

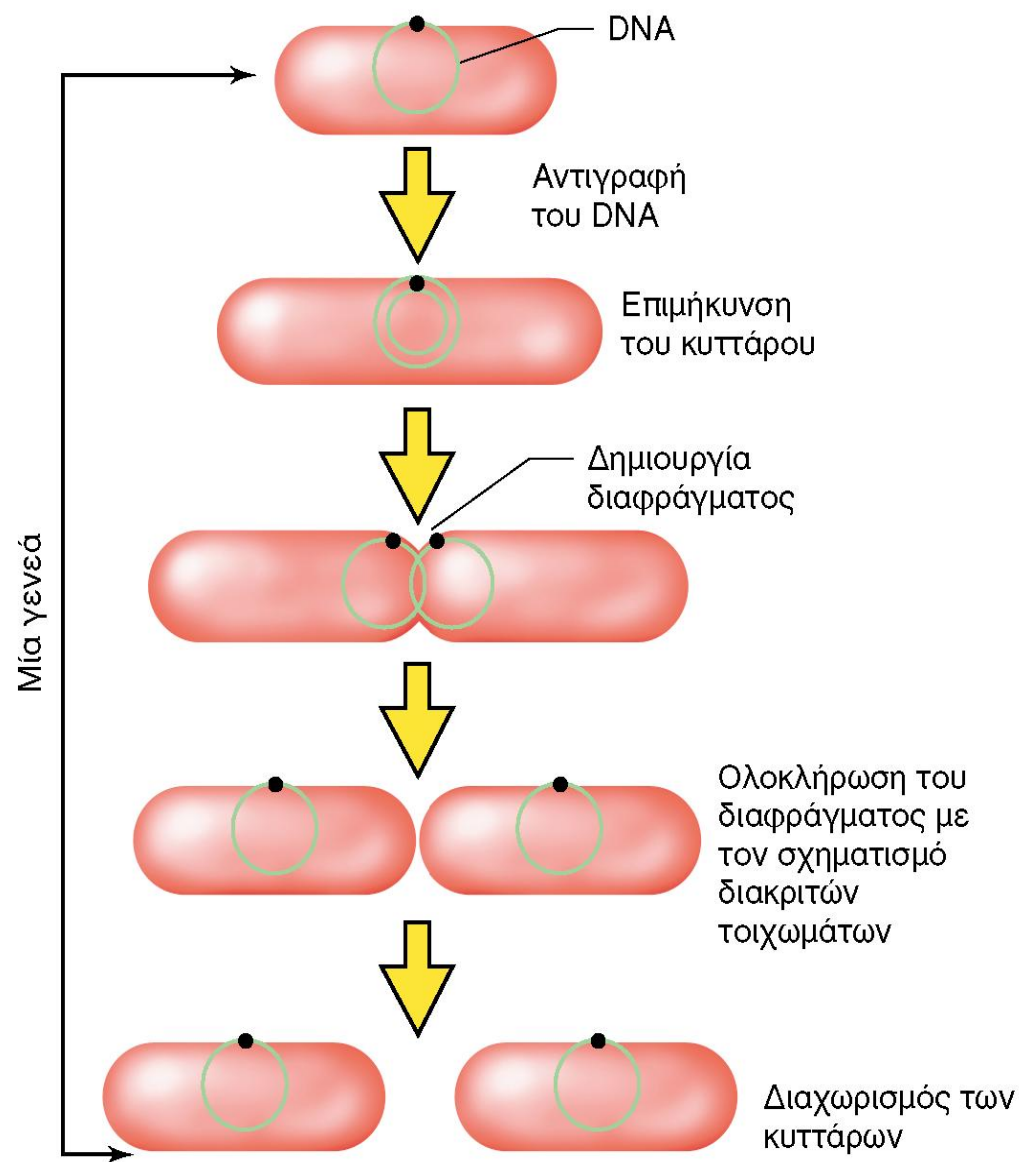
# Φυσιολογία των μικροοργανισμών

Κεφάλαιο 3 από το βιβλίο  
«Εισαγωγή στην Γενική  
Μικροβιολογία»

# 1. Μικροβιακή αύξηση (ή ανάπτυξη): αυξάνεται ο αριθμός των κυττάρων

➤ Η μικροβιακή αύξηση στα βακτήρια πραγματοποιείται μέσω διχοτόμησης (στις ζύμες με εκβλάστηση).

