



Ελληνική Δημοκρατία  
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό  
Ίδρυμα Ηπείρου

# Γενική Φυτοπαθολογία Θεωρία

## Ενότητα 5: Φυτοπαθολογική Βακτηριολογία

Δρ Δήμητρα Ζωάκη-Μαλισιόβα  
Καθηγήτρια Εντομολογίας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Τμήμα: Τεχνολόγων Γεωπόνων

Τίτλος Μαθήματος: Γενική Φυτοπαθολογία Θεωρία

Ενότητα 5: Φυτοπαθολογική Βακτηριολογία

Όνομα Καθηγητή: Δρ Δήμητρα Ζωάκη-Μαλισιόβα

Βαθμίδα Καθηγητή: Καθηγήτρια

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





# Χρηματοδότηση

- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «**Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση**» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Ηπείρου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



# Φυτοπαθολογική Βακτηριολογία



# Σκοποί ενότητας

- Απόκτηση βασικών γνώσεων σχετικά με τα βακτήρια που προσβάλλουν τα φυτά.



# Περιεχόμενα ενότητας

- Εισαγωγή.
- Χαρακτηριστικά της κυτταρικής κατασκευής των βακτηρίων.
- Ταξινόμηση των βακτηρίων.
- Αναπαραγωγή των βακτηρίων.
- Φυσιολογία των βακτηρίων.
- Επιδημιολογία-Οικολογία-Τρόποι επιβίωσης & Διασποράς των βακτηρίων.
- Μόλυνση & Παθογένεση των βακτηρίων.
- Φυτοπλασματολογία



# Εισαγωγή





# Εισαγωγή

- Βακτήρια (βακτηρία: ραβδί, μαγκούρα) είναι μονοκύτταροι μικροσκοπικοί οργανισμοί, που αναπαράγονται με εγκάρσια διαίρεση (διχοτόμηση)
- Ορισμένα είναι παθογόνα για τον άνθρωπο και άλλους ζωικούς οργανισμούς, προκαλώντας λοιμώξεις
- Από τα 1600 περίπου γνωστά είδη βακτηρίων, τα 200 περίπου έχουν αναγνωριστεί ως φυτοπαθογόνα και προκαλούν στα φυτά τις ασθένειες γνωστές ως **βακτηριώσεις**



# Ωφέλιμες δράσεις βακτηρίων

- Πολλά είδη μετατρέπουν τη νεκρή οργανική ύλη στο έδαφος σε αφομοιώσιμα από τα φυτά θρεπτικά στοιχεία
- Προκαλούν διάφορες ζυμώσεις στα τρόφιμα και ποτά
- Παράγουν αντιβιοτικά
- Χρήση στις εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού
- **Αζωτοβακτήρια:** δέσμευση ατμοσφαιρικού αζώτου κατά τη συμβίωσή τους με τις ρίζες ψυχανθών φυτών



# Σταθμοί Βακτηριολογίας

- **Robert Koch (1876):** Ο ρόλος των βακτηρίων σε ανθρωπονόσους και ζωνόσους (άνθρακας)
- Κανόνες Koch
- **Louis Pasteur (1882):** Προσδιορισμός βακτηρίων ζυμώσεων
- **Thomas Burril (1881):** Τα βακτήρια ως φυτοπαθογόνα ("βακτηριακό κάψιμο" μηλοειδών, *Erwinia amylovora*)
- **Savastano (1891):** Καρκίνος της ελιάς (*Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi*)



# Μορφολογικά χαρακτηριστικά βακτηριακών κυττάρων

- Βακτηριακό κύτταρο: **προκαρυωτικό**
- Κατά τη διαίρεσή του δεν γίνεται μίτωση
- Δεν έχει μιτοχόνδρια, ορατό ενδοπλασμικό δίκτυο και σωμάτια Golgi
- Μονοκύτταρα με πρωτοπλασματική μεμβράνη με (συνήθως) κυτταρικό τοίχωμα (*φυτοπλάσματα & σπειροπλάσματα δεν έχουν κυτταρικό τοίχωμα*)



# Μέγεθος βακτηριακών κυττάρων

- Οι μικρότεροι γνωστοί οργανισμοί
- Μέσες διαστάσεις: σφαιρικά 0,5-1  $\mu\text{m}$ ; ραβδοειδή 2-3 x 0,5  $\mu\text{m}$
- Σε επιφάνεια 1  $\text{cm}^2$  συνυπάρχουν 100 x 10<sup>6</sup> βάκιλλοι μέσου μεγέθους 2 x 0,5  $\mu\text{m}$
- **Σχήμα φυτοπαθογόνων βακτηρίων:** σφαιρικό (κόκκοι), ραβδοειδές (βάκιλλοι), νηματοειδές (ακτινομύκητες)



# Χαρακτηριστικά της κυτταρικής κατασκευής των βακτηρίων

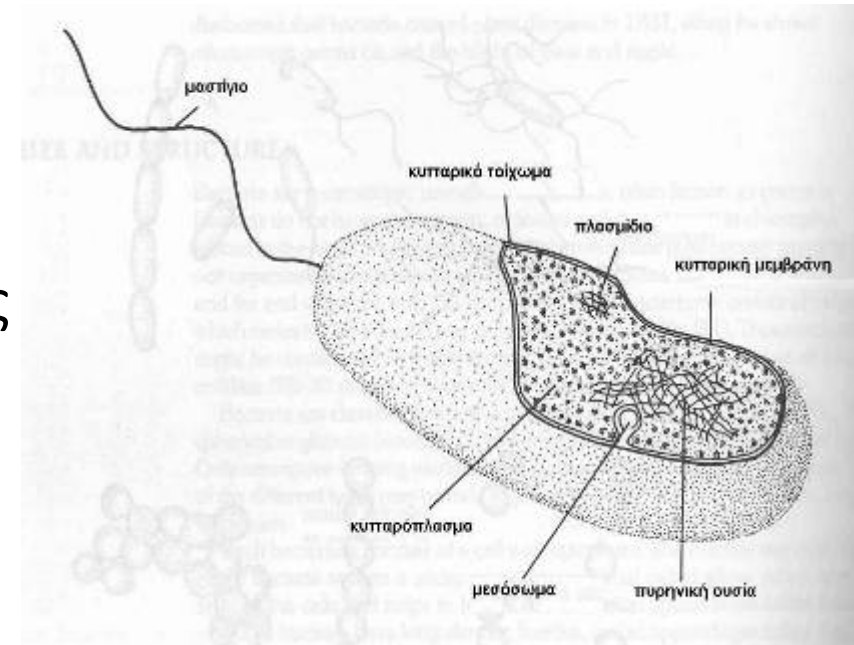


# Δομή βακτηριακών κυττάρων

- Η γνώση της δομικής και χημικής οργάνωσης των φυτοπαθογόνων βακτηρίων είναι πολύ σημαντική, για την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων του ξενιστή/φυτού-παθογόνου/βακτήριου
- Τυπικό βακτηριακό κύτταρο αποτελείται από 3 δομικές περιοχές: **κυτταρικός φάκελος, εσωτερική περιοχή, εξωτερική περιοχή**
- Πλείστα φυτοπαθογόνα βακτήρια είναι Gram-

# Δομή βακτηριακών κυττάρων

- **Κυτταρικός φάκελος:** κυτταρικό τοίχωμα, πρωτοπλασματική μεμβράνη, περίπλασμα, εξωτερική μεμβράνη
- **Εσωτερική περιοχή:** πυρηνοειδές ή χρωμόσωμα, πλασμίδια, κυτταρόπλασμα, ριβοσώματα, έγκλειστα, ενδοσπόρια
- **Εξωτερική περιοχή:** μαστίγια, ινίδα ή τριχίδια ή σμήριγγες, κάψα & βλέννα (γλυκοκάλυκας)







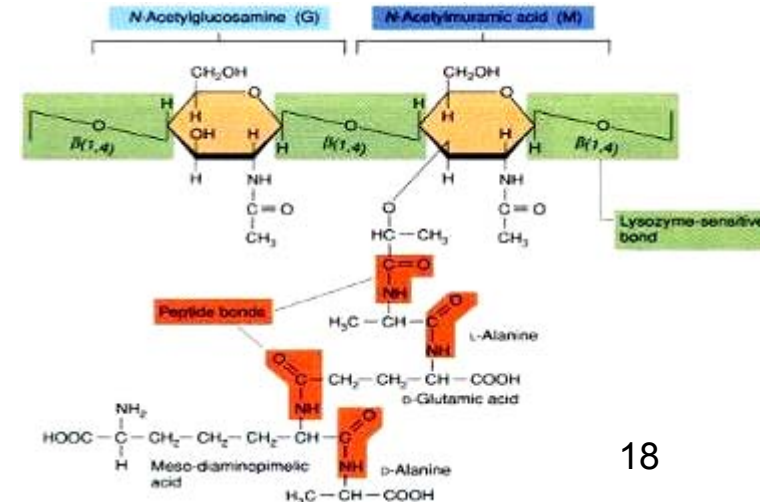
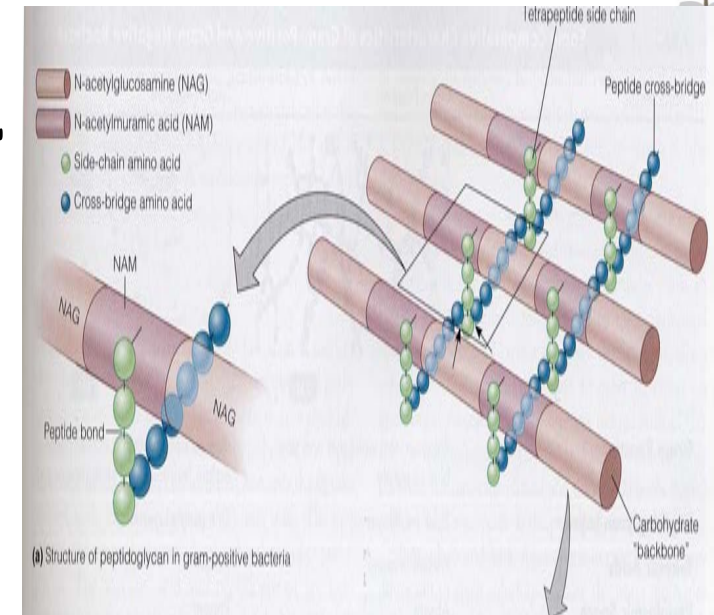
# Κυτταρικό τοίχωμα (σκελετός)

- Απαντάται σε όλους τους προκαρυώτες, εκτός των Mollicutes (μυκοπλάσματα, φυτοπλάσματα, σπειροπλάσματα)
- Αποτελεί το 10-40% βάρους ξηράς ουσίας πάχους 10-25nm
- Προσδίδει σχήμα (κόκκος, ραβδίο, σπείραμα), αντοχή στις ωσμωτικές πιέσεις/λύσεις και στις μηχανικές βλάβες,, αποτελεί θέση και πηγή βιοσύνθεσης νέου κυτταρικού τοιχώματος, παρέχει τις θέσεις των υποδοχέων για την προσκόλληση βακτηριοφάγων-ιών
- Φέρει πόρους που διέρχονται ουσίες <1nm



# Κυτταρικό τοίχωμα

- **Βασικό συστατικό (μόνο στα βακτήρια): Μουρεΐνη ή μουκοπεπτίδιο ή Πεπτιδογλυκάνη**
- Είναι πολυμερές από N-ακετυλογλυκοζαμίνη και N-ακετυλομουραμικό οξύ, που ενώνονται με κάποια αμινοξέα
- **Ρόλος:** διαφράγματος για κάποιες ουσίες (έλεγχος διαφυγής ή εισόδου ουσιών)
- Δημιουργεί μία άκαμπτη και σταθερή στοιβάδα, η οποία προσφέρει ανθεκτικότητα στο κύτταρο



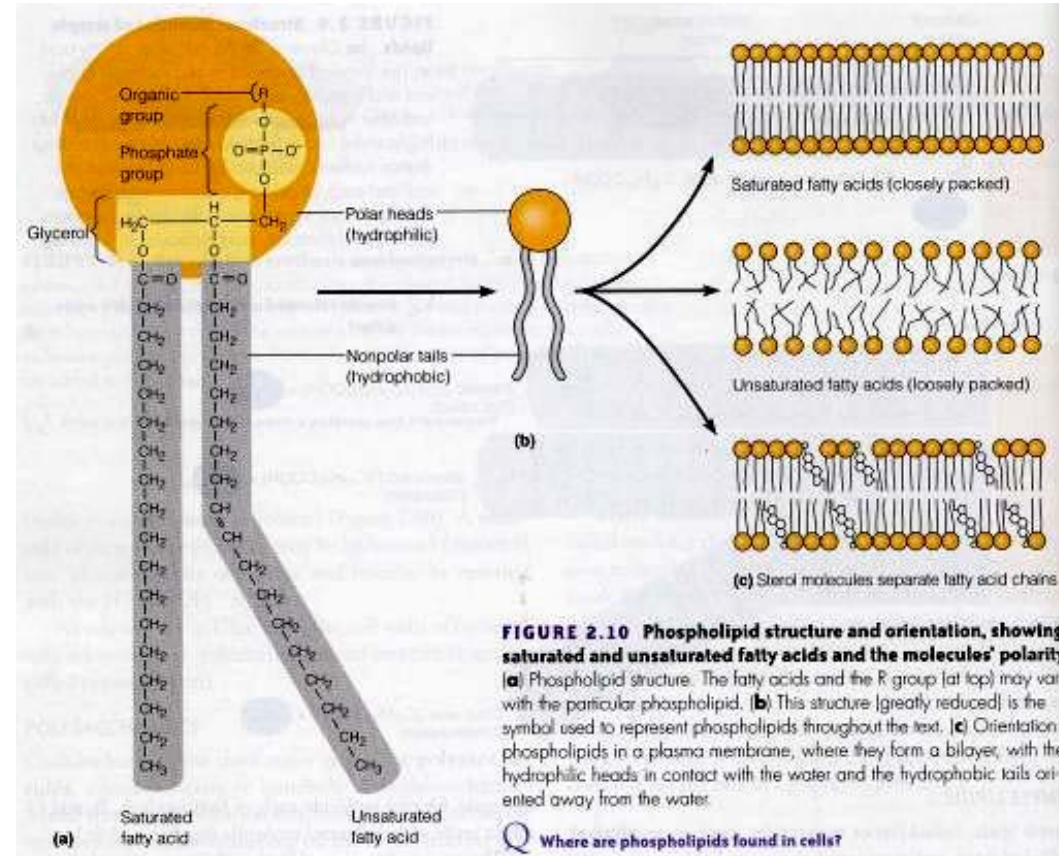


# Κυτταρική ή Πρωτοπλασματική ή Κυτταροπλασματική ή Εσωτερική μεμβράνη (1)

- Ημιπερατή, ελαστική, λιποπρωτεϊνικής σύστασης που διαχωρίζει το εσωτερικό από το εξωτερικό μέρος του κυττάρου
- Περιβάλλει το πρωτόπλασμα ως λεπτό υμένιο και **δεν περιέχει στερόλες**
- Περιέχει ειδικά ένζυμα (**περμεάσες**), που συμβάλλουν στη μεταφορά θρεπτικού διαλύματος εντός του κυττάρου
- Ασκεί ανάλογη λειτουργία των μιτοχονδρίων (**ευκαρυωτικοί**) κατά την αναπνοή (παραγωγή ενέργειας με ορισμένα αναπνευστικά έναυσμα και χρωστικές)

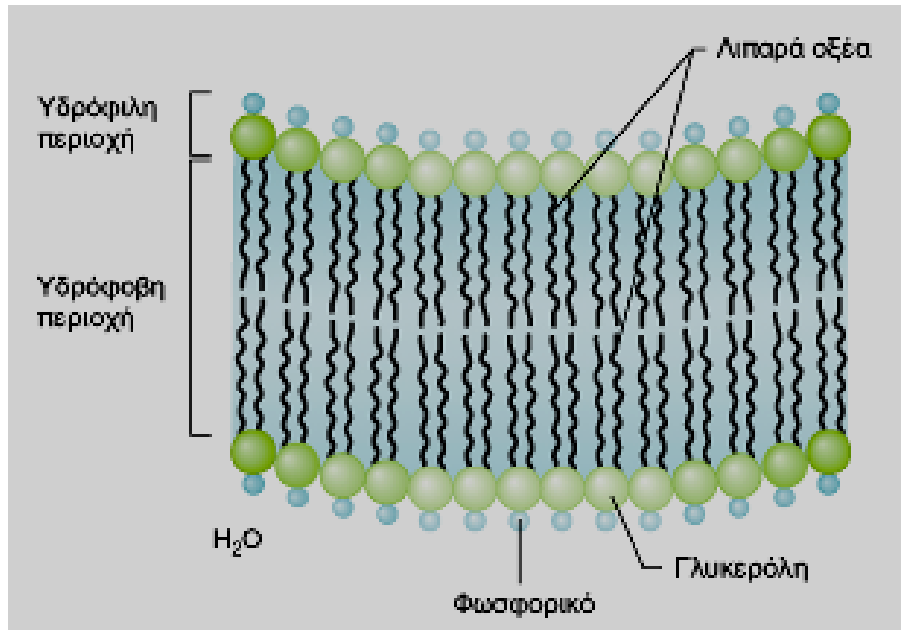
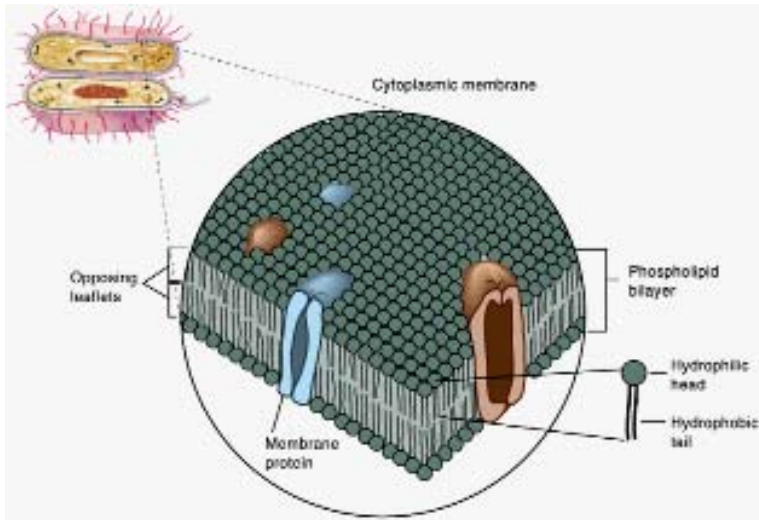
# Κυτταρική ή Πρωτοπλασματική ή Κυτταροπλασματική ή Εσωτερική μεμβράνη (2)

