

# 基础生物化学

沈仁权 顾其敏 李泳棠 方深商 孙鸿乔 编

上海科学技术出版社



# 基础生物化学

沈仁权 顾其敏 李詠棠 编  
方 深 高 孙 鸿 乔

上海科学技术出版社

**基础生物化学**

沈仁权 顾其敏 李咏棠  
方深高 孙鸿乔 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海群众印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 27.75 字数 656,000

1980年8月第1版 1983年5月第3次印刷

印数 33,001—43,000

书号: 13119·796 定价: (科四)2.55 元

## 前 言

本书是根据复旦大学生物系的生物化学课程，在多年教学和所编教材的基础上编写而成的。考虑到生物化学的完整性，增加了我们教学内容中所没有的一些章节(糖类化学、脂类化学和以光合作用为主要内容的糖的合成代谢等章节)，可供大专院校生物系各专业的生物化学基础课作参考教材，以及供从事工农医等实际工作的有关生物化学工作者阅读参考。

本书第一章由沈仁权、顾其敏合编；第二、三章由方深高编写，第四至六章由顾其敏编写；第七、八、十二章由李詠棠编写；第九、十、十三至十六章由沈仁权编写，第十一章由孙鸿乔编写。在编写过程中，得到生化教研组其他同志阅读手稿并进行了有益的讨论和修改。还有不少同志在具体内容上曾给予各种帮助，我们表示感谢。

由于本书是几个人共同编写的，因此在内容上前后不免稍有重复的地方，各章节在份量上也不十分平衡，请读者原谅。限于编者水平，缺点和错误在所难免，请读者给予批评和指正。

编 者

# 目 录

## 第一章 绪 论

## 第二章 糖类化学

|                                                                       |    |                                              |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------|----|
| 第一节 糖的一般概念                                                            | 3  | 1. 二糖的结构(21) 2. 一般性质(22)                     |    |
| 第二节 单糖的化学                                                             | 3  | 二、常见的二糖                                      | 23 |
| 一、单糖的命名                                                               | 3  | 1. 乳糖(23) 2. 麦芽糖(24) 3. 蔗糖(24)               |    |
| 二、单糖的立体结构                                                             | 4  | 第四节 多糖的化学                                    | 25 |
| 1. 立体异构体(4) 2. 葡萄糖的环状结构(7) 3. 葡萄糖的构象(9)                               |    | 一、自然界的多糖                                     | 25 |
| 三、单糖的衍生物                                                              | 10 | 二、多糖的结构                                      | 26 |
| 1. 单糖的磷酸酯(10) 2. 脱氧单糖(11) 3. 氨基糖(11) 4. 糖酸(12) 5. 糖醇和肌醇(14) 6. 糖苷(15) |    | 1. 直链多糖(26) 2. 支链多糖(27)                      |    |
| 四、单糖的性质                                                               | 17 | 三、多糖结构的分析                                    | 28 |
| 1. 还原性(17) 2. 苯肼反应(17) 3. 强酸作用(17) 4. 碱溶液作用(18)                       |    | 1. 多糖的水解(28) 2. 多糖的大小和形状(28)                 |    |
| 五、单糖的分析                                                               | 20 | 四、纯多糖                                        | 29 |
| 1. 纸上层析和薄层层析(20) 2. 电泳(20)                                            |    | 五、杂多糖                                        | 30 |
| 第三节 低聚糖的化学                                                            | 21 | 1. 动物粘多糖(30) 2. 植物杂多糖(32) 3. 微生物杂多糖(33)      |    |
| 一、低聚糖的结构和性质                                                           | 21 | 六、几种层析用试剂的多糖                                 | 35 |
|                                                                       |    | 1. 纤维素(35) 2. 葡聚糖(36) 3. 琼脂糖(36) 4. 淀粉凝胶(37) |    |

## 第三章 脂质类化学

|                                                    |    |                                               |    |
|----------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------|----|
| 第一节 脂质类的一般概念                                       | 38 | 第三节 磷脂                                        | 46 |
| 第二节 脂肪和脂肪酸                                         | 38 | 一、磷脂的结构                                       | 46 |
| 一、脂肪                                               | 38 | 1. 甘油磷脂类(46) 2. 缩醛磷脂(48) 3. (神经)鞘磷脂(49)       |    |
| 1. 脂肪的结构和组成(38) 2. 脂肪的构象(41) 3. 脂肪在工业中的应用(41)      |    | 二、磷脂的性质                                       | 49 |
| 二、脂肪酸                                              | 42 | 1. 溶解性质(49) 2. 氧化性质(50) 3. 水解产物(50)           |    |
| 1. 饱和脂肪酸(42) 2. 不饱和脂肪酸(42) 3. 前列腺素(44)             |    | 三、磷脂在组织细胞中的分布                                 | 51 |
| 三、脂肪和脂肪酸的性质                                        | 45 | 四、细胞膜磷脂                                       | 52 |
| 1. 物理性质(45) 2. 常用的分析指标(45) 3. 不皂化物(45) 4. 酸败作用(45) |    | 1. 细胞膜的通透屏障(52) 2. 细胞膜基本结构(52) 3. 流动镶嵌膜结构(53) |    |
| 四、脂肪醇和蜡                                            | 46 | 第四节 糖苷脂                                       | 55 |
| 1. 脂肪醇(46) 2. 蜡(46)                                |    | 一、脑苷脂                                         | 55 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 二、神经节苷脂 .....                | 56 |
| 第五节 甾式脂质 .....               | 56 |
| 第六节 固醇和类固醇 .....             | 59 |
| 一、固醇 .....                   | 59 |
| 1. 固醇的结构(59) 2. 胆固醇(60) 3. 其 |    |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 他固醇(62)                   |    |
| 二、类固醇 .....               | 62 |
| 1. 胆酸和胆汁酸(63) 2. 脱氧胆酸(63) |    |
| 3. 甾类激素(64) 4. 植物类固醇(64)  |    |

