7643060

BOOK_VRU
1000172646

รายงานการวิจัย
เรื่อง
การออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งผลไม้สดประเภทแอปเปิ้ล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณรงค์ศักดิ์ มณีแสง
ชาคริต ศรีทอง
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

รายงานการวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปีงบประมาณ 2550

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้องขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจบ คีบุตร คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่ได้ให้ความสนับสนุนตลอดระยะเวลาในการทำวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณอาจารย์ ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ได้ให้ความร่วมมือและให้คำปรึกษาในการทำงานวิจัย ตลอดจนให้ข้อมูลในด้านต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

หัวข้อวิจัย การออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งผลไม้สดประเภทแอปเปิ้ล
ผู้วิจัย นายชาคริต ศรีทอง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณรงค์ศักดิ์ มณีแสง
หน่วยงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ปี พ.ศ. 2551

บทคัดย่อ

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออกผู้ประกอบการจะต้องทำความเข้าใจในหลายปัจจัย ซึ่งก่อให้เกิดการออกแบบโครงสร้างที่ดี เช่น การเลือกใช้วัสดุ การกำหนดรูปร่าง ขนาด วิธีการประกอบบรรจุภัณฑ์ ฯลฯ ที่จะมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ จึงส่งผลให้ผู้วิจัยสนใจในการวิจัยที่มุ่งเน้นการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ใช้วัสดุที่ทำจากกระดาษลูกฟูกเพื่อเพิ่มการรับแรงกระแทกจากการขนส่ง ในงานวิจัยสามารถวิเคราะห์บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบการขนส่งผลแอปเปิ้ล คือ บรรจุภัณฑ์มีขนาดกล่องกระดาษลูกฟูกที่บรรจุแอ๊บเปิ้ล ขนาด (SIZE)32, กระดาษที่ใช้ เป็นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น (Single Wall) และชนิดของลอนใช้ ชนิด ลอน C จำนวนลอน 13-14 ต่อความยาว10 ซ.ม. สูง 0.35 ซ.ม. ผู้วิจัยสามารถทำการออกแบบบรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่โดยมีมุม 8 เหลี่ยม และมีขนาดบรรจุภายในเท่ากับบรรจุภัณฑ์รูปแบบเดิม โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองรูปแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่โดยการทดสอบแรงกดจากด้านบนซึ่งจากผลการทดลองพบว่าในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่สามารถรับแรงกดได้สูงกว่า รูปแบบบรรจุภัณฑ์เดิม โดยรูปแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่ สามารถรับแรงกดได้ประมาณ 890 นิวตัน ต่อตารางมิลลิเมตร และรูปแบบบรรจุภัณฑ์เดิมสามารถรับแรงกดได้ประมาณ 810 นิวตัน ต่อตารางมิลลิเมตร โดยสามารถคิดเป็นร้อยละได้คือ รูปแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่สามารถรับแรงกดจากด้านบนได้สูงกว่ารูปแบบบรรจุภัณฑ์เดิม คิดเป็นร้อยละ 8.9887 หรือคิดโดยประมาณร้อยละ 9 จากแบบเดิม

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ก
บทคัดย่อ		ข
สารบัญ		ค
สารบัญตาราง		จ
สารบัญภาพ		ฉ
บทที่ 1	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย	3
	ขอบเขตของการทำวิจัย	3
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
	แผนการดำเนินการวิจัย	4
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	การนำกระดาษลูกฟูกไปใช้ประโยชน์	5
	การกระแทกและความชื้น	6
	ความเค้นสัมผัส	12
	อิทธิพลของการออกแบบ	14
	มาตรฐานและทดสอบบรรจุภัณฑ์สำหรับการขนส่ง	17
	อันตรายจากสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง/การกระจายสินค้า	17
	การพิจารณาในการออกแบบ	18
	ข้อสรุปแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	20
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย	21
	การศึกษามิติและคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ผลแอปเปิ้ลในปัจจุบัน	21
	สรุปผลการทดลองความด้านทานแรงกดวงแหวน	23
	การศึกษามิติของรูปแบบบรรจุภัณฑ์ผลแอปเปิ้ล	24
	การสร้างแนวความคิดของผลิตภัณฑ์	24
	การเลือกวัสดุที่ใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์	26
	การคัดเลือกแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์	30
	การให้คะแนนแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์	31
	สรุปผลรูปแบบในการสร้างรูปทรงของบรรจุภัณฑ์	34

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

สารบัญ (ต่อ)

	การทดสอบความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์แบบเดิมเทียบกับบรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่	36
บทที่ 4	ผลการทดลอง	37
	การทดสอบแรงกดทับจากด้านบน	37
	ข้อจำกัดของการทดลอง	37
	ผลการทดลองจากการกดทับบรรจุภัณฑ์	39
	ผลสรุปการทดลองการเปรียบเทียบ	40
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	41
	ผลการทดลอง	41
	ข้อเสนอแนะในการทำการทดลอง	42
บรรณานุกรม		43
ภาคผนวก		44

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงข้อสรุปของการขนส่งอาหาร	2
1.2 แผนการดำเนินการวิจัย	4
3.1 แสดงการทดสอบความต้านแรงกดตามแนวตั้งและตามแนวลอนของกระดาษลูกฟูก	22
3.2 แสดงสรุปผลการทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ	22
3.3 สรุปผลการทดสอบความต้านทานแรงกดวงแหวนและการทดสอบความต้านทานแรงดึง	22
3.4 การแก้ไขและปรับปรุงบรรจุภัณฑ์แอปเปิ้ล	30
3.5 แสดงการวิเคราะห์รูปแบบบรรจุภัณฑ์แอปเปิ้ลในแต่ละแบบ	31
3.6 แสดงการให้คะแนนแนวความคิดที่พัฒนา	32
3.7 แสดงการให้น้ำหนักค่าความสำคัญของข้อกำหนด	33
3.8 แสดงการให้คะแนนแนวความคิดทั้ง6 รูปแบบ	37

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ในพระบรมราชูปถัมภ์

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงลักษณะของแผ่นกระดาษลูกฟูก	5
2.2 แสดงการทดสอบการกระแทกแบบต่าง ๆ	6
2.3 แสดงอุปกรณ์ทดสอบประกอบด้วย target late, lose sensor, support mass	7
2.4 แสดงอุปกรณ์หาค่าความแน่นเนื้อ	8
2.5 แสดงการช้ำเสียโดยการกระแทกกันเองของแอปเปิ้ลสองผล	9
2.6 แสดงการทดสอบโดยใช้ Compound Pendulum	9
2.7 แสดงการทดสอบโดยใช้ Impact ram	10
2.8 แสดงลักษณะรอยช้ำของผลแอปเปิ้ล ณ จุดเริ่มเกิดรอยช้ำ	11
2.9 แสดงการเปรียบเทียบวิธีการวัดปริมาตรช้ำ	12
2.10 การกระจายความเค้นของวัสดุทรงกลมยืดหยุ่น ลึกลงไปใต้พื้นผิวสัมผัส	13
3.1 แสดงภาพบรรจุภัณฑ์แอปเปิ้ล FUJI APPLE	24
3.2 แสดงขนาดบรรจุของผลแอปเปิ้ลในบรรจุภัณฑ์ขนาด เบอร์ 32	24
3.3 แสดงขนาดมิติของบรรจุภัณฑ์แอปเปิ้ล	25
3.4 รูปแบบบรรจุภัณฑ์ ในปัจจุบันของแอปเปิ้ล	26
3.5 แสดงรูปแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์แอปเปิ้ลรูปแบบที่ 1	28
3.6 แสดงรูปแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์แอปเปิ้ลรูปแบบที่ 2	28
3.7 แสดงรูปแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์แอปเปิ้ลรูปแบบที่ 3	28
3.8 แสดงรูปแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์แอปเปิ้ลรูปแบบที่ 4	29
3.9 แสดงรูปแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์แอปเปิ้ลรูปแบบที่ 5	29
3.10 แสดงรูปแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์แอปเปิ้ลรูปแบบที่ 6	29
3.11 แสดงภาพต้นแบบของบรรจุภัณฑ์ที่ได้ทำการเลือก	34
3.12 แสดงภาพคลี่ของต้นแบบบรรจุภัณฑ์ที่ได้ทำการคัดเลือก	34
3.13ก แสดงภาพต้นแบบด้านบนที่มีขนาดเท่ากับบรรจุภัณฑ์จริง	35
3.13ข แสดงภาพต้นแบบด้านข้างที่มีขนาดเท่ากับบรรจุภัณฑ์จริง	35
3.13ค แสดงภาพต้นแบบด้านบนที่มีขนาดเท่ากับบรรจุภัณฑ์จริง	35
3.14 แสดงภาพเคลื่อนที่ใช้ในการทดสอบการกดทับจากด้านบน	36

สารบัญภาพ (ต่อ)

4.1 แสดงต้นแบบบรรจุภัณฑ์รูปแบบเดิมขนาดอัตราส่วน 1:5 37

4.2 แสดงต้นแบบบรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่ขนาดอัตราส่วน 1:5 38

4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของการกดทับบรรจุภัณฑ์แบบเดิม 39

4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของการกดทับบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบใหม่ 39

4.5 แสดงค่าเฉลี่ยในการเปรียบเทียบค่าแรงกดทับระหว่างบรรจุภัณฑ์แบบเดิม กับบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบใหม่ 40

5.1 แสดงบรรจุภัณฑ์แบบเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 41

5.2 แสดงบรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่ที่ได้ทำการออกแบบ 41

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผักและผลไม้ นับเป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย ทั้งในแง่การบริโภคภายในประเทศและการส่งออก สำหรับ ในแง่การส่งออกและนำเข้า ผัก ผลไม้ สามารถทำรายได้ให้แก่ประเทศปีละหลายพันล้านบาทและยังมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปีผัก ผลไม้ ที่มีการส่งออกมากได้แก่ ถั่วฝักยาว พริก ด้นหอม มะม่วง ลำไย ลิ้นจี่ ทุเรียน เป็นต้น ตลาดที่มีการส่งออกมากได้แก่ ฮ่องกง สิงคโปร์ ญี่ปุ่น ยุโรป ตะวันออกกลาง ปัญหาสำคัญที่มักประสบในการส่งออกคือ พบการสูญเสียโดยเฉลี่ยสูงถึง ร้อยละ 25 ทั้งนี้เนื่องจาก ผักและผลไม้เป็นสินค้าที่ บอบช้ำ และเน่าเสียได้ง่าย หากการบรรจุหีบห่อไม่ดี หรือขาดความระมัดระวังในการขนส่ง เพราะฉะนั้นการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์จึงเป็นเรื่องสำคัญมากสำหรับสินค้าประเภทนี้

ด้านการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออกผู้ประกอบการจะต้องทำความเข้าใจในหลายปัจจัย ซึ่งก่อให้เกิดการออกแบบโครงสร้างที่ดี เช่น การเลือกใช้วัสดุ การกำหนดรูปร่าง ขนาด วิธีการประกอบบรรจุภัณฑ์ ฯลฯ ที่จะมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ รวมถึงการออกแบบกราฟฟิกที่จะประกอบด้วยการออกแบบฉลาก ข้อความ รูปภาพ และสีสันที่ปรากฏอยู่ภายนอกบรรจุภัณฑ์เหล่านี้ย่อมจะส่งผลด้านการเรียกความสนใจให้ผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจตัวบรรจุภัณฑ์ก่อนเป็นอันดับแรกทำให้บรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์สามารถเข้าไปแข่งขันในตลาดต่างประเทศได้นั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยดังต่อไปนี้

- ข้อมูลการตลาด
- กฎระเบียบของตลาดเป้าหมาย
- คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหารและการเสื่อมคุณภาพ
- สภาพการลำเลียงขนส่งและเก็บรักษา

ซึ่งพอจะกล่าวได้ว่าบรรจุภัณฑ์อาหารมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนกว่าคุณภาพอาหารทั้งยังเป็นการกระจายสินค้าให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพอันเป็นกลยุทธ์การตลาดเพื่อการส่งออก แต่บรรจุภัณฑ์ก็ไม่สามารถที่จะทำให้อาหารที่ด้อยคุณภาพให้ดีขึ้นได้ดังนั้นผู้ส่งออกรายใดประสบผลสำเร็จด้านการส่งออกสินค้าย่อมแสดงว่า คุณภาพอาหารตรงกับความต้องการของกลุ่มผู้บริโภค หลังจากนั้นถึงจะตามมาด้วยการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมจะสามารถที่จะรักษาคุณภาพอาหาร

ตารางที่ 1.1 แสดงข้อสรุปของการขนส่งอาหาร

ประเภทอาหาร	รูปแบบของบรรจุภัณฑ์	ข้อสังเกตและปัญหาที่พบ
1.ผักผลไม้สด	- กล่องกระดาษลูกฟูก	มีแนวโน้มการออกแบบที่ดีขึ้นปัญหาที่พบเช่น -กล่องไม่แข็งแรงเพียงพอทำให้ผักผลไม้ถูกกดทับบอบช้ำ -วิธีการบรรจุไม่เหมาะสม ทำให้ผัก ผลไม้ถูกกระแทกบอบช้ำ -ขนาดกล่องไม่เหมาะสมต่อการใช้พื้นที่ขนส่ง
2.อาหารที่ฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในภาชนะบรรจุปิดสนิท - ผักผลไม้กระป๋อง/ขวดแก้ว - อาหารทะเลกระป๋อง/ขวดแก้ว	- กระป๋องโลหะ - ขวดแก้ว - กล่องกระดาษลูกฟูก	กระป๋องและขวดแก้วที่ใช้มีความเหมาะสมในด้านวัสดุแต่มีปัญหาบ้างในด้านการออกแบบที่ยังขาดความสวยงามไม่สอดคล้องกับรสนิยมของผู้บริโภคเป้าหมาย
3.อาหารแห้ง - เครื่องเทศ - สารปรุงแต่งอาหาร - ผลไม้อบแห้ง	- ถุงพลาสติก - ขวดพลาสติก - กล่องพลาสติกใส - กล่องกระดาษลูกฟูก	- มีปัญหาด้านการเลือกใช้วัสดุที่ทำถุง ทำให้ไม่สามารถรักษาคุณภาพของอาหารได้ตามอายุการเก็บที่กำหนด - ถุงพลาสติกมักปิดผนึกไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดการรั่วซึมและอายุการเก็บสั้นกว่าที่กำหนด - กราฟฟิกของถุง, ขวด, กล่องไม่สวยงาม ไม่สอดคล้องกับรสนิยมของผู้บริโภค
4. อาหารแช่เข็ง ผลไม้แช่แข็ง อาหารทะเลแช่แข็ง อาหารสัตว์ปีกแช่แข็ง	- ถุงพลาสติก - กล่องกระดาษแข็ง - กล่องกระดาษลูกฟูก	- บรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีกมักเป็นถุงในกล่องยังไม่ค่อยเหมาะสมในด้านการออกแบบกราฟฟิกซึ่งไม่สอดคล้องกับรสนิยมของผู้บริโภคเป้าหมายและขาดข้อมูลที่จำเป็น - กล่องกระดาษลูกฟูกมักมีความแข็งแรง ไม่เพียงพอทำให้กล่องขาดเสียรูป และมีขนาดไม่เหมาะสมกับตู้ขนส่งสินค้า - ปัญหาหลักมักเกิดจากอุณหภูมิในการลำเลียงขนส่งซึ่งเพิ่มสูงกว่าที่กำหนด

ที่มา : การสัมมนาวิชาการ ครบรอบ 35 ปี วท.

ดังนั้น การพัฒนาบรรจุภัณฑ์จึงมีความสำคัญลำดับต้นๆ ในการที่จะสร้างเสริมให้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ เป็นที่ยอมรับของตลาดผู้บริโภค สิ่งนี้จึงเป็นเรื่องที่หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนต่างให้ความสำคัญในการพัฒนาสร้างสรรค์บรรจุภัณฑ์แปลกใหม่ออกมาอย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลให้ผู้วิจัยจึงได้สนใจในการวิจัยโดยมุ่งเน้นการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ใช้วัสดุที่ทำจากกระดาษลูกฟูกเพื่อเพิ่มการรับแรงกระแทกจากการขนส่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ตารางที่ 1.1 แสดงข้อสรุปของการขนส่งอาหาร

ประเภทอาหาร	รูปแบบของบรรจุภัณฑ์	ข้อสังเกตและปัญหาที่พบ
1.ผักผลไม้สด	**- กล่องกระดาษลูกฟูก**	มีแนวโน้มการออกแบบที่ดีขึ้นปัญหาที่พบเช่น -กล่องไม่แข็งแรงเพียงพอทำให้ผักผลไม้ถูกกดทับบอบช้ำ -วิธีการบรรจุไม่เหมาะสม ทำให้ผัก ผลไม้ถูกกระแทกบอบช้ำ -ขนาดกล่องไม่เหมาะสมต่อการใช้พื้นที่ขนส่ง
2.อาหารที่ฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในภาชนะบรรจุปิดสนิท - ผักผลไม้กระป๋อง/ขวดแก้ว - อาหารทะเลกระป๋อง/ขวดแก้ว	- กระป๋องโลหะ - ขวดแก้ว **- กล่องกระดาษลูกฟูก**	กระป๋องและขวดแก้วที่ใช้มีความเหมาะสมในด้านวัสดุแต่มีปัญหาบ้างในด้านการออกแบบที่ยังขาดความสวยงามไม่สอดคล้องกับรสนิยมของผู้บริโภคเป้าหมาย
3.อาหารแห้ง - เครื่องเทศ - สารปรุงแต่งอาหาร - ผลไม้อบแห้ง	- ถุงพลาสติก - ขวดพลาสติก - กล่องพลาสติกใส **- กล่องกระดาษลูกฟูก**	- มีปัญหาด้านการเลือกใช้วัสดุที่ทำถุง ทำให้ไม่สามารถรักษาคุณภาพของอาหารได้ตามอายุการเก็บที่กำหนด - ถุงพลาสติกมักปิดผนึกไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดการรั่วซึมและอายุการเก็บสั้นกว่าที่กำหนด - กราฟฟิกของถุง, ขวด, กล่องไม่สวยงาม ไม่สอดคล้องกับรสนิยมของผู้บริโภค
4. อาหารแช่เย็น - ผลไม้แช่เย็น - อาหารทะเลแช่แข็ง - อาหารสัตว์ปีกแช่แข็ง	- ถุงพลาสติก - กล่องกระดาษแข็ง **- กล่องกระดาษลูกฟูก**	- บรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีกมักเป็นถุงในกล่องยังไม่ค่อยเหมาะสมในด้านการออกแบบกราฟฟิกซึ่งไม่สอดคล้องกับรสนิยมของผู้บริโภคเป้าหมายและขาดข้อมูลที่จำเป็น - กล่องกระดาษลูกฟูกมักมีความแข็งแรง ไม่เพียงพอทำให้กล่องขาด เสียรูป และมีขนาดไม่เหมาะสมกับตู้ขนส่งสินค้า - ปัญหาหลักมักเกิดจากอุณหภูมิในการลำเลียงขนส่งซึ่งเพิ่มสูงกว่าที่กำหนด

ที่มา : การสัมมนาวิชาการ ครบรอบ 35 ปี วท.

