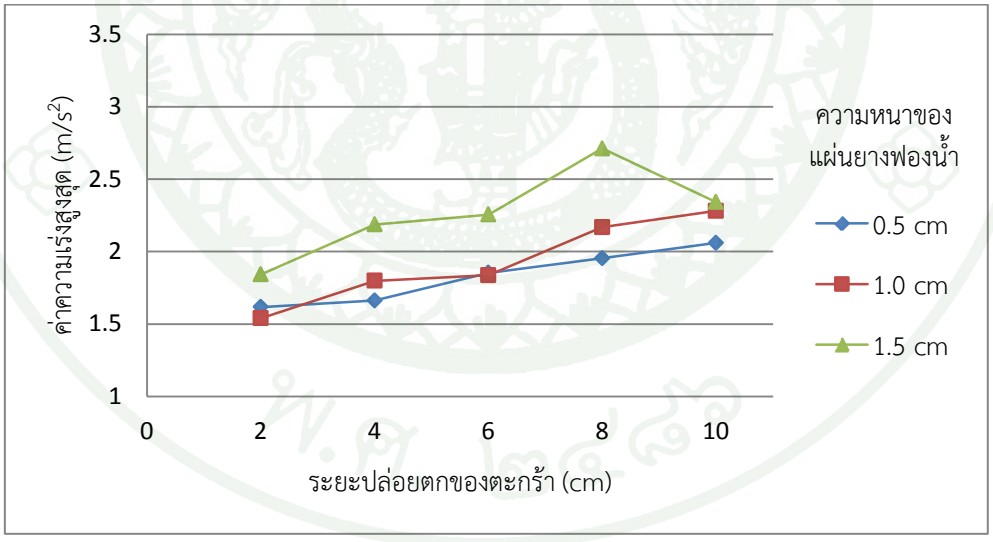
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.5 ซม.

ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ (cm)	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
1.5	2	1.8420[a]
	4	2.1872[b]
	6	2.2552[b]
	8	2.7113[c]
	10	2.3416[b]

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากภาพที่ 51 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุรองก้นประเภทแผ่นยางฟองน้ำ และระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่มีผลต่อค่าความเร่งสูงสุด พบว่าเมื่อใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำ ที่มีความหนา 0.5 เซนติเมตร ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.6173, 1.6622, 1.8530, 1.9534 และ 2.0604 m/s^2 ที่มีความหนา 1.0 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.5395, 1.7984, 1.8365, 2.1677 และ 2.2813 m/s^2 และที่มีความหนา 1.5 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.8420, 2.1872, 2.2552, 2.7113 และ 2.3416 m/s^2



ภาพที่ 51 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นยางฟองน้ำที่มีความหนา 0.5, 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร ในระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 - 10 เซนติเมตร

ผลการทดลองจากตารางที่ 24, 25, 26 และภาพที่ 51 เป็นค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นยางฟองน้ำ ที่มีความหนา 0.5, 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร พบว่า ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำมีผลต่อความเร่งสูงสุดเช่นเดียวกับแผ่นฟองน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.4 ค่าความเร่งสูงสุดเปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร ที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 37) เปรียบเทียบความหนาของวัสดุรองก้นและปิดด้านบนตะกร้า ประเภทแผ่นยางฟองน้ำ มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ที่ระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก 2 เซนติเมตร และความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 0.5, 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.0 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ความหนา 0.5 และ 1.5 เซนติเมตร นอกจากนี้ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ ที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 27

ตารางที่ 27 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 ซม.

ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ(cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
2	0.5	1.6173[a]
	1.0	1.5395[a]
	1.5	1.8420[b]

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.5 ค่าความเร่งสูงสุดเปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร ที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 39) เปรียบเทียบความหนาของวัสดุรองก้นและปิดด้านบนตะกร้า ประเภทแผ่นยางฟองน้ำ มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ที่ระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก 4 เซนติเมตร และความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 0.5, 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 0.5 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ความหนา 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร นอกจากนี้ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ ที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 28

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 28 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 ซม.

ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ(cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
4	0.5	1.6622[a]
	1.0	1.7984[a]
	1.5	2.1872[b]

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.6 ค่าความเร่งสูงสุดเปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร ที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 41) เปรียบเทียบความหนาของวัสดุรองก้นประเภทแผ่นยางฟองน้ำ มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ที่ระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก 6 เซนติเมตร และความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 0.5, 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.0 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ความหนา 0.5 และ 1.5 เซนติเมตร นอกจากนี้ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ ที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 29

ตารางที่ 29 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 ซม.

ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
6	0.5	1.8530[a]
	1.0	1.8365[a]
	1.5	2.2552[a]

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.7 ค่าความเร่งสูงสุดเปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร ที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 43) เปรียบเทียบความหนาของวัสดุรองก้นและปิดด้านบนตะกร้า ประเภทแผ่นยางฟองน้ำ มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ที่ระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก 8 เซนติเมตร และความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 0.5, 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 0.5 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ความหนา 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร นอกจากนี้ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ ที่แตกต่างกันยังมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 30

ตารางที่ 30 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 ซม.

ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
8	0.5	1.9534[a]
	1.0	2.1677[a]
	1.5	2.7113[b]

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.8 ค่าความเร่งสูงสุดเปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร ที่มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 45) เปรียบเทียบความหนาของวัสดุรองก้นและปิดด้านบนตะกร้า ประเภทพรมแผ่นยางฟองน้ำ มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม ที่ระยะการปล่อยตกตะกร้าพลาสติก 10 เซนติเมตร และความหนาของวัสดุรองก้นและปิดด้านบนตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำ 0.5, 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 0.5 เซนติเมตร จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าที่ความหนา 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร นอกจากนี้ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ ที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 31

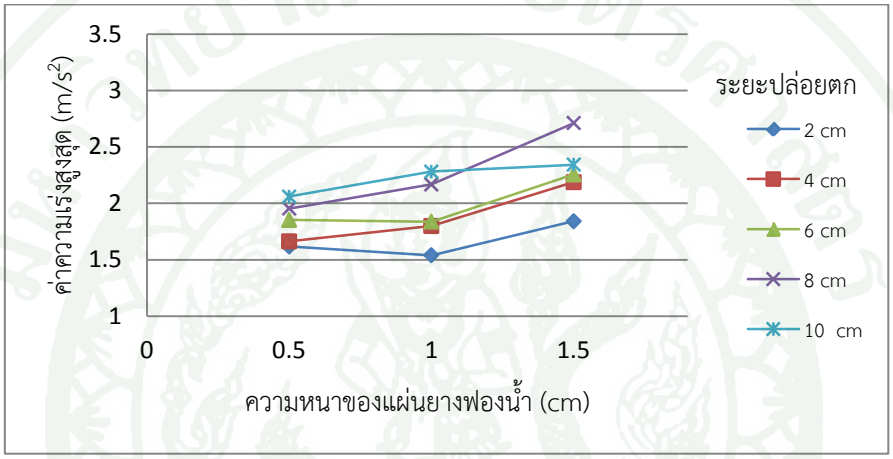
ตารางที่ 31 เปรียบเทียบระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 ซม.

ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
10	0.5	2.0604[a]
	1.0	2.2813[a]
	1.5	2.3416[a]

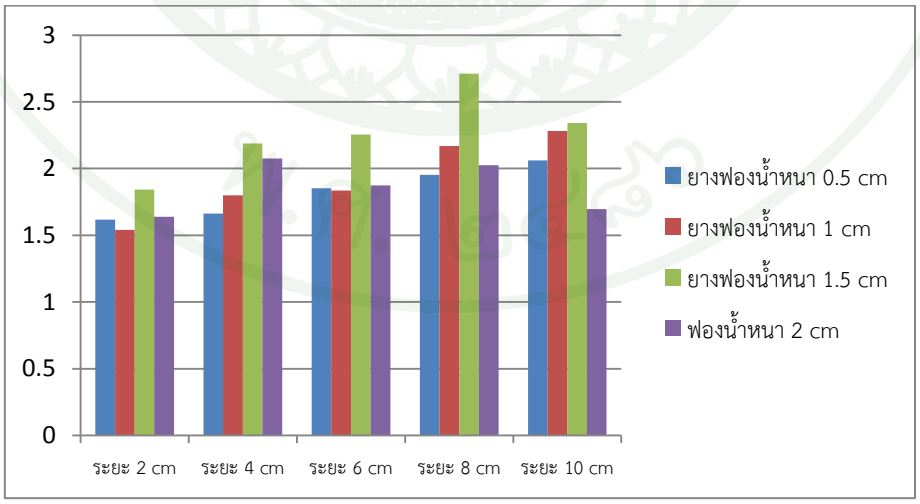
หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากภาพที่ 52 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้า และวัสดุรองก้นและปิดด้านบนตะกร้า ประเภทแผ่นยางฟองน้ำที่มีผลต่อค่าความเร่งสูงสุด พบว่าเมื่อระยะการปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 0.5, 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.6173, 1.5395 และ 1.8420 m/s^2 ที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.6622, 1.7984 และ 2.1872 m/s^2ที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.8530, 1.8365 และ 2.2552 m/s^2ที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.9534, 2.1677 และ 2.7113 m/s^2และที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 2.0604, 2.2813 และ 2.3416 m/s^2



ภาพที่ 52 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นยางฟองน้ำ ที่น้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม ความหนา 0.5, 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร ในระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 – 10 ซม.



ภาพที่ 53 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นยางฟองน้ำ ที่น้ำหนักปล่อยตก 25 กก. หนา 0.5, 1.0 และ 1.5 ซม. กับฟองน้ำหนา 2 ซม. ในระยะปล่อยตกของตะกร้าระดับเดียวกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากภาพที่ 53 เมื่อเปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัม ที่ระยะปล่อยตกระดับเดียวกัน พบว่า ที่ระยะ 2, 4, 6, และ 8 เซนติเมตร แผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 เซนติเมตร มีค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร และที่ระยะปล่อยตก 10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่มะม่วงมีความช้ำระดับรุนแรง ค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 เซนติเมตร มีค่ามากกว่าแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร แตกต่างกันอย่างชัดเจน

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัม ที่ระยะปล่อยตกระดับเดียวกัน พบว่า ที่ระยะ 2, 4 และ 6 เซนติเมตร แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 เซนติเมตร มีค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร และที่ระยะปล่อยตก 10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่มะม่วงมีความช้ำระดับรุนแรง ค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 เซนติเมตร มีค่ามากกว่าแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร แตกต่างกันอย่างชัดเจน

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัม ที่ระยะปล่อยตกระดับเดียวกัน พบว่า ที่ระยะ 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 เซนติเมตร มีค่าความเร่งสูงสุดมากกว่าแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร และที่ระยะปล่อยตก 10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่มะม่วงมีความช้ำระดับรุนแรง ค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5, 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร มีค่ามากกว่าแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร แตกต่างกันอย่างชัดเจน

จากผลการทดลอง พิจารณาได้ว่ายางฟองน้ำ ที่มีความหนาระหว่าง 0.5 – 1.0 เซนติเมตร สามารถใช้เป็นวัสดุกันกระแทกด้านล่างและด้านบนของตะกร้าพลาสติกได้ในระยะปล่อยตก 2, 4, 6 และ 8 เซนติเมตร แต่ไม่สามารถใช้เป็นวัสดุกันกระแทกด้านล่างและด้านบนของตะกร้าพลาสติกได้ในระยะปล่อยตก 10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่มะม่วงมีความช้ำระดับรุนแรง และแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 เซนติเมตร ไม่สามารถใช้เป็นวัสดุกันกระแทกด้านล่าง และด้านบนของตะกร้าพลาสติกได้ในระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร

5. ผลการทดลอง ค่าเฉลี่ยความเร่งสูงสุดเปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่ใช้รองพื้นตะกร้า

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 47) เปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าและปิดด้านบนตะกร้าด้วยแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร มีน้ำหนักมะม่วงบรรจุอยู่ 25 กิโลกรัม มีการเปรียบเทียบระหว่างที่ไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า กับการใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทกระดาษฝอย แผ่นฟองน้ำหนา 2, 4 และ 6 เซนติเมตร แผ่นยางฟองน้ำ 0.5, 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร และแผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 เซนติเมตร พบว่าเมื่อไม่ใช้วัสดุรองก้น จะให้ค่าเฉลี่ยความเร่งสูงสุดน้อยกว่าการใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทต่างๆ นอกจากนี้วัสดุที่ใช้รองก้นและปิดด้านบนตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 32

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 32 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ทดสอบ

