

高职高专规划教材

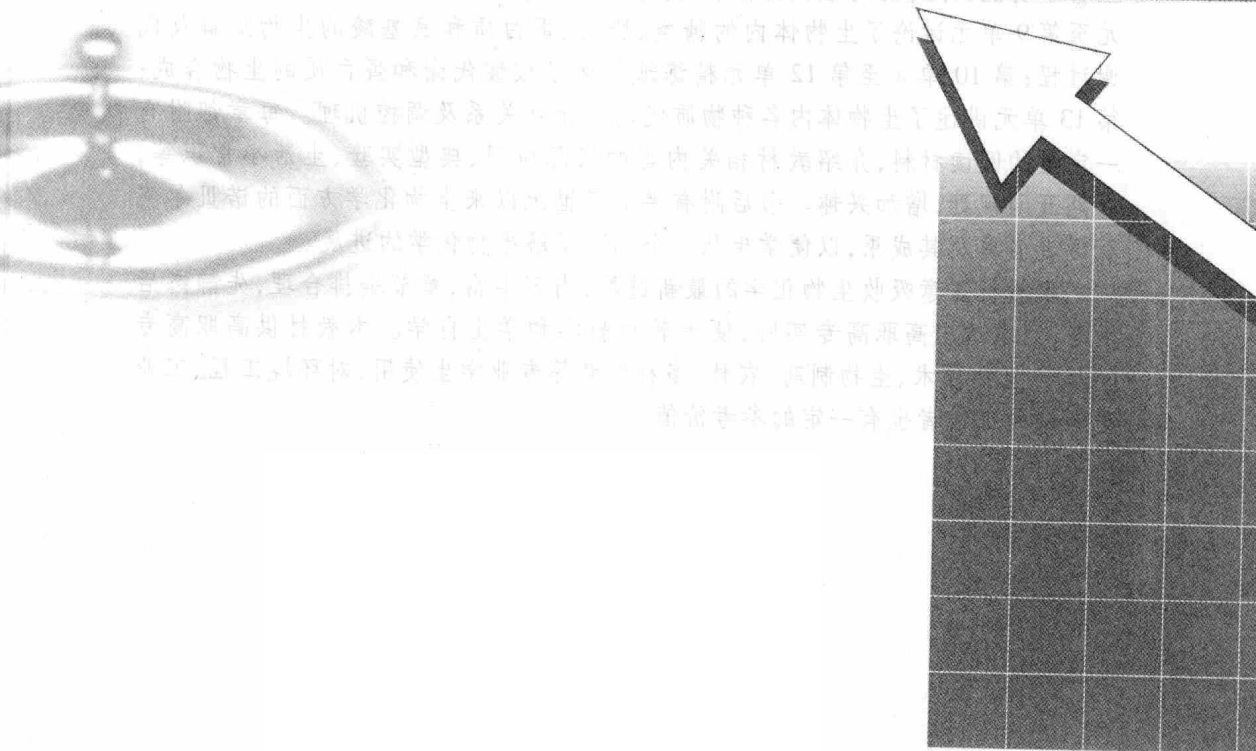
生物化学



凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

高职高专规划教材

生物化学



凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/李清秀主编. —南京: 江苏科学技术出版社, 2005. 8

高职高专规划教材

ISBN 7-5345-4623-0

I. 生... II. 李... III. 生物化学—高等学校: 技术学校—教材 IV.Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 076365 号

高职高专规划教材

生物化学

主 编 李清秀
责任编辑 俞朝霞
责任校对 苏 科
责任监制 曹业平

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)
网 址 <http://www.jsjpub.com>
集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市中央路 165 号, 邮编: 210009)
集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>
经 销 江苏省新华发行集团有限公司
照 排 南京水晶山制版有限公司
印 刷 徐州新华印刷厂

