

Εικόνα 12.1 Λεπτομερές φυλογενετικό δέντρο των κυριότερων γενεαλογικών γραμμών (φύλων) των Βακτηρίων, βασισμένο σε συγκρίσεις των αλληλουχιών του ριβοσωματικού RNA 16S.

Γένος	Αυτοκινησία	Διάταξη κυττάρων	Ανάπτυξη μέσω ζύμωσης	DNA (mol % GC)	Φυλογενετική ομάδα ^α	Άλλα χαρακτηριστικά
<i>Micrococcus</i>	—	Συστάδες, τετράδες	—	66–73	υ.π. ^β GC	Αυστηρά αερόβιο
<i>Staphylococcus</i>	—	Συστάδες, ζεύγη	+	30–39	χ.π. ^γ GC	Το μόνο γένος της ομάδας αυτής που υπερφέρει τειχικό οξύ στο κυτταρικό τοίχωμα
<i>Stomatococcus</i>	—	Συστάδες, ζεύγη	+	56–60	Ομάδα ακτινοβακτηρίων	Το μόνο γένος της ομάδας αυτής που περιέχει κάψα
<i>Planococcus</i>	+	Ζεύγη, τετράδες	—	39–52	χ.π. GC	Κυρίως θαλάσσιο
<i>Sarcina</i>	—	Κύβοι οκτώ ή περισσότερων κυττάρων	+	28–31	χ.π. GC	Ακραίο οξυανθεκτικό· κυτταρίνη στο κυτταρικό τοίχωμα
<i>Ruminococcus</i>	+	Ζεύγη, αλυσίδες	+	39–46	χ.π. GC	Υποχρεωτικά αναερόβιο· ζει στον προστόμαχο, στο τυφλό και παχύ έντερο πολλών ζώων
<i>Peptococcus</i>	—	Συστάδες, ζεύγη	+	50–51	χ.π. GC	Υποχρεωτικά αναερόβιο· εκτελεί τη ζύμωση πεπτόνης, αλλά όχι σακχάρων.
<i>Peptostreptococcus</i>	—	Συσσωματώματα, βραχείες αλυσίδες	+	28–37	χ.π. GC	Υποχρεωτικά αναερόβιο· εκτελεί τη ζύμωση πεπτόνης· σύννηθες μέλος της φυσιολογικής χλωρίδας του ανθρώπινου δέρματος, εντέρου, κόλπου· έχει επίσης απομονωθεί από κολπικές και πυώδεις απεκκρίσεις

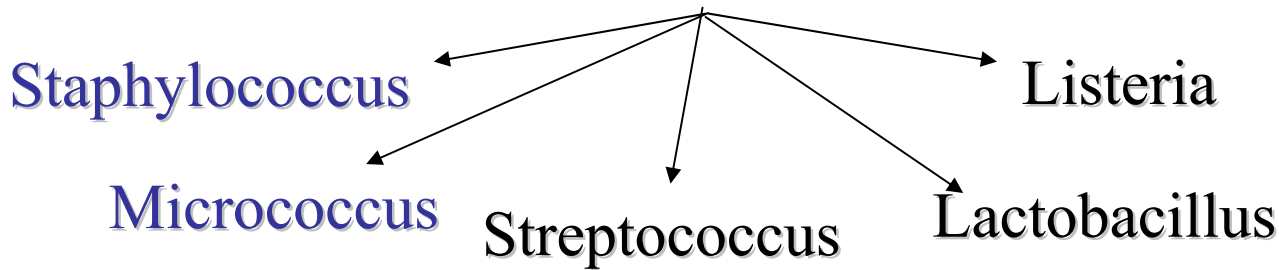
^α Όλα είναι θετικά κατά Gram βακτήρια (βλ. Εικόνα 12.1), πλην του *Stomatococcus*.

^β υ.π. = υψηλού ποσοστού.

^γ χ.π. = χαμηλού ποσοστού.

Πίνακας 20: Τα χαρακτηριστικά διάκρισης των κύριων θετικών κατά Gram κόκκων.

Οξυγαλακτικά βακτήρια και συγγενείς τους



Είναι θετικοί κατά Gram βάκιλλοι και κόκκοι οι οποίοι παράγουν γαλακτικό οξύ ως κύριο ή μοναδικό προϊόν ζύμωσης (Πιν. 21,22). Η ομοζυμωτική ομάδα παράγει γαλακτικό οξύ ενώ η ετεροζυμωτική κυρίως αιθανόλη και CO₂ αλλά και γαλακτικό οξύ (Εικ. 11).

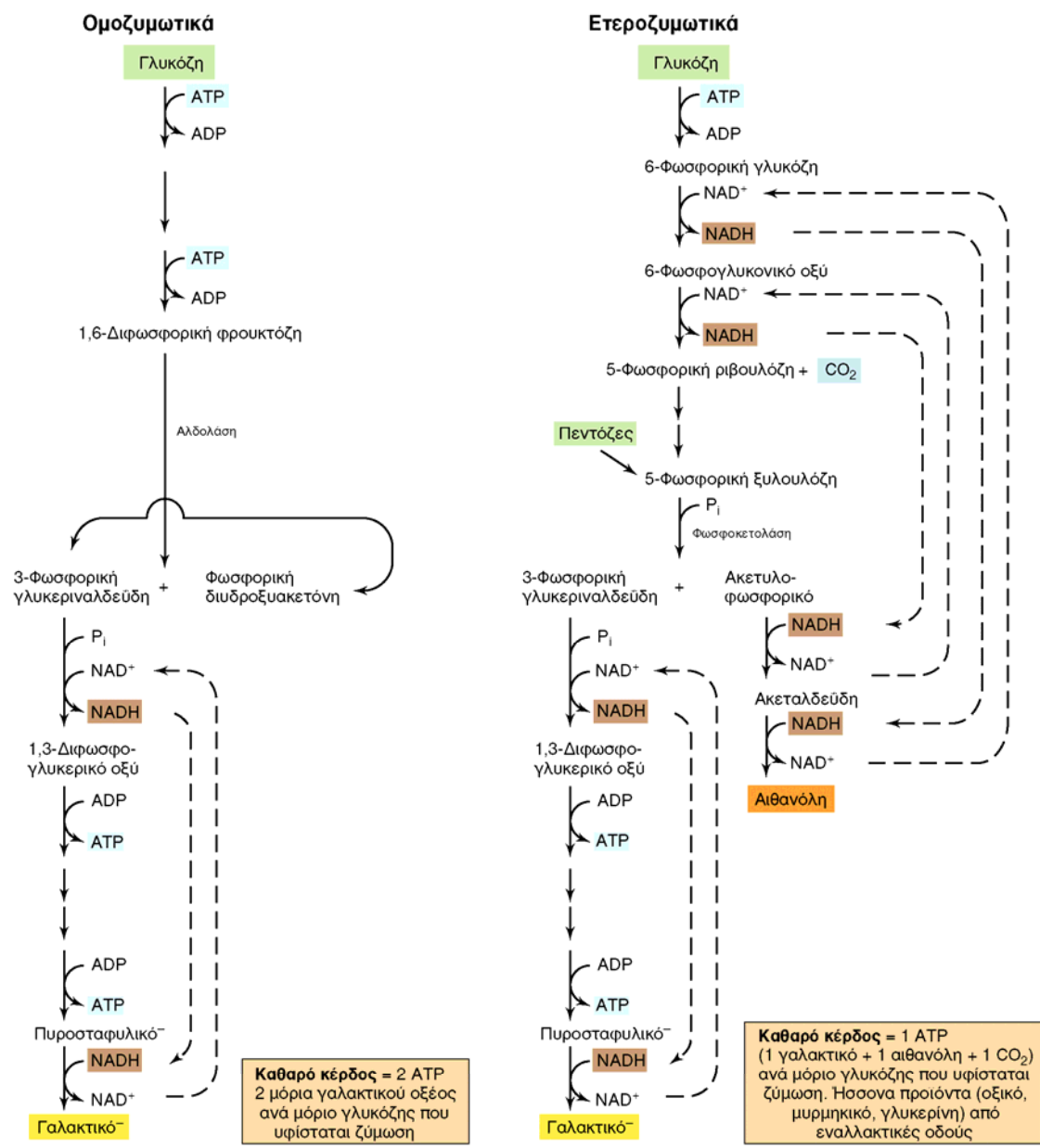
Το *Micrococcus* παράγει οξύ από γλυκόζη υπό **αερόβιες συνθήκες** ενώ το *Staphylococcus* (Εικ. 10α) υπό αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες.

Μεγάλη ποικιλία ομοζυμωτικών ειδών που ζούν σε αρκετά διαφορετικά οικοσυστήματα περιλαμβάνονται στο γένος ***Streptococcus*** (Εικ. 10β). Ορισμένα μέλη είναι παθογόνα στον άνθρωπο και στα ζώα.

Το γένος *Lactobacillus* (Εικ 10γ) περιλαμβάνει ραβδόμορφα βακτήρια τα περισσότερα από τα οποία είναι ομοζυμωτικά ενώ μερικά είναι ετεροζυμωτικά. Εμπορική σημασία (προβιοτικά, παρασκευή τροφίμων)

Τα βακτήρια του γένους *Listeria* είναι θετικοί κατά Gram κοκκοβάκιλλοι που τείνουν να σχηματίζουν αλυσίδες τριών έως πέντε κυττάρων. Αναπτύσσονται σε **μικροαερόβιες έως αερόβιες** συνθήκες και παράγουν καταλάση.

L.monocytogenes είναι ο παθογόνος παράγοντας της λιστερίωσης (τροφική δηλητηρίαση)

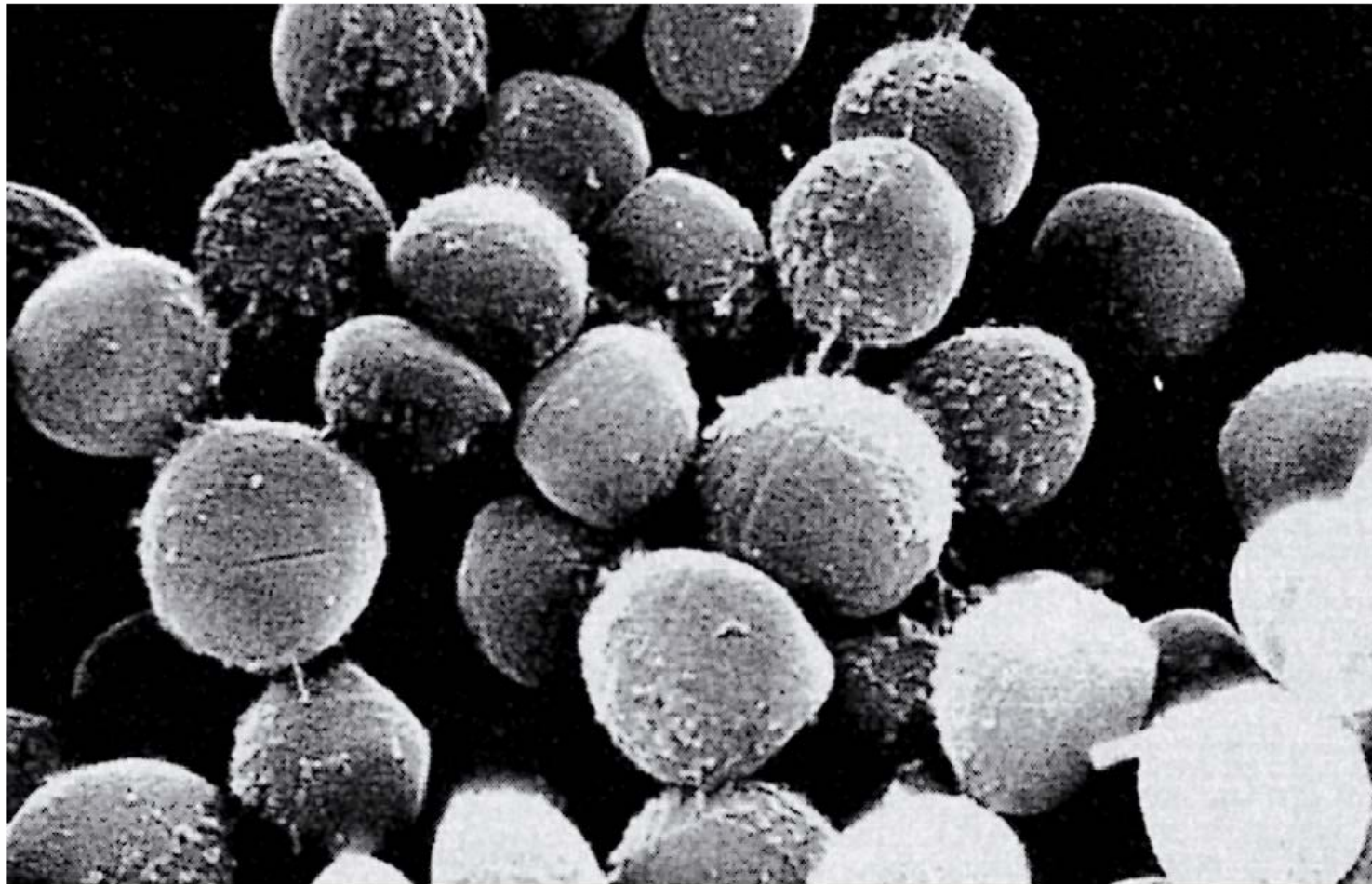


Εικόνα 12.53 Η ζύμωση της γλυκόζης από ομοζυμωτικά και ετεροζυμωτικά οξυγαλακτικά βακτήρια. Παρατηρήστε ότι δεν συντίθεται ATP από αντιδράσεις που οδηγούν στον σχηματισμό αιθανόλης. Παρουσία οξυγόνου, πολλά ετεροζυμωτικά οξυγαλακτικά βακτήρια έχουν την ικανότητα αναγωγής του οξυγόνου με NADH (μέσω φλαβινοενζύμων, ως ενδιάμεσων), σχηματίζοντας νερό. Τότε παράγεται οξικό οξύ αντί της αιθανόλης, και έτσι είναι δυνατή η παραγωγή ενός επιπλέον μορίου ATP.

Γένος	Σχήμα και διάταξη κυττάρων	Ζύμωση	DNA (mol % GC)
<i>Streptococcus</i>	Κόκκοι σε αλυσίδες	Ομοζυμωτικό	34-46
<i>Leuconostoc</i>	Κόκκοι σε αλυσίδες	Ετεροζυμωτικό	38-41
<i>Pediococcus</i>	Κόκκοι σε τετράδες	Ομοζυμωτικό	34-42
<i>Lactobacillus</i>	(1) Ραβδόμορφα, συνήθως σε αλυσίδες (2) Ραβδόμορφα, συνήθως σε αλυσίδες	Ομοζυμωτικό Ετεροζυμωτικό	32-53 34-53
<i>Enterococcus</i>	Κόκκοι σε αλυσίδες	Ομοζυμωτικό	38-40
<i>Lactococcus</i>	Κόκκοι σε αλυσίδες	Ομοζυμωτικό	38-41

^a Φυλογενετικά, όλοι οι οργανισμοί είναι θετικά κατά Gram βακτήρια χαμηλού ποσοστού GC.

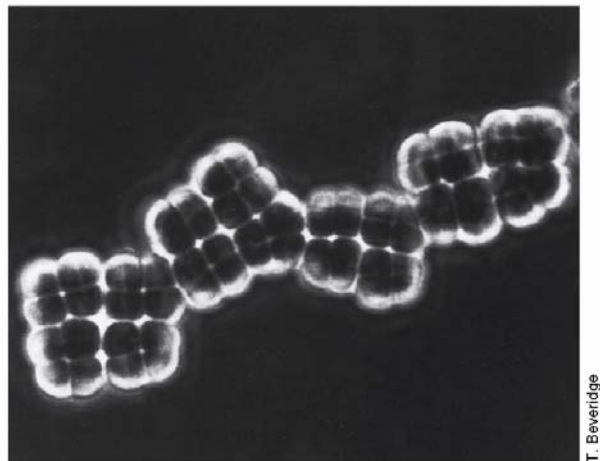
Πίνακας 21: Τα χαρακτηριστικά διάκρισης των κύριων γενών οξυγαλακτικών βακτηρίων.



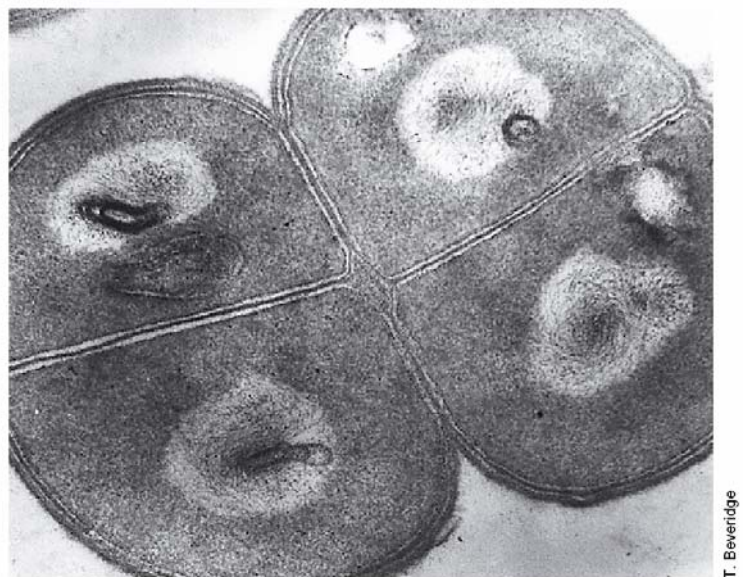
A. Umeda

Εικόνα 12.51

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



(a)

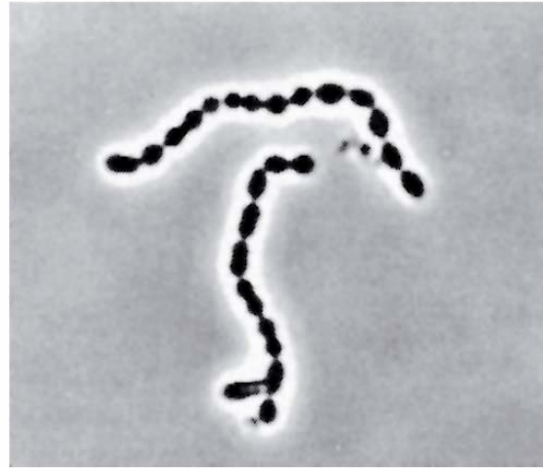


(β)

Εικόνα 12.52 (α) Μικροφωτογραφία αντίθεσης φάσεων κυττάρων του τυπικού θετικού κατά Gram κόκκου *Sarcina* sp. Ένα μεμονωμένο κύτταρο έχει διάμετρο 2 μm περίπου. (β) Ηλεκτρονικό μικρογράφημα λεπτής τομής. Το εξώτερο στρώμα του κυττάρου αποτελείται από κυτταρίνη.

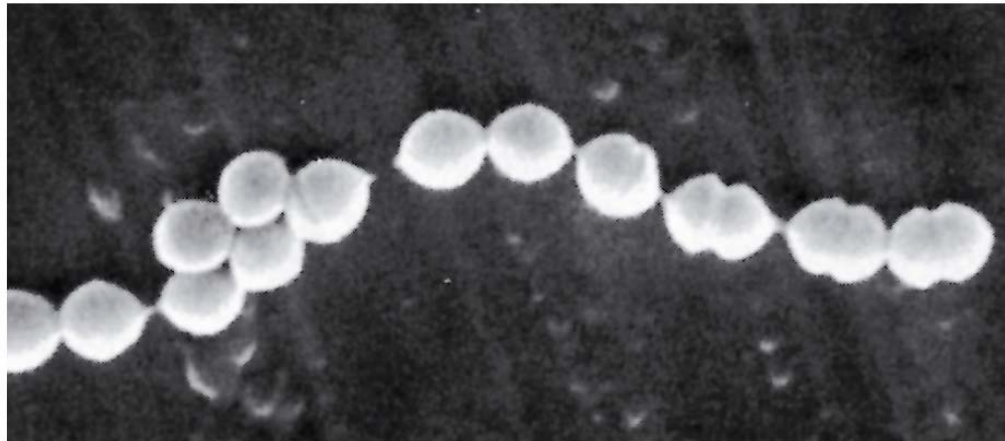
Ομάδα	Αντιγονικές ομάδες (Lance field)	Αντιπροσωπευτικά είδη	Τύπος αιμόλυσης σε άγαρ αίματος	Καλή ανάπτυξη στους		Επιβίωση στους 60°C για 30'	Ανάπτυξη σε		Ενδιαίτημα
				10°C	45°C		Άγαρ με 0,1% κυανού του μεθυλενίου	Ζωμό με 40% χολή	
Στρεπτόκοκκοι									
Υποομάδα Pyogenes	A,B,C,F,G	<i>Streptococcus pyogenes</i>	Λύση (β)	—	—	—	—	—	Αναπνευστική οδός, διασυστηματικό
Υποομάδα Viridans	—	<i>Streptococcus mutans</i>	Πρασίνισμα (α)	—	+	—	—	—	Στόμα, έντερο
Εντερόκοκκοι	D	<i>Enterococcus faecalis</i>	Λύση (β), Πρασίνισμα (α), ή καμία	+	+	+	+	+	Έντερο, κόλπος, φυτά
Λακτόκοκκοι	N	<i>Lactococcus lactis</i>	Καμία	+	—	+	+	+	Φυτά, γαλακτοκομικά προϊόντα

Πίνακας 22: Τα χαρακτηριστικά διάκρισης των στρεπτοκόκκων, λακτοκόκκων και εντεροκόκκων.



T. D. Brock

(a)



Bryan Larsen

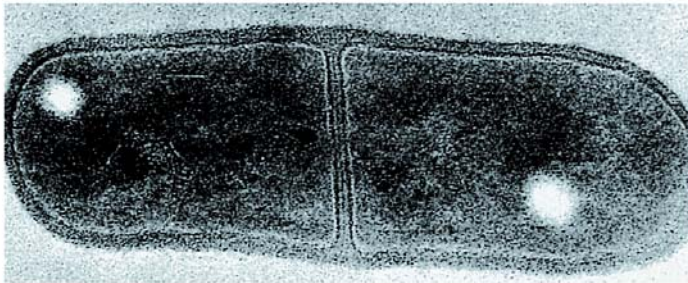
(β)

Εικόνα 12.54 Μικρογραφήματα αντίθεσης φάσεων (α) και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (β) ειδών *Streptococcus*. (α) *Streptococcus lactis*. (β) *Streptococcus* sp. Και στις δύο περιπτώσεις, τα κύτταρα έχουν διάμετρο 0,5-1 μm περίπου.



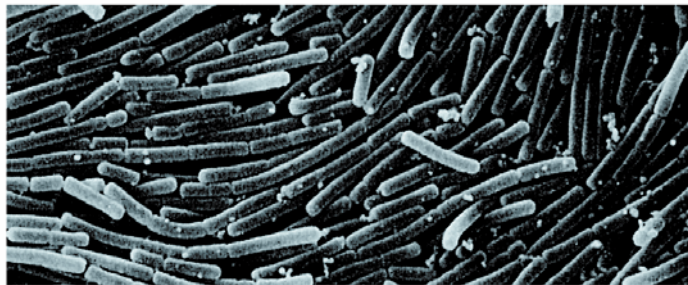
Otto Kandler

(α)



Otto Kandler

(β)

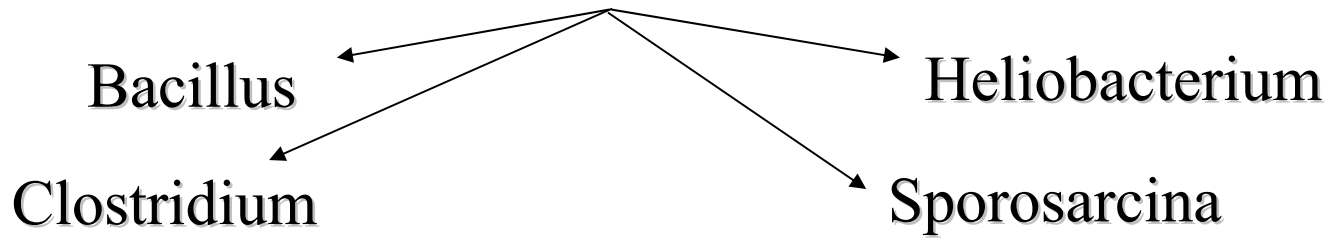


V. Bottazi

(γ)

Εικόνα 12.55 Μικρογραφήματα αντίθεσης φάσεων και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου ειδών *Lactobacillus*. (α) *Lactobacillus acidophilus*. Τα κύτταρα έχουν πλάτος 0,75 μm περίπου. (β) *Lactobacillus brevis*, σε μικρογράφημα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου διέλευσης. Τα κύτταρα έχουν μέγεθος 0,8 × 2 μm περίπου. (γ) *Lactobacillus delbrueckii*, σε μικρογράφημα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης. Τα κύτταρα έχουν διάμετρο 0,7 μm περίπου. Γνωρίζουμε τόσο ετεροζυμωτικά όσο και ομοζυμωτικά είδη *Lactobacillus* (βλ. Εικόνα 12.53).

