



改变生活的生物技术

美食中的生物技术：酿造技术

——转化的灵感



■数千年前生物技术就出现在人类生活中：

面包、奶酪、啤酒、酱油及其他食品的传统

生产工艺——基于发酵的传统生物技术（生物转化）



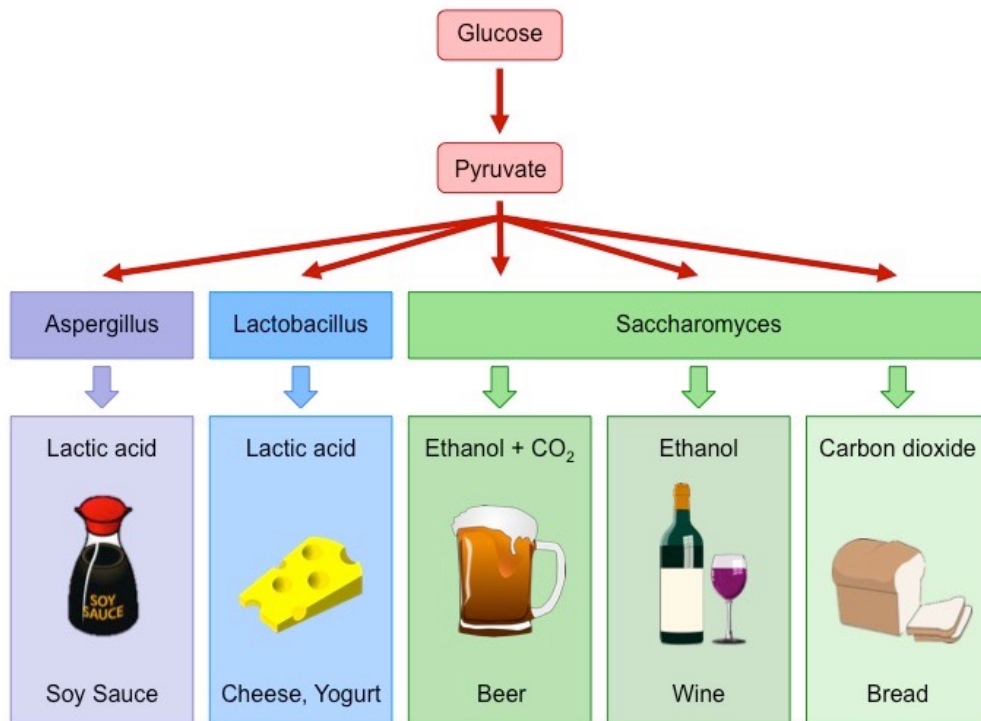
各种泡菜



啤酒发酵

- 美食中的生物技术-核心是“发酵” (Fermentation)
- 发酵的本质是微生物将原料中的分子进行转化，通常是将糖转化为酸、气或酒精，从而创造出具有独特风味和营养价值的产物。
- 在发酵过程中，微生物还会产生独特的代谢产物，例如有机酸和维生素等，增添了产物的风味和营养。

发酵



- 发酵食物中的幕后英雄是微生物。
- 最常见的微生物包括：
 - 酿酒酵母 (Saccharomyces)
 - 乳酸菌 (Lactobacillus)
 - 曲霉 (Aspergillus)。
- 微生物将原料中的糖转化为丙酮酸后，通过不同的途径，或者生成 CO₂，或者生成乙醇，或者产生乳酸，从而获得了不同风味的产物。

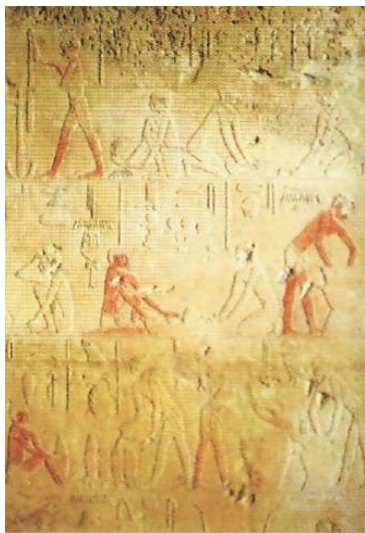


改变生活的生物技术

对酒当歌，人生几何 - 酿酒的奥秘



改变生活的生物技术：古老的酿造技术



古埃及人酿造啤酒
(4500年前)



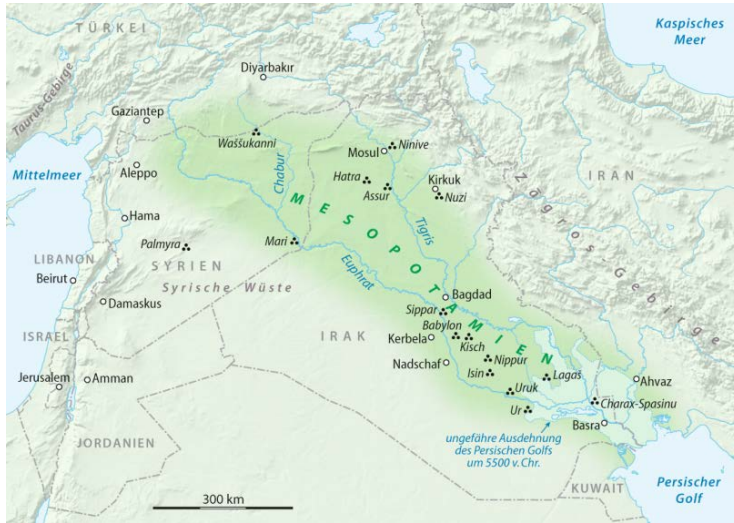
古希腊妇女制作面包
(6000年前)



中世纪的啤酒酿造

- 酿酒是人类最早掌握的发酵技术之一，也是最早的生物技术之一。
- 大约在公元前8000~6000年，幼发拉底河和底格里斯河两岸（两河流域，现伊拉克）的苏美尔人开始酿造啤酒。

酿酒技术的诞生



苏美尔人饮酒的石雕

两河流域（美索不达米亚）

- **苏美尔人**，浸泡大麦或二粒小麦，使其发芽，从而酿造初一种营养丰富、不易腐坏，并能使人兴奋的饮料—啤酒。

Beer: 啤酒, Bere: 大麦, 古撒克逊人文字



苏美尔人酿酒的方法

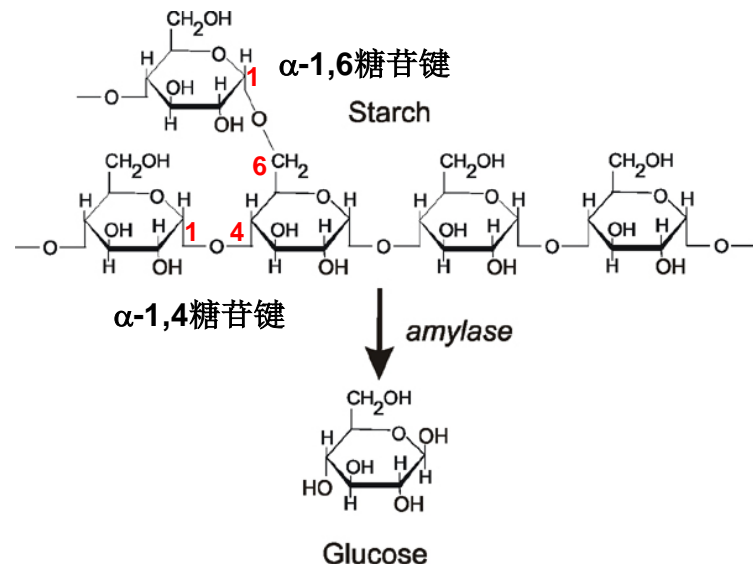
“宁卡斯，你做生面团……把生面团放到一个坑里，加入甜香料，用一把大铲子混合搅拌成为bappir。你把bappir放在大烤炉里烘烤。把去壳谷物整理成堆。你加水于‘被泥土覆盖’的**麦芽**（ $munu_4$ ）。你把**麦芽**（ sun_2 ）浸泡在一个罐子里……。你把这些已煮的**麦芽**（ $titab$ ）散开在大的芦苇席上，使其冷却。你“双手拿着”鲜麦芽汁（ $dida$ ），加入蜂蜜和发酵液进行酿造。……你把麦芽汁“放”进器皿——发酵缸。‘将它们通过（底部的漏口）过滤进（下面与其连接的）大储存缸（ $lahtan$ ）里’。你倒出储存缸里已过滤的啤酒……”

- 有关苏美尔啤酒的酿造技术，记载最详细的文献资料是古巴比伦时期的副本《宁卡斯赞美诗》《宁卡斯赞美诗》中记录了苏美尔人酿造啤酒的方法。
- 方法中多次提到酿酒的关键原料-麦芽。

啤酒背后的秘密： 酿造的关键之一：麦芽



麦芽



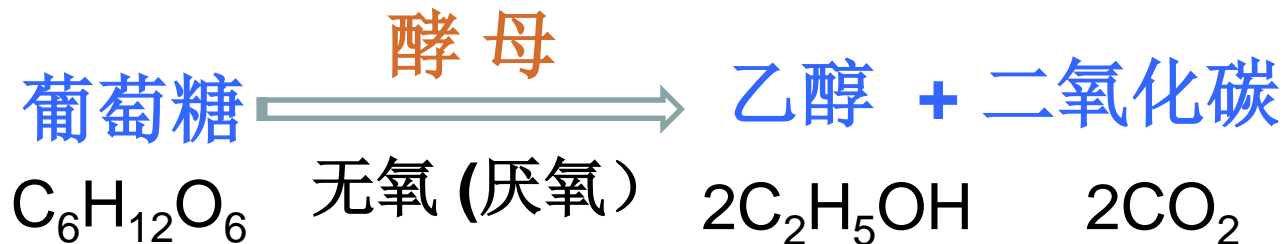
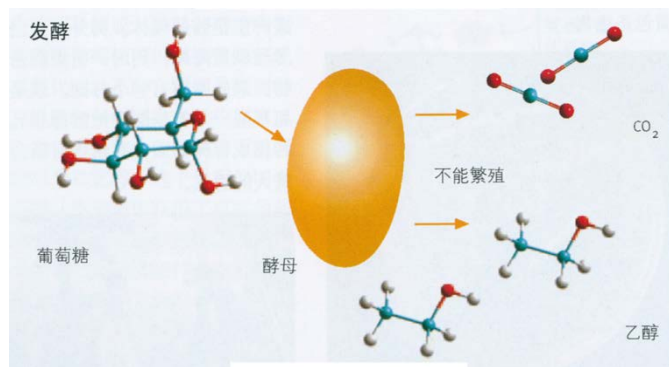
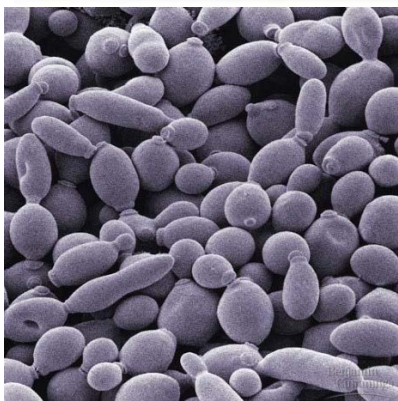
- 啤酒酿造的关键：麦芽和酵母
- 啤酒的原料是麦芽，麦芽是发芽的大麦。麦芽中含有淀粉酶，可以将淀粉转化为单糖（葡萄糖）和双糖（麦芽糖），为麦苗生长提供能量。
- 酿造中，热水与碾碎的麦芽混合，天然的淀粉酶对淀粉进行降解，称为“糊化”。



