

TECHNIQUES IN
SHELF LIFE EVALUATION
OF FOOD PRODUCTS



เทคนิคการประเมินอายุ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร

ยุทธนา พิมลศิริผล

สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คำนำ

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงจากประสบการณ์ในการสอน การวิจัย การเป็นที่ปรึกษา และการบริการชุมชนในการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งปัญหาที่พบบ่อยในการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารคือ จะทราบได้อย่างไรว่า “ควรเลือกใช้วิธีหรือปัจจัยใดในการประเมินอายุการเก็บรักษา” อันเนื่องมาจากผู้ประกอบการ หรือผู้ที่สนใจเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารโดยส่วนใหญ่ไม่ทราบกระบวนการหรือการเลือกปัจจัยที่สำคัญในการประเมินอายุการเก็บรักษา หรืออาจไม่ทราบการคำนวณโดยใช้สมการต่างๆ สำหรับทำนายอายุการเก็บรักษา

หนังสือเล่มนี้จึงประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 5 บทด้วยกัน โดยบทที่ 1 จะกล่าวถึง ความหมายและความสำคัญ บทที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา บทที่ 3 กลไกการเสื่อมเสียของอาหาร บทที่ 4 การประเมินคุณภาพและการวางแผน และบทที่ 5 ปฏิบัติทางจุลณพลศาสตร์ ซึ่งมีการยกตัวอย่างและแสดงวิธีการคำนวณที่เป็นลักษณะการประยุกต์ผลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นหลัก และรายละเอียดเกี่ยวกับผลของแก๊สออกซิเจนเป็นบางส่วน นอกจากนี้ ยังมีการยกตัวอย่างจากงานวิจัยจริงที่ได้นำเสนอในวารสารหรือบทความต่างๆ อีกด้วย รวมถึงการเพิ่มเติมตัวอย่างในการคำนวณเพื่อให้สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้นในการใช้งานจริง

ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณครูบาอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในด้านนี้ และหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนิสิต นักศึกษา อาจารย์ นักพัฒนาผลิตภัณฑ์ หรือผู้ที่สนใจเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยหรือประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารทั้งในภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา พิมลศิริผล
สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สารบัญ

	หน้า
คำนิยาม	iii
คำนำ	iv
สารบัญตาราง	viii
สารบัญภาพ	ix
บทที่ 1 ความสำคัญและความหมาย	1
บทที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา	7
2.1 ปัจจัยภายใน	7
2.1.1 วัตถุดิบ	7
2.1.2 สูตรและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์	7
2.1.3 โครงสร้างอาหาร	8
2.1.4 ผลิตภัณฑ์มีส่วนผสมที่แตกต่างกัน	8
2.1.5 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี	9
2.1.6 ค่าความเป็นกรด-ด่าง	11
2.1.7 ค่า Redox potential	11
2.2 ปัจจัยภายนอก	14
2.2.1 กระบวนการแปรรูป	14
2.2.2 สุขลักษณะ	15
2.2.3 วัสดุและระบบทางการบรรจุ	15
2.2.4 การเก็บรักษา ขนส่ง และจัดจำหน่าย	15
2.2.5 การจัดเก็บและการใช้โดยผู้บริโภค	16
บทที่ 3 รูปแบบการเสื่อมเสียของอาหาร	19
3.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ	20
3.1.1 การถ่ายเทความชื้นหรือไอน้ำ	20
3.1.2 การถ่ายเทแก๊ส หรือสารประกอบอื่น	22
3.1.3 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพอื่น	23
3.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือชีวเคมี	23
3.2.1 การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน	23
3.2.2 การสลายตัว	26

	หน้า
3.2.3 การเกิดสีน้ำตาล	27
3.2.4 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีอื่น	30
3.3 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์	31
3.3.1 แบคทีเรีย	32
3.3.2 ยีสต์	33
3.3.3 รา	33
3.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส	36
 บทที่ 4 การประเมินคุณภาพและการวางแผน	 43
4.1 การประเมินค่าทางประสาทสัมผัส	44
4.2 การวัดค่าโดยเครื่องมือ	46
4.2.1 การวัดค่าทางกายภาพ	46
4.2.2 การวัดค่าทางเคมี	47
4.2.3 การวัดค่าทางจุลินทรีย์	47
4.3 เทคนิคการวัดค่า	47
4.4 การประมาณค่าอายุการเก็บรักษาเบื้องต้น	51
4.4.1 ค่าที่ได้จากเอกสารต่างๆ	51
4.4.2 ค่าที่ได้จากอินเทอร์เน็ต	52
4.4.3 ค่าจากพื้นฐานของระยะเวลาในการจัดจำหน่าย	52
4.5 การออกแบบการเก็บตัวอย่าง	53
4.5.1 อุณหภูมิ	53
4.5.2 การเก็บตัวอย่างแบบพื้นฐาน	53
4.5.3 การเก็บตัวอย่างแบบย้อนกลับ	56
4.6 การคำนวณจำนวนตัวอย่าง	58
4.6.1 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลกล้วย	59
4.6.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำมันพืช	59
4.6.3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาโยเกิร์ต	61

	หน้า
4.7 ข้อเสนอแนะสำหรับการวางแผนการประเมินอายุการเก็บรักษา	61
4.7.1 อาหารที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น	61
4.7.2 อาหารที่มีอายุการเก็บรักษาปานกลาง	62
4.7.3 อาหารที่มีอายุการเก็บรักษานาน	62
บทที่ 5 ปฏิบัติทางจุลชีววิทยา	65
5.1 ปฏิบัติทางจุลชีววิทยา	68
5.2 อันดับของปฏิบัติการ	69
5.2.1 ปฏิบัติการอันดับศูนย์	70
5.2.2 ปฏิบัติการอันดับหนึ่ง	72
5.2.3 ปฏิบัติการอันดับสอง	76
5.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิบัติการ	85
5.3.1 ผลของอุณหภูมิ	85
5.3.2 ผลของความชื้น	95
5.3.3 ผลของแก๊สออกซิเจน	110
ตรวจ	116

