

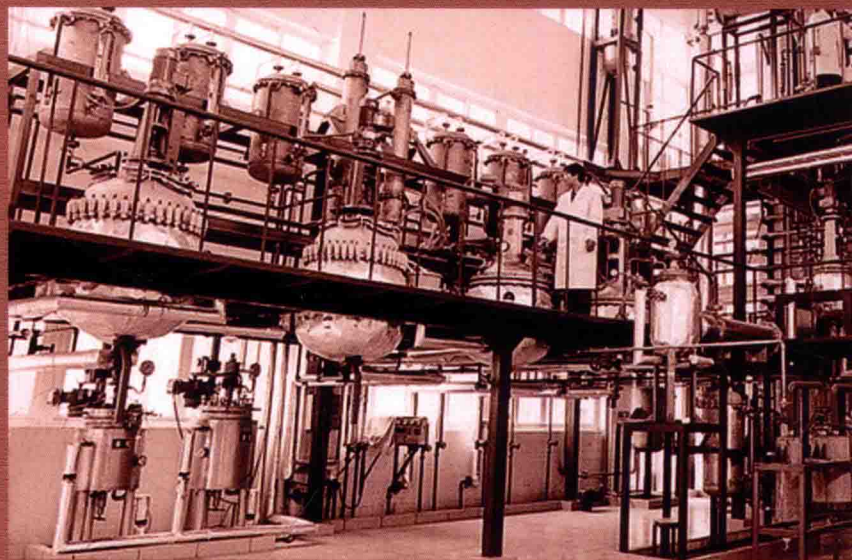


普通高等教育“十三五”规划建设教材

发酵食品工艺学

Fajiao Shipin Gongyixue

侯红萍◎主编



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

普通高等教育“十三五”规划建设教材

发酵食品工艺学

侯红萍 主编

中国农业大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了发酵食品的起源、种类、特点,传统和新型发酵食品的生产工艺、传统工艺的改
革及安全生产质量控制体系等知识,内容包括啤酒、葡萄酒、白酒等酒类的生产,食醋、酱油、味精等调味品的
生产,有机酸、增稠剂、微生物防腐剂、微生物食用色素等食品添加剂的生产,发酵乳制品、发酵豆制品、发酵
果蔬产品等的生产,现代物流的应用,发酵副产品的综合利用。

图书在版编目(CIP)数据

发酵食品工艺学 / 侯红萍主编. —北京:中国农业大学出版社,2016.3
ISBN 978-7-5655-1506-4

I. ①发… II. ①侯… III. ①发酵食品—生产工艺 IV. ①TS26

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 027711 号

书 名 发酵食品工艺学

作 者 侯红萍 主编

策划编辑 孙 勇

责任编辑 田树君 刘耀华

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路2号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出版部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

E-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2016年3月第1版 2016年3月第1次印刷

规 格 787×1092 16开本 25.25印张 620千字

定 价 53.00元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

编写人员

主 编 侯红萍

副主编 靳建国 傅 力 段开红 李大鹏

编写人员 (按姓氏笔画排序)

王 君 山西农业大学

石建春 山西农业大学

许 女 山西农业大学

李大鹏 黑龙江八一农垦大学

李永强 云南农业大学

张 宝 江西农业大学

陈晋明 山西农业大学

段开红 内蒙古农业大学

侯红萍 山西农业大学

章 斌 韩山师范学院

傅 力 韩山师范学院

靳建国 中国轻工业西安设计工程有限责任公司

戴铭成 内蒙古农业大学

前 言

我国发酵食品生产历史悠久,工艺独特,种类繁多,风味优美,引领着日本、韩国等东方国家乃至世界各国发酵食品的发展方向。随着生物技术的发展,我国发酵食品生产技术和工艺得到了改革和完善,新的发酵食品层出不穷。归纳起来,发酵食品有五个优点:自然保护、抑菌、提高食品营养价值、改善食品的风味和结构、保健功能。所以说,发酵食品丰富了人们的日常生活,使人们在享受美味的同时,又得到了保健作用。目前,世界各国的发酵食品产销量逐年增加,相关学者也在努力地研究和开发新型的发酵食品。当今,经济全球化、信息化和网络化已成为一种趋势,而科技的进步推动着经济的发展,作为一位长期从事发酵食品教学和科研的工作者,笔者觉得出版一本既全面又前沿的《发酵食品工艺学》教材非常迫切而又实用,让读者掌握传统发酵食品的生产工艺的同时能了解其发展动态。

本书全面、系统地介绍了发酵食品的起源、种类、特点,传统和新型发酵食品的生产工艺、传统工艺的改革及安全生产质量控制体系等知识,内容包括啤酒、葡萄酒、白酒等酒类的生产,食醋、酱油、味精等调味品的生产,有机酸、增稠剂、微生物防腐剂、微生物食用色素等食品添加剂的生产,发酵乳制品、发酵豆制品、发酵果蔬产品等的生产,现代物流的应用,发酵副产品的综合利用。体现了该书的科学性、实用性和先进性,为读者提供了丰富的发酵食品知识大餐。

