

เอกสารประกอบการสอนวิชา คส 313

การถนอมอาหาร 1

โดย

อาจารย์ สุธีรา ผ่องศรี

วท.บ. (วิทยาศาสตรการอาหาร), M.S. (Food Technology)

ภาควิชาคหกรรมศาสตร์

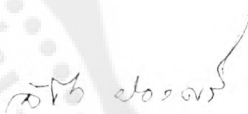
คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

คำนำ

หนังสือการถนอมอาหาร 1 เล่มนี้เรียบเรียงขึ้น เพื่อประกอบการเรียนการสอน วิชา คส 313 การถนอมอาหาร 1 ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต วิชาเอกคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร โดยมีวัตถุประสงค์จะปูพื้นฐานให้ผู้เรียนมีความรู้และความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย หลักการทั่วไปและหลักการจำเพาะของการถนอมอาหารแบบต่าง ๆ วิธีการและขั้นตอนของการถนอมอาหารอย่างถูกต้อง รวมทั้งการเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับอาหารถนอมนั้น

ผู้เรียบเรียงเอกสาร หวังว่าเอกสารเล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนที่จะใช้เป็นคู่มือในการเรียนและนำไปใช้เป็นคู่มือในการถนอมอาหารบางชนิดได้



สัทธิรา พงษ์ศรี

(สัทธิรา พงษ์ศรี)

ภาควิชาคหกรรมศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์

มศว. ประสานมิตร

สังเขปรายวิชา

คส 313 การถนอมอาหาร 1

รายละเอียดประจำวิชา

ศึกษาสาเหตุการเสื่อมเสียของอาหาร ความสำคัญและวิธีการถนอมอาหาร การเลือกภาชนะบรรจุ การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร

ความมุ่งหมายของวิชา

1. เข้าใจสาเหตุที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย
2. เห็นความสำคัญของการถนอมอาหาร
3. เข้าใจหลักของการถนอมอาหาร และสามารถทำการถนอมอาหารบางชนิดได้
4. เข้าใจหลักการเบื้องต้นของการเลือกภาชนะบรรจุและการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารผ่านการถนอม

สังเขปเนื้อหาวิชา

1. สาเหตุที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ได้แก่
 - 1.1 สาเหตุทางกายภาพ
 - 1.2 สาเหตุทางเคมี
 - 1.3 สาเหตุทางจุลินทรีย์
2. ความสำคัญของการถนอมอาหาร หลักการและวิธีการถนอมอาหาร เพื่อไม่ให้เสื่อมเสีย ได้แก่
 - 2.1 การถนอมอาหารโดยใช้อุณหภูมิสูง
 - 2.2 การถนอมอาหารโดยใช้อุณหภูมิต่ำ
 - 2.3 การถนอมอาหารโดยใช้การกำจัดน้ำ
 - 2.4 การถนอมอาหารโดยใช้สารเคมี
 - 2.5 การถนอมอาหารโดยใช้การหมัก
 - 2.6 การถนอมอาหารโดยใช้รังสี

3. หลักการเบื้องต้นในการเลือกภาชนะบรรจุให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการถนอมด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ

4. หลักการเบื้องต้นในการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการถนอมด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ

การดำเนินการเรียนการสอน

1. บรรยาย
2. อภิปราย ศึกษาค้นคว้า และทำรายงาน
3. ปฏิบัติการถนอมอาหารและทำรายงาน
4. ทักษะศึกษา
5. การสอบ

การประเมินผล

1. สังเกตพฤติกรรมในการมีส่วนร่วม หรือมีความสนใจระหว่างเวลาเรียน และระหว่างปฏิบัติการถนอมอาหาร ตลอดจนการอภิปรายซักถาม และการแสดงความคิดเห็นในห้องเรียน

2. ตรวจรายงานจากการปฏิบัติการถนอมอาหาร
3. ตรวจรายงานของประเมินผลอาหารถนอมด้วยวิธีการชิมและการวิเคราะห์ข้อมูล
4. สอบข้อเขียนกลางภาคและปลายภาค

อัตราส่วนการประเมินผล ภาคทฤษฎี : ภาคปฏิบัติเป็น 50:50 โดยผู้สอนและผู้เรียนตกลงกันในชั่วโมงแรกที่ตั้งใจความมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิชานี้

แผนการสอน วิชา คส 313
การถนอมอาหาร 1

สัปดาห์ที่	หัวข้อเรื่องที่สอน	วัน/เดือน/ปี
1	การถนอมอาหาร 1. การเสื่อมและการเน่าเสียของอาหาร 2. ความสำคัญของการถนอมอาหาร 3. จุลินทรีย์ในอาหาร 4. หลักการทั่วไปในการถนอมอาหาร 5. การประเมินผลอาหาร	
2	การถนอมอาหารโดยใช้อุณหภูมิสูง 1. อาหารกระป๋องและจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋อง 2. หลักการใช้ความร้อนในการถนอมอาหาร 3. กระบวนการผลิตอาหารกระป๋อง 4. การเสียของอาหารกระป๋อง 5. การใช้และการเก็บอาหารกระป๋อง 6. ลักษณะและอาการของ โรคอาหารเป็นพิษ	
3	ปฏิบัติการถนอมอาหาร 1. บรรจุอาหารประเภทเนื้อสัตว์ในขวดถนอมอาหาร	
4	ปฏิบัติการถนอมอาหาร 1. บรรจุอาหารประเภทผักและในขวดถนอมอาหาร 2. บรรจุอาหารประเภทผลไม้ในขวดถนอมอาหาร	
5	การถนอมอาหารโดยใช้ความเย็น 1. ระดับอุณหภูมิของความเย็น 2. อุณหภูมิต่ำและ เมแทบอลิซึมของ เซลล์ 3. ความเย็นกับการถนอมอาหาร	

ลำดับที่	หัวข้อเรื่องที่สอน	วัน/เดือน/ปี
6	4. หลักการและวิธีทำให้เกิดความเย็น 5. อาหารแช่เย็น 6. อาหารแช่แข็ง 7. ภาชนะบรรจุและการเก็บรักษา 8. การละลายอาหารแช่แข็ง ปฏิบัติการอาหารแช่เย็นและอาหารแช่แข็ง โดยทดลองกับ 1. เนื้อสัตว์ 2. ผัก 3. ผลไม้	
7	การถนอมอาหารโดยใช้การกำจัดน้ำ	
	- การถนอมอาหารโดยการทำแห้งและการรมควัน	
8	ประเมินผลอาหารแช่เย็น	
	การถนอมอาหารโดยใช้การกำจัดน้ำ	
	- การถนอมอาหารโดยใช้น้ำตาลและเกลือ	
9	ปฏิบัติการถนอมอาหารโดยการทำแห้ง	
	ปฏิบัติการถนอมอาหารโดยใช้เกลือ	
10	ปฏิบัติการถนอมอาหารโดยใช้น้ำตาล	
11	การถนอมอาหารโดยใช้การหมัก	
	1. การหมักให้เกิดแอลกอฮอล์	
	2. การหมักให้เกิดกรดแลคติก	
	3. การหมักให้เกิดกรดแอสคติก	
	4. การหมักโดยการสลายโปรตีน	

ลำดับที่	หัวข้อเรื่องที่สอน	วัน/เดือน/ปี
12	ปฏิบัติการถนอมอาหารหมัก 1. ปฏิบัติการทำไวน์ 2. ปฏิบัติการทำผักดอง	
13	ปฏิบัติการถนอมอาหาร ในลำดับที่ 12 (ต่อ)	
14	ประเมินผลอาหารแช่แข็ง ประเมินผลอาหารบรรจุขวด	
15	การถนอมอาหารโดยใช้สารเคมี การถนอมอาหารโดยใช้รังสี บรรจุภัณฑ์อาหาร	
16	ประเมินผลอาหารแห้งและอาหารเค็ม	
17	ประเมินผลอาหารหมัก	
18	สรุป (ปัจฉิมนิเทศ)	

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สังเขปรายวิชา	ข
แผนการสอนวิชา คส 313 การถนอมอาหาร 1	ง
บทที่ 1 การถนอมอาหาร	
การเสื่อมคุณภาพ และการเน่าเสียของอาหาร	2
การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ	2
การเปลี่ยนแปลงทางเคมี	2
การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์	4
ความสำคัญของการถนอมอาหาร	4
จุลินทรีย์ในอาหาร	5
ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	5
รา	7
ยีสต์	10
แบคทีเรีย	12
หลักการทั่วไปในการถนอมอาหาร	16
ประเภทของการถนอมอาหาร	17
การเลือกวิธีถนอมอาหาร	18
สรุปท้ายบท	18
บทที่ 2 การถนอมอาหารโดยใช้อุณหภูมิสูง	
จุลินทรีย์ในอาหาร	21
อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ	21
อาหารที่มีความเป็นกรดปานกลาง	22
อาหารที่มีความเป็นกรด	22
อาหารที่มีความเป็นกรดสูง	22

	หน้า
หลักการใช้ความร้อนในการถนอมอาหาร	22
ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส	23
ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส	24
ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส	25
กระบวนการผลิตอาหารกระป๋อง	26
การเตรียมวัตถุดิบ	26
การลวกด้วยน้ำร้อน	26
การบรรจุ	27
การทำให้เป็นสุญญากาศ	27
การฆ่าเชื้อ	28
การทำให้เย็น	30
ภาชนะบรรจุ	30
การเสีของอาหารกระป๋อง	
สาเหตุการเสีของอาหารกระป๋อง	31
ลักษณะการเสีของอาหารกระป๋อง	32
ลักษณะและอาการของโรคอาหารเป็นพิษ	32
การใช้อาหารกระป๋อง	33
การเก็บอาหารกระป๋อง	34
สรุปท้ายบท	34

บทที่ 3 การถนอมอาหารโดยใช้ความเย็น

อุณหภูมิต่ำและเมแทบอลิซึมของเซลล์	37
จุลินทรีย์	37
เอนไซม์	39
พยาธิ	40
แมลง	41
ความเย็นกับการถนอมอาหาร	41
หลักการและวิธีการทำให้เกิดความเย็น	42
การแช่แข็งโดยลมเย็นผ่านลงบนอาหาร	45

	หน้า
การแช่แข็งโดยใช้แรงลมเป่าให้อาหารลอยตัว	45
การแช่แข็งโดยใช้แผ่นความเย็น	45
การแช่แข็งโดยการพ่นหรือแช่ในสารให้ความเย็น	45
อาหารแช่เย็น	46
ผักและผลไม้	46
เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์	48
อาหารแช่แข็ง	50
ผักและผลไม้แช่แข็ง	51
เนื้อสัตว์และอาหารทะเลแช่แข็ง	52
ภาชนะบรรจุอาหารและการเก็บรักษา	53
การละลายอาหารแช่แข็ง	54
คุณค่าทางโภชนาการ	56
สรุปท้ายบท	56
 บทที่ 4 การถนอมอาหารโดยใช้การกำจัดน้ำ	
การถนอมอาหารโดยการทำแห้ง	59
วิธีทำให้อาหารแห้ง	59
การตากแห้ง	59
การอบแห้ง	59
ฟรีซดราย	60
วิธีทำอาหารตากแห้ง	61
ผลไม้	61
ผัก	64
เนื้อสัตว์	64
วิธีทำอาหารอบแห้ง	65
เปรียบเทียบอาหารตากแห้งและอาหารอบแห้ง	65
ผลของการทำให้อาหารแห้ง	66
จุลินทรีย์	66

	หน้า
เอนไซม์	66
เม็ดสี	66
คุณค่าทางโภชนาการ	67
วิธีเก็บรักษาอาหารแห้ง	68
การรมควัน	68
วิธีการรมควัน	69
เครื่องมือเครื่องใช้	69
วิธีการรมควัน	70
การถนอมอาหารโดยใช้เกลือ	70
สมบัติของเกลือในการถนอมอาหาร	70
การดองเค็ม	71
เนื้อเค็ม	71
แฮม	72
เบคอน	72
ผักและผลไม้ดองเค็ม	72
ไข่เค็ม	73
การถนอมอาหารโดยใช้น้ำตาล	73
น้ำผลไม้เข้มข้น	73
แยมและเยลลี่	74
ผลไม้กวน	77
ผลไม้แช่อิ่ม	77
การเชื่อม	78
สรุปท้ายบท	78

บทที่ 5 การถนอมอาหารโดยการหมัก

ประเภทของการหมัก	81
การหมักให้เกิดแอลกอฮอล์	81
ชนิดของจุลินทรีย์	81
การควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	82
ปริมาณแอลกอฮอล์	83
ผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์	83
ไวน์	83
เบียร์	86
รัม วิสกี้ เบอร์บอน สาเก และข้าวหมาก	88
การหมักให้เกิดกรดแอซีติก	88
ชนิดของจุลินทรีย์	88
การควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	89
ปริมาณกรดน้ำส้ม	90
มาตรฐานน้ำส้มสายชู	90
การหมักให้เกิดกรดแลคติก	91
ชนิดของอาหารและจุลินทรีย์	91
การควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	92
ปริมาณกรดแลคติก	93
ผลิตภัณฑ์หมักเปรี้ยว	93
ผักดองเปรี้ยว	93
เนื้อสัตว์หมักเปรี้ยว	94
แหนม	94
ไส้กรอกเปรี้ยว	95
ปลาแจ่ว	95
ปลาจ่อม	95
ส้มผัก	95
ผลิตภัณฑ์นมหมักเปรี้ยว	95

	หน้า
การหมักโดยการสลายโปรตีน	96
น้ำปลา	96
ปลาร้า	96
กะปิ	97
ซีอิ๊ว	97
เต้าหู้ยี้	97
คุณค่าทางโภชนาการของอาหารหมัก	98
สรุปท้ายบท	98
 บทที่ 6 การถนอมอาหารโดยใช้สารเคมี	
ผลของวัตถุกันเสียต่อจุลินทรีย์	101
สมบัติของวัตถุกันเสีย	102
ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของวัตถุกันเสีย	102
วัตถุกันเสียที่นิยมใช้	103
สรุปท้ายบท	105
 บทที่ 7 การถนอมอาหารโดยใช้รังสี	
รังสีนิวเคลียร์และชนิดของรังสี	109
การใช้รังสีถนอมอาหาร	112
ความปลอดภัยของอาหารฉายรังสี	114
ประโยชน์ของการฉายรังสีอาหาร	115
ข้อจำกัดในการใช้รังสี	115
อุตสาหกรรมอาหารฉายรังสี	116
สรุปท้ายบท	117

	หน้า
บทที่ 8 บรรจุภัณฑ์อาหาร	
สมบัติทั่วไปของบรรจุภัณฑ์อาหาร	119
บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารถนอม	120
สรุปท้ายบท	122
 บทที่ 9 การประเมินผลผลิตภัณ์อาหาร	
แนวทางการประเมินผลผลิตภัณ์อาหาร	125
การมองเห็น	125
การสัมผัส	125
การรับรสชาติ	125
การสังเกตสี	126
การประเมินผลผลิตภัณ์อาหาร	126
การประเมินผลอาหารโดยการชิม	126
ตัวอย่างอาหาร	126
การเตรียมตัวอย่างอาหาร	127
ผู้ชิมตัวอย่างอาหาร	127
สภาพแวดล้อมของการชิม	128
แบบรายงานการประเมินผล	128
การวิเคราะห์ข้อมูล	133
การประเมินผลอาหารโดยการใช้เครื่องมือ	133
สรุปท้ายบท	134
 บรรณานุกรม	137

บทที่ 1

การถนอมอาหาร

หัวข้อเรื่อง

1. การเสื่อมคุณภาพและการเน่าเสียของอาหาร
2. ความสำคัญของการถนอมอาหาร
3. จุลินทรีย์ในอาหาร
4. หลักการทั่วไปในการถนอมอาหาร

แนวคิด

ผลิตภัณฑ์ทางเกษตรมักจะออกตามฤดูกาล และผลิตได้มาก ๆ ในคราวเดียวกัน มากเกินกว่าที่จะบริโภคให้หมดทันเวลาก่อนอาหารจะเสีย หากไม่หาวิธีเก็บถนอมไว้ ส่วนที่เหลือจากบริโภคจะต้องทิ้งเปล่า ปัจจุบันประชากรในโลกกำลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การผลิตอาหารก็เพิ่มตาม แต่การเพิ่มผลผลิตมักไม่ทันกับการเพิ่มของประชากร ในไม่ช้า การขาดแคลนอาหารจะเกิดขึ้นทั่วไป ดังนั้นการถนอมอาหาร จึงช่วยให้คนเราใช้ผลผลิตอาหารได้หมดโดยไม่เหลือทิ้ง เป็นการชะลอการขาดแคลนอาหารได้มาก ดังนั้นการถนอมอาหารจึงได้รับความสนใจเป็นพิเศษ มีการค้นคว้าหาวิธีการถนอมอาหารวิธีใหม่ เพื่อให้ได้รสชาติอาหารต่าง ๆ ไป ในขณะเดียวกันก็หาวิธีปรับปรุงกรรมวิธีการถนอมอาหารที่มีอยู่ให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ

จุดประสงค์การเรียนรู้

หลังจากเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายสาเหตุของการเสียของอาหารได้
2. บอกรายละเอียดเกี่ยวกับการเจริญเติบโตและลักษณะของจุลินทรีย์ทุกประเภทได้
3. อธิบายผลดีและผลเสียที่จุลินทรีย์แต่ละประเภทสามารถก่อให้เกิดขึ้นได้

การถนอมอาหาร

ผลิตภัณฑ์ทางเกษตร เช่น เนื้อสัตว์ อาหารทะเล ธัญพืช ผักและผลไม้ จะมีการเสื่อมคุณภาพและเน่าเสียได้ตลอดเวลา หลังการฆ่าสัตว์หรือการเก็บเกี่ยวพืชผลดังกล่าว การเสื่อมคุณภาพและการเน่าเสียที่เกิดขึ้นนี้ จะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ และสภาพแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงนี้มาจากสาเหตุต่าง ๆ กัน ซึ่งอาจจะให้ทั้งผลดีและผลเสีย สำหรับผลเสียที่มักจะมีกับอาหารคือ การที่อาหารมีลักษณะและเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป มีกลิ่นและรสชาติไม่พึงประสงค์ที่เรียกว่า อาหารเสีย ซึ่งเมื่อรับประทานเข้าไปมักจะเกิดโทษ ดังนั้นจึงมีการป้องกันไม่ให้อาหารเสีย ด้วยวิธีการใดก็ได้ โดยเรียกรวมวิธีการเหล่านี้ว่า การถนอมอาหาร

การเสื่อมคุณภาพและเน่าเสียของอาหาร

การเสื่อมคุณภาพและการเน่าเสียของอาหารมีสาเหตุมาจาก การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพที่เกิดขึ้นในอาหาร และจากสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ที่ปะปนอยู่ในอาหาร หรือถูกนำพาเข้ามาในอาหารโดยสัตว์ต่าง ๆ เช่น นก หนู และแมลงต่าง ๆ

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

เป็นการเปลี่ยนแปลงของอาหารโดยการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการระเหยของน้ำจากผิวของอาหาร ปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นของบรรยากาศ และการถ่ายเทอากาศในบริเวณที่เก็บ การสูญเสียน้ำจะเป็นไปอย่างรวดเร็วหากความชื้นในอากาศต่ำ อุณหภูมิสูงและมีลมพัดผ่านแรง เนื้อสัตว์จะแสดงอาการผิวแห้ง แข็งและมีสีคล้ำ ส่วนพืชผักจะเหี่ยวเฉา และสีคล้ำลงอย่างเห็นได้ชัด

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เป็นไปตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นผลจากการกระทำของเอนไซม์ นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอาจเกิดขึ้นได้จากปฏิกิริยาเคมีอื่น ซึ่งชักนำโดยปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

เอนไซม์ เป็นสารอินทรีย์ซึ่งอยู่ในสิ่งที่มีชีวิต ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาของเอนไซม์ในสิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ เอนไซม์ในผลไม้ทำให้ผลไม้สุก ผลเสียจากเอนไซม์มักจะเกิดขึ้นเมื่อต้องการเก็บอาหารไว้นานๆ เพราะเอนไซม์ในอาหาร จะเร่งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในอาหารอยู่ตลอดเวลา เช่น ทำให้ผลไม้แก่จัดเปลี่ยน เป็นสุก หากไม่รับประทาน ผลไม้นั้นจะสุกเกินไปและเน่า ทำให้จุลินทรีย์ที่มีอยู่ทั่วไปบนผลไม้ เจริญเติบโตได้ง่าย ซึ่งเป็นสาเหตุการเน่าเสียของผลไม้ในเวลาต่อมา

การทำงานของเอนไซม์ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ปฏิกิริยาของเอนไซม์จะเกิดขึ้น อย่างรวดเร็ว เมื่อมีสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม การทำงานของเอนไซม์จะสูงสุดที่อุณหภูมิ 35 ถึง 45 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้ การทำงานของเอนไซม์จะค่อย ๆ ลดลง และ จะหยุดทำงานโดยสิ้นเชิงเมื่ออุณหภูมิขึ้นสูงถึง 80 - 90 องศาเซลเซียส ความร้อนที่ใช้ใน การทำลายเอนไซม์ควรเป็นความร้อนชื้น เพราะความร้อนแห้งจะมีผลในการทำลายน้อย แม้อุณหภูมิจะขึ้นสูงเกินกว่า 100 องศาเซลเซียส ส่วนความเย็นจะทำให้เอนไซม์ทำงาน ช้าลงตามลำดับ แต่ไม่สามารถทำลายเอนไซม์ได้โดยสิ้นเชิง ดังนั้นอาหารที่แช่เย็นหรือ แช่แข็ง จึงเสื่อมคุณภาพได้ตามเวลาที่เก็บ

ปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจากเหตุต่าง ๆ และ อาจถูกเร่งให้รวดเร็ว ยิ่งขึ้นจากสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

1. การกระแทกกระเทือนจากการขนย้าย หรือมีรอยขีดข่วน ทำให้เซลล์ชำรุดตัวอย่างเช่น ผักหรือผลไม้พวกมันฝรั่ง มันเทศ พุทรา กล้วย มีเอนไซม์กลุ่มฟีนอลเลส ซึ่ง จะเร่งปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับสารประกอบฟีนอลทำให้กลายเป็นสีน้ำตาล นอกจากนั้น เซลล์ที่ชำรุดทำให้เกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่ายขึ้นอีกด้วย และอาจมีการเสียวิตามิน บางตัวไปบ้าง

2. การมีอากาศลงไป ทำให้เกิดกระบวนการเติมออกซิเจน (oxidation) อากาศทำให้น้ำมันและไขมันหืนเร็วและทำให้วิตามินบางชนิดถูกทำลาย

3. แสงแดด ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพ และการเสียของอาหารรวดเร็วขึ้น เนื่องจากแสงแดดช่วยเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ให้ทำงานได้ดีขึ้น

4. อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม โดยทั่วไปอุณหภูมิห้อง (28 - 32 องศาเซลเซียส) เป็นอุณหภูมิที่เร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ และทำให้จุลินทรีย์เติบโตได้เร็วยิ่งขึ้น จึงมักทำให้ อาหารเสียเร็วขึ้น

5. ความชื้น ความชื้นที่ไม่เหมาะสม ทำให้อาหารบางชนิดเสื่อมคุณภาพ เช่น ทองม้วน กรอบเค็ม เมื่อถูกความชื้นจะนิ่ม ซึ่งถือว่าอาหารนั้นไม่น่ารับประทาน นอกจากนั้น ความชื้นยังทำให้อาหารเน่าเสียได้ง่าย เนื่องจากความชื้นทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ รวดเร็วขึ้น

การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์

การเน่าเสียของอาหารส่วนใหญ่เกิดเนื่องจากจุลินทรีย์ ซึ่งปะปนอยู่ทั่วไปในอาหาร จุลินทรีย์เหล่านี้มีเอนไซม์ในตัว ซึ่งสามารถย่อยสลายสารอาหารต่าง ๆ และนำไปใช้ในการเจริญเติบโต อาหารที่ถูกย่อยจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดสารใหม่ ซึ่งอาจจะเปลี่ยนสีเป็น สีอื่น ซึ่งเป็นสีที่ไม่พึงประสงค์ หรือเกิดสารระเหยที่มีกลิ่นไม่พึงปรารถนาเช่นเดียวกัน เช่น เนื้อสัตว์ เมื่อเสียจะมีสีเขียวคล้ำมีกลิ่นเหม็นมาก ซึ่งเราเรียกว่าเหม็นเน่า อาหารบางชนิด เช่น ผักและผลไม้เมื่อเสียจะมีเนื้อนิ่มและ มีกลิ่นหมักหรือกลิ่นเปรี้ยว จุลินทรีย์บางชนิด นอกจากเจริญเติบโตทำให้อาหารเสียแล้ว ยังสร้างสารพิษลงในอาหาร สารพิษนี้มักจะ ไม่ถูกทำลายเมื่อได้รับความร้อนระดับหุงต้ม ดังนั้นเมื่อเราบริโภคอาหารที่มีสารพิษเข้าไป จะทำให้เป็นโรคระบบทางเดินอาหาร เช่น ทำให้เกิดโรคท้องเสีย อหิวาตกโรค และ ไทฟอยด์ เป็นต้น

จุลินทรีย์ในอาหารบางชนิด สามารถย่อยสลายสารอาหาร แล้วได้สารใหม่ ซึ่งมี กลิ่นรสเป็นที่พอใจของผู้บริโภค จุลินทรีย์ชนิดนั้นก็เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เช่น โยเกิร์ต ชีส ไข่หวาน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้จุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอาหารจนเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติเฉพาะตัว และยังเก็บไว้บริโภคได้นาน ๆ อีกด้วย

การศึกษาถึงชนิด ลักษณะและความสามารถของจุลินทรีย์ในอาหาร จะทำให้เรานำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น และรู้จักวิธีป้องกันการเน่าเสียอาหาร รวมทั้งป้องกันอันตรายอันเกิดจากจุลินทรีย์ได้

ความสำคัญของการถนอมอาหาร

ในปัจจุบันการเพิ่มประชากรเป็นไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากอัตราการตายลดลง ทั้งนี้เพราะความก้าวหน้าทางการแพทย์และทางโภชนาการ ทำให้คนมีอายุยืนขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มผลผลิตอาหารตามไปด้วย การเพิ่มผลผลิตทำได้หลายทางเช่น การปรับปรุง

พื้นที่เพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ การปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ รวมทั้งการใส่ปุ๋ยต่าง ๆ การใช้ยาฆ่าแมลงซึ่งเป็นศัตรูพืช และการใช้ยารักษาสัตว์ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามผลผลิตที่ได้มาเป็นจำนวนมากล้วนมีการเสื่อมคุณภาพและการเน่าเสียอยู่ตลอดเวลา การถนอมอาหารจึงมีบทบาทสำคัญมาก ในการสร้างสภาวะสมดุลของประชากรและปริมาณอาหาร เพราะนอกจากการถนอมอาหาร จะเป็นการเก็บรักษาผลผลิตอาหารให้คงสภาพเดิมไม่เน่าเสียเพื่อเป็นอาหารอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถช่วยชะลอ การอดอยากของประชากรโลกได้ และยังเป็นการแปรรูปผลผลิตอาหารไปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป โดยวิธีการวิธีต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลให้ประชากรมีอาหารบริโภคตลอดปี และทั่วถึง เพราะสามารถส่งอาหารถนอมไปในที่ต่างๆ แม้ว่าจะเป็นถิ่นทุรกันดารได้อย่างสะดวกสบาย นอกจากนั้น การถนอมอาหารยังอำนวยความสะดวกต่อประชากรในยุคปัจจุบันที่อยู่ในสังคมที่ เศรษฐกิจรัดตัว เร่งรัดและมีเวลาจำกัด ไม่สามารถปรุงอาหารเองได้ กลุ่มประชากร เหล่านี้ใช้ประโยชน์ของอาหารที่มาในรูปแบบของอาหารสำเร็จที่บรรจุภาชนะอย่างปลอดภัย และสามารถเก็บรักษาได้จนถึงเวลาที่ต้องการใช้

จุลินทรีย์ในอาหาร

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับอาหารที่สำคัญมี 3 ชนิดได้แก่ รา ยีสต์ และแบคทีเรีย เนื่องจากจุลินทรีย์เหล่านี้มีขนาดเล็ก และเบามาก จึงสามารถปลิวไปในอากาศ และปะปนอยู่ทุกแห่ง เช่นที่หนังสือ บนฝ่ามือของเรา และอยู่ในอาหารที่ไม่ปกติ ตามผิวของผักผลไม้ หนู และแมลงต่าง ๆ เมื่อแตะหรือเกาอาหาร จะนำสิ่งที่สกปรกและจุลินทรีย์ต่าง ๆ รวมทั้งเชื้อโรคเข้าสู่อาหารทำให้อาหารเน่าเสียเร็วขึ้นและอาจเป็นอันตรายต่อการบริโภค

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

อาหาร เป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เช่นเดียวกับมนุษย์ จุลินทรีย์บางตัวเจริญเติบโตได้ดีในอาหารประเภทโปรตีน บางตัวเติบโตได้ดีในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต จุลินทรีย์บางตัวต้องการวิตามินในขณะที่จุลินทรีย์ตัวอื่น ๆ ไม่ต้องการ

ความชื้น การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยทั่วไปขึ้นอยู่กับความชื้น ในอาหารที่มีความชื้นสูงจะเสียเร็ว เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องอาศัยน้ำในการเจริญเติบโต

ปริมาณออกซิเจน จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ต้องการออกซิเจนสำหรับเติบโต มีจุลินทรีย์บางชนิดที่เจริญเติบโตได้โดยไม่มีออกซิเจน และบางชนิดเติบโตได้ในที่ๆ มีออกซิเจนเพียงเล็กน้อย

อุณหภูมิ จุลินทรีย์ส่วนมากจะเติบโตที่อุณหภูมิประมาณ 35 - 40 องศาเซลเซียส ในลักษณะของเซลล์ที่กำลังแบ่งตัว เซลล์เหล่านี้ถูกทำลายง่ายด้วยความร้อนที่ระดับอุณหภูมิระหว่าง 70 - 100 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์เหล่านี้ส่วนใหญ่มาจากดิน น้ำ อากาศ และร่างกายคนเรา

ความเป็นกรดต่าง เป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสีย จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เติบโตในสภาวะที่เป็นกลาง ในสภาวะที่เป็นกลางจุลินทรีย์จะทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมอื่น ๆ ได้มากขึ้น ตารางที่ 1.1 แสดงถึงเวลาที่ต้องใช้มากขึ้นในการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ ซึ่งอยู่ในสารละลายที่มี พีเอช.ต่ำ หรือมีความเป็นกรดสูง

ตารางที่ 1.1 เวลาที่ใช้ในการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ในสารละลายที่มี พีเอช. ต่าง ๆ

พีเอช.	เวลาที่ใช้ (นาที)
4.3	25
4.7	40
5.3	65
7.0	330

สภาวะแวดล้อมทั้ง 5 อย่าง คือ อาหาร ความชื้น ออกซิเจน อุณหภูมิ และความเป็นกรดต่าง หากมีความเหมาะสมกับจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง จุลินทรีย์ชนิดนั้นจะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว ระยะเติบโตแบ่งเซลล์เรียกว่า vegetative state เซลล์ที่กำลังแบ่งตัวเรียก vegetative cell หากสภาวะแวดล้อมทั้ง 5 ไม่เหมาะสม จุลินทรีย์จะหยุดการเจริญเติบโต (resting state) จุลินทรีย์บางตัวสามารถสร้างสปอร์ (spore) เหมือนกับเป็นเกราะกำบังอันตราย และพร้อมที่จะเติบโตขยายปริมาณต่อไป เมื่อสภาวะแวดล้อมสมบูรณ์และเหมาะสมขึ้น

รา (mold)

เป็นจุลินทรีย์ที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เจริญเติบโตโดยการสร้างเส้นใยราเป็นกลุ่มก้อนอยู่บนอาหาร เรียกว่าไมซีเลียม (mycelium) เห็นเป็นปุยสีต่าง ๆ กันตามชนิดของรา ราขยายพันธุ์โดยการแบ่งเซลล์ที่ไมซีเลียม ได้เส้นใยยาวออกไป และโดยการสร้างสปอร์ สปอร์ของราเบามากจะกระจายในอากาศไปในที่ต่าง ๆ เช่น ตกลงในอาหาร ถ้าสภาวะแวดล้อมเหมาะสมจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้อาหารมีปุยสีต่าง ๆ และเน่าเสีย

การขยายพันธุ์และการเจริญเติบโตของรา

ราจะสร้างสปอร์ชั้นที่ปลายเส้นใย สำหรับทำหน้าที่ขยายพันธุ์ มีหลายสี ขึ้นอยู่กับชนิดของรา อาจมีสีต่าง ๆ กันเช่น เชื้อขาว น้ำเงินแกมเขียว เหลือง น้ำตาล เทา และดำ

การเจริญเติบโตของราในระยะแรก จะเป็นไปอย่างช้าๆ แต่หลังจากผ่านช่วงแรกไปแล้ว การเจริญเติบโตจะรวดเร็วมาก โดยเฉพาะเมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสม เช่นในที่อบอุ่น

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมของรา

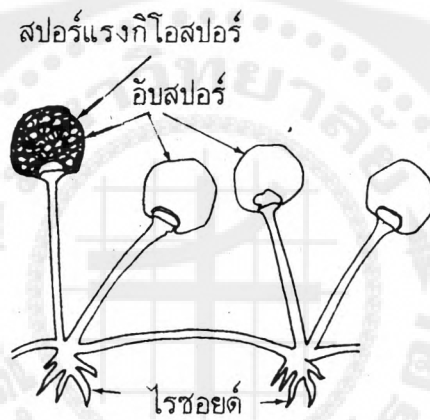
ราเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดีกว่ายีสต์ และแบคทีเรีย ปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของรามีดังนี้

1. อาหาร ราเติบโตได้ในอาหารหลายชนิด เนื่องจากผลิตเอนไซม์ได้หลายชนิด ทำให้ย่อยสลายอาหารได้ทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นโปรตีน คาร์โบไฮเดรต หรือไขมัน
2. ความชื้นและออกซิเจน ราเติบโตได้ในที่มีความชื้นเพียงเล็กน้อย แต่ต้องการออกซิเจนมาก จะสังเกตได้ว่า ราขึ้นได้บนเสื้อผ้า หนังสือเก่า ที่มีความชื้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และจะไม่พบราในอาหารกระป๋อง
3. อุณหภูมิ ราเติบโตได้ดีในที่อบอุ่นตั้งแต่ 25 - 35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำกว่านี้ราหลายชนิดก็ยังเติบโตได้ จะสังเกตได้จากการที่ราเติบโตในอาหารที่เก็บไว้ในตู้เย็นและตามยางที่ขอบประตูตู้เย็น แต่ราจะถูกทำลายง่ายอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิน้ำเดือด ส่วนสปอร์ของราอาจต้องใช้เวลามากขึ้นในการทำลาย
4. ความเป็นกรดต่าง ราเจริญเติบโตได้ในอาหารเกือบทุกชนิดเนื่องจากเติบโตในอาหารที่มี พีเอช ตั้งแต่ 2.8 ถึง 8.5 แต่ราส่วนใหญ่เติบโตได้ดีในอาหารที่มีสภาพเป็นกรด เช่นในอาหารที่มีรสเปรี้ยวพวกส้ม มะเขือเทศ ผักดองเปรี้ยว ผักดองน้ำส้ม

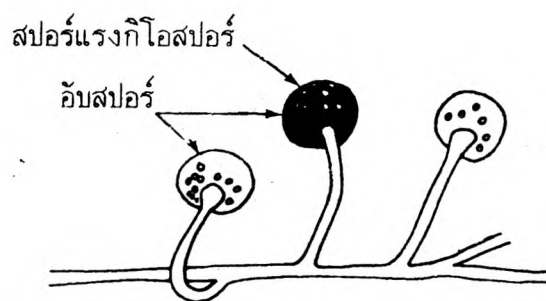
ราที่สำคัญ

ราหลายชนิดมีโทษ ทำให้อาหารเสีย และอาจสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายต่อคน แต่ราบางชนิดกลับมีความสำคัญทางด้านอุตสาหกรรมเกษตร อุตสาหกรรมอาหาร และทางการแพทย์

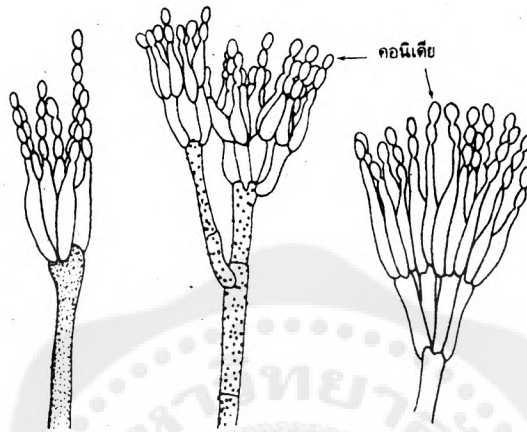
1. ไรโซปัส (Rhizopus) รู้จักกันดีเพราะชอบขึ้นบนขนมปังเรียกว่า ราขนมปัง หรือราดำ มีไมซีเลียมเป็นปุยสีขาวแต่มีสปอร์สีดำ ชอบขึ้นบนอาหารที่ทำจากธัญพืช เช่น ขนมปัง ข้าวสาลี และทำให้ผักและผลไม้เสื่อมคุณภาพและเน่าเสีย แต่ถ้ารู้จักนำไปใช้จะได้ประโยชน์มาก เช่นนำไปใช้ผลิตเอนไซม์ และทำข้าวหมาก เป็นต้น



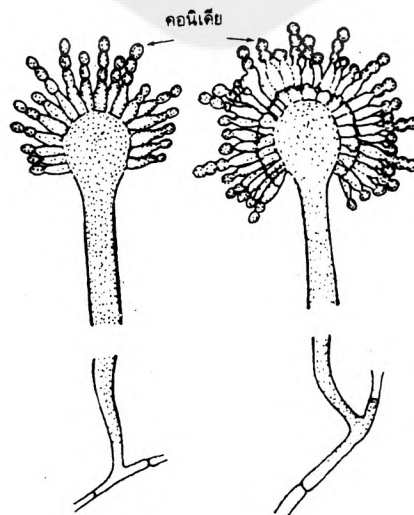
2. มิวคอร์ (Mucor) เป็นราที่พบในดิน ในอาหารพวกผัก ผลไม้ ธัญพืชต่างๆ ทำให้อาหารเหล่านี้เสียได้ แต่เป็นประโยชน์ก็มี เช่น บางสายพันธุ์นิยมนำมาทำเต้าหู้ยี้ และบ่มเนยแข็งให้ไดกลิ่นรสที่ต้องการ



3. เพนนิซิลเลียม (Penicillium) เป็นราที่มีหลายสายพันธุ์ แต่ละพันธุ์สร้างสปอร์สีต่างกัน มีตั้งแต่สีเขียวออกเหลือง เขียวแก่ จนถึงสีน้ำเงินอมเขียว และสีเทา ราชนิดนี้พบได้ทั่วไปในผลไม้ ในผัก ตามไม้ที่ผุพังต่าง ๆ มีทั้งประโยชน์และโทษ

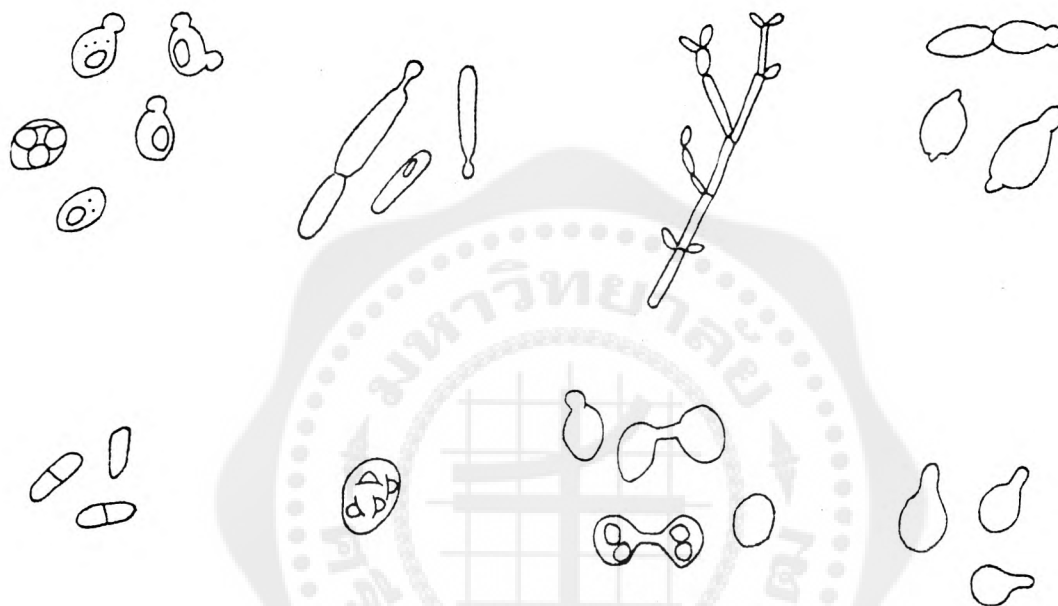


4. แอสเพอร์จิลลัส (Aspergillus) เป็นราที่ทำให้เกิดการเสียหายแก่ผัก ผลไม้ หนังสือตัว ใบยาสูบ และอื่น ๆ นอกจากนั้นบางสายพันธุ์ยังสร้างสารพิษที่เกิดอันตรายกับคนลงในอาหาร บางสายพันธุ์ก็ทำให้เกิดประโยชน์ เช่นเป็นสายพันธุ์ที่เหมาะสมในการทำซีอิ๊ว เป็นต้น



ยีสต์ (yeast)

เป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กมาก มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น มีอยู่ทั่วไปในอากาศ ปะปนอยู่ในอาหารต่าง ๆ เซลล์ของยีสต์จะอยู่เดี่ยว ๆ เป็นเซลล์เดี่ยว มีรูปร่างหลายแบบ เช่น กลม รี รูปไข่ ทรงกระบอก เป็นต้น



การขยายพันธุ์และการเจริญเติบโต

ยีสต์ขยายพันธุ์ด้วยการแตกหน่อเป็นเซลล์ลูก เมื่อเซลล์ลูกพัฒนาเต็มที่แล้ว จึงหลุดออกไปหรืออาจใช้วิธีแบ่งเซลล์จากหนึ่งเป็นสอง เมื่ออยู่สภาพที่ไม่เหมาะสม ยีสต์จะสร้างสปอร์ที่ทนต่อสภาพแวดล้อมขึ้น เช่น ทนอุณหภูมิที่ต่ำมาก ๆ ระดับแช่แข็ง หรือทนสภาพที่แห้งมาก ๆ ทนสารเคมีต่าง ๆ ทนความร้อนได้มากกว่าเซลล์ยีสต์ธรรมดา สปอร์ที่ยีสต์สร้างขึ้นเรียก แอสโคสปอร์

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับยีสต์

1. อาหาร ยีสต์อาจปะปนอยู่ในอาหารทุกชนิด แต่จะเจริญเติบโตได้ดีในอาหารที่มีน้ำตาล เช่น ผลไม้ น้ำผลไม้ น้ำเชื่อม เป็นต้น
2. ความชื้น ยีสต์ต้องการความชื้นในการเจริญเติบโตมากกว่ารา แต่น้อยกว่าแบคทีเรีย

3. ออกซิเจน ยีสต์เจริญเติบโตได้ทั้งในที่ ๆ มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน เมแทบอลิซึมของยีสต์มี 2 แบบ คือ เมแทบอลิซึมหมัก และเมแทบอลิซึมหายใจ สภาวะเมแทบอลิซึมหายใจ เป็นสภาวะที่ยีสต์ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโตแบ่งเซลล์ เพิ่มจำนวนมากขึ้น โดยเปลี่ยนน้ำตาลในอาหารให้เป็นพลังงาน คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ดังสมการ



ในการทำขนมปังใช้ผลพลอยได้ของเมแทบอลิซึมหายใจ ในกระบวนการ ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาล ซึ่งมีอยู่ในแป้ง ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ

ส่วนสภาพเมแทบอลิซึมหมักเป็นสภาวะที่ยีสต์ไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต แต่จะใช้เอนไซม์ย่อยน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ และ คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผลิตภัณฑ์ อาหารหมักหลายชนิด

4. อุณหภูมิ ยีสต์เจริญเติบโตได้ในอาหารที่อุณหภูมิ 0 - 40 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญพันธุ์ คือ 20 - 25 องศาเซลเซียส ยีสต์บางชนิดทนสภาพเยือกแข็งได้ แต่อาจเสียสมบัติเมแทบอลิซึมไปเล็กน้อย เราจึงสามารถเก็บยีสต์ทำขนมปังได้หลายเดือน ความร้อนขนาด 55 - 60 องศาเซลเซียสทำลายยีสต์ได้ในเวลา 30 นาที

5. ความเป็นกรดต่าง ยีสต์ชอบสภาพที่เป็นกรด พีเอช. ประมาณ 3 - 5 ดังจะเห็นว่ายีสต์เจริญเติบโตได้ดีในผลไม้ และน้ำผลไม้ต่าง ๆ

ประเภทของอาหารและยีสต์ที่ใช้ประโยชน์

1. เชื้อคาโรไมซีส (*Saccharomyces*) เป็นกลุ่มยีสต์ที่เป็นประโยชน์มากในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น นำมาทำให้ขนมขึ้นฟู ทำไวน์ เบียร์ สายพันธุ์ที่สำคัญคือ เชื้อคาโรไมซีส ซีรีวีเชีย (*Saccharomyces cerevisiae*)

2. เอนโดไมซีส (*Endomyces*) เป็นกลุ่มยีสต์ที่ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ใช้สังเคราะห์ไขมันและเอนไซม์อะไมเลส

ประเภทของอาหารและยีสต์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย

1. อาหารน้ำตาลสูงได้แก่ น้ำเชื่อม แยม เยลลี่ ผลไม้แห้งและน้ำผลไม้เข้มข้น ยีสต์ที่เจริญเติบโตได้ในสภาวะน้ำตาลเข้มข้นเรียก ยีสต์ออสโมฟิลิก (*osmophilic*) พวกที่ทนได้เรียก ยีสต์ออสโมตุริก (*osmotolerant yeast*) ยีสต์พวกนี้จะเจริญได้ช้า อาหารจึงไม่เสียทันที หากมียีสต์พวกที่ปะปนอยู่ การเสียอาจใช้เวลาหลายเดือน

2. อาหารเกลือสูง ซึ่งใช้เกลือเข้มข้น 10 - 16 เปอร์เซ็นต์ ยีสต์จะใช้น้ำตาลในผักและผลไม้ และสร้างกรดแลกติกขึ้นมาในผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มี pH ลดลง และยีสต์พวกที่เจริญเติบโตในที่ที่มีออกซิเจน จะเจริญเติบโตตามผิวหน้าเป็นฝ้า *Deberomyces* เป็นยีสต์ที่ทนเกลือสูงมาก พบในน้ำทะเล และอยู่รอดได้ในการผลิตเกลือสมุทร จึงทำให้อาหารที่ถนอมโดยใช้เกลือ เช่น แยม เบคอน เนื้อเค็มอาจเสียจากยีสต์นี้ได้

3. ผลไม้และน้ำผลไม้ ยีสต์ที่ทำให้เสียคือ *Torulopsis* และ *Pichia*

4. อาหารหมักเปรี้ยวและดองเปรี้ยว แอ็นเซนูลา (*Hansenula*) เป็นยีสต์กลุ่มที่สามารถเจริญเติบโตได้บนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ที่มีการดอง เช่น ผักดองเปรี้ยว ยีสต์กลุ่มนี้จะเปลี่ยนกรดอินทรีย์ให้มีฤทธิ์อ่อนลง และทำให้อาหารเสียจากจุลินทรีย์อื่น ๆ ได้ นอกจากนั้นยังทนต่อสภาพที่มีแอลกอฮอล์สูงด้วย ทำให้เครื่องดื่มแอลกอฮอล์มีรสชาติผิดไป

5. ผลิตภัณฑ์นมและครีม ยีสต์ย่อยน้ำตาลแลคโทสในนม และจะปล่อยแก๊สออกมาทำให้กระป๋องบวม บางพวกก็สร้างสีได้ ทำให้นมและครีมมีจุดสีแดง และยังทำให้รสเปรี้ยวอีกด้วย

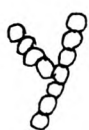
6. อาหารไขมัน เช่น นมสด เนยเทียม นม เนยเหลว เป็นต้น การเสียเกิดจากยีสต์ที่ย่อยไขมัน ได้เช่น *Candida lipolytica*

7. ไวน์และเบียร์ ยีสต์ทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ขึ้น เช่น *S. mollis* และ *S. acidifaciens* เป็นต้น