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับในอาหารทอดต่างชนิด	8
ตารางที่ 2.2 ค่าวอเตอร์แอกทिवิตีขั้นต่ำที่ควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์	9
ตารางที่ 2.3 ค่าวอเตอร์แอกทिवิตีของอาหารบางชนิด	10
ตารางที่ 2.4 ค่า pH ที่เหมาะสมแก่การเจริญของจุลินทรีย์	12
ตารางที่ 2.5 ค่า pH ของอาหารบางชนิด	12
ตารางที่ 2.6 ชนิดกรดต่างๆ ที่มักเติมลงในอาหารเพื่อลดค่า pH	13
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างอาหารที่มีการเสื่อมเสียจากการถ่ายเทความชื้นหรือไอน้ำ	20
ตารางที่ 3.2 ค่า Overage ของวิตามินในอาหารบางชนิด	26
ตารางที่ 3.3 ช่วงอุณหภูมิในการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มต่างๆ	35
ตารางที่ 3.4 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาและการเสื่อมเสียของอาหารที่เน่าเสียได้ง่าย	37
ตารางที่ 3.5 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาและการเสื่อมเสียของอาหารที่เน่าเสียได้ค่อนข้างง่าย	38
ตารางที่ 3.6 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาและการเสื่อมเสียของอาหารที่เน่าเสียได้ยาก	38
ตารางที่ 4.1 จำนวนผู้ทดสอบและประเภทของผู้ทดสอบในวิธีการทดสอบต่างกัน	46
ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างเทคนิคการวัดค่าที่ใช้บ่งชี้คุณภาพต่างๆ	48
ตารางที่ 5.1 ปฏิกริยาหลักที่มีผลต่อคุณภาพอาหาร	66
ตารางที่ 5.2 องค์ประกอบหลักที่มีผลต่อการเกิดปฏิกริยาในอาหาร	67
ตารางที่ 5.3 การไฮโดรไลซ์ของซูโครส	79
ตารางที่ 5.4 ANOVA ของสมการถดถอยตามปฏิกริยาอันดับหนึ่งแบบ Full model	81
ตารางที่ 5.5 ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการถดถอยตามปฏิกริยาอันดับหนึ่งแบบ Full model	81
ตารางที่ 5.6 ANOVA ของสมการถดถอยตามปฏิกริยาอันดับหนึ่งแบบ Reduced model	81
ตารางที่ 5.7 ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการถดถอยตามปฏิกริยาอันดับหนึ่งแบบ Reduced model	81
ตารางที่ 5.8 ค่าคงที่อัตราของการสูญเสียปริมาณกรดแอมิโนทั้งหมดและค่าสัมประสิทธิ์	82
ตารางที่ 5.9 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกริยา	85
ตารางที่ 5.10 ค่าคงที่อัตราของการเกิดกลิ่นหืนในมายองเนสที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน	88
ตารางที่ 5.11 การแปลงค่าเป็น $\ln k$ และ $1/T$ ของมายองเนส	89
ตารางที่ 5.12 ค่าที่ได้จากการประมาณค่าตามสมการของอาร์รีเนียสของมายองเนสสูตรต่างกัน	90
ตารางที่ 5.13 ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่ทำให้ค่าวอเตอร์แอกทिवิตีต่างกันในแต่ละอุณหภูมิ	98
ตารางที่ 5.14 พื้นที่ผิวของบรรจุภัณฑ์ต่างลักษณะที่มีปริมาตร 450 มิลลิลิตร	102

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 ห่วงโซ่อาหาร	3
ภาพที่ 3.1 อัตราการเสื่อมเสียของอาหารที่เกี่ยวข้องกับค่าวอเตอร์แอคทิวิตี	22
ภาพที่ 3.2 ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา	24
ภาพที่ 3.3 สูตรโครงสร้างและกลไกการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด	29
ภาพที่ 3.4 การเกิดสารอะคริลาไมด์ในปฏิกิริยาเมลลาร์ด	31
ภาพที่ 4.1 การเชื่อมโยงของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆ ของมนุษย์	44
ภาพที่ 4.2 การจำแนกเทคนิคการประเมินค่าทางประสาทสัมผัส	45
ภาพที่ 4.3 การลดลงของค่าคุณภาพในผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น	49
ภาพที่ 4.4 การเพิ่มขึ้นของค่าคุณภาพในผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น	49
ภาพที่ 4.5 การลดลงของการยอมรับของผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด จากการทดสอบผู้บริโภคทั่วไป ที่ขีดจำกัดวิกฤตเท่ากัน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น	50
ภาพที่ 4.6 การลดลงของการยอมรับของผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด จากการทดสอบผู้บริโภคทั่วไป ที่ขีดจำกัดวิกฤตไม่เท่ากัน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น	50
ภาพที่ 4.7 การลดลงของคุณลักษณะ 2 คุณลักษณะที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น	51
ภาพที่ 4.8 อายุการเก็บรักษาของน้ำมันผงปราศจากไขมันที่มีความชื้นต่างกัน	52
ภาพที่ 4.9 การสุ่มเก็บตัวอย่างของมายองเนสที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แบบพื้นฐาน	55
ภาพที่ 4.10 การสุ่มเก็บตัวอย่างของมายองเนสแบบย้อนกลับ	57
ภาพที่ 4.11 การสุ่มเก็บตัวอย่างของขนมปังแบบย้อนกลับ	58
ภาพที่ 4.12 สเกลในการประเมินระยะการสุกของผลกล้วย	59
ภาพที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่เปลี่ยนแปลงกับเวลา	69
ภาพที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้น A และอัตราการเกิดปฏิกิริยา	71
ภาพที่ 5.3 ลักษณะการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของสารตั้งต้น A เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ตามรูปแบบของปฏิกิริยาอันดับศูนย์	71
ภาพที่ 5.4 การเพิ่มขึ้นของค่าสี b (a) และการลดลงของค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส (b) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งแช่เยือกแข็งและแช่แข็งเพิ่มขึ้น	72
ภาพที่ 5.5 ลักษณะการลดลงของความเข้มข้นของสารตั้งต้น A เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ตามรูปแบบของปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง	73

