

ภาชนะบรรจุฉลาดหรืออัจฉริยะ (Intelligent packaging)

ภาชนะบรรจุฉลาดหรืออัจฉริยะ (intelligent packaging) หมายถึงภาชนะบรรจุที่มีความสามารถพิเศษมากกว่าภาชนะบรรจุทั่วไป ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้นำภาชนะบรรจุฉลาดมาใช้เพื่อบันทึกข้อมูลระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา และสื่อสารข้อมูล กับผู้บริโภค ระบบการขาย เพื่อเป็นข้อมูลสำคัญแสดงถึงคุณภาพอาหาร และความปลอดภัยทางอาหาร

รูปแบบของการบรรจุที่สามารถพกพาหน้าที่อัจฉริยะ เช่น การตรวจสอบ การรับรู้ การบันทึก การติดตาม การสื่อสาร และการประยุกต์กรรภวิทยา เพื่อช่วยในการตัดสินใจ เพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษา เพิ่มความปลอดภัย ปรับปรุงคุณภาพ ให้ข้อมูล และเตือนเกี่ยวกับปัญหาที่อาจเกิดขึ้น ปัจจุบันมีการนำภาชนะบรรจุฉลาดมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น การป้องกันการปลอมปน การควบคุมคุณภาพและความปลอดภัย รวมถึงการติดตามผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนส่ง

การบรรจุแบบอินเทลลิเจนท์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่

1. อินดิเคเตอร์ความสด (freshness indicator) ใช้บ่งบอกคุณภาพของอาหารที่บรรจุ อาหารที่สดหมายถึง อาหารที่มีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำหรือมีสารที่ได้จาก metabolism ต่ำ การทำงานของอินดิเคเตอร์ความสด ใช้การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ที่เป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่างสารเคมีในอินดิเคเตอร์กับสารที่จากกระบวนการ metabolism ของจุลินทรีย์ สารที่ใช้ทำปฏิกิริยาแตกต่างกันไปตามชนิดของอาหาร ชนิดของจุลินทรีย์ และการเก็บรักษา

หลักการการทำงานของอินดิเคเตอร์ความสด คืออินดิเคเตอร์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสี เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างสารเคมีที่นำมาใช้เป็นอินดิเคเตอร์กับสารที่เกิดจากเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์หรือสารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่มีผลทำให้อาหารคุณภาพด้อยลง

2. อินดิเคเตอร์ความสุก (ripeness indicator) ใช้เพื่อบ่งบอกระดับของความสุกในผักและผลไม้ เพื่อลดปัญหาการเน่าเสียจากรอยช้ำ ที่เกิดจากการเลือกซื้อของผู้บริโภค ซึ่งระดับของความสุกจะสัมพันธ์กับความหวาน ความกรอบ และรสชาติที่ผู้บริโภคต้องการด้วย เนื่องจากผักและผลไม้บางชนิดสังเกตระดับความสุกได้ยาก เช่น แตงโม สาลี่ เมล่อน และกีวี่ การใช้อินดิเคเตอร์ความสุกจะช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้บริโภคในการเลือกซื้อผักและผลไม้ในช่วงเวลาเหมาะสมกับการบริโภค การทำงานของอินดิเคเตอร์ความสุกคือจะมีการตรวจจับกลิ่นของผลไม้สุก ยิ่งถ้าสุกมากก็จะมีกลิ่นหอมออกมามากยิ่งขึ้น ทำให้ฉลากเปลี่ยนสีไปตามระดับการสุก



ภาพที่ 1 การใช้อินดิเคเตอร์ความสุก ripeSense® ในการบรรจุลูกแพร์

ที่มา: <http://www.ripesense.com/>

3. อินดิเคเตอร์รอยรั่ว (leak indicator) จากการบรรจุอาหารแบบสภาพปรับบรรยากาศ หรือ MAPที่มีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง จึงต้องมีการตรวจสอบความสมบูรณ์ของรอยปิดผนึกของภาชนะบรรจุ เพื่อป้องกันการรั่ว ถ้าเกิดการรั่ว ส่งผลให้อาหารเน่าเสียเร็วกว่าคาดไว้ ทำให้มีการใช้อินดิเคเตอร์รอยรั่วบรรจุในภาชนะบรรจุ ซึ่งนิยมใช้อินดิเคเตอร์รอยรั่วกับการบรรจุอาหารที่ไวต่อออกซิเจน เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของวัสดุออกซิเจนในระหว่างการเก็บรักษา ประกอบด้วยสีย้อมที่มีประจุพร้อมสำหรับเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox dye) เช่น เมทิลีนบลู (methylene blue) สารประกอบแอลคาไลน์ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) ต่อมาเคลือบสีหรือสารประกอบนี้ไว้บนกระดาษหรือฟิล์มโพลีเมอร์และนำไปติดที่ภาชนะบรรจุ ถ้าภาชนะบรรจุนั้นมีปริมาณออกซิเจนซึมผ่านออกมา ก็จะทำให้ปฏิกิริยากับสีที่เคลือบไว้ทำให้เกิดการเปลี่ยนสี ในปัจจุบันมีอินดิเคเตอร์รอยรั่วทางการค้า จากบริษัท Mitsubishi Gas Chemical ได้ทำการพัฒนาอินดิเคเตอร์รอยรั่วของก๊าซออกซิเจน ในรูปแบบของซองภายใต้ชื่อทางการค้า คือ Ageless สำหรับอินดิเคเตอร์รอยรั่วของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นิยมใช้กับการบรรจุแบบ MAP เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของปริมาณก๊าซที่อยู่ภายใต้ภาชนะบรรจุ

