

Tổng hợp kiến thức về Monosaccarit

Monosaccarit là nhóm hợp chất hữu cơ quan trọng, thuộc loại cacbohidrat đơn giản nhất. Chúng là nền tảng cấu tạo nên các loại đường phức tạp hơn như disaccarit và polisaccarit. Trong chương trình Hóa học lớp 12, hai monosaccarit quan trọng nhất là glucozơ và fructozơ.

I. Định nghĩa và Phân loại Monosaccarit

1. Định nghĩa

Monosaccarit là những cacbohidrat đơn giản nhất, không thể thủy phân được thành các phân tử đường nhỏ hơn.

- **Công thức chung:** $C_n(H_2O)_n$ hoặc $C_nH_{2n}O_n$ (với $n \geq 3$).
- **Ví dụ:** Glucozơ ($C_6H_{12}O_6$), Fructozơ ($C_6H_{12}O_6$), Ribozơ ($C_5H_{10}O_5$).

2. Phân loại

Monosaccarit được phân loại dựa trên hai tiêu chí chính:

- **Dựa vào số nguyên tử Cacbon (n):**
 - **Trioza (n=3):** Ví dụ: Glixerandehit ($C_3H_6O_3$).
 - **Tetroza (n=4):** Ví dụ: Erythroza ($C_4H_8O_4$).
 - **Pentoza (n=5):** Ví dụ: Ribozơ, Deoxiribozơ ($C_5H_{10}O_5$, $C_5H_{10}O_4$).
 - **Hexoza (n=6):** Ví dụ: Glucozơ, Fructozơ, Galactozơ ($C_6H_{12}O_6$).

- **Dựa vào nhóm chức cacbonyl:**

- **Andozơ (Aldose):** Chứa nhóm andehit (-CHO). Ví dụ: Glucozơ, Ribozơ.
- **Xetozơ (Ketose):** Chứa nhóm xeton ($>C=O$). Ví dụ: Fructozơ.

II. Glucozơ ($C_6H_{12}O_6$)

Glucozơ là một andohexoza, là loại đường phổ biến và quan trọng nhất.

1. Trạng thái tự nhiên và Tính chất vật lí

- **Trạng thái tự nhiên:** Có trong hầu hết các bộ phận của cây như lá, hoa, rễ, và nhiều nhất trong quả chín (đặc biệt là quả nho, nên còn gọi là đường nho). Có trong mật ong (khoảng 30%) và trong máu người (nồng độ ổn định khoảng 0.1%).
- **Tính chất vật lí:** Là chất rắn, dạng tinh thể không màu, dễ tan trong nước, có vị ngọt nhưng không ngọt bằng đường mía.

2. Cấu trúc phân tử

Các thí nghiệm thực tế đã chứng minh cấu trúc của glucozơ:

1. Có phản ứng tráng bạc và bị oxi hóa bởi nước brom $\rightarrow$ có nhóm -CHO.
2. Tác dụng với $Cu(OH)_2$ tạo dung dịch màu xanh lam $\rightarrow$ có nhiều nhóm -OH kề nhau.
3. Tạo este chứa 5 gốc axit $\rightarrow$ có 5 nhóm -OH.
4. Khử hoàn toàn bằng HI cho hexan $\rightarrow$ có 6 nguyên tử C tạo thành mạch không phân nhánh.

a. Dạng mạch hở

Từ các bằng chứng trên, ta có cấu trúc mạch hở của glucozơ:

Công thức cấu tạo: $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{CHO}$

Đây là cấu trúc của một pentahidroxi anđehit.

b. Dạng mạch vòng

Trong dung dịch, glucozơ tồn tại chủ yếu ở dạng mạch vòng 6 cạnh (dạng piran). Nhóm -OH ở C5 cộng vào nhóm -CHO tạo ra hai dạng vòng khác nhau gọi là anome:

- **α -glucozơ:** Nhóm -OH hemiaxetal ở C1 hướng xuống dưới mặt phẳng vòng.
- **β -glucozơ:** Nhóm -OH hemiaxetal ở C1 hướng lên trên mặt phẳng vòng.

