

★ หน่วยที่ 4

จุลินทรีย์ในอาหาร



สาระการเรียนรู้

1. จุลินทรีย์ที่พบในอาหาร
2. จุลินทรีย์ที่ใช้ในงานอาหาร
3. จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร
4. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์
5. การควบคุมจุลินทรีย์

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. ยกตัวอย่างชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในอาหารได้ถูกต้อง
2. ยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ในงานอาหารได้ถูกต้อง
3. บอกสาเหตุการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอาหารได้ถูกต้อง
4. บอกปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ได้ถูกต้อง
5. ยกตัวอย่างการควบคุมจุลินทรีย์ในอาหารได้ถูกต้อง

สาระสำคัญ

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก มีหลายชนิด ส่วนมากมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า พบได้ทั้งในดิน ในน้ำ ในอากาศ และในร่างกายของสิ่งมีชีวิตอื่นที่มีใช้จุลินทรีย์ ดำรงชีวิตแบบผู้ผลิต ผู้ย่อยสลาย และปรสิต

มนุษย์ใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์มาตั้งแต่สมัยโบราณจนถึงปัจจุบัน เช่น ใช้ถนอมอาหาร ทำเครื่องดื่ม แอลกอฮอล์ ใช้เป็นเชื้อเพลิง ใช้เป็นยารักษาโรคบางชนิด ฯลฯ แต่จุลินทรีย์บางชนิดที่ปนเปื้อนในอาหารทำให้อาหารเน่าเสีย เกิดโรคหรือโรคติดต่อได้ เช่น เชื้ออหิวาต์ ไวรัสตับอักเสบบี เชื้อบิดมีตัวหรือไม่มีตัว ไทฟอยด์หรือไข้รากสาด ซาลโมเนลลา คลอสทริเดียม บูโกลินัม เป็นต้น

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์เกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น ปนเปื้อนตอนเป็นวัตถุดิบ การผลิต การบรรจุ การขนส่ง เมื่อผู้บริโภคทานเข้าไปจะก่อให้เกิดโรค เกิดพิษ เกิดความเสี่ยงที่จะเป็นโรคบางชนิด ดังนั้นผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการจึงควรระมัดระวังให้สะอาดและปลอดภัยทุกขั้นตอนการผลิต เพื่อสุขภาพที่ดีของตนเองและผู้บริโภค รวมถึงช่วยลดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลตั้งแต่ระดับครอบครัวไปจนถึงระดับชาติได้

1. จุลินทรีย์ที่พบในอาหาร

1.1 ความหมายของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์, จุลชีวัน หรือ จุลชีพ (Microorganism) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก ส่วนใหญ่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ มีหลายชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ไวรัส ยีสต์ ราบางชนิด ฯลฯ

จุลินทรีย์พบได้ทุกหนทุกแห่ง ในดิน ในน้ำ ในอากาศ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตอื่นที่มีใช้จุลินทรีย์ตลอดจนสิ่งต่างๆ ที่มนุษย์ใช้เป็นเครื่องอุปโภคและบริโภค การดำรงชีพของจุลินทรีย์มีทั้งที่เป็นผู้ผลิต เนื่องจากมีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบหนึ่งในร่างกาย บางชนิดเป็นผู้ย่อยสลาย ทำให้เกิดการหมุนเวียนของสารหลายชนิดในระบบนิเวศ และบางชนิดเป็นปรสิต ทำให้เกิดพิษหรือเกิดโรคต่อสิ่งมีชีวิตอื่นรวมทั้งจุลินทรีย์ด้วยกันเอง เช่น ไวรัส ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปรสิตทำลายแบคทีเรียบางชนิดได้ ทำให้เกิดโรคในพืช ในสัตว์และในมนุษย์ได้

วิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับวงจรชีวิต การเจริญ การเติบโต การสืบพันธุ์ การกินอาหาร แหล่งที่อยู่ประโยชน์และโทษ ฯลฯ ของจุลินทรีย์ต่างๆ เรียกว่า **จุลชีววิทยา (Microbiology)**

1.2 ชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในอาหาร

อาหารแต่ละชนิดไม่ว่าจะเป็นอาหารสด อาหารแห้ง อาหารปรุงสำเร็จ อาหารกระป๋อง ฯลฯ มักจะพบว่า มีจุลินทรีย์หลายชนิดปะปนอยู่ทั้งที่มนุษย์ใช้ในการถนอมอาหารหรือแปรรูปอาหาร ปนเปื้อนได้เองและด้วยสาเหตุอื่น จุลินทรีย์ที่มักพบในอาหาร ได้แก่

1.2.1 แบคทีเรีย (Bacteria)

เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีวิวัฒนาการต่ำสุด จัดอยู่ในอาณาจักรมอเนรา (Kingdom Monera) การดำรงชีพมีทั้งที่เป็นผู้ผลิต ผู้ย่อยสลายและปรสิต สืบพันธุ์ด้วยการแบ่งตัว พบได้ทั่วไปในน้ำ ในดิน ในอากาศ ร่างกายสิ่งมีชีวิตอื่น นิยมแบ่งชนิดแบคทีเรียตามลักษณะของรูปร่าง แบ่งได้ 3 ชนิด คือ

ก. คอคคัส (Coccus) มีรูปร่างกลม เช่น *Staphylococcus aureus* เป็นแบคทีเรียที่ทำให้อาหารจำพวกเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ เช่น เนย เนยแข็ง เกิดพิษมากกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น ยังทำให้เกิดแผลหนอง ฝี *Streptococcus lactis* ใช้เป็นหัวเชื้อสำหรับทำเนยแข็ง เนยเหลว *Streptococcus pneumonia* ทำให้เกิดโรคปอดบวมในคน

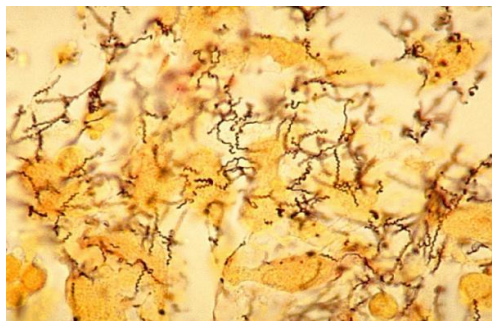


รูปที่ 4.1 รูปร่างของแบคทีเรีย

ที่มา: <http://petroquimex.com/>

ข. บาซิลลัส (Bacillus) มีรูปร่างแบบทรงกระบอก หรือท่อน เช่น *Pseudomonas syringae* ทำให้เกิดโรคใบจุด ใบเป็นริ้ว ในพืช *Rhizobium* ในปมรากพืชตระกูลถั่ว ช่วยตรึงก๊าซไนโตรเจน แล้วเปลี่ยนเป็นเป็นสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในที่สุด *Acetobacter* ใช้ในอุตสาหกรรมทำไวน์ น้ำส้มสายชู *Lactobacillus* ใช้ทำนมเปรี้ยว *Escherichia coli* ทำให้กระเพาะและลำไส้อักเสบในคนและสัตว์เลือดอุ่น *Salmonella* ทุกชนิดพันธุ์ทำให้เกิดโรคในคน เช่น ไทฟอยด์ กระเพาะและลำไส้อักเสบ โลหิตเป็นพิษ *Vibrio cholera* ทำให้เกิดอหิวาตกโรคในคน ฯลฯ

ค. สไปริลลัม (Spirillum) รูปร่างเป็นเกลียว เช่น *Leptospira interrogans* ทำให้เกิดโรคฉี่หนู หรือ เลปโตสไปโรซิส ในคนและสัตว์ *Borrelia burgdorferi* ทำให้เกิดโรคซิฟิลิส (โรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ชนิดหนึ่ง) *Azospirillum lipoferum* ช่วยตรึงก๊าซไนโตรเจนในรากหญ้า ข้าวสาลี และข้าวโพด



รูปที่ 4.2 แบคทีเรียรูปเกลียว

ที่มา: <http://www.thaigoodview.com/files/u19289/trepo.jpg>

1.2.2 รา (Fungi)

จัดอยู่ในอาณาจักรฟังไจ (Kingdom Fungi) บางชนิดมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า บางชนิดมองเห็นด้วยตาเปล่า มีทั้งที่เป็นเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์เรียงต่อกันเป็นเส้นใยยาว มีสีดำ สีเขียว สีส้ม ฯลฯ ส่วนใหญ่ดำรงชีพเป็นผู้ย่อยสลาย บางชนิดเป็นปรสิต สืบพันธุ์ด้วยการแบ่งตัว การหักหรือขาดออกของเส้นใย การแตกหน่อ หรือการสร้างสปอร์ คนเรานิยมใช้ราหมักอาหาร เช่น เนยแข็งบางชนิด สกัดสารปฏิชีวนะจากรา *Penicillium notatum* ทำเป็นยาเพนนิซิลิน ฯลฯ แต่ราบางชนิดก็ทำให้เกิดโรคในคน พืชและสัตว์ เช่น โรคผิวหนัง สร้างสารก่อมะเร็ง ทำให้อาหารเน่าเสีย เช่น รา *Rhizopus stolonifer* ที่ขึ้นบนขนมปัง ทำให้เครื่องนุ่งห่ม เครื่องเรือนเสียหายฉุพัง รา *Claviceps purpurea* ถูกใช้เป็นยาพิษในสมัยโบราณ ซึ่งปัจจุบันถือว่าเป็นอาวุธชีวภาพชนิดหนึ่ง



รูปที่ 4.3 ขนมปังขึ้นรา

ที่มา: <http://www.oknation.net/blog/SURiyathepjudi/page2>

1.2.3 ยีสต์ (Yeast)

เป็นสิ่งมีชีวิตที่จัดอยู่ในอาณาจักรฟังไจ (Kingdom Fungi) มีเซลล์เดียว รูปร่างกลม หรือรี ส่วนมากดำรงชีพเป็นผู้ย่อยสลาย บางชนิดเป็นปรสิต ส่วนใหญ่สืบพันธุ์โดยการแตกหน่อ บางชนิดแบ่งตัว พบได้ทั่วไปในดิน ในน้ำ และซากพืชหรือสัตว์ที่ตายแล้ว ตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบันเราใช้ประโยชน์จากยีสต์ในหลายๆ ด้าน เช่น ใช้หมักน้ำผลไม้ ใช้หมักทำขนมปัง ใช้ทำเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่น สาโท อุ



รูปที่ 4.4 ยีสต์

ที่มา: <http://ostc.thaiembdc.org/13th/blog/archives/1984>

กระแช่ เป็นต้น และยังใช้หมักทำแอลกอฮอล์จุดไฟ ใช้หมักขนมปัง ช่วยให้อาหารบางชนิดมีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น ใช้ในการสังเคราะห์ โปรตีน ลิพิด หรือวิตามินบางชนิด จากสารตั้งต้นพวกน้ำตาลอย่างง่ายและแอมโมเนียมไนโตรเจน ฯลฯ แต่ยีสต์บางชนิดทำให้เกิดโรคในพืชและสัตว์ ทำให้อาหารเน่าเสีย เครื่องนุ่งห่มและวัสดุบางชนิดเสียหายได้ ฯลฯ