本书的作者均为长期从事发酵食品教学、科研以及工厂设计工作的学者、专家和教授,其中第一章第一、二节,第十章第一节以及第十三章第四节由侯红萍编写;第一章第三节及第二章由张宝编写;第三、第十一章由段开红、戴铭成编写;第四、第九章由王君编写;第五、第十二章由李永强编写;第六、第十四章由许女编写;第七、八章由李大鹏编写;第十章第二、三、四节由靳建国编写;第十三章第一、二、三节由章斌编写;第十五、第十九章由石建春编写;第十六、第十七章由傅力编写;第十八、第二十章由陈晋明编写,全书最后由天津科技大学肖冬光教授主审。

本书可作为相关院校生物工程专业、食品工程专业、食品质量与安全专业及其他相关专业的本科教材,也可供生产企业或广大发酵食品爱好者阅读。

此书在编写过程中得到许多同仁的帮助与指点,在此一并表示感谢!由于编者水平有限以及时间仓促,书中难免有不妥或错误之处,敬请广大同行和读者批评指正!

编 者

2015年11月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 发酵食品概述	1
第二节 食品发酵原理	4
第三节 食品发酵过程的监控	9
第二章 啤酒生产	16
第一节 啤酒及其种类	16
第二节 啤酒酿造原料	18
第三节 麦芽制造	24
第四节 麦芽汁制备	33
第五节 啤酒发酵	42
第六节 啤酒后处理及包装	51
第三章 白酒生产	53
第一节 白酒及其种类	53
第二节 大曲酒生产	61
第三节 小曲酒生产	66
第四节 麸曲白酒生产	73
第五节 白酒包装	79
第四章 葡萄酒生产	84
第一节 葡萄酒及其保健作用	84
第二节 酿酒葡萄及其处理	86
第三节 葡萄汁的改良及 SO ₂ 的添加	89
第四节 酒精发酵及管理	94
第五节 苹果酸-乳酸发酵的控制	98
第六节 葡萄酒的后处理与包装	103
第七节 典型葡萄酒生产工艺简介	110
第五章 黄酒生产	121
第一节 概述	121
第二节 生产原料	124
第三节 糖化发酵剂	127
第四节 黄酒生产工艺	137

第六章 味精生产	145
第一节 概述	145
第二节 谷氨酸的生物合成	148
第三节 味精生产工艺	154
第四节 味精质量标准 and 主要技术经济指标	174
第七章 食醋生产	176
第一节 食醋酿造原理	176
第二节 食醋生产原料	181
第三节 食醋生产所用糖化发酵剂	183
第四节 食醋生产工艺	193
第五节 食醋质量指标	200
第八章 酱油生产	202
第一节 概述	202
第二节 酱油生产原料	202
第三节 制曲	206
第四节 发酵	216
第五节 酱油的浸提	221
第六节 酱油的后处理	222
第九章 其他调味品生产	226
第一节 酱类的生产	226
第二节 呈味核苷酸的生产	231
第十章 酸味剂	240
第一节 柠檬酸生产	240
第二节 乳酸生产	249
第三节 苹果酸生产	256
第四节 其他有机酸生产	261
第十一章 增稠剂	268
第一节 黄原胶	268
第二节 结冷胶	272
第三节 凝胶多糖	274
第四节 普鲁兰多糖	276
第十二章 微生物食用色素	279
第一节 红曲生产	279
第二节 β -胡萝卜素	283
第十三章 微生物防腐剂	290
第一节 乳酸菌素	290
第二节 曲酸	294

第三节 纳他霉素	296
第四节 其他微生物防腐剂	299
第十四章 发酵乳制品生产	303
第一节 酸奶生产	303
第二节 干酪生产	310
第十五章 发酵豆制品生产	315
第一节 腐乳生产	315
第二节 豆豉生产	320
第三节 纳豆	324
第十六章 发酵果蔬制品的生产	327
第一节 泡菜的生产	327
第二节 酸菜的生产	332
第三节 果醋的生产	334
第十七章 发酵肉制品	340
第一节 发酵肉制品的种类及特点	340
第二节 发酵肉制品中常用的微生物及其作用	342
第三节 发酵肉制品生产工艺	346
第十八章 发酵食品安全生产质量控制体系	350
第一节 良好操作规范(GMP)概述	350
第二节 HACCP 原理及应用	358
第十九章 现代物流与发酵食品	366
第一节 现代物流概述	366
第二节 现代物流在食品生产中的应用	373
第二十章 发酵食品工业副产品的综合利用	378
第一节 酿酒工业副产品的综合利用	378
第二节 味精工业副产品的综合利用	388
第三节 柠檬酸工业副产品的综合利用	389
参考文献	391

