Biotecnologie dei protisti

Prima parte: generalità dei protisti; seconda parte: tecnologie utilizzate a livello industriale per sfruttare i microrganismi; terza parte: utilizzo dei protisti nelle biotecnologie industriali.

I protisti sono microrganismi, ovvero hanno dimensioni microscopiche e sono invisibili a occhio nudo; sono unicellulari eucarioti. In alcuni casi, come in *Volvox*, un'alga unicellulare coloniale, si osserva la tendenza a formare colonie, in cui le cellule sono mantenute raggruppate da una guaina gelatinosa; spesso queste colonie sono anche di notevoli dimensioni e visibili a occhio nudo. I protisti sono un gruppo eterogeneo comprendente circa 50.000 specie diverse, i tre principali sottogruppi sono: le alghe unicellulari fotosintetiche come le alghe verdi, brune, rosse, i funghi unicellulari o inferiori, che sono eterotrofi, come i Mixomiceti o muffe mucillaginose e gli Oomiceti o muffe d'acqua e anche i Microsporidi, e infine i Protozoi, eterotrofi, come i ciliati e i flagellati.

I protisti vivono in qualunque ambiente vi sia acqua allo stato liquido (acqua dolce o salata, oppure nei liquidi corporei di altri organismi come simbionti, in terreni umidi come terreni con materiale in decomposizione, nelle acque del sottosuolo dove fanno parte del ciclo dell'azoto, cibandosi di batteri del suolo che possono produrre nitrati), e anzi l'acqua è il principale fattore limitante la vita dei protisti.

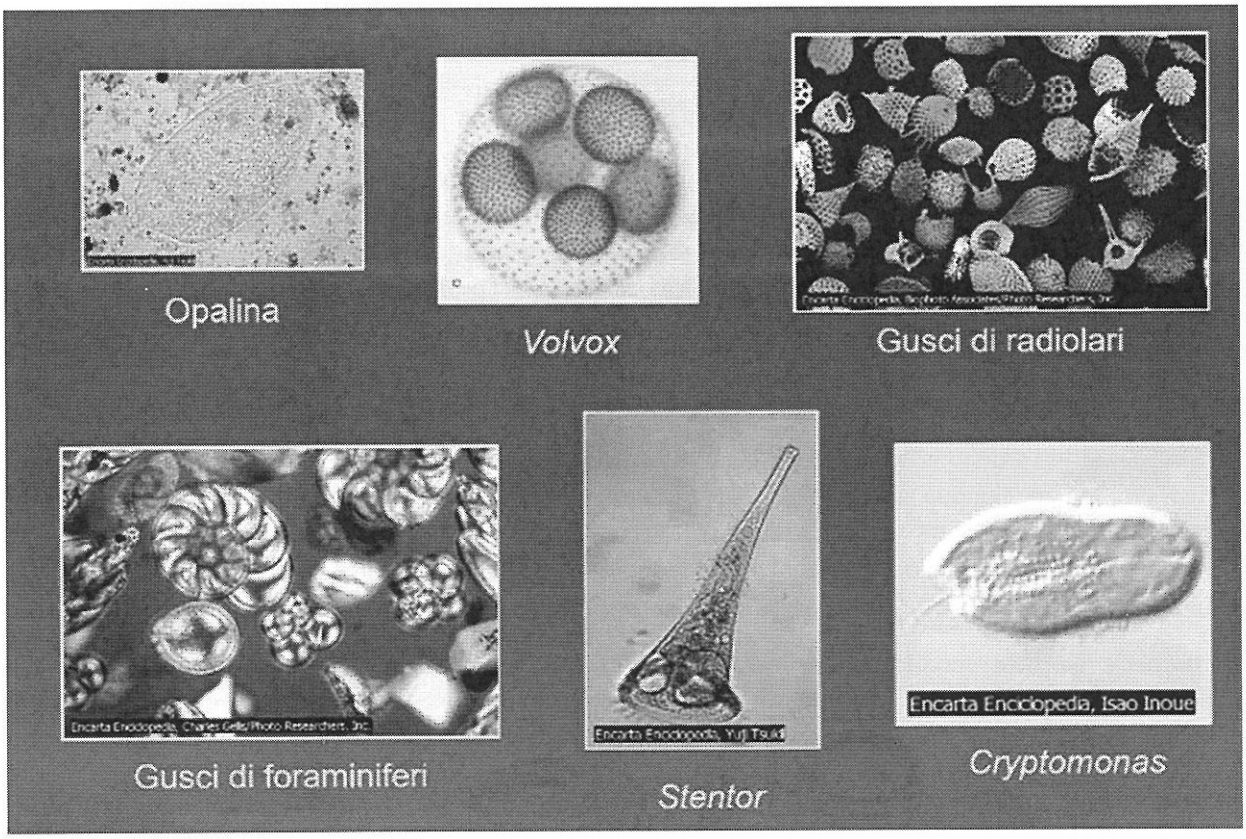
Alcune specie di protisti conducono vita libera da soli o in colonie, ma alcune specie vivono come endosimbionti, come già detto; in alcuni rari casi, sia l'ospite che il simbionte sono entrambi protisti: è il caso della simbiosi tra un protozoo ciliato di acqua dolce dotato di motilità che fa da ospite che si chiama *Euplotes woodruffi*, e un fungo unicellulare, un microsporidio che è il simbionte; nei protozoi ciliati è presente un dimorfismo nucleare in quanto c'è un micronucleo con funzioni riproduttive e un macronucleo con funzioni vegetative.