- Βρίσκεται μεταξύ του κυτταρικού τοιχώματος και του κυτοπλάσματος με πάχος 5-10 nm
- Λεπτή εύκαμπτη μεμβράνη από **φωσfolιπίδια** (λιπαρά οξέα-υδρόφοβα, γλυκερόλη-υδρόφιλη) και **πρωτεΐνες**





# Κυτταρική ή Πρωτοπλασματική ή Κυτταροπλασματική ή Εσωτερική μεμβράνη (3)

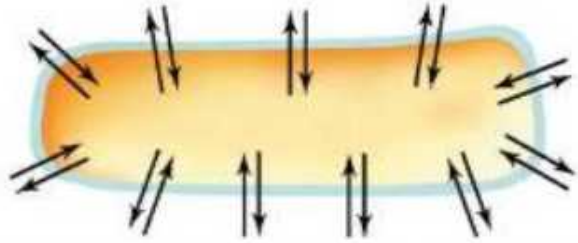




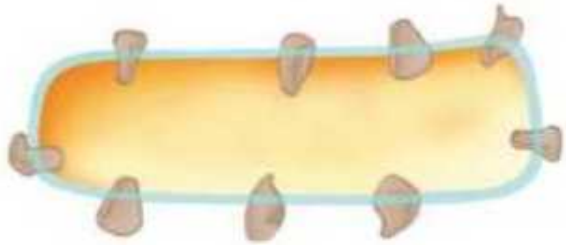
# Λειτουργίες εσωτερικής μεμβράνης

- **Επιλεκτικός φραγμός μιας και ελέγχει τη μεταφορά στοιχείων από και προς το κυτόπλασμα (πρωτεΐνες-πόροι, περμεάσες):** Κίνηση λόγω διαβάθμισης της συγκέντρωσης ή μέσω ενεργούς μεταφοράς, κατά την οποία μικρά άπολα και λιποδιαλυτά μόρια διαπερνούν (λιπαρά οξέα, αλκοόλες, νερό), όχι όμως φορτισμένα υδρόφιλα μόρια (οργανικά οξέα, αμινοξέα, ανόργανα άλατα) που απαιτούν ενεργή μεταφορά (κατανάλωση ενέργειας)
- Θέση διατήρησης ενέργειας, λόγω πρωτονιοδεργικής δύναμης
- Έδρα ενζύμων αναπνοής
- Σημείο σύνδεσης του γενετικού υλικού

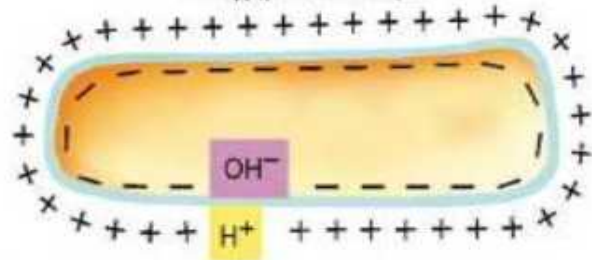




**Φραγμός διαπερατότητας** — Εμποδίζει τη διαρροή και λειτουργεί ως δίοδος μεταφοράς θρεπτικών ουσιών από και προς το εσωτερικό του κυττάρου



**Δέσμευση πρωτεϊνών** — Θέση εντοπισμού πολλών πρωτεϊνών που συμμετέχουν σε λειτουργίες μεταφοράς, βιοενεργειακές δράσεις, και χημειοτακτισμό



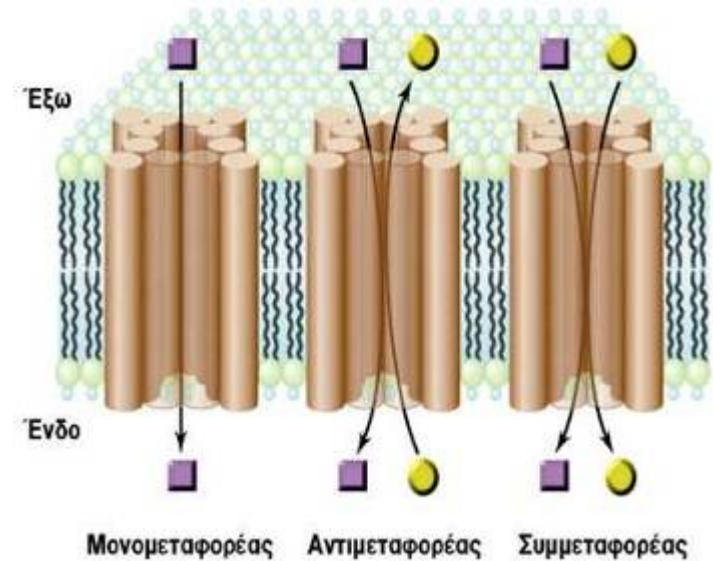
**Διατήρηση ενέργειας** — Θέση όπου αναπτύσσεται και δρα η πρωτονιογενετική δύναμη

# Κύριες λειτουργίες εσωτερικής μεμβράνης



# Περατότητα εσωτερικής μεμβράνης

- Παθητική μεταφορά υδρόφιλων και φορτισμένων μορίων δεν λαμβάνει χώρα (λόγω υδρόφοβης περιοχής της μεμβράνης)
- Μικρά μη πολικά, υδρόφοβα μόρια μπορούν να τη διαπερνούν (π.χ. λιπαρά οξέα, αλκοόλες)
- Το νερό διαπερνά ελεύθερα τη μεμβράνη (μικρό μόριο και χωρίς φορτίο)
- Φορτισμένα μόρια (π.χ. οργανικά οξέα, αμινοξέα και ανόργανα άλατα), τα οποία είναι υδρόφιλα διαπερνούν με ειδικό μηχανισμό: Μεμβρανικές πρωτεΐνες μεταφοράς (μονομεταφορείς, αντιμεταφορείς, συμμεταφορείς)



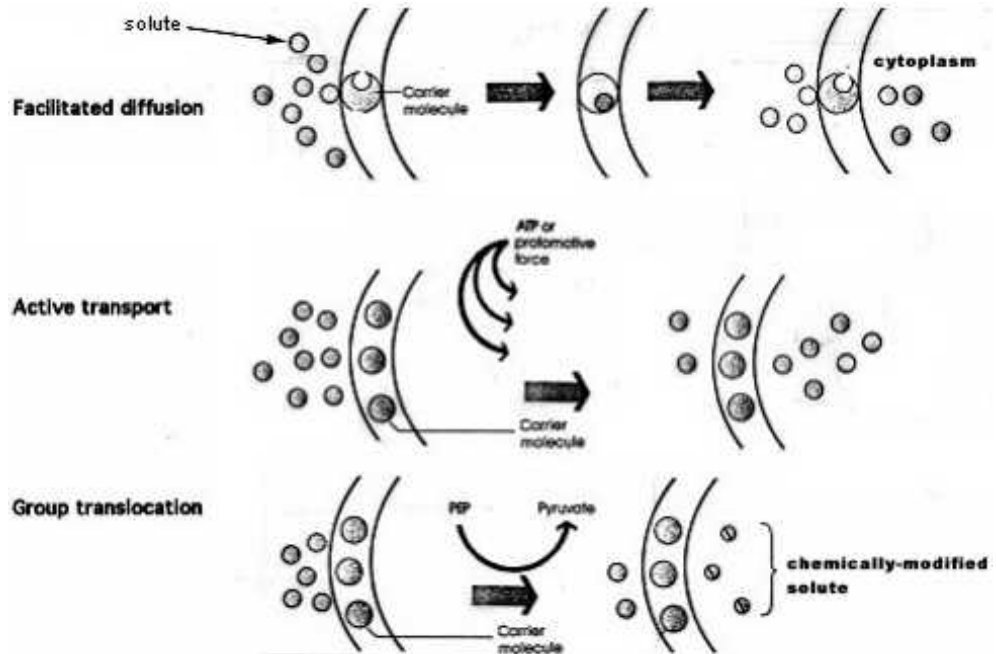
Δεν αρκεί η διάχυση, για την πρόσληψη θρεπτικών συστατικών (χαμηλές συγκεντρώσεις)





# Ενεργή μεταφορά συστατικών στο κύτταρο

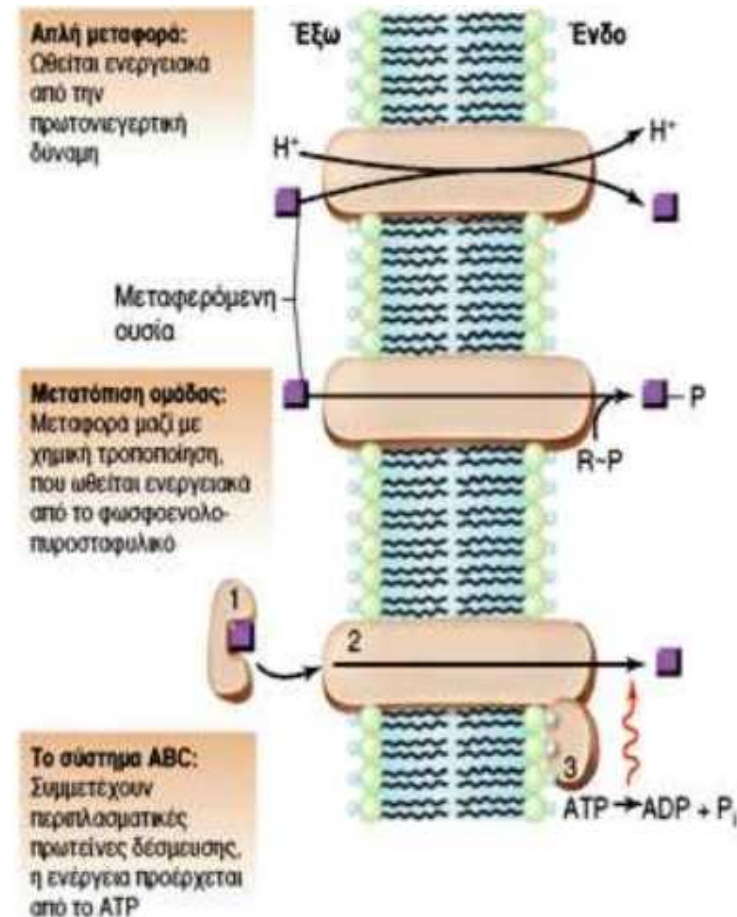
- Για την επίτευξη υψηλής συγκέντρωσης διαλυτών συστατικών μέσα στο κύτταρο απαιτείται ενεργή μεταφορά (active transport) ή κατανάλωση ενέργειας (group translocation)





# Τύποι διαμεμβρανικών συστημάτων μεταφοράς

- Απλοί μεταφορείς & σύστημα μεταφοράς ABC μεταφέρουν χωρίς να τροποποιούν τα υποστρώματά τους χημικώς
- Η μετατόπιση ομάδας οδηγεί σε μεταφορά και συγχρόνως σε χημική τροποποίηση (φωσφορυλίωση) της μεταφερόμενης ουσίας





# Περίπλασμα ή Περιπλασματικός χώρος

- Για τα Gram- αποτελεί σπουδαίας σημασίας δεξαμενή εκκριτικών και άλλων πρωτεϊνών
- Περιέχει την ύλη του κυτταρικού τοιχώματος
- Οι πρωτεΐνες ανωτέρω (~100) εμπλέκονται στην πρόσληψη θρεπτικών ουσιών και στον καταβολισμό
- Περιέχει και διάφορα ένζυμα, όπως ένζυμα που προκαλούν την αποδόμηση των φυτικών ιστών (πηκτινάσες, κυτταρινάσες)



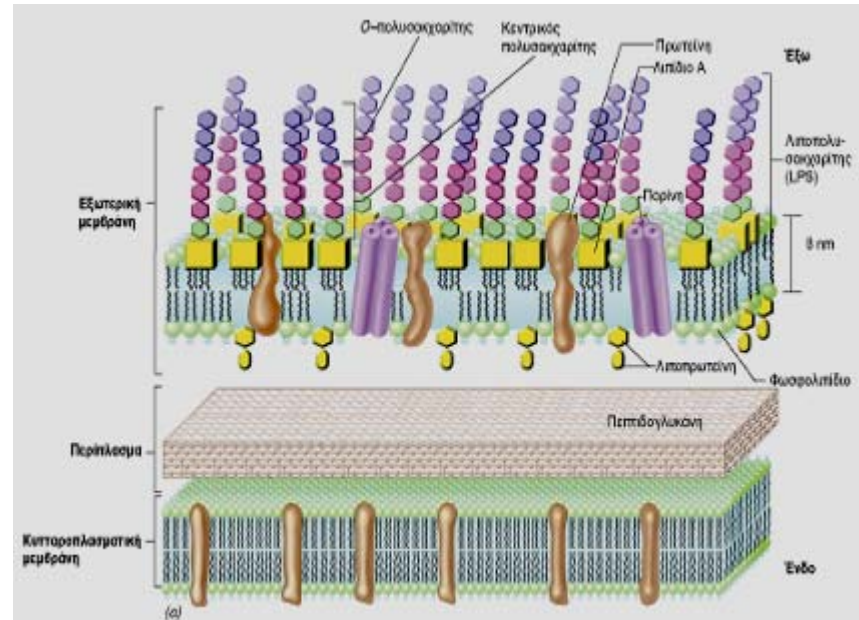
# Εξωτερική μεμβράνη ή επιφανειακή λιποπρωτεΐνη

- Στα Gram-, η οποία περιβάλλει το κυτταρικό τοίχωμα
- Έχει σύμπλοκη δομή από φωσφολιπίδια, λιποπολυσακχαρίτες και διάφορα είδη πρωτεϊνών
- Δεσμεύεται ομοιοπολικά με το στρώμα της πεπτιδογλυκάνης με μία λιποπρωτεΐνη



# Σύνθεση εξωτερικής μεμβράνης κυτταρικού τοιχώματος Gram- βακτηρίων (1)

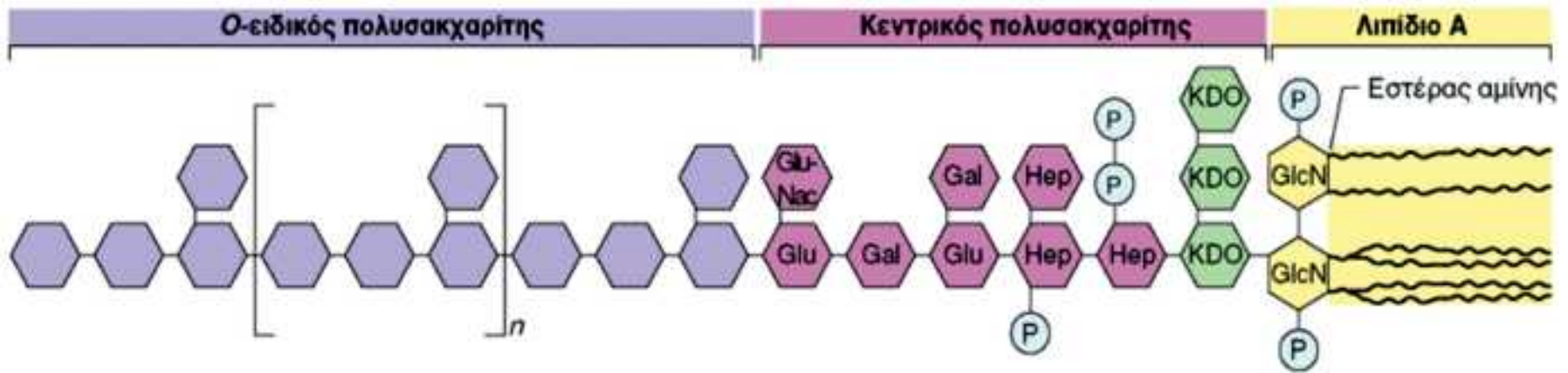
- **Λιποπολυσακχαρίτες (LPS):** μόρια λιπιδίου A συνδέονται με μακριές αλυσίδες υδατανθράκων (κεντρικός πολυσακχαρίτης και O- πολυσακχαρίτης)
- **Πρωτεΐνες:** πορίνες, για μεταφορά υδρόφιλων μικρομοριακών ουσιών
- **Λιποπρωτεΐνες:** άγκυρα μεταξύ εξωτερικής μεμβράνης και πεπτιδογλυκάνης
- **Φωσfolιπίδια:** στο εσωτερικό φύλλο της μεμβράνης