1.2.4 ไวรัส (Virus)

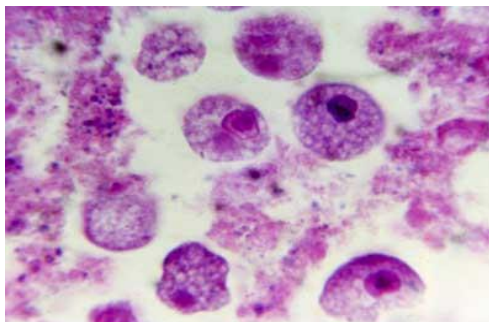
เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมากๆ จัดอยู่ในอาณาจักรไวรัส (Kingdom Vira) มีรูปร่างหลายแบบ เช่น กลม เหลี่ยม ทรงกระบอก พบได้ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ในอาหาร การเพิ่มจำนวนของไวรัสคล้ายกับการจำลองตนเอง จะเกิดขึ้นเฉพาะเมื่ออยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่ไวรัสอาศัยอยู่ซึ่งเรียกว่า โฮสต์ (Host) ถ้าอยู่นอกเซลล์โฮสต์จะไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ ดำรงชีพเป็นปรสิต ทำให้เกิดโรคในคน สัตว์ พืช และจุลินทรีย์ชนิดอื่น เช่น ไข้หวัด ไข้หวัดนก ไวรัสตับอักเสบบี และซี เอชไอวี ไวรัสบางชนิดที่ปนอยู่ในอาหารทำให้เกิดอาการท้องเสียคล้ายกับอาการที่เกิดเนื่องจากแบคทีเรีย



รูปที่ 4.5 ไวรัสเมอร์ส (MERS) ที่ทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจ
ที่มา: <http://health.mthai.com/knowledge/11284.html>

1.2.5 โปรโทซัว หรือ โปรโตซัว (Protozoa)

เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ขนาดเล็กมาก มีรูปร่างหลายแบบ เช่น กลม รี ทรงกระบอก แต่บางชนิดมีรูปร่างไม่แน่นอน จัดอยู่ในอาณาจักรโพรทิสตา (Kingdom Protista) สืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศ และแบบไม่อาศัยเพศโดยการแบ่งตัว พบได้ในบริเวณที่ชื้นๆ มีทั้งที่ดำรงชีพเป็นผู้ผลิต ผู้ย่อยสลาย หรือปรสิต



รูปที่ 4.6 เชื้อบิดมีตัว
ที่มา: <http://ostc.thaiembdc.org/13th/blog/archives/1984>

โปรโทซัวส่วนมากมีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตอื่นในระบบนิเวศแบบที่เป็นปรสิต ซึ่งก่อให้เกิดโรคได้ทั้งในคน สัตว์และพืช เช่น *Plasmodium falciparum* ทำให้เป็นโรคมาลาเรียหรือไข้จับสั่นขึ้นสมอง มีอาการรุนแรง เป็นไข้ทุกวัน แต่ *Plasmodium vivax* ทำให้เป็นโรคมาลาเรียลงตับ จะเป็นไข้ทุกๆ 2 วัน ส่วนอะมีบาที่ชื่อ *Entamoeba histolytica* ทำให้เกิดโรคบิดมีตัว ท้องร่วง ลำไส้อักเสบ เป็นต้น

ในอาหารที่ไม่สะอาดเพียงพอจะพบจุลินทรีย์หลายชนิดปนเปื้อนอยู่ ชนิดใดที่เป็นผู้ย่อยสลายจะไม่ก่อโรค แต่ถ้าเป็นปรสิตจะก่อโรคได้ทั้งในคน สัตว์และพืช ดังนั้นในขั้นตอนหรือกระบวนการทำอาหารแต่ละชนิดจึงต้องดูแล รักษาความสะอาดเป็นอย่างดี เพื่อความปลอดภัยและสุขอนามัยที่ดีของผู้บริโภค

2. จุลินทรีย์ที่ใช้ในงานอาหาร

เทคโนโลยีชีวภาพที่คนเราใช้ในงานอาหารต่างๆ มาตั้งแต่สมัยโบราณ ส่วนใหญ่ คือ การหมัก เป็นการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์หลายชนิดด้วยกัน ในการถนอมอาหารและการแปรรูปอาหาร เช่น แยกที่เรีย ราชีสต์ แต่จุลินทรีย์บางชนิดในกลุ่มนี้ก็ก่อให้เกิดโทษต่อคน สัตว์และพืช เช่น ทำให้อาหารบูดเน่า เกิดโรคในคน สัตว์และพืช เช่น อหิวาตกโรค โรคบิดมีตัว อาหารเป็นพิษ โรคฉี่หนู นอกจากนี้ยังทำให้วัสดุหลายชนิดผุพังหรือเสื่อมสภาพเร็วขึ้น ฯลฯ จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับงานอาหาร มีดังนี้

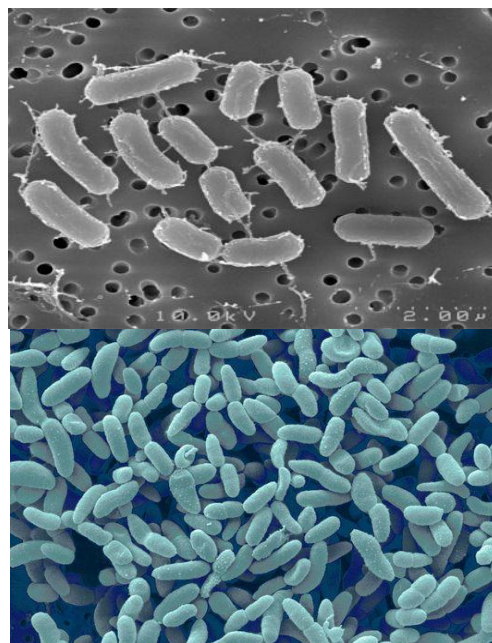
1. แยกที่เรีย (Bacteria)

แยกที่เรียหลายชนิดถูกใช้ในการถนอมอาหารและแปรรูปอาหาร โดยเฉพาะการหมัก ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้เรียกว่า **อาหารหมัก (Fermented Food)** เช่น กะหล่ำปลีดอง แดงกวาดอง ไข่กรอก เป็นต้น และส่วนใหญ่จะใช้แยกที่เรียที่สร้างกรดแลกติก ซึ่งแยกที่เรียเหล่านี้อาจมีอยู่แล้วตามธรรมชาติในอาหารหรือตั้งใจใส่ลงในอาหาร แยกที่เรียจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือเกิดปฏิกิริยาเคมีในอาหาร โดยสร้างเอนไซม์แล้วส่งออกมานอกเซลล์เพื่อย่อยอาหารต่างๆ ได้เป็นสารใหม่หรือสารผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กกว่า เช่น ย่อยคาร์โบไฮเดรตได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ย่อยโปรตีนได้เป็นกรดอะมิโนชนิดต่างๆ และแอมโมเนียม หรือเอมีน ย่อยลิพิดให้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล จากนั้นจึงดูดซึมกลับเข้าสู่เซลล์แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้สารผลิตภัณฑ์จำพวกกรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ แก๊สต่างๆ และพลังงานสำหรับใช้ทำกิจกรรมทั้งหมดของเซลล์ ส่วนสารผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้น เราก็นำมาใช้ประโยชน์ต่อไป

แยกที่เรียที่รู้จักกันดีและมีความสำคัญต่อการถนอมอาหารและแปรรูปอาหารตั้งแต่ในครัวเรือนจนถึงระดับอุตสาหกรรมอาหาร มี 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

ก. แยกที่เรียที่สร้างกรดแลกติก (Lactic Acid Bacteria : LAB) มีหลายสกุล เช่น *Lactococcus* sp., *Pediococcus* sp., *Lactobacillus* sp., *Streptococcus* sp., เป็นต้น แยกที่เรียกลุ่มนี้จะทำให้น้ำตาลเกิดปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนเป็นกรดแลกติก ซึ่งทำให้อาหารมีรสเปรี้ยว ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้ เช่น แหนมต่างๆ ไข่กรอกเปรี้ยวหรือไข่กรอกอีสาน นมเปรี้ยว โยเกิร์ต เนยแข็ง ผักดอง ผลไม้ดอง กิมจิ (ผักดองของเกาหลี) ฯลฯ

ข. แยกที่เรียที่สร้างกรดอะซิติก (Acetic Acid Bacteria) แยกที่เรียกลุ่มนี้ จะทำให้เอทิลแอลกอฮอล์หรือเอทานอล เกิดปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติก ได้แก่ *Gluconobacter* sp., *Acetobacter* sp. ฯลฯ ผลิตภัณฑ์



รูปที่ 4.7 *Lactobacillus* sp. (บน) *Acetobacter* sp. (ล่าง)
ที่มา: <http://52010214120g013.blogspot.com/>

อาหารที่ได้ เช่น น้ำส้มสายชู วุ้นมะพร้าว และยังใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตพอลิเมอร์บางชนิดได้ด้วย ตัวอย่างของแบคทีเรียที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มต่างๆ เช่น

- แบคทีเรียบางชนิดในหลายๆ สกุล เช่น *Lactobacillus* sp. *Streptococcus* sp. *Bifidobacterium* sp., *Sporolactobacillus* sp. และ *Leuconostoc* sp. สามารถทำให้น้ำตาลแลคโทสในนมเกิดปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนเป็นกรดแลกติกได้ จึงใช้หมักนมพาสเจอร์ไรส์ให้เกิดกรดแลกติก และกรดนี้จะทำให้โปรตีนในนมตกตะกอนเป็นลิ่มค่อนข้างละเอียด มีรสเปรี้ยวและมีกลิ่นหอม เรียกว่า **เคิร์ด (Curd)** ซึ่งใช้ทำนมเปรี้ยว (Cultured Milk) ได้ทุกชนิด เช่น นมบัตเตอร์ (Butter Milk) นมคีเฟอร์ (Kifir Milk)



รูปที่ 4.8 นมคีเฟอร์ (Kifir milk)

ที่มา: http://www.ladysquare.com/forum_posts.asp?TID=107651

- แบคทีเรีย *Streptococcus thermophiles* และ *Lactobacillus bulgaricus* ใช้ทำโยเกิร์ต โดยเติมแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดลงในนมพาสเจอร์ไรส์ แล้วนำไปต้มไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 43 °C นาน 7-8 ชั่วโมง เมื่อเกิดกรดประมาณ 0.9 % จึงทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วเพื่อหยุดการหมัก

- แบคทีเรีย *Streptococcus lactis* ใช้ร่วมกับ *Leuconostoc citrovorum* ใช้ทำเนยเหลว (Butter) โดยนำนมมาปั่นให้ไขมันเกาะกันเป็นเม็ด แล้วกรองเอาส่วนที่เป็นของเหลวออก จากนั้นเติมแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดลงไป จะได้เนยเหลวที่มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัว

- แบคทีเรียบางชนิด เช่น *Streptococcus lactis* หรือ *Streptococcus cremoris* ใช้ทำเนยแข็ง (Cheese) โดยเติมแบคทีเรียลงในนมเพื่อให้เกิดเคิร์ด แล้วจึงเติมเอนไซม์เรนิน (Rennin) เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาการแข็งตัวของนม และแยกเอาส่วนที่เป็นของเหลวซึ่งเรียกว่า **เวย์ (Whey)** หรือหางนมออก ทำให้เนยแข็งตัวขึ้น ต่อมาจึงไล่ความชื้นหรือน้ำออกไป พร้อมใส่เกลือเพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์อื่น แล้วจึงนำไปบ่มด้วยแบคทีเรียหรือราต่อไป ถ้าใช้แบคทีเรียต่างชนิดกัน จะได้เนยแข็งที่มีรสชาติและเนื้อของเนยที่แตกต่างกัน

- แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* และรา *Aspergillus oryzae* ใช้ผลิตเอนไซม์โปรติเอส (Protease) ซึ่งใช้สำหรับย่อยโปรตีน ในอุตสาหกรรมเครื่องหนัง การทำกาว การทำให้เนื้อนุ่ม การทำให้เครื่องดื่มใส

- แบคทีเรีย *Acetobacter aceti* subspecies *xylinum* หรือ *A. xylinum* ใช้ผลิตวุ้นมะพร้าว โดยใช้ในการหมักน้ำมะพร้าวจากผลมะพร้าวแก่กับกรดอะซิติก ในสภาพที่มีสารอาหารครบถ้วนโดยมีน้ำตาลเป็นสารตั้งต้นบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ จนเกิดแผ่นเซลลูโลสซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสหรือแผ่นวุ้นขึ้น แต่อาจทำวุ้นมะพร้าวจากวัตถุดิบชนิดอื่นได้ เช่น น้ำสับปะรด น้ำหางกะทิ



รูปที่ 4.9 วุ้นมะพร้าว

ที่มา: <http://nt-food.com/วุ้นมะพร้าวNatadecoco.htm>

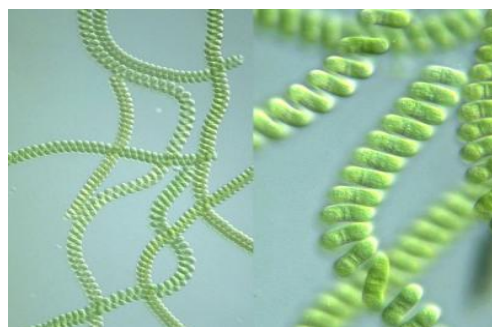
- จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถสังเคราะห์กรดอะมิโน

โนจากสารประกอบไนโตรเจน ได้มากจนผลิตเป็นการค้าได้ เช่น แบคทีเรีย *Enterobacter aerogenes* ใช้สังเคราะห์แอล-ไลซีน (L-lysine) ส่วน *Micrococcus arthrobacter* ใช้สังเคราะห์กรดแอล-กลูตามิก (L-glutamic Acid)

■ แบคทีเรีย *Lactobacillus bulgaricus* ใช้ผลิตกรดแล็กติก จากหางนมที่ได้จากอุตสาหกรรมนม โดยอาจเติมสารประกอบไนโตรเจนหรือสารประกอบอื่น เพื่อช่วยให้การเจริญของแบคทีเรียดีขึ้น ระหว่างการหมักต้องควบคุมค่า pH ให้เป็นกลาง โดยเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีสภาพเป็นเบสลงไปทำปฏิกิริยากับกรดแล็กติกที่เกิดขึ้น ได้เป็นแคลเซียมแล็กเตต (Calcium Lactate) แล้วจึงแยกออกมาและทำให้เข้มข้นขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้ใช้รักษาอาการขาดแคลเซียม ถ้าผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็น ไอร์ออนแล็กเตต (Iron Lactate) ใช้รักษาโรคโลหิตจาง ถ้าเป็น เอ็นบิวทิลแล็กเตต (N-butyl Lactate) ใช้เป็นตัวทำละลายแล็กเกอร์ ฯลฯ

ถ้าวัตถุดิบแตกต่างกัน เช่น แป้งข้าวโพด มันฝรั่ง กากน้ำตาล ฯลฯ ก็ต้องใช้แบคทีเรียต่างชนิดกันในการหมัก ถ้าใช้แป้งในการหมัก ต้องย่อยด้วยกรดหรือเอนไซม์ให้เป็นกลูโคสก่อน ที่จะนำไปผลิตกรดแล็กติก

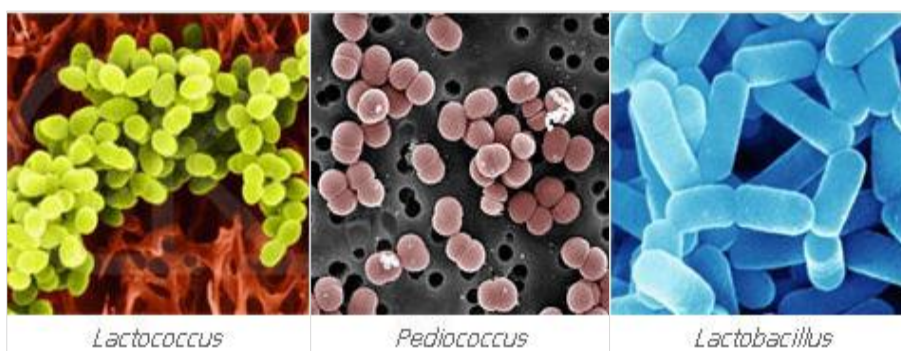
ยังมีการใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่ง คือ **ไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria)** ที่มีรงควัตถุหรือเม็ดสี (Pigment) เป็นองค์ประกอบในเซลล์ จึงสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารได้เอง บางชนิดใช้เป็นอาหารได้ เพราะมีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และวิตามินสูง เช่น สาหร่ายเกลียวทอง หรือสไปรูลินา (*Spirulina maxima*) จึงใช้ทำเป็นอาหารเสริม เพราะมีโปรตีนและวิตามิน B12 มาก



รูปที่ 4.10 สาหร่ายเกลียวทอง

ที่มา: <http://www.ilovemysshopping.com/th/>

แบคทีเรียที่สร้างกรดแล็กติกส่วนใหญ่ เช่น *Lactobacillus* sp., *Streptococcus* sp., และ *Bifidobacterium* sp. จัดเป็นจุลินทรีย์**โพรไบโอติก (Probiotics)** ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของคนและสัตว์ โดยเฉพาะการย่อยอาหาร การดูดซึมสารอาหาร เช่น ช่วยย่อยอาหารที่ร่างกายย่อยไม่ได้ หรือย่อยได้ไม่หมด ช่วยให้ลำไส้ทำงานได้ดีขึ้น ลดอาการท้องผูก เป็นต้น พบได้ในลำไส้ใหญ่ของคน ในผลิตภัณฑ์อาหารหมัก เช่น นมเปรี้ยว โยเกิร์ต ฯลฯ ซึ่งแบคทีเรียที่มีในอาหารยังคงมีชีวิตอยู่ ถ้าทานอาหารกลุ่มนี้ในปริมาณที่พอดีจะทำให้มีสุขภาพดีขึ้น **ยกเว้น** นมเปรี้ยวยูเอชที (UHT) เพราะแบคทีเรียถูกทำลายจนหมดด้วยความร้อนสูง



รูปที่ 4.11 แบคทีเรียที่สร้างกรดแล็กติกสกุลต่างๆ

ที่มา: <http://www.vcharkarn.com/varticle/42564>

แบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติกหลายสกุล เช่น *Lactobacillus* sp., *Pediococcus* sp. และ *Lactococcus* sp. สามารถสร้างสารที่เรียกว่า **แบคเทอริโอซิน (Bacteriocin)** ซึ่งเป็นสารประกอบเพปไทด์ (Peptide) ชนิดหนึ่ง และหลังสารนี้ออกมาเพื่อทำลายแบคทีเรียชนิดอื่นโดยเฉพาะแบคทีเรียที่มีลักษณะทางพันธุกรรมใกล้เคียงกัน มีความต้องการปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพคล้ายกัน เช่น แหล่งที่อยู่ อาหาร น้ำ สภาพกรด-เบส ฯลฯ ทั้งนี้เพื่อให้ตนเองสามารถอยู่รอดได้ จากสมบัติดังกล่าวจึงนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมทางชีวภาพ การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยผสมสารแบคเทอริโอซิน หรือแบคทีเรียที่สามารถสร้างแบคเทอริโอซินลงในอาหาร เพื่อให้ทำลายจุลินทรีย์อื่นที่อาจปนเปื้อนมาแล้วทำให้อาหารบูดเน่า ทั้งยังใช้ทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคที่พบในอาหารนั้นได้ด้วย



รูปที่ 4.12 ผลิตภัณฑ์ที่หมักด้วยแบคทีเรีย – แหนม น้ำส้มสายชูหมัก (บน) เนยแข็ง (กลาง) ของหมักดอง และโยเกิร์ต (ล่าง)

ที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1942/แหนม-neam> (บนซ้าย)

<http://www.manager.co.th/asp-bin/Image.aspx?ID=1144825> (บนขวา) <http://www.foodnetworksolution.com/> (กลาง)

<http://www.popartistanbul.com/> (ล่างซ้าย) <http://health.mthai.com/> (ล่างขวา)

2. รา (Fungi)

ราหลายชนิดถูกนำมาใช้ประโยชน์ในงานอาหาร โดยเฉพาะการหมัก เช่น ซีอิ๊ว เต้าเจี้ยว ถั่วเน่า (อาหารชนิดหนึ่งของภาคเหนือ) เนยแข็งชนิดต่างๆ ที่มีรสและกลิ่นเฉพาะตัว เป็นต้น ราที่นิยมใช้ในงานอาหารในครัวเรือนและอุตสาหกรรมอาหาร เช่น

- รา *Aspergillus niger*, *Penicillium* spp. และ *Rhizopus* spp. ใช้สังเคราะห์เอนไซม์เพกทิเนส (Pectinase) เพื่อทำให้น้ำผลไม้ใส และใช้ย่อยเพกทิน (Pectin) ขณะแช่ต้นแฟลกซ์เพื่อทำผ้าลินิน
- รา *Actinomucor elegans* ใช้หมักทำเต้าหู้ยี้ เนื่องจากราชนิดนี้เจริญได้ดีที่ผิวของเต้าหู้ โดยเกิดเป็นเส้นใยสีขาว จากนั้นราจึงสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโปรตีนในก้อนเต้าหู้ ได้เป็นเต้าหู้ยี้
- รา *Monascus purpureus* ใช้หมักข้าวให้เป็นข้าวแดงหรืออังกัก และใช้เป็นสารแต่งสีในอาหาร เช่น นํามาผสมในเต้าหู้ยี้เพื่อให้มีสีแดง
- ราหลายชนิดสามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดซิตริกได้ แต่ที่นิยมใช้กันมาก คือ รา *Aspergillus niger* ในอุตสาหกรรมการผลิตกรดซิตริกหรือกรดน้ำส้ม ซึ่งใช้เป็นเครื่องปรุงรส นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมทำน้ำหมัก สีย้อม และใช้ในการแพทย์



