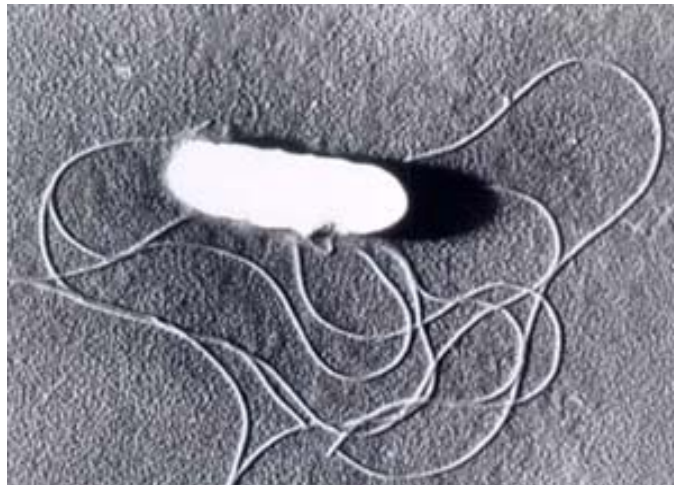


Συμπληρωματικές
Σημειώσεις Γενικής Μικροβιολογίας



Κουτσουμανής Κ., Επίκουρος Καθηγητής

Θεσσαλονίκη, 2011

Γενική Μικροβιολογία

Διάλεξη 1

«Προκαρυωτικοί Οργανισμοί»

Κουτσουμανής Κ.
Λέκτορας

Βασίλεια Οργανισμών

Haecckel (1894): 3 Βασίλεια

- Protista
- Plantae
- Animalia



Βασίλειο Πρωτίστων

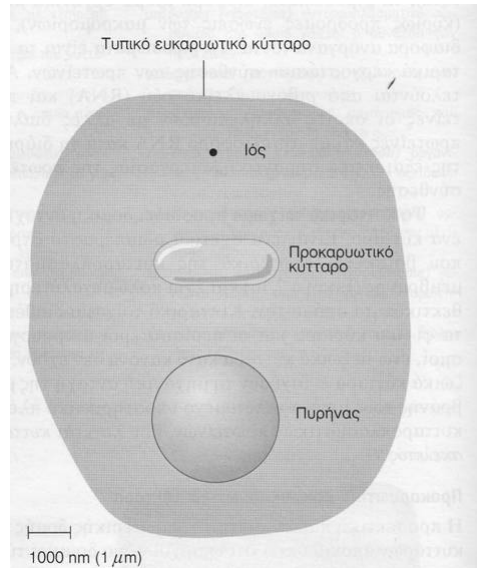
- Προτάθηκε το 1866 από τον Γερμανό ζωολόγο Haeckel.
- Πιο απλή βιολογική οργάνωση από φυτά και ζώα
- Η βασική διαφορά από φυτά και ζώα είναι ότι τα κύτταρα των πρωτίστων δεν εμφανίζουν διαφοροποίηση



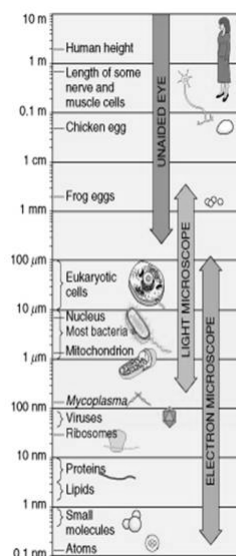
Διαφορές Προκαρυωτικών-Ευκαρυωτικών Οργανισμών

Τα ευκαρυωτικά κύτταρα είναι κατά κανόνα μεγαλύτερα από τα Προκαρυωτικά

Η βασική διαφορά είναι η παρουσία μεμβρανοπερίκλειστων δομών (π.χ πυρήνας, μιτοχόνδρια, χλωροπλάστες) στα ευκαρυωτικά



Διαφορές Προκαρυωτικών-Ευκαρυωτικών Οργανισμών



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Διαφορές Προκαρυωτικών-Ευκαρυωτικών Οργανισμών

Προκαρυωτικοί

- Το DNA δεν περιβάλλεται από μεμβράνη
- Το DNA δεν σχετίζεται με ιστόνες
- Το κύτταρο δεν περιλαμβάνει οργανίδια που περιβάλλονται από μεμβράνη
- Πολύπλοκο κυτταρικό τοίχωμα με πεπτιδογλυκάνη
- Πολλαπλασιασμός με διαίρεση

Ευκαρυωτικοί

- Το DNA περιβάλλεται από μεμβράνη
- Το DNA σχετίζεται με ιστόνες
- Το κύτταρο περιλαμβάνει οργανίδια που περιβάλλονται από μεμβράνη
- Απλό κυτταρικό τοίχωμα χωρίς πεπτιδογλυκάνη
- Πολλαπλασιασμός με μίτωση

Τύποι κυτταρικής οργάνωσης

- **Μονοκυτταρική οργάνωση**
Βακτήρια, Πρωτόζωα, Ορισμένα φύκη, Ελάχιστοι μύκητες
- **Πολυκυτταρική οργάνωση**
Κυρίως φύκη
- **Κοινοκυτταρική οργάνωση**
Μεγάλη μάζα κυτταροπλάσματος με πολλούς πυρήνες
 - Πλασμωδιακή μορφή
Πυρηνικές διαιρέσεις (μυξομύκητες)
 - Συνκυτιακή μορφή
Κυτταρικές διαιρέσεις – εξαφάνιση μεμβρανών (ομάδα ασπονδύλων rotifess)

Προκαρυωτικοί Οργανισμοί

Μορφολογία κυττάρου

Σχήμα

•Κόκκοι



•Ραβδία (βάκιλοι)



•Δονάκια (καμπυλωτοί βάκιλοι)



•Σπείρες (ελικοειδή μορφή)



•Σπειροχαίτες



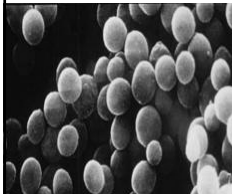
Προκαρυωτικοί Οργανισμοί

Μορφολογία κυττάρου

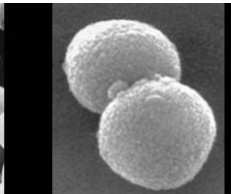
Σχήμα

κόκκοι

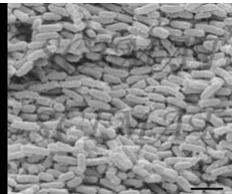
βάκιλοι



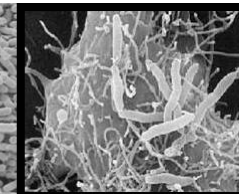
Staphylococcus aureus



Streptococcus pneumoniae



Enterobacter sp.



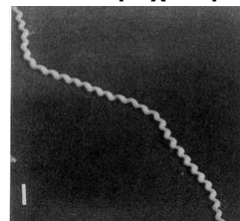
Aeromonas sp

δονάκιο



Vibrio cholerae

σπειροχαίτη








Leptospira interrogans

Προκαρυωτικοί Οργανισμοί

Μορφολογία κυττάρου

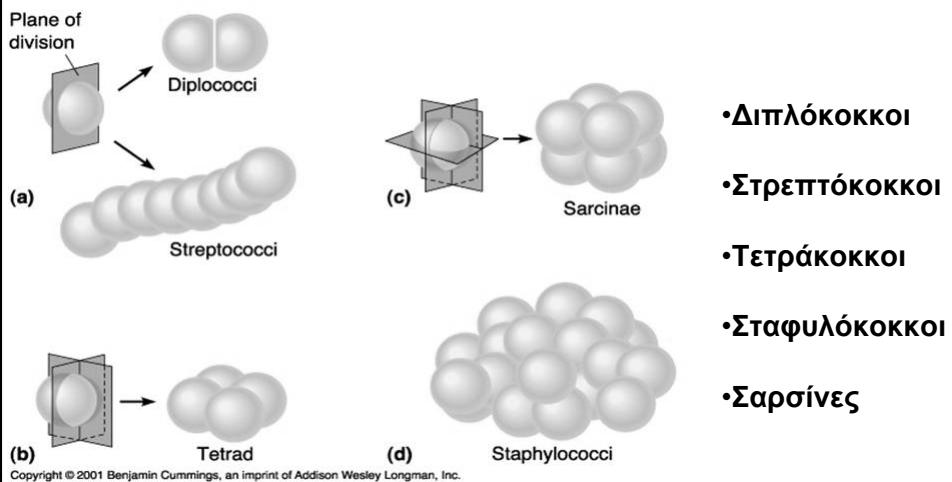
Μέγεθος

	<i>Mycoplasma genitalium</i> 0.4 μm
	<i>Haemophilus influenza</i> 1.0 μm
	<i>Staphylococcus aureus</i> 0.9 μm
	<i>Escherichia coli</i> 1.5 μm
	<i>Bacillus megaterium</i> 4 μm

Προκαρυωτικοί Οργανισμοί

Μορφολογία κυττάρου

Χωροταξία (κόκκοι)



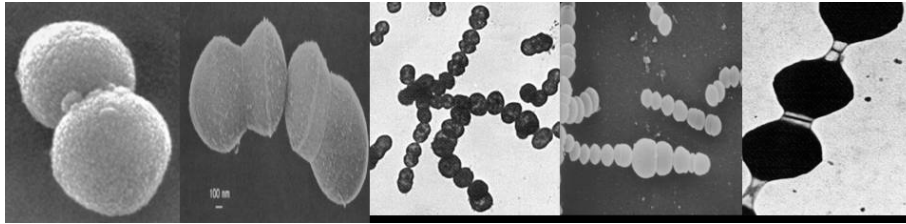
Προκαρυωτικοί Οργανισμοί

Μορφολογία κυττάρου

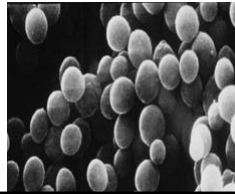
Χωροταξία (κόκκοι)

Διπλόκοκκοι

Στρεπτόκοκκοι



Σταφυλόκοκκοι



Προκαρυωτικοί Οργανισμοί

Μορφολογία κυττάρου

Χωροταξία (βάκιλοι)

Rod



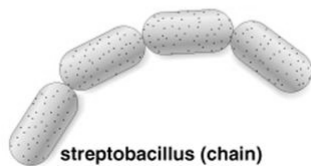
single

•Βάκιλοι



diplobacillus (pair)

•Διπλοβάκιλοι

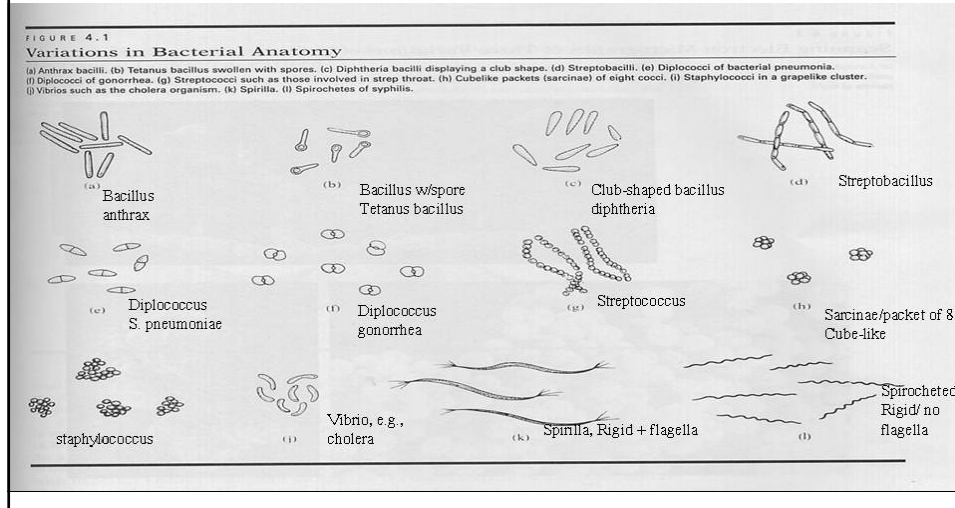


streptobacillus (chain)

•Στρεπτοβάκιλοι

Προκαρυωτικοί Οργανισμοί

Μορφολογία κυττάρου



Προκαρυωτικοί Οργανισμοί

Σύσταση προκαρυωτικού κυττάρου

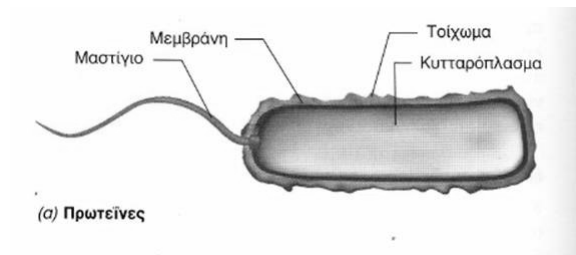
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 Χημική σύνθεση προκαρυωτικού κυττάρου ^a		
Μόριο	Ποσοστό (%) επί ξηρού βάρους ^b	Αριθμός μορίων ανά κύτταρο (διαφορετικοί τύποι)
Σύνολο μακρομορίων	96	24.610.000 (~2500)
Πρωτεΐνες	55	2.350.000 (~1850)
Πολυσακχαρίτες	5	4.300 (2) ^f
Λιπίδια	9,1	22.000.000 (4) ^g
Λιποπολυσακχαρίτες	3,4	1.430.000 (1)
DNA	3,1	2,1 (1)
RNA	20,5	255.500 (~660)
Σύνολο μονομερών	3,0	— ^e (~350)
Αμινοξέα και πρόδρομά τους	0,5	— (~100)
Σάκκαρα και πρόδρομά τους	2	— (~50)
Νουκλεοτίδια και πρόδρομά τους	0,5	— (~200)
Ανόργανα ιόντα	1	— (18)
Σύνολο	100%	—

Προκαρυωτικοί Οργανισμοί

Σύσταση προκαρυωτικού κυττάρου

Θέσεις των μακρομορίων μέσα στο κύπαρο.

Πρωτεΐνες απαντούν σε όλη την έκταση του κυττάρου, είτε ως μέρη κυτταρικών δομών είτε ως ένζυμα.



Προκαρυωτικοί Οργανισμοί

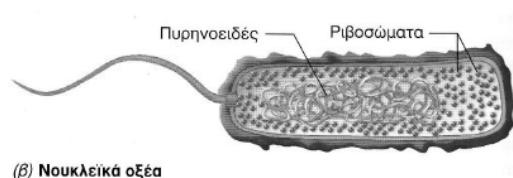
Σύσταση προκαρυωτικού κυττάρου

Θέσεις των μακρομορίων μέσα στο κύπαρο.

Νουκλεϊκά οξέα.

DNA απαντά στο πυρηνοειδές των προκαρυωτικών κυττάρων και στον πυρήνα των ευκαρυωτικών κυττάρων.

RNA απαντά στο κυτταρόπλασμα (mRNA, tRNA) και στα ριβοσώματα (rRNA).



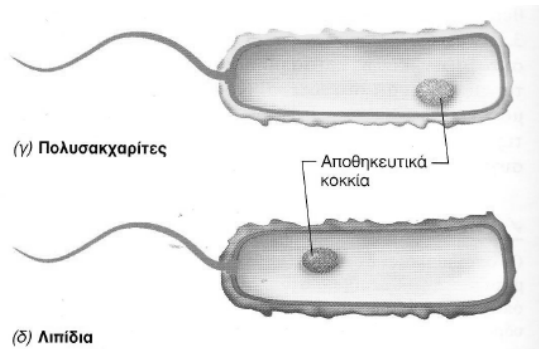
Προκαρυωτικοί Οργανισμοί

Σύσταση προκαρυωτικού κυττάρου

Θέσεις των μακρομορίων μέσα στο κύτταρο.

Πολυσακχαρίτες υπάρχουν στο κυτταρικό τοίχωμα και, ενζοτε, σε εσωτερικά αποθηκευτικά κοκκία.

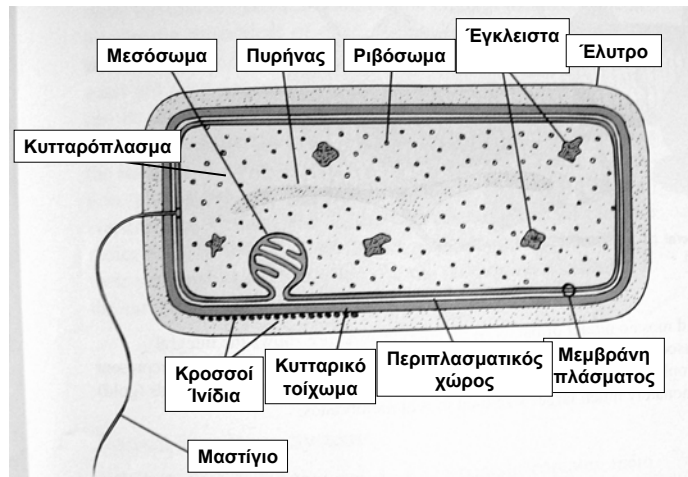
Λιπίδια απαντούν στην κυτταροπλασματική μεμβράνη, στο κυτταρικό τοίχωμα, και σε αποθηκευτικά κοκκία.



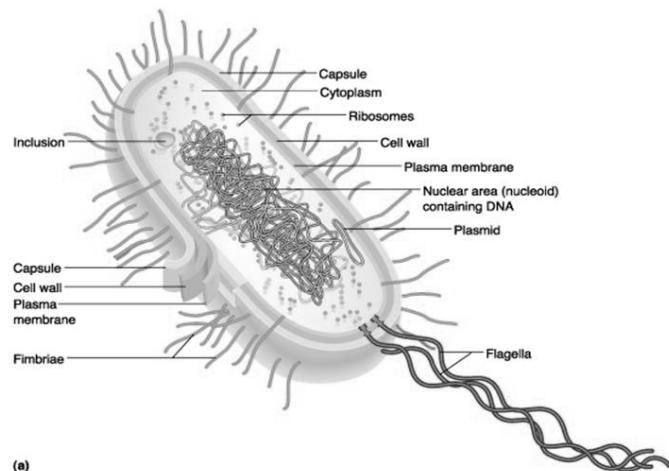
Δομή Προκαρυωτικού Κυττάρου

- Έλυτρο
- Μαστίγια
- Ινίδια και κροσσοί
- Κυτταρικό τοίχωμα
- Πρωτοπλασματική Μεμβράνη
- Κυτταρόπλασμα
- Ριβοσώματα
- Πυρήνας
- Έγκλειστα
- Μεσοσώματα
- Ενδοσπόρια

Δομή Προκαρυωτικού Κυττάρου



Δομή Προκαρυωτικού Κυττάρου

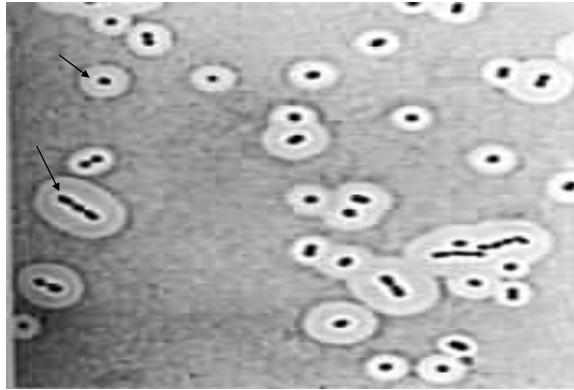


(a)
Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Έλυτρο (γλυκοκάλυκας)

Πολλοί προκαρυωτικοί οργανισμοί εκκρίνουν στις επιφάνειές τους βλενώδη ή κολλώδη υλικά. Η γενική ονομασία αυτών των δομών είναι έλυτρο ή γλυκοκάλυκας

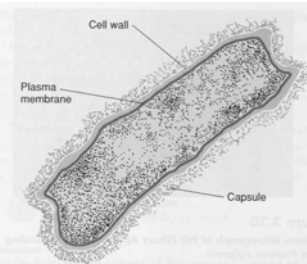
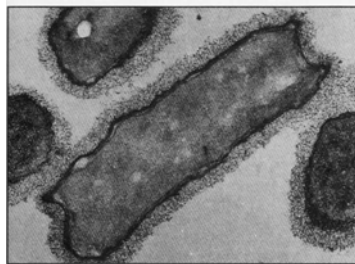


Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Έλυτρο (γλυκοκάλυκας)

η σύσταση ποικίλει από είδος σε είδος αλλά ακόμα και σε ένα συγκεκριμένο είδος μπορεί να απαντούν γλυκοκάλυκες λεπτοί ή παχείς, εύκαμπτοι ή δύσκαμπτοι ανάλογα με τη χημική φύση των υλικών. Οι περισσότερες από αυτές τις δομές αποτελούνται από πολυσακχαρίτες και λίγες από πρωτεΐνες

Σύσταση: πολυσακχαρίτες (π.χ δεξτράνες) ή πρωτεΐνες (πολυπεπτίδια)



Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Έλυτρο (γλυκοκάλυκας)

Ο γλυκοκάλυκας μπορεί να αποτελείται από στρώμα καλά οργανωμένων πολυσακχαριτών που είναι ισχυρά προσκολλημένο στην επιφάνεια του κυττάρου. Στην περίπτωση αυτή είναι ένα δύσκαμπτο και στεγανό σώμα που μπορεί να αποτρέψει τη διόδο ορισμένων σωματιδίων και ονομάζεται κάψα. Σε άλλη περίπτωση ο γλυκοκάλυκας μπορεί να αποτελείται από ένα μη οργανωμένο στρώμα πολυσακχαριτών που είναι χαλαρά προσκολλημένο στο κυτταρικό τοίχωμα. Στην περίπτωση αυτή είναι δυσδιάκριτος, δεν αποτρέπει τη διόδο σωματιδίων και ονομάζεται βλέννα ή βλεννοστοιβάδα.

Τύποι γλυκοκάλυκα:

1. Κάψα: στρώμα οργανωμένων πολυσακχαριτών καλά προσκολλημένο στο κυτ. τοίχωμα
2. Βλέννα ή βλεννοστοιβάδα (Slime layer): στρώμα μη οργανωμένων πολυσακχαριτών χαλαρά προσκολλημένο στο κυτ. τοίχωμα

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Έλυτρο (γλυκοκάλυκας)

Η παρουσία του δεν είναι απαραίτητη για τον πολλαπλασιασμό του κυττάρου. Έχει διαπιστωθεί ωστόσο ότι εξυπηρετεί άλλες λειτουργίες του κυττάρου όπως για παράδειγμα η προσκόλληση ορισμένων παθογόνων μικροοργανισμών στους ξενιστές τους. Οι παθογόνοι μικ/οι που εισέρχονται στο σώμα των ζώων από ειδικές οδούς αξιοποιούν τις αντιδράσεις δεύσμευσης μεταξύ συστατικών της του γλυκοκάλυκα και του ξενιστή που υφίσταται την εισβολή. Επιπλέον, έχει διαπιστωθεί ότι βακτήρια με κάψα αποτελούν δυσχερέστερους στόχους αναγνώρισης από τα φαγοκύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος του ξενιστή και κατά συνέπεια εμφανίζουν ισχυρότερη παθογένεια. Τέλος, οι εξωτερικές στοιβάδες πολυσακχαριτών αποτελούν μέσο προστασίας από μη ευνοϊκές συνθήκες περιβάλλοντος (π.χ δεσμεύουν νερό και προστατεύουν το κύτταρο από συνθήκες χαμηλής υγρασίας).

Λειτουργίες

Η παρουσία του δεν είναι απαραίτητη για τον πολλαπλασιασμό του κυττάρου.

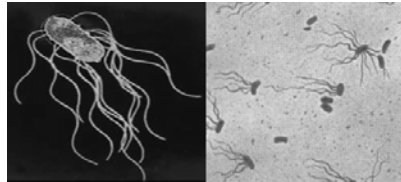
- Προσκόλληση σε ξενιστές
- Προστασία από φαγοκυττάρωση
- Προστασία από συνθήκες περιβάλλοντος
- Συμμετοχή στη παθογένεια

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Μαστίγια (Flagelles)

Πολλοί προκαρυωτικοί οργανισμοί έχουν την ικανότητα να κινούνται και αυτή η λειτουργία τους συνήθως οφείλεται σε μια ειδική δομή που ονομάζεται μαστίγιο. Τα μαστίγια των βακτηρίων είναι επιμήκεις, λεπτές προεκβολές ελεύθερες στο ένα άκρο. Είναι τόσο λεπτά (20 nm) που δεν θα μπορούσαν να παρατηρηθούν άμεσα στο οπτικό μικροσκόπιο παρά μόνο μετά από ειδική χρώση που αυξάνει τη διάμετρό τους.

Vibrio vulnificus



Salmonella typhi

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

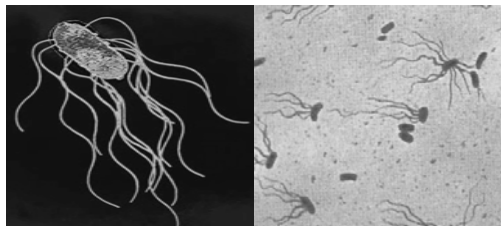
Μαστίγια (Flagelles)

Λεπτές νηματοειδείς δομές που εκτείνονται από την κυτταρική μεμβράνη διαμέσου του κυτταρικού τοιχώματος. Έχουν πολύ μεγαλύτερο μήκος από το κύτταρο

Λειτουργία: Όργανα κίνησης των βακτηρίων-Συμμετέχουν στα φαινόμενα τακτισμού

Σύσταση: πρωτεϊνική

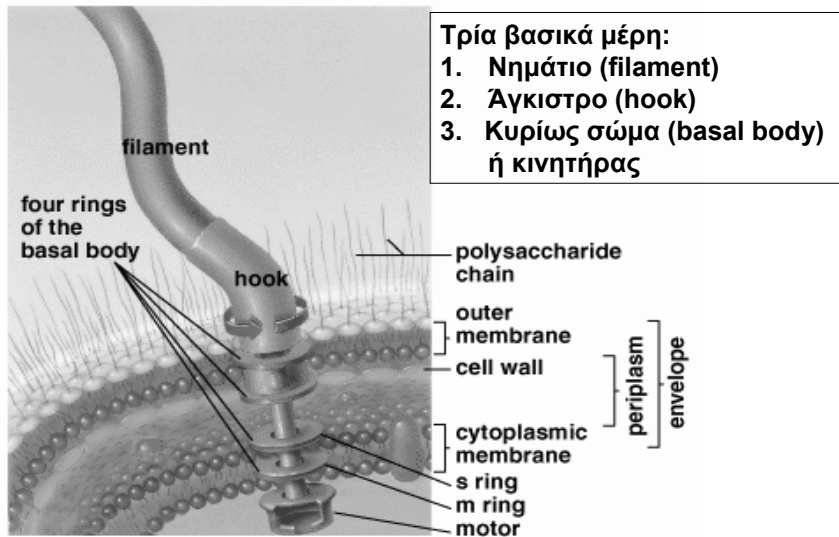
Vibrio vulnificus



Salmonella typhi

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Δομή Μαστιγίων



©Brooks/Cole Publishing Company/ITP

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

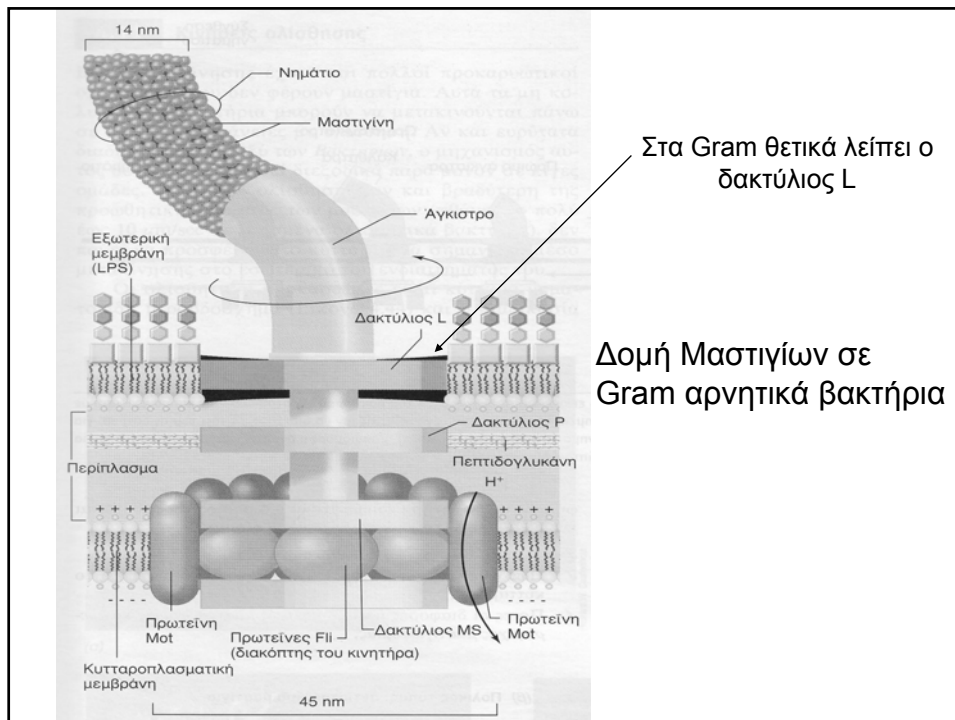
Δομή Μαστιγίων

Το νημάτιο των βακτηριακών μαστιγίων αποτελείται αποκλειστικά από μια σφαιρική πρωτεΐνη τη φλαζελίνη ή μαστιγίνη. Στη βάση του νηματίου υπάρχει μια περιοχή πρωτεϊνικής φύσης που ονομάζεται άγκιστρο και συνδέει το νημάτιο με τον κινητήρα του μαστιγίου (κυρίως σώμα).

Ο κινητήρας είναι προσδεμένος στην πλασματική μεμβράνη και το κυτταρικό τοίχωμα και αποτελείται από μια κεντρική ράβδο που διαπερνά ένα σύστημα δακτυλίων. Στα αρνητικά κατά Gram βακτήρια υπάρχουν 4 δακτύλιοι, ένας στην εξωτερική μεμβράνη (L), ένας στη στοιβάδα της πεπτιδογλυκάνης (P) και δύο εσωτερική μέσα στην πλασματική μεμβράνη (M και S). Στα θετικά κατά Gram βακτήρια που δεν έχουν εξωτερική μεμβράνη λείπει ο αντίστοιχος δακτύλιος (L).

Υπάρχει επίσης ένα ζεύγος πρωτεϊνών προσδεμένες στη πλασματική μεμβράνη που καλούνται πρωτεΐνες Mot και είναι αυτές που θέτουν σε κίνηση τον κινητήρα δημιουργώντας μια ροπή η οποία οδηγεί στην περιστροφή του μαστιγίου.

Τέλος, υπάρχει μια τελευταία σειρά πρωτεϊνών, οι πρωτεΐνες Flh που λειτουργούν ως διακόπτες του κινητήρα αντιστρέφοντας την περιστροφή των μαστιγίων ως απόκριση σε συγκεκριμένα ενδοκυτταρικά σήματα



Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

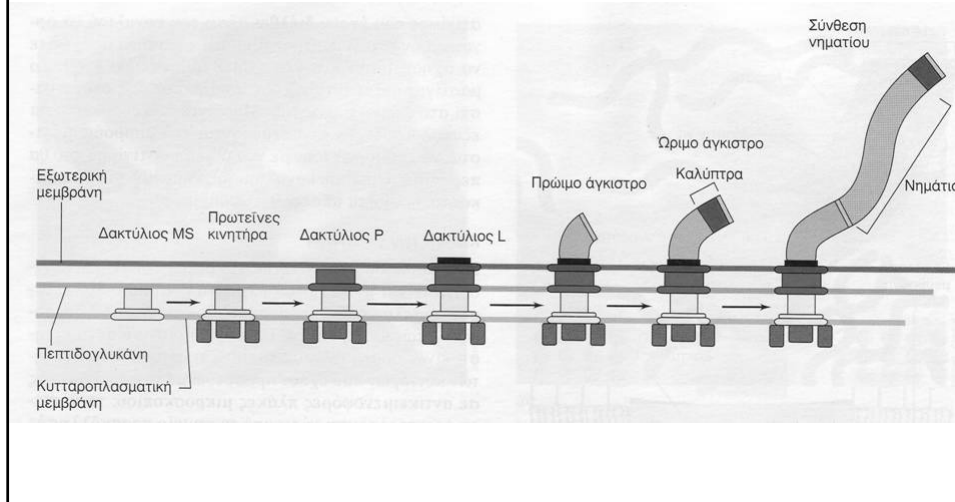
Σύνθεση Μαστιγίων

Η δημιουργία του μαστιγίου ξεκινά με τη σύνθεση των δακτυλίων M και S και την πρόσδεσή τους στη μεμβράνη. Στη συνέχεια συντίθενται οι πρωτεΐνες του κινητήρα και το άγκιστρο. Μετά τη σύνθεσή τους στο κυτταρόπλασμα (ριβασώματα) τα μόρια μαστιγίνης περνούν μέσω ενός καναλιού διαμέτρου 3 nm στο εσωτερικό του νηματίου και προστίθενται συνεχώς στο άκρο του. Στο άκρο του αναπτυσσόμενου μαστιγίου υπάρχει μια καλύπτρα πρωτεϊνικής φύσης. Οι πρωτεΐνες της καλύπτρας βοηθούν τα μόρια μαστιγίνης να οργανωθούν στα νημάτια. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι να ολοκληρωθεί το τελικό μήκος του νηματίου.

Μαστίγια που έχουν σπάσει εξακολουθούν να περιστρέφονται και μπορούν μάλιστα να επιδιορθωθούν με νέα μόρια μαστιγίνης

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

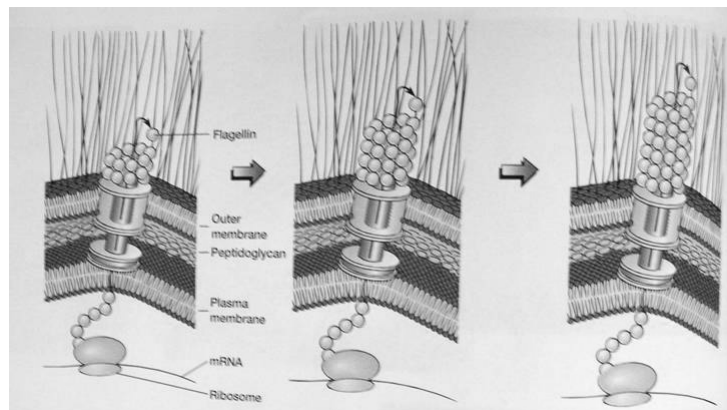
Σύνθεση Μαστιγίων



Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Σύνθεση Μαστιγίων

Τα μόρια μαστιγίνης δημιουργούνται στα ριβοσώματα και μέσω ενός καναλιού στο εσωτερικό του νηματίου μεταφέρονται και τοποθετούνται στο άκρο του νηματίου



Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Θέση Μαστιγίων

Η θέση των μαστιγίων στο βακτηριακό κύτταρο διαφέρει ανάλογα με το είδος του βακτηρίου. Στην περίπτωση της πολικής μαστιγοφορίας το κύτταρο φέρει μαστίγια στον έναν ή και στους δύο πόλους. Αντί του ενός μαστιγίου στον έναν πόλο είναι δυνατόν να αναπτύσσεται μια ομάδα (λοφίο) μαστιγίων. Στην περίπτωση της περίτριχης μαστιγοφορίας το κύτταρο φέρει πολλά μαστίγια όχι μόνο στους πόλους αλλά σε διάφορα σημεία

Η τύπος μαστιγοφορίας καθορίζει τον τρόπο κίνησης των κυττάρων.

Επιπλέον ο τύπος μαστιγοφορίας αποτελεί και ένα ταξινομικό γνώρισμα για τα είδη των βακτηρίων

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

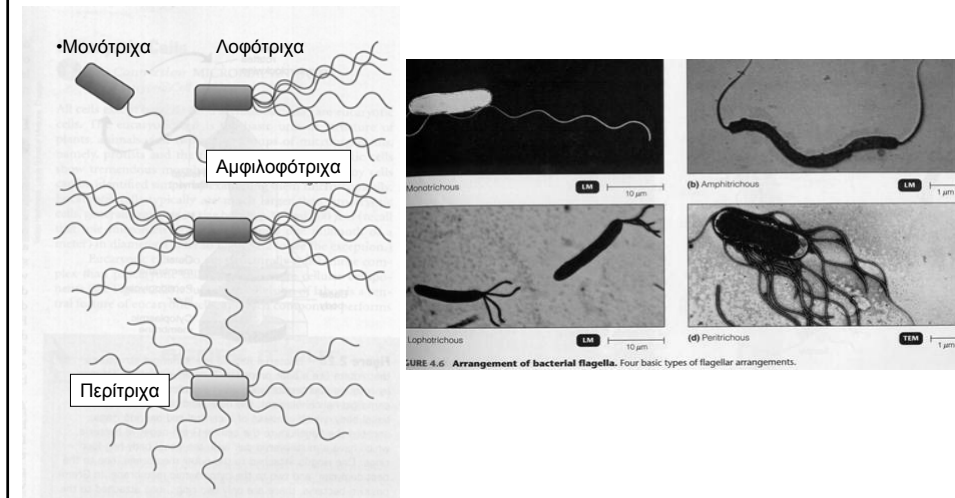
Τύποι Μαστιγοφορίας

Ανάλογα με τη θέση και τον αριθμό των μαστιγίων διακρίνονται οι παρακάτω τύποι μαστιγοφορίας :

- Μονότριχος: ένα μαστίγιο στον έναν πόλο
- Αμφίτριχος: από ένα μαστίγιο στο κάθε πόλο
- Λοφότριχος: περισσότερα από ένα μαστίγιο στον έναν πόλο
- Αμφιλοφότριχος: περισσότερα από ένα μαστίγιο και στους δύο πόλους
- Περίτριχος: μαστίγια περιμετρικώς το κυττάρου
- Εσωτερικός: μαστίγια στο εσωτερικό του κυττάρου

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

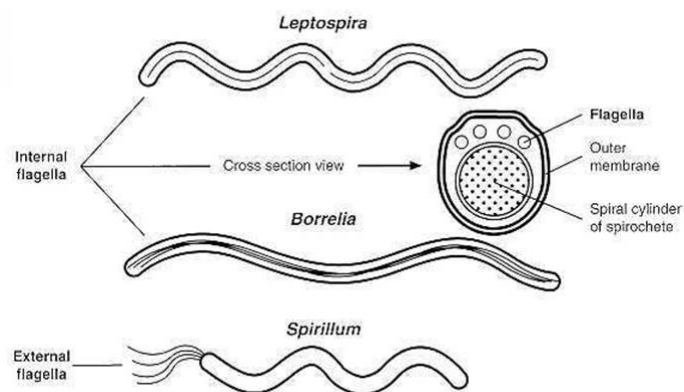
Τύποι Μαστιγοφορίας



Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Τύποι Μαστιγοφορίας

Στις σπειροχαίτες τα μαστίγια μπορεί να βρίσκονται



Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Κίνηση κυττάρου

Η πλειονότητα των αυτοκινούμενων προκαρυωτικών κυττάρων μετακινούνται χρησιμοποιώντας μαστίγια. Ορισμένα βακτηρικά κύτταρα μπορούν να κινούνται σε στέρεες επιφάνειες με ολίσθηση. Τέλος, ορισμένοι υδρόβιοι μικροοργανισμοί μπορούν να ρυθμίζουν τη βυθομετρική τους θέση με τη χρήση αεριούχων δομών που ονομάζονται αεροκυστίδια

Η κινητική ικανότητα επιτρέπει στο κύτταρο να προσεγγίζει διάφορες περιοχές του περιβάλλοντός του

Η κίνηση των βακτηρίων απαιτεί την κατανάλωση ενέργειας

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Κίνηση κυττάρου με τη χρήση μαστιγίων

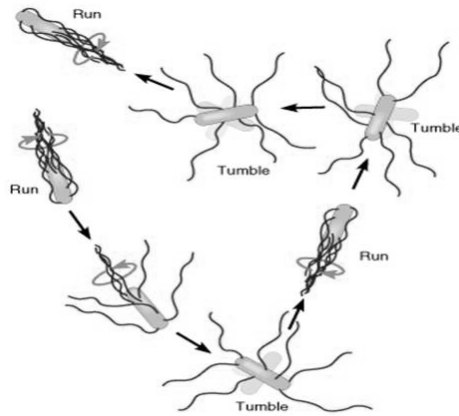
Η κίνηση των μαστιγίων είναι περιστροφική όπως η προπέλα. Η απαιτούμενη ενέργεια προέρχεται από την πρωτονιεγερτική δύναμη. Η κίνηση πρωτονίων διαμέσου της μεμβράνης, μέσω του συμπλέγματος των πρωτεϊνών Mot οδηγεί στην περιστροφή του μαστιγίου. Έχει υπολογιστεί ότι κάθε περιστροφή του μαστιγίου απαιτεί ενεργειακά τη μετακίνηση 1000 περίπου πρωτονίων. Τα μαστίγια δεν περιστρέφονται με σταθερή ταχύτητα αλλά αυξομειώνουν την ταχύτητά τους ανάλογα με την ισχύ την πρωτονιεγερτικής δύναμης. Η περιστροφή των μαστιγίων μπορεί να δώσει ταχύτητα μέχρι και 60 μήκη ανά δευτ. Δηλαδή περίπου 0,17 km/h.

Η κίνηση βακτηρίων με πολικά μαστίγια διαφέρει από αυτών με περίτριχα.

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Κίνηση περιτρίχου κυττάρου

Τα περιτρίχα κύτταρα κινούνται με την περιστροφή όλων των μαστιγίων ως δέσμη. Η κίνηση προς τα εμπρός γίνεται με αριστερόστροφη περιστροφή της δέσμης. Η δεξιόστροφη ανεξάρτητη κίνηση των μαστιγίων οδηγεί στη στάση των



(a)

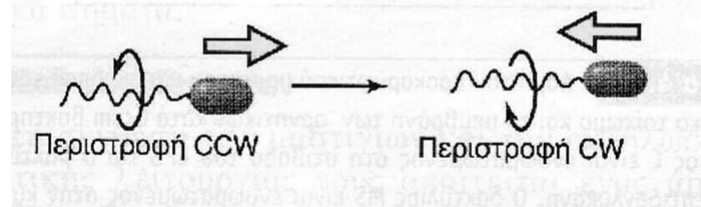
Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Κίνηση κυττάρου με πολικό μαστίγιο

Σε πολικούς τύπους με αντιστρέψιμα μαστίγια όπου το μαστίγιο μπορεί να περιστρέφεται και προς τις δύο κατευθύνσεις το κύτταρο κινείται προς τα εμπρός με αριστερόστροφη περιστροφή και προς τα πίσω με δεξιόστροφη. Στην πρώτη περίπτωση το μαστίγιο ωθεί το κύτταρο ενώ στη δεύτερη το σέρνει.

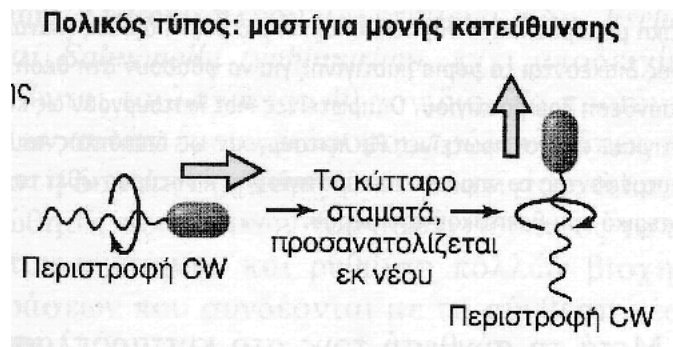
(β) Πολικός τύπος: αντιστρέψιμα μαστίγια



Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Κίνηση κυττάρου με πολικό μαστίγιο

Σε πολικούς τύπους με μαστίγια μονής κατεύθυνσης όπου το μαστίγιο μπορεί να περιστρέφεται μόνο αριστερόστροφα το κύτταρο για να αλλάξει κατεύθυνση σταματά την περιστροφή του μαστιγίου, προσανατολίζεται εκ νέου τυχαία λόγω της κίνησης Brown και ξεκινά πάλι την περιστροφή.



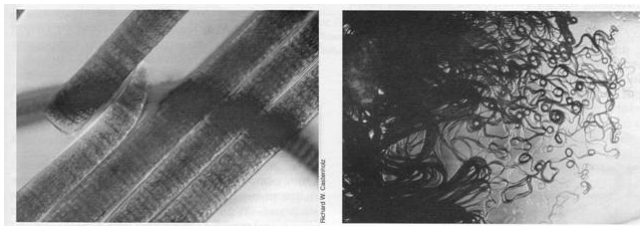
Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Κίνηση ολίσθησης

Ικανότητα κίνησης έχουν και πολύ προκαρυωτικοί οργανισμοί που δεν φέρουν μαστίγια. Στην περίπτωση αυτή η κίνηση γίνεται με ολίσθηση πάνω σε στέρεες επιφάνειες. Αν και υπάρχουν περιορισμένες γνώσεις σχετικά με το μηχανισμό ολίσθησης των κυττάρων, έχει διαπιστωθεί ότι η κίνηση με ολίσθηση, αν και βραδύτερη από την κίνηση με μαστίγια προσφέρει στο κύτταρο ένα σημαντικό μέσο μετακίνησης.

Γνωστότερα ολισθητικά βακτήρια είναι τα νηματοειδή κυανοβακτήρια καθώς και διάφορα είδη των Cytophaga και Flavobacterium

Νηματοειδές ολισθητικό κυανοβακτήριο

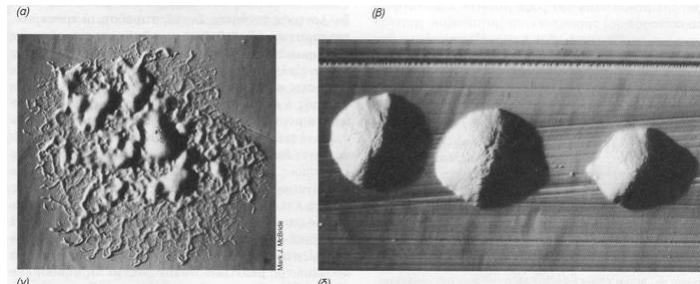


Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Κίνηση ολίσθησης

Οι αποικίες ενός ολισθητικού βακτηρίου εμφανίζουν χαρακτηριστική μορφολογία αφού τα ολισθητικά κύτταρα διολισθαίνουν πάνω στο υπόστρωμα και απομακρύνονται από το κέντρο της αποικίας.

- A) Αποικία του ολισθητικού κυανοβακτηρίου *Flavobacterium johnsoniae*
B) Αποικία μεταλλαγμένου στελέχους του ίδιου είδους που στερείται δυνατότητα ολίσθησης



Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Μηχανισμοί ολίσθησης

Υπάρχουν στοιχεία για πάνω από έναν μηχανισμό ολίσθησης.

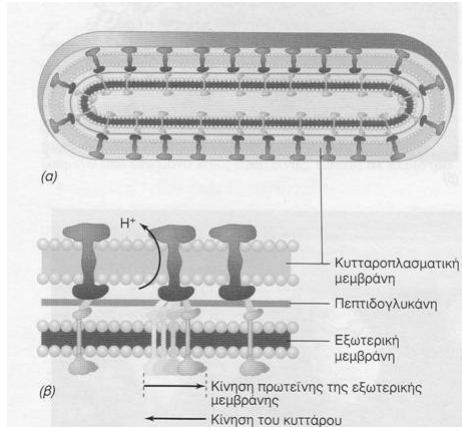
Για τα κυανοβακτήρια έχει προταθεί ότι η ολίσθηση συνδέεται με την πολυσακχαριτική βλέννα που βρίσκεται στην επιφάνεια του κυττάρου. Η συνεχής έκκριση της βλέννας και η προσκόλλησή της στην επιφάνεια του υποστρώματος συμπαρασύρει το κύτταρο και προκαλεί την κίνησή του.

Στο *Flavobacterium johnsoniae* πιθανός μηχανισμός ολίσθησης είναι η μετατόπιση πρωτεϊνών στην κυτταρική επιφάνεια. Η κίνηση πρωτεϊνών που είναι προσδεμένες στην κυτταροπλασματική και την εξωτερική μεμβράνη προωθεί το κύτταρο με έναν τύπο συνεχούς οδοντωτής τροχοδρόμησης.

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Μηχανισμοί ολίσθησης

Μοντέλο μηχανισμού ολισθητικής κίνησης. Θεωρείται ότι η πεπτιδογλυκάνη συνδέει τις πρωτεΐνες της κυτταροπλασματικής μεμβράνης με αυτές της εξωτερικής μεμβράνης. Η κίνηση των πρωτεϊνών της κυτταροπλασματικής μεμβράνης συμπαρασύρει τις πρωτεΐνες της εξ. μεμβράνης που ωθούν το κύτταρο σαν ερπύστριες.



Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Κίνηση κυττάρου και περιβαλλοντικές αποκρίσεις: Φαινόμενα Τακτισμού

Τα φαινόμενα τακτισμού σχετίζονται με τις κινητικές αποκρίσεις των κυττάρων όταν αυτά συναντούν διαβαθμίσεις συγκέντρωσης φυσικών ή χημικών παραγόντων. Οι μηχανισμοί της κίνησης των κυττάρων έχουν εξελιχθεί ώστε να αποκρίνονται στις διαβαθμίσεις αυτές είτε αρνητικά είτε θετικά απομακρύνοντας ή προσεγγίζοντας αντίστοιχα το κύτταρο από τον περιβαλλοντικό παράγοντα. Τα γνωστότερα φαινόμενα τακτισμού είναι

Ο Χημειοτακτισμός, η απόκριση σε χημικές ουσίες

Ο Φωτοτακτισμός, η απόκριση στο φως

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Κίνηση κυττάρου και περιβαλλοντικές αποκρίσεις:
Φαινόμενα Τακτισμού

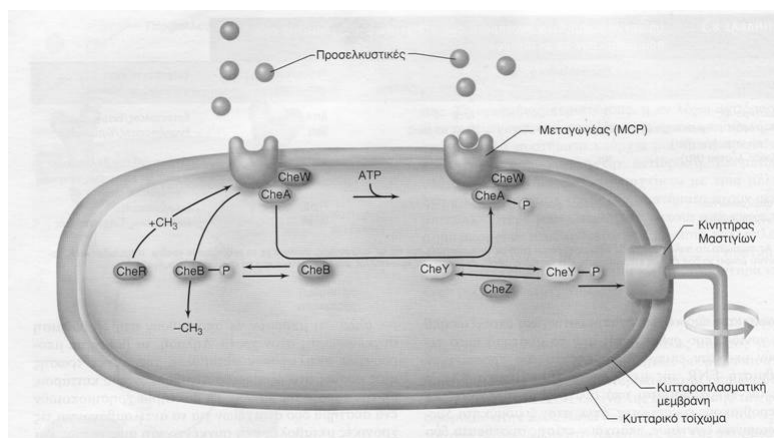
Χημειοτακτισμός

- Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο το κύτταρο κινείται προς ή απομακρύνεται από μια χημική ουσία.
- Ελκυστικές ουσίες (θετικός χημειοτακτισμός)
- Απωθητικές ουσίες (αρνητικός χημειοτακτισμός)
- Στο μοριακό μηχανισμό του χημειοτακτισμού συμμετέχουν αισθητήριες πρωτεΐνες της μεμβράνης (χημειοποδοχείς ή μεταγωγείς) που αντιλαμβάνονται τη διαβάθμιση των χημικών συγκεντρώσεων συναρτήση του χρόνου και αλληλεπιδρούν με τις πρωτεΐνες του κινητήρα του μαστιγίου που καθορίζουν τη κατεύθυνση κίνησης του κυττάρου. Ο μηχανισμός αυτός πρόκειται στην ουσία για αισθητήριο όργανο των κυττάρων

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Κίνηση κυττάρου και περιβαλλοντικές αποκρίσεις:
Φαινόμενα Τακτισμού

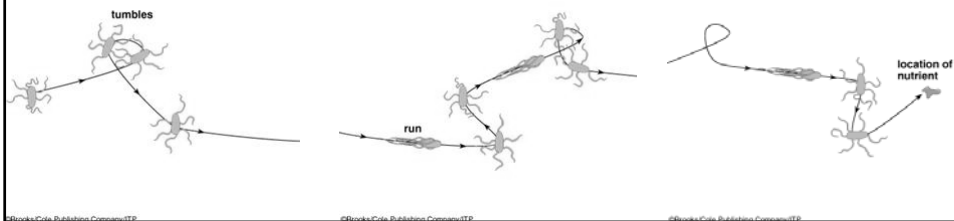
Μοριακός Μηχανισμός Χημειοτακτισμού



Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Κίνηση κυττάρου και περιβαλλοντικές αποκρίσεις: Φαινόμενα Τακτισμού Χημειοτακτισμός

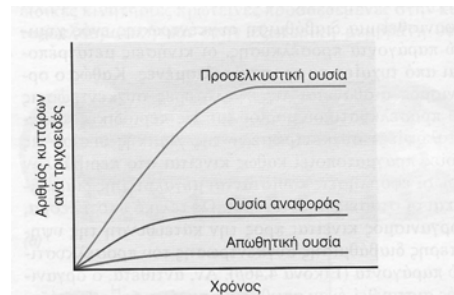
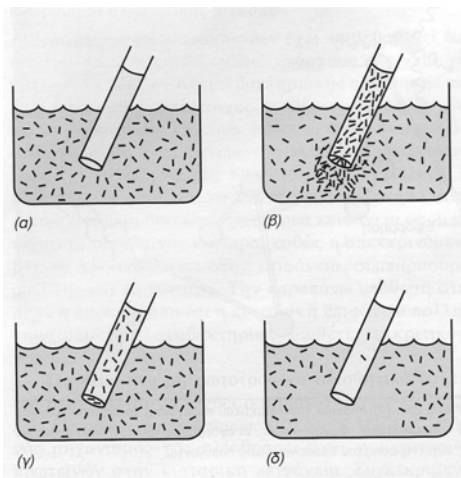
Απουσία διαβάθμισης συγκέντρωσης το κύτταρο κινείται τυχαία με τυχαίες στάσεις και εφορμήσεις. Όταν παρουσιαστεί διαβάθμιση συγκέντρωσης μια προσελκυστικής ουσίας (π.χ ενός θρεπτικού υλικού) η κίνηση μετατρέπεται από τυχαία σε προσανατολισμένη. Καθώς το κύτταρο αισθάνεται την υψηλότερη συγκέντρωση της ουσίας μειώνει τις στάσεις και αυξάνει της εφορμήσεις προς την κατεύθυνση της υψηλότερης συγκέντρωσης. Το αντίθετο συμβαίνει για τις απωθητικές ουσίες.



Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Κίνηση κυττάρου και περιβαλλοντικές αποκρίσεις: Φαινόμενα Τακτισμού

Πειραματικές Μετρήσεις Χημειοτακτισμού



Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Κίνηση κυττάρου και περιβαλλοντικές αποκρίσεις:

Φαινόμενα Τακτισμού

Φωτοτακτισμός

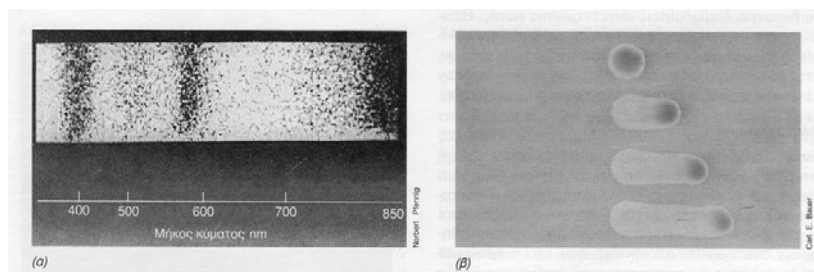
- Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο το κύτταρο κινείται προς ή απομακρύνεται από το φως. Διακρίνεται σε
- Σκοτοφοβοτακτισμό, αίσθηση μείωσης του φωτός
- Φωτοτακτισμό, αίσθηση αύξησης του φωτός
- Ο φωτοτακτισμός δίνει στο φωτοτροφικό κύτταρο τη δυνατότητα να προσανατολίζεται με τον πλέον αποδοτικό τρόπο για τις φωτοσυνθετικές του ανάγκες. Ο μοριακός μηχανισμός του φωτοτακτισμού μοιάζει με αυτόν του χημειοτακτισμού. Συμμετέχουν αισθητήριες πρωτεΐνες της μεμβράνης (φωτοουποδοχείς) που αντιλαμβάνονται τη διαβάθμιση του φωτός και αλληλεπιδρούν με τις πρωτεΐνες του κινητήρα του μαστιγίου που καθορίζουν τη κατεύθυνση κίνησης του κυττάρου.

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Κίνηση κυττάρου και περιβαλλοντικές αποκρίσεις:

Φαινόμενα Τακτισμού

Πειραματικές Μετρήσεις Φωτοτακτισμού

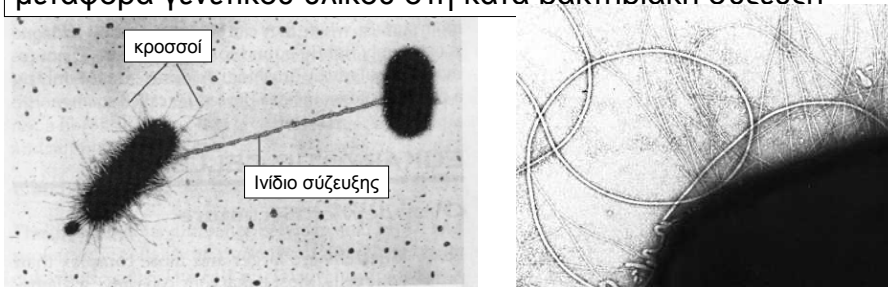


Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Ινίδια (ή τριχίδια) και κροσσοί

Τα ινίδια είναι μικρότερα, λεπτότερα, πιο ευθύγραμμα και περισσότερα από τα μαστίγια. Τα πολύ λεπτά ινίδια λέγονται κροσσοί

- Σύσταση: πρωτεϊνική
- Λειτουργίες: Δεν σχετίζονται με τη κίνηση του κυττάρου. Χρησιμοποιούνται για την προσκόλληση του κυττάρου σε επιφάνειες. Ένας τύπος ινιδίου χρησιμοποιείται κατά τη μεταφορά γενετικού υλικού στη κατά βακτηριακή σύζευξη



Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Ινίδια (ή τριχίδια) και κροσσοί

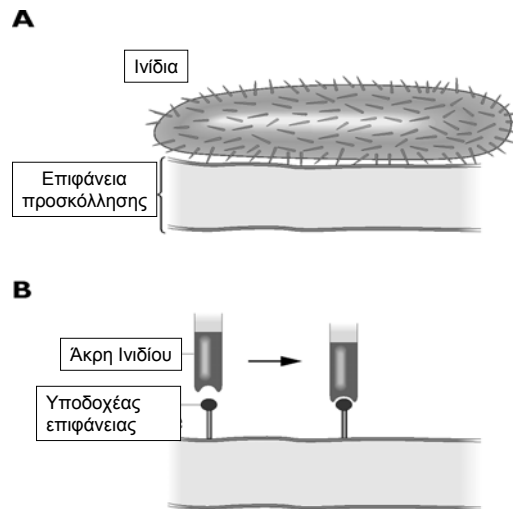
Μαστίγιο

Ινίδια

Δομές στο εξωτερικό του κυττάρου

Ινίδια και κροσσοί (pili, fimbriae)

Λειτουργία των ινιδίων στην προσκόλληση των κυττάρων



Κυτταρικό τοίχωμα

Πολύπλοκη δομή υπεύθυνη για το σχήμα και την προστασία κυττάρου. Αποτελεί το 10-40% του ξηρού βάρους του κυττάρου και διαφέρει σε πάχος και σύνθεση από βακτήριο σε βακτήριο με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό και την ταξινόμηση των βακτηρίων

Σύσταση:

Στα θετικά κατά Gram βακτήρια αποτελείται από πεπτιδογλυκάνη κατά περίπου 90% και τειχοϊκά και λιποτειχοϊκά οξέα

Στα αρνητικά κατά Gram βακτήρια αποτελείται από πεπτιδογλυκάνη κατά περίπου 5-20%, πρωτεΐνες και λιποπολυσακχαρίτες και που αποτελούν την εξωτερική μεμβράνη. Οι λιποπολυσακχαρίτες είναι χαρακτηριστικοί των αρνητικών κατά Gram

Λειτουργίες:

1. Προστατεύει τη μεμβράνη και το εσωτερικό του κυττάρου
2. Προστατεύει το κύτταρο από μεταβολές της ωσμωτικής πίεσης
3. Προστατεύει το κύτταρο από φαγοκυττάρωση, αντιβιοτικά και άλλα χημικά

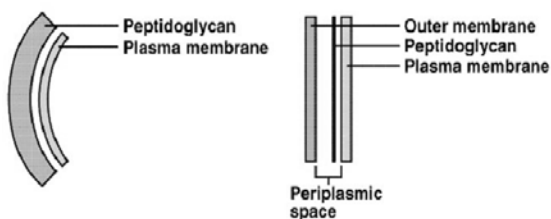
Κυτταρικό τοίχωμα

Lensing M, Prescott, John P, Harley, Donald A, Klein, Microbiology, 4e, Copyright © 1999 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

Bacterial Cell Wall

The gram-positive cell wall

The gram-negative cell wall



Κυτταρικό τοίχωμα

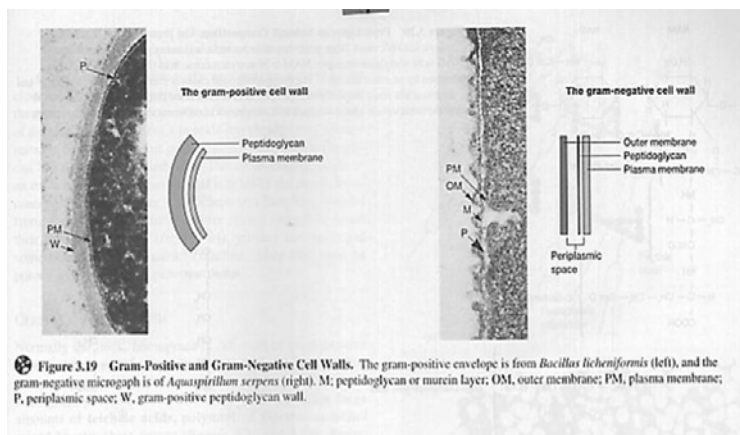
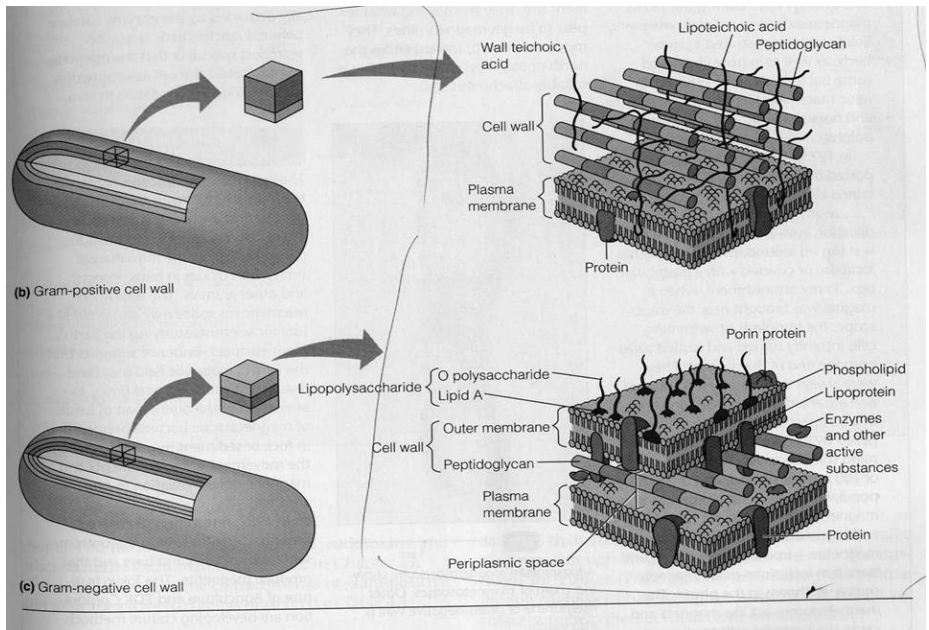


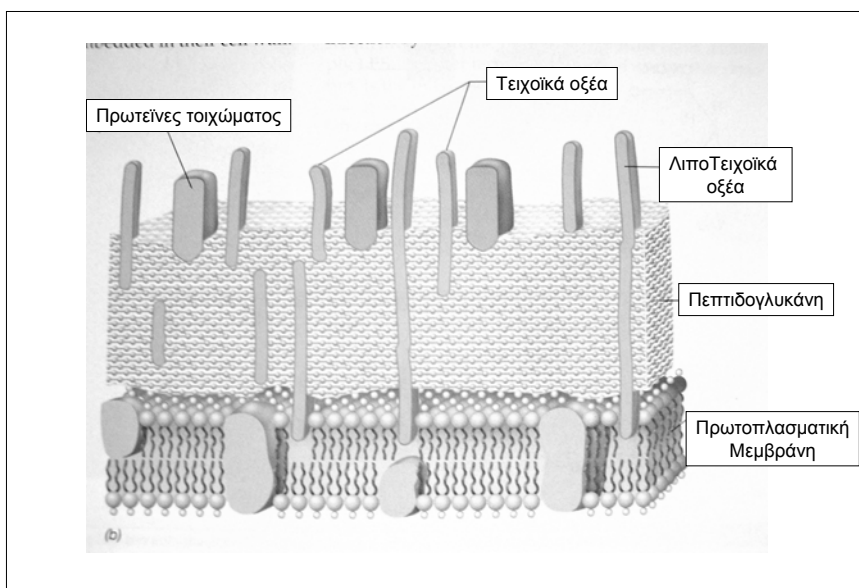
Figure 3.19 Gram-Positive and Gram-Negative Cell Walls. The gram-positive envelope is from *Bacillus licheniformis* (left), and the gram-negative micrograph is of *Aquaspirillum serpens* (right). M: peptidoglycan or murcin layer; OM, outer membrane; PM, plasma membrane; P, periplasmic space; W, gram-positive peptidoglycan wall.

Κυτταρικό τοίχωμα



Κυτταρικό τοίχωμα

Κυτταρικό τοίχωμα Gram θετικών



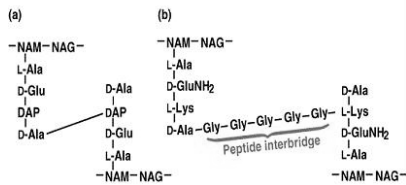
Κυτταρικό τοίχωμα

Πεπτιδογλυκάνη ή μουρεΐνη

Η πεπτιδογλυκάνη είναι μια ετεροπολυμερής ένωση αποτελούμενη από δύο αμινοσάκχαρα την N-ακετυλογλυκοζαμίνη και το N-ακετυλομουραμικό οξύ που είναι συνδεδεμένα με β-1,4-γλυκοζιτικό δεσμό και ένα μικρού μήκους τετραπεπτιδίο που αποτελείται από L-αλανίνη, D-αλανίνη, D-γλουταμινικό οξύ και λυσίνη ή διάμινοπιμελικό οξύ (DAP). Τα παραπάνω συστατικά συνδέονται μεταξύ τους με μία πεπτιδική γέφυρα, (π.χ πενταπεπτιδίο της γλυκίνης)

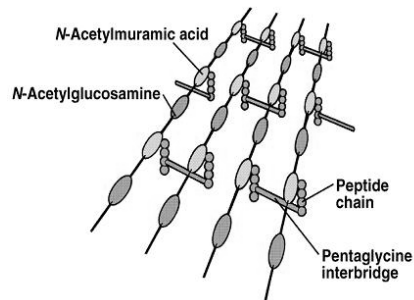
Lansing M. Prescott, John P. Harley, Donald A. Klein, Microbiology, 4e. Copyright © 1999 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

Peptidoglycan Cross-Links



Lansing M. Prescott, John P. Harley, Donald A. Klein, Microbiology, 4e. Copyright © 1999 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

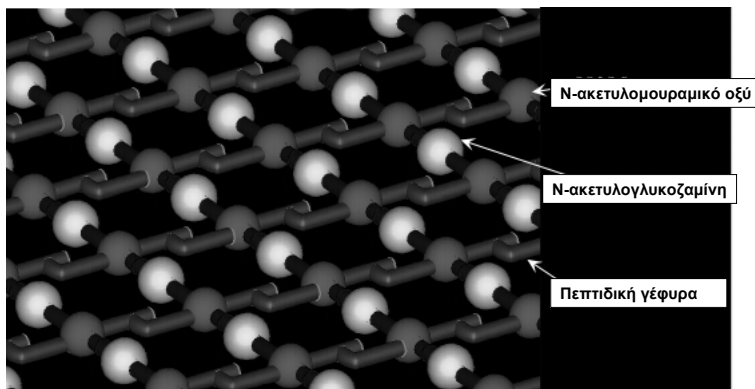
Peptidoglycan Structure



Κυτταρικό τοίχωμα

Πεπτιδογλυκάνη ή μουρεΐνη

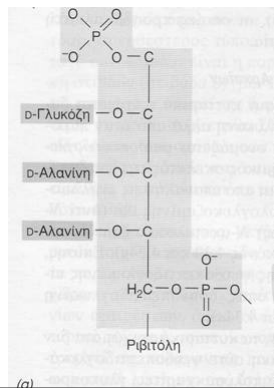
Μοριακό μοντέλο πεπτιδογλυκάνης



Κυτταρικό τοίχωμα

Τειχοϊκά (ή Τειχικά) οξέα

Πολλά θετικά κατά Gram βακτήρια έχουν ενσωματωμένους στο κυτταρικό τους τοίχωμα όξινους πολυσακχαρίτες που ονομάζονται τειχικά οξέα. Τα τειχικά οξέα είναι όλα τα πολυμερή (τοιχώματος, μεμβράνης ή κάψας) τα οποία περιέχουν κατάλοιπα φωσφορικής γλυκερόλης ή φωσφορικής ριβιτόλης. Οι πολυαλκοόλες αυτές συνδέονται μεταξύ τους με φωσφοεστερικούς δεσμούς και συνήθως είναι συδεδεμένα μαζί τους και άλλα σάκχαρα ή D-αλανίνη

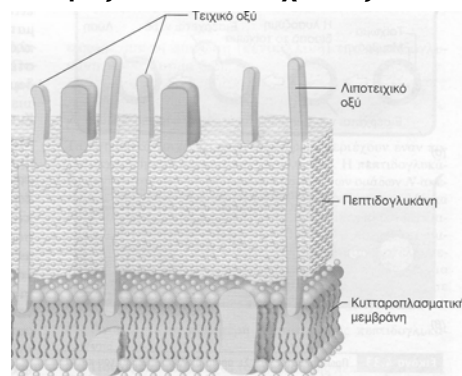


Κυτταρικό τοίχωμα

Τειχοϊκά (ή Τειχικά) οξέα

Λόγω του αρνητικού τους φορτίου τα τειχικά οξέα συνεισφέρουν σημαντικά στο αρνητικό φορτίο που εμφανίζει συνολικά η κυτταρική επιφάνεια με αποτέλεσμα να ελέγχεται η διέλευση ιόντων μέσω του κυτταρικού τοιχώματος.

Ορισμένα γλυκερινούχα τειχικά οξέα είναι συνδεδεμένα με λιπίδια των μεμβρανών και ονομάζονται λιποτειχικά οξέα.



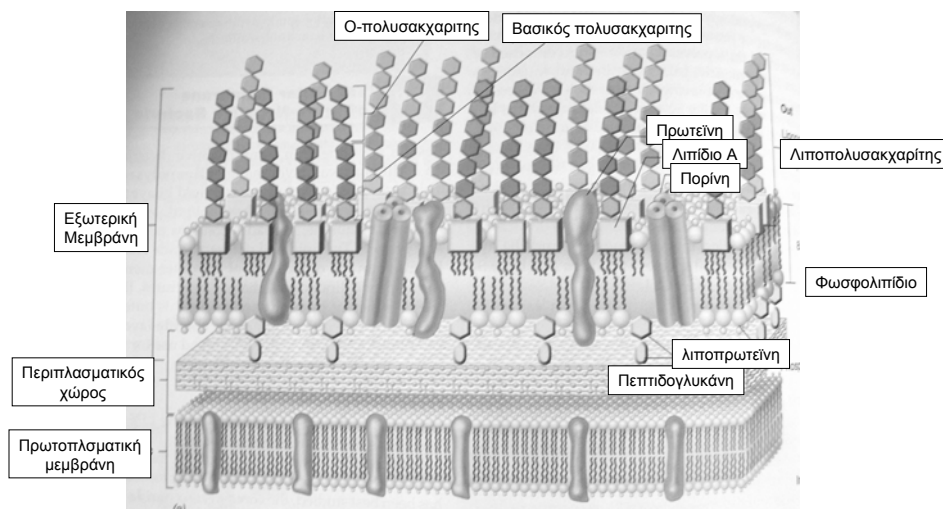
Κυτταρικό τοίχωμα

Κυτταρικό τοίχωμα Gram αρνητικών Η εξωτερική μεμβράνη

Εκτός της πεπτιδογλυκάνης τα αρνητικά κατά Gram βακτήρια περιέχουν και μια πρόσθετη επίστρωση τοιχώματος αποτελούμενη από **λιποπολυσακχαρίτες**. Η στοιβάδα αυτή που είναι γνωστή ως **εξωτερική μεμβράνη**, δεν έχει την τυπική φωσφολιπιδική σύσταση της κυτταροπλασματικής μεμβράνης αλλά αποτελείται από **πολυσακχαρίτες, λιπίδια και πρωτεΐνες**.