Alcuni gruppi di protisti sono esclusivamente immobili, ma alcuni comprendono cellule dotate di movimento, che può essere ameboide, attraverso la formazione di estensioni del citoplasma detti pseudopodi o falsi piedi, formazioni temporanee, o tramite battito ciliare, che utilizza le cilia, formazioni permanenti, o mediante battito flagellare.

Dal punto di vista della nutrizione, le caratteristiche metaboliche sono diversificate: possono esserci protisti autotrofi o eterotrofi per assorbimento (funghi unicellulari) /per ingestione (protozoi); ci sono protisti che sono mixotrofi, cioè scelgono il tipo di nutrizione a seconda delle condizioni ambientali, es. *Euglena* e *Chlamydomonas*.

Per quanto riguarda la riproduzione, la maggior parte dei protisti si riproduce per via asessuata mediante scissione binaria, scissione multipla o schizogonia, gemmazione, sporulazione; la riproduzione sessuale può talvolta avvenire con meccanismi diversi; talvolta si ha un'alternanza tra le due modalità.

I protisti vengono considerati i progenitori di tutti gli eucarioti superiori, in quanto è presente in questo gruppo una grande diversità che ha generato le diverse linee evolutive di piante, metazoi e funghi superiori.



Le opaline sono protozoi ciliati di grosse dimensioni, con forma appiattita e delle corte cilia vibratili organizzate in file con decorso elicoidale sulla superficie cellulare; sono eterotrofe e hanno seguito la via evolutiva del commensalismo o, in alcuni casi, del parassitismo, soprattutto di vertebrati. La membrana forma delle pliche membranose tra una fila e l'altra di ciglia e si pensa che sia a livello di questi ripiegamenti che avvenga l'assorbimento di particelle di cibo. All'interno della cellula sono presenti numerosi micronuclei.

Volvox è un'alga biflagellata, secondo alcuni autori le sue colonie hanno avuto un ruolo molto importante nell'evoluzione della vita sulla terra, in quanto si pensa che abbiano determinato il passaggio da unicellularità a pluricellularità: a sostegno di questa ipotesi si osserva che le cellule delle colonie di *Volvox* non sono tutte uguali, ma alcune hanno funzione vegetativa e si trovano all'esterno della colonia, mentre altre hanno funzioni riproduttive e si trovano all'interno della colonia; inoltre, si osservano connessioni tra i citoplasmi di cellule adiacenti.

