

A microscopic image showing numerous rod-shaped bacteria, likely Bacillus or Clostridium species, arranged in various orientations. The bacteria are light blue or purple in color, suggesting they have been stained. They appear as thick, cylindrical structures, some in chains and others as single cells. The background is a dark, textured blue.

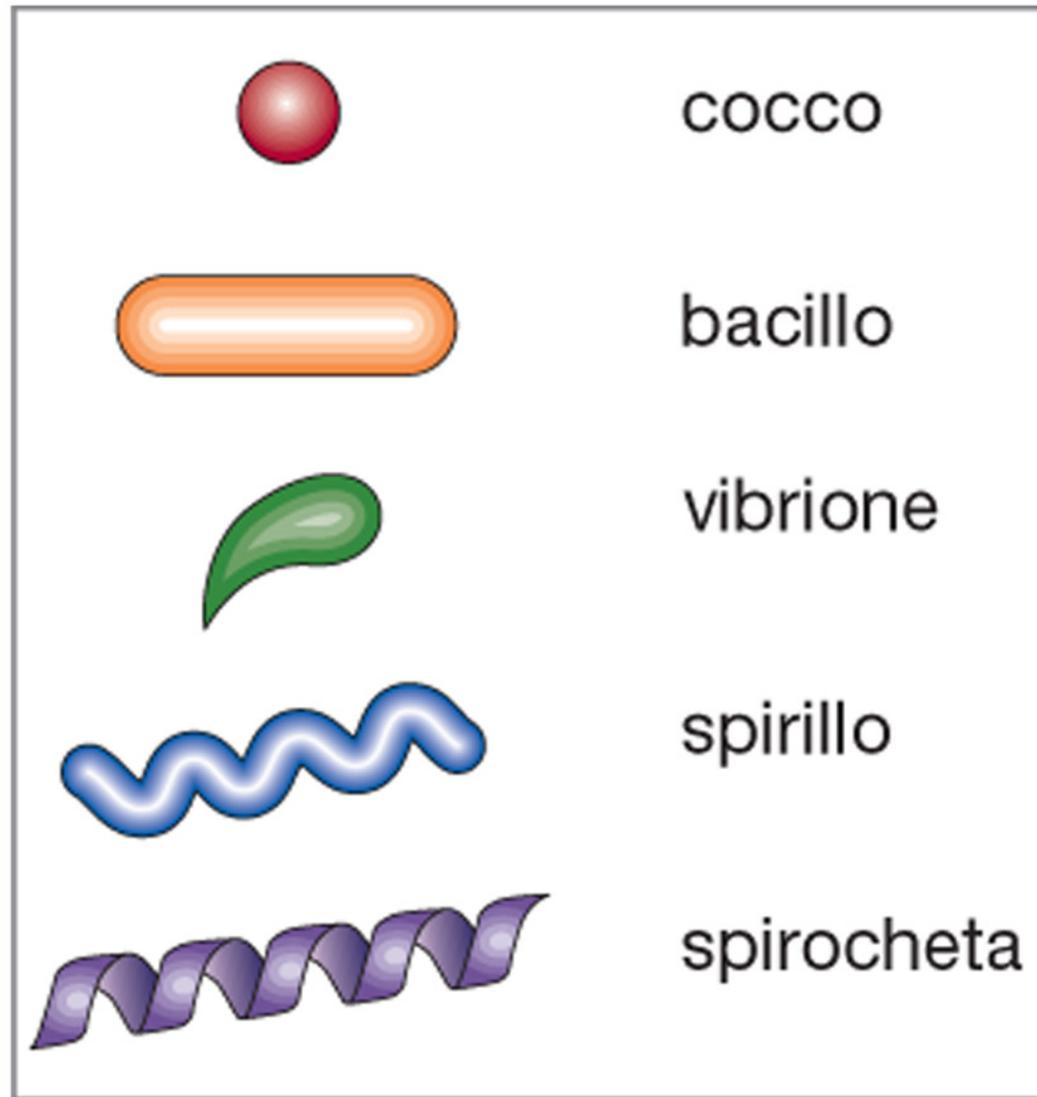
2. Struttura e funzione della cellula procariote

In questa lezione

- Morfologia cellulare nei procarioti
- Divisione cellulare nei procarioti
- I rivestimenti cellulari
 - Membrana citoplasmatica
 - Parete
 - Capsula e S-layer
- Strutture interne
 - DNA: nucleotide e plasmidi
 - Ribosomi
 - Inclusioni cellulari
- Pili e fimbrie
- Flagelli e motilità

Morfologia e citologia dei procarioti

- La morfologia (forma e dimensioni) delle cellule batteriche, combinata ad altri test (colorazione di Gram) è alla base della microbiologia classica
- L'identificazione di una specie deve basarsi su caratteristiche fisiologiche e genetiche



Tipi cellulari nei procarioti

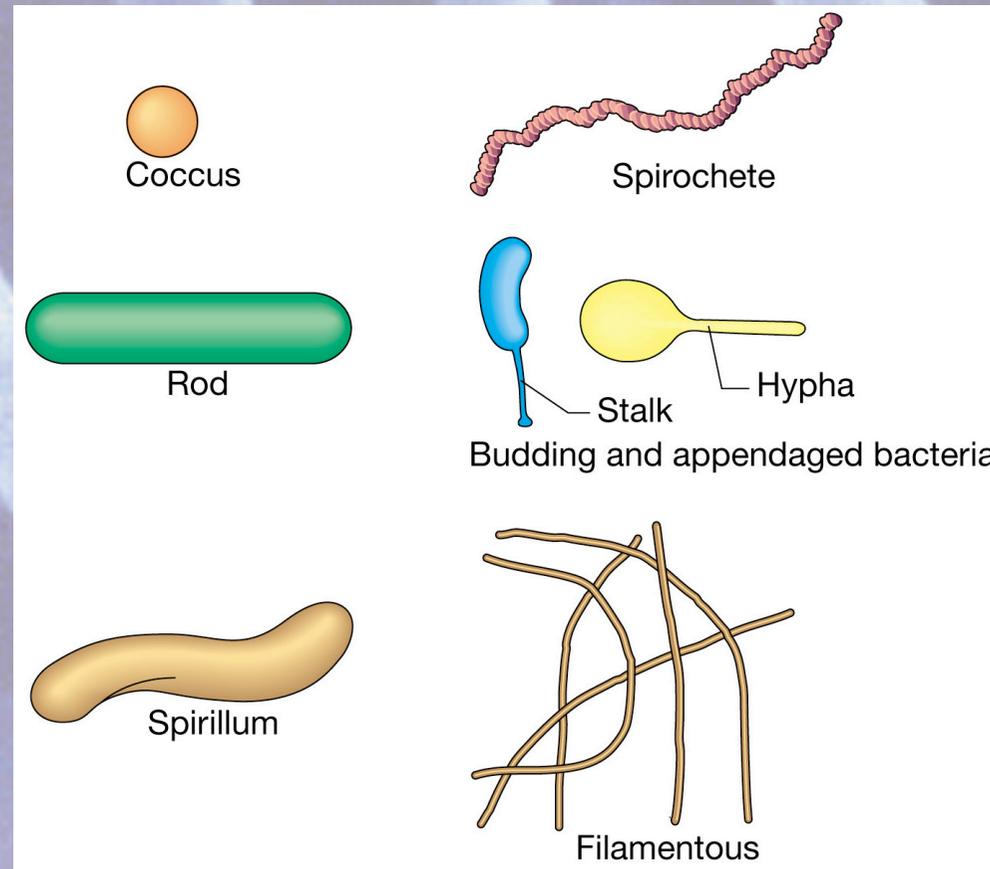
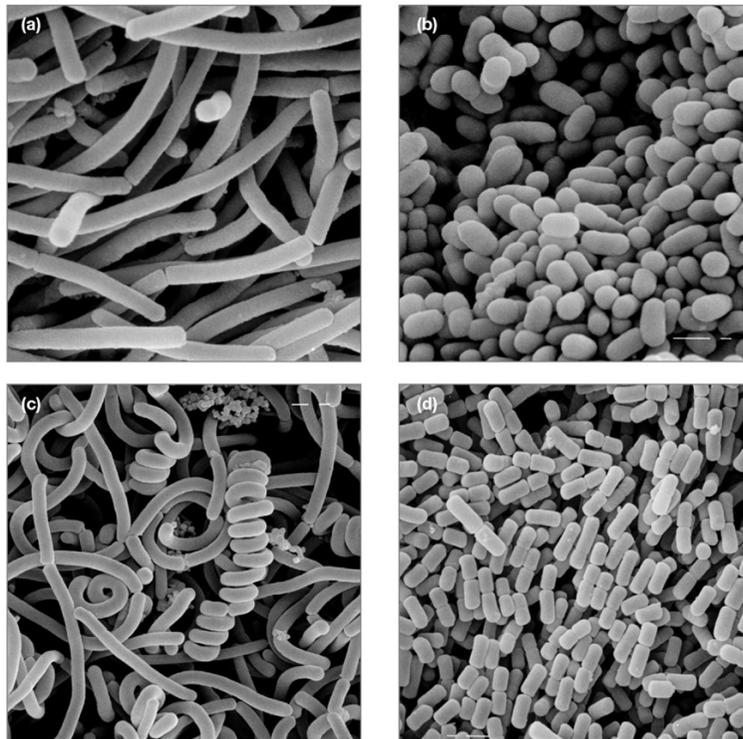


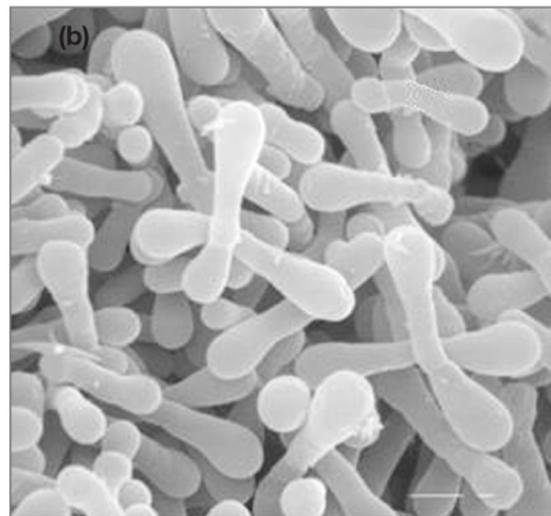
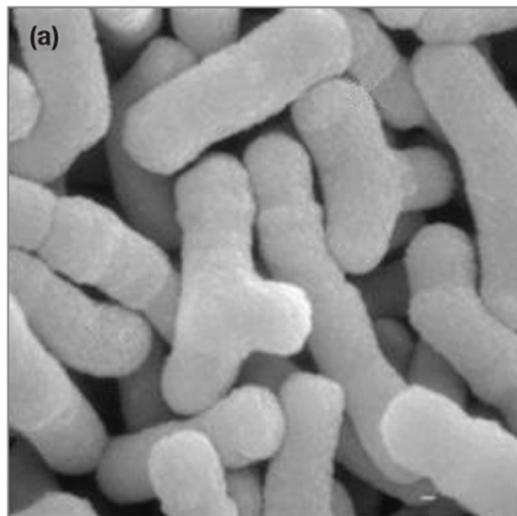
Fig. 4.11 da Madigan e Martinko



Forme bastoncellari (SEM)

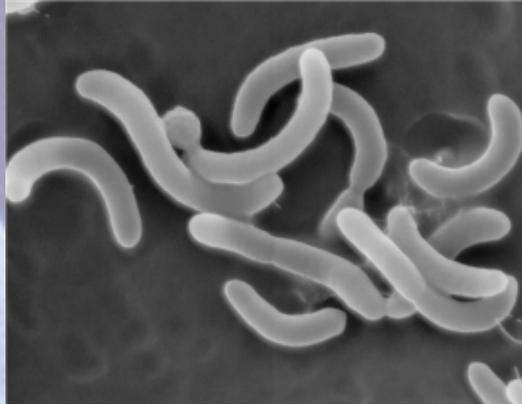


Bastoncelli irregolari

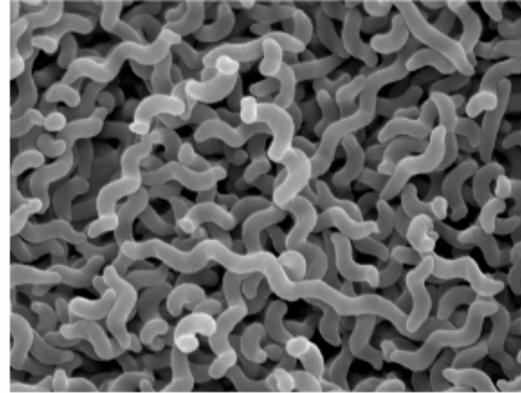


Cellule ricurve o a spirale

vibrione

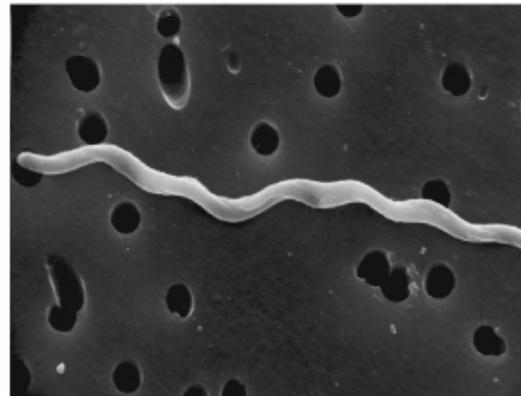


(A)



(B)

spirillo

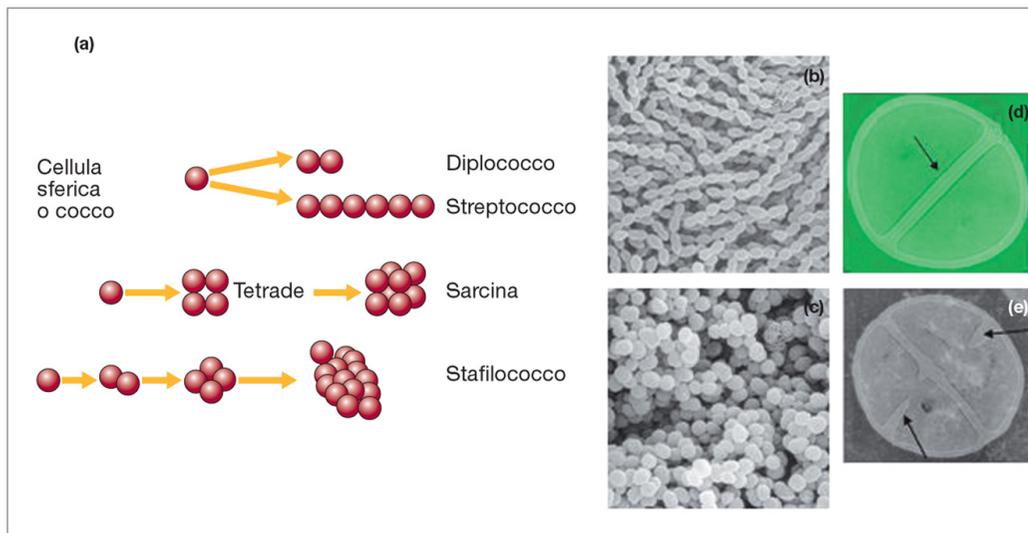


(C)

spirocheta



Forme cocciche



B. Biavati, C. Sorlini

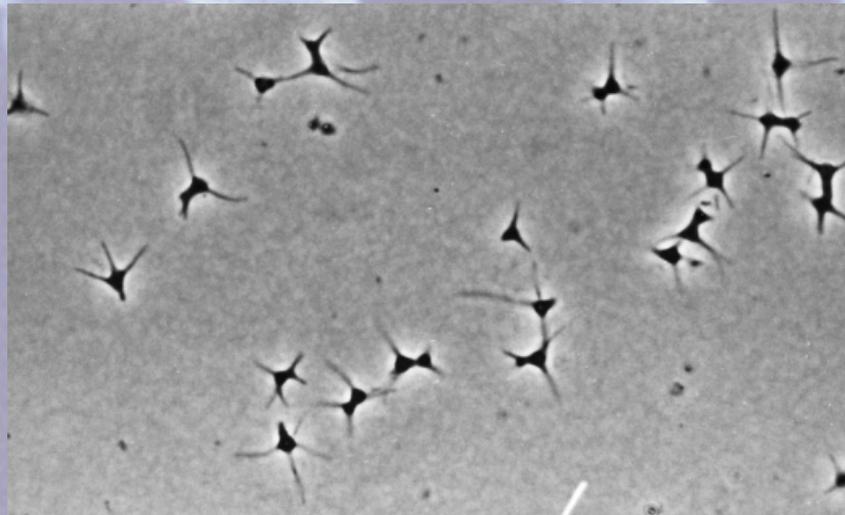
Microbiologia generale e agraria

Copyright © 2007 Casa Editrice Ambrosiana

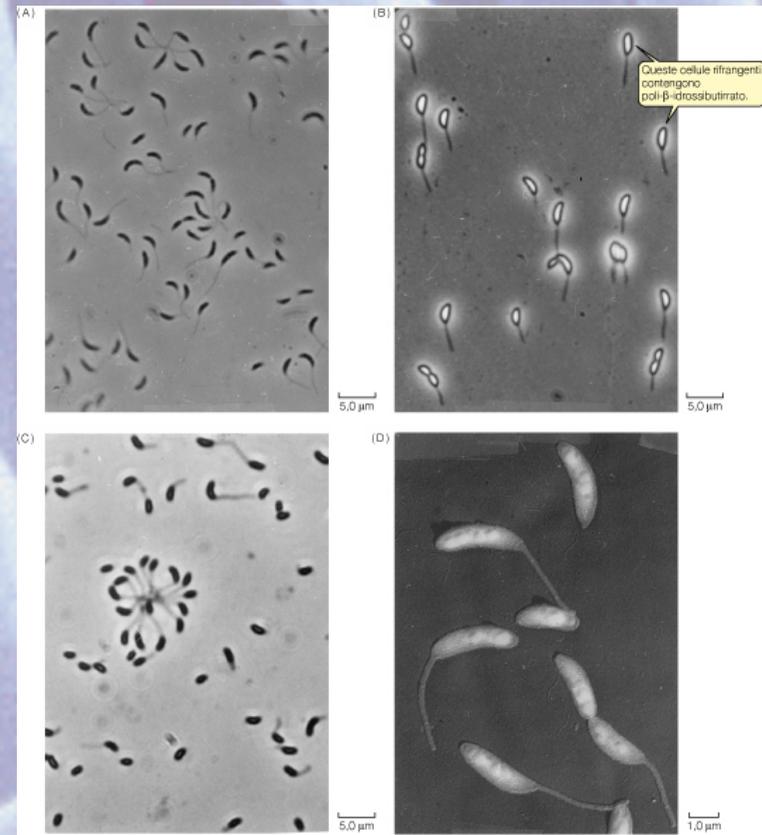


Batteri prostecati

Ancalomicrobium



Caulobacter



da Perry et al.



Batteri che formano micelio

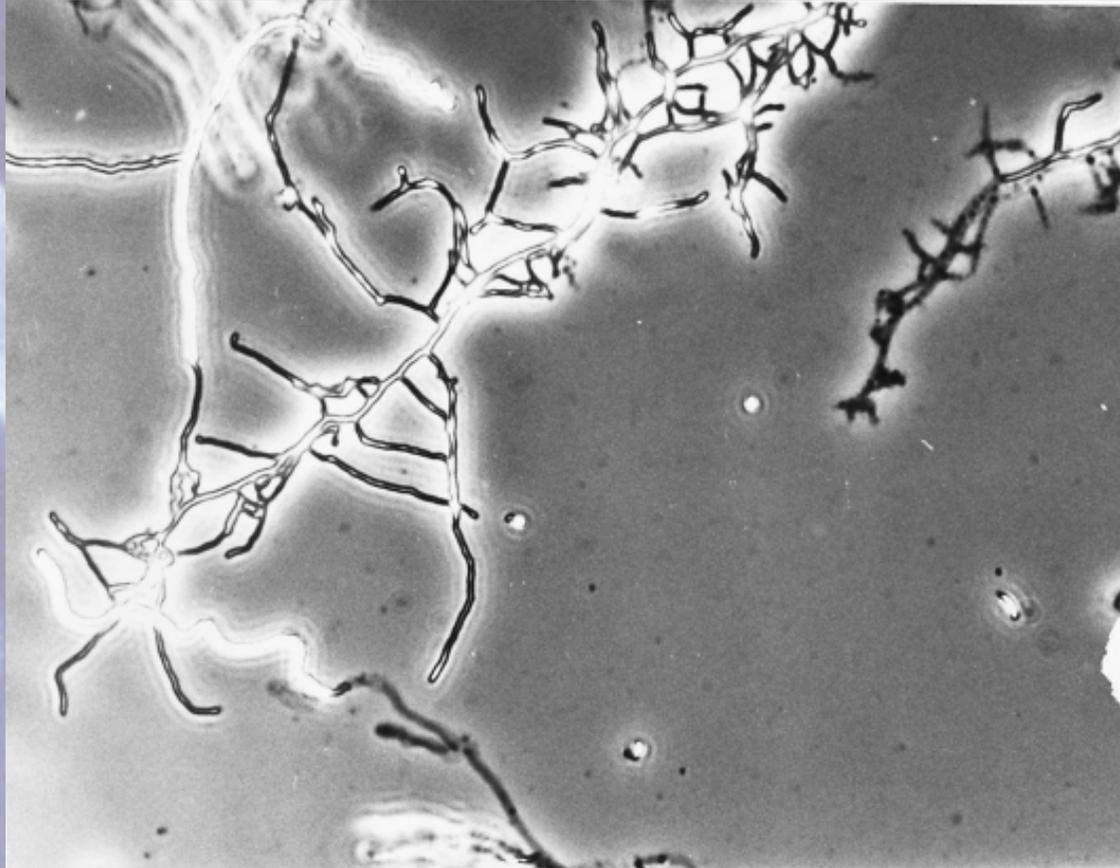
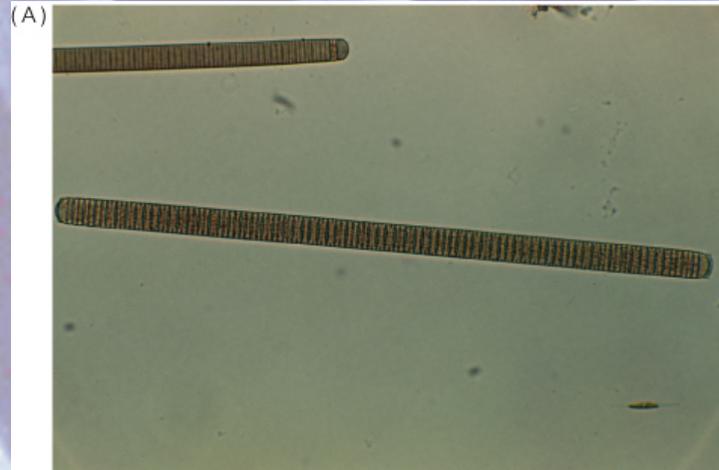


Fig. 4.19 da Perry et al.: *Streptomyces*



Batteri filamentosi

Oscillatoria



Anabaena

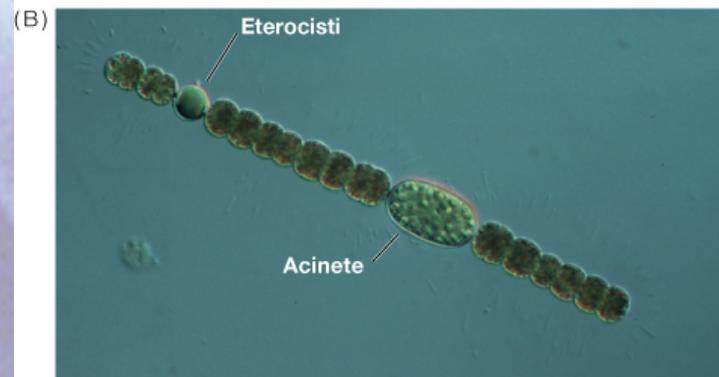


Fig. 4.20 da Perry et al.

