



21

# 糖及澱粉工業

商務印書館

增訂化學工業大全

(21)

製 糖 工 業

友田宜孝原著  
周建侯原譯  
張聲補譯修訂

澱 粉 工 業

友田宜孝原著  
周建侯原譯  
張聲補譯修訂

商 務 印 書 館

原 主 編  
周 昌 壽  
增 訂 主 編  
鄒 尙 熊

增訂化學工業大全  
(21)  
糖 及 澱 粉 工 業  
友田宜孝著 周建侯譯  
張 聲 楠 譯 修 訂

---

★ 版權所有 ★  
商 務 印 書 館 出 版  
上海河南中路二一四號

中國圖書發行公司發行  
商務印書館上海廠印刷  
(610221)

---

1952年6月第1版 1953年6月第2版  
印數2,001—3,000 定價¥18.600

---

上海市書刊出版業營業許可證出〇二五號

## 增訂版附言

本書出版後，蒙各界人士踴躍訂購，深感榮幸。茲將本書內容，略加增訂，以應需要。增訂部分，已用新字體表示。

# 目次

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 第一篇 醣(碳水化物) .....                | 1  |
| 第一章 醣類總論 .....                   | 1  |
| 1. 醣類界說 .....                    | 1  |
| 2. 自然界中存在之醣類 .....               | 1  |
| 3. 工業原料用之醣類 .....                | 2  |
| 4. 醣類之分類 .....                   | 4  |
| 第二章 醣類之結構式 .....                 | 6  |
| 1. 醇式及酮式( $\mu$ -型) .....        | 6  |
| 2. $d$ -糖及 $L$ -糖 .....          | 6  |
| 3. $\alpha$ -糖及 $\beta$ -糖 ..... | 9  |
| 4. 環氧化丁烷式 .....                  | 10 |
| 5. 環氧化戊烷式(六角環式、嘮喃糖式) .....       | 11 |
| 6. $\gamma$ -糖(五角環式或咪喃糖式) .....  | 14 |
| 7. 貳醣類之結構 .....                  | 16 |
| 8. 多醣類之結構 .....                  | 19 |
| 第三章 醣類之通性 .....                  | 22 |
| 1. 溶解性 .....                     | 22 |
| 2. 旋光性 .....                     | 22 |
| 3. 還原力 .....                     | 23 |
| 4. 氧化還原 .....                    | 23 |
| 5. 胺反應 .....                     | 23 |
| 6. 甲基化 .....                     | 23 |
| 7. 乙醯化 .....                     | 23 |
| 8. 酸及鹼之作用 .....                  | 24 |
| 9. 酵素作用 .....                    | 24 |
| 10. 發酵作用 .....                   | 24 |
| 第四章 單醣類 .....                    | 27 |
| 第一節 五碳糖(戊醣) .....                | 27 |

|               |    |
|---------------|----|
| 1. 樹膠糖        | 27 |
| 2. 木糖         | 28 |
| 第二節 六碳糖(己糖)   | 28 |
| 1. 葡萄糖        | 28 |
| 2. 果糖         | 29 |
| 3. 甘露糖        | 29 |
| 4. 半乳糖        | 30 |
| 5. 己酮糖        | 31 |
| 第五章 貳醣類       | 32 |
| 1. 蔗糖         | 32 |
| 2. 麥芽糖        | 36 |
| 3. 乳糖         | 36 |
| 4. 纖維素糖       | 37 |
| 5. 麥角糖        | 37 |
| 第六章 叁醣類及肆醣類   | 38 |
| 1. 棉子糖        | 38 |
| 2. 美利齒糖       | 39 |
| 3. 地蠶糖        | 39 |
| 第七章 多醣類       | 40 |
| 1. 多縮木糖       | 40 |
| 2. 多縮樹膠糖      | 40 |
| 3. 纖維素        | 41 |
| 4. 澱粉         | 41 |
| 5. 肝醣(一名動物澱粉) | 41 |
| 6. 菊糖         | 42 |
| 7. 多縮甘露糖      | 42 |
| 8. 多縮半乳糖      | 43 |
| 第二篇 甘蔗糖       | 45 |
| 第一章 甘蔗製糖工業概觀  | 45 |
| 1. 製糖工業之意義    | 45 |
| 2. 世界之糖業圖     | 45 |
| 3. 甘蔗製糖法大要    | 45 |
| 4. 糖之名稱       | 49 |

