TPT-06

การทดสอบความสามารถในการปกป้องผลแอปเปิ้ลด้วยกระดาษจากฟางข้าวด้วยวิธีการทดสอบแบบ ballistic pendulum

*ธนากร แนวกลาง[1], เทวรัตน์ ตรีอำนรรค[1], วีรชัย อาจหาญ[1] และ กระวี ตรีอำนรรค[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, จังหวัดนครราชสีมา 30000

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, จังหวัดนครราชสีมา 30000

ผู้เขียนติดต่อ: ธนากร แนวกลาง E-mail: Brown_ff@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถของวัสดุกันกระแทกจากกระดาษฟางข้าวสำหรับปกป้องผลแอปเปิ้ลจากการกระแทกโดยวิธีการทดสอบแบบ Ballistic Pendulum ทดสอบกับผลแอปเปิ้ล 8 แบบ คือ แบบไม่มีวัสดุห่อหุ้ม, แบบห่อหุ้มด้วยตาข่ายโฟม และ แบบห่อหุ้มด้วยวัสดุกันกระแทกทำจากฟางข้าวหนา 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร ขนาดเท่ากับ 8x24 เซนติเมตร (แบบตัดริ้วและแบบไม่ตัด) นำไปห่อผลแอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิ (เบอร์ 80 เบอร์ 100) ทดสอบที่ 5 ระดับมุมตกกระทบคือ 15, 20, 25, 30 และ 35 องศา ประเมินผลหาความสัมพันธ์ของปริมาตรรอยช้ำกับพลังงานกระแทกเพื่อหาวัสดุกันกระแทกที่เหมาะสม ผลปรากฏว่า วัสดุกันกระแทกจากฟางข้าวที่มีความหนา 4 มิลลิเมตร แบบตัด สามารถป้องกันความช้ำที่จะเกิดขึ้นกับผลแอปเปิ้ลได้ดีที่สุด โดยมีความต้านทานการช้ำสูงที่สุดเท่ากับ 557.73 และ 310.01 ลูกบาศก์มิลลิเมตร/จูล สำหรับแอปเปิ้ลเบอร์ 80 และ 100 ตามลำดับ

คำสำคัญ: วัสดุกันกระแทกจากฟางข้าว; รอยช้ำ; พลังงานกระแทก

1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย จากข้อมูลการส่งออกปี พ.ศ. 2557 พบว่าไทยส่งออกข้าว 9,492,181.007 ตัน มีมูลค่าการส่งออกมากถึง 152.315 ล้านบาท[1] พื้นที่การปลูกข้าวของไทยมีพื้นที่ทั้งหมด 79 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ปลูกข้าวนาปี 64 ล้านไร่ ทำให้มีวัสดุเหลือที่เรียกว่าฟางตอซังเหลือในไร่นาเฉลี่ยไร่ละ 300 กิโลกรัม[2] เกษตรกรนิยมเผาทำลายฟางข้าว เพื่อประโยชน์ในการเตรียมดินทำนาในปีต่อไปเป็นสำคัญก่อให้เกิดมลพิษและเป็นการทำลายความสมบูรณ์ของหน้าดิน ได้มีการรณรงค์การไม่เผาฟางข้าวจากหน่วยงานของรัฐขึ้นเนื่องจากฟางข้าวมีประโยชน์ในการเพิ่มความสมบูรณ์ให้แก่ดินได้เมื่อย่อยสลาย และสามารถนำมาอัดแท่งเป็นเชิงเพลิงชีวมวล[3] ประโยชน์ที่สำคัญประการหนึ่งของฟางข้าวคือการมีคุณสมบัติเป็นพืชเส้นใย (Fiber) ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ เช่น การทำกระดาษหัตถกรรม หรือกระดาษฟาง[4] เป็นต้น

