บทที่ 10
การใช้จุลินทรีย์ในการผลิตอาหาร
(Using Microorganisms in Food Production)

Traditional fermented foods and beverages

sauerkraut

kimchi

tempeh

natto

kefir

kombucha

Soy sauce

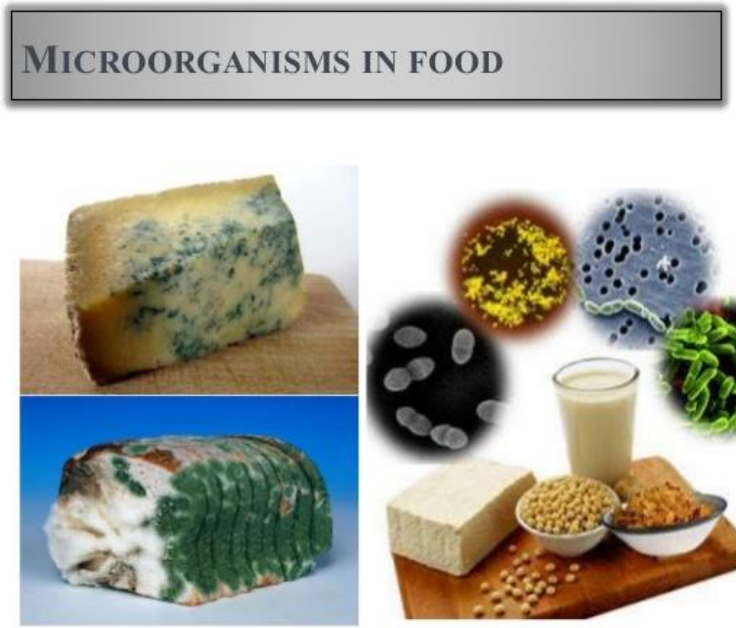
Novel fermented foods and beverages

Beverages fermented by kefir and kombucha starters

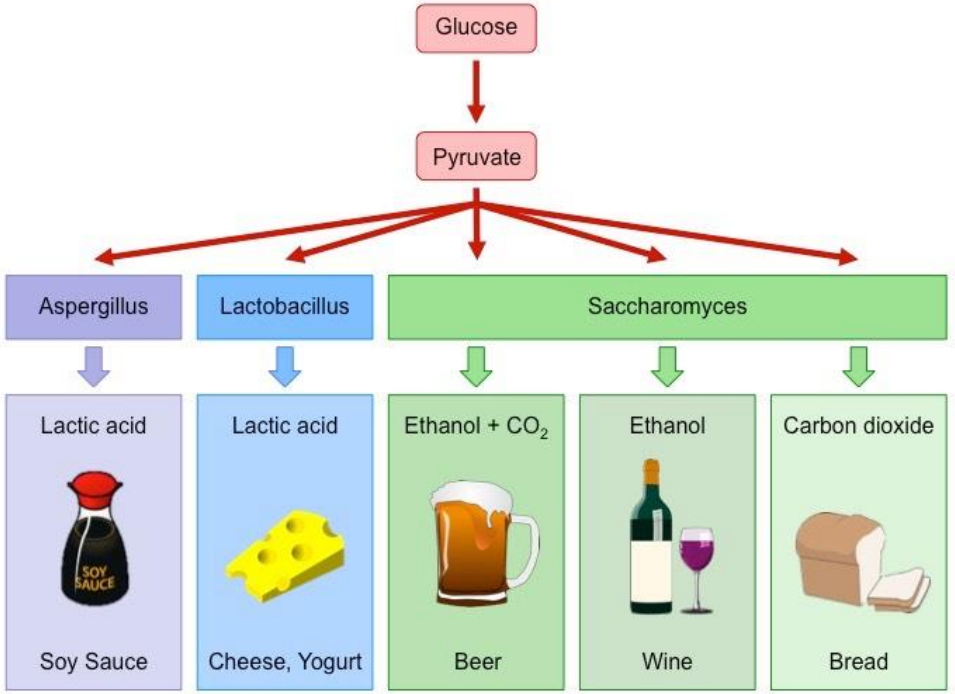
Lactic fermented vegetable mixes

- บทบาทของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับอาหารในบทก่อนหน้านี้เป็นบทบาทในด้านที่ไม่พึงประสงค์ คือ การก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหารหรือการก่อให้เกิดโรคต่อผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม ไม่ใช่จุลินทรีย์ทุกชนิดมีผลในทางลบเช่นนั้น จุลินทรีย์บางชนิดมีบทบาทในด้านที่เป็นประโยชน์ต่อการผลิตอาหารและมีความสำคัญมากทางสังคมและเศรษฐกิจ ในหัวข้อนี้เราจะได้ศึกษาว่าจุลินทรีย์ที่มีบทบาทเช่นนี้ จุลินทรีย์มีบทบาทอย่างไรในการที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ

BAD

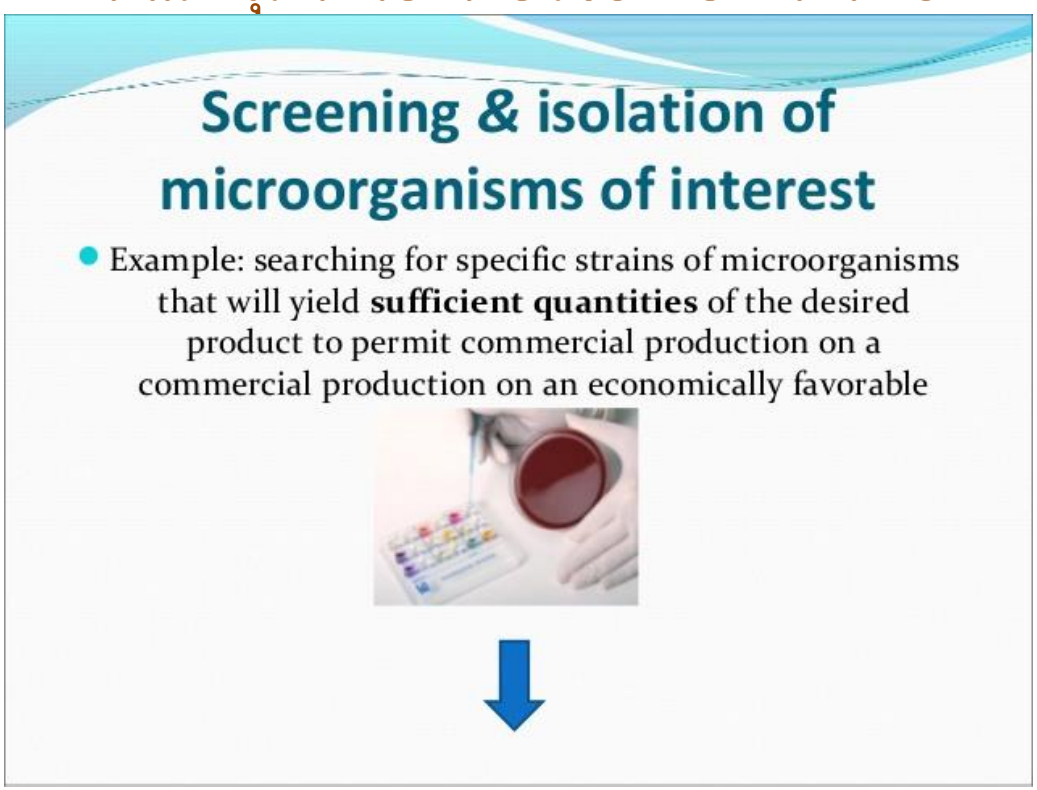


GOOD



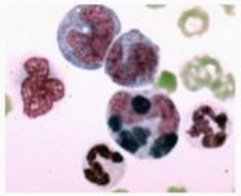
เชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในการผลิตอาหาร

- โดยพิจารณาว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในด้านที่เป็นประโยชน์ในการผลิตอาหาร ได้แก่ เชื้อชนิดใด และมีบทบาทในการผลิตอาหารอย่างไร ในด้านการหมักและอาหารหมัก ต้องพิจารณาว่าเชื้อจุลินทรีย์ใดที่มีบทบาทในการหมักผลิตภัณฑ์อาหาร คุณภาพของเชื้อตั้งต้นและประสิทธิภาพการหมักการผลิตเชื้อตั้งต้น ชนิดของการหมักอาหาร และจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักอาหารประเภทต่างๆ



Strains improvement
(Genetic manipulation)

- Example: improved the strains properties in order to achieve separation of the desired product from microbial cells, residual substrate and other metabolic products in most economical manner.



Formulation of media

Fermentation process

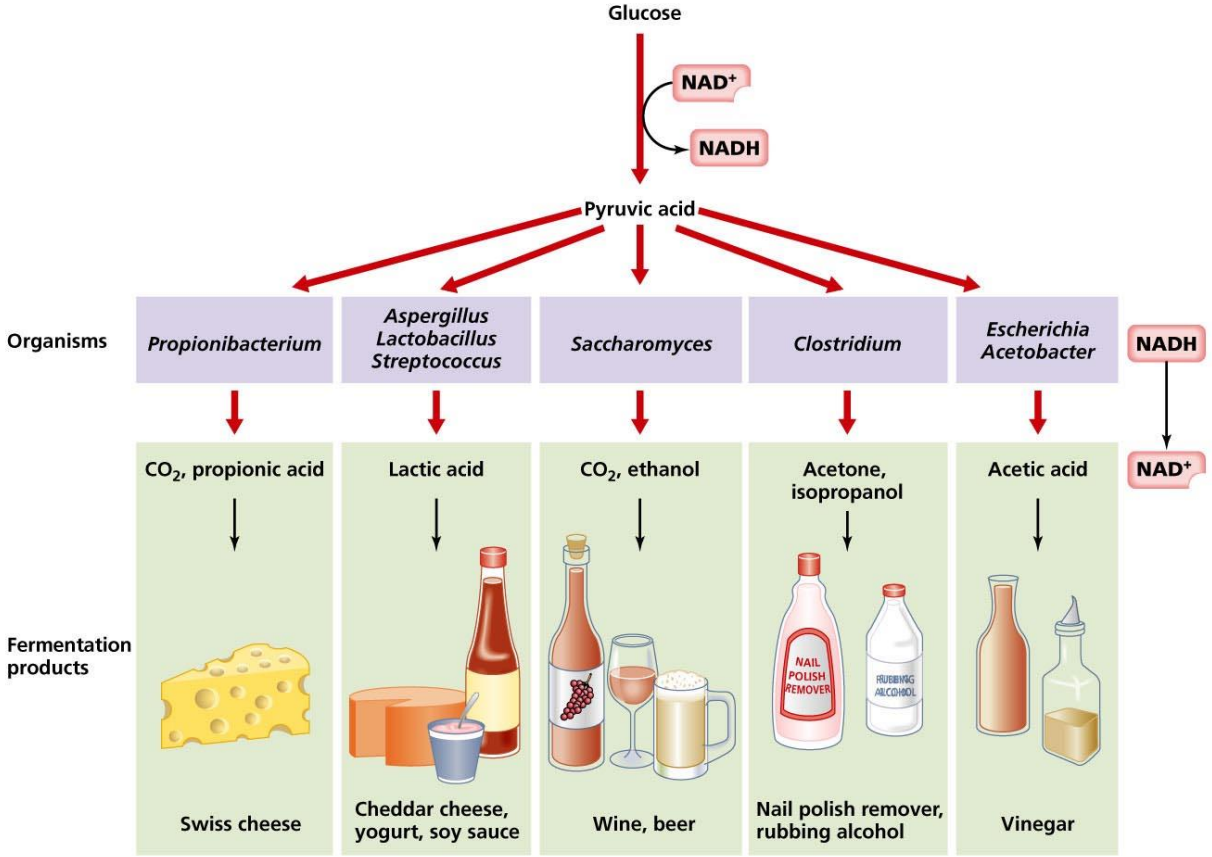
Packaging & marketing

การหมักและอาหารหมัก

- อาหารที่มีลักษณะเฉพาะอันเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในอาหาร หรือที่เรียกว่า “อาหารหมัก” (**fermented foods)** นั้น ปรากฏอยู่ในวัฒนธรรมต่างๆ ของมนุษย์ทั่วโลก ซึ่งมีผลิตภัณฑ์อาหารหมักทั้งจากเนื้อสัตว์ คือไส้กรอกเปรี้ยว ผลิตภัณฑ์หมักจากพืช ได้แก่ ผักดองชนิดต่างๆ และผลิตภัณฑ์นม เช่น โยเกิร์ต นมเปรี้ยว เนยแข็ง นอกจากบทบาทในอาหารหมักแล้ว จุลินทรีย์บางชนิดยังสามารถสร้างสารที่เป็นประโยชน์ ซึ่งถูกนำมาใช้ร่วมในการผลิตอาหาร เช่น เอนไซม์ สารปรับแต่งกลิ่นรส ในทางอุตสาหกรรม เรียกกระบวนการที่จุลินทรีย์ผลิตสารที่เป็นประโยชน์ว่า การหมัก (**fermentation)**

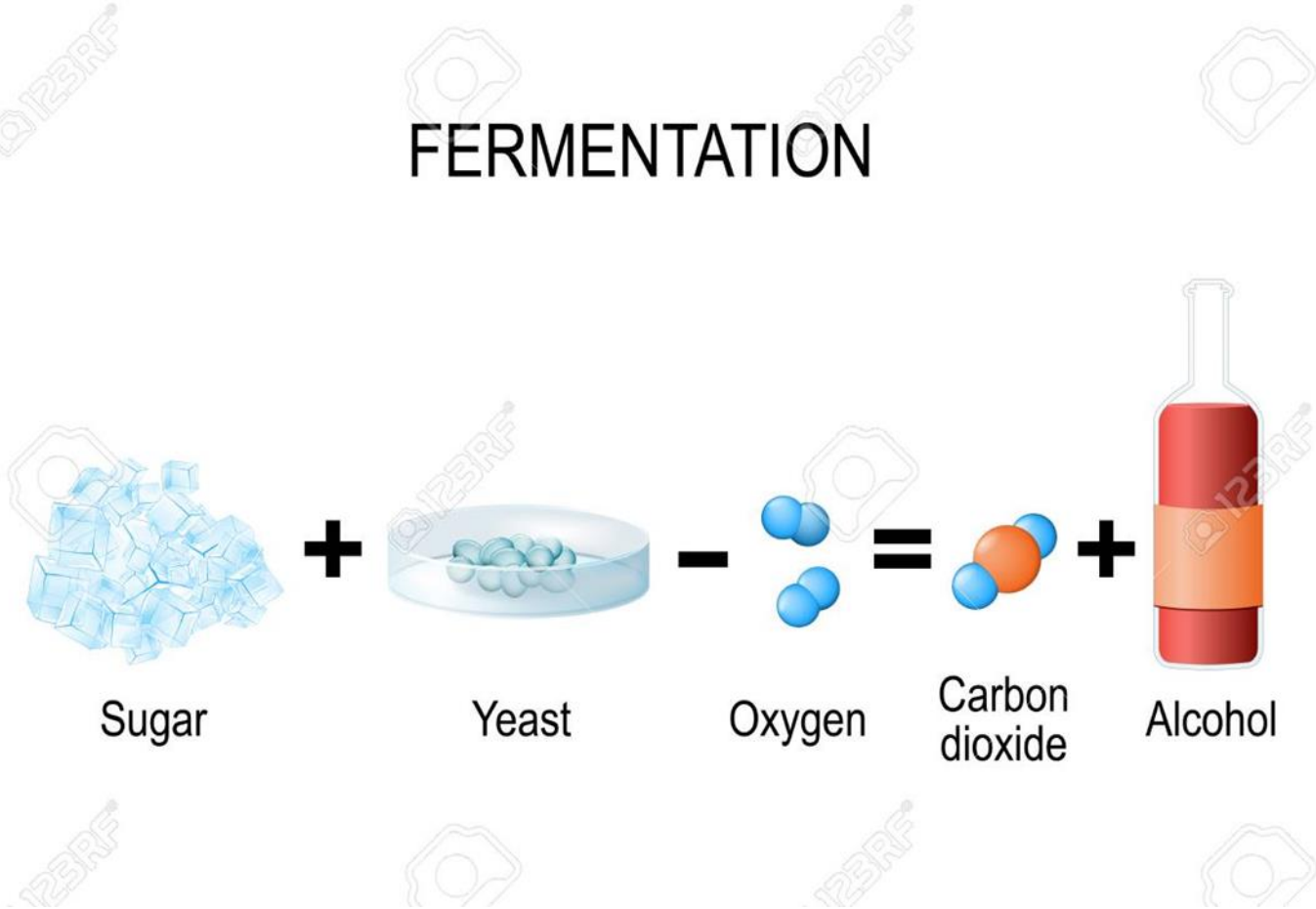
ดังนั้น คำว่า การหมัก จึงใช้ในสองความหมาย คือ

- (1) ความหมายทางชีวเคมี : การหมัก หมายถึง กระบวนการชีวเคมีภายในเซลล์ที่เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตให้ได้พลังงานเกิดขึ้นโดยไม่ผ่านกระบวนการออกซิเดชันที่มีออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย แต่จะเปลี่ยนสารตั้งต้นชนิดต่าง ๆ ผ่านกระบวนการออกซิเดชันเพียงบางส่วนที่ไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งได้พลังงานน้อยกว่า



Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

- (2) ความหมายทางอุตสาหกรรม : การหมัก หมายถึง กระบวนการทางอุตสาหกรรมซึ่งอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการผลิตสารที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์



เชื้อจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการหมักผลิตภัณฑ์อาหาร

- ในการผลิตอาหารหมักด้วยวิธีการดั้งเดิมใช้วิธีการหมักตามธรรมชาติ ซึ่งปล่อยให้การหมักเกิดขึ้นเองโดยไม่มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ลงไป เชื้อจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการหมักนั้นมีอยู่ในอาหารและสภาพแวดล้อมของการผลิตอาหารอยู่แล้ว ในบางกรณีการควบคุมการหมักทำได้โดยการ “ต่อเชื้อ” ซึ่งทำโดยการนำเอาหารหมักชุดเดิมปริมาณเล็กน้อย ใส่ลงไปในวัตถุดิบสำหรับทำอาหารหมักชุดใหม่ เช่น การทำโยเกิร์ต จะมีการเติมโยเกิร์ตเล็กน้อยลงในนมเพื่อให้ได้เป็นโยเกิร์ตชุดต่อไป อย่างไรก็ตาม การหมักตามธรรมชาติดังกล่าวมีข้อจำกัด คือ การควบคุมกระบวนการหมักให้คงที่อาจทำได้ยาก ด้วยเหตุที่กระบวนการหมักขึ้นอยู่กับชนิดและสัดส่วนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ถูกต้อเชื้อต่อๆ กันไปในแต่ละครั้งของการผลิต หากมีการเปลี่ยนแปลงของชนิด ปริมาณหรือสัดส่วนของเชื้อจุลินทรีย์ หรือการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงนี้อาจส่งผลกระทบถึงประสิทธิภาพการหมักและคุณภาพของอาหารหมักได้

“โฮมเมดโยเกิร์ต”
ทำทานเองได้ง่ายๆที่บ้าน

ส่วนผสมสำหรับโยเกิร์ตประมาณ 500 ml.