|               |     |
|---------------|-----|
| 第二章 甘蔗        | 51  |
| 1. 甘蔗之種類      | 51  |
| 2. 臺灣之甘蔗      | 52  |
| 3. 甘蔗栽培之適地    | 53  |
| 4. 甘蔗栽培法      | 53  |
| 5. 甘蔗之收穫      | 54  |
| 6. 甘蔗之成分      | 56  |
| 7. 甘蔗成分與製糖關係  | 57  |
| 8. 甘蔗液汁之氫離子濃度 | 61  |
| 第三章 甘蔗之壓榨     | 62  |
| 1. 壓榨法與滲出法    | 62  |
| 2. 甘蔗壓榨法大要    | 63  |
| 3. 旋轉刀        | 64  |
| 4. 細裂機        | 65  |
| 5. 破碎機        | 66  |
| 6. 壓榨機        | 67  |
| 7. 浸漬         | 70  |
| 8. 蔗糖榨出率      | 74  |
| 9. 蔗汁之濾過      | 80  |
| 10. 蔗渣之利用     | 84  |
| 第四章 蔗汁之澄清     | 91  |
| 1. 澄清之目的      | 91  |
| 2. 蔗汁之成分      | 91  |
| 3. 蔗汁各成分之性質   | 92  |
| 4. 澄清劑之種類     | 95  |
| 5. 各種澄清法      | 98  |
| 6. 澄清之效果      | 98  |
| 7. 石灰之添加      | 100 |
| 8. 石灰之添加量     | 101 |
| 9. 澄清法之加熱溫度   | 102 |
| 10. 澄清器及操作法   | 102 |
| 第五章 糖汁之蒸發     | 109 |
| 1. 蒸發與煎糖之區分   | 109 |
| 2. 真空蒸發與多效蒸發法 | 109 |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| 3. 多效蒸發器之使用法.....        | 111        |
| 4. 蒸發器之種類.....           | 113        |
| 5. 多效蒸發器中凝縮水之利用.....     | 116        |
| 6. 蒸發中糖分之分解.....         | 116        |
| 7. 器垢之生成及其除去.....        | 116        |
| 8. 濃厚糖汁中沈渣之除去法.....      | 117        |
| <b>第六章 煎糖及結晶法</b> .....  | <b>118</b> |
| 1. 煎糖之意義.....            | 118        |
| 2. 結晶析出之理論.....          | 118        |
| 3. 煎糖及結晶法之難點.....        | 122        |
| 4. 真空鍋.....              | 122        |
| 5. 煎糖法.....              | 125        |
| 6. 煎糖繼續法.....            | 129        |
| 7. 因添加糖蜜而獲得一號糖之增收.....   | 130        |
| 8. 攪拌結晶法.....            | 130        |
| 9. 煎糖及分蜜之方式.....         | 134        |
| <b>第七章 分蜜及製品整理</b> ..... | <b>138</b> |
| 1. 分蜜機.....              | 138        |
| 2. 製品整理.....             | 139        |
| 3. 乾燥.....               | 140        |
| 4. 糖之黏結.....             | 140        |
| 5. 糖之保存性與安全係數.....       | 141        |
| <b>第八章 廢糖蜜</b> .....     | <b>142</b> |
| 1. 廢糖蜜生成量.....           | 142        |
| 2. 廢糖蜜之成分.....           | 142        |
| 3. 廢糖蜜之成因.....           | 143        |
| 4. 廢糖蜜之利用法.....          | 145        |
| <b>第九章 耕地白糖</b> .....    | <b>147</b> |
| 1. 耕地白糖與精糖.....          | 147        |
| 2. 白糖製造之要訣.....          | 147        |
| 3. 白糖製造之澄清法.....         | 148        |
| 4. 製造白糖之亞硫酸法.....        | 148        |
| 5. 製造白糖之磷酸法.....         | 148        |
| 6. 用活性炭製白糖法.....         | 153        |



