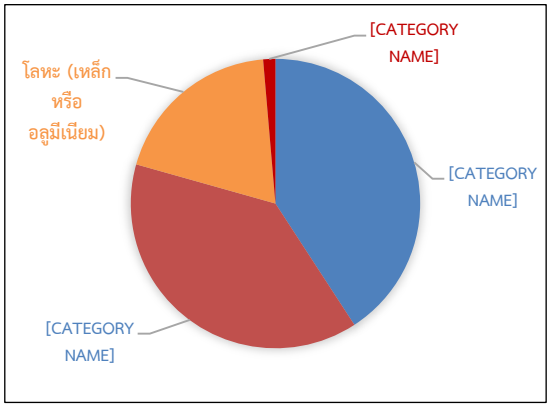
เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์แนวใหม่

(Novel Packaging Technology)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทศพร นามโฮง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ



บรรจุภัณฑ์ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ถูกใช้เพื่อผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารและเครื่องดื่ม และมีบางส่วนใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น เครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขอนามัย (เช่น แชมพู ครีมนวดผม โลชั่น เป็นต้น) สารเคมี เสื้อผ้า และเครื่องมืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ผลิตภัณฑ์ที่กล่าวมาข้างต้นนี้ต้องการบรรจุภัณฑ์เพื่อปกป้องและคุ้มครองให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์มากที่สุดจนถึงมือผู้รับ ในโลกยุคปัจจุบันนี้อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์มีมูลค่าการผลิตมหาศาล โดยมีสัดส่วนการใช้ที่แบ่งตามชนิดของบรรจุภัณฑ์ ดังนี้คือ (1) กระดาษและกระดาษแข็งประมาณ 36 เปอร์เซ็นต์ (2) พลาสติกประมาณ 34 เปอร์เซ็นต์ (3) โลหะ (เหล็กหรืออลูมิเนียม) ประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ และ (4) แก้วประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าผู้บริโภคนิยมใช้บรรจุภัณฑ์กระดาษและพลาสติกเป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปบรรจุภัณฑ์พลาสติกจะใช้เป็นวัสดุบรรจุอาหารหรือวัสดุที่สัมผัสอาหาร (food contact materials) เป็นหลัก ส่วนบรรจุภัณฑ์กระดาษจะนิยมใช้เพื่อการรวมหน่วยและบรรจุเพื่อการขนส่ง เช่น กล่องกระดาษแข็ง และกล่องกระดาษลูกฟูก เป็นต้น

ที่มา: http://www.independent.co.uk/life-style/health-and-families/features/what-does-eating-ready-meals-do-to-your-body-a6894826.html

ปัจจุบันเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับวิถีการดำเนินชีวิตในหลายๆ ประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิถีการดำเนินชีวิตของประชาชนในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น อเมริกา สหภาพยุโรป และญี่ปุ่น เป็นต้น โดยการเปลี่ยนแปลงนี้มีผลกระทบหลักต่อสินค้าที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสินค้าประเภทอาหาร เครื่องดื่ม และบริโภคอื่นๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ผลของวิถีการดำเนินชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปต่อการบรรจุอาหารในบรรจุภัณฑ์ อาทิเช่น (1) ครอบครัวเดี่ยว (one-parent families) มีปริมาณมากขึ้น เนื่องจากอัตราการเกิดลดลงและคนมีอายุยืนขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีปริมาณครอบครัวที่มีจำนวนสมาชิก 1-2 คนปริมาณมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน เมื่อเทียบกับในช่วง 10-15 ปีที่ผ่านมา ซึ่งหมายถึงความต้องการบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดบรรจุเล็กมากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดบรรจุใหญ่ (2) สมาชิกในครัวเรือนส่วนใหญ่ทำงานนอกบ้านเต็มเวลา ซึ่งส่งผลให้การรับประทานอาหารพร้อมกันน้อยลง รับประทานอาหารคนละช่วงเวลา และปริมาณการเตรียมอาหารในแต่ละครั้งลดลง สาเหตุเหล่านี้นำไปสู่ความต้องการการบริโภคอาหารเพื่อความสะดวกมากขึ้น เช่น อาหารพร้อมรับประทาน (ready-to-eat) ซึ่งเป็น

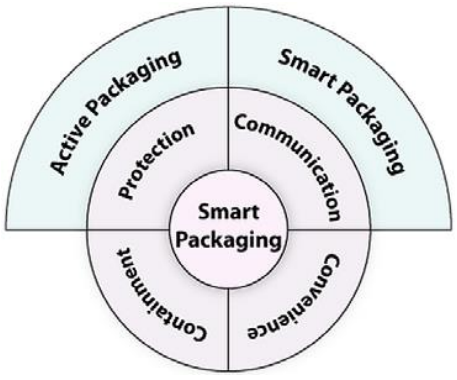
บรรจุภัณฑ์อาหารที่ตอบโจทย์ความต้องการดังกล่าวได้เป็นอย่างดี (3) การเติบโตอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น ตู้เย็นและตู่แช่ที่สามารถเก็บรักษาของสดที่มีการควบคุมสภาวะให้สามารถยืดอายุของสดได้ เช่น ผักและผลไม้ หรือการพัฒนาของไมโครเวฟต้นทุนต่ำนำไปสู่ปริมาณการใช้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถไมโครเวฟได้เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีการเติบโตอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่สามารถไมโครเวฟได้ (4) รายได้ที่สามารถใช้จ่ายได้ (disposable income) มากขึ้นประกอบกับผู้บริโภคนิยมพบปะสังสรรค์กันนอกบ้าน ซึ่งหมายความถึงการใช้จ่ายเงินกับอาหารมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารและเครื่องดื่มสุดหรูต่างๆ (5) การเดินทางไปต่างประเทศและการเปิดรับต่อวัฒนธรรมอื่นๆ มากขึ้นนำไปสู่ความสนใจในการบริโภคอาหารพื้นเมืองที่มีการเตรียมแบบง่ายๆ เพิ่มมากขึ้น

