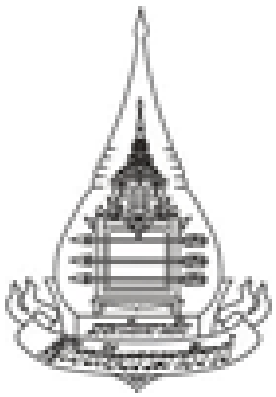


รายงานการเข้าร่วมประชุมวิชาการ

ในฐานะสมาชิกสมาคม IAPRI

“19th IAPRI World conference on Packaging 2014”

Responsible Packaging for Global Market

ระหว่างวันที่ 15-18 มิถุนายน 2557

ณ กรุงเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย

ในโครงการสนับสนุนวิชาการสู่สากล โดยใช้งบประมาณวิเทศสัมพันธ์

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

รายงานโดย

อาจารย์ ดร. แววบุญ แย้มแสงสังข์

อาจารย์จีรานุช บุดดีจีน

รายงานการไปฝึกอบรม ดูงาน ประชุม/สัมมนา

1. ผู้รายงาน

1.1 **ชื่อ** นางแววบุญ **นามสกุล** แย้มแสงสังข์ อายุ 38 ปี

ตำแหน่ง อาจารย์ ดร. **สังกัด** สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **โทร** 8282

1.2 **ชื่อ** นางสาวจีรานุช **นามสกุล** บุดดีจีน อายุ 32 ปี

ตำแหน่ง อาจารย์ **สังกัด** สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **โทร** 8288

เข้าร่วม ประชุมวิชาการ “19th IAPRI World conference on Packaging 2014” ในฐานะสมาชิกสมาคม IAPRI

เรื่อง Responsible Packaging for Global Market

สถานที่ ณ กรุงเมลเบิร์น ประเทศ ออสเตรเลีย

ตั้งแต่ วันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2557 **ถึง** วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2557 รวมระยะเวลา 4 วัน

2. รายละเอียดเกี่ยวกับการไปสัมมนา

2.1 สัมมนา 19th IAPRI World conference on Packaging 2014 มีวัตถุประสงค์ดังนี้

2.1.1 เพื่อนำเสนอบทความทางวิชาการทางด้านการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์

2.1.2 เพื่อเข้าร่วมประชุมและแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มประเทศสมาชิกที่มาจากทั่วโลก

2.1.3 เพื่อติดตามความก้าวหน้าด้านการพัฒนาและวิจัยเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์

2.1.4 เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ที่ได้รับมาใช้พัฒนาการสอนด้านเทคโนโลยีการบรรจุภัณฑ์

2.2 ผู้เข้าร่วมสัมมนา

ประกอบไปด้วยอาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย และนักศึกษาปริญญาโทและปริญญาเอกของมหาวิทยาลัยต่างๆ และผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์จากหลายประเทศ รวม 90 คน ตามเอกสารแนบ 1

2.3 รายละเอียดการประชุม

2.3.1 หัวข้อในการประชุมวิชาการระดับนานานชาติประจำปี 2557 เป็นการประชุมครั้งที่ 19 ของสมาคม IAPRI สถาบันที่ได้รับมอบหมายให้เป็นผู้จัดการประชุมครั้งนี้ คือ Department of Engineered packaging & distribution ,Victoria University ในการประชุมนี้เป็นการนำเสนอผลงานวิจัยของนักวิชาการ นักวิจัย และนักศึกษาปริญญาโทและปริญญาเอกในเรื่อง Responsible Packaging for Global Market ในปีนี้ได้กำหนดประเด็นหัวข้อเป็น 13 หัวข้อ ดังนี้

- Active & intelligent packaging
- Distribution packaging
- Logistics & supply chain
- Packaging design, ergonomics & human factors

- Medical, cosmetic & pharmaceutical packaging
- Packaging printing & graphics
- Packaging for food & agriculture
- Packaging for hazardous & dangerous goods
- Packaging machinery & systems
- Novel packaging
- Packaging materials
- Packaging sustainability
- Packaging standards & legislation

2.3.2 รูปแบบการประชุม แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ (1) การนำเสนอผลงานวิจัย ซึ่งมีทั้งการนำเสนอด้วยปากเปล่าและการนำเสนอโปสเตอร์ และ (2) การประชุมสรุปผลการดำเนินงานของสมาคม ซึ่งผู้เข้าร่วมเฉพาะผู้ที่เป็นสมาชิกสมาคม นอกจากนี้ยังมีเยี่ยมชมศูนย์วิจัยทางด้านการทดสอบบรรจุภัณฑ์ของมหาวิทยาลัยผู้จัดงานอีกด้วย

2.4 เนื้อหาสาระจากการประชุมวิชาการ

วันที่ 15 มิถุนายน 2557

การเปิดประชุมและการบรรยายพิเศษในวันแรกของสมาคม IAPRI ครั้งที่ 19 โดย Assoc. Prof. Dr. Micheal Sek ประธานสมาคม IAPRI จากนั้นได้มีการเลี้ยงรับรองประเทศสมาชิกผู้เข้าร่วมงานและมีวิทยากรรับเชิญ (Keynote speakers) ประกอบไปด้วยผู้ทรงคุณวุฒิ 2 ท่าน คือ

1. Dr.John Kettle
   ตำแหน่ง International Development Manager
   สังกัด Technical Research Centre of Finland (VTT)
2. Nina Cleeve-Edwards
   ตำแหน่ง Packaging Specialist
   สังกัด Nestle' Australia
   แสดงภาพการบรรยายดังภาพที่ 1 – 4

ภาพที่ 1 การบรรยายของวิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาพที่ 2 Assoc. Prof. Dr. Micheal Sek ประธานการจัดงาน IAPRI

ภาพที่ 3 การฟังบรรยายโดยวิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาพที่ 4 งานเลี้ยงรับรองต้อนรับสมาชิก IAPRI

สรุปประเด็นสำคัญจากการฟังบรรยายได้ดังนี้

ช่วงที่ 1 บรรยายโดย Dr.John Kettle ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านกระดาษและเยื่อกระดาษโดยเริ่มทำงานในอุตสาหกรรมตั้งแต่ปี 1983 (พ.ศ. 2526) เริ่มต้นการทำงานที่สถาบันทดสอบ English China Clays โดยทำการวิจัยเรื่องคุณลักษณะโครงสร้างและรูพรุนของกระดาษในการเคลือบผิวกระดาษ และในปี 1997 (พ.ศ. 2540) ได้เข้าร่วมงานกับบริษัท SCA ประเทศสวีเดน ซึ่งทำการผลิตกระดาษลูกฟูกและกล่องลูกฟูก Dr.John ได้เป็นผู้ริเริ่มการพัฒนากระบวนการผลิตอย่างยั่งยืนในอุตสาหกรรมกระดาษ ในปี 2009 (พ.ศ. 2552) ได้พัฒนาศูนย์วิจัยและพัฒนาแห่งฟินแลนด์ (Technical Research Centre of Finland: VTT) ซึ่งมีเป้าหมายหลักในการพัฒนางานวิจัยร่วมกับนานาประเทศ และได้ดำเนินการมาตรฐานและข้อกำหนดเชิงเทคนิคทางด้านกระดาษและเยื่อกระดาษ (The Technical Association of the Pulp and Paper Industry TAPPI) มาอย่างต่อเนื่อง Dr.John ได้บรรยายสถานการณ์การเน่าเสียของอาหารที่กำลังเป็นปัญหาระดับโลกอยู่ขณะนี้ จากข้อมูลจากงานวิจัย พบว่า 33 เปอร์เซ็นต์ของอาหารที่ผลิตขึ้นจะเกิดการเน่าเสียและ25 เปอร์เซ็นต์แคลอรี่ของอาหารที่ผลิตขึ้นจะเกิดการเน่าเสีย จากข้อมูลงานวิจัยจากทั่วโลกที่เกี่ยวกับการเน่าเสียของอาหารมีดังนี้

- การเน่าเสียของอาหารประเภทธัญพืชอบกรอบ (Cereals) พบมากที่ทวีปเอเชีย
- การเน่าเสียของอาหารประเภทเนื้อจะพบมากในละตินอเมริกา การเน่าเสียของผลไม้ พบมากที่เอเชีย ละตินอเมริกาและยุโรป

Dr.John ได้นำเสนอแนวทางในการวิจัยและพัฒนาบรรจุภัณฑ์คือ ควรสร้างคุณค่าของบรรจุภัณฑ์ตลอดเครือข่ายในห่วงโซ่อุปทานเพื่อให้เกิดการใช้บรรจุภัณฑ์อย่างคุ้มค่าและเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ทั้งนี้ต้องอาศัยเทคโนโลยีในการผลักดันให้เกิดการทราบข้อมูลร่วมกันตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ โดยแบ่งเป็นการสร้างคุณค่า 3 ทาง คือ

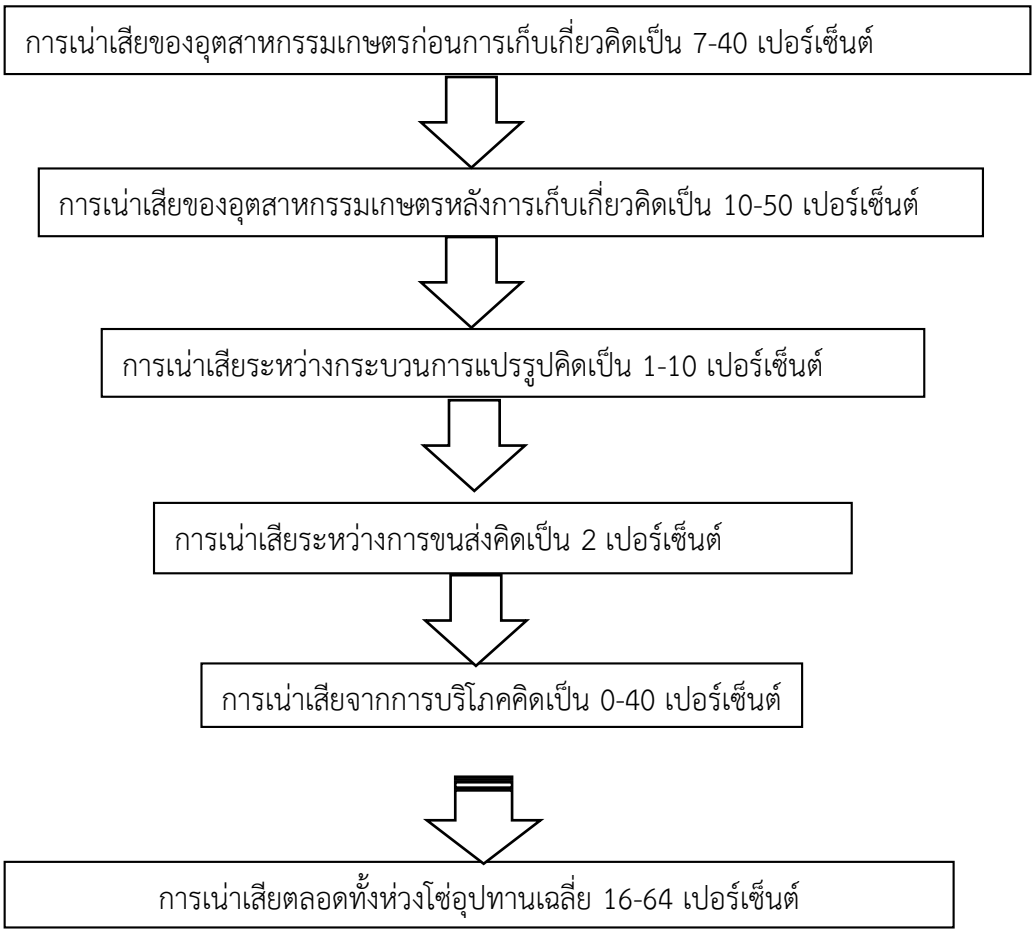
- การสร้างคุณค่าบรรจุภัณฑ์จากภายนอก (Extrusive Value) ซึ่งเกิดจากกรสร้างความพึงพอใจให้กับผู้บริโภค
- การสร้างคุณค่าบรรจุภัณฑ์จากภายใน (Intrinsic value) ซึ่งเกิดคุณสมบัติของวัสดุบรรจุภัณฑ์
- การสร้างคุณค่าอรรถประโยชน์ (Instrumental Value) ซึ่งเกิดจากการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้มีหน้าที่การใช้งานที่หลากหลาย

ปัจจัยสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารโดยการสร้างคุณค่าตลอดทั้งโซ่อุปทาน (ปรับปรุงจาก Store Enso-Version 1/2014)

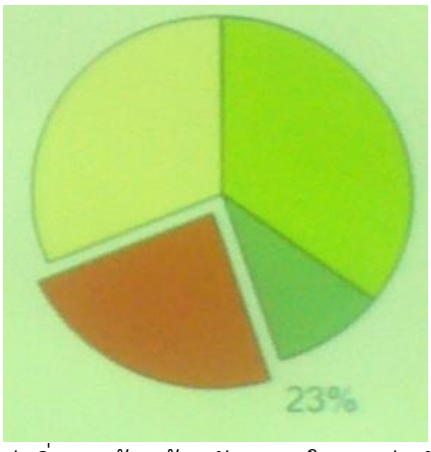
1. เพิ่มจำนวนปริมาณการผลิตที่ปลายน้ำให้สูงขึ้น
2. พัฒนาบรรจุภัณฑ์ฉลาด (Intelligent Packaging)
3. พัฒนาการออกแบบบรรจุภัณฑ์
4. ให้ความสำคัญกับการพัฒนาอย่างยั่งยืนและความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

5. พัฒนาการแข่งขันทางธุรกิจและสร้างความสัมพันธ์กันตลอดทั้งห่วงโซ่อุปทาน
6. เพิ่มศักยภาพความต้องการบรรจุภัณฑ์เพื่อเป็นการขับเคลื่อนความต้องการบรรจุภัณฑ์

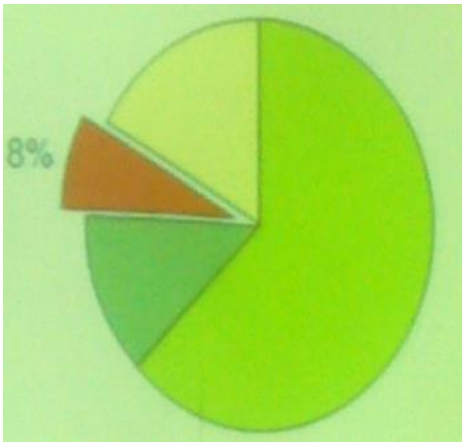
ช่วงที่ 2 บรรยายโดย Nina ซึ่งผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบพัฒนาบรรจุภัณฑ์และการวัดประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อมของบรรจุภัณฑ์ โดยได้นำเสนอความสำคัญของบรรจุภัณฑ์ในการช่วยยืดอายุการเน่าเสียของอุตสาหกรรมเกษตรดังนี้



Nina ได้บรรยายถึงบรรจุภัณฑ์เป็นส่วนสำคัญในการปกป้อง รักษาและยืดอายุในการรักษาคุณภาพของอาหารเพื่อลดการเน่าเสีย ทั้งนี้ได้แสดงข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังภาพที่ 5 และภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านศักยภาพในการก่อกำเนิดสภาวะโลกร้อน



ภาพที่ 6 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านการใช้ทรัพยากรน้ำ

จากภาพที่ 5 และภาพที่ 6 แสดงผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านศักยภาพในการก่อกำเนิดสภาวะโลกร้อน (Global warming Potential) โดยบรรจุภัณฑ์สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคิดเป็น 23 เปอร์เซ็นต์ และผลกระทบต่อการใช้ทรัพยากรน้ำ (Water use) คิดเป็น 8 เปอร์เซ็นต์

Nina ได้นำเสนอแนวทางในการสร้างความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารของ Nestle’ ดังนี้

1. พัฒนาการออกแบบโครงสร้าง การเลือกวัตถุดิบและกระบวนการผลิต
2. การกำหนดพื้นที่ว่างในการบรรจุอย่างเหมาะสม (Optimized Headspace)
3. การกำหนดความเข้มข้น ความหนาแน่นในการบรรจุที่เหมาะสม
4. การพัฒนาอายุในการเก็บรักษาที่เหมาะสม (Shelf-life Optimization)

แนวทางในการลดผกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการหมดอายุของบรรจุภัณฑ์ (End of Life Phase) ของบริษัท Nestle’ ได้แสดงเจตนารมณ์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีวิธีการปฏิบัติ ดังนี้

1. การนำบรรจุภัณฑ์ที่หมดอายุลงกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่
2. การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการกับบรรจุภัณฑ์ที่หมดอายุลง
3. ระบุชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการผลิต เพื่อคัดแยกเมื่อหมดอายุลงและเลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด
4. สนับสนุนการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการนำบรรจุภัณฑ์ที่หมดอายุไปใช้ประโยชน์ เช่น Enval, Program เป็นต้น

บทสรุป

1. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ไม่มีวัสดุบรรจุภัณฑ์ผิดหรือถูก ทั้งนี้ขึ้นกับสมบัติและการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด
2. การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมสามารถพัฒนาประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ได้
3. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ประเภทพลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) ไม่สามารถที่จะกำจัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตบรรจุภัณฑ์ได้
4. การนำบรรจุภัณฑ์มาทำการรีไซเคิลซ้ำหลายครั้งอาจไม่เป็นทางออกการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเสมอไป
5. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้สามารถปกป้อง คุ้มครองรักษา และช่วยยืดอายุของอาหารให้ยาวนานขึ้นเป็นปัจจัยสำคัญในการช่วยลดผลกระทบด้านการเน่าเสียของอาหารได้

วันที่ 16-17 มิถุนายน 2557

สรุปเนื้อหาสาระที่ได้จากการนำเสนอปากเปล่า (Oral Presentation) รายละเอียดหัวข้อนำเสนองานวิจัยดังเอกสารแนบ 2 ซึ่งหัวข้อในการนำเสนอประกอบไปด้วย 5 ส่วน ได้แก่

- Active & Intelligent Packaging
- Packaging Material
- Distribution Packaging
- Packaging for Food and Agriculture
- Design, Ergonomics & Human Factors

ซึ่งมีเนื้อหาสำคัญดังนี้

เรื่องที่ 1 การศึกษาถึงคุณลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ซ้ำ (An Empirical Study for Exploring Reusable Packaging Attribute โดย Ahmed Babader จาก School of Engineer, Technology and Maritime Operation, Liverpool John Moors University

Ahmed Babader ได้นำเสนอผลการวิจัยทางด้านคุณลักษณะที่สำคัญของบรรจุภัณฑ์แบบบรรจุซ้ำ (Refillable packaging) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะเชิงบวกและเชิงลบของบรรจุภัณฑ์ประเภทบรรจุซ้ำ

คุณลักษณะเชิงบวก	คุณลักษณะเชิงลบ
มีคุณภาพดี	ราคาแพง
การขนส่งที่มีความสะดวก	มีความยากในการจัดการกับระบบเรียกคืน
สร้างคุณค่า	ต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บ
ลดขยะจากบรรจุภัณฑ์	อาจพบการปนเปื้อน
ใช้งานได้ง่าย	กำหนดอายุในการวนกลับใช้ซ้ำ
สะอาดและถูกสุขลักษณะ	อาจทำให้คุณภาพสินค้าต่ำลง
ใช้พื้นที่น้อย	ต้องใช้การบำรุงรักษา
น้ำหนักเบา	การขนส่งที่ไม่มีประสิทธิภาพ
ไม่ยุ่งยาก ซ้ำซ้อน	คุณภาพบรรจุภัณฑ์ต่ำลง
บรรจุ/ใช้ซ้ำได้อย่างรวดเร็ว	
สามารถแลกเป็นเงินมัดจำได้	
สร้างความยั่งยืน	

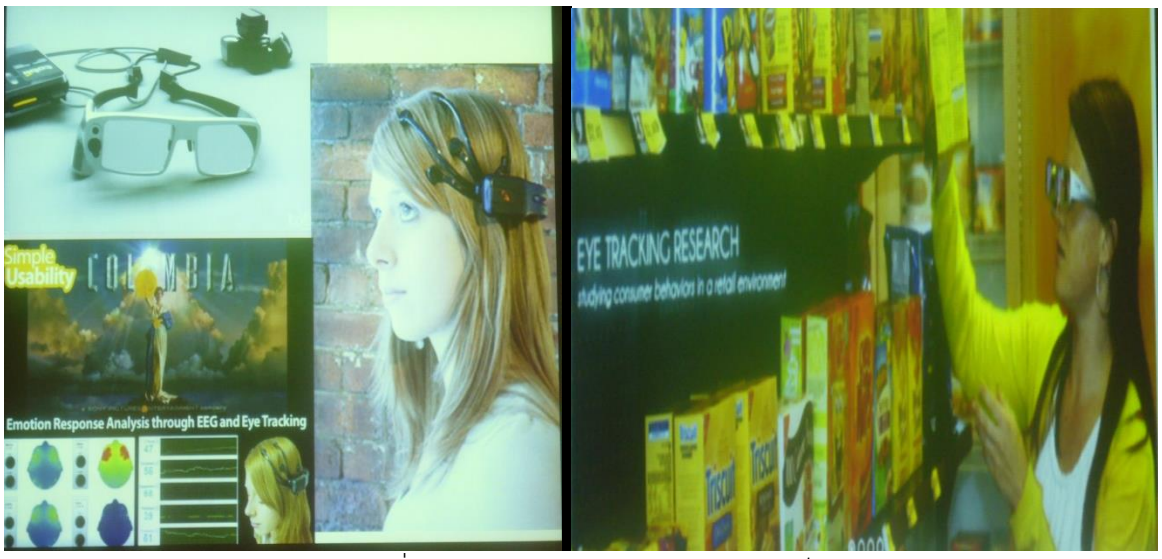
การออกแบบบรรจุภัณฑ์ประเภทการบรรจุซ้ำนั้น ต้องคำถึงวัสดุบรรจุภัณฑ์ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการวนกลับมาใช้ซ้ำ มีข้อควรคำนึงถึงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะของวัสดุบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุภัณฑ์ประเภทการบรรจุซ้ำ

วัสดุ	จุดเด่น	ลักษณะทางกายภาพ	ข้อกำหนดอื่นๆ
แก้ว	ความสามารถวนกลับใช้ซ้ำร่วมกันกับผลิตภัณฑ์อื่นได้ดี	สภาวะแห้ง	การนำไปรีไซเคิลใหม่ได้
โลหะ	ความสามารถในการล้างทำความสะอาดได้ดี	สภาวะปียก	การนำกลับไปเรียงโครงสร้างใหม่
พลาสติก	ความสามารถปิดผนึกซ้ำได้ดี	ต้องใช้การปิดผนึกใหม่/ป้องกันการเปิด	ขึ้นกับความทนทาน
กระดาษแข็ง	-	ไม่ใช้ซ้ำกับผลิตภัณฑ์ประเภทอาหาร	ขึ้นกับคุณภาพและความคุ้มค่า

เรื่องที่ 2 วิธีการจำลองสถานการณ์การมองเห็นสินค้าของลูกค้าบนชั้นวาง (An Eye-Tracking Methodology for Testing Consumer Preference of Display Trays in Simulated Retail Environment) โดย: Andrew Hurly จาก: Clemson University