Κυτταρικό τοίχωμα

Κυτταρικό τοίχωμα Gram αρνητικών



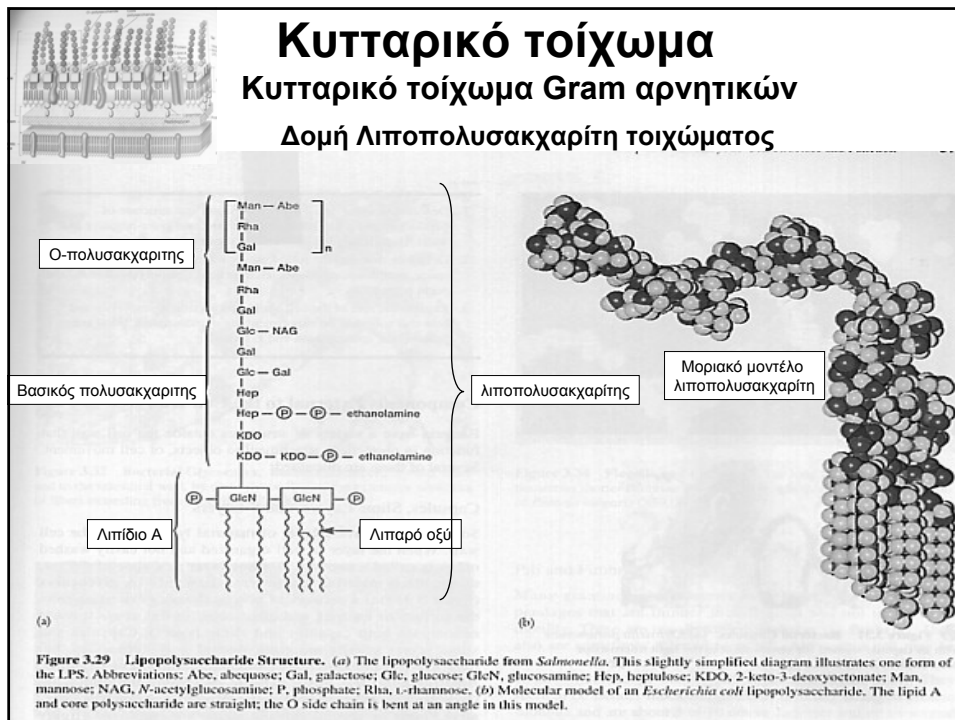
Κυτταρικό τοίχωμα Κυτταρικό τοίχωμα Gram αρνητικών Η εξωτερική μεμβράνη

Τα λιπίδια και οι πολυσακχαρίτες στην εξωτερική μεμβράνη σχηματίζουν μια ειδική δομή, το **λιποπολυσακχαρίτη** ο οποίος αποτελείται από το λιπίδιο A, τον κεντρικό πολυσακχαρίτη και τον Ο-πολυσακχαρίτη.

Το λιπίδιο A είναι ένωση λιπαρών οξέων με έναν δισακχαρίτη φωσφορικής N-ακετυλογλυκοζαμίνης μέσω αμινοεστερικών δεσμών. Τα λιπαρά οξέα μπορεί να είναι καπρωϊκό, μυριστικό, παλμιτικό, δαφνικό και στεαρικό

Ο κεντρικός πολυσακχαρίτης μπορεί να περιέχει επτόζες, γλυκόζη, γαλακτόζη και N-ακετυλογλυκοζαμίνη.

Ο Ο-πολυσακχαρίτης περιέχει συνήθως εξόζες όπως γλυκόζη, γαλακτόζη, ραμνόζη και μαννόζη και ένα ή περισσότερα ασυνήθη διδεοξυ-σάκχαρα όπως αμπεκουόζη, κολιτόζη, παρατόζη ή τυβελόζη. Τα σάκχαρα αυτά σχηματίζουν τετραμελής ή πενταμελής αλληλουχίες η επανάληψη των οποίων δημιουργεί έναν επιμήκη Ο-πολυσακχαρίτη



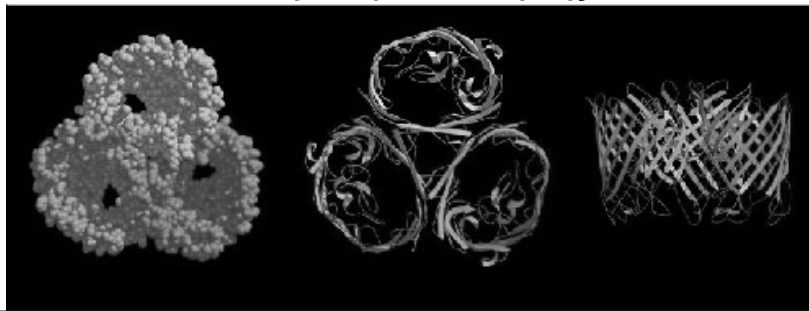
Κυτταρικό τοίχωμα

Κυτταρικό τοίχωμα Gram αρνητικών

Πορίνες (πρωτεΐνες εξ. μεμβράνης τοιχώματος)

Σε αντίθεση με την κυτταροπλασματική μεμβράνη, η εξωτερική μεμβράνη είναι σχετικά διαπερατή στα μακρομόρια γεγονός που οφείλεται στην παρουσία των πορινών που είναι πρωτεΐνες που λειτουργούν ως κανάλια για τη μεταφορά υδρόφιλων ουσιών μικρού μοριακού βάρους. Οι περισσότερες πορίνες αποτελούνται από 3 όμοιες πρωτεϊνικές υπομονάδες οι οποίες είναι διαμεμβρανικές πρωτεΐνες που συνδυάζονται για να σχηματίζουν μικρές διαμεμβρανικές οπές διαμέτρου περίπου 1nm.

Μοριακά μοντέλα πορίνης

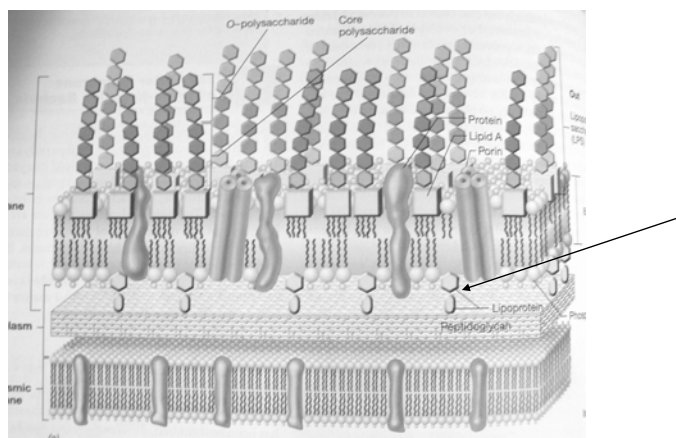


Κυτταρικό τοίχωμα

Κυτταρικό τοίχωμα Gram αρνητικών

Η εξωτερική μεμβράνη

Στο εσωτερική πλευρά της εξωτερικής μεμβράνης απαντά ένα σύμπλεγμα λιποπρωτεΐνης η οποία λειτουργεί ως μέσω σύνδεσης της εξωτερικής μεμβράνης με το στρώμα πεπτιδογλυκάνης



Κυτταρικό τοίχωμα

Κυτταρικό τοίχωμα Gram αρνητικών

Λειτουργίες εξ. μεμβράνης τοιχώματος

Μία από τις βασικές λειτουργίες της εξωτερικής μεμβράνης είναι να συγκρατεί τα ένζυμα που βρίσκονται στον περιπλασματικό χώρο και είναι πολύ σημαντικά αφού

- είτε συμμετέχουν στην αρχική αποικοδόμηση των μορίων της τροφής (υδρολυτικά ένζυμα),
- είτε στη διαμεμβρανική μεταφορά (πρωτεΐνες δέσμησης)
- είτε ως χημειουποδοχείς στα φαινόμενα χημειοτακτισμού

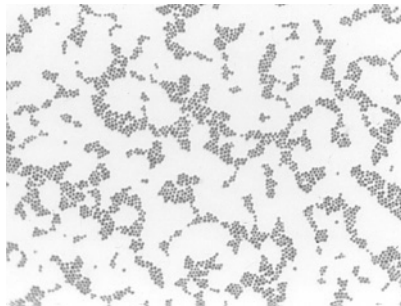
Μια άλλη λειτουργία της εξωτερικής μεμβράνης είναι η συμμετοχή στην παθογένεια των βακτηρίων που συνδέεται με την τοξικότητα του λιπιδίου A του λιποπολυσακχαρίτη. Το τοξικό αυτό συστατικό αναφέρεται ως ενδοτοξίνη.

Κυτταρικό τοίχωμα

Χρώση Gram

Η σύσταση του κυτταρικού τοιχώματος χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό και την ταξινόμηση των βακτηρίων μέσω της χρώσης Gram. Με βάση τον χρωματισμό των κυττάρων μετά το τέλος της διαδικασίας χρώσης τα βακτήρια διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες

Gram-θετικά (μπλέ)



Gram-αρνητικά (κόκκινα)

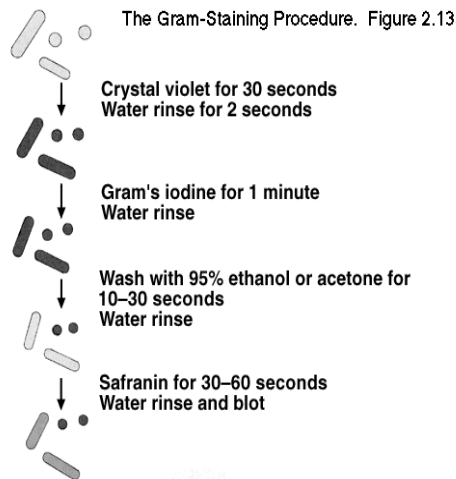


Κυτταρικό τοίχωμα

Χρώση Gram

Διαδικασία

Microbiology, 3rd ed., by Prescott/Harley/Klein, ©1996 Times Mirror Higher Education Group, Inc.



Κυτταρικό τοίχωμα

Χρώση Gram

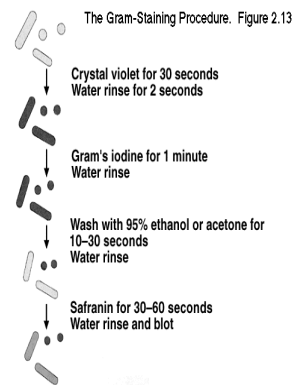
Αρχή

Η διαφορά στο χρωματισμό των κυττάρων οφείλεται βασικά στον αποχρωματισμό που προκαλεί η αιθανόλη.

Αρχικά τα κύτταρα χρωματίζονται με κρυσταλλικό ιώδες και ιώδιο που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία συμπλόκου κρυσταλλικού ιώδους-ιωδίου. Με έκπλυση με αιθανόλη τα λιπίδια στην εξωτερική μεμβράνη των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων διαλύονται και απομακρύνονται με αποτέλεσμα την αποσταθεροποίηση της μεμβράνης και την αύξηση της διαπερατότητας της. Έτσι το σύμπλοκο της χρωστικής μπορεί εύκολα να απομακρυνθεί αποχρωματίζοντας το κύτταρο που στη συνέχεια με τη σαφρανίνη χρωματίζεται κόκκινο.

Αντίθετα, τα θετικά κατά Gram βακτήρια που το τοίχωμα τους δεν περιέχει λιπίδια και έχει μεγαλύτερο ποσοστό πεπτιδογλυκάνης συγκρατούν το σύμπλοκο κρυσταλλικού ιώδους-ιωδίου.

Microbiology, 3rd ed., by Prescott/Harley/Klein, ©1996 Times Mirror Higher Education Group, Inc.



Πρωτοπλασματική Μembrάνη

Σύσταση: Αποτελείται κατά βάση από μια διπλή στρώση φωσφολιπιδίων και πρωτεΐνες. Περιέχει επίσης γλυκολιπίδια, ολισακχαρίτες και οπανοειδή

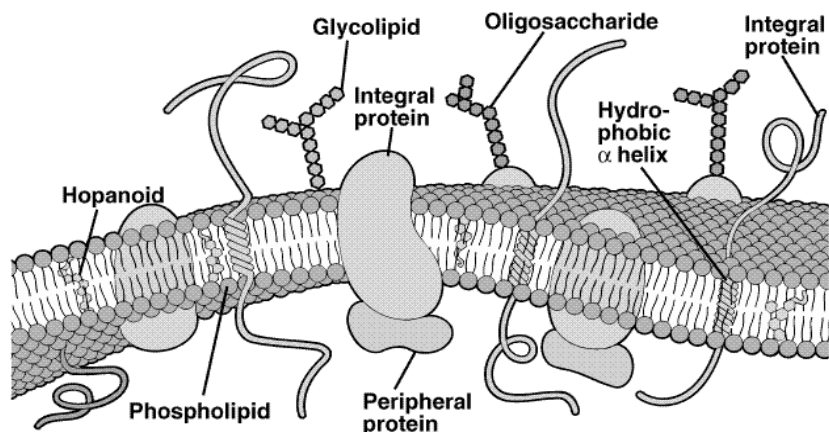
Λειτουργίες:

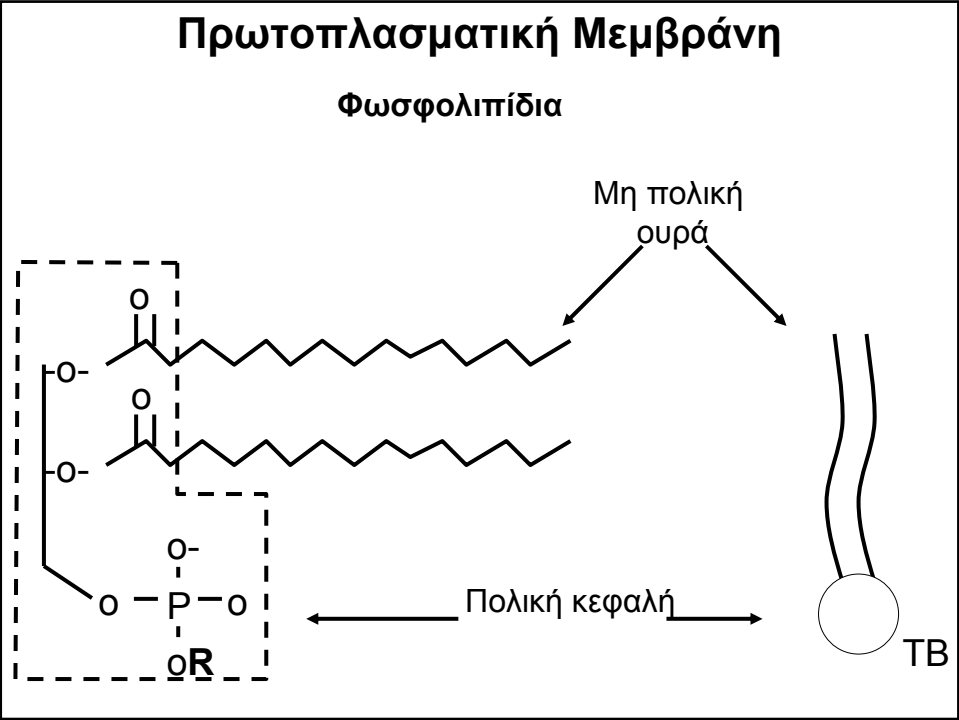
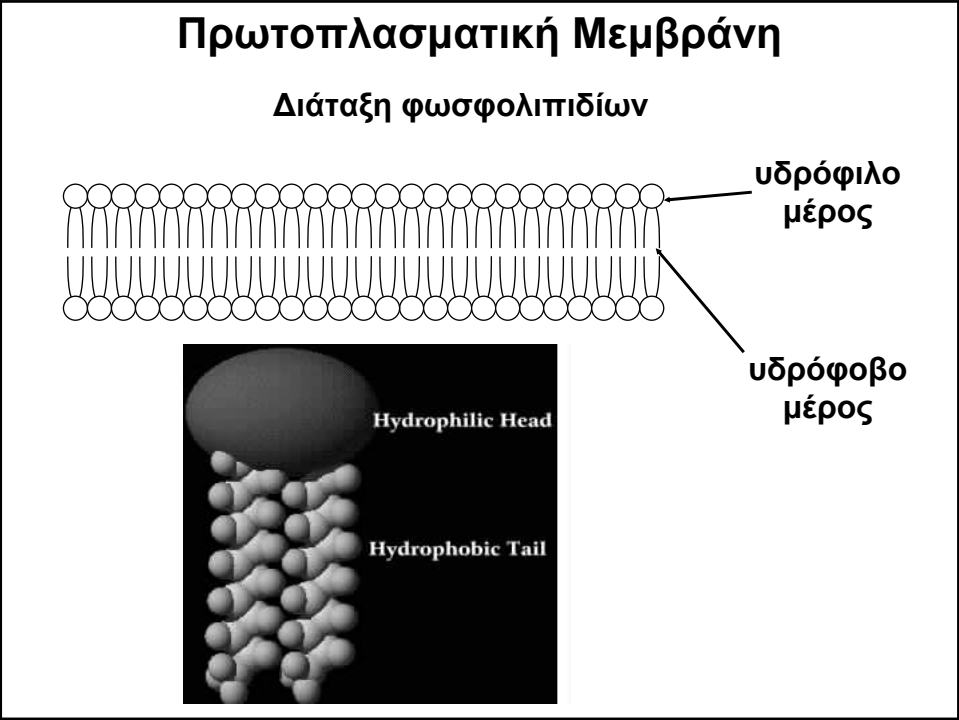
1. Προστατεύει το κυτταρόπλασμα
2. Όριο επιλεκτικής διαπερατότητας
3. Χώρος όπου πραγματοποιούνται σημαντικές διεργασίες
 - Αναπνοή
 - Φωτοσύνθεση
 - Σύνθεση λιπιδίων
 - Σύνθεση κυτ. Τοιχώματος
4. Περιέχει χημειοδέκτες για τον εντοπισμό χημικών ουσιών

Δομή Πρωτοπλασματικής Μembrάνης

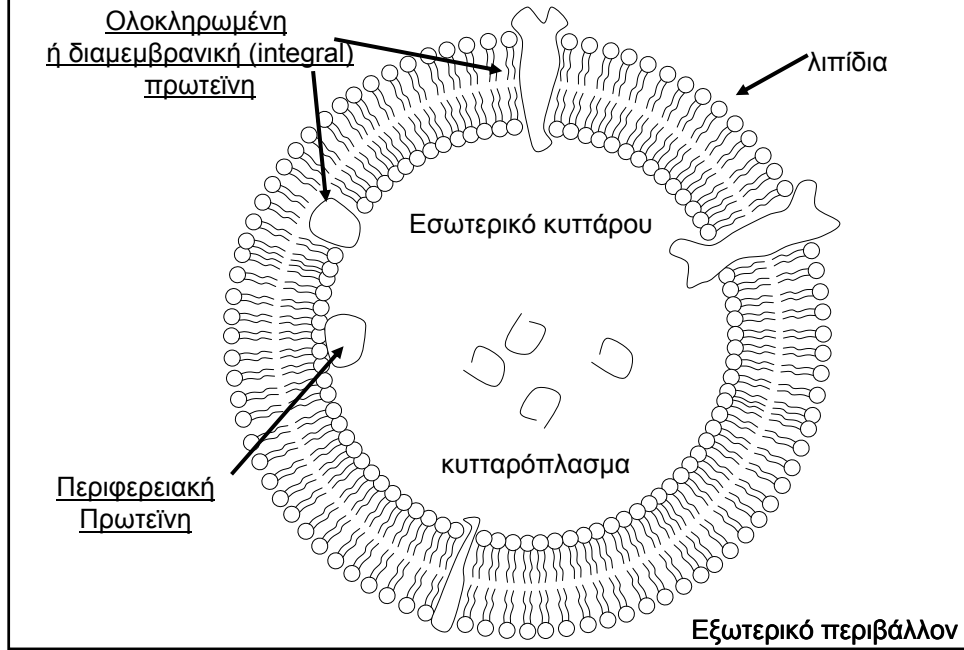
Lansing M. Prescott, John P. Harley, Donald A. Klein, *Microbiology*, 4e. Copyright © 1999 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

Plasma Membrane Structure

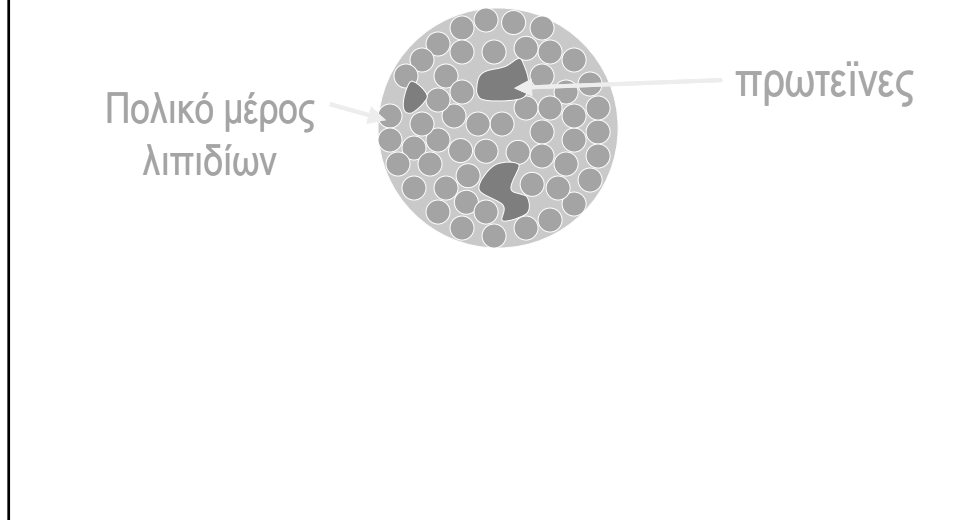




Πρωτοπλασματική Μembrάνη σε τομή



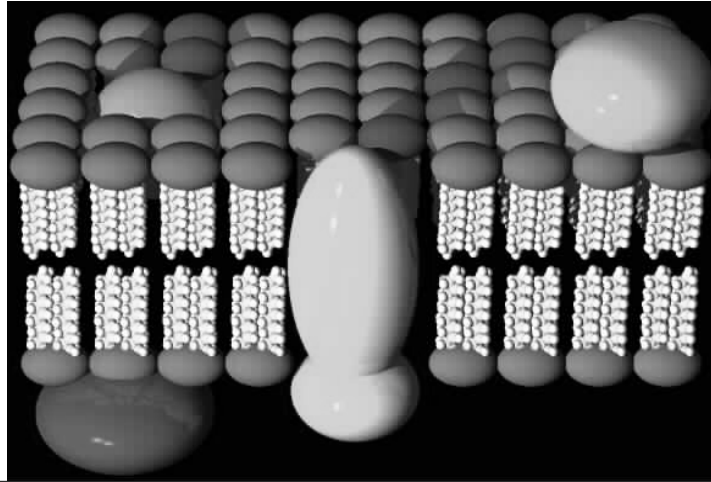
Πρωτοπλασματική Μembrάνη εξωτερική εμφάνιση κόκκου



Πρωτοπλασματική Μembrάνη

Πρωτεΐνες μεμβράνης

Σε αυτές βασίζεται η μεταφορά των συστατικών

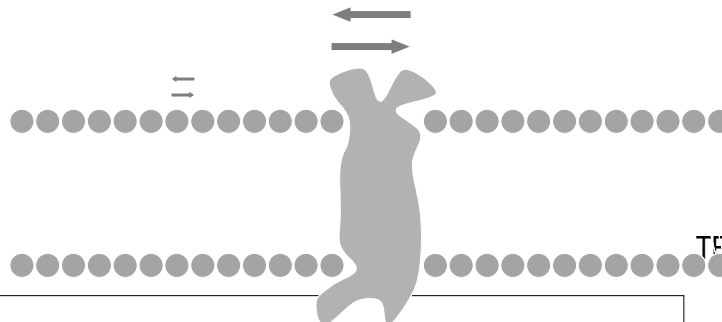


Πρωτοπλασματική Μembrάνη

Ρευστότητα μεμβράνης

Η δομή της μεμβράνης χαρακτηρίζεται από το μοντέλο του ρευστού μωσαϊκού (fluid mosaic model)

1. Οι πρωτεΐνες της μεμβράνης κινούνται κατά μήκος της στρώσης των φωσφολιπιδίων
2. Τα λιπίδια επίσης κινούνται κατά μήκος της στρώσης

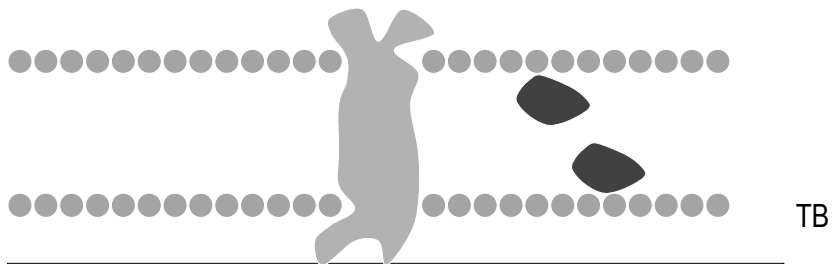


Πρωτοπλασματική Μembrάνη

Ρευστότητα μεμβράνης

Η δομή της μεμβράνης χαρακτηρίζεται από το μοντέλο του ρευστού μωσαϊκού (fluid mosaic model)

1. Οι πρωτεΐνες που εκτείνονται σε όλο το μήκος της στρώσης (transproteins) δεν μπορούν να αναστραφούν
2. Μικρότερα μόρια πρωτεΐνων που βρίσκονται στο εσωτερικών της στρώσης μπορούν να κινούνται από το ένα άκρο στο άλλο



Πρωτοπλασματική Μembrάνη

Διαπερατότητα μεμβράνης

Εκτός του νερού και μικρών μη πολικών μορίων τα περισσότερα πολικά μόρια δεν μπορούν να διαπεράσουν τη μεμβράνη χωρίς τη βοήθεια πρωτεϊνών

Σχετική ταχύτητα κίνησης διαμέσου της μεμβράνης

<u>συστατικό</u>	<u>διαπερατότητα</u>
water	100
glycerol	0.1
tryptophan	0.001
glucose	0.001
Cl ⁻	10 ⁻⁶
K ⁺	10 ⁻⁷
Na ⁺	10 ⁻⁸

TB

Πρωτοπλασματική Μembrάνη

Μηχανισμοί Μεταφοράς διαμέσου της μεμβράνης

Οι μηχανισμοί μεταφοράς των θρεπτικών συστατικών και των αποβλήτων διαμέσου της μεμβράνης διακρίνονται σε:

- A. Απλή Διάχυση (Single diffusion)**
- B. Λειτουργική Διάχυση (Facillitated diffusion)**
- Γ. Ενεργός Μεταφορά (Active transport)**
- Δ. Μετατόπιση ομάδας (Group translocation)**

TB

Μηχανισμοί Μεταφοράς διαμέσου της μεμβράνης

Απλή Διάχυση

Απλή Διάχυση : φαινόμενο κατά το οποίο μόρια μεταφέρονται από περιβάλλον υψηλής συγκέντρωσης προς αυτό με χαμηλότερη συγκέντρωση τείνοντας σε κατάσταση ισορροπίας

- Απαιτεί μεγάλη διαφορά συγκέντρωσης
- Είναι βραδεία
- Δεν απαιτεί κατανάλωση ενέργειας
- Περιορίζεται μόνο σε συγκεκριμένα μόρια που μπορούν να διαπεράσουν τη μεμβράνη (glycerol, H₂O, O₂, και CO₂)

Μηχανισμοί Μεταφοράς διαμέσου της μεμβράνης

Λειτουργική Διάχυση

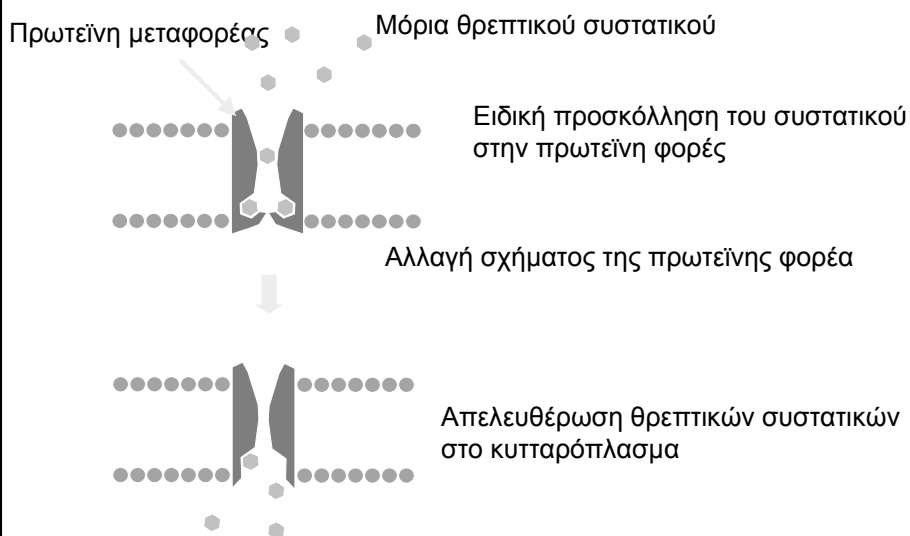
Λειτουργική Διάχυση : φαινόμενο κατά το οποίο μόρια μεταφέρονται από περιβάλλον υψηλής συγκέντρωσης προς αυτό με χαμηλότερη συγκέντρωση με τη βοήθεια μιας πρωτεΐνης μεταφορέα (περμεάσης) που επιταχύνει το ρυθμό διάχυσης

Δεν απαιτεί πολύ μεγάλη διαφορά συγκέντρωσης

Όπως και στην απλή διάχυση όταν οι συγκεντρώσεις εξισωθούν η μεταφορά σταματά

Μηχανισμοί Μεταφοράς διαμέσου της μεμβράνης

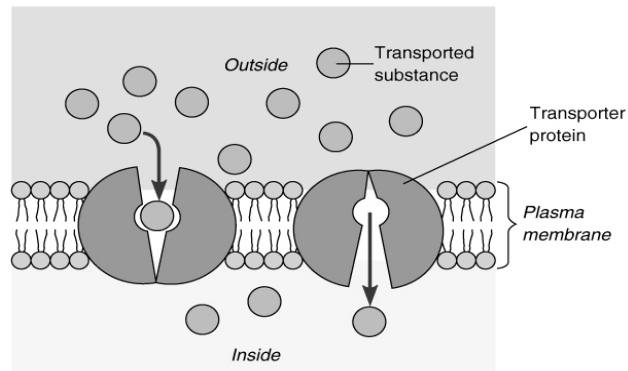
Λειτουργική Διάχυση



Μηχανισμοί Μεταφοράς διαμέσου της μεμβράνης

Λειτουργική Διάχυση

- Οι περισσότερες πρωτεΐνες φορείς είναι εξειδικευμένες στη μεταφορά συγκεκριμένων θρεπτικών συστατικών
- Με το χρόνο η λειτουργική διάχυση οδηγεί στην εξισορρόπηση της συγκέντρωσης του συστατικού στο εσωτερικό και εξωτερικό του κυττάρου.



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Μηχανισμοί Μεταφοράς διαμέσου της μεμβράνης

Ενεργός Μεταφορά

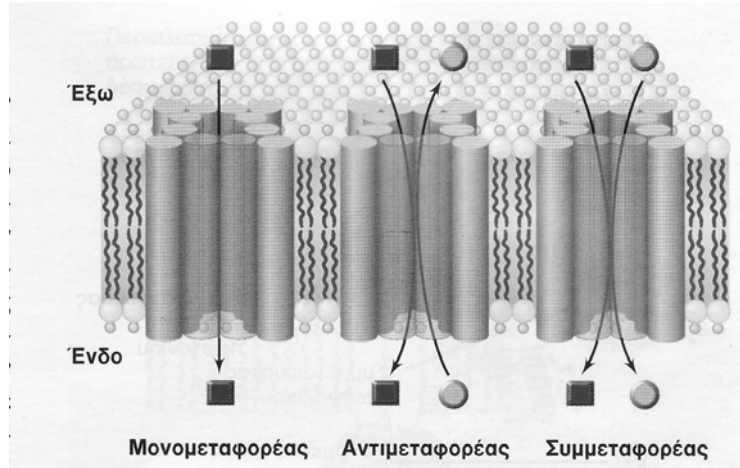
- Διαδικασία που απαιτεί ενέργεια και χρησιμοποιείται για τη μεταφορά και συσσώρευση μορίων στο εσωτερικό του κυττάρου σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από το εξωτερικό περιβάλλον
- Μπορεί να οδηγήσει σε συγκέντρωση του θρεπτικού συστατικού στο εσωτερικό του κυττάρου μέχρι και 1000 μεγαλύτερη από το εξωτερικό

Διακρίνεται σε:

- A. Μονομεταφορά (Uniport)
- B. Αντιμεταφορά (Antiport)
- Γ. Συμμεταφορά (Syport)

Μηχανισμοί Μεταφοράς διαμέσου της μεμβράνης

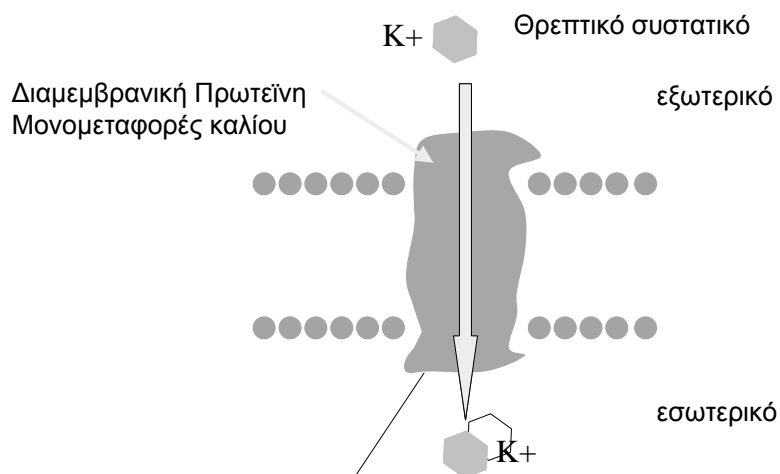
Ενεργός Μεταφορά



Μηχανισμοί Μεταφοράς διαμέσου της μεμβράνης

Ενεργός Μεταφορά

A. Μονομεταφορά



TB

Μηχανισμοί Μεταφοράς διαμέσου της μεμβράνης

Ενεργός Μεταφορά

Β. Αντιμεταφορά

Συστατικό 1

Συστατικό 2

Πρωτεΐνη μεταφορέας

εξωτερικό

εσωτερικό

TB

Μηχανισμοί Μεταφοράς διαμέσου της μεμβράνης

Ενεργός Μεταφορά

Γ. Συμμεταφορά

Συστατικό 1

Πρωτόνιο

εξωτερικό

Πρωτεΐνη μεταφορέας

εσωτερικό

lac permease

π.χ. lactose H⁺

Μηχανισμοί Μεταφοράς διαμέσου της μεμβράνης

Μετατόπιση ομάδας

Το σύστημα φωσφοτρανσφεράσης (PTS)

Το συστατικό αλλάζει κατά τη μεταφορά. Ο μεταφορέας είναι ένα ένζυμο το οποίο προσθέτει μια φωσφορική ομάδα στο συστατικό κατά τη μεταφορά η οποία προέρχεται από το μόριο του φωσφοενολοπυροσταφυλικού οξέος

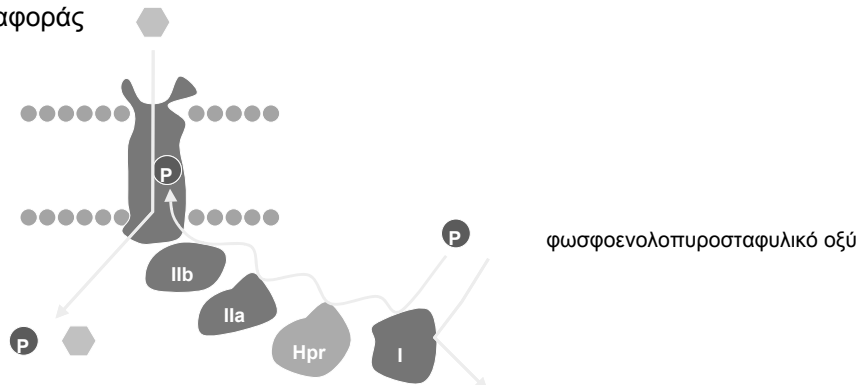
Η φωσφορική ομάδα μεταφέρεται στο συστατικό μέσω μιας σειράς αντιδράσεων φωσφορυλίωσης και αποφωσφορυλίωσης με τη συμμετοχή διαφόρων ενζύμων

Τα τροποποιημένα μόρια του θρεπτικού συστατικού δεν ταιριάζουν στη θέση πρόσδεσης του ενζύμου μεταφορέα και έτσι συσσωρεύονται στο εσωτερικό του κυττάρου

Μηχανισμοί Μεταφοράς διαμέσου της μεμβράνης

Μετατόπιση ομάδας

Μεταφορά γλυκόζης μέσω του συστήματος φωσφοτρανσφεράσης (PTS). Πριν τη μεταφορά οι πρωτεΐνες του συστήματος φωσφοτρασφεράσης φωσφορυλιώνονται και αποφωσφορυλιώνονται εναλλάξ μεταφέροντας τελικά τη φωσφορική ομάδα στη διαμεμβρανική πρωτεΐνη που αυτή με τη σειρά της φωσφορυλιώνει το μεταφερόμενο σάκχαρο κατά τη διάρκεια της μεταφοράς



Πρωτοπλασματική Μembrάνη

Ενέργεια για τη μεταφορά συστατικών διαμέσου της μεμβράνης

Πηγές Ενέργειας του κυττάρου

- | | | |
|--|---|---|
| A. Άντληση πρωτονίων
A1 Διαβάθμιση πρωτονίων
A2 Διαβάθμιση φορτίου | } | Κινητήρια Δύναμη Πρωτονίων
(Proton motive force-PMF): η
κύρια πηγή ενέργειας για την
ενεργό μεταφορά |
| B. Συμμεταφορά με H^+ | | |
| Γ. Συμμεταφορά Na^+ | | |

Πρωτοπλασματική Μembrάνη

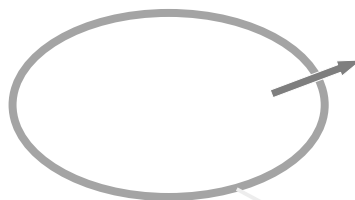
Ενέργεια για τη μεταφορά συστατικών διαμέσου της μεμβράνης

A. Άντληση πρωτονίων

Τα περισσότερα κύτταρα αντλούν πρωτόνια προς το εξωτερικό περιβάλλον

Η άντληση αυτή δημιουργεί δύο πηγές ενέργειας:

1. Τη Διαβάθμιση πρωτονίων
2. Τη Διαβάθμιση φορτίου



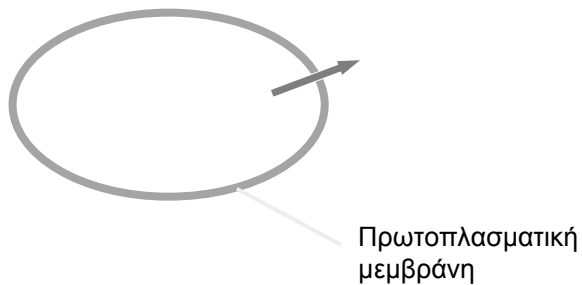
Πρωτοπλασματική
μεμβράνη

Πρωτοπλασματική Μembrάνη

Ενέργεια για τη μεταφορά συστατικών διαμέσου της μεμβράνης

A. Άντληση πρωτονίων

Η μεμβράνη λειτουργεί ως φράγμα που κρατά στο εξωτερικό πρωτόνια. Αυτό δημιουργεί μια διαβάθμιση τόσο στα πρωτόνια (και επομένως στο pH) όσο και στο φορτίο. Η ελεγχόμενη εισροή των πρωτονίων στο εσωτερικό του κυττάρου χρησιμοποιείται ως ενέργεια για τη συσσώρευση θρεπτικών συστατικών. Η διπλή αυτή πηγή ενέργειας (διαβάθμιση πρωτονίων και φορτίου) ονομάζεται Κινητήρια Δύναμη Πρωτονίων (Proton motive force-PMF):

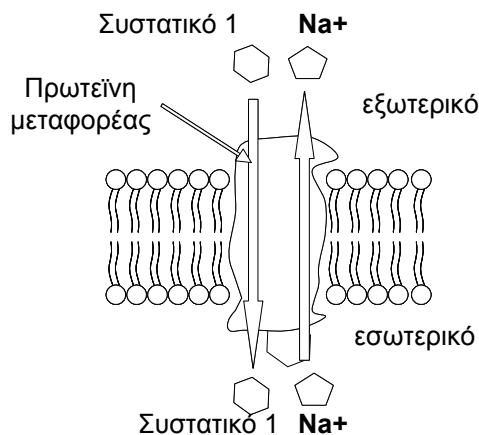


Πρωτοπλασματική Μembrάνη

Ενέργεια για τη μεταφορά συστατικών διαμέσου της μεμβράνης

A. Συμμεταφορά με Na⁺

Η συμμεταφορά με Na⁺ επιτρέπει τη συσσώρευση θρεπτικών συστατικών. Συνήθως 1 πρωτόνιο Na⁺ απαιτείται για τη μεταφορά ενός μορίου θρεπτικού συστατικού.



Δομές στο εσωτερικό του κυττάρου

Κυτταρόπλασμα

- Κολλοειδές υδαρές σύστημα ανάμεσα στη μεμβράνη και τον πυρήνα
- Αποτελείται από 70% νερό
- Καλά οργανωμένο
- Περιέχει τον πυρήνα τα ριβοσώματα, τα έγκλειστα, τα Ενδοσπόρια κ.α.

Ριβοσώματα

- Αποτελούνται από 60% ριβοζονουκλεϊκού οξέος (RNA) και 40% πρωτεΐνη
- Αποτελούν το βασικό μηχανισμό συνθέσεως πρωτεΐνης

Δομές στο εσωτερικό του κυττάρου

Μεσοσώματα

- Αποτελούν αναδιπλώσεις της πρωτοπλασματικής μεμβράνης
- Πιθανές λειτουργίες:
- Μπορεί να συμμετέχουν στην παραγωγή/διαίρεση του κυτταρικού τοιχώματος και την αντιγραφή/κατανομή των χρωμοσωμάτων

Έγκλειστα

- Κάψουλες με απόθεμα υλικών για μελλοντική χρήση
- Πολυ-β-υδροξυβουτυρικό οξύ, γλυκογόνο, άμυλο, βολουτίνη
- Βρίσκονται σε μορφή ωσμωτικά αδρανή και εξουδετερωμένη ώστε να μην επηρεάζουν τη λειτουργία του κυττάρου

Δομές στο εσωτερικό του κυττάρου

Έγκλειστα

- Κάψουλες με απόθεμα υλικών για μελλοντική χρήση
- Βρίσκονται σε μορφή ωσμωτικά αδρανή και εξουδετερωμένη ώστε να μην επηρεάζουν τη λειτουργία του κυττάρου

Τύποι εγκλείστων:

- Πολυσακχαρικής φύσης (πηγή σακχάρων-γλυκογόνο, άμυλο)
- Θείου (πηγή θείου)
- Πολυ-β-υδροξυβουτυρικό οξύ (πηγή άνθρακα)
- Πολυφωσφορικών (πηγή φωσφόρου)
- Μαγνητοσώματα

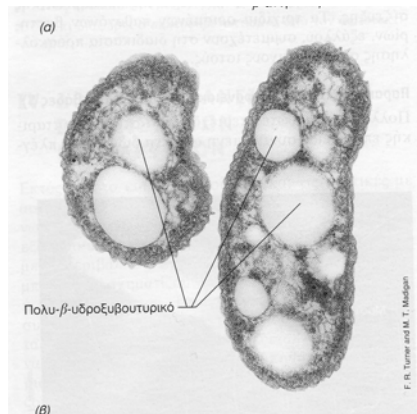
Έγκλειστα

Δομές στο εσωτερικό του κυττάρου

Έγκλειστα

Πολυ-β-υδροξυβουτυρικό οξύ

Ένας από τους πιο συνηθισμένους τύπους εγκλείστων είναι αυτός που περιέχει Πολυ-β-υδροξυβουτυρικό οξύ, η συσώρευση του οποίου δημιουργεί στο εσωτερικό του κυττάρου κοκκία που χρησιμοποιούνται ως αποθήκες άνθρακα

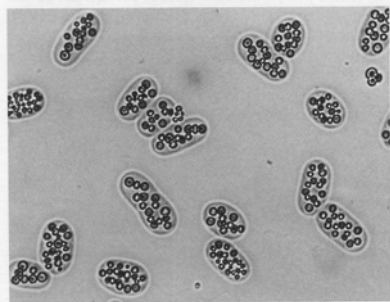


Δομές στο εσωτερικό του κυττάρου

Έγκλειστα

Έγκλειστα Θείου

Πολλά βακτήρια είναι ικανά να οξειδώνουν αναγωγικές ενώσεις του θείου όπως το υδρόθειο και τα θειώδη άλατα. Οι οξειδώσεις αυτές συνδέονται με τις αντιδράσεις του μεταβολισμού ενέργειας είτε με τις βιοσυνθετικές αντιδράσεις. Και στις δύο περιπτώσεις ως αποτέλεσμα συσσωρεύονται μόρια θείου που σχηματίζουν κοκκία εντός του κυττάρου. Τα κοκκία θείου παραμένουν όσο είναι παρούσα η αναγωγική πηγή θείου. Καθώς περιορίζεται η συγκέντρωση του αναγωγικού θείου το θείο των κοκκίων οξειδώνεται προς θειικό και τα κοκκία εξαφανίζονται.

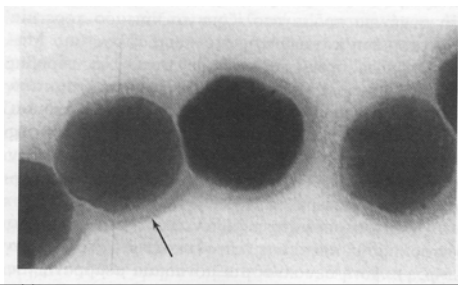
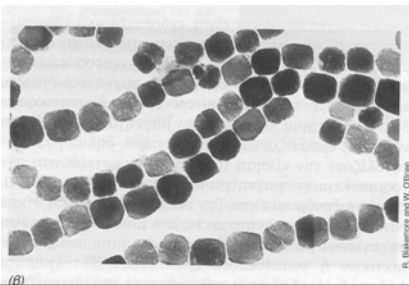


Δομές στο εσωτερικό του κυττάρου

Έγκλειστα

Μαγνητοσώματα

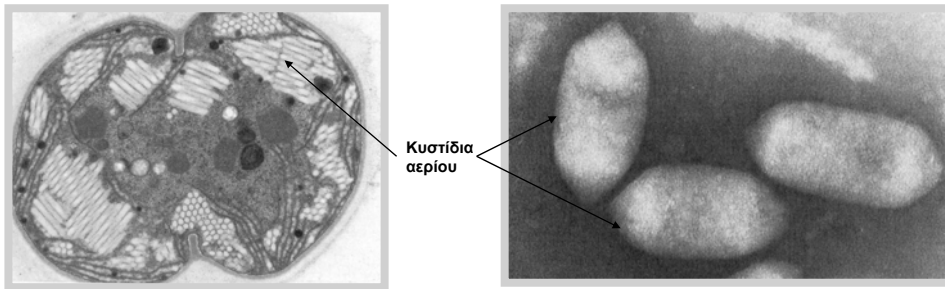
Τα μαγνητοσώματα είναι ενδοκυτταρικά κρυσταλικά σωματίδια που περιέχουν το σιδηρούχο ορυκτό μαγνητίτη και δημιουργούν στο κύτταρο ένα μόνιμο μαγνητικό δίπολο που του επιτρέπει να ανταποκρίνεται σε μαγνητικό πεδίο. Τα βακτήρια που παράγουν μαγνητοσώματα εμφανίζουν μαγνητοτακτισμό. Μαγνητοσώματα έχουν παρατηρηθεί σε πολλά υδρόβια κυρίως βακτήρια που δεν συμπαθούν το οξυγόνο (μικροαερόφιλα) και φαίνεται ότι ο ρόλος τους είναι να κατευθύνουν τα κύτταρα προς ιζήματα με χαμηλότερα επίπεδα οξυγόνου



Δομές στο εσωτερικό του κυττάρου

Κυστίδια αερίου

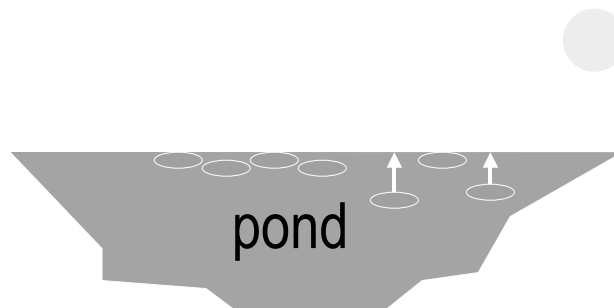
- Έχουν βρεθεί σε πολλούς προκαρυωτικούς οργανισμούς του υδάτινου περιβάλλοντος όπως τα κυανοβακτήρια, φωτοσυνθετικά βακτήρια και αλκοβακτήρια.
- Κάθε κυστίδιο αποτελείται από μικρότερα κυστίδια αερίου, έχει σχήμα κυλίνδρου και καλύπτεται από πρωτεϊνικό στρώμα.
- Ο ρόλος τους είναι η διατήρηση της άνωσης των κυττάρων ώστε να διευκολύνεται η πρόσβαση στο φως και το οξυγόνο.



Δομές στο εσωτερικό του κυττάρου

Κυστίδια αερίου

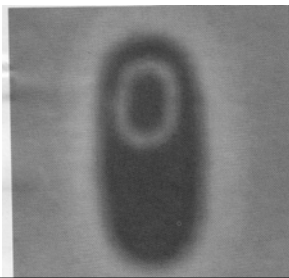
- Ο ρόλος τους είναι η διατήρηση της άνωσης των κυττάρων ώστε να διευκολύνεται η πρόσβαση στο φως και το οξυγόνο.



Δομές στο εσωτερικό του κυττάρου

Ενδοσπόρια

Ορισμένα είδη βακτηρίων παράγουν κατά τη λεγόμενη διεργασία της σπορίωσης ειδικές ενδοκυτταρικές δομές που ονομάζονται ενδοσπόρια. Τα ενδοσπόρια είναι διαφοροποιημένα κύτταρα με ιδιαίτερη αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες και ανθεκτικότητα έναντι πολλών ισχυρών αντιμικροβιακών ουσιών που καταστρέφουν τα συνήθη κύτταρα. Τα ενδοσπόρια είναι επίσης πολύ ανθεκτικά σε μια σειρά από επιβλαβείς παράγοντες όπως η ξήρανση, η ακτινοβολήση, τα όξινο περιβάλλον κλπ και μπορούν να επιβιώσουν σε λανθάνουσα φάση για εξαιρετικά μεγάλες χρονικές περιόδους μέχρι να βρουν τις κατάλληλες συνθήκες για να εκβλαστήσουν



Δομές στο εσωτερικό του κυττάρου

Ενδοσπόρια

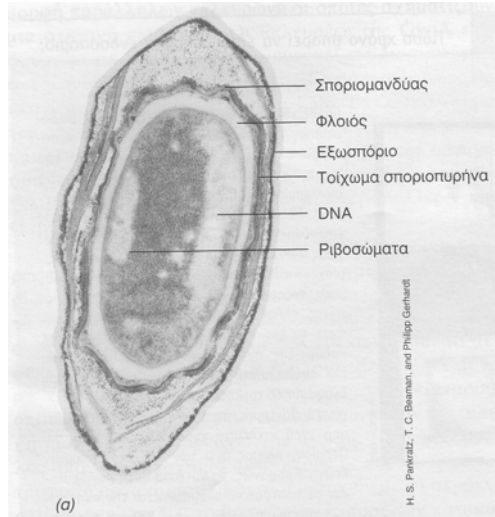
Δομή των Ενδοσπορίων

Η δομή του ενδοσπορίου είναι διαφορετική από αυτή του κυττάρου. Το σπόριο είναι δομικά πολυπλοκότερο καθώς διαθέτει πολλές στοιβάδες που απουσιάζουν από το κύτταρο. Η εξώτατη στοιβάδα είναι το εξωσπόριο που αποτελεί ένα λεπτό και εύθραυστο κάλυμμα πρωτεϊνικής φύσης. Το εξωσπόριο περικλείει το σποριομανδύα που συνίσταται από στοιβάδες ειδικών πρωτεϊνών. Κάτω από το μανδύα βρίσκεται ο φλοιός από χαλαρά διασυνδεδεμένη πεπτιδογλυκάνη και εσωτερικότερα ο σποριοπυρήνας ή πρωτοπλάστης σπορίου που περιέχει το συνήθες κυτταρικό τοίχωμα, την κυτταροπλασματική μεμβράνη, το κυτταρόπλασμα, το πυρηνοειδές κ.ο.κ. Το σπόριο επομένως διαφέρει από το κύτταρο κυρίως ως προς τα είδη των δομών που βρίσκονται εξωτερικά του τοιχώματος του σποριοπυρήνα.

Δομές στο εσωτερικό του κυττάρου

Ενδοσπόρια

Δομή των Ενδοσπορίων

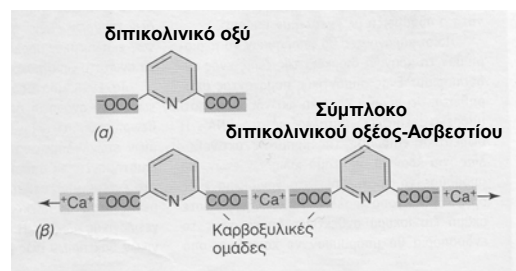


Δομές στο εσωτερικό του κυττάρου

Ενδοσπόρια

Δομή των Ενδοσπορίων

Μια χημική ουσία χαρακτηριστική των ενδοσπορίων η οποία απουσιάζει από τα βλαστικά κύτταρα είναι το διπικολινικό οξύ. Η ουσία αυτή βρίσκεται στο σποριοκυττάρου όλων των ενδοσπορίων και είναι συνδεδεμένη με ασβέστιο. Περίπου το 10% του ξηρού βάρους των ενδοσπορίων αντιστοιχεί στο σύμπλοκο διπικολινικού οξέος και ασβεστίου.

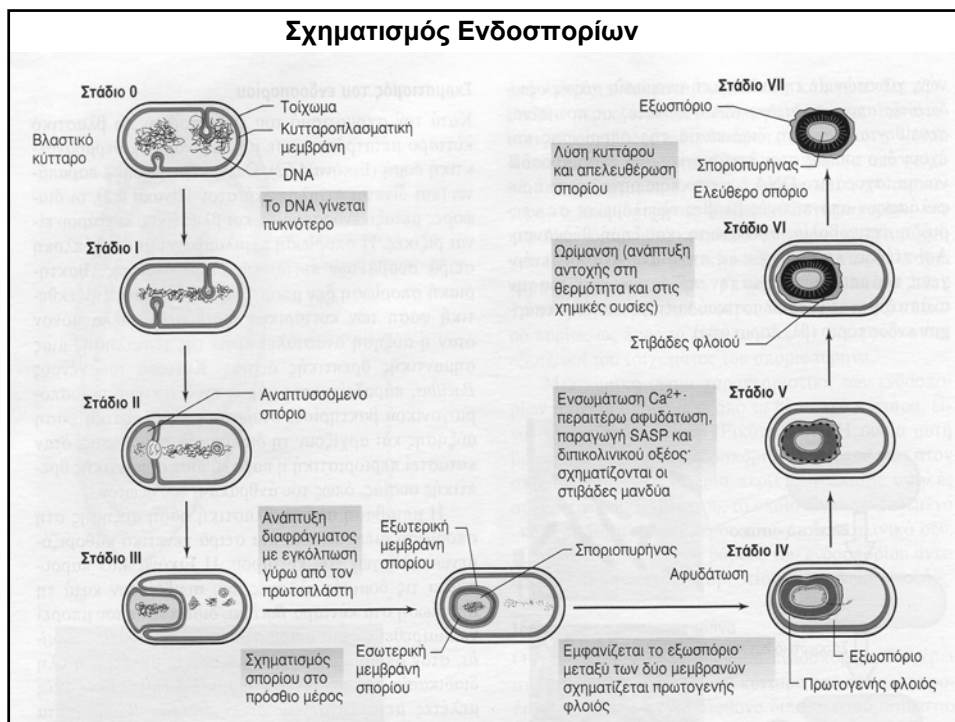


Δομές στο εσωτερικό του κυττάρου

Ενδοσπόρια

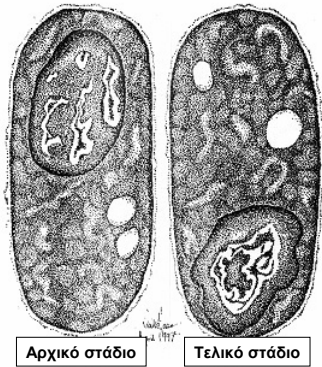
Σχηματισμός Ενδοσπορίων

Η σπορίωση ή σποριογονία περιλαμβάνει μια πολύπλοκη σειρά συμβάντων κυτταρικής διαφοροποίησης. Βακτηριακή σπορίωση δεν μπορεί να συμβεί κατά το στάδιο της εκθετικής φάσης ανάπτυξης αλλά μόνο κατά τη στατική φάση ανάπτυξης ή σε άλλες συνθήκες που δεν ευνοούν την κυτταρική διαίρεση. Η διαδικασία σπορίωσης απαιτεί την διακοπή της σύνθεσης ορισμένων από τις πρωτεΐνες που λειτουργούν στο βλαστικό κύτταρο και τη σύνθεση κάποιων ειδικών πρωτεϊνών του ενδοσπορίου.

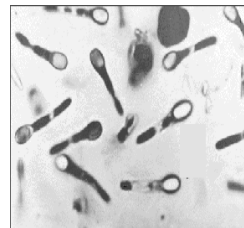


Δομές στο εσωτερικό του κυττάρου

Ενδοσπόρια



Clostridium tetani (σπόρια)

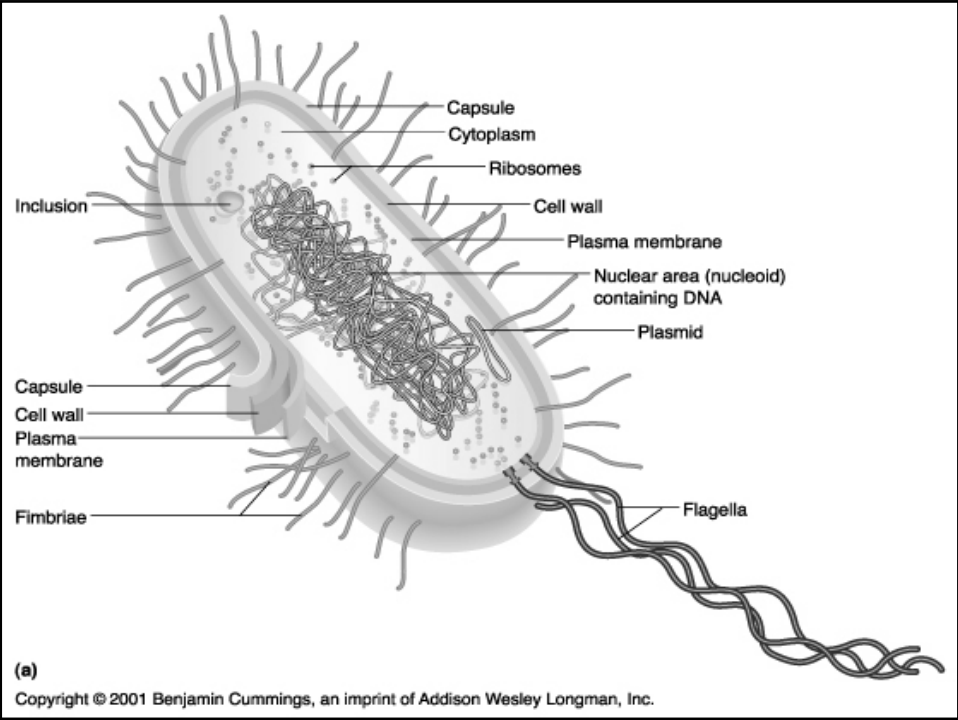


C. difficile (σπόρια)

Δομές στο εσωτερικό του κυττάρου

Πυρήνας ή Πυρηνική περιοχή

- Αποτελείται από ινώδες DNA
- Καταλαμβάνει μια περιοχή στο κυτταρόπλασμα (δεν είναι διάχυτος)
- Διαιρείται πριν το κύτταρο
- Αποτελείται συνήθως από ένα κυκλικό συνήθως χρωμόσωμα
- Δεν περιβάλλεται από μεμβράνη



Γενική Μικροβιολογία

Διάλεξη 2

**«Μικροβιακή Αύξηση-Κινητική
Μικροοργανισμών- Παράγοντες που
επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το
θάνατο των μικροοργανισμών»**

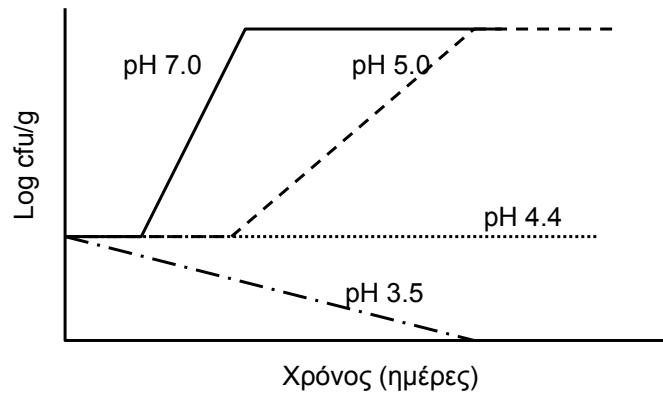
Κουτσουμανής Κ.
Λέκτορας

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

- Σε άριστες συνθήκες οι μικ/οί αναπτύσσονται ταχύτατα (ορισμένοι έχουν χρόνο γενεάς μικρότερο από 15-20 λεπτά)
- Οι μικ/οί μπορούν να αναπτυχθούν και σε συνθήκες εκτός των άριστων αλλά με μεγαλύτερη φάση προσαρμογής και μικρότερο ρυθμό ανάπτυξης
- Σε παρεμποδιστικές συνθήκες οι μικ/οί μπορεί απλά να επιβιώνουν
- Σε ακραία παρεμποδιστικές συνθήκες οι μικ/οί πεθαίνουν

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Συμπεριφορά της *L. monocytogenes* ως συνάρτηση του pH



Μικροβιακή Ανάπτυξη/Αύξηση

Ανάπτυξη Μικροοργανισμών-Κυτταρική αύξηση και Διχοτόμηση

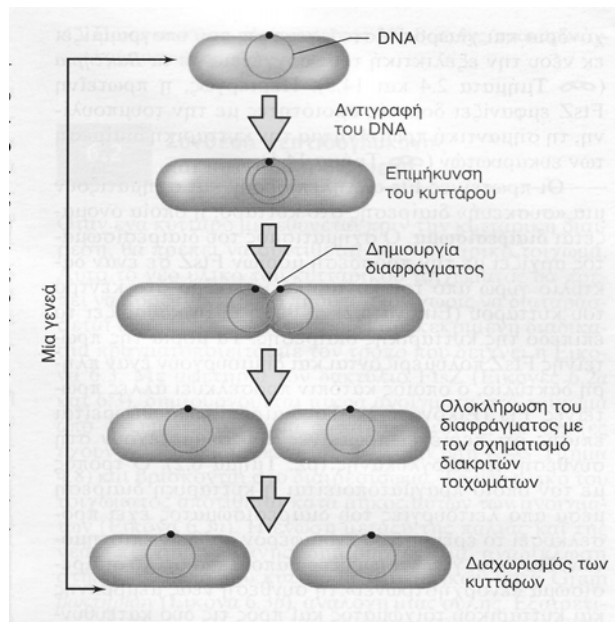
Η σύνθετη διαδικασία της κυτταρικής αύξησης περιλαμβάνει πάνω από 2000 χημικές αντιδράσεις πολλών ειδών που αφορούν:

- Τη μετατροπή ενέργειας
- Τη βιοσύνθεση μικρών μορίων που αποτελούν τις δομικές μονάδες των μακρομορίων
- Τον πολυμερισμό των δομικών μονάδων για το σχηματισμό μακρομορίων

Μόλις συντεθούν τα πολυμερή το κύτταρο εισέρχεται στο τελικό στάδιο της αύξησης που περιλαμβάνει τη συναρμολόγηση των μακρομορίων και το σχηματισμό των κυτταρικών δομών.

Κατά την παραπάνω διαδικασία το κύτταρο αυξάνει σε μέγεθος μέχρι περίπου το διπλάσιο. Η αύξηση συνεχίζεται μέχρι τη διαίρεση του κυττάρου σε δύο νέα κύτταρα διαδικασία που ονομάζεται διχοτόμηση.

Μικροβιακή Ανάπτυξη



Μικροβιακή Ανάπτυξη

Με τον όρο μικροβιακή αύξηση εννοούμε την αύξηση του αριθμού των μικροβιακών κυττάρων.

Ρυθμός αύξησης είναι η μεταβολή του πληθυσμού των κυττάρων ανά μονάδα χρόνου

Το διάστημα που απαιτείται για μία διχοτόμηση ονομάζεται γενεά και ο χρόνος που απαιτείται χρόνος γενεάς

Ο χρόνος γενεάς είναι και ο χρόνος που απαιτείται για να διπλασιαστεί ένας μικροβιακός πληθυσμός και καλείται επίσης χρόνος διπλασιασμού

Ο χρόνος γενεάς εξαρτάται από το είδος του μικροοργανισμού από το θρεπτικό υπόστρωμα και από τις συνθήκες περιβάλλοντος

Μικροβιακή Ανάπτυξη

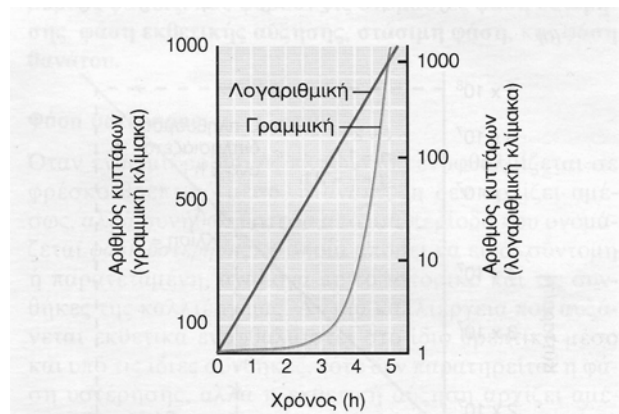
Κατά την εκθετική φάση αύξησης τα ο αριθμός των κυττάρων διπλασιάζεται σε χρόνο που αντιστοιχεί στο χρόνο γενεάς. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η αύξηση του μικροβιακού πληθυσμού σε ένα πείραμα αύξησης με αρχικό πληθυσμό ένα κύτταρο και χρόνο γενεάς 0,5 ώρες

Χρόνος (h)	Συνολικός αριθμός κυττάρων	Χρόνος (h)	Συνολικός αριθμός κυττάρων
0	1	4	256
0,5	2	4,5	512
1	4	5	1.024
1,5	8	5,5	2.048
2	16	6	4.096
2,5	32	.	.
3	64	.	.
3,5	128	10	1.048.576

Μικροβιακή Ανάπτυξη

Η αναπαράσταση της αύξησης του πληθυσμού των κυττάρων σε σχέση με το χρόνο είναι μία εκθετική καμπύλη

Αν η αναπαράσταση της αύξησης του πληθυσμού γίνει σε λογαριθμική κλίμακα τότε η καμπύλη αύξησης είναι ευθεία



Μικροβιακή Ανάπτυξη

Παράμετροι της αύξησης

Με βάση τη διχοτόμηση η αύξηση του αριθμού των κυττάρων κατά την εκθετική φάση είναι μια γεωμετρική πρόοδος με λόγο 2. Έτσι η σχέση μεταξύ του αρχικού πληθυσμού και του πληθυσμού μετά από χρόνο είναι

$$N = N_0 2^n$$

Όπου

N_0 ο αρχικός πληθυσμός,

N ο πληθυσμός μετά από χρόνο t

n ο αριθμός των γενεών που ολοκληρώθηκαν κατά το χρόνο t

Ο χρόνος γενεάς g μπορεί να υπολογιστεί από το χρόνο t και τον αριθμό γενεών n

$$g = \frac{t}{n}$$

Μικροβιακή Ανάπτυξη

Παράμετροι της αύξησης

Για να υπολογίσουμε το αριθμό των γενεών n και το χρόνο γενεάς g θα πρέπει να λύσουμε την εξίσωση ως προς n

$$N = N_0 2^n$$

$$\log N = \log N_0 + n \log 2$$

$$\log N - \log N_0 = n \log 2$$

$$n = \frac{\log N - \log N_0}{\log 2} = \frac{\log N - \log N_0}{0.301}$$

$$n = 3.3(\log N - \log N_0)$$

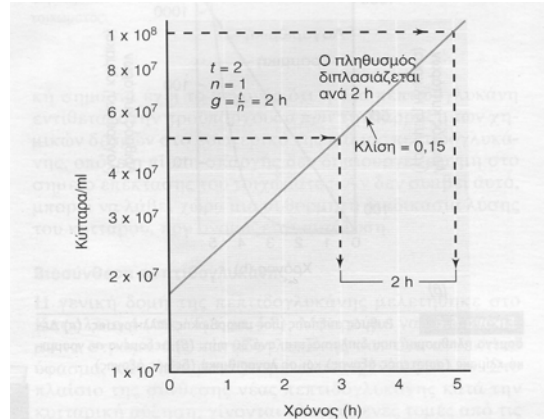
Μικροβιακή Ανάπτυξη

Παράμετροι της αύξησης

$$n = 3.3[\log 10^8 - \log(5 \times 10^7)] = 3.3(8 - 7.69) = 3.3(0.301) = 1$$

$$g = \frac{t}{n} = \frac{2}{1} = 2$$

$$\text{κλίση} = \frac{\log 2}{g} = \frac{0.301}{2} = 0.15$$



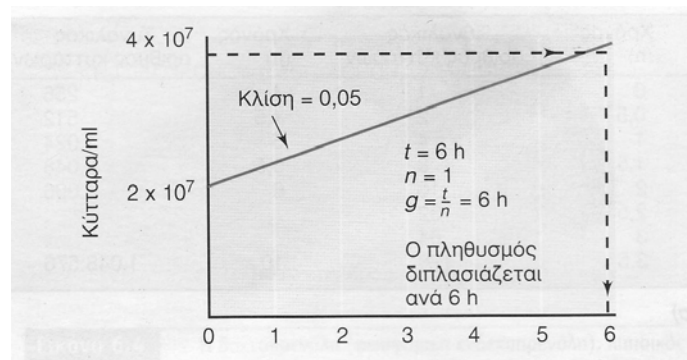
Μικροβιακή Ανάπτυξη

Παράμετροι της αύξησης

$$n = 3.3[\log(4 \times 10^7) - \log(2 \times 10^7)] = 3.3(0.301) = 1$$

$$g = \frac{t}{n} = \frac{6}{1} = 6$$

$$\text{κλίση} = \frac{\log 2}{g} = \frac{0.301}{6} = 0.05$$



Μικροβιακή Ανάπτυξη

Παράμετροι της αύξησης

Μια άλλη παράμετρος της εκθετικής αύξησης είναι η σταθερά του ρυθμού αύξησης k η οποία μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση

$$k = \frac{\ln 2}{g} = \frac{0.693}{g}$$

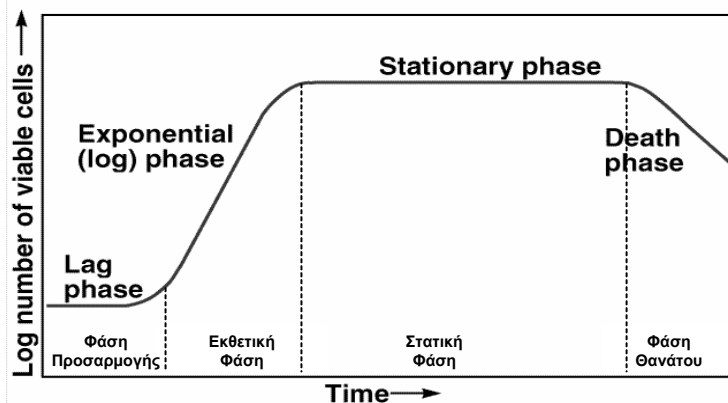
Και έχει μονάδες h^{-1} . Η παράμετρος g αποτελεί μέτρο του χρόνου που απαιτείται για τον διπλασιασμό ενός πληθυσμού ενός η παράμετρος k αποτελεί μέτρο του αριθμού των γενεών που ολοκληρώνονται στη μονάδα του χρόνου. Και οι δύο παράμετροι είναι σημαντικοί για το χαρακτηρισμό της μικροβιακής αύξησης αλλά και για τον ποσοτικό προσδιορισμό της επίδρασης διαφόρων παραγόντων στην μικροβιακή αύξηση

Μικροβιακή Ανάπτυξη

Ο κύκλος της αύξησης

Η εκθετική αύξηση αποτελεί μία μόνο φάση του συνολικού κύκλου της μικροβιακής αύξησης. Σε ένα κλειστό κύκλωμα καλλιέργειας η τυπική καμπύλη μικροβιακής είναι σιγμοειδής

Lansing M. Prescott, John P. Harley, Donald A. Klein, Microbiology, 4e. Copyright © 1999 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.