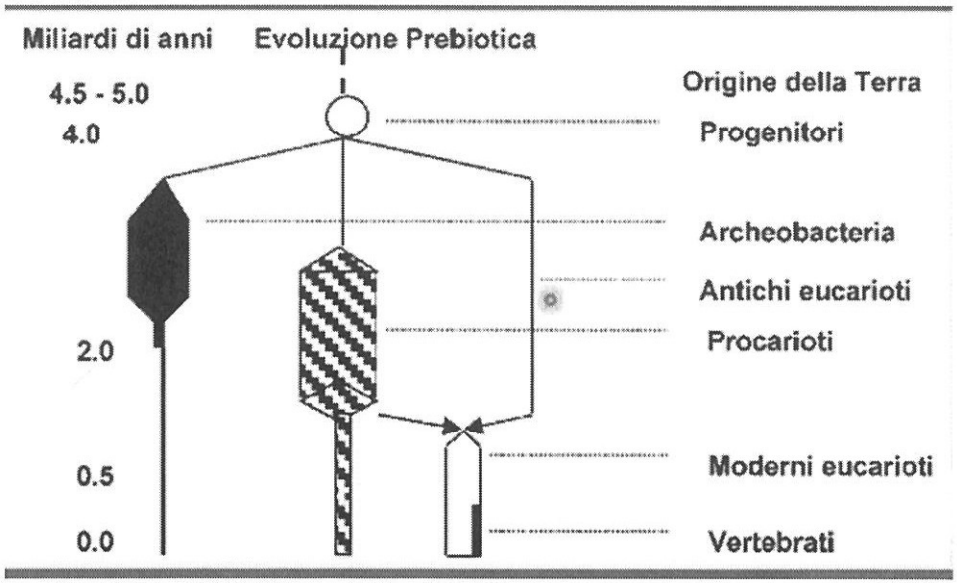
I radiolari sono protozoi marini con un guscio forato attraverso cui la cellula emette filamenti citoplasmatici utilizzati per catturare le prede; il numero e la disposizione dei fori hanno una grande importanza dal punto di vista sistematico e tassonomico; il guscio è di natura silicea e può contenere tracce di vari metalli. Quando questi organismi completano il loro ciclo vitale, i gusci si depositano sui fondali oceanici, e questo ha contribuito alla formazione di rocce sedimentarie silicee.

I foraminiferi sono protozoi marini con un guscio di varie forme, generalmente avvolto a spirale, che può essere monotalamico o pluritalamico (in questo caso possono esserci concamerazioni multiple); il guscio può essere forato e dai fori fuoriescono formazioni filamentose di citoplasma dette pseudopodi che vengono utilizzati nella locomozione; il guscio è di natura calcarea (carbonato di calcio).

Stentor è un protozoo ciliato e presenta una caratteristica forma a imbuto o tromba, vive nelle acque dolci e si muove grazie al battito di cilia situate sul bordo della porzione più larga della cellula: le cilia servono

anche per la nutrizione, perché battendo ritmicamente creano una corrente ciliare nell'acqua, che grazie a questo battito di ciglia viene convogliata al centro della porzione più larga della cellula dove si trova il citostoma, ovvero l'apertura buccale. Questo organismo può anche fissarsi a un substrato tramite la parte più stretta della cellula, che è dotata di corti pseudopodi che sono a loro volta dotati di piccole ghiandole adesive; esso è stato ritrovato anche nel lago di Massaciuccoli (*Stentor coeruleus).* Presenta talvolta molti macronuclei avvolti a spirale a formare una sorta di collana di perle.

Cryptomonas è un'alga unicellulare biflagellata fotosintetica dotata di cloroplasti con clorofilla, vive nelle acque dolci; i due flagelli si dipartono da una sorta di tasca cellulare detta vestibolo: nella membrana che circonda il vestibolo sporgono dei minuscoli organuli detti eiectosomi, in grado di lanciare sostanze tossiche contro eventuali aggressori, con un ruolo importante nella predazione e nella nutrizione.



La linea evolutiva degli eucarioti è derivata dall'unione dei procarioti e procarioti primitivi; i protisti che vivono oggi sono forme simili a organismi che hanno avuto origine circa 2,2 miliardi di anni fa, ovvero gli antichi eucarioti: infatti possiamo dire che i protisti hanno determinato la conquista da parte della cellula dell'organizzazione cellulare di tipo eucariotico. Spesso i protisti vengono anche definiti come i principali artefici dei due più grandi salti evolutivi, il primo quello dell'organizzazione cellulari eucariotica, il secondo è quello dall'organizzazione unicellulare a pluricellulare, passando attraverso l'organizzazione coloniale (forse si tratta dei coanoflagellati, molto simili ai coanociti che tappezzano internamente i poriferi, primi animali dal punto di vista evolutivo).