## 第四章 蛋白质的化学

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 第一节 蛋白质在生命活动中的重要<br>性 .....                                                 | 66  |
| 第二节 蛋白质的组成 .....                                                            | 68  |
| 一、蛋白质的元素组成 .....                                                            | 68  |
| 二、蛋白质的水解 .....                                                              | 69  |
| 第三节 氨基酸的化学 .....                                                            | 69  |
| 一、氨基酸结构上的共同特点 .....                                                         | 70  |
| 二、氨基酸的种类及其结构 .....                                                          | 71  |
| 1. 脂肪族氨基酸(71) 2. 芳香族氨基<br>酸(73) 3. 杂环族氨基酸(73)                               |     |
| 三、氨基酸的理化性质 .....                                                            | 74  |
| 1. 一般物理性质(74) 2. 氨基酸的两性性<br>质(75) 3. 氨基酸的化学性质(78)                           |     |
| 四、氨基酸的分离和分析鉴定 .....                                                         | 80  |
| 1. 纸上层析法(80) 2. 离子交换法(81)                                                   |     |
| 3. 薄层层析法(83)                                                                |     |
| 第四节 蛋白质的结构 .....                                                            | 83  |
| 一、蛋白质的氨基酸组成及其用途 .....                                                       | 83  |
| 二、蛋白质的化学结构 .....                                                            | 86  |
| 1. 肽键、二硫键(86) 2. 几种常见的<br>多肽化合物(87) 3. 胰岛素的化学结构(88)                         |     |
| 4. 蛋白质一级结构测定(90)                                                            |     |
| 三、蛋白质和多肽的人工合成 .....                                                         | 94  |
| 1. 胰岛素人工合成及其意义(94) 2. 多肽<br>的人工合成(94) 3. 固相法合成多肽(96)                        |     |
| 四、蛋白质的高级结构 .....                                                            | 97  |
| 1. 构象(97) 2. 次级键(97) 3. 主链的基<br>本结构单元(98) 4. 血红蛋白的高级结<br>构(99) 5. 几个术语(100) |     |
| 第五节 蛋白质结构与功能的关系 .....                                                       | 101 |

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 一、不同来源的同功能蛋白质在一级结<br>构上的差异 .....                                                      | 102 |
| 1. 胰岛素(102) 2. 细胞色素c(102)                                                             |     |
| 二、分子病与结构的关系 .....                                                                     | 104 |
| 三、蛋白质的活力中心和活力碎片 .....                                                                 | 105 |
| 四、蛋白前体及前体激活的研究 .....                                                                  | 105 |
| 五、分子起源问题 .....                                                                        | 106 |
| 第六节 蛋白质的理化性质 .....                                                                    | 106 |
| 一、蛋白质的胶体性质 .....                                                                      | 106 |
| 二、蛋白质的带电性、等电点、电泳和各<br>种电泳方法 .....                                                     | 107 |
| 三、蛋白质的沉淀作用和分离制备方<br>法 .....                                                           | 110 |
| 1. 蛋白质的沉淀作用(110) 2. 蛋白质的分<br>离制备(111)                                                 |     |
| 四、蛋白质分子量的测定 .....                                                                     | 114 |
| 1. 根据化学成分测定分子量(114) 2. 渗透<br>压法(115) 3. 超离心法(115) 4. 凝胶过<br>滤法(116) 5. 聚丙烯酰胺凝胶电泳(116) |     |
| 五、蛋白质的变性 .....                                                                        | 116 |
| 第七节 蛋白质的种类 .....                                                                      | 117 |
| 一、单纯蛋白质 .....                                                                         | 117 |
| 1. 清蛋白和球蛋白(117) 2. 醇溶蛋白和谷<br>蛋白(119) 3. 精蛋白和组蛋白(119)                                  |     |
| 4. 硬蛋白(120)                                                                           |     |
| 二、结合蛋白质 .....                                                                         | 121 |
| 1. 核蛋白(121) 2. 粘蛋白和糖蛋白(121)                                                           |     |
| 3. 脂蛋白(121) 4. 色蛋白(121) 5. 磷蛋<br>白(122)                                               |     |

## 第五章 核酸的化学

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 第一节 核酸的一般概念 ..... | 123 |
|-------------------|-----|

|                  |  |
|------------------|--|
| 第二节 核酸的化学组成及其化学结 |  |
|------------------|--|

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 构·····                                                                      | 125 |
| 一、核酸的水解产物·····                                                              | 125 |
| 二、水解产物的化学结构·····                                                            | 126 |
| 1. 碱基(126) 2. 戊糖(128) 3. 磷酸(128)                                            |     |
| 4. 核苷(128) 5. 核苷酸(129)                                                      |     |
| 第三节 细胞内游离核苷酸及其衍生物·····                                                      | 130 |
| 第四节 核酸的结构·····                                                              | 132 |
| 一、核酸分子中单核苷酸之间的连接方式·····                                                     | 132 |
| 二、核酸的水解·····                                                                | 133 |
| 1. 核酸酶所催化的水解作用(133) 2. 碱水解(134) 3. 酸水解(135)                                 |     |
| 三、核酸的一级结构及其研究方法·····                                                        | 135 |
| 四、DNA 的结构·····                                                              | 137 |
| 1. DNA 的分子量、分子形状及其在细胞内的含量(137) 2. DNA 的碱基组成和碱基克分子比例(138) 3. DNA 的双螺旋结构(139) |     |
| 五、RNA 的结构·····                                                              | 141 |
| 1. RNA 的类型(141) 2. RNA 的二级结构和 tRNA 的结构(141)                                 |     |
| 第五节 核酸和核苷酸的理化性质和分析                                                          |     |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 测定·····                         | 143 |
| 一、一般理化性质·····                   | 143 |
| 二、核酸的变性·····                    | 144 |
| 三、核苷酸的解离性质·····                 | 145 |
| 四、核酸、核苷酸的紫外吸收性质及其在分析测定上的应用····· | 146 |
| 1. 克分子消光系数法(148) 2. 比消光系数法(148) |     |
| 五、核酸的颜色反应及其在分析测定上的应用·····       | 149 |
| 1. 孚尔根氏染色法(149) 2. 核酸中糖的测定(150) |     |
| 六、核酸含磷量的测定·····                 | 150 |
| 七、核酸分析测定时样品的预处理·····            | 151 |
| 1. 酸处理法(152) 2. 碱处理法(152)       |     |
| 第六节 核酸的分离提取和核苷酸类物质的制取·····      | 152 |
| 一、核酸分离提取的主要步骤·····              | 152 |
| 二、DNA 的制取·····                  | 153 |
| 三、RNA 的制取·····                  | 153 |
| 四、核苷酸类物质的制取·····                | 154 |

