

Tổng hợp kiến thức về Cellulose

I. Cấu trúc phân tử của Cellulose

Cellulose là một polime thiên nhiên, thuộc loại polisaccarit, là thành phần chính tạo nên lớp màng tế bào thực vật.

- **Công thức phân tử:** $(C_6H_{10}O_5)_n$.
- **Cấu tạo:** Cellulose được cấu tạo từ nhiều mắt xích β -glucozo liên kết với nhau bằng các liên kết β -1,4-glicozit.
- **Đặc điểm cấu trúc:**
 - Phân tử Cellulose có mạch không phân nhánh, không xoắn. Các mạch polime này thường duỗi thẳng và sắp xếp song song với nhau, tạo thành các sợi bền chắc nhờ các liên kết hidro liên phân tử.
 - Mỗi mắt xích $C_6H_{10}O_5$ có 3 nhóm hydroxyl ($-OH$) tự do. Do đó, công thức cấu tạo của Cellulose có thể được viết dưới dạng: $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$. Đây chính là cấu trúc của một poliancol.

II. Tính chất vật lý và trạng thái tự nhiên

- **Trạng thái:** Cellulose là chất rắn, dạng sợi, màu trắng, không mùi, không vị.
- **Tính tan:** Cellulose không tan trong nước và hầu hết các dung môi hữu cơ thông thường (ete, benzen, etanol...). Tuy nhiên, nó tan được trong một số

dung môi đặc biệt như nước Svayde (dung dịch thu được khi hòa tan $\text{Cu}(\text{OH})_2$ trong amoniac).

- **Trạng thái tự nhiên:** Cellulose là thành phần cấu tạo chính của thực vật. Nó có nhiều trong bông (95-98%), đay, gai, tre, nứa (50-80%), gỗ (40-50%).

III. Tính chất hóa học

Cellulose thể hiện hai nhóm tính chất hóa học chính: phản ứng thủy phân của polisaccarit và phản ứng của poliancol (do có 3 nhóm $-\text{OH}$ trong mỗi mắt xích).

1. Phản ứng thủy phân

Khi đun nóng trong dung dịch axit vô cơ (như H_2SO_4 , HCl) hoặc có sự xúc tác của enzym (cellulase), liên kết β -1,4-glicozit trong Cellulose bị phá vỡ, tạo thành các phân tử glucozơ.

- **Phương trình phản ứng tổng quát:**



- **Ví dụ 1:** Trong công nghiệp, người ta thủy phân cellulose từ gỗ hoặc rơm rạ để sản xuất etanol sinh học. Xenlulozơ được thủy phân thành glucozơ, sau đó glucozơ được lên men để tạo thành etanol.
- **Ví dụ 2:** Trong hệ tiêu hóa của động vật ăn cỏ (trâu, bò), vi sinh vật có chứa enzym cellulase giúp thủy phân cellulose trong cỏ thành glucozơ, cung cấp năng lượng cho chúng. Con người không có enzym này nên không thể tiêu hóa được cellulose.

2. Phản ứng của poliancol (Phản ứng este hóa)

Do mỗi mắt xích $C_6H_{10}O_5$ có 3 nhóm $-OH$, Cellulose có thể tham gia phản ứng este hóa với axit vô cơ hoặc anhidrit axit.

a. Phản ứng với axit nitric (HNO_3 đặc, xúc tác H_2SO_4 đặc)

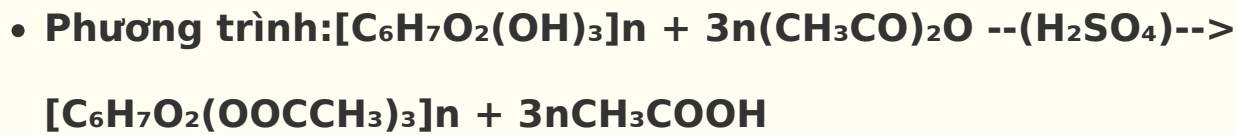
Cellulose tác dụng với axit nitric đặc trong sự có mặt của axit sunfuric đặc, tạo thành hỗn hợp các cellulose nitrat. Tùy vào tỉ lệ tác nhân và điều kiện phản ứng mà mức độ este hóa khác nhau.

- **Phản ứng tạo Cellulose trinitrat:** Đây là sản phẩm có mức độ este hóa cao nhất, khi cả 3 nhóm $-OH$ đều phản ứng.
- **Phương trình:** $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + 3nHNO_3 \text{ (đặc)} \xrightarrow{(H_2SO_4 \text{ đặc}, t^\circ)} [C_6H_7O_2(ONO_2)_3]_n + 3nH_2O$
- Sản phẩm Cellulose trinitrat là một chất dễ cháy, nổ mạnh, được dùng làm thuốc súng không khói (gọi là pyroxylin).
- **Ví dụ 1:** Để sản xuất 29,7 kg cellulose trinitrat (hiệu suất 90%), cần dùng V lít dung dịch HNO_3 96% ($D = 1,52 \text{ g/ml}$). Tính V. (Bài toán ứng dụng thực tế trong sản xuất).
- **Ví dụ 2:** Nếu dùng lượng HNO_3 ít hơn, có thể tạo ra các sản phẩm như cellulose đinitrat, cellulose mononitrat. Hỗn hợp các sản phẩm này được gọi là colloxylin, dùng để sản xuất sơn mài, phim ảnh và các loại nhựa celluloid.

b. Phản ứng với anhidrit axetic ($(CH_3CO)_2O$, xúc tác H_2SO_4)

Cellulose phản ứng với anhidrit axetic để tạo thành cellulose axetat. Phản ứng này cũng có thể tạo ra các sản phẩm với mức độ este hóa khác nhau.

