

■ 高等院校教材

■ 供非生物系专业理科学生用

# 简明生物化学

吴赛玉 编著

中国科学技术大学出版社

# 高等院校教材

供非生物系专业理科学学生用

# 简明生物化学

吴赛玉 编著

中国科学技术大学出版社

1999·合肥

## 内 容 提 要

全书共分十四章。本书包括细胞的结构、蛋白质、酶、核酸、维生素、激素、糖代谢、氧化磷酸化、脂类代谢、蛋白质分解及氨基酸代谢、核酸的降解及核苷酸代谢、核酸的生物合成、蛋白质生物合成和物质代谢的相互联系和调节控制。全书系统阐述生物化学的基本概念,基本理论和基本的研究方法,并反映现代生物化学的概貌及近年来研究中的新进展。

本书可作为高等院校理科非生物系专业教材或参考书,也可供科技工作者参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

简明生物化学/吴赛玉 编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,1999.3  
ISBN 7-312-01016-4

I 简…… II 吴…… III ①生物化学 ②大学教材 IV Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 00443 号

中国科学技术大学出版社出版发行  
(安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026)  
中国科学技术大学印刷厂印刷  
全国新华书店经销

开本:787×1092/16 印张:20 字数:502 千  
1999 年 3 月第 1 版,1999 年 3 月第 1 次印刷  
印数:1—2500 册  
ISBN 7-312-01016-4/Q·20 定价:22.00 元

# 前 言

本书是多年来作者在对中国科技大学化学物理系、应用化学系、材料系及少年班《普通生物化学》课教学的基础上编写成的。

生物化学是一门年轻的学科。特别是近 20 年来,发展更加迅速,新的成果不断涌现,大大丰富了人们在分子水平上对生命的了解和兴趣。许多优秀的非生物系的学生涌到生物化学的前沿,本书编写的目的是适合这些学生和科研人员的要求。

本书的特点在于系统介绍生物化学的基础理论、基础知识、基本的方法和最新的技术,同时尽可能反映现代生物化学的新进展新成就。在叙述上,简明扼要。在内容上,力求全面,突出重点。限制在不太大的篇幅内,使读者在较短时间内了解这一学科全貌,为从事研究工作和阅读文献打下基础。另外,对于重要发现扼要叙述发现的经过和所用的方法,以启发思考,提高解决实际问题的能力。

由于水平有限,不足之处在所难免,恳请读者指正。

编者 吴赛玉

1998 年 3 月 8 日

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 前 言 .....               | I  |
| 绪 论 .....               | 1  |
| 第一章 生物有机体的单位——细胞 .....  | 4  |
| 第一节 原核细胞 .....          | 4  |
| 第二节 真核细胞 .....          | 5  |
| 一、细胞核 .....             | 7  |
| 二、线粒体 .....             | 7  |
| 三、内质网 .....             | 8  |
| 四、高尔基体 .....            | 8  |
| 五、溶酶体 .....             | 8  |
| 六、过氧化物酶体 .....          | 9  |
| 七、叶绿体 .....             | 9  |
| 第二章 蛋白质 .....           | 10 |
| 第一节 蛋白质的化学组成 .....      | 11 |
| 一、蛋白质的元素组成 .....        | 12 |
| 二、蛋白质结构的基本单位——氨基酸 ..... | 12 |
| 三、蛋白质的旋光性和光吸收 .....     | 16 |
| 四、氨基酸的酸碱性质 .....        | 18 |
| 五、氨基酸的化学反应 .....        | 22 |
| 六、氨基酸的分析分离 .....        | 26 |
| 第二节 蛋白质的一级结构 .....      | 28 |
| 一、肽键 .....              | 28 |
| 二、蛋白质一级结构的测定 .....      | 30 |
| 第三节 蛋白质的高级结构 .....      | 35 |
| 一、蛋白质分子中的非共价键 .....     | 35 |
| 二、蛋白质的一级结构决定三级结构 .....  | 36 |
| 三、决定蛋白质构象的作用力 .....     | 38 |
| 四、蛋白质的二级结构 .....        | 39 |
| 五、超二级结构 .....           | 43 |
| 六、胶原蛋白质的结构 .....        | 44 |
| 七、蛋白质的三级结构 .....        | 44 |
| 八、蛋白质的四级结构 .....        | 45 |