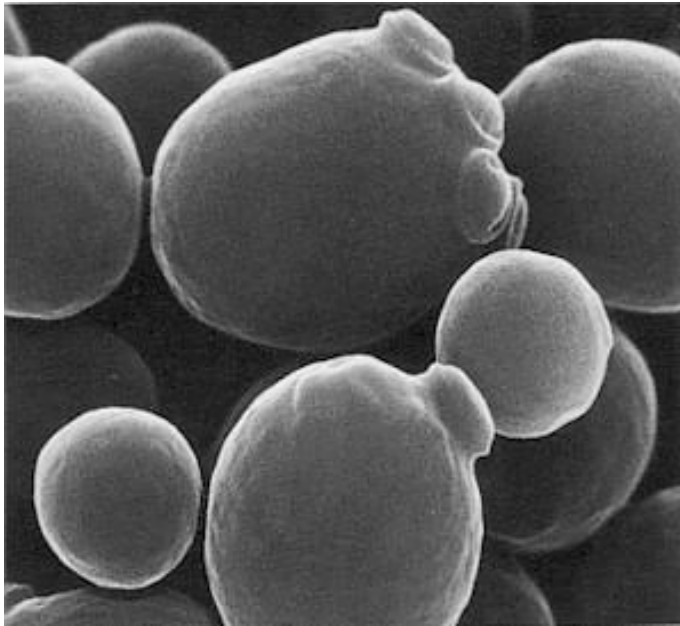
➤ **Διχοτόμηση:** σταδιακή μεγέθυνση του κυττάρου την οποία ακολουθεί ισομερής διαχωρισμός σε δύο θυγατρικά κύτταρα



**Εικόνα 6.1**

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

# εκβλάστηση των ζυμών



# Όταν ένας μικροοργανισμός βρεθεί σ' ένα θρεπτικό υλικό κατάλληλο για την ανάπτυξή του:

- Ο μικροοργανισμός πολλαπλασιάζεται:
  - αύξηση της κυτταρικής μάζας.
  - βιοσύνθεση των κυτταρικών συστατικών



**ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ  
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ**



- Ο μικροοργανισμός παράλληλα, παράγει ορισμένες ενώσεις (μεταβολίτες), που συσσωρεύονται στο θρεπτικό μέσο.
  - Οι ενώσεις αυτές, μετά το τέλος της καλλιέργειας μπορούν να απομονωθούν, να καθαρισθούν και να συμπυκνωθούν.

# Μικροβιακή Δραστηριότητα:

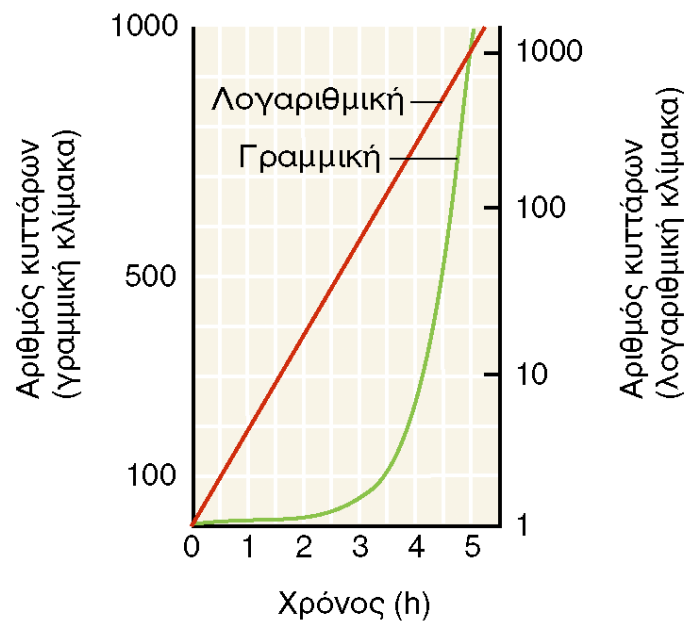
- Η μικροβιακή δραστηριότητα μπορεί να μετρηθεί:
  - με μέτρηση της αύξησης του αριθμού των κυττάρων
  - με μέτρηση μιας παραμέτρου του μέσου ανάπτυξης που μεταβάλλεται.

## Ρυθμός αύξησης μίας μικροβιακής καλλιέργειας.

Αν μία μικροβιακή  
καλλιέργεια  
διπλασιάζεται ανά  
30 min, τότε σε 10  
ώρες από ένα  
κύτταρο έχουν  
προκύψει  $10^6$   
κύτταρα.

