สรรสาระ

มาทำความรู้จักกับ Active และ Intelligent packaging

พิริยะ ศรีเจ้า นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
กองผลิตภัณฑ์อาหารและวัสดุสัมผัสอาหาร

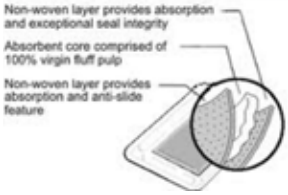
บรรจุภัณฑ์ (packaging) หมายถึง วัสดุที่ใช้ในการห่อหุ้มผลิตภัณฑ์โดยมีหน้าที่หลักคือ ป้องกันการเสียสภาพของผลิตภัณฑ์จากสภาพแวดล้อมภายนอกต่าง ๆ (protection) เป็นเสมือนเครื่องมือในการสื่อสารทางการตลาดและทำให้ผู้บริโภคทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ (communication) ทำให้เกิดความสะดวกต่อการขนส่งและการนำไปใช้โดยผู้บริโภค(convenience) ทำหน้าที่บรรจุผลิตภัณฑ์ในรูปแบบและขนาดต่าง ๆ (containment) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์มีความก้าวหน้าไปอย่างมาก ทำให้เกิดนวัตกรรม ด้านเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในด้านต่าง ๆ นอกจากหน้าที่หลักดังกล่าว คือ บรรจุภัณฑ์แบบ Active และ Intelligent packaging โดย Active Packaging เป็นบรรจุภัณฑ์ที่เน้นหน้าที่ใน การปกป้องผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคโนโลยีที่จะทำให้สินค้ามีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น คงคุณภาพทั้งทางด้านเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส ส่วน Intelligent packaging หมายถึงบรรจุภัณฑ์ที่สามารถให้ข้อมูลหรือแสดงให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่นั้นมีสภาวะหรือคุณภาพอย่างไร โดยบางกรณีก็เรียกบรรจุภัณฑ์ที่มีความสามารถทั้งสองอย่างนี้ว่า Smart Packaging

Active Packaging หมายถึง บรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบมาเพื่อยืดอายุสินค้าให้ยาวนาน โดยการปรับปรุงสภาพการเก็บรักษาให้เหมาะสมคงคุณภาพทั้งทางด้านเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส โดย EU Guidance to the Commission Regulation (EC) No 450/2009 ได้ยกตัวอย่างการจำแนก Active Packaging ที่ใช้กับบรรจุภัณฑ์อาหารเป็น 3 ระบบ คือ

1. Absorbing/scavenging systems เป็นระบบที่ใช้การดูดซับหรือปลดปล่อยสารบางตัวในบรรจุภัณฑ์เพื่อช่วยยืดอายุสินค้า

1.1 Moisture absorbers หรือตัวดูดซับความชื้นและน้ำ ได้แก่ ซองสารดูดความชื้นในขนมอบกรอบ ซึ่งบรรจุสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจลไว้ในซองพลาสติกที่สามารถให้ไอน้ำผ่านเข้าไปได้ดี แผ่นที่ใช้ในการดูดซับไอน้ำ หรือน้ำที่หยดจากเนื้อสัตว์ โดยประกอบด้วยชั้นของตาข่ายพลาสติก กาว เส้นใยพอลิเมอร์หรือเม็ดของ polyacrylates และอาจมีเซลลูโลสธรรมชาติที่สามารถช่วยให้ดูดซับความชื้นได้ดีขึ้นเป็นองค์ประกอบ

ก.

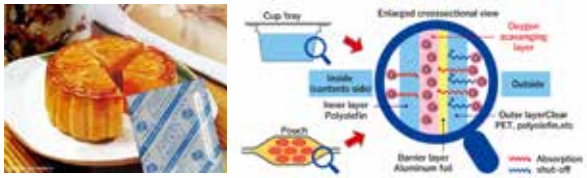


ค.

ข.

รูปที่ 1 ก.ซองสารดูดความชื้น (ที่มา https://consumersouth.org/paper/663) ข. และ ค. แผ่นดูดซับน้ำ (ที่มาhttps:// www.facebook.com/absorbentpad และ http://www.germes-online.com/catalog/26/875/page5/315348/absorbent_pads.)

