

高等学校轻工专业试用教材

生物化学

(工业发酵专业用)

大连轻工业学院 主编

轻工业出版社

高等学校轻工专业试用教材

生 物 化 学

(工业发酵专业用)

大连轻工业学院 主编

轻工业出版社

内 容 提 要

全书分三篇共十二章，第一篇为生物体内活性物质的化学，分为蛋白质、酶、核酸三章。第二篇为新陈代谢，分为新陈代谢概论、生物氧化、糖类代谢、脂类代谢、烃类代谢、氨基酸代谢、核苷酸代谢七章。第三篇为遗传的分子基础及代谢的调节控制，分为遗传的分子基础及代谢的调节控制二章。本教材为工业发酵专业生物化学课程教科书，也可供有关科研人员、工厂技术人员以及高等院校有关专业师生参考。

2029/22

高等学校轻工专业试用教材

生 物 化 学

(工业发酵专业用)

大连轻工业学院 主编

轻 工 业 出 版 社 出 版

(北京阜成路8号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经营

850×1168毫米 1/32 印张，16 $\frac{8}{32}$ 插页，2 字数，405 千字

1980年11月第一版第一次印刷

1985年9月第一版第三次印刷

印数：20,501—36,200 定价：4.05元

统一书号：15042·1557

编 者 说 明

本教材由华南工学院、无锡轻工业学院、天津轻工业学院和大连轻工业学院根据四校共同制定的编写大纲，联合编写，由大连轻工业学院主编，并经工业发酵专业教材编审委员会审定。

编写分工如下：绪言、氨基酸代谢由严复编写；蛋白质、酶由彭志英编写；酶、烃类代谢由郭勇编写；核酸、脂类代谢由陈思斌编写；代谢总论、糖类代谢由全文海编写；生物氧化由王武编写；核苷酸代谢、遗传分子基础由张淑惠编写；代谢调节控制由高焕春编写。大连轻工业学院严复、陈思斌负责统稿。

本教材供工业发酵专业生物化学课程教学用，也可供有关研究人员、工厂技术人员和高等院校有关专业师生参考。

在编写过程中，我们得到了各有关高等院校领导的关怀和支持，保证了编写工作的顺利进行。轻工业部食品发酵研究所、沈阳药学院抗菌素专业、上海化工学院抗菌素专业对编写工作提供了宝贵意见，我们表示衷心感谢。

由于我们水平所限，编写中难免有错误、缺点，请读者批评指正。

编者

目 录

绪言	1
----	---

第一篇 生物体内活性物质的化学

第一章 蛋白质	4
第一节 概述	4
第二节 蛋白质的化学组成	5
一、蛋白质的元素组成	5
二、蛋白质的分子组成	6
第三节 氨基酸的结构、分类及性质	7
一、天然氨基酸的结构特点	7
二、氨基酸的分类	8
三、氨基酸的理化性质	15
第四节 蛋白质的结构	24
一、蛋白质的基本化学结构	24
二、蛋白质的空间结构	29
第五节 蛋白质的理化性质	34
一、蛋白质的分子量	34
二、蛋白质的两性解离及等电点	37
三、蛋白质的胶体性质	39
四、蛋白质的沉淀作用	40
五、蛋白质的变性作用	42
六、蛋白质的呈色反应	45
第六节 蛋白质的分类	46
一、单纯蛋白质	46

二、结合蛋白质·····	48
第二章 酶 ·····	51
第一节 概述·····	51
第二节 酶的化学本质与组成·····	52
一、酶的化学本质·····	52
二、酶的组成·····	52
三、几种重要的辅酶或辅基·····	53
第三节 酶的结构及其与催化功能的关系·····	61
一、酶的结构·····	62
二、酶的活性部位·····	63
三、酶的构象与催化功能的关系·····	65
第四节 酶的催化特性·····	68
一、酶的催化反应条件·····	68
二、酶的催化效率·····	68
三、酶的专一性·····	69
四、酶催化功能的转换·····	70
第五节 酶的催化作用机制·····	72
一、酶的催化本质·····	72
二、酶的催化机制·····	74
第六节 酶的反应动力学·····	77
一、酶反应速度的测定·····	77
二、酶浓度对反应速度的影响·····	79
三、底物浓度对反应速度的影响·····	80
四、抑制剂对酶促作用的影响·····	86
五、激活剂对酶促作用的影响·····	89
六、pH 对酶促作用的影响·····	92
七、温度对酶促作用的影响·····	93
第七节 酶的命名、分类及应用·····	95
一、酶的命名·····	95