开 本 718mm×1000mm 1/16 印 张 18
字 数 330 000
版 次 2005年8月第1版 印 次 2005年8月第1次印刷

标准书号 ISBN 7-5345-4623-0/G·1090
定 价 23.00元

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

内 容 简 介

本教材是江苏省农林厅组织编写的农业高职高专规划教材,本教材共分为13单元。绪论部分对生物化学的基本含义及实际应用作了简要的介绍;第1单元至第5单元阐述了糖类、脂类、蛋白质、核酸、酶和维生素的结构、性质及主要生物学功能,并对酶的理化特性、动力学及作用机理作了概括性的介绍;第6单元至第9单元讨论了生物体内的糖类、脂类、蛋白质和氨基酸的生物降解及代谢过程;第10单元至第12单元精练地叙述了核酸代谢和蛋白质的生物合成;第13单元讲述了生物体内各种物质代谢的相互关系及调控机理。每章都附有一定量的阅读材料,介绍教材相关内容的实际应用、典型实验、生活小常识等,以期开阔视野,增加兴趣。书后附有半个多世纪以来生物化学方面的诺贝尔奖获得者名单及其成果,以便学生从一个侧面了解生物化学的进展。

本教材注意吸收生物化学的最新进展,内容丰富,章节编排合理,先静态后动态,力求适应高职高专实际,便于教师教学和学生自学。本教材供高职高专(中职)生物技术、生物制药、农林、多种经营等专业学生使用,对环境工程、工业等领域的工作者也有一定的参考价值。

江苏省农业高职高专规划教材建设委员会

主 任：张耀钢

副 主 任：巫建华 丁 鹏 李胜强

委 员：(按姓氏笔画为序)

丁 鹏	王永和	王如平	田玉斌	成海钟
刘盛琅	巫建华	李运生	李胜强	李振陆
张耀钢	顾卫兵	藏大存		

主 编：李清秀

副 主 编：王 锋 贺 峰

参 编：解 鹏 唐劲松 刘 远 刘石华 孙 成
陈佰桥 张兰英 周 霆 王中军

编写说明

生物化学是现代生物学的基础,它与许多学科交叉渗透,特别是与分子生物学血脉相连、鱼水相依。生物化学与分子生物学是生命科学中是最重要的基础学科,是生命科学领域的“世界语”。因此,生物化学是高等(中等)学校生物类、农学类专业学生必修的基础课。学习和掌握好基础生物化学知识,将为以后专业课程的学习打下坚实的基础。

目前,高等职业技术和高等专科院校生物化学课程大多选用高等院校本科教材,与职业技术教育的人才培养目标存在很大的差距。为了适应当今生物化学领域的飞速发展,培养出符合社会发展需求的人才,江苏省农林厅科教处组织全省农业高等职业技术学院的优秀教师,共同编写了这本《生物化学》教材。

本教材力求内容精练、重点突出、系统明晰、通俗易懂、便于教学。在编排上,既循序渐进,又灵活机动,突出职业教育特色。在阐明生物化学基本知识的基础上,尽力反映生物化学的新成果和新知识,特别是有关分子生物学、酶工程和基因工程的一些新知识、主要研究技术及应用技术方面的内容;注重学生的综合素质和动手能力的培养,适应当今社会的发展及对人才的需求。在具体教学中,可根据各专业后续课程的开设情况及学生的具体情况,选择性地实施教学,以体现科学性、实用性和灵活性,进一步深化职业教育教学改革。为了方便教学,帮助学生更好地掌握教材中的内容,还配套出版了《生物化学实验与学习指导》。

《生物化学》供高职高专(中职)院校生物技术、生物制药、农林、多种经营等专业的学生使用,对环境工程、工业等领域的工作者也有一定的参考价值。

本教材编写过程中,得到徐州生物工程高等职业学校、苏州农业职业技术学院、江苏畜牧兽医职业技术学院、江苏农林职业技术学院、南通农业职业技术学院、扬州环境资源职业技术学院、淮安生物工程高等职业学校、盐城生物工程高等院校的大力支持,在此表示感谢!

