



中等职业教育“十二五”规划教材

生物化学

主编 赵金海



中等职业教育“十二五”规划教材

生物化学

赵金海 主编



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学/赵金海主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2013. 1

中等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5019 - 8992 - 8

I. ①生… II. ①赵… III. ①生物化学 - 中等专业学校 - 教材

IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 219228 号

责任编辑: 李亦兵 张 莉 责任终审: 唐是雯 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 王超男 责任校对: 吴大鹏 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 河北省高碑店市德裕顺印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 20

字 数: 398 千字

书 号: ISBN 978 - 7 - 5019 - 8992 - 8 定价: 36.00 元

邮购电话: 010 - 65241695 传真: 65128352

发行电话: 010 - 85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

110078J3X101ZBW

前 言

生物化学是食品生物工艺专业（生物发酵方向）的一门重要的专业基础课，是用化学的理论和方法研究生物体的化学组成以及在生命活动中所发生的化学变化及其调控规律，从而阐明生命现象本质的一门学科。生命体是由蛋白质、核酸、糖和脂类等生物大分子组成，这些生物大分子功能的行使与其结构、细胞内的定位等因素密切相关；在生命活动中这些分子不断地合成、分解和相互转化，同时也不断地发生相互作用；而且，为了保证生命活动的有序进行，生命活动是受到严格调控的过程。生物化学就是研究这些生物大分子的组成、结构与功能及其之间的关系，揭示生物大分子合成与代谢规律及其调控机理，最终揭示生命现象本质的科学。

本教材根据中职食品生物工艺专业生物发酵方向学习的需要，主要学习内容第一部分：基础知识（氨基酸和蛋白质、酶、核酸、维生素与辅酶、糖类化合物）；物质代谢及其调控（糖类分解代谢、能量的释放、脂类代谢、氨基酸代谢与氨基酸发酵、微生物的代谢调节与发酵）等内容。每章均设有学习目标、知识链接、思考与讨论等，便于学生学习和组织课堂讨论；第二部分生物化学实验基本方法和生物化学基本实验技术，共安排实验项目 21 个。书后附有综合练习题和各章思考练习题参考答案。

本教材根据现代中等职业教育的发展要求，体现专业特点和对生物化学实际知识、实验技能的要求，语言力求通俗、生动，重视理论联系实际和必须够用原则，实验项目也尽量满足生物化学基本技能训练和专业应用能力的要求。

本教材由赵金海高级讲师任主编和统稿，并编写绪论和第二章，付香斌编写第五章、第十二章和综合测试题，宋淑红编写第一章、第三章，王亚红编写第四章，杨灵编写第六章、第七章、第十章，申灵编写第八章、第九章和第十三章，丁琳编写第十一章。

本教材适用于中职食品生物工艺、发酵工艺等相关专业，也可供相关企业从事生物发酵岗位的在职人员参考。

编写过程中得到河南省轻工业学校领导的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于对现代职业教育教学方法的理解有限，教材编写有不当之处欢迎读者批评指正。

编者

2012 年 8 月

目 录

绪论	1
一、生物化学与工业发酵	1
二、生物化学发展简史	5
第一章 氨基酸和蛋白质	7
第一节 氨基酸	7
一、氨基酸的结构和分类	7
二、氨基酸的理化性质	13
三、氨基酸的分离制备和分析鉴定	17
第二节 蛋白质	18
一、蛋白质的概念	19
二、蛋白质的化学组成	19
三、蛋白质的分类	19
四、蛋白质的分布和生物学意义	20
五、蛋白质的结构	21
六、蛋白质的性质	26
七、蛋白质的分离制备	28
第二章 酶	31
第一节 概述	31
一、酶的概念	31
二、酶的历史发展	33
第二节 酶催化作用的特点	35
一、酶与非生物催化剂的共性	35
二、酶作为生物催化剂的特点	36
第三节 酶的催化机制	37
一、酶与底物的结合	37
二、酶的作用机制	37
三、酶的结构与催化功能的关系	38
第四节 酶分子的组成与结构	38
一、单成分酶和双成分酶	38
二、酶分子的空间结构及活性中心	39
三、酶原和酶原激活	39
四、单体酶、寡聚酶、同工酶和变构酶	40
五、多酶复合体	41