Andrew ได้วิจัยเกี่ยวกับการมองเห็นของผู้บริโภคต่อบรรจุภัณฑ์ประเภทถาดเพื่อการแสดงสินค้า (Display Tray) ว่ามีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์หรือไม่โดยการทดสอบใช้แว่นจำลองสถานการณ์การมองเห็น ซึ่งบรรจุภัณฑ์ประเภทถาดเพื่อการแสดงสินค้า ถูกนำมาใช้ในการขนส่งสินค้าและการจัดเก็บสินค้าในคลังสินค้าอีกทั้งยังช่วยสร้างการดึงดูดใจ ณ จุดแสดงสินค้าอีกด้วย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบพฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้า กรณีศึกษา ผลิตภัณฑ์น้ำมะเขือเทศและผลิตภัณฑ์ล้างจานโดยใช้เทคโนโลยีแว่นจำลองสถานการณ์การมองเห็น (Eye Tracking Technology) สมมุติฐานในงานวิจัยคือ บรรจุภัณฑ์เพื่อการแสดงสินค้าจะช่วยเพิ่มระยะเวลาในการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าของผลิตภัณฑ์และลดเวลาในการตัดสินใจซื้อในครั้งแรกลง โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างบรรจุภัณฑ์ที่วางบนชั้นวางแบบไม่มีถาดเพื่อการแสดงสินค้าและบรรจุภัณฑ์ที่วางบนถาดแสดงสินค้า จากนั้นให้ผู้บริโภคทำการทดลองโดยใส่แว่นจำลองสถานการณ์การมองเห็นและตำแหน่งโฟกัสให้ความสำคัญของผู้บริโภค ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แว่นจำลองสถานการณ์การมองเห็นของผู้บริโภค

บทสรุปจากการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า บรรจุภัณฑ์ที่วางบนถาดแสดงสินค้า ณ จุดจำหน่าย (Point of Sale) ไม่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค ดังนั้นการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวควรให้ความสำคัญกับประโยชน์ทางด้านการบรรจุและการรวบหน่วย งานวิจัยในอนาคตผู้วิจัยจำการจำแนกบรรจุภัณฑ์ตามแต่ชนิดเพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิด

เรื่องที่ 3 ระบบมาตรฐานของบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งมะม่วงขนส่งจากเม็คซิโกและกัวเตมาลาไปยังสหรัฐอเมริกา (New Standardized Package System for Imported Fresh Mangos to the United States From Mexico and Guatemala) โดย Koushik Saha จาก Cal Poly State University

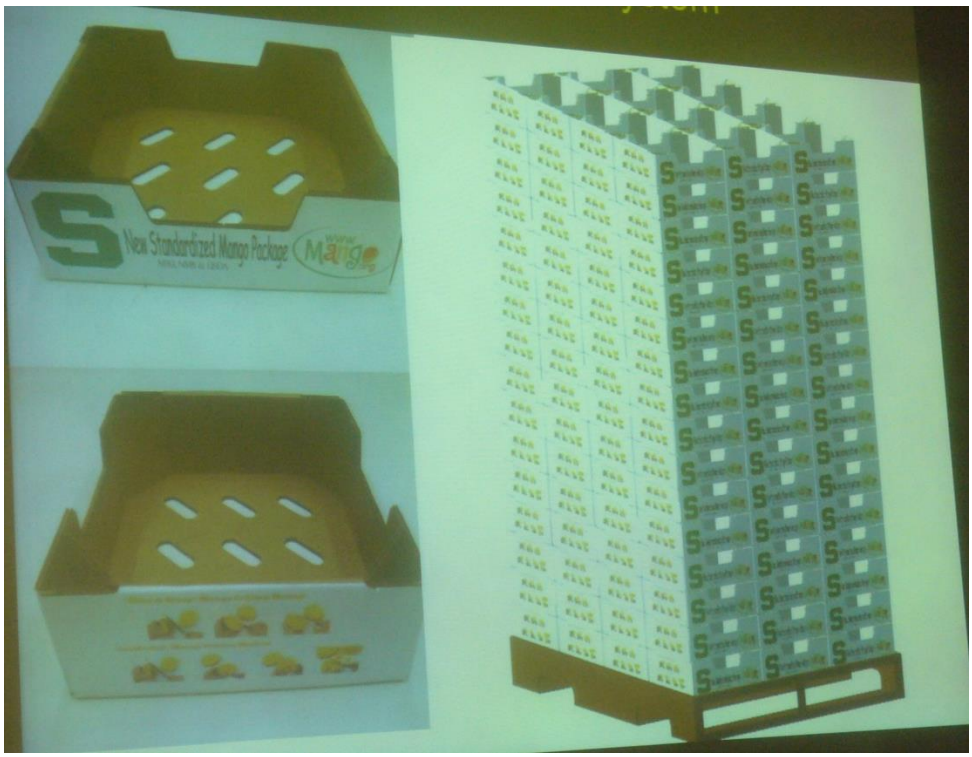
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดมาตรฐานบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุมะม่วงเพื่อการส่งออก โดยพัฒนาบรรจุภัณฑ์ถาดกระดาษลูกฟูกสำหรับบรรจุมะม่วง เพื่อการขนส่งจากประเทศในทวีปอเมริกาใต้สู่สหรัฐอเมริกา การวิจัยนี้เริ่มจากการค้นหาความต้องการบรรจุภัณฑ์โดยทำการสำรวจรูปแบบการออกแบบถาดกระดาษลูกฟูกสำหรับบรรจุมะม่วงที่ใช้ในการส่งออกในหลายประเทศ ปัญหาที่พบในบรรจุภัณฑ์คือ จำนวนบรรจุต่อถาดเท่ากับ 14 ผล ซึ่งไม่เหมาะสมกับขนาดของแท่นรองรับสินค้า (Pallet) ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันซึ่งมีขนาดมาตรฐานเท่ากับ 40x48 นิ้ว ดังภาพที่ 8

ภาพที่ 8 บรรจุภัณฑ์ถาดกระดาษลูกฟูกที่ไม่เหมาะสมกับขนาดของแท่นรองรับสินค้า

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบบรรจุภัณฑ์ถาดกระดาษลูกฟูกสำหรับบรรจุมะม่วงโดยการนำแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันมาปรับปรุงทั้งขนาดและประสิทธิภาพในการรองรับแรงกดทับในแนวดิ่ง (Compression Strength) เพื่อออกแบบให้เหมาะสมในการขนส่งระหว่างประเทศได้ ดังภาพที่ 9

ภาพที่ 9 บรรจุภัณฑ์ถาดกระดาษลูกฟูกที่พัฒนาขึ้นเพื่อทนต่อแรงกดทับแนวดิ่งผลสรุปจากงานวิจัย

จากผลการสดสอบในห้องปฏิบัติการโดยวัดค่าความต้านทานแรงกดทับในแนวดิ่ง พบว่า บรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบใหม่มีค่าทนค่าแรงกดทับสูงสุด (Peak Force) เท่ากับ 1858.1 ปอนด์ ซึ่งถาดลูกฟูกแบบเดิมทนแรงกดทับในแนวดิ่งได้เพียง 971.4 ปอนด์ จากนั้นจึงนำไปจัดวางบนแท่นรองรับสินค้า พบว่าบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบใหม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดวางได้ถึง 154 ถาดต่อแท่นรองรับสินค้า ซึ่งถาดลูกฟูกแบบเดิมจัดวางได้เพียง 105 ถาดต่อแท่นรองรับสินค้า ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 การจัดวางบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบใหม่บนแท่นรองรับสินค้า

สรุปจากงานวิจัย

บรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบใหม่สามารถทนต่อแรงกดทับในแนวดิ่งได้ดีและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดวางบนแท่นรองรับสินค้าได้ ทั้งนี้การจัดวางเรียงมะม่วงลงถาดกระดาษ ต้องทำให้ผลมะม่วงไม่เกิดช่องว่างระหว่างกันเพื่อป้องกันการขัดถู (Bruising) และกระทบกันเนื่องจากการสั่นสะเทือนระหว่างการขนส่ง (Vibration)

เรื่องที่ 4 ขวดจากเยื่อกระดาษ (Green Fibre Bottles) โดย Soren R. Ostergaard จาก Packaging Section, Danish Technological Institute

ผู้วิจัยจากสถาบัน EcoXpac ได้พัฒนาขวดที่ผลิตจากเยื่อกระดาษซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (Biodegradable material) เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมเป็นการทดแทนการใช้พลาสติก แก้ว และโลหะ จุดเด่นของขวดจากเยื่อกระดาษมีดังนี้

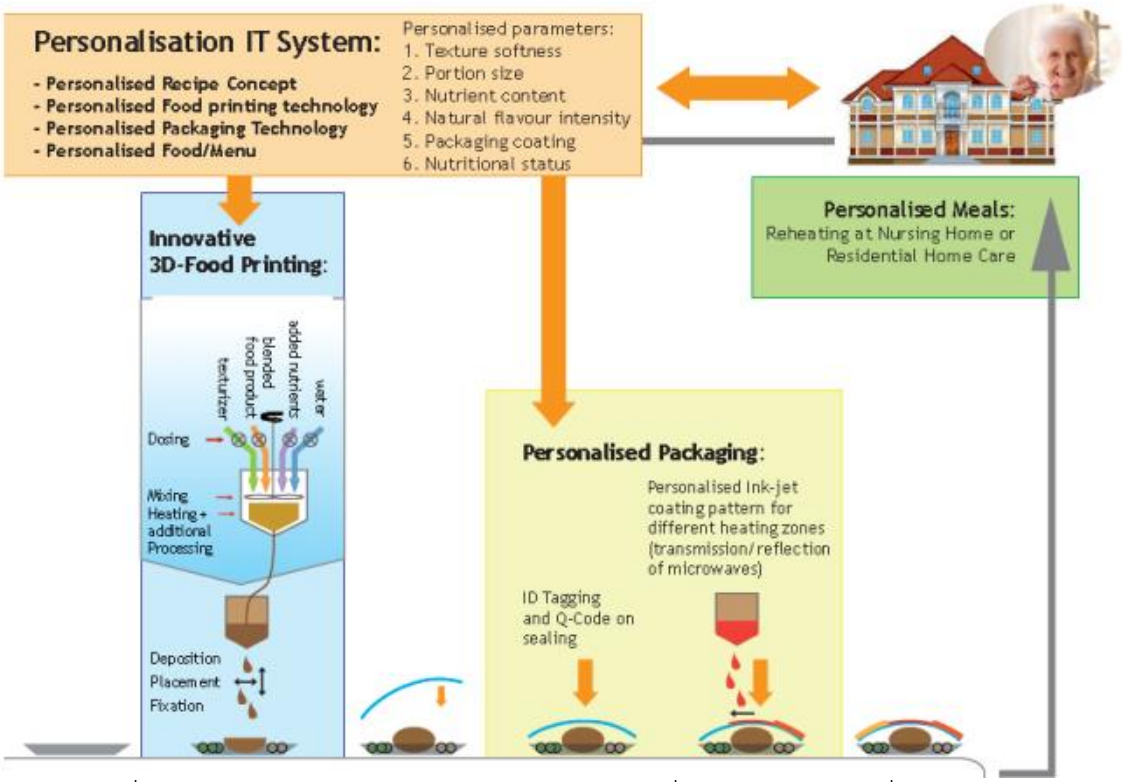
- สามารถทำการผลิตแบบขวดที่ใช้ซ้ำได้แบบฝาเกลียว (Screw cap) และขวดแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง (Single use seal)
- สามารถเข้าเครื่องจักรและกระบวนการบรรจุแบบอัตโนมัติได้ (Automatic Filling Machine)
- ทำจากวัตถุดิบที่สามารถปลูกทดแทนได้ตามหลักการของการออกแบบอย่างยั่งยืน (Sustainable Design)
- สามารถลดการใช้พลังงานในการผลิตลงได้ 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับเทคโนโลยีการผลิตเยื่อกระดาษ
- หลังจากหมดอายุในการใช้งานลง บรรจุภัณฑ์จากเยื่อกระดาษสามารถนำไปรีไซเคิลได้เหมือนกับบรรจุภัณฑ์กระดาษ
- กระบวนการผลิตไม่ยุ่งยากซับซ้อน ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย และลงทุนต่ำ
- พื้นผิวบรรจุภัณฑ์มีความเรียบเนียนละมีคุณภาพทางการพิมพ์สูง
- การเคลือบผิวบรรจุภัณฑ์ใช้วานิชจากวัสดุจากธรรมชาติ และใช้ปริมาณน้อย
- สมบัติการซึมผ่านของวัสดุมีประสิทธิภาพเทียบเท่าวัสดุแก้วและวัสดุกระป๋อง
- ความหนาของขวดเพียง 1-2 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ขวดมีน้ำหนักเบาเพียงครึ่งหนึ่งของน้ำหนักขวดพลาสติก PET

