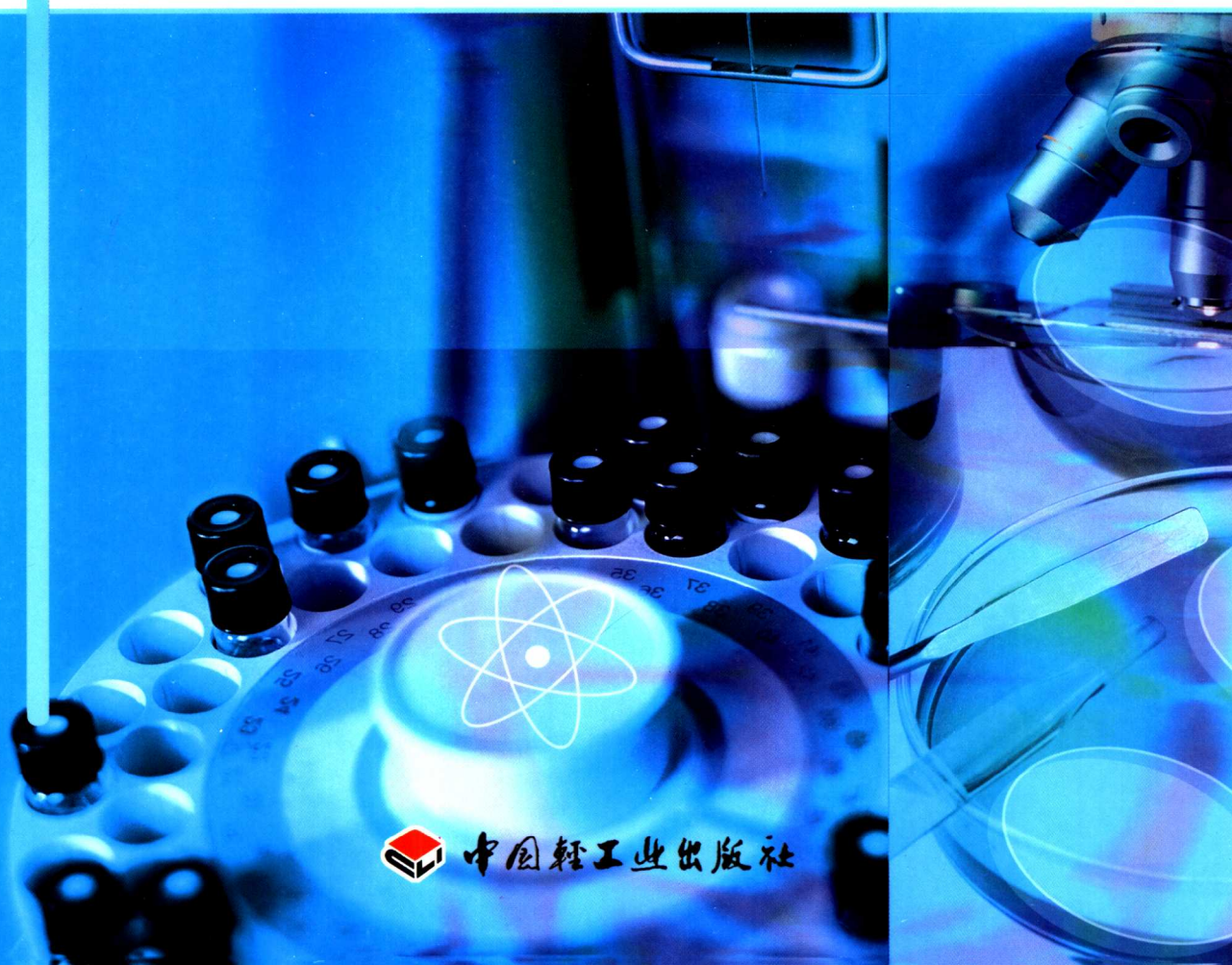


· 高等学校专业教材 ·

生物化学

(工科院校适用)

金凤燮 主编 · 李宪臻 张春枝 副主编 · 吕晓玲 主审



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学 (工科院校适用) / 金凤燮主编. — 北京: 中国轻工业出版社, 2004. 8

