รายงานบทความโครงงานวิจัย ฉบับย่อ

เรื่อง

การศึกษารูปแบบกล่องพัสดุไปรษณีย์เพื่อเพิ่มคุณสมบัติการรับแรงกดทับและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

นายมาวิน ภิญวัย

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปีการศึกษา 2556

รายงานบทความโครงงานวิจัยฉบับย่อได้ผ่านการตรวจสอบแล้วจาก

.....	.....
(นายมาวิน ภิญวัย)	(ผศ.ดร.รัชฎาวรรณ นิ่มนวล)
นักศึกษา	ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย

1. แผ่นดิสก์บันทึกรายงานบทความวิทยานิพนธ์ฉบับย่อ 1 แผ่น
2. สิ่งตีพิมพ์ต้นฉบับรายงานบทความวิทยานิพนธ์ฉบับย่อ 1 ชุด

เรื่อง การศึกษารูปแบบกล่องพัสดุไปรษณีย์เพื่อเพิ่มคุณสมบัติการรับแรงกดทับ และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

นายมาวิน ภิญวัย
ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบกล่องพัสดุไปรษณีย์ที่สามารถต้านทานแรงกดทับได้เพิ่มขึ้นกว่าเดิม และเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งาน โดยผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบกล่องพัสดุไปรษณีย์แบบใหม่ตามมาตรฐานกล่องลูกฟูกของ FEFCO 3 รูปแบบคือ FEFCO 0427, FEFCO 0473, FEFCO 0421 แล้วนำแบบทั้ง 3 และแบบเดิมมาร่างเป็นกล่องภาพคลี่ด้วยโปรแกรม Packdesign Studio โดยมีมิติภายในกล่องเท่ากัน จากนั้นใช้เครื่องตัดตัวอย่างกล่องและประกอบขึ้นรูปกล่องด้วยมือ เพื่อนำไปประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และทดสอบหาค่าความต้านทานแรงกดทับตามมาตรฐาน ASTM D642 พบว่ากล่องพัสดุไปรษณีย์แบบเดิมมีค่าความต้านทานแรงกดทับ 73.7 กิโลกรัมแรง ส่วนกล่องพัสดุไปรษณีย์แบบ FEFCO 0427, FEFCO 0473 และ FEFCO 0421 มีค่าความต้านทานแรงกดทับเพิ่มขึ้นคือ 228, 191 และ 197 กิโลกรัมแรงตามลำดับ เมื่อนำกล่องพัสดุไปรษณีย์แบบใหม่มาประเมินความพึงพอใจโดยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มๆละ 20 คน คือกลุ่มที่ใช้บริการส่งพัสดุทางไปรษณีย์เป็นประจำและกลุ่มที่ไม่เคยส่งพัสดุทางไปรษณีย์ พบว่ากล่องแบบ FEFCO 0421 ได้รับความพึงพอใจระดับมากจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมากที่สุด เพราะเห็นว่ามีความสะดวกในการประกอบขึ้นรูป โดยไม่ขึ้นกับทักษะความชำนาญของผู้ใช้ ดังนั้น กล่องแบบ FEFCO 0421 สามารถนำไปผลิตเป็นกล่องพัสดุไปรษณีย์แบบใหม่ ที่มีค่าความต้านทานแรงกดทับเพิ่มขึ้น 167.3% เนื่องจากมีการเพิ่มผนังด้านกว้าง 2 ด้าน และมีการประกอบขึ้นรูปที่เสริมผนังด้านข้าง 3 ชั้น ซึ่งมีการใช้พื้นที่กระดาษเพิ่มขึ้นประมาณ 30% อย่างไรก็ตาม ในการขนส่งระยะไกลที่ใช้เวลานานไม่ควรมีการวางซ้อนทับกล่องด้วยน้ำหนักเกิน 100 กิโลกรัม

คำสำคัญ: กล่องพัสดุไปรษณีย์ / ความต้านทานแรงกดทับ / รูปแบบกล่องมาตรฐาน FEFCO

The Study of Postal Parcel Structure Design to Improve Box Compression Resistance and Customer's Satisfaction

Abstract

The purposes of this research project were to study the structure designs of postal parcel which had more compression resistance than the old one and to evaluate the satisfactions of customer samples. The researchers selected 3 structure designs according to the standard corrugated box design of FEFCO: FEFCO 0427, FEFCO 0473 and FEFCO 0421. The scribes of boxes either the old or the new design were drawn using Pack Design Studio program and the internal space of the parcel was the same as the old one. The box examples was made with a line cutter and formed manually before evaluation by 3 experts and testing for the compression resistance using compression tester as ASTM D642. The compression resistance of the old postal parcel was 73.7 kilogram-force while that of the new postal parcels; FEFCO 0427, FEFCO 0473 and FEFCO 0421 were increased to 228, 191 and 197 kilogram-force, respectively. The satisfactions to the 3 new postal parcels were then evaluated by using 2 sampling groups; the regular and new ones. It was found that the new postal parcel design of FEFCO 0421was the most satisfied by 2 groups which were different in experience. Therefore, the postal parcel design of FEFCO 0421 was applicable with appropriate properties of increased compression resistance around 167.3% because the side walls were strengthen with triple board flaps which spent 30% more area of board sheet. However, the weight of overlapped postal parcels should be less than 100 kilograms during a long distance or long period of transportation.