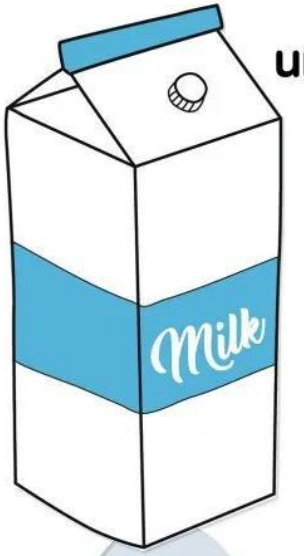
วิธีการทำ

Design by designblahblah.com

lovefitt.com / lovefittpage / lovefittpage / lovefitt / @lovefitt

ทำได้ ง่ายจัง

โยเกิร์ตโฮมเมด

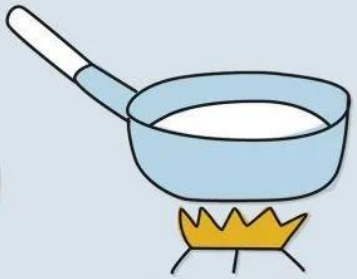


นมรสจืด
1 ลิตร

ส่วนผสม

โยเกิร์ตรสธรรมชาติ
1 ถ้วย (150 กรัม)

วิธีทำ



อุ่นนมบนไฟอ่อน พอให้นมร้อน

ทิ้งไว้ให้เย็น ใส่โยเกิร์ต คนให้เข้ากัน

ตักใส่ภาชนะ ทิ้งไว้ให้เย็น 8 ชม. และนำไปแช่เย็น เพิ่มความอร่อย

GOODLIFE by ชีวจิต

เชื้อจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการหมักผลิตภัณฑ์อาหาร

- ดังนั้น จึงมีความพยายามที่จะแก้ข้อจำกัดนี้โดยการเติมเชื้อจุลินทรีย์บริสุทธิ์ที่เรียกว่า “หัวเชื้อ” หรือ “เชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้น” หรือ “เชื้อตั้งต้น” (**starter culture**) ลงไปในอาหารหรือวัตถุดิบสำหรับทำอาหารหมัก การเติมเชื้อตั้งต้นทำให้สามารถควบคุมชนิดและปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในแต่ละครั้งของการผลิตให้คงที่ และช่วยให้การติดตามและการควบคุมกระบวนการหมักเป็นไปได้ง่ายขึ้น อาหารหมักที่ได้มีคุณภาพคงที่มากขึ้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการหมักที่อาศัยเชื้อจากธรรมชาตินั้น มักมีเชื้อจุลินทรีย์มากกว่า 1 ชนิด ที่มีส่วนร่วมในการหมัก เชื้อจุลินทรีย์ที่หลากหลายชนิดที่ปรากฏร่วมกันในอาหารอาจมีการเจริญเติบโตที่ส่งเสริมกัน ส่งผลให้เกิดการพัฒนากลิ่นรสและลักษณะที่ดีในอาหารซึ่งเป็นข้อดีเหนืออาหารหมักที่ผลิตโดยใช้เชื้อตั้งต้นเพียงชนิดเดียว
- รูปแบบของเชื้อตั้งต้นที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อาจเป็นในรูปของเชื้อสด หรือเชื้อที่ผ่านการทำแห้ง หรือเชื้อผ่านการทำแห้งหลังจากแช่แข็ง (**freeze-dried culture, lyophilized culture**) ซึ่งเชื้อตั้งต้นชนิดหลังนี้จะมีอายุการเก็บรักษานานและมีความคงที่ทางพันธุกรรมสูงซึ่งทำให้การหมักแต่ละครั้งได้ผลคงที่

เชื้อตั้งต้นมีผลต่อประสิทธิภาพการหมักเป็นอย่างมาก หากเชื้อตั้งต้นมีคุณภาพดี การหมักก็จะเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพด้วย ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะเป็นไปตามที่ต้องการและมีลักษณะที่คงที่ในทุก ๆ รอบของการหมัก แต่หากเชื้อตั้งต้นมีประสิทธิภาพต่ำหรือมีการผันแปรคุณลักษณะไปก็จะก่อให้เกิดปัญหาในการหมักได้

การผลิตเชื้อตั้งต้น

- การผลิตเชื้อตั้งต้นแบบดั้งเดิมทำโดยใช้เชื้อตั้งตนในรูปเชื้อสดที่เลี้ยงในอาหารเหลว หรือในรูปเชื้อที่ผ่านการทำแห้งซึ่งปรากฏในรูปแบบที่เป็นผงมาทำการต่อเชื้อหลายครั้ง จนได้ปริมาตรตามที่ต้องการสำหรับใช้เป็นเชื้อตั้งต้นในถังหมักขนาดใหญ่หรือกับอาหารปริมาณมาก เนื่องจากการต่อเชื้อจนได้เชื้อตั้งต้นปริมาตรมากนั้นใช้เวลานาน อีกทั้งมีความเสี่ยงสูงต่อการปนเปื้อนโดยจุลินทรีย์อื่นที่ไม่ต้องการ อีกทั้งเสี่ยงต่อการติดเชื้อไวรัส การสูญเสียพลาสมิด และการผันแปรทางพันธุกรรม ปัจจุบันจึงได้มีการปรับปรุงวิธีการเตรียมเชื้อตั้งต้น โดยใช้เชื้อตั้งต้นชนิดเข้มข้น ซึ่งอาจอยู่ในรูปเชื้อแช่แข็งในไนโตรเจนเหลว หรือรูปเชื้อผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งหลังจากแช่แข็ง ซึ่งสามารถนำมาเติมในถังหมักได้โดยตรงและลดขั้นตอนการต่อเชื้อลงไปได้ ขั้นตอนการเตรียมเชื้อตั้งต้นด้วยวิธีดั้งเดิมเปรียบเทียบกับวิธีใหม่แสดงดังภาพต่อไปนี้

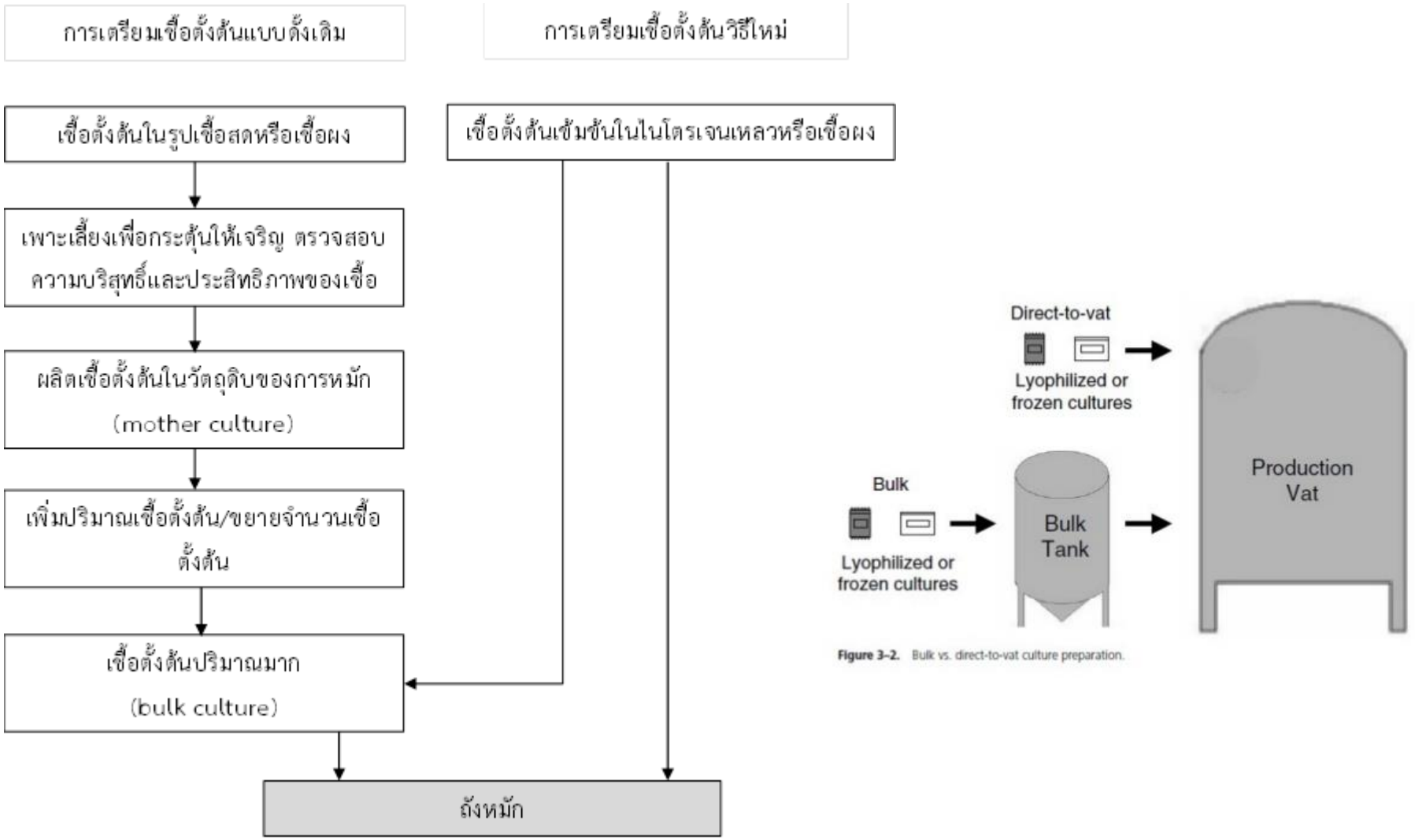


Figure 3–2. Bulk vs. direct-to-vat culture preparation.

ภาพการเตรียมเชื้อตั้งต้นเพื่อใช้ในกระบวนการหมัก

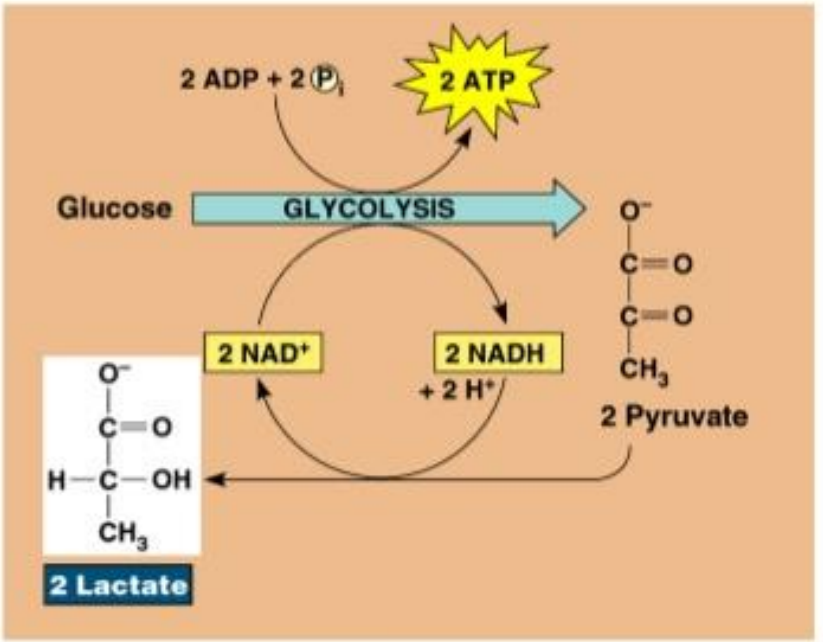
ที่มา: **Garbutt, 1997**

ชนิดของการหมักอาหาร

- การหมักอาหาร สามารถแบ่งตามลักษณะของกระบวนการหมักได้เป็นหลายประเภทดังนี้
- (1) การหมักที่ได้ผลลัพธ์เป็นกรดแลกติก อาหารหมักประเภทนี้มีกรดแลกติกเป็นผลิตภัณฑ์หลักจากการหมัก ในบางกรณี อาจมีสารอื่นที่ได้จากการหมักร่วมด้วย ซึ่งอาจทำให้เกิดกลิ่นรสและลักษณะของอาหารที่หลากหลายแตกต่างกันไป ผลิตภัณฑ์อาหารในกลุ่มนี้ได้แก่ผลิตภัณฑ์หมักจากนม เช่น โยเกิร์ต เนยแข็ง ผลิตภัณฑ์หมักจากผัก เช่น ผักกาดดอกแตงกวาดอง ผลิตภัณฑ์หมักจากเนื้อสัตว์ เช่น แหนม ซาลามิ เพปเพอโรนี (สองชนิดหลังเป็นไส้กรอกเปรี้ยวที่เป็นอาหารท้องถิ่นของประเทศในยุโรปและซีกโลกตะวันตก)

Types of Fermentation

- Lactic Acid Fermentation
  - Converts pyruvate into lactic acid
  - Used by humans
  - Used to make yogurt, cheese, chocolate, etc..



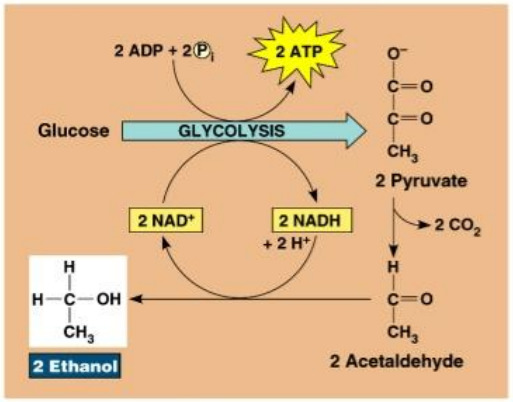
(b) Lactic acid fermentation

Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

- (2) การหมักที่ได้ผลลัพธ์เป็นกรดแอซีติก อาหารมักประเภทนี้ได้ผลลัพธ์คือกรดแอซีติก เป็นผลิตภัณฑ์หลักจากการหมัก เช่น น้ำส้มสายชู
- (3) การหมักที่ได้ผลลัพธ์เป็นแอลกอฮอล์ ผลิตภัณฑ์หมักประเภทนี้มียีสต์ร่วมด้วยในการทำให้เกิดผลิตภัณฑ์หมักขึ้น ซึ่งยีสต์สามารถหมักน้ำตาลได้ผลลัพธ์เป็นแอลกอฮอล์ (เอทานอล) และคาร์บอนไดออกไซด์ ผลิตภัณฑ์หมักประเภทนี้ ได้แก่ เบียร์ ไวน์ และเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ

Types of Fermentation

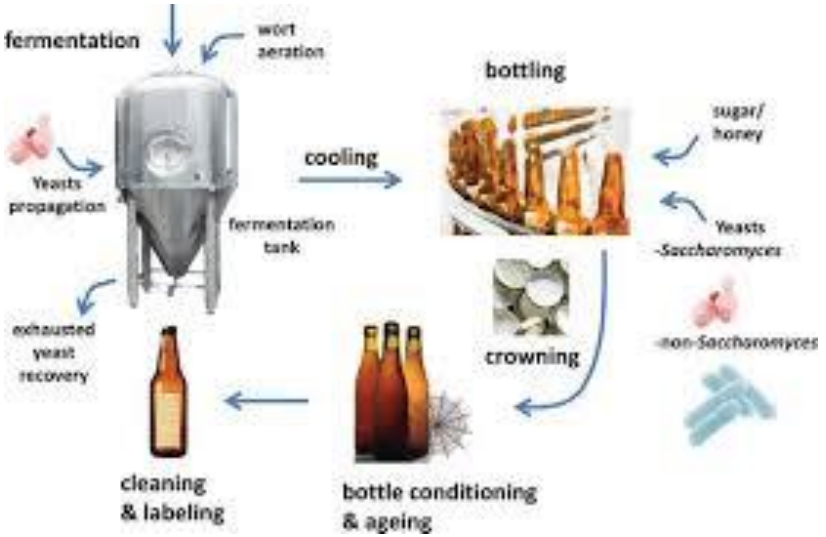
- Alcoholic Fermentation
  - Converts pyruvate into ethanol and CO_2
  - Causes dough to rise