แบคทีเรีย (bacteria)

เป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น มีอยู่ทั่วไปในอากาศ ดิน และอาหาร แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่มีชนิด ขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่น มีรูปร่างกลม รี ทรงกระบอก เป็นแท่ง เป็นเกลียว บางชนิดเรียงตัวยาวเป็นลูกโซ่

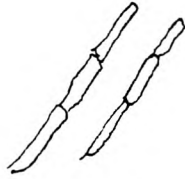
แบคทีเรียไมโครคอคคัสมีรูปร่างกลม แลคโตแบซิลลัสมีรูปร่างเป็นทรงกระบอก ส่วนแบคทีเรียกลุ่ม คลอสตริเดียมสามารถสร้างสปอร์ได้



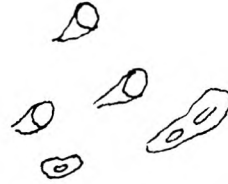
ก. ไมโครคอคคัส



ข. แลคโตแบซิลลัส



ค. แลคโตแบซิลลัส



ง. สปอร์ของคลอสตริเดียม

แบคทีเรียเพิ่มจำนวน โดยการแบ่งเซลล์จากหนึ่งเป็นสอง และเซลล์ที่เกิดขึ้นจะแบ่งตัวไปเรื่อย ๆ จำนวนของแบคทีเรียจึงเพิ่มขึ้นแบบทวีคูณในสภาพที่เหมาะสม แบคทีเรียจะเจริญเติบโตและย่อยสลายสารอาหารด้วยเอนไซม์ในตัวเอง สารอื่นที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายนี้ อาจเป็นแก๊สทำให้อาหารมีฟองอากาศ อาจเป็นกรดทำให้อาหารเปรี้ยว หรืออาจเป็นเมือกทำให้อาหารมีลักษณะเหนียว ดึงออกเป็นใย ซึ่งลักษณะเหล่านี้ล้วนเป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ในอาหารนั้น เราถือว่าอาหารนั้นเสื่อมคุณภาพและเน่าเสีย เมื่ออยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสมแบคทีเรียหลายชนิด สามารถสร้างเมือกเป็นเกราะหุ้ม บางชนิดสามารถสร้างสปอร์ซึ่งทำลายได้ยากกว่าเซลล์ที่กำลังเจริญเติบโตมาก ดังนั้น หากมีการถนอมอาหาร จะต้องระวังและป้องกันแบคทีเรียเหล่านี้เป็นพิเศษ

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรีย

1. อาหาร แบคทีเรียแต่ละชนิดต้องการอาหารแตกต่างกัน บางชนิดก็เติบโตในอาหารหลายประเภท บางชนิดก็เจริญเติบโตได้ในอาหารจำเพาะอย่าง

2. ความชื้น แบคทีเรียต้องการความชื้นมากกว่าราและยีสต์ แบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในสารละลายที่มีเกลือหรือน้ำตาลอยู่ด้วยเล็กน้อย โดยสภาพแวดล้อมที่มีน้ำตาลร้อยละ 0.1 หรือเกลือเพียงร้อยละ 0.85 แต่ถ้าสภาพแวดล้อมมีน้ำตาลเข้มข้นร้อยละ 3 - 4 หรือเกลือเข้มข้นร้อยละ 1 - 2 แบคทีเรียจะถูกยับยั้งการเจริญเติบโต

3. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียต่างชนิด จะต่างกัน จึงแบ่งกลุ่มแบคทีเรียตามอุณหภูมิในการเจริญเติบโตเป็น 3 กลุ่ม คือ

3.1 ไสโครไฟล์ (psychrophiles) เป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิต่ำที่ 0 - 10 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิต่ำเย็น

3.2 มีโซไฟล์ (mesophiles) เป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้ดี ที่อุณหภูมิ 20 - 25 องศาเซลเซียส

3.3 เทอร์โมไฟล์ (thermophiles) หมายถึง แบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้ดี ที่อุณหภูมิสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส

4. ความเป็นกรดต่าง โดยทั่วไปแบคทีเรียชอบสภาพพีเอช. เป็นกลางใกล้เคียงกัน แต่มีบางชนิดเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรด เช่น แลคติกแอซิดแบคทีเรีย (lactic acid bacteria) และมีบางพวกที่เจริญได้ในอาหารที่ค่อนข้างเป็นด่าง

5. ออกซิเจน แบคทีเรียมีหลายประเภท แบ่งตามความต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตได้ดังนี้

5.1 Aerobic bacteria พวกที่ต้องการออกซิเจนสำหรับเติบโต

5.2 Anaerobic bacteria เจริญเติบโตที่ ๆ ไม่มีอากาศ

5.3 Facultative bacteria เติบโตได้ในสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจน

5.4 Microphilic bacteria พวกที่เติบโตได้ในที่ ๆ มีออกซิเจนเพียงเล็กน้อย

ชนิดของแบคทีเรีย

1. แบคทีเรียที่ย่อยสลายโปรตีน มีเอนไซม์โปรตีเนส (proteinase) ย่อยสลายโปรตีนทำให้เกิดกลิ่นเหม็น ได้แก่

- แบซิลลัส (Bacillus)
- โปรเทียส (Proteus)
- ซูโดโมแนส (Pseudomonas)
- คลอสตริเดียม (Clostridium)

2. แบคทีเรียที่ย่อยสลายไขมัน มีเอนไซม์ไลเปสย่อยไขมันเป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอลทำให้เห็นได้ง่าย ได้แก่

- ซูโดโมแนส
- อะโครโมแบคเตอร์ (Achromobacter)
- ไมโครคอคคัส (Micrococcus)

3. แบคทีเรียที่ย่อยสลายน้ำตาลหลายชั้นให้เป็นน้ำตาลชั้นเดียวได้แก่

- แบซิลลัส
- คลอสตริเดียม

4. แบคทีเรียที่ย่อยสลายเพกทิน เป็นตัวทำให้เพกทินซึ่งเป็นสารที่ยึดและประสานโครงสร้างของผักและผลไม้ให้แน่นขึ้น เมื่อแบคทีเรียกลุ่มนี้ย่อยสลายเพกทิน ผักและผลไม้จะนิ่มลงและเละในที่สุด แบคทีเรียเหล่านี้ได้แก่

- เออร์วินเนีย (Erwinia)
- แบซิลลัส
- คลอสตริเดียม

5. แลคติกแบคทีเรียสามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดแลคติก ได้แก่

- แลคโตแบซิลลัส
- ลิวโคโนสตอก (Leuconostoc)
- สเตรปโตคอคคัส (Streptococcus)

6. แอซิติกแบคทีเรีย สามารถเปลี่ยนเอทานอลให้เป็นกรดแอซิติก ตัวที่ใช้หมักน้ำส้มสายชู ได้แก่ แอซิโตแบคเตอร์ (Acetobacter)

7. แบคทีเรียที่สร้างเมดสีทำให้อาหารมีสีต่าง ๆ ตามสีของแบคทีเรีย ได้แก่

- ฟลาโวแบคทีเรียม (Flavobacterium)
- เซอร์ราเทีย (Serratia)
- ไมโครคอคคัส

8. แบคทีเรียที่สามารถสร้างสปอร์

- คลอสตริเดียม
- แบซิลลัส

9. แบคทีเรียที่สามารถสร้างเมือก

- ลิวโคโนสตอก
- แลคโตแบซิลลัส
- สเตรปโตคอคคัส
- อัลคาไลจิเนส (Alcaligenes)

10. แบคทีเรียที่สร้างแก๊ส

- ลิวโคโนสตอก

11. แบคทีเรียที่พบในลำไส้ซึ่งหมายถึงว่าจะติดมากับอุจจาระ อาหารที่มีแบคทีเรียเหล่านี้อยู่มากจึงไม่น่าปลอดภัยที่จะบริโภค และยังทำให้อาหารเสียในลำดับต่อมาอีกด้วย

- เอสเชอริเชีย (Escherichia)
- เอนเทอโรแบคเตอร์ (Enterobacter)
- สเตรปโตคอคคัส
- โพรพริโอโนแบคทีเรียม (Propionobacterium)
- แบซิลลัส
- โพรเทียส
- คลอสทริเดียม

12. แบคทีเรียที่ชอบความเย็น

- ชูโดโมแนส
- แลคโตแบซิลลัส
- เอนเทอโรแบคเตอร์
- ฟลาโวแบคทีเรียม

13. แบคทีเรียที่ทนความร้อนได้แก่

- แบซิลลัส สเตียโรเทอร์โมฟิลัส (Bacillus stearothermophilus)
- คลอสทริเดียม เทอร์โมแซ็กคาไรลิคัม (Clostridium thermosaccharolyticum)
- แลคโตแบซิลลัส เทอร์โมฟิลัส (Lactobacillus thermophilus)

14. แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุอาหารเป็นพิษ

- ซาลโมเนลลา ไทฟิมูเรียม (Salmonella typhimurium)
- คลอสทริเดียม โบทูลินัม (Clostridium botulinum)
- สแตปไฟโลคอคคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus)

หลักการทั่วไปในการถนอมอาหาร

หลักที่สำคัญในการถนอมอาหารไม่ว่าจะเป็นอาหารประเภทใด มีอยู่ว่า

1. ต้องลดปริมาณจุลินทรีย์และปฏิกิริยาเคมีที่อาจเกิดขึ้นให้มากที่สุดที่จะทำได้
2. ป้องกันจุลินทรีย์ที่คงเหลืออยู่ และปฏิกิริยาเคมีที่อาจจะเกิดขึ้นภายหลัง ไม่ให้มี

ปริมาณเพิ่มขึ้น

ประเภทของการถนอมอาหาร

1. การใช้อุณหภูมิสูง มีจุดประสงค์เพื่อให้ความร้อนทำลายจุลินทรีย์ และเอนไซม์ ในอาหาร โดยยังรักษาลักษณะที่ดีของอาหารเดิมไว้ให้ได้มากที่สุด

2. การใช้อุณหภูมิต่ำ จุดประสงค์เพื่อเก็บรักษาอาหารได้นานและเหมือนสดที่สุด โดยใช้ความเย็นยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ปะปนอยู่ในอาหาร และยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีของอาหาร โดยเฉพาะอาหารผักและผลไม้ การใช้อุณหภูมิต่ำจะช่วยลดการหายใจของเซลล์ผักผลไม้ และลดปฏิกิริยาของเอนไซม์ การใช้อุณหภูมิต่ำแบ่งเป็นการแช่เย็นในอุณหภูมิระดับ 5 - 10 องศาเซลเซียส และการแช่แข็งใช้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของอาหาร (ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส)

3. การกำจัดน้ำ เป็นการยับยั้งและทำลายจุลินทรีย์ โดยลดความชื้นในอาหาร ทำให้จุลินทรีย์ขาดน้ำไม่สามารถจะดำรงชีวิตอยู่ได้ สำหรับจุลินทรีย์ที่ทนได้ก็ไม่สามารถเจริญเติบโตได้เหมือนเซลล์ธรรมดา อาหารจะเสียช้าลง วิธีการถนอมอาหารโดยอาศัยหลักการนี้ ได้แก่ การตากแห้ง การอบแห้ง การรมควัน ซึ่งเป็นการระเหยน้ำออกจากอาหารโดยตรง นอกจากนั้นก็มีการใช้เกลือ หรือน้ำตาลเข้มข้น เพื่อดึงน้ำออกจากอาหาร โดยกระบวนการออสโมซิส

4. การหมัก เป็นการถนอมอาหารโดยการเปลี่ยนแปลงรสชาติและ/หรือลักษณะของอาหารเพื่อให้เก็บอาหารได้นานขึ้น หรือเป็นการใช้อาหารที่อาจมีมากในเวลาหนึ่ง ๆ ให้ได้ประโยชน์แทนที่จะเสียทิ้งเปล่า การหมักนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารบางตัว ในอาหาร ด้วยการกระทำของจุลินทรีย์บางตัว ทำให้ได้อาหารมีรสชาติต่างออกไป หรือได้อาหารชนิดใหม่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นาน เช่นการทำผักกาดดองเปรี้ยว ไวน์จากสับปะรด และแหมม เป็นต้น

5. การใช้วัตถุเจือปนในอาหาร การใส่วัตถุเจือปนในอาหารนั้นมีวัตถุประสงค์หลายประการ เช่น ใส่เพื่อปรุงแต่งลักษณะอาหารให้ดูน่ารับประทาน ใส่เพื่อผลทางการอุตสาหกรรม ฯลฯ ในการถนอมอาหาร จะใส่วัตถุเจือปนในอาหาร เพื่อคงคุณภาพของอาหารไว้ และเพื่อเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น เรียกว่าวัตถุเจือปนในอาหารที่ใส่เพื่อกันการเสียว่า วัตถุกันเสีย

6. การใช้รังสี เป็นการใช้รังสีจากสารกัมมันตรังสี ทำลายจุลินทรีย์ในอาหารเพื่อเก็บรักษาอาหารได้นานโดยไม่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ

จากหลักการถนอมอาหารทั้ง 6 ประเภท ดังกล่าวมาแล้ว ก่อให้เกิดวิธีการถนอมอาหาร ซึ่งมีกรรมวิธีต่าง ๆ กัน อย่างไรก็ตามการถนอมอาหารส่วนใหญ่ ในอาหารชนิดหนึ่ง จะใช้กรรมวิธีการถนอมหลาย ๆ วิธีร่วมกัน เช่น ทำปลาเค็ม ต้องเลือกใช้เกลือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางส่วนก่อนจึงใช้แสงแดดเป็นตัวกำจัดน้ำอีกทีหนึ่ง และบางทีก็มี การรมควันเพิ่มเข้าด้วย เพื่อระงับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ยังคงปะปนอยู่ในอาหาร

การเลือกวิธีถนอมอาหาร

สำหรับอาหารถนอมทุกชนิดอาจใช้วิธีการถนอมได้ทุกวิธีแต่สิ่งที่เราต้องคำนึงถึงก่อนตัดสินใจเลือกวิธีการถนอมอาหารชนิดหนึ่ง ๆ นั้น มีดังนี้

1. อันดับแรก ควรพยายามถนอมอาหารให้อาหารนั้นมี สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสเหมือนอาหารสดมากที่สุด ยกเว้นจะจงใจให้อาหารนั้นมีกลิ่น รส แปลกออกไป
2. คำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร วิธีการถนอมอาหารที่เลือกใช้ควรจะถนอมคุณค่าทางอาหารได้มากที่สุดด้วย
3. เลือกใช้วิธีถนอมอาหารที่ใช้ต้นทุนน้อย ได้แก่ อาหารที่มีมากในท้องถิ่น วิธีการถนอมอาหารที่คุ้มค่าเงิน แรงงาน และเวลาที่ลงทุนไป

สรุปท้ายบท

การเสื่อมคุณภาพและการเน่าเสียของอาหารเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของอาหาร ซึ่งเป็นผลทำให้ลักษณะอาหารเปลี่ยนไป เช่น เนื้อสัมผัส กลิ่นและสีรวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการ สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของอาหารมาจากเอนไซม์ ในอาหารเอง รวมทั้งปฏิกิริยาเคมีที่เร่งการทำงานของเอนไซม์และเนื่องมาจากจุลินทรีย์

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมาก พบทั่วไปในอากาศ ดิน น้ำ อาหาร เครื่องใช้ต่าง ๆ และในสิ่งที่มีชีวิตเช่น คนและสัตว์ต่าง ๆ จุลินทรีย์เหล่านี้มีทั้งชนิดที่ให้โทษและเป็นประโยชน์ บางชนิดในสภาวะหนึ่งให้โทษ แต่ในอีกสภาวะหนึ่งกลับให้ประโยชน์

โทษที่เกิดกับอาหารโดยจุลินทรีย์ คือการที่อาหารเสื่อมเสีย จุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอาหารเพื่อการเจริญเติบโต และมีผลผลิตพลอยได้ที่เกิดจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ซึ่งได้แก่ การเกิดสารประกอบที่เป็นพิษ ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหาร การเกิดแก๊สที่มีกลิ่นเหม็น การเกิดสารประกอบใหม่ที่ทำให้โครงสร้างอาหารเปลี่ยนไป การเกิดสาร

ประกอบที่มีสีอื่นที่ไม่ใช่สีเดิมของอาหาร หรือการเกิดสารประกอบที่มีรสชาติดูอื่น เช่น รสเปรี้ยวแทนรสหวาน เป็นต้น ถ้าอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างหนึ่งดังกล่าวหรือหลายอย่างรวมกันอาหารนั้นจัดว่าเป็นอาหารเสีย การเก็บอาหารไว้นาน ๆ จึงมุ่งเน้นที่การทำลายจุลินทรีย์รวมทั้งหยุดการทำงานของเอนไซม์ในอาหาร วิธีที่ใช้ทั่วไปคือ การใช้ความร้อน เช่น การต้มและการฆ่าเชื้อในภาชนะปิด การใช้อุณหภูมิต่ำ เช่น การแช่เย็นและการแช่แข็ง การใส่เกลือ การเคี่ยวในน้ำตาลปริมาณสูง การตากแห้งและการอบแห้ง การใช้สารเคมี และการฉายรังสีอาหาร เป็นต้น

สำหรับประโยชน์ของจุลินทรีย์ในการถนอมอาหาร คือ การหมักอาหาร ทำให้ได้อาหารใหม่เกิดขึ้น ซึ่งอาหารใหม่นี้ อาจจะเปลี่ยนแปลงไปเฉพาะกลิ่นรสเช่น การหมักข้าวเหนียวเป็นข้าวหมาก หรือเปลี่ยนแปลงทั้งกลิ่นรสและลักษณะปรากฏ เช่น การหมักข้าวมอลท์เป็นเบียร์ และการหมักถั่วเหลืองเป็นซีอิ๊ว เป็นต้น

วิธีสอนและกิจกรรม

1. บรรยาย
2. ให้ผู้เรียนศึกษาลักษณะการเสียของอาหารหลายประเภทจากตัวอย่างจริง โดยบันทึกรายละเอียดของตัวอย่างอาหารเสีย เช่น ผิวสัมผัสของอาหาร สีและกลิ่นที่เปลี่ยนไป รวมทั้งประเภทของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสีย
3. ให้ผู้เรียนจดจำชื่อของจุลินทรีย์ทั้ง 3 ประเภทคือ รา ยีสต์ และแบคทีเรีย ที่เกี่ยวข้องกับการทำให้อาหารเสีย โดยเฉพาะกลุ่มจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนและสร้างสารพิษ ซึ่งเป็นอันตรายต่อคน

สื่อการสอน

1. เอกสารคำสอน
2. ตัวอย่างอาหารเสีย
3. ตารางจำแนกชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในอาหารเสีย

การประเมินผล

1. สังเกตความสนใจในห้องเรียน การอภิปราย ชักถามและการแสดงความคิดเห็น
2. รายงานของผู้เรียนที่ศึกษาและบันทึกจากกิจกรรมในข้อ 2 และข้อ 3

บทที่ 2

การถนอมอาหารโดยใช้อุณหภูมิสูง

หัวข้อเรื่อง

1. อาหารกระป๋องและจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋อง
2. หลักการใช้ความร้อนในการถนอมอาหาร
3. กระบวนการผลิตอาหารกระป๋อง
4. การเสียของอาหารกระป๋อง
5. การใช้และการเก็บอาหารกระป๋อง
6. ลักษณะและอาการของโรคอาหารเป็นพิษ

แนวคิด

การใช้อุณหภูมิสูง มีจุดประสงค์เพื่อให้ความร้อนทำลายจุลินทรีย์ และเอนไซม์ในอาหาร โดยยังรักษาลักษณะที่ดีของอาหารเดิมไว้ให้มากที่สุด ความร้อนที่ใช้แบ่งเป็น 3 ระดับคือ ระดับต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำ (pasteurization) ระดับน้ำเดือดและระดับสูงกว่าจุดเดือดของน้ำ (sterilization) การใช้อุณหภูมิสูงกับอาหารนี้มีระดับการทำลายจุลินทรีย์ได้ต่างกัน อย่างไรก็ตาม หลังจากที่ได้รับความร้อนและจุลินทรีย์ถูกทำลายแล้ว หากไม่เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิท ก็จะได้รับปนเปื้อนของจุลินทรีย์ภายหลังได้อีก ดังนั้นการใช้ความร้อนสูง จึงจำเป็นกับอาหารในภาชนะที่สะอาดและปิดสนิท หากไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากภายนอกอีก อาหารในภาชนะนั้นจะไม่เสีย

จุดประสงค์การเรียนรู้

หลังจากการเรียนรู้จบขั้นแล้ว ผู้เรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. เลือกระดับความร้อนที่เหมาะสมในการถนอมอาหารโดยใช้อุณหภูมิสูงได้
2. ผลิตอาหารกระป๋องในระดับครัวเรือนได้
3. อธิบายการผลิตอาหารกระป๋องในระดับอุตสาหกรรมได้
4. บอกลักษณะการเสียและจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสียในอาหารกระป๋องได้
5. บอกวิธีการใช้และเก็บรักษาอาหารกระป๋องได้อย่างถูกต้อง

การถนอมอาหารโดยใช้อุณหภูมิสูง

และ

การบรรจุกระป๋อง

การใช้อุณหภูมิสูงในการถนอมอาหาร เป็นวิธีที่ทำให้จุลินทรีย์ในอาหารถูกทำลายลง ถ้าให้ความร้อนสูงพอ โปรตีนในจุลินทรีย์จะแข็งตัว ทำให้ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ สิ่งที่สำคัญของการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน คือต้องทำลายจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารซึ่งอยู่ในภาชนะที่ปิดสนิท เพื่อหลังจากอาหารปลอดภัยแล้ว จะไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากภายนอกได้อีก อาหารถนอมแบบนี้เรียกรวมกันว่าอาหารกระป๋อง (canning) คำว่าอาหารกระป๋อง จึงมีความหมายว่าเป็นการเก็บรักษาอาหารสำเร็จรูปหรือกึ่งสำเร็จรูป ในภาชนะที่ปิดผนึกแน่น สามารถป้องกันการซึมเข้าหรือออกของน้ำ อากาศและจุลินทรีย์จากภายนอก และได้ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหารด้วยความร้อนอย่างเพียงพอจนสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานภายใต้อุณหภูมิธรรมดา (อุณหภูมิห้อง)

จุลินทรีย์ในอาหาร

ผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ได้มาจากการนำผลิตผลทางด้านเกษตรมาแปรรูป และผลิตเป็นอาหารสำเร็จรูป ซึ่งผ่านกระบวนการต่าง ๆ อาหารแต่ละชนิดจึงมีลักษณะ และความเป็นกรดแตกต่างกัน ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ด้วยกันคือ

1. อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ เป็นอาหารที่มีค่า พีเอช. สูงกว่า 5.0 ได้แก่ อาหารประเภทผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เช่น ปลา ปู กุ้ง หอย เนื้อหมู เนื้อวัว ผลิตภัณฑ์นมและไข่ ผลิตภัณฑ์จากแป้งและผักเป็นส่วนใหญ่

จุลินทรีย์ที่พบในอาหารกลุ่มนี้มีทั้ง รา ยีสต์และแบคทีเรีย จุลินทรีย์ที่สำคัญที่ต้องระวัง คือ

1.1 *Clostridium botulinum* เป็นแบคทีเรียที่พบในดินที่สามารถสร้างสปอร์ซึ่งทนความร้อนได้ดีในที่อับอากาศในอุณหภูมิธรรมดา และสร้างสารพิษซึ่งมีผลต่อระบบประสาทของคนทำให้ถึงตายได้ ดังนั้น หากแบคทีเรียกลุ่มนี้ปนเปื้อนอยู่ในอาหารและถูกทำลายไม่หมดด้วยความในการบรรจุอาหาร จะเจริญเติบโตสร้างสารพิษ ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ โบทูลิซึม หลังการบริโภค

1.2 *Clostridium sporogenes* เป็นแบคทีเรียที่พบในดิน ซึ่งทนความร้อนมากกว่าแบคทีเรียชนิดแรกที่กล่าว

1.3 แบคทีเรียที่สร้างสปอร์ซึ่งทนความร้อนชนิดอื่น ๆ กลุ่มนี้สามารถเติบโตในอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียสขึ้นไป

2. อาหารที่มีความเป็นกรดปานกลาง มีพีเอช. อยู่ระหว่าง 4.5 - 5.0 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ และผักที่มีรสเปรี้ยว อาหารประเภทซूप และอาหารสำเร็จรูปประเภทที่ปรุงแต่งรสชาติด้วยกรดน้ำส้ม หรือกรดมะนาว

จุลินทรีย์ที่พบในอาหารกลุ่มนี้เป็นพวกที่ทนกรด แต่ไม่ค่อยทนความร้อน ทั้งรา ยีสต์ และแบคทีเรียสามารถทำให้อาหารกลุ่มนี้เสียได้

3. อาหารที่มีความเป็นกรด มีพีเอช. อยู่ระหว่าง 3.7 - 4.5 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์จากผลไม้ชนิดต่าง ๆ เช่น มะเขือเทศ ส้ม มะนาว ผลิตภัณฑ์ที่ปรุงแต่งด้วยน้ำมะนาวและน้ำส้มสายชู

ในอาหารที่เป็นกรด จุลินทรีย์จะทนความร้อนได้น้อยลง เพราะฉะนั้นผลิตภัณฑ์แปรรูปอาหารที่มีความเป็นกรดที่ทำอย่างถูกต้องและถูกสุขลักษณะ จึงไม่ควรพบจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายอย่างเช่น *Clostridium botulinum*

4. อาหารที่มีความเป็นกรดสูง มีพีเอช. ต่ำกว่า 3.7 ได้แก่ ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวจัด เช่น มะนาว กระเจี๊ยบ มะยม และอาหารหมักดองบางประเภท

จุลินทรีย์ทั้งรา ยีสต์และแบคทีเรียที่ทนกรด เช่น แลคติกแบคทีเรีย อาจเจริญเติบโตในอาหารกลุ่มนี้ได้ แต่จุลินทรีย์เหล่านี้ไม่ทนความร้อน ดังนั้นจึงมักจะถูกทำลายง่ายในกระบวนการแปรรูปอาหาร

หลักการใช้ความร้อนในการถนอมอาหาร

การใช้ความร้อนในการถนอมอาหารที่บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทแบ่งเป็น 3 ระดับ ดังนี้คือ

1. ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส
2. ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (ความร้อนที่จุดเดือด)
3. ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส (ความร้อนเหนือจุดเดือด)

การใช้ความร้อนระดับต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส

เป็นความร้อนขั้นต่ำคือ ความร้อนขนาด 60 - 85 องศาเซลเซียส ความร้อนขนาดนี้ สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้เพียงบางชนิดเท่านั้น เราจึงใช้ความร้อนระดับนี้เฉพาะในกรณีเหล่านี้

1. เมื่อความร้อนสูงกว่านี้จะทำลายคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น โปรตีนในน้ำนมจะจับกันเป็นก้อน กลิ่นรสจะด้อยลง การสูญเสียวิตามินซีในน้ำผลไม้ การสูญเสียสารระเหยง่ายบางอย่าง เช่น แอลกอฮอล์ในไวน์ เหล้า หรือกรดแอซีติกในน้ำส้มสายชู

2. เมื่อจุลินทรีย์ที่จะพบในอาหารนั้น ส่วนใหญ่ไม่สามารถทนความร้อนสูงได้ เช่น ยีสต์และรา

3. อาหารที่มีความเป็นกรดสูง เช่น ในน้ำส้มและน้ำผลไม้ต่าง ๆ

4. เมื่อต้องการทำลายจุลินทรีย์บางชนิดที่ไม่สร้างสปอร์ แต่ทำให้เกิดโรคแก่มนุษย์ เช่น การผลิตน้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ เป็นต้น

วิธีการที่ช่วยให้การใช้อุณหภูมิขั้นต่ำกับอาหารและทำให้เกิดผลดียิ่งขึ้น คือ

1. เก็บไว้ในที่เย็น

2. เก็บในภาชนะที่มิดชิด เช่น ในการบรรจุอาหารหรือกระป๋อง และไม่มีอากาศ

3. อาหารนั้นมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบอยู่สูง เช่น น้ำผลไม้เข้มข้น หรือนมข้นหวาน แยมและเยลลี่

4. อาหารนั้นเติมสารเคมีที่มีสมบัติในการถนอมอาหาร แต่ไม่เป็นอันตรายแก่สุขภาพของผู้บริโภค

การใช้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์นี้อาจแบ่งได้ 2 วิธี คือ

1. ระบบช้า (low temperature long time, LTLT) ใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และทำให้เย็นทันที เป็นวิธีที่ง่าย สามารถทำได้ในระดับครัวเรือน โดยนำอาหารใส่ภาชนะที่เหมาะสม ให้ความร้อนระดับดังกล่าว โดยวัดด้วยเทอร์มอมิเตอร์ จับเวลาตามกำหนด

2. ระบบเร็ว (high temperature short time, HTST) ใช้อุณหภูมิสูงขึ้น เวลาสั้นลง (ตาราง 2.1) แล้วทำให้เย็นโดยเร็ว ระบบนี้มักจะทำเป็นระบบต่อเนื่อง เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบเฉพาะ ทำโดยให้อาหารไหลผ่านแผ่นหรือท่อแลกเปลี่ยนความร้อนในช่วงระยะเวลาที่กำหนด ระดับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2.1 อาหารที่ใช้อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส

อาหาร	อุณหภูมิ (องศาซี)	เวลา
ไอศกรีมนม	71.1	30 นาที
	82.1	16-20 วินาที
นมสด	62.8	30 นาที
	71.7	15 นาที
ไวน์อุ่น	60.65	20-30 นาที
	82-85	1 นาที
น้ำอุ่น	67	30 นาที
น้ำผลไม้ พีเอช. ต่ำกว่า 3.7	85	30 นาที
น้ำส้มสายชู 5 เปอร์เซ็นต์	65	20 นาที

การใช้ความร้อนระดับ 100 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิขนาดจุดเดือดนี้ สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ทุกชนิด ยกเว้นแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ ถ้าต้องการทำลายจุลินทรีย์พวกที่สร้างสปอร์ด้วยความร้อนระดับนี้ ต้องใช้เวลานานมากซึ่งจะทำให้อาหารเสียคุณภาพมาก

อุณหภูมิระดับนี้นิยมใช้กันกว้างขวาง แต่ต้องใช้กับอาหารที่มีปริมาณต่อหน่วยไม่มากเกินไป คือไม่เกิน 600 กรัม

อาหารต้องอยู่ในประเภทที่ 3 และ 4 คือ เป็นอาหารที่มีความเป็นกรดและอาหารที่มีความเป็นกรดสูงมีพีเอช.ต่ำกว่า 4.5 สำหรับผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้มี พีเอช.สูงกว่านี้อาจจะลด พีเอช.โดยการเติมกรดอินทรีย์ลงไปเช่น กรดแอซิดิก น้ำมะนาวหรือน้ำมะขาม เป็นต้น เหตุผลคือแบคทีเรียที่สร้างสปอร์เช่น *C. botulinum* จะเจริญเติบโตได้ยากและจะถูกทำลายด้วยความร้อนได้ง่ายขึ้น ในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรด ตัวอย่างอาหารที่ใช้ความร้อนระดับน้ำเดือดทำลายจุลินทรีย์ อยู่ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 อาหารที่ใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

อาหาร	เวลา(นาที)	หมายเหตุ
น้ำผลไม้	15	อาหารบรรจุกระป๋อง โดยมีน้ำหนักสุทธิไม่เกิน 600 กรัม
ส้ม	17	
สับปะรด	20	
องุ่น	20	
มะเขือเทศ	25	
เงาะปรับ พีเอช.	20	
ลำไยปรับ พีเอช.	20	
ฝรั่งปรับ พีเอช.	20	

การใช้ความร้อนระดับสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส

อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำและปานกลาง คือมีพีเอช.ตั้งแต่ 4.5 ขึ้นไป ต้องผ่านความร้อนสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ในเวลาที่เหมาะสม จึงจะเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ โดยเฉพาะแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ โดยไม่ทำให้คุณภาพของอาหารเสียไป ดังนั้นอาหารเหล่านี้ต้องนำไปต้มในหม้อนึ่งอัดไอ ซึ่งมีทั้งขนาดเล็กใช้ในครัวจนถึงขนาดใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรม

การใช้หม้อนึ่งอัดไจะช่วยเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นดังนี้

ความดัน 5 ปอนด์/ตารางนิ้ว จะได้อุณหภูมิ 109 องศาเซลเซียส

ความดัน 10 ปอนด์/ตารางนิ้ว จะได้อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส

ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว จะได้อุณหภูมิ 121.5 องศาเซลเซียส

สำหรับเวลาที่ใช้ถ้าใช้ความดันสูง 10 - 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้เวลา 25 ถึง 60 นาที ถ้าความดันสูงกว่า 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว สามารถลดเวลาลงมาเป็น 30 นาที

ตารางที่ 2.3 แสดงถึงอุณหภูมิสูงและเวลาที่ใช้กับอาหารต่าง ๆ ชนิด

ตารางที่ 2.3 อาหารที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส

อาหาร	อุณหภูมิ (องศาซี)	เวลา(นาที)	หมายเหตุ
เห็ดเป๋าะอื้อ	120	30	อาหารบรรจุ กระป๋อง โดยมี น้ำหนักสุทธิไม่เกิน 600 กรัม
ข้าวโพดอ่อน	115	30	
	120	20	
ข้าวโพดทั้งเมล็ด	115	35	
	120	25	
ถั่วฝักยาว	115	30	
	120	25	
ปลาในน้ำมันหอย	120	40	
ข้าวหมกไก่	120	55	

กระบวนการผลิตอาหารกระป๋อง

การเตรียมวัตถุดิบ

1. ทำความสะอาด เป็นการแยกเศษหิน ดินและอื่น ๆ และล้างน้ำ เพื่อให้ช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นให้น้อยลง และช่วยให้ง่ายและสะดวกในการปฏิบัติงาน
2. คัดขนาดและความอ่อนแก่ เพื่อให้ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สม่ำเสมอ
3. ตกแต่ง การตกแต่งหมายถึง การเด็ดก้าน ตัดขั้ว ปอกเปลือก แกะเมล็ดออก เจาะไส้ หั่น ลับ บด ให้ได้ลักษณะขนาดตามที่ต้องการ รวมทั้งการตัดแต่งส่วนที่ไม่ดี เช่น ดำหนิหรือรอยช้ำออกไป

การลวกด้วยน้ำร้อน (blanching)

เป็นการจุ่มวัตถุดิบในน้ำเดือดตามเวลาที่เหมาะสม โดยมีวัตถุประสงค์นี้

1. ทำลายเอนไซม์ในวัตถุดิบ และลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ติดอยู่ที่วัตถุดิบ
2. ช่วยให้อัตราการหอดตัวนุ่ม สะดวกในการบรรจุ

การบรรจุ (filling)

การบรรจุเริ่มต้นด้วยวัตถุดิบที่เป็นของแข็ง โดยปริมาณที่เหมาะสมตามที่กำหนดไว้แล้วตามด้วยการบรรจุส่วนที่เป็นของเหลว อาจเป็นน้ำเกลือ น้ำเชื่อม หรืออื่น ๆ ตามวัตถุประสงค์ของการผลิต หลักอื่น ๆ ในการบรรจุที่ต้องปฏิบัติตามดังนี้

1. ถ้าอาหารมีน้ำผสมอยู่ด้วย เช่น เงาะในน้ำเชื่อม แองเกียหวานไก่ ต้องเติมน้ำท่วมผิวอาหาร มิฉะนั้นส่วนที่อยู่เหนือน้ำอาจเสียสี และรสได้

2. เว้นช่องว่างระหว่างอาหารและขอบกระป๋องหรือขวดประมาณ $1\frac{1}{4}$ - 1 นิ้ว ขึ้นอยู่กับขนาดของภาชนะและชนิดของอาหารที่บรรจุ ถ้าอาหารที่บรรจุเป็นชนิดที่มีการขยายตัวมากเมื่อได้รับความร้อน ต้องใช้เนื้อที่มาก จึงจำเป็นต้องเว้นช่องว่างไว้ให้มากพอด้วย มิฉะนั้นระหว่างที่ให้ความร้อนทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ขวดจะร้าวแตก หากเป็นกระป๋องจะบวมแตก หรือปริได้

3. กำจัดฟองอากาศในอาหาร โดยใช้ปลายมีดหรือช้อนสอดไปตามข้างขวด ให้ของเหลวเข้าแทนที่อากาศ

การทำให้เป็นสุญญากาศ (vacuum)

เป็นการไล่อากาศภายในภาชนะออกให้มากที่สุด เพื่อวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. ลดความตึงเครียดของภาชนะที่จะเกิดขึ้น เนื่องจากการขยายตัวของอากาศในขณะให้ความร้อน ช่วยป้องกันกระป๋องบวม

2. รักษาคุณภาพของอาหาร เพราะในภาชนะบรรจุปราศจากออกซิเจน

การทำให้เป็นสุญญากาศ ทำได้ 2 วิธี

1. สำหรับอาหารที่มีของเหลวเป็นส่วนประกอบ ให้บรรจุส่วนที่เป็นของเหลวขณะร้อน รีบไล่ฟองอากาศในอาหาร และปิดผนึกภาชนะทันที วิธีนี้อากาศเหนืออาหารจะลอยตัวจากภาชนะไปพร้อม ๆ กับไอน้ำ เมื่อปิดผนึกภาชนะช่องว่างข้างในจะเป็นสุญญากาศ

2. สำหรับอาหารที่มีของเหลวไม่เพียงพอหรือ ต้องการบรรจุอาหารในขณะที่ยังให้นำภาชนะตั้งบนตะแกรงเหนือน้ำเดือด 1 - 2 นาที เพื่อให้อากาศจากภาชนะลอยตัวไปกับไอน้ำ ที่เกิดจากน้ำเดือด ในอุตสาหกรรมใช้เครื่องพ่นไอน้ำลงบนช่องว่าง เหนืออาหารแล้วผนึกทันที

การฆ่าเชื้อ (processing)

ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และระยะเวลาเป็นสำคัญ ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ลักษณะและการ เคลื่อนที่ของความร้อนภายในภาชนะบรรจุ ขนาดของภาชนะ ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่มี อยู่ในอาหาร และต้องพิจารณาจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์และการทนความร้อนสูง จุลินทรีย์ตัว ที่เป็นอันตรายคือ *Clostridium botulinum* ซึ่งสร้างสารพิษในปริมาณเพียงหนึ่งใน ล้านกรัมก็สามารถทำให้คนตายได้ ดังนั้น ในกระบวนการฆ่าเชื้อจึงยึดเอาอุณหภูมิที่สามารถ ทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ตัวนี้เป็นหลัก ซึ่งความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที จะเพียงพอในการทำลายสปอร์ของแบคทีเรียตัวนี้ได้

อุปกรณ์สำหรับต้มฆ่าเชื้อมีอยู่ 3 ชนิด คือ

1. หม้อนึ่ง (steam bath) เป็นหม้อที่มีตะแกรงสำหรับตั้งขวดหรือกระป๋องบรรจุ อาหารให้เหนือน้ำ มีฝาปิดสนิท ต้องระวังตั้งภาชนะอย่าให้ชิดกัน ให้น้ำจะ ได้ไหลวนได้ทั่วถึง วิธีการนี้เป็นการฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิต่ำ เหมาะสำหรับอาหารที่มีกรดหรือแอลกอฮอล์สูง

2. หม้อต้ม (water bath) เป็นหม้อลักษณะคล้ายกับหม้อนึ่ง แต่ตะแกรงอยู่ต่ำ และใส่น้ำจนเกือบท่วมภาชนะที่บรรจุอาหาร ต้องระวังอย่าตั้งภาชนะให้ชิดกันเกินไป เพื่อ ความร้อนจะได้ไหลวนทั่วถึง และป้องกันการกระแทกกระทึกของขวดที่บรรจุอาหาร ซึ่งอาจ จะทำให้รั่วหรือแตกได้ขณะที่น้ำเดือด

อุณหภูมิในหม้อต้มนี้คืออุณหภูมิน้ำเดือด เหมาะสำหรับอาหารที่มีพีเอช ต่ำทุกอย่าง เช่น ผลไม้รสเปรี้ยว

3. หม้อนึ่งอัดไอ (pressure cooker) เป็นหม้อพิเศษที่ปิดอย่างสนิท สามารถ รักษาความร้อนและไอน้ำไว้ภายในหม้อได้หมด เป็นผลให้ความดันภายในหม้อนี้นเพิ่มขึ้นได้ อุณหภูมิภายในหม้อจึงสูงเกินจุดเดือด หม้อนึ่งอัดไอนี้ อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ขนาดเล็กและขนาดใหญ่

ขนาดเล็ก มีส่วนประกอบสำคัญคือ ยางคาตที่ฝาหม้อและตุ้มบังคับไอน้ำ ซึ่งทำ หน้าที่ปิดและเปิดให้ไอน้ำอยู่ภายในหรือออกมาภายนอกได้และยังใช้เป็นเครื่องปรับความดัน ได้ตามหัวตุ้มที่ใช้ หม้อชนิดนี้มีแต่ขนาดเล็ก เหมาะที่จะใช้ในครอบครัวใช้ได้ทั้งในการหุงต้ม อาหารปกติ และในการต้มฆ่าเชื้ออาหารสำหรับบรรจุขวดหรือกระป๋อง

ขนาดใหญ่ มีลักษณะคล้ายกับขนาดเล็ก แต่มีอุปกรณ์เพิ่มขึ้นหลายอย่าง ช่วยให้ควบคุมความดันได้แน่นอน และให้ความดันได้สูงกว่าขนาดเล็ก อุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ติดตั้งอยู่ที่หม้อ และทำหน้าที่ต่าง ๆ กันดังนี้

เครื่องวัดความดัน เป็นหน้าปัทม์มีเข็มชี้บอกจำนวนความดันเป็นปอนด์ ต่อตารางนิ้ว หรือกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ล้นบังคับไอน์ มีลักษณะเป็นล้นที่เปิดได้ตามที่ต้องการ

ล้นป้องกันอันตรายเป็นเกลียวติดอยู่กับฝาหม้อ เมื่อความดันในหม้อสูงมาก ล้นนี้จะเปิด ปล่อยให้ไอน้ำระบายออกไปบ้าง ป้องกันการระเบิด ฉะนั้นควรตรวจสอบให้ล้นนี้อยู่ในสภาพทำงานได้อยู่เสมอ (การตรวจสอบควรเรียกเจ้าหน้าที่ของบริษัทตัวแทนจำหน่าย)

สำหรับอุปกรณ์ทุกอย่างควรมีการตรวจสอบเป็นครั้งคราว เพื่อความแน่ใจในการทำงานของเครื่องต่าง ๆ เหล่านี้

วิธีใช้หม้อนึ่งอัดไอน้ำขนาดใหญ่

1. ใส่ น้ำร้อนจัดๆ ในหม้อ ให้น้ำสูงประมาณ 2 - 3 นิ้ว วางตะแกรงไว้ก้นหม้อ

2. วางขวดหรือกระป๋องที่บรรจุอาหารแล้วให้ห่างกันพอสมควร หรือใช้ลวดคั่น

3. ปิดฝาหม้อให้สนิท ตั้งไฟ ถ้าเป็นชนิดใช้ไฟฟ้าให้เปิดสวิตซ์ทำงาน เปิดล้นบังคับไอน์ไว้ก่อนเพื่อไล่อากาศออกไป หลังจากนั้นน้ำเดือดราว 7 - 8 นาที ปิดล้นบังคับไอน์

4. ปล่อยให้ความดันขึ้นถึงตามที่กำหนดโดยดูจากเครื่องวัดความดัน จึงเริ่มจับเวลาตามที่ต้องการสำหรับอาหารแต่ละประเภท ถ้าความดันขึ้นสูงเกินที่กำหนดไว้ให้ลดไฟลง หรือปรับความดันที่ปุ่มปรับความดันหรือล้นบังคับไอน์

5. เมื่อครบกำหนด ปิดไฟ รอจนความดันลดลงถึง 0 จึงเปิดล้นบังคับไอน์ให้ไอน้ำออกจนหมด

6. เปิดฝาหม้อ ระวังค้อย ๆ เปิดด้านข้างตัวขึ้นก่อนเพื่อให้ไอน้ำพุ่งออกไปเสียก่อน จึงเปิดฝาดออกอย่างเต็มที่

7. ยกขวดหรือกระป๋องบรรจุอาหารออก ถ้าเป็นขวดแก้วควรวางให้เย็น จึ่งแช่ดให้แห้ง ถ้าเป็นกระป๋องนำลงแช่ในน้ำเย็น เปลี่ยนน้ำหลาย ๆ ครั้งจนกระป๋องเย็น จึ่งแช่ดให้แห้ง

8. ปิดฉลากอาหารทุกชิ้นพร้อมลงวันที่ผลิต เพื่อให้ทราบอายุของการเก็บรักษา

9. ล้างหม้อนึ่งอัดไอให้สะอาด โดยเฉพาะส่วนฝา ใช้ผ้าชุบน้ำเช็ดและ ซับให้แห้ง เพื่อป้องกันการเกิดสนิม ซึ่งจะทำให้การควบคุมความดันผิดพลาดได้ในภายหลัง

การทำให้เย็น

ในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง การทำให้เย็นหลังจากผ่านความร้อนมีความสำคัญมาก เพื่อจัดช่วงเวลาที่ความร้อนของอาหารหรือกระป๋องลดลง จุลินทรีย์ที่ยังอาจตกค้างอยู่ เช่น พวก thermophiles จะไม่มีโอกาสเจริญเติบโต การให้ความเย็นต้องพอเหมาะ การให้ความเย็นที่ไม่สัมพันธ์กันกับความร้อนที่ได้รับ จะเกิดผลเสียหาย กระป๋องจะเกิดการเสียหายถึงกับตะเข็บรั่ว และทำให้อาหารเสียได้ง่ายในโอกาสต่อไป อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ใช้คือ 10 องศาเซลเซียส

ภาชนะบรรจุ

ภาชนะสำหรับบรรจุอาหารมี 2 ชนิดคือ ขวดแก้วและกระป๋อง ปัจจุบันมีการใช้กระป๋องมากขึ้น แต่ขวดแก้วก็ยังอยู่ในความนิยมของคนทั่วไป

ขวดแก้ว

เป็นขวดแก้วทนความร้อนชนิดพิเศษ มีฝาแก้วที่ผนึกได้อย่างแน่นสนิท เนื่องจากมียางรอบฝาและมีลวดค้ำคอต ฝาแก้วเปิดปิดด้วยลวดที่ค้ำคอตระหว่างปากและตัวขวด ความแน่นสนิทของฝาขึ้นอยู่กับคุณภาพของยางและสปริงของลวดค้ำคอต ถ้ายางเสื่อมคุณภาพหรือสปริงเสียจะทำให้ผนึกไม่แน่น ก่อนใช้ต้องสำรวจว่ายางและสปริงอยู่ในสภาพดีหรือไม่ โดยการดึงยางดู ถ้ามีความยืดหยุ่นดีก็ใช้ได้ และลวดเมื่อค้ำคอตจะต้องกระชับกับขวด

กระป๋อง

กระป๋องที่ใช้บรรจุอาหารมีคุณภาพต่าง ๆ กันตามราคาวัตถุดิบและวิธีการในการเชื่อมตะเข็บกระป๋อง กระป๋องชนิดดี วัตถุที่เคลือบจะหนา และตะเข็บกระป๋องจะมีลักษณะเหมือนเกลียวเชื่อมต่อกันอย่างสนิท ป้องกันมิให้อาหารซึมเข้าไปละลายโลหะออกมา ส่วน

กระป๋องชนิดคุณภาพต่ำ หากเก็บไว้นาน ๆ อาหารอาจซึมเข้าไปละลายโลหะออกมาได้ เพราะการเคลื่อนภายในกระป๋องหรือการเชื่อมตะเข็บกระป๋องไม่ดีพอ ฉะนั้นจึงควรระมัดระวังและสังเกตให้ดีในการเลือกซื้ออาหารกระป๋อง

วัสดุที่ใช้ทำกระป๋องมี 3 ชนิดคือ

1. กระป๋องแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ใช้บรรจุอาหารที่ไม่เปรี้ยวจัดนัก ใช้บรรจุอาหารทั่ว ๆ ไป เช่น ผักและผลไม้ นมข้นหวาน ไม่เหมาะสมสำหรับอาหารที่มีโปรตีน อาหารที่สีไม่คงตัว เช่น สีจากกุ้งแดง กระเจี๊ยบ เป็นต้น
2. กระป๋องแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก และเคลือบอีกชั้นด้วยแลคเกอร์ ใช้บรรจุอาหารที่มีโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์ กุ้ง ปู ปลา ถั่วชนิดต่าง ๆ แลคเกอร์ที่เคลือบแผ่นเหล็กเป็นชนิดที่ไม่เกิดปฏิกิริยาสีดำกับกัมมะถันที่อยู่ในโปรตีน
3. กระป๋องแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกและเคลือบอีกชั้นด้วยแลคเกอร์ทนกรด ใช้กับอาหารที่มีรสเปรี้ยวจัดเช่น อาหารหมักดองชนิดเปรี้ยวจัด แลคเกอร์จะป้องกันการกัดกร่อนของกรดได้
4. กระป๋องอะลูมิเนียม ใช้บรรจุอาหารประเภท นมสด เบียร์ ปลากระป๋อง ไม่นิยมใช้บรรจุอาหารที่มีรสเปรี้ยว