Μικροβιακή Ανάπτυξη

Φάση Προσαρμογής (ή υστέρησης)

Όταν ένας μικροβιακός πληθυσμός μεταφέρεται από ένα θρεπτικό υπόστρωμα σε ένα άλλο η ανάπτυξη συνήθως δεν ξεκινά αμέσως αλλά συνήθως ύστερα από μία φάση προσαρμογής.

Η διάρκεια της φάσης προσαρμογής εξαρτάται από το ιστορικό του πληθυσμού και από τις συνθήκες ανάπτυξης

Αν μια καλλιέργεια που βρίσκεται σε εκθετική φάση αύξησης μεταφερθεί σε παρόμοιο θρεπτικό υπόστρωμα υπό τις ίδιες συνθήκες τότε συνήθως δεν παρατηρήται φάση προσαρμογής και ξεκινά αμέσως η εκθετική αύξηση

Αντίθετα συνήθως παρατηρείται φάση προσαρμογής όταν

- Η καλλιέργεια ληφθεί από τη στατική φάση
- Το νέο υπόστρωμα είναι πιο φτωχό σε θρεπτικά συστατικά από το προηγούμενο
- Οι νέες συνθήκες είναι λιγότερο ευνοϊκές από τις προηγούμενες
- Τα κύτταρα έχουν στρεσαριστεί με οποιοδήποτε τρόπο

Μικροβιακή Ανάπτυξη

Εκθετική ή Λογαριθμική Φάση

Κατά την εκθετική φάση ο αριθμός των κυττάρων αυξάνεται εκθετικά

Στατική Φάση

Κατά την στατική φάση η αύξηση σταματά είτε λόγω περιορισμού των θρεπτικών συστατικών είτε λόγω αύξησης της συγκέντρωσης προϊόντων μεταβολισμού που έχουν αντιμικροβιακή δράση

Ο πληθυσμός στον οποίο παρατηρείται η στατική φάση ποικίλει ανάλογα με τον το θρεπτικό υπόστρωμα και τις συνθήκες ανάπτυξης αλλά μπορεί να φτάσει μέχρι και ένα τρισεκατομύριο κύτταρα ανά ml.

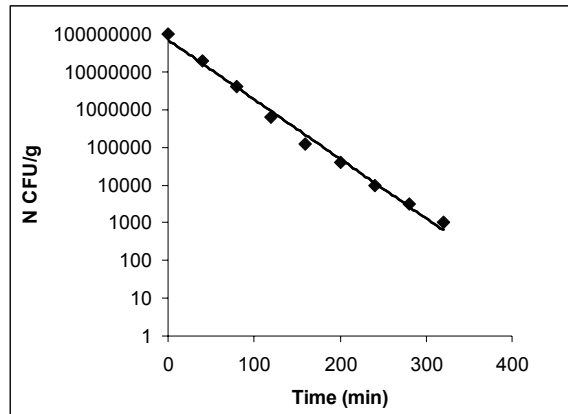
Στη στατική φάση συνήθως παρατηρείται ταυτόχρονα διχοτόμηση κυττάρων και θανάτωση κυττάρων με αποτέλεσμα ο πληθυσμός να φαίνεται σταθερός.

Φάση θανάτου

Κατά την φάση θανάτου παρατηρείται λύση των κυττάρων και μείωση του πληθυσμού

Μικροβιακή Θανάτωση

Κινητική Θερμικής Καταστροφής Μικροοργανισμών

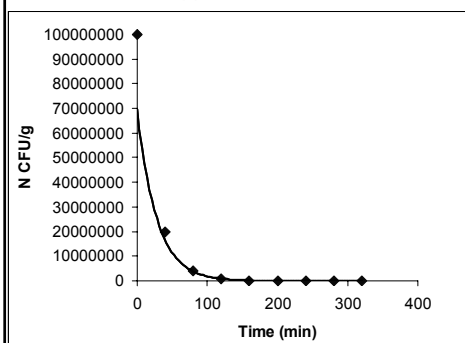


Μικροβιακή Θανάτωση

Κινητική Θερμικής Καταστροφής Μικροοργανισμών

Παραδοχή: Η μείωση του μικροβιακού πληθυσμού κατά τη Θερμική καταστροφή περιγράφεται με εξίσωση πρώτης τάξης (δεν ισχύει πάντα!!)

$$N(t) = N_0 \times e^{-kt}$$



t : Χρόνος (min)

$N(t)$: Πληθυσμός σε χρόνο t (cfu/g)

N_0 : Πληθυσμός σε χρόνο 0 (cfu/g)

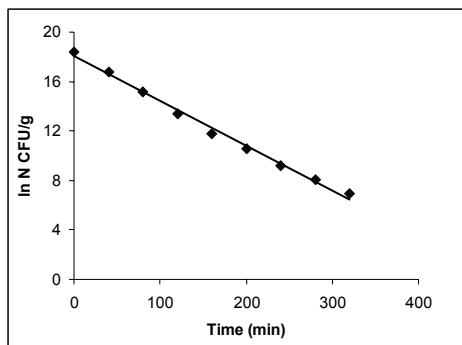
k : Ρυθμός θανάτου (min^{-1})

Μικροβιακή Θανάτωση

Κινητική Θερμικής Καταστροφής Μικροοργανισμών

Παραδοχή: Η μείωση του μικροβιακού πληθυσμού κατά τη Θερμική καταστροφή περιγράφεται με εξίσωση πρώτης τάξης (δεν ισχύει πάντα!!)

$$N_{(t)} = N_0 \times e^{-k \times t} \Rightarrow \ln(N_{(t)}) = \ln(N_0) - k \times t$$



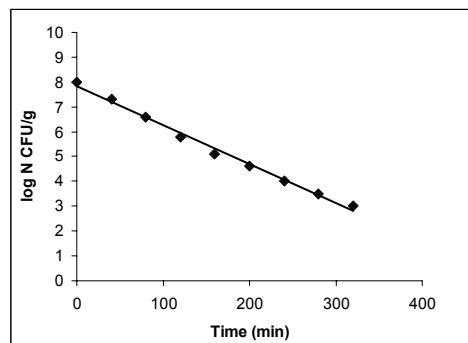
Μικροβιακή Θανάτωση

Κινητική Θερμικής Καταστροφής Μικροοργανισμών

$$\log(N_{(t)}) = \log(N_0) - b \times t$$

b: εκθετικός ρυθμός μείωσης (Log cfu/g /min)

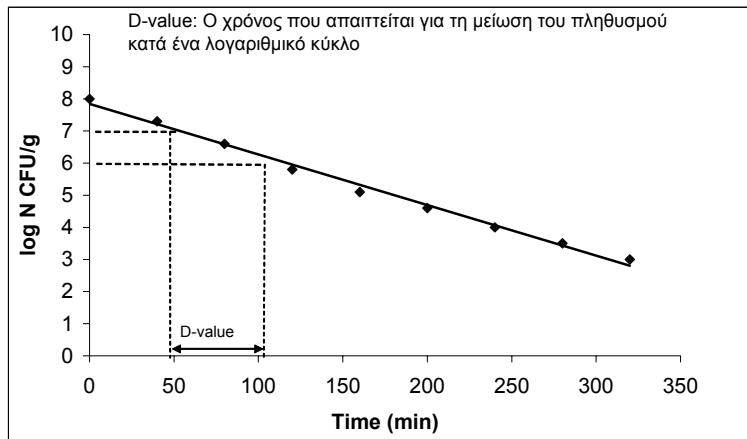
Ρυθμός θανάτου $k=2.3 \times b$



Μικροβιακή Θανάτωση

Κινητική Θερμικής Καταστροφής Μικροοργανισμών

D-value: Ο χρόνος που απαιτείται για τη μείωση του μικροβιακού Πληθυσμού κατά ένα λογάριθμο



Μικροβιακή Θανάτωση

Κινητική Θερμικής Καταστροφής Μικροοργανισμών

D-value: Ο χρόνος που απαιτείται για τη μείωση του μικροβιακού Πληθυσμού κατά ένα λογάριθμο

$$\log(N_{(t)}) = \log(N_0) - b \times t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \log \frac{N_{(t)}}{N_0} = -b \times t \Rightarrow \log \frac{0.1N_0}{N_0} = -b \times D \Rightarrow$$

$$\Rightarrow D = \frac{1}{b}$$

b: εκθετικός ρυθμός μείωσης (Log cfu/g /min)

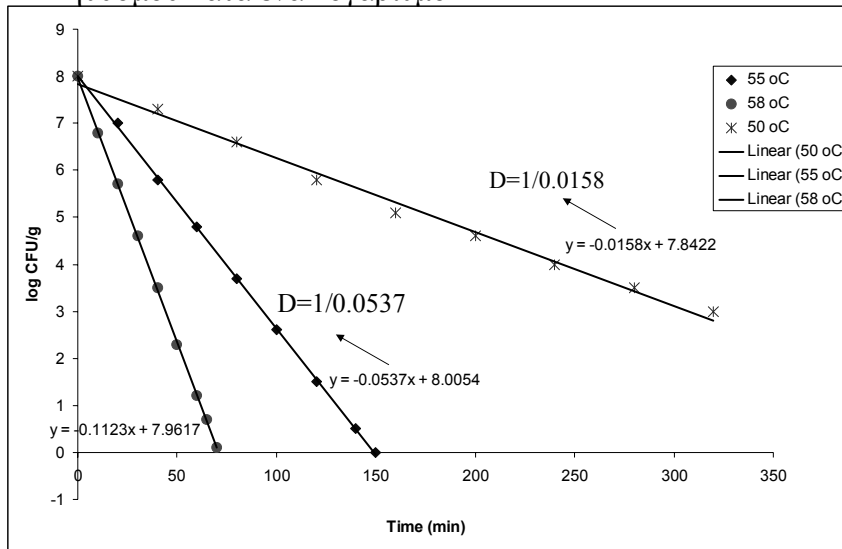
Ρυθμός θανάτου $k=2.3 \times b$

$$D = \frac{1}{b} \Rightarrow D = \frac{2.3}{k}$$

Μικροβιακή Θανάτωση

Κινητική Θερμικής Καταστροφής Μικροοργανισμών

D-value: Ο χρόνος που απαιτείται για τη μείωση του μικροβιακού Πληθυσμού κατά ένα λογάριθμο

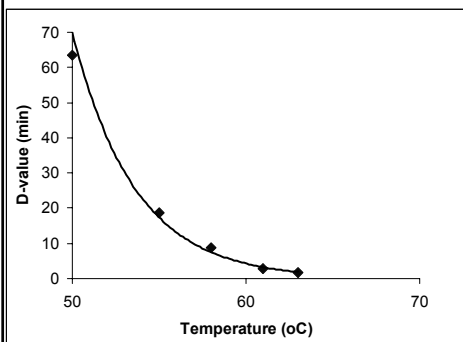


Μικροβιακή Θανάτωση

Κινητική Θερμικής Καταστροφής Μικροοργανισμών

z-value: Η θερμοκρασία που απαιτείται για τη μείωση/αύξηση του D-value κατά ένα λογαριθμικό κύκλο

$$D_{(T)} = D_0 \times e^{-k(T-\theta)}$$



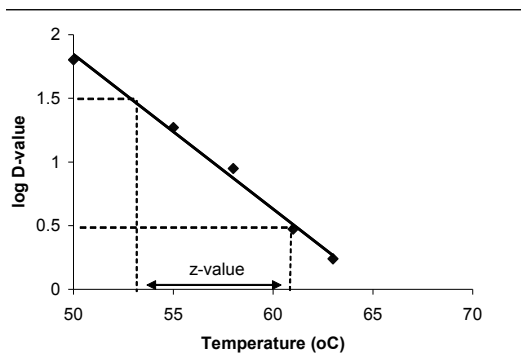
- T : Θερμοκρασία (°C)
- $D_{(T)}$: D-value σε θερμ. T
- D_0 : D-value σε θερμ. θ (θεωρητικό)
- k : Παράμετρος εξάρτησης του D από τη θερμοκρασία

Μικροβιακή Θανάτωση

Κινητική Θερμικής Καταστροφής Μικροοργανισμών

z-value: Η θερμοκρασία που απαιτείται για τη μείωση/αύξηση του D-value κατά ένα λογαριθμικό κύκλο

$$\log(D_{(T)}) = \log(D_0) - d \times T$$



Μικροβιακή Θανάτωση

Κινητική Θερμικής Καταστροφής Μικροοργανισμών

z-value: Η θερμοκρασία που απαιτείται για τη μείωση/αύξηση του D-value κατά ένα λογαριθμικό κύκλο

$$\log(D_{(T)}) = \log(D_0) - d \times T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \log \frac{D_{(T)}}{D_0} = -d \times T \Rightarrow \log \frac{0.1D_T}{D_T} = -d \times z \Rightarrow$$

$$\Rightarrow z = \frac{1}{d}$$

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

εξωγενείς

Ατμόσφαιρα
(κενό, παρουσία
άλλων αερίων)

Σχετική
Υγρασία



Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Θερμοκρασία

Επηρεάζει:

- Το μέγεθος του κυττάρου
- Το μεταβολισμό
- Τις απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά
- Τις ενζυμικές αντιδράσεις
- Τη χημική σύσταση του κυττάρου

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Θερμοκρασία

- Καθορίζει τη ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικ/ων
- Οι μικ/οί αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες που το νερό βρίσκεται σε υγρή μορφή
- Η κατώτερη θερμοκρασία ανάπτυξης που έχει παρατηρηθεί είναι -34°C και η ανώτερη 90°C
- Για τους παθογόνους μικ/ούς η κατώτερη είναι -10 με -15°C
- Σε συνθήκες ανάπτυξη η αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται μείωση της φάσης προσαρμογής και αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης
- Σε συνθήκες θανάτου η αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται αύξηση του ρυθμού θανάτου

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Θερμοκρασία

Κατάταξη των μικ/ών με βάση την επίδραση της θερμοκρασίας

	Minimum	Optimum	Maximum
Ψυχρόφιλα	-15 με +5	10-30	20-40
Υποχρεωτικά Ψυχρόφιλα	-15 με 0	10-20	20-22
Προαιρετικά Ψυχρόφιλα	-5 με +5	10-30	30-40
Ψυχρότροφα	-5 με +5	20-30	30-40
Μεσόφιλα	+5 με +15	30-40	40-50
Θερμόφιλα	+40 με +45	55-65	60-90

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Θερμοκρασία

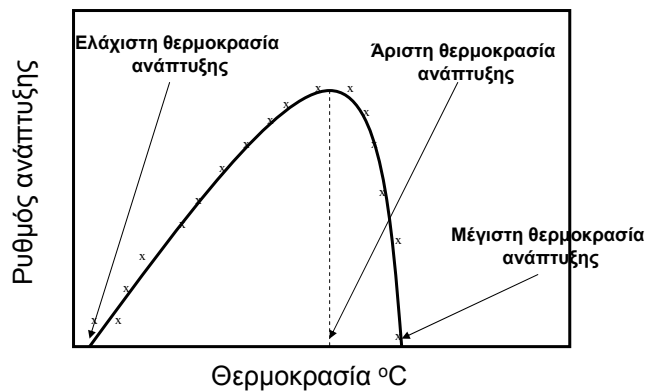
Ανάπτυξη του *Clostridium botulinum* τύπου A και B σε διάφορες θερμοκρασίες

Θερμοκρασία (°C)	Φ. προσαρμογής (h)	Χρόνος Γενεάς (h)
12.5	ND	89
15	160	28
17.5	63	8
20	32	4
25	20	2
30	8	1
37	5	0.7
42.5	8	1
45	ND	2

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Θερμοκρασία

Επίδραση της θερμοκρασίας στο ρυθμό ανάπτυξης των μικ/ων

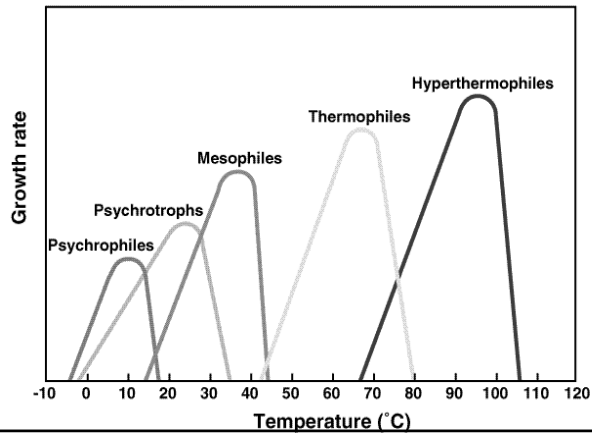


Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Θερμοκρασία

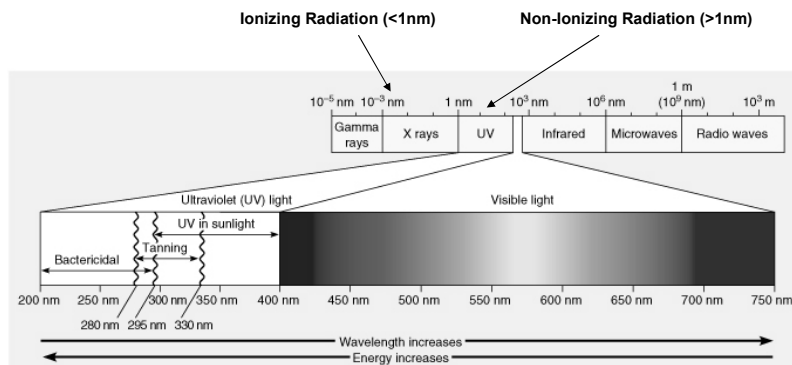
Lansing M. Prescott, John P. Harley, Donald A. Klein, *Microbiology*, 4e. Copyright © 1999 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

Temperature and Growth



Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Φως-Ακτινοβολία



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Φως-Ακτινοβολία

- Το ορατό φως είναι χρήσιμο μόνο στα βακτήρια που έχουν φωτοσυνθετικές χρωστικές
- Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι επιζήμια για τα βακτήρια αφού προκαλεί μετουσίωση των νουκλεϊνικών οξέων και θάνατο του κυττάρου.
- Η επίδραση της ακτινοβολίας εξαρτάται από την έντασή της και το χρόνο έκθεσης
- Η υπεριώδης ακτινοβολία έχει μικρή διεισδυτική ικανότητα
- Οι ακτίνες X και η ακτινοβολία ιονισμού είναι επίσης επιζήμιες για τα βακτήρια. Έχουν μεγάλη διεισδυτικότητα αλλά είναι επικίνδυνες για τον άνθρωπο.

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

pH/οξύτητα

- pH: ο αρνητικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου $\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$
- Το pH εκφράζει την οξύτητα ή αλκαλικότητα του περιβάλλοντος ενός τροφίμου
- Το pH επηρεάζει το μικροβιακό μεταβολισμό, τη δραστηριότητα των ενζύμων, τη μεταφορά θρεπτικών συστατικών, τη λειτουργία της κυτταρικής μεμβράνης
- Ουδέτερο pH: 7.0 άριστο για όλους τους μικροοργανισμούς

Ποιοτικός Έλεγχος και Διασφάλιση της Ποιότητας των Τροφίμων

**Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών**

Θερμοκρασία

Επίδραση της θερμοκρασίας στο χρόνο παραγωγής τοξίνης από το *Clostridium botulinum* τύπου E

<u>Θερμοκρασία (°C)</u>	<u>Ημέρες για παραγωγή τοξίνης</u>
5.5	27
4.4	33
3.3	129

**Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών**

pH/οξύτητα

- Κάτω από pH 4.0 οι περισσότεροι μικ/οί δεν μπορούν να αναπτυχθούν
- Κάτω από pH 5.0 οι ζύμες και μύκητες κυριαρχούν των βακτηρίων
- Το ελάχιστο, μέγιστο και άριστο pH των μικ/ων εξαρτάται από τους υπόλοιπους περιβαλλοντικούς παράγοντες καθώς και το είδος του οξέος
- Τα περισσότερα τρόφιμα οφείλουν την οξύτητά τους σε ασθενή οργανικά οξέα πχ. γαλακτικό, οξικό, προπιονικό

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

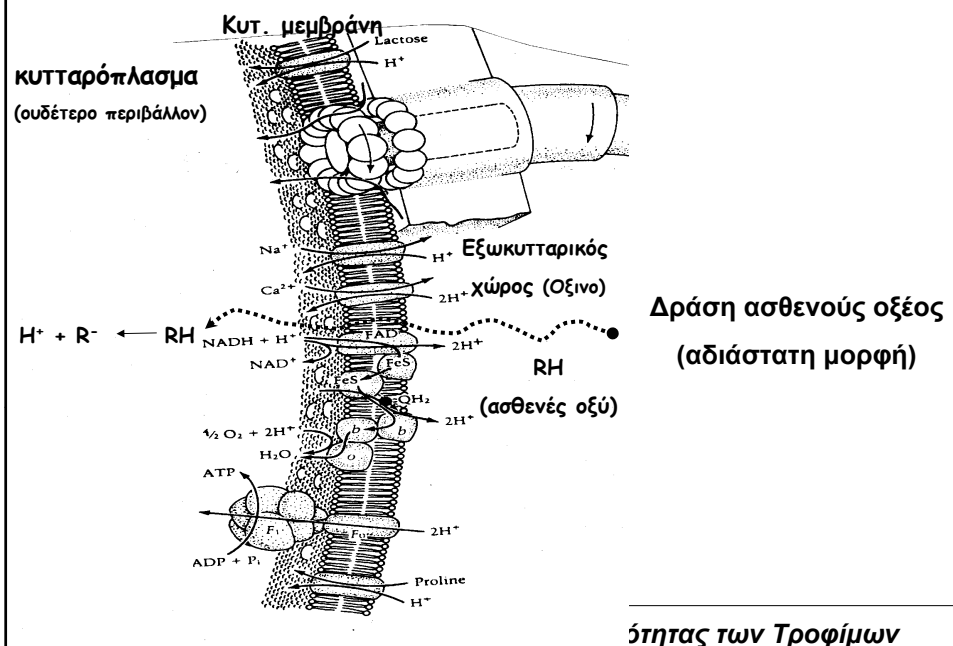
pH/οξύτητα

Μηχανισμός δράσης των οξέων στο κύτταρο

ομοιόσταση

Η τάση των μικροοργανισμών να «υπερασπίζονται» τη σταθερότητα και ισορροπία στο εσωτερικό τους περιβάλλον

Μηχανισμός δράσης των οξέων στο κύτταρο



**Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών**

Ενεργότητα νερού/ a_w

Ως ενεργότητα νερού ορίζεται η παράμετρος που εκφράζει την ποσότητα νερού στο τρόφιμο που είναι διαθέσιμη για τις ανάγκες ανάπτυξης των μικροοργανισμών .

**Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών**

Ενεργότητα νερού/ a_w

Η σημασία του a_w για του μικροοργανισμούς

- Το κυτταρόπλασμα είναι ένα υδατικό περιβάλλον στο οποίο εκτελούνται όλες οι μεταβολικές διεργασίες του κυττάρου.
- Μέσω της κυτταρικής μεμβράνης γίνεται συνεχής ανταλλαγή μορίων νερού με το περιβάλλον (εισαγωγή θρεπτικών συστατικών και εξαγωγή «αποβλήτων»)
- Συμμετέχει σε μεγάλο αριθμό χημικών αντιδράσεων ως μέσο, αντιδραστήριο ή προϊόν
- Διαλύει τις περισσότερες ουσίες από οποιοδήποτε άλλο διαλύτη

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Ενεργότητα νερού/ a_w

Η σημασία του a_w για του μικροοργανισμούς

Το νερό στα τρόφιμα βρίσκεται σε δύο μορφές:

- Δεσμευμένο νερό
 - ✓ Διακρατείται με φυσικές ή χημικές δυνάμεις από μακρομόρια
 - ✓ Δεν μπορεί να δράσει ως διαλύτης ή να λάβει μέρος σε αντιδράσεις
 - ✓ Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο μεταβολισμό των μικ/ών
- Ελεύθερο νερό
 - ✓ Είναι διαθέσιμο για χημικές αντιδράσεις και τη μικροβιακή ανάπτυξη

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Ενεργότητα νερού/ a_w

$$a_w = p / p_o \quad p = \text{πίεση ατμών του διαλύματος}$$

$$p_o = \text{πίεση ατμών του διαλύτη}$$

- πίεση ατμών : μετρούμενος ρυθμός διαφυγής μορίων από μια επιφάνεια
- Η πρόσθεση διαλυτών ουσιών μειώνει το ελεύθερο νερό και την το ρυθμό διαφυγής
- Σχέση με σχετική υγρασία: $RH = 100 \times a_w$
- Καθαρό νερό: $a_w=1$

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Μεταβολή της Ενεργότητας νερού/ a_w

- Αφαίρεση νερού (ξηράνση)
- Πρόσθεση διαλυτών ουσιών (σάκχαρα, άλατα)

Νόμος του Raoult: $P/P_o = n_2 / n_1 + n_2$

P : πίεση ατμών διαλύματος

P_o : πίεση ατμών διαλύτη

n_1 : αριθμός μορίων διαλυτής ουσίας

n_2 : αριθμός μορίων διαλύτη

- Κατάψυξη

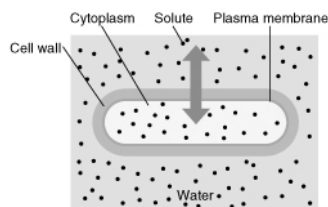
Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Μεταβολή της Ενεργότητας νερού/ a_w

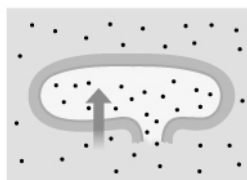
Ισοτονικό

Υποτονικό

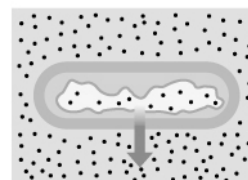
Υπερτονικό



(c) Isotonic (isosmotic) solution
no net movement of water



(d) Hypotonic (hyposmotic) solution
water moves into the cell and may cause the cell to burst if the wall is weak or damaged (osmotic lysis)

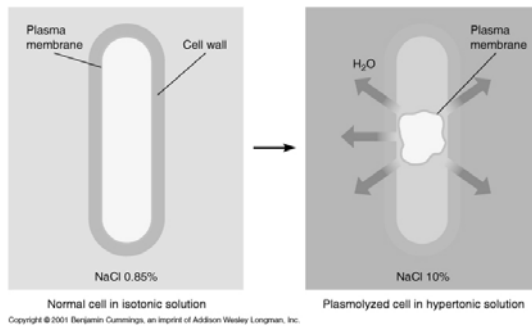


(e) Hypertonic (hyperosmotic) solution
water moves out of the cell, causing its plasma membrane to shrink (plasmolysis)

Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

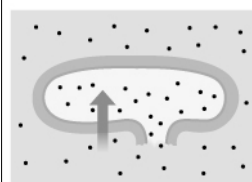
Μεταβολή της Ενεργότητας νερού/ a_w



Πλασμόλυση:
Συρίκνωση της μεμβράνης
λόγω απώλειας νερού

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Μεταβολή της Ενεργότητας νερού/ a_w



(d) Hypotonic (hypoosmotic) solution
water moves into the cell and may cause
the cell to burst if the wall is weak or
damaged (osmotic lysis)

Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Πλασμόπτυση:
Διάρρηξη του κυττάρου
λόγω υπερβολικής εισροής
νερού

**Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών**

Μεταβολή της Ενεργότητας νερού/ a_w

a_w	NaCl			Sucrose		
	<i>m</i>	%, w/w	°Salometer	<i>m</i>	% w/w (°Brix)	°Baume 0
1.000	0	0	0	0	0	4.75
0.995	0.150	0.88	3.32	0.272	8.52	8.59
0.990	0.300	1.74	6.57	0.534	15.45	14.43
0.980	0.607	3.43	12.94	1.03	26.07	21.79
0.960	1.20	6.57	24.79	1.92	39.66	26.34
0.940	1.77	9.83	35.4	2.72	48.22	29.57
0.920	2.31	11.90	44.91	3.48	54.36	31.69
0.900	2.83	14.18	53.51	4.11	58.45	33.90
0.880	3.32	16.28	61.43	4.93	62.77	35.36
0.860	3.80	18.18	68.60	5.58	65.63	
0.840	4.26	19.94	75.25			
0.820	4.71	21.59	81.47			
0.800	5.15	23.13	87.28			
0.753	6.16	26.50	100.00			

**Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών**

Μεταβολή της Ενεργότητας νερού/ a_w

a_w	Glucose		Inverted Sugar
	<i>m</i>	%, w/w	%, w/w
0.995	0.259	4.45	2.05
0.990	0.542	8.90	4.11
0.980	1.04	15.74	8.22
0.960	2.21	28.51	16.43
0.940	3.38	37.83	24.65
0.920	4.31	43.72	32.87
0.900	5.24	48.54	41.09
0.880	6.27	53.05	49.30
0.860	7.81	58.45	57.52
0.850	9.00	61.84	61.63

**Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών
Μεταβολή της Ενεργότητας νερού/ a_w**

a_w	Glucose		Inverted Sugar
	m	%, w/w	%, w/w
0.995	0.259	4.45	2.05
0.990	0.542	8.90	4.11
0.980	1.04	15.74	8.22
0.960	2.21	28.51	16.43
0.940	3.38	37.83	24.65
0.920	4.31	43.72	32.87
0.900	5.24	48.54	41.09
0.880	6.27	53.05	49.30
0.860	7.81	58.45	57.52
0.850	9.00	61.84	61.63

**Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών**

Ενεργότητα νερού/ a_w και Μικροοργανισμοί

- Ταχύτερη μικροβιακή ανάπτυξη: a_w 0.995-0.980
- a_w των περισσότερων εργαστηριακών υποστρωμάτων: 0.999-0.990
- Όσο το a_w μειώνεται:
 - Η φάση προσαρμογής αυξάνεται
 - ο ρυθμός ανάπτυξης μειώνεται
 - το μέγιστο επίπεδο του πληθυσμού μειώνεται
- Σε πολύ χαμηλά a_w η φάση προσαρμογής γίνεται άπειρη και η ανάπτυξη σταματάει
- Οι περισσότεροι μικ/οί αναπτύσσονται σε $a_w > 0.90$
- Δεν υπάρχει ανάπτυξη μικ/ών σε $a_w < 0.60$

**Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών**

Ενεργότητα νερού/ a_w και Μικροοργανισμοί

- Οι μικ/οί που αναπτύσσονται σε χαμηλά a_w ονομάζονται: αλλόφιλοι, ξηρόφιλοι, ωσμόφιλοι
 - Αλλόφιλοι: Κυρίως βακτήρια που δεν μπορούν να αναπτυχθούν χωρίς παρουσία αλατιού σε σημαντική συγκέντρωση
 - Ξηρόφιλοι: Ζύμες και μύκητες που αναπτύσσονται καλύτερα σε $a_w < 0.85$
 - Οσμόφιλοι: Κυρίως ζύμες ανθεκτικές στη ζάχαρη που μπορούν να αναπτυχθούν σε υψηλή οσμωτική πίεση
- Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τα όρια ανάπτυξης a_w των μικ/ών

**Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών**

Ενεργότητα νερού/ a_w και Μικροοργανισμοί

Ομάδα μικροοργανισμών	a_w
Gram αρνητικά βακτήρια	0.97
Gram θετικά βακτήρια	0.90
Ζύμες	0.88
Μύκητες	0.80
Αλόφιλα βακτήρια	0.75
Ξηρόφιλοι μύκητες	0.61

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Ενεργότητα νερού/ a_w και Μικροοργανισμοί

- Gram-αρνητικά βακτήρια:
 - *Pseudomonas* 0.96
 - Enterobacteriaceae 0.93
 - Salt-tolerant *Enterobacter* 0.90
- Gram-θετικά:
 - Lactobacillaceae 0.94
 - Micrococcaceae 0.90
 - *Staphylococcus aureus* 0.86-0.83
 - enterotoxin 0.93
 - *Clostridium botulinum* 0.97-0.94
- Halophilic/Xerophilic/Osmophilic:
 - Grow only at reduced a_w /fail to grow at high a_w

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Όρια Ενεργότητας νερού/ a_w για διάφορους Μικροοργανισμοί

Μικροοργανισμοί	a_w
<i>Pseudomonas</i>	0.98
<i>Clostridium botulinum</i> type E, <i>Pseudomonas fluorescens</i>	0.97
<i>Flavobacterium</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Proteus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Shigella</i> , <i>Lactobacillus</i>	0.96
<i>Bacillus cereus</i> , <i>Clostridium perfringens</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Lactobacillus viridescens</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Serratia</i> , <i>Vibrio</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Alcaligenes</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Escherichia</i> , <i>Bacillus</i>	0.95

**Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών**

Όρια Ενεργότητας νερού/ a_w για διάφορους Μικροοργανισμοί

Μικροοργανισμοί	a_w
<i>Clostridium botulinum</i> type A and B, <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Pediococcus cerevisiae</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Vibrio</i> <i>parahaemolyticus</i> , <i>Microbacterium</i> , <i>Streptococcus</i>	0.94
<i>Bacillus stearothermophilus</i> , <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Vibrio</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Mucor</i>	0.93
<i>Rhodotorula</i> , <i>Pichia</i>	0.92
<i>Corynebacterium</i> , <i>Staphylococcus/anaerobic Streptococcus</i>	0.91

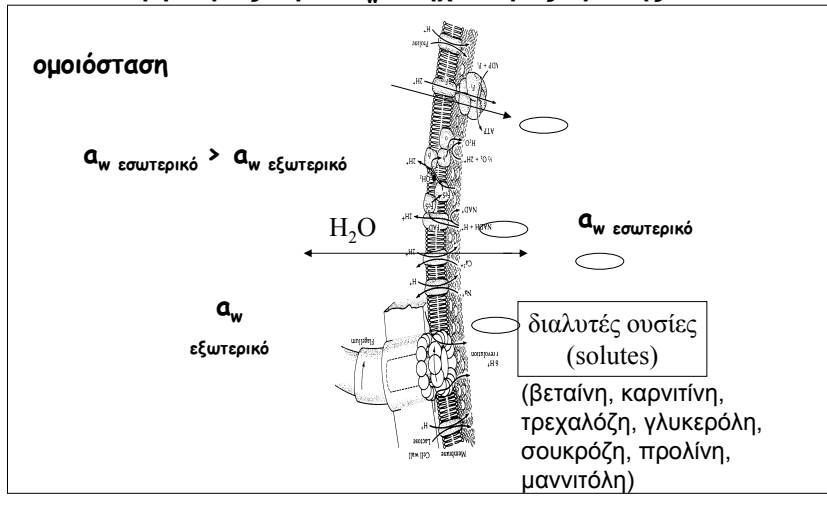
**Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών**

Όρια Ενεργότητας νερού/ a_w για διάφορους Μικροοργανισμοί

Μικροοργανισμοί	a_w
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Pediococcus</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Hansenula</i>	0.90
<i>Candida</i> , <i>Torulopsis</i> , <i>Cladosporium</i>	0.88
<i>Debaryomyces</i>	0.87
<i>Staphylococcus aureus/aerobic</i> , <i>Vibrio costicolus</i>	0.86
<i>Penicillium</i>	0.85
<i>Halobacterium halobium</i>	0.75
<i>Aspergillus</i>	0.65

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Ενεργότητας νερού/ a_w – Μηχανισμός Δράσης



Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh)

Τι είναι το δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh)

- Η τάση ενός μέσου να δέχεται ή να δίνει ηλεκτρόνια δείχνει το δυναμικό οξειδοαναγωγής του.
- Όταν το μέσο δίνει e^- οξειδώνεται, έχει + Eh
- Όταν παίρνει e^- ανάγεται και έχει – Eh
- Όταν μεταφέρονται e^- μεταξύ δύο μέσων δημιουργείται μια διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού η οποία μετρείται σε mV

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh)

Από τι εξαρτάται το δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh) ενός τροφίμου;

- pH
- ικανότητα ισορροπίας (buffering capacity) σε αλλαγές του Eh
- διαθεσιμότητα σε οξυγόνο (φυσική κατάσταση, συσκευασία)
- Δομή του τροφίμου

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh)

Η σχέση των μικροοργανισμών με το O_2 & Eh, επιτρέπει την παρακάτω κατάταξη:

Υποχρεωτικά ή αυστηρά αερόβιοι: οι μικροοργανισμοί (πχ. pseudomonads) αυτοί χρειάζονται O_2 άρα αναπτύσσονται σε τρόφιμα με υψηλό Eh (+350 - +500 mV).

Υποχρεωτικά αναερόβιοι: μικροοργανισμοί (πχ. Clostridium), αναπτύσσονται σε τρόφιμα με πολύ χαμηλό Eh <-150mV (πχ σε κονσέρβες, ή τρόφιμα συσκευασμένα σε κενό)

Προαιρετικά αναερόβιοι: οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται είτε παρουσία είτε απουσία O_2 πχ. Lactobacillaceae, Enterobacteriaceae, Corynebacteriaceae. Κυρίως αλλοιώνουν τρόφιμα με χαμηλό Eh (100-350 mV) .

Μικροαερόφιλοι: χρειάζονται περίπου 5% οξυγόνο (π.χ Campylobacter)

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Ατμόσφαιρα Συσκευασίας

- Επιδρά στο Eh
- Καθορίζει τους μικ/ούς που κυριαρχούν
- Επιδρά στο ρυθμό ανάπτυξης
- O₂: αερόβιοι
- Κενό: προαιρετικά αναερόβιοι, αναερόβιοι, μικροαερόφιλοι
- CO₂: Αντιμικροβιακή δράση, διάφορες ανθεκτικότητες
- Τροποποιημένες Ατμόσφαιρες: μίγματα αερίων για την παρεμπόδιση των μικ/ών και τη διατήρηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Θρεπτικά Συστατικά

- Τα βιολογικά συστήματα απαιτούν ενέργεια και χημικές ουσίες για τη λειτουργία και την αναπαραγωγή τους
- Η σειρά προτίμησης σε θρεπτικά συστατικά διαφέρει μεταξύ των μικ/ων
- Η σύσταση των τροφίμων επηρεάζει:
- Το ρυθμό ανάπτυξη των μικροοργανισμών
- Την επιλογή των μικ/ων που θα αναπτυχθούν και θα κυριαρχήσουν στο τρόφιμο
- Τα προϊόντα μεταβολισμού που θα παραχθούν
- Το τύπο της αλλοίωσης του τροφίμου

**Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών**

Θρεπτικά Συστατικά

Επίδραση του υποστρώματος στην παραγωγή τοξίνης από το
Clostridium botulinum τύπου E

Θερμοκρασία (°C)	Σάρκα Καβουριού	Εργ. Υπόστρωμα
4	-	+
8	-	+
12	+	+

**Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη,
επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών**

Θρεπτικά Συστατικά

Περιεκτικότητα σε νερό, πρωτεΐνες, σάκχαρα & λίπος
βασικών ομάδων τροφίμων

	Νερό	Πρωτεΐνες	Σάκχαρα	Λίπος
Κρέας	69	16	0.9	15
Ψάρι	67.2	18.3	0.1	12.5
λαχανικά	94.1	1.0	4.0	0.3
Φρούτα	95	0.5	4.3	0.2

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Αντιμικροβιακές Ουσίες

Τρόποι Δράσης

- Δρούν στο κυτταρικό τοίχωμα και τις μεμβράνες
- Επηρεάζουν το γενετικό υλικό
- Επηρεάζουν τη δράση των ενζύμων
- Παρεμποδίζουν τη μεταφορά των θρεπτικών συστατικών
- Δεσμεύουν τα θρεπτικά συστατικά

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Αντιμικροβιακές Ουσίες

Αντιμικροβιακές Ουσίες φυτικής προέλευσης

- Αιθέρια έλαια
- Ευγενόλη (γαρύφαλο)
- Αλλισίνη (σκόρδο)
- Αλδεύδες και ευγενόλη στην κανέλα
- Θυμόλη και καρβακρόλη στη ρίγανη
- Άλλες φαινόλες, αλκαλοειδή, φυτοαλεξίνες κλπ.

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Αντιμικροβιακές Ουσίες

Αντιμικροβιακές Ουσίες ζωικής προέλευσης

- Αγελαδινό γάλα:
 - Λακτοφερίνη
 - Κογκλουτινίνη
 - Λακτοπεροξειδάση
 - Καζείνη
 - Ελεύθερα λιπαρά οξές
 - Λυσοζύμη
 - Κατιονικές πρωτεΐνες
 - Λακτενίνες

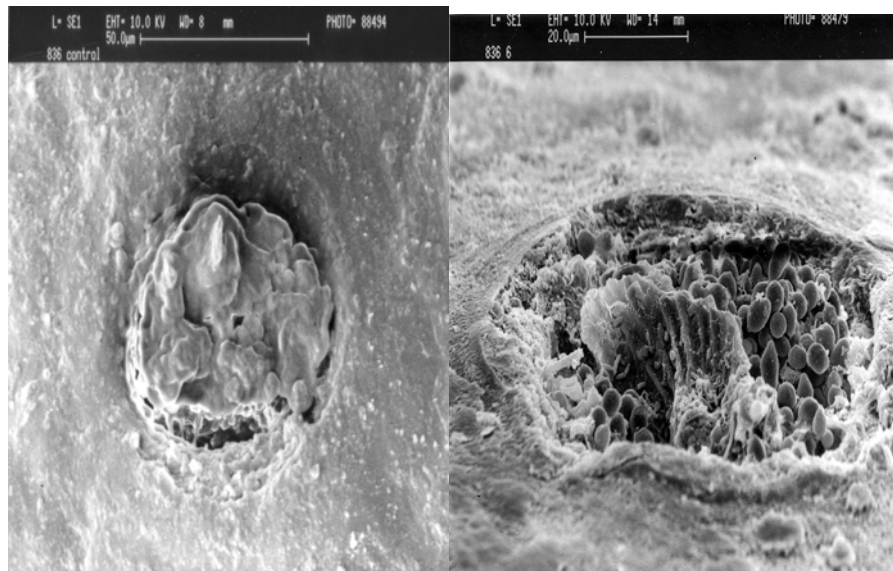
Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη, επιβίωση και το θάνατο των μικροοργανισμών

Βιολογικές δομές

Σε πολλά τρόφιμα υπάρχουν φυσικές βιολογικές δομές που παρεμποδίζουν την είσοδο και την ανάπτυξη των μικ/ων

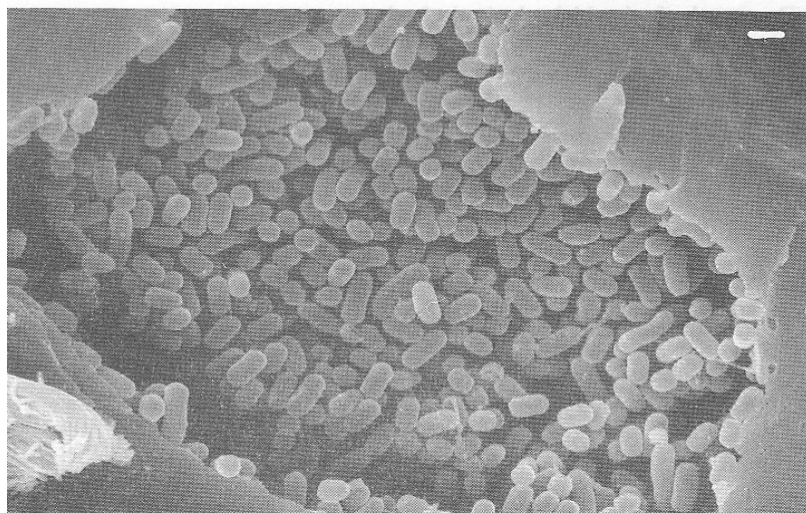
- Φλοιός φρούτων
- Κέλυφος σπόρων
- Κέλυφος αυγών
- Δέρμα ζώων

Στομάτιο καρπού ελιάς κατά την ζύμωση που καλύπτεται από κηρώδεις ουσίες & αποικίες μικροοργανισμών



«φωλιά» βιοθέση γαλακτοβακίλλων που βρίσκονται στη λογαριθμική φάση ανάπτυξης τους σε ζυμούμενο αλλαντικό

J. W. I. Wittepenhy et al. / Int. J. Food Microbiology 28 (1992) 299-310



Γενική Μικροβιολογία

Διάλεξη 3

«Αρχές Μικροβιακής Μοριακής Βιολογίας-Βακτηριακή Γενετική»

**Κουτσουμανής Κ.
Επ. Καθηγητής**

Αρχές Μικροβιακής Μοριακής Βιολογίας- Βακτηριακή Γενετική

Ο όρος μοριακή βιολογία αναφέρεται κατά κανόνα στη μελέτη της δομής και της λειτουργίας των ποικίλων ομάδων μακρομορίων που απαντούν στα ζώντα κύτταρα.

Γενετική είναι ο επιστημονικός κλάδος που ασχολείται με τους μηχανισμούς μέσω των οποίων τα χαρακτηριστικά μεταφέρονται από τον έναν οργανισμό στον άλλον και με το πώς αυτά εκφράζονται

Η γενετική, σε συνδυασμό με τη μοριακή βιολογία, μας επιτρέπει να κατανοήσουμε τους μοριακούς μηχανισμούς, μέσω των οποίων λειτουργούν τα κύτταρα.

Η μελέτη της γενετικής σε μοριακό επίπεδο έχει επίσης αποφασιστική σημασία για τη κατανόηση της ποικιλότητας των οργανισμών και της εξέλιξης των ειδών.

Μακρομόρια και γενετική πληροφορία

Τα μόρια που συμμετέχουν στη ροή της γενετικής πληροφορίας είναι το DNA, το RNA, και οι πρωτεΐνες, που περιέχουν μέσω των αλληλουχιών τους πληροφορίες βιολογικής σημασίας και αποκαλούνται πληροφοριακά μακρομόρια

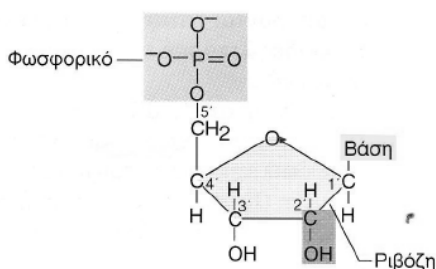
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 Χημική σύνθεση προκαρυωτικού κυττάρου^a

Μόριο	Ποσοστό (%) επί ξηρού βάρους ^d	Αριθμός μορίων ανά κύτταρο (διαφορετικοί τύποι)
Σύνολο μακρομορίων	96	24.610.000 (~2500)
Πρωτεΐνες	55	2.350.000 (~1850)
Πολυσακχαρίτες	5	4.300 (2) ^e
Λιπίδια	9,1	22.000.000 (4) ^d
Λιποπολυσακχαρίτες	3,4	1.430.000 (1)
DNA	3,1	2,1 (1)
RNA	20,5	255.500 (~660)
Σύνολο μονομερών	3,0	— ^c (~350)
Αμινοξέα και πρόδρομά τους	0,5	— (~100)
Σάκχαρα και πρόδρομά τους	2	— (~50)
Νουκλεοτίδια και πρόδρομά τους	0,5	— (~200)
Ανόργανα ιόντα	1	— (18)
Σύνολο	100%	—

Τα νουκλεϊκά οξέα

Τα νουκλεϊκά οξέα, δηλ. Το δεοξυριβονουκλεϊκό (DNA) και το ριβονουκλεϊκό (RNA), είναι μακρομόρια τα οποία συγκροτούνται από μονομερή που ονομάζονται νουκλεοτίδια.

Ένα νουκλεοτίδιο συντίθεται από τρεις μονάδες: ένα σάκχαρο 5 ατόμων άνθρακα, δηλ. μια ριβόζη (στο RNA) ή μια δεοξυριβόζη (στο DNA), μία αζωτούχο βάση, και μία φωσφορική ομάδα, PO₄⁻;



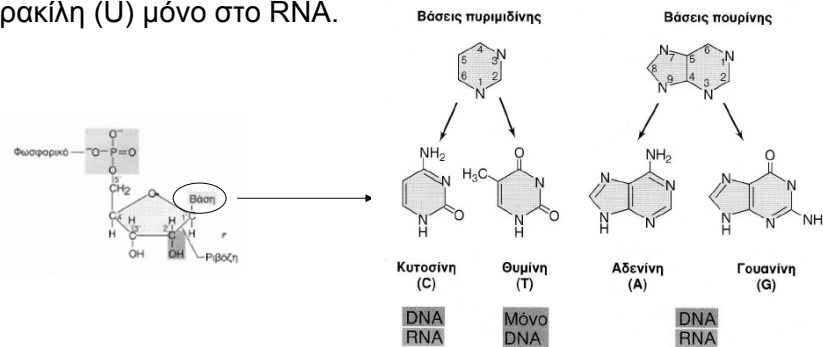
Ριβονουκλεοτίδιο (RNA).

Το δεοξυριβονουκλεοτίδιο (DNA) έχουν στον άνθρακα 2' ένα άτομο Η αντί της ομάδας -OH. Τόσο το δεοξυριβονουκλεοτίδιο όσο και τα ριβονουκλεοτίδια περιέχουν μια 5'-φωσφορική ομάδα.

Τα νουκλεϊκά οξέα

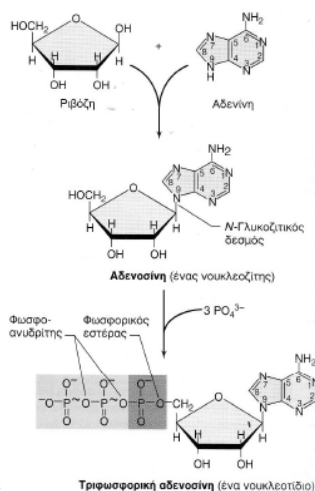
Οι αζωτούχες βάσεις των νουκλεϊκών οξέων είναι είτε πουρίνες είτε πυριμιδίνες. Οι πουρίνες, αδενίνη και γουανίνη, έχουν δύο συμπυκνωμένους ετεροκυκλικούς δακτυλίους, ενώ οι πυριμιδίνες, θυμίνη, κυτοσίνη, και ουρακίλη, έχουν έναν μόνο εξαμελή ετεροκυκλικό δακτύλιο.

Η γουανίνη, η αδενίνη, και η κυτοσίνη απαντούν τόσο στο DNA όσο και στο RNA. Η θυμίνη απαντά (με ελάχιστες εξαιρέσεις) μόνο στο DNA, ενώ η ουρακίλη (U) μόνο στο RNA.



Τα νουκλεϊκά οξέα

Σε ένα νουκλεοτίδιο, η αζωτούχος βάση συνδέεται με ένα σάκχαρο (πεντόζη) μέσω γλυκοζιτικού δεσμού μεταξύ του ατόμου C-1 του σακχάρου και ενός ατόμου N της βάσης, που βρίσκεται στη θέση 1 (όταν πρόκειται για πυριμιδίνη) ή στη θέση 9 (όταν πρόκειται για πουρίνη).

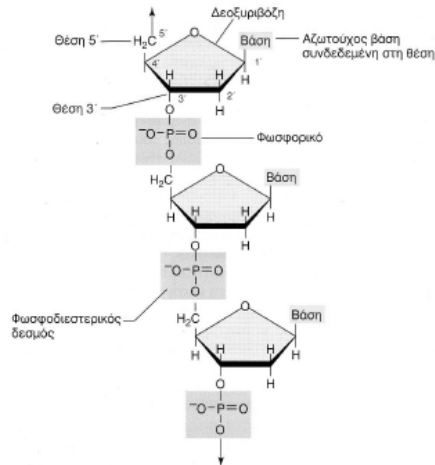


Αν δεν έχει φωσφορική ομάδα, το μόριο που αποτελείται από μία αζωτούχο βάση συνδεδεμένη με σάκχαρο αναφέρεται ως νουκλεοζίτης. Τα νουκλεοτίδια επομένως, είναι νουκλεοζίτες που περιέχουν επιπλέον μία ή περισσότερες ομάδες φωσφορικών

Εκτός από τον βασικό ρόλο τους ως συστατικών των νουκλεϊκών οξέων, τα νουκλεοτίδια επιτελούν και άλλες λειτουργίες στο κύτταρο. Το ATP (τριφωσφορική αδεοσίνη) λειτουργεί ως πηγή χημικής ενέργειας που κατά τη διάσπαση ενός φωσφορικού δεσμού απελευθερώνει επαρκείς ποσότητες ενέργειας για τις αντιδράσεις του κυττάρου

Τα νουκλεϊκά οξέα

Ραχοκοκκαλιά του νουκλεϊκού οξέος είναι ένα πολυμερές όπου εναλλάσσονται μόρια σακχάρου και φωσφορικών



Τα πολυνουκλεοτίδια περιέχουν νουκλεοτίδια ομοιοπολικώς συνδεδεμένα μεταξύ τους μέσω φωσφορικών ομάδων που συνδέουν τον άνθρακα στη θέση 3 του ενός σακχάρου με τον άνθρακα στη Θέση 5 του αμέσως επόμενου σακχάρου.

Η φωσφορική αυτή σύνδεση αποτελεί από χημική άποψη έναν φωσφοδιεστέρα, αφού μία ομάδα φωσφορικού συνδέεται μέσω εστερικών δεσμών με δύο διαφορετικά σάκχαρα ταυτοχρόνως.

Μακρομόρια και γενετική πληροφορία

Λειτουργική μονάδα γενετικής πληροφορίας: Το γονίδιο

Τα γονίδια είναι οντότητες που καθορίζουν τη δομή μίας μόνο πολυπεπτιδικής ή πρωτεϊνικής αλυσίδας. Το γονίδιο είναι το πληροφοριακό στοιχείο (στοιχείο-φορέας της πληροφορίας) που καθορίζει την αλληλουχία των αμινοξέων μιας πρωτεΐνης.

Τα γονίδια είναι αποθηκευμένη πληροφορία, ενώ οι πρωτεΐνες αποτελούν τις λειτουργικές οντότητες του κυττάρου.

Σε όλα τα κύτταρα, τα γονίδια αποτελούνται από δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ (DNA). Η πληροφορία στο γονίδιο υφίσταται με τη μορφή της αλληλουχίας των βάσεων του DNA. Η πληροφορία που εδράζεται στο DNA καθορίζει πάντα την αλληλουχία μιας πρωτεΐνης μέσω ριβονουκλεϊκού οξέος (RNA).

Μακρομόρια και γενετική πληροφορία

Βασικές λειτουργίες του RNA μέσα στο κύτταρο

Το RNA έχει τρεις βασικές λειτουργίες μέσα στο κύτταρο.

Το αγγελιοφόρο RNA (messenger RNA, mRNA) φέρει τη γενετική πληροφορία του DNA ως μονόκλωνο μόριο συμπληρωματικό σε αλληλουχία βάσεων προς ένα τμήμα της αλληλουχίας του DNA.

Τα μόρια του μεταφορικού RNA (transfer RNA, tRNA) λειτουργούν στην πρωτεϊνοσύνθεση ως μόρια-προσαρμοστές, προσαρμόζουν δηλ. τη γενετική πληροφορία από τη γλώσσα των νουκλεοτιδίων στη γλώσσα των αμινοξέων, των δομικών μονάδων των πρωτεϊνών.

Τα ριβοσωματικά RNA (ribosomal RNA, rRNA), των οποίων γνωρίζουμε πολλά διαφορετικά είδη, είναι σημαντικά δομικά και καταλυτικά συστατικά του ριβοσώματος, του πρωτεϊνοσυνθετικού συστήματος του κυττάρου.

Τα στάδια ροής της πληροφορίας

Οι μοριακές διεργασίες στις οποίες βασίζεται η ροή της γενετικής πληροφορίας μπορούν να διακριθούν σε τρία στάδια:

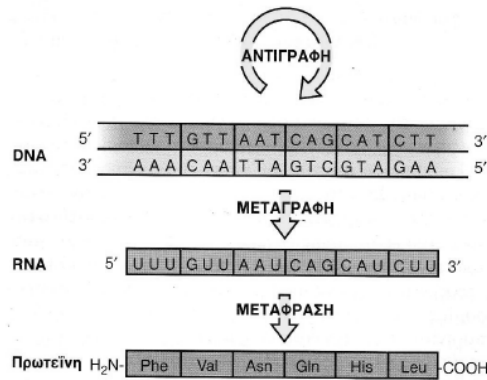
1. Αντιγραφή. Το μόριο DNA (διπλή έλικα) διπλασιάζεται παράγοντας δύο διπλές έλικες.

2. Μεταγραφή. Το DNA δεν συμμετέχει άμεσα στη σύνθεση των πρωτεϊνών, αλλά μόνο μέσω ενός ενδιάμεσου μορίου RNA. Η μεταφορά της πληροφορίας στο RNA ονομάζεται μεταγραφή και το μόριο RNA που φέρει τη πληροφορία, η οποία αποκωδικοεύεται σχηματίζοντας πρωτεΐνη, ονομάζεται αγγελιοφόρο RNA (mRNA).

3. Μετάφραση. Η ειδική αλληλουχία αμινοξέων της κάθε πρωτεΐνης καθορίζεται από μια ειδική αλληλουχία βάσεων στο mRNA (το οποίο έχει μεταγραφεί από το DNA). Μεταξύ της αλληλουχίας βάσεων ενός γονιδίου και της αμινοξικής αλληλουχίας ενός πολυπεπτιδίου υφίσταται μια γραμμική αντιστοιχία. Απαιτούνται τρεις συνεχόμενες βάσεις επί του mRNA για να κωδικευθεί ένα αμινοξύ και μια τέτοια τριάδα βάσεων ονομάζεται κωδικόνιο. Αυτός ο γενετικός κώδικας μεταφράζεται τελικά σε πρωτεΐνη μέσω του συστήματος της πρωτεϊνοσύνθεσης.

Τα στάδια ροής της πληροφορίας

Οι μοριακές διεργασίες στις οποίες βασίζεται η ροή της γενετικής πληροφορίας μπορούν να διακριθούν σε τρία στάδια:



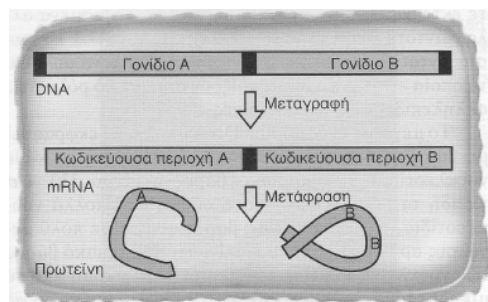
1. Αντιγραφή. Το μόριο DNA διπλασιάζεται
2. Μεταγραφή. Η μεταφορά της πληροφορίας στο RNA
3. Μετάφραση. Η ειδική αλληλουχία αμινοξέων της κάθε πρωτεΐνης καθορίζεται από μια ειδική αλληλουχία βάσεων στο mRNA. Απαιτούνται τρεις συνεχόμενες βάσεις επί του mRNA για να κωδικευθεί ένα αμινοξύ. Αυτός ο γενετικός κώδικας μεταφράζεται τελικά σε πρωτεΐνη μέσω του συστήματος της πρωτεϊνοσύνθεσης.

Τα στάδια ροής της πληροφορίας

Για όλους τους τύπους κυττάρων, ο ορισμός του γονιδίου είναι ο ίδιος: πρόκειται για, ένα τμήμα DNA το οποίο καθορίζει μια πρωτεΐνη μέσω ενός mRNA

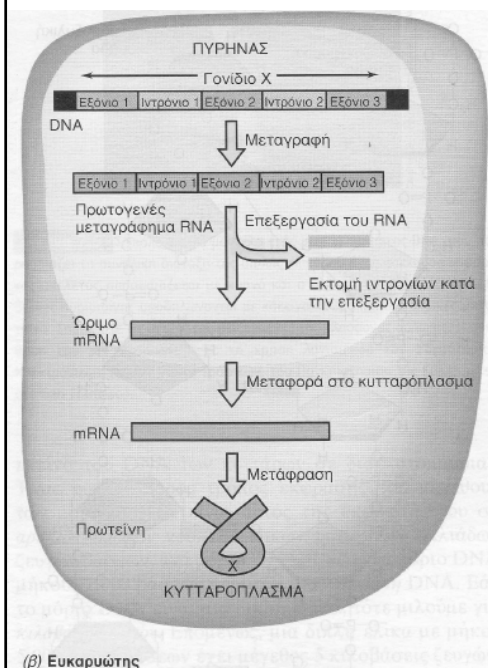
Η αντιγραφή, η μεταγραφή, και η μετάφραση λαμβάνουν χώρα σε όλους τους κυτταρικούς οργανισμούς. Εν τούτοις, υπάρχουν κάποιες διαφορές στους μηχανισμούς αυτών των διεργασιών μεταξύ προκαρυωτικών και ευκαρυωτικών οργανισμών.

Στους προκαρυώτες η αντιγραφή, η μεταγραφή και η μετάφραση είναι άμεσες



(α) Προκαρυώτης

Τα στάδια ροής της πληροφορίας

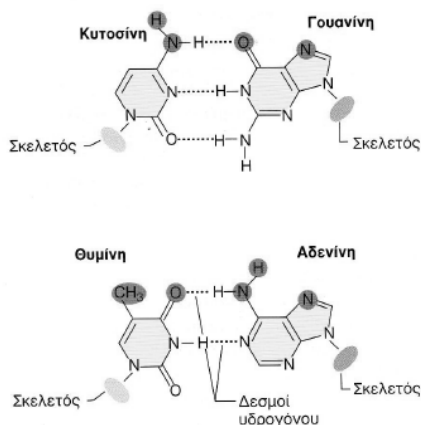


Στους ευκαρυώτες, τα γονίδια που κωδικεύουν πρωτεΐνες είναι συχνά διασπασμένα σε δύο ή περισσότερες κωδικεύουσες περιοχές οι οποίες διαχωρίζονται μεταξύ τους από μη κωδικεύουσες περιοχές.

Οι κωδικεύουσες περιοχές ονομάζονται εξόνια και οι παρεμβαλλόμενες μη κωδικεύουσες ιντρόνια (ή εσόνια). Τόσο οι περιοχές των ιντρονίων όσο και των εξονίων μεταγράφονται σε ένα πρωτογενές μεταγράφημα, ή προ-mRNA ενώ το λειτουργικό mRNA σχηματίζεται στη συνέχεια με την απομάκρυνση των μη κωδικευουσών περιοχών.

Δομή του DNA: Η διπλή έλικα

Στα χρωμοσώματα όλων των κυτταρικών οργανισμών το DNA υφίσταται ως μια δομή αποτελούμενη από δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες που η αλληλουχία των βάσεων τους είναι συμπληρωματική.



Η συμπληρωματικότητα των αλυσίδων του DNA προέρχεται από την εκλεκτική ζεύξη των πουρινών με τις πυριμιδίνες:

η αδενίνη σχηματίζει ζεύγη πάντοτε με τη θυμίνη

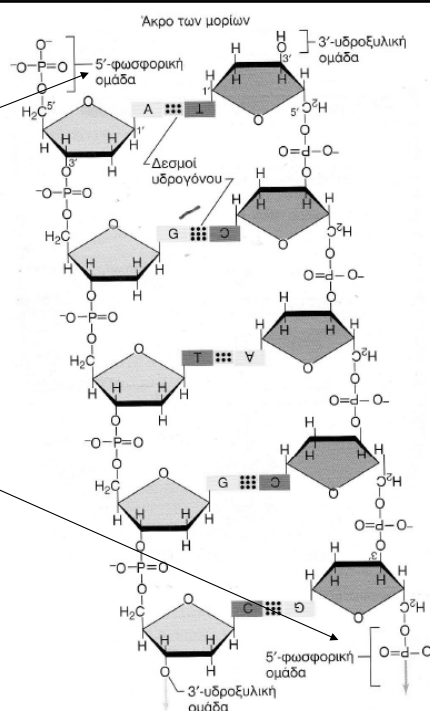
και η γουανίνη πάντοτε με την κυτοσίνη

Το DNA ως διπλή έλικα

Οι δύο αλυσίδες διατάσσονται έτσι, ώστε η αρχή της κάθε μίας να άπτεται του τέλους της άλλης.

Η αριστερή αλυσίδα είναι διατεταγμένη με κατεύθυνση 5"-προς-3" από την κορυφή προς τη βάση, ενώ η δεξιά αλυσίδα με κατεύθυνση 5"προς-3" από τη βάση προς την κορυφή.

Οι δύο αλυσίδες τυλίγονται η μία γύρω από την άλλη, σχηματίζοντας μια διπλή έλικα



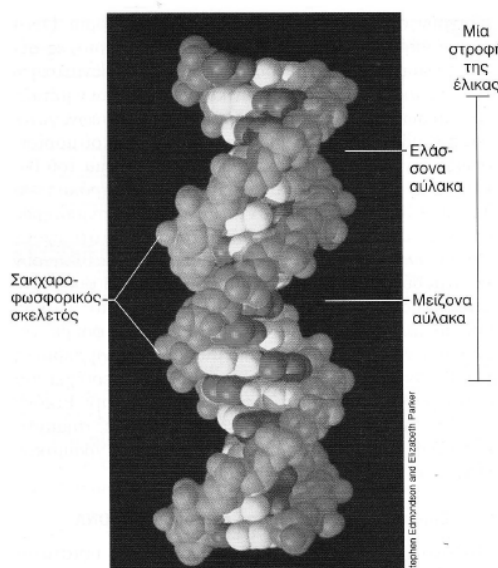
Το DNA ως διπλή έλικα

Οι δύο αλυσίδες τυλίγονται η μία γύρω από την άλλη, σχηματίζοντας μια διπλή έλικα

Με αυτή τη δομή το DNA σχηματίζει δύο διαφορετικές αύλακες, τη μείζονα και την ελάσσονα.

Λόγω της κανονικότητας που χαρακτηρίζει τη δομή της διπλής έλικας, ορισμένα άτομα των βάσεων βρίσκονται πάντα εκτεθειμένα στη μείζονα αύλακα και ορισμένα άλλα πάντοτε στην ελάσσονα.

Το μέγεθος ενός μορίου DNA μπορεί να εκφραστεί με βάση το μοριακό βάρος



Το DNA ως διπλή έλικα-Μέγεθος

Το μέγεθος ενός μορίου DNA μπορεί να εκφρασθεί με βάση το μοριακό βάρος

Ένας ευχερέστερος τρόπος έκφρασης του μεγέθους των μορίων DNA είναι αυτός της έκφρασής του σε αριθμό νουκλεοτιδικών βάσεων, ή ζευγών βάσεων, ανά μόριο DNA. Εάν το μόριο DNA είναι μια διπλή έλικα, τότε μιλούμε για κιλοβάση ζευγών.

Το χρωμόσωμα του βακτηρίου *Escherichia coli* περιέχει DNA μήκους περίπου 4.600 κιλοβάσεων ζευγών.

Κάθε ζεύγος βάσεων καταλαμβάνει στην έλικα χώρο μήκους 0,34 νανομέτρων (nm), και κάθε στροφή της έλικας περιέχει 10 ζεύγη βάσεων. Συνεπώς, μία κιλοβάση του DNA περιέχει 100 στροφές και έχει μήκος 0,34 μικρομέτρων (μm).

Σε αντίθεση με το μοριακό βάρος, το οποίο σχετίζεται με τη μάζα η μέτρηση των νουκλεϊκών οξέων σε αριθμό περιεχόμενων βάσεων, ή ζευγών βάσεων, συνιστά μέτρηση του μήκους των μορίων αυτών.

Δομή του DNA: Υπερελίκωση

Ένα χαλαρό μόριο DNA είναι ένα μόριο του οποίου η διπλή έλικα εμφανίζει ακριβώς εκείνο τον αριθμό σπειρών που προβλέπεται βάσει του αριθμού ζευγών βάσεων από τις οποίες αυτό συνίσταται (10 ζεύγη ανά σπείρα).



(α) Χαλαρό, ομοιοπολικό κλειστό κυκλικό μόριο DNA

Το μήκος όμως μιας απλής, χαλαρής διπλής έλικας είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το μέγεθος των μικροβιακών κυττάρων. Για παράδειγμα, το μήκος του χρωμοσωματικού DNA της *Escherichia coli* υπερβαίνει το 1 mm, δηλαδή είναι περίπου 500 φορές μακρύτερο από το μήκος ενός κυττάρου *E. coli*.

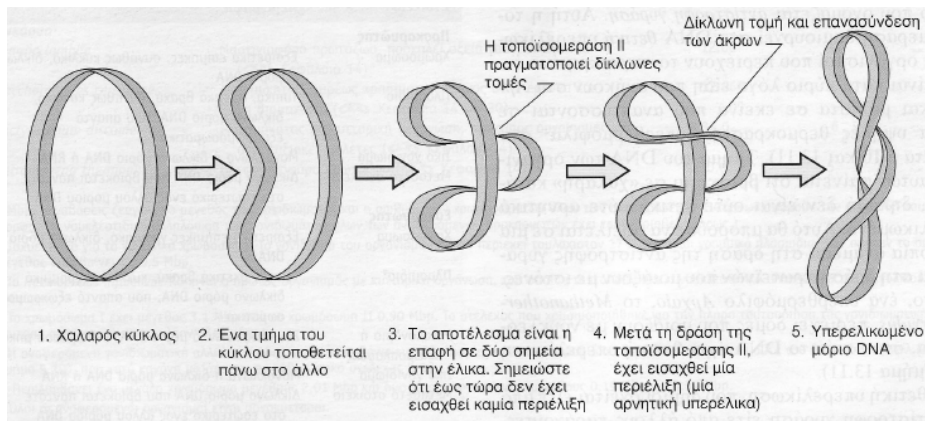
Η «συσσκευασία» τόσο μεγάλων DNA σε τόσο μικρό χώρο επιτυγχάνεται με την υπερελίκωση. Υπερελίκωση ονομάζεται η κατάσταση κατά την οποία τα δίκλινα μόρια DNA είναι ακόμη περισσότερο συνεστραμμένα. Η υπερελίκωση θέτει ένα μόριο DNA υπό μηχανική τάση λόγω στρέψης.



(γ) Υπερελικωμένο κυκλικό μόριο DNA

Δομή του DNA: Υπερελίκωση

Η διαδικασία της υπερελίκωσης λαμβάνει χώρα σε πολλαπλά στάδια. Κατ' αρχάς συστρέφεται το κυκλικό μόριο DNA, κατόπιν επέρχεται ρήγμα στο σημείο επαφής των δύο αλυσίδων και η διαρηγμένη έλικα απελευθερώνεται στην αντίθετη πλευρά της άθικτης έλικας. Η διάρρηξη (δίκλωνη τομή) επέρχεται από τη δράση του ενζύμου γυράση του DNA ή Τοποϊσομεράση II.



Δομή του DNA: Υπερελίκωση

Υπάρχει ένα άλλο ένζυμο, η Τοποϊσομεράση I, το οποίο μπορεί να εξαλείψει την υπερελίκωση από το DNA.

Μέσω της δράσης αυτών των τοποϊσομερασών το μόριο του DNA μπορεί να μετατρέπεται διαδοχικά σε υπερελικωμένο και χαλαρό. Επειδή η μεν υπερελίκωση είναι απαραίτητη για τη «συσκευασία» του DNA στον περιορισμένο χώρο του κυττάρου ενώ η χαλάρωση του DNA είναι απαραίτητη για την αντιγραφή του, οι δύο αυτές οι δύο συμπληρωματικές διαδικασίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο όσον αφορά τη συμπεριφορά του DNA στο κύτταρο.

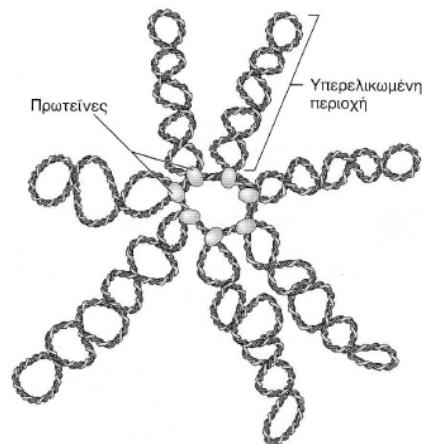
Η υπερελίκωση επηρεάζει επίσης τη γονιδιακή έκφραση. Ορισμένα γονίδια είναι μεταγραφικώς ενεργότερα όταν το DNA είναι υπερελικωμένο, ενώ η μεταγραφή άλλων γονιδίων αναστέλλεται από την ύπαρξη υπερβολικής υπερελίκωσης.

Τέλος η επίδραση πολλών αντιβιοτικών οφείλεται ακριβώς στην ανασταλτική τους δράση έναντι των τοποϊσομερασών

Δομή του DNA: Υπερελίκωση

Για να αποφευχθεί η επάνοδος του συνόλου του βακτηριακού χρωμοσώματος στη χαλαρή κατάσταση κάθε φορά που δρά η τοποισομεράση I και γίνεται μια τομή στο DNA του, το χρωμόσωμα περιέχει διάφορες περιοχές υπερελίκωσης. Έτσι, η τομή του DNA σε μία από τις περιοχές αυτές δεν οδηγεί στη χαλάρωση του DNA των υπολοίπων.

Στην *Escherichia coli* πιστεύεται ότι υπάρχουν πάνω από 50 υπερελικωμένες περιοχές, κάθε μία από τις οποίες σταθεροποιείται μέσω δέσμευσής της με ειδικές πρωτεΐνες.



