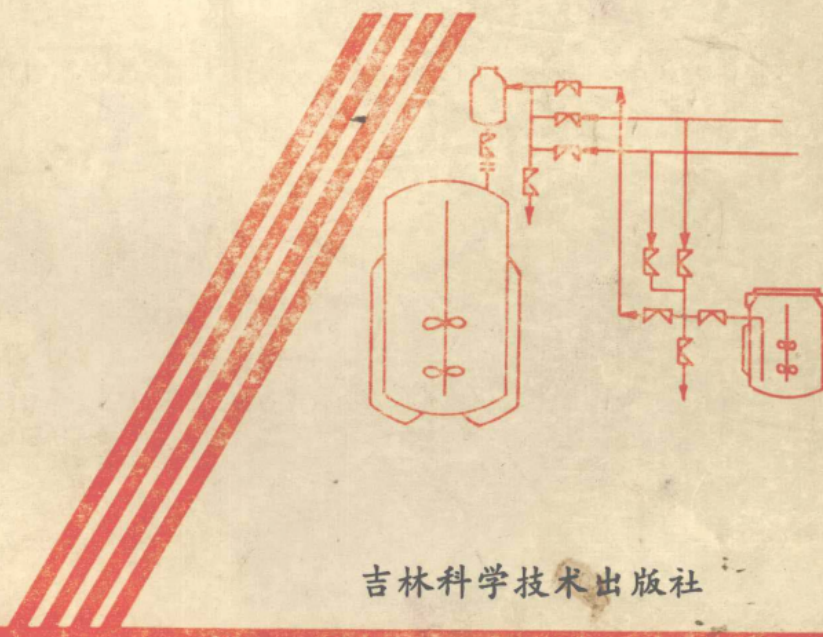


酶的工业 生产技术

邬显章 编著



吉林科学技术出版社

TS20
303

ISBN 7-5384-0301-9/TS·22

定 价：6.70元

酶的生产技术

邬显章 编著

吉林科技出版社

内 容 简 介

本书主要介绍酶的工业生产技术。内容包括：工业常用产酶菌种的筛选和保藏；培养基和空气的灭菌技术；酶的生产技术与控制；发酵罐及其管路；发酵污染防治；酶的大规模分离操作；工厂工程计算；淀粉酶、蛋白酶和脂肪酶等几种酶制剂的介绍。本书有较强的实用性，可供从事酶生产、应用和研究的有关技术人员及大专院校相关专业如酒精与酒类、各类氨基酸、有机酸、抗生素的师生阅读。

酶的工业生产技术

郭显章 编著

责任编辑：珂 丽

封面设计：章 刚

出版 吉林科学技术出版社
发行

787×1092毫米32开本 17.5印张
插页2 400,000字

1988年11月第1版

1988年11月第1次印刷

印数：1—5000 册 定价：6.70元

印刷：无锡东亭春星印刷厂 ISBN 7-5384-0301-9/TS·22

前

言

酶来源于动物、植物和微生物。微生物是含有多种多样酶的宝库，且可进行大规模工业生产。近数十年来，随着酶的基础科学的进展，微生物酶已被轻工、食品、医药和日用化学等生产部门广泛应用，对改造这些行业的旧工艺、改进产品质量和提高经济效益等方面产生了很大影响，其前景将越来越广阔。

我国自60年代正式工业生产细菌 α -淀粉酶后，又不断研究蛋白酶等新酶种，80年代初，糖化酶发酵活性及其在酒类生产应用上取得的突破，使酶的生产和应用飞速发展。目前已在14个省、直辖市、自治区建立了酶制剂的生产体系，据1986年统计，全国酶制剂工厂约有100余家。

为了促进酶生产技术的发展，满足科技人员的需要，本书着重介绍酶的大规模生产的工程技术，总结了编者多年的教学和科研成果以及在实践中推广的经验和体会。愿本书在为我国酶制剂的品种增加、成本降低及质量提高等方面能起到微薄的作用，为把我国酶制剂产品打入国际市场作贡献，这便是编者的最大愿望。