ดังนั้น การพัฒนาบรรจุภัณฑ์จึงมีความสำคัญลำดับต้นๆ ในการที่จะสร้างเสริมให้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ เป็นที่ยอมรับของตลาดผู้บริโภค สิ่งนี้จึงเป็นเรื่องที่หน่วยงานทั้ง าครัฐและเอกชนต่างให้ความสำคัญในการพัฒนาสร้างสรรค์บรรจุภัณฑ์แปลกใหม่ออกมาอย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลให้ผู้วิจัยจึงได้สนใจในการวิจัยโดยมุ่งเน้นการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ใช้วัสดุที่ทำจากกระดาษลูกฟูกเพื่อเพิ่มการรับแรงกระแทกจากการขนส่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

วัตถุประสงค์ของการทำก รวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของกระดาษลูกฟูกที่ใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งผลไม้สดประเภทแอปเปิ้ล
2. เพื่อสร้างต้นแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งผลไม้สดประเภทแอปเปิ้ลที่ทำจากวัสดุกระดาษลูกฟูก

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านตัวแปร

- การศึกษาสมบัติกายภาพของกระดาษลูกฟูกที่ใช้ในการบรรจุผลไม้สดประเภทแอปเปิ้ล
- ศึกษารูปทรงกล่องกระดาษแบบต่างๆ ที่สามารถรองรับน้ำหนักในก รกดทับและก รกระแทกจากด้านบน

ขอบเขตด้านประชากรที่ศึกษา

- ศึกษารูปทรงของกล่องกระดาษลูกฟูกที่ใช้ในการบรรจุผลไม้สดประเภทแอปเปิ้ล

ขอบเขตด้านสถานที่ที่ศึกษา

ศึกษาการออกแบบรูปทรงของกล่องกระดาษลูกฟูกที่ใช้ในการบรรจุผลไม้สดประเภทแอปเปิ้ล ที่คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบคุณลักษณะของกระดาษลูกฟูกที่ใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งผลไม้สดประเภทแอปเปิ้ล
2. ได้ต้นแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งผลไม้สดประเภทแอปเปิ้ลที่ทำจากวัสดุกระดาษลูกฟูก

แผนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน (เดือน)	1-2	3-6	7-9	10	11	12
1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	■					
2. เก็บรวบรวมข้อมูล		■	■			
3. วิเคราะห์ข้อมูลและแปลผล				■	■	
4. จัดทำเอกสารรายงานผลการวิจัย						■

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การนำกระดาษลูกฟูกไปใช้ประโยชน์

แผ่นกระดาษลูกฟูกเป็นวัตถุดิบที่ได้รับความนิยมสูงสุดสำหรับการผลิตเป็นภาชนะบรรจุ, ซึ่งเรียกว่ากล่องกระดาษลูกฟูก ทั้งนี้เนื่องจากมีสมบัติที่ดีเด่นหลายประการ อาทิ ใช้บรรจุสินค้าได้แทบทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้สดหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ให้ความสะดวกในการเก็บรักษา จัดจำหน่าย และขนส่ง สามารถออกแบบให้มีความแข็งแรง และรูปทรงแตกต่างตามต้องการ กล่องที่ใช้แล้วสามารถนำกลับสู่กระบวนการผลิตใหม่ได้ จึงไม่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2545)

แผ่นกระดาษลูกฟูกสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ตามลักษณะโครงสร้าง ดังนี้

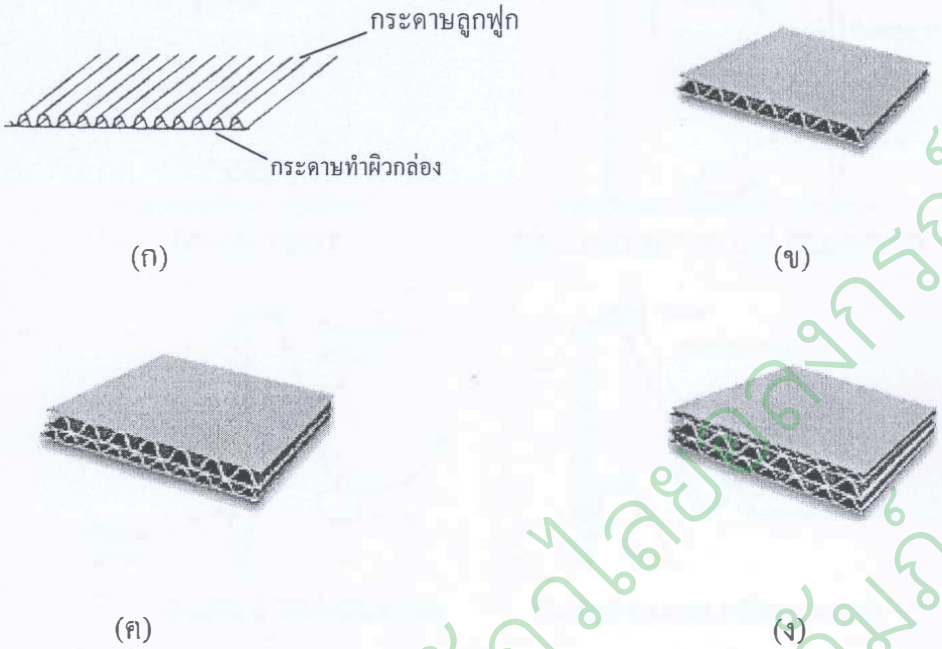
1. แผ่นกระดาษลูกฟูกหน้าเดียว (Single - face board) ประกอบด้วยกระดาษทำผิวกล่อง หนึ่งแผ่นติดกับกระดาษลูกฟูกอีกหนึ่งแผ่น (ภาพที่ 2.1ก.) กระดาษชนิดนี้ไม่สามารถนำไปทำเป็นกล่องเพื่อการขนส่ง แต่นิยมใช้ห่อสินค้า หรือทำเป็นแผ่นรองภายในกล่อง เพื่อเป็นวัสดุกันกระแทก

2. แผ่นกระดาษลูกฟูกหนึ่งผนัง (Single wall, Double face board) ประกอบด้วยแผ่นกระดาษลูกฟูกหนึ่งแผ่น ทากาวแล้วปิดทับด้วยกระดาษทำผิวกล่องทั้งสองด้าน รวมเป็นกระดาษสามชั้น ด้วยเหตุนี้ในทางการค้า จึงมักเรียกกระดาษประเภทนี้ว่า แผ่นกระดาษลูกฟูกสามชั้น นิยมนำไปทำกล่องมากที่สุดมีการใช้มากถึงร้อยละ 70 ของปริมาณกล่องทั้งหมด

3. แผ่นกระดาษลูกฟูกสองผนัง (Double wall board) ประกอบด้วย กระดาษลูกฟูกสองแผ่น และกระดาษทำผิวกล่องสามแผ่น รวมกันเป็นกระดาษห้าชั้น (ภาพที่ 2.1ค.) มักทำเป็นกล่องขนาดใหญ่ หรือใช้บรรจุสินค้าที่มีน้ำหนักมาก เพื่อการขนส่งในระยะทางไกล เช่น กล่อง เพื่อการขนส่ง เป็นต้น

4. แผ่นกระดาษลูกฟูกสามผนัง (Triple wall board) ประกอบด้วย กระดาษลูกฟูกสามแผ่น และกระดาษทำผิวกล่องสี่แผ่น รวมกันเป็นกระดาษเจ็ดชั้นในทางการค้าจะเรียกกระดาษประเภทนี้ว่า แผ่นกระดาษลูกฟูกเจ็ดชั้น มีการใช้ไม่กว้างขวางเท่าใดนัก มักใช้กับการบรรจุสินค้าที่มีมวลใหญ่ ๆ เพื่อการขนส่งในระยะทางไกล

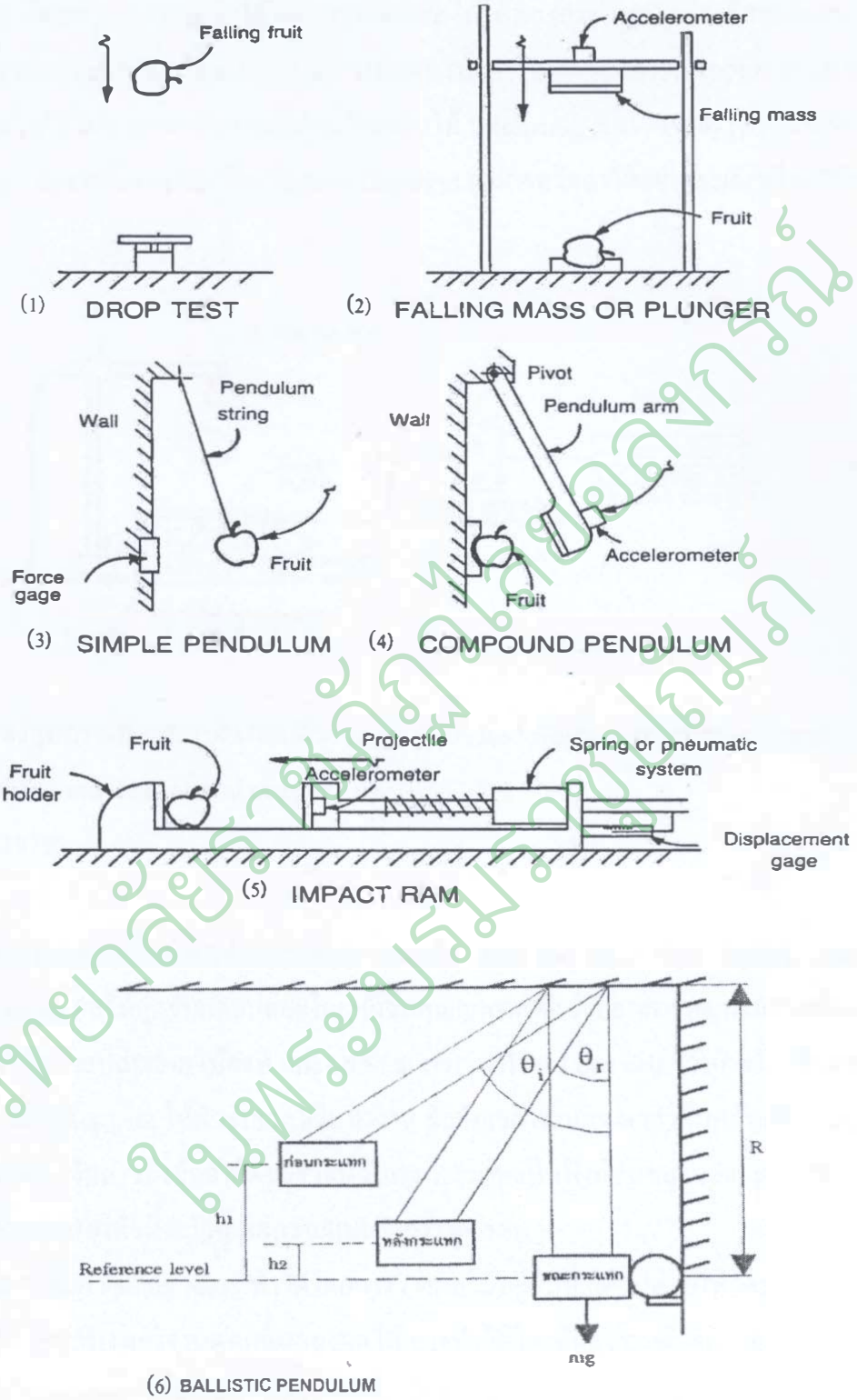
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ณ ใหม่พระนครมหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะของแผ่นกระดาษลูกฟูก
ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2545)

การกระแทกและความช้ำ

ปกติผักผลไม้จะถูกภาระกระแทกกระทำระหว่างการจัดการหลังเก็บเกี่ยว การขนส่ง การกระจายสินค้าไปสู่ผู้บริโภค Srivastava et al. (1993) รายงานว่า สิ่งแรก และสิ่งที่สำคัญที่สุดในการทำให้เกิดรอยช้ำน้อยที่สุด คือการทำให้เกิดพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) กับผลไม้น้อยที่สุด ในทุก ๆ ขั้นตอน ระหว่างปฏิบัติกับเครื่องจักร มีนักวิจัยจำนวนมาก (Mohsenin et al., 1978; Mathew and Hyde, 1997; Bajema and Hyde, 1998; Jindal and Mohsenin, 1976; Holt and Schoorl, 1977) ได้พยายามศึกษาสมบัติทางกายภาพ และเชิงกลของผลไม้เมื่อถูกกระแทก การทดสอบการกระแทกมีหลายวิธีด้วยกัน (Mohsenin, 1986) แต่วิธีที่นิยมหลัก ๆ มี 6 วิธี คือ

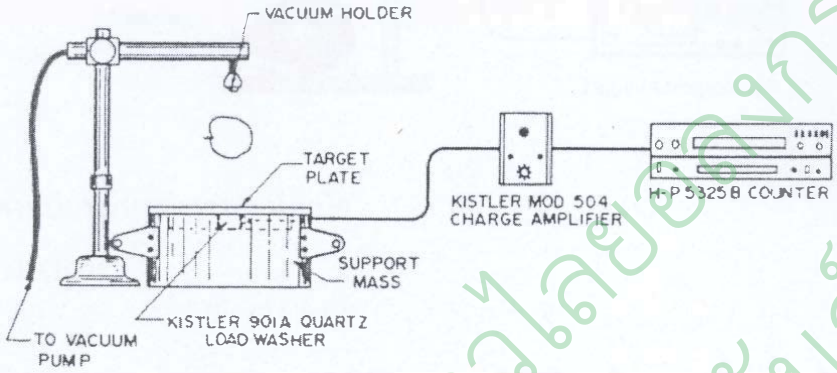


ภาพที่ 2.2 แสดงการทดสอบการกระแทกแบบต่าง ๆ

ที่มา: Mohsenin (1986) and Jarimopas (1984)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

วิธีที่ 1 ได้แก่ Drop Test ทำได้โดยการปล่อยผลไม้ให้ดก (กระแทก) อย่างอิสระในแนวดิ่ง ลงสู่พื้นเรียบแข็ง พลังงานกระแทกหาได้จากผลคูณน้ำหนักผลไม้ ความสูงของการปล่อยดก และค่าคงที่ของแรงโน้มถ่วง อย่างไรก็ดีไม่สามารถวัดหาพลังงานคืนกลับได้ (Mohsenin et al., 1986) การวัดพลังงานกระแทก (Impact Energy) และพลังงานคืนกลับ (Rebound Energy) สามารถวัดค่าได้อย่างละเอียดโดยใช้เครื่องมือใน

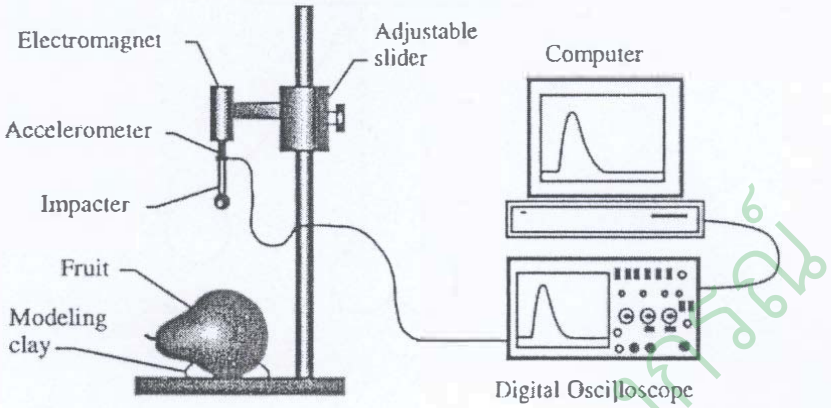


ภาพที่ 2.3 แสดงอุปกรณ์ทดสอบประกอบด้วย target plate, load sensor, support mass, charge amplifier and time interval counter

ที่มา: Diener (1979)

การทำงานของเครื่องใช้หลักการวัดเวลาคืนกลับ (Rebound time) ด้วย Electric counter โดยใช้ Time-interval mode ผลไม้ถูกจับและปล่อยโดยหัวจับสุญญากาศ ซึ่งช่วยลดการหมุนในระหว่างการดกอย่างอิสระ กำหนดให้ระยะปล่อยผลไม้คงที่ และดกลง ณ บริเวณที่วาง Load cell ไว้ทุกครั้ง เมื่อผลไม้ถูกปล่อยดก Load cell จะส่งสัญญาณ ให้ตัวจับเวลาเริ่มทำงาน ตัวจับเวลาจะแสดงเวลาคืนกลับเป็นหน่วยมิลลิวินาที Chen et al. (1996) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของวิธีนี้ว่าแรงกระแทกเป็นฟังก์ชันของมวล และรัศมีความโค้งของผลไม้ ดังนั้นตัวแปรสองตัวนี้จะมีผลต่อความแม่นยำการทดสอบ

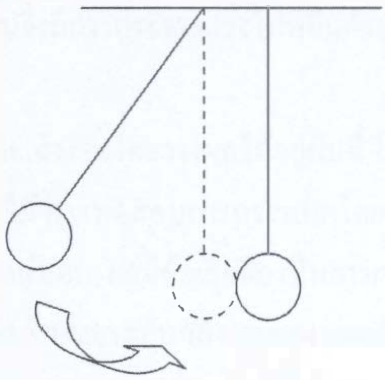
วิธีที่ 2 ได้แก่ Falling Mass ทำได้โดยการวางผลไม้อยู่กับที่ แล้วปล่อยให้วัตถุตกลงอย่างอิสระในแนวดิ่งสู่ผลไม้ การหาพลังงานดูดกลืนของผลไม้ อาจทำได้โดยติดอุปกรณ์วัดความเร่ง (Accelerometer) กับตัวกระแทก (Impactor) เมื่อเกิดการกระแทกขึ้น นำค่าสัญญาณความเร่งกับเวลาระหว่างการกระแทกมาพล็อตกราฟ พลังงานดูดกลืนหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟ Chen et al. (1996) ได้ใช้เทคนิคนี้ ในการหาค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของผลไม้ โดยใช้ตัวกระแทก ที่มีน้ำหนักน้อย ~10 กรัม กระแทกใส่ผลแพร Conferencia และ Bartlett ข้อดีของวิธีนี้คือ การวัดสัญญาณกระแทกดอบกลับ (Impact acceleration response) เป็นอิสระจากมวล และรัศมีความโค้งของผลไม้ ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ ต้องใช้ตัวกระแทกให้มีน้ำหนักน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งถูกจำกัดโดยมวลของอุปกรณ์วัดความเร่ง และการควบคุมความเร็วในการกระแทกทำได้ยากดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่2.4 แสดงอุปกรณ์หาค่าความแน่นเนื้อ
ที่มา: Chen et al. (1996)

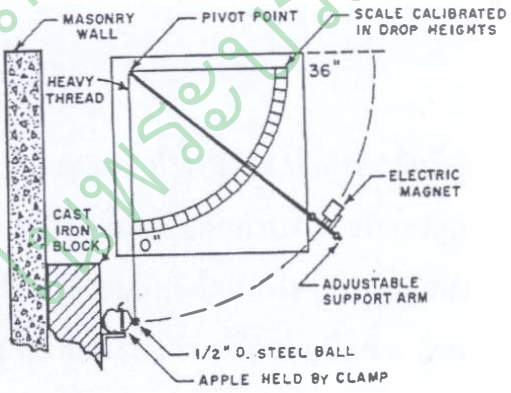
วิธีที่ 3 ได้แก่ Simple pendulum ทำได้โดยผูกผลไม้ไว้กับเชือก จากนั้นปล่อยให้ผลไม้เคลื่อนที่จากมุมที่กำหนดให้ไปกระแทกเข้ากับพื้นผิวเรียบและแข็ง ลักษณะการเคลื่อนที่ของผลไม้ คล้ายกับการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา Mathew and Hyde (1997) และ Bajema and Hyde (1998) ได้ใช้ Simple Pendulum ในการทดสอบการกระแทกมันฝรั่ง Pang et al. (1992) ได้ประยุกต์ หลักการทำงานนี้ทดสอบการกระแทกอย่างอิสระของแอปเปิ้ลกับผลแอปเปิ้ล โดยใช้แอปเปิ้ลพันธุ์ Granny Smith สองผลแขวนไว้ด้วยกัน แล้วปล่อยให้แอปเปิ้ลสองผลกระแทกกันเองอย่างอิสระ โดยลูกหนึ่งอยู่กับที่พบว่าแอปเปิ้ลลูกหนึ่งมักช้ำมากกว่าแอปเปิ้ลอีกลูกหนึ่ง บางครั้ง แอปเปิ้ลช้ำเพียงลูกเดียว และยากมากที่แอปเปิ้ลจะช้ำเท่ากันทั้งสองลูก ซึ่งเขาแนะนำว่า ความแตกต่างที่เกิดขึ้นเหล่านี้อาจเกิดจาก ความแปรผันของความแข็งจุดคราก ของผลไม้ (variation of fruit physical yield strength) ของแอปเปิ้ลในแต่ละผล มากกว่าที่จะเกิดจากค่าความไวของการช้ำ(Bruise susceptibility) พลังงานกระแทกกับพื้นที่สัมผัสมีความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรง และปริมาตรช้ำของแอปเปิ้ลสองผลมีความสัมพันธ์กับพลังงานดูดกลืน(Absorbed Energy) แบบเป็นเส้นตรง สอดคล้องกับ บัณฑิต และคณะ (2543) ซึ่งรายงานว่า ปริมาตรช้ำ เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วน โดยตรงกับพลังงานกระแทก และพลังงานดูดกลืน การทดสอบการกระแทกโดยวิธีนี้ มีข้อดีคือมีการกระแทกเพียงด้านเดียว โดยไม่มีการกระจายแรงไปที่อื่นและการทดสอบวิธีนี้คล้ายการจำลองการตกหล่นของผลไม้ในระหว่างขั้นตอนการเก็บเกี่ยว แต่มีข้อเสีย คือไม่สามารถกำหนดระดับ พลังงานกระแทกที่แน่นอนได้ เนื่องจากน้ำหนักของผลไม้ที่นำมาทดสอบไม่เท่ากัน ดังแสดงในภาพที่ 2.5

ส
bA1.a2
M211n
2550
c.2



ภาพที่ 2.5 แสดงการชำเสียโดยการกระแทกกันเองของแอปเปิ้ลสองผล
ที่มา: Pang et al. (1992)

วิธีที่ 4 ได้แก่ Compound pendulum ลักษณะตรงกันข้ามกับ Simple pendulum คือ วางผลไม้อยู่กับที่ ปล่อยวัตถุที่มีลักษณะคล้ายคานแข็งไปกระแทกเข้ากับผลไม้ ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ คล้ายกับการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา Jindal and Mohsenin (1976) และ Mohsenin (1986) ได้เสนอวิธีการทดสอบ Dynamic hardness test ที่ใช้หลักการของ Simple Pendulum ชุดทดสอบประกอบด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า (Electric magnet) และ แขนยึด, สเกลวัดค่าความสูงของลูกตุ้ม, ลูกบอลเหล็ก และเชือกแข็ง (Heavy thread) และแท่นวางผลไม้ ดังแสดงในภาพที่ 2.6

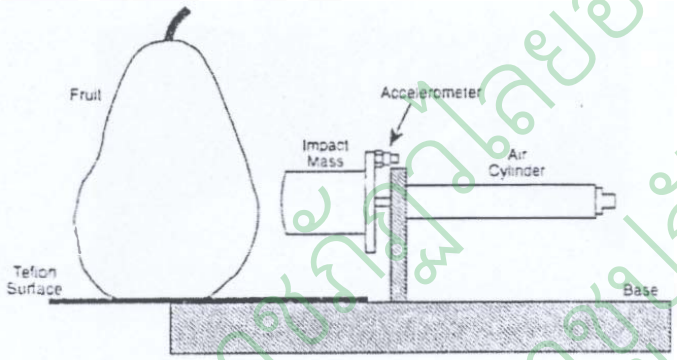


ภาพที่ 2.6 แสดงการทดสอบโดยใช้ Compound Pendulum
ที่มา: Mohsenin (1986)

