

生 物 化 学

南京农学院化学教研组编

1959年9月

生 物 化 学

高等教育出版社出版

1991年1月

第一單元

本單元所要講的是生物化學的定義，生化的發展簡史及其基本內容，作一簡短扼要的介紹，並討論與生物有關的一些化學組成。

第一章 緒論

- I 生物化学的意义
- II 生物化学的发生和发展阶段
 - (1) 鍊金术家及医化学家的学说
 - (2) 要素说及给养化学等奠定科学的基礎
 - (3) 生物化学的“出生”——重要成份
- III 生物化学及微振动的联系与辩证唯物论
- IV 生物化学的主要内容
 - (1) 生物体内化学过程
 - (2) 机体内物质之转变及利用
 - (3) 生命的化学基础
- V 总括生物化学组成与特征

I 生物化学的意义

生物化学是研究有关生命化学现象的科学，也就是研究生命化学过程组成以及生命现象过程中到科学化学现象的科学。以研究内容来分类可分为：动物生物化学或称生理化学，及植物生物化学的发展未前，则生物学又可分为下列三个阶段：

叙述式化学——主要内容为研究物质的物理化学组成。

研究式化学——主要内容为研究生物体内物质的化学变化，生物环境物质代谢及现代新药关系的维生素，激素及酶类等主要性物质及功用。

机能式化学——主要内容是研究生命过程，即代谢，及为生理过程来研究生物体内化学变化。

这三个阶段皆互有相联系而决不是彼此孤立。机能式生物化学是生物化学的最为发展。

II 生物化学的组成和发展阶段

唯物主义的界限与唯心主义的界限相区别

(1) 鍊金术家及医化学家的学说：

由于社会物质生活发展的需要，尤其是由于医药和农业等部门的需要，同时由于自然科学，尤其化学和生物学的逐渐发展，关于研究有生命物质的化学构造，和有机体内化学变

也还在规律，在很久以前就发生了。最初，炼金术家曾试图利用化学方法来创造有生命的机体，又企图用化学方法来制备一种能治愈百病，或使人返老还童的灵丹妙药。然而他们都失败了。继承前进一步发展的第十八世纪启蒙运动的化学家，他们主张「炼金术者就在焉」，并非在于制造金银，而是在于创造医学。内方与美德了。他们认为无论是健康者或患病者机体的生命过程，都应受到化学的规律所支配，来进行治疗，才能获得上等的健康。循着这个方向，医生们曾获得了一定的成果。例如他们曾发现，汞元素等制汞应用到临床医学上，在实验室中他们证明了定量分析在有机生命过程过程中的重要意义。他们曾发现，显示一种重要的物质——在「同化液」中含有一种参与机体中化学变化的特殊物质「酶」。

研究生命的化学，虽然已有一些进展，但是一些前进，在获得了一些初步成就，但是一开始就受到形而上学的、唯心主义的「活力论」的影响和阻碍。「活力论」认为机体内的化学过程，似乎是由于某种超自然的、不可认识的「活力」所支配，这种虚弱的反科学论，始终为反动阶级利益服务的。为建立来速是研究生命科学的敌人。

(二) 罗蒙诺索夫给生命化学奠定了新的基础。

伟大的俄罗斯科学的开拓者，罗蒙诺索夫在1748年发现了新的自然规律——物质和运动不灭定律。他发现了一切生命物质和无机物质同样地受着自然规律的支配，如无机生命的物体和无机物质一样也可以无止境地被认识和认识，因此化学不仅为研究生命过程，而且研究有生命界亦可，并且起着越来越重要的作用。罗蒙诺索夫的伟大成就在生物学和化学中起着伟大的作用。他命令「打倒」，同时给生命科学的科学研究带来了科学的唯物论观点，使科学的研究摆脱了化学的皮层中起了很大而富有成果的影响。

1828年德国化学家魏勒（Wöhler）由无机物合成第一对有机生命有关的有机物——尿素，这样就光辉地证实了罗蒙诺索夫科学地物论的方针，同时打破了「活力论」认为在生命与生命物质之间有着一道不可逾越的鸿沟的看法。从此时这彻底揭穿了认为有机化合物是不可认识的观念，许多有机化合物不久不断地由无机物质制成，在这个基础上1861年布特列洛夫光辉地创立了有机化合物唯物论的结构理论，这理论