ผลิตผลการเกษตรประเภทผัก ผลไม้และผลิตภัณฑ์จากปศุสัตว์หลายชนิดมีความไวต่อความเสียหายเชิงกล ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนถึงมือผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนการขนส่ง และการวางจำหน่ายหากผลิตผลเกษตรถึงมือผู้บริโภคในลักษณะที่มีความเสียหาย เช่น มีรอยช้ำ รอยแตก บิดเบี้ยว เสียรูปทรง อันเนื่องมาจากการกระแทกและการสั่นสะเทือน [7] ก็อาจทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจไม่เลือกซื้อสินค้านั้นๆ อีกทั้งความเสียหายเหล่านี้เป็นแหล่งเพาะสะสมแบคทีเรียและเชื้อราเป็นอย่างดี หากไม่มีการจัดการที่ถูกต้องแล้ว ผลิตผลเกษตรที่อยู่ข้างเคียงอาจเสียหายตามมา ก่อให้เกิดการสูญเสียผลผลิต รายได้ และความน่าเชื่อถือของผู้ผลิต ผู้ขนส่ง และผู้จัดจำหน่าย แนวทางหนึ่งที่จะป้องกันความเสียหายเชิงกลต่อผลิตผลเหล่านี้คือ การปกป้องผลผลิตด้วยบรรจุภัณฑ์หรือวัสดุกันกระแทกที่สามารถปกป้องผลิตผลได้ อย่างเช่น ไข่ไก่บรรจุอยู่ในลังพลาสติกหรือลังกระดาษ ส่วนผลไม้จำพวกมะม่วง แอปเปิ้ล และมะละกอถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุกันกระแทกตาข่ายโฟม หรือแผ่นพลาสติกกันกระแทก ซึ่งทั้งตาข่ายโฟมและพลาสติกเป็นวัสดุที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

มีการศึกษาการปกป้องผลแอปเปิ้ลด้วยวัสดุกันกระแทกจากฟางข้าวด้วยวิธีการทดสอบแบบตกกระแทก พบว่าวัสดุกันกระแทกจากฟางข้าวที่มีความหนา 6 mm สามารถป้องกันความช้ำที่จะเกิดขึ้นกับผลแอปเปิ้ลได้ดีที่สุด[5] แต่

TSAE

เนื่องจากการทดสอบด้วยวิธีตกกระแทกค่าพลังงานที่ได้จะขึ้นอยู่กับมวลของผลแอปเปิ้ลซึ่งไม่คงที่ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถในการปกป้องผลแอปเปิ้ลของวัสดุกันกระแทกโดยใช้เทคนิคการทดสอบแบบ ballistic pendulum

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 กระบวนการผลิตวัสดุกันกระแทกจากฟางข้าว

การเตรียมวัตถุดิบโดยสับฟางข้าวด้วยเครื่องสับย่อยขนาดตะแกรง 3 มิลลิเมตร ทำการชั่งฟางข้าวที่สับย่อย โดยชั่งให้ได้ 200 กรัม 250 กรัม และ 300 กรัม เทลงในหม้อต้มเยื่อที่เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) เข้มข้น 4% โดยปริมาตร[4] ให้ความร้อนจนน้ำเดือด ใช้เวลาในการต้มเยื่อ 1 ชั่วโมง เยื่อฟางข้าวจากการต้มจะยังมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปนอยู่ นำมาใส่ผ้าขาวบางล้างด้วยน้ำสะอาดโดยวิธีน้ำไหล สังเกตจากเมื่อจับเยื่อจะไม่ลื่นมือและน้ำล้างเยื่อจะใส นำเยื่อที่เตรียมไว้ทั้ง 3 หม้อ เทเยื่อที่ได้ลงไปในตะแกรงมุ้งลวดที่ใช้ทำแผ่นกระดาษ โดยใช้ตะแกรงมุ้งลวดขนาด 40x60 cm ใช้เกรียงเกลี่ยเยื่อภายในตะแกรงมุ้งลวดให้มีความสม่ำเสมอทั้งแผ่น นำไปตากแดดให้แห้ง เมื่อกระดาษแห้งสนิทดีแล้ว ให้ใช้นิ้วมือกรีดรอบๆตะแกรงหรือบริเวณขอบตะแกรงจะทำให้กระดาษหลุดออกจากตะแกรงได้ง่ายขึ้น นั้นจึงค่อยๆดึงออก จะได้กระดาษจากเยื่อฟางข้าวที่มีความหนาประมาณ 2, 3 และ 4 mm ตามลำดับ วัดความชื้นกระดาษให้ได้ความชื้นต่ำกว่า 10 % นำกระดาษจากฟางข้าวทั้ง 3 ความหนามาตัดให้ได้ขนาด 8X24 cm[6]

2.2 การทดสอบโดยโดยวิธีการทดสอบแบบ Ballistic Pendulum

เตรียมผลแอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิ (เบอร์ 100) และ(เบอร์ 80) จำนวน 1,200 ผล ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งความละเอียด ±0.01 กรัม นำมาวัดค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุด(D_{max}), วัดค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำสุด (D_{min}) และวัดค่าความสูง