## 第六章 酶

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 第一节 酶的一般概念·····                        | 156 |
| 一、酶是生物催化剂·····                         | 156 |
| 二、酶催化作用的特点·····                        | 156 |
| 1. 催化剂的特点以及与活化能关系(156)                 |     |
| 2. 酶与一般非生物催化剂的区别(157)                  |     |
| 三、酶的化学本质及其组成·····                      | 160 |
| 第二节 酶的分类及其在实践中的应用·····                 | 161 |
| 一、氧化还原酶类·····                          | 161 |
| 1. 脱氢酶类(162) 2. 氧化酶类(162)              |     |
| 二、转移酶类·····                            | 163 |
| 三、水解酶类·····                            | 164 |
| 1. 酯酶类(164) 2. 糖苷酶类(165) 3. 肽酶类(167)   |     |
| 四、解合酶类·····                            | 168 |
| 1. 醛缩酶(168) 2. 天冬氨酸酶(168)              |     |
| 五、异构酶类·····                            | 168 |
| 1. 葡萄糖异构酶(168) 2. D-氨基酸外消旋酶(169)       |     |
| 六、合成酶类·····                            | 169 |
| 1. 谷氨酰胺合成酶(169) 2. L-丙氨酰 tRNA 合成酶(169) |     |
| 第三节 酶的活力测定·····                        | 169 |
| 一、活力和活力单位·····                         | 170 |
| 二、测定酶活力的两种方式·····                      | 171 |
| 1. 测定完成一定量反应所需要的时间(171)                |     |
| 2. 测定一定时间内所起的化学反应量(171)                |     |
| 三、反应初速度的概念·····                        | 172 |
| 第四节 酶反应的基本动力学以及影响酶作用的因素·····           | 172 |
| 一、酶的中间络合物学说和米氏方程式·····                 | 172 |
| 1. 底物浓度对酶反应速度的影响(172)                  |     |
| 2. 酶促反应速度的基本方程式——米氏方程                  |     |

|                                                                           |                                   |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 式(173) 3. 米氏常数的意义和求法(174)                                                 | 1. 破细胞(185) 2. 抽提(185) 3. 浓缩(185) |
| 4. 中间物的一些证据(176)                                                          | 三、酶的纯化和纯化方法.....186               |
| 二、影响酶作用的因素.....176                                                        | 四、纯度和产量.....187                   |
| 1. 温度对酶作用的影响(176) 2. pH对酶作用的影响(177) 3. 酶浓度对酶作用的影响(178) 4. 激活剂对酶作用的影响(179) | 五、固相酶.....188                     |
| 5. 抑制剂对酶作用的影响(179)                                                        | 第六节 酶的结构与功能.....189               |
| 第五节 酶的提取和纯化.....184                                                       | 一、酶的活力中心.....189                  |
| 一、酶提取和纯化的一般概念.....184                                                     | 二、“诱导契合”理论.....190                |
| 二、酶的抽提.....185                                                            | 三、酶原和酶原激活.....191                 |
|                                                                           | 四、多功能酶.....194                    |
|                                                                           | 五、同工酶.....194                     |

## 第七章 维生素及辅酶

|                                      |                                          |
|--------------------------------------|------------------------------------------|
| 第一节 一般概念.....196                     | 三、维生素PP和辅酶I、辅酶II...206                   |
| 第二节 脂溶性维生素.....198                   | 四、维生素B <sub>6</sub> 和磷酸吡哆醛、磷酸吡哆胺.....208 |
| 一、维生素A.....198                       | 五、生物素.....210                            |
| 二、维生素D.....199                       | 六、泛酸和辅酶A.....211                         |
| 三、维生素K.....200                       | 七、叶酸和辅酶F.....212                         |
| 四、维生素E.....202                       | 八、维生素B <sub>12</sub> .....213            |
| 五、硫辛酸.....203                        | 九、维生素C.....215                           |
| 第三节 水溶性维生素.....203                   | 十、“维生素P”.....216                         |
| 一、维生素B <sub>1</sub> 和TPP.....203     |                                          |
| 二、维生素B <sub>2</sub> 和FAD、FMN.....205 |                                          |

## 第八章 激素

|                                                                                                                                                                                        |                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 第一节 动物激素.....219                                                                                                                                                                       | 第二节 昆虫激素.....240            |
| 一、一般介绍.....219                                                                                                                                                                         | 一、生理作用.....241              |
| 二、几种重要的动物激素.....220                                                                                                                                                                    | 二、在农业生产上的应用.....241         |
| 1. 甲状腺激素(220) 2. 降钙素(222) 3. 甲状旁腺素(223) 4. 胰岛素(224) 5. 胰高血糖素(224) 6. 肾上腺激素(225) 7. 肾上腺皮质激素(226) 8. 性激素(229) 9. 脑下垂体激素(231) 10. 下丘脑激素(234) 11. 血管紧张肽(236) 12. 血管舒缓激肽(236) 13. 前列腺素(236) | 1. 防治害虫(241) 2. 蚕业上的应用(242) |
| 三、激素的作用原理.....237                                                                                                                                                                      | 第三节 植物激素.....242            |
| 1. 通过核酸起调节作用(237) 2. 通过cAMP起调节作用(238)                                                                                                                                                  | 一、生长素类.....242              |
|                                                                                                                                                                                        | 二、赤霉素类.....243              |
|                                                                                                                                                                                        | 三、细胞分裂素类.....243            |
|                                                                                                                                                                                        | 四、脱落酸.....244               |
|                                                                                                                                                                                        | 五、乙烯.....244                |
|                                                                                                                                                                                        | 六、其他植物激素.....244            |

## 第九章 代谢总论

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 第一节 什么是新陈代谢.....245 | 第二节 新陈代谢的特点.....246 |
|---------------------|---------------------|



|                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| 第三节 新陈代谢与生产实践·····246 | 第四节 研究新陈代谢的方法·····247 |
|-----------------------|-----------------------|

## 第十章 糖类的分解代谢

|                                                     |                                                                |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 第一节 糖的消化·····251                                    | 三、氢的去路——生物氧化和高能键的形成·····269                                    |
| 第二节 单糖进入细胞后的分解过程·····252                            | 1. 线粒体(269) 2. 呼吸链(269) 3. 氧化磷酸化作用(272) 4. 糖氧化过程中产生ATP的总数(272) |
| 一、葡萄糖无氧分解的化学过程·····252                              | 第三节 柠檬酸发酵、谷氨酸发酵与糖代谢的关系·····274                                 |
| 1. 酵母菌的乙醇发酵(252) 2. 酵母菌的甘油发酵(258) 3. 肌肉内糖的无氧分解(258) |                                                                |
| 二、葡萄糖有氧分解的化学过程·····260                              |                                                                |
| 1. 三羧酸循环途径(260) 2. 乙醛酸循环途径(264) 3. 磷酸戊糖途径(265)      |                                                                |