又更逐步推到了许多有关生命物质的合成。

(三) 生物化学的产生和它的两个重要部分

现代生物化学是由有机化学和生理学的交叉而发展起来的；必成为一门独立的科学还不迟是十九世纪末叶的事。由于医学和农学的需要是一门新兴的科学，它的发展很迅速，是异常迅速的。它的两个重要的、互相联系联系的部分是：研究有关生命物质的构成成份，它们的合成与合成和它们在生命物质中的化学过程。

有机化学除了研究一般无机物外，还从事于研究有机物的组成和性质。化学成份，阐明了生命物质的基本组成是由二种物质——蛋白质、脂肪、碳水化合物——所构成，研究这些物质对于生物化学的发展有贡献，其中尤以蛋白质、碳水化合物和脂肪最为重要。研究其组成，贝尔纳氏用人工方法合成了脂肪，弗什尔氏确定了蛋白质的肽键结构，亨茨基氏研究了血液蛋白或叶素素的构造，并确定了其合成的基础。布雷斯林氏研究了尿与胆汁的化学成份，高列维奇氏发现了许多细胞中蛋白质物质。此外与抗体有关的新多维生素、激素、酶、维生素等都被研究和用人工合成法来制造。

在研究生物化学过程另一方面也有重要的事实在进展。俄罗斯学者基尔赫氏在十九世纪初期就指出可在小麦和大麦中含有淀粉酶，可以淀粉质或糖，俄国生理学家叶利谢维茨氏在研究呼吸二氧化碳与葡萄糖的氧化过程中获得了很大的成就，荷兰植物学家范德瓦耳特氏发现了叶绿素和植物体中合成的作用，并发现说明了光合作用对于人类和动物的生活机能的重大意义。范德瓦耳特氏的发现与其在营养和生理机能中的意义。以上只是几项重要事实的举例，生物化学在另一方面的发展上起着决定性作用的是俄国化学家叶利谢维茨氏。叶利谢维茨氏在1849-1856年，他在有机化学和生理学卓越工作同时成为研究生物化学的创始人，他所研究肠液分泌物的功用与意义时，他同时也研究食物中物质到化学变化，因此他不仅创立了现代的消化生理学，同时也创立了消化生理化学。叶利谢维茨氏更研究了抗体对于各种摄生方式的反应；他发现当动物摄取各种不同的食物时，胃酸与肠液的化学成份亦随着食物的种类而变化，由此，他确定了抗体对一切外界条件的改变。

提出方式的发展，即以新陈代射的生化来回答，以得到对环境的认识，最后更清楚地了解机体与外界环境的联系，是由神经内分泌系统，特别是内分泌系统来完成的。

由于理论和应用自然科学的发展，尤其是有机化学和巴甫洛夫生理学的兴起，使生物化学能更确实地揭示新陈代谢、生命物质的成分和性质及各种生命物质中的化学过程，从而对生命现象能从事人类的更为细致的研究。

II 生物化学的发展与理论是辩证唯物论

斯大林写道：「有形的上是对立，辩证法不是把自然界看作彼此隔离，彼此孤立，彼此互不联系的现象或互不联系的现象的堆积，而是把自然界看作内在联系的整体，其中每个现象或每个理想是以相互密切联系着，互相依存着，互相制约着的。」。苏联生物化学所根据的辩证观点是与米丘林生物学和巴甫洛夫生理学的基本理论是密切联系的。苏维埃科学：「有机体与其生活所必需的条件乃是统一的。各种不同有机体为了其本身的发展，需要各种不同的外界条件」。巴甫洛夫说：「动物机体乃是一个最复杂的系统，乃是由彼此互相联系到无边的部份所组成，与外界以统一的整体而存在。这种关于机体的各种生活机能现象，在体内与外界环境是同样的发生生物学。

