

L'UOMO: TRA CRISI E VALORIZZAZIONE

Come già accennato, tra i microrganismi presenti nell'atmosfera vi sono anche

“i batteri”.

BIOLOGIA

(Batteri azoto fissatori: Clostridium e Azotobacter)

I batteri

I batteri sono microrganismi **unicellulari**, **procarioti** (privi di membrana nucleare pertanto la molecola di DNA si trova libera nel citoplasma) di dimensioni di solito dell'ordine di pochi micrometri, ma che possono variare da circa 0,2 μm dei micoplasmi fino a 30 μm di alcune spirochete. Secondo il sistema tassonomico proposto da Robert Whittaker nel 1969, insieme alle cosiddette "alghe azzurre" o "cianoficee" costituiscono il regno delle monere. I batteri sono fondamentali per la vita sulla Terra.

Basti pensare al loro ruolo in natura nel processo di riciclaggio dei materiali di scarto, animali e vegetali, e alla loro partecipazione a cicli naturali, quali quello dell'azoto, che condiziona la vita sul pianeta.

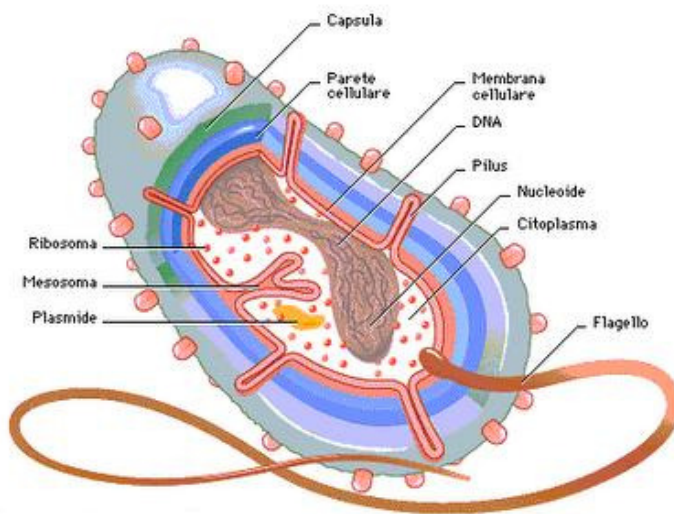
Da un punto di vista morfologico, biochimico e fisiologico le forme presentano un alto grado di variabilità. Ad esempio per quanto riguarda l'ossigeno, alcune forme ne richiedono la presenza e per questo sono dette “**aerobie**”, altre vengono da esso inibite come nel caso delle “**anaerobie obbligate**”, altre ancora si adattano a un comportamento intermedio: è questo il caso delle forme “**aerobie e anaerobie facoltative**”.

Per quanto riguarda le esigenze nutrizionali, si va da specie capaci di utilizzare l'azoto nella sua forma elementare N_2 e di trarre energia dall'ossidazione di sostanze inorganiche, a forme capaci di ricavare energia soltanto dalle sostanze organiche.

I procarioti si distinguono in due gruppi principali: **archeobatteri** ed **eubatteri**. I primi vivono spesso in situazioni di temperatura e pH molto inospitali, ma hanno caratteristiche (metaboliche, genetiche, strutturali) simili agli eucarioti. Gli eubatteri comprendono la maggior parte dei restanti batteri.

Nel 1683 l'inventore del microscopio Van Leuwenhoek suddivise i batteri, a seconda della forma, in:

- Bacilli: a bastoncino;
- Cocchi: a sfera; se si dispongono a coppia si chiamano diplococchi, a catena si chiamano streptococchi, a grappolo si chiamano stafilococchi;
- Spirilli: a spirale;
- Vibrioni: a virgola;
- Spirochete: con più curve o per meglio dire a "spirale".



Osservandoli al microscopio si vede dall'esterno all'interno la parete cellulare a volte coperta da capsula e dotata di ciglia, una membrana citoplasmatica che racchiude il citoplasma in cui sono immersi la sostanza nucleare, i plasmidi ed i ribosomi.