# Σύνθεση εξωτερικής μεμβράνης κυτταρικού τοιχώματος Gram- βακτηρίων (2)

## Δομή λιποπολυσακχαρίτη (LPS)

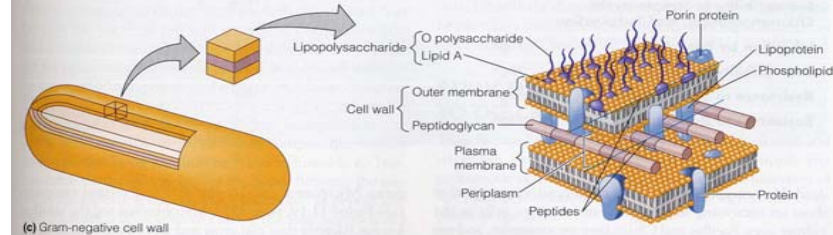
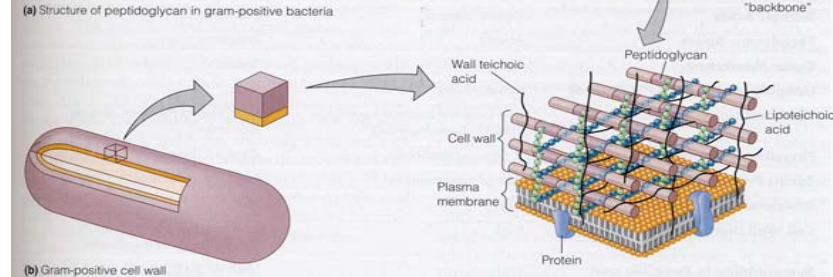
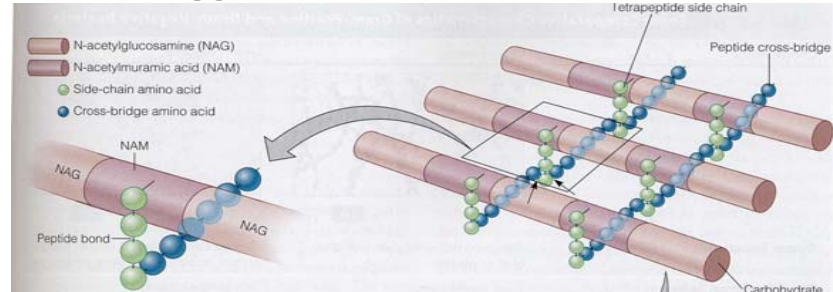
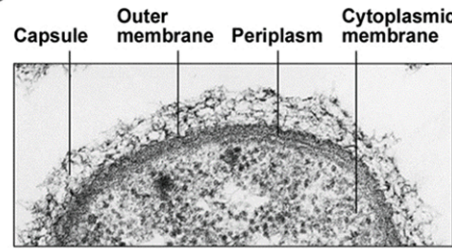
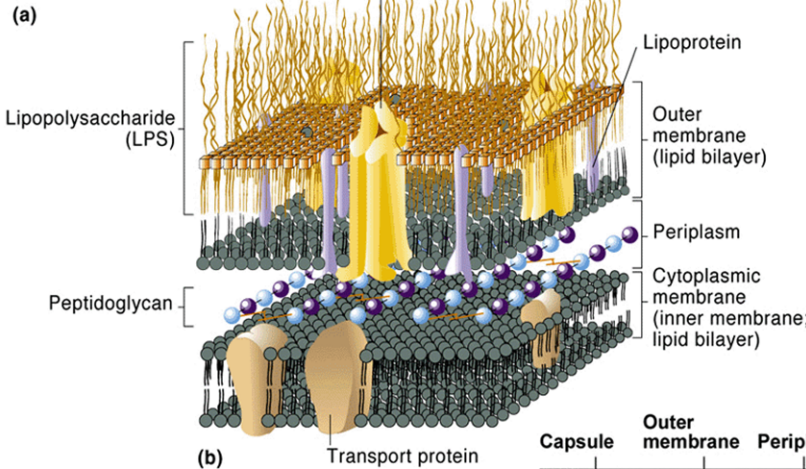
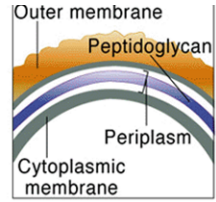


- **Λιπίδιο A:** αντί για γλυκερόλη, μόρια δισακχαρίτη συνδέονται με λιπαρά οξέα





# Σύνθεση εξωτερικής μεμβράνης κυτταρικού τοιχώματος Gram- βακτηρίων (3)



**FIGURE 4.13 Bacterial cell walls.** (a) The structure of peptidoglycan in gram-positive bacteria. Together the carbohydrate backbone (glycan portion) and tetrapeptide side chains (peptide portion) make up peptidoglycan. The frequency of peptide cross-bridges and the number of amino acids in these bridges vary with the species of bacterium. The small arrows indicate where penicillin interferes with the linkage of peptidoglycan rows by peptide cross-bridges. (b) A gram-positive cell wall. (c) A gram-negative cell wall.



# Λειτουργίες εξωτερικής μεμβράνης ή επιφανειακής λιποπρωτεΐνης

- Παρέχουν διαύλους για την παθητική διάχυση των θρεπτικών ουσιών και πρωτεϊνών (κανάλια πρωτεϊνών)
- Αποτελούν φραγμό διαπερατότητας στα αντιβιοτικά, απορρυπαντικά και άλλες τοξικές ουσίες
- Παρέχουν θέσεις υποδοχέων, για τις βακτηριοσίνες και τους βακτηριοφάγους
- Προσδίδουν υδροφιλικότητα στην κυτταρική επιφάνεια





# Κυτταρόπλασμα

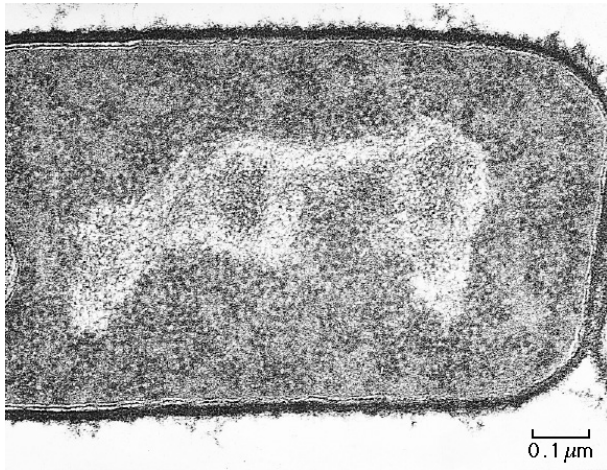
- Ζώσα ύλη κυττάρου ως παχύρρευστο άχρωμο υγρό 75% νερό)με κολλοειδή και κοκκώδη σύσταση
- Χώρος για την πρωτεϊνική σύνθεση και ενεργό μεταβολισμό
- Στο κυτταρόπλασμα βρίσκονται
  - **Εσωτερικά:** ριβοσώματα, μεσοσώματα, διάφορα έγκλειστα, πυρηνική ουσία, ένζυμα & συνένζυμα, ενδιάμεσα μεταβολικά προϊόντα, ανόργανα υποστρώματα
  - **Εξωτερικά:** μαστίγια ή βλεφαρίδες και το έλυτρο (στρώμα γλοιώδους ουσίας)



# Πυρηνοειδές ή Χρωμόσωμα (1)

- Απουσία στον προκαρυώτη πυρήνα και πυρηνικής μεμβράνης
- Κατά την κυτταρική διαίρεση δε λαμβάνει χώρα η μίτωση
- **Γονιδίωμα** είναι το σύνολο των γονιδίων ενός κυττάρου και **Γονίδιο** το τμήμα του DNA που κωδικοποιεί μία πρωτεΐνη
- **Πυρηνοειδές:** γιγαντιαίο κυκλικό μόριο DNA σε μορφή περιελίξεως
- Μικρότερα εξωχρωματοσωμικά μόρια DNA (μαζί με τα πλασμίδια) αποτελούν για το βακτηριακό κύτταρο επιπλέον «γενετικά» συστατικά

# Πυρηνοειδές ή Χρωμόσωμα (2)



- Ένα κυκλικό μόριο DNA και πλασμίδια
- Διπλή έλικα DNA (4000 γονίδια), που περιέχει όλες τις πληροφορίες, για την ανάπτυξη και μεταβολική δραστηριότητα του κυττάρου
- Αναδιπλώνεται και δημιουργεί μια μάζα με διάμετρο 0.2μm, 15-25% του κυτοπλάσματος

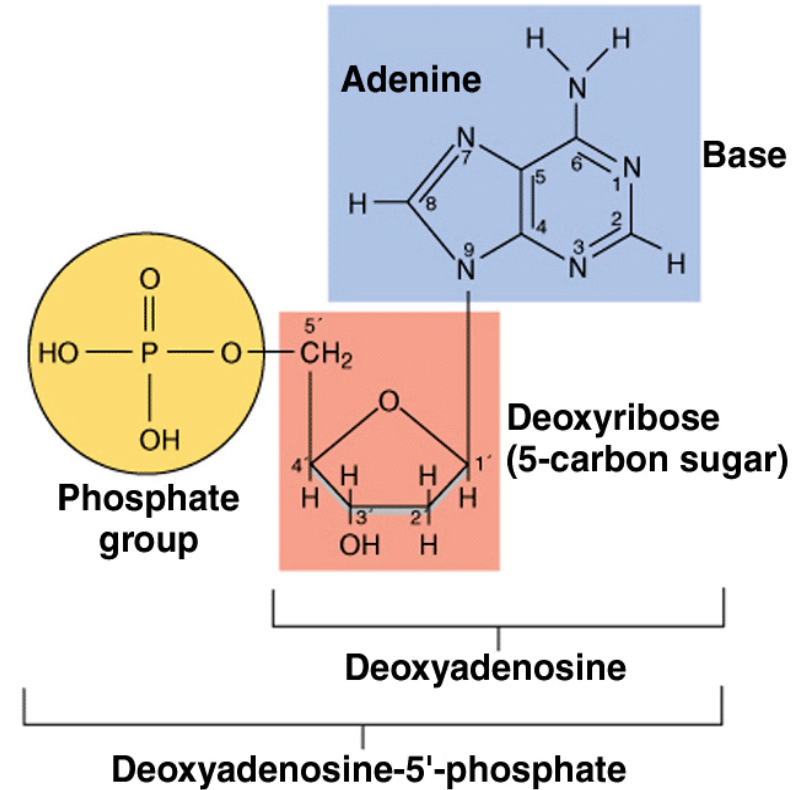
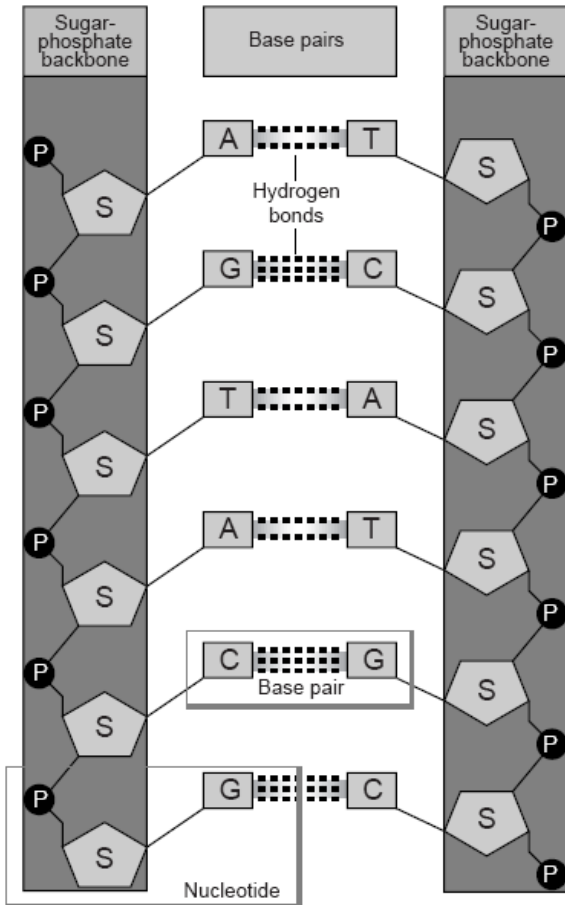


# Οργάνωση γονιδιώματος στο προκαρυωτικό & ευκαρυωτικό κύτταρο

- **Προκαρυωτικό κύτταρο:** συνήθως **κυκλικό** δίκλωνο μόριο DNA («βακτηριακό χρωμόσωμα») που συσσωματώνεται σε μία συμπαγή μάζα (**πυρηνοειδές**); Συνήθως 1 χρωμόσωμα (ήτοι, 1 αντίτυπο από κάθε γονίδιο, άρα **γενετικά απλοειδείς**); Πολλοί προκαρυώτες περιέχουν και **πλασμίδια** (μικρότερα κυκλικά μόρια DNA, που προσδίδουν πρόσθετες ιδιότητες)
- **Ευκαρυωτικό κύτταρο:** είναι στον πυρήνα ως **γραμμικά** μόρια, που συσσωματώνονται με οργανωμένο τρόπο σε χρωμοσώματα; Αριθμός χρωμοσωμάτων ποικίλλει, συνήθως διαθέτουν 2 αντίτυπα από κάθε γονίδιο, άρα **γενετικά διπλοειδείς**

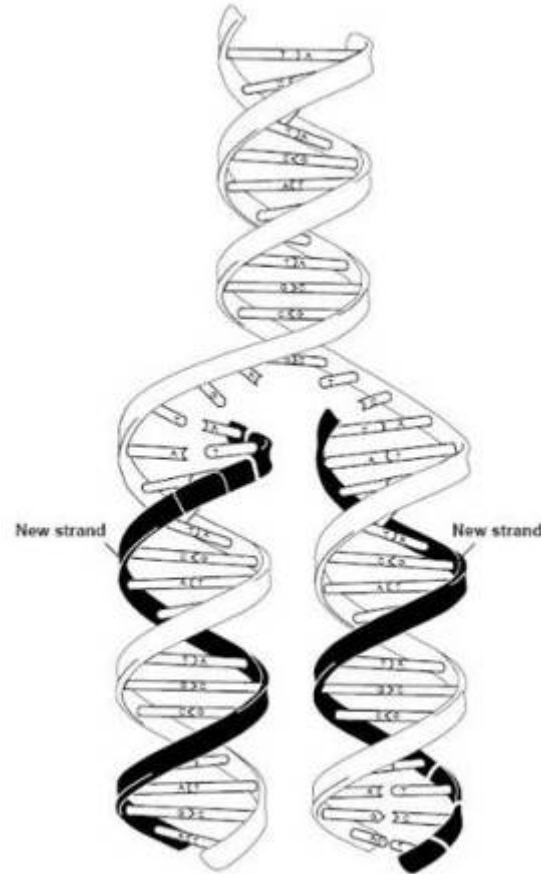
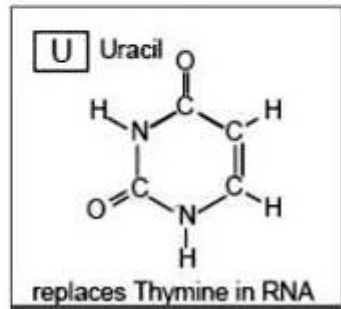
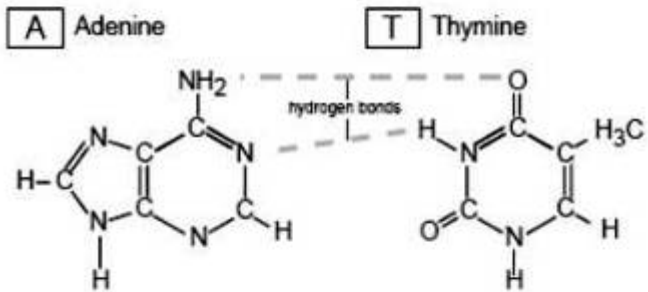
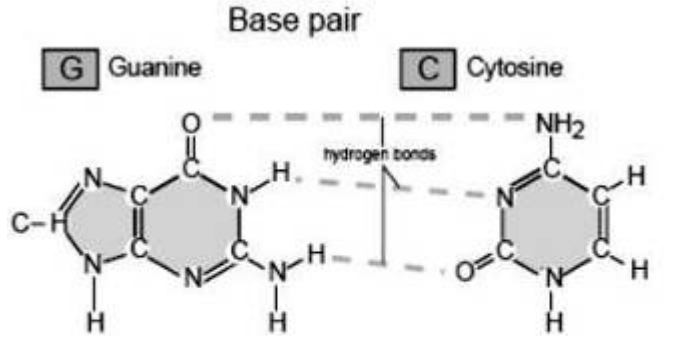