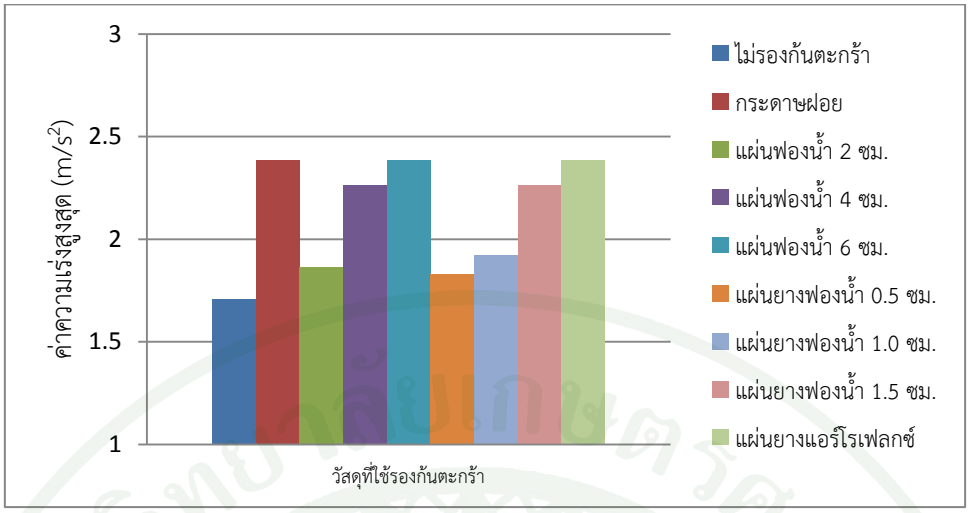
วัสดุที่ใช้ทดสอบ	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
ไม่ใช้วัสดุ	1.7058[a]
กระดาษฝอย	2.3852[b]
แผ่นฟองน้ำหนา 2 cm	1.8622[a]
แผ่นฟองน้ำหนา 4 cm	2.2636[b]
แผ่นฟองน้ำหนา 6 cm	2.3851[b]
แผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 cm	1.8239[a]
แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 cm	1.9247[a]
แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 cm	2.2674[b]
แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 cm	2.3852[a]

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากภาพที่ 54 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ทดสอบพบว่าเมื่อไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้ากับการใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทกระดาษฝอย แผ่นฟองน้ำหนา 2, 4 และ 6 เซนติเมตร แผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5, 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร และแผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 เซนติเมตร จะได้ค่าความเร่ง 1.7058, 2.3852, 1.8622, 2.2636, 2.3851, 1.8239, 1.9247, 2.2674 และ 1.7058 m/s^2

เมื่อพิจารณาระยะปล่อยตก 2 - 10 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับสถานการณ์จริงในการขนส่งโอกาสที่บรรจุภัณฑ์มะม่วงจะถูกยกตัว สูงขึ้นในระยะ 2 - 10 เซนติเมตรเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ดังนั้นแผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 เซนติเมตร และแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะถูกนำมาใช้เป็นวัสดุรองก้นและปิดด้านบนตะกร้าพลาสติก เพื่อป้องกันการเสียดสีระหว่างมะม่วงกับก้นตะกร้า และป้องกันแรงกระแทกในระหว่างการขนส่งมะม่วง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 54 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ทดสอบ

6. เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้ากับวัสดุชนิดต่าง ๆ ทุกวัสดุปิดด้านบนด้วยแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุมะม่วง 25 กิโลกรัม

6.1 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าชนิดกระดาษฝอย

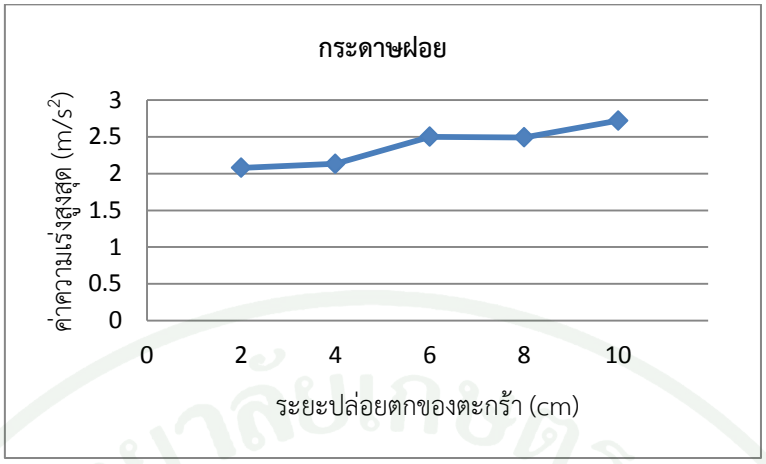
จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 53) เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกที่ระยะ 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร โดยใช้กระดาษฝอยรองก้นตะกร้า พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะ 2 เซนติเมตร ค่าความเร่งสูงสุดน้อยที่สุด และค่าความเร่งสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะปล่อยตกที่สูงขึ้น นอกจากนี้ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 33

ตารางที่ 33 เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุกระดาษฝอย

วัสดุ	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
กระดาษฝอย	2	2.0779[a]
	4	2.1326[a]
	6	2.5018[b]
	8	2.4928[b]
	10	2.7210[b]

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 55 เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดกระดาษฝอย

6.2 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าชนิดแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร

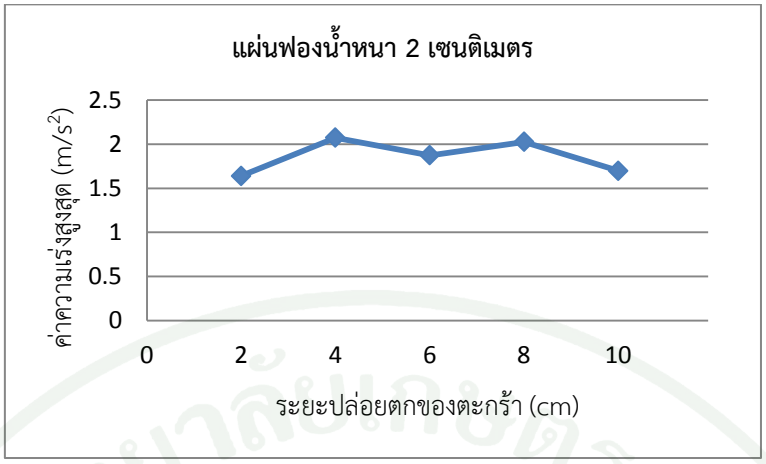
จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 55) เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกที่ระยะ 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะ 2 เซนติเมตร ค่าความเร่งสูงสุดน้อยที่สุด และค่าความเร่งสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะปล่อยตกที่สูงขึ้น นอกจากนี้ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 34

ตารางที่ 34 เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้แผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร

วัสดุ	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
แผ่นฟองน้ำหนา 2 ซม.	2	1.6392^{a}
	4	2.0743^{b}
	6	1.8744^{ab}
	8	2.0261^{b}
	10	1.6969^{a}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 56 เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร

6.3 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าชนิดแผ่นฟองน้ำหนา 4 เซนติเมตร

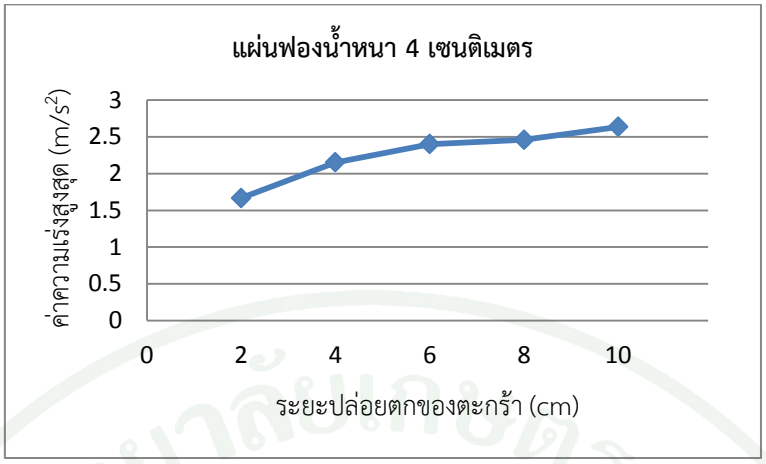
จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 57) เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกที่ระยะ 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นฟองน้ำหนา 4 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะ 2 เซนติเมตร ค่าความเร่งสูงสุดน้อยที่สุด และค่าความเร่งสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะปล่อยตกที่สูงขึ้น นอกจากนี้ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 35

ตารางที่ 35 เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้แผ่นฟองน้ำหนา 4 เซนติเมตร

วัสดุ	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
แผ่นฟองน้ำหนา 4 ซม.	2	1.6674^{a}
	4	2.1527^{b}
	6	2.4006^{c}
	8	2.4609^{cd}
	10	2.6364^{d}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 57 เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดแผ่นฟองน้ำหนา 4 เซนติเมตร

6.4 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าชนิดแผ่นฟองน้ำหนา 6 เซนติเมตร

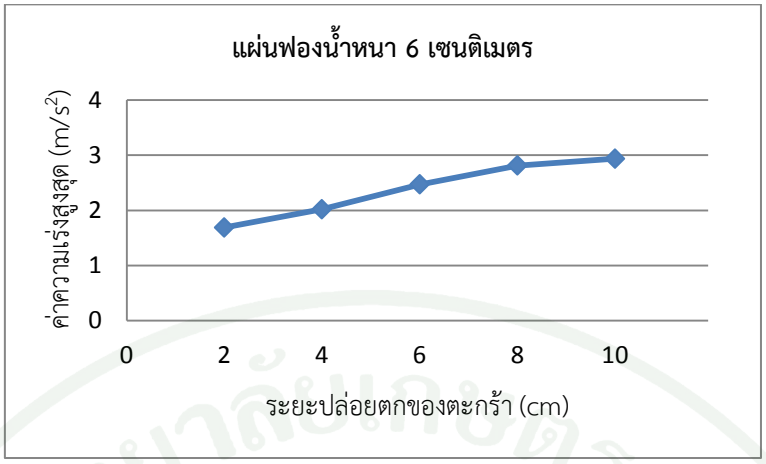
จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 59) เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกที่ระยะ 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นฟองน้ำหนา 6 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะ 2 เซนติเมตร ค่าความเร่งสูงสุดน้อยที่สุด และค่าความเร่งสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะปล่อยตกที่สูงขึ้น นอกจากนี้ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 36

ตารางที่ 36 เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้แผ่นฟองน้ำหนา 6 เซนติเมตร

วัสดุ	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
แผ่นฟองน้ำหนา 6 ซม.	2	1.6874^{a}
	4	2.0175^{a}
	6	2.4707^{b}
	8	2.8114^{bc}
	10	2.9384^{c}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 58 เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดแผ่นฟองน้ำหนา 6 เซนติเมตร

6.5 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าชนิดแผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 เซนติเมตร

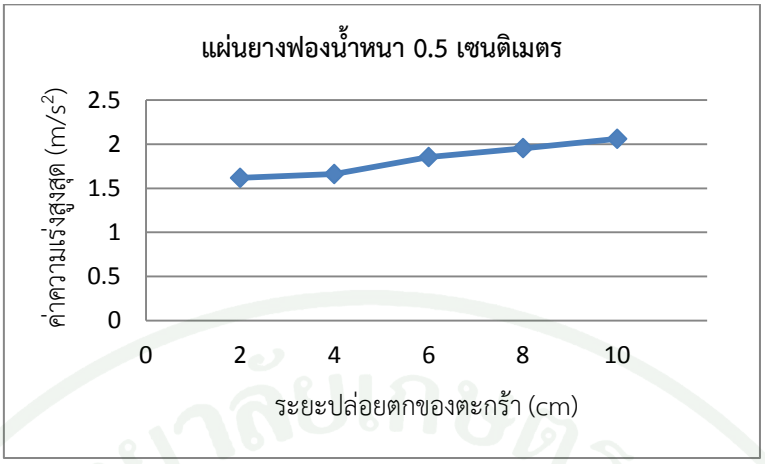
จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 61) เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกที่ระยะ 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะ 2 เซนติเมตร ค่าความเร่งสูงสุดน้อยที่สุด และค่าความเร่งสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะปล่อยตกที่สูงขึ้น นอกจากนี้ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 37

ตารางที่ 37 เปรียบเทียบระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้ากับแผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 ซม.

วัสดุ	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
แผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 ซม.	2	1.6173^{a}
	4	1.6622^{ab}
	6	1.8530^{abc}
	8	1.9534^{bc}
	10	2.0604^{c}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 59 เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดแผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 ซม.

