

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

วิธีการทดสอบเพื่อประเมินความซ้ำของแอปเปิ้ลจากการกระแทกและเปรียบเทียบวัสดุกันซ้ำ

Test Method to Evaluate Bruising During Impacts to Apples and Compare Cushioning Materials

โดย

นายศุภกิตต์ สายสุนทร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)

พ.ศ. 2550

ศุภกิตต์ สายสุนทร 2550: วิธีการทดสอบเพื่อประเมินความซ้ำของแอปเปิ้ลจากการกระแทกและเปรียบเทียบกับวัสดุกันซ้ำ ปรินญาปรัชญาคุณวุฒิบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์บัณฑิต จริโมภาส, D.Sc. 112 หน้า

งานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาวัสดุกันกระแทกที่เหมาะสมห่อหุ้มผลแอปเปิ้ลสดทดแทนตาข่ายโฟม (Foam net) สำหรับการขนส่งและการจำหน่าย การศึกษาประกอบด้วย ก) การปรับปรุงเครื่องทดสอบการกระแทกแบบ Ballistic Pendulum กับผลแอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิ นำเข้าจากประเทศจีนทั้ง 2 ขนาด (เบอร์ 80 และ 100) ห่อด้วยวัสดุกันกระแทกที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม, ข) การทดสอบการกระแทกด้วยเครื่อง Ballistic Pendulum ได้แก่ เชือกกล้วย, ผักตบชวา, กระจาดลูกฟูกหน้าเดียว, กระจาดลูกฟูกสองผนัง แบบใหม่และใช้แล้ว และวัสดุที่เป็นที่นิยมใช้แต่ย่อยสลายยาก คือ ตาข่ายโฟม การทดสอบการกระแทกแบ่งออกเป็นสองช่วงคือ การทดสอบก่อนเกิดการซ้ำ (Below threshold) และการทดสอบหลังเกิดการซ้ำ (Beyond threshold), ค) การเลือกวัสดุกันกระแทกที่เหมาะสมในการปกป้องผลแอปเปิ้ลจากการกระแทก ผลการศึกษาปรากฏว่า เครื่องทดสอบการกระแทกประกอบด้วย 1.) ตุ้มน้ำหนัก ขนาด 3.8 กิโลกรัม, 2.) ฐานรองผลไม้, 3.) แผ่นวัดมุม, 4.) Laser Diode, 5.) เชือกยาว 0.45 เมตร และ 6.) โครงเหล็ก สามารถวัดได้ทั้งพลังงานกระแทก และพลังงานดูดกลืน สามารถปรับตั้งพลังงานได้ละเอียดถึง 0.05 จูล สำหรับการทดสอบหลังเกิดการซ้ำ ปริมาตรซ้ำ  $V_B$  ของผลแอปเปิ้ลแปรผันตรงกับพลังงานกระแทก  $E_i$  อย่างดีมาก ( $R^2 = 0.98$ ) สำหรับการทดสอบก่อนเกิดการซ้ำ โอกาสการเกิดการซ้ำ  $P$  แปรเป็นสัดส่วนกับพลังงานกระแทกได้ดีสำหรับแอปเปิ้ลเปล่า และแอปเปิ้ลที่ห่อหุ้มด้วยกระจาดลูกฟูก ( $R^2 = 0.96$ ) พลังงานที่จุดเริ่มเกิดรอยซ้ำ (Threshold Energy, โอกาสเกิดรอยซ้ำ = 1) สำหรับผลแอปเปิ้ลเปล่า, ผลแอปเปิ้ลห่อด้วยตาข่ายโฟม, กระจาดลูกฟูกหน้าเดียวหันลอนเข้าหาผลไม้, กระจาดลูกฟูกหน้าเดียวหันลอนออกจากผลไม้, กระจาดลูกฟูกสองผนังใหม่ และกระจาดลูกฟูกสองผนังใช้แล้ว เป็น 0.105, 0.475, 0.725, 0.75, 0.7, 0.7 จูล สำหรับแอปเปิ้ลทั้งสองขนาด วัสดุกันกระแทกที่เหมาะสมที่สุดคือ กระจาดลูกฟูกหน้าเดียวแบบหันลอนออกจากผลแอปเปิ้ล ที่มีพลังงานที่จุดเริ่มเกิดรอยซ้ำรอยซ้ำสูงสุด และพลังงานดูดกลืนสูงสุด = 0.11 จูล/ตารางเซนติเมตร จากการทดสอบการกดแบบเกือบสถิต (Quasi-static Compression) ความต้านทานการซ้ำที่กำหนดโดยความชันของกราฟ  $E_i-V_B$  เท่ากับ 1595.3 ลูกบาศก์มิลลิเมตร/จูล และ 1748.1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร/จูล สำหรับแอปเปิ้ลขนาด 100 และ 80 ตามลำดับ เชือกกล้วย และผักตบชวา ที่ถูกนำมาสานเป็นตาข่าย ไม่สามารถปกป้องผลแอปเปิ้ลได้ เพราะบริเวณจุดตัดของวัสดุที่นำมาถักสร้างปมทำให้เกิดการกระแทกแบบ Plunger และเกิดการซ้ำได้ง่าย และหลายรอยซ้ำจากการกระแทกเพียงครั้งเดียว

Supakit Sayasoonthorn 2007: Test Method to Evaluate Bruising During Impacts to Apples and Compare Cushioning Materials. Doctor of Philosophy (Postharvest Technology), Major Field: Postharvest Technology, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Bundit Jarimopas, D.Sc. 112 pages.