不难预料，随着我国社会主义建设和生物工程技术水平的不断提高，酶的生产和应用一定能在我国四化建设中发挥更大作用。我们深信，从事酶技术这一学科的科技人员将在为人类的健康和福利事业的发明创造中获得更多成功的机会。

在本书的编写过程中，还有迟玉森、林华超、邬敏辰等3位研究生参加了部分章节的书写。

由于本人水平有限，在本书的编写中难免有错误之处，敬请读者批评指正。

主编 邬显章

1988年6月于无锡轻工业学院

目 录

第一章 绪论.....	(1)
1.1 酶的发展史.....	(1)
1.2 酶的工业生产发展.....	(3)
1.3 国内外酶的生产动态.....	(4)
1.4 微生物酶的特点.....	(8)
1.5 酶制剂的安全与卫生.....	(10)
1.6 酶的分类和命名.....	(13)
1.7 酶的一般性质.....	(14)
1.7.1 酶的化学本质.....	(14)
1.7.2 酶的催化特性.....	(24)
1.7.3 酶的专一性及活性中心.....	(27)
1.7.4 酶的催化机理.....	(31)
第二章 酶的发酵技术.....	(34)
2.1 培养基.....	(35)
2.1.1 碳源.....	(35)
2.1.2 氮源.....	(37)
2.1.3 无机盐类.....	(38)
2.1.4 生长因素.....	(39)
2.1.5 产酶促进剂.....	(40)
2.1.6 阻遏物.....	(41)
2.2 酶的生产流程.....	(41)
2.2.1 固态发酵法.....	(43)

2.2.2	液体深层发酵法·····	(48)
2.2.3	载体培养法·····	(50)
2.2.4	两步法液体深层培养·····	(50)
2.3	液体深层发酵的控制·····	(51)
2.3.1	发酵过程中pH的变化与控制·····	(51)
2.3.2	发酵温度与控制·····	(55)
2.3.3	发酵过程中泡沫形成与控制·····	(59)
2.3.4	种子对发酵过程的影响·····	(67)
2.3.5	发酵过程的中间补料·····	(73)
2.3.6	发酵过程中溶解氧与控制·····	(74)
第三章	酶的微生物学基础·····	(75)
3.1	酶源微生物·····	(75)
3.1.1	细菌·····	(76)
3.1.2	霉菌·····	(79)
3.1.3	酵母菌·····	(82)
3.1.4	放线菌·····	(87)
3.2	产酶菌种的分离·····	(89)
3.2.1	采样·····	(89)
3.2.2	增殖培养·····	(90)
3.2.3	纯种分离·····	(91)
3.2.4	平板粗筛·····	(93)
3.2.5	初筛与复筛·····	(93)
3.3	产酶菌种的选育·····	(94)
3.3.1	诱变剂与诱变处理·····	(94)
3.3.2	诱变育种的步骤和方法·····	(99)
3.4	菌种的退化与保藏·····	(103)

3.4.1	菌种的退化现象与鉴别	(103)
3.4.2	菌种退化的原因及防止退化的措施	(104)
3.4.3	退化菌种的复壮	(106)
3.4.4	菌种的保藏方法	(106)
第四章 培养基灭菌		(112)
4.1	培养基的灭菌方法	(112)
4.2	培养基灭菌基本理论	(112)
4.2.1	培养基灭菌	(112)
4.2.2	蒸汽热能灭菌的基本原理	(113)
4.2.3	对数残留定律	(115)
4.2.4	灭菌温度与时间	(117)
4.2.5	影响灭菌的因素	(122)
4.3	间歇灭菌	(124)
4.3.1	间歇灭菌时间的确定	(126)
4.3.2	间歇灭菌中饱和蒸汽与冷却水用量估算	(131)
4.3.3	实罐灭菌注意事项	(135)
4.4	连续灭菌	(136)
4.4.1	连续灭菌的基本流程	(136)
4.4.2	灭菌时间的计算	(138)
4.4.3	连续灭菌设备的结构与计算	(139)
4.4.4	空罐灭菌	(149)
第五章 无菌空气		(151)
5.1	酶制剂发酵对无菌空气的要求	(151)
5.1.1	空气中的微生物及其分布	(151)
5.1.2	酶制剂生产对无菌空气的要求	(152)