# Διάταξη DNA σε μικροβιακά κύτταρα





# Διάταξη DNA σε μικροβιακά κύτταρα



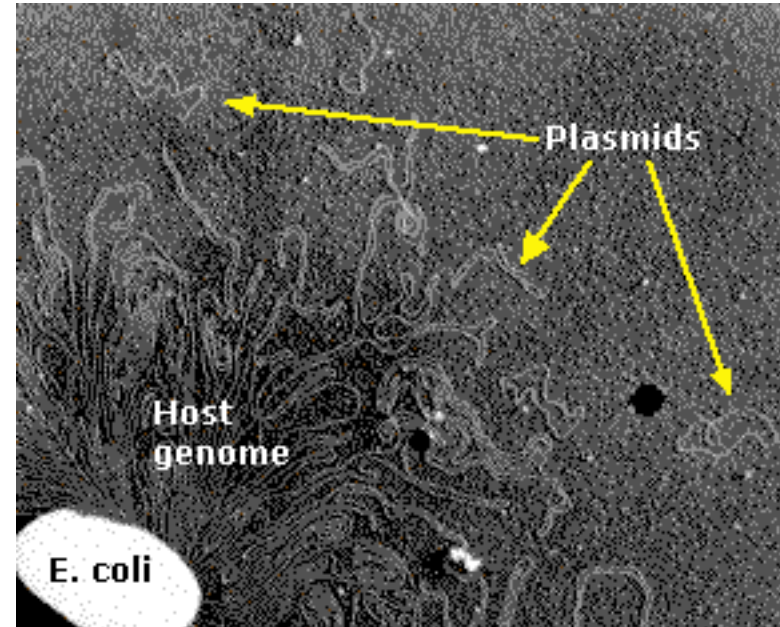
DNA replication





# Πλασμίδια

- Μικρά, αυτοπολλαπλασιαζόμενα ομοιοπολικά κυκλικά μόρια DNA, 5-10 γονίδια (4-200 kb), τα οποία προσδίδουν π.χ. αντοχή σε αντιβιοτικά, ικανότητα μεταφοράς μεταξύ βακτηρίων
- Τα συζευκτικά & μη-συζευκτικά πλασμίδια δεν είναι απαραίτητα για τη ζωή των βακτηρίων, ωστόσο περιέχουν γόνους που συνδέονται με σημαντικές ιδιότητες, π.χ. παθογένεση, παραγωγή βακτηριοσινών, φυλετικοί παράγοντες, αντοχή σε αντιβιοτικά & βαρέα μέταλλα, αντοχή σε βακτηριοφάγους και αντοχή στο UV





# Ριβοσώματα

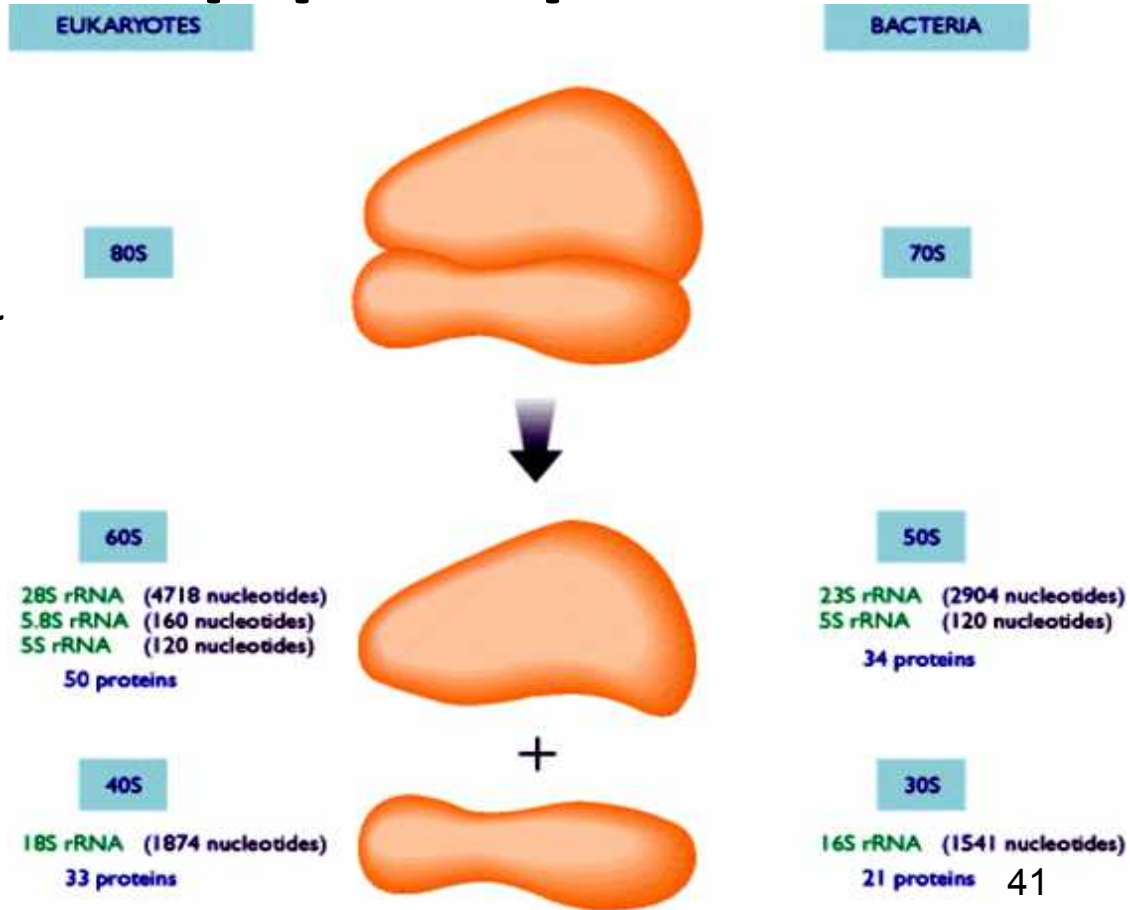
- Μικρά σχετικώς οργανίδια (μικροσκοπικοί κόκκοι 10-30 nm) αποτελούμενα από πρωτεΐνη & RNA
- Συντελούν στη σύνθεση των πρωτεϊνών
- Σε κάθε βακτηριακό κύτταρο δεκάδες χιλιάδων ριβοσώματα ενωμένα σε αλυσίδες (**πολυσώματα**)
- Ριβοσώματα προκαρυωτών: **70S** (μονάδα Svedberg) από δύο μικρότερες υπομονάδες 30S & 50S [τα ριβοσώματα των ευκαρυωτών είναι 80S (40S & 60S)]; Δομικές διαφορές ροβωμάτων ευκαρυωτών-προκαρυωτών είναι σημαντική κατά τη χρήση αντιβιοτικών





# Σύνθεση ευκαρυωτικών & βακτηριακών ριβοσωμάτων

- Μικρά σφαιρικά σωματίδια από πρωτεΐνη και RNA, διαμέτρου ~25 nm και με ρόλο τη σύνθεση πρωτεϊνών
- Μεγάλος αριθμός σε κάθε κύτταρο
- Χρώση με μπλε του μεθυλενίου





# Έγκλειστα κυττοπλάσματος (1)

- Κόκκοι αποθησαυριστικών ουσιών (π.χ. γλυκόζης, αμύλου, λιπιδίων, ανόργανων ουσιών) ή «αποθήκες» ενέργειας
- **Μεταχρωματικοί κόκκοι:** αποθήκες φωσφόρου (κυριως) και ενέργειας. Χρωματίζονται κόκκινα με μπλε χρωστικές, όπως μπλε του μεθυλενίου
- **Κόκκοι πολυσακχαρικής φύσης:** από γλυκογόνο (καφεκόκκινοι) ή άμυλο (μπλε). Χρώση ιωδίου
- **Λιπιδικά έγκλειστα:** από λιπαρές ουσίες [συνήθως ΡΗΒ (πολυ-β-υδροξυβουτυρικό οξύ) στα βακτήρια]



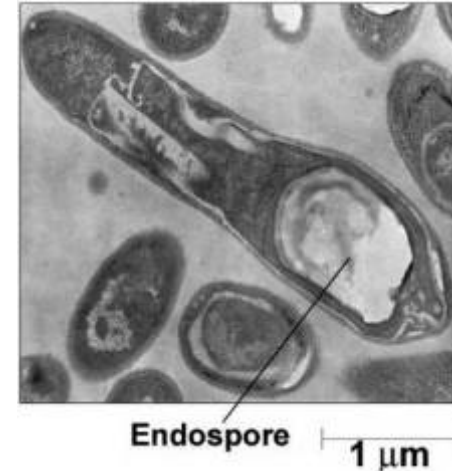
# Έγκλειστα κυττοπλάσματος (2)

- **Έγκλειστα θείου:** παράγουν ενέργεια από την οξείδωση του θείου
- **Καρβοξυσώματα:** χρησιμοποιούν το  $\text{CO}_2$  ως πηγή άνθρακα και περιέχουν το ένζυμο καρβοξυλάση, για τη διάσπαση του  $\text{CO}_2$
- **Κυστίδια αερίου:** σε μ/ο υδάτινου περιβάλλοντος, που βοηθούν τα βακτήρια να επιπλέουν, ώστε να βρίσκουν ικανοποιητικές ποσότητες φωτός και οξυγόνου



# Βακτηριακά σπόρια (ενδοσπόρια)

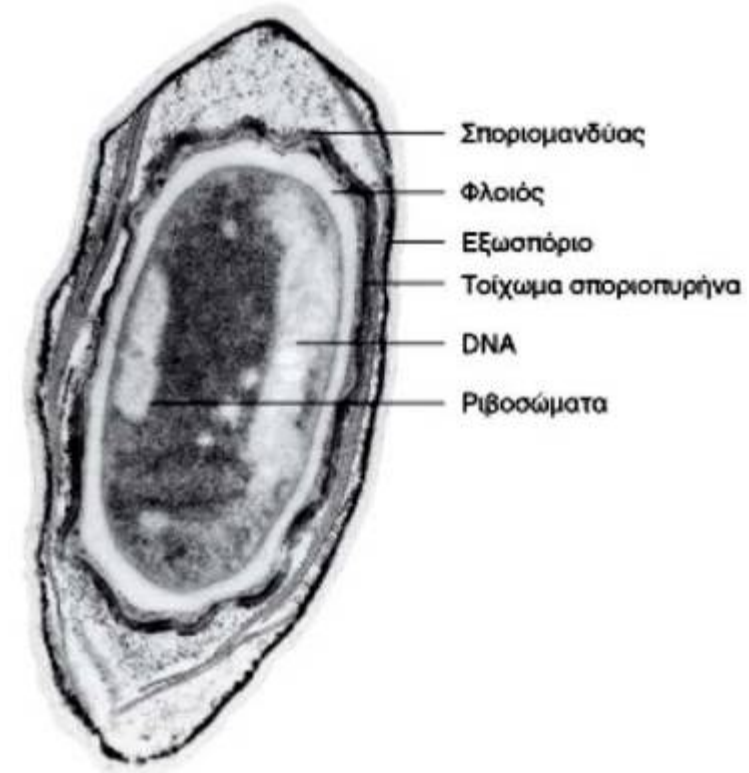
- Παράγονται συνήθως από εδαφογενή βακτήρια (π.χ. *Bacillus*)
- Όργανα διαχειμάνσεως με μεγάλη αντοχή στις δυσμενείς συνθήκες περιβάλλοντος (θέρμανση, χημικά αντιδραστήρια, κατάψυξη, ακραίες τιμές pH, αφυδάτωση, ακτινοβολία, λυοφιλίωση, χαμηλές ενεργότητες ύδατος)
- **Φυτοπαθογόνα βακτήρια δεν σχηματίζουν ενδοσπόρια**





# Δομή ενδοσπορίου (1)

- Σχηματίζονται μέσα στο κύτταρο
- Δομικά πολυπλοκότερο από το βλαστικό κύτταρο
- **Εξωσπόριο**: πρωτεϊνικό κάλυμμα
- **Σποριομανδύας**: πρωτεϊνική φύση
- **Φλοιός**: πεπτιδογλυκάνη
- **Σποριοπυρήνας**: κυτταρικό τοίχωμα, κυτταροπλασματική μεμβράνη, κυτταρόπλασμα, πυρηνοειδές
- Ενδοσπόρια υπάρχει **πολύ ασβέστιο** (σύμπλοκο ασβεστίου-διπικολινικού οξέος)





# Σποριοπυρήνας ενδοσπορίου

- Υπάρχει το διπικολινικό οξύ, που δεν υπάρχει στα βλαστικά κύτταρα
- Έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό (15%), πολύ χαμηλή μεταβολική δραστηριότητα, θερμοανθεκτικότητα
- pH: 1 μονάδα χαμηλότερη (5.5-6)
- Περιέχονται οι πρωτεΐνες SASP (μικρές οξεοδιαλυτές σποριοπρωτεΐνες), για προστασία DNA, πηγή άνθρακα και ενέργειας

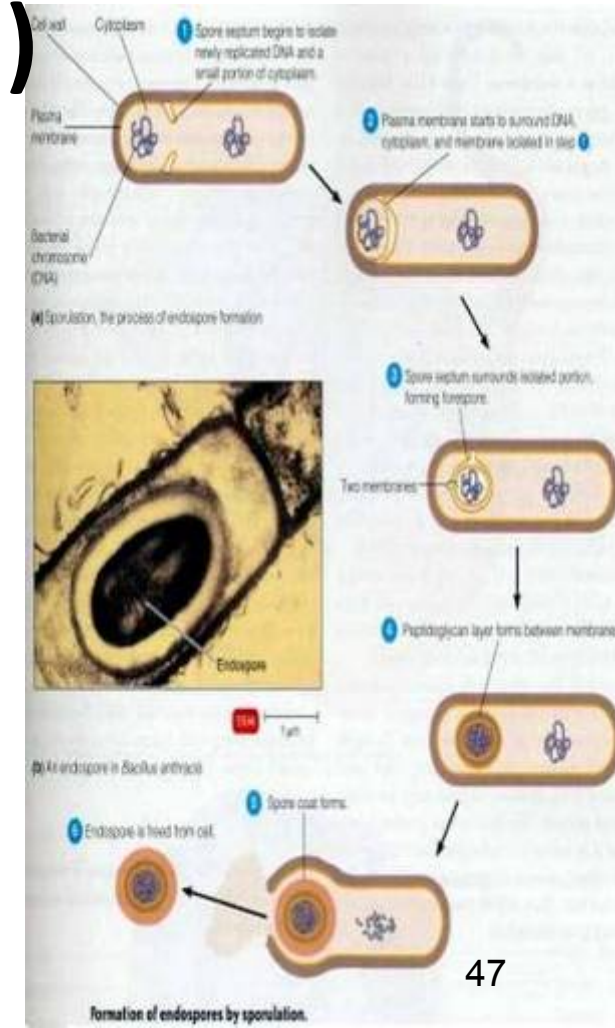


Τρόπος διασύνδεσης  $\text{Ca}^{2+}$  & μορίων DPA για το σχηματισμό συμπλόκου



# Διαδικασία σπορίωσης (κυτταρική διαφοροποίηση)

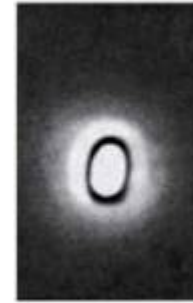
- Λαμβάνει χώρα, όταν η αύξηση ανασταλεί
- Για την σπορίωση στο *B. subtilis*, συμμετέχουν 200 γονίδια και γίνεται σε 8 ώρες
- Περιβαλλοντικό έναυσμα ενεργοποιεί ειδικά γονίδια
- Το σπόριο δημιουργείται μέσα στο κύτταρο, λύση του κυττάρου, το σπόριο εξέρχεται στο περιβάλλον και διατηρείται εκεί μέχρι να βρει τις κατάλληλες συνθήκες για να βλαστήσει και να δώσει νέο βλαστικό κύτταρο (αίτια φυσικοχημικά)



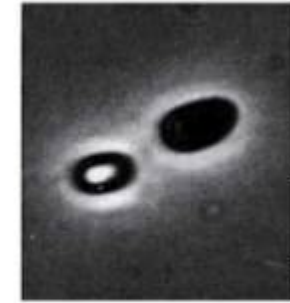


# Εκβλάστηση σπορίου

- Ενεργοποίηση (π.χ. με θέρμανση)
- Εκβλάστηση (απώλεια αντοχής, εξάντληση διπικολινικού ασβεστίου, αποικοδόμηση των SASP)
- Αυξητική έκρηξη (διόγκωση λόγω πρόσληψης ύδατος, σύνθεση RNA, DNA και πρωτεϊνών)
- Σποριομανδύας διαρρηγνύεται και αναδύεται το βλαστικό κύτταρο



(α)



(β)



(γ)



(δ)

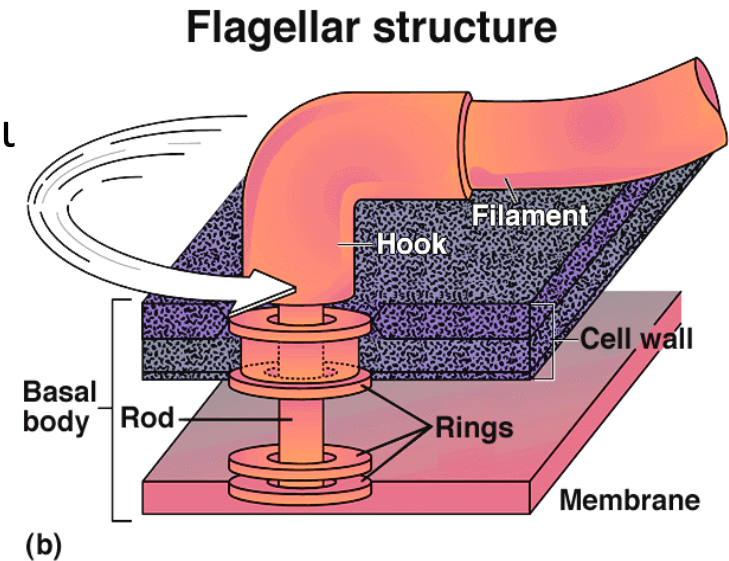
Σταδιακή μετατροπή ώριμου ενδοσπορίου (α) σε βλαστικό κύτταρο (δ) [αυξητική έκρηξη σε (β) & (γ)]