จากการเปลี่ยนแปลงวิถีการดำเนินชีวิตในสังคมที่กล่าวมาข้างต้นได้ส่งผลอย่างมากกับการดำเนินการทางธุรกิจเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น การเติบโตของซุปเปอร์มาร์เก็ตสมัยใหม่ที่นำไปสู่การแข่งขันของตลาดขายปลีก ที่มีการขายผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันแต่มีตราสินค้าที่แตกต่างกัน ผู้บริโภคหรือนักช็อปทั้งหลายจะมีเวลาเป็นตัวกำหนดในการเลือกบรรจุภัณฑ์ โดยส่วนใหญ่ผู้บริโภคจะเลือกผลิตภัณฑ์จากความคุ้นเคยในลักษณะต่างๆ เช่น สี กราฟิค และรูปร่าง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีกที่ส่งผลต่อการดำเนินการทางธุรกิจเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ (1) ในยุคปัจจุบันที่มีการขนส่งผลิตภัณฑ์ทางไกลหรือการซื้อขายสินค้าออนไลน์ จึงเป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ผลิตภัณฑ์นั้นๆ จะต้องผ่านสภาพอากาศต่างๆ ที่รุนแรง เช่น ฝนตก ความร้อนที่สูง และลมพายุ เป็นต้น ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ต้องให้ความคุ้มครองและกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นได้ (2) เจ้าของกิจการหรือผู้ประกอบการซุปเปอร์มาร์เก็ตในสมัยนี้ต้องการเติมของบนชั้นวางของอย่างรวดเร็วและใช้แรงงานคนน้อยลง ด้วยสาเหตุนี้จึงนำไปสู่ความต้องการบรรจุภัณฑ์ขั้นที่สอง (secondary packaging) เช่น กล่องกระดาษแข็ง และกล่องกระดาษลูกฟูกที่ใช้รวมหน่วยต่างๆ โดยเมื่อแกะกล่องบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวแล้วนั้นสามารถพร้อมวางบนชั้นวางสินค้าได้ทันทีโดยไม่ต้องมีการจัดเรียง ซึ่งจะทำให้ลดทั้งแรงงานคนและมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น และ (3) ซุปเปอร์มาร์เก็ตสมัยใหม่ต้องการให้บริการลูกค้าอย่างรวดเร็ว ดังนั้นบาร์โค้ดและป้าย RFID (Radiofrequency identification) จึงมีความจำเป็นมากและต้องมีแสดงอยู่บนสินค้าเพื่อทำให้ง่ายต่อการบ่งบอกรายละเอียดและราคาของตัวสินค้าชนิดนั้นๆ ยิ่งไปกว่านั้นข้อมูลเหล่านี้ยังสามารถใช้สำหรับการควบคุมสินค้าภายในคลังที่เก็บสินค้าได้อีกด้วย นอกจากนี้ปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่เป็นประเด็นสำคัญในการคิดค้นบรรจุภัณฑ์แนวใหม่ คือ ความต้องการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารจากเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ และรา เป็นต้น ด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้ผู้ประกอบการทางด้านอาหารให้ความสนใจและมีความต้องการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ยับยั้งจุลินทรีย์เพื่อคงคุณภาพอาหารที่ดีไว้ให้ได้นานที่สุด

ที่มา: https://th.aliexpress.com/item/100pcs-lot-Novelty-gas-Chutty-Lighter-for-smoke-cigarette-Chewing-Gum-Butane-Windproof-gas-lighter-Green/32689030742.html
https://www.packagingnews.co.uk/news/markets/drinks/sig-combibloc-secondary-packaging-tray-for-cartons-05-08-2016

ในช่วงประมาณ 20 ปีที่ผ่านมา ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ปรากฏในรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ฉลาดหรืออัจฉริยะ (intelligent and smart packaging) และบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (active packaging) เช่น การใช้สารดูดซับออกซิเจน (oxygen scavengers) สารต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial

agents) การควบคุมการหายใจ (respiration controllers) และการใช้สารดูดซับกลิ่น (aroma/odor absorbers) เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นใหม่ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์นี้จะทำให้อาหารมีความปลอดภัยและมีคุณภาพที่ดีขึ้น อีกทั้งยังลดปริมาณการสูญเสียหรือเสียสภาพของผลิตภัณฑ์ได้ ในปัจจุบันความคิดริเริ่มของบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (active packaging) บรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ (intelligent packaging) และบรรจุภัณฑ์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive packaging) ซึ่งเป็นตลาดอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์เฉพาะกลุ่มมีผลกระทบต่อตลาดผลิตภัณฑ์อาหารเป็นอย่างมากและมีแนวโน้มที่ดีขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคต อีกทั้งยังคงเป็นกระแสที่มีการกล่าวถึงในด้านการนำไปใช้ประโยชน์กับอาหารและเป็นที่น่าติดตามในขณะนี้