编者

2005年8月

绪 论

0.1 生物化学的研究范围

生物化学是在分子水平上研究生命现象的化学本质的学科。生物体所表现的形形色色的生命现象,如新陈代谢、遗传繁殖、肌肉运动、神经活动等,都是以体内的各种物质组成及其化学反应为基础的。生物化学即利用化学、生物学、微生物学及物理学的方法及技术,研究生物体的物质组成、维持生命活动的各种化学变化及其生理功能。简言之,生物化学即生命的化学。

要研究生命现象的化学本质,首先要了解生物有机体的化学组成,而生命现象的特点是能够进行新陈代谢,新陈代谢的变化均是在生物体内特有的催化剂“酶”的催化下进行的化学反应,并且在物质代谢的同时还伴随着能量代谢以及信息代谢,因此生物化学研究的主要内容大致包括以下三个方面:一是研究构成生物体的基本物质(糖类、脂类、蛋白质、核酸)及对其体内的生物化学反应起催化和调节作用的酶、维生素和激素的结构、性质和功能;二是研究构成生物体的基本物质在生命活动过程中所进行的化学变化,也就是新陈代谢及在代谢过程中能量的转换和代谢调控机制,生物体中高度自动的调控机制对于代谢的正常进行十分重要,这也是近代生物化学研究的热点课题;三是信息代谢,即核酸(DNA 的复制、RNA 的转录)、蛋白质的生物合成等,这也是分子生物学的主要基础和研究核心。

0.2 生物化学的发展

生物化学的发展大致分为静态生化、动态生化、机能生化三个阶段。这三个阶段是生物化学发展的自然规律,并不是截然分开的。

“静态生化”阶段:从古代劳动人民发明创造到19世纪呼吸、氧化、酶、生物化学等概念的出现,这一时期主要分析研究生物体的组成、性质和含量等。

“动态生化”阶段:从20世纪20年代到50年代,这一时期主要研究生物体内主要物质的代谢转变过程,以及酶、维生素、激素等在代谢中的作用。

“机能生化”阶段:20世纪50年代后,生物化学得到了空前的发展。主要研究生物大分子的结构、性质、功能以及它们与生理功能之间的关系。具有里程碑意义的是1953年沃森(J. D. Watson)和克里克(F. H. C. Crick)确定了DNA双螺旋的结构模型,为揭示遗传信息传递规律奠定了基础,是生物化学发展进入分子生物学时期的重要标志。随着生物化学这门年轻的生化学科的异军突起和迅速发展,生命奥秘的本质彻底探明将为时不远。据不完全统计,在这一时期,因在生物化学及相关领域的贡献而获得诺贝尔奖的科学家,占了生理医学奖的一半和化学奖的三分之一以上。这些事实从一个侧面充分反映出生物化学在现代科学,特别是生命科学发展中的领先地位。

在我国,生物化学的发展可追溯到远古,但作为一门独立开设的学科并建立相应的实验室,则始于20世纪30年代前后。例如,公元前20世纪我国人民已能酿酒,这是我国古代用“曲”作“媒”(即酶)催化谷物淀粉发酵的实践。在周代,《周礼》一书中已有造酱的记载。论语一书中有“或乞醯焉”的记载,醯即是醋。《礼·内则》有“枣栗饴蜜以甘之”的记载,饴就是麦芽糖。可见在我国古代,劳动人民已经掌握了酿酒、造酱、造醋及麦芽糖的技术。在营养学方面,早在《黄帝内经素问》中已记载有“五谷为养,五果为助,五畜为益,五菜为充”,将食物分为四大类,并说明了其营养价值。《食疗本草》(公元7世纪)等还记载了祖国古代医学运用营养知识治疗疾病的原理。近代生物化学发展时期,新中国成立前,虽然有吴宪等人在蛋白质变性理论、免疫化学和蛋白质及血糖测定方法等方面有过突出的成就,在植物生理生化方面,汤佩松、殷宏章、崔澄等在呼吸代谢、酶、种子发芽生理生化、激素等方面做了出色的工作,但总的来说,生物化学的发展仍是比较缓慢的。新中国成立后,生物化学迅速发展,1965年我国首先采用人工方法合成了具有生物学活性的蛋白质——牛胰岛素,并于1973年用0.1 nmX射线分析法测定了猪胰岛素的空间结构;1981年又成功地合成了酵母丙氨酸tRNA;由美(54%)、英(32%)、日(7%)、法(2.8%)、德(2.2%)、中(1%)共同承担的人类基因组计划,已于2000年6月完成人类基因组的全部测序工作。近年来,我国在基因工程、蛋白质工程、人类基因组计划以及新基因的克隆与功能研究等方面,均取得了重要成果,正朝着国际先进水平迈进,并将为我国的改革开放做出越来越大的贡献。