## 第十一章 糖类的合成代谢

|                                                                                                       |                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 第一节 光合作用的一般概念·····277                                                                                 | 第四节 光合作用的碳素转化·····286                                                                                                     |
| 第二节 光合作用的两类反应·····278                                                                                 | 一、碳素途径 I: $\text{CO}_2$ 还原循环 ( $\text{C}_3$ 循环)·····286                                                                   |
| 一、持续光动力学分析·····278                                                                                    | 1. $\text{CO}_2$ 光合同化的初产物——磷酸甘油酸(287) 2. 中间产物——磷酸的转化顺序(287) 3. $\text{CO}_2$ 受体——1, 5-二磷酸核酮糖(290) 4. $\text{C}_3$ 循环(291) |
| 二、闪光动力学分析·····278                                                                                     | 二、碳素途径 II: $\text{CO}_2$ 固定循环·····292                                                                                     |
| 三、光合单位概念·····279                                                                                      | 三、碳素途径 III: 景天酸代谢途径·····295                                                                                               |
| 第三节 光合作用的光能转化·····279                                                                                 | 1. $\text{CO}_2$ 暗固定(296) 2. $\text{CO}_2$ 光还原(297)                                                                       |
| 一、叶绿体与光合色素·····280                                                                                    | 四、碳素途径 IV: 光呼吸与乙醇酸途径·····298                                                                                              |
| 1. 叶绿体(280) 2. 光合色素(281)                                                                              | 第五节 蔗糖的合成·····301                                                                                                         |
| 二、叶绿素的光化学·····282                                                                                     | 第六节 多糖的合成·····303                                                                                                         |
| 1. 叶绿素的光氧化(282) 2. 叶绿素的光还原(282)                                                                       | 一、糖元的合成·····303                                                                                                           |
| 三、叶绿体的光反应·····282                                                                                     | 1. 磷酸化酶(303) 2. 糖元合成酶(303)                                                                                                |
| 1. 水的光氧化(282) 2. 辅酶的光还原(283)                                                                          | 3. 分支酶(304)                                                                                                               |
| 3. 光(合)磷酸化(283)                                                                                       | 二、淀粉的合成·····305                                                                                                           |
| 四、光合链和双光系统·····283                                                                                    | 1. 直链淀粉的合成(305) 2. 支链淀粉的合成(306)                                                                                           |
| 1. “红降”和双光增益效应(284) 2. 双光瞬变效应(色渡效应)(284) 3. 光系统 I (284)                                               | 第七节 作物群体的光能利用问题·····306                                                                                                   |
| 4. 光系统 II (285) 5. 两个光系统的连接(285) 6. 荧光研究(285) 7. 两个光反应的生化分离(285) 8. 光(合)磷酸化与双光系统的关系(285) 9. 藻类变种(286) |                                                                                                                           |
| 10. 两个光系统在结构上的部分分离(286)                                                                               |                                                                                                                           |

## 第十二章 脂类代谢

|                    |                                                 |
|--------------------|-------------------------------------------------|
| 第一节 脂肪代谢·····310   | 三、脂肪酸的分解·····312                                |
| 一、脂肪的消化和吸收·····310 | 1. $\beta$ -氧化作用(312) 2. $\text{C}_2$ 物的去路(316) |
| 二、甘油代谢·····312     | 四、脂肪酸的合成·····317                                |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 1. 非线粒体系统(317) 2. 线粒体系统(319) |     |
| 3. 微粒体系统(319)                |     |
| 五、脂肪的生物合成.....               | 320 |
| 第二节 磷脂代谢.....                | 321 |
| 一、磷脂的消化和吸收.....              | 322 |
| 二、磷脂的分解.....                 | 322 |
| 三、磷脂的生物合成.....               | 324 |
| 1. 全程合成途径(324) 2. 补救途径(328)  |     |
| 第三节 胆固醇代谢.....               | 328 |
| 一、胆固醇的消化和吸收.....             | 329 |
| 二、胆固醇的分解.....                | 329 |

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. 转变成胆甾烷醇和粪甾醇(329) 2. 转变成胆酸(330) 3. 转变成其他物质(333)                             |     |
| 三、胆固醇的生物合成.....                                                               | 333 |
| 1. 乙酰 Co A 转变为甲羟戊酸(333) 2. 甲羟戊酸转变为鲨烯(336) 3. 鲨烯转变为胆固醇(336) 4. 影响胆固醇合成的因素(337) |     |
| 四、胆固醇的病理性积聚.....                                                              | 337 |
| 1. 在胆道中形成胆固醇结石(337) 2. 在动脉内膜形成含胆固醇斑纹造成动脉硬化(337) 3. 其他(339)                    |     |

### 第十三章 蛋白质和氨基酸代谢

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第一节 蛋白质的消化.....       | 340 |
| 第二节 氮平衡.....          | 340 |
| 第三节 必需氨基酸和非必需氨基酸..... | 341 |
| 第四节 氨基酸的一般代谢.....     | 342 |
| 一、脱氨基作用.....          | 342 |
| 二、转氨基作用.....          | 344 |
| 三、脱羧基作用.....          | 345 |
| 第五节 氨的去路.....         | 346 |
| 第六节 个别氨基酸的代谢.....     | 349 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 一、甘氨酸、丝氨酸.....       | 350 |
| 二、丙氨酸、天冬氨酸、谷氨酸.....  | 353 |
| 三、脯氨酸、羟脯氨酸、精氨酸.....  | 353 |
| 四、半胱氨酸、胱氨酸、甲硫氨酸..... | 356 |
| 五、苏氨酸、赖氨酸.....       | 359 |
| 六、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸.....  | 361 |
| 七、组氨酸.....           | 364 |
| 八、色氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸.....  | 366 |