1.2 Scavengers หรือตัวดักจับสารซึ่งจะเลือกใช้วัสดุที่มีความเฉพาะเจาะจงในการจับกับสารที่ต้องการ เช่น Oxygen Scavenger โดยจับออกซิเจนที่เหลืออยู่ภายในบรรจุภัณฑ์เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้อาหารเหม็นหืน รวมถึงทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ช้าลง ช่วยยืดอายุการเก็บของอาหาร ส่วนใหญ่จะใช้สารประกอบธาตุเหล็กบรรจุในซองขนาดเล็ก (sachet) นิยมใส่ลงในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและช่วยป้องกันการเสียรสชาติของเครื่องดื่มโดยอยู่ในรูปแผ่นรองใต้ฝาหรือวัสดุที่ใช้ในการปิดผนึกขวดหรือกระป๋องสำหรับบรรจุเครื่องดื่ม และในรูปของถาดหรือถ้วยที่มีลักษณะหลายชั้นโดยมีชั้นที่ใส่ oxygen scavenger ไว้เพื่อลดปริมาณออกซิเจนที่เหลืออยู่ในบรรจุภัณฑ์



ก. ข.

รูปที่ 2 ก. ซองจับออกซิเจน (ที่มา https://www.ecplaza.net/products/oxygen-absorber-for-moon-cake_2972642 และ ข.ภาชนะที่มีชั้นจับออกซิเจน (https://www.toyo-seikan.co.jp/e/product/foods/plasticcup/okishigardocontainer/)

Ethylene scavengers อาจอยู่ในรูปซองขนาดเล็กซึ่งบรรจุสารที่สามารถจับหรือดูดซับเอทิลีน เช่น โพแทสเซียม-เปอร์แมงกาเนต หรือในรูปฟิล์มพอลิเมอร์ที่มีการเติม activated clay oya stone หรือ coral sand ลงไป นิยมผลิตในรูปแบบถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุผลไม้ เพื่อลดปริมาณเอทิลีนที่เกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้ผักและผลไม้ชะลอการสุกและช่วยยืดเวลาในการเก็บรักษา

ก. ข.

รูปที่ 3 ก.ซองจับเอทิลีน (ที่มา https://www.absorbwell.com/ethylene-absorbers/ethylene-absorber-for-banana.html และ ข.ถุงที่สามารถจับเอทิลีน (https://bestinpackaging.files.wordpress.com/2012/01/111263-guidance_active_and_intelligent_scofcah_231111_en.pdf)

2. Releasing systems เป็นระบบที่ใช้การปลดปล่อยและแพร่กระจายสารลงสู่อาหารหรือสิ่งแวดล้อมของอาหารเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ กัน เช่น ให้อาหารมีการคงสภาพ หรือช่วยยืดอายุการเก็บให้นานขึ้น เช่น สารกันบูด (preservatives) สารต้านจุลชีพ (antimicrobial) สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) รสชาติ (flavourings) รวมถึงเอนไซม์ (enzymes) โดยมีทั้งในรูปแบบซองขนาดเล็ก หรือใช้วิธีเติมหรือเคลือบสารที่ต้องการลงบนบรรจุภัณฑ์ โดยตัวอย่างที่พบเห็นได้บ่อยคือซองปลดปล่อยเอทานอลที่นิยมใช้กับขนมปัง หรือเบเกอรี่ต่าง ๆ ซึ่งทำให้เกิดการขึ้นราช้าลง ช่วยยืดอายุการเก็บได้นานขึ้น

รูปที่ 4 ซองปลดปล่อยเอทานอล (ที่มา https://web.facebook.com/thaitrendnews/posts/1792499307544241?_rdc=1&_rdr)