啤酒背后的秘密： 酿造关键之二：酵母



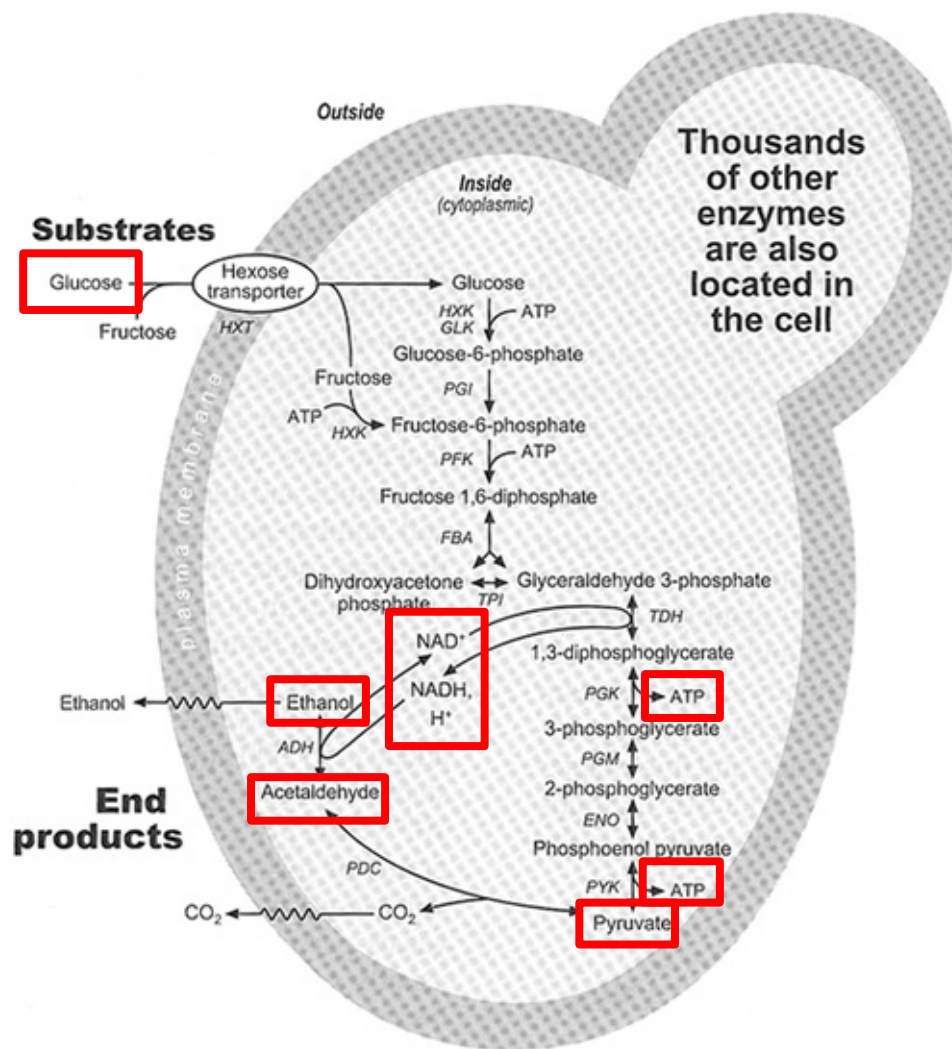
Beer Yeast



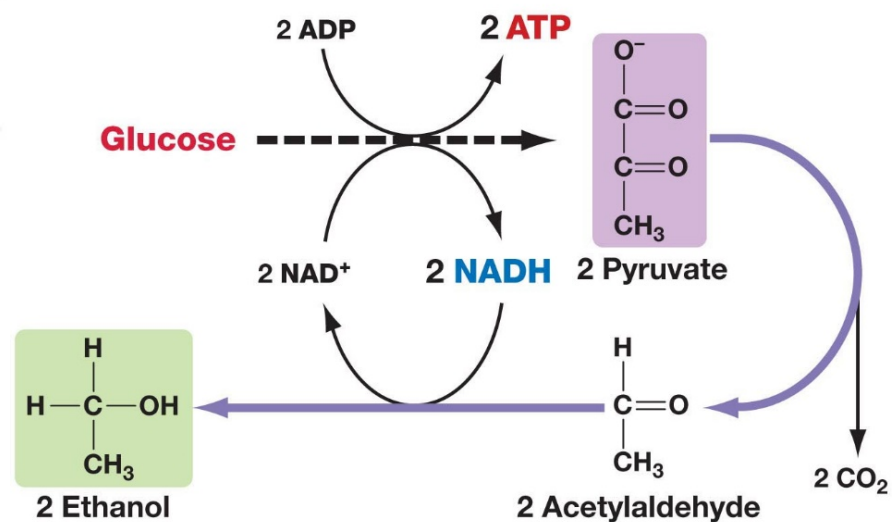
Saccharomyces cerevisiae

- 麦芽分解生成的葡萄糖是酵母无氧发酵的底物。
- 酵母是单细胞的真核生物。
- 酵母将葡萄糖转化为乙醇和二氧化碳。

酵母的无氧发酵过程

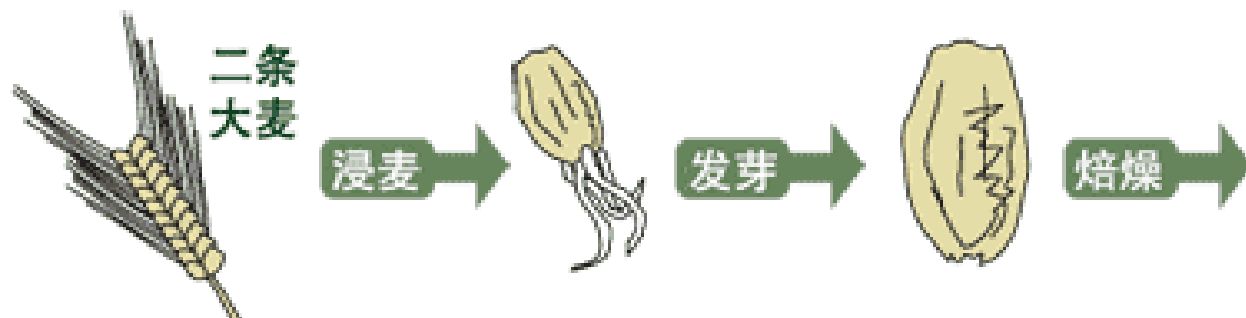


(b) Alcohol fermentation occurs in yeast.



啤酒的生产过程

制麦



糖化



发酵



改变生活的生物技术

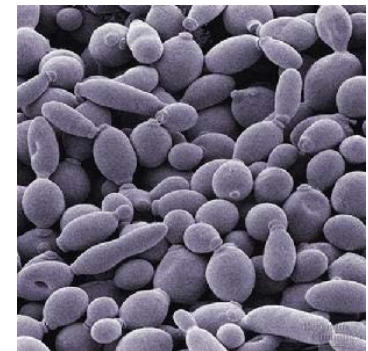
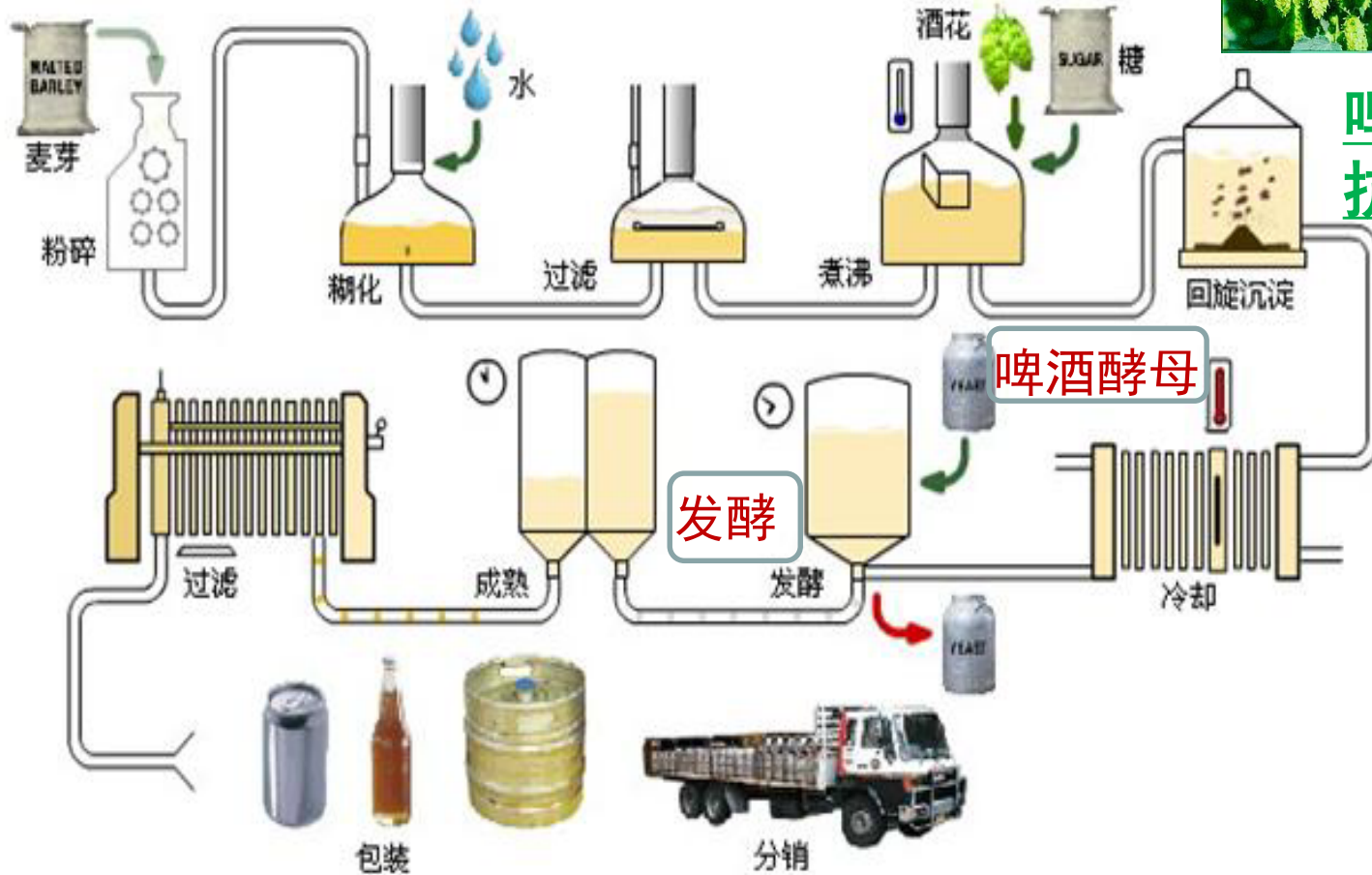
麦芽

