

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ

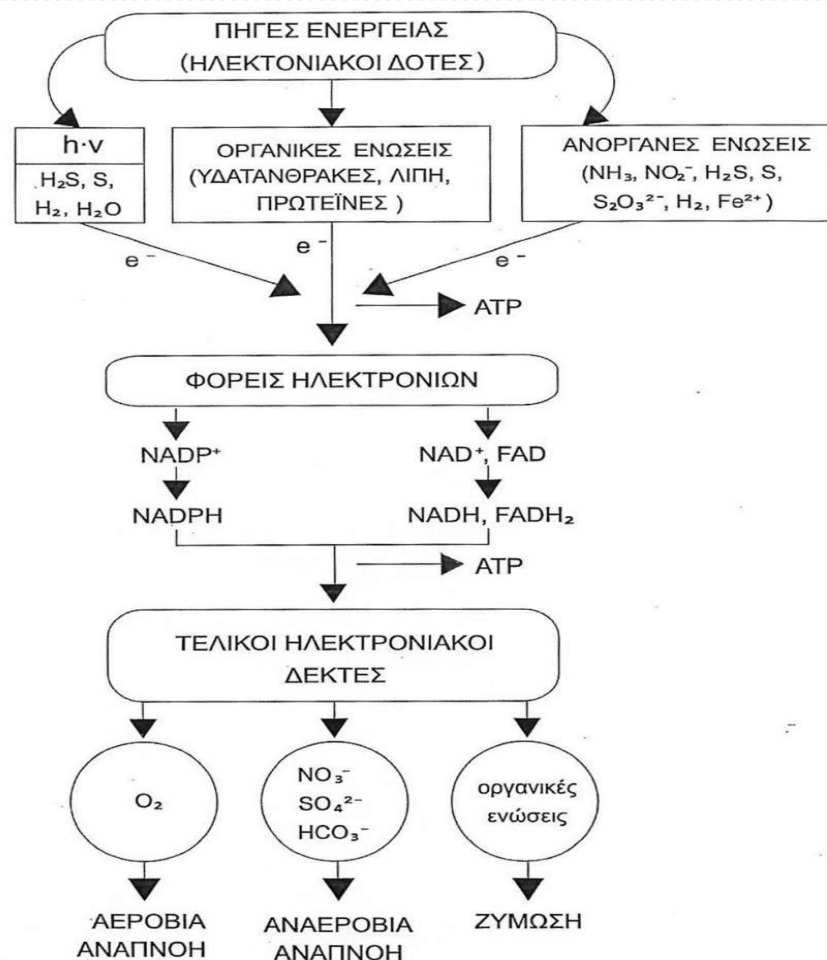
Θρέψη και φυσιολογία μικροοργανισμών

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Ανάπτυξη μικροοργανισμών:
 - Εξαρτάται από χημικούς και φυσικούς παράγοντες.
 - Στους χημικούς** συγκαταλέγονται
 - ❖ η σύσταση των θρεπτικών
 - ❖ το ενεργειακό υπόστρωμα
 - ❖ η πηγή άνθρακα
 - ❖ το pH
 - Στους φυσικούς**
 - ❖ η θερμοκρασία
 - ❖ η πίεση
 - ❖ η παρουσία οξυγόνου
 - ❖ η ωσμωτική πίεση

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Ενεργειακές τάξεις μικροοργανισμών:



Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Κατάταξη μικροοργανισμών
 - Όλοι οι οργανισμοί, συμπεριλαμβανομένων και των μικροοργανισμών, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν βάσει των ενεργειακών και τροφικών απαιτήσεων τους, δηλαδή της πηγής ενέργειας και της πηγής άνθρακα.
 - Ανάλογα με την πηγή ενέργειας οι μικροοργανισμοί ταξινομούνται σε
 - ❖ φωτότροφους
 - ❖ χημειότροφους.

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Κατάταξη μικροοργανισμών

- Φωτότροφοι είναι εκείνοι οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούν την ενέργεια του φωτός,

- Χημειότροφοι είναι εκείνοι που εξαρτώνται από οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις οργανικών και ανόργανων ενώσεων για την παραλαβή ενέργειας.