第一章 绪论

第一节 发酵食品概述

一、发酵与发酵工业

(一) 发酵及其历史

发酵(fermentation)的英文来自拉丁语“ferver”,意思是“发泡”,描述的是果汁或谷物发酵时产生 CO_2 的现象,故传统意义上的发酵是指酵母菌在无氧条件下的呼吸过程,是生物获得能量的一种形式。随着人们对微生物的深入研究和利用,发酵被赋予了新的内涵,并且把可以引起发酵的酵母菌扩展到所有生物,故现代发酵的定义则是:生物为获得能量所进行的氧化还原反应的过程。从这个定义来看,地球上有了生命的同时也就有了发酵现象,即发酵的历史与地球上生命出现的历史相同。但揭示发酵本质则是近 200 多年的历史,在此做出重大贡献的科学家有荷兰科学家安东·列文虎、法国著名的微生物学家路易·巴斯德(Louis Pasteur, 1822—1895)、德国生物学家罗伯特·科赫(1843—1910)、丹麦科学家汉森、布雷菲尔等。自从发酵本质被揭示以后,发酵技术不断革新,有了真正意义上的发酵工业,从此发酵工业得到了迅猛发展,发酵产品不断增加,生产规模日益扩大。发酵工业的发展史可分为以下几个阶段:①天然发酵阶段(从史前至 19 世纪),其特点是作坊式生产、非纯种培养、产品质量不稳定。②纯培养技术的建立(19 世纪末至 20 世纪 30 年代),这是发酵史上的第一次技术进步,其特点是生产过程简单、规模不大、对设备要求不高。③通气搅拌技术的建立(20 世纪 40—70 年代),这是发酵史上的第二次技术进步,并开拓了庞大的抗生素发酵工业、建立了深层培养法发酵。④代谢控制发酵技术(20 世纪 80 年代至 21 世纪初),这是发酵史上的第三次技术进步,此阶段可进行甾体化合物的转化、以代谢控制发酵生产谷氨酸、赖氨酸等。⑤基因工程阶段(21 世纪开始至今),其特点是可以定向育种、构建物种,例如工程菌等。

(二) 发酵工业及其范畴

发酵工业是指利用生物的生命活动产生的酶对无机或有机原料进行酶加工、获得产品的工业。实现发酵过程并获得发酵产品所必需的条件:①有某种适宜的微生物;②要保证或控制微生物进行代谢的各种条件;③微生物进行发酵的设备;④有将菌体或代谢产物提取出来、精制成产品的方法和设备。发酵工业分为食品发酵工业(food fermentation industry)和非食品发酵工业(non-food fermentation industry)。食品发酵工业包括酿酒工业、调味品工业、有机

酸工业、氨基酸工业、酵母工业、酶制剂工业、食品添加剂工业、乳制品工业等。非食品发酵工业包括微生物冶金、煤或石油脱硫、污水处理等。具体内容如下：

- (1) 微生物菌体发酵：包括单细胞酵母、藻类、担子菌、疫苗、微生物杀虫剂等制品的生产。
- (2) 微生物酶发酵：包括淀粉酶、蛋白酶、果胶酶、纤维素酶、曲。
- (3) 微生物代谢产物发酵：初级代谢物，如氨基酸、核苷酸、多糖、脂类、维生素等；次级代谢物，如抗生素、毒素、激素、色素等。
- (4) 微生物的生物转化发酵：①乙醇转化；②甾体转化、抗生素、前列腺素等。
- (5) 微生物特殊技能的利用，消除环境污染：活性污泥、保持生态平衡、微生物冶金。

发酵工业是一个既古老又年轻的工业，我国古代应用微生物发酵的历史悠久。今天，现代生物技术又赋予了它崭新的内涵和旺盛的生命力，是高科技生物技术产业化的重要基础。改革开放以后，我国新型发酵工业发展非常迅速，取得了令世界瞩目的成绩。行业紧紧依靠科技创新，内引外联，逐步调整产业结构和产品结构，发展到今天在食品工业乃至整个国民经济中都占有着越来越重要的地位。目前，我国啤酒、味精、柠檬酸等产量均居世界第一位，其中柠檬酸的产量和出口量都居世界首位，淀粉糖的产量也居世界前列，还有酶制剂、酵母以及其他发酵制品也都有非常大的发展，因此我国已成为世界发酵工业大国。

二、发酵食品概况

(一) 发酵食品及其保健作用

发酵食品是指人们利用有益微生物加工制造的一类食品，具有独特的风味，如啤酒、葡萄酒、黄酒、酸奶、干酪、酒酿、泡菜、酱油、食醋、豆豉等。目前市场上常见的发酵食品主要有谷物发酵制品、豆类发酵制品和乳类发酵制品。在发酵过程中，微生物保留了原来食物中的一些活性成分，如多糖、膳食纤维、生物类黄酮等对机体有保健作用的物质，还能分解某些对人体不利的因子，如豆类中的低聚糖、胀气因子、豆腥味物质等。微生物新陈代谢时产生的不少代谢产物，多数有调节机体生物功能的作用，能抑制体内有害物的产生，最新的研究表明，不少发酵食品对预防肿瘤的发生有奇特的作用。含有益生菌的发酵食品能保持肠道内各种微生物之间的菌群平衡，改善肠胃道功能，不少微生态制剂的保健食品就是利用这一特点制造的。