啤酒生产工艺

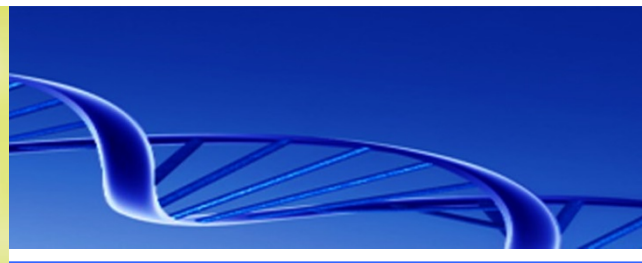
啤酒花



啤酒花的作用：
抗菌；调味



啤酒酵母



德国啤酒纯
酿造要求：
啤酒酿造的
原料依然是
酵母、水、
麦芽和啤酒
花



格鲁吉亚



红葡萄酒



白葡萄酒

- 公元前8000~6000年，格鲁吉亚人开始酿造葡萄酒。
- 白葡萄酒发酵时皮汁分离。
- 红葡萄酒发酵皮汁混合发酵。果皮中的花色苷进入酒中，使葡萄酒呈现出紫红色。
- 干葡萄酒是含糖量低的葡萄酒。



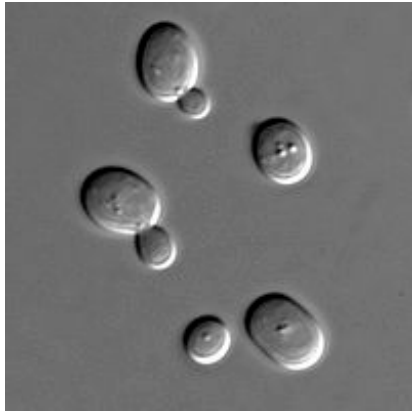
Pasteur 发现葡萄酒发酵的秘密



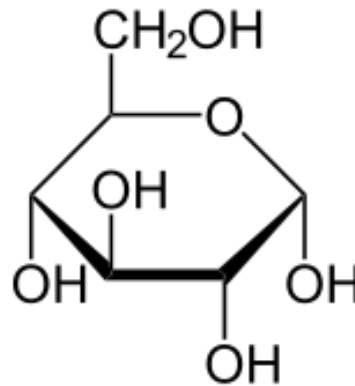
Louis Pasteur

- 1857年，法国科学家Louis Pasteur发现发酵是一种生物反应，细菌发酵产生乳酸，**酵母发酵产生酒精**。
- 1860年，Pasteur利用巴氏消毒法解决了葡萄酒变酸的问题，拯救了法国葡萄酒工业。
- 1877年，Pasteur发表了“发酵研究”论文，提出不同种类的微生物会引起不同的发酵反应。

红葡萄酒酿造的流程

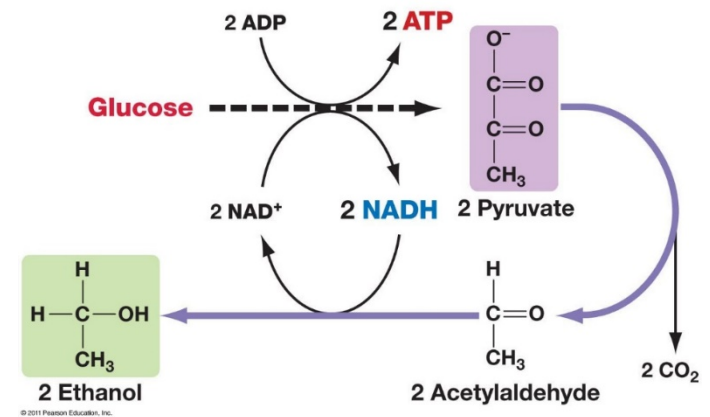


酿酒酵母



葡萄糖

(b) Alcohol fermentation occurs in yeast.

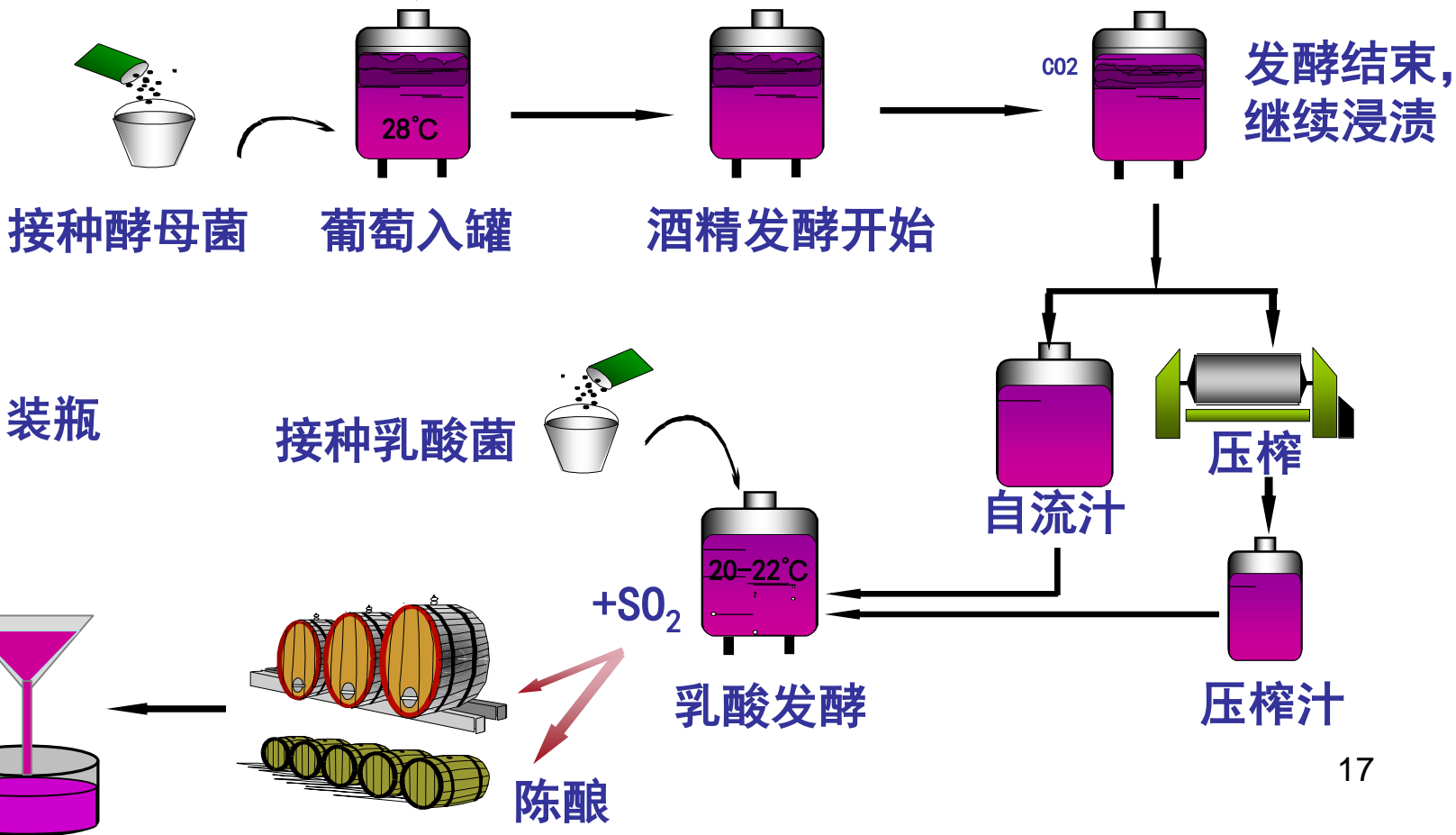


- 葡萄皮上含有酿酒酵母和其他一些有益发酵的微生物。
- 葡萄是一种糖分很高的水果，含有的大量可以被酵母直接利用的糖，其中包括了发酵的最佳碳源-葡萄糖。
- 与啤酒发酵的原理一样，酵母在无氧条件下利用葡萄糖产生CO₂和乙醇。