Keyword: postal parcel / compression resistance / standard corrugated box design of FEFCO

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

จากสถิติด้านคมนาคมขนส่งที่รวบรวมโดยกระทรวงคมนาคม พบว่าการขนส่งภายในประเทศเป็นรูปแบบการขนส่งที่สำคัญ ทั้งในเชิงโครงข่ายถนนและปริมาณการขนส่งทั้งผู้โดยสารและ การส่งสิ่งของระหว่างกันและให้ไปถึงจุดหมายปลายทางที่ต้องการอย่างปลอดภัยนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญ [1] นับตั้งแต่ 1 กุมภาพันธ์ 2549 ที่รัฐบาลประกาศยุบเลิก ร.ส.พ.เนื่องจากขาดสภาพคล่องทางการเงิน [2] ช่องทางการส่งสินค้ากับหน่วยงานของรัฐจึงตกมาอยู่ที่ บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัดเพียงแห่งเดียว ทั้งที่ปริมาณงานมีมากอยู่แล้วเป็นทุนเดิม แต่ก็ต้องรับภาระหน้าที่เพิ่มเติมในด้านส่งของใหญ่อีกทางหนึ่ง จึงทำให้เกิดปัญหาไม่มีระวางพอในการขนส่งไปรษณียภัณฑ์และพัสดุไปรษณีย์ต่างๆ และยิ่งปัจจุบันการฝากส่งสินค้าทางไปรษณีย์มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากธุรกิจ e-commerce ที่กำลังเจริญเติบโตและเป็นที่นิยมอย่างต่อเนื่อง ซึ่งธุรกิจดังกล่าวยังต้องอาศัยการขนส่งเป็นหลัก

จากข้อมูลการขนส่งทางไปรษณีย์ [3] การส่งพัสดุมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี และมีปัญหาการชำรุดเสียหายของกล่องพัสดุ ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อภาพลักษณ์ขององค์กรโดยตรง
โดยการขนส่งทางไปรษณีย์นั้น จะเป็นการขนส่งระหว่างศูนย์ไปรษณีย์ถึงศูนย์ไปรษณีย์ หรือระหว่างศูนย์ไปรษณีย์ถึงที่ทำการไปรษณีย์ โดยจะใช้ Roll Pallet เหล็ก บรรจุกล่องพัสดุเรียงซ้อนกันภายในหลายชั้น ซึ่งกล่องพัสดุมีความแข็งแรงไม่เพียงพอที่จะทนแรงกดทับนั้นได้ แต่ด้วยปริมาณงานที่มากจึงจำเป็นต้องใช้ระวางให้ได้มากที่สุด

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะหาโครงสร้างกล่องพัสดุไปรษณีย์ที่เป็นมาตรฐานและมีความสามารถในการทนแรงกดทับได้สูงขึ้นเพื่อความปลอดภัยของสิ่งของที่อยู่ภายใน และสนองต่อความต้องการของผู้ใช้บริการได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาองค์กรด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อหาต้นแบบกล่องพัสดุไปรษณีย์ที่สามารถทนต่อแรงกดทับได้สูงขึ้น
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานด้านการประกอบกล่องพัสดุเพื่อการขนส่งทางไปรษณีย์

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ต้นแบบกล่องพัสดุไปรษณีย์ที่มีความแข็งแรงมากกว่ากล่องพัสดุที่ใช้งานในปัจจุบัน
2. ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อกล่องพัสดุไปรษณีย์รูปแบบใหม่
3. เป็นแนวทางในการพัฒนากล่องพัสดุไปรษณีย์เพื่อใช้ในการขนส่งต่อไป

4. ลดปัญหาการร้องเรียนจากผู้ใช้บริการ

14 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

1. กล่องพัสดุไปรษณีย์ที่มีโครงสร้างแตกต่างกันเพื่อรองรับการกดทับจำนวน 3 รูปแบบ

1.4.1.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1. ค่าความต้านทานแรงกดทับ
2. น้ำหนักการวางซ้อนจริง
3. ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คนที่มีต่อรูปแบบกล่องพัสดุไปรษณีย์แบบใหม่

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

1. กล่องพัสดุที่ผู้วิจัยทำขึ้นใช้กระดาษชั้นนอก KW170 ลอนลูกฟูกCA125ลอนB กระดาษชั้นใน KA125
2. กล่องพัสดุที่ผู้วิจัยทำขึ้นสามารถบรรจุของที่มีน้ำหนักไม่เกิน 20 กิโลกรัมตามระเบียบบริษัทไปรษณีย์ไทย
3. กล่องพัสดุที่ผู้วิจัยทำขึ้นใช้โครงสร้างมาตรฐาน FEFCO และผู้วิจัยได้นำมาปรับในด้านมิติของกล่องและการประกอบกล่องบางส่วนเท่านั้น
4. งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเฉพาะในส่วนของแรงกดทับกล่องพัสดุไปรษณีย์และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างเท่านั้น

1.7 นิยามศัพท์

พัสดุไปรษณีย์ หมายถึง กล่องพัสดุที่ใช้ฝากส่งผ่านทางไปรษณีย์

แรงกดทับ หมายถึง การวัดแรงกดทับของกล่องต้นแบบที่ผู้วิจัยได้ออกแบบขึ้น ตามมาตรฐาน ASTM D 642 ซึ่งตรวจวัดโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีประสบการณ์และความรู้ทางด้านการขนส่งทางไปรษณีย์และด้านบรรจุภัณฑ์จำนวน 3 ท่าน

กลุ่มตัวอย่าง หมายถึง ผู้ใช้บริการ การส่งพัสดุกับไปรษณีย์ไทยจำนวน 20 คน และผู้ที่ไม่เคยใช้บริการส่งพัสดุกับไปรษณีย์ไทยจำนวน 20 คน