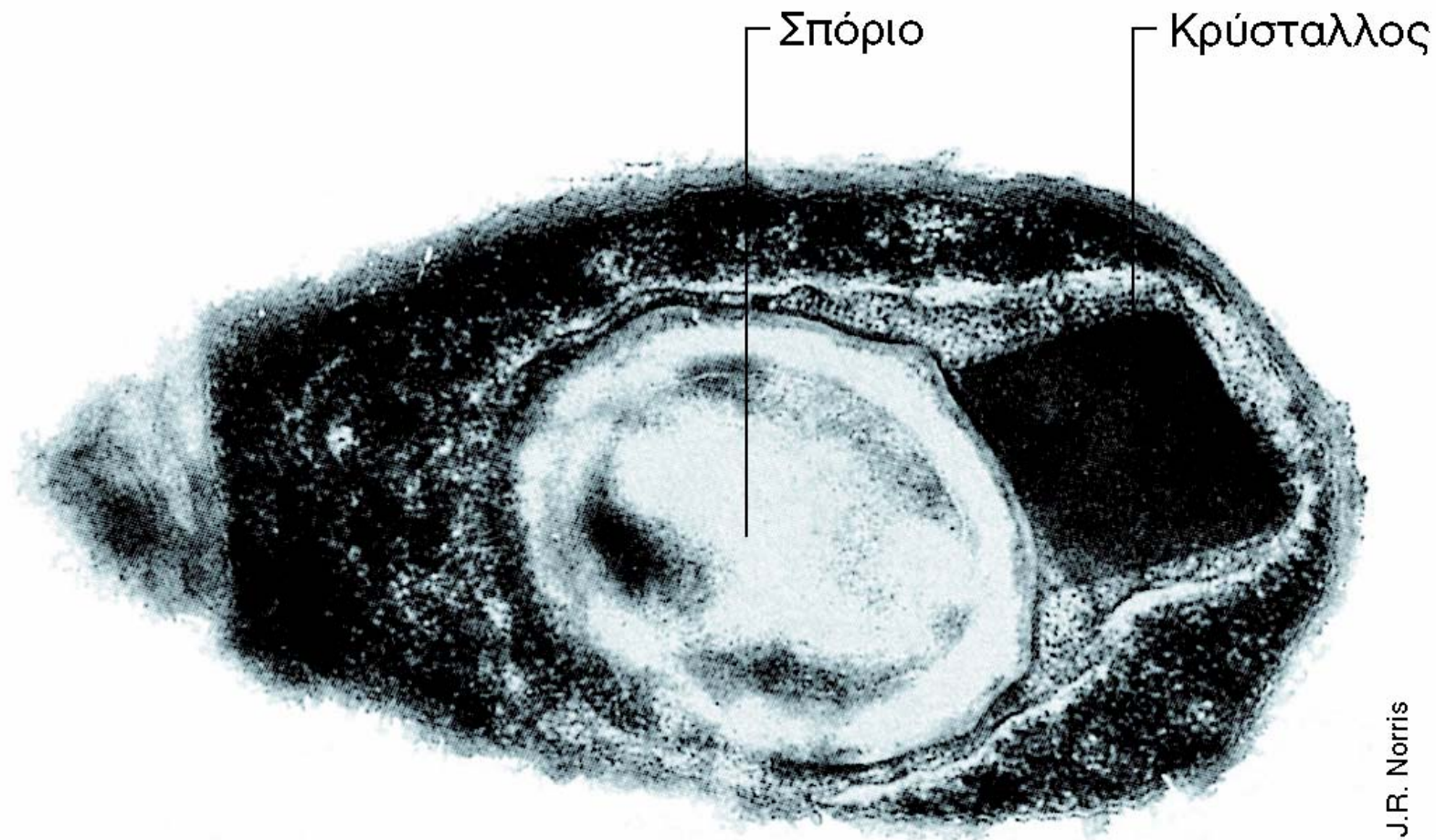
Ενδοσποριογόνα θετικά κατά Gram Βακτήρια



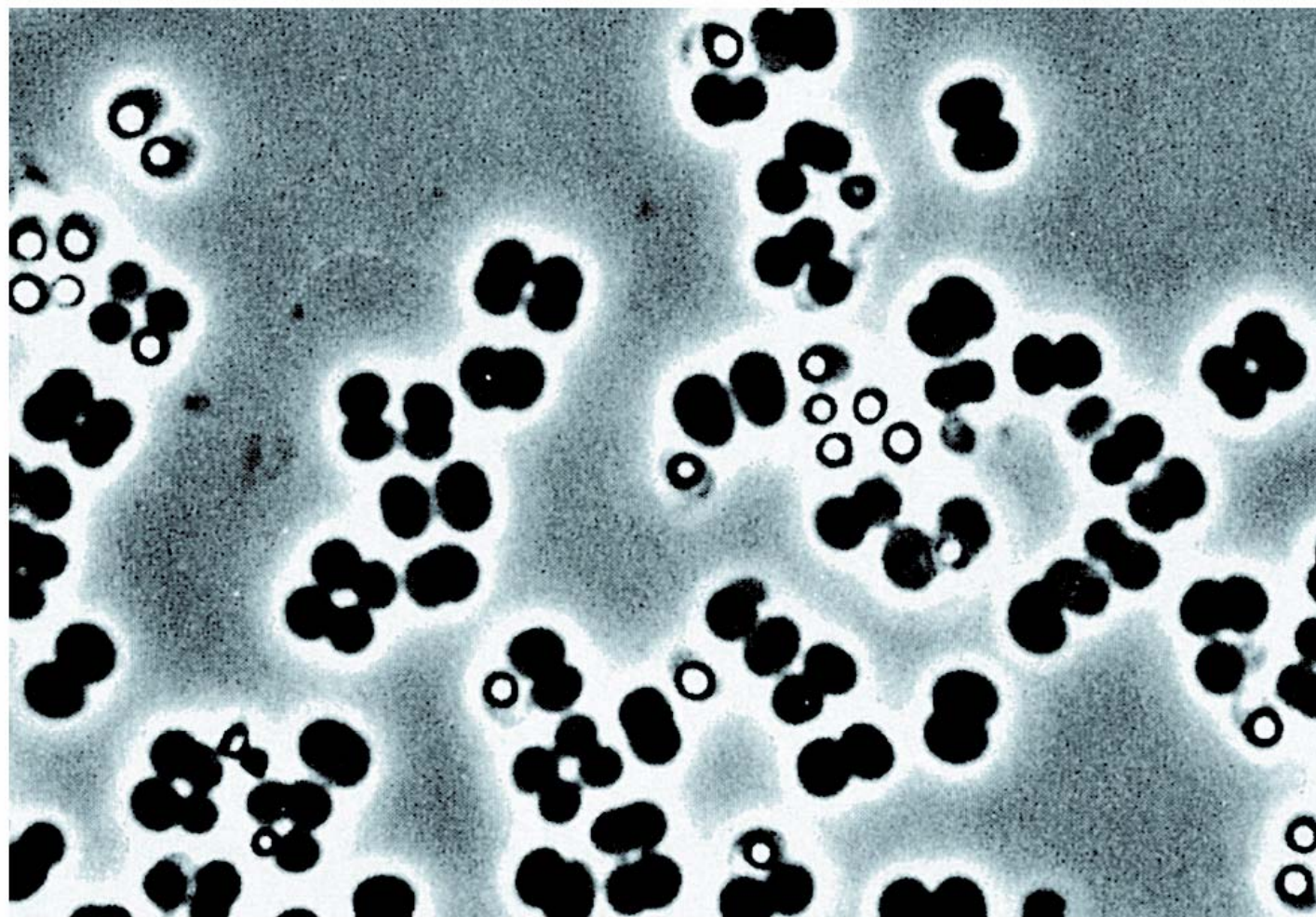
Τα βακτήρια αυτά (Πιν. 23) σχηματίζουν ενδοσπόρια. Μπορούν να απομονωθούν επιλεκτικά από το έδαφος, τα τρόφιμα, τη σκόνη και άλλα υλικά με έκθεση του δείγματος στους 80°C για δέκα λεπτά και από τα σπόρια που μένουν ζωντανά με αερόβια επώαση προκύπτει το γένος *Bacillus* ενώ με αναερόβια το γένος *Clostridium*.

Τεχνητά μέσα που περιέχουν κάποια πηγή άνθρακα βοηθούν στην ανάπτυξη του γένους *Bacillus*. Πολλοί βάκιλλοι παράγουν αντιβιοτικά όπως η βακιτρακίνη, πολυμυξίνη, τυροκιδίνη, γραμικιδίνη, και κερκουλίνη καθώς και εξωκυτταρικά υδρολυτικά ένζυμα που διασπούν σύνθετα πολυμερή όπως π.χ πολυσακχαρίτες, νουκλεϊκά οξέα, λιπίδια. *Bacillus thuringiensis* εντομοπαθογόνο (δ-ενδοτοξίνες)

Τα βακτήρια του γένους *Clostridium* (Εικ. 10δ,12,13) απαντώνται στο έδαφος κυρίως σε ανοξικούς θύλακες. Επιπροσθέτως ένας αριθμός αυτών έχουν προσαρμοστεί στο ανοξικό περιβάλλον του πεπτικού συστήματος των θηλαστικών. Υπό ειδικές συνθήκες αρκετά *Clostridium* είναι ικανά να προκαλέσουν ασθένειες στον άνθρωπο όπως αλλαντίαση, τέτανο, γάγγραινα.



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



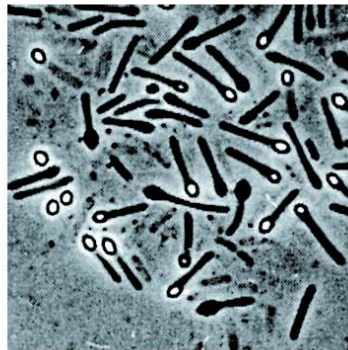
Dieter Claus

Εικόνα 12.60 Μικροφωτογραφία αντίθεσης φάσεων κυττάρων του *Sporosarcina ureae*. Ένα μεμονωμένο κύτταρο έχει πλάτος 2 μm περίπου. Παρατηρήστε τα φωτεινά διαθλαστικά ενδοσπόρια. Οι περισσότεροι κύβοι κυττάρων περιέχουν 8 κύτταρα.

Εικόνα 12.56

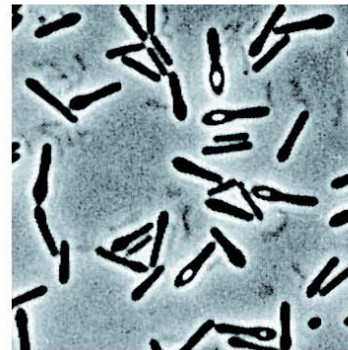
Μικροφωτογραφίες

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



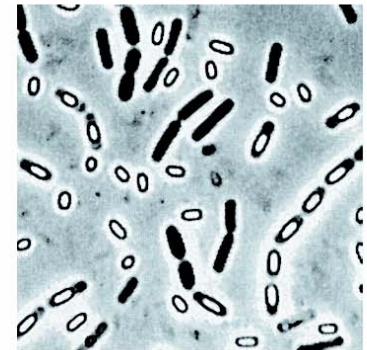
Hans Hippe

(α)



Hans Hippe

(β)



Hans Hippe

(γ)

Δομή των ενδοσπορίων

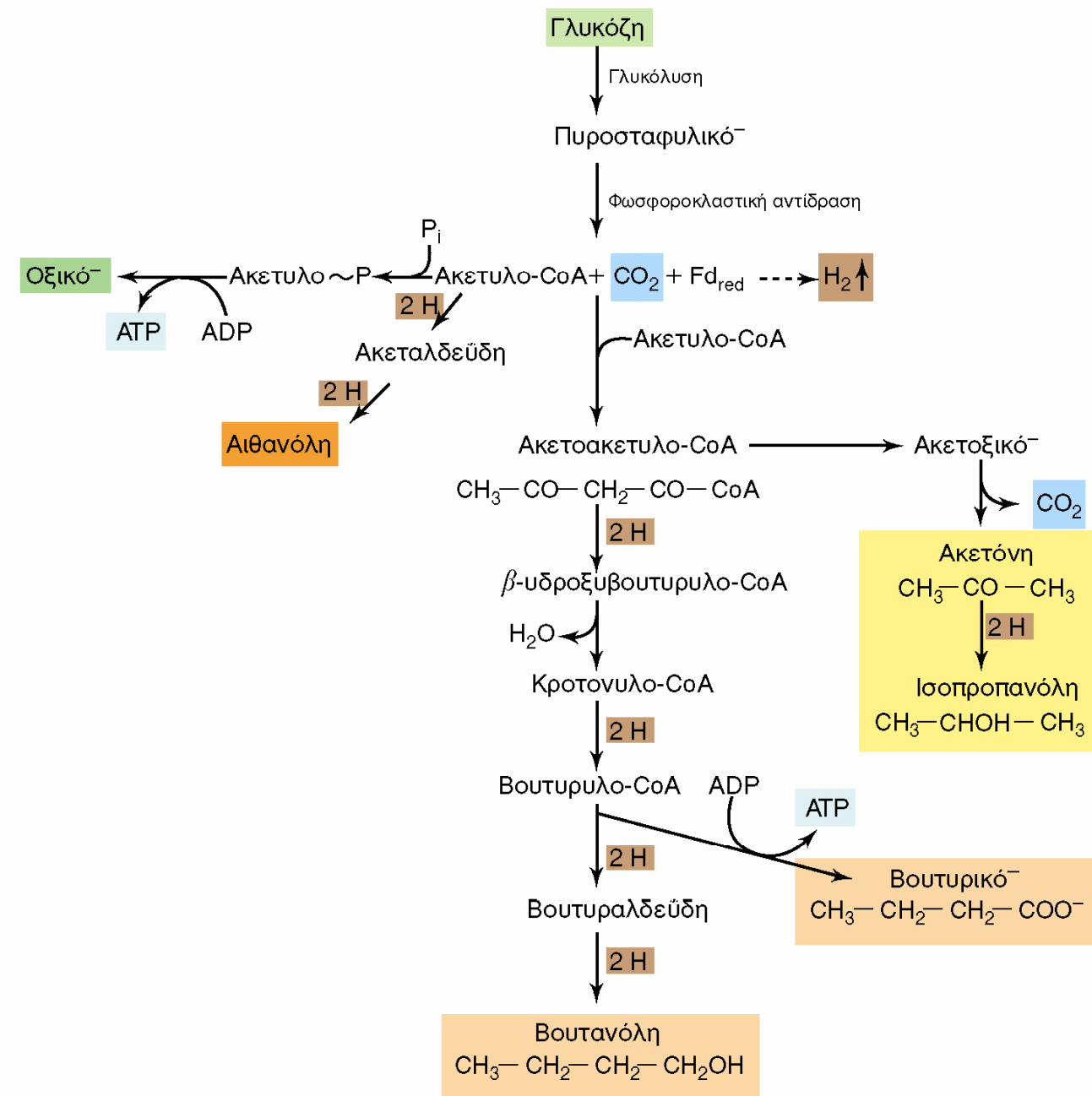
- Τα ενδοσπόρια είναι δομικά πολυπλοκότερα από τα βλαστικά κύτταρα εξαιτίας των πολλών στοιβάδων που περιέχουν. Η εξώτατη στοιβάδα είναι το **εξωσπόριο**, ένα λεπτό πρωτεϊνικό κάλυμμα. Το εξωσπόριο περικλείει τους **σποριομανδύες** αποτελούμενοι από στοιβάδες ειδικών πρωτεϊνών. Κάτω από τον σποριομανδύα βρίσκεται ο **φλοιός** αποτελούμενος από πεπτιδογλυκάνη και ακόμη πιο εσωτερικά ο σποριοπυρήνας ή πρωτοπλάστης σπορίου.
- Μία χημική ουσία χαρακτηριστική των ενδοσπορίων που απουσιάζει από τα βλαστικά κύτταρα είναι το **διπικολινικό οξύ**, η οποία εντοπίζεται στον σποριοπυρήνα. Το διπικολινικό οξύ συνδέεται με υψηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου και το σύμπλοκο αυτό αποτελεί περίπου το 10% του ξηρού βάρους του ενδοσπορίου

Ιδιότητες του σποριοπυρήνα

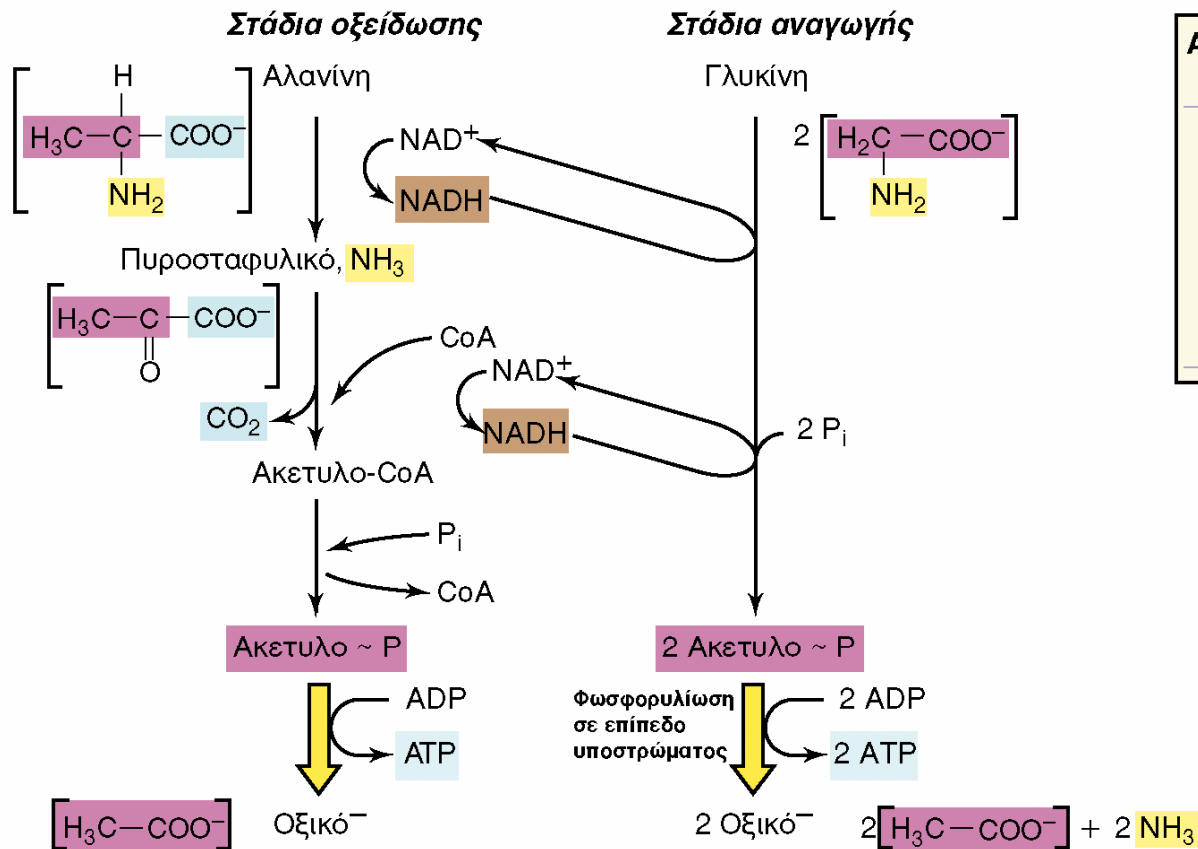
- Εκτός από το άφθονο διπικολινικό ασβέστιο που περιέχει ο σποριοπυρήνας έχει και άλλη μια πολύ σημαντική διαφορά από τα βλαστικά κύτταρα: βρίσκεται σε μερικώς **αφυδατωμένη κατάσταση** καθώς περιέχει 10-30% της ποσότητας νερού σε σχέση με το βλαστικό κύτταρο. Η αφυδάτωση του σποριοπυρήνα αυξάνει σημαντικά την θερμοανθεκτικότητα του και την αντοχή του έναντι χημικών παραγόντων.
- Άλλο χαρακτηριστικό του κυτταροπλάσματος του σποριοπυρήνα είναι το **χαμηλότερο pH** του σε σχέση με αυτό του βλαστικού κυττάρου και περιέχει υψηλά επίπεδα ειδικών πρωτεϊνών που όλες μαζί ονομάζονται **μικρές οξεοδιαλυτές σποριοπρωτεΐνες (SASP)** και έχουν τουλάχιστον δύο λειτουργίες: Την προστασία του DNA του σποριοπυρήνα και την χρησιμοποίησή τους ως πηγή ενέργειας κατά την εκβλάστηση

Σχηματισμός ενδοσπορίου

- Η σπορίωση περιλαμβάνει μια πολύπλοκη σειρά συμβάντων κυτταρικής διαφοροποίησης. Σπορίωση δεν συμβαίνει κατά την εκθετική φάση ανάπτυξης αλλά μόνον όταν η αύξηση ανασταλεί λόγω έλλειψης θρεπτικών ουσιών (**φάση στασιμότητας**).
- Η μετάβαση από την βλαστική μορφή σε σπόριο κατά την σπορίωση διέπεται από μια σειρά γενετικά καθορισμένων αλλαγών. Μελέτες στον **Bacillus subtilis** έχουν δείξει ότι στην διαδικασία της σπορίωσης συμμετέχουν γύρω στα 200 γονίδια.
- Τα ενδοσπόρια μπορούν να μείνουν σε λανθάνουσα κατάσταση για πολλά χρόνια, αλλά μπορεί όταν το επιτρέψουν οι περιβαλλοντικές συνθήκες να μετατραπούν σε βλαστικό κύτταρο πολύ γρήγορα. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει 3 διακριτά στάδια: ενεργοποίηση, εκβλάστηση και αυξητική έκρηξη.



Εικόνα 12.58 Οδός σχηματισμού προϊόντων ζύμωσης από την ομάδα βουτυρικού οξέος των *Clostridium*. Ο προσδιορισμός «2 H» σημαίνει δύο ηλεκτρόνια από ένα μόριο NADH. Παρατηρήστε με ποιον τρόπο η παραγωγή οξικού και βουτυρικού οξέος καταλήγει σε επιπλέον ATP με φωσφορυλίωση σε επίπεδο υποστρώματος (🦠 Τμήμα 17.19). Αντίθετα, ο σχηματισμός βουτανόλης και ακετόνης (προϊόντα που τυπικά απαντούν σε αναλογία 1:1, δεδομένου ότι η σύνθεση βουτανόλης απαιτεί δύο NADH, ενώ η σύνθεση ακετόνης δεν απαιτεί κανένα) ανάγει το παραχθέν ATP, διότι το στάδιο μετατροπής του βουτυρυλο-CoA σε βουτυρικό οξύ παρακάμπτεται.



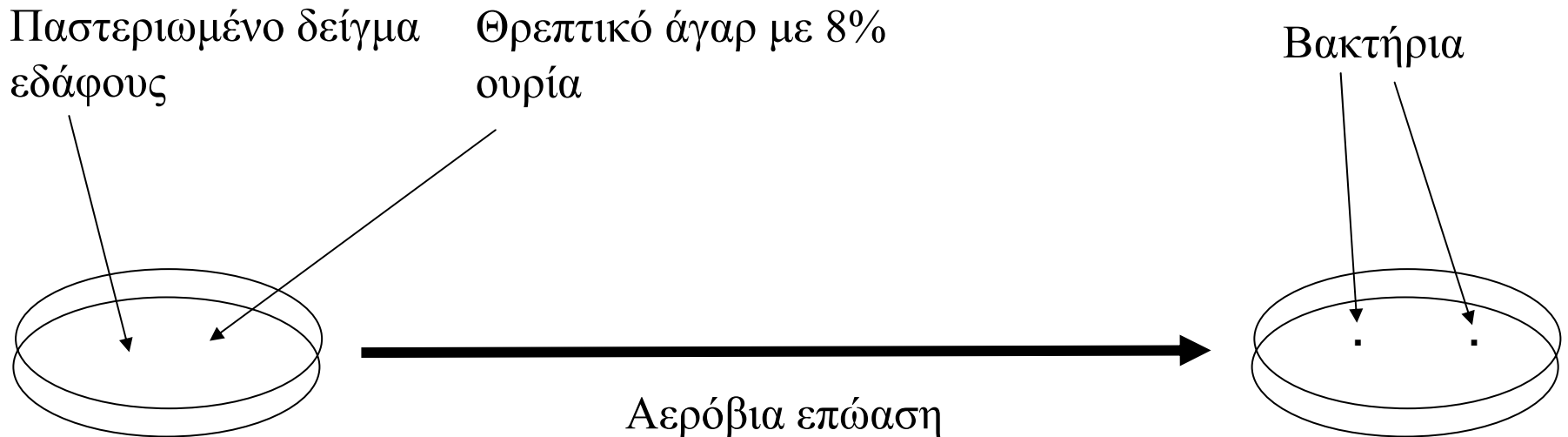
Αμινοξέα που συμμετέχουν σε συζευγμένες ζυμώσεις (αντίδραση Stickland)	
Αμινοξέα που οξειδώνονται:	Αμινοξέα που ανάγονται:
Αλανίνη	Γλυκίνη
Λευκίνη	Προλίνη
Ισολευκίνη	Υδροξυπρολίνη
Βαλίνη	Τρυπτοφάνη
Ιστιδίνη	Αργινίνη

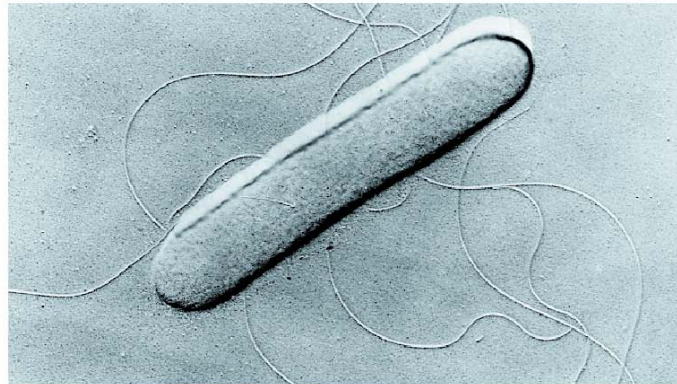
Εικόνα 12.59 Συζευγμένη αντίδραση οξείδωσης-αναγωγής (αντίδραση Stickland) μεταξύ αλανίνης και γλυκίνης, στο *Clostridium sporogenes*. Παρουσιάζεται η δομή των κύριων υποστρώματων, ενδιάμεσων, και προϊόντων (σε αγκύλες), ώστε να γίνεται σαφής η χημεία της αντίδρασης. Παρατηρήστε ότι στην αντίδραση που παρουσιάζεται, η αλανίνη είναι ο δότης ηλεκτρονίων, ενώ η γλυκίνη είναι ο δέκτης ηλεκτρονίων.

Συνολικά: $\text{Αλανίνη} + 2 \text{ Γλυκίνη} + 2 \text{ H}_2\text{O} + 3 \text{ ADP} + 3 \text{ P}_i \longrightarrow 3 \text{ Οξικό}^- + \text{CO}_2 + 3 \text{ NH}_4^+ + 3 \text{ ATP}$

Τα ηλιοβακτήρια είναι ραβδόμορφα μεγάλου ή μικρού μήκους, συχνά με οξύληκτα άκρα. Είναι ανοξικά, φωτότροφα και παράγουν μία μοναδική από άποψη δομής **βακτηριοχλωροφύλλη**. Μπορούν να αναπτυχθούν χημειοτροφικά στο σκοτάδι με **ζύμωση πυροσταφυλικού οξέος**.

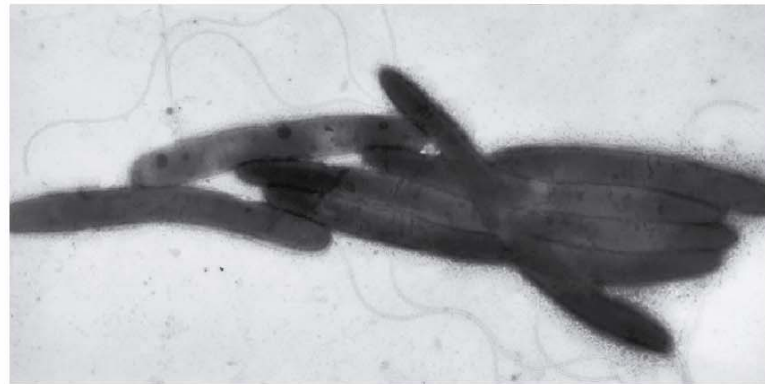
Τα κύτταρα του γένους *Sporosarcina* είναι αυστηρά αερόβια και σφαιρικά. Διαιρούνται σε δύο ή τρία εγκάρσια επίπεδα σχηματίζοντας τετράδες ή κύβους από οκτώ ή περισσότερα κύτταρα. Το *Sporosarcina ureae* απαντάται σε εδάφη με εισροές ούρων. Αποικοδομεί ενεργά την ουρία προς CO_2 και NH_3 .





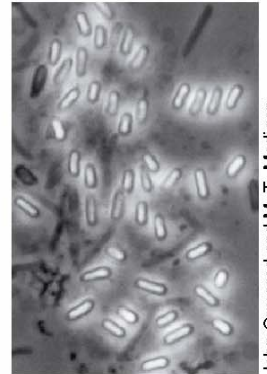
F. Rudy Turner & Howard Gest

(α)



John Ormerod and M. T. Madigan



(β)



John Ormerod and M. T. Madigan

(γ)

Εικόνα 12.61 Κύτταρα και ενδοσπόρια ηλιοβακτηρίων. (α) Ηλεκτρονικό μικρογράφημα του *Heliobacillus mobilis*, είδους με περίτριχη μαστιγοφορία. (β) Δέσμες *Heliophilum fasciatum*, όπως παρατηρούνται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. (γ) Μικροφωτογραφία αντίθεσης φάσεων σπορίων του *Heliobacterium gestii*.