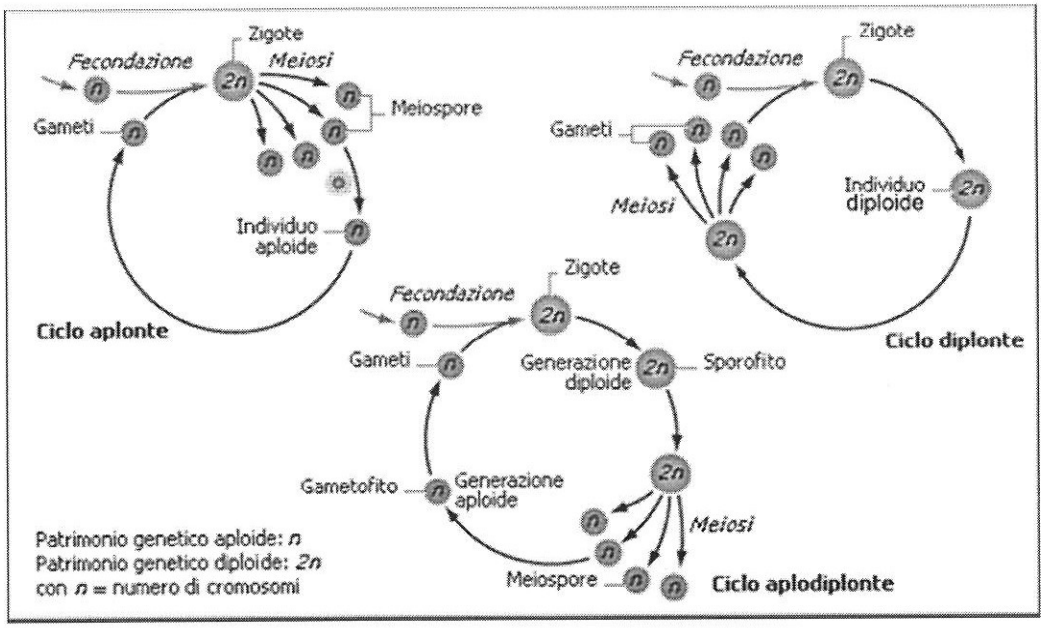
Una delle caratteristiche che rendono i protisti unici nel mondo dei viventi è rappresentata dalla loro duplice natura, in quanto ognuno di essi è una cellula e un individuo completo: la cellula dei protisti è strutturalmente e funzionalmente più complessa rispetto alle cellule eucariotiche degli altri metazoi (es. nel protozoo ciliato *Loxodes ciliatus* è presente una vescicola di Muller che funziona come un sensore di gravità che permette all'organismo di posizionarsi ad altezze diverse nella colonna d'acqua; il dinoflagellato *Erythropsis pavillardi* è dotato di un apparato visivo); i protisti inoltre devono essere in grado di affrontare con successo tutte quelle sfide che si ritrovano quotidianamente ad affrontare (es. trovare cibo/condizioni ambientali favorevoli/partner sessuali) a differenza dalle altre cellule dei metazoi, che fanno parte di un univo organo e tessuto e sono deputate a svolgere una sola funzione predeterminata.

Le alghe

Le alghe in generale sono organismi fotosintetici che vivono in ambiente acquatico o umido; possiamo ritrovare diversi tipi di organizzazione cellulare, cicli vitali, dimensioni e fecondazione o gamia, quindi una grande diversità per quanto riguarda questi quattro ambiti.

Possiamo distinguere quattro tipi di organizzazione cellulare: unicellulare, coloniale, cenocitica o sifonale e pluricellulare (che però caratterizza le alghe che non sono protisti). Le alghe unicellulari sono generalmente flagellate e si comportano come individui dipendenti, ma alcune sono prive di parete cellulare e si muovono mediante un movimento ameboide, ovvero emettendo pseudopodi; l'organizzazione coloniale è rappresentata da più individui unicellulare che si raggruppano in maniera più o meno coordinata tra di loro, inoltre possiamo osservare un certo grado di specializzazione tra le varie regioni della colonia come nel caso di *Volvox*, in alcuni casi le cellule sono raggruppate da una comune guaina gelatinosa; l'organizzazione cenocitica è rappresentata da singole cellule che contengono nel citosol numerosi nuclei che sono derivati da ripetute e successive divisioni mitotiche di un singolo nucleo iniziale, che però non sono seguite dalla formazione di pareti divisorie (citodieresi): le alghe con questo tipo di organizzazione possono raggiungere anche notevoli dimensioni, come nel caso delle alghe brune. L'organizzazione pluricellulare è rappresentata da individui costituite da più cellule uninucleate o multinucleate di varie forme, e non è presente nei protisti algali: si osserva in questo caso un certo grado di differenziazione con la formazione di organi e tessuti, es. la parte basale dell'individuo può perdere la sua funzione fotosintetica.

I cicli vitali sono essenzialmente tre: aplonte o zigotico, diplonte o gametico, aplodiplonte o sporico; questi termini si riferiscono alla fase o generazione nucleare predominante (primo termine) o minoritaria (secondo termine) nel ciclo.



