

# 12 CATABOLISMO

## I. CONCEPTO Y TIPOS DE CATABOLISMO

Catabolismo: fase destructiva del metabolismo en la cual se obtienen moléculas sencillas, que servirán para construir las propias biomoléculas, y energía para la realización de otras funciones celulares.

Son procesos oxidativos en los que los  $e^-$  procedentes de moléculas orgánicas complejas van descendiendo progresivamente de nivel energético.

Tipos de catabolismo:

**A. Catabolismo aerobio:** el aceptor final de los  $e^-$  es el  $O_2$ . Genera gran cantidad de energía.

**B. Catabolismo anaerobio**

1. **Fermentación:** el aceptor final de  $e^-$  es orgánico (generalmente etanol o un ácido orgánico).

La oxidación del compuesto orgánico es parcial y libera poca energía.

La fosforilación del ADP se realiza sólo a nivel de sustrato.

2. **Respiración anaeróbica:** actúa la cadena respiratoria, pero el aceptor final de  $e^-$  es un compuesto inorgánico diferente del  $O_2$ . Se da sólo en algunas bacterias.

## II. CATABOLISMO DE LOS GLÚCIDOS

**A. Ruptura de polímeros.** En el hígado el glucógeno es escindido en moléculas de glucosa-1-P por acción de la fosforilasa. La glucosa-1-P es posteriormente convertida en glucosa-6-P por la fosfoglucomutasa. La fosforólisis del almidón en las células vegetales es semejante.

**B. Glucólisis** Se produce en el citoplasma de casi todas las células.

1. Conversión de la glucosa en fructosa-1,6-difosfato.

Activación de la glucosa. Se consumen dos ATP excepto si la glucosa procede del almidón o el glucógeno.

2. Ruptura de la fructosa-1,6-diP en dos moléculas 3C.

Por cada molécula de fructosa-1,6-diP se obtienen dos moléculas de gliceraldehído-3-P.

Este es oxidado y fosforilado para formar el 3-fosfogliceril-P, que posee un alto contenido energético.

3. Formación de ácido pirúvico

**C. Degradación anaeróbica del ácido pirúvico: Fermentaciones**

En las fermentaciones el ácido pirúvico se utiliza para regenerar el NADP.

Se produce en ciertas bacterias y levaduras y, en determinadas condiciones, también en células de eucariotas pluricelulares.

La oxidación del compuesto orgánico es parcial. El aceptor final de electrones es orgánico.

Se produce una pequeña cantidad de energía. Algunas fermentaciones tienen interés comercial.

1. **Fermentación alcohólica**

Proceso semejante a la glucólisis. Después el piruvato se descarboxila y se convierte en acetaldehído que posteriormente se reduce a etanol.

2. **Fermentación láctica**

El piruvato se reduce a lactato. Si el producto final es solo lactato, la fermentación se denomina homoláctica. Si se producen además otros compuestos, como el etanol, la fermentación es heteroláctica.

3. **Balance energético de las fermentaciones.**

Se producen 2 ATPs ( $14,6 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) lo que supone un rendimiento del 31%.

**D. Descarboxilación oxidativa del ácido pirúvico**

Ocurre en la matriz mitocondrial. Catalizada por el complejo piruvato deshidrogenasa. A partir del ácido pirúvico se forma un  $\text{CH}_3\text{-CO-S-CoA}$ , un NADH y se desprende una molécula de  $\text{CO}_2$ .

**E. Ciclo de Krebs (ciclo de los ácidos tricarboxílicos o del ácido cítrico)**

Los enzimas implicados en el proceso también se encuentran en la matriz mitocondrial.

Es la vía final común para la oxidación de los combustibles metabólicos.

1. **Degradación completa de acetil-CoA.**

Por cada molécula de acetil-CoA que se incorpora al ciclo se forman 3 NADH, 1 FADH y 1 GTP, y se desprenden dos moléculas de  $\text{CO}_2$ .