### 第十四章 核酸代谢

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 第一节 核酸的分解代谢.....            | 371 |
| 一、多核苷酸、单核苷酸、核苷的分解.....      | 371 |
| 二、碱基的分解.....                | 374 |
| 1. 嘌呤的分解(374) 2. 嘧啶的分解(375) |     |
| 第二节 核酸的合成代谢.....            | 375 |
| 一、嘌呤核苷酸的合成.....             | 375 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 1. “从无到有”途径(375) 2. 补救途径(378)          |     |
| 二、嘧啶核苷酸的合成.....                        | 378 |
| 1. “从无到有”合成途径(378) 2. 从已形成的嘧啶环来合成(379) |     |
| 三、脱氧核苷酸的合成.....                        | 379 |
| 四、多核苷酸的合成.....                         | 380 |
| 1. RNA 的合成(380) 2. DNA 的合成(382)        |     |

### 第十五章 蛋白质的生物合成

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第一节 蛋白质合成与核酸的关系.....    | 390 |
| 第二节 中心法则.....           | 390 |
| 第三节 遗传密码.....           | 391 |
| 一、密码子是三联体.....          | 392 |
| 二、怎样证明某一三联体代表某一氨基酸..... | 393 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 1. 生物化学方法(393) 2. 遗传学方法(395) |     |
| 三、密码子是重迭的还是不重迭的.....         | 397 |
| 四、密码的统一性.....                | 398 |
| 第四节 信使 RNA.....              | 398 |
| 第五节 转运 RNA 和反密码子.....        | 399 |
| 一、tRNA 的结构与功能.....           | 399 |

|                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 二、密码子和反密码子的配对.....401          | 三、核糖体上进行多肽合成.....405             |
| 第六节 核糖体.....402                | 1. 起译(405) 2. 接肽(407) 3. 终止(407) |
| 第七节 蛋白质合成步骤.....403            | 四、多聚核糖体.....409                  |
| 一、多肽是从 N 末端开始逐步形成<br>的.....403 | 第八节 抗菌素作用和蛋白质合成的<br>关系.....410   |
| 二、氨基酰-tRNA 的合成 .....404        |                                  |

## 第十六章 代谢调节

|                          |                                  |
|--------------------------|----------------------------------|
| 第一节 代谢调节的两种类型.....412    | 第四节 反馈抑制的机制.....419              |
| 第二节 分支代谢调节的几种方式.....413  | 第五节 阻遏作用.....421                 |
| 一、协同调节.....413           | 一、二度生长现象.....421                 |
| 二、同功酶调节.....413          | 二、 $\beta$ -半乳糖苷酶的诱导机制 .....422  |
| 三、累积调节.....415           | 三、操纵子模型的生化证据.....424             |
| 四、逐步反馈调节.....415         | 四、阻遏机制.....424                   |
| 第三节 代谢调节与微生物发酵工业.....416 | 五、自身调节.....425                   |
| 一、异亮氨酸的生产.....416        | 第六节 分解代谢物阻遏.....425              |
| 二、赖氨酸的生产.....417         | 第七节 微生物代谢失调在生产实践<br>上的应用.....427 |
| 三、肌苷酸的生产.....418         |                                  |

## 附录 常用生化名词缩写

# 第一章 绪 论

生物化学是一门研究生命现象的化学本质的学科。组成生物体的主要成分是糖类、脂类、蛋白质、核酸以及一类对生物体内化学反应起着催化调节作用的物质——酶、维生素和激素。研究这些物质的组成、结构、性质和功能,构成了生物化学的主要内容的一个方面。生物和无生命物质的区别在于它经常进行自我更新,生物体和外界进行物质交换是它生存的基本条件。因此生物化学的另一个方面就是研究上述种种物质在生物体内怎样分解、怎样合成、怎样相互转化又相互制约以及物质转化过程中的能量转换等问题。人们常把前一方面内容称为静态生物化学,后一方面内容称为动态生物化学。在这两方面的基础上,各种生命现象如生长、发育、运动、适应、遗传变异等活动规律才可以得到充分阐明,从而应用这些规律为人类服务。

生物化学是十九世纪末叶随着医学、发酵工业的发展逐渐形成的一门独立的学科。由于它和生产、生活实践息息相关,因此二十世纪以来,随着其他科学技术的发展,生物化学的研究也就迅速发展,涉及的面也愈来愈广,诸如农业、工业、医药、国防等方面都与生物化学有关。

从医学方面来讲,人或动物的病理状态往往是由于细胞的化学成分的变化,而引起功能的紊乱。血液中脂类物质含量增高是心血管疾病的特征之一;血红蛋白的一级结构改变可以导致溶血。疾病的诊断愈来愈多地依赖于生化指标。此外,从生物化学的角度阐明药理作用,有助于设计有效的药物。

生化药物是一类具有治疗作用的生物物质。例如从动物脏器中抽提出来的各种激素、从酵母菌中抽提出来的细胞色素 $c$ 、用微生物制备出来的核苷酸类物质以及一些通过化学合成的激素小肽或维生素等都已经应用到临床上。近年来这方面发展很快,是和生物化学理论的研究分不开的。

微生物的新陈代谢活动是发酵工业的基础。酒精是酵母菌的代谢产物。氨基酸、酶、抗菌素等也都可以通过微生物发酵生产。发酵产物的提炼和分离也必须依赖生物化学的知识。此外,研究微生物代谢过程对于选育高产优质的菌株具有指导意义,例如研究微生物合成肌苷酸的代谢过程指导了高产肌苷酸菌株的选育工作。

农业生产的发展和生物化学密切相关。农业生产中的两个重要课题是光合作用和氮素固定。大田作物一般只能利用太阳全年辐射能的0.1~1.0%。怎样提高辐射能的利用和提高 $\text{CO}_2$ 的固定,涉及光合作用中的生物化学方面的研究。大气中氮气占78%,自然界中只有几种微生物能够固定氮气,如果几种主要作物都能利用氮气,那么农业产量就可大幅度地提高,因此生物的固氮作用也是生物化学的一个重要课题。农业上所用的杀虫农药都是通过抑制害虫的胆碱酯酶而起防治作用的。此外,农副产品的加工和储藏等也都和生物化学有关。

我国是世界上文明发达最早的国家之一,对人类作出过巨大的贡献。对生物化学的认

识和应用也是远远早于其他国家。公元前四世纪时庄子已记载癭病(即甲状腺肿胀);公元四世纪(晋朝)时葛洪已经知道用含碘丰富的海藻治疗癭病。公元七世纪(唐朝)时孙思邈已有关于脚气病的记载,知道这是一种食米区的病,并且还知道用猪肝来治疗夜盲症。现在知道猪肝是维生素 A 的丰富来源。我国劳动人民早在公元前二十二世纪就知道酿酒;公元前十二世纪时就知道制酱。