ความพึงพอใจ หมายถึง ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้บริการส่งพัสดุกับไปรษณีย์ไทยและที่ไม่เคยใช้บริการส่งพัสดุกับไปรษณีย์ไทย

2. ทฤษฎีสัมพันธ์

จากการวิจัยเรื่อง "การศึกษารูปแบบกล่องพัสดุไปรษณีย์เพื่อเพิ่มคุณสมบัติการรับแรงกดทับและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน" ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารดังต่อไปนี้

ชัยภัทร สิริพลวัฒน์ [5] ได้ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาสูตรการคำนวณคาความแข็งแรงกล่องกระดาษลูกฟูก ได้ผลการวิจัยดังนี้ ในการคำนวณค่าความแข็งแรงของกล่อง (BCT) จะมีการใช้สูตรการคำนวณที่ชื่อว่า สูตร McKee โดยมีสมการ คือ $BCT = 5.87 \times ECT \times (ZH)1/2$ โดยสูตรของ McKee เมื่อนำมาคำนวณค่า ความแข็งแรงกล่อง (BCT) พบว่า มีความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยอยู่ที่32.82 % ซึ่งอาจจะเกิดจากปัจจัยอื่นๆ ที่ยังไม่ได้ระบุรวมอยู่ในสูตรที่ใช้กันอยู่ จึงนำไปสู่การศึกษา ทดลอง เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงกล่องเพิ่มเติม และจากการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงกล่อง (BCT) ที่ยังไม่ได้ระบุอยู่ในสูตรของ McKee อย่างมีนัยสำคัญมีอยู่ 2 ปัจจัย คือ 1. ความสูงของกล่องที่ขนาดเส้นรอบรูปกล่องคงที่หรืออัตราส่วนความสูงของกล่องต่อขนาดเส้นรอบรูปกล่อง (Height หรือ Height/Perimeter Ratio) 2. อัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของกล่อง (Length/Width Ratio)

อลิษา ทองพิมพ์ อิสราภา นาคโสมกุล และ ดำรงพล คำแหงวงศ์ [6] ได้ทำการศึกษาเรื่องการออกแบบภาชนะบรรจุเพื่อการขนส่งส้มโอพันธุ์ทองดี ได้ผลการศึกษาดังนี้ จากปัญหากล่องยุบตัวเนื่องจากแรงกดทับในระหว่างการจัดเก็บและการขนส่งทางเรือ จึงได้ทำการออกแบบกล่องกระดาษลูกฟูกชนิดสองชั้น จำนวน 7 แบบ ได้แก่ กล่อง BC เป็นกล่องแบบ Full telescope box ทั่วไป, BCC เป็นกล่องแบบ Full telescope box ที่เสริมความแข็งแรงที่มุมทั้ง 4 มุมของกล่อง กล่อง WC เป็นกล่องแบบ Wrap around ทั่วไป กล่อง WC 4 เป็นกล่องแบบ Wrap around ที่เสริมมุมเข้าไปทั้ง 4มุมของกล่อง กล่อง WC 6 เป็นกล่องแบบ Wrap around ที่เสริมมุมเข้าไปทั้ง 4 มุมและเสริมคอลัมน์ 2 คอลัมน์ด้านข้างของกล่อง กล่อง WC 8 เป็นกล่องแบบ Wrap around ที่เสริมมุมเข้าไปทั้ง 4 มุมและเสริมคอลัมน์ 4 คอลัมน์ด้านข้างของกล่อง และสุดท้ายคือกล่อง NDB เป็นกล่องสองชิ้น ตัวกล่องเลียนแบบกล่อง WC 8 และฝากล่องเลียนแบบกล่อง BC

ผลการทดสอบพบว่าการขนส่งโดยกล่องชนิด NDB มีความต้านทานต่อแรงกดทับและการวางเรียงซ้อนสูงสุด มีประสิทธิภาพในการบรรจุและจัดวางเรียงบนแท่นรองรับสินค้ามากที่สุด ขณะที่กล่องชนิดชิ้นเดียวแบบ WC มีประสิทธิภาพในการต้านทานต่อแรงกดทับต่ำจึงไม่มีความเหมาะสมสำหรับการนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับการขนส่ง

เจนยุทธ ศรีหิรัญ [7] ได้ทำการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนขนาดกล่องกระดาษลูกฟูกต่อความต้านทานแรงกดในแนวดิ่งโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ได้ผลการวิจัยดังนี้ จากการทดสอบด้วยวิธี FEA พบว่าชนิดของลอนลูกฟูกรวมทั้งการเปลี่ยนขนาดด้านยาว ด้านกว้าง และด้านสูงของกล่อง มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ (pU<U0.05) ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า BCT โดยพบว่าเมื่อความสูงของลอนเพิ่มขึ้นจากลอน B เป็นลอน C และความยาวของเส้นรอบรูปของกล่องเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ค่า BCTจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการและการทดสอบด้วยวิธี FEA มีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อเทียบตำแหน่งความเสียหายบนระนาบกล่อง (ระยะ YR1 Rและ YR2R) ทั้งการทดสอบในห้องปฏิบัติการและโดยวิธี FEA พบว่ามีผลที่สอดคล้องกัน ในการทดสอบโดยวิธี FEA นั้นหากเปรียบเทียบลักษณะการกระจายความเค้นบนระนาบกล่องที่มีขนาดแตกต่างกันพบว่ามีลักษณะการกระจายความเค้นคล้ายคลึงกันแต่ตำแหน่งความเข้มของความเค้นจะต่างกันไป จากการเปรียบเทียบกล่อง RSC กับกล่องไร้ฝา (tube) พบว่ากล่องไร้ฝาที่มีขนาดเท่ากันโดยส่วนใหญ่สามารถรับแรงกดได้มากกว่ากล่อง RSC อย่างมีนัยสำคัญ (pU<U0.05) และจากผลโดยรวมพบว่าค่า BCT ของการทดสอบในห้องปฏิบัติการมีค่าสูงกว่าการทดสอบด้วยวิธี FEA และค่า BCT จากวิธี FEA มีค่ามากกว่าจากการคำนวณด้วยสูตรMckee โดยค่า BCT ที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธี FEA ถือว่าใกล้เคียงกับการทดสอบจริงและค่าความแตกต่างอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้กับการใช้งานในอุตสาหกรรมและเมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่น