5.2	制备无菌空气的流程分析	(152)
5.2.1	两级冷却分离、加热的除菌流程	(152)
5.2.2	冷热空气直接混合式流程	(153)
5.2.3	高效前置过滤除菌流程	(154)
5.3	空气预处理	(154)
5.3.1	提高压缩前空气的质量	(154)
5.3.2	空气压缩	(156)
5.3.3	去除空气中的油水	(157)
5.4	过滤除菌	(169)
5.4.1	绝对过滤	(169)
5.4.2	介质过滤机理	(170)
5.4.3	对数穿透定律	(172)
5.4.4	对数穿透定律的校正	(172)
5.4.5	过滤介质	(173)
5.4.6	空气过滤器	(179)
5.5	无菌空气含菌量的测定	(186)
5.5.1	液体培养法	(186)
5.5.2	固体培养法	(187)
5.5.3	光学法	(187)
第六章	溶氧	(188)
6.1	概述	(188)
6.2	氧的溶解	(191)
6.2.1	氧在液体中的溶解特性	(191)
6.2.2	氧的溶解过程	(193)
6.3	影响溶氧的因素	(197)
6.3.1	搅拌	(197)

6.3.2	通风量与空气流速·····	(199)
6.3.3	空气分布管·····	(201)
6.3.4	培养液的物理性质·····	(202)
6.3.5	发酵罐内液柱高度的影响·····	(203)
6.4	K_{La} 的测定·····	(203)
6.4.1	亚硫酸盐氧化法·····	(204)
6.4.2	其它方法·····	(207)
6.5	搅拌功率的计算·····	(208)
6.5.1	单只搅拌器不通气时的搅拌功率 P_0 的计算·····	(209)
6.5.2	多只搅拌器不通气时搅拌功率计算·····	(212)
6.5.3	通气条件下搅拌功率的计算·····	(215)
6.5.4	非牛顿流体特性对搅拌功率的影响·····	(217)
第七章	发酵罐·····	(223)
7.1	发酵罐的基本型式·····	(223)
7.2	发酵罐的设计·····	(226)
7.2.1	罐的结构材料和容积·····	(227)
7.2.2	轴承装置·····	(228)
7.2.3	电动机·····	(229)
7.2.4	无菌密封·····	(230)
7.3	无菌操作·····	(231)
7.3.1	管道与阀门·····	(231)
7.3.2	无菌接种·····	(233)
7.3.3	无菌采样·····	(234)
7.4	25升发酵罐及其配套装置·····	(235)
7.4.1	25升小型罐特色·····	(236)

7.4.2	小型发酵罐的实罐灭菌操作	(237)
7.5	20立方米发酵罐连续培养流程	(240)
7.5.1	20立方米发酵罐	(240)
7.5.2	空气除菌与供给	(240)
7.5.3	培养基连续灭菌与供给	(241)
7.5.4	连续排放发酵液	(243)
7.5.5	操作顺序	(244)
7.6	发酵罐的计算机控制	(244)
7.6.1	传感器	(244)
7.6.2	电子计算机对发酵罐控制	(254)
第八章	发酵染菌及其防治	(258)
8.1	发酵染菌的分析	(258)
8.1.1	染菌的判断	(259)
8.1.2	发酵染菌原因	(259)
8.1.3	发酵染菌的分析与防治措施	(260)
8.2	种子带菌及其防治	(262)
8.2.1	无菌室	(263)
8.2.2	超净工作台	(264)
8.2.3	高压灭菌锅	(266)
8.2.4	摇瓶的染菌及其防治	(269)
8.3	设备的渗漏造成的染菌及其防治	(271)
8.3.1	盘管	(271)
8.3.2	空气分布管	(271)
8.3.3	发酵罐罐体	(271)
8.3.4	管体的渗漏	(272)
8.3.5	发酵罐管路的配置	(272)