แสดงภาพขวดที่ผลิตจากเยื่อกระดาษดังภาพที่ 11

ภาพที่ 11 ขวดจากเยื่อกระดาษ

เรื่องที่ 5 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผู้สูงอายุที่ต้องการอาหารแบบเฉพาะโดยใช้กระบวนการผลิตแบบเร็ว (Packaging for Personalized Food for Nutrition of Elderly Consumers Made Using Rapid Manufacturing) โดย Alexander Bardenstein จาก Packaging Section, Danish Technological Institute

บรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นนี้ชื่อ PERFORMANCE ซึ่งมาจาก Personalized Food using Rapid Manufacturing for the Nutrition of elderly Consumers เพื่อตอบสนองความต้องการทางจัดการกระบวนการผลิต การขนส่ง ความสามารถในการความทดความร้อนในไมโครเวฟสำหรับบรรจุอาหารของผู้สูงอายุที่มีความต้องการในสารอาหารที่แตกต่างกัน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคโนโลยีเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ (3D printer) หรือกระบวนการผลิตแบบเร็ว (Rapid Manufacturing) โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการสั่งการสารอาหารที่ต้องการ จากนั้นระบบจะทำการประมวลผลตามคำสั่งและทำการพิมพ์อาหารเป็นชั้น (layer) เมื่อทำการบรรจุอาหารที่ต้องการลงบรรจุภัณฑ์ จะทำการระบบการติดตามโดยใช้ QR code และทำการปิดผนึกเพื่อส่งไปยังบ้านของผู้สูงอายุ แสดงกระบวนการทำงานของระบบบรรจุอาหารเพื่อผู้สูงอายุโดยใช้เครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ ดังภาพที่ 12

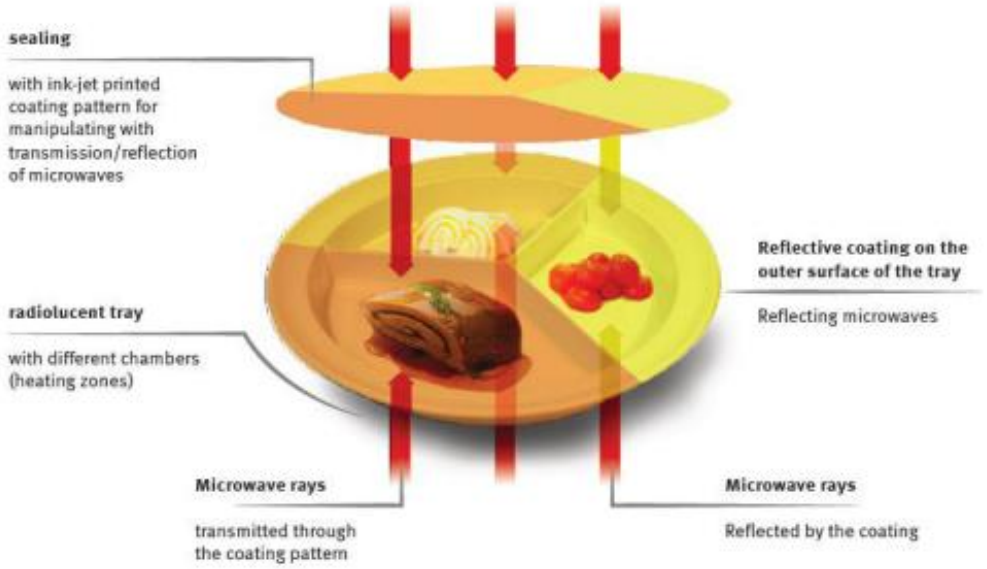


ภาพที่ 12 กระบวนการทำงานของระบบบรรจุอาหารเพื่อผู้สูงอายุโดยใช้เครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ฉลาดเพื่อความสามารถในการทนความร้อนในเตาไมโครเวฟ (Microwave active packaging Design)

บรรจุภัณฑ์ PERFORMANCE ที่พัฒนาขึ้นนี้เพื่อการบรรจุอาหารสำหรับผู้สูงอายุที่มีความต้องการในสารอาหารที่แตกต่างกัน ระบบห่วงโซ่อุปทานของบรรจุภัณฑ์ PERFORMANCE เริ่มจากอาหารถูกบรรจุตามความต้องของผู้สุงอายุ จากนั้นอาหารจะถูกขนส่งไปยังบ้านของผู้สูงอายุ เมื่อต้องการบริโภคจะต้องนำมาอุ่นในเตาไมโครเวฟที่คสามถี่ 2.54 กิกะเฮิร์ต ซึ่งอาจมีผลทำให้อาหารที่มีรูปทรง และระดับควาสูงต่ำในระนาบที่เกิดจากการขึ้นรูปสารอาหารที่มีความแตกต่างกันในภาชนะบรรจุ ทำให้เกิดการกระจายความร้อนที่ไม่เท่ากันได้

ส่งผลให้สารอาหารในบางตำแหน่งเกิดการเสียรูป และคุณค่าทางอาหารลดลงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ระบบการทำงานในเตาไมโครเวฟสำหรับอุ่นอาหาร

ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาบรรจุภัณฑ์ฉลาดเพื่อความสามารถในการทนความร้อนในเตาไมโครเวฟขึ้น โดยใช้ระบบการพิมพ์แบบพ่นหมึก (Ink jet) ในการขึ้นรูปแผ่นโลหะสำหรับใช้สะท้อนรังสีความร้อนในเตาไมโครเวฟ โดยแผ่นโลหะดังกล่าวจะมีรูพรุนในแต่ละตำแหน่งที่แตกต่างกัทั้งนี้ขึ้นกับระดับความสูงต่ำของอาหารที่บรรจุ เพื่อการกระจายความร้อนให้เท่ากันทั่วทั้งบรรจุภัณฑ์ การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการกระจายและสะท้อนความร้อนในไมโครเวฟตามแต่ละตำแหน่งของอาหารนี้ จะช่วยทำให้เกิดการได้รับความร้อนตามที่ต้องการในแต่ละตำแหน่ง และลดการสูญเสียคุณค่าทางอาหารลงได้ แสดงดังภาพที่ 14

ภาพที่ 14 บรรจุภัณฑ์ฉลาดเพื่อความสามารถในการทนความร้อนในเตาไมโครเวฟ

วันที่ 18 มิถุนายน 2557

การประชุมสมาชิก IAPRI มีสาระสำคัญจากการประชุมดังนี้

1. การรับรองค่าใช้จ่ายในการเป็นสมาชิก IAPRI ยังคงมีอัตราการเรียกเก็บสมาชิกเท่าเดิม

2.รายงานการเงินประจำปี แจงค่าใช้จ่ายในการทำกิจกรรมที่ผ่านมาในรอบปี โดยปัจจุบันมีเงินคงคลัง 18,981 บอนสเตอริง

3.การจัดทำแผนฐานข้อมูลบนเว็บไซต์ของ พ.ศ. 2557-2558 (ค.ศ. 2014-2015) มีเพื่อสร้างเครือข่ายการวิจัย โดยนักวิจัยทุกคนสามารถเข้าไปลงทะเบียนและกรอกประวัติตนเองได้ที่ http://iapri.org

4. ผลการพิจารณาทุน IAPRI ที่มอบให้แก่นักศึกษาปริญญาโท ประจำปี พ.ศ. 2557 (ค.ศ.2014) โดยหัวข้องานวิจัยที่ได้รับการพิจารณาเกี่ยวกับแนวคิดในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อขนส่งทางการบิน

5. แจ้งกำหนดการเปิดรับสมัคร ทุน IAPRI ประจำปี 2015 ให้เริ่มส่งข้อเสนอการวิจัยตั้งแต่ 18 มิถุนายน 2557 เป็นต้นไป

6.แจ้งกำหนดการและสถานที่ในการเป็นเจ้าภาพในการประชุม IAPRI ครั้งหน้าได้แก่ เมืองวาเลนเซียประเทศสเปน และปฏิทินการจัดการประชุม ดังนี้

- 27 th IAPRI 8-11 th June 2015 ที่เมืองวาเลนเซียประเทศสเปน
- 20 th IAPRI 8-11 th June 2016 ประเทศบราซิล

- 28 th IAPRI 8-11 th May 2015 ที่ประเทศสวิซเซอร์แลนด์

7.สมาชิกสามารถติดตามข่าวสาร IAPRI การรับข้อมูลทาง ทวิตเตอร์ ที่ชื่อว่า “IAPRI”

8. ผลการเลือกตั้งประธานกรรมการบริหาร IAPRI ได้แก่ Assoc. Prof. Micheal Sek จาก Victoria University

9. แนะนำสมาชิกใหม่ให้แก่ที่ประชุม ได้แก่ สมาชิกจากประเทศฮังการี บัลกาเรีย มหาวิทยาลัยเวอร์จิเนีย์เทค จากสหรัฐอเมริกา และ มหาวิทยาลันรูกีจากประเทศอินเดีย

3. ประโยชน์ที่ได้รับ

3.1 ประโยชน์ที่ผู้รับทุนได้รับ

1. ได้ทราบแนวโน้มของเทคโนโลยีและงานวิจัยทางด้านการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ในเรื่องของ Active & Intelligent Packaging, Packaging Material, Distribution Packaging, Packaging for Food and Agriculture และ Design, Ergonomics & Human Factors
2. ได้ทราบเทคนิควิธี ในการวิเคราะห์และสังเคราะห์งานวิจัย จากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์กับคณาจารย์และนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยต่างๆที่เปิดหลักสูตรที่เกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์และระบบการขนส่ง เพื่อนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยทางด้านการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ได้
3. สามารถนำความรู้ที่ได้มาเผยแพร่ความรู้ในโครงการบริการวิชาการแก่สังคม ปี 2557 โครงการ
    - ศูนย์บริการวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นวัตกรรมการออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ในหัวข้อ “นวัตกรรมการออกแบบบรรจุภัณฑ์” บรรยายโดย อาจารย์จีรานุช บุดดีจีน ให้กับผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกกรมทางการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ เอกสารในการบรรยายดังเอกสารแนบ 3 โดยจัดโครงการจำนวน 3 ครั้ง ดังนี้
        - ครั้งที่ 1 วันที่ 20 สิงหาคม 2557 ณ นิคมอุตสาหกรรมบางปู ผู้เข้าร่วม 60 คน
        - ครั้งที่ 2 วันที่ 27 สิงหาคม 2557 ณ นิคมอุตสาหกรรมสินสาคร ผู้เข้าร่วม 60 คน
        - ครั้งที่ 3 วันที่ 3 กันยายน 2557 ณ มสธ. ผู้เข้าร่วม 80 คน
4. สามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการเขียนเอกสารการสอนในชุดวิชา 97318 การออกแบบทางการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ในหน่วยที่ 11 การออกแบบบรรจุภัณฑ์ขวด และชุดวิชา 97431 เทคโนโลยีการแปรรูปบรรจุภัณฑ์หน่วยที่ 11 เทคโนโลยีการบรรจุและการรวมหน่วย