二、酶的分类及应用	96
第八节 酶在细胞内的分布	101
第九节 酶的分离、提纯及保存	102
一、酶的抽提	102
二、酶的纯化	103
三、纯度鉴定	108
四、酶的保存	109
第十节 固相酶与模拟酶简介	110
一、固相酶	110
二、模拟酶	115
第三章 核酸	117
第一节 概说	117
第二节 核酸的化学组成	119
一、核酸的化学组成	119
二、核酸水解产物的化学结构	120
第三节 核酸的分子结构	129
一、核酸分子中核苷酸的连接方式(一级结构)	129
二、DNA 的双螺旋结构(DNA 的立体结构)	131
三、RNA 的立体结构	137
第四节 核酸在生物体内的存在方式	139
一、DNA 在细胞内的存在方式	139
二、单链 DNA 和环状 DNA	140
三、细胞中的 RNA	141
第五节 核酸的理化性质	141
一、一般物理性质	141
二、核苷酸与核酸的解离性质	142
三、紫外吸收性质	146
四、核酸的变性作用	149
五、核酸的显色反应	150

第六节 核苷酸及其衍生物	152
一、ATP 与 ADP	153
二、环-磷酸腺苷(简称 cAMP).....	155
三、次黄嘌呤核苷酸与黄嘌呤核苷酸	157

第二篇 新陈代谢

第四章 新陈代谢概论	159
第一节 新陈代谢概念	159
第二节 微生物新陈代谢的特点	161
第三节 新陈代谢与发酵工业	162
第四节 研究中间代谢的方法	162
一、试验材料处理	163
二、代谢途径的探讨	165
第五章 生物氧化	169
第一节 概说	169
一、生物氧化概念	169
二、生物氧化方式	169
三、生物氧化特点	170
第二节 生物氧化体系和酶类	171
一、生物氧化体系	171
二、生物氧化酶类	176
三、生物氧化体系中的传递体	178
第三节 生物氧化过程中能量的转移和利用	179
一、氧化还原电位及自由能的变化	179
二、氧化磷酸化	182
三、线粒体与氧化磷酸化的关系	187
第六章 糖类代谢	190
第一节 概说	190
第二节 多糖的分解	191

一、淀粉和淀粉酶	192
二、纤维素和纤维素酶	199
第三节 双糖的分解	200
一、蔗糖的分解	200
二、麦芽糖的分解	201
三、乳糖的水解	202
第四节 葡萄糖的降解	203
一、葡萄糖的酵解	203
二、丙酮酸的有氧降解	222
三、单磷酸己糖途径 (HMP 途径)	240
四、脱氧酮糖酸途径 (ED 途径)	249
五、葡萄糖降解途径的相互联系	252
第五节 其它己糖的降解	254
一、果糖的降解	254
二、半乳糖的降解	256
三、甘露糖的降解	260
第六节 戊糖的降解	261
一、D-木糖的降解	261
二、D-核糖的降解	262
三、L-阿拉伯糖的降解	263
四、戊糖乳酸发酵	263
第七章 脂类代谢	266
第一节 脂类	266
一、脂类的组成及其类别	266
二、脂类的存在形式与生理功能	267
第二节 脂肪的分解代谢	269
一、脂肪的组成与脂肪的乳化作用	269
二、脂肪酶	272
三、脂肪的水解	273

四、甘油的降解	274
五、脂肪酸的降解—— β -氧化作用	275
第三节 脂肪的合成代谢	280
一、 α -磷酸甘油的合成	281
二、脂肪酸的合成	281
三、脂肪(甘油三酯)的合成	289
四、酯(低级脂肪酸酯)的合成	291
第四节 磷脂及其代谢	293
一、磷脂的结构与在生物膜中的位置	293
二、磷脂的代谢	295
第八章 烃类代谢	300
第一节 链烃的代谢	300
一、基质的特异性	300
二、正烷烃的代谢	301
三、异构烷烃的代谢	305
四、不饱和链烃的代谢	305
五、辅氧化作用	307
六、烃类的代谢机制	307
第二节 环烃的代谢	309
一、脂环烃的代谢	309
二、芳香烃的代谢	311
第三节 石油发酵的生化特点	319
一、石油微生物的菌体成分	319
二、氧气的需要量	320
三、生物合成热	322
四、毒性问题	324
第九章 氨基酸代谢	326
第一节 概述	326
第二节 蛋白质的水解与蛋白质水解酶类	327