葡萄酒酿造需要酵母和糖

筛选优质葡萄 → 葡萄除根破碎

+SO₂+果胶酶

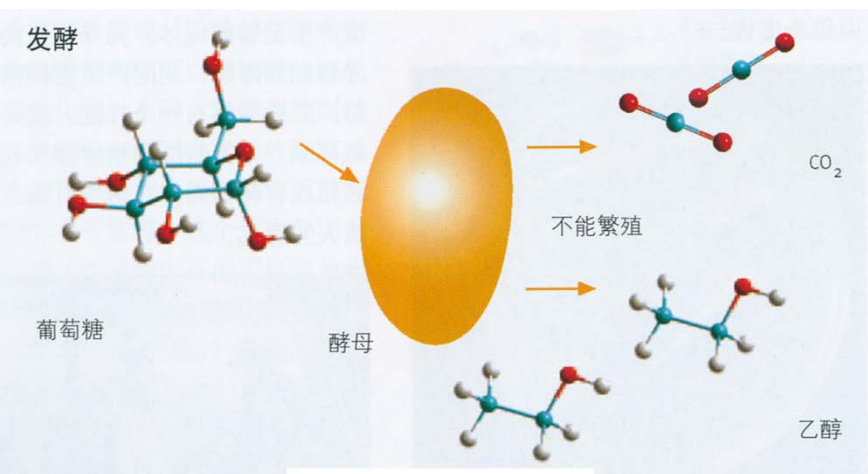




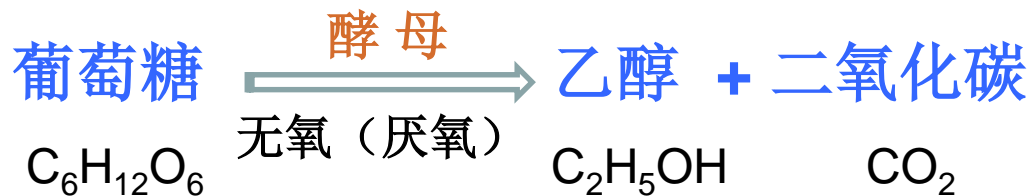
改变生活的生物技术

转化的核心：微生物发酵

发酵 (fermentation)：微生物在无氧条件下，分解各种有机物、产生能量的一种方式。发酵技术用于制酒、豆类发酵食品等，是一种厌氧作用，能将糖汁变成酒。

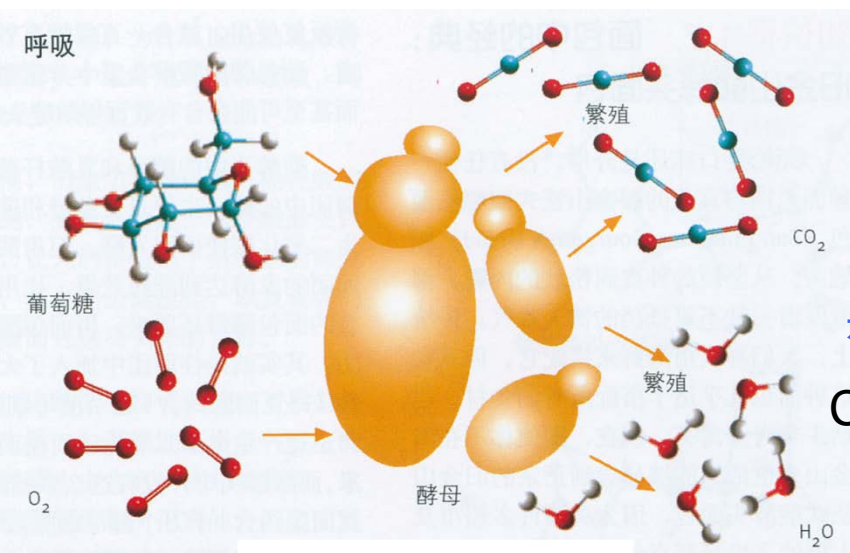


无氧发酵

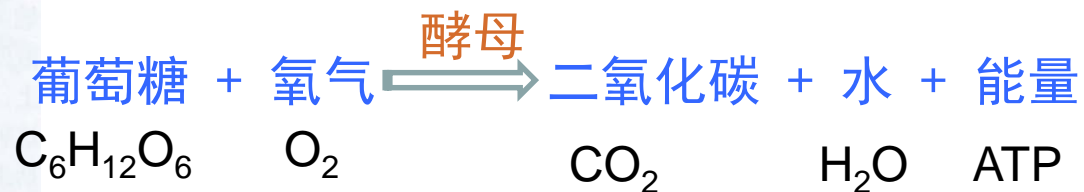


糖的代谢 (Metabolism)

- (1) 无氧条件下：发酵代谢，酵母不繁殖，产生乙醇
- (2) 有氧条件下：呼吸代谢，酵母繁殖，产生大量能量



有氧呼吸





改变生活的生物技术

■ 生物体主要营养物质：

- ✓ 蛋白质：氨基酸组成
- ✓ 糖类（碳水化合物）：葡萄糖、果糖等单糖构成
- ✓ 脂类
- ✓ 维生素、无机盐等

- 酿造—将原料中的蛋白质、糖类等营养物质通过微生物的代谢作用转化成氨基酸、乙醇、有机酸等成分。



改变生活的生物技术

教学实践-自制佳酿

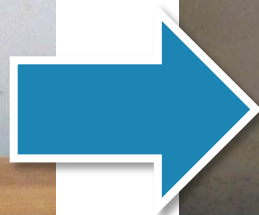
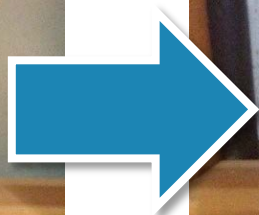
酿造过程 之等待



酿造过程 之等待



酿造过程 之等待



酿造过程

之最终成品

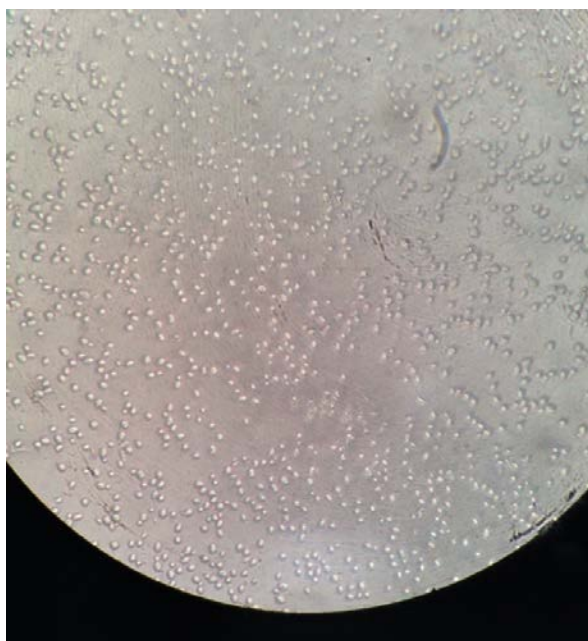


晶莹剔透
芳香浓郁~

参与葡萄酒酿造的菌种及形态



参与葡萄酒酿造的菌种及形态



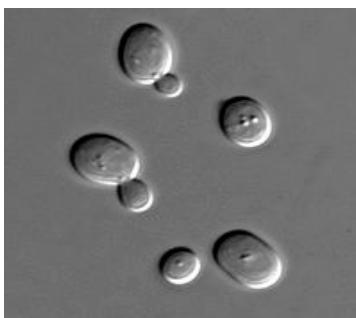
酵母菌在**无氧**条件或**低氧**浓度条件下,消耗谷物、水果等碳水化合物原料,为自身提供能量并产生**酒精**与**二氧化碳**。

我们在显微镜下观察到的酵母菌

中国诞生的美酒



黑曲霉



酵母



酒曲

+



米

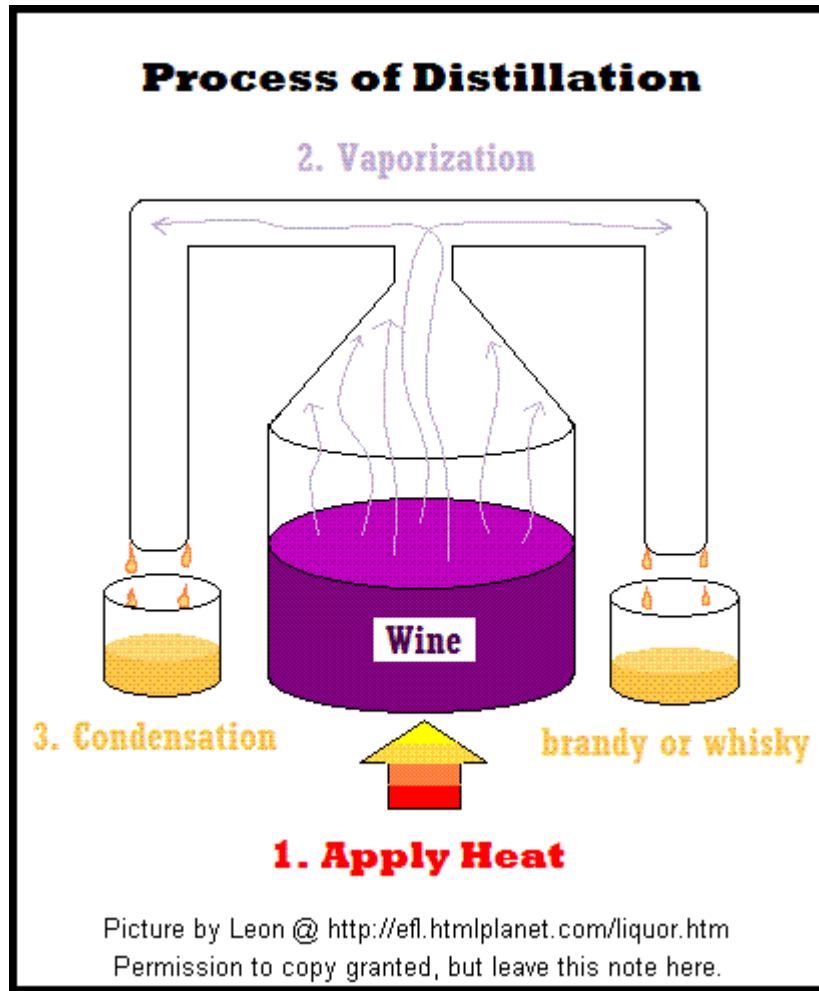


黄酒



米酒

- 约公元3000年前，黄酒和米酒诞生于中国，它们都是利用米发酵的酒。发酵常用的菌种包括酵母、曲霉和根霉。黄酒多用曲霉，米酒多用根酶。曲霉和根霉提供淀粉酶，对米进行糖化，随后酵母利用无氧发酵，将糖转化为乙醇（视频33:38-39:00）。