รูปที่ 4.13 ผลิตภัณฑ์จากการหมักด้วยรา - เต้าหู้ยี้ เหมแป้ (บน) ถั่วเน่าแผ่น เต้าเจี้ยว (ล่าง)

ที่มา: <http://www.baanmaha.com/community/thread49288.html> (บนซ้าย)

<http://resep.caramemasak.org/kandungan-nutrisi-tempe> (บนขวา) <http://www.thaifoodmaster.com/> (ล่างซ้าย)

<http://www.manager.co.th/Food/ViewNews.aspx?NewsID=9530000026109/> (ล่างขวา)

- รา *Rhizopus delemar*, *Mucor rouxii* และ *Aspergillus oryzae* ใช้ในการสังเคราะห์เอนไซม์อะไมเลส (Amylase) ซึ่งสามารถย่อยแป้งให้เป็นเดกซ์ทริน (Dextrin) และน้ำตาลได้ โดยใช้เอนไซม์นี้เปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล สำหรับผลิตแอลกอฮอล์ซึ่งทำไวน์ เบียร์และน้ำผลไม้ ไส้ซัน
- รา *Rhizopus oligosporus* ใช้หมักทำเหมแป้ (Tempeh) ซึ่งเป็นอาหารพื้นเมืองของอินโดนีเซีย โดยแช่ถั่วเหลืองในน้ำ เพื่อให้แกะเปลือกออกได้ง่าย และนำไปนึ่งจนสุก แล้วจึงเติมรานี้ลงไป เมื่อราเจริญจะสร้างเส้นใยปกคลุมทั่วถั่วเหลือง ทำให้เมล็ดถั่วยึดเกาะกันเป็นก้อน ซึ่งราจะสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยโปรตีนในถั่วเหลืองบางส่วนได้เป็นกรดอะมิโน และยังสามารถสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยน้ำตาลสตาคิโอส (Stachyose) ที่มีอยู่ในถั่วเหลือง ทำให้ไม่เกิดอาการท้องอืดเมื่อทานผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง

■ รา *Geotrichum candidum* ราชนิดนี้สามารถสังเคราะห์โปรตีนและไขมันที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเหมาะสำหรับคนไข้โรค ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 ชาวเยอรมันใช้รานี้เป็นอาหาร นอกจากนี้ยังใช้สกัดกรดนิวคลีอิกและสารอินทรีย์อื่นๆ เพื่อผลิตเป็นอาหารสัตว์ได้ด้วย

■ รา *Aspergillus oryzae* ใช้ผลิตอาหารและอาหารเสริม เช่น ซีอิ๊ว เต้าเจี้ยว น้ำปลา ปลาร้า ฯลฯ

■ ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหมักดอง ใช้หมักแป้ง น้ำตาล หรือสารอินทรีย์บางชนิด ได้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ซีอิ๊ว เต้าเจี้ยว ถั่วเน่า กรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดซิตริก กรดแลกติก และกรดมาลิก เป็นต้น

นอกจากตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากราในงานอาหารที่กล่าวมาแล้วนั้น เรายังใช้ประโยชน์จากราในด้านอื่นๆ อีกมาก เช่น การผลิตสารปฏิชีวนะ กรดอินทรีย์ เอนไซม์ต่างๆ เพื่อในวงการแพทย์ การใช้ราบางชนิดทางการเกษตรเพื่อช่วยป้องกันและกำจัดวัชพืช แมลงศัตรูพืช ใช้ป้องกันมิให้ไม้ผุพัง ฯลฯ

3. ยีสต์ (Yeast)

ส่วนมากยีสต์จะถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการหมัก เช่น ใช้หมักแป้งขนมปังให้ขึ้นฟู ใช้ทำโดนัทยีสต์ ตลอดจนผลิตเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) หรือเอทานอล (Ethanol) ซึ่งใช้ผลิตเชื้อเพลิงผสมในยานพาหนะ และใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ เป็นต้น ตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากยีสต์ เช่น

■ ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ใช้สำหรับสังเคราะห์เอนไซม์อินเวอร์เทส (Invertase) สำหรับใช้เปลี่ยนซูโครสให้เป็นกลูโคสกับฟรุกโทส จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมทำลูกกวาดและไอศกรีม

■ ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus* ใช้ผลิตน้ำส้มสายชูหมัก จากแป้งและน้ำตาล เช่น น้ำผลไม้ น้ำเชื่อม กากน้ำตาล โดยยีสต์จะเปลี่ยนวัตถุดิบเหล่านั้นให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์ แล้วเติมแบคทีเรีย *Acetobacter* sp. หรือ *Gluconobacter* sp. เพื่อเปลี่ยนเอทิลแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก

■ ใช้ยีสต์ในการทำขนมปัง โดนัทยีสต์ โดยผสมยีสต์ลงในแป้งที่จะนวดทำขนมปังหรือโดนัท เมื่อนวดเสร็จแล้วหมักแป้งทิ้งไว้ระยะหนึ่ง ยีสต์จะเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลเพื่อใช้เป็นอาหาร ทำให้เกิดการหมักได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แทรกตัวอยู่ในเนื้อแป้งทำให้แป้งนุ่มและพองตัวขึ้น เรียกว่า **โด (Dough)** เมื่อนำไปอบ ขนมจะขึ้นฟู

การคัดเลือกชนิดพันธุ์ยีสต์ที่ดีจะช่วยให้ขนมปังหรือ

การผลิตสารเพิ่มรสชาติอาหารแทนผงชูรส เนื่องจากผงชูรสที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นสารสังเคราะห์ล้วน ทำให้บางคนเกิดอาการแพ้ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (มทร.) ธัญบุรี จึงได้ศึกษาวิจัยถึงการผลิตสารเพิ่มรสชาติในอาหาร โดยใช้ยีสต์ที่เหลือจากการผลิตเบียร์เป็นวัตถุดิบ แล้วนำมาหมักด้วยเอนไซม์ที่แบคทีเรียสร้างขึ้น

โดยแยกและคัดเลือกแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* sp. ที่ผลิตเอนไซม์นี้จากน้ำปลาดิบ แล้วศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตและการทำงานของเอนไซม์ เพื่อประยุกต์ใช้ในการผลิตสารเพิ่มรสชาติในอาหาร

สารเพิ่มรสชาติอาหารนี้มีรสชาติเช่นเดียวกับผงชูรส แต่ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าประมาณ 10-20 บาทต่อกิโลกรัม และที่สำคัญไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย

ที่มา : <http://www.thairath.co.th/content/462381>



รูปที่ 4.14 ขนมปัง

ที่มา: Hot 5 CD photo & clipart

โดนมัทกลั่นและรสที่ดี ใช้หมักน้ำตาลปริมาณมากได้ ใช้เวลาหมักสั้น คุณภาพของขนมปังหรือโดนัทยังขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบและสภาพการบ่มเชื้อ

■ ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* นิยมใช้ผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (Alcohol Beverage) จำพวกเหล้า เบียร์ วิสกี้ ส่วนการผลิตเบียร์นิยมใช้ยีสต์ *Saccharomyces carlbergensis* หรือ *Saccharomyces cerevisiae* และการผลิตไวน์นิยมใช้ยีสต์ *Saccharomyces ellipsoideus* โดยยีสต์แต่ละชนิดจะเปลี่ยนน้ำตาลในธัญพืชหรือในผลไม้จนได้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และยังทำให้โปรตีนและสารอื่นๆ เกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้เครื่องดื่มแอลกอฮอล์มีรสชาติที่ดี ส่วนรสชาติที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ วิธีการและชนิดพันธุ์ยีสต์ที่ใช้



รูปที่ 4.15 เบียร์ (ซ้าย) และไวน์แดง (ขวา)

ที่มา: <http://www.urbanstandard.rs/pivo-kroz-vekove/> (ซ้าย)

<http://thaiwineryhouse.com/product.php?id=3> (ขวา)

■ ยีสต์ *Candida utilis* นิยมใช้ผลิตอาหารที่เรียกว่า **การผลิตโปรตีนเซลล์เดียว (Single Cell Protein : SCP)** เพราะยีสต์มีปริมาณโปรตีนสูงและมีวิตามินบีรวมสูงด้วย ในเยอรมัน สวิสเซอร์แลนด์ ฟินแลนด์ และสหรัฐอเมริกา มีอุตสาหกรรมการผลิตอาหารจากยีสต์เพื่อการบริโภคและเลี้ยงสัตว์แล้ว

เรายังใช้ประโยชน์จากยีสต์ในด้านอื่นๆ อีก เช่น การผลิตแอลกอฮอล์เพื่อใช้ทางการแพทย์ ใช้ผลิตเชื้อเพลิงที่เรียกว่า **ก๊าซโซฮอล (Gasohol)** เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินลง ฯลฯ

3. จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร

การผลิตหรือการประกอบอาหารนับตั้งแต่การเตรียมส่วนผสมต่างๆ การประกอบอาหาร การบรรจุ การขนส่ง ฯลฯ จนถึงผู้บริโภค อาจมีจุลินทรีย์ต่างๆ ปนเปื้อนในอาหาร หากเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรคก็เพียงแต่ทำให้อาหารบูดเน่า หากเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคก็อาจทำให้ผู้บริโภคเจ็บป่วย แต่ถ้าเป็นโรคติดต่อก็จะทำให้มีผู้ที่เจ็บป่วยจากการติดเชื้อเพิ่มมากขึ้น ในบางครั้งอาจถึงกับเสียชีวิตได้ ดังนั้นผู้ประกอบการตั้งแต่กิจการส่วนตัวจนถึงระดับอุตสาหกรรม จึงควรใส่ใจและหาทางป้องกันมิให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนในอาหารได้

3.1 การปนเปื้อนในอาหาร

การปนเปื้อนของสารต่างๆ และจุลินทรีย์ในอาหาร มีหลายลักษณะ ได้แก่

ก. **การปนเปื้อนทางกายภาพ** เกิดจากวัสดุต่างๆ เช่น เศษแก้ว เศษพลาสติก เศษไม้ เศษโลหะ เศษกระดาษ เส้นผม ฯลฯ ปนเปื้อนในอาหาร ผู้ประกอบอาหารจึงควรดูแลป้องกันมิให้สิ่งเหล่านี้ปนเปื้อนในอาหาร เช่น การสวมผ้าคลุมผม การรักษาความสะอาดบริเวณที่ประกอบอาหาร ฯลฯ

ข. การปนเปื้อนทางเคมี เกิดจากมีสารเคมีต่างๆ เช่น ยาฆ่าแมลงและศัตรูพืช ยาฆ่าหญ้าหรือกำจัดวัชพืชสารฟอกขาว ฟอรัมาลิน สารเร่งเนื้อแดง สารเร่งสุกสำหรับผลไม้ดิบ วัตถุกันเสียหรือสารกันบูดที่ใส่เกินปริมาณที่กฎหมายกำหนด สารทำความสะอาด ฯลฯ ปนเปื้อนในอาหาร เพราะปนมากับวัตถุดิบ หรือผู้ผลิตใส่ลงไป หรือไม่ระวังรักษาความสะอาด

