

Δομή του Προκαρυωτικού κυττάρου:

(κεφάλαιο 4 από το
βιβλίο «Εισαγωγή στην
Μικροβιολογία)

Περιεχόμενα

- Ταξινόμηση βακτηρίων
- Μέγεθος βακτηρίων
- Σχήματα βακτηρίων (μορφολογία)
- Δομή (εσωτερική, εξωτερική)
- Κυτταρικό τοίχωμα
- Κυτταροπλασματική μεμβράνη
- Gram θετικά βακτήρια
- Gram αρνητικά βακτήρια
- Βακτήρια χωρίς κυτταρικό τοίχωμα (cell wall-less bacteria)
- Βακτηριακά Ενδοσπόρια

Πόσα είδη βακτηρίων υπάρχουν
στον πλανήτη;

A decorative graphic consisting of several horizontal lines of varying lengths and colors (teal, white, and light blue) extending from the right side of the text area towards the right edge of the slide.

...δεν ξέρουμε..

- Υπολογίζουν 120-150.000, αλλά άλλοι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι μπορεί να είναι και ως 1.000.000 διαφορετικά είδη
- Δεν έχουν χαρτογραφηθεί ακόμη όλα τα οικοσυστήματα και δεν έχουν ταυτοποιηθεί όλοι οι οργανισμοί που υπάρχουν στην φύση

1. Ταξινόμηση

- Επιστημονικός κλάδος που ασχολείται με την ταξινόμηση οργανισμών σε ομάδες που μοιράζονται κοινές ιδιότητες είτε στον φαινότυπο (εξωτερικά χαρακτηριστικά, φυσιολογία του οργανισμού), είτε στον γονότυπο (στο γενετικό υλικό, δηλαδή το DNA).
- Κάθε οργανισμός έχει ένα όνομα (συνήθως λατινικό) που αποτελεί την **ταυτότητα** του πχ *Escherichia coli*
- Ο προσδιορισμός της ταυτότητας ενός μικροοργανισμού σε μία μικροβιολογική ανάλυση λέγεται **ταυτοποίηση μικροοργανισμού**

Επίπεδα ταξινόμησης οργανισμών

Επικράτεια
Βασίλειο

Φύλο
Ομοταξία
Τάξη
Οικογένεια
Γένος

Είδος
Υποείδος

Επίπεδα ταξινόμησης του βακτηρίου *Escherichia coli*

Επικράτεια:	Βακτήρια (Bacteria)
Βασίλειο:	Eubacteria
Φύλο:	Πρωτεοβακτήρια (Proteobacteria)
Ομοταξία:	Gamma proteobacteria
Τάξη:	Εντεροβακτηριώδη (Enterobacteriales)
Οικογένεια:	Εντεροβακτηριοειδή (Enterobacteriaceae)
Γένος:	<i>Escherichia</i>
Είδος:	<i>E. coli</i>

↑
Το λατινικό όνομα
των οργανισμών
γράφεται πάντα
italics



Ταξινόμηση βακτηρίων

- Τα βακτήρια αναφέρονται με το γένος και το είδος
- Σε πολλές περιπτώσεις αναφέρεται και
 - το υποείδος (subspecies)
 - ή ο ορότυπος (serotype)
 - ή το στέλεχος (strain)
- Πχ το βακτήριο *Escherichia coli* έχει ορισμένους παθογόνους ορότυπους όπως ο
 - *Escherichia coli* O157:H7

Oscillatoria (ένα κυανοβακτήριο)
8 × 50 μm

2. Μέγεθος Βακτηρίων

Οι περισσότεροι από τους γνωστούς προκαρυώτες έχουν διάμετρο 0,5-2 μm

Υπάρχουν όμως και εξαιρέσεις (πχ *Oscillatoria*, 50 μm)



Bacillus megaterium
1,5 × 4 μm



Escherichia coli
1 × 3 μm



Streptococcus pneumoniae
διάμετρος 0,8 μm



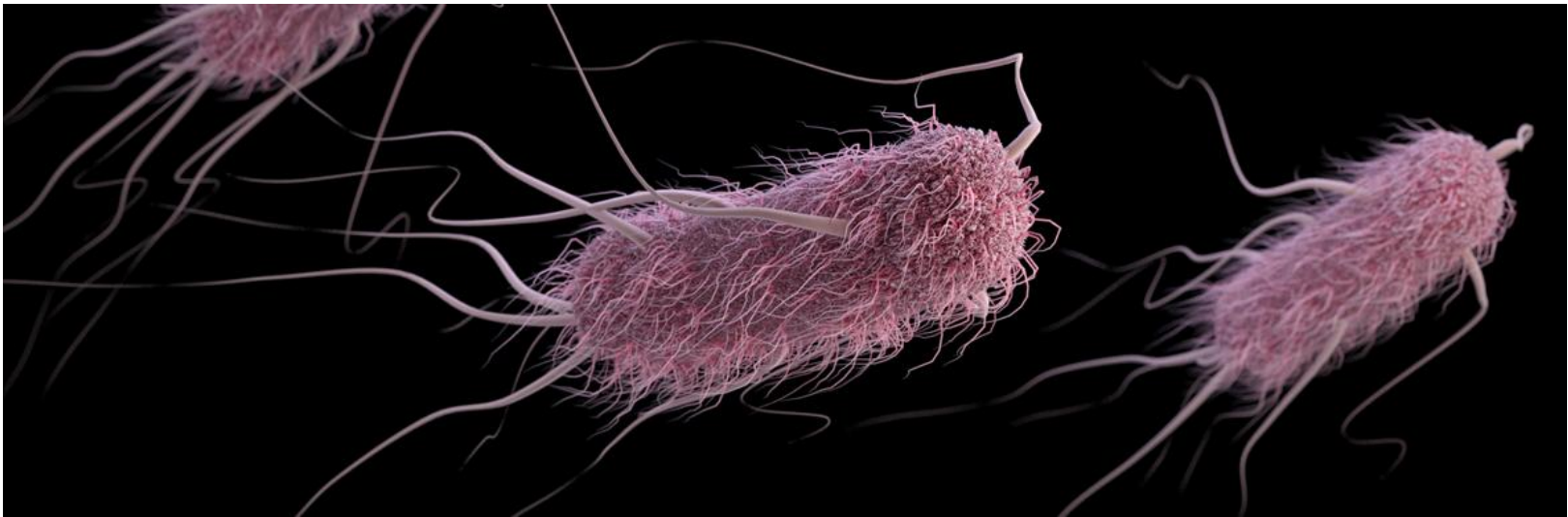
Haemophilus influenzae
0,25 × 1,2 μm



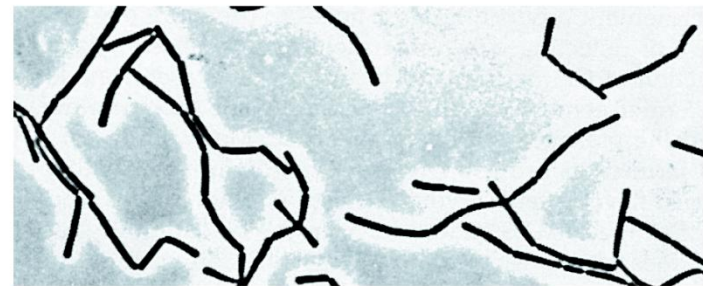
Εικόνα 4.13 Σύγκριση μεγέθους διαφόρων προκαρυωτών. Οι περισσότεροι από τους γνωστούς προκαρυώτες έχουν διάμετρο μεταξύ 0,5-2 μm.

Τυπικό εντεροβακτήριο: *Escherichia coli*

- Μέγεθος: $\sim 0,5\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$



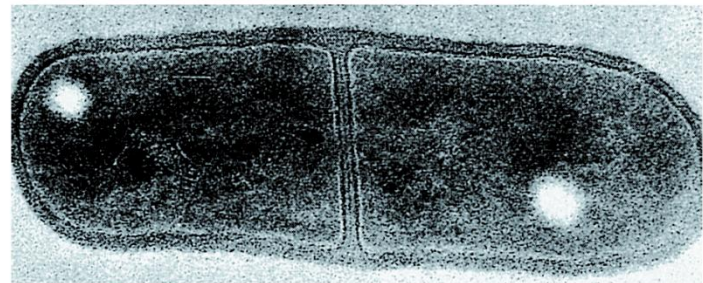
Lactobacillus acidophilus 0,75 μm



Otto Kandler

(a)

Lactobacillus brevis
0,8 x 2 μm



Otto Kandler

(b)

Lactobacillus delbrueckii 0,7 μm



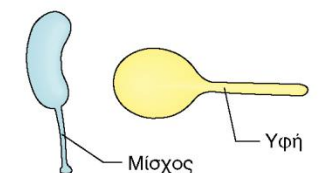
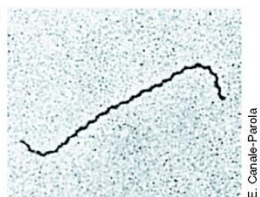
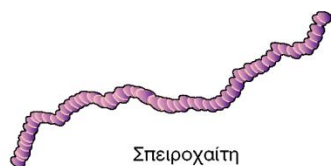
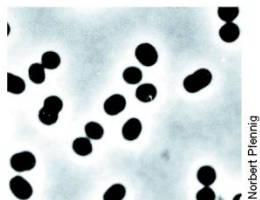
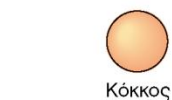
V. Bottazzi

(c)

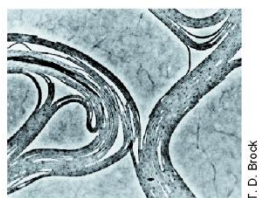
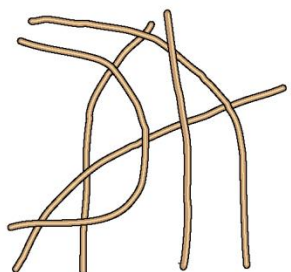
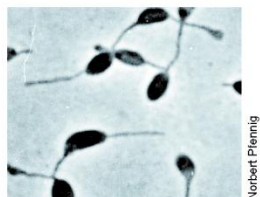
***Lactobacillus*: βακτήρια που παράγουν γαλακτικό οξύ και ονομάζονται LAB (Lactic acid bacteria)**

Εικόνα 12.55

Μικρογραφήματα αντίθεσης φάσεων και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου ειδών *Lactobacillus*. (a) *Lactobacillus acidophilus*. Τα κύτταρα έχουν πλάτος 0,75 μm περίπου. (b) *Lactobacillus brevis*, σε μικρογράφημα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου διέλευσης. Τα κύτταρα έχουν μέγεθος 0,8 x 2 μm περίπου. (c) *Lactobacillus delbrueckii*, σε μικρογράφημα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης. Τα κύτταρα έχουν διάμετρο 0,7 μm περίπου. Γνωρίζουμε τόσο ετεροζυμωτικά όσο και ομοζυμωτικά είδη *Lactobacillus* (βλ. Εικόνα 12.53).



Εκβλαστάνον και εξαρτηματοφόρο



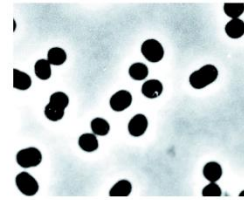
3. Σχήματα Βακτηρίων (μορφολογία)

Εικόνα 4.11 Αντιπροσωπευτικά κυτταρικά σχήματα (μορφολογίες) προκαρυωτικών οργανισμών. Παρατίθενται διαγράμματα (αριστερά) και χαρακτηριστικές μικροφωτογραφίες (δεξιά). Οι οργανισμοί είναι: κόκκος, *Thiocapsa roseopersicina* (διάμετρος κυττάρου: 1,5 μm)· ραβδίο, *Desulfuromonas acetoxidans* (διάμετρος: 1 μm)· σπείραμα, *Rhodospirillum rubrum* (διάμετρος: 1 μm)· σπειροχαιτη, *Spirochaeta stenostrepta* (διάμετρος: 0,25 μm)· εκβλαστάνον και εξαρτηματοφόρο, *Rhodomicrobium vannielii* (διάμετρος: 1,2 μm)· νηματοιειδές, *Chloroflexus aurantiacus* (διάμετρος: 0,8 μm).

Κόκκοι (cocci)



Κόκκος

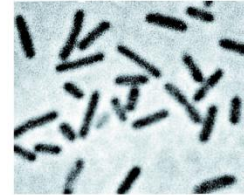


Norbert Plennig

Ραβδία ή βάκιλλοι (rods)

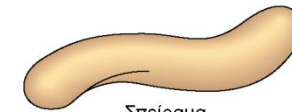


Ραβδίο



Norbert Plennig

Δονάκια (vibrio) σχήμα κυρτής ράβδου

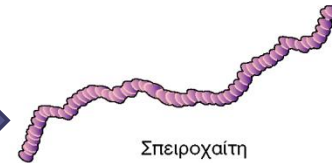


Σπείραμα

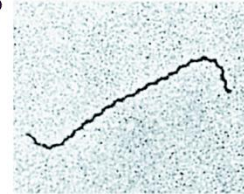


Norbert Plennig

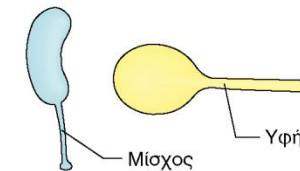
Σπειροειδή (spirochete)



Σπειροχάιτη



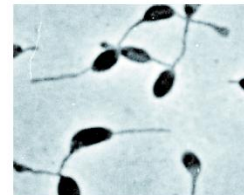
E. Conake-Parola



Μίσχος

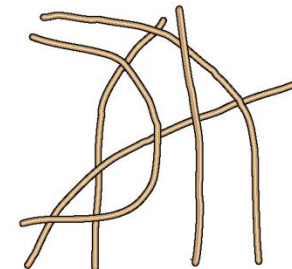
Υφή

Εκβλαστών και εξαρτηματοφόρο

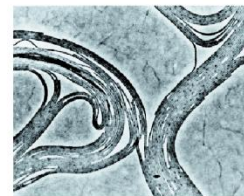


Norbert Plennig

Ακτινομυκητιακά (actinomycetes)



Νηματοειδές



T. D. Brock

Σχήματα Βακτηρίων

BACTERIAL CELL SHAPES



Round or Cocci



Rod or Baccilli



Spiral or Spirilli



Comma or Vibrios



Filamento

BACTERIAL CELL ARRANGEMENTS



diplococci



streptococci



staphylococci

BINARY FISSION



Το γένος *Bacillus*: Βακτήρια με σχήμα ραβδίου

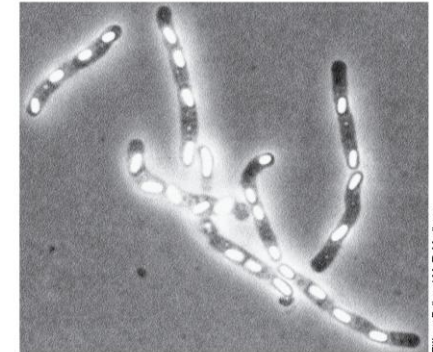
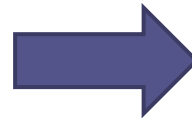
- *Bacillus subtilis*
- Κύτταρα που διαιρούνται



- Κοκκοβάκιλλοι
(*Bordetella holmesii*)



Ραβδόμορφα
ενδοσπορογονικά
βακτήρια του γένους
Bacillus



Tiffany Full and M.T. Madigan

(α)

Streptococcus: σφαιρικά
κύτταρα που σχηματίζουν
αλυσίδες

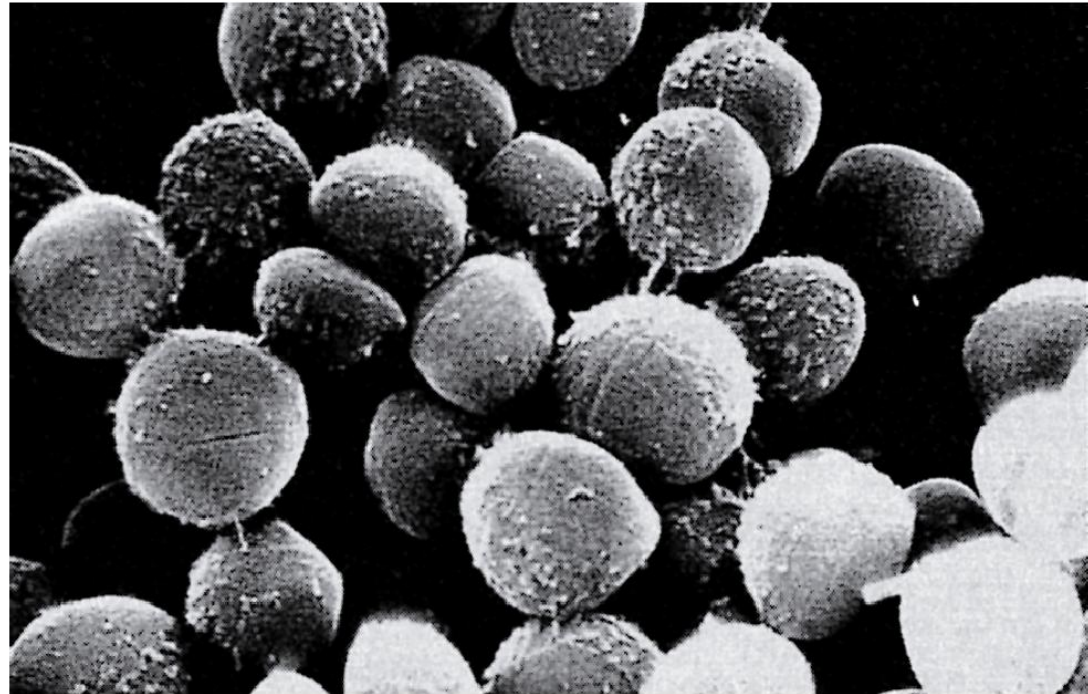
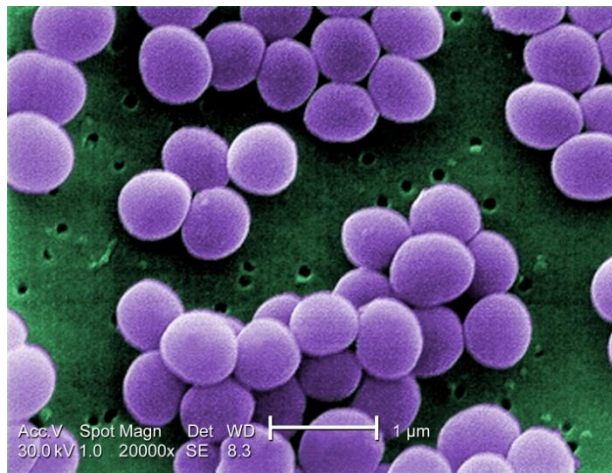


T. D. Brock

(β)

Εικόνα 2.11 Θετικά κατά Gram βακτήρια. (α) Ραβδόμορφα ενδοσποριογονικά βακτήρια του γένους *Bacillus*, που φαίνονται ως μέλη μιας αλυσίδας. Παρατηρήστε την παρουσία των ενδοσπορίων (φωτεινές διαθλαστικές δομές) στο εσωτερικό των κυττάρων. Τα ενδοσπόρια είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στη θερμότητα, την ακτινοβολία, και σε διάφορους χημικούς παράγοντες. (β) Ο *Streptococcus* είναι ένα σφαιρικό κύτταρο που σχηματίζει αλυσίδες. Στρεπτόκοκκοι υπάρχουν σε πολλά είδη της καθημερινής διατροφής μας. Μερικοί από αυτούς είναι ισχυρότατα παθογόνα.

