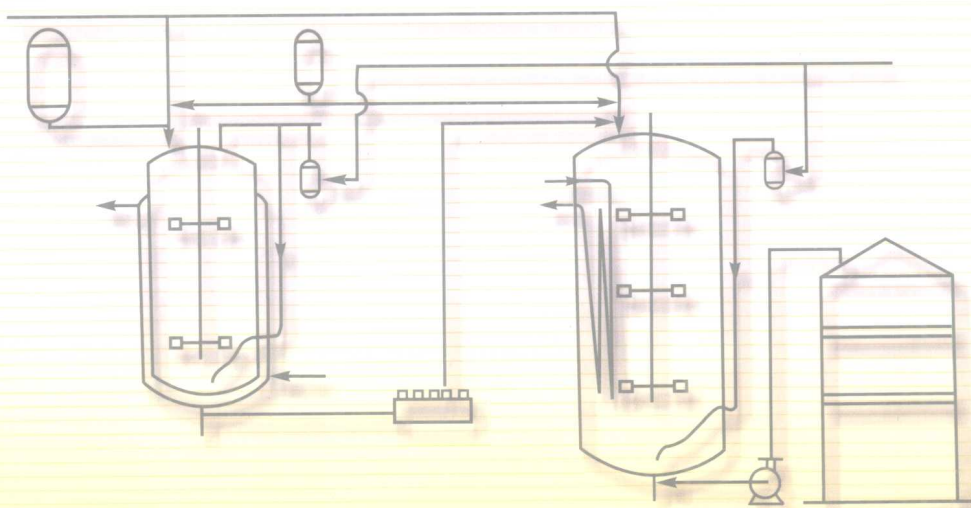


高等院校技术课程教材

发酵食品工艺学

FAJIAO SHIPIN GONGYI XUE

程丽娟 袁静 主编



西北农林科技大学出版社

高等院校技术课程教材

发酵食品工艺学

主 编 程丽娟 袁 静

副主编 陈红歌 薛景珍 孙中涛

西北农林科技大学出版社

内 容 提 要

本书是由西北农林科技大学、河南农业大学、沈阳农业大学、山东农业大学、郑州轻工业学院五所高等院校为适应当前教学需要,共同编写的一本应用类的专业技术书籍。全书共分十五章。第一章 绪论;第二章 白酒;第三章 啤酒;第四章 黄酒;第五章 果酒;第六章 配制酒;第七章 酱油;第八章 酱品;第九章 食醋;第十章 豆腐乳;第十一章 豆豉与纳豆;第十二章 谷氨酸发酵与味精生产;第十三章 柠檬酸发酵;第十四章 乳酸发酵及乳酸食品;第十五章 黄原胶。

本书内容丰富,理论全面、系统,工艺翔实,并着力反映了当前学科新成就。它适用于食品科学与工程、生物技术、生物工程、发酵工程、农产品贮运与加工、应用微生物等专业的大学本科、专科及研究生的课程教学使用,也可供从事食品发酵、食品加工及相关学科的研究者和生产者参考应用。

图书在版编目(CIP)数据

发酵食品工艺学/程丽娟,袁静主编. —杨凌:西北农林科技大学出版社,2002.12
ISBN 7-81092-012-X

I. 发... II. ①程...②袁... III. 发酵食品—生产工艺 IV. TS26

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第089470号

发酵食品工艺学

程丽娟 袁静 主编

西北农林科技大学出版社出版发行

(陕西杨凌杨武路3号 邮编:712100 电话:029-7093105)

西北农林科技大学印刷厂印刷 2002年12月第1版第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:29

字数:670千字 印数:1-3000

ISBN7-81092-012-X/TS·1

定价:29.60元

本书如有印装质量问题,请与本社联系

编写单位与编写者名单

(按单位依姓氏笔画为序)

西北农林科技大学	来航线	李元瑞	杜双奎	杨 祥
	袁 静	程丽娟	薛泉宏	
河南农业大学	马向东	陈红歌	宋安东	苗雪霞
沈阳农业大学	马荣山	车芙蓉	郑 艳	赵春燕
	薛景珍			
山东农业大学	孙中涛			
郑州轻工业学院	卫 军	陈春涛		

前 言

我国是世界文明古国,有着深厚积淀的民族文化,食品发酵在中华文化中占着重要的地位。自古以来,我国劳动人民就利用微生物酿制食品(酒、醋、酱等),从4000年前至今,不论是劳动人民的辛勤贡献,还是若干代科学家的不懈努力,都为食品的发酵或酿造积累了丰富的丰富而成熟的经验。这些宝贵的财富,随着社会的发展进步,在人类生产、生活中将会越来越显得重要。