机体的生活机能，是通过这种来为食物由外界进入体内物质两次生物过程，即生物体的化学过程而进行的。所有这些关系所组成的复杂化学过程以及其他在动物体内所发生的一切化学变化，皆与其他无生命的化学过程相同，无例外地服从物质变化的总规律——物质与运动不可分割，这是由多方面实验所确定的事实，说明生物与非生物的统一性，整个宇宙的统一性，即辩证唯物论。

III 生物化学的主要内容

由上述生物化学的意义，即可略知生物化学的主要内容，更具体地说，生物化学的内容，可包括下列几项：

(一) 生物体的化学成分，即组成生物体的主要物质，特别是有机物质的本质及其性质。

(二) 机体内物质的转变与利用。——这就是说，研究物质在体内的消化、吸收、代谢及排泄，及其与外界之关系。

(三) 生命的化学调节。——因为物质在机体内转变与利用，

第二章 构成生命的基本有机物质

本单元的基本内容是讲构成生命的基本有机物质：醣、脂肪，和蛋白质这三类物质的化学结构和性质。为学习物质代谢奠定基础，此三类物质都是原生质的重要组成成分，而且是以更复杂的状态在自然界中存在，因此要搞清在生物机体中这些物质的变化，必先掌握它们的化学结构、特性，和生理功能。本章告诉给我们基于它们的特性来鉴定一些醣、脂肪，和蛋白质的方法，并联系到在临床上的应用。

第二章 醣类的化学

提要：本章主要介绍醣类的意义、生理功用、分类以及单糖、双糖、多醣的化学结构和性质。读者应首先掌握典型单糖（如葡萄糖、果糖）的化学结构和通性，然后再从单醣的基础上去了解双糖、多醣的结构和性质。用比较分析和逐步深入的方法去认识各种醣类的特性。

I 醣的定义

II 醣的生理功用

- (1) 供给能力
- (2) 构成组织
- (3) 促进脂肪氧化，减少酮体的生成

III 醣的分类

- (1) 依结构中所含单醣的单元而分为单醣、双糖、多醣。
- (2) 依结构中有醛基或酮基而分为醛醣和酮醣。

IV 单醣的化学

- (1) 自然界的重要单醣。
- (2) 单醣的分子结构。

1. 真键形式证明

2. 环型形式证明

(1) 所含的醛基不活泼

(2) 旋光现象

(三) 单糖的性质

物理性质

1. 旋光性

2. 旋光性

3. 甜度

化学性质

1. 醇性

2. 还原性

3. 加合性

(三) 麦芽糖

1. 存在

2. 结构

物理性质

4. 化学性质

(三) 乳糖

1. 存在

2. 结构

3. 物理

4. 化学

IV 多糖的化学

(一) 淀粉

(二) 纤维素

(三) 纤维素

(四) 糖胶

(五) 菊粉

4. 单糖与糖的作用

(1) 单糖与弱碱的作用

(2) 单糖与强碱的作用

5. 单糖与酸的作用

6. 发酵作用

II 双糖的化学

蔗糖 (甘) 的概念和类别

1. 糖和糖

2. 糖和非糖

(一) 蔗糖

1. 存在

2. 结构

3. 物理性质

4. 化学性质

IV 糖的衍生物

(一) 糖的磷酸酯

(二) 糖苷

(三) 糖基苷

(四) 糖多苷

(五) 透明质酸

(六) 硫酸软骨素

(七) 肝素

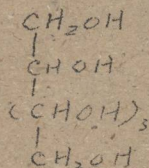
(八) 多聚糖

第二单元 构成生命的基本有机物质

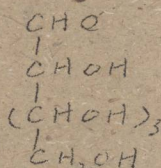
I 醴的定义

醴的绝大多数实验式可用 $C_n(H_2O)_n$ 来代表，因此以前的科学文献醴类是碳水化合物。但这并不很正确，因为并非所有醴类分子中的氢氧二元素的比例都是 2:1，例如葡萄糖分子式是 $C_6H_{12}O_5$ ，其中 $H:O \neq 2:1$ ；反之，含 C, H, O 的化合物分子中 $H:O = 2:1$ 的也不一定是醴，例如乙醇 (CH_3COOH)、乳酸 ($CH_3-CHOHCOOH$) 是有氧醴其分子中 $H:O = 2:1$ ，但并不是醴。因此，现在多不用碳水化合物这名称，而直称醴类。