2.1 รหัสรูปแบบกล่องมาตรฐาน FEFCO [1]

เนื่องจากกล่องกระดาษลูกฟูกมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง จึงมีการผลิตกล่องออกมามากมายหลายรูปแบบที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน ดังนั้น FEFCO จึงได้กำหนดรหัสอ้างอิงรูปแบบกล่องลูกฟูก มีการใช้สัญลักษณ์ที่เข้าใจง่ายเป็นสากลแทนรายละเอียดและส่วนประกอบต่างๆ ของกล่องกระดาษลูกฟูกเพื่อใช้ในการสื่อสารอย่างเป็นระบบระหว่างผู้ผลิตกล่องกับผู้สั่งซื้อกล่องให้มีความสะดวกมากยิ่งขึ้นและสามารถขอเอกสารรหัสนี้ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

2.2 กระดาษคราฟท์ [2]

กระดาษคราฟท์ (Kraft Paper) คือ กระดาษที่ผลิตจากเยื่อเคมี (Chemical Pulp)ที่ได้จากกระบวนการคราฟท์ (Kraft Process) เป็นการใช้เทคโนโลยีในการแปลงสภาพจาก เนื้อไม้เป็นเยื่อกระดาษไม้ (Wood Pulp)โดยใช้สารเคมีและความร้อนในการแยกเยื่อและขจัดลิกนิน เยื่อกระดาษที่ได้จากกระบวนการคราฟท์นี้ จะได้กระดาษที่มีความแข็งแรงหรือเหนียวกว่ากระดาษชนิดอื่น โดยปกติกระดาษคราฟท์จะมีสีน้ำตาล ตามสีของเนื้อไม้ที่นำมาผลิต แต่สามารถนำมาฟอกสีให้มีเนื้อสีขาวได้ กระดาษคราฟท์เป็นกระดาษที่มีความเหนียวและแข็งแรงกว่ากระดาษธรรมดา สามารถป้องกันแรงอัดและการทิ่มแทงจากการกระทบกระแทกจากภายนอกได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการ

ต้านทานการเปียกน้ำ ต้านทานการเปรอะน้ำมัน ต้านทาน การเสียดสี มีน้ำหนักกระดาษมีความหนาและมีความเรียบสม่ำเสมอ สามารถติดกาวได้ดี และเหมาะสำหรับการพิมพ์ จากคุณลักษณะที่ดีเด่นของกระดาษคราฟท์ดังกล่าว แล้ว ทำให้สามารถนำมาแปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์และภาชนะหีบห่อได้อย่างเหมาะสม ทั้งด้าน การผลิต การบรรจุและการขนส่ง นอกจากนี้ยังสามารถนำกลับมาหมุนเวียนใช้เป็นวัตถุดิบ ในการผลิตกระดาษได้อีก ช่วยให้ลดปัญหามลพิษด้านสภาวะแวดล้อมลงได้ระดับหนึ่ง ดัง นั้น กระดาษคราฟท์จึงเป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้กันมากในวงการอุตสาหกรรม

2.3 การรับน้ำหนักของกล่องกระดาษลูกฟูก [3]

กล่องกระดาษลูกฟูกที่ได้จะมีความแข็งแรงในการรองรับน้ำหนักบรรจุ และรองรับน้ำหนักในการวางเรียงซ้อนที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบสำคัญๆ ที่เกี่ยวข้อง 2 ประการ คือ

1. เมื่อกล่องมีความสูงมากขึ้นจะมีผลให้ Box compression ลดลง และเมื่อกล่องมีผลบวกของด้านกว้างและยาวลดลง ก็จะมีผลให้ Box Compression ลดลงด้วย

2. อัตราส่วน ด้านสูง : ด้านกว้าง และด้านยาว : ด้านกว้าง จะมีผลต่อความสามารถในการเรียงซ้อนของกล่อง โดยที่กล่องนั้นๆ มีโครงสร้างและปริมาตรบรรจุเดียวกัน

2.4 การทดสอบกล่องกระดาษลูกฟูก[4]

การต้านแรงกด (compression strength)

หมายถึงความสามารถของภาชนะบรรจุในการต้านแรงกดที่กระทำบนภาชนะบรรจุด้วยอัตราเร็วอย่างสม่ำเสมอจนภาชนะเสียรูป มีหน่วยเป็นนิวตัน (N) หรือกิโลกรัมแรง (kgf) ถึงแม้ว่าการทดสอบนี้จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งแรงของภาชนะบรรจุเมื่อเรียงซ้อนกันก็ตาม แต่ค่าที่ได้ก็ไม่ได้บอกถึงน้ำหนักในการเรียงซ้อนจริงๆ เพราะในทางปฏิบัติจำเป็นต้องมีตัวคูณเพื่อความปลอดภัย (safety factor) ที่เกี่ยวข้อง อันได้แก่ความชื้นในสภาวะอากาศ ระยะเวลาในการเก็บ รูปแบบในการเรียงซ้อน ลักษณะของการชนถ่าย อย่างไรก็ดี คุณสมบัตินี้นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบและกำหนดคุณภาพของภาชนะบรรจุเพื่อการขนส่ง เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องกด (compression tester) มาตรฐานที่ใช้ได้แก่ ISO 2872 และ ASTM D 642 เป็นต้น

3. วิธีดำเนินการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษารูปแบบกล่องพัสดุไปรษณีย์เพื่อเพิ่มคุณสมบัติการรับแรงกดทับและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งกระบวนการปฏิบัติงานแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆดังนี้

1. ขั้นตอนการเลือกรูปแบบกล่องไปรษณีย์
2. ขั้นตอนการตัดกล่องและประกอบขึ้นรูป
3. ขั้นตอนการประเมินรูปแบบกล่องโดยผู้เชี่ยวชาญ

4. ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของกล่อง
5. ขั้นตอนการเปรียบเทียบขนาดกระดาษที่ต้องใช้ในการผลิต
6. ขั้นตอนการเก็บข้อมูลความพึงพอใจของผู้ใช้งาน
7. ขั้นตอนการทดสอบการวางซ้อนจริง

3.1 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในงานวิจัย

(1) กระดาษลูกฟูก KW170/CA125/KA125 ลอนB
(2) เครื่องตัดกระดาษ Aristo
(3) คอมพิวเตอร์ PC และโปรแกรม Packdesign Studio
(4) เครื่องทดสอบความต้านทานแรงกด (Compression tester)
(5) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล
(6) กระสอบทรายน้ำหนัก 30 กิโลกรัม
(7) แผ่นเหล็กน้ำหนัก 5 กิโลกรัม
(8) แผ่นไม้อัดขนาด 40x50 เซนติเมตรน้ำหนัก 200 กรัม
(9) ไม้บรรทัดเหล็ก

3.2 การทำกล่องตัวอย่าง

นำรูปแบบกล่องที่เลือกทั้ง 3 แบบ พร้อมรูปแบบกล่องไปรษณีย์แบบเดิม มาเขียนโครงสร้างในโปรแกรม Packdesign Studio โดยให้มีมิติภายในขนาด 354 x 233 x 140 มิลลิเมตร ซึ่งเท่ากับขนาดภายในกล่องไปรษณีย์แบบเดิม จากนั้นทำการตัดด้วยเครื่องตัดกล่อง Aristo โดยใช้กระดาษลูกฟูก KW170/CA125/KA125 ลอน B กล่องที่จะนำไปทดสอบความสามารถในการซ้อนทับจะถูกนำไปขึ้นรูปกล่องด้วยมือในลักษณะเดียวกับการขึ้นรูปกล่องของผู้ใช้งานจริง

3.3 ขั้นตอนการประเมินรูปแบบกล่องโดยผู้เชี่ยวชาญ

นำกล่องไปรษณีย์รูปแบบใหม่ทั้ง 3 แบบ ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการขนส่งไปรษณียภัณฑ์และด้านโครงสร้าง จำนวน 3 ท่าน ให้ความคิดเห็นด้านการใช้งาน และประเมินความพึงพอใจด้านโครงสร้าง ด้านการขนส่ง และนำผลการประเมินที่แนะนำมาปรับปรุงแก้ไข และทดลองในขั้นต่อไป

3.4 ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของกล่อง

นำกล่องไปรษณีย์รูปแบบใหม่ทั้ง 3 แบบและกล่องไปรษณีย์รูปแบบเดิม ไปทดสอบด้วยเครื่องวัดค่าความต้านทานแรงกดของกล่อง (Box Compression Test, BCT) ตามมาตรฐาน ASTM D 642 ที่ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทยโดยการทดสอบจะควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ให้ได้ตามมาตรฐาน โดยแต่

ละแบบจะทำการทดสอบ 3 ซ้ำ แล้วนำค่าความต้านทานแรงกดที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความต้านทานแรงกดที่เพิ่มขึ้นของแต่ละกล่องเทียบกับกล่องพัสดุไปรษณีย์แบบเดิม

3.5 การประเมินข้อมูลความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ทำแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

โดยมีความพึงพอใจต่อกล่องพัสดุไปรษณีย์ ที่ออกแบบใหม่ในประเด็นของ 1) ความสะดวกในการประกอบขึ้นรูป 2) การใช้พื้นที่ในการประกอบขึ้นรูป 3) ความแน่นหนาของกล่องเมื่อประกอบเสร็จแล้ว 4) ความเหมาะสมต่อการใช้เพื่อการขนส่ง 5) ความมั่นใจในความแข็งแรง โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มผู้ใช้บริการฝากส่งพัสดุทางไปรษณีย์เป็นประจำจำนวน 20 คนและกลุ่มนักศึกษาที่ไม่เคยใช้บริการส่งพัสดุทางไปรษณีย์จำนวน 20 คนโดยทำการทดสอบความพึงพอใจ

3.6 ขั้นตอนการทดสอบการวางซ้อนจริง

นำกล่องไปรษณีย์รูปแบบใหม่ที่ผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจสูงสุด มาทำการทดสอบการวางซ้อนจริงด้วยกระสอบทรายกระสอบละ 30 กิโลกรัมและแผ่นเหล็กแผ่นละ 5 กิโลกรัม โดยน้ำหนักที่ใช้ทดสอบจะใช้น้ำหนักตามค่าความต้านทานแรงกดของกล่องเป็นค่าตั้งต้น