ค. การปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ รา ไวรัส ตามปกติพืชจะมีจุลินทรีย์ปะปนอยู่ที่ผิวเสมอ ส่วนสัตว์จะพบได้ที่บริเวณผิวหนัง ทางเดินอาหาร และทางเดินหายใจ (พบได้น้อย) ถ้าพืชหรือสัตว์เป็นโรคก็จะมีจุลินทรีย์ก่อโรคปนมาด้วย สำหรับพืชหรือสัตว์ที่ไม่เป็นโรคจะไม่มีจุลินทรีย์ใดๆ อยู่ภายในเนื้อเยื่อ การปนเปื้อนจากจุลินทรีย์เกิดขึ้นจากสาเหตุต่างๆ ได้แก่

- **การปนเปื้อนจากดิน** ในดินมีจุลินทรีย์หลายชนิด ซึ่งจะปะปนอยู่ในวัตถุดิบจากพืชและสัตว์ที่นำมาประกอบอาหารเสมอ หรืออาจเกิดจากน้ำหรือลมพัดพาฝุ่นละอองหรือดินมาปนในอาหาร จุลินทรีย์ส่วนมากที่พบในอาหารมักมาจากดิน ได้แก่ ยีสต์ รา และแบคทีเรียสกุลต่างๆ เช่น *Bacillus*, *Streptococcus*, *Enterobacter*, *Clostridium*, *Escherichia*, *Micrococcus*, *Acetobacter* เป็นต้น ในการประกอบอาหารจึงต้องล้างผิวหน้าของอาหารให้สะอาด และระมัดระวังมิให้ดินและจุลินทรีย์มาเกาะติดได้อีก

- **การปนเปื้อนจากน้ำและน้ำเสีย** ตามปกติแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ ได้แก่ แบคทีเรียสกุลต่างๆ เช่น *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* หรืออาจพบ *Streptococcus*, *Escherichia* และ *Enterobacter* ที่ปนเปื้อนมากับสัตว์น้ำ รวมทั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ปนเปื้อนมาจากดิน สัตว์และน้ำเสีย ซึ่งอาจก่อโรคให้กับพืช หรือคนและสัตว์ที่ดื่มน้ำหรือทานอาหารที่ใช้น้ำซึ่งปนเปื้อนในการผลิต

น้ำจำเป็นต่อกระบวนการผลิตอาหาร เช่น เป็นส่วนประกอบในอาหาร การทำให้อาหารเย็นลง ใช้ทำน้ำแข็งเพื่อถนอมอาหาร ใช้ล้างหรือทำความสะอาดอาหาร อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ผลิตอาหาร เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้น้ำที่มีคุณภาพดีเหมาะสมกับการใช้งาน ไม่มีน้ำเสียปนเปื้อน การทำให้น้ำบริสุทธิ์หรือปลอดเชื้อมีหลายวิธี เช่น การต้ม การเติมคลอรีน การกรอง การฉายรังสีอัลตราไวโอเลต ฯลฯ ในทางปฏิบัติอาจต้องใช้หลายวิธีร่วมกันเพื่อทำให้น้ำบริสุทธิ์

- **การปนเปื้อนจากอากาศ** ลมจะทำให้จุลินทรีย์ที่ก่อโรคและไม่ก่อโรคในอากาศ ที่เกาะติดมากับละอองฝุ่น ละอองน้ำจากแม่น้ำ ลำคลอง ทะเล ละอองน้ำลาย น้ำมูก จากการไอ จาม พุด ให้กระจายไปทั่วและปนเปื้อนในอาหารได้ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ก่อโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ และที่ทำให้อาหารเน่าเสียทั้งรา ยีสต์และแบคทีเรีย

อากาศแห้งมีจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าอากาศชื้น แต่แสงแดดช่วยทำลายจุลินทรีย์ได้ ส่วนฝนหรือหิมะจะช่วยชะจุลินทรีย์ออกไปจากอากาศ การตกตะกอนของฝุ่นจะช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ในอากาศได้นอกจากนี้ยังวิธีอื่นที่ช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ เช่น นิยมกรองด้วยเส้นใยจากสำลีหรือไฟเบอร์กลาสที่ฆ่าเชื้อแล้ว การใช้สารเคมีหรือความร้อน เป็นต้น ดังนั้นผู้ประกอบการจึงต้องป้องกันมิให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนในอาหารจากการไอ จามและการพุดคุย

■ **การปนเปื้อนจากผักและผลไม้** แบคทีเรียสกุลที่มักพบบนผิวของผักและผลไม้เสมอ ได้แก่ *Micrococcus*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas* และกลุ่มแบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติก เช่น *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus platarum*, *Streptococcus faecium* เป็นต้น นอกจากนี้อาจพบยีสต์และราต่างๆ รวมทั้งมีการปนเปื้อนจากดิน น้ำ อากาศ สัตว์ หรือมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ จึงทำให้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนมากขึ้น

■ **การปนเปื้อนจากสัตว์** จุลินทรีย์ที่พบได้บ่อยบริเวณผิวหนัง ทางเดินอาหาร ทางเดินหายใจของสัตว์ มักปนเปื้อนมาจากอาหาร ปุ๋ย น้ำ ดิน ในเนื้อสัตว์ที่นำมาประกอบอาหารมักพบแบคทีเรียสกุลต่างๆ เช่น *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Micrococcus* ถ้าอาหารปนเปื้อนกับอุจจาระของสัตว์ขณะฆ่าและหรือขนส่ง อาจพบจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *Escherichia coli*, *Salmonella* sp. บางครั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในสัตว์อาจทำให้เกิดโรคติดต่อมายังคนได้โดยผ่านทางอาหาร

■ **การปนเปื้อนระหว่างการผลิตและการขนส่ง** ถ้าหากผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการขนส่ง นำระบบการควบคุมความปลอดภัยของอาหารหรือระบบคุณภาพอาหารมาใช้ ย่อมทำให้กระบวนการผลิตเป็นกระบวนการที่ดี อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้สะอาด สถานที่ประกอบการมีการสุขาภิบาลที่ดี การบรรจุและการขนส่งที่ดี จะลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี และปลอดภัยต่อผู้บริโภค

■ **การปนเปื้อนระหว่างการจำหน่าย** ผู้ที่จำหน่ายอาหารควรใช้ภาชนะที่สะอาดบรรจุอาหาร มีฝาปิด ป้องกันฝุ่นและแมลงต่างๆ การมีสุขลักษณะที่ดีทั้งผู้จำหน่าย เครื่องมือเครื่องใช้ ร้านค้าและสภาพแวดล้อม จะช่วยลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ค่อนข้างมาก อีกทั้งยังช่วยป้องกันการเกิดโรคติดต่อบางชนิดที่อาจปนเปื้อนในอาหารได้ เช่น อหิวาตกโรค บิดมีตัว โรคตับอักเสบชนิดเอ บี และซี เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีสารพิษที่ รา ยีสต์ หรือแบคทีเรียบางชนิด รวมทั้งไวรัส สร้างขึ้นมาและปนเปื้อนในอาหาร เช่น สารพิษที่ราสร้างขึ้น ซึ่งเรียกโดยทั่วไปว่า **ไมโคทอกซิน (Mycotoxin)** เช่น อะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) พาทูลิน (Patulin) โอคราทอกซิน (Ochratoxin) ฯลฯ ราที่สร้างสารพิษได้ เช่น *Aspergillus flavus* ที่ขึ้นบนผลไม้, *Aspergillus fumigatus* หรือ *Aspergillus niger* ที่ขึ้นบนขนมปัง, *Aspergillus ochraceus* ที่ขึ้นบนเมล็ดธัญพืช, *Eurotium chevalieri* และ *Eurotium*



รูปที่ 4.16 การขนส่งนมโรงเรียน

ที่มา: <http://www.thaisecondhand.com/product/9870427/>

ไมโคทอกซิน (Mycotoxin) มีหลายชนิด เช่น

1. **อะฟลาทอกซิน (Aflatoxin)** รา *Aspergillus flavus* และ *Aspergillus parasiticus* บางชนิดพันธุ์สร้างขึ้น สารนี้มีหลายชนิด เช่น บี1 บี2 จี1 จี2 ฯลฯ แต่ บี1 อันตรายที่สุด ทุกชนิดมีพิษต่อตับของสัตว์ทุกชนิด เป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์บางชนิด พบในถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์ ข้าว ข้าวโพด พริกป่น ธัญพืชต่างๆ

2. **โอคราทอกซิน (Ochratoxin)** รา *Aspergillus ochraceus* และสกุล *Penicillium* โอคราทอกซินเอมีอันตรายที่สุด เป็นพิษต่อตับและไต พบในเมล็ดกาแฟ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ข้าวโอต ข้าวโพด ฯลฯ

3. **พาทูลิน (Patulin)** ราสกุล *Aspergillus* และ *Penicillium* บางชนิดพันธุ์สร้างขึ้น เป็นสารก่อมะเร็งที่ร้ายแรงชนิดหนึ่ง พบในขนมปังและข้าวขึ้นรา ไล้รอกกล้วย องุ่น แอปเปิล สับปะรด ฯลฯ

amstelodami ที่ขึ้นบนขนมปัง ขนมหวาน ข้าวสุก ฯลฯ อาหารที่มีสารพิษปนเปื้อนมีผลเสียต่อสุขภาพของคน และสัตว์ที่ทานอาหารเหล่านั้น เช่น ความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง

จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารจะก่อโรคได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับสารพิษ (toxin) ที่สร้างขึ้น ซึ่งอาจทำลายเซลล์ในร่างกายของโฮสต์ (Host) หรือทำลายเนื้อเยื่อ เช่น เนื้อเยื่อของระบบประสาท นอกจากนี้ยังมีสารบางชนิดและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นเพื่อช่วยย่อยสลายเยื่อหุ้มเซลล์ของเนื้อเยื่อโฮสต์ แล้วทำให้จุลินทรีย์เข้าไปในเนื้อเยื่อและเป็นอันตรายต่อโฮสต์ได้ โรคของคนที่เกิดจากแบคทีเรีย เช่น *Vibrio cholera* ทำให้เกิดโรคอหิวาต์, *Salmonella typhi* ทำให้เกิดโรคไทฟอยด์, *Shigella dysenteriae* ทำให้เกิดโรคบิด ฯลฯ

ไวรัสที่ปนเปื้อนในอาหารและทำให้เกิดโรค เช่น *Rhinovirus* ทำให้เป็นไข้หวัด, *Influenza virus* ทำให้เป็นไข้หวัดใหญ่, *Hepatitis A virus* ทำให้เป็นโรคตับอักเสบชนิดเอ, *Hepatitis B virus* ทำให้เป็นโรคตับอักเสบชนิดบี, *Hepatitis C virus* ทำให้เป็นโรคตับอักเสบชนิดซี ยังมีไวรัสบางชนิดที่ทำให้เกิดอาการท้องเสียหรืออาหารเป็นพิษคล้ายกับอาการที่เกิดจากแบคทีเรีย เป็นต้น