	หน้า
ภาพที่ 5.6 ลักษณะการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของสารตั้งต้น A เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ในปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง เมื่อทำการเปลี่ยนรูปแบบความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง	74
ภาพที่ 5.7 การเพิ่มขึ้นของค่า total volatile based-nitrogen ในกุ้งแช่เยือกแข็ง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น	75
ภาพที่ 5.8 การลดลงของปริมาณวิตามินซีในผักโขม เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น	75
ภาพที่ 5.9 การเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ total aerobic bacteria (●), <i>Pseudomonas</i> spp. (□), <i>Brochothrix thermosphacta</i> (Δ), Enterobacteriaceae (◇) and <i>Shewanella putrefaciens</i> (X) ในการเก็บรักษาปลา Turbot ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส	76
ภาพที่ 5.10 ลักษณะการลดลงของความเข้มข้นของสารตั้งต้น A เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ตามรูปแบบของปฏิกิริยาอันดับสองเปรียบเทียบกับปฏิกิริยาอันดับศูนย์ และปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง	77
ภาพที่ 5.11 ลักษณะการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของสารตั้งต้น A เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ในปฏิกิริยาอันดับสอง เมื่อทำการเปลี่ยนรูปแบบความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง	77
ภาพที่ 5.12 การลดลงของค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้จากการสกัดเม็ดสีในพริก และการเปลี่ยนรูปแบบความสัมพันธ์เส้นตรงที่อธิบายด้วยปฏิกิริยาอันดับสอง	78
ภาพที่ 5.13 การไฮโดรไลซ์ของซูโครสเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น	80
ภาพที่ 5.14 Plot ระหว่าง $\ln(C/C_0)$ กับเวลาในการไฮโดรไลซ์ซูโครส	80
ภาพที่ 5.15 Plot ระหว่าง $1/(C/C_0)$ กับเวลาในการไฮโดรไลซ์ซูโครส	80
ภาพที่ 5.16 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนายค่าจากค่าคงที่ อัตราที่ได้จากปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (a) และจากปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (b)	84
ภาพที่ 5.17 ความสัมพันธ์ตามสมการของอาร์รีเนียส	87
ภาพที่ 5.18 ความสัมพันธ์ตามสมการของอาร์รีเนียสของการสร้างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หลังกระบวนการเก็บรักษาก่อนโดนแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่างๆ	88
ภาพที่ 5.19 การเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์มายองเนสสูตรต่างๆ จากความสัมพันธ์ของอาร์รีเนียสโดยที่ ♦ 0% propolis and 0% fish oil, □ indicates 0.25% propolis and 0% fish oil, Δ 0.5% propolis and 0% fish oil, ○ 0% propolis and 2% fish oil, * 0.25% propolis and 2% fish oil, ● 0.5% propolis and 2% fish oil	89

	หน้า
ภาพที่ 5.20 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์มายองเนสเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน	90
ภาพที่ 5.21 การทำนายอายุการเก็บรักษาจากข้อมูลที่ได้ในสภาวะเร่ง	92
ภาพที่ 5.22 ลักษณะของ Water sorption isotherm ทั่วไป	97
ภาพที่ 5.23 สภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำของพอลิเมอร์ต่างชนิด	100
ภาพที่ 5.24 ผลของอุณหภูมิต่อความดันไอน้ำบริสุทธิ์	104
ภาพที่ 5.25 ผลของอุณหภูมิที่เก็บรักษาต่อการสูญเสียน้ำหนักของก้อนโดแช่เยือกแข็ง	104
ภาพที่ 5.26 ปัญหาที่พบในห้องเย็นที่เก็บรักษาอาหาร	105
ภาพที่ 5.27 การใช้ม่านเพื่อป้องกันอากาศร้อนเข้าสู่ห้องเย็น	105
ภาพที่ 5.28 ปัจจัยที่ทำให้อุณหภูมิไม่คงที่ในระหว่างการขนส่ง	106
ภาพที่ 5.29 ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิไม่คงที่ในตู้แช่	106
ภาพที่ 5.30 ผลของอุณหภูมิที่เก็บรักษาที่ไม่คงที่ต่อการสูญเสียน้ำหนักของก้อนโดแช่เยือกแข็ง	107
ภาพที่ 5.31 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในห้องแช่เยือกแข็งแบบ (a) มีคอมเพรสเซอร์ 1 ตัว และ (b) มีคอมเพรสเซอร์ 2 ตัว	108
ภาพที่ 5.32 ลักษณะการอินทิเกรตภายใต้พื้นที่เล็กๆ ของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป	109
ภาพที่ 5.33 ผลของวอเตอร์แอกทิวิตีต่อการสลายตัวของวิตามินซี	109



อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร นับว่าเป็นส่วนสำคัญอย่างมาก ในอุตสาหกรรมอาหาร เทคนิคและวิธีการพื้นฐานในการประเมินได้ถูกเรียบเรียงไว้ในหนังสือเล่มนี้ จากประสบการณ์ทั้งการสอน การวิจัย การเป็นที่ปรึกษา วิทยากร และการบริการชุมชน ในการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร ผู้เขียนหวังอย่างยิ่งว่าจะประโยชน์ต่อนักศึกษา อาจารย์ ผู้ประกอบการ หรือผู้ที่สนใจ สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย หรือประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร ได้ทั้งในภาคการศึกษา และภาคอุตสาหกรรม



CHIANG MAI
UNIVERSITY PRESS

ISBN 978-616-398-318-3



9 786163 983183

250 บาท

01

ความสำคัญและความหมาย (Significance and Definition)

การประเมินอายุการเก็บรักษาสถิตภัณฑ์อาหารมีความสำคัญคือ ใช้ในการบ่งชี้คุณภาพของอาหารว่ายังมีความปลอดภัยต่อการบริโภค ซึ่งในแง่ของผู้บริโภคจะเป็นการรับรู้ข้อมูลของผลิตภัณฑ์ และใช้ในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ แต่ในแง่ของผู้ผลิตจะใช้ประเมินคุณภาพของอาหารที่ผลิต และใช้ประกอบการแสดงอายุการเก็บรักษาบนฉลาก หรือเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ปัจจุบันมีข้อกำหนดในประเทศต่างๆ ที่จะต้องระบุอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ด้วย ทั้งในประเทศสหรัฐอเมริกา ยุโรป รวมถึงประเทศต่างๆ ทั่วโลก ตัวอย่างเช่น ประเทศไอร์แลนด์ มีการกำหนดในข้อกำหนดอย่างชัดเจน และเพิ่งปรับปรุงกฎระเบียบเกี่ยวกับอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารเมื่อปี 2017 โดยระบุไว้ในส่วนของกฎหมายทั่วไป (general law) และความรับผิดชอบ (responsibility) ว่า อาหารทั่วไปจะต้องมีความปลอดภัยและผู้ผลิตมีหน้าที่รับผิดชอบต่อการกำหนดและทวนสอบอายุการเก็บรักษาอาหารที่จัดจำหน่าย (Food Safety Authority of Ireland, 2017) ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จึงมีความจำเป็นที่จะต้องประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ด้วย โดยอาจจะประเมินภายใต้สภาวะต่างๆ เช่น บรรจุภัณฑ์ การเก็บรักษา และการจัดจำหน่าย ซึ่งเมื่อทราบถึงอายุการเก็บรักษาจึงสามารถที่จะใช้เป็นข้อมูลประกอบการขอยื่นเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทางกฎหมายได้ หรืออาจใช้ในการทดสอบเพื่อปรับปรุงสูตรของผลิตภัณฑ์ให้มีอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมได้ (Man, 2002; Phimolsiripol and Suppakul, 2016) ซึ่งประโยชน์ของการประเมินอายุการเก็บรักษา ได้แก่