教育在发展,要求教学不断革新。食品工程、生物技术、应用微生物、农产品加工、农业资源开发利用等专业或相关课程的开设,提出了教授实用性科学知识与技能的迫切要求,我们及兄弟院校的同行老师们,一致感到急需一本既适合专业教学需要,且得心应手的课程教材,因而本书才得以应运而生。

本书内容主要包括三个部分,即酒类发酵,酱、醋、腐乳类酿制,有机酸发酵及应用,并简要介绍了新型食品添加剂——黄原胶的生产应用。其中,涉及的发酵产品有15种,均以当前教学中的需要为对象。本书的编写特点是:第一,发酵产品以单元形式独立成章,便于针对不同专业和对象选择应用或方便自学;第二,力求理论联系实际,既保证有系统的理论知识,又努力反映现代食品加工中的新工艺、新成就;第三,贯彻素质教育方针,本书简要介绍了产品生产的发展历史,使学生在在学习科学技术的同时,能了解祖国、了解世界、了解人类的文明史,从而提高自己的社会责任感,并树立健全的科学精神。此外,每章结束还列有数道思考题,便于学生抓重点学习。由此可见,本书是一本理论全面、系统,工艺先进、翔实,实践操作性强的科技书籍。适用于高等院校的食品科学与工程、食品质量与安全、生物技术、生物工程、发酵工程、农产品贮运与加工、应用微生物等专业的大学本科、专科及研究生的课程教学使用,也可供从事食品发酵、食品加工的研究者和生产者等科技人员参考应用。

参加编写的同行老师们,大多数是教学第一线的教授、副教授或博士、硕士和青年教师骨干,其中不少编者先后深入到生产一线进行跟班劳动实践或调研,他们不仅有着扎实深厚的理论知识,又有着较丰富的实践经验,同时由各位编者所提供的书稿中,还反映出各位老师的认真负责、一丝不苟的严谨治学态度。

全书共有15章,编写分工如下:

- | | |
|-------------|-------------|
| 第一章 袁 静 | 第二章 马向东 陈春涛 |
| 第三章 苗雪霞 宋安东 | 第四章 宋安东 马荣山 |
| 第五章 来航线 程丽娟 | 第六章 孙中涛 |
| 第七章 袁 静 杜双奎 | 第八章 郑 艳 |
| 第九章 李元瑞 袁 静 | 第十章 卫 军 |

第十一章 赵春燕

第十二章 薛泉宏

第十三章 陈红歌

第十四章 薛景珍 车芙蓉 赵春燕

第十五章 杨 祥 程丽娟

全书由程丽娟统稿、审定,并负责插图的选配。

在编写、统稿的过程中,我们借鉴了先辈和同行已出版的大量文献资料,在此特向有关作者谨致谢忱。

全书配有插图 70 余幅,全部由西北农林科技大学屈红星女士绘制完成。在本书的出版工作中,西北农林科技大学教材科、印刷厂给予了极大的支持与帮助,在此谨表示衷心感谢。

本书中凡成分的含量、浓度等以%表示的,一般均指质量分数。酒精含量以%表示的,指体积分数。

由于编者学识和水平有限,加之时间仓促,书中错误与疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

西北农林科技大学 程丽娟

2002 年 10 月于陕西杨凌

目 录

前 言	
第一章 绪论	(1)
第二章 白 酒	(13)
第一节 概 述	(13)
第二节 酿酒原料	(15)
第三节 大曲酒	(19)
第四节 麸曲白酒	(35)
第五节 小曲酒	(42)
第六节 液态法白酒和低度白酒	(49)
第七节 白酒的贮存、勾兑与调味	(55)
第三章 啤 酒	(60)
第一节 概 述	(60)
第二节 啤酒酿造原料	(63)
第三节 麦芽制备	(73)
第四节 麦芽汁制备	(83)
第五节 啤酒发酵	(94)
第六节 成品啤酒	(102)
第四章 黄 酒	(107)
第一节 概 述	(107)
第二节 原酒酿造原料	(109)
第三节 黄酒发酵的基本原理	(112)
第四节 糖化发酵剂	(115)
第五节 黄酒酿造工艺	(123)
第六节 黄酒的压榨、澄清、杀菌和贮存	(132)
第七节 著名黄酒酿造工艺	(134)
第五章 果 酒	(144)
第一节 概 述	(144)
第二节 果酒酿造原料	(146)
第三节 果酒酿造工艺	(149)
第四节 葡萄酒酿造	(152)
第五节 几种果酒生产工艺	(162)