**Σφαιρικά κύτταρα
(κόκκοι) του
βακτηρίου του
γένους
Staphylococcus,
διαμέτρου 0,8μm**



Εικόνα 12.51 Μικρογράφημα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης ενός τυπικού *Staphylococcus*, στην οποία φαίνεται η ακανόνιστη διάταξη που έχουν οι συστοιχίες των κυττάρων. Τα μεμονωμένα κύτταρα έχουν διάμετρο 0,8 μm περίπου.

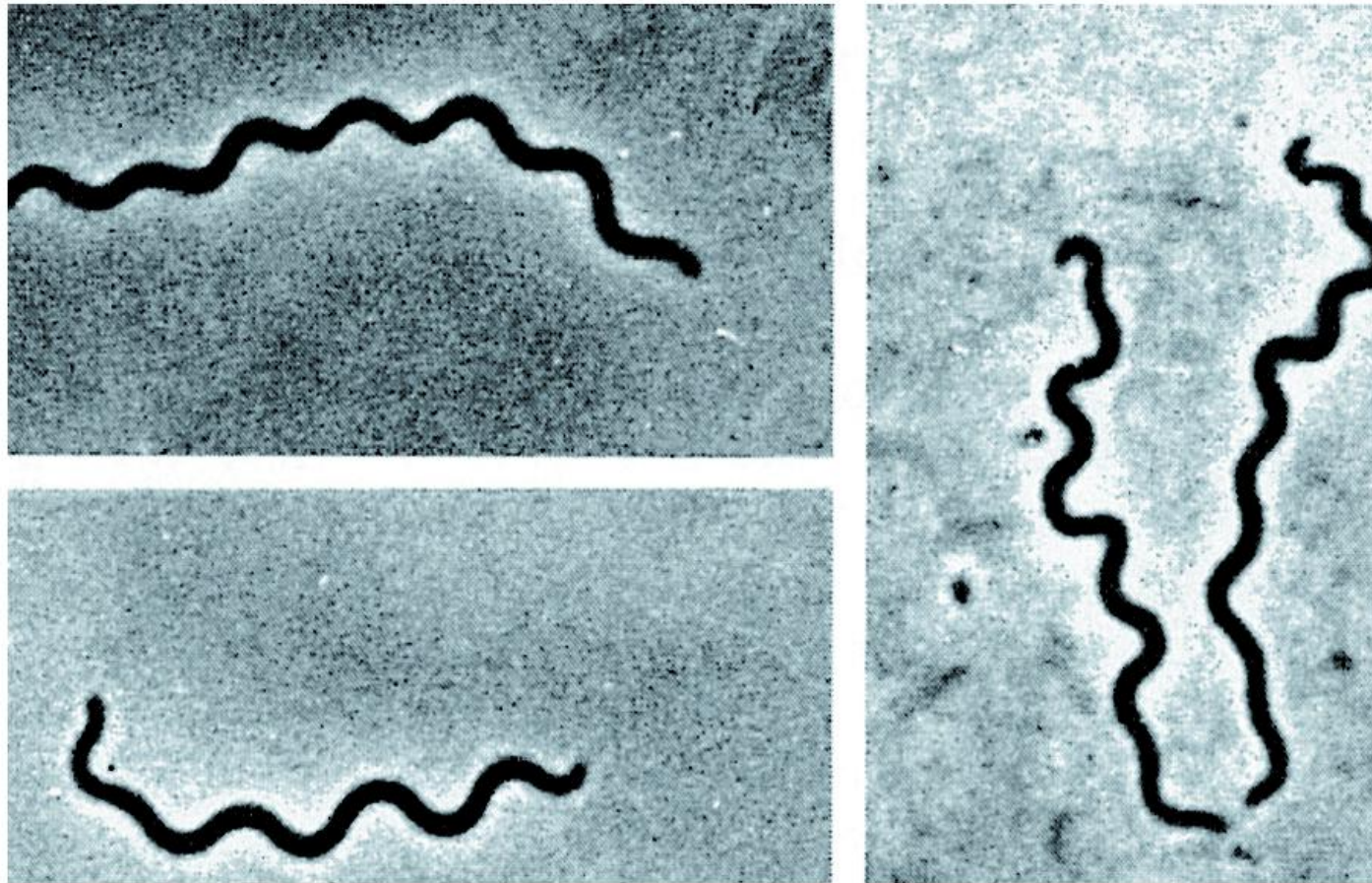
Σχήμα κυρτής ράβδου (δονάκια)

Διάφορα είδη
Vibrio μπορεί να
προκαλέσουν
σοβαρές λοιμώξεις



Vibrio cholerae

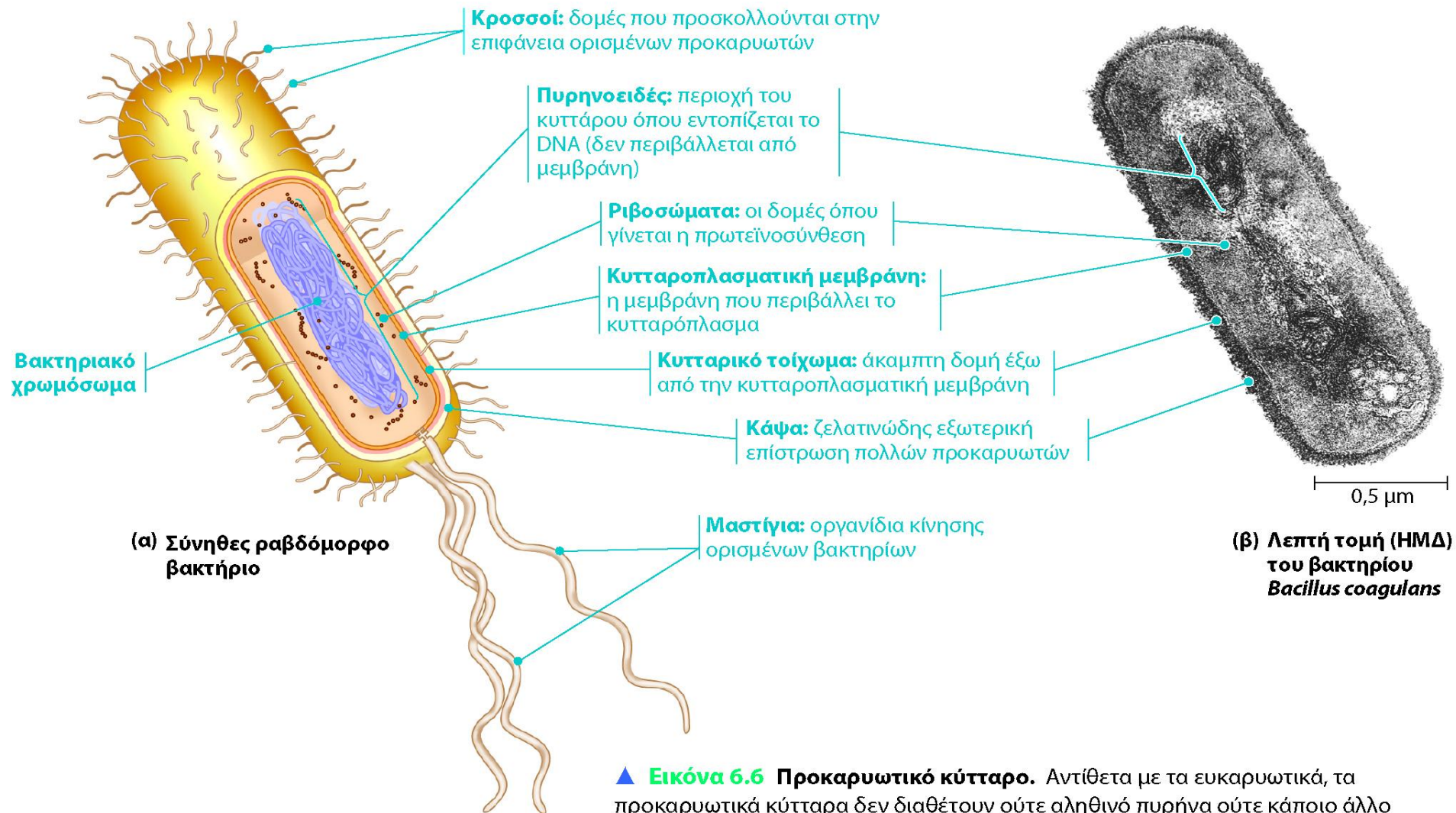




B. J. Paster and E. Canale-Parola

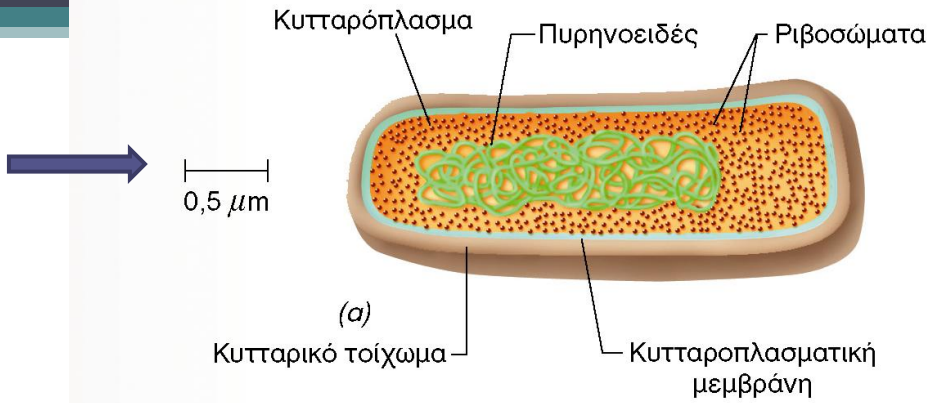
Εικόνα 12.98 Μικροφωτογραφίες αντίθεσης φάσεων του *Treponema saccharophilum*, μιας μεγάλης πηκτινολυτικής σπειροχαίτης του προστόμαχου των βοοειδών. Κάθε κύτταρο έχει διάμετρο 0,4 μm περίπου. Αριστερά, κανονικά περιελιγμένα κύτταρα· δεξιά, ακανόνιστα περιελιγμένα κύτταρα.

4. ΔΟΜΗ ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΟΥ ΚΥΤΤΑΡΟΥ



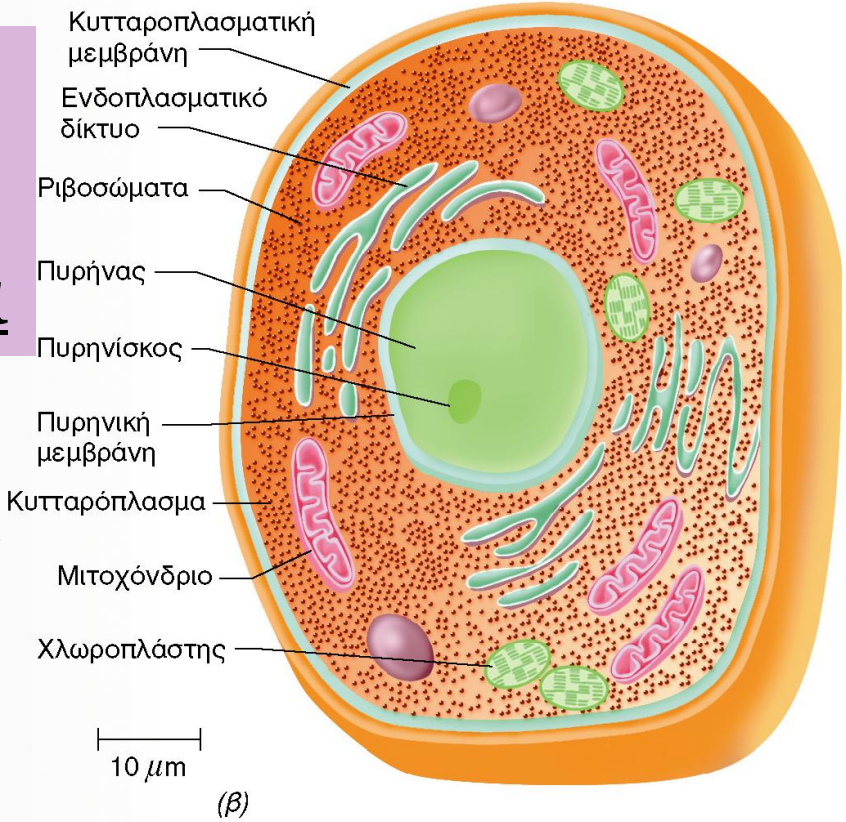
▲ **Εικόνα 6.6 Προκαρυωτικό κύτταρο.** Αντίθετα με τα ευκαρυωτικά, τα προκαρυωτικά κύτταρα δεν διαθέτουν ούτε αληθινό πυρήνα ούτε κάποιο άλλο μεμβρανικό ενδοκυττάριο οργανίδιο, επομένως έχουν πολύ απλούστερη δομή. Προκαρυώτες είναι μόνο τα βακτήρια και τα αρχαία.

ΠΡΟΚΑΡΥΩΤΗΣ
Χωρίς πυρήνα
Μέγεθος 1-10μm
Δεν έχει οργανίδια
(μόνο ριβοσώματα)



Σύγκριση βακτηρίων
(προκαρυώτες) με
ευκαρυωτικά κύτταρα

ΕΥΚΑΡΥΩΤΗΣ
Διαθέτει πυρήνα
Μέγεθος 10-100μm
Διαθέτει πολλά
οργανίδια



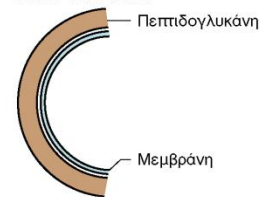
Εικόνα 2.1 Εσωτερική δομή των μικροβιακών κυττάρων. (α) Διαγραμματική απεικόνιση ενός προκαρυώτη. (β) Διαγραμματική απεικόνιση ενός ευκαρυώτη.

5. Κυτταρικό τοίχωμα βακτηρίων

Δομή Κυτταρικού Τοιχώματος

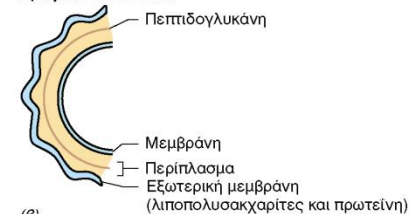
- ινώδης στιβάδα
- μηχανικά ισχυρή
- εναποτίθεται από ένα κύτταρο, έξω από την κυτταρική μεμβράνη του
- κοινό στα φυτά, βακτήρια, μύκητες, φύκη
- δεν υπάρχει στα περισσότερα ζωικά κύτταρα

Θετικό κατά Gram

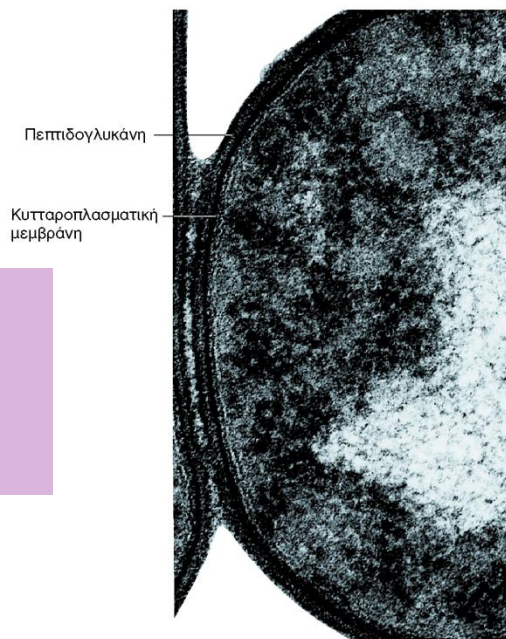


(α)

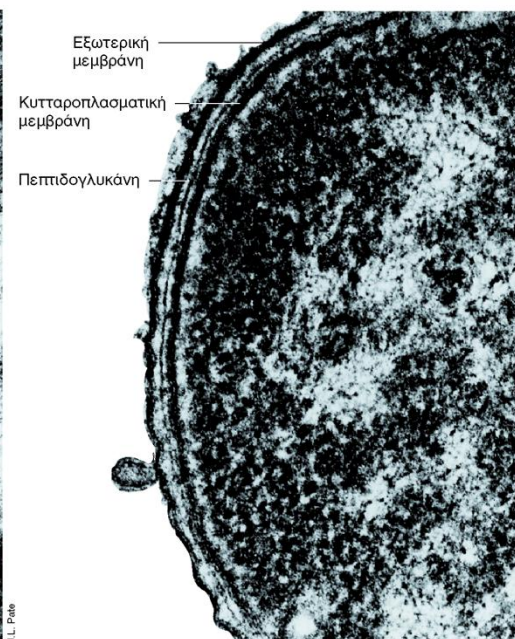
Αρνητικό κατά Gram



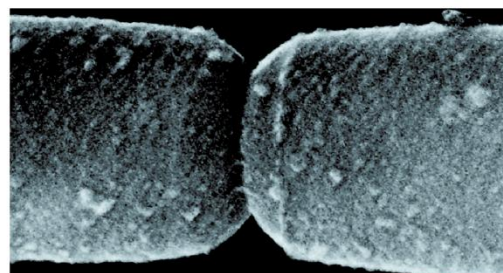
(β)



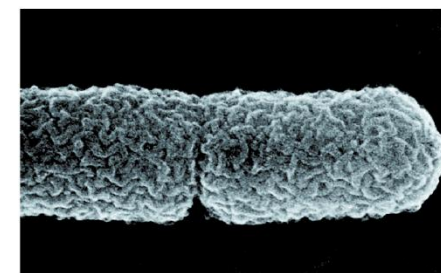
(γ)



(δ)



(ε)



(στ)

Εικόνα 4.28 Κυτταρικά τοιχώματα των βακτηρίων. (α, β) Σχεδιαγράμματα θετικών και αρνητικών κατά Gram κυτταρικών τοιχώματων. (γ) Ηλεκτρονικό μικρογράφημα που δείχνει το κυτταρικό τοίχωμα ενός θετικού κατά Gram βακτηρίου, του *Arthrobacter crystallopoietes*. (δ) Ένα αρνητικό κατά Gram βακτήριο, το *Leucothrix mucor*. (ε, στ) Ηλεκτρονικά μικρογραφήματα σάρωσης ενός βακτηρίου θετικού κατά Gram (*Bacillus subtilis*) και ενός αρνητικού κατά Gram (*Escherichia coli*). Παρατηρήστε την υφή επιφανείας στα κύτταρα των (ε) και (στ). Διάμετρος ενός κυττάρου *B. subtilis* ή *E. coli*: περί το 1 μm.