(a) Alcohol fermentation

Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

- นอกจากการแบ่งตามผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการหมักแล้ว การหมักยังสามารถแบ่งตามรูปแบบของวัสดุหรือสารที่เป็นวัตถุดิบของการหมัก ได้แก่
- (1) การหมักในวัตถุดิบที่เป็นของเหลว เช่น ที่พบในการผลิตนมเปรี้ยวและเครื่องดื่มแอลกอฮอล์
- (2) การหมักบนวัตถุดิบที่เป็นของแข็ง (**solid state fermentation, solid substrate fermentation**) การหมักแบบนี้มักพบในกระบวนการหมักที่ใช้เชื้อรา ซึ่งจะถูกเพาะเลี้ยงในวัตถุดิบที่เป็นของแข็ง เช่น ถั่วเหลือ ข้าว ตัวอย่างของการหมักแบบนี้เห็นได้ในขั้นตอนการผลิต “โคจิ” ในกระบวนการผลิตซีอิ๊ว



- จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องหรือมีบทบาทในการหมักอาหารที่สำคัญ ได้แก่ แบคทีเรีย (โดยเฉพาะแบคทีเรียกรดแลกติกและแบคทีเรียกรดแอซีติก) นอกจากนั้นยังมียีสต์และรา ตัวอย่างสปีชีส์ที่มีการนำมาใช้หรือค้นพบว่ามีบทบาทในการหมักอาหารได้

กลุ่ม	จีนัส/สปีชีส์	อาหารหมักที่เกี่ยวข้อง	การติดสีแกรม รูปร่าง	การจัดเรียงเซลล์	ความต้องการออกซิเจน	ถิ่นที่อยู่ตามธรรมชาติ
แบคทีเรีย	*Propionibacterium* (*P. jensenii, P. freudenrechii, P. thoenii, P. acidipropionici*)	เนยแข็งแบบสวิส (Swiss cheeses)	แกรมบวก แท่ง อ้วน	เซลล์เดี่ยว คู่หรือ สายสั้น	ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ (แต่ทนสภาพที่มีออกซิเจนได้)	นมและผลิตภัณฑ์นม หญ้าหมัก
	Acetibacter (*A. aceti*)	น้ำส้มสายชู	แกรมลบ แท่ง	เซลล์เดี่ยว คู่หรือเป็นสาย	ต้องการออกซิเจนในการเจริญ	ผลไม้ น้ำผลไม้ น้ำอ้อย เบียร์และในดิน
ยีสต์	*Saccharomyces cerevisiae*	ขนมปัง เบียร์ ไวน์ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์	กลม รี หรือรียาว	เซลล์เดี่ยว อาจติดกันเมื่อมีการแตกหน่อ	เจริญได้ทั้งในสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจน	ผลไม้ ผิวของพืช
	Candida utilis	โปรตีนเซลล์เดียว (single cell protein)	รูปไข่ หรือรียาว	เซลล์เดี่ยว อาจติดกันเมื่อมีการแตกหน่อ	เจริญได้ทั้งในสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจน	
	Kluyveromyces marxianus	ผลิตภัณฑ์นมประเภทแลกติกแอลกอฮอล์ เช่น คีเฟียร์ (kefir) คูมิส (koumiss)	รี	เซลล์เดี่ยว อาจติดกันเมื่อมีการแตกหน่อ	เจริญได้ทั้งในสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจน	ในนมและผลิตภัณฑ์นมหมัก

กลุ่ม	จีนัส/สปีชีส์	อาหารหมักที่เกี่ยวข้อง	การติดสีแกรม รูปร่าง	การจัดเรียงเซลล์	ความต้องการออกซิเจน	ถิ่นที่อยู่ตามธรรมชาติ
แบคทีเรีย	*Propionibacterium* (*P. jensenii, P. freudenrechii, P. thoenii, P. acidipropionici*)	เนยแข็งแบบสวิส (Swiss cheeses)	แกรมบวก แท่ง อ้วน	เซลล์เดี่ยว คู่หรือ สายสั้น	ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ (แต่ทนสภาพที่มีออกซิเจนได้)	นมและผลิตภัณฑ์นม หญ้าหมัก
	Acetibacter (*A. aceti*)	น้ำส้มสายชู	แกรมลบ แท่ง	เซลล์เดี่ยว คู่หรือเป็นสาย	ต้องการออกซิเจนในการเจริญ	ผลไม้ น้ำผลไม้ น้ำอ้อย เบียร์และในดิน
ยีสต์	*Saccharomyces cerevisiae*	ขนมปัง เบียร์ ไวน์ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์	กลม รี หรือ รียาว	เซลล์เดี่ยว อาจติดกันเมื่อมีการแตกหน่อ	เจริญได้ทั้งในสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจน	ผลไม้ ผิวของพืช
	Candida utilis	โปรตีนเซลล์เดียว (single cell protein)	รูปไข่ หรือรียาว	เซลล์เดี่ยว อาจติดกันเมื่อมีการแตกหน่อ	เจริญได้ทั้งในสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจน	
	Kluyveromyces marxianus	ผลิตภัณฑ์นมประเภทแลกติกแอลกอฮอล์ เช่น คีเฟียร์ (kefir) คูมีส (koumiss)	รี	เซลล์เดี่ยว อาจติดกันเมื่อมีการแตกหน่อ	เจริญได้ทั้งในสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจน	ในนมและผลิตภัณฑ์นมหมัก

กลุ่ม	จีนัส/สปีชีส์	อาหารหมักที่เกี่ยวข้อง	การติดสีแกรมรูปร่าง	การจัดเรียงเซลล์	ความต้องการออกซิเจน	ถิ่นที่อยู่ตามธรรมชาติ
รา	*Aspergillus orzae*	ซีอิ๊ว	เส้นใย มีสปอร์		ต้องการออกซิเจนในการเจริญ	ในสภาพแวดล้อมทั่วไปบนผิวพืช ธัญพืช
	Aspergillus niger	ใช้ผลิตกรดที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร และเอนไซม์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร	เส้นใย มีสปอร์สีน้ำตาลถึงดำ		ต้องการออกซิเจนในการเจริญ	ในสภาพแวดล้อมทั่วไปบนผิวพืช ธัญพืช
	Penicillium (P. roqueforti, P. camemberti, P. caseicolum)	ใช้ในการบ่มเนยแข็งบางชนิด เช่น blue cheeses, brie, camembert	เส้นใย มีสปอร์สีเหลืองเหลือง อมเขียว เขียว น้ำเงิน		ต้องการออกซิเจนในการเจริญ	สภาพแวดล้อมการผลิตเนยแข็ง ผลไม้

- **การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้จุลินทรีย์**
- การใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ลักษณะหนึ่ง คือ การใช้เชื้อจุลินทรีย์เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์อาหารหมัก ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตขึ้นโดยใช้จุลินทรีย์นั้นมีแพร่หลายทั่วโลก ซึ่งมีความแตกต่างกันตามพื้นที่และวัฒนธรรม ในที่นี้จะยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์บางชนิดที่มีการผลิตหรือบริโภคอย่างแพร่หลาย โดยจะเน้นพิจารณาความเกี่ยวข้องของจุลินทรีย์ในขั้นตอนการผลิต เพื่อให้เห็นตัวอย่างบทบาทของจุลินทรีย์ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ

ผลิตภัณฑ์หมักจากนมและผลิตภัณฑ์นม

- โยเกิร์ต
- โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์หมักจากนมซึ่งเชื่อกันว่ามีแหล่งที่มาจากประเทศในแถบยุโรปตะวันออกเอเชียตะวันตก และตะวันออกกลาง โยเกิร์ตมีลักษณะเป็นลิ่มหรือก้อนของนมเนื่องจากความเป็นกรดที่เกิดจากกิจกรรมของเชื้อแบคทีเรียทำให้โปรตีนในนมตกตะกอน กระบวนการหมักที่เกิดขึ้นในโยเกิร์ตเป็นตัวอย่างที่ดีที่ช่วยให้เห็นถึงการทำงานร่วมกันของเชื้อตั้งต้น 2 ชนิดที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตโดยทั่วไป

- โดยทั่วไป ซึ่งได้แก่ Streptococcus salivarius subsp. thermophiles (ชื่อเดิม S. thermophiles) และ Lactobacillus delbreuckii subsp. bulgaricus (ชื่อเดิม L. bulgaricus) เชื้อ Streptococcus จะเจริญขึ้นก่อนและผลิตคาร์บอนไดออกไซด์และกรดฟอร์มิก ทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่างลดลง สารที่ผลิตขึ้นและค่าความเป็นกรด – ด่างที่ลดลงนี้จะส่งเสริมการเจริญของ Lactobacillus ซึ่งจะย่อยโปรตีนเป็น เพปไทด์และกรดอะมิโนที่ Streptococcus นำไปใช้ในการเจริญได้ เชื้อทั้งสองเมื่อเจริญร่วมกันนั้นจะสร้างผลิตภัณฑ์จากกระบวนการสร้าง – ย่อยสลายสารอาหารได้ดีกว่าในสภาวะการเลี้ยงเชื้อเดี่ยว (Ray, 1996) ปัจจุบันมีการพัฒนาการผลิตโยเกิร์ตโดยใช้เชื้อต้นต้นชนิดอื่นที่สามารถหมักให้โยเกิร์ตมีคุณภาพดีด้วย และในบางกรณีเป็นเชื้อที่มีประโยชน์ต่อลำไส้ หรือที่เรียกว่า โพรไบโอติก เช่น Lactobacillus acidophilus, Bactobacillus casei

Raw milk

▼

Homogenization, Pasteurize — The raw milk is pasteurized and crushed for fat by pressure.

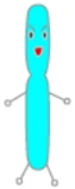
▼

Cooling — Milk is cooled to about 40 degrees.

▼

Starter — This is lactic acid bacteria.

Mixing — Milk is mixed with a starter.



▼

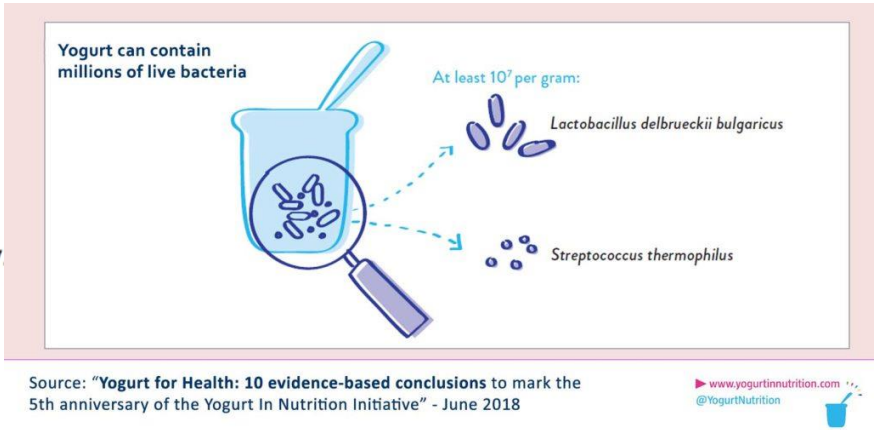
Fermentation — It is kept at about 40 degrees which the lactic acid bacterium ferment easily

▼

Cooling — When it is fermented well, it is cooled in order to continue to ferment anymore.

▼

Yogurt



ภาพกรรมวิธีในการผลิตโยเกริ์ต

- - นมเปรี้ยว
- นมเปรี้ยวแตกต่างจากโยเกิร์ต คือ นมเปรี้ยวยังมีลักษณะเหลวคล้ายน้ำนม แต่มีเนื้อสัมผัสข้นกว่านมและมีรสเปรี้ยว เนื่องจากกิจกรรมของแบคทีเรียกรดแลกติกในน้ำนม ในระยะหลังได้มีการพัฒนานมเปรี้ยวที่หมักโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อลำไส้

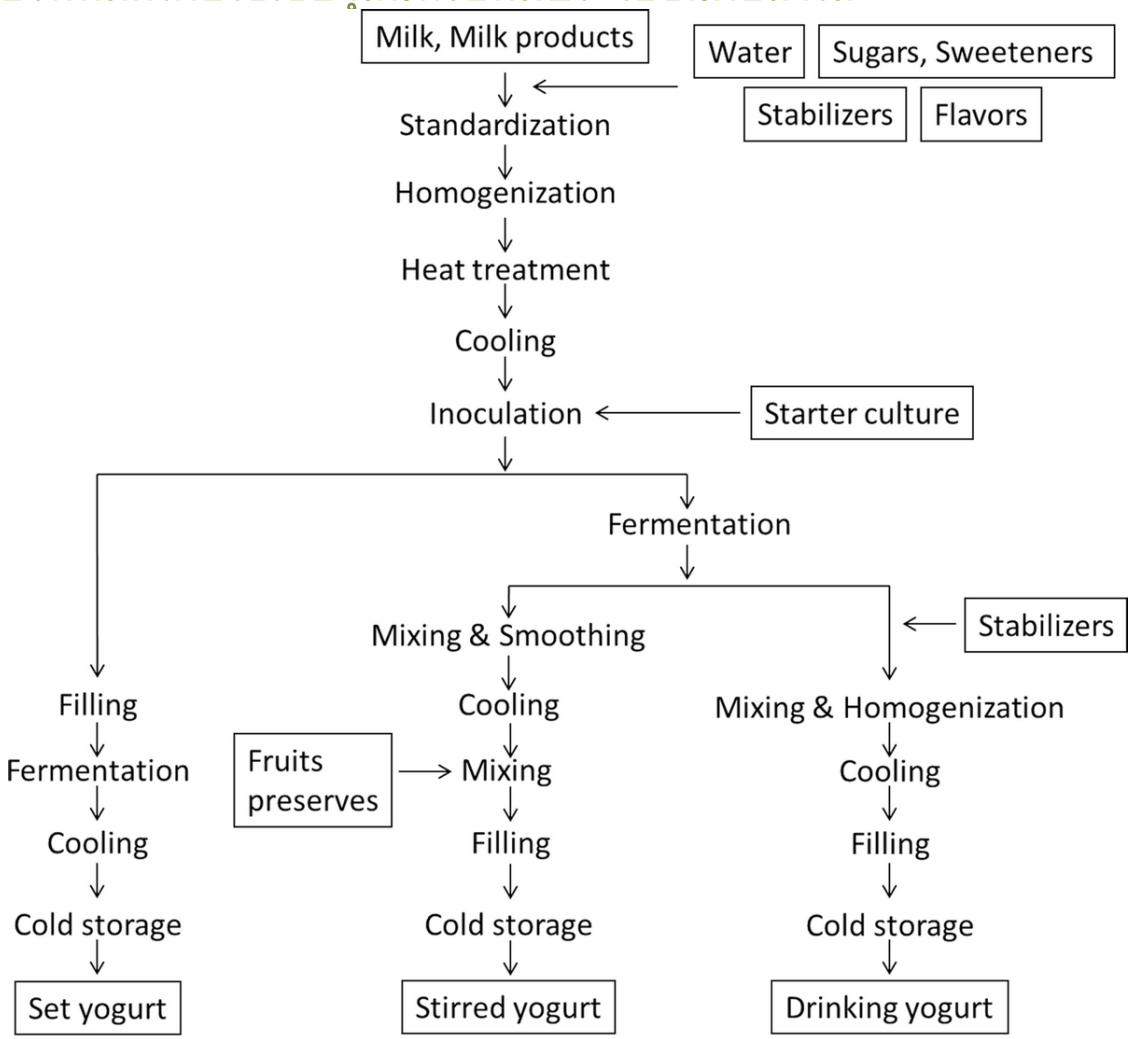
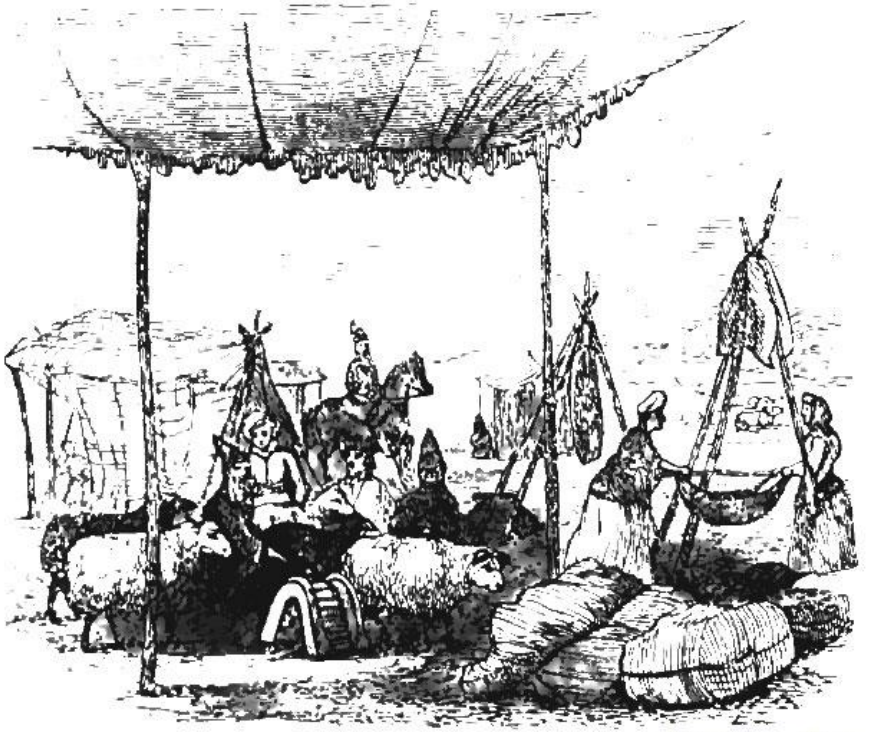