第六章 配制酒	(168)
第一节 概 述.....	(168)
第二节 果露酒.....	(176)
第三节 药 酒.....	(179)
第四节 起泡酒.....	(183)
第五节 鸡尾酒.....	(187)
第六节 仿洋酒.....	(191)
第七章 酱 油	(196)
第一节 概 述.....	(196)
第二节 原 料.....	(197)
第三节 种曲制备.....	(202)
第四节 制 曲.....	(207)
第五节 发 酵.....	(227)
第六节 浸 出.....	(237)
第七节 加热及配制.....	(238)
第八节 贮存与包装.....	(241)
第九节 酱油质量规格.....	(242)
第十节 其它几种发酵工艺.....	(245)
第八章 酱 品	(251)
第一节 概 述.....	(251)
第二节 原 料.....	(251)
第三节 常用菌种及种曲生产.....	(253)
第四节 大豆酱酿造工艺.....	(255)
第五节 蚕豆酱酿造工艺.....	(257)
第六节 面酱酿造工艺.....	(260)
第七节 豆瓣辣酱酿造工艺.....	(263)
第八节 酱类加工制品.....	(265)
第九章 食 醋	(267)
第一节 概 述.....	(267)
第二节 原 料.....	(268)
第三节 酿造食醋的微生物.....	(271)
第四节 食醋酿制中的生化作用.....	(275)
第五节 糖化剂.....	(279)
第六节 酒母制备.....	(285)

第七节	醋母制备	(287)
第八节	食醋酿制工艺	(288)
第十章	豆腐乳	(314)
第一节	概 述	(314)
第二节	原 料	(314)
第三节	豆腐坯生产工艺	(318)
第四节	豆腐乳发酵	(324)
第五节	几种地方名、特腐乳介绍	(330)
第六节	腐乳质量规格及技术指标	(333)
第七节	红曲酿造	(335)
第八节	酒酿与米酒的酿造	(337)
第十一章	豆豉与纳豆	(341)
第一节	霉菌型豆豉生产	(341)
第二节	细菌型豆豉生产	(344)
第三节	纳 豆	(346)
第十二章	谷氨酸发酵与味精生产	(348)
第一节	概 述	(348)
第二节	原 料	(348)
第三节	谷氨酸发酵的原理	(352)
第四节	谷氨酸生产菌株	(359)
第五节	味精生产工艺	(361)
第六节	培养基的配制、灭菌和空气净化	(363)
第七节	种子扩大培养和谷氨酸发酵	(368)
第八节	谷氨酸提取与味精制造	(372)
第九节	味精生产的主要技术经济指标及生产计算	(378)
第十节	味精的质量指标	(380)
第十三章	柠檬酸发酵	(383)
第一节	概 述	(383)
第二节	柠檬酸发酵的微生物	(384)
第三节	柠檬酸发酵机理	(385)
第四节	柠檬酸发酵的原料	(387)
第五节	柠檬酸发酵	(389)
第六节	柠檬酸提取	(402)
第七节	柠檬酸的质量标准	(407)

第十四章	乳酸发酵及乳酸食品	(408)
第一节	概 述.....	(408)
第二节	乳酸菌.....	(409)
第三节	乳酸菌的代谢.....	(413)
第四节	工业乳酸发酵的生产工艺.....	(418)
第五节	酸 乳.....	(426)
第六节	酸乳饮料.....	(434)
第七节	酸豆乳.....	(437)
第八节	酸渍菜.....	(440)
第十五章	黄原胶	(444)
第一节	概 述.....	(444)
第二节	黄原胶的分子结构及性能.....	(444)
第三节	黄原胶的发酵生产.....	(446)
第四节	黄原胶的质量标准及其应用.....	(450)
主要参考文献		(453)

第一章 绪 论

一、发酵及发酵工程

发酵(fermentation)最初派生于拉丁语“ferver”，即“发泡”、“沸涌”之意。即指酵母作用于果汁或谷物，进行酒精发酵时产生的 CO_2 的现象。至今在中国黄酒的酿造和欧洲啤酒、果酒等的发酵中，常以起泡现象作为直观发酵的指标。随着科学技术的进步，尤其是近代微生物技术的进步，发酵作为一门工程学科不断地发展。目前，人们把借助微生物在有氧或无氧条件下的生命活动来制备微生物菌体本身，或其直接代谢产物或次级代谢产物的过程统称为发酵。

发酵工程，公认的定义是：利用微生物的某种特性，通过现代化工程技术手段进行工业规模生产的技术，它包括传统发酵(有时称酿造)，如某些食品和酒类等的生产，和近代的发酵工业如酒精、乳酸、丙酮-丁醇等，以及目前新兴的如抗生素、有机酸、氨基酸、酶制剂、核苷酸、生理活性物质、单细胞蛋白等的发酵生产。在我国，人们常把由复杂成分构成的，并有较高风味要求的发酵食品，如啤酒、白酒、黄酒、清酒、葡萄酒等饮料酒以及酱油、酱品、豆豉、腐乳、酱腌菜、食醋等副食佐餐调味品的生产称为酿造工业(brewing industry)；而把经过纯种培养，提炼精制获得的成分单纯、无风味要求的酒精、抗生素、柠檬酸、谷氨酸、酶制剂、单细胞蛋白等的生产叫发酵工业(fermentation industry)。

