

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
วงจรบรรจุภัณฑ์กับสิ่งแวดล้อม	4
วัสดุบรรจุภัณฑ์ทดแทนพลาสติก	5
การนำฝักตบชวาไปใช้ประโยชน์	6
การนำเศษเหลือของกล้วยไปใช้ประโยชน์	7
การนำกระดาษลูกฟูกไปใช้ประโยชน์	7
การกระแทกและความชื้น	9
ความเค้นสัมผัส	18
อุปกรณ์และวิธีการ	21
อุปกรณ์	21
วิธีการ	24
ผลและวิจารณ์	39
การปรับปรุงเครื่องทดสอบการกระแทก	39
ความสามารถของวัสดุกันกระแทกในการปกป้องผลแอปเปิ้ล	42
ผลการทดสอบความสามารถในการดูดกลืนพลังงานของวัสดุกันกระแทกชนิดต่างๆ	52
ผลการเลือกวัสดุที่เหมาะสมทดแทนดาข่ายโฟม	53
สรุปและข้อเสนอแนะ	54
สรุป	54
ข้อเสนอแนะ	55

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	56
ภาคผนวก	60
ภาคผนวก ก ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ และนำเสนอในระดับนานาชาติ	61
ภาคผนวก ข ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลอง	109
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	112

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระยะเวลาที่ขยับแต่ละชนิดย่อยสลายตามธรรมชาติ	2
2	การเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องทดสอบการกระแทกแบบ Ballistic Pendulum ก่อนและหลังการปรับปรุง	39
3	สมการรีเกรสชันเส้นตรงระหว่างปริมาตรซ้ำกับพลังงานกระแทกของแอปเปิ้ลเมื่อห่อหุ้มด้วยวัสดุกันกระแทกชนิดต่างๆ	45
4	ปริมาตรซ้ำ และพลังงานกระแทกที่ระดับเริ่มเกิดรอยซ้ำ (Threshold Energy) ที่ความน่าจะเป็นของการซ้ำ = 1 ของวัสดุกันกระแทกชนิดต่างๆ	51
5	พลังงานดูดกลืนของวัสดุกันกระแทกชนิดต่างๆ	52
ตารางผนวกที่		
1	ตารางบันทึกผลลักษณะทางกายภาพของผลแอปเปิ้ล	110
2	ตารางบันทึกผลการทดสอบการกระแทก Beyond Threshold และ Below Threshold	111

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปริมาณขยะมูลฝอยของประเทศไทยระหว่างปี 2536-2546	1
2	วงจรวัดคูลบรจุกันท์ที่มีผลต่อสิ่งแวดลอม	4
3	บรจุกันท์ธรรมชาติ	4
4	แผ่นกระดาษลูกฟูก	9
5	การทดสอบการกระแทกแบบต่างๆ	10
6	อุปกรณ์ทดสอบประกอบด้วย target plate, load sensor, support mass, charge amplifier and time interval counter	11
7	อุปกรณ์หาค่าความแน่นเนื้อ	12
8	การชำเลียโดยการกระแทกกันเองของแอปเปิ้ลสองผล	13
9	การทดสอบโดยใช้ Compound Pendulum	14
10	การทดสอบ โดยใช้ Impact ram	15
11	ลักษณะรอยชำของผลแอปเปิ้ล ณ จุดเริ่มเกิดรอยชำ	16
12	การเปรียบเทียบวิธีการวัดปริมาตรชำ	17
13	การกระจายความเค้นของวัสดุทรงกลมยืดหยุ่น ลึกลงไปได้พื้นผิวสัมผัส	19
14	เครื่องทดสอบการกระแทก (Ballistic Pendulum) ประกอบด้วย 1.) ตุ่มน้ำหนัก ขนาด 3.8 กิโลกรัม, 2.) ที่วางผลไม้, 3.) แผ่นวัดมุม, 4.) เชือกยาว 0.45 ม. และ 5.) โครงเหล็ก	22
15	เครื่องวัดรัศมีความโค้ง (Radius of Curvature)	23
16	ขยายระยะสเกลจาก 20 เซนติเมตร เป็น 45 เซนติเมตร	25
17	แผ่นวัดมุมให้อยู่ในแนวนอน	26
18	สายตาเล็งผ่านเชือกอ่านมุมบนสเกลในแนวตั้ง	26
19	อ่านโดยใช้ Laser Diode บนสเกลในแนวระดับ	27
20	ก่อนปรับปรุงการเสถียรภาพ	27
21	หลังปรับปรุงการเสถียรภาพ	28
22	แอปเปิ้ลหุ้มด้วยตาข่ายโฟม	29
23	แอปเปิ้ลหุ้มด้วยผักตบชวา	29