6.6 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าใช้วัสดุรองก้นตะกร้าชนิดแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 เซนติเมตร

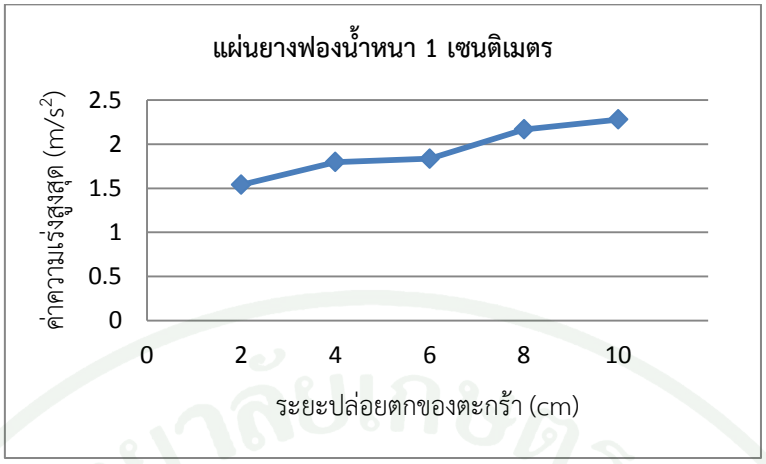
จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 63) เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกที่ระยะ 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะ 2 เซนติเมตร ค่าความเร่งสูงสุดน้อยที่สุด และค่าความเร่งสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะปล่อยตกที่สูงขึ้น นอกจากนี้ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 38

ตารางที่ 38 เปรียบเทียบระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้ากับแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 ซม.

วัสดุ	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 ซม.	2	1.5395^{a}
	4	1.7984^{a}
	6	1.8365^{ab}
	8	2.1677^{bc}
	10	2.2813^{c}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 60 เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 ซม.

6.7 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าใช้วัสดุรองก้นตะกร้าชนิดแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 เซนติเมตร

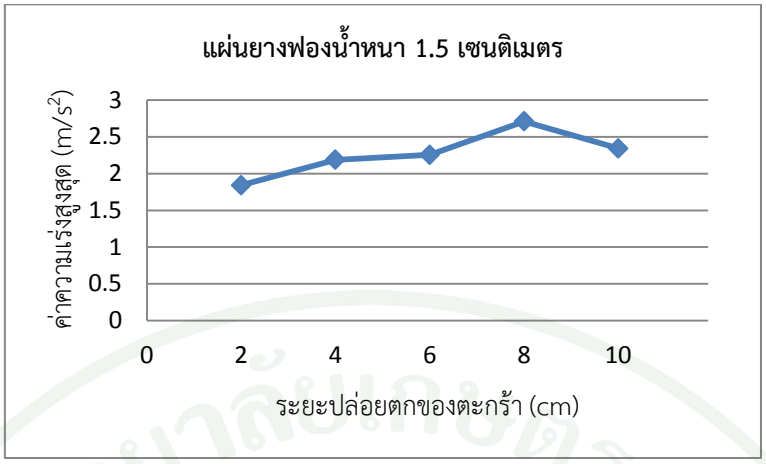
จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 65) เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกที่ระยะ 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 เซนติเมตร พบว่าเมื่อปล่อยตกที่ระยะ 2 เซนติเมตร ค่าความเร่งสูงสุดน้อยที่สุด และค่าความเร่งสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะปล่อยตกที่สูงขึ้น นอกจากนี้ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 39

ตารางที่ 39 เปรียบเทียบระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้ากับแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 ซม.

วัสดุ	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 ซม.	2	1.8420^{a}
	4	2.1872^{b}
	6	2.2552^{b}
	8	2.7113^{c}
	10	2.3416^{b}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 61 เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 ซม.

6.8 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าใช้วัสดุรองก้นตะกร้าชนิดแผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์ หนา 1.0 เซนติเมตร

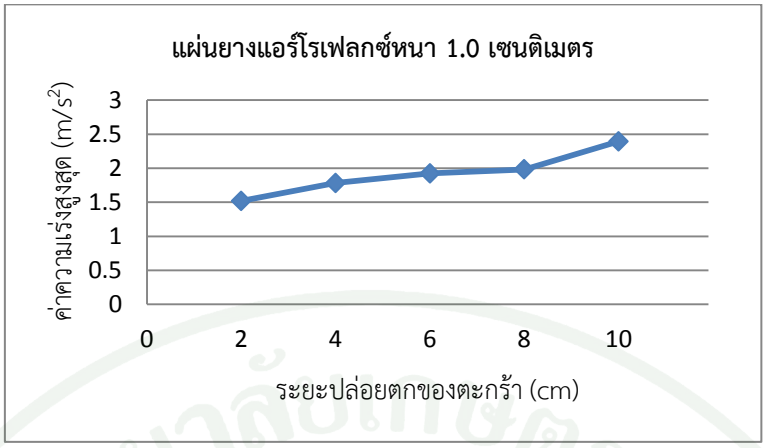
จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 67) เปรียบเทียบระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกที่ระยะ 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 เซนติเมตร พบว่าที่ระยะ 2 เซนติเมตร ค่าความเร่งสูงสุดน้อยที่สุด และค่าความเร่งสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะปล่อยตกที่สูงขึ้น นอกจากนี้ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 40

ตารางที่ 40 เปรียบเทียบระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้ากับแผ่นแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 ซม.

วัสดุ	ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 ซม.	2	1.5202^{a}
	4	1.7823^{a}
	6	1.9236^{ab}
	8	1.9820^{ab}
	10	2.3927^{b}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 62 เปรียบเทียบระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ใช้วัสดุชนิดแผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 ซม.

6.9 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้ทดสอบทุกวัสดุกับระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร

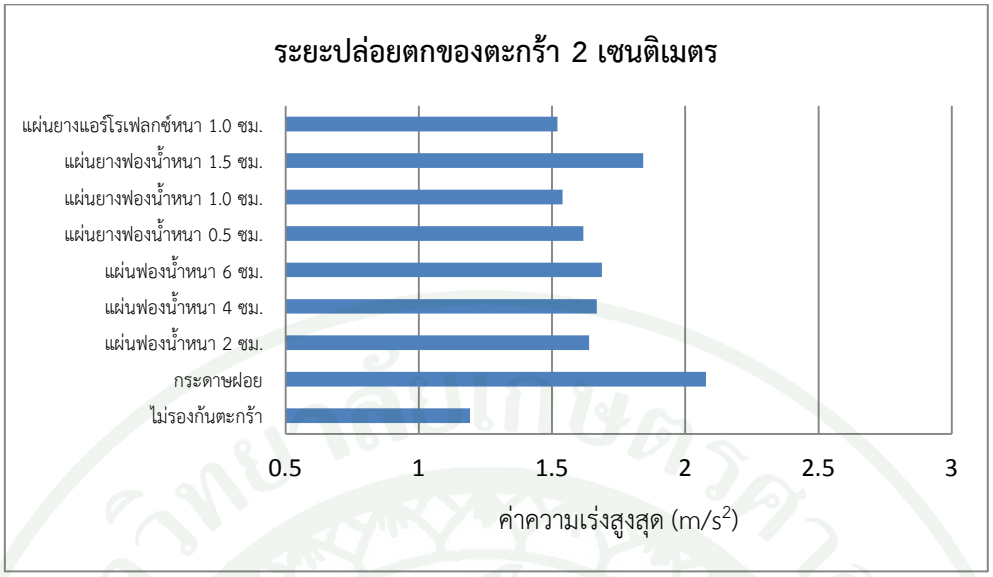
จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 69) เปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ทดสอบกับระยะการปล่อยตกตะกร้า 2 เซนติเมตร พบว่าการไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าการใช้วัสดุรองก้นตะกร้า และการใช้วัสดุรองก้นตะกร้าชนิดแผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 เซนติเมตร มีค่าความเร่งสูงสุดน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้วัสดุรองก้นตะกร้าพลาสติกที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 41

ตารางที่ 41 เปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตก 2 เซนติเมตร

ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	วัสดุ	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
2	ไม่รองก้นตะกร้า	1.1925^{a}
	กระดาษฝอย	2.0779^{b}
	แผ่นฟองน้ำหนา 2 ซม.	1.6392^{c}
	แผ่นฟองน้ำหนา 4 ซม.	1.6674^{c}
	แผ่นฟองน้ำหนา 6 ซม.	1.6874^{c}
	แผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 ซม.	1.6173^{c}
	แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 ซม.	1.5395^{c}
	แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 ซม.	1.8420^{bc}
	แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 ซม.	1.5202^{b}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 63 ค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้ทดสอบกับระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร

6.10 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้ทดสอบทุกวัสดุกับระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร

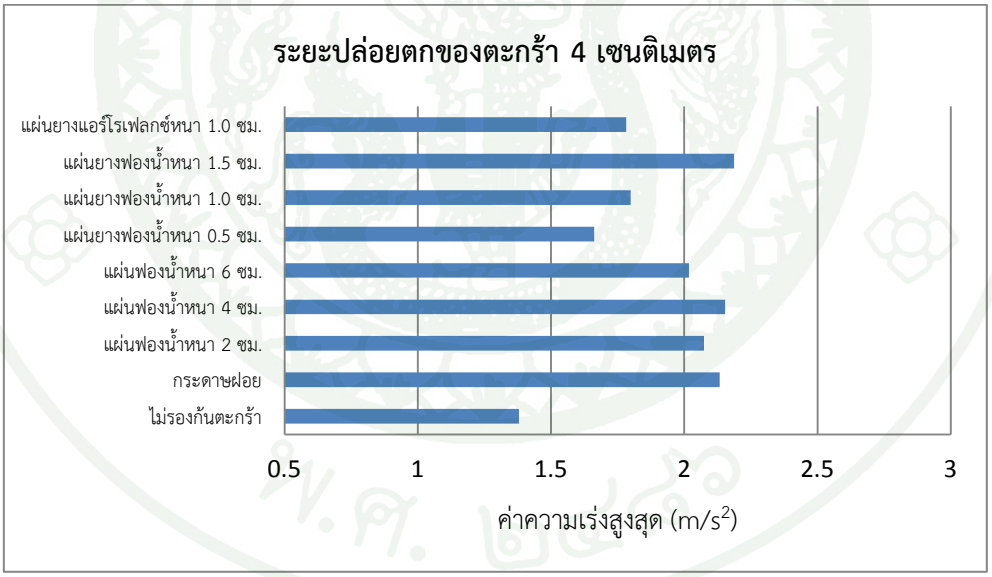
จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 71) เปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ทดสอบกับระยะการปล่อยตกตะกร้า 4 เซนติเมตร พบว่าการไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าการใช้วัสดุรองก้นตะกร้า และการใช้วัสดุรองก้นตะกร้าชนิดแผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 เซนติเมตร มีค่าความเร่งสูงสุดน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้วัสดุรองก้นตะกร้าพลาสติกที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 42

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 42 เปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตก 4 เซนติเมตร

ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	วัสดุ	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
4	ไม่ใช้วัสดุ	1.3796^{a}
	กระดาษฝอย	2.1326^{b}
	แผ่นฟองน้ำหนา 2 ซม.	2.0743^{bc}
	แผ่นฟองน้ำหนา 4 ซม.	2.1527^{b}
	แผ่นฟองน้ำหนา 6 ซม.	2.0175^{bcd}
	แผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 ซม.	1.6622^{e}
	แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 ซม.	1.7984^{cde}
	แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 ซม.	2.1872^{b}
	แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 ซม.	1.7823^{de}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 64 ค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้ทดสอบกับระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร

6.11 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้ทดสอบทุกวัสดุกับระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 73) เปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ทดสอบกับระยะการปล่อยตกตะกร้า 6 เซนติเมตร พบว่าการไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่า