从发酵和发酵工程的定义可知，实现发酵过程并得到发酵产品，必须满足的条件是：①工业生产上适宜的微生物，故应进行菌种的选育；②须保证或控制微生物进行代谢的各种条件(培养基、温度、溶氧浓度、pH等)，应进行最佳发酵条件的选择和控制；③生化反应器，即发酵罐或酶反应器的设计；④须有将菌体或代谢产物分离、提取及精制成产品的方法和设备。70年代初，在分子生物学和细胞生物学基础上发展起来的新兴技术领域——生物技术，极大地促进了发酵工业的发展。现代发酵工业将是传统发酵技术和现代DNA重组、细胞融合等新技术相结合并发展起来的现代生物技术，并通过现代化学工程技术，生产有用的物质或直接用于工业化生产的一种大工业体系。

二、食品发酵的历史

在人类未发现微生物之前，世界各国人民就已自发地与微生物频繁地接触，凭借自己的经验，在实践中利用有益微生物和控制有害微生物来进行食品发酵并积累了丰富的经验。但对发酵的本质却一无所知。微生物只不过是十七世纪末叶才被发现和认识，在此后的近300年来，发酵食品业才得以快速发展起来。概括它的发展历史可分为6个时期。

(一)天然发酵阶段

在距今8000年前至公元1676年间，人们对待身边的微生物表现出“视而不见，嗅而不闻、触而不觉、食而不察、得其益而不感其好、受其害而不知其恶”的状态。在人们不了解

发酵本质之前,就利用自然发酵现象制成各种饮料酒和其他食品。早在公元前 4000~3000 年,埃及人已熟悉酒、醋的酿造方法。哥伦布发现美洲新大陆时,曾发现当地印第安人已在饮用由玉米制成的烧酒。

在当时的发酵食品中,如发面、天然果酒和啤酒、牛乳和乳制品的发酵以及利用酿酒微生物来治疗腹泻等,其应用水平最高并独树一帜的应首推我国古代劳动人民在制曲、酿酒方面的伟大创造。

我国人民在距今约 8000 年至 4500 年间,发明了制曲酿酒工艺;在 2500 年前的春秋战国时期,已知制酱和酿醋;在宋代,人们就采用老的曲子——“曲母”来进行接种,还根据红曲菌有喜酸和喜温的生长习性,利用酸大米和明矾水在较高温度下培养,以制造优良的红曲。在 900 年前,利用自养细菌生命活动的胆水浸铜法(类似于当今的细菌冶金法)生产铜。在 2000 年前,发现豆科植物的根瘤有肥田增产作用,并采用积肥、沤粪、压青和轮作等农业措施,来提高作物产量。在医疗方面,我们的祖先早在 2500 年前就知道利用麦曲治疗腹病。另外,在对传染病及其流行规律的认识,以及对消毒、灭菌措施的利用等方面都有过一定的贡献。此外,远在十五世纪,我国民间还创造过“以毒攻毒”的免疫方法,即发明用种人痘(天花病人的痘痂)来预防天花,这要比英国村医秦纳(E. Jenner 1796 年)发明种牛痘预防天花早几个世纪。

在酿酒技术中,我国人民所创造的制曲酿酒工艺可有如下四大特点。

1. 历史悠久 关于酒在我国起源的确切时间,还有待考证和讨论。但一般认为,酒是人类进入农业社会后的自然产物,《淮南子》(公元前 2 世纪)中有“清醪之美,始于耒耜”之说,即指酿酒与农业同时开始;晋代的《酒诰》(3 世纪)中有一段朴素而充满唯物主义观点的关于酒的起源的叙述:“酒之所兴,肇自上皇,或云仪狄,一曰杜康。有饭不尽,委余空桑,郁积成味,久蓄气芳。本出于此,不由奇方。”20 世纪 70 年代,河南新郑县发掘到的距今近 8000 年的裴李岗遗址是新石器时代遗址。其中有谷物的收割和加工工具——石镰、石磨盘、石磨棒等,说明当时已开始酿酒了。至 4000~5000 年前新石器时代晚期的“龙山文化”时期,从以后发掘到的大量樽、盃(he)、罍(jia)等陶制酒器来看,当时酿酒工艺已比较发达,谷物酒已成较普遍的酒精饮料了。

2. 工艺独特 在酿制酒类的果酒、啤酒、曲酒和蒸馏酒四个类型中,以我国人民所发明的曲酒类是最为独特的,由于其方法是先利用霉菌的淀粉酶(曲)对谷物淀粉进行糖化,然后利用酵母菌进行酒精发酵,这种工艺无疑就是今日的序列发酵和混合发酵的一种雏型,其在微生物发酵工艺史上有着重要的地位。