近代生物化学的发展可以从 1897 年 Büchner 的发现讲起。他发现磨碎的酵母菌细胞的抽提液仍能使糖发酵。这是用离体的方法研究动态生物化学的开始。这一研究作为后来 Embden、Meyerhoff、Krebs 等人对糖的分解代谢机制的研究以及酶学研究开辟了道路。

1926 年, Sumner 首先获得脲酶的结晶,证实酶是蛋白质,大大地推动了酶学和蛋白质化学的研究。生命活动中一类关键性的物质是酶,而酶都是蛋白质,所以蛋白质分子结构研究在生物化学中占有重要的地位。

1945~1955 年这一段时间中, Sanger 完成了牛胰岛素蛋白质一级结构的分析,这项工作无疑地是划时代的贡献。1965 年我国首先完成了结晶牛胰岛素的人工合成。

在动态生物化学研究中特别值得一提的是 1935 年 Schoenheimer 和 Rittenberg 应用示踪元素研究代谢作用的工作。实验结果证实了恩格斯的名言:“生物在每一瞬间是它自身,同时又是别的东西”。从此以后示踪元素成为生物化学研究工作中经常应用的一项技术。

五十年代中, 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,阐明了这两种晶体蛋白的空间结构,这是在蛋白质结构的研究中又一重大贡献。

1953 年, Watson 和 Crick 创造性地提出了关于 DNA 分子的结构理论,为以后分子遗传学的研究奠定了基础。1977 年 Sanger 又完成了由 5375 个核苷酸组成的噬菌体  $\phi$ X174 DNA 的一级结构分析,为遗传物质的结构与功能的研究又迈出了重要的一步。

在生物化学的基础上发展起来的分子生物学是近二十年来生物科学中进展极快的一门新兴学科。分子生物学是一门边缘科学,用物理、化学和生物学的方法研究生物大分子的结构和功能,阐明生物学上的许多重大问题,如细胞分化、胚胎发育、遗传变异、生物进化、生物膜、肿瘤、免疫等等。有人把有关遗传信息的复制、传递、表达以及调节控制等方面的研究称为分子遗传学。近几年来,这方面发展尤快,在初步阐明突变机制、遗传密码、基因分离以及原核生物的调控机制等一系列理论课题之后,又成功地将亲缘较远不能杂交的物种通过 DNA 体外重组制成新的品种,为定向改造生物指出了方向。有关重组 DNA 的研究被称为遗传工程,目前这一课题正在被国内外的生物化学工作者和遗传学工作者所关注。

生物化学的发展和分析分离技术的发明密切相关。在生物化学研究中层析法、电泳法、光谱法、同位素示踪法、超离心法等等几乎都已成为必不可少的基本方法。此外如核磁共振、X 光衍射、中子衍射、电子显微镜等技术也愈来愈多地应用到生物化学的研究中。

## 第二章 糖类化学

### 第一节 糖的一般概念

从细菌到高等动物的机体,都含有糖类物质。植物体中含量为最丰富,约占干重的 85~90%。植物通过光合作用,把二氧化碳和水转变成各种糖,主要是葡萄糖。其他生物则以糖类为营养物质。糖类物质在生物体中的作用,有以下几方面:

(1) 合成其他物质 组成生物体的其他物质,如蛋白质、核酸、脂类等,也包括动物体及微生物的某些糖类物质,它们分子的碳架大多是直接和间接地从糖转化过来的。所以,糖类物质是生物体合成本身物质的基本原料。

(2) 供作能源 一切生物在它生存活动的过程中,都要消耗能量。能量主要是由糖类物质在降解代谢过程中提供的。例如,粮食的主要成分是一种淀粉多糖,在消化道中水解成葡萄糖。葡萄糖在细胞内氧化,提供大量为机体利用的能量。

(3) 充当结构性物质 在植物中,茎杆的主要成分纤维素是起支持作用的结构物质。纤维素是一类广泛存在于生物界的多糖物质,化学性质比较稳定,在强酸作用下,可得到葡萄糖。在细胞间质当中的粘多糖也是结构物质。细胞膜结构的蛋白质、脂质中有些是与糖结合而成的糖蛋白和糖脂,它们具有重要功能。

从化学结构上看,糖是一大类多羟基醛或酮的化合物,按结构特点分成三类:

(1) 单糖 简单的多羟基的醛或酮的化合物。

(2) 聚糖 各种单糖的缩聚物。以分子中含单糖基的多少分别称多糖和低聚糖。

(3) 糖的衍生物 糖的还原产物——多元醇,氧化产物——糖酸,氨基取代物——氨基糖以及糖磷酸酯等。

### 第二节 单糖的化学

自然界中的单糖,主要是六碳糖和五碳糖。常见的六碳糖有葡萄糖、果糖、半乳糖等,游离的葡萄糖和果糖分布于水果中,但多数以聚糖的形式存在。重要的五碳糖是核糖和脱氧核糖,它们是核酸的组成部分。

#### 一、单糖的命名

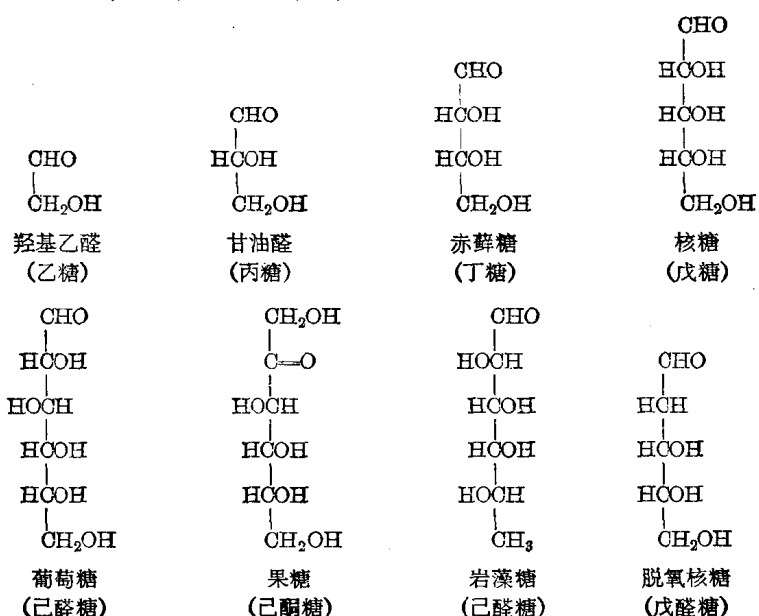
糖的名称常与它的来源相联系,例如葡萄糖曾是从葡萄中提取出来的,麦芽糖是用麦芽来制备的。单糖的名称是糖类化合物名称的一个基础,例如葡聚糖,表示由葡萄糖组成的多糖。