Χαρακτηριστικά	Γένος	DNA (mol % GC)
Ραβδόμορφα		
Αερόβια ή προαιρετικώς αερόβια, παράγουν καταλάση	<i>Bacillus</i>	32-69
	<i>Paenibacillus</i>	40-54
Μικροαερόφιλα, χωρίς καταλάση· ομοζυμωτικά, παράγουν γαλακτικό οξύ	<i>Sporolactobacillus</i>	46-47
Αερόβια:		
Αναγωγικά των θειικών	<i>Desulfotomaculum</i>	38-50
Δεν ανάγει τα θειικά, εκτελεί ζύμωση	<i>Clostridium</i> (βλ. Εικόνα 12.56)	21-54
Θερμόφιλο, θερμοκρασιακό άριστο 65-70°C, εκτελεί ζύμωση	<i>Thermoanaerobacter</i>	31-39
Αρνητικό κατά Gram· μπορεί να αναπτυχθεί ως ομοακετογόνο με H ₂ + CO ₂	<i>Sporomusa</i>	41-49
Αλόφιλο, απομονώθηκε από τη Νεκρά Θάλασσα	<i>Sporohalobacter</i>	31
Παράγει έως πέντε σπόρια ανά κύτταρο· δεσμεύει N ₂	<i>Anaerobacter</i>	29
Οξεόφιλο, άριστο pH 3	<i>Alicyclobacillus</i>	52-60
Αλκαλεόφιλο, άριστο pH 9	<i>Amphibacillus</i>	36-38
Φωτοτροφικό	<i>Heliobacterium, Heliophilum</i>	50-58
Συντροφικό, αποικοδομεί λιπαρά οξέα αλλά μόνο συγκαλλιεργούμενο με βακτήριο που χρησιμοποιεί H ₂ ( Τμήμα 17.21)	<i>Syntrophospora</i>	37
Αναγωγική αποχλωρίωση χλωροφαινολών ( Τμήμα 17.18)	<i>Desulfitobacterium</i>	46
Κόκκοι (συνήθως διατεταγμένοι σε τετράδες ή κύβους), αερόβια	<i>Sporosarcina</i> (βλ. Εικόνα 12.60)	40-41

^a Φυλογενετικά, όλοι οι οργανισμοί είναι θετικά κατά Gram βακτήρια χαμηλού ποσοστού GC.

Πίνακας 23: Τα κύρια γένη ενδοσποριογόνων βακτηρίων.

Μυκοπλάσματα

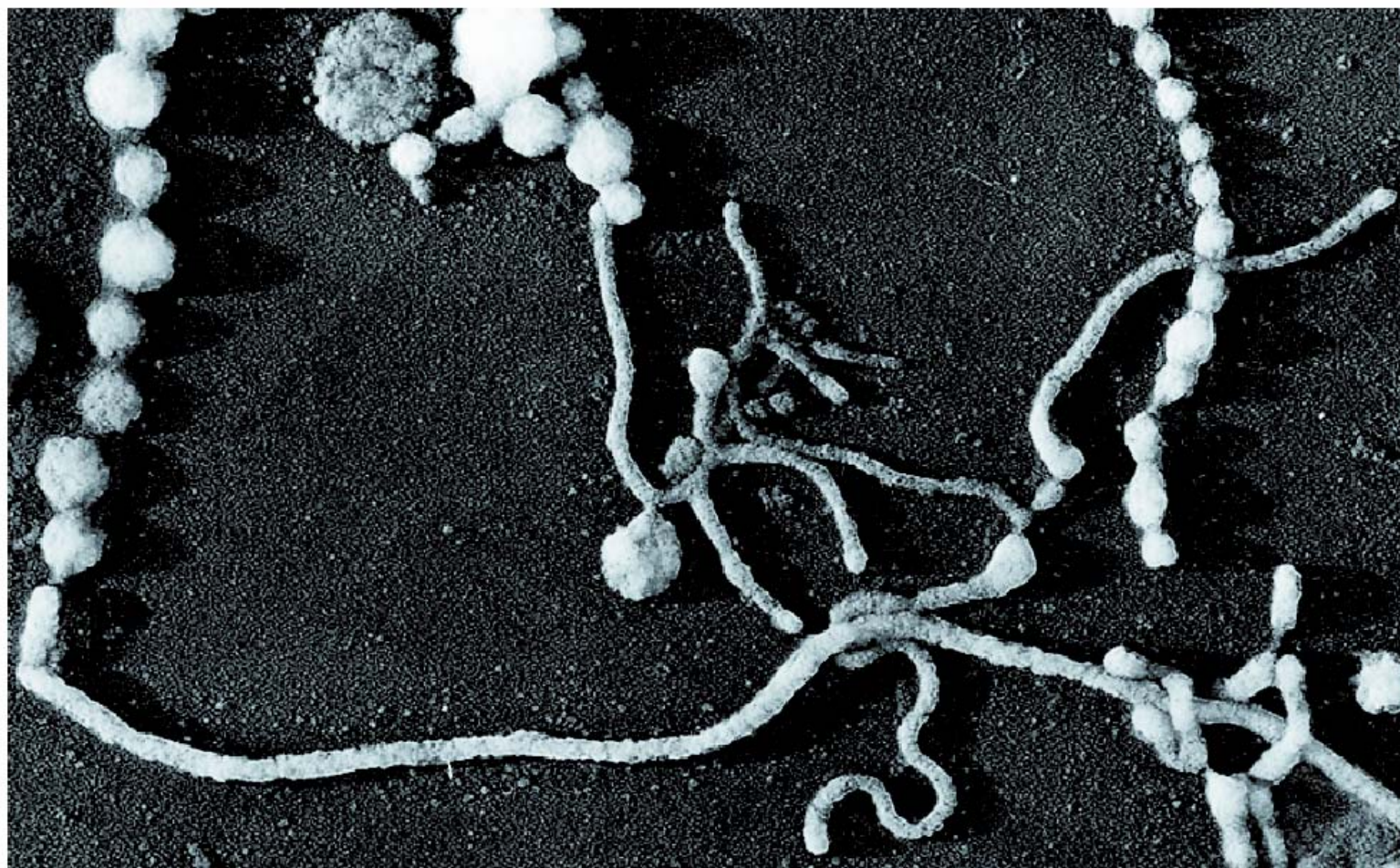
Mycoplasma

Spiroplasma

Είναι οργανισμοί δίχως κυτταρικά τοιχώματα. Πρόκειται για τους μικρότερους οργανισμούς ικανούς για αυτόνομη αύξηση (Πιν. 24). Εξελικτικό ενδιαφέρον (μικρό γένωμα)

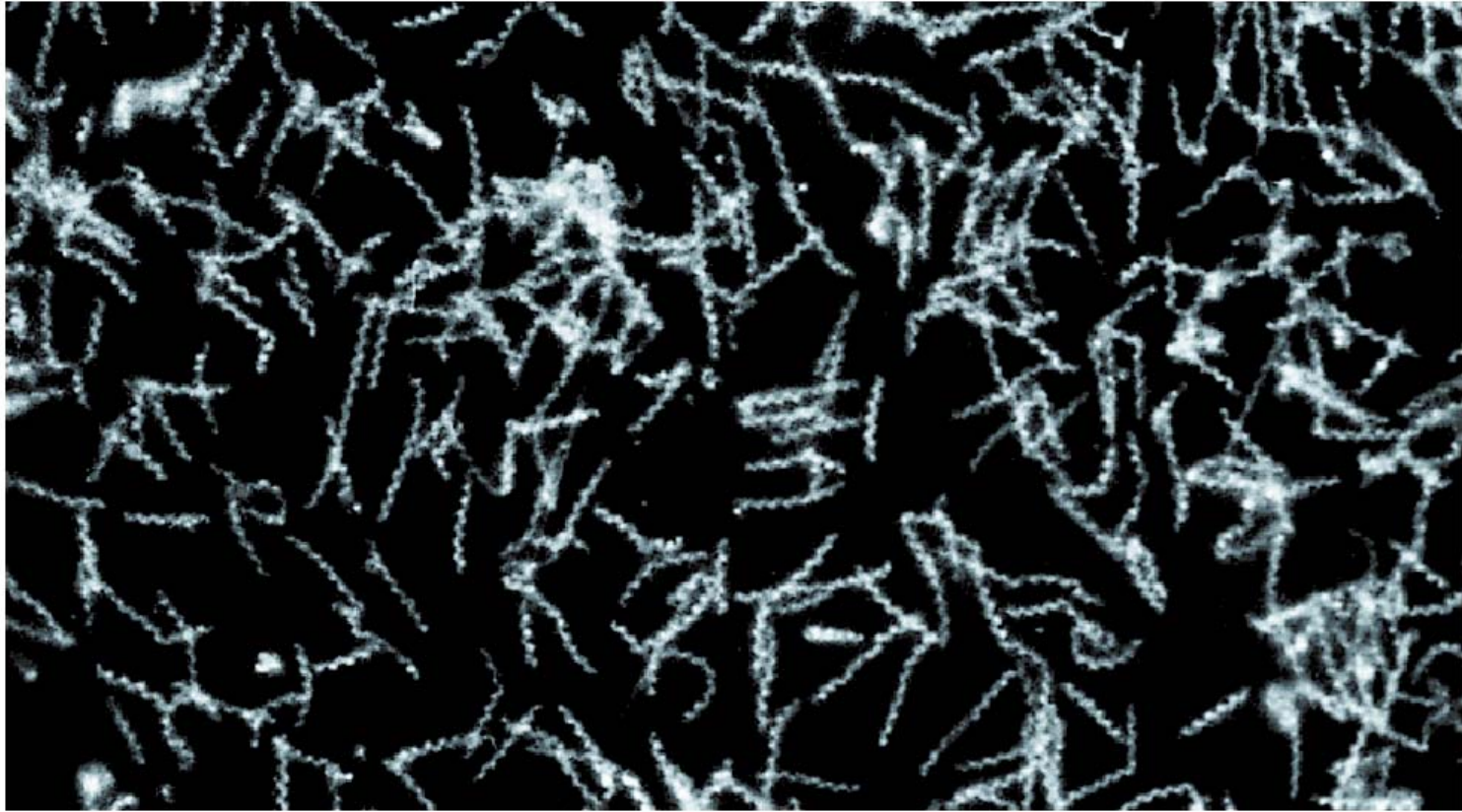
Μικρά κοκκοειδή στοιχεία (μεγέθους 0,2-0,3 μm), και μεγαλύτερες διογκωμένες μορφές ποικίλου μήκους με πολλά παρακλάδια μπορεί να παρατηρούνται σε μία και μόνο καλλιέργεια μυκοπλασμάτων. Οι υδατάνθρακες χρησιμοποιούνται ως πηγές ενέργειας από τα περισσότερα μυκοπλάσματα ενώ χρειάζονται περαιτέρω ορισμένες βιταμίνες, αμινοξέα, πουρίνες και πυριμιδίνες ως παράγοντες ανάπτυξης.

Το γένος Spiroplasma (Εικ. 14β) αποτελείται από ελικοειδή ή σπειροειδή κύτταρα κινούμενα με περιστροφικές κινήσεις (όπως μία βίδα) ή αργό κυματισμό. Έχει απομονωθεί από τσιμπούρια, αιμόλεμφο, εντόσθια εντόμων, υγρά αγγειακού συστήματος των φυτών καθώς και από την επιφάνεια λουλουδιών και άλλων τμημάτων του φυτού.



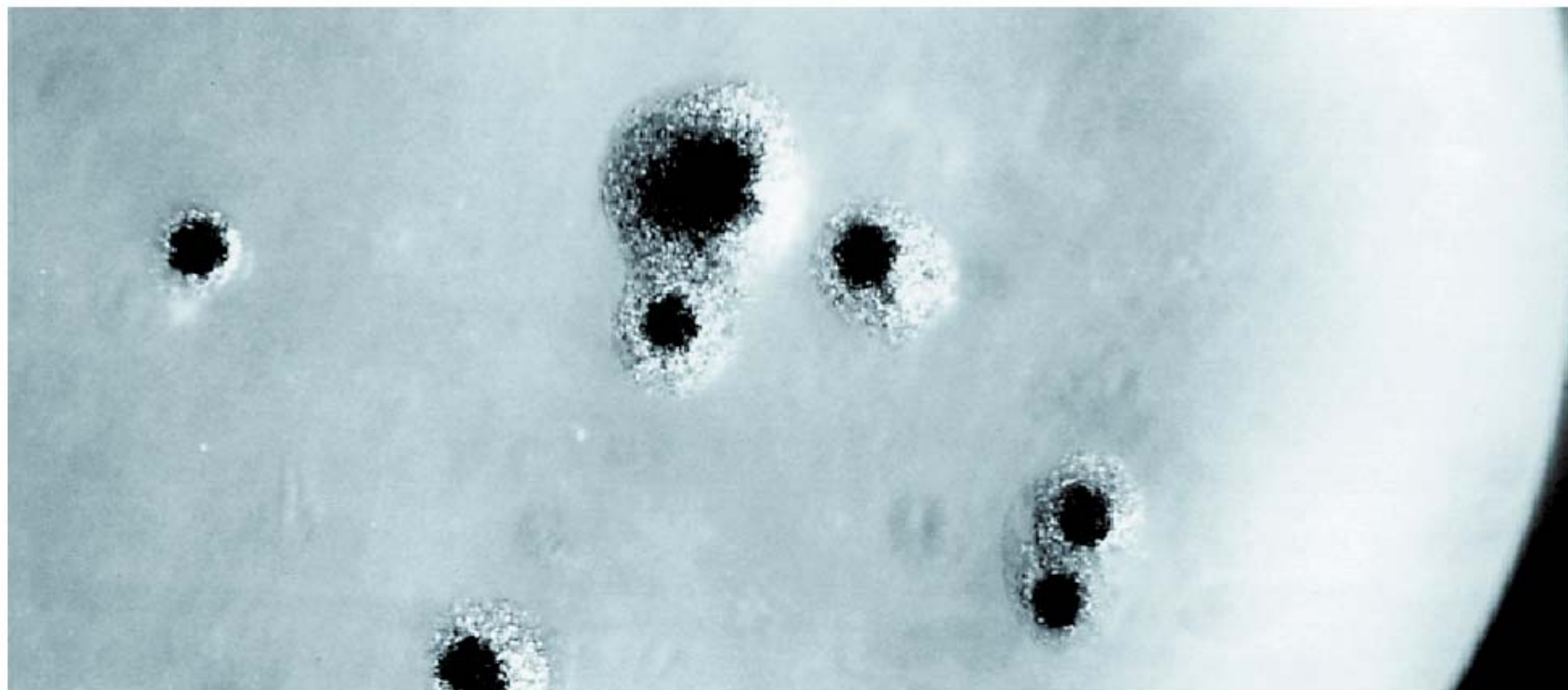
Alan Rodwell

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



David L. Williamson

Εικόνα 12.64 Μικροφωτογραφία από μικροσκόπιο σκοτεινού πεδίου σπειροπλάσματος «φυλετικής αναλογίας» που απομονώθηκε από την αιμόλεμφο της μύγας *Drosophila pseudoobscura*. Οι θηλυκές μύγες που μολύνθηκαν με το σπειρόπλασμα φυλετικής αναλογίας γεννούν μόνο θηλυκούς απογόνους. Τα μεμονωμένα κύτταρα του σπειροπλάσματος έχουν διάμετρο 0,15 μm περίπου.



T. D. Brock

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

Γένος	Αριθμός ειδών	Ιδιότητες	DNA (mol % GC)	Μέγεθος γονιδιώματος (ζεύγη κιλοβάσεων)	Παρουσία λιπογλυκανών
Χρειάζονται στερόλες					
<i>Mycoplasma</i>	110	Πολλά παθογόνα· χρειάζονται στερόλες· προαιρετικώς αερόβια (βλ. Εικόνα 12.62)	23-41	600-1350	+
<i>Anaeroplasma</i>	4	Μπορεί να χρειάζονται στερόλες, ή όχι· υποχρεωτικώς αναερόβια· διασπούν άμυλο, παράγοντας οξικό, γαλακτικό, και μυρμηκικό οξύ, αιθανόλη και CO ₂	29-33	1500-1600	+
<i>Spiroplasma</i>	33	Κύτταρα σπειροειδούς σχήματος· σχετίζονται με διάφορες ασθένειες φυτών (βλ. Εικόνα 12.64)	25-30	940-2200	—
<i>Ureaplasma</i>	6	Κοκκοειδή κύτταρα· περιστασιακά συσσωματώματα και βραχείες αλυσίδες· άριστη ανάπτυξης σε pH 6· ισχυρή αντίδραση ουρεάσης· σχετίζονται με διάφορες λοιμώξεις του ουροποιητικού στον άνθρωπο· η δράση τους αναστέλλεται από οξικό θάλλιο	27-30	750	—
<i>Entomoplasma</i>	5	Προαιρετικώς αερόβιο· σχετίζεται με έντομα και φυτά	27-29	790-1140	?
Δεν χρειάζονται στερόλες					
<i>Acholeplasma</i>	16	Προαιρετικά αερόβια	27-36	1500	+
<i>Asteroleplasma</i>	1	Υποχρεωτικά αναερόβια· απομονώνεται από τον προστόμαχο βοοειδών ή προβάτων	40	1500	+
<i>Mesoplasma</i>	12	Από φυλογενετικής και οικολογικής πλευράς, συγγενεύει με το <i>Entomoplasma</i>	27-30	870-1100	?

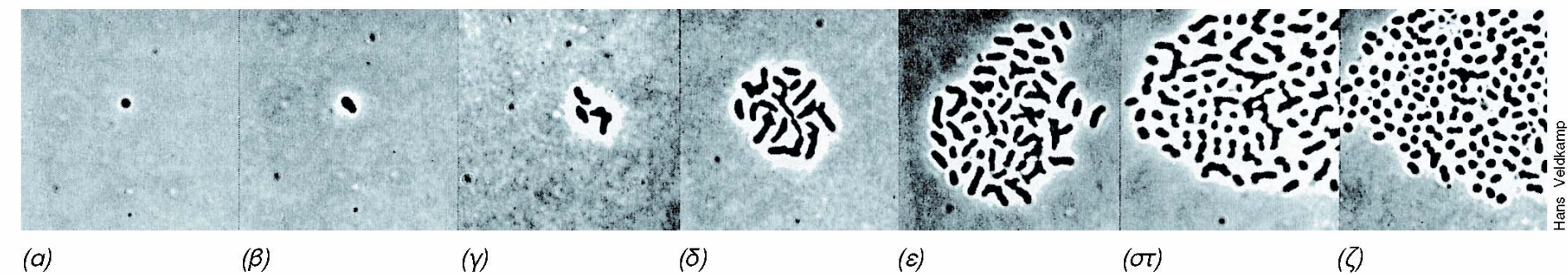
^a Φυλογενετικά, όλα τα γνωστά μυκοπλάσματα ανήκουν στα θετικά κατά Gram βακτήρια χαμηλού ποσοστού GC.

Πίνακας 24: Τα κύρια χαρακτηριστικά διάκρισης των μυκοπλασμάτων.

Κορυνόμορφα βακτήρια και βακτήρια του προπιονικού οξέος *Corynebacterium-Arthrobacter*

Τα κορυνοβακτήρια είναι θετικοί κατά Gram (υψηλού ποσοστού G+C), αερόβιοι, μη αυτοκινούμενοι οργανισμοί οι οποίοι σχηματίζουν χαρακτηριστικά κύτταρα ακανόνιστου σχήματος ροπαλόμορφα ή ομάδες κυττάρων σε διάταξη V (Εικ. 14γ). Το γένος *Corynebacterium* περιλαμβάνει παθογόνα ζώων και φυτών καθώς και σαπρόφυτα.

Η ομάδα βακτηρίων του προπιονικού οξέος (πχ βακτήρια τυριού Emmental) αποτελείται από αναερόβιους, θετικούς κατά Gram οργανισμούς οι οποίοι εκτελούν τη ζύμωση του γαλακτικού οξέος, υδατανθράκων και πολυυδρόξυ αλκοολών παράγοντας προπιονικό οξύ, οξικό οξύ και CO₂ (Εικ 15).

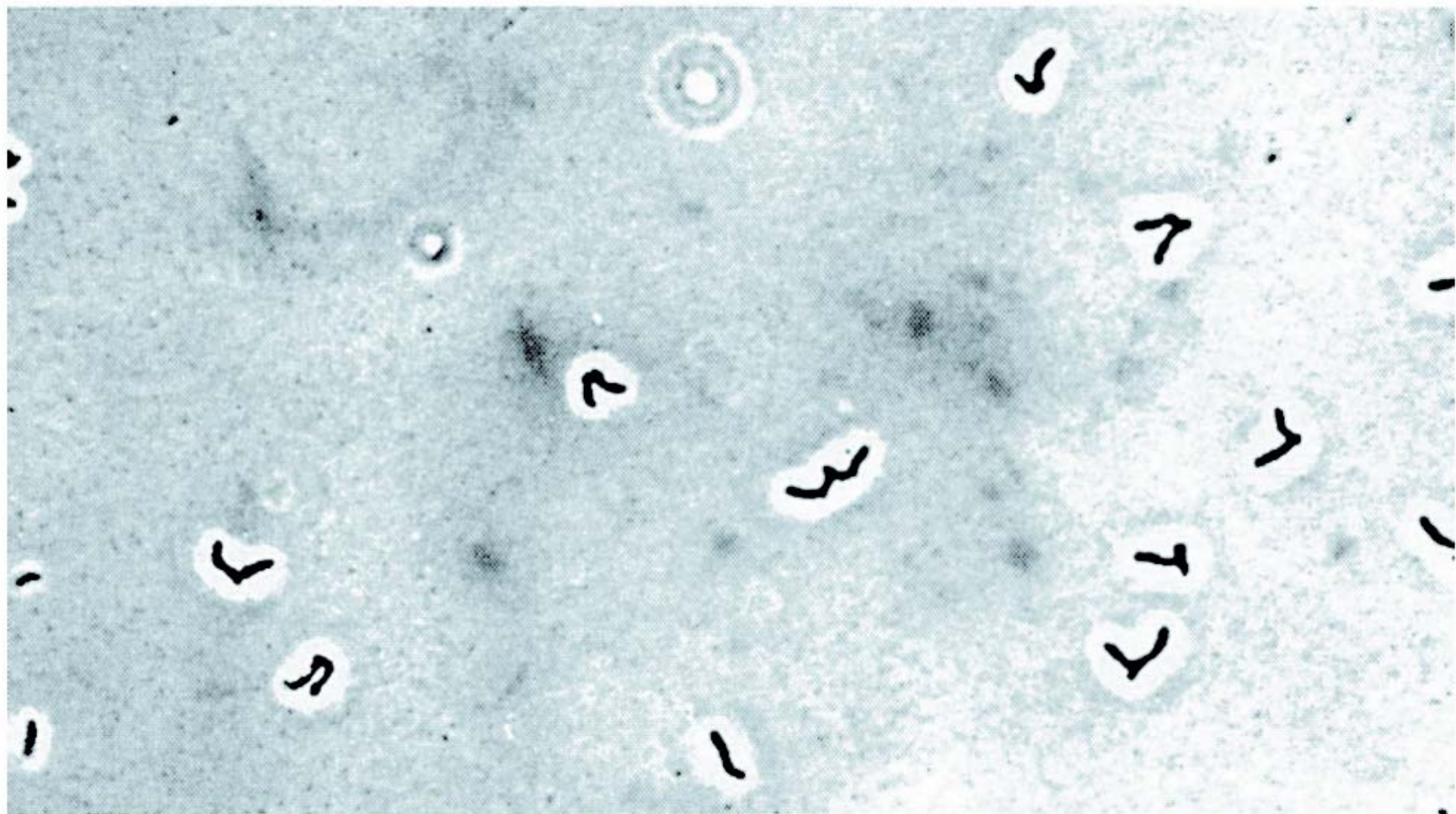


Hans Veldkamp

Εικόνα 12.67

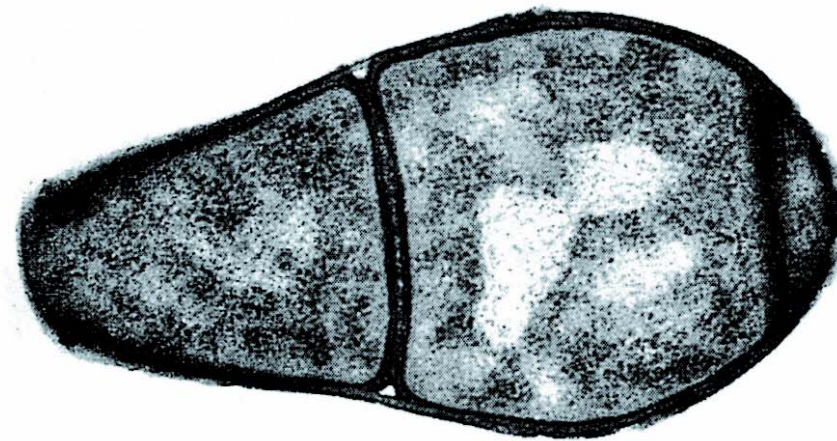
Στάδια του βιολογικού κύκλου του *Arthrobacter globiformis*, όπως παρατηρήθηκαν σε καλλιέργεια πάνω σε αντικειμενοφόρο πλάκα.

(a) Μεμονωμένο κοκκοειδές στοιχείο· (β-ε) μετατροπή σε ραβδόμορφο και ανάπτυξη μικροαποικίας που αποτελείται κυρίως από ραβδόμορφα· (στ-ζ) μετατροπή των ραβδόμορφων σε κοκκοειδείς μορφές. Τα κύτταρα έχουν διάμετρο 0,9 μm περίπου.



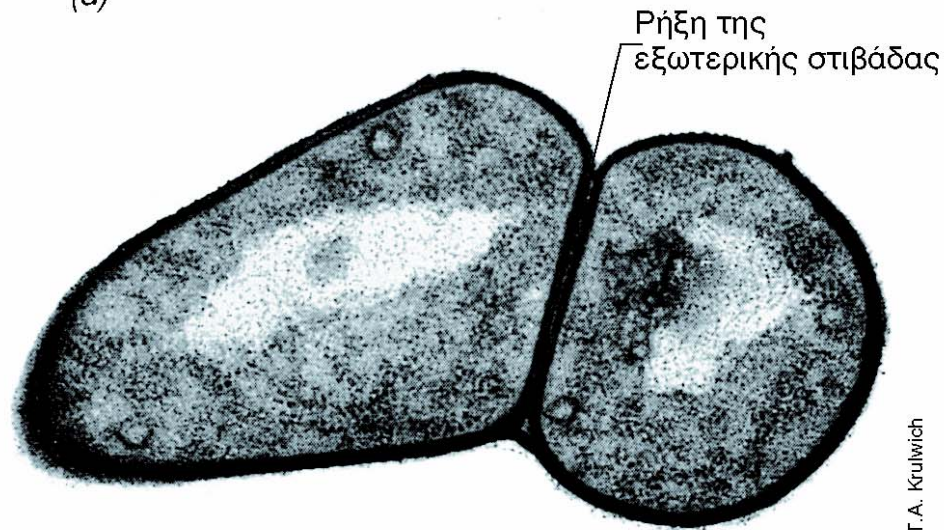
T. A. Krulwich

Εικόνα 12.65 Μικροφωτογραφία χαρακτηριστικών ομάδων κυττάρων σε διάταξη V του *Arthrobacter crystallopoietes*, αποτέλεσμα θραυστικής δι-αίρεσης. Τα κύτταρα έχουν διάμετρο 0,9 μm περίπου.