La **capsula** è un'ulteriore struttura di difesa costituita da uno strato muco-gelatinoso (proteine e polisaccaridi) per lo più molto sottile, ma in alcuni casi, come nello pneumococco o nel carbonchio, di una certa consistenza.

Le **ciglia** di natura proteica, sono l'organo di locomozione dei batteri.

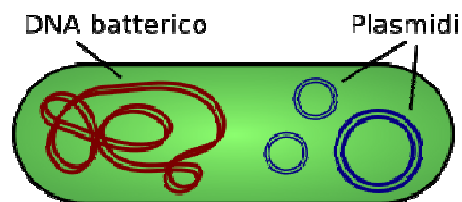
La **parete cellulare** circonda la cellula al di là della membrana citoplasmatica ed ha funzione di protezione. È una struttura molto sottile, rigida ma anche elastica, che dà forma ai batteri. La struttura biochimica della parete è responsabile della diversa colorazione che i batteri assumono dopo trattamento con il colorante di Gram. La parete cellulare dei batteri Gram + è meno permeabile. Essa è costituita da 3 strati: il peptidoglicano (carboidrati azotati) legato a grandi quantità di acidi teicoici che a loro volta possono legarsi a numerosi monosaccaridi e/o amminoacidi. Qui la spessa parete idrofobica permette al cristalvioletto e allo iodio di penetrare separatamente, ma una volta combinati essi non riescono a fare il processo inverso neanche con l'alcol o acetone (il colorante passa quindi la cellula sarà blu - viola). I batteri Gram - sono più permeabili. Essi hanno una struttura più complessa, qui la membrana citoplasmatica è protetta da un

involucro a due strati: la parete cellulare fatta di peptidoglicano e la membrana esterna fatta di lipopolisaccaridi. Inoltre anche la capsula è più spessa quindi il batterio in fine avrà un colore rosa - rosso.

La **membrana citoplasmatica** è la porzione più sottile del citoplasma, ricca di lipidi; svolge la funzione di permeabilità selettiva per le sostanze che escono ed entrano nel batterio. E' sede degli enzimi respiratori e svolge un ruolo fondamentale nel processo di divisione cellulare.

Il **citoplasma** è la parte fondamentale della cellula batterica in cui è immersa la sostanza nucleare, i plasmidi ed i ribosomi. I **ribosomi** sono costituiti da un particolare tipo di acido nucleico, l'RNA ribosomiale, e da proteine.

La **sostanza nucleare** è un ammasso tenue e compatto di filamento di DNA privo di membrana di rivestimento. Il cromosoma batterico contiene tutti i geni necessari alla crescita e riproduzione della cellula, ma in quasi tutte le cellule, sono state osservate altre molecole di DNA, dette **plasmidi**, che contengono circa 30 geni.



Molti di questi plasmidi possono essere trasferiti da un batterio a un altro mediante un sistema di scambio del materiale genetico, detto coniugazione.

La **sintesi proteica batterica** (nota anche come traduzione genica) costituisce la seconda fase del processo di espressione genica, ovvero il processo in cui l'informazione contenuta nel DNA dei geni viene convertita in proteine che svolgono nella cellula un'ampia gamma di funzioni.

Per codificare proteine con funzioni tra loro correlate ci sono gruppi di geni riuniti in un modello definito **operone**.

Un operone contiene uno o, di solito, più geni strutturali, ovvero geni che codificano per determinati enzimi o proteine necessarie alla cellula. Un **promotore**, situato a monte dei geni, ovvero una sequenza di DNA che, legandosi all'RNA polimerasi, permette l'inizio della trascrizione. L'RNA polimerasi ha infatti bisogno di riconoscere la sequenza del promotore per iniziare il processo. Un **operatore**, un frammento di DNA, che può essere situato a monte, a valle o anche lontano dal promotore, che regola l'espressione dei geni strutturali. L'operatore svolge questa funzione interagendo con una specifica proteina

chiamata proteina **repressore** o proteina attivatore, a seconda che, appunto, impedisca o stimoli l'espressione.