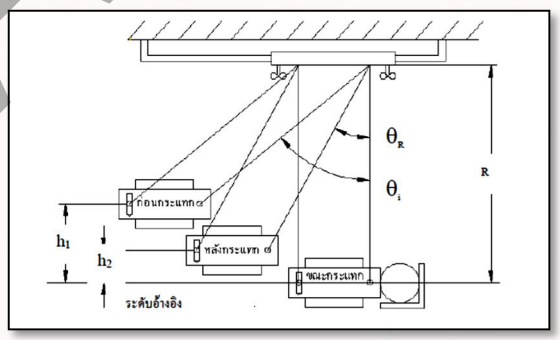
ทำการทดสอบด้วยวิธีการทดสอบแบบ Ballistic Pendulum โดยแบ่งเป็น 8 แบบ คือ แบบไม่มีวัสดุห่อหุ้ม, แบบห่อหุ้มด้วยตาข่ายโฟม และ แบบห่อหุ้มด้วยวัสดุกันกระแทกทำจากฟางข้าวหนา 2, 3 และ 4 mm ตัดขนาดเท่ากับ 8x24 cm แบ่งออกเป็น 2 ชุดคือ แบบตัดริ้วและแบบ ไม่ตัดดังแสดงในรูปที่ 1 ทดสอบที่ 5 ระดับมุมตกกระทบคือ 15, 20, 25, 30 และ 35 องศา(ทดสอบมุมละ 15 ซ้ำ) หลังจากทำการทดสอบแล้วทิ้งไว้ 1 วัน เพื่อให้เกิดรอยช้ำที่ชัดเจนขึ้น

รูปที่ 1 กระดาษจากฟางข้าวแบบตัดริ้วและแบบไม่ตัด

นำผลแอปเปิ้ลมาผ่าเพื่อดูรอยช้ำพร้อมทั้งวัดค่าความลึกเต็มของรอยช้ำ(D), ความกว้างของรอยช้ำ(W) เพื่อคำนวณหาปริมาตรรอยช้ำ[8] และพลังงานกระแทก ดังสมการ

$$V = (\pi/8)W^2D \quad ...(1)$$

$$U = mgR(1-\cos\theta_i) \quad ...(2)$$



รูปที่ 2 Ballistic Pendulum

เมื่อ

U = พลังงานกระแทก มีหน่วยเป็น J

m = มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็น kg

g = ค่านิจโน้มถ่วง มีหน่วยเป็น m/s2

R = ความยาวเชือก มีหน่วยเป็น m

θ_i = มุมของเส้นเชือกทำกับแนวดิ่งก่อนปล่อยมีหน่วยเป็นองศา(มุมตกกระทบ,รูปที่ 2)

คำนวณหาค่าความต้านทานการช้ำทั้งหมด โดยคำนวณจากค่าความชันกราฟพลังงานกระแทก(แกนนอน)และปริมาตรรอยช้ำทั้งหมด (แกนตั้ง) วัสดุที่มีค่าความชันของกราฟน้อย หมายถึงมีค่าความต้านทานการช้ำมาก เพราะว่าเกิดจากปริมาตรช้ำน้อย จากพลังพลังกระแทกหน่วยเดียวกัน

TSAE

3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานการกระแทกและปริมาตรรอยช้ำเฉลี่ยของแอปเปิ้ลเบอร์ 80 โดยใช้ค่าเฉลี่ยของแต่ละการทดลองมา plot จะเห็นว่า เมื่อพลังงานกระแทกเพิ่มขึ้นปริมาตรรอยช้ำก็สูงขึ้นด้วย และกราฟนี้ยังแสดงการเปรียบเทียบของแต่ละการทดลอง ซึ่งการทดลองแบบไม่มีวัสดุห่อหุ้ม แบบห่อหุ้มด้วยตาข่ายโฟม และ แบบห่อหุ้มด้วยวัสดุกันกระแทกทำจากฟางข้าวหนา 2, 4 mm (แบบตัดริ้วและแบบไม่ตัด) เป็นไปตามแนวโน้ม คือ เมื่อพลังงานกระแทกสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาตรรอยช้ำสูงขึ้นด้วย แต่แบบห่อหุ้มด้วยวัสดุกันกระแทกทำจาก ฟางข้าวหนา 3 mm (แบบตัดริ้วและแบบไม่ตัด) นั้น มีค่าที่แตกต่างจากแนวโน้มอย่างเห็นได้ชัดที่พลังงานกระแทกที่ 3.1 จูล ค่าที่ควรจะเป็นปริมาตรรอยช้ำไม่น่าจะมากกว่าแบบที่หุ้มด้วยวัสดุกันกระแทกจากฟางข้าวหนา 2 mmแบบไม่ตัด วัสดุกันกระแทกจากฟางข้าวที่มีความหนา 4 mm. แบบตัดริ้ว สามารถป้องกันความช้ำที่จะเกิดขึ้นกับผลแอปเปิ้ลได้ดีที่สุด โดยมีความต้านทานการช้ำสูงที่สุดเท่ากับ 557.73 ลูกบาศก์มิลลิเมตร/จูล

รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานการกระแทกและปริมาตรรอยช้ำเฉลี่ยของแอปเปิ้ลเบอร์ 100 โดยเราใช้ค่าเฉลี่ยของแต่ละการทดลองมา plot จะเห็นว่ากราฟเป็นไปตามแนวโน้ม เมื่อพลังงานกระแทกเพิ่มขึ้นปริมาตรรอยช้ำก็สูงขึ้นด้วย และกราฟนี้ยังแสดงการเปรียบเทียบของแต่ละการทดลอง ซึ่งการทดลองแบบไม่มีวัสดุห่อหุ้ม แบบห่อหุ้มด้วยตาข่ายโฟม และ แบบห่อหุ้มด้วยวัสดุกันกระแทกทำจากฟางข้าวหนา 4 mm(แบบตัดริ้ว และ แบบไม่ตัด) เป็นไปตามแนวโน้ม คือ เมื่อพลังงานกระแทกสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาตรรอยช้ำสูงขึ้นด้วย วัสดุกันกระแทกจากฟางข้าวที่มีความหนา 4 mm. แบบตัดริ้ว สามารถป้องกันความช้ำที่จะเกิดขึ้นกับผลแอปเปิ้ลได้ดีที่สุด โดยมีความต้านทานการช้ำสูงที่สุดเท่ากับ 310.01 ลูกบาศก์มิลลิเมตร/จูล

ตารางที่ 1 แสดงค่าความต้านทานการช้ำกำหนดโดยความชันเฉลี่ยของกราฟพลังงานกระแทกและปริมาตรรอยช้ำทั้งหมด พบว่า การที่ไม่มีวัสดุห่อหุ้มจะทำให้ผลแอปเปิ้ลเกิดปริมาตรรอยช้ำเฉลี่ยมากที่สุด วัสดุกันกระแทกจากฟางข้าวที่มีความหนา 4 mm. แบบตัดริ้ว สามารถป้องกันความช้ำที่จะเกิดขึ้นกับผลแอปเปิ้ลได้ดีที่สุดทั้ง 2 ขนาดคือ เบอร์ 100 และเบอร์ 80