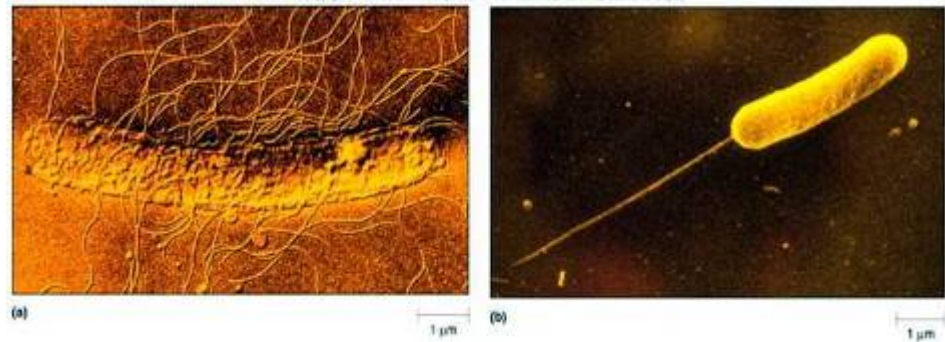
# Μαστίγια (flaggela)

- Συμβάλλουν στην **ενεργό (μετα)κίνηση** βακτηρίου εντός υγρών μέσων
- Λεπτές νηματοειδείς μορφές που συντίθενται από μία απλή πρωτεΐνη, την **φλαγγελίνη**
- Εκτείνονται από την κυττοπλασματική μεμβράνη μέσω του κυτταρικού τοιχώματος
- Μήκος 15-20 $\mu\text{m}$ , διάμετρος 0.1-0.7  $\mu\text{m}$  (hanging drop technique, motility agars)
- Θέση πρόσφυσης στο κύτταρο & αριθμός τους αποτελούν διαγνωστικά χαρακτηριστικά και ταυτοποίησης βακτηρίων



# Τύποι βακτηρίων βάσει μαστιγίων

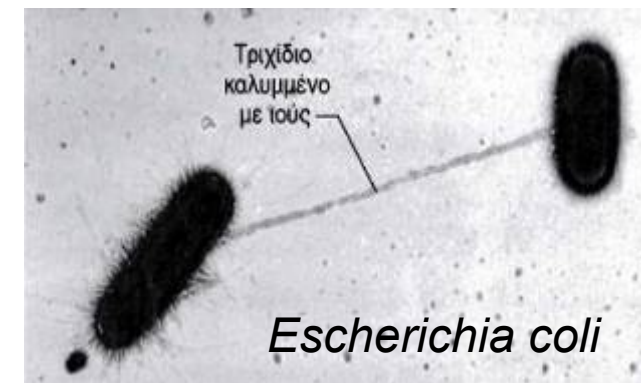
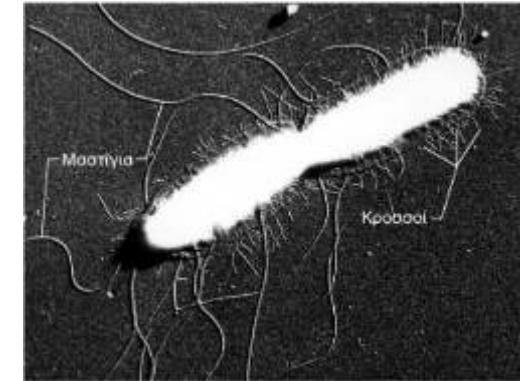
- Πολικός τύπος (μονότριχα ή αμφίτριχα), περίτριχος τύπος, λοφίοτριχος τύπος
- Κίνηση γίνεται και με ολίσθηση (απαιτείται στερεή επιφάνεια; Αποικίες ιδιαίτερης μορφολογίας)





# Τριχίδια ή Ινίδια ή Σμήριγγες (fibri ή pili ή fimbriae) & Κροσσοί

- Νηματοειδείς κατασκευές πρωτεϊνικής φύσεως μήκους 0.2-2  $\mu\text{m}$  & διαμέτρου 0.02  $\mu\text{m}$
- Μικρότερα από τα μαστίγια και **δεν συνδέονται με την κίνηση**, αλλά συμβάλλουν στην προσκόλληση κατά τη σεξουαλική συνένωση και λειτουργούν ως εξειδικευμένες περιοχές αναγνώρισης & προσκόλλησης από ιούς
- Τριχίδια είναι μακρύτερα από τους κροσσούς; Σε κάθε κύτταρο υπάρχουν ελάχιστα (συνήθως ένα)
- Κυρίως σε Gram- βακτήρια (π.χ. Enterobacteriaceae, *Pseudomonas*)





# Ρόλοι Τριχιδίων & Κροσσών

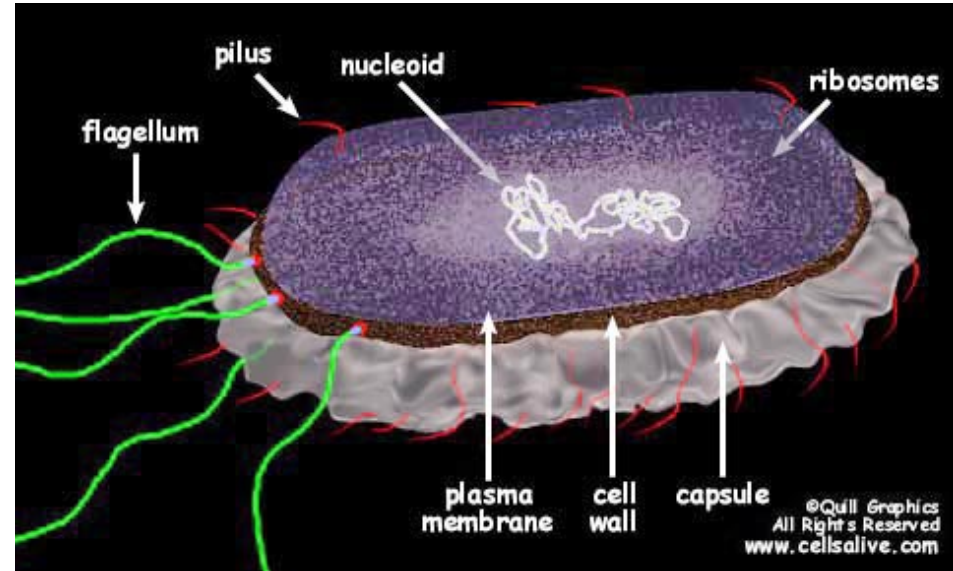
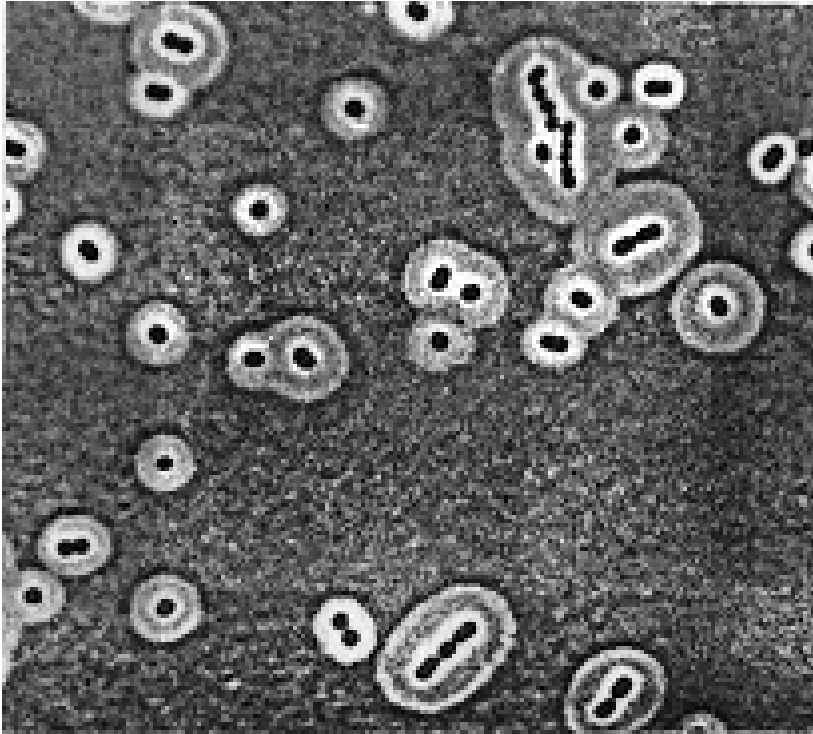
- Προσκόλληση σε επιφάνειες
- Προσκόλληση μεταξύ τους (*Pseudomonas*, επιπλέουν στις υδατικές επιφάνειες)
- Προσκόλληση σε ζωντανά κύτταρα (ασθένειες)
- Μεταφορά γενετικού υλικού μέσω φυλετικών τριχιδίων



# Κάψα & Βλέννα (1)

- Παραγωγή εκκρίσεων, που εξέρχονται από το κυτταρικό τοίχωμα και δημιουργούν επιφανειακές στρώσεις εκκρίσεων
- **Σύσταση:** εξαρτάται από την πηγή άνθρακα (εξωκυτταρικοί πολυσακχαρίτες/EPS ή πολυπεπίδια)
- Εάν οι στρώσεις αυτές είναι πυκνές και σταθερά προσαρτημένες στο κυτταρικό τοίχωμα και ορατές στο μικροσκόπιο (σαφές περιθώριο), καλούνται **κάψες ή έλυτρα (capsule)**
- Εάν διαχέονται γύρω από το κύτταρο (υδατοδιαλυτή και χαλαρή στοιβάδα με ασαφές περιθώριο) καλούνται **βλέννα ή βλεννοστοιβάδα ή ιξώδες στρώμα (slime layer)**

# Κάψα & Βλέννα (2)





# Ρόλοι Κάψας & Βλέννας

## (εξωκυτταρικοί πολυσακχαρίτες)

- Προστασία από αφυδάτωση
- Διευκολύνει την προσκόλληση σε επιφάνειες (σε ξενιστές)
- Συσσωμάτωση κυττάρων
- Άμυνα σε αντιβιοτικά
- Προστασία από απώλεια θρεπτικών συστατικών
- Προστασία από βακτηριοφάγους





# Γλυκοκάλυκας (glycocalyx)

- Είναι τύπος ελύτρου από πολυσακχαρίτες, κυρίως δεξτράνες (πολυμερή γλυκόζης) & λαβάνες (πολυμερή φρουκτόζης) ως λεπτό στρώμα περιπλεγμένων ινών
- Παρατηρείται σχεδόν πάντα στην επιφάνεια των κυττάρων στη φύση, όμως όχι πάντα όταν αναπτύσσονται στο εργαστήριο σε θρεπτικά υποστρώματα (τα ελυτροφόρα βακτήρια σχηματίζουν αποικίες, οι οποίες φαίνονται σα γυαλιστερές γλοιώδεις μάζες)





# Μεσοσώματα

- Εσωτερικές πτυχώσεις της πρωτοπλασματικής μεμβράνης, της οποίας αυξάνουν την επιφάνεια



# Ταξινόμηση βακτηρίων



# Τρόποι ταξινόμησης βακτηρίων

- Βασικός τρόπος διάκρισης των γενών στηρίζεται στην ικανότητά τους να χρωματίζονται ή όχι με τη χρωστική Gram
- Αυτά που διαφορίζουν τα ταξινομικά αθροίσματα των βακτηρίων είναι τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους και των αποικιών τους και κυρίως οι τροφικές, φυσιολογικές, βιοχημικές, γενετικές και φυτοπαθολογικές ιδιότητές τους
- Τελευταία συμβάλλουν θετικά ως προς την κατεύθυνση της ταξινόμησης των βακτηρίων σε διακριτά γένη & είδη και οι τεχνικές της μοριακής βιολογίας (PCR, AFLP, RAPDS κ.λπ.)



# Χρώση Gram

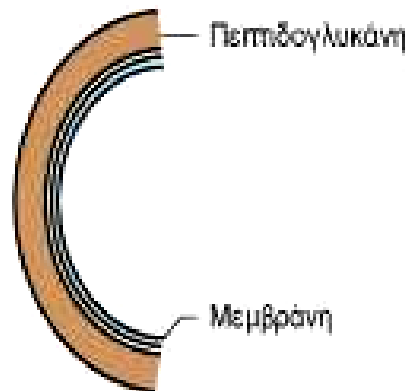
- Διάκριση σε δύο κατηγορίες: Gram+ & Gram-
- Τα Gram+ διατηρούν το συνδυασμό της χρωστικής του κρυσταλλικού ιώδους με το ιώδιο, γιατί δημιουργείται σύμπλοκο με συγκεκριμένα συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος και του κυττοπλάσματός τους, αποκτώντας ιώδες χρώμα
- Τα Gram- **δεν** αποκτούν αυτή τη σχέση συμπλόκου των δομικών συστατικών τους με το συνδυασμό χρωστικής-ιωδίου, η οποία αποπλένεται με την αιθανόλη, καθιστώντας τα βακτήρια σχεδόν άχρωμα ή πορφυρά να έχει προστεθεί στην όλη διαδικασία δεύτερη χρωστική
- **Φυτοπαθογόνα βακτήρια: Gram-** (γένη *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Erwinia*, *Agrobacterium*, *Xyllela*); **Μόνο τα *Clavibacter* & *Curtobacterium*, *Bacillus* (ραβδοειδή) είναι Gram+** (και οι κόκκοι είναι Gram+)



# Χρώση Gram: Gram+ & gram-

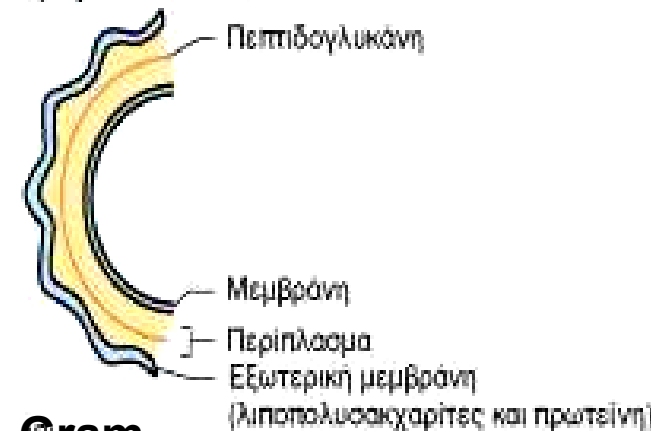
- **Gram+:** κυρίως πεπτιδογλυκάνη (>50% του ξηρού βάρους του κυτταρικού τοιχώματος), αλλά και τειχικά οξέα
- **Gram-:** πολύ λιγότερη πεπτιδογλυκάνη (1/10 των Gram+) και παρουσία εξωτερικής μεμβράνης; Απουσία τειχικών οξέων, πολύ πιο αδύναμο κυτταρικό τοίχωμα

Θετικό κατά Gram



**Gram+**

Αρνητικό κατά Gram



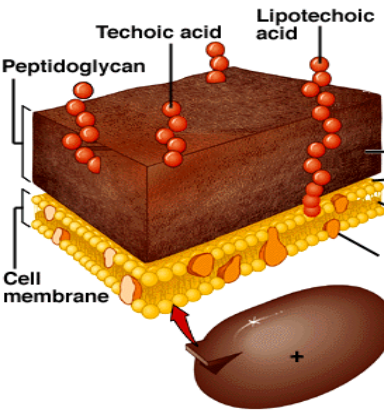
**Gram-**



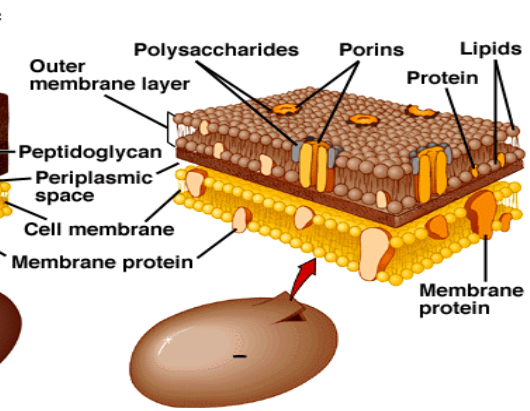
# Χρώση Gram & Δομή ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

