

磷酸戊糖代谢途径的新修正

磷酸戊糖途径，是糖有氧化的重要支路。它提供生物合成所需要的 NADPH，为核酸代谢提供戊糖，并通过酵解的中间产物为生物提供能量。

磷酸戊糖途径可划分为先后两个阶段，氧化为第一阶段，从葡萄糖开始通过脱氢和脱羧作用生成磷酸戊糖；非氧化为第二阶段，磷酸戊糖经过酶的转换和缩合作用（分子重排）又形成六碳糖和三碳糖（图 1、图 2）。

磷酸戊糖途径是根据 1948 年 Horeker, Gibbs, Klenon 和 Smyrniolis 的实验确定的，他们发现某些组织中糖的代谢和 EMP 不同，即糖酵解中的 3-②-甘油醛脱氢酶易被 ICH_2COOH 抑制，而另一些组织中则不被抑制；某些组织中糖酵解的脱氢酶需 NAD^+ ，而另一些组织中则需要 NADP^+ ，糖酵解过程中某些组织糖的第六个和第一个碳原子被氧化的机会相等，而另一些组织糖的第一个碳原子被氧化的机会多于第六个

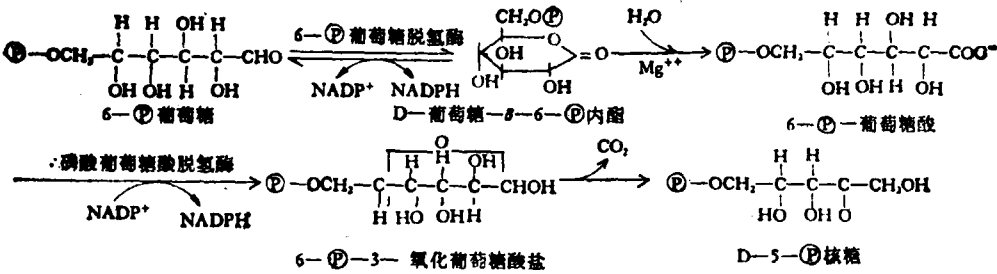


图 1 磷酸戊糖循环的氧化阶段

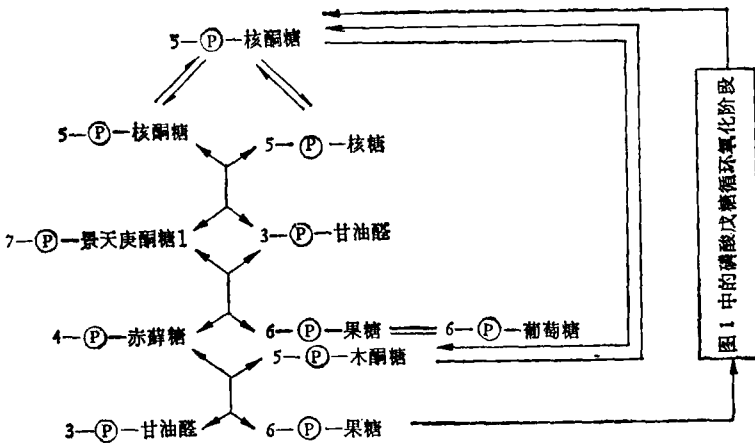


图 2 1954 年提出的磷酸戊糖途径非氧化阶段的假想

1. ①-木酮糖-3-差向异构酶 (EC. 5.1.3.1)
2. 5-②核糖异构酶 (EC. 5.3.1.6)
3. 转羟乙醛基酶 (EC. 2.2.1.1)
4. 移位酶 (EC. 2.2.1.2)
5. 磷酸葡萄糖异构酶 (EC. 5.3.1.9)

(亦即 $C_1 > C_4$)。依据转羟乙醛基酶——移位酶的作用顺序, 1954 年提出了磷酸戊糖代谢途径的设想。但它与当时的同位素追踪实验结果不十分符合。1963 年, Katz, J 和 Wood, HG 通过鼠肝的酶提取液实验证明, 磷酸戊糖支路的第二阶段的设想是不妥当的。1978 年, Williams Clark 和 Blackmore 用 Horeker 等人的方法, 将丙酮干燥, 仍保持酶活力的鼠肝提取物, 进行离子交换色层分析, 经不同时间保温后, 再分析反应中所有磷酸化的糖, 发现有五个新的中间产物(即 7-磷酸-D-景天庚酮糖; 7-磷酸-D-艾杜型庚糖; D-甘油醛-阿卓型-1,8-二磷酸辛糖; D-甘油醛-D-1,8-二磷酸辛酮糖, D-5-磷酸-阿拉伯糖)。这是最早证明生物可以利用阿拉伯糖, 并且也证明了有阿拉伯糖 L-差向异构酶的存在。这个酶催化如下反应:

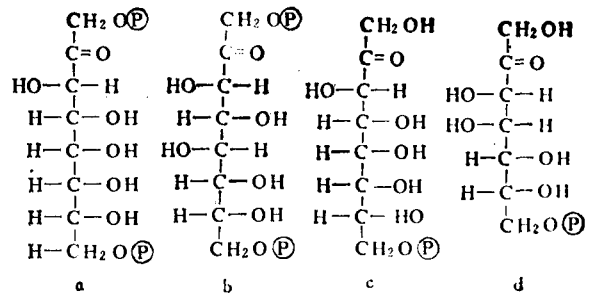
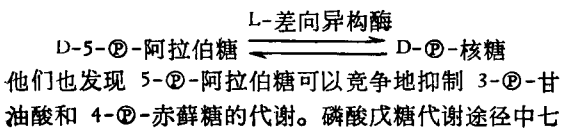


图3 磷酸戊糖代谢途径中七碳糖和八碳糖的结构
a. D-甘油醛型-D-艾杜型-1,8-二 \textcircled{P} 辛糖 6. D-甘油醛型-D-艾杜型-1,8-二 \textcircled{P} 辛酮糖 C. 7- \textcircled{P} -阿卓型-庚酮糖 d. D-7- \textcircled{P} -甘露糖型庚糖

碳糖和八碳糖的结构式见图 3。

Williams 等根据这些新的证据对非氧化阶段提出比 Katz 和 Wood 更为满意的设想, 他们发现原第二阶段缺乏转二羟丙酮基酶反应, 却有醛缩酶的存在。转

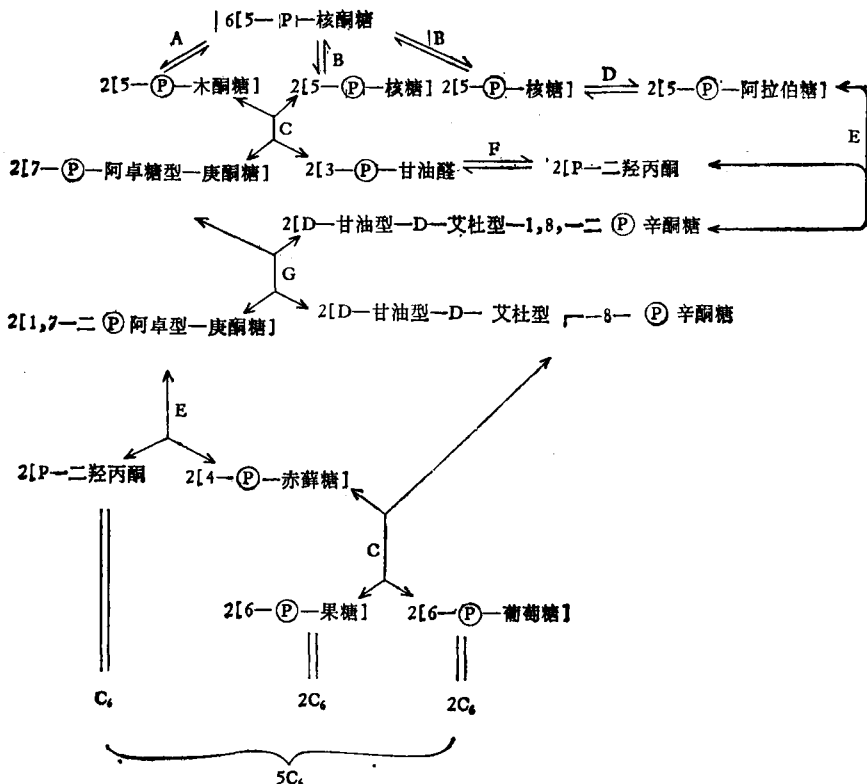


图4 磷酸戊糖途径非氧化阶段修正图(译者稍做改动)