รูปที่ 4.17 ราสกุล *Aspergillus* ที่ขึ้นบนอาหารชนิดต่างๆ

ที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0568/aspergillus-flavus> (บน)

http://www.rdi.ku.ac.th/kufair50/plant/41_plant/41_plant.html (ล่างซ้าย)

<http://www.vcharkarn.com/varticle/42840> (ล่างขวา)

3.2 การป้องกันการปนเปื้อนในอาหาร

การป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอาหารสำหรับผู้ที่ทำหน้าที่ผลิต บรรจุ ขนส่ง จำหน่าย และผู้บริโภค ควรใช้หลักของสุขอนามัยที่ดีส่วนบุคคล การสุขาภิบาลอาหาร การควบคุมความปลอดภัยทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต ข้อปฏิบัติเบื้องต้นสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นสำคัญ

1. รักษาความสะอาด โดยล้างมือทุกครั้งก่อนจับอาหาร ระหว่างการเตรียมอาหาร และหลังออกจากห้องน้ำ
2. ล้างทำความสะอาดอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ประกอบอาหาร และพื้นครัวทุกครั้งเมื่อเสร็จงาน
3. แยกอาหารสดออกจากอาหารที่ปรุงสุกแล้วเสมอ เพราะจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารดิบอาจปนเปื้อนในอาหารสุก หรือขณะปรุงอาหาร หรือขณะเก็บอาหารได้
4. ใช้น้ำและวัตถุดิบที่สะอาดปลอดภัยในการปรุงอาหาร เลือกใช้อาหารสดที่มีคุณภาพ
5. ปรุงอาหารให้สุกอย่างทั่วถึง โดยใช้ความร้อนไม่น้อยกว่า 70 °C
6. เก็บรักษาอาหารไว้ในอุณหภูมิที่เหมาะสม อาหารที่ปรุงสุกแล้วควรเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 °C หรือสูงกว่า 60 °C ไม่ควรเก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้องนานเกินกว่า 2 ชั่วโมง ส่วนอาหารสด เช่น พืชผัก ผลไม้ ควรเก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 °C ส่วนเนื้อสัตว์ให้เก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 4 °C

การปนเปื้อนด้วยสาเหตุต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นจะลดลงได้อย่างมาก เมื่อมีการใช้ระบบคุณภาพอาหารหรือมีการควบคุมความปลอดภัยของอาหารในกระบวนการผลิต การบรรจุ การขนส่งและการจำหน่าย ซึ่งจะทำให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ป้องกันการติดเชื้อหรือโรคติดต่อจากการบริโภค ซึ่งบางครั้งก็เป็นอันตรายถึงชีวิต ผลดีที่ตามมา คือ ประหยัดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลทั้งส่วนตัวและภาครัฐได้เป็นอย่างดี

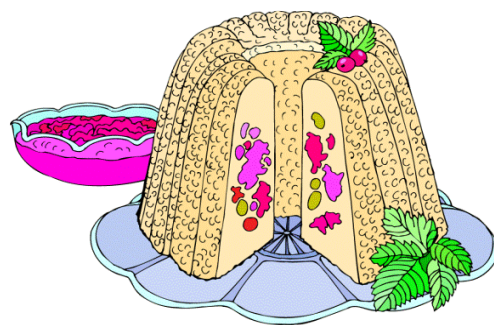
4. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์

อัตราการเจริญหรือการทวีจำนวนของจุลินทรีย์แต่ละชนิดในอาหารจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหรือปัจจัยหลายประการ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ วัสดุ สารอาหาร สภาพกรด-เบส เป็นต้น

4.1 ความชื้น

ความชื้นหรือน้ำจำเป็นอย่างยิ่งต่อปฏิกิริยาชีวเคมีทั้งการสังเคราะห์และการทำลายสารต่างๆ ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ บริเวณที่มีน้ำปนอยู่มากจะทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ดีกว่ามีน้ำปนอยู่น้อย จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน แบคทีเรียส่วนใหญ่ต้องการน้ำในการเจริญมากกว่ายีสต์ และยีสต์ก็ต้องการน้ำในการเจริญมากกว่ารา ซึ่งต้องการน้ำค่อนข้างน้อย

ส่วนใหญ่ น้ำในอาหารจะอยู่ในสภาพของสารละลาย ดังนั้นความเข้มข้นของสารละลายหรือปริมาณของตัวถูกละลาย จะมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์โดยสารละลายที่เข้มข้นมากจะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้มากกว่าสารละลายเจือจาง ชนิดของตัวถูกละลาย ก็มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย เช่น การใช้โซเดียมคลอไรด์จะยับยั้งการ



ที่มา: Hot 5 CD photo & clipart

เจริญของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ เป็นต้น

4.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีความสำคัญมากต่อการเจริญและการปรับตัวของจุลินทรีย์ ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของจุลินทรีย์ สำหรับจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในคน สัตว์ หรือพืช เช่น *Salmonella typhosa*, *Streptococcus pneumonia*, *E.*

coli, *Enterobacter aerogenes*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus* จะเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-40 °C จุลินทรีย์อื่นบางชนิดเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ ต่ำกว่า 0 °C หรือ 0-25 °C บางชนิดเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูงกว่า 40-55 °C ถ้าหากสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมจะทำให้จุลินทรีย์เจริญช้าลง หรืออาจจะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และถ้าไม่เหมาะสมมากจุลินทรีย์อาจตายได้



ที่มา: Hot 5 CD photo & clipart

4.3 รังสี

รังสีเป็นพลังงานที่สามารถถ่ายทอดผ่านจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง และมีอำนาจทะลุผ่านสิ่งต่างๆ ได้ แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของรังสี และความเข้มของรังสี จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่ได้รับผลกระทบหรือถูกทำลายได้ด้วยรังสี คือ แบคทีเรีย เช่น รังสีเอกซ์ (X-ray) รังสีแกมมา (Gamma Ray) เมื่อฉายรังสีกลุ่มนี้ทะลุผ่านเซลล์ จะทำให้สารต่างๆ ที่



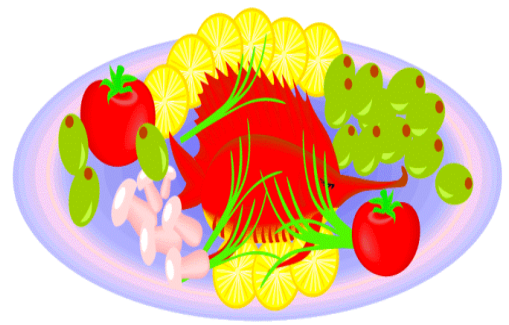
ที่มา: Hot 5 CD photo & clipart

อยู่ในสภาพไอออน (Ion) ในเซลล์ของจุลินทรีย์เกิดการเปลี่ยนแปลง และเซลล์ถูกทำลาย ในงานอุตสาหกรรมอาหารที่ส่งออกไปขายต่างประเทศบางชนิด นิยมใช้รังสีแกมมาในการทำลายจุลินทรีย์

รังสีอีกชนิดหนึ่งที่มีผลกระทบต่อจุลินทรีย์ คือ รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) เป็นรังสีที่พบได้ในแสงแดด รังสีนี้ความถี่สูงกว่าแสงสีม่วงน้ำเงิน สามารถทำลายแบคทีเรียได้ จึงมีการประดิษฐ์หลอดรังสีอัลตราไวโอเล็ตเพื่อใช้ทำลายแบคทีเรีย ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ ในวงการแพทย์ใช้ทำลายแบคทีเรียในห้องผ่าตัดและอุปกรณ์แพทย์

4.4 สารอาหาร

สารอาหารจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญและการเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของจุลินทรีย์ แต่จะต้องมีธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักในอาหารเหล่านั้น ได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ไนโตรเจน (N) กำมะถัน (S) ฟอสฟอรัส (P) และกรดอะมิโนกับเบสกลุ่มพิวรีน



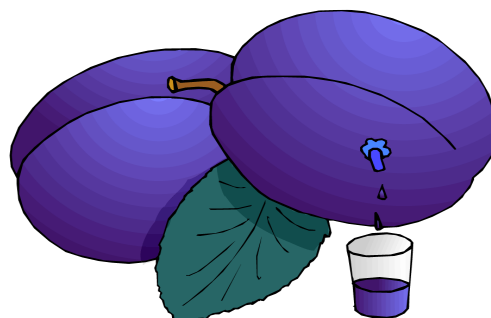
ที่มา: Hot 5 CD photo & clipart

(Purine) และไพริมิดีน (Pyrimidine) ซึ่งจำเป็นต่อการสร้างเซลล์ใหม่ ซ่อมแซมเซลล์ที่สึกหรอ สังเคราะห์สารพันธุกรรม ส่วนที่เหลือเป็นสารอาหารอื่นๆ อีกเล็กน้อย

4.5 สภาพกรด-เบส หรือ ค่าพีเอช (pH)

สภาพกรด-เบสซึ่งระบุได้ด้วยค่า pH ในอาหารแต่ละชนิดจะแตกต่างกันและมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ราส่วนมากจะเจริญได้ในช่วงที่มีค่า pH กว้างกว่ายีสต์และแบคทีเรีย ราหลายชนิดเจริญได้ดีในสภาพที่มีค่า pH ค่อนข้างต่ำหรือเป็นกรดสูง ซึ่งยีสต์และแบคทีเรียจะไม่เจริญ ยีสต์ที่นิยมใช้ในการหมักส่วนมากเจริญได้ดีในที่ที่มีค่า pH 4-

4.5 แต่จะไม่เจริญในสภาพที่เป็นเบสหรือค่า pH สูง และแบคทีเรียส่วนใหญ่จะเจริญได้ดีในสภาพที่ใกล้เคียงเป็นกลางหรือเป็นกลาง แต่แบคทีเรียที่สร้างกรดจะเจริญได้ดีในสภาพที่เป็นกรด ส่วนแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์สำหรับย่อยโปรตีนได้ จะเจริญได้ดีในช่วงที่มีค่า pH สูงหรือมีสภาพเป็นเบส



ที่มา: Hot 5 CD photo & clipart

สภาพกรด-เบสในอาหารยังมีผลต่อการอยู่รอดของจุลินทรีย์ต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน การทำแห้ง ฯลฯ ถ้าค่า pH ต่ำเกินไปก็เก็บรักษาหรือถนอมอาหารเหมาะสมต่อการเจริญ จุลินทรีย์ชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดจะแข่งขันกันเพื่อให้อยู่รอด อัตราการเจริญของจุลินทรีย์จะช้าลง หรือถ้ามีค่า pH ไม่เหมาะสมต่อการเจริญ จุลินทรีย์บางชนิดอาจเจริญได้ แล้วอาจทำให้ค่า pH ในอาหารเปลี่ยนไปและเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์อื่นๆ ได้