■

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第四节 蛋白质的理化性质 .....         | 48 |
| 一、蛋白质的胶体性质和溶解度 .....       | 48 |
| 二、蛋白质的带电性和电泳 .....         | 49 |
| 三、蛋白质的颜色反应 .....           | 52 |
| 四、蛋白质分子量的测定 .....          | 53 |
| 第五节 蛋白质的分离纯化 .....         | 56 |
| 一、利用溶解度不同分离蛋白质 .....       | 56 |
| 二、离子交换层析 .....             | 57 |
| 三、亲和层析 .....               | 59 |
| 第三章 酶 .....                | 60 |
| 第一节 酶是生物催化剂 .....          | 60 |
| 一、酶的催化特点 .....             | 60 |
| 二、酶的化学本质 .....             | 60 |
| 三、根据酶蛋白的分子特点酶分三类 .....     | 61 |
| 四、酶的辅助因子 .....             | 61 |
| 五、酶的活性中心 .....             | 61 |
| 六、酶和底物的几种结合力 .....         | 62 |
| 七、酶转换能量的形式 .....           | 63 |
| 第二节 酶的分类命名 .....           | 64 |
| 第三节 酶的活力测定 .....           | 66 |
| 一、酶活力、活力单位和测定条件 .....      | 66 |
| 二、比活力 .....                | 66 |
| 三、酶的转换数( $K_{cat}$ ) ..... | 67 |
| 四、酶反应的初速度 .....            | 67 |
| 五、酶活力的联合测定法 .....          | 67 |
| 第四节 酶促反应的动力学 .....         | 68 |
| 一、底物浓度对酶促反应速度的影响 .....     | 69 |
| 二、米氏公式的导出 .....            | 70 |
| 三、米氏常数的意义和求法 .....         | 71 |
| 四、多种底物的反应 .....            | 73 |
| 五、变构酶不服从米氏公式 .....         | 75 |
| 第五节 影响酶作用的因素 .....         | 75 |
| 一、温度对酶反应速度的影响 .....        | 75 |
| 二、pH 对酶反应速度的影响 .....       | 76 |
| 三、激活剂对酶反应速度的影响 .....       | 77 |
| 四、酶浓度对酶反应速度的影响 .....       | 77 |
| 五、酶活性的抑制 .....             | 77 |
| 第六节 酶催化作用机理 .....          | 83 |
| 一、酶的催化作用与活化能 .....         | 83 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 二、中间络合物学说 .....         | 84  |
| 三、诱导契合学说 .....          | 84  |
| 四、使酶具有高效催化的因素 .....     | 85  |
| 五、酶作用机制举例——溶菌酶 .....    | 86  |
| 第七节 抗体酶 .....           | 88  |
| 一、利用过渡态的类似物作为抗原 .....   | 88  |
| 二、过渡态类似物是酶很强的抑制剂 .....  | 89  |
| 第八节 核酸酶 .....           | 89  |
| 第九节 变构酶 .....           | 91  |
| 一、变构酶概念、性质和特点 .....     | 91  |
| 二、变构酶动力学 .....          | 92  |
| 三、变构酶的调节作用机理 .....      | 93  |
| 第四章 核酸 .....            | 97  |
| 第一节 碱基、核苷和核苷酸 .....     | 97  |
| 一、碱基、核苷和核苷酸的结构 .....    | 97  |
| 二、碱基、核苷和核苷酸的性质 .....    | 101 |
| 第二节 核酸的分子结构 .....       | 101 |
| 一、核苷酸的连接方式 .....        | 101 |
| 二、核酸的一级结构 .....         | 102 |
| 三、DNA 的双螺旋结构 .....      | 105 |
| 四、DNA 的三级结构 .....       | 106 |
| 五、DNA 一级结构的测定 .....     | 109 |
| 六、RNA 结构 .....          | 110 |
| 第三节 核酸的理化性质 .....       | 113 |
| 一、一般性质 .....            | 113 |
| 二、核酸的紫外吸收性质 .....       | 114 |
| 三、核酸的变性、复性和杂交 .....     | 114 |
| 第四节 核酸的生物学功能 .....      | 118 |
| 一、DNA 的生物学功能 .....      | 118 |
| 二、RNA 的生物学功能 .....      | 119 |
| 第五节 核酸和蛋白质的络合物 .....    | 120 |
| 一、病毒 .....              | 120 |
| 二、染色质 .....             | 121 |
| 三、核糖体 .....             | 123 |
| 第五章 维生素与激素 .....        | 125 |
| 第一节 维生素系和辅酶的概念与分类 ..... | 125 |
| 一、维生素系的概念和特点 .....      | 125 |
| 二、辅酶的概念 .....           | 125 |
| 三、维生素的分类 .....          | 126 |

