เข้าใจศัพท์...ก็ get A เคมีอาหาร by ครูชมบี

ตอนที่ 1 Water Activity, Aw

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชมภูนุช เผื่อนพิภพ

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Aw (water activity หรือ วอเตอร์แอคทิวิตี้ หรือ กิจกรรมของน้ำ)

- ช่วยป้องกันการเน่าเสียและรักษาคุณภาพอาหาร
- ที่ Aw = 0.85 หมายความว่ามีปริมาณน้ำที่เป็นอิสระ 85%
- การวัดค่า Aw จะถูกวัดโดยการวางตัวอย่างลงในระบบปิดและทำการปรับสมดุลของน้ำเฟสของเหลวในตัวอย่างด้วยน้ำที่มีไอระเหยในส่วนหัวและทำการวัดความชื้นสัมพัทธ์ของช่องว่าง

Aw (water activity หรือ วอเตอร์แอคทิวิตี้ หรือ กิจกรรมของน้ำ)

- การลดค่า Aw ทำโดยการให้ความร้อน เช่น การทำแห้ง โดยการใช้ความเย็น เช่น การแช่แข็ง การแช่แข็งแบบเข้มข้น และการใช้ความเข้มข้นของออสโมติก (เติม น้ำตาล, เกลือ)

ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ เป็นอัตราส่วนของความดันไอ (vapour pressure) ของน้ำในอาหาร (P) ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์อิ่มตัว (Po) ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกันหรือวัดได้จากความชื้นสัมพัทธ์เหนืออาหารในสภาวะสมดุล (Equilibrium Relative Humidity, ERH) หารด้วย 100

$$Aw = P/Po = ERH/100$$

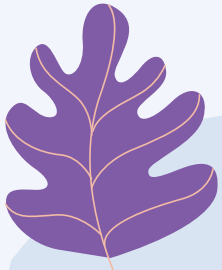
Aw เป็นอัตราส่วนของความดันไอ (vapour pressure) ของน้ำในอาหาร (P) ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์อิ่มตัว (Po) ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน

$$aw = P/Po$$

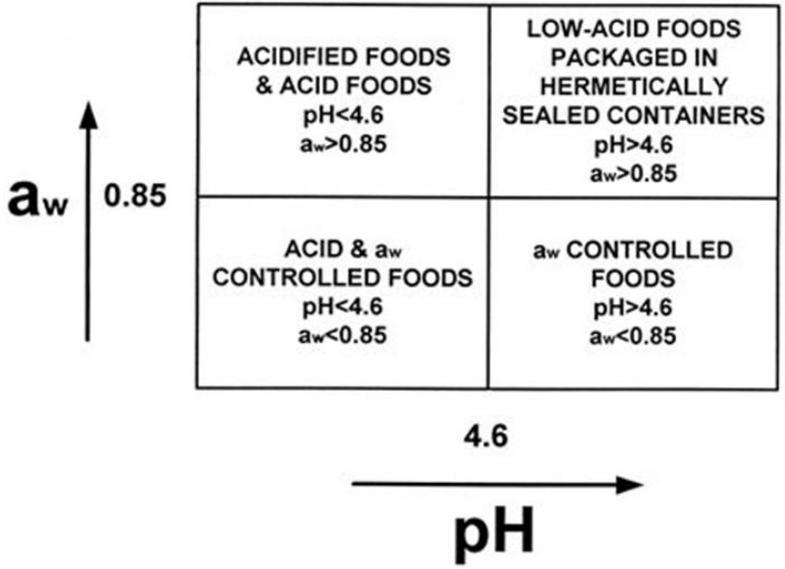
หรือวัดได้จากความชื้นสัมพัทธ์เหนืออาหารในสภาวะสมดุล (Equilibrium Relative Humidity, ERH) หารด้วย 100

$$aw = ERH/100$$

ค่า water activity มีค่า ตั้งแต่ 0-1



ความสัมพันธ์ของค่า Aw กับการอาหาร



Highly perishable foods $a_w > 0.9$

Intermediate moist foods $a_w = 0.6\text{-}0.9$

Shelf stable foods $a_w < 0.6$

https://slideplayer.com/slide/6624031/

โมเลกุลหรืออนุภาคของอาหารมีความสัมพันธ์กับค่า Aw ดังนี้ (วิวัฒน์,2553)