Nel primo caso, l'individuo aploide produce per mitosi gameti aploidi che si fondono a due a due per dare origine a uno zigote diploide, che per meiosi produce delle meiospore aploidi, ciascuna delle quali germina e si sviluppa in un nuovo individuo aploide. Allo stesso modo, nel ciclo diplonte domina la fase diploide, è presente un individuo diploide ma non aploide e la fase aploide è rappresentata soltanto dai gameti: l'individuo diploide produce per meiosi gameti aploidi, due gameti si uniscono per mezzo della fecondazione e originano uno zigote diploide, che si sviluppa in un nuovo individuo completando il ciclo vitale. Nel ciclo aplodiplonte sono presenti tutte e due le fasi o generazioni, sia il gametofito aploide sia lo sporofito diploide: il gametofito produce per mitosi i gameti aploidi, due gameti si uniscono per fecondazione originando uno zigote diploide, che si sviluppa in uno sporofito che per meiosi produce

meiospore aploidi, che germinando darà origine a un nuovo gametofito aploide; se i due individui presentano un aspetto morfologico simile si parla di ciclo isomorfo, al contrario il ciclo è detto eteromorfo.

Nelle alghe abbiamo una grande varietà di dimensioni, da microscopiche come le diatomee a giganti come le alghe brune o feofite, con fronde lunghe fino a 60 mt e peso complessivo di diversi quintali (spesso dovuta a organizzazione cenocitica).

Nelle alghe abbiamo quattro tipi di gamia: l'isogamia, in cui si ha l'unione di gameti complementari morfologicamente simili; l'anisogamia, in cui i gameti complementari sono morfologicamente simili ma fisiologicamente diversi, ovvero i gameti possono derivare anche dallo stesso individuo che produce due gameti complementari e diversi; l'eterogamia, in cui i gameti sono morfologicamente diversi per dimensioni (microgamate maschile e macrogamete femminile); l'oogamia, una specializzazione dell'eterogamia, in cui i gameti sono morfologicamente diversi per dimensione e il gamete maschile è anche mobile, similmente a uno spermatozoo, mentre il gamete femminile è immobile, similmente a un'ovocellula.

La classificazione delle alghe è ancora controversa, ma possiamo dire che si tratta sicuramente di un gruppo polifiletico, ovvero che non deriva da un unico antenato comune. Una delle classificazioni più semplici riconosce sette divisioni.

DIVISIONE		AMBIENTE	PIGMENTI FOTOSINT.	PARETE	SOSTANZE DI RISERVA	FLAGELLI
Rhodophyta (alghe rosse)		soprattutto mare	clorofilla a carotenoidi clorofilla d ficobiline xantofille	polisaccaridi (agar, ecc.) cellulosa sali di Ca	"amido delle Floridee", floridoside	nessuno
C h r o m o p h y t a	**Phaeophyta** (alghe brune)	mare (quasi tutte)	clorofilla a carotenoidi clorofilla c xantofille (fucoxantina)	cellulosa polisaccaridi pectina (ac. alginico)	laminarina mannitolo	2 a frustino e a pettine
	Chrysophyta (diatomee e alghe giallo-dorate)	mare acqua dolce ed altro	clorofilla a carotenoidi clorofilla c fucoxantina	cellulosa silice o assente	crisolaminarina	0-2 a frustino e a pettine
	Cryptophyta (criptomonadine)	acqua dolce (mare)	clorofilla a carotenoidi	assente	amido	2 a pettine
	Pyrrhophyta (dinoflagellate)	mare acqua dolce ed altro	clorofilla a carotenoidi clorofilla c xantofille (peridinina)	cellulosa sporopollenina	amido	0-2 a pettine
Euglenophyta (euglene)		mare acqua dolce ed altro	clorofilla a carotenoidi clorofilla b xantofille	assente	paramilo	1-3 a pettine
Chlorophyta (alghe verdi)		soprattutto acqua dolce, (terreno, mare, epifite, ecc.)	clorofilla a carotenoidi clorofilla b xantofille	cellulosa e altri polisaccaridi sporopollenina	amido	0-molti a frustino
Plantae (vere piante)		terraferma (mare, acqua dolce, ecc.)	clorofilla a carotenoidi clorofilla b xantofille	cellulosa e altri polisaccaridi (sporopollenina nelle spore)	amido	0-molti a frustino

Le alghe verdi comprendono la maggiore diversità in termini di organizzazione cellulare, cicli vitali e ambienti di vita; una caratteristica importante delle alghe verdi è che secondo alcuni autori rappresentano i progenitori acquatici delle piante terrestri: le prove a sostegno di questa ipotesi sono il fatto che le cellule delle alghe versi presentino molte caratteristiche in comune con quelle delle piante (es. clorofilla a, b, carotenoidi e xantofille nelle stesse proporzioni delle piante, parete di cellulosa, presenza di amido, flagelli