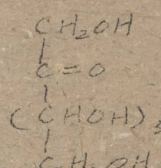
正确的醴的定义是：醴是由碳、氢、氧三种元素构成的一类多羟化合物。单醴是多羟醇的酮或醛的衍生物；双醴是由两个单醴缩合而失去一分子水而成的。多醴是由多个单醴缩合失水而成，例如下列的第一式为多羟醇第二式为第一式或醛衍生物，为醛醴，第三式为第一式或酮衍生物，称酮醴，都是单醴。



多羟乙醇

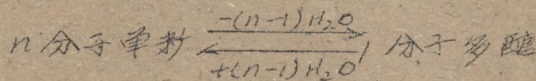
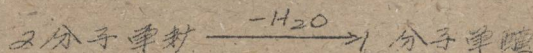


乙醛醴



乙酮醴

单醴、双醴及多醴的关系如下：



II 醴的生理功用

在生物组织中，除蛋白质外，醴最为重要。它是植物生活组织的主要成分，许多植物干重含纤维素有 60%。豆类含淀粉 70% 以上。甘蔗、甜菜含很多蔗糖；果实含葡萄糖果糖。大多数植物含醴在干重 80% 以上，因此我们说，醴是自然界中最丰富的有机化合物。

在人和动物组织内，糖类有供给能力，构成组织，及促进脂肪氧化的作用。

(一) 供给能力：人类及动物维持最重要器官的功能（如心脏的跳动，肺部的呼吸，肠胃的消化，腺体的分泌，体温的保持等），都是不断地需要能力；能力的供给主要靠食物。食物中供给能力的成分主要是糖类及脂肪，而糖类在膳食中的比例比脂肪多，因此糖类是人类及动物能力的主要来源，脑组织所需的能力，是几乎全部由血糖（血中葡萄糖）氧化来供给。每克葡萄糖可产生热量 4 仟卡。

(二) 构成组织：除一般原生质中含有糖类外，所有的神经组织及细胞核皆含有糖的复合物；而且一部份的脂肪是由糖变来的。

(三) 促进脂肪氧化，减少酮体的生成（详见脂肪代谢章）。

人类食物含糖成分表

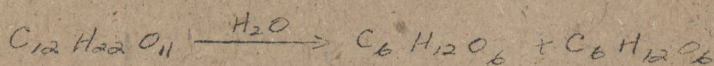
食品名称	糖 % (不包括纤维素)	食品名称	糖 % (不包括纤维素)
大米(九二米)	28	苹果	15
小米	27	橘子	12
面粉(八一面)	74	牛肉	4
玉蜀黍(黄)	73	猪肉	0.9
黄豆	25	猪肝	2.9
地瓜	29	羊肉	0.6
甜萝卜(熟)	5	鲤鱼	微
大白菜	3	鸡蛋	0
梨	12	牛奶	4.6

III 糖的分类:

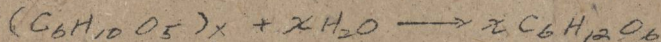
(1) 依结构中所含单糖的数目而分为单糖、双糖、多糖。

1. 单糖: 不能水解为更简单的糖分子, 其通式是 $C_nH_{2n}O_n$, 如葡萄糖 ($C_6H_{12}O_6$), 核糖 ($C_5H_{10}O_5$) 等。

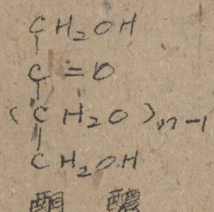
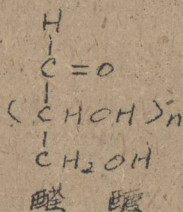
2. 双糖: 可水解而产生两个分子的单糖。如麦芽糖, 乳糖及蔗糖 ($C_{12}H_{22}O_{11}$) 通式是 $C_{2n}H_{4n-2}O_{2n-1}$ 。



3. 多糖: 可水解产生很多分子的单糖, 通式是 $(C_nH_{2n-2}O_{n-1})_x$ 式中 x 可为无数。如淀粉, 纤维素及纤维糖等 ($C_6H_{10}O_5$) $_x$ 。



