

# Tổng hợp kiến thức: Hô hấp tế bào

Hô hấp tế bào là một trong những quá trình sinh học nền tảng, diễn ra trong mọi tế bào sống để duy trì sự sống. Đây là quá trình phân giải các hợp chất hữu cơ phức tạp thành các chất đơn giản hơn, đồng thời giải phóng năng lượng dưới dạng ATP (Adenosine Triphosphate) cung cấp cho các hoạt động của tế bào.

## 1. Khái niệm và Vai trò của Hô hấp tế bào

### 1.1. Khái niệm

Hô hấp tế bào là chuỗi các phản ứng oxy hóa-khử, trong đó các phân tử hữu cơ (chủ yếu là glucose) bị phân giải hoàn toàn thành  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  và giải phóng năng lượng. Năng lượng này được tích trữ trong các phân tử ATP.

### Phương trình tổng quát của hô hấp hiếu khí:



- **Giải thích:** Một phân tử glucose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) kết hợp với sáu phân tử oxy ( $\text{O}_2$ ) để tạo ra sáu phân tử carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ), sáu phân tử nước ( $\text{H}_2\text{O}$ ) và năng lượng.
- **Ví dụ 1:** Khi bạn ăn cơm (chứa tinh bột), cơ thể sẽ tiêu hóa tinh bột thành glucose. Tế bào sẽ sử dụng glucose này để thực hiện hô hấp, tạo ra năng lượng cho bạn chạy, nhảy, suy nghĩ.
- **Ví dụ 2:** Tế bào cơ cần rất nhiều ATP để co duỗi. Quá trình hô hấp tế bào liên tục diễn ra trong ti thể của tế bào cơ để đáp ứng nhu cầu năng lượng này.

## 1.2. Vai trò

- **Cung cấp năng lượng (ATP):** Đây là vai trò quan trọng nhất. ATP là "đồng tiền năng lượng" của tế bào, cung cấp cho mọi hoạt động sống như tổng hợp protein, vận chuyển chất, co cơ, dẫn truyền xung thần kinh.
- **Tạo ra các sản phẩm trung gian:** Quá trình hô hấp tạo ra nhiều sản phẩm trung gian, là nguyên liệu cho các quá trình tổng hợp các chất khác trong tế bào (ví dụ: tổng hợp amino acid, acid béo).
- **Duy trì nhiệt độ cơ thể:** Một phần năng lượng giải phóng dưới dạng nhiệt, giúp duy trì thân nhiệt ổn định ở các loài động vật hằng nhiệt như con người.

## 2. Các giai đoạn chính của Hô hấp hiếu khí

Hô hấp hiếu khí (cần có oxy) là hình thức hô hấp phổ biến nhất và hiệu quả nhất, gồm 3 giai đoạn chính:

| Giai đoạn             | Nơi diễn ra       | Nguyên liệu                              | Sản phẩm chính                                          | Năng lượng thu được                |
|-----------------------|-------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Đường phân            | Bào tương         | Glucose, 2 ATP, 2 NAD <sup>+</sup>       | 2 Pyruvic acid, 4 ATP, 2 NADH                           | 2 ATP, 2 NADH                      |
| Chu trình Krebs       | Chất nền ti thể   | 2 Acetyl-CoA, NAD <sup>+</sup> , FAD     | 4 CO <sub>2</sub> , 6 NADH, 2 FADH <sub>2</sub> , 2 ATP | 2 ATP, 6 NADH, 2 FADH <sub>2</sub> |
| Chuỗi truyền electron | Màng trong ti thể | NADH, FADH <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> O, ATP                                   | Khoảng 26-28 ATP                   |

### 2.1. Giai đoạn 1: Đường phân (Glycolysis)

Đây là giai đoạn khởi đầu, diễn ra trong bào tương của tế bào và không cần oxy.

#### Sơ đồ quá trình:



- **Giải thích:** Một phân tử glucose (6 carbon) được "bẻ gãy" thành hai phân tử pyruvic acid (3 carbon). Quá trình này tiêu tốn 2 ATP ở giai đoạn đầu tư nhưng tạo ra 4 ATP, do đó lợi nhuận ròng là 2 ATP. Đồng thời, 2 phân tử NAD<sup>+</sup> bị khử thành 2 NADH, mang theo các electron năng lượng cao.