|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第十章 精糖(一名精製糖).....      | 154 |
| 1. 製造精糖之要點.....         | 154 |
| 2. 精糖之收率.....           | 154 |
| 3. 洗糖及溶糖.....           | 155 |
| 4. 澄清及濾過.....           | 156 |
| 5. 脫色法.....             | 159 |
| 6. 骨炭之吸附作用.....         | 161 |
| 7. 使用活性炭之脫色法.....       | 162 |
| 8. 骨炭法與活性炭法之比較.....     | 163 |
| 9. 煎糖、分蜜及整理製品.....      | 164 |
| 第十一章 各種糖製品.....         | 166 |
| 1. 冰糖.....              | 166 |
| 2. 方糖.....              | 166 |
| 3. 棒糖.....              | 166 |
| 4. 粉糖.....              | 166 |
| 5. 舊式含蜜糖.....           | 166 |
| 6. 舊式分蜜糖.....           | 167 |
| 第三篇 甜菜糖、蘆粟糖、楓糖及椰子糖..... | 169 |
| 第一章 甜菜糖.....            | 169 |
| 1. 甜菜糖工業.....           | 169 |
| 2. 製造甜菜糖之要點.....        | 169 |
| 3. 甜菜之栽培.....           | 170 |
| 4. 甜菜之成分.....           | 173 |
| 5. 甜菜之洗滌及切片.....        | 176 |
| 6. 浸提蔗糖之滲出法.....        | 178 |
| 7. 滲出器及其使用法.....        | 180 |
| 8. 滲出法之糖分提出率.....       | 187 |
| 9. 連續式壓榨滲出法.....        | 188 |
| 10. 甜菜渣.....            | 188 |
| 11. 滲出汁之澄清.....         | 189 |
| 12. 糖汁之蒸發及煎糖.....       | 195 |
| 13. 甜菜精蜜中蔗糖之收得.....     | 196 |
| 14. 增補.....             | 200 |
| 第二章 蘆粟糖、楓糖、椰子糖.....     | 202 |

|        |     |
|--------|-----|
| 1. 蘆粟糖 | 202 |
| 2. 楓糖  | 202 |
| 3. 椰子糖 | 203 |

## 第四篇 飴糖、麥芽糖、果糖、木材糖及其他甘味質 205

### 第一章 飴糖及麥芽糖 205

|              |     |
|--------------|-----|
| 1. 飴糖之成分及用途  | 205 |
| 2. 麥芽糖飴與澱粉糖飴 | 206 |
| 3. 製造飴糖之原料   | 206 |
| 4. 製造飴糖法之要訣  | 207 |
| 5. 飴糖之製造工程   | 208 |
| 6. 麥芽糖之製法    | 210 |

### 第二章 澱粉糖 211

|             |     |
|-------------|-----|
| 1. 澱粉糖工業    | 211 |
| 2. 澱粉糖之用途   | 211 |
| 3. 澱粉糖製造原料  | 211 |
| 4. 澱粉之因酸水解  | 212 |
| 5. 澱粉糖之製造順序 | 216 |
| 6. 固形澱粉糖之製造 | 217 |
| 7. 澱粉糖飴之製造  | 219 |
| 8. 飲食物着色用焦糖 | 220 |

### 第三章 果糖 222

|            |     |
|------------|-----|
| 1. 果糖之用途   | 222 |
| 2. 果糖之製造原料 | 222 |
| 3. 由菊糖製果糖法 | 223 |

### 第四章 木材糖 224

|           |     |
|-----------|-----|
| 1. 木材糖之意義 | 224 |
| 2. 木材之成分  | 224 |
| 3. 木材之糖化  | 225 |

### 第五章 其他甘味質及人工甘味質 228

|           |     |
|-----------|-----|
| 1. 乳糖     | 228 |
| 2. 蜂蜜及轉化糖 | 228 |
| 3. 甜酒     | 229 |
| 4. 甘露糖醇   | 229 |
| 5. 人工甘味質  | 229 |

# 製糖工業

## 第一篇 醣(碳水化物)

### 第一章 醣類總論

1. 醣類界說 凡為碳、氫、氧三元素所成之有機化合物而具有醇之性質，且同時具備醛或酮之性質者，稱為單醣類 (monosaccharide)；由此單醣類或單醣類之結合物所成之有機化合物，總稱為醣，亦稱碳水化物(carbohydrates)。

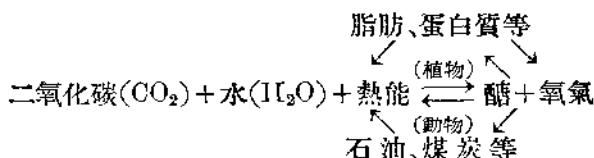
醣之大多數得以通式  $C_x(H_2O)_y$  表之。因其元素組成比中，氫、氧二元素為 2:1，恰與構成水時之比相同，以此而與碳相結合，故有碳水化物之稱。