高等学校专业教材

ISBN 7-5019-4386-9

I. 生… II. 金… III. 生物化学-高等学校-教材
IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 049067 号

责任编辑: 白 洁

策划编辑: 唐是雯 责任终审: 劳国强 封面设计: 邱亦刚

版式设计: 振 兴 责任校对: 李 靖 责任监印: 吴京一

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: 北京公大印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 35.25

字 数: 800 千字

书 号: ISBN 7-5019-4386-9/TQ·277 定价: 64.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010—65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010—88390721 88390722

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读者服务部联系调换

40526J4X101ZBW

前 言

生物化学（生物工程专业用）第一版于1980年出版，是由大连轻工业学院主编，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联合编写的。

生物化学领域的研究在最近二十多年的时间里突飞猛进，各种研究成果层出不穷。比如，PCR技术的建立，碱基序列的快速测定，蛋白质结构与功能间的相互关系等，原教材已不能承载生物化学方面的全部内容，也不能包涵生物化学的先进性和前瞻性。另外，为了迎合国内外对生物技术的要求，生物工程专业内涵也发生了很大变化，原教材已无法满足发酵专业和生物工程专业的教学要求。

为了适应21世纪的教学需要，中国轻工业出版社和原主编单位在北京讨论决定，重编生物工程和发酵工程专业的本科生用生物化学教材。我们在原教材的基础上，通过引入大量的新知识、新概念和新内容，并对原教材进行了很多重要的修改，以力图反映本教材的新颖性、适应性和正确性。本教材是以金凤鸢教授为主编，李宪臻教授和张春枝副教授为副主编，联合以下各位专家学者编写的。这些编者都是从事生物化学教学和研究很多年，大多数编者目前仍然在生物化学教学的第一线，具有丰富的教学经验。

本教材由主编提出编写大纲，分工编写，主编和李宪臻教授统稿成书。编写分工如下：李宪臻（大连轻工业学院）编写第一章、第二章和第四章，周楠迪（江南大学）编写第三章，孙培龙（浙江理工大学）编写第五章和第七章，田亚平（江南大学）编写第六章，张春枝（大连轻工业学院）编写第八章、第九章和第十章，江杰（齐齐哈尔大学）编写第十一章，常共宇（郑州工程学院）编写第八章和第十二章，王联杰（陕西科技大学）编写第十三章、第十四章和第十五章，王章存（郑州轻工业大学）编写第十六章和第十七章，鱼红闪（大连轻工业学院）编写第十七章。第八章和第十七章由两人共同编写。天津科技大学食品科学与生物工程学院的吕晓玲教授，作为本书的主审，通读了全书并提出了许多宝贵意见。

本书主要是为包括发酵工程专业在内的所有生物工程类学生编写的教材，所以在内容安排上更侧重于生物化学的应用性。书中内容除了保持一定的理论深度外，大部分内容都与生物工程专业的要求紧密相关。特别适合于工程类专业学生学习使用。

本书共分十七章，前七章为生物物质的结构与化学，后十章为生物物质的代谢与调控。与第一版相比，各章内容都更加丰富和贴近生物工程专业的要求，最大限度地反映生物化学的各种研究成果，保持学术成果的前沿性和时代性。考虑到生物工程专业的实际需要和国内外的生产现状，本书在结构与化学部分，比第一版增加了糖、脂类、生理活性物质和生物膜等四章。由于分子生物学是生物工程专业的必修课程，因此本书中有关分子生物学方面的内容仅对基因工程的基本内容作简单介绍，不作为本书的重点。考虑到生物化学是大多数生物专业研究生考试的必考课，为了便于学生更好地掌握本书内