4.6 ปริมาณก๊าซ

ก๊าซที่มีความสำคัญต่อการเจริญและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้แก่ ไนโตรเจน (N_2) ออกซิเจน (O_2) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เหลือเป็นก๊าซอื่นอีกเล็กน้อย จุลินทรีย์แต่ละชนิดต้องการชนิดและปริมาณของก๊าซแตกต่างกัน เช่น แบคทีเรียสกุล *Rhizobium* ที่อาศัยอยู่ในปมรากพืชตระกูลถั่ว กับ *Azotobacter* ที่ดำรงชีพแบบอิสระในดิน จะตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาใช้สร้างอาหารได้ จุลินทรีย์บางชนิดใช้คาร์บอนไดออกไซด์สร้างอาหารโดยการสังเคราะห์ด้วยแสง บางชนิดต้องการออกซิเจนจากอากาศเพื่อใช้ในกระบวนการหายใจภายในเซลล์ เช่น *Clostridium perfringens* ที่พบในขนมหวาน ขนมไส้ครีม ฯลฯ และ *Staphylococcus aureus* พบในเนื้อสัตว์แช่เย็น เนยแข็ง มันฝรั่ง ฯลฯ ทั้งสองชนิดนี้ทำให้อาหารเป็นพิษ ซึ่งจะมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง และท้องร่วง แต่บางชนิดไม่ต้องการออกซิเจนเพราะสามารถสลายสารที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบทางเคมีให้เป็นออกซิเจนได้ เช่น *Clostridium botulinum* ที่สร้างสารพิษชื่อ **โบ툴ิน (Botulin)** ซึ่งเป็นพิษต่อระบบประสาท มักพบในอาหารกระป๋องที่หมดอายุ เป็นต้น



รูปที่ 4.18 ไรโซเบียมในปมรากพืชตระกูลถั่ว

ที่มา: <http://www.eko.uj.edu.pl/kramarz/files/lecture03.pdf>

จากปัจจัยต่างๆ ที่มีผลส่งเสริมหรือยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ดังที่กล่าวมา สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการป้องกันหรือควบคุมจุลินทรีย์ในอาหารได้ โดยทำให้สภาพแวดล้อมในอาหารไม่เหมาะสมกับชนิดของจุลินทรีย์ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของอาหาร เพื่อยับยั้งหรือชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ต่างๆ ที่จะทำให้อาหารเสื่อมสภาพหรือเน่าเสียได้ ซึ่งจะช่วยถนอมคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพของอาหารไว้ได้อีกทั้งปลอดภัยต่อการบริโภค

5. การควบคุมจุลินทรีย์

เหตุที่ต้องมีการควบคุมจุลินทรีย์ก็เพื่อป้องกันมิให้อาหารเสื่อมสภาพหรือเน่าเสีย ซึ่งทำให้สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของอาหารเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ รูปร่าง รสชาติ กลิ่น สี เนื้อสัมผัส รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการ ทำให้อาหารไม่เหมาะสมและไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค หรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค เราจึงต้องใช้หลักและวิธีการถนอมอาหารในการควบคุมจุลินทรีย์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น โดยไม่ให้อาหารนั้นเสื่อมสภาพหรือเน่าเสีย ช่วยให้อาหารมีสภาพใกล้เคียงกับอาหารสดมากที่สุด ทั้งยังช่วยให้สูญเสียคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการน้อยที่สุด



รูปที่ 4.19 ขนมหวาน (บน) เนยแข็ง (ล่างซ้าย) และเนื้อสัตว์แช่เย็น (ล่างขวา)

ที่มา: Hot 5 CD photo & clipart

ทั้งนี้ผู้ประกอบการด้านนี้ควรใช้หลักและวิธีการถนอมอาหารควบคู่กับการควบคุมความปลอดภัยของอาหารหรือการใช้ระบบคุณภาพอาหาร เช่น ระบบจีเอ็มพี (Good Manufacturing Practice : GMP) และ เอชเอซีซีพี (Hazard Analysis and Critical Control Point : HACCP) เพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตได้ปลอดภัยต่อการบริโภค ระบบคุณภาพอาหารเหล่านี้ที่เกี่ยวข้องกับสุขอนามัยส่วนบุคคล สถานที่ผลิต สิ่งแวดล้อม เครื่องมือที่สัมผัสกับอาหาร การสุขาภิบาลอาหาร รวมถึงการตรวจวิเคราะห์เพื่อป้องกันอันตราย

และปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอน พร้อมทั้งหาวิธีควบคุมและป้องกัน การควบคุม จุลินทรีย์โดยใช้หลักและวิธีการถนอมอาหาร ได้แก่

5.1 การใช้ความร้อน

เพื่อให้โปรตีนในเซลล์ของจุลินทรีย์เสียสภาพ ธรรมชาติ และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ในเซลล์ ของจุลินทรีย์และในอาหาร ทำให้จุลินทรีย์ถูกทำลายได้ ความร้อนที่ใช้จะมีระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ให้ความ ร้อนเป็นเท่าใด ขึ้นอยู่กับชนิด ระยะการเจริญ และ สภาพแวดล้อมของจุลินทรีย์ รวมทั้งชนิดของอาหารด้วย การใช้ความร้อนกับอาหารที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ

ปัจจุบันมีการแบ่งชนิดจุลินทรีย์ตามความต้องการ ออกซิเจน เป็นกลุ่มต่างๆ ดังนี้

- จุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีเฉพาะที่มีออกซิเจน
- จุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในที่มีออกซิเจนเล็กน้อย ถ้ามีออกซิเจนมากจะเจริญได้ช้า
- จุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในที่ที่ไม่มีออกซิเจน
- จุลินทรีย์ที่เจริญได้ทั้งในที่ที่มีและไม่มีออกซิเจน แต่จะเจริญในที่ที่มีออกซิเจนดีกว่าในที่ที่ไม่มีออกซิเจน

5.1.1 การพาสเจอร์ไรส์ (Pasteurization) วิธีนี้ค้นพบโดย หลุยส์ ปาสเตอร์ (Louis Pasteur)

นักเคมีชาวฝรั่งเศส เป็นการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °C เพื่อทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหาร เน่าเสียและจุลินทรีย์ก่อโรค แต่ไม่สามารถทำลายสปอร์ ได้ เนื่องจากใช้ความร้อนที่ไม่สูงมากนัก ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้ จึงยังมีจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรคเหลืออยู่ จึงต้องเก็บรักษาโดยใช้ หลักและวิธีการถนอมอาหารอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น การแช่เย็น การแช่แข็ง การอบแห้ง หรือการปรับสภาพกรด-เบส เพื่อให้ เก็บรักษาได้นานขึ้น เช่น นมพาสเจอร์ไรส์ ต้องเก็บไว้ในตู้แช่ หรือตู้เย็นก่อนนำไปดื่ม ไวน์องุ่นต้องบรรจุขวดในทันทีหลัง การพาสเจอร์ไรส์ ส่วนผลไม้แห้งเมื่อบรรจุเสร็จแล้วจึงค่อย นำไปผ่านการพาสเจอร์ไรส์ เป็นต้น



รูปที่ 4.20 นมสดพาสเจอร์ไรส์

ที่มา: <http://www.oknation.net/blog/diving/2013/>

5.1.2 การสเตอริไลส์ (Sterilization) จะใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C หรือสูงกว่า เพื่อ

ทำลายจุลินทรีย์ในอาหารรวมทั้งสปอร์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น อาหารจึงปลอดภัยและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ได้นานขึ้น การสเตอริไลส์นิยมใช้กับอาหารกระป๋อง หรือ ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปแบบยูเอชที (Ultra high Temperature: UHT) โดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 135-150 °C นาน 1-4 วินาที และทำให้เย็นทันทีแล้วจึงบรรจุแบบ ปลอดภัย ทำให้เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นานประมาณ 6 เดือน เช่น นมยูเอชที น้ำผลไม้ยูเอชที



รูปที่ 4.21 นมสเตอริไลส์

ที่มา: <http://thaitechno.net/dip/profile.php?uid=34445>

5.2 การใช้ความเย็น

จะลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำกว่า 10°C เพื่อชะลอการเสื่อมสภาพหรือเน่าเสีย ลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีและการเจริญของจุลินทรีย์ แต่จุลินทรีย์ยังไม่ตาย เช่น อาหารที่ใช้การพาสเจอร์ไรซ์ต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 5°C เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ผลไม้ที่เก็บเกี่ยวแล้วต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อชะลอการเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีที่ทำให้ผลไม้สุก การใช้ความเย็นจะช่วยถนอมวิตามินในอาหารไว้ได้มากกว่าหลักและวิธีการถนอมอาหารแบบอื่น การใช้ความเย็นมี 2 วิธี คือ

5.2.1 การแช่เย็น (Chilling) ใช้อุณหภูมิตั้งแต่ $5-15^{\circ}\text{C}$ ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิในตู้เย็น เพื่อชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ จึงเก็บรักษาอาหารแบบชั่วคราวไว้ได้นานขึ้น เหมาะกับอาหารที่เน่าเสียได้ง่าย เช่น เนื้อสัตว์ อาหารทะเล นม ไข่ ผักและผลไม้ ฯลฯ

5.2.2 การแช่แข็ง (Freezing) ระยะเวลาที่ใช้แช่แข็งอาหารขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ ชนิดอาหาร รูปร่างและขนาดของภาชนะบรรจุ ฯลฯ จะใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 0°C เพื่อทำให้น้ำอิสระในอาหารกลายเป็นน้ำแข็ง จึงช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำกว่า -18°C จะยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ในอาหารได้ วิธีการแช่แข็งอาหารที่นิยมใช้ ได้แก่



รูปที่ 4.22 อาหารแช่แข็ง

ที่มา: <http://health.hajai.com/57/> (บนซ้าย) <http://wisatakuliner.com/kuliner/> (บนขวา)

spanish.alibaba.com (กลางซ้าย) <http://pagelous.com/> (กลางขวา)

<http://www.thaيسةafoodcenter.com/> (ล่างซ้าย) <http://www.thaitechno.net/> (ล่างขวา)

■ **การแช่แข็งแบบช้า (Slow Freezing)** ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 5 °C ทำให้น้ำในอาหารกลายเป็นน้ำแข็งอย่างช้าๆ เช่น การแช่แข็งอาหารในช่องแช่แข็งของตู้เย็น

■ **การแช่แข็งแบบเร็ว (Quick Freezing)** การใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 0 °C ทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กให้มากที่สุด ภายในเวลาไม่เกิน 30 นาที เช่น การใช้ไนโตรเจนเหลวแช่แข็งอาหารทะเล ผักและผลไม้ต่างๆ ที่เป็นสินค้าส่งออกและจำหน่ายภายในประเทศ

การแช่แข็งส่วนมากที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร คือ การแช่แข็งแบบเร็ว เพราะยับยั้งการเจริญและการทำงานของเอนไซม์ของจุลินทรีย์ได้ดีและเร็วกว่าการแช่แข็งแบบช้า ทั้งยังไม่ทำให้เซลล์ในอาหารเสียหาย ประหยัดเวลากว่า และเมื่อนำมาทิ้งไว้ให้ละลายก่อนนำไปบริโภค อาหารแช่แข็งแบบเร็วจะมีคุณภาพดีกว่าอาหารแช่แข็งแบบช้า

