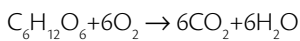


La respirazione cellulare e la fermentazione

Ossidazione e riduzione

L'**ossidazione** e la **riduzione** sono processi complementari che si verificano contemporaneamente: una sostanza, infatti, si ossida se cede elettroni a un'altra sostanza che si riduce.

L'ossidazione viene così chiamata perché spesso la sostanza che riceve gli elettroni è l'ossigeno. L'ossidazione dei composti organici (come il glucosio) avviene con contemporaneo spostamento, insieme agli elettroni, di protoni H^+ e poiché un protone e un elettrone formano insieme un atomo di idrogeno, l'ossidazione del glucosio avviene mediante spostamento degli atomi di H dal glucosio alla sostanza che lo ossida, che, in ultima analisi, è l'ossigeno:

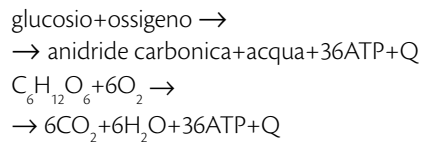


In questa reazione i 12 atomi di idrogeno del glucosio si sono trasferiti all'ossigeno, formando così 6 molecole di acqua, e dal glucosio si sono formate 6 molecole di anidride carbonica.

La respirazione cellulare

La **respirazione cellulare** è il processo più efficiente da cui la cellula è in grado di ottenere **energia** sotto forma di **ATP**, attraverso la demolizione delle sostanze organiche a funzione energetica (in particolare il glucosio e gli acidi grassi) per mezzo dell'ossigeno. L'**ossidazione** (demolizione) delle molecole organiche porta alla liberazione dell'energia chimica contenuta in queste sostanze, che

viene trasferita all'ATP. L'ossidazione completa di una molecola di glucosio porta alla formazione di un massimo di **36 molecole di ATP**; l'energia rimanente si trasforma in calore (Q):



Se questa reazione avvenisse in una sola tappa, l'energia prodotta verrebbe dissipata (persa) quasi totalmente sotto forma di **calore**, il che porterebbe a un aumento della temperatura incompatibile con la vita della cellula. Per questo motivo la respirazione cellulare è un processo metabolico complesso, che si attua in numerose **tappe**, che consentono di **trasferire l'energia chimica** contenuta nel glucosio, attraverso una serie di prodotti intermedi, al prodotto finale a elevato contenuto energetico: l'**ATP**.

La demolizione del glucosio e la respirazione cellulare

La demolizione del glucosio ad anidride carbonica e acqua avviene con due successivi processi: **glicolisi** e **respirazione cellulare** (quest'ultima divisa in due fasi: il ciclo di Krebs e il trasporto finale degli elettroni).

– La prima tappa della demolizione (ossidazione) del glucosio è la **glicolisi**, che si verifica nel **citosol**. Attraverso una serie di reazioni concatenate, **una molecola di glucosio** (a sei atomi di carbonio) viene scissa in **due molecole di acido piruvico** (a tre atomi di

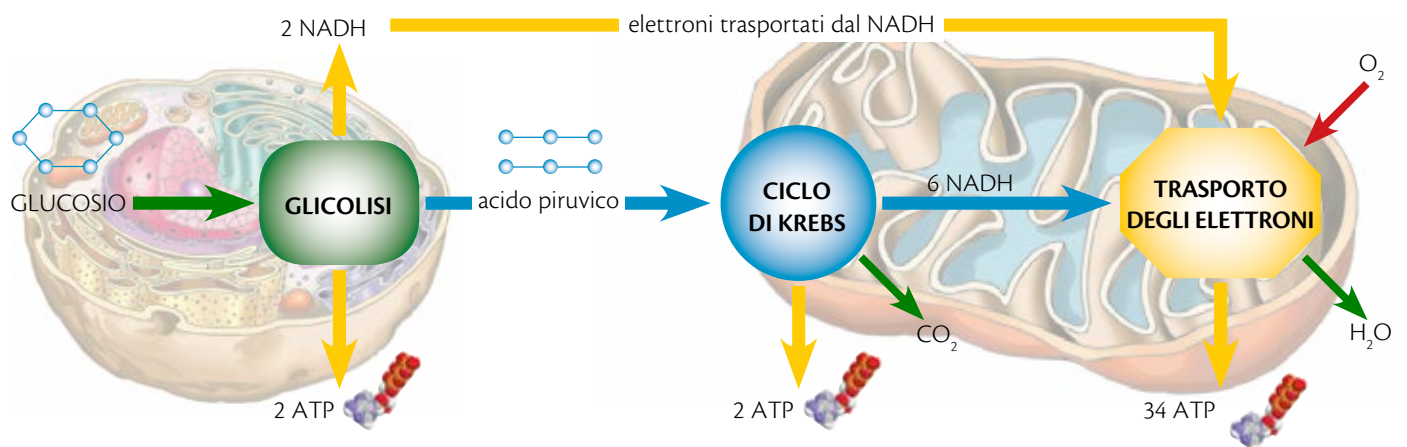
carbonio), liberando energia che viene utilizzata per produrre due molecole di ATP. Nella glicolisi si forma anche **NADH**, una complessa molecola che verrà ossidata in seguito per produrre altro ATP.