Κυτταρικό τοίχωμα

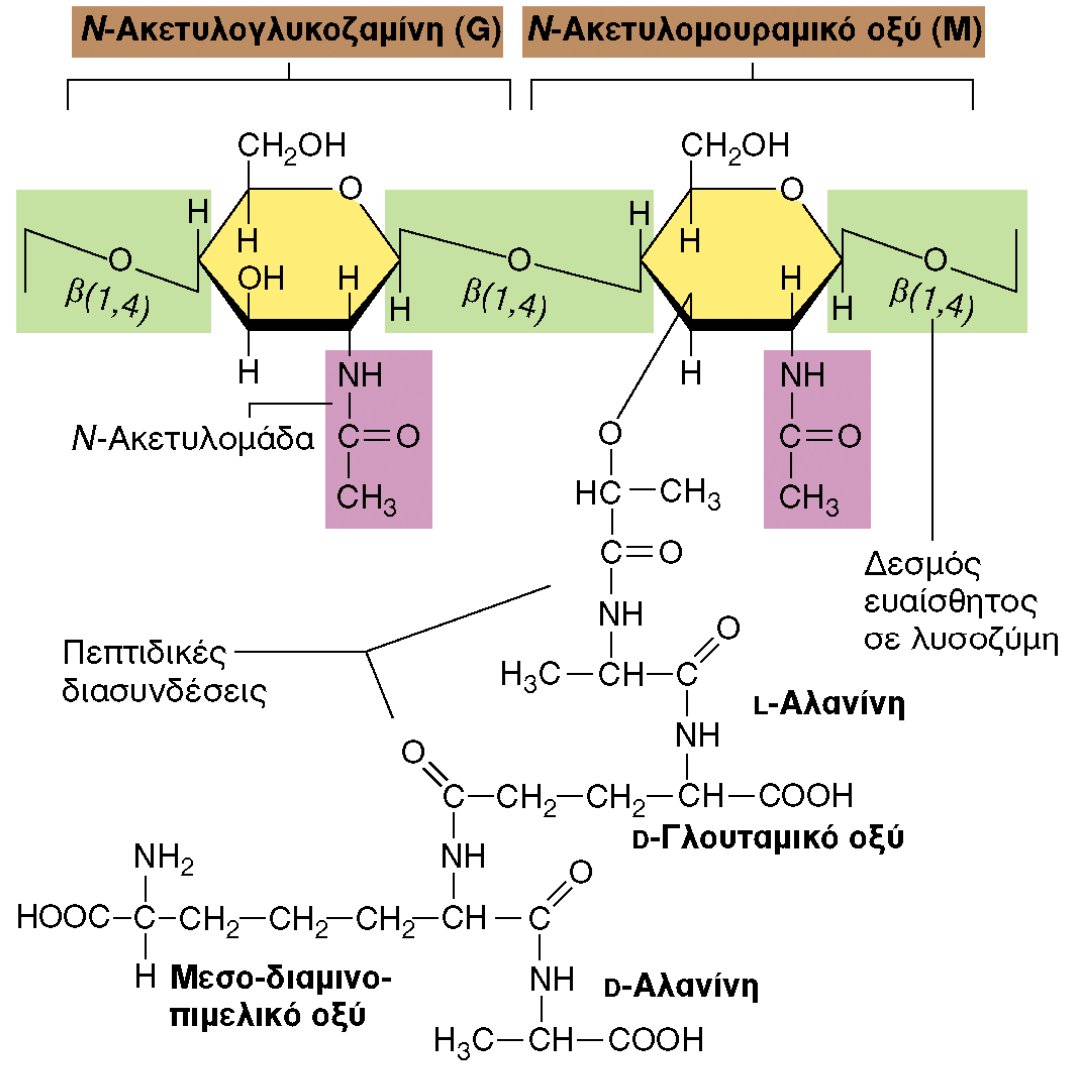
- Διατηρεί το σχήμα του βακτηρίου
- Παρέχει σκληρό υπόστρωμα για την στήριξη των διαφόρων οργανιδίων που προεξέχουν έξω από το κύτταρο (μαστίγια, βλεφαρίδες, κτλ)
- Παρέχει σημεία προσκόλλησης για βακτηριοφάγους ιούς

Πεπτιδογλυκάνη: το βασικό μόριο του κυτταρικού τοιχώματος των βακτηρίων

Είναι πολυμερές και αποτελείται από μόρια γλυκάνης (σάκχαρο) συνδεδεμένα με τετραπεπτίδια

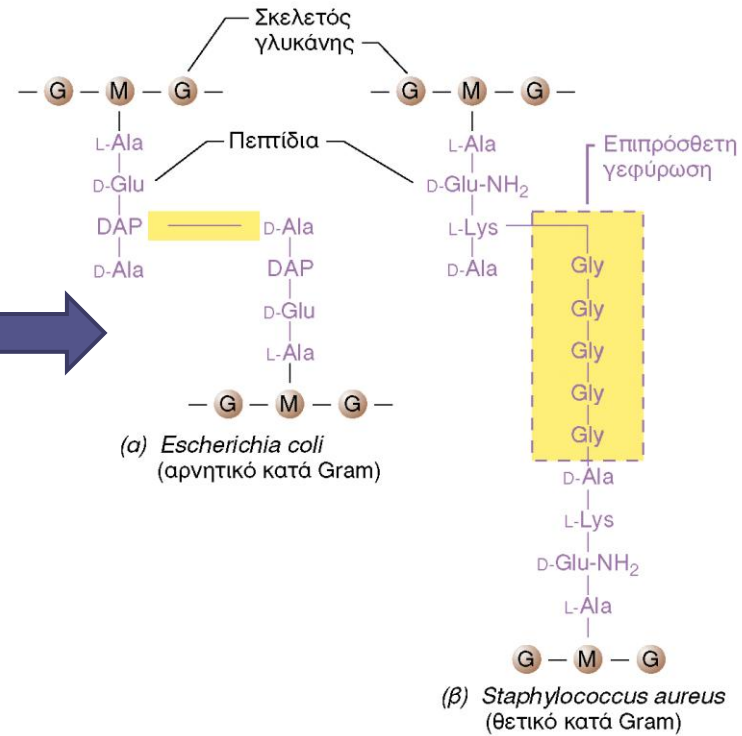
Η γλυκάνη αποτελείται από

- N-ακετυλογλυκοζαμίνη (G ή NAG)
- N-ακετυλομουραμικό οξύ (M ή NAM)

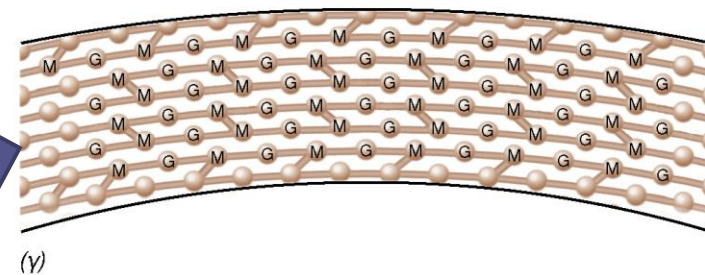
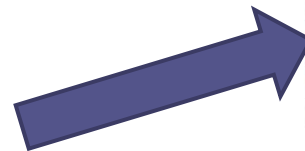


Εικόνα 4.30 Δομή του τετραπεπτιδίου γλυκάνης, μιας από τις επαναλαμβανόμενες μονάδες πεπτιδογλυκάνης στο βακτηριακό κυτταρικό τοίχωμα. Η ανωτέρω δομή απαντά στην *Escherichia coli* και, γενικότερα, στα περισσότερα αρνητικά κατά Gram βακτήρια. Υπάρχουν επίσης ορισμένα *Βακτήρια* στα οποία απαντούν διαφορετικά αμινοξέα.

Τα περισσότερα βακτήρια έχουν κυτταρικό τοίχωμα που αποτελείται από L-αλανίνη, D-αλανίνη, D-γλουταμικό, Διάμινο-πιμελικό οξύ.



Πεπτιδογλυκάνη:
αποτελείται από μόρια γλυκάνης (σάκχαρο) συνδεδεμένα με τετραπεπτίδια.



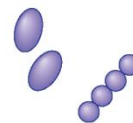
Σχηματίζει ένα πλέγμα που καλύπτει όλο το κύτταρο

Εικόνα 4.31 Τρόποι συνδυασμού των μονάδων πεπτιδίων και γλυκάνης κατά τον σχηματισμό του στρώματος της πεπτιδογλυκάνης. (α) Χωρίς πρόσθετες γεφυρώσεις (στα αρνητικά κατά Gram βακτήρια). (β) Με πρόσθετες γεφυρώσεις γλυκινών (στο θετικό κατά Gram βακτήριο *Staphylococcus aureus*). (γ) Συνολική εικόνα της δομής της πεπτιδογλυκάνης. Το διάγραμμα απεικονίζει διαδοχικές στρώσεις πεπτιδογλυκάνης διασυνδεδεμένες μεταξύ τους. Η πλήρης στιβάδα της πεπτιδογλυκάνης αποτελεί μια συνεχή περιοχή τέτοιων στρώσεων που περικλείει, στον τρισδιάστατο χώρο, το (κυλινδρικό ή σφαιρικό) κύτταρο. G, N-ακετυλογλυκοζαμίνη· M, N-ακετυλομουραμικό οξύ.

Χρώση κατά Gram: κατατάσσει τα βακτήρια σε Gram Θετικά και Gram αρνητικά ανάλογα με την δομή του κυτταρικού τους τοιχώματος

Εικόνα 4.4 Χρώση κατά Gram. (α) Βήματα στη διαδικασία της χρώσης κατά Gram. (β) Μικροφωτογραφία θετικών κατά Gram (πορφυρό-κυανό) και αρνητικών κατά Gram (ερυθρό-ρόδινο) βακτηρίων που έχουν υποστεί χρώση κατά Gram: πρόκειται, αντιστοίχως, για τα είδη *Staphylococcus aureus* και *Escherichia coli*. (γ) Μικροφωτογραφία κυττάρων *Pseudomonas aeruginosa* (αρνητικό κατά Gram, πράσινο) και *Bacillus cereus* (θετικό κατά Gram, πορτοκαλί) μετά από χρώση με την μέθοδο **LIVE Bac Light**TM. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει τη διάκριση μεταξύ θετικών κατά Gram και αρνητικών κατά Gram κυττάρων σε ένα και μόνο βήμα χρώσης.

Βήμα 1



Διαβρέξτε το μονιμοποιημένο επίχρισμα κυττάρων με κρυσταλλικό ιώδες επί 1 min

Όλα τα κύτταρα αποκτούν πορφυρό χρώμα

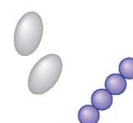
Βήμα 2



Προσθέστε διάλυμα ιωδίου επί 3 min

Όλα τα κύτταρα παραμένουν πορφυρά

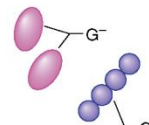
Βήμα 3



Αποχρωματίστε με αλκοόλη –περί τα 20 sec

Τα θετικά κατά Gram κύτταρα μένουν πορφυρά, τα αρνητικά κατά Gram αποχρωματίζονται

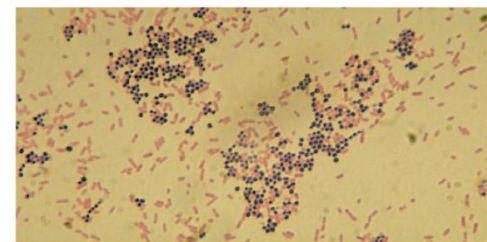
Βήμα 4



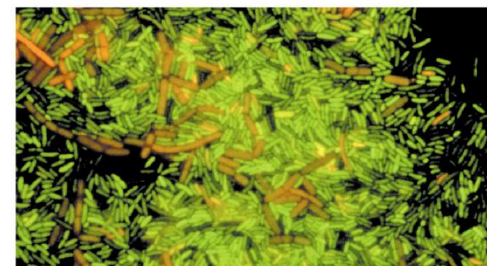
Εφαρμόστε την αντιχρωστική σαφρανίνη, επί 1-2 min

Τα θετικά κατά Gram κύτταρα (G⁺) είναι πορφυρά, τα αρνητικά κατά Gram (G⁻) είναι ρόδινα-ερυθρά

(α)

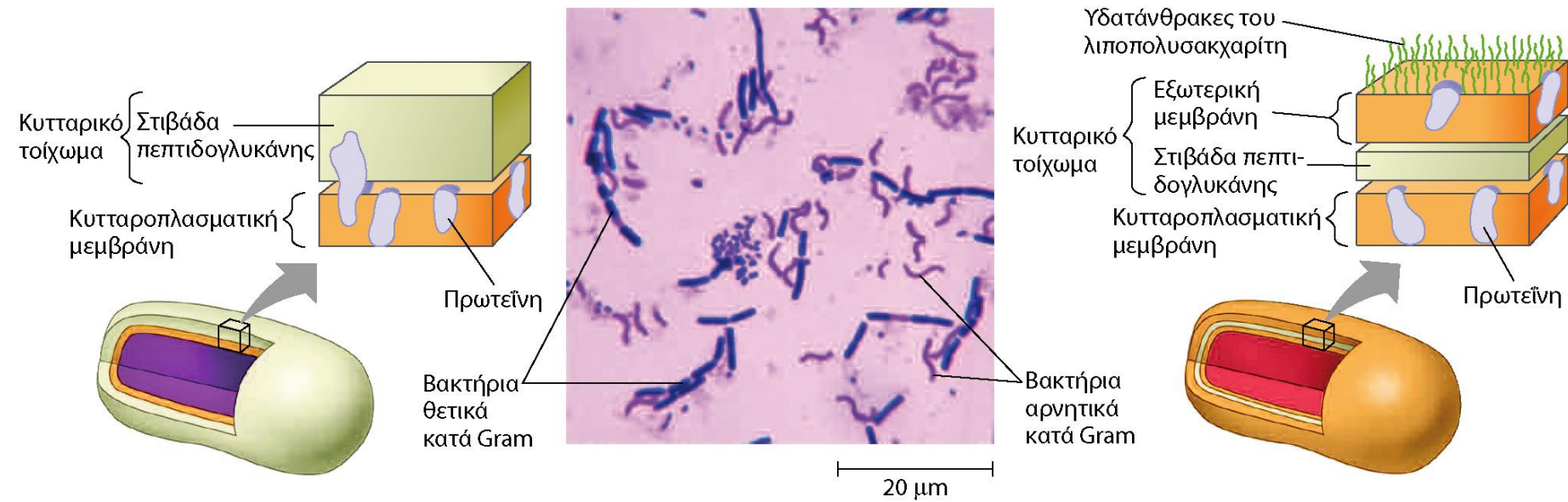


(β)



(γ)

Χρώση κατά Gram: διαφορές μεταξύ θετικών και αρνητικών κατά Gram βακτηρίων.

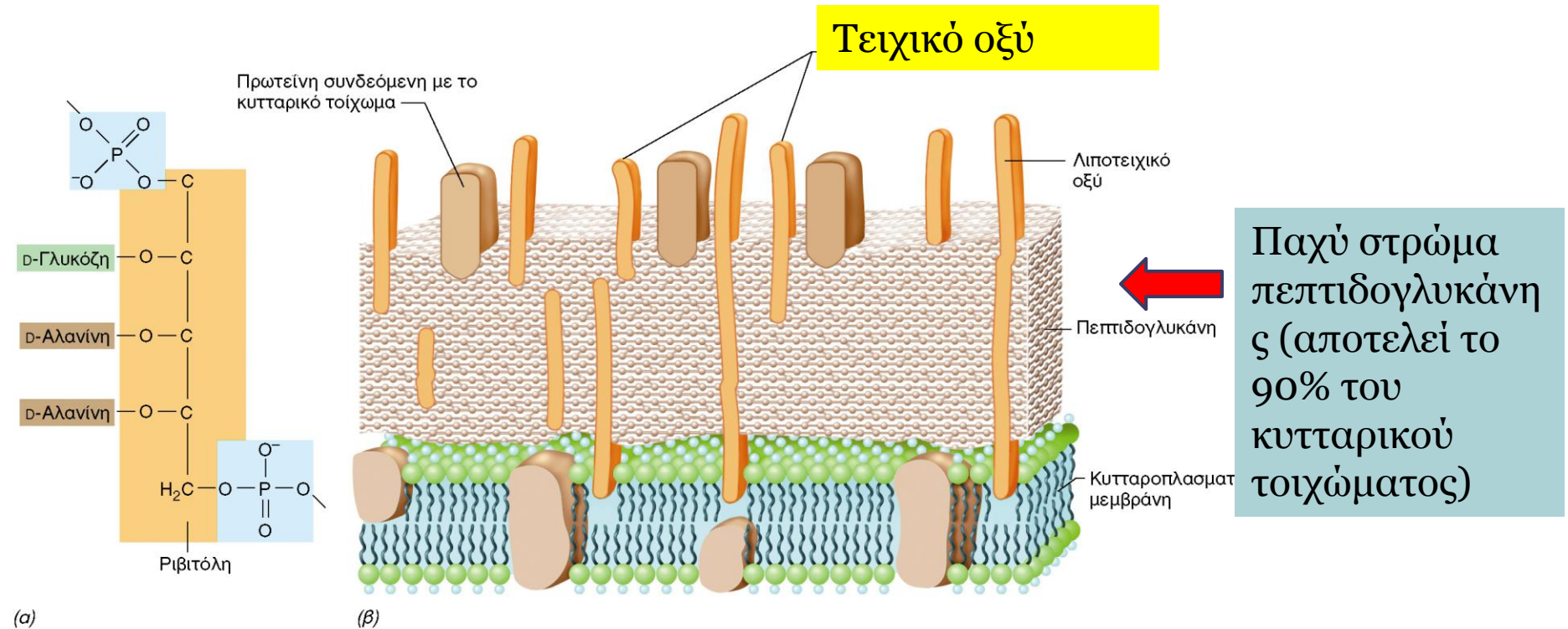


(α) Βακτήριο θετικό κατά Gram. Το παχύ κυτταρικό τοίχωμα των θετικών κατά Gram βακτηρίων αποτελείται από πεπτιδογλυκάνη και παγιδεύει τη χρωστική κρυσταλλικό ιώδες στο κυτταρόπλασμα. Η πλύση με αιθυλική αλκοόλη δεν αφαιρεί τη χρωστική, η οποία δεν αφήνει να φανεί η σαφρανίνη, η κόκκινη χρωστική που προστίθεται στη συνέχεια.

(β) Βακτήριο αρνητικό κατά Gram. Η στιβάδα της πεπτιδογλυκάνης στα αρνητικά κατά Gram βακτήρια είναι πιο λεπτή και βρίσκεται ανάμεσα στην κυτταροπλασματική μεμβράνη και σε μια εξωτερική μεμβράνη. Η χρωστική κρυσταλλικό ιώδες ξεπλένεται εύκολα από το κυτταρόπλασμα, με αποτέλεσμα στο μικροσκόπιο το κύτταρο να φαίνεται ροζ ή κόκκινο.

▲ **Εικόνα 27.3 Χρώση Gram.** Αρχικά, τα δείγματα βάφονται με κρυσταλλικό ιώδες (crystal violet) και ιώδιο, κατόπιν ξεπλένονται με αιθυλική αλκοόλη και τέλος βάφονται με μια κόκκινη χρωστική όπως η σαφρανίνη. Η δομή του κυτταρικού τοιχώματος του βακτηρίου καθορίζει το χρώμα που θα προκύψει από τη χρώση (OM).

6. Gram θετικά βακτήρια



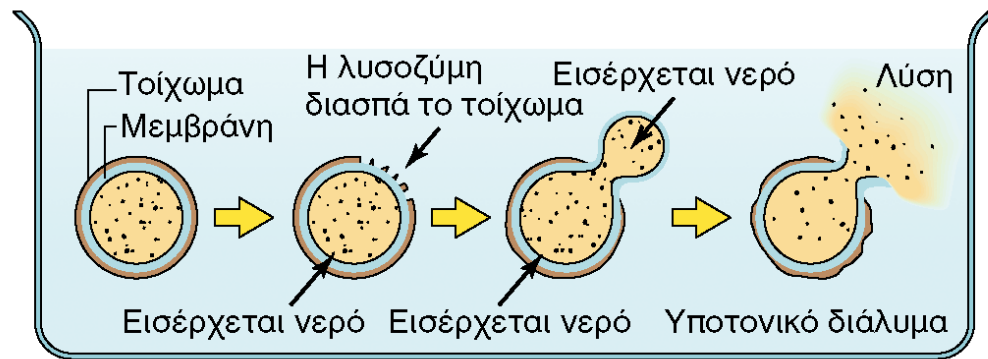
Εικόνα 4.32 Τειχικά οξέα και συνολική δομή του θετικού κατά Gram κυτταρικού τοιχώματος. (α) Δομή του τειχικού οξέος ριβιτόλη του *Bacillus subtilis*. Το τειχικό οξύ είναι ένα πολυμερές αποτελούμενο από τις επαναλαμβανόμενες μονάδες ριβιτόλης, που απεικονίζονται εδώ. (β) Συνοπτικό διάγραμμα της δομής του τοιχώματος.