我国发酵食品历史悠久，曾影响着日本、朝鲜等东方国家，传统发酵食品制造中多采用酵母菌、霉菌和细菌等多种微生物进行固态自然发酵，目前已有纯种发酵工艺，产品风味浓郁、丰厚、独特。西方国家多使用细菌、酵母菌中的一种或几种进行液态纯种发酵，生产效率高，但产品风味感较清、纯、淡薄，常加入水果混合料、各种香料或营养物质制成多种再造食品、功能食品等。

发酵食品主要有五个方面的优点：

- ① 自然保护：发酵食品在常温下的保存时间通常要长于非发酵食品。传统的发酵食品大多是以促进自然保护、防腐、延长食品保存期、拓展在不同食用季的可食性为目的的。
- ② 发酵过程中产生的酸能够降低环境的 pH，抑制其他微生物生长。
- ③ 经过发酵的食品营养价值有所提高。一些不能被人体利用的物质（如乳糖、棉籽糖、水苏糖等）经发酵后转变成能被人体利用的形式，例如酸奶就比纯牛奶利于消化和吸收。薯类含有对人体有害的氰基化合物，经发酵后使其转化成安全无毒的物质。

④经过发酵某些食品的风味和结构能得到有效改善。如木薯经发酵产生甘露醇和双乙酰而改善风味；酸奶发酵生成的乙醛、双乙酰和 3-羟基丁酮等得到愉快的口感；蛋白酶水解酪蛋白使奶酪具有理想的柔软结构等。

⑤保健功能：发酵食品一般脂肪含量较低，发酵过程中要消耗碳水化合物的能量，因此发酵食品的能量值比较低。这对欲控制热量摄入而减肥的人来说是首选的低热能食品。发酵食品中的保健成分包括：a. 对人体有益的微生物及酶，如乳酸菌、酵母菌、红曲霉等。b. 多肽与氨基酸，如腐乳、豆酱和豆豉是植物蛋白质的不完全降解产物，含有大量的多肽与氨基酸。c. 多糖与低聚糖。d. 抗氧化活性物质。e. 降低胆固醇及降血压物质。f. 其他对人体有益的物质：B 族维生素、亚油酸(LA)、亚麻酸(GLA)、花生四烯酸(AA)、二十碳五烯酸(EPA)、二十二碳六烯酸(DHA)等。总之，小小的微生物为人类贡献了各种风味的发酵食品，即使我们享受了饮食的乐趣，又能保健养生。

(二)发酵食品工业展望

生物技术被列为当今世界七大高新技术之一，而发酵工程位于生物技术的核心部位，所以生物技术的发展离不开发酵工程的发展。应用现代生物技术分离、选育、改良发酵菌株，人为控制菌种比例和添加量，进行纯种发酵，既可以提高发酵效率，又能稳定产品质量。欧美等国家已经将发酵香肠中的主要微生物分离出来，制成肠用发酵剂，直接添加使用，人为控制菌种的添加量，特别有利于发酵香肠的工业化生产。日本种曲已由传统的自然培养制曲，发展为纯种制曲，将纯种培养的若干不同菌株按一定比例混合，制得的种曲发酵效果很好。我国黄酒酿造要求酵母耐高温、抗杂菌、发酵生香能力强，只有这样在酿造中黄酒的产量和质量才能有可靠保证。可采用基因工程、细胞融合技术进行定向育种，还可选育出性能优良且适合高浓度黄酒酿造的基因工程酵母、耐高温活性黄酒干酵母等，从而更进一步提高黄酒的稳定性，延长保质期。目前，发酵工程技术的发展主要集中在以下几个方面：

1. 基因工程

基因工程又称分子克隆或重组 DNA 技术，是指用酶学方法，将异源基因与载体 DNA 在体外进行重组，将形成的重组基因转入受体细胞，使异源基因在其中复制表达，从而改造生物特性，大量生产出目标产物的高新技术。基于此项技术，英国研制出转基因啤酒酵母，可直接利用淀粉和糊精，提高了发酵产率。

2. 细胞工程

应用细胞生物学方法，按照研究人员预定的设计，有计划地改造遗传物质和细胞的培养技术，包括细胞融合技术、动物细胞工程和植物细胞工程的大量控制性培养技术。日本研究人员利用原质体的细胞融合技术，对构巢曲霉、产黄青霉、总状毛霉等菌进行种内或种间的细胞融合，选育出蛋白酶分泌能力强、发育速度快的优良菌株，应用于酱油生产中，既提高了生产效率，又提高了酱油品质。

3. 冷杀菌技术

冷杀菌包括超高压杀菌、辐射杀菌、高压脉冲电场杀菌、磁力杀菌、感应电子杀菌、超声波灭菌、脉冲强光杀菌等。杀菌过程中食品的温度并不升高或升高有限，既有利于保持食品中功能成分的生理活性，又有利于保持产品的色、香、味及营养成分。冷杀菌技术可应用于酱菜、腐乳等非加热发酵食品的生产工艺中，也可以替代传统加热杀菌工艺，以改进传统生产