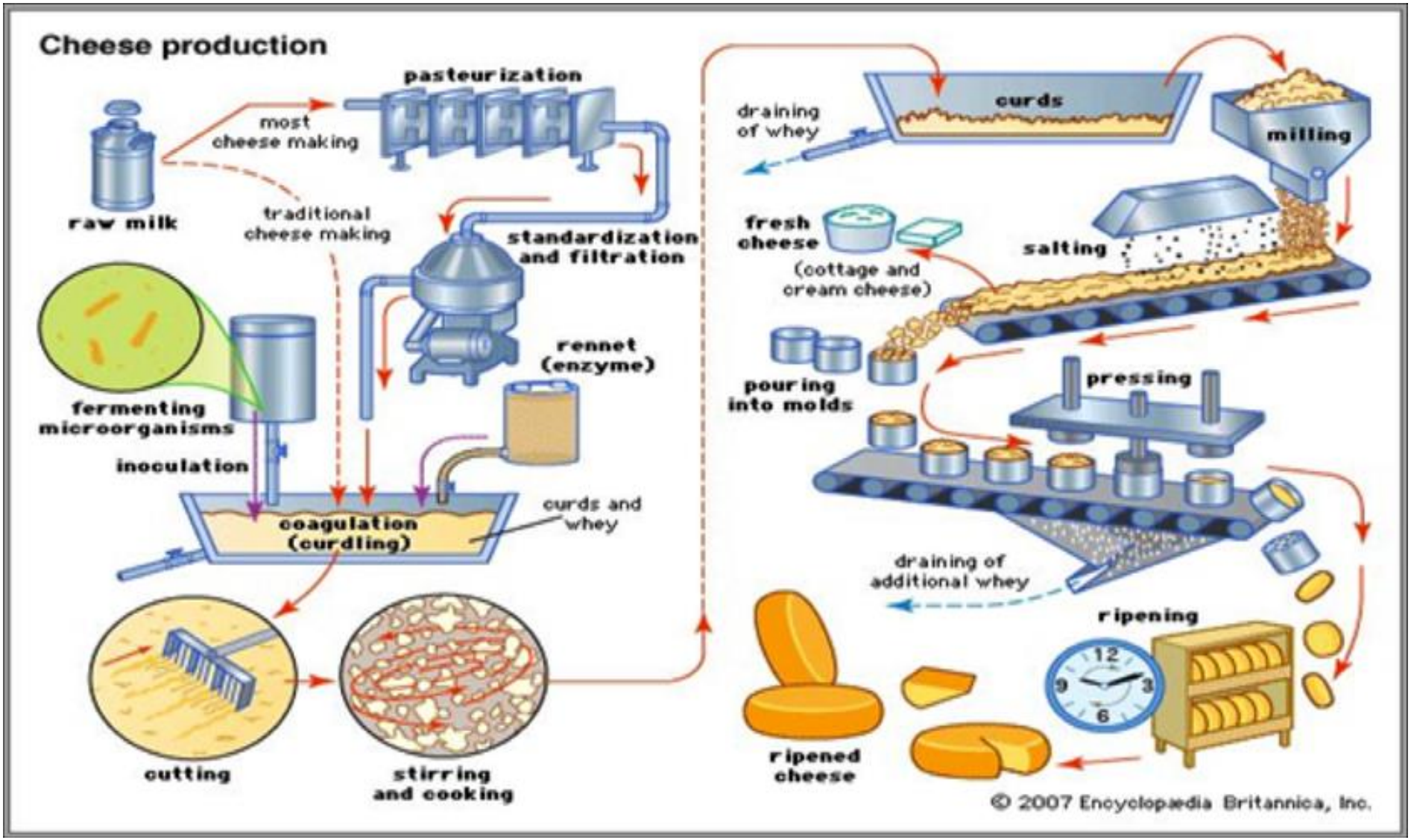
Fig. Manufacturing process of yogurt

เนยแข็ง

- เนยแข็งเป็นผลิตภัณฑ์จากนมที่สามารถถูกเก็บรักษาไว้ได้นาน เล่ากันว่า เนยแข็งก้อนแรกเกิดขึ้นโดยการที่พ่อค้าคนหนึ่งนำนมใส่กระเพาะแกะเพื่อเป็นเสบียงในขณะเดินทางข้ามทะเลทราย เอนไซม์เรนเนต ในกระเพาะของแกะ ประกอบกับความอบอุ่นจากแสงแดด ทำให้นมเกิดการแยกชั้นของลิ่มนมและหางนม ส่วนของลิ่มนมที่อัดตัวเป็นก้อนนั้นถูกบ่มต่อจนได้เนยแข็ง ปัจจุบันมีเนยแข็งรูปแบบต่าง ๆ ที่มีกลิ่นรสและลักษณะเฉพาะปรากฏอยู่ในพื้นที่ต่าง ๆ ในยุโรป เอเชีย และตะวันออกกลาง หากแบ่งตามปริมาณความชื้น สามารถจัดเนยแข็งเป็น 3 ประเภท ได้แก่



- (1) เนยแข็งที่มีเนื้อแข็ง **(hard cheese)** มีความชื้น 26 – 50%
- (2) เนยแข็งที่มีเนื้อกึ่งแข็ง **(semi – hard cheese)** มีความชื้น 42 – 52%
- (3) เนยแข็งที่มีเนื้ออ่อน **(soft cheese)** มีความชื้น 48 – 80%
- ในกระบวนการผลิตเนยแข็งแบบเชดดาร์นั้น ในปัจจุบันนิยมเติมเชื้อตั้งต้น ซึ่งจะสร้างกรดและเติมเอนไซม์เรนเนตซึ่งจะช่วยให้เกิดลิ่มนมแยกจากหางนม หลังจากบ่มจนได้ปริมาณกรดที่ต้องการ (ประมาณ 0.6 – 0.8%) ก็จะแยกหางนมออก เติมเกลือและบีบอัดในพิมพ์ การผลิตเนยแข็งแบบเชดดาร์มักตามด้วยการบ่มที่ 4 – 8^0 ซ เป็นเวลา 3 – 24 เดือน ซึ่งในขณะบ่ม เชื้อจะยังคงมีกิจกรรมซึ่งจะมีผลต่อการพัฒนากลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของเนยแข็งด้วย


Cheese production
pasteurization
most cheese making
raw milk
traditional cheese making
standardization and filtration
rennet (enzyme)
fermenting microorganisms
inoculation
coagulation (curdling)
curds and whey
cutting
stirring and cooking
draining of whey
curds
milling
fresh cheese
(cottage and cream cheese)
salting
pouring into molds
pressing
draining of additional whey
ripening
ripened cheese
© 2007 Encyclopædia Britannica, Inc.

ผัก – ผลไม้ดองที่ผ่านกระบวนการหมักโดยกิจกรรมของแบคทีเรียกรดแลกติก

- ผัก – ผลไม้ดองที่ผ่านกระบวนการหมักโดยกิจกรรมของแบคทีเรียกรดแลกติกมีอยู่ในหลายวัฒนธรรม ซึ่งแม้ว่าแต่ละผลิตภัณฑ์อาจมีลักษณะผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน แต่กระบวนการผลิตอาศัยหลักการเดียวกันคือ การรักษาผักไม่ให้เน่าเสียโดยอาศัยกรด (หรือกรดร่วมกับสารอื่น) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักจากกิจกรรมของแบคทีเรีย ประสิทธิภาพและผลลัพธ์ของการหมักที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียที่ปรากฏในกระบวนการหมัก โดยทั่วไปในกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์จากผักผลิตภัณฑ์หนึ่ง ๆ นั้นมีจุลินทรีย์มากกว่า 1 ชนิดที่มีบทบาทร่วมกัน ซึ่งจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการหมักผลิตภัณฑ์หมักจากผักคือแบคทีเรียกรดแลกติก แบคทีเรียเหล่านี้มักติดมากับผักตามธรรมชาติร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ แต่สภาวะของการหมักซึ่งไม่มีออกซิเจน ประกอบกับเกลือที่เติมลงไป และกรดที่เกิดขึ้น จะคัดเลือกให้แบคทีเรียกรดแลกติกบางชนิดเจริญเติบโตจนกลายเป็นจุลินทรีย์ชนิดเด่นในแต่ละระยะของการหมักได้

- กรดแลกติกที่เกิดขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับการเจริญของแบคทีเรียกรดแลกติกนั้นจะยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคประสิทธิภาพและผลลัพธ์ของการหมักนอกจากขึ้นอยู่กับชนิดและความหลากหลายของจุลินทรีย์แล้วยังขึ้นอยู่กับสภาวะการหมักที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ได้แก่ ความเข้มข้นของเกลือที่เติมลงไปในกระบวนการผลิต ปริมาณน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตสำหรับจุลินทรีย์ สภาพรีดิวซ์ออกซิไดส์ **(redox potential)** ของอาหาร อุณหภูมิในการหมัก ปริมาณกรดและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และผลิตภัณฑ์อื่นที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายสารอาหารที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์

ตารางแสดง เนยแข็งชนิดต่าง ๆ และจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการผลิต

กลุ่มของเนยแข็ง	ตัวอย่าง	จุลินทรีย์ที่มีบทบาทในขั้นตอนการบ่ม	ลักษณะปรากฏ
เนยแข็งชนิดอ่อน (บ่ม 2 – 5 เดือน)	Brie, Camembert	*Streptococcus lactis*, *S. cremoris*, *Penicillium camemberti*, *P. candidum*	มีเชื้อราคลุมเห็นเป็นสีขาวบนผิวนอกของก้อนเนยแข็งเนื้อเนยแข็งนุ่มแต่เหนียวข้น สามารถตัดเป็นชิ้นหนา ๆ หรือทาบนแผ่นขนมปังได้
เนยแข็งชนิดกึ่งแข็ง (บ่ม 2 – 12 เดือน)	Roquefort, Blue	*S. lactis, S. cremoris*, *Penicillium roqueforti*, *P. glaucum*	เนื้อเนยแข็งสีขาว มีราปรากฏเป็นสีน้ำเงินแทรกอยู่ทั่วก้อนเนยแข็ง เนื้อร่วน สามารถหักหรือบิออกเป็นชิ้น ๆ ได้ ใช้มีดปาดทาบนแผ่นขนมปังได้
เนยแข็งชนิดแข็ง (บ่ม 3 – 12 เดือน)	Edum, Gouda, Cheddar	*S. lactis, S. cremoris* *S. lactis, S. cremoris*, *S. durans*, *Lactobacillus* spp.	สีเหลือง มีความเป็นเนื้อเดียวกันทั้งก้อนเนื้อแข็ง ตัดเป็นแผ่นบาง ๆ ได้
	Swiss	*S. lactis, S. thermophiles*, *L. bulgaricus*, *Propionibacterium* spp.	สีเหลืองอ่อน มีโพรงอากาศแทรกอยู่ทั่วไปในก้อนเนยแข็ง เนื้อแข็งตัดเป็นแผ่นบาง ๆ ได้
เนยแข็ง ชนิดแข็งมาก (บ่ม 12 – 16 เดือน)	Parmesan	*S. lactis, S. cremoris*, *S. thermophiles*, *L. bulgaricus*	สีขาวถือเหลืองอ่อน เนื้อแข็งมากขูดเป็นเส้นหรือบดด้วยใบมีดเป็นก้อนเล็ก ๆ ได้

- สำหรับวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์หมักจากผักนั้น แต่ละผลิตภัณฑ์มีการผลิตที่แตกต่างกันไปทั้งในด้านชนิดของวัตถุดิบที่ใช้และรูปแบบของการผลิต ตัวอย่างชนิดของผักและผลไม้ที่ใช้ เช่น ผักกาดเขียว หัวผักกาด กะหล่ำปลี หัวหอม แคร์รอต แตงกวา มะกอก มะม่วงดิบ ขนุนอ่อน ผลิตภัณฑ์บางชนิดใช้ผักหรือผลไม้เพียงชนิดเดียว เช่น ผักกาดดองของไทย ในขณะที่ผลิตภัณฑ์บางชนิดมีการผสมผัก – ผลไม้หลายชนิดด้วยกัน เช่น การหมักผักดอง (กิมจิ) ของชาวเกาหลี ผลิตภัณฑ์บางชนิดมีการเติมแหล่งของคาร์โบไฮเดรตเพื่อเร่งอัตราการหมักในระยะเริ่มต้น ซึ่งจะเห็นได้จากการเติมข้าวหรือน้ำข้าวในผักกาดดอง หรือการเติมน้ำตาลในกิมจิ ในขณะที่บางกรณีไม่มีการเติมแหล่งคาร์โบไฮเดรตเพิ่มแต่อย่างใด เช่น ในกรณีการหมักกะหล่ำปลีดอง (ซาวเออร์เคราต์, **Sauerkraut)** ของชาวเยอรมัน การเติมเกลือในผลิตภัณฑ์หมักบางผลิตภัณฑ์นั้นจะเติมในรูปของน้ำเกลือ เช่น ในการหมักแตงกวาดอง มะกอกดอง ส่วนในบางผลิตภัณฑ์จะเติมในรูปของเกลือโดยตรง ดังเช่นในกระบวนการผลิตกะหล่ำปลีดองของชาวเยอรมัน (การเติมเกลือในกระบวนการหมักช่วยดึงน้ำออกจากเนื้อเยื่อของพืช ในขณะเดียวกัน ก็ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียบางส่วน)

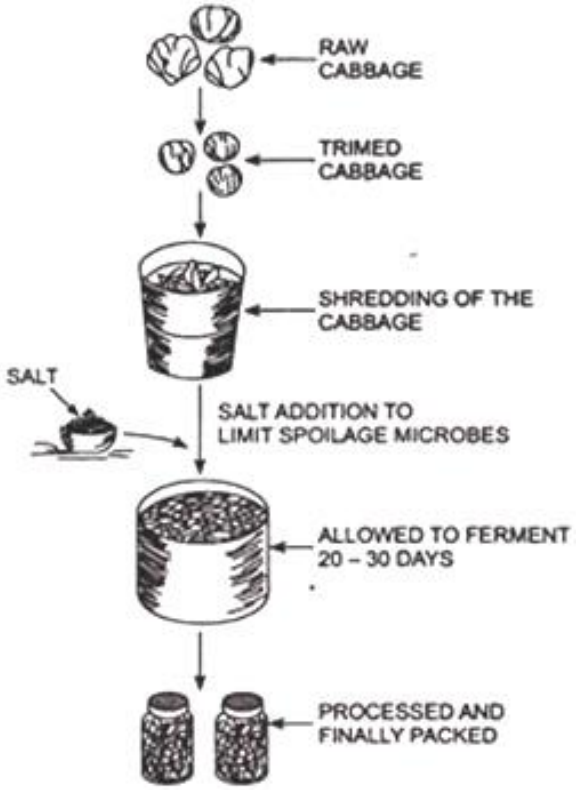
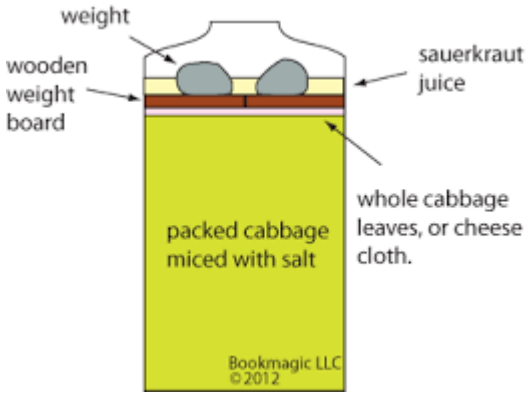


FIG. 37.1 Sauerkraut production.

