

ตัวบ่งชี้เวลา-อุณหภูมิ (time-temperature indicators, TTI)

TTI เป็นตัวบ่งชี้ที่ง่ายในการใช้วัดผลการเปลี่ยนแปลงจากเวลาและอุณหภูมิที่อาหารได้รับสัมผัส มีความสะดวกต่อการนำมาประยุกต์ใช้บ่งชี้คุณภาพอาหาร โดยจะแสดงประวัติเวลาและอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในด้านความปลอดภัยและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ตัวบ่งชี้จะมีการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อสภาวะในการเก็บผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิสูง หรือต่ำกว่าอุณหภูมิอ้างอิง ปัจจุบันมีการนำตัวบ่งชี้เวลา - อุณหภูมิมาใช้กับอาหารประเภทเสื่อมเสียง่าย (perishable foods) เช่น ปลาแช่เย็น ผลิตภัณฑ์นม เนื้อสด เนื้อสัตว์ปีก เนื้อแช่แข็ง ผักและผลไม้แช่แข็ง เป็นต้น โดยตัวบ่งชี้เวลา-อุณหภูมิ (TTI) แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท

1. Critical temperature indicators (CTI)

คือ อุณหภูมิแสดงที่มากกว่า หรือน้อยกว่าอุณหภูมิอ้างอิง เป็นตัวบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับช่วงเวลาสั้นๆ (จำนวนไม่กี่นาทีหรือไม่กี่ชั่วโมง) ตัวบ่งชี้ CTI จะบ่งบอกเมื่อผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาวะอุณหภูมิที่ไม่พึงประสงค์เป็นเวลาเพียงพอที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านความปลอดภัยและคุณภาพของสินค้า นอกจากนี้ CTI ยังสามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกในกรณีที่มีการเกิดความไม่ต่อเนื่องของอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกายภาพหรือปฏิกิริยาทางชีวภาพ ตัวอย่างเช่น การเสื่อมสภาพของเนื้อสัมผัสเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเฟสเกิดขึ้น (การละลายของน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์แช่แข็ง หรือการแช่แข็งผลิตภัณฑ์สด) การเสียสภาพของโปรตีนในสภาวะอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิวิกฤติ หรือการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ นั่นจะเป็นตัวแปรที่ทำให้ตัวบ่งชี้ทำงาน

2. Critical temperature/time integrators (CTTI)

CTTI เป็นตัวบ่งชี้ที่ตอบสนองต่อเวลา-อุณหภูมิสะสมที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤตอ้างอิง โดยการตอบสนองจะแสดงเป็นระยะเวลาเวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาวะอุณหภูมิวิกฤต ซึ่งจะระบุได้ถึงการทำลายเสียหายของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการกระจายสินค้าและผลิตภัณฑ์ที่เริ่มมีการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ส่งผลต่อความปลอดภัยและคุณภาพผลิตภัณฑ์ หรือแสดงการวัดอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิวิกฤต ตัวอย่างของการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว เช่น การเกิดปฏิกิริยาจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์หรือกิจกรรมของเอนไซม์ที่สามารถลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤตได้

3. Time temperature integrators or indicators (TTI)

TTI เป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงอย่างต่อเนื่องขึ้นอยู่กับประวัติการตอบสนองของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ และสามารถระบุอุณหภูมิเฉลี่ยในระหว่างการกระจายสินค้าของผลิตภัณฑ์และอาจมีความเกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่อง โดยอุณหภูมิจะขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการสูญเสียคุณภาพของอาหาร

นอกจากนี้เรายังสามารถจำแนกประเภทของตัวบ่งชี้เวลา-อุณหภูมิ ได้ตามหลักการดำเนินงานได้ โดยแบ่งออกเป็นเชิงกล(mechanical) ปฏิกิริยาเคมี (chemical) การเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ (enzymatic) การวิเคราะห์จุลชีววิทยา (microbiological) พอลิเมอร์(polymer) การวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า (electrochemical) การแพร่ (diffusion-based) เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

Robertson, G.L. (2013). Food Packaging Principles and Practice. New York: Taylor & Francis Group.

Taoukis, P.S. (2001). Modelling the use of time-temperature indicators in distribution and stockRotation. Food Process Modelling.