总之,生物化学作为年轻学科,人类已经取得了显著的成绩(见“生物化学发展史上的重要事件”一表),但仍需要不断突破与发展。

生物化学发展史上的重要事件

时 间	事 件	时 间	事 件
公元前 6000 年	面包发酵、酒精饮料和来自发酵果汁的醋	1965 年	我国人工合成结晶牛胰岛素
公元前 2000 年	酿酒、饴糖制造	1970 年	分离出第一个限制性内切酶
公元前 1000 年	酱油	1973 年	Boyer 和 Cohen 建立 DNA 重组技术
1680 年	列文虎克发现酵母细胞	1975 年	Kohler 等建立单克隆抗体技术
1857 ~ 1876 年	巴斯德证明微生物发酵	1976 年	DNA 测序技术诞生
1877 年	霍佩-赛勒提出“生物化学”概念	1988 年	PCR 方法问世
1943 年	大规模工业化生产青霉素	1990 年	美国批准第一个体细胞基因治疗方案
1944 年	证明 DNA 是遗传物质	1994 年	Flavr Saver 番茄(第一个转基因食品)
1953 年	沃森-克里克确定 DNA 结构	1997 年	英国培养第一只克隆绵羊多莉
1961 年	破译遗传密码	1998 年	美国批准艾滋病疫苗进行人体实验
		2003 年	六国完成人类基因组序列图的绘制

0.3 生物化学与其他学科的关系

生物化学是介乎生物学与化学的一门边缘学科,它与生物学科的许多分支均有密切关系。

首先,它与生理学是特别密切的姊妹学科。例如植物生理学是研究植物生命活动原理的一门学科,植物的生命活动包括许多方面,有机物代谢是其中之一,而这也属于生物化学的内容,因此在植物生理学的教科书中也包括生物化学的部分内容。

生物化学与遗传学关系密切。现已知核酸是一切生物遗传信息载体,而遗传信息的表达,则是通过核酸所携带的遗传信息翻译为蛋白质得以实现的,因此,核酸和蛋白质的结构、代谢与功能,同时是生物化学与遗传学的内容。

生物化学与微生物学也有关。目前所积累的生物化学知识,有相当部分是用微生物为研究材料获得的,如大肠杆菌是被生物化学广泛应用的材料。

生物化学与分类学也有关系。由于蛋白质在进化上是较少变化的,因此,近代利用某些蛋白质结构的研究,可以作为分类的依据。

此外,农业科学、食品科学、医药卫生及生态环境等学科,都需要生物化学的基础。

0.4 生物化学的应用

在农业生产中,运用生物化学的知识,可以阐明各种作物在不同栽培条件下的新陈代谢变化,了解产物的积累途径和控制方式,以达到优质、高产、低消耗的目的。生物化学的理论,可以指导人们更深入地了解作物的品种特性,有目的地控制有利性状的传递。利用近代植物基因克隆的表达研究的理论和实践,为人类有目的地改进和创造物种开辟了广阔的道路。生物化学与土壤农业化学有关,土壤微生物化学、土壤酶学和土壤营养元素的研究,可以揭示土壤中有机成分的分解和转化,有助于提高土壤肥力和植物对养分的吸收利用。生物化学的研究,也可以作为病虫害防治和植物保护的理论基础。此外,生物化学在阐明杀菌剂、杀虫剂、除草剂的毒性机理中发挥作用,为提高药效、寻求新的低毒、高效农药提供了理论依据。