3.2 ประโยชน์ที่มหาวิทยาลัยได้รับ

1. บุคลากรของมหาวิทยาลัยมีความรู้ทางบรรจุภัณฑ์ ทิศทางและแนวโน้มงานวิจัยทางด้านการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ในอนาคต
2. การพัฒนางานวิจัยทางด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้กับมหาวิทยาลัย
3. การพัฒนาเนื้อหาในเอกสารการสอนให้มีความทันสมัย กล่าวทันเทคโนโลยและครอบคลุมเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการบรรจุภัณฑ์ที่มาตรฐานเดียวกับกันนานาประเทศ

4. ข้อเสนอแนะ

4.1 ควรมีการจัดตั้งศูนย์วิจัยเฉพาะทางด้านการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ในมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เพื่อให้เกิดการพัฒนาองค์ความรู้และนำไปบริการวิชาการแก่สังคมให้กับชุมชมใกล้เคียงและเขตจังหวัดอื่นได้

4.2 ควรให้คณาจารย์ได้ติดตามความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางบรรจุภัณฑ์ทั้งในและต่างประเทศและนำมาพัฒนางานวิจัยทางด้านการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ เพื่อพัฒนาศักยภาพของมหาวิทยาลัยให้เป็นศูนย์กลางแห่งการบริการวิชาการทางการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ในอนาคตได้

คำชี้แจงการใช้เอกสาร:

ขอขอบคุณที่ท่านให้ความสนใจศึกษาเอกสารเผยแพร่ความรู้ (KM) ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มสธ. ซึ่งจัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ให้เกิดประโยชน์เชิงวิชาการในวงกว้าง ทั้งนี้หากท่านนำข้อมูลจากเอกสารนี้ไปใช้ ขอให้อ้างอิงแหล่งที่มาจากเราด้วย พร้อมทั้งแจ้งให้เราทราบแหล่งที่ท่านนำไปอ้างอิง โดยแจ้งทางอีเมล์มาที่ stoffice@stou.ac.th เพื่อประโยชน์ในการบูรณาการข้อมูลร่วมกัน

The Functional Analysis Methodology for Environmentally Conscious Packaging Design

Jeeranuch Buddeejeen [1*] and Athakorn Kengpol[2]

[1] Department of Printing and Packaging Technology,
School of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University, Thailand
[2] Advanced Industrial Engineering Management Systems Research Center,
Department of Industrial Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand

[*]Corresponding author. Email: jeeranuch_pk13@hotmail.com

Abstract: The roles of packaging design are to preserve the product, protect its damage throughout transportation, and fulfil stakeholder's complicated needs. Moreover, the customers become more environmental conscious to consider in eco packaging before buying. The varieties of tools assist design teams to develop the eco packaging design concepts by integrating environmental aspects into design and development phase. However, the eco packaging design methodology is an inconceivable support for functional analysis into life cycle packaging. The objective of this research is to develop a functional analysis methodology for supporting environmentally consciousness design of packaging. The methodology is obtained in three tools: Eco Packaging Design Checklist (EPDC), Function Analysis System Technique (FAST), and Functional Benchmarking (FB). The proposed methodology is tested through application to the secondary packaging for containment of electronic components. The proposed methodology is crucial to consider not only environmental aspects but also functional aspects. This can assist effectively for design teams to identify the functional packaging in conceptual design phases. The advantages of this methodology are to define the environmental impact in the early design phase by using EPDC tool. This step can be assessed the environmental problems with its easiness and fastness and pointed to the critical requirements and notified for environmental impact situation of current packaging. The FAST tool can help to define the function of current packaging and organized the logical relationships between functions. The design team can clarify to the primary and secondary functions of current packaging and determined the mission statement. The FB is applied to clarify in functional requirements based upon customer's need and compare the functional improvement level with competitors in the current market. This step can help the design team to prioritize the functional requirements to improvement. The methodology has a majoring benefit than applying those three tools independently. The recommendations, limitations and further researches are also presented in this research.

Keywords: eco packaging design, functional analysis, eco packaging design checklist, function analysis system technique, functional benchmarking.

1 Introduction

Packaging most often prevents goods damage during transportation. Especially, the sensitive and fragile goods such as electronic products can break easily in transit. These products require the secondary packaging with complicated structure to protect the product quality. Customers often discard secondary packaging quickly after purchasing and then become to packaging waste after buying goods. It is importantly required the systematic waste management and completely reduced in the air, water and land pollutions. This quick discarding and disregarding packaging causes the environmental impact of packaging very exactly to the end users, therefore the packaging gives a negative environmental image. Moreover, packaging may be attributed to factor other than the packaging material itself approximately 90 percent that hidden costs of manufacturing and supply chain activities as quality inspection, inventory footprint area, transport and logistics load, disposal elimination [1]. The most of decreasing environmental impacts is to design properly packaging for reusability and recycling, which is very good for environment friendly.

Many countries including some US States, Canada, Western and Eastern Europe, South Africa, Australia, Brazil, China, Japan, Taiwan, Tunisia, and South Korea have implemented environmental packaging requirements to allocate and distribute waste management costs, shift responsibility onto the Extended Producer Responsibility (EPR), and to decrease the environmental impact of packaging. This

trend reinforces the consciousness of environmental responsibility of competitive companies, industries, and global business. The Packaging and Packaging Waste Directive (94/62/EC) is a measure with environmental goals of packaging. The Directive applies to all packaging placed on the EU market, and all packaging waste of at industrial, commercial sites and from private homes. It is required the minimized packaging, design for recovery, reuse packaging and non-toxic or heavy metals should be restricted in the packaging material and production. The packaging wastes are involved to environmental issue and required with stakeholder responsibility. The companies can apply the eco packaging design as the means of considering to environmental conscious and ensuring the safe delivery of a product to end user in complete condition at the minimum overall environmental impact [1]. It is difficult to combine and balance between decreasingly environmental impact and maintainable quality function. Whatever the reason, it is considered to develop the methodology for functional analysis for environmental conscious in packaging design at the conceptual design phase. The objective of this research is to develop a methodology for effective support of the packaging in conceptual design for packaging eco design activities. This methodology is verified through application in secondary packaging of electronic components. Especially, the proposed methodology whose core is the expanding into the analysis of environmental and functional requirements by applying three tools as Eco Packaging Design Checklist (EPDC), Function Analysis System Technique (FAST), and Function Benchmarking (FB). In addition, connecting three consecutive tools is formalized by correlating the outputs of the preceding tool and the inputs of the following one. The framework of this research consists of an overview of the current eco design tools with defining functional packaging, a description of the proposed packaging design methodology, and application of the method to the electronic components industry. Then, discussion and conclusion are presented in this research.

2 Eco Design tools

According to the previous studies about the eco design tool for functional analysis, many tools have been developed for eco design to support design team at conceptual design phase. The following literature relates to the model above.

2.1 Eco Packaging Design Checklist method (EPDC)

EPDC means a set of items used for assessing a packaging from environmental viewpoints through life cycle. This is used for packaging assessment which aims at improving the packaging on environmental aspects considering the possible environmental impacts [2]. For instance, Wimmer [3] apply EPDC to evaluate an existing product and come up with target oriented eco design improvements by specific requirements its life cycle. This method, with its easiness and fastness, is one of those general most for applying in industries. This is effective especially for systematizing environmental review in a manufacturing. Nevertheless, this is not significant purpose for environmental assessment and unclear result for design direction.

2.2 Function Benchmarking (FB)

This tool is the measurement of properties of a packaging. The measurements can be compared to a baseline of current packaging or competitors in the market, both with similar functionality [4]. It may be beneficial to validate periodically the choice of properties against the results of a more detailed analysis. For supporting in this advantage, Svanes et al. [5] use FB tool for studying in the sustainable packaging design in case study of food industry. This model is applied in decision support of sustainable packaging by following five quantitative indicators for comparison between different packaging solutions. However, FB does not show how to solve the problem for design improvement.

2.3 Function Analysis System Technique (FAST)

FAST assists to define the problem objectively and organize the logical relationships between functions. The FAST diagram can be used to verify and show how a proposed design achieves the functional requirements of packaging. This tool can be identified the unnecessary and duplicated functions [6]. The design team can use the FAST diagram to communicate functional mapping between design team and find the way to design improvement in general, not only eco packaging design.

2.4 Life Cycle Assessment (LCA)

LCA is a method to assess environmental impacts of a product or packaging [7]. It requires comprehensively the quantitative information of the life cycle on the environment. Many researchers apply LCA for assessing packaging and product in the design and development phase such as Madival et al. [8], Nielsen and Wenzel [9], and Verghese et al. [10]. The results can be identified the life cycle impacts and evaluated the environmental performances. Although it discloses the quantitative environmental profile relatively based upon the structural design of packaging. It has some disadvantages to collect complicatedly and significantly with the life cycle inventory with starting from material requisition phase and finishing onto the end of life phase. Therefore, it cannot be achieved in the early design stage at the conceptual design phase.

2.5 Quality Function Deployment for Environment (QFDE)

This tool is used to analyse customer and environmental requirements throughout the packaging design development process [11]. Gathering and analysing the voice of the customer for environment is critically important to provide the oriented customer's needs for developing requirement of packaging. Later, customer needs should be translated into technical attributes. QFDE clarifies the relationship between customer requirements and functional quality characteristics. Then, it can be correlated, while functional quality characteristics and packaging components. QFDE method, with its easiness is one of common most in industries same as EPDC tool. For example, Masui et al. [11] develop QFDE to assist design team in considering environmental concerns in the early design stage of product development. This research is corresponding with Bergquist and Abeysekara [12]. They develop the systematically to match between human needs and the product characteristics in the area of ergonomic design. However, this is neither productive for tangibility the problem solving and nor helpful idea generation.

Although, many tools have been developed for eco design, no method or tool available independently supports effectively in functional packaging design at conceptual design phase. So, some researchers apply by integrating tools to support systematically in eco design. For example, Sakao [13] and Kobashachi [14] uses the various eco design techniques for developing eco products and support the decision making process at the conceptual design phase. These researchers suggest that the integrated methodology has a benefit than is obtained from utilizing those tools independently. So, as a result, the current method cannot support in the functional analysis extremely enough in industries. EPDC, FAST, and, FB each of which has potential for providing the packaging function and concept design. The proposed methodology is connected with the following disadvantages when applied independently.

3 The proposed methodology

The objective of this research is to develop the functional analysis methodology for eco packaging design. First, the analysis of a design packaging in eco design requires defining in the environmental impacts. Among others, it is crucial, by definition of eco design, to consider the whole life cycle of a packaging from various environmental aspects. It is EPDC that can fulfil these requirements. Second, after understanding in critical impact its life cycle packaging is identified from previous step. The output can be focused in critical phase and define objectively the environmental requirements**.** The Identifications of environmental aspects are systematically translated into the design teams' language. The FAST tool can be used to communicate functional mapping between design team. This tool is analysed the function of packaging and organize the logical relationships between functions. FAST can be accomplished to clarify to the primary and secondary functions of current packaging and determined the mission statement to design improvement. After Second, the functional problem definition needs to consolidate the two major aspects of environmental impact and functional analysis. Third, The FB is applied to identify in functional requirements based upon customer's needs. This section compares with competitors in the current market and analyses the functional improvement level of current packaging. The methodology adopts FB because not only function but also qualities can be addressed. The improvement ratio can be evaluated. The procedure of the proposed methodology is illustrated in Figure 1.