- Ως προς την πηγή άνθρακα, οι οργανισμοί που είναι ικανοί να πάρουν τον άνθρακα από το CO_2 ονομάζονται **αυτότροφοι ή λιθότροφοι** και εκείνοι που χρησιμοποιούν οργανικές ενώσεις ως πηγή άνθρακα ονομάζονται **ετερότροφοι ή οργανότροφοι**

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Κατάταξη μικροοργανισμών
 - Με συνδυασμό των πηγών ενέργειας και άνθρακα προκύπτει η ακόλουθη κατάταξη μικροοργανισμών:
 - ❖ Φωτοαυτότροφοι ή Φωτολιθότροφοι
 - ❖ Φωτοετερότροφοι ή Φωτοοργανότροφοι
 - ❖ Χημειοαυτότροφοι ή Χημειολιθότροφοι
 - ❖ Χημειοετερότροφοι ή Χημειοοργανότροφοι

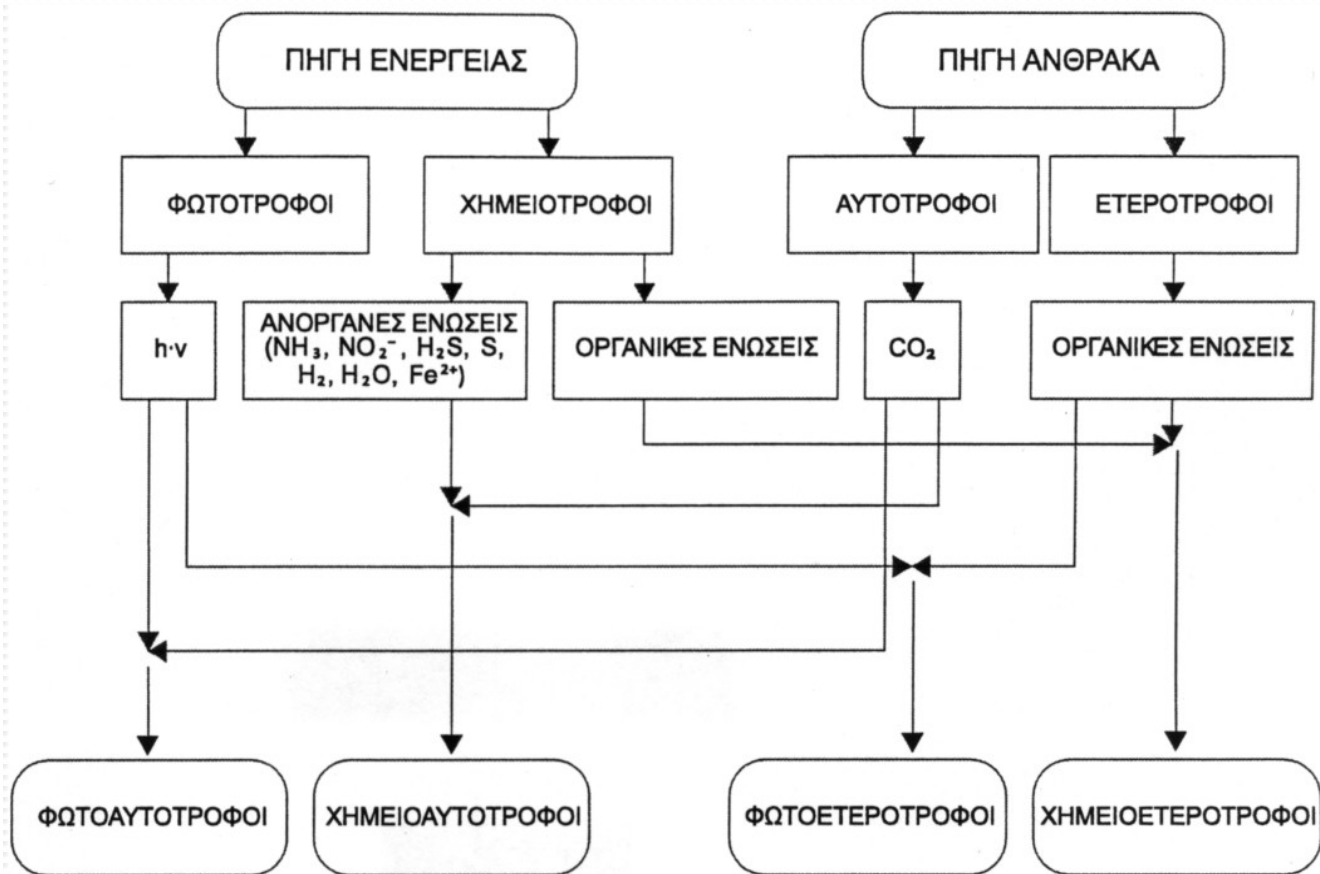
Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Κατάταξη μικροοργανισμών