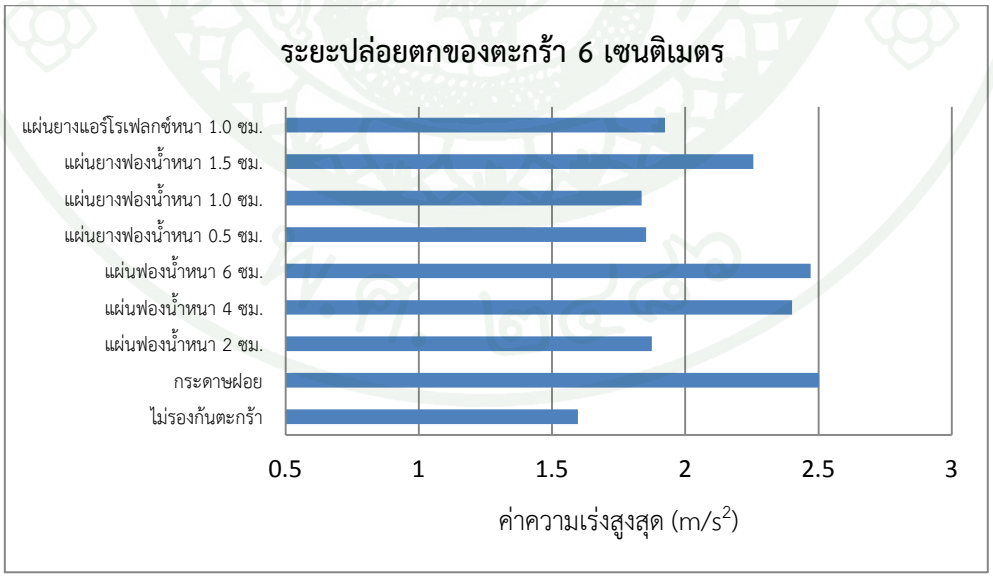
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใช้วัสดุรองก้นตะกร้า และการใช้วัสดุรองก้นตะกร้าชนิดแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 เซนติเมตร มีค่าความเร่งสูงสุดน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้วัสดุรองก้นตะกร้าพลาสติกที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 43

ตารางที่ 43 เปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตก 6 เซนติเมตร

ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	วัสดุ	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
6	ไม่ใช้วัสดุ	1.5966[a]
	กระดาษฝอย	2.5018[b]
	แผ่นฟองน้ำหนา 2 ซม.	1.8744[ac]
	แผ่นฟองน้ำหนา 4 ซม.	2.4006[b]
	แผ่นฟองน้ำหนา 6 ซม.	2.4707[b]
	แผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 ซม.	1.8530[ac]
	แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 ซม.	1.8365[ac]
	แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 ซม.	2.2552[b]
	แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 ซม.	1.9236[c]

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 65 ค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้ทดสอบกับระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.12 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้ทดสอบทุกวัสดุกับระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร

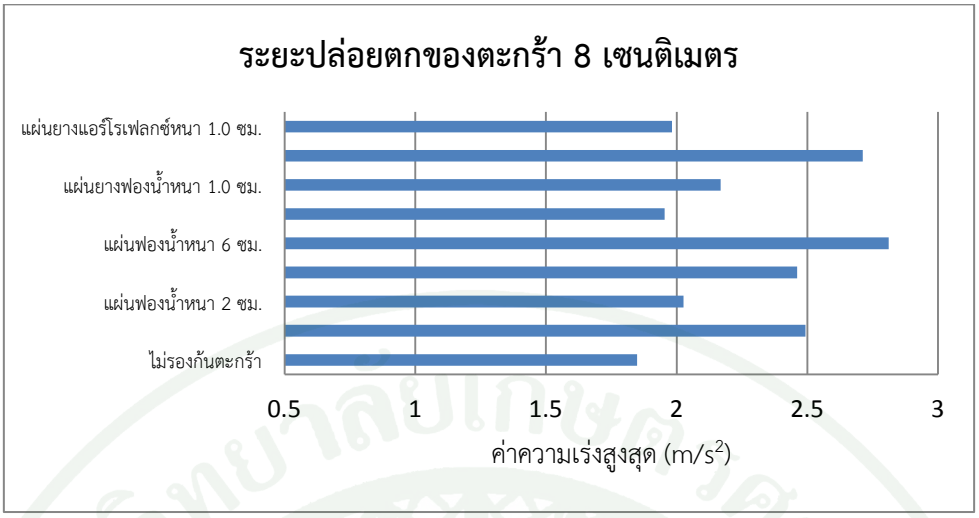
จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 75) เปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ทดสอบกับระยะการปล่อยตกตะกร้า 8 เซนติเมตร พบว่าการไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า จะให้ค่าความเร่งสูงสุดน้อยกว่าการใช้วัสดุรองก้นตะกร้า และการใช้วัสดุรองก้นตะกร้าชนิดแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 เซนติเมตร มีค่าความเร่งสูงสุดน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้วัสดุรองก้นตะกร้าพลาสติกที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 44

ตารางที่ 44 เปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตก 8 เซนติเมตร

ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	วัสดุ	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
8	ไม่ใช้วัสดุ	1.8481[a]
	กระดาษฝอย	2.4928[bc]
	แผ่นฟองน้ำหนา 2 ซม.	2.0261[a]
	แผ่นฟองน้ำหนา 4 ซม.	2.4609[bc]
	แผ่นฟองน้ำหนา 6 ซม.	2.8114[c]
	แผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 ซม.	1.9534[a]
	แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 ซม.	2.1677[ab]
	แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 ซม.	2.7113[c]
	แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 ซม.	1.9820[a]

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 66 ค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้ทดสอบกับระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร

6.13 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้ทดสอบทุกวัสดุกับระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร

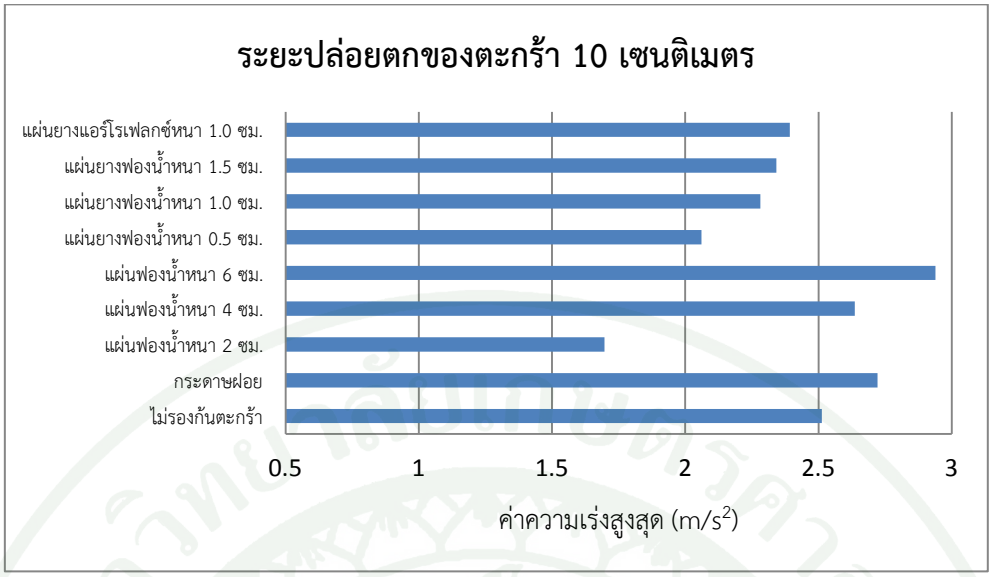
จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวกที่ 77) เปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ทดสอบกับระยะการปล่อยตกตะกร้า 8 เซนติเมตร พบว่าการใช้วัสดุรองก้นตะกร้าชนิดแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร มีค่าความเร่งสูงสุดน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้วัสดุรองก้นตะกร้าพลาสติกที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อค่าความเร่งสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามตารางที่ 45

ตารางที่ 45 เปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตก 10 เซนติเมตร

ระยะปล่อยตกของตะกร้า (cm)	วัสดุ	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)
10	ไม่ใช้วัสดุ	2.5122^{ab}
	กระดาษฝอย	2.7210^{bc}
	แผ่นฟองน้ำหนา 2 ซม.	1.6969^{d}
	แผ่นฟองน้ำหนา 4 ซม.	2.6364^{abc}
	แผ่นฟองน้ำหนา 6 ซม.	2.9384^{c}
	แผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 ซม.	2.0604^{de}
	แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 ซม.	2.2813^{ae}
	แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 ซม.	2.3416^{abe}
	แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 ซม.	2.3927^{abe}

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 67 ค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้ทดสอบกับระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร

จากภาพที่ 67 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้า และวัสดุที่ใช้รองก้นและปิดด้านบนตะกร้าที่มีผลต่อค่าความเร่งสูงสุด พบว่าเมื่อระยะการปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร การไม่ใช้วัสดุรองก้นและปิดด้านบนตะกร้าและการใช้วัสดุรองก้นและปิดด้านบนตะกร้า ได้แก่ กระดาษฝอย แผ่นฟองน้ำ แผ่นยางฟองน้ำและแผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์ ได้ค่าความเร่ง 1.1925, 2.0779, 1.6392, 1.6674, 1.6874, 1.6173, 1.5395, 1.8420 และ 1.5202 m/s^2 ที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร ได้ค่าความเร่ง 1.3796, 2.1326, 2.0743, 2.1527, 2.0175, 1.6622, 1.7984, 2.1872 และ 1.7823 m/s^2 ที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร ได้ค่าความเร่ง 1.5966, 2.5018, 1.8744, 2.4006, 2.4707, 1.8530, 1.8365, 2.2552 และ 1.9236 m/s^2 ที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร ได้ค่าความเร่ง 1.8481, 2.4928, 2.0261, 2.4609, 2.8114, 1.9534, 2.1677, 2.7113 และ 1.9820 m/s^2 และที่ระยะการปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร ได้ค่าความเร่ง 2.5122, 2.7210, 1.6969, 2.6364, 2.9384, 2.0604, 2.2813, 2.3416 และ 2.3927 m/s^2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



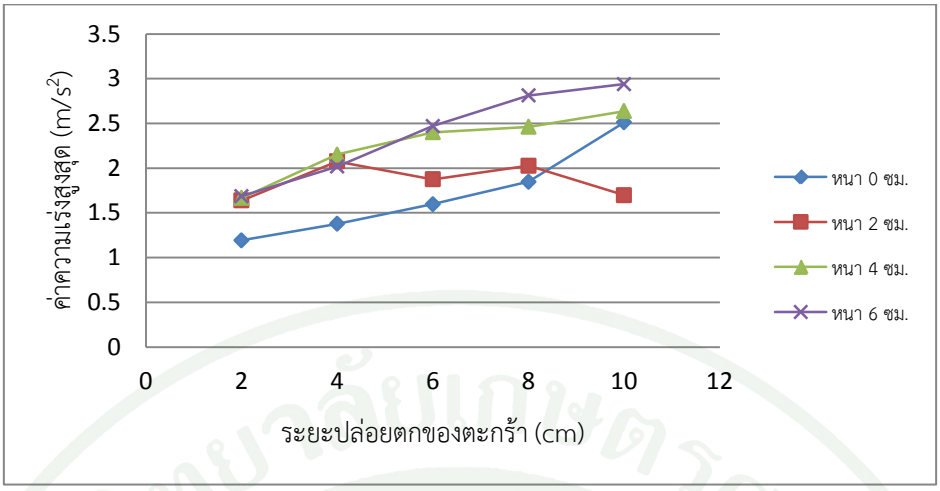
ภาพที่ 68 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดระหว่างวัสดุทดสอบต่างชนิดกันที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร

ผลการทดลองจากตารางที่ 45 และภาพที่ 67 เป็นการเปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของทุกวัสดุ โดยใช้น้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม ที่ระยะปล่อยตก 10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่มะม่วงมีความช้ำระดับรุนแรง พบว่า กระดาษฝอยมีค่าความเร่งสูงสุดมากที่สุด แผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร มีค่าความเร่งสูงสุดน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาภาพที่ 68 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของวัสดุต่างชนิดกันที่น้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม พบว่า ค่าความความเร่งสูงสุดของแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร และแผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 เซนติเมตร ที่ระยะปล่อยตก 2, 4, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน

การเปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 2, 4, 6 เซนติเมตรที่น้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม ระยะปล่อยตก 10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่มะม่วงมีความช้ำระดับรุนแรง ดังภาพที่ 69

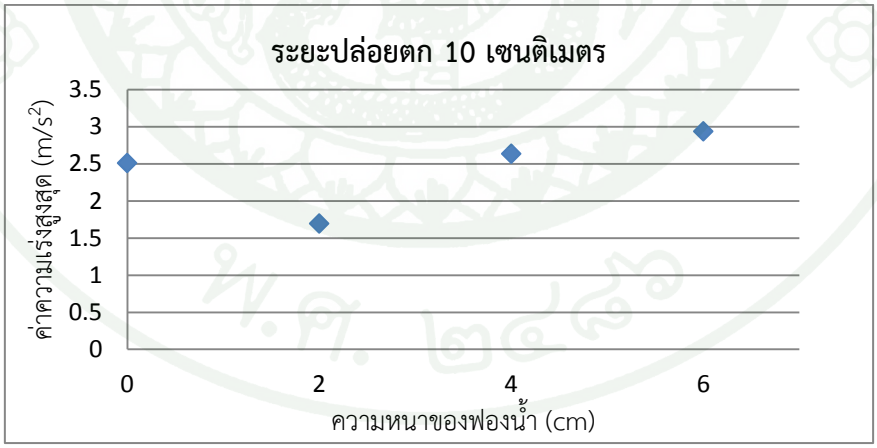
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 69 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของฟองน้ำที่มีความหนา 0, 2, 4 และ 6 เซนติเมตร