- การศึกษาการเจริญของจุลินทรีย์ในกะหล่ำปลีดองแบบเยอรมัน ทำให้เห็นว่าเชื้อตั้งต้นหลายชนิดมีบทบาทในการหมัก ตัวอย่างเช่น ***Leuconostoc, Lactobacillus, Pediococcus*** เชื้อเหล่านี้มีการเจริญเป็นลำดับขั้นจนทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะเป็นไปตามที่ต้องการ โดยทั่วไปการหมักผลิตภัณฑ์นี้ได้ผลดีที่สุดที่อุณหภูมิประมาณ 18^0 ซ แต่การหมักก็สามารถเกิดขึ้นได้ในช่วง 8 – 30^0 ซ โดยหากทำการหมักที่อุณหภูมิต่ำ ผลิตภัณฑ์ก็จะยิ่งมีลักษณะดี ส่วนการหมักที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพด้อยลง กระบวนการหมักเกิดขึ้นเป็น 3 ระยะ (**Garbutt,** 1997) คือ

- ระยะที่ 1 ระยะเริ่มต้นของการหมัก ในระยะเริ่มต้น เชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดที่ติดมากับผักสามารถหมักน้ำตาลจากเนื้อเยื่อของผักได้เป็นกรด สภาพที่เป็นกรดและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียกรดแลกติกที่ติดมากับผักให้เจริญมากขึ้นและยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย เชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกที่มีบทบาทในระยะแรกของการหมักมักเป็นแบคทีเรียในจีนัส ***Leuconostoc*** ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักน้ำตาลโดยเชื้อนี้ ได้แก่ กรดแลกติก กรดแอซีติก เอทานอล และคาร์บอนไดออกไซด์ เชื้อ ***Leuconostoc*** บางสปีชีส์ยังสามารถยับยั้งการเกิดสีคล้ำในผลิตภัณฑ์ อันอาจเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ที่อยู่ในน้ำผักกับกรดอะมิโน (ปฏิกิริยาเมลลาร์ด **(maillard reaction)** โดยที่จะเปลี่ยนน้ำตาลฟรักโทสเป็นแมนนิทอล และเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสเป็นเดกซ์แทรน แมนนิทอลและเดกซ์แทรนเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่จะถูกนำไปใช้ต่อโดยแบคทีเรียที่เจริญในลำดับขั้นต่อไปในกระบวนการหมัก



- ระยะที่ 2 เมื่อกรดแลกติกมีความเข้มข้นมากขึ้น และค่าความเป็นกรด – ด่างลดลงต่ำกว่า 4.1 เชื้อ ***Lactobacillus*** หรือ ***Pediococcus*** ซึ่งทนกรดได้ดี จะเริ่มมีจำนวนมากขึ้น เชื้อเหล่านี้จะกลายเป็นเชื้อจุลินทรีย์ชนิดเด่น และดำเนินการหมักต่อไป ทำให้ปริมาณกรดในผลิตภัณฑ์มีมากขึ้น

- ระยะที่ 3 หลังจากการหมักผ่านไประยะหนึ่ง เชื้อ ***Lactobacillus*** บางสปีชีส์จะลดจำนวนลง ในขณะที่บางสปีชีส์ซึ่งสามารถทนกรดในความเข้มข้นสูง ๆ ได้ เช่น ***L. plantarum*** จะมีจำนวนเพิ่มขึ้น กลายเป็นเชื้อชนิดเด่น เชื้อนี้จะเปลี่ยนน้ำตาลที่เหลืออยู่ให้เป็นกรดแลกติกจนสมบูรณ์
- ผลิตภัณฑ์กะหล่ำปลีดองที่ได้จะมีค่าความเป็นกรด – ด่างอยู่ที่ประมาณ 3.8 และมีปริมาณกรด 1.7 – 2.5% (คำนวณในรูปกรดแลกติก) มีสัดส่วนของกรดแอซีติกต่อกรดแลกติกเท่ากับ 1 : 4 และมีสารไดแอซีทิส แอซีทัลดีไฮด์ และเอสเทอร์หลายชนิดเกิดขึ้นด้วย ซึ่งผลิตภัณฑ์จากการหมักเหล่านี้ส่งผลต่อกลิ่นรสเฉพาะของผลิตภัณฑ์

- การเติมเกลือในผลิตภัณฑ์หมักจากผักบางประเภทกระทำโดยการแช่ในน้ำเกลือ หากน้ำเกลือที่ใช้มีปริมาณเกลืออยู่น้อยกว่า 5% เชื้อแบคทีเรียหลักที่มีบทบาทในการหมักจะเป็นพวก ***Leuconostoc*** แต่หากเป็นน้ำเกลือที่มีปริมาณเกลือสูงกว่า 5% เชื้อที่มีบทบาทในการหมักจะเป็นพวก ***Pediococcus*** เป็นหลัก หลังจากการหมักแล้ว อาจมีการเปลี่ยนน้ำ (น้ำดอง) หรืออาจมีการนำไปแช่ในน้ำส้มสายชูร่วมกับเครื่องเทศ ซึ่งจะเป็นผักดองแบบเปรี้ยว หรืออาจเติมน้ำตาล ซึ่งจะเป็นผักดองแบบหวาน หากผลิตในระดับอุตสาหกรรม ผักหรือผลไม้ดองมักถูกนำไปพาสเจอไรซ์เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น

- ผักดองสูตรเกาหลี (กิมจิ, **kimchi)**
- ผักดองสูตรเกาหลีเป็นสิ่งที่คู่โต๊ะอาหารเกาหลีอย่างที่จะขาดไม่ได้ คนเกาหลีแม้เมื่อไปต่างบ้านต่างเมืองก็จะทำกิมจิกินเอง ด้วยสูตรและวิธีทำง่าย ๆ ดังตัวอย่างนี้
- ส่วนผสม : ผักกาดขาวขนาดกลาง 3 หัว, เกลือ 1/2 ถ้วย, หัวไช้เท้าขนาดกลาง 2 หัว, พริกป่น 1/3 ถ้วย, น้ำตาลทราย 1 ช้อนโต๊ะ, กระเทียม 2 กลีบ (บด), ขิง 2 ช้อนชา (ขูดหรือบด), หัวหอม 5 หัว หั่นเป็นชิ้นบาง ๆ
- วิธีทำ : ล้างผักกาดขาว หั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมประมาณ 1 1/2 นิ้ว ใส่ชามอ่างขนาดใหญ่ โรยเกลือและคลุกให้ทั่ว ตั้งทิ้งไว้ 2 – 3 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งผักกาดขาวนิ่ม ล้างน้ำและสะเด็ดน้ำเติมส่วนผสมที่เหลือและคลุกให้ทั่ว ถ่ายส่วนผสมลงในโถแก้วให้เต็ม ปิดฝา ตั้งทิ้งไว้ในที่เย็น 3 – 4 วัน จนกระทั่งเปรี้ยว เมื่อหมักจนได้ที่แล้วสามารถเก็บในตู้เย็นได้หลายสัปดาห์

Processes of Kimchi preparation

Raw materials

Nepa cabbage and other fresh vegetables

Chili powder, salt and rice flour

Ginger, garlic, oil and fish

Preparation

Cutting and Washing

Addition of salt and mixing

Removal of excess salt and drying

Mixing of all powder ingredients

Storage and packaging

Large container, glass containers are used for long storage

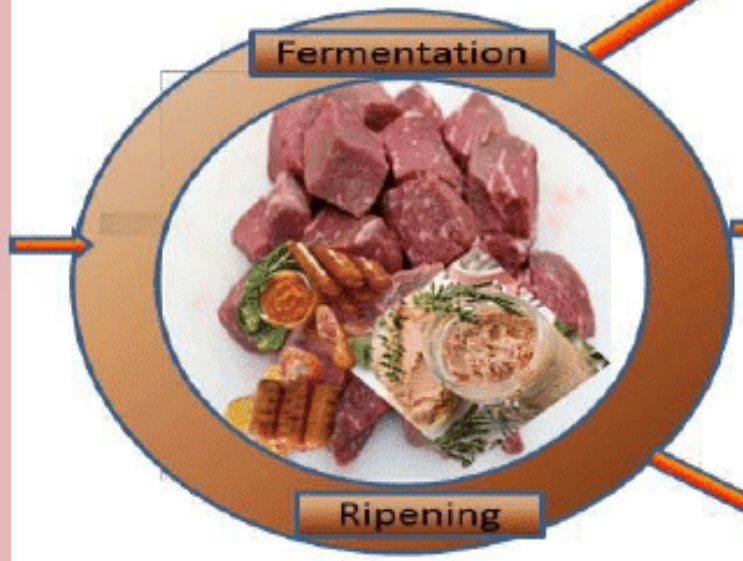
Poly bag packaging of kimchi available in markets

ผลิตภัณฑ์หมักจากเนื้อสัตว์

- เชื้อจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการหมักเนื้อสัตว์โดยทั่วไปเป็นแบคทีเรียกรดแลกติกในจีนัส ***Lactobacillus, Pediococcus*** และ ***Micrococcus***) ซึ่งจะทำให้เกิดรสเปรี้ยวและกลิ่นที่พึงประสงค์หรือที่เป็นเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ เชื้อ ***Micrococcus*** ยังสามารถเปลี่ยนไนเทรตเป็นไนไทรต์ ซึ่งจะช่วยในการรักษาสีของเนื้อสัตว์และช่วยป้องกันการหืน **(oxidative rancidity)** ในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากน้ำตาลในเนื้อสัตว์มีอยู่น้อยมาก โดยทั่วไปในการผลิตไส้กรอกหมักจึงต้องมีการเติมแหล่งของคาร์โบไฮเดรตลงไปเพิ่ม เพื่อช่วยให้แบคทีเรียสามารถผลิตกรดแลกติกได้ในปริมาณมากเพียงพอที่จะยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและเชื้อก่อโรคได้ แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่เติมลงไปในไส้กรอกหมักอาจเป็นน้ำตาล แป้งข้าวโพด ข้าว ข้าวสาลี หรือธัญพืชชนิดอื่น ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เติมลงไปมีผลต่ออัตราการหมัก คือ หากเติมน้อย การหมักจะเกิดอย่างช้า ๆ กรดแลกติกที่เกิดขึ้นจากการหมักคาร์โบไฮเดรต ไม่เพียงแต่ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหมักเท่านั้น แต่ยังช่วยทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในเนื้อสัตว์ลดลง ซึ่งจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์แห้งมากขึ้นในขั้นตอนการทำแห้งด้วย

ภาพเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการหมักเนื้อสัตว์และคุณลักษณะและคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก

Natural inoculums/ Starter culture
Lactobacillus, Streptococcus, Lactococcus, Bifidobacterium , Micrococcus M 53, Lactobacilli spp., Pediococcus acidilacti, P. pentosaceus, Staphylococcus xylosus, and *S. carosus Aspergillus, Rhizopus, Mucor, Actinomucor, Amylomyces, Neurospora Monascus* and *Penicillium*-



Improved organoleptic properties such as appearance and colour, flavour, aroma, taste, texture, juiciness

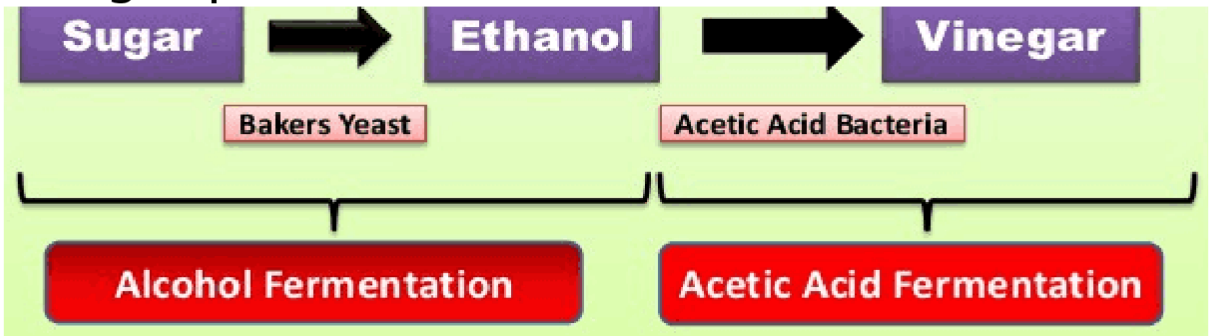
Enhanced nutritive value and functionality such as vitamins, digestibility,

Food safety and keeping quality by controlling food pathogens and spoilage organisms, production of bacteriocins

- **น้ำส้มสายชู** น้ำส้มสายชูเป็นผลิตภัณฑ์หมักที่มีกระบวนการหมัก 2 กระบวนการร่วมกัน คือ การหมักที่ให้ผลลัพธ์เป็นแอลกอฮอล์ (เอทานอล) โดยยีสต์ ตามด้วยการหมักที่ได้ผลลัพธ์เป็นกรดแอซีติกโดยเชื้อแบคทีเรียกรดแอซีติก ยีสต์ที่มีบทบาทในขั้นตอนการหมักแอลกอฮอล์มักเป็นยีสต์จีนัส ***Saccharomyces*** ส่วนแบคทีเรียกรดแอซีติกที่มีบทบาทได้แก่ ***Acetobacter aceti*** การผลิตน้ำส้มสายชูหมักแบบดั้งเดิมมักใช้ผลไม้หรือน้ำผลไม้ เช่น องุ่น แอปเปิล มะเขือเทศ หรือธัญพืช เช่น ข้าว ข้าวมอลต์ ข้าวโพด เป็นวัตถุดิบ ในบางวัฒนธรรมใช้น้ำมะพร้าว น้ำอ้อย หรือตาล เป็นวัตถุดิบ ในระยะแรก ปริมาณน้ำตาลที่สูงและสภาพกรดที่มีในผลไม้จะเอื้อต่อการเจริญของยีสต์ ซึ่งจะเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นเอทานอล

Acetic Acid Bacteria (AAB)

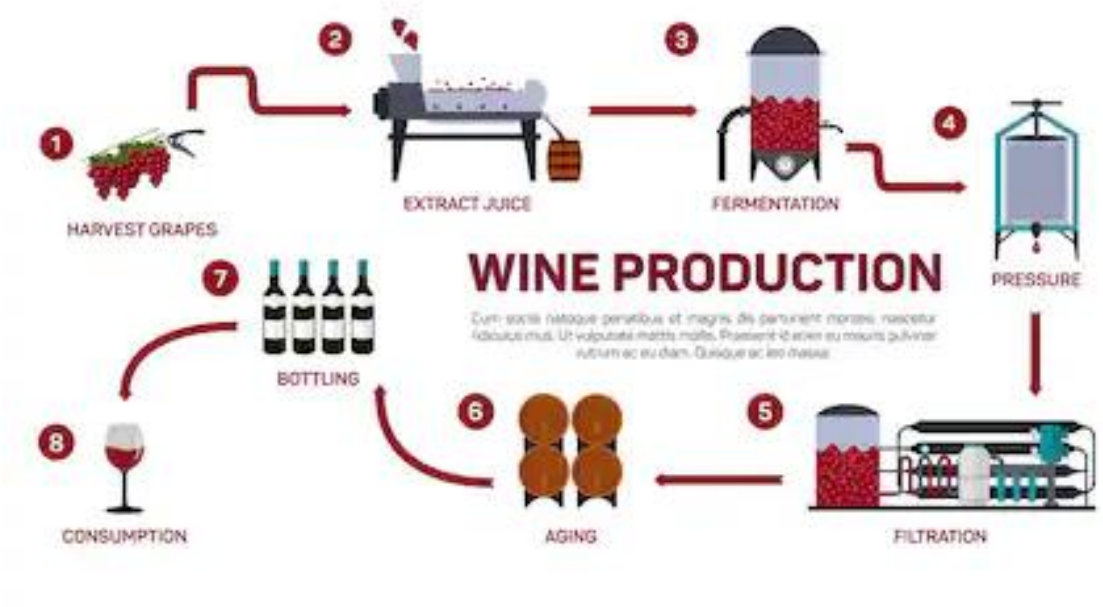
- Vinegar production



http://image.slidesharecdn.com/77bd61ee-8559-403a-8802-e844a5f06c5b-151025172418-lva1-app6891/95/proposal-ppt-viduranga-edited-3-638.jpg?cb=1445793923

- Cocoa production
- Detrimental way – spoiling the foods & beverages

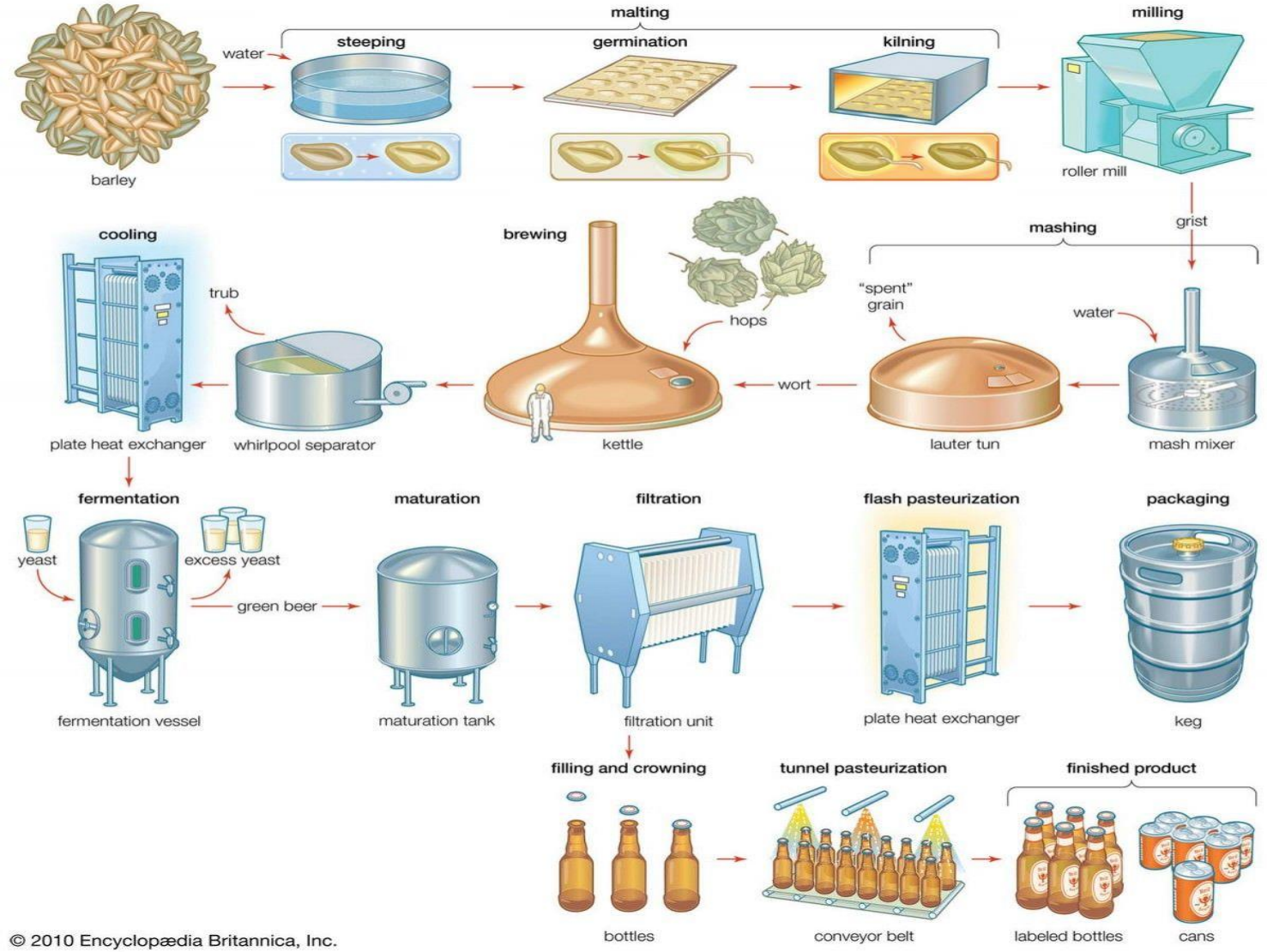
- เครื่องแอลกอฮอล์
- - ไวน์ **(wine)**
- ไวน์เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ทำจากน้ำผลไม้ โดยทั่วไปเป็นองุ่น แต่ก็สามารถทำจากผลไม้อื่น ๆ ได้แทบทุกชนิด เดิมทีเดียวการหมักไวน์อาศัยเชื้อยีสต์ที่ติดมากับผลไม้ให้เกิดการหมักตามธรรมชาติ ซึ่งจะหมักน้ำตาลกลูโคสและฟรักโทสที่มีอยู่ในน้ำผลไม้ได้เป็นแอลกอฮอล์ แต่ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการใช้เชื้อยีสต์บริสุทธิ์ในการหมัก เพื่อควบคุมการหมักให้มีความคงที่มากขึ้น ในกระบวนการหมักที่มีการเติมเชื้อตั้งต้นนั้น จะมีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อฆ่าเชื้อยีสต์และแบคทีเรียที่ติดมาในน้ำผลไม้ก่อน แล้วจึงเติมเชื้อลงไป โดยอาจมีการเติมน้ำตาลเพื่อเร่งกระบวนการหมักให้เกิดเร็วขึ้นด้วย ยีสต์ที่ใช้เป็นเชื้อตั้งต้นในการหมักไวน์คือ ***Saccharomyces cerevisiae*** สายพันธุ์ที่สามารถทนสภาพกรดของน้ำผลไม้ได้ (ค่าความเป็นกรด – ด่าง 3 – 4) นอกจากนั้นยังต้องสามารถทนต่อแอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูง ๆ (ไวน์ทั่วไปมีแอลกอฮอล์อยู่ระหว่าง 11 – 17%) รวมถึงซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เติมเข้าไปเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหมักได้