8.4 发酵罐与管件的死角·····	(274)
8.4.1 法兰连接的死角·····	(274)
8.4.2 空气分布管所形成的死角·····	(274)
8.4.3 不锈钢衬里的死角·····	(275)
8.4.4 发酵罐底污垢积聚形成死角·····	(276)
8.4.5 罐内部件及其支撑件形成死角·····	(276)
8.5 灭菌操作上不彻底的染菌及其防治·····	(276)
8.5.1 温度和压力的关系·····	(276)
8.5.2 泡沫问题·····	(277)
8.6 空气带菌及其防治·····	(278)
8.7 一些仪器探头等的化学灭菌·····	(279)
8.7.1 过氧乙酸·····	(281)
8.7.2 戊二酸·····	(281)
8.7.3 环氧乙烷·····	(282)
8.8 噬菌体感染及其防治·····	(284)
 第九章 酶的工业提取法·····	 (286)
9.1 酶发酵液的预处理及过滤·····	(288)
9.1.1 发酵液的预处理·····	(288)
9.1.2 过滤·····	(289)
9.2 酶液浓缩·····	(293)
9.2.1 蒸发浓缩·····	(293)
9.2.2 超过滤浓缩·····	(294)
9.3 盐析法·····	(299)
9.3.1 盐析用中性盐的选择·····	(299)
9.3.2 盐析剂用量的决定·····	(300)
9.3.3 硫酸铵浓度表示法·····	(301)

9.3.4	分部盐析法	(303)
9.4	有机溶剂沉淀法	(304)
9.4.1	有机溶剂的选择	(304)
9.4.2	有机溶剂的使用量	(305)
9.4.3	温度和pH对酶收率的影响	(306)
9.5	吸附法	(309)
9.5.1	白土及活性氧化铝吸附法	(309)
9.5.2	淀粉吸附 α -淀粉酶的方法	(310)
9.6	干燥	(315)
9.6.1	干燥过程的解释	(315)
9.6.2	干燥方案	(317)
9.7	液体酶制剂	(321)
第十章	工厂初步设计	(325)
10.1	设计依据	(325)
10.2	设计原则	(325)
10.3	设计范围	(326)
10.4	产品方案	(326)
10.4.1	产品名称及性状	(326)
10.4.2	产品质量规格	(327)
10.4.3	产品规模	(327)
10.5	生产方法和工艺流程	(327)
10.5.1	生产方法	(328)
10.5.2	工艺流程	(329)
10.6	主要原材料质量规格及其耗用量	(330)
10.7	工艺计算	(330)
10.7.1	物料衡算	(330)

10.7.2	工业用蒸汽、空气、水消耗量的计算···	(333)
10.7.3	主要设备的工艺计算和选型·····	(341)
10.8	公用工程·····	(346)
10.8.1	供水·····	(346)
10.8.2	供蒸汽·····	(347)
10.8.3	压缩空气·····	(347)
10.8.4	供电·····	(347)
10.9	工厂成本·····	(347)
10.10	人员编制·····	(348)
10.11	仪表及自动控制·····	(349)
10.11.1	发酵罐和种子罐·····	(349)
10.11.2	浓缩、干燥工段·····	(349)
10.12	生产控制及分析·····	(349)
10.13	工厂总平面布置 (略) ·····	(350)
10.14	主车间的布置及土建要求·····	(350)
10.15	投资概算·····	(350)
10.15.1	主要设备费·····	(350)
10.15.2	设备安装费·····	(351)
10.15.3	土建费·····	(351)
10.15.4	其他费用·····	(351)
10.16	经济效益分析·····	(352)
10.17	项目进度·····	(352)
10.18	三废排放·····	(352)
10.19	产品转向能力·····	(353)
第十一章	淀粉酶·····	(357)
11.1	α -淀粉酶·····	(359)