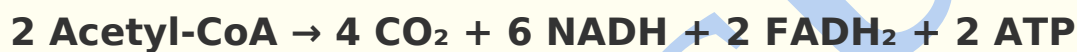
- **Ví dụ 1:** Mọi sinh vật, từ vi khuẩn đến con người, đều thực hiện quá trình đường phân, cho thấy đây là một con đường trao đổi chất cổ xưa và cơ bản.
- **Ví dụ 2:** Khi bạn bắt đầu vận động, các tế bào cơ ngay lập tức sử dụng đường phân để tạo ra một lượng nhỏ ATP nhanh chóng trước khi hô hấp hiếu khí tăng tốc.

## 2.2. Giai đoạn 2: Chu trình Krebs (Chu trình Citric Acid)

Giai đoạn này diễn ra trong chất nền của ti thể và chỉ xảy ra khi có oxy (một cách gián tiếp).

### Sơ đồ quá trình (cho 2 phân tử Pyruvic acid):

Trước khi vào chu trình Krebs, mỗi phân tử Pyruvic acid được chuyển thành Acetyl-CoA, giải phóng 1 CO<sub>2</sub> và tạo 1 NADH.



- **Giải thích:** Acetyl-CoA đi vào một chuỗi các phản ứng vòng, bị oxy hóa hoàn toàn. Toàn bộ các nguyên tử carbon từ glucose ban đầu được giải phóng dưới dạng CO<sub>2</sub>. Năng lượng được thu giữ chủ yếu dưới dạng các phân tử mang electron là NADH và FADH<sub>2</sub>.
- **Ví dụ 1:** Khí CO<sub>2</sub> mà chúng ta thở ra có nguồn gốc từ quá trình oxy hóa pyruvic acid và chu trình Krebs diễn ra trong ti thể của hàng tỷ tế bào.
- **Ví dụ 2:** Các sản phẩm trung gian của chu trình Krebs có thể được tế bào sử dụng để tổng hợp các phân tử sinh học khác như amino acid không thiết yếu.

### 2.3. Giai đoạn 3: Chuỗi truyền Electron và Hóa thẩm

Đây là giai đoạn tạo ra nhiều ATP nhất, diễn ra tại màng trong của ti thể và trực tiếp cần đến oxy.

**Sơ đồ quá trình:**



- **Giải thích:** Các electron năng lượng cao từ NADH và FADH<sub>2</sub> (tạo ra từ 2 giai đoạn trước) được truyền qua một chuỗi các phức hợp protein trên màng trong ti thể. Năng lượng từ dòng electron này được dùng để bơm các ion H<sup>+</sup> từ chất nền ra khoảng gian màng, tạo ra sự chênh lệch nồng độ H<sup>+</sup> (gradient proton). Khi các ion H<sup>+</sup> quay trở lại chất nền qua một kênh protein đặc biệt là ATP synthase, năng lượng của dòng chảy này sẽ tổng hợp một lượng lớn ATP. Oxy là chất nhận electron cuối cùng, kết hợp với H<sup>+</sup> để tạo thành nước.
- **Ví dụ 1:** Nếu không có oxy để nhận electron cuối cùng, chuỗi truyền sẽ bị tắc nghẽn, NADH và FADH<sub>2</sub> không thể nhường electron, và quá trình sản xuất ATP sẽ dừng lại. Đây là lý do tại sao chúng ta không thể sống thiếu oxy.
- **Ví dụ 2:** Một số chất độc như cyanide hoạt động bằng cách ức chế một trong các phức hợp protein của chuỗi truyền electron, gây ngưng trệ hô hấp tế bào và dẫn đến tử vong nhanh chóng.

### 3. Phân giải kỵ khí: Lên men

Khi không có oxy, tế bào không thể thực hiện chu trình Krebs và chuỗi truyền electron. Thay vào đó, chúng thực hiện quá trình lên men để tái tạo NAD<sup>+</sup>, cho phép đường phân tiếp tục diễn ra và tạo ra một lượng nhỏ ATP.