- เปรียบเทียบผลของสูตรและกระบวนการผลิตต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาได้
- ป้องกันปัญหาที่เกิดจากการเรียกคืนผลิตภัณฑ์และของเหลือที่ต้องกำจัดทิ้ง
- ใช้ในการเลือกบรรจุภัณฑ์หรือสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสม
- ใช้บ่งชี้ความสัมพันธ์ของวัตถุดิบที่ใช้ต่ออายุการเก็บรักษา
- ใช้บ่งชี้หรือหาดัชนีของการเสื่อมเสียต่างๆ ในขั้นตอนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์

อย่างไรก็ตาม การระบุอายุการเก็บรักษานั้น ถึงแม้ว่าหลังการประเมินจะพบว่าผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานาน เช่น 5 ปี แต่ผู้ผลิตอาจจะไม่เลือกการระบุเป็นเวลา 5 ปีก็ได้ เนื่องจากเป็นระยะเวลาที่อาจจะนานเกินไปสำหรับผลิตภัณฑ์นั้น ผู้บริโภคอาจจะไม่ยอมรับและมักต้องการของที่สุดและใหม่ สังเกตว่า ผู้บริโภคเองมักมีแนวโน้มเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมกับลักษณะการบริโภค ตัวอย่างเช่น นมสดพาสเจอร์ไรซ์ซึ่งมีอายุสั้น (อาจจะประมาณ 3-14 วัน ขึ้นกับรูปแบบการบรรจุและเทคนิคการผลิต) ผู้บริโภคมักจะเลือกขวดนมที่มีอายุการเก็บรักษาที่ระบุวันหมดอายุที่ช้าที่สุด แต่ในทางกลับกัน หากเป็นอาหารที่มีอายุการเก็บรักษานาน เช่น อาหารกระป๋อง ซึ่งบางชนิดสามารถเก็บรักษาได้นาน 3-5 ปี แต่การระบุอายุ 5 ปี อาจทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับได้เช่นกันหากสินค้านั้นอยู่บนชั้นวางนานเกินไป ผู้บริโภคจะเลือกอาหารที่ผลิตใหม่ล่าสุดมากกว่า ดังนั้นผู้ผลิตจึงต้องพิจารณาการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมด้วย

นอกจากนี้ ในแง่ผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์ หากมีการประเมินหรือกำหนดอายุการเก็บรักษาอาหารที่เหมาะสม จะมีส่วนช่วยลดผลกระทบเชิงเศรษฐกิจได้ด้วยส่วนหนึ่งจากการลดปริมาณขยะหรือของเสียที่เกิดขึ้น โดยจากข้อมูลที่ผ่านมาพบว่า ทุกๆ ปีจะมีอาหารที่ถูกทิ้ง (food waste) หรือการสูญเสียอาหาร (food loss) ไปอย่างเปล่าประโยชน์ในห่วงโซ่อุปทาน ประมาณ 1 ใน 3 ของอาหารที่ผลิตขึ้นในแต่ละปี บางปีมีการระบุตัวเลขด้วยว่ามีอาหารในกลุ่มนี้มากถึง 1,300 ล้านตัน (ธนศน์, 2559) ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การประเมินอายุการเก็บรักษาที่ถูกต้องและเหมาะสมจะช่วยให้เป็นไปตามข้อกำหนดทางกฎหมาย และช่วยลดผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์ และเป็นการแสดงความรับผิดชอบต่อผู้บริโภคอย่างแท้จริง

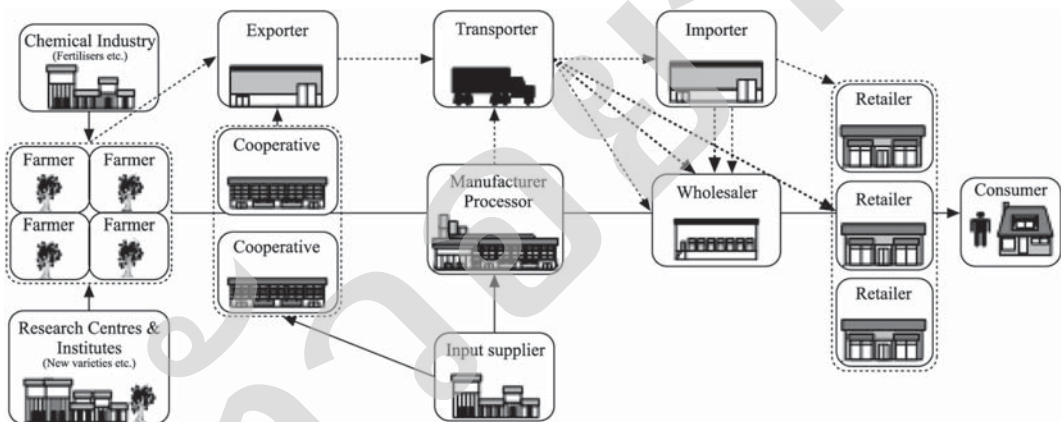
การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ควรต้องทราบความหมายของอายุการเก็บรักษา โดยอายุการเก็บรักษาอาหารอาจมีความหมายเฉพาะตามวัตถุประสงค์คือ (Lee et al., 2008)