第五节 酶促反应动力学	41
一、底物浓度对酶促反应速度的影响	41
二、酶浓度对反应速度的影响	44
三、pH 对酶促反应速度的影响	44
四、温度对酶促反应速度的影响	44
五、抑制剂对酶促反应速度的影响	45
六、激活剂	45
第六节 酶的分离纯化与应用	47
一、酶的分离纯化	47
二、生物发酵工业等常见酶制剂简介	48
三、酶的应用	51
第三章 核酸	58
第一节 概述	58
一、核酸的重要性	58
二、核酸的研究	59
三、核酸的种类和化学组成	60
第二节 核酸的性质与测定	64
一、核酸的性质	64
二、核酸的紫外吸收性质	65
三、核酸的变性与复性、分子杂交	65
四、核酸的测定	66
第三节 核酸与核苷酸的制备	67
一、核酸的制备	67
二、核苷酸的制备	69
第四节 遗传	74
一、中心法则	74
二、DNA 是遗传信息的携带者	75
三、RNA 是遗传信息的传递者	75
四、遗传密码	75
第五节 核酸的生物合成	76
一、DNA 的生物合成	76
二、RNA 的生物合成	78
第四章 维生素与辅酶	82
第一节 概述	82
一、维生素的概念	82
二、维生素的命名	83
三、维生素的分类	83
第二节 水溶性维生素及有关辅酶	84
一、维生素 B ₁ 和焦磷酸硫胺素 (TPP)	84

二、维生素 B ₂ 和 FAD、FMN	84
三、维生素 B ₅ 和辅酶 I、辅酶 II	85
四、维生素 B ₆ 和磷酸吡哆醛、磷酸吡哆胺	86
五、维生素 B ₃	86
六、生物素与羧化酶辅酶	87
七、叶酸与辅酶 F	87
八、维生素 B ₁₂ 及维生素 B ₁₂ 辅酶	88
九、硫辛酸	88
十、维生素 C	88
第三节 脂溶性维生素	89
一、维生素 A	89
二、维生素 D	90
三、维生素 K	91
四、维生素 E	91
第五章 糖与糖类发酵原料	94
第一节 重要的单糖	94
一、单糖的分子结构	95
二、单糖的分类	96
三、单糖的性质	98
第二节 重要的寡糖	103
一、二糖	104
二、三糖	108
三、寡糖的应用	108
第三节 自然界的多糖与糖类发酵原料	110
一、自然界的多糖	110
二、多糖的组成与分类	111
三、糖类发酵原料	112
第四节 淀粉与糖原	114
一、淀粉的组成与结构	114
二、淀粉的性质	116
三、糖原和糖原的降解	121
第五节 纤维素	122
一、纤维素的结构与性质	122
二、半纤维素	123
三、纤维素的应用	123
第六节 其他多糖	125
一、琼脂	125
二、果胶	125
三、魔芋胶	127

四、阿拉伯胶	127
五、黄原胶	127
六、氨基多糖	128
第六章 糖类分解代谢	132
第一节 多糖的酶促降解	132
一、淀粉的酶促降解	132
二、纤维素的生物降解及纤维素酶	134
三、果胶质降解酶类	134
第二节 葡萄糖的酵解 (EMP 途径)	135
第三节 EMP 类型的发酵	141
一、乳酸发酵	141
二、酒精发酵	143
三、丁酸型发酵	144
第四节 葡萄糖的有氧分解	145
一、丙酮酸氧化脱羧	146
二、三羧酸循环 (TCA 循环)	147
三、糖的有氧 EMP - TCA 循环途径小结	153
第五节 乙醛酸循环支路	155
第六节 柠檬酸发酵	156
第七节 己糖单磷酸途径 (HMP)	157
一、HMP 的主要化学过程	157
二、HMP 途径的生理意义	160
三、HMP 类型的发酵	161
第八节 脱氧酮糖酸途径 (ED 途径) 与细菌酒精发酵	163
一、ED 途径	163
二、细菌酒精发酵	165
第九节 葡萄糖分解代谢途径的相互联系	165
第七章 能量的释放	168
第一节 生物氧化	168
一、生物氧化的概念	168
二、呼吸链	170
第二节 能量的产生和转移	171
第八章 脂类代谢	175
第一节 概述	175
一、脂类的定义	175
二、脂类的分类	175
三、脂类主要组成成分	178
四、脂类的主要生理功能	180