1. โมเลกุลหรืออนุภาคที่ละลายน้ำ เช่น เกลือ หรือ น้ำตาล เมื่อเกิดการละลายไอออนหรืออนุภาคเหล่านี้จะเกิดพันธะกับโมเลกุลของน้ำ (Ionic, dipole-dipole, hydrogen bonds) ทำให้ต้องใช้พลังงานในการดึงโมเลกุลของน้ำออกมา จากอาหารมากขึ้น ส่งผลให้ Aw มีค่าลดลง

2. โมเลกุลหรืออนุภาคที่ไม่ละลายน้ำ เช่น แป้ง โปรตีน หรือ ไขมัน เมื่ออยู่ในระบบที่มีน้ำจะเกิด Surface interaction ระหว่างโมเลกลุของน้ำและ Chemical groups ของโมเลกลุ หรืออนุภาค (Dipole-dipole, ionic bonds (H_3O^+ หรือ OH^-), van der waals force (hydrophobic bonds), hydrogen bonds

หรือการที่โมเลกุลน้ำจะต้องแข่งขันกับโมเลกุลที่ไม่ละลายน้ำเพื่อแย่งโอกาสของการหลุดพ้น ทำให้ต้องใช้พลังงานในการดึงโมเลกุลของน้ำออกมาจากอาหารมากขึ้น Aw จึงมีค่าลดลง

3. ในอาหารที่เป็นของแข็ง โมเลกุลของน้ำที่แทรกอยู่ในชิ้นอาหาร จะมี Capillary effect ซึ่งเกิดจากแรงยึดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับช่องเล็กๆ ของชิ้นอาหาร ทำให้ต้องใช้พลังงานในการดึงโมเลกุลของน้ำออกมาจากอาหารมากขึ้น Aw จึงมีค่าลดลง

ปัจจัยที่มีผลให้อาหารเปลี่ยนแปลงสถานะ คือ อุณหภูมิ เพราะอุณหภูมิจะไปมีผลโดยตรงต่อการยึดเกาะการเกิดพันธะ และการละลายของน้ำและโมเลกุล หรืออนุภาคต่างๆ ในอาหาร ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนก็จะมีผลต่อค่า Aw ของอาหารด้วย

แต่การเปลี่ยนแปลงของค่า Aw เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะเป็นลักษณะเฉพาะของอาหาร คือ อาหารบางชนิดอาจมีค่า Aw สูงขึ้น ในขณะที่อาหารบางชนิดอาจมีค่า Aw ต่ำลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

ค่า Aw เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

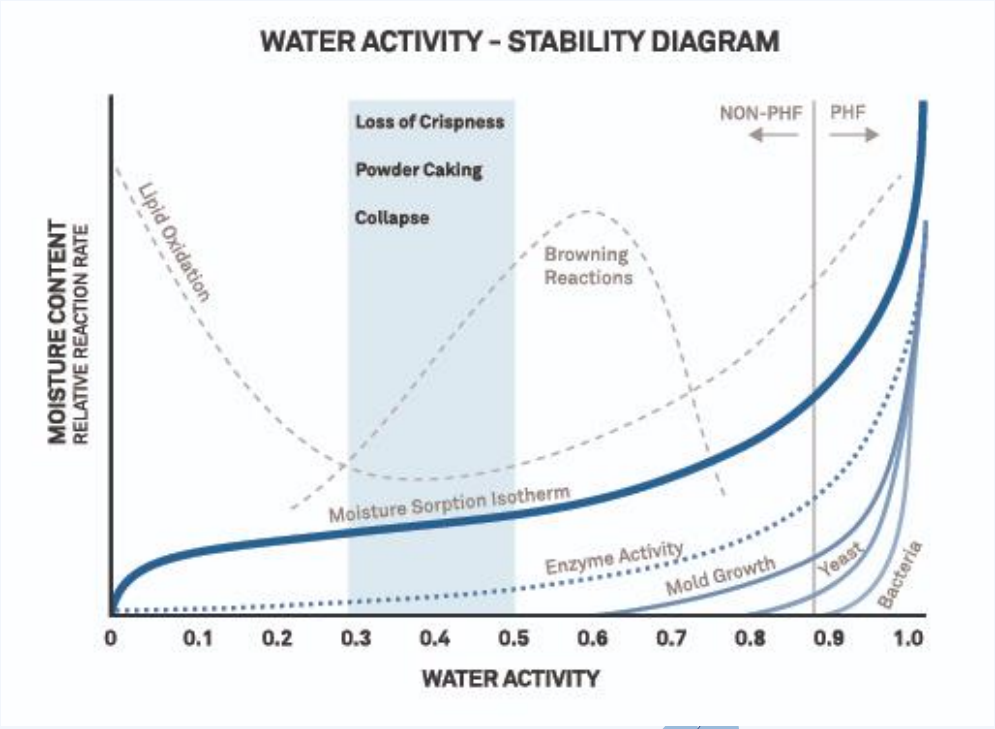
- จุลินทรีย์
- เนื้อสัมผัส
- กลิ่นรส
- โภชนาการ
- คุณภาพการปรุงอาหารสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร

ค่า Aw เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

- อัตราการแลกเปลี่ยนความชื้นผ่านบรรจุภัณฑ์
- อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า Aw ของอาหาร
- ค่าความชื้นวิกฤตจะกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์
- อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ของสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องการน้ำและอาหารจากสิ่งแวดล้อมเพื่อการดำรงชีวิต จุลินทรีย์จึงต้องรักษาความเครียดของน้ำภายในไซโตพลาสซึมให้อยู่ที่ระดับสูงมากกว่าสภาพแวดล้อมภายนอก เพื่อให้น้ำและสารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำเคลื่อนที่เข้าสู่ภายในเซลล์ได้

ดังนั้นค่า Aw ของอาหารจึงมีผลต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหาร และเนื่องจากปฏิกิริยาของเอ็นไซม์และปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในอาหาร นั้น จำเป็นต้องใช้น้ำเป็นตัวกลางเพื่อให้สารตั้งต้นมาทำปฏิกิริยากัน



https://www.ionplus.gr/water-activity-for-safety-and-quality/

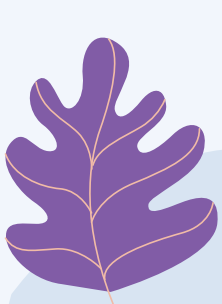
- ดังนั้น Aw จึงมีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาต่างๆ การควบคุม Aw ของอาหารจึงเป็นอีกวิธีการหนึ่ง ที่สามารถนำมาใช้เพื่อป้องกัน/ชะลอหรือเร่งการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในอาหารได้
- โดยทั่วไปเมื่อระดับกิจกรรมทางน้ำลดลงอัตราการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายทางเคมีจะลดลง

ค่า Aw ยังส่งผลต่อคุณสมบัติเนื้อสัมผัสของอาหาร อาหารที่มีค่า Aw สูง มีเนื้อสัมผัสที่ชุ่มฉ่ำและนุ่ม เมื่อค่า Awของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ลดลงจะมีการตรวจสอบคุณสมบัติของเนื้อสัมผัสที่ไม่พึงประสงค์ เช่น ความแข็ง ความแห้งกร้านความหยาบ และความเหนียว

โดยปกติแล้วผลิตภัณฑ์ที่มีค่า Aw ต่ำจะมีคุณลักษณะของเนื้อสัมผัสว่ากรุบกรอบ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ค่า Awที่สูงขึ้นนั้นเปลี่ยนเป็นเนื้อสัมผัสที่เปียกชื้น

ค่า Aw ที่สำคัญจะกำหนดว่าผลิตภัณฑ์ใดไม่สามารถยอมรับได้จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ค่า Aw เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเสถียรของผงและผลิตภัณฑ์ที่ขาดน้ำระหว่างการเก็บรักษา การควบคุมค่า Aw ในผลิตภัณฑ์ผง เพื่อรักษาโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เนื้อสัมผัสให้มีความเสถียร และมีคุณสมบัติการคืนรูปที่เหมาะสม



ความรู้เกี่ยวกับค่า Aw, ความชื้น, และอุณหภูมิ เป็นสิ่งสำคัญเพื่อช่วยจัดการเลือกชนิดและวัสดุบรรจุภัณฑ์ และสภาวะการจัดเก็บเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปรากฏการณ์ที่อันตรายต่อการเกิด caking, clumping, ยุบและเหนียว