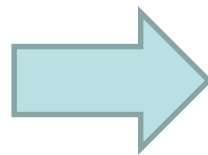


- 产乙醇是酵母在高糖环境下生存的策略。
- 酵母自身对乙醇的耐受有极限。酵母发酵的酒度数不超过20度。
- 通过对低浓度的酒进行蒸馏，收集含有酒精的酒气，可以获得高浓度的酒精制品，即白酒。白酒诞生于12世纪的意大利和中国。



改变生活的生物技术

牛奶的华丽转身之一 酸奶



酸奶的诞生



土耳其

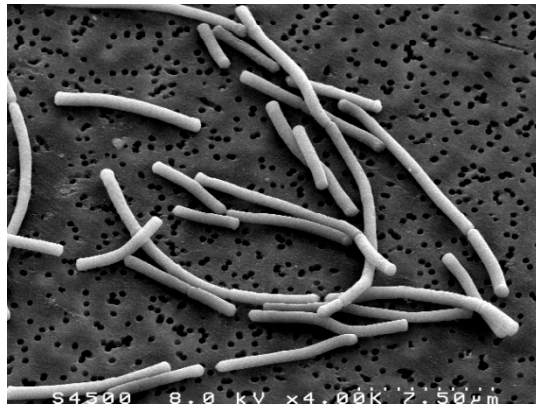


酸奶

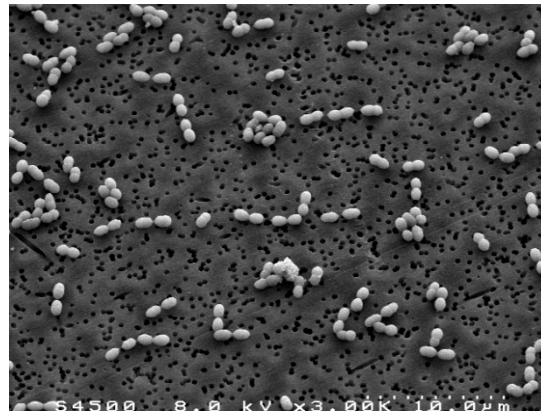
- 酸奶（正式又称酸乳）是乳制品的一种，由动物乳汁经乳酸菌发酵而产生。酸奶一词的英语 Yogurt 源自土耳其语的yoğurt，意思是浓稠及丰厚，又或是另一动词 yoğurmak 意思为“揉、使之浓稠”，都是制作酸奶的动作和方法。



酸奶中的微生物



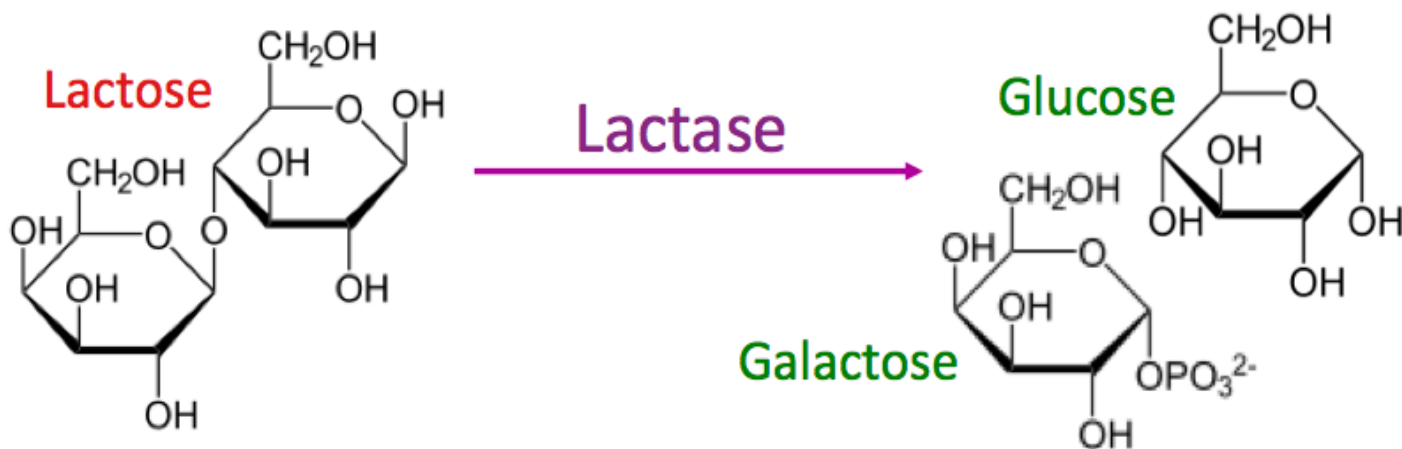
保加利亚乳杆菌
Lactobacillus delbrueckii
subsp. bulgaricus



嗜热链球菌
Streptococcus thermophilus

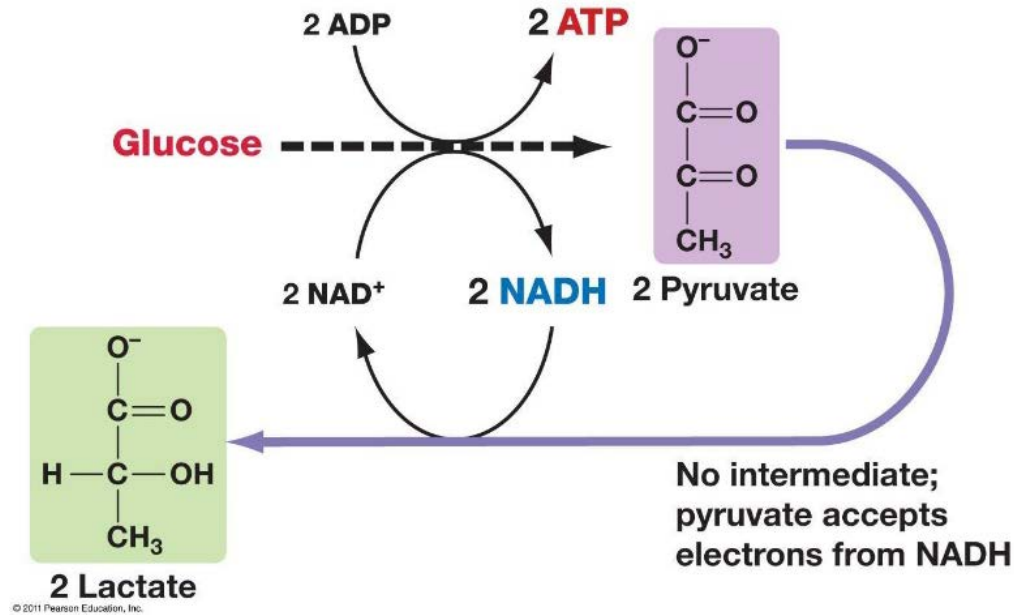
- 植物来源的保加利亚乳杆菌与牛奶的接触，可能形成了最早的酸奶。
- WHO对于酸奶的定义：酸奶是由保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌的作用进行乳酸发酵而制成的凝乳状产品。

酸奶的形成原理



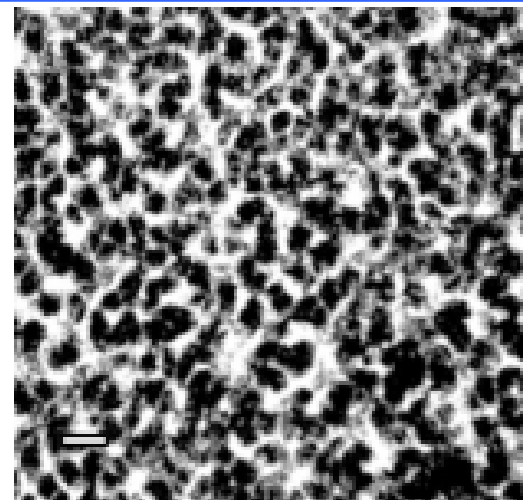
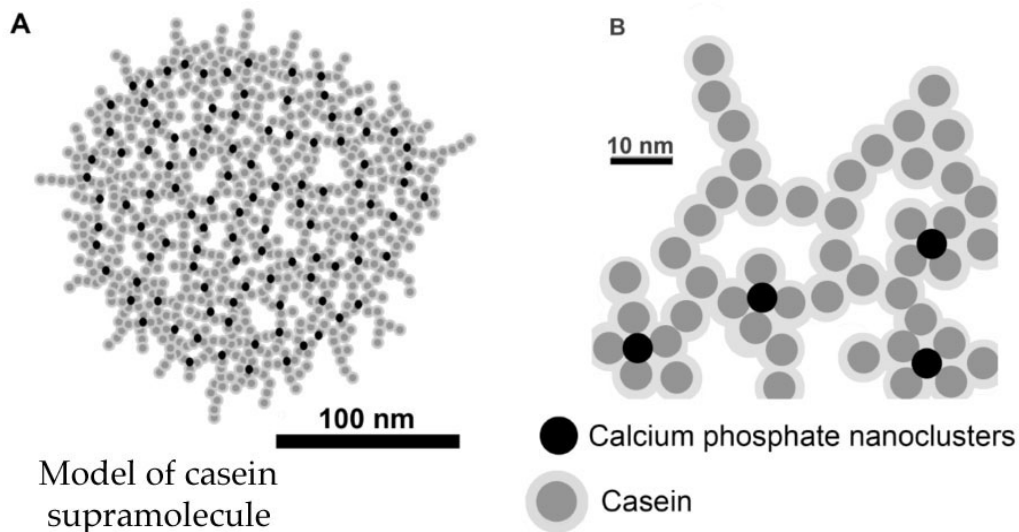
- 乳糖是 (Lactose) 牛奶中糖的主要成分。
- 乳杆菌和链球菌含有乳糖酶 (Lactase)。乳糖 (Lactose) 在乳糖酶的作用下，将乳糖分解为2分子单糖，即1分子半乳糖 (Galactose) 和1分子葡萄糖。