ที่มา: https://www.researchgate.net/figure/Figure-2-Model-of-packaging-functions-see-online-version-for-

โดยทั่วไปหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์คือเพื่อปกป้องอาหารจากสภาวะแวดล้อมภายนอก ยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพ อย่างไรก็ตามความต้องการที่เพิ่มขึ้นของผู้บริโภคสำหรับอาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูปน้อยและอาหารที่ปราศจากการเติมสารเติมแต่ง และผู้บริโภคยังคำนึงถึงความปลอดภัยอาหารเป็นสำคัญ สาเหตุเหล่านี้จึงนำไปสู่อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์อาหารที่ใช้นวัตกรรมใหม่เพื่อให้บรรจุภัณฑ์สามารถคงคุณภาพและความปลอดภัยให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (active packaging) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีหน้าที่ปกป้องผลิตภัณฑ์อาหารให้ยังคงความมีคุณภาพและปลอดภัยในเชิงรุก (active contribution) หมายถึงบรรจุภัณฑ์แอคทีฟไม่ได้ทำหน้าที่แค่เพียงปกป้องและคุ้มครองผลิตภัณฑ์อาหารเพียงอย่างเดียว แต่ยังช่วยยืดอายุและคงคุณภาพของอาหารที่ดีไว้ให้ได้นานที่สุด อย่างที่รู้ๆ กันบรรจุภัณฑ์มีหน้าที่ปกป้องและคุ้มครองผลิตภัณฑ์อาหารในเชิงรับ (passive protection) ซึ่งมีหน้าที่ขวางกั้นเพื่อป้องกันความชื้น ก๊าซออกซิเจน และความเสียหายทางกายภาพ (รอยช้ำและร อยขีดข่วน) อย่างไรก็ตามในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับของสดนั้น บรรจุภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ของสด และสภาวะภายในบรรจุภัณฑ์ต้องมีปฏิสัมพันธ์ในทางที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ของสดนั้นๆ อีกทั้งต้องคำนึงถึงความพึงพอใจของผู้บริโภคในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์และง่ายต่อการใช้งานอีกด้วย การทำงานของเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์แอคทีฟเป็นการทำงานภายใต้พื้นฐานของการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และชีวภาพระหว่างผลิตภัณฑ์อาหาร บรรจุภัณฑ์ และช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์อาหาร (product headspace) ชนิดบรรจุภัณฑ์แอคทีฟแบ่งออกเป็น 2 รูป คือ (1) บรรจุภัณฑ์แอคทีฟที่ใช้ระบบดูดซับ (absorbing systmes) และ (2) บรรจุภัณฑ์แอคทีฟที่ใช้ระบบการปลดปล่อย (releasing system) บรรจุภัณฑ์แอคทีฟที่ใช้ระบบดูดซับ คือ บรรจุภัณฑ์มีปฏิสัมพันธ์กับผลิตภัณฑ์อาหารและช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์อาหาร แล้วกำจัดสารประกอบที่ไม่พึงประสงค์บางชนิดออกไปจากช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งสารประกอบที่ไม่พึงประสงค์เหล่านี้อาจเป็นสาเหตุให้ผลิตภัณฑ์อาหารเกิดความเสียหายทางกายภาพและนำไปสู่อายุการเก็บที่สั้นลง สารประกอบที่ไม่พึงประสงค์ เช่น ก๊าซเอทิลีน ความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น โดยถ้าปริมาณสารประกอบเหล่านี้มีมากเกินไปจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารในระยะยาวได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์อาหารสด ในทางตรงกันข้ามบรรจุภัณฑ์แอคทีฟที่ใช้ระบบการปลดปล่อยนั้นจะปลดปล่อยสารประกอบบางชนิด (เช่น สารต้านจุลินทรีย์ สารยับยั้งก๊าซเอทิลีน) ในช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารคงคุณภาพที่ดีและปลอดภัยสำหรับการเก็บรักษาที่นานขึ้น ตัวอย่างของสารต้านจุลินทรีย์ที่เติมลงในพลาสติกเพื่อบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สารต้านจุลินทรีย์ที่เติมลงในพลาสติกเพื่อบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร

สารต้านจุลินทรีย์	ชนิดของพลาสติก	ชนิดของจุลินทรีย์ที่ถูกยับยั้ง
กรดอินทรีย์/แอนไฮไดรด์ เช่น กรดโพรพิโอนิค กรดซอร์บิค กรดอะซิติค กรดแลคติค กรดมาลิค	ฟิล์มบริโภคได้, เอทิลีนไวนิลอะซิเตท (EVA), พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำแบบเชิงเส้น (LLDPE)	รา
ก๊าซอนินทรีย์ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, คลอรีนไดออกไซด์	พอลิโอเลฟินส์ชนิดต่างๆ	รา, แบคทีเรีย, ยีสต์
โลหะ เช่น เงิน	พอลิโอเลฟินส์ชนิดต่างๆ	แบคทีเรีย
สารต้านเชื้อรา เช่น Bemomyl, imazalil	พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)	รา
แบคทีริโอซิน (Bacteriocin) เช่น Nisin, pediocins, lacticin	ฟิล์มบริโภคได้, เซลลูโลส, พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)	แบคทีเรียชนิดแกรมบวก
เอนไซม์ เช่น Lysozyme, glucose, oxidase	เซลลูโลสอะซิเตท, พอลิสไตรลีน, ฟิล์มบริโภคได้	แบคทีเรียชนิดแกรมบวก
สารคีเลต (Chelating agents) เช่น EDTA	ฟิล์มบริโภคได้	แบคทีเรียชนิดแกรมลบ
เครื่องเทศ (spices) เช่น Cinnamic, caffeic	ไนลอน/พอลิเอทิลีน, เซลลูโลส	รา, แบคทีเรีย, ยีสต์
น้ำมันหอมระเหย (essential oils) จากพืช เช่น grapefruit seed extract, bamboo powder	พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE), เซลลูโลส	รา, แบคทีเรีย, ยีสต์
พาราเบน (parabens) เช่น propylparaben, ethylparaben	เซลลูโลสเคลือบด้วยดินเคลย์	รา
สารอื่นๆ เช่น Hexamethyl-enetramine	พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE),	ยีสต์, แบคทีเรียทั้งที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนเพื่อการหายใจ

เมื่อเร็วๆ นี้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์อาหารอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญ คือ การเปลี่ยนแปลงจากบรรจุภัณฑ์ธรรมดาที่สื่อสารกับผู้บริโภคแบบทั่วไปไปสู่บรรจุภัณฑ์ที่มีการสื่อสารแบบชาญฉลาดกับผู้บริโภค หรืออีกนัยหนึ่งคือการคิดค้นบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ (intelligent packaging) โดยความพิเศษของเทคโนโลยีนี้ คือ บรรจุภัณฑ์อัจฉริยะสามารถที่จะสื่อสารถึงคุณภาพของอาหารตลอดวงจรของอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคและผู้บริโภคยังได้รับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณภาพดี หรือกล่าวได้ว่าเทคโนโลยีนี้สามารถเป็นตัวบ่งบอกคุณภาพของอาหารตั้งแต่การผลิตอาหารจากผู้ผลิตไปจนถึง

มือของผู้รับ บรรจุภัณฑ์อัจฉริยะเป็นการรวมกันระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้เป็นแรงขับเคลื่อนด้านการสื่อสารของระบบการบรรจุ เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าของผู้บริโภค โดยให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์ทั้งทางด้านความปลอดภัยและคุณภาพอาหารที่ดี บรรจุภัณฑ์อัจฉริยะจะสามารถติดตามตรวจสอบคุณภาพอาหารได้ตลอดเวลา ตั้งแต่ผลิตภัณฑ์อาหารวางขายบนชั้นวางสินค้าจนถึงมือของผู้บริโภค นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์อัจฉริยะเหล่านี้ยังสามารถบ่งบอกถึงสภาวะในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้อีกด้วย เป็นที่ทราบกันดีว่าบรรจุภัณฑ์เป็นมิตรแท้และอยู่ใกล้กับผลิตภัณฑ์อาหารมากที่สุด ดังนั้นทั้งบรรจุภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ต้องเคลื่อนตัวไปพร้อมกันตลอดวงจรของอุตสาหกรรมอาหาร โดยที่บรรจุภัณฑ์เป็นตำแหน่งที่ดีที่สุดในการสื่อสารสภาพของอาหารหรือข้อมูลของอาหารในแง่อื่นๆ บรรจุภัณฑ์ที่ฉลาดจะต้องมีความสามารถในการสื่อสารกับผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี ยกตัวอย่างเช่น บรรจุภัณฑ์อัจฉริยะชนิดหนึ่งสามารถบ่งบอกคุณภาพและสภาพที่ปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อาหาร นอกจากนี้ยังมีการเตือนผู้บริโภคหรือผู้ผลิตก่อนที่ผลิตภัณฑ์อาหารจะมีคุณภาพแย่และสภาพของอาหารไม่มีความปลอดภัย บรรจุภัณฑ์อัจฉริยะไม่ได้เกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์เพียงอย่างเดียว แต่ยังครอบคลุมถึงผลิตภัณฑ์อาหาร สภาวะแวดล้อมภายนอก และข้อพิจารณาอื่นๆ อีกด้วย

โดยปกติอุปกรณ์บรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ (smart package device) จะมีขนาดเล็ก และอยู่ในรูปของฉลากหรือป้ายที่มีราคาไม่แพงมากนัก โดยจะถูกติดไว้บนบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุอาหาร (เช่น ถุง ถาด และขวด) หรืออาจจะถูกติดไว้บนบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง (เช่น กล่องกระดาษแข็ง และกล่องกระดาษลูกฟูก) เพื่อที่จะใช้ในการสื่อสารตั้งแต่บรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่องไปจนถึงมือผู้รับ หรือเรียกว่าตลอดวงจรของอุตสาหกรรมอาหาร ฉลากหรือป้ายดังกล่าวทำหน้าที่สื่อสารกับทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค อุปกรณ์บรรจุภัณฑ์อัจฉริยะมี 2 ชนิด คือ (1) อุปกรณ์ที่บ่งชี้บนบรรจุภัณฑ์ (เช่น ตัวบ่งชี้อุณหภูมิและเวลา ตัวบ่งชี้ก๊าซ และตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้สภาวะแวดล้อมภายนอกบรรจุภัณฑ์ได้ รวมถึงมีการแจ้งเตือนให้ผู้ผลิต ผู้จัดจำหน่าย หรือผู้บริโภคทราบได้เมื่อไรก็ตามที่เกิดปัญหาหรือผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม และ (2) อุปกรณ์ที่บรรจุข้อมูลของผลิตภัณฑ์เอาไว้ (เช่น บาร์โค้ด และป้าย RFID) ซึ่งจะใช้สำหรับการเก็บข้อมูลสินค้าต่างๆ เช่น จำนวนสินค้าในคลัง ราคาของสินค้า เป็นต้น