3.7 วิเคราะห์สถิติที่นำมาใช้

สถิติและสูตรที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สูตรการหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ผลการวิจัย

จากการศึกษารูปแบบกล่องพัสดุไปรษณีย์เพื่อเพิ่มคุณสมบัติการรับแรงกดทับและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ได้ผลการศึกษาดังนี้

4.1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญเพื่อดูความเหมาะสมด้านการใช้งาน ด้านโครงสร้าง ด้านการขนส่ง ต่อรูปแบบกล่องไปรษณีย์แบบใหม่

จากการทดสอบความพึงพอใจโดยผู้เชี่ยวชาญในด้านการใช้งาน ด้านโครงสร้าง ด้านการขนส่ง กล่องทั้ง 3 แบบได้คะแนนรวมเฉลี่ย 4.33 4.20 4.47 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความพึงพอใจในระดับมาก โดยผู้เชี่ยวชาญไม่มีข้อเสนอแนะอื่นให้นำไปปรับปรุง ผู้วิจัยจึงนำรูปแบบกล่องตัวอย่างทั้ง 3 แบบ ไปทำการทดสอบต่อไป

4.2 ผลการทดสอบด้วยเครื่องวัดค่าความต้านทานของกล่อง (Compression test)

ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงกดทับ กล่องตัวอย่างทั้ง 3 แบบมีค่าความต้านทานแรงกดทับที่สูงขึ้นกว่ากล่องแบบเดิมซึ่งมีค่าความต้านทานแรงกดทับที่ 73.7 กิโลกรัมแรง กล่องตัวอย่างแบบที่ 1 FEFCO 0427 มีค่าความต้านทานแรงกดที่ 228 กิโลกรัมแรง กล่องตัวอย่างแบบที่ 2 FEFCO 0473 มีค่าความต้านทานแรงกดที่ 191 กิโลกรัมแรง กล่องตัวอย่างแบบที่ 3 FEFCO 0421 มีค่าความต้านทานแรงกดที่ 197 กิโลกรัมแรง

4.3 การเปรียบเทียบการใช้พื้นที่กระดาษในการผลิตและน้ำหนักกล่อง

กล่องแบบเดิมใช้พื้นที่กระดาษ 6,111 ตร.ซม. น้ำหนักกล่อง 240 กรัม

กล่องตัวอย่างแบบที่ 1 ใช้พื้นที่กระดาษ 8,439 ตร.ซม. มากกว่ากล่องแบบเดิม 2,328 ตร.ซม.คิดเป็น 38.09% น้ำหนักกล่อง 280 กรัม มากกว่ากล่องแบบเดิม 40 กรัม

กล่องตัวอย่างแบบที่ 2 ใช้พื้นที่กระดาษ 5,952 ตร.ซม. น้อยกว่ากล่องแบบเดิม 159 ตร.ซม.คิดเป็น 2.6% น้ำหนักกล่อง 240 กรัมเท่ากล่องแบบเดิม

กล่องตัวอย่างแบบที่ 3 ใช้พื้นที่กระดาษ 7,905 ตร.ซม. มากกว่ากล่องแบบเดิม 1,794 ตร.ซม.คิดเป็น 29.35% น้ำหนักกล่อง 240 กรัมเท่ากล่องแบบเดิม

4.4 ผลทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้บริการที่มีต่อกล่องพัสดุไปรษณีย์แบบใหม่

กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมีประสบการณ์และความคุ้นเคยกับการใช้บริการส่งพัสดุทางไปรษณีย์ที่ต่างกัน แต่ผลการทดสอบโดยดูจากคะแนนเฉลี่ยปรากฏว่า ทั้ง 2 กลุ่มให้คะแนนกล่องตัวอย่างแบบที่ 3 ที่ 4.06 และ 4.42 ตามลำดับ ซึ่งหมายถึงมีความพึงพอใจมาก ดังนั้นประสบการณ์และความคุ้นเคยในการใช้บริการจึงไม่มีผลต่อการทดสอบ ผู้วิจัยจึงเลือกกล่องตัวอย่างแบบที่ 3 FEFCO 0421 ไปทำการทดสอบการวางซ้อนจริงต่อไป

4.5 ผลทดสอบการวางซ้อนจริง

ผลทดสอบการวางเรียงซ้อนกระสอบทรายทีละกระสอบให้ถึงน้ำหนัก 197 กิโลกรัม ปรากฏว่าเมื่อนำน้ำหนัก 100 กิโลกรัม ไปวางทับบนกล่อง เวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง กล่องยังสามารถรับน้ำหนักได้โดยไม่มีการยุบตัว จึงเพิ่มน้ำหนักเป็น 120 กิโลกรัม พบว่ากล่องสามารถทนแรงกดทับได้เพียง 1 ชั่วโมง จึงยุบตัว และเมื่อเพิ่มน้ำหนักเป็น150 กิโลกรัม กล่องเกิดการยุบตัวทันทีเนื่องจากไม่สามารถทนแรงกดทับได้ ดังนั้นการนำกล่องไปใช้งานจริงจึงไม่ควรให้น้ำหนักที่กดทับเกิน 100 กิโลกรัม เพื่อให้การขนส่งไปยังลูกค้า ไม่มีปัญหาการยุบในตัวกรณีการขนส่งระยะทางไกลที่ใช้เวลานาน

5. สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษารูปแบบกล่องพัสดุไปรษณีย์เพื่อทดสอบผลด้านการรับแรงกดทับและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน สามารถสรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลของกล่องไปรษณีย์ต่อการต้านทานแรงกดทับ