3. Systems with substances grafted or immobilized on wall of the packaging เป็นระบบที่ใช้สารที่ต้องการ เช่น สารเติมแต่ง (additive) หรือเอนไซม์ ยึดติดหรือตรึงบนผนังของบรรจุภัณฑ์และส่งผลกับอาหารที่บรรจุ โดยตั้งใจให้ไม่มีการแพร่กระจายของสารเหล่านั้นลงสู่อาหาร เช่นการตรึงสารต้านจุลินทรีย์บนผิวของบรรจุภัณฑ์เพื่อช่วยยืดอายุในการเก็บอาหาร

นอกจากนี้ยังมี active packaging ประเภทอื่น ๆ ที่เริ่มพบเห็นได้บ่อยขึ้น เช่น บรรจุภัณฑ์ที่สามารถอุ่นได้ด้วยตัวเอง (self heating packaging) ซึ่งมีทั้งในรูปแบบกล่องบรรจุอาหาร และกระป๋องเครื่องดื่ม บรรจุภัณฑ์กลุ่มนี้สามารถอุ่นได้โดยอาศัยส่วนที่ให้ความร้อน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างระหว่างปูนขาว (CaO) กับน้ำ ทำให้เกิดพลังงานความร้อนออกมา และทำให้อาหารในบรรจุภัณฑ์มีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังสมการเคมี

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + 65.2kJ$$

รูปที่ 5 บรรจุภัณฑ์ที่สามารถอุ่นได้ด้วยตัวเอง (ที่มา https://glpackings.com/products/self-heating-lunch-box/ และ https://www.researchgate.net/figure/Layout-of-self-heating-package_fig15_304380425X

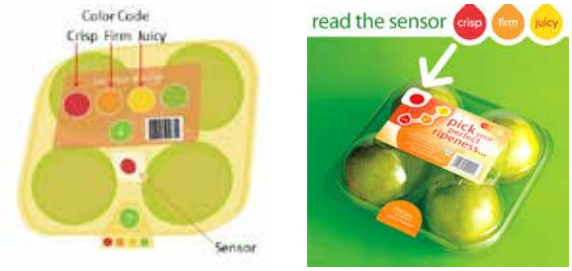
Intelligent packaging หมายถึง บรรจุภัณฑ์ที่สามารถให้ข้อมูลหรือแสดงให้ทราบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่นั้นมีคุณภาพเป็นอย่างไร ซึ่งต่างจาก active packaging ที่ตั้งใจให้สารที่ใส่เข้าไปส่งผลกับอาหารหรือสิ่งแวดล้อมที่บรรจุอยู่ภายใน โดย Intelligent packaging อาจจะใช้การนำ Intelligent component ติดหรือวางอยู่บนพื้นผิวด้านนอกของบรรจุภัณฑ์ ไม่ได้สัมผัสอาหารโดยตรงแต่ยังสามารถใช้ในการตรวจติดตามผลิตภัณฑ์ (track) บอกสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกภาชนะบรรจุ (sense) ให้ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ผลิต ผู้กระจายสินค้า ผู้ค้าปลีก และผู้บริโภค (inform) โดยมีรูปแบบการประยุกต์ใช้งาน ดังนี้

1. **เพื่อบ่งบอกหลักฐานของการเข้าไปรบกวนหรือปนเปื้อนภายในบรรจุภัณฑ์** โดยบอกความสมบูรณ์ของการบรรจุ การฉีกขาดหรือแตกของบรรจุภัณฑ์ (Leak Indicator) เช่น Inkjet printed oxygen indicators เป็นหมึกที่เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจึงจะปรากฏอักษรที่พิมพ์ไว้ ซึ่งนำไปประยุกต์ใช้กับบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ต้องการให้มีออกซิเจนภายใน หากสภาพบรรยากาศที่บรรจุอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์มีออกซิเจน ก็จะแสดงให้เห็นตัวอักษรที่พิมพ์ไว้ขึ้นมา เช่น ในรูปเมื่อบรรจุภัณฑ์ถูกเปิดหรือรั่วซึมทำให้มีออกซิเจนเข้าไป หมึกที่พิมพ์ไว้ว่า OPENED หรือถูกเปิดแล้ว ก็จะปรากฏขึ้น