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
24	แอปเปิ้ลห่อด้วยแผ่นกระดาษลูกฟูกหน้าเดียว	30
25	การเตรียมแผ่นกระดาษลูกฟูกสองผนังสำหรับห่อผลแอปเปิ้ล	31
26	แอปเปิ้ลหุ้มด้วยแผ่นกระดาษลูกฟูกสองผนัง	31
27	รอยชำจาก Threshold Energy	32
28	รอยชำผลแอปเปิ้ลเมื่อได้รับพลังงานสูงกว่า Threshold Energy	33
29	การทดสอบหาพลังงานคูกกลิ้ง	35
30	การหาพื้นที่ใต้กราฟด้วยโปรแกรม GA 3.0	35
31	ตัวแปรพื้นฐานในการคำนวณค่าของเครื่องทดสอบการกระแทก	36
32	ปริมาตรเนื้อชำ	37
33	กราฟ $E_i - V_B$ ก่อนปรับปรุง	40
34	กราฟ $E_i - V_B$ หลังปรับปรุง	41
35	กราฟ $E_a - V_B$ ก่อนปรับปรุง	41
36	กราฟ $E_a - V_B$ หลังปรับปรุง	42
37	ลักษณะรอยชำตามทฤษฎีความเค้นสัมผัส	43
38	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรเนื้อชำ และพลังงานกระแทก ของแอปเปิ้ลเมื่อหุ้มด้วยวัสดุกันกระแทกชนิดต่างๆ	43
39	รอยชำของแอปเปิ้ลเมื่อห่อหุ้มด้วยวัสดุเกษตร	46
40	รอยชำของแอปเปิ้ลเมื่อห่อหุ้มด้วยแผ่นกระดาษลูกฟูกสองผนัง ทั้งแผ่นกระดาษลูกฟูกใช้แล้ว และยังไม่ได้อใช้	47
41	รอยชำของแอปเปิ้ลเมื่อห่อหุ้มด้วยกระดาษลูกฟูกหน้าเดียว (หันลอนเข้าด้านใน) และลูกศรแสดงรอยชำที่เกิดขึ้น	48
42	รอยชำของแอปเปิ้ลที่ห่อหุ้มด้วยกระดาษลูกฟูกหน้าเดียว เปรียบเทียบระหว่างหันลอนเข้าข้างใน และหันลอนออกด้านนอก	48
43	ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระหว่างความน่าจะเป็นของการเกิดการชำ กับพลังงานกระแทก ที่ความน่าจะเป็น (Probability) =1 ของวัสดุกันกระแทกชนิดต่างๆ	50

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

m	มวลลูกตุ้ม	(กิโลกรัม)
R	ความยาวเชือก	(เมตร)
h_1	ความสูงของตุ้มน้ำหนักก่อนปล่อย	(เมตร)
h_2	ความสูงของตุ้มน้ำหนักเมื่อสะท้อนกลับสูงสุด	(เมตร)
θ_i	มุมที่เส้นเชือกทำกับแนวดิ่งก่อนปล่อย	(มุมตกกระทบ, องศา)
θ_R	มุมที่เส้นเชือกทำกับแนวดิ่งเมื่อสะท้อนกลับสูงสุด	(มุมสะท้อน, องศา)
W	ความกว้างรอยชำ	(มิลลิเมตร)
D	ความลึกรอยชำ	(มิลลิเมตร)
V_B	ปริมาตรชำ	(ลูกบาศก์มิลลิเมตร)
E_i	พลังงานกระแทก	(จูล)
E_a	พลังงานดูดกลืน	(จูล)
E_c	พลังงานดูดกลืนจากการทดสอบกด	(จูล/ตารางเซนติเมตร)
P	ความน่าจะเป็นของการเกิดการชำ	
BF	แอปเปิ้ลผลเป่าไม้หุ้มวัสดุกันกระแทก	
FN	แอปเปิ้ลผลห่อด้วยตาข่ายโฟม	
W1	แอปเปิ้ลผลห่อด้วยฝักตบชวา สานแบบไขว้	
W2	แอปเปิ้ลผลห่อด้วยฝักตบชวา สานแบบชะลอม	
B1	แอปเปิ้ลผลห่อด้วยเชือกกล้วย สานแบบไขว้	
B2	แอปเปิ้ลผลห่อด้วยเชือกกล้วย สานแบบชะลอม	
SFI	แอปเปิ้ลผลห่อด้วยแผ่นกระดาษลูกฟูกหน้าเดียว แบบหันลอนลูกฟูกเข้าหาแอปเปิ้ล	
SFO	แอปเปิ้ลผลห่อด้วยแผ่นกระดาษลูกฟูกหน้าเดียว แบบหันลอนลูกฟูกออกจากแอปเปิ้ล	
NDW	แอปเปิ้ลผลห่อด้วยแผ่นกระดาษลูกฟูกสองผนังยังไม่ผ่านการใช้งาน	
UDW	แอปเปิ้ลผลห่อด้วยแผ่นกระดาษลูกฟูกสองผนังผ่านการใช้งานแล้ว	