



糖及澱粉工業

商務印書館

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. 醛式及酮式(μ -型).....	6
2. d -糖及 l -糖.....	6
3. α -糖及 β -糖.....	9
4. 環氧化丁烷式.....	10
5. 環氧化戊烷式(六角環式、呋喃糖式).....	11
6. γ -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. 脎反應.....	23
6. 甲基化.....	23
7. 乙醚化.....	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(戊糖).....	27

1. 樹膠糖	27
2. 木糖	28
第二節 六碳糖(己醣)	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. 美利苲糖	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. 世界之精業國	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
第六章 煎糖及結晶法	118
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
第七章 分蜜及製品整理	138
1. 分蜜機	138
2. 製品整理	139
3. 乾燥	140
4. 糖之結結	140
5. 糖之保存性與安全係數	141
第八章 廢糖蜜	142
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
第九章 耕地白糖	147
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. 製造白糖之碳酸法	148
6. 用活性炭製白糖法	158

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.....	158
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. 甜菜糖蜜中蔗糖之收回.....	198
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. 飲食物着色用蔗糖	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(碳水化合物)

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，亦稱碳水化合物(carbohydrates)。

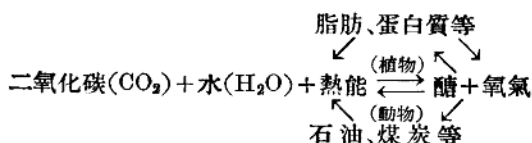
醣之大多數得以通式 $C_x(H_2O)_y$ 表之。因其元素組成比中，氫、氧二元素為 2:1，恰與構成水時之比相同，以此而與碳相結合，故有碳水化合物之稱。

但亦有與上列通式相符合而非碳水化合物者，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合物者，如甲基戊醣 (methylpentose) 之式為 $C_6H_{12}O_6$ 是也。要之無論其符合通式與否，而前述之界說，則足以表示碳水化合物而無疑。

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，而此醴及由醴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：



醴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醴。故醴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. 工業原料用之醴類 醴爲構成植物體之主成分者，故作爲工業原料，甚爲重要。茲將可爲工業原料醴，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。

更將工業原料用之醴類材料及其主要製品，列表於次：

第 1 表 醴類原料及其主要製品

原料	製品
I. 糖質原料	
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。
II. 澱粉質原料	
稻米	黃酒、澱粉、飴糖等。
大麥	啤酒、威斯克酒、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
塔皮樓卡(tapioca)樹根	澱粉、澱粉糖、糊精。
枕榔(sago)	澱粉
III. 纖維素質原料	
木材	紙、人造絲、木炭、醋酸、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	醛醣	glycol-aldehyde
	三碳糖	醛醣	glycerose (甘油糖, 一名 glyceric aldehyde)
		酮醣	dihydroxyacetone
	四碳糖	醛醣	erythrose 糖
		酮醣	erythrulose 糖
	五碳糖	醛醣	arabinose(樹膠糖), xylose(木糖)
		酮醣	arabo-ketose, xylo-ketose
		甲基戊醣	鼠李糖(rhamnose), 藻糖(fucose)
	六碳糖	醛醣	葡萄糖、半乳糖、甘露糖
		酮醣	果糖、清涼茶糖(sorbose), glucose
	七碳糖	醛醣	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)	
		美利莨糖(melicitose)	(葡萄糖+果糖+葡萄糖)	
肆醣類	{	地蠶糖(stachyose)	(二牛乳糖+葡萄糖+果糖)	
		藤皮糖(lupeose)	(二牛乳糖+葡萄糖+果糖)	
多醣類	{	多 醣 戊 醣 (pentosan)	xylan	[n 木糖(xylose)]
			araban	[n 樹膠糖(arabinose)]
		多 醣 己 醣 (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 牛乳糖)			

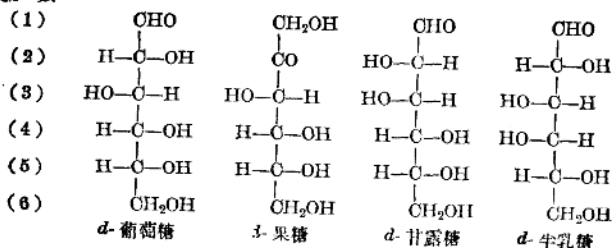
第二章 醣類之結構式

1. 醛式及酮式 (μ -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 μ -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- μ -*d*-葡萄糖，(烏爾夫朗 (Wolfrom) 氏說，見 J. Am. Chem. Soc., 1929, 51, 2188 頁中)。又 μ -型糖尚可認為後述之 α -型糖與 β -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，則有如次之各例。

碳原子
號數



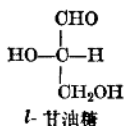
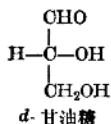
2. *d*-糖及 *l*-糖 醣類名稱之前所附之符號，最初為表示旋光性者。其右旋性 (dextro-rotatory) 之糖，附以 *d* 號；左旋性 (laevo-rotatory)

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，乃依其糖類相互間之關係。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 $\text{CH}_2\text{OH}\cdot\overset{*}{\text{C}}\text{HOH}\cdot\text{CHO}$ ，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。