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

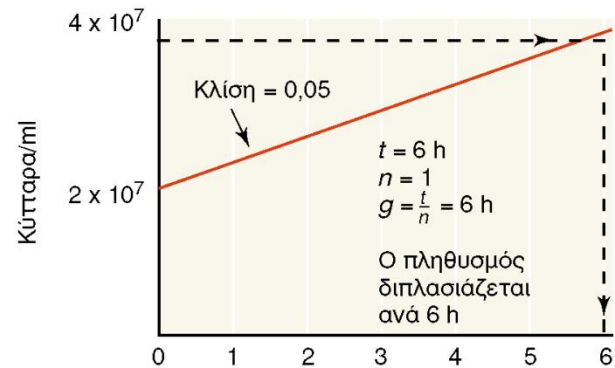
(α)



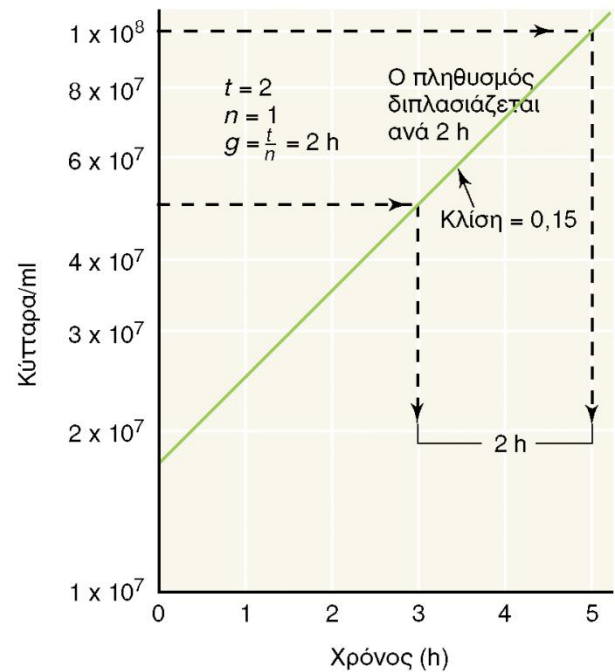
(β)

**Εικόνα 6.6**

Ρυθμός αύξησης μιας μικροβιακής καλλιέργειας. (α) Δεδομένα πληθυσμού που διπλασιάζεται ανά 30 min. (β) Δεδομένα σε γραμμική κλίμακα (αριστερός άξονας) και σε λογαριθμική (δεξιός άξονας).