การเสีของอาหารกระป๋อง

สาเหตุของเสีย

การเสียและการเสื่อมคุณภาพของอาหารกระป๋อง อาจเกิดจากสาเหตุใหญ่ 2 ประการคือ

1. โดยจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และรา ซึ่งอาจยังค้างอยู่ในกระป๋องเนื่องจาก underprocessing ซึ่งหมายถึงกระบวนการให้ความร้อนไม่สูงพอหรือผ่านกระบวนการผลิตไม่ดีพอ หรืออาจเกิด เนื่องจากจุลินทรีย์ปะปนเข้ามาหลังจากการบรรจุ การที่มีจุลินทรีย์ปะปนเข้ามา ทำให้เป็นสาเหตุของอาหารเน่าเสียและอาหารเป็นพิษ ในอาหารกระป๋องอาจมีจุลินทรีย์พวก *Salmonella* และ *Botulinum* ซึ่งเมื่อเติบโตในอาหารแล้วจะไม่ทำให้กลิ่นและสีของอาหารเปลี่ยนแปลง แต่อาจสามารถดูได้จาก ลักษณะภายนอกของกระป๋อง อาหารกระป๋องที่เสียไม่ว่าเหตุใดก็ตามมักจะบวมหรือปริ ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นไม่ควรเสี่ยงรับประทานอาหารในกระป๋องนั้น

2. โดยการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ ซึ่งอาจเนื่องจากไล่อากาศไม่ดีพอ บรรจุอาหารมากเกินไป เกิดสนิม หรือเกิดการบวมสลาย

ลักษณะการเสียของอาหารกระป๋อง

ลักษณะของอาหารกระป๋องที่บรรจุเรียบร้อยแล้ว ที่อยู่ในสภาพดีนั้น กันกระป๋องและฝากระป๋องจะต้องเว้าเข้าหรือแบน หากฝาด้านใดด้านหนึ่งนูนเรียกว่า กระป๋องนั้นบวม การบวมของอาหารกระป๋องเกิดจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

1. Hard swell ลักษณะภายนอกคือ ฝาบวม มีแก๊สอยู่ภายในกระป๋อง เกิดจากแบคทีเรียที่สร้างกรดและแก๊สในขณะที่ยังมีชีวิต จุลินทรีย์พวกนี้มักเป็น mesophiles กระป๋องจะบวมและอาหารข้างในจะบูดเสีย

2. Hydrogen swell ลักษณะภายนอกจะมีฝานูนบวม ภายในมีแก๊สไฮโดรเจน เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างอาหารกับโลหะที่เป็นตัวกระป๋อง อาหารไม่เสียแต่ด้อยคุณภาพลง โดยมากมักจะเกิดกับอาหารประเภทผลไม้ เนื่องจากมีความเป็นกรดสูง

3. Springer กระป๋องบวมเล็กน้อย เกิดจากการไล่อากาศออกไม่ดีพอก่อนปิดกระป๋อง ทำให้เกิดการบวมและอาจเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ด้วย อาหารภายในกระป๋องไม่น่าเสีย ยังรับประทานได้

4. Flat sour กระป๋องจะอยู่ในรูปลักษณะเดิมไม่เปลี่ยนแปลง แต่อาหารภายในเสีย เกิดจากแบคทีเรียที่ไม่ทำให้เกิดแก๊สแต่ทำให้เกิดกรดซึ่งมักเป็นพวก thermophiles อาหารมีรสเปรี้ยวและเน่าเสีย สาเหตุเนื่องจากการให้ความร้อนไม่สูงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ หรือเกิดจากไม่ได้ทำให้กระป๋องเย็นทันทีหลังให้ความร้อน จุลินทรีย์ที่ทนความร้อนจะเจริญเติบโตในขณะที่กระป๋องค่อย ๆ เย็นลง หรือ อาจเกิดจากการรั่วของกระป๋องภายหลังก็ได้

ลักษณะและอาการของโรคอาหารเป็นพิษ

1. จุลินทรีย์ที่เป็นต้นเหตุมากที่สุดคือ Staphylococcus เกิดจากอาหารที่แช่เย็นไม่พอเหมาะ สังเกตได้จากมีคนเจ็บขึ้นพร้อม ๆ กันหลายคน หลังจากที่ยืนกินอาหารอย่างเดียวกัน 1 - 6 ชั่วโมง พิษของ Staphylococcus จะทำให้ผู้ป่วยอาเจียน ท้องเสีย และเวียนศีรษะ

ถ้าต้องการเก็บอาหารหลังจากทำให้สุกแล้วควรทำให้เย็นลงทันที เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตกับการเกิดสารพิษ ซึ่งเกิดที่อุณหภูมิประมาณ 16 - 42 องศาเซลเซียส ถ้าพิษเกิดได้แล้ว การอุ่นอาหารก็ไม่ทำลายพิษนี้

เชื่อกันจะติดมากับอาหารเนื่องจากคนเตรียมอาหารซึ่งอาจเป็น ไซนัส เป็นหวัด ไอหรือจาม

2. *Salmonella* เดิมเรียก *Paratyphoid bacteria* มักเกิดในอาหารประเภท นม ไข่ และเนื้อสัตว์ ผู้ป่วยจะเกิดอาการอาเจียน เวียนศีรษะ ท้องเสีย หลังจากกินอาหารนี้ไปแล้ว 12 - 24 ชั่วโมง อาการของโรคนี้เกิดจากจุลินทรีย์เอง

3. *Botulism* เป็นโรคอาหารเป็นพิษที่เกิดไม่บ่อยนัก แต่ถ้าเกิดขึ้นก็อาจถึงตายได้ การถนอมอาหารที่ผิดวิธีทำให้ *Clostridium botulinum* สามารถคงอยู่และเจริญเติบโตได้ภายหลัง จุลินทรีย์ตัวนี้สำคัญในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องมาก เพราะสามารถสร้างสปอร์ ซึ่งทนความร้อนสูง และเติบโตได้โดยไม่ต้องมีออกซิเจนเพื่อดำรงชีวิต ซึ่งเป็นสภาพในกระป๋อง พิษของมันจะทำลายระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ผู้ป่วยมีอาการ ตาพร่า หลังตาคง เห็นเป็น 2 ภาพ หลอดลมตีบ กลืนไม่ได้ หายใจติดขัด และตายในที่สุด ระยะฟักตัว 1 - 4 วัน คนที่เป็นโรคนี้นักตายกว่าร้อยละ 65

การใช้อาหารกระป๋อง

1. อ่านฉลากเพื่อทราบรายละเอียดต่าง ๆ และปฏิบัติตาม
2. ดูลักษณะกระป๋องว่ามีสนิมหรือรอยบุบ โป่ง บวมหรือไม่
3. เมื่อเจาะรูเปิดภาชนะจะต้องได้ยินเสียงลมเข้าไป ถ้ามีลมออกมาแปลว่าเป็นอาหารที่ไม่น่าไว้วางใจ ไม่ควรบริโภค
4. เมื่อเปิดดูแล้ว อาหารจะมีลักษณะและกลิ่นสืตามปกติของอาหารนั้น ถ้าอาหารเป็นของเหลวควรใส่ อาหารน้ำ ๆ ไม่ควรช้อน สีของอาหารไม่ควรดำคล้ำ
5. ถ้าอาหารมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวหรือหืน ไม่ควรบริโภคอาหารนั้น
6. ตรวจดูภายในกระป๋องอาหารว่ามีสีดำเกิดขึ้นภายในหรือไม่ ถ้ามีไม่ควรบริโภค
7. ถ้ามีลักษณะน่าสงสัย อย่าชิมหรือบริโภคอาหารนั้น
8. เมื่อเปิดอาหารกระป๋องแล้ว ควรบริโภคทันทีอย่าเก็บไว้นาน ควรถ่ายใส่ภาชนะสะอาดและเก็บไว้ในที่ ๆ ปราศจากแมลงวัน ฝุ่นละออง และถ้าจะให้เก็บได้นาน ควรเก็บในที่เย็น เช่น ตู้เย็น

9. การอุ่น จะถ่ายใส่ภาชนะอื่นแล้วอุ่นหรือจะต้มทั้งกระป๋องที่ยังไม่เปิดในน้ำเดือด อย่างน้อย 10 นาที ก็ได้

10. ไม่ควรทิ้งน้ำในอาหารกระป๋อง เช่น น้ำเกลือ น้ำเชื่อมและอื่น ๆ เพราะ ใช้ปรุงอาหารได้

การเก็บอาหารกระป๋อง

1. เก็บในที่แห้งและไม่ร้อน มีอากาศถ่ายเทได้ ไม่ถูกแสงแดด และไม่ควรเก็บ ใกล้สารเคมี เช่น กรด ด่าง หรือไอน้ำ

2. ไม่ควรเก็บนานเกิน 1 ปี

3. ไม่ควรทำกระป๋องตกระหว่างการเคลื่อนย้าย เพราะกระป๋องจะรั่วได้ง่าย

สรุปท้ายบท

วิธีการถนอมอาหารโดยให้ความร้อนต้องทำให้ภาชนะที่ปิดสนิท ไม่มีรอยร้าว เพื่อ ป้องกันจุลินทรีย์อื่นปะปนเข้ามาในอาหารได้อีก การเลือกใช้ระดับความร้อนทำลายจุลินทรีย์ ต้องคำนึงถึงคุณลักษณะของอาหารที่ต้องการ รวมทั้งความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ก่อเกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสีย ความร้อนที่ใช้จึงควรสูงเพียงพอสำหรับการทำลายจุลินทรีย์ ดังกล่าว ในขณะที่อาหารมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมน้อยที่สุด

การเสียของอาหารกระป๋อง จะเกิดได้เนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ หลงเหลืออยู่ในอาหารกระป๋องเท่านั้น หากกระบวนการผลิตตั้งแต่เริ่มต้นมีกระบวนการ ข่าเชื้อที่เพียงพอ และไม่เกิดรอยร้าวของกระป๋องหรือภาชนะชนิดอื่น ดังนั้นการลดปริมาณ จุลินทรีย์แรกเริ่มในวัตถุดิบ ตลอดจนการให้ความร้อนและระยะเวลาอย่างเพียงพอ จึงเป็น ปัจจัยสำคัญ

จุลินทรีย์ชนิดที่ผู้ผลิตต้องให้ความสำคัญและระมัดระวังไม่ให้มีในอาหารกระป๋อง คือ แบคทีเรียกลุ่มที่ทนความร้อน สามารถสร้างสปอร์ และไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ เติบโต และบางตัวที่สามารถสร้างสารพิษที่เกิดอันตรายถึงตายได้

อาหารกระป๋องที่อาจมีแบคทีเรียที่สร้างสารพิษปะปนมักเป็นอาหารประเภทเนื้อสัตว์ ซึ่งมีระดับพีเอช. เป็นกลาง ส่วนอาหารที่มีรสเปรี้ยว เช่น ผักดองเปรี้ยวมักจะปลอดภัย จากแบคทีเรียเหล่านี้ เพราะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่เป็นกรด ดังนั้นการบริโภค

อาหารกระป๋องประเภทเนื้อสัตว์ จึงควรให้ความร้อนโดยการต้มกระป๋องอาหารในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที เพื่อทำลายจุลินทรีย์และสารพิษที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาอาหารกระป๋องนั้น

วิธีสอนและกิจกรรม

1. บรรยาย
2. ให้ผู้เรียนปฏิบัติการบรรจุกระป๋องอาหารผัก ผลไม้และเนื้อสัตว์
3. ให้ผู้เรียนรายงานขั้นตอนการผลิตอาหารกระป๋องตั้งแต่เลือกและเตรียมวัตถุดิบจนถึงขั้นตอนสุดท้าย และสรุปปัญหาของการบรรจุที่อาจเกิดขึ้นในการทดลอง

สื่อการสอน

1. เอกสารคำสอน
2. ตัวอย่างอาหารกระป๋องแบบต่าง ๆ
3. วัสดุขั้นต้นการผลิตอาหารกระป๋อง หรือทัศนศึกษาสถานที่ผลิตอาหารกระป๋อง

การประเมินผล

1. สังเกตความสนใจในห้องเรียนและปฏิบัติการทดลอง
2. รายงานของผู้เรียนที่บันทึกจากกิจกรรมในข้อ 2 และข้อ 3

บทที่ 3

การถนอมอาหารโดยใช้ความเย็น

หัวข้อเรื่อง

1. ระดับอุณหภูมิของความเย็น
2. อุณหภูมิต่ำและเมแทบอลิซึมของเซลล์
3. ความเย็นกับการถนอมอาหาร
4. หลักการและวิธีทำให้เกิดความเย็น
5. อาหารแช่เย็น
6. อาหารแช่แข็ง
7. ภาชนะบรรจุและการเก็บรักษา
8. การละลายอาหารแช่แข็ง

แนวคิด

การถนอมอาหารโดยใช้ความเย็นได้แก่ การแช่เย็นและการแช่แข็ง ซึ่งนับเป็นวิธีถนอมอาหารที่ดีที่สุดในการรักษาอาหารให้อยู่ในรูปของอาหารสด การถนอมอาหารแบบนี้ใช้หลักการลดอุณหภูมิของอาหารลงให้ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ความเย็นจะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ลดอัตราการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของอาหาร เพื่อชะลอการเน่าเสีย

จุดประสงค์การเรียนรู้

หลังจากเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายผลของความเย็นระดับต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้
2. อธิบายผลของความเย็นระดับต่าง ๆ ต่อคุณภาพอาหารได้
3. เลือกชนิดของอาหารที่นำมาแช่เย็นและแช่แข็งได้อย่างถูกต้อง
4. สามารถบรรจุอาหารแช่แข็งและเก็บรักษาได้อย่างถูกต้อง
5. อธิบายวิธีปฏิบัติอาหารแช่แข็งก่อนนำมาใช้ประกอบอาหารได้อย่างถูกต้อง

การถนอมอาหารโดยใช้ความเย็น

ในประเทศที่หนาวจัดมีการแช่เย็นและแช่อาหารโดยธรรมชาติกันมานานแล้ว ต่อมา มนุษย์สามารถประดิษฐ์เครื่องทำความเย็นได้สำเร็จในช่วงปี พ.ศ. 2423 และเริ่มมีการแช่เย็นและแช่แข็งอาหารกันอย่างแพร่หลาย และเจริญถึงขั้นเป็นอุตสาหกรรม การใช้ความเย็นจึงแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะดังนี้ คือ

การแช่เย็น (chilling) เป็นการแช่อาหารไว้ในอุณหภูมิเหนือจุดเยือกแข็งของอาหารเล็กน้อยคือประมาณ 0.5 - 10 องศาเซลเซียส วิธีนี้เป็นการถนอมอาหารระยะสั้น ใช้กับอาหารสดหลายชนิดเช่น ผักและผลไม้บางชนิดต้องเก็บถนอมให้สดด้วยวิธีนี้ เนื่องจากจะเสื่อมคุณลักษณะเมื่อนำไปแช่แข็ง การแช่เย็นอาหารบางชนิดก็มีวัตถุประสงค์ในการปรุงแต่งและปรับปรุงคุณภาพของอาหารให้ดีขึ้น ที่นิยมทำกันได้แก่ การหมักเนื้อสัตว์ ระหว่างหมักเอนไซม์จะทำให้เนื้อนุ่ม ในขณะเดียวกัน ความเย็นจะช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย

การแช่แข็ง (freezing) เป็นการรักษาอาหารที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของอาหาร เหมาะสำหรับการเก็บอาหารระยะยาวกว่าปกติ นิยมทำให้อาหารเย็นลงจนน้ำในอาหารกลายเป็นน้ำแข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า -10 องศาเซลเซียส อาหารแช่แข็งนี้สามารถเก็บรักษาได้นานหลายเดือนหรือเป็นปีในห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ -18 องศาเซลเซียส ถ้าอาหารนั้นได้ผ่านกรรมวิธีที่ถูกต้อง จะมีลักษณะและคุณภาพคล้ายอาหารสด

อุณหภูมิต่ำและ เมแทบอลิซึมของ เซลล์

อุณหภูมิต่ำทำให้เมแทบอลิซึมของเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดช้าลง ดังจะแยกกล่าวเป็นหัวข้อดังนี้

จุลินทรีย์

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในช่วงอุณหภูมิหนึ่ง ถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนไปไม่ว่าจะสูงขึ้นหรือต่ำลงย่อมมีผลต่อเซลล์ โดยส่วนใหญ่ของอุณหภูมิที่สูงเกินไปมักทำให้เซลล์ถูกทำลายเป็นจำนวนมาก ถ้าเพิ่มอุณหภูมิขึ้นไปอีกหน่อย เซลล์จะถูกทำลายโดยสิ้นเชิง เช่นการทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อน แต่การลดอุณหภูมิให้ต่ำลงมีผลเพียงทำให้เซลล์ของสิ่งมีชีวิต

ชีวิตค่อย ๆ ลดเมแทบอลิซึมลง และอยู่ในสภาพที่สงบนิ่ง แต่ยังมีชีวิต โดยทั่วไปการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะช้าลงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส

1. **แบคทีเรีย** เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการน้ำสำหรับการดำรงชีวิตมากกว่ารา และยีสต์ ส่วนใหญ่มักจะไม่เจริญที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ยกเว้นแบคทีเรียอุณหภูมิต่ำบางตัวที่ทำให้อาหารเน่าเสียได้ แบคทีเรียกลุ่มนี้เจริญเติบโตได้ในที่เย็น แม้อุณหภูมิจะต่ำลงถึงจุดเยือกแข็ง ดังนั้นความเย็นระดับ 0 - 10 องศาเซลเซียส จึงไม่เพียงพอที่จะเก็บรักษาอาหารได้นาน ๆ

ตารางที่ 3.1 แสดงให้เห็นถึงแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ซึ่งสามารถเจริญเติบโตที่อุณหภูมิเฉลี่ย -6.5 องศาเซลเซียส อย่างช้า ๆ แต่เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มนี้ชอบเย็น เมื่อได้รับอุณหภูมิสูงไม่มากนักคือ 37 - 40 องศาเซลเซียสเท่านั้นก็ตายสนิท ความทนทานต่ออุณหภูมิของแบคทีเรียอาจแตกต่างกันบ้าง ขึ้นอยู่กับสภาวะของแบคทีเรีย เช่น ถ้าอยู่ในสภาวะที่เป็นสปอร์จะมีความต้านทานต่ออุณหภูมิต่ำมากขึ้นอีก

2. **ยีสต์และรา** โดยทั่วไปจะทนทานอุณหภูมิต่ำได้ดีกว่าแบคทีเรีย ยีสต์ที่ทำให้เกิดการหมักบางชนิด มีปฏิกริยาหมักได้แม้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ -2 องศาเซลเซียส ยีสต์บางชนิดยังสามารถสร้างสปอร์และแตกหน่อได้ บางชนิดเติบโตอย่างเชื่องช้าที่ -9 องศาเซลเซียส และไม่ตายที่ -90 องศาเซลเซียส ส่วนรานั้นก็ทนทานอุณหภูมิต่ำได้มากเช่นเดียวกัน จึงไม่แปลกที่จะเห็นราเจริญเติบโตบนอาหารแช่แข็งในตู้เย็นได้ อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิ -6 ถึง -10 องศาเซลเซียส ราจะเจริญเติบโตอย่างเชื่องช้า

ความทนทานอุณหภูมิต่ำของจุลินทรีย์ไม่ว่าชนิดใด จะแตกต่างกันบ้างขึ้นอยู่กับอายุของจุลินทรีย์จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นรวมทั้งอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการให้ความเย็น

ดังนั้น สรุปได้ว่า อุณหภูมิต่ำจะลดเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ลง ทำให้จุลินทรีย์ชะงักการเจริญเติบโต ซึ่งเป็นผลให้กระบวนการสลายอาหารโดยจุลินทรีย์ลดลง ดังนั้นถ้าจุลินทรีย์ที่ติดมากับอาหารจะทำให้อาหารเน่าเสียก็กินเวลานาน ช่วงเวลานี้เองเป็นระยะเวลานอนอมอาหาร

ตารางที่ 3.1 อุณหภูมิการเจริญเติบโตและการตายของแบคทีเรียอุณหภูมิต่ำ

แบคทีเรีย	อุณหภูมิเจริญเติบโต (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิตาย (องศาเซลเซียส)
	เหมาะสมที่สุด	สูงสุด	ต่ำสุด	
Micrococcus	20 - 25	30	-7.5	37
Serratia	20	30	-5	37
Flavobacterium	20	37	-5	40
Achromobacter	20 - 25	30	-7.5	37

ที่มา : เอกสารประกอบการเรียนเรียงหมายเลข 3

เอนไซม์

อุณหภูมิต่ำมิได้มีผลทำลายเอนไซม์โดยสิ้นเชิง ดังจะเห็นว่าผักและผลไม้ที่เก็บรักษาในความเย็น ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เกิดขึ้นอยู่อย่างช้า ๆ เช่น ยังสุกต่อไปเนื่องจากปฏิกิริยาของเอนไซม์หลายชนิด ผลไม้ที่แช่แข็งบางชนิดเปลี่ยนเป็นสีดำและปริมาณวิตามินซีลดลง อันเกิดมาจากเอนไซม์กลุ่มที่มีออกซิเดส ซึ่งยังคงมีปฏิกิริยาอยู่ที่อุณหภูมิต่ำ

อาหารที่เน่าเสียมักเกิดจากเอนไซม์หลายชนิดรวมกันซึ่งนอกจากเอนไซม์ในอาหารแล้วยังเกิดจากเอนไซม์ของจุลินทรีย์ทั้ง 3 ประเภทคือ รา ยีสต์ และแบคทีเรีย เอนไซม์ต่าง ๆ มีความสามารถต้านทานต่ออุณหภูมิที่ต่างกัน โดยมีองค์ประกอบเสริมคือ ชนิดของอาหาร ความเข้มข้นของสารละลายในอาหาร ความเป็นกรดต่างของอาหาร และระยะเวลาที่ได้รับความเย็น ตารางที่ 3.2 แสดงถึงความต้านทานอุณหภูมิและปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ จะเห็นว่าเอนไซม์ทุกชนิดจะทำงานช้าลงเมื่ออุณหภูมิต่ำลงและเวลายาวนานขึ้น

ตารางที่ 3.2 ความต้านทานอุณหภูมิต่ำของเอนไซม์

เอนไซม์	อาหาร	ความต้านทาน		ผลที่เกิด
		องศาซี	เวลา	
แลคเทส	นมเปรี้ยว	แช่แข็ง	10-15 นาที	ทำงานปกติทำให้นมจับเป็นก้อน
แลคเทส	-	-190	45 นาที	ทำงานอ่อนลงตามการลดอุณหภูมิ
ไซเมส	อาหารเหลว	แช่แข็ง	24 ชั่วโมง	ทนได้
ไซเมส	-	-191	-	ทนได้
ไลเปส	ละหุ่ง	-5	-	ทำงานได้
ไลเปส	-	-25	5 วัน	ทำให้น้ำมันมะกอกบางส่วนกลายเป็นสบู่
อินเวอร์เทส	-	-40	หลายเดือน	ไม่ถูกทำลาย และ สามารถย่อยน้ำตาลได้
อินเวอร์เทส	-	-191	-	ทำงานอ่อนลงตามการลดอุณหภูมิ

ที่มา : รวบรวมจากเอกสารประกอบการเรียนเรียงหมายเลข 3

พยาธิ

อุณหภูมิต่ำที่สามารถทำลายพยาธิบางตัวได้นั้นต้องเป็นอุณหภูมิแช่แข็ง พยาธิเส้นด้าย (*Trichinella spiralis*) ในเนื้อหมูจะตายหมดที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ในการแช่แข็งเนื้อหมูหรือผลิตภัณฑ์ที่ปนเนื้อหมู ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ และระยะเวลาต่าง ๆ กันตามความหนาของชิ้นเนื้อ ตารางที่ 6.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ของความหนาของชิ้นเนื้อ กับอุณหภูมิที่ทำลายพยาธิเส้นด้ายในเนื้อหมู จะเห็นว่า ถ้าชิ้นเนื้อหนาไม่เกิน 6 นิ้ว แช่แข็งที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส ใช้เวลาทำลายพยาธิ 20 วัน แต่ถ้าชิ้นเนื้อหนามากกว่า 6 นิ้ว ต้องใช้เวลานานถึง 30 วัน จึงจะทำลายพยาธิได้โดยสิ้นเชิง

ตารางที่ 3.3 อุณหภูมิที่ใช้ในการทำลายพยาธิเส้นด้ายในเนื้อหมู

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความหนาของเนื้อหมูหรือผลิตภัณฑ์	
	บางกว่า 6 นิ้ว	6 นิ้ว – 27 นิ้ว
-15.0	20 วัน	30 วัน
-23.3	10 วัน	20 วัน
-29.0	6 วัน	12 วัน

ที่มา : เอกสารประกอบการเรียนเรื่องหมายเลข 3

แมลง

ที่อุณหภูมิต่ำแมลงเคลื่อนไหวช้าลง ผักผลไม้และขนมประเภทลูกกวาด ชอคโกแลต ที่มีผลไม้และผลไม้เปลือกแข็งปนอยู่ อาจมีแมลงเกาะติดอยู่ ซึ่งหากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 9 องศาเซลเซียส จะช่วยให้รอดจากการทำลายของแมลงเหล่านี้

โดยทั่วไปที่อุณหภูมิต่ำกว่าระดับ 0 องศาเซลเซียสจะยังไม่สามารถทำลายแมลงได้ แม้ว่าใช้เวลาหลายเดือน แต่แมลงจะไม่แพร่พันธุ์และกัดกินอาหาร อาหารที่มีแมลงติดอยู่จึงอาจเก็บไว้ได้นานที่อุณหภูมิต่ำโดยไม่มีการเสียหายใด ๆ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นเป็นปกติแมลงก็จะยังสามารถทำความเสียหายให้แก่อาหารได้

ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส แมลงที่โตเต็มที่แล้วและไข่แมลงจะตาย และถ้าใช้ระยะเวลานานแมลงจะตายสูญพันธุ์ไปเลย

ความเย็นกับการถนอมอาหาร

การนำเอาความเย็นมาใช้กับอาหาร มีจุดประสงค์ที่จะรักษาความสดของอาหารให้คงไว้ ซึ่งหมายถึงการคงคุณภาพของอาหารให้เหมือนเดิม โดยลดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของอาหาร

การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะลดลงตามอุณหภูมิลดลง อัตราความเร็วของปฏิกิริยาเคมีจะลดลง $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$ เท่าเมื่ออุณหภูมิลดลง 10 องศาเซลเซียส จากหลักเกณฑ์อันนี้

ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารไว้โดยไม่เน่าเสียเป็นระยะเวลานาน แต่อาหารทุกชนิดมีน้ำปนอยู่ไม่มากนักน้อย อุณหภูมิที่ลดต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของอาหาร ทำให้น้ำในอาหารนั้นกลายเป็นน้ำแข็ง ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นแม้ว่าการลดอุณหภูมิให้ต่ำลงจนอาหารแข็ง จะเป็นการป้องกันการเน่าเสียของอาหารได้อย่างดีก็ตาม แต่การที่น้ำในอาหารกลายเป็นน้ำแข็งก่อให้เกิดปัญหาหลายอย่าง หลังจากที่ทำอาหารไปทำให้ละลาย เนื่องจากอาหารจะไม่กลับคืนสภาพเดิมอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นเป้าหมายของการใช้ความเย็นกับอาหาร จึงมุ่งไปที่ระดับอุณหภูมิ โดยที่เป็นอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหารน้อยที่สุด

อาหารหลายชนิดไม่สามารถใช้การแช่แข็งได้ จึงจำเป็นต้องหาวิธีถนอมอาหารแบบอื่นมาใช้ เช่นการเติมวัตถุกันเสียควบคู่กันไป เพื่อให้เก็บอาหารได้นานยิ่งขึ้น

การบรรจุอาหารแช่เย็นและอาหารแช่แข็งลงในสิ่งห่อหุ้มหรือภาชนะนั้นเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เพราะระหว่างการแช่เย็นและแช่แข็ง อาหารสูญเสียน้ำได้ โดยการระเหยและการระเหิด ทำให้อาหารสูญเสียสภาพและลักษณะที่ดีไป ภาชนะที่ใช้บรรจุเป็นกระดาสไท กล้องกระดาสหรือกล่องพลาสติก ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของอาหาร แต่ที่สำคัญคือควรปิดให้มิดชิด

หลักการและวิธีทำให้เกิดความเย็น

หลักการทั่วไปคือการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งที่มีมากไปยังแหล่งที่มีน้อยกว่า สารที่ใช้ถ่ายเทความร้อน เป็นสารที่เปลี่ยนสภาพตัวเองจากของเหลวเป็นแก๊สหลังจากที่ได้รับความร้อน ตัวอย่างเช่น เมื่อเราเอาน้ำลูบตัวจะรู้สึกเย็น เพราะน้ำถ่ายเทความร้อนจากตัวเราในขณะที่ระเหยกลายเป็นไอ ถ้าใช้แอลกอฮอล์แทนน้ำ เราจะรู้สึกเย็นเร็วขึ้นและเย็นมากกว่าใช้น้ำ เพราะแอลกอฮอล์มีอุณหภูมิลดลงต่ำกว่าน้ำ จึงดึงความร้อนจากตัวเราไปได้เร็วกว่า

สมัยก่อนในถิ่นที่หนาวจัด คนใช้ความเย็นจากธรรมชาติเก็บอาหารเช่น ผิงอาหารไว้ใต้ดิน เก็บไว้ในถ้ำ ตามประวัติศาสตร์เชื่อกันว่าวิธีแช่เย็นอาหารนี้เป็นวิธีที่เก่าแก่ที่สุด และเป็นวิธีเก็บรักษาความสดของอาหารไว้ได้ดีที่สุด ในปัจจุบันวิธีนี้ก็ใช้แพร่หลายที่สุดในอุตสาหกรรมอาหาร

ตู้เย็นและห้องเย็น ใช้หลักการถ่ายเทความร้อนเช่นเดียวกัน สารให้ความเย็น (refrigerant) ได้แก่ แอมโมเนีย และฟรอน สารให้ความเย็นจะดึงความร้อนจาก

อาหาร และนำมาใช้เปลี่ยนสภาพของตัวเองจากของเหลวเป็นแก๊ส แก๊สนี้จะไหลตามท่อไปยังเครื่องคอนเดนเซอร์และถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำหรืออากาศที่แวดล้อม และถูกอัดโดยคอมเพรสเซอร์จนแก๊สกลายเป็นของเหลวใหม่ และไหลกลับไปตามท่อเพื่อดึงความร้อนจากอาหารอีก วนเวียนเช่นนี้เรื่อยไป

ตู้เย็นที่ใช้ตามบ้านเป็นทั้งเครื่องที่ทำให้อาหารเย็นและแข็ง อุณหภูมิแช่เย็นประมาณ 0.5 - 10 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิแช่แข็งประมาณ -1 ถึง -5 องศาเซลเซียส ในขณะเดียวกันก็เป็นที่ยอมรับเก็บอาหารที่แข็งแล้วไว้รวมกันได้เลย ดังนั้นอุณหภูมิของอาหารที่นำมาเก็บถนอม จะลดลงถึงจุดเยือกแข็งของอาหารนั้นอย่างช้า ๆ จึงอาจใช้เวลานานตั้งแต่ 3 ถึง 72 ชั่วโมง กว่าอาหารจะแข็ง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของอาหารด้วยการแช่แข็งแบบนี้เป็นการแช่แข็งอย่างช้า (slow freezing) ซึ่งทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในเนื้ออาหารมีขนาดใหญ่และดันผนังเซลล์ของอาหารไม่ว่าจะเป็น เนื้อสัตว์ ผัก หรือผลไม้ ให้แตกออก เกิดการบอบช้ำและฉีกขาดขึ้น อันเป็นผลร้ายต่อคุณภาพอาหาร ซึ่งเห็นได้ชัดหลังจากที่นำอาหารแข็งละลายให้กลับสู่สภาพเดิม อาหารจะมีลักษณะเละ และ มีส่วนของของเหลวภายในเซลล์ไหลออกมา

ห้องเย็นเป็นเครื่องแช่เย็นที่ผลิตขึ้นใช้ในอุตสาหกรรม นอกจากจะใช้ทำให้อาหารแข็งแล้ว ยังใช้เก็บอาหารที่ผ่านกรรมวิธีการแช่แข็งมาแล้ว โดยมีการควบคุมความเย็นให้เหมาะกับอาหารแต่ละประเภท และยังคงควบคุมความชื้นให้พอเหมาะอีกด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารแห้งเกินไป หรือชื้นเกินไปอันเป็นเหตุให้อาหารเน่าเสียได้ เครื่องทำความเย็นในอุตสาหกรรมจึงทำงานอย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าตู้เย็นตามบ้านมาก

การแช่แข็งในอุตสาหกรรมมักจะแช่แข็งอาหารแบบรวดเร็ว (quick freezing) โดยการนำอาหารมาผ่านอุณหภูมิในช่วงที่สามารถทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งได้มากที่สุด ภายในเวลา 30 นาที วิธีนี้พบว่าผลึกน้ำแข็งจะมีขนาดเล็ก ทำให้อาหารแข็งที่ละลายให้กลับสู่สภาพเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อสัมผัสยังคงใกล้เคียงอาหารสดมาก การที่ผลึกน้ำแข็งของอาหารแช่แข็งแบบรวดเร็วมีขนาดเล็ก จึงเป็นผลให้การละลายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และน้ำยังคงอยู่ภายในเซลล์ ซึ่งจะถูกดูดซึมกลับเข้าไปในโมเลกุลของอาหารเป็นส่วนใหญ่ ทำให้อาหารไม่เสียคุณภาพที่ดีไป

ในปัจจุบัน การแช่แข็งอาหารแบบรวดเร็วทำได้หลายวิธีขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่นำมาแช่แข็ง

การแช่แข็งโดยใช้ลมเย็นพุ่งลงบนอาหาร (air blast)

ทำได้โดยพ่นอากาศลงบนอาหารที่เตรียมไว้แบบต่อเนื่อง ในอัตราเร็วสูง โดยให้อาหารเคลื่อนผ่านเข้ามา อากาศที่พ่นใส่อาหารนั้นต้องผ่านชุดลดทำความเย็นที่บรรจุสารทำความเย็นซึ่งนิยมใช้แอมโมเนีย อุณหภูมิของลมเย็นที่ถูกเป่าลงบนอาหารประมาณ -34.1 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า ข้อเสียของการแช่แข็งวิธีนี้คือ ผิวหน้าของอาหารจะแห้งจนแข็งและมีสีคล้ำ จึงจำเป็นต้องบรรจุอาหารในภาชนะเสียก่อนนำมาแช่แข็ง

การแช่แข็งโดยใช้แรงลมเป่าให้อาหารลอยตัว (fluidized freezing)

ทำโดยเป่าลมเย็นซึ่งมีความเร็วสูงมากเพื่อให้อาหารลอยตัวอยู่ในอากาศ ทำให้การถ่ายเทความร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากผิวอาหารสัมผัสกับความเย็นรอบ ๆ อย่างทั่วถึง วิธีนี้ทำให้อาหารไม่เกาะตัวเป็นก้อน เหมาะกับอาหารที่มีขนาดเล็ก และสม่ำเสมอ เช่น เมล็ดข้าวโพด เมล็ดถั่ว แครอท ถั่วแขกและแตงกวาหั่นบาง ๆ เป็นต้น

การแช่แข็งโดยใช้แผ่นความเย็น (plate freezer)

ในตู้หรือห้องเย็นแบบนี้จะมีโลหะปลอดสนิมเรียงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ มีเครื่องทำความเย็นส่งไปตามท่อซึ่งอยู่ระหว่างชั้นของโลหะ อาหารที่แช่แข็งจะถูกนำมาวางบนโลหะแล้วจึงอัดแผ่นโลหะโดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก ทำให้ผิวหน้าของอาหารกดแนบสนิทกับโลหะ ให้ความเย็นจนกระทั่งอาหารมีอุณหภูมิเย็นลงถึง -18 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของอาหาร ถ้าอาหารนั้นเป็นชิ้นเนื้อหรือชิ้นปลาที่หนา 2 นิ้ว จะใช้เวลาประมาณ $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง อาหารที่นำมาแช่อาจบรรจุในกล่องกระดาษก็ได้

การแช่แข็งโดยการพ่นหรือแช่ในสารทำความเย็น (direct immersion)

วิธีนี้ใช้กับอาหารที่รูปร่างไม่คงที่ หรืออาหารที่เป็นชิ้นยังไม่ได้บรรจุ ทำได้โดยการพ่นหรือแช่อาหารลงในสารทำความเย็นโดยตรง สารทำความเย็นจะต้องไม่มีพิษหรือทำปฏิกิริยากับอาหาร อาจมีสีหรือกลิ่นได้ แต่ต้องเป็นที่ยอมรับ ความแตกต่างของการพ่นหรือแช่อาหารในสารทำความเย็นกับวิธีการแบบต่างที่กล่าวมาแล้ว อยู่ตรงที่สารทำความเย็นที่ใช้ทำความเย็นแล้วนั้น ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ดังนั้นจึงมีข้อเสียที่ค่าใช้จ่ายสูง

การนำมาใช้จึงมีขอบเขตจำกัด เช่น ใช้กับอาหารทดลองต่าง ๆ ที่ต้องใช้อุณหภูมิต่ำมาก ๆ เพราะสารให้ความเย็นหลายชนิดได้แก่ ไนโตรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์เหลวสามารถทำให้อุณหภูมิต่ำยิ่งยวดขนาด -196 และ -80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทำให้การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ตารางที่ 3.4 แสดงถึงสมบัติและข้อดีข้อเสียในการใช้สารให้ความเย็นชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 3.4 สารให้ความเย็นที่ใช้ในอุตสาหกรรมการแช่เย็นและแช่แข็งอาหาร

สารให้ความเย็น	อุณหภูมิต่ำสุด (องศาซี)	ข้อดีข้อเสีย
ฟร็อน	-158	ไม่ไวไฟ ไม่ระเบิด เหมาะกับเครื่องทำความเย็นประจำบ้าน
น้ำแข็ง	-5	ทำความเย็นได้รวดเร็วและง่ายตาย อาหารไม่แข็ง
น้ำแข็งใส่สารผสม		
เกลือแกง 10 %	-6.6	สะดวก รวดเร็ว ราคาถูก นิยมใช้ในการทำความเย็นในรถเข็นเก็บรักษาความเย็น
เกลือแกง 25 %	-21.1	
กรดดินประสิว 50 %	-35.0	
แอมโมเนียคลอไรด์	-15.4	
น้ำแข็งแห้ง	-78.9	ใช้มากในการขนส่งอาหารแช่เย็น ไม่ไวไฟ ไม่เป็นพิษ
ไนโตรเจนเหลว	-196	ไม่ไวไฟ ไม่เป็นพิษ สามารถแช่อาหารโดยตรง ใช้ระยะเวลาสั้น ค่าใช้จ่ายต่ำเมื่อใช้กับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

ที่มา : รวบรวมจากเอกสารประกอบการเรียนเรียงหมายเลข 3

อาหารแช่เย็น

เป็นการถนอมอาหารไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้อาหารเย็นแต่ยังไม่แข็ง อาหารบางชนิดมีการเก็บรักษาในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่เช่น ผัก ผลไม้และไข่ อาหารหลายชนิดนำมาเก็บรักษาเมื่อตายแล้วเช่น เนื้อสัตว์ต่างๆ และอาหารสำเร็จรูป การเลือกระดับอุณหภูมิเป็นสิ่งสำคัญสำหรับอาหารแต่ละชนิด

ผักและผลไม้

ผักและผลไม้ส่วนใหญ่ไม่สามารถเก็บถนอมที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งได้ เพราะจะทำให้เซลล์ของพืชต่าง ๆ แข็งตัว เมื่อทำให้ละลาย ผักและผลไม้จะไม่กลับสู่สภาพเดิม แต่จะช้ำและเปลี่ยนสีไป อุณหภูมิที่ใช้มักจะอยู่ต่ำกว่า 4.4 องศาเซลเซียส และอยู่เหนือจุดเยือกแข็งของอาหารนั้นเล็กน้อย (ตารางที่ 3.5)

ห้องเย็นในอุตสาหกรรมนอกจากจะจัดระดับอุณหภูมิได้เหมาะสมแล้วยังมีการควบคุมความชื้นควบคู่ไปด้วย เนื่องจากผักและผลไม้ยังมีชีวิตอยู่ จึงยังมีการหายใจ และคายน้ำอยู่ตลอดเวลา ถ้าภายในห้องเก็บแห้งไป น้ำจะระเหยออกจากผักผลไม้มากและเร็วเกินไปทำให้ผักและผลไม้เหี่ยว น้ำหนักลด ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องควรอยู่ระหว่างร้อยละ 85 - 90

ข้อเสียของการเพิ่มความชื้นในห้องเย็นคือ ความชื้นจะเร่ง การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะยีสต์และราภายในห้องเย็น จึงควรรักษาความสะอาดอย่างดี มีการพ่นยาฆ่าเชื้อโรคหรือป้องกัน โดยติดตั้งหลอดไฟอัลตราไวโอเล็ตไว้ตามจุดต่าง ๆ ภายในห้องเย็น การถ่ายเทอากาศต้องสม่ำเสมอ และเครื่องทำความเย็นต้องมีกำลังพอเพียงที่จะควบคุมอุณหภูมิห้องเย็นให้คงที่และสม่ำเสมอตามกำหนด

บรรยากาศหรือปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเช่นเดียวกัน ปริมาณของออกซิเจน ต้องไม่ต่ำเกินไปจนเอนไซม์ในผักและผลไม้ชะงักการทำงาน ซึ่งมีผลกระทบกระเทือนต่อการหายใจของผักและผลไม้ ปริมาณออกซิเจนควรอยู่ระหว่างร้อยละ 3 - 7 ขณะเดียวกันปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ก็ต้องไม่สูงเกินไปจนมีผลกระทบต่อผิวและเนื้อเยื่อของผักและผลไม้ เช่น ทำให้ผักเหลืองหรือมีรอยไหม้ ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ควรอยู่ระหว่างร้อยละ 8 - 12 การควบคุมบรรยากาศนี้ ต้องอาศัยเครื่องมือควบคุมโดยตรง

ตารางที่ 3.5 อุณหภูมิแช่เย็นและความชื้นที่เหมาะสมต่ออายุการเก็บรักษาอาหาร

ชนิด	อุณหภูมิแช่เย็น (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	อายุการเก็บ (วัน)	จุดเยือกแข็งของ อาหาร
ผลไม้				
สตรอเบอรี่	-0.6 ถึง 0	85 - 90	7 - 10	-1.1
องุ่น	-0.6 ถึง 0	80 - 85	21 - 56	-2.6
ทับทิม	-0.6 ถึง 0	85 - 90	60 - 120	-2.2
มะพร้าว	0 -1.7	80 - 85	7 - 14	-3.6
แตงโม	2.2 - 4.4	80 - 85	7 - 14	-1.7
ผัก				
หน่อไม้ฝรั่ง	0	90 - 95	21 - 28	-1.1
กระหล่ำปลี	0	90 - 95	21 - 28	-0.6
ดอกกระหล่ำ	0	90 - 95	14 - 12	-1.1
ข้าวโพดหวาน	-0.6 ถึง 0	90 - 95	4 - 8	-1.7
ผักกาดหอม	0	90 - 95	14 - 21	-0.6
เห็ด	0	85 - 90	5	-1.1
ถั้วหวาน	0	70 - 75	7 - 14	-1.1
กระเทียม	0	70 - 75	180 - 240	-3.6
หอมหัวใหญ่	0	70 - 75	180 -240	-1.1

ที่มา : คัดเลือกและเรียบเรียงจากเอกสารประกอบการเรียนเรื่องหมายเลข 14

การเคลือบผลไม้ด้วยขี้ผึ้ง การเคลือบด้วยแผ่นพลาสติก การห่อด้วยแผ่นอะลูมิเนียม จะช่วยป้องกันการสูญเสียไอน้ำระหว่างการเก็บในตู้หรือห้องเย็นได้ วิธีดังกล่าวมีจุดประสงค์ที่จะควบคุมอัตราการซึมของออกซิเจน และการคายออกของคาร์บอนไดออกไซด์ และอัตราการระเหยน้ำให้เป็นไปอย่างช้า ๆ ดังนั้นสารที่นำมาใช้ จึงควรมีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของแก๊สและน้ำในผักและผลไม้ได้เป็นอย่างดี ไซท์ได้จากผึ้งและสัตว์อื่นหรือจากกาน้ำมัน (petroleum wax) ก็ใช้ได้ ส่วนกระดาษห่อควรใช้กระดาษสีน้ำตาลชุบด้วยขี้ผึ้งหรือพลาสติกบาง ๆ ซึ่งใช้ได้ผลดีกับผลไม้พวกส้ม

การเก็บรักษาความเย็นของผักและผลไม้ที่อุณหภูมิเหนือจุดเยือกแข็งนี้ ถ้าคิดตามหลักของการลดอัตราการหายใจและการคายน้ำ อุณหภูมิยิ่งต่ำยิ่งดี ตราบเท่าที่อาหารยังไม่แข็ง แต่ในผักและผลไม้บางชนิด อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปจะทำให้เกิดสิ่งผิดปกติที่เรียกว่าโรคจากการแช่เย็น อาการของโรคนี้เกิดจากเซลล์ของผักและผลไม้ตายลงอย่างช้า ๆ อุณหภูมิที่ทำให้เกิดโรคดังกล่าวนี้และความผิดปกติที่เกิด จะแตกต่างกันไปตามชนิดของผลไม้ ตัวอย่างเช่น กลัวยที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส เปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีดำ มีรอยช้ำเป็นแห่ง ๆ แอปเปิ้ลบางพันธุ์เป็นแผลพุพอง บางพันธุ์เป็นสีน้ำตาลช้ำที่เนื้อใน แสดงว่ามีจุดช้ำเน่า มะม่วงเนื้อในเปลี่ยนไป และมะละกอเกิดการช้ำ เป็นต้น ตารางที่ 3.6 แสดงถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเก็บถนอมผักและผลไม้ ดังกล่าว

อายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ในตู้เย็นตามบ้านสั้นกว่าในห้องเย็นอุตสาหกรรมมาก เพราะระดับอุณหภูมิของตู้เย็นตามบ้าน เป็นระดับอุณหภูมิทั่วไปไม่สามารถเจาะจงอุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง เพื่อให้เหมาะกับผักและผลไม้ชนิดใดชนิดหนึ่ง ระดับอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 4 - 7 องศาเซลเซียส จึงอาจทำให้เหมาะกับผักและผลไม้ทั่วไปแต่ไม่เหมาะกับผักและผลไม้บางชนิด เช่น แดงกวา กลัวย ฟักทอง และเช่นเดียวกันตู้เย็นตามบ้านไม่มีการควบคุมความชื้น จึงควรบรรจุอาหารในช่องของตู้เย็นที่มีฝาปิดหรือบรรจุอาหารในถุงพลาสติกหรือภาชนะอื่นที่สามารถปิดให้มิดชิดได้

เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์

การใช้ความเย็นเหนือจุดเยือกแข็งกับอาหารที่เน่าเสียง่ายเช่น เนื้อสัตว์ เป็นการถนอมอาหารได้เพียงชั่วคราวเท่านั้น ส่วนมากการแช่เย็นมีจุดประสงค์จำเพาะ เช่น การหมักเนื้อให้นุ่ม การบ่มเนยแข็ง เป็นการรักษาความเย็นเพื่อคุณภาพ และเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติของอาหารด้วย

ตารางที่ 3.6 อุณหภูมิแช่เย็นและที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษารักษาอาหาร

ชนิด	อุณหภูมิแช่เย็น (องศาซี)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	อายุการเก็บ (วัน)	จุดเยือกแข็งของ อาหาร
ผลไม้				
กล้วย	11.7 - 15.6	85 - 90	7.21	-3.3 ถึง -1.1
มะนาว	7.2 - 8.9	85 - 90	42.52	-1.7
มะม่วง	10.0	85 - 90	15.20	-1.1
สับปะรดดิบ	10.0 - 15.6	85 - 90	21 - 28	-1.7
สับปะรดสุก	4.4 - 7.2	85 - 90	14 - 28	-1.1
มะละกอสุก	7.2	-	-	-
ผัก				
ถั่วแขก	7.2	85 - 90	8 - 10	-1.1
แตงกวา	7.2 - 10.0	90 - 95	10 - 14	-0.9
มะเขือ	7.2 - 10.0	90 - 95	10	-0.9
พริกใหญ่	7.2	85 - 90	8 - 10	-1.1
ฟักทอง	10.0 - 12.8	70 - 75	60 - 180	-1.1
บวบ	4.4 - 10.0	85 - 95	14 - 21	-
มันเทศ	12.8 - 15.6	80 - 85	120 - 180	-2.0
มะเขือเทศสุก	4.4 - 10.0	85 - 90	7 - 10	-1.1
มะเขือเทศเขียว	12.8 - 21.1	80 - 85	21 - 35	-1.1

ที่มา : คัดเลือกและเรียบเรียงจากเอกสารประกอบการเรียนเรียงหมายเลข 14

การทำเนื้อวัวให้นุ่ม เมื่อสัตว์ถูกฆ่าจะแข็งเกร็งอยู่ชั่วคราวระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นกล้ามเนื้อจะเริ่มนุ่ม ชุ่มน้ำและมีรสดีขึ้น การที่เนื้อจะนุ่มช้าหรือเร็วขึ้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ทั้งนี้เพราะความนุ่มของเนื้อเกี่ยวกับปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่ย่อยสลายโปรตีน ซึ่งทำงานได้ดีที่

อุณหภูมิสูง แต่อุณหภูมิที่ใช้กับเนื้อระหว่างเอนไซม์ทำงานนั้นมีขีดจำกัด เพราะต้องคำนึงถึง การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ด้วย ดังนั้นจึงต้องใช้อุณหภูมิต่ำเพียงการแช่เย็น เพื่อไม่ให้เน่าเสีย ถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เนื้อนุ่มภายในเวลา 14 วัน แต่ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสใช้เวลาเพียง 3 - 4 วันเท่านั้นส่วนความชื้นสัมพัทธ์ต้องไม่เกินร้อยละ 90

การเก็บรักษาไข่ทั้งฟอง อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 1.7 องศาเซลเซียส และความชื้น ร้อยละ 82 - 85 การที่ไม่สามารถเก็บไข่ทั้งฟองในลักษณะแช่แข็งได้ เพราะเนื้อไข่จะแข็งและขยายตัวจนเปลือกแตก และเนื่องจากไข่สามารถดูดกลืนต่าง ๆ ภายในห้องเก็บได้ จึงไม่ควรเก็บไข่ปนกับอาหารอื่น

การแช่เย็นสัตว์น้ำ ปลาเน่าเสียเร็วกว่าสัตว์อื่น เพราะมีกรดอะมิโนอิสระอยู่มาก การแช่แข็งปลาช่วยให้การเน่าเสียช้าลงก็จริง แต่หากไม่มีเครื่องทำความเย็นเร็ว การใช้ตู้แช่แข็งธรรมดาจะทำให้เนื้อปลาสนิบเหลว สีไม่สดใส และรสหวานลดลง หลังจากที่ทำ การละลาย จึงนิยมการแช่เย็นปลามากกว่า โดยใช้อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ส่วนกุ้ง ปู และหอย เน่าเสียได้ง่ายมาก ถ้าแช่เย็นจะเก็บอาหารเหล่านี้ได้เพียง 2 - 3 วัน ส่วนใหญ่ไม่เกิน 1 สัปดาห์

อาหารแช่แข็ง

เป็นอาหารที่ได้รับอุณหภูมิต่ำจนน้ำในอาหารกลายเป็นน้ำแข็ง และต้องรักษาความเย็นของอาหารนั้นไว้ในห้องที่เย็นจัด (freezer storage) ทำให้อาหารอยู่ในสภาพแข็งจนกว่าจะนำมาบริโภค วิธีนี้เหมาะสำหรับเก็บอาหารระยะยาวเป็นเดือนหรือเป็นปี

อาหารที่นำมาแช่แข็ง อาจเป็นผักและผลไม้ที่ไม่สูญเสียคุณลักษณะ เมื่อนำมาแช่แข็ง เนื้อสัตว์หรืออาหารสำเร็จรูปที่ปรุงเสร็จใหม่ ๆ ก็ได้ ข้อสำคัญคืออาหารต้องมีคุณภาพดี ผัก และผลไม้หรือเนื้อสัตว์ต้องสะอาด ต้องสด ไม่มีกลิ่นเหม็น

การทำให้อาหารแข็งตัว ถ้าเป็นตู้เย็นแช่แข็งตามบ้าน เป็นการแช่แข็งในอากาศหนึ่งที่เย็นจัด อาหารจะถูกดึงความร้อนออกอย่างช้า ๆ จึงไม่ควรแช่แข็งอาหารที่เป็นชิ้นใหญ่เกินไป เพื่อทำให้ความเย็นกระจายถึงจุดกึ่งกลางของอาหารได้รวดเร็ว อาหารยิ่งแข็งตัวได้เร็วเท่าใดก็ยิ่งมีผลดีกับการเก็บถนอมอาหารมากเท่านั้น ในห้องเย็นของอุตสาหกรรมแช่แข็งมักใช้กระบวนการแช่แข็งอาหารแบบรวดเร็ว โดยใช้วิธีต่าง ๆ กันไป ตามชนิดของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแล้วข้างต้น

ผักและผลไม้แช่แข็ง

ผักและผลไม้ที่จะนำมาแช่แข็ง ต้องมีลักษณะที่เหมาะสมที่จะนำมาแช่แข็ง ได้และควรทำการแช่แข็งทันทีหลังจากเก็บเกี่ยว เพราะหากทิ้งไว้นานจะ ไม่สด น้ำตาลในผักบางชนิดอาจเปลี่ยนเป็นแป้งมีการสูญเสียวิตามินและเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาความอ่อนแก่ของผัก และความสุกของผลไม้ด้วย วิธีการล้างตัดหรือหั่นเป็นชิ้นขึ้นอยู่กับชนิดของผักและผลไม้ ซึ่งควรทำให้อยู่ในลักษณะที่รวมที่จะประกอบอาหารหรือเสิร์ฟ

ผักส่วนใหญ่ต้องลวกหรือนึ่งก่อนนำไปแช่แข็ง ซึ่งมีจุดประสงค์ดังนี้

1. ทำลายเอนไซม์ต่าง ๆ ในพืชผัก ซึ่งเป็นสาเหตุให้ผักเหนียว เปลี่ยนสี สูญเสียรสชาติ มีผิวสัมผัสหยาบ และสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ
2. ลดปริมาณจุลินทรีย์ในอาหาร (ลดได้ถึง 99 เปอร์เซ็นต์)
3. ทำให้สีเขียวของผักดีขึ้น เช่น ผักพวยกั่ว ผักโขม และคะน้า
4. ไล่อากาศที่อยู่ในเนื้อเยื่อออก เพื่อลดปริมาณออกซิเจนและทำให้ผักยุบตัวง่ายต่อการบรรจุโดยผักไม่แตกร้าว

การลวกหรือนึ่ง ใช้น้ำเดือด ระยะเวลาขึ้นอยู่กับอาหารทุกส่วนได้รับความร้อนโดยทั่วถึง เพื่อทำลายเอนไซม์ที่อยู่ภายในด้วย ระยะเวลาในการใช้ลวกผักต่าง ๆ ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของผัก ตารางที่ 3.7 แสดงเวลาสำหรับลวกหรือนึ่งผักก่อนแช่แข็ง ปริมาณน้ำที่ใช้ลวกผักก็เป็นสิ่งสำคัญ ต้องมากพอที่จะทำให้อุณหภูมิของน้ำลดลงน้อยที่สุด ปริมาณน้ำที่แนะนำไว้คือ น้ำ 3.5 ลิตรต่อผัก 1 กิโลกรัม หลังจากลวกผักแล้ว ต้องทำให้เย็นทันที โดยจุ่มในน้ำเย็นประมาณ 16 องศาเซลเซียส วิธีนี้ทำให้รักษารสชาติและคุณภาพของผักไว้ได้และยังเป็นการลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ด้วย หลังจากลวกหรือนึ่งแล้ว ควรบรรจุและแช่แข็งทันที การบรรจุผักนิยมบรรจุแห้ง

สำหรับผลไม้แช่แข็ง อาจแช่แข็งทั้งผลหรือตัดเป็นแว่นพร้อมที่จะประกอบอาหารได้หลังจากทำให้ละลาย ผลไม้พวกที่ไม่เสียสีง่ายเมื่อถูกกับอากาศ เหมาะที่จะบรรจุแห้ง แต่ส่วนใหญ่นิยมบรรจุผลไม้ในน้ำตาล หรือน้ำเชื่อม โดยใช้ น้ำเชื่อมเข้มข้น 30 - 60 เปอร์เซ็นต์ น้ำเชื่อมจะป้องกันไม่ให้ผลไม้เปลี่ยนสี อาจเติมกรดแอสคอร์บิกช่วยป้องกันการเปลี่ยนสีของผลไม้ โดยใช้กรดแอสคอร์บิก $\frac{1}{2}$ ช้อนชาต่อน้ำเชื่อม 4 ถ้วยตวง การใส่กรดควรใส่ก่อนหน้าจะเติมน้ำเชื่อมลงบนผลไม้ เพื่อป้องกันการเติมออกซิเจน การเติมน้ำเชื่อม จะทำให้จุดเยือกแข็งของผลไม้ในน้ำเชื่อมนั้นต่ำลง จึงต้องควบคุมอุณหภูมิต่ำในช่องแช่แข็งให้เพียงพอที่จะทำให้อาหารแข็งได้

ตารางที่ 3.7 เวลาสำหรับลวกผักก่อนแช่แข็ง

ผัก	ขนาด	เวลาในน้ำเดือด (นาที)
ผักกาดต่าง ๆ	ทั้งผัก	3
	ตัดท่อน	2
เมล็ดถั่วสด	เล็ก	3/4 - 1
	ใหญ่	1 - 2
แครอท	ทั้งหัว	2.5
	ตัดขวาง	2.3
ข้าวโพด	ทั้งผัก	7 - 11
	เมล็ด	2 - 3
กระหล่ำปลี	หั่นชิ้นใหญ่	1 - 1 ¹ / ₂
บรอกคอลลี	ดอกตัดขวาง 1 นิ้ว	2 - 3
ดอกกระหล่ำ	ตัดขวาง 1 ¹ / ₂ นิ้ว	3
ใบผักขม	-	1 ¹ / ₂

ที่มา : เอกสารประกอบการเรียนเรียงหมายเลข 14

เนื้อสัตว์และอาหารทะเลแช่แข็ง

อาหารสดทุกชนิดควรล้างให้สะอาด สุกลักษณะที่ดีของโรงงาน เครื่องมือ และเครื่องใช้ ตลอดจนคนงาน เป็นสิ่งสำคัญ เพราะจะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในอาหารให้น้อยที่สุด เนื่องจากอาหารเนื้อสัตว์มักนำมาบรรจุแช่แข็งเลย โดยไม่ได้ผ่านกระบวนการทำลายเอนไซม์หรือจุลินทรีย์

เนื้อวัวและเนื้อหมู ควรตัดแบ่งเป็นชิ้นให้พอเหมาะกับการประกอบอาหารแต่ละครั้ง เช่น แบ่งเนื้อชิ้นใหญ่สำหรับอบกรอบหรือทอด ตัดเนื้อเป็นก้อน ขนาดพอคำสำหรับทำมัสมั่นหรือสตู เป็นต้น

สัตว์ปีก ก่อนแช่แข็งต้องแยกเครื่องในออก และล้างให้สะอาด แยกแช่แข็งต่างหาก สำหรับเนื้อไก่นิยมตัดแบ่งแยกเป็นส่วน ๆ ให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสมจะนำมาประกอบ

อาหาร เช่น น่อง สะโพก ปีก ออก ส่วนเครื่องในก็แยกเป็นตับ กุ้งและหัวใจ เป็นต้น ไก่ที่แช่แข็งทั้งตัวหรือครึ่งตัว ควรผูกปีกและขาให้ติดแน่นกับตัว และห่อให้มิดชิดเพื่อป้องกันการสูญเสียของส่วนปีกและขาไป นอกจากนั้น ยังเป็นการประหยัดเนื้อที่ด้วย

ปลาที่จะนำมาแช่แข็ง ควรควักไส้ ขอดเกล็ด ตัดครีบและหางออกเสียก่อน และล้างให้สะอาด ถ้าปลาใหญ่มากอาจแล่เอาเนื้อ ตัดเป็นชิ้นขนาดที่จะใช้ การควักไส้ออกเป็นกรลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นได้เป็นอย่างมาก ปลาที่ไม่ควักไส้ก่อนเมื่อนำมาแช่แข็งจะเก็บรักษาได้ไม่นาน สำหรับปลาตัวเล็กรับประทานทั้งตัวอาจแช่แข็งทั้งตัวได้

การบรรจุเนื้อสัตว์ ต้องบรรจุในวัสดุที่ป้องกันน้ำระเหย การบรรจุที่ป้องกันมิให้ขึ้นเนื้อสัมผัสกับอากาศ จะป้องกันการหืนของเนื้อสัตว์ โดยห่อขึ้นเนื้อให้แน่นหรือใส่ภาชนะให้เต็มแน่นและปิดให้สนิท

อาหารสำเร็จรูป

อาหารสำเร็จรูปพวกแกงต่าง ๆ และขนมก็แช่แข็งได้แต่ควรวางแผนให้ดี การแช่แข็งควรแยกอาหารให้ได้เหมาะกับส่วนที่รับประทานในแต่ละครั้ง และไม่ควรทำอาหารสำเร็จแช่แข็งไว้มากเกินไป คือไม่ควรเก็บอาหารเหล่านี้เกิน 2 หรือ 3 เดือน เพราะอาหารจะมีรสชาติติดอวลลง ขนมอบควรใช้ไขมันที่คุณภาพดีไม่เหม็นหืน อาหารพวกที่อบจนสุกแล้วจึงแช่แข็งได้แก่ คุกกี้ แอนเจลเค้ก สปันจ์เค้ก ขนมปังและขนมปังหวาน อาหารแช่แข็งพวกที่สุกเพียงบางส่วน เมื่อต้องการรับประทานจึงอบหรือนึ่งให้สุกทั่ว โดยอบหรือนึ่งทั้งที่อาหารยังแช่แข็งอยู่ อาหารสำเร็จเหล่านี้ได้แก่ พายผลไม้ พายเนื้อ และพิซซ่า เป็นต้น

ภาชนะบรรจุอาหารและการเก็บรักษา

การบรรจุอาหารแช่แข็งลงในภาชนะ เป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะระหว่างแช่แข็งอาหารอาจสูญเสียไปได้ด้วยการระเหิด คือ น้ำแข็งกลายเป็นไอน้ำโดยไม่ต้องผ่านการเป็นของเหลว ภาชนะบรรจุไม่ว่าจะเป็นกล่องหรือสิ่งห่อหุ้ม ต้องแข็งและเหนียวพอที่จะป้องกันไม่ให้อาหารภายในแตก ป้องกันไม่ให้อาหารแห้ง เนื้อสัตว์ที่สูญเสียในอุณหภูมิต่ำ จะมีลักษณะแห้ง แข็ง มีสีคล้ำ ถ้าเป็นผักก็จะเหนียว ส่วนผลไม้จะถูกออกซิไดซ์และมีสีดำนวล ภาชนะบรรจุต้องไม่ดูดกลืนของอาหารไว้ หรือดูดกลืนอาหารภายนอกเข้าภายใน ราคาไม่ควรแพงจนเกินไป ตัวอย่างของภาชนะบรรจุที่ดีได้แก่

1. ขวดแก้วปากกว้าง ซึ่งมีฝาปิดแน่น
2. กระป๋องที่มีการชุบแลคเกอร์ข้างกระป๋อง
3. ภาชนะบรรจุรูปร่างแบน ๆ เหมาะที่จะเก็บไว้ในตู้แช่แข็งเพราะเปลืองที่น้อย
4. ถังที่ฉาบไซ เซลโลเฟนหรือถังกอไลเอธิลีน ปิดผนึกโดยใช้ความร้อนได้
5. แผ่นอะลูมิเนียมบาง ๆ

การบรรจุอาหารในภาชนะ ต้องคำนึงถึงการขยายตัวของอาหารที่มีของเหลวปนอยู่ด้วย จึงต้องเหลือที่ว่างเหนืออาหารประมาณ $1/2$ ถึง $1\ 1/2$ นิ้ว ถ้าเป็นอาหารบรรจุแห้งเช่น ผัก เนื้อสัตว์ ไม่ต้องเว้นที่ว่าง หลังจากฉีกหีบห่อหรือปิดฝาภาชนะสนิทแล้ว ควรปิดฉลากบอกรายละเอียดของอาหารและวันที่บรรจุไว้ด้วย เพื่อประโยชน์ต่อการนำออกมาใช้ในเวลาต่อมา

อาหารที่แช่แข็งแล้วต้องนำมาเก็บในช่องที่มีอุณหภูมิต่ำที่เตรียมไว้ทันที อุณหภูมิที่เก็บรักษาอาหารเหล่านี้ควรต่ำกว่า - 18 องศาเซลเซียส ตู้แช่แข็งตามบ้านที่มีคุณภาพดีจะมีช่องแช่แข็งต่างหากจากช่องแช่เย็นธรรมดา ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ง่าย ความเย็นภายในช่องแช่แข็งสามารถลดลงได้ถึงประมาณ -30 องศาเซลเซียส แต่ตู้เย็นประเภทที่ไม่มีช่องแช่แข็งแยกโดยเฉพาะ จะมีอุณหภูมิไม่คงที่แน่นอน และมักจะมีอุณหภูมิสูงกว่า -15 องศาเซลเซียส คุณภาพของอาหารจะต้อยลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เก็บอาหารแช่แข็งได้ไม่นาน ตารางที่ 3.8 แสดงระยะเวลาที่สามารถเก็บอาหารแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

หลังจากเตรียมอาหารที่ต้องการแช่แข็ง หรือซื้ออาหารที่แช่แข็งมาแล้ว ควรรับนำมาเก็บในช่องแช่แข็งให้เร็วที่สุดที่จะทำได้ ไม่ควรปล่อยให้น้ำแข็งในอาหารละลาย เพราะการที่น้ำในอาหารไหลออกมา ทำให้สูญเสียรสและคุณค่าทางโภชนาการไปกับน้ำ

การละลายอาหารแช่แข็ง

ในการละลายน้ำแข็งในอาหารเพื่อนำไปประกอบอาหารต่าง ๆ นั้น ถ้าเป็นการต้ม วิธีที่ดีที่สุดคือใส่อาหารแช่แข็งลงในน้ำเดือดเลย ไม่ต้องวางให้ละลายก่อนหุงต้ม เพราะจะทำให้สูญเสียวิตามินและเน่าเสียได้ ผักบางชนิดที่ต้องการนำไปผัดหรือทอด จำเป็นต้องทำให้ละลายบางส่วน พอให้ชิ้นส่วนแยกออกจากกันเท่านั้น เพื่อให้ความร้อนเข้าไปในชิ้นอาหารอย่างทั่วถึง การลวกผักก่อนแช่แข็งทำให้ผักนุ่มลง ดังนั้นเวลาในการหุงต้มผักแช่แข็งจึงสั้นกว่าหุงต้มผักสด

ตารางที่ 3.8 ระยะเวลาที่สามารถเก็บอาหารแช่แข็งที่อุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียส

ผลิตภัณฑ์	อุณหภูมิแช่แข็งที่ -18 องศาเซลเซียส ระยะเวลา (เดือน)
ชิ้นเนื้อวัว	18
เนื้อวัวบด	10
ชิ้นเนื้อหมู	10
ไก่	18
เบ็ดและห่าน	12
ปลาไขมัน	5
ปลาไม่มีไขมัน	9
แครอท	18
ถั่วลันเตา	24
สตรอเบอรี่	15
น้ำผลไม้เข้มข้น	24

ที่มา : เอกสารประกอบการเรียบเรียงหมายเลข 15

สำหรับเนื้อสัตว์ต่าง ๆ และอาหารสำเร็จรูปจะทำให้ละลายก่อน หรือจะต้มหรืออบทั้งยังแข็งอยู่ก็ได้ ถ้าต้องการละลายก่อน ควรนำอาหารแช่แข็งมาวางให้ค่อย ๆ ละลายในช่องแช่เย็นก่อนโดยหยิบอาหารออกจากช่องแข็งมาใส่ตู้เย็นชั้นล่าง อาจใช้เวลานานกว่าการนำอาหารแช่แข็งออกมาละลายนอกตู้เย็น แต่ก็ปลอดภัยจากการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในอาหารก็จะได้ไม่เน่าเสียง่าย ถ้าจำเป็นต้องละลายอย่างรวดเร็ว ควรแช่อาหารทั้งที่ยังมีภาชนะบรรจุลงในน้ำ ไม่ควรนำอาหารออกจากภาชนะบรรจุ เพราะจะทำให้สารอาหารต่าง ๆ ละลายไหลออกมาปนกับน้ำที่ใช้แช่อาหาร ทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาไปอย่างมาก

อาหารที่ละลายแล้วต้องรีบนำไปปรุงอาหารเช่นเดียวกับอาหารสด ไม่ควรจะทิ้งไว้จะเน่าเสียง่าย

อาหารที่ถูกทำให้ละลายแล้วไม่ควรนำกลับไปแช่แข็งสลับไปมาอีก เพราะอาหารจะสูญเสียน้ำมาก ทำให้อาหารจืดชืด และนุ่มละ ในการแช่แข็งจึงควรกะปริมาณอาหารที่จะใช้ในแต่ละมือและจัดแบ่งส่วนของอาหารแช่แข็งให้พอเหมาะที่จะใช้ โดยบรรจุแยกอาหารนั้นเป็นส่วน ๆ เมื่อต้องการใช้ส่วนใดจึงหยิบออกมาทำให้ละลาย แล้วต้องใช้ให้หมดในคราวเดียว

คุณค่าทางโภชนาการ

กระบวนการและแช่แข็งมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการน้อยมาก เพราะไม่ได้ทำให้สารอาหารสลายตัว คุณค่าทางโภชนาการของอาหารแช่เย็นและแช่แข็ง อาจเปลี่ยนไปดังนี้

วิตามิน

ในระหว่างแช่เย็น อาหารสูญเสียวิตามินไม่มากนัก วิตามินบีในเนื้อหุ้ลดลงไปเล็กน้อย การแช่แข็งจะทำให้ผักและผลไม้สูญเสียวิตามินซีไปมากจากการลวกผัก และระหว่างเก็บรักษาอาหารแช่แข็ง ส่วนวิตามินเอจะสูญเสียระหว่างการแช่แข็งมากกว่าช่วงอื่น ๆ

โปรตีน

กระบวนการแช่แข็งอาจทำให้เกิดลักษณะไม่พึงประสงค์อยู่บ้าง เช่น การแข็งตัวเป็นลูกของน้ำนม แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการแต่อย่างใด

ไขมัน

การหั่นเป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันเมื่อสัมผัสกับออกซิเจน ในที่เย็นจัดปฏิกิริยาจะช้าลง ไขมันปลาหั่นเร็วกว่าไขมันจากสัตว์ชนิดอื่น เนื้อหุ้จะหั่นเร็วกว่าเนื้อวัวที่ -18 องศาเซลเซียส สามารถเก็บเนื้อหุ้ได้นาน 10 เดือน ในขณะที่เก็บเนื้อวัวได้นานถึง 18 เดือน (ตารางที่ 3.8) การบรรจุเนื้อสัตว์อย่างถูกวิธีเพื่อแช่แข็ง เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงและปฏิบัติอย่างถูกต้อง จึงจะสามารถเก็บถนอมอาหารได้ โดยมีการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการน้อยที่สุด

สรุปท้ายบท

ความเย็นในการถนอมอาหารแบ่งเป็น 2 ระดับอุณหภูมิคือ ความเย็นเหนือจุดเยือกแข็งของอาหาร (การแช่เย็น) และความเย็นต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของอาหาร (การแช่แข็ง)

อุณหภูมิแช่เย็นอาหารอยู่ระหว่าง 15 ถึง 0 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิแช่แข็งต่ำกว่า 0 จนถึง -18 องศาเซลเซียส โดยประมาณ ตู้เย็นตามบ้านและห้องเย็นในระดับอุตสาหกรรม จะถูกจัดให้มีอุณหภูมิต่างกล่าว โดยจัดช่องเย็นแยกจากช่องแช่แข็ง

หลักทั่วไปของความเย็นต่อการถนอมอาหารคือ การยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เป็นการชะลอการเน่าเสียของอาหารได้ระยะเวลาหนึ่ง ในขณะที่เป็นวิธีถนอมอาหารที่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของอาหารน้อยที่สุด

ปัจจัยที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการใช้ความเย็น ได้แก่ การระเหยของน้ำจากอาหารในห้องเย็น ดังนั้นการควบคุมความชื้นในห้องเย็นและในอาหาร จึงต้องปฏิบัติควบคู่กันไป ดังนั้น การเก็บอาหารในห้องเย็น นอกจากจะมีการควบคุมความชื้นให้พอเหมาะสมประมาณร้อยละ 80-95 แล้ว ยังต้องห่ออาหารด้วยวัสดุกันชื้น เช่น แผ่นพลาสติก หรือใส่กล่องมีฝาปิดมิดชิด เป็นต้น

วิธีสอนและกิจกรรม

1. บรรยาย
2. ให้ผู้เรียนสังเกต และบันทึกรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับอาหารแช่เย็น และอาหารแช่แข็ง

สื่อการสอน

1. เอกสารคำสอน
2. ตัวอย่างอาหารแช่เย็นและอาหารแช่แข็ง อาทิ เมล็ดข้าวโพดแช่แข็ง ถั่วลิสงเตาแช่แข็ง เนือสัตว์แช่แข็ง อาหารทะเลแช่แข็ง
3. วิดีทัศน์ห้องเย็นเก็บอาหารแช่แข็ง หรือทัศนศึกษา

การประเมินผล

1. สังเกตความสนใจในห้องเรียน จากการบรรยายและการร่วมกิจกรรมที่จัดให้
2. บันทึกของผู้เรียน จากกิจกรรมในข้อ 2

บทที่ 4

การถนอมอาหารโดยใช้การกำจัดน้ำ

หัวข้อเรื่อง

1. การถนอมอาหารโดยการทำแห้ง และการรมควัน
2. การถนอมอาหารโดยใช้เกลือ
3. การถนอมอาหารโดยใช้น้ำตาล

แนวคิด

การกำจัดน้ำเป็นการยับยั้งและทำลายจุลินทรีย์ โดยลดความชื้นในอาหาร ทำให้จุลินทรีย์ขาดน้ำไม่สามารถจะดำรงชีวิตอยู่ได้ สำหรับจุลินทรีย์ที่ทนได้ก็ไม่สามารถเจริญเติบโตได้เหมือนเซลล์ธรรมดา อาหารจะเสียช้าลง วิธีการถนอมอาหารโดยอาศัยหลักการนี้ได้แก่ การตากแห้ง การอบแห้ง การรมควัน ซึ่งเป็นการระเหยนํ้าออกจากอาหารโดยตรง นอกจากนั้นก็มีการใช้เกลือ หรือน้ำตาลเข้มข้น เพื่อดึงนํ้าออกจากอาหาร โดยกระบวนการออสโมซิส

จุดประสงค์การเรียนรู้

หลังจากเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. เข้าใจกระบวนการการกำจัดน้ำของการถนอมอาหารทั้ง 3 วิธีคือ การทำแห้ง การใช้เกลือ และการใช้น้ำตาล และอธิบายได้
2. บอกปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดี ของการถนอมอาหารทั้ง 3 วิธีดังกล่าวได้
3. ผลิตอาหารถนอมบางอย่าง โดยใช้ความรู้และความเข้าใจในการถนอมอาหารทั้ง 3 วิธีได้

การถนอมอาหารโดยการทำให้แห้ง

การถนอมอาหารด้วยวิธีทำให้แห้งเป็นการขจัดน้ำออกจากอาหาร โดยการระเหยน้ำออกให้มีความชื้นเหลืออยู่ในอาหารน้อยมาก วิธีนี้เป็นวิธีถนอมอาหารที่เก่าที่สุด และ ในปัจจุบันก็ยังใช้วิธีนี้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและมีข้อดีอยู่หลายประการ คือ

1. เก็บได้นานเนื่องจากอาหารประเภทนี้แห้ง ไม่มีน้ำและเข้มข้นทำให้จำกัดชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในการเจริญเติบโต
2. ได้อาหารที่มี สี กลิ่น รส แปลกไปเป็นการเพิ่มอาหารชั้นได้อีกชนิดหนึ่ง
3. สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยในการผลิต เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการถนอมอาหารวิธีอื่นๆ
4. การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ง่าย สะดวก และกินที่น้อย
5. น้ำหนักเบาทำให้การขนส่งสะดวก

วิธีทำให้อาหารแห้ง

การตากแห้ง (sun drying)

เป็นการทำให้อาหารแห้ง โดยแสงแดดแผดเผาให้น้ำระเหยออกจากอาหาร ซึ่งทำกันมาตั้งแต่เมื่อไหร่ไม่มีใครทราบ รู้แต่ว่าเป็นวิธีเก่าแก่ที่สุดที่มนุษย์ใช้ถนอมอาหาร ปัจจุบันก็ยังมีการตากอาหารโดยใช้แสงแดดกันอยู่มาก โดยเฉพาะที่ทำอาหารถนอมภายในบ้าน เช่น การตากกล้วย ผักผลไม้อื่น ๆ และเนื้อสัตว์

การอบแห้ง (dehydration)

เป็นการทำให้อาหารแห้งโดยไม่ได้อาศัยธรรมชาติ (artificial drying) เป็นการใช้ความร้อนจากแหล่งพลังงานอื่นๆ เช่น ไฟฟ้า หรือการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เช่น แก๊ส น้ำมันหรือถ่านไม้ วิธีนี้น้ำจะระเหยออกจากอาหารจนเหลือ ประมาณร้อยละ 1 - 5 ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร

การอบแห้งด้วยเครื่องจักรค้นพบเมื่อปี ค.ศ.1795 โดยใช้ลมร้อนเป่าผ่านเข้าไปในตู้หรือห้องที่บรรจุอาหาร (ตู้อบหรือห้องอบ) ซึ่งมีระบบช่องระบายความชื้นออกไปด้วยเตาอบตามบ้านเป็นลักษณะหนึ่งของวิธีนี้ แต่ไม่มีเครื่องช่วยในการเคลื่อนของอากาศร้อน และไม่มีตัวช่วยในการระเหยความชื้น ทำให้ผลิตผลอาจแห้งไม่สม่ำเสมอ

การอบแห้งโดยใช้เครื่องจักรมีหลายแบบด้วยกัน ตัวอย่างเช่น

ดรัม ดรายเออร์ (drum drier) ใช้ลูกกลิ้งโลหะขนาดใหญ่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 - 6 ฟุต ใช้กับอาหารที่เป็นของเหลว เช่น นํ้านม นํ้าผลไม้ นํ้าผัก กล้วย เมื่ออาหารได้รับความร้อนจากลูกกลิ้ง น้ำก็จะระเหยออกไป อาหารจะแห้งเป็นแผ่นบาง เกาะติดกับผนังลูกกลิ้ง ที่ลูกกลิ้งมีใบมีดติดอยู่ข้าง ๆ สำหรับขูดอาหารแห้งออกไปอาหารจะถูกนำไปบดละเอียดอีกครั้งหนึ่ง

คาบิเนต ดรายเออร์ (cabinet drier) เป็นห้องหรือตู้ ภายในมีถาดหรือชั้นสำหรับใส่อาหาร อาจมีหลายชั้น มีพัดลมเป่าอากาศร้อนลงไปบนอาหาร เครื่องอบแห้งชนิดนี้มีราคาถูก นิยมใช้ในท้องปฏิบัติการณ์ และในอุตสาหกรรมเล็ก ๆ ที่ทำผลผลิตจำนวนน้อยเช่น การทำเครื่องเทศต่าง ๆ ให้แห้ง

ทันเนล ดรายเออร์ (tunnel drier) นิยมใช้กับผักผลไม้ เครื่องนี้ประกอบด้วยถาดยาวประมาณ 33 - 50 ฟุต ภายในมีล้อเลื่อนหรือสายพานสำหรับใส่ถาด มีพัดลมเป่าอากาศร้อนลงบนอาหาร เมื่อถาดอาหารเคลื่อนผ่านจากท่อก็จะแห้งได้ที่พอดี ในขณะเดียวกันถาดใหม่ก็เลื่อนเข้าแทนที่

คลิน ดรายเออร์ (klin drier) เป็นเครื่องสองชั้น บนพื้นของชั้นบนมีตะแกรงใส่อาหาร ชั้นล่างมีลมร้อนเป่าขึ้นไป อาหารจะถูกเขย่ากลับไปกลับมาตลอดเวลา ซึ่งกว่าอาหารจะแห้งก็ใช้เวลานานพอสมควร วิธีนี้ใช้กับอาหารที่มีขนาดใหญ่ เช่น ผัก ผลไม้ชิ้นใหญ่ การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและอัตราเร็วในการทำแห้งเป็นสิ่งสำคัญ

ปัญหาที่มักเกิดในการใช้เครื่องจักรคือ การเกิดลักษณะแข็งตามผิวหน้าอาหารเรียก case hardening เกิดเนื่องจากอุณหภูมิของอากาศที่สูงเกินไป ความชื้นในอากาศก็จะต่ำ ทำให้ความชื้นจากผิวหน้าอาหารระเหยไปเร็วกว่าความชื้นภายในอาหาร เมื่อผิวหน้าอาหารแห้ง ความชื้นภายในอาหารจะระเหยไปได้ยาก ลักษณะเช่นนี้อาจป้องกันได้ โดยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศให้พอเหมาะ โดยเฉพาะอุณหภูมิไม่ควรสูงเกินไปในระยะเริ่มต้นของการอบแห้ง

ฟรีซดราย (freeze drying)

เป็นการทำให้แห้งโดยการลดอุณหภูมิของอาหารให้ถึงจุดเยือกแข็งก่อน ในเวลาที่รวดเร็วและใช้หลักเกี่ยวกับสภาวะอากาศ อุณหภูมิและความกดดันที่ถูกต้องทำให้น้ำแข็งนั้นกลายเป็นไอน้ำระเหยออกไปไม่ผ่านช่วงที่เป็นของเหลว (การระเหิด) อาหารที่ผ่านวิธีการทำ

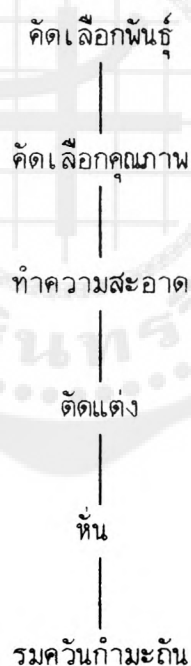
ให้แห้งนี้จะสดมากและเก็บไว้ได้นาน วิธีการนี้เสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าวิธีอื่นจึงยังไม่แพร่หลาย นิยมใช้กับการทำกาแฟผงและยามากที่สุด ในอุตสาหกรรมอาหารคงจะได้รับความสนใจมากขึ้นทุกวัน

วิธีทำอาหารตากแห้ง

อาหารที่ตากแห้งต้องสด คุณภาพดี ขนาดเท่า ๆ กัน ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการกำหนด เวลาและวิธีการทำแห้ง การเตรียมที่ดีและถูกสุขลักษณะ จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี และสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้นด้วย การตากแห้งทำกับอาหารได้ทั้ง 3 ประเภท คือ ผลไม้ ผัก และเนื้อสัตว์

ผลไม้

ขั้นเตรียมผลไม้เพื่อตากแห้ง



1. **คัดเลือกพันธุ์** ต้องเลือกให้เหมาะสม เช่น แอปเปิ้ลต้องเป็นพันธุ์เนื้อแข็งสีขาว และมีความหวานสูง องุ่นต้องเป็นพันธุ์ที่ให้ความหวานสูงและไม่มีเมล็ด กล้วยที่นิยมมีหลายชนิด เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ แต่พบว่ากล้วยน้ำว้าได้รับความนิยมมากกว่า เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพได้น้อย ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่คุณภาพดี ผลิตได้ง่ายกว่าและราคาถูกกว่าด้วย

2. **การคัดเลือกคุณภาพ** คัดผลไม้ที่สุกพอดี ถ้าใช้ผลไม้ไม่สุก จะทำให้ผลไม้ที่ได้มีเนื้อแข็ง รสไม่หวาน เนื่องจากผลไม้มียังมีแป้งมากเกินไป แต่ถ้าใช้ผลไม้ที่อมเกินไป จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีไม่สวยและเนื้อเหนียว

3. **การทำความสะอาด** การทำความสะอาดวัตถุดิบโดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 แบบคือ การทำความสะอาดแบบแห้ง เช่น การร่อนเอาทรายออก และการทำความสะอาดแบบเปียก โดยการใช้น้ำช่วย ซึ่งโดยปกติแล้วนิยมใช้น้ำแบบสเปรย์มากกว่า เพราะล้างได้เร็ว สะอาดและล้างได้เป็นจำนวนมากต่อเนื่องกัน หากต้องการล้างเอาสารเคมีหรือยาฆ่าแมลงที่ตกค้างออก โดยปกติล้างด้วยกรดเกลือเจือจาง 0.75 - 2 เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้งหนึ่ง

4. **การแช่ต่าง** ผลไม้บางชนิดที่มีไซโตเปลี่ยนสีมาก ๆ เช่น แอปเปิ้ล พุทรา องุ่น ควรนำไปแช่น้ำต่างเพื่อให้เปลือกแตกออก ผลไม้จะแห้งเร็วและสม่ำเสมอหลังการตากหรืออบแห้ง ต่างที่นิยมใช้ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซดาไฟนั่นเอง ปริมาณที่ใช้ต่างกันตามชนิดและความสุกของผลไม้ อาจใช้ตั้งแต่ 0.25 - 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยแช่นานประมาณ 15 วินาที อาจใช้โซดาทำขนมก็ได้ แต่ได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร

5. **การตัดแต่ง** ผลไม้บางอย่างต้องตัดแต่งก่อน ซึ่งจะตัดรอยตำหนิ หรือส่วนเสียออกจากวัตถุดิบเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ส่วนที่ดี ผลไม้บางชนิดต้องปอกเปลือก

6. **การพ่น** ผลไม้บางอย่างต้องพ่นให้ได้ขนาดตามต้องการก่อนนำไปตากแห้ง

7. **การรมควันกัมมะถัน** เพื่อป้องกันการเปลี่ยนสีของผลไม้ ควรรมควันกัมมะถันก่อนตากแห้ง ระยะเวลาการรมควันกัมมะถันประมาณครึ่งถึงสามหรือสี่ชั่วโมง แล้วแต่ชนิดของผลไม้ การรมควันกัมมะถันหรือซิลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วโลกมานานแล้ว โดยเฉพาะประเทศที่ผลิตผลไม้แห้งเป็นอุตสาหกรรม หน้าที่ของซิลเฟอร์ไดออกไซด์คือเป็นตัวหยุดชะงักปฏิกิริยาของเอนไซม์ พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ที่มีปฏิกิริยากับออกซิเจนในเนื้อผลไม้ ทำให้เกิดสีน้ำตาล โดยเฉพาะกับผลไม้เนื้อหนาและต้องหั่นเป็นชิ้นก่อนตาก แต่เมื่อใช้ซิลเฟอร์ไดออกไซด์แล้ว ถึงแม้ในเนื้อผลไม้จะมีปริมาณออกซิเจนอยู่มาก เช่น แอปเปิ้ล ก็สามารถป้องกันไม่ให้เกิดสีน้ำตาลได้ ประโยชน์ของการรมควันกัมมะถัน สรุปเป็นหัวข้อได้ดังนี้

7.1 ช่วยรักษาสีธรรมชาติของผลไม้ไว้ได้นานที่สุด

7.2 ช่วยป้องกันการขึ้นรา โดยแก๊สกำมะถัน จะทำลายเชื้อราและแบคทีเรีย

ปกติผลไม้มักจะขึ้นราเมื่อมีความชื้นเกินกว่าร้อยละ 12 อาหารแห้งควรมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 5 - 12 ซึ่งความชื้นระดับนี้ หากใช้กำมะถันจะช่วยป้องกันราได้ดียิ่งขึ้น

7.3 ช่วยรักษาค่าทางโภชนาการของผลไม้ไว้ในขณะทำการตากแห้ง และระหว่างการเก็บรักษา เช่น ช่วยลดการสูญเสียวิตามินเอ และซี เป็นต้น

วิธีการรมควันกำมะถันมีดังนี้

- เอากำมะถันผงห่อกระดาษแล้วหมนปลายคล้ายทอफी
- ใส่ภาชนะสำหรับเผา ซึ่งอาจเป็นโลหะเช่น ลังกะสีหรือจานกระเบื้องเคลือบหรือดินเผา

- เตรียมผลไม้ที่จะรมไว้ในภาชนะโปร่ง เพื่อให้ควันกำมะถันรมผ่านได้ทั่วถึง วางภาชนะให้สูงจากพื้นให้ระดับผลไม้สูงกว่ากำมะถันที่จะเผาประมาณ 10 นิ้วฟุต ถ้ามีหลายชั้นควรวางแต่ละชั้นให้ห่างกันพอควร

- จุดกำมะถันในปริมาณ 1 ช้อนชา ต่อผลไม้ครึ่งกิโลกรัม
- ครอบด้วยกล่องหรือกระป๋อง ถ้าใช้ตุ้มรมควันก็ปิดตู้ให้มิดชิด ปล่อยให้ควันรมผลไม้ ระยะเวลารมควัน 3 - 48 ชั่วโมง ขึ้นกับชนิดผลไม้ว่าซึมควันได้ดีมากน้อยเพียงใด

การใช้น้ำยาซิลเฟอร์ ก็นิยมใช้เช่นกัน แต่ใช้กับผลไม้เนื้อโปร่ง โดยแช่สารละลายโซเดียมซิลไฟด์หรือโซเดียมเมตาไบซิลไฟด์ ใช้น้ำยา 1 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 4 ถ้วยตวง

วิธีตากแห้งผลไม้

1. เตรียมผลไม้สำหรับตากแห้ง ตามชนิดของผลไม้
2. วางเรียงผลไม้ที่เตรียมไว้แล้วบนตะแกรงโปร่งอย่าให้แน่นนัก
3. คลุมถาดด้วยผ้าโปร่ง
4. เอาออกวางตลาตากแดดในที่สูง ให้พ้นจากฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกต่าง ๆ
5. หนุนให้ข้างหนึ่งสูงขึ้นด้วยไม้ เพื่อให้อากาศไหลวนได้รอบตะแกรง ผลไม้จะแห้งเร็ว และแห้งสม่ำเสมอ
6. ถ้าผลไม้มีขนาดขนาดใหญ่ควรกลับวันละ 2 ครั้ง ตากจนผลไม้แห้งตามความต้องการ
7. ทดสอบความแห้งของผลไม้ด้วยการบีบด้วยมือ ถ้าไม่มีน้ำออกและผลไม้คลายตัวออกดังเดิมเมื่อปล่อยมือออก แสดงว่าแห้ง

8. ทำให้ผลไม้แห้งสมบูรณ์ ทำได้โดยการบรรจุผลไม้ตากแห้งลงในภาชนะใหญ่คลุมด้วยผ้า เพื่อป้องกันแมลงลง คนผลไม้วันละ 2 - 3 ครั้ง ทั้งไว้ราว 7 - 10 วัน ผลไม้จะแห้งได้ที่และจะไม่ขึ้นรา

9. บรรจุกาษณะที่สะอาดและมีดซิดเก็บไว้ในที่แห้งและเย็น

ผัก

การตากแห้งผักใช้วิธีคล้ายกับการตากแห้งผลไม้ แต่สำหรับผักมักลวกด้วยน้ำเดือดก่อนตากแดด เพื่อทำลายเอนไซม์ หรืออาจใช้การดองเค็มก่อนจึงตากแห้งก็ได้ ผักที่เหมาะสมที่จะตากแห้งได้แก่ ผักที่มีเนื้อแข็งเช่น หน่อไม้ หัวผักกาด เห็ด กระหล่ำปลี ผักแห้ง ควรมีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 4 จึงจะเก็บได้นานและมีคุณภาพดี

การเตรียมผัก ควรเก็บผักในเวลาเช้าและเลือกผักที่ดีจริง ๆ ผักที่เหี่ยวหรือเน่าจะได้ผลิตผลที่มีคุณภาพต่ำลง

เวลาที่ใช้ลวกผักแต่ละชนิดแตกต่างกัน สำหรับผักใบเขียวใช้เวลา 1 - 3 นาที ถ้านึ่งใช้เวลา 5 นาที สำหรับข้าวโพด ถั่ว ต้องใช้เวลา 8 - 10 นาที โดยต้มน้ำให้เดือดก่อนใส่ผักลงไป ผักที่ลวกควรจะมีลักษณะอ่อนตัวลงแต่ไม่ถึงสุก การนึ่งจะทำให้เอนไซม์ในผักถูกทำลายทำให้ผักไม่เสียสี สำหรับการตัดเตรียมผักนั้นทำได้หลายแบบ ขึ้นกับชนิดของผักหลังลวกผักแล้ว จัดเรียงหรือเกลี่ยในถาด นำตากแดดจนแห้ง

เนื้อสัตว์

ใช้วิธีคล้ายคลึงกับการตากแห้งผักและผลไม้ แต่ไม่ต้องรวมควันกำมะถันหรือลวก เพียงแต่หมักเกลือหรือแช่น้ำเกลือ แล้วนำออกผึ่งแดดบนตะแกรงโปร่งจนแห้ง

เนื้อที่ตากต้องล้างให้สะอาดแล้วเป็นชิ้นบางๆ น้ำเกลือที่ใช้ไม่ควรมีความเข้มข้นต่ำกว่าร้อยละ 5 เพราะเกลือช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีน

การตากแห้งควรเรียงอาหารที่เตรียมแล้วลงในถาดหรือตะแกรงโปร่ง อย่าวางให้แน่นเกินไปจะแห้งช้า ควรกลับอย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง ถ้าต้องการเก็บถนอมนานต้องใช้เวลาตากหลายวัน

วิธีทำอาหารอบแห้ง

นำอาหารที่จะทำแห้งใส่ในเตาอบแห้งที่มีความร้อนประมาณ 60 องศาเซลเซียส ควรเปิดไฟไว้เพื่อให้เตาอบแห้งร้อนก่อนโดยให้อุณหภูมิสูงถึง 71 องศาเซลเซียส แล้วจึงใส่ถาดอาหารเข้าไป หลังจากนี้อุณหภูมิในเตาอบแห้งจะลดลงเหลือประมาณ 60 องศาเซลเซียส ให้รักษาระดับอุณหภูมิไว้ประมาณ 60 องศาเซลเซียส จนอาหารแห้ง

ตรวจสอบบ่อย ๆ เพื่อให้มีความแห้งสม่ำเสมอโดยการหมุนถาดบ้าง กลับชิ้นผลิตภัณฑ์บ้าง เมื่อผักและผลไม้เริ่มแห้งมักจะมีกลิ่นหอมเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้เสียรสชาติและคุณค่าทางอาหารลงได้ ดังนั้นในระยะท้ายของการทำแห้ง ต้องการความร้อนน้อยลง แต่ควรอยู่ในระดับที่เหมาะสม ควรมีเทอร์มอมิเตอร์เพื่อวัดระดับความร้อน ระยะเวลาการทำแห้งขึ้นอยู่กับของผลไม้หรือผัก ขนาดและปริมาณที่บรรจุในถาด ระยะเวลาสำหรับผลไม้ประมาณ 8 - 20 ชั่วโมง สำหรับผัก 6 - 16 ชั่วโมง

เมื่อผลิตภัณฑ์เกือบแห้ง อาจรวม 3 - 4 ถาดไว้ถาดเดียวกันได้ แล้วปล่อยให้แห้งสนิทต่อไป เพื่อให้มีที่สำหรับทำแห้งสิ่งอื่นต่อไป