T.A. Krulwich

(α)

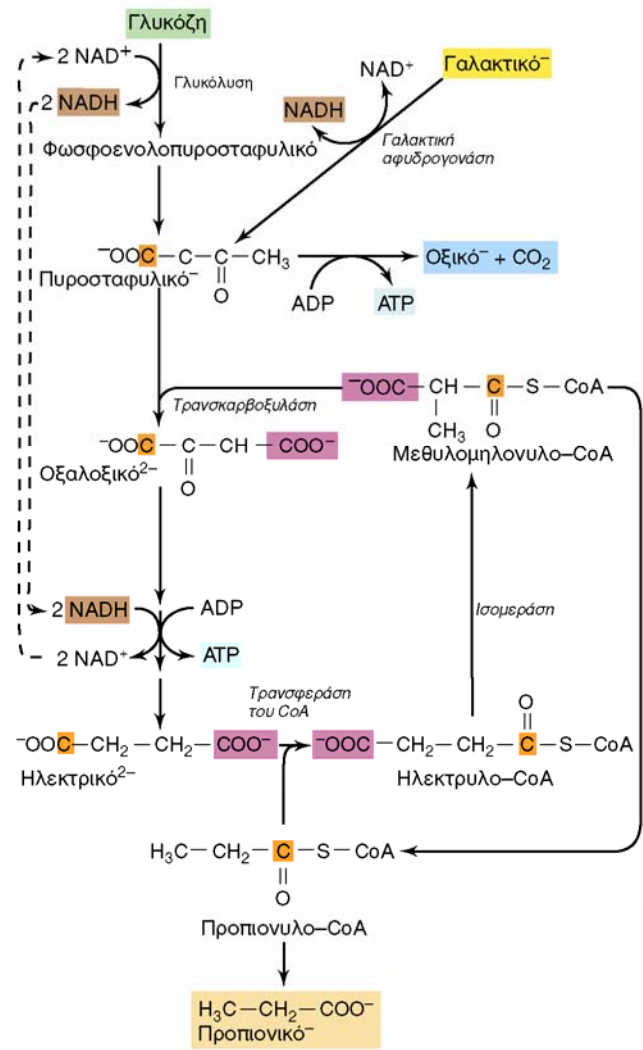


T.A. Krulwich

(β)

Εικόνα 12.66

Ηλεκτρονικό μικρογράφημα της κυτταρικής διαίρεσης στο *Arthrobacter crystallopoietes*, όπου φαίνεται η θραυστική διαίρεση και ο τρόπος σχηματισμού ομάδων κυττάρων σε διάταξη V. (α) Πριν τη ρήξη της εξωτερικής στιβάδας του κυτταρικού τοιχώματος. (β) Μετά τη μονόπλευρη ρήξη της εξωτερικής στιβάδας. Τα κύτταρα έχουν διάμετρο 0,9-1 μm.



Συνοψία από το γαλακτικό:
 $3 \text{ Γαλακτικό}^- \rightarrow 2 \text{ Προπιονικό}^- + 1 \text{ Οξικό}^- + 1 \text{ CO}_2 + 3-5 \text{ ATP}$

Εικόνα 12.68 Σχηματισμός προπιονικού οξέος από το *Propionibacterium*. Κατά την προπιονική ζύμωση, αυτό που υφίσταται ζύμωση είναι είτε το γαλακτικό οξύ που παράγεται από ζυμώσεις άλλων βακτηρίων είτε η γλυκόζη. Η σύνθεση ATP συνδέεται με αντιδράσεις μεταφοράς ηλεκτρονίων που συντελούνται κατά τον σχηματισμό ηλεκτρικού οξέος και από φωσφορυλίωση σε επίπεδο υποστρώματος κατά την παραγωγή οξικού οξέος.

Mycobacterium

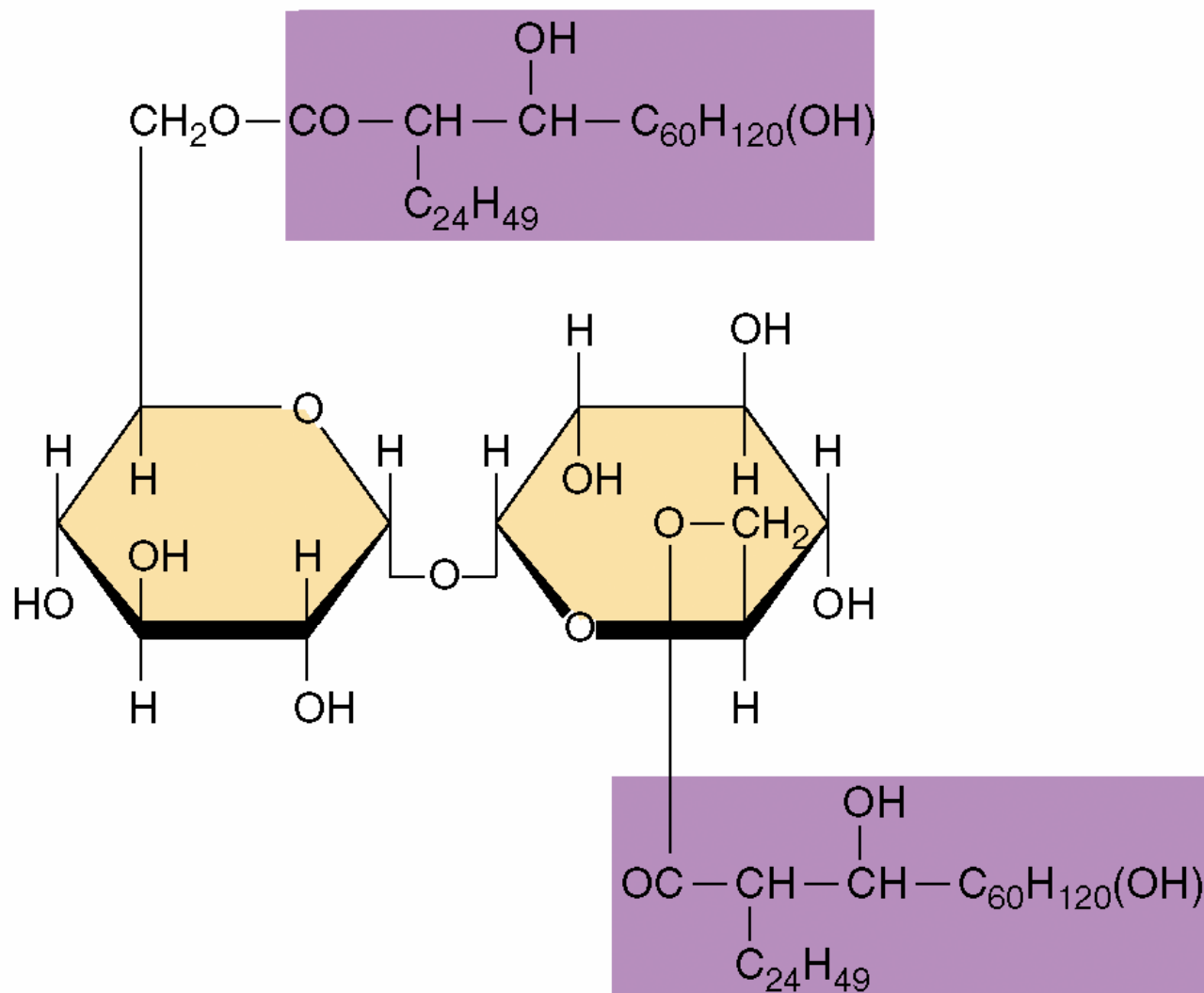
Αποτελείται από ραβδόμορφους οργανισμούς (Πιν. 25) οι οποίοι αποκτούν οξεάντοχη (μυκολικά οξέα στην κυτταρική επιφάνεια) σε κάποιο στάδιο του βιολογικού τους κύκλου. Οι οξεάντοχοι οργανισμοί φαίνονται στο παρασκεύασμα κόκκινοι (φουξίνη) ενώ οι μη οξεάντοχοι φαίνονται κυανοί (κυανό μεθυλενίου).

Είναι μάλλον πλειομορφικοί και υπάρχει πιθανότητα να αναπτυχθούν με διακλαδώσεις ή νηματοειδώς. Πολλά μυκοβακτήρια είναι ικανά να σχηματίζουν κίτρινες καροτενοειδής χρωστικές (φωτο-, σκοτοχρωμογένεση, Η ανάπτυξη(βράδέως ή ταχέως) τους γίνεται συχνά με επώαση στον αέρα, σε απλά θρεπτικά μέσα ανόργανων αλάτων με αμμωνία ως πηγή αζώτου και γλυκερίνη ή οξικό οξύ ως μοναδική πηγή άνθρακα και μοναδικό δότη ηλεκτρονίων.

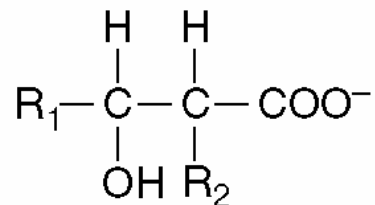
Η ανθεκτικότητα των στελεχών σε χημικούς παράγοντες όπως τα αλκάλια και οι φαινόλες για αρκετό χρονικό διάστημα βοηθάει στην απομόνωση του οργανισμού από πτυελό ασθενών:

Δείγμα πτυελού + 1N NaOH → (30 min) → Εξουδετέρωση και επίστρωση σε θρεπτικό μέσο απομόνωσης.

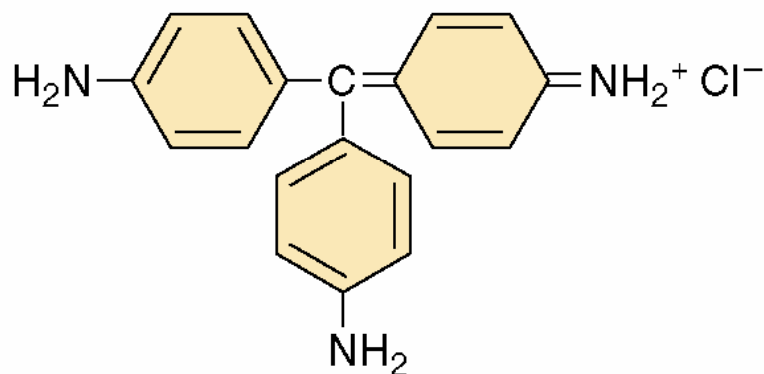
Η μολυσματικότητα του M.tuberculosis (Εικ. 14δ) οφείλεται στην παρουσία του σχοινοειδούς παράγοντα (λιπίδιο της κυτταρικής επιφάνειας).



Εικόνα 12.71 Δομή του σχοινοειδούς παράγοντα, ενός γλυκολιπιδίου των μυκοβακτηρίων: 6,6'-διμυκολοτρεχαλόζη. Οι δύο πανομοιότυπες ομάδες μακρών αλυσίδων διαλκοολών υποδεικνύονται με πορφυρό χρώμα.

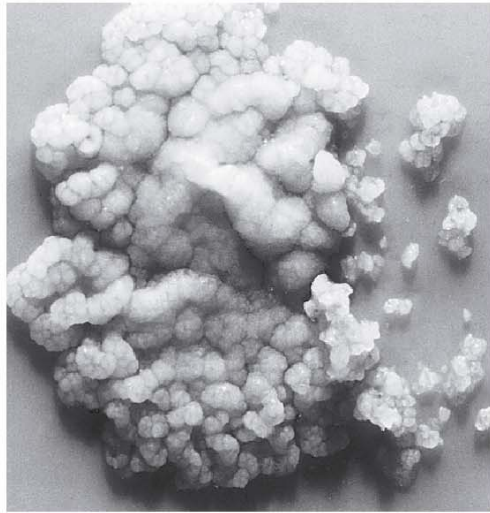


(α) Μυκολικό οξύ: R₁ και R₂ είναι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες μακράς αλυσίδας



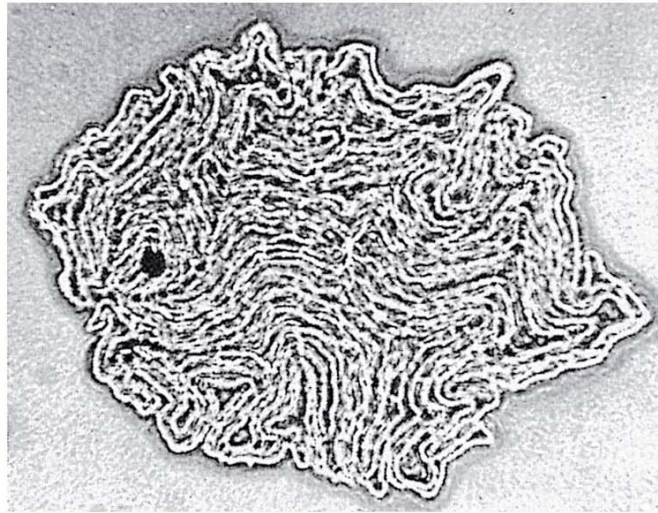
(β) Βασική φουξίνη

Εικόνα 12.69 Συντακτικός τύπος (α) του μυκολικού οξέος και (β) της βασικής φουξίνης, της χρωστικής που χρησιμοποιείται στην οξεοάντοχη χρώση. Η χρωστική φουξίνη συνδέεται με το μυκολικό οξύ μέσω ιοντικών δεσμών μεταξύ του COO⁻ και του NH₂⁺.



N. Rist

(a)




V. Lorian

(β)



Centers for Disease Control

(γ)

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

Είδος	Ανάπτυξη σε NaCl 5%	Αναγωγή νιτρικών	Ανάπτυξη στους 45°C	Παθογόνο του ανθρώπου	Χρωστικές
Βραδέως αναπτυσσόμενα είδη					
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	—	+	—	+	Καθόλου
<i>Mycobacterium avium</i>	—	—	—	+	Παλιές αποικίες με χρωστικές (βλ. Εικόνα 12.70c)
<i>Mycobacterium bovis</i>	—	—	+	+	Καθόλου
<i>Mycobacterium kansasii</i>	—	+	—	+	Φωτοχρωμογόνο
Ταχέως αναπτυσσόμενα είδη					
<i>Mycobacterium smegmatis</i>	+	+	+	—	Καθόλου
<i>Mycobacterium phlei</i>	+	+	+	—	Με χρωστικές
<i>Mycobacterium chelonae</i>	+	—	—	+	Καθόλου
<i>Mycobacterium parafortuitum</i>	+	+	—	—	Φωτοχρωμογόνο

Πίνακας 25: Ορισμένα χαρακτηριστικά μίας αντιπροσωπευτικής ομάδας μυκοβακτηρίων.

Νηματοειδή θετικά κατά Gram βακτήρια

Streptomyces

Οι ακτινομύκητες (Πιν. 26) είναι μία μεγάλη ομάδα νηματοειδών βακτηρίων τα οποία σχηματίζουν διακλαδιζόμενα νημάτια. Το περιπλεγμένο δίκτυο των νηματίων ονομάζεται μυκήλιο (Εικ. 14ε). Σχηματίζουν σπόρια (κονίδια) και η σύνθεση βάσεων του DNA τους κυμαίνεται μεταξύ 63% και 78% GC.

Αναγνωρίζονται 500 είδη Streptomyces (Εικ. 14στ) με νημάτια διαμέτρου 0,5-1,0 μm και απροσδιόριστου μήκους που συχνά δεν διαθέτουν εγκάρσια τοιχώματα στη βλαστική φάση. Τα σπόρια τους ονομάζονται κονίδια τα οποία έχουν συχνά χρωστικές που χρωματίζουν την ώριμη αποικία.

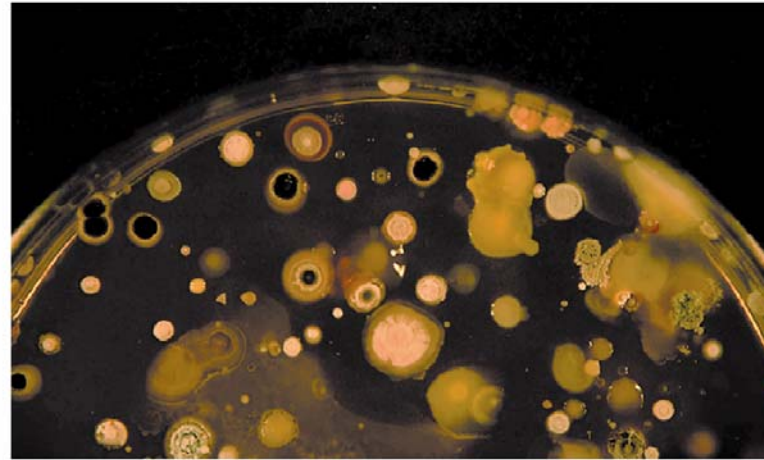
Οι περισσότεροι είναι κυρίως οργανισμοί του εδάφους αν και λίγοι από αυτούς απαντώνται σε υδάτινα ενδιαίτηματα. Μπορούν να χρησιμοποιούν ευρύτατη ποικιλία σακχάρων, αλκοολών, οργανικών οξέων, αμινοξέων και αρωματικών ενώσεων. Γεωσμίνες (τερπενοειδή) προσδίδουν χαρακτηριστική οσμή στο έδαφος.

Με την επίστρωση εναιωρήματος εδάφους σε αλκαλικό υπόστρωμα με άγαρ που περιέχει καζεΐνη άμυλο, ανόργανα άλατα απομονώνονται οι οργανισμοί του γένους αυτού.

Αντιβιοτικά των Streptomyces: (Πιν. 27).

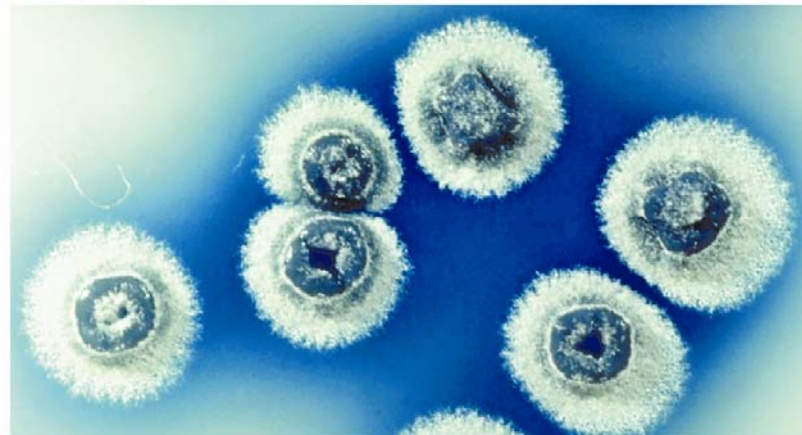
Ομάδα κορυνόμορφων Βακτηρίων: ραβδόμορφα, συχνά ροπαλόμορφα, μορφολογικώς πολυποίκιλα· όχι οξεοάντοχα ή νηματοειδή· θραυστική κυτταρική διαίρεση	
<i>Corynebacterium</i> : τμήματά του χρωματίζονται ακανόνιστα, ενίοτε υπάρχουν κοκκία· συχνή ροπαλόμορφη διόγκωση· παθογόνα των ζώων και των φυτών, επίσης σαπρόφυτα του εδάφους	51–65
<i>Arthrobacter</i> : μορφογένεση κόκκου-ραβδίου· οργανισμοί του εδάφους	59–70
<i>Cellulomonas</i> : κορυνόμορφη μορφολογία· διασπά κυτταρίνη· προαιρετικά αερόβιο	71–73
<i>Kurthia</i> : ραβδόμορφα με αποστρωγγυλεμένα άκρα· σε αλυσίδες· αργότερα κοκκοειδές	36–38
<i>Brevibacterium</i> : Μορφογένεση κόκκου-ραβδίου· τυρί, δέρμα	60–67
Βακτήρια του προπιονικού οξέος: αναερόβια έως αερανεκτικά, ραβδόμορφα ή νηματοειδή, διακλαδιζόμενα	
<i>Propionibacterium</i> : μη αυτοκινούμενο· αναερόβιο έως αερανεκτικό· παράγει προπιονικό και οξικό οξύ· γαλακτοκομικά προϊόντα (τυρί Emmental)· δέρμα μπορεί να είναι παθογόνο	53–68
<i>Eubacterium</i> : υποχρεωτικώς αναερόβια· παράγουν μείγμα οργανικών οξέων, συμπεριλαμβανομένων του βουτυρικού, οξικού, μυρμηκικού, και γαλακτικού· έντερο, λοιμώξεις μαλακών ιστών, έδαφος· ενδεχομένως παθογόνα· μάλλον το επικρατέστερο μέλος της εντερικής χλωρίδας.	26–48
Υποχρεωτικώς αναερόβια	
<i>Bifidobacterium</i> : ομαλή μικροαποικία, όχι νημάτια· κορυνόμορφα κύτταρα, συνήθη· απαντάται στην εντερική οδό των βραφών που θηλάζουν	55–67
<i>Acetobacterium</i> : ομοακετογόνο· ιζήματα και αστικά λύματα	39–43
<i>Butyrivibrio</i> : κεκαμμένα ραβδόμορφα· προστόμαχος	36–42
<i>Thermoanaerobacter</i> : ραβδόμορφα, θερμόφιλα, απαντά σε θερμές πηγές	37–39
Ακτινομύκητες: νηματοειδείς, συχνά διακλαδιζόμενοι, εξαιρετικά ποικιλόμορφοι	
Ομάδα I. Ακτινομύκητες: μη ανθεκτικοί σε οξύ, αλκοόλη· προαιρετικά αερόβιοι· δεν σχηματίζεται μυκήλιο· μπορεί να παράγονται διακλαδιζόμενα νημάτια· ραβδόμορφα, κοκκοειδή, ή κορυνόμορφα κύτταρα	
<i>Actinomyces</i> : αναερόβιο έως προαιρετικώς αερόβιο· νηματοειδής μικροαποικία, τα νημάτια όμως είναι πρόσκαιρα και κατακερματίζονται σε κορυνόμορφα κύτταρα· ενδεχομένως παθογόνο στον άνθρωπο ή στα ζώα· απαντά στη στοματική κοιλότητα	57–69
Άλλα γένη: <i>Arachnia</i> , <i>Bacterionema</i> , <i>Rothia</i> , <i>Agromyces</i>	
Ομάδα II. Μυκοβακτήρια: οξεοάντοχα, πρόσκαιρα νημάτια	
<i>Mycobacterium</i> : παθογόνα, σαπρόφυτα· υποχρεωτικώς αερόβια· κύτταρα και κυτταρικά τοιχώματα με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια· κηροί, μυκολικά οξέα· απλή διατροφή· αναπτύσσονται βραδέως· φυματίωση, λέπρα, κοκκιώματα, φυματίωση των πτηνών· επίσης οργανισμοί του εδάφους· οξειδώνουν υδατάνθρακες	62–70
Ομάδα III. Ακτινομύκητες που δεσμεύουν άζωτο: αζωτοδεσμευτικοί συμβιώτες φυτών· σχηματισμός πραγματικού μυκηλίου	
<i>Frankia</i> : σχηματίζει φυμάτια δύο τύπων στις ρίζες διαφόρων φυτών· πιθανώς μικροαερόφιλοι· αναπτύσσεται βραδέως· δεσμεύει N ₂	67–72
Ομάδα IV. Ακτινοπλανέτες: σχηματίζουν πραγματικό μυκήλιο· σχηματισμός σπορίων στο εσωτερικό σποριαγγείω	
<i>Actinoplanes</i> , <i>Streptosporangium</i>	69–71
Ομάδα V. Ομάδα του γένους <i>Dermatophilus</i> : τα νημάτια του μυκηλίου διαιρούνται εγκαρσίως και σε δύο τουλάχιστον διαμήκη επίπεδα, σχηματίζοντας μάζες αυτοκινουμένων κοκκοειδών μονάδων· απουσιάζει το εναέριο μυκήλιο· περιστασιακά υπεύθυνα για επιδερμικές μολύνσεις	
<i>Dermatophilus</i> , <i>Geodermatophilus</i>	56–75
Ομάδα VI. Τα <i>Nocardias</i> : τα νημάτια του μυκηλίου συχνά θραύονται και σχηματίζουν κοκκοειδή ή επιμήκη στοιχεία· περιστασιακά παράγονται εναέρια σπόρια· ενίοτε οξεοάντοχα· υψηλή περιεκτικότητα των κυττάρων και κυτταρικών τοιχωμάτων σε λιπίδια	
<i>Nocardia</i> : κοινοί οργανισμοί του εδάφους· υποχρεωτικώς αερόβια· πολλά χρησιμοποιούν υδρογονάνθρακες	61–72
<i>Rhodococcus</i> : σαπρόφυτα του εδάφους, επίσης κοινά στα σπλάχνα διαφόρων εντόμων· χρησιμοποιούν υδατάνθρακες	59–69
Ομάδα VII. Στρεπτομύκητες: το μυκήλιο παραμένει ακέραιο, πλούσιο εναέριο μυκήλιο και μακρές αλυσίδες σπορίων	
<i>Streptomyces</i> : σχεδόν 500 αναγνωρισμένα είδη, πολλά παράγουν αντιβιοτικά	69–75
Άλλα γένη (διαφοροποιούνται βάσει της μορφολογίας): <i>Streptoverticillium</i> , <i>Sporichthya</i> , <i>Kitasatoa</i> , <i>Chainia</i>	67–73
Ομάδα VIII. Ομάδα των <i>Micromonospora</i> : το μυκήλιο παραμένει ακέραιο· τα σπόρια σχηματίζονται μεμονωμένα, σε ζεύγη, ή βραχείες αλυσίδες· αρκετά είναι θερμόφιλα· σαπρόφυτα του εδάφους, φυτικών υπολειμμάτων σε σήψη· ένα είδος παράγει ενδοσπόρια	
<i>Micromonospora</i> , <i>Microbispora</i> , <i>Themobispora</i> , <i>Thermoactinomyces</i> , <i>Thermomonospora</i>	54–79

^a Φυλογενετικά, όλα τα είδη (εκτός από εκείνα των γενών *Acetobacterium*, *Butyrivibrio*, και *Thermoanaerobacter*) είναι θετικά κατά Gram βακτήρια υψηλού ποσοστού GC.



M. T. Madigan

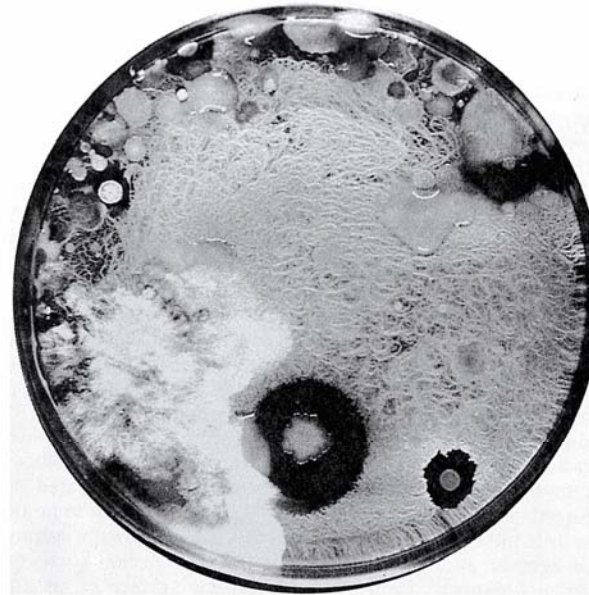
(α)



David A. Hopwood

(β)

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



© Eli Lilly & Co. Used with permission.