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 四、维生素缺乏症和过多症 .....                              | 126 |
| 第二节 脂溶性维生素 .....                                | 127 |
| 一、维生素 A .....                                   | 127 |
| 二、维生素 D .....                                   | 128 |
| 三、维生素 E .....                                   | 129 |
| 四、维生素 K .....                                   | 129 |
| 第三节 水溶性维生素 .....                                | 130 |
| 一、维生素 B <sub>1</sub> .....                      | 130 |
| 二、维生素 B <sub>2</sub> .....                      | 130 |
| 三、维生素 PP .....                                  | 131 |
| 四、维生素 B <sub>6</sub> .....                      | 131 |
| 五、泛酸和辅酶 A .....                                 | 132 |
| 六、生物素 .....                                     | 133 |
| 七、叶酸和辅酶 F .....                                 | 133 |
| 八、维生素 C .....                                   | 133 |
| 九、维生素 B <sub>12</sub> 和辅酶 B <sub>12</sub> ..... | 135 |
| 第四节 维生素与辅酶 .....                                | 136 |
| 第五节 激素的概述 .....                                 | 137 |
| 一、激素的概念 .....                                   | 137 |
| 二、激素的分泌 .....                                   | 137 |
| 三、激素的分类 .....                                   | 137 |
| 四、效应器官和激素受体 .....                               | 137 |
| 五、激素控制的等级性质 .....                               | 138 |
| 六、激素控制的生物合成 .....                               | 139 |
| 第六节 激素的作用原理 .....                               | 140 |
| 一、类固醇激素作用原理 .....                               | 140 |
| 二、含氮激素的作用原理 .....                               | 141 |
| 三、第二信使系统 .....                                  | 143 |
| 第七节 含氮激素(一)——主要的氨基酸衍生物类激素 .....                 | 145 |
| 一、肾上腺髓质激素 .....                                 | 145 |
| 二、甲状腺分泌的激素 .....                                | 146 |
| 第八节 含氮激素(二)——多肽蛋白质激素 .....                      | 148 |
| 一、下丘脑激素 .....                                   | 148 |
| 二、垂体前叶激素 .....                                  | 149 |
| 三、垂体中叶激素 .....                                  | 151 |
| 四、垂体后叶激素 .....                                  | 151 |
| 五、胰岛激素 .....                                    | 151 |
| 六、甲状腺和甲状旁腺激素 .....                              | 152 |
| 七、胎盘激素 .....                                    | 152 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 八、胸腺分泌的激素 .....       | 153 |
| 九、肠胃道激素 .....         | 153 |
| 第九节 甾醇类激素 .....       | 153 |
| 一、肾上腺皮质激素 .....       | 153 |
| 二、性激素 .....           | 154 |
| 第十节 脂肪族激素 .....       | 156 |
| 第十一节 植物激素 .....       | 157 |
| 一、植物生长素 .....         | 157 |
| 二、赤霉素 .....           | 158 |
| 三、细胞分裂素 .....         | 158 |
| 四、脱落酸 .....           | 159 |
| 五、乙烯 .....            | 159 |
| <b>第六章 糖代谢</b> .....  | 160 |
| 第一节 多糖的细胞外分解 .....    | 160 |
| 一、淀粉的酶促水解 .....       | 160 |
| 二、二糖的水解 .....         | 161 |
| 第二节 糖酵解 .....         | 162 |
| 一、糖酵解与发酵 .....        | 162 |
| 二、糖酵解、淀粉发酵的化学过程 ..... | 163 |
| 第三节 三羧酸循环 .....       | 168 |
| 一、葡萄糖的有氧分解 .....      | 169 |
| 二、三羧酸循环途径 .....       | 169 |
| 三、三羧酸循环的生理意义 .....    | 173 |
| 第四节 磷酸戊糖支路 .....      | 174 |
| 一、HMP 的反应过程 .....     | 174 |
| 二、HMP 途径的生理意义 .....   | 177 |
| 第五节 糖原的合成与分解 .....    | 177 |
| 一、糖原的合成 .....         | 177 |
| 二、糖原的分解 .....         | 179 |
| 第六节 糖的异生作用 .....      | 179 |
| 一、糖异生作用的途径 .....      | 180 |