(2) 依结构中有醛基或酮基而分为醛糖或酮糖。



(3) 单糖中又按它含碳原子多少又分五类:

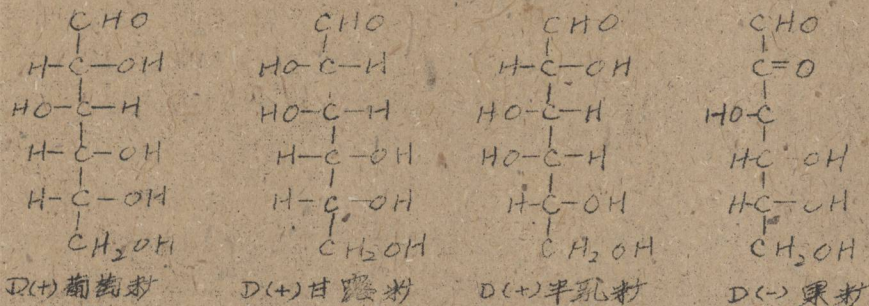
1. 乙酮 如乙酮糖 $CH_2OH-CHO$
2. 丙酮 如甘油醛 $CH_2OHCHOHCHO$

3. 丁醇 如赤藓糖 $\text{CH}_2\text{OHCHOHCHOHCHO}$
 4. 戊醇 如核糖 $\text{CH}_2\text{OHCHOHCHOHCHOHCHO}$
 5. 己醇 如葡萄糖 $\text{CH}_2\text{OHCHOHCHOHCHOHCHOHCHO}$

IV 单糖的化味

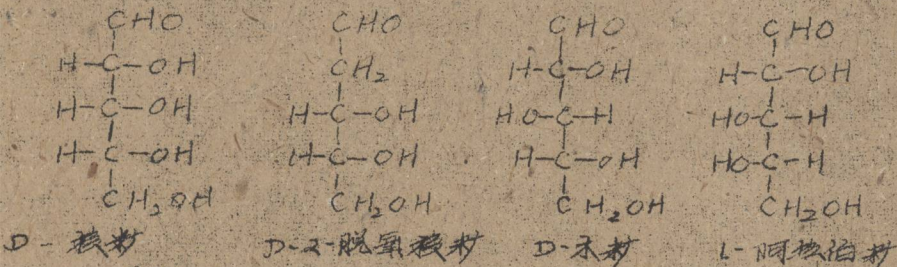
(一) 自然界中的重要单糖

自然界中的单糖以戊糖及己糖为最重要，对人类来说，己糖尤为重要。己糖中以 D-葡萄糖、D-甘露糖、D-半乳糖等醛糖最重要；酮糖中以 D-果糖最重要。



葡萄糖、果糖，在自然界有自由及结合两种型式。其他己醛糖都是多糖的成分，无自然存在的。蜂蜜及果汁中有果糖，树胶及树胶中有半乳糖。从生化观点看来，葡萄糖最重要，动物血中的糖都是 D(+)-葡萄糖。它在体内氧化，发出能力，并可转变为糖元储于肝脏肌肉中备用。植物中的淀粉及纤维素都是由葡萄糖构成的多糖。