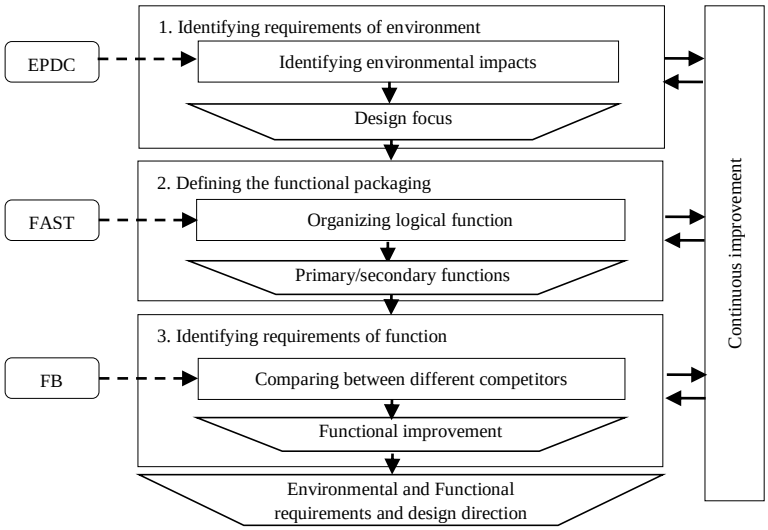


Figure 1: The proposed functional analysis methodology for eco packaging design

Figure 1 shows the overview of the functional analysis methodology for environmentally consciousness in packaging design. The steps of object analysis, problem definition, and solution identification with the use of the three tools explained in the previous section are embedded in the upper stream from step 1 to 3. The outputs of those steps are explained in more detail in table 1 with the inputs needed by the tools. For example, the first output of EPDC is used as the second input of FAST. Each step of figure 1 is explained in Table 1.

Table 1: Input and output of the three tools and the interrelation among item

Tools	Inputs (I)	Outputs (O)
EPDC	1.Quantitative environmental criteria of the life cycle packaging	1.Quantitative environmental impacts of critical phase (O1→)
FAST	2. (O1→I2) Translated to engineers' language	2. organization in the logical relationships between functions (O2→)
		3. Determined primary and secondary function (O3→)
FB	3. (O2,O3→I3) Functional requirements	4. Improvement ratio (O4→)
	4. (O4→I4) Function to be improved	5. Identified functional requirements and determined design improvement

According to Table 1 Input and output of the three tools, the detail is shown as following details.

Step 1: Identifying requirements of environment

The requirements of the environment are identified. For the latter, a standardized set of stakeholders (n) in life cycle is adopted. The requirements from various stakeholders within the packaging life cycle have been integrated from Material requisition, Manufacturing, Distribution, End used, and disposal. The output can be focused in critical phase and define the environmental requirements objectively**.**From this step is known the environmental requirement priority by calculated the environmental difference level (D_i) from comparison between environmental importance (A_i) with current packaging (B_i). The parameter D_i can be modified value in the normal score by presenting with the normal environmental priority (N_i). The Quantitative environmental impacts on the life cycle stage are calculated as the equation (1) - (3).

$$A_i = \frac{\sum_{t=1}^{5}[t(X_t)]}{n}, B_i = \frac{\sum_{t=1}^{5}[t(X_t)]}{n} \quad (1)$$

$$D_i = \left(\frac{A_i - B_i}{A_i} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$E_i = D_i \Big/ \sum_{i=1}^{I} D_i \quad (3)$$

Where, X_i = environmental impact weighting score at i (1,...,5) by 1 score means low environmental impact and 5 score means high environmental impact

Step 2: Defining and organizing the primary and secondary functions

After understanding in critical impact its life cycle packaging is identified from previous step. The design teams can define function systematically to translate into the engineering language by focusing directly onto the critical phase. FAST diagram is applied to organize thoroughly the logical relationships between functions. The design team can define the unnecessary and duplicated functions. This tool can be accomplished to clarify to the primary and secondary functions of current packaging and determined the mission statement to design improvement. The result form FAST diagram is applied to the next step for understanding functional requirements and improvement level of current packaging in market situation.

Step 3: Identifying requirements of function and determining the design improvement

As the result from previous step, the primary and secondary functions are identification. Next, it is expanding to functional requirements and translating to engineering characteristics. FB tool is applied to clarify in functional requirements based upon the real customer's needs. This section compares with competitors in the current market. The primary and secondary functions from the previous step are incorporated as the requirements with their weighting in FB. Moreover, it can be determined find out the functional improvement level of current packaging. It is more efficient for design teams to focus on more influential packaging to improve the functional requirements. Thus, the important requirements are investigated by improvement ratio (E_i). The importance score of functional requirements which each of competitors (C_i^k) are prioritized with score levels (1 is the lower importance, 5 is the highest importance). The improvement ratio of functional requirements (F_i) and Priority Improvement Number (PI_i) are calculated as the equation (4) - (7).

$$I_i = \frac{\sum_{t=1}^{5}[t(X_t)]}{n}, C_i^k = \frac{\sum_{t=1}^{5}[t(X_t)]}{n} \quad (4)$$

$$F_i = \underset{i}{Max} C_i^k(k_1, k_m) \Big/ B_i \quad (5)$$

$$PI_i = \sum_{i}^{I} F_i I_i \quad (6)$$

$$N_i = F_i I_i \Big/ \sum_{i=1}^{I} F_i I_i \quad (7)$$

Where, $\underset{i}{Max} C_i^k(k_1, k_m)$ is the chief competitor or the highest importance score in groups (k) with k (1,...., m). The PI_i parameter can be modified value in the normal score by presenting with the Normal Priority Improvement Number (N_i). The design teams demonstrate the functional analysis by applying the Pareto's rule 80: 20. This step can be pointed to improve design direction. The MUST and WANT interpretations are described as following.
MUST is the critical requirements (20%) of packaging requirements that are high Normal Improvement Priority (% N_i), high Importance level (I_i), and high Improvement Raito (F_i).

WANT is the uncritical requirements (80%) of packaging requirements that are high Importance level (I_i), and low Improvement Raito (F_i)

4 The empirical study in electronic components company

The electronic component is one of the most sensitive products to handling and transportation. It also requires good protective packaging to keep its quality during the manufacturing process and transportation. Moreover, the trend of the new technology also requires smaller and lower weight electronic products whilst with high capacity. From development trend, the electronic components become more fragile and sensitive. So, it is required the material supports such as secondary packaging to preserve the sensitive components during transportation. If packaging is better than necessary or it is an over packaging, the company could lose much money. This task is important directly to design teams who design the appropriate packaging by balancing cost and quality. The design teams should understand in the necessary requirements from stakeholders. That is why this research proposes a

way to develop a systematic methodology for functional analysis in packaging design which focuses on the conceptual design phase.

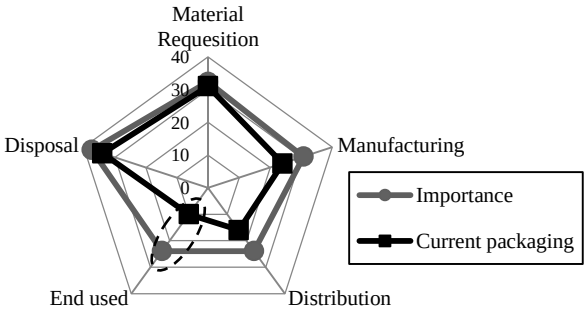
Step 1: Identifying requirements of environment

First, EPDC is carried out to determine environmental requirements of life cycle and their weighing in Table 2. The checklist starts with a needs analysis which consists of a series of criteria concerning the environmental function. The main criteria in a need analysis are to define the packaging fulfil its life cycle. Those life cycle stages are following as Material requisition, Manufacturing, Distribution, End used, and disposal. The result of EPDC is illustrated in Table 2.

Second, the set is adjusted the importance score according to the design target of packaging. Third, the quantitative weighting is preferably in equation (1) with five levels for each importance of environmental requirements (A_i) and current packaging (B_i). EPDC is achieved to show impacts on the environment of life cycle. The EPDC analysis is illustrated in Figure 2.

Table 2: Eco Packaging design checklist

		Score			
Requiremnets	Checklists	Importance	Current packaging	%Difference	% Normal Priority
Material	-Non toxicity	4.75	5	-5.3	-1%
Requesition	-Recyclable materials	4.87	5	-2.7	0%
	-Reduced emission	4.32	3	30.6	5%
	-Cleaner material	3	4	-33.3	-5%
	-Renewable materials	3.2	2	37.5	6%
	-Lower direct material	4.98	4	19.7	3%
	-Lower indirect material	3.5	4	-14.3	-2%
	-Lower energy	3.7	4	-8.1	-1%
	Sum	**32.32**	**31**	**4.08**	
Manufacturing	- Production Machinability	4.97	3	39.6	6%
	-Common equipments	4.97	3	39.6	6%
	-Cleaner production	3.4	4	-17.6	-3%
	-Lower energy	4.2	4	4.8	1%
	-Lower emission	4.1	4	2.4	0%
	-Tear down in process	4.5	4	11.1	2%
	-Ease of assembly	4.6	2	56.5	8%
	Sum	**30.74**	**24**	**21.93**	
Distribution	-Storage area efficient	4.98	4	19.7	3%
	-Container load efficient	4.78	4	16.3	2%
	-Backhaul efficient	4.91	1	79.6	12%
	-Common material handling	4.3	5	-16.3	-2%
	-Energy used efficiency	4.95	2	59.6	9%
	Sum	**23.92**	**16**	**33.11**	
End used	-Ease of use	4.98	1	79.9	12%
	-Safety use	5	2	60.0	9%
	-Useful lifetime	4.86	2	58.8	9%
	-Adjustable size in storage	4.5	1	77.8	12%
	-Reuseability	4.6	4	13.0	2%
	Sum	**23.94**	**10**	**58.23**	
Disposal	-Lower energy consumption	3	4	-33.3	-5%
	-Modular disassembly	4.95	4	19.2	3%
	-Lower waste emission	3.4	4	-17.6	-3%
	-Waste reusability	4.89	4	18.2	3%
	-Waste recyclability	4.35	4	8.0	1%
	-Lower disassembly time	4.7	3	36.2	5%
	-Identifiable waste materials sorting	3.78	4	-5.8	-1%
	-Transformative function	4.15	2	51.8	8%
	-Non toxic treatment	4.15	5	-20.5	-3%
	Sum	**37.37**	**34**	**9.02**	



Life cycle phase	Importance	Current packaging	%Difference
Material Requesition	32.32	31	4.08
Manufacturing	30.74	24	21.93
Distribution	23.92	16	33.11
End used	23.94	10	58.23
Disposal	37.37	34	9.02
Total	148.29	115	22.45

Figure 2: Eco Packaging Design Checklist in the current packaging

According to Figure 2 illustrates that the end used stage (%Difference = 58.23) is the most highly weighted among the serious environmental requirements in the problem situation of current packaging. The total score of life cycle impact is shown in the Figure 3.

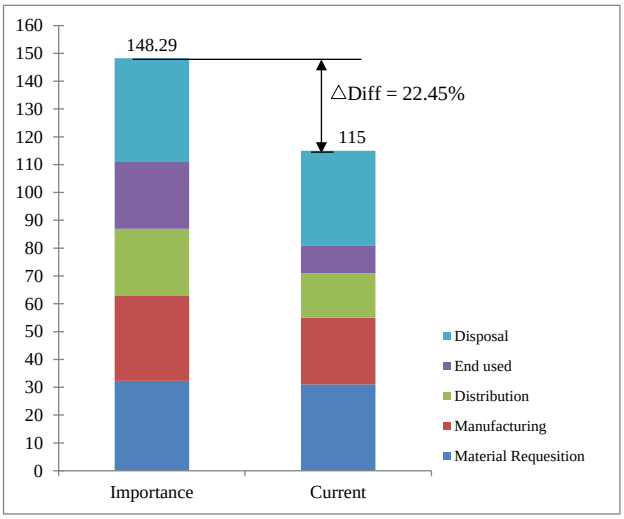


Figure 3: Total score of the environmental requirements

According to the Figure 3 shows that the total environmental requirements score of current packaging is larger difference with the importance weighting score (%difference = 22.45). It should be pointed out that the some environmental requirements in current packaging can be improved specially at the end used stage referring form the previous result in Figure 2. The critical environmental requirements are defined by using Pareto's rule 80:20 is shown in Figure 4.