中的减菌操作工艺,提高食品安全性。白光闪照强光灭菌技术——该技术是由美国 Foodco 公司推出的 Pure Bright 程序的表面无菌技术,它利用一种惰性气体灯发出波长由紫外光区至红外光区的光线(其光强度比阳光强 2×10^4 倍)照射食品,从而达到杀菌的目的。白光闪照强光灭菌技术,能显著延长透明物料预包装食品以及新鲜食品的货架寿命,可将大多数微生物、滤过性病毒和孢子致死,是一种表面杀菌高新技术,可用作发酵食品原料表面灭菌操作工艺,同时避免了使用 H_2O_2 或电离辐射等引起的食品安全问题。超高压杀菌技术——超高压食品加工技术是将食品原料置于 200~600 MPa 的均衡压力下,进行低温短时间加压处理,使微生物细胞膜破裂而抑制或杀死微生物的食品加工技术。酵母、霉菌等一般细菌在 300~400 MPa 压力下即可被杀死;600 MPa 以上压力可将带芽孢的细菌杀死。超高压加工技术不破坏产品的维生素、色素、香味成分等物质,杀菌效率高。

4. 超滤

目前我国传统酱油和食醋的生产,大多采用固态发酵法,生产多为敞口手工操作,产品极易被污染,使细菌超标。此外,传统发酵工艺中的淀粉和蛋白质发酵不完全,会造成产品浑浊和沉淀;而加热灭菌虽可改善产品卫生指标,但对风味影响较大;传统过滤对产品澄清度的改善效果一般。超滤是膜分离技术之一,它是用膜将直径小于 $0.3 \mu m$ 的离子与其他低分子质量组分或溶剂分开,具有操作条件温和、分离环境密闭和生产效率高等特点,兼具除去菌体的作用,应用于酱油和食醋生产中,既可以提高产品的澄清度和稳定性,亦可实现减菌的目的,提高产品的安全性,具有广泛的应用前景。

综上所述,发酵食品营养价值极高,在我国已有上千年的历史,现在已普及到朝鲜、日本及东南亚等国家和地区,对亚洲人乃至整个世界的饮食生活和健康起到了很重要的作用。然而,发酵食品虽然起源于我国,但是我国对其研究还不够深入,作为发酵食品,对其理想的发酵参数,发酵过程中必需的微生物,发酵过程中所发生的生化和化学变化,原料和终产品的营养品质等,还未有深入系统的研究;作为保健食品,其保健生理功能和生理活性成分的研究还有很大地研究空间。因此,我国应进一步加强对发酵食品的研究:首先系统研究、优化其生产工艺,在此基础上运用保健食品研究新技术、新方法,对发酵食品特殊功能成分进行分离、提取及保健功能研究,揭示其药食两用的生理活性物质,明确其保健功能成分;深入研究发酵食品活性成分结构、作用机理及其加工稳定性,进一步挖掘我国丰富的食疗宝库,生产出具有中国特色的、多样化发酵保健食品。

第二节 食品发酵原理

一、食品发酵中的微生物及其作用

(一) 发酵工业对微生物菌种的要求

1. 选择菌种应遵循的原则

①培养基廉价、生长繁殖快、代谢产物的产量高;②在易于控制的条件下能迅速生长和发酵,发酵周期短;③单产高的营养缺陷型突变株或调节突变型菌株或野生菌株;④选育抗噬菌

体强的菌株;⑤菌种性能稳定、不易变异退化;⑥不产生任何有毒的生物活性物质和毒素。

2. 发酵工业所用菌种的总趋势

发酵菌→氧化菌;野生菌→变异菌;自然选育→代谢控制育种;诱发基因突变→基因重组。

(二) 发酵工业中常用的微生物及其作用

工业生产上常用的微生物有霉菌、细菌、酵母菌和放线菌,由于发酵工程本身的发展以及遗传工程的介入,藻类、病毒等也正在逐步成为工业生产的微生物。

1. 霉菌

霉菌分布广,地球的各个角落都有它们的踪迹。霉菌有着广泛的用途,尤其是在发酵工业中,可用于生产抗生素、酒精、有机酸、酶制剂等。在农业上,用于饲料、赤霉素、生长激素、白僵菌剂(杀虫农药)、除草剂等的生产。

霉菌的繁殖能力很强,繁殖方式多种多样,能进行无性繁殖和有性繁殖。在自然界中,霉菌主要依靠产生形形色色的无性或性孢子进行繁殖,常见的有节孢子、厚垣孢子、孢囊孢子和分生孢子。霉菌的孢子具有小、轻、多、干以及形态色泽各异、休眠期长、抗逆性强等特点。这些特点有利于其在自然界中随机播种和繁殖;对于人类的实践来说,有利于接种、扩大培养、菌种选育、保藏和鉴定等工作。

工业上常用的霉菌有:黑曲霉、红曲霉、木霉、青霉、根霉、毛霉、犁头霉等;霉菌具有分解淀粉、蛋白质、纤维素、脂肪的能力。例如,可以将原料中的淀粉分解成糊精、低聚糖、双糖或单糖,将蛋白质分解成低分子含氮物或氨基酸,故常用于生产酒精、白酒、酶制剂、抗生素、有机酸、生长素及甾体激素等。又如,鲁氏毛霉用于制作腐乳;总状毛霉用于制作豆豉;黑曲霉用来制作麸曲,用于酿酒、酿醋生产中;米曲霉用于酿造酱油等。