A. 木酮糖-3'-差向酶 (EC. 5. 1.3.1) B. 磷酸核糖异构酶 (EC. 5.3.1.6) C. 转羟乙醛基酶 (EC. 2.2.1.1.) D. \textcircled{P} -阿拉伯糖 2'-差向酶 E. 醛缩酶 (EC. 4.1.2.13) F. 磷酸丙糖异构酶 (EC. 5.3.1.1) G. 磷酸转移酶

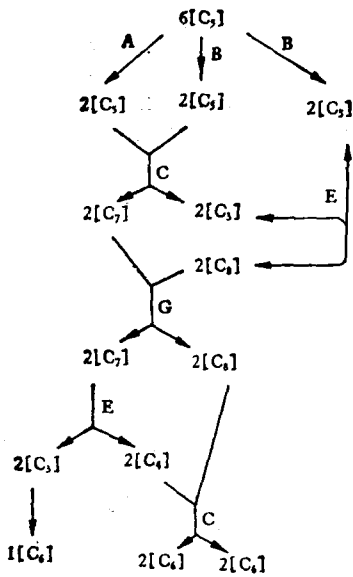
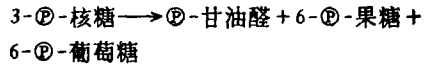


图5 磷酸戊糖代谢途径非氧化阶段反应略图

二羟丙酮酶是由最初高浓度的 5-②-戊糖抑制的。当 5-②-戊糖浓度下降时，转二羟丙酮酶的抑制被解除，从而形成了新的反应。因此，非氧化阶段的主要反应概括为图 4。

图 5 是图 4 反应的简化形式：与图 4 中有关的一些反应见图 6。

因此，其总反应式为：



综上所述，从六个葡萄糖出发经一个磷酸戊糖循环，取回五个六碳糖，消耗一个六碳糖，生成 38 个 ATP。

现在 Williams 等人根据 Katz 和 Wood 提出的方案，用鼠肝作材料，对磷酸戊糖代谢途径进行研究并提出较满意的修正方案，不但解释了原来 Horeker 的标记实验结果，也解释了旧方案所不能解释的实验结果，把实验结果和理论推想统一起来。这种新的观点即将写入新的教科书中。

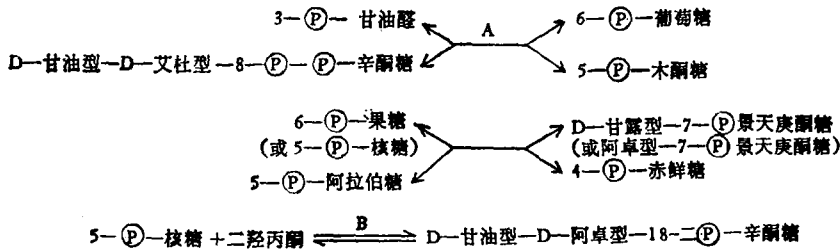


图6 磷酸戊糖循环非氧化阶段继续进行的附加反应

A. 图 4 中的转羟乙醛基酶 (EC. 2.2.1.1.)

B. 图 4 中醛缩糖 (EC. 4.1.2.13)

[Mujaja, B.W.: *Biochemical Education*, 3 (3), 76-78, 1980. 徽州师范

专科学校蒋立科 复旦大学生物系张培德摘译 沈仁权审校]

(上接第 74 页)

表 3 不同山豆分析结果 (%)

山豆名称	该法分析结果	其它方法分析结果	备注
扁荚	0.0786	0.07—0.10	国内纸层析
黑咀黑龙江	0.1971	0.17—0.23	国内纸层析
Puse-24	0.1981	0.2	美国分析结果

同一样品用该法分析与国内外分析结果基本一

致，说明该法定量比较准确。

参 考 文 献

- [1] Rao, S. L. N. et al.: *Biochem Pharm.*, 16, 218, 1967.
- [2] 兰州大学化学系等: 《兰州大学学报》, 2, 45, 1975.
- [3] Nagarajan, V. et al.: *Med. Res.*, 559, 1011, 1967.
- [4] 陕西省土肥所品种资源组等: 《低毒山豆研究阶段报告》, 1981.

[本文于 1983 年 9 月 27 日收到]