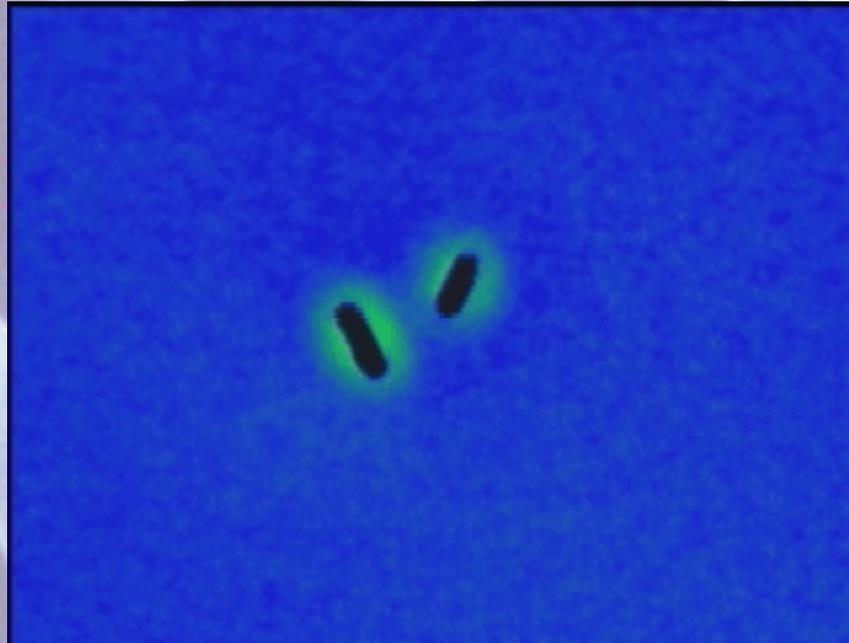


Modalità di divisione cellulare nei procarioti

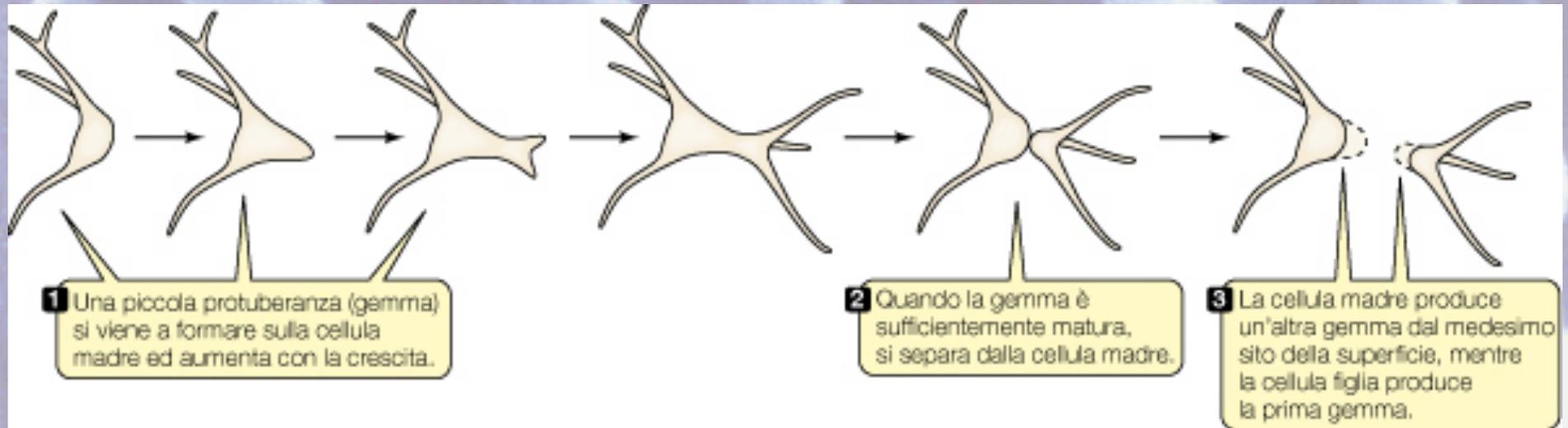
- **Scissione binaria:** una cellula cresce fino a raddoppiare approssimativamente in termini di massa e volume e si divide formando due cellule figlie identiche
- **Gemmazione:** da un'estremità della cellula madre si forma una cellula più piccola e talvolta di morfologia diversa; una volta separata, la cellula figlia cresce fino ad una certa dimensione e poi comincia a gemmare
- **Frammentazione:** un organismo miceliare si frammenta in cellule figlie ciascuna delle quali può formare un nuovo organismo



Divisione per scissione binaria



Gemmazione in batteri



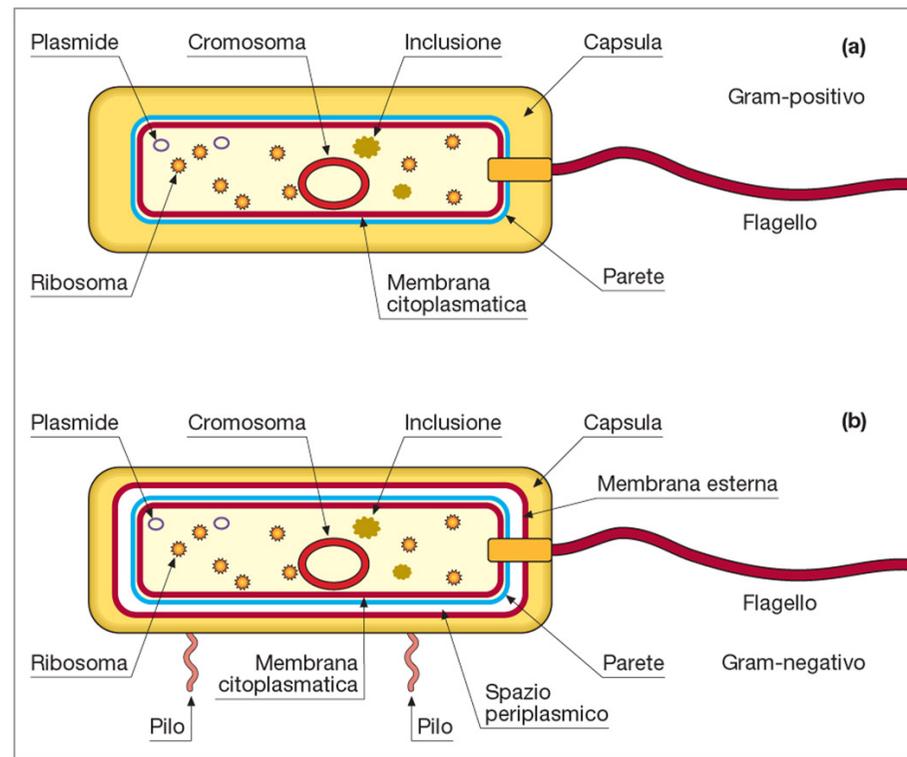
Gemmazione nel prostecato *Ancalomicrobium*



Gemmazione nei lieviti

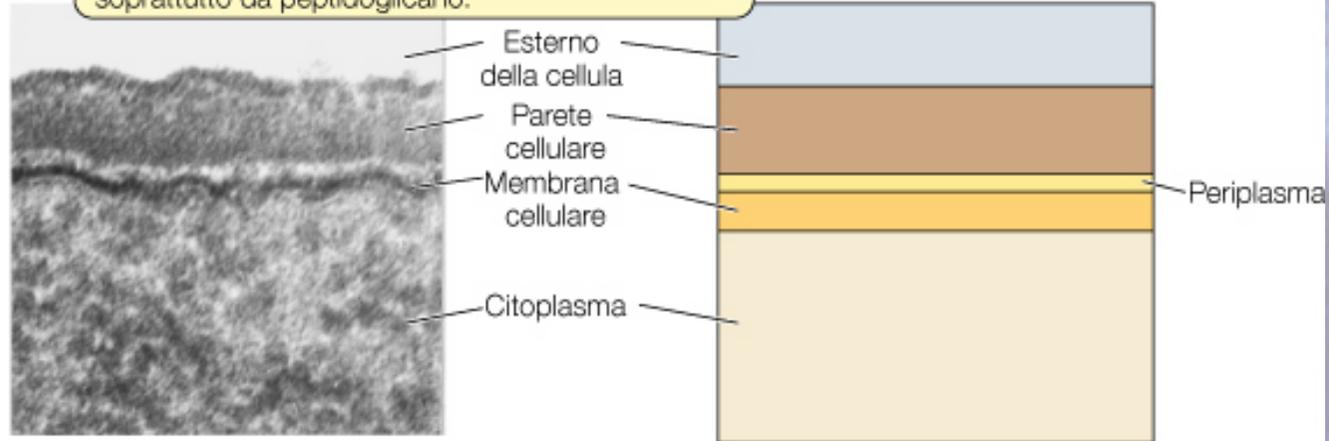


Rappresentazione schematica di cellule procariotiche

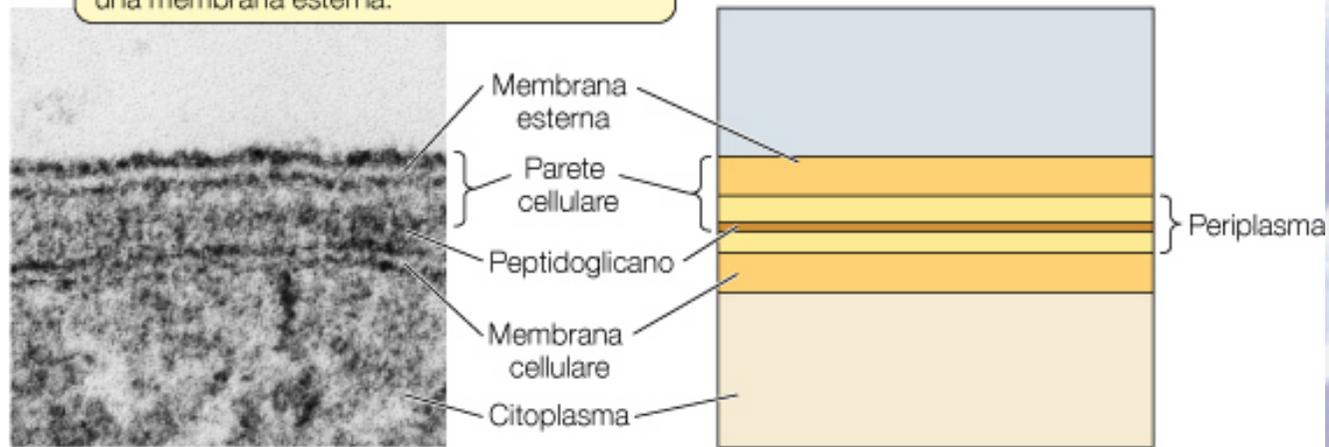


Rivestimenti cellulari al TEM

(A) I batteri gram-positivi possiedono una parete cellulare monostrato, di densità uniforme formata soprattutto da peptidoglicano.



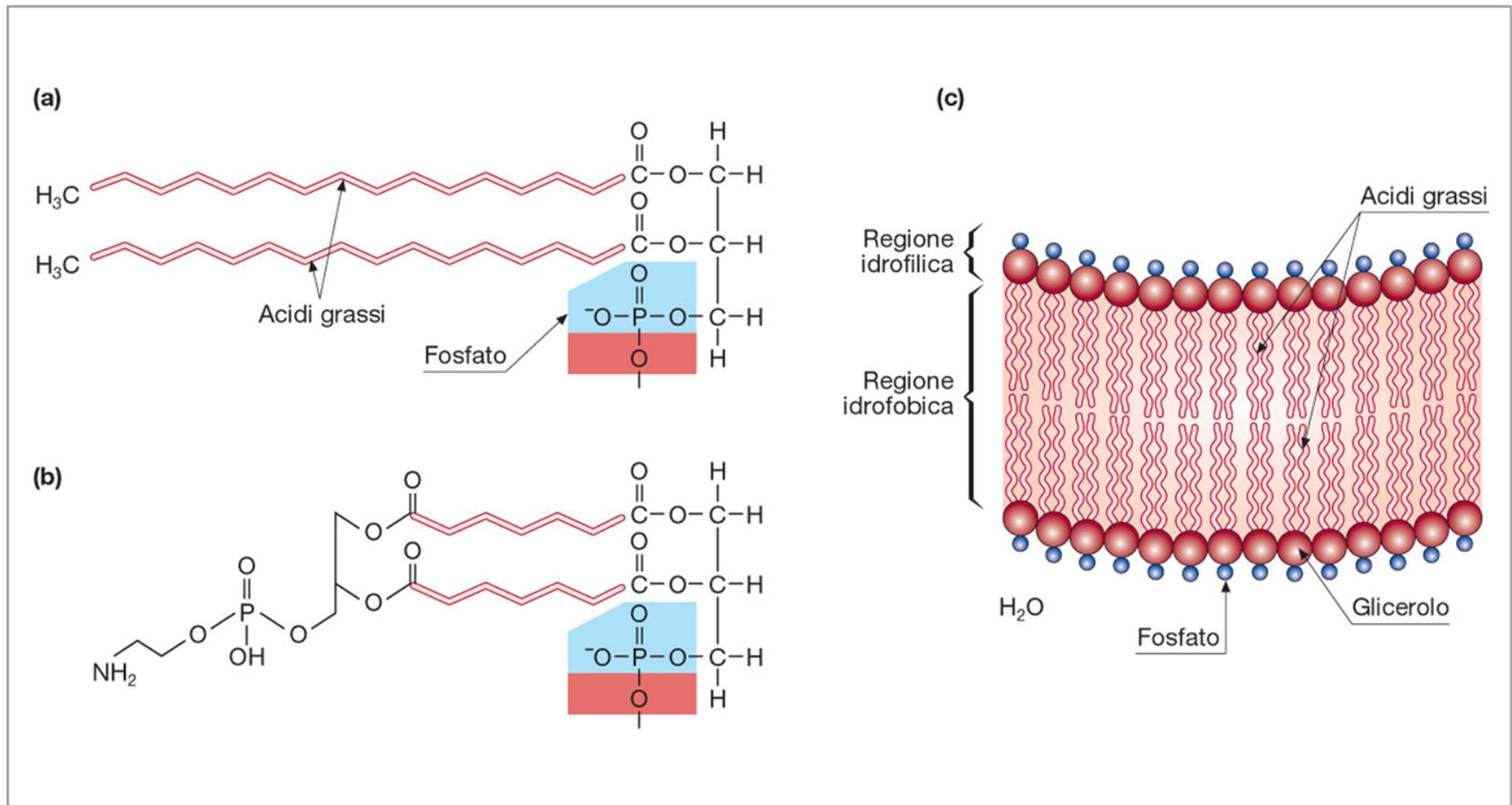
(B) I batteri gram-negativi possiedono una parete cellulare a doppio strato formata da uno strato molto sottile di peptidoglicano e da una membrana esterna.

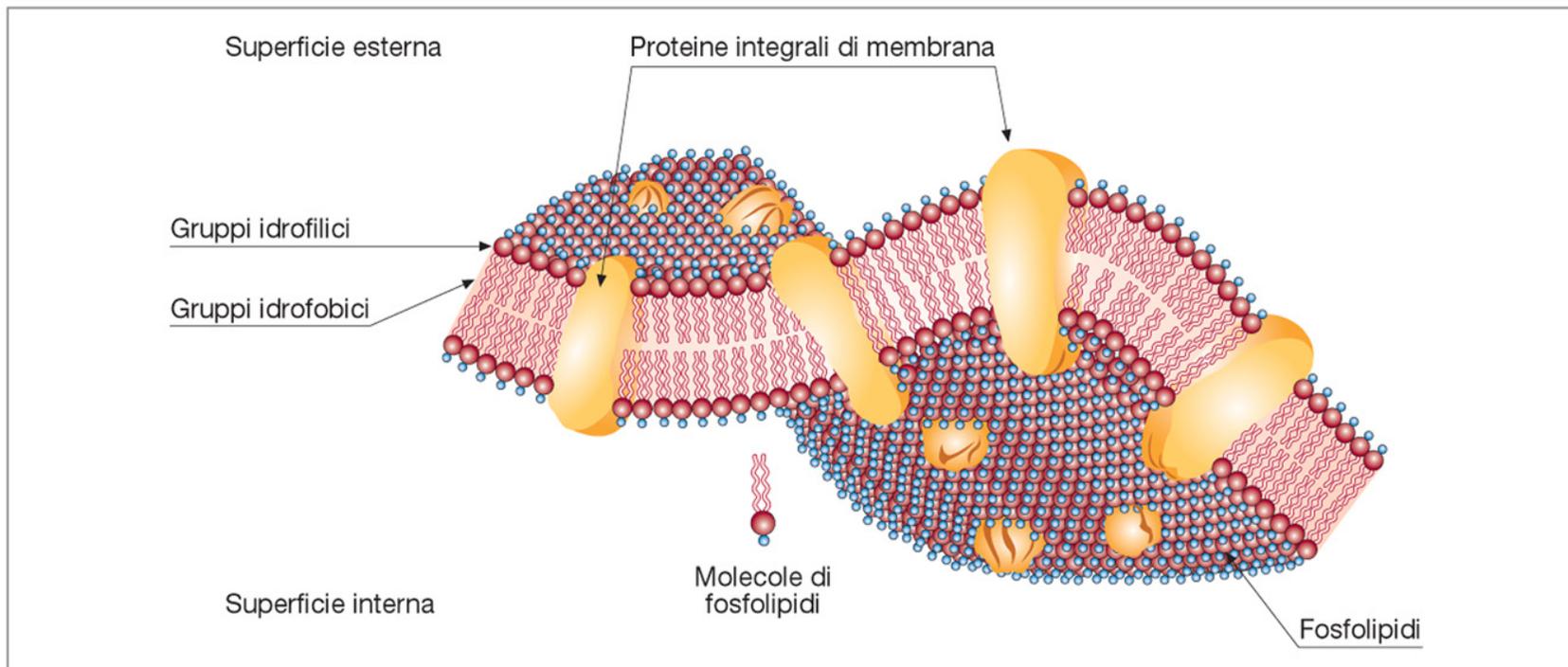


La membrana cellulare

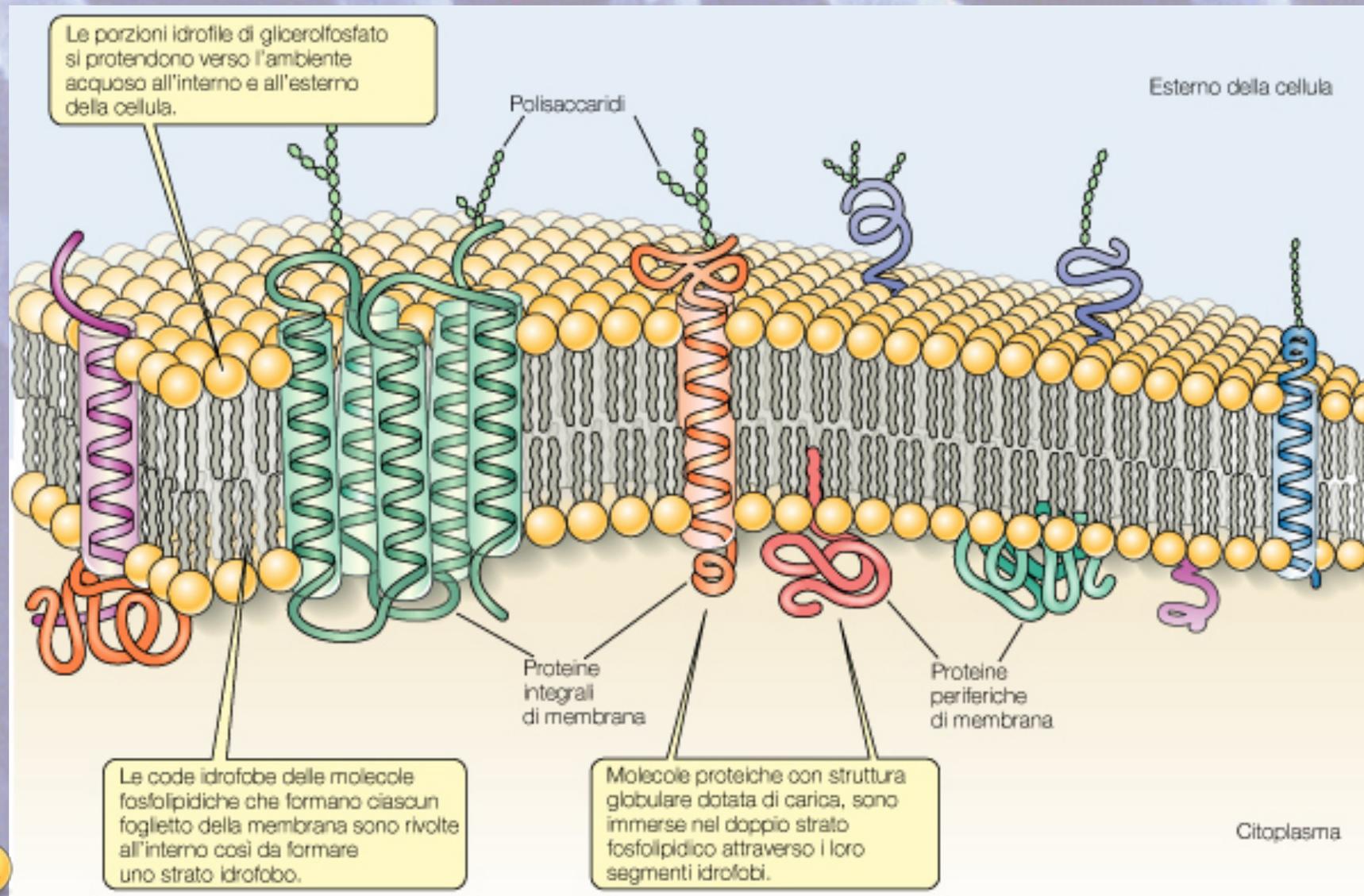
- Struttura dallo spessore di ca. 8 nm composta da un doppio strato fosfolipidico che separa l'interno della cellula dall'esterno







Rappresentazione schematica della membrana citoplasmatica



La membrana dei procarioti

- E' insolitamente ricca di proteine (60-80%) rispetto a quella delle cellule eucariotiche e arriva a contenere il 10-20% delle proteine totali della cellula. Le proteine di membrana sono:
 - permeasi
 - enzimi biosintetici per la sintesi di membrana, parete e membrana esterna
 - enzimi responsabili del trasporto di elettroni e della sintesi di ATP

Invaginazioni della membrana

- invaginazioni più o meno estese che delimitano attività particolari o ne aumentano la superficie:
 - i **mesosomi** sono spesso collegati con la formazione del setto trasversale durante la divisione
- **invaginazioni lamellari, tubulari o veri e propri tilacoidi**: nei batteri fotosintetici e in quelli che necessitano di un forte tasso di respirazione, come azotofissatori o nitrificanti. In alcuni fotosintetici le invaginazioni, che contengono i pigmenti fotosintetici, diminuiscono quando il microrganismo cresce in presenza di luce intensa.