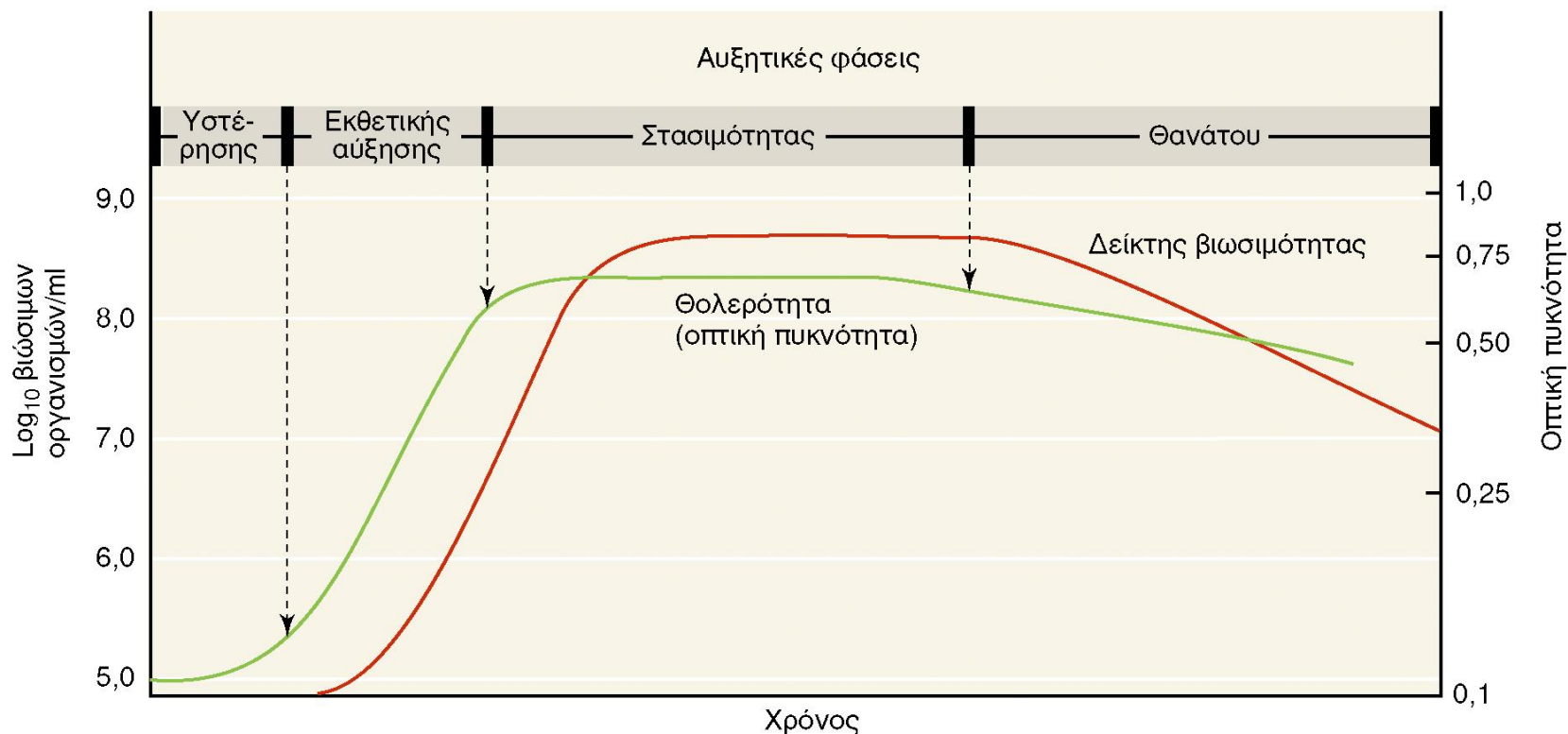
(α)



(β)

**Εικόνα 6.7** Μέθοδος υπολογισμού του χρόνου γενεάς ( $g$ ) εκθετικά αυξανόμενων πληθυσμών με χρόνους γενεάς (α) 6 h, και (β) 2 h, από τα δεδομένα ημιλογαριθμικών γραφικών παραστάσεων. Η κλίση κάθε ευθείας ισούται με  $0,301/g$  και το  $n$  ισούται με τον αριθμό των γενεών που αντιστοιχούν σε χρόνο  $t$ . Όλοι οι αριθμοί έχουν εκφραστεί σε επιστημονικό συμβολισμό, δηλαδή το 10.000.000 ως  $1 \times 10^7$ , το 60.000.000 ως  $6 \times 10^7$  κ.ο.κ.

## 2. Μικροβιακή καμπύλη ανάπτυξης: εκφράζει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών κατά την διάρκεια επώασης σε μία ασυνεχή καλλιέργεια (σε κλειστό σύστημα)