但亦有與上列通式相符合而非碳水化物者，如醋酸  $C_2(H_2O)_2$ ，乳酸  $C_3(H_2O)_3$  等之類；同時又有分子式不與上列通式相符合而為碳水化物者，如甲基戊醣 (methylpentose) 之式為  $C_6H_{12}O_5$  是也。要之無論其符合通式與否，而前述之界說，則足以表示碳水化物而無疑。

2. 自然界中存在之醣類 醣為自然界中碳循環之一重要階梯，熱能(energy)變換及物質變換之根底在是。

何以言之，醣之合成，乃以二氧化碳、水、太陽熱能為根源，藉植物葉綠素而合成之者。更以此醣為出發點，而蛋白質、脂肪、植物色素，以

及凡百有機化合物，皆於是乎生成。動物得此以爲食物時，而此醣及由醣所生成之各有機化合物，即主在動物器官內起分解而遊離熱能，更被解體而爲二氧化碳與水。其主要之變換，得示之如次：



醣實爲一切有機化合物之總本原，雖煤炭、石油等之最初出發點，亦不外爲二氧化碳與水所合成之醣。故醣之化學及其應用化學，實爲最有興趣之學問，其中包含有無限之研究問題者也。

**3. 工業原料用之醣類** 醣爲構成植物體之主成分者，故作爲工業原料，甚爲重要。茲將可爲工業原料醣，所具特徵，列舉於次：

- (i) 分布廣，獲得量多；
- (ii) 取之不盡，用之不竭；
- (iii) 逐年有增加生產量之趨勢；
- (iv) 其原料本身即爲高級品；
- (v) 施行加工變形等製造，極其容易。

更將工業原料用之醣類材料及其主要製品，列表於次：

第 1 表 醣類原料及其主要製品

| 原料               | 製品            |
|------------------|---------------|
| <b>I. 糖質原料</b>   |               |
| 甘蔗               | 食糖、酒精、糖果、點心等。 |
| 甜菜(糖蘿蔔)          | 同上            |
| 葡萄               | 葡萄酒、糕點等。      |
| <b>II. 澱粉質原料</b> |               |
| 稻米               | 黃酒、澱粉、飴糖等。    |
| 大麥               | 啤酒、威士忌酒、飴糖等。  |
| 小麥               | 麵粉、澱粉、糕餅等。    |

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| 玉蜀黍             | 澱粉、澱粉糖、糊精、酒精等。 |
| 高粱              | 同上             |
| 白薯(甘藷)          | 同上             |
| 馬鈴薯             | 同上             |
| 慈菇              | 澱粉、澱粉糖。        |
| 藕               | 澱粉             |
| 葛根              | 同上             |
| 塔皮倭卡(tapioca)樹根 | 澱粉、澱粉糖、糊精。     |
| 枕椰(sago)        | 澱粉             |

## III. 纖維素質原料

|    |                     |
|----|---------------------|
| 木材 | 紙、人造絲、木炭、鞣酸、木精、木材糖。 |
| 棉  | 紡織物、紙、硝化棉、人造絲、賽璐珞。  |
| 麻  | 紡織物、紙。              |
| 楮  | 紙                   |

若按耕地單位面積計算其所獲得醣類原料之熱量，則如第 2 表所示。表中數字以仟卡為單位。甘蔗及甜菜所示者為相當於其糖製品之數字。甘蔗渣及甜菜渣等之卡數，則不計入。牧畜一項乃備參考者也。至其計算，則以該土地所種植牧草取為牛之飼料，由是所得牛肉為根據。

第 2 表 耕地每 10 公畝所得之熱量(仟卡)

|            |           |
|------------|-----------|
| 甘 蔗(作為糖製品) | 2,000,000 |
| 甜 菜(同上)    | 1,500,000 |
| 甘 藷        | 1,361,000 |
| 米          | 953,000   |
| 馬鈴薯        | 753,000   |
| 大 麥        | 645,000   |
| 小 麥        | 543,000   |
| 大 豆        | 421,000   |
| 牧 畜        | 100,000   |

據上表，故知甘蔗及甜菜之土地利用率為最優。其實表中所示數字，折扣甚大，僅取其最小數目。實際之仟卡數當能加至一倍、由品種及栽培法之改良、施肥之研究等，更可以極度增加其土地之利用率也。