酸奶的形成原理



- 在无氧或厌氧条件下，乳酸杆菌和链球菌将葡萄糖转化为乳酸。

酸奶的形成原理

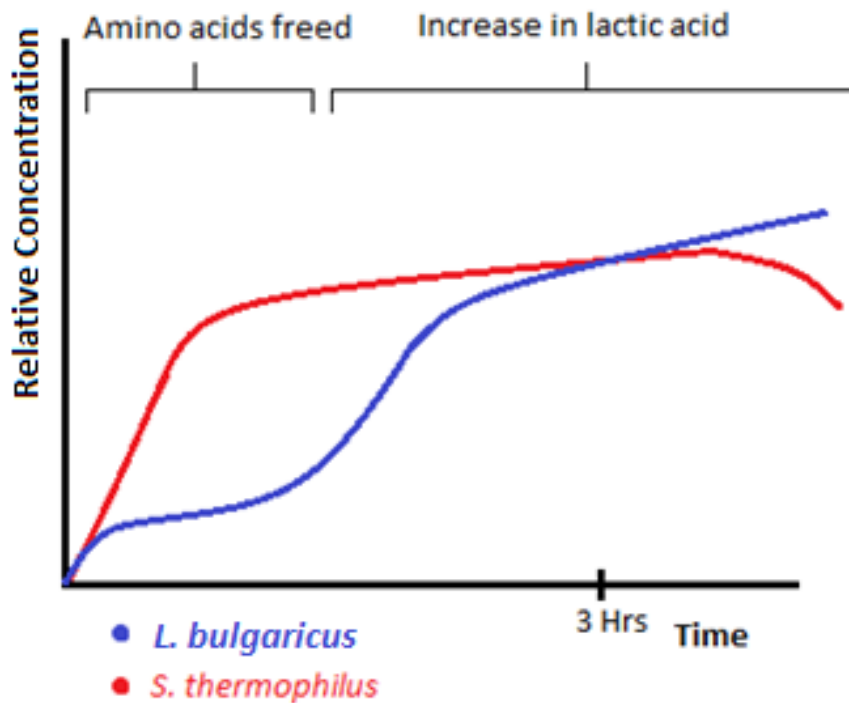


电镜下酸奶中酪蛋白（白色）
之间存在空隙（黑色）

酪蛋白胶粒中含有胶体硫酸钙

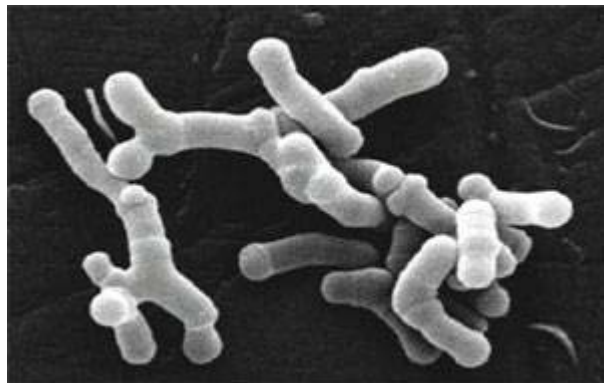
- 乳酸溶解胶体硫酸钙，变成可溶性磷酸钙，降低酪蛋白胶粒的稳定性。
- PH4.6-4.7时，达到酪蛋白等电点，造成酪蛋白凝集。
- 酸奶中酪蛋白形成网络状结构，空隙中是液体的乳清。

两种细菌的协同作用



- 保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌在酸奶生产中存在互惠共生的关系。
- 乳杆菌可产生蛋白分解酶, 分解产生的氨基酸促进链球菌生长, 链球菌为乳杆菌提供甲酸。
- 乳杆菌和链球菌在发酵的不同时期分别占优。

酸奶中其他的益生菌—双歧杆菌



双歧杆菌
Bifidobacterium



含有双歧杆菌的酸奶

- 双歧杆菌是肠内最有益的菌群，双歧杆菌数量的减少和消失是“不健康”状态的标志。
- 双歧杆菌属于放线菌科，其代谢产乳酸和乙酸，两者比例为2:3，是乳酸菌的一种，多含于酸奶等食品中，调整肠功能是双歧杆菌最著名的作用。

酸奶和牛奶



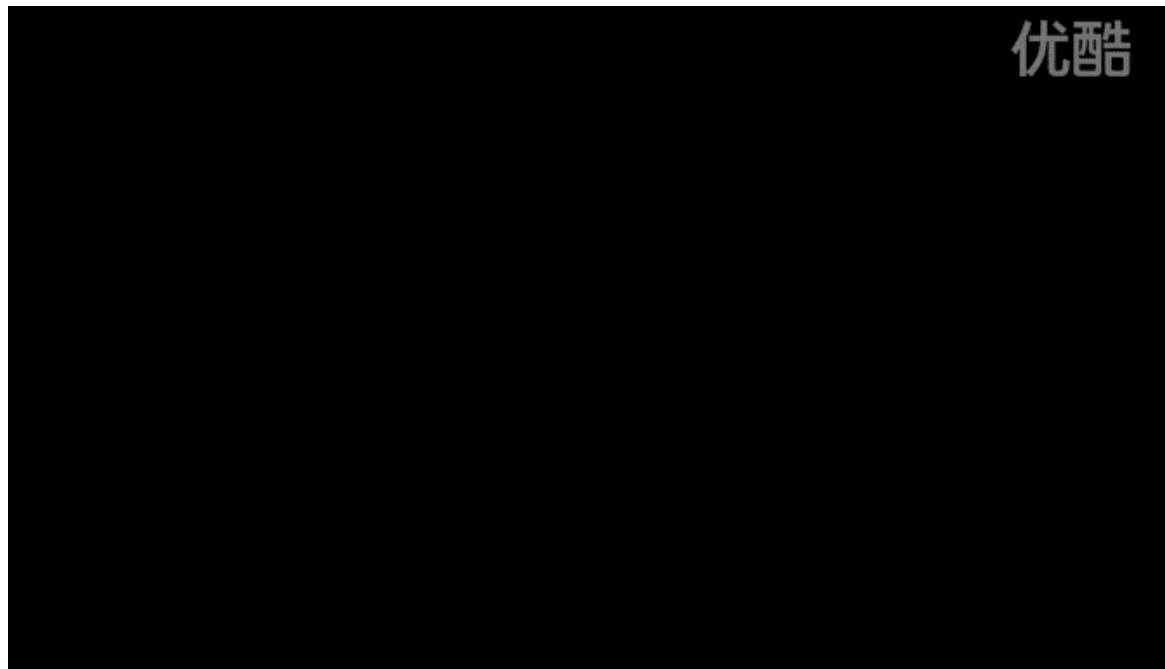
VS



- 酸奶中蛋白，钙，维生素B2， B6， B12的含量均高于牛奶本身。
- 相比牛奶，酸奶更适合乳糖不耐受患者食用。
- 脂肪含量：酸奶从0~4%，牛奶从0.5~4%。



酸奶的制作

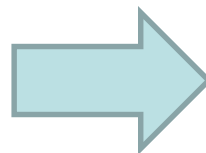


- 高温灭菌。
- 加入乳酸杆菌和链球菌。菌种来源于干菌或者酸奶。
- 在适宜温度（35-45度）下培养。



改变生活的生物技术

牛奶的华丽转身之二 奶酪





法国库洛米耶奶酪



希腊羊奶酪



加热中的瑞士奶酪

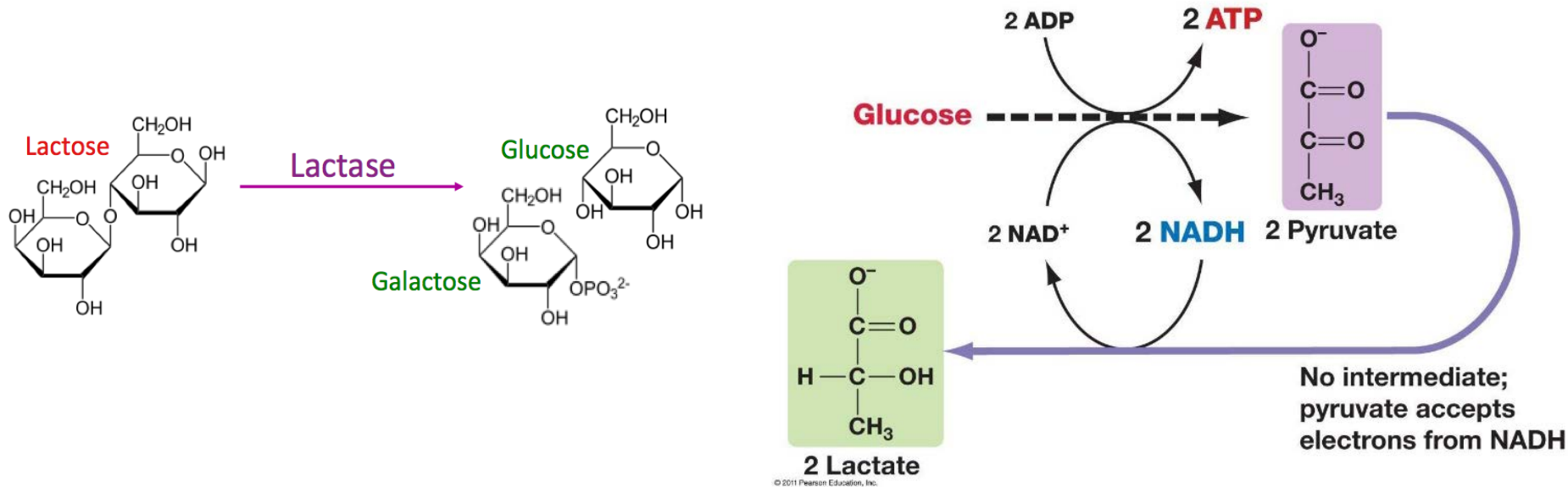
- 奶酪是一种发酵的牛奶制品
- 奶酪与酸牛奶类似，其核心步骤是沉淀酪蛋白，需要凝乳酶的参与。
- 凝乳酶：水解乳中 κ -酪蛋白多肽链的Phe105-Met106，水解80%时，钙离子存在下，酪蛋白胶粒凝块。
- 乳酪易为各种蛋白质酶所消化
- 凝乳酶存在于未断奶的小牛胃黏膜