五、油脂的性质	181
第二节 脂类代谢	183
一、机体内脂肪的消化吸收	183
二、甘油的降解及转化	183
三、脂肪酸的 β -氧化分解	184
四、乙醛酸循环	188
第九章 氨基酸代谢与氨基酸发酵	191
第一节 概述	192
第二节 氨基酸的分解代谢	192
第三节 氨基酸合成代谢	202
第四节 氨基酸发酵	203
第十章 微生物的代谢调节与发酵	208
第一节 概述	208
第二节 细胞结构对代谢途径的分隔控制	210
第三节 酶活性调节机理	211
第四节 代谢控制与发酵工业生产	214
一、代谢调控发酵	214
二、以代谢调控理论指导微生物的定向育种	215
三、改善细胞膜的通透性	216
第十一章 生物化学实验基本方法	219
第一节 基本实验操作	219
一、称量	219
二、滴定分析	220
三、标准溶液配制	220
第二节 常用实验仪器的使用	222
一、常用玻璃仪器的使用方法	222
二、称量仪器的使用方法	224
三、干燥箱	225
四、可见光(紫外)分光光度计	226
第十二章 生物化学基本实验技术	228
实验一 糖的颜色反应与还原反应	228
一、目的要求	228
二、试剂与器材	228
三、实验步骤	228
四、计算	229
五、思考题	229
实验二 淀粉 α -化程度测定	229
一、目的要求	229

二、实验原理	229
三、试剂与器材	230
四、实验步骤	230
五、计算	230
六、注意事项	231
实验三 蛋白质的颜色反应	231
一、目的要求	231
二、实验原理	231
三、试剂与器材	232
四、实验步骤	233
五、思考题	234
实验四 蛋白质的沉淀反应	234
一、目的要求	234
二、实验原理	234
三、试剂与器材	235
四、实验步骤	236
实验五 蛋白质等电点的测定	237
一、目的要求	237
二、实验原理	237
三、试剂与器材	238
四、实验步骤	238
五、思考题	239
实验六 凯氏定氮法测定食品中的蛋白质	239
一、实验原理	239
二、试剂与器材	240
三、实验步骤	241
四、结果计算	242
五、注意事项	243
实验七 氨基酸的分离鉴定——纸上层析	243
一、目的要求	243
二、实验原理	243
三、试剂与器材	244
四、实验步骤	244
五、思考题	245
实验八 酪蛋白的制备	245
一、目的要求	245
二、实验原理	245
三、试剂与器材	245
四、实验步骤	246

五、思考题	246
实验九 发酵过程中谷氨酸含量的测定	246
一、目的要求	246
二、实验原理	246
三、试剂与器材	247
四、实验步骤	247
五、计算	248
六、思考题	249
实验十 酿造酱油中氨基酸态氮含量的测定	249
一、目的要求	249
二、实验原理	249
三、试剂与器材	249
四、实验步骤	249
五、注意事项	250
实验十一 酶的性质——酶的专一性	250
一、目的要求	250
二、实验原理	250
三、试剂与器材	251
四、实验步骤	251
五、思考题	252
实验十二 酶的激活剂和抑制剂	252
一、目的要求	252
二、实验原理	252
三、试剂与器材	252
四、实验步骤	252
实验十三 pH 对酶活性的影响	253
一、目的要求	253
二、实验原理	253
三、试剂与器材	253
四、实验步骤	253
实验十四 温度对酶活性的影响	254
一、目的要求	254
二、实验原理	254
三、试剂与器材	254
四、实验步骤	255
实验十五 淀粉的酶解	255
一、目的要求	255
二、实验原理	255
三、水解程度的检测	256