เนื่องจากค่า Aw เป็นตัวชี้วัดสถานะพลังงานของน้ำความแตกต่างของค่า Aw ระหว่างส่วนประกอบ คือ แรงผลักในการเคลื่อนย้ายความชื้นเมื่อระบบเข้าสู่สมดุล ดังนั้นค่า Aw จึงเป็นตัวแปรสำคัญในการควบคุมการเคลื่อนย้ายน้ำของผลิตภัณฑ์หลายองค์ประกอบซึ่งแตกต่างกันตามชนิดของอาหาร

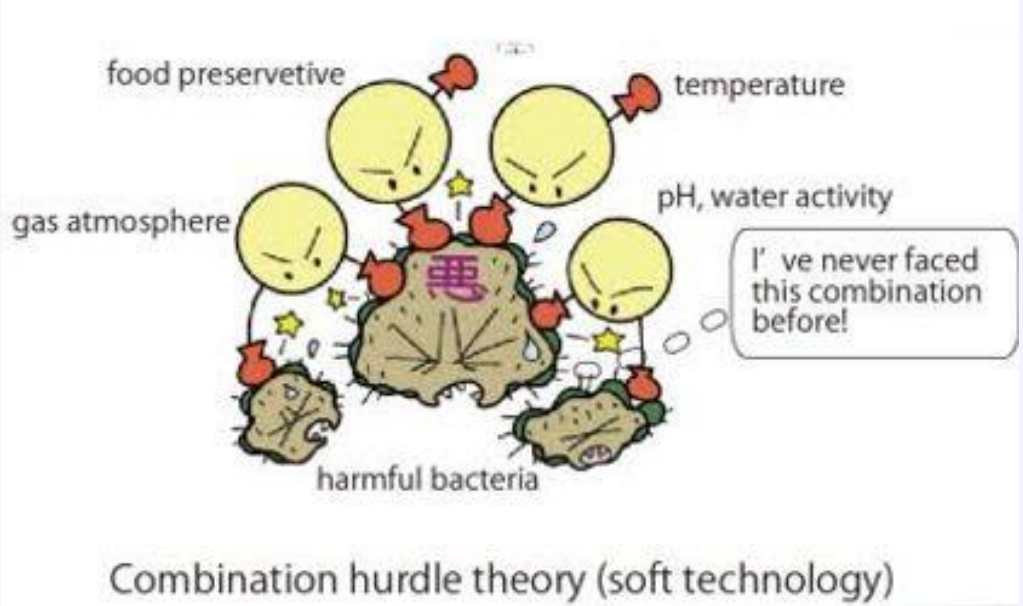
โดยปกติแล้วผลิตภัณฑ์ที่มีค่า Aw ต่ำจะมีคุณลักษณะของเนื้อสัมผัสว่ากรุบกรอบ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ค่า Awที่สูงขึ้นนั้นเปลี่ยนเป็นเนื้อสัมผัสที่เปียกชื้น

ค่า Aw ที่สำคัญจะกำหนดว่าผลิตภัณฑ์ใดไม่สามารถยอมรับได้จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่าง ของขบเคี้ยวหรือซีเรียลที่มีผลไม้แห้ง ตามคำนิยามค่า Aw กำหนดว่าความชื้นจะเคลื่อนออกจากบริเวณที่มีค่า Aw สูงไปยังบริเวณที่มีค่า Aw ลดลง แต่อัตราการเคลื่อนออกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสที่ไม่พึงประสงค์อาจเกิดจากการเคลื่อนย้ายของความชื้นในอาหาร

Hurdle technology

เป็นการเลือกใช้ปัจจัยหรือวิธีการต่างๆ มาใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสมในอาหารแต่ละชนิด เทคโนโลยีนี้ไม่ได้เน้นเพียงการควบคุมจุลินทรีย์เท่านั้น แต่ยังให้ความสำคัญกับการรักษาคุณภาพ ทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร รวมทั้งความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ ของการผลิตอาหารและการขนส่งอีกด้วย การเสื่อมคุณภาพของอาหารอาจเกิดขึ้นได้ในหลาย ขั้นตอนตั้งแต่เริ่มเก็บเกี่ยววัตถุดิบจนถึงการนำอาหารมาบริโภค



https://www.pmg.engineering/2020/01/28/hurdle-technology/

ตารางที่ 6.2 เทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบันในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร

วัตถุประสงค์	ปัจจัย	วิธีการ
ชะลอหรือยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์	ลดอุณหภูมิ	แช่เย็นหรือแช่เยือกแข็งขณะขนส่งและเก็บรักษา
	ลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้หรือเพิ่มออสโมลาลิตี้ (osmolality)	ทำแห้งและทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง การเคียวริ่งด้วยเกลือ การเติมน้ำตาล
	ลดออกซิเจน	บรรจุแบบสุญญากาศหรือใช้ไนโตรเจน
	เพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์	บรรจุแบบควบคุมหรือดัดแปลงบรรยากาศ
	ลดค่า pH	เติมกรด หรือหมักกรดแลกติกหรืออะซิติก
	จำกัดการได้รับอาหาร	ควบคุมโครงสร้างขนาดเล็ก และช่องว่างระหว่างเฟสในอิมัลชันแบบน้ำในน้ำมัน
	การใช้วัตถุกันเสีย	เติมวัตถุกันเสีย ทั้งชนิดอนินทรีย์ (ซัลไฟต์ ไนไตรท์) ชนิดอินทรีย์ (โพรพิโอเนต ซอร์เบต เบนโซเอท พาราเบน) แบคทีริโอซิน (ไนซิน) สารต้านเชื้อรา (นาตามัยซิน ไพมาริซิน)

การทำลายจุลินทรีย์	ความร้อน	เทอร์โมเซชัน เพื่อทำให้จุลินทรีย์บาดเจ็บ พาสเจอไรเซชัน เพื่อทำลายจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ทนความร้อน สเตอริไลเซชัน เพื่อทำลายสปอร์จุลินทรีย์
การป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์	ลดการปนเปื้อน (decontamination)	ในซากสัตว์ ผักและผลไม้ โดยใช้ไอน้ำ กรดอินทรีย์ ไฮโปคลอไรท์ และโอโซน ในองค์ประกอบอาหารใช้ความร้อนและฉายรังสี และในภาชนะบรรจุใช้ความร้อน ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์และฉายรังสี
	กระบวนการปลอดเชื้อ (aseptic processing)	กระบวนการให้ความร้อนและบรรจุโดยปราศจากการปนเปื้อนซ้ำ

ที่มา : Gould (1989)

ตารางที่ 6.3 เทคโนโลยีที่คิดค้นขึ้นใหม่ในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร

กระบวนการทางกายภาพ
การฉายรังสีแกมมาและลำอิเลคตรอน ใช้ในการทำลายพาราสิตและเชื้อโรค ใช้พาสเจอไรส์และสเตอริไลส์
การใช้ความดันสูง ใช้ยับยั้งเซลล์จุลินทรีย์ ยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค
การใช้กระแสไฟฟ้าแบบจังหวะ ใช้ยับยั้งเซลล์จุลินทรีย์ในอาหารเหลว
การใช้คลื่นอัลตร้าซาวน์ร่วมกับความร้อนและความดัน เพื่อลดอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อในอาหารเหลว
การใช้เลเซอร์ความเข้มสูงหรือคลื่นแสง ใช้ลดการปนเปื้อนในอาหารเหลวที่ใสและผิวหน้าภาชนะบรรจุ
การใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าความเข้มสูงแบบจังหวะ
การใช้สารเคมีจากธรรมชาติ
จากสัตว์ เช่น ไลโซไซม์ ในไข่ไก่ เพื่อป้องกันการเจริญของสปอร์ *Cl. tyrobutyricum* ในเนยแข็ง
ระบบแลคโตเพอร์ออกซิเดส เพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำนม
แลคโตเฟอร์ริน (lactoferrin) แลคโตเฟอร์ริซิน (lactoferricin)
จากพืช เช่น เครื่องเทศและสมุนไพร
จากจุลินทรีย์ เช่น แบคทีริโอซิน เช่น ไนซิน (nisin) เพดดิโอซิน (pediocin) สารต้านเชื้อรา
นาตามัยซิน (natamycin) ไพมาริซิน (pimaricin)

ที่มา : ดัดแปลงจาก Leistner and Gould (2002)

สวัสดี