จากภาพที่ 69 พบว่าที่น้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม ระยะปล่อยตก 10 เซนติเมตร ความเร่งสูงสุดที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 2 เซนติเมตร มีแนวโน้มลดลง เปรียบเทียบกับค่าความเร่งสูงสุดที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0 เซนติเมตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ภาพที่ 70 แสดงค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นฟองน้ำที่ความหนา 0, 2, 4 และ 6 เซนติเมตร ที่น้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม ระยะปล่อยตก 10 เซนติเมตร



ภาพที่ 70 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นฟองน้ำที่มีความหนา 0, 2, 4 และ 6 เซนติเมตร

จากภาพที่ 68, 69 และ 70 พิจารณาได้ว่าแผ่นฟองน้ำ (PVA) ที่มีความหนา 2 เซนติเมตร สามารถใช้เป็นวัสดุกันกระแทกของตะกร้าพลาสติกได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 46 เปรียบเทียบแรงกระแทกสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของ ตะกร้า 10 เซนติเมตร น้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม $(F = ma)$

วัสดุ	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)	แรงกระแทกสูงสุด F (N)
ไม่ใช้วัสดุ	2.5122^{ab}	616.12
กระดาษฝอย	2.7210^{bc}	667.33
แผ่นฟองน้ำหนา 2 ซม.	1.6969^{d}	416.16
แผ่นฟองน้ำหนา 4 ซม.	2.6364^{abc}	646.58
แผ่นฟองน้ำหนา 6 ซม.	2.9384^{c}	720.64
แผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 ซม.	2.0604^{de}	505.31
แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 ซม.	2.2813^{ae}	559.49
แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 ซม.	2.3416^{abe}	574.28
แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 ซม.	2.3927^{abe}	586.81

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 47 เปรียบเทียบพลังงานกระแทกสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร น้ำหนักปล่อยตก 25 กิโลกรัม $(U_1 = \frac{1}{2}mv^2)$

วัสดุ	ค่าความเร่งสูงสุด (m/s^2)	$V^2 = 2g_{max}h$	พลังงานกระแทกสูงสุด U_1 (N-m)
ไม่ใช้วัสดุ	2.5122^{ab}	0.50244	6.0805
กระดาษฝอย	2.7210^{bc}	0.5442	6.8025
แผ่นฟองน้ำหนา 2 ซม.	1.6969^{d}	0.33938	4.24225
แผ่นฟองน้ำหนา 4 ซม.	2.6364^{abc}	0.52728	6.591
แผ่นฟองน้ำหนา 6 ซม.	2.9384^{c}	0.58768	7.34475
แผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 ซม.	2.0604^{de}	0.41208	5.151
แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 ซม.	2.2813^{ae}	0.45626	5.70325
แผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 ซม.	2.3416^{abe}	0.46832	5.854
แผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 ซม.	2.3927^{abe}	0.47854	5.98175

หมายเหตุ อักษรต่างกันบนค่าความเร่ง หมายถึง ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 46, 47 เปรียบเทียบแรงกระแทกสูงสุดระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร พบว่า แผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร มีแรงกระแทกน้อยที่สุด และมีค่าพลังงานกระแทกน้อยที่สุด แสดงว่าในระหว่างการปล่อยตกของตะกร้าที่ระยะ 10 เซนติเมตร แผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร มีความสามารถในการดูดซับแรงกระแทก และดูดซับพลังงานได้ดี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาบรรจุภัณฑ์ของมะม่วงที่ใช้ในการขนส่งจากสวนเกษตรกรไปยังศูนย์รวบรวมมะม่วงเพื่อการส่งออก สรุปได้ว่า

1. โครงสร้างโลจิสติกส์การส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้ประกอบด้วย เกษตรกรผู้ทำหน้าที่ผลิตมะม่วงตามมาตรฐานคุณภาพเพื่อการส่งออก ทำการคัดขนาดและคุณภาพตามผู้สั่งซื้อ ส่งให้กลุ่มเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน หรือสหกรณ์ ผู้ทำหน้าที่รวบรวมผลผลิตและตกลงซื้อขายกับผู้ส่งออก และผู้ส่งออกแปรรูป โดยมีต้นทุนที่เกี่ยวข้องสองส่วน คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นกับเกษตรกร และต้นทุนที่เกิดขึ้นกับผู้ประกอบการส่งออก

2. ผลผลิตที่มีเป้าหมายส่งออกตลาดบน ร้อยละ 34.45 เป็นผลผลิตที่มีคุณภาพสูง จำหน่ายผู้ส่งออกผลสดในราคา 65 บาทต่อกิโลกรัม ร้อยละ 9.63 ของผลผลิตที่มีเป้าหมายส่งออกตลาดบน จำหน่ายผู้ส่งออกแปรรูปในราคา 50 บาทต่อกิโลกรัม และ 35 บาทต่อกิโลกรัม ในสัดส่วนร้อยละ 50 ต่อ 50 และ ร้อยละ 55.92 ของผลผลิตที่มีเป้าหมายส่งออกตลาดบน จำหน่ายในประเทศในราคา 50 บาทต่อกิโลกรัม 35 บาทต่อกิโลกรัม และ 20 บาท ต่อกิโลกรัม ในสัดส่วนร้อยละ 20 , 50 และ 30 ตามลำดับ หากสามารถจำหน่ายผลผลิตที่มีคุณภาพสูงได้ทั้งหมดในราคา 65 บาทต่อกิโลกรัม เกษตรกรจะมีรายได้สูงขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการส่งออกมะม่วง ประกอบด้วย การปฏิบัติการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ระยะทางในการขนส่ง ลักษณะและคุณภาพของเส้นทางที่ใช้ในการขนส่ง ปริมาณการขนส่งต่อน้ำหนักบรรทุกหรือความจุของพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง

3. การขนส่งเป็นกิจกรรมที่สำคัญในการจัดการโลจิสติกส์ วิธีการขนส่งเกี่ยวข้องกับบรรจุภัณฑ์และวัสดุกันกระแทก และความสูญเสียที่เกิดขึ้นตลอดกระบวนการโลจิสติกส์ ปัจจัยที่มีความยืดหยุ่นสูงได้แก่ ปริมาณการขนส่งต่อน้ำหนักบรรทุกของพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง และระยะทางที่ใช้ในการขนส่ง ความเสียหายจากการขนส่งในด้านกระบวนการโลจิสติกส์โดยรวมเป็นปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุน

4. ทุกกิจกรรมของการส่งออก มีโอกาสเกิดความเสียหายและเพิ่มต้นทุนที่สูงขึ้น กิจกรรมการเคลื่อนย้ายพัสดุ และกิจกรรมการบรรจุหีบห่อ ต้องกระทำด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันไม่ให้ผลมะม่วงช้ำ หรือบรรจุภัณฑ์มะม่วงเกิดความเสียหาย

5. กิจกรรมการรับและเก็บรักษาสินค้า ควรตรวจสอบคุณภาพให้ได้มาตรฐาน และมีปริมาณตามที่ระบุไว้ การเคร่งครัดในการตรวจสอบคุณภาพของผลผลิตจะส่งผลต่อกิจกรรมการบริการลูกค้าสร้างความพึงพอใจต่อลูกค้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. กิจกรรมการจัดการสินค้าคงคลัง สำหรับการส่งออกมะม่วงควรมีการวางแผนที่ดีตั้งแต่การรับซื้อมะม่วงเข้ายังโรงงานและขั้นตอนการกระจายหรือการส่งออก ควรจัดระบบให้มีสินค้าหมุนเวียนเพื่อลดความเสี่ยงที่มะม่วงจะเสื่อมคุณภาพ และเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการจัดเก็บ

7. ความเสียหายของผลมะม่วงเกิดขึ้นมากที่สุดในขั้นตอนการขนส่ง สาเหตุสำคัญคือการจัดการบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่ต้องลงทุนสูง เพราะในการขนส่งมะม่วงต้องขนส่งในระยะทางไกล เส้นทางการขนส่งเป็นอุปสรรค ทำให้ใช้ระยะเวลานานในการขนส่งมะม่วงจากสวนเกษตรกรไปยังศูนย์รวบรวมมะม่วง มะม่วงจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และทางกายภาพ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเกิดจากความช้ำ เนื่องจากแรงกระทำเชิงกล ดังนั้นในการเลือกบรรจุภัณฑ์ระหว่างการขนส่งจากสวนเกษตรกร จึงต้องคำนึงถึงความเสียหายของมะม่วง ความแข็งแรงทนทานของบรรจุภัณฑ์ การลดต้นทุนค่าใช้จ่าย การหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่

8. จากการศึกษาความเสียหายเชิงกลของมะม่วงในบรรจุภัณฑ์ตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กและตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับด้านบนพบว่า ตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กมีการจัดเรียงแบบไม่มีการซ้อนกัน ค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายและค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาตรความช้ำจะมีค่าน้อยกว่าตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับด้านบน 36.83% แต่เมื่อมีการจัดเรียงแบบซ้อนกัน ตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายมากกว่าตะกร้าพลาสติกแบบมีฐานรองรับด้านบน 18.27% แต่ค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาตรความช้ำของทั้งสองบรรจุภัณฑ์มีค่าแตกต่างกันน้อยมาก ส่วนในด้านค่าความหนาแน่นของบรรจุภัณฑ์ตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กมีค่าความหนาแน่นมากกว่าตะกร้าแบบมีฐานรองรับด้านบน

9. จากการศึกษาโดยการทดสอบสถานการณ์จำลองพบว่า การปล่อยตกของบรรจุภัณฑ์ตะกร้าพลาสติกแบบมีบ่าเหล็กที่บรรจุมะม่วง 25 กิโลกรัม ในระดับความสูงระหว่าง 2 -10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับความสูงที่บรรจุภัณฑ์มะม่วงจะได้รับแรงกระแทกในระหว่างการขนส่ง พบว่าการใช้ฟองน้ำที่มีความหนา 2 เซนติเมตร รองก้นและปิดด้านบนตะกร้าพลาสติก มีความเหมาะสมที่สุดในการป้องแรงกระแทก และลดการเสียดสีระหว่างก้นตะกร้าพลาสติกกับมะม่วง และฟองน้ำหาซื้อได้ง่าย มีราคาถูกและนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้ง

10. ความหนาของแผ่นฟองน้ำ มวลของมะม่วง ระดับความสูงในการตกภายใต้แรงดึงดูดของโลก และการจัดเรียงมะม่วงในตะกร้าพลาสติกมีผลต่อแรงกระทำเชิงกล ได้แก่ แรงกระแทกที่กระทำต่อมะม่วงกับก้นตะกร้าพลาสติก ในการจัดเรียงมะม่วงในบรรจุภัณฑ์ตะกร้าพลาสติกควรจัดเรียงให้มีช่องว่างน้อยที่สุดขนาดผลมะม่วงต้องมีความสม่ำเสมอ ตะกร้าพลาสติก 1 ใบ ควรบรรจุมะม่วงที่มีน้ำหนักรวมตะกร้า 25 กิโลกรัม ไม่ควรบรรจุล้นปากตะกร้า เพราะจะทำให้เกิดแรงกระแทกระหว่างมะม่วงกับขอบและก้นตะกร้าที่ซ้อนบน การบรรทุกผลผลิตไม่เต็มรถบรรทุกมีผลต่อแรงกระทำเชิงกล คือเกิดแรงกระแทกได้ง่ายอันเนื่องจากการยกตัวที่สูงเกินระดับความสูง 10 เซนติเมตร ที่เกิดขึ้นได้ง่ายในรถบรรทุกขนาดใหญ่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2555ก. **พื้นที่ให้ผลผลิตและผลผลิตมะม่วงของประเทศไทย**. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2555ข. **ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร**. แหล่งที่มา: http://production.doae.go.th, 28 กรกฎาคม 2555.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิรภา เหลืองอรุณเลิศ. 2551. **บรรจุภัณฑ์ผักผลไม้**. แหล่งที่มา: www.nfi.or.th, 8 สิงหาคม 2555.