容和应考准备，各章后都附有大量思考题供复习和考试时使用。

由于编者水平所限，书中难免有不当之处，敬请使用者批评指正。

金凤婵

大连轻工业学院教授

目 录

绪论	1
第一章 糖化学.....	4
第一节 单糖.....	5
一、构型与构象	5
二、单糖的理化性质	10
三、单糖的分类	15
四、糖的衍生物	16
第二节 低聚糖	17
一、双糖	17
二、三糖	19
三、寡糖	19
第三节 多糖	20
一、结构多糖	20
二、贮存多糖	22
三、糖蛋白	24
第四节 糖类的命名法	24
一、母体单糖 (parent monosaccharides)	25
二、单糖的系统命名法	31
三、双糖的系统命名法	41
四、寡糖的系统命名法	43
五、多糖的系统命名法	50
思考题.....	52
第二章 脂类化学	53
第一节 简单脂	53
一、脂肪的结构	54
二、脂肪的性质	57
第二节 复合脂	57
一、磷脂	57
二、糖脂	60
第三节 固醇类	61
思考题.....	62
第三章 蛋白质	63
第一节 蛋白质概论.....	63
一、蛋白质的组成及分类	63
二、蛋白质的生物学功能	66

第二节 氨基酸	68
一、氨基酸的分类和结构	68
二、氨基酸的理化性质	73
三、氨基酸的分离、分析和鉴定	87
第三节 蛋白质的一级结构	91
一、肽键和多肽链	91
二、蛋白质的氨基酸序列与功能	93
三、蛋白质一级结构的测定	97
第四节 蛋白质的空间结构	104
一、维持蛋白质空间结构的化学键	104
二、蛋白质的二级结构	106
三、蛋白质的三级结构	115
四、蛋白质的四级结构	117
五、蛋白质的折叠	118
六、蛋白质高级结构的研究方法	120
第五节 蛋白质结构与功能	123
一、单亚基蛋白质	123
二、多亚基蛋白质	126
第六节 蛋白质的理化性质	129
一、蛋白质的胶体性质	129
二、蛋白质的两性解离和等电点	130
三、蛋白质的变性作用	132
四、蛋白质的沉淀作用	133
五、蛋白质的颜色反应	134
第七节 蛋白质的分离纯化与鉴定	135
一、蛋白质相对分子质量的测定	135
二、蛋白质分离纯化的一般步骤	142
三、蛋白质分离纯化技术	144
四、蛋白质的纯度鉴定	154
第八节 蛋白质工程简介	155
思考题	156
第四章 核酸	159
第一节 DNA 的结构	161
一、一级结构	161
二、二级结构	165
三、超螺旋结构	170
四、染色体结构	174
第二节 RNA 结构	177
一、mRNA	178
二、rRNA	179
三、tRNA	181

第三节 核酸及核苷酸的性质	182
一、核苷酸与核酸的两性解离性质	183
二、紫外吸收性质	184
三、变性作用	185
四、密度	186
第四节 核酸的分离提纯	186
思考题	187
第五章 生理活性物质	189
第一节 维生素	189
一、脂溶性维生素	189
二、水溶性维生素	192
第二节 激素	204
一、激素的概念和分类	204
二、激素的分泌	205
三、动物激素	205
四、植物激素	209
五、激素的作用机制	209
第三节 抗生素	212
一、抗生素的定义	212
二、抗生素的分类	212
三、抗生素的抗菌作用机理	213
四、细菌对抗生素耐药性的生物化学机理	214
五、抗生素的应用	215
第四节 生物活性肽	215
一、生物活性肽的分类	216
二、生物活性肽的生产方法	219
思考题	220
第六章 酶化学	221
第一节 酶的性质	221
一、酶是生物催化剂	221
二、酶的化学本质	224
三、酶的命名与分类	226
第二节 酶的结构和功能	229
一、酶的活性部位（活性中心）	229
二、酶的别构部位	231
三、酶的催化机制	231
第三节 酶促反应动力学	236
一、酶的反应速度及初速度	236
二、底物浓度对酶促反应速度的影响	237
三、米氏方程的某些重要表达形式及其对应的动力学曲线	240