四、试剂与器材	256
五、实验步骤	256
实验十六 小麦萌发前后淀粉酶活性的比较	257
一、目的要求	257
二、实验原理	257
三、试剂与器材	258
四、实验步骤	258
五、思考题	258
实验十七 α -淀粉酶活力的测定	259
一、目的要求	259
二、实验原理	259
三、试剂与器材	259
四、实验步骤	259
五、计算	260
六、说明	260
实验十八 维生素 C 的定量测定	260
一、目的要求	260
二、实验原理	261
三、试剂与器材	261
四、实验步骤	261
实验十九 酵母核糖核酸的水解及成分鉴定	262
一、目的要求	262
二、实验原理	262
三、试剂与器材	263
四、实验步骤	263
实验二十 酵母 RNA 的提取与检测	263
一、目的要求	263
二、实验原理	263
三、试剂与器材	264
四、实验步骤	264
五、结果计算	265
实验二十一 柠檬酸的提取	265
一、目的要求	265
二、实验原理	265
三、试剂与器材	266
四、实验步骤	266
五、实验结果	267
第十三章 实验相关知识	268
第一节 实验室规则与安全防护	268

一、实验室规则	268
二、实验室安全及防护知识	269
第二节 实验记录及实验报告	270
一、实验记录	270
二、实验报告	271
第三节 实验室常识	272
一、药品的安全使用原则	272
二、几种特殊试剂的存放	272
三、常用玻璃仪器	273
四、其他仪器	274
五、常用危险化学品标志	275
第四节 试剂的配制	278
一、配制试剂的原则	278
二、注意事项	278
三、溶液浓度的表示方法及其运算	279
四、实验试剂的保存	279
五、常用实验试剂的配制	279
综合测试题	283
生物化学综合测试题（一）	283
生物化学综合测试题（二）	284
生物化学综合测试题（一）答案	285
生物化学综合测试题（二）答案	286
各章思考与练习参考答案	288
参考文献	303

绪 论

一、生物化学与工业发酵

1. 生物化学的概念

生物体的生命现象（过程）作为物质运动的一种独有的特殊的运动形式，其基本表现形式是新陈代谢和自我繁殖。那么构成这种特殊运动形式的物质基础又是什么呢？恩格斯很早就说过“蛋白质是生命活动的体现者”。现在已知仅有蛋白质是远远不够的，还要有核酸、糖类、脂类、维生素、激素等。正是这些生命物质之间的相互协调的作用才形成了丰富多彩的生命现象，那么，这些生命物质到底有哪些呢？它们是怎样产生和消亡，又是怎样相互转变和相互作用的呢？这就是生物化学所要研究的内容。

生物化学是生命的化学，是介于生物学与化学之间的一门边缘科学。生物化学是用物理学、化学和生物学的现代技术来研究生物体的物质组成和结构，物质在生物体内发生的化学变化，以及这些物质结构的变化与生理机能之间的关系的科学。学习和研究生物化学的目的在于阐明生命活动的化学、物质基础，并与其他学科配合，来揭示生命活动的本质和规律。

生物化学是在分子水平研究和剖析生命本质的科学，即用化学的理论和基本方法研究生命现象的化学本质。其研究对象是生命体内的各类物质的结构、功能和作用过程与机理，以及它们在生命活动中的作用。生物化学的研究中，除采用化学的理论和技術外，也经常运用生理学、免疫学、遗传学及细胞生物学的新理论和方法。历经近百年的发展，生物化学的含义已大为扩展，成为研究生物大分子结构与功能、生命物质在生物体内的代谢变化以及生物信息的传递与调控来阐明生命现象的一门前沿学科。生物化学，包括源于生物化学而发展和形成的分子生物学，共同展示了生命科学的未来和希望。

物质是由分子组成。组成生命体与非生命体的分子都遵循着相同的物理和化学规律。活的有机体区别于无生命体首先是其分子组成和结构的复杂性；其次是能从环境中摄取、转换并利用能量；其三是有精确的自我复制和组装的能力。生物化学就是研究生命分子的组成、在生命过程中的物质及能量转化以及生命延续过程中所承担的功能和反应过程。

生物化学涉及的内容主要包括以下三个领域：

（1）生物大分子的结构和功能 生物大分子是生物体特有的组成成分，它们由相对分子质量较小的生物小分子作为基本结构单位，通过特定顺序的排列，组合成相对分子质量较大的聚合体。本书重点介绍生物体的物质组成，生物分子