ใช้ลูกบอลเหล็กขนาด ½ นิ้ว เป็นตัวกระแทก (Pendulum) และแม่เหล็กไฟฟ้ายึดลูกบอลเหล็กไว้ จากนั้นปรับองศาการกระแทกตามต้องการ เมื่อพร้อมแล้วตัดสัญญาณที่แม่เหล็กไฟฟ้า จะทำให้ลูกบอลเหล็กกระแทกเข้าสู่ผลไม้ การทดสอบการกระแทกโดยวิธีนี้มีข้อดีคือ บริเวณที่โดนกระแทกมีตำแหน่งที่

แน่นอน, กำหนดระดับพลังงานกระแทกได้อย่างแม่นยำ และการหาค่าพลังงานดูดกลืนทำได้ง่าย แต่มีข้อเสีย คือ เป็นการกระแทกสองด้าน ดังนั้นจึงมีการกระจายแรงไปที่อื่นด้วย

วิธีที่ 5 คือ Impact Ram ทำงานโดยวางผลไม้อยู่กับที่ ใช้ Ram จากสปริง หรือนิวแมติกส์ หรือ อิเลคโทรนิคส์ก็ได้ กระแทกกับผลไม้ การทดสอบการกระแทกโดยวิธีนี้มีข้อดีคือ สะดวก ในการทดสอบ บริเวณที่โดนกระแทกมีตำแหน่งที่แน่นอน, แต่มีข้อเสียคือ เป็นการกระแทกสองด้าน ดังนั้นจึงมีการกระจาย แรงไปที่อื่นด้วย นอกจากนี้แล้ว การกำหนดระดับพลังงานกระแทกยังต้องนำผลจากความฝืด (Friction) ของ ชุด Impact Ram มาคำนวณด้วย Delwiche et al. (1996) ได้ใช้หลักการของ Impact Ram ในการหาค่าความ แน่นเนื้อของผลแพร์ ดังแสดงในภาพที่ 2.7

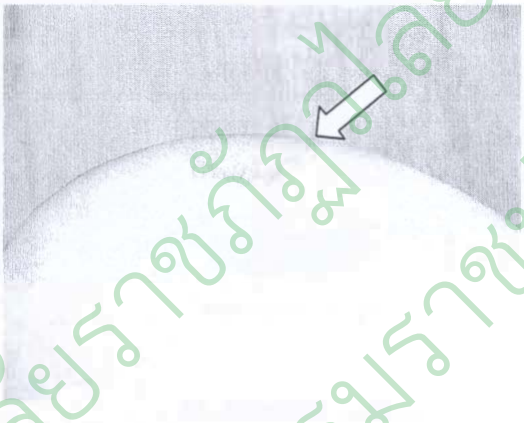


ภาพที่ 2.7 แสดงการทดสอบโดยใช้ Impact ram
ที่มา: Delwiche et al. (1996)

วิธีที่ 6 คือ Ballistic Pendulum ทำงานโดย ปล่อยลูกตุ้มที่มุมตกกระทบใด ๆ ให้กระแทกเข้ากับ ผลไม้ โดยลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มคล้ายกับการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มนาฬิกา เมื่อลูกตุ้มกระแทกเข้ากับ ผลไม้แล้ว ลูกตุ้มจะสะท้อนกลับมาด้วยมุมสะท้อนหนึ่งๆ นำค่ามุมตกกระทบ, มุมสะท้อน และรอยช้ำของ ผลไม้ มาวิเคราะห์ผล หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรเนื้อช้ำ (Bruise Volume) กับพลังงานกระแทก (Impact Energy) และพลังงานดูดกลืน (Absorbed Energy) Jarimopas (1984) ได้ใช้ Ballistic Pendulum ใน ทดสอบกระแทกผลแอปเปิ้ล โดยได้ใช้ Force transducer ร่วมด้วย ทำให้มีความแม่นยำในการวัดค่าพลังงาน แต่มีข้อเสีย คืออุปกรณ์มีราคาแพง

ความช้ำ (Bruising) หรือการเกิดรอยช้ำ เกิดจากการที่เนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ระเบิดแตกออกไป จนน้ำในเซลล์ไหลออกมา เกิดการออกซิไดเซชันกับอากาศ เห็นเป็นรอยสีน้ำตาล (Jarimopas, 1984) ความ เสียหายของผลแอปเปิ้ลส่วนใหญ่จะปรากฏในรูปของการช้ำ (Bollen et al., 1999) การเสียหายจากการช้ำ เป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียคุณภาพในการจำหน่ายผลแอปเปิ้ลสด และการช้ำส่วนใหญ่เกิดเป็นผลจาก การกระแทก (Garcia, 1995)

จุดเริ่มเกิดรอยช้ำ (Bruise Threshold) คือ ความสูงของตัวอย่างทดสอบที่ปล่อยตกลงสู่พื้นผิวแข็งจนตัวอย่างทดสอบนั้นเกิดความเสียหาย (Bajema and Hyde, 1998) หรือ พลังงานกระแทกที่มากเพียงพอที่ทำให้รอยช้ำปรากฏโดยมีความน่าจะเป็น (Probability) หรือความเป็นไปได้ของการเกิดการช้ำเท่ากับ 1 (Schulte et al. 1992) การหาค่าจุดเริ่มเกิดรอยช้ำของกลุ่มตัวอย่างทดสอบทั้งหมด (ไม่ได้หาเฉพาะผลใดผลหนึ่ง) เรียกว่า การหาจุดเริ่มเกิดรอยช้ำแบบ Statistical Threshold ทำโดยการปล่อยตัวอย่างทดลองจำนวนเท่าๆ ที่หลายๆ ระดับความสูง (เช่น ปล่อยแอปเปิ้ล 10 ผลต่อระดับความสูงที่ทำการทดสอบ, 10 ระดับความสูง) จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นของการช้ำ ที่ทุกๆ ระดับความสูง (Schulte et al., 1992; Mathew and Hyde, 1997) แสดงลักษณะการเริ่มเกิดรอยช้ำในผลแอปเปิ้ลเป็นสีน้ำตาลคล้ายใบไถ หงายเข้าหาบริเวณผิวสัมผัส (บัณฑิต, 2549) ดังแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แสดงลักษณะรอยช้ำของผลแอปเปิ้ล ณ จุดเริ่มเกิดรอยช้ำ
ที่มา: บัณฑิต (2549)

ความช้ำมักถูกประเมินให้อยู่ในรูปของปริมาตรช้ำ (Bruise Volume, V_B) (Holt and Schoorl, 1977) Bollen et al. (1999) ได้เปรียบเทียบวิธีการวัดปริมาตรช้ำแบบต่างๆ 5 วิธีด้วยกันคือ

1.) Bruise thickness method

2.) Full Depth method (ภาพที่ 2.9ข.)

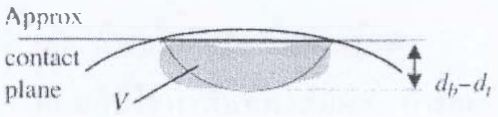
3.) Enclosed volume method

4.) Unbruise volume removed method

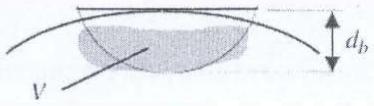
5.) Ellipsoid method

โดยใช้ วิธีการทดสอบของ Mohsenin, (1986) ซึ่งเขาได้แนะนำวิธีที่เหมาะสมดังนี้คือ ที่พลังงานกระแทกที่ระยะปล่อยตกน้อยกว่า 100 มิลลิเมตร วิธี Enclosed volume method มีความเหมาะสมที่สุด และที่พลังงานกระแทกที่ระยะปล่อยตกมากกว่า 100 มิลลิเมตร วิธี Bruise thickness method มีความเหมาะสมที่สุด

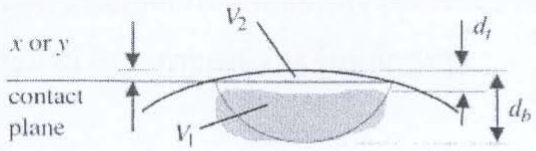
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์



(ก) Bruise thickness method

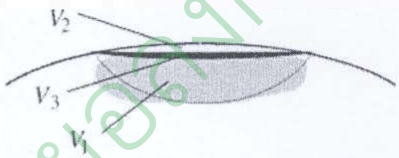


(ข) Full Depth method

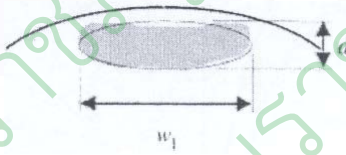


$V = V_1 + V_2$

(ค)Enclosed volume method



(ง) Unbruise volume removed method



(จ) Ellipsoid method

ภาพที่ 2.9 แสดงการเปรียบเทียบวิธีการวัดปริมาตรช้ำ
ที่ม : Bollen et al. (1999)

ความเค้นสัมผัส (Contact Stress)

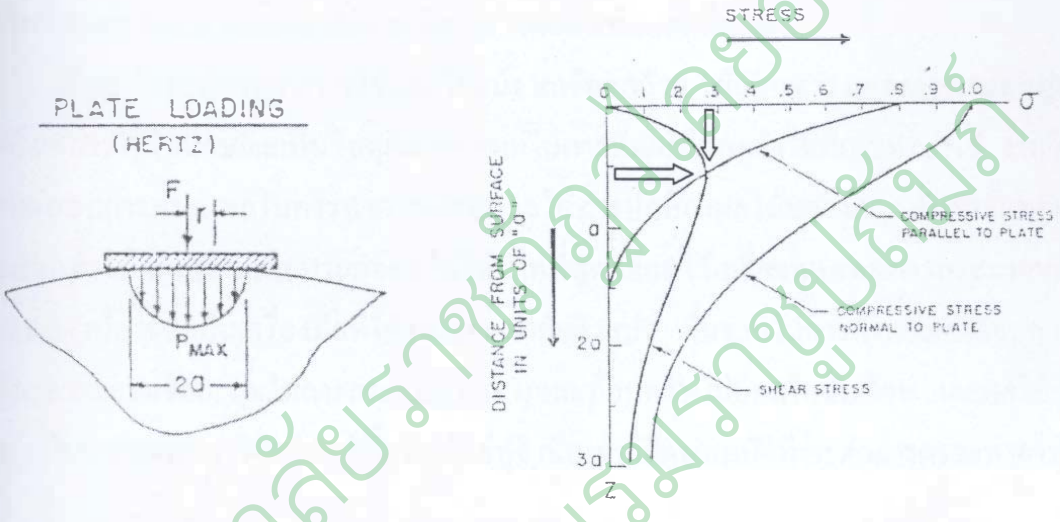
เมื่อวัสดุแข็งที่มีผิวโค้ง สองชิ้นเกิดการสัมผัสกัน จะเกิดจุดสัมผัสขึ้นจุดหนึ่ง ซึ่งจุดที่สัมผัสกันนี้เป็นพื้นที่ที่น้อยมาก ดังนี้ความเค้นจะเกิดสูงสุดที่จุดนี้ แต่ในความเป็นจริงวัสดุไม่ใช่วัสดุแข็ง ดังนั้นในขณะที่วัสดุสัมผัสกันจะเกิดการยุบตัวรอบๆ จุดสัมผัส และเกิดพื้นที่ผิวสัมผัสขึ้น ความเค้นที่เกิดขึ้นบนผิวสัมผัสนี้เรียกว่า "ความเค้นสัมผัส" ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของ Hertz, Kosma and Cunningham (1962) ได้เสนอทฤษฎีความเค้นสัมผัสของวัสดุยืดหยุ่น โดยมีสมมุติฐาน ดังนี้

1. วัสดุเป็นเนื้อเดียวกันทั้งชิ้น (Homogeneous)
2. แรงที่กระทำเป็นแรงสถิต
3. อยู่ภายใต้กฎของฮุค (Hook's Law)
4. รัศมีความโค้งของวัสดุที่ม สัมผัสกันมีค่ามากกว่ารัศมีของจุดสัมผัสม ก

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

5. ความเค้นสัมผัสมีค่าเท่ากับศูนย์ ที่ผิววัสดุด้านตรงข้ามของจุดสัมผัส
6. ผิวที่สัมผัสกันเป็นผิวเรียบ

ทฤษฎีนี้ใช้หาพื้นที่ผิวสัมผัส, การยุบตัวของผิวสัมผัส และความเค้นที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัส เป็นการอธิบายการกระจายความเค้นของวัสดุทรงกลมยืดหยุ่น ลึกลงไปใต้พื้นผิวสัมผัส ภายใต้การกดจากแผ่นเรียบ (Flat plate) โดยความเค้นหลักที่เกิดขึ้น คือความเค้นอัดตัวสูงสุด (Normal Compressive stress) ซึ่งเกิดขึ้น ณ จุดกึ่งกลางของหน้าสัมผัสที่แรงกระทำโดยความเค้นหลักนี้จะค่อย ๆ ลดลงตามระยะความลึก (Z) จากผิวสัมผัส และเกิดความเค้นเฉือนสูงสุดที่ระยะประมาณ 0.5a ตามความลึก Z จากผิวสัมผัส (ลูกศรชี้) โดยมีค่าประมาณ 0.27 เท่าของความเค้นหลักสูงสุด



(ก) การกดจากแผ่นเรียบ (ข) การกระจายความเค้นตามความลึก

ภาพที่ 2.10 การกระจายความเค้นของวัสดุทรงกลมยืดหยุ่น ลึกลงไปใต้พื้นผิวสัมผัส
ที่มา: Mohsenin (1986)

นักวิจัยหลายท่าน ได้ศึกษาถึงลักษณะทางกายภาพ และเชิงกลของผลไม้ เมื่อเกิดการกระแทก และพบว่าการช้ำของผลไม้ (Bruising) มีความสัมพันธ์แบบเป็นเส้นตรง กับพลังงานกระแทก (Impact Energy) (Chen and Sun, 1981; Jarimopas, 1984; Pang et al., 1992; Schoorl and Holt, 1980) Schoorl and Holt (1980) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรช้ำและพลังงาน โดยได้นิยามความลาดเอียงของกราฟปริมาตรช้ำ และพลังงาน ว่าเป็นความต้านทานการช้ำ (Bruise Resistance) ของวัสดุ

นักวิจัยจำนวนหนึ่งได้ศึกษาความสามารถของวัสดุกันกระแทก ในการป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผลไม้ (บัณฑิต และคณะ 2543, 2546, 2547; Chonhenchob and Singh, 2003; Chonhenchob and Singh, 2004) เขาเหล่านั้นพบว่าวัสดุกันกระแทก สามารถลดความช้ำเสียหายของผลไม้ได้ บัณฑิต และคณะ (2543) ได้ศึกษาความสามารถของตาข่ายโฟม เมื่อถูกใช้ห่อหุ้มผลไม้ที่ถูกกระทำด้วยภาระกระแทกจาก Ballistic

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ในพระบรมราชูปถัมภ์

Pendulum ต่อผลแอปเปิ้ล และผลฝรั่งโดยเปรียบเทียบระหว่างผลไม้ที่ห่อหุ้ม และไม่ได้ห่อหุ้มด้วยตาข่ายโฟม พบว่า ตาข่ายโฟมสามารถลดความช้ำเสียหายจากการกระแทก ในแอปเปิ้ลเป็นปริมาณ 50% และในฝรั่งสามารถลดความช้ำเสียหายจากการกระแทกเป็นปริมาณ 72% สอดคล้องกับ Chonhenchob and Singh (2003) ที่รายงานว่า การใช้ตาข่ายโฟมห่อหุ้มผลไม้สามารถลดการช้ำของผลไม้ได้ และ Chonhenchob and Singh (2004) รายงานว่า โดยทั่วไปแล้ว วัสดุกันกระแทกสามารถลดความช้ำของมะม่วงอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Schoorl and Holt (1977) รายงานว่า bruise susceptibility จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษามากขึ้น สอดคล้องกับ Chonhenchob and Singh (2004) รายงานว่า ปริมาตรช้ำเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บ Chonhenchob and Singh (2003) รายงานว่า ระยะสุกแก่ (Maturity stage) มากขึ้น ปริมาตรช้ำจะเพิ่มขึ้น และ bruise susceptibility จะมีความไวต่อตัวกระแทกที่เบากว่า

ถึงแม้ว่า จะมีการพบการใช้ประโยชน์จากเชือกกล้วย, ผักตบชวา และกระดาษลูกฟูก เป็นบรรจุภัณฑ์ แต่การใช้ในลักษณะเป็นวัสดุกันกระแทกในการห่อผลไม้สดยังไม่มีการนำมาใช้ งานวิจัยนี้เลือกใช้การทดสอบการกระแทกในการหาความสามารถในการปกป้องผลไม้ของวัสดุกันกระแทกเนื่องจากการกระแทกทำให้เกิดความเสียหายต่อผลไม้ได้มากที่สุด เลือกใช้เครื่องทดสอบการกระแทกแบบ Ballistic Pendulum เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้งานง่าย อาศัยตัวแปร พื้นฐานในการคำนวณค่าต่าง ๆ เช่น มวลของลูกตุ้ม, ความยาวเชือก, มุมในการกระแทก และ มุมสะท้อนกลับไม่มีกลไกซับซ้อน และผลไม้ที่เลือกมาเป็นตัวอย่างในการทดสอบ ได้แก่แอปเปิ้ลจีนพันธ์ฟูจิ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ง่ายต่อการตรวจหาการช้ำ

อิทธิพลของการออกแบบ

เมื่อคิดถึงสินค้า สิ่งหนึ่งที่เราจะต้องคิดถึงควบคู่ไปกับคุณสมบัติใช้สอยของสินค้าก็คือ บรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้เพราะบรรจุภัณฑ์เป็นส่วนหนึ่งของสินค้า ที่ผู้บริโภคได้พบเห็นทุกครั้ง เมื่อซื้อสินค้าและจะอยู่กับสินค้าไปตลอดอายุการใช้งาน บรรจุภัณฑ์ โดยความหมายทั่วไป ก็คือ สิ่งที่บรรจุหรือห่อหุ้มสินค้า หรืออาจจะมีความหมายรวมไปถึง กิจกรรมทุกอย่างที่เกี่ยวข้องในการออกแบบและการผลิตภาชนะสำหรับใช้บรรจุสินค้า (Keller, 1998; Kotler, 2003) ในมุมมองของทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค บรรจุภัณฑ์ ก็คือสินค้า (Package is the product) ทั้งนี้เพราะบรรจุภัณฑ์เป็นส่วนประกอบที่จำเป็นของสินค้า โดยทำหน้าที่เป็นภาชนะสำหรับบรรจุสินค้าที่อยู่ภายใน โดยเฉพาะในกรณีของสินค้าอุปโภคบริโภคที่ใช้ในชีวิตประจำวัน อันได้แก่ สบู่ ยาสีฟัน ผงซักฟอก อาหาร และเครื่องดื่ม เป็นต้น

นอกเหนือจากหน้าที่หลักในการปกป้องสินค้าให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์แล้ว บรรจุภัณฑ์ยังมีบทบาทหน้าที่ในด้านการสื่อสารการตลาดในฐานะของสื่อ (Media) ที่ทำหน้าที่สื่อสารตราสินค้าไปยังผู้บริโภค บทบาทหน้าที่ในการสื่อสารทำให้บรรจุภัณฑ์มีความสำคัญทางด้านการตลาด ทำให้ในปัจจุบัน บรรจุภัณฑ์ได้กลายมาเป็นองค์ประกอบทางการตลาดที่สำคัญอย่างหนึ่ง ความสำคัญของบรรจุภัณฑ์ในด้านการตลาดทำให้มีการกล่าวถึงบรรจุภัณฑ์ว่า เป็น P ตัวที่ 5 ในส่วนผสมทางการตลาด (Marketing mix) เพิ่มเติมจาก

ผลิตภัณฑ์ (Product), ราคา (Price), สถานที่จัดจำหน่าย (Place), และการส่งเสริมการตลาด (Promotion) (Nickels & Jolson, 1976) ทั้งนี้บทบาทของบรรจุภัณฑ์ในด้านการสื่อสารการตลาดนี้เกิดขึ้นจากการขยายตัวของร้านค้าที่ตั้งอยู่บนแนวคิดพื้นฐานของการบริการดนเอง อันเป็นที่มาของพฤติกรรมการซื้อสินค้าในซูเปอร์มาร์เก็ตและร้านค้าขนาดใหญ่ในปัจจุบัน (Modern trade) แนวคิดนี้ได้ส่งผลให้การตัดสินใจซื้อ ณ จุดขายของผู้บริโภคมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น (Kotler, 2003) บรรจุภัณฑ์จึงทำหน้าที่เป็นเสมือนสื่อการตลาดในห้าวินาทีสุดท้าย (Last five seconds of marketing) เพื่อชักจูงใจให้ผู้บริโภคซื้อสินค้า