Composizione chimica in procarioti ed eucarioti

- Batteri:
Opanoidi

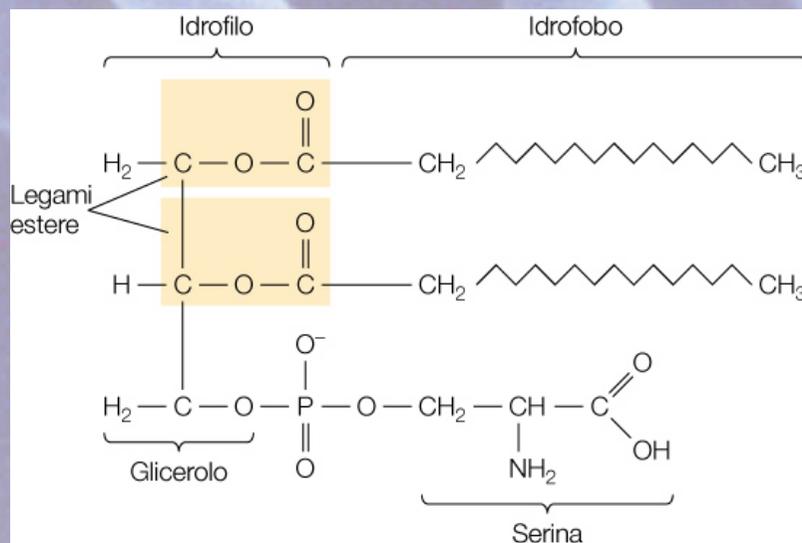
- Archea:
assenza di opanoidi o
strutture simili

- Eucarioti:
Steroli (5-25% dei
lipidi totali) che
conferiscono rigidità
alla membrana

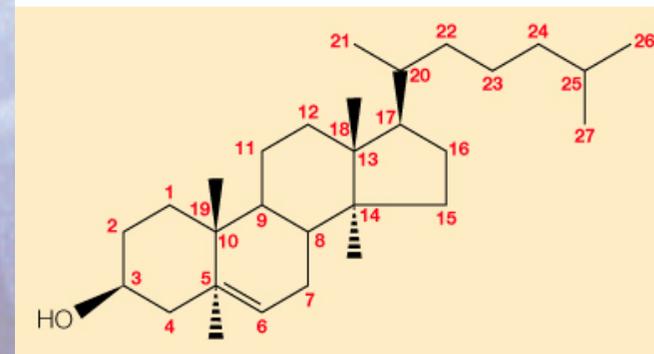
Membrana Archea

- Legame etere (anziché estere) tra glicerolo e acidi grassi
- Catene laterali costituite da **isoprene** (anziché acidi grassi) , un idrocarburo a catena ramificata
- Alcune specie contengono un monostrato anziché un doppio strato

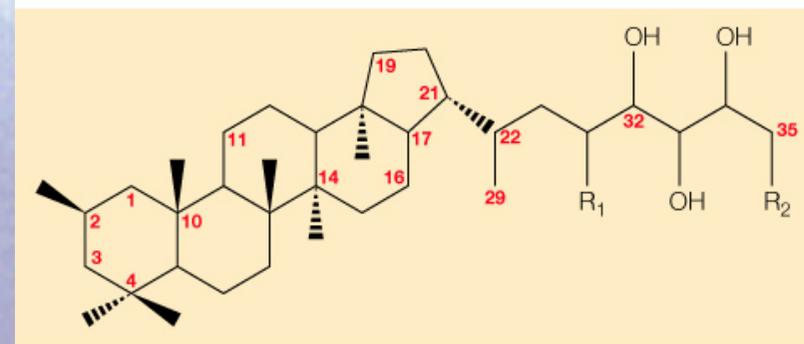
Le molecole della membrana cellulare



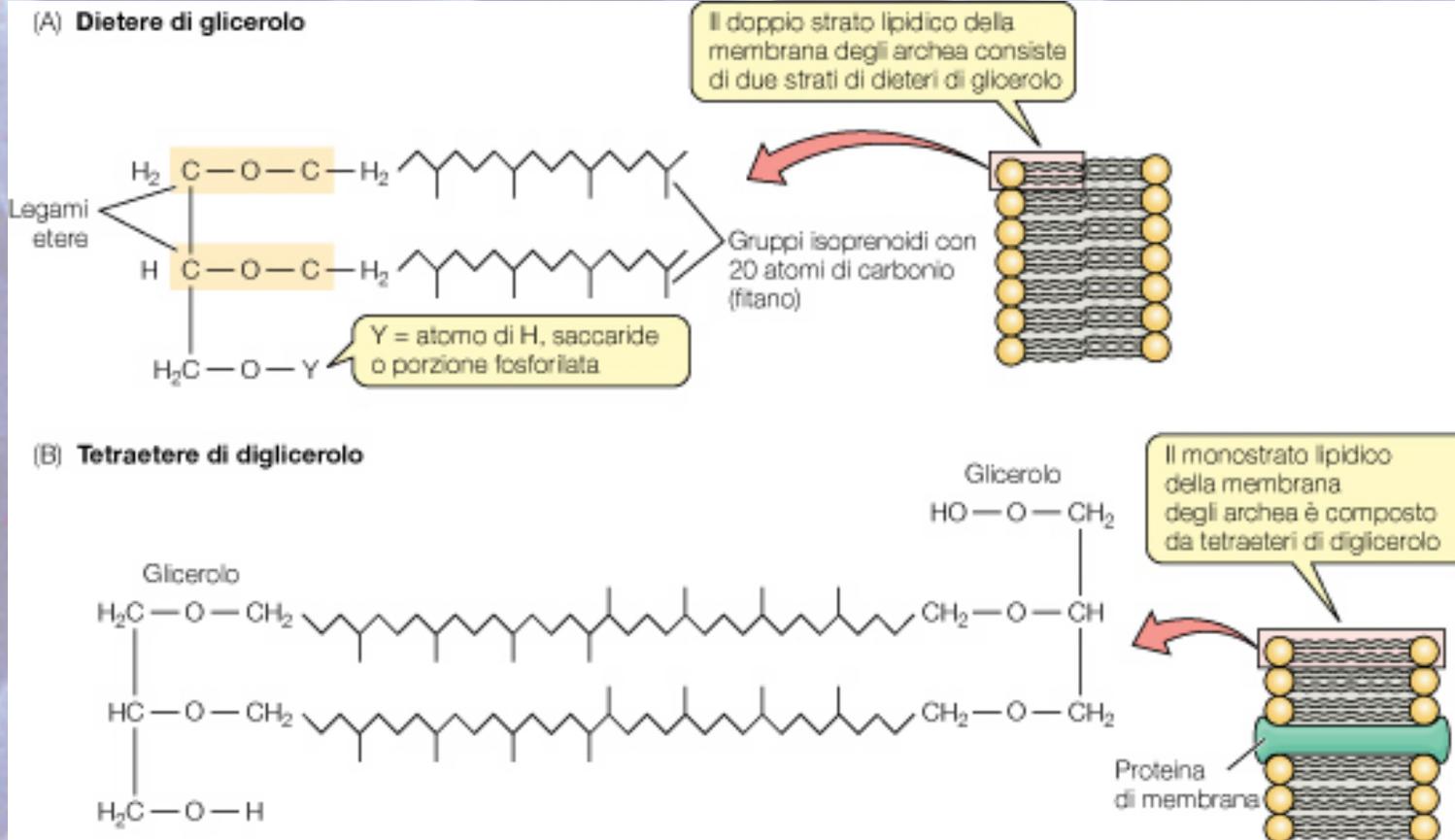
(A) Colesterolo



(B) Un opanoide di un cianobatterio



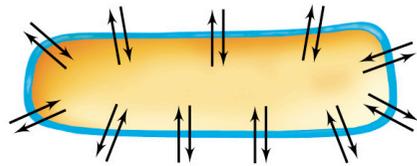
Membrane cellulari negli archea



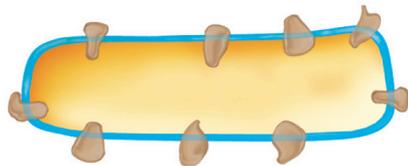
Funzioni membrana

- Barriera di permeabilità che impedisce la dispersione all'esterno dei metaboliti citoplasmatici
- Sede dei processi di trasporto delle molecole e di secrezione ed esporto
- Coinvolta nei processi di crescita e divisione cellulare
- Sede dei processi di formazione e mantenimento dell'Energia (catena di trasporto degli elettroni, fotosintesi)

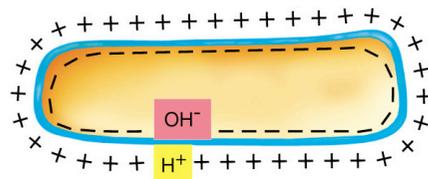
Le funzioni principali della membrana cellulare



Permeability Barrier — Prevents leakage and functions as a gateway for transport of nutrients into and out of the cell



Protein Anchor — Site of many proteins involved in transport, bioenergetics, and chemotaxis



Energy Conservation — Site of generation and use of the proton motive force

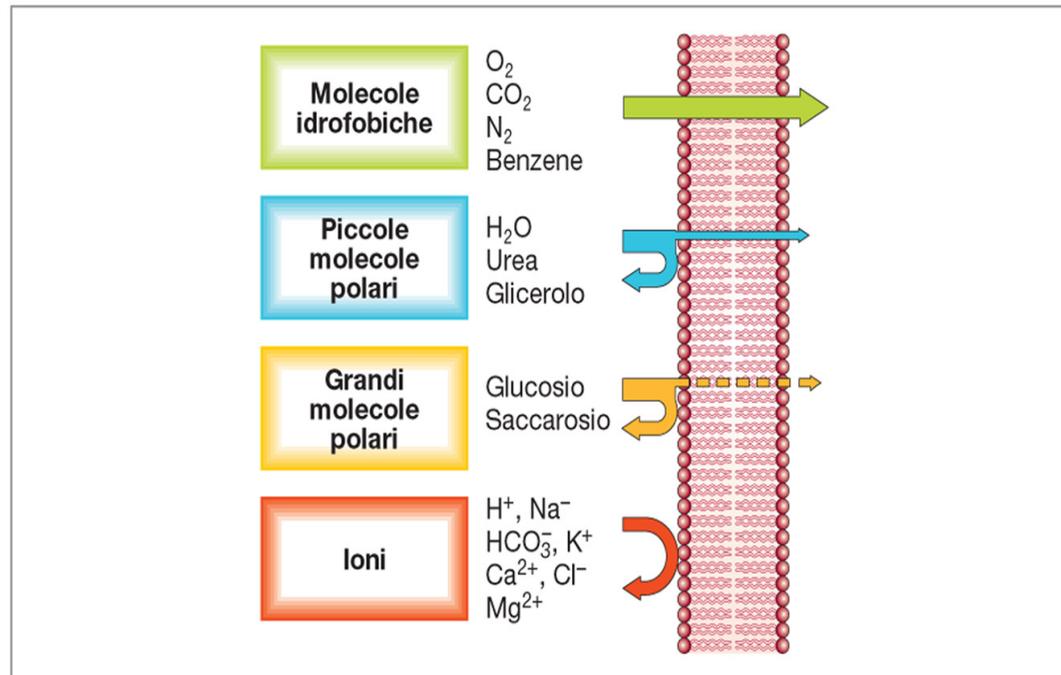
Barriera di permeabilità:
previene dispersioni e funziona
come centro di transito per il
trasporto di nutrienti da e verso
la cellula

Sito di ancoraggio: sito di
molte proteine coinvolte nel
trasporto, nella bioenergetica
e nella chemiotassi

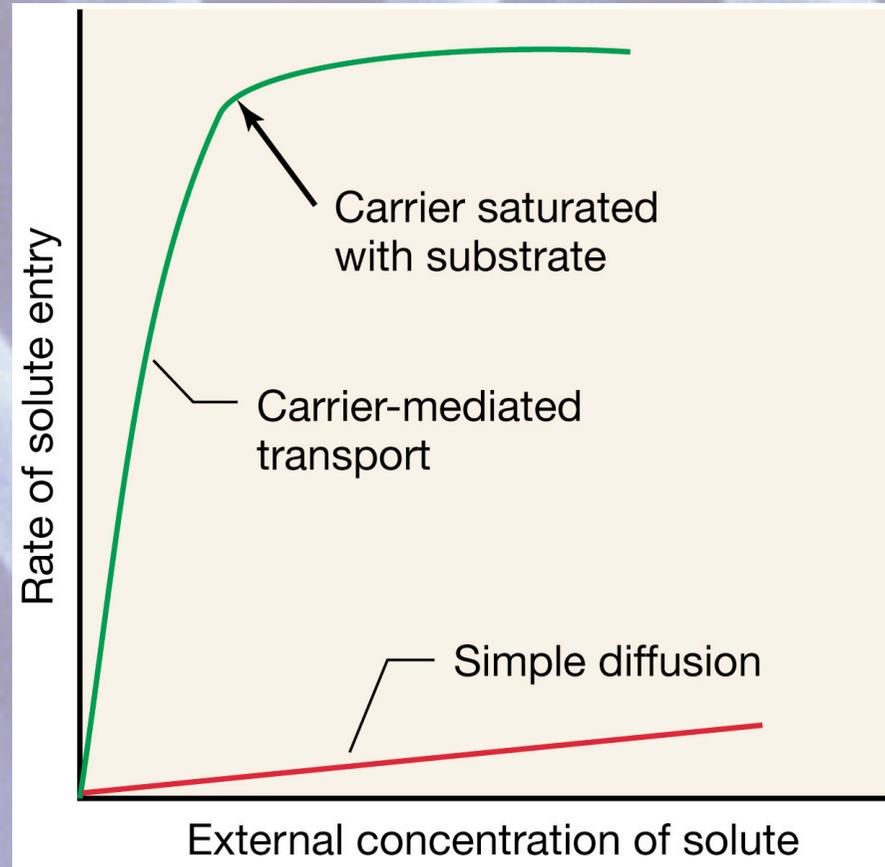
Conservazione dell'energia:
siti di origine e utilizzazione della
forza proton motrice



La membrana citoplasmatica come barriera semipermeabile



Diffusione e trasporto mediato da permeasi



Modalità di trasporto attraverso le membrane

- Trasporto passivo: non richiede energia, sfrutta un gradiente di concentrazione
 - Diffusione semplice (gas, piccole molecole...)
 - Diffusione facilitata
- Trasporto attivo: avviene contro un gradiente di concentrazione, richiede energia
 - Sistemi primari: sfruttano la forma proton motrice o gradienti di ioni
 - Sistemi secondari: sfruttano l'energia di legami fosfato: sistemi ABC, traslocazione di gruppo (PEP-PTS)

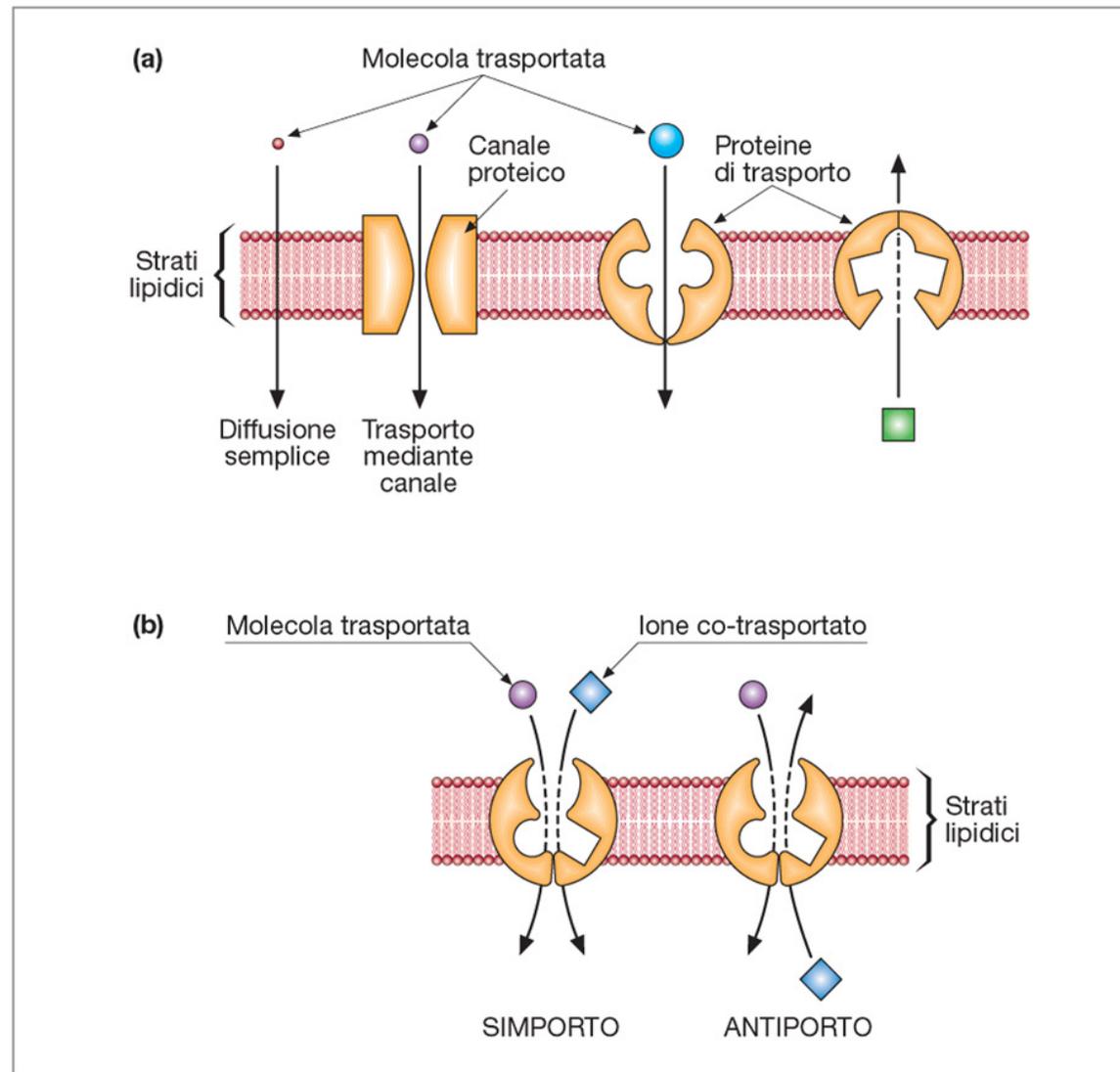


Trasporto passivo: diffusione facilitata e cotrasporto

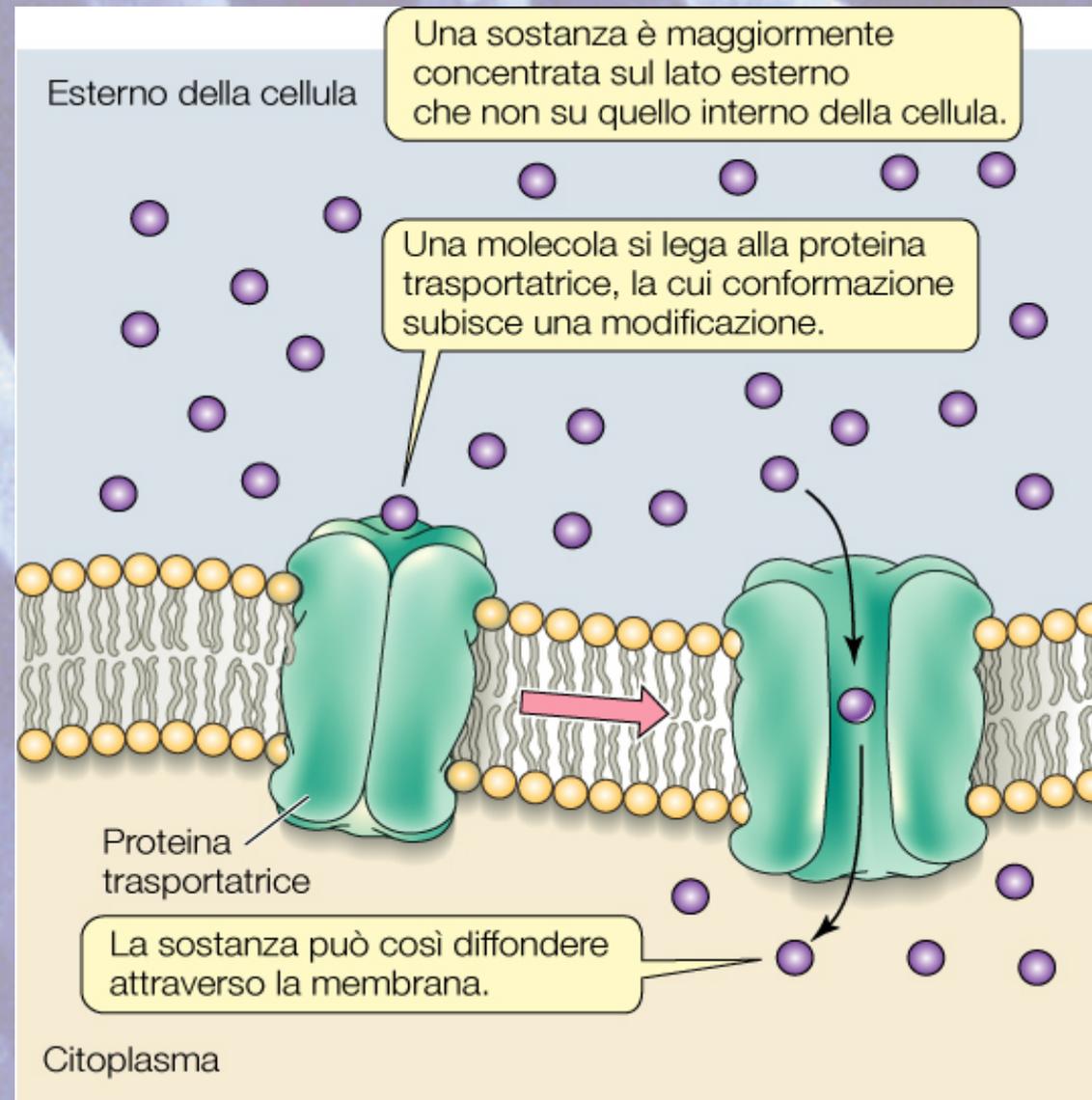
- **Diffusione facilitata:** una determinata molecola si muove attraverso la membrana dal lato dove la sua concentrazione è maggiore verso il lato di concentrazione minore (secondo gradiente)
- I cotrasportatori (proteine di **simporto** e **antiporto**) possono spostare una sostanza contro gradiente, accoppiando il movimento alla diffusione di un'altra sostanza che invece si sposta secondo il suo gradiente di concentrazione:
 - le proteine di simporto facilitano il movimento delle sostanze nella stessa direzione, le antiporto in direzioni opposte



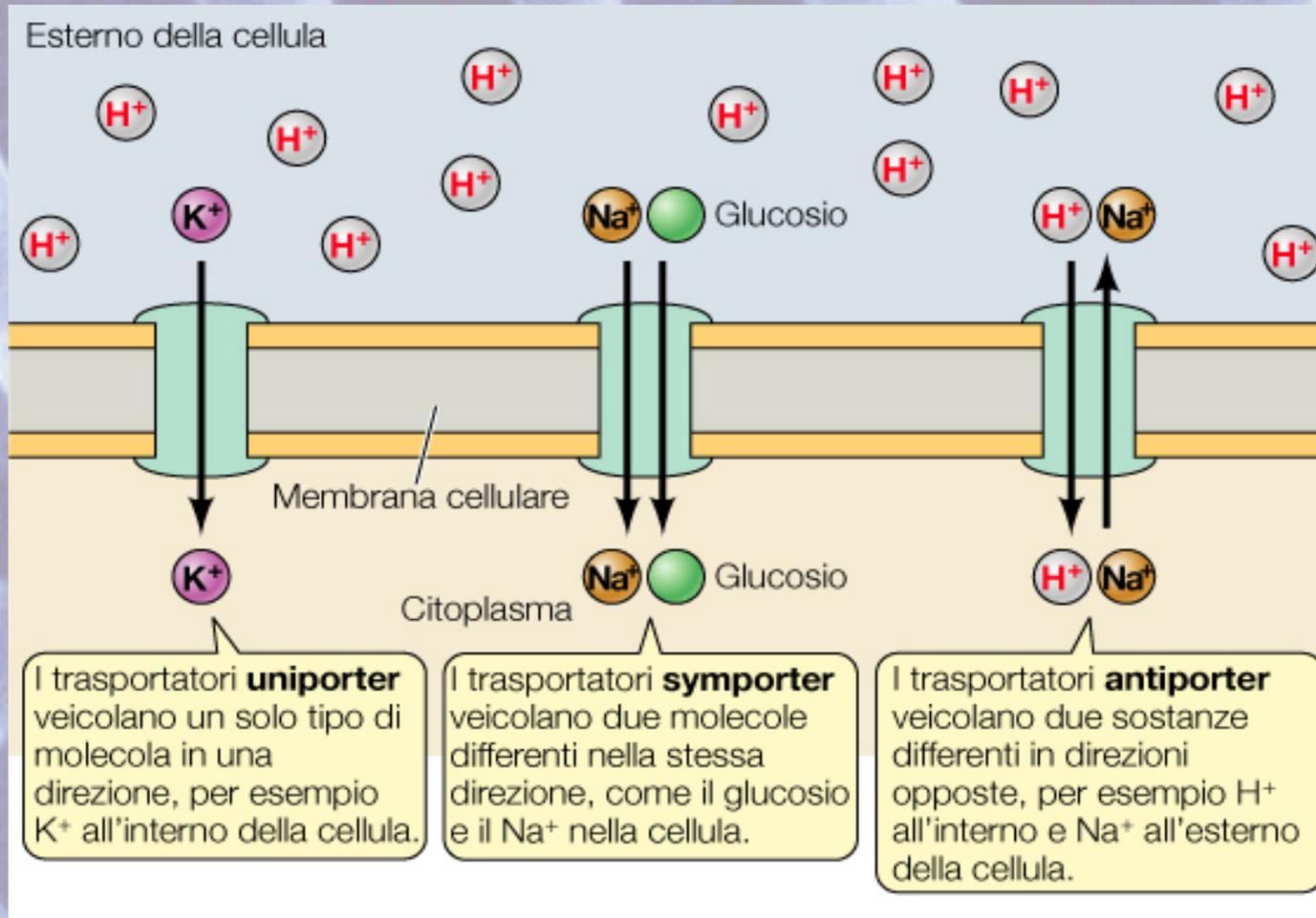
Trasporto passivo



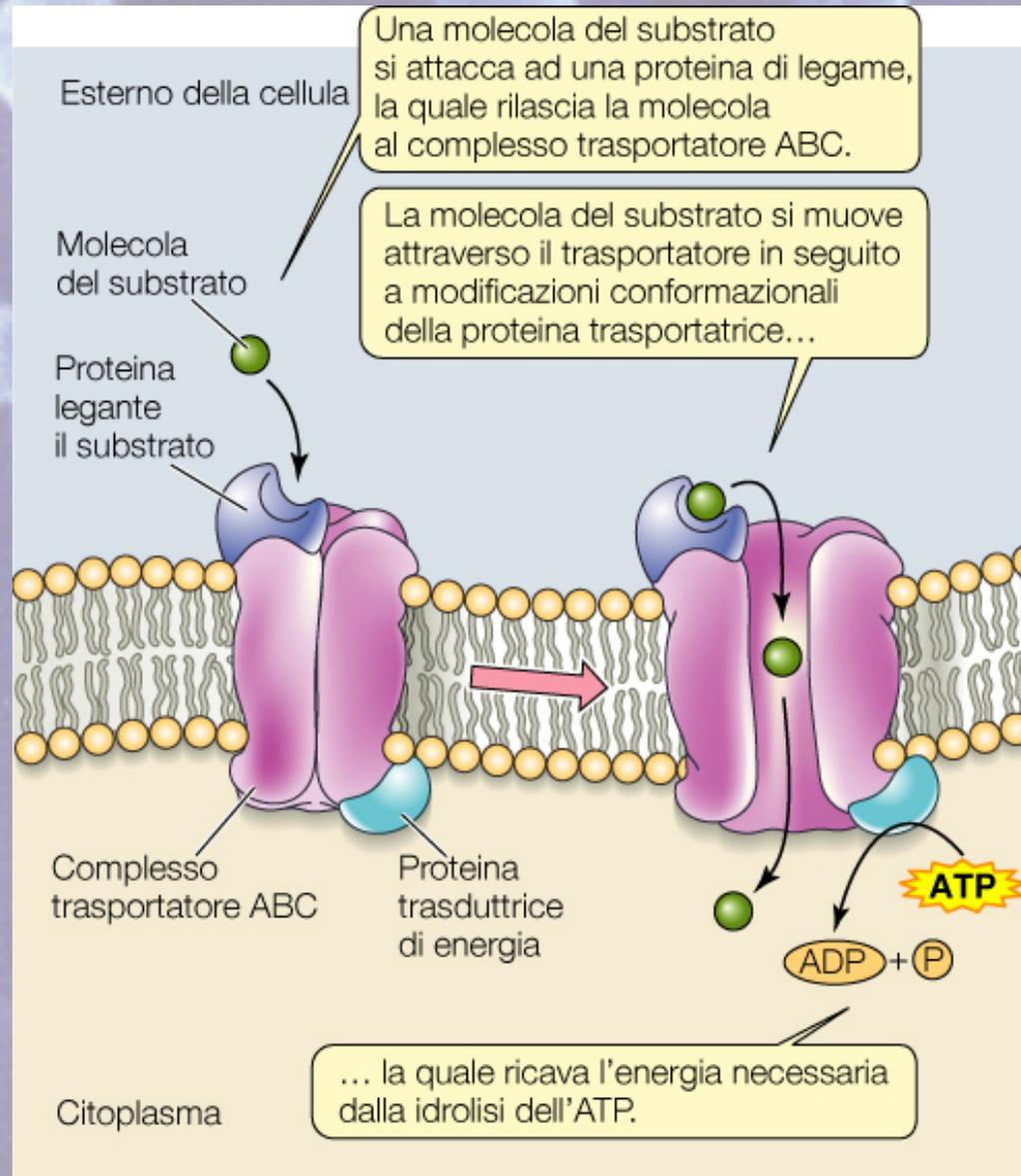
Trasporto passivo: diffusione facilitata