生物化学是医药学科的基础。近年来,生理学、微生物学、免疫学、药理学、病理学等基础医学的研究均深入到分子水平,并运用生物化学的理论与技术解决各学科问题,分子病理学、分子药理学、免疫化学、生物工程学等相继应运崛起。生物化学与临床医学的关系也越来越密切。近代医学的发展经常运用生物化学的理论和方法来诊断、治疗和预防疾病,而且许多疾病的发病机制也需要从分子水平加以探讨和阐明。医学生物化学的理论知识与技术,是现代基础和临床医学理论及实践体系的一个重要组成部分,因此,生物化学是医学和营养卫生等学科的基础,与人类健康有着密切的联系。如疾病的预防、治疗和诊断以及如何供给人体以适当的营养,从而增进人体的健康等,都离不开生物化学。在医学上,人们根据发病机理以及病原体与人体在代谢和调控上的差异,设计和筛选出各种高效低毒的药物。临床上的生化诊断于今天已成为一种不可缺少的诊断方法,若没有生化知识,便难以确诊疾病和给予适当治疗。现今的酶疗法,特别是某些固定化酶用于治疗各种疾病已十分普遍,各种疫苗、激素、血液制品、维生素、氨基酸、核苷酸、抗菌素和抗代谢药物等,都已广泛应用于医药实践。近年来新兴的基因疗法为疾病患者带来了福音。生物化学也是预防医学的重要基础,增进人体健康是预防疾病的一种积极因素,如何给人体适当的营养、增强体质,是生物化学的一个重要内容。按照生长发育的需要配制合理的饮食,不仅可以预防疾病,而且可以治疗疾病,目前,许多食品添加剂、营养补剂等已得到广泛应用。

生物化学在工业上的应用也十分广泛。食品工业、发酵工业、抗菌素制造业、制药工业、生物制品工业、化工工业、皮革工业、石油开采业、环保工程中的

污水与废物处理等,都应用生物化学的理论、技术和方法,都与生物化学有着密切的联系。生物化学的研究不但为它们的生产过程建立科学基础,更为它们的技术革命、技术改造等创造条件。

20 世纪 80 年代以来,生物工程是在分子生物学基础上发展起来的新兴技术学科,作为新技术革命的优先发展领域,它包括基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程、蛋白质工程和生化工程六大部分,其中基因工程是整个生物工程的核心,有广阔的发展前景。人们希望像设计机器或建筑物一样,定向设计组建具有特定性状的新物种、新品系,结合发酵工程和生化工程的原理和技术,生产出新的生物产品。首先,采用生物技术的方法,可以改造物种,培养高产、优质、高抗逆性的转基因植物,并生产特殊的化学物质,这方面的研究将赋予作物栽培以全新的意义;此外,利用生物技术可以生产新型的药物、疫苗和诊断盒,尽管尚处在起步阶段,但生物工程已经生产出干扰素、生长素、肝炎疫苗等珍贵药物,展现出无可限量的应用前景,对于治疗疾病和维护人类的健康有十分重要的意义,发挥了巨大的经济及社会效益。最近生物化学与电子学结合,又产生了新的边缘学科——分子生物电子学,研究生物芯片和生物传感器,估计不久的将来,将对电子计算机的制造、生物模拟、医疗及理化测试各个方面,有更大的突破。可以这样说,生物工程是 21 世纪新兴产业的基础技术之一,必将对人类的生产和生活带来巨大而深远的影响。2000 年人类基因组序列工作框架图测绘完成,加上此前完成的大肠杆菌、酵母、果蝇、拟南芥等模式生物的基因组测序,以及已完成的水稻、家猪等的基因组测序,人类迎来了生命科学发展的崭新阶段——后基因时代。

综上所述,生物技术大有促进整个自然科学发展、技术进步之势,科学家们预测:21 世纪将是生命科学的世纪。作为新世纪的科技工作者,学习生物化学的基础理论、基础知识和基本技能,了解生物化学、分子生物学和基因工程的基本原理,显然是十分必要的。