ณ จุดขายสินค้า ซึ่งเปรียบเสมือนสนามประลองที่สินค้านับร้อยนับพันชิ้นต้องแข่งขันกันเรียกร้องความสนใจจากผู้บริโภค ทำให้บรรจุภัณฑ์มีบทบาทในการสื่อสารตราสินค้าภายในร้านค้า ที่สำคัญก็คือ การดึงดูดความสนใจ และชักจูงใจให้ลูกค้าเกิดการทดลองซื้อสินค้า หรือเปลี่ยนใจจากตราสินค้าที่ใช้อยู่ประจำ ดังนั้น บรรจุภัณฑ์จึงมีหน้าที่ต้องแข่งขันกันดึงความสนใจของผู้บริโภคมายังตราสินค้า เพื่อให้ผู้บริโภคเลือกซื้อสินค้า โดยองค์ประกอบต่าง ๆ ของ บรรจุภัณฑ์ ไม่ว่าจะเป็นขนาด รูปร่าง วัสดุที่ใช้ ล้วนแล้วแต่เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงความโดดเด่น คุณภาพ และบุคลิกภาพตราสินค้า (Keller, 1998) ด้วยเหตุนี้ แนวคิดทางการตลาดแบบใหม่ในปัจจุบันจึงมองว่า บทบาทหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ไม่ได้เป็นเพียงภาชนะสำหรับบรรจุและปกป้องสินค้า หรือแม้แต่เป็นพนักงานขายบนชั้นวางสินค้าที่คอยให้รายละเอียดสินค้าเพียงอย่างเดียวเท่านั้นอีกแล้ว (Silent salesman) หากแต่ยังต้องทำหน้าที่ส่งเสริมตราสินค้าผ่านทางองค์ประกอบด้านต่าง ๆ ของบรรจุภัณฑ์อีกด้วย (สัญญพงศ์ สุวรรณสิทธิ์ และภานุมาศ ทองธนากุล, 2546)

ในบริบทของการสื่อสารตราสินค้า บ่อยครั้งที่บรรจุภัณฑ์เป็นหนึ่งในหลาย ๆ ปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้ในการเชื่อมโยงตราสินค้า (Brand associations) ตัวอย่างเช่น เมื่อผู้บริโภคคิดถึงสินค้าก็จะคิดถึงรูปร่างลักษณะ และสีของ บรรจุภัณฑ์ของสินค้านั้น ๆ ได้ด้วย เห็นตัวอย่างได้จากตราสินค้าที่มีชื่อเสียงโด่งดัง เช่น Coca-Cola, Toblerone, และ Heineken ซึ่งผู้บริโภคสามารถคิดถึงบรรจุภัณฑ์ที่มีรูปทรงและสีสันที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวได้ทันทีเมื่อนึกถึงตราสินค้า เป็นต้น ดังนั้นบรรจุภัณฑ์จึงเป็นวิธีสำคัญวิธีหนึ่งที่นักการตลาดสามารถใช้ในการสร้างการระลึกถึงตราสินค้า (Brand recognition) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Keller, 1998) นอกจากนี้แล้ว บรรจุภัณฑ์ยังทำหน้าที่สื่อสารตราสินค้าผ่านทางการสื่อสารคุณภาพของสินค้าที่บรรจุภายใน โดยบรรจุภัณฑ์สามารถมีอิทธิพลต่อการรับรู้คุณภาพของสินค้า โดยทำหน้าที่เป็นเครื่องบ่งชี้ (Cue) ที่ผู้บริโภคใช้ในการประเมินคุณภาพของสินค้าที่บรรจุอยู่ภายใน

งานวิจัยของ McDaniel และ Baker (1977) ซึ่งได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับคุณภาพที่ถูกรับรู้ (Perceived quality) ผ่านทางบรรจุภัณฑ์โดยได้ทำการทดลองให้ผู้บริโภคชิมรสและประเมินคุณภาพของมันฝรั่งทอดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ถุงกระดาษเคลือบมัน (Wax-coated paper bags) ซึ่งสามารถฉีกเปิดได้ง่าย และถุงโพลีไวนิล (Polyvinyl bags) ซึ่งฉีกเปิดได้ยาก แสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคมีการรับรู้คุณภาพของสินค้าผ่านทางบรรจุภัณฑ์ โดยผู้บริโภคมีการรับรู้ว่าถุงโพลีไวนิล ซึ่งเปิดได้ยากสามารถรักษาคุณภาพและรสชาติของมันฝรั่งได้ดีกว่าถุงกระดาษเคลือบมันซึ่งเปิดได้ง่ายกว่า ดังนั้น ผู้บริโภคจึงมีการรับรู้ว่า บรรจุ

ภัณฑ์ที่ปิดสนิทเป็นเครื่องบ่งชี้ที่แสดงถึงคุณภาพของสินค้าได้อย่างหนึ่ง ทั้งนี้ ผู้บริโภคยินยอมที่จะเสียสละความไม่สะดวกในการเปิดถุง เพื่อแลกกับการได้สินค้าที่มีคุณภาพ

นอกจากนี้ ผู้บริโภคยังใช้บรรจุภัณฑ์เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงคุณภาพของร้านค้า เห็นได้จากงานวิจัยของ Richardson และ Dick (1994) ซึ่งทำการศึกษาเรื่องการใช้เครื่องบ่งชี้ในการรับรู้คุณภาพของตราสินค้าระหว่างตราสินค้าที่เป็นที่รู้จักในคนหมู่มาก (National brand) และตราสินค้าของร้านค้าปลีก (Private label brand หรือ Store brand) ซึ่งไม่ค่อยเป็นที่รู้จัก โดยผลการศึกษาพบว่า ผู้บริโภคมีการรับรู้ว่าตราสินค้าของร้านค้าปลีกมีคุณภาพด้อยกว่าตราสินค้าที่เป็นที่รู้จัก (National brand) เนื่องจากตราสินค้าของร้านค้าปลีกมักจะใช้บรรจุภัณฑ์ที่ดูมีราคาถูกและไม่มีการโฆษณาประชาสัมพันธ์เพื่อสร้างภาพลักษณ์ตราสินค้าอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังมักจะใช้จุดขายด้านราคาถูกเป็นหลัก ทำให้ผู้บริโภคเกิดการรับรู้ว่าตราสินค้าของร้านค้าปลีกไม่มีคุณภาพทั้ง ๆ ที่ในความเป็นจริงแล้ว สินค้าของตราสินค้าของร้านค้าปลีกก็มีส่วนผสมที่มีคุณภาพไม่ด้อยไปกว่าสินค้าของตราสินค้าที่เป็นที่รู้จัก (National brand)

จากบทบาทหน้าที่ในการสื่อสารตราสินค้าดังกล่าว ทำให้ นักการตลาดในปัจจุบันให้ความสำคัญกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อให้มีประสิทธิผลในการดึงดูดความสนใจ โดยบรรจุภัณฑ์ที่มีรูปทรงเฉพาะตัว หรือมีสีสัน หรือภาพประกอบที่สวยงามสะดุดตาจะเพิ่มความน่าสนใจให้กับสินค้า ทำให้ผู้บริโภคมีความสนใจในสินค้า และในขณะเดียวกันการออกแบบบรรจุภัณฑ์ก็ต้องสื่อถึงคุณภาพ และสะท้อนให้เห็นถึงเอกลักษณ์ของตราสินค้า ซึ่งจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้บริโภคสร้างทัศนคติในทางบวกต่อสินค้า และตัดสินใจซื้อสินค้าในที่สุด

ตัวอย่างของการใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีการออกแบบมาอย่างสวยงามลงตัวเป็นกลยุทธ์ในการทำตลาดเห็นได้จากกรณีของ S&P ซึ่งเป็นตราสินค้าเบเกอรี่ที่ได้รับความนิยมอย่างสูง เพราะมีบรรจุภัณฑ์ที่โดดเด่นแตกต่างจากตราสินค้าเบเกอรี่อื่น ๆ โดย S&P ได้ให้ความสำคัญกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์เป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 10 ของราคาสินค้า และมีการออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้สอดคล้องเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายของสินค้า เช่น บรรจุภัณฑ์ลายดอกไม้สีสันอ่อนหวานเหมาะสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่เป็นผู้หญิง ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลักที่ซื้อสินค้าเบเกอรี่ และบรรจุภัณฑ์ที่มีกราฟฟิกสนุกสนาน เช่น ลายการ์ตูน และบรรจุภัณฑ์ที่สามารถนำมาต่อกันเป็นจิ๊กซอว์ (Jigzaw) สำหรับกลุ่มเป้าหมายเด็ก รวมถึงการออกแบบบรรจุภัณฑ์หลาย ๆ ขนาด สำหรับผู้บริโภคที่มีความต้องการแตกต่างกันด้วย โดยบรรจุภัณฑ์ได้กลายเป็นจุดขายที่สำคัญของ S&P ไปในที่สุด ("S&P: Value added...," 2546)

นอกจากนี้แล้ว ความสำคัญของการใช้บรรจุภัณฑ์เป็นเครื่องมือในการสื่อสารตราสินค้ายังเห็นได้ชัดเจนจากการที่ภาครัฐมุ่งส่งเสริมให้ผู้ประกอบธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMEs) รวมถึงผู้ผลิตท้องถิ่นในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (One Tambon, One Product-OTOP) ใช้บรรจุภัณฑ์เป็นกลยุทธ์ในการสร้างความแตกต่างให้กับตราสินค้า และสร้างมูลค่าเพิ่มของสินค้า เนื่องจากการใช้บรรจุภัณฑ์ที่สวยงามและมีคุณค่าจะมีส่วนสำคัญในการเพิ่มยอดจำหน่ายสินค้าและแสดงถึงความมีคุณภาพของสินค้า ซึ่งจะส่งผลให้สามารถตั้งราคาขายสินค้าได้สูงขึ้น โดยภาครัฐได้สนับสนุนให้มีการประกวดการออกแบบบรรจุ

ภัณฑ์สำหรับสินค้า OTOP เพื่อเปิดโอกาสให้นักออกแบบเข้าไปมีส่วนช่วยพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อยกระดับสินค้า OTOP ของไทยให้สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ ("สมคิด" ดึงนักออกแบบบรรจุภัณฑ์...," 2546)

เมื่อเล็งเห็นถึงความสำคัญของบรรจุภัณฑ์ในการสื่อสาร และสร้างคุณค่าตราสินค้า ในการตลาดปัจจุบัน งานวิจัยในครั้งนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อศึกษาประสิทธิผลของการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคในขั้นตอนด้านความคิด (Cognition), ความรู้สึก (Affect), และพฤติกรรม (Conation) โดยแบ่งออกเป็นประสิทธิผลด้านการสื่อสารคุณสมบัติของตราสินค้า (Brand beliefs), การสร้างทัศนคติต่อตราสินค้า (Brand attitude) ทั้งนี้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ทั้งในทางวิชาการ และการสื่อสารการตลาด

มาตรฐานและทดสอบบรรจุภัณฑ์สำหรับการขนส่ง

มาตรฐาน ASTM D4169-93 ในมาตรฐานนี้ เป็นการทดสอบเป็นลำดับในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการทดสอบบรรจุภัณฑ์ต้นแบบจะเรียงลำดับดังนี้

- การทดสอบลักษณะสภาพอากาศที่อาจเป็นอันตรายต่อการกระจายสินค้า
  (Climate hazards characteristic of the anticipated distribution route)
  - การทดสอบการตกเพื่อที่จะจำลองความผิดพลาดระหว่างการลำเลียงสินค้าขึ้นรถบรรทุก
    (Drop test to simulate mishandling during loading onto a truck)
  - การทดสอบการกด เพื่อที่จะจำลองการวางซ้อนกันบนรถ
    (Compression tests to simulate stacking on the vehicle)
  - การทดสอบการสั่นสะเทือน เพื่อที่จะจำลองการวางซ้อนในรถ
    (Vibration tests to simulate stacking on the vehicle)
    การทดสอบการสั่นสะเทือน เพื่อจำลองการขนส่ง(Vibration tests to simulate transportation)
  - การทดสอบการตกกระแทกเพิ่มเติมเพื่อที่จะจำลองสถานการณ์ตอนขนลง
    (Additional drop test to simulate off-loading)
  - การทดสอบการกดเพิ่มเติม เพื่อที่จะจำลองการวางซ้อนกันในโกดังเก็บสินค้า
    (Additional compression test to simulate warehouse stacking)

อันตรายจากสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง/การกระจายสินค้า

แรงกด (Compression)

บรรจุภัณฑ์จะต้องถูกออกแบบให้สามารถป้องกันสินค้าจากแรงกด ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่งได้ ตัวอย่างเช่น กล่องที่ถูกวางอยู่ชั้นล่างสุดในการวางซ้อนกันบนท้ายรถบรรทุก หรือในคลังสินค้า อาจได้รับแรงกดทับหลายเท่าเมื่อเทียบกับน้ำหนักของตัวเอง นอกจากนั้นในกรณีการขนส่งโดยรถบรรทุก แรงกดนี้เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา และจะมีแรงกดมากที่สุดเมื่อสภาพถนนไม่ดี เช่น ถนน

เป็นหลุมเป็นบ่อ ในส่วนของการเก็บสินค้าในโกดัง หรือคลังสินค้านั้นแรงกดที่กระทำต่อผลิตภัณฑ์ค่อนข้างคงที่ อย่างไรก็ดีสภาวะอากาศ ณ บริเวณที่เก็บสินค้าและระยะเวลาในการเก็บรักษา จะเป็นตัวแปรที่มีผลต่อความแข็งแรงของกล่องกระดาษ ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกนำมาใช้พิจารณาในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ด้วย

การกดทับหรือแรงกด หมายถึง การกัดกร่อน (Corrosion) สนิมเป็นรูปแบบของการกัดกร่อนอย่างหนึ่งที่ต้องการปัจจัย 3 อย่างจึงจะเกิดขึ้นได้ คือ ออกซิเจน (อากาศ) น้ำ และความไวของวัสดุนั้น ๆ ในกรณีของกรดที่มีอยู่ในอาหารบางชนิดจะมีความสามารถกัดกร่อนวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ได้มีการปกป้องการเคลือบ (coating) ภายในกระป๋องจะช่วยป้องกันปัญหานี้

การพิจารณาในการออกแบบ (Design Considerations)

ASTM D6198-97 Standard guide for transport packaging design เป็นมาตรฐานที่แนะนำการออกแบบเพื่อการขนส่ง มีรายการที่จะต้องพิจารณา ซึ่งมีผลต่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งโดยรถยนต์และรถไฟ มีขั้นตอนที่แนะนำอยู่ 10 ขั้นตอน ในมาตรฐานการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับการขนส่งแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจำแนกลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ (Identify Physical Characteristics of the Product) นอกจากการชั่งน้ำหนัก และวัดขนาดแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ shelf life (เวลา) สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็นวัตถุอันตราย "Hazardous Material" ต้องมีการใช้บรรจุภัณฑ์เฉพาะ

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดความต้องการของตลาดและการกระจายสินค้า (Determine Marketing and Distribution Requirements) จำนวนของสินค้าที่จะบรรจุในภาชนะบรรจุ ความต้องการในการขนถ่ายและการเก็บสินค้าสำหรับผู้บริโภค ปริมาณการส่งสินค้าต่อวัน ต่อเดือน หรือต่อปี วงจรชีวิตที่ต้องการ (desired life cycle) การกำจัดบรรจุภัณฑ์ วิธีการขนส่ง กฎหมายภายในและต่างประเทศ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 3 การพิจารณาทางเลือกที่มีอยู่ทั้งหมด (Consider All Available Alternatives)การประเมินถึงข้อดีข้อเสีย เช่น

- บรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยเปรียบเทียบกับการบรรจุเป็นกลุ่ม
- วัสดุที่ทำจากกระดาษ เทียบกับ พลาสติก ไม้ โลหะ
- การผลิตเอง กับการซื้อมา

รวมถึงการพิจารณาต้นทุนโดยรวม ไม่เพียงคิดเฉพาะค่าวัสดุ แต่ยังรวมถึง ค่าแรงเงินทุน ค่าโสหุ้ย ค่าการจัดการ ค่าระวาง และความเสียหายที่เกิดขึ้นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบขั้นสุดท้าย คือ สมรรถภาพ (performance) ต้นทุนรวม และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยหน่วยงาน The U.S.EPA แนะนำให้พิจารณาถึงการลด (reduce) การใช้ซ้ำ (reuse) และหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (recycle)

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี ในพระบรมราชูปถัมภ์

ขั้นตอนที่ 4 การออกแบบบรรจุภัณฑ์ (Design the Package) หลังจากที่เลือกชนิดของวัสดุ การออกแบบในแต่ละองค์ประกอบของบรรจุภัณฑ์จะพิจารณาจากข้อมูลทางเทคนิคที่ได้จากผู้จัดหา (Supplier) เช่น ความต้องการ cushion curve สำหรับออกแบบวัสดุกันกระแทก ความต้องการในการขนส่งสินค้าต้องเป็นไปตามกฎหมายในการส่งสินค้า เช่น rule 41 หรือ Item 222 หรือจากประสบการณ์ที่ได้จากผลิตภัณฑ์ที่คล้าย ๆ กัน ดังนั้นจึงมีการนำมาทดสอบสมรรถภาพ บรรจุภัณฑ์เดี่ยว ๆ เช่น การทดสอบการรับแรงกดของกล่องและการสั่นสะเทือนของผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะได้จำแนกปัญหาและนำไปปรับปรุงแบบให้เหมาะสม มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ ASTM D 642, 880, 999, 1083, 4003, 4728, 5276 และ 5487

ขั้นตอนที่ 5 การเลือกวิธีการปิดผนึกที่เหมาะสม (Select the Proper Closure) วิธีการปิดผนึก ได้แก่ การใช้เทป ลวดเย็บ กาว และสายรัด คำแนะนำสำหรับการพิจารณาการเลือกการปิดผนึกสามารถหาได้จากมาตรฐาน ASTM D 1974

ขั้นตอนที่ 6 การทดสอบสมรรถภาพของการออกแบบ (Performance Test the Design) ในทางปฏิบัติแล้วจะมีการทดสอบสมรรถภาพของบรรจุภัณฑ์ภายในห้องปฏิบัติการก่อนที่จะขนส่งจริง โดยจะจำลองอันตรายต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจริงในการขนส่งให้ใกล้เคียงมากที่สุด และประเมินความเหมาะสมของการออกแบบ มาตรฐานที่ใช้ ได้แก่ ASTM D4169, NMFC Rule 180, ISTA Pre- shipment Tests, ISO 4180, CFR 49 นอกจากนั้นการใช้เครื่องมือจะช่วยในการจำแนก safety factor ของบรรจุภัณฑ์ที่ถูกออกแบบ

ขั้นตอนที่ 7 การปรับปรุงแบบ (Redesign) ถ้าการออกแบบที่ทำไม่ผ่านการทดสอบสมรรถภาพไม่ว่าในส่วนใดก็ตาม ต้องมีการปรับปรุงแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่ หรือแก้จุดที่อ่อนแอของผลิตภัณฑ์ การที่จะให้บรรจุภัณฑ์สามารถปกป้องสินค้าได้ ในบางครั้งการเปลี่ยนแปลงแบบผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อยดีกว่า การเพิ่มปริมาณบรรจุภัณฑ์ เพราะสามารถลดต้นทุนได้มากกว่า

ขั้นตอนที่ 8 การพัฒนาวิธีการบรรจุ (Develop Packing Methods) ความง่ายและการประหยัดในการบรรจุ การปิด และการเปิด เป็นสิ่งที่ควรพิจารณาเสมอใน ขั้นตอนต่าง ๆ ที่ทำเสร็จแล้ว ทำให้ทราบถึงต้นทุนรวมทั้งหมด และประสิทธิภาพของการทำงาน บางครั้งต้องมีการเลือกระหว่างการออกแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่หรือการปรับปรุงวิธีการบรรจุ

ขั้นตอนที่ 9 การออกเอกสารที่เกี่ยวกับการดำเนินงานทั้งหมด (Document All Work) ความต้องการในแบบเอกสาร ผลการทดสอบ (test results) ข้อกำหนดรายละเอียด (specification) ภาพวาด (drawing) และวิธีการบรรจุ ในรูปแบบของบริษัท โดยที่แผนกจัดซื้อ แผนกผลิต และแผนกวิศวกร สามารถใช้เอกสารในการอ้างอิงได้ง่าย

ข้อสรุปแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

กล่าวโดยสรุป บทบาทของบรรจุภัณฑ์นอกจากการปกป้องสินค้าทั้งในช่วงระหว่างการจำหน่ายและการขนส่งเป็นหน้าที่หลักแล้ว บรรจุภัณฑ์ยังทำหน้าที่เป็นสื่อสำคัญในการนำเสนอ การสื่อสารตราสินค้าไปยังผู้บริโภค อีกทั้งยังเป็นสื่อที่มีค่าใช้จ่ายน้อย และสามารถใช้ร่วมกับการสื่อสารการตลาดแบบอื่น ๆ ได้อีกมาก รวมถึงเป็นสื่อการตลาดที่มีส่วนในการตัดสินใจซื้อในร้านค้า โดยการสร้างจุดดึงดูดความสนใจ และให้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการตัดสินใจเช่น ข้อมูลเกี่ยวกับสารอาหาร หรือสรรพคุณสินค้า อย่างเช่น “สินค้าปลอดคาเฟอีน” เผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับองค์กรและกิจกรรมการตลาดผ่านทางข้อความต่าง ๆ บนบรรจุภัณฑ์ เช่น “ผู้สนับสนุนอย่างเป็นทางการของกีฬาโอลิมปิก” หรือ “แจกฟรีของเล่นในกล่อง” และทำหน้าที่สื่อสารตราสินค้าต่อเนื่องไปภายหลังการซื้อสินค้าผ่านทางประสบการณ์การใช้สินค้า (Duncan, 2002)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ในพระบรมราชูปถัมภ์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษามิติและคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ผลแอบเปิ้ลในปัจจุบัน

การทดสอบคุณสมบัติของกระดาษลูกฟูกที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ผลแอบเปิ้ลในปัจจุบัน การทดสอบออกเป็น 5 วิธี ดังนี้