No.	Checklists	% Normal Priority	Cumulative Frequency
1	-Ease of use	12%	12.01%
2	-Backhaul efficient	12%	23.99%
3	-Adjustable size in storage	12%	35.68%
4	-Safety use	9%	44.70%
5	-Energy used efficiency	9%	53.66%
6	-Useful lifetime	9%	62.50%
7	-Ease of assembly	8%	71.00%
8	-Transformative function	8%	78.79%
9	- Production Machinability	6%	84.75%
10	-Common equipments	6%	90.71%
11	-Renewable materials	6%	96.34%
12	-Lower disassembly time	5%	101.78%
13	-Reduced emission	5%	106.37%
14	-Lower direct material	3%	109.33%
15	-Storage area efficient	3%	112.29%
16	-Modular disassembly	3%	115.18%
17	-Waste reusability	3%	117.91%
18	-Container load efficient	2%	120.36%
19	-Reuseability	2%	122.33%
20	-Tear down in process	2%	124.00%
21	-Waste recyclability	1%	125.21%
22	-Lower energy	1%	125.92%
23	-Lower emission	0%	126.29%
24	-Recyclable materials	0%	125.89%
25	-Non toxicity	-1%	125.10%
26	-Identifiable waste materials sorting	-1%	124.22%
27	-Lower energy	-1%	123.00%
28	-Lower indirect material	-2%	120.85%
29	-Common material handling	-2%	118.41%
30	-Cleaner production	-3%	115.75%
31	-Lower waste emission	-3%	113.10%
32	-Non toxic treatment	-3%	110.02%
33	-Cleaner material	-5%	105.01%
34	-Lower energy consumption	-5%	100.00%

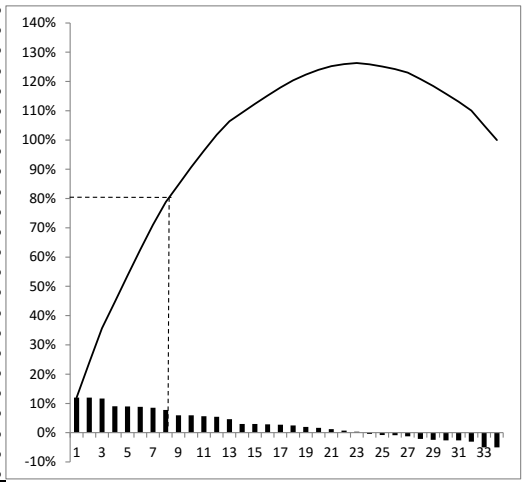


Figure 4: Total score of the environmental requirements

According to the Figure 4 is shown in the environmental requirements of current packaging by using Pareto's rule 80:20. The design teams can define the critical environmental requirements for focusing on packaging conceptual design. These are following of the eight environmental requirements; ease of use, backhaul efficient, adjustable size in storage, safety use, energy used efficiency, useful lifetime, ease of assembly, and transformative function.

Step 2: Identifying packaging functions

First, FAST diagram can define the packaging specifications to address the requirements especially in end used stage following the result from the EPDC previous step. Second, the packaging designers should be set the mission statement of packaging to focus on design in end used stage. This step can be obtained the common function, high order function, and right customers who are highlighted affect directly from packaging design. The mission statements are following as details.

Mission statement	Secondary packaging for electronic components inside factory
Common Function:	Containment the electronic components are typically grouped together in one packaging
Higher Order Function:	-High productivity
	-Eco friendly
Right Customers:	End user (Distributor and operators inside electronic components)

Third, FAST diagram analyses the primary and secondary function at the end used stage. This is illustrated in Figure 5.

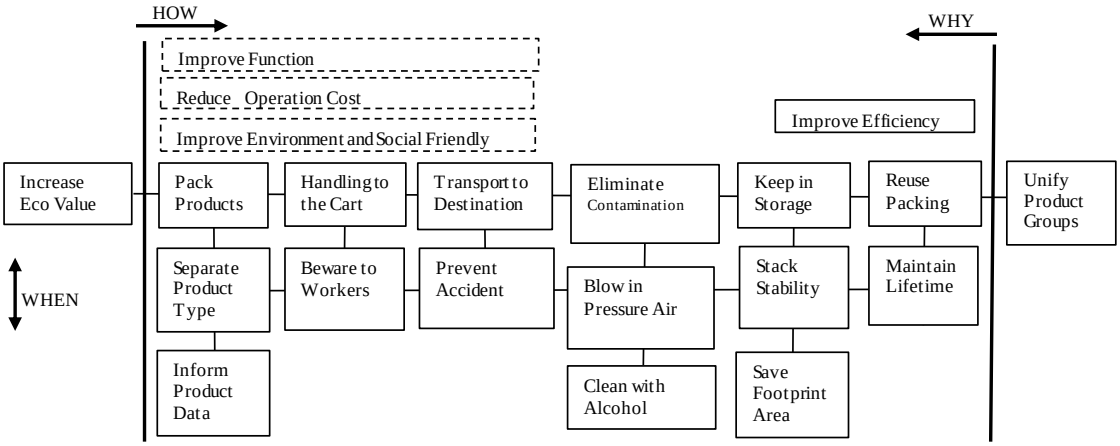


Figure 5: FAST diagram for secondary packaging of electronic components

According to Figure 5, the FAST diagram for secondary packaging of electronic components at the end used stage is presented. The common function of current packaging is to unify product groups. Then, target of proposed packaging design or the high order function is increasing eco value. The design team defines the primary and secondary functions at the end used stage and identify by each of process activities. The primary functions are following as pack products, handling to the cart, transport to destination, eliminate contamination, keep in storage, and reuse packing. In addition, the secondary functions are following as separate product type, inform product data, beware to workers, prevent accident, blow in pressure air, clean with alcohol, stack stability, save footprint area, and, maintain lifetime. This step can assist design teams to define and organize the logical relationships between functions. FAST diagram can be used to verify and show how a proposed design achieves the requirements of the functional packaging. The results from FAST have been added to FB in the next step for understanding in the current situation and identifying the improvement level.

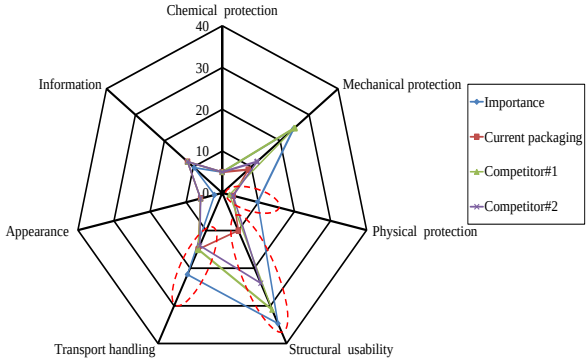
Step 3: Identifying requirements of function and determining the design improvement

The design focus is represented in functional requirements, as well as comparing with the competitors in the market. It is very important to consider not only environmental requirements bus also functional requirements. The outputs from FAST are helpful to understand the design focus on functional packaging design. In the conceptual design, the design teams require the functional requirements from customers to set the input for driving in design concept. First, FB is fulfilled to define functional requirements from stakeholders weighing. The result of case study is shown in Table 3.

The requirement starts with a functional analysis, which consists of a series of criteria concerning the function based upon the result from FAST in previous step. Second, the set is adjusted the importance score (I_i) according to the target of packaging (baseline). Third, the quantitative weighting of competitors (C_i^k) is preferably in equation (4) with five levels for each functional requirements. This step can define the chief competitor ($\underset{i}{Max} C_i^k(k_1, k_m)$) or the highest importance score in groups. Fourth, the improvement ratio (F_i) can be calculated preferring in equation (5). The both of F_i and I_i parameters are related with PI_i as equation (6). The PI_i results can be modified value in the normal score by presenting with the normal environmental priority (N_i) in equation (7). Each requirement is higher N_i score, that meaning is effected largely influencing the functional impacts and improved seriously functionality of current packaging. The FB result is illustrated in Figure 6.

Table 3: The functional requirements of secondary packaging for containment of electronic components

			Score							Evalution										
			Importance	Current packaging	Competitor#1	Competitor#2	Improvement raito	Priority improvement number	% Normal Priority	Surverying company (▼)	Chief compertitor (⊗)	Interpretation								
Criteria	Sub criteria	Checklists								1 low	2	3	4	5 hight						
Lifetime preservation	Chemical protection	-Compatable material type	5.00	5.00	5.00	5.00	1.00	5.00	1.69					⊗▼						
		-Chemical migration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-CO_2,O_2 gas vapors	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Micro organisms	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Anti contamination	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Odor protection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
	Mechanical protection	-Shock	4.98	1.00	5.00	1.00	5.00	24.90	8.40	▼				⊗						MUST
		-Compression	4.95	5.00	5.00	4.00	1.00	4.95	1.67					⊗▼						
		-Vibration	4.89	1.00	5.00	1.00	5.00	24.45	8.25	▼				⊗						MUST
		-Puncturing	4.93	1.00	5.00	2.00	5.00	24.65	8.32	▼				⊗						MUST
		-Abrasion	4.88	1.00	5.00	4.00	5.00	24.40	8.24	▼				⊗						MUST
	Physical protection	-Temperature control	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Light protection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Humid resistant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Contamination	4.90	1.00	1.00	1.00	1.00	4.90	1.65	▼	⊗									WANT
		-Rusting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Sterility loss	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Child resistant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Tamper evidence	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Maintainability	4.92	2.00	1.00	2.00	1.00	4.92	1.66		▼	⊗								WANT
Convenience	Structural usability	-Uncomplicated structure	5.00	1.00	4.00	3.00	4.00	20.00	6.75	▼			⊗							MUST
		-Reusability	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Comfortable opening	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Quantity measuring aids	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Comfortable grip	4.98	1.00	5.00	5.00	5.00	24.90	8.40	▼				⊗						MUST
		-Comfortable pouring	4.95	1.00	5.00	2.00	5.00	24.75	8.35	▼				⊗						MUST
		-Dispensing devices	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Controlled dosing	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Durability	4.94	1.00	5.00	3.00	5.00	24.70	8.34	▼				⊗						MUST
		-Component optimisation	4.97	1.00	5.00	1.00	5.00	24.85	8.39	▼				⊗						MUST
		-Weight optimisation	4.88	2.00	3.00	5.00	2.50	12.20	4.12			▼		⊗						MUST
		-Volume optimisation	4.97	3.00	4.00	5.00	1.67	8.28	2.80			▼		⊗						
	Transport handling	-Packed size capacity	4.88	1.00	2.00	1.00	2.00	9.76	3.29	▼	⊗									MUST
		- Material handling ability	3.50	4.00	4.00	4.00	1.00	3.50	1.18				▼	⊗						
		-Standard size	3.60	4.00	4.00	4.00	1.00	3.60	1.22				▼	⊗						
		-Returnability	4.75	2.00	1.00	2.00	1.00	4.75	1.60			▼	⊗							WANT
		-Stable stacking	4.95	4.00	4.00	3.00	1.00	4.95	1.67				▼	⊗						
Communication	Appearance	-Selling capability	1.03	3.00	3.00	3.00	1.00	1.03	0.35				▼	⊗						
		-Promotional branding	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
		-Display attractiveness	1.12	3.00	3.00	3.00	1.00	1.12	0.38				▼	⊗						
	Information	-Manual instructions	1.11	2.00	2.00	2.00	1.00	1.11	0.37			▼	⊗							
		-Legal information	3.00	3.00	3.00	3.00	1.00	3.00	1.01				▼	⊗						
		-Product identification	1.50	4.00	4.00	4.00	1.00	1.50	0.51					⊗▼						
		-Traceability	4.09	3.00	3.00	3.00	1.00	4.09	1.38				▼	⊗						
		Total	107.67	60.00	96.00	76.00	1.60	296.26	100.00											



Criteria	Importance	Current packaging	Competitor#1	Competitor#2
Chemical protection	5.00	5.00	5.00	5.00
Mechanical protection	24.63	9.00	25.00	12.00
Physical protection	9.82	3.00	2.00	3.00
Structural usability	34.69	10.00	31.00	24.00
Transport handling	21.68	15.00	15.00	14.00
Appearance	2.15	6.00	6.00	6.00
Information	9.70	12.00	12.00	12.00
Overall	107.67	60.00	96.00	76.00
%Difference	Baseline	44.3	10.8	29.4

Figure 6: Radars chart of packaging functionality

According to Figure 6 shows the critical point of function by comparison with competitors in the secondary packaging for electronic components in the current market. The weak points of current packaging are defined with three functionalities following as physical protection, structural usability, and transport handling. The overall functionality of packaging requirements at the current market is illustrated in Figure 7.