4. อินดิเคเตอร์เวลา-อุณหภูมิ (time-temperature indicator : TTI) ซึ่งแสดงประวัติเวลาและอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ โดยอินดิเคเตอร์จะมีการเปลี่ยนสีเมื่อสภาวะในการเก็บผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิอ้างอิง เกิดความสะดุดต่อการนำมาประยุกต์ใช้ และทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารที่ไม่สามารถกลับมาเหมือนเดิมได้อีก เช่น สีของอาหาร มีการนำอินดิเคเตอร์เวลา-อุณหภูมิ มาใช้กับอาหารประเภทเสื่อมเสียง่าย (perishable foods) เช่น ปลาแช่เย็น ผลิตภัณฑ์ นม เนื้อสดเนื้อสัตว์ปีก เนื้อแช่แข็ง ผักและผลไม้แช่แข็ง เป็นต้น ซึ่งอินดิเคเตอร์เวลา-อุณหภูมิในท้องตลาดมีอยู่หลายประเภทซึ่งใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างกัน บางชนิดใช้หลักการซึมของผงสีผ่านกระดาษกรอง ในขณะที่บางชนิดใช้ถุงบรรจุแคปซูลที่เรียลเหลวซึ่งจะเปลี่ยนสีเมื่ออยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิและเวลามาถึงจุดที่ตั้งค่าไว้ บางชนิดใช้หลักการเกิดโพลีเมอร์ (polymerization) ของโมโนเมอร์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงทำให้สีเปลี่ยน



ภาพที่ 2 Checkpoint III® ใช้หลักการการแพร่ของสารเคมีที่ทำปฏิกิริยากัน ทำให้ pH ลดลงและสารอินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี มีลักษณะเป็นฉลากติดบนภาชนะบรรจุ โดยก่อนการใช้งานต้องทำให้เกิดการกระตุ้นเพื่อเริ่มการทำงานของอินดิเคเตอร์ สารอินดิเคเตอร์ในวงกลม Checkpoint III® เป็นสีอำพัน (amber) เมื่อถูกกระตุ้นจะค่อยๆเปลี่ยนเป็นสีส้ม ชมพู และม่วงแดง (magenta) ตามลำดับ ขึ้นกับระดับอุณหภูมิและเวลาที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ อัตราการเปลี่ยนสีจะเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น จึงสามารถบอกประวัติการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก่อนถึงมือผู้บริโภคได้

ที่มา: Taoukis (2008)



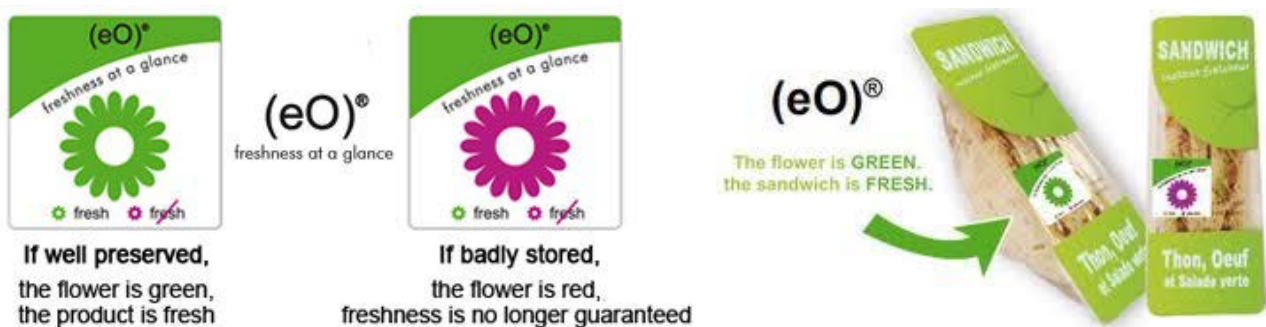
ภาพที่ 3 OnVuTM เป็นตัวชี้วัดนี้ในรูปแบบของฉลากรูปหัวใจในแอปเปิ้ล ซึ่งตรงกลางรูปแอปเปิ้ลจะถูกกระตุ้นด้วยรังสียูวี (activated by Ultraviolet) ให้เป็นสีน้ำเงินเข้ม ซึ่งจะแตกต่างกับสีตรงขอบของแอปเปิ้ล เมื่อเวลาและอุณหภูมิเปลี่ยน จะส่งผลให้สีตรงกลางของแอปเปิ้ลจะเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ก็จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนสีของตัวชี้วัดอย่างรวดเร็ว