| 二、糖异生作用是耗能的 .....     | 181 |
| 三、糖异生作用的意义 .....      | 182 |
| 第七节 其他单糖的代谢 .....     | 182 |
| 一、果糖的代谢 .....         | 182 |
| 二、半乳糖的代谢 .....        | 182 |
| 三、甘露糖代谢 .....         | 183 |
| 第八节 糖代谢的调节 .....      | 184 |
| 一、肝脏是调节血糖的器官 .....    | 184 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 二、神经系统是血糖调节的敏感器官 .....   | 184 |
| 三、激素对血糖的调节 .....         | 185 |
| 四、糖代谢的紊乱 .....           | 185 |
| 第九节 光合作用 .....           | 185 |
| 一、光合作用的概念 .....          | 186 |
| 二、光合作用的位点 .....          | 188 |
| 三、绿色植物的光反应 .....         | 188 |
| 四、绿色植物的暗反应 .....         | 192 |
| 五、光合细菌的光合作用 .....        | 194 |
| 第七章 氧化磷酸化 .....          | 196 |
| 第一节 氧化磷酸化过程中的电子传递 .....  | 196 |
| 一、呼吸链 .....              | 196 |
| 二、呼吸链上的电子传递 .....        | 196 |
| 第二节 氧化磷酸化 .....          | 199 |
| 一、氧化磷酸化过程的主要特征 .....     | 200 |
| 二、氧化还原电位和自由能变化 .....     | 201 |
| 三、氧化磷酸化效率 .....          | 202 |
| 四、 $F_0F_1$ -ATP 酶 ..... | 203 |
| 五、氧化磷酸化的调节和抑制 .....      | 203 |
| 六、质子运动力 .....            | 204 |
| 第三节 氧化磷酸化作用机制 .....      | 205 |
| 一、化学偶联假说 .....           | 205 |
| 二、构象变化偶联假说 .....         | 205 |
| 三、化学渗透偶联假说 .....         | 205 |
| 第八章 脂类代谢 .....           | 207 |
| 第一节 脂类物质 .....           | 207 |
| 一、脂肪和必需脂肪酸 .....         | 207 |
| 二、磷脂类 .....              | 208 |
| 三、糖脂类 .....              | 209 |
| 四、胆固醇和胆汁酸 .....          | 210 |
| 第二节 脂肪和脂肪酸的分解代谢 .....    | 211 |
| 一、脂肪的分解 .....            | 211 |
| 二、甘油的代谢 .....            | 211 |
| 三、脂肪酸的 $\beta$ 氧化 .....  | 211 |
| 四、脂肪酸的其他氧化途径 .....       | 213 |
| 五、不饱和脂肪酸的氧化 .....        | 214 |
| 六、酮体的生成与分解 .....         | 214 |
| 第三节 脂肪酸的生物合成 .....       | 215 |
| 一、脂肪酸生物合成的原料 .....       | 215 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 二、丙二酰 CoA 的形成 .....          | 215        |
| 三、脂肪酸合成酶体系 .....             | 216        |
| 四、脂肪酸生物合成过程 .....            | 217        |
| 五、奇数脂肪酸的生物合成 .....           | 218        |
| 六、在线粒体和内质网中脂肪酸链的延长 .....     | 218        |
| 七、脂肪的生物合成 .....              | 219        |
| 第四节 磷脂代谢 .....               | 219        |
| 一、甘油磷脂的分解 .....              | 219        |
| 二、甘油磷脂的合成 .....              | 220        |
| 三、鞘磷脂的合成 .....               | 222        |
| 第五节 甾醇类代谢 .....              | 224        |
| 一、胆固醇的分解 .....               | 224        |
| 二、胆固醇的生物合成 .....             | 224        |
| 第六节 脂类代谢的调节 .....            | 226        |
| 一、脂肪酸合成的调控 .....             | 226        |
| 二、胆固醇合成的调控 .....             | 226        |
| 三、脂类代谢的紊乱 .....              | 226        |
| <b>第九章 氨基酸降解和尿素循环 .....</b>  | <b>228</b> |
| 第一节 氨基酸的脱氨基作用 .....          | 228        |
| 一、氧化脱氨基作用 .....              | 228        |
| 二、非氧脱氨基作用 .....              | 230        |
| 三、氨基酸的脱酰胺基作用 .....           | 230        |
| 第二节 氨基酸的转氨基作用 .....          | 231        |
| 一、转氨酶 .....                  | 231        |
| 二、非 $\alpha$ 氨基的转氨作用 .....   | 233        |
| 三、天冬酰胺和谷氨酰胺的转氨作用 .....       | 233        |
| 第三节 联合脱氨基作用 .....            | 233        |
| 一、联合脱氨是体内主要的脱氨基作用 .....      | 233        |
| 二、嘌呤核苷酸循环 .....              | 234        |
| 第四节 氨基酸的脱羧基作用 .....          | 235        |
| 第五节 含氮排泄物的形成 .....           | 235        |
| 一、尿素循环 .....                 | 235        |
| 二、尿酸的形成 .....                | 238        |
| 三、氨的排泄 .....                 | 238        |
| 第六节 氨基酸碳骨架的氧化途径 .....        | 238        |