Τροφικός τύπος	Πηγή ενέργειας	Πηγή άνθρακα	Παραδείγματα
φωτοαυτότροφοι	h.v.	CO ₂	α) φύκη και β) φωτοσυνθετικά βακτήρια (κυανοβακτήρια, πράσινα και ιώδη βακτήρια του θείου)
φωτοετερότροφοι	h.v.	οργανικές ενώσεις	μερικά πράσινα και ιώδη βακτήρια του θείου
χημειοαυτότροφοι	NH ₃ , NO ₂ ⁻ , H ₂ , H ₂ S, S, Fe ²⁺	CO ₂	νιτροποιητικοί μικροοργανισμοί, οξειδωτικά βακτήρια του θείου, του υδρογόνου και του σιδήρου
χημειοετερότροφοι	οργανικές ενώσεις	οργανικές ενώσεις	τα περισσότερα βακτήρια, όλοι οι μύκητες και τα πρωτόζωα

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Κατάταξη μικροοργανισμών



Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Φωτοαυτότροφοι ή φωτολιθότροφοι
 - Χρησιμοποιούν φως ως πηγή ενέργειας και διοξείδιο του άνθρακα ως κύρια πηγή άνθρακα.
 - Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται φωτοσυνθετικά βακτήρια όπως πράσινα και ιώδη βακτήρια του θείου και κυανοβακτήρια και φύκη.
 - Στις φωτοσυνθετικές αντιδράσεις κυανοβακτηρίων και φυκών χρησιμοποιούνται τα άτομα υδρογόνου του νερού για την αναγωγή του CO₂, ενώ ταυτόχρονα παράγεται O₂.
 - Επειδή αυτή η φωτοσυνθετική διαδικασία παράγει οξυγόνο, χαρακτηρίζεται ως οξυγονογενής.

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Φωτοετερότροφοι ή φωτοοργανότροφοι
 - Χρησιμοποιούν φως ως πηγή ενέργειας και οργανικές ενώσεις ως κύρια πηγή άνθρακα, όπως
 - ❖ αλκοόλες,
 - ❖ οργανικά οξέα
 - ❖ υδατάνθρακες.
 - Δεν παράγουν οξυγόνο
 - Στην κατηγορία αυτή υπάγονται μερικά πράσινα και ιώδη βακτήρια που μετατρέπουν θείο.

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Χημειοαυτότροφοι ή χημειολιθότροφοι
 - Χρησιμοποιούν τα ηλεκτρόνια ανηγμένων ανόργανων ενώσεων ως πηγή ενέργειας και το CO_2 ως πηγή άνθρακα.
 - Τέτοιες ανόργανες ενεργειακές πηγές είναι
 - ❖ το υδρόθειο (H_2S)
 - ❖ το θείο (S)
 - ❖ η αμμωνία (NH_3)
 - ❖ το νιτρώδες (NO_2^-)
 - ❖ το υδρογόνο (H_2)
 - ❖ ο δισθενής σίδηρος (Fe^{2+})

