Respiración celular

Las siguientes ideas son fundamentales en la explicación de la respiración celular:

- La respiración celular es la degradación y la liberación de energía a partir de moléculas que sirven de combustible (glucosa), en presencia de oxígeno.
- En las células, la oxidación de la glucosa se desarrolla en dos etapas fundamentales: la primera se conoce como glucólisis y la segunda la respiración.
- La glucólisis tiene lugar en el citoplasma celular y no requiere la presencia de oxígeno.
- En la glucólisis, la molécula de glucosa, que tiene seis átomos de carbono, se divide en dos moléculas de ácido pirúvico, cada una con tres carbonos; se producen 2 moléculas de ATP y, se liberan cuatro hidrogeniones y cuatro electrones.
- La respiración tiene lugar en el interior de las mitocondrias en cuyas membranas se encuentran enzimas, coenzimas, fosfatos y otras moléculas que intervienen en este proceso.
- En la respiración, las moléculas de ácido pirúvico se oxidan progresivamente en presencia de oxígeno a dióxido de carbono y agua.
- La respiración celular ocurre en dos etapas: en la primera se produce el ciclo de Krebs y en la segunda el transporte terminal de electrones.
- Antes del ciclo de Krebs, las dos moléculas de ácido pirúvico son transportadas a la matriz de la mitocondria, donde son oxidadas dando lugar a dos grupos acetilo (de dos carbonos cada uno), 2 moléculas de dióxido de carbono y dos hidrógenos. Los dos átomos de hidrógeno reducen el NAD a NADH. Cada grupo acetilo se une a la coenzima A (CoA) dando lugar al compuesto acetil-CoA que ingresa al ciclo de Krebs.
- En el ciclo de Krebs el grupo acetil se combina con el ácido oxalacético (cuatro carbonos) para producir ácido cítrico(seis carbonos). Durante el ciclo, dos carbonos del ácido cítrico se oxidan a dióxido de carbono y se regenera el ácido oxalacético para iniciar de nuevo el ciclo.
- Durante el ciclo de Krebs la energía liberada en la oxidación se usa para obtener ATP a partir de ADP y NADH y H a partir de NAD. Otra parte de la energía se utiliza para reducir el transportador de electrones, la flavina adenina dinucleótido (FAD) a FADH.
- En el ciclo de Krebs no se requiere de oxígeno:
- En la etapa final de la respiración o transporte de electrones, la energía de los electrones liberados durante la oxidación de los carbonos se utiliza para formar moléculas de ATP a partir de ADP. Cuando el nivel de energía de dichos electrones es bajo, son aceptados por átomos de oxígeno que reaccionan con iones de hidrógeno presentes en la solución para formar agua.
- Para que los electrones liberados en la oxidación de los átomos de carbono puedan ceder la energía que poseen y formen ATP y finalmente puedan ser aceptados por los átomos de oxígeno, se requiere de la presencia de unos compuestos que conforman la denominada cadena de transporte de electrones. Estos compuestos son: flavina mononucleótido (FMN), coenzima-Q (Co-Q) y los citocromos b, c, a y a³.
- Durante la respiración se generan 34 moléculas de ATP.
- El rendimiento energético global de cada molécula de glucosa oxidada a dióxido de carbono y agua se resume en la formación de 38 moléculas de ATP.

Todos los organismos para poder vivir necesitamos materia y energía. La materia la utilizamos construyendo todas las estructuras que constituyen la biomasa del organismo y, la energía para poder realizar todos los trabajos (movimiento, síntesis de sustancias, etc.) que hacen posible las funciones biológicas.

Dependiendo del tipo de organismo varían los procesos mediante los cuales se obtiene la energía celular; así los organismos heterótrofos lo hacemos a partir de la oxidación de compuestos orgánicos mientras que los autótrofos lo hace ya sea a partir de la energía lumínica o de la energía presente en sustancias inorgánicas.

En el proceso de la glucólisis (también denominada vía de Embden Meyerhof Parnas), la molécula de glucosa es oxidada hasta piruvato en condiciones de ausencia de oxígeno (anaeróbicas), en éste proceso se sintetizan como neto 2 moléculas de ATP (a partir de la una molécula de glucosa), las reacciones que suceden en la glicólisis se representan en la figura 1.

Es de destacar que la oxidación de una molécula de glucosa conlleva a la reducción de dos moléculas de NAD+ (hasta NADH y H+) en el proceso de la glucólisis. Otros productos del mismo son dos moléculas de ATP.

El piruvato producido en la glucólisis se oxida hasta acetil coA, molécula que se asocia con el ácido oxaloacético formando el ácido cítrico. Dicha molécula hace parte del cíclo de Krebs o ciclo de los ácidos tricarboxílicos o ciclo del ácido cítrico (figura 2).