2. 酵母菌

酵母菌是一种单细胞真菌,在有氧和无氧环境下都能生存,属于兼性厌氧菌。在有氧的情况下,它把糖分解成二氧化碳和水,并产生能量,酵母菌生长较快。在缺乏氧气时,发酵型的酵母菌通过将糖类转化成为二氧化碳和乙醇(俗称酒精)来获取能量。反应式如下:



利用这一原理,可以生产酒精、白酒或用于食醋生产的酒化过程中;在烤面包或蒸馒头的过程中,二氧化碳将面团发起,而酒精则挥发。酵母菌通常附着在富含糖类的环境中,比如葡萄、苹果、桃等水果或植物分泌物(如仙人掌的汁)中。

酵母本身也是一种产品,通常以人类食用和作动物饲料的目的不同将其分为食用酵母和饲料酵母。食用酵母中又分成面包酵母、食品酵母、药用酵母等。

面包酵母又分压榨酵母、活性干酵母和快速活性干酵母。①压榨酵母:采用酿酒酵母生产的含水分70%~73%的块状产品,呈淡黄色,具有紧密的结构且易粉碎,有强的发面能力。在4℃可保藏1个月左右。②活性干酵母:采用酿酒酵母生产的含水分8%左右、颗粒状、具有发面能力的干酵母产品。采用具有耐干燥能力、发酵力稳定的酵母经培养得到鲜酵母,再经挤压成型和干燥而制成。发酵效果与压榨酵母相近。产品用真空或充惰性气体(如氮气或二氧化碳)的铝箔袋或金属罐包装,货架寿命为半年到1年。与压榨酵母相比,它具有保藏期长,不需低温保藏,运输和使用方便等优点。③快速活性干酵母:一种新型的具有快速高效发酵力的细

小颗粒状(直径小于1 mm)产品。水分含量为4%~6%。它是在活性干酵母的基础上,采用遗传工程技术获得高度耐干燥的酿酒酵母菌株,经特殊的营养配比和严格的增殖培养条件以及采用流化床干燥设备干燥而得。与活性干酵母相同,采用真空或惰性气体保藏,货架期为1年以上,颗粒较小,发酵力高,使用时不需先水化而可直接使用。

食品酵母不具有发酵力,供人类食用的干酵母粉或颗粒状产品,可通过回收啤酒厂的酵母泥或为了人类营养的要求专门培养并干燥而得。美国、日本及欧洲一些国家在普通的粮食制品如面包、蛋糕、饼干和烤饼中掺入5%左右的食用酵母粉以提高食品的营养价值。

药用酵母其制造方法和性质与食品酵母相同。由于它含有丰富的蛋白质、维生素和酶等生理活性物质,医药上将其制成酵母片如食母生片,用于治疗因不合理的饮食引起的消化不良症。体质衰弱的人服用后能起到一定程度的调整新陈代谢机能的作用。在酵母培养过程中,如添加一些特殊的元素制成含硒、铬等微量元素的酵母,对一些疾病具有一定的疗效。如含硒酵母用于治疗克山病和大骨节病,并有一定防止细胞衰老的作用;含铬酵母可用于治疗糖尿病等。

饲料酵母通常用假丝酵母或脆壁克鲁维酵母经培养、干燥制成、不具有发酵力、细胞呈死亡状态的粉末状或颗粒状产品。它含有丰富的蛋白质(30%~40%)、B族维生素、氨基酸等物质,广泛用作动物饲料的蛋白质补充物。

3. 细菌

细菌广泛分布于土壤和水中,或与其他生物共生。细菌对环境、人类和动物既有利又有危害。一些细菌成为病原体,导致了破伤风、伤寒、肺炎、梅毒、霍乱和肺结核。在植物中,细菌导致叶斑病、火疫病和萎蔫。感染方式包括接触、空气传播、食物、水和带菌微生物。但许多细菌被应用在发酵工业中,为人类造福。例如,醋的传统制造就是利用空气中的醋酸菌(*Acetobacter*)使酒转变成醋;利用细菌制造奶酪、泡菜、酸奶等;细菌也能够分泌多种抗生素,例如链霉素即是由链霉菌(*Streptomyces*)所分泌的。利用细菌能降解多种有机化合物的能力也常被用来清除污染、废水处理等。由此可见,在生物科技领域中,细菌有着广泛的运用。具体应用如下:

(1) 枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)生产蛋白酶、淀粉酶、5'-核苷酸酶、氨基酸、核苷等,例如枯草杆菌 BF7658 为生产淀粉酶的主要菌株,枯草杆菌 AS. 1398 为生产中性蛋白酶的主要菌株。