– La demolizione del glucosio si completa nel **mitocondrio** dove, in presenza di **ossigeno**, si attua la **respirazione cellulare**, processo che avviene in due tappe distinte: il **ciclo di Krebs** e il **trasporto finale degli elettroni**.

– Il **ciclo di Krebs** avviene all'interno dei **mitocondri**: l'acido piruvico prodotto nella glicolisi entra nel mitocondrio e viene ossidato ad **acetil-coenzima A**, che può entrare nel ciclo di Krebs. Nel ciclo di Krebs, attraverso una serie di sette reazioni, vengono prodotte due molecole di **ATP** e altre molecole trasportatrici di energia (**NADH** e **FADH₂**), e viene liberata anidride carbonica.

– L'ultima fase della respirazione cellulare è rappresentata dal **trasporto finale degli elettroni**, che avviene sempre all'interno dei **mitocondri**. È questa la fase in cui si ha la maggior produzione di ATP. Le sostanze (**NADH** e **FADH₂**) che hanno ricevuto gli elettroni e i protoni nelle tappe precedenti, devono essere nuovamente ossidate a **NAD⁺** e **FAD** (cedendo elettroni e protoni, ossia atomi di idrogeno); gli elettroni vengono perciò trasferiti (attraverso una serie di trasportatori di elettroni) al loro destinatario finale: l'ossigeno.

– Il trasferimento degli elettroni lungo la **catena di trasporto degli elettroni** porta alla liberazione di **energia**, che viene utilizzata dal mitocondrio per produrre ATP (**fosforilazione ossidativa**).



La respirazione cellulare è composta da una serie di trasformazioni che, partendo da una molecola di glucosio, ottengono 36 molecole di ATP. La prima parte del processo (glicolisi) avviene nel citoplasma, mentre la fase finale (ciclo di Krebs e trasporto finale degli elettroni) ha luogo all'interno dei mitocondri.

La respirazione cellulare e la fermentazione

La fermentazione

L'acido piruvico prodotto dalla glicolisi viene ossidato e trasformato completamente in anidride carbonica nei mitocondri in presenza di **ossigeno**. Gli organismi **anaerobi**, cioè quelli che vivono in assenza di ossigeno, sono in grado di ricavare energia attraverso la glicolisi, ma l'acido piruvico prodotto da questa reazione non può essere smaltito attraverso la respirazione cellulare (perché manca l'ossigeno) e viene perciò trasformato in altre sostanze attraverso il processo di **fermentazione**.

La fermentazione è un processo molto meno efficiente della respirazione cellulare, perché la produzione di ATP è decisamente inferiore.

Si distinguono diversi tipi di fermentazione in base al “prodotto finale” del processo:

- nella **fermentazione alcolica** (attuata da alcuni lieviti) l'acido piruvico viene trasformato in **alcol** (utilizzato per la produzione del vino e della birra) e **anidride carbonica**, un gas che serve a far lievitare il pane;
- nella **fermentazione lattica** si ottiene l'acido lattico, come avviene nella produzione dello yogurt grazie a uno specifico batterio, il *Lactobacillus bulgaricus*. Anche le cellule muscolari del corpo umano, in carenza di ossigeno, sono in grado di produrre energia attraverso la fermentazione lattica, ma l'acido lattico accumulato deve poi essere smaltito, perché causa l'**affaticamento muscolare**;
- nella **fermentazione acetica**, indotta da alcuni batteri, si forma **acido acetico**, come nella produzione dell'aceto dal vino.



La birra (come il vino e gli impasti lievitati) viene prodotta sfruttando il processo di fermentazione: aggiungendo alla materia prima opportuni lieviti (e tenendo il prodotto in particolari condizioni di temperatura, pressione e umidità in appositi macchinari, come i fermentatori visibili nell'immagine), si riesce a “controllare” il processo e ottenere il prodotto desiderato.