ดาเรศร์ กิตติโยภาส, ฐิติกานต์ กลัมพสุต และ นฤมล ลดาวัลย์ ณ อยุธยา. 2555. การศึกษาระบบห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์มะม่วงส่งออกในเขตภาคกลางและภาคเหนือ, *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13.** กองส่งเสริมวิศวกรรมเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ดวงพร ดีผดุง. 2548. **การเปรียบเทียบภาชนะบรรจุเพื่อการขนส่งมะม่วง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ณัฐธร อินทวิวัฒน์. 2548. **การศึกษาปัจจัยในการออกแบบภาชนะบรรจุเพื่อการขนส่งมะม่วง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ณพวีร์ พุ่มโต. 2543. **การศึกษาคุณสมบัติการสั่นสะเทือนของส้มเขียวหวาน**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม.

ทวีศักดิ์ เทพพิทักษ์. 2552. **การจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. บริษัทเอ็กซเปอร์เน็ท จำกัด, กรุงเทพฯ.

ธเนศ สิริสุวรรณกิจ. 2549. **การวางแผนระบบโลจิสติกส์เพื่อการส่งออกผลไม้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บัณฑิต จริโมภาส และ ทรงธรรม ไชยพงษ์. 2548. เครื่องสั่นสะเทือนทำในประเทศสาหรับทดสอบบรรจุภัณฑ์ผักผลไม้, น. 417-424. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6.** กองส่งเสริมวิศวกรรมเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

บัณฑิต จริโมภาส. 2549. **เครื่องจักรกลคัดแยกหลังการเก็บเกี่ยว บรรจุภัณฑ์ และเรือนบรรจุผลไม้**. สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ขอนแก่น.

บัณฑิต จริโมภาส และ ธนรัตน์ ศรีรุ่งเรือง. 2549. การช้ำของผลมะพร้าวอ่อนภายใต้การกระแทก. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 37(5) (พิเศษ): 240 – 243.

บุรฉัตร ฉัตรวีระ. 2545. **กลศาสตร์ของวัสดุ เล่ม 2**. เพียร์สันเอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

ปนัดดา กสิกิจวิวัฒน์, วันรัฐ อับดุลลากาซิม และ กิตติ ทรัพย์ประสม. 2553. **การศึกษาความยืดหยุ่นของปัจจัยในการขนส่งและโลจิสติกส์ของมะม่วงสำหรับส่งออก**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ปิยะพงษ์ สิทธิคง. 2546. **ฟิสิกส์**. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซนเตอร์, กรุงเทพฯ.

ปุ่น เที่ยงบูรณธรรม. 2552. **การวางแผนการดำเนินงานโลจิสติกส์อย่างเป็นระบบ**. โครงการพัฒนาหลักสูตรและการฝึกอบรมโลจิสติกส์และซัพพลาย, เชียงราย.

วราภรณ์ ขจรไชยกุล. 2537. **ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ.** สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

วรุตม์ จันทรเนตร, วิศิษฏ์ คุณาฤทธิพล, วุฒิ บุณยวงศ์วิโรจน์ และ เอก ลิ่วเฉลิมวงศ์. 2547. **การออกแบบชิ้นส่วนกันกระแทก**. โครงการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

วรรณฤดี แก้วมีศรี. 2549. **การสังเคราะห์ฟองน้ำพอลิไวนิลแอลกอฮอล์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

วิริยะ ทองเรือง และ เจริญยุทธ เดชวายุกุล. 2547. **การพัฒนากระบวนการผลิตโฟมยางธรรมชาติ**. ภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วีระพงษ์ กาญจนวงศ์กุล. 2549. การเปรียบเทียบผลการตอบสนองของผลไม้ภายใต้แรงกระแทกจากภาวะมวลปล่อยตกอิสระ. *ใน* **วิศวกรรมสารเอเชียอาคเนย์ ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 มิถุนายน – พฤศจิกายน**. มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์, กรุงเทพฯ.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. 2555. แหล่งที่มา: http://www2.ops3.moc.go.th/menu.com.th, 28 กรกฎาคม 2555.

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2550. **Logistics and Supply Chain Thinking**. กรุงเทพฯ.

สายชล เกตุษา. 2533. การเก็บเกี่ยวและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว, น. 204-214. *ใน* คณะจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, **การทำสวนมะม่วง**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมยศ เชิญอักษร, ปนัดดา กสิกิจวิวัฒน์, ดาเรศร์ กิตติโยภาส และ แสงจันทร์ กันตะบุตร. 2554. **การศึกษาความยืดหยุ่นของปัจจัยในสาขาการขนส่งและโลจิสติกส์**. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สุชาติ สุภาพ. 2553. **ฟิสิกส์ 1 ระดับมหาวิทยาลัย**. ฐานบัณฑิต, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 2553. **รายงานภาวะเศรษฐกิจการเกษตร.** แหล่งที่มา: http://www.phtnet.org, 2 พฤษภาคม 2555.

สำนักโลจิสติกส์ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม. 2551. **กิจกรรมหลักด้านโลจิสติกส์ มีทั้งหมด 13 กิจกรรม**. แหล่งที่มา: http://logistics.dpim.go.th/article/detil.phpMid=1419, 28 กรกฎาคม 2555.

แสงจันทร์ กันตะบุตร และ กำจัด เล่ห์มงคล. 2553. **การจัดการห่วงโซ่อุปทานของมะม่วงสดและสุกหลังการเก็บเกี่ยวไปยังตลาดเพื่อการส่งออก ศึกษาเกษตรกรและผู้ส่งออกในจังหวัดภาคกลางและภาคเหนือของประเทศไทย**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

อัญชลี กมลรัตนกุล. 2537. การหีบห่อผักและผลไม้สด, น. 197-206. *ใน* **เอกสารประกอบการอบรมเรื่องวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวทางพืชสวน** ณ ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อมรรัตน์ สวัสดิทัต, อัญชลี กมลรัตนกุล, บุษกร ประดิษฐนิยกูล และ กาญจนา ทุมมานนท์. 2538. **การบรรจุภัณฑ์ผักและผลไม้สดเพื่อการส่งออก**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

อุราภรณ์ สะอาดสุด, วิชชา สะอาดสุด และ โสภณ สิงห์แก้ว. 2546. **การประเมินความเสียหายในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยว**, สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Bajema, R.W. and G.M. Hyde. 1998. Instrumented pendulum for impact characterization of whole fruit and vegetable specimens. **Trans of the ASAE**. 41(5): 1399-1405.

Barchi, G.I., Berardinelli., Guarnieri, A., Ragni, L. and C. Totaro Fila. 2002. Damage to Loquats by Vibration-Simulating Intra-State Transport. **Biosystem Engineering**. 82(3): 305-312.

Baritelle, A.L. and G.M. Hyde. 2001. Commodity conditioning to reduce impact bruising. **Postharvest Biol. Tech**. 21: 331-339.

Berardinelli, A., V. Donati, A. Giunchi, A. Guarnieri, and L. Ragni. 2005. Damage to pear caused by simulated transport. **Journal of Food Engineering**. 66: 219-226.

Bollen, A.F. 1993. Apple-apple impact evaluation using an instrumented sphere. **Agricultural Engineering Journal**. 2(1&2): 1-14.

Bunsiri, A., S. Ketsa, and R. E. Paull. 2003. Phenolic metabolism and lignin synthesis in damaged pericarp of mangosteen fruit after impact. **Postharvest Biology and Technology**. 29(1): 61-71.

Burgess, G. 2002. **Course Pack of Shock and Vibration. School of Packaging.** Michigan State University, USA.

Chen P. and R. Yazdani. 1991. Prediction of apple bruising due to impact on different surfaces. **Trans of the ASAE**. 33(3): 956-961

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chesson, J.H. and M. O'Brien. 1971. Analysis of mechanical vibration of fruit during transportation. **Tran. ASAE**. 14(2): 222-224.

DeMartino, G., R. Massantini, R. Botondi and F. Mencarelli. 2002. Temperature affects impact injury on apricot fruit. **Postharvest Biology and Technology**. 25: 145-149.

Delwiche, M.J. 1987. Theory of fruit firmness forting by impact forces. **Transactions of the ASAE**. 30(4): 1160-1166.

Godshall W.D. 1971. Frequency Reponds Damping and Transmissibility Characteristics of Top-loaded Container. **USDA Forest Service Resarch Paper, FPL**. 160.

Grant, S.W., M.T. Turczyn, B.H. Ashby, N.D. Halle, G.D. kleinschmidt, F.W. Wheaton and W.L. Dunton. 1986. Potato Bruising During Transport. **Transactions of the ASAE**. 29(4): 1176-1179.

Hinsch R.T., D.C. Sluaghter, W.L. Craig and J.F. Thompson. 1993. Vibration of Fresh Fruits and Vegetables during Refrigerated Truck Transport. **Transaction of the ASAE**. 36(4): 1045-1048.

Holt, J.E. and D. Schoorl. 1984. Fruit Packaging and Handling Distribution System: An Evaluation Method. **Agricultural System**. 7: 209-218.

Juvinall Robert C. and Marshek Kurt M. 1991. **Fundamental of Machine Component Design**, 3rd Edition, John Wiley and Sins, New York, USA.

Lambert, D, Stock} R. J., Ellram & M.L., 2004. **การจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์**. ท็อป, กรุงเทพฯ.

Martínez-Romero, D., M. Rerrano, A. Carbonell, S. Castillo, F. Riquelme, and D. Valero. 2004. Mechanical damage during fruit post-harvest handling: technical and physiological implications. **Production practices and quality assessment of food crops**. 3: 233-252.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Martinez – Romero, D., S. Castillo, and D. Valero. 2003. Forced – air cooling applied before fruit handling to prevent mechanical damage of plums (Prunus salicina Lindl.). **Postharvest Biol.Tech.** 28: 135 – 142.

Nahir, D.,Z. Schmilovitch and B. Ronen. 1986. Tomato grading by impact force response. ASAE Paper No. 86-3028. St. Joseph**, Mich.**

Nelson, C. W., and N. N. Moshenin. 2003. Maximum allowable static and dynamic loads and effect of temperature for mechanical injury in apples. **Journal of Agricultural Engineering Research**. 13(4): 305 - 317.

O' Brian, M. , L.L. Claypool, S.J. Leonard, G.K. York and J.H. Mac Gillivay. 1963. Causrs of fruit Bruising on Transport trucks. **Hilgardia** 35(6): 113-124. and R. Guillou. 1969. An in-transit vibration simulator for fruit handing studies. **Trans. ASAE**. 12: 94-97.

Pang, W., C.J. Studman and G.T. Ward. 1992. Bruising Damage in Apple-to-Apple Impact. **J. Agr. Eng. Res**. 52: 229-240.

Peleg, K. 1985. Produce Handing, Packaging and Distribution. Avi Pub. Co. lnc., **Westport, Connecticut.** 625 p. and S. Hinga. 1986. Simulation of Vibration Damage in Produce Transportation. **Transactions of the ASAE**. 29(2): 633-641.

Perez - Vicente, A, D. Martinez - Romero, A. Carbonell, M. Serrano, F. Riquelme, F. Guillen, and D. Valero. 2002. Role of polyamines in extending shelf life and the reduction of mechanical damage during plum (Prunus salicina Lindl) storage. **Postharvest Biol. Tech**. 25: 25 – 32.

Ragn, L., and A. Berardinelli. 2001. Mechanical behaviour of apple, and damage during sorting and packaging. **J. Agric. Engng Res**. 78(3): 273-279.

Satriana, V. 1993. **Maturity, Precooling and Storage Condition in Relation to Mechanical Damage in Mango Varity Nam Dok Mai.** M.S. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand. 64 pp.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Serrano M., D. Martinez - Romero, S. Castillo, F. Guillen, and D. Valero. 2004. Role of calcium and heat treatments in alleviating physiological changes induced by mechanical damage in plum. **Postharvest Biol. Tech**. 34: 155 – 167.

Singh, K. K., and B.S. Reddy. 2006. Post - harvest physico - mechanical properties of orange peel and fruit. **Journal of Food Engineering**. 73(2): 112 - 120.

Singh, S.P. and M. Xu. 1993. Bruising in Applea as A function of Truck Vibration and Packaging. **Journal of Applied Engineering in Agriculture**. 9(5): 455-460.

Techawongstien S. 1999**.** Situation and significant of postharvest handling in Thailand. In. Postharvest Technologies for Horticultural Crops. 27. **Bangkok Thailand**.

Turczyn, M.T. , S.W. Grant, B.H. Ashby and F.W.Wheation. 1986. Potato Shatter Bruising During Laboratory Handling and Transport Simulation. **Transactions of the ASAE**. 29(4): 1171-1175.