เปรียบเทียบอาหารตากแห้งและอบแห้ง

1. การตากแห้งต้องการเนื้อที่มากกว่าการใช้เครื่อง โดยทั่วไปต้องใช้เนื้อที่ตากแห้ง 1 ส่วน ต่อเนื้อที่เพาะปลูก 100 ส่วน
2. วิธีตากแห้งควบคุมมาตรฐานผลิตภัณฑ์ได้ยาก คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับลักษณะอากาศในระยะที่ตาก ส่วนการใช้เครื่องอบแห้งสามารถควบคุมความชื้นและอุณหภูมิได้ตามต้องการ จึงให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ
3. ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการใช้เครื่องอบแห้งจะสะอาดและถูกสุขลักษณะกว่า การตากด้วยแสงแดด อาหารตากแห้งมักเปราะเปื้อนฝุ่นละอองและอาจถูก นก หนู และแมลงสาบเจาะกิน ทั้งยังอาจมีเชื้อโรคมาปะปนมากับอาหารด้วย
4. ในระหว่างการตากแห้ง น้ำตาลในอาหารอาจเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ได้ และอาหารที่ตากแห้งอาจเน่าเสียไปได้บ้าง การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้ จะไม่เกิดกับอาหารที่อบแห้งด้วยเครื่อง
5. สีของอาหารที่ตากแห้งดีกว่าอาหารที่อบในเครื่อง โดยเฉพาะผลไม้ยังไม่สุกขณะที่ตากแห้งจะค่อย ๆ สุก ทำให้เกิดสีดีขึ้น

6. การทำให้แห้งด้วยเครื่องต้องการใช้อุปกรณ์ที่ซับซ้อนและเชื้อเพลิง จึงเสียค่าใช้จ่ายมากกว่าตากแห้ง

ผลของการทำให้อาหารแห้ง

จุลินทรีย์

เราส่วนใหญ่เติบโตได้ในอาหารที่มีน้ำร้อยละ 12 ราวบางชนิดเติบโตได้อาหารที่มีน้ำเพียงร้อยละ 7 เท่านั้น ส่วนยีสต์และแบคทีเรียต้องการน้ำมากกว่าเราแต่ก็ยังมีแบคทีเรียบางพวกที่ทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหารและทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารแห้ง ดังนั้นนอกจากจะควบคุมความชื้นในอากาศให้ต่ำในระดับที่ปลอดภัยจากจุลินทรีย์เหล่านี้ จำเป็นต้องใช้อาหารที่มีคุณภาพสูงสำหรับทำอาหารแห้งและอาจควบคุมความสะอาดโดยใช้ความร้อนขึ้นตำลาคายจุลินทรีย์ก่อนทำให้แห้ง การใช้เครื่องมือที่สะอาดตลอดจนเก็บอาหารที่แห้งแล้วให้ปลอดภัยจากฝุ่น แมลงและหนู จะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ที่เข้ามาปนเปื้อนได้มาก

เอนไซม์

เมื่อมีน้ำอยู่ด้วยเอนไซม์จึงทำงานได้ดี แต่เมื่อมีน้ำอยู่ด้วย ความร้อนจะทำลายเอนไซม์อย่างรวดเร็ว โดยปกติที่อุณหภูมิน้ำเดือดเอนไซม์จะถูกทำลายใน 1 นาที แต่ถ้าใช้ความร้อนแห้งอย่างที่ใช้ในการอบแห้งอาหารด้วยเครื่อง แม้จะมีอุณหภูมิถึง 204 องศาเซลเซียส ก็มีผลต่อเอนไซม์น้อยมาก การลดความชื้นของอาหารจึงมีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 2 ชนิด เท่านั้น คือ แคตาเลสและเพอร์ออกซิเดส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งให้เกิดการหืน ดังนั้นก่อนทำให้อาหารแห้ง จึงต้องทำลายเอนไซม์อื่นในอาหารเสียก่อน

เม็ดสี

อาหารที่ทำให้แห้งจะมีสมบัติทั้งทางเคมีและฟิสิกส์เปลี่ยนไป รวมทั้งสีของอาหารด้วย เม็ดสีพวกแคโรทีนอยด์และแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงเป็นซีดจาง ถ้าหากใช้อุณหภูมิและเวลานาน ส่วนเม็ดสีคลอโรฟิลล์ในผักผลไม้ที่มีสีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีซีดหรือเป็นสีน้ำตาล

คุณค่าโภชนาการ

ในการทำให้ง้ออาหารสูญเสียน้ำ เพราะฉะนั้นจึงทำให้อาหารเข้มข้นขึ้น กล่าวคือ เมื่อน้ำหนักเท่ากัน อาหารทั้งมีสารอาหารมากกว่าอาหารสด (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารอาหารในเนื้อวัวและถั่วหวานสดและทั้ง (ร้อยละ)

สารอาหาร	เนื้อวัว		ถั่วหวาน	
	เนื้อสด	เนื้อทั้ง	สด	ทั้ง
โปรตีน	20	55	7	25
ไขมัน	10	30	1	3
คาร์โบไฮเดรต	1	1	17	65
น้ำ	68	10	74	5
เกลือแร่	1	4	1	2

แต่อย่างไรก็ตาม อาหารที่ผ่านการมวิธีการถนอมอาหารทุกชนิดไม่สามารถจะถนอมคุณค่าทางโภชนาการของอาหารให้เหมือนสดได้ ในการทำให้ง้อจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและลดการสูญเสียสารอาหารแต่ละชนิดดังนี้

วิตามิน อาหารทั้งสูญเสียวิตามินทั้งชนิดที่ละลายและไม่ละลายน้ำ วิตามินที่ละลายน้ำสูญเสียไประหว่างการลวกเพื่อทำละลายเอนไซม์ ขณะที่ตากแดดวิตามินซีและวิตามินเอจะถูกทำลายเมื่อถูกอากาศ วิตามินบี 1 ถูกทำลายและสูญเสียไปเพราะความร้อนและเมื่อรมควัน อาหารที่ตากแห้งสูญเสียวิตามินมากกว่าอาหารที่อบแห้งด้วยเครื่อง นอกจากนั้นวิตามินก็อาจสูญเสียได้ต่อไปอีกในระหว่างการเก็บถนอม

โปรตีน กรรมวิธีทำให้ง้อโดยใช้เครื่องมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของ โปรตีน โดยทำให้เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อนสูงจนร่างกายไม่สามารถย่อยได้เต็มที่จึง เป็นประโยชน์ได้น้อยลง การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยทำให้โปรตีนย่อยง่ายขึ้น

ไขมัน การหืนของไขมัน เป็นปัญหาที่สำคัญของการอบแห้ง การหืนที่เกิดจากการเติมออกซิเจนเกิดได้มากที่อุณหภูมิสูง ซึ่งสามารถป้องกันได้โดยการเติมสารป้องกันการเติมออกซิเจน (antioxidant)

คาร์โบไฮเดรต สำหรับผลไม้ที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง การเปลี่ยนสีในผลไม้แห้งเกิดจากปฏิกิริยาที่เกิดสีน้ำตาลโดยเอนไซม์ และเกิดจากน้ำตาลไหม้ การรมควันกำมะถันจะช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ ส่วนเนื้อสัตว์ไม่มีคาร์โบไฮเดรต การเสื่อมคุณภาพของคาร์โบไฮเดรตจึงไม่เป็นปัญหาสำคัญ

พยาธิ ในอาหารแห้ง พยาธิบางชนิดอาจมีชีวิตรอดอยู่ได้ ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องทำลายพยาธิเช่น พยาธิในเนื้อหมู *Trichinella spiralis* ด้วยความร้อนก่อนตากแห้ง

วิธีเก็บรักษาอาหารแห้ง

อาหารจะเก็บได้นาน ถ้าเก็บไว้ในภาชนะมิดชิด ที่ไม่อับชื้น ก่อนเก็บก็ต้องแน่ใจว่าอาหารแห้งสนิท และต้องคอยหมั่นดู ทั้งต้องหมั่นเอาออกตากแดดเสมอ เพื่อมิให้ขึ้นราได้ การเก็บไว้ในที่เย็น จะช่วยยืดอายุการเก็บให้ยาวขึ้น ภาชนะที่บรรจุต้องป้องกันแมลง และความชื้นได้เช่น ขวดแห้ง กระป๋องดีบุก กล่องอาบไซนา

ในอุตสาหกรรม การบรรจุหีบห่ออาหารแห้งเป็นเรื่องสำคัญมาก ภาชนะบรรจุที่อากาศและน้ำเข้าไม่ได้ จะช่วยรักษาคุณภาพอาหาร อาหารที่บรรจุถุงพลาสติกเก็บไว้ได้ชั่วคราวเท่านั้น เพราะแมลงอาจกัดเจาะถุงเข้าไปกินอาหารได้ ถ้าเป็นถุงพลาสติก ซึ่งโปร่งแสง แสงจะทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพได้อีกด้วย

การรมควัน

การรมควันเป็นวิธีที่พัฒนาการมาจากการตากแห้ง โดยใช้ความร้อนจากไฟ ซึ่งวิธีนี้มีคุณค่าดีสำหรับอาหารจำพวกเนื้อสัตว์และปลา โดยทำเป็นไส้กรอก เบคอน แฮมและอาหารอื่น ๆ นอกจากทำให้อาหารแห้งแล้ว ควันยังช่วยให้เก็บรักษาอาหารได้นานยิ่งขึ้น ทั้งยังให้สี กลิ่นและรสต่างกันไปอีก

การรมควันบางทีนิยมใส่เกลือในอาหารสดก่อนจะนำไปรมควัน ความร้อนได้จากการเผาไหม้ไม้บางชนิด เช่น ไม้ฮิกคอรี กากหรือกามมะพร้าว เป็นต้น การเลือกชนิดของวัตถุที่นำมาเผา เพื่อจะได้เพิ่มกลิ่นจากควันของวัตถุ องค์ประกอบของควันที่สำคัญได้แก่

ฟีนอล กรดแอซิดิก และครีโอลิโสต ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการป้องกันจุลินทรีย์ต่าง ๆ นอกจากนี้มีพวก อัลดีไฮด์เช่น ฟอร์มัลดีไฮด์ อะซีโตน เกิดขึ้นระหว่างการเผาไหม้ ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญในการให้กลิ่นรสแก่อาหารรมควัน ไม้ที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง จะต้องไม่มียาง หรือน้ำมันเกิดขึ้นระหว่างการเผา เพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้มีกลิ่นไม่ดี

ความร้อนจากควัน นอกจากทำให้อาหารแห้ง ยังช่วยทำลายจุลินทรีย์ต่าง ๆ ด้วย จุลินทรีย์บางชนิดทนความร้อนและเจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิ 20 - 45 องศาเซลเซียส ฉะนั้น เราจึงนิยมรมควันอาหารที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ ในต่างประเทศก็นิยมรมควันเย็นคือใช้อุณหภูมิ 40 - 46 องศาเซลเซียส อาหารจะยังดิบและชื้นอยู่มาก จึงต้องเก็บไว้ในที่เย็น การรมควันควรทำให้เกิดควันหนา เนื่องจากละอองของสารที่เกิดจากการเผาไหม้ จะไปเคลือบบนผิวของอาหารและอุดช่องเล็ก ๆ บนผิวอาหาร ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเข้าไป ทำให้อาหารเน่าเสียได้

วิธีการรมควัน

เครื่องมือเครื่องใช้

ที่รมควัน แบ่งได้เป็น 2 แบบคือ

1. แบบเปิดหรือแบบธรรมดา โดยการสูบลมด้วยไม้ที่ให้ควัน แล้วแขวนอาหารไว้เหนือกองเพลิง วิธีนี้อาหารรมควันได้ทีละมาก ๆ โดยทำเป็นแคร่ขนาดใหญ่แบบการตากแห้งอาหาร แต่สูบลมอ่อน ๆ ให้ควันรมอาหารไปพร้อมกับไอร้อน ช่วยให้อาหารแห้งเร็วยิ่งขึ้น วิธีนี้เหมาะสำหรับรมควันปลาที่ไม่ต้องการรมควันมากนัก

2. แบบปิด คือมีสิ่งปกปิดมิให้ควันกระจายไปมาก ทำให้อาหารได้รับควันเต็มที่และเสมอกัน ระยะเวลาที่ใช้ก็สั้นกว่าแบบแรก ทำได้หลายแบบ ตั้งแต่แบบง่าย ๆ ไม่ต้องลงทุนมาก ๆ คือใช้กระป๋อง หรือถังขนาดใหญ่ตัดฝาออกทั้งสองด้าน ตั้งบนแผ่นอิฐกระเบื้องที่จะใช้สูบลม แขนอาหารไว้ตอนบน และ ปิดพอมิให้ควันกระจายออกไปมากนัก ถ้าจะรมควันครั้งละมาก ๆ ก็อาจสร้างเป็นตู้หรือกระต๊อบขนาดเล็กแล้วสูบลมไฟไว้ที่พื้น

เชื้อเพลิง ใช้ไม้ชนิดที่ต้องการ อาจเป็นไม้อี๊กคอร์ กาบมะพร้าว หรือขี้เลื่อยหรือไม้เนื้อแข็ง

เทอร์มอมิเตอร์ สำหรับวัดอุณหภูมิภายในที่รมควัน

วิธีรมควัน

1. เรียงก้ามมะพร้าวถี่ ๆ ให้ต่อเนื่องกันในที่ใส่เชื้อเพลิง ropyเชื้อลอยบนก้ามมะพร้าว
2. จุดไฟที่ก้ามมะพร้าวให้ไฟคุ้ยตลอดเวลาถ้าต้องการควันมากจุดไฟสองด้าน
3. ถ้าก้ามมะพร้าวติดไฟมากเกินไป พรมน้ำให้พอชื้น ๆ จะได้ควันมากขึ้น และลดอุณหภูมิในที่รมควันลง
4. ควบคุมอุณหภูมิในที่รมควันโดยแขวนเทอร์มอมิเตอร์ไว้ข้าง ๆ อาหารแล้วจึงลดและเพิ่มเชื้อเพลิงตามความเหมาะสม
5. อุณหภูมิภายในที่รมควันควรอยู่ระหว่าง 62.7 - 68.3 องศาเซลเซียส
6. เมื่อครบกำหนดเอาออกผึ่งให้เย็น
7. ถ้าต้องการเก็บถนอมไว้ ควรห่อด้วยกระดาษแก้วให้แนบกับเนื้ออาหาร เพื่อกันอากาศสัมผัสเนื้ออาหารเก็บไว้ในที่เย็น ถ้าใส่ตู้เย็นได้จะปลอดภัย และจะเก็บไว้ได้ถึง 1 สัปดาห์ ถ้าแช่แข็งจะเก็บไว้ได้นานหลายเดือน

การถนอมอาหารโดยใช้เกลือ

เกลือในความหมายของอาหารและการถนอมอาหารนั้น หมายถึง เกลือที่ใช้ปรุงอาหารมีสูตรทางเคมีว่า NaCl (โซเดียมคลอไรด์) เกลือบริสุทธิ์เป็นผลึกสีขาว มีสมบัติดูดความชื้นได้ดี และจะดูดความชื้นได้มากขึ้น เมื่อเกลือไม่บริสุทธิ์

สมบัติของ เกลือในการถนอมอาหาร

1. การละลาย เกลือละลายในน้ำประมาณ 26 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักที่ 20 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิสูงอาจละลายได้มากกว่านี้ แต่เมื่อปล่อยให้เย็นเกลือบางส่วนจะตกผลึกออกมา เหลือเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำจริง ๆ ประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เท่านั้นน้ำเกลือนี้เป็นน้ำเกลืออัมตร
2. การแทรกซึมของเกลือเข้าในอาหาร สารละลายเกลื่อย่อมมีความเข้มข้นกว่าสารละลายในอาหาร จึงเกิดแรงดันออสโมซิส ดึงน้ำและโปรตีนที่ละลายน้ำออกมานอกเซลล์ของอาหาร อากาศที่อยู่ระหว่างช่องว่างของเซลล์จะออกมานอกเซลล์เช่นกัน เพกทินในผักและผลไม้ จะละลายออกมานอกเซลล์ทำให้เซลล์อ่อนตัวลง ทำให้ผักนุ่ม หากน้ำเกลือ

ไม่บริสุทธิ์มีสารแปลกปลอมเช่น แคลเซียมไอออน (calcium ion) จะทำให้ผักและผลไม้แข็ง เพราะสารเหล่านี้ทำปฏิกิริยากับสารประกอบเพกทิน ในขณะที่น้ำออกจากเซลล์จะแทรกซึมเข้ามาในเซลล์ จนความเข้มข้นของเกลือในอาหารมีมากกว่าภายนอก โปรตีนจะเริ่มเปลี่ยนแปลงสภาพ ช่องว่างของอากาศในเซลล์จะถูกเกลือแทนที่หมด สีของอาหารจึงทึบขึ้น ถ้าเม็ดสีเป็นสีเขียวจะเปลี่ยนเป็นฟิวไอดิน ในระยะสุดท้ายเกลือแทรกซึมเข้าไปในอาหาร จนถึงจุดสูงสุด ทำให้อาหารมีรสเค็ม

3. ผลต่อจุลินทรีย์

3.1 เกลือเป็นตัวลดความชื้นของอาหาร เนื่องจากเกลือบกับน้ำทำให้เกิดสารละลาย ซึ่งการที่น้ำมาเกาะกับเกลือ ทำให้สมบัติของน้ำและความเป็นอิสระเปลี่ยนไป ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถนำน้ำมาใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้

3.2 สารละลายเกลือทำให้น้ำในเซลล์ของจุลินทรีย์ซึมออกมา เนื่องจากความดันออสโมซิส เป็นเหตุให้เซลล์ของจุลินทรีย์ มีการสูญเสียน้ำอย่างมาก และหยุดการเจริญเติบโต

3.3 จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนจะเจริญเติบโตได้ช้าลง เพราะเกลือบเป็นตัวลดการแพร่หรือการแทรกซึมของออกซิเจนในอาหาร ทำให้จุลินทรีย์ขาดออกซิเจนในการเจริญเติบโต

3.4 เกลือทำลายเอนไซม์บางชนิด เมื่อน้ำเกลือมีความเข้มข้นระดับหนึ่งทำให้เอนไซม์เปลี่ยนแปลงสภาพ รูปร่างโมเลกุลเปลี่ยนไป ดังนั้นเอนไซม์ในจุลินทรีย์จึงถูกทำลาย จุลินทรีย์จึงหยุดการเจริญเติบโต

การดองเค็ม

การดองเค็มเป็นการนำอาหารคลุกเกลือหรือแช่ในน้ำเกลือเข้มข้นอมตัว อาหารจะมีรสเค็มจัดอย่างเดียว และเก็บถนอมได้นาน

นอกจากเกลือถนอมอาหารได้แล้ว ยังช่วยลดความเปรี้ยวในอาหารด้วย เช่น การดองมะม่วงเปรี้ยวก็เพื่อให้รสเปรี้ยวลดลง อาหารที่นิยมนำมาดองเค็มมีทั้ง ผักและผลไม้ เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์

1. เนื้อเค็ม ทำได้โดยแช่เนื้อในน้ำเกลือเข้มข้นประมาณ 20 - 25 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณความเค็มขึ้นอยู่กับระยะเวลาการแช่เนื้อ หลังจากนั้นนำไปตากแห้งหรืออบแห้ง เพื่อ

ลดปริมาณการสลายตัวของโปรตีนและสารอาหารอื่นโดยเอนไซม์ อาหารจะแห้ง เค็มและปราศจากกลิ่นผิดปกติ

2. แยม ทำได้โดยแช่เนื้อหมูส่วนสะโพก ในน้ำเกลือเข้มข้น 24 เปอร์เซ็นต์ มีเกลือดินประสิวใส่เพื่อช่วยให้สีคงที่ ใช้วิธีฉีบน้ำเกลือเข้าไปตามกล้ามเนื้อก็ได้ ส่วนผสมโดยประมาณ มีดังนี้

เกลือแกง	24.0	เปอร์เซ็นต์
เกลือดินประสิว	0.2	เปอร์เซ็นต์
น้ำตาล	2.5	เปอร์เซ็นต์

หลังจากเกลือแทรกซึมเข้าเนื้อดีแล้วใช้เวลา 6 วันที่อุณหภูมิต่ำ จึงนำแยมไปรมควันเพื่อให้แห้ง และเพิ่มกลิ่นควันทำให้น่ารับประทาน

แยมที่แช่น้ำเกลือเข้มข้นสูง เป็นเวลานานจะเก็บรักษาได้นานแต่จะมีรสเค็มมาก ในปัจจุบันแยมเป็นอาหารที่นิยมบริโภคกันมากขึ้น เพราะนำไปรับประทานโดยตรง หรือประกอบกับอาหารอื่นได้ง่าย เช่น รับประทานกับขนมปัง ไข่ดาว หรือหั่นเป็นชิ้นใส่ลงในข้าวผัดแทนเนื้อสัตว์ชนิดอื่น หรือหั่นเป็นชิ้นผสมกับผัก ทำสลัดหรือยำแบบไทย ๆ ด้วยเหตุนี้ การดองเค็มแยม จึงลดปริมาณเกลือลงเพื่อลดความเค็ม แต่จะเก็บถนอมได้ไม่นาน ดังนั้นจึงต้องเก็บรักษาแยมไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ถ้าจะเก็บรักษานานต้องเก็บในช่องแข็ง

3. เบคอน ทำเช่นเดียวกับแยม แต่ใช้ส่วนที่เป็นเนื้อสามชั้น ซึ่งอยู่บริเวณหน้าท้องของหมู

4. ผักและผลไม้ดองเค็ม ใช้เกลือเป็นปริมาณสูงเช่นเดียวกับการดองเค็มเนื้อสัตว์ แตกต่างกับเนื้อตรงที่ ต้องแช่ผักหรือผลไม้ในน้ำเกลือเข้มข้นน้อย ๆ ก่อน เพราะเกลือที่เข้มข้นมากจะทำให้ผักเหี่ยวและแตกเนื่องจากความดันออสโมซิส ปริมาณเกลือที่ใช้ควรเริ่มจากความเข้มข้น 8 - 10 เปอร์เซ็นต์ก่อน แช่ไว้ 1 สัปดาห์ ความเข้มข้นของน้ำเกลือจะทำให้สารละลายในเซลล์ผักและผลไม้ไหลออกมา จึงเพิ่มความเข้มข้นของเกลือไปเรื่อยจนได้เกลือประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ ผลลัพธ์ที่ได้จะเค็มและเก็บได้นาน เวลารับประทานต้องแช่น้ำ เพื่อลดความเค็มลง

ผักและผลไม้เค็มหลายชนิด นิยมเก็บแห้ง ดังนั้นการดองเกลือ จะต้องด้วย

น้ำเกลือเข้มข้นต่ำ ๆ ก่อน แล้วบีบน้ำเกลือออก ตากแห้ง เพื่อทำความเข้มข้นของเกลือสูงขึ้น ทำให้สามารถเก็บถนอมได้นาน

5. **ไข่เค็ม** ทำได้โดยแช่ในน้ำเกลืออิ่มตัว โดยให้ไข่จมอยู่ภายใต้ น้ำเกลือ ใช้เวลา 15 - 20 วัน จะได้ไข่เค็ม เวลารับประทานต้องต้มสุกหรือทอดในน้ำมัน

การถนอมอาหารโดยใช้น้ำตาล

โดยอาศัยหลักการเช่นเดียวกับการใช้เกลือถนอมอาหารคือ ลดความชื้นจากอาหาร การใช้สารละลายน้ำตาลเข้มข้นประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปจะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ แต่ไม่ทำลายจุลินทรีย์โดยตรง ปกติวิธีนี้นิยมใช้กับผักและผลไม้ต่าง ๆ และขณะที่ทำการถนอมผัก มีการใช้ความร้อนเพื่อให้ น้ำตาลละลาย จึงเป็นการช่วยทำลายจุลินทรีย์ได้อีกทางหนึ่ง อาหารถนอมที่ใช้น้ำตาลเข้มข้นได้แก่ นมข้นหวาน น้ำผลไม้เข้มข้น แยม และผลไม้เชื่อม แฉอมและกวน เป็นต้น

น้ำผลไม้เข้มข้น

เป็นน้ำผลไม้ที่สกัดจากผลไม้ มี 2 แบบ คือ

1. น้ำผลไม้เข้มข้นแท้เป็นการระเหยน้ำออกจากผลไม้ภายใต้สุญญากาศ 20 - 25 นิ้วปรอท จนได้น้ำผลไม้เข้มข้นประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ การเก็บรักษาต้องเก็บ โดยแช่เย็น แช่แข็ง หรือใส่สารเคมี

2. น้ำผลไม้เข้มข้นโดยการปรุงแต่ง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำผลไม้ปรุงแต่งด้วยน้ำตาล น้ำ สี กลิ่น และรส โดยให้ความเข้มข้นและความหวานไม่ต่ำกว่าร้อยละ 40 และจะต้องมีส่วนของน้ำผลไม้แท้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 25 น้ำผลไม้เข้มข้นเหล่านี้ได้แก่ สควอช (squash) คอร์ดียาล (cordial) และเนคตาร์ (nectar)

วิธีทำ

ผลไม้ ควรสุกเต็มที่ คั้นน้ำได้ง่าย ไม่มีตำหนิ ถ้าเป็นผลไม้เนื้อนิ่ม เช่น มะละกอ มะม่วงสุกใช้วิธีกดผ่านตะแกรงได้ ส่วนผลไม้เนื้อแข็ง หรือเปลือกเหนียวควรลวกก่อน เช่น มะยม มะเขือเทศและอาจใช้เครื่องบดช่วยบดให้ละเอียด เพื่อให้คั้นน้ำได้ง่าย สำหรับผลไม้ที่เปลี่ยนสีง่าย ควรทำลายเอนไซม์ด้วยการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

น้ำตาลประมาณร้อยละ 35 - 50 สำหรับพวกที่มีเนื้อมัน ถ้าเป็นน้ำผลไม้ที่ไม่มีเนื้อมันควรมีน้ำตาลประมาณร้อยละ 65

การเก็บรักษา ควรทำการพาสเจอร์ไร์น้ำผลไม้ แล้วบรรจุในขวดที่สะอาดหรือใช้อุณหภูมิต่ำ โดยการแช่เย็นหรือแช่แข็ง

แยมและ เยลลี่

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากผลไม้ โดยการต้มผลไม้กับน้ำตาลจนได้ความหนืดมีลักษณะที่คล้ายวุ้นเกิดขึ้น เยลลี่ทำจากน้ำผลไม้ ลักษณะเป็นวุ้นอ่อนใส ไม่เหนียวจนหนืดและไม่เหลวเกินไป ทั้งต้องแข็งพอที่จะคงรูปเมื่อถอดจากพิมพ์ เมื่อตัดด้วยมีดจะเป็นเหลี่ยมตามรอยมีด ในขณะที่เดียวกันยังคงความหยุ่นตัวแม้แตะเพียงเบา ๆ ก็เคลื่อนไหว นอกจากนั้นยังมีสีและกลิ่นรส เป็นลักษณะเฉพาะของผลไม้ที่เหลือนอยู่ ส่วนแยมทำจากน้ำผลไม้ น้ำตาล และผลไม้ จึงไม่โปร่งใสเท่าเยลลี่ แต่มีคุณสมบัติอื่นคล้ายคลึงกัน

ส่วนประกอบของแยมและเยลลี่

แยมและเยลลี่เป็นสารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่เรียกว่า เจล การที่เกิดลักษณะนี้ได้ต้องมีส่วนประกอบอยู่ 3 อย่างคือ เพกทิน กรด และน้ำตาล เมื่อสัดส่วนของทั้ง 3 สิ่งพอเหมาะ ส่วนผสมจะแข็งเป็นเจล ส่วนที่ประกอบที่สำคัญแยกกล่าวได้ดังนี้คือ

เพกทิน อยู่ในเนื้อเยื่อพืช ดังนั้นผลไม้ที่เหมาะสมจะนำมาทำแยมและเยลลี่ จึงต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. เพกทินสูง เช่น ฝรั่ง มะละกอ องุ่น กระเจี๊ยบ มะดัน เป็นต้น ผลไม้หลายชนิดมีเพกทินมากที่เปลือกในส่วนที่เป็นเยื่อสีขาวติดเปลือก ได้แก่ มะนาว ส้มเกลี้ยง ส้มโอ ในต่างประเทศนิยมสกัดเพกทินบริสุทธิ์จากผลไม้เหล่านี้

2. สุกพอดี เนื่องจากในผลไม้ดิบมี โปรโตเพกทินสูง จึงไม่มีคุณสมบัติในการทำแยมหรือเยลลี่ ต่อมาเมื่อผลไม้สุกโปรโตเพกทิน จึงถูกเปลี่ยนเป็นเพกทินโดยเอนไซม์โปรโตเพกทิเนส แต่เมื่อผลไม้สุกเต็มที่จนอม เพกทินจะสลายตัวให้เมธิลแอลกอฮอล์ และกรดเพกติก ซึ่งไม่สามารถทำให้เกิดเจลได้

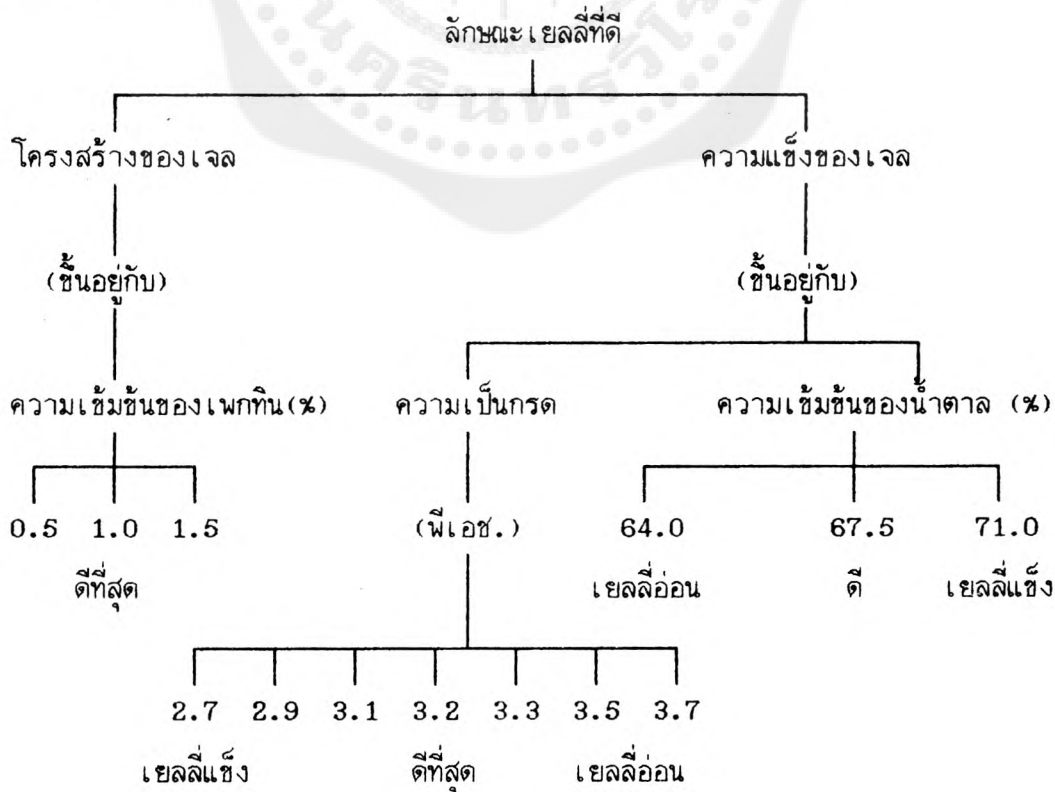
ผลไม้ที่มีเพกทินน้อยมาก สามารถนำมาทำแยมและเยลลี่ได้ โดยเติมเพกทินที่สกัดจากผลไม้ที่มีเพกทินมากลงไป ในระดับอุตสาหกรรม โรงงานที่ทำแยมบางแห่งจะเติม

วุ้นผงหรือวุ้นแผ่นที่ทำจากสาหร่ายทะเลแทน เพราะราคาถูกกว่ากันมาก แต่ในบางประเทศมีกฎหมายห้ามใช้วุ้น ในการทำแยมเยลลี่

น้ำตาล สัดส่วนที่ใช้ในการทำแยมและเยลลี่มีความสำคัญทำให้ลักษณะของแยมและเยลลี่อยู่ตัวดี การใส่น้ำตาลน้อยหรือมากเกินไปขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของเพกทินในน้ำผลไม้ ถ้ามีเพกทินน้อยแล้วใส่น้ำตาลมาก แยมและเยลลี่ที่ได้จะเหลวเกินไป และในทางที่กลับกัน แยมและเยลลี่จะแข็งเกินไปถ้ามีเพกทินมากและน้ำตาลน้อยเกินไป ฉะนั้นจึงต้องรู้ปริมาณเพกทินในผลไม้จึงจะสามารถกะประมาณปริมาณน้ำตาลที่ต้องเติมลงไปอย่างถูกต้อง

กรด ส่วนผสมของน้ำผลไม้จะกลายเป็นเจลเมื่อมีความเป็นกรดต่างหรือ พีเอช. ประมาณ 3.5 ถ้า พีเอช. ต่ำกว่านี้ น้ำจะถูกขับออกจากเจล ผลไม้บางชนิดมีกรดไม่เพียงพอจึงต้องเติมกรดอื่นลงไป เช่น น้ำส้มสายชู น้ำมะนาว กรดซิตริก กรดแลคติก เป็นต้น

กรดไม่เพียงแต่จำเป็นสำหรับการเกิดเจลเท่านั้น การเติมกรดยังมีประโยชน์อีกหลายอย่าง กรดทำให้น้ำตาลบางส่วนกลายbecome น้ำตาลอินเวิร์ตซึ่งช่วยป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเยลลี่ที่ต้องเก็บไว้นาน ๆ ในขณะเดียวกัน กรดก็ช่วยให้โปรโตเพกทินเปลี่ยนเป็นเพกทิน แต่ถ้าเติมส่วนผสมนานเกินไป กรดจะทำให้เพกทินสลายตัว สูญเสียสมบัติที่ทำให้เกิดเจล ดังนั้นถ้าจะเติมกรดจึงควรเติมหลังจากเติมน้ำผลไม้แล้ว ภาพต่อไปนี้จะแสดงส่วนประกอบที่พอเหมาะ ในการทำแยมและเยลลี่



วิธีทำแยมและเยลลี่

1. เตรียมผลไม้

- เลือกผลที่เน่าออก
- ล้างน้ำให้สะอาด
- ตัดก้านคว้านเมล็ด ปอกเปลือก ขึ้นต่อนั้นขึ้นกับชนิดของผลไม้

2. ต้มผลไม้เพื่อให้เนื้อเยื่ออ่อนตัวลง เสียก่อนที่จะเติมน้ำตาล นอกจากนั้นการต้มผลไม้ไม่ยังช่วยสกัดเพกทินออกจากผลไม้ และความร้อนจะทำให้โปรเพกทินสลายตัวให้เพกทินด้วย น้ำที่ใช้ควรท่วมเนื้อผลไม้ ต้มนาน 10 - 30 นาที ขึ้นอยู่กับความนุ่มแข็งของผลไม้ การต้มไม่ควรต้มนานเกินไปเพราะเพกทินอาจสลายตัว สูญเสียกรด และกลิ่นรส

3. ทดสอบปริมาณเพกทิน ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาปริมาณเพกทินในน้ำผลไม้ ซึ่งมีหลายวิธี วิธีที่ทำได้ง่ายสุด ได้แก่ การใช้เฮลิอัลคอกฮอลล์ 95 เปอร์เซ็นต์ เทลงในน้ำผลไม้ที่มีปริมาตรเท่ากัน ถ้าส่วนผสมกลายเป็นเจลอย่างแข็ง ควรใช้น้ำตาลและน้ำผลไม้ปริมาณเท่ากัน ถ้าส่วนผสมเป็นเจลอ่อนคล้ายเยลลี่ ให้ใช้น้ำตาล $3/4$ ถ้วยตวงต่อน้ำผลไม้ 1 ถ้วยตวงและถ้าใช้น้ำผลไม้เป็นตะกอนเล็ก ๆ ควรใช้น้ำตาลเพียงครึ่งถ้วยต่อน้ำผลไม้ 1 ถ้วย

วิธีที่แน่นอนคือ วิธีวัดปริมาณเพกทินด้วยเจลมิเตอร์ (jelmeter) เป็นการวัดความหนืดของน้ำผลไม้ เจลมิเตอร์เป็นเครื่องมือรูเล็ก ๆ น้ำผลไม้ที่มีเพกทินมากจะไหลผ่านได้ช้า และที่เจลมิเตอร์จะมีเข็มเป็นสเกลบอกปริมาณน้ำตาลที่ต้องใช้กับน้ำผลไม้

4. เติมน้ำตาล นำน้ำตาลปริมาณที่พอเหมาะเติลงลงในน้ำผลไม้ คนให้น้ำตาลละลาย ต้มผลไม้จนวัดอุณหภูมิของแยมหรือเยลลี่ได้ประมาณ 105 - 107 องศาเซลเซียส เยลลี่จะมีปริมาณน้ำตาลประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ การวัดความเข้มข้นของน้ำตาลอาจใช้เครื่องมือที่เรียกว่า รีแฟรกโตมิเตอร์ (refractometer) ซึ่งควรอ่านค่าความหวานของน้ำตาลได้เป็น 60 - 65 องศาบริกซ์

การทดสอบเยลลี่ด้วยสายตาทำได้โดยการใช้ช้อนตัก และปล่อยให้หยดลงบนน้ำเย็น ถ้าเยลลี่หยดลงอย่างช้าทีละ 1 - 2 หยด หรือเมื่อถูกน้ำเย็นแล้วมีลักษณะเป็นเจลก็ใช้ได้

5. การใส่เพกทินและกรด ในกรณีที่น้ำผลไม้มีเพกทินและกรดไม่เพียงพอ ก็เติมเพกทินสกัดและกรดลงในแยม คนให้เข้ากัน กรดที่ใช้อาจเป็นกรดมะนาว

6. การบรรจุขวด ขวดพร้อมฝาที่จะใช้บรรจุ จะต้องล้างให้สะอาดและอบให้แห้งสนิท บรรจุแยม หรือเยลลี่ที่ยังร้อนลงในขวดให้เต็ม ปิดฝาให้แน่น

7. การเก็บรักษา เก็บขวดบรรจุแยมในที่เย็น ทึบแสง ถ้าจะเก็บนานควรแช่ใน พาราฟินทับข้างบน เพื่อป้องกันราขึ้นบนผิวหน้าของแยม

มาตรฐานของแยมและเยลลี่

แยมคือ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากผลไม้ผสมน้ำตาล เพกทินและกรดที่เหมาะสม แยมควรมี ความเข้มข้นพอเหมาะ สัดส่วนของผลไม้ต่อน้ำตาลต้องไม่ต่ำกว่า 45 ส่วนต่อ 55 ส่วน ปริมาณน้ำตาลที่วัดได้ต้องไม่ต่ำกว่า 65 เปอร์เซ็นต์

เยลลี่ คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบคล้ายแยม แตกต่างที่เยลลี่ทำจากน้ำผลไม้ ชนิดใส และลักษณะคงตัวดีกว่าแยม เมื่อตัดด้วยมีด เยลลี่จะไม่ยุบและรูปร่างคงตัว

มาร์มาเลด มีลักษณะ และมีส่วนประกอบคล้ายแยม แต่นิยมทำจากผลไม้ตระกูลส้ม และมีชิ้นส่วนของเปลือกส้มอยู่ด้วย

ผลไม้กวน

เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำผลไม้กวนกับน้ำตาลจนเหนียวเป็นเนื้อเดียวกัน ผลไม้กวนไม่มี ลักษณะของเจล ดังนั้นจึงใช้ผลไม้ชนิดใดก็ได้ จะมีเพกทินมากหรือน้อยก็ได้ ดังนั้นการทำ ผลไม้กวนจึงง่ายกว่าการทำแยมและเยลลี่มาก วิธีการคือบดหรือสับผลไม้ให้ละเอียด ถ้า เป็นผลไม้มีน้ำมากนำมาผสมกับน้ำตาลได้เลย แต่ถ้ามีน้ำน้อยต้องเติมน้ำลงไป เพื่อป้องกันการ แข็งหรือไหม้ติดก้นหม้อก่อนถึงเวลาอันควร บางทีอาจใช้น้ำกะทิแทน เพื่อให้กลิ่นรสดีขึ้น

ผลไม้ที่นิยมนำมากวนได้แก่ กล้วย สับปะรด พุทรา มะขาม ทุเรียน นอกจากนี้ อาหารประเภท ผักกาด มัน ถั่วเมล็ดแห้งก็นิยมนำมากวนกับน้ำตาลเช่นกัน ผลไม้กวนที่ได้ จะมีรสหวานมากเนื่องจากมีน้ำตาลพอ ๆ กับแยมและเยลลี่ สามารถเก็บได้นาน ความ เข้มข้นของน้ำตาลจะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ แต่อาจมีราขึ้นที่ผิวหน้าได้ จึง ป้องกันด้วยการบรรจุให้มิดชิด สะอาดและอย่าให้มีอากาศสัมผัสกับอาหารมาก

ผลไม้แช่อิ่ม

เป็นผลไม้ผสมน้ำตาล โดยมีปริมาณน้ำตาล 60 - 70 เปอร์เซ็นต์ วิธีการทำต้อง ค่อย ๆ ให้น้ำตาลซึมเข้าสู่ผลไม้โดยตรง โดยการเคี่ยวผลไม้ในน้ำเชื่อมเข้มข้น 30 - 40 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งน้ำเชื่อมมีความเข้มข้นประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มความ เข้มข้นของน้ำเชื่อม ให้เพิ่มครั้งละ 10 เปอร์เซ็นต์ เคี่ยวไปประมาณ 10 วัน จะได้ผลไม้

แช่ส้ม หลังจากนี้เติมกรดซิตริก 0.1 เปอร์เซ็นต์เพื่อกันน้ำตาลตกผลึก เมื่อผลไม้มีน้ำตาล
จึงนำไปผึ่งแดดให้แห้ง ถ้าต้องการให้ผิวผลไม้มีเกล็ดน้ำตาลเคลือบ อาจทำได้โดยการต้ม
ในน้ำเชื่อมเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 5 นาที แล้วผึ่งหรืออบให้แห้ง น้ำเชื่อม
เข้มข้นที่อยู่ภายในเนื้อผลไม้จะซึมออกมาอยู่ที่ผิวภายนอก เมื่อแห้งจะกลายเป็นเกล็ดน้ำตาล
เคลือบอยู่บาง ๆ ที่ผิว

ผลิตภัณฑ์แช่ส้มมีหลายชนิดคือ แช่ส้มเปียก แช่ส้มแห้งเหมือนลูกอม แช่ส้มเปียก
ซุบน้ำตาลเม็ดแบบมะขามแช่ส้ม แช่ส้มเคลือบน้ำตาลแบบผลิตภัณฑ์น้ำตาลเกิดรอบๆ เช่น ฟักเชื่อม

การเชื่อม

เป็นการทำให้สารละลายน้ำตาลแทรกซึมเข้าสู่ผักหรือผลไม้ จนกระทั่งอิ่มตัว โดย
ทั่วไปผักและผลไม้มีความเข้มข้นของน้ำตาลไม่ต่ำกว่าร้อยละ 65 ในการเชื่อมส่วนมาก
นิยมให้ความร้อนเข้าช่วย โดยต้มผลไม้ที่เตรียมไว้ในน้ำเชื่อมเข้มข้นจนงวด และ อาจผึ่ง
แดดให้แห้งอีกทีหนึ่ง วิธีนี้ทำให้เนื้อผลไม้หดตัวมีลักษณะเหี่ยวยุบ บางครั้งก็เหนียวหรือแข็ง
เพราะน้ำเชื่อมมีความเข้มข้นสูง จะดึงน้ำจากผลไม้ด้วยแรงดันออสโมซิสอย่างรวดเร็วจน
เกินไป วิธีนี้นิยมใช้ทำผักและเปลือกส้มโอ

ผลไม้ที่นำมาเชื่อมควรเป็นผลไม้เกือบสุก ถ้าเป็นผลไม้สุกเกินไปจะเละจน
กลายเป็นผลไม้กวนหรือแยม สำหรับผลไม้เปรี้ยว หรือมีรสขมควรแช่ในน้ำเกลือที่มีความ
เข้มข้นไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 เสียก่อน ถ้าผลไม้ยังขมมากหรือเปรี้ยวมากก็ต้องใช้น้ำเกลือ
เข้มข้นมากขึ้นและแช่นานขึ้น ส่วนผลไม้ที่แข็ง ควรต้มกับน้ำหรือน้ำเชื่อมอย่างเจือจางจน
เนื้อผลไม้อ่อนนุ่มเสียก่อน เพื่อให้ น้ำเชื่อมซึมผ่านเนื้อผลไม้ได้ง่ายขึ้น

สรุปท้ายบท

น้ำเป็นปัจจัยหนึ่งในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การถนอมอาหารโดยการกำจัด
น้ำจึงเป็นลดปริมาณน้ำในอาหารสำหรับจุลินทรีย์ รวมทั้งเป็นการลดปริมาณน้ำในเซลล์ของ
จุลินทรีย์ด้วย

การกำจัดน้ำทำได้ 4 รูปแบบคือ การทำให้อาหารแห้ง การรมควันโดยใช้ควันไฟ
รมอาหาร การใช้เกลือและน้ำตาลเป็นปริมาณสูง การทำให้แห้งอาจเป็นวิธีที่ใช้ถนอม
อาหารได้ในอาหารทุกประเภท เช่น เนื้อสัตว์ ผักและผลไม้ ส่วนการรมควันนิยมทำใน
เนื้อสัตว์เท่านั้น โดยเฉพาะเนื้อหมูและเนื้อปลา การใช้เกลือนิยมใช้การถนอมอาหารหลาย

ประเภท เช่น เนื้อสัตว์ และผักต่าง ๆ สำหรับผลไม้ นอกจากเกลือจะช่วยถนอมอาหารแล้วยังช่วยลดปริมาณสารที่ทำให้เกิดรสที่ไม่พึงประสงค์ได้ เช่น ผลไม้ที่เปรี้ยวเกินไป และผลไม้ที่มีรสขื่น เป็นต้น การใช้น้ำตาลในการถนอมอาหาร อาจมีขีดจำกัดกว่าการถนอมอาหารแบบอื่น เนื่องจากต้องใช้น้ำตาลเข้มข้น อาหารถนอมที่ได้จะมีรสหวานจัด ทำให้นิยมใช้กับผลไม้ส่วนใหญ่ เช่น แยม เยลลี่ และผลไม้กวนต่าง ๆ

อย่างไรก็ตาม อาหารถนอมหลายชนิดที่อาจใช้วิธีการถนอมอาหารหลายวิธีร่วมกัน เช่น ก่อนการตากแห้งเนื้อสัตว์ มักใช้เกลือผสมลงในผลิตภัณฑ์ก่อนตากด้วย การดองเค็ม มะม่วงมักเติมน้ำตาลในภายหลัง เพื่อให้เกิดรสหวาน เป็นการเพิ่มรสชาติให้กับอาหารด้วย

วิธีสอนและกิจกรรม

1. บรรยาย
2. อภิปราย ชักถาม
3. ให้ผู้เรียนทดลองทำอาหารต่อไปนี้
 - 3.1 เนื้อสัตว์ ผักและผลไม้ตากหรืออบแห้ง
 - 3.2 ดองเค็ม ผักและผลไม้และไข่
 - 3.3 ทำแยม เยลลี่ และผลไม้กวน

สื่อการสอน

1. เอกสารคำสอน
2. ตัวอย่างอาหาร วัตถุต้น

การประเมินผล

1. สังเกตความสนใจในห้องเรียน และจากกิจกรรมที่มอบหมาย
2. รายงานการประเมินผลของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลอง

บทที่ 5

การถนอมอาหารโดยการหมัก

หัวข้อเรื่อง

1. การหมักให้เกิดแอลกอฮอล์
2. การหมักให้เกิดกรดแอซิดิก
3. การหมักให้เกิดกรดแลคติก
4. การหมักโดยการสลายโปรตีน

แนวคิด

การหมักเป็นการนำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นสาเหตุให้อาหารเน่าเสียแต่บางโอกาสจุลินทรีย์ก็ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อกระบวนการทางอุตสาหกรรมอาหารได้มาก โดยการจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง แต่ควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้อาหารเน่าเสีย ระหว่างที่จุลินทรีย์เป้าหมายเจริญเติบโตจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งสภาวะกายภาพและเคมีของอาหาร และมีสารใหม่เกิดขึ้น ทำให้ไม่เน่าเสียและเก็บถนอมได้นาน ซึ่งเนื่องมาจากสารที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นนั่นเอง

การหมักจึงนับว่าเป็นวิธีหนึ่งของการถนอมอาหาร ในปัจจุบันได้มีวิวัฒนาการและการปรับปรุงกรรมวิธีการหมัก โดยการเลือกและคัดสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ เพื่อให้ผลผลิตที่ต้องการ รวมทั้งกลิ่นรสเฉพาะตัวที่ดี มีการควบคุมอุณหภูมิ เวลา และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ให้เหมาะสมกับจุลินทรีย์เพื่อให้ได้ผลผลิตสูง

จุดประสงค์การเรียนรู้

หลังจากเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของการหมักทุกประเภทได้
2. อธิบายวิธีการทำอาหารหมักประเภทต่าง ๆ ได้
3. หมักอาหารประเภทผัก ผลไม้และเนื้อสัตว์ ในระดับครัวเรือนได้