一、蛋白质的水解	327
二、蛋白质水解酶类	328
第三节 氨基酸分解代谢的共同途径	332
一、脱氨基作用	332
二、转氨基作用	339
三、联合脱氨基作用	341
四、氨基酸的脱羧基作用	342
第四节 氨基酸分解产物的代谢途径	346
一、 α -酮基酸的代谢	346
二、氨的代谢	347
三、 CO_2 的去路	349
四、胺的去路	350
第五节 氨基酸的生物合成	350
一、氨基化作用	351
二、转氨基作用	355
三、氨基酸间的相互转化	356
四、氨基酸合成的其他方式	367
第六节 谷氨酸发酵	379
一、概述	379
二、谷氨酸生产菌的主要生化特点	380
三、谷氨酸生物合成的代谢途径	381
四、环境条件对谷氨酸发酵的影响	384
第七节 氨基酸与糖、脂肪代谢的相互联系	386
一、氨基酸与糖代谢的联系	387
二、氨基酸与脂肪代谢的联系	387
三、糖与脂肪代谢的联系	387
第十章 核苷酸代谢	390
第一节 核酸的降解与有关的酶	390
一、核酸的解聚作用	390

二、核苷酸的降解	392
第二节 核苷酸的生物合成	393
一、嘌呤核糖核苷酸的合成	393
二、嘧啶核糖核苷酸的合成	401
三、脱氧核糖核苷酸的合成	404

第三篇 遗传的分子基础及代谢的调节控制

第十一章 遗传的分子基础	409
第一节 核酸的生物合成	409
一、DNA 的生物合成	410
二、RNA 的生物合成	417
第二节 核酸与蛋白质的生物合成	421
一、遗传信息及其传递	422
二、信使 RNA 与遗传密码	423
三、与蛋白质生物合成有关的 RNA	425
四、蛋白质的生物合成	428
五、蛋白质与基因	435
第十二章 代谢的调节控制	438
第一节 调节控制的一般概念	438
第二节 细胞水平的调节机制	440
一、两个反馈体系控制酶的活动	440
二、细胞水平调节控制模式	442
三、关于酶合成的调节(诱导、阻遏作用)—— 操纵子学说(operon theory)	443
四、酶活性的调节——反馈抑制和激活	455
五、调节的分子基础——变构蛋白与调节酶	456
六、分枝合成途径的反馈调节模式	464
七、微生物中几种效应的调节控制解释	473
第三节 工业发酵是微生物代谢调节的措置过程	481

第四节 代谢调节控制与育种	484
一、减低末端产物浓度营养缺陷型及其在生产上的 应用	484
二、抗代谢物类似物突变种的筛选与应用	488
第五节 细胞通透性的调节作用及其在发酵工业上的 意义	491
专门名词简写代号	500
主要参考材料	505

绪 言

生物化学是关于生命的化学。

生物化学是以生物体为对象，从化学的观点，研究生命本质的科学。它是用化学、物理和生物学的方法研究生命物质的化学性质和功能的科学。

生物化学的任务是用辩证唯物主义的观点研究生物体的化学组成，以蛋白质、核酸为主的生命物质的结构、功能，及其在生命活动过程中的化学变化，以及从分子水平阐明生长、分化、繁殖、遗传等生命现象的化学本质。

恩格斯早就指出：“生命是蛋白体的存在方式，这个存在方式的基本因素在于和它周围的外部自然界的不断的新陈代谢，而且这种新陈代谢一停止，生命就随之停止，结果便是蛋白质的分解”^{*}。恩格斯对生命的这一辩证唯物主义的光辉论断，揭示了生命的本质问题：即蛋白体是生命的物质基础，新陈代谢是生命的基本特征。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。一九五三年以来，又搞清了脱氧核糖核酸的双螺旋结构，证实了核酸是遗传物质、信息大分子，蛋白质合成是以核酸为模板，并形成了以蛋白质、核酸为中心的生物化学基本理论，充分证实并发展了恩格斯的伟大预见，阐明了生命本质，批判了生命神秘论的唯心主义观点，及把生命本质归结为物理化学现象的机械论观点。今后生物化学将进一步揭示生命活动的机制与规律，阐明生命物质的结构与功能，并将以其丰硕的成果为其他各学科及工农业生产服务。