四、pH 对酶反应速度的影响	242
五、温度对酶反应速度的影响	243
六、酶浓度对酶反应速度的影响	244
七、激活剂对酶反应速度的影响	245
八、抑制剂对酶反应速度的影响	245
第四节 酶活力的测定及酶的分离提纯	251
一、酶活力的测定	251
二、酶的分离与提纯	254
第五节 酶工程及酶的应用	259
一、酶工程	259
二、酶的应用	267
思考题	269
第七章 生物膜的结构和功能	272
第一节 概述	272
一、细胞膜	272
二、细胞内膜	273
三、生物膜的功能	275
第二节 生物膜的化学组成与结构	276
一、生物膜的化学组成	276
二、膜脂和膜蛋白在膜双层两侧分布的不对称性	278
三、生物膜的流动性	278
四、生物膜的流体镶嵌模型	279
第三节 生物膜的物质运输	280
一、小分子物质的运输	281
二、大分子物质的跨膜运输	284
第四节 生物膜与信号传递	286
一、细胞通讯与细胞识别	286
二、受体	289
三、第二信使	291
四、细胞信号传递的基本特征	293
五、细胞信号传递的网络整合信息	295
思考题	296
第八章 代谢作用概论	298
第一节 代谢的一般过程	299
一、分解代谢的一般过程	299
二、合成代谢的一般过程	300
三、中间代谢 (intermediary metabolism)	300
四、微生物代谢与发酵工程	301
第二节 生物氧化	302
一、生物氧化的本质与特点	302

二、有氧氧化和无氧氧化	303
三、生物氧化与生物能	303
四、生物氧化酶类	308
第三节 生物氧化体系	310
一、生物氧化体系的类型	310
二、呼吸链	311
三、细胞质中 NADH 的氧化	317
第四节 氧化磷酸化作用	319
一、ATP 的生成	320
二、电子传递过程中自由能的变化	321
三、氧化磷酸化作用的偶联机制	322
四、ATP 合成酶	324
五、P/O 比值	325
六、氧化磷酸化作用的抑制和解偶联	326
思考题	327
第九章 糖类代谢	328
第一节 多糖的降解	328
一、淀粉酶与淀粉的降解	329
二、纤维素酶与纤维素的降解	331
三、果胶酶与果胶的降解	332
四、糖原磷酸化酶与糖原的降解	332
第二节 糖酵解作用	333
一、糖酵解途径	333
二、糖酵解过程的能量衡算	338
三、糖酵解的调节	338
四、糖酵解的生理意义	340
五、发酵：丙酮酸的无氧降解	340
六、其它单糖的降解	342
第三节 丙酮酸的有氧降解	344
一、乙酰 CoA 的形成	344
二、三羧酸循环	346
三、与三羧酸有关的代谢途径	351
四、柠檬酸发酵	353
第四节 磷酸己糖支路	354
一、磷酸己糖途径	354
二、磷酸解酮酶途径与异型乳酸发酵	358
三、脱氧酮糖酸途径与细菌酒精发酵	360
第五节 糖异生作用	361
一、糖异生途径	361
二、糖酵解与糖异生的相互调节	361
思考题	363

第十章 脂类代谢	364
第一节 脂肪酸的氧化	364
一、脂肪的形成	364
二、脂肪酸的 β -氧化	365
三、甘油的降解	371
第二节 脂肪酸的合成	372
一、饱和脂肪酸的生物合成	372
二、不饱和脂肪酸的生物合成	376
三、脂肪的合成	377
第三节 磷脂的代谢	379
思考题	380
第十一章 蛋白质降解与氨基酸代谢	381
第一节 蛋白酶与蛋白质降解	381
一、蛋白内切酶	381
二、蛋白外切酶	383
三、蛋白质降解	383
第二节 氨基酸降解	384
一、脱氨作用	384
二、脱羧基作用	389
三、脱氨脱羧作用	390
第三节 氨基酸代谢产物的去路	391
一、酮酸的去路	391
二、氨的去路	392
三、 CO_2 的去路	395
四、胺的去路	395
第四节 氨基酸的合成	395
一、氨基酸生物合成的共同途径	395
二、非必需氨基酸的合成	396
三、必需氨基酸的合成	402
第五节 谷氨酸发酵	407
一、谷氨酸的生物合成途径	407
二、谷氨酸生产菌的主要生化特点	408
三、环境条件的影响	409
第六节 糖、脂肪和蛋白质代谢的相互关系	410
一、糖与蛋白质代谢的相互关系	410
二、糖与脂肪代谢的相互关系	410
三、脂肪与蛋白质代谢的相互关系	411
思考题	412
第十二章 核酸降解与核苷酸代谢	413
第一节 核酸水解酶与核酸的降解	413