- เบียร์ **(beer)**
- เบียร์เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่หมักโดยเชื้อยีสต์ โดยมีวัตถุดิบคือข้าวบาร์เลย์ที่งอกบางส่วน (เรียกว่า ข้าวมอลต์, **malted barley)** ข้าวมอลต์จะมีเอนไซม์ที่ย่อยแป้งอยู่สูง ซึ่งจะทำให้มีน้ำตาลสำหรับการหมักมากกว่าข้าวบาร์เลย์หรือธัญพืชที่ยังไม่งอก ข้าวมอลต์นี้จะถูกนำมาบดและผสมกับน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 65^0 ซ (อุณหภูมิที่สตาร์ชของข้าวมอลต์บาร์เลย์เกิดเจลาติไนส์) เรียกส่วนผสมนี้ว่า แมช **(mash)** เอนไซม์จากข้าวมอลต์และย่อยแป้ง หลังจากที่ตั้งทิ้งไว้จะเกิดการแยกของน้ำออกจากเมล็ดข้าว เรียกของเหลวที่แยกออกมาว่า เวิร์ต **(wort)** ซึ่งจะมีน้ำตาลมอลโทสและกลูโคสรวมทั้งโปรตีน พอลิเพปไทด์ และกรดอะมิโนละลายอยู่ จากนั้นจะมีการเติมดอกฮอปส์ **(hops)** ลงไปฮอปส์ให้รสขมแก่เบียร์ และยังมีบทบาทในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหมักด้วย ของเหลวที่ได้จะถูกนำไปต้มให้ความร้อนเพื่อทำลายกิจกรรมของเอนไซม์และทำให้โปรตีนตกตะกอน

© Can Stock Photo - csp29644807

- ก่อนที่จะเติมเชื้อยีสต์ลงไป ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลที่มีอยู่เป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งสารอื่น ๆ เช่น เอมิลแอลกอฮอล์ กรดแอซีติก กรดบิวทิริก สารเหล่านี้ล้วนมีผลในการเพิ่มกลิ่นรสให้กับเบียร์ เมื่อสิ้นสุดการหมักแล้วยีสต์จะถูกแยกออก เบียร์ที่ได้จะผ่านการกรองก่อนที่จะผ่านการพาสเจอไรส์ และบรรจุขวด ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเบียร์อยู่ที่ระดับประมาณ 6%



- อุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ในปัจจุบันมักใช้เชื้อบริสุทธิ์ที่ได้รับการคัดเลือกหรือปรับปรุงพันธุ์เชื้อหลักที่ใช้ในการผลิตเบียร์ชนิดเอล คือ ***Saccharomyces cerevisiae*** ซึ่งมีประสิทธิภาพการหมักดีที่อุณหภูมิประมาณ 16 – 21^0 ซ มีอัตราการหมักเร็วและสามารถผลิตแอลกอฮอล์ในปริมาณมาก เชื้อนี้เจริญบนผิวของเหลวในระหว่างการหมัก **(top – fermenting yeast)** ส่วนเชื้อหลักที่ใช้ในการผลิตเบียร์ชนิดลาเกอร์คือ ***Saccharomyces pastorianus (Saccharomyces uvarum, Saccharomyces carlsbergensis)*** และเชื้อนี้จะเกาะกันเป็นก้อนและตกตะกอนที่ก้นถังหมัก **(bottom – fermenting yeast)** ในบางบริเวณของยุโรปใช้เชื้อยีสต์ ***Torulaspora delbreuckii*** หรือ ***Brettanomyces*** ในการผลิตเบียร์ชนิดของเชื้อยีสต์ที่ใช้ในการหมัก รวมทั้งปัจจัยอื่น ๆ ในกระบวนการหมักล้วนมีผลต่อกลิ่นรสและลักษณะของเบียร์

- **เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ผ่านการกลั่น (spirits)**
- เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ผ่านการกลั่น **(spirits)** มีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันในวัฒนธรรมต่าง ๆ และใช้วัตถุดิบที่แตกต่างกันด้วย เช่น ในกระบวนการผลิตวิสกี้ของชาวสกอตใช้ขาวมอลต์จากบาร์เลย์ ในการผลิตยิน **(gin)** ใช้ข้าวไรย์ **(rye)** ในการผลิตบรั่นดีใช้ไวน์หรือน้ำผลไม้ ในการผลิตวอตก้าใช้มันฝรั่งหรือข้าวชนิดอื่น และในการผลิตรัม **(rum)** ใช้กากน้ำตาล **(molasses)** โดยทั่วไปวิธีการผลิตเครื่องดื่มลักษณะนี้จะผ่านการกลั่นหลังจากสิ้นสุดกระบวนการหมัก กระบวนการหมักแอลกอฮอล์เกิดขึ้นโดยยีสต์ (โดยทั่วไปเป็น ***Saccharomyces cerevisiae)*** การกลั่นจะช่วยแยกแอลกอฮอล์และสารระเหยที่ให้กลิ่นต่าง ๆ ออกจากของแข็งและสารที่ไม่ระเหย ด้วยเหตุที่ผ่านการกลั่น ทำให้เครื่องดื่มลักษณะนี้มีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์สูง โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 40 – 50%

Raw material

-a high content of natural sugars (fruits, fruit or plant juices)

-a high content of carbohydrates and starch (barley, corn, rye, potatoes, wheat)

↓

Preparation of mash
(crushing, pressing, milling, mashing)

↓

Fermentation

↓

Distillation
(pot stills or columns)

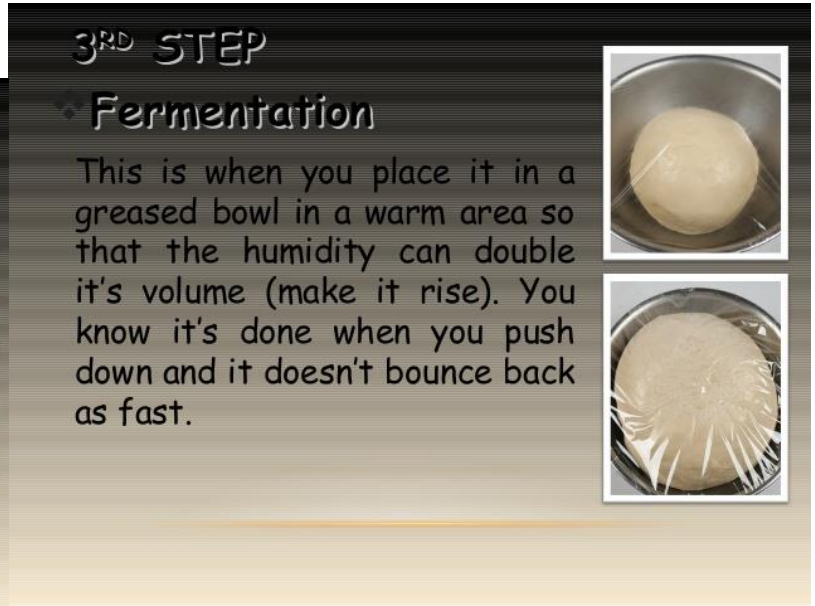
↓

Maturation
(aging, blending)

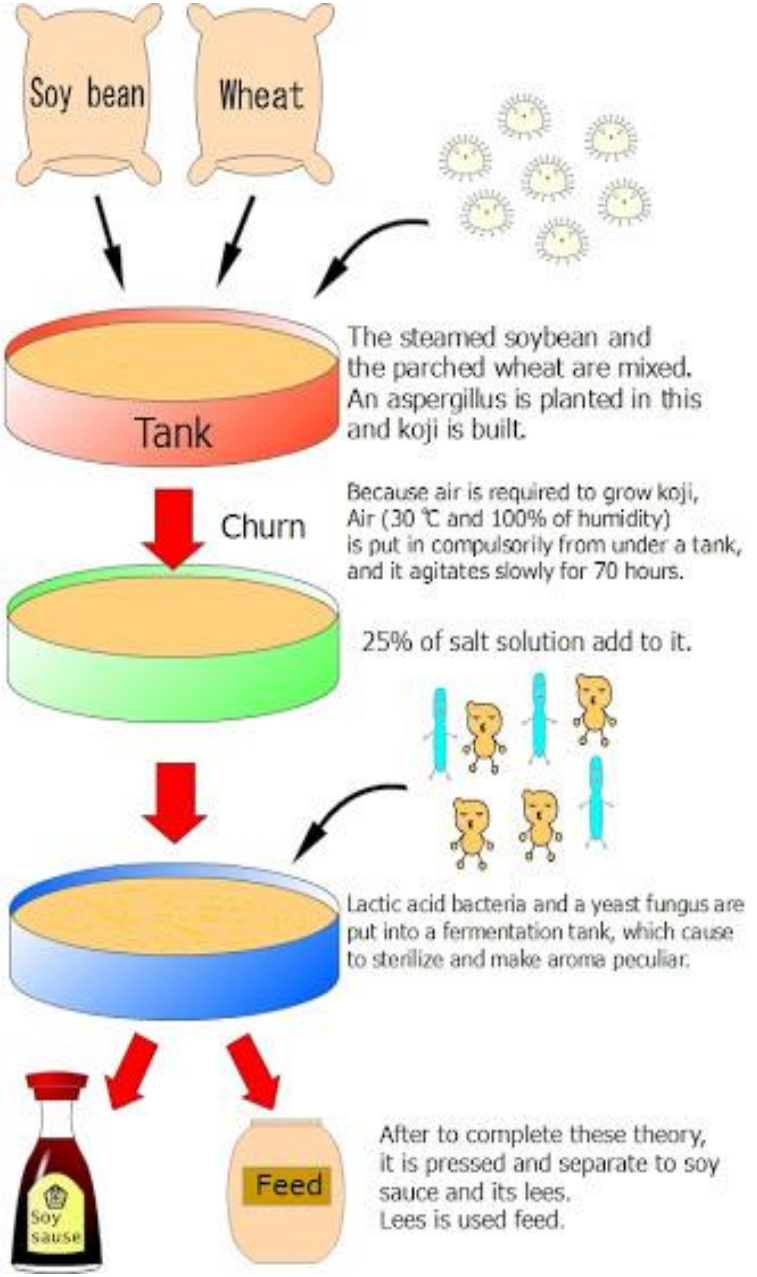
↓

Bottling and packing

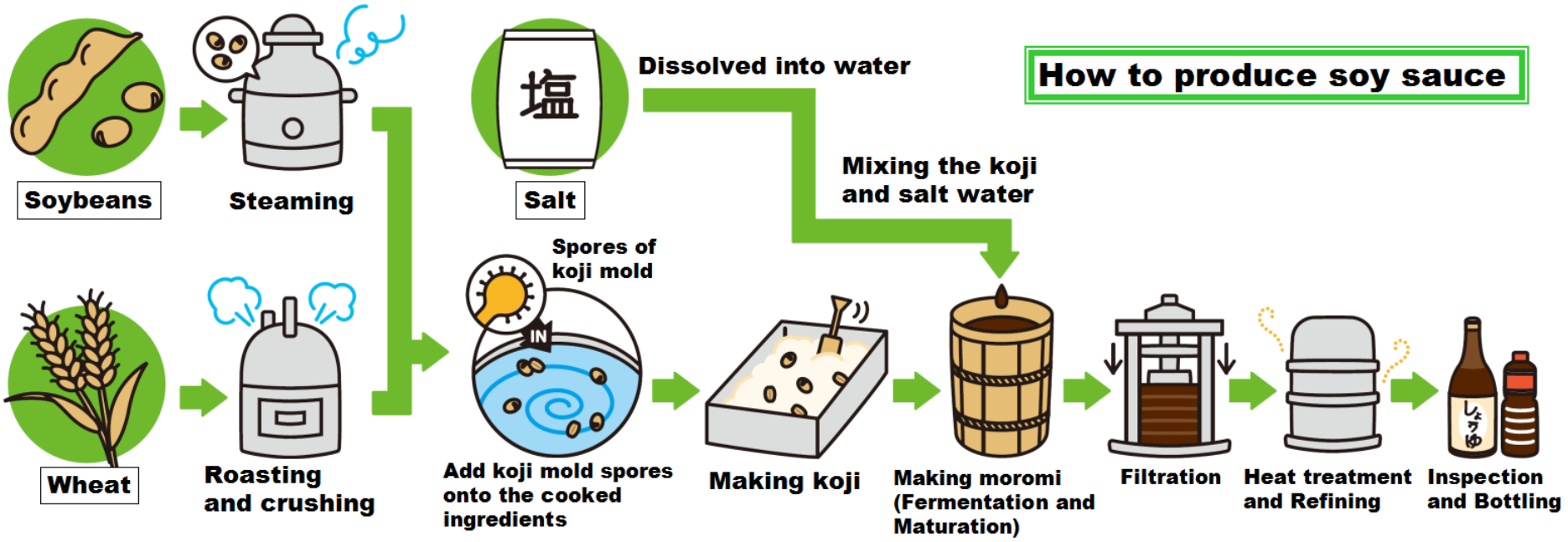
- ขนมปัง
- ขนมปังและขนมอบที่ผลิตโดยอาศัยยีสต์นั้นมีการผสมยีสต์ลงไปในโด **(dough)** ซึ่งคือก้อนของส่วนผสมของขนมปัง ได้แก่ แป้ง น้ำ น้ำตาล เกลือ หรือส่วนประกอบอื่น ๆ บางครั้งถูกเรียกว่าเบเกอร์ยีสต์ **(baker yeast)** นั้นคือ ***Saccharomyces cerevisiae*** ในขั้นแรก ยีสต์จะถูกผสมในโดโดยการนวด ยีสต์จะใช้คาร์โบไฮเดรต ซึ่งได้แก่น้ำตาลกลูโคสและมอลโทสที่ถูกเปลี่ยนมาจากสตาร์ชในแป้งโดยกิจกรรมของเอนไซม์ และซูโครสปริมาณเล็กน้อยที่เติมลงไปในส่วนผสมของขนมปังบางสูตร โดยยีสต์จะย่อยน้ำตาลเหล่านี้เป็นกลูโคสและนำเข้าสู่เซลล์ไปใช้ในการหมัก ให้ผลลัพธ์เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้โดฟูขึ้นหรือเพื่อปริมาตรขึ้น การนวดโดอย่างต่อเนื่องยังช่วยให้เกิดการกระจายของโพรงอากาศเล็ก ๆ ทั่วเนื้อโด ซึ่งโพรงอากาศนี้จะขยายขึ้นเมื่อโดถูกปล่อยให้ขึ้นฟู หลังจากปล่อยให้ขึ้นฟูแล้ว โดจะถูกแบ่งตามปริมาณที่ต้องการอบ เตรียมเป็นรูปแบบที่ต้องการ และปล่อยให้ขึ้นฟูอีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่ถูกนำไปอบ แม้ว่าเซลล์ยีสต์จะตายไป และแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจะไม่เหลืออยู่ในเนื้อขนมปังหลังจากการอบ แต่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้นและความสามารถในการตรึงก๊าซไว้ในเนื้อของโดรวมทั้งสารอื่น ๆ ที่เป็นผลลัพธ์รองของกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ เช่น กรดหรือเอสเทอร์ชนิดต่าง ๆ มีผลอย่างมากต่อคุณภาพและกลิ่นรสของขนมปัง