(δ) Χρωμοσωματικό DNA με υπερελικωμένες περιοχές

Γενετικά Στοιχεία

Οι δομές που περιέχουν γενετικό υλικό (οι περισσότεροι οργανισμοί περιέχουν DNA, ενώ μερικοί ιοί περιέχουν RNA) μπορούν να αποκληθούν γενετικά στοιχεία. Το γονιδίωμα είναι το σύνολο των γονιδίων σε ένα κύτταρο ή έναν ιό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1 Είδη γενετικών στοιχείων	
Στοιχείο	Περιγραφή
Προκαρυώτης Χρωμόσωμα	Εξαιρετικά επίμικτες, συνήθως κυκλικό, δίκλωνο μόριο DNA
Πλασμιδίο	Τυπικά, σχετικά βραχύ, συνήθως κυκλικό, δίκλωνο μόριο DNA, που απαντά εξωχρωμοσωματικά
Ιικό γονιδίωμα	Μονόκλωνο ή δίκλωνο μόριο DNA ή RNA
Μεταθετό στοιχείο	Δίκλωνο μόριο DNA που βρίσκεται πάντοτε στο εσωτερικό ενός άλλου μορίου DNA
Ευκαρυώτης Χρωμόσωμα	Εξαιρετικά επίμικτες γραμμικό, δίκλωνο μόριο DNA
Πλασμιδίο ^ο	Τυπικά, σχετικά βραχύ, κυκλικό ή γραμμικό δίκλωνο μόριο DNA, που απαντά εξωχρωμοσωματικά
Μιτοχόνδριο ή χλωροπλάστης	Συνήθως κυκλικό μόριο DNA, ενδιάμεσου μήκους
Ιικό γονιδίωμα	Μονόκλωνο ή δίκλωνο μόριο DNA ή RNA
Μεταθετό στοιχείο	Δίκλωνο μόριο DNA που βρίσκεται πάντοτε στο εσωτερικό ενός άλλου μορίου DNA
















^ο Τα πλασμιδία είναι πολύ σπάνια στους ευκαρυώτες.

Μολονότι το κύριο γενετικό στοιχείο είναι το χρωμόσωμα, υπάρχουν και άλλα γενετικά στοιχεία, τα οποία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη λειτουργία των γονιδίων τόσο σε προκαρυώτες όσο και σε ευκαρυώτες

Το χρωμόσωμα

Ο τυπικός προκαρυώτης διαθέτει ένα μοναδικό κυκλικό χρωμόσωμα, το οποίο περιέχει όλα ή τα περισσότερα γονίδια που υπάρχουν στο εσωτερικό του κυττάρου του. Οι ευκαρυώτες διαθέτουν πολλαπλά, γραμμικά χρωμοσώματα, καθένα από τα οποία αποτελεί τμήμα του γονιδιώματός τους.

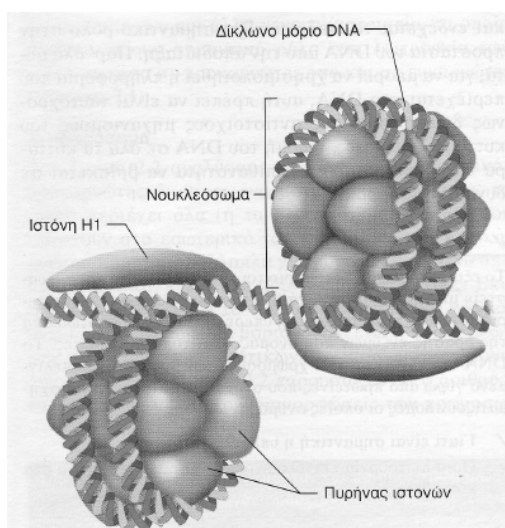
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2 Μεγέθη, σχήματα, και αριθμοί χρωμοσωμάτων σε επιλεγμένους μικροοργανισμούς από κάθε «κώρα» της έμβιας ύλης

Οργανισμός	Σχόλια	Μέγεθος [Mbp] ^a	Χρωμόσωμα	
			Αριθμός	Γεωμετρία
Βακτήρια				
<i>Mycoplasma genitalium</i>	Θετικό κατά Gram, το μικρότερο γνωστό κυτταρικό γονιδίωμα	0,58	1	
<i>Borrelia burgdorferi</i>	Προκαλεί τη νόσο του Lyme (☞ Κεφάλαιο 27)	0,91 ^b	1	
<i>Haemophilus influenzae</i>	Αρνητικό κατά Gram, δυναμικά παθογόνο (☞ Κεφάλαιο 26)	1,83 ^c	1	
<i>Rhodobacter sphaeroides</i>	Αρνητικό κατά Gram, φωτοτροφικό	4,00 ^d	2	
<i>Bacillus subtilis</i>	Θετικό κατά Gram, πρότυπο γενετικής ανάλυσης	4,21	1	
<i>Escherichia coli</i> K-12	Αρνητικό κατά Gram, πρότυπο γενετικής ανάλυσης	4,64 ^e	1	
<i>Streptomyces coelicolor</i>	Θετικό κατά Gram, παράγει αντιβιοτικά (☞ Κεφάλαιο 12)	8,66	1	
Αρχαιοί				
<i>Methanococcus jannaschii</i>	Μεθανογόνο, αναπτύσσεται σε υψηλές θερμοκρασίες (☞ Κεφάλαια 6 και 13)	1,66	1	
<i>Pyrococcus abyssi</i>	Αναπτύσσεται σε υψηλές θερμοκρασίες (☞ Κεφάλαια 6 και 13)	1,77	1	
<i>Halobacterium</i> sp. NRC1	Αναπτύσσεται σε υψηλή αλατότητα (☞ Κεφάλαια 6 και 13)	2,57 ^g	3	
<i>Sulfolobus solfataricus</i>	Αναπτύσσεται σε υψηλή θερμοκρασία και υψηλή οξύτητα (☞ Κεφάλαια 6 και 13)	2,99	1	
Ευκάρια^c				
<i>Giardia lamblia</i>	Μαστιγοφόρο πρωτόζωο, προκαλεί οξεία γαστρεντερίτιδα (☞ Κεφάλαιο 14)	12,00	4	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Ζυμομύκτος, ευρέως χρησιμοποιούμενος στην έρευνα και τη βιομηχανία (☞ Κεφάλαια 14 και 30)	12,06 ^h	16	
<i>Dictyostelium discoideum</i>	Μυξομύκτιος με κυτταρική οργάνωση, πρότυπος οργανισμός για αναπτυξιακές μελέτες (☞ Κεφάλαιο 14)	34,0	6	
<i>Tetrahymena thermophila</i>	Βλεφαριδοφόρο πρωτόζωο (☞ Κεφάλαιο 14)	210,0	5	

Το χρωμόσωμα

Το DNA των προκαρυωτών χρωμοσωμάτων συνδέεται με ελάχιστες πρωτεΐνες.

Αντίθετα κάθε ευκαρυωτικό χρωμόσωμα περιέχει ένα γραμμικό δίκλωνο μόριο DNA το οποίο βρίσκεται περιελιγμένο γύρω από πρωτεΐνες αποκαλούμενες ιστόνες με έναν πολύ κανονικό τρόπο ώστε να σχηματίζονται οι δομές που ονομάζονται νουκλεοσώματα.



Το χρωμόσωμα

Υπάρχουν και άλλες διαφορές μεταξύ ευκαρυωτών και προκαρυωτών χρωμοσωμάτων σχετικά με την οργάνωση της αλληλουχίας του DNA τους.

Όπως είδη αναφέρθηκε μία από τις διαφορές αυτές είναι ότι πολλά από τα ευκαρυωτικά γονίδια που κωδικεύουν πρωτεΐνες διακόπτονται ή διαχωρίζονται από μη κωδικεύουσες αλληλουχίες DNA που ονομάζονται ιντρόνια, ενώ οι κωδικεύουσες αλληλουχίες ονομάζονται εξόνια. Ο αριθμός ιντρονίων ανά γονίδιο ποικίλλει από μηδέν έως πάνω από 50. Κατά τη μεταγραφή, μεταγράφονται τόσο εξόνια όσο και ιντρόνια και, στη συνέχεια, οι αλληλουχίες των εξονίων αποκόπτονται και απομακρύνονται όταν το αγγελιοφόρο RNA υφίσταται την επεξεργασία που του προσδίδει την τελική του μορφή.

Η άλλη μεγάλη διαφορά μεταξύ ευκαρυωτών και προκαρυωτών όσον αφορά την οργάνωση των αλληλουχιών του DNA είναι ότι οι ευκαρυώτες γενικά περιέχουν πολύ περισσότερο DNA ανά απλοειδές γονιδίωμα, απ' όσο είναι αναγκαίο για την κωδίκευση όλων των πρωτεϊνών που χρειάζονται για τη λειτουργία του κυττάρου.

Μη χρωμοσωματικά γενετικά στοιχεία

Πέραν των χρωμοσωμάτων είναι γνωστή η ύπαρξη και άλλων γενετικών στοιχείων. Μολονότι μερικά από τα στοιχεία αυτά έχουν αποκληθεί «χρωμοσώματα», εν τούτοις διαφέρουν σημαντικά από τα χρωμοσώματα των κυττάρων.

Οι ιοί περιέχουν γονιδιώματα αποτελούμενα είτε από DNA είτε από RNA, τα οποία ελέγχουν την αντιγραφή και τη μετακίνησή τους από κύτταρο σε κύτταρο. Το ιικό γονιδίωμα αποκαλείται επίσης χρωμόσωμα αλλά περιέχει γονίδια που είναι ζωτικά μόνον για τον ιό και όχι για το κύτταρο-ξενιστή του, κατά συνέπεια είναι, λειτουργικά, σαφώς διαφορετικό από τα κυτταρικά χρωμοσώματα.

Τα πλασμίδια είναι κατά κανόνα μικρά γενετικά στοιχεία που υφίστανται και αντιγράφονται ανεξάρτητα από τα χρωμοσώματα. Η συντριπτική πλειονότητα των πλασμιδίων αποτελούνται από δίκλωνο DNA και, ενώ τα περισσότερα είναι κυκλικά μόρια, εν τούτοις υπάρχουν και ορισμένα γραμμικά. Τα πλασμίδια διαφέρουν από τα ιικά γονιδιώματα ως προς δύο χαρακτηριστικά σημεία: (1) δεν προκαλούν βλάβες στα κύτταρα και (2) δεν απαντούν σε εξωκυτταρική μορφή, όπως οι ιοί. Τα πλασμίδια έχει βρεθεί ότι υπάρχουν στα περισσότερα προκαρυωτικά είδη, ενώ έχουν ανιχνευθεί και σε ορισμένους -ελάχιστους- ευκαρυώτες.

Μη χρωμοσωματικά γενετικά στοιχεία

Πολλοί προκαρυώτες φαίνεται να περιέχουν ένα ή περισσότερα πλασμίδια, πέραν των χρωμοσωμάτων τους. Μερικά πλασμίδια περιέχουν γονίδια των οποίων τα πρωτεϊνικά προϊόντα προσδίδουν σημαντικές ιδιότητες στο κύτταρο-ξενιστή, όπως ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά.

Η διαφορά μεταξύ πλασμιδίου και χρωμοσώματος είναι ότι το χρωμόσωμα περιέχει γονίδια των οποίων τα προϊόντα συμμετέχουν σε μεταβολικές αντιδράσεις απαραίτητες υπό οποιεσδήποτε συνθήκες αύξησης. Για παράδειγμα ένα γονίδιο που κωδικεύει μια γυράση του DNA είναι απαραίτητο σε ένα κύτταρο, ενώ ένα γονίδιο που καθιστά ένα βακτήριο ανθεκτικό σε κάποιο αντιβιοτικό είναι απαραίτητο μόνο υπό ορισμένες συνθήκες, δηλαδή μόνο παρουσία του αντιβιοτικού.

Μη χρωμοσωματικά γενετικά στοιχεία

Τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες περιέχουν μη χρωμοσωματικά γενετικά στοιχεία και απαντούν στους ευκαρυώτες.

Το μιτοχόνδριο περιέχει τα ένζυμα της κυτταρικής αναπνοής και παίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας στους περισσότερους ευκαρυωτικούς οργανισμούς

Ο χλωροπλάστης είναι μια δομή πράσινου χρώματος, που περιέχει χλωροφύλλη και συνιστά τη θέση όπου γίνεται η φωτοτροφική παραγωγή του ATP.

Τα χρωμοσώματα των μιτοχονδρίων και των χλωροπλάστων μπορούν να θεωρηθούν ως ανεξαρτήτως αντιγραφόμενα γενετικά στοιχεία. Βεβαίως, τα οργανίδια αυτά είναι σημαντικά πολυπλοκότερα των πλασμιδίων και των ιών, δεδομένου ότι δεν περιέχουν μόνο DNA, αλλά και έναν πλήρη μηχανισμό σύνθεσης πρωτεϊνών, ο οποίος περιλαμβάνει ριβοσώματα, μεταφορικά RNA, και όλα ενγένη τα συστατικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη μετάφραση και τον σχηματισμό λειτουργικών πρωτεϊνών.

Μη χρωμοσωματικά γενετικά στοιχεία

Τα μεταθετά στοιχεία είναι τμήματα DNA που μπορούν να μετακινηθούν από μία θέση ενός χρωμοσώματος σε κάποια άλλη. Τα μεταθετά στοιχεία απαντούν σε προκαρυώτες και ευκαρυώτες και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη γενετική ποικιλομορφία.

Στους προκαρυώτες υπάρχουν τρεις τύποι μεταθετών στοιχείων: οι αλληλουχίες ένθεσης, τα μεταθετόνια, και ορισμένοι ειδικοί ιοί.

Οι αλληλουχίες ένθεσης είναι ο απλούστερος τύπος και δεν περιέχουν άλλη γενετική πληροφορία πέραν αυτής που απαιτείται για τη μετακίνησή τους σε νέες θέσεις.

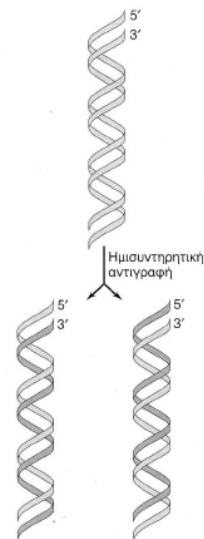
Τα μεταθετόνια είναι μεγαλύτερου μεγέθους και περιέχουν πρόσθετα γονίδια.

Αντιγραφή του DNA

Εάν διαχωριστούν οι αλυσίδες της διπλής έλικας του DNA τότε μπορούν να συντεθούν δύο νέες αλυσίδες, η καθεμιά συμπληρωματική προς μία από τις γονικές αλυσίδες.

Η αντιγραφή είναι ημισυντηρητική, υπό την έννοια ότι οι δύο διπλές έλικες που προκύπτουν συνίστανται από μία θυγατρική και μία γονική αλυσίδα.

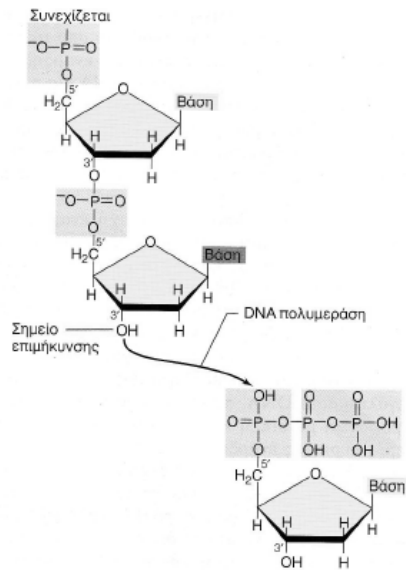
Το μόριο του DNA που αντιγράφεται για να σχηματιστεί η νέα συμπληρωματική αλυσίδα ονομάζεται Εκμαγείο (είναι ένα προϋπάρχον πρότυπο που αντιγράφεται)



Αντιγραφή του DNA-Η επιμήκυνση

Ο μηχανισμός επιμήκυνσής της αλυσίδας DNA βασίζεται στην προσθήκη στο άκρο 3' της αλυσίδας τμήματος του τριφωσφορικού δεοξυριβονουκλεοζίτη.

Η αντιγραφή του DNA οδεύει πάντοτε από το άκρο 5' προς το υδροξυλικό άκρο 3', δηλαδή η 5'-φωσφορική ομάδα του εισερχόμενου νουκλεοτιδίου δεσμεύεται στην 3'-υδροροξυλομάδα του νουκλεοτιδίου που προστέθηκε αμέσως πριν.



Αντιγραφή του DNA-Τα ένζυμα και η εκκίνηση

Τα ένζυμα που καταλύουν την προσθήκη των νουκλεοτιδίων ονομάζονται πολυμεράσες του DNA. Όλες οι DNA πολυμεράσες συνθέτουν νέο DNA στην κατεύθυνση 5' -> 3'.

Οι DNA πολυμεράσες δεν μπορούν να αρχίσουν τη σύνθεση μιας νέας αλυσίδας παρά μόνο μόνο να προσθέσουν ένα νουκλεοτίδο σε μία προϋπάρχουσα ελεύθερη 3'-υδροξυλομάδα.

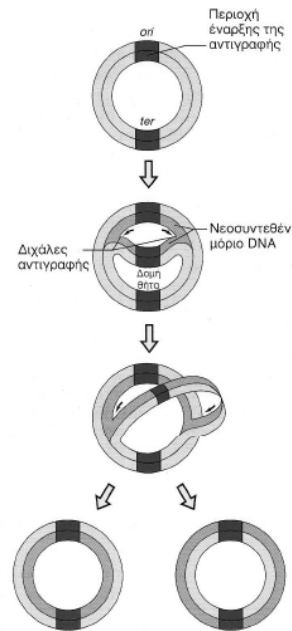
Για την εκκίνηση της σύνθεσης μιας νέας αλυσίδας πρέπει να υπάρχει κάποιος εκκινητής, δηλαδή μια θέση στην οποία η DNA πολυμεράση μπορεί να προσθέσει το πρώτο νουκλεοτίδιο.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτός ο εκκινητής είναι ένα μικρό ολιγονουκλεοτίδιο RNA. Όταν στην αρχή της αντιγραφής ανοίγει η διπλή έλικα, πρώτο δρα ένα ένζυμο πολυμερισμού του RNA, η πριμάση, ή εκκινητάση, που συνθέτει αυτόν τον εκκινητή από RNA.

Αντιγραφή του DNA- Έναρξη της αντιγραφής

στα περισσότερα Βακτήρια, υπάρχει μία μοναδική θέση στο χρωμόσωμα, απ' όπου αρχίζει η σύνθεση του DNA, και η οποία ονομάζεται περιοχή έναρξης της αντιγραφής

Συχνά, η διαδικασία οδεύει και προς τις δύο κατευθύνσεις και υπάρχουν δυο διχάλες αντιγραφής, που αντιγράφουν προς αντίθετες κατευθύνσεις. Στο δίκλωνο DNA, η αντιγραφή διπλής κατεύθυνσης οδηγεί στον σχηματισμό χαρακτηριστικών δομών που ονομάζονται δομές θήτα

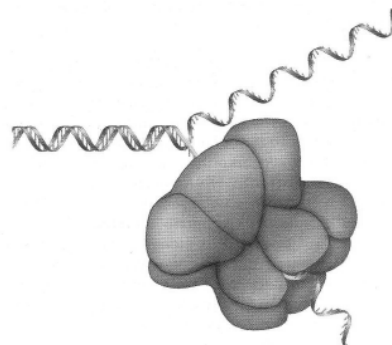


Αντιγραφή του DNA- «Το ξετύλιγμα» της αλυσίδας

Στη διχάλα αντιγραφής «ξετυλίγεται» η διπλή έλικα του DNA μέσω της δράσης ειδικών πρωτεϊνών που ονομάζονται ελικάσες και σχηματίζεται μια μικρή μονόκλωνη περιοχή.

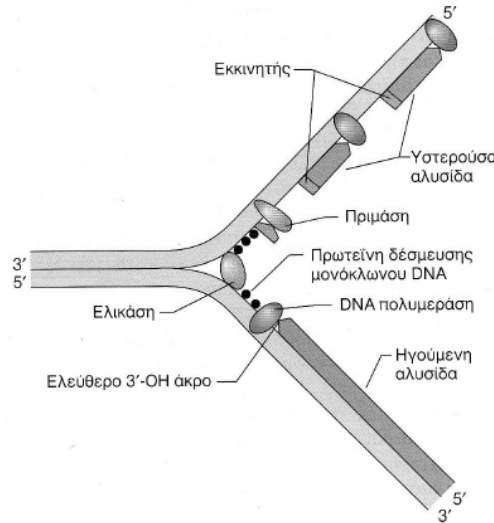
Οι ελικάσες είναι ένζυμα που υδρολύουν ATP και κινούνται κατά μήκος της έλικας αμέσως πριν από τη διχάλα αντιγραφής.

Η δημιουργούμενη μονόκλωνη περιοχή του DNA καλύπτεται από μια ειδική πρωτεΐνη, την πρωτεΐνη δέσμησης μονόκλωνου DNA, η οποία σταθεροποιεί το μονόκλωνο DNA, παρεμποδίζοντας τον σχηματισμό υδρογονικών δεσμών μεταξύ των συμπληρωματικών αλυσίδων.



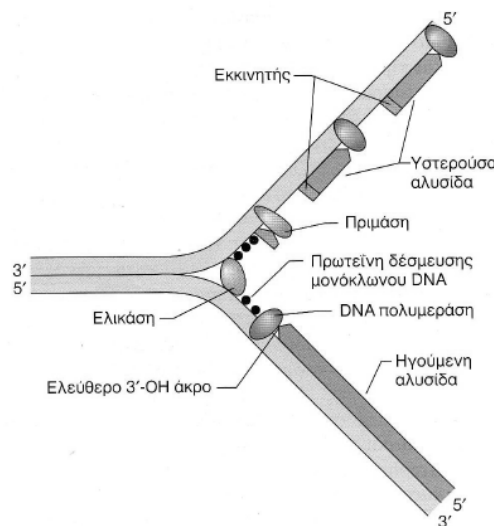
Αντιγραφή του DNA- Η διαδικασία

Στην αλυσίδα που επιμηκύνεται από το 5'-φωσφορικό προς το 3"-υδροξυλικό άκρο, και η οποία καλείται ηγούμενη αλυσίδα, η σύνθεση του DNA μπορεί να πραγματοποιηθεί συνεχώς, επειδή στη διχάλα αντιγραφής υπάρχει πάντοτε ένα ελεύθερο 3"-υδροξύλιο, στο οποίο μπορεί πάντοτε να προστεθεί ένα νέο νουκλεοτίδιο.



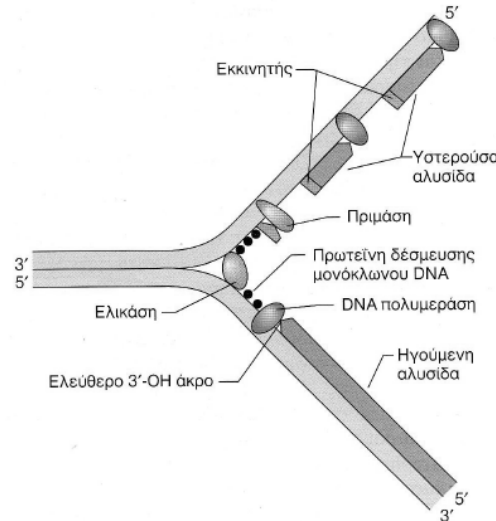
Αντιγραφή του DNA- Η διαδικασία

Στη συμπληρωματική της αλυσίδα, όμως, η οποία ονομάζεται υστερούσα αλυσίδα, το DNA πρέπει να συντίθεται ασυνεχώς επειδή στη διχάλα αντιγραφής δεν υφίσταται ελεύθερη 3"-υδροξυλομάδα, στην οποία να μπορεί να προστεθεί ένα νέο νουκλεοτίδιο (η 3"-υδροξυλομάδα στην αλυσίδα αυτή βρίσκεται στο αντίθετο άκρο από αυτό της διχάλας αντιγραφής).



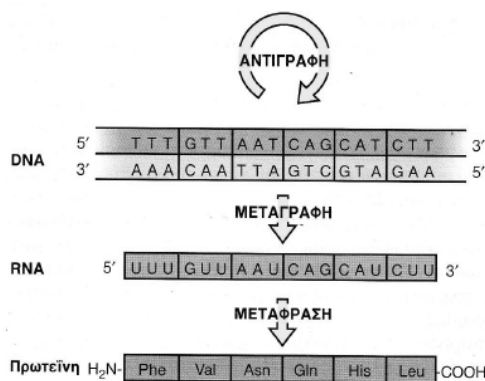
Αντιγραφή του DNA- Η διαδικασία

Επομένως, στην υστερούσα αλυσίδα, η πριμάση πρέπει να συνθέσει έναν μικρό εκκινητή από RNA (μήκους 11 βάσεων), ώστε να υπάρχουν ελεύθερες 3'-υδροξυλομάδες. Μετά τη σύνθεση του εκκινητή, η πριμάση αντικαθίσταται από την DNA πολυμεράση III. Τότε προστίθενται δεοξυριβονουκλεοτίδια, έως όσον η DNA πολυμεράση III φθάσει στο άκρο του τμήματος DNA που έχει ήδη συντεθεί.



Τα στάδια ροής της πληροφορίας

Οι μοριακές διεργασίες στις οποίες βασίζεται η ροή της γενετικής πληροφορίας μπορούν να διακριθούν σε τρία στάδια:



1. Αντιγραφή. Το μόριο DNA διπλασιάζεται
2. Μεταγραφή. Η μεταφορά της πληροφορίας στο RNA
3. Μετάφραση. Η ειδική αλληλουχία αμινοξέων της κάθε πρωτεΐνης καθορίζεται από μια ειδική αλληλουχία βάσεων στο mRNA. Απαιτούνται τρεις συνεχόμενες βάσεις επί του mRNA για να κωδικοποιηθεί ένα αμινοξύ. Αυτός ο γενετικός κώδικας μεταφράζεται τελικά σε πρωτεΐνη μέσω του συστήματος της πρωτεϊνοσύνθεσης.

Η Μετάφραση (Πρωτεϊνοσύνθεση)

Με τη διαδικασία αυτή η οποία πραγματοποιείται στα ριβοσώματα οι γενετικές πληροφορίες μεταφράζονται σε πρωτεΐνες.

Ο μηχανισμός της μετάφρασης βασίζεται στην αντιστοιχία μεταξύ ενός εκμαγείου από νουκλεϊκό οξύ και την αλληλουχία των αμινοξέων του πρωτεϊνικού του προϊόντος που ονομάζεται γενετικός κώδικας.

Μια τριπλέτα βάσεων, που ονομάζεται κωδικόνιο, κωδικεύει ένα συγκεκριμένο αμινοξύ. Έχει καθιερωθεί, ο γενετικός κώδικας να αναφέρεται στην αλληλουχία του RNA και όχι του DNA, επειδή το RNA είναι εκείνο που συμμετέχει στη διαδικασία της μετάφρασης.

Η Μετάφραση (Πρωτεϊνοσύνθεση)

Τα 64 πιθανά κωδικόνια του mRNA και τα αντίστοιχα αμινοξέα που κωδικεύουν

Κωδικόνιο	Αμινοξύ	Κωδικόνιο	Αμινοξύ	Κωδικόνιο	Αμινοξύ	Κωδικόνιο	Αμινοξύ
UUU	Φαινυλαλανίνη	UCU	Σερίνη	UAU	Τυροσίνη	UGU	Κυστεΐνη
UUC	Φαινυλαλανίνη	UCC	Σερίνη	UAC	Τυροσίνη	UGC	Κυστεΐνη
UUA	Λευκίνη	UCA	Σερίνη	UAA	Κανένα (σήμα τερματισμού)	UGA	Κανένα (σήμα τερματισμού)
UUG	Λευκίνη	UCG	Σερίνη	UAG	Κανένα (σήμα τερματισμού)	UGG	Τρυπτοφάνη
CUU	Λευκίνη	CCU	Προλίνη	CAU	Ιστιδίνη	CGU	Αργινίνη
CUC	Λευκίνη	CCC	Προλίνη	CAC	Ιστιδίνη	CGC	Αργινίνη
CUA	Λευκίνη	CCA	Προλίνη	CAA	Γλουταμίνη	CGA	Αργινίνη
CUG	Λευκίνη	CCG	Προλίνη	CAG	Γλουταμίνη	CGG	Αργινίνη
AUU	Ισολευκίνη	ACU	Θρεονίνη	AAU	Ασπαράγινη	AGU	Σερίνη
AUC	Ισολευκίνη	ACC	Θρεονίνη	AAC	Ασπαράγινη	AGC	Σερίνη
AUA	Ισολευκίνη	ACA	Θρεονίνη	AAA	Λυσίνη	AGA	Αργινίνη
AUG (έναρξη) ^α	Μεθειονίνη	ACG	Θρεονίνη	AAG	Λυσίνη	AGG	Αργινίνη
GUU	Βαλίνη	GCU	Αλανίνη	GAU	Ασπαρτικό οξύ	GGU	Γλυκίνη
GUC	Βαλίνη	GCC	Αλανίνη	GAC	Ασπαρτικό οξύ	GGC	Γλυκίνη
GUA	Βαλίνη	GCA	Αλανίνη	GAA	Γλουταμικό οξύ	GGA	Γλυκίνη
GUG	Βαλίνη	GCG	Αλανίνη	GAG	Γλουταμικό οξύ	GGG	Γλυκίνη

Ορισμένα κωδικόνια δεν αντιστοιχούν σε κάποιο αμινοξύ. Οι τριπλέτες αυτές (UAA, UAG, UGA) είναι τα μη νοηματικά κωδικόνια, ή κωδικόνια τερματισμού, τα οποία σηματοδοτούν τον τερματισμό της μετάφρασης τον γονιδίου που κωδικεύει μια συγκεκριμένη πρωτεΐνη

Γενετική των Βακτηρίων

- Παραλλακτικότητα (variability): διαφορές που παρουσιάζουν οι απόγονοι σε σχέση με τους προγόνους
- Κληρονομικότητα (inheritance): διατήρηση ιδιοτήτων δομής και λειτουργίας του κυττάρου από γενεά σε γενεά

Γενετική των Βακτηρίων

Οι μεταβολές μεταξύ των γενεών σχετίζονται με δύο θεμελιώδεις ιδιότητες των κυττάρων

- Το γενότυπο: το σύνολο των γονιδίων του κυττάρου
- Το φαινότυπο: το σύνολο των μορφολογικών και φυσιολογικών ιδιοτήτων που ελέγχονται από τα γονίδια

Γονίδια: τμήματα DNA που ελέγχουν τις κληρονομούμενες ιδιότητες και περιλαμβάνονται στο πυρήνα των κυττάρων

Χρωμοσώματα: δομές φορείς της γενετικής πληροφορίας, κατευθύνουν τις συνθέσεις του κυττάρου και μεταδίδουν τους χαρακτήρες στους απογόνους. Αποτελούνται από δεσόξυροβοζονουκλικό οξύ. Στα προκαρυωτικά κύτταρα ο πυρήνας αποτελείται από ένα χρωμόσωμα.

Γενετική των Βακτηρίων

Φαινοτυπικές μεταβολές

Είναι παροδικές και αντιστρέψιμες μεταβολές και συμβαίνουν στο σύνολο του πληθυσμού υπό την επίδραση των συνθηκών περιβάλλοντος

Διακρίνονται σε:

- **Μορφολογικές μεταβολές:** Το περιβάλλον ανάπτυξης μπορεί να επιδράσει στο μέγεθος και στο σχήμα του κυττάρου, στη σπορογονία, στη δημιουργία ελύτρου κ.λ.π.
- **Μεταβολές σε φυσιολογικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά:** Το περιβάλλον ανάπτυξης μπορεί να επιδράσει στην αντοχή των κυττάρων σε χημικούς ή φυσικούς παράγοντες, στη δημιουργία ενζύμων κ.λ.π.

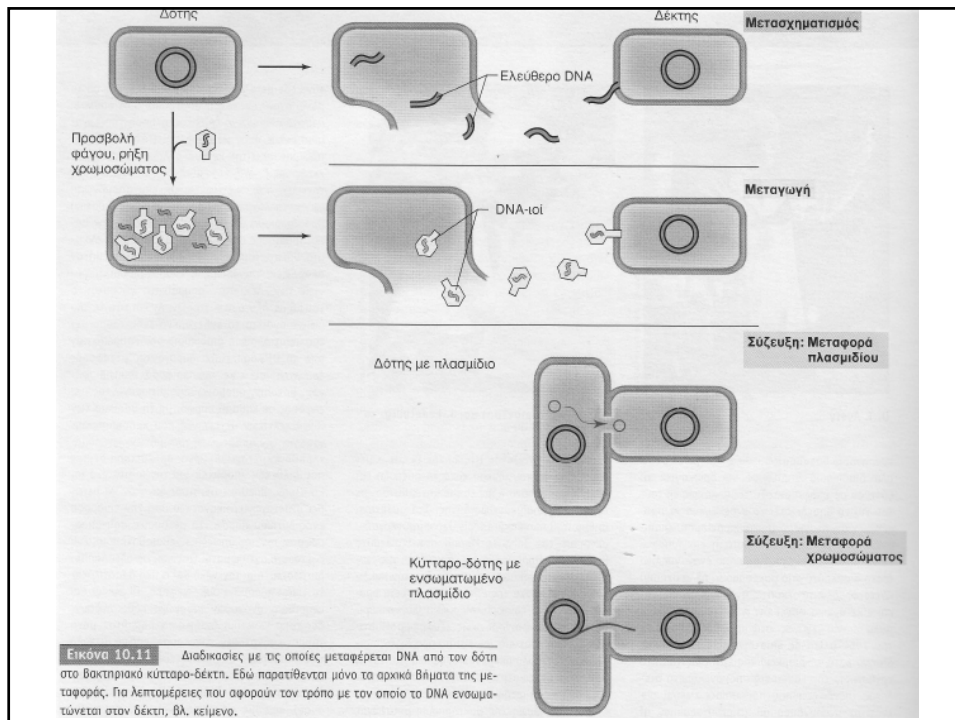
Γενετική των Βακτηρίων

Γενοτυπικές μεταβολές

Είναι μόνιμες μεταβολές σε ορισμένα χαρακτηριστικά των βακτηρίων οι οποίες κληρονομούνται στους απογόνους

Οι γενοτυπικές μεταβολές συμβαίνουν με τους εξής φυσικούς μηχανισμούς:

- Μετάλλαξη (mutation)
- Σύζευξη (conjugation)
- Μετασχηματισμός (transformation)
- Μεταγωγή (transduction)



Μετάλλαξη

Μετάλλαξη είναι μια κληρονομήσιμη αλλαγή στην αλληλουχία των βάσεων του γονιδιώματος ενός οργανισμού. Ένα στέλεχος που φέρει μια τέτοια αλλαγή ονομάζεται μεταλλαγμένο ή μετάλλαγμα.

Ένα μεταλλαγμένο στέλεχος διαφέρει, εξ ορισμού, από το μητρικό στέλεχος στον γονότυπο ή γονιδιότυπο, δηλαδή στην ακριβή γονιδιακή σύσταση ενός οργανισμού. Αλλά επιπλέον οι παρατηρούμενες ιδιότητες του μεταλλαγμένου στελέχους ο φαινότυπός του, μπορεί επίσης να έχουν τροποποιηθεί σε σχέση με εκείνες του μητρικού στελέχους.

Θα πρέπει να αναφερόμαστε στον τροποποιημένο φαινότυπο ως μεταλλαγμένο φαινότυπο. Συνηθίζουμε να ονομάζουμε ένα στέλεχος που απομονώθηκε από τη φύση ως στέλεχος άγριου (ή φυσικού) τύπου. Μεταλλαγμένες παραλλαγές μπορούν να απομονωθούν είτε άμεσα από το στέλεχος άγριου τύπου είτε από ένα ήδη μεταλλαγμένο στέλεχος

Μετάλλαξη

Οι μεταλλάξεις μπορεί να είναι είτε αυθόρμητες είτε επαγόμενες.

Αυθόρμητες μεταλλάξεις μπορεί να προκύψουν κατά τη διαδικασία της αντιγραφής, λόγω ελαττωματικής σύζευξης βάσεων, οδηγώντας σε αλλαγές στο αντιγραφόμενο DNA.

Οι επαγόμενες μεταλλάξεις μπορεί να προκύψουν από την επίδραση χημικών ουσιών ή ακτινοβολίας.

Οι συνέπειες των μεταλλάξεων περιλαμβάνουν αλλαγές στο φαινότυπο όπως

Αύξηση ανθεκτικότητας σε διάφορους παράγοντες (π.χ αντιβιοτικά)

Αλλαγές στο μεταβολισμό (π.χ ικανότητα ζύμωσης ουσιών)

Μεταβολές στη μορφολογία

Μεταβολές στις κυτταρικές δομές (π.χ έλυτρο, μαστίγια, σπορογονία)

Αύξηση αντοχής στους βακτηριοφάγους

Μεταβολές στις απαιτήσεις θρέψεως

Μετάλλαξη

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.1 Είδη μεταλλαγμένων στελεχών

Φαινότυπος	Είδος αλλαγής	Τρόπος εντοπισμού μεταλλάγματος
Αυξοτροφία	Απώλεια βιοσυνθετικού ενζύμου	Αδυναμία ανάπτυξης σε θρεπτικό μέσο χωρίς συγκεκριμένο διατροφικό παράγοντα
Ψυχροευσαιθησία	Τροποποίηση βασικής πρωτεΐνης, ώστε αυτή να απενεργοποιείται σε χαμηλή θερμοκρασία	Αδυναμία ανάπτυξης σε χαμηλή θερμοκρασία (π.χ. 20°C), στην οποία υπό φυσιολογικές συνθήκες παρατηρείται αύξηση
Ανθεκτικότητα σε φάρμακα	Τροποποίηση διαπερατότητας στο φάρμακο ή στον στόχο του φαρμάκου, ή απενεργοποίηση του φαρμάκου	Ανάπτυξη σε θρεπτικό μέσο που περιέχει συγκεντρώσεις φαρμάκου ικανές να αναστείλουν την αύξηση
Απώλεια κάψας	Απώλεια ή τροποποίηση της επιφανειακής κάψας	Μικρές, σφρές αποικίες αντί για μεγάλες, λείες*
Απώλεια αυτοκινησίας	Απώλεια μαστιγίων· μη λειτουργικά μαστίγια	Συμπαγείς αποικίες αντί για επίπεδες, επεκτεινόμενες
Αχρωμία	Απώλεια βιοσυνθετικού ενζύμου που οδηγεί στην απώλεια μιας ή περισσότερων χρωστικών	Διαφορετικό χρώμα ή απώλεια χρώματος
Αδρή αποικία	Απώλεια ή τροποποίηση της λιπολυσακκαριτικής εξωτερικής στιβάδας	Κοκκώδεις, ακανόνιστες αποικίες αντί λείων
Ζύμωση σακχάρων	Απώλεια καταβολικών ενζύμων	Δεν αλλάζει χρώμα σε άγαρ που περιέχει σάκχαρο και δείκτη pH
Θερμοευσαιθησία	Τροποποίηση βασικής πρωτεΐνης ώστε να απενεργοποιείται σε υψηλή θερμοκρασία	Αδυναμία ανάπτυξης σε θερμοκρασία που φυσιολογικά την επιτρέπει (π.χ. 40°C), αλλά δυνατότητα ανάπτυξης σε χαμηλότερη θερμοκρασία (π.χ. 30°C)
Ανθεκτικότητα σε ιούς	Απώλεια υποδοχέα ιού	Ανάπτυξη παρουσία μεγάλων ποσοτήτων του ιού

Μετάλλαξη

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.2 Χημικά και φυσικά μεταλλαξιογόνα και οι τρόποι δράσης τους		
Παραγοντας	Δράση	Αποτέλεσμα
Ακτινοβολία Υπεριώδης	Σχηματισμός διμερών πυριμίδινης	Η επιδιόρθωση μπορεί να οδηγήσει σε σφάλμα ή έλλειμμα
Ιοντίζουσα (π.χ. ακτίνες X)	Δράση ελεύθερων ριζών στο DNA, διάσπαση αλυσίδας	Η επιδιόρθωση μπορεί να οδηγήσει σε σφάλμα ή έλλειμμα
Ανάλογα Βάσεων		
5-Βρωμοουρακίλη	Ενοσωματώνεται ως T· περιστασιακά, εσφαλμένη σύζευξη με G	Ζεύγος A+T → ζεύγος G+C Περιστασιακά, G+C → A+T
2-Αμινοπουρίνη	Ενοσωματώνεται ως A· εσφαλμένη σύζευξη με C Περιστασιακά, G+C → A+T	A+T → G+C
Χημικές ουσίες που αντιδρούν με το DNA		
Νιτρώδες οξύ (HNO ₂)	Απαμίνωση A και C	A+T → G+C και G+C → A+T
Υδροξυλαμίνη (NH ₂ OH)	Αντιδρά με C	G+C → A+T
<i>Παράγοντες αλκυλίωσης</i>		
Μονολειτουργικοί (π.χ. αιθυλομεθυλοσουλφονικό)	Μεθυλίωση σε G· ελαττωματική σύζευξη με T	G+C → A+T
Διλειτουργικοί (π.χ. αζωτούχες μουστάρδες, μιτομυκίνη, νιτροζογουανιδίνη)	Διασύνδεση αλυσίδων DNA· η ελαττωματική περιοχή αποβάλλεται από DNAάση	Σημειακές μεταλλάξεις και ελλείμματα
<i>Παρεμβλλόμενες χρωστικές</i>		
Ακριδίνες, Βρωμιούχο αιθίδιο	Παρεμβολή ανάμεσα σε δύο ζεύγη βάσεων	Μικροενθέσεις και μικροελλείμματα

Σύζευξη

Η βακτηριακή σύζευξη είναι μια διαδικασία γενετικής μεταφοράς που βασίζεται στην άμεση επαφή κυττάρων. Η σύζευξη περιλαμβάνει ένα κύτταρο-δότη, το οποίο περιέχει έναν ειδικό τύπο συζευκτικού πλασμιδίου και ένα κύτταρο-δέκτη.

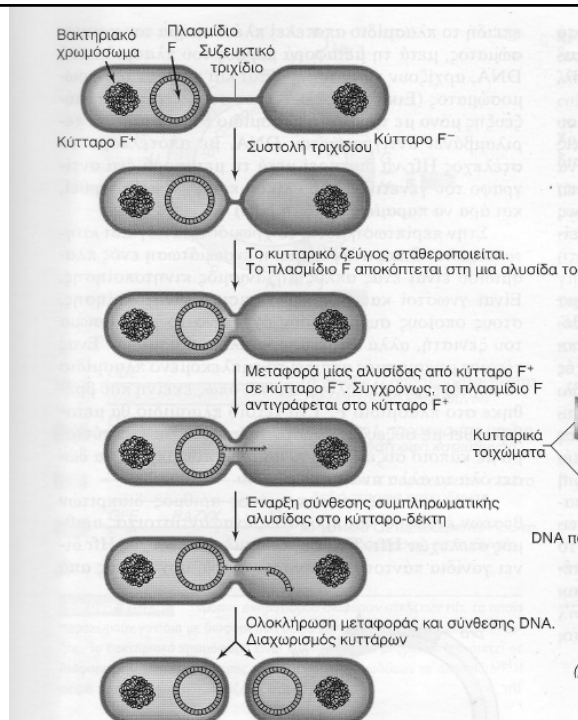
Για τη σύζευξη είναι απαραίτητη η ύπαρξη συζευκτικών τριχιδίων στο κύτταρο-δότη. Τα τριχίδια αυτά έρχονται σε φυσική επαφή με έναν υποδοχέα του δέκτη και κατόπιν συστέλλονται, οδηγώντας στην προσέγγιση των δύο κυττάρων. Στη συνέχεια, οι κυτταρικές επαφές μεταξύ των κυττάρων δότη και δέκτη σταθεροποιούνται ίσως με μερική συγχώνευση των εξωτερικών μεμβρανών τους, και τότε το DNA μεταφέρεται από το ένα κύτταρο στο άλλο.



Σύζευξη

Για να γίνει μεταφορά του DNA είναι αναγκαία η σύνθεσή του, και τα στοιχεία που υπάρχουν δείχνουν ότι μία από τις αλυσίδες του DNA παράγεται από το κύτταρο-δότη, ενώ η άλλη συντίθεται εκ νέου στο κύτταρο-δέκτη κατά τη διαδικασία της μεταφοράς.

Κατά τη σύζευξη μπορεί να έχουμε μεταφορά πλασμιδίου ή χρωμοσώματος



Μετασχηματισμός

Ο γενετικός μετασχηματισμός αφορά στην ενσωμάτωση ελεύθερου DNA στο χρωμόσωμα ενός κυττάρου δέκτη που έχει ως συνέπεια την αλλαγή της γενετικής του σύστασης

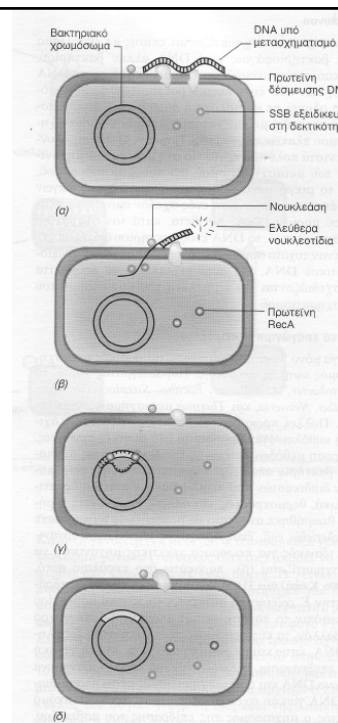
Με τη λύση των κυττάρων (με ήπιο τρόπο) το DNA απελευθερώνεται στο περιβάλλον και κατακερματίζεται σε μικρά τμήματα μήκους μερικών χιλιάδων ζευγών βάσεων. Τα τμήματα αυτά μπορούν να προσληφθούν από άλλα κύτταρα δέκτες και να ενσωματωθούν στο χρωμόσωμά τους.

Δεκτικό ονομάζεται ένα κύτταρο ικανό να δεχθεί ένα μόριο DNA και να μετασχηματισθεί. Η δεκτικότητα είναι γενετικά προσδιορισμένη.

Στα κύτταρα τα οποία έχουν τη δυνατότητα μετασχηματισμού η δεκτικότητα είναι μια διαδικασία στην οποία συμμετέχουν ειδικές πρωτεΐνες (όπως αυτολυσίνη του κυτταρικού τοιχώματος και διάφορες νουκλεάσες) για την πρόσληψη και επεξεργασία του DNA

Μετασχηματισμός

Κατά τη διάρκεια του μετασχηματισμού το DNA προσκολλάται στην κυτταρική επιφάνεια από μια πρωτεΐνη που έχει την ικανότητα να δεσμεύει DNA, και κατόπιν προσλαμβάνεται είτε ως δίκλωνο είτε ως μονόκλωνο. Στη δεύτερη περίπτωση, μια νουκλεάση διασπά τη μία αλυσίδα ενώ προσλαμβάνεται η άλλη. Μετά την πρόσληψη, το DNA συνδέεται με μια πρωτεΐνη που εκφράζεται ειδικά στα δεκτικά κύτταρα και η οποία παραμένει προσκολλημένη στο DNA, πιθανόν προστατεύοντάς το από τη δράση των νουκλεασών, μέχρι αυτό να φθάσει στο χρωμόσωμα, όπου αναλαμβάνει δράση η πρωτεΐνη RecA. Κατόπιν, μέσω ανασυνδυασμού, γίνεται η ενσωμάτωση του DNA στο γονιδίωμα του δέκτη.



Μεταγωγή

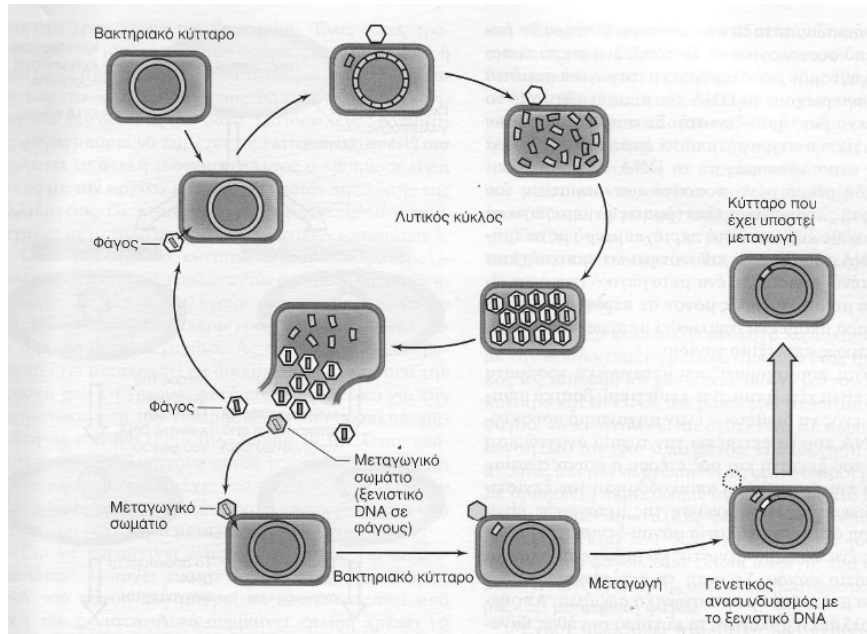
Κατά τη μεταγωγή, DNA μεταφέρεται από κύτταρο σε κύτταρο μέσω ιών. Η γενετική μεταφορά των γονιδίων του ξενιστή μπορεί να συμβεί με δύο τρόπους.

Με τον πρώτο, που ονομάζεται γενικευμένη μεταγωγή DNA του ξενιστή από οποιοδήποτε τμήμα του γονιδιώματός του εισέρχεται στο ώριμο ιόσωμα στη θέση του γονιδιώματος του ιού.

Με τον δεύτερο, που ονομάζεται εξειδικευμένη μεταγωγή και παρατηρείται μόνον σε ορισμένους ήπιους ιούς, το DNA μιας ειδικής περιοχής του χρωμοσώματος του ξενιστή ενσωματώνεται απευθείας στο γονιδίωμα του ιού αντικαθιστώντας κάποια από τα γονίδια του.

Και στους δύο αυτούς τρόπους μεταγωγής, το ιόσωμα είναι συνήθως ελαττωματικό ως ιός επειδή ορισμένα απαραίτητα γονίδια του έχουν αντικατασταθεί από βακτηριακά γονίδια.

Μεταγωγή



Γενική Μικροβιολογία

Διάλεξη 3

«Αρχές Μικροβιακής Μοριακής Βιολογίας-Βακτηριακή Γενετική»

Κουτσουμανής Κ.
Επ. Καθηγητής

Γενική Μικροβιολογία

Διάλεξη 4 «Θρέψη και Μεταβολισμός των Μικροοργανισμών»

Κουτσουμανής Κ.
Επ. Καθηγητής

Θρέψη και Μεταβολισμός των Μικροοργανισμών

Χαρακτηριστικό των κυττάρων είναι η ικανότητά τους να κατευθύνουν χημικές αντιδράσεις και να οργανώνουν μόρια σε συγκεκριμένες δομές. Τελικός σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι η αύξηση.

Πριν συμβεί ο κυτταρικός διπλασιασμός, πρέπει να λάβουν χώρα στο κύτταρο ποικίλες χημικές αντιδράσεις συλλογικά, αυτές οι αντιδράσεις αναφέρονται ως **μεταβολισμός**.

Οι μεταβολικές αντιδράσεις είτε απελευθερώνουν ενέργεια, και καλούνται καταβολικές αντιδράσεις, είτε καταναλώνουν ενέργεια και καλούνται αναβολικές αντιδράσεις.

Θρέψη και Μεταβολισμός των Μικροοργανισμών

Η μικροβιακή Θρέψη είναι στην ουσία η τροφοδοσία των κυττάρων με χημικά συστατικά απαραίτητα για τη δόμηση των μονομερών. Αυτά τα συστατικά λέγονται **Θρεπτικές ουσίες**.

Οι διάφοροι οργανισμοί χρειάζονται διαφορετικές ομάδες θρεπτικών ουσιών και συχνά χρειάζονται τις ουσίες αυτές στη μία ή την άλλη συγκεκριμένη χημική δομή.

Οι Θρεπτικές ουσίες δεν είναι απαραίτητες όλες στις ίδιες ποσότητες:

Μακροτροφικές ουσίες: είναι αναγκαίες σε μεγάλες ποσότητες, ενώ άλλες

Μικροτροφικές ουσίες: απαιτούνται σε μικρότερες ποσότητες, μερικές φορές ακόμα και σε ίχνη.

Θρέψη και Μεταβολισμός των Μικροοργανισμών

Μακροτροφικές ουσίες

Στοιχείο	Συνθεής μορφή της θρεπτικής ουσίας στο περιβάλλον	Χημική μορφή στα θρεπτικά μέσα καλλιέργειας
Ανθρακας (C)	CO ₂ , οργανικές ενώσεις	Γλυκόζη, μηλικό οξύ, οξικό οξύ, πυροσταφυλικό οξύ, αμινοξέα, εκατοντάδες άλλες ενώσεις ή σύνθετα μείγματα (εκκόλλισμα ζύμης, πεπτόνη, κ.λπ.)
Υδρογόνο (H)	H ₂ O, οργανικές ενώσεις	H ₂ O, οργανικές ενώσεις
Οξυγόνο (O)	H ₂ O, O ₂ , οργανικές ενώσεις	H ₂ O, O ₂ , οργανικές ενώσεις
Αζωτο (N)	NH ₃ , NO ₃ ⁻ , N ₂ , οργανικές ενώσεις του αζώτου	Ανόργανα: NH ₄ Cl, (NH ₄) ₂ SO ₄ , KNO ₃ , N ₂ Οργανικά: Αμινοξέα, αζωτούχες βάσεις νουκλεοτιδίων, πολλές άλλες αζωτούχες οργανικές ενώσεις
Φωσφόρος (P)	PO ₄ ³⁻	KH ₂ PO ₄ , Na ₂ HPO ₄
Θείο (S)	H ₂ S, SO ₄ ²⁻ , οργανικές ενώσεις του θείου, σουλφίδια μετάλλων (FeS, CuS, ZnS, NiS, κ.λπ.)	Na ₂ SO ₄ , Na ₂ SO ₃ , Na ₂ S, κυστεΐνη ή άλλες θειούχες οργανικές ενώσεις
Κάλιο (K)	K ⁺ σε διάλυμα ή διάφορα άλατα K	KCl, KH ₂ PO ₄
Μαγνήσιο (Mg)	Mg ²⁺ σε διάλυμα ή διάφορα άλατα Mg	MgCl ₂ , MgSO ₄
Νάτριο (Na)	Na ⁺ σε διάλυμα ή NaCl και άλλα άλατα Na	NaCl
Ασβέστιο (Ca)	Ca ²⁺ σε διάλυμα ή CaSO ₄ και άλλα άλατα Ca	CaCl ₂
Σίδηρος (Fe)	Fe ²⁺ ή Fe ³⁺ σε διάλυμα ή FeS, Fe(OH) ₃ , και πολλά άλλα άλατα Fe	FeCl ₃ , FeSO ₄ , ποικίλα χημικά διαλύματα σιδήρου (Fe ³⁺ EDTA, κητρικός Fe ³⁺ , κ.λπ.)

Άνθρακας

Πολλοί προκαρυωτικοί οργανισμοί είναι απαραίτητο να έχουν ως πηγή άνθρακα κάποιοι τύπου οργανική ένωση. Τα βακτήρια μπορούν να αφομοιώσουν ποικίλες οργανικές ενώσεις τον άνθρακα, τις οποίες χρησιμοποιούν για τη δημιουργία νέου κυτταρικού υλικού. Διάφορα βακτήρια χρησιμοποιούν αμινοξέα, λιπαρά οξέα, οργανικά οξέα, σάκχαρα, βάσεις αζώτου, αρωματικές ενώσεις, και αναρίθμητες άλλες οργανικές ουσίες.

Ορισμένοι προκαρυωτικοί οργανισμοί είναι αυτότροφοι, δηλαδή ικανοί να δημιουργούν όλες τις οργανικές δομές τους από διοξείδιο του άνθρακα και ενέργεια προερχόμενη είτε από το φως είτε από ανόργανες χημικές ενώσεις.

Με βάση το ξηρό βάρος, ένα τυπικό κύτταρο αποτελείται κατά 50% από άνθρακα. Ο άνθρακας είναι το βασικότερο στοιχείο όλων των ομάδων μακρομορίων.

Άζωτο

Μετά τον άνθρακα, αφθονότερο στοιχείο στο κύτταρο είναι το **άζωτο**. Ένα τυπικό βακτηριακό κύτταρο περιέχει περίπου 12% άζωτο (με βάση το ξηρό βάρος). Το στοιχείο αυτό είναι κύριο συστατικό των πρωτεϊνών, των νουκλεϊκών οξέων, και διαφόρων άλλων συστατικών του κυττάρου.

Ο κύριος όγκος του διαθέσιμου αζώτου στη φύση είναι σε ανόργανη μορφή, ως αμμωνία, νιτρικά άλατα ή ατμοσφαιρικό άζωτο (N_2).

Τα περισσότερα βακτήρια είναι ικανά να χρησιμοποιούν αμμωνία ως μοναδική πηγή αζώτου, ενώ πολλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν νιτρικά άλατα. Αντίθετα, μόνο συγκεκριμένα βακτήρια, τα αζωτοδεσμευτικά, μπορούν να χρησιμοποιήσουν το ατμοσφαιρικό άζωτο ως πηγή αζώτου.

'Άλλες μακροτροφικές ουσίες: P, S, K, Mg, Ca, Na

Φωσφόρος: εμφανίζεται στη φύση υπό τη μορφή οργανικών και ανόργανων φωσφορικών αλάτων και είναι απαραίτητος στο κύτταρο κυρίως για τη σύνθεση νουκλεϊκών οξέων και φωσφολιπιδίων.

Θείο: είναι απαραίτητο εξαιτίας του δομικού ρόλου του στα αμινοξέα κυστεΐνη και μεθειονίνη αλλά και σε έναν αριθμό βιταμινών. Το θείο υφίσταται μια σειρά χημικών μετατροπών στη φύση πολλές από τις οποίες διεξάγονται αποκλειστικά από μικροοργανισμούς

Κάλιο: είναι απαραίτητο σε όλους τους οργανισμούς. Ορισμένα ένζυμα που συμμετέχουν στην πρωτεϊνοσύνθεση έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις σε κάλιο.

'Άλλες μακροτροφικές ουσίες: P, S, K, Mg, Ca, Na

Μαγνήσιο: είναι απαραίτητο για τη σταθερότητα των ριβοσωμάτων, των κυτταρικών μεμβρανών και των νουκλεϊκών οξέων και για την ενεργότητα πολλών ενζύμων.

Ασβέστιο: δεν είναι ουσιώδες συστατικό για την αύξηση των μικροοργανισμών αλλά βοηθά στη σταθερότητα του βακτηριακού κυττάρου και παίζει σημαντικό ρόλο στη θερμοκρασιακή σταθερότητα των ενδοσπορίων

Νάτριο: είναι απαραίτητο σε μερικούς οργανισμούς και οι ανάγκες σε αυτό συχνά αντανakλούν το ενδιαίτημα του οργανισμού. Το θαλασσινό νερό, για παράδειγμα, έχει υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο και οι θαλάσσιοι οργανισμοί χρειάζονται νάτριο για την αύξησή τους, ενώ στενά συγγενικά είδη του γλυκού νερού μπορούν συνήθως να αναπτύσσονται απουσία νατρίου.

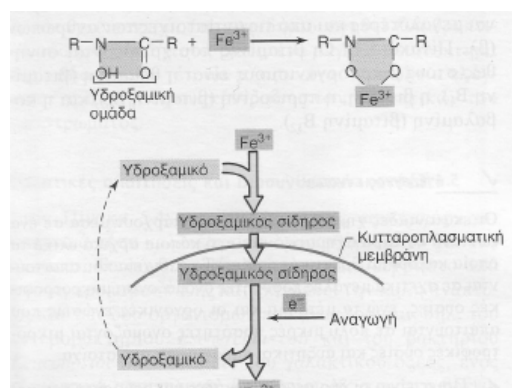
Σίδηρος

Ο σίδηρος παίζει μείζονα ρόλο στην κυτταρική αναπνοή, όντας ουσιώδες συστατικό των κυτοχρωμάτων και των σιδηροθειούχων πρωτεϊνών που συμμετέχουν στη μεταφορά ηλεκτρονίων.

Υπό ανοξικές συνθήκες, ο σίδηρος βρίσκεται γενικά σε κατάσταση οξειδωσης +2 και είναι ευδιάλυτος. Ωστόσο, παρουσία οξυγόνου, ο σίδηρος βρίσκεται σε κατάσταση οξειδωσης +3, και σχηματίζει ποικίλες αδιάλυτες ανόργανες ενώσεις. Για να μπορέσουν τα κύτταρα να ανακτήσουν τον σίδηρο από τέτοιες ανόργανες ενώσεις βιοσυνθέτουν δεσμευτικούς παράγοντες που ονομάζονται σιδηροφορείς. Αυτοί μεταφέρουν τον σίδηρο εντός του κυττάρου.

Σίδηρος

Μια σημαντική ομάδα σιδηροφορέων αποτελείται από παράγωγα του υδροξαμικού οξέος, τα οποία καθιστούν ιδιαίτερα χηλικό τον τρισθενή σίδηρο. Από τη στιγμή που το σύμπλεγμα σιδήρου-υδροξαμικού οξέος εισέλθει στο κύτταρο ο σίδηρος απελευθερώνεται και το υδροξαμικό οξύ μπορεί να βγει από το κύτταρο και να ξαναχρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά σιδήρου.

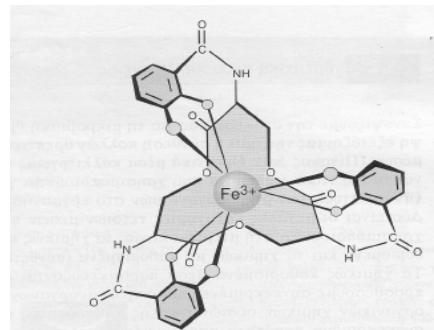


Σίδηρος

Βακτήρια, όπως η *Escherichia coli* και η *Salmonella typhimurium* παράγουν σύνθετους από δομική άποψη φαινολικούς σιδηροφορείς που ονομάζονται εντεροβακτίνες. Αυτοί οι σιδηροφορείς είναι παράγωγα αρωματικών ενώσεων της κατεχόλης και έχουν υψηλή συγγένεια δέσμευσης με τον σίδηρο.

Εντεροβακτίνη σιδήρου του βακτηρίου *Escherichia coli*

Χωρίς τέτοιου τύπου πανίσχυρους σιδηροδεσμευτικούς παράγοντες πολλά παθογόνα βακτήρια θα ήταν ανίκανα να προκαλέσουν μόλυνση λόγω ανεπαρκούς συγκέντρωσης σιδήρου



Μικροτροφικές ουσίες (ιχνοστοιχεία)

Αν και απαιτούνται μόνο σε ελάχιστες ποσότητες παίζουν εξίσου κρίσιμο ρόλο στη λειτουργία του κυττάρου με τις μακροτροφικές. Οι μικροτροφικές ουσίες είναι μέταλλα, πολλά εκ των οποίων συμμετέχουν στη δομή διαφόρων καταλυτικών ενζύμων του κυττάρου.

Στοιχείο	Κυτταρική λειτουργία
Χρómιο (Cr)	Απαιτείται στα θηλαστικά για τον μεταβολισμό της γλυκόζης· δεν γνωρίζουμε συγκεκριμένη μικροβιακή απαίτηση
Κοβάλτιο (Co)	Βιταμίνη B ₁₂ · τρανσκαρβοξυλίωση (βακτήρια προπιονικού οξέος)
Χαλκός (Cu)	Αναπνοή, κυτοχρωματική οξειδάση c· φωσφοσύνθεση, πλαστοκυανίνη, μερικά υπεροξειδία διαμοιτασών
Μαγγάνιο (Mn)	Ενεργοποιητές πολλών ενζύμων· υπάρχει σε συγκεκριμένα υπεροξειδία διαμοιτασών και στο υδατοδιαλυμένο ένζυμο των οξυγονοπαραγωγικών φωτοτρόφων (Φωτοσύνστημα II)
Μολυβδαίνιο (Mo)	Ορισμένα ένζυμα που περιέχουν φλαβίνη· αζωτάση, αναγωγή νιτρικού άλατος, θειοξειδάση, αναγωγάσες DMSO-TMAO, μερικές αφυδρογονάσες μυρμικικού οξέος
Νικέλιο (Ni)	Οι περισσότερες υδρογονάσες· συνένζυμο F ₄₃₀ των μεθανιογόνων οργανισμών· αφυδρογονάση του μονοξειδίου του άνθρακα· ουρεάση
Σελήνιο (Se)	Αφυδρογονάση του μυρμικικού οξέος· μερικές υδρογονάσες· το αμινοξύ σεληνοκυστεΐνη
Βολφράμιο (W)	Μερικές αφυδρογονάσες του μυρμικικού οξέος· μεταφορείς οξυγόνου των υπερθερμόφιλων
Βανάδιο (V)	Αζωτάση βαναδίου· υπεροξειδάση βρωμίου
Ψευδάργυρος (Zn)	Ανθρακική ανυδράση· αλκοολική αφυδρογονάση· πολυμεράσες του RNA και του DNA· και πολλές πρωτεΐνες με ικανότητα πρόσδεσης στο DNA
Σίδηρος (Fe) ^o	Κυτοχρώματα· καταλάσες· υπεροξειδάσες· σιδηροθειοκινάσες· οξυγονάσες· όλες οι αζωτάσες

^o Δεν απαιτούν όλα τα κύτταρα το σύνολο των παρακάτω ουσιών· ορισμένα μέταλλα, μέληστα, απαντούν σε ένζυμα συγκεκριμένων μόνο μικροοργανισμών.
^δ Απαιτείται σε μεγαλύτερες ποσότητες απ' ό,τι άλλα ιχνοστοιχεία.

Αυξητικοί παράγοντες

Οι αυξητικοί παράγοντες (**βιταμίνες, αμινοξέα, πουρίνες, και πυριμιδίνες**) είναι οργανικές ενώσεις οι οποίες είναι απαραίτητες σε πολύ μικρές ποσότητες και μόνο από κάποια κύτταρα. Οι περισσότεροι μικροοργανισμοί μπορούν να τις συνθέτουν αλλά μερικοί είναι αναγκασμένοι να προσλαμβάνουν μία ή περισσότερες από αυτές από το περιβάλλον τους.

Οι βιταμίνες είναι οι αυξητικοί παράγοντες που απαιτούνται συχνότερα. Οι περισσότερες βιταμίνες λειτουργούν ως τμήματα συνενζύμων. Οι βιταμίνες που χρειάζονται συνήθως στους μικροοργανισμούς είναι η **θειαμίνη, η βιοτίνη, η πυριδοξίνη, και η κοβαλαμίνη.**

Βιταμίνες	Λειτουργία
p-Αμινobenζοϊκό οξύ	Πρόδρομος του φολικού οξέος
Φολικό οξύ	Μεταβολισμός μονοάνθρακα-μεταφορά μεθυλομάδας
Βιοτίνη	Βιοσύνθεση λιπαρών οξέων· β-αποκαρβοξυλίωσης· ορισμένες αντιδράσεις δέσμισης CO ₂
Κοβαλαμίνη (B ₁₂)	Ανάγνη και μεταφορά τμημάτων άνθρακα· σύνθεση δεοξυριβόζης
Λιποϊκό οξύ	Μεταφορά σκυλαμάδων κατά την αποκαρβοξυλίωση του πυροσταφυλικού και του α-κετογλυταρικού
Νικοτινικό οξύ (νιασίνη)	Πρόδρομος του NAD ⁺ (βλ. Εικόνα 5.10)· μεταφορά ηλεκτρονίων στις αντιδράσεις οξειδωτικής
Παντοθενικό οξύ	Πρόδρομος του συνενζύμου A· ενεργοποίηση του ακετυλίου και άλλων ακυλοπαράγωγων
Φιθοφλαβίνη	Πρόδρομος του FMN (βλ. Εικόνα 5.15), το FAD σε φλαβοπρωτεΐνες συμμετέχει στη μεταφορά ηλεκτρονίων
Θειαμίνη (B ₁)	α-Αποκαρβοξυλίωσης· τριονακετολάση
Βιταμίνες B ₃ (ομάδες πυριδοξικής-πυριδοξιμίνης)	Μετασχηματισμοί αμινοξέων και κετοξέων
Ομάδα βιταμίνης K· κινόνες	Μεταφορά ηλεκτρονίων· σύνθεση οφυγγολιπιδίων
Υδροξυμικές ομάδες	Στατικά που δεσμεύουν σίδηρο· διαλυτοποίηση σιδήρου και μεταφορά του στο κύτταρο

Βιοενεργητική

Ως **ενέργεια** ορίζεται η ικανότητα εκτέλεσης έργου.

Στη μικροβιολογία, μονάδα μέτρησης της ενέργειας είναι το kilojoule (kJ), που μετρά τη θερμική ενέργεια. Οι χημικές αντιδράσεις συνοδεύονται από ενεργειακές μεταβολές. Αν και σε πολλές χημικές αντιδράσεις μέρος της ενέργειας χάνεται υπό μορφή θερμότητας, στη μικροβιολογία ενδιαφερόμαστε για την **ελεύθερη ενέργεια** η οποία, ορίζεται ως η εκλυόμενη ενέργεια που είναι διαθέσιμη για την εκτέλεση ωφέλιμου έργου.

Ελεύθερη ενέργεια μιας αντίδρασης (ή **ελεύθερη ενέργεια σχηματισμού**) είναι η ενέργεια που παράγεται ή καταναλώνεται για τον σχηματισμό ενός συγκεκριμένου μορίου από τα στοιχεία του. Υπολογίζεται από τη διαφορά ΔG της ελεύθερης ενέργειας των αντιδρώντων και των προϊόντων

Βιοενεργητική

Αν ελεύθερη ενέργεια σχηματισμού είναι αρνητική η αντίδραση συνοδεύεται από την απελευθέρωση ελεύθερης ενέργειας (εξώεργη), την οποία το κύτταρο μπορεί να αποθηκεύσει υπό τη μορφή ATP. Αν η ελεύθερη ενέργεια σχηματισμού είναι θετική η αντίδραση απαιτεί ενέργεια (ενδόεργη).

Από τη σκοπιά του μικροβιακού κύτταρου οι εξώεργες αντιδράσεις παράγουν ενέργεια, ενώ οι ενδόεργες αντιδράσεις καταναλώνουν ενέργεια

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5 Ελεύθερη ενέργεια σχηματισμού για ορισμένες χημικές ενώσεις βιολογικού ενδιαφέροντος

Χημική ένωση	Ελεύθερη ενέργεια σχηματισμού ^a
Νερό (H ₂ O)	-237,2
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	-394,4
Αέριο υδρογόνο (H ₂)	0
Αέριο οξυγόνο (O ₂)	0
Αμμώνιο (NH ₄ ⁺)	-79,4
Υποξείδιο του αζώτου (N ₂ O)	+104,2
Οξική ρίζα (C ₂ H ₃ O ₂ ⁻)	-369,4
Γλυκόζη (C ₆ H ₁₂ O ₆)	-917,3
Μεθάνιο (CH ₄)	-50,8
Μεθανόλη (CH ₃ OH)	-175,4

^a Οι τιμές της ελεύθερης ενέργειας σχηματισμού (G_f^o) είναι σε kJ/mol.

Βιοενεργητική-Ενέργεια Ενεργοποίησης

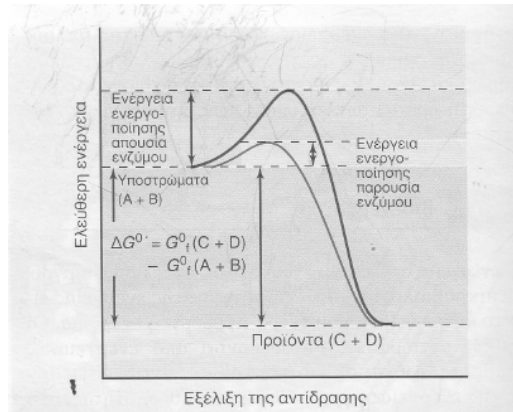
Παρά το γεγονός ότι η αντίδραση $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$ είναι ισχυρά εξώεργη ($\Delta G_0' = -237 \text{ kJ}$) εάν απλώς αναμειγνύαμε O_2 , και το H_2 , δεν θα είχαμε σχηματισμό. Αυτό συμβαίνει διότι η κατάλληλη επαναδιευθέτηση των ατόμων του οξυγόνου και του υδρογόνου ώστε να σχηματισθεί νερό απαιτεί τη διάσπαση των χημικών δεσμών των αντιδρώντων ουσιών. Η διάσπαση αυτών των δεσμών απαιτεί ενέργεια η οποία αναφέρεται ως **ενέργεια ενεργοποίησης**.

Ενέργεια ενεργοποίησης είναι η ποσότητα ενέργειας που απαιτείται ώστε να καταστούν ικανά να αντιδράσουν μεταξύ τους όλα τα μόρια που συμμετέχουν σε μια χημική αντίδραση.

Βιοενεργητική-Κατάλυση

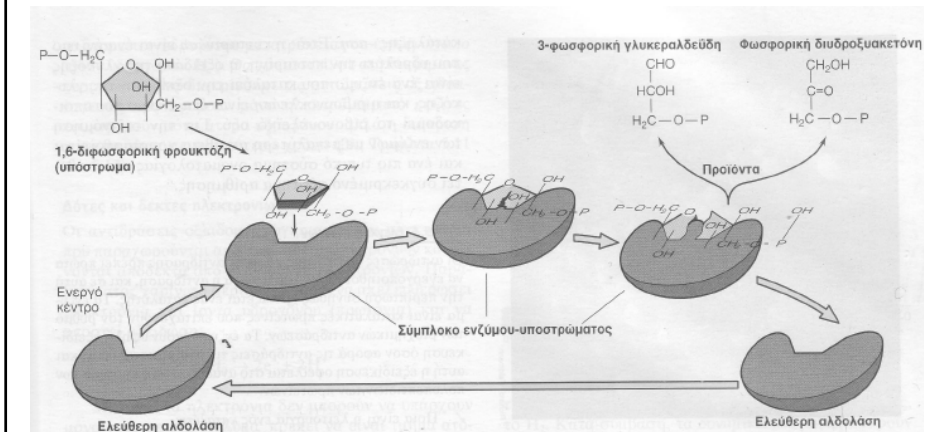
Η ιδέα της ενέργειας ενεργοποίησης μας οδηγεί στην έννοια της κατάλυσης.