一、核酸水解酶	413
二、核酸的降解	415
第二节 核苷酸的分解代谢	415
一、嘌呤核苷酸的降解	415
二、嘧啶核苷酸的降解	417
第三节 核苷酸的生物合成	418
一、核苷酸的全合成	418
二、核苷酸的半合成	423
思考题	424
第十三章 DNA 的生物合成	426
第一节 DNA 复制方式	426
一、半保留复制	426
二、DNA 复制的方向	427
三、半不连续复制	428
四、RNA 引物的合成	429
五、DNA 的复制过程	430
第二节 原核生物中 DNA 的复制	432
一、原核生物基因特点	432
二、DNA 复制酶及相关蛋白	432
第三节 真核生物中的 DNA 复制	436
一、真核生物基因的特点	436
二、多复制子	437
三、真核生物 DNA 复制的 5 种 DNA 聚合酶及其辅助因子	437
四、端粒的复制	438
第四节 以 RNA 为模板的 DNA 合成 (逆/反转录)	438
一、反转录病毒与反转录酶	438
二、反转录病毒与疾病	439
三、反转录病毒和反转录酶的实际应用	439
思考题	440
第十四章 RNA 的生物合成	441
第一节 原核生物基因的转录	441
一、RNA 聚合酶	441
二、启动子	442
三、终止子	444
四、原核生物转录的过程	444
五、转录后加工	446
六、原核生物基因转录的调控	448
第二节 真核生物基因转录	455
一、3 种 RNA 聚合酶	455
二、转录控制区	455

三、真核生物基因转录因子	456
四、转录后的加工过程	458
五、基因表达的转录后调控	463
第三节 蛋白质与 DNA 的相互作用及转录调控	463
一、原核生物基因转录调控中 DNA-蛋白质的相互作用	464
二、真核生物基因转录过程 DNA-蛋白质和蛋白质-蛋白质的相互作用	467
思考题	471
第十五章 蛋白质生物合成	473
第一节 遗传密码	473
一、三联体密码	473
二、遗传密码子的性质	474
三、阅读框与开放阅读框	476
第二节 蛋白质的生物合成	476
一、原核生物蛋白质的生物合成	476
二、真核生物蛋白质的合成	486
第三节 蛋白质合成后的分泌及加工修饰	489
一、蛋白质的跨膜运输	489
二、蛋白质的糖基化	491
思考题	492
第十六章 代谢的调节和控制	493
第一节 细胞结构与调节控制	493
一、对代谢途径的分隔作用	493
二、控制细胞和细胞器内外物质的运输	493
三、与酶的可逆性结合	494
第二节 酶水平的调控	495
一、变构调节：酶活性调控的分子基础	495
二、共价修饰调节	499
三、酶原激活	501
四、酶含量的调节	502
第三节 反馈调节模式	506
一、同功酶调节模式	506
二、顺序反馈抑制	507
三、协同反馈抑制	508
四、积累反馈抑制	508
五、活化和抑制的联合作用	509
六、酶活性反馈抑制和酶蛋白合成阻遏的双重调控	510
第四节 能荷调节	510
第五节 代谢调控与发酵工业生产	512
一、营养缺陷型菌株的选育	513
二、抗代谢物结构类似物突变株的选育	515

三、回复突变	515
四、改善细胞膜的通透性	516
思考题	517
第十七章 基因工程	518
第一节 基因与基因工程	518
一、基因的存在方式与结构	518
二、基因工程的概念及其重要性	521
第二节 基因工程的工具酶	523
一、限制性内切酶	523
二、DNA 甲基化酶	526
三、DNA 聚合酶	527
四、DNA 连接酶	528
五、其它常用的工具酶	529
第三节 基因工程载体	530
一、质粒载体	530
二、 λ 噬菌体载体	532
三、黏粒载体	533
四、丝状噬菌体载体	536
五、噬菌粒载体	536
六、酵母细胞的载体	537
七、植物基因的载体	538
八、哺乳动物细胞的载体	539
第四节 目的基因的克隆与表达	541
一、目的基因的分离	541
二、目的基因与载体的体外连接	542
三、重组子导入受体细胞和克隆	544
四、重组体的筛选和鉴定	546
五、目的基因的表达	547
思考题	548