植物綠葉所能吸收之太陽熱能，不過其照射全熱能之 70%，而此吸

收之熱能每百分中能利用為光合成作用者又不過 1% 左右。故結局照射於一定面積之土地上者，其能為植物所固定之熱能量，不過 0.1% 而已。於此而談土地利用率之增高，其前途不綦遼遠乎。

4. 醣類之分類 醣有為單醣類者及為單醣類之結合物者，而單醣類中有具備醛之性質者，亦有具備酮之性質者，前者稱為醛醣(aldose)，後者稱為酮醣(ketose)以區別之。又各以其一分子中所含碳原子之數而區分為二碳糖(乙醣)(diose)，三碳糖(丙醣)(triose)，四碳糖(丁醣)(tetrose)，五碳糖(戊醣)(pentose)，六碳糖(己醣)(hexose)，七碳糖(庚醣)(heptose)等。

對於單醣類之結合物而區分者則視其所結合之單醣數而行之。結合二個者稱為貳醣類(disaccharide)，結合三個者稱為叁醣類(trisaccharide)，結合四個者稱為肆醣類(tetrasaccharide)，結合多個者稱為多醣類(polysaccharide)。又隨其組成單醣之種類而區分之，則有五碳糖結合物之五碳多醣體(多縮戊醣)(pentosan)及六碳糖結合物之六碳多醣體(多縮己醣)(hexosan)等。

照上述之區別法以區分醣類，則有如下表之種類。

第 3 表 醣(碳水化合物)之分類表

|     |     |      |                                       |
|-----|-----|------|---------------------------------------|
| 單醣類 | 二碳糖 | 醛糖   | glycol-aldehyde                       |
|     | 三碳糖 | 醛糖   | glycerose (甘油糖, 一名 glyceric aldehyde) |
|     |     | 酮糖   | dihydroxyacetone                      |
|     | 四碳糖 | 醛糖   | erythrose 糖                           |
|     |     | 酮糖   | erythrulose 糖                         |
|     | 五碳糖 | 醛糖   | arabinose (樹膠糖), xylose (木糖)          |
|     |     | 酮糖   | arabo-ketose, xylo-ketose             |
|     |     | 甲基戊醣 | 鼠李糖(rhamnose), 藻糖(fucose)             |
|     | 六碳糖 | 醛糖   | 葡萄糖、半乳糖、甘露糖                           |
|     |     | 酮糖   | 果糖、清涼菜糖(sorbose), glutose             |
|     | 七碳糖 | 醛糖   | manno-heptose                         |

|     |                    |                           |
|-----|--------------------|---------------------------|
| 貳醣類 | 蔗糖                 | (葡萄糖+果糖)                  |
|     | 麥芽糖                | (葡萄糖+葡萄糖)                 |
|     | 乳糖                 | (葡萄糖+牛乳糖(galactose))      |
|     | 麥角糖(trehalose)     | (葡萄糖+葡萄糖)                 |
|     | 美利比糖(melibiose)    | (葡萄糖+牛乳糖)                 |
| 叁醣類 | 棉子糖(raffinose)     | (葡萄糖+果糖+牛乳糖)              |
|     | 美利苣糖(melicitose)   | (葡萄糖+果糖+葡萄糖)              |
| 肆醣類 | 地盤糖(stachyose)     | (二牛乳糖+葡萄糖+果糖)             |
|     | 綠皮糖(lupeose)       | (二牛乳糖+葡萄糖+果糖)             |
| 多醣類 | 多縮戊醣<br>(pentosan) | xylan (n 木糖(xylose))      |
|     |                    | araban (n 樹膠糖(arabinose)) |
|     | 多縮己醣<br>(hexosan)  | glucan (n 葡萄糖) 纖維素、澱粉、糊精  |
|     |                    | fructan (n 果糖) 菊糖(inulin) |
|     |                    | mannan (n 甘露糖)            |
|     |                    | galactan (n 半乳糖)          |