| <b>第十章 核酸的降解和核苷酸代谢 .....</b> | <b>240</b> |
| 第一节 核酸和核苷酸的降解 .....          | 240        |
| 一、核酸的分解 .....                | 240        |
| 二、核苷酸的降解 .....               | 241        |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 三、嘌呤的分解 .....                   | 241 |
| 四、嘧啶的分解 .....                   | 242 |
| 第二节 核苷酸的生物合成 .....              | 244 |
| 一、嘌呤核苷酸的合成 .....                | 244 |
| 二、嘧啶核苷酸的合成 .....                | 246 |
| 三、脱氧核糖核苷酸的合成 .....              | 248 |
| 四、核糖核苷二磷酸或核糖核苷三磷酸的形成 .....      | 248 |
| 第十一章 DNA 的复制 .....              | 250 |
| 第一节 DNA 的复制 .....               | 250 |
| 一、DNA 的半保留复制 .....              | 250 |
| 二、DNA 复制的连续性 .....              | 251 |
| 三、复制的起点和方向 .....                | 251 |
| 四、DNA 复制需要的酶 .....              | 252 |
| 五、DNA 的半不连续复制 .....             | 255 |
| 六、DNA 聚合酶 III 同时合成先导链和后随链 ..... | 256 |
| 七、DNA 复制的终止 .....               | 256 |
| 第二节 在 RNA 指导下的 DNA 合成 .....     | 256 |
| 一、逆转录作用及逆转录酶 .....              | 256 |
| 二、逆转录酶性质 .....                  | 258 |
| 三、逆转录过程 .....                   | 258 |
| 四、逆转录的生物学意义 .....               | 258 |
| 第三节 DNA 的损伤与修复 .....            | 258 |
| 一、光复活 .....                     | 259 |
| 二、切除修复 .....                    | 259 |
| 三、重组修复 .....                    | 259 |
| 四、SOS 修复 .....                  | 260 |
| 第十二章 RNA 的生物合成 .....            | 261 |
| 第一节 DNA 指导下的 RNA 合成 .....       | 261 |
| 一、转录的模板 .....                   | 261 |
| 二、RNA 聚合酶 .....                 | 262 |
| 三、启动子 .....                     | 262 |
| 四、终止子 .....                     | 263 |
| 五、转录的机制 .....                   | 264 |
| 第二节 转录后 RNA 的加工 .....           | 265 |
| 一、rRNA 前体加工 .....               | 266 |
| 二、tRNA 前体加工 .....               | 267 |
| 三、真核生物的 mRNA 前体的加工 .....        | 268 |
| 第三节 核酸生物合成的抑制剂 .....            | 268 |
| 一、人工合成的碱基类似物或核苷类似物 .....        | 268 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 二、与 DNA 模板结合的抑制剂 .....          | 269 |
| 三、RNA 聚合酶的抑制剂 .....             | 270 |
| <b>第十三章 蛋白质的生物合成</b> .....      | 272 |
| 第一节 氨基酸的生物合成 .....              | 272 |
| 一、还原性氨基化反应 .....                | 272 |
| 二、 $\alpha$ -酮酸经氨基转移生成氨基酸 ..... | 273 |
| 三、氨基酸的互相转化 .....                | 274 |
| 四、氨基酸合成的其他途径 .....              | 274 |
| 第二节 遗传密码 .....                  | 278 |
| 一、遗传密码单位 .....                  | 278 |
| 二、遗传密码的基本特点 .....               | 279 |
| 第三节 蛋白质生物合成机制 .....             | 280 |
| 一、氨酰 tRNA 的形成 .....             | 280 |
| 二、蛋白质合成的起始 .....                | 283 |
| 三、肽链的延伸 .....                   | 285 |
| 四、肽链合成的终止与释放 .....              | 287 |
| 五、真核生物的蛋白质合成 .....              | 287 |
| 第四节 蛋白质折叠和共价修饰 .....            | 290 |
| 一、链的折叠 .....                    | 290 |
| 二、共价修饰 .....                    | 290 |
| 第五节 抑制蛋白质合成的抗菌素 .....           | 292 |
| 一、抑制原核生物蛋白质合成的抗菌素 .....         | 292 |
| 二、真核生物蛋白质合成的抑制剂 .....           | 293 |
| <b>第十四章 物质代谢的相互联系和调控</b> .....  | 296 |
| 第一节 物质代谢的相互联系 .....             | 296 |
| 一、糖代谢与脂类代谢的相互关系 .....           | 296 |
| 二、糖代谢与蛋白质代谢的相互关系 .....          | 296 |
| 三、脂类代谢与蛋白质代谢的相互关系 .....         | 297 |
| 四、核酸代谢与其他物质代谢的相互关系 .....        | 297 |
| 第二节 代谢的调节 .....                 | 298 |
| 一、酶水平的调节 .....                  | 298 |
| 二、激素对代谢的调节 .....                | 303 |
| 三、神经系统对代谢的调节 .....              | 304 |
| <b>参考文献</b> .....               | 306 |