➤ Το ένζυμο **λυσοζύμη** (βρίσκεται στο σάλιο και στα δάκρυα) διασπά την πεπτιδογλυκάνη και λύει το κύτταρο.

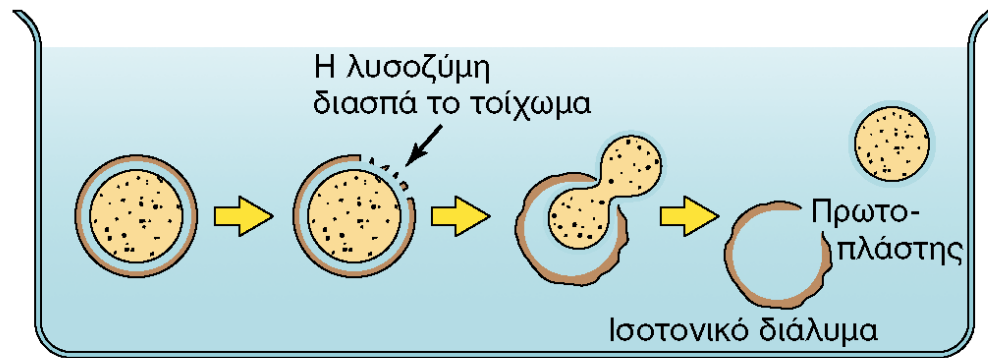
➤ Σε ισοτονικό διάλυμα μπορεί να επιβιώσει το βακτήριο χωρίς το κυτταρικό του τοίχωμα (ονομάζεται πρωτοπλάστης ή σφαιροπλάστης)

➤ Το κυτταρικό τοίχωμα μπορεί να διασπαστεί και με αποδιατακτικό παράγοντα όπως το EDTA

➤ Ορισμένα αντιβιοτικά πχ η πενικιλίνη εμποδίζουν την βιοσύνθεση της πεπτιδογλυκάνης και καταπολεμούν τα gram +



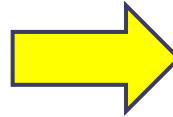
(α)



(β)

Εικόνα 4.33 Πρωτοπλάστες. (α) Σε αραιό διάλυμα, η λύση του κυτταρικού τοιχώματος απελευθερώνει τον πρωτοπλάστη, ο οποίος όμως λύεται αμέσως επειδή η κυτταροπλασματική μεμβράνη είναι πολύ ευπαθής. (β) Σε διάλυμα που περιέχει ισοτονική συγκέντρωση μιας διαλυμένης ουσίας όπως η σακχαρόζη, το νερό δεν μπορεί να εισέλθει και ο πρωτοπλάστης παραμένει αδιάρρηκτος. Η λυσοζύμη διασπά τους β-1,4-γλυκοζιτικούς δεσμούς της πεπτιδογλυκάνης (βλ. Εικόνα 4.30).

gram θετικοί κόκκοι

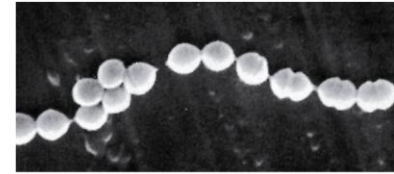


Staphylococcus
Streptococcus
Enterococcus



(a)

T. D. Brock

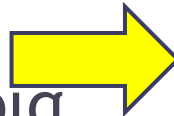


(b)

Bryon Larson

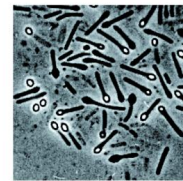
Εικόνα 12.54 Μικρογραφήματα αντίθεσης φάσεων (α) και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (β) ειδών *Streptococcus*. (α) *Streptococcus lactis*. (β) *Streptococcus* sp. Και στις δύο περιπτώσεις, τα κύτταρα έχουν διάμετρο 0.5-1 μm περίπου.

gram θετικά που σχηματίζουν ενδοσπόρια



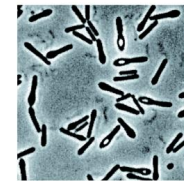
Bacillus
Clostridium

Εικόνα 12.56 Μικροφωτογραφίες αντίθεσης φάσεων διαφόρων ειδών του γένους *Clostridium*, όπου φαίνονται οι διάφορες θέσεις του ενδοσπορίου. (α) *Clostridium cadaveris*, σπόρια στο άκρο. Τα κύτταρα έχουν πλάτος 0,9 μm περίπου. (β) *Clostridium sporogenes*, σπόρια κοντά στο άκρο. Τα κύτταρα έχουν πλάτος 1 μm περίπου. (γ) *Clostridium bifermentans*, σπόρια στο κέντρο. Τα κύτταρα έχουν πλάτος 1,2 μm περίπου.



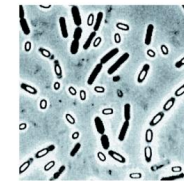
(a)

Hans Høpfe



(β)

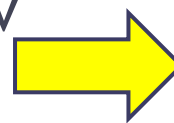
Hans Høpfe



(γ)

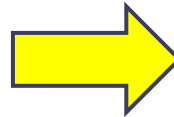
Hans Høpfe

gram θετικά ραβδία που δεν σχηματίζουν ενδοσπόρια



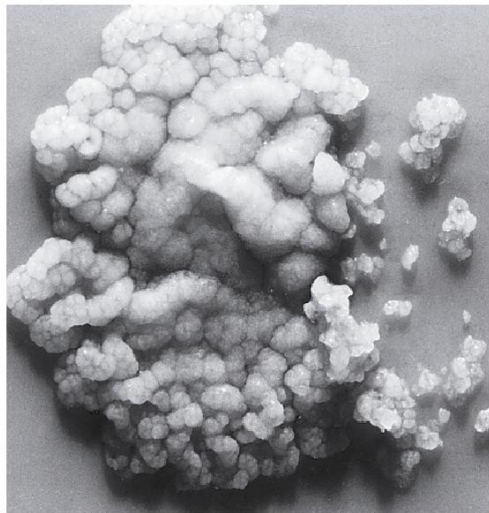
Listeria
Corynebacterium

ΑΚΤΙΝΟΜΥΚΗΤΕΣ



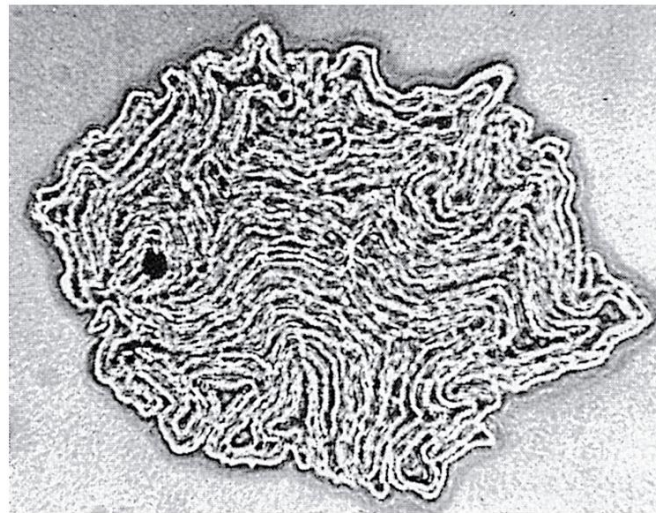
Nocardia
Streptomyces
Rhodococcus
Actinomyces

ΜΥΚΟΒΑΚΤΗΡΙΑ



N. Rist

(a)




V. Lorian

(β)



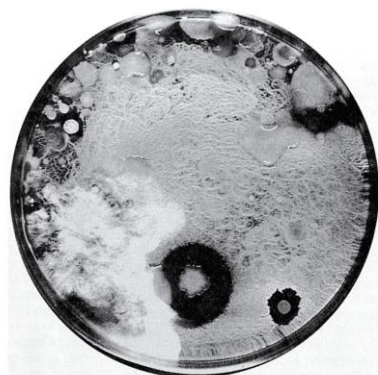
(γ)

Centers for Disease Control

Εικόνα 12.70 Χαρακτηριστική μορφολογία αποικίας μυκοβακτηρίων. (α) *Mycobacterium tuberculosis*: φαίνεται η συμπαγής, ρυτιδωμένη όψη της αποικίας. Η αποικία έχει διάμετρο 7mm περίπου. (β) *M. tuberculosis* σε πρώιμο στάδιο: φαίνεται η χαρακτηριστική σχοινοειδής ανάπτυξη. Τα μεμονωμένα κύτταρα έχουν διάμετρο 0,5 μm περίπου. (Βλ. επίσης τα ιστορικά σχεδιαγράμματα κυττάρων του *M. tuberculosis* που έκανε ο Robert Koch:  Τμήμα 1.13). (γ) Αποικίες *Mycobacterium avium* μετά από χρώση του οργανισμού, ο οποίος απομονώθηκε ως περιστασιακό παθογόνο ασθενούς με AIDS.

ΑΚΤΙΝΟΜΥΚΗΤΕΣ

Streptomyces



(α)



(β)

Εικόνα 12.77 Αντιβιοτικό από *Streptomyces*. (α) Αντιβιοτική δράση οργανισμών του εδάφους σε τριβλίο με μεγάλο αριθμό αποικιών. Οι μικρότερες αποικίες που περικλείονται από ζώνες αναστολής είναι στρεπτομυκήτες. Οι μεγαλύτερες, επεκτεινόμενες αποικίες είναι είδη *Bacillus*. (β) Η ερυθρού χρώματος αντιβιοτική ουσία ανδρακυλπροθιόρσιν απεκρίνεται από αποικίες του *Streptomyces coelicolor*.



Peter Hirsch

(α)

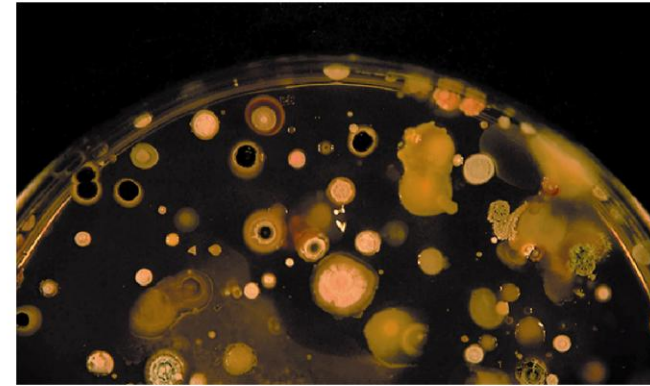
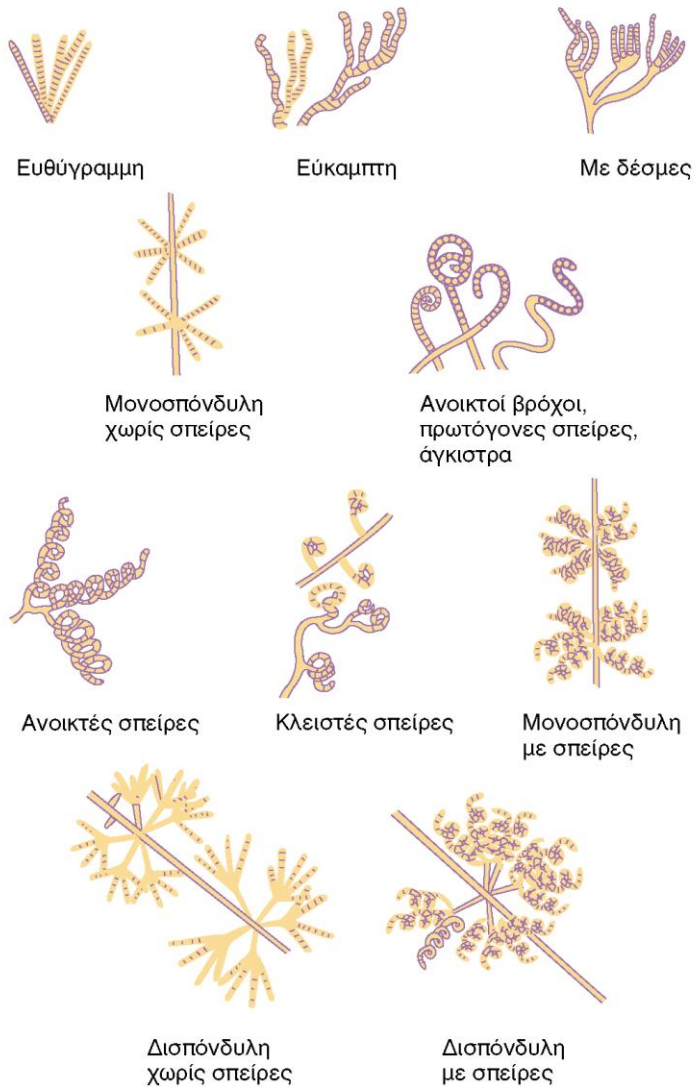


Hubert and Mary P. Lechevallier

(β)

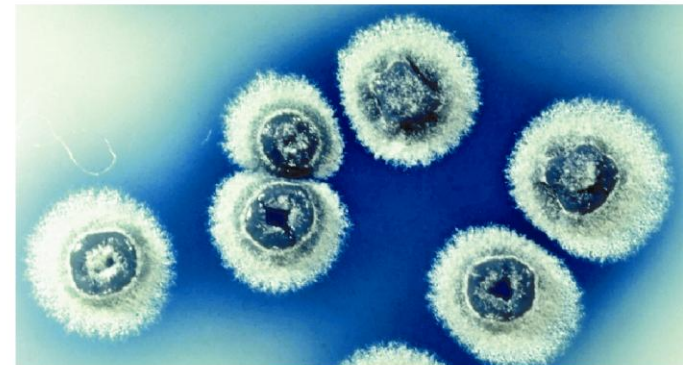
Εικόνα 12.73

Μικροφωτογραφίες διαφόρων δομών των ακτινομυκήτων, που φέρουν σπόρια. (α) *Streptomyces*, τύπος μυκηλίου με έναν σπόνδυλο. (β) *Streptomyces*, σπειροειδής τύπος. Και στις δύο περιπτώσεις τα νημάτια έχουν πλάτος 0,8 μm περίπου.



M. T. Madigan

(α)



David A. Hopwood

(β)

Εικόνα 12.76 *Streptomyces*. (α) Αποικίες *Streptomyces* και άλλων βακτηρίων του εδάφους ύστερα από την επίστρωση εναιωρήματος εδάφους σε τρυβλίο με άγαρ καζεΐνης και αμύλου. Οι αποικίες των *Streptomyces* έχουν διάφορα χρώματα (σε πρώτο πλάνο παρατηρούνται αρκετές μαύρες αποικίες *Streptomyces*), αλλά ταυτοποιούνται εύκολα λόγω της αδιαφανούς, ανώμαλης, και συμπαγούς μορφολογίας τους. (β) Φωτογραφία σε κοντινό πλάνο αποικιών του *Streptomyces coelicolor*.

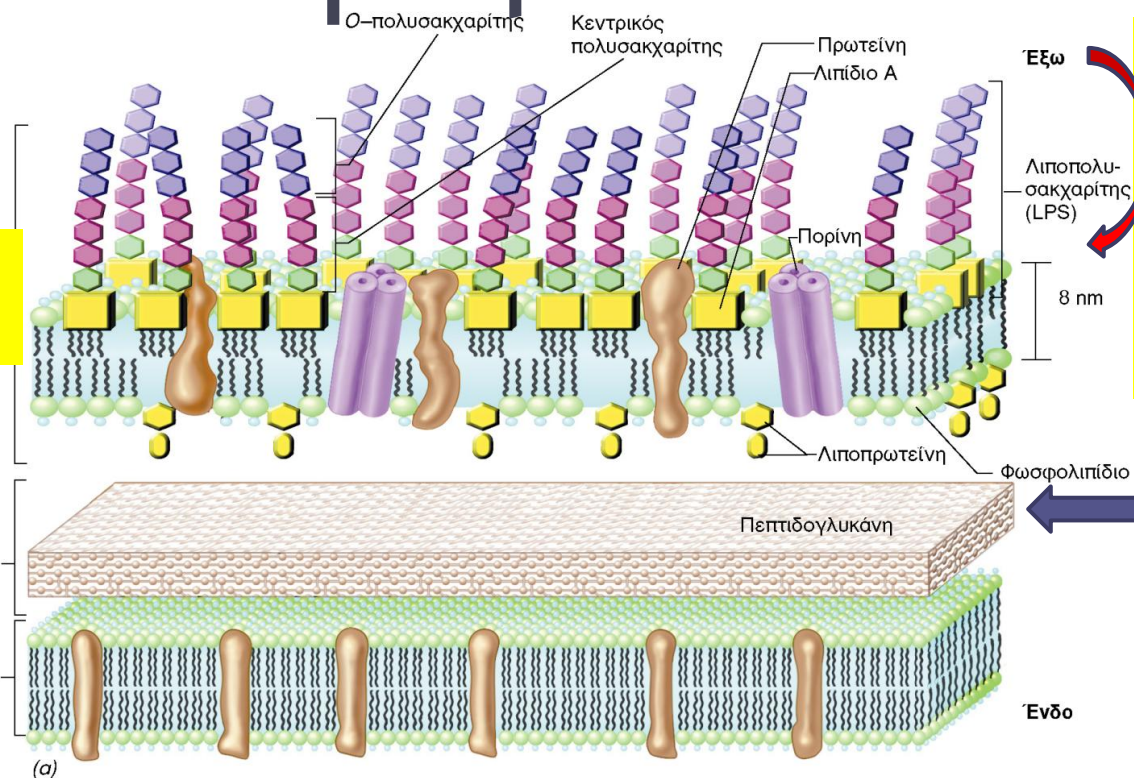
Εικόνα 12.75 Διάφοροι τύποι δομών που φέρουν σπόρια, στους στρεπτομύκητες.

7. Gram αρνητικά βακτήρια

Εξωτερική μεμβράνη

Περίπλασμα

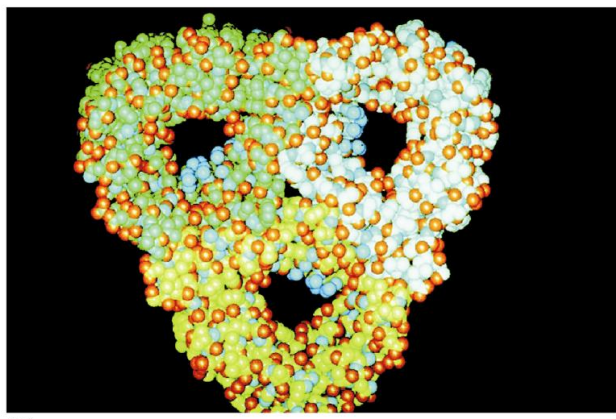
Κυτταροπλασματική μεμβράνη



ΛΙΠΟ ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΗΣ (LPS) στην εξωτερική μεμβράνη. Χαρακτηριστικό των Gram αρνητικών βακτηρίων.