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

置下方者，則此醇基上鄰之碳原子所結合之 OH，在右側者應全稱為 *d*-糖也。又烏爾及佛羅倫敦保兩氏主張糖類投影式之第一醇基書在下方者，自上鄰之碳原子起，凡在碳原子之右側者如為 OH，皆作為 *d*，如為 H，皆作為 *l*，以此表示，頗為便利云。但此主張中之碳原子號數，為普通所書者之逆。

碳原子
號 數

(6)

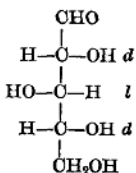
(5)

(4)

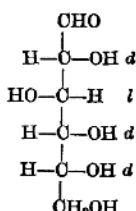
(3)

(2)

(1)

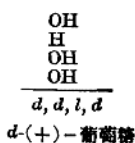
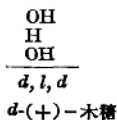


d-(+)-木糖

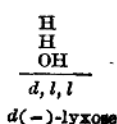
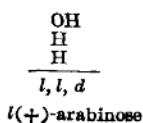
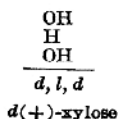
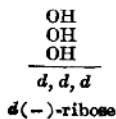


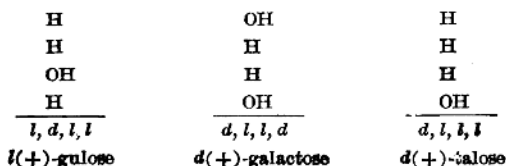
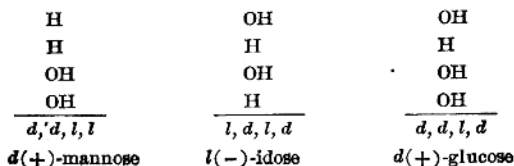
d-(+)-葡萄糖

如不以式而單以記號示之，亦甚為明瞭。即



如照烏佛二氏之命名法，則費霞氏所記載之天然右旋木糖，應為 *d*(+)-xylose，而不為 *l*-xylose 也。烏佛二氏之新名法，固不能謂為全行合理，但命名完全依據結構，則明瞭而且便利，似可以言。茲依此新命名法而將主要單醣類示之，則如次。





3. α -糖及 β -糖 調製糖液以觀測其旋光度時，因其溶液之新鮮與否，而旋光度有變化。即自其調製成就之時起，隨時間之經過，而旋光度有漸次增高者，有漸次減低者，最後仍達一定之度數。此種旋光度之變化，稱為變旋光 (mutarotation)。普通以室溫放置約一日間，始可達一定之旋光度數者也。

糖類現此變旋光之原因，認為在同一糖中尚有二種相異之立體異構物存在，得以互相變化。其初旋光度較一定時間後之旋光度高，漸次下降而達一定度者，稱為 α -糖。反之，而初旋光度低，漸次增高以達一定者，稱為 β -糖。糖類溶液之所以於一定時間後達一定之旋光度者，全在其中的 α -糖與 β -糖，以某一定比率達到平衡狀態，共同存在。認為達一定旋光度後之糖類溶液中，有同量或等分子之 α -糖與 β -糖存在者則誤也。

α -糖或 β -糖自其混合液中結晶析出時之條件為其溶媒之種類與其在此溶液中之結晶溫度。即因溶媒之種類與溫度如何，而得使其一方先結晶以出也。茲就數種糖而分揭其 α -型與 β -型之比旋光度，及在溶液中達平衡狀態時之比旋光度如次。

第 4 表 糖之比旋光度(光轉偏極係數)

糖 類	α - 型	β - 型	平 衡 狀 態	α, β 等分子混合物
<i>d</i> - 葡 萄 糖	+111.2°	+17.5°	+52.5°	+66°
<i>d</i> - 半 乳 糖	+144°	+52°	+80.5°	+98°
<i>d</i> - 甘 露 糖	+35°	-17°	+14.6°	+7°
<i>d</i> - 果 糖	+34°	-130.8°	-93°	—
<i>l</i> - 樹 膠 糖	+54°	+17.4°	+105°	—
<i>d</i> - 木 糖	+92°	-20°	+19°	—
麥 芽 糖	+168°(計算)	+118°	+136°(無水物)	—
纖 維 素 糖	+72°(計算)	+16°	+35°	—
乳 糖	+90°	+35°	+55°	—

又 α - 型與 β - 型互相變化時，其生成之中間體，應為前述之 μ - 型糖，即 $\alpha \rightleftharpoons \mu \rightleftharpoons \beta$ 式反應也。但此種想法，尙未能確定。

4. 環氧化丁烯(butylene oxide)式 糖類結構式之醛式與酮式，固屬簡便，但於更進而研究糖類之化學上，頗多不備之點。茲舉其不備點之主要者於次。

(i) 多數糖類不能充分表現遊離醛或酮之性質；

(ii) 說明變旋光之現象時，極感困難；

(iii) 自同一之糖能生成二種甲基配醣物 [(methyl-glucoside) (E. Fischer, 1893.)]

(iv) 醛基或酮基之碳原子，與其他碳原子間，似可認為有氧原子橋之存在(Tollen, 1883.)

因此等理由，在今日遂以環氧化丁烯式代醛式或酮式。茲就 *d*- 葡萄糖而示其環氧化丁烯式於次。