- ซีอิ๊ว ซีอิ๊วเป็นผลิตภัณฑ์หมักที่มีต้นกำเนิดทางซีกโลกตะวันออก โดยเฉพาะในญี่ปุ่นและจีน การผลิตซีอิ๊วมีขั้นตอนการหมักที่สำคัญ 2 ขั้นตอน โดยจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนหนึ่งของการหมักคือเชื้อรา และอีกขั้นตอนหนึ่งเป็นแบคทีเรียและยีสต์ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตซีอิ๊วอาจเป็นถั่วเหลืองหรือข้าวสาลี ในบางกรณีอาจใช้ข้าว หรือข้าวบาร์เลย์ร่วมด้วย ในการหมัก เมล็ดธัญพืชจะถูกนำไปแช่น้ำและนำไปนึ่งให้สุก ก่อนที่จะเติมสปอร์ของเชื้อรา ***Aspergillus oryzae*** หรือ ***Aspergillus sojae*** ลงไป (ในกรณีนี้ถือเป็นการหมักบนวัตถุดิบที่เป็นของแข็ง; **solid substrate fermentation)** ส่วนผสมวัตถุดิบกับเชื้อราในขั้นตอนที่เรียกว่า “โคจิ” **(koji)** การนึ่งเป็นการทำลายเชื้ออื่น ๆ ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการหมักที่ติดมากับวัตถุดิบ และยังช่วยให้มีความชื้นซึ่งช่วยให้เชื้อราเจริญได้ดี รวมทั้งทำให้มีโปรตีนที่เสียสภาพ และแป้งที่ละลายน้ำได้มากขึ้น ซึ่งเชื้อราสามารถนำไปใช้ได้ง่ายขึ้น หลังจากเติมเชื้อราแล้ว ส่วนผสมจะถูกบ่มไว้ที่ 25 – 30^0 ซ เป็นเวลา 2 – 3 วัน ในสภาพบรรยากาศที่มีออกซิเจน (มักใช้ถังหรือถาดที่ตื้น) และในสภาพควบคุมความชื้น สภาพดังกล่าวจำเป็นต่อการเจริญของเชื้อรา เชื้อราจะย่อยแป้งและโปรตีนในวัตถุดิบ จากนั้นจะมีการเติมน้ำเกลือลงในโคจิ ได้เป็น “โมโรมิ” **(moromi)**



- และนำไปหมักในขั้นตอนที่ 2 ในถังที่มีความลึกอันจะก่อให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจน ในถังนี้เอนไซม์จากเชื้อราที่อยู่ในโคจิจะย่อยแป้งและโปรตีนที่เหลืออยู่ต่อ น้ำตาลและกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นอันเป็นผลลัพธ์จากการย่อยของเชื้อราจะถูกใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับการหมักโดยเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติก เช่น ***Pediococcus soyae*** และยีสต์ เช่น ***Saccharomyces rouxii*** และ ***Torulopsis*** **spp.** ได้ผลลัพธ์จากการหมักเป็นกรดแลกติกและแอลกอฮอล์ รวมทั้งสารประกอบอื่น ๆ ที่มีผลต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักในขั้นตอนนี้ ส่วนของเหลวจะถูกแยกออกจากกาก ได้เป็นซีอิ๊ว ซึ่งจะถูกนำไปพาสเจอไรส์และบรรจุต่อไป **(Black,** 2002)
-



- เทมเป้
- เทมเป้ เป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองหมักด้วยเชื้อรา มีต้นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะในประเทศอินโดนีเซีย เทมเป้จัดเป็นอาหารหมักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมีโปรตีนสูงถึง 40% โดยน้ำหนัก มีวิตามิน B12 สูง (Garbutt, 1997)
- การหมักที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเทมเป้แบ่งเป็น 2 ระยะ ระยะแรก การหมักเกิดขึ้นขณะที่แช่ถั่วเหลืองในน้ำที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 – 37^0 ซ) เป็นเวลาประมาณ 5 ชั่วโมง หรือข้ามคืน โดยเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกซึ่งติดมากับถั่วเหลือง (หลังจากแช่น้ำแล้ว เปลือกบาง ๆ ที่หุ้มเมล็ดถั่วจะถูกแยกออก ปัจจุบันอาจใช้ถั่วเหลืองที่แยกเปลือกออกแล้วเป็นวัตถุดิบในการผลิต) การแยกเปลือกหุ้มนี้จะช่วยให้เชื้อราสามารถแทรกเข้าไปในเนื้อของถั่วได้ และสภาพที่เป็นกรดที่เกิดขึ้นช่วยให้เชื้อราเจริญได้ดีและชะลอการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ด้วย

- จากนั้นจึงนำถั่วเหลืองไปต้ม ซึ่งจะช่วยให้เชื้อปนเปื้อนอื่น ๆ ลดลงไปบางส่วน และยังช่วยกำจัดสารยับยั้งที่อาจมีในถั่วซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อราในขั้นต่อไปด้วย หลังจากนั้นจึงเติมเชื้อรา ***Rhizopus oligosporus*** ลงไป ซึ่งจะเกิดการหมักระยะที่ 2 หากเป็นการผลิตแบบดั้งเดิมจะใช้เทมเป้ที่หมักได้ที่แล้วคลุกลงไป แต่หากเป็นการผลิตที่มีการเติมเชื้อตั้งต้น จะเติมเชื้อในรูปสารแขวนลอยของสปอร์ของเชื้อรา ถั่วที่คลุกด้วยเชื้อราแล้วจะถูกนำไปอัดให้เป็นก้อนแบน ๆ และบรรจุในภาชนะที่ใช้หมัก การหมักในขั้นนี้ใช้เวลา 1 – 2 วัน ที่อุณหภูมิ 30 – 38^{0} ซ เชื้อราจะเจริญคลุมก้อนถั่ว และเส้นใยของราจะเชื่อมเล็กถั่วให้ติดกัน จึงจะได้เป็นเทมเป้ การรับประทานเทมเป้ทำโดยนำไปทอดหรือนำมาใส่ในซุปแทนเนื้อสัตว์ได้

Tempeh Production

Soybeans

Clean and wash

Soak overnight

Dehull

Boil for 30 min

Drain and Cool

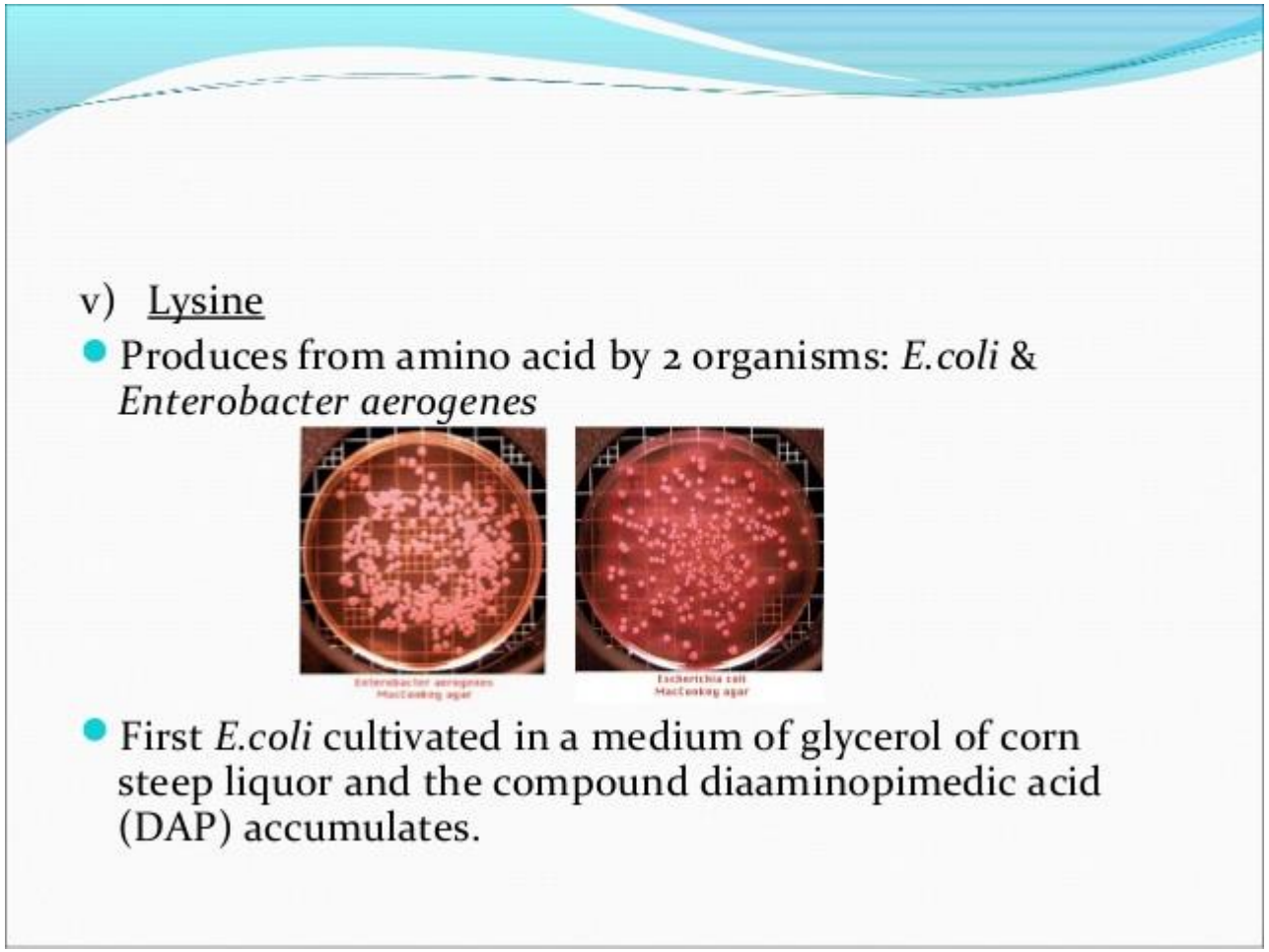
Inoculate with spores of *R. oligosporus* or old tempeh

Lightly pack in banana leaves or perforated plastic bag

C

- สารอาหารที่ใช้เสริมคุณค่าทางโภชนาการในอาหาร
- การเสริมสารอาหารเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในอาหาร มีแนวคิดมาจากการตระหนักถึงความจำกัดของผู้บริโภคบางกลุ่มในการได้รับสารอาหารอย่างครบถ้วนและเพียงพอ สารอาหารที่มีการใช้เพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ได้แก่ กรดไขมัน กรดอะมิโน วิตามิน

- - กรดไขมัน
- กรดไขมันที่ใช้เสริมในอาหารซึ่งผลิตจากจุลินทรีย์ ได้แก่ กรดลิโนเลนิก **acid)** ซึ่งผลิตได้โดยเชื้อรา ***Mortierella isabellina*** หรือเชื้อรา ***Thamnidium elegans***
- - กรดอะมิโน
- กรดอะมิโนที่ใช้เสริมในอาหารส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโนจำเป็น **(essential amino acid)** ซึ่งร่างกายสังเคราะห์ไม่ได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น กรดอะมิโนที่มีการผลิตจากจุลินทรีย์ ได้แก่ ไลซีน **(lysine),** กรดกลูทามิก **(glutamic acid),** กรดแอสพาร์ติก **(aspartic acid) (Moses and Moses,** 1995) ตัวอย่างแบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตกรดอะมิโนในระดับอุตสาหกรรม เช่น ***Corynebacterium glutamicum, Brevibacterium flavum***



- - วิตามิน
- วิตามินที่ใช้เสริมในอาหารนั้น ส่วนหนึ่งได้จากการสกัดจากพืช หรือการสังเคราะห์ขึ้นในห้องปฏิบัติการ แต่มีวิตามินที่ผลิตได้จากจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจากยีสต์ ซึ่งมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ วิตามิน **B12,** วิตามิน **B2** หรือไรโบฟลาวิน **(riboflavin),** วิตามิน **C** หรือกรดแอสคอร์บิก **(acorbic acid)** และแคโรทีนอยด์ **(carotenoids)**
- สารที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหารเพื่อปรับปรุงกลิ่นรส เนื้อสัมผัส หรือลักษณะปรากฏ
- การผลิตอาหารในระดับอุตสาหกรรมโดยมากมักมีการเติมวัตถุเจือปนในอาหารเพื่อปรับปรุงเพื่อรส เนื้อสัมผัส หรือลักษณะปรากฏ เช่น สี ซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากสารสังเคราะห์ ปัจจุบัน แนวโน้มของการบริโภคซึ่งได้หันมานิยมอาหารที่มีส่วนประกอบจากธรรมชาติมากขึ้น ทำให้การใช้วัตถุเจือปนอาหารที่ผลิตจากจุลินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

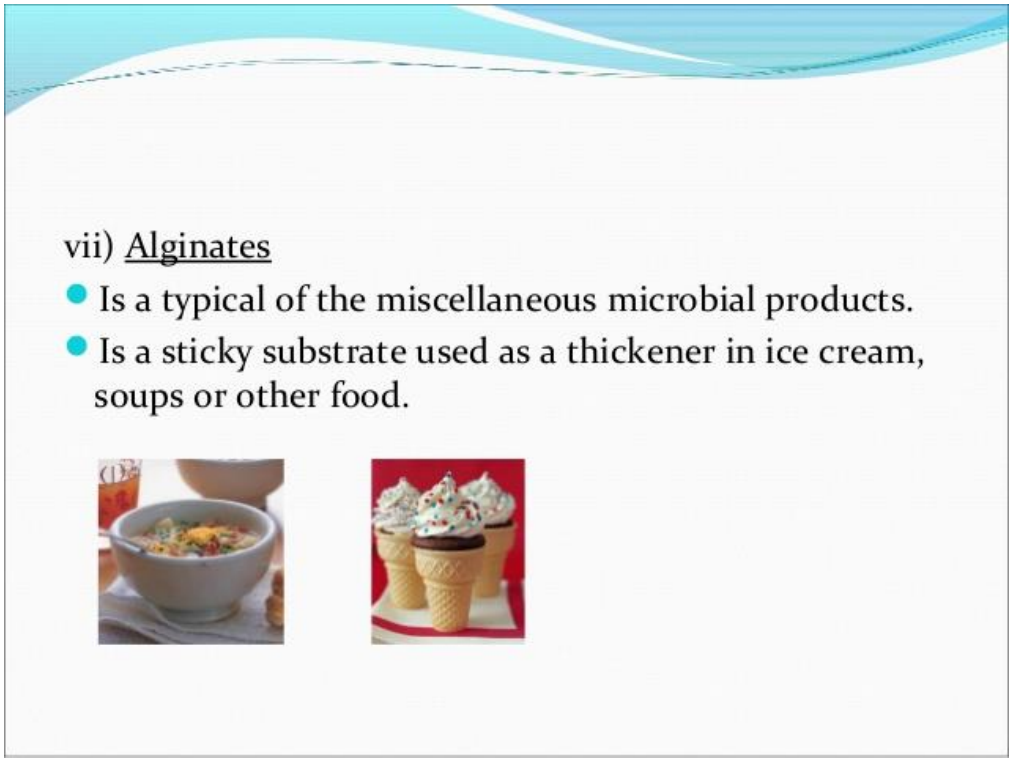
ii) Cyanocobalamin (Vitamin B12)

- Produced by *Pseudomonas, Propionibacterium, Streptomyces* grown in a cobalt-supplement medium.
- This vitamin used in bread, flour, cereal products and animal feeds.