11.1.1	α -淀粉酶的性质及组成	(360)
11.1.2	α -淀粉酶对底物的水解作用	(363)
11.1.3	α -淀粉酶的工业生产	(365)
11.2	β -淀粉酶	(381)
11.2.1	β -淀粉酶的性质	(382)
11.2.2	β -淀粉酶的水解方式	(384)
11.2.3	β -淀粉酶的生产	(385)
11.3	葡萄糖淀粉酶	(391)
11.3.1	葡萄糖淀粉酶的性质	(392)
11.3.2	葡萄糖淀粉酶的水解方式	(393)
11.3.3	葡萄糖淀粉酶的工业生产	(396)
11.4	异淀粉酶	(406)
11.4.1	异淀粉酶的分类	(406)
11.4.2	异淀粉酶的性质	(410)
11.4.3	异淀粉酶的工业生产	(415)
11.5	淀粉酶在工业生产中的应用	(420)
11.5.1	淀粉酶在各种淀粉糖中的应用	(420)
11.5.2	淀粉酶在酿酒工业中的应用	(429)
第十二章	蛋白酶	(433)
12.1	蛋白酶及其分类	(436)
12.2	中性蛋白酶	(438)
12.2.1	中性蛋白酶的性质	(438)
12.2.2	枯草杆菌中性蛋白酶的生产	(439)
12.2.3	栖土曲霉3.942中性蛋白酶的生产	(445)
12.2.4	放线菌166中性蛋白酶的生产	(448)
12.3	碱性蛋白酶	(450)

12.3.1	碱性蛋白酶的性质.....	(450)
12.3.2	碱性蛋白酶的生产菌种.....	(451)
12.3.3	地衣芽孢杆菌2709碱性蛋白酶的生产	(452)
12.3.4	短小芽孢杆菌289碱性蛋白酶的生产...	(454)
12.4	酸性蛋白酶.....	(457)
12.4.1	酸性蛋白酶的性质.....	(457)
12.4.2	酸性蛋白酶的生产菌种.....	(458)
12.4.3	黑曲霉3.350酸性蛋白酶的生产.....	(458)
第十三章 其它工业酶类.....		(464)
13.1	葡萄糖异构酶.....	(464)
13.1.1	葡萄糖异构酶的化学性质.....	(465)
13.1.2	葡萄糖异构酶工业发酵条件.....	(469)
13.1.3	乳酸杆菌生产异构酶.....	(471)
13.1.4	用玫瑰暗红链霉菌K ₆ -13-575和玫 瑰红链霉菌336生产异构酶.....	(472)
13.1.5	米苏里游动放线菌生产异构酶.....	(475)
13.1.6	嗜热放线菌变株M1033生产葡萄糖异构 酶.....	(475)
13.2	脂肪酶.....	(478)
13.2.1	脂肪酶的性质.....	(479)
13.2.2	脂肪酶生产菌种.....	(482)
13.2.3	假丝酵母AS2.1203脂肪酶生产工艺...	(484)
13.2.4	极毛杆菌ATCC19154生产脂肪酶.....	(485)
13.2.5	脂肪酶的应用.....	(485)
13.3	纤维素酶.....	(487)

13.3.1	纤维素酶的特性	(487)
13.3.2	纤维素酶的生产菌种	(489)
13.3.3	纤维素酶生产的培养基	(490)
13.3.4	发酵工程	(492)
13.3.5	纤维素酶的提取和分离	(496)
13.4	果胶酶	(498)
13.4.1	果胶酶的特性	(498)
13.4.2	果胶酶生产菌种	(500)
13.4.3	果胶酶的发酵条件	(502)
13.4.4	果胶酶提取	(506)
13.5	葡萄糖氧化酶	(508)
13.5.1	葡萄糖氧化酶的理化性质	(508)
13.5.2	酶的生产菌种	(510)
13.5.3	葡萄糖氧化酶的生产	(511)
13.5.4	葡萄糖氧化酶的提取	(512)

附录

附1	几种工业用酶制剂的活性测定方法	(516)
附1.1	液化型淀粉酶活性测定方法	(516)
附1.2	糖化型淀粉酶活性测定方法	(518)
附1.3	异淀粉酶活性测定方法	(521)
附1.4	蛋白酶活性测定方法	(522)
附1.5	脂肪酶活性测定方法	(527)
附1.6	葡萄糖氧化酶活性测定方法	(530)
附1.7	葡萄糖异构酶活性测定方法	(532)
附1.8	纤维素酶活性测定方法	(533)
附1.9	果胶酶活性测定方法	(535)