3. 经验丰富 在制曲和酿酒技术上,古人经过精心钻研和实践,为我们积累了丰富的经验,这在《齐民要术》(公元 6 世纪)和《天工开物》(1637 年)等典籍中都有详尽的记载。

4. 品种多样 在曲、酒和菌种的种类上十分多样。如曲种上有散曲、小曲、饼曲、草药曲、红曲和干酵等多种;在酒的品种上,仅《齐民要术》中就记载着 39 种之多;至于菌种,当时虽没有纯种微生物,但是,经过精心选择和独特培养后,已选育出以根霉、米曲霉、酵母菌、红曲霉或毛霉为主体的各种曲种。这些都是我们的祖先为后人留下的丰富的菌种库。1892 年,法国人 A. Calmette 曾从中国小曲中分离到一株糖化力很强的毛霉——Mucor

rouxianus(鲁氏毛霉),并利用它所产生的糖化酶,用于对淀粉质原料进行糖化生产酒精,这就是酒精发酵技术中著名的“阿米露法”(amylo process)。

(二)纯培养技术的建立

1676年,被称为微生物学先驱者的荷兰人安东·列文虎克(Anthony van Leeuwenhoek, 1632~1723年),用他自制的能放大200倍的简单显微镜,观察了雨水、牙垢及腐败有机物等,破天荒地发现了许多“活的小生物”之后,发表了《列文虎克所发现的自然界的秘密》一书,从此,拉开了微生物世界的帷幕,并有力的证实了微生物的存在。因而,列文虎克也就成为世界上第一个看到微生物的人。他先后发表过约400篇论文,其中绝大部分(375篇)寄往英国皇家学会发表。这是他对微生物“形态学时期”的重大贡献。

1861年,法国学者巴斯德(Louis Pasteur, 1822~1895年)根据曲颈瓶试验彻底推翻了生命的“自然发生说”,并建立“胚种学说(germ theory)”,其特点为:①建立了一系列研究微生物所必要的独特方法和技术;②借助于良好的研究方法,开创了寻找病原微生物的“黄金时期”;③把微生物学的研究从形态描述推进到生理学研究的新水平;④开始客观上以辩证唯物主义的“实践—理论—实践”的思想方法指导科学实验。巴斯德证明了发酵原理,指出发酵现象是微小生命体进行的化学反应。其后,他连续对当时的乳酸发酵、酒精发酵、葡萄酒酿造、食醋制造等各种发酵现象进行研究,明确了这些不同类型的发酵,是由形态上可以区别的各种特定的微生物所引起的。他指出:“酒精发酵是由于酵母(yeast)的作用,葡萄酒的酸败是由于酵母以外的另一种更小的微生物(醋酸菌)的第二次发酵作用所引起的。”随之发明了著名的巴氏灭菌法(pasteurization),挽救了法国葡萄酒酿造业免受变质酸败之苦。巴斯德也因此被人们誉之为“发酵之父”。

其后不久,布雷菲尔德(Brefeld)创建了霉菌纯粹培养法(1872年),被称为近代细菌学之父;曾获得1905年诺贝尔奖的德国学者利斯特创·柯赫等(Robert Koch, 1842~1910年)研究了人畜共患的炭疽病,发明了固体培养基(1881年),从而创建了单种微生物的分离和纯培养技术,使发酵技术从天然发酵转变为纯培养发酵的第一个技术进步转折点。从此,人类开始可以人为地控制微生物的发酵进程,使发酵的生产技术得到巨大的改良,提高了发酵产品产量、质量的稳定。

1897年,法国人布赫纳(Buchner, 1860~1917年)以制药为目的,将酵母和砂混合磨碎,并添加大量砂糖以防腐,放置后,意外发现此细胞萃取液同样能产生酒精发酵现象,证明了任何生物都具有引起发酵现象的物质(酶),从而导致了当代生物化学的诞生。

第一次世界大战中,德国需求大量用于制造炸药的硝化甘油,从而促使甘油发酵工业化生产。英国因制造无烟火药的硝化纤维而需要大量的优质丙酮,促使了Weizman发明了丙酮-丁醇发酵,并实现工业化,形成了德、英两国在发酵技术上的竞争。

第二次世界大战中,日本为补充航空机燃料的不足,由藤弁三郎发明了用砂糖发酵制取正丁醇,再通过化学反应生成异辛烷的方法,并发展成工业化生产。与此同时,英国、美国也强有力地推进了此项发展计划。

从19世纪末到20世纪30年代出现的发酵产品有乳酸、酒精、面包酵母、丙酮-丁醇等厌氧产品和柠檬酸、淀粉酶、蛋白酶等好氧产品,均为表面培养。这些产品的生产过程较为简单,对生产设备的 yêu求不高,规模也不大。