奶酪的诞生



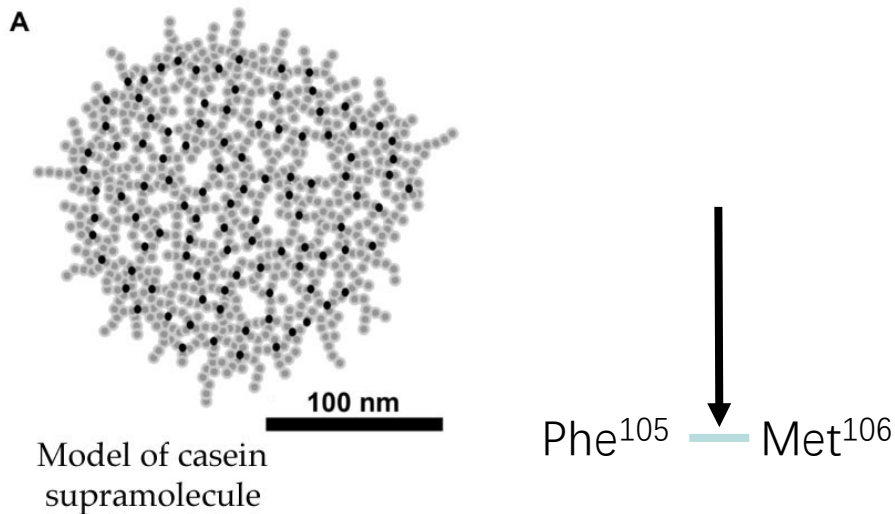
- 奶酪相传起源于阿拉伯。约在六千年前，阿拉伯人将羊奶放入由皮革制成的袋中，在高温下旅行后，发现袋内的羊奶已分成两层，一层是透明状的乳清，另一层是白块凝脂。白色凝脂就是最初的奶酪。

奶酪的形成原理



- 在牛奶中接入乳酸菌或霉菌。在适宜的温度下，菌体开始生长，分解乳糖，将葡萄糖转化为乳酸。这一过程与酸奶相同。

奶酪的形成原理



凝乳酶来自于哺乳动物胃

凝乳酶切割酪蛋白胶粒
表面可溶性的κ-酪蛋白

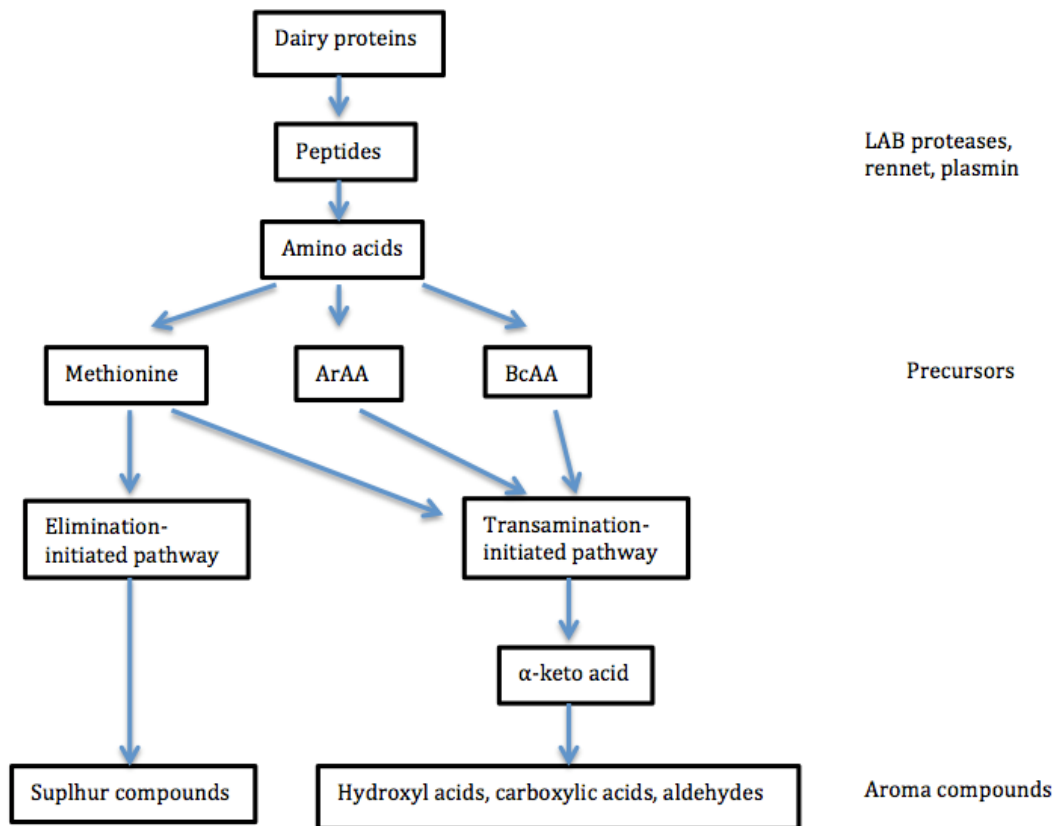
- 达到一定酸度后，加入凝乳酶。凝乳酶切割了κ-酪蛋白，使酪蛋白变性凝结，成为固体的凝乳。不形成凝块的蛋白质就是乳清。

奶酪的形成原理



- 将酪蛋白凝块与液体的乳清分离，切成小块后干燥，即成生奶酪，也称马苏里拉奶酪(Mozzarella)。（视频）

奶酪的形成原理



蓝纹奶酪（绿霉菌的繁殖
乳酸菌、霉菌，凝
乳酶等在奶酪中继
续分解蛋白，为奶
酪提供了特殊的香
气和味道。这一过
程称为“熟化”，
产品为熟奶酪。

Figure 1: Pathways of the formation of aroma compounds from initial proteins.

奶酪的香味和味道来源于芳香类物质，包括酸，醛，醇，酯，酮，硫化物



改变生活的生物技术

面包是如何变得松软可口的?



昵图网 www.nipic.com

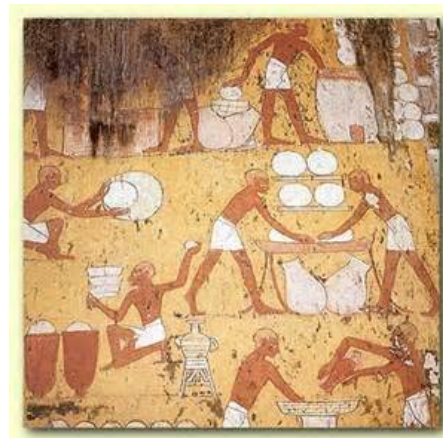
By:harboy No.20131110162356315008



昵图网 www.nipic.com

By:hqg232323 No.20120810145406088000

面包的诞生



埃及人制作面包的壁画

- 面包制作技术的诞生晚于酿酒技术。
- 早先的面包又瘪又硬。
- “一个埃及懒汉的故事”：温度，菌体。
- 公元6000年前，埃及面包师利用发酵的生面团 (sour dough) 制作出了松软可口的面包。

面团发酵的原理



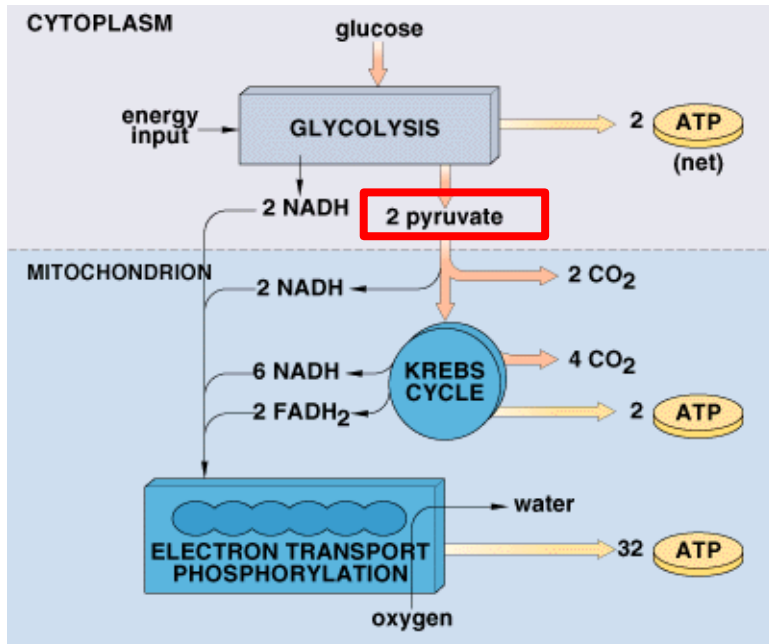
未发酵前



发酵好

- 生面团中的有效成分是乳酸杆菌和耐酸酵母菌（酿酒酵母，假丝酵母和毕赤酵母）
- 面粉是一种由小麦磨成的粉末，其中含有少量源于麦芽的淀粉酶，在含水和适宜温度下，可以将面团部分糖化。
- 酵母和乳酸杆菌会利用面包中的糖（主要是麦芽糖和葡萄糖）产生二氧化碳使面团膨胀，并变得松软。