(2) 丙酮丁醇梭状芽孢杆菌(*Clostridium acetobutylicum*)一般以玉米粉为原料生产丙酮、丁醇,还可生产乙醇、丁酸、乙酸等有机溶剂。

(3) 德氏乳酸杆菌(*Lactobacillus delbruckii*)生产乳酸、乳酸钙。

(4) 乳链球菌(*Streptococcus lactis*)可使葡萄糖发酵产生右旋乳糖,常用于乳制品工业及传统食品工业。

(5) 肠膜状明串珠菌(*Leucanostoc mesenteroides*)是制药工业生产右旋糖苷的重要菌种。

(6) 醋酸杆菌(*Acetobacter*)中有醋化醋酸杆菌(*Acetobacter aceti*)、巴氏醋酸杆菌(*Acetobacter pasteurianus*)、许氏醋酸杆菌(*Acetobacter schutzenbachii*)。弱氧化醋酸杆菌(*Acetobacter suboxydans*)可氧化乙醇为醋酸、氧化葡萄糖为葡萄糖酸、氧化山梨醇为山梨酸生产酒石酸。

(7) 大肠杆菌(*Escherichia coli*)。利用大肠杆菌的谷氨酸脱羧酶进行谷氨酸定量分析;生

产天冬氨酸、苏氨酸、缬氨酸,医药工业中生产天冬酰胺酶,治疗白血病。

(8)北京棒状杆菌(*Crynebacterium pekinese*)为谷氨酸产生菌,北京棒状杆菌 T6-13 及其变种 415 均为我国生产谷氨酸的高产菌株。

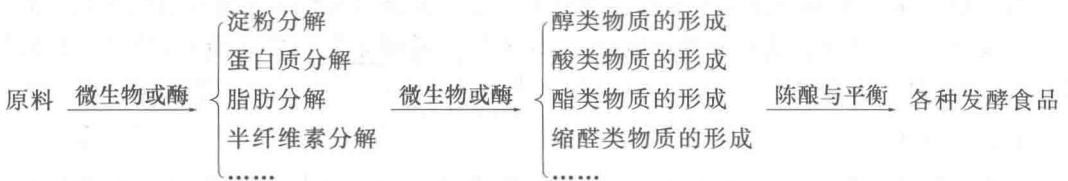
(9)产氨短杆菌(*Brevibacterium ammoniagenes*)产生谷氨酸、缬氨酸、肌氨酸,常用于氨基酸和核苷酸的生产,也是酶法生产辅酶 A 的菌株。

(10)保加利亚乳杆菌(*Lactobacillus bulgaricus*)、嗜热链球菌(*Streptococcus thermophilus*)、双歧杆菌(*Bifidobacterium bifidum*)、嗜酸乳杆菌(*Lactobacillus acidophilus*)等常用来生产发酵乳制品。

4. 放线菌

放线菌最大的经济价值在于能产生多种抗生素。从微生物中发现的抗生素有 60% 以上是放线菌产生的,如链霉素、金霉素、红霉素、庆大霉素等。常用的放线菌主要来自以下几个属:链霉菌属、小单孢菌属和诺卡氏菌属等。近年来也用放线菌生产氨基酸、核苷酸、维生素和酶制剂等。

(三) 发酵食品生产过程中的物质变化



二、菌种的选育与保藏

(一) 菌种的分离

发酵工业中的菌种来源:①向菌种保藏单位索取或购买。②分离与筛选新菌种:制定方案→采样→增殖→分离→发酵→性能测定。纯种分离技术有:简单平板分离法,稀释分离法,涂布分离法等。

(二) 菌种的选育

1. 自然选育(spontaneous mutation)

根据菌种自发突变的特点进行优良菌种筛选的过程称为自然选育。在实际生产中,由于各种因素的影响自然突变是经常发生的,故进行自然选育、淘汰衰退的菌株可达到纯化菌种、稳定生产和提高产量的目的。自然选育的程序:将菌种制成菌悬液,用稀释法在固体平板上分离单菌落,再分别测定单菌落的生产能力,从中选出高产菌株。

2. 诱变育种

(1)原理 通过物理或化学诱变剂的处理,使诱变对象内的遗传物质发生变化,筛选具有优良性状的变异菌株的过程。

(2) 诱变因子 物理诱变因子:紫外线、 α -射线、 β -射线;化学诱变因子:亚硝基胍(NTG)、硫酸二乙酯(DES);生物诱变因子:噬菌体(诱发抗性突变)。

(3) 诱变育种的基本方法 诱变育种一般包括诱变和筛选两个部分,诱变是成功的关键。诱变程序为:出发菌株的选择、诱变剂种类和剂量的选择以及合理的使用方法。筛选包括初筛和复筛来测定菌种的生产能力。

突变菌株的筛选过程:出发菌→诱变物处理→初筛→复筛→发酵条件的优化。

① 出发菌株的选择:选择原则——有一定的目的产物的生产能力;生长繁殖快,营养要求低、产孢子多且早;对诱变剂敏感,变异幅度大。

② 诱变剂的使用方法:包括单一诱变剂处理和复合诱变剂处理(两种诱变剂先后分别处理,或同时多次处理)。

③ 诱变剂的剂量选择:诱变剂的剂量与致死率有关,而致死率与诱变率有一定的关系。因此,可用致死率作为诱变剂剂量选择的依据。一般来说,诱变率随诱变剂剂量的增加而提高,但达到一定程度后,再提高剂量,诱变率反而下降,故一般选择致死率为70%~80%的剂量。