รูปที่ 6 แสดงบรรจุภัณฑ์ ที่ใช้เช่น Inkjet printed oxygen indicators (ที่มา: https://www.tappi.org/content/events/09PLACESY/Symp_Papers/yezza.pdf)

2. **เพื่อบ่งบอกคุณภาพและความปลอดภัย** เช่น มีตัวตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของเวลาและอุณหภูมิ (time temperature indicators (TTIs)) แก๊ส (gas sensing devices) การเจริญของจุลินทรีย์ (microbial growth) และ การตรวจจับจุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรค (pathogen detection) เพื่อสื่อสารกับผู้บริโภคในการเลือกซื้อ

Ripe sensor เป็นเซนเซอร์ที่บอกระดับความสุกของผลไม้โดยใช้การเปลี่ยนแปลงของสีอินดิเคเตอร์ที่ทำปฏิกิริยากับเอทิลีนที่ผลไม้ปล่อยออกมาเมื่อสุกมากขึ้น หากผลไม้ยังสุกไม่มากมีเนื้อสัมผัสที่กรอบ แถบวัดที่ติดอยู่จะมีสีแดง และเมื่อผลไม้เริ่มสุกมากขึ้นความกรอบก็จะเริ่มลดลง โดยเนื้อมีลักษณะที่นิ่มขึ้น แถบวัดจะมีสีเปลี่ยนแปลงไปโดยค่อย ๆ เปลี่ยนจากสีแดงเป็นส้มและเหลือง เมื่อเป็นสีเหลือง เนื้อผลไม้จะมีลักษณะที่นิ่มฉ่ำน้ำ



รูปที่ 7 แสดงบรรจุภัณฑ์ที่มีการใช้เซนเซอร์ที่บอกระดับความสุกของผลไม้ (ที่มา https://ask-bioexpert.com/blog-post/smart-sensors-are-coming-and-will-improve-food-safety/)

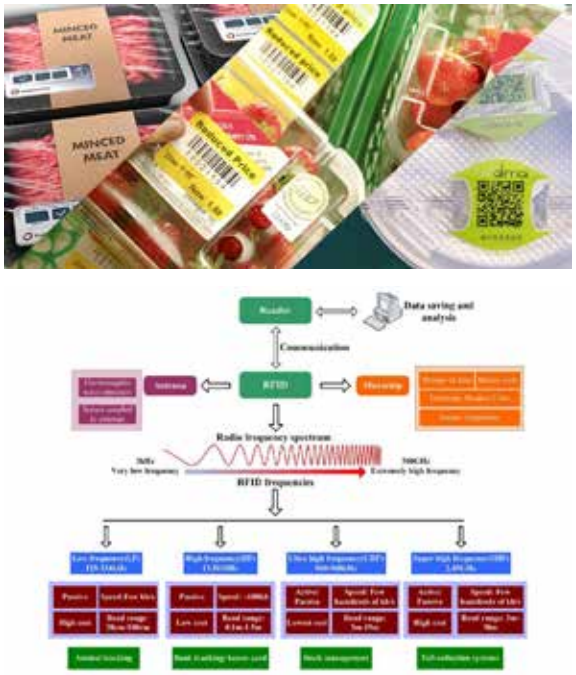
Freshness indicators เป็นตัวบอกความสดของอาหาร เช่น การใช้หลักการของ Ag/Cu เคลือบบนแผ่นฟิล์ม ซึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยา กับ สารระเหยซัลไฟด์ (sulfide volatiles) ที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของอาหารประเภทเนื้อสัตว์ สีของฟิล์มจะเข้มขึ้น จึงมีการนำไปประยุกต์ใช้กับฉลากบาร์โค้ดราคา เมื่ออาหารเกิดการเสื่อมสภาพ ฉลากบาร์โค้ดจะเปลี่ยนสีไปจนไม่สามารถสแกนได้ แสดงว่าผลิตภัณฑ์ไม่สดแล้ว

รูปที่ 8 แสดงบรรจุภัณฑ์ที่มีการใช้เซนเซอร์บอกความสดของอาหาร (ที่มา http://www.to-genkyo.com)