Propionibacterium

- - สารให้กลิ่นรส
- ตัวอย่างของสารปรับกลิ่นที่มีการใช้ในอุตสาหกรรมอาหารซึ่งผลิตจากจุลินทรีย์ ได้แก่ ไดแอซีทิล **(diacetyl)** ให้กลิ่นเนย, กรดโพรพิโอนิก **(propionic acid)** ให้กลิ่นหอมมันคล้ายถั่ว, เทอร์เพน **(terpens)** ให้กลิ่นผลไม้, กลิ่นวานิลลา (ได้จากจุลินทรีย์ที่ได้รับการดัดแปลงพันธุกรรม) **(Ray,** 1996) สารให้กลิ่นรสบางชนิดในผลิตภัณฑ์อาหารหมัก เช่น แอซีทัลดีไฮด์ **(acetaldehyde)** ซึ่งให้กลิ่นรสในโยเกิร์ตนั้น ได้เป็นผลพลอยได้จากเชื้อตั้งต้นที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตอยู่แล้ว นอกจากนั้นยังมีสารสกัดจากยีสต์ **(yeast extract)** ซึ่งมีกลิ่นรสเฉพาะ ใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องปรุงรส
- - สารให้ความหวาน
- สารให้ความหวานหลายชนิดสามารถผลิตโดยใช้จุลินทรีย์ได้ โดยอาจใช้วัตถุดิบต่าง ๆ กันในการผลิต ปัจจุบันมีสารให้ความหวานหลายชนิดที่ผลิตโดยใช้จุลินทรีย์ที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ น้ำเชื่อมกลูโคส น้ำเชื่อมมอลโทส น้ำเชื่อมฟรักโทสเข้มข้น และสารให้ความหวานที่ใช้แทนน้ำตาลซึ่งมีความหวานมากกว่าน้ำตาลแต่ให้พลังงานต่ำ เช่นที่รู้จักในชื่อทางการค้าว่าแอสพาร์เทม **(aspartame)** และซูคราโลส **(sucralose)** ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มักผลิตจากการใช้เอนไซม์ซึ่งมีแหล่งที่มาจากจุลินทรีย์ ส่วนผลิตภัณฑ์ให้ความหวานที่ผลิตโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์โดยตรง ได้แก่ ไซลิทอล **(xylitol)** ผลิตโดยแบคทีเรีย ***mycobacterium smegmatis*** จากน้ำตาลไซโลส **(D – xylose)** น้ำตาลไซลิทอลมีความหวานและละลายน้ำได้เหมือนน้ำตาล แต่ให้พลังงานน้อยกว่า ใช้ในการผลิตหมากฝรั่ง ลูกอม ลูกกวาด ขนมปัง และผลิตภัณฑ์

- - สารปรับเนื้อสัมผัส
- วัตถุเจือปนอาหารอีกประเภทหนึ่งที่ใช้มากในการผลิตอาหารคือ สารปรับเนื้อสัมผัส หรือสารเพิ่มความคงตัว สารประกอบพวกพอลิแซ็กคาไรด์ที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นถูกนำมาใช้เพื่อจุดประสงค์เหล่านี้บ้าง เช่น เดกซ์แทรน **(dextran)** จาก ***Leuconostoc mesenteroides*** ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวในไอศกรีมหรือกัมแซนแทน **(xanthan gum)** จาก ***Xanthomonas campestris*** ใช้ช่วยปรับความหนืด ใช้เป็นตัวรักษาสภาพอิมัลชัน
- - สี
- แบคทีเรีย ยีสต์ และราหลายชนิดสร้างสารสี **(pigment)** ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ที่จะสกัดสารสีจากจุลินทรีย์เพื่อนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร สารสีจากจุลินทรีย์ที่จะนำมาใช้ต้องผ่านการพิสูจน์ว่าปลอดภัยที่จะใช้กับอาหารได้ และต้องได้รับการอนุญาตให้ใช้ตามกฎหมายของแต่ละประเทศ ตัวอย่างสารสีจากจุลินทรีย์ที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรม ได้แก่ บีตา – แคโรทีน สีส้มอมเหลือง สร้างได้จากเชื้อรา ***Blakeslea trispora,*** แองคาเฟลวิน **(ankaflavin)** สีเหลือง และโมนาสคอรูบรามิน **(monascorubramin)** สีแดง จากเชื้อรา ***Monascus*** **sp.** (เชื้อรา ***Monascus*** ใช้ผลิตข้าวหมักด้วยเชื้อราแดงในวัฒนธรรมจีนและญี่ปุ่น ใช้เป็นส่วนผสมซึ่งช่วยเพิ่มสีในอาหารหลายชนิด), แอนทราควิโนน **(anthraquinone)** สีแดง จากเชื้อรา ***Penicillium oxalicum,***



- - กรดอินทรีย์
- การใช้กรดในการถนอมอาหารนั้นได้มีการปฏิบัติกันมาเป็นเวลานานในวัฒนธรรมต่าง ๆ เช่น การดองผักในน้ำส้มสายชู การผลิตเนยแข็ง นมเปรี้ยว ครีมเปรี้ยว โยเกิร์ต ปัจจุบัน หลักการนี้ถูกนำมาใช้กับอาหารที่ไม่ใช่อาหารหมักจากจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น น้ำผลไม้ ผลไม้กระป๋อง โดยอาศัยการเติมกรดลงในอาหารโดยตรง นอกจากการใช้เติมลงในอาหารเพื่อเป็นวัตถุกันเสียแล้ว กรดบางชนิดยังถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในขั้นตอนการผลิต เช่น การใช้กรดเพื่อลดเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนในวัตถุดิบปัจจุบัน กรดอินทรีย์หลายชนิดผลิตได้ในระดับอุตสาหกรรมจากจุลินทรีย์ เช่น กรดแอซีติก ซึ่งอาจใช้ในรูปของน้ำส้มสายชู ผลิตโดยแบคทีเรียกรดแอซีติก ***Acetobacter*** ใช้ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ รวมทั้งยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ผัก – ผลไม้ ส่วนกรดโพรพิโอนิก ซึ่งผลิตได้จากเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดโพรพิโอนิก เช่น ***Propionibacterium*** **spp.** ใช้ยับยั้งการเจริญของเชื้อยีสต์ รา และลดจำนวนแบคทีเรียได้ เช่น ใช้ในเยแข็งและขนมอบเพื่อควบคุมไม่ให้มีการเจริญของเชื้อราใช้ในน้ำหวานและซอสจากผลไม้บางชนิดเพื่อควบคุมการเจริญของแบคทีเรีย นอกจากนั้นยังมีกรดซิทริก **(citric acid)** ผลิตโดยเชื้อรา ***Aspergillus niger*** ใช้มากในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ผัก – ผลไม้กระป๋อง ผัก – ผลไม้อบแห้ง

iv) Glutanic acid

- Produced from ammo acid by certain species of Micrococcus, Arthrobacter and Brevibacterium.
- Is used in food supplement for human and animals, and its sodium salt (monosodium glutamate) is utilized in food preparation.

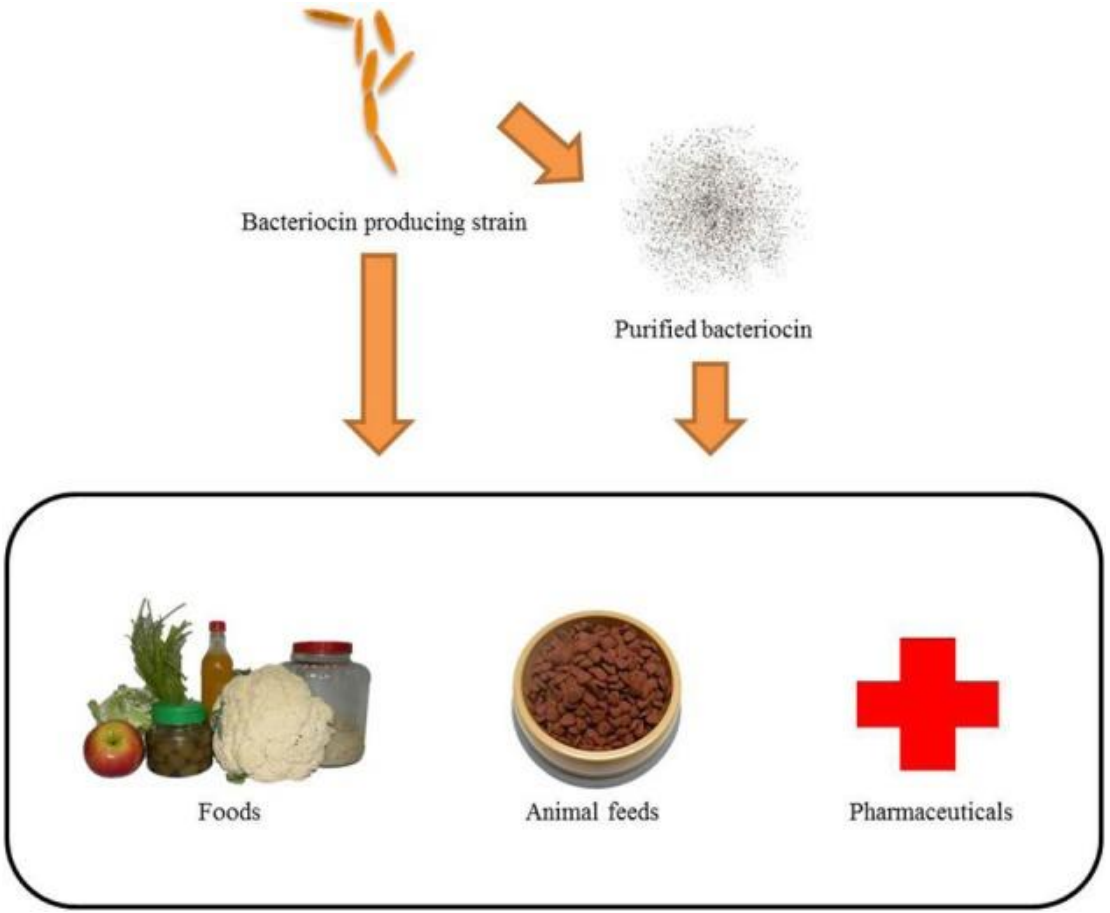
Brevibacterium

ii) Lactic acid

- A compound employed to preserve foods, finish fabrics
- Lactic acid is commonly produced by bacterial activity on the whey portion of milk.
- Microorganism involved in this organic compound: *Lactobulgaricus*

- - ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์
- แบคทีเรียกรดแลกติกบางสายพันธุ์ ปล่อยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ออกมาในความเข้มข้นที่สูง (6 – 8 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) พอที่จะยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียชนิดอื่น รวมทั้งยีสต์ รา และไวรัส ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ใช้เติมลงไปในนมดิบที่ยังไม่ได้พาสเจอไรส์ เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและก่อให้เกิดโรค

- - แบคทีริโอซิน **(bacteriocins)**
- แบคทีริโอซินเป็นสารประเภทพอลิเพปไทด์หรือเพปไทด์ที่ผลิตจากแบคทีเรียบางชนิด ซึ่งมีผลยับยั้งแบคทีเรียชนิดอื่น เนื่องจากเป็นสารที่มีมาจากธรรมชาติและไม่มีการนำมาใช้เพื่อรักษาโรค จึงจัดว่ามีความปลอดภัยที่จะใช้ในอาหารได้ เชื้อที่สร้างแบคทีริโอซินได้มีเพียงไม่กี่สายพันธุ์เท่านั้น ตัวอย่างแบคทีริโอซินที่ถูกนำมาใช้ในอาหาร ได้แก่ ไนซิน **(nisin)** ซึ่งผลิตโดยเชื้อ ***Lactococcus lactis*** บางสายพันธุ์ ไนซินถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้และน้ำผลไม้เข้มข้น เพื่อยับยั้งการเจริญของสปอร์ของแบคทีเรียที่เหลือรอดจากการฆ่าเชื้อและสามารถเจริญได้ในสภาพกรด บางกรณีมีการใช้เชื้อตั้งต้นที่ผลิตแบคทีริโอซินในการผลิตอาหารมักแทนการใช้แบคทีริโอซินในรูปสารสกัดบริสุทธิ์



- การผลิตจุลินทรีย์เพื่อใช้เป็นอาหาร
- นอกจากจะถูกนำไปใช้เพื่อผลิตอาหารหรือเพื่อสร้างสารที่ใช้ในการผลิตอาหารแล้ว จุลินทรีย์บางชนิดยังมีศักยภาพที่จะถูกนำมาใช้เป็นอาหารของมนุษย์โดยตรงได้อีกด้วย จุลินทรีย์เป็นแหล่งของโปรตีนและวิตามิน ดังนั้น จึงมีค่าเรียกจุลินทรีย์ที่นำมาใช้เป็นอาหารโดยตรงว่า โปรตีนเซลล์เดียว **(single cell protein; SPC)** การใช้โปรตีนเซลล์เดียวเป็นอาหารของมนุษย์จำเป็นต้องผ่านกระบวนการแยกกรดนิวคลิอิกออกไปก่อน เนื่องจากหากมีปริมาณกรดมากเกินไป (โดยเฉพาะกรดยูริก) จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ตัวอย่างจุลินทรีย์ที่มีการนำมาผลิตโปรตีนเซลล์เดียว ได้แก่ สาหร่ายเซลล์เดียว เช่น ***Chlorella,*** ไซยาโนแบคทีเรีย เช่น ***Spirulina*** และยีสต์ เช่น ***Candida utilis, Torulopsis, Saccharomyces***

The ET Process plant in Fresno, CA, owned by Cottonwood Creek Biosystems, takes in tankered grease and food processing wastes and generates single cell protein and dischargeable water.

Sample of the single cell protein biosolids after the drum dryer.

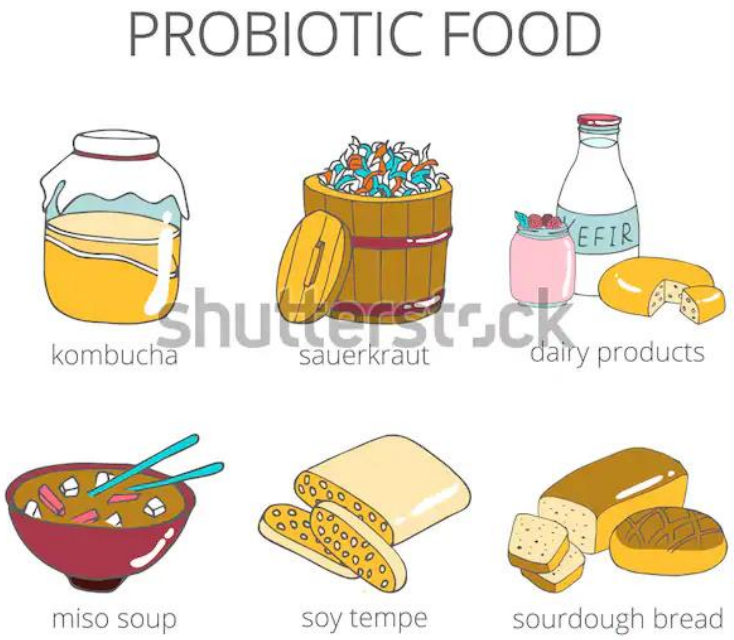
SINGLE CELL PROTEIN

Microbial produced protein, also named single-cell protein (SCP), was in focus and many different microbial sources were investigated.

SCP have several advantages, compared with conventional farming:

- Rapid succession of generations;
- Easily modifiable genetically;
- High protein content of 43-85%dry mass;
- Broad spectrum of original raw material used for the production, which also includes waste products;
- Production not depending on climate on determinable amount;

- การใช้จุลินทรีย์เพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพ
- จุลินทรีย์บางชนิดถูกค้นพบว่ามีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเฉพาะช่วยรักษาความสมดุลของลำไส้และป้องกันการติดเชื้อโรคในลำไส้ได้ นอกจากนั้นยังช่วยในการย่อยน้ำตาลแล็กโทส และยังมีผลงานวิจัยที่ชี้ว่าอาจช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือดและป้องกันมะเร็งในลำไส้ได้
- โดยปกติในลำไส้มนุษย์มีจุลินทรีย์ทั้งหมดประมาณ 500 สปีชีส์ แต่ประมาณ 95% ของประชากรจุลินทรีย์ทั้งหมดมาจาก 30 – 40 สปีชีส์ เชื้อที่พบมากในลำไส้เล็กได้แก่สปีชีส์ในแฟมิลี **Enterobacteriaceae** รวมทั้งสปีชีส์ในจีนัส ***Lactobacillus, Enterococcus, Bacteroides, Fusobacterium, Clostridium, Eubacterium*** และ ***Bifidobacterium*** **(Ray,** 1996)
- เชื้อจุลินทรีย์ที่ส่งผลดีต่อสุขภาพของลำไส้ โดยเฉพาะที่มีส่วนในการรักษาสภาพสมดุลด้านจุลินทรีย์ของลำไส้ เรียกว่า “โพรไบโอติก” **(probiotics)** การที่จะจัดจุลินทรีย์ชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นโพรไบโอติกได้นั้น จุลินทรีย์ชนิดนั้นต้องมีคุณสมบัติหลายประการ ที่สำคัญคือ



- (1) ต้องสามารถเกาะติดหรืออาศัย **(colonise)** อยู่ที่ผนังลำไส้ได้ ไม่เพียงผ่านลำไส้เท่านั้น การที่จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เหล่านี้เกาะติดอยู่กับผนังลำไส้ จะทำให้เชื้อโรคมีพื้นที่เกาะลำไส้ได้น้อยลงทำให้โอกาสเกิดการติดเชื้อในลำไส้มีน้อยลง
- (2) ต้องสามารถรอดชีวิตจากน้ำดี **(bile)** ที่ร่างกายหลั่งออกมาย่อยอาหารในลำไส้ได้
- (3) ต้องสามารถสร้างสารยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่น โดยเฉพาะเชื้อก่อโรค ที่ผ่านเข้ามายังลำไส้ได้ (โดยมากสารที่จัดว่ามีประโยชน์ในจุดประสงค์นี้มากที่สุดคือแบคทีริโอซิน)
- จุลินทรีย์ที่จัดเป็นโพรไบโอติกที่สำคัญ ได้แก่บางสายพันธุ์ของสปีชีส์เหล่านี้
- - ***Lactobacillus acidophilus***
- - ***Lactobacillus reuteri***
- - ***Lactobacillus casei***
- - ***Bifidobacterium bifidum***
- - ***Bifidobacterium longum***
- - ***Bifidobacterium adolescentis***
- - ***Bifidobacterium infantis***
- การนำจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกไปใช้เพื่อประโยชน์ต่อการบริโภค อาจทำได้ในรูปของการใส่ร่วมลงไปในอาหาร หรือเป็นอาหารเสริม แต่ส่วนมากมีการใช้จุลินทรีย์เหล่านี้ร่วมในการผลิตอาหารหมัก เช่น การใช้ ***Lactobacillus casei*** ในการผลิตนมเปรี้ยว การใช้ ***Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus casei, Bifidobacterium* spp.** ในการผลิตโยเกิร์ตหรือเนยแข็งผลิตภัณฑ์นมเพื่อสุขภาพบางชนิดยังใช้เชื้อ ***Lactobacillus acidophilus*** เติมลงไปในนมพาสเจอไรซ์โดยไม่ผ่านกระบวนการหมักด้วย

THE END