戊糖中以 D-核糖、D-2-脱氧核糖、D-阿拉伯糖、D-木糖较为重要。它们都以多糖或其他结合形式存在。核糖为一切细胞核的成分。

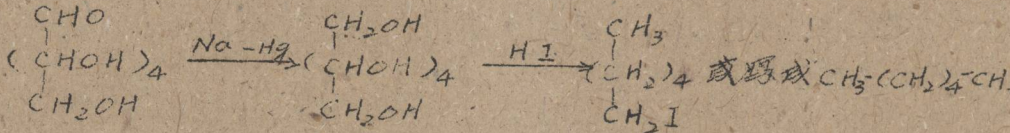


(二) 单糖的分子结构

单糖的结构既不会是直链形，也不会完全成环形，而是两

种形式共同存在。

1. 直链形式式的证明：以葡萄糖为例，当葡萄糖经钠汞（ Na-Hg ）还原后，再与 HI 作用可得己烷的碘化物，这证明了葡萄糖的结构中有直链形结构存在。

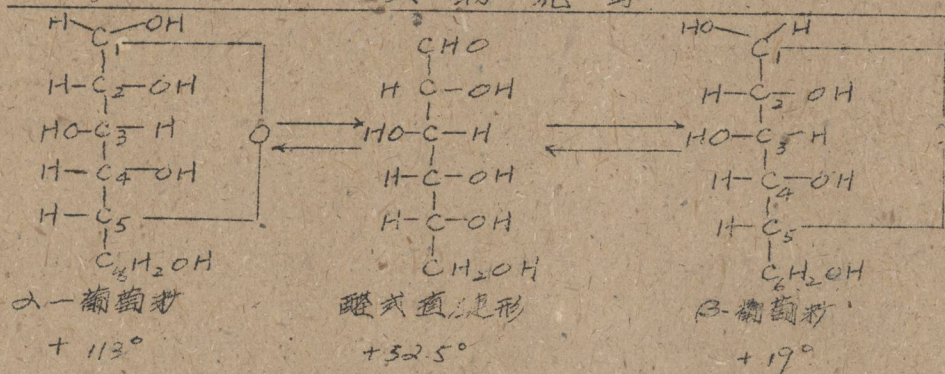


2. 环形式式的证明：葡萄糖的直链形结构不能说明下列事实：

① 所含醛基不活泼：葡萄糖的直链形结构中含有醛基（ $-\text{CHO}$ ），应具有醛类的一切性质，但葡萄糖与亚硫酸氢钠（ NaHSO_3 ）不发生加成作用，也不能被费林试剂（Fehling's reagent）氧化。

② 变旋现象：葡萄糖具有变旋现象：由水或稀醇液于室温结晶的葡萄糖初溶于水为 $+113^\circ$ ，而后比旋光度不断下降，直至 $+52.5^\circ$ 为止。但由水中于 98°C 以上温度结晶的葡萄糖初溶于水比旋光度为 $+19^\circ$ ，而逐渐上升至 $+52.5^\circ$ 为止。这种比旋光度改变的现象称为变旋现象。这种现象表明：在葡萄糖溶液中存在有两种不同比旋光度的物质，而且它们彼此互变。但从理论上讲，一个固定排列的醛基应有一定不变的比旋光度，而葡萄糖之所以有更变的比旋光度，必定因为它在某种结构上增加了一个不对称的碳原子，这种结构必定是环形才可以，因为葡萄糖成为环形结构时，第一个碳原子变成了不对称碳原子（ C 的醛基变成了仲羟基），由于比直链形时增加了一个不对称碳原子，所以可以增加两个光学异构体。

从以上事实推证，葡萄糖的分子结构必定是环形与链形共同存在，且以一种光学异构体（ α -葡萄糖）变成另一种光学异构体（ β -葡萄糖），其中经过直链形结构。



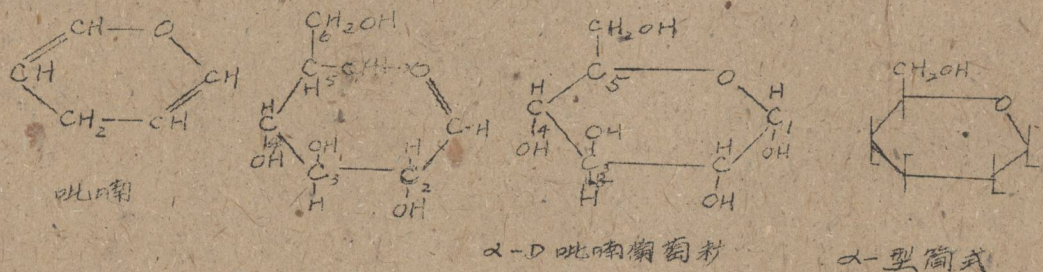
此三种形式在溶液中之比例为平衡状态， α -型占33%， β -型占67%。醛式直链形甚少，低于0.1%，因又不能与 NaHSO_3 、西美试剂起反应。