Λεπτό στρώμα πεπτιδογλυκάνης

Εικόνα 4.36 Το αρνητικό κατά Gram κυτταρικό τοίχωμα. Αν και συχνά αποκαλείται η «δεύτερη λιπιδική διπλοστιβάδα», η χημεία και η αρχιτεκτονική της εξωτερικής μεμβράνης διαφέρουν σημαντικά από τις αντίστοιχες της κυτταροπλασματικής μεμβράνης. (α) Διάταξη λιποπολυσακχαρίτη, λιπιδίου Α, φωσφολιπιδίων, πορινών, και λιποπρωτεϊνών στην εξωτερική μεμβράνη. (Για λεπτομέρειες της δομής του LPS, βλ. Εικόνα 4.35). Το λιπίδιο Α μπορεί να είναι τοξικό για τον άνθρωπο, οπότε αναφέρεται ως ενδοτοξίνη (Τμήμα 21.12). (β) Μοριακό μοντέλο πορίνης. Παρατηρήστε την ύπαρξη τριών πόρων που κάθε ένας σχηματίζεται από ένα μόριο πορίνης. Η όψη που βλέπουμε είναι κάθετη προς το επίπεδο της μεμβράνης, ενώ το μοντέλο βασίζεται στην ανάλυση περιθλασιγράμματος ακτίνων Χ της πορίνης του *Rhodobacter blasticus*.



(β)

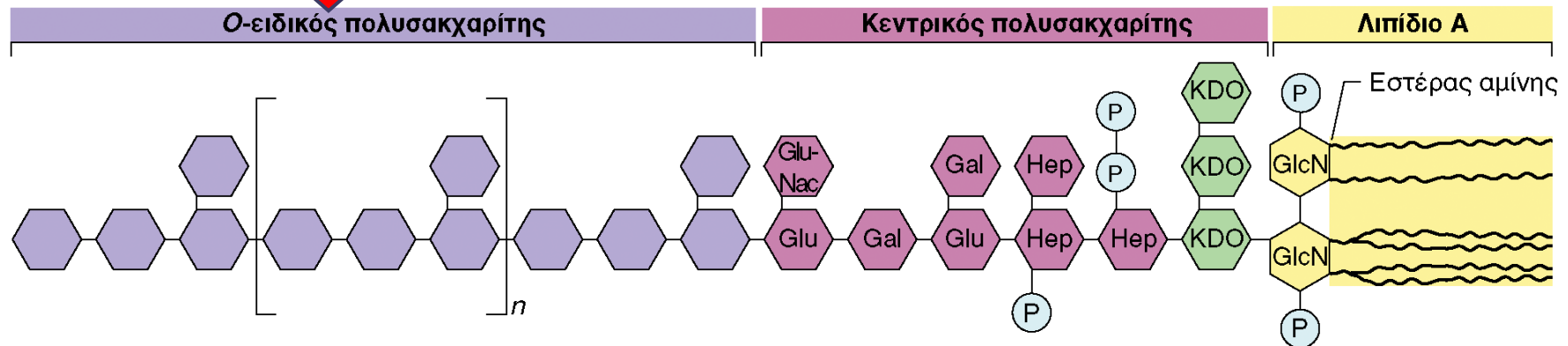
Georg E. Schulz

- Δομή του λιποπολυσακχαρίτη (LPS).
- Αποτελείται πάντα από 3 κύριες ομάδες, όμως διαφέρει σε διάφορα είδη και στελέχη
- Δρα σαν ενδοτοξίνη (το τμήμα λιπιδίου A) και μπορεί να είναι τοξικό για τα ζώα και τον άνθρωπο

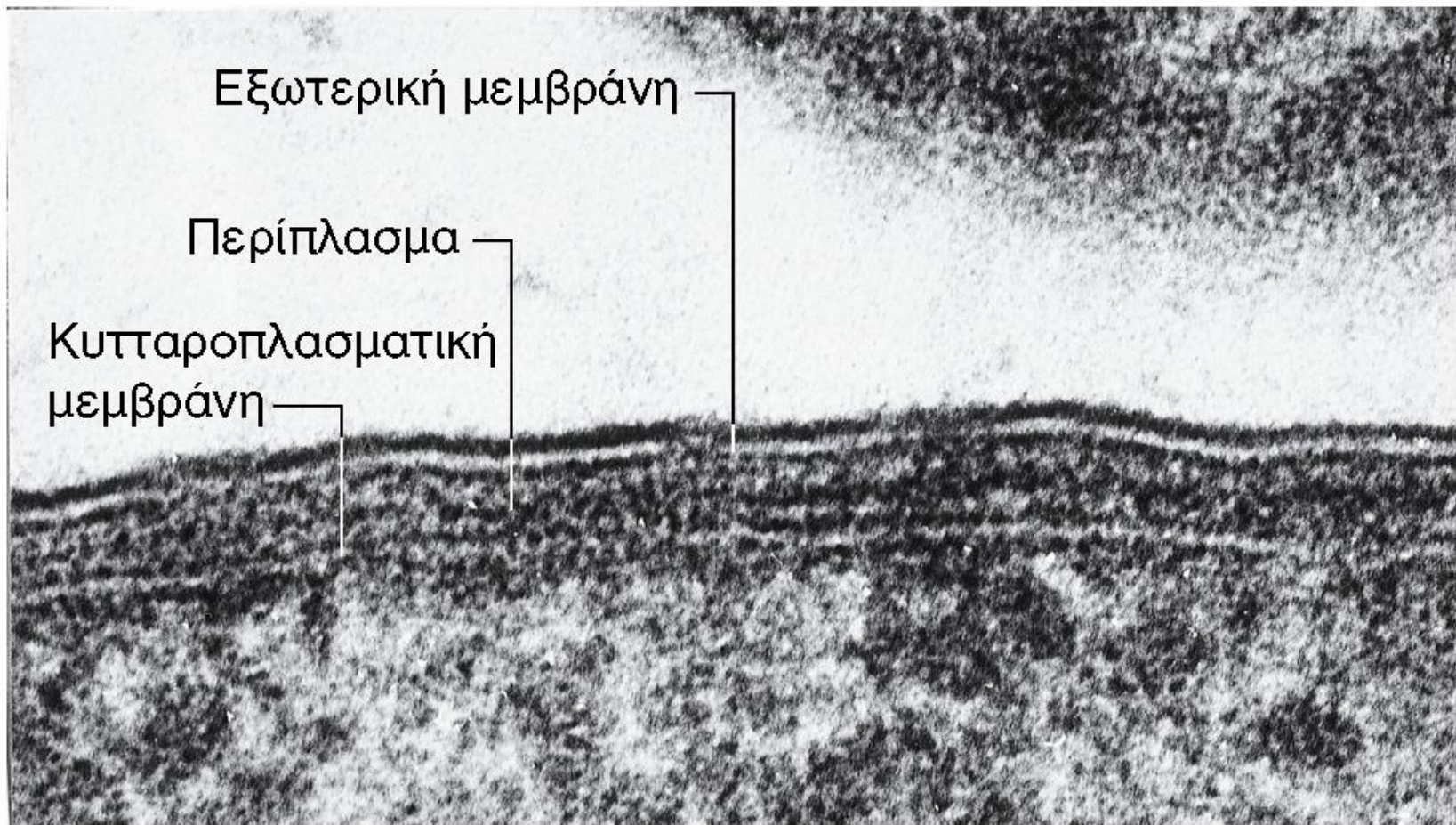
Ο πολυσακχαρίτης του LPS είναι βασικό επιφανειακό αντιγόνο του βακτηριακού κυττάρου. Ονομάζεται **αντιγόνο O**.

Πχ. στην *Salmonella* έχουν χαρακτηριστεί >1000 αντιγονικοί τύποι

Αντιγόνο O



Εικόνα 4.35 Δομή του λιποπολυσακχαρίτη (LPS) των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων. Η ακριβής χημεία του λιπιδίου A και των πολυσακχαριτικών συστατικών διαφέρει στα διάφορα είδη των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων, αλλά η σειρά σύνδεσης των κύριων ομάδων (λιπίδιο A-KDO-κεντρικός πολυσακχαρίτης-O-ειδικός πολυσακχαρίτης) παραμένει η ίδια. KDO, κετοδεοξυοκτονικό· Hep, επτόζη· Glu, γλυκόζη· Gal, γαλακτόζη· GluNac, N-ακετυλογλυκοζαμίνη· GlcN, γλυκοζαμίνη· P, φωσφορικό. Η γλυκοζαμίνη και τα λιπαρά οξέα του λιπιδίου A συνδέονται μεταξύ τους με αμινο-εστερικό δεσμό. Το τμήμα λιπιδίου A του LPS αποτελεί το λεγόμενο *σύμπλεγμα ενδοτοξίνης* το οποίο μπορεί να είναι τοξικό για τα ζώα (🦠 Τμήμα 21.12). Συγκρίνετε, επίσης, την Εικόνα 4.35 με τις Εικόνες 4.36 και 4.37, και προσέξτε ότι ο χρωματικός κώδικας που αποδίδει τη σειρά των τμημάτων του LPS είναι ίδιος στις Εικόνες 4.35 και 4.36.



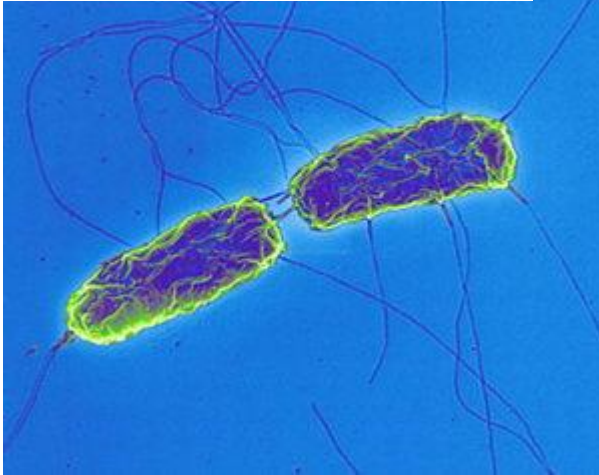
Εικόνα 4.37 Λεπτή τομή του κυτταρικού φακέλου της *Escherichia coli*, υπό μεγάλη μεγέθυνση, όπου φαίνεται το πύκνωμα του περιπλάσματος, μεταξύ κυτταροπλασματικής και εξωτερικής μεμβράνης. Τα μεγάλα, σκοτεινά σωματίδια στο κυτταρόπλασμα είναι ριβοσώματα.

Πολλά παθογόνα ανήκουν στα
gram αρνητικά βακτήρια

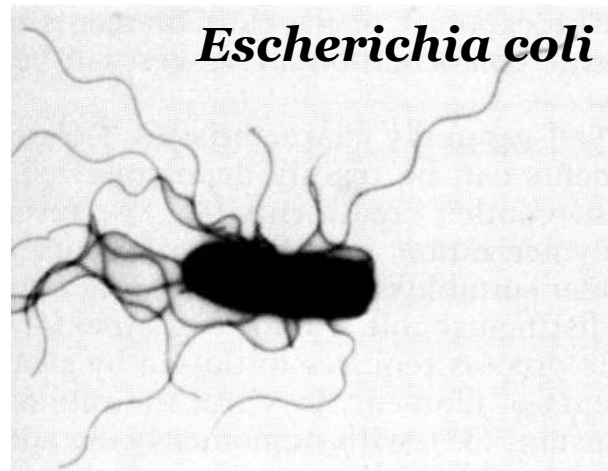
A decorative graphic element consisting of several horizontal lines of varying lengths and colors (teal, white, and light blue) extending from the right side of the text area towards the center of the slide.

Προαιρετικά αναερόβια gram αρνητικά ραβδία (facultative anaerobic gram negative

Salmonella spp



Escherichia coli



Yersinia spp



© 2004 Dennis Kunkel Microscopy, Inc.

- *Klebsiella*
- *Proteus*
- *Shigella*
- *Haemophilus*
- *Pasteurella*
- *Vibrio*

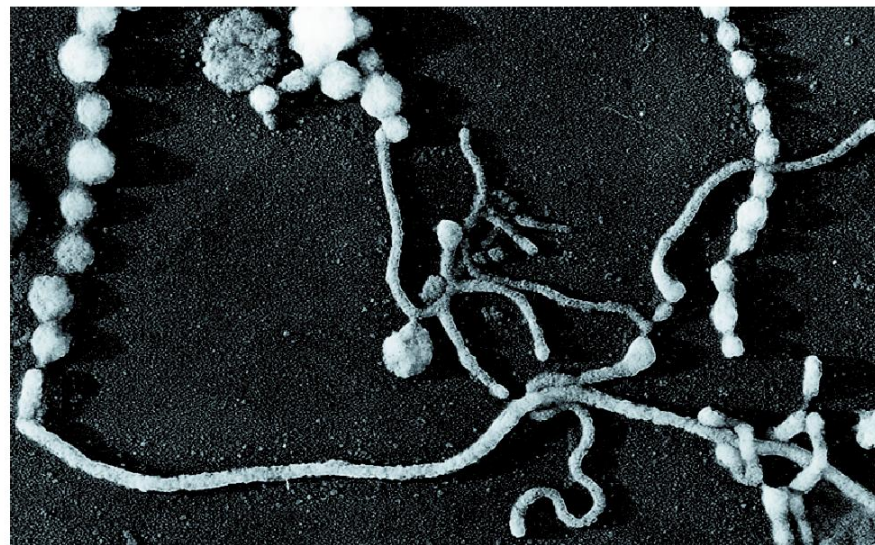
Αλλα gram αρνητικά που μπορεί να έχουν λοιμώδη δράση:

- **Σπειροχαΐτες**
 - *Treponema*
 - *Borrelia*
 - *Leptospira*
- **Αερόβια/μικροαερόφιλα κινητά ελικοειδή**
 - *Campylobacter*
 - *Helicobacter*
 - *Spirillum*
- **Αερόβια/μικροαερόφιλα ραβδία και κόκκοι**
 - *Alcaligenes*
 - *Bordetella*
 - *Brucella*
 - *Legionella*
 - *Moraxella*
 - *Neisseria*
 - *Pseudomonas*
 - *Bacteroides*
- **Αερόβια/μικροαερόφιλα κινητά ελικοειδή**
 - *Campylobacter*
 - *Helicobacter*
 - *Spirillum*
- **Αναερόβια**
 - *Bacteroides*
 - *Fusobacterium*
 - *Prevotella*
- **Ρικέτσιες και Χλαμύδια (ενδοκυτταρικά παράσιτα)**
 - *Rickettsia*
 - *Coxiella*
 - *Chlamydia*

8. Βακτήρια χωρίς κυτταρικό τοίχωμα (cell wall-less bacteria)

Τα γένη

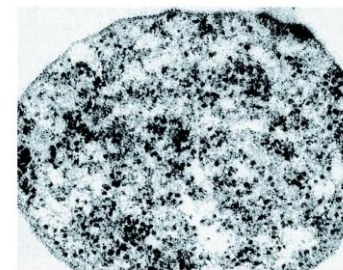
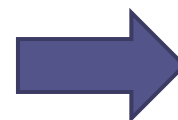
- *Mycoplasma*
- *Ureaplasma*



Alan Rodwell

Εικόνα 12.62 Ηλεκτρονικό μικρογράφημα παρασκευάσματος του *Mycoplasma mycoides*, σκιασμένου με μέταλλο. Παρατηρήστε τα στοιχεία με μορφή κόκκων και υφών. Η μέση διάμετρος των κυττάρων σε αλυσίδες είναι 0,5 μm περίπου.

Και τα Αρχαία δεν έχουν κυτταρικό τοίχωμα (ατοιχωματικοί προκαρυώτες)

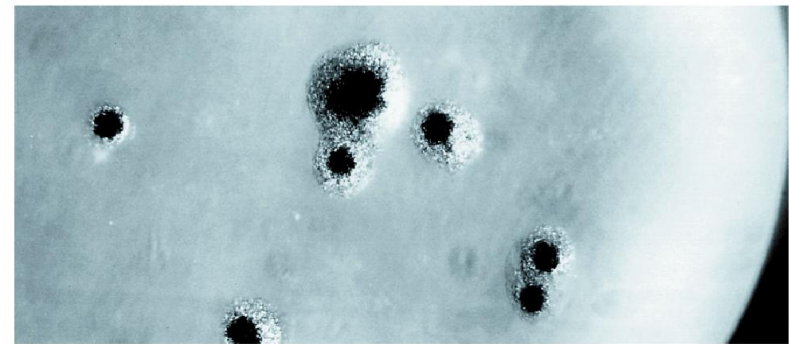


T. D. Brock

Εικόνα 2.21 Το Αρχαίο *Thermoplasma* της Εικόνας, όπως και ο στενός συγγενής του *Picrophilus* (βλ. Πίνακα 2.1) είναι ατοιχωματικό και αναπτύσσεται σε μέτρια υψηλές θερμοκρασίες και εξαιρετικά χαμηλό pH. Ατοιχωματικά είδη συναντούμε επίσης στο βακτηριακό γένος *Mycoplasma*. Οι ατοιχωματικοί προκαρυώτες περιγράφονται στα Τμήματα 12.21 και 13.5.

Mycoplasmas (mollicutes): οι μικρότεροι οργανισμοί που ζουν ελεύθερα (όχι παρασιτικά όπως οι ιοί)

- Πάνω από 150 είδη
- Παθογόνα του αναπνευστικού και του ουρογεννητικού συστήματος (πχ *Mycoplasma pneumoniae*, *Mycoplasma genitalium*)
- Δεν έχουν κυτταρικό τοίχωμα
- Πλειομορφικά
- Είναι ανθεκτικά στην πενικιλίνη

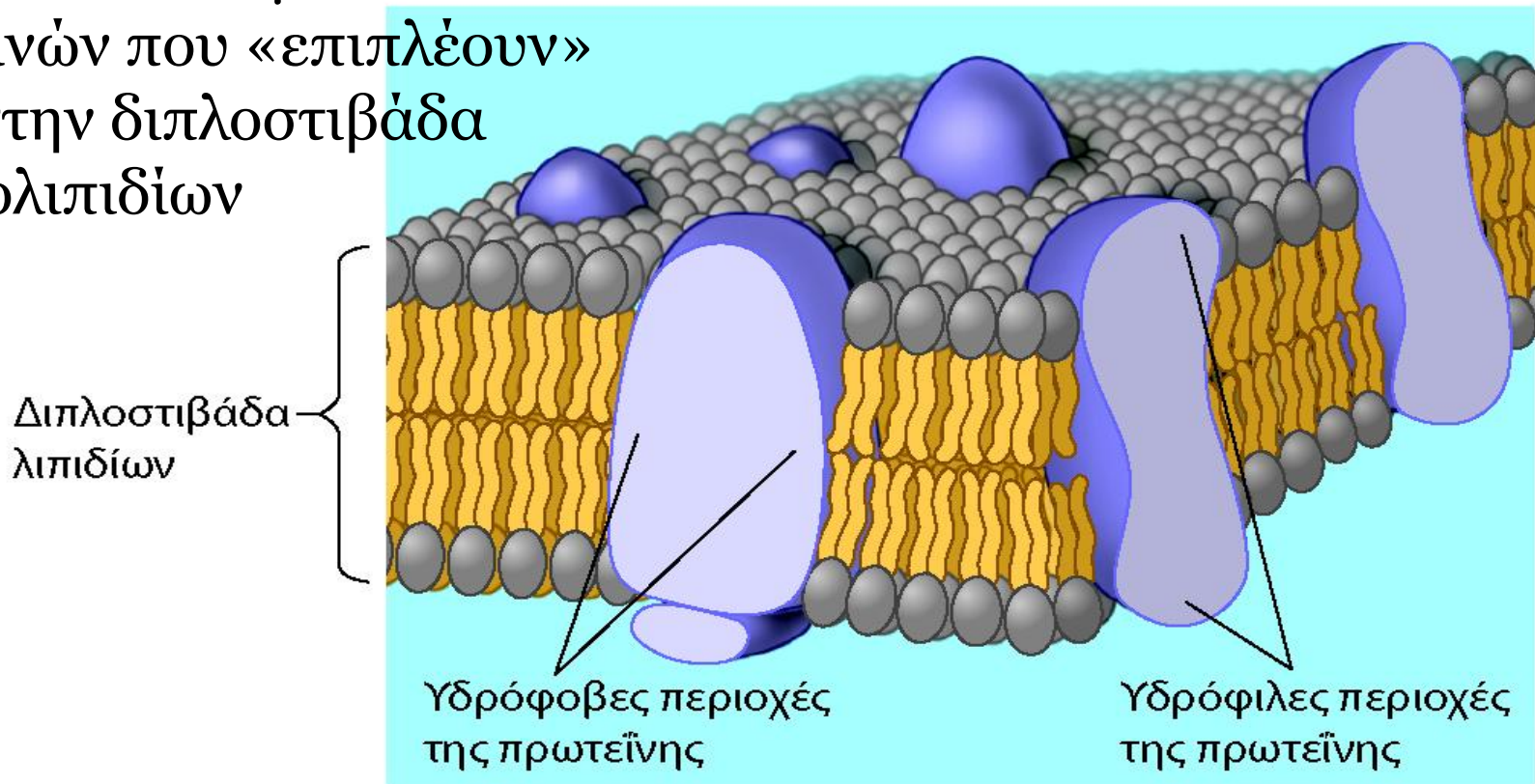


Εικόνα 12.63 Τυπική εμφάνιση «τηγανιτού αβγού» αποικιών μυκοπλάσματος σε άγαρ. Οι αποικίες έχουν διάμετρο 0,5 μm περίπου.