0.5 生物化学的学习方法

由于生物化学内容十分丰富,发展非常迅速,在学习时应注意:生物化学虽然与化学特别是有机化学密切相关,但性质毕竟有所不同,主要区别是生物化学反应是在生物体内进行的,反应的环境比体外复杂,一般有生物催化剂(酶)的参加,有些在体外发生的反应,在体内就不一定照样进行,因此不能简单地根据体外的化学反应去理解体内的反应,应在教师指导下对教材内容作全面了解,与先修或并修课程的内容相联系,分析比较,明确概念;以糖、脂

类、蛋白质、核酸等生物大分子的结构、性质、代谢及生物功能为重点,深入钻研,弄懂、记熟、反复复习、默念,以加强记忆、促进理解,在理解的基础上加强记忆,在记忆的过程中加深理解;要重视实验课,提高动手能力,提高理论联系实际的水平。

目 录

绪 论	1
0.1 生物化学的研究范围	1
0.2 生物化学的发展	1
0.3 生物化学与其他学科的关系	3
0.4 生物化学的应用	4
0.5 生物化学的学习方法	5
第1单元 糖 类	1
1.1 糖类概述	1
1.1.1 糖类的生物学意义	1
1.1.2 糖类的概念	2
1.1.3 糖的分类	2
1.2 单糖	3
1.2.1 单糖的结构	3
1.2.2 单糖的性质	5
1.3 重要的糖	8
1.3.1 重要的单糖	8
1.3.2 重要的双糖	8
1.3.3 多糖	10
1.3.4 复合糖	15
阅读材料	15
第2单元 脂 类	17
2.1 脂类概述	17
2.1.1 脂类的概念	17
2.1.2 脂类的存在	17
2.1.3 脂类的分类	17
2.1.4 脂类的重要生物学功能	18
2.2 油 脂	18

2.2.1	油脂的组成和结构	18
2.2.2	油脂的理化性质	20
2.3	磷 脂	21
2.3.1	甘油磷脂	21
2.3.2	神经磷脂	22
2.4	固 醇	23
2.4.1	固醇的核心结构	23
2.4.2	重要的固醇	23
2.5	生物膜	25
2.5.1	细胞的膜系统	25
2.5.2	膜的化学组成	25
2.5.3	膜的结构	26
2.5.4	膜的功能	27
	阅读材料	28
第3单元 蛋白质		30
3.1	蛋白质概述	30
3.1.1	蛋白质是生命的物质基础	30
3.1.2	蛋白质的生物学功能	31
3.1.3	蛋白质的分类	31
3.1.4	蛋白质的化学组成	32
3.2	氨基酸	33
3.2.1	氨基酸的结构	33
3.2.2	氨基酸的分类	34
3.2.3	氨基酸的理化性质	36
3.2.4	氨基酸的制备	38
3.2.5	氨基酸的用途	39
3.3	蛋白质的结构	39
3.3.1	肽键和多肽链	40
3.3.2	蛋白质的一级结构	40
3.3.3	蛋白质的空间结构	41
3.3.4	蛋白质的结构与功能的关系	46
3.4	蛋白质的性质	48
3.4.1	胶体性质	48
3.4.2	蛋白质的两性解离及等电点	48
3.4.3	蛋白质的沉淀作用	49
3.4.4	蛋白质的变性	51