Van linden, V. B.D. Ketelacre, M. Desmet, and J.D. Becrdemacker. 2006. Determination of bruise susceptibility of tomato fruit by means of an instrumented pendulum. **Postharvest Biol. Tech**. 40: 7-14.

Zapp, H.R., S.H. E.hlert, G.K. Brown, P.R. Armstrong and S.S. Sober. 1990. Advanced instrumented sphere(IS) for impact measurements. **Transactions of the ASAE**. 33(3): 995-960.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนัก 5 กิโลกรัม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.651(a)	7	.522	2.130	.048
Intercept	585.580	1	585.580	2391.491	.000
ความหนา	3.296	3	1.099	4.487	.006
น้ำหนัก	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.356	4	.089	.363	.834
Error	22.527	92	.245		
Total	611.759	100			
Corrected Total	26.178	99			

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนัก 5 กก.

ความหนา	N	Subset	
		1	2
2.00	25	2.1338	
3.00	25		2.4150
1.00	25		2.5038
4.00	25		2.6270
Sig.		1.000	.157

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนัก 15 กิโลกรัม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	20.338(a)	7	2.905	15.093	.000
Intercept	577.051	1	577.051	2997.554	.000
ความหนา	20.087	3	6.696	34.781	.000
น้ำหนัก	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.252	4	.063	.327	.859
Error	17.711	92	.193		
Total	615.100	100			
Corrected Total	38.049	99			

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนัก 15 กก.

ความหนา	N	Subset		
		1	2	3
1.00	25	1.7551		
2.00	25		2.2237	
3.00	25			2.7372
4.00	25			2.8928
Sig.		1.000	1.000	.213

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8.067(a)	7	1.152	5.759	.000
Intercept	421.959	1	421.959	2108.387	.000
ความหนา	7.790	3	2.597	12.974	.000
น้ำหนัก	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.278	4	.069	.347	.846
Error	18.412	92	.200		
Total	448.439	100			
Corrected Total	26.480	99			

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่น้ำหนัก 25 กก.

ความหนา	N	Subset	
		1	2
1.00	25	1.7058	
2.00	25	1.8622	
3.00	25		2.2636
4.00	25		2.3851
Sig.		.220	.340

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่น้ำหนัก 5 กิโลกรัม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	12.087(a)	8	1.511	9.756	.000
Intercept	585.580	1	585.580	3781.485	.000
น้ำหนัก	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.356	4	.089	.574	.682
ความสูง	11.731	4	2.933	18.939	.000
Error	14.092	91	.155		
Total	611.759	100			
Corrected Total	26.178	99			

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่น้ำหนัก 5 กิโลกรัม

ความสูง	N	Subset		
		1	2	3
1.00	20	1.7940		
2.00	20		2.3186	
4.00	20			2.6240
3.00	20			2.6259
5.00	20			2.7369
Sig.		1.000	1.000	.398

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่น้ำหนัก 15 กิโลกรัม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10.129(a)	8	1.266	4.127	.000
Intercept	577.051	1	577.051	1880.816	.000
น้ำหนัก	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.252	4	.063	.205	.935
ความสูง	9.878	4	2.469	8.049	.000
Error	27.920	91	.307		
Total	615.100	100			
Corrected Total	38.049	99			

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่น้ำหนัก 15 กิโลกรัม

ความสูง	N	Subset		
		1	2	3
1.00	20	1.8829		
2.00	20		2.2497	
3.00	20		2.5093	2.5093
4.00	20		2.5621	2.5621
5.00	20			2.8071
Sig.		1.000	.095	.112

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10.039(a)	8	1.255	6.946	.000
Intercept	421.959	1	421.959	2335.577	.000
น้ำหนัก	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.278	4	.069	.384	.819
ความสูง	9.761	4	2.440	13.507	.000
Error	16.441	91	.181		
Total	448.439	100			
Corrected Total	26.480	99			

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัม

ความสูง	N	Subset			
		1	2	3	4
1.00	20	1.5466			
2.00	20		1.9060		
3.00	20		2.0856	2.0856	
4.00	20			2.2866	2.2866
5.00	20				2.4460
Sig.		1.000	.185	.138	.239

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5.426(a)	8	.678	7.701	.000
Intercept	72.743	1	72.743	825.929	.000
ความหนา	.000	0	.	.	.
ความสูง	5.261	4	1.315	14.934	.000
ซ้ำ	.165	4	.041	.468	.758
Error	1.409	16	.088		
Total	79.579	25			
Corrected Total	6.835	24			

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 0 เซนติเมตร

ความสูง	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	1.1925		
2.00	5	1.3796		
3.00	5	1.5966	1.5966	
4.00	5		1.8481	
5.00	5			2.5122
Sig.		.057	.199	1.000

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 2 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.841(a)	8	.105	2.557	.052
Intercept	86.694	1	86.694	2109.026	.000
ความหนา	.000	0	.	.	.
ความสูง	.745	4	.186	4.533	.012
ซ้ำ	.095	4	.024	.581	.681
Error	.658	16	.041		
Total	88.192	25			
Corrected Total	1.499	24			

ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 2 เซนติเมตร

ความสูง	N	Subset	
		1	2
1.00	5	1.6392	
5.00	5	1.6969	
3.00	5	1.8744	1.8744
4.00	5		2.0261
2.00	5		2.0743
Sig.		.100	.158

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 4 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.900(a)	8	.362	17.452	.000
Intercept	128.098	1	128.098	6167.839	.000
ความหนา	.000	0	.	.	.
ความสูง	2.822	4	.705	33.969	.000
ซ้ำ	.078	4	.019	.935	.468
Error	.332	16	.021		
Total	131.330	25			
Corrected Total	3.232	24			

ตารางผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 4 เซนติเมตร

ความสูง	N	Subset			
		1	2	3	4
1.00	5	1.6674			
2.00	5		2.1527		
3.00	5			2.4006	
4.00	5			2.4609	2.4609
5.00	5				2.6364
Sig.		1.000	1.000	.518	.072

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 6 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5.967(a)	8	.746	10.311	.000
Intercept	142.214	1	142.214	1966.112	.000
ความหนา	.000	0	.	.	.
ความสูง	5.585	4	1.396	19.305	.000
ซ้ำ	.381	4	.095	1.318	.306
Error	1.157	16	.072		
Total	149.338	25			
Corrected Total	7.124	24			

ตารางผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นฟองน้ำ 6 เซนติเมตร

ความสูง	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	1.6874		
2.00	5	2.0175		
3.00	5		2.4707	
4.00	5		2.8114	2.8114
5.00	5			2.9384
Sig.		.070	.062	.466

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.030(a)	7	.147	1.742	.190
Intercept	47.841	1	47.841	566.423	.000
ความหนา	.842	3	.281	3.322	.057
ความสูง	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.188	4	.047	.556	.698
Error	1.014	12	.084		
Total	49.884	20			
Corrected Total	2.043	19			

ตารางผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร

ความหนา	N	Subset	
		1	2
1.00	5	1.1925	
2.00	5		1.6392
3.00	5		1.6674
4.00	5		1.6874
Sig.		1.000	.807

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.961(a)	7	.280	14.274	.000
Intercept	72.659	1	72.659	3702.777	.000
ความหนา	1.894	3	.631	32.169	.000
ความสูง	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.067	4	.017	.852	.519
Error	.235	12	.020		
Total	74.855	20			
Corrected Total	2.196	19			

ตารางผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร

ความหนา	N	Subset	
		1	2
1.00	5	1.3796	
4.00	5		2.0175
2.00	5		2.0743
3.00	5		2.1527
Sig.		1.000	.172

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.709(a)	7	.387	14.442	.000
Intercept	86.995	1	86.995	3247.009	.000
ความหนา	2.656	3	.885	33.046	.000
ความสูง	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.053	4	.013	.490	.743
Error	.322	12	.027		
Total	90.025	20			
Corrected Total	3.030	19			

ตารางผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร

ความหนา	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	1.5966		
2.00	5		1.8744	
3.00	5			2.4006
4.00	5			2.4707
Sig.		1.000	1.000	.511

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.984(a)	7	.426	11.386	.000
Intercept	104.571	1	104.571	2792.895	.000
ความหนา	2.830	3	.943	25.192	.000
ความสูง	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.155	4	.039	1.032	.430
Error	.449	12	.037		
Total	108.005	20			
Corrected Total	3.434	19			

ตารางผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร

ความหนา	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	1.8481		
2.00	5	2.0261		
3.00	5		2.4609	
4.00	5			2.8114
Sig.		.171	1.000	1.000

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.608(a)	7	.658	5.613	.005
Intercept	119.654	1	119.654	1020.222	.000
ความหนา	4.221	3	1.407	11.997	.001
ความสูง	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.387	4	.097	.825	.534
Error	1.407	12	.117		
Total	125.670	20			
Corrected Total	6.015	19			

ตารางผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร

ความหนา	N	Subset	
		1	2
2.00	5	1.6969	
1.00	5		2.5122
3.00	5		2.6364
4.00	5		2.9384
Sig.		1.000	.085

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 0.5 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.841(a)	8	.105	2.111	.097
Intercept	83.654	1	83.654	1679.746	.000
ความหนา	.000	0	.	.	.
ความสูง	.711	4	.178	3.571	.029
ซ้ำ	.130	4	.032	.651	.634
Error	.797	16	.050		
Total	85.292	25			
Corrected Total	1.638	24			

ตารางผนวกที่ 32 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 0.5 เซนติเมตร

ความสูง	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	1.6173		
2.00	5	1.6622	1.6622	
3.00	5	1.8530	1.8530	1.8530
4.00	5		1.9534	1.9534
5.00	5			2.0604
Sig.		.132	.067	.182

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.0 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.947(a)	8	.243	3.755	.012
Intercept	92.610	1	92.610	1429.195	.000
ความหนา	.000	0	.	.	.
ความสูง	1.792	4	.448	6.913	.002
ซ้ำ	.155	4	.039	.598	.670
Error	1.037	16	.065		
Total	95.594	25			
Corrected Total	2.984	24			

ตารางผนวกที่ 34 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.0 เซนติเมตร

ความสูง	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	1.5395		
2.00	5	1.7984		
3.00	5	1.8365	1.8365	
4.00	5		2.1677	2.1677
5.00	5			2.2813
Sig.		.098	.056	.490

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.5 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.117(a)	8	.265	4.962	.003
Intercept	128.533	1	128.533	2409.592	.000
ความหนา	.000	0	.	.	.
ความสูง	1.950	4	.488	9.141	.000
ซ้ำ	.167	4	.042	.783	.553
Error	.853	16	.053		
Total	131.504	25			
Corrected Total	2.971	24			

ตารางผนวกที่ 36 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้าที่ความหนาของแผ่นยางฟองน้ำ 1.5 เซนติเมตร

ความสูง	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	1.8420		
2.00	5		2.1872	
3.00	5		2.2552	
5.00	5		2.3416	
4.00	5			2.7113
Sig.		1.000	.332	1.000

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.281(a)	6	.047	2.193	.150
Intercept	41.646	1	41.646	1949.185	.000
ความหนา	.247	2	.123	5.776	.028
ความสูง	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.034	4	.009	.401	.803
Error	.171	8	.021		
Total	42.098	15			
Corrected Total	.452	14			

ตารางผนวกที่ 38 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร

ความหนา	N	Subset	
		1	2
2.00	5	1.5395	
1.00	5	1.6173	
3.00	5		1.8420
Sig.		.425	1.000

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.909(a)	6	.152	5.249	.018
Intercept	53.164	1	53.164	1841.663	.000
ความหนา	.742	2	.371	12.855	.003
ความสูง	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.167	4	.042	1.445	.304
Error	.231	8	.029		
Total	54.304	15			
Corrected Total	1.140	14			

ตารางผนวกที่ 40 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร

ความหนา	N	Subset	
		1	2
1.00	5	1.6622	
2.00	5	1.7984	
3.00	5		2.1872
Sig.		.240	1.000

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.686(a)	6	.114	1.254	.373
Intercept	58.898	1	58.898	645.324	.000
ความหนา	.562	2	.281	3.080	.102
ความสูง	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.124	4	.031	.340	.844
Error	.730	8	.091		
Total	60.314	15			
Corrected Total	1.417	14			

ตารางผนวกที่ 42 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร

ความหนา	N	Subset
		1
2.00	5	1.8365
1.00	5	1.8530
3.00	5	2.2552
Sig.		.069

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.006(a)	6	.334	4.043	.037
Intercept	77.802	1	77.802	940.595	.000
ความหนา	1.526	2	.763	9.227	.008
ความสูง	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.480	4	.120	1.451	.303
Error	.662	8	.083		
Total	80.471	15			
Corrected Total	2.668	14			