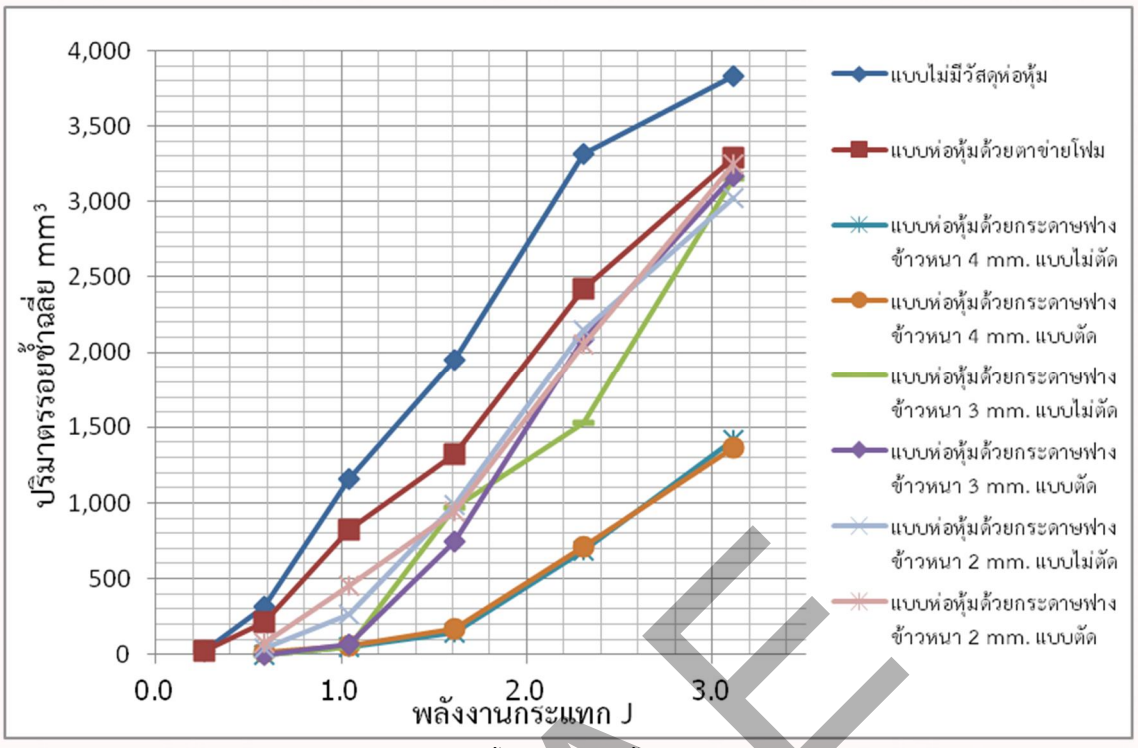
4. สรุป

การทดลองเพื่อดูปริมาตรรอยช้ำและพลังงานกระแทก พบว่าปริมาตรรอยช้ำผันแปรตามระดับพลังงานกระแทกโดยเมื่อพลังงานสูงขึ้นปริมาตรรอยช้ำก็เพิ่มมากขึ้น วัสดุกันกระแทกจากฟางข้าวที่มีความหนา 4 mm. แบบตัดริ้ว สามารถป้องกันความช้ำที่จะเกิดขึ้นกับผลแอปเปิ้ลได้ดีที่สุด โดยมีความต้านทานการช้ำสูงที่สุดเท่ากับ 557.73 ละ 310.01 ลูกบาศก์มิลลิเมตร/จูล สำหรับแอปเปิ้ลเบอร์ 80 และ 100 ตามลำดับ

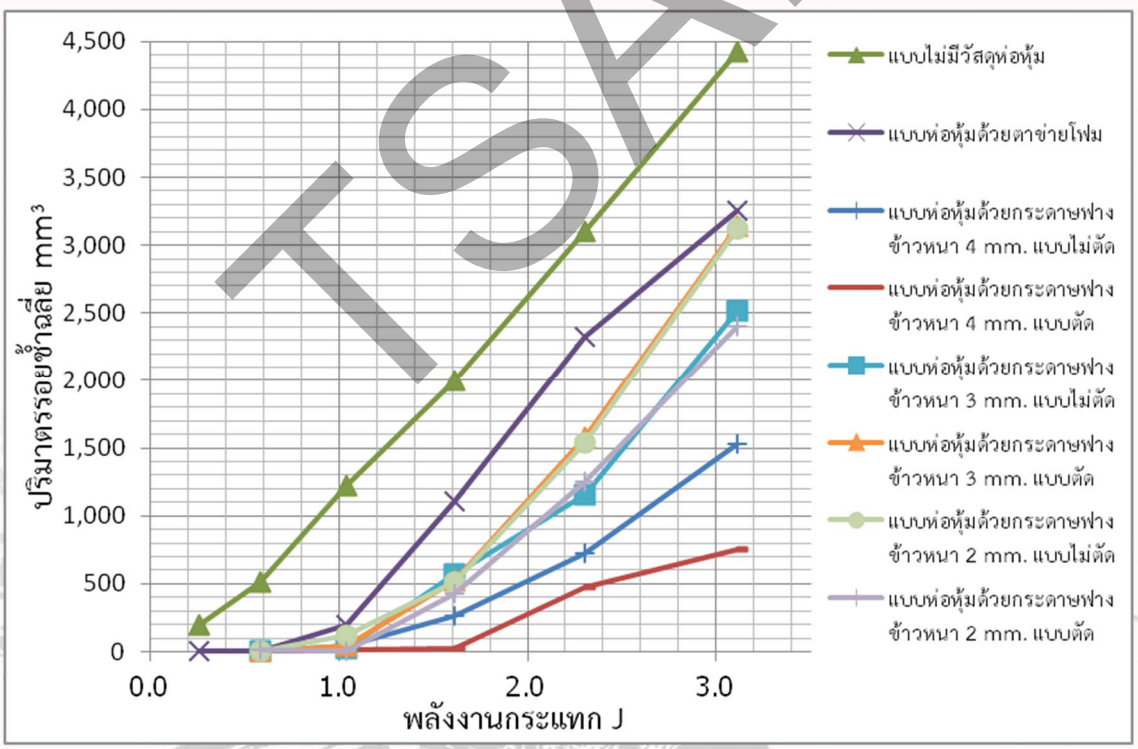
ตารางที่ 1 ค่าความต้านทานการช้ำกำหนดโดยความชันเฉลี่ยของกราฟกราฟพลังงานกระแทกและปริมาตรรอยช้ำ(หน่วย: ลูกบาศก์มิลลิเมตร/จูล)