- ช่วงระยะเวลาตั้งแต่ผลิต บรรจุ จนถึงมือผู้บริโภค โดยที่ผลิตภัณฑ์เริ่มมีคุณภาพที่ไม่เป็นที่ยอมรับภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่กำหนดไว้
- ช่วงเวลาที่ผลิตภัณฑ์อาหารยังคงมีคุณลักษณะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ไม่ว่าจะเป็นสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการ และความปลอดภัยและสอดคล้องกับที่กฎหมายกำหนดภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่กำหนดไว้

โดยทั่วไป เมื่อผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามที่กำหนดจึงบ่งชี้ว่าอายุของผลิตภัณฑ์สิ้นสุดลง การพิจารณาอายุการเก็บรักษาจึงสามารถประเมินจากปัจจัยที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ หรือประสาทสัมผัส แต่สิ่งที่สำคัญและควรต้องพิจารณาก่อนเป็นอันดับแรก และถือว่าเป็นจรรยาบรรณของผู้ผลิตอาหารที่ต้องตระหนักถึงได้แก่ ความปลอดภัย

ของอาหารต่อการบริโภค ซึ่งปัจจัยเหล่านี้สอดคล้องกับระบบการผลิต การควบคุมคุณภาพ และการประกันคุณภาพ โดยอาจใช้หลักของการประเมินอันตรายในระบบการผลิตอาหารของ Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) ได้แก่ อันตรายทางกายภาพ เคมี หรือจุลินทรีย์เข้ามาร่วมพิจารณาด้วย

ในบางกรณี ถึงแม้จะพบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสยังเป็นที่ยอมรับอยู่ แต่อาจกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์หมดอายุการเก็บรักษาได้เช่นกัน หากมีปัจจัยคุณภาพอื่นๆ ที่สำคัญมากกว่าเป็นดัชนีคุณภาพ นอกจากนี้ คุณภาพยังอาจเป็นเรื่องของการสูญเสียน้ำหนักหรือคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามินเอ หรือวิตามินซีตามที่กำหนดไว้บนฉลาก (Kilcast and Subramaniam, 2000) เนื่องจากอาหารที่จัดจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดจะต้องผ่านกระบวนการจัดเก็บ ขนส่ง เคลื่อนย้ายจากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภค ดังนั้นอายุการเก็บรักษาของอาหารจึงขึ้นอยู่กับกระบวนการจัดเก็บ ขนส่ง หรือจัดจำหน่ายในระบบห่วงโซ่อาหาร (food supply chain) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่า กว่าที่อาหารจะไปสู่มือผู้บริโภคนั้น อาจจะต้องผ่านหลายๆ กระบวนการในระบบห่วงโซ่อาหารดังภาพที่ 1.1 ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพของอาหาร และอายุการเก็บรักษาอย่างยิ่ง



ภาพที่ 1.1 ห่วงโซ่อาหาร

ที่มา: Matopoulos et al. (2007)

ถึงแม้ว่า อาหารจะไปสู่มือผู้บริโภคแล้วก็ตาม อายุการเก็บรักษายังคงสัมพันธ์กับการจัดการอาหาร (food handling) ของผู้บริโภคแต่ละรายด้วย ซึ่งพบว่าในหลายกรณีที่อาหารเกิดการเสื่อมเสียหรือเน่าเสีย หรือหมดอายุการเก็บรักษานั้น สาเหตุอันหนึ่งมาจากการจัดการอาหารที่ไม่ถูกต้อง (mishandling) ของผู้บริโภคด้วย ดังนั้นการระบุอายุการเก็บรักษาอาหารจึงควรมีการระบุสภาวะการเก็บรักษาด้วย ทั้งนี้ในการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันออกไป โดยแนวคิดหลักๆ ของการประเมินอายุการเก็บรักษา ได้แก่ (Man, 2002; Subramaniam and Wareing, 2016)

- ต้องเข้าใจในตัวผลิตภัณฑ์ โดยควรต้องคำนึงถึงลักษณะของอาหารนั้น และความปลอดภัยต่อการบริโภคอาหาร
- ทราบและเข้าใจถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์
- สามารถระบุปัจจัยที่สำคัญได้ โดยอยู่บนพื้นฐานของมาตรฐานหรือข้อกำหนดทางกฎหมาย คู่แข่งขัน หรือผู้บริโภค

ดังนั้นก่อนที่จะดำเนินการประเมินอายุการเก็บรักษาซึ่งมีรายละเอียดที่ต้องพิจารณา และมักเกิดคำถามเกี่ยวกับแต่ละผลิตภัณฑ์ว่าควรต้องใช้เวลาหรือประเมินในปัจจัยใดบ้าง จึงควรต้องทราบว่าผลิตภัณฑ์อาหารทั่วไปมีอายุการเก็บรักษาเท่าใด หรือมีลักษณะการเสื่อมเสียแบบใด เพื่อที่จะช่วยให้การประเมินอายุการเก็บรักษาทำได้ง่ายขึ้น เนื่องจากกลุ่มหรือประเภทอาหารจะมีความใกล้เคียงกัน ในแง่ของการเสื่อมเสียหรือระยะเวลาในการเน่าเสีย โดยอาหารทั่วไปสามารถจำแนกกลุ่มตามอายุการเก็บรักษาหรือการเน่าเสียได้เป็น 3 กลุ่มหลักๆ ได้แก่ (Kilcast and Subramaniam, 2000)