Trong dung dịch, hai dạng này chuyển hóa lẫn nhau thông qua dạng mạch hở theo một cân bằng động.

3. Tính chất hóa học

a. Tính chất của ancol đa chức (poliancol)

Glucozơ tác dụng với $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ở nhiệt độ thường tạo ra dung dịch phức đồng-glucozơ có màu xanh lam đặc trưng.

- **Phương trình:** $2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_6)_2\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{O}$
- **Hiện tượng:** Kết tủa $\text{Cu}(\text{OH})_2$ màu xanh lam tan ra, tạo thành dung dịch màu xanh lam đậm.
- **Ví dụ:** Nhỏ dung dịch glucozơ vào ống nghiệm chứa kết tủa $\text{Cu}(\text{OH})_2$, lắc nhẹ, kết tủa tan.

b. Tính chất của andehit (-CHO)

Glucosơ thể hiện tính khử của nhóm andehit.

1. Phản ứng tráng bạc (với dung dịch $\text{AgNO}_3/\text{NH}_3$):

- **Phương trình:** $\text{CH}_2\text{OH}[\text{CHOH}]_4\text{CHO} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH}[\text{CHOH}]_4\text{COONH}_4$ (amonit gluconat) + $2\text{Ag}\downarrow + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- **Hiện tượng:** Xuất hiện lớp bạc sáng bóng bám trên thành ống nghiệm.
- **Ví dụ:** Đun nóng nhẹ hỗn hợp dung dịch glucosơ và thuốc thử Tollens.

• Phản ứng với $\text{Cu}(\text{OH})_2/\text{OH}^-$ khi đun nóng:

- **Phương trình:** $\text{CH}_2\text{OH}[\text{CHOH}]_4\text{CHO} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH}[\text{CHOH}]_4\text{COONa}$ (natri gluconat) + $\text{Cu}_2\text{O}\downarrow$ (đỏ gạch) + $3\text{H}_2\text{O}$
- **Hiện tượng:** Dung dịch màu xanh lam ban đầu chuyển sang kết tủa màu đỏ gạch.

• Phản ứng làm mất màu dung dịch Brom:

- **Phương trình:** $\text{CH}_2\text{OH}[\text{CHOH}]_4\text{CHO} + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH}[\text{CHOH}]_4\text{COOH}$ (axit gluconic) + 2HBr
- **Hiện tượng:** Dung dịch brom màu nâu đỏ bị mất màu.

• Phản ứng khử bởi Hidro:

- **Phương trình:** $\text{CH}_2\text{OH}[\text{CHOH}]_4\text{CHO} + \text{H}_2 \xrightarrow{(\text{Ni}, t^\circ)} \text{CH}_2\text{OH}[\text{CHOH}]_4\text{CH}_2\text{OH}$ (sobitol)
- **Giải thích:** Nhóm andehit bị khử thành nhóm ancol bậc một, tạo ra một poliancol có tên là sobitol.

c. Phản ứng lên men

Dưới tác dụng của các enzym, glucozơ có thể bị lên men.

- **Lên men rượu:** $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{(enzim zima, 30-35}^\circ\text{C)}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$
↑
- **Lên men lactic:** $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{(enzim lactic)}} 2CH_3CH(OH)COOH$ (axit lactic)

4. Điều chế và Ứng dụng

• Điều chế:

- **Trong công nghiệp:** Thủy phân tinh bột hoặc xenlulozơ với xúc tác axit HCl loãng hoặc enzym. $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{(H^+, t^\circ)} nC_6H_{12}O_6$.
- **Trong tự nhiên:** Cây xanh tổng hợp qua quá trình quang hợp. $6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{(ánh sáng, diệp lục)}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$.