กล่องพัสดุไปรษณีย์แบบใหม่ทั้ง 3 แบบ ผู้วิจัยทำการคัดเลือกจากแบบมาตรฐาน FEFCO โดยเลือกจากรูปแบบการประกอบขึ้นรูปที่มีลักษณะการพับกระดาษเพื่อเสริมผนังด้านข้างกล่อง ซึ่งกล่องตัวอย่างแบบที่ 1 FEFCO 0427 มีรูปแบบการพับประกอบที่เสริมผนังกล่องด้านกว้างทั้ง 2 ด้าน ด้านละ 3 ชั้น กล่องตัวอย่างแบบที่ 2 FEFCO 0473 มีรูปแบบการพับประกอบที่เสริมผนังกล่องด้านยาว โดยรูปแบบการพับจะเสริมผนังด้านหน้ากล่อง 2 ชั้น หลังกล่อง 1 ชั้น และกล่องตัวอย่างแบบที่ 3 FEFCO 0421 มีรูปแบบการพับประกอบที่เสริมผนังด้านกว้างทั้ง 2 ด้าน ด้านละ 2 ชั้น เมื่อนำกล่องพัสดุไปรษณีย์แบบใหม่ทั้ง 3 รูปแบบและกล่องพัสดุไปรษณีย์แบบเดิมไปทดสอบหาค่าความต้านทานแรงกดทับ ซึ่งกล่องตัวอย่างแบบที่ 1 มีค่าความต้านทานแรงกดทับ(Compression) ที่ 228 กิโลกรัมแรง กล่องตัวอย่างแบบที่ 2 มีค่าความต้านทานแรงกดทับ (Compression) ที่ 191 กิโลกรัมแรง กล่องตัวอย่างแบบที่ 3 มีค่าความต้านทานแรงกดทับ (Compression) ที่ 197 กิโลกรัมแรง และกล่องแบบเดิมมีค่าความต้านทานแรงกดทับ (Compression) ที่ 73.7 กิโลกรัมแรง สรุปได้ว่ากล่องไปรษณีย์รูปแบบใหม่ทั้ง 3 แบบมีค่าความต้านทานแรงกดทับที่สูงขึ้นกว่าเดิมและกล่องตัวอย่างแบบที่ 1 FEFCO 0427 มีความแข็งแรงสูงที่สุด

5.1.2 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานกล่องพัสดุไปรษณีย์แบบใหม่

จากแบบสอบถามผู้ใช้งานจำนวน 40 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ 1) กลุ่มที่ใช้บริการฝากส่งพัสดุทางไปรษณีย์เป็นประจำ จำนวน 20 คน 2) กลุ่มที่ไม่เคยใช้บริการส่งพัสดุทางไปรษณีย์จำนวน 20 คน ประเมินด้านการพับขึ้นรูปและการใช้งาน พบว่ากลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มีความพึงพอใจต่อกล่องตัวอย่างแบบที่ 3 ในระดับมากที่คะแนนเฉลี่ย 4.06 และมีความพึงพอใจในระดับปานกลางต่อกล่องตัวอย่างแบบที่ 1 และกล่องตัวอย่างแบบที่ 2 คะแนนเฉลี่ย 2.83, 2.61 ตามลำดับ กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 มีความพึงพอใจต่อกล่องตัวอย่างแบบที่ 3 ในระดับมากที่คะแนนเฉลี่ย 4.42 และมีความพึงพอใจในระดับปานกลางต่อกล่องตัวอย่างแบบที่ 1 และแบบที่ 2 คะแนนเฉลี่ย 3.44, 3.04 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ากลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2 มีความพึงพอใจต่อกล่องตัวอย่างแบบที่ 3 ได้คะแนนเฉลี่ยที่ 4.06 และ 4.42 ตามลำดับซึ่งอยู่ในระดับมาก และมีความพึงพอใจต่อกล่องตัวอย่างแบบที่ 1 และ 2 ในระดับปานกลาง จึงสรุปว่ากล่องตัวอย่างแบบที่ 3 ได้รับความพึงพอใจที่สุด

5.2 อภิปรายการผลวิจัย

จากสมมุติฐานการวิจัย กล่องพัสดุไปรษณีย์แบบใหม่ สามารถรับแรงกดทับสูงกว่ากล่องแบบเดิมมากกว่า 50% ซึ่งผลจากการทดสอบกล่องตัวอย่างแบบที่ 1 มีค่าความต้านทานแรงกดทับเพิ่มขึ้น 209.36% ของกล่องเดิม เนื่องจากมีรูปแบบการพับประกอบที่เสริมผนังกล่องด้านกว้างทั้ง 2 ด้าน ด้านละ 3 ชั้น และมีความยาวด้านละ 22 เซนติเมตร กล่องตัวอย่างแบบที่ 2 มีค่าความต้านทานแรงกดทับเพิ่มขึ้น 159.16% ของกล่องเดิม เนื่องจากมีรูปแบบการพับประกอบที่เสริมผนังกล่องด้านยาว โดยรูปแบบการพับจะเสริมผนังด้านหน้ากล่อง 2 ชั้น หลังกล่อง 1 ชั้น ความยาวที่เสริม 35 เซนติเมตรและกล่องตัวอย่างแบบที่ 3 มีค่าความต้านทานแรงกดทับเพิ่มขึ้น 167.3% ของกล่องเดิม เนื่องจากรูปแบบการพับประกอบมีการพับเสริมผนังด้านกว้างทั้ง 2 ด้าน ด้านละ 2 ชั้น ความยาวด้านละ 22 เซนติเมตร จะเห็นได้ว่ากล่องตัวอย่างทั้ง 3 แบบมีค่าการรับแรงกดทับได้มากกว่า 50% ของกล่องแบบเดิม โดยกล่องตัวอย่างแบบที่ 1 มีความแข็งแรงสูงสุดเพราะมีรูปแบบการพับที่เสริมผนังข้างกล่องมากที่สุด กล่องตัวอย่างแบบที่ 2 และ 3 มีค่าความต้านทานแรงกดทับใกล้เคียงกันแม้ว่ากล่องตัวอย่างแบบที่ 2 จะมีการเสริมผนังกล่องน้อยกว่า แต่มีความยาวด้านที่เสริมมากกว่า ส่วนกล่องตัวอย่างแบบที่ 3 มีการเสริมผนังกล่องมากกว่ากล่องตัวอย่างแบบที่ 2 แต่มีความยาวด้านที่เสริมน้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าความยาวของด้านที่เสริมและผนังที่มากขึ้นมีผลต่อค่าความต้านทานแรงกดทับ