การถนอมอาหารโดยการหมัก

การหมักต่างจากการถนอมอาหารวิธีอื่นตรงที่ การหมักจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับจุลินทรีย์บางตัวที่ก่อให้เกิดอาหารหมักแทนที่จะจัดสภาพทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโต

อาหารหมักเกิดในธรรมชาติอยู่แล้ว เช่น น้ำผลไม้กลายเป็นแอลกอฮอล์ น้ำนมกลายเป็นนมเปรี้ยวหรือโยเกิร์ต แต่สิ่งที่เกิดขึ้นนี้ ไม่มีการควบคุมชนิดของจุลินทรีย์ และระยะเวลาการหมัก อาหารจึงมีคุณภาพไม่คงที่บางครั้งก็กลายเป็นอาหารเสียไป ในปัจจุบันจากทดลองค้นคว้าและความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ทำให้สามารถผลิตอาหารหมักได้จากอาหารทุกประเภท นอกจากนั้นอาหารหมักกลายเป็นอาหารชนิดใหม่ที่มีรูปร่างลักษณะ และรสชาติเป็นที่ชื่นชอบและตรงกับรสนิยมของผู้บริโภคมากขึ้น จนกลายเป็นอาหารประจำวันไป

ประเภทของการหมัก

ผลิตภัณฑ์อาหารหมักแต่ละชนิด มีเนื้อสัมผัส ลักษณะที่เห็นและกลิ่นรสแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี และสารใหม่ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น อาหารที่ผ่านกรรมวิธีการหมักจะเป็นที่ยอมรับว่ากลิ่นรสดี เป็นกลิ่นรสพิเศษและเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์นั้น เช่น การหมักต้องผักต่าง ๆ เบียร์และไวน์ อาหารหมักหลายชนิดมีกลิ่นรสดีมาก จนสามารถนำไปทำเป็นเครื่องปรุงรส เสริมรสชาติให้อาหารอื่นได้เป็นอย่างดีด้วย เช่น ซอว์และน้ำปลา เป็นต้น ผลิตภัณฑ์อาหารหมัก อาจแบ่งตามปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นได้เป็น

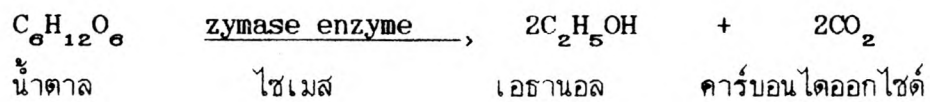
1. การหมักให้เกิดแอลกอฮอล์
2. การหมักให้เกิดกรดแอซิติก
3. การหมักให้เกิดกรดแลคติก
4. การหมักโดยการสลายโปรตีน

การหมักให้เกิดแอลกอฮอล์

ชนิดของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่สำคัญ คือ ยีสต์เช่นอาจใช้ยีสต์หมักผลไม้ โดยย่อยน้ำตาลในผลไม้เป็นแอลกอฮอล์

ยีสต์มีหลายชนิด พบทั่วไปในธรรมชาติ โดยเฉพาะบนผิวของผลไม้ ยีสต์เหล่านี้สามารถเปลี่ยนน้ำตาลในน้ำผลไม้ให้เป็นแอลกอฮอล์ได้ แต่อาจทำให้กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่ดีมากนักและมักจะได้ปริมาณแอลกอฮอล์น้อย ยีสต์เหล่านี้เรียกว่า ยีสต์ป่า (wild-yeast) ยีสต์ที่ให้ผลิตผลแอลกอฮอล์สูงและรสกลมกล่อม ได้แก่ แซ็กคาไรไมซีส ซีราซีอ ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น สรุปได้ดังนี้



การควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักเป็นสิ่งสำคัญซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม การปรับสภาพแวดล้อมจึงมักทำเพื่อจุดประสงค์ 2 ประการ ประการแรก ทำให้จุลินทรีย์หลายชนิดที่ทำให้อาหารเน่าเสียหยุดการเจริญเติบโตประการที่สอง ปรับสภาพให้เหมาะสมเพื่อให้จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักเจริญเติบโตได้เต็มที่และผลิตเอโนไซม์พอที่จะดำเนินปฏิกิริยาการหมัก ทำให้เกิดสารใหม่ในผลิตภัณฑ์ด้วยปริมาณที่เหมาะสม สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับยีสต์ อาจแยกกล่าวเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. ความเป็นกรดต่างของอาหาร ยีสต์เจริญเติบโตได้ดีที่พีเอช. 3.2 - 4.0 ในอาหารแต่ละชนิดมีความเป็นกรดต่างต่างกัน จึงต้องมีการปรับพีเอช. ของอาหารให้พอเหมาะ
2. อาหาร ยีสต์เจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีน้ำตาล ถ้ามีน้ำตาลมากปริมาณแอลกอฮอล์ก็มากขึ้นด้วย แต่ปริมาณน้ำตาลที่มีความเข้มข้นเกินร้อยละ 25 จะทำให้ยีสต์หยุดการเจริญเติบโตได้เช่นกัน ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการปริมาณแอลกอฮอล์สูง ๆ ควรให้น้ำตาลเป็นอาหารแก่ยีสต์ในช่วงระหว่างร้อยละ 18 - 25 สำหรับการหมักที่ดำเนินไปได้รวดเร็ว และได้ผลผลิตสูง มักจะต้องมีสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตบางตัว (growth factor) เช่น โปแตสเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส และ กรดอะมิโน อย่างพอเพียงด้วย
3. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของยีสต์อยู่ระหว่าง 21 - 32 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกินกว่านี้ ยีสต์จะหยุดการเจริญเติบโต และจุลินทรีย์อื่น ๆ อาจเจริญแทรกเข้ามาได้
4. ออกซิเจน การหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ต้องการออกซิเจน ในช่วงแรกเท่านั้น เพราะยีสต์ใช้ออกซิเจนในการสร้างพลังงานและแบ่งเซลล์ แต่ในสภาพขาดออกซิเจนยีสต์

จะสร้างแอลกอฮอล์แทน ดังนั้นสภาพการหมักแอลกอฮอล์จึงควรเป็นสภาพที่ขาดออกซิเจน

ปริมาณแอลกอฮอล์

ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลในอาหาร และความสามารถที่ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ โดยทฤษฎีน้ำตาล 100 ส่วนหมักแล้วจะให้แอลกอฮอล์ 51 ส่วนและให้คาร์บอนไดออกไซด์ 49 ส่วน แต่ในทางปฏิบัติจะได้แอลกอฮอล์เพียง 45 -47 ส่วนเท่านั้น เนื่องจากการสูญเสียในระหว่างกรรมวิธีหลังการหมักไปบ้าง

ปริมาณแอลกอฮอล์ในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ มีตั้งแต่ 3 - 18 เปอร์เซ็นต์

ผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์

อาหารและเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ มีหลายชนิดแตกต่างกันตามวัตถุดิบ และชนิดของยีสต์ที่ใช้ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไปนี้

1. ไวน์ (wine) ไวน์เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักองุ่น ไวน์ที่ทำจากวัตถุดิบชนิดอื่น จะมีชื่อเฉพาะตามวัตถุดิบที่ทำไวน์นั้น เช่น ไวน์ที่ใช้สับปะรดหมักเรียกว่า ไวน์สับปะรด เป็นต้น ขั้นตอนการทำไวน์ มีดังนี้

1.1 คัดเลือกวัตถุดิบ โดยทั่วไปอาหารที่เหมาะสมนำมาทำไวน์ชนิดต่าง ๆ คือ ผลไม้ การทำไวน์ให้มีคุณภาพดีจะต้องเลือกผลไม้ที่มีรสจัด หวานอมเปรี้ยว และมีน้ำมาก ซึ่งหมายถึงการมีปริมาณน้ำตาลและกรดพอเหมาะ หากผลไม้มีกรดมากเกินไป จะทำให้ไวน์เปรี้ยวหรือน้ำตาลน้อยเกินไป จะเกิดแอลกอฮอล์น้อยจนไม่สามารถเก็บถนอมไว้ได้นาน องุ่นเป็นผลไม้ที่นิยมหมักไวน์กันมานานแล้ว เพราะมีสายพันธุ์ที่ให้น้ำตาลมากถึง 12 - 25 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเลือกชนิดของผลไม้ที่นำมาทำไวน์แล้วสิ่งที่จะต้องคำนึงต่อไปคือ ต้องคัดผลไม้ที่สุกเต็มที่ ไม่มีรอยช้ำหรือเน่าเสีย เพราะจะทำให้กลิ่นรสของไวน์ที่ได้เสียไป

1.2 ล้างทำความสะอาด เอาก้านออกถ้ามี

1.3 ทำให้ผลไม้แตกออก อาจคั้นเอาแต่น้ำผลไม้หรือหมักทั้งเนื้อผลไม้ก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ แยกพิจารณาได้ดังนี้

1.3.1 การหมักผลไม้ทั้งเนื้อและเปลือกจะได้กลิ่นรสที่ดีกว่าการหมักแต่น้ำผลไม้อย่างเดียว แต่มักทำให้ไวน์ที่ได้ขุ่นและทำให้ใสได้ยากขึ้น ดังนั้นการหมักทั้งเนื้อจึงกระทำในระยะเริ่มการหมัก หลังจากนั้น กรองเอาเนื้อผลไม้ออกแล้วหมักแต่น้ำต่อไป

1.3.2 ผลไม้ที่มีปริมาณแทนนิน แปร และเพกทินอยู่สูง จะทำให้ไวน์ฝาด และไม้เสกเท่าที่ควร จึงควรกรองเอากากออก เพื่อลดปริมาณสารดังกล่าวลง

1.4 ปรับพีเอช. ของน้ำผลไม้ ก่อนปรับพีเอช. ควรเติมน้ำให้มีความเข้มข้นที่พอเหมาะเสียก่อน วัดพีเอช. ด้วยกระดาษพีเอช. พีเอช. ที่เหมาะสมสำหรับการหมักอยู่ระหว่าง 3.5 - 4.5 ถ้าน้ำผลไม้มีกรดน้อยไปให้เติม น้ำมะนาว น้ำมะขามเปียกหรือกรดซิตริก แต่ถ้ามีกรดมากเกินไป ให้เติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์

1.5. ปรับความหวานของน้ำผลไม้ ควรวัดความหวานของน้ำองุ่นเสียก่อน โดยใช้เครื่องวัดความหวานของน้ำตาลที่เรียกว่า รีแฟรกโตมิเตอร์ (refractometer) ซึ่งมีลักษณะเป็นกระบอก โดยมีหลักการวัดการหักเหแสงของสารละลายคิดเป็นร้อยละของน้ำตาลซูโครส ความหวานที่เหมาะสมในการหมักอยู่ระหว่าง 20 - 25 องศาบริกซ์ โดยทั่วไปผลไม้เมืองไทยมีความหวานอยู่ระหว่าง 7 - 12 องศาบริกซ์ จึงจำเป็นต้องปรับความหวาน โดยการเติมน้ำตาลลงไปจนวัดความหวานได้ตามที่ต้องการ ควรใช้น้ำตาลทรายขาว เพื่อจะได้ไม่มีผลต่อสีและกลิ่นของไวน์ ถ้าไม่มีเครื่องมือวัดความหวาน สำหรับผลไม้ทั่วไปเติมน้ำตาลได้ประมาณ 150 กรัมต่อน้ำผลไม้ 1 ลิตร ถ้าเป็นวัตถุดิบชนิดอื่นที่ไม่มีความหวานอยู่เลย เช่น มะขามเปียก กระเจียบ เติมได้ 200 - 230 กรัมต่อน้ำผลไม้ 1 ลิตร

1.6 ข่าเชื้อที่ติดมากับผลไม้ จุลินทรีย์ที่ติดมากับผลไม้ มีทั้ง รา แบคทีเรีย และ ยีสต์ป่าซึ่งจะทำให้การเจริญเติบโตของยีสต์พันธุ์ที่เลือกใช้ในการหมักเติบโตไม่เต็มที่ ทำให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์น้อย และไวน์มีกลิ่นรสไม่ดี วิธีทำลายเชื้อที่ง่ายและสะดวกคือการต้มน้ำผลไม้ให้เดือดเป็นเวลา 10 - 15 นาที ในอุตสาหกรรมนิยมใช้สารเคมีมากกว่า เนื่องจากการต้มน้ำผลไม้ทำให้กลิ่นรสของไวน์ที่ได้ด้อยลง ไปด้วย และทำให้เพกทินถูกสกัดออกมาจับตัวกันเป็นผลให้ไวน์ขุ่น สารเคมีที่ใช้คือเกลือโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ใช้ประมาณ 100 มิลลิกรัมต่อน้ำผลไม้ 1 กิโลกรัม ทั้งไวน์ประมาณ 3 - 4 ชั่วโมง สารเคมีที่ใช้้นอกจากจะทำลายจุลินทรีย์ที่ติดมากับน้ำผลไม้แล้ว ยังทำให้น้ำไวน์ใสและช่วยสกัดเมตสีของผลไม้ด้วย

1.7 เติมยีสต์ ยีสต์ที่เปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ให้ผลดีที่สุดคือเซลล์ที่กำลังเจริญเติบโตของ *แซ็กคาโรมายซีส ซีรีวีซี* ถ้าไม่มีอาจใช้ยีสต์ขนมปังหรือแป้งข้าวหมาก แต่ไวน์จะมีคุณภาพด้อยลง เพราะยีสต์ขนมปังทำให้ไวน์มีกลิ่นยีสต์ ส่วนแป้งข้าวหมากทำให้ได้ไวน์ที่มีแอลกอฮอล์ต่ำและมีกลิ่นรสไม่ดี เพราะในแป้งข้าวหมากมีราและยีสต์อีกหลายชนิด

ปะปนอยู่ด้วย การเติมยีสต์อาจทำได้โดยเติมลงในน้ำผลไม้เลย โดยใช้ยีสต์ 1 ช้อนชา ต่อน้ำผลไม้ 500 ซีซี ถ้าจะให้ได้ผลเร็วควรเพาะเชื้อยีสต์ให้เจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเสียก่อน จึงค่อยนำมาหมักในน้ำผลไม้ น้ำผลไม้ที่หมักยีสต์ตอนแรกนี้เรียกต้นเชื้อยีสต์ (starter) ทำโดยแบ่งน้ำผลไม้ที่เตรียมไว้พร้อมที่จะหมักมา 2 เปอร์เซ็นต์ นำมาบ่มเชื้อยีสต์ไว้ 1 คืน จึงนำมาใส่รวมลงในน้ำผลไม้ทั้งหมดคนให้เข้ากัน

1.8. หมักที่อุณหภูมิ 18 - 22 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปถ้าทำกันเองมักวางไว้ในห้องธรรมดา การหมักนี้จะได้ผลเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมอื่น ๆ นอกจากอาหารและสภาพความเป็นกรดต่าง หากหมักในขวดปากแคบ ซึ่งเป็นการจำกัดปริมาณออกซิเจน ยีสต์จะเพิ่มปริมาณเซลล์ช้าลง แต่จะสร้างแอลกอฮอล์มากกว่า ดังนั้นปฏิกิริยาจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว สังเกตได้จากฟองแก๊สที่ผุดขึ้น และหากมีเนื้อผลไม้ก็จะลอยขึ้นด้วยภายใน 5 - 7 วันปริมาณแก๊สจะลดลง เพราะปริมาณน้ำตาลลดลง และจะหมดไปเมื่อน้ำตาลหมด ในน้ำหมักตอนนั้นจะมีแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นมาแทน ถ้าหมักน้ำหมักในขวดปากกว้าง หรือในที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้ การหมักจะได้แอลกอฮอล์ช้า แต่มีผลดีและยังสะดวกต่อการหมัก น้ำผลไม้ที่มีเนื้ออยู่ด้วย รวมทั้งรสชาติของไวน์ที่ได้จะกลมกล่อมกว่า เนื่องจากมีเวลาของการเปลี่ยนแปลงสารต่าง ๆ ในผลไม้ให้เป็นกลืนรสของไวน์นานกว่า การตัดสินใจว่าหมักสิ้นสุดลงสังเกตได้จากไวน์จะเริ่มใส ไม่มีฟองแก๊ส และยีสต์ตกตะกอนนอนก้น

1.9 กรอง น้ำหมักที่ได้ต้องนำมากรองเอากากผลไม้ และตะกอนต่าง ๆ ออก เพื่อให้ไวน์ใสขึ้น การกรองวิธีธรรมดา ใช้ผ้าขาวบางกรองหลาย ๆ ครั้งจนไวน์ใส อาจใช้สายยางดูดเฉพาะน้ำใสออกมา ถ้ายังไม่ใสใช้ไข่ขาวเติมลงในไวน์ขณะที่ยีร์รอน 60 ถึง 70 องศาเซลเซียส แล้วตั้งทิ้งไว้ไข่ขาวจะจับตัวแข็งหุ้มรอบ ๆ ละอองที่กระจายอยู่ในไวน์และทำให้เป็นตะกอนลงมา แล้วกรองอีกครั้งหนึ่ง ในอุตสาหกรรมใส่สารพวกเจลาตินหรือเบนโทไนท์

1.10 ข่าเชื้อและบรรจุขวด การทำลายยีสต์ในน้ำไวน์ให้หมด ทำได้โดยใช้ความร้อนชั้นพาสเจอร์ไรซ์หรือใช้สารเคมีพวกซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปริมาณ 100 มิลลิกรัมต่อไวน์ 1 กิโลกรัม ภาชนะที่บรรจุควรเป็นขวดแก้วปากแคบ และ บรรจุให้เต็มปากขวด ปิดด้วยจุกคอร์กฉาบด้วยขี้ผึ้ง เพื่อให้มีออกซิเจนน้อยที่สุดจะทำปฏิกิริยากับไวน์ภายหลัง

1.11 บ่ม เป็นการเก็บไวน์ไว้เป็นเวลานาน ๆ เนื่องจากไวน์ที่ได้ใหม่มีรสบาดคอและยังไม่กลมกล่อม แต่หลังจากเก็บไว้นาน ๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีทำให้

กลิ่นรสดีขึ้น กลิ่นยีสต์จะหายไป นอกจากนั้นยังทำให้สารแขวนลอยบางชนิดตกตะกอน
อุณหภูมิที่หมักอยู่ระหว่าง 11 - 17 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้หมักตั้งแต่ 3 เดือนจนถึง 3 ปี

วิธีหมักไวน์ที่ดี ควรวางขวดนอนไว้เพื่อให้น้ำไขจากคอว์กตลอดเวลา เพื่อให้
ไขจากคอว์กชุ่มชื้นไม่หดรตัว เป็นการป้องกันการเกิดรอยแตกชั้นบนผิว อากาศจึงไม่สามารถ
เข้าในขวดได้ในภายหลัง อุณหภูมิที่หมักไวน์ควรเป็นอุณหภูมิที่คงที่ตลอดเวลา

1.12 อายุการเก็บถนอม ไวน์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์
จะเก็บถนอมได้ไม่เกิน 3 - 4 เดือน การวัดปริมาณแอลกอฮอล์ใช้ไฮโดรมิเตอร์สำหรับวัด
แอลกอฮอล์เรียก วินมิเตอร์ (vinometer)

ชนิดของไวน์

ไวน์ขาว (white wine) ทำจากองุ่นเขียว หรือองุ่นแดงที่แยกเอา
เปลือกและเมล็ดออกแล้ว โดยใช้ น้ำองุ่นเท่านั้นในการหมัก

ไวน์แดง (red wine) ทำจากการหมักทั้งน้ำองุ่นและเปลือกสีแดง
เพื่อสกัดเอาสีแดงจากเปลือกองุ่น ระยะการบ่มนานกว่าไวน์ขาว เพื่อให้รสกลมกล่อมขึ้น

ไวน์กุหลาบ (pink, rose wine) ได้จากการหมักน้ำองุ่นแดง ระยะ
เวลาสั้น หรือนำไวน์ขาวและไวน์แดงมาผสมกัน

ไวน์หวาน (sweet wine) เป็นไวน์ที่มีรสหวาน ทำได้โดยหยุดปฏิกิริยา
ของยีสต์ก่อนที่น้ำตาลจะถูกเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์หมด หรืออาจเติมน้ำตาลอีกภายหลัง

ดรายไวน์ (dry wine) เป็นไวน์ที่ไม่มีรสหวาน เนื่องจากมีการหมัก
จนกระทั่งไม่มีน้ำตาลเหลืออยู่เลย

บรันดี (brandy) เป็นไวน์ที่นำมากลั่นไว้แต่แอลกอฮอล์

ฟอร์ตifiedไวน์ (fortified wine) เป็นไวน์ที่ต้องการให้มีปริมาณ
แอลกอฮอล์สูงกว่าปกติ โดยการเติมแอลกอฮอล์ลงไปภายหลัง อาจเติมเหล้าขาว บรันดี
หรือวอดก้า ลงไปได้

2. เบียร์ (beer) เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักข้าวมอลต์ ดอกฮ็อพ
(hop) และยีสต์

2.1 ดอกฮ็อพ เป็นการพันธุ์ไม้เลื้อยที่ดอกเป็นช่อสั้น คุณสมบัติของดอกฮ็อพ
จะช่วยให้เบียร์มีรสขม กลิ่นหอม รสดี มีคุณภาพทนนาน และช่วยให้ฟองเบียร์อยู่ได้นาน

2.2 ข้าวมอลต์ เป็นข้าวบาร์เลย์ที่งอกแล้ว ทำได้โดยแช่ข้าวบาร์เลย์ ในน้ำ
ประมาณ 50 ชั่วโมง แล้วหมักในถัง 6 - 8 วัน เพื่อให้ได้ข้าวงอกที่นุ่ม ข้าวบาร์เลย์

ที่กำลังงอก มีเอนไซม์ 2 ชนิด อะไมเลสสำหรับย่อยแป้งเป็นน้ำตาลมอลโทสและโปรตีเอส ซึ่งจะย่อยโปรตีนให้เป็นการดอเมมิโนและเปปไทด์

ข้าวมอลท์จะถูกนำมาอบที่อุณหภูมิ 66 - 82 องศาเซลเซียส และบดให้ละเอียด ต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 60 - 70 องศาเซลเซียส เพื่อให้เอนไซม์ย่อยแป้งเป็นน้ำตาลมอลโทสดังกล่าว สารละลายที่ได้นำไปต้มกับน้ำตาล และดอกฮ็อฟประมาณ $1\frac{1}{2}$ - $2\frac{1}{2}$ ชั่วโมง เพื่อสกัดสารละลายต่าง ๆ ออกเพื่อให้ได้สี กลิ่นรสให้เต็มที่ รวมทั้งการทำลายเอนไซม์และจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมา นอกจากนั้นยังทำให้โปรตีนที่ไม่ผ่านการย่อยโดยเอนไซม์ตกตะกอน หลังจากต้มแล้ว กรองดอกฮ็อฟออก ทำให้เย็น จึงเติมเชื้อยีสต์ในถังหมัก

2.3 ยีสต์ที่ใช้ในการหมักและอุณหภูมิการหมัก ยีสต์ที่ใช้ในการหมักเบียร์มี 2 ชนิดคือ บอททอมยีสต์ (bottom yeast) หลังการหมัก บอททอมยีสต์จะตกตะกอนอยู่ก้นถัง และจะให้ปริมาณแอลกอฮอล์ได้สูงประมาณร้อยละ 4 ยีสต์อีกชนิดหนึ่งเรียก ท็อปยีสต์ หลังการหมักจะลอยอยู่บนผิวของน้ำหมัก และให้แอลกอฮอล์ในการหมักถึงร้อยละ 8 คุณภาพของเบียร์ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของยีสต์ อุณหภูมิที่ใช้ในการหมักซึ่งควบคุมให้อยู่ที่ 10 องศาเซลเซียส ในช่วงแรกของการหมักจะมีฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ดอกฮ็อฟและสารต่างๆ จะลอยขึ้นข้างบน การหมักใช้เวลา 5 - 7 วัน

2.4 การบ่มเบียร์ หลังจากการหมักต้องบ่มเบียร์ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 0 - 4 องศาเซลเซียส ทลายสปีดาร์เพื่อให้มีรสชาติและสีดีขึ้น เบียร์ที่ผ่านการบ่มนี้เรียกว่า เลเกอร์เบียร์ (lager beer) ส่วนเบียร์ที่ไม่ผ่านการบ่มเป็นเบียร์สดเรียกว่า ดราฟท์เบียร์ (draft beer)

ในช่วงการบ่ม จะมีการตกตะกอนของยีสต์และโปรตีนอีก หลังการกรองจะได้เบียร์ใส นำไปอัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในขณะที่ยังบรรจุขวด และผ่าน การพาสเจอร์ไรซ์

ชนิดของเบียร์

ดราฟท์เบียร์ และเลเกอร์เบียร์

ดาร์คเบียร์ (dark beer) เอล (ale) และสเตาท์ (stout) ใช้ข้าวมอลท์ที่อบอุณหภูมิสูง คือ 107 องศาเซลเซียส เวลาในการหมักเร็วขึ้น และมีปริมาณแอลกอฮอล์สูง

การควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

การหมักน้ำส้มสายชูโดยธรรมชาติ มักจะหมักในโอ่ง ถังไม้ขนาดใหญ่ หรือขวดแก้ว ปากกว้าง วัตถุดิบที่ใช้หมักอาจเป็นผลไม้ ข้าวเจ้า หรือข้าวเหนียว โดยในขั้นแรกหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ประมาณร้อยละ 11 - 13 ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสมในการทำน้ำส้มสายชู ก่อน หลังจากนั้นรินเฉพาะน้ำไวน์ใส่ภาชนะดังกล่าว แล้วจึงเติมเชื้อแบคทีเรียน้ำส้มลงไป เชื้อแบคทีเรียน้ำส้มชนิดที่เจริญเติบโต สามารถใช้กลูโคสและน้ำตาลอื่น ๆ ที่มีอยู่ในไวน์ เพื่อสร้างเซลล์โอส เซลล์โอสนี้จะลอยเป็นแผ่นบาง ๆ อยู่บนผิวหน้าหมักเรียกว่า ตัวน้ำส้ม หลังจากการหมักผ่านไประยะหนึ่ง แผ่นตัวน้ำส้มจะหนาขึ้นและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น และจมลงสู่ก้นภาชนะ จากนั้นก็จะมีแผ่นรุ่นใหม่เกิดขึ้นเรื่อย ๆ แผ่นตัวน้ำส้มนี้สามารถนำไปใช้หมักในคราวต่อไป ระยะเวลาหมักประมาณ 2 - 3 เดือน เมื่อแอลกอฮอล์เปลี่ยนเป็นกรดน้ำส้มหมดแล้ว ควรจะนำบรรจุขวดหรือภาชนะให้เต็มและปิดให้สนิท เพื่อป้องกันมิให้แบคทีเรีย น้ำส้มและแบคทีเรียชนิดอื่นเปลี่ยนกรดน้ำส้มให้เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หากน้ำส้มสายชูที่ได้ขึ้น ควรกรองเสียก่อน การให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ก็สามารถทำลายแบคทีเรียดังกล่าวได้ น้ำส้มสายชูที่ได้นำมาประกอบอาหารได้ทันที การบ่มจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นรสดีขึ้น โดยสรุป สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับแบคทีเรียน้ำส้ม มีดังนี้

1. อาหาร ผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ประมาณ 11-13 เปอร์เซ็นต์
2. อุณหภูมิ แบคทีเรียน้ำส้มเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส
3. ออกซิเจน การหมักให้เกิดกรดแอซิดิก เป็นการหมักที่ต้องการออกซิเจนมาก

หากการหมักดำเนินไปโดยธรรมชาติ จะดำเนินไปอย่างช้า ๆ ทำให้ใช้เวลานานเป็นเดือน ในอุตสาหกรรมนิยมหมักน้ำส้มสายชูในถังขนาดใหญ่ ภายในแบ่งเป็น 3 ส่วน ส่วนบน เป็นส่วนสำหรับใส่ไวน์หรือแอลกอฮอล์ ซึ่งจะไหลลงมาสู่ส่วนกลางอันเป็นที่บรรจุวัสดุต่าง ๆ เช่น ช้างข้าวโพด ชี้อ้อย กากผลไม้ ไว้อย่างหลวม ๆ สำหรับให้แบคทีเรียน้ำส้มเจริญเติบโต เกาะตามผิวของวัสดุเหล่านี้ นอกจากนั้นยังมีการเติมอากาศเข้าไปในส่วนนี้อยู่ตลอดเวลา เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในการหมัก กรดน้ำส้มที่ได้จะไหลลงส่วนล่าง ซึ่งเป็นส่วนที่เก็บน้ำส้มสายชู วิธีดังกล่าวมีผลให้ได้น้ำส้มสายชูภายในเวลาเพียง 1 สัปดาห์

น้ำส้มสายชูที่หมัก มักจะขุ่น จึงควรกรองหรือเติมสารช่วยกรองเช่น เจลาติน หรือ เบนโทไนท์ เป็นต้น หลังจากนั้นทำลายแบคทีเรียน้ำส้ม โดยการพาสเจอร์ไรซ์ หรือ เติมนโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ลงไป 100 - 150 มิลลิกรัมต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

ปริมาณการค่น้ำส้ม

โดยทฤษฎี แอลกอฮอล์ 100 ส่วน จะให้กรดน้ำส้ม 130 ส่วน แต่ภาคปฏิบัติทำได้เพียง 120 ส่วน เพราะมีการสูญเสียเนื่องจากการระเหยและอื่น ๆ ดังนั้นถ้าต้องการน้ำส้มสายชูที่มีกรดน้ำส้ม 4 เปอร์เซ็นต์ จะต้องใช้วัตถุดิบที่มีน้ำตาล 8 เปอร์เซ็นต์

ในน้ำส้มสายชู นอกจากจะมีกรดแอซิกเป็นองค์ประกอบที่สำคัญแล้ว ยังมีกลิ่นรสและสารละลายหลายอย่างถูกสกัดออกมา นอกจากนั้นยังมีการอื่น ๆ เช่น กรดแลคติก เอสเทอร์และเกลือต่าง ๆ อีกด้วย

มาตรฐานน้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชูเป็นอาหารที่กระทรวงสาธารณสุขควบคุม จึงมีข้อกำหนดและมาตรฐานดังนี้

ข้อ 1 น้ำส้มสายชูมี 3 ชนิด

1. น้ำส้มสายชูกลั่น เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแอลกอฮอล์กลั่นเจือจาง (dilute distilled alcohol) มาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชู
2. น้ำส้มสายชูหมัก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำธัญพืช ผลไม้ หรือน้ำตาลเมามาหมักกับส่าเหล้า แล้วหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีธรรมชาติ
3. น้ำส้มสายชูเทียม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอากรดน้ำส้มมาเจือจาง (acetic acid)

ข้อ 2 น้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานดังต่อไปนี้

1. มีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัม ต่อ 100 มิลลิกรัมที่ 27 องศาเซลเซียส
2. ไม่มีกรดน้ำส้มที่ได้มาจากการผลิตน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น
3. ไม่มีกรดซัลฟิวริกหรือกรดเรอัสระอย่างอื่น
4. ไม่มีตะกอน เว้นแต่ตะกอนอันเกิดขึ้นตามธรรมชาติ
5. ไม่มีหนอนน้ำส้ม (vinegar eel)

ข้อ 3 การแต่งสีน้ำส้มสายชูหรือน้ำส้มสายชูกลั่น ให้ใช้น้ำตาลเคี้ยวไหม้ (caramel) เท่านั้น

ข้อ 4 น้ำส้มสายชูเทียม ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานดังต่อไปนี้

1. มีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัม และไม่เกิน 7 กรัมต่อ 100 มิลลิกรัม ที่ 27 องศาเซลเซียส

2. ไม่มีกรดซัลฟิวริกหรือกรดแร่อิสระอย่างอื่น
3. ไม่มีตะกอน
4. ไม่มีการเจือสีใด ๆ
5. มีน้ำที่ใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเจือจางกรดน้ำส้ม ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

ข้อ 5 น้ำส้มสายชูหมัก น้ำส้มสายชูกลั่นและน้ำส้มสายชูเทียม ซึ่งนำหรือส่งเข้ามาในราชอาณาจักรเพื่อจำหน่าย หรือผลิตเพื่อจำหน่ายต้องมีฉลาก ข้อความในฉลากต้องเป็นภาษาไทย อ่านได้ชัดเจนและอย่างน้อยต้องมีข้อความดังต่อไปนี้

1. น้ำส้มสายชูหมัก หรือ น้ำส้มสายชูกลั่น หรือ น้ำส้มสายชูเทียม แล้วแต่กรณี มีขนาดตัวอักษรไม่เล็กกว่า 5 มิลลิเมตร

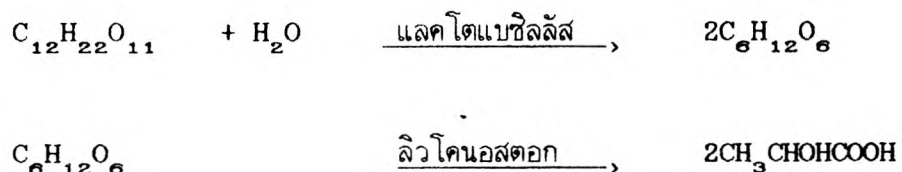
2. ชื่อและเลขทะเบียนอาหาร
3. ปริมาณของน้ำส้มสายชูเป็นมิลลิลิตร
4. ชื่อและที่ตั้งของสถานที่ผลิต

5. สำหรับกรณีน้ำส้มสายชูกลั่นมีกรดน้ำส้มเกินกว่า 7 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส จะต้องแสดงปริมาณของกรดน้ำส้ม คิดเป็นกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส และวิธีทำให้เจือจางก่อนนำไปใช้บริโภค

การหมักให้ เกิดกรดแลคติก

ชนิดของอาหารและจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอาหารให้เป็นกรดแลคติก มีอยู่ในอาหารอยู่แล้ว การหมักประเภทนี้จึงไม่ต้องมีการเติมจุลินทรีย์ลงไปเหมือนการหมักประเภทอื่น จุลินทรีย์กลุ่มนี้เรียกว่า แบคทีเรียสร้างกรดแลคติก (lactic acid bacteria) สามารถเปลี่ยนน้ำตาลในผักและผลไม้หรือเนื้อสัตว์ ให้เป็นกรดแลคติก ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้



การควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

สภาวะแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การหมักเป็นไปด้วยดี

1. เกลือ การหมักใช้เกลือควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ แบคทีเรียสร้างกรดแลคติก ยีสต์ และราบางตัว สามารถปรับตัวให้ทนต่อสภาวะของสารละลายเกลือได้ แต่แบคทีเรียสร้างสปอร์ทั้งชนิดต้องการและไม่ต้องการออกซิเจน ในการเจริญเติบโตและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย ไม่สามารถทนต่อสารละลายเกลือได้ จะหยุดการเติบโตโดยสิ้นเชิงเมื่อสารละลายเกลือนั้นมีกรดแลคติกอยู่ด้วย ดังนั้นความเข้มข้นของเกลือ จึงเป็นตัวกำหนดว่าจะเกิดการหมักหรือไม่ ถ้าใช้เกลือเจือจางไปจะให้ผลเสียเพราะจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียเจริญเติบโตได้ แต่ถ้าใช้น้ำเกลือเข้มข้นเกินไปจะทำให้จุลินทรีย์ทุกชนิดชงกการเจริญเติบโต อาหารจะมีรสเค็มของเกลือเพียงอย่างเดียว ไม่มีรสเปรี้ยวของกรดแลคติกเนื่องจากไม่มีการหมักเกิดขึ้น ความเข้มข้นของเกลือที่พอเหมาะกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก จะมีเกลือประมาณ 2.0 - 2.5 เปอร์เซ็นต์ (1 - 2 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 1 ถ้วยตวง)

ใน 2 วันแรก ลิวโคโนสตอก มีเซนเทอรอยเดส (*Leuconostoc mesenteroides*) จะเจริญเติบโตได้ดีและผลิตกรดได้ประมาณ 0.7 - 1.0 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นแลคโตแบซิลลัส แพลนทาร์ม (*Lactobacillus plantarum*) และแลคโตแบซิลลัส เบรวิส (*Lactobacillus brevis*) จะเจริญได้ดีเมื่อมีกรดปนอยู่ และจะผลิตกรดแลคติกต่อไปจนถึง 2.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อถึงช่วงนี้สภาพน้ำหมักจะมีพีเอช.ต่ำลง ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ และผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับแอลกอฮอล์ขึ้น ดังนั้นในการหมักผักและผลไม้ให้เปรี้ยวในช่วงท้าย ๆ จะสังเกตเห็นฟองอากาศ และได้กลิ่นแอลกอฮอล์เล็กน้อย แต่ถ้าในกระบวนการหมักมียีสต์อื่นเจริญเติบโต และหากเป็นยีสต์ที่สร้างแผ่นผิวจะสังเกตเห็นแผ่นบนผิวน้ำหมัก ควรรีบหยุดปฏิกิริยาการหมักทันที

2. น้ำตาล ดังที่กล่าวแล้วว่า น้ำตาลในอาหารจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก น้ำตาลนี้จะซึมออกจากอาหารด้วยแรงดันออสโมซิส หลังจากที่ได้เติมน้ำเกลือลงในอาหารหมักอย่างไรก็ตามในการหมัก นิยมเติมน้ำตาลลงไปเล็กน้อย หรืออาจเติมน้ำมะพร้าว หรือน้ำข้าวข้าว ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมทำกันมานานแล้ว

3. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 21 - 24 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้ แบคทีเรียสร้างกรดแลคติก จะเจริญเติบโตช้าทำให้เกิดกรดน้อย อาจทำให้อาหารมีกลิ่นผิดปกติ

4. ออกซิเจน การหมักให้เกิดกรดแลคติก ต้องจำกัดออกซิเจนเพื่อป้องกันจุลินทรีย์ที่ยังอยู่ในอาหารเติบโตแข่งกับแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก

ปริมาณกรดแลคติก

ปริมาณกรดแลคติกที่เกิดขึ้นอยู่ระหว่าง 0.6 ถึง 1.5 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาการหมักตั้งแต่ 2 - 10 วัน ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร เมื่อมีกรดแลคติกเกิดขึ้นมาก ๆ กรดแลคติกจะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้งหมดไปเอง

ผลิตภัณฑ์หมักเปรี้ยว

อาหารที่ผ่านการหมักดังกล่าวไม่มีรสเปรี้ยวมาก่อน หลังจากหมักจึงมีกลิ่นรสเปรี้ยว และมีกลิ่นอื่นผสมผสานกัน เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นที่ยอมรับ สำหรับบริโภค

1. ผักดองเปรี้ยว ผักหลายชนิดนำมาหมักเปรี้ยวได้ ผักที่มีน้ำมาก เช่น ผักกาด-เขียวปลี กระหล่ำปลี หัวผักกาด หรือผักที่มีผิวสัมผัสแข็ง รสฝาดขม ไม่เหมาะที่จะประกอบอาหารทั้งสด ๆ เช่น ผักกาดเขียวปลี ผักเลี่ยน หรือผักที่มีผิวสัมผัสอ่อน มีน้ำมาก และเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว เช่น ถั่วงอก ต้นหอม เป็นต้น ล้วนแล้วแต่นำมาหมักเปรี้ยวได้ทั้งสิ้น การหมักให้เกิดกรดแลคติกเป็นวิธีถนอมผักและผลไม้วิธีหนึ่งที่เหมาะสม เพราะหลังการหมัก อาหารจะไม่เน่าเสียระยะหนึ่ง ในขณะที่เดียวกันผิวสัมผัสของอาหารหมักจะอ่อนลง และรสฝาดขมก็จะหายไป แต่มีรสเปรี้ยวแทน

ผักที่นำมาหมักควรมีคุณภาพดีและสะอาด ผักที่มีน้ำมากและเนื้อสัมผัสแข็ง ควรล้างแดดให้ผักเหี่ยวและให้น้ำระเหยออกไปบ้าง หรือจะคลุกกับเกลือเม็ดแล้วบีบน้ำออกก็ได้ เพื่อให้ผักอ่อนตัวลง ง่ายต่อการบรรจุ หลังจากนั้นหมักกับน้ำเกลือเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผักที่ล้างแดด ส่วนผักที่คลุกเกลือจะมีเกลือติดอยู่แล้ว จึงควรลดเปอร์เซ็นต์เกลือในน้ำเกลือเข้มข้นให้เหลือเพียง 2 - 3 เปอร์เซ็นต์ก็พอ ภาชนะที่ใช้หมักควรเป็นแก้ว หรือเครื่องปั้นดินเผา

ผักที่เคล้าเกลือแล้วจะนิ่มลงและมีปริมาตรลดลงเหลือประมาณครึ่งหนึ่ง นำผักใส่ภาชนะหมักที่เตรียมไว้อัดให้แน่น ควรบรรจุเกือบเต็มปากขวด เพื่อไม่ให้มีที่ว่างช่วงปากภาชนะมากเกินไป เพราะการมีที่ว่างมากจะมีอากาศมากด้วย ซึ่งจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต และทำให้อาหารเน่าเสียและเป็นผลให้แบคทีเรียสร้างกรดแลคติกเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ผักจะไม่เปรี้ยวและเน่าเสียแทน

การเติมน้ำเกลือ ต้องเติมให้ท่วมผัก และกดผักให้แน่น ไม่ให้มีฟองอากาศ ปิดฝาภาชนะให้แน่นเก็บไว้ราว 3 - 7 วัน เริ่มใช้ได้ ในระหว่างหมักอาจนำภาชนะหมักออกตากแดดบ้าง เพราะแสงแดดมีรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งทำลายยีสต์ได้ ดังที่เคยกล่าวแล้วว่า ยีสต์จะเจริญเติบโตที่ผิวของน้ำหมักได้ และทำให้เกิดฝ้าขาว ๆ ขึ้น หากไม่ทำลายยีสต์ ยีสต์จะสลายกรดแลคติกที่เกิดขึ้นทำให้กรดลดลง จุลินทรีย์ต่าง ๆ มีโอกาสเจริญเติบโตได้ จึงทำให้ผักที่กำลังหมักอยู่เสียได้ ผักดองเปรี้ยวที่เสียจะมีผิวลึมนิ่มและ เป็นเมือกและมีกลิ่นรสผิดปกติ

เมื่อหมักได้ที่แล้วถ้ายังไม่นำไปประกอบอาหารหรือรับประทานเลย ควรปิดฝาภาชนะให้สนิท ปิดทับด้วยขี้ผึ้งหรือพาราฟิน อาจนำผักดองเปรี้ยวนี้ไปผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์จะเก็บได้นานขึ้น

2. เนื้อสัตว์หมักเปรี้ยว เนื้อสัตว์หลายชนิดนำมาหมักให้เกิดรสเปรี้ยวได้ โดยใช้ความเข้มข้นของเกลือ เป็นตัวกำหนดให้แบคทีเรียสร้างกรดแลคติกเติบโต

2.1 แหนม แหนมจัดเป็นอาหารหมักให้เกิดกรดแลคติก นิยมใช้เนื้อหมูอาจปนหนังหมูเพื่อเนื้อสัมผัสเหนียวขึ้น ใช้เกลือประมาณ 2 - 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร เกลือจะทำหน้าที่ป้องกันมิให้จุลินทรีย์อื่นเจริญได้ และช่วยดึงน้ำตาลจากเนื้อหมู นอกจากนั้นยังใช้ข้าวสุกบด ซึ่งจะ เป็นแหล่งอาหารของแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก กระเทียมจะมีผลทั้งในแง่ของรสชาติ และตัวกันเสีย ดินประสิวจะช่วยกันเสีย ใช้ได้ไม่เกิน 0.05 เปอร์เซ็นต์

วิธีทำแหนม เริ่มจากการผสมเนื้อหมูสับที่ไม่มีมัน และซับน้ำอย่างดีแล้ว หนึ่งหมุดัมพอสุกหั่นยาว ๆ บาง ๆ เข้าด้วยกัน แล้วจึงนำไปนวดกับเครื่องปรุงอื่นที่โขลกเข้ากันดีแล้ว การนวดนี้ต้องนานพอที่ส่วนผสมเกลือนั้น จะแทรกซึมเข้าไปในเนื้อจนทั่วและดูดซึมน้ำออกจากเนื้อ เมื่อเนื้อหมูมีลักษณะเหนียว จึงห่อให้แน่นเพื่อป้องกันการสัมผัสกับออกซิเจนเก็บไว้ในอุณหภูมิอุ่นประมาณ 2 - 3 วัน ก็รับประทานได้ หลังจากแหนมเปรี้ยวได้ที่แล้ว หากเก็บไว้ต่อไปควรเก็บไว้ในตู้เย็น เพื่อชะลอการเกิดกรดแลคติกเพิ่มขึ้นอีก

ในการใช้เกลือน้อยเกินไปจะทำให้จุลินทรีย์บางตัวที่ทำให้โปรตีนเน่าเสียเจริญเติบโตได้ จึงทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่าหรือบางที่จะออกสีคล้ำ ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้เกลือมากเกินไปจะขัดขวางการเจริญของจุลินทรีย์ได้รวมทั้งแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกด้วย แหนมนั้นจะไม่มีรสเปรี้ยวหรือมีรสเปรี้ยวน้อยมาก แต่จะออกรสเค็มมากกว่า การห่อแหนมไม่แน่นพอ จะทำให้จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโตขึ้นแข่งขันกับแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก และทำให้มีกลิ่นเหม็นเน่า

2.2 ใส่กรอกเปรี้ยว ใช้หลักการเช่นเดียวกับการทำแหมม คือผสมเนื้อหมูบดกับข้าวสุก น้ำตาลเกลือและเครื่องเทศ บรรจุใส่หมู ใส่หัวหรือจากใส่เทียม ปล่อยทิ้งไว้ให้เกิดการหมักเปรี้ยว

2.3 ปลาเจ้า ปลาที่นิยมใช้ในการหมัก ได้แก่ ปลาดตะเพียน ปลาเนื้ออ่อน ปลาหมอเทศ ปลาช่อน หรือปลาดุก ทั้งตัวหรือตัดท่อน หมักกับเกลือ โดยใช้ปลา 3 ส่วนต่อเกลือ 1 ส่วน แล้วอัดไห 3 วัน เพื่อดึงน้ำออก จากนั้นนำปลาผึ่งแดดพอสากแล้วคลุกด้วยดินประสิวเพื่อช่วยให้สีปลาคงตัว ในอัตราส่วนปลา 1 กก. ต่อดินประสิว $1\frac{1}{2}$ ช้อนชา และข้าวหมาก ซึ่งทำจากข้าวเหนียว 2 ลิตรต่อลูกแป้ง 1 ลูก นำส่วนผสมนี้มาคลุกและอัดใส่ไหให้แน่นปิดฝาทิ้งไว้ 15 วัน จะเปรี้ยวได้ที่และมีกลิ่นหอม ปลาเจ้านี้ใช้รับประทานไปเรื่อย ๆ ได้ แต่ไม่เกิน 2 เดือน เพราะจะมีรสเปรี้ยวเกินไป

2.4 ปลาจ่อม ใช้ปลาคลุกกับเกลือในอัตราส่วน ปลา 7 ส่วน เกลือ 3 ส่วน หมักไว้โดยให้น้ำเกลือคลุมตัวปลา 2 วัน แล้วนำตัวปลามาคลุกกับข้าวสุก จะเป็นข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียวก็ได้ ในอัตราส่วน ปลา 5 ส่วน ข้าวสุก 1 ส่วน อัดลงไหปิดฝาไว้ 3 วัน รสเปรี้ยวเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตของข้าวสุกเป็นกรดแลคติก

2.5 ส้มผัก ส้มผักมีหลักเกณฑ์การทำคล้ายแหมม ใช้ปลาที่ซื้อมาน้ำแล้วขูดเอาแต่เนื้อ ใช้เกลือ 2 - 3 เปอร์เซ็นต์ ข้าวสุก กระเทียม ดินประสิว เหมือนแหมม ข้อควรระวังคือจะต้องทำให้ส่วนผสมเหนียวมากพอ จึงห่อใบตอง สำหรับส้มผักนิยมห่อแบบ เมื่อห่อเสร็จใช้ของหนัก ๆ ทับไว้

3. ผลิตภัณฑ์หมักเปรี้ยว ผลิตภัณฑ์หมักเปรี้ยว มีกรดแลคติกเป็นตัวช่วยถนอม เนื่องจากผลิตภัณฑ์สามารถให้ความร้อนทำลายจุลินทรีย์ จึงไม่จำเป็นต้องใช้เกลือเป็นตัวกำหนดการหมัก แบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับการหมักเป็นแบคทีเรียที่เปลี่ยนน้ำตาลแลคโทสในนมให้เป็นกรดแลคติกได้แก่ *สเตรปโตคอคคัส เทอร์โมฟิลัส (Streptococcus thermophilus)* และ *แลคโตแบซิลลัส บุลการิกัส (Lactobacillus bulgaricus)*