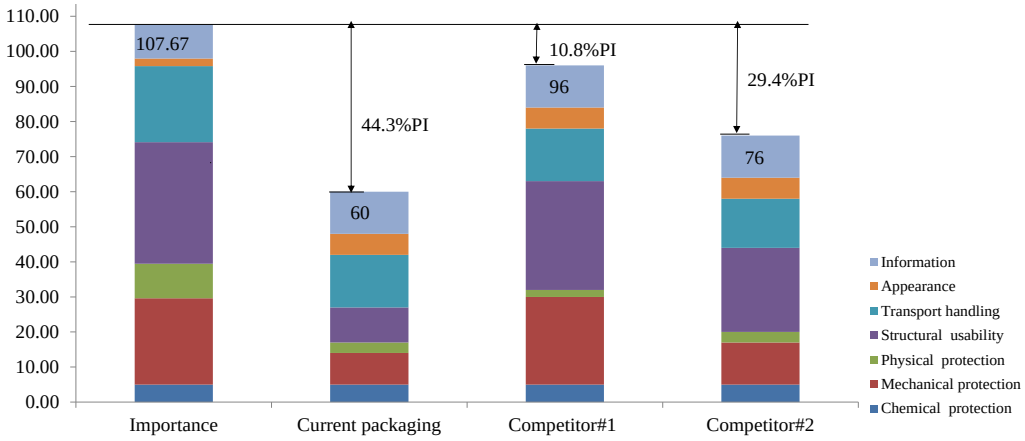


Figure 7: The overall functionality of packaging requirements

No.	Product/Packaging Requirements	% Normal Priority	Freqeuncy
1	-Shock	8.40	8.40
2	-Comfortable grip	8.40	16.81
3	-Component optimisation	8.39	25.20
4	-Comfortable pouring	8.35	33.55
5	-Durability	8.34	41.89
6	-Puncturing	8.32	50.21
7	-Vibration	8.25	58.46
8	-Abrasion	8.24	66.70
9	-Harmless structure	6.75	73.45
10	-Weight optimisation	4.12	77.57
11	-Packed size capacity	3.29	80.86
12	-Volume optimisation	2.80	83.66
13	-Compatable material type	1.69	85.34
14	-Compression	1.67	87.01
15	-Stable stacking	1.67	88.69
16	-Maintainability	1.66	90.35
17	-Contamination	1.65	92.00
18	-Returnability	1.60	93.60
19	-Traceability	1.38	94.98
20	-Standard size	1.22	96.20
21	- Material handling ability	1.18	97.38
22	-Legal information	1.01	98.39
23	-Product identification	0.51	98.90
24	-Display attractiveness	0.38	99.28
25	-Manual instructions	0.37	99.65
26	-Selling capability	0.35	100.00

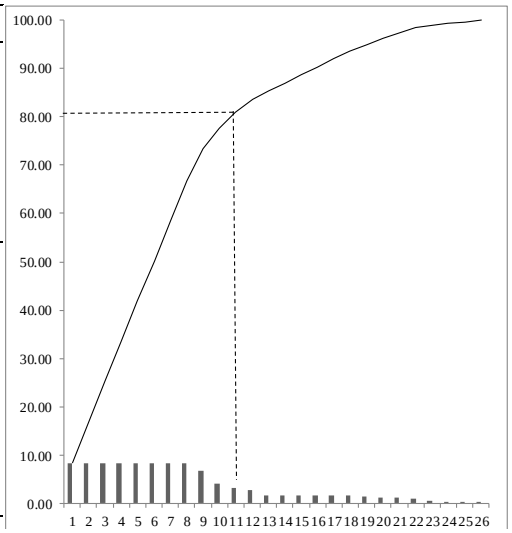


Figure 8: MUST/WANT functional requirements

According to the Figure 7 illustrates that the packaging competitor#1 is highest functional requirement score (96 points) and lowest percent improvement (10.8% *PI*). The current packaging is lowest functional requirement score (60 points) and highest percent improvement (44.3% *PI*). This stage is to clarify the situation and compares with competitors in market. The results show the strong points and weak points of current packaging.

The design teams can fine the direction to develop the concept packaging by analyzing MUST/WANT functional requirements from applying Pareto's rule 80: 20. The results are presented in Figure 8. The critical functionality

is MUST requirements that are high Normal Improvement Priority (% N_i), high Importance level (I_i), and high Improvement Raito (F_i). These requirements have the lists of packaging requirements as follows; shock, comfortable grip component optimization, durability, puncturing, vibration, abrasion, harmless structure, weight optimization, and packed size capacity. These are very important with customer requirement and needs to improvement seriously. Continuously, the uncritical functionality (80%) is WANT requirements that are high Importance level (I_i), and low Improvement Raito (F_i).These requirements have the lists of packaging requirements following as contamination, maintainability, and return ability. These are very important with customer satisfactions and require to progressive development. The objective of the empirical case study in secondary packaging of electronic components company is to develop the methodology of functional analysis for eco packaging design. This methodology is crucial to consider not only environmental requirements but also functional requirements. As the results of case study is to start from identified the critical environmental impact its life cycle packaging by applying EPDC. This step is known the critical environmental impacts of current packaging for setting the scope of design. Then, Functions of packaging focus especially in critical phase and organized the primary and secondary function by using FAST. Finally, Functions of packaging are translated to engineering characteristics and identified the functional improvement level for design direction.

5 Conclusions

The functional analysis methodology for environmentally conscious packaging design is presented in this paper. The objective of this research is to develop a functional analysis methodology for supporting environmentally consciousness in packaging design at conceptual design phases. The methodology is obtained from using three tools: EPDC, FAST, and FB. The presented methodology is tested through application to the secondary packaging for containment electronic components. This method, in addition, can determine the environmental and functional requirements. The methodology has majoring advantages than applying those three tools independently. The advantages of this research are supporting with the result of Sakao [13] in eco design methodology. He develops the methodology for environmentally conscious by integrating three tools as LCA, QFD, and TRIZ (theory of inventive problem solving) into product design at conceptual design phase. However, his research has some gap in the early design phase is very difficult to collect complicatedly and significantly with the life cycle inventory of quantitative environmental profiles.

According to this research can fulfil in gap of the research problem by applying three tools with its easiness, fastness, and idea generation for design team in industry. The methodology uses EPDC tool to assess the environmental impacts. The results can be pointed to the critical requirements and notified for environmental impact situation of current packaging. After design team understanding in environmental impacts and current situation of packaging, the functional packaging is identified by using the results from previous step. As an output, the focus design in the packaging usage phase. The FAST tool can be helped to define the functional problem objectively and organized the logical relationships between functions. The design team can be clarified to the primary and secondary functions of current packaging and determined the mission statement to design improvement. In addition, this methodology is crucial to consider not only environmental aspects but also functional aspects. The FB is applied to clarify in functional requirements based upon customer's needs. This section compares with competitors in the current market and analyses the functional improvement level of current packaging. FB can help the design teams to prioritize the functional requirements to design improvement. However, the section of defining functional analysis by applying FB tool is rather sensitive in chief competitor selection. Because the current secondary packaging for electronic components in the current market have been increasing competitors of various options for containment electronic components.

The design team should be classified the competitor's categories before deciding which baseline reference by using the recommended tool as Kano's Model [4] for prioritizing the competitors of packaging. The limitation of this methodology is suitably applied in the secondary packaging for containment electronic components inside factory. The general requirement in this packaging type is not serious to consider into graphic design for good appearance and attractiveness than primary packaging type. Therefore, this methodology will be applied into other types such as primary packaging, it should be crucial to consider not only functional and environmental aspects bust also satisfactory aspects from customers. The further studies, this research could also include further in idea generation for the eco packaging design after identifying in environmental and functional requirements. The researcher will develop the methodology to support the idea creativity and how to select the appropriated idea by integrating the values of the functional and environmental perspectives.

Acknowledgements

The authors would like to gratefully acknowledge the substantial support provided by Department of International Affairs and Department of Printing and Packaging Technology, School of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University (STOU).

References

[1] J.H. Briston and T.J. Neill, 1972, Packaging Management, Gower Press, London pp. 1-4.

[2] International Standard Organisation, 2002, ISO/TR 14062: Environmental Management-Integrating Environmental Aspects into Product Design and Development.

[3] W. Wimmer, 2001, Eco Design Pilot, Kluwer Academics Publishers, Vienna.

[4] R.G. Day, 1993, Quality Function Deployment linking a Company with Its Customers, ASQC Quality Press, United State of America.

[5] E. Svanes, et al., 2010, "Sustainable packaging design: a holistic methodology for packaging design", Packaging Technology and Science, vol. 23, pp.161-175.

[6] D.L. Miles, 1972, Techniques of Value Analysis and Engineering, McGraw-Hill, New York.

[7] International Standard Organisation, 2006, ISO14040: Environmental management: Life Cycle Assessment: Principles and framework.

[8] S. Madival, R. Auras, S.P. Singh, and R, Narayan, 2009, "Assessment of the environmental profile of PLA, PET and PS clamshell containers using LCA methodology", Journal of Cleaner Production, vol.17, pp. 1183-1194.

[9] P.H. Nielsen and H. Wenzel, 2002, "Integration of environmental aspects in product development: a stepwise procedure base on quantitative life cycle assessment", Journal of Cleaner Production, vol. 10, pp. 247-257.

[10] K.L. Verghese, R. Horne, and A. Carre, 2010, "PIQET: the design and development of an online 'streamline' LCA tool for sustainable packaging design decision support", International Journal of Life Cycle Assess, vol. 15, pp. 608-620.

[11] K. Masui, T. Sakao, and A. Inaba, 2001, "Quality function deployment for environment: QFDE (1st Report): A methodology in early stage of DfE", IEEE, pp. 852-857.

[12] K. Bergquist and J. Abeysekara, 1996, "Quality Function Deployment (QFD) – A means for developing usable products", International Journal of Industrial Ergonomics, vol.18, pp. 269-275.

[13] T. Sakao, 2007, "A QFD-centred design methodology for environmental conscious product design", International Journal of Production Research, Vol.45, No.18, pp. 4143–4162.

[14] H. Kobayashi, 2006, "A systematic approach to eco- innovative product design based on life cycle planning", Advanced Engineering Informatics, Vol.20, pp.113-125.