单糖是多羟基的醛或酮的化合物,一般不用有机化学系统命名,除少数简单的如羟基乙

醛、甘油醛、二羟丙酮按基团命名外,每种单糖给它一个通俗名称,例如果糖、核糖、赤藓糖。另外根据单糖分子含有的碳原子数,分别称乙糖、丙糖、丁糖、戊糖、己糖、庚糖等。乙糖即羟乙醛,这是唯一的只有一个羟基的糖类化合物,这种名称泛指同碳数的单糖。为了区别同碳数的糖,又可以根据糖分子中的羰基位置,分成醛糖和酮糖。葡萄糖是典型的己醛糖,果糖是己酮糖。

还有一些非典型的单糖,例如分子中碳原子上的羟基被氢原子取代的核糖称为脱氧核糖,它们的名称是以典型单糖为基本名称,再把结构上的差别加以说明。

下面是常见的几个单糖的分子结构式:



## 二、单糖的立体结构

### 1. 立体异构体

分子不对称的化合物,具有使平面偏振光的振动方向发生旋转的能力。在旋光仪中测定,起偏振镜和检偏振镜先调至正交,视场暗,不对称化合物插入后视场变亮,如检偏振镜以顺时针方向旋转使视场复原变暗者为右旋化合物,反之以逆时针方向旋转复原者为左旋化合物。

单糖分子是不对称化合物,具有旋光性。在结构上,一般可以从存在不对称碳原子来判断分子的不对称性。不对称碳原子上联结四个不同的原子或基团。甘油醛是一个三碳糖,2位碳上联结着一个氢和三个不同的基团,因而是一个不对称碳原子。这个碳上的羟基有两种安排,一种在右边,另一种在左边,所以就有立体结构不同的二个异构体: D-甘油醛和 L-甘油醛。

异构体的这种差别是构型上的不同。甘油醛2位羟基写在右边开始定义为 D-型,羟基写左边的为 L-型,以后由 X-衍射测定确定下来。D-型和 L-型因互成镜影,称为“对映体”。D-甘油醛是右旋的,用“+”或“d”符号表示, L-甘油醛是左旋的,用“-”或“l”为符号表示。