④ 初筛和复筛:诱变处理后,正向突变的菌株通常为少数,须进行大量的筛选才能获得高产菌株。经诱变后,菌种的性能有可能发生各种各样的变异,如营养变异、抗性变异、代谢变异、形态变异、生长繁殖变异和发酵温度变异等。这些变异的菌种可用各种方法筛选出来。

⑤ 发酵条件的优化:通过初筛和复筛后,还要经过发酵条件的优化研究,确定最佳的发酵条件,才能使高产菌株的生产能力充分发挥出来。

3. 杂交育种

两个基因型不同的菌株通过结合使遗传物质重新组合,从中分离和筛选具有新性状的菌株的过程称为杂交育种。例如,真核微生物的有性杂交、准性生殖,原核生物的转导、转化、接合等,这些都是基因重组在细胞水平上的反映。

(1) 转化(transformation) 受体菌直接吸收外源(供体菌)DNA片段而获得后者部分遗传性状的现象称转化或转化作用。通过转化方式而形成的杂种后代称转化子。受体菌最易接受外源DNA片段并进行转化的生理状态,称为感受态(competence)。

(2) 转导(transduction) 通过缺陷噬菌体为媒介,把供体菌的小片段DNA携带到受体菌中,通过交换和整合,使后者获得前者部分遗传性状的现象。通过转导作用而获得部分新性状的受体细胞称转导子。

(3) 接合(conjugation, mating) 供体菌(雄性菌)通过性菌毛与受体菌(雌性菌)直接接触,把F质粒或其携带的不同长度的基因组片段传递给后者,使后者获得若干新遗传性状的现象称为接合。或雄性菌通过性菌毛,将遗传物质(主要是F质粒)转移到雌性菌的过程。通过接合而获得新遗传性状的受体细胞称接合子。

4. 分子育种

将供体DNA上的基因,在体外重组于载体DNA上,再转移到受体细胞中,使其复制、转录和翻译,表达出供体原有的遗传性状。例如“工程菌”构建。

5. 原生质体融合(protooplast fusion)

通过人为方法,使遗传性状不同的两个细胞的原生质体进行融合,从而获得同时带有双亲遗传性状的稳定重组子的过程。由此获得的重组子称融合子。

主要步骤:标记菌株建立→原生质体制备→原生质体再生→原生质体融合→融合子的选择与鉴定→实用菌株。

(三)菌种的保藏

1. 保藏原理

菌种保藏的原理是根据菌种的生理、生化特点,人为地创造条件,使菌种的代谢活动处于不活泼状态。选择保藏对象时应做到:①挑选优良菌种,最好是休眠体,例如,孢子、芽孢等;②创造一个最有利于休眠的环境条件,例如,低温、干燥、缺氧、缺乏营养物等。

2. 保藏方法

①斜面低温保藏法:4℃冰箱中保藏,保藏时间一般情况下霉菌为半年;乳酸菌1个月;酵母菌3个月。

②液体石蜡保藏法:将生长好的新鲜斜面在无菌条件下倒入灭菌的液体石蜡,油层高出斜面1cm,以隔绝空气。该法适用范围:非厌氧微生物、不能分解烃类的微生物等。保藏时间为一年以上。

③沙土管保藏法:沙:土比例为2:1,灭菌,装管,然后将生长好的斜面菌制成孢子悬浮液,倒入沙土管中,抽真空后转移到盛有氯化钙干燥剂的容器中,密封低温保藏。

④冷冻干燥保藏法:在低温下使菌液呈冰结状态→减压→抽气→干燥。

注:需要加保护剂,如脱脂牛奶、血清等。

⑤其他保藏法:液氮保藏法;麸皮保藏法;适于霉菌、放线菌。

3. 菌种保藏机构

(1)国内菌种保藏机构 六个菌种保藏管理中心:普通微生物菌种保藏管理中心(CCG-MC);农业微生物菌种保藏管理中心(ACCC);工业微生物菌种保藏管理中心(CICC);医学微生物菌种保藏管理中心(CMCC);抗生素菌种保藏管理中心(CACC);兽医微生物菌种保藏管理中心(CVCC)。

(2)国外主要菌种保藏机构 美国标准菌种收藏所(ATCC);美国北部地区研究实验室(NRRL);荷兰真菌中心收藏所(CBS);英联邦真菌研究所(CMI)。

第三节 食品发酵过程的监控

一、发酵温度及其监控

由于生产菌种的种类不同,所处的发酵阶段的不同,所具有的酶系及其性质也不同,因此所要求的温度也不尽相同。要想获得高产量和高质量,在发酵的各个阶段都应该对发酵温度进行适当的控制。温度对发酵的影响是多方面的,既会影响到微生物细胞的生长,也会影响发酵液黏度、细胞膜的通透性、生物酶的活性,以及菌体的代谢途径和产物合成方向等。因此,在发酵过程中必须保证稳定而适宜的温度环境。