(三) 通气搅拌发酵技术的建立

1929年英国细菌学家弗莱明(A. Fleming)在研究金黄色葡萄球菌时,偶然发现青霉菌的抑菌作用,并研究而命名为“青霉素”,其后在1940年,英国牛津大学的弗洛瑞(Haward Florey)及钱恩(E. B. China)两位博士精制分离出青霉素,并确认青霉素对伤口感染症比当时盛赞的磺胺药剂更具疗效和奇迹般的医药作用。1941年,美英两国合作对青霉素进行进一步的研究和开发。联合国将青霉素作为医治战伤的药物而大力推进青霉素的工业化生产研究获得成功。青霉素发酵生产的成功,不仅给人类医疗保健事业做出了巨大贡献,同时,在发酵工业发展史上写下了崭新的一页。它带给发酵技术有以下两大功绩:①开拓了以青霉素为先锋的庞大的抗生素发酵工业。②建立了深层培养法(submerged culture),把通气搅拌技术引入发酵工业。它使需氧菌的发酵生产从此走上大规模工业化生产途径,使通气搅拌液体深层发酵技术成为现代发酵工业的最主要的生产方式。这是发酵技术进步的第二个转折点。

在青霉素的巨大医疗效益的促进下,各国微生物学家掀起了一个广泛寻找土壤中拮抗性微生物的热潮。1944年,美国微生物学家S. Waksman从近1万株土壤放线菌中,找到了疗效显著的链霉素,接着氯霉素、金霉素、土霉素、红霉素、新霉素、万古霉素、卡那霉素和庆大霉素等相继被发现。据统计,至1978年已找到过5128种抗生素,而1984年则达到了9000多种。至今,抗生素已成为各国药物生产中最重要的医药产品。

(四) 代谢控制发酵技术

1950~1960年,随着基础生物科学即生物化学、酶化学、微生物遗传学等的飞速发展及新型分析方法和分离技术的发展,发酵工业也有两个显著进步。其一是采用微生物进行甾体化合物的转化技术,其二是以谷氨酸和赖氨酸发酵生产成功为契机的代谢控制发酵技术的出现。前者是以美国为中心的,采用微生物的生化反应,对甾体化合物转换肾上腺皮质激素、性激素等技术,进行非常广泛的研究,结果使几个甾体化合物系列的激素投入工业生产。其技术特点是对微生物具有高度专一性的酶反应作为合成手段的一部分加以利用,也给今天的酶制剂利用工业以极大的促进。后者是自1956年由日本木下祝郎发明谷氨酸发酵技术开始而逐渐发展的,至今已成为发酵生产的一种基本思路 and 主要技术手法。代谢控制发酵技术是应用动态生物化学的知识和遗传学的理论选育微生物突变株,从DNA分子水平上,控制微生物的代谢途径,使之进行最合理的代谢,积累大量有用的发酵产物的技术。此技术不仅已在一系列氨基酸以及核苷酸物质的发酵生产中得到广泛应用,而且在抗生素等次级代谢产物的发酵中也得到广泛应用。代谢控制发酵技术被视为发酵技术发展的第三个转折点。

(五) 开拓发酵原料时期

1960~1970年这段时期是代谢控制发酵技术应用的鼎盛期,几乎所有的氨基酸和核苷酸物质都可以采用发酵法生产。同时,为满足未来的粮食、饲料的需要,而发现了石油微生物,开展发酵原料多样化的开发研究,单细胞蛋白(SCP)的研究和生产,已为世界各国所重视。目前以正烷烃为原料生产的单细胞蛋白安全性有待深入研究,但采用甲醇、醋酸、甲烷、氢气等原料也可以生产单细胞蛋白。发酵原料不仅能够制造单细胞蛋白,而且还可从这些原料发酵生产各种各样的发酵产品。因此,在发酵原料方面,发酵技术又有了大的

飞跃。

(六) 基因工程阶段

1970 年以来,随着基础生物学及边缘科学技术的发展,尤其是进入 80 年代以来,随着 DNA 重组技术的发展,发酵技术有了突飞猛进的进步。例如:在微生物育种上,应用分子生物学和分子遗传学的方法,人为地将任意生物的特定有用遗传基因组合到特定的微生物的基因中去,在分子水平上选育新的有用微生物,从而达到定向改变生物性状与功能,以创造新的“物种”,促使发酵工业能够生产出自然界微生物所不能合成的有用产物,使发酵工业发生革命性变化。又如固定化酶和固定化细胞利用技术的大发展。另外,从省力、节能和有利环境保护的需要出发,进行新型反应器研究与设计,对特殊环境微生物的研究,动、植物组织培养技术的研究,都将使传统的发酵工业向着综合的生物技术工业发展,成为现代生物技术的重要组成部分。