Se explicará el ciclo de Krebs destacando que los productos de éste son: 3 moléculas de NAD+ reducidas a NADH y+H+), una molécula de FAD reducida (FADH2), un ATP y 2 CO2, por cada vuelta del ciclo. Como se muestra en la figura 3, este proceso ocurre dentro de la matriz mitocondrial.

FIGURA 1: Esquema que muestra principales reacciones de la glucólisis¹

_

¹ Tomado de http://fai.unne.edu.ar/biologia/metabolismo/met3.htm

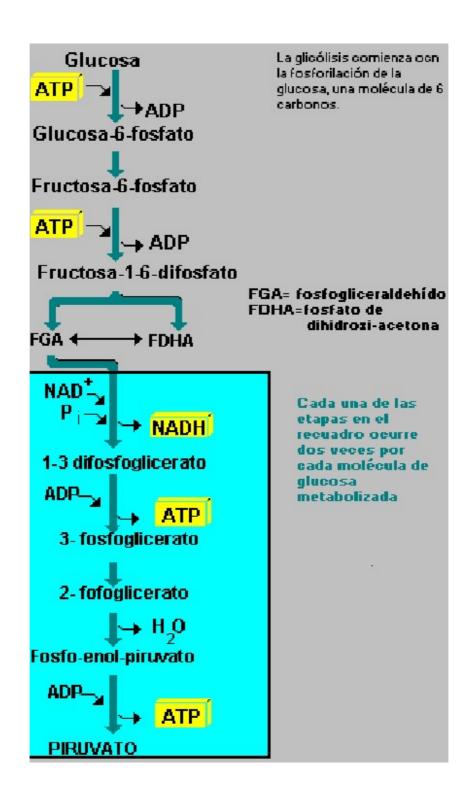
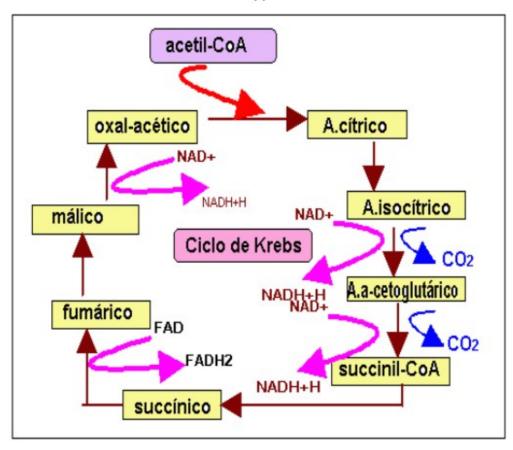
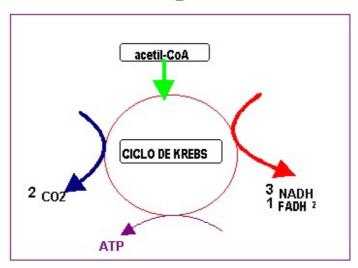


FIGURA 2: Esquemas que resumen el ciclo de Krebs²

Α



В



Como sabemos la oxidación es la pérdida de electrones y la reducción la ganancia de electrones. Como hemos visto hasta ahora en la glucólisis y en el ciclo de Krebs ha ocurrido oxidación del sustrato (la glucosa) con la consecuente reducción de otras moléculas: el NAD+ (NADH y H+) y el FAD (FADH2) (figura 2); pero.....¿y qué ocurre con esos electrones?. Pues finalmente son aceptados por una molécula con un fuerte

 $^{^2}$ Tomados de http://www.lafacu.com/apuntes/biologia/ciclo_krebs/default.htm $\,$

poder oxidante: el oxígeno. Esto ocurre en el proceso metabólico llamado fosforilación oxidativa. Sería la etapa final del proceso de la respiración, es entonces cuando los electrones "arrancados" a las moléculas que se respiran y que se "almacenan" en el NADH H+ y FADH2, irán pasando por una serie de transportadores, situados en las crestas mitocondriales formando tres grandes complejos enzimáticos. La disposición de los transportadores permite que los electrones "salten" de unos a otros, liberándose una cierta cantidad de energía (son reacciones redox) que sirve para formar un enlace de alta energía entre el ADP y el P, que da lugar a una molécula de ATP. El último aceptor de electrones es el oxígeno molecular y otra consecuencia será la formación de agua (Figura 3).

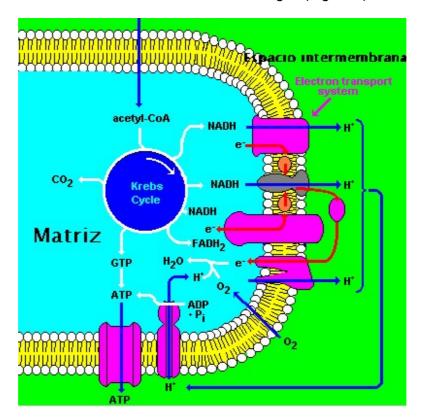


Figura 3: Esquema mostrando una sección de la mitocondria (parte de matriz, Membrana interna y espacio intermembranal). Con fucsia se presentan los complejos multienzimáticos de la cadena respiratoria.³

Es necesario hacer énfasis que éste proceso ocurre dentro de la célula, en la mitocondria si ésta es eucariótica o en el espacio preriplasmático en las células procarióticas.