วิธีทำนมเปรี้ยวเริ่มจากอุ่นนมให้ร้อนไม่เกิน 85 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ปล่อยให้เย็นลง เติมเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวลงไปหมักไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 7 - 8 ชั่วโมง จนกระทั่งนมมีลักษณะข้น กึ่งแข็งกึ่งเหลว อ่อนนุ่ม ผิวเรียบเนียน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลแลคโทสในนมถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก นมจึงมีรสเปรี้ยว และกรดทำให้โปรตีนตกตะกอนเป็นลิ่ม ผลิตภัณฑ์ที่ได้ควรเก็บไว้ในตู้เย็น จะเก็บได้นาน 1 - 2 สัปดาห์

การหมักโดยการสลายโปรตีน

การหมักชนิดนี้อาหารจะมีทั้งรสเค็ม และมีการสลายตัวของโปรตีนภายในอาหาร เกิดเป็นสารต่าง ๆ ซึ่งให้กลิ่นรสผสมผสานกัน ทั้งนี้โดยเอนไซม์ในอาหารและโดยจุลินทรีย์ กลุ่มที่ทนเกลือเข้มข้นได้ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ได้แก่ น้ำปลา ปลาร้า ซิ่ว เต้าเจี้ยว เต้าหู้ยี้ เป็นต้น

1. น้ำปลา ทำจากปลาที่มีมันน้อยหรือไม่มีมัน จะเป็นปลาน้ำจืดหรือปลาน้ำเค็มก็ได้ การหมักใช้เกลือประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ (ปลา 2 ส่วนต่อเกลือ 1 ส่วน) คลุกเคล้าให้ทั่วแล้วนำไปบรรจุไห หมักทิ้งไว้นานอย่างน้อย 1 ปี การเกิดน้ำปลาเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของเกลือ ถ้าเกลือบริสุทธิ์มากจะทำให้เกิดน้ำปลาเร็วขึ้น ในระหว่างการหมักมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีวจะเกิดขึ้น

หลักในการทำน้ำปลา คือ ต้องเพิ่มความเข้มข้นของเกลือให้เพียงพอที่จะชะลอการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก ในระยะแรก ๆ เกลือยังแทรกซึมเข้าไปในเนื้อปลาเพียงเล็กน้อย เอนไซม์ในตัวปลาและจุลินทรีย์ในตัวปลาที่เจริญแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็ว จะย่อยโปรตีนไปบางส่วน หลังจากที่เกลือแทรกซึมเข้าไปในตัวปลามากขึ้น จะเกิดการออสโมซิส โปรตีนในตัวปลาจะละลายไหลออกมากับน้ำ ตอนนั้นแม้ว่าจุลินทรีย์ตายหมดไปแล้ว แต่ยังมีเอนไซม์ที่ยังคงอยู่และย่อยสลายโปรตีนต่อไป การหมักใช้เวลานาน เพื่อให้มีการแตกตัวของสารอินทรีย์ต่าง ๆ โดยเฉพาะกรดอะมิโน

กลิ่นของน้ำปลาที่ได้เกิดจากการแตกตัวของโปรตีนในเนื้อปลา ซึ่งอาจกระทำโดยเอนไซม์ของจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการออกซิเจน เช่น ไมโครคอคคัส แบซิลลัส วิบริโอ อะโครโมแบคเตอร์ เฟลโวแบคทีเรีย รวมทั้ง เพดิโอคอคคัส เฮลิฟิลัส (*Pediococcus halophilus*) ซึ่งเป็นแบคทีเรียสร้างกรดซึ่งให้กลิ่นของกรดต่าง ๆ เช่น กรดฟอร์มิก กรดไพรูวิก และกรดไอโซบิวทิริก เป็นต้น

เมื่อหมักไปประมาณ 9 เดือน ปริมาณกรดและต่างที่ระเหยได้ จะลดลงอย่างรวดเร็ว แสดงว่าปฏิกิริยาการหมักได้สิ้นสุดลงแล้ว น้ำปลาที่ได้จากการหมัก ต้องมีเกลืออยู่ประมาณ 230 กรัม ต่อน้ำปลา 1 ลิตร และมีความถ่วงจำเพาะไม่น้อยกว่า 1.2

2. ปลาร้า ใช้หลักการเดียวกับน้ำปลาแต่หมักปลาทั้งตัวด้วยเกลือ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปลา ให้ปลาจมน้ำเกลือ 1 วัน หลังจากนั้นเอาน้ำออกจากตัวปลา โดยอัดปลาใส่ในไหให้แน่น เอน้ำเกลือเก่าใส่ให้ท่วมปลา ทิ้งไว้อีก 3 เดือน เนื้อปลาจะนิ่มลง

และได้กลิ่นของสารที่เกิดจากการสลายตัวของโปรตีน ช่วงนี้อาจเติมข้าวคั่วเพื่อให้ได้กลิ่นรสดีขึ้น แล้วต้องเติมน้ำเกลือลงไปอีก หมักต่ออีก 2 เดือน จะได้ปลาร้าที่ดี

3. กะปิ ทำโดยการหมักกุ้ง 3 ส่วนกับเกลือ 1 ส่วน ทั้งไว้ 1 คืน แล้วตากแดดให้น้ำระเหย นำมาโขลกให้ละเอียดและบรรจุไห หมักต่อไปจนได้ที่

4. ซิ่ว น้ำซิ่วเป็นเครื่องปรุงรส ที่ทำจากการหมักเมล็ดถั่วเหลือง มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลใส ปราศจากตะกอน มีกลิ่นเฉพาะตัว รสเค็มอมเปรี้ยว

การทำน้ำซิ่วในอุตสาหกรรม ใช้ถั่วเหลืองที่ต้มด้วยความร้อนสูงหรือถั่วเหลืองที่สกัดไขมันออกแล้ว คลุกกับข้าวสาลีคั่วหยาบพอแหลก และรำข้าวสาลีหนึ่ง ให้เข้ากันดีแล้วนำเชื้อรา *แอสเพอจีลัส โอไรเซ* มาเพาะ ได้ส่วนผสมที่เคล้าเชื้อราแล้วเกลี่ยลงไปบนถาดทิ้งไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 วันแล้วจึงนำมาแช่ในน้ำเกลือ 24 เปอร์เซ็นต์ที่ต้มฆ่าเชื้อมาแล้ว แช่ทิ้ง การหมักกินเวลาตั้งแต่ 2 เดือน ถึง 1 ปี หรือนานกว่านั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของการหมัก เมื่อครบกำหนด เอาแต่ส่วนที่เป็นน้ำไปต้มให้เดือดกรอง แล้วบรรจุไหหรือขวด หากที่เหลือเติมน้ำเกลือหมักต่อด้วยวิธีไปวิธีเดียวกันได้น้ำซิ่วชนิดรอง

กระบวนการหมักเกิดขึ้นเนื่องจากรา ราที่สำคัญดังกล่าวจะผลิตเอนไซม์โปรตีเนส อะไมเลสและเอนไซม์อื่น ๆ มาย่อยสลายสารอาหารในเมล็ดถั่วเหลือง ได้สารที่เป็นกลิ่นธรรมชาติของน้ำซิ่ว ในระหว่างการหมักนี้แบคทีเรียสร้างกรดแลคติก สเตรปโตคอคคัสและแลคโตแบซิลลัส จะเกิดขึ้นด้วยและจะสร้างกรดแลคติก ทำให้น้ำซิ่วมีรสชาติที่เข้มข้นเปรี้ยวเล็กน้อย และยังทำให้ส่วนผสมของน้ำหมักไม่เน่าเสีย และไม่ขึ้น นอกจากนั้นยังมียีสต์บางชนิดเติบโตและทำให้เกิดและรสที่ดีขึ้น ผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่มี การทำคล้ายกับการทำน้ำซิ่ว แต่ขั้นสุดท้ายไม่กรองเนื้อแยกออกจากน้ำ จึงได้ผลิตผลเป็นเมล็ดถั่วเหลืองหมัก เรียกว่าเจี้ยว

5. เต้าหู้ ใช้ถั่วเหลืองบดให้ละเอียดมีลักษณะเหมือนแป้งในน้ำ กรองเอากากออกส่วนของเหลวนำมาแยกโปรตีนออก โดยใช้เกลือแมกนีเซียมหรือเกลือแคลเซียม อัดก้อนโปรตีนในกระบะที่มีช่องสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ แล้วนำมาวางลงบนถาด หมักที่ 14 องศาเซลเซียส เวลา 1 เดือน ในระหว่างนี้มีเชื้อราพวก *มิวคอร์* เจริญขึ้นและย่อยสลายโปรตีนทำให้ได้กลิ่นรสแปลกออกไป หลังจากการหมักไว้ 1 เดือน นำไปเก็บถนอมโดยแช่ในน้ำเกลือหรือในไวน์ก็ได้

คุณค่าทางโภชนาการของอาหารหมัก

โดยทั่วไป คุณค่าทางโภชนาการของอาหารหมักเทียบกับอาหารสดย่อมลดลง และเนื่องจาก กระบวนการหมัก วิตามินบี 1 และวิตามินซี ย่อมต้องสูญเสียไปบ้าง ส่วนวิตามินอื่นและเกลือแร่ ยังคงอยู่ในอาหารหมัก โดยมีการสูญเสียเล็กน้อย

ข้อดีของอาหารหมักคือ ปลอดภัยจากโรคอาหารเป็นพิษ เนื่องจากอาหารหมักหลายชนิดมีสภาพเป็นกรด ทำให้แบคทีเรียสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายร้ายแรงอย่าง เช่น *Clostridium botulinum* ไม่สามารถเจริญเติบโตสร้างสารพิษขึ้นได้

นอกจากนั้นกระบวนการหมักยังนำมาใช้ผลิตสารอาหารได้เช่น การผลิตวิตามินบี 2 และบี 12 การผลิตกรดอะมิโนบางชนิด เช่น ไลซีน เป็นต้น

สรุปท้ายบท

อาหารหมักเกิดจากการใช้จุลินทรีย์จำเพาะย่อยสลายสารอาหารในอาหาร ได้สารใหม่ ซึ่งมีผลเป็นตัวช่วยให้อาหารนั้นมีอายุการเก็บนาน โดยจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะกับจุลินทรีย์จำเพาะนั้น สภาพแวดล้อมดังกล่าวได้แก่

1. อาหารสำหรับจุลินทรีย์ ซึ่งมีอยู่ในวัตถุดิบและอาจเติมลงไปภายหลังเพื่อเสริมและเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์
2. ออกซิเจน ต้องจัดให้เหมาะกับจุลินทรีย์แต่ละตัว เพื่อให้สร้างสารทนอมอาหาร ซึ่งอาจเป็นแอลกอฮอล์ในไวน์หรือเบียร์ เป็นกรดในผักดองและน้ำส้มสายชู เป็นต้น
3. อุณหภูมิ และระดับความเป็นกรดต่างที่เหมาะสม สำหรับจุลินทรีย์จำเพาะที่จะเจริญเติบโต ผลิตสารที่ต้องการออกมาในปริมาณที่เหมาะสม

วิธีสอนและกิจกรรม

1. บรรยาย
2. ให้ผู้เรียนทดลองทำอาหารหมักดังต่อไปนี้
 - 2.1 ไวน์
 - 2.2 แหนม
 - 2.3 ผักดองเปรี้ยว
 - 2.4 นมเปรี้ยว
3. ประเมินผลกิจกรรมในข้อ 2 และทำรายงาน

สื่อการสอน

1. เอกสารคำสอน
2. วิดีทัศน์เกี่ยวกับอาหารหมัก หรือทัศนศึกษา

การประเมินผล

1. สังเกตความสนใจในห้องเรียนและจากกิจกรรมที่มอบหมาย
2. รายงานประเมินผลอาหารถนอมและรายงานการทดลองทุกขั้นตอน



บทที่ 6

การถนอมอาหารโดยใช้สารเคมี

หัวข้อเรื่อง

1. ผลของวัตถุกันเสียต่อจุลินทรีย์
2. สมบัติของวัตถุกันเสีย
3. ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของวัตถุกันเสีย
4. วัตถุกันเสียที่นิยมใช้

แนวคิด

การใช้วัตถุกันเสียเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยถนอมอาหารได้ การใช้สารเคมีในอาหารเป็นที่นิยมนักในอุตสาหกรรมอาหาร การนำสารเหล่านี้มาใช้ ต้องศึกษาอย่างละเอียดถึงผลร้ายที่อาจเกิดกับผู้บริโภค ปริมาณที่ใช้ควรกำหนดและจำกัดให้เพียงพอที่จะทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

หลังจากเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายประสิทธิภาพและการทำงานของวัตถุกันเสียในการถนอมอาหารได้
2. เลือกวัตถุกันเสียเพื่อใช้ถนอมอาหารบางชนิดได้อย่างเหมาะสม

การถนอมอาหารโดยใช้สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ยืดอายุการเก็บอาหารเรียกว่า วัตถุกันเสีย (preservative) วัตถุกันเสียเป็นสารประกอบเคมีที่เติมลงในอาหาร เพื่อป้องกันการเจริญเติบโต หรือทำลาย จุลินทรีย์ได้ โดยอาจมีผลต่อเซลล์ของจุลินทรีย์ ต่อการทำงานของเอนไซม์ในจุลินทรีย์และ มีผลต่อการแบ่งเซลล์ของจุลินทรีย์

ผลของ วัตถุกันเสียต่อจุลินทรีย์

ผลต่อผนังเซลล์

1. ทำให้สมบัติของผนังเซลล์เปลี่ยนไป ทำให้ทางเดินอาหารจากภายนอกเซลล์เข้าสู่ภายในเซลล์ขัดข้อง
2. ทำให้ผนังเซลล์ฉีกขาด สารในเซลล์ไหลออกนอกเซลล์
3. ต่อด้านการสังเคราะห์ส่วนประกอบของผนังเซลล์ ทำให้จุลินทรีย์มีผนังเซลล์ที่ไม่สมบูรณ์
4. หุ้มผนังเซลล์ ทำให้การดูดซึมอาหารเข้าสู่ภายในเซลล์ขัด

ผลต่อการทำงานของเอนไซม์

สารกัมมบุตรบางชนิดเป็นกรด ทำให้เอนไซม์เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ซึ่งทำให้สมบัติของเอนไซม์เปลี่ยนไป เป็นผลให้การทำงานของเอนไซม์ผิดไป ทำให้มีผลต่อเนื่องไปถึงการดำรงชีวิตอยู่ของจุลินทรีย์

ผลต่อการแบ่งเซลล์

สารกัมมบุตรบางชนิดสามารถรวมตัวกับ RNA และ DNA ซึ่งเป็นส่วนประกอบของโครโมโซม และยีนส์ การเกิดความผิดปกติของ RNA และ DNA ทำให้เกิดการสะสมของ RNA ซึ่งมีผลต่อการสังเคราะห์ของโปรตีนในเซลล์ จึงมีผลทำให้การแบ่งเซลล์หยุดชะงักไปด้วย

คุณสมบัติของ วัตถุกันเสีย

1. มีความสามารถในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้
2. ทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญในอาหาร โดยเฉพาะพวกที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (food poisoning organism)
3. ไม่เสื่อมคุณภาพเมื่อทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ในอาหารหรือสารที่เป็นผลพลอยได้จากการที่จุลินทรีย์เติบโต
4. ไม่เป็นพิษ และถูกทำลายได้ด้วยการหุงต้ม
5. ไม่ทำให้จุลินทรีย์เกิดความสามารถในการต่อต้าน และดำรงชีวิตอยู่ได้ในเวลาต่อมา

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของ วัตถุกันเสีย

ความเข้มข้นของวัตถุกันเสีย

ปริมาณของวัตถุกันเสียมากย่อมทำลายจุลินทรีย์ได้มากขึ้นด้วย แต่ปริมาณการใช้สารเคมีจำเป็นต้องมีขีดจำกัดเพียงให้ชักการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เท่านั้น เพื่อให้ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค เพราะฉะนั้นในระหว่างกรรมวิธีการผลิต จึงควรป้องกันการปะปนของจุลินทรีย์ให้มีอยู่ในอาหารน้อยที่สุด ถ้าอาหารมีการเน่าเสียมาก่อน หรือมีจุลินทรีย์ปะปนเป็นจำนวนมาก การใช้วัตถุกันเสียในปริมาณที่กำหนดจะไม่มีประโยชน์เลย

จุลินทรีย์ในอาหาร

1. ชนิดของจุลินทรีย์ วัตถุกันเสียควรมีผลต่อจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง ๆ ในอาหารโดยตรง วัตถุกันเสียต่างชนิดกันมีความสามารถในการทำลายจุลินทรีย์ต่างชนิดกันและต่างปริมาณด้วย
2. จำนวนจุลินทรีย์ในอาหาร ถ้าจุลินทรีย์ปะปนในอาหารมีมาก ต้องใช้วัตถุกันเสียมากไปด้วย
3. อายุของจุลินทรีย์ ถ้าจุลินทรีย์อ่อนแอจะใช้วัตถุกันเสียน้อยลงในการทำลาย
4. ประวัติการทนทานวัตถุกันเสีย จุลินทรีย์ที่เคยชินกับอาหารที่มี ความเป็นกรดค่อนข้างสูง หากใช้วัตถุกันเสียที่เป็นกรดในการถนอมอาหาร ปริมาณของวัตถุกันเสียที่ใช้ต้องเพิ่มมากขึ้น

อุณหภูมิของอาหาร

อุณหภูมิในขณะที่เติมวัตถุดิบเสียลงในอาหาร มีผลต่อประสิทธิภาพของวัตถุดิบเสีย อุณหภูมิสูงอาจเพิ่มประสิทธิภาพการทำลายจุลินทรีย์ของวัตถุดิบเสียบางชนิดให้ดีขึ้น ในขณะที่วัตถุดิบเสียบางชนิดไม่ทนทานความร้อน จะสลายตัวหากอุณหภูมิของอาหารสูงเกินไป

สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของอาหาร

พีเอช. ถ้าอาหารที่มีพีเอช.ต่ำหรือมีค่าความเป็นกรดสูง ปริมาณของวัตถุดิบเสียที่จะต้องใช้ในการถนอมอาหารจะลดลง

ส่วนประกอบในอาหาร มีผลต่อการทำงานของวัตถุดิบเสีย เช่นการที่สารประกอบในอาหารเข้าทำปฏิกิริยากับวัตถุดิบเสีย ทำให้ต้องใช้วัตถุดิบเสียเพิ่มขึ้น หรือในอาหารมีไขมันมาก วัตถุดิบเสียที่ละลายได้น้อยในไขมัน จะมีประสิทธิภาพน้อยลง

ความคงตัวของอาหาร ลักษณะของอาหารที่เป็นสารละลาย คอลลอยด์ หรืออิมัลชัน จะมีผลต่อปริมาณของวัตถุดิบเสียที่ใช้

วัตถุดิบ เสียที่นิยมใช้

ตารางต่อไปนี้เป็นตารางที่รวบรวมชื่อวัตถุดิบเสีย ชนิดของอาหารที่ใช้วัตถุดิบเสียได้ สภาพพีเอช.ที่เหมาะสม ประสิทธิภาพและชนิดของจุลินทรีย์ ที่วัตถุดิบเสียสามารถทำลายได้ และปริมาณของวัตถุดิบเสียที่อนุญาตให้ใช้ได้อย่างปลอดภัย

ชื่อวัตถุดิบเสีย	อาหาร	สภาพ พีเอช.	ประสิทธิภาพ	ปริมาณที่ อนุญาตให้ใช้
1. เกลือ เบนโซเอท	- เครื่องดื่มต่าง ๆ ทั้งชนิดที่เติมคาร์ บอนไดออกไซด์ และไม่เติม - น้ำผลไม้ แยม เยลลี่ - ผักดอง น้ำสลัด	4 หรือ ต่ำกว่า	ทำลายจุลินทรีย์ ตามลำดับดังนี้ ยีสต์ แบคทีเรีย และรา	1,000 มก.ต่อ อาหาร 1 กก.

ชื่อวัตถุดิบเสีย	อาหาร	สภาพ พี.เอช.	ประสิทธิภาพ	ปริมาณที่ อนุญาตให้ใช้
2. พาราเบน	- เครื่องสำอาง ยา - เครื่องดื่มต่าง ๆ - น้ำหวาน - แยม เยลลี่ - ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	2 - 9	ทำลายราและยีสต์ ได้ดีกว่าแบคทีเรีย	ไม่เกิน 1,000 มก. ต่ออาหาร 1 กก.
3. กรดซอร์บิก หรือเกลือ ซอร์เบท	- มาคารีน เนยแข็ง น้ำส้ม - ผลิตภัณฑ์ปลา - ขนมอบต่าง ๆ - เครื่องดื่ม - ผลไม้แห้ง - ผักดอง	ต่ำกว่า 6.5 ถึง 6.5	ทำลายยีสต์และรา ได้ดีกว่าแบคทีเรีย	500 - 2000 มก.ต่อ อาหาร 1 กก.
4. เกลือ โพรฟิไอเนท	- ขนมอบ คูกกึ่ง - เนยแข็ง - น้ำหวาน ๆ - ผักแห้ง	ต่ำกว่า 5 ถึง 5	ทำลายแบคทีเรีย และราได้ดี แต่ ไม่มี ผลต่อยีสต์ เลย	2000 - 3000 มก. ต่ออาหาร 1 กก.
5. โซเดียม ไนเตรท	- ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์		-	500 มก. ต่อ อาหาร 1 กก.
6. ซัลเฟอร์ ไดออกไซด์	- ไวน์ - ผลไม้แห้ง - ผลิตภัณฑ์เนื้อปลา - น้ำผลไม้ น้ำหวาน	ค่อนข้าง ต่ำ	ทำลายยีสต์ รา ได้ดีกว่าแบคทีเรีย	ไม่เกิน 2,500 มก. ต่ออาหาร 1 กก.

ชื่อวัตถุกันเสีย	อาหาร	สภาพ พี.เอช.	ประสิทธิภาพ	ปริมาณที่ อนุญาตให้ใช้
7. โซเดียม เมตาไบ ซัลไฟต์	- กุ้งเยือกแข็ง	-	-	100 มก.ต่อเนื้อ กุ้งดิบ 1 กก.
6. เกลือ แอสีเตท	- ซอส - น้ำสลัด - แยม เบคอน - ชนมอบ	ค่อนข้าง ต่ำ	ทำละลายได้ดี	ไม่เกิน 0.04 มก. ต่ออาหาร 1 กก.
7. สาร ปฏิชีวนะ	- เนื้อสัตว์ต่าง ๆ - ผักและผลไม้	ไม่มีผล	ทำลายแบคทีเรีย ได้อย่างกว้าง ขวาง	ต้องใช้ควบคู่กับ การเก็บอาหาร ในห้องเย็น ปริมาณที่ใช้ใน แต่ละประเทศไม่ เท่ากัน อนุญาตตั้ง แต่ 5 - 10 พีพี เอ็ม

สรุปท้ายบท

วัตถุกันเสีย เป็นสารเคมีที่ช่วยยืดอายุการเก็บอาหาร โดยเป็นตัวยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเน่าเสีย ด้วยวิธีการต่าง ๆ อาทิ เช่น เข้าทำปฏิกิริยากับผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำลายโครงสร้างของเอนไซม์ในจุลินทรีย์ หรือมีผลต่อสารสำคัญในด้านพันธุกรรม

ปริมาณวัตถุกันเสียที่ใช้ ควรเป็นปริมาณน้อยที่สุดที่พอเพียงให้ได้ผลตามที่ต้องการ เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค การเลือกใช้วัตถุกันเสีย จึงควรศึกษาประสิทธิภาพสูงสุด

ของวัตถุดิบเสียในอาหารแต่ละชนิดประกอบด้วย เพื่อจำกัดปริมาณที่ใช้ในอาหารนั้น ๆ ได้
อย่างเหมาะสม

วิธีสอนและกิจกรรม

1. บรรยาย
2. อภิปราย ชักถาม
3. ทบทวนจากบทก่อน ๆ ว่ามีการถนอมอาหารแบบใดที่ใช้สารเคมีช่วยในการถนอม
ร่วมด้วย

สื่อการสอน

1. เอกสารคำสอน
2. ตัวอย่างวัตถุดิบเสีย ตัวอย่างอาหารสำเร็จต่าง ๆ เพื่อศึกษาชนิดของสารกันเสีย
ที่ใช้ ในตัวอย่างอาหารเหล่านั้น

การประเมินผล

1. สังเกตความสนใจในห้องเรียน
2. สังเกตความสนใจในงานที่มอบหมาย
3. จากการอภิปราย ชักถามและการแสดงความคิดเห็น

บทที่ 7

การถนอมอาหารโดยใช้รังสี

หัวข้อเรื่อง

1. รังสีนิวเคลียร์และชนิดของรังสี
2. การใช้รังสีถนอมอาหาร
3. ความปลอดภัยของอาหารฉายรังสี
4. ประโยชน์ของการฉายรังสีอาหาร
5. ข้อจำกัดในการใช้รังสี
6. อุตสาหกรรมอาหารฉายรังสี

แนวคิด

ในบรรดาวิธีการถนอมอาหารต่าง ๆ นั้น ถือว่าการฉายรังสีอาหารเป็นวิธีการใหม่ล่าสุดและกำลังอยู่ในระหว่างการค้นคว้าวิจัยในแง่ความปลอดภัย ชนิดและปริมาณรังสีที่เหมาะสมสำหรับอาหารประเภทต่าง ๆ ตลอดจนผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่น่าจะนำมาถนอมได้ด้วย จากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่ารังสีจากสารกัมมันตภาพรังสีสามารถนำมาใช้ในการถนอมอาหารได้โดยการฉายรังสีไปในอาหาร เมื่ออาหารดูดซับพลังงานจากรังสีแล้ว เชื้อจุลินทรีย์ในอาหารจะตาย เอนไซม์เสียสภาพธรรมชาติและไม่สามารถทำงานได้ นอกจากนี้รังสียังช่วยฆ่าแมลง หนอนและพยาธิต่าง ๆ ในอาหาร ตลอดจนยับยั้งการงอกของพืชได้

เทคนิคการฉายรังสีสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าว ที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างมาก ทำให้ลดปัญหาในการเก็บรักษา และลดการสูญเสียผลผลิตได้ นอกจากนี้ การฉายรังสีอาหารไม่เพียงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหารเท่านั้น แต่ยังสามารถรักษารสกลิ่น และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารเหล่านั้นไว้ด้วย

จุดประสงค์การเรียนรู้

หลังจากเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายถึงกระบวนการถนอมอาหารโดยใช้รังสีได้
2. อธิบายประโยชน์และข้อจำกัดของการใช้รังสีถนอมอาหารได้
3. บอกชนิดของอาหารที่สามารถนำมาฉายรังสีเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาได้



การถนอมอาหารโดยใช้รังสี

รังสีนิวเคลียร์

รังสีนิวเคลียร์เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่นเดียวกับพลังงานไฟฟ้าซึ่งเรารู้จักกันดีแล้วในปัจจุบัน แต่รังสีนิวเคลียร์ยังค่อนข้างใหม่ ในความรู้สึกของคนทั่วไป อย่างไรก็ตามปัจจุบัน มนุษย์เราสามารถควบคุมและนำเอารังสีนิวเคลียร์ไปใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ได้ อย่างไรก็ตามหากนำไปใช้อย่างไม่ระมัดระวังรังสีนิวเคลียร์ก็เหมือนไฟฟ้า คืออาจก่อให้เกิดอันตรายได้มาก

รังสีนิวเคลียร์เป็นพลังงานที่ได้จากนิวเคลียสของอะตอมของธาตุบางตัว โปรตอนและนิวตรอนเป็นอนุภาคที่เป็นส่วนประกอบของนิวเคลียส ซึ่งยึดเหนี่ยวกันอยู่ด้วยแรงอันหนึ่ง นิวเคลียสจะอยู่ในสภาพอยู่ตัวเป็นปกติได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของโปรตอนและนิวตรอนในนิวเคลียส ถ้านิวเคลียสของอะตอมใดมีสัดส่วนของโปรตอนกับนิวตรอนไม่เหมาะสมจะทำให้นิวเคลียสนั้นอยู่ในสภาพไม่อยู่ตัว (unstable) และจะเกิดกระบวนการปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมา เพื่อให้ภายในนิวเคลียสมีสัดส่วนของโปรตอนและนิวตรอนที่พอเหมาะ พลังงานนี้คือรังสีนิวเคลียร์ เช่น ในธรรมชาติจะมีอะตอมของคาร์บอน-12 ซึ่งนิวเคลียสมีสัดส่วนโปรตอน 6 ตัว อะตอมนี้จะอยู่ตัว ในขณะที่เดียวกันก็มีคาร์บอน-14 ซึ่งนิวเคลียสมีสัดส่วนโปรตอน 6 ตัว และมีนิวตรอน 8 ตัว อะตอมนี้ไม่อยู่ตัว จะสลายตัวออกเล็กน้อย ๆ ที่เป็นรังสีนิวเคลียร์ แล้วกลายเป็นอะตอมของธาตุไนโตรเจน-14 ซึ่งนิวเคลียสมีสัดส่วนโปรตอน 7 ตัว และมีนิวตรอน 7 ตัว เป็นอะตอมที่อยู่ตัว ดังนั้นแสดงว่าอะตอมของธาตุจะต้องปรับตัวให้เข้าสู่ภาวะปกติ

ชนิดของรังสีนิวเคลียร์

รังสีนิวเคลียร์ที่สำคัญคือ อนุภาคอัลฟา อนุภาคบีตา นิวตรอน รังสีแกมมา รังสีเอกซ์

อนุภาคอัลฟา

ถูกสลัดออกมาโดยธาตุกัมมันต์ที่หนักๆเช่น ยูเรเนียม ทอเรียมและเรเดียม อนุภาคแต่ละตัวประกอบด้วยโปรตอน 2 ตัว (ซึ่งแต่ละตัวมีประจุไฟฟ้าบวก) และนิวตรอน 2 ตัว ทั้งสองอย่างนี้คืออนุภาคเล็ก ๆ ซึ่งประกอบเป็นนิวเคลียสของอะตอมทั้งหลาย อนุภาคอัลฟา

ถึงแม้จะเล็กมาก (อนุภาคอัลฟาหลายล้านตัวมารวมกันไม่โตกว่าหัวเข็มหมุด 1 อัน) แต่ก็ เป็นอนุภาคนิวเคลียสที่ใหญ่ที่สุด อนุภาคอัลฟามีอำนาจทะลุทะลวงน้อยมาก ผ่านกระดาษแผ่น เดียว สามารถหยุดยั้งมันได้ มันไม่สามารถทำลายเนื้อเยื่อของร่างกาย เว้นแต่สารที่สลาย อนุภาคนิวเคลียสแบบเนื้อเยื่อเป็นเวลานาน ๆ ในกรณีเช่นนี้ รังสีจะสามารถทำให้เกิดอันตราย ได้มากหรือทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ สารที่ปล่อยรังสีอัลฟาออกมาใช้นำมาใช้ ทำป้ายหน้าปัด นาฬิกาหรือเครื่องมืออื่น ๆ ซึ่งจะทำให้มีแสงสว่างขึ้นในตัวมันเอง และสามารถมองเห็นได้ ในที่มืด

อนุภาคบีตา (รังสีอิเล็กตรอน)

ถูกสลัดออกมาจากสารกัมมันต์หลายชนิด เช่น สารกัมมันต์คาร์บอน-14 และสาร กัมมันต์สตรอนเตียม-90 เป็นต้น อนุภาคบีตาเป็นอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าเท่ากับ -1 มี มวลน้อยกว่าอนุภาคอัลฟามาก ประมาณ $1/7200$ เท่าของอนุภาคอัลฟาและมีประจุไฟฟ้าลบ มีอำนาจทะลุทะลวงสูงกว่าอนุภาคอัลฟามาก อนุภาคบีตาที่มีพลังงานมาก ๆ สามารถผ่าน อากาศไปได้เป็นระยะทางหลายเมตร หรือทะลุผ่านเนื้อเยื่อของร่างกายได้ถึง $1/3$ นิ้ว การสัมผัสอนุภาคบีตามากเกินไปจะทำให้ผิวหนังไหม้เกรียม สารที่สลัดอนุภาคบีตาออกมา สามารถก่อให้เกิดอันตรายได้มาก หรือ ทำให้เกิดโรคมะเร็งเหมือนกับสารที่สลัดอนุภาคอัลฟา หากสารนั้นเข้าไปอยู่ในร่างกาย เป็นจำนวนมากและระยะเวลา นาน สารที่สลัดอนุภาคบีตา ออกมา ได้แก่ สารกัมมันต์ไฮโดรเจน หรือทริเทียม ใช้ทำหน้าปัดมีแสงสว่างในตัวเอง เราใช้สารที่สลัดอนุภาคบีตากับเครื่องอุปกรณ์ทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นต้นว่า วัดความ หนาของวัตถุที่ผลิตเพื่อใช้ในการแพทย์ ใช้รักษาเนื้องอกบางชนิด หรือรักษาโรคผิวหนัง และใช้ศึกษาทางวิทยาศาสตร์มากมาย

นิวตรอน

เป็นอนุภาคนิวเคลียสที่ไม่มีประจุไฟฟ้า มีมวลเท่ากับมวลของโปรตอนโดยประมาณ นิวตรอนสามารถผ่านอากาศไปได้หลายร้อยฟุตหรือทะลุของแข็งเข้าไปได้หลายนิ้ว สารหรือ วัตถุที่มีไฮโดรเจนมาก เช่น น้ำ และคอนกรีตผสมพิเศษจะยับยั้งนิวตรอนไว้ได้ดี นิวตรอนที่ ได้มาจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ใช้ในการวิจัยหรือที่ใช้ผลิตไฟฟ้า หรือเครื่องมือบาง อย่างที่สร้างขึ้นโดยเฉพาะเพื่อการผลิตนิวตรอน นิวตรอนจำเป็นในการทำงานของเครื่อง

ปฏิกิริยานิวเคลียร์ เพราะนิวตรอนนี้เองที่เป็นตัว ทำให้เกิดการแตกตัวของอะตอม ของธาตุยูเรเนียม (ปฏิกิริยา fission) ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อน ซึ่งใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เครื่องมือผลิตนิวตรอนใช้ในการวัดความหนาแน่นของดิน และในการอื่น ๆ อีกมาก และใช้ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ เรียกว่า Neutron-Activation Analysis ซึ่งทำให้สามารถวัดหาปริมาณน้อยที่สุดของธาตุบางอย่างในสาร ตัวอย่างเช่นในเหล็กกล้าที่ไม่บริสุทธิ์ อาจจะทำให้เป็นสารกัมมันต์ได้โดยการใส่นิวตรอนเข้าไป ส่วนที่ไม่บริสุทธิ์นั้น อาจพิสูจน์ได้ว่าเป็นธาตุอะไรจากชนิดของพลังงาน ของรังสีที่ปล่อยออกมากระแสนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์และยังใช้ในการทดลอง เกี่ยวกับการรักษาเนื้ออกในสมองด้วย

รังสีแกมมาและรังสีเอกซ์

ไม่เป็นอนุภาคเหมือนอัลฟาและบีตา แต่เป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มองไม่เห็น เช่น แสงสว่างและคลื่นวิทยุ เป็นต้น รังสีแกมมาก็เหมือนกับรังสีเอกซ์คือ เป็นรังสีที่มีพลังงานและสามารถทะลุทะลวงของแข็งไปได้หลายนิ้ว และสามารถผ่านอากาศไปได้หลายร้อยฟุต (ของแข็ง เช่น ตะกั่วหนา ๆ คอนกรีต หรือเนดินจะเป็นเครื่องกีดกันได้ดี) การได้รับรังสีแกมมาปริมาณมากจะมีอันตราย แพทย์ใช้รังสีแกมมาหรือสารที่แผ่รังสีแกมมาช่วยในการวิจัยความเจ็บป่วยต่าง ๆ หรือใช้รักษาโรคบางชนิด ในอุตสาหกรรมมีการใช้เครื่องกำเนิดรังสีแกมมาแทนเครื่องที่ใช้รังสีเอกซ์ ในการตรวจหารอยตำหนิของผลิตภัณฑ์โลหะ และใช้สำหรับวัดความแน่นของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อให้แน่ใจในคุณภาพ ราวติโอไอโซโทปที่แผ่รังสีแกมมานี้ใช้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มากมายตลอดทั่วโลก เพื่อการค้นคว้าวิจัย และเพื่อให้ได้ผลิตผลที่ใช้เป็นประโยชน์ได้ดียิ่งขึ้น รังสีเหล่านี้มีประโยชน์ในการปราบแมลงหรือในโครงการทำลายแมลงด้วยเช่นกัน

สรุปมีอำนาจทะลุทะลวงของรังสีชนิดต่าง ๆ

รังสีอัลฟา - ไม่สามารถทะลุทะลวงผ่านแผ่นกระดาษ

รังสีบีตา - มีอำนาจทะลุทะลวงดีกว่ารังสีอัลฟา แต่ไม่สามารถทะลุทะลวงผ่านอะลูมิเนียมได้

รังสีแกมมา - มีอำนาจทะลุทะลวงสูงจะทะลุทะลวงผ่านตะกั่วที่ไม่หนาจนเกินไปได้

รังสีเอกซ์ - มีอำนาจในการทะลุทะลวงพอประมาณ แต่มีราคาแพง

การใช้รังสีถนอมอาหาร

การฉายรังสีอาหารทำให้เก็บรักษาผลิตผลเกษตรและอาหารต่าง ๆ ในลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

การใช้รังสีทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารสด

เพื่อให้อาหารนั้นสามารถเก็บรักษาไว้โดยไม่ต้องแช่เย็นได้เป็นเวลานานกว่า 1 ปี โดยอาหารจะยังคงความสดอยู่เสมอ (radiation sterilization) เนื่องจากอาหารสดมีจำนวนจุลินทรีย์เป็นจำนวนมาก ดังนั้นการฆ่าเชื้อโรคโดยวิธีนี้จะต้องใช้รังสีปริมาณสูงมาก อาหารฉายรังสีด้วยวิธีนี้จะต้องบรรจุในภาชนะบรรจุที่เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเข้าไปทำให้อาหารเน่าเสียอีกได้ และเมื่อเปิดภาชนะบรรจุแล้วอาหาร จะเน่าเสียได้อีกเหมือนอาหารสดทั่ว ๆ ไป เพราะจุลินทรีย์จากภายนอกเข้าไปทำให้เน่าเสียได้อีก การฉายรังสีอาหารนี้เหมาะสำหรับอาหารบางประเภทเท่านั้น ไม่สามารถใช้ได้กับอาหารทุกชนิด เนื่องจากปริมาณรังสีสูง ๆ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านสี กลิ่นและรสทำให้อาหารไม่น่ารับประทานได้ อาหารที่นิยมฉายรังสีด้วยวิธีนี้ได้แก่ หมู เบคอน กุ้ง ไก่ และเนื้อวัว เป็นต้น

การใช้รังสีปริมาณค่อนข้างต่ำเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย

โดยมีวัตถุประสงค์เพียงเพื่อยืดอายุการเก็บของอาหารนั้นให้นานกว่าเดิม (radiation pasteurization) หรือยืดอายุการสุกของผลไม้การใช้รังสีปริมาณน้อย ๆ นี้ไม่ได้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด จุลินทรีย์เพียงลดปริมาณน้อยลง และทำให้เก็บอาหารไว้ได้นานกว่าเดิม ดังนั้นอาหารที่ฉายรังสีด้วยวิธีนี้หากเก็บไว้ในตู้เย็นจะช่วยใหเก็บนานยิ่งขึ้น นอกจากนั้นวิธีการนี้ยังช่วยให้ผลไม้สุกช้าลง ตัวอย่างผลไม้ในประเทศไทยที่เหมาะสมสำหรับการฉายรังสีได้แก่ กล้วยหอม และมะม่วง ซึ่งเป็นที่นิยมบริโภคของชาวต่างประเทศและมักส่งไปขายยังประเทศที่มีอากาศหนาว เช่น ญี่ปุ่น ซึ่งการขนส่งจะทำทางเรือ จึงต้องใช้เวลานาน เป็นผลทำให้ผลไม้สุกงอมและเน่าเสียได้ การฉายรังสีอาหารจะช่วยให้ผลไม้เหล่านี้สุกช้าลง และช่วยลดการสูญเสียได้มาก

การฉายรังสีอาหารเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค

ปกติการฆ่าเชื้อซาลโมเนลลา ที่ทำให้เกิดโรคท้องร่วง ซึ่งเป็นโรคที่พบมากที่สุดในโลก มักใช้ความร้อนที่ 85 องศาเซลเซียส เวลา 2.5 - 3 นาที แต่อาหารบางชนิดเมื่อถูกความร้อนคุณสมบัติจะเปลี่ยนแปลงไป และเชื้อซาลโมเนลลาบางสายพันธุ์มีความต้านทานความร้อนสูง อาจไม่ถูกทำลายด้วยความร้อนที่ใช้ฆ่าเชื้อ โดยปกติจากการวิจัยการฉายรังสี พบว่ารังสีปริมาณค่อนข้างต่ำ สามารถทำลายเชื้อซาลโมเนลลาทุกชนิดได้ ทั้งอาหารก็ยังคงสภาพเดิมไม่เปลี่ยนแปลง อาหารที่นิยมทำลายเชื้อซาลโมเนลลารั้วรังสี ได้แก่ อาหารประเภทเนื้อไก่ ไช้และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ทำจากปลา เป็นต้น

การฉายรังสีอาหารเพื่อป้องกันแมลงในเมล็ดพืชและพยาธิในอาหาร

รังสีปริมาณต่ำๆ สามารถป้องกันกันการเจาะทำลายของแมลงศัตรูพืชด้วยการทำให้แมลงหรือตัวหนอนตายทันที หรืออาจใช้ปริมาณเพียงทำให้เป็นหมันไม่สามารถแพร่พันธุ์ออกไปได้ (radiation disinfestation) วิธีนี้จะดีกว่าการใช้สารเคมี เพราะไม่มีสารเคมีที่เป็นพิษตกค้าง ถ้าใช้วิธีนี้เมล็ดพืชจะต้องบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทและแข็งแรงพอที่จะป้องกันไม่ให้แมลงเจาะเข้ามากินเมล็ดพืชอีกได้ เพราะรังสีไม่ได้ตกค้างในเมล็ดพืช จึงไม่สามารถป้องกันแมลงที่เข้ามาทำลายหลังกการฉายรังสีแล้วได้

อาหารพวกเนื้อสัตว์ เช่น เนื้อหมู เนื้อปลาบางชนิดมีพยาธิที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์อย่างร้ายแรงเช่น พยาธิตัวกลมและพยาธิตัวจิ๊ด เป็นต้น พยาธิพวกนี้อาจอยู่ลึกในเนื้ออาหารยากที่ความร้อนที่ใช้ปรุงอาหารจะเข้าไปทำลายได้ รังสีสามารถฆ่าตัวอ่อนของพยาธิ หรือทำให้ตัวแก่เป็นหมัน ทำให้ผู้ที่รับประทานเนื้อสัตว์ที่ผ่านการฉายรังสีไปแล้วมีความปลอดภัยมากขึ้น ตัวอย่างอาหารที่ได้รับความสนใจนำมาฉายรังสีเพื่อทำลายแมลงศัตรูพืช และพยาธิ ได้แก่ ข้าวสาลี และเนื้อหมู เป็นต้น

การป้องกันการงอกด้วยรังสี (radiation sprout inhibition)

พืชบางชนิดเช่น หัวหอม มันฝรั่ง กระเทียม เป็นต้น เป็นพืชที่เมื่อเก็บนาน ๆ มักจะเกิดการงอก ทำให้นามารับประทานไม่ได้ การใช้รังสีปริมาณต่ำจะช่วยป้องกันการงอกของพืชเหล่านี้ได้

ความปลอดภัยของอาหารนายรังสี

ปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญอันดับแรกของอาหารนายรังสีคือ ความสงสัยของผู้บริโภคว่าอาหารนายรังสีมีความปลอดภัยหรือไม่ เพราะเกรงว่าหากรังสีตกค้างอยู่ในอาหารจะเป็นอันตรายเมื่อบริโภค

ชนิดของรังสีที่อนุญาตให้ใช้

1. รังสีแกมมาจากสารกัมมันตรังสี เช่น โคบอลต์ 60 หรือซีเซียม 137
2. รังสีเอกซ์จากเครื่องผลิตรังสีเอกซ์ที่ทำงานด้วยพลังงานที่ไม่สูงกว่า 5 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์
3. รังสีอิเล็กตรอน (รังสีบีตา) จากเครื่องผลิตรังสีอิเล็กตรอนที่ทำงานด้วยระดับพลังงานไม่สูงกว่า 10 ล้าน อิเล็กตรอนโวลต์

รังสีทั้ง 3 ชนิดที่อนุญาตให้ใช้นั้น มีระดับพลังงานไม่สูงพอที่จะทำให้สารที่เป็นองค์ประกอบของอาหารกลายเป็นสารกัมมันตรังสี มีความสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาไอออนไนเซชันได้ (ปฏิกิริยาไอออนไนเซชัน คือปฏิกิริยา ซึ่งอิเล็กตรอนตัวหนึ่งหรือมากกว่าถูกขับจากอะตอม โดยพลังงาน) และมีข้อได้เปรียบเสียเปรียบแตกต่างกัน ดังนั้นในการเลือกใช้จึงต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์และความพร้อม

รังสีแกมมา มีความสามารถในการทะลุทะลวงผ่านอาหารได้มาก จึงเหมาะที่จะใช้กับอาหารที่บรรจุในกล่องหรือหีบห่อขนาดใหญ่ได้ แต่รังสีแกมมาจะถูกปล่อยจากต้นกำเนิดตลอดเวลาในทุกทิศทางไม่ว่าจะใช้งานหรือไม่ จึงไม่เหมาะที่จะใช้ในกรณีที่มีผลผลิตป้อนโรงงานน้อยหรือไม่เหมาะที่จะใช้ร่วมกับกระบวนการผลิต

รังสีอิเล็กตรอนมีความสามารถในการทะลุทะลวงต่ำ และใช้กระแสไฟฟ้าแรงสูง จึงไม่เหมาะที่จะใช้กับอาหารที่มีความหนาแน่นมาก และในพื้นที่ที่มีค่าไฟฟ้าสูง แต่มีข้อดีคืออิเล็กตรอนพุ่งออกมาในทิศทางเดียวกันและสามารถเปิดปิดได้ตามต้องการ จึงเหมาะที่จะใช้ร่วมกับกระบวนการผลิตได้

รังสีเอกซ์เป็นรังสีที่มีต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง จึงไม่นิยมนัก

การเปลี่ยนแปลงจากการฉายรังสี

การฉายรังสีอาหารเป็นกระบวนการผลิตเช่นเดียวกับกระบวนการผลิตอาหาร โดยใช้ความร้อนหรือการแช่แข็ง กระบวนการฉายรังสีนั้นคือการนำอาหารที่บรรจุในภาชนะหรือ

ที่พบที่เหมาสมไปผ่านการฉายรังสี ตามที่ปริมาณที่กำหนด ซึ่งจะไม่รังสีตกค้างแต่ประการใด จึงไม่ก่อให้เกิดอันตราย แม้ว่าจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีบ้าง แต่ยังน้อยกว่าที่เกิดขึ้นจากการใช้กระบวนการถนอมอาหารอื่น ซึ่งใช้อยู่ในปัจจุบันเช่น การใช้ความร้อน การใช้สารเคมี และการแช่แข็ง

ประโยชน์ของการฉายรังสีอาหาร

1. ลดการสูญเสียของอาหาร สามารถรักษาระดับราคาไม่ให้แตกต่างกันมากนักทั้งในฤดูและนอกฤดูการผลิต
2. เสริมสร้างหลักประกันด้านความปลอดภัยลดภัยจากเชื้อโรค พยาธิ และสารเคมี ทำให้สุขภาพอนามัยของประชาชนดีขึ้น ซึ่งเป็นผลดีทางด้านสาธารณสุขมูลฐาน
3. ยืดอายุการเก็บรักษาและการวางตลาด ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เช่น ใช้ทางเรือหรือรถยนต์แทนทางเครื่องบิน และค่าใช้จ่ายที่อาหารต้องเน่าเสียไปก่อนเวลาอันควร นับว่าเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิต ผู้ขายปลีก และผู้บริโภคเพราะต้นทุนถูกลง
4. ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นไปตามกำหนดมาตรฐานเป็นการส่งเสริมการส่งออก
5. ประหยัดพลังงาน พลังงานจากการฉายรังสีที่ 10 กิโลเกรย์ เทียบได้เท่ากับพลังงานจากความร้อนที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นเพียง 24 องศาเซลเซียสเท่านั้น
6. ไม่ทำให้คุณลักษณะภายนอกเปลี่ยนแปลง ก่อนฉายรังสีเป็นอย่างใดหลังฉายรังสีก็เป็นอย่างนั้น ยังสดเหมือนเดิม
7. ขยายตลาดการค้า สามารถส่งไปจำหน่ายในท้องที่ห่างไกลแหล่งผลิตได้มากขึ้น