绪 论

生物化学就是生命的化学，它是用化学的方法研究所有生物如动物、植物、微生物（包括病毒、噬菌体）和人类等生命体的化学组成、生命过程和生命活动中化学变化规律的一门科学。

生物化学是在有机化学、生理学和医学研究的基础上逐渐发展起来的。生物化学作为基础科学在动物学、植物学、遗传学、生理学、细胞学、分子生物学、医学、农学、药学和食品学等学科发展中起到了重要的作用，并从中吸取了崭新的内容，又扩充了本身的内容，形成了很多分支：如植物生化、动物生化、昆虫生化、临床生化、微生物生化等。生物化学并不是简单地研究生命的化学过程，而是研究生命过程中伴随化学变化引起的能量变化和生物体内分子的生理功能等。因此尽管生物化学与有机化学、生理学、物理化学、分析化学等学科有着密切的联系，但作为一门独立的学科，生物化学又有着自己独特的研究对象和研究手段。

生物化学与结构化学紧密相关，为了理解结构与功能之间的相互关系，生物化学试图测定生命体系中的分子结构。

生物化学与化学变化紧密相关，因为生物化学一直致力于研究生命体系中各种物质的代谢途径及其调控机制。

生物化学更与存在于进化过程的 DNA 分子中的遗传信息紧密相关。这些核酸的碱基序列编码氨基酸而生成各种折叠蛋白质，这些蛋白质中的很多都是生物催化剂——蛋白酶，其中的某些酶在代谢过程中还扮演调控作用。

生物化学既是各门生物学科发展的基础，其本身又是现代生物学中发展最快的一门前沿学科。它的迅猛发展为各门生物学科的研究提供了新的理论和方法，同时也为应用生物学如生物制药、临床医学、食品和生物工程等奠定了重要的理论基础。

生物化学的发展可以追溯到 19 世纪的早期，在这期间发明的两个重要词汇就是活性物质和非活性物质。1828 年当 Wohler 首次由无机化合物碳酸氢铵合成了生物化合物尿素后，人们将生命现象修正为只有生命才能进行活性物质的反应。Schwann 一直相信发酵和腐败是由于空气中的微生物引起的，并于 1839 年提出细胞理论，他同时也提出了很多有关细胞的生理生化方面的观点和假设，亦即代谢现象。1843 年 Bernard 发现动物能够合成糖原，Pasteur 在 1860 年发现酒精发酵过程中可以生成甘油和酒石酸。Hoppe-Seyler 于 1872 年开始创立了有关生理化学领域内容的第一本期刊《Zeitschrift für physiologische Chemie》，并创造了生物化学这个名词，将其定义为所有与生物分子有关的一切内容。1883 年 Mouldeur 研究了纤维蛋白、鸡卵蛋白、血清蛋白和谷物蛋白等，发现它们都具有相同的化学式 $C_{40}H_{62}N_{10}O_{12}$ ，随后引进了蛋白质概念。1897 年 Buchner 兄弟、Eduard 和 Hans 证明不含游离细胞的酵母抽提液也可以像酵母活细胞一样进行酒精发酵，并将其中起催化作用的物质称为酶。Emil Fischer 根据前人的研究成

果，于 19 世纪末提出了锁钥关系，即底物是钥匙，酶是锁的概念。

20 世纪是生物化学的真正萌芽和发展时期。这期间，生物学家和有机化学家们开始将研究的重点转向生物体中各种物质的转化及其发生转化的机理，使得各种生物分子的代谢机理和途径有了更深入的理解。伴随着 Sumner 于 1926 年证明酶是一种蛋白质而且能够被结晶后，酶化学研究开始有了长足的进展，人们更加专注于酶的结构与功能和酶催化反应的代谢途径的研究。