ที่มา: http://www.plasticsportal.net/wa/plasticsEU~de_DE/portal/show/common/content/literature/plastics/0110/plastics_0110_focus_packaging_label_shows_freshness



ภาพที่ 4 Fresh-Check® ที่ต้องการติดตามอุณหภูมิของสินค้าอย่างต่อเนื่อง จะใช้แสงเลเซอร์หรือเครื่องวัดที่เรียกว่า densitometer หรือ colorimeter แบบมือถือ เพื่อสะดวกในการใช้งาน และสามารถเก็บข้อมูลเพื่อประมวลผลได้อย่างละเอียดยิ่งขึ้น

ที่มา: http://www.haccpnow.si/ev/trg/product_info.php/freshcheck-p-2487?language=en



ภาพที่ 5 ตัวชี้วัดเวลาและอุณหภูมิฐาน ชื่อว่า (eO)® โดยใช้หลักการของการเปลี่ยนแปลงค่า pH ซึ่งจะควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่อยู่ในเจล ตัวพารามิเตอร์ของตัวชี้วัดสามารถปรับเปลี่ยนได้จากการเลือกจุลินทรีย์ และตำแหน่งของเจล การตอบสนองของตัวชี้วัดจะใช้เวลาเสื่อมเสียเป็นตัวที่แสดงให้เห็น ดังนั้นควรเลือกจุลินทรีย์ให้สอดคล้องด้วย

ที่มา: www.fis-net.com/fis/techno/newtechno.asp?id=36695&l=e&ndb=1 (2010)

ตารางที่ 1 ตัวอย่างภาชนะบรรจุฉลาด (intelligent packaging) ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

Commercial name	Supplier	System
Time temperature indicators (TTI)		
3M Monitor Mark®	3M Company	Fatty acid ester TTI
Keep-it®	Keep-it Technologies	Chemical TTI
Fresh-Check®	Temptime Corp.	Polymerization reaction TTI
VITSAB®	VITSAB International AB	Enzymatic TTI
OnVu®	Freshpoint and Ciba	Photochemical reaction TTI
TopCryo®	TRACEO	Microbiological TTI
FreshCode®	Varcode Ltd.	Barcode based label TTI
Tempix®	Tempix AB	Barcode based label TTI
Integrity indicators		
Timestrip®	Timestrip Ltd.	Time indicator label
Novas®	Insignia Technologies Ltd.	Time indicator label
Best-by®	FreshPoint Lab.	Time indicator label
Ageless Eye®	Mitsubishi Gas Chemical Inc.	Gas indicator tablet
Tell-Tab	IMPAK	Gas indicator tablet
O2Sense	Freshpoint Lab.	Gas indicator tablet
Freshness indicators and sensors		
Fresh Tag®	COX Technologies	Colorimetric indicator
SensorQ®	DSM NV and Food Quality Sensor International Inc.	pH-sensing indicator
Raflatac	VTT and UPM Raflatac	Colorimetric indicator (silver nanolayers)
Food Sentinel System	SIRA Technologies Inc.	Biosensor (barcode)
Toxin Guard®	Toxin Alert Inc.	Biosensor (film)
Radiofrequency identification tags (RFID)		
Easy2log®	CAEN RFID Srl	TT sensor tag
CS8304	Convergence Systems Ltd.	TT sensor tag

TempTRIP	TempTRIP LLC	TT sensor tag
Intelligent box	Mondi Plc	Box with integrated TT sensor tag
Intelligent fish box	Craemer Group GmbH	Box with integrated TT sensor tag

ที่มา: Realini & Marcos (2014)

เอกสารอ้างอิง

ภาณุวัฒน์ สรรพกุล. 2552. เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีการบรรจุภัณฑ์และอินเทลลิเจนท์. ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Kerry J. P. 2014. New Packaging Technologies, Materials and Formats for Fast-Moving Consumer Products. pp. 549–584. In Ho J.B., M.M. Barth, Y. Byun, L. Cisneros-Zevallos and M.Corrales. eds. Innovations in Food Packaging. Academic Press, USA.

Kruijf N.D., M. Van Beest, R. Rijk, T. Sipiläinen-Malm, P. Paseiro Losada and B. De Meulenaer. 2002. Active and intelligent packaging: applications and regulatory aspects. Food Additives & Contaminants 19 (Supplement 1): 144-162.

Nopwinyuwong, A. , Trevanich, S. and Suppakul, P. (2010). Development of novel colorimetric indicator label for monitoring freshness of intermediate-moisture dessert spoilage. Talanta 81 : 1126-1132.

Realini, C. E., & Marcos, B. (2014). Active and intelligent packaging systems for a modern society. Meat science, 98(3), 404-419.

Seung J. L. and A.T.M Mijanur Rahman. 2014. Intelligent Packaging for Food Products. pp. 171–209. In Ho J.B., M.M. Barth, Y. Byun, L. Cisneros-Zevallos and M.Corrales. eds. Innovations in Food Packaging. Academic Press, USA.

Taoukis P.S. 2008. Application of time–temperature integrators for monitoring and management of perishable product quality in the cold chain. pp. 61-74. In Kerry J. and P. Butler. eds. Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods. John Wiley&Sons, USA.