- **อาหารที่เน่าเสียได้ง่าย (perishable food)** เป็นอาหารที่อายุการเก็บรักษาไม่นาน เนื่องจากเกิดการเน่าเสียเกิดขึ้นได้ง่าย และรวดเร็ว โดยมีอายุการเก็บรักษาอยู่ในระดับวันถึงสัปดาห์ ปัจจัยสำคัญที่มักเป็นสาเหตุของการเน่าเสียหรือหมดอายุการเก็บรักษามักเกิดจากจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์เป็นหลัก ตัวอย่างของอาหารที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ นมสด เนื้อสด ผัก และผลไม้สด
- **อาหารที่เน่าเสียได้ค่อนข้างง่าย (semi-perishable food)** เป็นกลุ่มของอาหารที่อาจมีการเติมสารช่วยชะลอการเสื่อมเสีย เช่น น้ำตาล เกลือ หรือสารกันเสีย เป็นต้น หรืออาจจะเป็นอาหารที่มีการผ่านกระบวนการแปรรูปบางส่วน ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณจุลินทรีย์ลงหรือทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อโรค เช่น การพาสเจอร์ไรซ์ นอกจากนี้ อาจเป็นการควบคุมหรือชะลอปัจจัยที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบางอย่าง เช่น การแช่เย็น เป็นต้น ทำให้มีอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นานขึ้น โดยอาจเป็นสัปดาห์ถึงเดือน ตัวอย่างของอาหารกลุ่มนี้ เช่น นมพาสเจอร์ไรซ์ หรือแฮมรมควัน เป็นต้น
- **อาหารที่เน่าเสียได้ยาก (stable food)** เป็นอาหารที่มีอายุการเก็บรักษาปานกลางถึงนาน โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน ไม่เน่าเสียง่าย ถึงแม้เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperature) หรือที่อุณหภูมิต่างๆ อาหารจึงผ่านกระบวนการแปรรูป หรือมีวิธีการควบคุมการเก็บรักษาที่ใช้ เช่น การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง การแช่เยือกแข็ง หรือการอบแห้ง เป็นต้น อายุการเก็บรักษาของอาหารอาจจะอยู่ได้หลายเดือนจนถึงเป็นปี หรือหลายปี ตัวอย่างของอาหารกลุ่มนี้ เช่น เมล็ดพืชแห้ง อาหารแห้ง อาหารกระป๋อง หรืออาหารแช่เยือกแข็ง เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม มักเกิดการสับสนระหว่างการประเมินอายุการเก็บรักษา (shelf life) และการศึกษาความคงตัว (stability test) โดยหลักการแล้ว การประเมินอายุการเก็บรักษามีเป้าหมายหลักที่จะประเมินจนถึงจุดที่อาหารหรือผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับไม่ว่าจะเป็นในด้านคุณภาพใดๆ แต่ในกรณีของการศึกษาความคงตัวจะเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพเป็นหลัก โดยไม่จำเป็นต้องติดตามจนถึงจุดที่ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับก็ได้ ซึ่งโดยทั่วไป อาจใช้การศึกษาความคงตัวเป็นแนวทางในการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (Guillet and Rodrigue, 2010)

สรุปสาระสำคัญ

อายุการเก็บรักษามีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารอย่างมาก โดยเฉพาะในแง่ของความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งถือเป็นจรรยาบรรณของผู้ผลิตอาหาร อย่างไรก็ตาม การประเมินอายุการเก็บรักษามีความจำเป็นต้องทราบหลักพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ธเนศน์ นุ่นมัน. (2559). มลพิษจากอาหารเหลือ. [online]: <https://www.posttoday.com/life/life/464509> (10 มกราคม, 2561).
- Food Safety Authority of Ireland. (2017). Guidance Note No. 18 Validation of Product Shelf-life (Revision 3). [online]: www.fsai.ie (10 January, 2018).
- Guillet, M. & Rodrigue, N. (2010). Shelf life testing methodology and data analysis. In G. L. Robertson (Ed.), Food packaging and shelf life: A practical guide, (pp. 31-53). Boca Raton: CRC Press.
- Kilcast, D. & Subramaniam, P. (2000). The stability and shelf-life of food. Boca Raton: CRC Press.
- Lee, D. S., Yam, K. T. & Piergiovanni, L. (2008). Food packaging science and technology. Boca Raton: CRC Press.
- Man, D. (2002). Food industry briefing series: Shelf life. Oxford: Blackwell Science.
- Matopoulos, A., Vlachopoulou, M., Manthou, V. & Manos, B. (2007). A conceptual framework for supply chain collaboration: Empirical evidence from the agri-food industry. Supply Chain Management: An International Journal. 12(3): 177-186.
- Phimolsiripol, Y. & Suppakul, P. (2016). Techniques in shelf life evaluation of food products. Reference Module in Food Sciences. Elsevier. pp. 1-8.
- Subramaniam, P. & Wareing, P. (2016). The stability and shelf life of food. Cambridge: Woodhead Publishing.

02

ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา (Factors Influencing the Shelf Life)

เมื่อทราบถึงกลุ่มประเภทของอาหารแล้ว การพิจารณาอายุการเก็บรักษาจึงควรต้องทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลักๆ ได้แก่ ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกดังนี้ (Man, 2002; Subramaniam and Wareing, 2016)

2.1 ปัจจัยภายใน (intrinsic factors)

2.1.1 วัตถุดิบ (raw materials)

โดยทั่วไปแล้ว วัตถุดิบที่ใช้จะมีผลอย่างมากต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งยังรวมไปถึงอายุการเก็บรักษาด้วย เช่น กะหล่ำปลีแช่เย็นจะมีปริมาณยีสต์สูงกว่ากะหล่ำปลีสด (Betts and Everis, 2000) ดังนั้นเมื่อนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สลัดผักแบบ coleslaw จะมีผลทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง นั่นแสดงถึงชนิดและปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นที่มีอยู่ในวัตถุดิบแต่ละชนิด และความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมของจุลินทรีย์ด้วย (Kilcast and Subramaniam, 2000)

2.1.2 สูตรและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ (product formulation and composition)

องค์ประกอบหรือส่วนประกอบที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์นับว่าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องคำนึงถึงเนื่องจากจะส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยตรง เช่น ในผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรตต่างกันจะมีผลทำให้อายุการเก็บรักษาต่างกันได้นั่นเอง นอกจากนี้ ยังเกี่ยวข้องไปถึงปริมาณสารอาหาร (nutrients) ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ด้วย เช่น ในน้ำนมที่มีโปรตีนและสารอาหารมากจึงเน่าเสียได้เร็ว อีกทั้งยังเชื่อมโยงไปถึงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยธรรมชาติขององค์ประกอบ (natural biochemistry of the product formulation) ที่ประกอบอยู่ด้วย เช่น การมีเอนไซม์ (enzymes) หรือสารตั้งต้นในการเข้าทำปฏิกิริยาทางเคมี (chemical reactants) ไม่เหมือนกันหรือมีปริมาณไม่เท่ากัน หรือมีการใช้สารเติมแต่ง (additives) เพื่อช่วยชะลอหรือยืดอายุอาหาร (Kilcast and Subramaniam, 2000) ซึ่งย่อมส่งผลทำให้การเกิดกลไกการเสื่อมเสียที่เร็วหรือช้าได้แตกต่างกัน รวมทั้งอาจจะทำให้กระบวนการเสื่อมเสียของอาหารมีรูปแบบที่ไม่เหมือนกันด้วย ตัวอย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ อาหาร