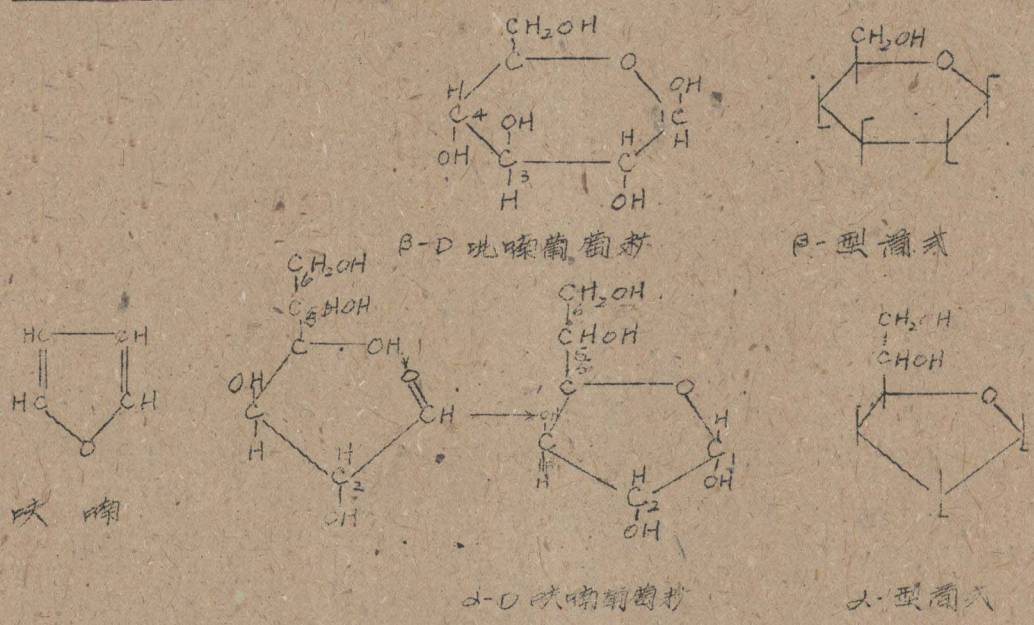
α -葡萄糖的比旋光度为 $+113^\circ$ ， β -葡萄糖比旋光度为 $+19^\circ$ 。两者于溶液中达到平衡状态，因此最终测定的旋光度是 $+52.5^\circ$ 。

C_1 上的羟基与 C_5 伯羟基在同一侧的称为 α -型，不在同一侧的称为 β -型。五元杂环 C_1 上的羟基是分子内酯缩缩合而形成成的，叫半缩醛羟基。

上面的葡萄糖环型结构式为1-5型（氧桥是 C_1 和 C_5 二个碳原子相连）。

除1-5型外，葡萄糖的环型结构还可以有1-4型（氧桥是 C_1 和 C_4 两个碳原子相连）。1-4型的葡萄糖称做端基，又称还原葡萄糖。由于1-5型的结构与吡喃相似，而1-4型的结构与呋喃相似，哈成士（Haworth）因之称1-5型的环型称为吡喃糖，称1-4型的为呋喃糖。





1-5型比1-4型稳定，因1-5型的是六元环的张力比1-4型的小。

(三) 单糖的性质

物理性质：单糖的重要物理性质为其旋光性、变旋性、及甜度。

1. 旋光性：一切单糖都含有不对称的碳原子，所以都有旋光的能力，能使偏光（或旋光）的平面向右或向左。使偏光面向右转的称右旋糖，以 (+) 号表示如 D(+)-葡萄糖。使偏光面向左转的称左旋糖，以 (-) 号表示如 D(-)-果糖。

2. 变旋性：一不旋光溶液放置后，变旋性比旋光度到现象称为变旋，变旋的原因是单糖从一种结构α-型变到另一种结构β-型。或者相反从β-型变为α-型，一切单糖都有变旋现象。

单糖的比旋光度

糖	α-型	平衡	β-型
D(+)-葡萄糖	+113°	+52.5°	+19°
D(+)-半乳糖	+144°	+80.5°	+15.4°
D(+)-甘露糖	+34°	+14.6°	-17°
D(-)-果糖	-21°	-96°	-133.5°