This research was to develop the appropriate cushioning materials wrapping fresh apple instead of Foam Net for distribution and selling. The study including a) development of ballistic pendulum impact testing device with 2 sizes of imported Fuji apple from China (count no. 80 and 100) wrapped with environmentally non-destructive cushioning material, b) impact test with ballistic pendulum impact testing device such as Banana string, Water Hyacinth, Single Face Corrugated Paper, New and Used Double Wall corrugated paper and the popular cushioning material but not easily degradable that was Foam Net. Impact test were divided into two section i.e. impact testing below and beyond threshold, c) selection of potential cushioning material to protect apple from impacting results showed that impact testing device including 1) 3.8 rectangular steel mass, 2) base, 3) incidence angle distance plate 4) laser diode 5) 0.45 m. long rope and 6) frame can be measure both Impact and Absorbed energy, can be adjust energy to 0.05 Joule, for beyond threshold impact testing bruise volume ( $V_B$ ) of bare apple very well varies proportionally as impact energy ( $E_i$ ) ( $R^2 = 0.98$ ), for below threshold impact testing probability of bruise varies proportionally as energy of bare apple and apple wrapped by corrugated paper ( $R^2 = 0.94$ ). The Energy at bruising beginning (Threshold Energy, Probability = 1) of bare apple, foam net, single face corrugated paper with liner inside, single face corrugated paper with liner outside, new double wall corrugated paper and used double wall corrugated paper giving 0.105, 0.475, 0.725, 0.75, 0.7, 0.7 joule for both sizes of apple. The best cushioning material was achieved with the single face corrugated board with flutes on the outside that give highest threshold energy and highest absorbed energy at 0.11 joule as a results of quasi - static compression. The bruise resistance, identified by slope of the  $E_i$ - $V_B$  graph, was 1595.3  $\text{mm}^3/\text{joule}$  and 1877.5  $\text{mm}^3/\text{joule}$  for apple size 100 and 80 respectively. Banana string and Water Hyacinth that weaving as a net can not be protect an apple because of the weaving characteristic made a knot bring about the plunger impacting and easily to bruise and several bruise from one time impacting.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. บัณฑิต จริโมภาส ที่คอยให้คำปรึกษาชี้แนะตลอดระยะเวลาทำวิจัยอย่างไม่รู้จักเบื่อและเหน็ดเหนื่อย ผู้เขียนขอขอบพระคุณ อ.ดร.ศิวลักษณ์ ปรฐวิรัตน์ และ ผศ.ดร.อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล กรรมการทั้งสองท่านที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และมีค่ายิ่งกับผู้เขียน

ขอขอบพระคุณ Professor Dr. Pictiaw Chen, Professor Emeritus, Department of Biological and Agricultural Engineering, University of California at Davis ที่ได้กรุณาชี้แนะแนวทาง และเปิดโลกทัศน์ผู้เขียนให้กว้างขึ้น และ ขอขอบพระคุณ Professor Dr. Sher Paul Singh, School of Packaging, Michigan State University ที่หยิบยื่น โอกาสในการตีพิมพ์ และนำเสนอผลงานวิจัยในระดับนานาชาติให้กับผู้เขียน

ขอขอบคุณ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว (ADB) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ที่ให้การสนับสนุนด้านการเงิน ขอขอบคุณ ศูนย์เครื่องจักรกลเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ชาวราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ที่คอยถามไถ่ถึงความสำเร็จ และเป็นกำลังใจอย่างดีเสมอมา และขอขอบคุณเพื่อนๆ ชาวราชชมงคลธัญบุรี ที่ไม่เคยลืมกัน และคอยช่วยลุ้นในทุกๆ จังหวะ ขอขอบคุณน้องๆ ชาววิศวกรรมเกษตร ที่คอยช่วยเหลือที่ตลอดมา

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณอภิรมน ชาตรีนันท์ ภรรยาผู้เขียน และครอบครัวชาตรีนันท์ ที่เข้าใจ และให้โอกาสผู้เขียนเสมอมา และสุดท้าย ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ และคุณแม่ ที่สนับสนุน และส่งเสริมให้ลูกมีวันนี้

ศุภกิตต์ สายสุนทร  
กุมภาพันธ์ 2550