# 绪 论

生物化学是研究生命的化学。它是从分子水平上研究生物体内基本物质的化学组成、结构、性质及在生命活动过程中(如生殖、代谢和运动)化学变化的规律,从而阐明生命现象的化学本质。组成生物体的重要物质是蛋白质、核酸、酶、糖类、脂类及含量少但对生命活动极其重要的维生素、激素和辅酶。研究这些物质的结构性质和功能称为静态生物化学。生物体内的多种基本物质在生命活动过程中不断进行互相联系,互相制约,多种多样复杂又有规律的变化。这一系列变化就是生物机体与外界环境进行物质交换,称为新陈代谢(简称代谢)。代谢是生物体内化学反应的总和。它是生命的基本特征之一,是揭示生命现象的本质的一个重要环节。代谢一停止,生命随着停止。所以生物化学的另一方面是研究代谢的规律,称为动态生物化学。

在最近半个世纪,生物化学已从一门描述性科学发展成为具有统一原理,相互联系分子水平的科学。许多 DNA 序列的分析,新的基因组的构成与克隆,许多代谢机理的阐明等新成果丰富了人们在分子水平上了解生命。我们迅速理解生物化学会大大提高人类的生活和健康,特别是人类医学和营养方面。的确,几乎每天都有生物和医学新发现的报告。这些发现是几十年来在生物化学中心领域中知识积累的结果。如蛋白质的结构和功能,核酸的合成,酶的作用机制,受体和代谢的调控,维生素和辅酶及比较生物化学。在我们的生活中以及在促进生命科学的发展中,都感觉到生物化学的影响。为什么生物化学能如此快地发展以及它对生命科学有这样巨大的影响?有两个主要的原因:第一,是很好地确立了生命物质服从支配所有物质的基本物理定律。因此,很强的现代化学和物理理论能带到有关的生物学问题。第二,科学家把新的研究技术渗入到有关生命的基本过程中的问题。这些问题在几年前是不可想象的。

生命是化学物质组成的。任何生物学功能都能在这些物质的结构和所经历的反应方面来说明的。因此,生物化学是渗透到生物学的所有学科。帮助渗透的是发展惊人的强有力的研究技术。例如,能从单根人的头发所提取的遗传物质确切地分析鉴定它的组成单位。能把新的基因引入生活有机体。

生物化学是一个有巨大魅力,实用和发展惊人的领域。自从 20 世纪以来,随着其他科学技术的发展,生物化学涉及的面很广,如工、农业生产,医学等方面都与生物化学有关。生物化学是预防医学和治疗医学的基础。临床生化诊断已成为一种不可缺少的诊断方法。若没有生化知识,难以确定病因,发病机制,给患者以适当治疗。如测定血糖浓度和糖耐量曲线才能确定糖尿病的诊断是否正确,碱性磷酸酶的测定可以诊断骨癌,代谢过程的异常必将表现为疾病,血红蛋白的一级结构改变可以导致溶血及引起多种遗传性贫血症等。许多药物是从生物体提取分离的天然物质。生化药物是一类具有治疗作用的生化物质。如从动物脏器提取激素。从酵母菌提取细胞色素 C 都已用在临床上。目前临床上应用的三百多种药物是蛋白,多肽,核酸和酶等生化药物。生物化学与药学的其他学科也有广泛联系。例如,药物化学是研究药物的性质,合成及结构与药效的关系。应用生物化学理论可以为新药设计提供依据以减少寻找新药的盲