ข้อจำกัดของการใช้รังสี

1. ไม่สามารถใช้กับอาหารทุกชนิดได้ อาหารที่มีโปรตีนสูงและน้ำมาก เช่น นม และผลิตภัณฑ์นมไม่เหมาะที่จะนำมาฉายรังสี เพราะทำให้เกิดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์
2. อาจทำให้เนื้อสัมผัสของผลไม้และสีของเนื้อสัตว์ บางชนิดเปลี่ยนไป ทำให้การใช้ปริมาณรังสีที่เหมาะสมมีช่วงค่อนข้างจำกัด
3. ไม่สามารถทำลายสารพิษที่มีอยู่ในอาหารแล้วได้
4. จำเป็นต้องใช้ความเย็นและความร้อนร่วมด้วยในบางกรณี เพื่อให้ได้ประโยชน์

สูงสุด

5. ใช้เงินลงทุนสูงสำหรับตัวโรงงาน แต่ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยต่ำ และจำเป็นต้องมีผลิตภัณฑ์มากพอสำหรับป้อนโรงงานจึงคุ้มทุน
6. ผู้บริโภคยังกลัวไม่กล้าบริโภคอาหารฉายรังสี เพราะขาดความรู้ที่ถูกต้อง และไม่เข้าใจว่าทำไมต้องฉายรังสี
7. ยังไม่มีวิธีการตรวจสอบที่ได้ผลสมบูรณ์เพื่อแสดงว่าอาหารผ่านการฉายรังสีแล้ว นอกเหนือจากมาตรฐานการควบคุมกระบวนการผลิตภายในโรงงาน
8. กฎหมายอาหารฉายรังสียังไม่สอดคล้องกัน เป็นอุปสรรคต่อการค้าระหว่างประเทศ
9. ตลาดการค้ายังอยู่ในวงจำกัด ทำให้ผู้ประกอบการไม่กล้าลงทุน

อุตสาหกรรมอาหารฉายรังสี

การฉายรังสีอาหารในเชิงพาณิชย์และกึ่งอุตสาหกรรมได้กระทำกันใน 21 ประเทศ ชนิดของอาหารที่ได้รับความนิยมนำมาฉายรังสีมากที่สุดในปัจจุบันได้แก่ เครื่องเทศซึ่งทำกันถึง 14 ประเทศส่วนใหญ่ในยุโรปและอเมริกา รองลงได้แก่ มันฝรั่ง หัวหอมใหญ่ เนื้อสัตว์ กล้วยไม้ สำหรับเมล็ดธัญพืชนั้น ประเทศสหภาพโซเวียตได้ทำการฉายรังสี เพื่อทำลายไข่แมลงในเชิงอุตสาหกรรมตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2523 คิดเป็นปริมาณหลายล้านตัน กุ้งแช่แข็ง ชากบแช่แข็งและเครื่องเทศเป็นอาหารที่ประเทศเนเธอร์แลนด์และเบลเยียม ทำการฉายรังสีปีละกว่า 2 หมื่นตัน ประเทศฝรั่งเศส มีโรงงานฉายรังสีที่ดำเนินการแล้ว 4 แห่ง ทำการฉายรังสีเครื่องเทศ เครื่องปรุงรส และเนื้อไก่กึ่งอุตสาหกรรมในเชิงพาณิชย์ เยอรมันตะวันออกทำการฉายรังสีหัวหอมใหญ่ปีละประมาณ 6,000 ตัน ญี่ปุ่นทำการฉายรังสีมันฝรั่งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516 โรงงานที่ชิโฮโรสามารถฉายรังสีมันฝรั่งได้เดือนละ 10,000 ตัน สาธารณรัฐประชาชนจีน มีโรงงานฉายรังสีอาหารที่ดำเนินการแล้ว 9 แห่ง ชนิดของอาหารที่นำมาฉายรังสีได้แก่ มันฝรั่ง หัวหอมใหญ่ กระเทียม แอปเปิ้ล สาลี่ เครื่องเทศ และ ไข่กรอก รวมกันประมาณกว่าหมื่นตัน สหภาพอัฟริกาใต้ มีโรงงานฉายรังสี 3 แห่ง ดำเนินการฉายรังสี มะม่วง สตรอเบอร์รี่ มันฝรั่ง หัวหอมใหญ่ ผักแห้ง และเครื่องเทศรวมกันปีละประมาณ 20,000 ตัน นอกจากนี้อาหารปลอดเชื้อสำหรับคนไข้ที่ขาดภูมิต้านทานโรค และสำหรับมนุษย์อวกาศก็มีการผลิตที่สหรัฐอเมริกาโดยการฉายรังสี

สรุปท้ายบท

การฉายรังสีในอาหาร เป็นการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคมทั้งเอ็นไซม์ในอาหาร พยาธิ และแมลงที่กัดทำลายพืช ดังนั้นการใช้รังสี นอกจากถนอมอาหารแล้วยังช่วยยับยั้งการงอกและสุกของพืชบางชนิด

รังสีที่อนุญาตให้ใช้ได้แก่ รังสีแกมมาซึ่งเกิดจากสารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 หรือซีเซียม-137 รังสีเอกซ์ และรังสีอิเล็กตรอน รังสีเหล่านี้ไม่ทำให้อาหารกลายเป็นสารกัมมันตรังสีได้

สำหรับการถนอมอาหาร กระบวนการฉายรังสี ต้องทำเช่นเดียวกับการบรรจุกระป๋อง คือต้องทำลายจุลินทรีย์ในอาหารที่อยู่ในภาชนะที่ปิดสนิท ระบายไอน้ำที่ยังไม่เปิดภาชนะบรรจุ อาหารภายในก็ยังไม่เสีย แต่เมื่อเปิดภาชนะ อาหารจะเริ่มเสียตามปกติ เพราะรังสีไม่ได้ตกค้างในอาหาร

การใช้รังสีก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหาร ในแง่คุณค่าทางโภชนาการบ้าง แต่ก็ยังน้อยกว่าการใช้การถนอมอาหารวิธีอื่น ข้อดีของการฉายรังสีอาหารคือสามารถทำได้ทีละมาก ๆ ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการผลิตได้ แต่ข้อเสียในปัจจุบันคือผู้บริโภคยังไม่ยอมรับมากนัก เนื่องจากยังขาดความรู้ความเข้าใจเรื่องของรังสี

วิธีสอนและกิจกรรม

1. บรรยาย
2. อภิปราย ชักถาม

สื่อการสอน

1. เอกสารคำสอน

การประเมินผล

1. สังเกตความสนใจในห้องเรียน
2. สังเกตจากการชักถาม และแสดงความคิดเห็น

บทที่ 8

บรรจุภัณฑ์อาหาร

หัวข้อเรื่อง

1. คุณสมบัติทั่วไปของบรรจุภัณฑ์อาหาร
2. ชนิดของบรรจุภัณฑ์อาหาร
3. บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารถนอม

แนวคิด

การถนอมอาหารไม่ว่าแบบใดต้องมีการบรรจุอาหารอยู่ด้วยเสมอ บรรจุภัณฑ์อาหารอาจทำจากกระดาษเคลือบไข แผ่นฟิล์ม กระจกพลาสติก ขวดแก้วหรือกระป๋องโลหะ แต่ที่สำคัญคือต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการถนอมด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ

จุดประสงค์การเรียนรู้

หลังจากเรียนจบบทนี้แล้วผู้เรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายคุณสมบัติทั่วไปของบรรจุภัณฑ์อาหารได้
2. บอกรายละเอียดเกี่ยวกับชนิดของบรรจุภัณฑ์อาหารได้
3. จำแนกชนิดของอาหารที่เหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์อาหารแต่ละชนิดได้

บรรจุภัณฑ์อาหาร

การเก็บรักษาอาหารไม่ว่าจะเป็นผลผลิตทางการเกษตร หลังการเก็บเกี่ยว หรือผลิตภัณฑ์อาหารถนอมหรือผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป นอกจากจะมีจุดประสงค์ให้อาหารคงสภาพเดิมมากที่สุดแล้ว ยังป้องกันการกักตุนไต่ตอมของสัตว์พวกแมลง เช่น มด แมลงสาบ แมลงวัน และหนู เป็นต้น การเลือกชนิด รูปร่าง ขนาดของบรรจุภัณฑ์อาหารเป็นปัจจัยที่ต้องนำมาประกอบกัน เพื่อให้สัมฤทธิ์ผลทั้งในด้านการสูญเสีย สะดวกต่อการเก็บรักษา พอเหมาะกับลักษณะการขนส่ง นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์อาหารหลายชนิด ยังต้องมีลักษณะปรากฏที่ตี เพื่อช่วยในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคอีกด้วย

คุณสมบัติทั่วไปของบรรจุภัณฑ์อาหาร

คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์อาหารที่จะกล่าวต่อไปนี้ เป็นคุณสมบัติโดยรวม คงจะไม่มีภาษาที่ใช้บรรจุที่มีคุณสมบัติที่จะกล่าวต่อไปนี้ครบทุกข้อจึงต้องพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับอาหารแต่ละชนิด

1. ไม่เป็นพิษและเหมาะสมจำเพาะกับอาหารแต่ละชนิด
2. สามารถป้องกันอาหารจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ฝุ่นละอองและการกักตุนของแมลง หนู และสัตว์อื่น
3. ป้องกันการเข้าออกของอากาศ ความชื้นและไขมัน ยกเว้นในกรณีที่เป็นแผ่นฟิล์มห่อผักและผลไม้ ซึ่งจะต้องยอมให้ความชื้นออกได้ เนื่องจากผักและผลไม้มีการคายน้ำ
4. ป้องกันแก๊สและกลิ่นไม่ให้ผ่านเข้ามาสัมผัสอาหาร และในทางกลับกันใช้ป้องกันไม่ให้กลิ่นระเหยออกได้ด้วย แต่บางกรณีกลิ่นหรือแก๊สที่ไม่พึงประสงค์จำเป็นต้องไล่ออกจากภาชนะ ในกรณีนี้ภาชนะบรรจุต้องมีลักษณะที่ยอมให้แก๊สหรือกลิ่นผ่านออกได้
5. ป้องกันแสงไม่ให้สัมผัสกับอาหาร
6. ทนทานต่อการกระทบกระเทือน ไม่แตกหรือฉีกขาดง่าย และสามารถป้องกันไม่ให้อาหารภายในแตกเป็นชิ้น
7. โปร่งใสมองเห็นอาหารภายใน ในขณะที่ป้องกันแสงได้ด้วย ซึ่งเป็นการยากสำหรับอาหารบางชนิดที่ไวต่อแสง การพิจารณาเลือกภาชนะในกรณีนี้จึงต้องดูช่วงเวลาของอายุการเสื่อมของอาหารนั้น และความไวต่อแสงของอาหารนั้นให้สัมพันธ์กันคือ อาหารจะไม่สูญเสียลักษณะก่อนที่จะมีการจำหน่าย หรือในอาหารบางชนิดเช่น เบียร์ อาจใช้บรรจุ

ภัณฑ์ที่มีเป็นขวดแก้วสีเพื่อป้องกันแสง ในขณะที่สามารถเห็นเนื้ออาหารข้างในได้

8. เปิดง่าย เทคโนโลยีปัจจุบันสามารถทำให้ภาชนะโลหะเปิดได้ง่าย ตัวอย่างเช่น เบียร์กระป๋อง จะมีที่ดึง (pull tab) สำหรับเปิดฝากระป๋อง

9. ถูกทำลายง่ายหลังจากการใช้งาน บรรจุภัณฑ์ประเภทโลหะควรจะมีบีบให้แตกได้ง่าย ภาชนะแก้วควรจะถูกทำให้ละเอียดได้ง่าย เมื่อเผาบรรจุภัณฑ์เหล่านี้ ไม่ควรมีสารพิษเกิดขึ้นหรือไม่มีควันพิษ ซึ่งทำให้เกิดสภาวะมลพิษในอากาศ

10. บรรจุภัณฑ์ที่ดี ควรมีน้ำหนักเบา แต่ก็เพียงพอที่จะป้องกันการเสียหายของอาหารภายในได้

11. มีลักษณะปรากฏที่ดี สามารถพิมพ์ตัวอักษรลงได้

12. ราคาถูก

บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารถนอม

บรรจุภัณฑ์อาหารอาจทำจากวัสดุหลายอย่าง เพื่อให้เหมาะสมกับอาหารแต่ละชนิด ตัวอย่างของภาชนะบรรจุมีดังนี้

1. กระดาษเคลือบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการป้องกันต่าง ๆ สารที่นำมาเคลือบได้แก่ ไขมัน เรซินสังเคราะห์ แลคเกอร์ และพลาสติก กระดาษเคลือบไขมันเหล่านี้นิยมขึ้นรูปเป็นกล่องสี่เหลี่ยมสำหรับบรรจุอาหารเหลว เช่น นม นมถั่วเหลือง และน้ำผลไม้ เป็นต้น

2. ภาชนะบรรจุชนิดแผ่นประกบ ภาชนะบรรจุแบบนี้อาจเป็นกระดาษประกบด้วยอะลูมิเนียม หรืออาจเป็นแผ่นประกบของแผ่นพลาสติกชนิดต่าง ๆ ส่วนมากนิยมนำมาทำเป็นถุงบรรจุที่ป้องกันการระเหยของน้ำจากอาหารและป้องกันอากาศเข้า ใช้กับอาหารกรอบต่าง ๆ และอาหารเคลือบช็อคโกแลต

3. แผ่นฟิล์มที่รับประทานได้ ใช้กับไส้กรอกต่าง ๆ หรืออาจเป็นการเคลือบอาหารด้วยสารบางอย่างโดยตรง เพื่อป้องกันความชื้น เช่น การใช้แป้งเคลือบเมล็ดลูกเกด เพื่อป้องกันไม่ให้ชื้น และการเคลือบอาหารเข้าพวกรั้วพืชสำเร็จรูปที่นิยมรับประทานกับนมด้วยมอโนกลีเซอไรด์ เพื่อป้องกันการหืน เป็นต้น

4. ฟิล์มพลาสติก ภาชนะบรรจุชนิดนี้ ต้องเลือกสมบัติที่เหมาะสมกับอาหารแต่ละประเภท ดังนี้

- พอลิเอทิลีน มีคุณสมบัติป้องกันความชื้น แต่ไม่ป้องกันอากาศจึงเหมาะสำหรับ

บรรจุอาหารแห้ง เช่น ผลไม้แห้ง ถั่วตาก แต่ไม่เหมาะสำหรับบรรจุอาหารร้อน

- พอลิโพรพิลีน มีคุณสมบัติทนต่อความร้อน และไขมัน จึงเหมาะสำหรับทำถุงบรรจุอาหารร้อน และอาหารที่มีไขมันร้อนเช่น ก๋วยเตี๋ยว น้ำแกงเผ็ดและอาหารทอดกรอบ เป็นต้น

- เซลลูโลสแอซีเตทและพอลิสไตรีน มีคุณสมบัติให้ความชื้นและอากาศผ่านได้ จึงเหมาะสำหรับ ผักผลไม้สด ซึ่งยังมีการหายใจและคายน้ำอยู่

- พอลิไวนิลคลอไรด์ มีสมบัติทนต่อไขมันได้ดี ด้านทานการซึมผ่านของอากาศ และไขมัน แต่แสงแดดและความชื้นผ่านได้เล็กน้อย มีทั้งชนิดอ่อนและแข็ง จึงสามารถทำเป็นภาชนะได้หลายลักษณะ จึงใช้บรรจุอาหารหลายประเภทเช่น ทำเป็นขวดบรรจุน้ำมันพืช และเครื่องดื่ม ทำภาชนะห่อเนื้อสัตว์ เนยแข็งและอาหารสำเร็จรูปต่าง ๆ ในปัจจุบันบางประเทศห้ามใช้พลาสติกชนิดนี้เพราะมีการทดลองพบว่าส่วนผสมของสารนี้เป็นอันตรายทำให้สัตว์ทดลองเป็นมะเร็งได้

- ไนลอน นิยมนำมาประกบพลาสติกชนิดอื่นเพื่อป้องกันความชื้นและอากาศ

- พอลิเอสเตอร์ มีประสิทธิภาพกันการซึมของอากาศได้ดี จึงนำมาใช้ทำภาชนะบรรจุอาหารที่บรรจุในระบบสูญญากาศ

5. ขวดแก้ว นิยมใช้บรรจุเครื่องดื่มและอาหารหมักดอง เนื่องจากไม่ทำปฏิกิริยากับอาหารภายใน และสามารถมองเห็นลักษณะของอาหารภายในขวดแก้วได้ ข้อเสียของขวดแก้วคือ เรื่องการแตกง่าย จึงเป็นปัญหาการขนส่งและการเก็บรักษา อาหารที่นิยมใช้ขวดแก้ว ได้แก่ สังขยาทาขมปิ้ง น้ำสลัด แยม ซอสปรุงรสต่าง ๆ น้ำพริกและน้ำพริกเผา เป็นต้น

6. กระป๋องเหล็ก ทำโดยแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก แล้วฉาบด้วยสารบางชนิดเพื่อกันไม่ให้อาหารสัมผัสกับโลหะโดยตรง แผ่นโลหะนี้จะถูกนำมาตัดเป็นแผ่น แล้วขึ้นรูปเป็นกระป๋องขนาดต่าง ๆ กัน กระป๋องบรรจุอาหารแบ่งเป็น 3 ชนิด ตามลักษณะการฉาบผิวของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกนั้น ซึ่งอาหารที่เหมาะสมที่จะบรรจุในกระป๋องแต่ละชนิด ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 การถนอมอาหารโดยใช้อุณหภูมิสูง

7. กระป๋องอะลูมิเนียม กระป๋องอะลูมิเนียมผลิตขึ้นโดยไม่มีตะกั่ว มีน้ำหนักเบา เหมาะกับการบรรจุเบียร์ น้ำอัดลม และเพื่อความสะดวกยิ่งขึ้น บนฝากระป๋องจะมีที่ดึงเปิดฝากระป๋องได้ ทำให้ใช้ได้ง่ายที่ กระป๋องชนิดนี้จึงมีราคาแพง

สรุปท้ายบท

การบรรจุอาหารในภาชนะเป็นวิธีการถนอมอาหารวิธีหนึ่งซึ่งนอกจากช่วยเก็บรักษาให้อาหารคงสภาพได้ระยะเวลานานแล้ว ยังช่วยในด้านอื่น ๆ เช่น ป้องกันไม่ให้เกิดรอยแผลหรือแตกชำในผักผลไม้สด ป้องกันการกักตะ และไต่ตอมของสัตว์ต่าง ๆ พวก แมลง และหนู เป็นต้น

การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์โดยทั่วไปต้องคำนึงถึงความแข็งแรงที่เพียงพอที่จะรับน้ำหนักอาหารและรับแรงกระทบกระแทกจากภายนอก ต้องมีขนาดพอเหมาะไม่เล็กเกินไปจนทำให้อาหารเบียดเสียดจนเกิดรอยชำ ขนาดต้องเหมาะสม เพื่อบรรจุอาหารในภาชนะนั้นได้สะดวกและจะช่วยให้สะดวกต่อการการขนส่งและการเก็บรักษาอาหารถนอมอีกด้วย

การเลือกชนิดของภาชนะบรรจุ ควรเลือกให้เหมาะกับชนิดของอาหาร อาหารที่มีพีเอชต่ำ มีกรดมาก ภาชนะที่ใช้ควรทำจากสารที่ทนกรด เช่น ขวดแก้วหรือกระป๋องโลหะ ฉาบภายในด้วยแลคเกอร์ชนิดที่ทนกรด อาหารมีน้ำหนักเบาอาจบรรจุในพลาสติกที่ป้องกันความชื้นและอากาศและอาจโปร่งใสเพื่อให้อาหารภายใน เป็นต้น นอกจากนั้นควรคำนึงถึงความนิยมของผู้บริโภคด้วย

วิธีการสอนและกิจกรรม

1. บรรยาย
2. สาธิตตัวอย่างวัสดุและบรรจุภัณฑ์อาหาร หลาย ๆ ชนิด
3. ให้ผู้เรียนบันทึกรายละเอียดของบรรจุภัณฑ์อาหาร ชนิดของอาหารภายใน ลักษณะปรากฏและกลิ่นรสของอาหาร

สื่อการสอน

1. เอกสารคำสอน
2. ตัวอย่างอาหารที่มีการบรรจุต่าง ๆ กัน และในบรรจุภัณฑ์แบบต่าง ๆ

การประเมินผล

1. สังเกตความสนใจห้องเรียน จากการอภิปราย ซักถามและแสดงความคิดเห็น
2. รายงานการบันทึกจากกิจกรรมในข้อ 2

บทที่ ๑

การประเมินผลผลิตภัณ์อาหาร

หัวข้อเรื่อง

1. แนวทางการประเมินผลผลิตภัณ์อาหาร
2. การประเมินผลผลิตภัณ์อาหาร
3. การวิเคราะห์ข้อมูลและการรายงาน

แนวคิด

การทำอาหารต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการประกอบอาหารหรือการถนอมอาหาร ต่างต้องมีจุดประสงค์ที่จะได้ผลิตภัณ์ที่ได้มาตรฐาน การประเมินผลผลิตภัณ์อาหารเป็นวิธีการที่จะทดสอบว่าอาหารเหล่านั้นได้มาตรฐานเหมือนต้นแบบหรือไม่ หรือถ้าต้องการให้ผิดไปจากต้นแบบ เพื่อหาผลิตภัณ์ใหม่ก็สามารถทราบได้ว่ามีความแตกต่างไปในทางที่ดีขึ้นหรือเลวลง ดังนั้น ข้อมูลต่าง ๆ จากการประเมินผลผลิตภัณ์อาหาร จะเป็นข้อบ่งชี้คุณภาพของผลิตภัณ์อาหารนั้น

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. เข้าใจและอธิบายความหมายของคุณภาพมาตรฐานอาหารได้
2. ประเมินผลอาหารโดยวิธีการชิมได้
3. พิจารณาใช้วิธีการประเมินผลอาหาร โดยใช้เครื่องมือเบื้องต้นได้

การประเมินผลผลิตภาคอาหาร

ส่วนประกอบที่นำมาประกอบในการประเมินคุณภาพอาหารมีดังนี้

1. กระบวนการผลิตทุกขั้นตอน ตั้งแต่ต้นถึงขั้นตอนการบรรจุและเก็บรักษา
2. แนวทางการประเมินผลผลิตภาคอาหารแต่ละชนิด
3. การประเมินผลผลิตภาคอาหาร
4. การวิเคราะห์ข้อมูลและรายงาน

กระบวนการผลิต

- ลำดับขั้นตอนการผลิตต้องถูกต้อง
- ควบคุมการผลิตให้ดำเนินไปอย่างถูกต้อง เช่น ชนิดและปริมาณของเครื่องปรุง วัสดุ และเวลาที่กำหนด รวมทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาที่เก็บรักษาอาหาร
- การบันทึกข้อมูลที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิต เช่น น้ำหนักของเครื่องปรุง อุณหภูมิ และเวลาขณะดำเนินการผลิต รวมทั้งข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการผลิตอาหาร

แนวทางการประเมินผลผลิตภาคอาหาร

การเลือกและการรับประทานอาหาร ล้วนแล้วแต่ใช้ประสาทสัมผัสทางกายภาพ อันได้แก่ การมองเห็น การสัมผัส การได้กลิ่น การรับรู้รส และการได้ยินควบคู่กันไป

การมองเห็น

ลักษณะการมองเห็นตัดสินด้วยตา เช่น สี รูปร่าง ขนาด ความใส ลักษณะขุ่นมัน - ด้าน ละเอียดย - หยาบ เหนียวหนืด - เหลว การเป็นเมือกและ การเป็นผลึก เป็นต้น

รูปร่าง - บาง หนา สีเหลือง ส้มเหลือง กลม ทรงกระบอก รีแบนรูปไข่ เป็นกลีบดอกไม้ เป็นกลีบส้ม เป็นต้น

ลักษณะ - เป็นมันวาว เป็นประกาย เป็นเงา เข้ม

- เรียบ เกลี้ยง เทียน ย่น ด้าน เป็นคลื่น นูน แบน ขรุขระ บวม
- เป็นฝอย เป็นเส้น เป็นร้ว เป็นขน เป็นขุย เป็นใย

- เป็นเม็ด เป็นจุด เป็นไต
- เป็นเนื้อเดียวกัน เป็นผลึก เป็นทราย เป็นลูก จับตัวเป็นก้อน
- สด แห้ง ฉ่ำ ชุ่ม ช้ำ
- เป็นก้อน เป็นแผ่น เป็นชิ้น เป็นตะกอน
- ไหม้เกรียม
- ซันหนืด ซันเป็นยาง เหลว ใส ชุ่น เป็นน้ำ เป็นฟอง เป็นเมือก
- พอง ฟู ยุบ หดตัว

การสัมผัส

ลักษณะอาหารที่ผู้บริโภคสามารถสัมผัสได้ทั้งจากการใช้มือ ลื่น ได้แก่ ลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- นุ่ม นุ่ม เหนียว หนึบ หนืด แน่น ลื่น เปื่อย ยุ่ย
- แข็ง กรอบ ร่วน กระด้าง เปราะ
- เละ แฉะ ซัน เหลว แหะเย เป็นฟอง เป็นเมือก เป็นยาง เหนอะหนะ
- ชรุขระ หยาบ เริ่บ ด้าน สาก ซุย
- เป็นทราย เป็นไต เป็นเกล็ด เป็นผง เป็นเม็ด เป็นก้อน เป็นกาก
- เย็น ร้อน อุ่น
- เนื้อละเอียด เนื้อหยาบ เป็นเนื้อเดียวกัน เป็นเส้น โปรงฟู
- ชุ่ม ฉ่ำ แห้ง

การรับรสชาติ

รสชาติอาหารขึ้นอยู่กับารรับทั้งรส และกลิ่นของอาหารไปพร้อม ๆ กัน

คำบอกรส - หวาน เค็ม เปรี้ยว ชม อมเปรี้ยวอมหวาน

คำบอกความรู้สึกที่ลิ้น - เผ็ด ช้ำ

- จืด มัน เลี่ยน เฝื่อน เข้มข้น
- เฝื่อน ชื่น ฝาด ปร่า
- จืดชืด
- รสจืด รสอ่อน รสแซบ

คำบอกกลิ่น - หอมหวาน หอมเย็น ๆ หอมฉุน

- เหม็นเน่า เหม็นบูด เหม็นเปรี้ยว เหม็นคาว เหม็นสาบ เหม็นอับ
เหม็นหืน เหม็นเขียว เหม็นไหม้ เหม็นตุ ๆ

การสังเกตสี

การสังเกตสีของอาหารมีผลต่อการตัดสินคุณภาพอาหาร สีของอาหารควรจะเป็นสีตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ เช่น กลัวยาคควรมีสีน้ำตาลสม่ำเสมอ ไม่ควรมีสีดำแทรกอยู่หรือไม่ควรมีสีดำบริเวณหัวท้ายของผล ผักตองควรมีสีเขียวออกน้ำตาล ไม่ควรมีสีเขียวสดหรือสีเขียวคล้ำ เป็นต้น การประเมินคุณภาพอาหารโดยการสังเกตสีนี้ เป็นการใช่วิธีมองดูอาหารและเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ควรจะเป็น ในระดับอุตสาหกรรมจะทำการเปรียบเทียบสีโดยเครื่องมือวัดสีแทน

การประเมินผลผลิตภัณฑ์อาหาร

อาหารทุกชนิดที่ผลิตขึ้นควรมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป การประเมินผลคุณภาพ จึงจำเป็นต้องใช้อาศัยประสาทสัมผัสของคนเป็นเครื่องตัดสิน โดยวิธีการชิม (sensory evaluation) นอกจากการชิมแล้วเครื่องมือทดสอบคุณภาพของอาหาร ก็สามารถนำมาใช้ประเมินคุณภาพของอาหารได้ การทดสอบคุณภาพอาหารวิธีนี้เรียก objective test มีการทดสอบทั้งในด้านเคมี ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและ การใช้กล้องจุลทรรศน์

การประเมินผลอาหารโดยการชิม

เป็นการประเมินผลของอาหาร โดยอาศัยประสาทสัมผัสทั้ง 5 คือ ตา หู จมูก ลิ้น และ การสัมผัส ตัดสินว่าชอบหรือไม่ชอบอาหารนั้น

ตัวอย่างอาหาร

ตัวอย่างอาหารจะมีทั้งอาหารทดลองและอาหารเปรียบเทียบ ซึ่งจะต้อง เป็นชนิดที่มีวิธีการเตรียมหรือทำเหมือนกันหรือคล้ายคลึงกัน

การเตรียมตัวอย่างอาหาร

- อาหารทดลอง และอาหารเปรียบเทียบต้องอยู่ในลักษณะเดียวกัน ทั้งรูปร่าง ขนาด และอุณหภูมิขณะเสิร์ฟ

- ภาชนะที่ใช้ใส่อาหารทดลองและอาหารเปรียบเทียบต้องมีขนาด รูปร่าง และสี เหมือนกันทุกประการ ปกตินิยมสีขาวเพราะทำให้เห็นอาหารเด่นชัด ภาชนะต้องทำจาก วัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยาใด ๆ กับอาหาร และต้องไม่มีกลิ่นหรือรสใด ๆ ต้องมีความสะอาด และควรใช้ขนาดเล็ก ถ้าเป็นการทดสอบกลิ่นของอาหาร ภาชนะที่ใช้ใส่อาหารต้องมีฝาปิด และต้องปิดให้สนิทและต้องเปิดในเวลาเดียวกัน เพื่อจะ ไม่มีความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง อาหารจากการสูญเสียหรือรับกลิ่นอื่นเพิ่มเข้ามา

- ปริมาณอาหารต้องเพียงพอที่จะชิมได้ 2 - 3 คำ หรือดื่มได้ 2 - 3 จิบ

- เป็นที่แน่นอนว่า ผู้ชิมจะต้องไม่ทราบมาก่อนว่าตัวอย่างอาหารใด เป็นตัวอย่าง อาหารทดลองและตัวอย่างใดเป็นอาหารเปรียบเทียบ การแสดงตัวอย่างจึงต้องใช้รหัส การใช้รหัสควรใช้ตัวอักษร หรือตัวเลขผสมกัน ไม่ควรใช้เป็นตัวอักษรหรือตัวเลขเรียงกัน เช่น ก. ข. ค. หรือ 1 2 3 เพราะจะทำให้ผู้ชิมคล้อยตามความสำคัญของตัวเลข เช่น เลข 1 หรือตัวอักษร ก มีความหมายว่าดีที่สุด ซึ่งอาจมีผลทำให้ผู้ชิมมีแนวโน้มเลือกตัว อย่างที่มีเลขที่ 1 หากมีการชิมตัวอย่างชุดเดียวกันหลายครั้ง ควรเปลี่ยนรหัสทุกครั้ง

- การเปลี่ยนลำดับตัวอย่างและลำดับการเสิร์ฟตัวอย่างในการทดสอบ ผู้ชิมอาหาร มักจะให้คะแนนตัวอย่างแรกสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ ดังนั้นในการชิมตัวอย่างชุดเดียวกันหลายๆ ครั้ง ควรเปลี่ยนลำดับตัวอย่างทุกครั้งเพื่อจะได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงความจริงที่สุด และลำดับการ เสิร์ฟตัวอย่างก็ควรสลับการเสิร์ฟ โดยการสลับลำดับการเสิร์ฟด้วย

- จำนวนตัวอย่าง ไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว มักขึ้นอยู่กับลักษณะอาหาร ถ้าอาหารมีรสจัด ปริมาณตัวอย่างจำเป็นต้องลดลง จึงชิมได้น้อยครั้งกว่าอาหารรสจัด ทั้งนี้เพราะการชิมที่ มากเกินไป ผู้ชิมจะหมดความสามารถในการแยกหาความแตกต่างของอาหารไป แต่ถ้าเป็น การสังเกตสีหรือเนื้อสัมผัสของอาหาร สามารถประเมินโดยตัวอย่างจำนวนมากได้ในคราว เดียวกัน

ผู้ชิมตัวอย่างอาหาร

สำหรับการทดลองในชั้นเรียน ผู้ชิมจะเป็นกลุ่มนักศึกษา กลุ่มอื่นหรือบุคคลที่เหมาะสม การเลือกผู้ชิมอาหารควรมีเกณฑ์ ดังนี้

- สนใจและเต็มใจที่จะให้ความร่วมมือ
- สามารถปลีกเวลามาชิมได้ ทุกครั้งที่มีการประเมินผลอาหารชนิดหนึ่ง ๆ
- มีความสามารถบอกกลิ่นหรือรสได้
- มีความสามารถที่จะตัดสินได้คงที่และเชื่อถือได้ คือมีความจำดีและมีประสบการณ์ และควรทราบว่าคุณภาพหรือลักษณะที่ได้มาตรฐานของอาหารนั้นเป็นอย่างไร
- เป็นเพศชายหรือหญิงก็ได้ที่มีสุขภาพดี ไม่เป็นหวัด
- จำนวนผู้ชิม ถ้าจำนวนผู้ชิมมากความคลาดเคลื่อนจะน้อยลง ความแน่นอนจะมากขึ้นจำนวนผู้ชิมน้อยที่สุดคือ 4 คน ที่เหมาะสมคือ 8 - 10 คน

สภาพแวดล้อมของการชิม

- ผู้ชิมต้องไม่ทานอาหารหรือสูบบุหรี่ก่อนเวลาชิมอย่างน้อย 30 นาที
- ห้องชิมอาจเป็นห้องธรรมดา หรืออาจแยกส่วนจากห้องประกอบอาหาร ซึ่งต้องไม่มีกลิ่นรบกวน อาจใช้ไม้ฉากกันเป็นช่องสำหรับแต่ละคนหรือใช้โต๊ะเล็กเรียงห่างกันเป็นระยะชานกับผนังห้อง
- การชิมต้องแยกผู้ชิมออกจากกัน ขณะประเมินผลอาหาร ต้องไม่มีการพูดคุยกัน เพราะจะมีผลต่อการตัดสินใจของแต่ละคนได้ และผู้ชิมต้องนั่งห่างกันพอที่จะไม่ให้มองเห็นการให้คะแนนของกันและกัน
- เวลาของการประเมินผลโดยวิธีชิม ควรเป็นช่วงระหว่างมื้ออาหาร คือ ขณะที่ไม่อิ่มเกินไปและไม่หิวเกินไป อาหารที่ชิมนั้นจะกลืนหรือคายทิ้งก็ได้ ผู้ชิมควรมีน้ำธรรมดา 1 แก้ว สำหรับล้างปาก เพื่อลบรสชาติของอาหารที่เหลือค้างในปาก ในการชิมแต่ละตัวอย่าง ไม่ควรใช้น้ำเย็นเพราะจะทำให้การรับรสของประสาทลดลง

แบบรายงานการประเมินผล

การประเมินผลอาหารด้วยวิธีชิมมีการทดสอบ 2 แบบคือ การทดสอบหาความต่าง และการทดสอบหาความชอบ สำหรับการประเมินผลอาหารถนอมที่ทดลอง ทำในห้องปฏิบัติการ อาจมีการประมาณผลโดยเทียบกับตัวควบคุมตรวจสอบ (control) โดยการให้ผู้ชิมตัดสินให้ระดับความแตกต่าง และให้ระดับความชอบของตัวอย่าง ตามคุณสมบัติที่กำหนดให้ โดยกำหนดค่าแสดงลักษณะของตัวอย่าง และตัวเลขแสดงระดับความชอบของตัวอย่างนั้น ๆ

แบบประเมินที่ 1 เป็นตัวอย่างตารางการให้ระดับคะแนนตามลักษณะของอาหาร

ชื่อผู้ชิม.....

วันที่ชิม.....

ชื่ออาหาร.....

ลักษณะอาหาร	คะแนนนิยม					หมายเหตุ
	ดีมาก	ดี	ดีพอใช้	พอใช้	ใช้ไม่ได้	
	5	4	3	2	1	
ลักษณะภายนอก						
รูปทรง						
กลิ่น						
ผิวหน้า						
ลักษณะภายใน						
ความชื้น						
ความละเอียด						
เนื้อนุ่ม						
รสชาติ						
กลิ่น						
รส						

แบบประเมินที่ 2 เป็นตัวอย่างตารางการให้ระดับคะแนน โดยการชิม

ชื่อนัชม..... วันที่ชิม..... ชื่ออาหาร.....			
ชิมอาหารเหล่านั้นแล้วภา รบข้อความที่แสดงระดับตรงกับความรู้สึกของท่าน จากการชิม โปรดให้เหตุผลด้วย			
รหัส..... ชอบมากที่สุด ชอบมาก ชอบปานกลาง เฉย ๆ ไม่ค่อยชอบ ไม่ชอบปานกลาง ไม่ชอบมาก ไม่ชอบมากที่สุด	รหัส..... ชอบมากที่สุด ชอบมาก ชอบปานกลาง เฉย ๆ ไม่ค่อยชอบ ไม่ชอบปานกลาง ไม่ชอบมาก ไม่ชอบมากที่สุด	รหัส..... ชอบมากที่สุด ชอบมาก ชอบปานกลาง เฉย ๆ ไม่ค่อยชอบ ไม่ชอบปานกลาง ไม่ชอบมาก ไม่ชอบมากที่สุด	รหัส..... ชอบมากที่สุด ชอบมาก ชอบปานกลาง เฉย ๆ ไม่ค่อยชอบ ไม่ชอบปานกลาง ไม่ชอบมาก ไม่ชอบมากที่สุด
วิจารณ์	วิจารณ์	วิจารณ์	วิจารณ์

ในการประเมินผลเปรียบเทียบความแตกต่างแบบให้ระดับนี้ อาจเขียนแบบสอบถาม
โดยใช้ค่าแสดงระดับลักษณะตามความเหมาะสม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

แบบประเมินที่ 3 เป็นตัวอย่างแบบสอบถามแบบให้เลือกระดับความชอบ

ชื่อผู้ชิม..... วันที่ชิม..... ชื่ออาหาร..... ประเมินผลรสชาติอาหารเหล่านี้ ชิมตัวอย่างตามลำดับ เลือกกา รอบระดับ ของรสชาติที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด		
รหัส 378 ยอดเยี่ยม ดีมาก ดี พอใช้ ไม่ดี ไม่ดีเลย	รหัส 205 ยอดเยี่ยม ดีมาก ดี พอใช้ ไม่ดี ไม่ดีเลย	รหัส 934 ยอดเยี่ยม ดีมาก ดี พอใช้ ไม่ดี ไม่ดีเลย
เหตุผล	เหตุผล	เหตุผล

แบบประเมินที่ 4 เป็นตัวอย่างแบบสอบถามหาความชอบแบบเรียงลำดับ

ชื่อผู้ชิม.....	
วันที่ชิม.....	
ชื่ออาหาร.....	
โปรดเรียงลำดับตัวอย่างเหล่านี้ ตามความชอบของท่าน	
รหัส	
ที่หนึ่ง	
ที่สอง	
ที่สาม	
ที่สี่	

แบบประเมินที่ 5 เป็นตัวอย่างแบบสอบถามหาความแตกต่างแบบเรียงลำดับ

ชื่อผู้ชิม.....		
วันที่ชิม.....		
ชื่ออาหาร.....		
โปรดเรียงลำดับตัวอย่างเหล่านี้ ตามความนุ่ม กรอกหมายเลขตัวอย่างที่นุ่มที่สุดในช่องแรก ที่นุ่มรองลงมาในช่องที่ 2 และที่เหนียวที่สุดในช่องที่ 3		
1.	2.	3.

การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากศึกษาข้อมูลจากตารางของผู้ชิมและหาค่าเฉลี่ยแล้ว จะทำให้เรามองเห็นคำตอบของปัญหาที่ตั้งจุดหมายเอาไว้ในการทดลองได้พอสมควร ซึ่งอาจไม่จำเป็น ต้องวิเคราะห์ข้อมูลในด้านอื่นอีก สิ่งที่จะช่วยในการตีความหมายผลทดลองคือสามัญสำนึก ความแตกต่างบางอย่างอาจเกิดขึ้นได้ มีเหตุมาจากตัวอย่างอาหารทดลอง เช่น วัตถุดิบหรือวิธีเตรียมอาจต่างไปบ้างในการทดลองซ้ำ ความคลาดเคลื่อนจากการตัดสินใจรายงานของผู้ชิมแต่ละคนในการทำซ้ำ อย่างไรก็ตาม หากผู้ค้นคว้าทดลองต้องการความเชื่อมั่นว่าผลที่ได้รับนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ควรมีการวิเคราะห์ทางสถิติเข้าช่วย ซึ่งจะต้องมีการวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติไว้ก่อนที่จะเริ่มทำการทดลอง

การประเมินผลอาหารโดยใช้เครื่องมือ

เป็นการประเมินผลโดยไม่มีการชิม ข้อดีของการใช้เครื่องมือวัดคือความสามารถให้ความแน่นอนเชื่อมั่นได้ โดยการทดสอบได้หลายครั้งเพื่อให้ได้ค่าที่ไม่คลาดเคลื่อน ในการประเมินผลอาหาร นอกจากใช้วิธีการชิมแล้ว หากใช้วิธีทดสอบโดยใช้เครื่องมือร่วมด้วยจะเป็นประโยชน์ในการรายงาน ข้อเสียของการใช้เครื่องมือคือ ไม่สามารถวัดรสชาติได้อย่างแท้จริง เครื่องมืออาจวัดระดับความหวานหรือความเค็มได้จากส่วนประกอบของน้ำตาลและเกลือในตัวอย่างทดลอง ซึ่งในกรณีนี้อาจนำมาเป็นข้อมูลที่สัมพันธ์สอดคล้องกันได้กับการรับรู้รสชาติทางการชิม ดังนั้นการเลือกใช้วิธีการต่าง ๆ ในการประเมินผล คงต้องคำนึงถึงแบบที่เหมาะสมที่จะประเมินอาหารชนิดหนึ่ง ๆ

เครื่องมือสำหรับงานทดสอบเบื้องต้น

ลักษณะรูปร่าง - บันทึกได้โดยการถ่ายภาพของอาหาร เพื่อให้เห็นเนื้ออาหาร

สี - ใช้เครื่องวัดสีอาหารโดยการเปรียบเทียบกับสีมาตรฐาน

ปริมาตร - ใช้การแทนที่หรือใช้เครื่องมือวัดปริมาตรสำหรับอาหารที่เป็นของเหลว

ความถ่วงจำเพาะ - เป็นค่าเปรียบเทียบของน้ำหนักอาหารกับปริมาตรอาหาร ซึ่ง

จะบอก ความหนาแน่นของอาหาร และสามารถบอกปริมาณ

ของสารหนึ่งซึ่งมีปะปนอยู่ในสารอีกอย่างหนึ่ง

ความหนืดข้น - ใช้วัดอาหารที่เป็นของเหลวข้นไหลยาก ใช้วิธีเปรียบเทียบความเร็วของการไหล ที่สำคัญคือต้องวัดอุณหภูมิโดยอุณหภูมิหนึ่งที่คงที่เพราะการเปลี่ยนอุณหภูมิจะมีผลต่อการไหลมากขึ้นหรือน้อยลงของอาหาร

สรุปท้ายบท

การประเมินผลผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นการตัดสินว่าอาหารที่ทดลองทำนั้นมีลักษณะเป็นที่ยอมรับหรือไม่ หรือเทียบกับมาตรฐานของอาหารชนิดนั้นได้ใกล้เคียงแค่ไหน ซึ่งทำได้ 2 วิธีคือ การชิมและการใช้เครื่องมือ การชิมเป็นการอาศัยประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของคนเราได้แก่ หู ตา จมูก ลิ้น และการสัมผัส โดยการให้ผู้ชิมที่คัดเลือกแล้ว ชิมอาหารทดลอง ซึ่งอาจรวมทั้งสังเกตสี ตมกลิ่นและลักษณะสัมผัสเปรียบเทียบกับอาหารมาตรฐาน โดยการให้หาความต่างหรือความเหมือน จะทำให้ทราบได้ว่าอาหารทดลองมีความใกล้เคียงกับอาหารมาตรฐานมากน้อยแค่ไหน หรือหากเป็นอาหารที่ผลิตขึ้นใหม่อาจใช้วิธีการให้ผู้ชิมตอบว่าชอบหรือไม่ชอบ มากน้อยอย่างไร เป็นต้น ทั้งนี้ผลของการประเมินอาหารทดลองอาจมีความแตกต่างบางอย่าง ซึ่งมาจากตัวอาหารและผู้ชิม ดังนั้นการควบคุมการผลิตจึงควรได้รับการดูแลให้ถูกต้องและรัดกุมทุกขั้นตอน สภาของผู้ชิมควรมีความพร้อมที่จะเป็นผู้ชิมที่ดี มีสุขภาพดี และปฏิบัติตามข้อแนะนำซึ่งผู้ชิมควรปฏิบัติ และควรจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะกับการชิมอาหารด้วย จากการประเมินผลอาหารด้วยการชิม ผลของการประเมินจะเป็นค่าที่ทำให้วิเคราะห์ได้ว่าอาหารทดลองมีความต่างจากมาตรฐานมากน้อยประการใด ซึ่งเป็นแนวทางในการคงไว้ หรือ ปรับปรุงอาหารทดลองนั้นต่อไป

สำหรับการใช้เครื่องมือวัดลักษณะอาหาร อาจทำได้หลายรูปแบบ เช่น วัดขนาด รูปร่าง ปริมาตร สี ความถ่วงจำเพาะ ความหนืดข้น เป็นต้น ข้อมูลนี้สามารถนำมาใช้ประกอบกับข้อมูลที่ได้จากการประเมินผลอาหารโดยการชิม ซึ่งจะทำให้เกิดความเชื่อมั่นในผลของการประเมินมากขึ้น

วิธีสอนและกิจกรรม

1. บรรยาย
2. ให้ผู้เรียนประเมินผลอาหารถนอมที่ได้ทำในห้องปฏิบัติการ หลังจากเก็บรักษาไว้ช่วงระยะเวลาหนึ่งที่กำหนด

สื่อการสอน

1. เอกสารการสอน

การประเมินผล

1. สังเกตความสนใจในห้องเรียนและกิจกรรมที่มอบหมาย
2. รายงานการประเมินผลอาหารถนอม
3. จากการอภิปรายซักถาม และแสดงความคิดเห็น



บรรณานุกรม

1. กองโภชนาการ ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม กรมอนามัย
กรกฎาคม 2530
2. โกวิท หนูประมูล อาหารกับการฉายรังสี ข้าวพอส. ปีที่ 4 ฉบับที่ 1
ก.พ - เม.ย 2532 และฉบับที่ 2 พ.ค - ก.ค 2532
3. ธนาวุธ จารุทัศน์ การถนอมอาหาร เล่ม 1 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
พิมพ์ที่ ห้างหุ้นส่วนจำกัด สитองกิจนิศล พิมพ์ครั้งที่ 2 พ.ศ 2522
4. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อาหารและโภชนาการ เอกสารการสอนชุดวิชา
อาหารและโภชนาการ เล่มที่ 2 หน่วยที่ 8 - 15 สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์
พิมพ์ครั้งที่ 3 พ.ศ 2529
5. ศิริลักษณ์ สินธวาลัย ทฤษฎีอาหาร เล่ม 2 หลักการถนอมอาหาร และการควบคุม-
คุณภาพอาหาร แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ คณะวิชาคหกรรมศาสตร์
วิทยาเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ ฯ 2522.
6. ศิริลักษณ์ สินธวาลัย ทฤษฎีอาหาร เล่ม 3 หลักการทดลองอาหาร แผนกวิชา
อาหารและโภชนาการ คณะวิชาคหกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา
วิทยาเขตเทคนิค กรุงเทพ ฯ 2522
7. ศิวพร ศิวเวช วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์ และ
เทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535
8. อรรถ นาคทรพร เรื่องของพลังงานปรมาณู มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ,2504

9. Bennion, M. *Introductory Foods*. 9th edition. Macmillan Publishing Company, a division of Macmillan, Inc., 1990
10. Davis, G.E. *Radiation And Life*. The Iowa State University Press, Ames Iowa, U.S.A., 1973
11. Desrosier, N.W. *The Technology of Food Preservation*. The AVI Publishing Company, Inc., 1970
12. Frazier, W.C. *Food Microbiology*. McGraw - Hill Book Company, Inc. New York Toronto London, 1958
13. Jay, J.M. *Modern Food Microbiology*. Van Nostrand Reinhold Company, 1970
14. Potter, N.N. *Food Science* Department of Food Science Cornell University. Ithaca, New York. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. 4th Edition, 1986
15. Robinson, R.K. *Microbiology of Frozen Foods.*, 1985