

BATTERI BIOLUMINESCENTI

È noto da tempo che fra gli esseri viventi si instaurano delle interazioni positive in cui entrambi gli organismi coinvolti traggono vantaggio; a volte la loro associazione è così stretta da determinare un'interdipendenza metabolica che non permette più una loro vita autonoma e separata (**simbiosi mutualistica**). In un ecosistema le interazioni positive che si possono instaurare fra gli organismi viventi possono essere all'interno della stessa popolazione batterica, fra diverse specie microbiche, fra microrganismi e piante e fra microrganismi e animali.

Un esempio molto interessante di simbiosi mutualistica è quella che si instaura fra alcuni **batteri bioluminescenti** e **animali marini**. La bioluminescenza è la capacità di un essere vivente di emettere luce in seguito al passaggio di un elettrone dallo stato eccitato a quello fondamentale ed è una caratteristica presente nei microrganismi, nei funghi e negli animali. Questo fenomeno è sfruttato dagli esseri viventi per comunicare, per difendersi da predatori, per attaccare, per mimetizzarsi nell'ambiente.

Batteri luminescenti vivono in simbiosi con un pesce chiamato *Photoblepharon palpebratus* della barriera corallina australiana e si sviluppano all'interno di una piega (palpebra) sotto agli occhi. La simbiosi fra questi organismi fa sì che il pesce fornisca un substrato protettivo e ricco di nutrimento ai batteri e i microrganismi offrano la luce necessaria per le diverse comunicazioni dell'animale atte a difendere il proprio territorio e a cacciare. Un altro esempio di simbiosi fra batteri luminescenti e animali è fornita dall'interazione fra *Euprymna scolopes* (**figura 1**), un cefalopode che di giorno vive sotto la sabbia e di notte va in cerca di cibo, e *Vibrio fischeri*. *Euprymna* riesce a mimetizzarsi nell'ambiente notturno grazie alla presenza di un organo luminescente (fotoforo) che emette una luce "lunare" che ne fa scomparire l'ombra. La luce è emessa da popolazioni di *Vibrio fischeri*, batteri bioluminescenti che vivono all'interno del fotoforo del cefalopode dove trovano un ambiente ricco di nutrimento.

Nel mondo microbico i principali batteri bioluminescenti appartengono ai generi *Photobacterium* e *Vibrio*. Quando vivono liberi nel plancton questi microrganismi non emettono luce ma diventano luminescenti quando vivono in simbiosi con alcuni pesci e cefalopodi; essi hanno la caratteristica di emettere luce ad intermittenza solo in presenza di ossigeno e quando la loro concentrazione è sufficientemente elevata.



Figura 1 *Euprymna scolopes* (fonte: www.wikipedia.com).

Nei batteri del genere *Photobacterium* la reazione biochimica avviene grazie all'enzima **luciferasi** che ossida un'aldeide saturata a lunga catena, in presenza di flavin mononucleotide ridotto (FMNH₂) e l'ossigeno molecolare secondo questa reazione:



Durante questa reazione si forma FMN in uno stato elettronicamente eccitato che emette luce quando torna nella sua condizione di base. Dal punto di vista biochimico la reazione (1) è analoga a quanto avviene nella catena di trasporto degli elettroni, infatti gli elettroni sono trasferiti dal FMNH₂ (coenzima nella forma ridotta) all'ossigeno molecolare che si riduce ad acqua.

Il meccanismo d'azione della luminescenza in *Vibrio fischeri* è riconducibile a fenomeni di “quorum sensing” (meccanismo di regolazione genica mediante la produzione di un autoinduttore che permea gli spazi tra una cellula ed un'altra) strettamente dipendente dalla densità cellulare della popolazione. Le cellule di *Vibrio fischeri*, infatti, quando vivono disperse nel plancton non emettono luce ma quando si trovano raggruppate nell'organo fotoforo di un cefalopode sono luminose. Anche *in vitro* la luminescenza di questi microrganismi compare solo quando la densità cellulare è elevata perché il meccanismo molecolare che permette l'emissione di luce dipende dalla presenza del lattone N-acil-L-omoserina (AHL), un induttore che funziona come segnale chimico. Questo composto chimico si accumula e diffonde da una cellula all'altra. L'induttore si lega alla proteina LuxR formando un complesso che attiva l'espressione genica che porta alla sintesi di luciferasi e altre proteine coinvolte nel fenomeno. Il complesso induttore-LuxR attiva anche la sintesi dell'induttore stesso mediante un meccanismo di autoinduzione (**regolazione a retroazione positiva**) che ne amplifica notevolmente la produzione fino a superare il valore soglia tale da consentire l'emissione di luce.

Lo studio biochimico della bioluminescenza prodotta da batteri ha consentito di utilizzare i geni coinvolti nel fenomeno per creare sonde per saggi biochimici; anche i batteri luminescenti sono impiegati come sistemi rilevatori di inquinamento in acque e alimenti. Gli ambienti inquinati, infatti, sono in genere asfittici e in tali condizioni i batteri luminescenti non riescono a emettere luce in quanto il fenomeno della luminescenza è dipendente dalla presenza di O₂; la rilevazione di luminescenza è quindi a favore di un ambiente non inquinato.

Utilizzando la bioluminescenza e il sistema luciferina/luciferasi è possibile valutare la concentrazione dei microrganismi in un substrato (**carica microbica**) in base al consumo di ATP utilizzato nella reazione, a sua volta in relazione al numero di microrganismi presenti. Questo metodo misura la concentrazione delle cellule vive, in quanto ovviamente in quelle morte l'ATP non viene sintetizzato. Una quota di ATP può peraltro derivare da altre cellule non microbiche: ciò rende la tecnica di bioluminescenza aspecifica a meno di non adottare metodi che permettono la preventiva separazione dell'ATP non prodotto dai microrganismi.