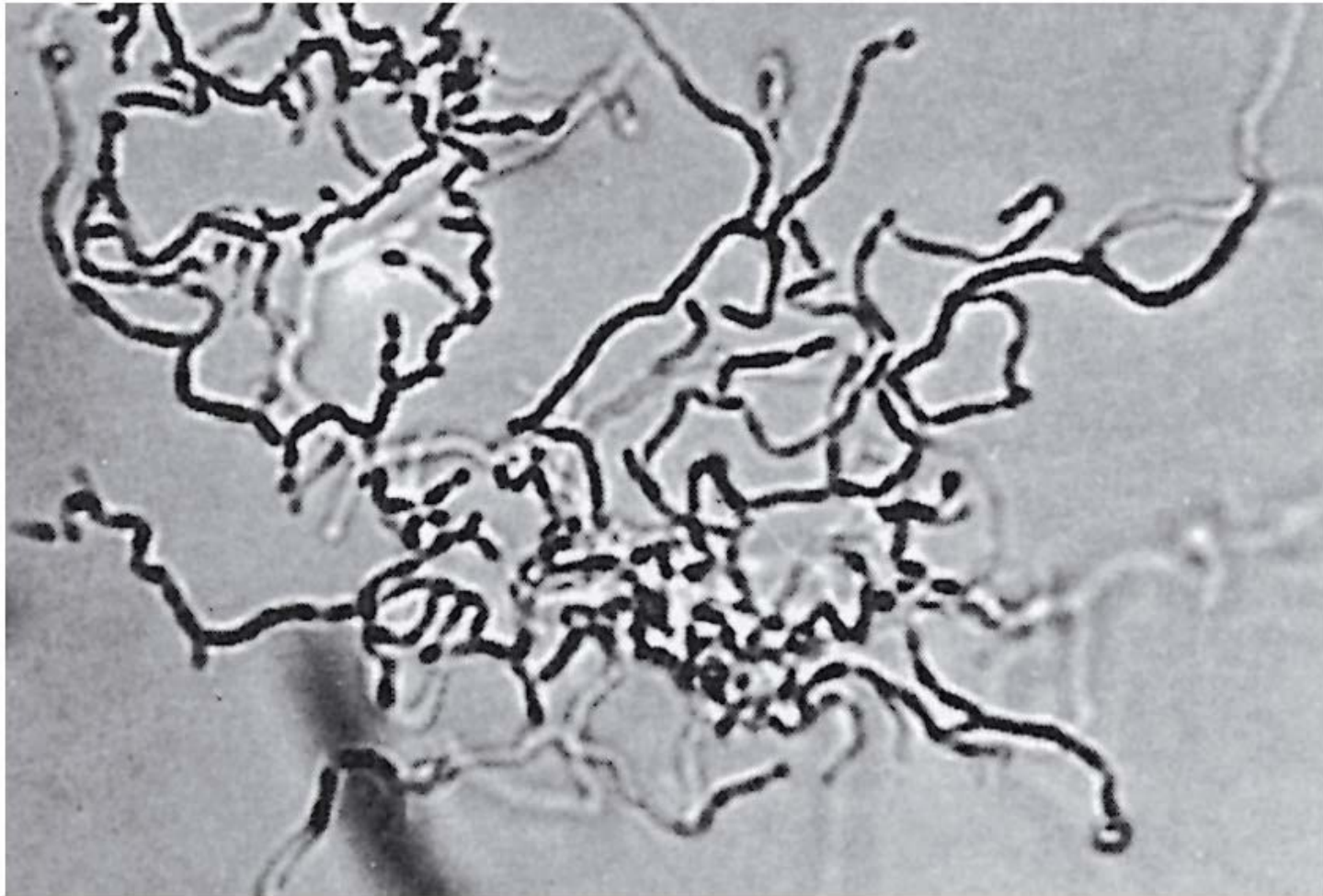
(α)



David A. Hopwood

(β)

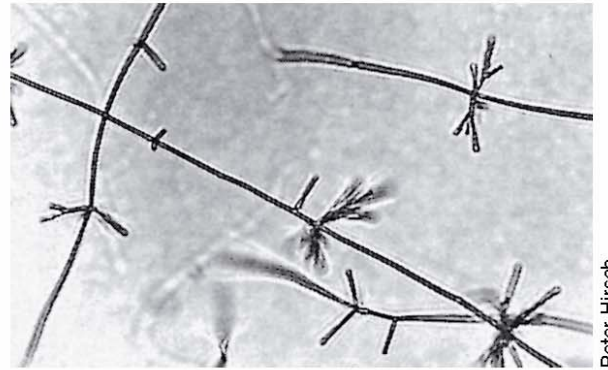
Εικόνα 12.77 Αντιβιοτικό από *Streptomyces*. (α) Αντιβιοτική δράση οργανισμών του εδάφους σε τρυβλίο με μεγάλο αριθμό αποικιών. Οι μικρότερες αποικίες που περικλείονται από ζώνες αναστολής είναι στρεπτομύκητες. Οι μεγαλύτερες, επεκτεινόμενες αποικίες είναι είδη *Bacillus*. (β) Η ερυθρού χρώματος αντιβιοτική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



Hubert and Mary P. Lechevalier

Εικόνα 12.72

Νεαρή αποικία ακτινομύκητα του γένους *Nocardia*, όπου φαίνεται η τυπική νηματοειδής κυτταρική δομή (μυκήλιο). Κάθε νημάτιο έχει διάμετρο 0,8-1 μm περίπου.



Peter Hirsch

(a)



Hubert and Mary P. Lechevallier

(β)

Εικόνα 12.73 Μικροφωτογραφίες διαφόρων δομών των ακτινομυκήτων, που φέρουν σπόρια. (a) *Streptomyces*, τύπος μυκηλίου με έναν σπόνδυλο. (β) *Streptomyces*, σπειροειδής τύπος. Και στις δύο περιπτώσεις τα νημάτια έχουν πλάτος 0,8 μm περίπου.

Χημική ομάδα	Κοινή ονομασία	Παράγεται από	Αντιβιοτική δράση ^α
Αμινογλυκοζίδες	Στρεπτομικίνη	<i>S. griseus</i>	Αναστέλλει τα περισσότερα αρνητικά κατά Gram βακτήρια
	Στρεπτομικίνη	<i>Streptomyces</i> spp.	<i>M. tuberculosis</i> , <i>N. gonorrhoeae</i> που παράγει πενικιλλίναση
	Νεομικίνη	<i>S. fradiae</i>	Ευρέως φάσματος, συνήθως εφαρμόζεται τοπικά λόγω τοξικότητας
Τετρακυκλίνες	Τετρακυκλίνη	<i>S. aureofaciens</i>	Ευρέως φάσματος, θετικά και αρνητικά κατά Gram βακτήρια, ρικέτσιες και χλαμύδια, <i>Mycoplasma</i>
Μακρολίδια	Χλωροτετρακυκλίνη	<i>S. aureofaciens</i>	Όπως και η τετρακυκλίνη
	Ερυθρομικίνη	<i>S. erythreus</i>	Αναστέλλει τα περισσότερα θετικά κατά Gram βακτήρια, συχνά χρησιμοποιείται αντί της πενικιλλίνης, <i>Legionella</i>
	Κλινδαμικίνη	<i>S. lincolnensis</i>	Αποτελεσματικό κατά των υποχρεωτικά αναερόβιων, ειδικά κατά του <i>Bacteroides fragilis</i>
Πολυένια	Νυστατίνη	<i>S. noursei</i>	Μύκητες, ειδικά μολύνσεις από <i>Candida</i>
	Αμφοκετίνη Β	<i>S. nodosus</i>	Μύκητες
Καμία	Χλωραμφαινικόλη	<i>S. venezuelae</i>	Ευρέως φάσματος, ενδεικνυόμενο φάρμακο κατά του τυφοειδούς πυρετού

^α Τα περισσότερα αντιβιοτικά είναι αποτελεσματικά έναντι πολλών διαφορετικών *Βακτηρίων*. Τα δεδομένα της στήλης αυτής προέρχονται από τη συνήθη κλινική εφαρμογή κάθε συγκεκριμένου αντιβιοτικού. Η δομή και ο τρόπος δράσης πολλών από τα αντιβιοτικά αυτά αναπτύσσονται στα Τμήματα 20.7-20.9.

Πίνακας 27: Αντιβιοτικά που συντίθενται από το γένος *Streptomyces*.

Κυανοβακτήρια

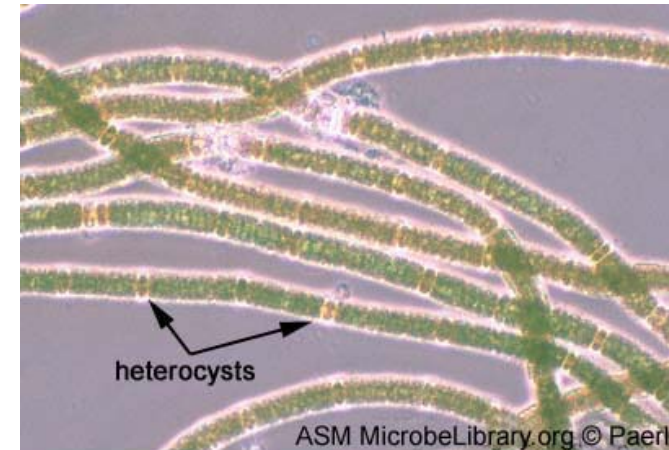
Είναι μια μεγάλη μορφολογικά ετερογενής ομάδα φωτοτροφικών βακτηρίων (Πιν. 28): οξυγονοπαραγωγικά φωτότροφα.

Το μέγεθος των κυττάρων τους ποικίλει (διαμέτρου 0,5-1,0 μm) μέχρι 40 μm (Εικ. 16α). Η δομή του κυτταρικού τοιχώματος ορισμένων κυανοβακτηρίων είναι παρόμοια με εκείνη των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων. Πολλά παράγουν έλυτρα που συγκρατούν ομάδες κυττάρων ή νηματίων. Έχουν χλωροφύλλη α και διαθέτουν φυκοχολεΐνες (χολοπρωτεϊνικές επικουρικές φωτοσυνθετικές χρωστικές) καθώς και κυανοφυκίνη (προϊόν αποθήκευσης αζώτου).

Σε πολλά κυανοβακτήρια παρατηρούνται αεροκυστίδια. Ο ρόλος των δομών αυτών είναι η ρύθμιση της άνωσης ώστε τα κύτταρα να μένουν στην στήλη του νερού σε μία θέση άριστη για φωτοσύνθεση. Άλλα νηματοειδή βακτήρια παράγουν ετεροκύστες (Εικ. 16β) δηλαδή σφαιρικά κύτταρα που εκ πρώτης όψεως μοιάζουν άδεια, τα οποία είναι κατανεμημένα σε τακτά διαστήματα κατά μήκος των νηματίων. Είναι οι μόνες θέσεις δέσμευσης αζώτου και προκύπτουν από τη διαφοροποίηση βλαστικών κυττάρων.

Για την θρέψη τους χρησιμοποιούν και νιτρικά άλατα ή αμμωνία ως πηγή αζώτου.

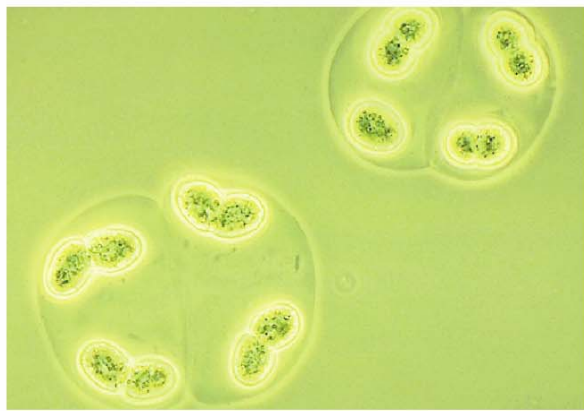
Υπάρχουν στη φύση σε χερσαία, θαλάσσια και γλυκού νερού ενδιαιτήματα.



Nodularia, a bloom-forming genus of cyanobacteria from the Baltic Sea, off the coast of Finland.

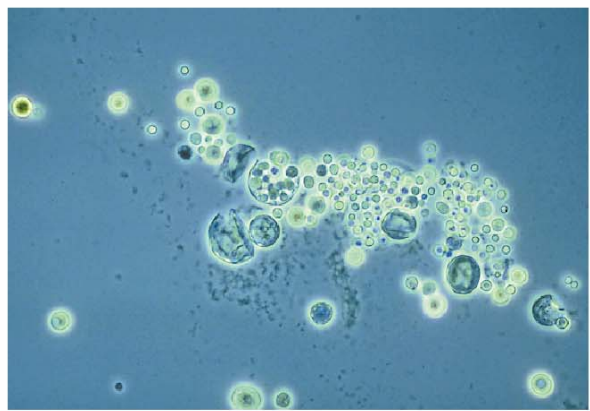
Ομάδα	Γένη	DNA (mol% GC)
Ομάδα I. Μονοκύτταρα: μεμονωμένα κύτταρα ή συσσωματώματα κυττάρων	<i>Gloeothece</i> (Εικόνα 12.78α), <i>Gloeobacter</i> , <i>Synechococcus</i> , <i>Cyanothece</i> , <i>Gloeocapsa</i> , <i>Synechocystis</i> , <i>Chamaesiphon</i> , <i>Merismopedia</i>	35–71
Ομάδα II. Πλευροκαψάλια: αναπαράγονται με τον σχηματισμό μικρών σφαιρικών κυττάρων που ονομάζονται βαιοκύτταρα και προκύπτουν με πολλαπλή διχοτόμηση	<i>Dermocarpa</i> (Εικόνα 12.78β), <i>Xenococcus</i> , <i>Dermocarpella</i> , <i>Pleurocapsa</i> , <i>Myxosarcina</i> , <i>Chroococciopsis</i>	40–46
Ομάδα III. Οσιλατοριοειδή: νηματοειδή κύτταρα που διαιρούνται με διχοτόμηση σε ένα επίπεδο	<i>Oscillatoria</i> (Εικόνα 12.78γ), <i>Spirulina</i> , <i>Arthrospira</i> , <i>Lyngbya</i> , <i>Microcoleus</i> , <i>Pseudanabaena</i>	40–67
Ομάδα IV. Νοστοκάλια: νηματοειδή κύτταρα που παράγουν ετεροκύστεις	<i>Anabaena</i> (Εικόνα 12.78δ), <i>Nostoc</i> , <i>Calothrix</i> , <i>Nodularia</i> , <i>Cylinodrosperum</i> , <i>Scytonema</i>	38–46
Ομάδα V. Διακλαδιζόμενα: τα κύτταρα διαιρούνται και παράγουν διακλαδώσεις	<i>Fischerella</i> (Εικόνα 12.78ε), <i>Stigonema</i> , <i>Chlorogloeopsis</i> , <i>Hapalosiphon</i>	42–46

Πίνακας 28: Η ομαδοποίηση και τα γένη των κυανοβακτηρίων.



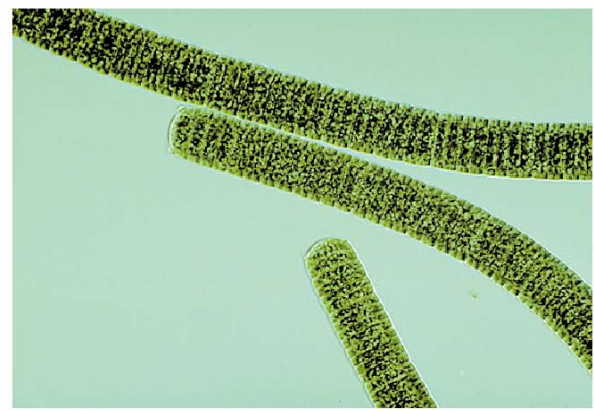
Susan Barns and Norman Pace

(α)



Susan Barns and Norman Pace

(β)



Susan Barns and Norman Pace

(γ)

Εικόνα 12.78 Μορφολογική ποικιλομορφία των κυανοβακτηρίων: οι 5 κύριοι μορφολογικοί τύποι: (α) Το μονοκύτταρο *Gloeotheca* (αντίθεση φάσεων)· κάθε κύτταρο έχει διάμετρο 5-6 μm. (β) Το αποικιακό *Dermocarpa* (αντίθεση φάσεων). (γ) Το νηματοειδές *Oscillatoria* (φωτεινό πεδίο)· κάθε κύτταρο έχει πλάτος 15 μm περίπου. (δ) Το νηματοειδές με ετεροκύσεις *Anabaena* (αντίθεση φάσεων)· κάθε κύτταρο έχει πλάτος 5 μm περίπου. (ε) Το νηματοειδές με διακλαδώσεις *Fischerella* (φωτεινό πεδίο).



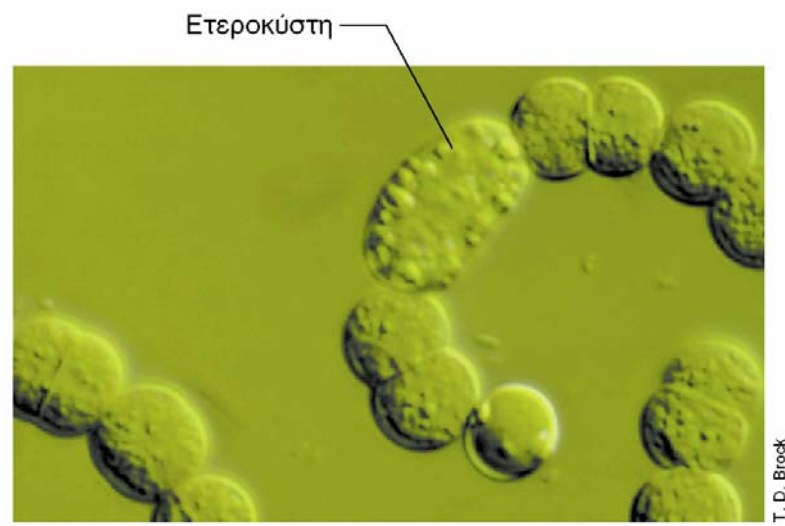
Susan Barns and Norman Pace

(δ)

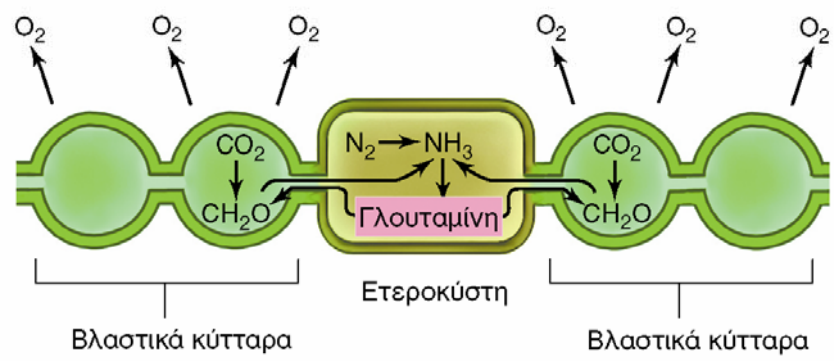


Susan Barns and Norman Pace


(ε)



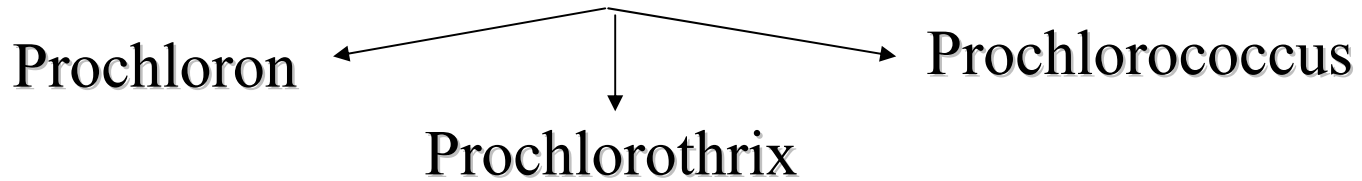
(a)



(β)

Εικόνα 12.80 Ετεροκύστεις. (a) Ετεροκύστεις στο κυανοβακτήριο *Anabaena*. Οι ετεροκύστεις είναι οι μοναδικές θέσεις δέσμωσης αζώτου στα ετεροκυστικά κυανοβακτήρια. (β) Μοντέλο λειτουργίας ετεροκύστης. Η ετεροκύστη δεν παράγει οξυγόνο (δεν διαθέτει φωτοσύστημα II·  Τμήμα 17.5) και παίρνει την αναγωγική ισχύ που χρειάζεται για την δέσμωση του αζώτου από την οργανική ουσία που παράγουν τα γειτονικά βλαστικά κύτταρα. Η γλουταμίνη είναι η μορφή δεσμευμένου αζώτου που μεταφέρεται από τις ετεροκύστεις στα βλαστικά κύτταρα.

Πρωχλωρόφυτα και χλωροπλάστες



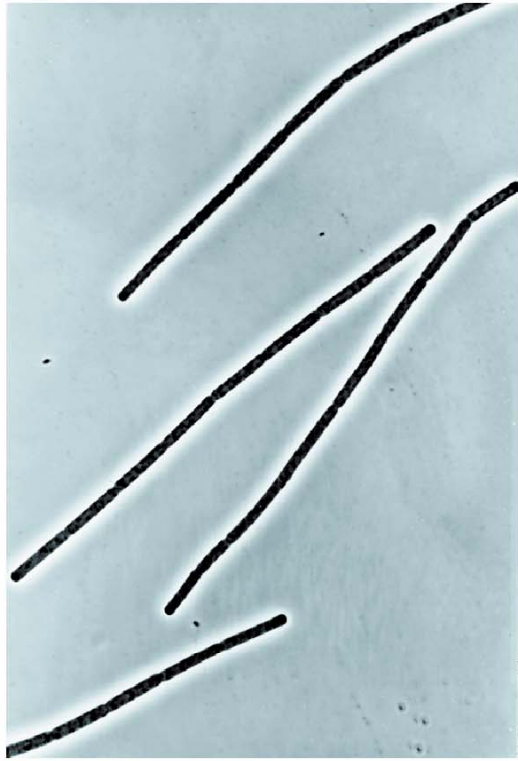
Είναι οξυγονοπαραγωγικά φωτότροφα που περιέχουν χλωροφύλλη α και β.

Το γένος *Prochloron* είναι συμβιωτής θαλάσσιων ασπόνδυλων (δεν καλλιεργείται, δεν υπάρχει αμιγής καλλιέργεια). Η μορφολογία των κυττάρων του είναι σφαιρική με διάμετρο 8-10 μm. Τα κύτταρα περιέχουν σύστημα θυλακοειδών μεμβρανών όμοιο με εκείνο του χλωροπλάστη. Οι κυρίαρχες καροτενοειδείς χρωστικές είναι η β-καροτίνη και η ζεαξανθίνη.

Το *Prochlorothrix* είναι νηματοειδής προχλωρόφυτο.

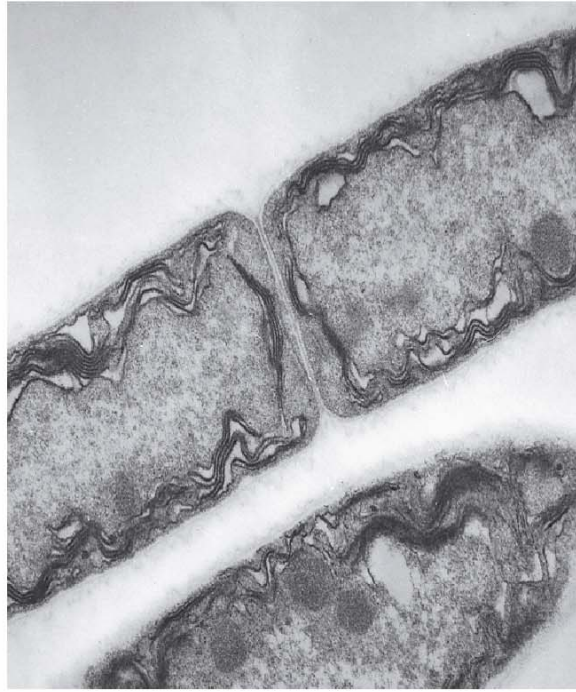
Το *Prochlorococcus* ζεί στην ευφωτική ζώνη ανοικτών ωκεανών. Τα κύτταρα του τα οποία είναι μικροί κόκκοι διαμέτρου μικρότερης του 1 μm περιέχουν χλωροφύλλη β, διβίνυλο-χλωροφύλλη α και καροτίνη α.

Τα πρωχλωρόφυτα είναι εξελεκτικά συγγενή με τον χλωροπλάστη χωρίς όμως να είναι άμεσοι πρόγονοι του (μοιράζονται κοινό πρόγονο μαζί με τα κυανοβακτήρια).



T. Burger-Wiersma

(α)



T. Burger-Wiersma

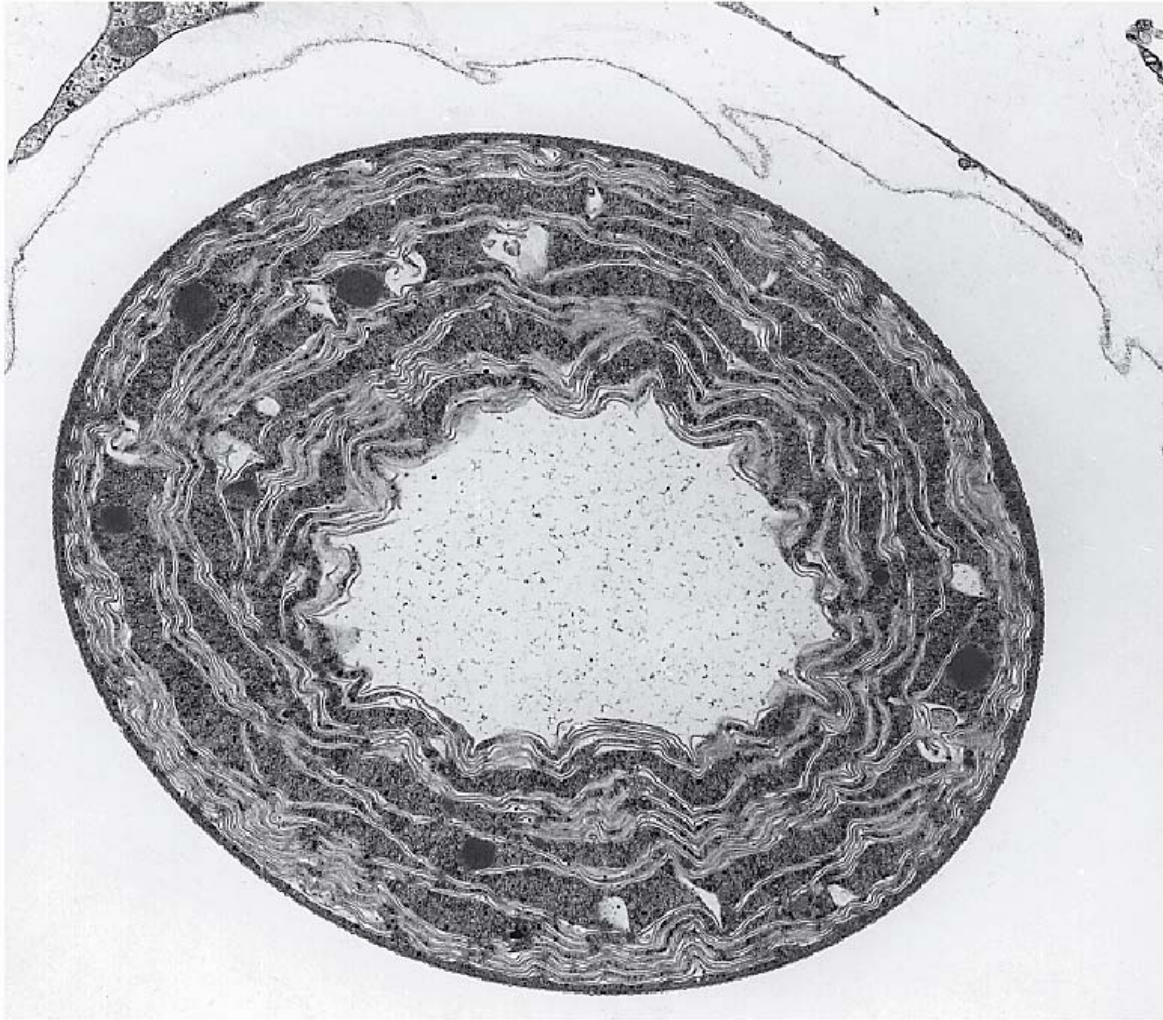
(β)



Juergen Marquardt

(γ)

Εικόνα 12.83 Μικρογράφημα αντίθεσης φάσεων και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου του νηματοειδούς προχλωρόφυτου *Prochlorothrix*. (α) Αντίθεση φάσεων. (β) Ηλεκτρονικό μικρογράφημα λεπτής τομής, που δείχνει τη διάταξη των μεμβρανών. Τα κύτταρα έχουν διάμετρο 2 μm περίπου. (γ) *Acaryochloris*. Το προχλωρόφυτο αυτό περιέχει χλωροφύλλη δ ως κύρια χρωστική. Κάθε κύτταρο έχει διάμετρο 1,5 μm περίπου.