Καταλύτης είναι μια ουσία που μειώνει την ενέργεια ενεργοποίησης κάποιας αντίδρασης και κατά συνέπεια αυξάνει την ταχύτητά της.



Βιοενεργητική-Κατάλυση

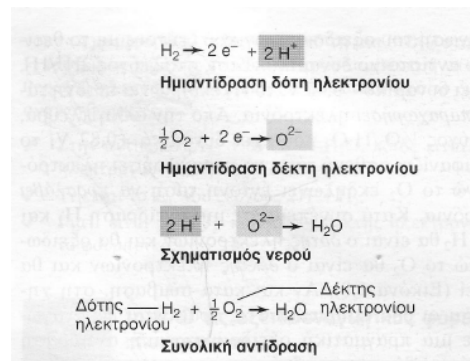
Οι περισσότερες αντιδράσεις στους ζώντες οργανισμούς δεν εκτελούνται με ικανοποιητικούς ρυθμούς χωρίς κατάλυση. Οι καταλύτες των βιολογικών αντιδράσεων είναι συνήθως ένζυμα που έχουν υψηλή εξειδίκευση όσον αφορά στις αντιδράσεις που καταλύουν. Σε μια ενζυμικά καταλυόμενη αντίδραση το ένζυμο συνδέεται προσωρινά με την αντιδρώσα ουσία (υπόστρωμα) σχηματίζοντας ένα σύμπλεγμα και καθώς εξελίσσεται η αντίδραση το προϊόν απελευθερώνεται και το ένζυμο επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση.



Οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις

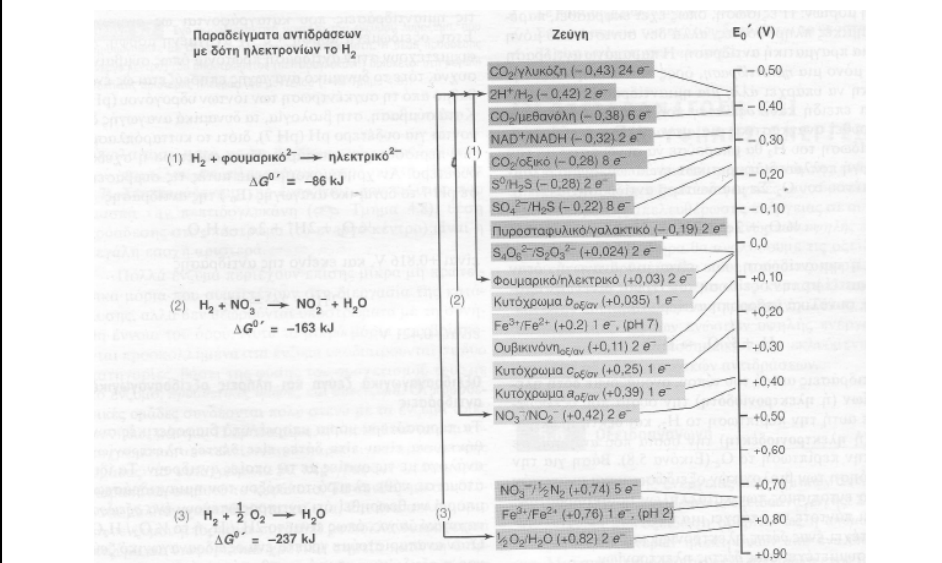
Στα βιολογικά συστήματα, η διατήρηση της ενέργειας συμπεριλαμβάνει οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις. Οι αντιδράσεις οξειδοαναγωγής αφορούν ηλεκτρόνια που παραχωρούνται από έναν δότη ηλεκτρονίων και γίνονται αποδεκτά από έναν δέκτη ηλεκτρονίων.

Οι χημικές ουσίες διαφέρουν μεταξύ τους όσον αφορά την τάση τους για οξείδωση ή αναγωγή. Αυτή η τάση εκφράζεται ως **δυναμικό αναγωγής** της χημικής ουσίας. Αυτό Το δυναμικό αυτό μετρείται σε volt (V) ως προς μια χημική ουσία αναφοράς, το H_2



Οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις

Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά δυναμικού δύο ενώσεων που αντιδρούν τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που απελευθερώνεται



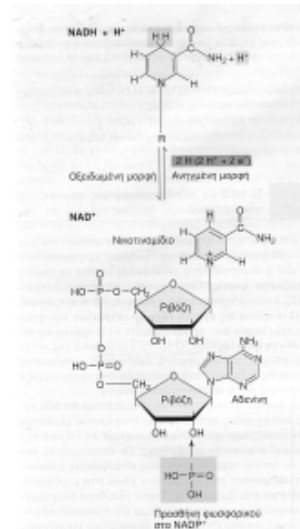
Το NAD ως οξειδοαναγωγικός φορέας ηλεκτρονίων

Στο κύτταρο, κατά τη μεταφορά ηλεκτρονίων σε μια οξειδοαναγωγική αντίδραση συνήθως χρησιμοποιούνται μία ή περισσότερες ενδιάμεσες ουσίες οι οποίες ονομάζονται **φορείς**.

Οι φορείς ηλεκτρονίων υποδιαιρούνται σε εκείνους που διαχέονται ελεύθερα και εκείνους που προσδένονται ισχυρά σε ένζυμα της κυτταροπλασματικής μεμβράνης.

Στους ελεύθερα διαχεόμενους φορείς ανήκουν τα συνένζυμα νικοτιναμιδο-αδενοδινουκλεοτίδιο (NAD⁺) και φωσφορικό νικοτιναμιδο-αδενοδινουκλεοτίδιο (NADP⁺)

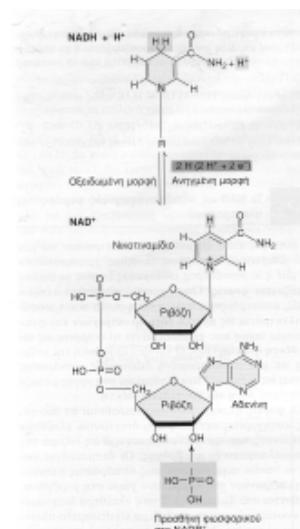
* τα συνένζυμα μικρά μη πρωτεϊνικά μόρια που συνδέονται χαλαρά με τα ένζυμα και λειτουργούν ως ενδιάμεσοι μεταφορείς μικρών μορίων. Τα περισσότερα συνένζυμα είναι παράγωγα βιταμινών



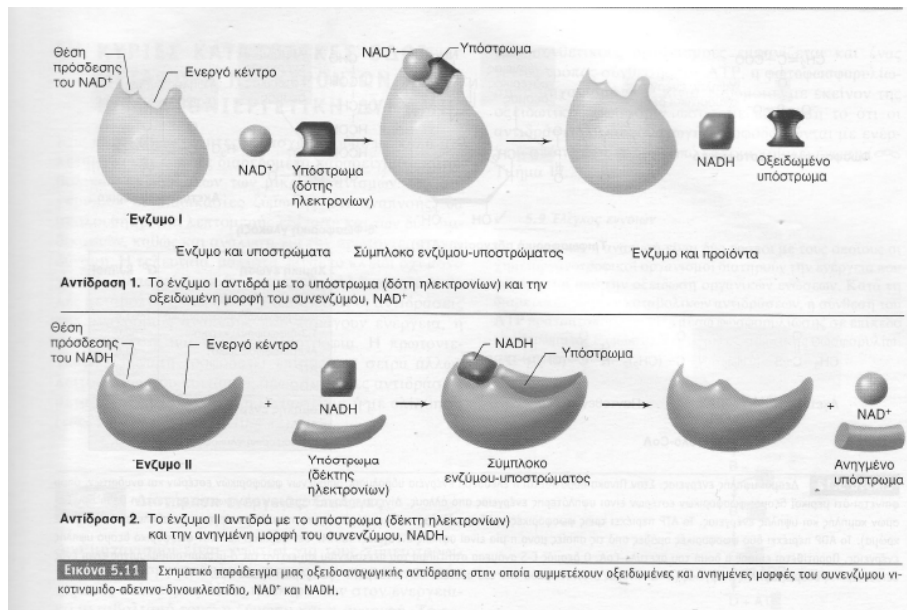
Το NAD ως οξειδοαναγωγικός φορέας ηλεκτρονίων

Το δυναμικό αναγωγής του ζεύγους NAD⁺/NADH (ή του NADP⁺/NADPH) είναι -32 V δηλαδή είναι καλός δότης ηλεκτρονίων.

Αν και τα ζεύγη NAD⁺ και NADP⁺ έχουν το ίδιο δυναμικό αναγωγής λειτουργούν με διαφορετικό εν γένει τρόπο στο εσωτερικό του κυττάρου. Το NAD⁺/NADH συμμετέχει άμεσα σε αντιδράσεις παραγωγής ενέργειας (καταβολικές) ενώ το NADP⁺/NADPH σε βιοσυνθετικές αντιδράσεις (αναβολικές)



Ο κύκλος NAD/NADH



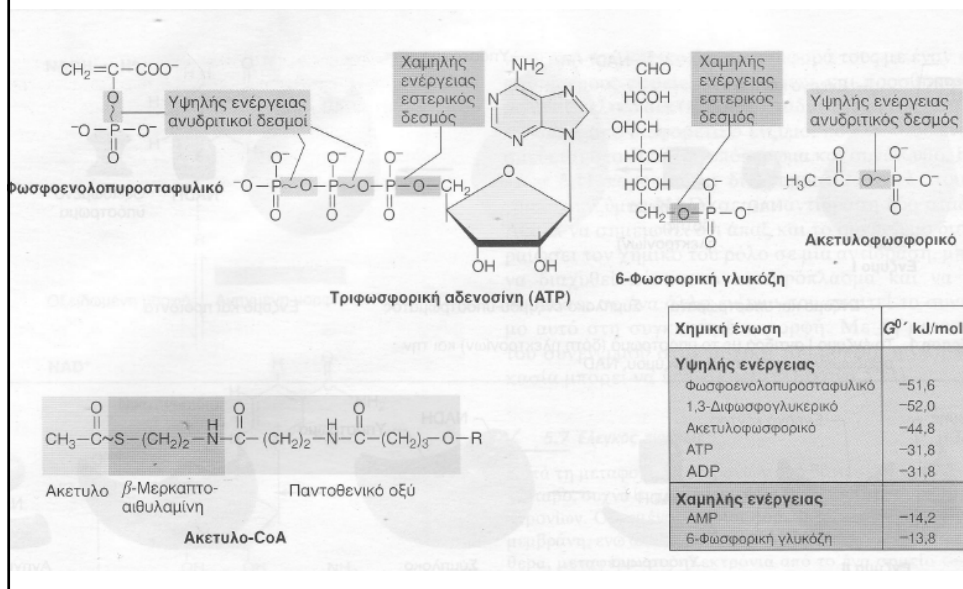
Ενώσεις υψηλής ενέργειας- αποθήκευση ενέργειας

Η ενέργεια που απελευθερώνεται σε μια οξειδοαναγωγική αντίδραση θα πρέπει να δεσμεύεται για τις διάφορες λειτουργίες του κυττάρου. Στους ζώντες οργανισμούς, η χημική ενέργεια που εκλύεται στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις δεσμεύεται συνήθως υπό τη μορφή **φωσφορικών δεσμών υψηλής ενέργειας**. Οι ενώσεις που τους περιέχουν λειτουργούν κατόπιν ως ενεργειακές πηγές οι οποίες κατευθύνουν τις μεταβολικές αντιδράσεις του κυττάρου που καταναλώνουν ενέργεια.

Στις φωσφορυλιωμένες ενώσεις, οι φωσφορικές ομάδες συνδέονται με το υπόλοιπο μόριο μέσω ατόμων οξυγόνου με εστερικούς ή ανυδριτικούς δεσμούς. Η ενέργεια των δεσμών αυτών είναι η ενέργεια που απελευθερώνεται από την υδρόλυση της φωσφορικής ομάδας.

Ενώσεις υψηλής ενέργειας- αποθήκευση ενέργειας

Δεν είναι δεσμοί υψηλής ενέργειας όλοι οι φωσφορικοί δεσμοί.



Ενώσεις υψηλής ενέργειας- αποθήκευση ενέργειας

Η υδρόλυση των φωσφορικών δεσμών υψηλής ενέργειας στα κύτταρα απουσία μιας δεύτερης αντίδρασης η οποία θα χρησιμοποιούσε την ενέργεια που απελευθερώνεται δεν είναι επιθυμητή, διότι τότε η ελεύθερη ενέργεια υδρόλυσης θα χαθεί υπό τη μορφή θερμότητας.

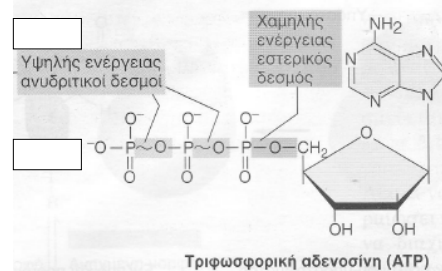
Η ελεύθερη ενέργεια των φωσφορικών δεσμών υψηλής ενέργειας γενικά χρησιμοποιείται για την εκτέλεση βιοσυνθετικών αντιδράσεων και άλλων κυτταρικών λειτουργιών μέσω μιας αυστηρά ρυθμιζόμενης διαδικασίας στην οποία το ATP υδρολύεται απελευθερώνοντας ενέργεια που καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες ενδόεργων αντιδράσεων.

Ενώσεις υψηλής ενέργειας- αποθήκευση ενέργειας

Τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP)

Η πιο σημαντική φωσφορική ένωση υψηλής ενέργειας στους ζωντανούς οργανισμούς. Το ATP αποτελείται από τον ριβονουκλεοζίτη αδενοσίνη στον οποίο έχουν προσδεθεί σε σειρά τρία μόρια φωσφόρου. Το ATP λειτουργεί ως ο κύριος ενεργειακός φορέας των ζωντανών οργανισμών, δημιουργείται στις εξώεργες αντιδράσεις και χρησιμοποιείται για να τροφοδοτεί ενεργειακά τις ενδόεργες.

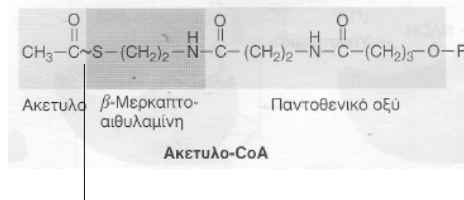
Δύο από τους φωσφορικούς δεσμούς του είναι φωσφοανυδριτικοί με υψηλή ελεύθερη ενέργεια υδρόλυσης.



Ενώσεις υψηλής ενέργειας- αποθήκευση ενέργειας

Συνένζυμο A

Εκτός από τις φωσφορικές ενώσεις υψηλής ενέργειας, στο κύτταρο παράγονται και άλλες ενώσεις υψηλής ενέργειας οι οποίες μπορούν επίσης να αποθηκεύουν την ενέργεια των εξώεργων αντιδράσεων. Σε αυτές τις ενώσεις ανήκουν **παράγωγα του συνενζύμου A** (π.χ. το ακετυλο-CoA). Τα παράγωγα του συνενζύμου A περιέχουν σουλφοανυδρίτες (θειεστέρες) αντί για φωσφοανυδρίτες και προσφέρουν ελεύθερη ενέργεια υδρόλυσης ικανή να τροφοδοτήσει τη σύνθεση ενός φωσφορικού δεσμού υψηλής ενέργειας



Ο δεσμός C-S ανάμεσα στο τμήμα του ακετυλενίου και εκείνο της σ-μερκαπτοαιθυλαμίνης είναι ένας Θειεστερικός δεσμός υψηλής ενέργειας

Αποθήκευση ενέργειας

Το ATP είναι το κύριο ενεργειακό «νόμισμα» του κυττάρου. Διασπάται για την τροφοδότηση βιοσυνθετικών αντιδράσεων και επανασυντίθεται απορροφώντας ενέργεια από τις καταβολικές αντιδράσεις.

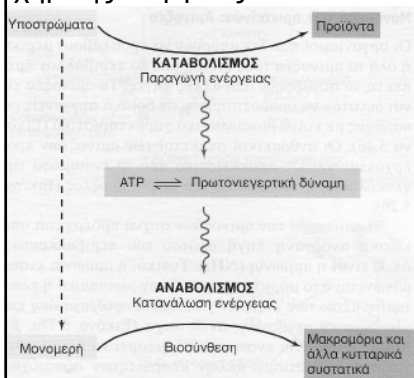
Για την αποθήκευση της ενέργειας διάφοροι μικροοργανισμοί παράγουν αδιάλυτα πολυμερή που μπορούν αργότερα, να οξειδωθούν για την παραγωγή ATP. Παραδείγματα, τέτοιων ουσιών είναι τα, πολυμερή γλυκόζης άμυλο και γλυκογόνο, πολυμερή λιπιδίων όπως το πολυ-β-υδροξυβουτυρικό, θείο κλπ.

Αυτά τα πολυμερή αποθηκεύονται στο κύτταρο υπό τη μορφή μεγάλων κόκκων (έγκλειστα) και απουσία κάποιας εξωτερικής πηγής ενέργειας, το κύτταρο μπορεί να τα οξειδώσει και να συνθέσει νέο κυτταρικό υλικό ή απλά να προμηθεύσει τον εαυτό του με ενέργεια συντήρησης ακόμα και στην περίπτωση που ενώσεις που παράγουν ενέργεια δεν είναι προσωρινά διαθέσιμες στο περιβάλλον.

Μικροβιακός Μεταβολισμός

Ο Μικροβιακός Μεταβολισμός διακρίνεται στον **καταβολισμό**, τη διαδικασία με την οποία οι μικροοργανισμοί παράγουν ενέργεια από οργανικές ενώσεις και τον **αναβολισμό**, τις διεργασίες μέσω των οποίων οι μικροοργανισμοί σχηματίζουν την τεράστια ποικιλία χημικών μορίων από τα οποία απαρτίζονται.

Η ενέργεια που τροφοδοτεί τον αναβολισμό προέρχεται από το ATP ή από την πρωτονιενεργτική δύναμη, που είναι δύο διαφορετικές μορφές χημικής ενέργειας



Η ενέργεια που κατά τις καταβολικές αντιδράσεις διατηρείται υπό τη μορφή ATP, ή η πρωτονιενεργτική δύναμη, καταναλώνεται τόσο κατά τον σχηματισμό των μονομερών όσο και κατά τον πολυμερισμό των μονομερών για τον σχηματισμό μακρομορίων.

Καταβολισμός

Υπάρχουν δύο τύποι καταβολικών αντιδράσεων : η **ζύμωση** και η **αναπνοή**. Το τελικό αποτέλεσμα είναι το ίδιο και στις δύο περιπτώσεις, και συγκεκριμένα η σύνθεση του ATP, μια ενδόθερμη αντίδραση. Αυτή η αντίδραση, που καταναλώνει ενέργεια, είναι συζευγμένη με μία ή περισσότερες εξώθερμες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τον καταβολισμό.

Ως προς την οξειδοαναγωγική διαδικασία, η ζύμωση διαφοροποιείται από την αναπνοή στα ακόλουθα:

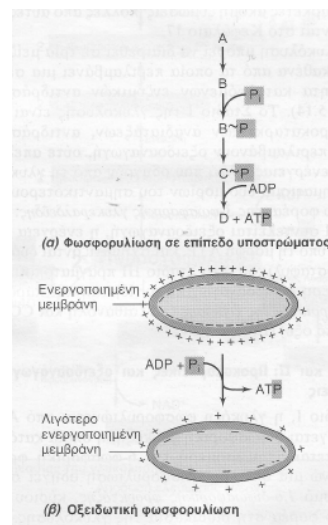
στη ζύμωση η οξειδοαναγωγική διαδικασία συντελείται απουσία εύχρηστων τελικών δεκτών ηλεκτρονίων ενώ στην αναπνοή υπάρχει μοριακό οξυγόνο ή άλλος τελικός δέκτης ηλεκτρονίων. Η οξείδωση στη ζύμωση συνδέεται με την αναγωγή μια χημικής ένωσης που προέρχεται από το αρχικό υπόστρωμα δηλαδή δεν εμπλέκεται κάποιος εξωτερικός δέκτης ηλεκτρονίων.

Καταβολισμός

Πέραν των διαφοροποιήσεων που έχουν σχέση με την οξειδοαναγωγή, η ζύμωση και η αναπνοή διαφέρουν και ως προς τον μηχανισμό σύνθεσης του ATP.

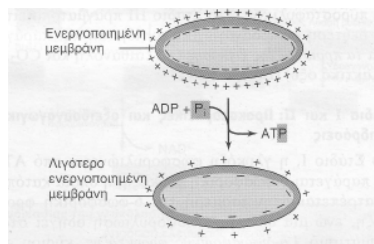
Στη ζύμωση το ATP παράγεται με μια διαδικασία γνωστή ως φωσφορυλίωση σε επίπεδο υποστρώματος, κατά την οποία η σύνθεση του ATP πραγματοποιείται στη διάρκεια του καταβολισμού μιας οργανικής ένωσης.

Στην αναπνοή αυτό επιτυγχάνεται μέσω της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης, δηλαδή το ATP παράγεται με την απορρόφηση **πρωτονιεργετικής δύναμης**



Πρωτονιεγερτική δύναμη

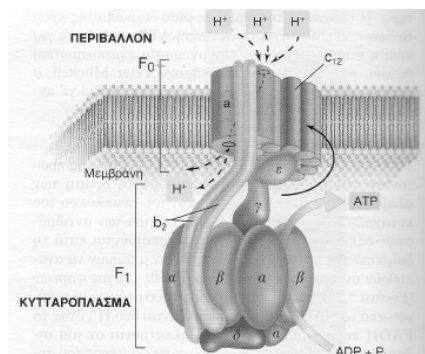
Η μεμβράνη λειτουργεί ως φράγμα που κρατά στο εξωτερικό πρωτόνια. Τελικό αποτέλεσμα είναι η δημιουργία μιας διαβάθμισης του pH και ενός ηλεκτροχημικού δυναμικού διαμέσου της μεμβράνης, με το μέρος του κυτταροπλάσματος που γειτνιάζει με τη μεμβράνη (εσωτερικό) να είναι φορτισμένο αρνητικά και αλκαλικό ενώ το εσωτερικό της μεμβράνης είναι φορτισμένο θετικά και όξινο. Λόγω της διαβάθμισης του pH και του ηλεκτροχημικού δυναμικού, η μεμβράνη έχει αυξημένη ενέργεια όπως συμβαίνει με μια μπαταρία και μέρος της ενέργειας αυτής μπορεί να αποθηκευτεί από το κύτταρο. Η πηγή αυτή ενέργειας ονομάζεται Πρωτονιεγερτική δύναμη (Proton motive force-PMF):



Μέρος της Πρωτονιεγερτικής δύναμης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ATP μέσω της εισαγωγής πρωτονίων στο εσωτερικό του κυττάρου

Πρωτονιεγερτική δύναμη

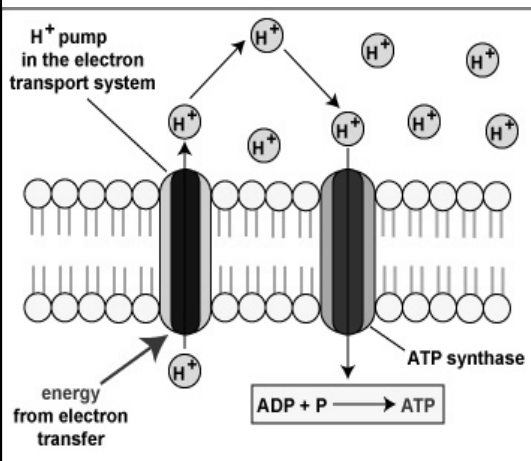
Ο μηχανισμός σύνθεσης του ATP μπορεί να παραλληλιστεί με τον μηχανισμό που προκαλεί περιστροφή στα μαστίγια των βακτηρίων. Ο καταλύτης για τη μετατροπή της πρωτονιεγερτικής δύναμης σε ATP είναι ένα μεγάλο ενζυμικό σύμπλοκο της μεμβράνης, που ονομάζεται συνθάση του ATP, ή ATPάση. Η ATPάση αποτελείται από δύο κύρια τμήματα, μια, μεγάλη «κεφαλή» με πολλές υπομονάδες, η οποία ονομάζεται F_1 και βρίσκεται στην κυτταροπλασματική πλευρά της μεμβράνης, και έναν πρωτονιοαγωγό δίαυλο, ο οποίος διαπερνά ολόκληρη τη μεμβράνη και ονομάζεται F_0 . Το σύμπλοκο F_1/F_0 καταλύει μια αντιστρεπτή αντίδραση μεταξύ ATP και $ADP + P$



Το σύμπλοκο F_1/F_0 καταλύει μια αντιστρεπτή αντίδραση μεταξύ ATP και $ADP + P$

Πρωτονιεργετική δύναμη

Η λειτουργία του μοριακού κινητήρα F₁/F₀ μπορεί να **αντιστραφεί**. Η υδρόλυση των αποθεμάτων ATP δημιουργεί μια ροπή που ωθεί τις υπομονάδες να περιστραφούν προς την αντίθετη κατεύθυνση, προκαλώντας μετακίνηση πρωτονίων από το εσωτερικό προς το εξωτερικό του κυττάρου δημιουργώντας πρωτονιεργετική δύναμη.



Αυτή η αντιστρεψιμότητα εξηγεί γιατί οργανισμοί με ικανότητα ζύμωσης, παρ' ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν την οξειδωτική φωσφορυλίωση, περιέχουν ATPάση. Η ATPάση σε οργανισμούς όπως τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος, που δεν αναπνέουν, λειτουργεί αποκλειστικά προς την κατεύθυνση της δημιουργίας πρωτονιεργετικής δύναμης, για να τεθούν σε κίνηση σημαντικές κυτταρικές λειτουργίες.

Η γλυκόλυση ως παράδειγμα ζύμωσης-οδός Embden-Meyerhof,

Η ζύμωση είναι μια εσωτερικά ισορροπημένη οξειδοαναγωγική αντίδραση στην οποία ορισμένα άτομα της ενεργειακής πηγής (δότη ηλεκτρονίων) ανάγονται ενώ άλλα οξειδώνονται και η παραγωγή ενέργειας γίνεται με φωσφορυλίωση σε επίπεδο υποστρώματος.

Συνήθης βιοχημική οδός για τη ζύμωση της γλυκόζης είναι η γλυκόλυση, που ονομάζεται και οδός **Embden-Meyerhof**, από τους κύριους ερευνητές που την ανακάλυψαν.

Η γλυκόλυση μπορεί να διαιρεθεί σε τρία μείζονα στάδια, καθένα από τα οποία περιλαμβάνει μια σειρά ανεξάρτητα καταλυόμενων ενζυμικών αντιδράσεων.

Η γλυκόλυση ως παράδειγμα ζύμωσης- οδός Embden-Meyerhof,

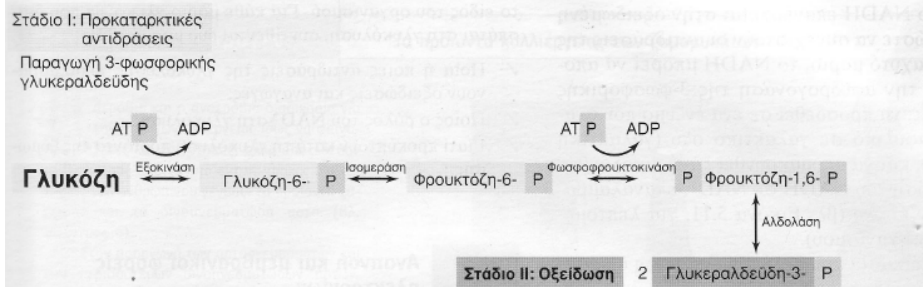
Το **Στάδιο I** της γλυκόλυσης είναι μια σειρά προκαταρκτικών αναδιατάξεων, αντιδράσεων που δεν περιλαμβάνουν οξειδοαναγωγή, ούτε απελευθέρωση ενέργειας, αλλά που οδηγούν από τη γλυκόζη στον σχηματισμό δύο μορίων του σημαντικότερου ενδιάμεσου φορέα, της 3-φωσφορικής γλυκεραλδεΐδης.

Στο **Στάδιο II** συντελείται οξειδοαναγωγή, η ενέργεια διατηρείται υπό τη μορφή ATP και σχηματίζονται δύο μόρια πυροσταφυλικού.

Στο **Στάδιο III** πραγματοποιείται μια δεύτερη οξειδοαναγωγική αντίδραση και παράγονται τα προϊόντα της ζύμωσης (π.χ. αιθανόλη και CO₂, ή γαλακτικό οξύ)

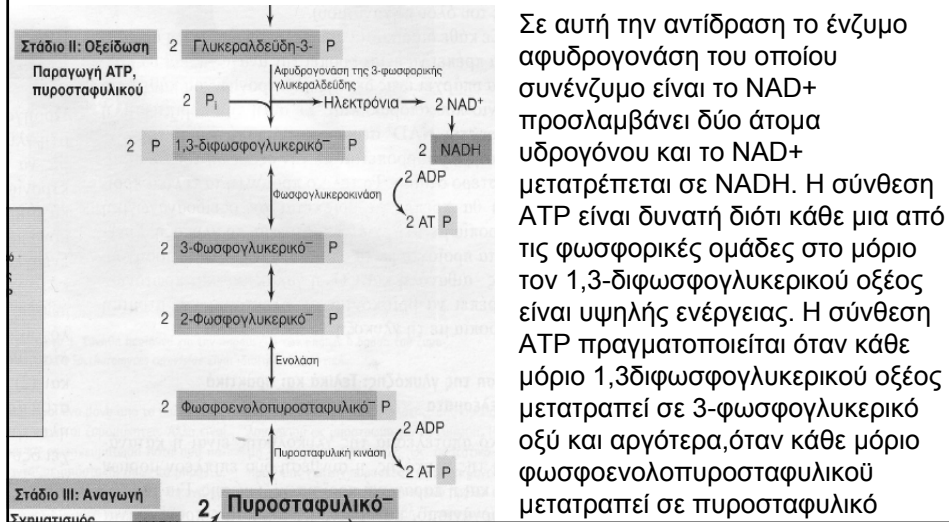
Η γλυκόλυση- Στάδιο I: Προκαταρκτικές αντιδράσεις

Στο **Στάδιο I** η γλυκόζη φωσφορυλιώνεται από ATP και παράγεται 6-φωσφορική γλυκόζη, η οποία κατόπιν μετατρέπεται στην ισομερή της 6-φωσφορική φρουκτόζη, ενώ μια δεύτερη φωσφορυλίωση οδηγεί στον σχηματισμό 1,6-διφωσφορικής φρουκτόζης, κύριου ενδιάμεσου φορέα στη διαδικασία της γλυκόλυσης. Το ένζυμο αλδολάση διασπά, την 1,6-διφωσφορική φρουκτόζη σε δύο μόρια με τρία άτομα άνθρακα, την 3-φωσφορική γλυκεραλδεΐδη. Μέχρι αυτό το σημείο αυτό δεν έχουν λάβει χώρα οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, ενώ όλες οι αντιδράσεις, συμπεριλαμβανομένης της κατανάλωσης ATP, συντελούνται χωρίς μεταφορά ηλεκτρονίων.



Η γλυκόλυση- Στάδιο II: Οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις

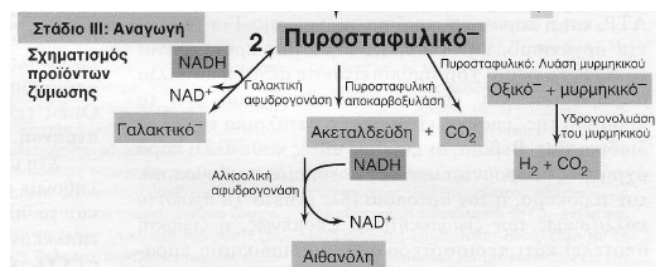
Η πρώτη οξειδοαναγωγική αντίδραση της γλυκόλυσης γίνεται στο **Στάδιο II**, κατά τη μετατροπή της 3φωσφορικής γλυκεραλδεΐδης σε 1,3-διφωσφογλυκερικό οξύ.



Σε αυτή την αντίδραση το ένζυμο αφυδρογόνωση του οποίου συνένζυμο είναι το NAD⁺ προσλαμβάνει δύο άτομα υδρογόνου και το NAD⁺ μετατρέπεται σε NADH. Η σύνθεση ATP είναι δυνατή διότι κάθε μια από τις φωσφορικές ομάδες στο μόριο των 1,3-διφωσφογλυκερικού οξέος είναι υψηλής ενέργειας. Η σύνθεση ATP πραγματοποιείται όταν κάθε μόριο 1,3διφωσφογλυκερικού οξέος μετατραπεί σε 3-φωσφογλυκερικό οξύ και αργότερα, όταν κάθε μόριο φωσφοενολοπυροσταφυλικού μετατραπεί σε πυροσταφυλικό

Η γλυκόλυση- Στάδιο III: Προϊόντα Ζύμωσης

Κατά τον σχηματισμό δύο μορίων 1,3-διφωσφογλυκερικού οξέος, δύο μόρια NAD⁺ ανάγονται σε NADH. Ωστόσο, το κύτταρο περιέχει μικρή ποσότητα NAD⁺, και αν όλο μετατρεπόταν σε NADH, τότε η οξείδωση της γλυκόζης θα σταματούσε. Η οξείδωση της 3-φωσφορικής γλυκεραλδεΐδης μπορεί να συνεχιστεί μόνο αν υπάρχει ένα μόριο NAD⁺ για την πρόσληψη των ηλεκτρονίων που απελευθερώνονται. Αυτό Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την οξείδωση του NADH προς NAD⁺ μέσω αντιδράσεων αναγωγής του πυροσταφυλικού σε ένα από τα πολλά προϊόντα της ζύμωσης. Στον σακχαρομύκητα, το πυροσταφυλικό ανάγεται σε αιθανόλη με ταυτόχρονη απελευθέρωση CO₂. Στα βακτήρια του γαλακτικού οξέος, το πυροσταφυλικό ανάγεται σε γαλακτικό



Η γλυκόλυση- Ισοζύγιο ενέργειας

Κατανάλωση και δημιουργία ATP στη γλυκόλυση		
Αντίδραση	ATP (κέρδος/απώλεια)	Καθαρό κέρδος σε ATP
1. Γλυκόζη → 6-Φωσφορική γλυκόζη	-1	-1
2. 6-Φωσφορική φρουκτόζη → 1,6-Διφωσφορική φρουκτόζη	-1	-2
3. 2 (1,3-Διφωσφογλυκερικό) → 2 (3-Φωσφογλυκερικό)	+2	0
4. 2 (Φωσφοενολαπιροσταφυλικό) → 2 Πυροσταφυλικό	+2	+2

Ενεργειακή σύνοψη της διαδικασίας της γλυκόλυσης		
Παραδείγματα συνολικής στοιχειομετρίας:	Οργανισμοί:	Απόδοση ελεύθερης ενέργειας:
(1) Γλυκόζη → 2 αιθανόλη + 2 CO ₂	Ζυμομύκητες	1. Αιθανόλη/CO ₂ : -238,8 kJ/mol στη ζύμωση της γλυκόζης. Η ενεργειακή τιμή φωσφορικού δεσμού υψηλής ενέργειας στο ATP θεωρείται ίση με -31,8 kJ/mol -63,6 kJ διατηρούνται στο ATP, με συντελεστή απόδοσης 27%.
(2) Γλυκόζη → 2 γαλακτικό + 2 H ⁺	Βακτήρια γαλακτικού οξέος	
(3) Γλυκόζη → 1 γαλακτικό + 1 οξικό + 1 μυρμηκικό + 3 H ⁺	Εντεροβακτήρια	
(4) Γλυκόζη → 1 γαλακτικό + 1 οξικό + H ₂ + CO ₂ + 2 H ⁺	Εντεροβακτήρια	
		2. Γαλακτικό: -196 kJ, με συντελεστή απόδοσης 32%.

Αναπνοή- Ο κύκλος του Κιτρικού Οξέος

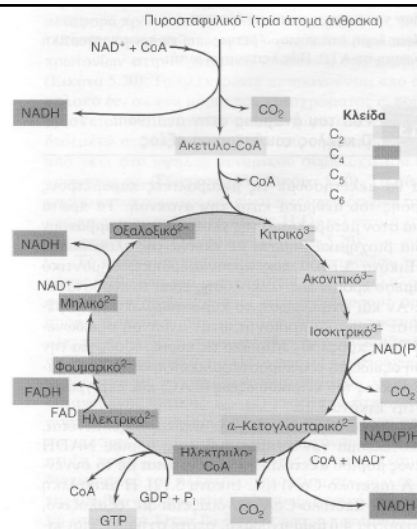
Σε αντίθεση με τη ζύμωση όπου το πυροσταφυλικό μετατρέπεται σε ζυμωτικά προϊόντα, στην αναπνοή οξειδώνεται πλήρως προς CO₂. Μία από τις κύριες οδούς για την πλήρη οξείδωση του πυροσταφυλικού προς CO₂ ονομάζεται κύκλος του κιτρικού οξέος (CAC).

Η αναπνοή διαφέρει από τη ζύμωση ως προς τον τρόπο με τον οποίο οξειδώνονται τα NADH και FADH (φορείς ηλεκτρονίων που περιέχουν ριβοφλαβίνη).

Σε αντίθεση με την κατάσταση που επικρατεί στη ζύμωση, η παρουσία οξυγόνου ως δέκτη ηλεκτρονίων στην αναπνοή επιτρέπει την πλήρη οξείδωση της γλυκόζης προς CO₂, παρέχοντας έτσι πολύ περισσότερη ενέργεια.

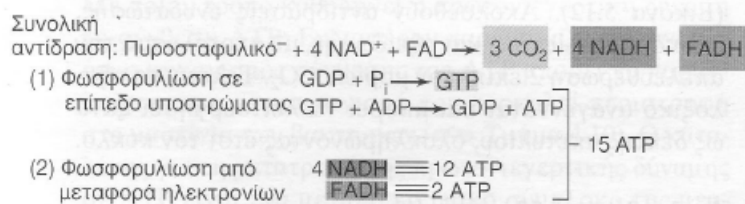
Ο κύκλος του Κιτρικού Οξέος

Το πυροσταφυλικό αρχικά αποκαρβοξυλιώνεται, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό ενός μορίου NADH και ενός μορίου ακετυλίου που συνδέεται με το συνένζυμο A (ακετυλο-CoA). Η ακετυλική ομάδα του ακετυλο-CoA συνδυάζεται με οξαλοξικό, που περιέχει 4 άτομα άνθρακα, οπότε σχηματίζεται το κιτρικό οξύ με 6 άτομα άνθρακα. Για τη σύνθεση του κιτρικού οξέος χρησιμοποιείται η ενέργεια του υψηλής ενέργειας δεσμού του ακετυλο-CoA.



Ακολουθούν αντιδράσεις ενυδάτωσης, αποκαρβοξυλίωσης, και οξειδωσης, με αποτέλεσμα την απελευθέρωση 2 επιπλέον μορίων CO₂. Τελικά, το οξαλοξικό αναγεννάται και μπορεί να λειτουργήσει ξανά ως δέκτης ακετυλίου, ολοκληρώνοντας έτσι τον κύκλο.

Ο κύκλος του Κιτρικού Οξέος- Ισοζύγιο ενέργειας



Σύγκριση με γλυκόλυση

Κατανάλωση και δημιουργία ATP στη γλυκόλυση		
Αντίδραση	ATP (κέρδος/απώλεια)	Καθαρό κέρδος σε ATP
1. Γλυκόζη \rightarrow 6-Φωσφορική γλυκόζη	-1	-1
2. 6-Φωσφορική φρουκτόζη \rightarrow 1,6-Διφωσφορική φρουκτόζη	-1	-2
3. 2 (1,3-Διφωσφογλυκερικό) \rightarrow 2 (3-Φωσφογλυκερικό)	+2	0
4. 2 (Φωσφοενολπυροσταφυλικό) \rightarrow 2 Πυροσταφυλικό	+2	+2

Βιοσύνθεση και κύκλος τον κιτρικού οξέος

Ο κύκλος του κιτρικού οξέος, πέραν του ρόλου του στις καταβολικές αντιδράσεις και την παραγωγή ενέργειας, είναι σημαντικός για το κύτταρο και για λόγους βιοσύνθεσης. Αυτό συμβαίνει επειδή ο κύκλος συνίσταται από έναν αριθμό σημαντικών ενδιάμεσων ουσιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για βιοσυνθετικούς σκοπούς ανάλογα με τις ανάγκες.

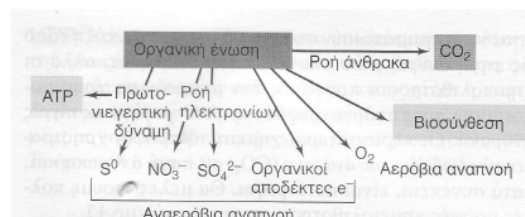
Ιδιαίτερα σημαντικές, από αυτή την άποψη, είναι οι ενδιάμεσες ουσίες ακετογλουταρικό και οξαλοξικό, που είναι οι πρόδρομες ενώσεις για αρκετά αμινοξέα. Το οξαλοξικό είναι σημαντικό και επειδή μπορεί να μετατραπεί σε φωσφοενολοπυροσταφυλικό, πρόδρομη ουσία για τον σχηματισμό της γλυκόζης. Επιπλέον, το ακετυλο-CoA αποτελεί το αρχικό υλικό για τη βιοσύνθεση λιπαρών οξέων.

Κατά συνέπεια, ο κύκλος του κιτρικού οξέος διαδραματίζει δύο σημαντικούς ρόλους στο κύτταρο: βιοενεργειακό και βιοσυνθετικό. Παρόμοια εκτίμηση μπορεί να γίνει και για τη γλυκολυτική οδό, καθώς ενδιάμεσες ενώσεις αυτής της οδού επίσης χρησιμοποιούνται για ποικίλες βιοσυνθετικές ανάγκες.

Εναλλακτικές καταβολικές οδοί

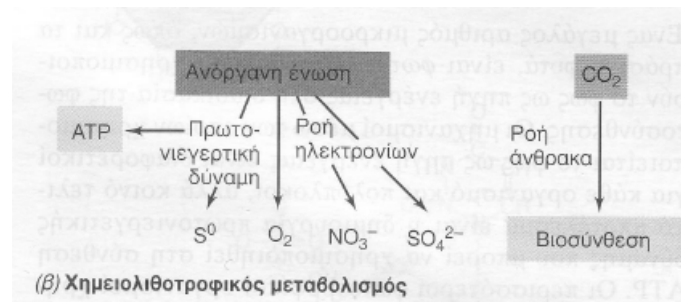
Μέθοδοι με τις οποίες τα κύτταρα παράγουν ενέργεια, πέραν της ζύμωσης και της αερόβιας αναπνοής είναι επίσης η αναερόβια αναπνοή, η χημειολιθοτροφία, και η φωτοτροφία.

Αναερόβια Αναπνοή. Παραλλαγή της αναπνοής κατά την οποία χρησιμοποιούνται δέκτες ηλεκτρονίων διαφορετικοί από το οξυγόνο όπως το νιτρικό (NO_3^-), το ιόν του σιδήρου (Fe_3^+), το Θειικό (SO_4^{2-}), το ανθρακικό (CO_3^{2-}). Λόγω της χαμηλής θέσης τους στον πύργο ηλεκτρονίων απελευθερώνεται λιγότερη ενέργεια όταν χρησιμοποιούνται αυτοί οι δέκτες ηλεκτρονίων αντί του οξυγόνου. Ωστόσο, η χρήση των εναλλακτικών δεκτών ηλεκτρονίων επιτρέπει στους μικροοργανισμούς να αναπνέουν σε περιβάλλοντα όπου το οξυγόνο απουσιάζει γι' αυτό είναι πολύ σημαντική.



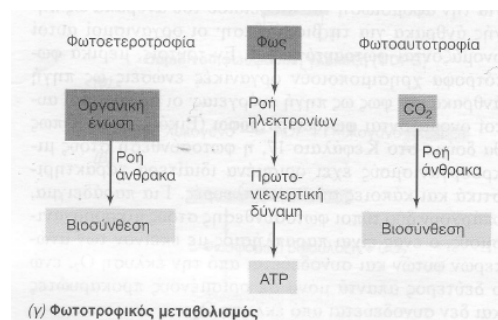
Εναλλακτικές καταβολικές οδοί

Χημειολιθοτροφία. Ένας δεύτερος τρόπος παραγωγής ενέργειας συνδέεται με τη χρήση ανόργανων χημικών ενώσεων. Οι οργανισμοί που μπορούν να χρησιμοποιούν ανόργανες ενώσεις ως δότες ηλεκτρονίων είναι ένας τύπος χημειοτρόφων που ονομάζονται χημειολιθότροφοι. Παραδείγματα ανόργανων δοτών ηλεκτρονίων είναι το υδρόθειο το αέριο υδρογόνο (H_2), ο δισθενής σίδηρος και η αμμωνία. Στον χημειολιθοτροφικό μεταβολισμό χρησιμοποιούνται συνήθως διαδικασίες αερόβιας αναπνοής αλλά με ανόργανη πηγή ενέργειας. Οι περισσότεροι χημειολιθότροφοι χρησιμοποιούν διοξείδιο του άνθρακα ως πηγή άνθρακα για τη βιοσύνθεση και ονομάζονται αυτότροφοι.

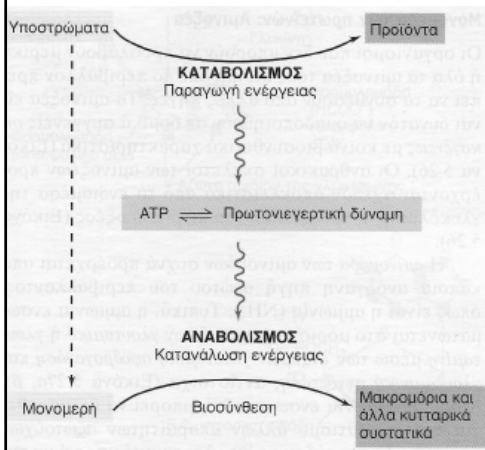


Εναλλακτικές καταβολικές οδοί

Φωτοτροφία. Οι φωτότροφοι μικ/οι χρησιμοποιούν το φως ως πηγή ενέργειας στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Οι μηχανισμοί μέσω των οποίων χρησιμοποιείται το φως ως πηγή ενέργειας είναι διαφορετικοί για κάθε οργανισμό και πολύπλοκοι, αλλά κοινό τελικό αποτέλεσμα είναι η δημιουργία πρωτονιγεργτικής δύναμης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη σύνθεση ATP. Οι περισσότεροι φωτοτροφικοί οργανισμοί χρησιμοποιούν την ενέργεια που διατηρήθηκε στο ATP για την αφομοίωση του διοξειδίου του άνθρακα ως πηγής άνθρακα για τη βιοσύνθεση. Εν τούτοις, μερικά φωτότροφα χρησιμοποιούν οργανικές ενώσεις ως πηγή άνθρακα και φως ως πηγή ενέργειας



Αναβολισμός-Βιοσύνθεση βασικών μονομερών



Η ενέργεια που κατά τις καταβολικές αντιδράσεις διατηρείται υπό τη μορφή ΑΤΡ, ή η πρωτονεγερτική δύναμη, καταναλώνεται τόσο κατά τον σχηματισμό των μονομερών όσο και κατά τον πολυμερισμό των μονομερών για τον σχηματισμό μακρομορίων.

Αναβολισμός-Βιοσύνθεση βασικών μονομερών

Μονομερή των πολυσακχαριτών: Σάκχαρα.

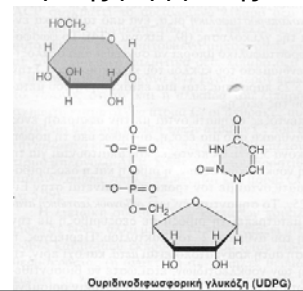
Οι πολυσακχαρίτες είναι βασικά συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων πολλών οργανισμών. Επιπλέον, τα κύτταρα συχνά αποθηκεύουν άνθρακα και ενέργεια με τη μορφή των πολυσακχαριτών γλυκογόνο και άμυλο.

Οι μονομερείς μονάδες αυτών των πολυσακχαριτών είναι εξόζες, κυρίως γλυκόζη ή διάφορα παράγωγά της και πεντόζες όπως η ριβόζη και η δεοξυριβόζη που υπάρχουν στον σκελετό του RNA και του DNA.

Αναβολισμός-Βιοσύνθεση βασικών μονομερών

Μονομερή των πολυσακχαριτών: Σάκχαρα.

Στους προκαρυωτικούς οργανισμούς, οι πολυσακχαρίτες συντίθενται είτε από ουριδινοδιφωσφορική γλυκόζη (UDPG) είτε από αδενοσινοδιφωσφορική γλυκόζη (ADPG), που και οι δύο αποτελούν ενεργοποιημένες μορφές γλυκόζης. Το ADPG είναι το πρόδρομο μόριο για τη βιοσύνθεση του γλυκογόνου, ενώ το UDPG είναι το πρόδρομο μόριο για διάφορα παράγωγα της γλυκόζης που απαιτούνται για τη βιοσύνθεση άλλων πολυσακχαριτών στο κύτταρο, όπως είναι η πεπτιδογλυκάνη ή οι λιποπολυσακχαρίτες της εξωτερικής μεμβράνης των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων

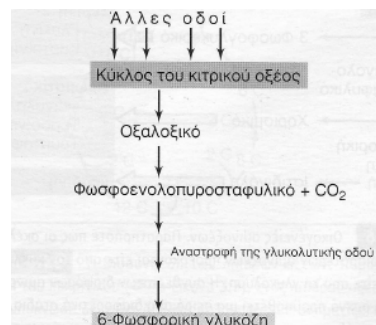


Αναβολισμός-Βιοσύνθεση βασικών μονομερών

Μονομερή των πολυσακχαριτών: Σάκχαρα.

Όταν ένα κύτταρο αναπτύσσεται τροφοδοτούμενο με μια εξόζη όπως είναι η γλυκόζη, η διαθεσιμότητα γλυκόζης για τη σύνθεση πολυσακχαριτών είναι άμεση. Όταν όμως το κύτταρο αναπτύσσεται τροφοδοτούμενο με άλλες οργανικές ενώσεις, η γλυκόζη θα πρέπει να συντεθεί. Σε αυτή τη διαδικασία, που ονομάζεται γλυκογονογένεση, χρησιμοποιείται ως αρχικό υλικό η φωσφοενολοπυροσταφυλική ρίζα, ένα από τα βασικά ενδιάμεσα, της γλυκόλυσης.

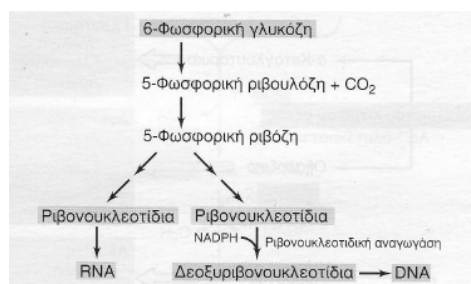
Το φωσφοενολοπυροσταφυλικό μπορεί επίσης να συντεθεί από οξαλοξικό, ένα ενδιάμεσο του κύκλου του κιτρικού οξέος.



Αναβολισμός-Βιοσύνθεση βασικών μονομερών

Μονομερή των πολυσακχαριτών: Σάκχαρα.

Οι πεντόζες σχηματίζονται με την αφαίρεση ενός ατόμου άνθρακα από μια εξόζη, συνήθως υπό τη μορφή CO₂. Οι πεντόζες που απαιτούνται για τη σύνθεση νουκλεϊκών οξέων, η ριβόζη και η δεοξυριβόζη, σχηματίζονται με τη δράση του ενζύμου ριβονουκλεοτιδική αναγωγάση που μετατρέπει τη ριβόζη σε δεοξυριβόζη

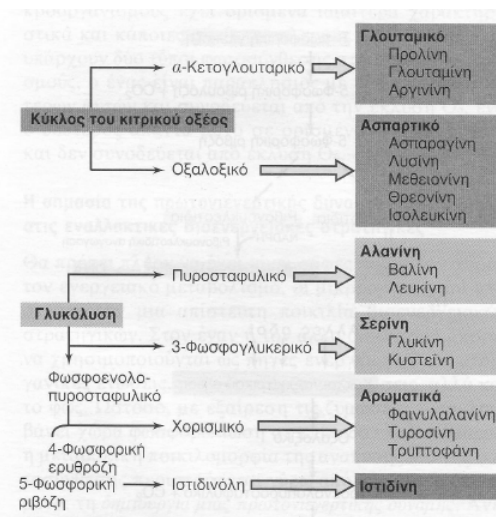


Αναβολισμός-Βιοσύνθεση βασικών μονομερών

Μονομερή των πρωτεϊνών:

Αμινοξέα

Οι οργανισμοί που δεν μπορούν να προσλάβουν μερικά ή όλα, τα αμινοξέα τους έτοιμα από το περιβάλλον πρέπει να τα συνθέσουν από άλλες πηγές. Οι ανθρακικοί σκελετοί των αμινοξέων προέρχονται σχεδόν αποκλειστικά από τα ενδιάμεσα της γλυκόλυσης ή του κύκλου του κιτρικού οξέος



Εικόνα 5.26 Οικογένειες αμινοξέων. Παρατηρήστε πώς οι σκελετοί άνθρακα των περισσότερων αμινοξέων προέρχονται είτε από τον κύκλο του κιτρικού οξέος είτε από τη γλυκόλυση. Η σύνθεση των διαφόρων αμινοξέων σε μια οικογένεια συχνά προϋποθέτει μια σειρά από διαφορετικά στάδια, που ξεκινούν από το πρόδρομο αμινοξύ (απεικονίζεται με έντονα στοιχεία) και καταλύονται από ένζυμα.

Αναβολισμός-Βιοσύνθεση βασικών μονομερών

Μονομερή των νουκλεϊκών οξέων: Νουκλεοτίδια

Η βιοσύνθεση των πουρινών και των πυριμιδινών είναι αρκετά περίπλοκη. Οι πουρίνες σχηματίζονται, κυριολεκτικά άτομο προς άτομο από διάφορες πηγές αζώτου και άνθρακα συμπεριλαμβανομένου του CO₂.

Η πρώτη βασική πουρίνη, το ινοσινικό οξύ είναι η πρόδρομη ένωση όλων των άλλων νουκλεοτιδίων της πουρίνης. Μόλις αυτά συντεθούν στην τριφωσφορική μορφή τους είναι έτοιμα να ενσωματωθούν στο DNA ή στο RNA .

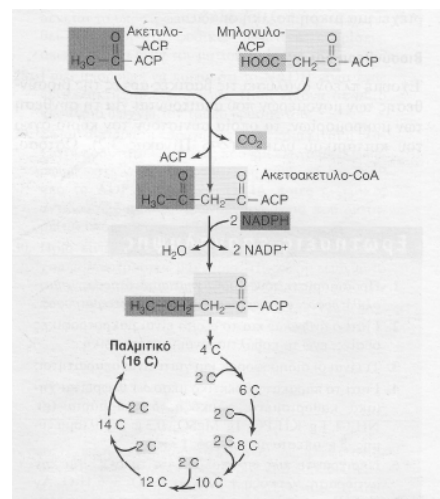
Όπως ο πουρινικός δακτύλιος, έτσι και ο πυριμιδινικός σχηματίζεται από διάφορες πηγές και η πρώτη βασική πυριμιδίνη είναι το ουριδιλικό από το οποίο προέρχονται όλες οι άλλες πυριμιδίνες

Αναβολισμός-Βιοσύνθεση βασικών μονομερών

Μονομερή των λιπιδίων: Λιπαρά οξέα

Τα λιπαρά οξέα είναι απαραίτητα για τη βιοσύνθεση λιπιδίων στα βακτήρια. Τα λιπαρά οξέα βιοσυντίθενται ανά δύο άτομα άνθρακα κάθε φορά με τη βοήθεια μιας μικρής πρωτεΐνης που ονομάζεται ακυλοφόρος πρωτεΐνη (ACP).

Η ACP συγκρατεί το αυξανόμενο λιπαρό οξύ κατά τη διάρκεια της σύνθεσής του και το απελευθερώνει όταν αυτό φθάσει στο απαιτούμενο μήκος



Εικόνα 5.29 Η βιοσύνθεση των λιπαρών οξέων. Παράδειγμα η βιοσύνθεση του παλμιτικού (Εικόνα 3.7), ενός λιπαρού οξέος με 16 άτομα C. Η συμπύκνωση ακετυλο-ACP και μηλονυλο-ACP σχηματίζει ακετοακετυλο-CoA. Κάθε διαδοχική προσθήκη ομάδας ακετυλίου προέρχεται από το μηλονυλο-CoA.

Γενική Μικροβιολογία

Διάλεξη 5 «Το Ευκαρυωτικό Κύτταρο»

**Κουτσουμανής Κ.
Λέκτορας**

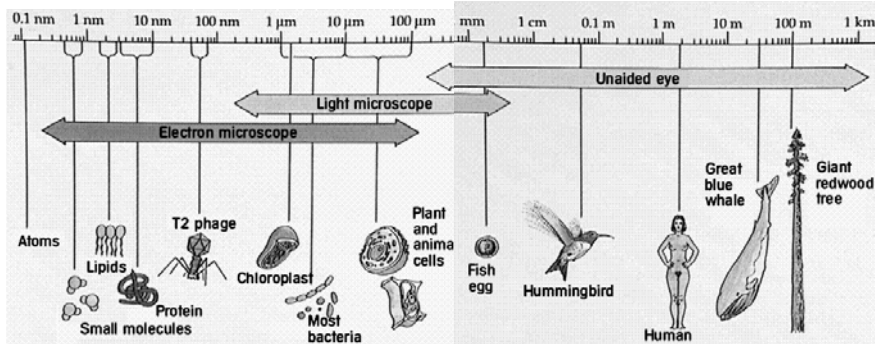
Ευκαρυωτικό Κύτταρο

Ευκαρυωτικοί Οργανισμοί

- Φυτά**
- Ζώα**
- Άλγη**
- Μύκητες**
- Πρωτόζωα**

Ευκαρωτικό Κύτταρο

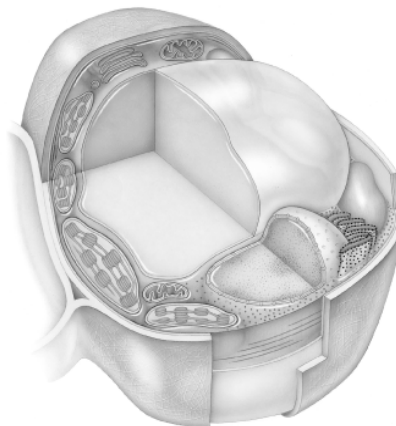
Μέγεθος Ευκαρωτικών Κυττάρων



Τυπικό
Ευκαρωτικό κύτταρο

Ευκαρωτικό Κύτταρο

Φυτικό Κύτταρο



© 2000 Wadsworth Publishing Company/ITP

Ζωϊκό Κύτταρο



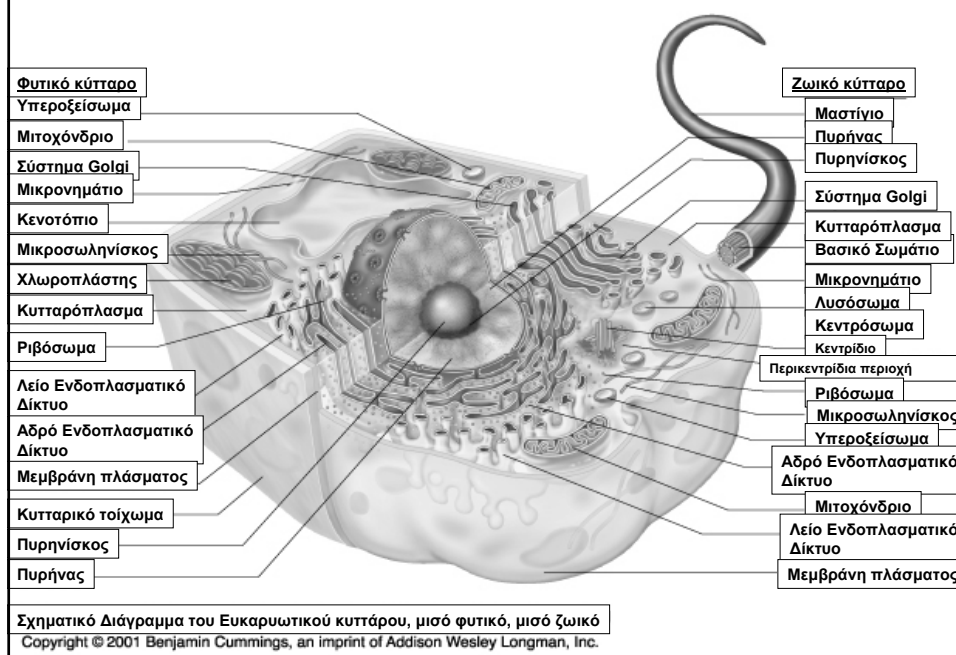
© 2000 Wadsworth Publishing Company/ITP

Ευκαρυωτικό Κύτταρο

Βασικά Μέρη του Ευκαρυωτικού Κυττάρου

- **Κυτταρικό Τοίχωμα**
(εκτός από ζωϊκά και πρωτόζωα)
- **Μεμβράνη Πλάσματος**
- **Κυτταρόπλασμα**
- **Οργανίδια**

Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου



Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Μαστίγια (Flagellum) και Βλεφαρίδες (Cilia)

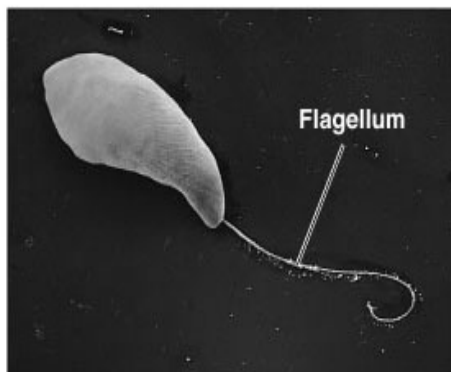
- **Μαστίγια:** Μακριά, μικρός αριθμός
- **Βλεφαρίδες:** Μικρές, μεγάλος αριθμός
- Και τα δύο λειτουργούν ως όργανα Κίνησης
- Κυματοειδή κίνηση, όχι περιστροφή
- Και τα δύο έχουν 2 μικροσωληνίσκους στο κέντρο και 9 διπλούς μικροσωληνίσκους στη περιφέρεια

Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Μαστίγια (Flagellum) και Βλεφαρίδες (Cilia)

Μαστίγια: Μακριά, μικρός αριθμός

Βλεφαρίδες: Μικρές, μεγάλος αριθμός



(a) Μαστίγια

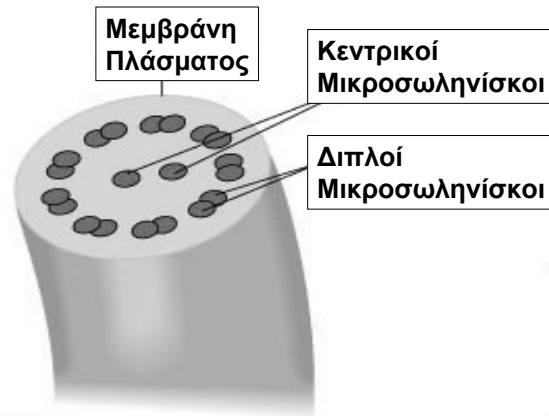


(b) Βλεφαρίδες

Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Μαστίγια (Flagellum) και Βλεφαρίδες (Cilia)

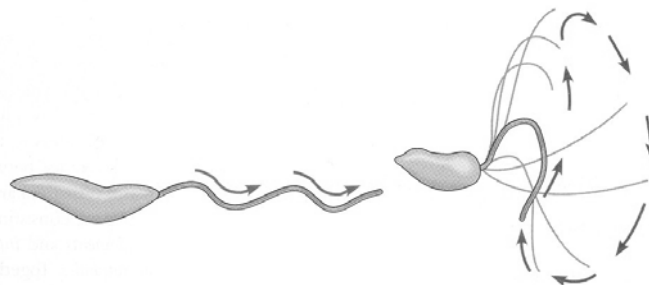
Και τα δύο έχουν 2 μικροσωληνίσκους στο κέντρο και 9 διπλούς μικροσωληνίσκους στη περιφέρεια



Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Μαστίγια (Flagellum) και Βλεφαρίδες (Cilia)

Κυματοειδή κίνηση, όχι περιστροφή όπως τα προκαρυωτικά



Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Κυτταρικό Τείχοςμα

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">➤ Τα κύτταρα φυτών, άλγεων και μυκήτων έχουν κυτταρικό τείχοςμα απλούστερο των προκαρυωτικών➤ Το κυτταρικό τείχοςμα των άλγων αποτελείται από σελουλόζη➤ Το κυτταρικό τείχοςμα των μυκήτων αποτελείται από χιτίνη➤ Το κυτταρικό τείχοςμα των ζυμών αποτελείται από γλουκάνη και μαννάνη | <ul style="list-style-type: none">➤ Τα κύτταρα ζώων και πρωτοζώων δεν έχουν κυτταρικό τείχοςμα➤ Έχουν ένα γλοιώδες περίβλημα που αποτελείται από υδρογονάνθρακες και ονομάζεται glycocalyx➤ Βασικό για την προσκόλληση των κυττάρων |
|--|---|

Το κυτταρικό τείχοςμα των ευκαρυωτικών κυττάρων δεν έχει πεπτιδογλουκάνη

Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Μεμβράνη Πλάσματος (ή Πρωτοπλάσματική ή Κυτταρική Μεμβράνη)

- Έχει παρόμοια σύσταση με αυτή των προκαρυωτικών κυττάρων
- Διαφέρει στον τύπο των πρωτεϊνών
- Μπορεί να περιέχει και υδρογονάνθρακες

Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Μηχανισμοί Μεταφοράς μέσω της Μembrάνης

- Παρόμοιοι με αυτούς των προκαρυωτικών κυττάρων (παθητική και διευκολυνόμενη διάχυση, ενεργή μεταφορά)
- Ένας επιπλέον μηχανισμός η Ενδοκύττωση που παρατηρείται αποκλειστικά στα ευκαρυωτικά κύτταρα και διακρίνεται σε δύο επιμέρους μηχανισμούς
 - Φαγοκύτωση: όπου μεγάλα κομμάτια θρεπτικών ουσιών εγκοιλώνονται στη μεμβράνη και εγκλωβίζονται σε φαγοκυτικά κενοτόπια όπου «πέπτονται» μέσω των λυσοσωμάτων
 - Πινοκύτωση: όπου μικρές ποσότητες από το περιβάλλον υγρό μαζί με τα διαλυμένα θρεπτικών εγκοιλώνονται στη μεμβράνη και εγκλωβίζονται σε πινοκυτικά κυστίδια όπου «πέπτονται» μέσω των λυσοσωμάτων

Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Κυτταρόπλασμα

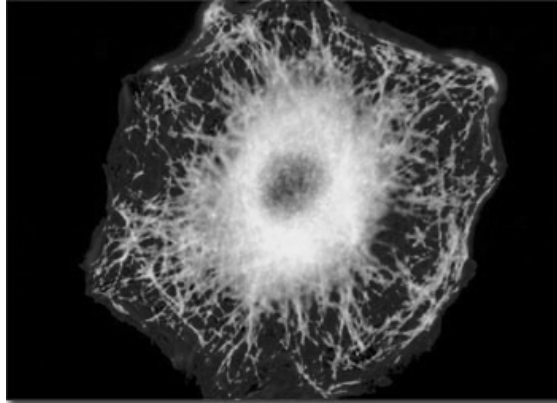
- Μεταξύ πρωτοπλασματικής Μembrάνης και Πυρήνα
- Αποτελείται από σημαντικό ποσοστό ελεύθερου ή δερμευμένου νερού
- Παχύρευστο υγρό σαν Gel λόγω υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες
- Υποστηρίζεται από τον Κυτταρικό Σκελετό (Cytoskeleton)
- Συμμετέχει στη δομική σταθερότητα του κυττάρου
- Περιέχει τα οργανίδια

Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Σκελετός Κυττάρου (Cytoskeleton)

Αποτελείται από 3 νηματοειδής πρωτεΐνες

- Μικρονημάτια
- Ενδιάμεσα νημάτια
- Μικροσωληνίσκοι

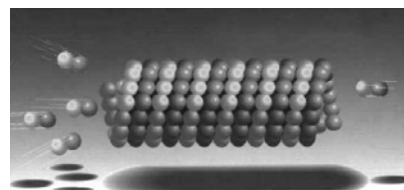
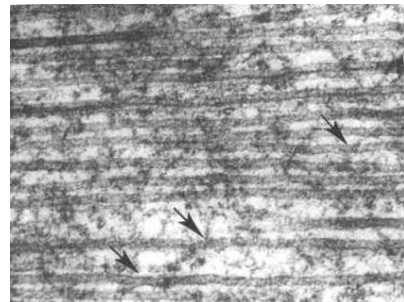


Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Σκελετός Κυττάρου (Cytoskeleton)

Μικροσωληνίσκοι

- Σχετίζεται με το σχήμα του κυττάρου, τη μίτωση, τη κίνηση του μαστιγίου και την κίνηση των οργανιδίων
- Μακροί, δύσκαμπτοι σωλήνες ~25nm
- Αποτελούνται από α και β τουμπουλίνη (σφαιρικές πρωτεΐνες)

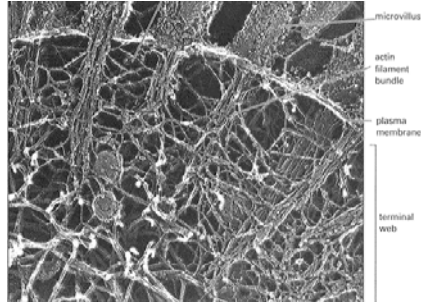


Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Σκελετός Κυττάρου (Cytoskeleton)

Μικρονημάτια

- Αποτελούνται από τη σφαιρική πρωτεΐνη ακτίνη
- Λεπτά ~7nm
- Σχετίζονται με την κίνηση του κυττάρου

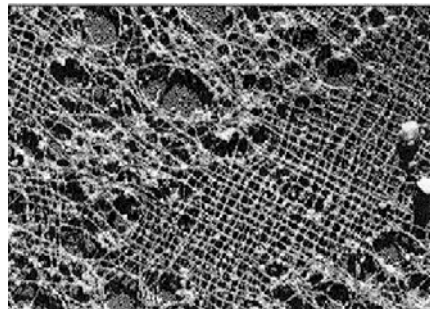


Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Σκελετός Κυττάρου (Cytoskeleton)

Ενδιάμεσα Νημάτια

- Αποτελούνται από τη σφαιρική πρωτεΐνη ακτίνη
- Λεπτά ~7nm
- Σχετίζονται με την κίνηση του κυττάρου
- Παραδείγματα
Λαμίνες: κρατούν το σχήμα του πυρήνα
Κερατίνες: σε επιθηλιακά κύτταρα



Εικόνα Λαμινών στον φάκελο του πυρήνα

Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Οργανίδια

Με μεμβράνη

- Πυρήνας
- Ενδοπλασματικό Δίκτυο
- Μιτοχόνδριο
- Χρωροπλάστης
- Σύστημα Golgi
- Λυσόσωμα
- Υπεροξειδίσωμα

Χωρίς μεμβράνη

- Ριβόσωμα
- Κεντρόσωμα

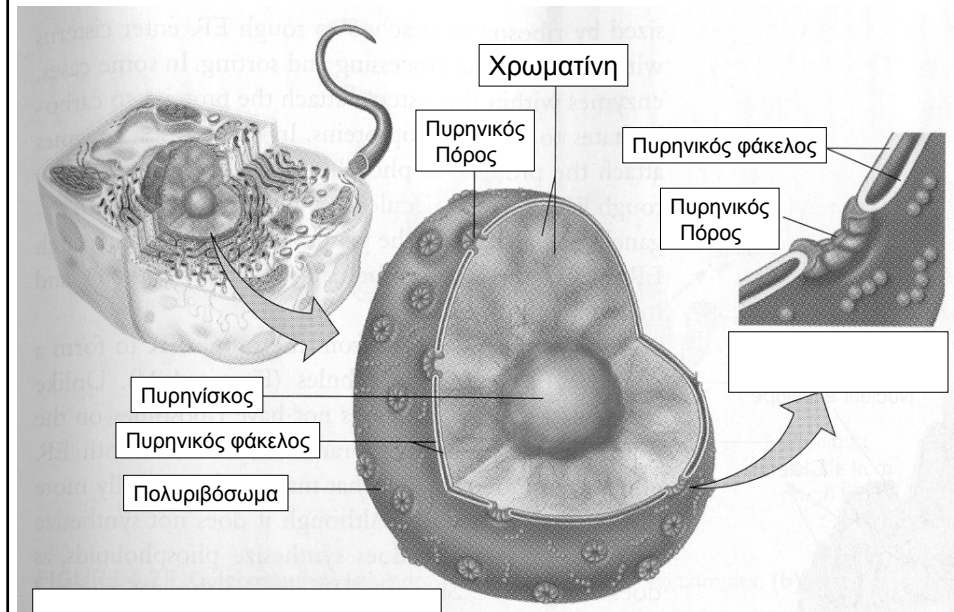
Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Πυρήνας