1953 年 Watson 和 Crick 建立了 DNA 分子的双螺旋结构模型，将生物分子的生物功能与基因所携带的信息联系在一起，大大促进了生物化学的发展，也导致了一门新兴科学“分子生物学”的出现，解开了生命科学历史的新的一页。DNA 分子的复制与修复、蛋白质的合成、遗传密码的破译等极大地丰富了生物化学的理论和实践，同时也不断依靠对生物大分子蛋白质、核酸和酶等结构和功能关系的新的认识，充实和促进生物化学的发展。

在生物化学发展的历史进程中所经历的主要大事如下：

- 1820 首次发现了氨基酸
- 1828 Wohler 由无机物质合成了有机化合物脲
- 1835 Berzelius 以淀粉酶为例发表了首篇有关化学催化方面的论文
- 1843 Bernard 发现动物能够合成糖原
- 1860 Berthelot 从破碎酵母细胞中分离出蔗糖酶
- 1869 Fredrick 在细胞核中发现了 DNA 分子
- 1883 Moulder 首次提出蛋白质概念
- 1897 Buchner 兄弟、Eduard 和 Hans 从酵母细胞中提取了能够催化葡萄糖转化为酒精的物质，并命名为酶
- 1900 Mendel 公布了他的遗传学研究结果
- 1909—1942 确定了糖酵解过程中的各种酶和中间物
- 1914 Lipmann 阐明了 ATP 在能量代谢中的作用
- 1926 Sumner 获得了脲酶结晶并证明是一种蛋白质
- 1926 Morgan 提出了基因理论
- 1929 Lohman 发现了 ATP 并建议在糖酵解中具有重要作用
- 1937—1941 氧化磷酸化被证明与呼吸作用有关
- 1937 Krebs 发现了柠檬酸循环 (TCA 循环)
- 1941 George 和 Edward 提出了一条基因对应一种酶的假说
- 1943 DNA 被证明是遗传物质并进行传递
- 1944 Avery、MacLeod 和 McCarthy 用化学方法证明 DNA 是遗传物质
- 1945 Lehninger 报告了线粒体中脂肪酸氧化过程的研究结果
- 1950 Chargaff 公布了他的观察结果即 DNA 分子中的四种碱基 $A = T$, $G = C$ (Chargaff 原则)
- 1952 Pauling 和 Corey 提出蛋白质结构的 α -螺旋和 β -折叠结构
- 1953 Watson 和 Crick 确定 DNA 分子的双螺旋模型

- 1953 Sanger 首次测定了胰岛素蛋白质的氨基酸序列
- 1957 Meselson 和 Stahl 通过试验证明了 DNA 分子的半保留复制
- 1960 Kendrew 和 Pertuz 首次获得了蛋白质的三维结构
- 1961 Jacob 和 Monod 提出了基因调控的操纵子学说
- 1964 建立聚丙烯酰胺凝胶电泳技术
- 1965 全部破译遗传密码子
- 1965 Vinograd 发现了超螺旋结构
- 1965 发现了质粒
- 1969 首次人工合成了蛋白酶
- 1970 Smith 发现了限制性核酸内切酶
- 1970 Temin 和 Baltimore 发现了逆转录酶
- 1973 Cohen 和 Boyer 建立了 DNA 重组技术
- 1977 Milstein 建立了单克隆抗体技术
- 1977 建立化学法测定 DNA 序列技术
- 1977 Sharp 和 Roberts 发现真核生物基因中含有内含子
- 1983 完成了 Lambda 基因组 48 502 bp 长度的序列测定
- 1985 建立聚合酶链式反应 PCR 技术
- 2002 建立人类基因组图谱

传统生物化学一般都是从分离纯化生物物质开始，然后研究它们的结构与功能，但这种方式很难全面了解这些物质在整个生物体中的作用。现代生物化学则借助分子生物学的理论和方法，从基因水平上全面了解蛋白质的结构，确定其在整个生物体中的功能及在整个生命过程中的作用，使生物化学研究得更为彻底和更加多元化。