9. Κυτταροπλασματική μεμβράνη

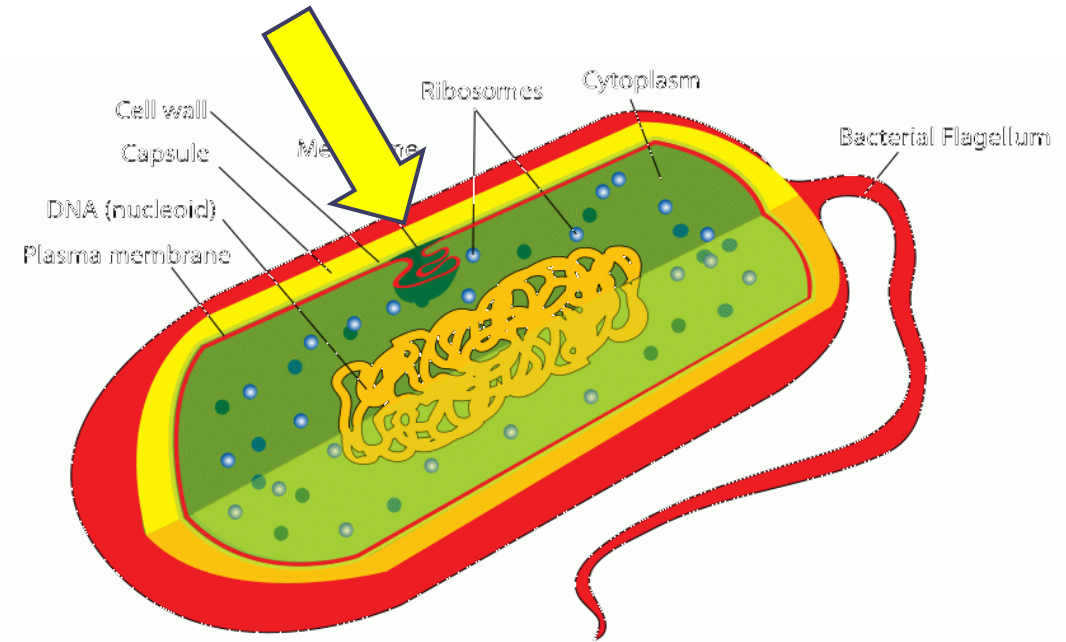
Μοντέλο ρευστού

μωσαϊκού: ένα μωσαϊκό πρωτεϊνών που «επιπλέουν» μέσα στην διπλοστιβάδα φωσφολιπιδίων



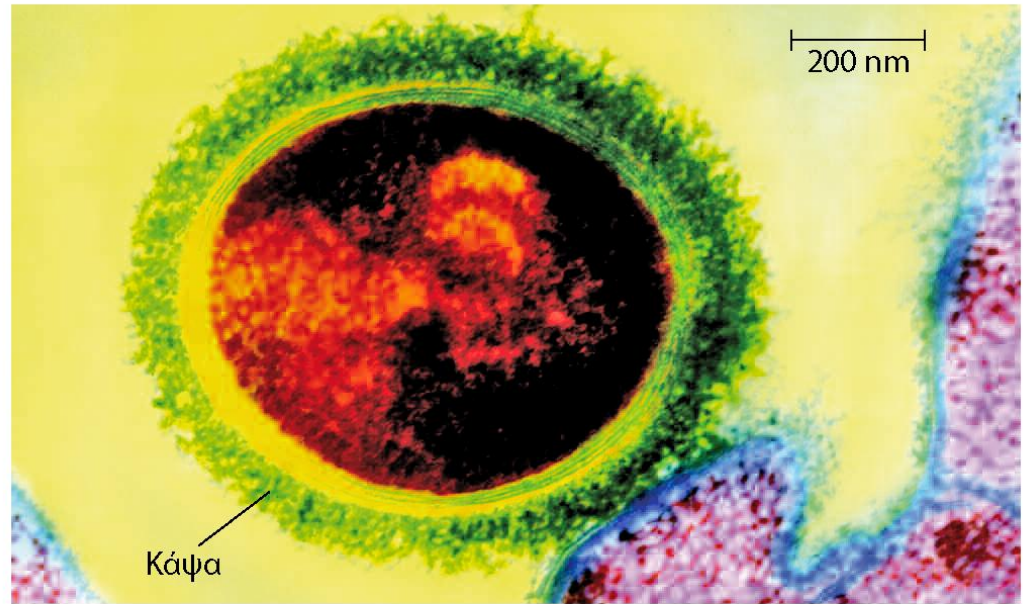
▲ **Εικόνα 7.3** Το μεμβρανικό μοντέλο ρευστού μωσαϊκού.

Μεσοσώματα



- Αναδιπλώσεις (εγκολπώσεις) της κυτταρικής μεμβράνης
- Εξάγουν τα εξωκυτταρικά ένζυμα που παράγονται από το κύτταρο

10. Γλυκοκάλυκας ή κάψα ή έλυτρο (ζελατινώδης επίστρωση που υπάρχει σε πολλούς προκαρυώτες)



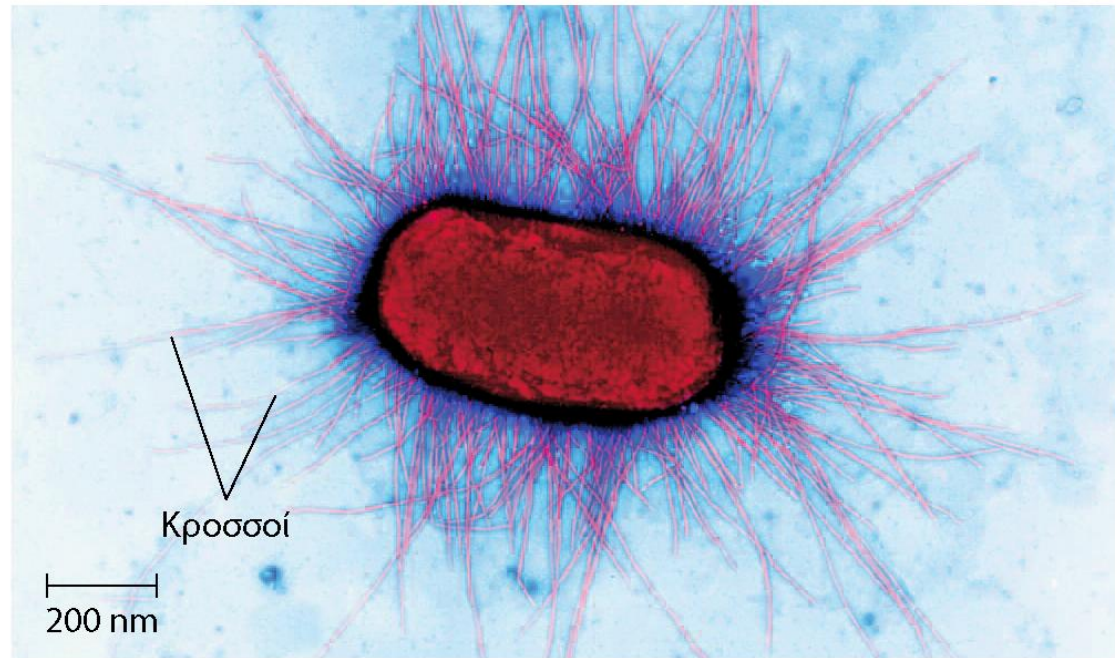
▲ **Εικόνα 27.4 Κάψα.** Αυτό το βακτήριο *Streptococcus* περιβάλλεται από μια πολυσακχαριτική κάψα που του επιτρέπει να προσκολλάται στα κύτταρα της αναπνευστικής οδού – και συγκεκριμένα, σε αυτή την εικόνα (επιχρωματισμένη μικροφωτογραφία από ΗΜΔ), σε ένα κύτταρο της αμυγδαλής.

- Αποτελείται από πολυσακχαρίτες
- Προστατεύει το βακτήριο
- Το βοηθά να προσκολλάται σε επιφάνειες
- Παράδειγμα: ξανθάνιο

11.Κροσσοί (pilli) (ή ινίδια)

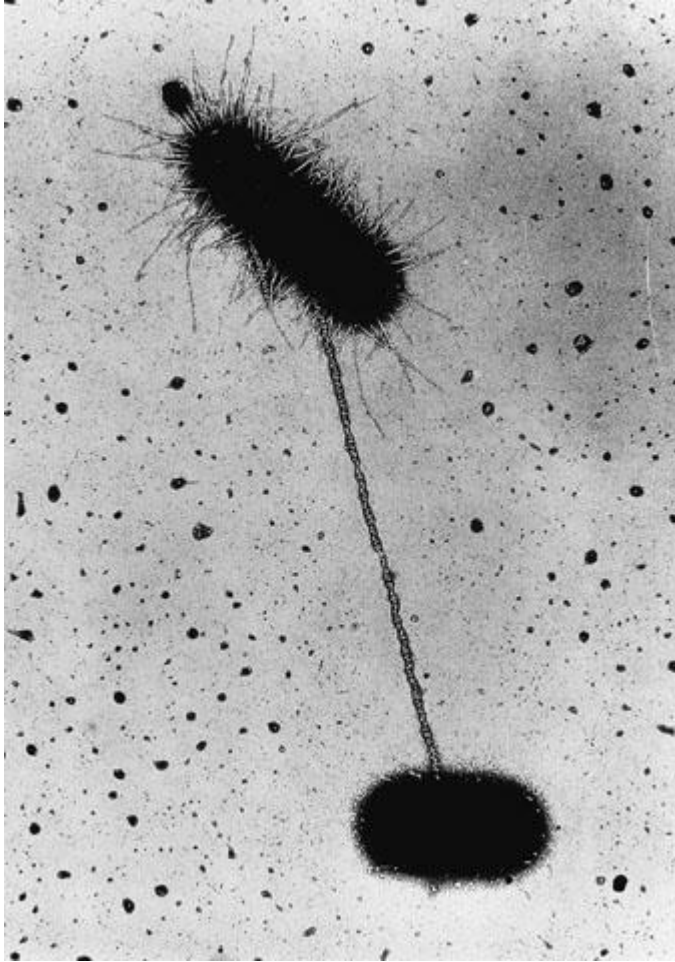
➤ επιφανειακές
προεκβολές
βακτηρίων

➤ βοηθούν το
βακτήριο να
προσκολλάται σε
επιφάνειες



▲ **Εικόνα 27.5 Κροσσοί.** Αυτά τα πολυάριθμα εξαρτήματα επιτρέπουν σε ορισμένους προκαρυώτες να προσδένονται σε επιφάνειες ή σε άλλους προκαρυώτες (επιχρωματισμένη μικροφωτογραφία από ΗΜΔ).

Συζευκτικά ινίδια



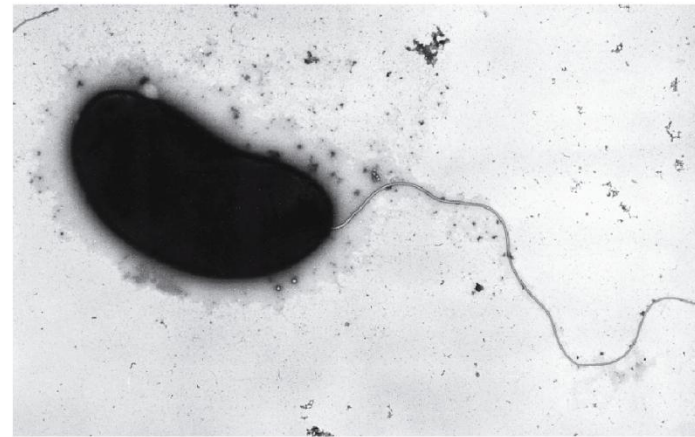
Χρησιμεύουν για την σύζευξη μεταξύ βακτηρίων

Σύζευξη (conjugation) είναι η απευθείας μεταφορά γονιδίων από ένα βακτήριο σε ένα άλλο, κατά την διάρκεια επαφής τους.

Είναι ένας τρόπος ανταλλαγής γενετικού υλικού μεταξύ βακτηρίων

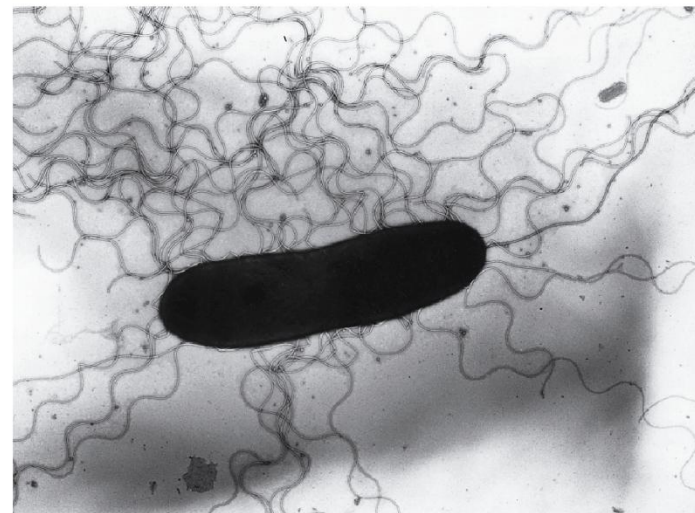
12. Βακτηριακά Μαστίγια (flagella):

Επιτρέπουν την
κίνηση των
βακτηρίων
(motility)



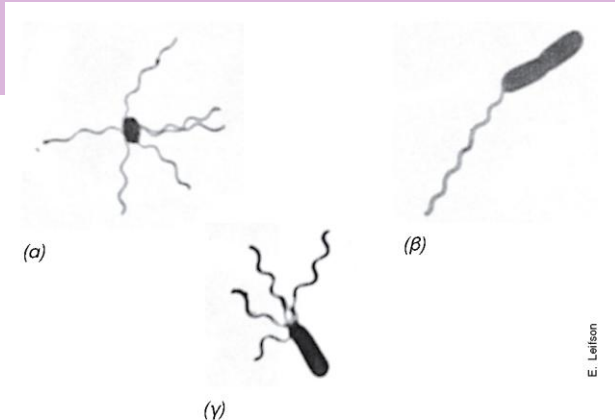
Carl E. Bauer

(a)



Carl E. Bauer

(β)



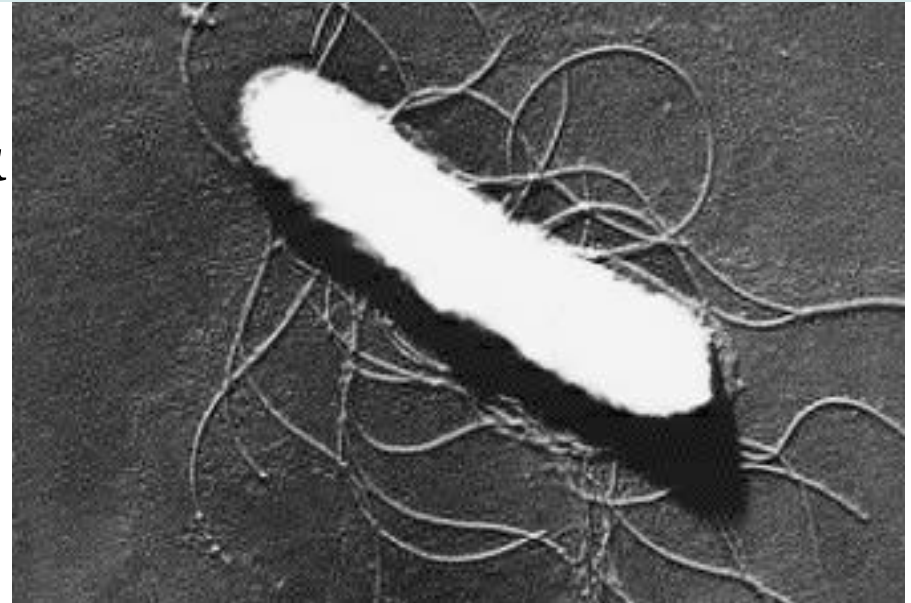
E. Leifson

Εικόνα 4.38 Μικροφωτογραφίες Βακτηρίων με διάφορες διατάξεις μαστιγίων. Τα κύτταρα είναι χρωσμένα με ειδική χρωστική (Leifson flagella stain). (a) Περίτριχος τύπος. (β) Πολικός τύπος. (γ) Λοφιότριχος τύπος.

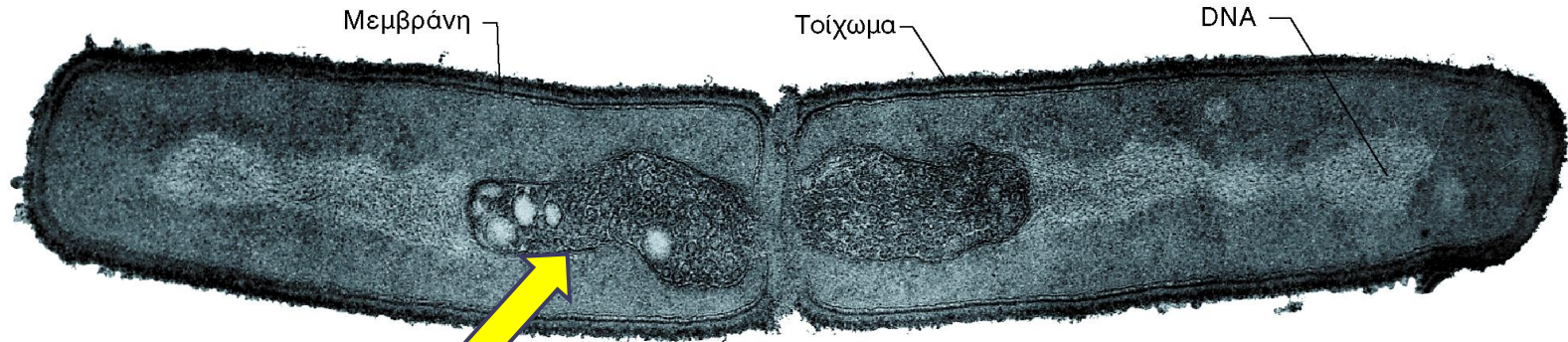
Εικόνα 4.39 Βακτηριακά μαστίγια παρατηρούμενα με αρνητική χρώση στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης. (a) Πολικά μαστίγια. (β) Περίτριχα μαστίγια. Και τα δύο είναι μικρογραφήματα από κύτταρα του φωτοτροφικού Βακτηρίου *Rhodospirillum centenum*. Κανονικά, τα κύτταρα του *R. centenum* έχουν πολική μαστιγοφορία (a), αλλά υπό ορισμένες συνθήκες αύξησης μπορεί να σχηματίζουν περίτριχο τύπο μαστιγοφορίας (β). Βλ. επίσης Εικόνα 4.48β.