Trasporto attivo primario



Trasporto attivo con consumo di ATP: il sistema ABC

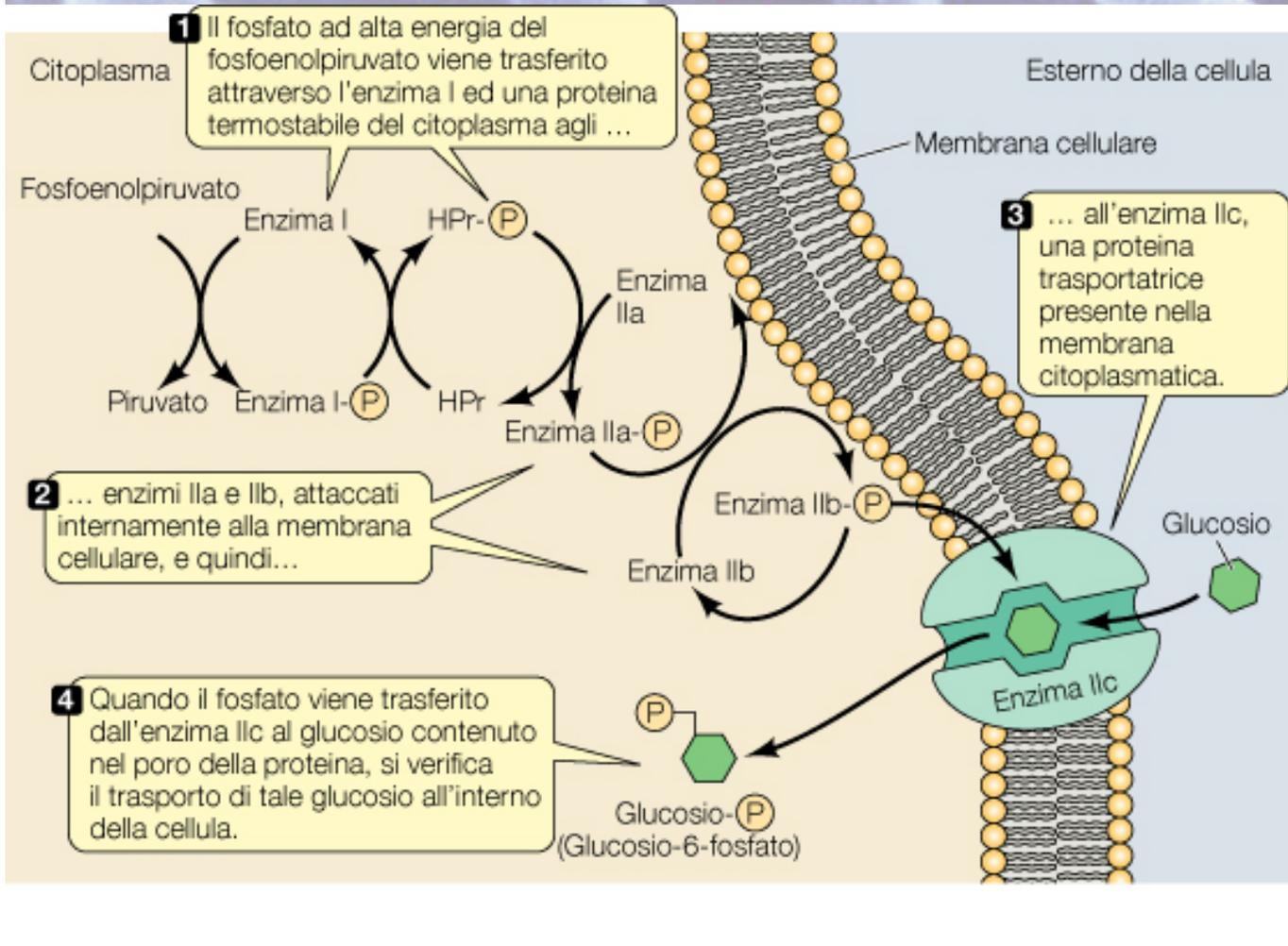


Presenza di proteine sul lato esterno della membrana che riconoscono il substrato, di proteine integrali di membrana coinvolte nella formazione del canale e di ATPasi che liberano E per il trasporto. Queste ultime sono localizzate nel citoplasma a contatto con il lato interno della cellula

Trasporto attivo con consumo di PEP

Traslocazione di gruppo (PEP-PTS)

Traslocazione: processo nel quale una sostanza viene modificata nel corso del trasporto attraverso la membrana. Trasferimento del gruppo fosforico del PEP (fosfato ad alta energia) allo zucchero.

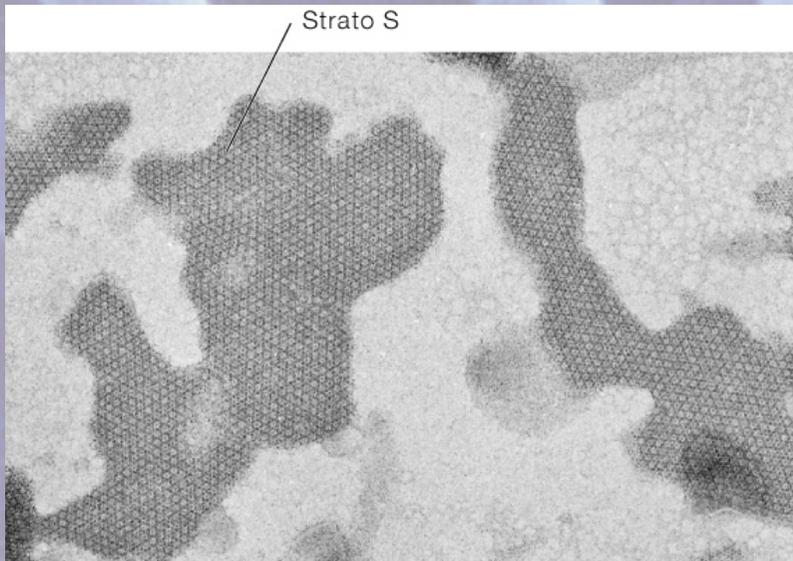


Capsula e strato mucoso

- Strato + (capsula) o – (strato mucoso) denso, all'esterno della parete
- Composto da omo o eteropolisaccaridi o da polimeri di aminoacidi (acido γ -poli-D-glutammico)
- Ha funzioni protettive (virulenza, essiccamento, fagi...)



Strati proteici (S-layer)



- Strati cristallini, proteici
- In alcuni Archea sostituiscono la parete cellulare mucopolisaccaridica

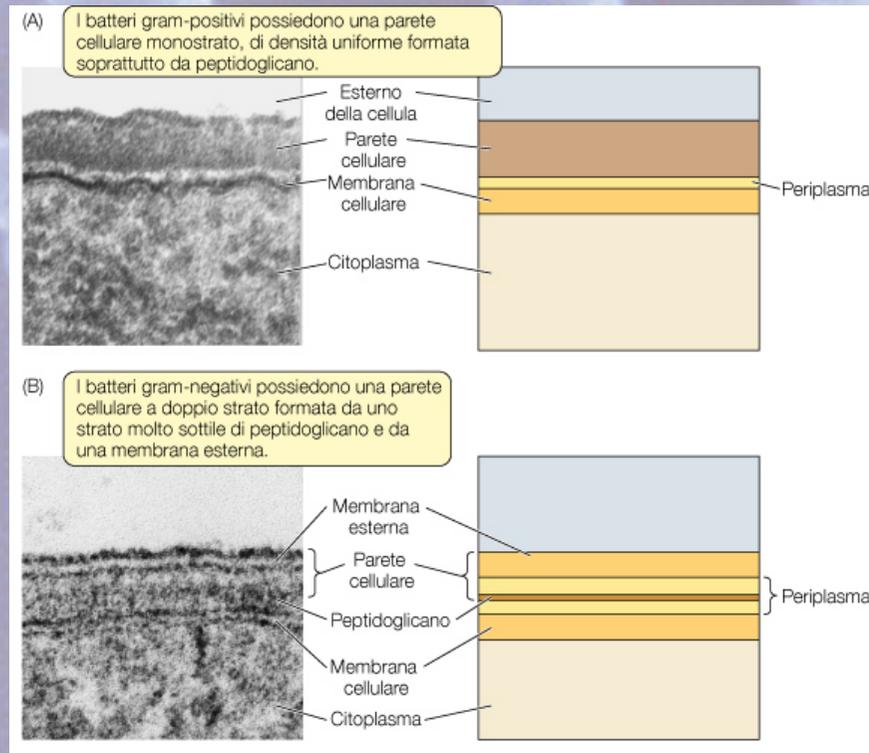


Parete cellulare batterica

- Struttura che conferisce forma e rigidità alla cellula
- Contiene un polisaccaride (peptidoglicano) presente in un unico strato o in più strati



Parete cellulare nei Gram – e Gram +



- **Gram +:** parete, spessa, composta prevalentemente da peptidoglicano (40-80%, più strati) e acidi teicoici; proteine presenti in piccole quantità, lipidi generalmente assenti
- **Gram -:** parete pluristratificata, con uno strato interno, sottile, costituito da peptidoglicano (5%) e una membrana esterna lipoproteica

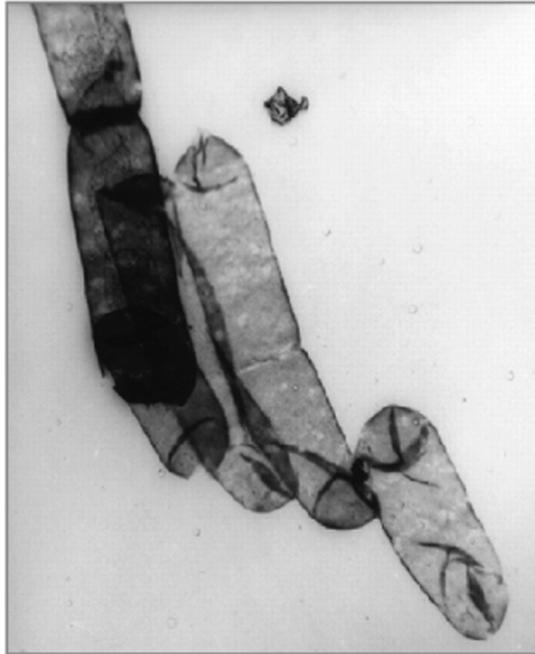


Funzioni della parete

- Dare forma alla cellula
- Fornire resistenza meccanica (0.5-1.5 MPa nei Gram -; 1.5-2.5 MPa nei Gram +)
- Fornire una barriera selettiva, semipermeabile
- Fungere da ancoraggio per strutture (pili, flagelli) ed enzimi



Pareti isolate di *Bacillus*



B. Biavati, C. Sorlini

Microbiologia generale e agraria

Copyright © 2007 Casa Editrice Ambrosiana

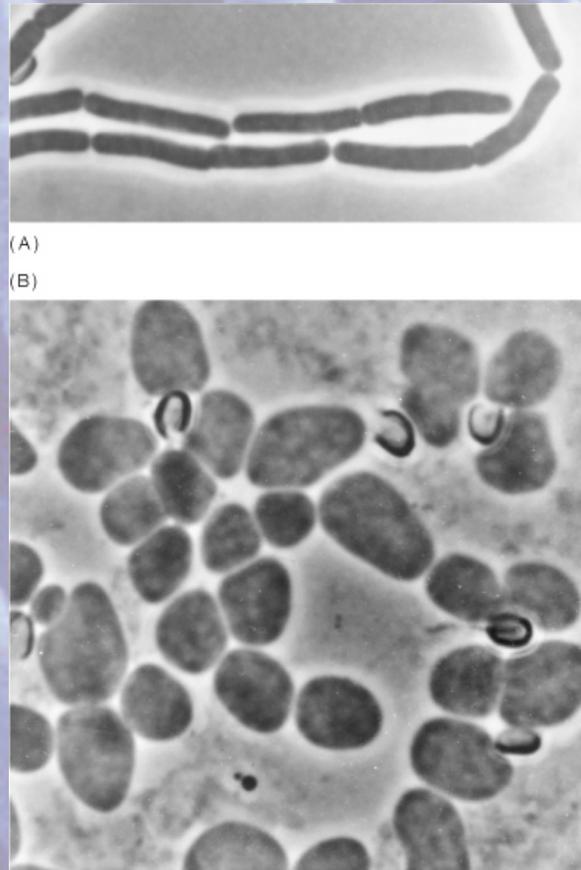


12-10-2018

MGEMA 9 cfu L4

46

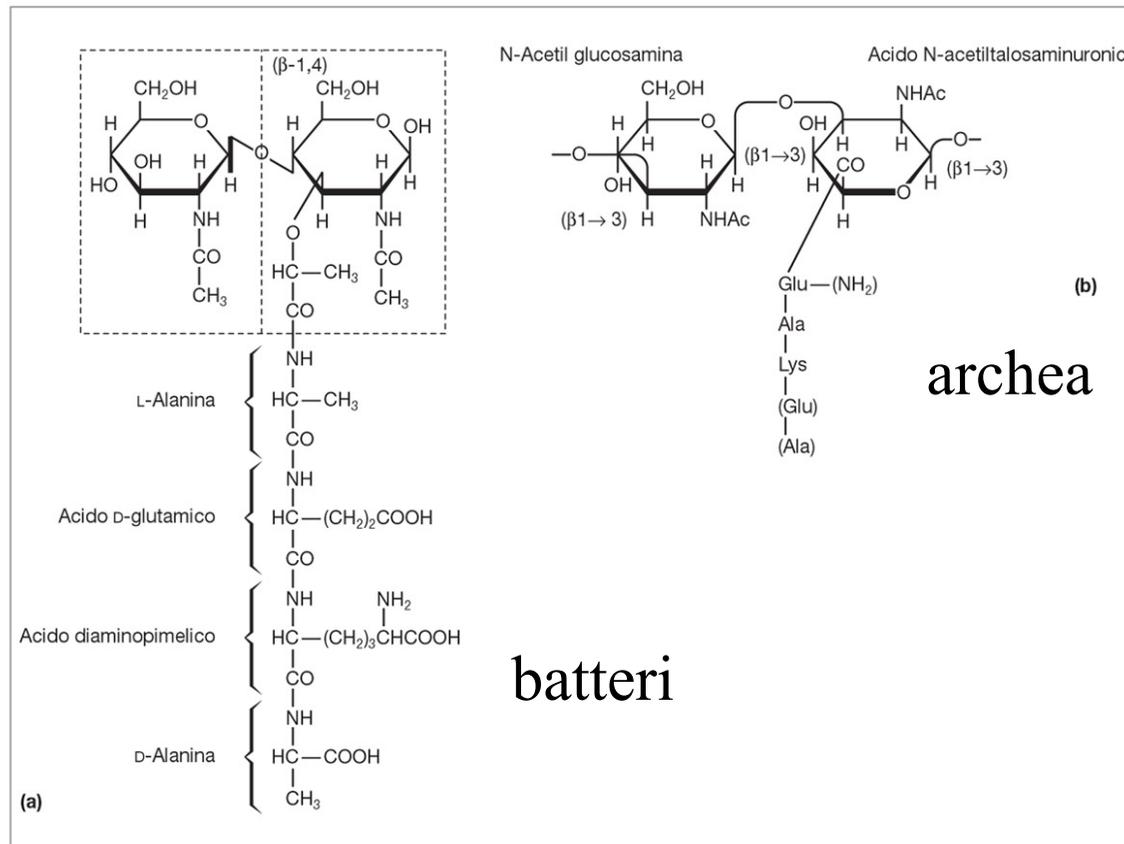
Formazione di protoplasti (cellule trattate con lisozima in un mezzo isototonico)



Lisi di cellule batteriche trattate con lisozima

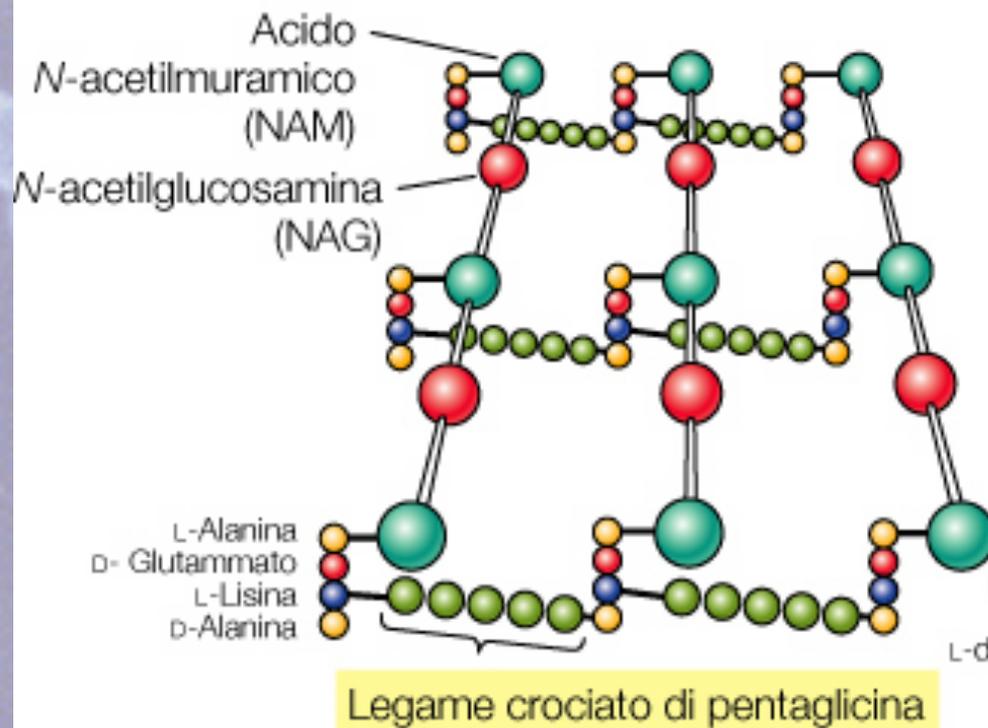


Le subunità di base della mureina e della pseudomureina

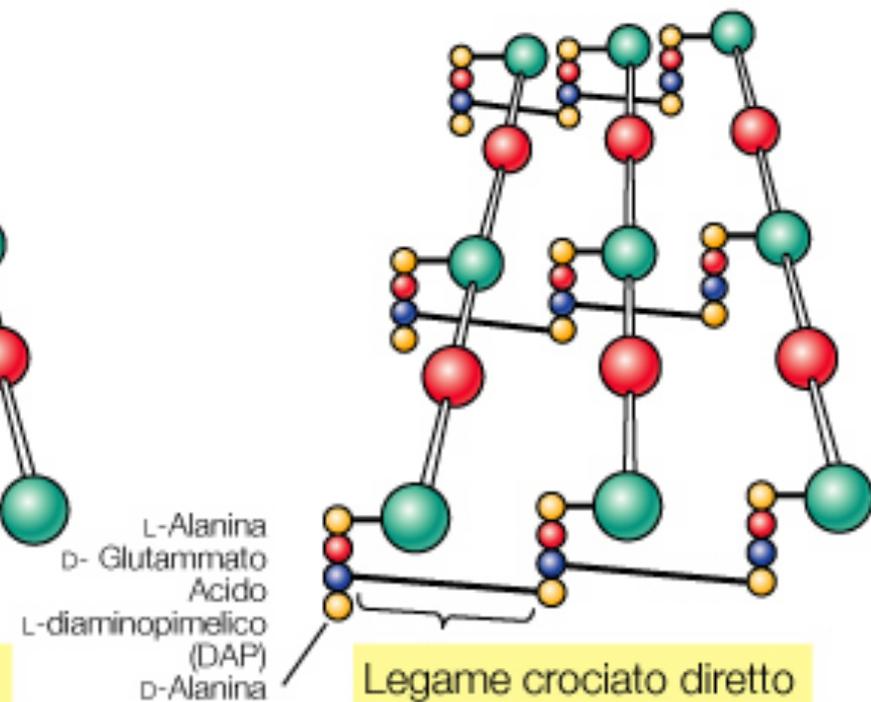


Diversità del peptidoglicano (mureina)

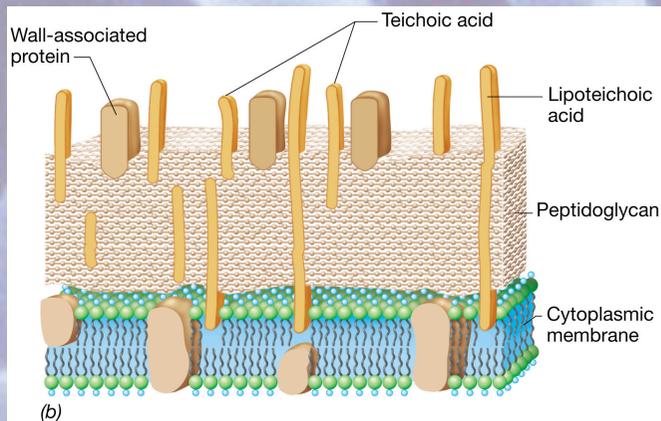
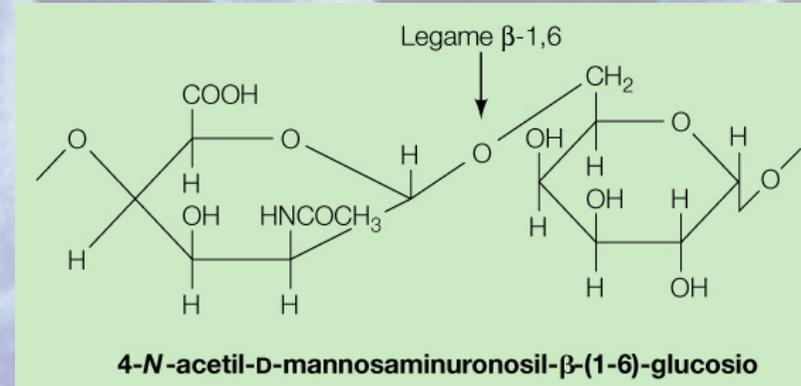
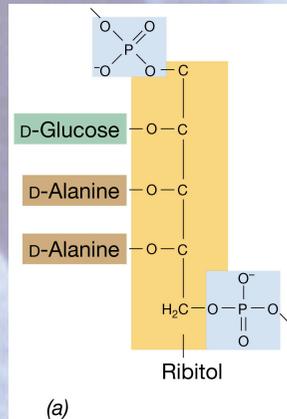
(A) Peptidoglicano dei gram-positivi