- **Phản ứng tạo Cellulose triaxetat:**



- **Ứng dụng:** Cellulose triaxetat được dùng làm tơ axetat, một loại tơ nhân tạo có tính chất bền, đẹp, ít nhàu. Nó cũng được dùng để sản xuất phim ảnh không cháy và nhựa dẻo.
- **Ví dụ 1:** Sợi tơ axetat được sản xuất bằng cách hòa tan cellulose triaxetat trong dung môi thích hợp rồi ép dung dịch qua các lỗ nhỏ, dung môi bay hơi tạo thành sợi.
- **Ví dụ 2:** Gọng kính mắt làm từ nhựa cellulose axetat có đặc tính dẻo, bền và nhẹ.

c. Sản xuất tơ visco (Tơ tái sinh)

Đây là một quá trình hóa học phức tạp để tái tạo lại cellulose dưới dạng sợi từ nguồn nguyên liệu tự nhiên (gỗ, tre).

1. Cho cellulose tác dụng với dung dịch NaOH đặc để tạo ra cellulose kiềm.
2. Cho cellulose kiềm tác dụng với cacbon đisunfua (CS_2) trong môi trường kiềm, thu được cellulose xantogenat.
3. Hòa tan cellulose xantogenat trong dung dịch NaOH loãng, thu được một dung dịch rất nhớt gọi là visco.
4. Bơm dung dịch visco qua các ống có lỗ rất nhỏ (khuôn kéo sợi) ngâm trong dung dịch H_2SO_4 loãng. Tại đây, cellulose xantogenat bị thủy phân, tái tạo lại cellulose dưới dạng sợi dài, mảnh, gọi là tơ visco.

Bản chất: Quá trình này không làm thay đổi cấu trúc hóa học cơ bản của polime (vẫn là cellulose) mà chỉ thay đổi cấu trúc vật lý, tái sinh nó thành dạng sợi. Vì vậy, tơ visco được gọi là tơ bán tổng hợp hay tơ nhân tạo (loại tơ tái sinh).

IV. Ứng dụng của Cellulose và các dẫn xuất

Cellulose và các sản phẩm biến tính của nó có vô số ứng dụng trong đời sống và công nghiệp.

• Cellulose tự nhiên:

- **Xây dựng và nội thất:** Gỗ được dùng làm vật liệu xây dựng, sản xuất đồ nội thất, đồ gia dụng.
- **Công nghiệp giấy:** Là nguyên liệu chính để sản xuất tất cả các loại giấy viết, giấy in, bao bì carton.
- **Công nghiệp dệt may:** Sợi bông, sợi lanh, sợi đay được dùng để dệt vải may mặc và các sản phẩm dệt may khác.

• Dẫn xuất của Cellulose:

- **Cellulose trinitrat:** Dùng làm thuốc súng không khói.
- **Cellulose axetat:** Dùng sản xuất tơ axetat, phim ảnh, gọng kính, đồ chơi.
- **Tơ visco, tơ đồng-amoniac:** Dùng trong ngành dệt may để sản xuất các loại vải mềm, mịn, thoáng mát.
- **Carboxymethyl cellulose (CMC):** Dùng làm chất phụ gia, chất tạo đặc trong công nghiệp thực phẩm (kem, nước sốt), dược phẩm và mỹ phẩm.

V. Bảng tổng kết tính chất và ứng dụng

Phản ứng	Tác nhân	Sản phẩm chính	Ứng dụng chính
Thủy phân	H ₂ O (xúc tác H ⁺ , t° hoặc enzim)	Glucozơ (C ₆ H ₁₂ O ₆)	Sản xuất etanol sinh học, cung cấp năng lượng cho động vật ăn cỏ.
Este hóa với axit nitric	HNO ₃ đặc (xúc tác H ₂ SO ₄ đặc)	Cellulose trinitrat	Thuốc súng không khói (pyroxylin).
Este hóa với anhidrit axetic	(CH ₃ CO) ₂ O (xúc tác H ₂ SO ₄)	Cellulose triaxetat	Tơ axetat, phim ảnh không cháy, nhựa dẻo.
Tái sinh cellulose	NaOH, CS ₂ , H ₂ SO ₄	Tơ visco (Cellulose tái sinh)	Sản xuất vải may mặc.