ที่มีปริมาณไขมันแตกต่างกัน ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการเกิดการหืนได้ต่างกัน ดังตารางที่ 2.1 โดยปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับนี้จะส่งผลให้ปริมาณไขมันเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์หรือสารตั้งต้น (reactant) มีมาก และก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเสื่อมเสียจากการเกิดไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ของไขมันได้มากกว่า จึงส่งผลต่อการเกิดกลิ่นหืนที่เร็วขึ้น อันนำไปสู่อายุการเก็บรักษาที่สั้นลง

ตารางที่ 2.1 ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับในอาหารทอดต่างชนิด

อาหารทอด	ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับ (ร้อยละ)
มันฝรั่งทอดแช่เยือกแข็ง	4-6
มันฝรั่งทอด	9-11
ปลาซุสแบ่งทอด	8-12
อาหารซุสแบ่งและเกล็ดขนมปังทอด	7-13
โดนัท	10-15
มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ	30-35

ที่มา: Man (2002)

2.1.3 โครงสร้างอาหาร (food structure)

โครงสร้างอาหารมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา เนื่องจากในหลายๆ ผลิตภัณฑ์ เช่น ไส้กรอกหรือมายองเนส ลักษณะโครงสร้างอาหารไม่ได้เป็นเนื้อเดียวกันอย่างแท้จริง ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี และกายภาพ ซึ่งสัมพันธ์ไปถึงคุณภาพทางจุลินทรีย์ จะแปรผันไปตามตำแหน่งที่อยู่ในโครงสร้างอาหารนั้นๆ ด้วย Katsaras and Leistner (1991) พบว่า จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก (fermented sausage) ไม่ได้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ แต่กลับไปกระจุกตัวอยู่ที่ช่องว่างในบางตำแหน่งของผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่งผลต่อการเกิดกระบวนการหมักหรือการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เท่ากันนั้นเป็นสาเหตุหนึ่งที่อาจพบว่าการทำนายปริมาณจุลินทรีย์ที่มีในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องในด้านโครงสร้างมีความคลาดเคลื่อนได้ (Dens and Van Impe, 2001) เช่นเดียวกับที่ Coupland and McClements (1996) พบว่า ในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันล้วน (whole fat) อัตราการเกิดออกซิเดชันของไขมันจะแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันกระจายตัวอยู่ (emulsified fat)

2.1.4 ผลิตภัณฑ์มีส่วนผสมที่แตกต่างกัน (product make-up)

การที่ส่วนประกอบที่มีอยู่มีความแตกต่างกัน จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการแพร่ผ่านของความชื้น (moisture migration) การซึมผ่านของสี กลิ่นรส หรือน้ำมันจากส่วนประกอบหนึ่งไปยังอีกส่วนประกอบหนึ่ง เช่น การถ่ายเทความชื้นจากไส้พายไปสู่แป้งพาย ทำให้มีความชื้นเพิ่มขึ้น เนื้อสัมผัสนิ่มลง และไม่เป็นที่ยอมรับ หรือการผสมคอร์นเฟลกพร้อมกับชิ้นผลไม้อบแห้ง

เข้าด้วยกัน ซึ่งทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลงกว่าการมีคอร์นเฟลกเพียงอย่างเดียว (Howarth, 2000) เช่นเดียวกับการที่นำเนยแข็ง (cheese) ผสมลงในผักสลัดที่มีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เท่ากัน จึงทำให้อายุสั้นลงกว่าการไม่นำมาผสมเข้าด้วยกัน

2.1.5 ค่าวอเตอร์แอกทिवิตี (water activity, a_w)

ค่าวอเตอร์แอกทिवิตีเป็นค่าที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากค่าวอเตอร์แอกทिवิตีเป็นปัจจัยที่บ่งชี้ระดับปริมาณน้ำขั้นต่ำในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ โดยทั่วไป เมื่ออาหารอยู่ภายใต้สภาวะบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์หนึ่งๆ เมื่อเกิดการถ่ายเทความชื้น อาหารจะมีปริมาณความชื้นคงที่ นั่นคือมีความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (equilibrium relative humidity, ERH) ความสัมพันธ์ของค่าวอเตอร์แอกทिवิตีกับความชื้นสัมพัทธ์จึงมีค่าเท่ากับ $a_w = ERH/100$ ซึ่งค่าวอเตอร์แอกทिवิตีสามารถใช้ในการประเมินขั้นต้นได้ว่า จุลินทรีย์ชนิดใดเป็นหรือไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย ตลอดจนใช้ในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดขึ้นจากจุลินทรีย์หรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ หรือชีวเคมีได้ (Labuza and Hyman, 1998)

ทั้งนี้ จุลินทรีย์จะเจริญได้ภายใต้ค่าวอเตอร์แอกทिवิตีที่จำกัด ซึ่งหากอาหารมีค่าวอเตอร์แอกทिवิตีต่ำกว่าที่จุลินทรีย์นั้นๆ จะเจริญได้ อาหารจะปลอดภัยจากจุลินทรีย์ชนิดนั้นๆ ด้วย เช่น แบคทีเรียเกือบทุกชนิดไม่สามารถเจริญได้ที่ค่าวอเตอร์แอกทिवิตีต่ำกว่า 0.9 หรือยีสต์ส่วนใหญ่จะไม่เจริญที่ค่าวอเตอร์แอกทिवิตีต่ำกว่า 0.85 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญที่ค่าวอเตอร์แอกทिवิตีต่ำกว่า 0.8 อย่างไรก็ตาม จุลินทรีย์บางชนิดสามารถเจริญได้ในอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกทिवิตีต่ำๆ ได้ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าวอเตอร์แอกทिवิตีขั้นต่ำที่ควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์

ชื่อจุลินทรีย์	ค่าวอเตอร์แอกทिवิตีขั้นต่ำ
<i>Campylobacter jejuni</i>	>0.97
<i>Vibrio cholerae</i>	0.984
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0.981
<i>Staphylococcus aureus</i> for growth and enterotoxin production	0.98
<i>Clostridium perfringens</i>	0.97
<i>Escherichia coli</i> (pathogenic)	0.95
<i>Salmonella</i> spp.	0.94