(B) Peptidoglicano dei gram-negativi

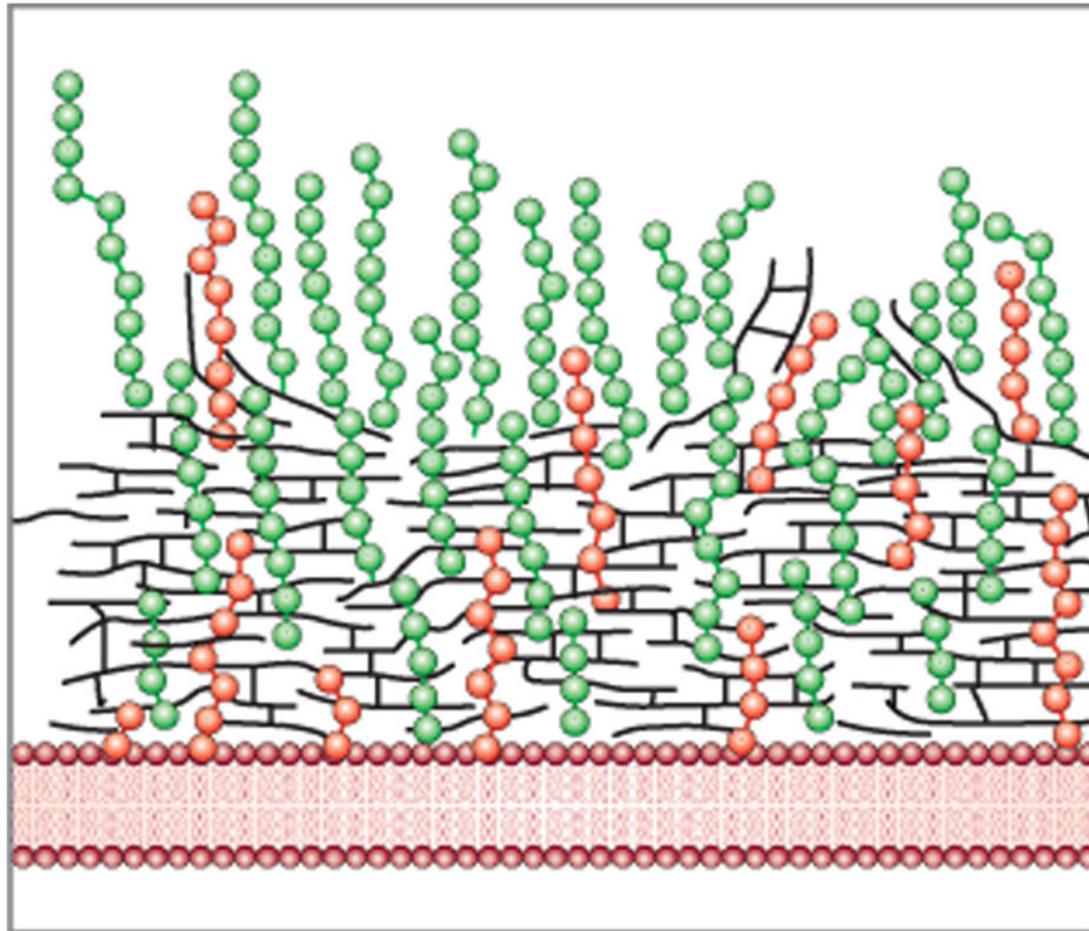


Acidi teicoici e teicuronici



- **Acidi teicoici:** polimeri del glicerolo o del ribitolo fosfato, sostituiti con zuccheri o aminoacidi, carichi negativamente;
- **Acidi lipoteicoici:** legati ad acidi grassi;
- **Acidi teicuronici:** polimeri di acidi uronici, più o meno acetilati





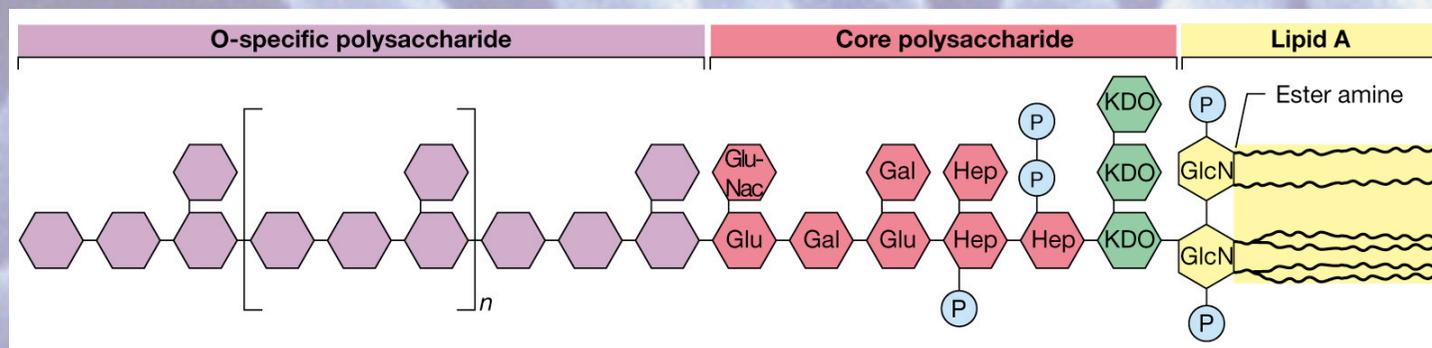
Parete Gram-

- Peptidoglicano (strato più sottile)
- Membrana esterna formata da lipopolisaccaride, proteine e lipoproteine, denominata LPS



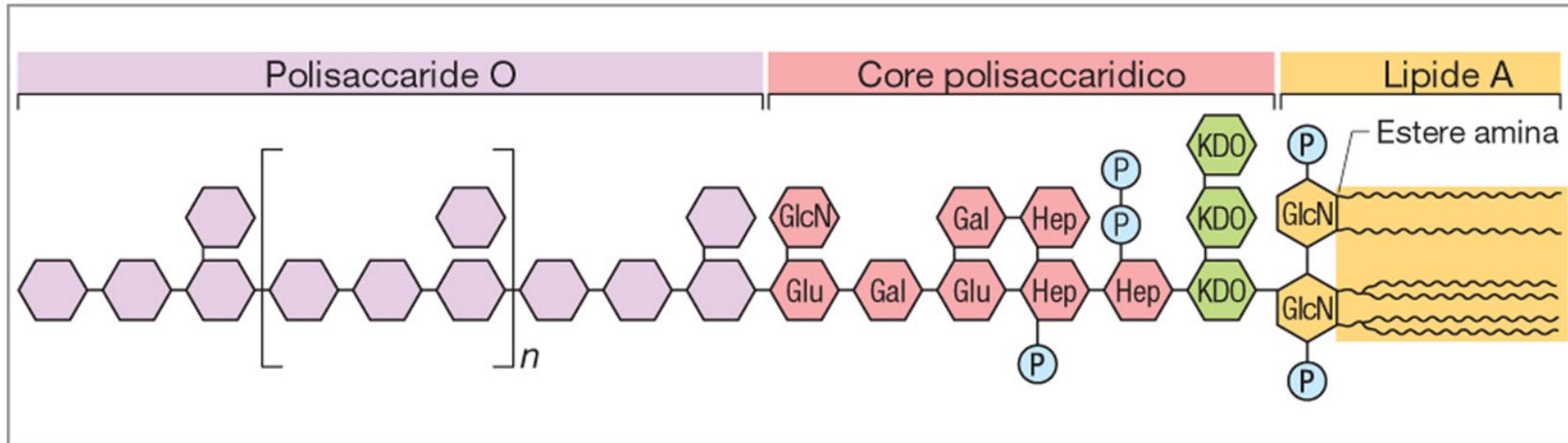
LPS

- Porzione polisaccaridica (esterna), costituita da 2 frazioni (il core o polisaccaride interno e il polisaccaride O o polisaccaride esterno)
- Porzione lipidica (lipide A), situata all'interno della membrana esterna e costituita da acidi grassi legati mediante legame estere-aminico a un disaccaride costituito da NAGfosfato.



GIN glucosammina, GluNac acetilglucosammina, Glu glucosio, Gal galattosio
Hep eptosio, KDO keto-deossi-octonato

Struttura LPS Gram negativi



Periplasma

- Regione compresa tra la faccia interna della membrana lipopolisaccaridica e la faccia esterna della membrana citoplasmatica
- Presenti enzimi degradativi, proteine coinvolte nel trasporto

Membrana esterna dei Gram negativi

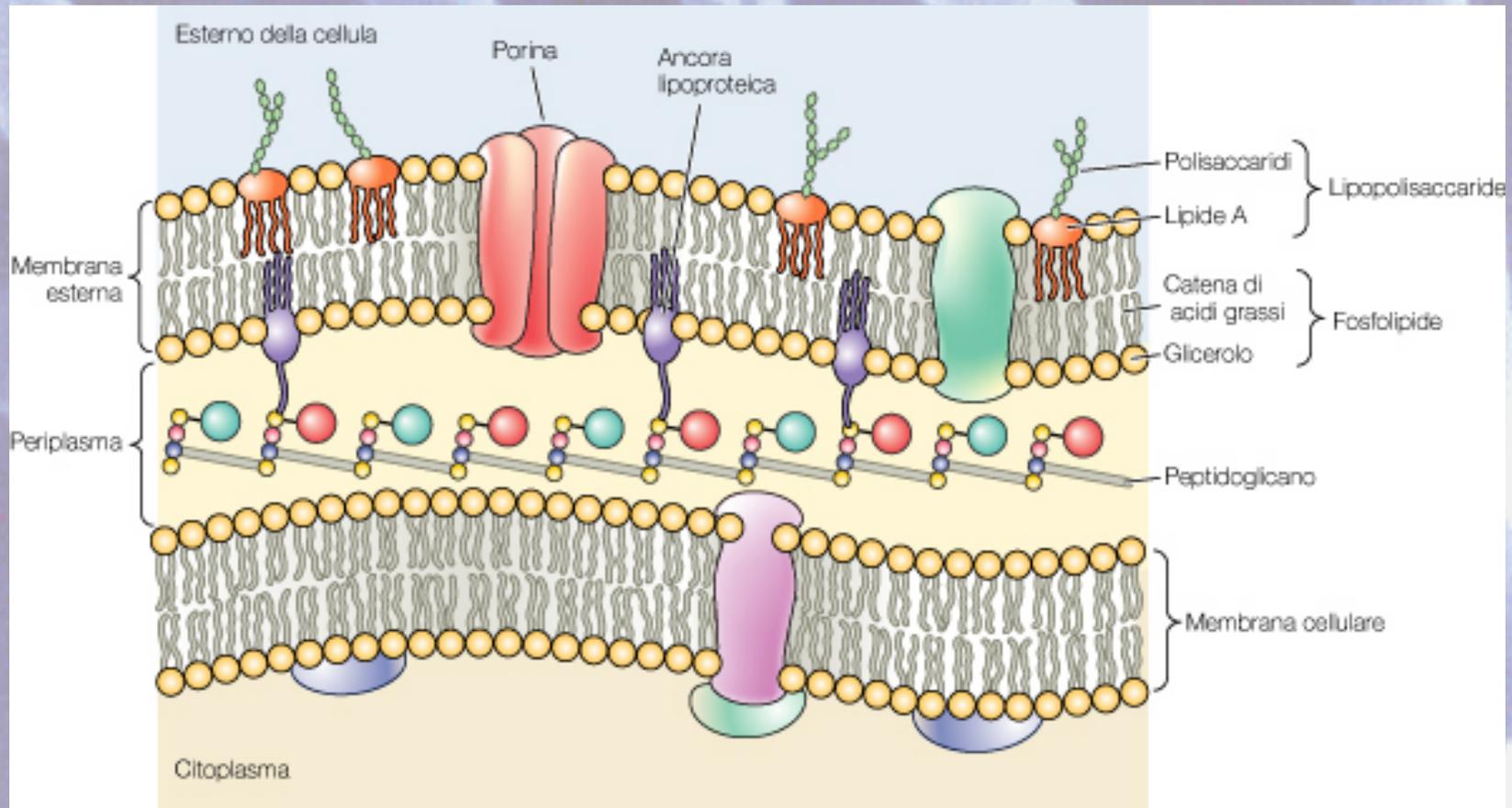


Fig. 4.49 da Perry et al.



Ruolo membrana esterna

- Barriera selettiva
- Presenza di canali, di natura proteica (porine) che permettono il passaggio non specifico di soluti idrofilici di bassa massa molecolare.

Lipopolisaccaride

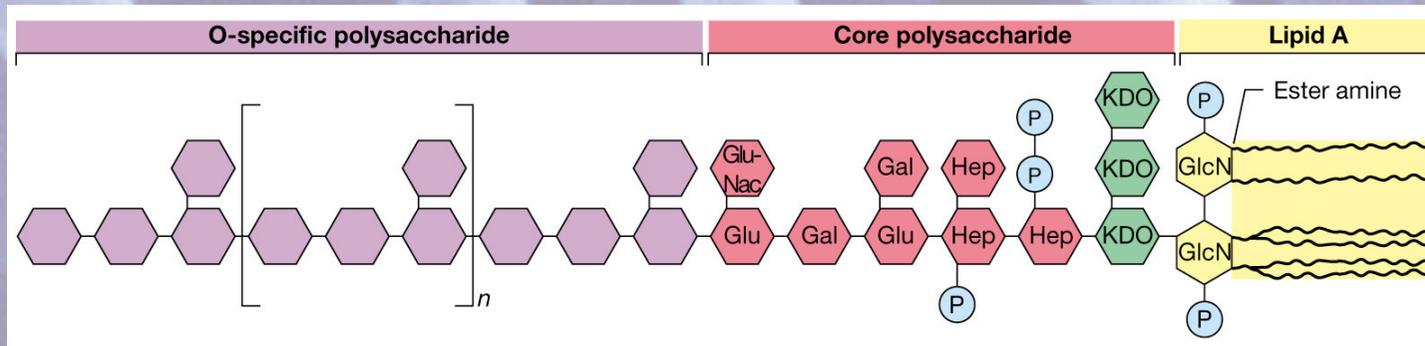


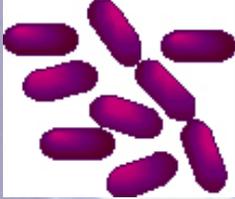
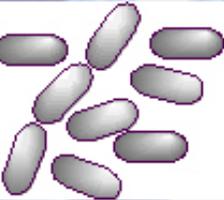
Fig. 4.34 da Madigan e Martinko

GIN glucosammina, GluNac acetilglucosammina, Glu glucosio, Gal galattosio
Hep eptosio, KDO keto-deossi-octonato



Ruolo membrana esterna

- Barriera selettiva
- Presenza di canali, di natura proteica (porine) che permettono il passaggio non specifico di soluti idrofilici di bassa massa molecolare.

Reagenti	Tempo di applicazione	Reazioni		Aspetto	
		Gram-positivi	Gram-negativi	Gram-positivi	Gram-negativi
Cristal Violetto	1 min	Il colore è assorbito dalle cellule in due forme: legato e non legato	Il colore è assorbito dalle cellule in due forme: legato e non legato		
Lugol	1 min.	Lo Iodio fissa il cristal violetto formando un complesso insolubile	Lo Iodio fissa il cristal violetto formando un complesso insolubile		
Miscela alcool-acetone	Goccia a goccia, finchè non estrae più colore dallo striscio	La miscela decolorante scinde il complesso solubilizzando i componenti. Lo spesso strato di glicopeptide viene disidratato. Il colore si diffonde lentamente.	La miscela decolorante scinde il complesso solubilizzando i componenti. Il sottile strato di glicopeptide viene disidratato. Il colore si diffonde più rapidamente.		
Safranina (o altro colore di contrasto)	0,5-1 min	Le cellule non riescono ad assorbire il nuovo colorante.	Le cellule assorbono il nuovo colorante.		

Appendici cellulari

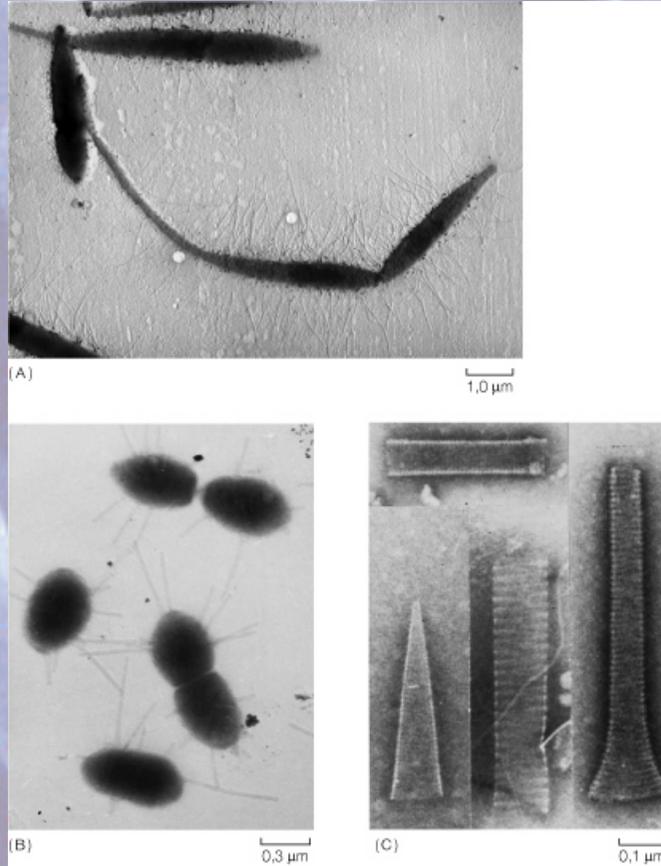
- **Pili, fimbrie, spine:** appendici di natura proteica, (1 μm lunghezza, 3-5 fino a 200 nm di diametro) importanti nell'adesione, nello scambio di materiale genetico (coniugazione), come siti di adesione per fagi, in particolari forme di motilità
- **Flagelli:** appendici proteiche, flessibili, 10-20 nm di diametro, 5-20 μm di lunghezza, organi di movimento



Fimbriae, spine

Fig. 4.54 da Perry et al.

- A. Fimbrie in *Prostheco bacterium fusiformis*
- B. Batterio spinato
- C. Microfotografie di singole spine



Pili e fimbriae in *E. coli*

[http://
www.emc.maricopa.edu/
faculty/farabee/BIOBK/
71241jwa.jpg](http://www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/71241jwa.jpg)

Notare il lungo pilo
coniugativo (pilo F) e le
fimbriae



12-10-2018

MGEMA 9 cfu L4

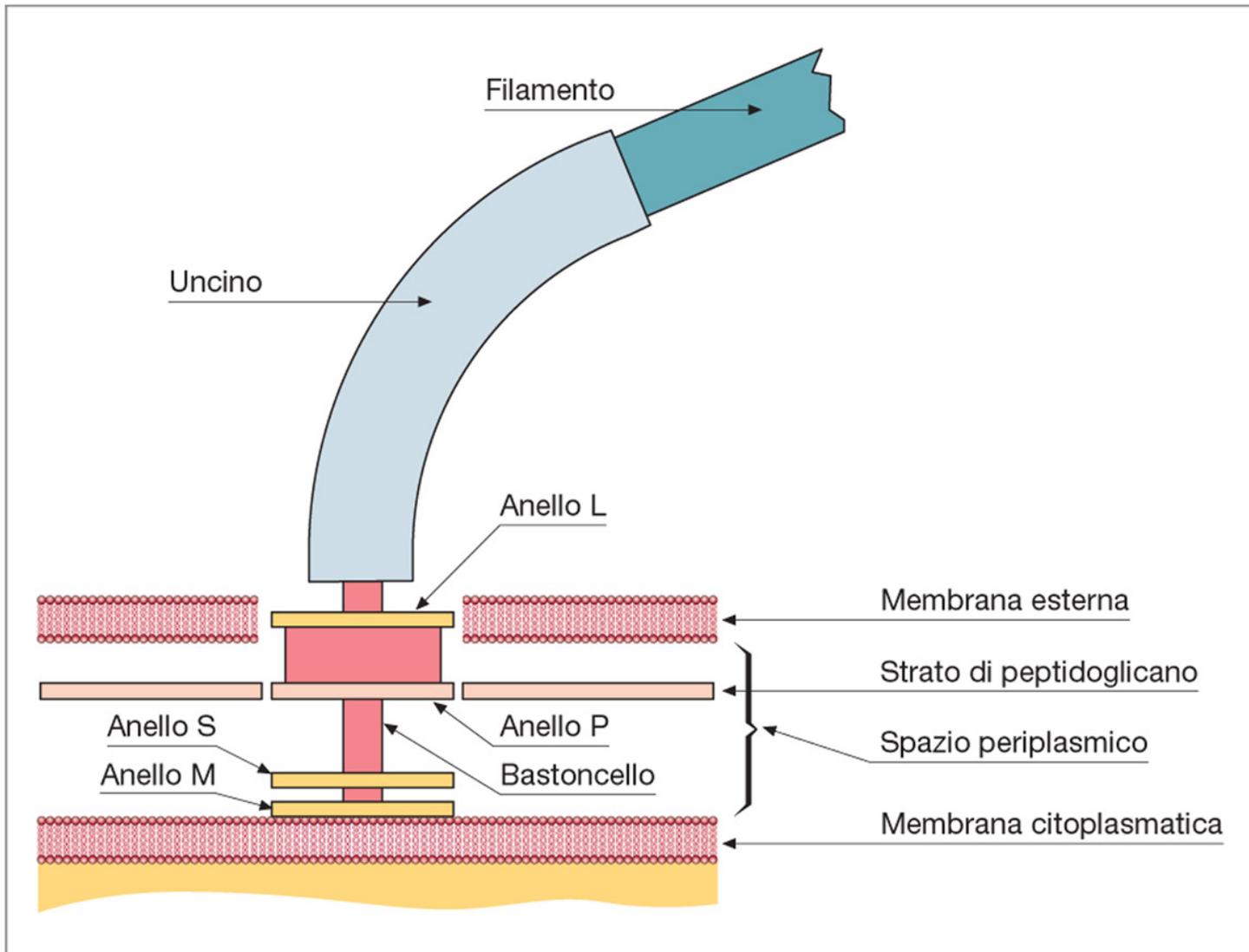
64

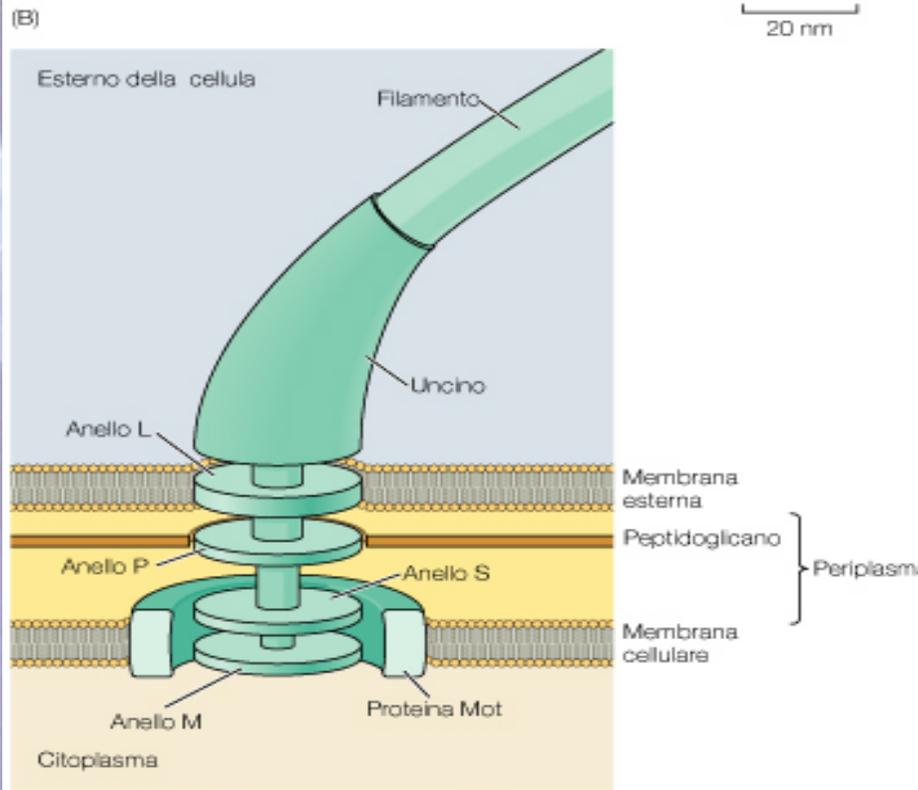
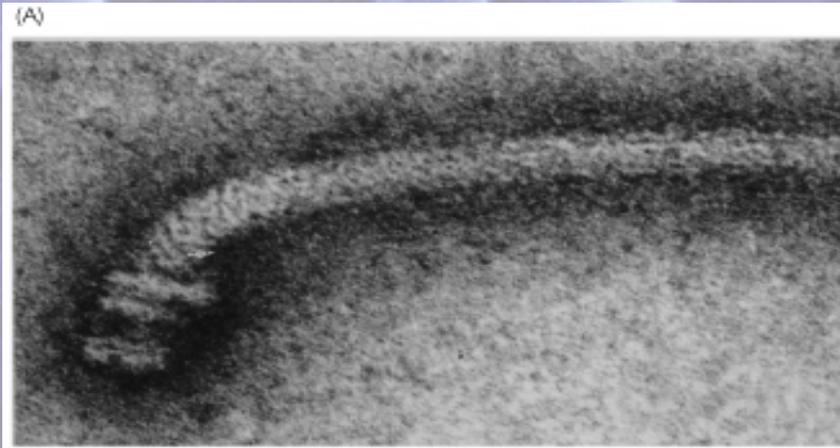
Flagelli