Kit W. Lee

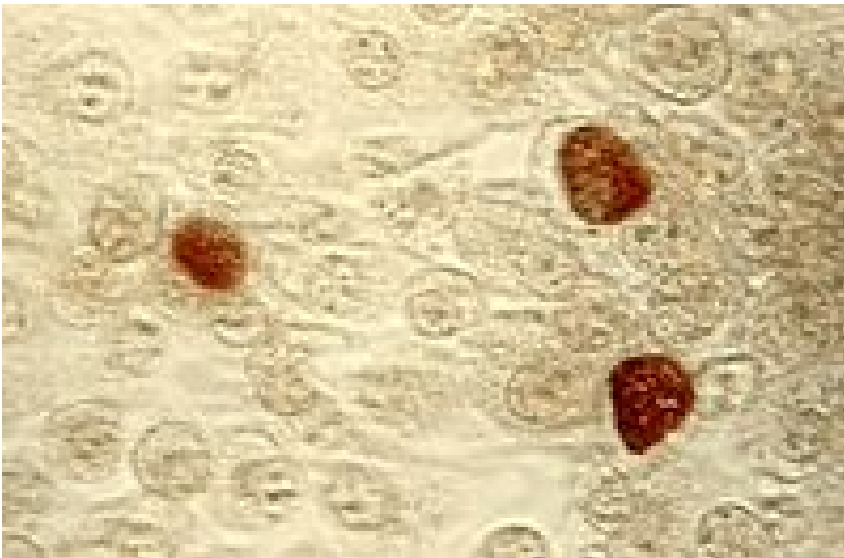
Εικόνα 12.82 Ηλεκτρονικό μικρογράφημα του προχλωρόφυτου *Prochloron*. Παρατηρήστε τις εκτεταμένες ενδοκυτταροπλασματικές μεμβράνες (θυλακοειδή). Τα κύτταρα έχουν διάμετρο 10 μm περίπου.

Χλαμύδια

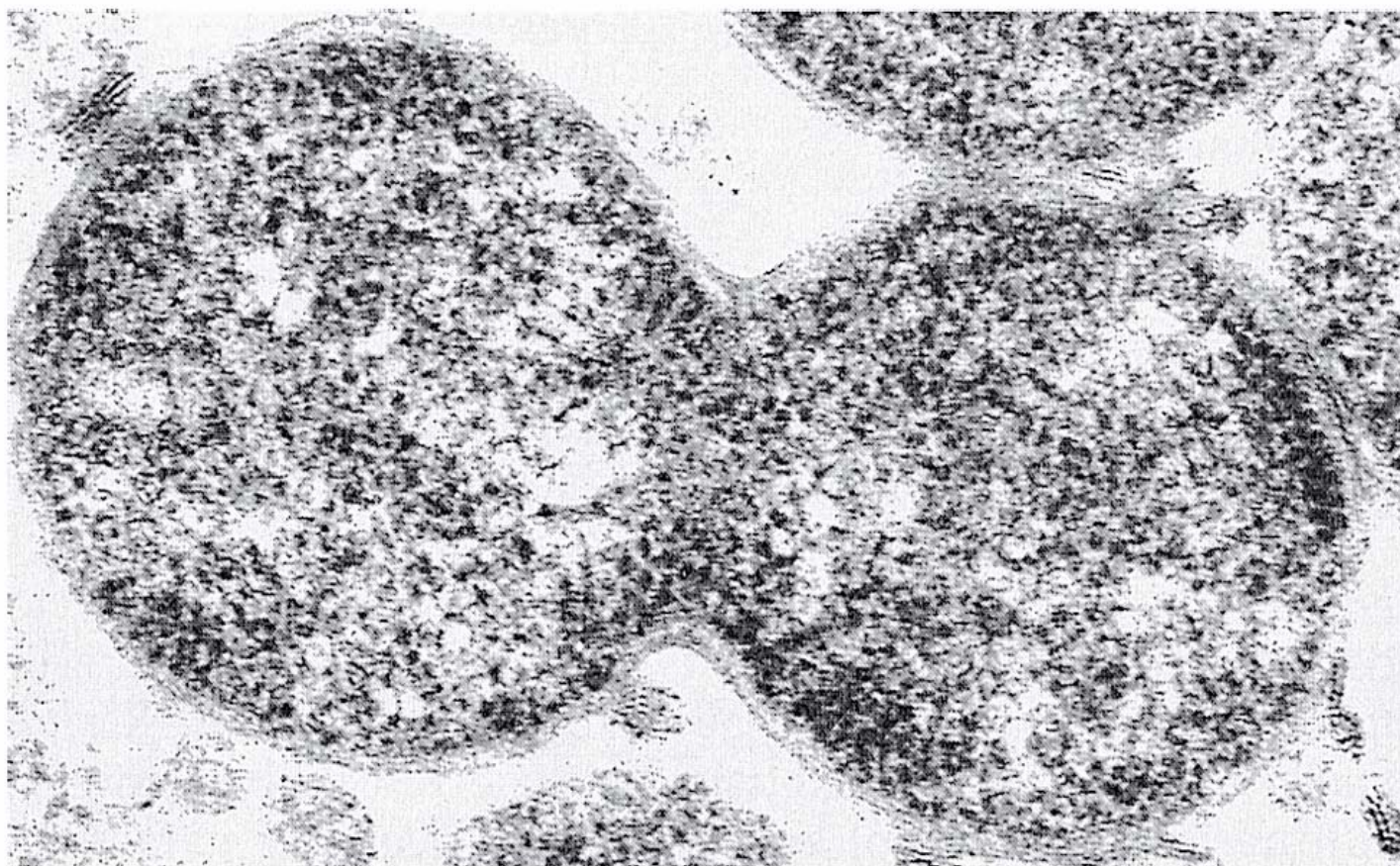
Οι οργανισμοί αυτοί είναι υποχρεωτικώς παρασιτικά βακτήρια με μικρή μεταβολική ικανότητα. Έχουν κυτταρικά τοιχώματα αρνητικού κατά Gram τύπου. Είναι κυρίως αερομεταφερόμενοι εισβολείς του αναπνευστικού συστήματος.

Chlamydia psittaci: αναπνευστικό σύνδρομο πτηνών C.

trachomatis: τράχωμα (τύφλωση), μολύνσεις ουρογεννητικού συστήματος. *C. pneumoniae*: πνευμονία στον άνθρωπο.



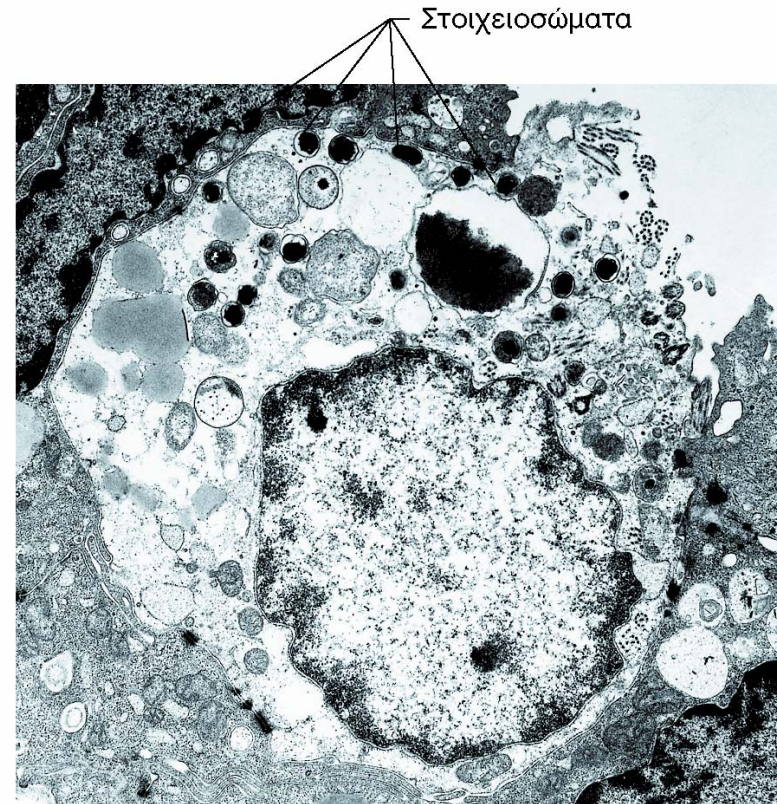
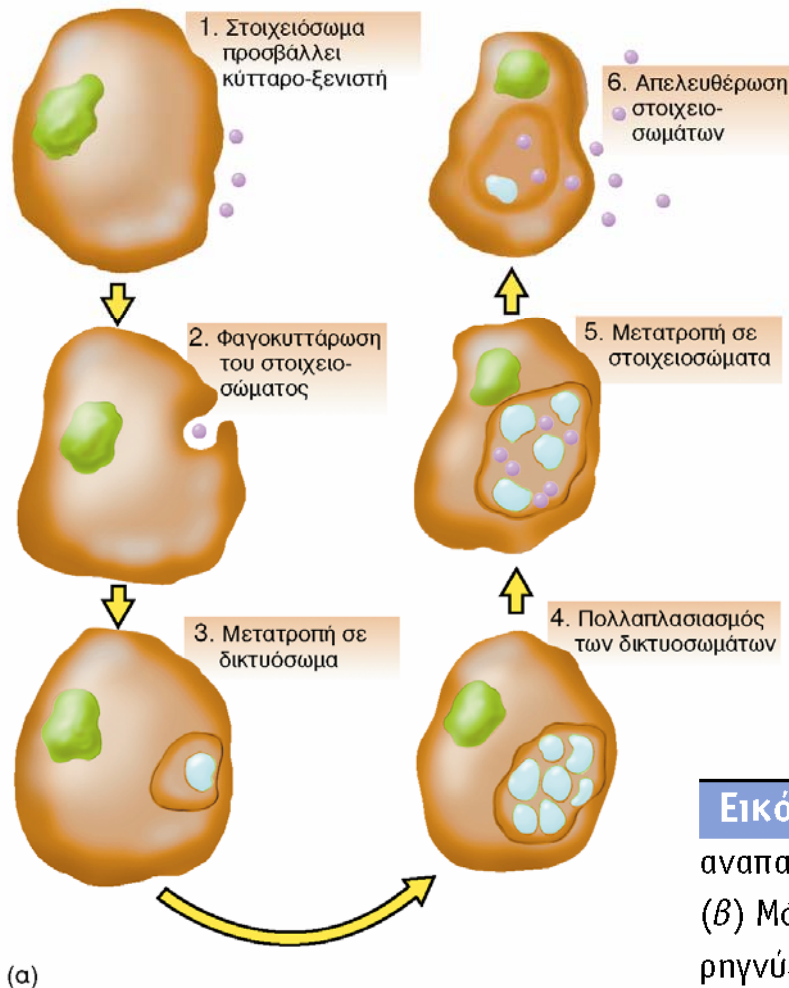
Chlamydia trachomatis
σε κυτταροκαλλιέργεια



Robert R. Friis

Εικόνα 12.84 Ηλεκτρονικό μικρογράφημα λεπτής τομής διαιρούμενου κυττάρου (δικτυοσώματος· βλ. Εικόνα 12.85) του *Chlamydia psittaci*, που προκαλεί ψιττάκωση. Το διαιρούμενο κύτταρο βρίσκεται μέσα σε καλλιεργημένο κύτταρο ποντικού. Κάθε χλαμυδιακό κύτταρο έχει διάμετρο 1 μm περίπου.

Στοιχειόσωμα	Δικτυόσωμα
Μέγεθος: ~0,3 μm	Μέγεθος: ~1 μm
Άκαμπτο κυτταρικό τοίχωμα	Εύθραστο κυτ. τοίχ.
Μολυσματικό	Πλειομορφικά κύτταρα
Μη αναπτυσσόμενο	Μη μολυσματικό
	Αναπτυσσόμενο



Morris Cooper

Εικόνα 12.85 Ο μολυσματικός κύκλος των χλαμυδίων. (α) Σχηματική αναπαράσταση του κύκλου: ο κύκλος ολοκληρώνεται σε 48 ώρες περίπου. (β) Μόλυνση ανθρώπινου κυττάρου. Ένα κύτταρο μολυσμένης σάλπιγγας διαρρηγνύεται και απελευθερώνει ώριμα στοιχειοσώματα.

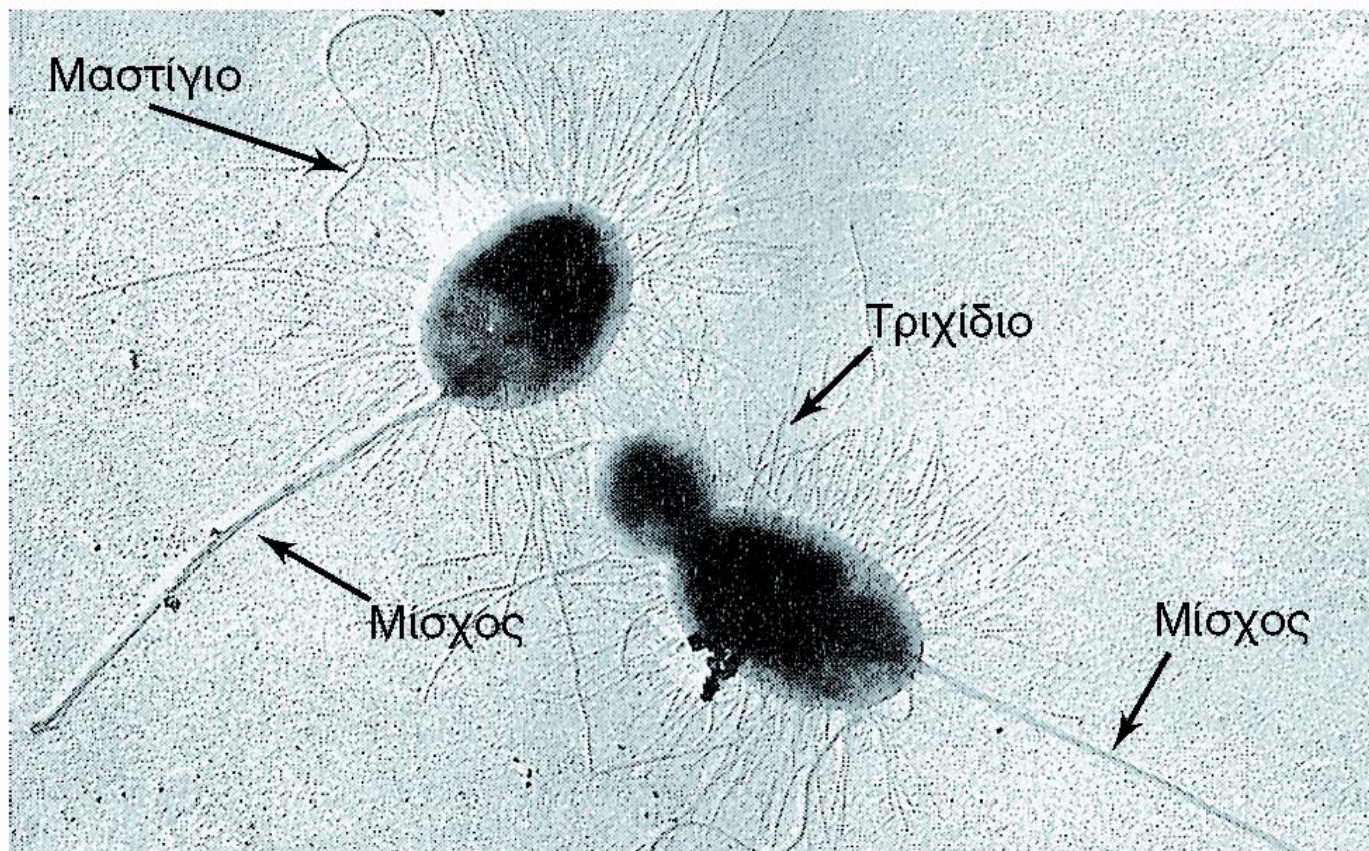
Planctomyces: φυλογενετικά μοναδικά έμισχα βακτήρια

Planctomyces Pirellula Gemmata

Το κυτταρικό του τοίχωμα δεν έχει πεπτιδογλυκάνη αλλά αποτελείται από πρωτεΐνη πλούσια σε κυστεΐνη και προλίνη.

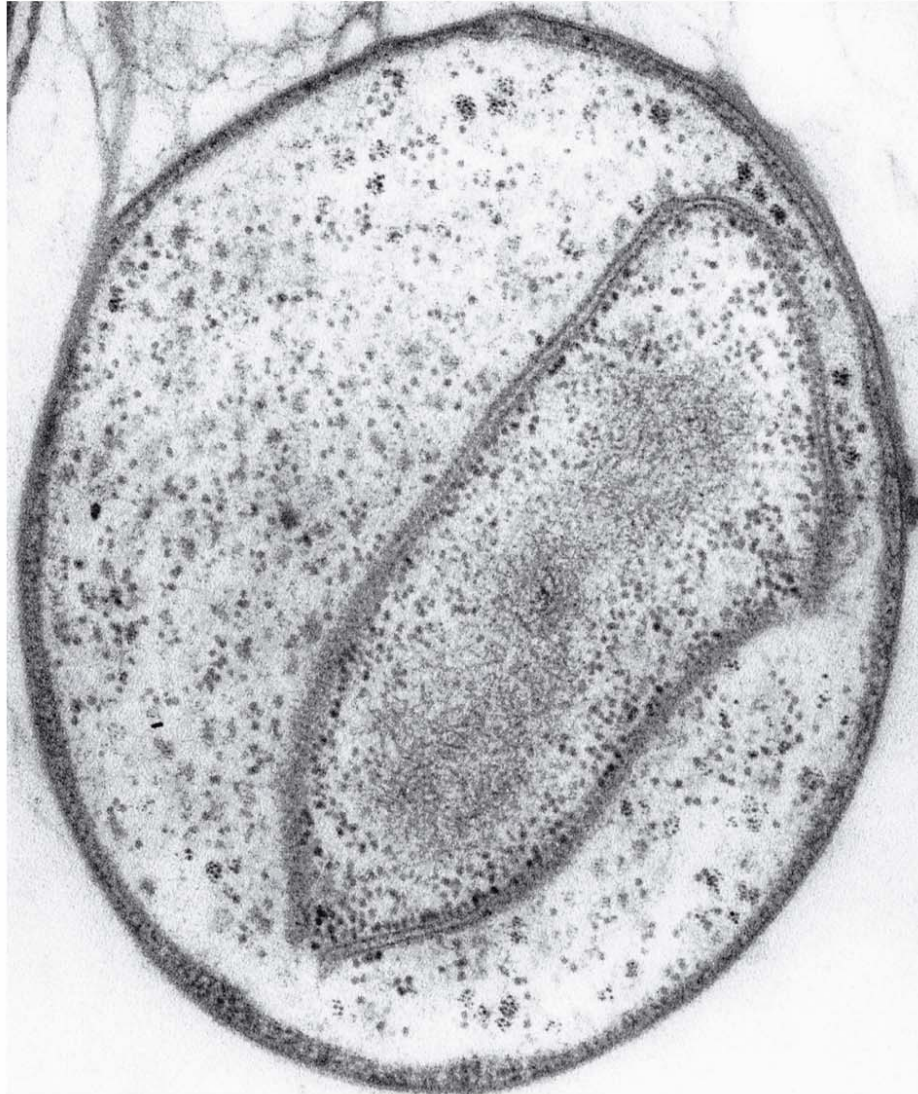
Το ενδιαίτημα τους είναι υδάτινο (θαλασσινό, γλυκό νερό)

Ο μίσχος του που προφανώς βοηθά τη πρόσδεση αποτελείται από πρωτεΐνη. Είναι προαιρετικά αερόβιο, χημειοργανότροφο και αναπτύσσεται είτε με την ζύμωση είτε με τον καταβολισμό των σακχάρων. Η απομόνωση του επιτυγχάνεται με αραιά θρεπτικά μέσα και ο εμπλουτισμός του μπορεί να γίνει με την προσθήκη πενικιλίνης. Τα κύτταρα του χαρακτηρίζονται από **κυτταρική διαμερισματοποίηση**



John Bauld

Εικόνα 12.86 Ηλεκτρονικό μικρογράφημα παρασκευάσματος σκιασμένου με μέταλλο του *Planctomyces maris*. Το μήκος ενός μεμονωμένου κυττάρου είναι 1-1,5 μm . Παρατηρήστε την ινώδη φύση του μίσχου. Υπάρχουν επίσης πολλά συζευκτικά τριχίδια. Φαίνονται επίσης τα μαστίγια (οφιοειδείς αποφύσεις) σε κάθε κύτταρο και το εκβλάστημα που αναπτύσσεται από τον άμισχο πόλο του ενός κυττάρου.



Margaret Lindsay and John Fuerst

Εικόνα 12.87 Μικρογράφημα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου διέλευσης λεπτής τομής κυττάρου του *Gemmata obscuriglobus*: φαίνεται το πυρηνοειδές που περιβάλλεται από πυρηνικό επενδύτη. Κάθε κύτταρο έχει διάμετρο 1,5 μm περίπου.

Κονδυλομικρόβια: *Verrucomicrobium* και *Prostheco bacter*

Οι οργανισμοί αυτοί σχηματίζουν **κυτταροπλασματικές αποφύσεις** που ονομάζονται **προσθήκες** (Εικ. 17α). Είναι από αερόβιοι ως προαιρετικά αερόβιοι με ικανότητα ζύμωσης διαφόρων σακχάρων. Απαντώνται σε περιβάλλοντα του γλυκού ή του θαλασσινού νερού, στα δάση και σε καλλιέργειες.

Φλαβοβακτήρια: *Bacteroides* και *Flavobacterium*

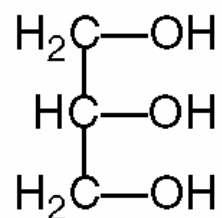
Τα είδη του γένους *Bacteroides* είναι **υποχρεωτικά αναερόβια** που δεν παράγουν σπόρια. Είναι σακχαρολυτικά με ικανότητα ζύμωσης σακχάρων προς οξικό και ηλεκτρικό οξύ. Μερικά από αυτά είναι παθογόνα. Βρίσκονται συνήθως στο πεπτικό σωλήνα του ανθρώπου και των ζώων.

Το γένος *Flavobacterium* απαντάται σε υδάτινα ενδιαιτήματα του γλυκού και του θαλασσινού νερού, στα τρόφιμα καθώς και σε εργοστάσια επεξεργασίας τροφίμων. Χρησιμοποιούν **γλυκόζη** ως την μοναδική πηγή άνθρακα και ενέργειας.

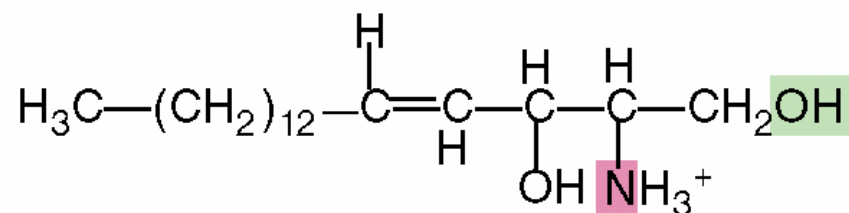


Heinz Schlesner

Εικόνα 12.88 Αρνητικά χρωσμένο μικρογράφημα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου διέλευσης ενός διαιρούμενου κυττάρου του *Verrucocompibium spinosum*. Παρατηρήστε τις προσθήκες. Ένα μεμονωμένο κύτταρο έχει διάμετρο 1 μm περίπου.



(α)

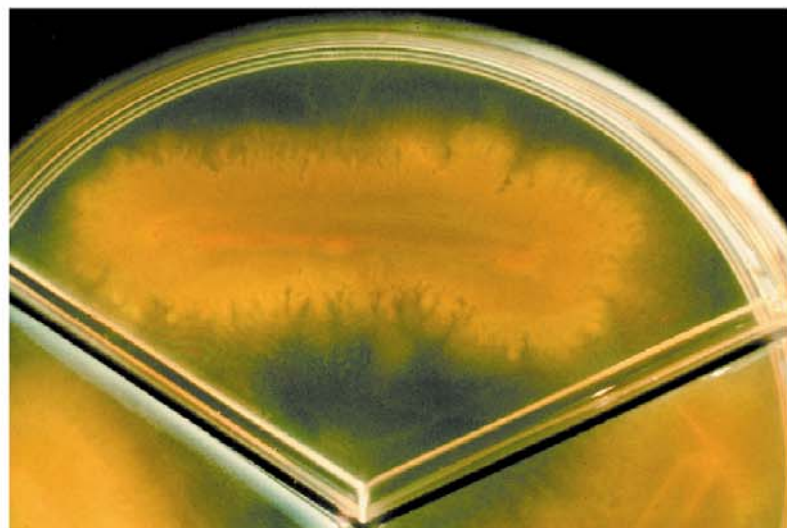


(β)

Εικόνα 12.89 Σύγκριση (α) γλυκερόλης και (β) σφιγγοσίνης. Στα σφιγγολιπίδια, που χαρακτηρίζουν τα είδη του γένους *Bacteroides*, η σφιγγοσίνη είναι η εστεροποιητική αλκοόλη· ένα λιπαρό οξύ συνδέεται με πεπτιδικό δεσμό μέσω του ατόμου N (κόκκινο χρώμα), και η τερματική υδροξυλομάδα (-OH· πράσινο χρώμα) μπορεί να προσδέσει αρκετές ενώσεις, μεταξύ των οποίων φωσφατιδυλοχολίνη (σφιγγομυελίνη) ή διάφορα σάκχαρα (κερεβροζίτες και γαγγλιοζίτες).