2. **Obtención de precursores del anabolismo.**

El ciclo de Krebs es un proceso anfibiólico.

**F. Cadena respiratoria**

Para que el proceso pueda seguir funcionando, los coenzimas reducidos deben reoxidarse.

Los  $e^-$  de alta energía de los coenzimas son transferidos, a través de una cadena de transportadores situada en la membrana mitocondrial interna, hasta el  $O_2$ . La energía liberada se utiliza para fosforilar ADP.

1. **Transporte de electrones**

El FMN y el CoQ transportan hidrógeno, los citocromos transportan sólo electrones.

El potencial de oxidorreducción de los transportadores de la cadena es progresivamente decreciente.

## 2. Fosforilación oxidativa (hipótesis quimiosmótica de Mitchell)

La energía liberada en el transporte de  $e^-$  impulsa el bombeo de  $H^+$  hacia el espacio intermembrana.

La membrana mitocondrial interna es impermeable a los  $H^+$ , por lo que se crea un gradiente electroquímico.

Los protones regresan a la matriz atravesando la ATPasa. Acoplado a este paso se produce la fosforilación del ADP.

### G. Balance energético de la respiración de una molécula de glucosa

Se producen 38 ATPs ( $277 \text{ kcal}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) lo que supone un rendimiento del 40,4%.

En la cadena respiratoria se producen 3 ATPs por cada NADH y 2 por cada FADH.

Los NADH producidos en la glucólisis a veces rinden solamente 2 ATPs debido al gasto que supone su entrada en la mitocondria. Esto depende del modo como penetren en las mitocondrias los  $e^-$  del NADH extra-mitocondrial introducción en la mitocondria. En este caso el rendimiento total es de 36 ATPs

## III. CATABOLISMO DE LOS LÍPIDOS

### A. Degradación de las macromoléculas

Hidrólisis de los triglicéridos por acción de las lipasas.

La glicerina se incorpora a la glucólisis tras su oxidación y fosforilación. Los ácidos grasos sufren la  $\beta$ -oxidación en la matriz mitocondrial.

### B. Activación de los ácidos grasos

El enzima acil-CoA sintetasa cataliza la unión del ácido graso al CoA con gasto de un ATP.

El acil-CoA es transportado al interior de la mitocondria por la carnitina.

### C. $\beta$ -oxidación de los ácidos grasos (hélice de Lynen)

El ácido graso se va rompiendo en fragmentos de dos carbonos por el extremo carboxílico.

Cuatro etapas: oxidación ligada al FAD, hidratación, oxidación ligada al NAD y tiolisis por acción de una nueva molécula de CoA.

Los ácidos grasos insaturados rinden un FADH menos por cada insaturación, debido a que no es necesaria la acción de la deshidrogenasa del acil-CoA.

### D. Ciclo de Krebs

### E. Cadena respiratoria

### F. Balance energético de la oxidación de los ácidos grasos

La oxidación completa del ácido palmítico (saturado de 16C) genera 129 ATPs ( $942 \text{ kcal}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) lo que supone un rendimiento del 40,2%.

## IV. CATABOLISMO DE PROTEÍNAS

La degradación de las macromoléculas (proteólisis) es realizada por las proteasas en el medio extracelular.

El exceso de aminoácidos no puede ser almacenado ni excretado, por lo que es utilizado como combustible metabólico.

### A. Transaminación

Las transaminasas catalizan la transferencia del grupo amino desde un aa hasta un  $\alpha$ -cetoácido

La glutamato-transaminasa cataliza la transferencia al  $\alpha$ -cetoglutárico formando glutámico.

La alanina-transaminasa cataliza la transferencia al pirúvico formando alanina. Esta alanina transfiere luego su grupo amino al  $\alpha$ -cetoglutárico que formará glutámico.