## Gram (+) and Gram (-) cell walls

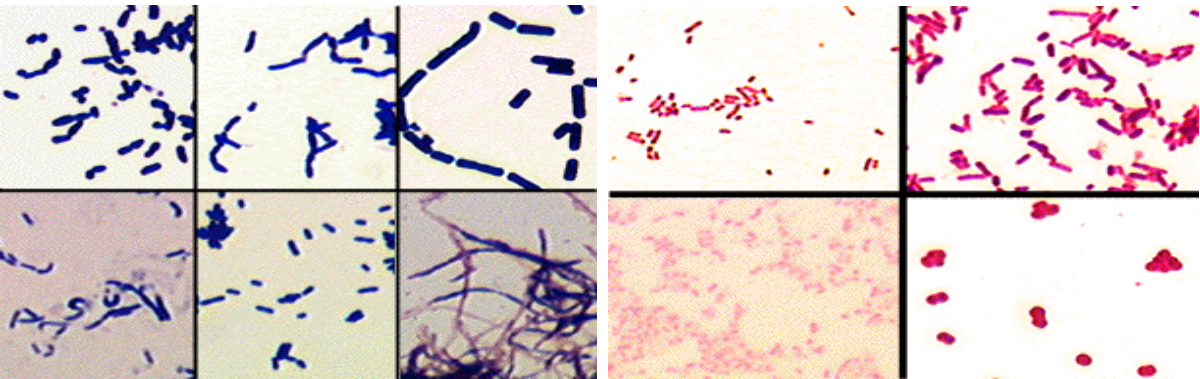
Gram Positive



Gram Negative



Το κλειδί  
στη  
διαφορική  
αυτή  
χρώση  
είναι η  
αιθανόλη



επίχρωση κυττάρων με κρυσταλλικό ιώδες επί 1 min

Όλα τα κύτταρα αποκτούν πορφύρο χρώμα

**Βήμα 2**

Προσθέστε διάλυμα ιωδίου επί 3 min

Όλα τα κύτταρα παραμένουν πορφύρα

**Βήμα 3**

Αποχρωματίστε με αλκοόλη -περί τα 20 sec

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

**Βήμα 4**

Εφαρμόστε την αντιχρωστική σαφρανίνη, επί 1-2 min

Τα θετικά κατά Gram κύτταρα (G<sup>+</sup>) είναι πορφύρα, τα αρνητικά κατά Gram (G<sup>-</sup>) είναι ρόδινα-ερυθρά

(α)



# Υποείδη, Παθότυποι, Φυλές βακτηρίων

- Παθότυπος (pathovar): Χρήση για την περιγραφή μίας απομόνωσης, φυλής ή ομάδας απομονώσεων με ίδια ή παρόμοια χαρακτηριστικά, που διαφοροποιούνται σε υπερεξειδικευμένο επίπεδο από άλλες απομονώσεις του ίδιου είδους ή υποείδους με βάση την εξειδικευμένη παθογένεια σε ένα ή περισσότερα φυτά-ξενιστές
- Ενδεχόμενες διαφορές σε βιοχημικό ή ορολογικό επίπεδο ή σε χαρακτήρες μη-παθογένειας και όχι (συνήθως) ως προς τη συμπτωματολογία της βακτηρίωσης
- Συμβολισμός παθότυπου: pv.; Συμβολισμός υποείδους: subsp.
- Φυλές προσδιορίζονται μέσω της χρήσης διαφοριζουσών ποικιλιών των φυτών, που μπορεί να είναι ποικιλίες ή άλλο γενετικό άθροισμα, και κατονομάζονται με γράμματα ή αριθμούς



# Σύγχρονη ταξινόμηση βακτηρίων

## προκαρυώτες με κυτταρικό τοίχωμα & κυτταρική μεμβράνη

- Φύλο: Gracilicutes
  - Κλάση: Proteobacteria
    - Οικ. Enterobacteriaceae (*Erwinia, Pantoea*)
    - Οικ. Pseudomonaceae (*Pseudomonas, Acidovorax, Ralstonia, Xanthomonas, Xylophilus*)
    - Οικ. Rhizobiaceae (*Agrobacterium, Xylella*)
- Φύλο: Firmicutes
  - Κλάση: Firmibacteria
    - *Bacillus, Clostridium*
  - Κλάση: Thallobacteria
    - *Clavibacter, Curtobacterium, Rhodococcus, Rathayibacter, Streptomyces*





# Αναπαραγωγή των βακτηρίων

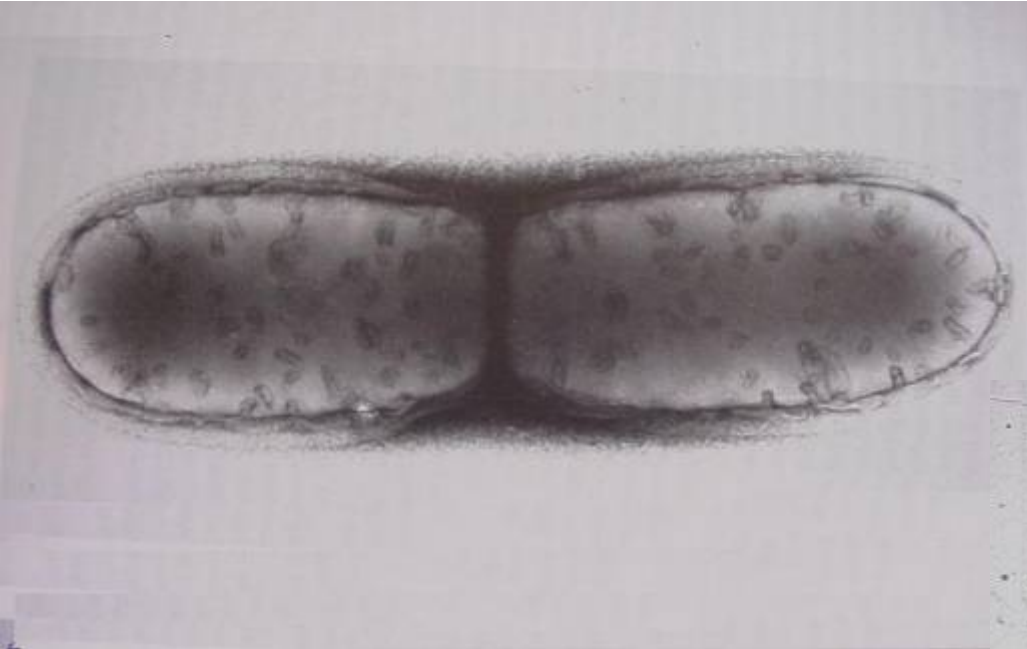


# Αναπαραγωγή των βακτηρίων

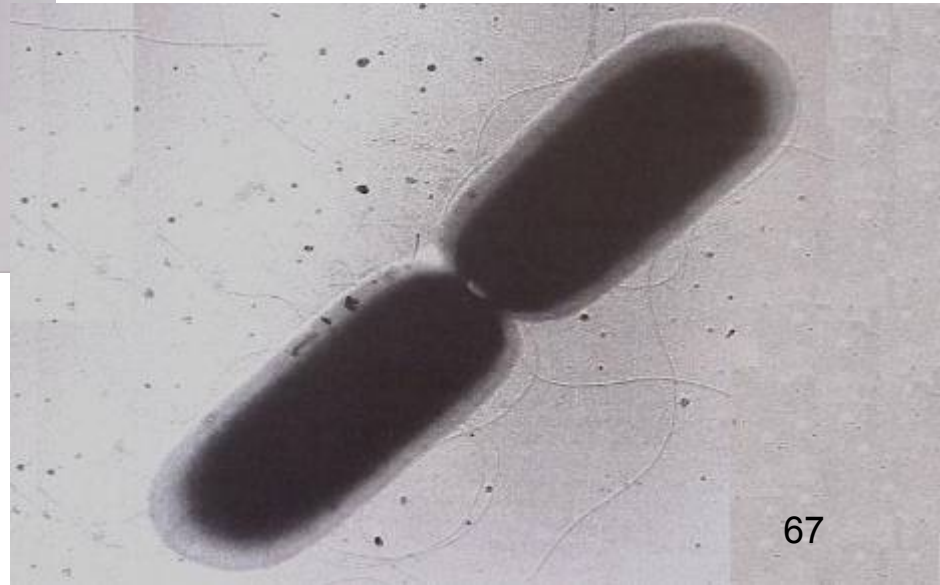
- Αγενώς με απλή διχοτόμηση (η πυρηνική ουσία και το κυτταρόπλασμα χωρίζονται σε δύο ίσα μέρη)
- Σχηματισμός εσοχής από την κυτταρική μεμβράνη προς το κέντρο του κυττάρου, που οδηγεί σε μεμβρανοειδή διχοτόμηση του κυτταροπλάσματος σε 2 περίπου ίσα μέρη
- Ακολούθως, δύο στρώσεις συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος, σε συνέχεια με το εξωτερικό κυτταρικό τοίχωμα, συντίθενται μεταξύ των δύο στρώσεων της κυτταρικής μεμβράνης
- Όταν ο σχηματισμός των κυτταρικών τοιχωμάτων έχει ολοκληρωθεί, οι δύο στρώσεις διαχωρίζονται δημιουργώντας δύο νέα κύτταρα



# Αναπαραγωγή των βακτηρίων



**Αγενώς, με απλή  
διχοτόμηση των  
βακτηριακών  
κυττάρων**





# Αναπαραγωγή των βακτηρίων

- Το DNA οργανώνεται σε μία κυκλική κατασκευή, η οποία διπλασιάζεται και διανέμεται σε δύο ίσα μέρη στα κύτταρα που σχηματίστηκαν από τη διαίρεση του ενός
- Τα πλασμίδια, επίσης, διπλασιάζονται και διαιρούνται εξίσου στα δύο κύτταρα
- **Τρόποι ανταλλαγής γενετικού υλικού:** βακτηριακή σύζευξη, μέσω ήπιων βακτηριοφάγων κατά τη μεταγωγή, μεταμόρφωση (πρόσληψη ελεύθερου βακτηριακού DNA από άλλα κύτταρα)



# Αναπαραγωγή των βακτηρίων

- Πολλά βακτήρια αναπαράγονται κάθε 20-30 min
- Θεωρητικά, σε ένα 24ωρο πληθυσμός απογόνων της τάξεως 10 τρισεκατομμύρια
- Ανάσχεση των βακτηριακών πληθυσμών, λόγω (i) έλλειψης ή εξάντλησης του υποστρώματος; (ii) ανταγωνισμού; (iii) παραγωγής τοξινών από τα ίδια τα βακτήρια; (iv) μεταβολές του pH



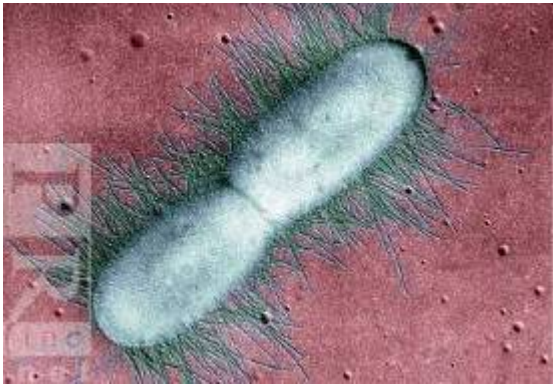
# Στάδια μικροβιακής αύξησης (growth) πολλαπλασιασμός μικροβιακών κυττάρων

- 1. Μεγέθυνση της μάζας** του βακτηριακού κυττάρου μέσω των χημικών αντιδράσεων
  - Αντιδράσεις βιοσύνθεσης απλών μορίων, συμπαραγόντων και συνενζύμων,
  - Αντιδράσεις πολυμερισμού (σχηματισμός μεγαλομορίων)
  - Συναρμολόγηση των μακρομορίων σε κυτταρικές δομές (π.χ. κυτταρικό τοίχωμα, μεμβράνες, ριβοσώματα, πρωτεΐνες, μαστίγια)
- 2. Κυτταρική διαίρεση** με αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των κυττάρων

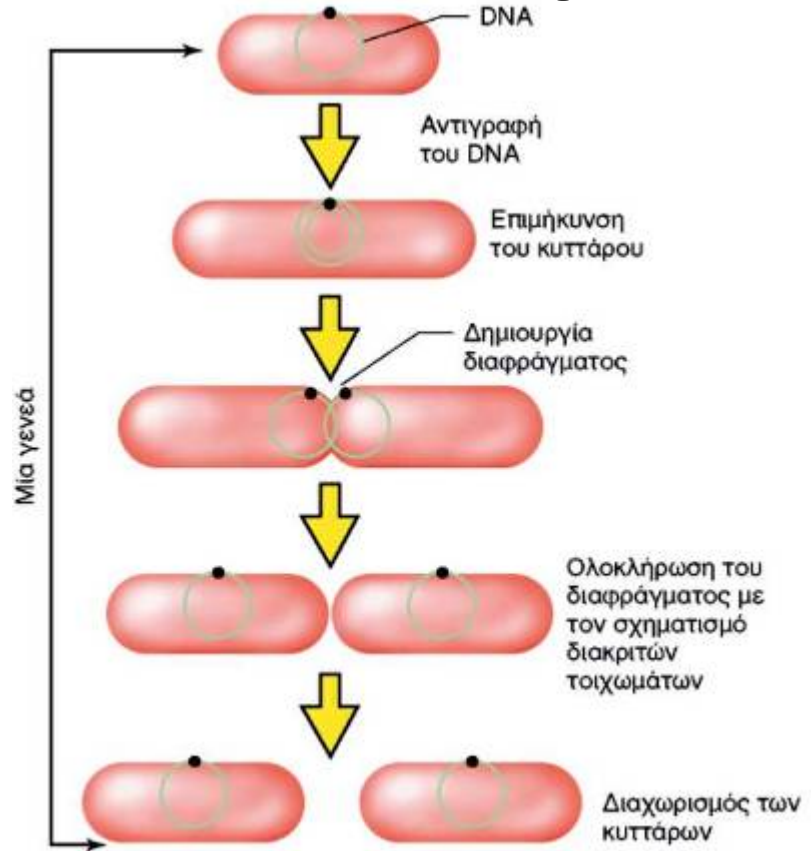


# Αύξηση βακτηριακών κυττάρων

Το μητρικό κύτταρο αυξάνεται σε μέγεθος & μάζα και τελικά διαιρείται σε δύο θυγατρικά κύτταρα (διχοτόμηση, binary fission)



*Escherichia coli* σε αρχικό στάδιο διχοτόμησης; Χρόνος κυτταρικής διαίρεσης: 20 λεπτά στους 37°C; 40 min στους 25°C)



Διαδικασία διχοτόμησης ραβδόμορφου προκαρυώτη 71

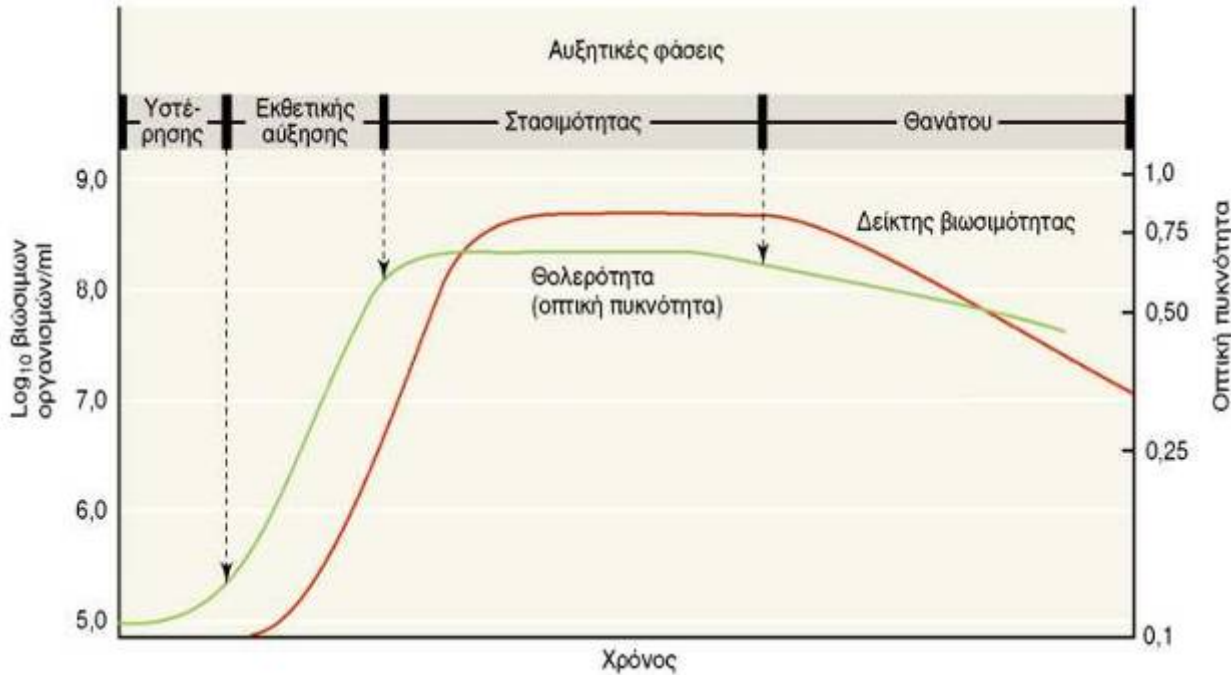


# Πληθυσμιακή αύξηση μονοκύτταρων μικροοργανισμών

- **Ορισμός:** αύξηση του αριθμού των μικροβιακών κυττάρων του πληθυσμού με αποτέλεσμα την αύξηση της **βιομάζας** (κυτταρικής μάζας)
- **Ρυθμός αύξησης:** η μεταβολή του αριθμού των μικροβιακών κυττάρων ή της βιομάζας στην μονάδα του χρόνου
- **Ειδικός ρυθμός αύξησης ( $\mu$ ):** μονάδες της νέας βιομάζας, που παράγεται στη μονάδα του χρόνου
- **Χρόνος διπλασιασμού ή χρόνος γενεάς (generation time):** ο χρόνος που απαιτείται για τη δημιουργία μιας νέας γενεάς, δηλαδή για διπλασιασμό του πληθυσμού; Κυμαίνεται από μερικά λεπτά έως μερικές ώρες (μ.ο. σε βακτήρια: 30 min) και είναι σταθερός για κάθε οργανισμό που αναπτύσσεται σε άριστες (optimum) συνθήκες (θρεπτικά συστατικά, θερμοκρασία, pH, aw)