Explicar que el ácido pirúvico, obtenido en la glucólisis en ausencia de oxígeno, puede convertirse en etanol o en un ácido orgánico, siendo el más común el ácido láctico, esto depende del tipo de célula. Por ejemplo, las levaduras, seres unicelulares, pueden crecer en ausencia de oxígeno (anaerobias) y al actuar en jugos de uvas o de otras frutas producen etanol. Cuando se termina la fuente de energía, es decir, el azúcar las levaduras dejan de funcionar. Estos procesos biológicos se conocen con el nombre de fermentación.

Otro ejemplo de fermentación se observa en los vertebrados cuando realizan un ejercicio intenso y escasea el oxígeno. Así, cuando un atleta compite en una maratón,

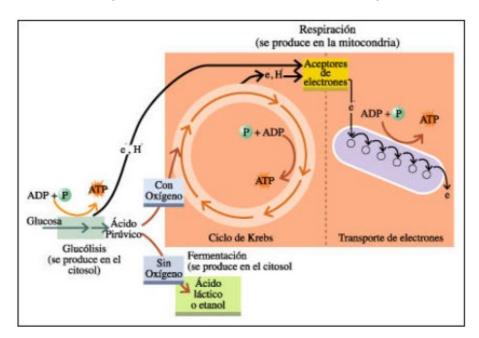
_

³ La figura fue tomada de http://www.ver.ucc.mx/revistaucc/MayAgo98/html/issue03.htm

la frecuencia respiratoria aumenta para incrementar el suministro de oxígeno. En un esfuerzo adicional el suministro de oxígeno no es suficiente y el ácido pirúvico no puede entrar al ciclo de Krebs (vía aeróbica), pero la glucólisis continúa. Por tanto el ácido pirúvico se convierte en ácido láctico que al acumularse en los músculos produce fatiga y dolor.

Revisar los procesos de respiración y de fermentación para establecer semejanzas y diferencias en relación con los procesos energéticos y la presencia o ausencia de oxígeno. Son importantes las explicaciones de las reacciones químicas que tienen lugar en cada uno de estos procesos de obtención de energía. Finalmente debe quedar claro que la energía que posee la molécula de glucosa se almacena en las moléculas de ATP que se producen durante la fermentación o la respiración celular.

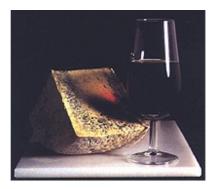
Esta ilustración se tiene que realizar en la editorial, es tomada de Helena Curtis y no se puede utilizar. Como pie de ilustración se puede dejar:"Esquema que ilustra el proceso global de la oxidación de la molécula de glucosa"



Una forma de relacionar los procesos de fermentación y de respiración celular con la vida cotidiana es analizarlos con eventos de la vida real como:

- El efecto de venenos como el cianuro en la respiración celular.
- La influencia de la concentración de oxígeno en la respiración celular; su relación con la altitud sobre el nivel del mar.
- El efecto del cigarrillo en la respiración celular. El tabaquismo
- La importancia de los vegetales en la reducción de la concentración del CO2
- Las relaciones entre los organismos autótrofos y los heterótrofos en cuanto a la circulación del carbono y el oxígeno de la biosfera.

FIGURA 3:Muestra dos productos alimenticios obtenidos a partir de procesos de fermentación: El queso de la fermentación láctica y el vino de la fermentación etílica. 4



Tanto en las explicaciones como en las discusiones de fermentación y respiración aerobia, es importante resaltar el papel que juegan las enzimas y coenzimas en la realización de dichos procesos y que precisamente dichos procesos no se realizan en todos los organismos heterótrofos, por cuanto no todos los organismos poseemos las mismas enzimas.

Otros de los productos obtenidos a partir de la fermentación son:

- Ácido acético
- Butanol
- Butanodiol

Respecto a la importancia de las aplicaciones y las implicaciones de orden social y económica del uso de microorganismos en procesos biotecnológicos se pueden apreciar aspectos como:

- Los productos probióticos como resultado de fermentaciones lácticas.
- La fermentación etílica y los problemas del alcoholismo.
- La obtención de compost a partir de procesos de fermentación.
- La fermentación en el tratamiento de aguas residuales.

⁴Imagen tomada de http://cheesefromspain.com/Q1_Cabrales_E.htm