目性。中草药是取材以生物体,其中不少属于生化药物。

微生物的代谢,免疫作用的本质和机制,病毒的化学本质和作用、微生物的遗传变异和菌种的选育等的研究也都需要生物化学的原理和技术。微生物的新陈代谢是发酵工业的基础,酒精是酵母菌的代谢产物。此外,氨基酸、酶和抗菌素也都可通过微生物发酵生产,并可进一步用人工方法改变微生物代谢途径,使它按照人们的需要进行生产。发酵产物的提出分离必需依赖生物化学知识。

要提高农业生产有两个难题:光合作用和氮素固定。它们的解决直接关系到人类生存条件的改变。地球每天从太阳获得巨大的能量。这些能量只有通过光合作用才能转变成为生命活动能利用的能量。我们所需的大部分食物是由若干种一年生植物提供的,他们通过光合作用固定  $\text{CO}_2$ ,这些被固定的  $\text{CO}_2$  最终成为作物的固体物质。目前大田作物只能利用太阳全年辐射能的 0.1%—1%。提高辐射能的利用,提高  $\text{CO}_2$  的固定是涉及光合作用的生物化学问题。在生物界,一方面,动植物需要氮素,因为作为它们生命的要素:核酸和蛋白质,都含有氮素;另一方面,大气中有几乎取之不尽的氮素(约占大气的 80%)。可是,动植物却没有能力直接利用空气中的氮。只有自然界一些细菌能将空气中的氮素转化成氨。氨作为氮肥被植物利用。研究提高氮素的固定与生物化学密切相关。它不仅对农业生产有重大作用,而且可以回答生物学中许多基本问题,如发育、分化和识别等。此外,农副产品的贮存,提高产品质量等也与生物化学有关。

在 20 世纪初,生物化学才成为一门独立的学科,目前已成为自然科学中最引起人们重视的学科之一。

现代生物化学是从 18 世纪中叶法国著名的化学家 Lavoisier 阐明机体呼吸的化学本质开始的。他研究燃烧和呼吸,他把动物的呼吸比作蜡烛的燃烧,只是动物体内的燃烧是缓慢的和不发光的。19 世纪初期,人们一般相信,生命物质由性质上不同于非生命的物质构成的。1828 年 Wöhler 研究表明,尿素是生命的起始物质。他用人工方法从无机物氰酸铵合成尿素。他是有机物可以人工合成的创始人。他证明,有机物能从无机物质得到,这个观点叫做生机论。1856 年 Pasteur 认为发酵能在细胞内进行,认为是生物化学历史上的里程碑。1896 年两个德国人兄弟俩:Eduard 和 Hans Büchner 证明了无细胞的酵母提取液也具有发酵作用,这个发现为体外分析化学反应和过程打开了大门。在此之后几十年中,在体外研究代谢反应和途径及所需的酶,为近代酶学研究奠定了基础,1926 年 Sumner 提取出刀豆的脲酶并获得了结晶。证明了酶的化学本质是蛋白质。

从 20 世纪 50 年代以来,生物化学有了突飞猛进的发展,1945—1955 年,Sanger 作出了第一个划时代的贡献,完成了结晶牛胰岛素一级结构的测定。50 年代 Kendrew 和 Perutz 用 X 光衍射法对鲸肌红蛋白和马血红蛋白进行研究,阐明了这两种蛋白的立体结构。1953 年 Watson 和 Crick 提出 DNA 双螺旋结构模型,这是一个具有划时代意义的里程碑,它不仅使遗传学的研究进入分子水平,而且大大推动了生命其他学科的发展。1977 年 Sanger 对遗传物质结构与功能的关系的研究又迈出了一步,他完成了由 5375 个核苷酸组成的大肠杆菌噬菌体  $\Phi\text{X174}$  DNA 一级结构测定。