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ชื่อจุลินทรีย์	ค่าวอเตอร์แอคติวิตีขั้นต่ำ
<i>Bacillus cereus</i>	0.93
<i>Listeria monocytogenes</i>	0.92
Most bacteria	0.91
Most yeasts	0.85
<i>Aspergillus flavus</i> for growth (for aflatoxin production)	0.80 (0.82)
Most molds	0.80
Halophilic bacteria	0.75
Xerophilic bacteria	0.65
Osmophilic yeasts	0.60

ที่มา: ICMSF (1996)

ในอาหารหลายๆ ชนิดจะมีการควบคุม หรือลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเติมกลีเซอรอล (glycerol) เด็กซ์โทรส (dextrose) หรือกลูโคสไซรัป (glucose syrup) เป็นต้น โดยการเติมสารดังกล่าวจะมีส่วนช่วยในการลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี เนื่องจากสมบัติในการจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดีกว่าน้ำตาลซูโครส จากการมีหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลหลายหมู่จึงสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้มากกว่า (Cauvain and Young, 2009) ดังนั้นในการประเมินอายุการเก็บรักษา เบื้องต้นอาจพิจารณาจากค่าวอเตอร์แอคติวิตีของอาหารนั้นๆ โดยกลุ่มของอาหารจะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่างกัน ดังตารางที่ 2.3 นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงของอาหารที่เกี่ยวข้องกับค่าวอเตอร์แอคติวิตียังอาจพบได้อีก เช่น การเกิดออกซิเดชันของไขมัน หรือการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาที่ใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่ง หรือไม่ใช่เอนไซม์

ตารางที่ 2.3 ค่าวอเตอร์แอคติวิตีของอาหารบางชนิด

กลุ่มอาหาร	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี
เนื้อสด ปลาสด ผักผลไม้สด นำนม ครีม น้ำผลไม้	>0.98
ไส้กรอกที่ต้มหรือทำให้สุกแล้ว แฮม นมข้นจืด ขนมนึ่ง	0.93-0.98
ไส้กรอกแห้งหรือหมัก เนื้อแห้ง นมข้นหวาน	0.85-0.93
เค้ก ผลไม้อบแห้ง เยลลี่ ปลาหมึกเกลือ	0.60-0.85
บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ซ็อกโกเลต แครกเกอร์ คอรัณเฟลก	<0.60

ที่มา: Man (2002)

2.1.6 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่า pH จะขึ้นกับองค์ประกอบของอาหาร โดยมีผลต่ออายุการเก็บรักษาและความปลอดภัยของอาหาร โดยค่า pH จะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (hydrogen ion) ที่แตกตัวทำให้มีความแรงของกรดหรือความสามารถในการลดค่า pH ได้แตกต่างกัน ทั้งนี้จุลินทรีย์จะสามารถเจริญได้ในช่วง pH ที่เหมาะสมที่ต่างกัันดังตารางที่ 2.4 ซึ่งอาหารที่มีกรดต่ำมีโอกาที่จุลินทรีย์จะสามารถเจริญได้ดี ในขณะที่อาหารที่มีกรดสูงจะมีโอกาสเน่าเสียจากจุลินทรีย์ยากกว่า โดยค่า pH ของอาหารทั่วไป แสดงดังตารางที่ 2.5 นอกจากนี้ ยังมีการเติมกรดหรือเกลือของกรดแต่ละชนิดเพื่อปรับลดค่า pH ให้มีค่าลง เช่น กรดแลกติก กรดซิตริก กรดมาลิก หรือกลุ่มของกรดเบนโซอิก เป็นต้น ซึ่งมีผลต่อการยับยั้งหรือชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ดังตารางที่ 2.6 โดยอาหารทั่วไป สามารถแบ่งกลุ่มตามค่า pH ได้ดังนี้

- อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ มีค่า pH สูงกว่า 5.3 เช่น เนื้อสัตว์ นม ปลา ข้าวโพด และถั่ว
- อาหารที่มีความเป็นกรดปานกลาง มีค่า pH ระหว่าง 4.5-5.3 เช่น พริกทอง และผักบางชนิด
- อาหารที่มีความเป็นกรด มีค่า pH ระหว่าง 3.7-4.5 เช่น องุ่น และส้ม
- อาหารที่มีความเป็นกรดสูง มีค่า pH ต่ำกว่า 3.7 เช่น แดงกวาดอง น้ำมะนาว และน้ำส้ม

2.1.7 ค่า Redox potential (Eh)

ค่า Eh เกี่ยวข้องกับการรับหรือให้อิเล็กตรอน โดยทั่วไปการเกิดออกซิเดชันจะเกี่ยวข้องกับการสูญเสียอิเล็กตรอน โดยเกิดจากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดกลิ่นหืน หรือสูญเสียความสามารถในการจับกับออกซิเจนได้ นอกจากนี้ จะเกี่ยวข้องกับการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย ซึ่งมีทั้งเชื้อที่เจริญในสภาวะที่มีออกซิเจน หรือไม่มีออกซิเจน หรือเจริญได้ทั้ง 2 สภาวะ ซึ่งจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญต้องการค่า Eh เป็นบวก แต่จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญต้องการค่า Eh เป็นลบ โดยค่า Eh ของอาหารขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมี กระบวนการแปรรูป และสภาวะการเก็บรักษา ตัวอย่างเช่น อาหารที่เป็นเนื้อสัตว์มีหมู่ซัลไฮดริลของโปรตีน (-SH group) และในผักผลไม้มีกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) และน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) ทำหน้าที่เป็นผู้ให้อิเล็กตรอน ทำให้ค่า Eh ของอาหารเป็นลบ ในขณะที่อาหารที่เป็นกรดหรือเนื้อมดมีสารที่เป็นตัวออกซิไดส์ที่ดี เช่น H^+ จะทำให้ค่า Eh ของอาหารเป็นบวก จากการที่เนื้อมดมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับออกซิเจนมากกว่าเนื้อทั้งก้อน การเสื่อมเสียของเนื้อทั้งก้อน (ค่า Eh เป็นลบ) จึงเกิดจากจุลินทรีย์กลุ่มคลอสทริเดียม (*Clostridium*) ซึ่งไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