1. การทดสอบความต้านแรงกดตามแนวตั้งของลูกฟูก (Edgewise Crush Resistance of Corrugating Medium)
2. การทดสอบความต้านแรงกดลอนของกระดาษทำลูกฟูก (Flat Crush Test of Corrugated Board)
3. การทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ (Test Method for Bursting Strength of Paper)
4. การทดสอบความต้านทานแรงกดวงแหวน (Test Method for Ring Crush Resistance)
5. การทดสอบความต้านทานแรงดึง (Standard Test Method for Tensile Breaking Strength of Paper and Paperboard)

ผลการทดสอบกระดาษลูกฟูกที่ทำการทดสอบได้ใช้การทดสอบความต้านแรงกดตามแนวตั้งของลูกฟูก, การทดสอบความต้านแรงกดลอนของกระดาษทำลูกฟูก และการทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ จะทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นกระดาษลูกฟูก(Corrugated board) ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน กับแผ่นกระดาษลูกฟูกที่ผ่านการใช้งานแล้ว ส่วนการทดสอบการทดสอบความต้านทานแรงกดวงแหวน และการทดสอบความต้านทานแรงดึง จะเป็นการทดสอบคุณสมบัติของกระดาษลูกฟูก (Liner) ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน

กระดาษลูกฟูกที่นำมาทดสอบในการทดสอบนี้ ใช้แผ่นกระดาษลูกฟูก 1 ชั้น (Single Wall) ลอน C (KT 150 /CA 185 /CA 185) และแผ่นกระดาษลูกฟูก 1 ชั้น (Single Wall) ลอน B (KS 170 / M 125 / KA 150)

สรุปผลการทดสอบความต้านแรงกดตามแนวตั้งของลูกฟูก และการทดสอบความต้านแรงกดลอนของกระดาษทำลูกฟูก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ตารางที่ 3.1 แสดงการทดสอบความต้านแรงกดตามแนวตั้งและตามแนวลอนของกระดาษลูกฟูก

การทดสอบ	กระดาษลูกฟูกลอน C				กระดาษลูกฟูกลอน B			
	ยังไม่ผ่านการใช้งาน		ผ่านการใช้งานแล้ว		ยังไม่ผ่านการใช้งาน		ผ่านการใช้งานแล้ว	
	ค่าสูงสุด (N)	ค่าเฉลี่ย (N)	ค่าสูงสุด (N)	ค่าเฉลี่ย (N)	ค่าสูงสุด (N)	ค่าเฉลี่ย (N)	ค่าสูงสุด (N)	ค่าเฉลี่ย (N)
การทดสอบความต้านแรงกดตามแนวตั้งของลูกฟูก	489.6	411.0	384.3	283.1	386.8	357.1	296.5	256.9
การทดสอบความต้านแรงกดลอนของกระดาษทำลูกฟูก	796.3	748.1	739.8	705.2	845.0	784.6	833.5	765.0

ตารางที่ 3.2 แสดงสรุปผลการทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ

การทดสอบ	กระดาษลูกฟูกลอน C				กระดาษลูกฟูกลอน B			
	ยังไม่ผ่านการใช้งาน		ผ่านการใช้งานแล้ว		ยังไม่ผ่านการใช้งาน		ผ่านการใช้งานแล้ว	
	แรงดันสูงสุดด้านหน้า Kg/cm^2	แรงดันสูงสุดด้านหลัง Kg/cm^2	แรงดันสูงสุดด้านหน้า Kg/cm^2	แรงดันสูงสุดด้านหลัง Kg/cm^2	แรงดันสูงสุดด้านหน้า Kg/cm^2	แรงดันสูงสุดด้านหลัง Kg/cm^2	แรงดันสูงสุดด้านหน้า Kg/cm^2	แรงดันสูงสุดด้านหลัง Kg/cm^2
การทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ	7.67	6.71	6.71	6.71	16.29	15.33	14.38	14.38

ตารางที่3.3สรุปผลการทดสอบความต้านทานแรงกดวงแหวน และการทดสอบความต้านทานแรงดึง

การทดสอบ	แรงกด		แรงดึง(kgf)					
			ทิศทางขนานเครื่อง(md)			ทิศทางขวางเครื่อง(cd)		
	แรงกดสูงสุด (นิวตัน)	แรงกดเฉลี่ย (นิวตัน)	แรงดึง		เวลาดึงขาดเฉลี่ย	แรงดึง		เวลาดึงขาดเฉลี่ย
			แรงดึงสูงสุด(kgf)	แรงดึงเฉลี่ย(kgf)		แรงดึงสูงสุด(kgf)	แรงดึงเฉลี่ย(kgf)	
การทดสอบความต้านทานแรงกดวงแหวน	96.96	71.70	-	-	-	-	-	-
การทดสอบความต้านทานแรงดึง	-	-	4.66	4.10	12.60	8.85	7.10	11.50

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

สรุปผลการทดสอบ

1. การทดสอบความต้านแรงกดตามแนวตั้งของลูกฟูก (Edgewise Crush Resistance of Corrugating Medium) แผ่นกระดาษลูกฟูกลอน B และ ลอน C ที่ผ่านการใช้งานแล้วมีค่าเท่ากับ 296.5 และ 384.3 นิวตัน ตามลำดับ แผ่นกระดาษลูกฟูกลอน B และ ลอน C ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน มีค่าเท่ากับ 386.8 และ 489.9 นิวตัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของแรงกดตามแนวตั้งของแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน B และ ลอน C ที่ผ่านการใช้งานแล้ว และที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน มีค่า 256.9, 283.1, 357.1 และ 411.0 นิวตัน

2. การทดสอบความต้านแรงกดลอนของกระดาษทำลูกฟูก (Flat Crush Test of Corrugated Board) แผ่นกระดาษลูกฟูกลอน B และ ลอน C ที่ผ่านการใช้งานแล้วมีค่าเท่ากับ 833.5 และ 739.8 นิวตัน ตามลำดับ แผ่นกระดาษลูกฟูกลอน B และ ลอน C ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน มีค่าเท่ากับ 845.0 และ 796.3 นิวตัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของแรงกดลอนของแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน B และ ลอน C ที่ผ่านการใช้งานแล้ว และที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน มีค่า 765.0, 705.2, 784.6 และ 748.1 นิวตัน

3. การทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ (Test Method for Bursting Strength of Paper) แรงดันทะลุสูงสุดที่ทำให้แผ่นกระดาษลูกฟูกแตก(ด้านหน้า) ของแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน B และ ลอน C ที่ผ่านการใช้งานแล้วมีค่าเท่ากับ 14.38 กิโลกรัม /ตารางเซนติเมตร และ 6.71 กิโลกรัม /ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ แรงดันทะลุสูงสุดที่ทำให้แผ่นกระดาษลูกฟูกแตก(ด้านหน้า)ของแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน B และ ลอน C ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน มีค่าเท่ากับ 16.29 กิโลกรัม /ตารางเซนติเมตร และ 7.67 กิโลกรัม /ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ แรงดันทะลุสูงสุดที่ทำให้แผ่นกระดาษลูกฟูกแตก(ด้านหลัง) ของแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน B และ ลอน C ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานมีค่าเท่ากับ 15.33 กิโลกรัม /ตารางเซนติเมตร และ 6.71 กิโลกรัม /ตารางเซนติเมตร

ค่าเฉลี่ยของแรงดันทะลุ(ด้านหน้า)ของแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน B และ ลอน C ที่ผ่านการใช้งานแล้ว และที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน มีค่า 12.56, 5.46, 14.76 และ 6.33 กิโลกรัม /ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของแรงดันทะลุ (ด้านหลัง) ของแผ่นกระดาษลูกฟูกลอน B และ ลอน C ที่ผ่านการใช้งานแล้ว และที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน มีค่า 12.46, 4.98, 14.47 และ 6.33 กิโลกรัม /ตารางเซนติเมตร

4. การทดสอบความต้านทานแรงกดวงแหวน (Test Method for Ring Crush Resistance) แรงสูงสุดที่ทำให้กระดาษลูกฟูกเสียหาย มีค่าเท่ากับ 96.9 นิวตัน ค่าเฉลี่ยของแรงที่ทำให้กระดาษลูกฟูกเสียหาย มีค่าเท่ากับ 71.7 นิวตัน

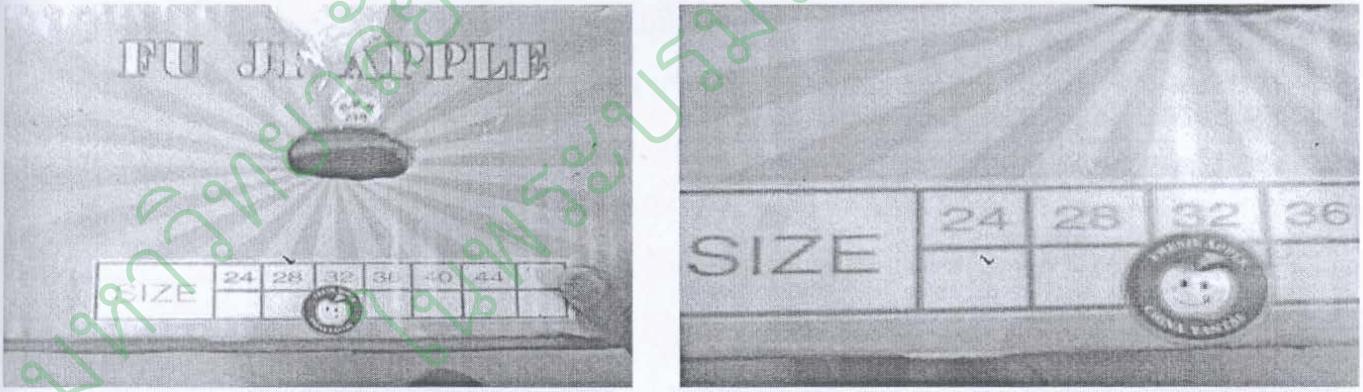
5. การทดสอบความต้านทานแรงดึง (Standard Test Method for Tensile Breaking Strength of Paper and Paperboard) แรงสูงสุด (ในทิศทางขนานเครื่อง) ที่ทำให้กระดาษลูกฟูกเสียหาย มีค่าเท่ากับ 4.66 กิโลกรัมแรง ค่าเฉลี่ยของแรงที่ทำให้กระดาษลูกฟูกเสียหาย มีค่าเท่ากับ 4.1 กิโลกรัมแรง โดยใช้เวลาเฉลี่ยในการดึงขาด 12.6 วินาที สำหรับแรงสูงสุด (ในทิศทางขวางเครื่อง) ที่ทำให้กระดาษลูกฟูกเสียหาย มีค่าเท่ากับ 8.85 กิโลกรัมแรง ค่าเฉลี่ยของแรงที่ทำให้กระดาษลูกฟูกเสียหาย มีค่าเท่ากับ 7.1 กิโลกรัมแรง โดยใช้เวลาเฉลี่ยในการดึงขาด 11.5 วินาที

จากผลการทดลองทำให้ทราบถึงคุณสมบัติของกระดาษลูกฟูกและสามารถที่จะนำผลการทดลองกระดาษลูกฟูกดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์ในการสร้างรูปแบบบรรจุภัณฑ์

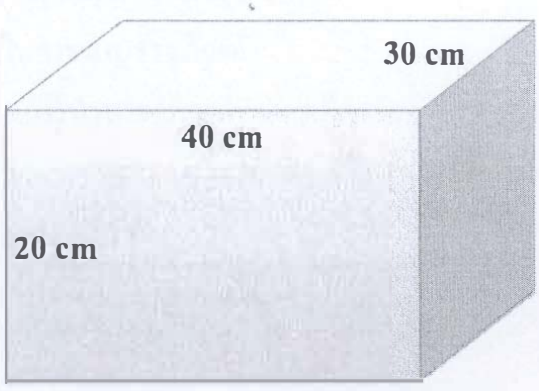
การศึกษามิติของรูปแบบบรรจุภัณฑ์ผลแอปเปิ้ล

ภาพที่ 3.1 แสดงภาพบรรจุภัณฑ์แอปเปิ้ล FU JI APPLE

ภาพที่ 3.2 แสดงขนาดบรรจุของผลแอปเปิ้ลในบรรจุภัณฑ์ขนาด เบอร์ 32



ภาพที่ 3.3 แสดงขนาดมิติของบรรจุภัณฑ์แอปเปิ้ล



มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

สรุป ผลการวิเคราะห์วัสดุที่ใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของกล่องบรรจุแอปเปิ้ล

ขนาดมิติ ของกล่องลูกฟูกบรรจุ แอปเปิ้ล

ขนาดสูง 20 ซ.ม.

ขนาดกว่าง 30 ซ.ม.

ขนาดยาว 40 ซ.ม.

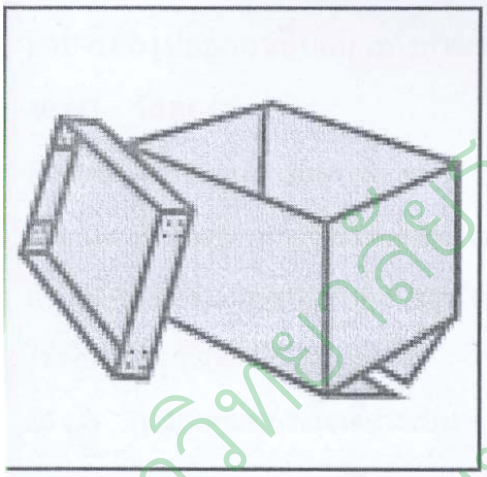
จากการออกแบบกล่องกระดาษลูกฟูกจะออกแบบโดยอาศัยหลัก มิติ ของขนาดกล่องกระดาษลูกฟูกที่เท่ากับขนาดปัจจุบันที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยกล่องที่ทำการศึกษาคือกล่องกระดาษลูกฟูกที่บรรจุแอ๊บเปิ้ล ขนาดเบอร์ (SIZE) 32

ขนาดเบอร์ (SIZE) 32 หมายความว่า ขนาดบรรจุ 32 ผล ต่อ 20 กิโลกรัม หรือ 32 ผล ต่อ 1 กล่อง

กระดาษที่ใช้ เป็นกระดาษลูกฟูก ชนิด 1 ชั้น (Single Wall)

ชนิดของลอนใช้ ชนิด ลอน C จำนวนลอน 13-14 ต่อความยาว10 cm. สูง 0.35 cm

ภาพที่ 3.4 รูปแบบบรรจุภัณฑ์ ในปัจจุบันของแอปเปิ้ล



กล่องแบบ Half - Slotted Container with Cover (HSC)

- ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ฝาครอบ และตัวกล่อง
- ตัวกล่องเป็น Slotted Box มีฝาเปิดปิดด้านเดียว
- ด้านที่ไม่มีฝาเปิดปิดในตัว จะถูกปิดด้วยฝาครอบต่างหาก
- ฝาครอบลักษณะเดียวกันกับ Design Style หรือเป็นแบบ Half-Slotted Style ก็ได้
- กล่อง HSC นี้ต่างจากกล่องแบบ Partial Telescope ตรงที่ฝาครอบยื่นครอบตัวกล่องน้อยกว่าสองในสามของความสูงของตัวกล่อง

หลักสำคัญในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ (Concept Generation)

รูปแบบของบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งซึ่งจะเน้นไปที่ การออกแบบโครงสร้าง และการใช้เลือกใช้วัสดุในการทำบรรจุภัณฑ์ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. **การเลือกวัสดุที่ใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์**

การเลือกใช้วัสดุในการทำบรรจุภัณฑ์ทำการเลือกวัสดุโดยการใช้ทฤษฎี TRIZ เพื่อช่วยในการแก้ไขปัญหาจากข้อกำหนดสามารถสรุปข้อของความต้องการ ได้รูปแบบของการแก้ไขได้ 2 ข้อ หลัก คือ

1. ความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์
2. เสถียรภาพขององค์ประกอบบรรจุภัณฑ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีการเกษตร ในพระบรมราชูปถัมภ์

ตารางที่ 3.4 แสดง การแก้ไขและปรับปรุงบรรจุภัณฑ์แอปเปิ้ล

ลักษณะสมบัติที่ต้องการปรับปรุง	ลักษณะสมบัติที่ด้อยลง	หลักการ 40 ข้อ
ความแข็งแรง	น้ำหนักของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	40, 26,27,1
	พื้นที่ของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	9,40,28
	ปริมาตรของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	9,14,17,15
เสถียรภาพขององค์ประกอบ	น้ำหนักของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	26,39,1,40
	พื้นที่ของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	39
	ปริมาตรของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	34,28,35,40

เมื่อเราได้องค์ประกอบของความขัดแย้งแล้วสามารถเลือกวิธีการในการแก้ไขปัญหาแต่ละข้อความขัดแย้งด้วยเลือกข้อเหมือนข้อการแก้ไขปัญหาแล้วรวมกันแล้วคัดแยกความเป็นไปได้ของการแก้ไขซึ่งสามารถสรุปออกมาเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาได้ 3 ข้อดังต่อไปนี้

40 (4) วัสดุผสม

Remark: Composite materials

Change from uniform to composite (multiple) materials.

แนวทางการทำวัสดุผสม จากความเป็นไปได้เราสามารถคัดเลือกวัสดุบางชนิดที่สามารถเสริมความแข็งแรงให้กับบรรจุภัณฑ์

26 (2) การลอกแบบหรือเลียนแบบ

Remark: Copying

Instead of an unavailable, expensive, fragile object, use simpler and inexpensive copies.

Replace an object, or process with optical copies.

If visible optical copies are already used, move to infrared or ultraviolet copies.

แนวทางความเป็นไปได้ในการแก้ไขงานนี้เราสามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการหาแนวทางจากงานวิจัยทางด้านบรรจุภัณฑ์หรืองานด้านออกแบบมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหา หรืองานวิจัยที่มีการทดลองใช้บรรจุภัณฑ์ประเภทอื่น ๆ มาใช้แทนบรรจุภัณฑ์ชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับบรรจุภัณฑ์เก่า เช่น การทดลองใช้พลาสติกประเภทไฟเบอร์ที่มีความเหนียวและทนทานและสามารถรับน้ำหนักได้ดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

9 (2) การกระทำต้านทานก่อน

Remark: Preliminary anti-action

If it will be necessary to do an action with both harmful and useful effects, this action should be replaced with anti-actions to control harmful effects.

Create beforehand stresses in an object that will oppose known undesirable working stresses later on.