- Το μεγαλύτερο οργανίδιο περιέχει τις γενετικές πληροφορίες (DNA)
- Περιβάλλεται από φάκελο με διπλή μεμβράνη
- Η μεμβράνη έχει πόρους που επιτρέπουν την εισαγωγή υλικών από το κυτταρόπλασμα
- Στο νουκλεόπλασμα υπάρχει η χρωματίνη που περιέχει τις γενετικές πληροφορίες (DNA)
- Το DNA είναι αρχικά οργανωμένο από τις ιστόνες, στη συνέχεια οργανώνεται με νηματοειδή μορφή στη χρωματίνη και κατά τη διαίρεση του κυττάρου συμπηκνώνεται σε χρωμόσωμα
- Ο πυρήνας περιέχει έναν ή περισσότερους πυρηνίσκους που παίζουν σημαντικό ρόλο στη σύνθεση των ριβοσωμάτων

Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Πυρήνας



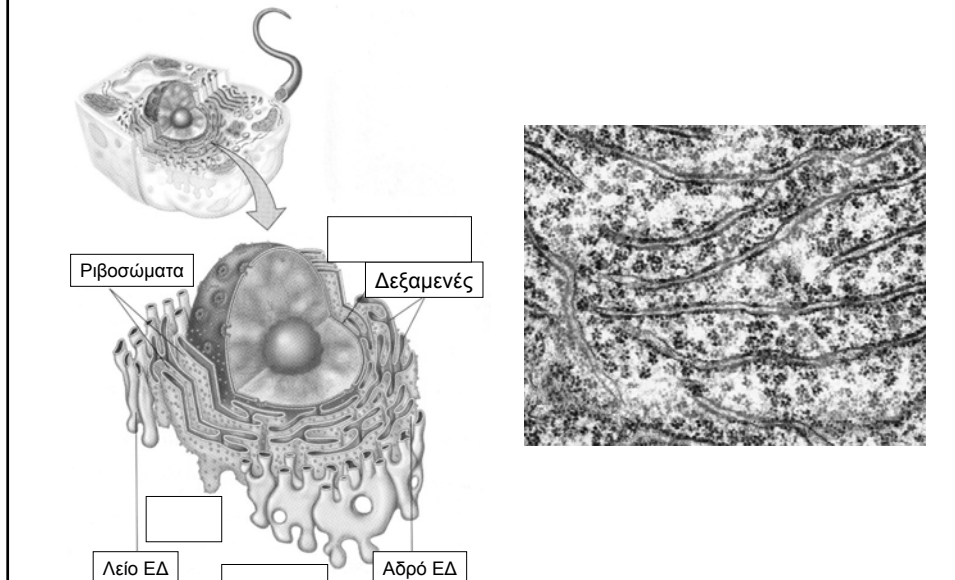
Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Ενδοπλασματικό Δίκτυο

- Δίκτυο από σωληνίσκους και δεξαμενές μέσα στο κυτταρόπλασμα
- Σχετίζεται με τη σύνθεση πρωτεϊνών και λιπιδίων και τη μεταφορά θρεπτικών υλικών
- Διακρίνεται σε:
 - Αδρό Ενδοπλασματικό Δίκτυο- Περιέχει ριβοσώματα-Σύνθεση πρωτεϊνών
 - Λείο Ενδοπλασματικό Δίκτυο- Δεν περιέχει ριβοσώματα-Σύνθεση λιπιδίων

Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

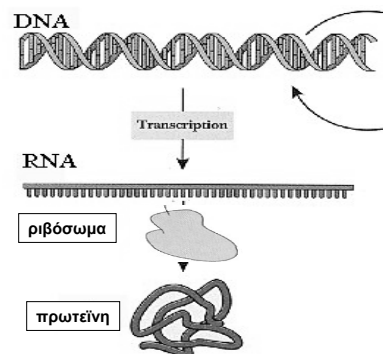
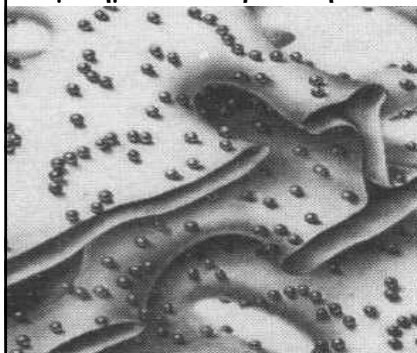
Ενδοπλασματικό Δίκτυο



Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Ριβοσώματα

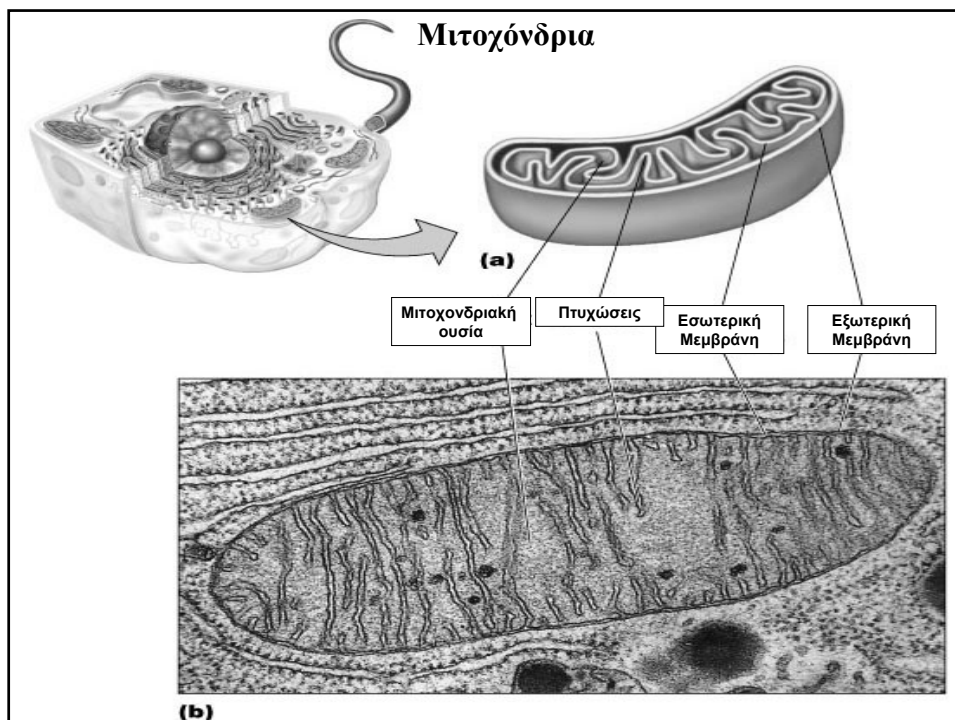
- Διακρίνονται σε ελεύθερα στο κυτταρόπλασμα και συνδεδεμένα με το ΕΔ
- Τα ελεύθερα συνθέτουν πρωτεΐνες υδατοδιαλυτές στο κυτταρόπλασμα ενώ τα συνδεδεμένα με το ΕΔ συνθέτουν πρωτεΐνες της μεμβράνης
- Ορισμένα ριβοσώματα είναι συνδεδεμένα με mRNA και μεταφράζουν το μήνυμά του σε πρωτεΐνη



Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Μιτοχόνδρια

- Οργανίδια που παράγουν την ενέργεια του κυττάρου κατά την αναπνοή με τη μορφή μορίων ATP
- Από 1 μεγάλο έως 1000 σε κάθε κύτταρο
- Έχουν διπλή μεμβράνη
- Η εσωτερική μεμβράνη σχηματίζει ειδικές εγκολπώσεις που ονομάζονται πτυχώσεις (cristae) και αυξάνουν την επιφάνειά της και περιβάλλουν τη μιτοχονδριακή ουσία (matrix)
- Έχουν τα δικά τους ριβοσώματα
- Χρησιμοποιούν DNA και τα ριβοσώματα για να συνθέσουν τις δικές τους πρωτεΐνες
- Πολλαπλασιάζονται με δοχοτόμηση



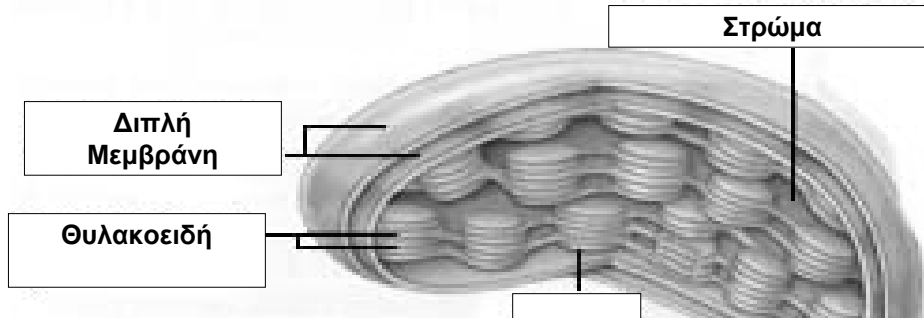
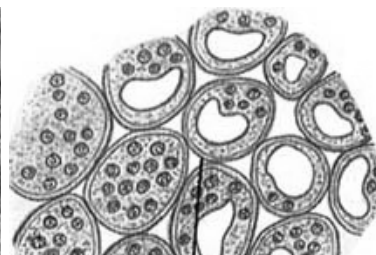
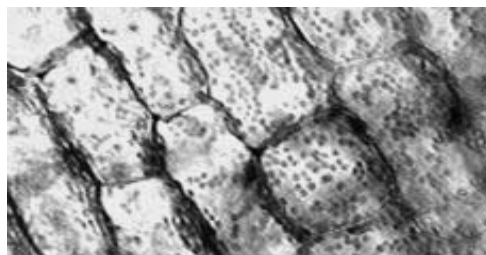
Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Χλωροπλάστες

- Οργανίδια που χρησιμοποιούν την ενέργεια του φωτός για να μετατρέψουν το CO₂ και το νερό σε υδατάνθρακες και οξυγόνο (φωτοσύνθεση)
- Σε άλγη, σε πράσινα φυτά και σε μερικά βακτήρια
- Περιβάλλονται από διπλή μεμβράνη και εσωτερική μεμβράνη περιέχει το στρώμα που αποτελείται από DNA, ροβωσώματα, σταγόνες λίπους, κόκκους αμύλου και ένα σύμπλοκο μεμβρανικό σύστημα τα θηλακοειδή
- Ο σχηματισμός υδατανθράκων από CO₂ (σκοτεινή αντίδραση) γίνεται στο στρώμα ενώ η δέσμευση ενέργεια για δημιουργία ATP (φωτεινή αντίδραση) γίνεται στις θηλακοειδής μεμβράνες που περιέχουν τη χλωροφύλη

Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Χλωροπλάστες



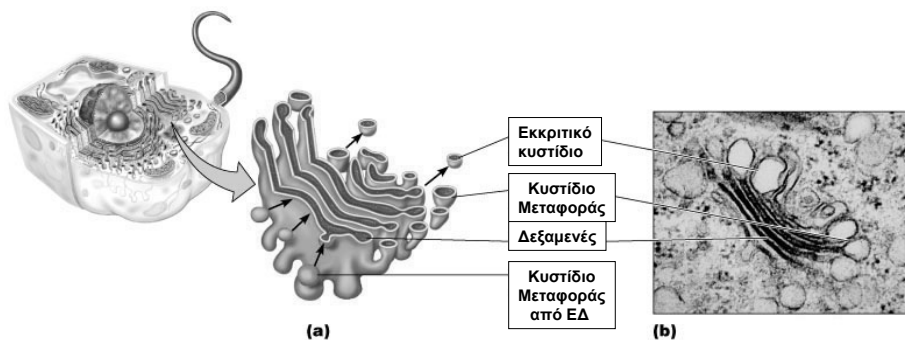
Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Σύστημα Golgi

- Σύστημα μεμβρανών που σχηματίζουν ένα μεγάλο αριθμό δεξαμενών και κυστιδίων
- Διαλογή και μεταφορά υλικών
- Τροποποιεί τις πρωτεΐνες και τα λιπίδια στην τελική τους μορφή, πχ προσθέτει τα σάκχαρα στις γλυκοπρωτεΐνες
- Επίσης δημιουργεί κυστίδια για την αποβολή υλικών από το κύτταρο
- Συνεργάζεται με το ΕΔ από όπου έρχονται υλικά, γίνεται διαλογή ή τροποποίηση και στέλνονται στην κανονική τους θέση

Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Σύστημα Golgi



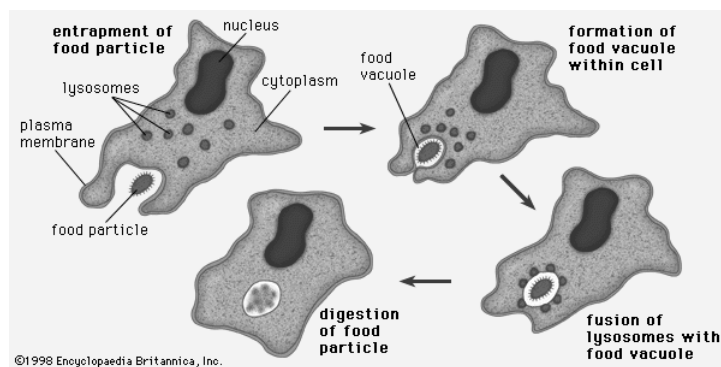
Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Λυσοσώματα

- Σφαιρικές κατασκευές που περιβάλλονται από απλή μεμβράνη
- Συνθέτονται στο σύστημα Golgi και το ΕΔ
- Περιέχουν ένζυμα πέψης τις υδρολάσες που υδρολύουν μακρομόρια
- Σημαντικά για το ανοσοποιητικό σύστημα αφού καταστρέφουν και τα βακτήρια που εισέρχονται στο κύτταρο

Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Λυσοσώματα



Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Κενοτόπιο

- Κατασκευή που περιβάλλεται από απλή μεμβράνη
- Μπορεί να αποτελεί και το 90% του κυτταροπλάσματος του φυτικού κυττάρου
- Αποθήκευση πρωτεϊνών, σακχάρων, οργανικών οξέων και ανόργανων ιόντων
- Χώρος υποδοχής της τροφής στο κύτταρο
- Διαχωρισμός απορριμάτων και τοξινών
- Λήψη νερού
- Δομική λειτουργία

Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Κενοτόπιο

- Κατασκευή που περιβάλλεται από απλή μεμβράνη
- Μπορεί να αποτελεί και το 90% του κυτταροπλάσματος του φυτικού κυττάρου
- Αποθήκευση πρωτεϊνών, σακχάρων, οργανικών οξέων και ανόργανων ιόντων
- Χώρος υποδοχής της τροφής στο κύτταρο
- Διαχωρισμός απορριμάτων και τοξινών
- Λήψη νερού
- Δομική λειτουργία

Πολλαπλασιασμός Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Μίτωση

➤ Κατά τον πολλαπλασιασμό των ευκαρυωτικών κυττάρων το γενετικό τους υλικό διπλασιάζεται και στη συνέχεια διαχωρίζεται ώστε ο κάθε νέος πυρήνας να έχει όλα τα χρωμοσώματα (μίτωση)

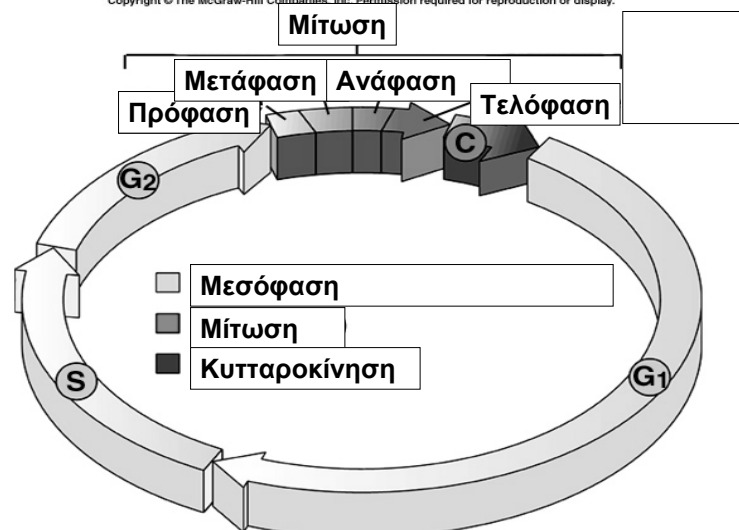
➤ Η διαδικασία αναπαραγωγής διακρίνεται σε 6 στάδια

1. Μεσόφαση
 2. Πρόφαση
 3. Μετάφαση
 4. Ανάφαση
 5. Τελόφαση
 6. Κυταροκίνηση
- } Μίτωση

Πολλαπλασιασμός Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Κύκλος Αναπαραγωγής

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Πολλαπλασιασμός Ευκαρυωτικού Κυττάρου Μεσόφαση

Η μεσόφαση διακρίνεται σε 3 στάδια

G1: Σύνθεση πρωτεϊνών λιπιδίων και άλλων συστατικών

S: Πολλαπλασιασμός του DNA, τα χρωμοσώματα ακόμα δεν έχουν σχηματιστεί αλλά αυξάνεται το πλέγμα του DNA

G2: Αντιγράφονται τα οργάνιδια του κυττάρου

Πολλαπλασιασμός Ευκαρυωτικού Κυττάρου Μίτωση

Πρόφαση: Αρχίζουν να εμφανίζονται τα χρωμοσώματα από συμπηκνωμένο DNA, Σπάει ο φάκελος του πυρήνα, Εξαφανίζεται ο πυρηνίσκος

Μετάφαση: Τα χρωμοσώματα παίρνουν θέση στο κέντρο της ατράκτου και ο πυρηνικός φάκελος εξαφανίζεται

Ανάφαση: Τα χρωματίδια διαχωρίζονται και οδεύουν προς τους πόλους

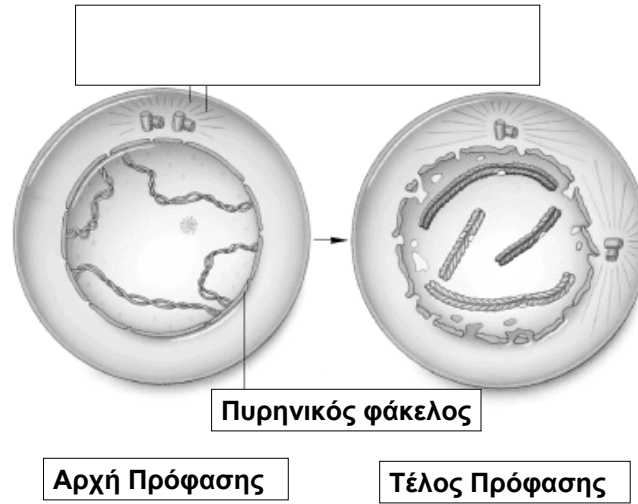
Τελόφαση: Τα χρωματίδια γίνονται λιγότερο ορατά, επανεμφανίζεται ο πυρηνίσκος και ανασυγκροτείται ο πυρηνικός φάκελος ώστε να σχηματιστούν δύο νέοι πυρήνες

Κυτταροκίνηση

Γίνεται ο φυσικός διαχωρισμός του κυττάρου

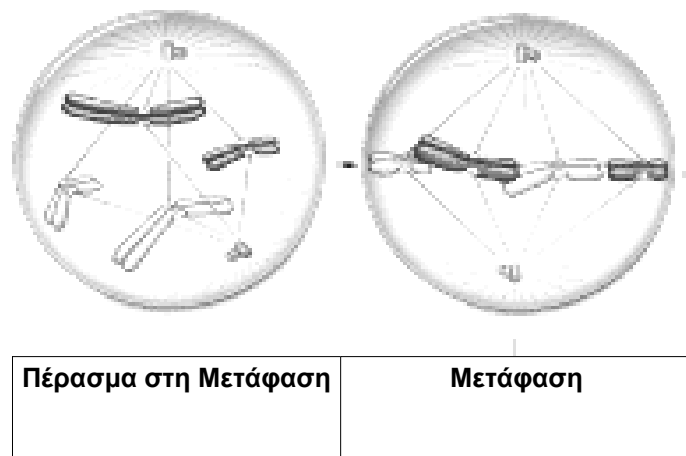
Πολλαπλασιασμός Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Πρόφαση



Πολλαπλασιασμός Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Μετάφαση



Πολλαπλασιασμός Ευκαρυωτικού
Κυττάρου
Ανάφαση

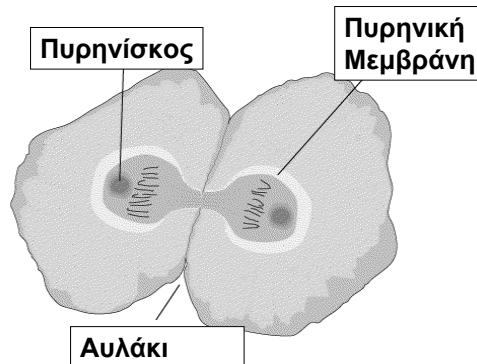


Ανάφαση

Πολλαπλασιασμός Ευκαρυωτικού
Κυττάρου
Τελόφαση

Ricki Lewis, Life, 3e. Copyright © 1998 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

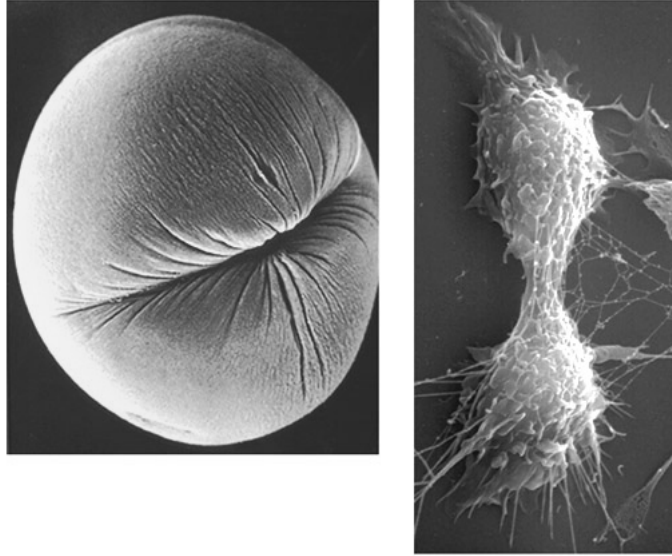
Mitosis in a Human Cell—Telophase



Κυτταροκίνηση

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Cytokinesis in Animal Cells



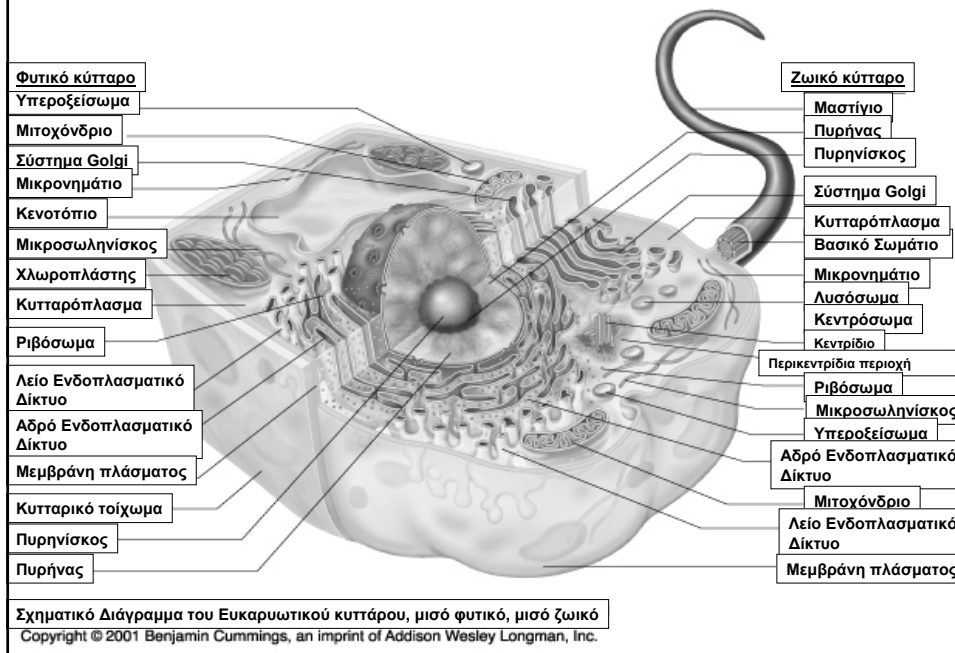
Πολλαπλασιασμός Ευκαρυωτικού Κυττάρου

Μείωση

Κατά τη μίτωση, μετά τη διαίρεση, ο οργανισμός που προκύπτει εξακολουθεί να έχει δύο αντίγραφα του κάθε χρωμοσώματος (διπλοειδής)

Κάποιοι οργανισμοί μειώνουν τον αριθμό των χρωμοσωμάτων στο μισό (απλοειδής), μια διεργασία που λέγεται μείωση. Στη συνέχεια ως γαμέτες συγχωνεύονται και σχηματίζουν διπλοειδή κύτταρα

Δομή Ευκαρυωτικού Κυττάρου



Γενική Μικροβιολογία

Διάλεξη 6 «Ιοί»

Κουτσουμανής Κ.
Λέκτορας

Ιοί

Τί είναι οι Ιοί;

Μοναδική κατηγορία βιολογικών όντων

- Χωρίς κυτταρική οργάνωση
- Πολύ μικρό μέγεθος με αποτέλεσμα να διέρχονται από μικροβιολογικά φίλτρα
- Υποχρεωτικά ενδοκυτταρικά παράσιτα

Ιοί

Δομή των Ιών

Η δομική μονάδα των ιών λέγεται “virion” και αποτελείται από:

1. Νουκλεϊκό οξύ
2. Κάψα ή καψίδιο
3. (Ελυτρο)
4. (Προεξοχές)

Ιοί

Δομή των Ιών

1. Νουκλεϊκό οξύ

- DNA ή RNA ποτέ όμως και τα δύο μαζί
- Η παρουσία μόνο ενός νουκλεϊκού οξέος αποτελεί και τη βασική διαφορά τους με του άλλους οργανισμούς οι οποίοι περιέχουν πάντα και τα δύο νουκλεϊκά οξέα
- Τα νουκλεϊκά οξέα είναι οι φορείς του γενετικού κώδικα που είναι απαραίτητοι για την «αντιτύπωση» του ιού μέσα στο κύτταρο του ξενιστή
- Οι ιοί των φυτών περιέχουν RNA, οι ιοί των ζώων DNA ή RNA ενώ οι ιοί των βακτηρίων DNA

Ιοί

Δομή των Ιών

2. Κάψα ή Καψίδιο (capsid)

- Πρωτεϊνικός Μανδύας που περιβάλλει το νουκλεϊκό οξύ
- Αποτελείται από σφαιρικές πρωτεΐνες, τα «καγομερίδια»
- Προστατεύει το νουκλεϊκό οξύ κατά την εξωτερική φάση
- Διευκολύνει τη διείσδυση του ιού στο ξενιστή. Το ελεύθερο νουκλεϊκό οξύ έχει πολύ μικρότερη μολυσματική ικανότητα από το virion
- Καθορίζει την εξειδίκευση του ιού στο ξενιστή γι' αυτό και το ελεύθερο νουκλεϊκό οξύ παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερο φάσμα ξενιστών από το virion
- Ο αριθμός των καγομεριδίων χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση των ιών

Ιοί

Δομή των Ιών

3. Έλυτρο (envelope)

- Περίβλημα που περιβάλλει το καψίδιο
- Δεν υπάρχει σε όλους του ιούς
- Αποτελείται από λιποειδή και πολυσακχαρίτες ή και πρωτεΐνες που προέρχονται εν μέρει από τη κυτταρική μεμβράνη του ξενιστή

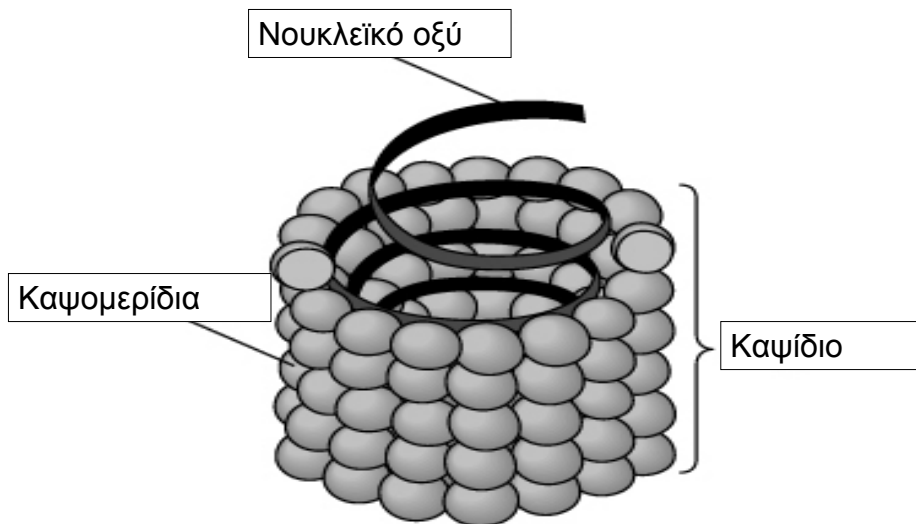
Ιοί

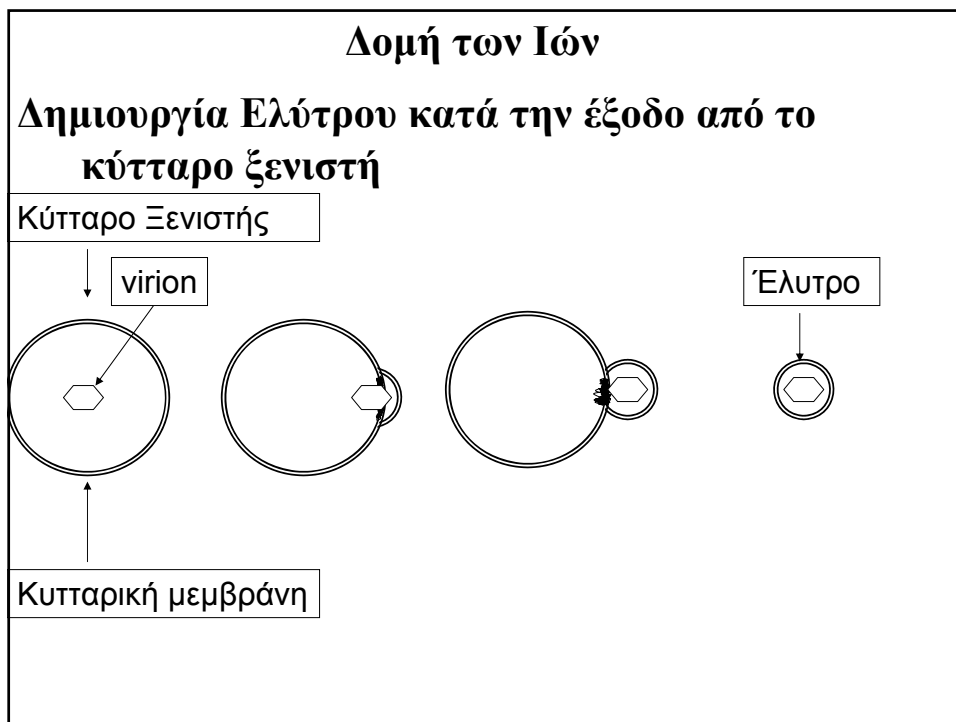
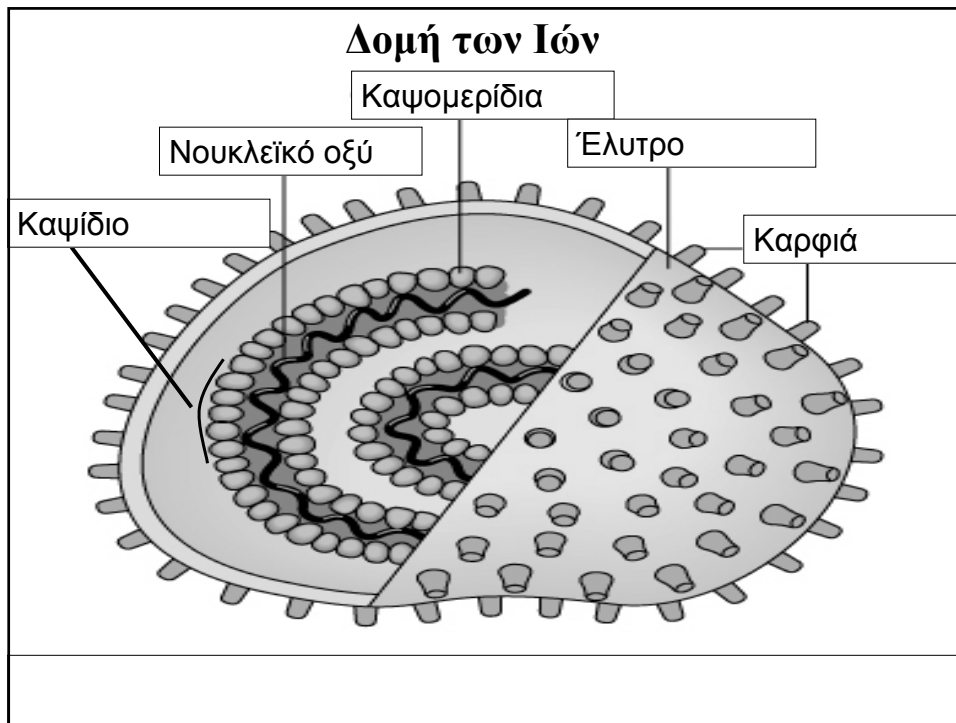
Δομή των Ιών

4. Προεξοχές

- Ορισμένες ομάδες ιών σχηματίζουν στην επιφάνειά τους προεξοχές διαφόρων σχημάτων
- Είναι πρωτεϊνικής φύσης
- Μπορεί να έχουν τη μορφή καρφιών (spikes) ή ινιδίων (fibers)
- Χρησιμεύουν κυρίως ως όργανα πρόσφυσης στο κύτταρο ξενιστή

Δομή των Ιών





Ιοί

Μορφολογία των Ιών

Υπάρχουν 4 γενικοί μορφολογικοί τύποι των “virion” :

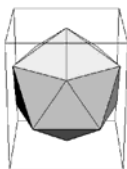
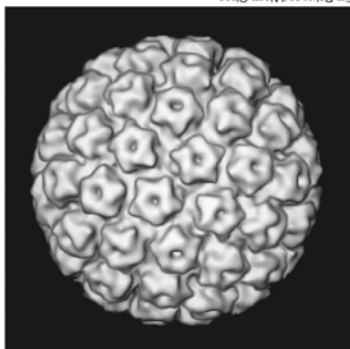
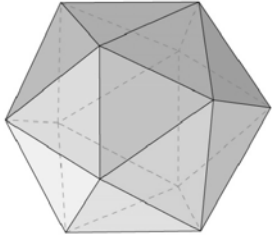
1. **Εικοσαεδρική μορφή:** Τα μόρια της πρωτεΐνης του καψιδίου ενώνονται ανά 5 ή 6 και σχηματίζουν τα καψομερίδια που με τη σειρά τους τοποθετούνται έτσι ώστε να σχηματίζουν ένα κανονικό εικοσάεδρο
2. **Ελικοειδή μορφή:** Το νουκλεϊκό οξύ έχει ελικοειδή μορφή και περιβάλλεται από τα καψομερίδια με αποτέλεσμα το virion να φαίνεται ως κύλινδρος
3. Σε πολλές περιπτώσεις το καψίδιο περιβάλλεται από έλυτρο το οποίο μπορεί να έχει σφαιρικό ή και ποικίλο σχήμα παρά το γεγονός ότι το καψίδιο μπορεί να είναι ελικοειδές ή εικοσάεδρο
4. **Μικτή μορφή:** Δεν διακρίνουμε μια συγκεκριμένη συμμετρία στο καψίδιο και συνήθως φέρουν προεξοχές

Ιοί

Μορφολογία των Ιών

Εικοσαεδρική μορφή

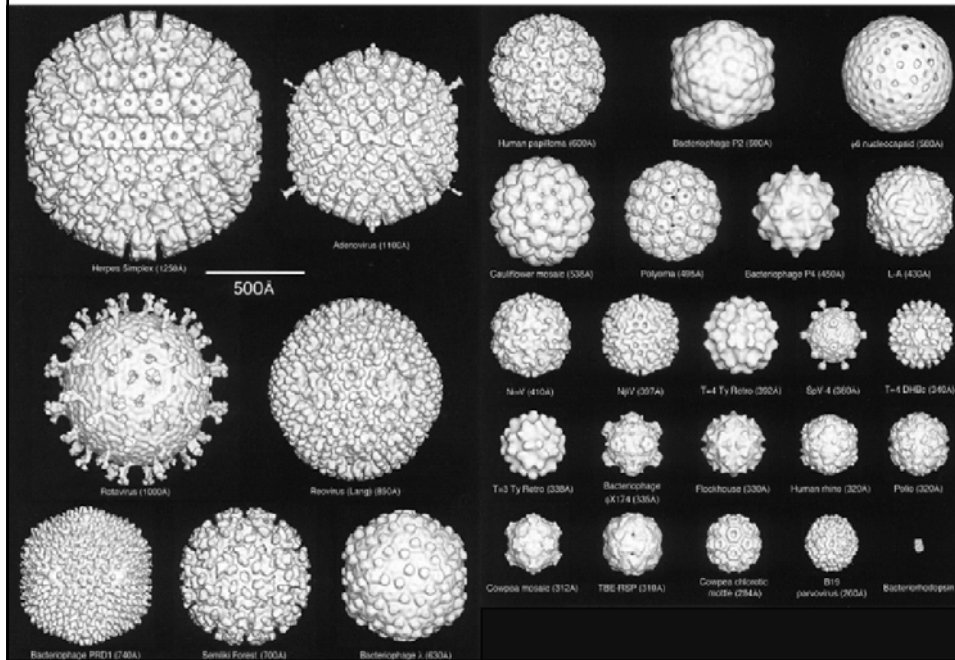
(καψίδιο με εικοσαεδρική συμμετρία)



(a)

Tim Baker and Norm Olson

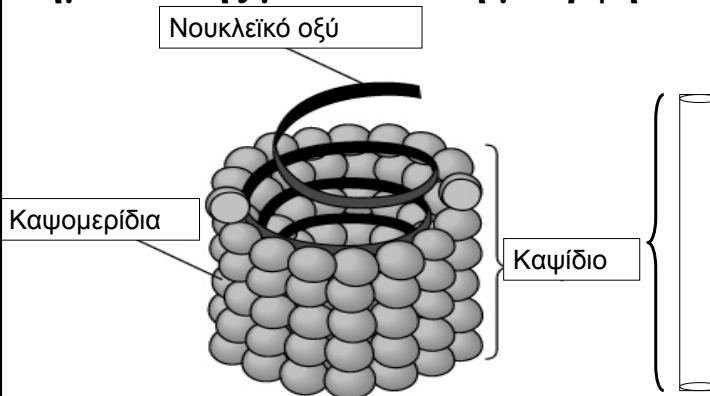
Ιοί με Εικοσαεδρική συμμετρία



Ιοί

Μορφολογία των Ιών

Νηματοειδής με ελικοειδή μορφή



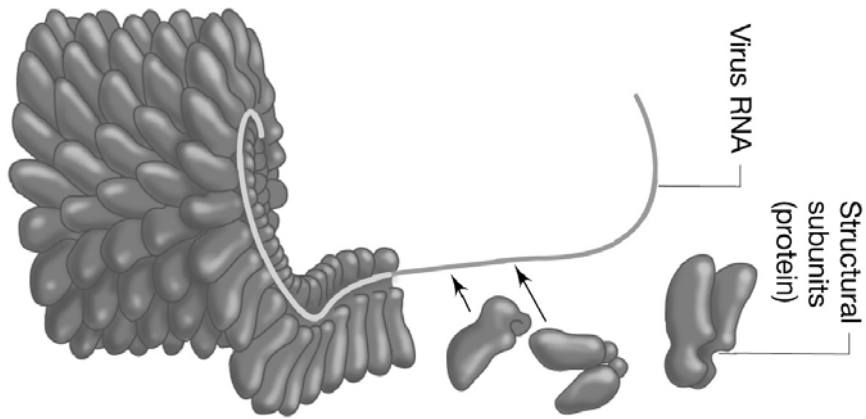
(a) Ιός με Ελικοειδή μορφή

Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Ιοί

Μορφολογία των Ιών

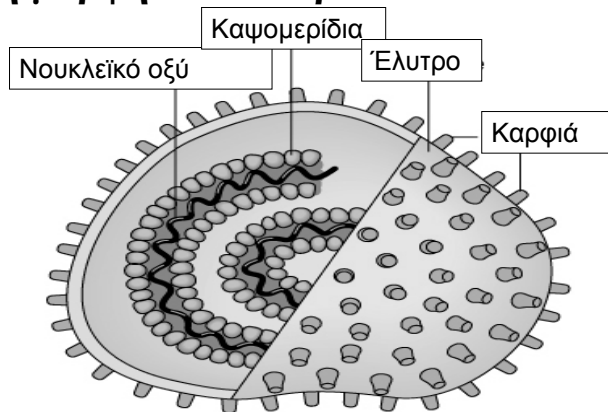
Νηματοιειδής με ελικοειδή μοδρφή



Ιοί

Μορφολογία των Ιών

Ελικοειδή μορφή και έλυτρο

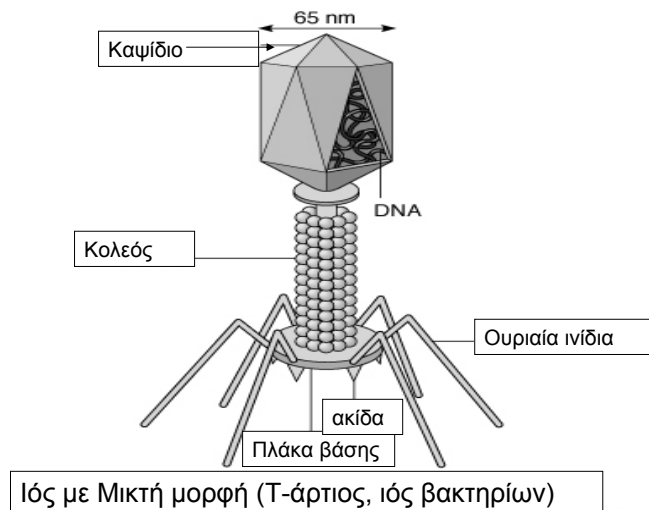


Ιός με Ελικοειδή μορφή και έλυτρο

Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

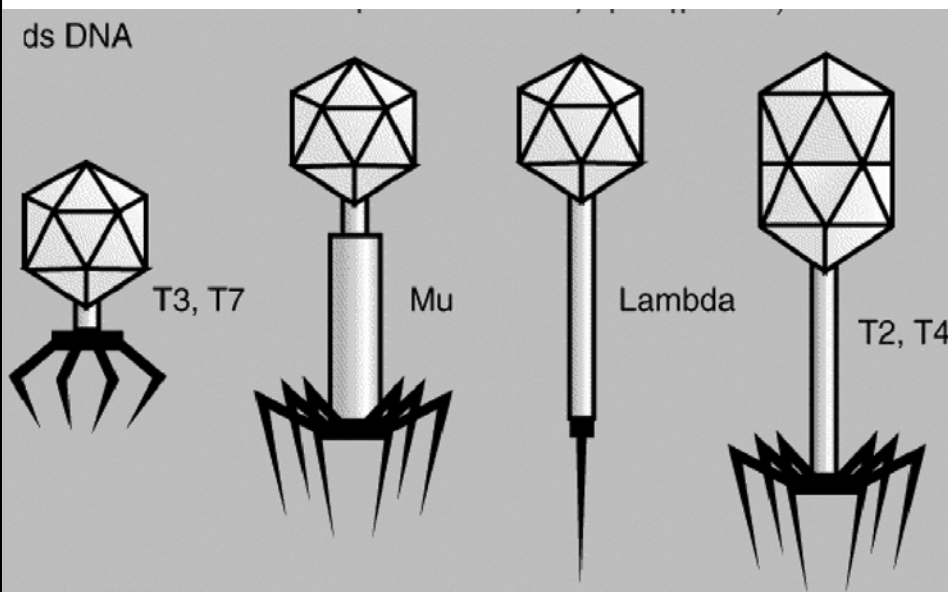
Μορφολογία των Ιών

Μικτή μορφή



Μορφολογία των Ιών

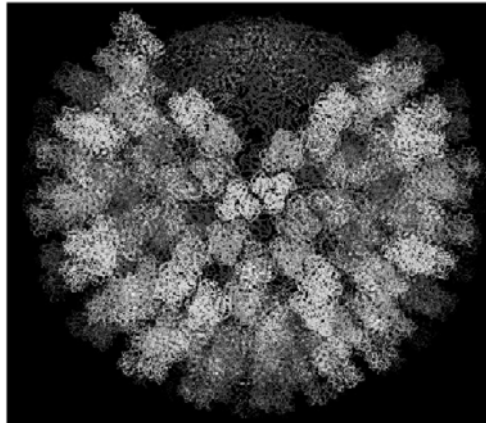
Μικτή μορφή



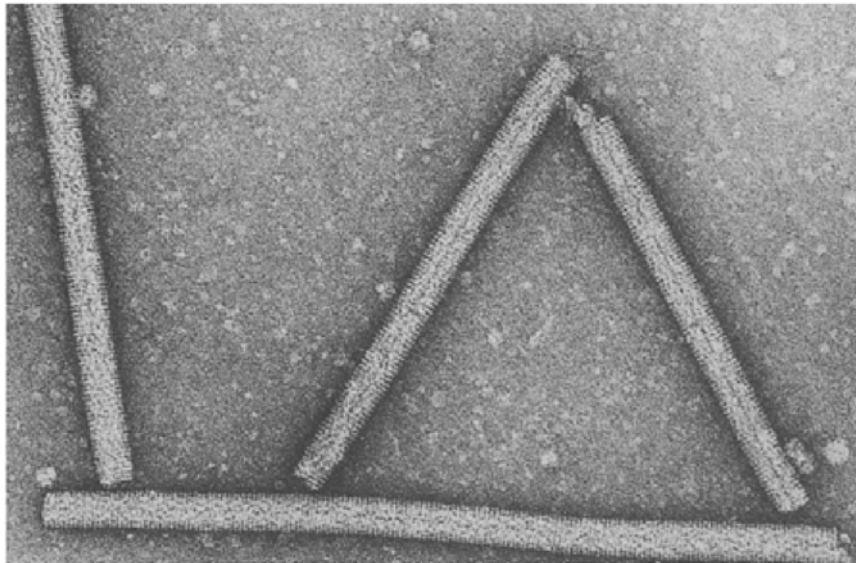
Biggest virus molecular structure yet!

John E. Johnson and Vijay S. Reddy

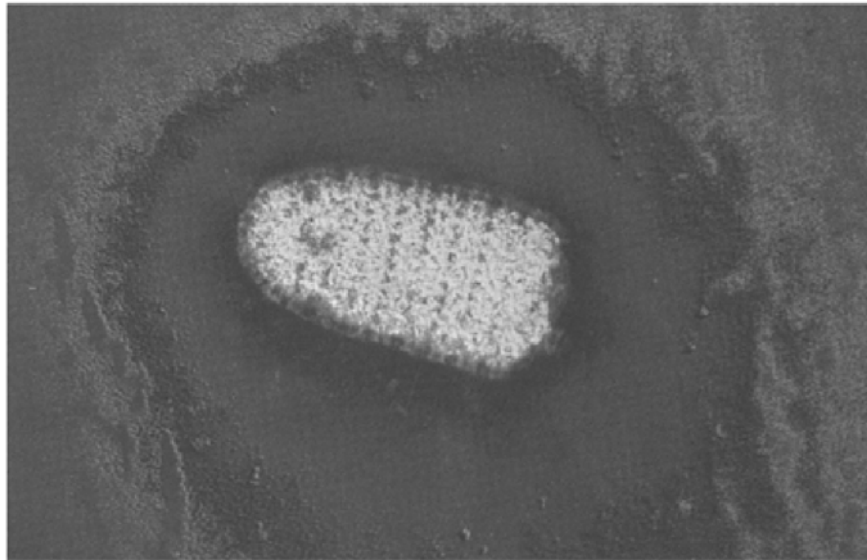
The blue tongue virus core (BTVC) particle is the biggest molecular structure determined to date by X-ray crystallography. The atomic model shows that the inner core particle of 120 VP3 subunits guides the assembly of an outer shell with 780 VP7 subunits. The structure may lead to new targets for particle based anti-viral agents and to experiments to refine the details of the proposed virus assembly pathway.



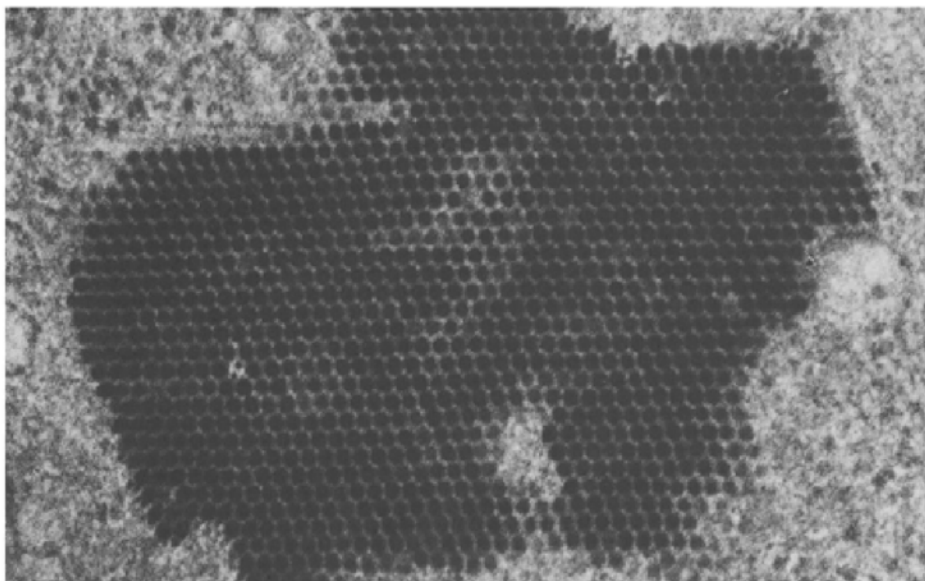
Ιός παντζαριού



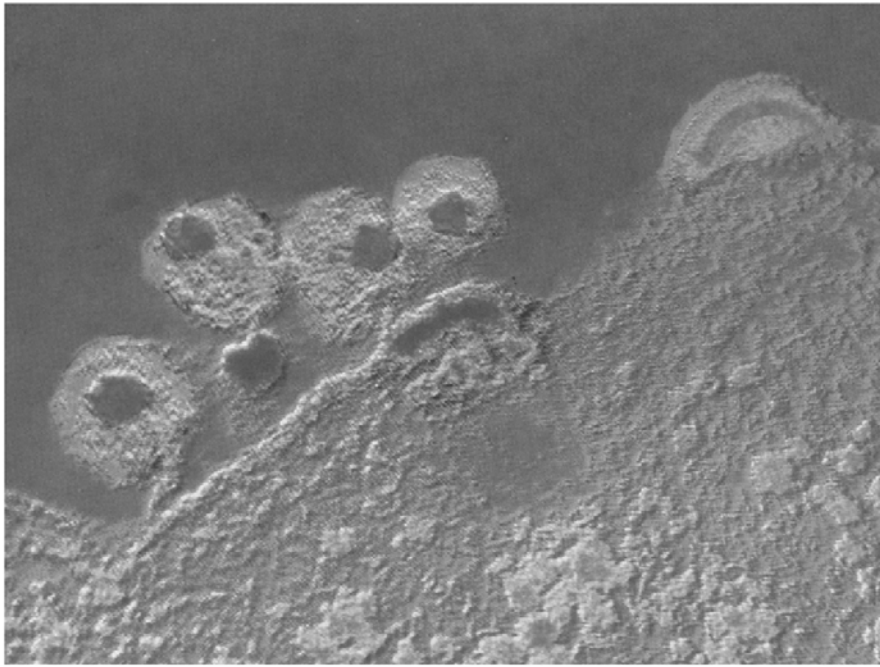
Ιός της λύσσας



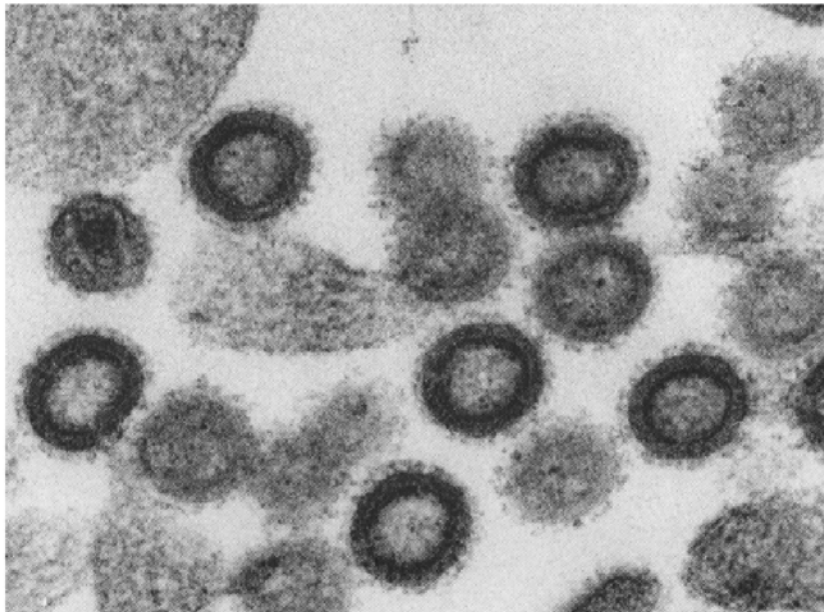
Ιός πολιομελίτιδας



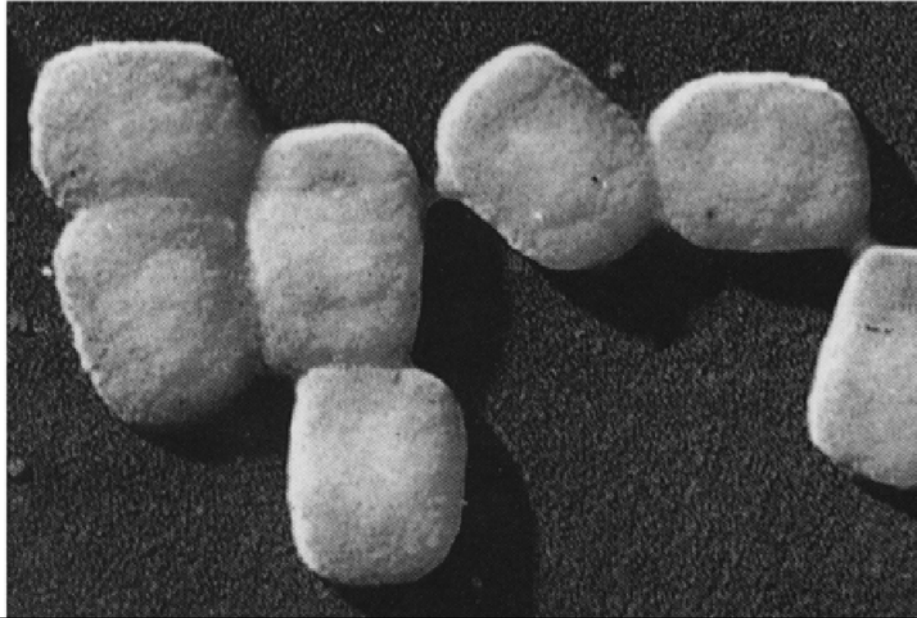
HIV



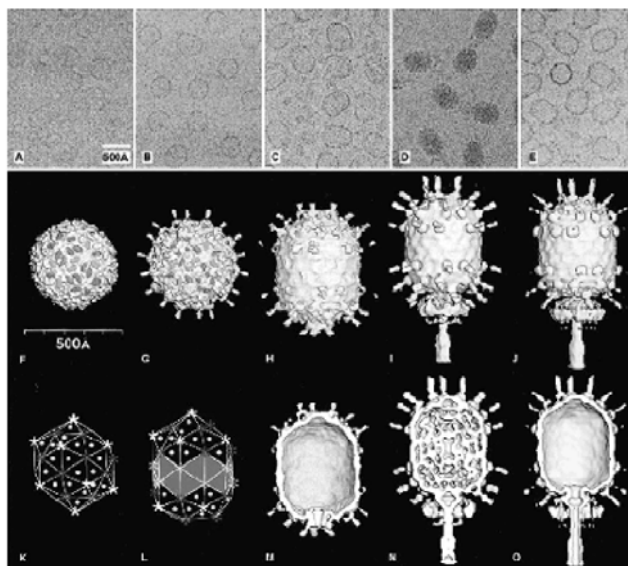
Ιός ανοσοβιολογικής ανεπάρκειας πιθήκου



Ιός ευλογιάς



ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΦΑΓΟΥ Φ29 ΜΕ ΚΡΥΟ-ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ



Ιοί

Πολλαπλασιασμός των Ιών

Υπάρχουν 6 βασικές φάσεις πολλαπλασιασμού των ιών :

1. Πρόσφυση
2. Είσοδος στο κύτταρο
3. Απογύμνωση
4. Σύνθεση συστατικών του ιού
5. Ωρίμανση
6. Απελευθέρωση

Ιοί

Πολλαπλασιασμός των Ιών

1. Πρόσφυση

Τα σωματίδια του ιού προσκολλούνται στην επιφάνεια του κυττάρου του ξενιστή. Η προσκόλληση γίνεται σε ειδικούς υποδοχείς με τη βοήθεια των προεξοχών των ιών

Ιοί

Πολλαπλασιασμός των Ιών

2. Είσοδος στο κύτταρο

Ο μηχανισμός εισόδου διαφέρει στους ιούς των ζώων των φυτών και των βακτηρίων.

- Στα φυτά και τα βακτήρια οι ιοί πρέπει να διαπεράσουν το κυτταρικό τοίχωμα ενώ στα ζώα προσροφώνται απευθείας επί της κυτταρικής μεμβράνης.
- Οι ιοί των φυτών δεν διαθέτουν εξειδικευμένους μηχανισμούς διατήσεως του κυττάρου ξενιστή. Στη φύση η μετάδοση των ιών από το ένα φυτό στο άλλο γίνεται μέσω εντόμων-φορέων τα οποία δια νυγμάτων εγχύουν τον ιό διαμέσου του κυτταρικού τοιχώματος.

Ιοί

Πολλαπλασιασμός των Ιών

2. Είσοδος στο κύτταρο (συνέχεια)

- Οι ιοί των ζώων προσροφώνται αρχικά στη πρωτοπλασματική μεμβράνη και εισέρχονται στο κύτταρο με φαγοκύττωση δηλαδή με εγκόλπωση του σωματιδίου του ιού με ένα μηχανισμό αναδίπλωσης προς τα έσω της μεμβράνης. Μετά την είσοδό τους στο εσωτερικό τα νουκλεοκαψίδια πρέπει να διαπεράσουν τη μεμβράνη που τα περιβάλλει ώστε να φθάσουν στο κυτταρόπλασμα ή τον πυρήνα και να αναπαραχθούν.
- Στις περιπτώσεις ιών που φέρουν έλυτρο η είσοδος διευκολύνεται με μια διαδικασία αντίστροφη αυτής της εξόδου του νουκλεοκαψιδίου από το κύτταρο και δημιουργίας ελύτρου
- Σε ορισμένους ιούς βακτηρίων δεν έχουμε είσοδο του νουκλεοκαψιδίου στο εσωτερικό του κυττάρου αλλά προσκόλλησή στην επιφάνεια του κυττάρου και έκχυση του νουκλεϊκού οξέος στο εσωτερικό του.

Ιοί

Πολλαπλασιασμός των Ιών

3. Απογύμνωση

- Στους περισσότερους ιούς βακτηρίων μόνο το νουκλεϊκό οξύ φθάνει στο κυτταρόπλασμα του ξενιστή
- Στις περιπτώσεις όμως ιών φυτών και ζώων, στο εσωτερικό του κυττάρου του ξενιστή μπορεί να φθάσει ολόκληρο το νουκλεοκαψίδιο οπότε η διαδικασία εισόδου ολοκληρώνεται με την αφαίρεση του καψιδίου πιθανώς με δράση κάποιων πρωτεολυτικών ενζύμων και της απελευθέρωση του νουκλεϊκού οξέος

Ιοί

Πολλαπλασιασμός των Ιών

4. Σύνθεση συστατικών του ιού

- Το νουκλεϊκό οξύ του ιού μετά την απελευθέρωση του μεταβάλλει το μηχανισμό σύνθεσης του κυττάρου και έτσι το κύτταρο αρχίζει να παράγει νουκλεϊκό οξύ και πρωτεΐνες του ιού καθώς και τα ένζυμα που απαιτούνται για τις συνθέσεις αυτές
- Στους ιούς DNA αυτό χρησιμεύει για την παραγωγή αγγελιοφόρου RNA το οποίο στη συνέχεια κατευθύνει τη σύνθεση των συστατικών του ιού
- Στους ιούς RNA το απελευθερωμένο RNA λειτουργεί άμεσα ως αγγελιοφόρο RNA ή αντιγράφεται και σχηματίζει αγγελιοφόρο RNA με έλικα αντίθετης πολικότητας

Ιοί

Πολλαπλασιασμός των Ιών

5. Ωρίμανση

- Οι διεργασίες πρωτεϊνοσύνθεσης και αναπαραγωγής έχουν ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση εντός του κυττάρου του ξενιστή πολυάριθμων μορίων νουκλεϊκού οξέος και καψομεριδίων. Κατά τη ωρίμανση τα συστατικά αυτά συναρμολογούνται αυτόματα και σχηματίζουν πλήρη νουκλεοκαψίδια

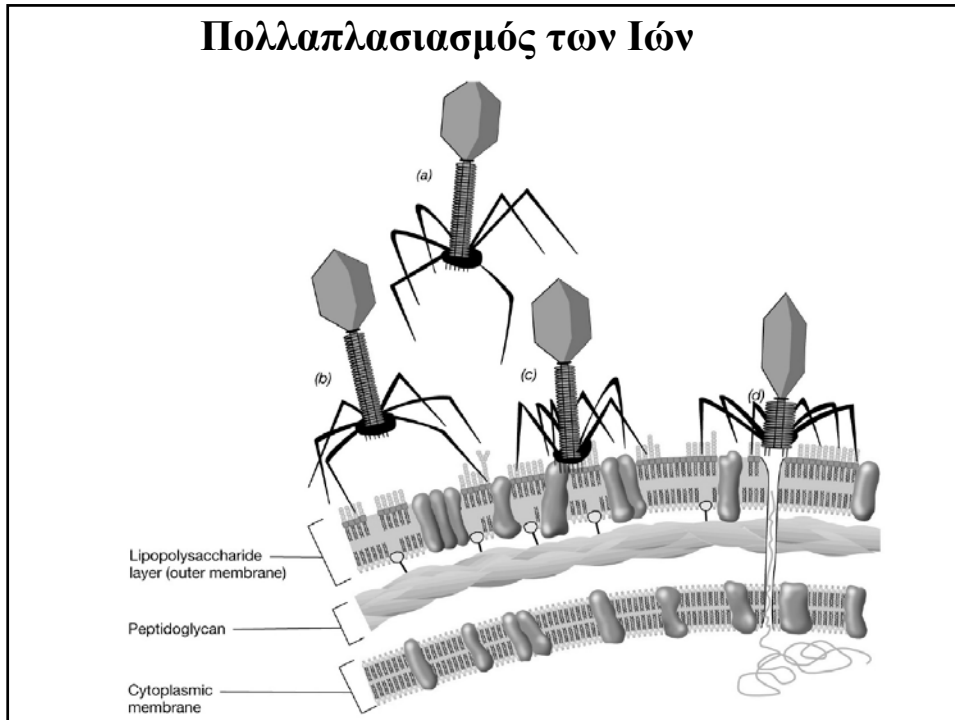
Ιοί

Πολλαπλασιασμός των Ιών

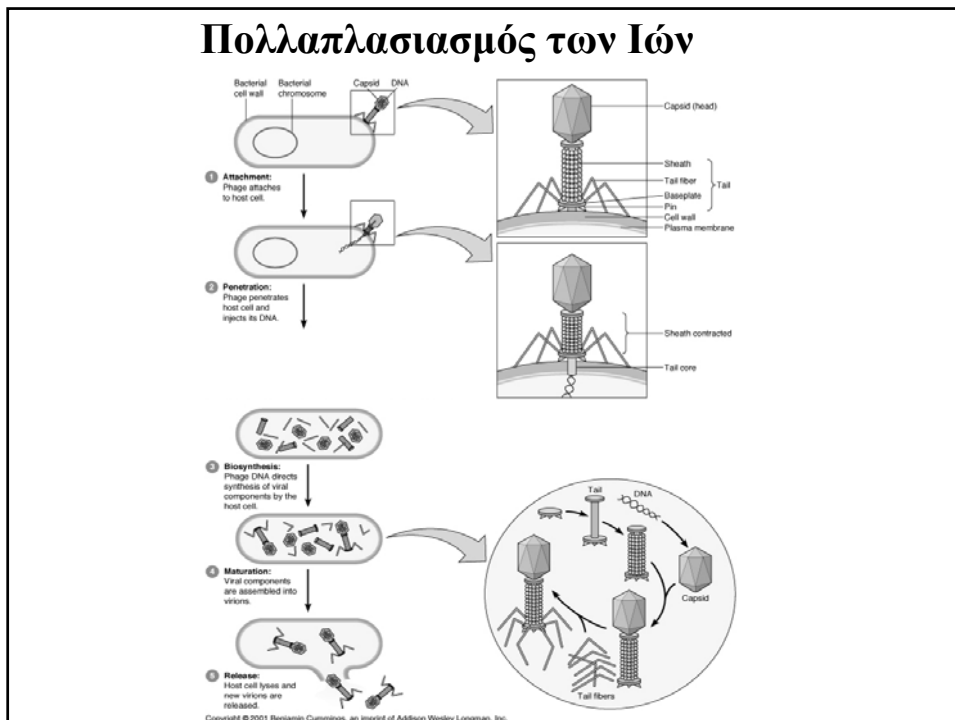
6. Απελευθέρωση

- Κατά την τελική φάση της αναπαραγωγικής διαδικασίας, τα ώριμα virions απελευθερώνονται από το κύτταρο του ξενιστή τους.
- Στους ιούς των ζώων η απελευθέρωση πραγματοποιείται δια αποβολής μέσω της κυτταρικής μεμβράνης.
- Στα βακτήρια τα virions απελευθερώνονται μετά τη λύση του κυττάρου-ξενιστή με τη δράση κάποιου ενζύμου του ιού

Πολλαπλασιασμός των Ιών



Πολλαπλασιασμός των Ιών



Ιοί

Ιοί των βακτηρίων (βακτηριοφάγοι)

Τα περισσότερα είδη βακτηρίων που έχουν μελετηθεί μέχρι σήμερα μπορεί να είναι δυνητικοί ξενιστές ενός ή περισσότερων ιών που σε αυτή τη περίπτωση ονομάζονται και βακτηριοφάγοι

Ιοί

Ιοί των βακτηρίων (βακτηριοφάγοι)

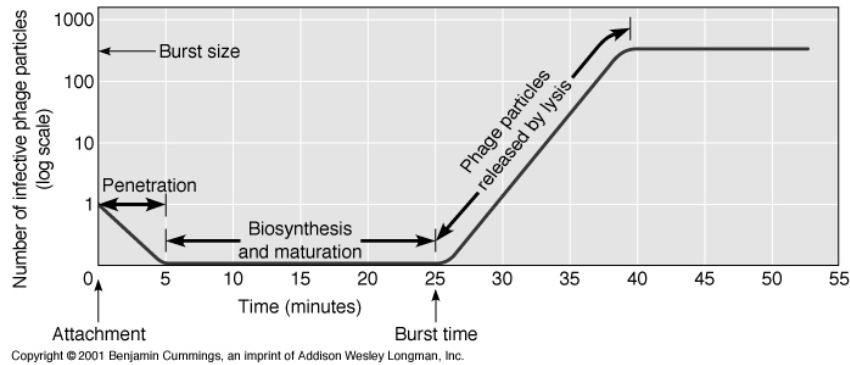
Μόλυνση βακτηρίων με βακτηριοφάγους

- **Αν σε μια καλλιέργεια κάποιου ευπαθούς βακτηρίου προστεθεί ένας μικρός αριθμός σωματιδίων κάποιου βακτηριοφάγου τότε μερικά από τα βακτηριακά κύτταρα θα μολυνθούν.**
- **Για μια μικρή χρονικά περίοδο που ονομάζεται λανθάνουσα (15-60 λεπτά) τα μολυσμένα κύτταρα δεν εμφανίζουν καμία αλλαγή στη συμπεριφορά τους.**
- **Μετά τη περίοδο αυτή, και εντελώς ξαφνικά τα μολυσμένα κύτταρα εισέρχονται σε φάση ρήξεως (burst period) κατά τη οποία υφίστανται λύση και απελευθερώνονται πολυάριθμα νέα σωματίδια ιών τα οποία μολύνουν άλλα κύτταρα και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.**
- **Έτσι με πολύ μικρό αρχικό αριθμό βακτηριοφάγων μπορούν να καταστραφούν μέσα σε λίγες ώρες όλα τα κύτταρα της καλλιέργειας**

Ιοί

Ιοί των βακτηρίων (βακτηριοφάγοι)

Μόλυνση βακτηρίων με βακτηριοφάγους



Ιοί

Ιοί των βακτηρίων (βακτηριοφάγοι)

Μηχανισμοί μόλυνσης βακτηρίων με βακτηριοφάγους

Οι μηχανισμοί μόλυνσης των βακτηρίων από βακτηριοφάγους διακρίνονται σε:

1. Λυτικό κύκλο
2. Λυσιγόνο κύκλο

Ιοί

Ιοί των βακτηρίων (βακτηριοφάγοι)

Μηχανισμοί μόλυνσης βακτηρίων με βακτηριοφάγους

1. Λυτικό κύκλο

- **Ο βακτηριοφάγος αναπαράγεται μέσα στο βακτηριακό κύτταρο και προκαλεί τη λύση του**
- **Οι βακτηριοφάγοι αυτοί λέγονται λοιμογόνοι**

Ιοί

Ιοί των βακτηρίων (βακτηριοφάγοι)

Μηχανισμοί μόλυνσης βακτηρίων με βακτηριοφάγους

2. Λυσιγόνο κύκλο

- **Το νουκλεϊκό οξύ του ιού δεν αντιτυπώνεται αλλά προσκολλείται στο χρωμόσωμα του βακτηρίου και συμπεριφέρεται σαν γονίδιο του βακτηρίου**
- **Το βακτήριο επιβιώνει της μόλυνσης και μεταβιβάζει το DNA του βακτηριοφάγου στους απογόνους του**
- **Στους περισσότερους απογόνους δεν σχηματίζονται φαγικές πρωτεΐνες λόγω φαινομένων αναστολής.**
- **Συμπτωματικά, σε κάποιο απόγονο μπορεί να μην έχουμε αναστολή και να ξεκινήσει αναπαραγωγή του ιού με αποτέλεσμα τη λύση του κυττάρου**

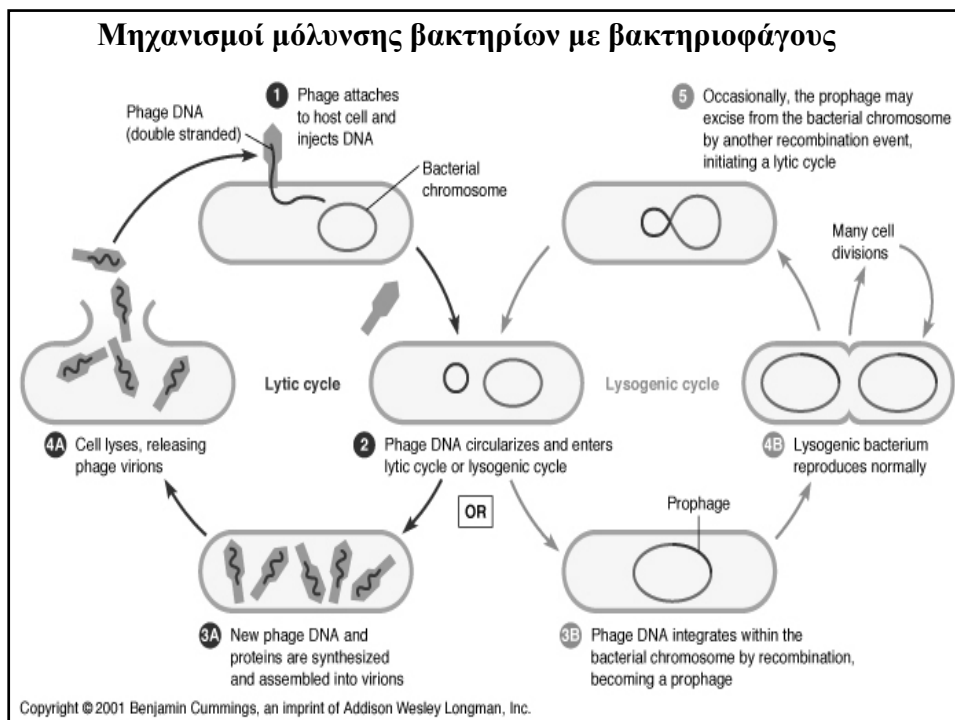
Ιοί

Ιοί των βακτηρίων (βακτηριοφάγοι)