ที่มา:
http://www.imsinc.ca/en/2016/12/01/smart-packaging-adoption-reduce-food-waste/

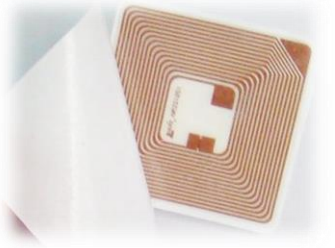
ตัวอย่างอุปกรณ์บ่งชี้บนบรรจุภัณฑ์ อาทิเช่น อุปกรณ์บ่งชี้อุณหภูมิและเวลา (Time-temperature integrators) อุปกรณ์ที่บ่งชี้ถึงความสดใหม่ (Freshness sensors) และอุปกรณ์บ่งชี้การสุก (ripeness) ของผลไม้ เป็นต้น อุปกรณ์บ่งชี้อุณหภูมิและเวลา ถูกนำไปใช้กับการขนส่งเนื้อสัตว์แช่แข็ง (เช่น หมู ไก่ ปลา) โดยถ้าเนื้อสัตว์ถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิไม่เหมาะสม เช่น สูงเกินไป อาจส่งผลให้คุณภาพของเนื้อสัตว์ดังกล่าวต่ำลง ซึ่งจะนำไปสู่อายุการเก็บรักษาที่สั้นลง ดังนั้นอุปกรณ์บ่งชี้อุณหภูมิและเวลาสามารถบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ระหว่างการขนส่งหรือสภาวะในการเก็บได้ ปัจจุบันมีผู้ผลิตตัวบ่งชี้อุณหภูมิและเวลาที่สามารถบอกถึงคุณภาพของเนื้อสัตว์ภายใต้ตราสินค้าชื่อ OnVu™ และ TT Sensor™ ฉลากบ่งบอกคุณภาพเนื้อสัตว์ภายใต้ตราสินค้า OnVu™ ใช้บอกถึงคุณภาพของเนื้อสัตว์โดยสังเกตจากการเปลี่ยนสีที่ฉลาก ถ้าคุณภาพเนื้อสัตว์ลดลง ซึ่งอาจเนื่องมากจากการเก็บรักษาเนื้อสัตว์ไว้ภายใต้อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม หรือเกิดจากการขนส่งเนื้อสัตว์ดังกล่าวโดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง ฉลาก OnVu™ จะเปลี่ยนจากสีฟ้าเข้มกลายเป็นสีเทา การเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้ผู้บริโภคสามารถทราบได้ว่าผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีคุณภาพต่ำลงหรือไม่สดนั่นเอง

อุปกรณ์ที่บ่งชี้ถึงความสดใหม่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้บอกความสดใหม่และความปลอดภัยของอาหาร เป็นที่รู้กันอย่างดีว่าอาหารที่สดที่สุดถือว่าเป็นอาหารที่ดีที่สุด ตามวลีภาษาอังกฤษที่กล่าวว่า “freshest is best” ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์อาหารขึ้นเพียงเล็กน้อยก็อาจเป็นสัญญาณอันตรายของทั้งผู้ขายปลีกและส่ง เนื่องจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารดังกล่าวอาจจะลดลง ประกอบกับราคาขายสินค้าอาจจะต้องมีการปรับลดตามคุณภาพที่ลดลงด้วย ซึ่งกรณีนี้มักเกิดกับผลิตภัณฑ์อาหารสด หรือผลิตภัณฑ์อาหารที่มีอายุการเก็บสั้น เช่น ผักและผลไม้ นม เบเกอรี่ เป็นต้น โดยทั่วไปจะพบการลดราคาสินค้าประเภทนี้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ตามซุปเปอร์มาร์เก็ตขนาดใหญ่ ในตอนเย็นของแต่ละวัน เพราะการขายสินค้าลดราคาก็ยังดีกว่าการทิ้งสินค้านั้นไปเปล่าๆ โดยไม่ได้อะไรกลับคืนมาเลย นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์บ่งชี้อื่นๆ ที่เพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค เช่น อุปกรณ์บ่งชี้การสุก (ripeness) ของผลไม้ โดยทั่วไปผลไม้หลายชนิดถูกเก็บเกี่ยวในช่วงโตเต็มวัยแต่ยังไม่สุก กระบวนการสุกของผลไม้จะเกิดหลังจากที่ผู้บริโภคซื้อมาแล้ว ดังนั้นการมีอุปกรณ์บ่งชี้การสุกจึงเป็นอุปกรณ์ที่แสดงการสุกให้ทั้งผู้ขายส่ง ขายปลีก และผู้บริโภคทราบถึงสภาพของผลไม้ชนิดนั้นได้อย่างแม่นยำ ผลไม้บางชนิดไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่ผิวเมื่อเกิดการสุก เช่น อะโวคาโด นอกจากนี้อุปกรณ์บ่งชี้การสุกนี้ยังสามารถตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคที่ต่างกันไปได้ ซึ่งทำให้ผู้บริโภคได้เลือกรับประทานผลไม้ในระดับความสุกที่เป็นที่พึงพอใจของแต่ละคน เช่น ผู้บริโภคบางคนชอบรับประทานผลไม้กึ่งสุกหรือสุกไม่มาก หรือสำหรับบางคนชอบรับประทานผลไม้สุกมาก ปัจจุบันมีผู้ผลิตตัวบ่งชี้บ่งชี้การสุกของผลไม้ภายใต้ตราสินค้าชื่อต่างๆ เช่น ripeSense®, RediRipe® และ Fresh’o’meter เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์บ่งชี้การสุกของผลไม้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสี เมื่อมีการปลดปล่อยก๊าซเอทิลีนหรือเมื่อผลไม้สุก โดยปกติการใช้อุปกรณ์บ่งชี้การสุกของผลไม้จะใช้บ่งบอกการสุกของผลไม้ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ขนาดเล็กที่มีการบรรจุผลไม้เพียงแค่ 4-8 ผล อย่างไรก็ตามการขนส่งผลไม้ในปัจจุบันนิยมส่งในปริมาณมาก ดังนั้นอุปกรณ์ดังกล่าวอาจจะต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถบ่งบอกการสุกของผลไม้ในกล่องขนาดใหญ่ได้