我国是世界文明古国。我国古代劳动人民对生物化学发展作出许多贡献。在四千多年前(夏禹时代)已发明用粮食酿酒。在商周时代(公元前 12 世纪)已有制造酱、醋和饴的技术。这是发酵生产的,是利用生物体内酶催化反应的产物。在医药方面,春秋战国时期(公元前 6 世

纪),已能用曲治消化道疾病。在晋朝(公元4世纪)时,已能用海藻治疗甲状腺肿。唐朝初年(公元7世纪)已用中草药如车前、防风等治脚气病。在公元10世纪已会用动物各种脏器治病。特别是李时珍在公元16世纪在“本草纲目”一书中记载动物药有四百多种。只是由于长期封建统治,帝国主义侵略束缚了我国科技的发展,其中也包括生物化学。我国近代生物化学发展虽然也有几十年历史,但起步晚和进展慢了一些。解放后我国生物化学和其他学科一样在短短时期内取得优异成绩。1965年,我国在世界上首先用人工方法合成有生物活性的结晶牛胰岛素。1979年又成功地人工合成了酵母丙氨酸转移核糖核酸。近年来在生物工程方面也取得丰硕成果。标志着我国生物化学在某些领域的工作已达到了国际先进水平。

# 第一章 生物有机体的单位——细胞

在生物学中最主要的一个发现是 Robert Hooke 在 1665 年的观察。他看到植物组织(软木)分成极小的室,这叫做细胞。到 1804 年,对很多组织进一步观察,Theodor Schwann 提出,所有的有机体是以多细胞或单细胞存在。经过一个多世纪的仔细研究,细胞学家进一步证实了这个假说。而且,不管从什么有机体来的细胞,它的大小是相当类似。大部分细菌细胞直径是  $1-2\mu\text{m}$ 。大部分高等有机体细胞仅仅大 5—10 倍。但有些例外:很小的细菌( $0.2\mu\text{m}$ ),脊椎动物某些神经系统细胞有  $1\text{m}$  长。

在动物和植物中,细胞的大小与有机体的大小没有关系。大象和蚤(昆虫)有约相同大小的细胞,只是大象的细胞多而已。为什么细胞的大小维持在  $10^{-4}-10^{-3}\text{cm}$  之间? 调查的结果发现了一个事实:一个生物的表面/体积的比值取决于它的大小。见图 1.1。

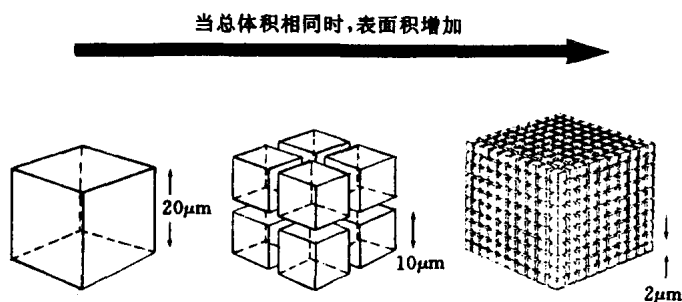


图 1.1 生物表面/体积取决于它的大小。如果把所给的体积分裂成越来越小的单位,则表面对体积之比变化很大

在细胞中,复杂的化学过程以及在化学过程中含有的大分子需要有效的体积。细胞必须有效地与周围环境通讯。周围环境又需要接触细胞的表面。太大的细胞没有足够的表面与周围环境交换物质及支持细胞内部的代谢活动。高等有机体有的细胞可能很大,仅仅是它很长,例如上面提到的神经细胞。由于细胞长,这将增加表面/体积的比值。

另一方面,简单的微生物细胞小,因为它的代谢很简单。病毒细胞更小,不能进行它自己的代谢,是寄生在寄主细胞上生活。

## 第一节 原核细胞

因为细胞是生命的基本单位。根据细胞结构的不同,分为两大类有机体——原核生物和真核生物。原核生物是单细胞。包括细菌,原始的藻类。原核生物虽然肉眼看不见,但它们在生物界中起了很重要的作用。地球上约  $3/4$  的生命物质由微生物组成。目前已知的细菌有 3000 多种。根据细菌的形状,运动能力,染色性质,营养物质的选取及它们的产物,细菌分为 20 多类。有些细菌是致病的,但大多数是有益的。典型的原核有机体结构表示在图 1.2 上。

原核细胞外部是一层起保护作用的细胞壁。在细胞壁内是一层细胞膜,也称为质膜。在质膜里面含有胞液。这是半液态的溶液或悬浮液。遗传信息是以一个或多个 DNA 分子的形式