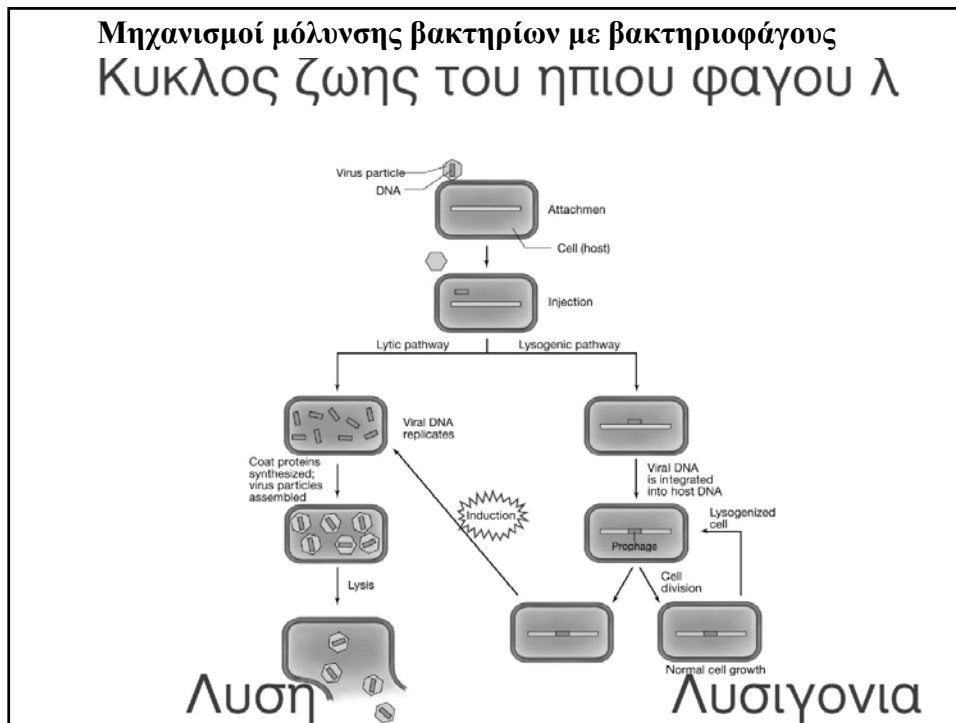
Μηχανισμοί μόλυνσης βακτηρίων με βακτηριοφάγους

2. Λυσιγόνο κύκλο (συνέχεια)

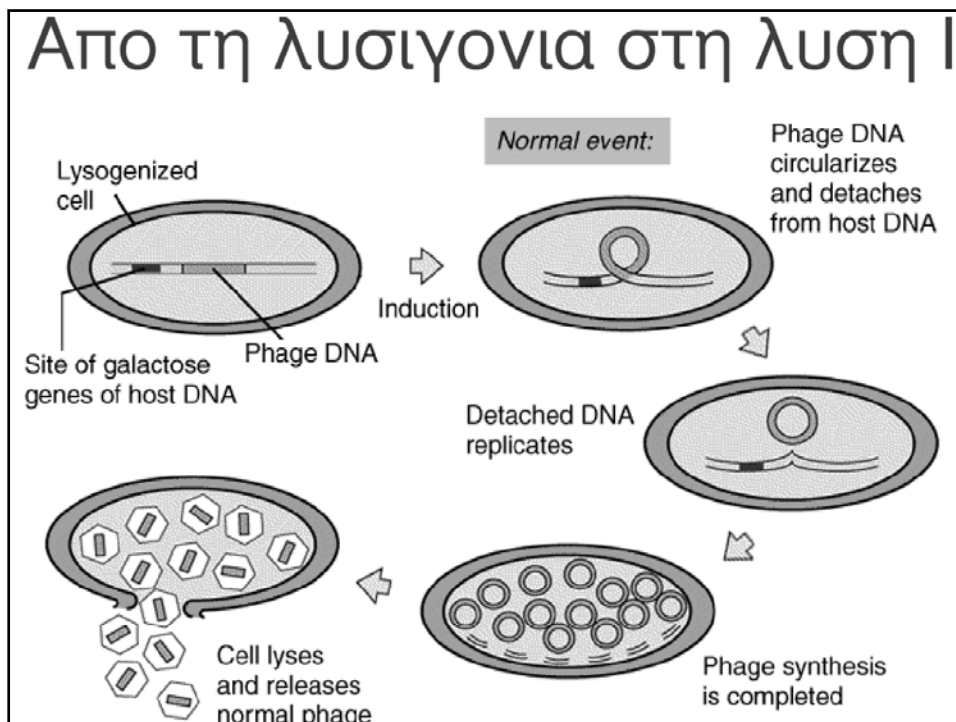
- Η σχέση αρμονικής συνύπαρξης βακτηριοφάγου-ξενιστή ονομάζεται λυσιγόνος σχέση και τα μολυσμένα βακτήρια λυσιγόνα
- Το φαγικό γονιδίωμα που βρίσκεται στα λυσιγόνα βακτήρια ονομάζεται προφάγος
- Οι βακτηριοφάγοι που μπορούν να δημιουργούν λυσιγόνους σχέσεις ονομάζονται ήπιοι



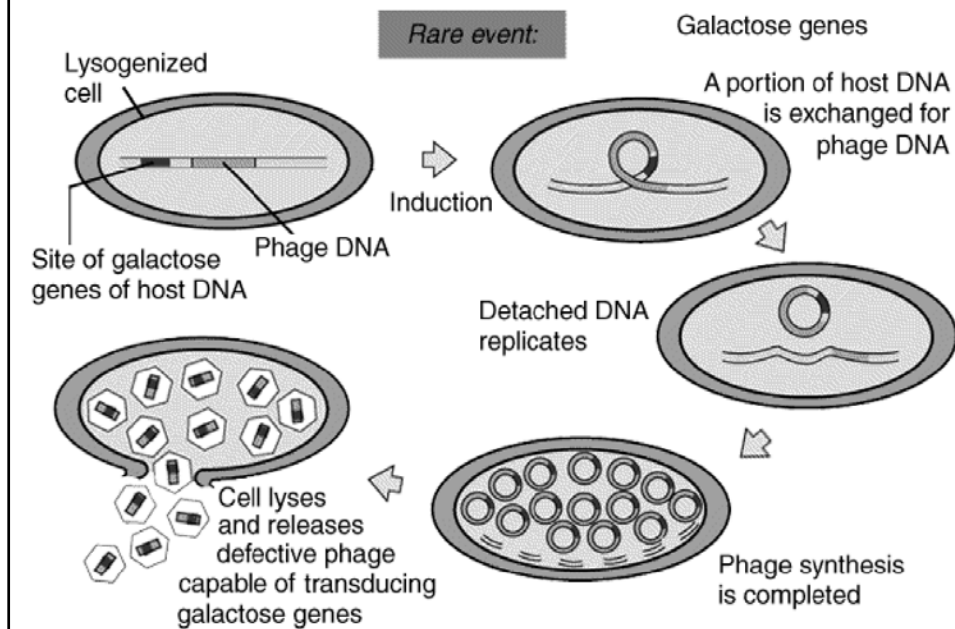
Μηχανισμοί μόλυνσης βακτηρίων με βακτηριοφάγους Κυκλος ζωης του ηπιου φαγου λ



Απο τη λυσιγονια στη λυση I



Απο τη λυσιγονια στη λυση II



Ιοί

Ταξινόμηση των ιών

Οι ιοί ταξινομούνται σε ομάδες με βάση:

- Τον τύπο του νουκλεοξέος (DNA ή RNA)
- Την αρχιτεκτονική δομή του καψιδίου
- Την παρουσία ή απουσία ελύτρου
- Το μέγεθος του καψιδίου

Γενική Μικροβιολογία

Διάλεξη 5 «Μύκητες»

Κουτσουμανής Κ.
Λέκτορας

Μύκητες

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Οι μύκητες περιλαμβάνουν ευκαρυωτικούς, μη φωτοσυνθέτοντες δηλαδή ετερότροφους οργανισμούς
- Με εξαίρεση ορισμένες αμοιβαδοειδείς μορφές δεν διαθέτουν όργανα κίνησης
- Τα κύτταρα των μυκήτων, εκτός ορισμένων κατώτερων ειδών φέρουν κυτταρικό τοίχωμα και αναπτύσσονται υπό μορφή διακλαδιζόμενων νημάτων που ονομάζονται υφές
- Διαβιούν ως παράσιτα ή σαπρόφυτα
- Αναπαράγονται με αγενή ή εγγενή σπόρια

Μύκητες

Μορφολογία και Δομή

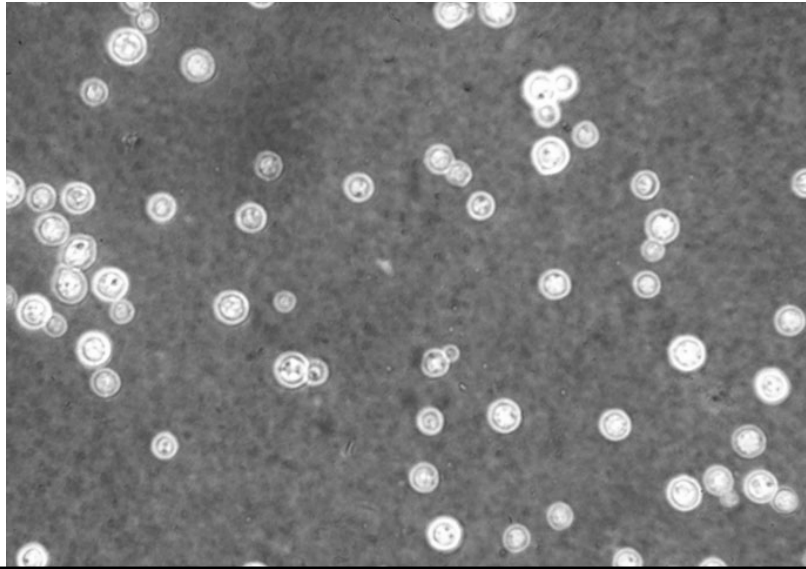
Ο θαλλός

- Το βλαστικό σώμα των μυκήτων ονομάζεται θαλλός
- Στους κατώτερους μύκητες (μυξομύκητες) ο θαλλός περιορίζεται σε ένα αμοιβοειδές, χωρίς τοιχώματα πλασμώδιο
- Στους μερικά είδη τυπικών μυκήτων ο θαλλός είναι μονοκύτταρος με αληθή κυτταρικά τοιχώματα
- Στους περισσότερους τυπικούς μύκητες, ο θαλλός αποτελείται από υφές, διακλαδιζόμενα δηλαδή νημάτια, το σύνολο των οποίων καλείται μυκήλιο και χαρακτηρίζονται ως μυκηλιακοί μύκητες
- Σε μερικά είδη με μονοκύτταρο θαλλό είναι δυνατόν να δημιουργηθούν με αλληλοδιαδοχικές εκβλαστήσεις χαλαρές αλυσίδες κυττάρων οι οποίες χαρακτηρίζονται ως ψευδομυκήλιο

Μυκήλιο

Μύκητες

Κύτταρα Ζύμης *Cryptococcus neoformans*

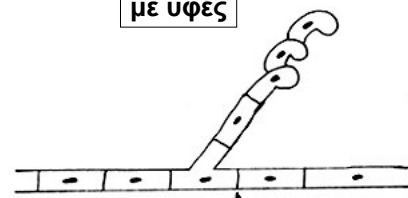
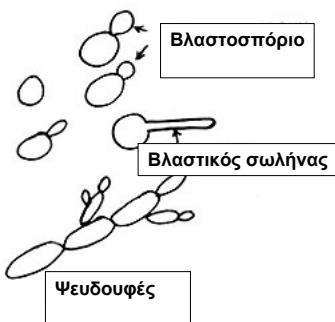


Μύκητες

Μύκητες

Μονοκύτταρος Θαλλός
(Ζύμες)

Θαλλός
με υφές



Μύκητες

Μορφολογία και Δομή

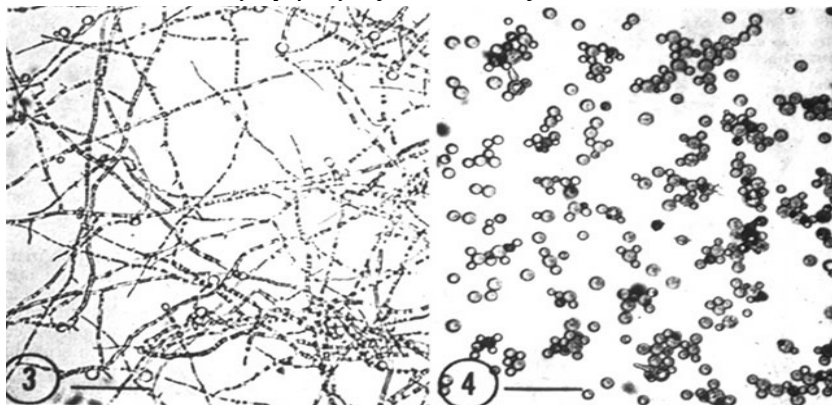
Ο θαλλός (συνέχεια)

➤ Σε είδη που είναι ενδοπαράσιτα ανώτερων φυτών ή ζώων, ο θαλλός στην ενδοπαρασιτική φάση μειώνεται σε μέγεθος και μπορεί να περιοριστεί σε ένα κύτταρο του ξενιστή

➤ Ορισμένα είδη μπορεί να βρίσκονται είτε σε μονοκυτταρική μορφή είτε σε μυκηλιακή μορφή. Το φαινόμενο αυτό διμορφισμός

Μύκητες

Διμορφισμός του είδους *Mucor*



➤ Χαρακτηριστικό παράδειγμα διμορφισμού είναι αυτό της *Candida albicans*, του παθογόνου αιτίου της καντιντίασης ο θαλλός της οποίας στην παρασιτική του μορφή στον άνθρωπο ή τα ζώα έχει μορφή ζύμης (4), δηλαδή μονοκυτταρική, ενώ αν αναπτυχθεί σαπροφυτικά στο έδαφος έχει μυκηλιακή μορφή (3)

Μύκητες

Διμορφισμός Μυκήτων



Μύκητες

Μορφολογία και Δομή

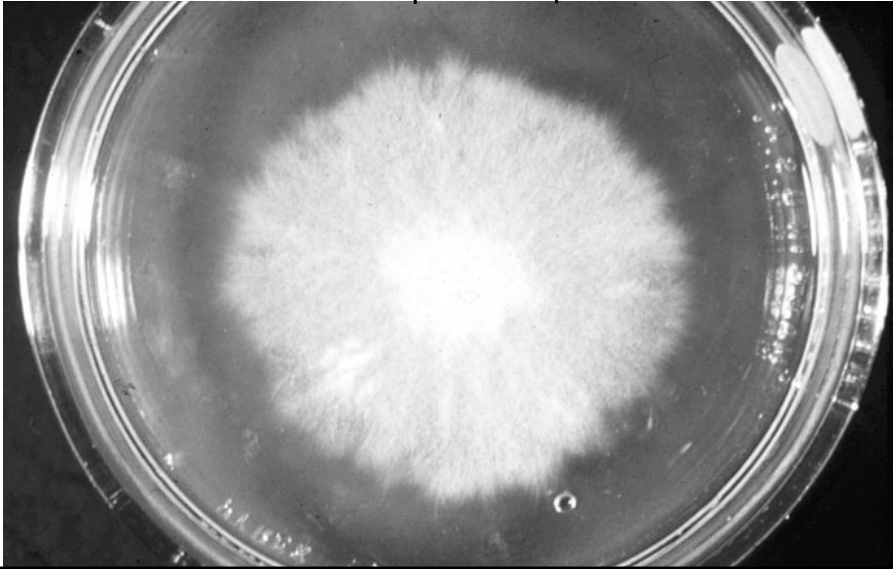
Οι υφές

- Η υφή είναι είναι μικροσκοπικών διαστάσεων μυκηλιακό νήμα, συνήθως διακλαδιζόμενο, κοίλο εσωτερικά, διαμέτρου περίπου 10μ αλλά μπορεί να φτάσει και 200 μ σε ορισμένα είδη
- Στο εσωτερικό κοίλο μέρος των υφών περιέχονται το κυτταρόπλασμα, οι πυρήνες και τα άλλα υποκυτταρικά οργανίδια
- Μια νέα υφή προκύπτει από τη βλάστηση κάποιας αναπαραγωγικής μονάδας, συνήθως σπορίου, από το οποίο όταν οι συνθήκες είναι πρόσφορες, εκπτύσσεται μια βλαστική υφή η οποία στη συνέχεια επιμηκύνεται και διακλαδίζεται
- Διαφορές μεταξύ νεαρών και γηρασμένων υφών μπορεί να παρατηρηθούν στο βαθμό πληρώσεως του κοίλου με κυτταρόπλασμα, στην εναπόθεση στα τοιχώματα χρωστικών ή άλλων μεταβολικών προϊόντων, και στην περίπτωση πολύ γηρασμένων υφών στην ακεραιότητα των των τοιχωμάτων

Μύκητες

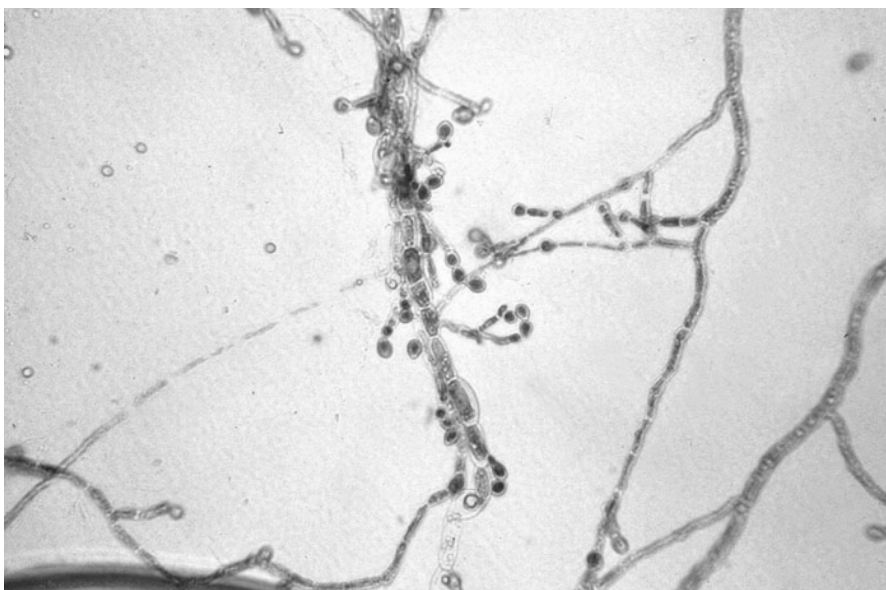
Μορφολογία και Δομή

Αποικία του Μύκητα *Microsporium canis*



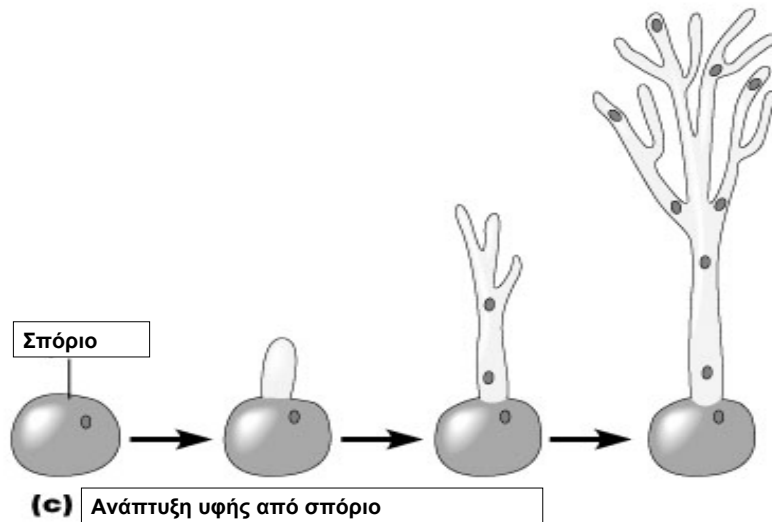
Μύκητες

Υφές Μύκητα



Μύκητες

Υφές Μύκητα



Μύκητες

Μορφολογία και Δομή

Οι υφές (συνέχεια)

Οι υφές διακρίνονται σε δύο τύπους:

- Συνεχείς υφές
- Πολυκύτταρες υφές

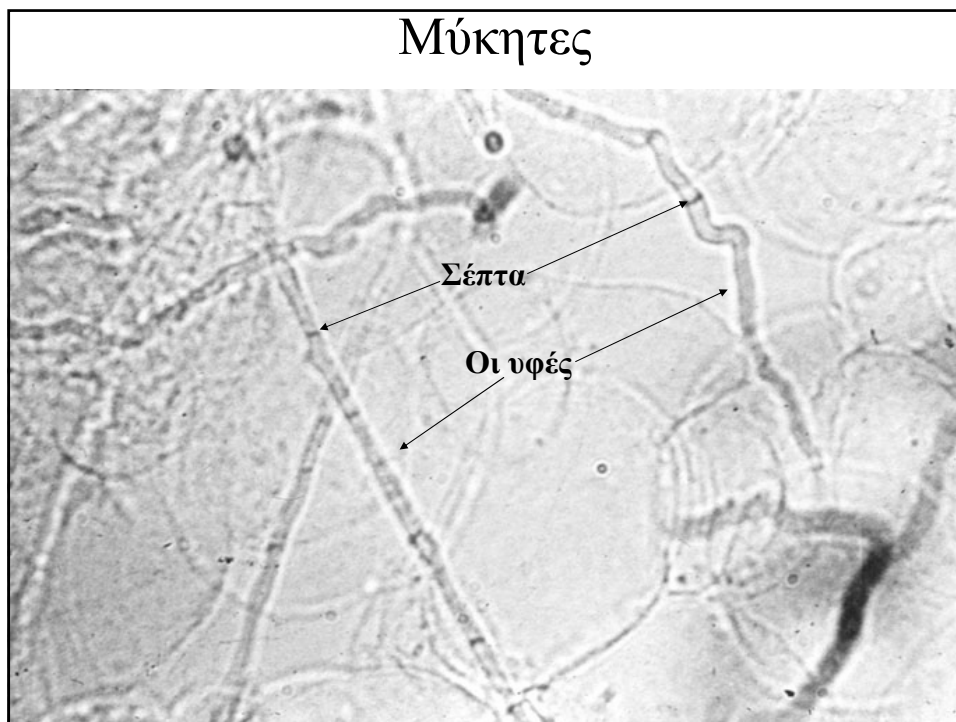
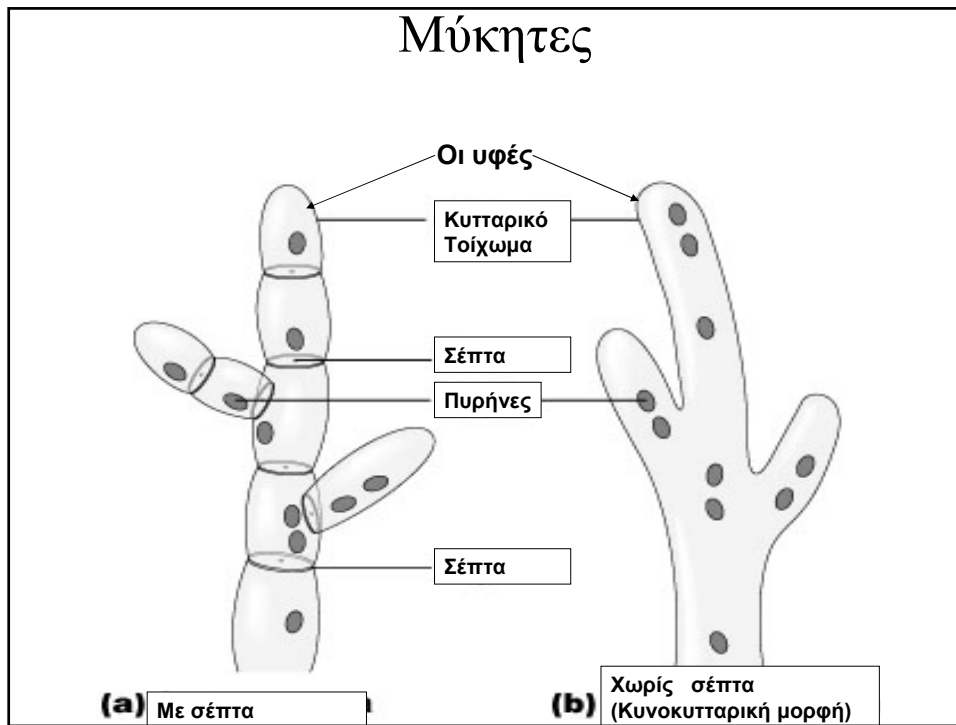
➤ Οι πολυκύτταρες υφές φέρουν κατά διαστήματα εγκάρσια διαχωριστικά διαφράγματα που ονομάζονται σέπτα τα οποία τις υποδιαιρούν σε τμήματα

➤ Τα μεταξύ των σέπτων τμήματα θεωρείται ότι συνιστούν τα κύτταρα των υφών

➤ Στο συνεχή τύπο υφών δεν σχηματίζονται σέπτα παρά μόνο για την απομόνωση κάποιων τμημάτων των υφών που έχει υποστεί βλάβη.

➤ Στις συνεχείς υφές το κύτταρο χαρακτηρίζεται ως κοινοκυτταρικό

➤ Συνεχείς υφές απαντώνται στους φυκομύκητες ενώ οι ανώτεροι μύκητες (Ασκομύκητες, Βασιδιομύκητες) σχηματίζουν πολυκυτταρικές υφές



Μύκητες

Μορφολογία και Δομή

Τα Σέπτα

Τα σέπτα μπορούν να διακριθούν σε δύο γενικούς τύπους:

- Κυρίως σέπτα
- Περιστασιακά σέπτα

➤ Τα κυρίως σέπτα συνοδέυουν κατά κάποιο τρόπο τη διαίρεση του πυρήνα και σχηματίζονται μεταξύ των δύο θυγατρικών πυρήνων

➤ Ο σχηματισμός των περιστασιακών σέπτων είναι ανεξάρτητος της πυρηνικής διαίρεσης και σχετίζεται κυρίως με μεταβολές στην πυκνότητα του κυτταροπλάσματος. Γενικά ο σχηματισμός περιστασιακών σέπτων εντοπίζεται σε περιοχές όπου παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση κυτταροπλάσματος. Ο σχηματισμός περιστασιακών σέπτων είναι τυχαίος και η συχνότητα περιορισμένη

Μύκητες

Μορφολογία και Δομή

Το Κυτταρικό Τοίχωμα

➤ Το τοίχωμα των υφών δεν αποτελεί κάποιον αδρανή εξωτερικό σκελετό αλλά αποτελεί έδρα έντονης ενζυματικής δραστηριότητας που συμμετέχει άμεσα στη μορφοποίηση των μυκήτων

➤ Το κυτταρικό τοίχωμα των μυκήτων συνίσταται από μικροϊνίδια τα οποία είναι ενσωματωμένα ή εντοιχισμένα σε ένα άμορφο υλικό

➤ Στους μυκηλιακούς μύκητες τα μικροϊνίδια αποτελούνται από χιτίνη ή κυτταρίνη ενώ στους Ζυμομύκητες από γλυκάνες μη κυτταρινικής φύσεως

Μύκητες

Μορφολογία και Δομή

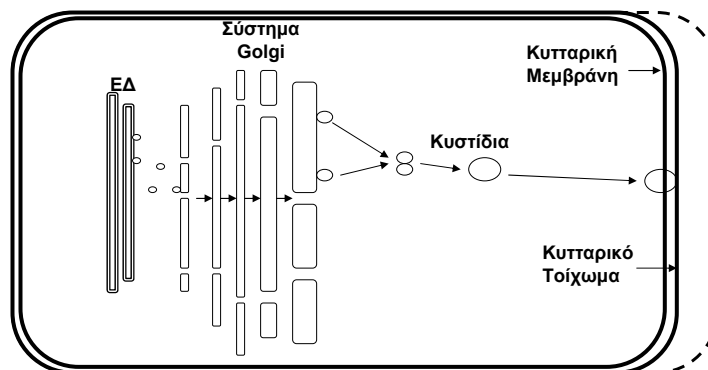
Το ακραίο τμήμα των υφών

- Η αύξηση των υφών συντελείται στο ακραίο τμήμα των υφών
- Η άκρη των υφών χαρακτηρίζεται από την παρουσία ενός μεγάλου αριθμού κυτταροπλασματικών κυστιδίων σε βάρος των άλλων οργανιδίων
- Σε υφές μυκήτων που σχηματίζουν κυρίως σέπτα έχει διαπιστωθεί η ύπαρξη ενός έντονα χρωματιζόμενου σωματιδίου γνωστό ως Spitzenkorper η θέση του οποίου καθορίζει την κατεύθυνση της υφής.
- Η κατασκευή των νέων υφών γίνεται με τη μεταφορά μεμβρανώδους υλικού από το ΕΔ με τη βοήθεια κυστιδίων μέσω του συστήματος Golgi. Στο σύστημα Golgi το μεμβρανώδες υλικό από ΕΔ μετασχηματίζεται και αποκτούν δομή ανάλογη με αυτή της πρωτοπλασματικής μεμβράνης. Στη συνέχεια αποσπώνται από το σύστημα Golgi και υπό μορφή κυστιδίων μεταφέρονται στην άκρη των υφών

Μύκητες

Το ακραίο τμήμα των υφών

Δημιουργία και μεταφορά υλικών πρωτοπλασματικής μεμβράνης



Μύκητες

Το ακραίο τμήμα των υφών

Μηχανισμός αύξησης υφών

1. Λυτικά ένζυμα μεταφέρονται μέσω κυστιδίων και απελευθερώνονται στο τοίχωμα
2. Με τη δράση των λυτικών ενζύμων διαχωρίζονται τα μικροϊνίδια και χαλαρώνει ο σκελετός του τοιχώματος
3. Το χαλαρωμένο τοίχωμα κάτω από την πίεση του κυτταροπλάσματος υπόκειται διάταση που οδηγεί στην αύξηση της επιφάνειάς τους
4. Τα διαχωρισμένα μικροϊνίδια ανασυντίθενται με τη βοήθεια συνθετασών που είτε προυπάρχουν στα τοιχώματα είτε βρίσκονται στην επιφάνεια της νέας πρωτοπλασματικής μεμβράνης

Μύκητες

Μορφολογία και Δομή

Εξειδικευμένες διαφοροποιήσεις υφών

- Σε πολλούς μυκηλιακούς μύκητες ορισμένες υφές του θαλλού διαφοροποιούνται μορφολογικά και εξυπηρετούν εξειδικευμένες λειτουργικές ανάγκες

Ριζοειδή

- Τα ριζοειδή είναι κοντές μυκηλιακές διακλαδώσεις του θαλλού που θυμίζουν διακλαδώσεις ριζών. Χρησιμεύουν κυρίως για τη στερέωση του θαλλού επί του υποστρώματος όπως επίσης και για την πρόσληψη νερού και θρεπτικών ουσιών.
- Τα ριζοειδή συχνά συνδέονται μεταξύ τους με εναέριες παραφυάδες
- Σχηματισμός ριζοειδών παρατηρείται αποκλειστικά σε κατώτερους μύκητες (Μαστιγομύκητες, Ζυγομύκητες) τόσο σε παρασιτικά όσο και σε σαπροφυτικά είδη

Μύκητες

Μορφολογία και Δομή

Εξειδικευμένες διαφοροποιήσεις υφών

Το Appressorium

- Είναι μια απλή ή λοβώδης διόγκωση που εμφανίζεται σε βλαστικούς σωλήνες ή υφές και εξασφαλίζει την πρόσφυσή τους στην επιφάνεια του ξενιστή ή άλλου υποστρώματος
- Η εφυμενίδα πολλών φυτών είναι ανθεκτική στη δράση λυτικών ενζύμων και το appressorium διευκολύνει τη διάτρησή της από τις υφές παρασιτικών μυκήτων η οποία εξασφαλίζει καταρχήν τη στενή πρόσφυση των υφών επί του ξενιστή ενώ στη συνέχεια μια λεπτότατη υφή διατρήσεως εκφύεται από τη βάση και διαπερνά την εφυμενίδα γεγονός που επιτρέπει την περαιτέρω ανάπτυξη του μύκητα στο υποκείμενο φυτό

Μύκητες

Μορφολογία και Δομή

Εξειδικευμένες διαφοροποιήσεις υφών

Οι Μυζητήρες

- Ορισμένα είδη φυτο-παρασιτικών μυκήτων και ιδιαίτερα είδη που είναι υποχρεωτικά παράσιτα σχηματίζουν εξειδικευμένες ενδοκυτταρικές διαφοροποιήσεις υφών οι οποίες καλούνται μυζητήρες
- Ο σχηματισμός των μυζητήρων ξενινά από μεσοκυτταρικές υφές ή από υφές διατρήσεως που προέρχονται από appressoria ή από εξωτερικές υφές
- Σε όλες τις περιπτώσεις η υφή προκειμένου να διαπεράσει τα τοιχώματα του κυτταρού του ξενιστή καθίσταται στο σημείο εισόδου εξαιρετικά λεπτή. Αμέσως μετά και εντός του κυττάρου πλέον διευρύνεται πάλι και αποκτά σφαιρικό ή επιμήκες σχήμα με ή χωρίς διακλαδώσεις. Στο σημείο εισόδου έχει διαπιστωθεί ότι το τοίχωμα του ξενιστή εμφανίζει μια πάχυνση που παίρνει τη μορφή κολλάρου.

Μύκητες

Μορφολογία και Δομή

Εξειδικευμένες διαφοροποιήσεις υφών

Τα Υφοπόδια

- Τα υφοπόδια είναι βραχύς μυκηλιακοί κλάδοι μήκους ενός ή δύο κυττάρων που δημιουργούνται από εξωτερικές, επιφανειακές υφές ορισμένων παρασιτικών μυκήτων
- Το τελικό κύτταρο των υφοποδίων μπορεί να είναι διογκωμένο, στρογγυλό, λοβώδες ή αιχμηρό και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να καταλήγει σε μυζητήρα
- Τα υφοπόδια θεωρούνται εξειδικευμένες μυζητικές δομές μυκήτων που το μυκήλιο τους αναπτύσσεται επιφανειακά στους ιστούς των φυτών ξενιστών

Μύκητες

Μορφολογία και Δομή

Εξειδικευμένες διαφοροποιήσεις υφών

Παγιδευτικές Υφές

- Ορισμένοι μύκητες εδάφους είναι εξειδικευμένοι στην παγίδευση και τον παρασιτισμό νηματωδών σκωλήκων ή και άλλων οργανισμών του εδάφους
- Σε μερικούς από τους μύκητες αυτούς οι παγίδες είναι απλές και συνίστανται από ειδικούς κλάδους υφών που φέρουν κολλώδη ουσία ή μια κολλώδη διόγκωση σε κάποιο σημείο τους. Αν κάποιος νηματώδης σκώληκας έλθει σε επαφή κολλάει και στη συνέχεια παρασιτείται από το μύκητα ο οποίος αναπτύσσεται στο σώμα του
- Ένας πιο εξελιγμένος τύπος παγίδων συνίσταται από ένα δίχτυ υφών που μόλις έλθει σε επαφή με το νηματώδη εκρίνει κολλώδη ουσία με την οποία τον παγιδεύει, τον νεκρώνει και τον χρησιμοποιεί ως θρεπτικό υπόστρωμα
- Πιο εντυπωσιακός τύπος παγίδων είναι αυτός των συσφιγγόμενων βρόγχων που είναι υφές που στραγγαλίζουν το νηματώδη. Οι βρόγχοι σχηματίζονται στην άκρη κοντών πλάγιων διακλαδώσεων και αποτελούνται από 3 κύτταρα που μόλις ερεθιστούν από το σώμα του νηματώδους διογκώνονται και κυριολεκτικά των στραγγαλίζουν
- Ο σχηματισμός των παγιδευτικών υφών εξαρτάται συνήθως από την παρουσία των νηματωδών

Μύκητες

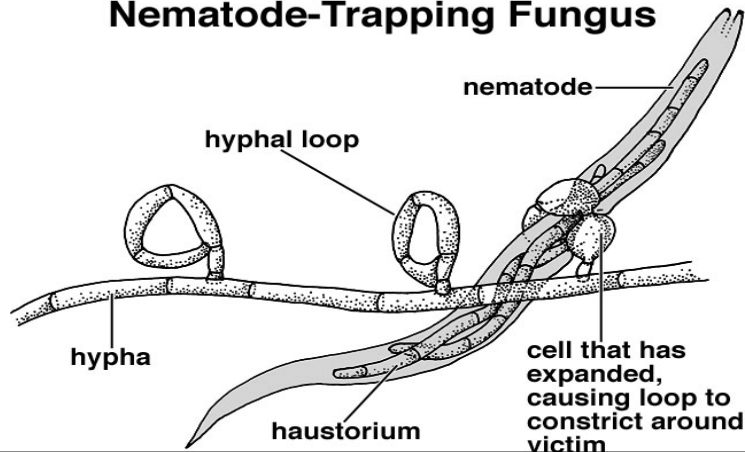
Μορφολογία και Δομή

Εξειδικευμένες διαφοροποιήσεις υφών

Παγιδευτικές Υφές συσφιγγόμενων βρόγχων

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Nematode-Trapping Fungus



Μύκητες

Ανάπτυξη-Σχηματισμός Αποικιών

- Σε στερεό υπόστρωμα οι μυκηλιακοί μύκητες δημιουργούν κυκλικές αποικίες οι οποίες αυξάνονται κατά ακτίνα με σταθερό ρυθμό
- Αν R_0 και R_t είναι η ακτίνα μιας αποικίας σε χρόνους 0 και t αντίστοιχα τότε

$$dR/Dt= k \text{ (σταθερό) και}$$

$$R= R_0 + kt$$

- Σε υγρά θρεπτικά υποστρώματα η μάζα του μυκήλιου αναπτύσσεται προς όλες τις κατευθύνσεις και στις 3 διαστάσεις του χώρου Συνήθως οι αποικίες που προκύπτουν έχουν σφαιρικό σχήμα και η ακτά ακτίνα αύξησή τους όπως και στις επιφάνειες είναι γραμμική

Μύκητες

Οι Κυριότερες Ομάδες Μυκήτων

1. MYXOMYCOTA

Μορφές χωρίς κυτταρικά τοιχώματα

1A. Acrasiomycetes

Αμοιβαδοειδής συνήθως οργανισμοί

1B. Hydromycomycetes

Κύτταρα ατρακτοειδή συνδεόμενα μεταξύ τους με ιξώδη νημάτια σχηματίζοντας δίκτυο. Τα περισσότερα είναι παράσιτα θαλασσιών φυτών

1Γ. Myxomycetes

Αποτελούνται από πολυπύρηνες πρωτοπλασματικές μάζες τα ρλασμώδια

1Δ. Plasmodiophoromycetes

Μικρά πλασμώδια ενδοπαράσιτα κυττάρων μυκήτων, φυκών ή ανώτερων φυτών

Μύκητες

Οι Κυριότερες Ομάδες Μυκήτων

2. EUMYCOTA

Αληθής Μύκητες με κυτταρικά τοιχώματα

2A. Mastigomycotina

Παράγουν σπόρια με μαστίγιο (Ζωοσπόρια)

I. Chytriomycetes

Βλαστική φάση συνήθως μονοκύτταρη. Τα ζωοσπόρια φέρουν ένα μόνο μαστίγιο στο οπίσθιο άκρο

II. Oomycetes

Βλαστική φάση συνήθως μυκηλιακή με σέπτα. Τα ζωοσπόρια φέρουν δύο μαστίγια

Μύκητες

Οι Κυριότερες Ομάδες Μυκήτων

2. EUMYCOTA

Αληθής Μύκητες με κυτταρικά τοιχώματα

2B. Zygomycotina

Βλαστική φάση συνήθως μυκηλιακή χωρίς σέπτα

I. Zygomycetes

Συνήθως σαπροφυτικοί. Υπάρχουν μερικά παράσιτα αρθροπόδων το μυκήλιο των οποίων εισχωρεί στους ιστούς του ξενιστή

II. Trichomycetes

Ζουν στην επιφάνεια του πεπτικού σωλήνα αρθροπόδων χωρίς το μυκήλιό τους να εισχωρεί μέσα στους ιστούς

Μύκητες

Οι Κυριότερες Ομάδες Μυκήτων

2. EUMYCOTA

Αληθής Μύκητες με κυτταρικά τοιχώματα

2Γ. Ascomycotina

Σχηματίζουν μυκήλιο με σέπτα ή έχουν τη μορφή ζύμης. Σχηματίζουν σπόρια εντός καρποφορίας (ασκοκαρπίου)

I. Hemiaskomycetes

II. Loculoaskomycetes

III. Plectomycetes

IV. Pyrenomycetes

V. Discomycetes

Μύκητες

Οι Κυριότερες Ομάδες Μυκήτων

2. EUMYCOTA

Αληθής Μύκητες με κυτταρικά τοιχώματα

2Α. Basidiomycotina

Σχηματίζουν μυκήλιο με σέπτα ή έχουν τη μορφή ζύμης. Σχηματίζουν σπόρια σε βασίδια

I. Teliomycetes

II. Hymenomycetes

III. Gasteromycetes

Μύκητες

Οι Κυριότερες Ομάδες Μυκήτων

2. EUMYCOTA

Αληθής Μύκητες με κυτταρικά τοιχώματα

2Ε. Deuteromycotina

Σχηματίζουν μυκήλιο με σέπτα ή έχουν τη μορφή ζύμης.

I. Blastomycetes

II. Hyphomycetes

III. Coelomycetes

Μύκητες

Τεχνολογική-Βιολογική σημασία, Παθογένεια

- Κρασί, μύρα, τυριά, αρτοποιία, παραγωγή αντιβιοτικών (πενικιλίνη, κεφαλοσπορίνη), παραγωγή άλλων βιομηχανικών προϊόντων όπως αιθανόλη, κίτρικό οξύ, βιταμίνες ένζυμα κλπ
- Εδώδιμοι μύκητες
- Ποιοτική υποβάθμιση τροφίμων, κτηνοτροφών, ξύλων, δερμάτων υφασμάτων κλπ
- Παραγωγή τοξινών, κίνδυνοι για τα τρόφιμα
- Σοβαρές ασθένειες σε καλλιεργούμενα φυτά
- Παθογόνοι σε ζώα και άνθρωπο
- Σημαντικό ρόλο στη γονιμότητα του εδάφους μέσω της αποσύνθεσης νεκρών φυτικών υπολειμάτων
- Αναπτύσσουν σχέσεις συμβίωσης με ρίζες ανώτερων φυτών (μυκόριζες)

Μύκητες

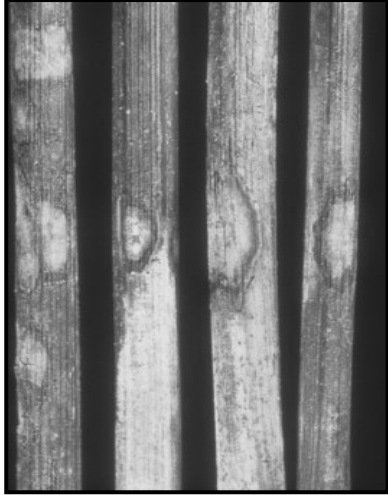
Τεχνολογική-Βιολογική σημασία, Παθογένεια



Μύκητες

Τεχνολογική-Βιολογική σημασία, Παθογένεια

Grape Anthracnose



Μύκητες

Τεχνολογική-Βιολογική σημασία, Παθογένεια



Μύκητες

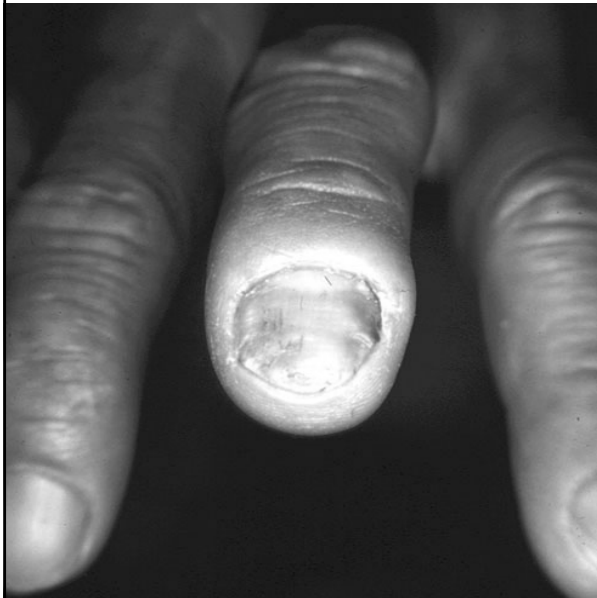
Τεχνολογική-Βιολογική σημασία, Παθογένεια

Pityriasis versicolor



Μύκητες

Τεχνολογική-Βιολογική σημασία, Παθογένεια



Candidiasis
paronychia

Μύκητες

Τεχνολογική-Βιολογική σημασία, Παθογένεια

Μυκοτοξίνες

- Οι μυκοτοξίνες είναι τοξικά προϊόντα δευτερογενή μεταβολισμού συγκεκριμένων μυκήτων οι οποίοι, υπό συγκεκριμένες συνθήκες, αναπτύσσονται σε τροφές φυτικής ή ζωικές προέλευσης.
- Πάνω από εκατό είδη μυκοτοξινών έχουν απομονωθεί ως προϊόντα περισσότερων από 200 ειδών μυκήτων.
- Οι μυκοτοξίνες παράγονται κυρίως από μύκητες που ανήκουν στα γένη:
 - Aspergillus,
 - Fusarium
 - Penicillium.

Μύκητες

Τεχνολογική-Βιολογική σημασία, Παθογένεια

Μυκοτοξίνες

Η τοξική δράση των μυκοτοξινών διακρίνεται σε 4 τύπους:

- Οξεία, που προκαλεί βλάβες στο ήπαρ και τα νεφρά
- Χρόνια, που προκαλεί καρκίνο του ήπατος
- Μεταλλακτική, που προκαλεί βλάβες στο DNA
- Τερατογενής, που προκαλεί καρκίνο και άλλες βλάβες στα έμβρυα

Μύκητες

Τεχνολογική-Βιολογική σημασία, Παθογένεια

Μυκοτοξίνες

Αφλατοξίνες

- Ομάδα τοξικών ουσιών με παρόμοια δομή που παράγονται από συγκεκριμένα στελέχη των μυκήτων *A. flavus* και *A. parasiticus* υπό ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.
- Η περισσότερες περιπτώσεις παρουσίας αφλατοξινών έχουν παρατηρηθεί σε ξηρούς καρπούς φιστίκια καθώς και σε άλλους υψηλής λιποπεριεκτικότητας όπως σπόρους καλαμποκιού και βαμβακιού.
- Οι κυριότερες αφλατοξίνες είναι οι B1, B2, G1 και G2 οι οποίες προσδιορίζονται εύκολα με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (οι B φαίνονται μπλε και οι G πράσινες).
- Ο διαχωρισμός μπορεί να γίνει με χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας και χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας. Γενικά, η B1 είναι αυτή που συνήθως κυριαρχεί ενώ είναι και η περισσότερο τοξική.

Μύκητες

Τεχνολογική-Βιολογική σημασία, Παθογένεια

Μυκοτοξίνες

Αφλατοξίνες

- Η αφλατοξίνη M είναι προϊόν μεταβολισμού της B1 και παρουσιάζεται στο γάλα και τα ούρα αγελάδων ή άλλων γαλακτοπαραγωγών ζώων που έχουν καταναλώσει τροφή μολυσμένη με αφλατοξίνη B1.
- Οι αφλατοξίνες προκαλούν νέκρωση, κίρρωση και καρκίνο του ήπατος σε πολλά ζώα ενώ κανένα είδος δεν έχει βρεθεί να είναι ανθεκτικό στην οξεία τοξική δράση των αφλατοξινών.
- LD₅₀ κυμαίνεται από 0.5 ως 10 mg/kg σωματικού βάρους. Ωστόσο η τοξικότητα μπορεί να επηρεαστεί από περιβαλλοντολογικούς παράγοντες, το επίπεδο και τη διάρκεια έκθεσης, τη διατροφή και την ηλικία.

Μύκητες

Τεχνολογική-Βιολογική σημασία, Παθογένεια

Μυκοτοξίνες

Οχρατοξίνες

- Οι οχρατοξίνες παράγονται από τους μύκητες *A. Ochraceus*, *P. Verrucosum* και *P. Viridicatum*. Η οχρατοξίνη A είναι η πιο δραστική.
- Οι τοξίνες αυτές εμφανίζονται κυρίως στα δημητριακά αλλά σημαντικά επίπεδα μόλυνσης έχουν παρατηρηθεί και σε χυμούς φρούτων, κόκκινο κρασί, κακάο, ξηρούς καρπούς, μπαχαρικά και αποξηραμένα φρούτα, προϊόντα με βάση αίμα χοίρων και μπύρα.
- Οι οχρατοξίνες προκαλούν βλάβες στα νεφρά, στο ανοσοποιητικό σύστημα ενώ έχει διαπιστωθεί ότι προκαλούν καρκινογένεσεις και τερατογένεσεις.
- Η δραστικότητα τους ωστόσο εξαρτάται σημαντικά από το είδος και το φύλλο του ζώου.

Μύκητες

Τεχνολογική-Βιολογική σημασία, Παθογένεια

Μυκοτοξίνες

Φουμονισίνες

- Οι φουμονισίνες είναι μια ομάδα τοξινών που παράγονται από μύκητες του γένους *Fusarium*
- Απαντώνται κυρίως στο καλαμπόκι και σε προϊόντα με βάση το καλαμπόκι.
- Η έκθεση στις τοξίνες αυτές σχετίζεται με τον καρκίνο στον οισοφάγο
- Οι φουμονισίνες είναι σχετικά σταθερές σε συνθήκες επεξεργασίας τροφίμων.

Μύκητες

Τεχνολογική-Βιολογική σημασία, Παθογένεια

Μυκοτοξίνες

Ζεαραλενόνες

- Οι ζεαραλενόνες είναι προϊόντα μεταβολισμού των μυκήτων και κυρίως των *Fusarium graminearum* και *Fusarium culmorum*
- Προσβάλλουν κυρίως το καλαμπόκι, το κριθάρι, το σιτάρι, τη βρώμη και το σόργο.
- Οι τοξίνες αυτές έχει βρεθεί ότι μπορεί να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στην αναπαραγωγή των ζώων και κυρίως των χοίρων αλλά η δράση τους στον άνθρωπο είναι δύσκολο να προσδιοριστεί.

Μύκητες

Τεχνολογική-Βιολογική σημασία, Παθογένεια

Μυκοτοξίνες

Τριχοθεσίνες

- Οι τριχοθεσίνες παράγονται από διάφορα είδη μυκήτων του γένους *Fusarium*.
- Είναι ευρέως διαδεδομένες και προσβάλλουν τροφές φυτικής προέλευσης όπως σιτάρι, κριθάρι και καλαμπόκι.
- Υπάρχουν πάνω από τριάντα τριχοθεσίνες αλλά οι πιο γνωστές είναι η διοξυνιβαλενόλη και η νιβαλενόλη.
- Στο ζώα προκαλούν εμετό, άρνηση τροφής και προσβάλλουν το ανοσοποιητικό σύστημα. Τα συμπτώματα στο άνθρωπο είναι εμετός, πονοκέφαλο, πυρετό και ναυτία.

Γενική Μικροβιολογία

Διάλεξη 7

«Ταξινόμηση (Classification) Βακτηρίων- Σημαντικά Παθογόνα Βακτήρια»

Κουτσουμανής Κ.
Λέκτορας

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Έννοιες-Ορισμοί

- **Ταξινομία (Taxonomy):** Είναι η επιστήμη της ταξινόμησης, ταυτοποίησης και ονοματολογίας των μικροοργανισμών
- **Ταξινόμηση (Classification):** Είναι η κατάταξη των μικ/ων σε ομάδες με σκοπό το διαχωρισμό τους βάση κριτηρίων που ενδιαφέρουν τους Μικροβιολόγους ή άλλους επιστήμονες. Το σημαντικότερο επίπεδο της κατάταξης αυτής είναι το είδος
- **Ταυτοποίηση (Identification):** Είναι η εφαρμογή των κριτηρίων ταξινόμησης για το διαχωρισμό μικ/ων από άλλους
- **Είδος (Species):** Ομάδα οργανισμών ενός γένους με συγκεκριμένα φαινοτυπικά, βιοχημικά ή γενετικά χαρακτηριστικά
- **Ονοματολογία (Nomenclature):** Είναι η απόδοση ονομάτων στους μικ/ους έτσι ώστε η αναφορά σε αυτούς να μην απαιτεί την περιγραφή των χαρακτηριστικών τους

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Το Δένδρο της Ζωής Βασίλεια Οργανισμών

Haeckel (1894): 3 Kingdoms

- Protista
- Plantae
- Animalia

Whittaker (1959): 5 Kingdoms

- Monera
- Protista
- Fungi
- Plantae
- Animalia

Woese (1977): 6 Kingdoms

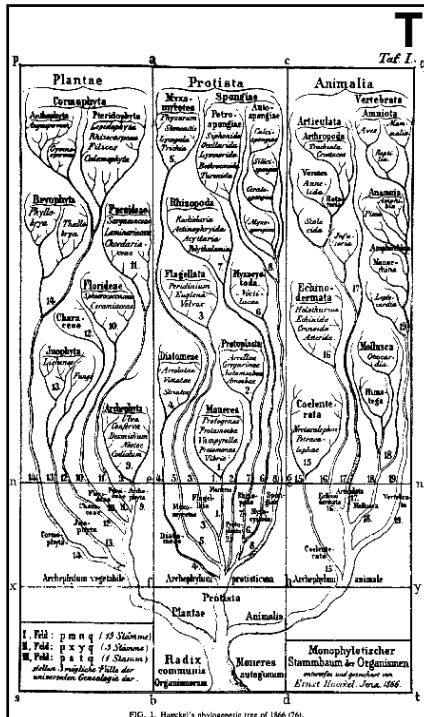
- Eubacteria
- Archaeobacteria
- Protista
- Fungi
- Plantae
- Animalia

Woese (1990): 3 Domains

- Bacteria
- Archaea
- Eucarya

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Το Δένδρο της Ζωής Βασίλεια Οργανισμών

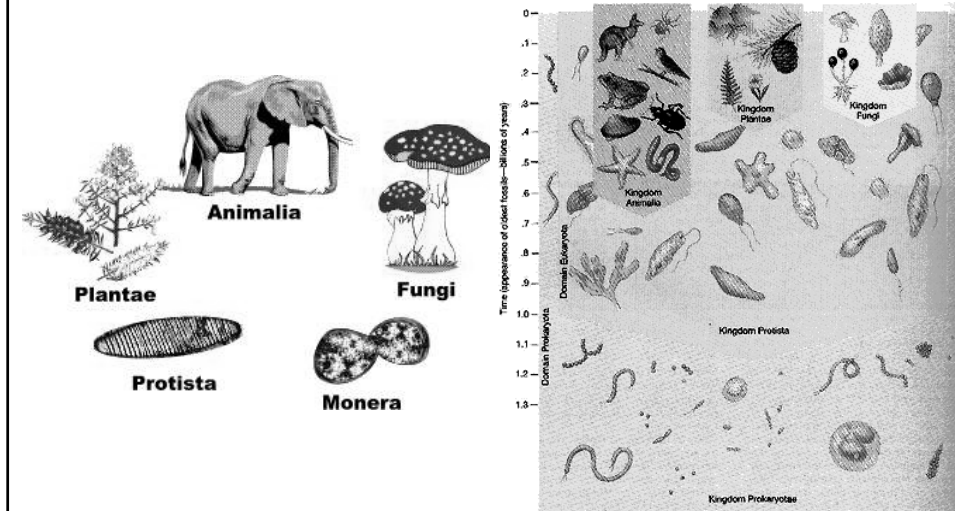


Haeckel (1894): 3 Kingdoms

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Το Δένδρο της Ζωής
Βασίλεια Οργανισμών

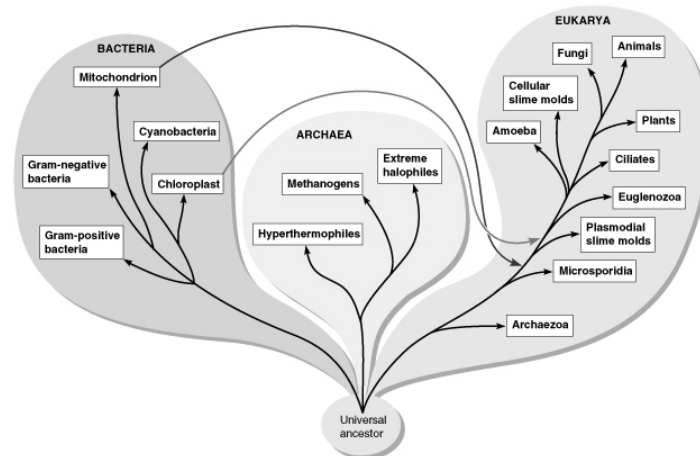
Whittaker (1959): 5 Kingdoms



Ταξινόμηση Βακτηρίων

Woese (1990): 3 Domains

Βάση συγκριτικής γενετικής ανάλυσης της ακολουθίας των
νουκλεοτιδίων μιας μικρής υπομονάδας του ροσοσωματικού RNA



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

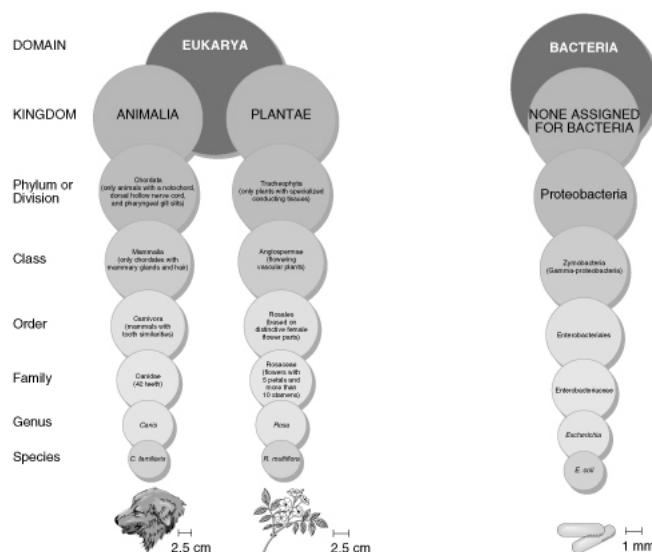
Ταξινόμηση Βακτηρίων

Ονοματολογία

Κατηγορία	Αγγλική	Κατάληξη
Κλάση-Ομοταξία	(Class)	-
Υπο-Κλάση	(SubClass)	
Τάξη	(Order)	-ales
Υπο-Τάξη	(SubOrder)	
Οικογένεια	(Family)	-aceae
Υπο-Οικογένεια	(SubFamily)	
Φυλή	(Tribe)	-eae
Υπό-Φυλή	(SubTribe)	
Γένος	(Genus)	-
Υπο-γένος	(SubGenus)	
Είδος	(Species)	-
Υπο-είδος	(SubSpecies)	

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Ονοματολογία



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc. Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Ονοματολογία Σε επίπεδο πέραν του είδους

- **Στέλεχος ή Κλώνος:** Απόγονος ενός κυττάρου
- **Τύπος:** Είδος που θεωρείται πρότυπο του γένους
- **Βιότυπος:** Στελέχη του ίδιου είδους που έχουν φυσιολογικές ή βιοχημικές διαφορές κατατάσσονται σε διαφορετικούς βιότυπους
- **Ορότυπος:** Στελέχη του ίδιου είδους που διαφέρουν ως προς την αντιγονική τους σύσταση
- **Λυσότυπος:** Ταξινόμηση στελεχών του ίδιου είδους με βάση τη δράση των βακτηριοφάγων

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Χαρακτηριστικά και ιδιότητες που χρησιμοποιούνται στην ταξινόμηση

- **Μορφολογικά χαρακτηριστικά:** Σχήμα, μέγεθος, Χρώση Gram, κινητικότητα (παρουσία μαστιγίου), σπορογονία, παρουσία ελύτρου κλπ.
- **Χαρακτηριστικά ανάπτυξης:** Έλεγχος ανάπτυξης παρουσία ή απουσία οξυγόνου, σε διάφορες συγκεντρώσεις NaCl, pH, ευαισθησία σε αντιβιοτικά, απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά κλπ
- **Βιοχημικά χαρακτηριστικά:** Ζύμωση σακχάρων, παραγωγή καταλάσης, οξειδάσης, ινδόλης κλπ
- **Αντιγονική σύσταση:** Μελέτη αντιγόνων τοιχώματος, μαστιγίου, ελύτρου, βλεφαρίδων κλπ
- **Ευαισθησία σε βακτηριοφάγους:** Βάση της επιλεκτικότητας μιας σειράς βακτηριοφάγων
- **Γενετικά χαρακτηριστικά:** Σύγκριση χαρακτηριστικών της αλληλουχίας DNA

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Μέθοδοι Ταξινόμησης

Αριθμητική Προσέγγιση

Κανόνες Αριθμητικής Προσέγγισης (Lennette et al., 1985):

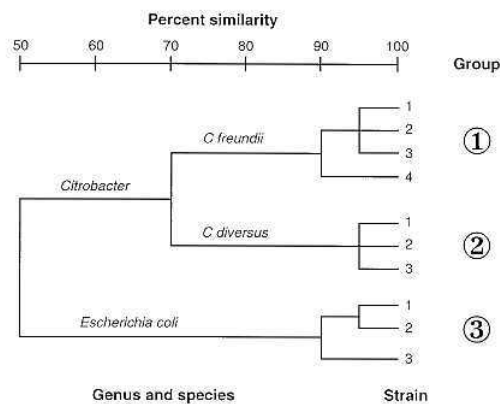
- Η ταυτοποίηση και ταξινόμηση των μικ/ων πρέπει να βασίζεται στο συνολικό μορφολογικό και βιοχημικό τους προφίλ. Ένα χαρακτηριστικό, όσο σημαντικό και αν είναι δεν είναι αρκετό για την κατάταξη ενός οργανισμού σε μια συγκεκριμένη ομάδα.
- Για την ταξινόμηση ενός είδους απαιτείται ένα μεγάλο και ποικίλο δείγμα στελεχών
- Η ταξινόμηση βασίζεται στη μελέτη μιας σειράς ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών (50-200) και τον έλεγχο της ομοιότητάς τους. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται το δενδρογράμμα ανάλυσης ομάδων (Cluster analysis)
- Στην ανάλυση ομάδων κάποιο χαρακτηριστικό μπορεί να χαρακτηριστεί ως σημαντικότερο με την απόδοση μεγαλύτερο βάρους

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Μέθοδοι Ταξινόμησης

Αριθμητική Προσέγγιση

Παράδειγμα Δενδρογράμματος



Ταξινόμηση Βακτηρίων

Μέθοδοι Ταξινόμησης

Φυλογενετική Προσέγγιση

Βασίζεται στη σύγκριση του DNA ενός άγνωστου στελέχους με κάποιο γνωστό με τη μέθοδο που ονομάζεται υβριδισμός νουκλεϊκών οξών ή DNA. Η σύγκριση αυτή βασίζεται στη συσχέτιση 3 παραγόντων

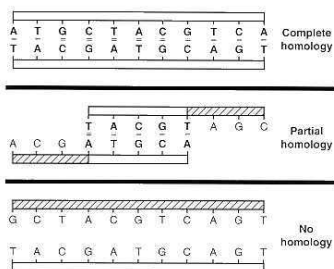
1. Το μέγεθος του γονιδιώματος: Γίνεται σύγκριση του μεγέθους του γονιδιώματος μετρούμενο ως μοριακό βάρος.
2. Τη σύσταση σε Γουανίνη+Κυτοσύνη (G+C). Το άθροισμα G+C στο βακτηρικό DNA αποτελεί το 25-75%. Δύο στελέχη που έχουν σημαντική διαφορά στη σύσταση G+C δεν είναι δυνατόν να ανήκουν στο ίδιο είδος. Ωστόσο δε ισχύει το αντίθετο.
3. Τη συγγένεια του DNA : Στην περίπτωση αυτή μια μονή αλυσίδα (single stranded) DNA του άγνωστου στελέχους συνδέεται με μονή αλυσίδα DNA ενός γνωστού και σχηματίζουν διπλή αλυσίδα DNA (double-stranded). Αυτό συγκρίνεται ως προς συγγένεια του με διπλή αλυσίδα DNA όπου και τα δύο κομμάτια (μονές αλυσίδες) προέρχονται από το ίδιο γνωστό στέλεχος.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Μέθοδοι Ταξινόμησης

Φυλογενετική Προσέγγιση

➤ Συγγένεια του DNA

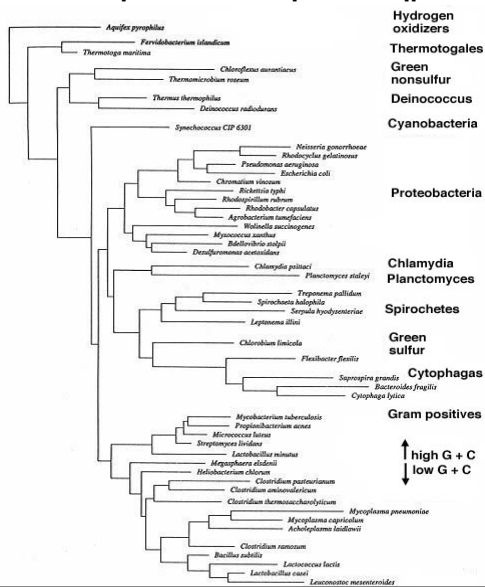


Μελέτες έχουν δείξει ότι στελέχη του ίδιου είδους παρουσιάζουν ομοιότητα DNA κατά 70-100% ενώ στελέχη διαφορετικού είδους κατά 0-65%

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Μέθοδοι Ταξινόμησης

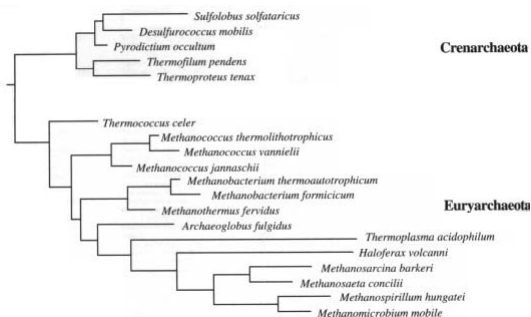
Φυλογενετικό Δένδρο Βακτηρίων



Ταξινόμηση Βακτηρίων

Μέθοδοι Ταξινόμησης

Φυλογενετικό Δένδρο Αρχαίων



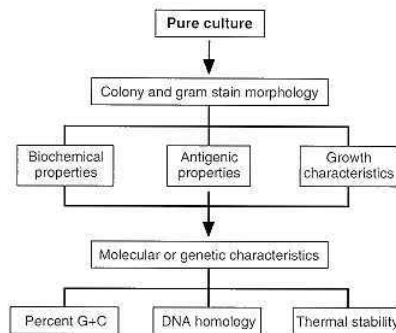
Ταξινόμηση Βακτηρίων

Μέθοδοι Ταξινόμησης

Πολυφασική (Μικτή) Προσέγγιση

Η καλύτερη προσέγγιση στην ταξινόμηση των μικρών είναι η πολυφασική. Η προσέγγιση αυτή περιλαμβάνει την μελέτη όλων των χαρακτηριστικών που αναφέρθηκαν

Πολυφασική Προσέγγιση Ταξινόμησης



Ταξινόμηση Βακτηρίων

Σημαντικές ομάδες βακτηρίων

Gram-αρνητικοί αερόβιοι βάκιλοι και κόκκοι

Οικογένεια γένος	Pseudomonadaceae	Halobacteriaceae
	<i>Frateria</i>	<i>Halobacterium</i>
	<i>Pseudomonas</i>	<i>Halococcus</i>
	<i>Xanthomonas</i>	
	<i>Zooglea</i>	Legionellaceae
	Azotobacteriaceae	<i>Legionella</i>
	<i>Azomonas</i>	
	<i>Azotobacter</i>	Neisseriaceae
	Rhizobiaceae	<i>Acinetobacter</i>
	<i>Agrobacterium</i>	Kingella
	<i>Bradyrhizobium</i>	Moraxella
	<i>Phyllobacterium</i>	Neisseria
	<i>Rhizobium</i>	
	Methylococcaceae	
	<i>Methylococcus</i>	
<i>Methylomonas</i>		
Acetobacteraceae		
<i>Acetobacter</i>		
<i>Gluconobacter</i>		

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-αρνητικοί αερόβιοι βάκιλοι και κόκκοι

Άλλα Γένη

<i>Acidiphilium</i>	<i>Derxia</i>	<i>Morococcus</i>	<i>Xanthobacter</i>
<i>Acidomonas</i>	<i>Ensifer</i>	<i>Oceanospirillum</i>	<i>Xylella</i>
<i>Acidothermus</i>	<i>Erythrobacter</i>	<i>Oligella</i>	<i>Xylophilus</i>
<i>Afipia</i>	<i>Flavimonas</i>	<i>Paracoccus</i>	<i>Zoogloea</i>
<i>Agromonas</i>	<i>Flavobacterium</i>	<i>Phenylobacterium</i>	
<i>Alcaligenes</i>	<i>Francisella</i>	<i>Psychrobacter</i>	
<i>Alteromonas</i>	<i>Halomonas</i>	<i>Rhizobacter</i>	
<i>Aminobacter</i>	<i>Hydrogenophaga</i>	<i>Roseobacter</i>	
<i>Aquaspirillum</i>	<i>Janthinobacterium</i>	<i>Rugamonas</i>	
<i>Azorhizobium</i>	<i>Lampropedia</i>	<i>Serpens</i>	
<i>Beijerinckia</i>	<i>Marinobacter</i>	<i>Sinorhizobium</i>	
<i>Bordetella</i>	<i>Marinomonas</i>	<i>Sphingobacterium</i>	
<i>Brucella</i>	<i>Mesophilobacter</i>	<i>Thermoleophilum</i>	
<i>Chromohalobacter</i>	<i>Methylobacillus</i>	<i>Thermomicrobium</i>	
<i>Chryseomonas</i>	<i>Methylobacterium</i>	<i>Thermus</i>	
<i>Comoamonas</i>	<i>Methylophaga</i>	<i>Variovorax</i>	
<i>Cupriavidas</i>	<i>Methylophilus</i>	<i>Volcaniella</i>	
<i>Deleya</i>	<i>Methylovorus</i>	<i>Weeksella</i>	

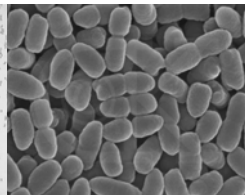
Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-αρνητικοί αερόβιοι βάκιλοι και κόκκοι

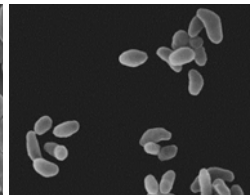
Acinetobacter baumannii



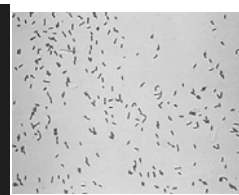
Bordetella pertussis



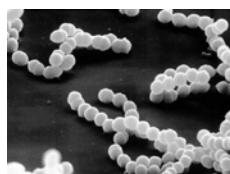
Francisella tularensis



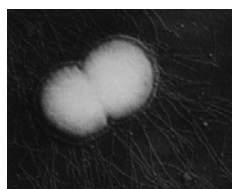
Pseudomonas aeruginosa



Neisseria meningitidis



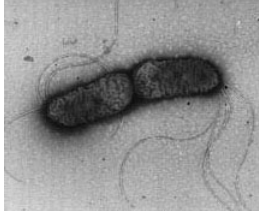
Neisseria gonorrhoeae



Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-αρνητικοί αερόβιοι βάκιλοι και κόκκοι

Οικογένεια Pseudomonadaceae
γένος *Pseudomonas*



Λοφότριχα κύτταρα pseudomonas



Ηλ. μικροσκόπιο



Χρώση Gram

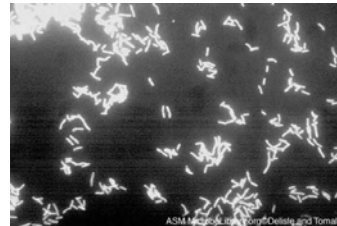
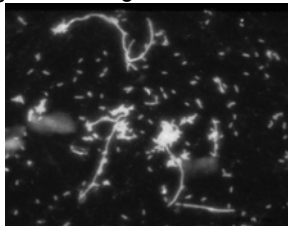
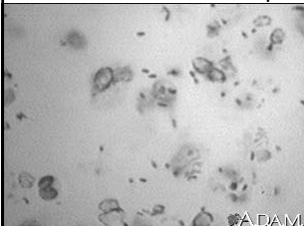
Αυστηρά αερόβιος βάκιλος με πολικά μαστίγια θετικός σε καταλάση και οξειδάση
Περισσότερα από 140 είδη, τα πιο πολλά σαπροφυτικά. Περίπου 25 είδη όπως *P aeruginosa*, *P fluorescens*, *P putida*, *P ceracia*, *P stutzeri*, *P maltophilia*, και *P putrefaciens* σχετίζονται με ευκαριακές μολύνσεις του ανθρώπου. Μόνο δύο είδη, *P mallei* και *P pseudomallei*, προκαλούν συγκεκριμένες ασθένειες όπως η νόσος των αλόγων και η μελιοείδωση. Η *P aeruginosa* αποτελεί το πιο σημαντικό είδος λόγω της μεγάλης συχνότητας εμπλοκής σε ασθένειες.