### B. Desaminación oxidativa

El glutámico formado será desaminado oxidativamente por la glutamato-deshidrogenasa, ligada al NAD, y se formará  $\alpha$ -cetoglutárico, amonio y NADH.

Los  $\alpha$ -cetoácidos resultantes de la transaminación pueden ser: pirúvico,  $\alpha$ -cetoglutárico, succinil-CoA, fumárico u oxalacético. Unos pocos aminoácidos son degradados a acetil-CoA.

Estos compuestos siguen la vía del ciclo de krebs hasta ser totalmente oxidados.

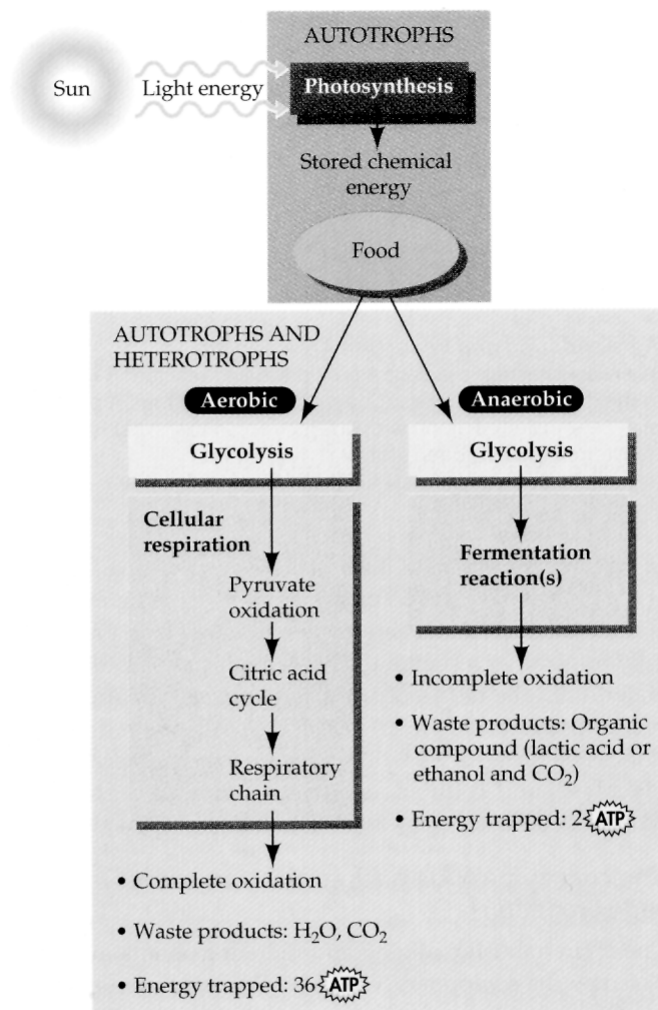
### C. Eliminación del amonio

Una parte del amonio es utilizado en la síntesis de aminoácidos. El resto es excretado.

**Organismos ureotélicos** (anfibios, quelonios, mamíferos y elasmobranquios): transforman amoniaco en urea mediante el ciclo de la urea, que ocurre en la matriz mitocondrial.

**Organismos uricotélicos** (insectos, aves y reptiles terrestres): excretan ácido úrico.

**Organismos amoniotélicos** (insectos acuáticos y peces): excretan directamente amonio.



**Energy for Life**

Both heterotrophic (“other feeding”) and autotrophic (“self-feeding”) organisms obtain energy from the food compounds that autotrophs produce by photosynthesis. They convert these compounds to glucose, then metabolize glucose by glycolysis, fermentation, and cellular respiration.

# METABOLISMO ENERGÉTICO

Las reacciones del metabolismo energético pueden agruparse en cinco rutas: la glucólisis, la oxidación del piruvato, el ciclo de Krebs, la cadena respiratoria y la fermentación. Las tres de en medio ocurren sólo en presencia de oxígeno y se conocen en conjunto como **respiración celular**