* 恩格斯：《自然辩证法》p 277，人民出版社，1971年8月第一版。

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，互相渗透发展而成为独立的学科。同位素示踪法促进了物质代谢中间过程的了解，X-光衍射推动了蛋白质空间构型的了解；各种现代技术，例如层析、电泳、超速离心、红外、紫外分光光度法、质谱、核磁共振等实验方法，解决了物质的分离提纯与分析检定。这些都促进了生物化学的发展。此外，生物化学与农业、工业（特别是发酵工业、食品工业）、医药卫生的关系都很密切。由于生产实践发展的需要，向生物化学提出各种各样的要求也推动了生物化学向前发展。几十年来，生物化学已成为自然科学中发展很快，在社会主义建设中起重大作用的很人重视的基础理论学科之一。生物化学的发展正在推动着工农业、医药卫生事业的发展。

生物化学是发酵工业的重要理论基础。发酵工业是利用微生物的生命活动，生产人类所需要的产品的工业。由原料到产品的生成，是在人工控制的条件下，通过微生物的新陈代谢（生物化学变化）而实现的。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。这就使发酵工业的产品多种多样，对原料也有不同的选择及要求，生产工艺过程也各具特色。

此外，物质代谢的调节及控制对提高产品的质和量提供重要的理论根据。所以生物化学是工业发酵专业的专业基础课。它是阐明发酵机理，选择合理工艺途径，提高产品质量，探索新工艺，研制新产品的理论基础。

本教材分为三篇。

第一篇 生物体内活性物质的化学。

蛋白质和核酸是构成生物体的活性高分子物质，哪里有生命，哪里就有蛋白质和核酸的物质运动。按目前科学发展看来，蛋白质和核酸是生命的物质基础，酶是具有催化性的蛋白质。体内的

物质代谢靠酶催化完成。所以本教材首先介绍主要生命活性物质蛋白质、酶和核酸的化学。

第二篇 新陈代谢。

新陈代谢是生命的基本特征。生物体内各种成分和周围环境进行不断的物质交换，进行同化和异化作用。新陈代谢包括物质代谢和能量代谢。异化作用以分解代谢为主，释放能量；同化作用以合成代谢为主，需要能量。二者同时发生，紧密联系，进行物质代谢同时进行能量代谢。为使内容系统性，本教材将能量代谢放在前。随后是糖类及脂类产能物质的代谢。糖类代谢和工业发酵关系最为密切。糖类是微生物主要的碳源，是工业发酵的重要原料。工业发酵的各种各样产物大都通过糖代谢生成。本教材着重介绍糖类分解代谢的各种途径及重要发酵产品生成的机理。脂类代谢中介绍了脂类的分解与合成。

由于蛋白质合成与核酸关系密切，故将蛋白质合成与核酸合成移入第三篇中介绍，而将氨基酸的代谢及核苷酸代谢各单列一章，分别介绍氨基酸的分解合成途径，核苷酸的分解与合成。鉴于石油发酵的发展，本教材中增加了烃类的代谢一章。

第三篇 遗传的分子基础及代谢的调节控制。

近代生化成就越来越显示出核酸在生命活动中的重要地位。核酸是信息大分子、是合成蛋白质及酶的模板。核酸与蛋白质的相互作用体现了生长、分化、繁殖、遗传等生命现象。因此本篇介绍了核酸合成、蛋白质合成、遗传分子基础、代谢的调节控制机制。为在工业发酵中提高产品质量、培育新菌种、研制发酵新产品提供有关的理论基础，使生物化学理论成为运用自然规律改造客观世界为人类服务的有力工具。

第一篇 生物体内活性物质的化学

第一章 蛋 白 质

第一节 概 述

蛋白质是一类复杂的高分子含氮化合物，其分子量一般在一万至一百万之间，有的可达数百万或数千万。它是极为重要的活性物质。

自然界中一切生物，包括动物、植物及微生物均含有蛋白质。就微生物而言，其蛋白质含量尤为丰富，若按菌体的干重计算，酵母菌含蛋白质 50~75%；霉菌含蛋白质 14~50%；细菌含蛋白质 50~80%；噬菌体和病毒除含少量核酸外，几乎都是蛋白质。

蛋白质在生物体内的生理功能是多种多样的。酶是一种具有特殊催化功能的蛋白质，它几乎催化着机体内一切化学变化；核蛋白与生物的遗传变异紧密相关； α -角蛋白和 α -纤维状蛋白分别作为维持机体的弹性及非弹性结构；肌肉收缩是肌动蛋白和肌球蛋白的束状物彼此之间发生滑动的结果，有些微生物的鞭毛活动也类似于肌球蛋白的活动；某些激素蛋白或多肽作为新陈代谢调节的一个因子；机体内产生的抗体为免疫球蛋白；使机体致病的病毒也仅由蛋白质和核酸组成；具有载氧功能的血红蛋白是氧气和二氧化碳的运载工具；生物氧化中电子的得失也靠某些色素蛋