ด้านความพึงพอใจ ผู้ใช้งานทั้ง 2 กลุ่มให้คะแนนกล่องตัวอย่างที่ 3 สูงใกล้เคียงกันในทุกด้าน โดยเฉพาะในด้านความสะดวกในการประกอบขึ้นรูปและความมั่นใจในความแข็งแรง แสดงให้เห็นว่าประสบการณ์และความคุ้นเคยในการส่งพัสดุทางไปรษณีย์ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2 ไม่มีผลต่อความสะดวกในการพับประกอบขึ้นรูปกล่องตัวอย่างแบบที่ 3 แม้ว่ากลุ่มที่ 1 ให้คะแนนกล่องตัวอย่างแบบที่ 1 ด้านความแข็งแรงและความแน่นหนามากกว่ากล่องตัวอย่างแบบที่ 3 แต่ผลคะแนนเฉลี่ยก็ชี้ให้เห็นว่านอกจากความแข็งแรงแล้ว ผู้ใช้บริการยังคงต้องความสะดวกร่วมด้วย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1. สามารถนำรูปแบบกล่องที่วิจัยไปดำเนินการผลิตทางอุตสาหกรรมเพื่อใช้งานจริงได้

2. สามารถใช้กล่องตัวอย่างแบบที่ 2 FEFCO 0473 ในการผลิตทางอุตสาหกรรมเพื่อใช้งานจริงเนื่องจากใช้กระดาษในการผลิตน้อยกว่าแต่มีค่าความต้านทานแรงกดทับใกล้เคียงกล่องตัวอย่างแบบที่ 3 FEFCO 0421 ส่วนด้านความพึงพอใจ ในการจัดจำหน่ายจริง บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด สามารถให้เจ้าหน้าที่บริการประกอบขึ้นรูปให้ผู้ใช้บริการได้

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

สำหรับผู้ที่สนใจจะทำการพัฒนารูปแบบกล่องไปรษณีย์เพื่อเพิ่มแรงกดทับและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ทำการทดลองใช้กระดาษลูกฟูกที่มีคุณสมบัติต่างกัน เพื่อดูผลต่อค่า BCT
2. ทำการทดสอบการขนส่งจริง
3. การคำนวณหาต้นทุนการผลิตจริง
4. เพิ่มกลุ่มตัวอย่างที่มีความหลากหลายมากขึ้น
5. ศึกษาผลของคู่มือวิธีการขึ้นรูปและออกแบบคู่มือวิธีการขึ้นรูปที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

1. Fiber Box Association, 1999, **FIBER BOX HANDBOOK**, International Paper Industrial Packaging, USA, p.18.
2. อังคณา หลินศุวนนท์, 2557, **กระดาษสำหรับทำกล่องลูกฟูก,** การสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง กล่องกระดาษลูกฟูก ณ ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย, วันที่ 18-19 มีนาคม 2557, หน้า 2-34.
3. บริษัท พรปณิธานแพค จำกัด, 2553, **ปัจจัยในการเลือกกระดาษทำกล่องลูกฟูก** [Online], Available: http://www.pt-pack.com/ความรู้ที่ลูกค้าควรทราบ/ปัจจัยในการเลือกกระดาษทำกล่องลูกฟูก.html [30 มิถุนายน 2557].
4. สมชาติ รุ่งอินทร์, 2538, **ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับงานวิเคราะห์ทดสอบเยื่อและกระดาษและคำอธิบายศัพท์ที่ใช้ในงานวิเคราะห์ทดสอบ,** กรมวิทยาศาสตร์บริการ, กรุงเทพฯ, หน้า 6-37.
5. ชัยภัทร สิริพลวัฒน์, 2553, **การพัฒนาสูตรการคำนวณคาความแข็งแรงกล่องกระดาษลูกฟูก,** เอสซีจี เปอเปอร์ จำกัด มหาชน, กรุงเทพฯ, หน้า 42.
6. อลิษา ทองพิมพ์, อิสราภา นาคโสมกุล และดำรงพล คำแหงวงศ์, 2554, “การออกแบบภาชนะบรรจุเพื่อการขนส่งส้มโอพันธุ์ทองดี”, **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, ปีที่42, ฉบับที่ 3 พิเศษ, หน้า 645-648.
7. เจนยุทธ ศรีหิรัญ, 2551, **การวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนขนาดกล่องกระดาษลูกฟูกต่อความต้านทานแรงกดในแนวดิ่งโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 48.