Είναι πολύ διαδεδομένα στο περιβάλλον και έχουν μεγάλη τεχνολογική σημασία λόγω των σημαντικών αλλοιώσεων που προκαλούν στα τρόφιμα.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-αρνητικοί αερόβιοι βάκιλοι και κόκκοι

Οικογένεια Legionellaceae
γένος *Legionella*



Legionella pneumophila

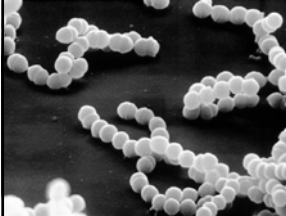
Τα είδη του γένους *Legionella* είναι Gram-αρνητικοί βάκιλλοι. Έχουν απομονωθεί 39 είδη του γένους. Το είδος *Legionella pneumophila* προκαλεί οξεία πνευμονία, τη λεγόμενη νόσο των λεγεωνάριων. Ωστόσο, δυνητικά οποιοδήποτε είδος του γένους μπορεί να προκαλέσει τη νόσο αυτή.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

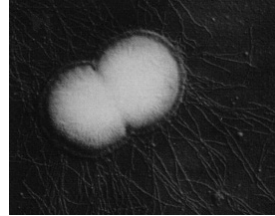
Gram-αρνητικοί αερόβιοι βάκιλοι και κόκκοι

Οικογένεια
γένος

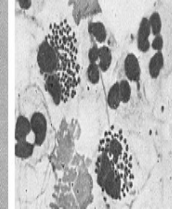
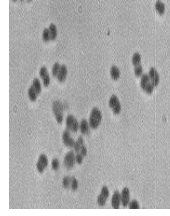
Neisseriaceae
Neisseria



Neisseria meningitidis



Neisseria gonorrhoeae



Το γένος *Neisseria* περιλαμβάνει τα σημαντικά παθογόνα *N gonorrhoeae*, που προκαλεί τη βλεννόρροια και το *N. meningitidis*, που προκαλεί οξεία βακτηριακή μηνιγγίτιδα. Η μόλυνσεις της *N gonorrhoeae* έχουν μεγάλη διάδοση και μικρή θνησιμότητα ενώ αυτές του *N meningitidis* μικρή διάδοση και μεγάλη θνησιμότητα

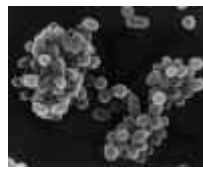
Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-αρνητικοί αερόβιοι βάκιλοι και κόκκοι

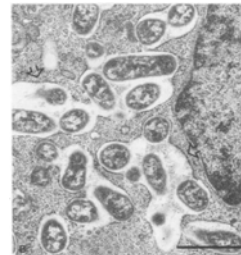
γένος *Brucella*



Brucella sp.



Brucella abortus



B. abortus.

Τα βακτήρια του γένους *Brucella* είναι Gram-αρνητικοί κοκκοβάκιλοι με μέγεθος από 0.6 έως 1.5 μm και 0.5-0.7 μm . Είναι μη σποριογόνο και δεν φέρουν έλυτρο και μαστίγιο (ακίνητα). Προσβάλλουν κυρίως τα ζώα αλλά τα περισσότερα είναι παθογόνα και για τον άνθρωπο. Οι *brucellae* προσβάλλουν τα όργανα αναπαραγωγής και το κύριο σύμπτωμα είναι η διακοπή της κύησης. Στον άνθρωπο η *brucellosis* είναι συνήθως οξεία με συμπτώματα πυρετού αλλά μπορεί να είναι και χρόνια με μεγάλο εύρος συμπτωμάτων. Μεταδίδεται κατά αποκλειστικότητα από τα ζώα.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-αρνητικοί αερόβιοι βάκιλοι και κόκκοι

γένος *Brucella*

Χαρακτηριστικά ειδών του γένους *Brucella*

TABLE 28-1 Differential Characteristics of *Brucella* Species

Species	Colony Morphology	Serum Requirement	Lysis by Phages			Oxidase	Urease	Preferred Host
			Tb		R/C			
			RTD ²	10 ¹ x RTD	RTD			
<i>B. melitensis</i>	Smooth	-	-	-	-	+	+ ⁴	Sheep, goats Cattle
<i>B. abortus</i>	Smooth	- ¹	+	+	-	+ ⁵	+ ⁴	Biovar 1; pigs Biovar 2; hares and pigs Biovar 3; pigs Biovar 4; reindeer Biovar 5; wild rodents Desert wood rats Rams Dogs
<i>B. suis</i>	Smooth	-	-	+	-	+	+ ⁴	
<i>B. neotomae</i>	Smooth	-	- ¹	+	-	-	+ ⁴	
<i>B. ovis</i>	Rough	+	-	-	+	-	-	Rams
<i>B. canis</i>	Rough	-	-	-	+	+	+ ⁴	Dogs

² Intermediate rate, some strains rapid.

¹ Except *B. abortus* biovar 2, which generally requires serum for growth on primary isolation.

³ Except *B. abortus* biovar 3 strains isolated in Senegal and Guinea Bissau, which are negative.

⁴ Intermediate rate except for reference strain 544 and occasional field strains, which are negative.

⁵ High rate.

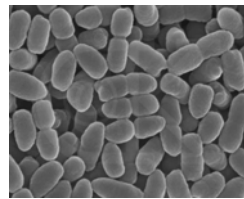
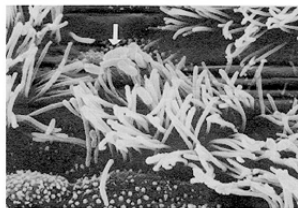
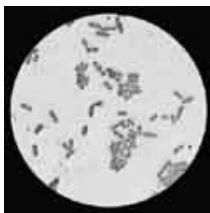
⁶ Minute plaques.

⁷ RTD, routine test dilution.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-αρνητικοί αερόβιοι βάκιλοι και κόκκοι

γένος *Bordetella*



Bordetella pertussis

Τα είδη του γένους *Bordetella* είναι μικροί, Gram-αρνητικοί, αερόβιοι κοκκοβάκιλοι. Το γένος περιλαμβάνει τα παθογόνα είδη *B. pertussis* and *B. parapertussis* που προκαλούν τον κοκίτη στον άνθρωπο. Η *Bordetella pertussis* παράγει διάφορους μολυσματικούς παράγοντες όπως οι *pertussis toxin*, *adenylate cyclase toxin*, *filamentous hemagglutinin*, και *hemolysin*. Άλλα παθογόνα είδη του γένους είναι η *B. bronchiseptica*, που προκαλεί αναπνευστικές ασθένειες σε διάφορα ζώα και μερικές φορές στον άνθρωπο, η *B. avium* και η *B. hinzei*, που προκαλούν αναπνευστικές ασθένειες σε πουλερικά αλλά σπάνια στον άνθρωπο.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

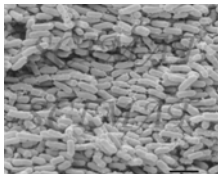
Gram-αρνητικοί προαιρετικά αναερόβιοι βάκιλοι

Οικογένεια γένος	Enterobacteriaceae		Pasturellaceae
	<i>Arsenophonus</i>	<i>Pragia</i>	
	<i>Budvicia</i>	<i>Proteus</i>	<i>Actinobacillus</i>
	<i>Buttiauxella</i>	<i>Providencia</i>	<i>Haemophilus</i>
	<i>Cedecea</i>	<i>Rahnella</i>	<i>Pasteurella</i>
	<i>Citrobacter</i>	<i>Salmonella</i>	Other Genera
	<i>Edwardsiella</i>	<i>Serratia</i>	
	<i>Enterobacter</i>	<i>Shigella</i>	<i>Calymmatobacterium</i>
	<i>Erwinia</i>	<i>Tatumella</i>	<i>Cardiobacterium</i>
	<i>Escherichia</i>	<i>Xenorhabdus</i>	<i>Cedecea</i>
	<i>Ewingella</i>	<i>Yersinia</i>	<i>Eikenella</i>
	<i>Hafnia</i>	<i>Yokenella</i>	<i>Gardnerella</i>
	<i>Klebsiella</i>		<i>Kluyvera</i>
	<i>Kluyvera</i>	Vibrionaceae	<i>Obesumbacterium</i>
	<i>Leclercia</i>	<i>Aeromonas</i>	<i>Rahnella</i>
	<i>Leminorella</i>	<i>Enhydrobacter</i>	<i>Streptobacillus</i>
	<i>Moellerella</i>	<i>Photobacterium</i>	<i>Tatumella</i>
	<i>Morganella</i>	<i>Plesiomonas</i>	<i>Xenorhabdus</i>
	<i>Obesumbacterium</i>	<i>Vibrio</i>	<i>Chromobacterium</i>
	<i>Pantoea</i>		<i>Zymomonas</i>

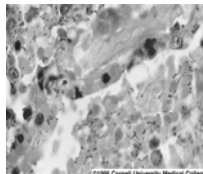
Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-αρνητικοί προαιρετικά αναερόβιοι βάκιλοι

Enterobacter sp.



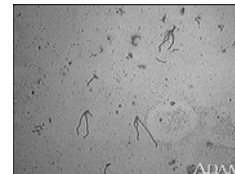
Klebsiella pneumoniae



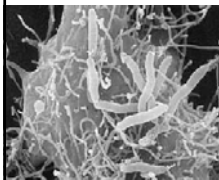
Proteus sp.



Yersinia enterocolitica



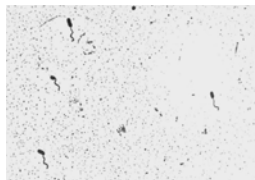
Aeromonas sp



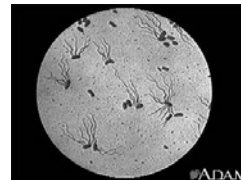
Vibrio vulnificus



Vibrio cholerae



Salmonella typhi



Ταξινόμηση Βακτηρίων

Οικογένεια Enterobacteriaceae
γένος *Escherichia*

είδος *Escherichia coli*



κύτταρα *Escherichia coli*

Αποικίες σε Αγαρ

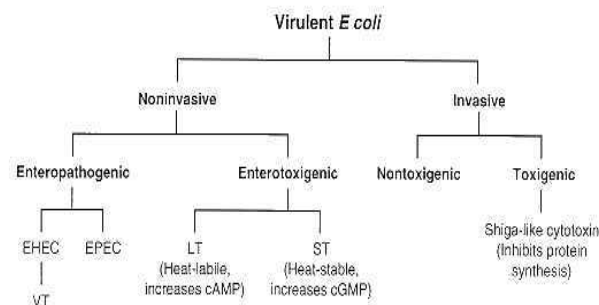
Χρώση Gram

Escherichia coli είναι κοινό μέλος της μικροχλωρίδας του παχέος εντέρου. Τα μη παθογόνα στελέχη του είδους παραμένουν ήπια παράσιτα. Τα παθογόνα στελέχη μπορεί να προκαλέσουν γαστρεντερίτιδα, διάρροια, δυσεντερία και αιμοραγική κολίτιδα.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Οικογένεια Enterobacteriaceae
γένος *Escherichia*

παθογόνα στελέχη *Escherichia coli*



4 Αναγνωρισμένα παθογόνα στελέχη *E. coli*

Escherichia coli - enterotoxigenic (ETEC)-γαστρεντερίτιδα

Escherichia coli - enteropathogenic (EPEC)-παιδική διάρροια

Escherichia coli O157:H7 enterohemorrhagic (EHEC)-αιμοραγική κολίτιδα

Escherichia coli - enteroinvasive (EIEC)-δυσεντερία

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Οικογένεια Enterobacteriaceae
 γένος *Escherichia*
 Ορότυποι ETEC

TABLE 25-1 Major Enterotoxigenic *E Coli* Serogroups and Serotypes Grouped According to Their Colonization Factor Antigens^a

CFA/I	CFA/II	CFA/IV	Other
O15:H11, O15:H	O6:H16, O6:H	O25:H42	O159:H4
O25:H42	O8:H9, O8:H	O29:H21	O9
O63:H12, O63:H	O8O, O85	O115:H40	
O78:H11, O78:H12	O115:51	O148:H48	
O78:H, O128ac	O139		
O167:H21			
O153:H12, O153:H45			

^aNo particular ETEC serotype has been associated with CFA/III or longus.

Τα ETEC χαρακτηρίζονται από ειδικευμένα ινίδια (pili) με διαφορετικά αντιγόνα από τα κοινά ινίδια. Τα ινίδια αυτά έχουν σημαντικό ρόλο στην παθογένεια αφού συμβάλλουν στην προσκόλληση στα επιθηλιακά κύτταρα και ονομάζονται colonization-factor antigens (CFA). Βάση αυτών διακρίνουμε διαφορετικές ομάδες ορότυπων του παθογόνου. Τα γονίδια με τους κώδικες παραγωγής των CFAs βρίσκονται στα μολυσματικά πλασμίδια των ETEC. Τα ίδια πλασμίδια συνήθως φέρουν και τα γονίδια παραγωγής των δύο εντεροτοξινών του *E coli*, της θερμостаθής εντεροτοξίνης (LT) και της θερμοάντοχης (ST). Στη περισσότερες περιπτώσεις η διάρροια προκαλείται από ETEC στελέχη που φέρουν CFA καθώς και τις δύο LT και ST.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Οικογένεια Enterobacteriaceae
 γένος *Escherichia*
 παθογόνα στελέχη *Escherichia coli*

Ορότυποι μη ETEC

TABLE 25-2 Common Serologic Types of Non-ETEC *E Coli* Grouped According to Their Mechanism of Pathogenesis^a

Classic EPEC Serogroups	Enteroinvasive Shigella-Like Serogroups	Enterohemorrhagic Serogroups
O18, O26 [†] , O44, O86 [†] , O111 [†] , O112, O114, O119 [†] , O125 [†] , O126 [†] , O127 [†] , O128ab [†] , O142 [†]	O28ac, O29, O124, O136, O143, O144, O152, O164	O26:H11, O111, O55b, O157:H7

[†]Occasional isolates fail to show the expected correlation between serogroup and disease type; this is due to the genetics of virulence factors (i.e., transmissibility of virulence-associated plasmids and bacteriophage between *E coli* strains in vivo as well as spontaneous loss of these factors in vitro).

[‡]Usually EAF positive; other EPEC serogroups usually EAF negative.

Όπως και στην περίπτωση του ETEC, τα στελέχη EPEC δεν παρουσιάζουν δομικές διαφορές από τα *E coli* της φυσικής χλωρίδας του εντέρου. Οι EPEC ορότυποι που αναφέρονται στον πίνακα αναγνωρίστηκαν ως οι πρώτες ομάδες *E coli* που προκάλεσαν διάρροια σε παιδιά. Οι ορότυποι EPEC φέρουν έναν αντιγονικό παράγοντα προσκόλλησης που ονομάζεται bundle-forming pilus (BFP). Το γονίδιο που φέρει τον BFP βρίσκεται στο πλασμίδιο που ονομάζεται enteroaggregative *Escherichia coli* πλασμίδιο. Το BFP είναι υπεύθυνο για την αρχική προσκόλληση των EPEC στα κύτταρα του εντέρου.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Οικογένεια Enterobacteriaceae
γένος *Escherichia*
παθογόνα στελέχη *Escherichia coli*

Ορότυποι μη ETEC

TABLE 25-2 Common Serologic Types of Non-ETEC *E Coli* Grouped According to Their Mechanism of Pathogenesis*

Classic EPEC Serogroups	Enteroinvasive Shigella-Like Serogroups	Enterohemorrhagic Serogroups
O18, O26 [†] , O44, O86 [†] , O111 [†] , O112, O114, O119 [†] , O125 [†] , O126 [†] , O127 [†] , O128ab [†] , O142 [†]	O28ac, O29, O124, O136, O143, O144, O152, O164	O26:H11, O111, O55b, O157:H7

*Occasional isolates fail to show the expected correlation between serogroup and disease type; this is due to the genetics of virulence factors (i.e., transmissibility of virulence-associated plasmids and bacteriophage between *E coli* strains in vivo as well as spontaneous loss of these factors in vitro).

[†]Usually EAF positive; other EPEC serogroups usually EAF negative.

Τα Enteroinvasive *E. coli* (EIEC) προκαλούν δυσεντερία. Οι ορότυποι αυτοί μοιάζουν πολύ με τη *Shigella*. Μετά τη λήψη συνήθως μέσω της τροφής εισχωρούν στα επιθηλιακά κύτταρα του εντέρου προκαλώντας συμπτώματα παρόμοια με αυτά της δυσεντερίας της *Shigellas*. Τα συμπτώματα συμπεριλαμβάνουν αίμα και βλέννα στα κόπρανα.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Οικογένεια Enterobacteriaceae
γένος *Escherichia*
παθογόνα στελέχη *Escherichia coli*

Ορότυποι μη ETEC

TABLE 25-2 Common Serologic Types of Non-ETEC *E Coli* Grouped According to Their Mechanism of Pathogenesis*

Classic EPEC Serogroups	Enteroinvasive Shigella-Like Serogroups	Enterohemorrhagic Serogroups
O18, O26 [†] , O44, O86 [†] , O111 [†] , O112, O114, O119 [†] , O125 [†] , O126 [†] , O127 [†] , O128ab [†] , O142 [†]	O28ac, O29, O124, O136, O143, O144, O152, O164	O26:H11, O111, O55b, O157:H7

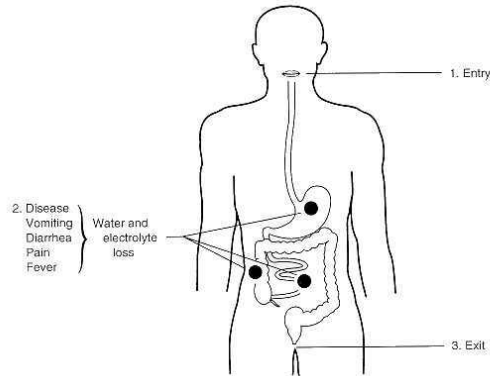
*Occasional isolates fail to show the expected correlation between serogroup and disease type; this is due to the genetics of virulence factors (i.e., transmissibility of virulence-associated plasmids and bacteriophage between *E coli* strains in vivo as well as spontaneous loss of these factors in vitro).

[†]Usually EAF positive; other EPEC serogroups usually EAF negative.

Τα στελέχη *E coli* που σχετίζονται με την αιμοραγική κολίτιδα (enterohemorrhagic *E coli*, or EHEC) και κυρίως το O157:H7, παράγει μεγάλες ποσότητες βακτηριοφαγικής τοξίνης που ονομάζεται Vero toxin (VT). Πολλά στελέχη O157:H7 παράγουν επίσης και μια δεύτερη τοξίνη τη Vero toxin 2, η οποία προκαλεί τα ίδια συμπτώματα αλλά παρουσιάζει αντιγονικές διαφορές με την πρώτη.

Οικογένεια Enterobacteriaceae
γένος *Escherichia*

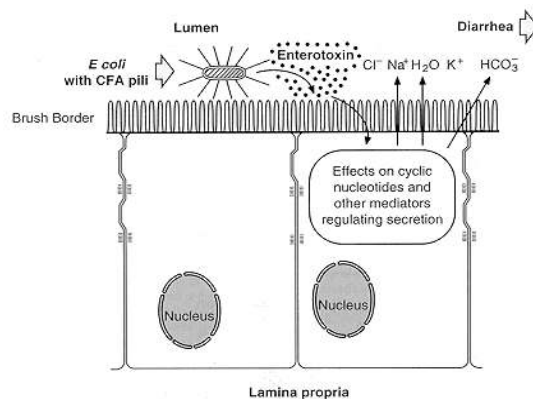
Παθογένεια ETEC



Τα ETEC προκαλούν ταχεία, υδαρή διάρροια χωρίς αίμα που συνοδεύεται από μικρό ή καθόλου πυρετό. Άλλα κοινά συμπτώματα είναι οι κοιλιακοί πόνοι, αδιαθεσία, ναυτία και εμετός. Η διάρκεια της διάρροιας και των άλλων συμπτωμάτων είναι περίπου 24 με 72 ώρες

Οικογένεια Enterobacteriaceae
γένος *Escherichia*
παθογόνα στελέχη *Escherichia coli*

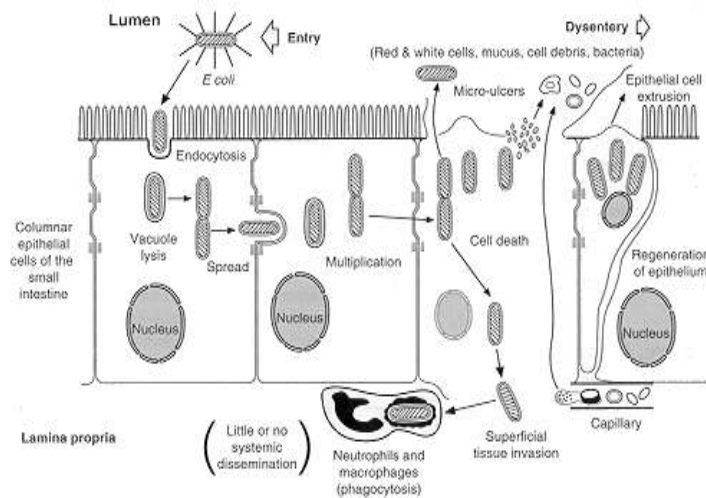
Κυτταρική παθογένεια ETEC με ινδία CFA



Η παθογένεια του διαρροϊκού ETEC περιλαμβάνει δύο στάδια: 1) την αποίκηση του εντέρου και 2) την παραγωγή της ST εντεροτοξίνης. Η ST είναι μια οικογένεια τοξικών πεπτιδίων που αποτελούνται από 18 έως 50 αμινοξέα. Η τοξίνη αυτή διεγείρει το ένζυμο guanylate cyclase το οποίο μετατρέπει την τριφωσφορική γουανοσίνη (GTP) σε κυκλική μονοφωσφορική γουανοσίνη η οποία παρεμποδίζει την προσρόφηση των υγρών του εντέρου και προκαλεί την έκκριση υγρών (διάρροια)

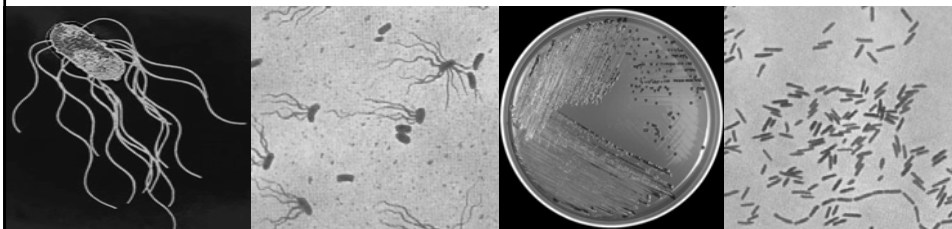
Οικογένεια Enterobacteriaceae
 γένος *Escherichia*
 παθογόνα στελέχη *Escherichia coli*

Κυτταρική παθογένεια επιδρομικού *Escherichia coli*



Ταξινόμηση Βακτηρίων

Οικογένεια Enterobacteriaceae
 γένος *Salmonella*



Salmonella typhi

Αποικίες σε Αγαρ

Χρώση Gram

Η *Salmonella* είναι κινούμενος βάκιλος- ακίνητες εξαιρέσεις είναι οι *S. gallinarum* και *S. pullorum*--, μη σποριογόνος, Gram αρνητικός. Είναι ευρέως εξαπλωμένη στα ζώα και ειδικά στα πουλερικά.

Οικογένεια Enterobacteriaceae
 γένος *Salmonella*

Παθογόνα είδη και ορότυποι

TABLE 21-1 Ecologic Classification of Salmonellae

Species	Representative Serovar(s)*	Reservoir (Host preferences)
<i>S. choleraesuis</i>	One only	Animals (swine)
<i>S. typhi</i>	One only	Humans
<i>S. enteritidis</i>	<i>Paratyphi-A</i>	Humans
	<i>Schottmuelleri</i>	
	<i>Pullorum</i>	Animals (fowl)
	<i>Dublin</i>	Animals (cattle)
	<i>Typhimurium</i>	
	<i>Derby</i>	
	<i>Enteritidis</i>	Humans and many animals
	Heidelberg and hundreds of related serovars	

*It is now accepted practice to refer to the 1,800 serovars of *Salmonella* as though they constituted separate species (e.g. *S. pullorum*).
 (Adapted from Grady GF, Keusch GT, N Engl J Med 285:831, 1971, with permission.)

Η Salmonellosis περιλαμβάνει διάφορα σύνδρομα όπως γαστρεντερίτιδα, εντερικό πυρετό και σηψαιμία

Οι *S. typhi*, *S. paratyphi-A*, και *S. schottmuelleri* προκαλούν εντερικό πυρετό

Η *S. choleraesuis* προκαλεί σηψαιμία

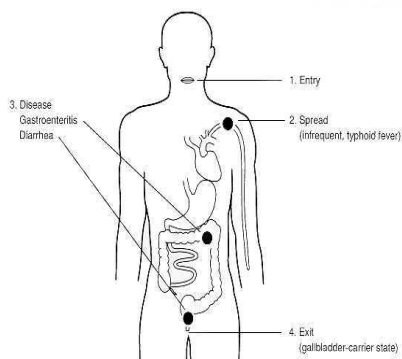
Οι *S. typhimurium* και *S. enteritidis* προκαλούν γαστρεντερίτιδα

Ωστόσο ευκαιριακά όλοι οι ορότυποι μπορούν να προκαλέσουν οποιοδήποτε από τα παραπάνω συμπτώματα

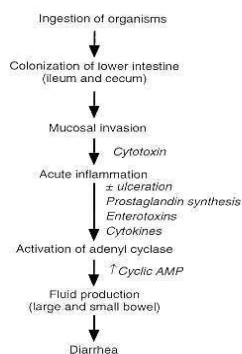
Οικογένεια Enterobacteriaceae
 γένος *Salmonella*

Παθογένεια της *Salmonella*

Παθογένεια της *Salmonella*



Παθογένεια της *Salmonella enterocolitis*
 Και πρόκληση διάρροιας

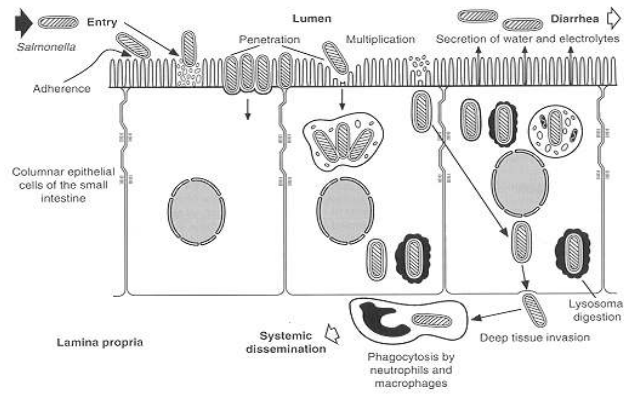


Τα μη-τυφοειδή στελέχη της salmonellae εισχωρούν στο σώμα συνήθως μέσω της τροφής. Η παθογένεια εξαρτάται από παρουσία ορισμένων χαρακτηριστικών όπως (1) την ικανότητα να εισχωρεί στο κύτταρο (2) την ύπαρξη ολοκληρωμένου ελύτρου, (3) την ικανότητα ενδοκυτταρικού πολλαπλασιασμού και (4) την παραγωγή τοξίνης. Μετά τη λήψη ο μικρός αποικεί στον ειλεό και το τυφλό έντερο, εισχωρεί στα κύτταρα του εντερικού επιθηλίου και πολλαπλασιάζεται μέσα στο επιθήλιο και τους λεμφοειδείς αδένες. Ο μηχανισμός εισχώρησης της salmonellae στο κύτταρο περιλαμβάνει την αρχικά την προσκόλληση σε συγκεκριμένους υποδοχείς του επιθηλιακού κυττάρου και στην συνέχεια την εισχώρηση μέσω της ενδοκυτταρικής μεμβράνης και την πινοκυττάρωση.

Οικογένεια Enterobacteriaceae
γένος *Salmonella*

Παθογένεια της *Salmonella*

Εισχώρηση της *Salmonella* στον εντερικό σωλήνα

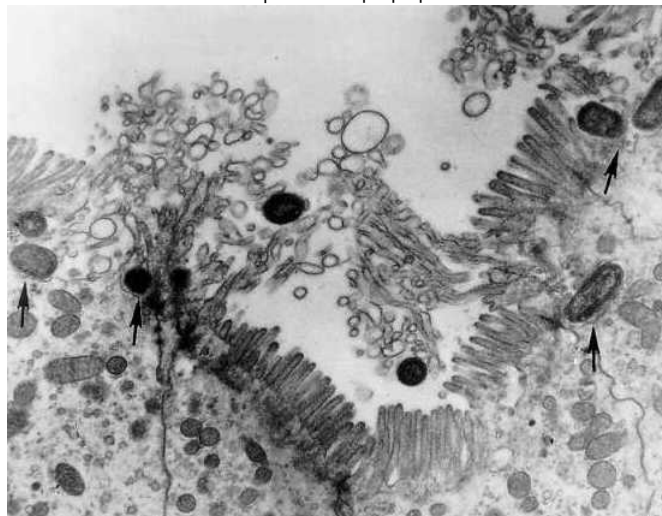


Μετά την εισχώρηση στο επιθήλιο ο οργανισμός πολλαπλασιάζεται ενδοκυτταρικά και διαχέεται στους λεμφοειδείς αδένες. Η διάχυση του οργανισμού περιορίζεται από το ανοσοποιητικό σύστημα (φαγοκυτάρωση). Ωστόσο, ορισμένοι ορότυποι είναι δυνατό να υπερκεράσουν το ανοσοποιητικό σύστημα και να προσβάλλουν το ήπαρ τη σπλήνα και άλλα όργανα. Οι περισσότερες ωστόσο *Salmonellosis* περιορίζονται στον εντερικό σωλήνα.

Οικογένεια Enterobacteriaceae
γένος *Salmonella*

Παθογένεια της *Salmonella*

Φωτογραφία από ηλ. Μικροσκόπιο που δείχνει την εισχώρηση κυττάρων *Salmonella* (βέλη) σε επιθηλιακά κύτταρα γουρουνιού



Οικογένεια Enterobacteriaceae
γένος *Salmonella*

Παθογένεια της *Salmonella*

Μηχανισμοί άμυνας του οργανισμού εναντίον της *Salmonella*

TABLE 21-2 Host Defenses Against Salmonellae

Host Defense	Examples of Factors
Gastric Factors	Gastric acidity Rate of gastric emptying
Intestinal Factors	Intestinal motility Normal intestinal flora Mucus Secretory antibodies Genetic resistance to invasion
Nonspecific and Other Possible Factors	Nutritional state Lactoferrin Gut reticuloendothelial cells Lysozyme

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Οικογένεια Enterobacteriaceae
γένος *Shigella*



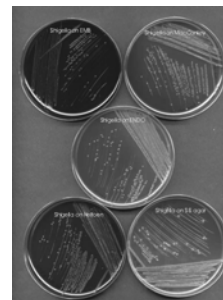
Shigella sonnei



Shigella dysenteriae



Shigella sonnei



Αποικίες σε Αγαρ

Οι *Shigellae* είναι Gram-αρνητικοί, μη κινούμενα, προαιρετικά αναερόβιοι, μη σποριογόνοι βάκλιοι. Διαφοροποιούνται με τα στενά συνδεδεμένα *Escherichia coli* με βάση τη παθογένεια και τη φυσιολογία (δεν ζυμώνουν τη λακτόζη όπως τα *E. coli*). Το γένος διακρίνεται σε 4 ομάδες ορότυπων: A (*S dysenteriae*, 12 ορότυποι); B (*S flexneri*, 6 ορότυποι); C (*S boydii*, 18 ορότυποι); and D (*S sonnei*, 1 ορότυπος).

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Οικογένεια Enterobacteriaceae
γένος *Shigella*

Κλινικά χαρακτηριστικά

TABLE 22-1 Clinical Characteristics of Shigellosis

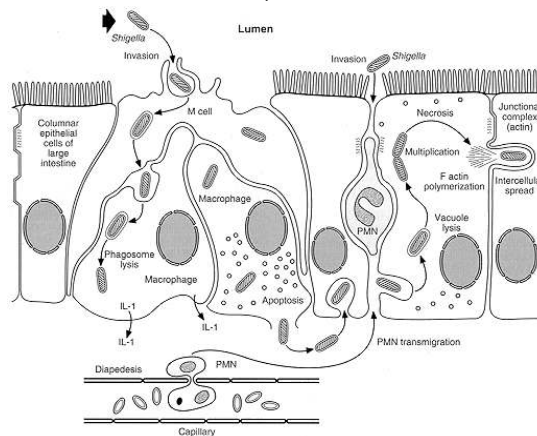
Symptom	Approximate Percentage of Patients*			
	<i>S. sonnei</i>	<i>S. flexneri</i>	<i>S. dysenteriae</i>	
Watery diarrhea	75	30	30	
Stool mucus	50	75	95	
Stool blood	10	50	80	
Abdominal pain	50	70	85	
Vomiting	60	30	40	
Fever	5	10	10	

* Based on data from Dacca Hospital, Dacca, Bangladesh

Η Shigellosis έχει δύο βασικά κλινικά συμπτώματα: (1) διάρροια που συνοδεύεται με εμετό και ελαφριά ή μέτρια αφυδάτωση, και (2) δυσεντερία που χαρακτηρίζεται από αίμα και βλέννα στα κόπρανα και κοιλιαούς πόνους. Μελέτες σε εθελοντές έχουν δείξει ότι τα συμπτώματα μπορεί να εμφανιστούν από τη λήψη πολύ μικρού πληθυσμού του παθογόνου (10-100 κύτταρα), και ο χρόνος εμφάνισης είναι συνήθως μεταξύ 24-48 ώρες. Η μέση διάρκεια των συμπτωμάτων στους ενήλικες είναι 7 ημέρες.

Οικογένεια Enterobacteriaceae
γένος *Shigella*

Παθογένεια

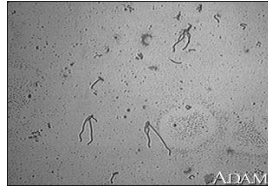


Η μόλυνση της *Shigella* ξεκινά στα κύτταρα της μεμβράνης (M) που συνδέονται με τους λεμφοειδείς αδένες. Στα αρχικά στάδια το βακτήριο εισχωρεί μέσω των M κυττάρων στο υποεπιθηλιακό χώρο όπου και υφίσταται φαγοκυττάρωση από τους μακροφάγους. Ωστόσο το παθογόνο δεν πεθαίνει στο φαγολυσόσωμα αλλά το λύει και ελευθερώνεται προκαλώντας στη συνέχεια φλεγμονή του ιστού

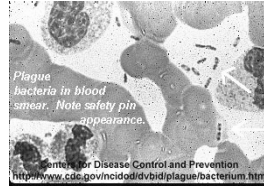
Ταξινόμηση Βακτηρίων

Οικογένεια Enterobacteriaceae
γένος *Yersinia*

Yersinia enterocolitica



Yersinia pestis

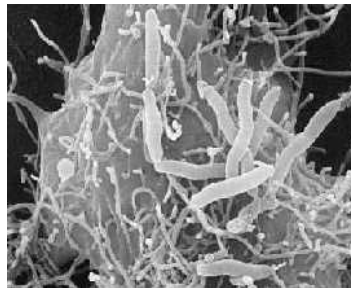


Η *Yersinia pestis* προκαλεί τη βουβωνική και πνευμονική πανώλη. Η βουβωνική πανώλη μεταφέρεται κυρίως μέσω των ποντικών και τα συμπτώματα πρήξιμο και μαύρισμα των λεμφοειδών αδένων που συνοδεύεται με σηψαιμία, αιμοραγική πνευμονία και θάνατο. Ο πνευμονικός τύπος μεταφέρεται με του σάλιου. Η *Yersinia enterocolitica* προκαλεί σοβαρή διάρροια και τοπικά αποστήματα και η *Y pseudotuberculosis* προκαλεί σοβαρές κωλίτιδες.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Οικογένεια Enterobacteriaceae
γένος *Aeromonas*

Aeromonas Hydrophila σε επιθηλιακά κύτταρα

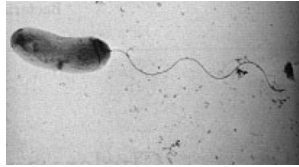


Τα είδη του γένους *Aeromonas* είναι Gram-αρνητικοί βάκιλοι, θετικοί στην οξειδάση, προαιρετικά αναερόβιοι και ζυμώνουν τη γλυκόζη. Είναι πού διαδεδομένα στο υδατικό περιβάλλον. Το πιο σημαντικό παθογόνο είδος είναι το *A. hydrophila*. Άλλα παθογόνα είδη είναι τα *A. caviae* και *A. sobria*. Η ύπαρξη βακτηρίων στο αίμα είναι το σύνηθες σύμπτωμα αλλά σε προχωρημένο στάδιο προκαλεί σηψαιμία, κοιλιακούς πόνους, ναυτία, εμετό και διάρροια.

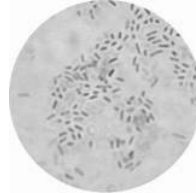
Ταξινόμηση Βακτηρίων

Οικογένεια Enterobacteriaceae
γένος *Vibrio*

Vibrio cholerae



Vibrio parahaemolyticus



Vibrio vulnificus



Τα *Vibrios* είναι πολύ διαδεδομένα βακτήρια σε στάσιμα νερά και σε θαλάσσιους οργανισμούς. Τα είδη *V. cholerae* και *V. parahaemolyticus* είναι παθογόνα και προκαλούν διάρροιες. Είναι μη επιδρομικά είδη και προσβάλλουν το λεπτό έντερο μέσω παραγωγής τοξίνης. Άλλο παθογόνο είδος είναι το *Vibrio vulnificus* το οποίο προκαλεί γαστρεντερίτιδα και ένα σύνδρομο που ονομάζεται πρόωρη σηψαιμία.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-αρνητικοί αναερόβιοι βάκιλοι

Οικογένεια	Bacteroidaceae		
γένος	<i>Acetivibrio</i>	<i>Lachnospira</i>	<i>Sporomusa</i>
	<i>Acetoanaerobium</i>	<i>Leptotrichia</i>	<i>Succinimonas</i>
	<i>Acetofilamentum</i>	<i>Malonomonas</i>	<i>Succinivibrio</i>
	<i>Acetogenium</i>	<i>Megamonas</i>	<i>Syntrophobacter</i>
	<i>Acetomicrobium</i>	<i>Mitsuokella</i>	<i>Syntrophosmonas</i>
	<i>Acetothermus</i>	<i>Oxalobacter</i>	<i>Thermobacteroides</i>
	<i>Acidaminobacter</i>	<i>Pectinatus</i>	<i>Thermospipho</i>
	<i>Anaerobiospirillum</i>	<i>Pelobacter</i>	<i>Thermotoga</i>
	<i>Anaerorhabdus</i>	<i>Porphyromonas</i>	<i>Tissierella</i>
	<i>Anaerovibrio</i>	<i>Prevotella</i>	<i>Wolinella</i>
	<i>Bacteroides</i>	<i>Propionigenium</i>	<i>Zymophilus</i>
	<i>Butyrivibrio</i>	<i>Propionispira</i>	
	<i>Centipeda</i>	<i>Rikenella</i>	
	<i>Fervidobacterium</i>	<i>Roseburia</i>	
	<i>Fibrobacter</i>	<i>Ruminobacter</i>	
	<i>Fusobacterium</i>	<i>Sealdella</i>	
	<i>Haloanaerobium</i>	<i>Selenomonas</i>	
	<i>Halobacteroides</i>		
	<i>Ilyobacter</i>		

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-αρνητικοί αναερόβιοι βάκιλοι

Θειοαναγωγικά βακτήρια

Desulfobacter

Desulfobacterium

Desulfobulbus

Desulfococcus

Desulfomicrobium

Desulfomonas

Desulfomonile

Desulfonema

Desulfosarcina

Desulfotomaculum

Desulfovibrio

Desulfurella

Desulfuromonas

Thermodesulfobacterium

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-αρνητικοί αναερόβιοι κόκκοι

Οικογένεια
γένος

Veillonellaceae

Acidaminococcus

Megasphaera

Syntrophococcus

Veillonella

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-θετικοί κόκκοι

Αερόβιοι θετικοί
στη καταλάση

Γένη

Deinobacter
Deinococcus
Marinococcus
Micrococcus
Planococcus
Saccharococcus
Staphylococcus
Stomatococcus

Αερόβιοι αρνητικοί
στη καταλάση

Γένη

Aerococcus *Enterococcus*
Gemella
Lactococcus
Leuconostoc
Melissococcus
Pediococcus
Streptococcus
Trichococcus
Vagococcus

Αναερόβιοι αρνητικοί
στη καταλάση

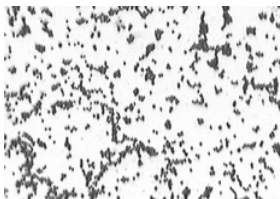
Γένη

Coprococcus
Peptococcus
Peptostreptococcus
Ruminococcus
Sarcina

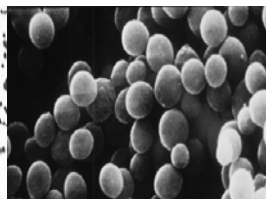
Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-θετικοί κόκκοι

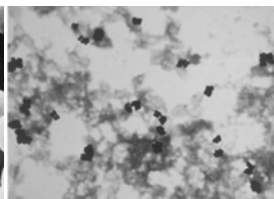
γένος *Staphylococcus*



Staphylococcus aureus



Staphylococcus aureus



Staphylococcus epidermidis

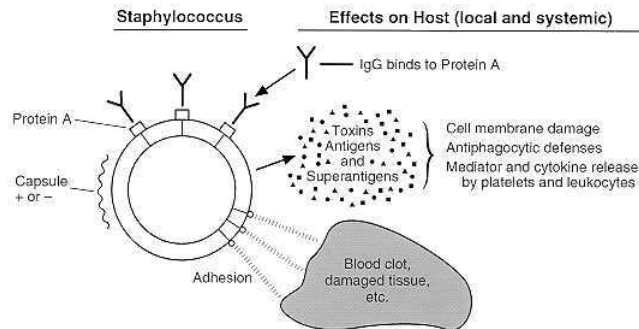
Οι *Staphylococci* είναι Gram-θετικοί κόκκοι διαμέτρου περίπου 1 μm και παρουσιάζουν σχηματισμούς σταφυλίου. Πολλά είδη αποτελούν τό αίτιο διαφόρων ασθενειών. (1) *S aureus* προκαλεί επιφανειακές δερματοπάθειες και τοπικά αποστήματα (2) *S aureus* μπορεί επίσης να προκαλέσει οστεομυελίτιδα και ενδοκαρδίτιδα (3) Ο *S aureus* αποτελεί επίσης βασικό αίτιο νοσοκομιακών μολύνσεων και μαζί με τον *S epidermidis* προκαλούν μολύνσεις που σχετίζονται με ενσωματωμένες ιατρικές συσκευές (καθετήρες) (4) Ο *S aureus* προκαλεί τροφικές δηλητηριάσεις μέσω παραγωγής τοξίνης στα τρόφιμα (5) Ο *S aureus* αποτελεί το αίτιο για το σύνδρομο τοξικού σοκ (toxic shock syndrome) μέσω της απελευθέρωσης υπεραντιγόνων στο αίμα (6) Ο *S saprophyticus* προκαλεί λοιμώξεις του ουρικού συστήματος ιδιαίτερα σε γυναίκες (7) Άλλα είδη του γένους (*S lugdunensis*, *S haemolyticus*, *S warneri*, *S schleiferi*, *S intermedius*) είναι περιστασιακά παθογόνα.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-θετικοί κόκκοι

γένος *Staphylococcus*

Μολυσματικοί παράγοντες του *Staphylococcus aureus*

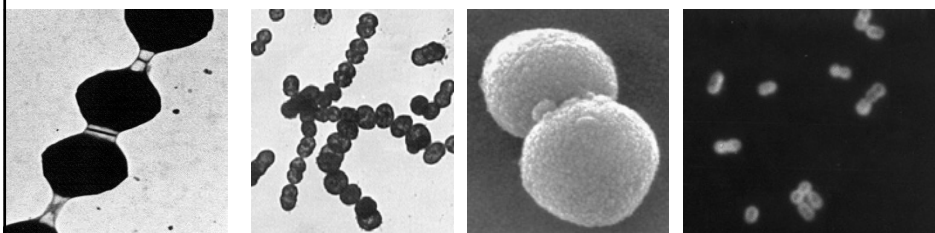


Οι μολυσματικοί παράγοντες του *S aureus* περιλαμβάνουν (1) Επιφανειακές πρωτεΐνες που συμβάλουν στην αποίκισι στον ξενιστή (2) Παράγοντες που παρεμποδίζουν την φαγοκύτωση (capsule, immunoglobulin binding protein A). (3) Τοξίνες που προκαλούν βλάβες στον ιστό του ξενιστή.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-θετικοί κόκκοι

γένος *Streptococcus*



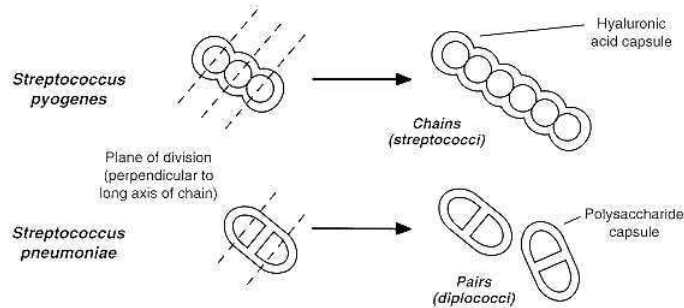
Streptococcus pyogenes

Streptococcus pneumoniae

Οι *Streptococci* είναι Gram-θετικοί, μή κινούμενοι, μη σποριογόνοι, θετικοί στην καταλάση κόκκοι που εμφανίζονται σε ζευγάρια ή αλυσίδες. Οι γηρασμένες καλιέργειες μπορεί να χάσουν τον Gram-θετικό χαρακτήρα τους. Τα περισσότερα είδη είναι προαιρετικά αναερόβια ενώ μερικά είναι υποχρεωτικά αναερόβια. Ο βασικός παράγοντας ταξινόμησης των είναι η αντίδραση αιμόλυσης σε blood agar. Η β-αιμόλυση σχετίζεται με την ολική λύση των ερυθρών κυττάρων που περιβάλλουν την αποικία στο άγαρ ενώ η α-αιμόλυση είναι η μερική ή «πράσινη» αιμόλυση με το μεταβολισμό της αιμογλοβίνης των ερυθρών κυττάρων. Οι μη αιμολυτικές αποικίες χαρακτηρίζονται ως γ-αιμολυτικές. Η αιμόλυση εξαρτάται από το είδος και την ηλικία των ερυθρών κυττάρων καθώς και με άλλους παράγοντες που σχετίζονται με το θρεπτικό υπόστρωμα. Η ομάδα A των streptococci είναι σχεδόν πάντα β-αιμολυτικοί. Η ομάδα B μπορεί να είναι α, β, ή γ-αιμολυτικοί.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-θετικοί κόκκοι
γένος *Streptococcus*



Τα κυριότερα παθογόνα είδη της οικογένειας είναι ο *S pyogenes* (ομάδα A) και ο *S pneumoniae* (πνευμονόκοκκος). Ένα άλλο είδος ιατρικού ενδιαφέροντος είναι ο *S agalactiae* (ομάδα B), που προκαλεί ασθένειες σε νεογνά. Άλλα παθογόνα είδη είναι οι *S mutans* και *S sanguis* (σχετίζονται με την τερηδόνα και ενδοκαρδίτιδα), ο *S mitis* (σχετίζεται με βακτηραιμία, μηνιγγίτιδα, περιοδοντικές ασθένειες και πνευμονία) και άλλοι.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-θετικοί κόκκοι
γένος *Streptococcus*

TABLE 13-1 Medically Important Streptococci

Type species	Lancefield serogroup	Normal habitat	Significant human disease
<i>S pyogenes</i>	A	Humans,	Acute pharyngitis and others
<i>S agalactiae</i>	B	Cattle, humans	Neonatal meningitis and sepsis and infections in adults
<i>S equisimilis</i>	C	Wide human and animal distribution	Endocarditis, bacteremia, pneumonia, meningitis, mild upper respiratory infection
<i>E faecalis</i>			
<i>S bovis (nonenterococcus)</i>	D	Human and animal intestinal tracts, dairy products bacteremia	Biliary or urinary tract infection, endocarditis,
<i>S anginosus</i>	F, G ^a	Humans, animals	Subcutaneous or organ abscesses, endocarditis, mild upper respiratory infection
<i>S sanguis</i> ^b	H	Humans	Endocarditis, caries
<i>S salivarius</i>	K	Humans	Endocarditis, caries
None	O	Humans	Endocarditis
<i>S suis</i>	R	Swine	Meningitis
"viridans" <i>S mitis</i> , <i>S mutans</i> ^c	None identified	Humans	Caries, endocarditis
Anaerobic or micro-aerophilic	None identified	Wide human and animal distribution	Brain and pulmonary abscesses, gynecologic infections
<i>S pneumoniae</i>	None identified	Humans	Lobar pneumonia and others

^a Strains of the "S milleri" group (*S constellatus*, *S intermedius*, *S anginosus*, *minute strains*) may possess antigens of groups A, C, F, or G, or no identifiable Lancefield group antigens; a heterogeneous group, genetically related but with a wide variety of phenotypic and biochemical characteristics

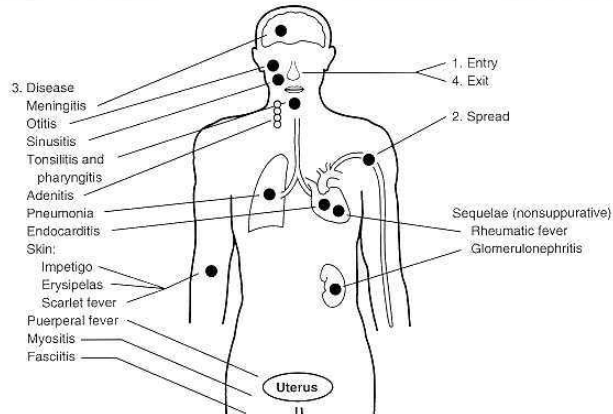
^b Disparate grouping undergoing further definition.

^c Other viridans streptococci (*S sanguis*, *S salivarius* "S milleri," *S bovis*) have identified group antigen(s); nutritionally variant streptococci may be included in this diverse category.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-θετικοί κόκκοι

γένος *Streptococcus*



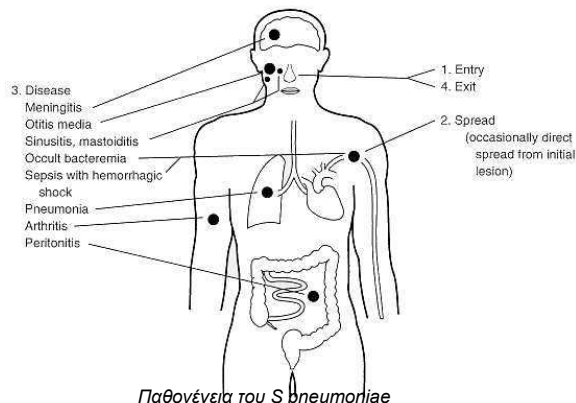
Παθογένεια του *Streptococcus pyogenes*

Ο *Streptococcus pyogenes* μπορεί να προκαλέσει οξείες μολύνσεις όπως η φαρυγγίτιδα, η οστρακιά και τα δερματικά εκζέματα. Επιδρομικές τοξικογενείς μολύνσεις μπορεί να οδηγήσουν σε σύνδρομο στρεπτοκοκκικού τοξικού σοκ.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Gram-θετικοί κόκκοι

γένος *Streptococcus*



Παθογένεια του *S pneumoniae*

Ο *Streptococcus pneumoniae* αποτελεί μέλος της χλωρίδας του αναπνευστικού συστήματος. Προκαλεί πνευμονία, ιγμορίτιδα, ωτίτιδα ή και μηνιγγίτιδα η οποία συνήθως είναι δευτερογενής των παραπάνω μολύνσεων.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Σποριογόνοι Gram-θετικοί βάκιλοι και κόκκοι

Γένη

Amphibacillus

Bacillus

Clostridium

Desulfotomaculum (also
dissimilatory sulfate
reducer)

Oscillospira

Sporolactobacillus

Sporosarcina

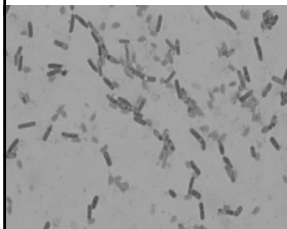
Sulfidobacillus

Syntrophospora

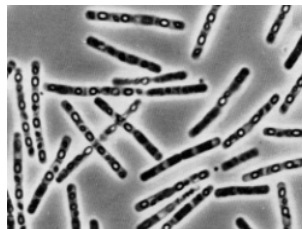
Ταξινόμηση Βακτηρίων

Σποριογόνοι Gram-θετικοί βάκιλοι και κόκκοι

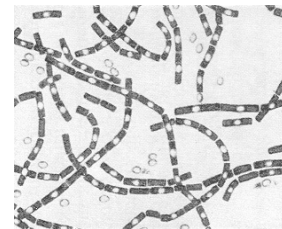
γένος *Bacillus*



Bacillus cereus



Bacillus thuringiensis



Bacillus anthracis

Ο άνθραξ αποτελεί τη γνωστότερη ασθένεια του γένους *Bacillus*. Ωστόσο, πολλά είδη του γένους έχουν εμπλακεί σε διάφορες ασθένειες που περιλαμβάνουν αποστήματα, βακτηριμία/σηψαιμία, ωτίτιδα, ενδοκαρδίτιδα, μηνιγγίτιδα, οστεομυελίτιδα, περιτονίτιδα και μόλυνση του αναπνευστικού ουρικού συστήματος. Οι περισσότερες από τις παραπάνω ασθένειες εμφανίζονται ως δευτερογενείς σε άτομα με αζασθενημένο ανοσοποιητικό σύστημα αλλά πολλές εμφανίζονται και σε υγιή άτομα. Μερικές από αυτές είναι σοβαρές έως θανατηφόρες. Το πιο σημαντικό παθογόνο είδος του γένους με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης είναι ο *B cereus* και ακολουθούν οι *B licheniformis* και *B subtilis*. Οι *Bacillus alvei*, *B brevis*, *B circulans*, *B coagulans*, *B macerans*, *B pumilus*, *B sphaericus*, and *B thuringiensis* είναι περιστασιακά παθογόνα.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Σποριογόνοι Gram-θετικοί βάκιλοι και κόκκοι

γένος *Clostridium*



Clostridium botulinum

Clostridium tetani (σπόρια)

C. difficile (σπόρια)

Clostridium perfringens

Τα *Clostridia* είναι υποχρεωτικά αναερόβιοι σποριογόνοι βάκιλοι, πολύ διαδεδομένοι στη φύση και αποτελούν μέλη της εντερικής χλωρίδας του ανθρώπου και των ζώων. Μπορεί να είναι gram-θετικά ή gram-αρνητικά αν και τα περισσότερα είδη είναι gram-θετικά. Η παραγωγή εξωτοξινών αποτελούν τον βασικό παράγοντα παθογένειάς τους. Τα σημαντικότερα παθογόνα είδη του γένους είναι τα *Clostridium botulinum*, *Clostridium tetani*, *C. difficile* και *Clostridium perfringens*.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Σποριογόνοι Gram-θετικοί βάκιλοι και κόκκοι

γένος *Clostridium*



Clostridium perfringens

Το *Clostridium perfringens* εκφράζει μια σειρά από επιδρομικούς μολυσματικούς παράγοντες και εξωτοξίνες που προκαλούν γάγγραινα με παραγωγή αερίου. Αιμολυσίνες και εξωκυτταρικά ένζυμα όπως προτεάσες, λιπάσες και κολλαγενάσες συμμετέχουν στη παθογένεια του βακτηρίου. Επιπλέον το *Clostridium perfringens* παράγει εντεροτοξίνη που αποτελεί το βασικό αίτιο τροφοδηλητηριάσεων. Η τροφοδηλητηριάσεις με το παθογόνο αυτό σχετίζονται κυρίως με κονσέρβες που έχουν υποστεί ανεπαρκή θερμική επεξεργασία με αποτέλεσμα της επιβίωση των σπορίων και τη βλάστησή τους κατά τη διαδικασία ψύξης ή τη συντήρηση.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Σποριογόνοι Gram-θετικοί βάκιλοι και κόκκοι

γένος *Clostridium*



C. difficile (σπόρια)

Το *Clostridium difficile* παράγει δύο τοξίνες: Την τοξίνη A η οποία ανφέρεται ως εντεροτοξίνη επειδή προκαλεί συσώρευση υγρών στο έντερο και την τοξίνη B η οποία είναι ιδιαίτερα ισχυρή και μπορεί να προκαλέσει θάνατο. Το *Clostridium difficile* προκαλεί διάρροια καθώς και σοβαρές εντερικές λοιμώξεις όπως κολίτιδα. Οι ασθενείς αυτές οφείλονται κυρίως στην επικράτηση του παθογόνου σε σχέση με τη φυσική χλωρίδα του εντέρου σε άτομα που υφίστανται αντιμικροβιακές χημειοθεραπείες. Αντίθετα, υγιή άτομα συνήθως δεν προσβάλλονται από *Clostridium difficile*. Άτομα υψηλού ρίσκου θεωρούνται επίσης ηλικιωμένοι που υποβάλλονται σε θεραπεία αντιβιοτικών, ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε εγχειρήσεις του εντέρου ή γενικά άτομα με εξασθενημένο ανοσοποιητικό σύστημα.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Σποριογόνοι Gram-θετικοί βάκιλοι και κόκκοι

γένος *Clostridium*



Clostridium tetani (σπόρια)

Το *Clostridium tetani* είναι το αίτιο της ασθένειας του τέτανου. Είναι ευρέως διαδεδομένο στο χώμα, και βρίσκεται επίσης στον εντερικό σωλήνα και τα κόπρανα των ζώων. Το ποσοστό των ανθρώπων που είναι φορείς κυμαίνεται από 0-25% και η λήψη του γίνεται κυρίως με την τροφή. Παράγει ενδοσπόρια που εσωκλείονται σε ένα φουσκωμένο σποράγγειο. Αν και έχει τυπικό gram-θετικό τοίχωμα μερικές φορές μπορεί να εμφανιστεί και ως gram-αρνητικό ιδιαίτερα στη περίπτωση γηρασμένων κυττάρων.

Ο τέτανος είναι ασθένεια με πολύ υψηλή θνησιμότητα για τον άνθρωπο που κυμαίνεται από 40% ως 78%. Η ασθένεια προκαλείται από την παραγωγή νευροτοξίνης (τοξίνη τετάνου ή τετανοσπασμίνη).

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Σποριογόνοι Gram-θετικοί βάκιλοι και κόκκοι

γένος *Clostridium*



Clostridium botulinum

Το *C. botulinum* είναι μεγάλος σε μέγεθος αναερόβιος βάκιλος που παράγει ενδοσπόρια. Είναι πολύ διαδεδομένος στο χώμα και στα ιζήματα των λιμνών. Συνεπώς μπορεί να βρίσκεται στον εντερικό σωλήνα των ζώων, των πτηνών και των ψαριών. Έχουν απομονωθεί 7 τύποι του είδους που παράγουν τοξίνη (A, B, C1, D, E, F, και G).

Ταξινόμηση Βακτηρίων

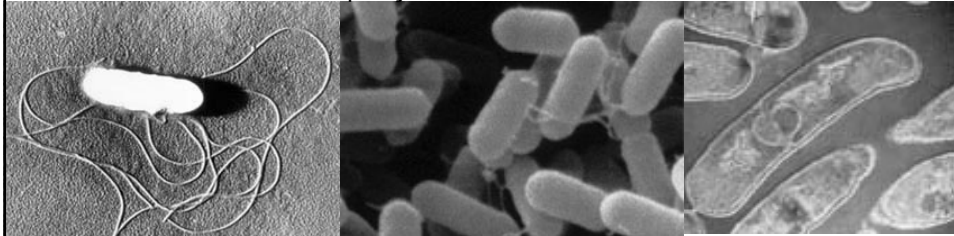
Μη σποριογόνοι Gram-θετικοί βάκιλοι και κόκκοι

<i>Brochothrix</i>	<i>Butyrivibrio</i>	<i>Sphaerobacter</i>
<i>Carnobacterium</i>	<i>Caseobacter</i>	<i>Terrabacter</i>
<i>Caryophanon</i>	<i>Cellulomonas</i>	<i>Thermoanaerobacter</i>
<i>Erysipelothrix</i>	<i>Clavibacter</i>	
<i>Kurthia</i>	<i>Coriobacterium</i>	
<i>Lactobacillus</i>	<i>Corynebacterium</i>	
<i>Listeria</i>	<i>Curtobacterium</i>	
<i>Renibacterium</i>	<i>Dermabacter</i>	
<i>Acetobacterium</i>	<i>Eubacterium</i>	
<i>Acetogenium</i>	<i>Exigouibacterium</i>	
<i>Actinomyces</i>	<i>Falcivibrio</i>	
<i>Aeromicrobium</i>	<i>Gardnerella</i>	
<i>Agromyces</i>	<i>Jonesia</i>	
<i>Arachnia</i>	<i>Lachnospira</i>	<i>Microbacterium</i>
<i>Arcanobacterium</i>	<i>Mobiluncus</i>	
<i>Arthrobacter</i>	<i>Pimelobacter</i>	
<i>Aureobacterium</i>	<i>Propionibacterium</i>	
<i>Bifidobacterium</i>	<i>Rarobacter</i>	
<i>Brachybacterium</i>	<i>Rothia</i>	
<i>Brevibacterium</i>	<i>Rubrobacter</i>	

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Μη σποριογόνοι Gram-θετικοί βάκιλοι και κόκκοι

γένος *Listeria*

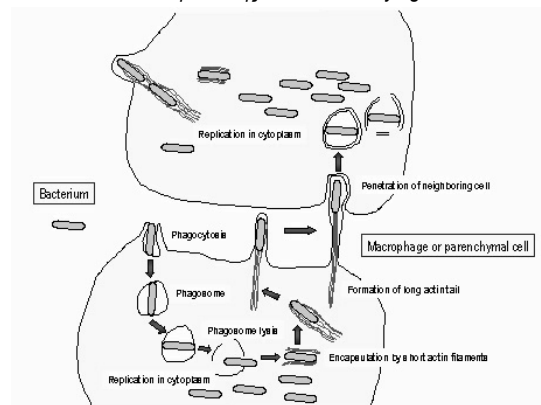


Listeria monocytogenes

Η *Listeria monocytogenes* είναι Gram-θετικός βάκιλος και αποτελεί το άτιπο της λιστερίωσης μιας πολύ σοβαρής ασθένειας που προκαλείται από τη λήψη μολυσμένης τροφής. Η λιστερίωση τα τελευταία χρόνια έχει αναγνωρισθεί ως ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα για τη δημόσια υγεία και προσβάλλει κυρίως έγκυες γυναίκες, νεογνά και άτομα με εξασθενημένο ανοσοποιητικό σύστημα. Προκαλεί σηψαιμία και μηνιγγίτιδα που συνήθως συνοδεύεται από εγκεφαλίτιδα κάτι πολύ σπάνιο για ασθένεια που προέρχεται από βακτήριο. Το ποσοστό θνησιμότητά της είναι μεγαλύτερο από 25%.

γένος *Listeria*

Παθογένεια της *Listeria monocytogenes*



Η *L. monocytogenes* εισβάλλει στο οργανισμό μέσω του εντερικού σωλήνα. Στη διαδικασία εισβολής συμβάλλει η D-γαλακτόζη που βρίσκεται στη επιφάνεια του κυτάρου η οποία προσκολλάται σε υποδοχείς των κυττάρων του εντέρου. Ακολουθεί φαγοκύτωση του βακτηρίου και στη συνέχεια το βακτήριο παράγει λιστεριολυσίνη για να απελευθερωθεί από το φαγώσωμα. Το βακτήριο πολλαπλασιάζεται ταχέως στο κυτόπλασμα και περνά στα διπλανά κύτταρα.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Τάξη Spirochaetales

Οικ. Spirochaetaceae

Γεν. *Borrelia*

Cristispira

Spirochaeta

Treponema

Οικ. Leptospiraceae

Γεν. *Leptospira*

Aerobic/Microaerophilic, Motile, Helical/Vibrioid Gram-Negative Bacteria

Alteromonas
Aquaspirillum
Azospirillum
Bdellovibrio
Campylobacter
Cellvibrio
Halovibrio
Helicobacter
Herbaspirillum
Marinomonas
Micavibrio
Oceanospirillum
Spirillum
Sporospirillum
Vampirovibrio

Nonmotile (or rarely), Gram-Negative Curved Bacteria

Spirosomaceae

Flectobacillus
Runella
Spirosoma

Other Genera

Ancyclobacter
Brachyarcus
Cyclobacterium
Meniscus
Microcyclus
Pelosigma

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Τάξη Spirochaetales

Οικ. Spirochaetaceae

Γεν. *Borrelia*

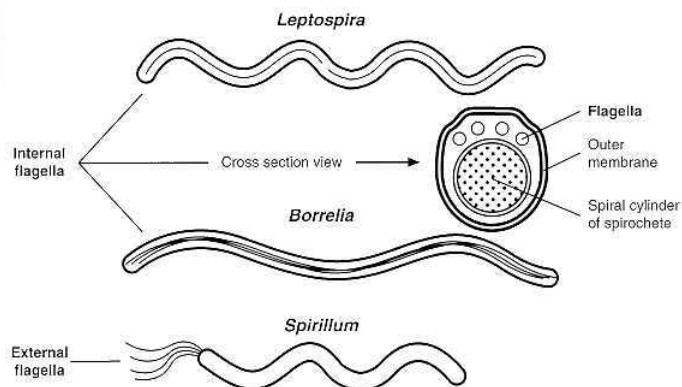
Cristispira

Spirochaeta

Treponema

Οικ. Leptospiraceae

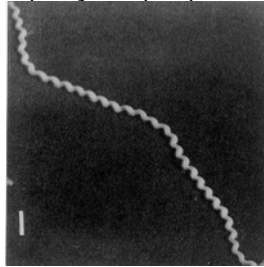
Γεν. *Leptospira*



Ταξινόμηση Βακτηρίων

Τάξη Spirochaetales

γένος *Leptospira*



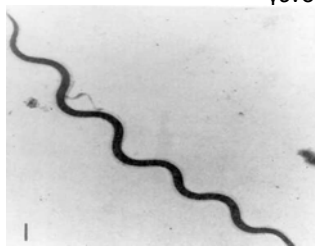
Leptospira interrogans

Η *Leptospira* είναι ευκίνητη σπειροειδής, Gram-αρνητική σπειροχαίτη με εσωτερικό μαστίγιο. Το είδος *Leptospira interrogans* έχει πολλούς ορότυπους που διαφοροποιούνται με βάση τα αντιγόνα της επιφάνειας του κυττάρου. Η *Leptospira interrogans* προκαλεί τη λεπτοσπίρωση που οδηγεί σε βλάβες του ήπατος και των νεφρών. Είναι ευρέως διαδεδομένη ζωνόσος που προσβάλλει άγρια και κατοικίδια ζώα. Η μόλυνση στον άνθρωπο γίνεται μέσω της επαφής με τα ούρα μολυσμένων ζώων. Η μόλυνση από άνθρωπο σε άνθρωπο είναι εξαιρετικά σπάνια. Η *Leptospira* εισβάλλει στον ξενιστή μέσω του εντέρου ή από τραυματισμούς του δέρματος προκαλώντας βακτηριμία. Πολλαπλασιάζεται στο κεντρικό νευρικό σύστημα, τα νεφρά και το ήπαρ.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Τάξη Spirochaetales

γένος *Borrelia*



Borrelia hispanica



Borrelia burgdorferi

Η *Borrelia* είναι ευκίνητη σπειροειδής, Gram-αρνητική σπειροχαίτη με εσωτερικό μαστίγιο. Τα είδη του γένους διαφοροποιούνται μεταξύ τους με βάση το DNA. Παθογόνα είδη είναι τα *Borrelia recurrentis*, *B. hermsii*, *B. turicatae* και *Borrelia burgdorferi*. Μεταδίδονται στον άνθρωπο από τσιμπήματα τσιμπουριών και ψειρών.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Ρικέτσιες και Χλαμύδια

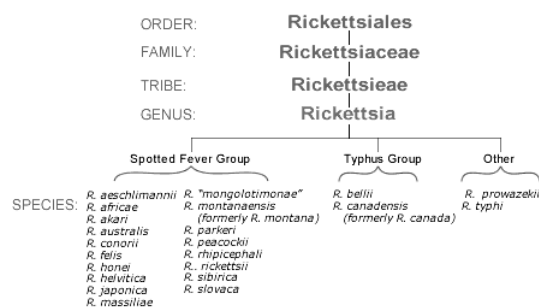
(υποχρεωτικά ενδοκυτταρικά παράσιτα ευκαρυωτικών κυττάρων)

τάξη Rickettsiales
 Οικ. Rickettsiaceae
 Γεν. *Cowdria*
 Coxiella
 Ehrlichia
 Neorickettsia
 Rickettsia
 Rickettsiella
 Rochalimaea
 Wolbachia
 Bartonellaceae
 Bartonella
 Grahamella
 Anaplasmataceae
 Aegyptianella
 Anaplasma
 Eperythrozoon
 Haemobartonella
 Chlamydiales
 Chlamydiaceae
 Chlamydia

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Ρικέτσιες

(υποχρεωτικά ενδοκυτταρικά παράσιτα ευκαρυωτικών κυττάρων)



Οι ρικέτσιες είναι μικροί (0.3-0.5 x 0.8-2.0 μm), Gram-αρνητικοί, αερόβιοι κοκοβάκιλοι που δεν φέρουν μαστίγιο. Είναι υποχρεωτικά ενδοκυτταρικά παράσιτα ευκαρυωτικών κυττάρων. Ζουν στο κυτόπλασμα ή τον πυρηνικό φάκελο των ευκαρυωτικών κυττάρων και πολλαπλασιάζονται με διαίρεση. Μεταβολίζουν το γλουταμινικό οξύ μέσω αερόβιας αναπνοής ή του κύκλου του κιτρικού οξέος. Παθογόνα είδη είναι τα *Rickettsia rickettsii*, *Rickettsia prowazekii*, και *Orientia (Rickettsia) tsutsugamushi*

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Χλαμύδια

(υποχρεωτικά ενδοκυτταρικά παράσιτα ευκαρυωτικών κυττάρων)

TABLE 39-1 Human Diseases Caused by Chlamydia

Species	Serotypes	Disease(s)
<i>C. trachomatis</i>	A, B, Ba, C	Trachoma (hyperendemic, a leading cause of blindness in humans); sexually transmitted infections of the genitals
	D, E, F, G, H, I, J, K	Inclusion conjunctivitis (adult and newborn); cervicitis; salpingitis; proctitis, epididymitis, and pneumonia of newborns; lymphogranuloma venereum
<i>C. psittaci</i>	L-1, L-2, L-3, many unidentified	Pneumonia (psittacosis)
<i>C. pneumoniae</i>	TWAR*	Pneumonia

*The name is derived from the isolates TW-183 and AR-39.
(Modified from Schachter J: Chlamydial infections. N Engl J Med 298:428, 1978, with permission.)

Τα χλαμύδια είναι μια μικρή ομάδα από μη κινούμενα κοκκοειδή βακτήρια που όπως και οι ρικέτσιες είναι υποχρεωτικά ενδοκυτταρικά παράσιτα ευκαρυωτικών κυττάρων. Δεν μπορούν να μεταβολίσουν για παραγωγή ενέργειας και για αυτό εξαρτώνται απόλυτα από την ενέργεια (ATP) που τους παρέχει το κύτταρο ξενιστής. Η ομάδα αποτελείται από ένα μόνο γένος το *Chlamydia* (τάξη *Chlamydiales*, κλάση *Chlamydiaeae*). Στο γένος συμπεριλαμβάνονται τα είδη *C. trachomatis* και *C. psittaci*, καθώς και ένας νέος οργανισμός ο *TWAR* που πρόσφατα έχει αναγνωρισθεί ως τρίτο είδος (*C. pneumoniae*). Και τα τρία είδη είναι παθογόνα για τον άνθρωπο.

Ταξινόμηση Βακτηρίων

Μυκοπλάσματα

- Mycoplasmataceae
 - Mycoplasma*
 - Ureaplasma*
- Acholeplasmataceae
 - Acholeplasma*
- Spiroplasmataceae
 - Spiroplasma*
- Other Genera
 - Anaeroplasma*
 - Asteroleplasma*
 - Thermoplasma*

Τα Μυκοπλάσματα είναι τα μικρότερα και απλούστερα αυτοπαραπλασιαζόμενα βακτήρια. Το κύτταρο τους αποτελείται από τον ελάχιστο αριθμό οργανιδίων που απαιτούνται για την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό: τη πρωτοπλασματική μεμβράνη, τα ριβοσώματα και το DNA. Αντίθετα με άλλα προκαρυωτικά κύτταρα τα μυκοπλάσματα δεν έχουν κυτταρικό τοίχωμα. Παθογόνα είδη είναι το *Mycoplasma pneumoniae* και το *Ureaplasma urealyticum*.