ที่มา: http://www.ripesense.co.nz/
http://nerdbeach.com/intelligent-plastic-sensors-hold-the-key-to-freshness-meters/

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาป้าย RFID ถูกพบว่ามีปริมาณการใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มเพิ่มขึ้น เนื่องจากป้าย RFID สามารถจัดการกับหลายปัญหาได้เป็นอย่างดี เช่น ของเสีย (waste) ในอุตสาหกรรมอาหาร การเติมสินค้าบนชั้นวางสินค้า การขโมยสินค้า ของปลอม และการเรียกคืนสินค้าที่ถูกปลอมปนและเป็นอันตราย รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่มีการเจือปนของสารพิษทางชีวภาพและก่อให้เกิดโรค ข้อมูลขององค์การอนามัยโลกพบว่ามีเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี จำนวนมากถึง 32 ล้านคนต่อปี เสียชีวิต เนื่องจากป่วยจากการบริโภคอาหารที่ถูกปลอมปน นอกจากนี้ข้อมูลองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกายังพบอีกว่ามีปริมาณอาหารที่เน่าเสียก่อนถึงมือผู้บริโภคมากถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีสาเหตุมาจากหลายๆ สาเหตุ เช่น ภาวะโลกร้อนทำให้

การควบคุมอุณหภูมิในการเก็บผลิตภัณฑ์เป็นไปได้ยาก และวิธีการขนส่งผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่เหมาะสม โดยปัญหาที่เกิดขึ้นเหล่านี้มีอาจจะได้รับการแก้ไขเมื่อเปลี่ยนมาติดป้าย RFID บนบรรจุภัณฑ์



ที่มา: http://chuangxinjia.en.hisupplier.com/product-741827-High-quality-RFID-label-tag-sticker-and-card.html

https://www.terra.com.br/economia/vida-de-empresario/evolucao-do-codigo-de-barras-facilita-controle-de-produtos,486ae605255ee8118b00d06ea9d7fef9vy7fgqr0.html

RFID เป็นเทคโนโลยีการใช้คลื่นวิทยุในการอ่านข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์บนอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ติดกับบรรจุภัณฑ์ โดยตัวอ่านสัญญาณข้อมูลของผลิตภัณฑ์จะต้องอยู่ในระยะที่เหมาะสม เทคโนโลยีนี้จะพบมากในห้างสรรพสินค้า ร้านซุปเปอร์มาร์เก็ต ร้านหนังสือ ห้องสมุด ร้านขายเสื้อผ้า หรือแม้แต่ร้านขายยา ป้าย RFID มีหลายรูปแบบแต่ฉลาก RFID จะเป็นที่นิยมใช้มากกว่าและใช้มากในปัจจุบัน RFID เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีแนวคิดริเริ่มคล้ายกับการผลิตกระดาษที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ในหลากหลายอุตสาหกรรม ทั้งสินค้าอุปโภคและบริโภค ยกตัวอย่างเช่น บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มที่สามารถใช้ประโยชน์เพื่อป้องกันของปลอมปน ระบบการจัดเรียงสินค้าในคลังสินค้าลดปัญหาสินค้าหมดสต็อค (stockouts) ลดความเสียหายที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตอาหาร และป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากการสูญหายได้เป็นอย่างดี ป้าย RFID สามารถรวมสัญญาณของเซนเซอร์เข้าไปด้วยได้ ซึ่งเซนเซอร์นี้สามารถบ่งชี้ข้อมูลที่เกี่ยวกับอุณหภูมิและเวลาในกระบวนการผลิตอาหารได้ รวมถึงกระบวนการผลิตอาหารที่ใช้อุณหภูมิต่ำ หรือมีการควบคุมอุณหภูมิให้เย็นตลอดกระบวนการผลิตอาหาร ข้อมูลที่ได้จาก RFID นั้นสามารถจะเป็นตัวชี้ถึงจุดที่เกิดปัญหาได้ในแต่ละขั้นตอนของการผลิตอาหาร หรือแม้แต่เป็นหลักฐานที่จะใช้ยืนยันเมื่อผลิตภัณฑ์เสียหายไปเนื่องจากความผิดพลาดจากตัวบุคคล เช่น พนักงานขับรถบรรทุกปล่อยให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในอุณหภูมิที่สูงเกินไปและทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายและด้อยคุณภาพลง ระบบ RFID ที่แท้จริงสามารถติดตามการสูญหายของผลิตภัณฑ์ได้ เช่น ป้ายป้องกันการถูกขโมยในร้านค้า ซึ่งจะมีสัญญาณแจ้งเตือนเมื่อผลิตภัณฑ์ถูกเคลื่อนย้ายออกจากร้านค้าหรือสถานที่จัดจำหน่าย ป้าย RFID สามารถบรรจุข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์และเก็บข้อมูลไว้ได้ เช่น วันที่สินค้าเข้ามาวันแรก จำนวนสินค้าคงคลัง เป็นต้น ซึ่งแตกต่างกับข้อมูลในบาร์โค้ด ที่จะมีแค่ชื่อและราคาของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ถ้าผลิตภัณฑ์ทุกอย่างในซุปเปอร์มาร์เก็ตติดป้าย RFID แล้ว ผลิตภัณฑ์นั้นๆ จะมีข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความเป็นเอกลักษณ์และการเรียกคืนสินค้าจะเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง ในทางตรงกันข้ามกับการเรียกคืนสินค้าในปัจจุบันที่ต้องใช้ระเวลานานเกือบเป็นปีในกระบวนการเรียกคืนสินค้าแต่ละครั้ง