# Κλειστό σύστημα (batch culture)



Καμπύλη ανάπτυξης σε **κλειστό σύστημα** βακτηριακής ανάπτυξης



# Κλειστό σύστημα (batch culture)

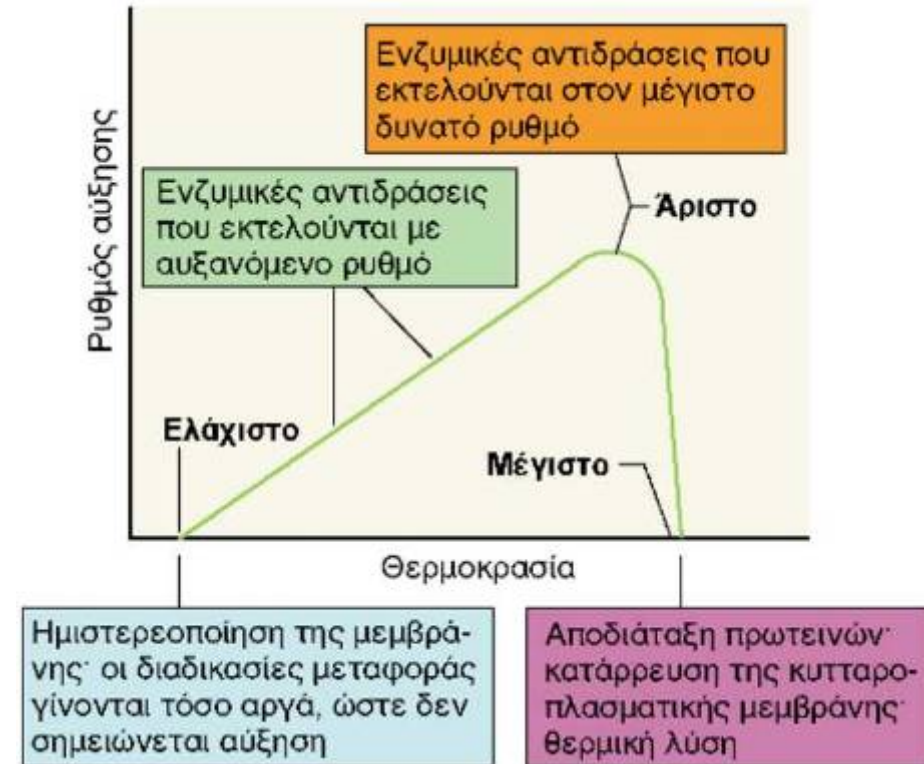
- **Φάση υστέρησης ή Λανθάνουσα φάση (lag phase):** δεν παρατηρείται αύξηση του μεγέθους του πληθυσμού (το  $\mu$  είναι μηδέν). Ο πληθυσμός προσαρμόζεται στις νέες συνθήκες (π.χ. σύνθεση ενζύμων)
- **Φάση εκθετικής αύξησης (log phase):** το  $\mu$  λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του. Είναι η μόνη φάση, που ισχύουν οι άνωθεν βασικές εξισώσεις αύξησης
- **Φάση στασιμότητας (stationary phase):** ο πληθυσμός είναι μέγιστος, μεταβολικά ενεργός αν και η ενεργή αύξηση έχει παύσει. Ο πληθυσμός διατηρεί, ωστόσο, τη δυνατότητα να αναπτυχθεί πάλι, όταν βρεθεί σε ευνοϊκές συνθήκες
- **Φάση θανάτου (death phase):** Η ικανότητα επιβίωσης σταδιακά περιορίζεται και επέρχεται ο θάνατος των κυττάρων



# Περιβαλλοντικές επιδράσεις στη βακτηριακή ανάπτυξη (1)

## Επίδραση θερμοκρασίας

- Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, τόσο αυξάνεται η ταχύτητα των ενζυμικών αντιδράσεων στο κύτταρο μέχρι ενός σημείου
- Πάνω από μία συγκεκριμένη θερμοκρασία: αλλοίωση πρωτεϊνών
- Για κάθε μ/ο υπάρχουν τρεις θεμελιώδεις θερμοκρασίες: Ελάχιστη, Άριστη, Μέγιστη





# Περιβαλλοντικές επιδράσεις στη βακτηριακή ανάπτυξη (2)

## Επίδραση pH

- Άριστο pH ανάπτυξης 5-9 και εύρος pH ανάπτυξης 2-3 μονάδων
- **Κατηγορίες βάσει pH ανάπτυξης:** α) Οξεόφιλοι, β) Αλκαλεόφιλοι, γ) Υποχρεωτικώς οξεόφιλοι (μεμβράνη)
- Οι μύκητες συνήθως αντέχουν σε χαμηλότερες τιμές pH σε σχέση με τα βακτήρια
- Στα ακραία οξεόφιλα και αλκαλεόφιλα, το **εσωτερικό pH** διαφέρει από το συνηθισμένο pH 7





# Περιβαλλοντικές επιδράσεις στη βακτηριακή ανάπτυξη (3)

## Επίδραση οσμωτικής πίεσης

- Αναγκαιότητα διαθέσιμου ύδατος για τα κύτταρα
- **Ενεργότητα νερού ( $a_w$ , μέτρο του διαθέσιμου ύδατος):** ο λόγος της τάσης ατμών του αέρα που βρίσκεται σε ισορροπία με κάποιο διάλυμα, προς την τάση ατμών του καθαρού νερού (τιμές 0-1)



# Περιβαλλοντικές επιδράσεις στη βακτηριακή ανάπτυξη (4)

**Επίδραση οξυγόνου (αερόβιοι μ/ο, χρήση O<sub>2</sub> για την αναπνοή τους)**

- **Υποχρεωτικώς αερόβιοι:** αυξάνονται σε περιβάλλον πλήρους οξυγόνου. Απαιτείται O<sub>2</sub> για την παραγωγή ενέργειας (μέσω γλυκόλυσης, κύκλου Krebs και μεταφοράς ηλεκτρονίων με τελικό αποδέκτη το O<sub>2</sub>) σε μορφή ATP, από την οξείδωση οργανικών ουσιών σε CO<sub>2</sub> και νερό (αερόβια αναπνοή)
- **Μικροαερόφιλοι:** απαίτηση οξυγόνου για την παραγωγή ενέργειας, αλλά δεν μπορούν να αναπτυχθούν στην υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου (21% του αέρα (αερόβια αναπνοή))
- **Προαιρετικά αερόβιοι:** Αναπτύσσονται τόσο παρουσία, όσο και απουσία οξυγόνου (τελικός αποδέκτης ηλεκτρονίων το O<sub>2</sub> ή οργανικές ουσίες αντίστοιχα) (αερόβια αναπνοή ή αναερόβια αναπνοή ή ζύμωση)



# Περιβαλλοντικές επιδράσεις στη βακτηριακή ανάπτυξη (5)

**Επίδραση οξυγόνου (αναερόβιοι μ/ο, αδυναμία χρήσης O<sub>2</sub> για την αναπνοή τους)**

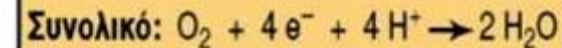
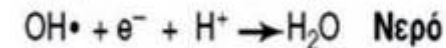
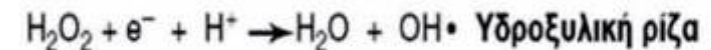
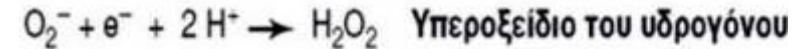
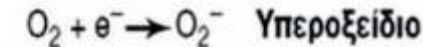
- **Υποχρεωτικώς αναερόβιοι:** Αναπτύσσονται μόνο απουσία O<sub>2</sub> και παράγουν ενέργεια μόνο από αναερόβια αναπνοή ή από τη ζύμωση οργανικών ουσιών, π.χ. υδατάνθρακες που οξειδώνονται μερικώς με αποτέλεσμα ένα μέρος αυτών να παραμένει ως παραπροϊόν της ζύμωσης; Οξυγόνο είτε αναστέλλει την ανάπτυξή τους, είτε τα θανατώνει
- **Αεροανεκτικοί αναερόβιοι:** ανέχονται την παρουσία O<sub>2</sub>, χωρίς όμως να μπορούν να το χρησιμοποιήσουν (ζύμωση)
- Τα φυτοπαθογόνα βακτήρια είναι υποχρεωτικά αερόβια (όλα) ή προαιρετικά αναερόβια (μόνο του γένους *Erwinia*)



# Τοξικότητα O<sub>2</sub> & μικροβιακά κύτταρα

- Είσοδος O<sub>2</sub> στο εσωτερικό του κυττάρου οδηγεί στο σχηματισμό ουσιών που είναι τοξικές για το κύτταρο, γιατί δρουν ως ισχυροί οξειδωτικοί παράγοντες που οξειδώνουν κυτταρικά συστατικά, όπως τα φωσφολιπίδια των κυτταρικών μεμβρανών

**Τοξικές μορφές οξυγόνου** (παράγονται αυθόρμητα κατά την αναγωγή του O<sub>2</sub> σε H<sub>2</sub>O στην αναπνοή)



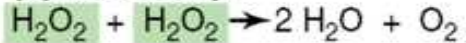




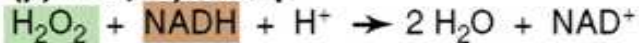
# Προστασία κυττάρων από τα τοξικά παράγωγα του O<sub>2</sub>

Αερόβιοι διαθέτουν τα ένζυμα:

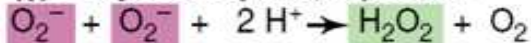
(α) Καταλάση:



(β) Υπεροξειδάση:



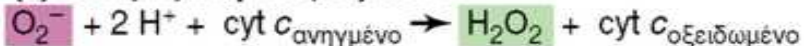
(γ) Δισμουτάση υπεροξειδίου:



(δ) Συνδυασμός δισμουτάσης υπεροξειδίου/καταλάσης:



(ε) Αναγωγή υπεροξειδίου:



- Υποχρεωτικά αναερόβιοι δεν διαθέτουν δισμουτάση του υπεροξειδίου
- Ορισμένοι υποχρεωτικά αναερόβιοι έχουν την αναγωγή υπεροξειδίου



# Φυσιολογία των βακτηρίων



# Φυσιολογία των βακτηρίων

## Θρέψη (1)

- Τα βακτήρια χρειάζονται μεγάλες ποσότητες ύδατος, C και N και σε μικρότερες ποσότητες P & S
- Επιπλέον απαιτούνται: K, Mg, Mn, Ca, Fe, Cu, Zn, Mo, Co
- Ορισμένα βακτήρια μπορούν να παραλαμβάνουν τον C από το CO<sub>2</sub> της ατμόσφαιρας και άλλα από πολυσύνθετες οργανικές ενώσεις (π.χ. σάκχαρα) ή από τον ξενιστή



# Φυσιολογία των βακτηρίων

## Θρέψη (2)

- **Χημικοσυνθετικά αυτότροφα** βακτήρια προμηθεύονται την απαιτούμενη ενέργεια από οξειδωτικές αντιδράσεις ανόργανων ουσιών
- Για παράδειγμα:
  - **Θειοβακτήρια:** από την οξείδωση του υδρόθειου
  - **Σιδηροβακτήρια:** από την οξείδωση του ανθρακικού σιδήρου
  - **Νιτροβακτήρια:** από την οξείδωση αμμωνίας
  - **Υδρογονοβακτήρια:** από την οξείδωση αερίου υδρογόνου



# Φυσιολογία των βακτηρίων

## Ένζυμα

- Απορρόφηση θρεπτικών ουσιών υπό διαλυμένη μορφή δια οσμώσεως, μέσω πρωτοπλασματικής μεμβράνης
- Διάσπαση θρεπτικών υποστρωμάτων και μεταβολισμό τους με διάφορα ενδοκυττάρια & εξωκυττάρια ένζυμα
- **Σημαντικότερα ένζυμα: πηκτινολυτικά** (πηκτινεστεράσες, πολυγαλακτουρονάσες) και **κυτταρινάσες** (προκαλούν αποσύνθεση των ιστών των ξενιστών)



# Φυσιολογία των βακτηρίων

## Τοξίνες

- Σπουδαιότερες από φυτοπαθολογικής πλευράς: οι **τοξίνες χλώρωσης** και **τοξίνες μάρανσης**
  - **Τοξίνες χλώρωσης:** προκαλούν αλλοιώσεις των ιστών γύρω από το σημείο προσβολής (κίτρινος δακτύλιος- "χλωρωτική άλως")
  - **Τοξίνες μάρανσης:** διαχέονται στους φυτικούς ιστούς και προκαλούν συμπτώματα μερικής ή γενικευμένης μάρανσης



# Φυσιολογία των βακτηρίων

## Βακτηριοσίνες

- Είναι ειδικής δράσεως τοξίνες
- Παράγονται από ορισμένα είδη ή στελέχη ειδών βακτηρίων
- Ασκούν θανατηφόρο ή παρεμποδιστική δράση εναντίον συγγενών ειδών ή στελεχών του ίδιου είδους
- **Αγροβακτηριοσίνη K84:** παράγεται από το μη παθογόνο στέλεχος *Agrobacterium radiobacter* και χρησιμοποιείται εναντίον του παθογόνου στελέχους *Agrobacterium tumefaciens* (βακτηριακός καρκίνος)



Δημιουργία όγκων στο ριζικό σύστημα φυτών (ασθένεια: βακτηριακός καρκίνος)



# Συνθήκες περιβάλλοντος

## Θερμοκρασία

- **Ψυχρόφιλα:** άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης μεταξύ  $0-20^{\circ}\text{C}$  και ελάχιστη μέχρι  $-7^{\circ}\text{C}$
- **Μεσόφιλα:** άριστη θερμοκρασία  $20-45^{\circ}\text{C}$ , ελάχιστη  $3-25^{\circ}\text{C}$  και μέγιστη  $45-50^{\circ}\text{C}$ . **Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα φυτοπαθογόνα βακτήρια**
- **Θερμόφιλα:** άριστη θερμοκρασία  $40-50^{\circ}\text{C}$ , μέγιστη  $55-80^{\circ}\text{C}$  και ελάχιστη  $20-40^{\circ}\text{C}$ . Αναπτύσσονται κυρίως στην κόπρο, σε θερμές πηγές κ.ά.





# Συνθήκες περιβάλλοντος

- **Υγρασία:** Απαραίτητη για την ανάπτυξη των βακτηρίων, αφού το 80% του βάρους τους αποτελείται από νερό
- **pH:** Τα περισσότερα βακτήρια αρέσκονται σε pH ουδέτερο ή ελαφρά αλκαλικό (7-7,6) *(οι περισσότεροι μύκητες προτιμούν όξινο pH)*
- **Φως:** Το σκοτάδι είναι γενικά ευνοϊκό περιβάλλον για τα βακτήρια. Οι υπεριώδεις ακτίνες (ηλιακό φως, λυχνίες υπεριωδών ακτινών) είναι βακτηριοκτόνες
- **Οξυγόνο:** Αερόβια, Αναερόβια, Προαιρετικά αναερόβια



# Επιδημιολογία-Οικολογία-Τρόποι επιβίωσης & Διασποράς των βακτηρίων



# Επιβίωση φυτοπαθογόνων βακτηρίων

- Πλείστα έχουν την ικανότητα επιφυτικής επιβίωσης για μικρό ή μεγάλο χρονικό διάστημα μιας και δεν έχουν την ικανότητα σχηματισμού ενδοσπορίων
- Δυνατότητα επιβίωσης και σε προσβεβλημένα όργανα των φυτών ή στα φυτικά υπολείμματα
- Ικανότητα επιβίωσης και στο έδαφος, νερό, αέρα, έντομα



# Τρόποι επιβίωσης των φυτοπαθογόνων βακτηρίων (1)

- **Επιφυτικά:** εντοπίζονται σε μεγάλους πληθυσμούς στις φυτικές επιφάνειες (φύλλα, άνθη, λέπια οφθαλμών, φακίδια) χωρίς την πρόκληση ασθένεια
- Παραδείγματα: *Erwinia amylovora*, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, *P. syringae* pv. *mors-prunorum*, *P. syringae* pv. *Syringae*, *P. savastanoi* subsp. *savastanoi*



# Τρόποι επιβίωσης των φυτοπαθογόνων βακτηρίων (2)

- Σε προσβεβλημένα φυτικά όργανα ή στα φυτικά υπολείμματα
  - **Αγενές πολλαπλασιαστικό υλικό**, όπως κόνδυλοι, ριζώματα, μοσχεύματα (διαδίδονται με το νερό άρδευσης ή/και βροχής)
  - **Εγγενές πολλαπλασιαστικό υλικό**, όπως καρποί, φρούτα, σπέρματα (μεταφέρονται παθητικά σε μικρές ή μεγάλες αποστάσεις)
  - **Φυτικά υπολείμματα** (αδροβακτηριώσεις)
  - **Έλκη** (μέσα ή πάνω ή στην περιφέρεια αυτών επιβιώνουν και ενεργοποιούνται ξανά την επόμενη άνοιξη)