生物化学与工业、农业和医药卫生都具有非常密切的关系，由于实际生产过程的需要，向生物化学不断地提出各种要求和问题，从而推动了生物化学的不断发展。目前，生物化学已成为自然科学中发展最快的学科之一。

生物化学是生物工程特别是发酵工业的重要理论基础。生物工程学科所涉及的行业都与动物、植物和微生物等的生物代谢有关，是与生产人类所需各种生物产品的工业紧密联系在一起。从原料到产品的生产，都是在人工条件下，通过生物体的新陈代谢来实现的。在发酵工业中，由于微生物细胞内的酶系种类和性质的差别，导致微生物代谢类型的多样性和复杂性。从而使发酵产品多种多样，对原料也有不同的选择和要求，生产工艺也各具特色。

生物工程是以获得产品为主要目的的一门应用学科。它的研究内容是如何利用各种生物体最大限度地生产人类所需产品。生物代谢的调节和控制是提高产品的质量和得率的重要理论基础，它是阐明发酵机理、选择工艺途径提高产品质量、探索新工艺和研制新产品等的基本保证。

第一章 糖 化 学

糖是人类的主要能量来源，是自然界中最丰富的一类生物分子，它广泛存在于植物的各个部位，尤其在植物的果实、种子、根和根茎等部位更为丰富，糖也是植物的营养物质。

糖是由碳、氢、氧三种元素按照分子式 $(\text{CH}_2\text{O})_n$ 的固定比例组成的有机物分子，其中 $n \geq 3$ 。由于糖分子中氢和氧原子数之比常常是 2:1，刚好与水分子中的氢氧原子数比相同，误以为糖是由碳和水构成的，因此又将糖称为碳水化合物 (Carbohydrate)。但后来的研究发现，糖分子的结构组成并非人们想象的是由碳和水构成，它实际上是一类含有多羟基的醛类或酮类化合物，但由于沿用已久，人们仍然使用碳水化合物这个名字。

在 20 世纪 60 年代之前，糖一直被认为仅仅是一种能量来源和结构物质。因为糖既不像蛋白质一样能够催化复杂的化学反应，也不像核酸那样能够自我复制，而且多糖也不能如核酸或蛋白质那样根据遗传信息进行构建。与其它生物大分子相比，多糖的大小和结构组成更趋于多样性。然而，后来的研究结果说明，这种固有结构的多样性正是糖生物活性的基础。

糖的主要生物学功能是通过氧化反应而释放出大量的能量，以满足生命活动的需要。其中，淀粉和糖原等是最重要的生物能源，蔗糖等是人类食品的重要甜味剂，葡萄糖等则是医药上使用最多的营养物质。糖与其它化合物结合可以形成糖苷，而此类物质具有显著的生理作用，是一类重要的药用成分。低分子量的多糖链与蛋白质结合形成糖蛋白或结合于细胞表面，是蛋白质或细胞间相互识别的关键物质。各种寡糖是重要的药用物质，它不仅可以直接用药，更可以诱导植物的抗病性，是目前十分有价值的农药开发资源。近年来，发现从一些植物中提取的某些糖类化合物对动物肿瘤具有明显的抑制作用，如从担子菌或地衣等植物中提取的多糖对小鼠 S180 分别有不同程度的抑制作用，而且毒性很小。

糖的主要生物功能有：

- ① 通过氧化反应提供能量。
- ② 作为能量的储存者。
- ③ 为生物大分子的合成提供碳原子。
- ④ 为 DNA 和 RNA 的合成提供碳骨架。
- ⑤ 用于细胞间相互识别。

根据构成糖类化合物的组成单位的多少，可以将糖分为单糖、低聚糖和多糖。

单糖是多羟基醛或酮的化合物，其分子式可用 $(\text{CH}_2\text{O})_n$ 表示。单糖是构成糖类物质的最基本结构单位，亦即不能被水解成更小分子的糖。单糖又可根据分子内所含碳原子数的不同而分为庚糖、己糖、戊糖、四碳糖和三碳糖。其中，自然界中分布广、意义大的是六碳糖和五碳糖。常见的如葡萄糖、果糖、半乳糖和核糖等。