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Χημειοετερότροφοι ή χημειοργανότροφοι
 - Στους χημειοργανότροφους μικροοργανισμούς η πηγή **ενέργειας** (ενεργειακό υπόστρωμα) και η πηγή **άνθρακα** (υπόστρωμα C) είναι **ταυτόσημες**
 - Χρησιμοποιούν τα ηλεκτρόνια ατόμων υδρογόνου σε οργανικές ενώσεις για ενέργεια.
 - Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται
 - ❖ τα πρωτόζωα,
 - ❖ οι μύκητες
 - ❖ τα περισσότερα βακτήρια

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Στοιχειακή ανάλυση βακτηριακών κυττάρων

Στοιχεία	% ξηρού βάρους	
	πλαίσιο τιμών	χαρακτηριστική τιμή
Άνθρακας	45-55	50
Οξυγόνο	16-22	20
Άζωτο	12-16	14
Υδρογόνο	7-10	8
Φώσφορος	2-5	3
Θείο	0,8-1,5	1
Κάλιο	0,8-1,5	1
Νάτριο	0,5-2,0	1
Ασβέστιο	0,4-0,7	0,5
Μαγνήσιο	0,4-0,7	0,5
Χλώριο	0,4-0,7	0,5
Σίδηρος	0,1-0,4	0,2
Λοιπά	0,2-0,5	0,3

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Χημική σύσταση προκαρυωτικών κυττάρων

Είδος μορίου	% ξηρού βάρους
Ολικά μακρομόρια	96
Πρωτεΐνες	55
Πολυσακχαρίδια	5
Λιπίδια	9,1
DNA	3,1
RNA	20,5
Ολικά μονομερή	3,0
Αμινοξέα & πρόδρομα	0,5
Σάκχαρα & πρόδρομα	2,0
Νουκλεοτίδια	0,5
Ανόργανα ιόντα	1,0

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Επίδραση του περιβάλλοντος
 - Εκτός από τη χημική σύσταση του μέσου ανάπτυξης, η δραστηριότητα των μικροοργανισμών εξαρτάται και από περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως είναι
 - ❖ η θερμοκρασία
 - ❖ το pH
 - ❖ η ωσμωτική πίεση
 - ❖ η υδροστατική πίεση
 - ❖ η συγκέντρωση οξυγόνου

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Επίδραση του περιβάλλοντος
 - Οι απαιτήσεις των μικροοργανισμών ως προς το οξυγόνο διαφέρουν σημαντικά.
 - Κατατάσσονται λοιπόν σε κατηγορίες βάσει της επίδρασης του οξυγόνου στην ανάπτυξη τους και της δυνατότητας χρησιμοποίησης του O_2 ως τελικού ηλεκτρονιακού δέκτη.
 - Οι **υποχρεωτικά αερόβιοι** είναι σε θέση να αναπτυχθούν κάτω από τις επικρατούσες συνθήκες ατμοσφαιρικής μερικής πίεσης οξυγόνου (0,21 bar) ή σε κορεσμένο διάλυμα αυτού.

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Επίδραση του περιβάλλοντος
 - Οι **μικροαερόφιλοι** είναι αερόβιοι μικροοργανισμοί, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν το οξυγόνο μόνο σε επίπεδα μειωμένα σε σχέση με αυτά του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, διότι είτε έχουν μία περιορισμένη αναπνευστική ικανότητα ή περιέχουν μόρια ευαίσθητα έναντι υψηλών συγκεντρώσεων οξυγόνου.
 - Οι **αναερόβιοι** δεν είναι σε θέση να χρησιμοποιούν το O_2 ως Τελικό Ηλεκτρονιακό Δέκτη (ΤΗΔ)

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Επίδραση του περιβάλλοντος
- Εντοπίζονται **δύο τύποι αναερόβιων μικροοργανισμών**
 - οι **υποχρεωτικά αναερόβιοι**, οι οποίοι θανατώνονται παρουσία O_2 και
 - οι **αεροανθεκτικοί**, οι οποίοι αναπτύσσονται παρουσία οξυγόνου, αν και δεν το χρησιμοποιούν για αναπνοή
- Οι **προαιρετικά αναερόβιοι** τέλος αναπτύσσονται παρουσία και απουσία O_2