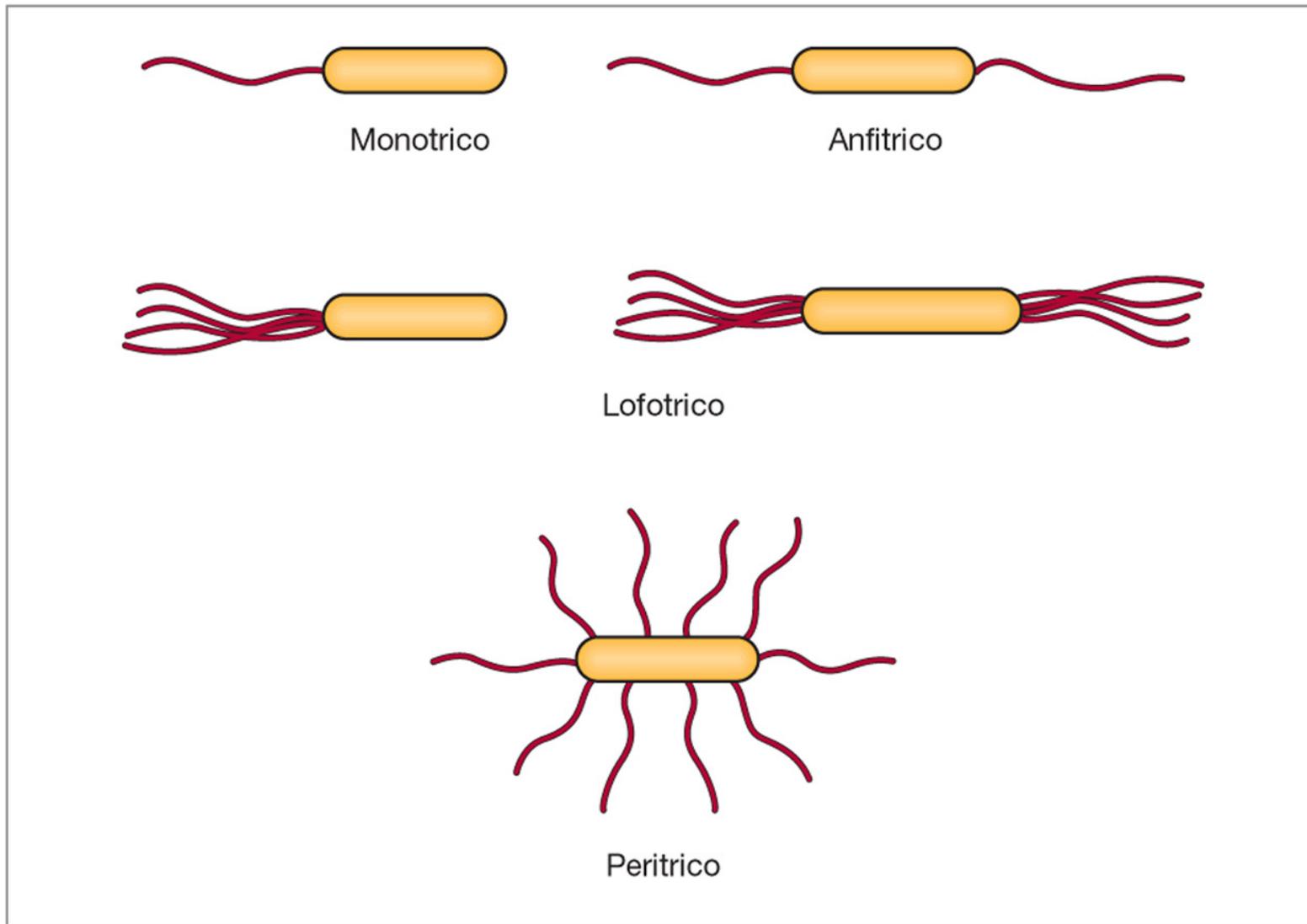
- Differenza sostanziale dai flagelli eucariotici: composti da un solo filamento elicoidale, composto da un solo tipo di proteina, **flagellina** (pm circa 14000; eccezione: flagelli di *Caulobacter*: due tipi di flagellina) le cui caratteristiche specifiche determinano il passo dell'elica.
- Il numero e la localizzazione dipende dalla specie

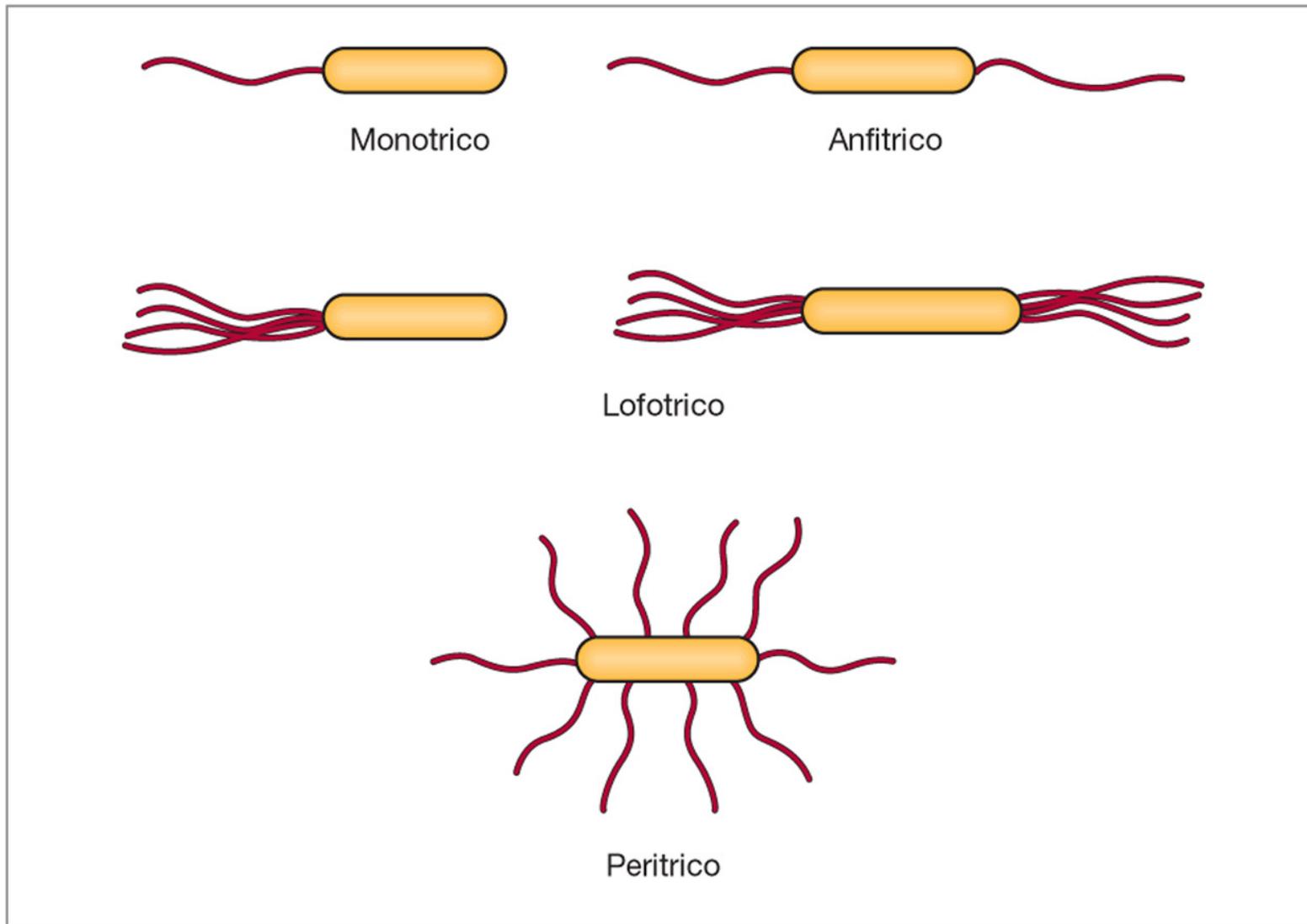
Flagelli: struttura

- **Filamento**, parte più esterna, ancorata alla superficie mediante l'uncino
- **uncino**: unisce il filamento alla parte basale
- **corpo basale**: responsabile dell'ancoraggio e del movimento del flagello; ha una struttura ad anelli (**4 nei Gram-:**, M, S, P, L, **2 nei Gram+:** M e S)

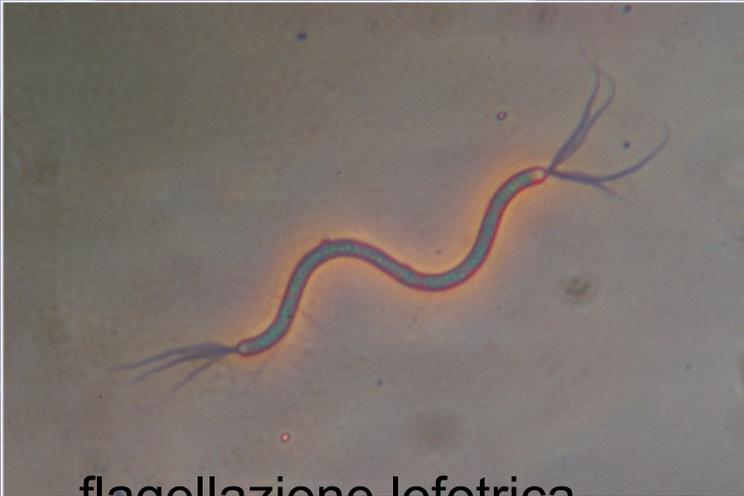




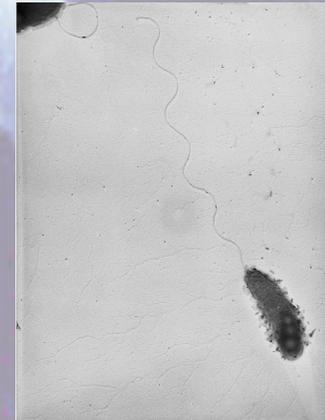




Flagellazione



flagellazione lofotrica



flagello polare

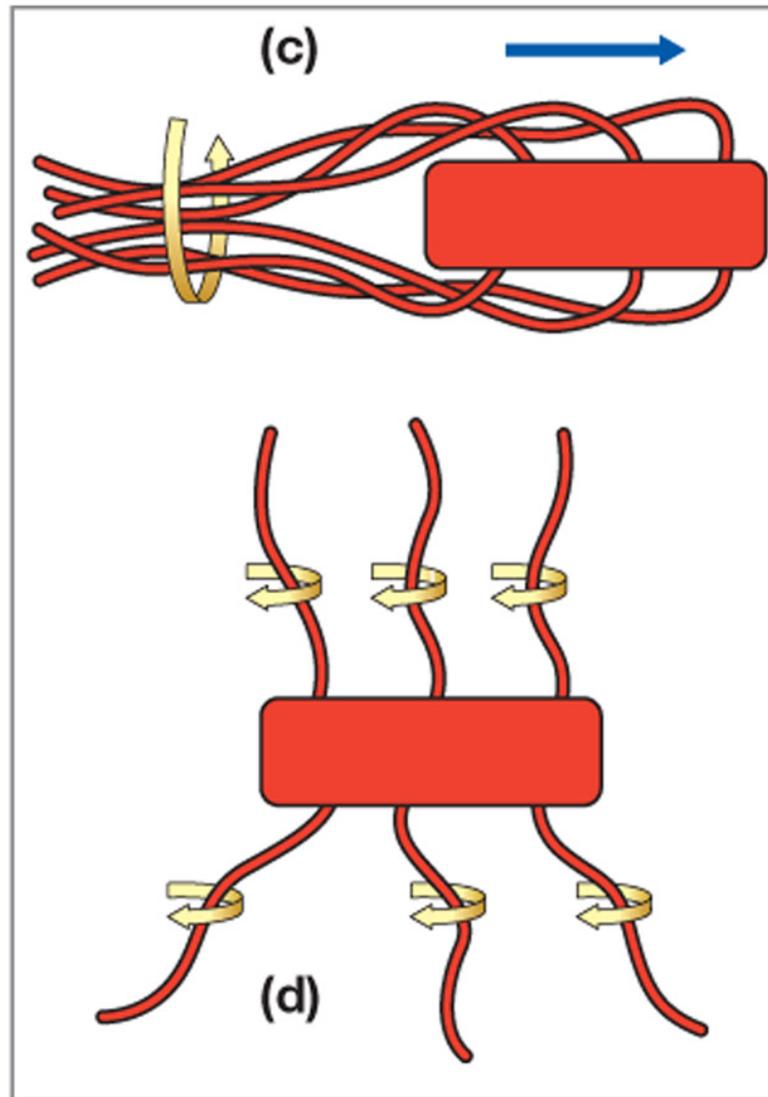


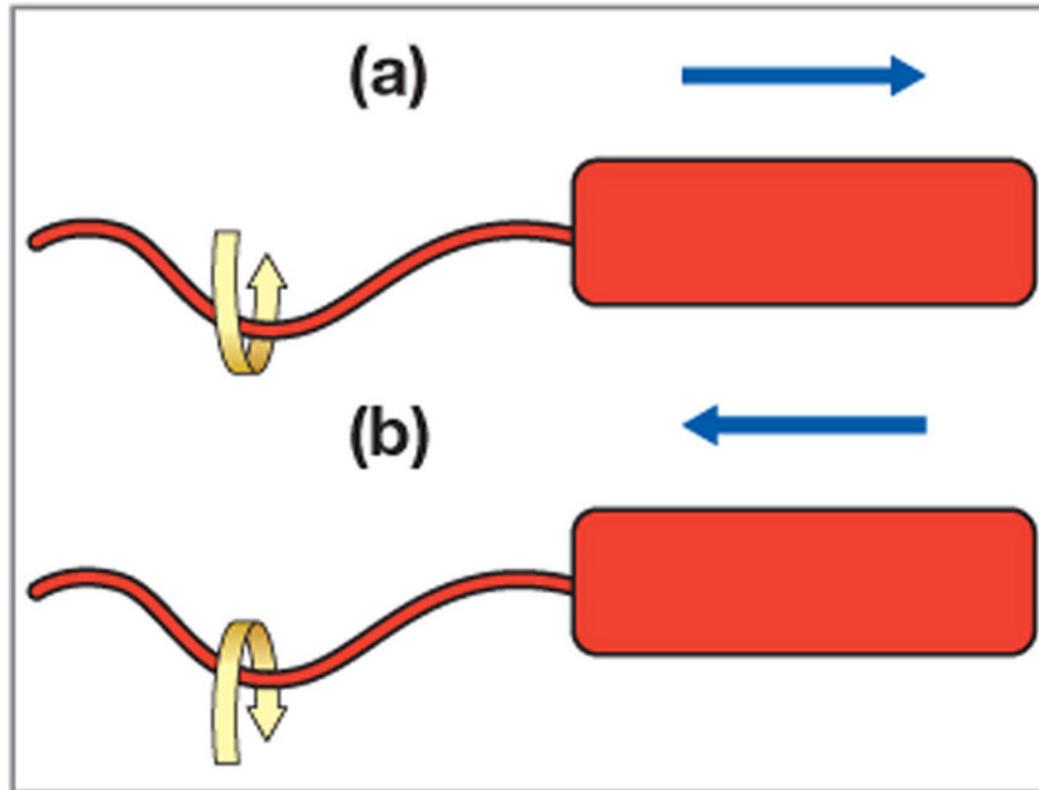
flagellazione peritrica



Il movimento flagellare

- Il movimento è lievemente diverso nei diversi tipi di flagellazione:
 - nei **peritrichi**, come *E. coli* i flagelli ruotano normalmente in senso antiorario (guardando la cellula da dietro, formando un unico fascio); il cambiamento del senso di rotazione causa una dispersione del fascio e un capitombolo; il movimento riprende quando i flagelli si riaggregano in seguito ad un nuovo cambiamento di rotazione;
 - negli **anfilofotrichi**, come *Spirillum*, i due fasci di flagelli ruotano nello stesso senso e l'inversione del movimento causa un'inversione di 180° della direzione di moto.





Movimento per scivolamento

- Accompagnato dalla produzione di sostanza mucosa di natura polisaccaridica, che aderendo ad una superficie solida spinge il microragansimo facendolo avanzare mentre ne continuano la secrezione

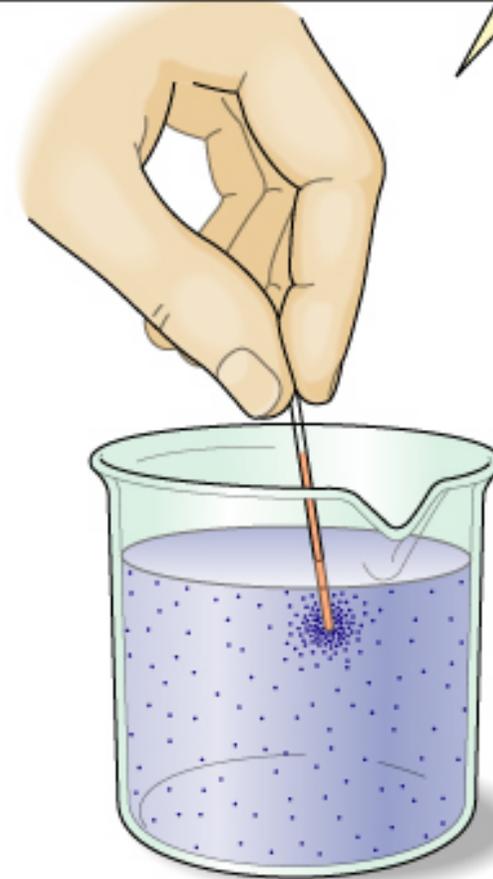
Chemiotassi

- In risposta a gradienti chimici le cellule si muovono o si allontanano da sostanza “attraenti” o repellenti:
 - chemiotassi positiva (muovendosi da zone a minore a zone a maggiore concentrazione della sostanza attraente)
 - chemiotassi negativa (muovendosi da zone a maggiore a zone a minore concentrazione della sostanza repellente)

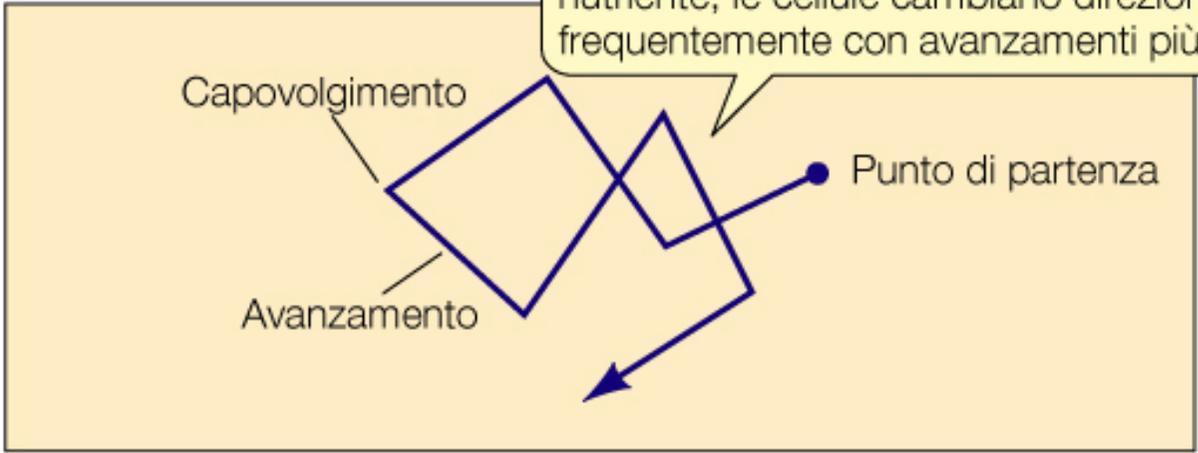
1 Un capillare vuoto viene immerso in una sospensione di cellule batteriche; le cellule (puntini) rimangono diffuse nell'ambiente.



2 Un capillare contenente una soluzione di glucosio viene immerso nella medesima sospensione di cellule, così da creare un gradiente di nutrienti. Le cellule vengono attratte dal glucosio per chemiotassi positiva, come dimostrato dalla maggiore torbidezza in prossimità dell'apertura del capillare.



In una soluzione priva di un gradiente di nutriente, le cellule cambiano direzione più frequentemente con avanzamenti più brevi.



In presenza di un gradiente di nutrienti, le cellule mostrano una chemiotassi positiva, per cui gli avanzamenti sono più lunghi e i capovolgimenti meno frequenti.

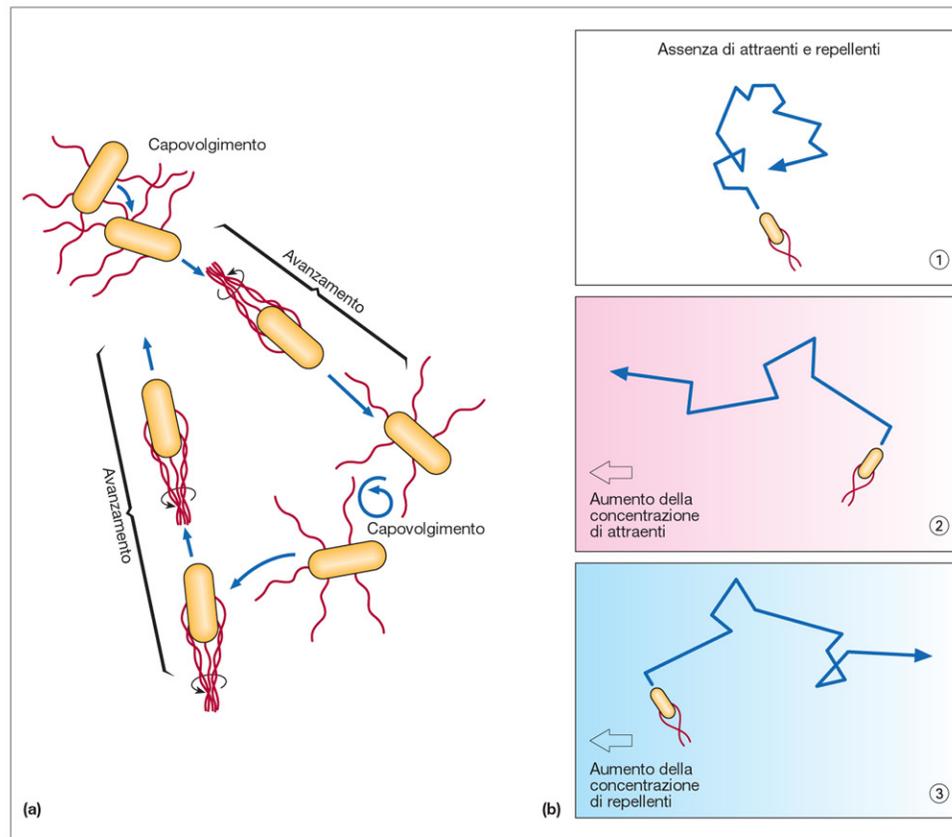


Elevata ← ————— → Bassa

Concentrazione del nutriente

A horizontal line with arrows at both ends is positioned below the diagrams. The left arrow points to the word 'Elevata' and the right arrow points to the word 'Bassa'. Below this line is the text 'Concentrazione del nutriente'.