5.3 การทำแห้ง

ส่วนมากใช้กับผักและผลไม้ โดยทำให้ความชื้นหรือน้ำอิสระออกไปจากอาหาร จนมีน้ำเหลือไม่เพียงพอต่อการเจริญของจุลินทรีย์ การทำแห้งโดยใช้อุณหภูมิระหว่าง 51-60 °C และใช้เวลานานจะช่วยถนอมคุณภาพและวิตามินในผักและผลไม้ได้ดีกว่าการใช้อุณหภูมิสูง พบว่า ถ้าความชื้นหรือน้ำอิสระในอาหารเหลือน้อยกว่าร้อยละ 10 จะป้องกันการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ได้ ถ้าน้อยกว่าร้อยละ 5 จะยับยั้งปฏิกิริยาชีวเคมีของอาหารได้ แต่ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารด้วย เช่น การเก็บรักษาผลไม้แช่แข็งต้องมีความชื้นระหว่างร้อยละ 15-20 การทำนั้นอาจใช้การตากแดด การรมควัน หรือใช้เครื่องมือ เช่น ตู้อบลมร้อน ตู้อบแสงอาทิตย์



รูปที่ 4.23 ผักและผลไม้อบแห้ง

ที่มา: http://comersano.com.mx/portfolio_categories/productos/ (บนซ้าย)

<http://uv-intertrade.com/product-categories/dehydrated-fruits/?lang=th> (บนขวา)

<http://thai.alibaba.com/product-gs/ad-vegetable-673291894.html> (ล่าง)

5.4 การใช้สารเคมี

มักจะใช้ร่วมกับการถนอมอาหารที่ใช้ความร้อน ความเย็นและการทำแห้ง สารเคมีที่ใช้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

5.4.1 สารกันเสีย (Preservatives) ใช้ป้องกัน

การเน่าเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ เช่น กรดอินทรีย์ ต่างๆ (กรดซอร์บิก, กรดเบนโซอิก, กรดอะซิติก ฯลฯ) น้ำตาล เกลือแกง แอลกอฮอล์ สารปฏิชีวนะ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เกลือไนไตรต์ เกลือไนเตรต ฯลฯ สารเหล่านี้จะชะลอหรือยับยั้งการสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ การทำงานของเอนไซม์ การสร้างสารพันธุกรรมของจุลินทรีย์ จึงช่วยชะลอหรือยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ อาหารจึงเน่าเสียช้าลงหรือไม่เน่าเสีย

สารกันเสีย (Preservatives) แบ่งเป็น 3 กลุ่ม

1. สารกันเสียที่ไม่กำหนดปริมาณที่ใช้ ได้แก่ กรดอินทรีย์จากธรรมชาติ เช่น กรดแลกติก กรดซิตริก ฯลฯ รวมทั้งเกลือของกรดเหล่านี้ และกรดอะซิติก เครื่องเทศ และน้ำมันของเครื่องเทศ เหม้าควัน น้ำตาล เกลือแกง คาร์บอนไดออกไซด์ ฯลฯ
2. สารกันเสียที่กำหนดปริมาณที่ใช้ ได้แก่ กรดซอร์บิก กรดโพรพิโอนิก กรดเบนโซอิกและเกลือของกรดกลุ่มนี้ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สารประกอบซัลไฟด์ ฯลฯ ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค
3. สารกันเสียที่มีได้จัดอยู่ในข้อ 1 และข้อ 2 สารกลุ่มนี้จะนำมาใช้ได้หลังจากพิสูจน์แล้วว่าปลอดภัย และได้รับการรับรองจากคณะกรรมการอาหารและยา

5.4.2 สารป้องกันการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในอาหาร ได้แก่ สารกันทึน (Antioxidants) เช่น

BHA BHT ฯลฯ สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล (Antibrowning) ในอาหาร เช่น เกลือซัลไฟต์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้สารที่เรียกว่า **แบคเทอริโอซิน (Bacteriocin)** ซึ่งสร้างขึ้นจากแบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติก เช่น *Lactobacillus* sp., *Pediococcus* sp. และ *Lactococcus* sp. เพื่อถนอมอาหารในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ โดยผสมสารแบคเทอริโอซิน หรือแบคทีเรียที่สามารถสร้างแบคเทอริโอซินลงในอาหาร เพื่อให้ทำลายจุลินทรีย์อื่นที่ปนเปื้อนมาแล้วทำให้อาหารเน่าเสีย โดยเฉพาะแบคทีเรียที่มีลักษณะทางพันธุกรรมใกล้เคียงกัน ต้องการปัจจัยทางชีวภาพคล้ายๆ กัน เช่น อาหาร แหล่งที่อยู่ ฯลฯ แต่ไม่ทำลายแบคทีเรียที่เป็นผู้สร้าง และยังสามารถทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคที่พบในอาหารนั้นๆ ได้ด้วย



รูปที่ 4.24 อาหารที่หมักด้วยแบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติก
ที่มา: <http://www.vcharkarn.com/varticle/42564>

แบคเทอริโอซินถูกย่อยสลายได้ในทางเดินอาหารของคน และมีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์อื่นได้ดีภายใต้สภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ สภาพความเป็นกรด (pH) อยู่ช่วงหนึ่งเท่านั้น จึงถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มสารที่ปลอดภัย (GRAS: Generally Recognized as Safe) จึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

การใช้สารเคมีต่างๆ ในการถนอมอาหารต้องคำนึงถึงปริมาณสารเคมีที่ใช้ให้เหมาะสม และการป้องกันมิให้มีสารอื่นๆ เช่น ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าหญ้า สารทำความสะอาด ฯลฯ ปนเปื้อนในอาหาร ระหว่างที่ทำการผลิต การบรรจุ การจำหน่าย ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นสำคัญ

5.5 การฉายรังสี

ส่วนใหญ่รังสีคลื่นสั้นจะมีพลังงานมาก มีอำนาจทะลุผ่านวัตถุได้สูง ทำให้ไอออนในเซลล์จุลินทรีย์เปลี่ยนแปลง หรือทำลายเซลล์ได้ เช่น รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ ซึ่งจะยับยั้งการเจริญ การทำงานของเอนไซม์ของจุลินทรีย์ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ยับยั้งการเจริญของไข่และตัวอ่อนของแมลง ลดปริมาณปรสิต ชะลอการงอกหรือการสุกของผักและผลไม้ระหว่างเก็บรักษา ฯลฯ

การฉายรังสีต้องมีปริมาณรังสีที่อาหารสามารถดูดกลืนได้ต่ำสุดที่ทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการฉายรังสี และมีปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืนสูงสุดในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ไม่ทำลายคุณภาพอาหาร รักษาคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร โดยไม่ทำลายโครงสร้าง สมบัติของอาหารทั้งทางกายภาพและทางเคมี ถ้าใช้รังสีในปริมาณที่มากเกินไป อาจทำให้วิตามินในอาหารสลายตัวได้ อาหารที่มักใช้การฉายรังสี เช่น ผักหรือผลไม้สดที่ขนส่งทางเรือเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศ แหมนฉายรังสี ซึ่งสามารถทานดิบๆ ได้ เพราะจุลินทรีย์และพยาธิตัวจิ๋วถูกรังสีทำลายแล้ว

5.6 การหมัก

นิยมใช้แบคทีเรีย รา หรือยีสต์ เพื่อย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตให้เป็นสารอื่น เช่น แอลกอฮอล์ กรดแลกติก ฯลฯ ซึ่งสารที่ได้นี้จะช่วยยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคได้ ตัวอย่างการหมัก ได้แก่

5.6.1 การผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ใช้ยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลในอาหารให้เป็นแอลกอฮอล์ เช่น เหล้าผลไม้หรือไวน์ผลไม้ เบียร์ ข้าวหมาก

5.6.2 การผลิตอาหารหมัก ส่วนมากใช้เกลือกหมักปลาหรือกุ้ง แล้วทำให้สภาพแวดล้อมเหมาะต่อการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เช่น น้ำปลา ปลาร้า ปลาเจ่า กะปิ น้ำบูดู ฯลฯ

5.6.3 ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองหมัก ใช้ แบคทีเรียหรือรา หมักถั่วเหลืองให้เป็น เต้าเจี้ยว ซีอิ๊ว เป็นต้น

5.6.4 การผลิตกรดแลกติก ใช้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติก ซึ่งกรดแลกติกนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรส กลิ่น สีและเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป ทั้งยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น เช่น แหมน นมเปรี้ยว ไส้กรอกอีสาน กะหล่ำปลีดอง แดงกวาดอง พริกดอง ฯลฯ

การฉายรังสีอาหาร (Food Irradiation) นิยมใช้

หน่วยบอกปริมาณรังสี เป็น แรด (Rad) เช่น

1 กิโลแรด (Krad) = 1,000 แรด

1 เกรย์ (Gray: Gy) = 100 แรด

1 กิโลเกรย์ (KGy) = 100,000 แรด

วัตถุประสงค์ในการฉายรังสีมีหลายระดับ เช่น

1. เพื่อทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร ปริมาณรังสีที่ใช้จะสูงกว่า 1,000,000 แรด

2. เพื่อทำลายจุลินทรีย์บางชนิดในอาหาร เทียบเท่าการพาสเจอร์ไรส์ด้วยความร้อน ปริมาณรังสีที่ใช้จะต่ำกว่า 1,000,000 แรด

3. เพื่อทำลายจุลินทรีย์บางชนิดที่ทำให้อาหารเป็นพิษ ปริมาณรังสีที่ใช้ 650 แรด

4. เพื่อทำลายไข่แมลงหรือหนอนที่มักพบในธัญพืชที่เก็บเกี่ยวแล้ว ปริมาณรังสีที่ใช้ 10,000-50,000 แรด

5. เพื่อยับยั้งการงอกของพืชบางชนิด ปริมาณรังสีที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เช่น หอมหัวใหญ่ มันฝรั่งกระเทียม ใช้ประมาณ 10,000-15,000 แรด



รูปที่ 4.25 กะปิ

ที่มา: <http://mahachaiseafood.weloveshopping.com/store/product/กะปิ-1670396-th.html>

5.6.5 การผลิตน้ำส้มสายชู ใช้แบคทีเรียเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก

หลักการถนอมอาหารเหล่านี้ใช้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารตั้งแต่ขนาดใหญ่จนถึงขนาดเล็กและในครัวเรือน ทั้งนี้ผู้ประกอบการในระดับต่างๆ ควรใช้หลักการถนอมอาหารควบคู่กับหลักการจัดการด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย เช่น การผลิต (Processing) การบรรจุภัณฑ์ (Packaging) การกระจายสินค้าเพื่อจำหน่าย (Distribution) ฯลฯ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิดมีคุณค่าทางโภชนาการ เกิดประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งความปลอดภัยของผู้บริโภค