Temperature indicators บอกถึงอุณหภูมิของสินค้าโดยแสดงในลักษณะของสีที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งใช้งานได้ทั้งในรูปแบบการเฝ้าระวังสินค้า เช่น สินค้าประเภทเนื้อสัตว์ที่ต้องเก็บที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อสินค้านั้นถูกจัดเก็บที่อุณหภูมิไม่เหมาะสมในช่วงเวลาหนึ่ง สีของ indicator จะเปลี่ยนไป และใช้ในการให้ข้อมูลอุณหภูมิของสินค้า เช่น เครื่องดื่ม เมื่อเครื่องดื่มเย็นฉลากจะเปลี่ยนสีไปจากอุณหภูมิปกติ แสดงให้เห็นว่าเครื่องดื่มเย็นเหมาะกับการบริโภคแล้ว

Pathogen Sensor เป็นการนำ Biosensors มาประยุกต์ใช้โดยนำ specific-pathogen antibody มาติดกับ membrane ที่เป็นส่วนหนึ่งของบาร์โค้ด เมื่อมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่มีความจำเพาะกับเซนเซอร์ เช่น Salmonella spp. E. coli ที่เป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ก็จะทำให้แถบบาร์โค้ดเปลี่ยนแปลงไปจนไม่สามารถอ่านได้โดยเครื่องสแกน

3. เพื่อการตรวจสอบย้อนกลับ เช่น การใช้ Radio Frequency Identification (RFID) ซึ่งเป็น Wireless data collection technology ที่ใช้ในรูปแบบ ป้าย ฉลาก หรือชิป (labels tags chips) ในการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าจะเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ใช้ผลิต กระบวนการผลิตและการกระจายสินค้า การขนส่ง ทำให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้



รูปที่ 9 แสดงการใช้ RFID เพื่อตรวจสอบข้อมูลและติดตามสินค้า (ที่มา https://www.rfidfuture.com/use-rfid-in-the-food.html และ https://www.virasmart.co/en/rfid-tags-and-its-review-in-smart-packaging/)

จากตัวอย่างที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าในช่วงหลายปีที่ผ่านมามีการนำเทคโนโลยี Active และ Intelligent packaging มาใช้ในเชิงพาณิชย์เพิ่มมากขึ้น ทำให้บรรจุภัณฑ์ไม่ได้มีหน้าที่แค่เพียงป้องกันผลิตภัณฑ์ให้ถึงมือผู้บริโภคในสภาพที่สมบูรณ์ แต่มีการพัฒนาให้มีฟังก์ชันต่าง ๆ ซึ่งสามารถที่จะยืดอายุและบ่งบอกคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมถึงมีฟังก์ชันที่เป็นประโยชน์อย่างมากกับทั้งผู้ประกอบการและผู้บริโภค แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นการเพิ่มขยะจากบรรจุภัณฑ์ที่จัดการได้ยากกว่าขยะทั่วไป จึงควรมีข้อแนะนำและแนวทางการจัดการขยะกลุ่มนี้อย่างเหมาะสมต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. COMMISSION REGULATION (EC) No 450/2009 of 29 May 2009 on active and intelligentmaterials and articles intended to come into contact with food. Official Journal of theEuropean Union 2009
2. EU Guidance to the Commission Regulation (EC) No 450/2009 of 29 May 2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food. EUROPEAN COMMISSION HEALTH AND CONSUMERS DIRECTORATE-GENERAL Ver 1, 2011
3. Intelligent Packaging [ออนไลน]. [อ้างถึงวันที่ 3 สิงหาคม 2566] เข้าถึงได้จาก : http://www.bloggang.com/mainblog.php?id=utcc-foodsci-tech&month=12-08-2009&group=2&gblog=1
4. John L. Koontz , Controlled release of active ingredients from food and beverage packaging. Italian Packaging Technology Award (IPTA) Paper Competition 2006
5. Smart packaging systems for food applications: a review [ออนไลน]. [อ้างถึงวันที่ 3 สิงหาคม 2566] เข้าถึงได้จากhttps://www.researchgate.net/publication/273504500_Smart_packaging_systems_for_food_applications_a_review