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Απαιτήση μ.ο. σε οξυγόνο, κατηγορίες

Κατηγορία μικροοργανισμών	Σχέση ως προς το O ₂	Μορφή μεταβολισμού
Αερόβιοι		
Υποχρεωτικά αερόβιοι	απαιτείται O ₂	αερόβια αναπνοή
Μικροαερόφιλοι	απαιτείται O ₂ , αλλά σε μικρές συγκεντρώσεις	αερόβια αναπνοή
Προαιρετικά αναερόβιοι	δεν απαιτείται O ₂ , αν και παρατηρείται καλύτερη ανάπτυξη παρουσία O ₂	αερόβια αναπνοή, αναερόβια αναπνοή, ζύμωση
Αναερόβιοι		
Αεροανθεκτικοί	δεν απαιτείται O ₂ και η ανάπτυξη δεν βελτιώνεται με αυτό	ζύμωση
Υποχρεωτικά αναερόβιοι	το O ₂ είναι τοξικό	ζύμωση, αναερόβια αναπνοή (αποθεικοποίηση, μεθανιογένεση)

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Επίδραση του περιβάλλοντος
 - **Θερμοκρασία**
 - Η Θερμοκρασία επηρεάζει τόσο την ταχύτητα των βιοχημικών αντιδράσεων όσο και την κυτταρική λειτουργία.
 - Βάσει της άριστης (βέλτιστης) θερμοκρασίας για ανάπτυξη, διακρίνονται τέσσερις κατηγορίες μικροοργανισμών