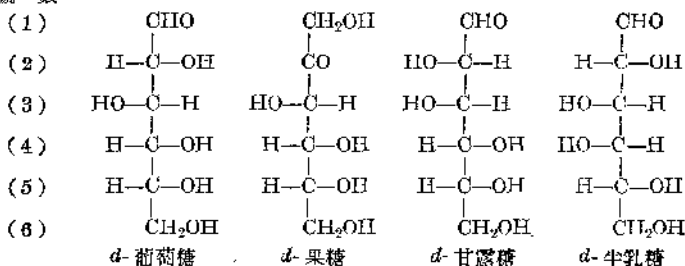
## 第二章 醣類之結構式

1. 醛式及酮式 ( $\mu$ -型) 醣類之結構式，從來皆以醛式及酮式表之。此種式固然不能表示醣類所具之一切性質，但因其簡便，在無妨礙時，迄今猶用之。

在普通醣類中，縱為單醣，而亦不能認有遊離狀之醛基或酮基存在。但在醣類之衍生物中，據最近之研究，確知實有含遊離醛基或酮基之開鏈狀型。此稱為  $\mu$ -型。例如 2,3,4,5,6-五乙醯基 (penta-acetyl)-*d*-葡萄糖，即呈奚夫 (Schiff) 氏之醛反應 (洋紅 fuchsin 反應)。此乃表示其結構為含醛基之開鏈狀者。此稱為五乙醯基- $\mu$ -*d*-葡萄糖，[烏爾夫朗 (Wolfrom) 氏說，見 J. Am. Chem. Soc., 1929, 51, 2188 頁中]。又  $\mu$ -型糖尚可認為後述之  $\alpha$ -型糖與  $\beta$ -型糖互相變化時，所生成之中間體，即  $\alpha \rightleftharpoons \mu \rightleftharpoons \beta$ ，但確否未定。

單醣類之醛式或酮式，如以投影式 (projection formula) 示之，則有如下之各例。

碳原子  
號 數



2. *d*-糖及 *l*-糖 醣類名稱之前所附之符號，最初為表示旋光性者。其右旋性 (dextro-rotatory) 之糖，附以 *d* 號；左旋性 (laevo-rotatory)

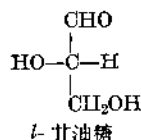
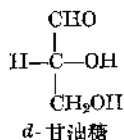


者附以 *l* 號。但醣類之結構，雖極相類似，而因其分子中之細微差異，致或為左旋，或為右旋。故單用此命名法，殊無多大意義。

至一八九〇年愛米爾費霞 (E. Fischer) 氏始變更其命名意義，凡以 *d*, *l* 表示者非依其旋光性，乃依其醣類相互間之關係。即先以 *d*-葡萄糖為基準，自此 *d*-葡萄糖變化而衍生之一切糖皆稱為 *d*-糖；其以 *l*-葡萄糖為基準而變化衍生者又皆稱為 *l*-糖也。因之，通常之果糖，雖為左旋性而不命以 *l*-果糖而名為 *d*-果糖，以其衍生自 *d*-葡萄糖也。

費霞氏此命名法，甚為合理，但亦有時極不正確。例如普通右旋性之木糖，費霞氏命以 *l*-xylose，以其導自 *l*-葡萄糖之故。但此木糖又可由 *d*-葡萄糖衍生而出。故 *d*, *l* 之名稱，在此種時候，全不能有明瞭之區別。

於是一九二三年烏爾 (Wohl) 及佛羅倚敦保 (Freudenberg) 兩氏，又提出一新命名法，現已次第實行。其法以最簡單之甘油糖 (glycerose) 為基準。此糖之結構為  $\text{CH}_2\text{OH} \cdot \overset{*}{\text{CHOH}} \cdot \text{CHO}$ ，其與第一醇基相鄰接之不齊碳原子，即以星狀記之者，可作為標準。OH 在右邊者為 *d*-甘油糖，OH 在左邊者為 *l*-甘油糖。凡與此 *d*-甘油糖有同樣之立體配置者均稱為 *d*-糖。其立體配置與 *l*-甘油糖同者均稱為 *l*-糖。至於糖之實在旋光性則別以 (+) 或 (-) 符號示之。例如 *d*(+)-葡萄糖，*d*(-)-果糖等是也。基準甘油糖之結構式，書之如次。如醇基寫在下方而以投影式表之者，則與第一醇基 ( $-\text{CH}_2\text{OH}$ ) 隣接之不齊碳原子，右側附有 OH 者為 *d*-糖，左側有 OH 者為 *l*-糖，甚為明瞭。



故以投影式表示醣類之配置 (configuration) 時，如將第一醇基書