Inoltre, l'operone può anche contenere un gene **regolatore**, che codifica appunto per la proteina regolatrice. Questo gene, tuttavia, non viene normalmente considerato parte integrante dell'operone, in quanto in alcuni casi può essere dislocato in un punto del genoma anche molto lontano dall'operone stesso.

Quando deve avvenire la sintesi di una proteina, si forma nel citoplasma una molecola detta **induttore**, che legandosi alla proteina repressore impedisce a quest'ultima di legarsi all'operatore permettendo così la sintesi.

I batteri attuano in gran parte una **riproduzione asessuata per scissione semplice**: il materiale genetico si duplica e si distribuisce ai due poli della cellula batterica, la quale si allunga e alla fine si divide in due cellule figlie identiche alla cellula madre. Alcuni batteri si riproducono ogni 20-40 minuti. In condizioni favorevoli, con una divisione ogni 30 minuti, da una sola cellula dopo 15 ore si possono ottenere circa un miliardo di nuove cellule, che formano una colonia spesso visibile a occhio nudo. In condizioni avverse alcuni batteri vanno incontro a un processo di divisione modificato, al termine del quale vengono prodotte forme quiescenti, dette **spore**, in grado di sopportare condizioni estreme di temperatura e umidità.

Esistono due principali meccanismi in grado di determinare un cambiamento e sono: mutazione e la ricombinazione batterica.

Una **mutazione** può essere **spontanea** o **indotta**; in quest'ultimo caso, essa è determinata da fattori che prendono il nome di agenti mutageni. Sono agenti mutageni, ad esempio, fattori fisici come le radiazioni, fattori chimici come varie sostanze chimiche, e fattori biologici come alcuni retrovirus.

La **ricombinazione batterica** è un ulteriore meccanismo con cui la cella batterica modifica il proprio patrimonio genetico. Vi sono 4 diversi modi per cui questo accada:

1. **Trasformazione** che si ha quando alcuni batteri sono in grado di assumere DNA presente in forma solubile nell'ambiente;
2. **Trasduzione** che consiste nel trasferimento di DNA cellulare da una cellula ospite (donatore) ad un'altra (accettore) per mezzo di virus;
3. **Coniugazione** ovvero con il trasferimento di DNA da una cellula a un'altra mediante il contatto diretto tra cellule batteriche diverse;
4. Infine per **Conversione** che più di un trasferimento di materiale genetico, è

un'acquisizione da parte di una cellula batterica di caratteri portati dal DNA di un virus dei batteri (batteriofago).

Come succede in tutti gli esseri viventi, le reazioni metaboliche nei batteri sono di sintesi, che necessitano di energia (**anaboliche**), o di demolizione, che liberano energia (**cataboliche**).

I batteri si possono dividere in due categorie:

- Batteri **eterotrofi**: sfruttano il carbonio dei composti organici, fornito da altri organismi viventi, utilizzando l'energia liberata dalla demolizione delle stesse molecole organiche. Questi batteri svolgono ruoli ecologici dipendenti dagli altri viventi come il parassitismo, la simbiosi e il saprofitismo.

- Batteri **autotrofi**: sono in grado di utilizzare fonti di carbonio inorganiche per costruire le proprie strutture cellulari assieme ad un'energia di tipo luminoso o derivante dalla demolizione di alcuni composti chimici. In base all'energia sfruttata vengono divise in ulteriori categorie:

1. **batteri fotosintetici**: effettuano la fotosintesi in presenza di energia luminosa;
2. **batteri chemiosintetici**: sfruttano l'energia derivante da reazioni chimiche di tipo ossidoriduttivo a livello di alcuni composti presenti nel substrato.