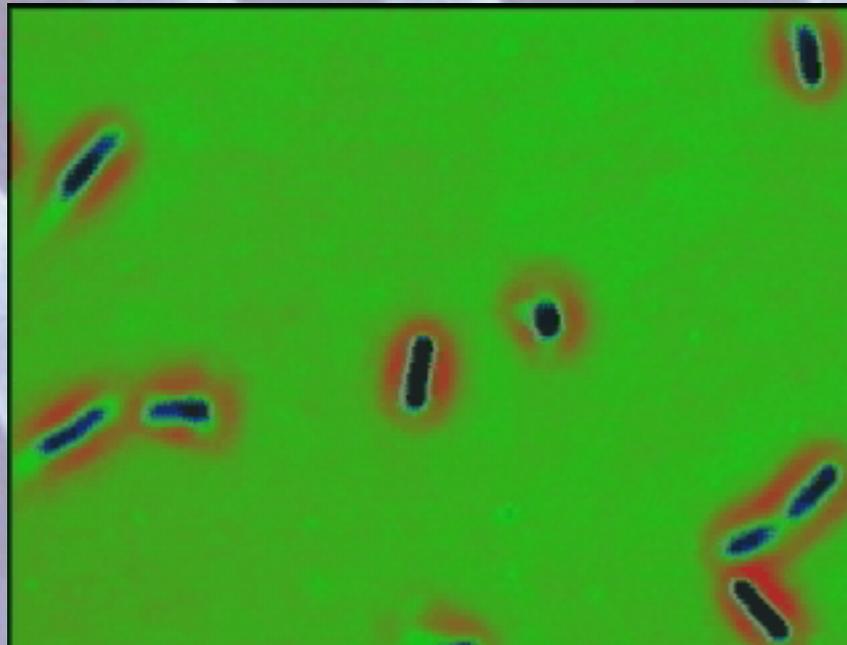
Chemiotassi



Fototassi



Movimento “a capitomboli”



12-10-2018

MGEMA 9 cfu L4

81

Movimento “a capitomboli”



12-10-2018

MGEMA 9 cfu L4

82

Movimento per scivolamento: *Oscillatoria*



12-10-2018

MGEMA 9 cfu L4

83

Movimento nelle spirochete

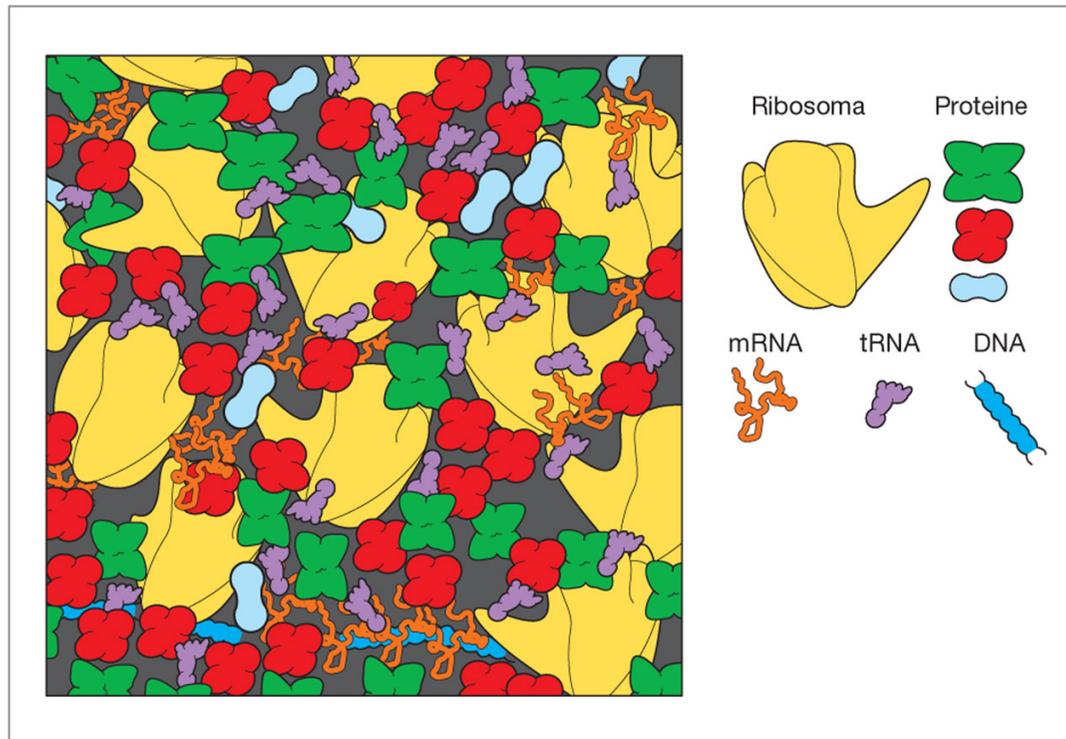


12-10-2018

MGEMA 9 cfu L4

84

Citoplasma



B. Biavati, C. Sorlini

Microbiologia generale e agraria

Copyright © 2007 Casa Editrice Ambrosiana



Nucleoide

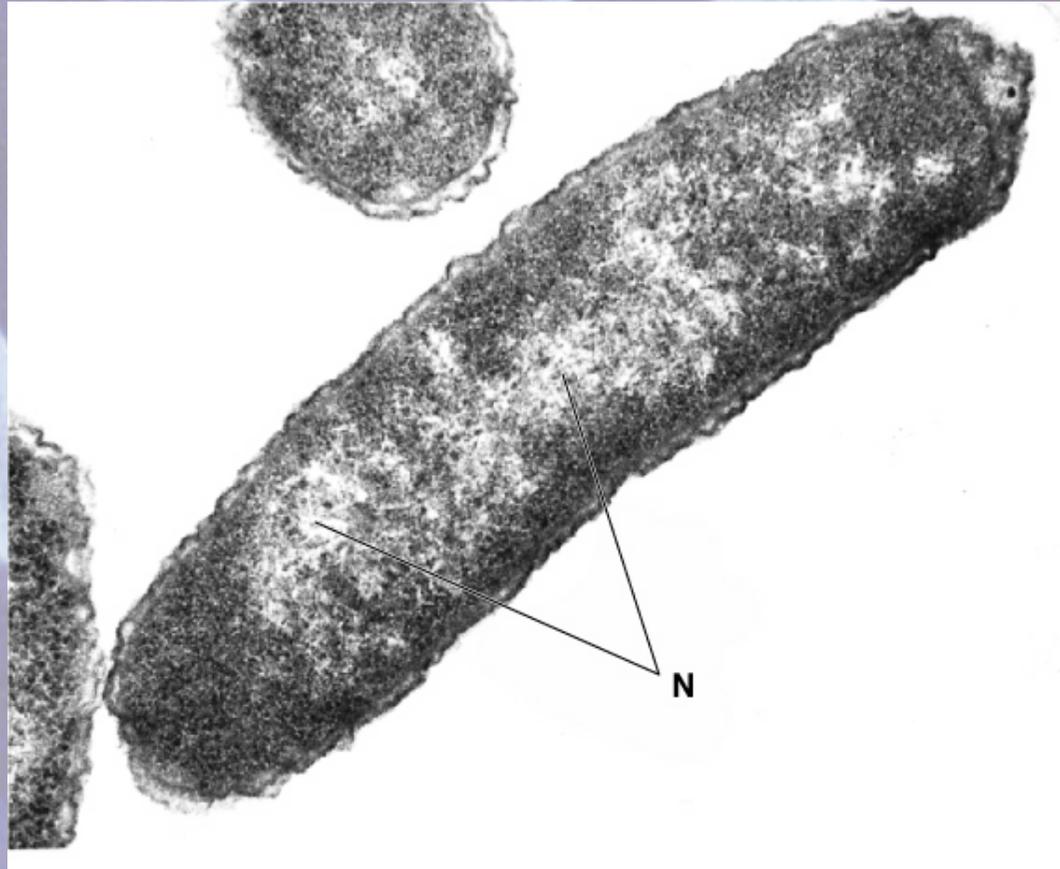


Fig. 4.23 Perry et al. Nucleoide, immagine TEM



Nucleoide

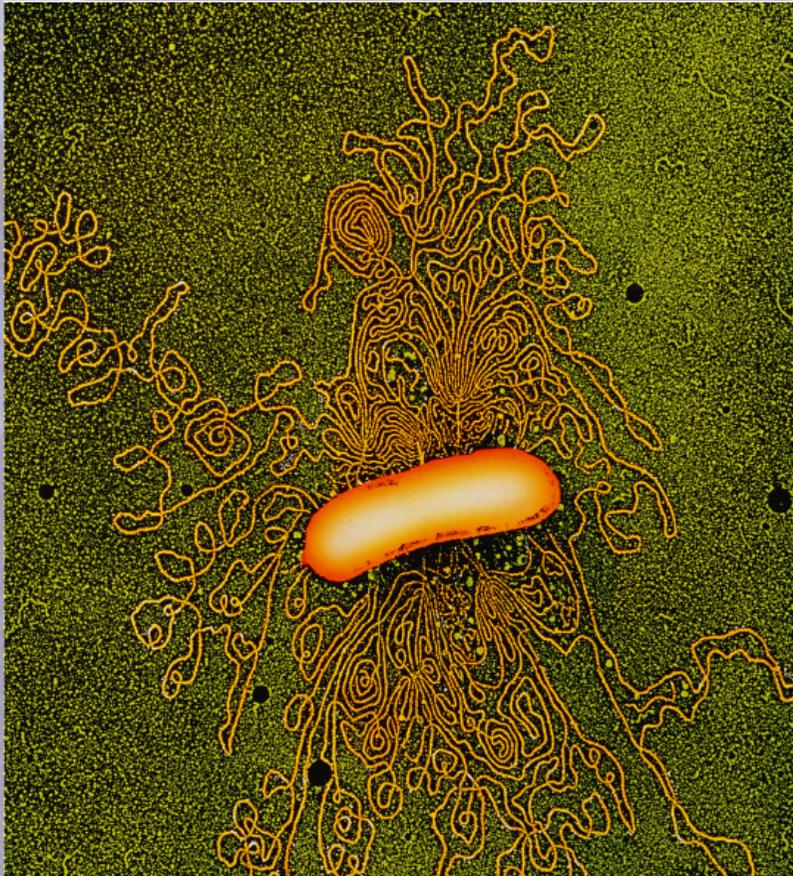


Fig. 4.24 Perry et al. DNA rilasciato da una cellula dopo lisi

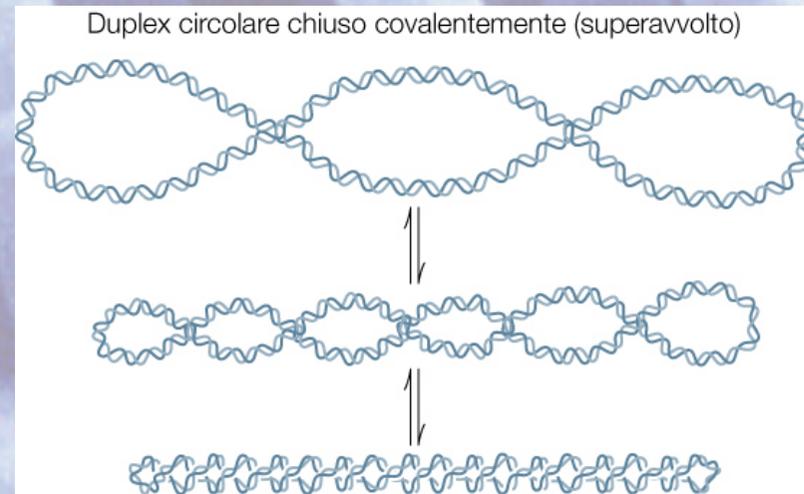


Fig. 4.25 Perry et al. DNA superavvolto

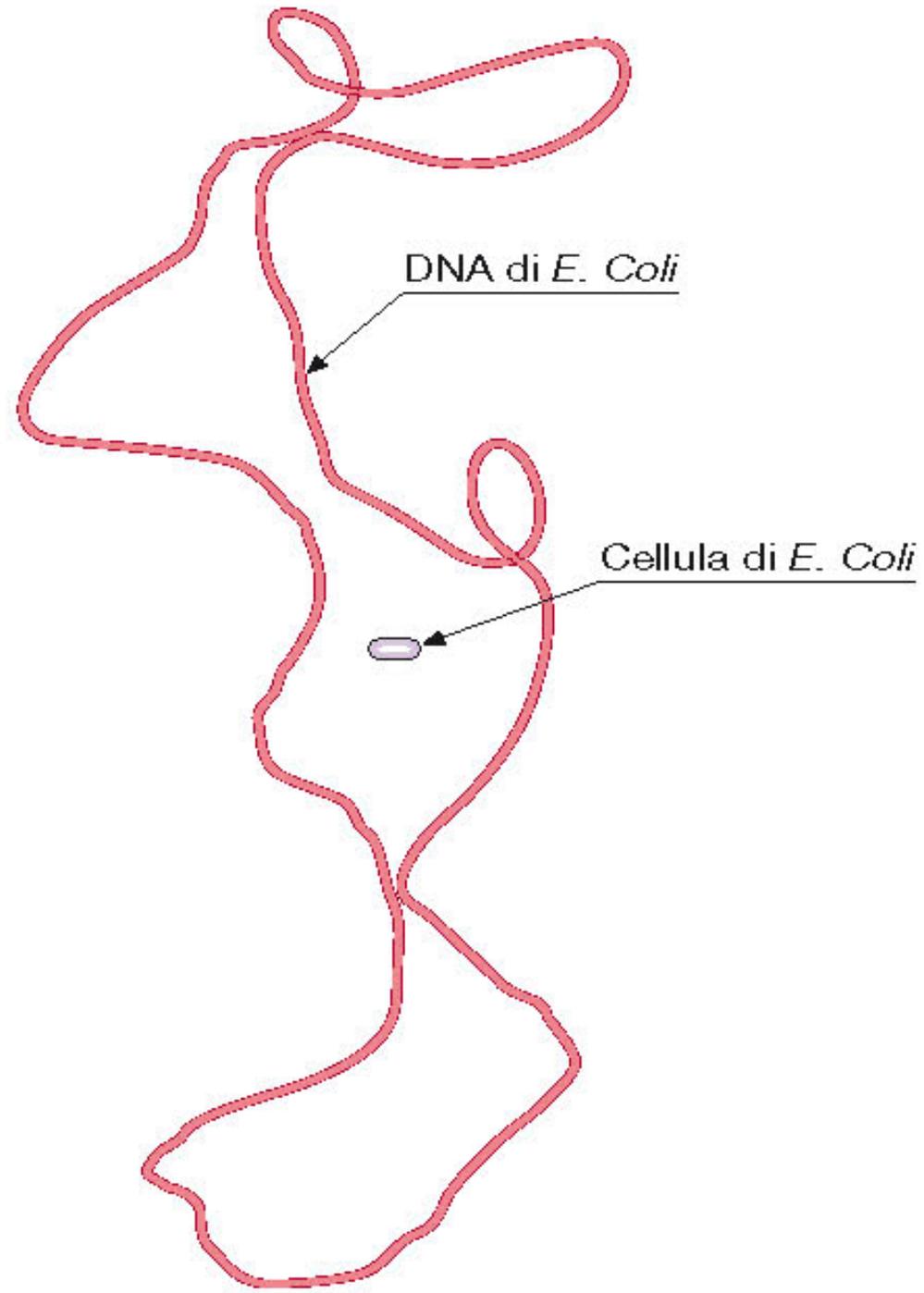


12-10-2018

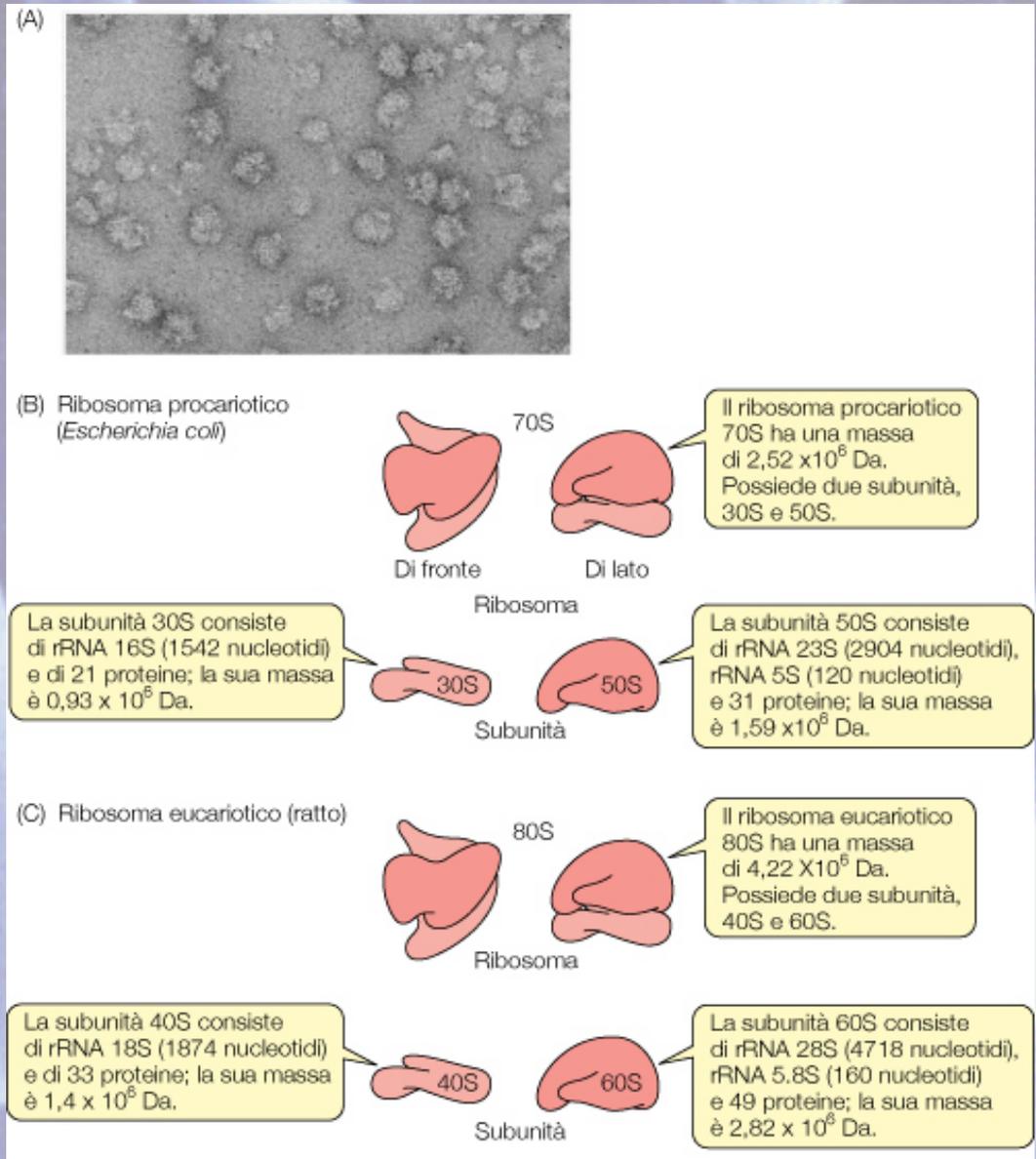
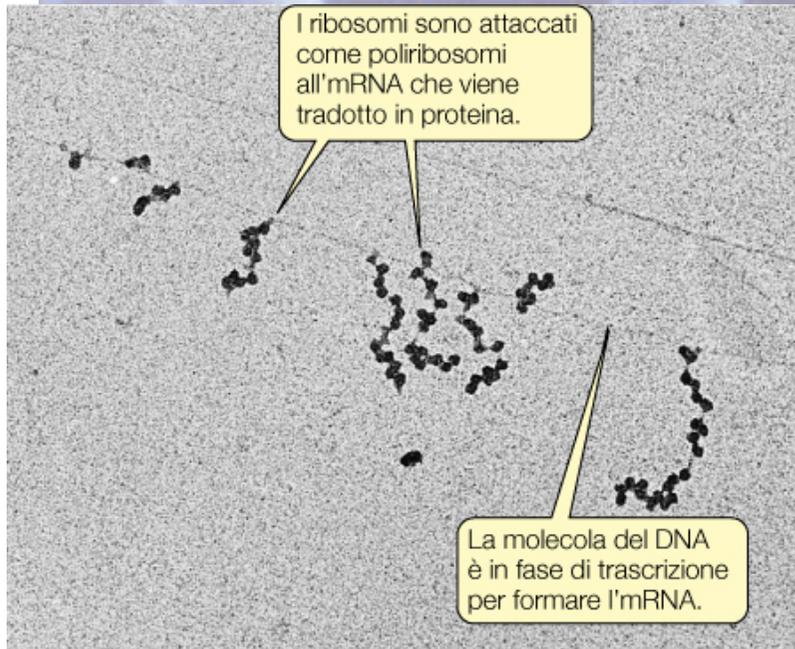
MGEMA 9 cfu L4

87

Una cell di *E. coli*
è lunga circa 2
micron e contiene
una molecola di
DNA di circa 4,5
milioni di coppie di
base lunga circa
1.5 mm.
Di qui la necessità
di compattamento



Ribosomi



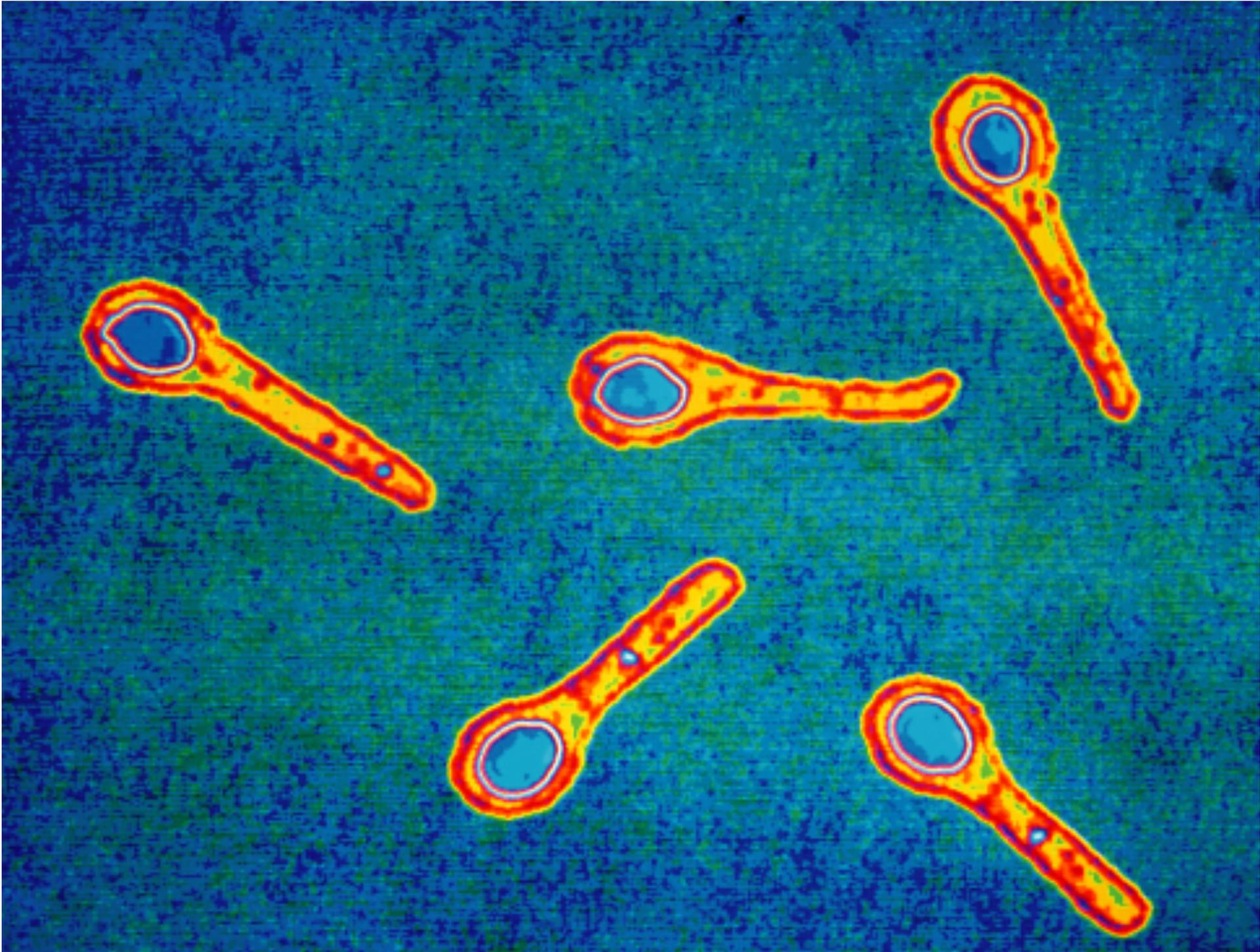
Inclusioni cellulari

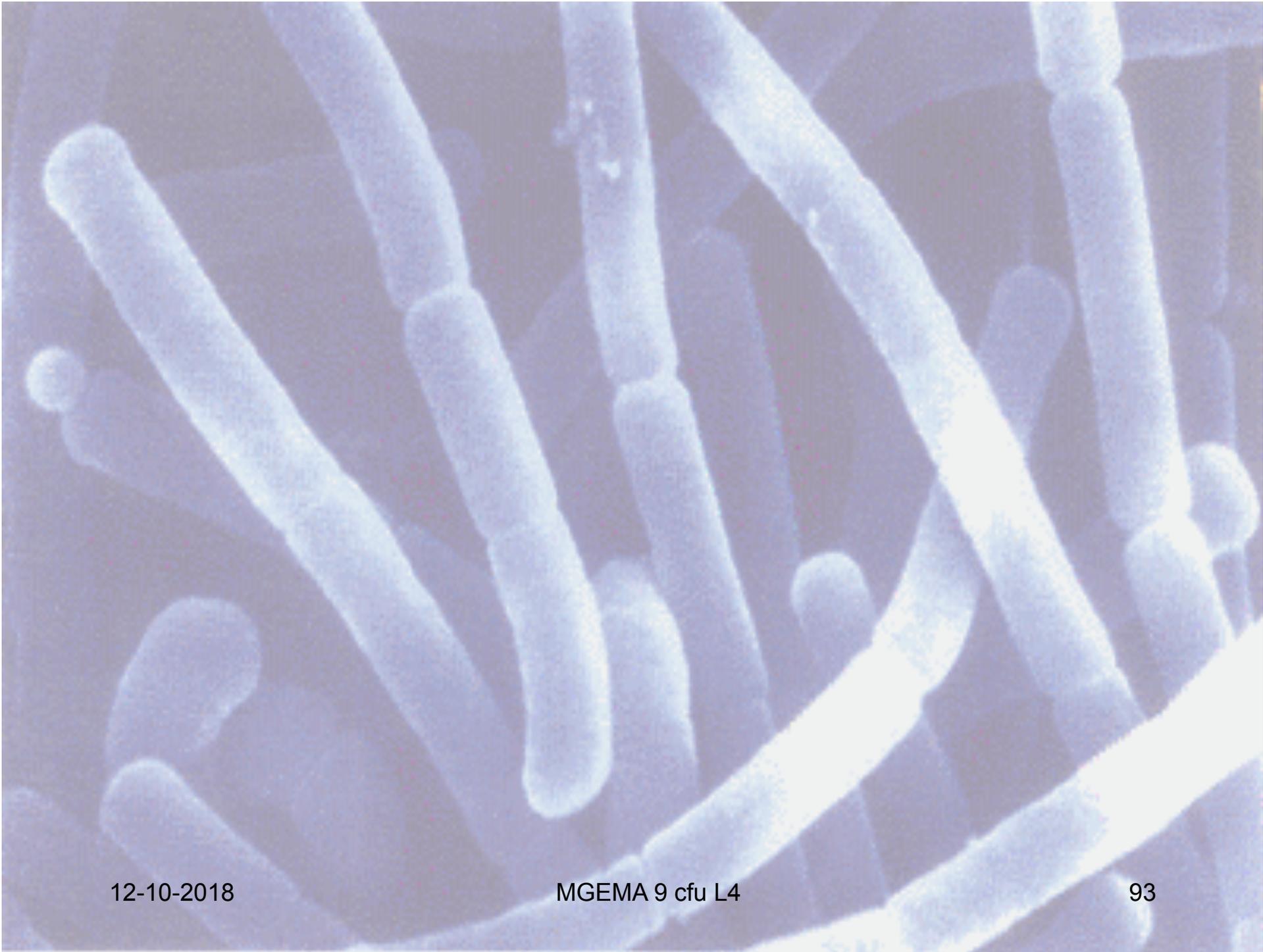
- Sostanze di riserva
 - Granuli di polisaccaridi (amido, glicogeno)
 - Granuli di poli- β -idrossialcanoati
 - Granuli di zolfo
 - Granuli di volutina
 - Cianoficina
- Vescicole gassose
- Magnetosomi