• Ứng dụng:

- Là nguồn dinh dưỡng và năng lượng quan trọng cho người và động vật.
- Trong y học: Dùng làm thuốc tăng lực (dạng dung dịch 5%, 10%, 30% để tiêm hoặc truyền tĩnh mạch).
- Trong công nghiệp: Dùng để tráng gương, tráng ruột phích, và là sản phẩm trung gian trong sản xuất etanol từ các nguyên liệu có chứa tinh bột.

III. Fructozơ ($C_6H_{12}O_6$)

Fructozơ là đồng phân của glucozơ, là một xetohexosa.

1. Trạng thái tự nhiên và Tính chất vật lí

- **Trạng thái tự nhiên:** Có nhiều trong quả ngọt và đặc biệt trong mật ong (chiếm tới 40%), làm cho mật ong có vị ngọt đậm.
- **Tính chất vật lí:** Là chất rắn kết tinh, không màu, dễ tan trong nước, có vị ngọt đậm hơn glucozơ và đường mía.

2. Cấu trúc phân tử

a. Dạng mạch hở

Fructozơ có công thức phân tử $C_6H_{12}O_6$, có 5 nhóm $-OH$ và 1 nhóm $>C=O$ ở vị trí C2.

Công thức cấu tạo: $CH_2OH-CHOH-CHOH-CHOH-CO-CH_2OH$

b. Dạng mạch vòng

Trong dung dịch, fructozơ cũng tồn tại chủ yếu ở dạng mạch vòng 5 cạnh (dạng furan) hoặc 6 cạnh, với hai dạng anome là α -fructozơ và β -fructozơ.

3. Tính chất hóa học

Fructozơ có tính chất của một poliancol và tính khử tương tự glucozơ.

- **Tính chất của poliancol:** Tương tự glucozơ, fructozơ tác dụng với $Cu(OH)_2$ tạo dung dịch phức màu xanh lam.

- **Tính chất khử:** Mặc dù là một xeton, fructozơ vẫn có phản ứng tráng bạc và phản ứng với $\text{Cu}(\text{OH})_2/\text{OH}^-$ khi đun nóng. Nguyên nhân là do trong môi trường kiềm (có trong thuốc thử Tollens và Fehling), fructozơ bị chuyển hóa thành glucozơ theo một cân bằng.

Cân bằng chuyển hóa: Fructozơ (trong OH^-) $\rightleftharpoons$ Glucozơ

Sau đó, glucozơ tạo thành sẽ tham gia các phản ứng trên.

- **Phản ứng với Hidro:** Khi bị khử bởi H_2 (xúc tác Ni, t°), fructozơ cũng tạo ra poliancol sobitol. $\text{CH}_2\text{OH}[\text{CHOH}]_3\text{COCH}_2\text{OH} + \text{H}_2 \xrightarrow{(\text{Ni}, t^\circ)} \text{CH}_2\text{OH}[\text{CHOH}]_4\text{CH}_2\text{OH}$
- **Phân biệt với glucozơ:** Fructozơ không làm mất màu dung dịch nước brom, trong khi glucozơ có. Đây là thuốc thử dùng để phân biệt hai chất này.

IV. So sánh Glucozơ và Fructozơ

Đặc điểm	Glucozơ	Fructozơ
Giống nhau	- Công thức phân tử: $C_6H_{12}O_6$. - Là monosaccarit, chất rắn kết tinh, tan tốt trong nước, có vị ngọt. - Có tính chất của ancol đa chức (tác dụng với $Cu(OH)_2$ ở nhiệt độ thường). - Có tính khử (phản ứng tráng bạc, phản ứng với $Cu(OH)_2/OH^-$ đun nóng). - Bị khử bởi H_2 tạo ra sobitol.	
Khác nhau	- Nhóm chức: Anđehit ($-CHO$). - Phản ứng với dung dịch Brom làm mất màu. - Vị ngọt kém hơn fructozơ.	- Nhóm chức: Xeton ($>C=O$). - Không phản ứng với dung dịch Brom. - Vị ngọt đậm hơn glucozơ.