的结构、性质和生物功能，即静态反映生物体的化学组成。

(2) 物质代谢与代谢调节 新陈代谢是生命的基本特征，在整个生命过程中生物体需要不断与外界环境进行物质交换，构成生命有机体的物质，如蛋白质、核酸、糖类、脂类及其他许多生物小分子化合物，它们通过不断地代谢更新而呈现出多姿多彩的生理功能和生命现象。这种代谢更新其实就是分子与分子间所发生的化学反应。本书重点介绍生物体内几大重要分子物质的代谢过程、变化规律和体内能量的产生及利用，即动态反映生物生命大分子的化学变化和能量变化。

(3) 遗传信息的传递、表达和调控 遗传现象是生命的另一基本特征，近代生物化学研究表明，遗传信息储存于 DNA 分子中，少数生物如某些病毒则储存于 RNA 分子中。这些核酸类物质通过特定的核苷酸排列顺序携带了其特定的遗传信息，且通过特定的方式世代遗传。基因信息通过传递和表达，生成特定的蛋白质，呈现出与基因信息相对应的多种多样的生物学功能，在表达过程中始终存在着特定的调控机制。

2. 工业发酵

发酵现象早已被人们所认识，但了解它的本质却是近 200 年来的事。英语中发酵一词 fermentation 是从拉丁语 *fervere* 派生而来的，原意为“翻腾”，它描述酵母作用于果汁或麦芽浸出液时的现象。沸腾现象是由浸出液中的糖在缺氧条件下降解而产生的二氧化碳所引起的。在生物化学中把酵母的无氧呼吸过程称作发酵。我们现在所指的发酵早已赋予了不同的含义。发酵是生命体所进行的化学反应和生理变化，是多种多样的生物化学反应根据生命体本身所具有的遗传信息去不断分解合成，以取得能量来维持生命活动的过程。发酵产物是指在反应过程中或反应到达终点时所产生的能够调节代谢使之达到平衡的物质。实际上，发酵也是呼吸作用的一种，只不过呼吸作用最终生成 CO_2 和水，而发酵最终是获得各种不同的代谢产物。因而，现代对发酵的定义应该是：通过微生物（或动植物细胞）的生长培养和化学变化，大量产生和积累专门的代谢产物的反应过程。有机物被生物体氧化降解成氧化产物并释放能量的过程统称为生物氧化。

微生物生理学把生物氧化区分为呼吸和发酵，呼吸又可进一步区分为有氧呼吸和无氧呼吸。因此，发酵是生物氧化的一种方式。

工业生产上笼统地把一切依靠微生物的生命活动而实现的工业生产均称为发酵。这样定义的发酵就是“工业发酵”。工业上所称的发酵是泛指利用生物细胞制造某些产品或净化环境的过程，包括厌氧培养的生产过程，如酒精、丙酮、丁醇、乳酸等，以及通气（有氧）培养的生产过程，如抗生素、氨基酸、酶制剂等。产品既有细胞代谢产物，也包括菌体细胞、酶等。

工业发酵要依靠微生物的生命活动，生命活动依靠生物氧化提供的代谢能来支撑，因此工业发酵应该覆盖微生物生理学中生物氧化的所有方式：有氧呼吸、

无氧呼吸和发酵。

近百年来，随着科学技术的进步，发酵技术发生了划时代的变革，已经从利用自然界中原有的微生物进行发酵生产的阶段进入到按照人的意愿改造成具有特殊性能的微生物，以生产人类所需要的发酵产品的新阶段。

发酵和其他化学工业的最大区别在于它是生物体所进行的化学反应。其主要特点如下：

(1) 发酵过程一般都是在常温常压下进行的生物化学反应，反应安全，要求条件也比较简单。

(2) 发酵所用的原料通常以淀粉、糖蜜或其他农副产品为主，只要加入少量的有机和无机氮源就可进行反应。微生物因不同的类别可以有选择地去利用它所需要的营养。基于这一特性，可以利用废水和废物等作为发酵原料进行生物资源的改造和更新。

(3) 发酵过程是通过生物体的自动调节方式来完成，反应的专一性强，因而可以得到较为单一的代谢产物。

(4) 由于生物体本身所具有的反应机制，能够利用其专一性和高度选择性对某些较为复杂的化合物进行特定部位的氧化、还原等化学转化反应，也可以产生比较复杂的高分子化合物。