ตารางผนวกที่ 44 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร

ความหนา	N	Subset	
		1	2
1.00	5	1.9534	
2.00	5	2.1677	
3.00	5		2.7113
Sig.		.273	1.000

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.334(a)	6	.056	1.048	.462
Intercept	74.444	1	74.444	1402.158	.000
ความหนา	.219	2	.110	2.064	.189
ความสูง	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.115	4	.029	.540	.711
Error	.425	8	.053		
Total	75.203	15			
Corrected Total	.759	14			

ตารางผนวกที่ 46 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นยางฟองน้ำที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร

ความหนา	N	Subset
		1
1.00	5	2.0604
2.00	5	2.2813
3.00	5	2.3416
Sig.		.101

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างวัสดุที่ใช้รองพื้นตะกร้า

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	13.925(a)	12	1.160	7.555	.000
Intercept	955.159	1	955.159	6218.513	.000
วัสดุ	13.791	8	1.724	11.223	.000
ซ้ำ	.135	4	.034	.219	.928
Error	32.563	212	.154		
Total	1001.648	225			
Corrected Total	46.488	224			

ตารางผนวกที่ 48 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างวัสดุที่ใช้รองพื้นตะกร้า

วัสดุ	N	Subset	
		1	2
1.00	25	1.7058	
6.00	25	1.8293	
3.00	25	1.8622	
9.00	25	1.9201	
7.00	25	1.9247	
4.00	25		2.2636
8.00	25		2.2674
5.00	25		2.3851
2.00	25		2.3852
Sig.		.079	.325

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกกับทุกวัสดุ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	16.180(a)	8	2.022	14.414	.000
Intercept	955.159	1	955.159	6807.173	.000
ซ้ำ	.135	4	.034	.240	.916
ความสูง	16.045	4	4.011	28.588	.000
Error	30.308	216	.140		
Total	1001.648	225			
Corrected Total	46.488	224			

ตารางผนวกที่ 50 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกกับทุกวัสดุ

ความสูง	N	Subset			
		1	2	3	4
1.00	45	1.6426			
2.00	45		1.9096		
3.00	45			2.0792	
4.00	45				2.2726
5.00	45				2.3979
Sig.		1.000	1.000	1.000	.114

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 51 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5.426(a)	8	.678	7.701	.000
Intercept	72.743	1	72.743	825.929	.000
วัสดุ	.000	0	.	.	.
ความสูง	5.261	4	1.315	14.934	.000
ซ้ำ	.165	4	.041	.468	.758
Error	1.409	16	.088		
Total	79.579	25			
Corrected Total	6.835	24			

ตารางผนวกที่ 52 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ไม่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้า

ความสูง	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	1.1925		
2.00	5	1.3796		
3.00	5	1.5966	1.5966	
4.00	5		1.8481	
5.00	5			2.5122
Sig.		.057	.199	1.000

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทกระดาษฝอย

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.824(a)	8	.228	7.061	.000
Intercept	142.231	1	142.231	4405.994	.000
วัสดุ	.000	0	.	.	.
ความสูง	1.481	4	.370	11.469	.000
ซ้ำ	.343	4	.086	2.653	.072
Error	.516	16	.032		
Total	144.571	25			
Corrected Total	2.340	24			

ตารางผนวกที่ 54 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทกระดาษฝอย

ความสูง	N	Subset	
		1	2
1.00	5	2.0779	
2.00	5	2.1326	
4.00	5		2.4928
3.00	5		2.5018
5.00	5		2.7210
Sig.		.637	.074

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 55 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.841(a)	8	.105	2.557	.052
Intercept	86.694	1	86.694	2109.026	.000
วัสดุ	.000	0	.	.	.
ความสูง	.745	4	.186	4.533	.012
ซ้ำ	.095	4	.024	.581	.681
Error	.658	16	.041		
Total	88.192	25			
Corrected Total	1.499	24			

ตารางผนวกที่ 56 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร

ความสูง	N	Subset	
		1	2
1.00	5	1.6392	
5.00	5	1.6969	
3.00	5	1.8744	1.8744
4.00	5		2.0261
2.00	5		2.0743
Sig.		.100	.158

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 57 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นฟองน้ำหนา 4 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.900(a)	8	.362	17.452	.000
Intercept	128.098	1	128.098	6167.839	.000
วัสดุ	.000	0	.	.	.
ความสูง	2.822	4	.705	33.969	.000
ซ้ำ	.078	4	.019	.935	.468
Error	.332	16	.021		
Total	131.330	25			
Corrected Total	3.232	24			

ตารางผนวกที่ 58 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นฟองน้ำหนา 4 เซนติเมตร

ความสูง	N	Subset			
		1	2	3	4
1.00	5	1.6674			
2.00	5		2.1527		
3.00	5			2.4006	
4.00	5			2.4609	2.4609
5.00	5				2.6364
Sig.		1.000	1.000	.518	.072

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 59 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นฟองน้ำหนา 6 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5.967(a)	8	.746	10.311	.000
Intercept	142.214	1	142.214	1966.112	.000
วัสดุ	.000	0	.	.	.
ความสูง	5.585	4	1.396	19.305	.000
ซ้ำ	.381	4	.095	1.318	.306
Error	1.157	16	.072		
Total	149.338	25			
Corrected Total	7.124	24			

ตารางผนวกที่ 60 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นฟองน้ำหนา 6 เซนติเมตร

ความสูง	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	1.6874		
2.00	5	2.0175		
3.00	5		2.4707	
4.00	5		2.8114	2.8114
5.00	5			2.9384
Sig.		.070	.062	.466

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 61 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.841(a)	8	.105	2.111	.097
Intercept	83.654	1	83.654	1679.746	.000
วัสดุ	.000	0	.	.	.
ความสูง	.711	4	.178	3.571	.029
ซ้ำ	.130	4	.032	.651	.634
Error	.797	16	.050		
Total	85.292	25			
Corrected Total	1.638	24			

ตารางผนวกที่ 62 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำหนา 0.5 เซนติเมตร

ความสูง	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	1.6173		
2.00	5	1.6622	1.6622	
3.00	5	1.8530	1.8530	1.8530
4.00	5		1.9534	1.9534
5.00	5			2.0604
Sig.		.132	.067	.182

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 63 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.947(a)	8	.243	3.755	.012
Intercept	92.610	1	92.610	1429.195	.000
วัสดุ	.000	0	.	.	.
ความสูง	1.792	4	.448	6.913	.002
ซ้ำ	.155	4	.039	.598	.670
Error	1.037	16	.065		
Total	95.594	25			
Corrected Total	2.984	24			

ตารางผนวกที่ 64 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.0 เซนติเมตร

ความสูง	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	1.5395		
2.00	5	1.7984		
3.00	5	1.8365	1.8365	
4.00	5		2.1677	2.1677
5.00	5			2.2813
Sig.		.098	.056	.490

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 65 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.117(a)	8	.265	4.962	.003
Intercept	128.533	1	128.533	2409.592	.000
วัสดุ	.000	0	.	.	.
ความสูง	1.950	4	.488	9.141	.000
ซ้ำ	.167	4	.042	.783	.553
Error	.853	16	.053		
Total	131.504	25			
Corrected Total	2.971	24			

ตารางผนวกที่ 66 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางฟองน้ำหนา 1.5 เซนติเมตร

ความสูง	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	1.8420		
2.00	5		2.1872	
3.00	5		2.2552	
5.00	5		2.3416	
4.00	5			2.7113
Sig.		1.000	.332	1.000

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 67 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.264(a)	8	.283	2.501	.056
Intercept	92.174	1	92.174	814.325	.000
วัสดุ	.000	0	.	.	.
ความสูง	2.030	4	.508	4.484	.013
ซ้ำ	.234	4	.058	.517	.725
Error	1.811	16	.113		
Total	96.249	25			
Corrected Total	4.075	24			

ตารางผนวกที่ 68 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระยะการปล่อยตกของตะกร้าพลาสติกประเภทที่ใช้วัสดุรองก้นตะกร้าประเภทแผ่นยางแอร์โรเฟลกซ์หนา 1.0 เซนติเมตร

ความสูง	N	Subset	
		1	2
1.00	5	1.5202	
2.00	5	1.7823	
3.00	5	1.9236	1.9236
4.00	5	1.9820	1.9820
5.00	5		2.3927
Sig.		.062	.052

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 69 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.401(a)	12	.200	3.908	.001
Intercept	121.415	1	121.415	2370.762	.000
วัสดุ	2.303	8	.288	5.622	.000
ความสูง	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.098	4	.025	.479	.751
Error	1.639	32	.051		
Total	125.455	45			
Corrected Total	4.040	44			

ตารางผนวกที่ 70 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 2 เซนติเมตร

วัสดุ	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	1.1925		
9.00	5		1.5202	
7.00	5		1.5395	
6.00	5		1.6173	
3.00	5		1.6392	
4.00	5		1.6674	
5.00	5		1.6874	
8.00	5		1.8420	1.8420
2.00	5			2.0779
Sig.		1.000	.058	.109

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 71 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.012(a)	12	.251	5.868	.000
Intercept	164.103	1	164.103	3836.165	.000
วัสดุ	2.977	8	.372	8.698	.000
ความสูง	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.035	4	.009	.207	.933
Error	1.369	32	.043		
Total	168.484	45			
Corrected Total	4.381	44			

ตารางผนวกที่ 72 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 4 เซนติเมตร

วัสดุ	N	Subset				
		1	2	3	4	5
1.00	5	1.3796				
6.00	5		1.6622			
9.00	5		1.7823	1.7823		
7.00	5		1.7984	1.7984	1.7984	
5.00	5			2.0175	2.0175	2.0175
3.00	5				2.0743	2.0743
2.00	5					2.1326
4.00	5					2.1527
8.00	5					2.1872
Sig.		1.000	.334	.098	.053	.257

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 73 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.438(a)	12	.370	7.425	.000
Intercept	194.532	1	194.532	3905.136	.000
วัสดุ	4.376	8	.547	10.981	.000
ความสูง	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.062	4	.016	.312	.868
Error	1.594	32	.050		
Total	200.565	45			
Corrected Total	6.033	44			

ตารางผนวกที่ 74 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 6 เซนติเมตร

วัสดุ	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	1.5966		
7.00	5	1.8365	1.8365	
6.00	5	1.8530	1.8530	
3.00	5	1.8744	1.8744	
9.00	5		1.9236	
8.00	5			2.2552
4.00	5			2.4006
5.00	5			2.4707
2.00	5			2.5018
Sig.		.080	.580	.119

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 75 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5.410(a)	12	.451	6.591	.000
Intercept	232.416	1	232.416	3398.067	.000
วัสดุ	5.025	8	.628	9.184	.000
ความสูง	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.385	4	.096	1.406	.254
Error	2.189	32	.068		
Total	240.014	45			
Corrected Total	7.598	44			

ตารางผนวกที่ 76 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 8 เซนติเมตร

วัสดุ	N	Subset		
		1	2	3
1.00	5	1.8481		
6.00	5	1.9534		
9.00	5	1.9820		
3.00	5	2.0261		
7.00	5	2.1677	2.1677	
4.00	5		2.4609	2.4609
2.00	5		2.4928	2.4928
8.00	5			2.7113
5.00	5			2.8114
Sig.		.092	.071	.060

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 77 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเร่งระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5.571(a)	12	.464	5.269	.000
Intercept	258.739	1	258.739	2936.544	.000
วัสดุ	5.442	8	.680	7.721	.000
ความสูง	.000	0	.	.	.
ซ้ำ	.128	4	.032	.365	.832
Error	2.820	32	.088		
Total	267.129	45			
Corrected Total	8.390	44			

ตารางผนวกที่ 78 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างวัสดุที่ใช้รองก้นตะกร้าพลาสติกที่ระยะปล่อยตกของตะกร้า 10 เซนติเมตร

วัสดุ	N	Subset				
		1	2	3	4	5
3.00	5	1.6969				
6.00	5	2.0604	2.0604			
7.00	5		2.2813	2.2813		
8.00	5		2.3416	2.3416	2.3416	
9.00	5		2.3927	2.3927	2.3927	
1.00	5			2.5122	2.5122	
4.00	5			2.6364	2.6364	2.6364
2.00	5				2.7210	2.7210
5.00	5					2.9384
Sig.		.062	.115	.099	.079	.138

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นายอธิคม จันทร์มล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 8 พฤษภาคม 2530
สถานที่เกิด	จังหวัดราชบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรกลวิธาน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นิสิตปริญญาโท
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ	โลจิสติกส์ (Logistic), บรรจุภัณฑ์ (Packaging)
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการทำวิจัยที่ได้รับ	ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์