นำไปเปิดตารางเพื่อหาแนวทางการแก้ไขจะสามารถสรุปแนวทางการแก้ไขปัญหาได้ ดังนี้

- ใช้วัสดุผสม
- ใช้วิธีเลียนแบบ
- การกระทำต้านทานก่อน

เมื่อได้แนวทางการแก้ไขปัญหาจากทฤษฎีสามารถหาข้อสรุป จากทั้ง 3รูปแบบของการแก้ไขปัญหา โดยสามารถอธิบายเป็นข้อๆได้ดังนี้

1. ใช้วัสดุผสม

จากการเลือกใช้วัสดุผสมทางกลุ่มได้ศึกษาข้อมูล วัสดุที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของบรรจุภัณฑ์คือ กระดาษลูกฟูก ที่มีน้ำหนักเบาและมีความแข็งแรงในระดับหนึ่ง ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย ประเภทเช่นเดียวกับพลาสติกจาก ปิโตรเคมี ผลิตภัณฑ์จากพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพส่วนใหญ่ถูกใช้ในงานที่เน้นคุณสมบัติการย่อยสลายได้

2. การใช้วิธีการลอกเลียนแบบ

จากแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ทำการศึกษางานวิจัยและสามารถลอกเลียนแบบแก้ไขจากรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

3. การกระทำต้านทานก่อน

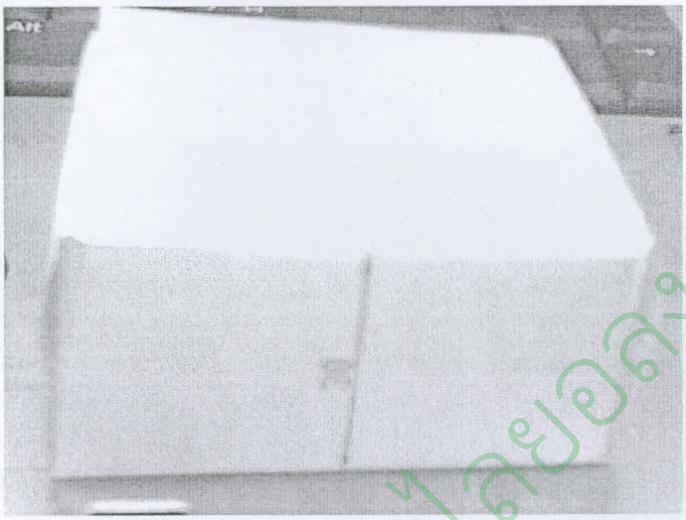
จากการกระทำด้านทานก่อนของได้ทำการศึกษา คือการป้องกันก่อนที่จะเกิดความเสียหายกับบรรจุภัณฑ์

ดังนั้นจากการศึกษาและจากทฤษฎีที่ได้ค้นหาปัญหาได้เลือกวัสดุที่ใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์คือ เลือกใช้วัสดุประเภทกระดาษลูกฟูกและมีคุณสมบัติที่คงทนและป้องกันได้ ประกอบกับด้านการออกแบบโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ให้สามารถรับน้ำหนักได้และป้องกันแรงกระแทก โดยพัฒนารูปแบบออกมาเป็น 6 รูปแบบ ดังรูปต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

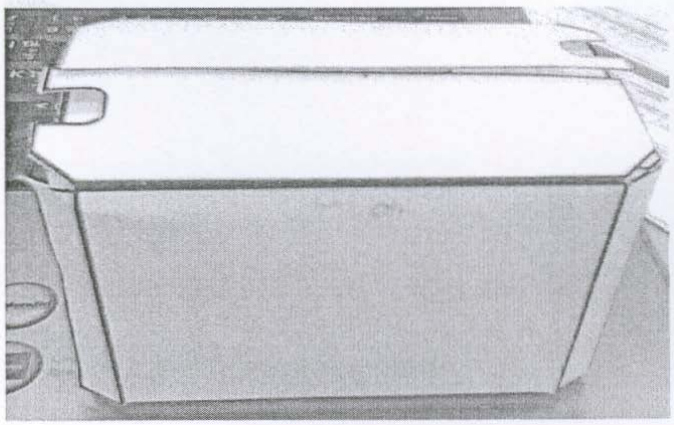
ตัวอย่างต้นแบบที่ได้ทำการออกแบบออกมาเป็นต้นแบบ (Model)

ภาพที่ 3.5 แสดงรูปแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์แอปเปิลรูปแบบที่ 1



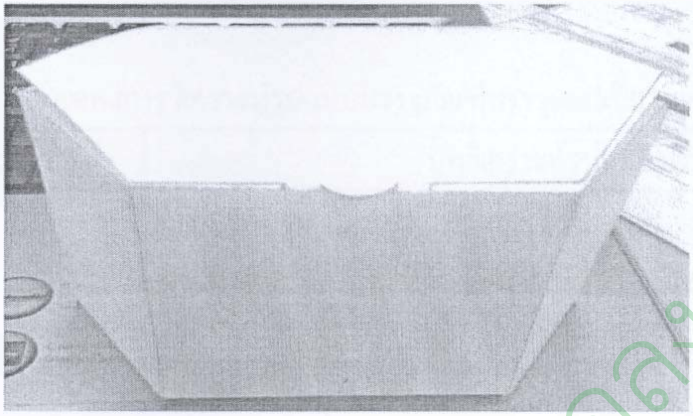
ภาพที่ 3.6 แสดงรูปแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์แอปเปิลรูปแบบที่ 2

ภาพที่ 3.7 แสดงรูปแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์แอปเปิลรูปแบบที่ 3



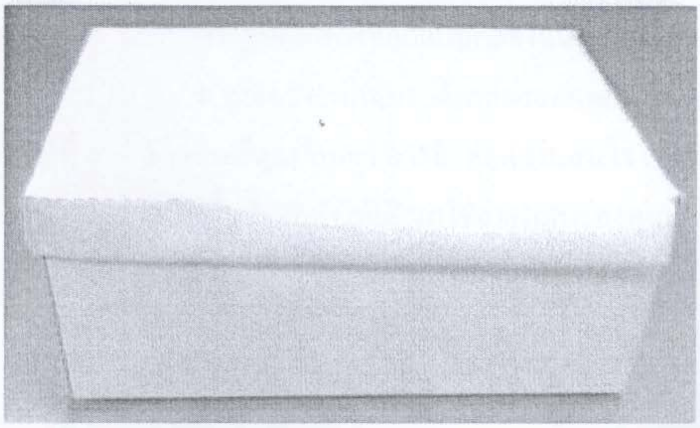
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ภาพที่ 3.8 แสดงรูปแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์แอปเปิลรูปแบบที่ 4



ภาพที่ 3.9 แสดงรูปแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์แอปเปิลรูปแบบที่ 5

ภาพที่ 3.10 แสดงรูปแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์แอปเปิลรูปแบบที่ 6



มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ในพระบรมราชูปถัมภ์

การคัดเลือกแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Concept selection)

ทำการวิเคราะห์ด้วยการหาจุดเด่นและจุดด้อยของบรรจุภัณฑ์ทั้ง 6 แบบได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์รูปแบบบรรจุภัณฑ์บรรจุแอปเปิ้ลในแต่ละแบบ

รูปแบบบรรจุภัณฑ์	บทวิเคราะห์รูปแบบบรรจุภัณฑ์
รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ 1	จากรูปต้นแบบที่ได้ทำการออกแบบ จะเห็นได้ว่าส่วนฐานจะมีความกวางกว่าส่วนด้านบนเป็นกล่องลักษณะสี่เหลียมคางหมู การวิเคราะห์กล่อง : สังเกตว่ากล่องจะมีความแข็งแรงมากกว่ากล่องที่เป็นสี่เหลี่ยมมุมฉากการที่กล่อง มีลักษณะแบบนี้จะทำให้กล่องรับน้ำหนักได้มากขึ้น แต่มีข้อเสียคือทำให้เหลือพื้นที่
รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ 2	จากรูปต้นแบบที่ได้ทำการออกแบบ จะเห็นได้ว่าส่วนฐานจะมีความกวางกว่าส่วนด้านบนเป็นกล่องลักษณะสี่เหลียมคางหมูมีลักษณะคล้ายกับแบบที่1 แต่ต่างกันตรงมุมของการเอียง ซึ่งแบบที่ 2 จะมีความเอียงมากกว่าแบบที่ 1 การวิเคราะห์กล่อง : ลักษณะกล่องแบบนี้จะทำให้สามารถรับแรงและน้ำหนักได้มากกว่าแบบเดิม แต่ลักษณะนี้ก็ทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ ในการจัดวางตอนขนส่งได้ ทำให้เป็นการเพิ่มต้นทุนด้วย
รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ 3	การออกแบบอาศัยหลักของการเพิ่มมุม เพื่อรับแรงจากแรงกดด้านบน ซึ่งจากเดิมมุม 4 มุม รับแรงได้ 4 ส่วน โดยกระจายเฉลี่ย 4 ด้าน แต่จากการออกแบบจะออกแบบด้วยมีมุม 8 มุม และน่าจะมีการรับแรงได้เพิ่มขึ้น 2 เท่า การวิเคราะห์กล่อง : สังเกตได้ว่าตัวกล่องออกแบบมาเพื่อทำให้ได้รับน้ำหนักมากขึ้นโดยที่แต่ละมุมจะเพิ่มการรับน้ำหนักได้เป็นสองเท่า และการจัดวางก็ยังคงเหมือนเดิม การขนส่งก็ไม่น้อยลงและตรง ขอบของกล่องก็จะลดแรงกระแทกลงด้วย
รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ 4	จากรูปเป็นการออกแบบกล่องชนิด 6 เหลี่ยม การวิเคราะห์กล่อง :ตังกล่องออกแบบให้ได้รับน้ำหนักได้มากขึ้นอีกทั้งลักษณะก็ดูแปลกตา อาจดึงดูดความสนใจได้ แต่อย่างไรก็ตามการจัดวางจะเหลือพื้นที่มากทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนด้วยและ หากต้นทุนเพิ่มมากขึ้นอาจทำให้ต้องเพิ่มราคาขายให้สูงตามไปด้วย
รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ 5	กล่องชนิด 8เหลี่ยมแต่เป็น การพับกระดาษ 2 ชั้น การวิเคราะห์กล่อง : จะเห็นได้ว่ากล่องจะรับน้ำหนักและแรงกระแทกได้มากขึ้นจากมุมทั้งแปดของตัวกล่อง รวมทั้งมีกระดาษสองชั้นทำให้เพิ่มแรงได้มากขึ้นอีกด้วย และก็เป็นการเพิ่มต้นทุนในการทำตัวกล่องได้

รูปแบบบรรจุภัณฑ์	บทวิเคราะห์รูปแบบบรรจุภัณฑ์
รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ 6	จากรูปแบบกล่องเหมือนกับกล่องชนิดเดิมของเดิมแต่มีลักษณะการพับ 2 ชั้น การวิเคราะห์กล่อง : ตัวกล่องมีข้อดีคือเปิด ปิด ได้สะดวกมากแต่ยังคงรับน้ำหนักได้เท่าเดิม ข้อเสียอาจเป็นการเพิ่มชิ้นส่วนมากขึ้นไปด้วย

จากการวิเคราะห์ รูปแบบบรรจุภัณฑ์สามารถคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ที่จะทำการทดสอบในการสร้างต้นแบบบรรจุภัณฑ์แอปเปิ้ล ที่ทนต่อแรงกระแทกได้ด้วยทฤษฎี "การให้คะแนนแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์" (Concept Scoring)

จากการวิเคราะห์สามารถที่จะสรุปออกมาเป็นข้อกำหนดในการคัดเลือกต้นแบบของรูปแบบบรรจุภัณฑ์บรรจุแอปเปิ้ลออกเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1 ราคาต้นทุนของบรรจุภัณฑ์เมื่อทำการผลิต

2 บรรจุภัณฑ์สามารถรักษาสภาพของสินค้าด้านในให้ปลอดภัยได้

3 บรรจุภัณฑ์สามารถคงสภาพรูปร่างของบรรจุภัณฑ์ได้เมื่อมีการขนส่งหรือเคลื่อนที่

4 บรรจุภัณฑ์ง่ายต่อการขนส่งจำนวนมากๆ

และจากข้อกำหนดสามารถคัดเลือกรูปแบบบรรจุภัณฑ์บรรจุแอปเปิ้ลได้ด้วยทฤษฎีดังต่อไปนี้

การให้คะแนนแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Concept Scoring)

ในการให้คะแนนแนวความคิดที่พัฒนาได้ข้างต้น ทำโดยการตั้งระดับคะแนนที่จะให้กับแนวความคิดที่พัฒนาได้ โดยสามารถแจกแจงได้ ดังนี้

ตารางที่ 3.5 แสดงการให้คะแนนแนวความคิดที่พัฒนา

Relative Performance	**Rating**
Much worse than reference	1
Worse than reference	2
Same as reference	3
Better than reference	4
Much better than reference	5

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

จากนั้นทำการให้คะแนนแต่ละแนวคิดที่พัฒนาได้ และคำนวณ หาค่าความสำคัญในการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ ทั้ง 6 รูปแบบโดยมีสูตรที่ใช้ในการคำนวณได้ ดังนี้

$$S = \sum r.w$$

r = ค่า rating ที่กำหนดให้กับค่าความสำคัญของบรรจุภัณฑ์โดยใช้หลัก Brainstorming

w = ค่าน้ำหนักความสำคัญของหัวข้อที่ใช้ในการพิจารณาโดยใช้หลัก Brainstorming

S = total score

จากรูปแบบการออกแบบบรรจุภัณฑ์ทั้ง 6 รูปแบบสามารถ ให้น้ำหนักค่าความสำคัญของข้อกำหนดของการสร้างต้นแบบได้ดังนี้

ตารางที่ 3.6 แสดงการให้น้ำหนักค่าความสำคัญของข้อกำหนด

ข้อกำหนดของการคัดเลือกรูปแบบบรรจุภัณฑ์	ค่านำหนักความสำคัญ(%)
ราคาต้นทุนของบรรจุภัณฑ์เมื่อทำการผลิต	20
บรรจุภัณฑ์สามารถรักษาสภาพของสินค้าด้านในให้ปลอดภัยได้	30
บรรจุภัณฑ์สามารถคงสภาพรูปร่างของบรรจุภัณฑ์ได้เมื่อมีการขนส่งหรือเคลื่อนที่	30
บรรจุภัณฑ์ง่ายต่อการขนส่งจำนวนมาก	20

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ตารางที่ 3.7 แสดงการการให้คะแนนแนวความคิดทั้ง 6 รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ทำการออกแบบ

		Production											
		Type 1		Type 2		Type 3		Type 4		Type 5		Type 6	
Selection	Weight	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score
1 ราคาต้นทุนของบรรจุภัณฑ์เมื่อทำการผลิต	20 %	3	0.6	3	0.6	5	1.0	3	0.6	3	0.6	3	0.6
2 บรรจุภัณฑ์สามารถรักษาสภาพของสินค้าด้านในให้ปลอดภัยได้	30 %	4	1.2	4	1.2	4	1.2	3	0.9	3	0.9	4	1.2
3 บรรจุภัณฑ์สามารถคงสภาพรูปร่างของบรรจุภัณฑ์ได้เมื่อมีการขนส่งหรือเคลื่อนที่	30 %	4	1.2	4	1.2	5	1.5	3	0.9	3	0.9	4	1.2
4 บรรจุภัณฑ์ง่ายต่อการขนส่งจำนวนมากๆ	20 %	2	0.4	2	0.4	5	1.0	3	0.6	3	0.6	3	0.6
	Total Score Rank	13	3.4	13	3.4	19	4.7	12	3	12	3	14	3.6
		No		No		Selection		No		No		No	

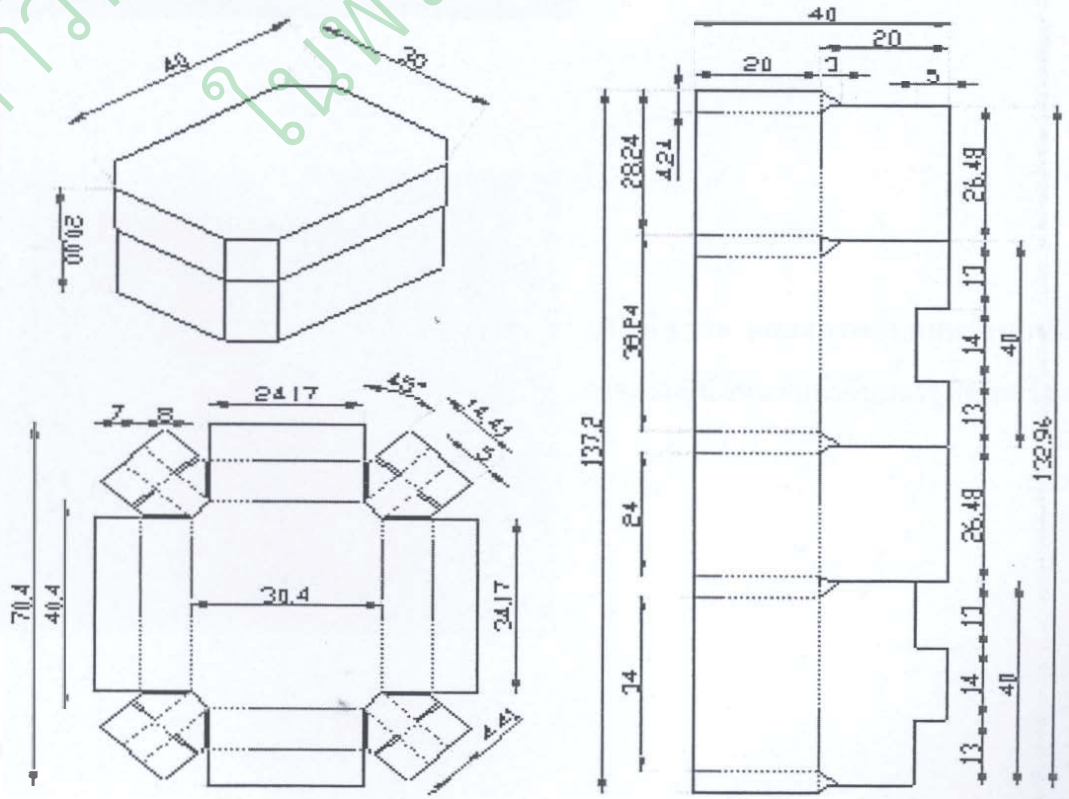
มหาวิทยาลัยราชมงคลตะวันออก ใบพระยอนรวมราชมงคล

ผลการสรุปรูปแบบในการสร้างรูปทรงของบรรจุภัณฑ์

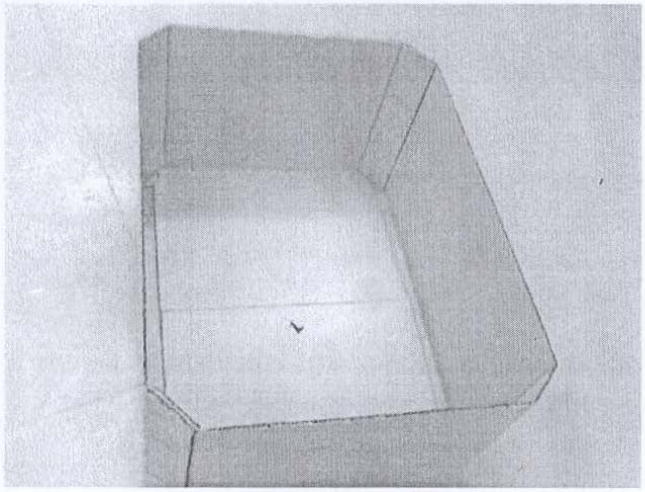
จากการสรุป ได้ข้อสรุปในการเลือกรูปแบบกล่องบรรจุภัณฑ์ผลไม้ชนิดแอปเปิ้ล ได้ทำการเลือกรูปแบบ ที่ 3 เพราะในรูปนี้เป็นรูปแบบที่ ให้ค่าความแข็งแรงสูงขึ้นและเป็นรูปแบบที่ประหยัดกระดาษในการขึ้นรูปแต่ให้พื้นที่ในการจัดเก็บเท่าเดิม

ภาพที่ 3.11 แสดงภาพต้นแบบของบรรจุภัณฑ์ที่ได้ทำการเลือก

ภาพที่ 3.12 แสดงภาพคลี่ของต้นแบบบรรจุภัณฑ์ที่ได้ทำการคัดเลือก

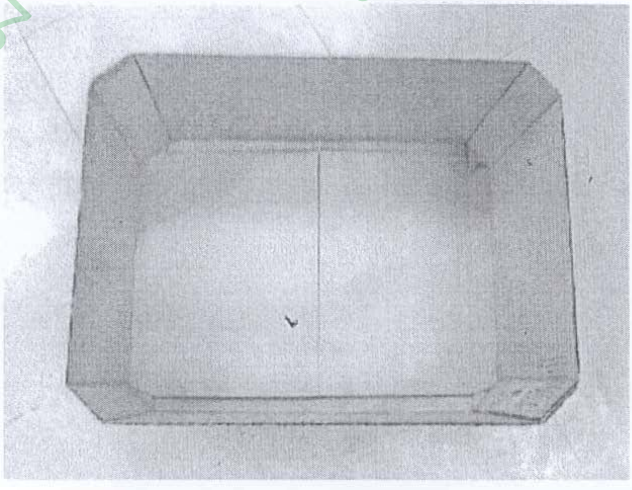


มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยองค์กรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์



ภาพที่ 3.13ก. แสดงภาพต้นแบบด้านบนที่ได้ทำการสร้างให้มีขนาดเท่ากับบรรจุภัณฑ์จริง

ภาพที่ 3.13ข. แสดงภาพต้นแบบด้านข้างที่ได้ทำการสร้างให้มีขนาดเท่ากับบรรจุภัณฑ์จริง



ภาพที่ 3.13ค. แสดงภาพต้นแบบด้านบนที่ได้ทำการสร้างให้มีขนาดเท่ากับบรรจุภัณฑ์จริง

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

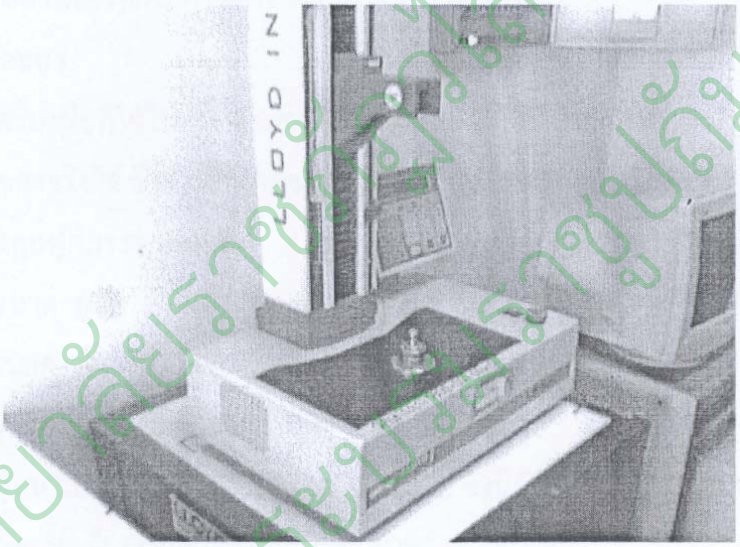
การทดสอบความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์รูปแบบเดิม เทียบกับบรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่