(5) 发酵过程中对杂菌污染的防治至关重要。除了必须对设备进行严格消毒处理和空气过滤外，反应必须在无菌条件下进行。如果污染了杂菌，生产上就要遭到巨大的经济损失，若感染了噬菌体，对发酵就会造成更大的危害。因而维持无菌条件是发酵成败的关键。

(6) 微生物菌种是进行发酵的根本因素，通过变异和菌种筛选，可以获得高产的优良菌株并使生产设备得到充分利用，也可以因此获得按常规方法难以生产的产品。

(7) 工业发酵与其他工业相比，投资少，见效快，并可以取得显著的经济效益。

基于以上特点，工业发酵日益引起人们重视。和传统的发酵工艺相比，现代发酵技术除了上述的发酵特征之外更有其优越性。除了使用微生物外，还可以用动植物细胞和酶，也可以用人工构建的“工程菌”来进行反应；反应设备也不只是常规的发酵罐，而是以各种各样的生物反应器取而代之，自动化连续化程度高，使发酵水平在原有基础上有所提高和创新。

总之，生物化学是一门迅速发展的现代自然科学。生物化学不断从化学、物理、生物学等有关学科的新成就、新技术中吸收丰富的研究成果，互相渗透而成为独立的学科。生物化学是发酵工业的重要理论基础，由于微生物细胞内酶系统的种类和性质的差别，带来微生物代谢类型的多样性和复杂性，物质代谢的调节及控制为提高产品的质和量提供重要的理论根据，生物化学阐明发酵机理，选择

合理工艺途径,提高产品质量,探索发酵新工艺。半个多世纪以来,生物化学已经深入揭示了糖类、脂类、蛋白质、核酸等物质的新陈代谢过程,作为工业发酵的基础支持理论,生物化学进一步在透彻理解各类生物活性物质性质的基础上,探讨了细胞新陈代谢过程,作为工业发酵的基础支持理论。细胞代谢调控这一部分理论更是工业发酵产品积累的基础(众所周知,根据细胞生理学,细胞不会在体内或体外积累能量物质或代谢次级产物),工业发酵不断融合现代生物技术,另一方面,也促进了生物化学的不断进步。



知识链接

发酵工业

发酵工业是一种以高科技为特征的新型工业,是生物产业中生物制造领域的重点支持方向之一。2010年10月10日,国务院发布《国务院关于加强培育和发展战略性新兴产业的决定》,将生物、新能源等七大产业列入战略性新兴产业,指出生物产业发展的重点方向是生物制造、生物农业等。而生物制造是利用生物细胞或酶的生物催化功能进行大规模物质加工与转化的先进生产方式,是基于现代生物技术发展的高技术产业,涉及发酵、医药、精细化工、纺织、食品等多个工业领域,是解决我国目前面临的资源短缺与环境污染等问题的重要途径。

发酵工业是以含淀粉(或糖类)的农副产品为原料,利用现代生物技术对农产品进行深加工、生产高附加值产品的产业,主要包括氨基酸、有机酸、淀粉糖、酶制剂、酵母、多元醇以及功能发酵制品等。“十一五”期间,发酵工业呈现快速发展势头,成为国民经济发展中增长最快、最具活力的产业之一。随着科技创新和技术进步、科技推广应用和产业化步伐的加快,发酵工业产品产量和质量稳步提高,节能减排取得初步成效,自主创新能力进一步提高,行业知名度及形象也进一步提升。

发酵工业的范围主要包括以下内容:

- (1) 酿酒工业(啤酒、葡萄酒、白酒等);
- (2) 食品工业(酱、酱油、醋、腐乳、面包、酸乳等);
- (3) 有机溶剂发酵工业(酒精、丙酮、丁醇等);
- (4) 抗生素发酵工业(青霉素、链霉素、土霉素等);
- (5) 有机酸发酵工业(柠檬酸、葡萄糖酸等);
- (6) 酶制剂发酵工业(淀粉酶、蛋白酶等);
- (7) 氨基酸发酵工业(谷氨酸、赖氨酸等);
- (8) 核苷酸类物质发酵工业(肌苷酸、肌苷等);
- (9) 维生素发酵工业(维生素C、维生素B等);
- (10) 生理活性物质发酵工业(激素、赤霉素等);
- (11) 微生物菌体蛋白发酵工业(酵母、单细胞蛋白等);