หน้าที่สำคัญที่สุดของ RFID คือเป็นกระบวนการแบบอัตโนมัติที่ใช้ในการอ่านเลขเอกลักษณ์บนป้ายได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และน่าเชื่อถือ ในบางครั้งตัวอ่านข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้จะต้องอ่านเลขเอกลักษณ์บนป้ายมากถึง 1,000 ป้ายในแต่ละวัน อย่างไรก็ตามระบบและป้าย RFID โดยปกติแล้วมีราคาสูงกว่าระบบของบาร์โค้ด และระบบป้องกันการถูกขโมยแบบทั่วไปที่ใช้กุญแจล็อคและเมื่อต้องการสินค้าให้ติดต่อกับพนักงาน ป้าย RFID ไม่มีข้อมูลที่แสดงให้เห็นชัดเจนเหมือนกับหมึกพิมพ์ที่มีการเปลี่ยนสีเพื่อชี้ให้เห็นถึงความร้อนสูงเกินไปที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม ป้าย RFID แบบราคาถูกที่มีหน่วยความจำน้อยเป็นที่นิยมมากกว่าบาร์โค้ดแบบ 2D เป็นที่รู้กันว่าป้ายที่ติดอยู่กับผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มเป็นค่าใช้จ่ายที่

ผู้ประกอบการหรือผู้ผลิตต้องจ่ายคิดเป็นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของราคาของทั้งหมด ทั้งๆ ที่ราคาของป้ายดูเหมือนจะมีราคาถูกถ้าเราซื้อในปริมาณมาก แต่ในทางกลับกันป้ายที่มีฟังก์ชั่นที่ฉลาดกว่า เช่น ป้าย RFID สามารถที่จะลดค่าใช้จ่ายดังกล่าวที่เกิดขึ้นได้ อย่างน้อยที่สุดระบบ RFID ต้องประกอบด้วยป้ายที่มีข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องมือที่ใช้ในการอ่านข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ ป้าย RFID จะไม่มีความหมายเมื่อขาดเครื่องมือในการอ่าน ส่วนใหญ่ป้าย RFID เป็นป้ายธรรมดาที่ติดไว้บนผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งหมายถึงป้าย RFID จะไม่มีแบตเตอรี่เป็นของตัวเอง ดังนั้นป้าย RFID ไม่สามารถสร้างสัญญาณได้ด้วยตนเอง สำหรับป้าย RFID ที่นิยมใช้ คือ ป้าย RFID ที่คลื่นวิทยุความถี่สูง (13.56 MHz) เนื่องจากเป็นช่วงคลื่นที่สามารถควบคุมได้ มีราคาไม่แพง และใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายๆ ผลิตภัณฑ์ เช่น พาสสปอร์ต หนังสือ ยารักษาโรค เป็นต้น