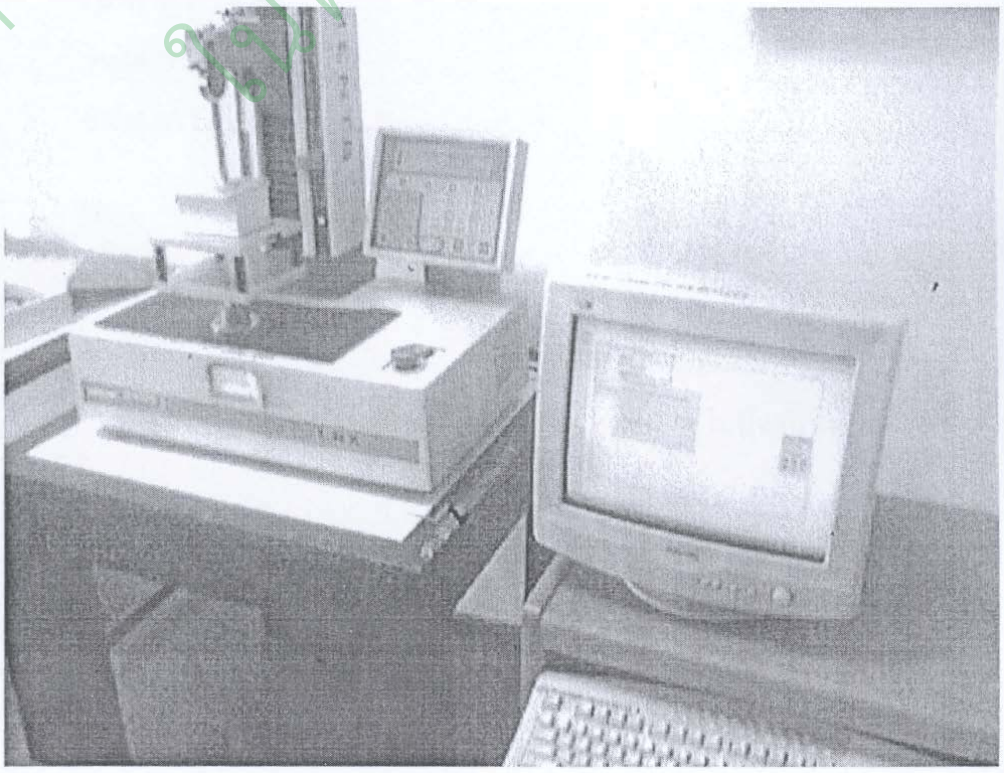
ในการทดสอบค่าความแข็งแรงรูปแบบบรรจุภัณฑ์ใช้รูปแบบการทดสอบด้วยวิธีการกดทับด้วยแรงที่กดจากด้านบน โดยใช้การทดลองการเปรียบเทียบกันระหว่าง 2 รูปแบบ

1. รูปแบบเดิมของบรรจุภัณฑ์
2. รูปแบบของต้นแบบบรรจุภัณฑ์ที่ได้ทำการสร้างขึ้น

ให้แรงค่าการกดที่เท่ากันทั้ง 2 รูปแบบ โดยใช้เครื่องทดสอบแรงกดโดยเครื่องกดที่ใช้ในการทดสอบโดยใช้เครื่องยี่ห้อ LLOYD IN INSTRUMENTS ดังรูปดังต่อไปนี้

ภาพที่ 3.14 แสดงภาพเครื่องที่ใช้ในการทดสอบการกดทับจากด้านบน





มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ในพระบรมราชูปถัมภ์

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองแรงกดทับจากด้านบน

ในการทดลองงานวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้วัสดุกล่องแบบ Half - Slotted Container with Cover (HSC)

- ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ฝาครอบ และตัวกล่อง
- ตัวกล่องเป็น Slotted Box มีฝาเปิดปิดด้านเดียว
- ด้านที่ไม่มีฝาเปิดปิดในตัว จะถูกปิดด้วยฝาครอบต่างหาก
- ฝาครอบลักษณะเดียวกันกับ Design Style หรือเป็นแบบ Half-Slotted Style ก็ได้
- กล่อง HSC นี้ต่างจากกล่องแบบ Partial Telescope ตรงที่ฝาครอบยื่นครอบตัวกล่องน้อยกว่าสองในสามของความสูงของตัวกล่อง

ข้อจำกัดของการทดลอง

เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบมีขนาดเล็กจึงทำให้ไม่สามารถทำให้ต้นแบบที่ทำการศึกษามีขนาดเท่ากับขนาดของจริงได้ ซึ่งมีมิติขนาดจริงเท่ากับ

ขนาดมิติ ของกล่องลูกฟูกบรรจุ แอปเปิ้ล

ขนาด สูง 20 cm

ขนาด กว้าง 30 cm

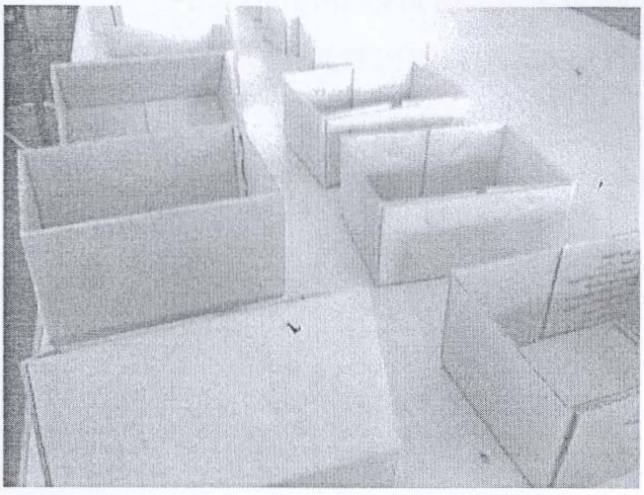
ขนาด ยาว 40 cm

ในการทำต้นแบบทำให้มีการย่ออัตราส่วนลง 1: 5 ซึ่งมีมิติที่ใช้ในการทดสอบของต้นแบบ ขนาดมิติ ของกล่องลูกฟูกต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบบรรจุ แอปเปิ้ล

ขนาด สูง 4 cm

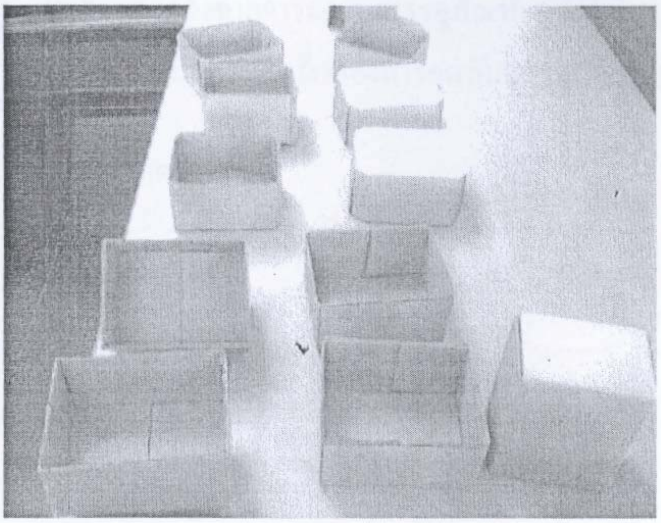
ขนาด กว้าง 6 cm

ขนาด ยาว 8 cm



ภาพที่ 4.1 แสดงต้นแบบบรรจุภัณฑ์รูปแบบเดิมที่ใช้บรรจุแอปเปิ้ลอยู่ในปัจจุบันที่มีอัตราส่วน 1: 5

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์



ภาพที่ 4.2 แสดงต้นแบบบรรจุภัณฑ์รูปใหม่ที่ใช้บรรจุแอปเปิ้ลอยู่ในปัจจุบันที่มีอัตราส่วน 1: 5

การทดลองจะใช้การกดทับกล่องที่มีอัตราส่วน 1: 5 โดยทำการกดทับกล่องต้นแบบโดยสามารถคำนวณจำนวนในการทดสอบได้ด้วย สูตรดังต่อไปนี้

$$n = [2Z_{\alpha/2} X (\sigma/w)]^2$$

n = สูตรในการคำนวณหาค่าจำนวนต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบ

$Z_{\alpha/2}$ = ค่าสัมธ์ประสิทธิการแจกแจงแบบปกติ

σ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

W = ค่าช่วงของแรงกดทับ

สามารถคำนวณหาจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบได้ = 30 ชิ้น

ขั้นตอนการทดลองของเครื่อง LLOYD IN INSTRUMENTSทำได้ดังนี้

- ผู้ทำการทดลองจะต้องทำการทดลองกดทับกล่องต้นแบบที่มีอันตราส่วน 1:5 ในรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 จำนวนอย่างละ 30 ชิ้น
- เครื่อง LLOYD IN INSTRUMENTS ในการทำการทดลองจะนำข้อมูลการกดทับทั้ง 30 ครั้ง เก็บไว้ในเครื่องและทำการประมวลผลออกมาเป็นค่าเฉลี่ยและแสดงผลออกมาเป็นกราฟของค่าเฉลี่ยของการกดทับเทียบกับการการยุบตัวของกล่องคิดเป็นหน่วย มิลลิเมตร และค่ากดทับคิดแรงเป็นหน่วยค่า นิวตัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ผลการทดลองจากการกดทับบรรจุภัณฑ์แอปเปิ้ลในรูปแบบเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ภาพที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของการกดทับบรรจุภัณฑ์รูปแบบเดิม

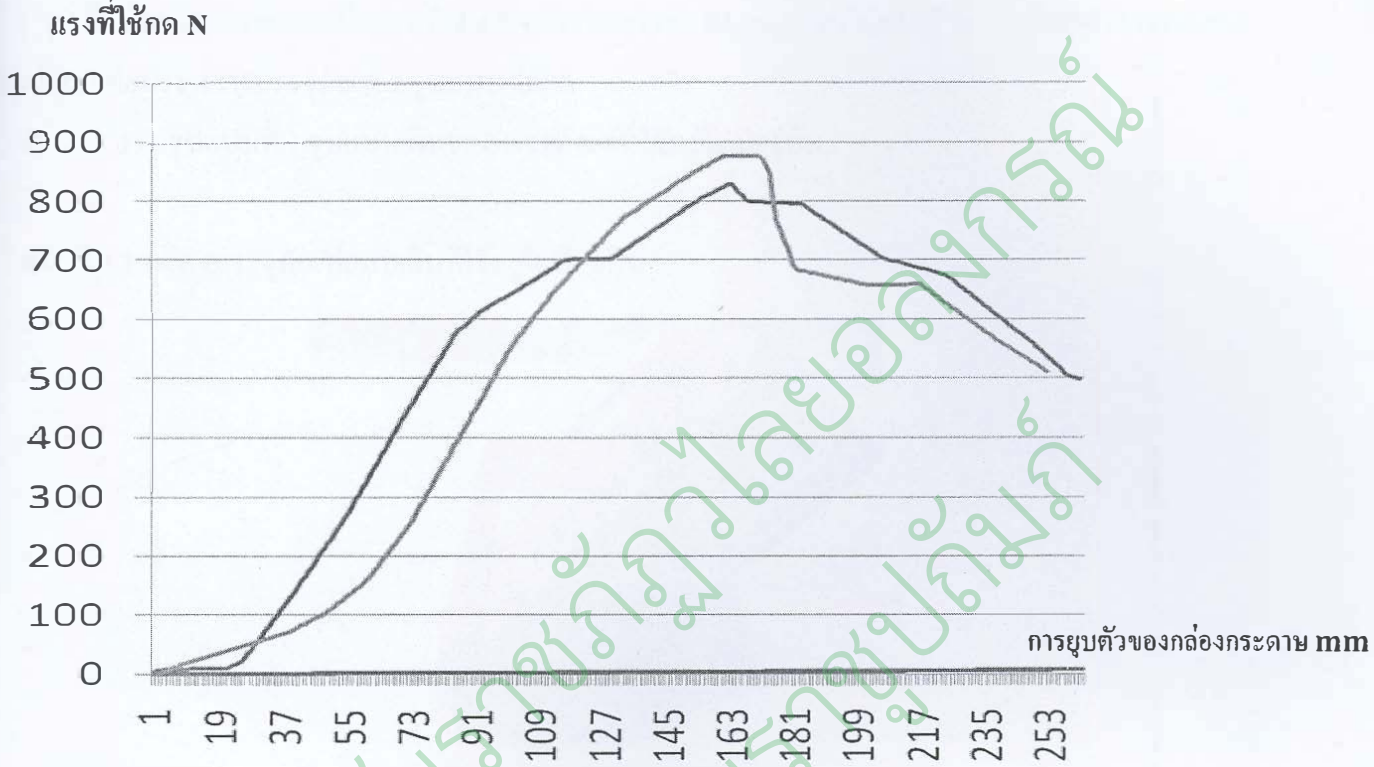
รูปแบบที่ 1 สามารถรับแรงกดเฉลี่ยได้สูงสุดประมาณ 810 นิวตัน ต่อตารางมิลลิเมตร

ภาพที่ 4.4 แสดงแสดงค่าเฉลี่ยของการกดทับบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบใหม่

รูปแบบที่ 2 สามารถรับแรงกดเฉลี่ยสูงสุดได้ ประมาณ 890 นิวตัน ต่อตารางมิลลิเมตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ภาพที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยในการเปรียบเทียบค่าแรงกดทับระหว่างบรรจุภัณฑ์แบบเดิมกับบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบใหม่



ผลการทดลอง

- รูปแบบ ที่ 1 สามารถรับแรงกดทับจากด้านบนได้ด้วยแรงเฉลี่ยสูงสุด ประมาณ 810 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และการยุบตัว ณ.จุดที่รับแรงได้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ 157 มิลลิเมตร
- รูปแบบที่ 2 สามารถรับแรงกดทับจากด้านบน ได้ด้วยแรงเฉลี่ยสูงสุด ประมาณ 890 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และการยุบตัว ณ. จุดที่รับแรงได้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ 177 มิลลิเมตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

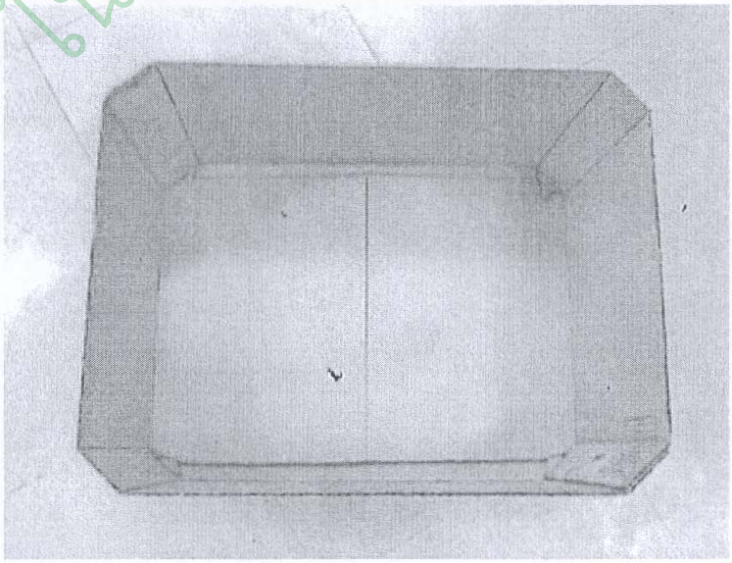
จากผลการทดลองในบทที่ 4 จะพบว่าในการทดลองการกดทับจากด้านบน โดยทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างบรรจุภัณฑ์ 2 รูปแบบ ได้แก่

1. รูปแบบที่ 1 รูปแบบเดิมของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ภาพที่ 5.1 แสดงบรรจุภัณฑ์แบบเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

2. รูปแบบที่ 2 รูปแบบใหม่ของบรรจุภัณฑ์ที่ทำการออกแบบ

ภาพที่ 5.2 แสดงบรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่ที่ได้ทำการออกแบบ



มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี ในพระบรมราชูปถัมภ์

ผลการทดลองสามารถสรุปได้คือ

- การทดสอบได้ทำการทดสอบด้วยการกดทับจากด้านบนของรูปแบบทั้ง 2 แบบ โดยใช้เครื่อง LLOYD IN INSTRUMENTS เป็นเครื่องทดสอบ
- การทดสอบทดสอบจากต้นแบบขนาดอัตราส่วน 1: 5 เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่อง
- ผลการทดลองได้ดังภาพ ที่ 4.3 และภาพที่ 4.4 จากภาพจะพบว่าการทดลองเมื่อทำการกดทับที่กล่องต้นแบบทั้ง 2 รูปแบบให้ค่าที่แตกต่างกันโดยที่
  1. รูปแบบที่ 1 สามารถรับแรงกดได้ประมาณ 810 นิวตัน ต่อตารางมิลลิเมตร
  2. รูปแบบที่ 2 สามารถรับแรงกดได้ประมาณ 890 นิวตัน ต่อตารางมิลลิเมตร
- ทำการเปรียบเทียบการรับแรงกดจากด้านบนทั้ง 2 รูปแบบ ดังภาพที่ 4.5 จะพบว่าในรูปแบบที่ 2 สามารถที่จะรับแรงกดได้สูงกว่า รูปแบบที่ 1 สามารถคิดเป็นร้อยละได้ดังนี้

  แบบที่ 2 สามารถรับแรงกดจากด้านบนได้สูงกว่าแบบที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 8.9887 หรือคิดโดยประมาณร้อยละ 9 จากแบบเดิม

ข้อเสนอแนะในการทำการทดลอง

- จากขั้นตอนการทดลองจะพบว่าการออกแบบบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบใหม่ไม่ได้ทำการเปลี่ยนวัสดุในการทำ แต่เป็นการเปลี่ยนรูปทรงในการทดลงเท่านั้น ซึ่งการออกแบบใหม่ของการทดลองเปลี่ยนรูปแบบจาก 4 มุม เป็น 8 มุม สามารถเพิ่มแรงกดได้ถึงร้อยละ 9 จากเดิมและพื้นที่ในการบรรจุของผลแอปเปิ้ล มีพื้นที่เท่าเดิม ผู้วิจัยเสนอให้มีการทดลองเปลี่ยนวัสดุจากเดิมคือกระดาษลูกฟูกเปลี่ยนเป็นวัสดุอื่นๆ ในการทดลองซึ่งผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานว่าถ้ามีการเปลี่ยนวัสดุในการทดลองมีความน่าจะเป็นที่จะเพิ่มค่าการรับแรงกดทับจากด้านบนได้ดีขึ้น
- ผู้วิจัยของเสนอให้ผู้ที่จะทำการวิจัยต่อไปให้ทำการทดลองจากขนาดบรรจุภัณฑ์ขนาดจริงและทดลองโดยการบรรจุผลแอปเปิ้ลในบรรจุภัณฑ์และทำการทดสอบด้วยการกดทับบรรจุภัณฑ์จากด้านบน
- รูปแบบการทดลองในครั้งต่อไปผู้วิจัยขอเสนอรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบไว้แต่ทำการทดลองโดยเปลี่ยนวัสดุ และเปลี่ยนรูปแบบการทดลองเช่นรูปแบบการขนส่ง การสั่นสะเทือน และทดลองในบรรยากาศเสมือนจริงในการขนส่ง

บรรณานุกรม

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. ๒๕๔๕. คู่มือการใช้กระดาษเพื่อการหีบห่อ. อรุณการพิมพ์, กรุงเทพฯ. ๑๒๘ น.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. ๒๕๒๒. กระดาษทำลูกฟูก มอก. ๓๒๑ – ๒๕๒๒. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. ๒๕๒๘. กระดาษทำลูกฟูก มอก. ๕๕๐ – ๒๕๒๘. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ

American Society for Testing and Materials.1991.Selected ASTM Standard on Packaging Designation: D 828. American Society for Testing and Materials, Baltimore, USA.

Technical Association of Pulp and Paper Industry.1986. Flat crush test of Corrugated Board T808 om-86. Technical Association of Pulp and Paper Industry, Atlanta, USA.