I batteri instaurano vari tipi di relazioni con gli altri organismi. I **saprofiti** vivono su organismi animali e vegetali morti, contribuendo alla loro decomposizione negli elementi costitutivi, che possono essere, così, riutilizzati dagli altri organismi presenti nell'ecosistema. Altri batteri vivono, invece, all'interno di organismi viventi, con i quali possono instaurare una relazione di **commensalismo** o di **parassitismo**. Un esempio di relazione del primo tipo è fornito dai batteri che vivono nel canale alimentare degli animali superiori: essi contribuiscono alla digestione delle sostanze nutritive e producono vitamine che l'animale ospite non è in grado di sintetizzare; in cambio, i batteri utilizzano alcune sostanze presenti nell'apparato digerente dell'ospite. Questi batteri costituiscono la cosiddetta "flora intestinale". I batteri commensali sfruttano, invece, le sostanze nutritive dal loro ospite, senza procurare a questo "né vantaggi né svantaggi (**Simbiosi**)". Infine, i parassiti causano danni più o meno gravi agli organismi in cui vivono, senza recare loro alcun vantaggio.

***Tra tutti i batteri ricoprono un ruolo di fondamentale importanza
"i batteri azoto fissatori".***

Batteri Azoto fissatori

La fissazione dell'azoto atmosferico o **azotofissazione** consiste nella riduzione dell'azoto molecolare (N_2) in azoto ammonico (NH_3). L'azoto ammonico è successivamente reso disponibile per molte importanti molecole biologiche quali gli amminoacidi, le proteine, le vitamine e gli acidi nucleici attraverso i processi di nitrificazione e nitratazione. Tra i microrganismi azotofissatori vi sono soprattutto batteri appartenenti ai generi *Clostridium* ed *Azotobacter*. I batteri del genere *Clostridium* si trovano in tutti i tipi di suolo e nelle acque sia dolci che salate. La loro diffusione è limitata solo dalla presenza di ossigeno, dato che sono batteri anaerobi. In questi casi, però, possono sopravvivere in simbiosi con altri microrganismi aerobi od anaerobi facoltativi presenti negli strati più superficiali del suolo. Sono attivi anche in suoli acidi fino a pH 5.5. Le diverse specie del genere *Clostridium* che svolgono attività azotofissatrice sono autotrofe per questo elemento chimico, ma non altrettanto per il carbonio che ricavano dai carboidrati già presenti nel terreno. L'ossidazione di questi ultimi avviene in condizioni anaerobiche e quindi non soltanto è incompleta (restano, infatti, sottoprodotti come acidi organici, alcoli, acetone ecc.), ma anche la resa energetica è inferiore rispetto a quella ottenibile con l'ossidazione degli stessi composti in condizioni aerobiche.

Di conseguenza anche l'efficienza di fissazione dell'azoto è inferiore rispetto a quella operata dalle specie del genere *Azotobacter*, che sono aerobie. Anche le specie del genere *Azotobacter* sono diffuse in tutti i suoli e nelle acque dolci e salate e pertanto possono convivere con quelle del genere *Clostridium* sebbene in percentuali variabili in condizioni chimico-fisiche diverse, a causa delle differenti necessità metaboliche: i batteri del genere *Azotobacter*, infatti, non sopportano pH inferiori a 6.0 ed, essendo aerobi, esigono una buona ossigenazione. Inoltre non sono in grado di demolire la cellulosa e perciò, nei casi in cui questa è l'unica fonte di carbonio disponibile, debbono entrare in simbiosi con altri microrganismi capaci di degradarla. La capacità che posseggono i generi *Clostridium* ed *Azotobacter* di fissare l'azoto atmosferico, però, è dovuta principalmente alla carenza di questo elemento nel terreno: qualora nel suolo abbondino l'ammoniaca od i nitrati l'attività azotofissatrice di questi batteri cessa (in quanto troppo dispendiosa dal punto di vista energetico) e vengono sfruttate le altre fonti di composti azotati. Perciò questi organismi sono *autotrofi facoltativi* per l'azoto.