60
7/40

三、现代发酵技术与生物技术的关系

“生物技术”一词,目前能被广泛接受的定义是由国际经济合作及发展组织在 1982 年所提出的。“生物技术”是指应用自然科学和工程学的原理,依靠生物作用剂(biological agents)的作用将物料进行加工,以提供有价值的产品或有益于社会服务的技术。所谓的生物作用剂可以是酶、整体细胞或生物的细胞器,也称为生物催化剂。

生物技术包括基因工程、细胞工程、发酵工程、酶工程和生化工程五大技术体系,其相互关系简示于下图中。见图 1.1。

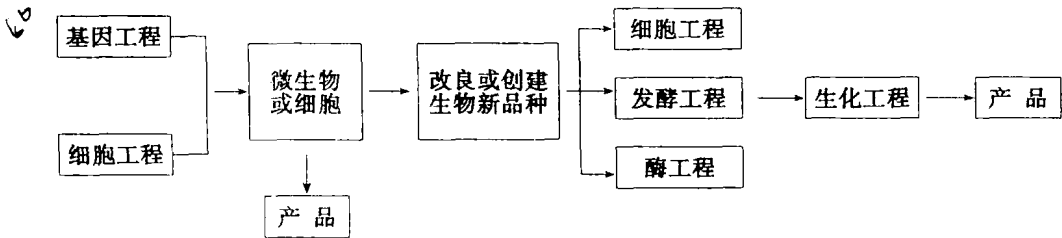


图 1.1 生物技术五大体系关系图

从图 1.1 中可知,五大工程是相互依赖、相辅相成的。其中基因工程是主导,应用其改造过的生物细胞,才能真正依人的意志生产出特定的产品。而发酵工程又常是基因工程、酶工程的基础和必要条件,生化工程则是其他工程转化为产品的重要环节。

现代食品发酵主要是以生物技术中的发酵工程和酶工程为主体,可以利用生物细胞(微生物、动物、植物)的特定性状,通过现代化工程技术生产食品或保健品的一种技术。

在生物技术反应中,需要生物催化剂的参与。随着原生质体融合技术(为细胞水平的杂交)、DNA 重组技术(为分子水平的杂交)等现代生物技术的发展,人们组建出许多具有特殊性能的非天然存在的新型生物催化剂。

生物技术最终目的是建立工业生产过程,即称为生物反应过程(bioprocess),它包括原材料的预处理、生物催化剂的制备、生物反应器及反应条件的选择和产物的分离、纯化四个组成部分。其生物反应过程如图 1.2 所示。

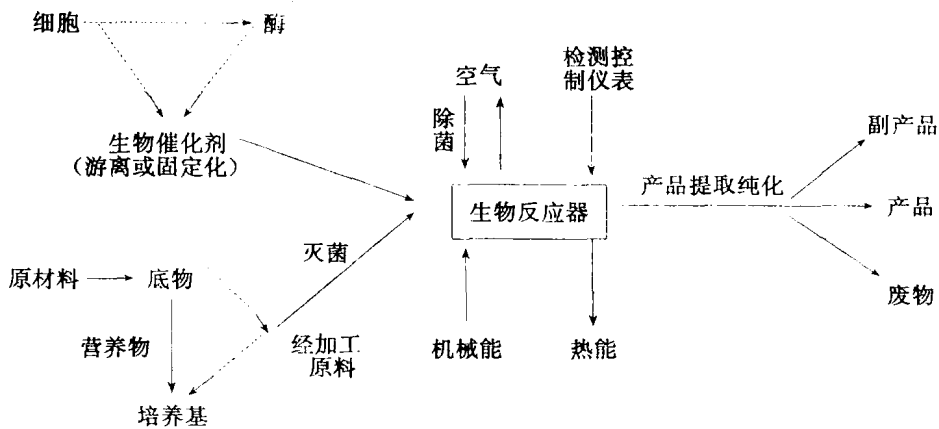


图1.2 生物反应过程示意图

总而言之,现代发酵技术处于生物技术的中心地位,绝大多数生物技术的目标都是通过发酵工程来实现。因此生物技术的主要应用领域往往就是发酵工程的应用和研究或生产的对象,如生物技术的一些新领域、废料工程、环境工程、再生资源工程等都是以发酵工程作为基础或主要手段的。发酵技术由两个核心部分组成:第一部分是涉及获得特殊反应或过程所需的最良好的生物细胞(或酶);第二部分则是选择最精良设备,开发最优技术操作,创造充分发挥生物细胞(或酶)作用的最佳环境。

首先看发酵技术的第一核心部分——生物催化剂。在迄今所研究的大部分实例中,用于发酵技术过程最有效、最稳定和方便的催化剂形式是整体生物细胞,目前较普遍采用的是微生物细胞。因此,许多发酵技术都是围绕着微生物过程进行的。当今的发酵技术也并非排斥利用较高级的生物,尤其是植物及动物细胞培养,它们也将会在发酵技术中发挥日益重要的作用。