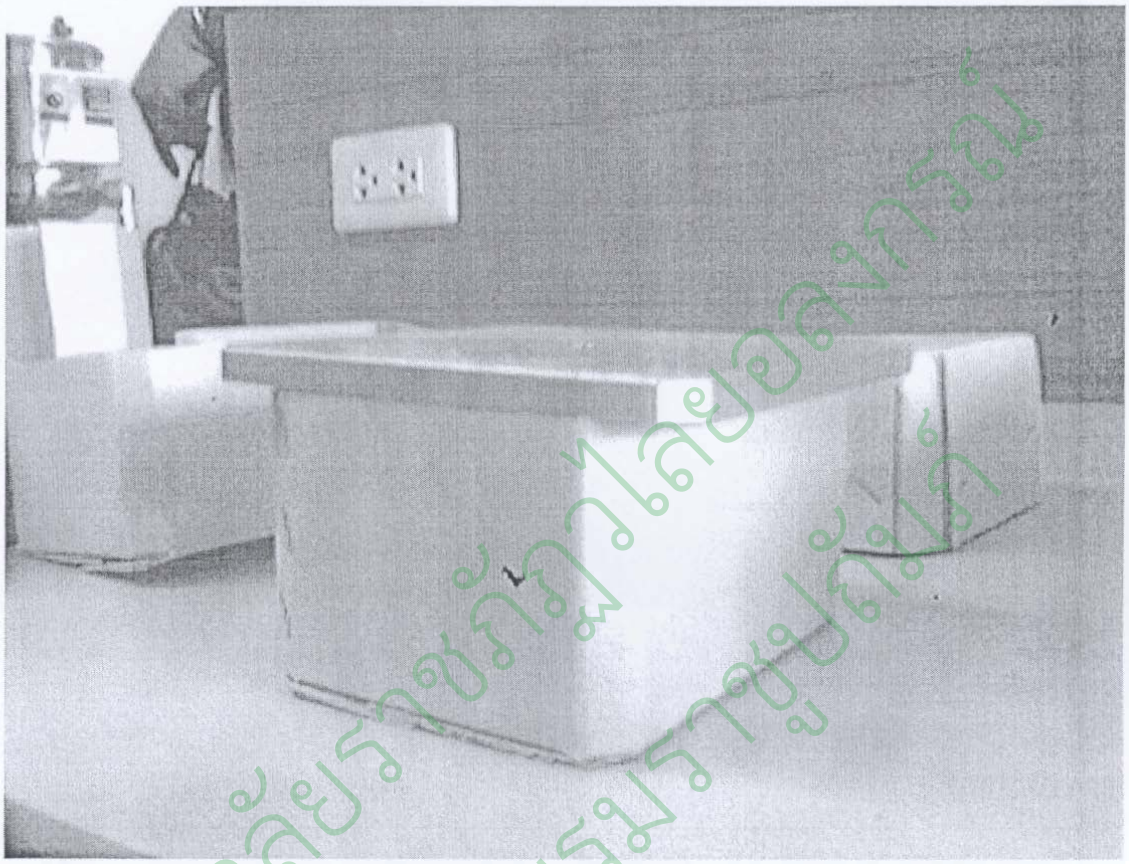
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยอุดมกรุณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์

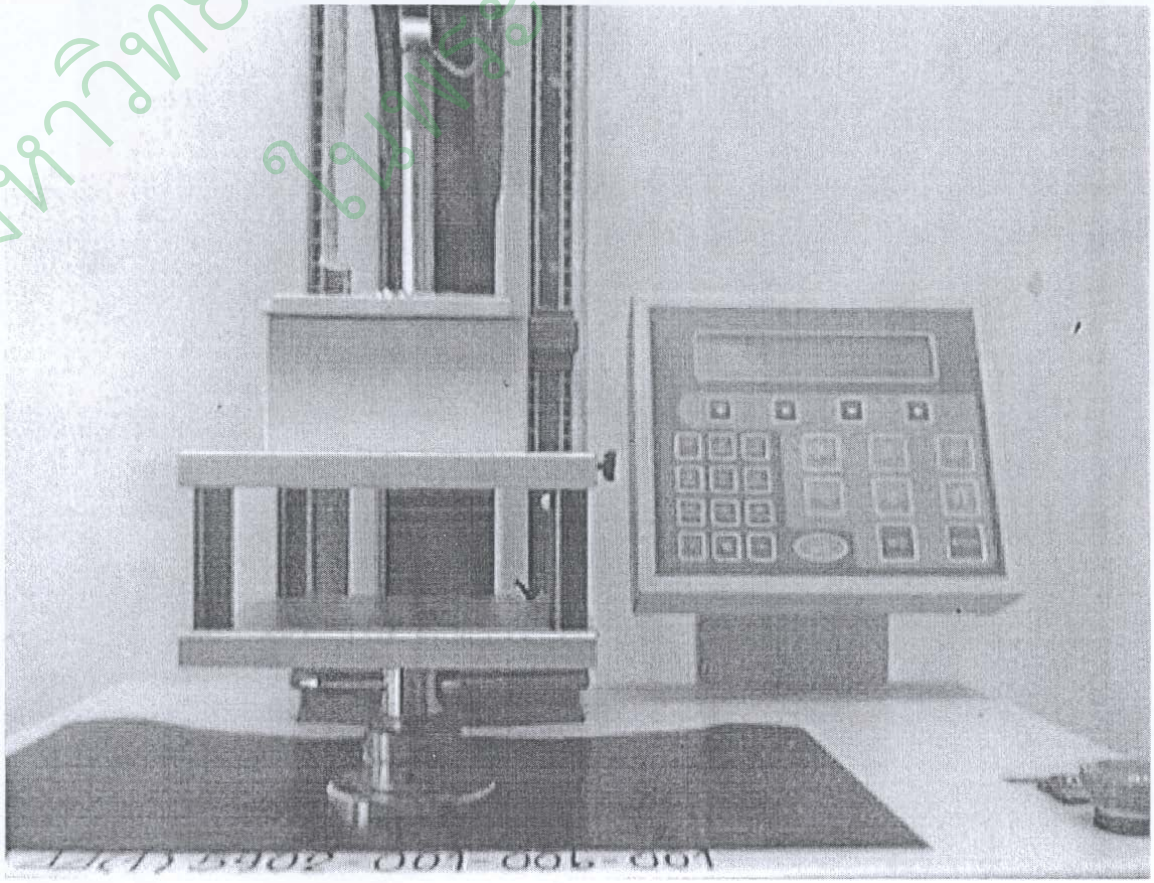
ภาคผนวก ก

- ภาพการทดสอบบรรจุภัณฑ์เพื่อหาค่าแรงต้านทานการกดจากด้านบน
- ภาพคลี่ของต้นแบบบรรจุภัณฑ์

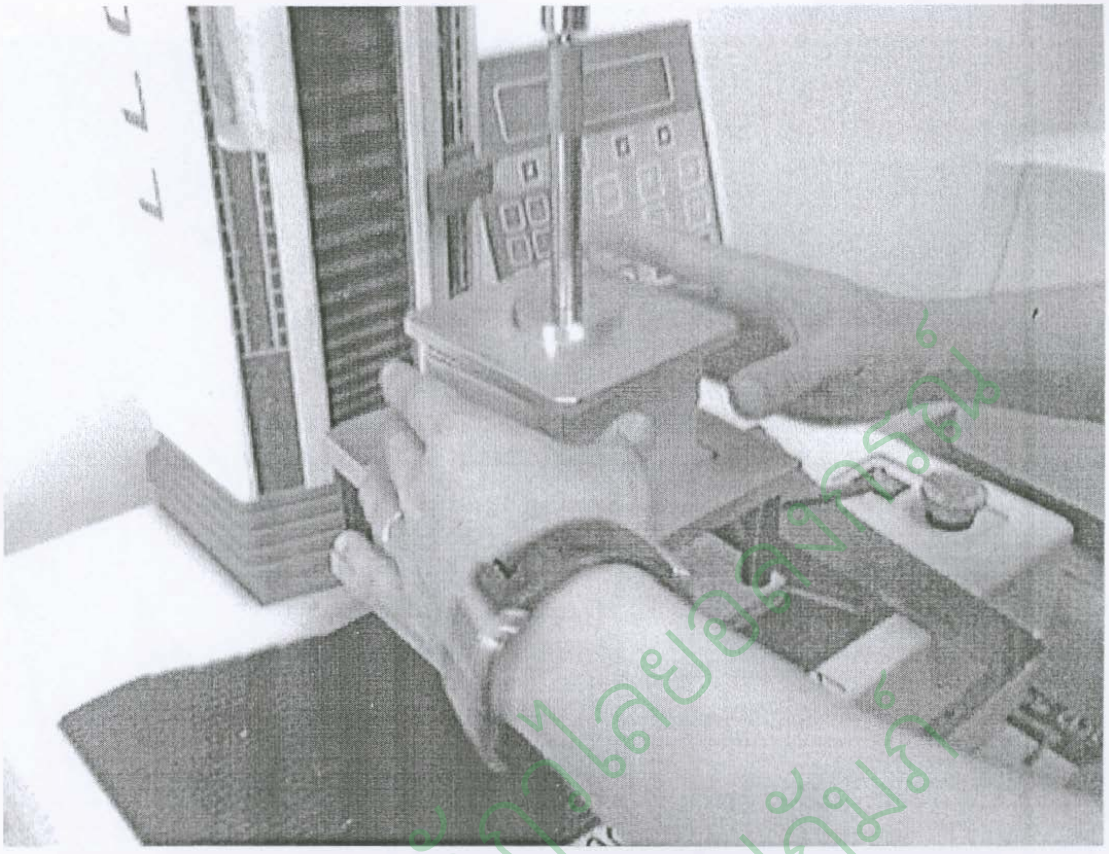
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

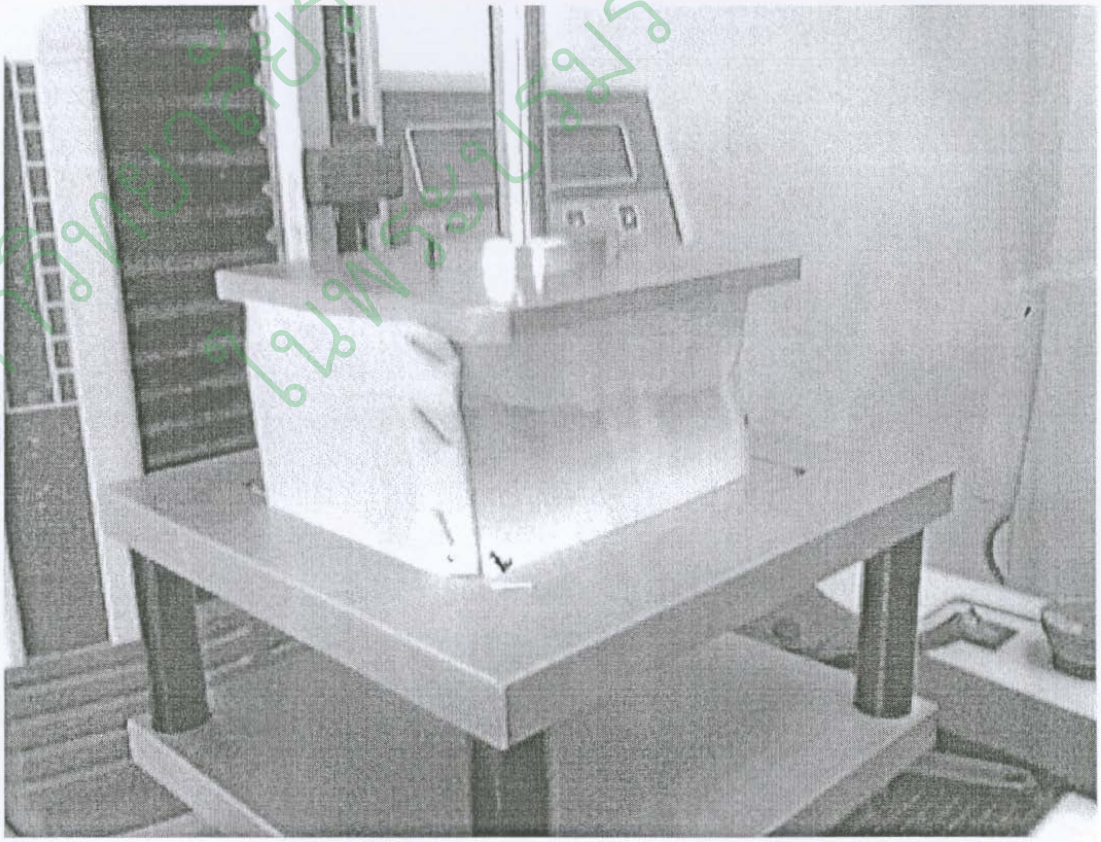
ภาพการทดสอบบรรจุภัณฑ์เพื่อหาค่าแรงต้านทานการกดจากด้านบน





มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์



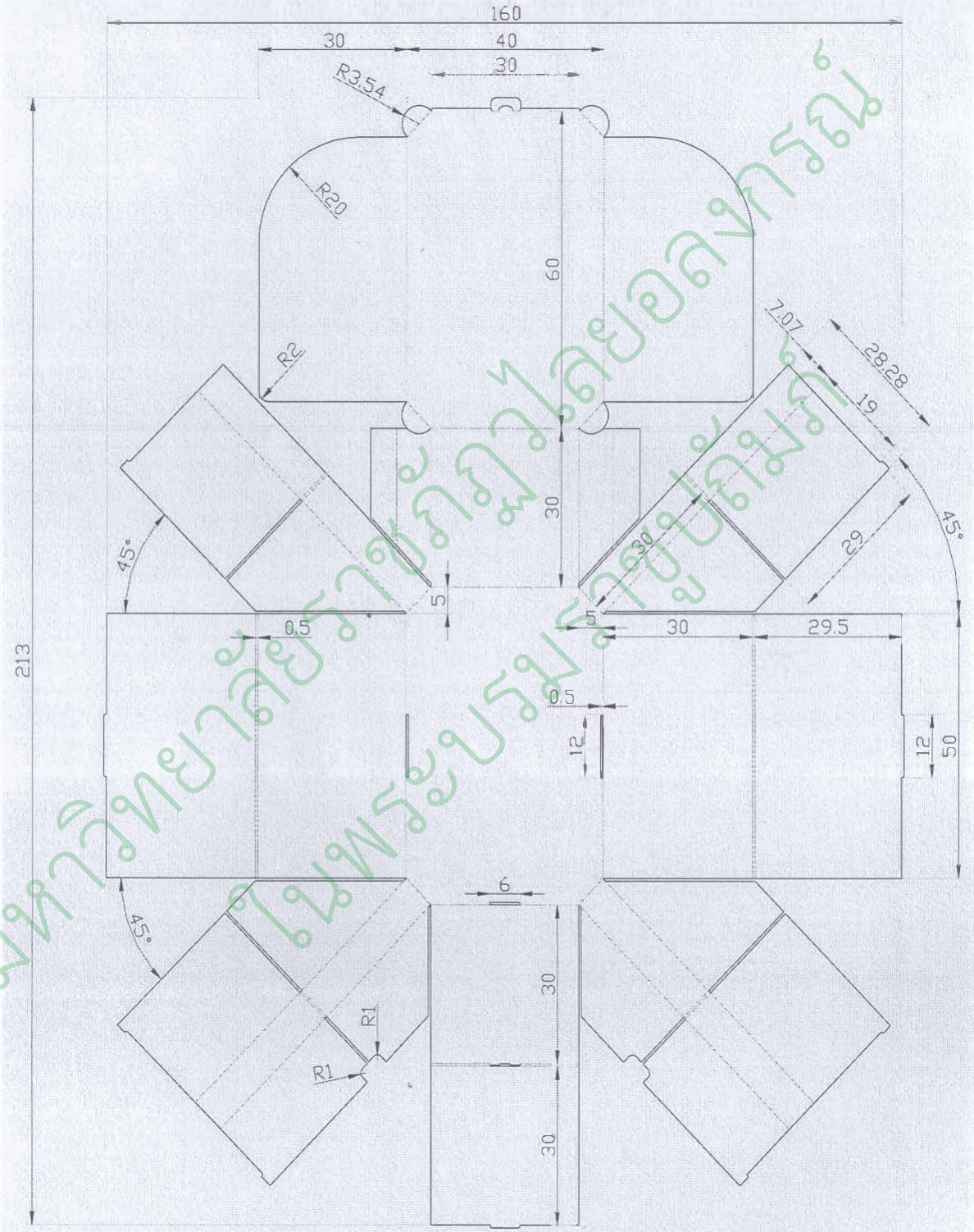


มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยสงวนลิขสิทธิ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์

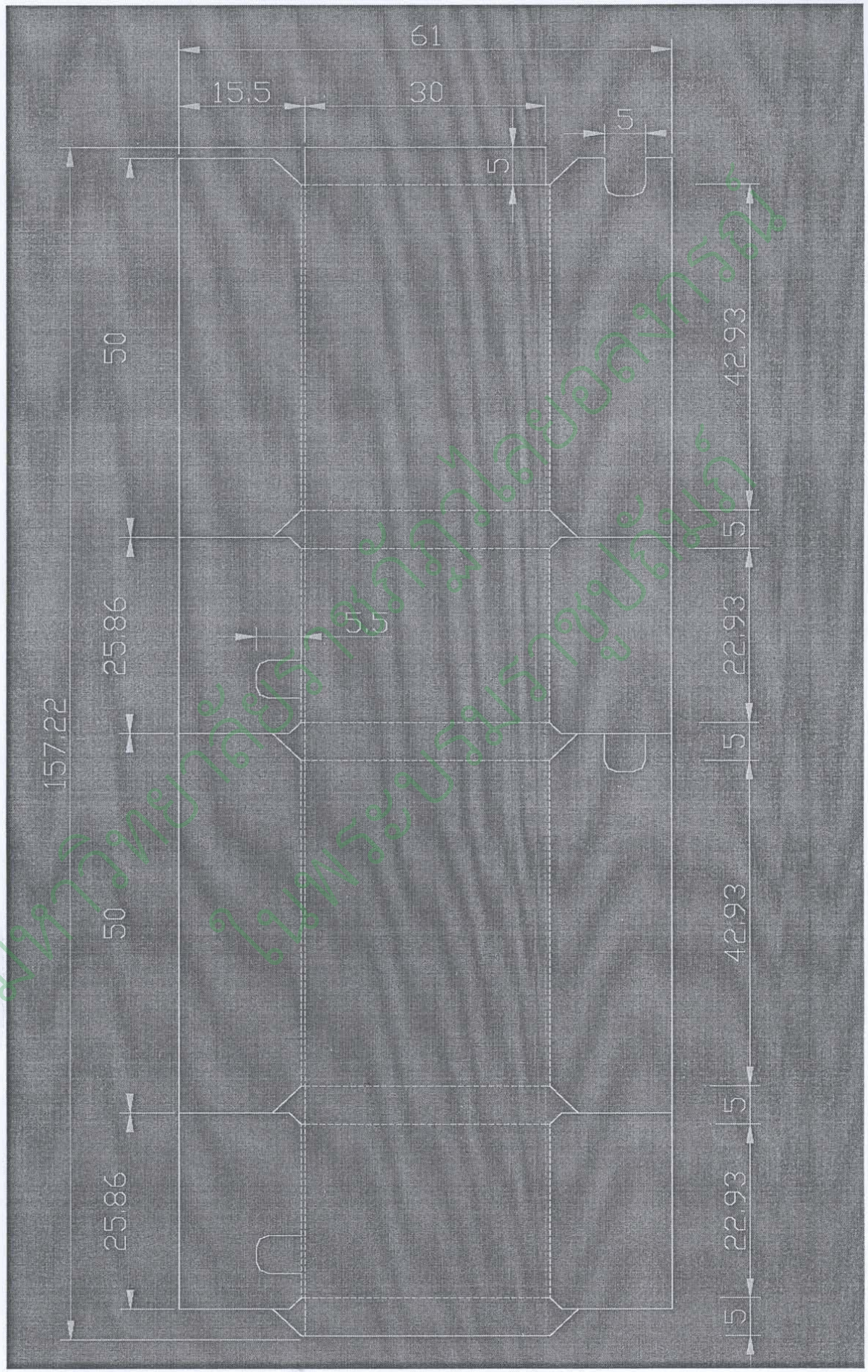
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ในพระบรมราชูปถัมภ์

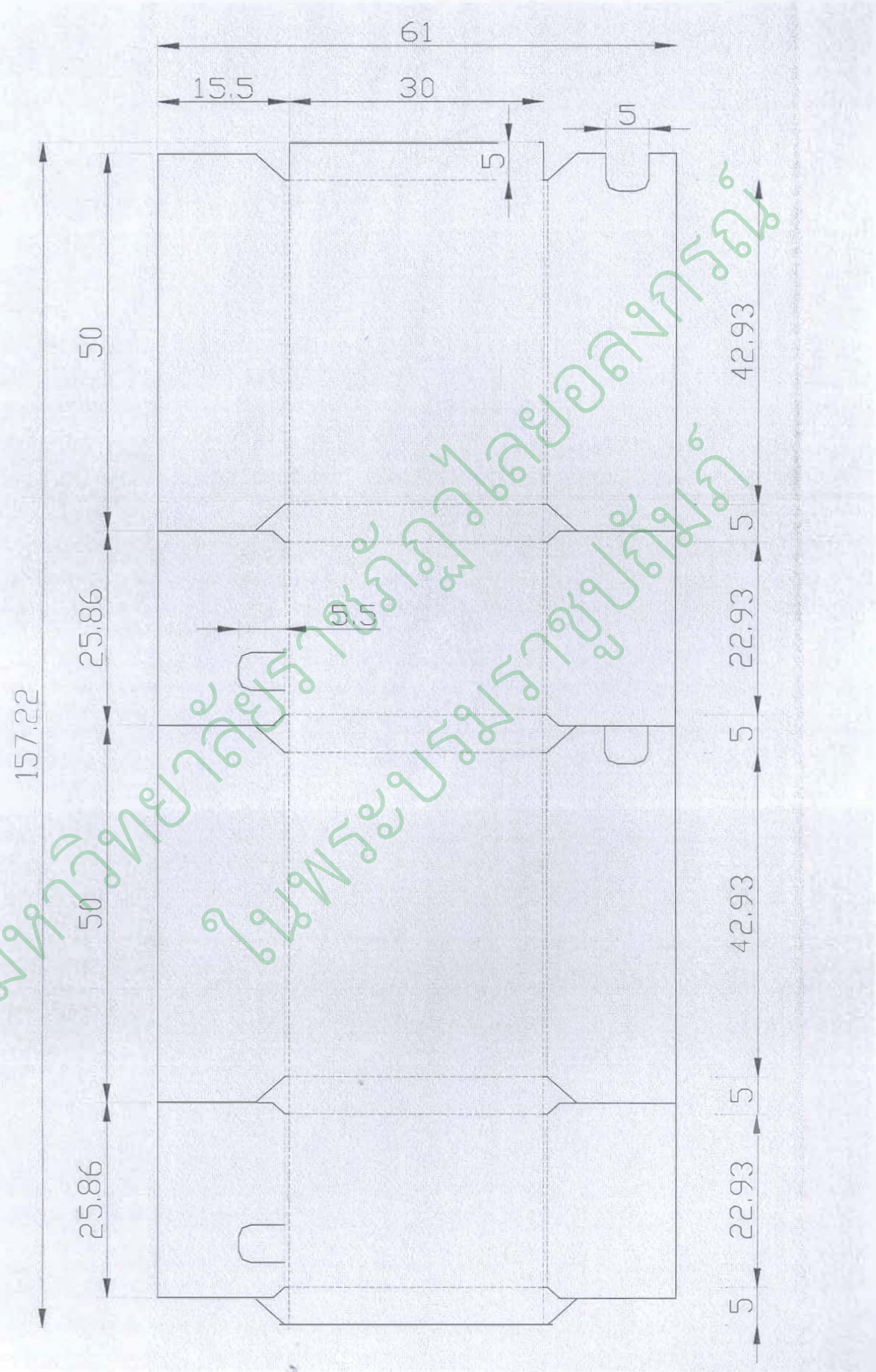
ภาพคลี่ของต้นแบบบรรจุภัณฑ์

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา



มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์


61
15.5
30
5
5
50
42.93
5
25.86
5.5
22.93
157.22
5
50
42.93
5
25.86
22.93
5



มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์