Altre strutture delimitate da membrane nelle cellule procariotiche

- **Sono strutture delimitate da membrane, generalmente proteiche, che non costituiscono una membrana unitaria.**
- **Vescicole gassose e vacuoli gassosi:** presenti in molti microrganismi acquatici che hanno la necessità di regolare la loro posizione nella colonna di liquido: i vacuoli gassosi sono costituiti da molte vescicole gassose a forma di sigaro. La membrana è costituita da proteine fortemente idrofile all'esterno e fortemente idrofobe all'interno.





12-10-2018

MGEMA 9 cfu L4

93

Endospora

- Cellula batterica differenziata e altamente resistente
- Struttura cellulare prodotta da alcuni batteri all'interno della cellula.
- Facilmente visibile al microscopio ottico come corpo rifrangente

A microscopic image of rod-shaped bacteria, likely Bacillus or Clostridium species, showing their characteristic shape and arrangement. The bacteria are stained and appear as bright, elongated structures against a darker background.

Caratteristiche:

- alta resistenza al calore
- resistente ad agenti chimici e fisici: disidratazione, radiazioni, acidi e disinfettanti chimici

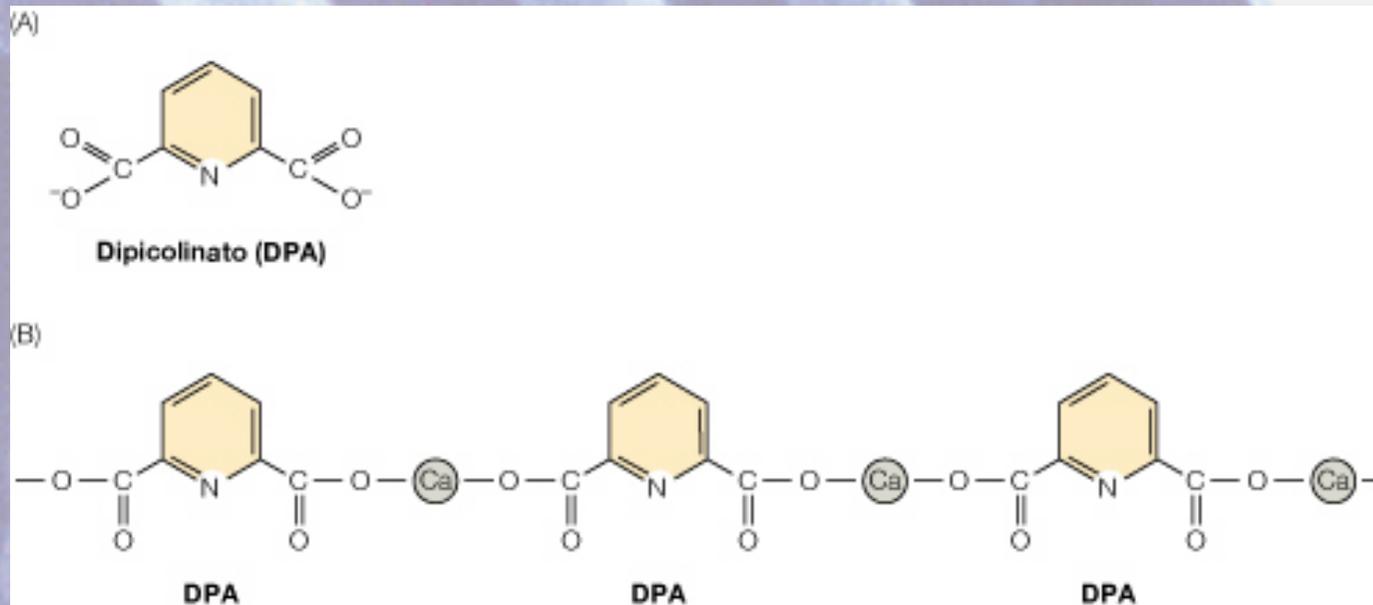
Dal punto di vista strutturale **differisce da una cellula vegetativa per gli involucri presenti all'esterno della parete cellulare**

Struttura pluristratificata

- **esosporio** (strato più esterno) costituito da proteine, polisaccaridi e lipidi.
- **tunica** o parete della spora (all'interno dell'esosporio), costituita da uno o più strati proteici (proteine ricche in cys e aa. idrofobici)
- **corteccia** o cortex, strato peptidoglicanico
- **core**, costituito da strutture convenzionali (parete, membrana, nucleotide)

A livello del core, è presente l'**acido dipicolinico** a cui sono legati **ioni calcio**.

Il **complesso calcio-acido dipicolinico** (10% peso secco spora) svolge un ruolo importante nel conferire alla spora la resistenza al calore, dal momento che l'acqua viene eliminata dalla spora in via di formazione.



Proprietà del core

- Il protoplasto di un'endospora matura è diverso dalla cellula vegetativa di origine:
 - presenza di dipicolinato di calcio
 - parzialmente disidratato (10-30% del contenuto in acqua della cellula vegetativa)
 - pH più basso di un'unità
 - presenza di proteine core specifiche: SASP (small acid-soluble spore proteins)

SASP (small acid-soluble spore proteins)

- prodotte durante il processo di sporulazione
- legano fortemente il DNA nel core
- proteggono il core dalle radiazioni, dall'essiccamento e dal calore
- funzionano come fonte di C e di Energia per la formazione della cellula vegetativa a partire dalla spora (germinazione)

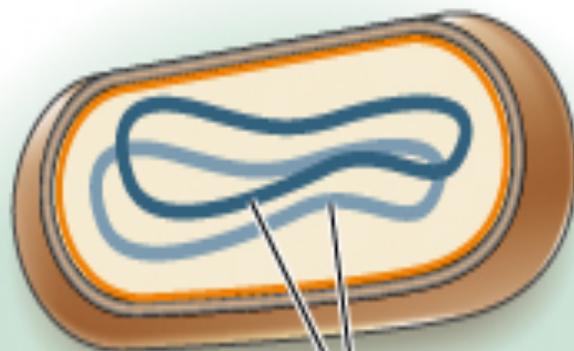
Differenze tra endospore e cellule vegetative

Caratteristica	Cellula vegetativa	Endospora
Struttura	Gram+	
Aspetto microscopico	Non rifrangente	rifrangente
Contenuto in calcio	basso	alto
Acido dipicolinico	assente	presente
Attività enzimatica	elevata o assente	ridotta
Metabolismo	elevato	ridotto o assente
Sintesi di macromolecole	presente	assente
mRNA	presente	ridotto o assente
Resistenza al calore	ridotta	elevata
Resistenza alle radiazioni	ridotta	elevata
Resistenza agenti chimici e acidi	ridotta	elevata
Colorazione	possibile	solo con metodi specifici
Azione del lisozima	sensibile	resistente
Contenuto in acqua	elevato, 80-90%	ridotto, 10-25% nel core
Proteine ssp	assenti	presente
pH citoplasmatico	7.0	5.5-6.0 (nel core)

Quando le condizioni di crescita sono favorevoli, l'endospora germina per formare una cellula vegetativa.

Germinazione

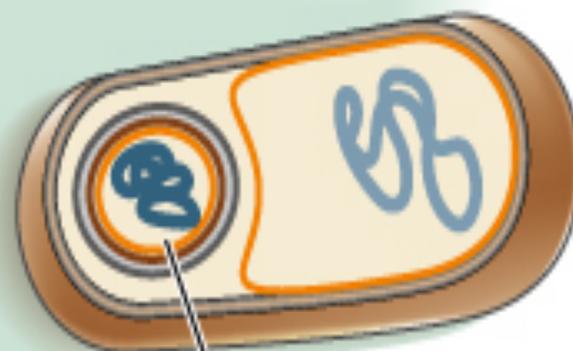
Cellula vegetativa



DNA

Quando i nutrienti sono scarsi, la cellula vegetativa forma un'endospora.

Sporulazione

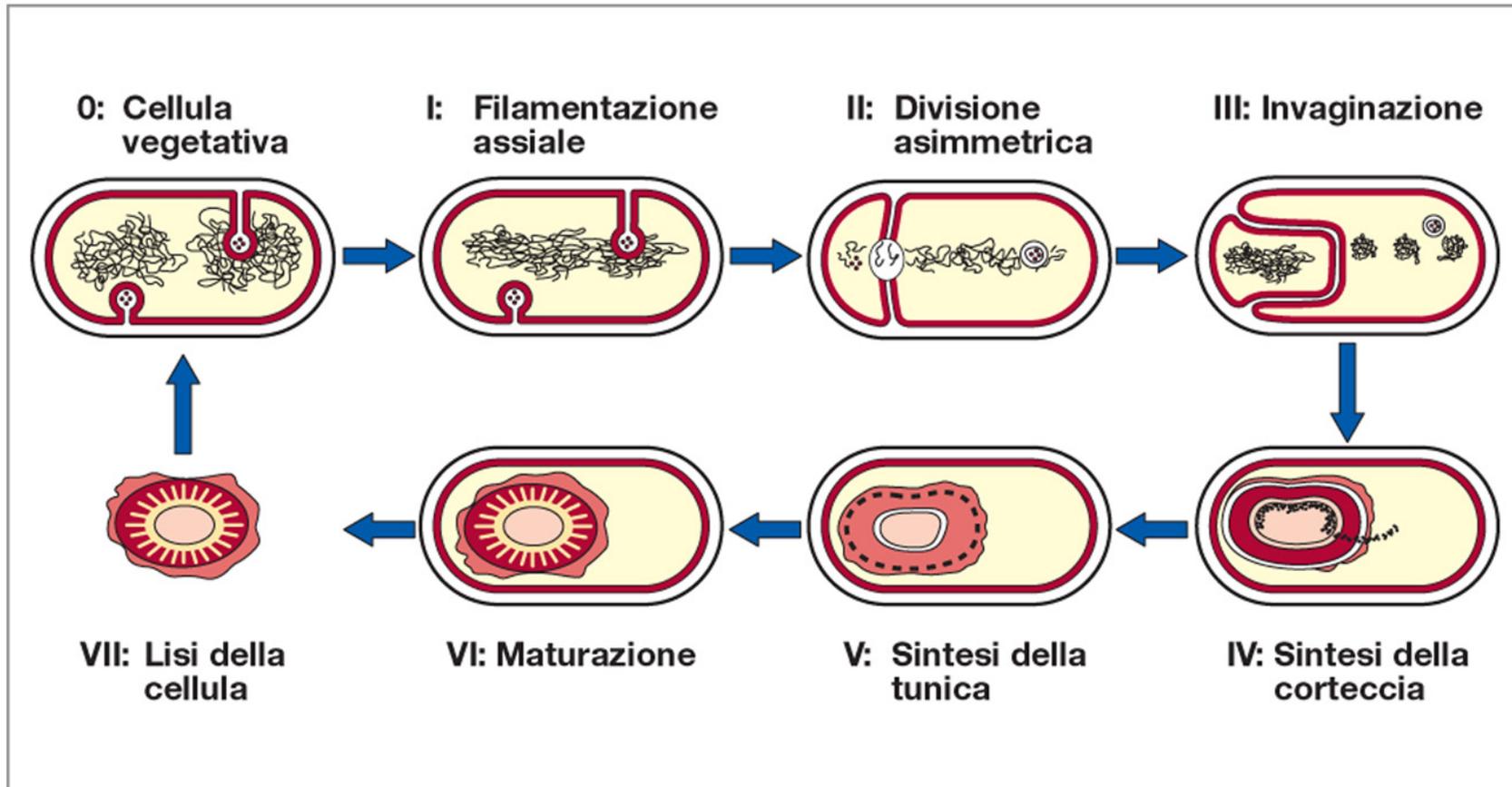


Prespora

Endospora
matura

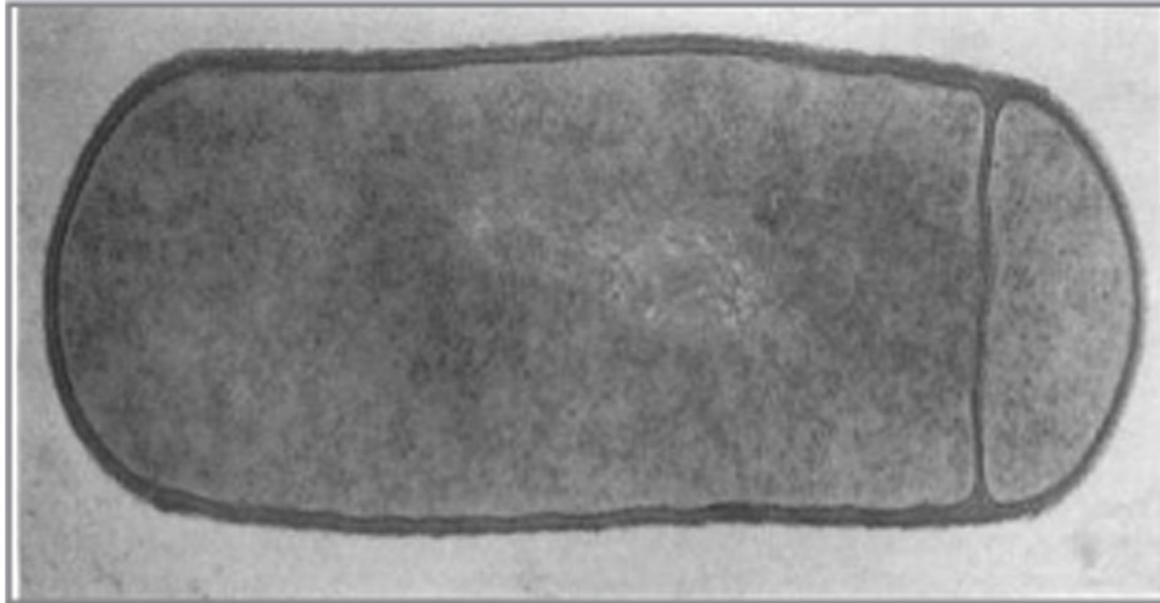


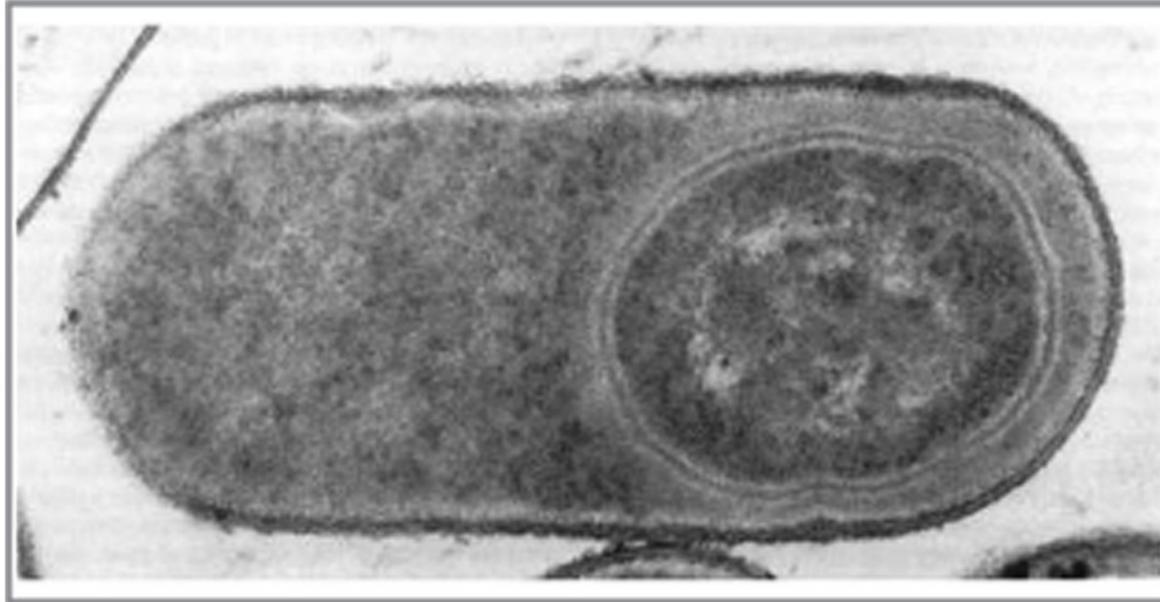
Sporulazione



Sporulazione

- Produzione di proteine specifiche, codificate da geni spora-specifici che includono spo, spp (che codifica le SASP) e molti altri, in risposta agli stimoli ambientali che favoriscono la sporulazione
- La produzione di tali proteine catalizzano i processi di trasformazione della sporulazione (Stadio I-VII)

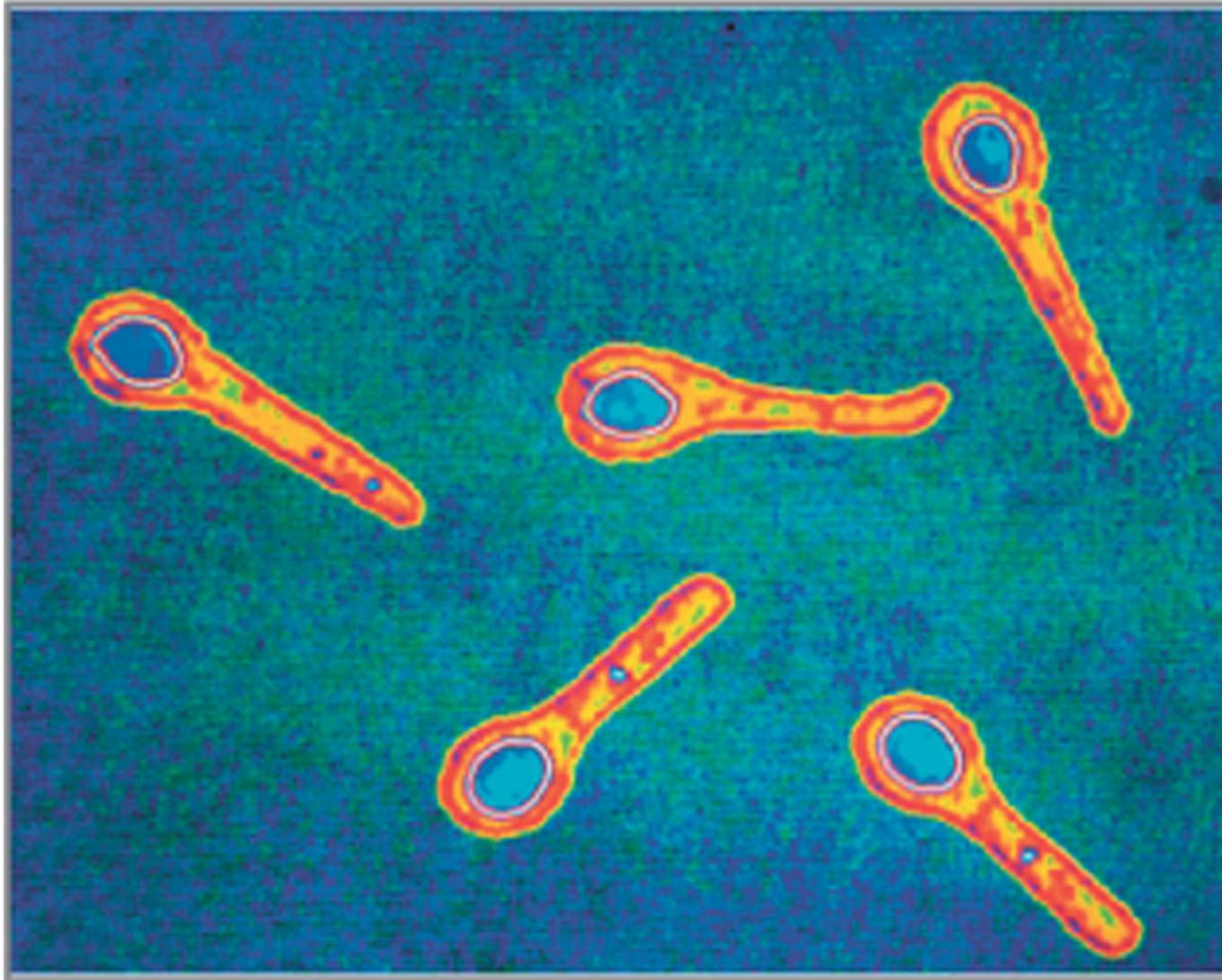




The background of the slide is a microscopic image of bacterial spores and vegetative cells, rendered in a blue-tinted grayscale. The spores are small, oval-shaped structures, while the vegetative cells are longer, rod-shaped structures. The text is overlaid on this image.

Germinazione: riconversione di una spora in cellula vegetativa

1. **attivazione:** innescata dal riscaldamento
2. **germinazione:** processo rapido che comporta:
 - perdita di rifrangenza,
 - aumento della capacità di legare coloranti
 - perdita della resistenza al calore e agli agenti chimici
 - perdita del complesso Calcio -acido dipicolinico
 - perdita dei componenti della corteccia
3. **crescita:** notevole rigonfiamento della cellula per assunzione di acqua e sintesi di RNA, DNA e proteine:
la cellula fuoriesce dall'involucro lacerato e comincia a dividersi.



A microscopic image showing numerous rod-shaped bacterial spores. The spores are arranged in various orientations, some appearing as single rods and others as chains. They have a distinct, slightly thicker appearance compared to vegetative cells, characteristic of endospores. The background is a light, grainy texture.

Sporulazione

- La capacità di produrre endospore è legata ad alcuni gruppi microbici (Gram +), fisiologicamente diversi tra loro
- Particolarmente studiata in alcune specie del genere *Bacillus* e *Clostridium*
- Assente negli Archea