# Τρόποι επιβίωσης των φυτοπαθογόνων βακτηρίων (3)

- Έδαφος (σημαντική θέση επιβίωσης των βακτηρίων)
  - Παθογόνα χωρίς εδαφική φάση: δεν είναι ικανά να επιβιώσουν στο έδαφος μετά τη νέκρωση του ξενιστή τους
  - Παθογόνα με παροδική εδαφική φάση: επιβιώνουν για ορισμένο χρονικό διάστημα επί των φυτικών υπολειμμάτων χωρίς να πολλαπλασιάζονται και ο θάνατός τους επέρχεται με την αποσύνθεση των ιστών των ξενιστών των φυτών
  - Παθογόνα με μεγάλη εδαφική φάση: επιβιώνουν στο έδαφος για μακρό χρονικό διάστημα με ελαφρά αύξηση του πληθυσμού τους και διατήρηση της παθογόνου ικανότητάς τους
  - Παθογόνα με μόνιμη εδαφική φάση: επιβιώνουν στο έδαφος επί πολύ μεγάλων χρονικών διαστημάτων και πολλαπλασιάζονται μάλιστα απουσία ξενιστών



# Τρόποι επιβίωσης των φυτοπαθογόνων βακτηρίων (4)

- **Νερό** άρδευσης (αύλακες, στάγδην, τεχνητή βροχή, ρυάκια) αποτελούν ουσιαστικούς παράγοντες διακίνησης και μεταφοράς βακτηριακών μολυσμάτων και εξασφάλισης υγρασίας, που είναι απαραίτητη για τη μόλυνση
- Όλα τα βακτήρια που προβάλλουν τα εναέρια φυτικά όργανα επιβοηθούνται στην κινητοποίηση και στη διασπορά τους και τελικά στη μόλυνση του ξενιστή από την υγρασία της βροχής



# Τρόποι επιβίωσης των φυτοπαθογόνων βακτηρίων (5)

- **Άνεμος:** συμβάλλει στη διασπορά μολυσμάτων, τα οποία εντοπίζονται στα φυτικά υπολείμματα, γύρη, βακτηριακά εκκρίματα
- **Έντομα:** πάνω από 70 είδη εντόμων (και οι μέλισσες) μεταφέρουν βακτηριακά κύτταρα σε μικρές ή μεγάλες αποστάσεις
- **Νηματώδεις:** αφορά τους νηματώδεις που προσβάλλουν μόνο τα εναέρια όργανα των φυτών
- **Πτηνά:** τα νύχια, το ράμφος και τα φτερά των πτηνών συμβάλλουν στην παθητική μεταφορά πολλών βακτηριακών μολυσμάτων
- **Ανθρώπινες δραστηριότητες:** όλες σχεδόν οι καλλιεργητικές φροντίδες





# Μόλυνση & Παθογένεση των βακτηρίων



# Μόλυνση & Παθογένεση φυτοπαθογόνων βακτηρίων (1)

- Προσβολή φυτών από βακτήρια μέσω πληγών ή/και φυσικών ανοιγμάτων (στομάτια, φακίδια, υδατόδια, ύπερος κ.λπ.)
- Είσοδος βακτηρίων **παθητικά** και επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του νερού της βροχής, της αρδεύσεως ή με την υγρασία που διατηρούν τα φυτά στην επιφάνειά τους
- Αποίκιση μεοκυττάρων ή ενδοκυττάρων χώρων του φυτού
- Για τα παθογόνα βακτήρια, εκτός της εισόδου πρέπει να διαθέτουν και διάφορους **βιοχημικούς παράγοντες**, όπως **χαρπίνες, LPS & EPS, πηκτινολυτικά ένζυμα, κυτταρινάσες, πρωτεάσες, τοξίνες, παράγοντε νεκρώσεως, ρυθμιστές ανάπτυξης (ορμόνες)**



# Μόλυνση & Παθογένεση φυτοπαθογόνων βακτηρίων (2)

- Μολυσματικότητα συσχετίζεται συχνά με το αν συνθέτουν εξωκυτταρικούς πολυσακχαρίτες (EPS)
- Σύσταση και ποσότητα λιποποσακχαριτών (LPS) O-αντιγόνων και μικρού μοριακού βάρους β-γλουκανών επηρεάζουν, επίσης, τη μολυσματικότητα των Gram-
- Πολυσακχαρίτες διευκολύνουν και τη μόλυνση και αυξάνουν την επιβίωση ορισμένων φυτοπαθογόνων βακτηρίων εντός των φυτικών κυττάρων του ξενιστή



# Μόλυνση & Παθογένεση φυτοπαθογόνων βακτηρίων (3)

- Αυτά που προκαλούν σήψεις, επιβιώνουν ως δευτερογενή παθογόνα σε φυτικούς ιστούς μόνο όταν υφίσταται λύση των κυττάρων από φυσικά αίτια ή προσβολή τους από άλλα παθογόνα και απελευθέρωσης θρεπτικών στοιχείων
- Τα εισερχόμενα βακτήρια σε μη-ξενιστές τους παύουν σύντομα να πολλαπλασιάζονται εντός των ιστών με την επαγωγή της **αντίδρασης υπερευαισθησίας** και έτσι το φυτό παραμένει υγιές, ενώ στους ξενιστές εκδηλώνονται συμπτώματα και ανάπτυξης της ασθένειας



# Φυτοπλασματολογία



# Μυκοπλάσματα (1)

- Οργανισμοί που μοιάζουν με μυκοπλάσματα (mycoplasma-like organisms, MLO); Μονοκύτταροι οργανισμοί
- Αποτελούν την Κλάση Mollicutes (πλειομορφισμός) των προκαρυωτών με την **απουσία κυτταρικού τοιχώματος** και την **παρουσία κυτταρικής μεμβράνης**
- Ανακαλύφθηκε η ύπαρξή τους με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο
- Σχήμα σφαιρικό ή απιοειδές, ωοειδές, νηματοειδές και ίσως με διακλαδώσεις με μυκηλιοειδείς κατασκευές
- Διαστάσεις 0,1-1,0  $\mu\text{m}$ ; Διέρχονται από πόρους των 0,22  $\mu\text{m}$  , λόγω της ευπλαστότητάς τους



# Μυκοπλάσματα (2)

- Απουσία οργανωμένου πυρήνα, αλλά διαθέτουν δίκλωνο κυκλικό κυτταροπλασματικό DNA και 70S ριβοσώματα
- Αναπαράγονται με βλάστηση και με εγκάρσια διχοτόμηση των κυττάρων
- Gram-, δεν φέρουν νημάτια και δεν παράγουν σπόρια
- Ευαίσθητα στην τετρακυκλίνη και χλωραμφενικόλη, ενώ μερικά είναι και στην ερυθρομυκίνη



# Μυκοπλάσματα (3)

- Αναπτύσσονται σε συνθετικά θρεπτικά υποστρώματα πλούσια σε βιταμίνες και αμινοξέα, στα οποία παράγουν μικρές αποικίες, που έχουν τη χαρακτηριστική εμφάνιση «τηγανητού ωού»







# Ταξινόμηση μυκοπλασμάτων

- Μία Τάξη: **Mycoplasmatales** με 3 Οικογένειες
  - **Mycoplasmataceae** (γένος *Mycoplasma*)
  - **Acholeplasmataceae** (γένος *Acholeplasma*)
  - **Spiroplasmataceae** (γένος *Spiroplasma*)
- Η Τάξη περιλαμβάνει τα φυτοπλάσματα άγνωστης προς το παρόν Οικογένειας, που υπάγονται προσωρινά στο γένος *Phytoplasma*
- Κυτταρική μεμβράνη των *Mycoplasmataceae* είναι 3 στρώσεων και η δόμησή της απαιτεί στερόλες



# Φυτοπλάσματα (1)

- Προκαρυωτικοί και μονοκύτταροι, απουσία κυτταρικών τοιχωμάτων, περιβάλλονται από κυτταρική μεμβράνη και έχουν κυτταρόπλασμα με ριβοσώματα και νημάτια από πυρηνικό υλικό
- Σχήμα σφαιρικό, απιοειδές, ωοειδές (όπως μυκοπλάσματα)
- Αυτά που προσβάλλουν τα φυτά και εντοπίζονται στα έντομα-φορείς τους ανήκουν στην Κλάση Mollicutes και μορφολογικώς μοιάζουν με τα μυκοπλάσματα *Mycoplasma* & *Acholeplasma*



# Φυτοπλάσματα (2)

- **Αποικίζουν τα αγγεία ηθμού** (διασυστηματική ασθένεια) και αποτελούν φυτοπαθογόνα, επειδή τα συμπτώματα στα ασθενή φυτά υποχωρούν για δεδομένο χρονικό διάστημα μετά τη χορήγηση τετρακυκλινών
- **Μετάδοση:** εμβολιασμός, κουσκούτα, έντομα (Cicadellidae, Arhelididae, Psyllidae), σπόρος (ίσως)
- Ανιχνεύονται με χρώση (DAPI & Dienes), ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, μοριακές τεχνικές (DNA-ανιχνευτές, PCR, ELISA)

# Φυτοπλάσματα (3)



Φυτικά κύτταρα ηθμού αποικισμένα από φυτοπλάσματα  
(ηλεκτρονικό μικροσκόπιο)



# Ταξινόμηση φυτοπλασμάτων

- Φαινοτυπικά χαρακτηριστικά και γενετικές ιδιότητες παρέχουν τη βάση διαφοροποίησης και ταξινόμησης των φυτοπλασμάτων
- Λαμβάνονται υπόψη και η υποχρεωτική φύση του παρασιτισμού τους, το λεπτεπίλεπτο της κατασκευής τους, η παρουσία τους σε μικρούς αριθμούς στα μολυσμένα φυτά και άμεση εξάρτησή τους από τον ξενιστή
- Αρχικά, διαφοροποίηση βάσει συμπτωματολογίας, εύρους ξενιστών και εξειδίκευσης μετάδοσής τους με φορείς-έντομα
- **Ομάδες συμπτωμάτων:** κατάπτωση, βλαστομανία, πρασίνισμα ή χλωρανθία



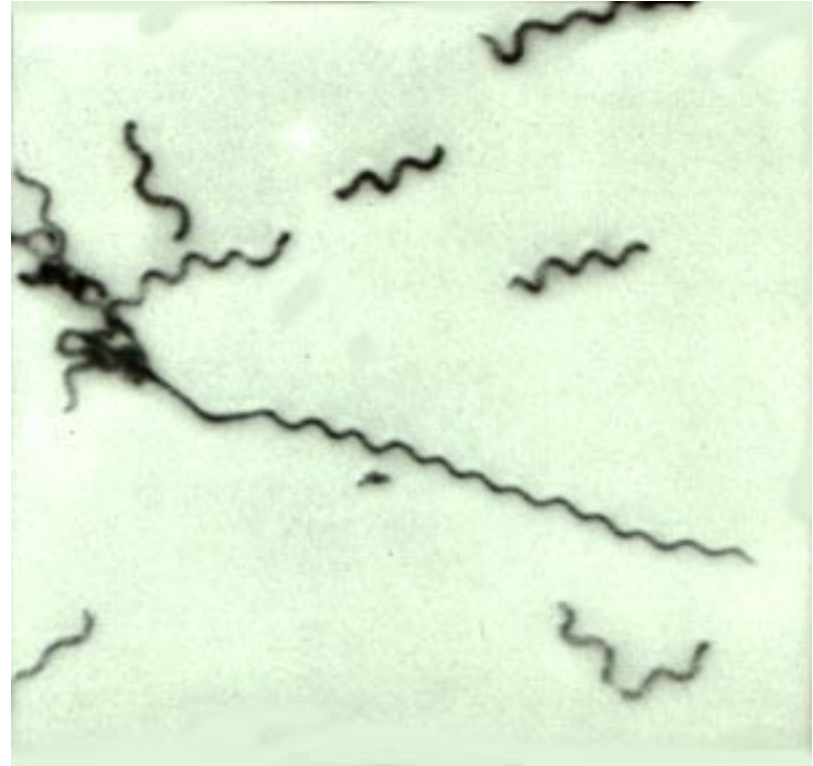
# Φυτοπλάσματα δεν είναι μυκοπλάσματα

- Αν και μοιάζουν, τα φυτοπλάσματα δεν είναι μυκοπλάσματα γιατί:
  - γονιδίωμα με μικρό βαθμό ομολογίας με τα τυπικά MLO
  - αδυναμία καλλιέργειας σε τεχνητά υποστρώματα
  - φυτοπλάσματα μεταδίδονται με μικροτέττιγες, τέττιγες, ψύλλες με **έμμονο τρόπο**



# Σπειροπλάσματα (1)

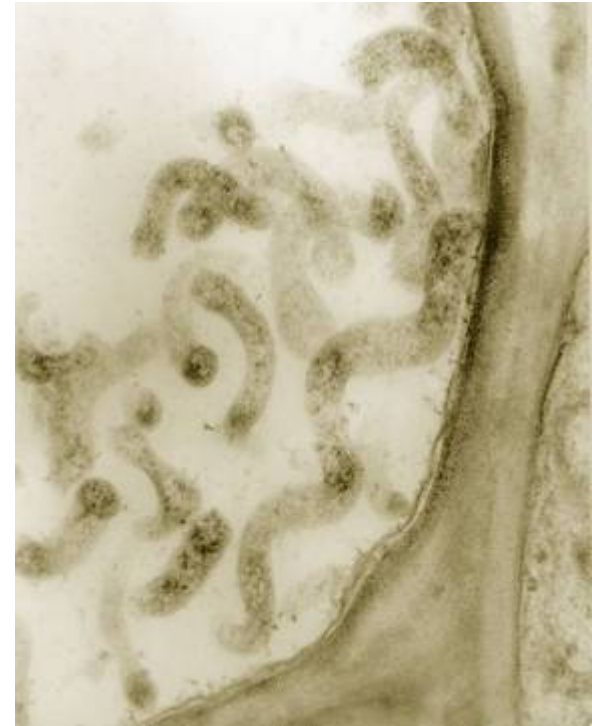
- *Spiroplasma citri*  
Spiroplasmataceae
- Αποτελούν ελικοειδή MLO με έντονο πλειομορφισμό
- Τα μόνα Mollicutes που έχουν κινητικότητα
- Σχήμα σφαιρικό ή ελαφρώς ωοειδές με διάμετρο 100-240 nm ή ελικοειδές με νηματοειδείς διακλαδώσεις μη ελικοειδούς διατάξεως και διαμέτρου 120 nm και μήκους 2-4 μm





# Σπειροπλάσματα (2)

- Στερούνται κυτταρικού τοιχώματος και περιβάλλονται από κυτταρική μεμβράνη
- Περιορισμός στα αγγεία του ηθμού και μεταφέρεται από έντομα
- Ανακτώνται από τους ξενιστές τους ή έντομα-φορείς τους και καλλιεργούνται σε θρεπτικά υλικά
- Πολλαπλασιάζονται με διχοτόμηση, δεν φέρουν μαστίγια
- Ευαίσθητα στην τετρακυκλίνη



Σπειρόπλασμα σε κύτταρο ηθμού





# Ρικέτσιες

- Μονοκύτταροι προκαρυωτικοί οργανισμοί που μοιάζουν με βακτήρια (rikettsia-like bacteria, RLB)
- Ζουν ως ενδοκυττάρια υποχρεωτικά παράσιτα
- Σχήμα σφαιρικό ή ραβδοειδές με διαστάσεις 0,2-1,0  $\mu\text{m}$
- **Παρουσία κυτταρικού τοιχώματος με κυματοειδείς πτυχώσεις**
- Εντοπίζονται στα αγγεία του ξύλου, Gram-, μεταδίδονται με έντομα (Jassidae) και εμβολιασμό
- Καλλιεργούνται σε τεχνητά υποστρώματα; Ευαίσθητες στην πενικιλίνη



# Βιβλιογραφία

Γεωργόπουλος Σ.Γ., 1984. Βασικές γνώσεις φυτοπαθολογίας. ΑΘΗΝΑ, 260 σελ.

Ζωάκη-Μαλισιόβα Δ., 1995. Μαθήματα Φυτοπροστασίας Ι. Διδακτικές σημειώσεις, Εκδόσεις ΤΕΙ Ηπείρου, 121 σελ.

Ηλιόπουλος Α.Γ., 2004. Γενική Φυτοπαθολογία. Εκδόσεις Έμβρυο, 296 σελ.

Τζάμος Ε.Κ., 2007. Φυτοπαθολογία. Εκδόσεις Σταμούλης, 557 σελ.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Ίδρυμα Ηπείρου. Δρ Δήμητρα Ζωάκη  
Μαλισιόβα.

Γενική Φυτοπαθολογία Θεωρία. Φυτοπαθολογική  
βακτηριολογία.

Έκδοση: 1.0. Άρτα, 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG101/>>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λπ., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



# Τέλος Ενότητας

**Επεξεργασία: Δρ Αντωνόπουλος Δημήτριος**

*Γεωπόνος-Φυτικής Παραγωγής ΓΠΑ*

*Γεωπόνος-Γεωπονικής Βιοτεχνολογίας ΓΠΑ*

*ΕΠΠΑΙΚ ΑΣΠΑΙΤΕ*

*ΜΔΕ (MPhil) Φυτοπροστασίας ΓΠΑ*

*ΜΔΕ (MSc) Ασφάλειας Τροφίμων WUR*

*ΔΔ (PhD) Φυτοπαθολογίας ΓΠΑ*

*Μετα-ΔΔ (Post-Doc) Φυτοπαθολογίας NCSU USA*

*Μετα-ΔΔ (Post-Doc) Φυτοπαθολογίας ΓΠΑ-ΙΚΥ*

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