微生物既可视作光合作用中能量的初级摄取者,又可被视为使几乎所有形式的天然和人造有机物分子发生化学变化的体系。总而言之,微生物具有一个巨大的基因库,它能提供几乎无穷无尽的合成和降解潜力。此外,微生物具有比任何(如植物和动物)高级生物快得多的生长速率,一般为常温、常压条件下作用。因而微生物能在适宜环境下,在短时间内大量地生产出产品。

从自然环境中筛选出的微生物,一般采用突变育种方法进行改良,特别是应用DNA基因重组、细胞融合等生物学新技术,从而最终构建出具有崭新生物化学特性的微生物。这些经精心筛选和培育的优良微生物菌株,必须以基本稳定的形式保存,确保菌株在工业生产中维持其基本特征和优良性状。在许多情况下,人们将微生物细胞或酶固定化后加以使用,该技术将是现代发酵技术的重要部分。

现代发酵技术第二个核心部分是微生物细胞发挥作用的系统或反应器。即提供使微生物能够最优生长、最优形成产物的可控系统和环境。例如提供设备设计及仪表装置,以使温度、通气、pH等物理、化学条件得到有效的维持和控制,从而使微生物细胞呈现出最佳的性能,生成和积累大量产物。这就充分反映出生化工程是发酵工程中必不可少的重要环节。

综上所述,食品发酵技术与生物技术密切相关,食品发酵工程需要基因工程、细胞工程提供最良好的生物细胞(或酶),而基因工程、细胞工程得到的良好的细胞(或酶)必须经过发酵工程(包括酶工程),才能实现生物技术产业化的价值。

四、食品发酵的特点及研究范围

(一)食品发酵的特点

发酵工程与化学工程相比,最大的区别在于它是利用生物体或生物体产生的酶进行的化学反应,其主要特征为:

1. 发酵原料的选择及预处理 发酵工业用原料通常以糖质或淀粉质等碳水化合物为主,加入少量有机和无机氮源,只要不含毒素,一般无精制的必要,微生物本身能有选择地摄取所需要的物质。微生物还可以利用非碳水化合物作基质,如利用天然气、正烷烃、石油提炼中的二次产品(醋酸、甲醇、乙醇)和氢气等。

原料不同,处理方法也不同。糖蜜原料用于酵母和酒精发酵,需进行加热杀菌和用水稀释,补充无机盐等预处理。淀粉质原料广泛用于生产酒精、柠檬酸、谷氨酸等,需先将淀粉转化为葡萄糖等可发酵性糖或低分子糊精,过去采用酸法水解,需高压及耐酸设备,现已逐步被酶制剂糖化法取代。碳氢化合物原料是指一定馏分的石油经冷却脱脂而获得的凝固点在 -10°C 的油,再加入适量无机盐进行接种发酵。以甲烷、甲醇等为碳源者无需预先处理,可直接用于生产酵母等单细胞蛋白。

发酵工程所需原料主要是农副产品、工业有机废水、废料等,它们最大的特点是可以再生,即能在较短时间内重复产生。从资源来讲,可以说是取之不尽,用之不竭,来源广泛而廉价。

2. 微生物菌种的选育及扩大培养 发酵最主要的因素是菌种,通过各种菌种选育手段得到优良菌种是发酵工业成败的关键。

发酵工业所用的微生物菌种绝大多数来源于已有的优良生产菌种,或自行选育的新菌种。一般都保存于冷冻管、砂土管或采用斜面、低温保存。生产前先进行活化,再用于种子逐级扩大培养,以满足大规模生产的需要。

3. 发酵设备选择及工艺条件控制 以微生物为主体的生物化学反应,通常在常温、常压下进行,无易爆危险,因此发酵设备无需考虑防爆装置。微生物形态结构简单,其培养液呈高度的均一性,因此发酵反应具有均衡性和高度的再现性。发酵是在微生物的自动调节方式下进行的一系列化学反应,数十数百个反应过程均在发酵罐的单一设备内进行着,形成许多复杂的高分子化合物,并能生成具有高度特异性的酶,有的还具有光学活性,这是发酵工业最具特色的领域。

种子扩大培养和发酵是微生物生命过程中的两个彼此相关的不同阶段,获得大量产品则是发酵的最终目的。影响发酵的因素很多,如温度、pH、通风、搅拌、罐压力等等,因此必须控制发酵的各种条件,掌握发酵的动态。在操作上要注意防止杂菌污染,严格进行设备的冲洗空消、培养基灭菌、空气过滤除菌及环境卫生等环节,使发酵全过程在无菌状态下运行。否则一旦发生污染,特别是噬菌体污染,将对发酵造成很大的损失,成为发酵工业的致命伤。