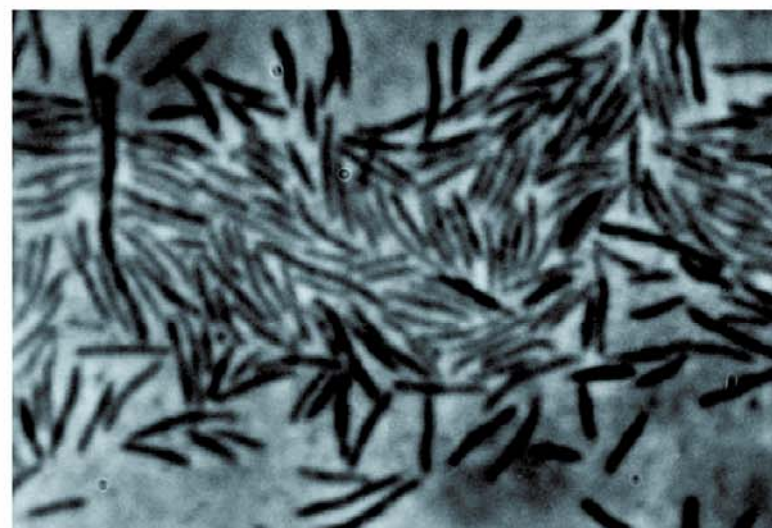
Cytophaga και συγγενικά γένη

Τα βακτήρια της ομάδας αυτής είναι μικρές λεπτές ράβδοι συχνά με οξύληκτα άκρα που κινούνται με **ολίσθηση**. Ληθαργικές δομές οι **μικροκύστεις** σχηματίζονται από τα κύτταρα τους. Υπάρχουν παντού στο χώμα και το νερό συχνά σε μεγάλους αριθμούς. Πολλά από αυτά καταβολίζουν πολυσακχαρίτες όπως **κυτταρίνη**, ή **χιτίνη**. Μπορούν να αναπτυχθούν σε αμιγή καλλιέργεια σε άγαρ που περιέχει ενσωματωμένες ίνες κυτταρίνης (Εικ. 17β). Διάφορα είδη Cytophaga και Sporocytophaga είναι υποχρεωτικώς αερόβια. Κάποια Cytophaga είναι **παθογόνα των ψαριών**



Hans Reichenbach

(α)



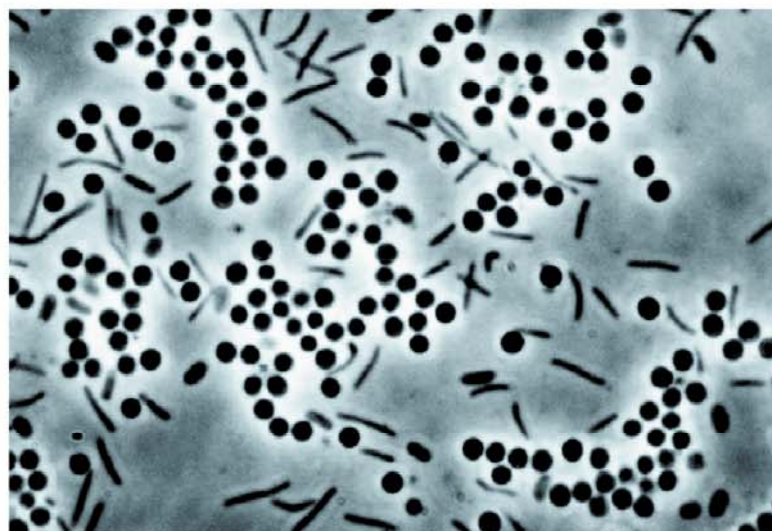
Hans Reichenbach

(β)



Hans Reichenbach

(γ)



Hans Reichenbach

(δ)

Εικόνα 12.90 *Cytophaga* και *Sporocytophaga*. (α) Επίστρωση ενός αγαρολυτικού θαλάσσιου είδους *Cytophaga*, που υδρολύει άγαρ σε τρυβλίο Petri. (β) Μικροφωτογραφία αντίθεσης φάσεων κυττάρων του *C. hutchinsonii*: καλλιέργεια σε χάρτινο φίλτρο κυτταρίνης (διάμετρος κυττάρων, περί τα 1,5 μm). (γ) Αποικίες του *Sporocytophaga* σε κυτταρίνη. Παρατηρήστε τις διαυγείς ζώνες εκεί όπου έχει διασπαστεί η κυτταρίνη. (δ) Μικροφωτογραφία αντίθεσης φάσεων ραβδόμορφων κυττάρων και σφαιρικών μικροκύστεων του *Sporocytophaga myxococcoides* (διάμετρος κυττάρων, περί τα 0,5 μm· μικροκύστεων, περί τα 1,5 μm).

Πράσινα θειοβακτήρια



Chlorobium

Τα πράσινα θειοβακτήρια χρησιμοποιούν H_2S ως δότη ηλεκτρονίων το οποίο οξειδώνουν αρχικά προς S^0 και κατόπιν προς SO_4^{2-} . Το θείο που παράγεται βρίσκεται **έξω** από το κύτταρο. Είναι μη αυτοκινούμενα **αναερόβια φωτοτροφικά είδη** που δεν παράγουν οξυγόνο. Η απόλυτη αυτοτροφία συντηρείται από μία αντιστροφή των αντιδράσεων του κύκλου του κιτρικού οξέος(σε αντίθεση με τα πορφυρά θειοβακτήρια που στηρίζονται στο κύκλο Calvin).

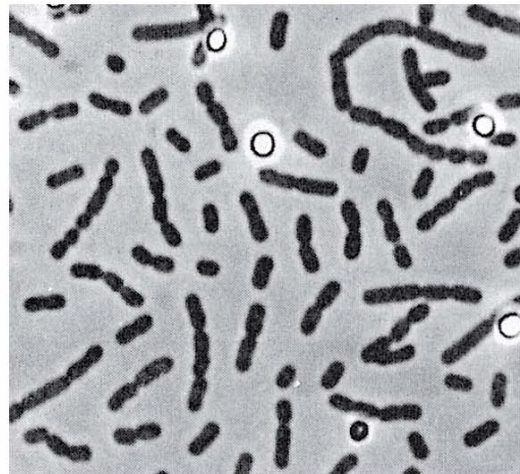
Τα βακτήρια αυτά περιέχουν βακτηριοχλωροφύλλη α και μία από τις βακτηριοχλωροφύλλες γ,δ ή ε. Οι τελευταίες βρίσκονται στο **χλωρόσωμα** και συμμετέχουν μόνο σε φωτοσυλλεκτικές αντιδράσεις. Ζούν σε ανοξικά υδατικά περιβάλλοντα ιδιαίτερα εκεί που το υδρόθειο αφθονεί.

Ορισμένα πράσινα θειοβακτήρια μπορούν να σχηματίζουν διμελή σχέση με κάποιο χημειοργανότροφο βακτήριο με αμοιβαίο όφελος και για τα δύο μέρη. Η σχέση αυτή ονομάζεται **μικροβιακός συνεταιρισμός**. Το φωτοτροφικό μέλος ονομάζεται **επιβίωτο** και έχει φυσική επαφή με το μη φωτοτροφικό.



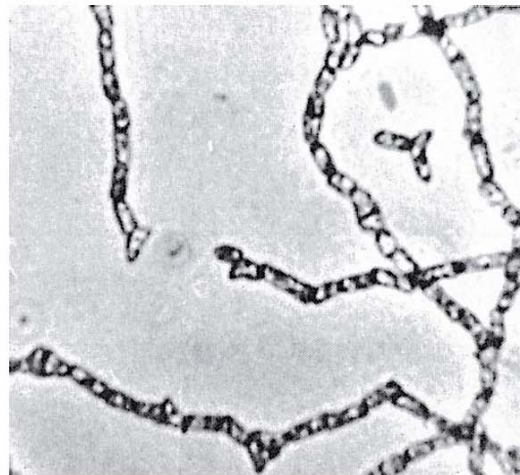
F. Rudy Turner and Michael T. Madigan

Εικόνα 12.92 Ηλεκτρονικό μικρογράφημα λεπτής τομής κυττάρου του πράσινου θειοβακτηρίου *Chlorobium tepidum*. Παρατηρήστε τα χλωροσώματα (βέλος) στην περιφέρεια του κυττάρου. Κάθε κύτταρο έχει πλάτος 0,7 μm περίπου.



Norbert Pfennig

(α)



Norbert Pfennig

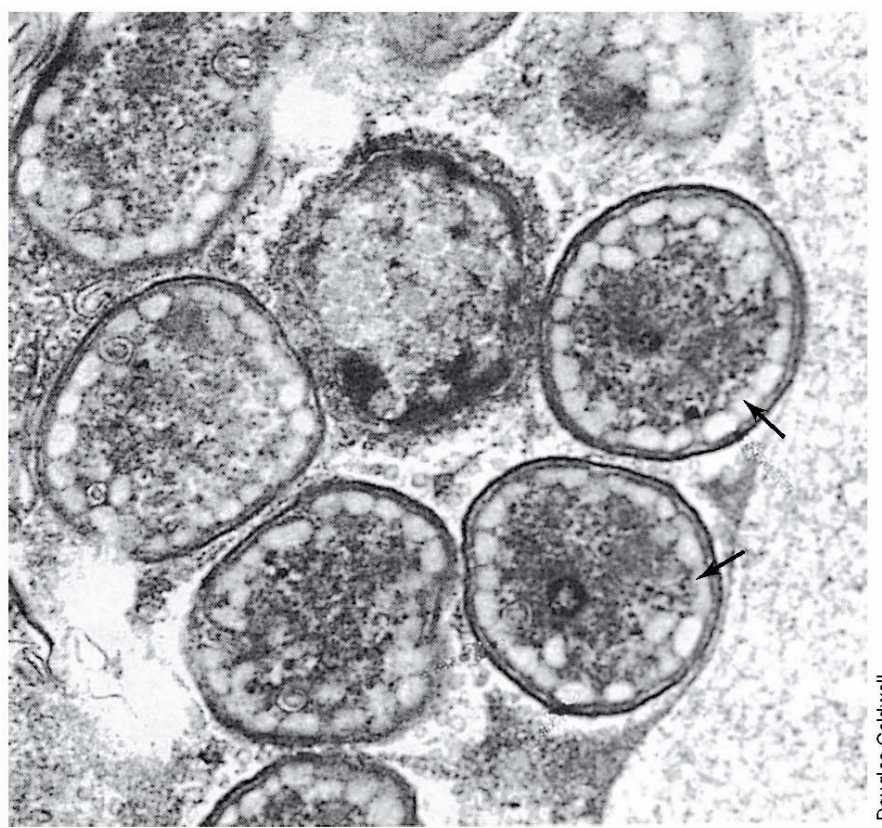
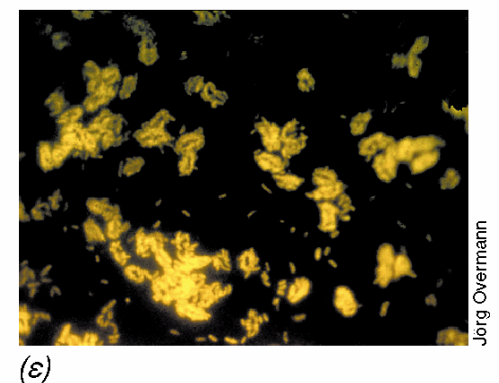
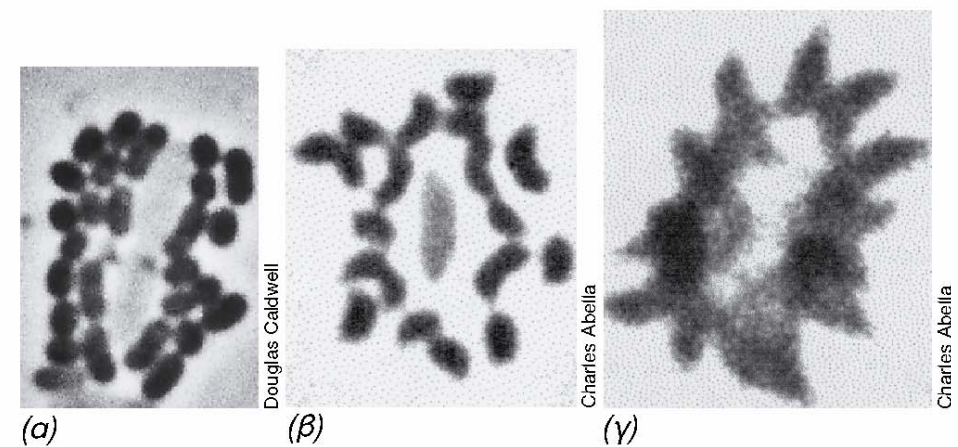
(β)

Εικόνα 12.91 Φωτοτροφικά πράσινα θειοβακτήρια. (α) *Chlorobium limicola*: τα κύτταρα έχουν πλάτος 0,8 μm περίπου. Παρατηρήστε τα κοκκία θείου που εναποτίθενται έξω από τα κύτταρα. (β) *Pelodictyon clathratiforme*, ένα βακτήριο που σχηματίζει τριδιάστατο δίκτυο· τα κύτταρα έχουν πλάτος 0,8 μm περίπου.



Deborah O. Jung

Εικόνα 12.93 Πράσινα και καστανά χλωρόβια. Καλλιέργειες σε δοκιμαστικό σωλήνα των (α) *Chlorobium tepidum* και (β) *Chlorobium rhaeobacteroides*. Τα κύτταρα του *C. tepidum* περιέχουν βακτηριοχλωροφύλλη γ και μια σειρά καροτενοειδών πράσινου χρώματος, ενώ τα κύτταρα του *C. rhaeobacteroides* περιέχουν βακτηριοχλωροφύλλη ε και ισορενιερατίνη, καροτενοειδές καστανού χρώματος. Για τη δομή των συγκεκριμένων πράσινων και καστανών καροτενοειδών, βλ. Εικόνα 17.9.

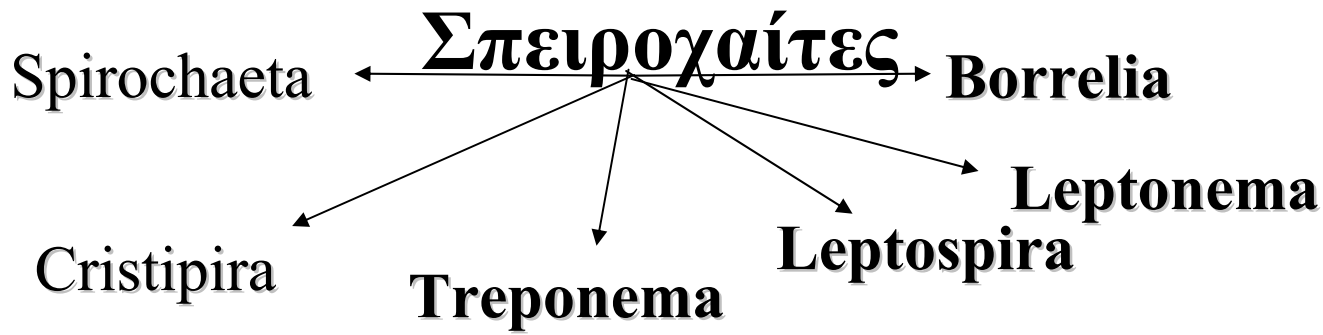


Εικόνα 12.94 Συνεταιρισμοί πράσινων θειοβακτηρίων. (α-γ) Μικροφωτογραφίες αντίθεσης φάσεων και (δ) μικρογράφημα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου διέλευσης των πράσινων ή καστανών βακτηριακών συνεταιρισμών «*Chlorochromatium aggregatum*», ή «*Pelochromatium*». Στα (α-γ), ο μη φωτοτροφικός κεντρικός οργανισμός είναι πιο ανοιχτόχρωμος από τα έγχρωμα φωτοτροφικά βακτήρια. Τα χλωροσώματα φαίνονται στο (δ) (βέλη). Ολόκληρος ο συνεταιρισμός έχει κατά προσέγγιση διαστάσεις 3×6 μm. (β, γ) Ημισελινοειδή επιβίωτα σε συνεταιρισμό «*Pelochromatium*», από μια στρωματοποιημένη λίμνη του Wisconsin (ΗΠΑ). Το άχρωμο κεντρικό κύτταρο και στις δύο φωτογραφίες έχει μήκος 2 μm περίπου. (ε) Φυλογενετική χρώση (🔗 Τμήμα 18.4) του «*Chlorochromatium aggregatum*». Η κίτρινη χρωστική περιέχει έναν ανιχνευτή νουκλεϊκών οξέων ειδικό για τα πράσινα θειοβακτήρια. Παρατηρήστε ότι μόνο τα επιβίωτα χρωματίζονται. Σε κάθε κεντρικό (μη φωτοτροφικό) κύτταρο αντιστοιχούν 10 έως 20 επιβίωτα. Παρατηρήστε επίσης την πολύ στενή επαφή μεταξύ επιβιωτών και κεντρικού κυττάρου στο (δ). Μια τόσο στενή επαφή ίσως διευκολύνει τη διακυτταρική επικοινωνία στο εσωτερικό του συνεταιρισμού, που είναι απαραίτητη για τον έλεγχο πιθανών χημειοτακτικών ή φωτοτακτικών αντιδράσεων.

(δ)

Χαρακτηριστικά	Γένος	Χρώμα αποικιών	Αριθμός ειδών	DNA (mol % GC)
Χωρίς αεροκυστίδια: Ευθύγραμμες ή κεκαμμένες μη αυτοκινούμενες βακτηρίες (βλ. Εικόνα 12.91α)	<i>Chlorobium</i>	Πράσινο ή καστανό	8	49–58
Σφαιρικά και ωοειδή, μη αυτοκινούμενα, με προσθήκες (αποφύσεις)	<i>Prosthecochloris</i>	Πράσινο ή καστανό	2	50–56
Με αεροκυστίδια: Διακλαδιζόμενες, μη αυτοκινούμενες βακτηρίες, σε χαλαρό, ακανόνιστο δίκτυο (βλ. Εικόνα 12.91β)	<i>Pelodictyon</i>	Πράσινο ή καστανό	4	48–58
Σφαίρες με προσθήκες Βακτηρίες, κίνηση με ολίσθηση	<i>Ancalochloris</i>	Πράσινο	1	—
	<i>Chloroherpeton</i>	Πράσινο	1	47

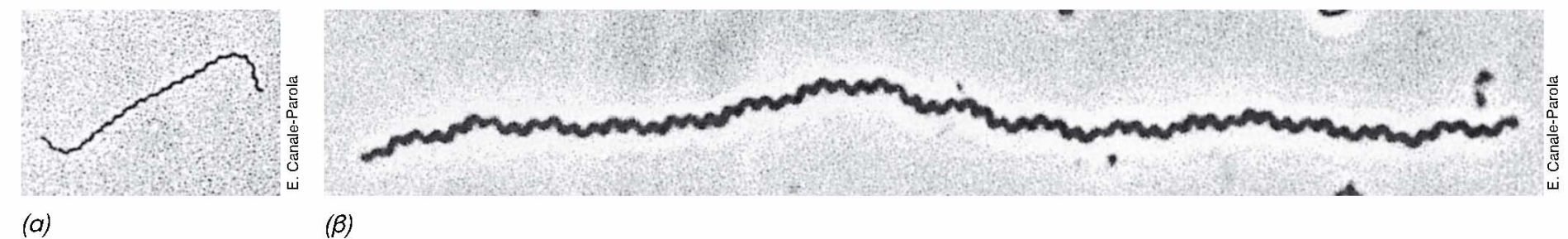
Πίνακας 30: Τα χαρακτηριστικά και τα γένη φωτοτροφικών πράσινων θειοβακτηρίων.



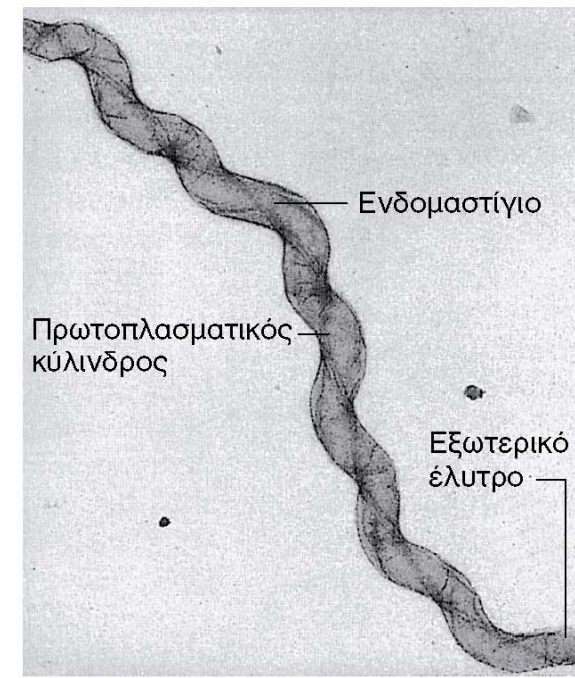
Είναι αυτοκινούμενα αρνητικά κατά Gram, βακτήρια σπειροειδούς σχήματος με έντονες περιελίξεις, κατά κανόνα λεπτά και εύκαμπτα (Πιν. 31). Απαντώνται στα υδατικά περιβάλλοντα, στα ζώα ορισμένες από αυτές προκαλούν ασθένειες όπως η **σύφιλη**.

Το κύτταρο τους αποτελείται από τον «πρωτοπλασματικό κύλινδρο» που είναι ο χώρος που περικλείεται από το κυτταρικό τοίχωμα και την κυτταρική μεμβράνη.

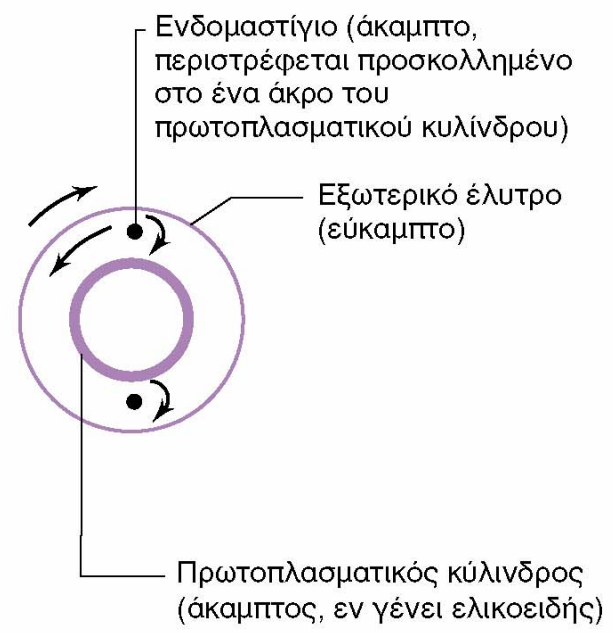
Ένα ή πολλά μαστίγια που αναπτύσσονται από κάθε πόλο επιτυγχάνουν την αυτόνομη κίνηση. Τα μαστίγια αυτά αναδιπλώνονται πίσω από κάθε πόλο γύρω από τον «πρωτοπλασματικό κύλινδρο» και παραμένουν στο περίπλασμα του κυττάρου (ενδομαστίγια) Λόγω ακαμψίας των ενδομαστιγίων και του «πρωτοπλασματικού κυλίνδρου» και ευκαμψίας του έλυτρου τα ενδομαστίγια περιστρέφονται προς μία κατεύθυνση. Αυτή η περιστροφή έχει ως αποτέλεσμα την περιστροφή του κυλίνδρου προς την αντίθετη κατεύθυνση



Εικόνα 12.95 Δύο σπειροχαίτες με την ίδια μεγέθυνση· γίνεται φανερό το μεγάλο εύρος διαστάσεων των μελών της ομάδας. (α) *Spirochaeta stenostrepta*, σε μικροσκόπιο αντίθεσης φάσεων. Κάθε κύτταρο έχει διάμετρο 0,25 μm περίπου. (β) *Spirochaeta plicatilis*. Κάθε κύτταρο έχει διάμετρο 0,75 μm και μήκος μέχρι και 250 μm (0,25 mm).

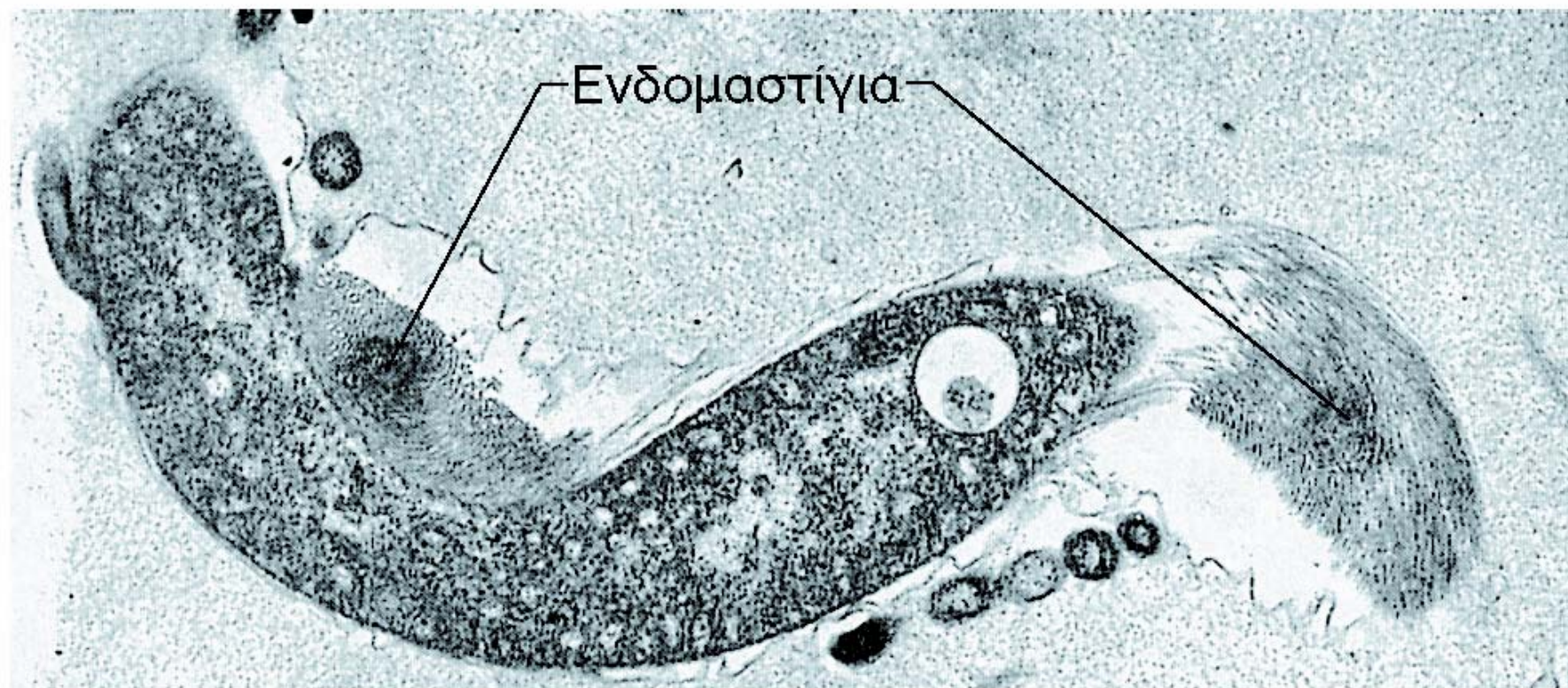


(α)



(β)

Εικόνα 12.96 (α) Ηλεκτρονικό μικρογράφημα ενός παρασκευάσματος *Spirochaeta zuelzerae* με αρνητική χρώση, που δείχνει τη θέση του ενδομαστιγίου. Κάθε κύτταρο έχει διάμετρο 0,3 μm περίπου. (β) Εγκάρσια τομή κυττάρου σπειροχαίτης, που δείχνει τη διάταξη του πρωτοπλασματικού κυλίνδρου, των ενδομαστιγίων, και του εξωτερικού ελύτρου, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο η περιστροφή του άκαμπτου ενδομαστιγίου κινεί περιστροφικά τον πρωτοπλασματικό κύλινδρο και (προς την αντίθετη κατεύθυνση) το εξωτερικό έλυτρο. Αν το έλυτρο είναι ελεύθερο, το κύτταρο περιστρέφεται γύρω από τον επιμήκη άξονά του και κινείται κατά μήκος του. Αν το έλυτρο εφάπτεται σε κάποια στερεή επιφάνεια, το κύτταρο έρπει προς τα εμπρός.



A. Ryter

Εικόνα 12.97 Ηλεκτρονικό μικρογράφημα λεπτής τομής *Cristispira*, μιας μεγάλης σπειροχαίτης. Κάθε κύτταρο έχει διάμετρο 2 μm περίπου. Παρατηρήστε τον μεγάλο αριθμό ενδομαστιγίων.

Το γένος *Spirochaeta* περιλαμβάνει μη συμβιωτικές αναερόβιες και προαιρετικά αερόβιες σπειροχαίτες οι οποίες απαντώνται σε υδατικά περιβάλλοντα όπως π.χ στα νερά και στην ιλύ ποταμών, μεγάλων λιμνών και θαλασσών.

Το γένος *Cristipira* απαντάται στον κρυσταλλικό στύλο ορισμένων **μαλακίων** όπως μυδιών και στρειδιών.

Τα *Treponema* είναι αναερόβιες σπειροχαίτες που δημιουργούν κυρίως παρασιτικές σχέσεις με ανθρώπους και ζώα. Τα κύτταρα του **T.pallidum** είναι επίπεδα κυματοειδή με διάμετρο περίπου 0,2 μm. Είναι ο αιτιολογικός παράγοντας της σύφιλης.