ลักษณะการห่อหุ้ม	ขนาดแอปเปิ้ล	
	เบอร์ 100	เบอร์ 80
1. แบบไม่มีวัสดุห่อหุ้ม	1,532.12 ±355.02	1,411.99 ±206.03
2. แบบห่อหุ้มด้วยตาข่ายโฟม	1,241.25 ±236.11	1,091.07 ±260.44
3. แบบห่อหุ้มด้วยกระดาษฟางข้าวหนา 2 mm แบบตัด	979.43 ±268.31	1,206.26 ±293.55
4. แบบห่อหุ้มด้วยกระดาษฟางข้าวหนา 2 mm แบบไม่ตัด	1,208.71 ±213.67	1,218.28 ±317.51
5. แบบห่อหุ้มด้วยกระดาษฟางข้าวหนา 3 mm แบบตัด	1,273.67 ±222.09	1,345.39 ±101.92
6. แบบห่อหุ้มด้วยกระดาษฟางข้าวหนา 3 mmแบบไม่ตัด	1,002.76 ±178.53	1,255.99 ±138.60
7. แบบห่อหุ้มด้วยกระดาษฟางข้าวหนา 4 mmแบบตัด	310.01 ±54.49	557.73 ±179.60
8. แบบห่อหุ้มด้วยกระดาษฟางข้าวหนา 4 mmแบบไม่ตัด	588.46 ±156.86	568.60 ±135.43

TSAE



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกระแทกและปริมาตรรอยช้ำเฉลี่ยของแอปเปิ้ลเบอร์ 80



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกระแทกและปริมาตรรอยช้ำเฉลี่ยของแอปเปิ้ลเบอร์ 100

TSAE

5. กิตติกรรมประกาศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่อุดหนุนทุนในการทำวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, (2557) สถิติการส่งออก (Export) [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php เข้าดูเมื่อวันที่ 20/01/2558

[2] กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, (2548) คู่มืองดเผาตอซัง สร้างดินยั่งยืน ฟื้นสิ่งแวดล้อม,หน้า 4

[3] ณัฐพงษ์ ประภาการ, สุภัทร หนูแย้ม, ธนธัช มุขขันธ์ , พรรษา ลิบลับ, สาวิตรี คำหอม และ วีรชัย อาจหาญ (2555). คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ฟางข้าว เศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพด และเหง้ามันสำปะหลัง. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26, วันที่ 24-27 ตุลาคม 2555 จังหวัดเชียงราย.

[4] ธนพรรณ บุณรัตกลิน, ทรงสิริ วิชิรำนนท์ และ อุดม พลเยี่ยม. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตโชติเวช, หน้า 81 – 82

[5] ธนากร แนวกลาง, เทวรัตน์ ตรีอำนรรค, วีรชัย อาจหาญ และ กระวี ตรีอำนรรค(2556). การปกป้องผลแอปเปิ้ลด้วยวัสดุกันกระแทกจากฟางข้าว. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14, วันที่ 1-4 เมษายน 2556 จังหวัดประจวบศีรีขันธ์.

[6] ศุภกิตต์ สายสุนทร และบัณฑิต จริโมภาส. (2549). การพัฒนาวัสดุกันกระแทกที่เหมาะสมห่อผลแอปเปิ้ลสดเพื่อป้องกันการช้ำจากการกระแทก. รายงานประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, วันที่ 23-24 มกราคม 2549, มหาวิทยาลัยมหาสารคราม, จังหวัดมหาสารคราม, หน้า 282–289.

[7] บัณฑิต จริโมภาส. 2549. เครื่องจักรกลคัดแยกหลังการเก็บเกี่ยว บรรจุภัณฑ์ และเรือนบรรจุ ผลไม้. สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, ขอนแก่น.

[8] Chen. and Z. sun. 1981. Impact Parameters Related to Bruise Injury in Apples. ASAE. Paper No. 81-3041.

TSAE