酵母的有氧呼吸



© 1998 Wadsworth Publishing Company/ITP

Typical Energy Yield: 36 ATP

胞浆中完成糖酵解，不需要氧气

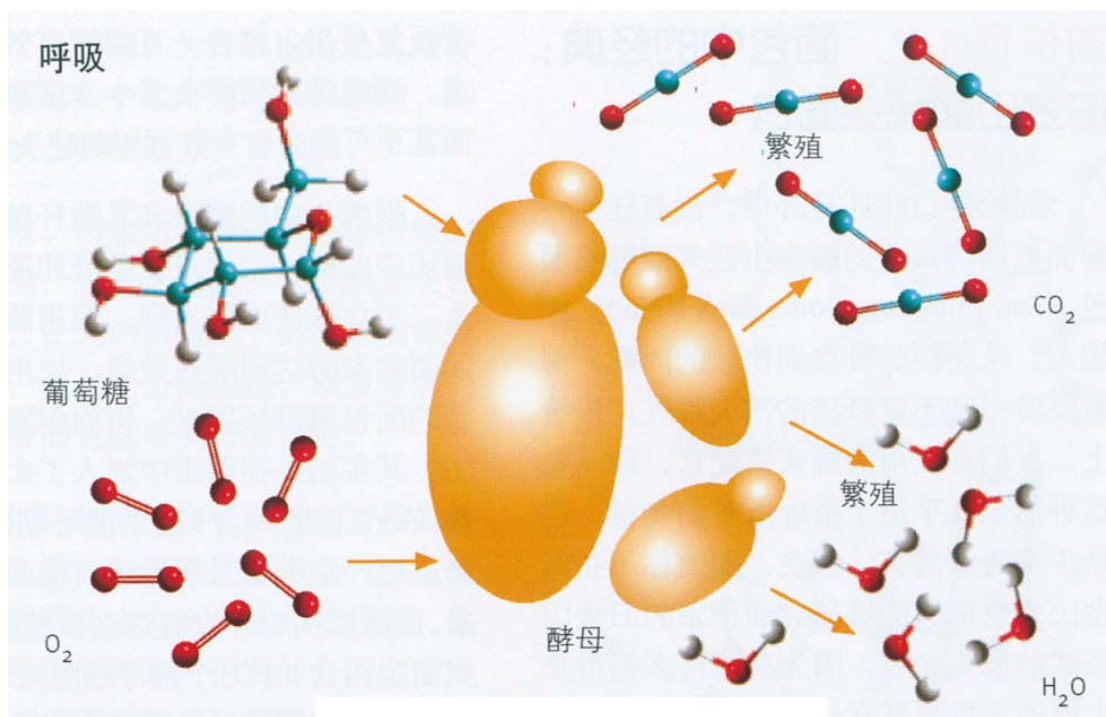
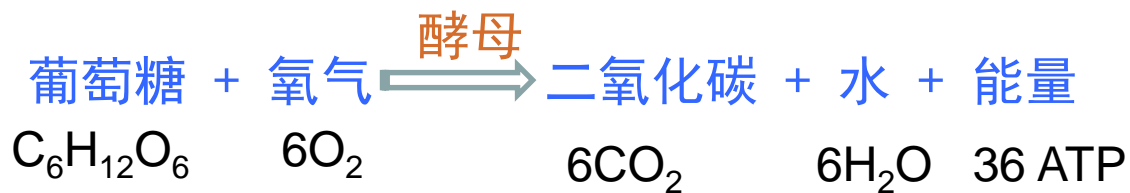
糖酵解产物为**丙酮酸**，
丙酮酸进入线粒体

线粒体中完成氧化反应，需要氧气

- 面团的发酵利用了酵母的有氧呼吸。
- 在含氧的环境里，酵母快速繁殖，将葡萄糖转化为 CO_2 和 H_2O ，并产生大量能量，一个葡萄糖分子可以产生36个ATP

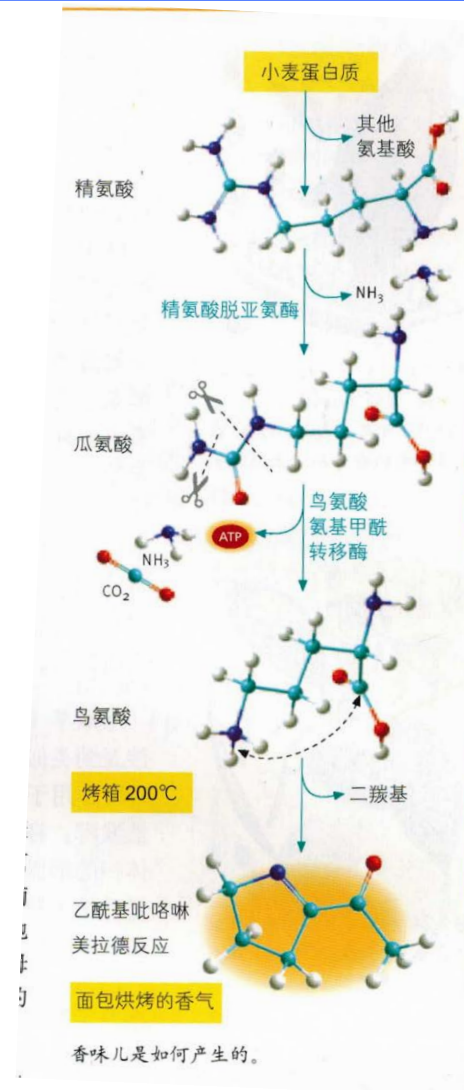
酵母的有氧呼吸

有氧呼吸

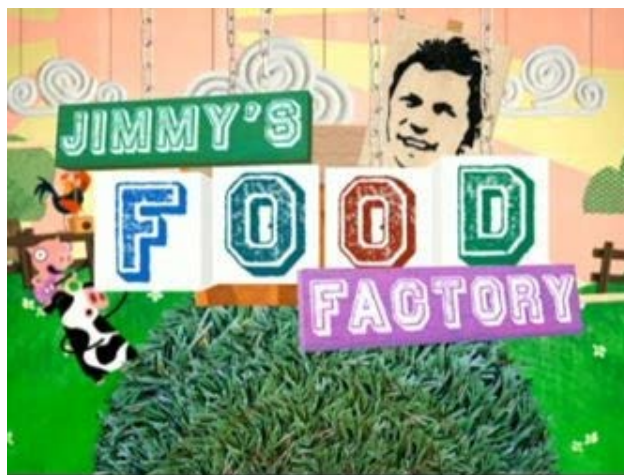


面包的香味是怎么来的？

- 乳酸杆菌分泌蛋白质分解酶。
- 在发酵过程中，蛋白质被酶降解成氨基酸，乳酸杆菌能够将精氨酸转变为鸟氨酸。鸟氨酸在烘烤过程中转化为2-乙酰-1-吡咯啉，这是一种香味物质。

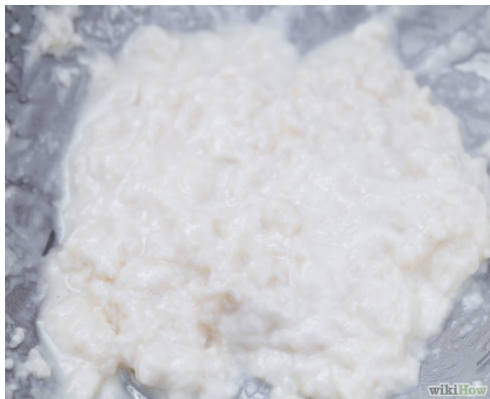


为什么超市的面包那么松软？



- 在发酵时对面团进行了充分的搅拌，使面团含有了大量的气体，帮助酵母进行有氧呼吸。
- 面团中还加入了少量的油脂和乳化剂等改良剂，可以使气泡变得细小均匀，有助于让面团锁住气泡，使面团松软。
- 视频-吉米的食物工厂

为什么面团会有酒味？



酸酵头



4度保存酵头

- 发酵时间过长，面团中的氧气耗尽，酵母由有氧呼吸转为无氧呼吸，将糖转化为乙醇。乳酸杆菌将糖转化为乳酸。面团会变得有酒味和酸味。
- 酸面团的妙用。
- 为什么传统发面蒸馒头时，需要加苏打？

植物蛋白的伟大利用-豆腐



豆腐的制作



- 豆腐是中国人民利用植物蛋白的经典之作。
- 大豆中影响消化的成分在豆腐制作过程中被消除了：胰蛋白酶抑制剂在加热中变性，不溶于水的纤维素被过滤，在蛋白沉淀后，低聚糖和植酸随水分被挤出。



豆腐的发酵-毛豆腐



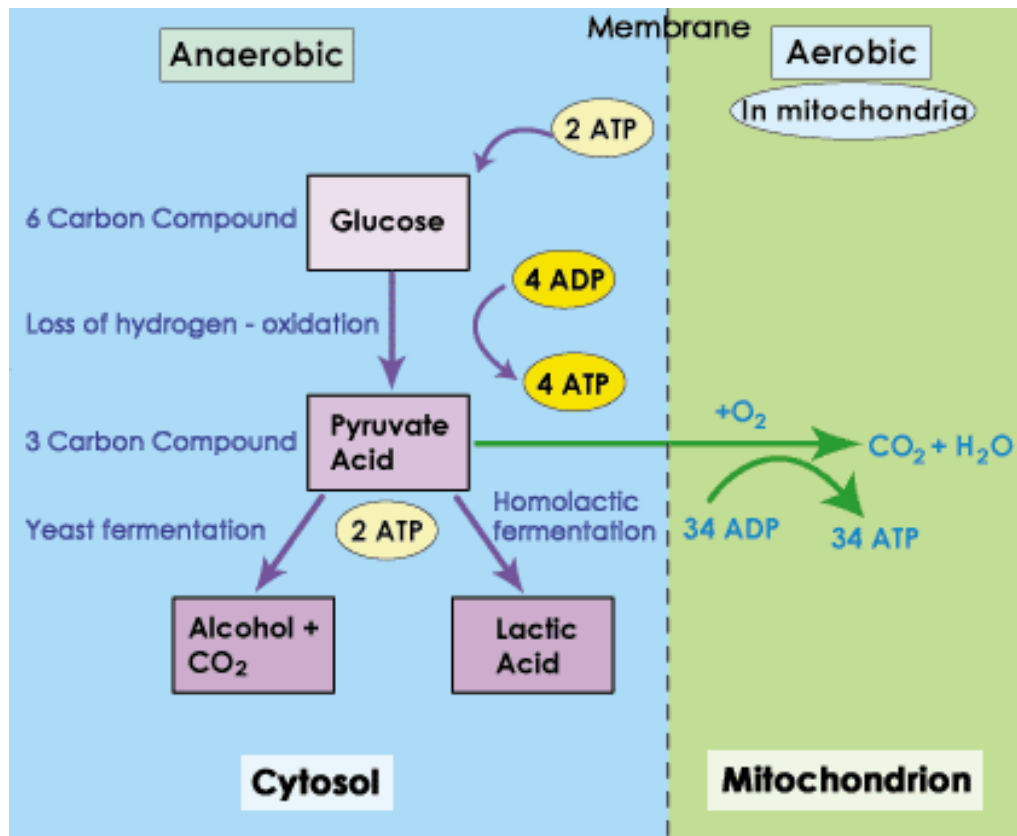
毛霉菌的孢子

- 豆浆中的胶体蛋白，遇酸发生沉淀。酸水中含有菌体，同时完成接种。
- 利用毛霉菌来生产毛豆腐。毛霉菌将豆腐中蛋白质分解为小分子的蛋白（胨，多肽）和氨基酸，故经烹饪后味特鲜。57

改变生活的生物技术

无氧

有氧



- 无氧条件下的发酵产酸产醇，有氧条件下的发酵产气。不同的产物为食物带来了不同的质地，风味和营养成分。
- 在人类文明的早期，依靠看不见的微生物，人类能够将稀少的食物转化为更易储存，更易吸收，更加美味的发酵产物，为文明的发展提供了重要的物质基础。

Thank you