3.4.5 颜色反应	52
3.4.6 蛋白质的水解	53
阅读材料	53
第4单元 核 酸	56
4.1 核酸概述	56
4.1.1 核酸的种类、分布	56
4.1.2 核酸的生物学功能	56
4.2 核酸的化学组成	58
4.2.1 核酸的元素组成	58
4.2.2 核酸的分子组成	58
4.3 DNA 的分子结构	62
4.3.1 DNA 的碱基组成	62
4.3.2 DNA 的一级结构	63
4.3.3 DNA 的二级结构	64
4.3.4 DNA 的三级结构	66
4.4 RNA 的分子结构	67
4.4.1 RNA 的一级结构	67
4.4.2 RNA 的二级结构	68
4.4.3 RNA 的分类	68
4.5 核酸的理化性质	70
4.5.1 核酸的一般物理性质	70
4.5.2 核酸的酸碱性质	71
4.5.3 核酸的紫外吸收性质	71
4.5.4 核酸的变性、复性和分子杂交	71
阅读材料	72
第5单元 生物催化剂	74
5.1 酶是生物催化剂	74
5.1.1 酶的概念	74
5.1.2 酶的特性	74
5.1.3 酶的命名	75
5.1.4 酶的分类	76
5.2 酶的化学本质	77
5.2.1 酶的化学本质	77
5.2.2 酶的化学组成	77
5.2.3 核酶	78
5.3 酶的作用机理	79

5.3.1	酶的结构	79
5.3.2	酶原的激活	80
5.3.3	同工酶	81
5.3.4	酶的催化作用与分子活化能	82
5.3.5	中间产物学说	82
5.3.6	诱导契合学说	82
5.4	影响酶促反应速度的因素	83
5.4.1	底物浓度对酶作用的影响	83
5.4.2	酶浓度对酶作用的影响	84
5.4.3	温度对酶作用的影响	84
5.4.4	pH 对酶作用的影响	85
5.4.5	激活剂对酶作用的影响	86
5.4.6	抑制剂对酶作用的影响	86
5.5	酶工程简介	88
5.5.1	化学酶工程	88
5.5.2	生物酶工程	89
5.5.3	酶制剂的应用	90
5.6	维生素和辅酶	91
5.6.1	维生素的概念与分类	91
5.6.2	脂溶性维生素	92
5.6.3	水溶性维生素	94
	阅读材料	100
第6单元 新陈代谢与生物氧化		102
6.1	新陈代谢	102
6.1.1	新陈代谢的含义	102
6.1.2	新陈代谢的基本特点	103
6.1.3	能量的释放和转移	103
6.2	生物氧化概述	104
6.2.1	生物氧化的含义	104
6.2.2	生物氧化的特点	104
6.2.3	生物氧化的生物学意义	105
6.3	电子传递链(呼吸链)	105
6.3.1	电子传递链(呼吸链)	105
6.3.2	电子传递链的组成(呼吸链的电子传递体)及排列顺序	106
6.3.3	呼吸链类型	108

6.4 氧化磷酸化	110
6.4.1 高能化合物以及 ATP	110
6.4.2 ATP 生成方式	111
6.4.3 氧化磷酸化偶联部位	112
6.4.4 氧化磷酸化的抑制	113
6.4.5 胞液中 NADH 的氧化磷酸化	114
阅读材料	115
第7单元 糖代谢	117
7.1 糖的酶促降解	117
7.1.1 二糖的水解	117
7.1.2 淀粉及糖原的酶促降解	118
7.1.3 纤维素的降解	118
7.1.4 糖类的运输和血糖	118
7.2 糖酵解	119
7.2.1 糖的分解代谢	119
7.2.2 糖酵解的概念	120
7.2.3 糖酵解的化学历程	120
7.2.4 丙酮酸的去路	124
7.2.5 糖酵解的能量计算	125
7.2.6 糖酵解的生物学意义	125
7.2.7 糖酵解的调控	126
7.3 糖的有氧分解	127
7.3.1 糖有氧分解的反应过程	127
7.3.2 TCA 循环的反应过程	129
7.3.3 三羧酸循环的特点	132
7.3.4 糖有氧分解中的能量计算	133
7.3.5 三羧酸循环的生物学意义	134
7.3.6 三羧酸循环的回补反应	134
7.3.7 糖有氧氧化的调控	136
7.3.8 糖有氧氧化与酵解的比较	137
7.4 磷酸戊糖途径	137
7.4.1 磷酸戊糖途径的反应历程	137
7.4.2 磷酸戊糖途径的生物学意义	140
7.4.3 磷酸戊糖途径的调控	141
7.5 糖的合成代谢	141
7.5.1 蔗糖的合成	141