Παθογόνο στέλεχος της *E.coli*: Εντεροαιμορραγική *Escherichia coli* O157:H7

- Στα εντεροβακτήρια έχουν χαρακτηριστεί >150 αντιγόνα O και >50 αντιγόνα H
- Πχ Τα διάφορα παθογόνα στελέχη της *E.coli* χαρακτηρίζονται ανάλογα με το είδος των αντιγόνων που έχουν στην εξωτερική μεμβράνη του κυτταρικού τοιχώματος (αντιγόνα O) και στα μαστίγια (αντιγόνα H).
- Τα στελέχη αυτά ονομάζονται **ορότυποι**

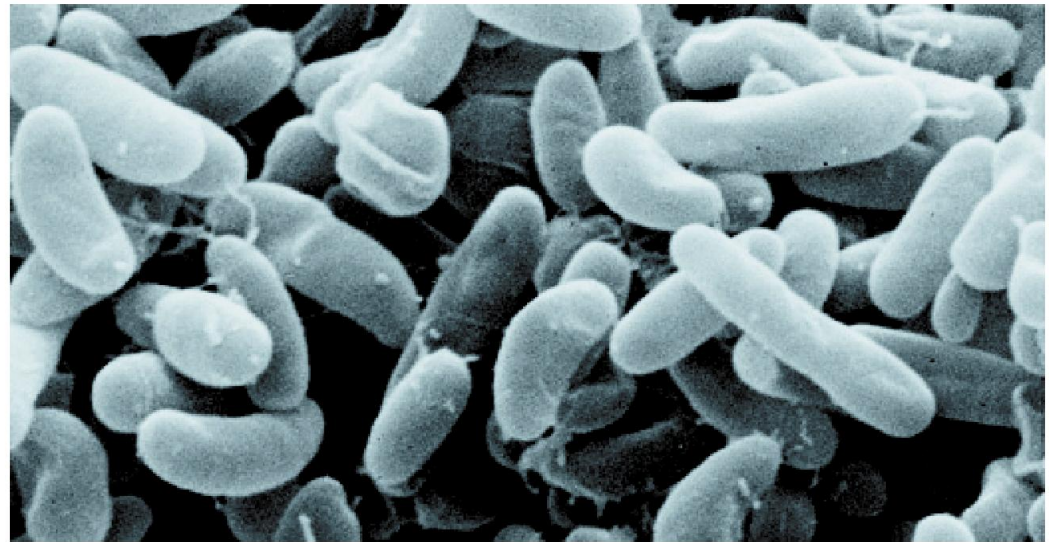


13. Πυρηνοειδές (νουκλεόπλασμα): περιοχή που περιέχει το γενετικό υλικό



(α) πυρηνοειδές

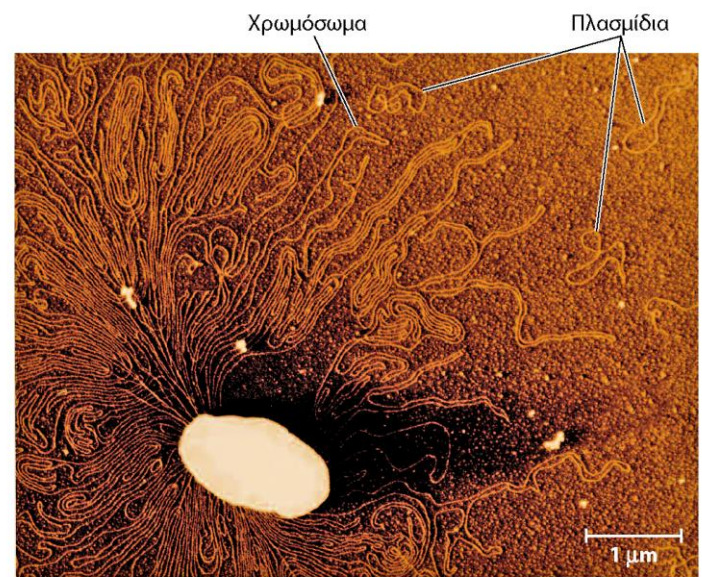
Εικόνα 4.10 Ηλεκτρονικά μικρογραφήματα βακτηριακών κυττάρων που έχουν ληφθεί (α) με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης και (β) με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης. (α) Λεπτή τομή ενός τυπικού θετικού κατά Gram βακτηρίου, του *Bacillus subtilis*. Το κύτταρο έχει μόλις διαιρεθεί, και δύο δομές που περικλείονται από μεμβράνη είναι προσκολλημένες στο διαφραγματικό τοίχωμα. Παρατηρήστε τη φωτεινότερη περιοχή στο μέσον (DNA ή πυρηνοειδές). Διάμετρος κυττάρου: περί τα 0,8 μm. (β) Κύτταρα του φωτοτροφικού βακτηρίου *Rhodovibrio sodomensis*. Πλάτος ενός κυττάρου: περί τα 0,75 μm. Παρατηρήστε ότι η ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης επιτρέπει μεγάλο βάθος πεδίου, που παρέχει εξαιρετική ποιότητα τριδιάστατης απεικόνισης.



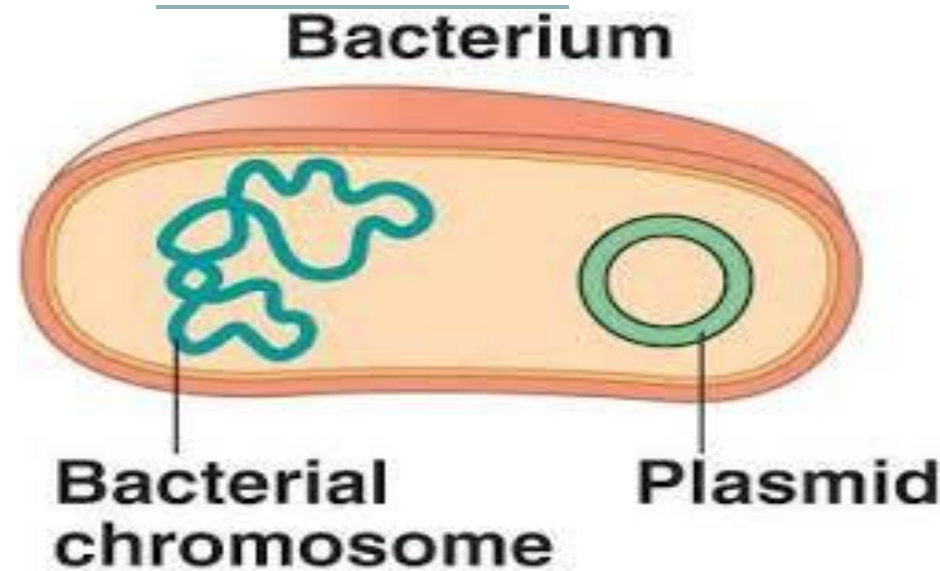
(β)

14. Το βακτηριακό DNA:

- Είναι κυκλικό
- Αποτελεί ένα χρωμόσωμα
- βρίσκεται στο κυτταρόπλασμα σε μία περιοχή που ονομάζεται πυρηνοειδές
- Άλλο γενετικό υλικό: **πλασμίδια** (κυκλικά, αυτοαναπαραγόμενα DNA που περιέχουν δικά τους γονίδια)

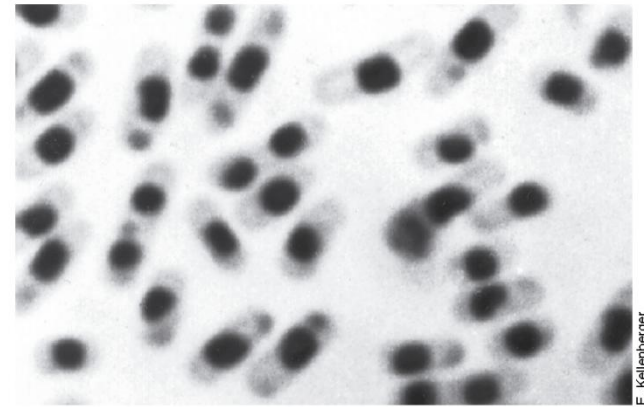


▲ **Εικόνα 27.8** Το προκαρυωτικό χρωμόσωμα και τα πλασμίδια. Οι λεπτές, περιπλεγμένες θηλιές που περιβάλλουν αυτό το διαρρηγμένο κύτταρο *E. coli* ανήκουν στο μεγάλο, κυκλικό χρωμόσωμα του κυττάρου (επιχρωματισμένη φωτογραφία από ΗΜΔ). Στην εικόνα φαίνονται επίσης τρία από τα πλασμίδια του κυττάρου, τα οποία σχηματίζουν δακτυλίους πολύ μικρότερου μεγέθους.

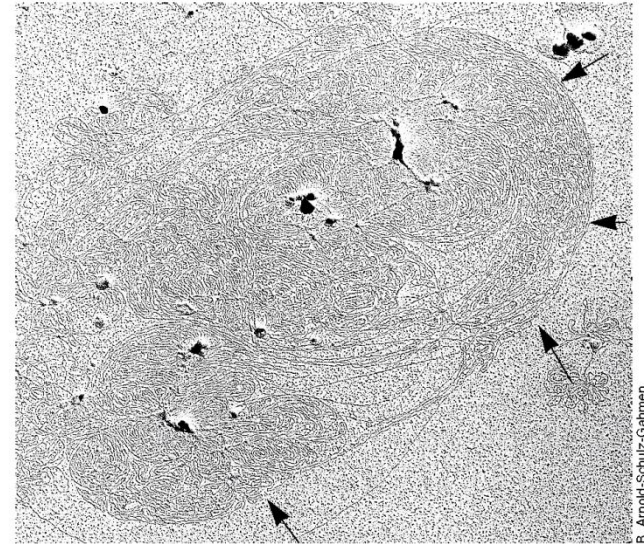


Το γενετικό υλικό (DNA) των βακτηρίων βρίσκεται στο πυρηνοειδές (δεν υπάρχει πυρήνας όπως στα ευκαρυωτικά)

- Στην *E.coli*:
- Περιέχει ένα κυκλικό χρωμόσωμα
- Αποτελείται από 4,6 εκατ. ζεύγη βάσεων (bp=base pairs)
- Περιέχει 4288 γονίδια που κωδικοποιούν πρωτεΐνες



(α)



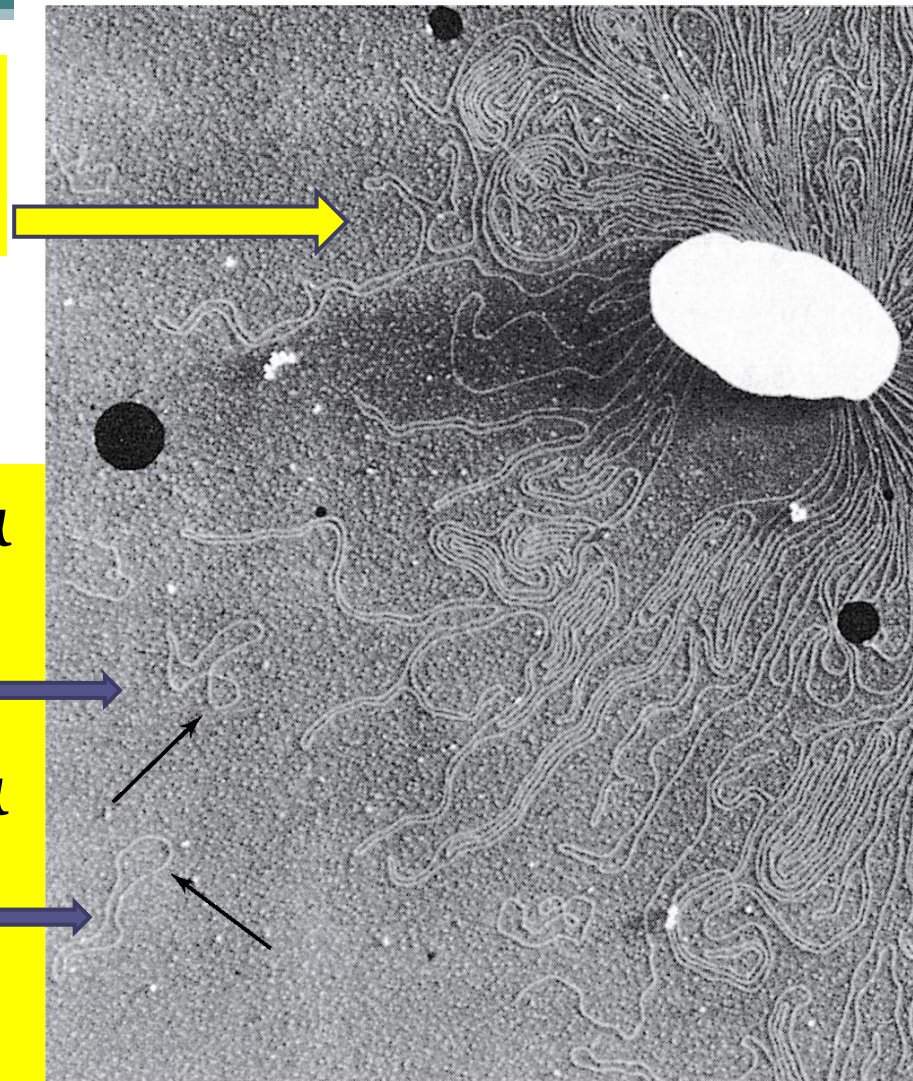
(β)

Εικόνα 2.4 Το πυρηνοειδές. (α) Μικροφωτογραφία οπτικού μικροσκοπίου κυττάρων της *Escherichia coli*, που έχουν υποστεί κατεργασία με ειδικό τρόπο ώστε να διακρίνεται το πυρηνοειδές. (β) Ηλεκτρονικό μικρογράφημα μεμονωμένου πυρηνοειδούς που έχει απελευθερωθεί από ένα κύτταρο *E. coli*. Το κυτταρικό τοίχωμα έχει υποστεί ήπια λύση προκειμένου να παραμείνει ακέραιο το συμπυκνωμένο πυρηνοειδές. Τα βέλη υποδεικνύουν το περίγραμμα των κλώνων του DNA. Το πυρηνοειδές των περισσότερων βακτηρίων αποτελείται από ένα κυκλικό μόριο (το βακτηριακό χρωμόσωμα), αν και υπάρχουν ορισμένα είδη με γραμμικό χρωμόσωμα (Τμήμα 7.4).

Βακτηριακό χρωμόσωμα

Πλασμίδια: κυκλικά
εξωχρωμοσωμικά
DNA.

- Υπάρχουν σε πολλά
βακτήρια
- Μεταφέρουν γονίδια
ανθεκτικότητας σε
αντιβιοτικά από
βακτήριο σε βακτήριο



Huntington Potter and David Dressler

Εικόνα 10.16

Το βακτηριακό χρωμόσωμα και βακτηριακά πλασμίδια, όπως φαίνονται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Τα πλασμίδια (βέλη) είναι οι κυκλικές δομές, κατά πολύ μικρότερες από το κύριο χρωμοσωματικό DNA. Έχει γίνει προσεκτική διάσπαση του κυττάρου (είναι η μεγάλη λευκή δομή), έτσι ώστε το DNA να παραμείνει άθικτο.

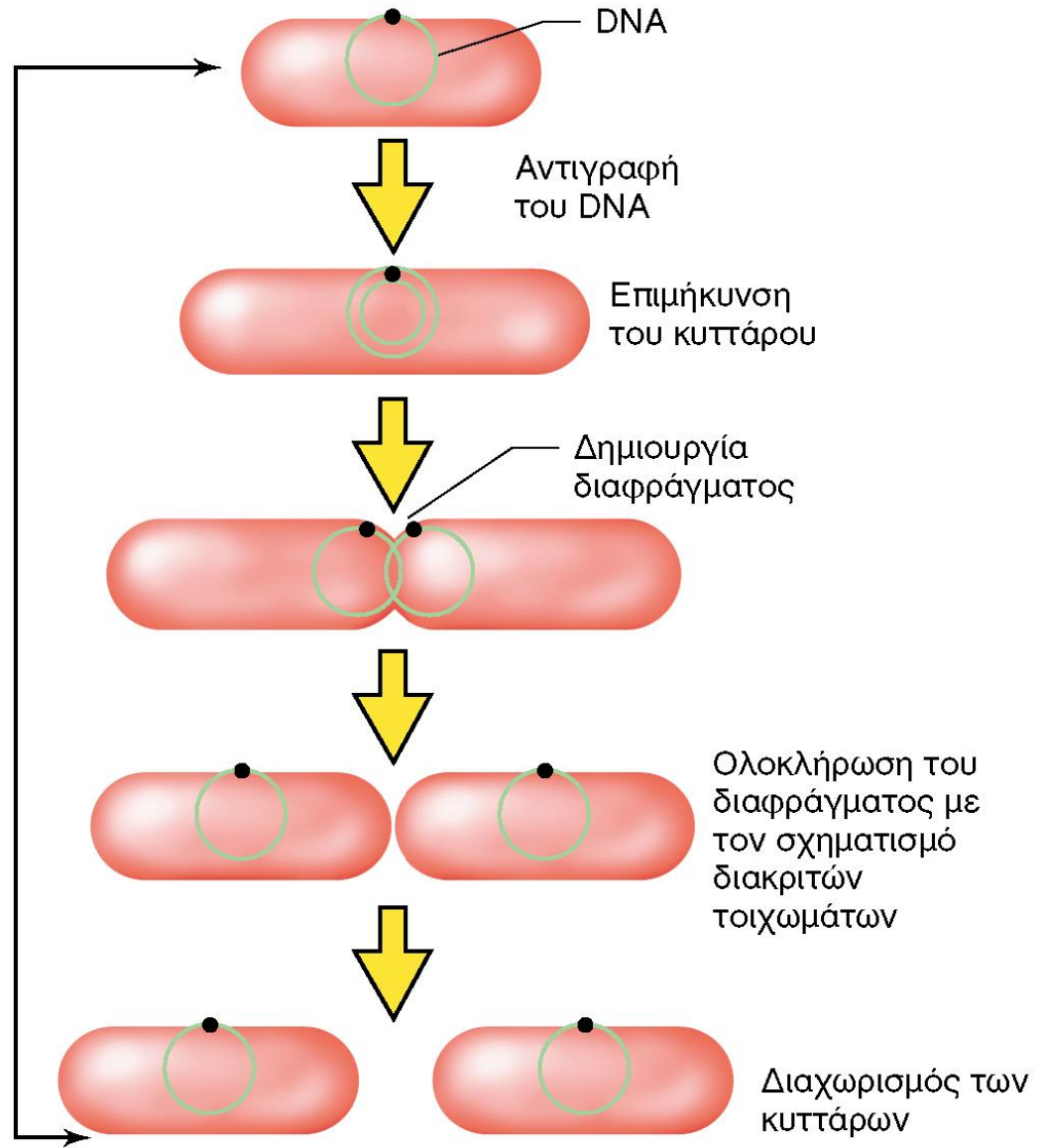
15.