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

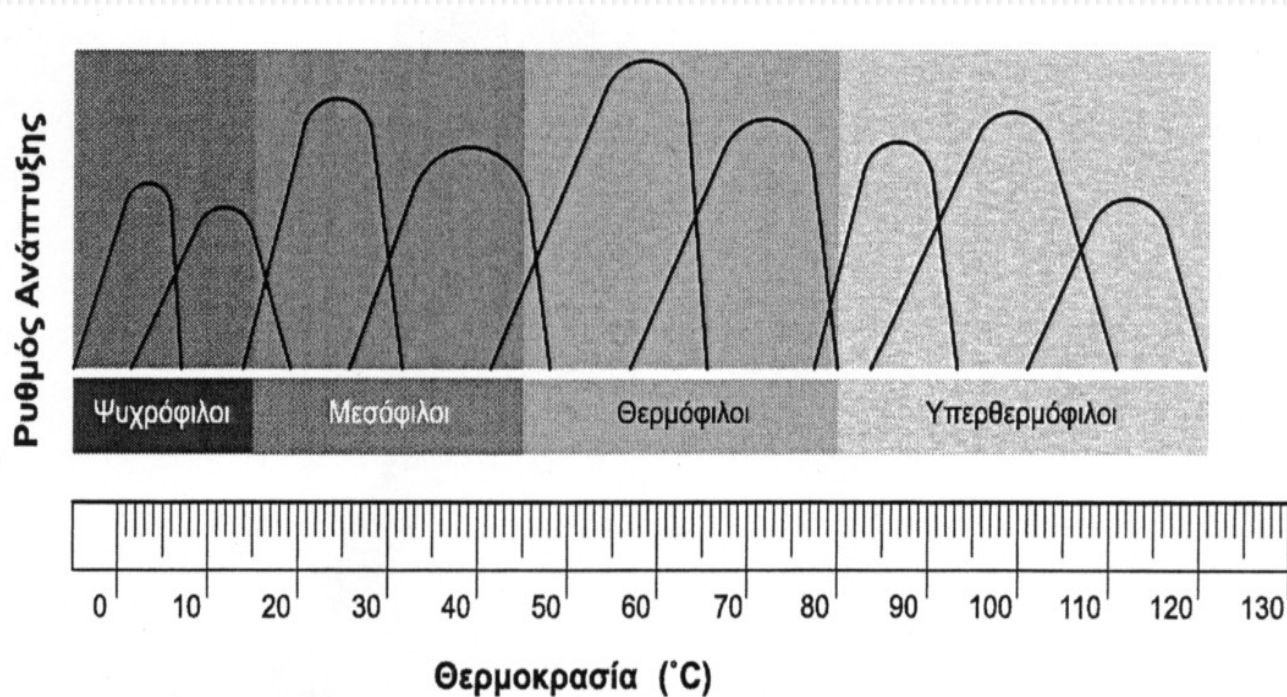
- Επίδραση του περιβάλλοντος

- **Θερμοκρασία**

- ❖ Οι ψυχρόφιλοι, των οποίων η βέλτιστη θερμοκρασία για ανάπτυξη είναι μικρότερη των 20°C ,
- ❖ Οι μεσόφιλοι, των οποίων η βέλτιστη θερμοκρασία για ανάπτυξη είναι μεταξύ 25° και 40°C ,
- ❖ Οι θερμόφιλοι, των οποίων η βέλτιστη θερμοκρασία για ανάπτυξη είναι μεγαλύτερη των 45°C
- ❖ Οι υπερθερμόφιλοι, των οποίων η βέλτιστη θερμοκρασία για ανάπτυξη είναι μεγαλύτερη των 80°C .

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Επίδραση του περιβάλλοντος
- **Θερμοκρασία**



Κατηγορίες μικροοργανισμών βάσει της θερμοκρασίας ανάπτυξης

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Επίδραση του περιβάλλοντος

Κατηγορία θεμόφιλων μικροοργανισμών	Θερμοκρασιακό εύρος ανάπτυξης (°C)
Βακτήρια*	
<u>Φωτότροφα</u>	
Κυανοβακτήρια	45-74
Ιώδη Βακτήρια	45-60
Πράσινα Βακτήρια (<i>Cloroflexi</i> , συμπεριλαμβανομένων των <i>Thermomicrobia</i>)	40-92
<i>Firmicutes</i>	
Κλάση <i>Bacilli</i>	45-72
Κλάση <i>Clostridia</i>	45-85
<i>Actinobacteria</i>	45-80
<i>Thermotoga</i> και <i>Aquifex</i>	55-95
<i>Thermus</i>	45-80
Αρχαία	
Μεθανιογόνα	45-110
Θερμοοξεόφιλα	60-113
Ευκαρυωτικά	έως 62
Φύκη	45-57

Θερμοκρασιακό εύρος ανάπτυξης θεμόφιλων και υπερθεμόφιλων μ.ο.

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Επίδραση του περιβάλλοντος
 - **pH**
 - Κάθε μικροοργανισμός εμφανίζει, αντίστοιχα με τη θερμοκρασία, ένα εύρος τιμών pH στο οποίο η ανάπτυξη είναι δυνατή.
 - Συνήθως το pH των φυσικών υδάτων είναι μεταξύ 6 και 9, με αποτέλεσμα στο εύρος αυτό να παρατηρείται το άριστο pH ανάπτυξης των περισσότερων μικροοργανισμών.
 - Ορισμένα μόνο στελέχη μικροοργανισμών μπορούν να αναπτυχθούν σε $\text{pH} < 2$ ή σε $\text{pH} > 10$.

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Επίδραση του περιβάλλοντος
 - **pH**
 - Οργανισμοί που αναπτύσσονται βέλτιστα σε εύρος τιμών pH μεταξύ 6 και 9 χαρακτηρίζονται ως **ουδετερόφιλοι**
 - Οι μικροοργανισμοί που έχουν βέλτιστο pH για ανάπτυξη μικρότερο του 6 χαρακτηρίζονται ως **οξεόφιλοι**
 - Όσοι έχουν βέλτιστο pH για ανάπτυξη υψηλότερο του 9 χαρακτηρίζονται ως **βασεόφιλοι**

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Επίδραση του περιβάλλοντος

- **pH**

- Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν πολλοί μύκητες (*Scytalidium acidophilum*) και βακτήρια (*Acidithiobacillus thiooxidans* και *A. ferroxidans*), καθώς και θερμοφιλα γένη αρχαίων (*Sulfolobus*, *Thermoplasma*).