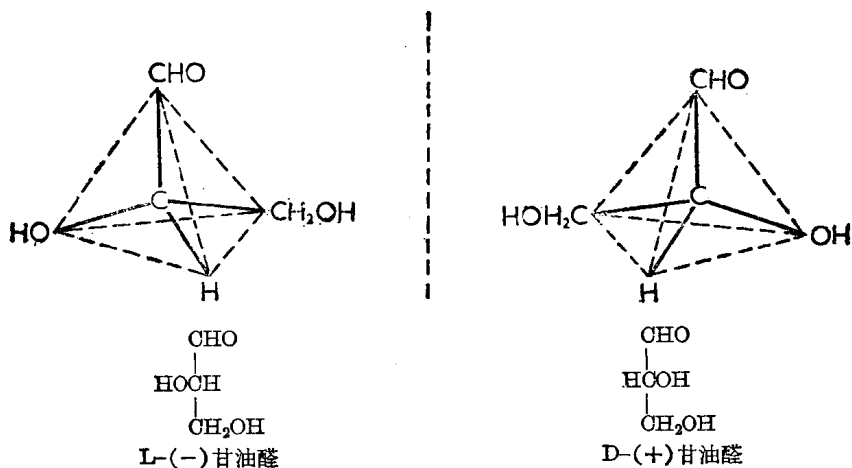


图 2-1 甘油醛的对映体

单糖分子中除羟基乙醛和二羟丙酮外都有不对称碳原子。含有  $n$  个不对称碳原子的化合物可以有  $2^n$  种立体异构体(见表 2-1, 2-2)。

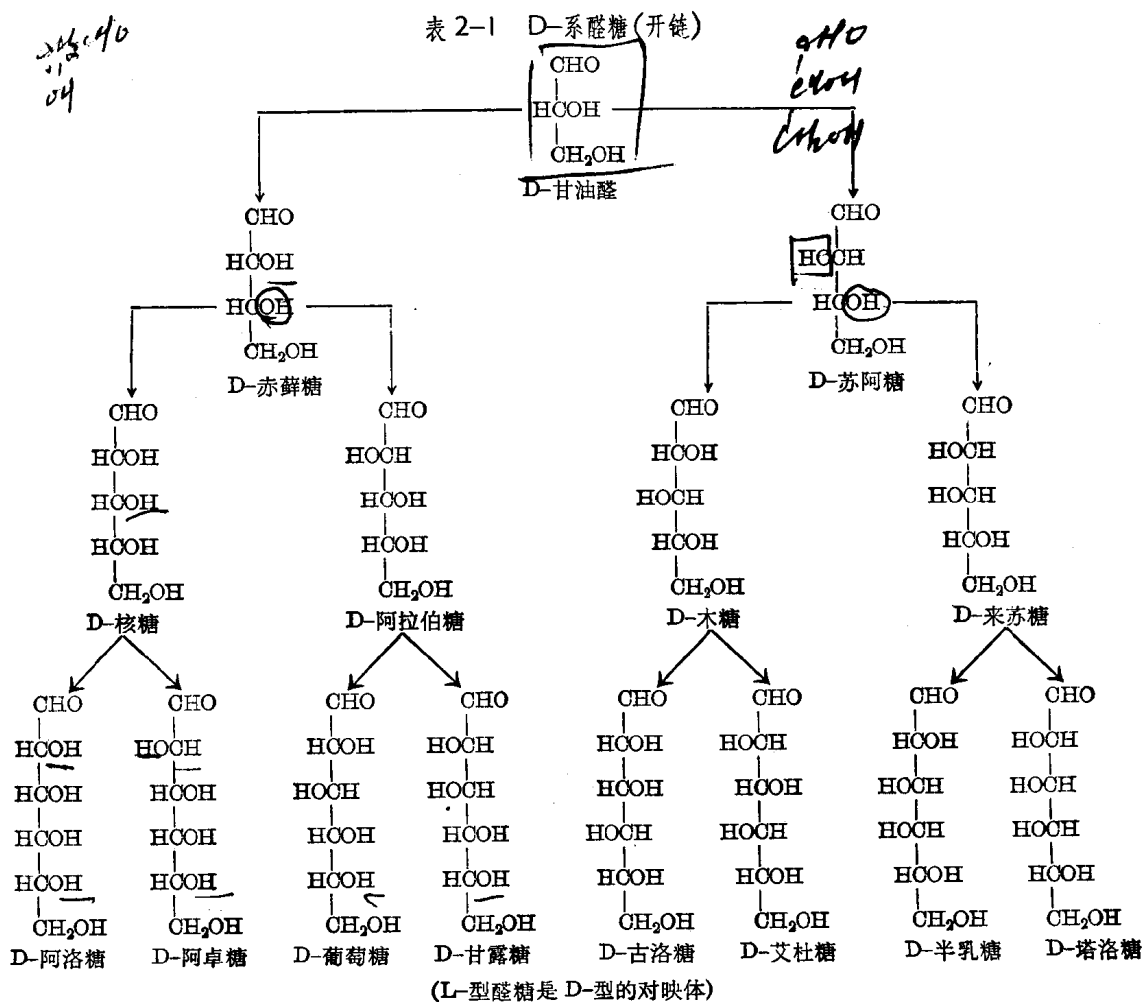
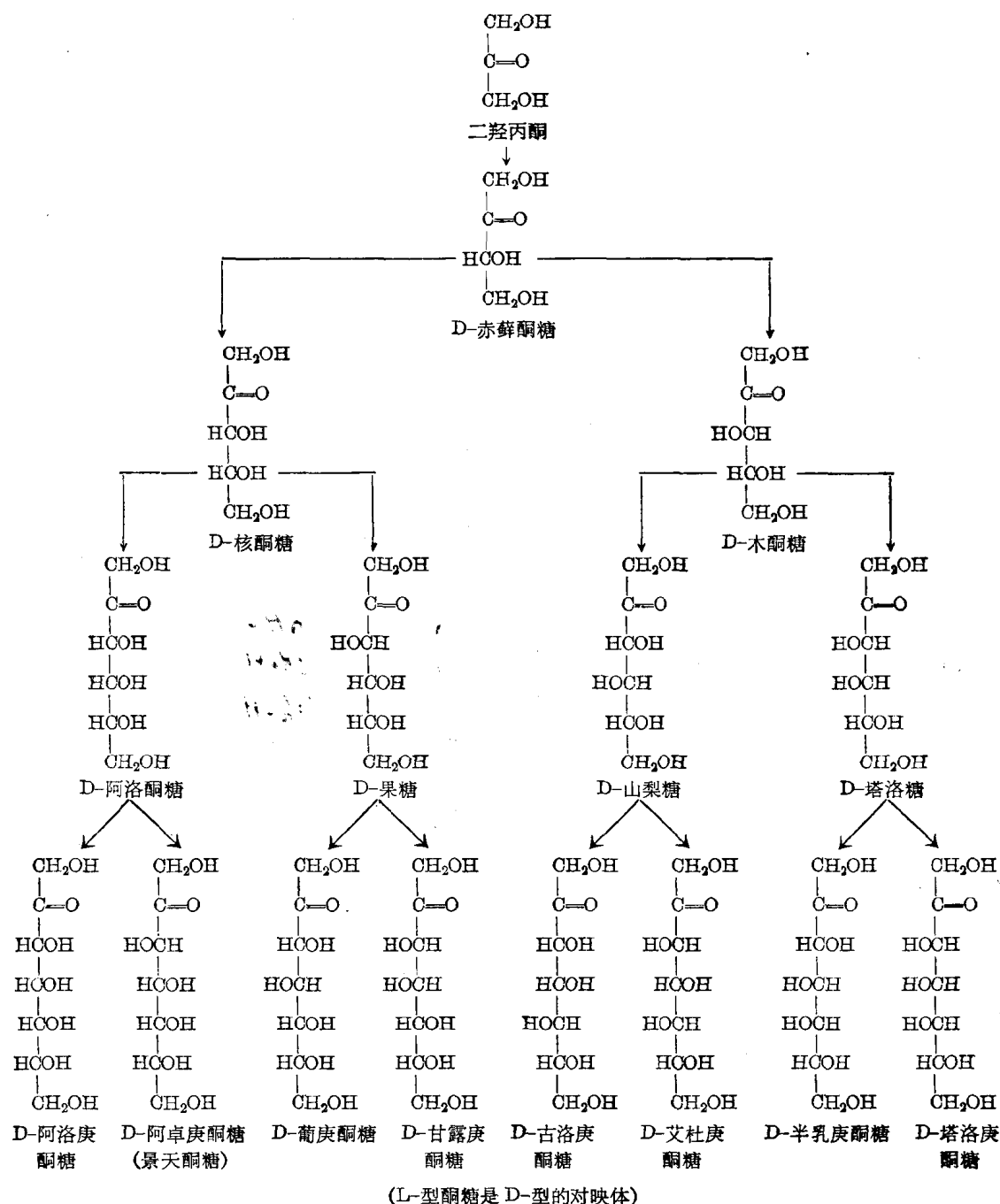




表 2-2 D-系酮糖 (开链)



葡萄糖的结构式中, 2, 3, 4, 5 位上的是不对称碳原子。分子中具有四个不对称碳原子, 就可以有  $2^4$  个异构体。单糖分子的 D、L-构型, 是由离羰基最远的不对称碳原子上的羟基方向来确定的。一般以甘油醛的构型为标准, 与 D-甘油醛的 2-羟基方向一致的 (写在右边) 为 D-型, 与 L-甘油醛的 2-羟基方向一致的 (写在左边) 为 L-型, 这样葡萄糖的十六个立体异构体, 可根据 5 位碳上羟基的方向, 分成八对对映体, 即 D-型八个, L-型八个。每一对对映体的名字是: 阿洛糖, 阿卓糖, 葡萄糖, 甘露糖, 古洛糖, 艾杜糖, 半乳糖, 塔洛糖。它们的