### 3.1. Lên men Lactic

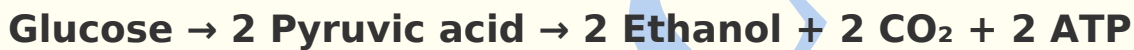
**Công thức:**



- **Giải thích:** Pyruvic acid nhận electron trực tiếp từ NADH để tạo thành lactic acid, đồng thời tái tạo NAD<sup>+</sup>. Quá trình này không tạo thêm ATP, hiệu quả năng lượng chỉ đến từ 2 ATP của giai đoạn đường phân.
- **Ví dụ 1:** Khi vận động mạnh, cơ bắp thiếu oxy tạm thời và chuyển sang lên men lactic. Sự tích tụ lactic acid gây ra cảm giác mỏi cơ.
- **Ví dụ 2:** Vi khuẩn lactic sử dụng quá trình này để làm sữa chua, tạo ra vị chua đặc trưng từ lactic acid.

### 3.2. Lên men Ethanolic (Rượu)

**Công thức:**



- **Giải thích:** Pyruvic acid trước tiên được chuyển đổi thành một hợp chất khác và giải phóng CO<sub>2</sub>, sau đó hợp chất này nhận electron từ NADH để tạo thành ethanol (rượu etylic), đồng thời tái tạo NAD<sup>+</sup>.
- **Ví dụ 1:** Nấm men được sử dụng trong sản xuất bia và rượu. Chúng lên men đường trong nguyên liệu để tạo ra ethanol.
- **Ví dụ 2:** Khí CO<sub>2</sub> sinh ra từ quá trình lên men của nấm men làm cho bột mì nở phồng khi làm bánh mì.

## 4. So sánh Hô hấp hiếu khí và Lên men

| Tiêu chí                     | Hô hấp hiếu khí                         | Lên men                                            |
|------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Điều kiện                    | Cần có O <sub>2</sub>                   | Không cần O <sub>2</sub> (kị khí)                  |
| Nơi xảy ra                   | Bào tương và Ti thể                     | Bào tương                                          |
| Sản phẩm cuối cùng           | CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, ATP | Lactic acid hoặc Ethanol, CO <sub>2</sub> , ATP    |
| Chất nhận electron cuối cùng | O <sub>2</sub>                          | Phân tử hữu cơ (Pyruvic acid hoặc dẫn xuất của nó) |
| Hiệu quả năng lượng          | Rất cao (khoảng 30-32 ATP/glucose)      | Rất thấp (chỉ 2 ATP/glucose)                       |

## 5. Các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ hô hấp tế bào

Cường độ hô hấp có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố môi trường và bên trong tế bào:

- **Nhiệt độ:** Hô hấp là một chuỗi các phản ứng enzyme. Nhiệt độ tăng trong giới hạn nhất định sẽ làm tăng tốc độ hô hấp. Tuy nhiên, nhiệt độ quá cao hoặc quá thấp sẽ ức chế hoạt động của enzyme, làm giảm cường độ hô hấp.
- **Nồng độ O<sub>2</sub>:** Oxy là nguyên liệu cho hô hấp hiếu khí. Nếu nồng độ oxy giảm, cường độ hô hấp hiếu khí sẽ giảm, và tế bào có thể chuyển sang lên men.

- **Nồng độ CO<sub>2</sub>:** Nồng độ CO<sub>2</sub> quá cao có thể ức chế một số enzyme trong chu trình hô hấp, làm giảm cường độ hô hấp. Đây là nguyên tắc của việc bảo quản nông sản trong môi trường có nồng độ CO<sub>2</sub> cao.
- **Hàm lượng nước:** Nước là dung môi cho các phản ứng hóa học. Tế bào thiếu nước sẽ làm giảm cường độ hô hấp. Đó là lý do tại sao hạt khô có cường độ hô hấp rất thấp và có thể bảo quản lâu dài.
- **Nồng độ cơ chất (Glucose):** Nếu thiếu cơ chất hô hấp (như glucose), cường độ hô hấp sẽ giảm do không có nguyên liệu để phân giải.