- Μερικά μάλιστα βακτήρια είναι τόσο προσαρμοσμένα στο όξινο pH που δεν αναπτύσσονται σε ουδέτερο pH (υποχρεωτικά οξεόφιλα).

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Ωσμωτική & υδροστατική πίεση
 - Εάν δεν υπήρχε μηχανισμός ρύθμισης, η ωσμωτική πίεση θα προκαλούσε είσοδο νερού στο κύτταρο, γεγονός που θα προκαλούσε τη ρήξη του κυττάρου.
 - Στα φύκη, στους μύκητες και στα περισσότερα βακτήρια και αρχαία υπάρχει το κυτταρικό τοίχωμα που είναι πολύ συμπαγές και προφυλάσσει τα κύτταρα από τη λύση λόγω των μεγάλων διαφορών της έσω και της έξωκυτταρικής ωσμωτικής πίεσης.

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Ωσμωτική & υδροστατική πίεση
 - Σε περιπτώσεις που η εξωτερική ωσμωτική πίεση είναι ιδιαίτερα χαμηλή (υπότονο διάλυμα, π.χ. αποσταγμένο νερό), το νερό από το εξωτερικό περιβάλλον εισέρχεται στο κύτταρο και οι μικροοργανισμοί με ασθενές κυτταρικό τοίχωμα υπόκεινται σε λύση (**σπαργή**).
 - Μια υψηλή εξωτερική ωσμωτική πίεση στο διάλυμα (υψηλή περιεκτικότητα διαλελυμένων συστατικών) συμβάλλει στην αφαίρεση νερού από το κυτταρόπλασμα. Σε ένα τέτοιο υπέρτονο διάλυμα, το κυτταρικό νερό εξέρχεται μέσω της κυτταροπλασματικής μεμβράνης στο διάλυμα και προκύπτει **πλασμόλυση** ή **συρρίκνωση** του κυττάρου.

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Ωσμωτική & υδροστατική πίεση
 - Ορισμένοι μικροοργανισμοί ζουν στα βάθη των ωκεανών όπου παρατηρούνται εξαιρετικά υψηλές τιμές υδροστατικής πίεσης
 - Οι μικροοργανισμοί αυτοί είτε αιωρούνται η βρίσκονται στο ίζημα του βυθού
 - Έχουν βρεθεί ζωντανά βακτήρια σε βάθη μεγαλύτερα των 10.000 m, όπου η πίεση φθάνει τις 1.140 atm.

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Ωσμωτική & υδροστατική πίεση
 - Υψηλές υδροστατικές πιέσεις, οι οποίες είναι μόλις ανεκτές στους μικροοργανισμούς, έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση του μεγέθους του κυττάρου και το σχηματισμό ιδιαίτερων κυτταρικών σωληνοειδών μορφών
 - Βάσει της ανάπτυξης σε συνθήκες υψηλής υδροστατικής πίεσης, οι μικροοργανισμοί διακρίνονται σε
 - ❖ βαροανθεκτικούς
 - ❖ βαρόφιλους

Περιβαλλοντική μικροβιολογία

- Ωσμωτική & υδροστατική πίεση
 - ❖ Οι βαροανθεκτικοί παρουσιάζουν υψηλότερους μεταβολικούς ρυθμούς στην 1 atm αντί στις 300 atm και δεν ζουν σε πίεση μεγαλύτερη των 500 atm
 - ❖ Οι βαρόφιλοι παρουσιάζουν καλύτερη ανάπτυξη στις 300-400 atm αντί στην 1 atm
 - Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα στελέχη του γένους *Moritelia*, όπου η βέλτιστη ανάπτυξή τους παρατηρείται σε πίεση 700 atm, ενώ δεν αναπτύσσονται σε 1 atm
 - Το εύρος της υδροστατικής πίεσης για ανάπτυξη είναι μεταξύ 400-1035 atm και οι μ.ο. αυτοί χαρακτηρίζονται ως εξαιρετικά Βαρόφιλοι.