Διχοτόμηση

βακτηρίων

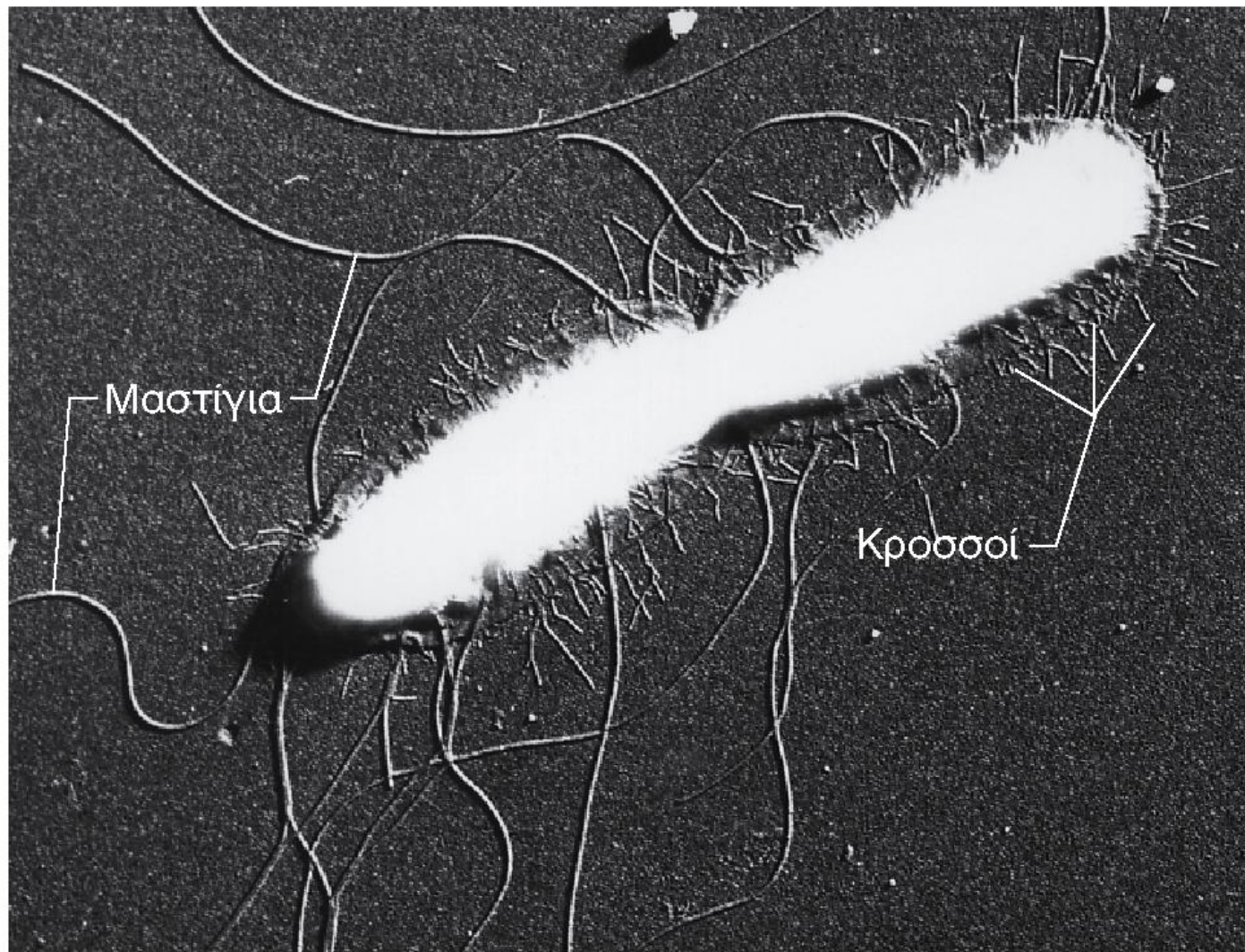
Η διαίρεση βακτηριακού κυττάρου σε δύο όμοια θυγατρικά ονομάζεται **διχοτόμηση**

Μία γενεά



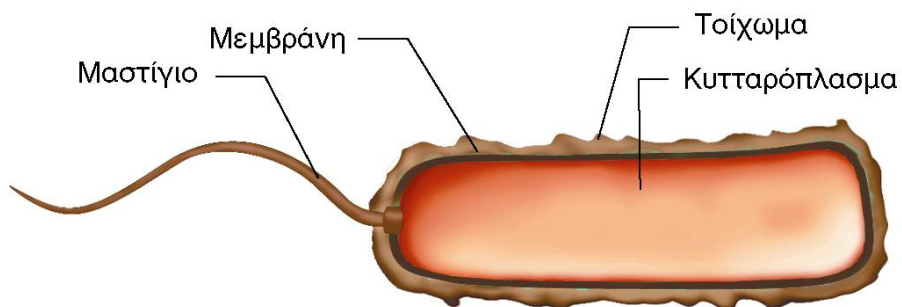
Εικόνα 6.1

Η όλη διαδικασία διχοτόμησης ενός ραβδόμορφου προκαρυωτικού οργανισμού. Για λόγους απλότητας, το πυρηνοειδές απεικονίζεται ως ένας απλός πράσινος κύκλος.

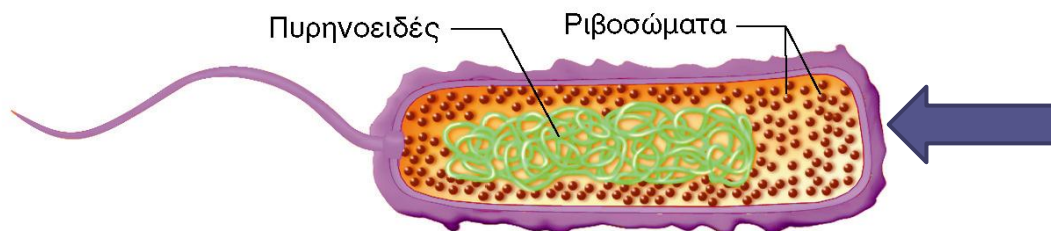


J. P. Duguid and J. F. Wilkinson

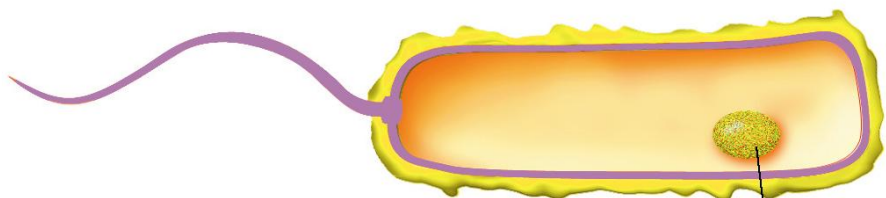
Εικόνα 4.49 Ηλεκτρονικό μικρογράφημα ενός διαιρούμενου κυττάρου *Salmonella typhi*, που εμφανίζει μαστίγια και κροσσοί. Διάμετρος κάθε κυττάρου: περί τα 0,9 μm .



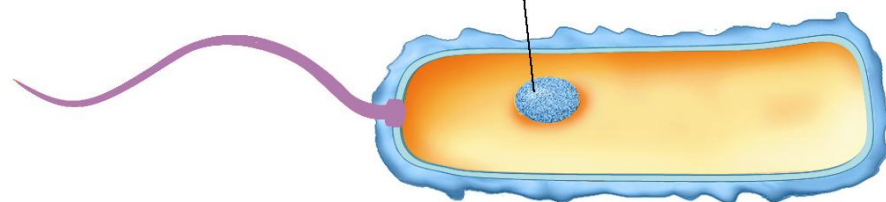
(α) Πρωτεΐνες



(β) Νουκλεϊκά οξέα



(γ) Πολυσακχαρίτες



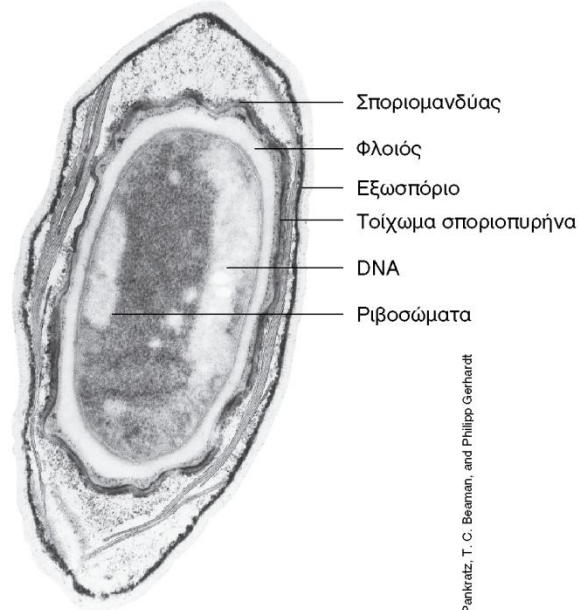
(δ) Λιπίδια

16.Σύνθεση πρωτεϊνών: στα ριβοσώματα που βρίσκονται στο κυτταρόπλασμα

Εικόνα 3.3 Θέσεις των μακρομορίων μέσα στο κύτταρο. (α) Πρωτεΐνες (καφέ χρώμα) απαντούν σε όλη την έκταση του κυττάρου, είτε ως μέρη κυτταρικών δομών είτε ως ένζυμα. (β) Νουκλεϊκά οξέα. DNA (πράσινο χρώμα) απαντά στο πυρηνοειδές των προκαρυωτικών κυττάρων και στον πυρήνα των ευκαρυωτικών κυττάρων. RNA (πορτοκαλί χρώμα) απαντά στο κυτταρόπλασμα (mRNA, tRNA) και στα ριβοσώματα (rRNA). (γ) Πολυσακχαρίτες (κίτρινο χρώμα) υπάρχουν στο κυτταρικό τοίχωμα και, ενίοτε, σε εσωτερικά αποθηκευτικά κοκκία. (δ) Λιπίδια (κυανό χρώμα) απαντούν στην κυτταροπλασματική μεμβράνη, στο κυτταρικό τοίχωμα, και σε αποθηκευτικά κοκκία. Ο χρωματικός κώδικας που χρησιμοποιείται εδώ θα εφαρμοσθεί, για την απεικόνιση των 4 τύπων μακρομορίων, σε όλο το βιβλίο. Για το DNA, βλ. επίσης τη λεζάντα της Εικόνας 3.11.

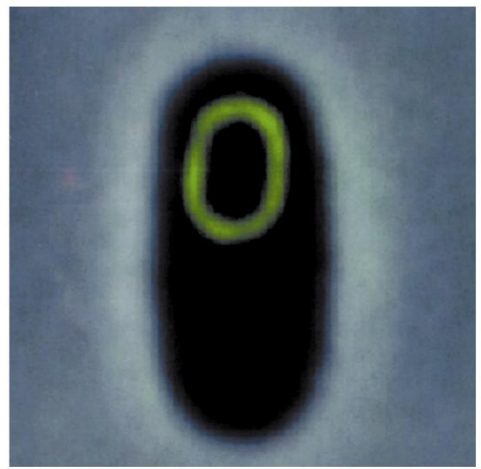
17. Βακτηριακά Ενδοσπόρια:

Μία πολύ
ανθεκτική μορφή
βακτηριακής
ζωής



H. S. Pankratz, T. C. Beaman, and Philipp Gerhardt

(α)



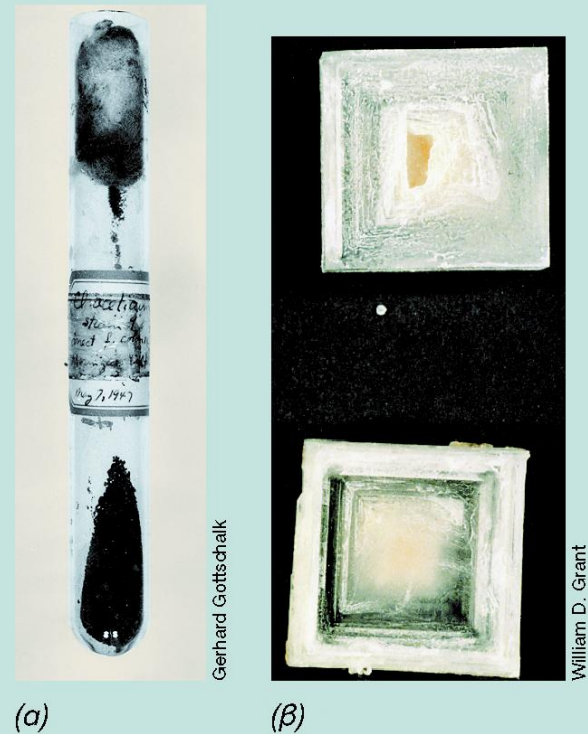
Kristen Price

(β)

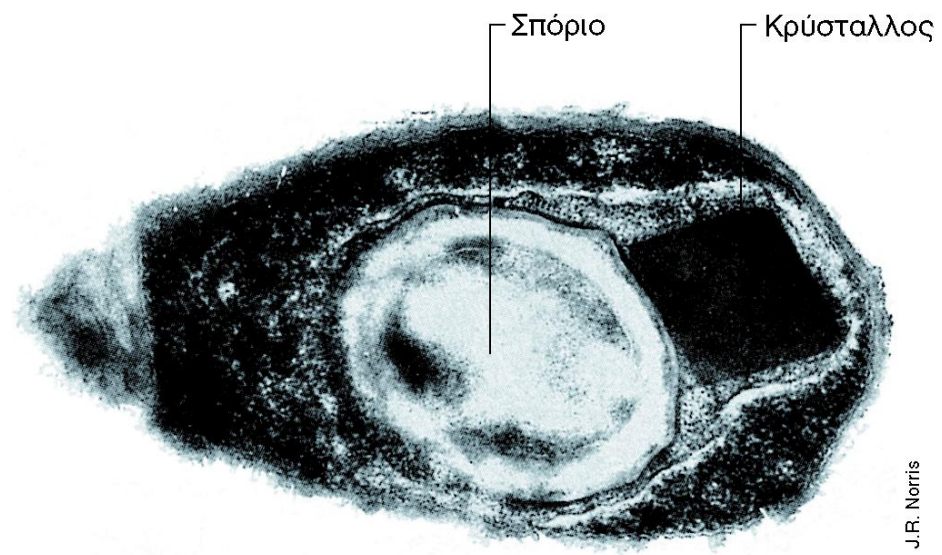
Εικόνα 4.60 Το βακτηριακό ενδοσπόριο. (α) Ηλεκτρονικό μικρογράφημα διέλευσης ενός ώριμου ενδοσπορίου από *Bacillus megaterium*. (β) Μικροφωτογραφία φθορισμού ενός κυττάρου *Bacillus subtilis* που υφίσταται εκβλάστηση. Το πράσινο χρώμα οφείλεται στην ειδική χρώση μιας πρωτεΐνης εκβλάστησης στον σποριομανδύα.

Μακροβιότητα των Ενδοσπορίων

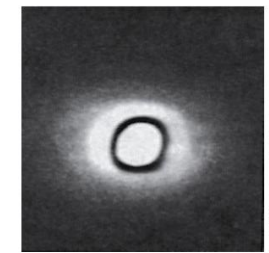
Πολλά πειράματα έχουν δείξει ότι τα σπόρια ορισμένων βακτηρίων μπορούν να παραμείνουν σε μία λανθάνουσα φάση για πολλά χρόνια και αν βρεθούν σε κατάλληλες συνθήκες να εκβλαστήσουν ξανά.



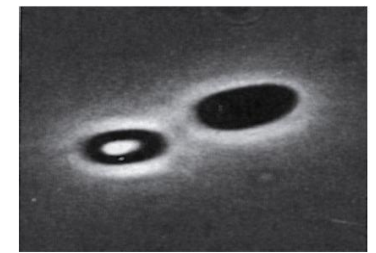
Εικόνα 1. Μακροβιότητα των ενδοσπορίων. (α) Φωτογραφία δοκιμαστικού σωλήνα που περιέχει σπόρια του βακτηρίου *Clostridium acetivum* από παρασκεύασμα της 7ης Μαΐου του έτους 1947. Μετά από λανθάνουσα φάση διάρκειας άνω των 30 ετών, τα σπόρια τοποθετήθηκαν σε υλικό καλλιέργειας όπου άρχισαν να αναπτύσσονται εντός 12 ωρών¹. (β) Αλόφιλα βακτήρια εγκλωβισμένα σε κρυστάλλους αλατιού. Οι κρύσταλλοι αυτοί (διαμέτρου περί το 1 cm) αναπτύχθηκαν στο εργαστήριο παρουσία κυττάρων του γένους *Halobacterium* (κιτρινωπό χρώμα), τα οποία διατηρούν τη βιωσιμότητά τους εντός των κρυστάλλων. Παρόμοιοι κρύσταλλοι, οι οποίοι όμως χρονολογούνται από την Πέρμια Περίοδο (πριν από 250 εκατομμύρια έτη περίπου), έχει αναφερθεί ότι περιείχαν βιώσιμα αλόφιλα ενδοσποριογονικά βακτήρια⁴.



Εικόνα 12.57 Σχηματισμός του τοξικού παρασποριακού κρυστάλλου στο *Bacillus thuringiensis*, παθογόνο βακτήριο των εντόμων. Ηλεκτρονικό μικρογράφημα λεπτής τομής σποριωτικού κυττάρου. Η κρυσταλλική πρωτεΐνη (τοξίνη Bt) είναι τοξική σε ορισμένα έντομα, προκαλώντας λύση των κυττάρων του εντέρου.



(α)



(β)



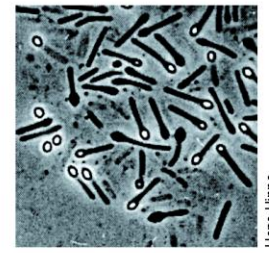
(γ)



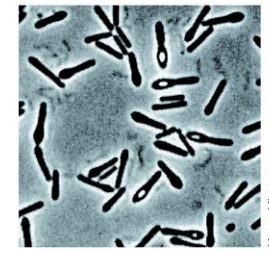
(δ)

Εικόνα 4.64 Εκβλάστηση του ενδοσπορίου στον *Bacillus*. Σταδιακή μετατροπή του ώριμου ενδοσπορίου (α) σε βλαστικό κύτταρο (δ). Οι μικροφωτογραφίες δείχνουν την πλήρη σειρά συμβάντων, με αφετηρία ένα έντονα διαθλαστικό, ώριμο σπόριο. Στο (β) (ενεργοποίηση) η διαθλαστικότητα χάνεται, ενώ στα (γ) και (δ), αναπτύσσεται το νέο βλαστικό κύτταρο (αυξητική έκρηξη).

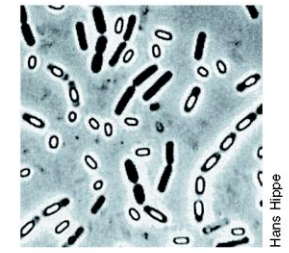
Εικόνα 12.56 Μικροφωτογραφίες αντίθεσης φάσεων διαφόρων ειδών του γένους *Clostridium*, όπου φαίνονται οι διάφορες θέσεις του ενδοσπορίου. (α) *Clostridium cadaveris*, σπόρια στο άκρο. Τα κύτταρα έχουν πλάτος 0,9 μm περίπου. (β) *Clostridium sporogenes*, σπόρια κοντά στο άκρο. Τα κύτταρα έχουν πλάτος 1 μm περίπου. (γ) *Clostridium bifermentans*, σπόρια στο κέντρο. Τα κύτταρα έχουν πλάτος 1,2 μm περίπου.



(α)



(β)



(γ)