ในอนาคตมีแนวโน้มที่ผู้คนจะหันมาสนใจสุขภาพกันมากขึ้นกว่าเดิม ดังนั้นผู้ขาย ผู้ผลิต และผู้บริโภคในปัจจุบันมีความต้องการคล้ายๆ กัน คือ ต้องการความมั่นใจว่าสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์อาหาร ด้วยสาเหตุนี้บรรจุภัณฑ์จึงต้องมีหน้าที่ในการสร้างความมั่นใจดังกล่าวให้กับผู้บริโภคด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การปิดผนึกที่สมบูรณ์ สามารถป้องกันการปลอมปนได้ และต้องสามารถสร้างตัวตนหรือเอกลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์ได้ดีอีกด้วย อย่างไรก็ตามการใช้บรรจุภัณฑ์ที่มากเกินพอดีก็สามารถส่งผลต่อปริมาณทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างกำจัดในโลกและเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งสังคมยุคปัจจุบันบรรจุภัณฑ์กลายเป็นปัจจัยหลักที่ผู้บริโภคขาดไม่ได้ไปแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งถุงพลาสติก ดังนั้นจึงต้องตระหนักถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ เพื่อสอดรับกับการรักษ์สิ่งแวดล้อมรัฐบาลจึงมีนโยบายในการลดใช้บรรจุภัณฑ์โดยการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่ (reuse) และนำมาหมุนเวียน (recycle) อีกครั้ง เพื่อลดทอนการเกิดขยะจากครัวเรือน นอกจากนี้ยังมีพลาสติกชีวภาพ (bioplastics) ซึ่งเป็นนวัตกรรมคลื่นลูกใหม่ที่เข้ามาในตลาดของบรรจุภัณฑ์ตั้งแต่ในช่วง 10-15 ปีที่ผ่านมา และยังเป็นนวัตกรรมที่มีการพัฒนาแบบก้าวกระโดดในระยะเวลาอันสั้นอีกด้วย เนื่องจากปัญหาราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีราคาสูงส่งผลให้พลาสติกและสารเคมีฐานปิโตรเลียมมีราคาที่สูงตามไปด้วย ดังนั้นจึงมีการพัฒนาพลาสติกชีวภาพขึ้นมาเพื่อช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว วัตถุดิบที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลาสติกชีวภาพเป็นวัตถุดิบที่มีหมุนเวียนในธรรมชาติ เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง อ้อย เป็นต้น พลาสติกชีวภาพที่ผลิตขึ้นมาไม่เพียงจะลดปริมาณการใช้พลาสติกฐานปิโตรเลียมของผู้บริโภค แต่ยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและลดขยะจากครัวเรือน การผลิตพลาสติกชีวภาพมุ่งเน้นในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง ซึ่งสอดคล้องกับการดำเนินชีวิตในปัจจุบันของประชาชนส่วนใหญ่ที่ชีวิตมีความเร่งรีบละต้องการความสะดวกสบาย ดังนั้นพลาสติกชีวภาพจึงเป็นตัวเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับคนในยุคนี้ที่ง่ายต่อการแตกสลายไปทางชีวภาพและใช้บรรจุผลิตภัณฑ์อาหารในเวลาอันสั้น วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตพลาสติกชีวภาพ เช่น เซลลูโลส แป้ง/สตาร์ช โปรตีน น้ำมัน/ไขมัน ลิกนิน และวัตถุดิบทางการเกษตรอื่นๆ เป็นต้น ในปัจจุบันมีพลาสติกที่ผลิตขายในเชิงพาณิชย์แล้วจากบริษัทในประเทศอเมริกา ญี่ปุ่น และแถบยุโรป ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พลาสติกชีวภาพชนิดต่างๆ ที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

ชนิดของพลาสติกชีวภาพ	ชื่อทางการค้า	บริษัทที่ผลิต
สตาร์ช	Ecofoam	National Starch, USA
สตาร์ช	Novon	Ecostar GmbH, Germany
สตาร์ชดัดแปร	Evercorn	Japan Corn Starch Co. Ltd
เทอร์โมพลาสติกสตาร์ช	Paragon	Avebe, The Netherlands

ชนิดของพลาสติกชีวภาพ	ชื่อทางการค้า	บริษัทที่ผลิต
สตาร์ช/โคพอลิเอสเทอร์	Mater Bi	Novamont, Italy
PHAs	Nature's Plastic	Metabolix, USA
PHAs	Nodax	Proctor & Gamble, USA
โคพอลิเอสเทอร์	Ecoflex	BASF, Germany
โคพอลิเอสเทอร์	Biomax	Dupont, USA
โคพอลิเอสเทอร์	Bionelle	Showa Highpolymer, Japan
พอลิแลคติกแอซิด	NatureWorks	NatureWorks (Cargill-Dow), USA
เซลลูโลสอะซิเตท	ACEPLAST	Acetati, Italy

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ในรูปใหม่ ซึ่งต่างจากเดิมเป็นอย่างมาก บรรจุภัณฑ์ในอดีตมีหน้าที่แค่เพียงปกป้องและคุ้มครองผลิตภัณฑ์ให้ถึงมือผู้บริโภคในสภาพที่สมบูรณ์มากที่สุด ในขณะที่บรรจุภัณฑ์ปัจจุบันมีฟังก์ชั่นต่างๆ ซึ่งสามารถที่จะยืดอายุและบ่งบอกคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ รวมถึงมีฟังก์ชั่นเสริมอื่นๆ ที่สามารถปกป้องและคุ้มครองผลิตภัณฑ์ได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากกับทั้งผู้ประกอบกิจการขายของและผู้บริโภคทั่วไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

Majid I., Nayik G.A., Dar S.M., Nanda V. 2016. Novel food packaging technologies: Innovations and future prospective. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, Article in press.

Emblem A. 2012. Part I: Packaging fundamentals (Emblem A. and Emblem H (eds)) in Packaging technology (Fundamentals, materials and processes), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.

Yam K.L. 2012. Part I: Emerging food packaging technologies: an overview (Yam K.L. and Lee D.S. (eds)) in Emerging food packaging technologies (Principles and practice), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.