Τα *Leptospira* και *Leptonema* είναι αυστηρά αερόβιες σπειροχαίτες που χρησιμοποιούν λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας όπως π.χ ελεϊκό οξύ ως δότες ηλεκτρονίων και πηγές άνθρακα. Άλλα ζούν ελεύθερα και άλλα ζουν παρασιτικά. Τα τρωκτικά είναι οι φυσικοί ξενιστές των περισσότερων λεπτοσπειρών και τα σκυλιά και οι χοίροι είναι σημαντικοί φορείς ορισμένων στελεχών. Η ασθένεια **λεπτοσπείρωση** που δημιουργείται από τα παραπάνω γένη εντοπίζεται στα νεφρά και μπορεί να προκαλέσει νεφρική ανεπάρκεια και θάνατο. Η πρόληψη επιτυγχάνεται με τον εμβολιασμό των ζώων και η θεραπεία με την χρήση πενικιλίνης, στρεπτομυκίνης ή τετρακυκλίνων.

Τα *Borrelia* είναι στην πλειονότητα τους παθογόνα του ανθρώπου και των ζώων. Το **B.burgdorferi** έχει γραμμικό και όχι κυκλικό χρωμόσωμα. Είναι ο αιτιολογικός παράγοντας για τη νόσο του Lyme (αρχικά εξάνθημα και πυρετός δυνάμει επικίνδυνη με καρδιακά, νευρολογικά προβλήματα, χορήγηση αντιβιοτικών)

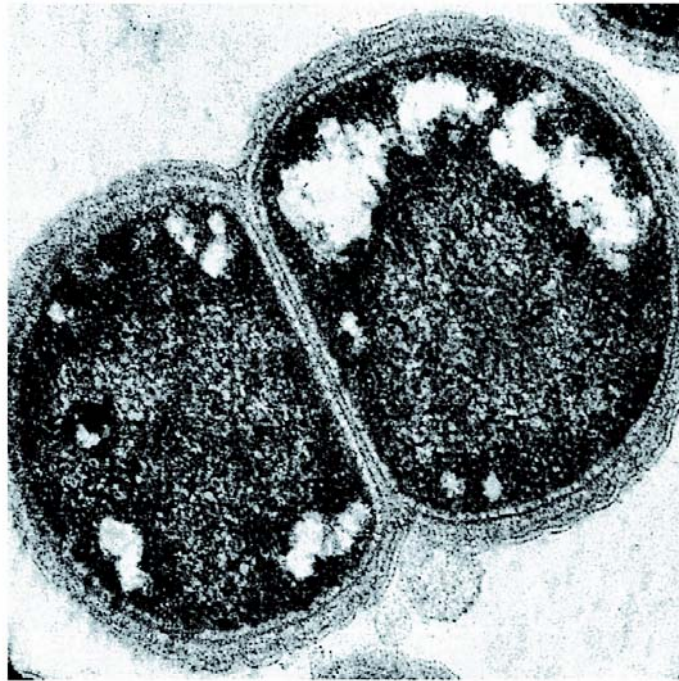
Γένος	Διαστάσεις (μm)	Αριθμός αναγνωρισμένων ειδών	Γενικά χαρακτηριστικά	Αριθμός ενδομαστιγίων	DNA (mol % GC)	Ενδιαιτήμα	Ασθένειες
<i>Cristispira</i>	30–150 × 0,5–3,0	1	3–10 πλήρεις σπείρες· δέσμη ενδομαστιγίων εμφανής με μικροσκοπία αντίθεσης φάσεων	>100	—	Πεπτικός σωλήνας των μαλακίων· δεν έχει καλλιεργηθεί	Καμιά γνωστή
<i>Spirochaeta</i>	5–250 × 0,2–0,75	14	Αναερόβια ή προαιρετικά αερόβια· σφικτές ή χαλαρές σπείρες	2–40	50–65	Υδρόβια, ζει ελεύθερα, σε γλυκό ή θαλάσσιο νερό	Καμιά γνωστή
<i>Treponema</i>	5–15 × 0,1–0,4	20	Μικροαερόφιλη ή αναερόβια· πλάτος των ελικοειδών ή πεπλατυσμένων σπειρών έως 0,5 μm	2–32	25–53	Ομοτράπεζη ή παράσιτο στους ανθρώπους και σε άλλα ζώα	Σύφιλη, τροπικό θήλωμα, δυσεντερία των χοίρων, τρεπονημάτωση
<i>Borrelia</i>	8–30 × 0,2–0,5	31	Μικροαερόφιλη· 5–7 σπείρες εύρους περίπου 1 μm	7–20	46	Άνθρωποι και άλλα θηλαστικά, αρθρόποδα	Υπόστροφος πυρετός, νόσος Lyme, μπορρελίωση των προβάτων και των βοοειδών
<i>Leptospira</i>	6–20 × 0,1	13	Αερόβια, σφικτές σπείρες, με κεκαμμένα ή κυρτά άκρα· απαιτεί λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας	2	33–43	Ζει ελεύθερη ή παρασιτικά στους ανθρώπους και σε άλλα ζώα	Λεπτοσπειρίωση
<i>Leptonema</i>	6–20 × 0,1	1	Αερόβια· δεν απαιτούν λιπαρά οξέα με μακριές αλυσίδες	2	54	Ζει ελεύθερη	Καμιά γνωστή
<i>Brachyspira</i>	7–10 × 0,35–0,45	8	Αναερόβια	8–28	25–27	Έντερο θερμόαιμων ζώων	Διάρροια σε πουλικά και χοίρους
<i>Brevinema</i>	4–5 × 0,2–0,3	1	Μικροαερόφιλη, σχηματίζει βαθιά διακλάδωση στη γενεαλογική γραμμή των σπειροχαιτών, με ανάλυση του rRNA 16S (βλ. Εικόνα 12.1)	2	34–36	Αίμα και ιστός των ποντικών και των μυγαλών	Μολυσματική στα εργαστηριακά ποντίκια

Πίνακας 31: Τα χαρακτηριστικά και τα γένη των σπειροχαιτών.

Deinococcus/Thermus

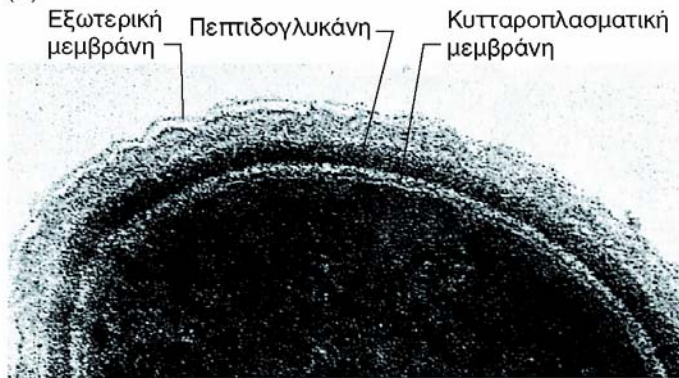
Το γένος *Thermus* περιλαμβάνει χημειοργανότροφα θερμοφιλα βακτήρια μεταξύ των οποίων και το ***Thermus aquaticus*** απ' όπου προέρχεται η **Taq DNA πολυμεράση**. Είναι αρνητικά κατά Gram και περιέχουν πεπτιδογλυκάνη στην οποία η ορνιθίνη έχει αντικαταστήσει το διαμινοπιμελικό οξύ στις συνδέσεις του μουραμικού οξέος.

Το γένος *Deinococcus* αποτελείται από τέσσερα είδη θετικών κατά Gram κόκκων. Το ***D. radiodurans*** (Εικ. 18α) είναι αερόβιος, χημειοργανότροφος, οργανισμός ο οποίος αναπτύσσεται με σύνθετα θρεπτικά μέσα. Τα κύτταρα του επιβιώνουν ύστερα από πολύ υψηλή έκθεση ακτινοβολίας (υπεριώδης, ιοντίζουσα). Έχει εξαιρετικά αποτελεσματικούς μηχανισμούς επιδιόρθωσης του DNA. Ο οργανισμός αυτός απομονώθηκε κοντά σε πυρηνικούς αντιδραστήρες και άλλες δυνητικά θανατηφόρες πηγές ακτινοβολίας. Είναι ανθεκτικό στα μεταλλαξιγόνα.



R. G. E. Murray

(α)



Εξωτερική
μεμβράνη

Πεπτιδογλυκάνη

Κυτταροπλασματική
μεμβράνη

R. G. E. Murray

(β)

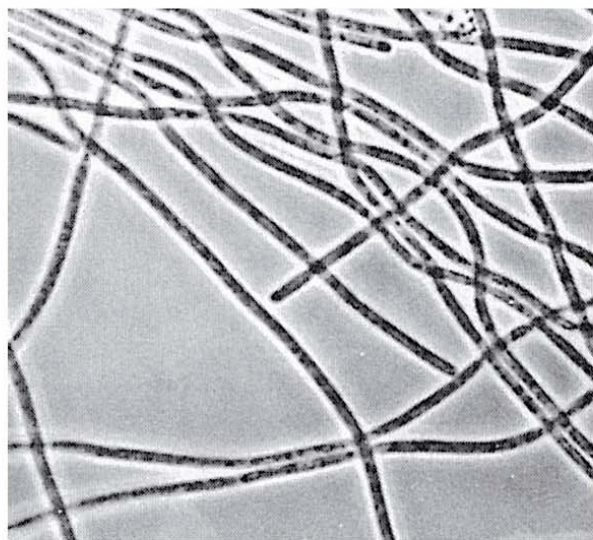
Εικόνα 12.99 *Deinococcus radiodurans*, ένας κόκκος ανθεκτικός στην ακτινοβολία. Κάθε κύτταρο έχει διάμετρο 2,5 μm περίπου. (α) Μικρογράφημα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου διέλευσης του *D. radiodurans*. Παρατηρήστε τη στιβάδα της εξωτερικής μεμβράνης. (β) Η τοιχωματική στιβάδα σε μεγάλη μεγέθυνση.

Πράσινα μη θειικά βακτήρια: Chloroflexus, Heliothrix και Thermomicrobium

Τα βακτήρια του γένους Chloroflexus είναι νηματοειδείς προκαρυώτες που σχηματίζουν παχιές μικροβιακές στοιβάδες σε ουδέτερες ως αλκαλικές θερμές πηγές.

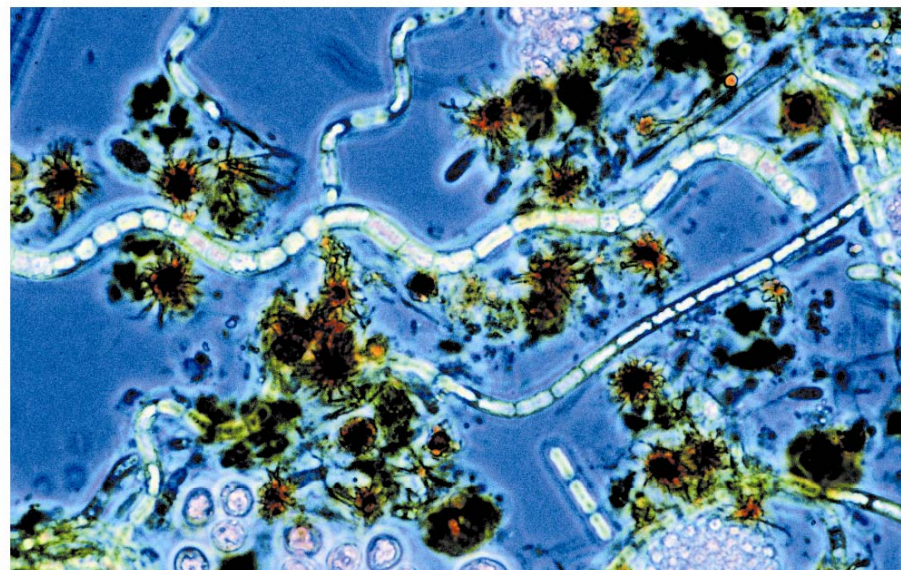
Το Chloroflexus (Εικ. 18β) είναι φωτότροφο που δεν παράγει οξυγόνο. Περιέχει βακτηριοχλωροφύλλη α και γ, Πιθανόν **ο πρώτος φωτοτροφικός οργανισμός**. Η φωτοαυτοτροφία υποστηρίζεται από ($\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2$) ή από ($\text{H}_2 + \text{CO}_2$). Η φωτοτροφική ανάπτυξη επιτυγχάνεται καλύτερα με την χρήση οργανικών ενώσεων ως πηγών άνθρακα.

Το Heliothrix είναι φυλογενετικά και φαινοτυπικά παραπλήσιο με το Chloroflexus αλλά δεν έχει βακτηριοχλωροφύλλη γ και χλωροσώματα. Είναι θερμοφίλο όπως το Thermomicrobium. Το τελευταίο έχει την ιδιαιτερότητα ότι το κυτταρικό του τοίχωμα δεν περιέχει πεπτιδογλύκανη και επιπλέον τα μεμβρανικά του λιπίδια περιέχουν 1,2-διαλκοόλες αντί γλυκερόλης.



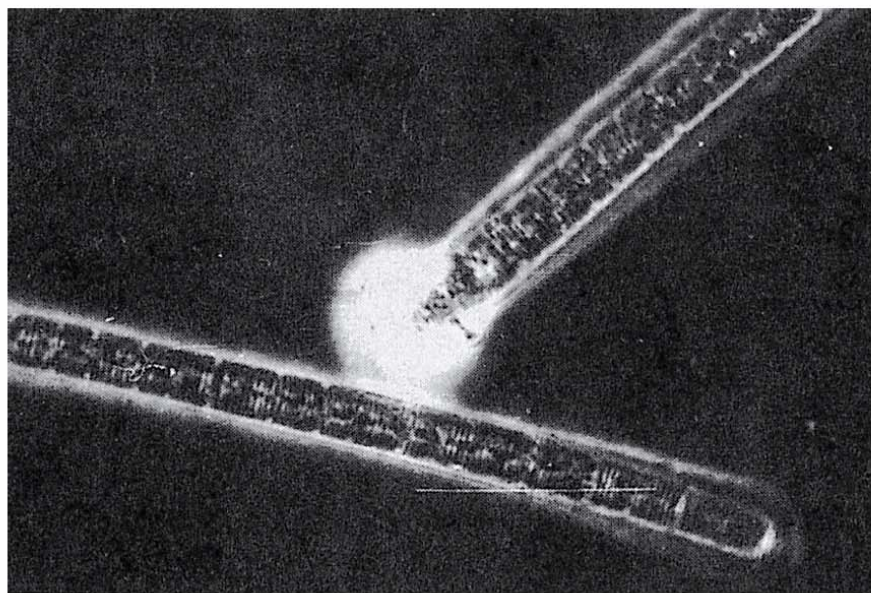
M. T. Madigan

(a)



Charles A. Abella

(γ)



V. M. Gorlenko

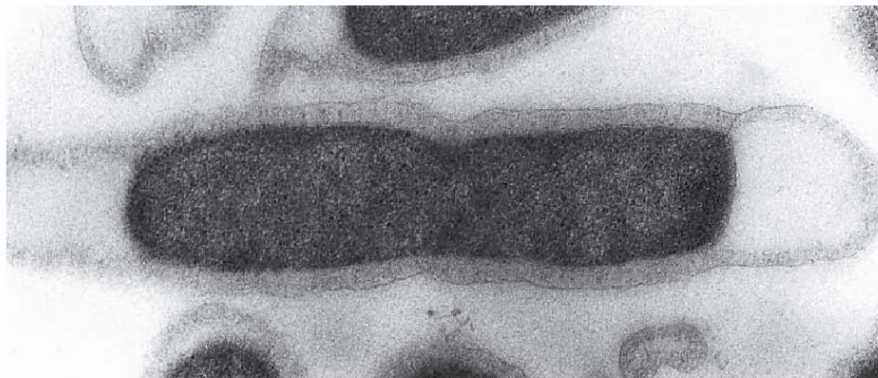
(β)

Εικόνα 12.101 Πράσινα μη θειικά βακτήρια. (α) Μικροφωτογραφία αντίθεσης φάσεων του θερμόφιλου φωτοτρόφου *Chloroflexus aurantiacus*. Τα κύτταρα έχουν διάμετρο 1 μm. (β) Μικροφωτογραφία αντίθεσης φάσεων του μεγάλου φωτοτρόφου *Oscillochloris*. Κάθε κύτταρο έχει διάμετρο 5 μm περίπου. Το «φωτεινό» υλικό είναι το άγκιστρο, που χρησιμεύει για την πρόσφυση. (γ) Έγχρωμη μικροφωτογραφία νηματίων από είδη του γένους *Chloronema* μιας στρωματοποιημένης λίμνης του Michigan (ΗΠΑ). Τα κύτταρα αυτά του *Chloronema* είναι κυματοειδή νημάτια με διάμετρο περί τα 2,5 μm. Παρά το γεγονός ότι ταξινομούνται ως «μη θειικά βακτήρια», όλα αυτά τα είδη μπορούν να οξειδώνουν το H₂S ως φωτοσυνθετικό ηλεκτρονιοδότη. Επιπλέον, το *Chloroflexus* αναπτύσσεται και χημειοοργανοτροφικά στο σκοτάδι, με αερόβια αναπνοή.

Thermotoga και Thermodesulfobacterium

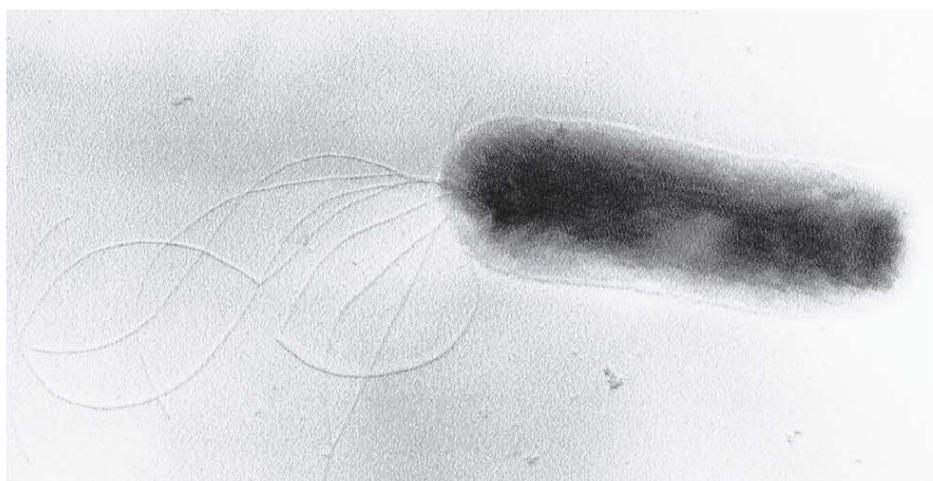
Το γένος **Thermotoga** είναι υπερθερμόφιλο (ανάπτυξη έως τους 90°C). Έχει αρνητικά κατά Gram μη σποριογόνα κύτταρα με ελυτροειδή επενδυτή. Είναι αερόβιο, ζυμωτικό, χημειοργανότροφο που καταβολίζει σάκχαρα και πολυμερή όπως το άμυλο και παράγει ως προϊόντα ζύμωσης γαλακτικό οξύ, CO₂ και H₂. Απομονώνεται από χερσαίες θερμές πηγές καθώς και από θαλάσσιες υδροθερμικές πηγές.

Τα βακτήρια του γένους **Thermodesulfobacterium** είναι θερμόφιλα, θειοαναγωγικά, που χρησιμοποιούν ενώσεις όπως το γαλακτικό οξύ, το πυροσταφυλικό οξύ και την αιθανόλη ως δότες ηλεκτρονίων ανάγοντας το SO₄²⁻ σε H₂S. Περιέχει **αιθεροσυνδεδεμένα λιπίδια**.



R. Rachel and K. O. Stetter

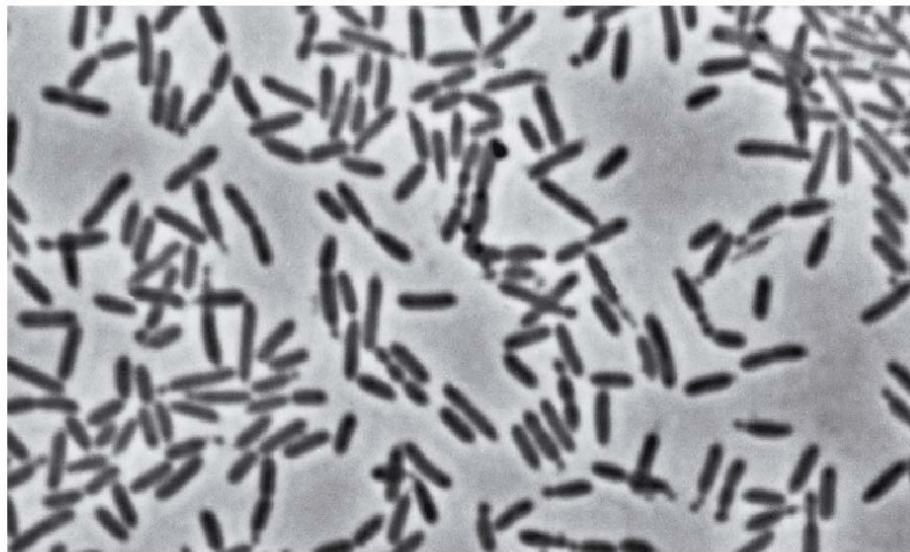
(a)



R. Rachel and K. O. Stetter

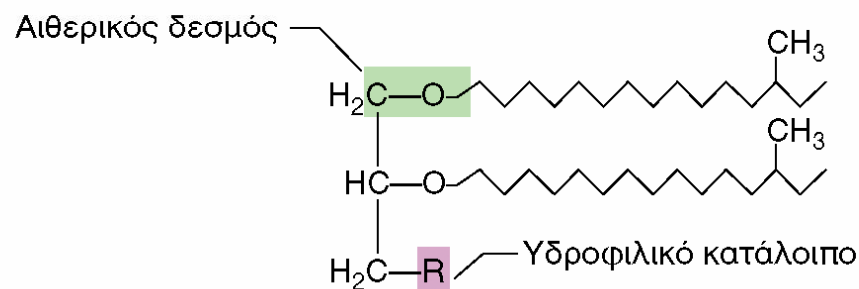
(β)

Εικόνα 12.102 Υπερθερμόφιλα βακτήρια. (a) *Thermotoga maritima* — άριστη θερμοκρασία αύξησης, 80°C. Προσέξτε τον εξωτερικό επενδύτη του κυττάρου. (β) *Aquifex pyrophilus* — άριστη θερμοκρασία αύξησης, 85°C. Τα κύτταρα του *Thermotoga* (λεπτή τομή) έχουν διαστάσεις 0,6 × 3,5 μm· τα κύτταρα του *Aquifex* (μικρογράφημα ψυκτοτεμαχισμού) έχουν διαστάσεις 0,5 × 2,5 μm. Και τα δύο γένη συγκροτούν τη δική τους φυλογενετική γενεαλογική γραμμή στο δέντρο των *Βακτηρίων* (βλ. Εικόνα 12.1).



Fritz Widdel

(α)



(β)

Εικόνα 12.103 *Thermodesulfobacterium*. (α) Μικροφωτογραφία αντίθεσης φάσεων κυττάρων του *T. mobile*. (β) Δομή ενός λιπιδίου του *T. mobile*. Παρατηρήστε ότι, αν και είναι αιθεροσυνδεδεμένες, οι δύο υδρόφοβες πλευρικές αλυσίδες δεν είναι φυτανυλομάδες, όπως συμβαίνει στα Αρχαία (Εικόνα 4.5). Το R υποδηλώνει κάποιο υδροφιλικό κατάλοιπο, π.χ. μια φωσφορική ομάδα.

Aquifex και Thermocrinus

Τα βακτήρια του φύλου Aquifex (το αρχαιότερο φυλογενετικά) είναι υποχρεωτικά χημειολιθότροφα και αυτότροφα υπερθερμόφιλα. Είναι αερόβια και χρησιμοποιούν H_2 , S^0 ή $S_2O_3^{2-}$ ως δέκτες και O_2 , NO_3^- ως δότες ηλεκτρονίων. Η ανάπτυξη του πραγματοποιείται μέχρι τους $95^\circ C$ και η αυτοτροφία του στηρίζεται σε ένζυμα του αντίστροφου κύκλου του κιτρικού οξέος, όπως και στα πράσινα θειοβακτήρια.

Το γένος Thermocrinus είναι χημειολιθότροφο που χρησιμοποιεί ως ηλεκτρονιοδότες H_2 , θειοθειικό ή θείο και ως δέκτη ηλεκτρονίων O_2 . Είναι υπερθερμόφιλο (με θερμοκρασία άριστη στους $80^\circ C$). Το **Thermocrinus ruber** αναπτύσσεται στη θέση εκροής θερμών πηγών του Εθνικού πάρκου Yellowstone των Η.Π.Α. και σχηματίζει ροδόχροες «σερπατίνες»

Nitrospira και Defferibacter

Είναι χημειολιθότροφοι ή χημειοργανότροφοι μεσόφιλοι ως θερμόφιλοι.

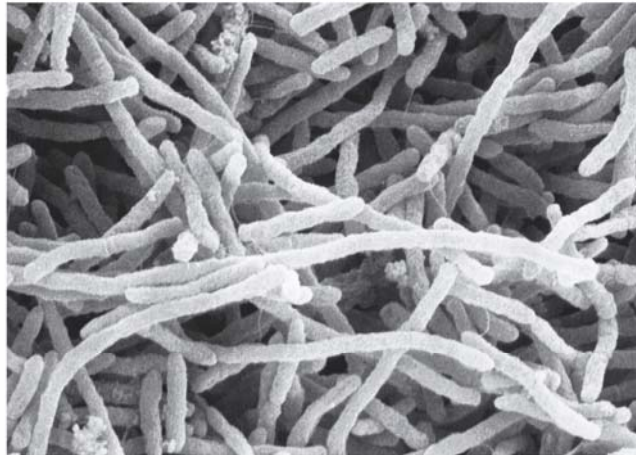
Το γένος Nitrospira οξειδώνει NO_2^- προς NO_3^- και αναπτύσσεται αυτοτροφικά. Έχει **στενή φυσιολογική σχέση με τα νιτροποιητικά βακτήρια** αλλά φυλογενετικά διαφέρει γεγονός που μας κάνει να υποθέσουμε **οριζόντια γονιδιακή μεταφορά** μεταξύ των βακτηρίων αυτών. Η υπόθεση αυτή ενισχύεται από το γεγονός ότι μοιράζονται παρόμοια ενδαιτήματα με τα νιτροποιητικά βακτήρια.

Το Defferibacter είναι **αναερόβιο** και χρησιμοποιεί μια ποικιλία από δέκτες ηλεκτρονίων μεταξύ των οποίων και Fe^{3+} , Mn^{2+} τα οποία ανάγει



Michael T. Madigan

(a)



Reinhard Rachel and Karl O. Stetter

(β)

Εικόνα 12.104 *Thermocrinus*. (a) Κύτταρα *Thermocrinus ruber* που αναπτύσσονται ως νηματοειδείς «σερπαντίνες» (βέλος) προσκολλημένα σε επιφανειακές αποθέσεις πυριτίου στη θέση εκροής (85°C) της πηγής Octopus, του Εθνικού Πάρκου Yellowstone των ΗΠΑ. Το ρόδινο χρώμα οφείλεται σε ένα καροτενοειδές. (β) Μικρογράφημα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης ραβδόμορφων κυττάρων *T. ruber* σε γυάλινη αντικειμενοφόρο πλάκα καλυμμένη με πυρίτιο. Οι τριχοειδείς δομές είναι πυρίτιο. Κάθε κύτταρο του *T. ruber* έχει διάμετρο 0,4 μm περίπου και μήκος από 1 έως 3 μm.