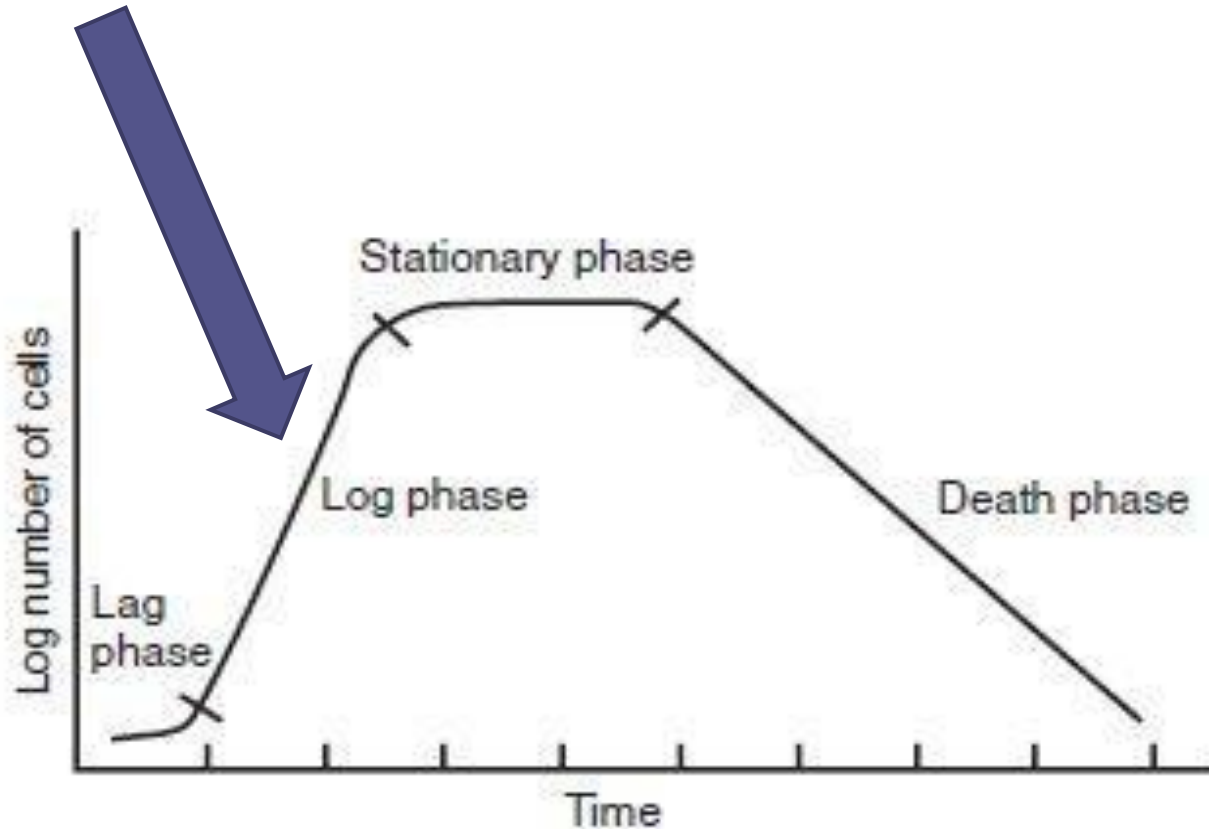


**Εικόνα 6.8** Τυπική καμπύλη αύξησης ενός βακτηριακού πληθυσμού. Δείτε τα Τμήματα 6.5 και 6.6 για μια περιγραφή των μεθόδων μέτρησης του βακτηριακού πληθυσμού.

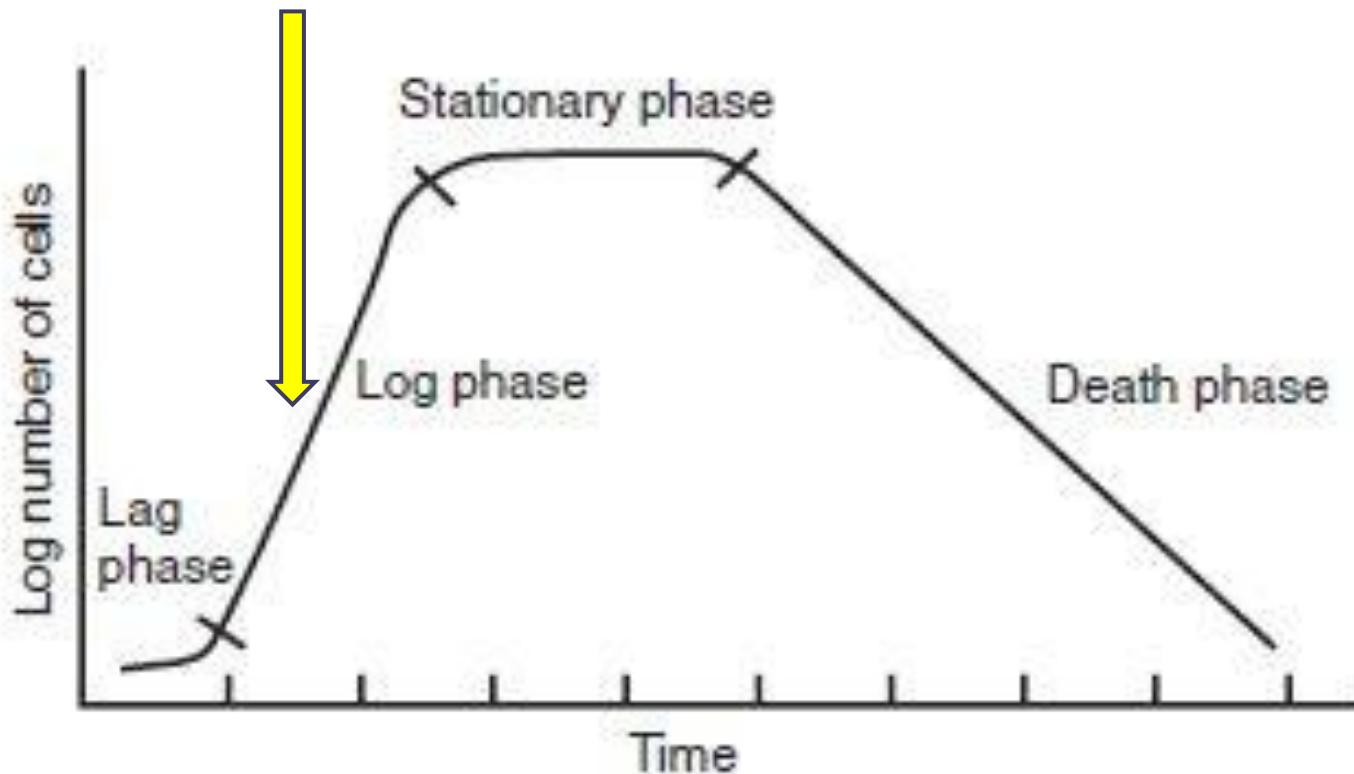
Η καμπύλη ανάπτυξης χωρίζεται σε 6 φάσεις:

1. Φάση Προσαρμογής ή  
λανθάνουσα φάση
  2. Φάση επιτάχυνσης (ή Εκκίνησης)
  3. Εκθετική Φάση (ή Λογαριθμική,  
LOG phase)
  4. Φάση Επιβράδυνσης
  5. Φάση Στασιμότητας
  6. Φάση Θανάτου
- ΦΑΣΗ  
ΥΣΤΕΡΗΣΗΣ  
(LAG PHASE)
- ΦΑΣΗ  
ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Στην λογαριθμική φάση η καλλιέργεια αναπτύσσεται με τους ταχύτερους ρυθμούς



Στην λογαριθμική φάση (Log phase) ο μικροοργανισμός πολλαπλασιάζεται με την μέγιστη ταχύτητα ανάπτυξης (growth rate). Πολλοί **μεταβολίτες** παράγονται κατά την διάρκεια της φάσης αυτής.



# μ=ειδική ταχύτητα πολλαπλασιασμού

Εκφράζει την αύξηση της βιομάζας (dx) στην μεταβολή του χρόνου (dt) ανά μονάδα βιομάζας (1/x) δηλαδή  $\mu=(1/x)(dx/dt)$

Εκφράζεται σε  $h^{-1}$

# Εκθετική ή Λογαριθμική φάση

- η τιμή  $\mu$  λαμβάνει την μέγιστη τιμή της
- ( $\mu = \mu_{\max}$ )
- η τιμή του χρόνου διπλασιασμού  $t_d$  γίνεται ελάχιστη
  - Ισχύει  $t_d = 0,693/\mu$
  - Ισχύει επίσης:

$$\mu = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{t_2 - t_1}$$

$X_2$  = αριθμός κυττάρων  
στον χρόνο  $t_2$

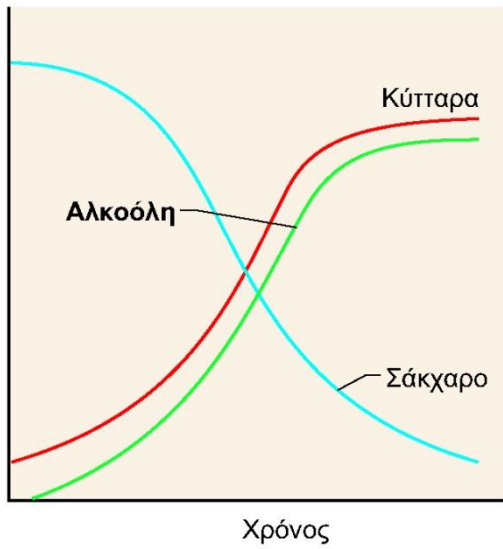
$X_1$  = αριθμός κυττάρων  
στον χρόνο  $t_1$

Μικροοργανισμός	T° C	$\mu_{\max}$ (h <sup>-1</sup> )	Χρόνος διπλασιασμού (td)
<i>Aspergillus niger</i>	30	0,20	3.46
<i>Aspergillus nidulans</i>	20	0,090	7,42
	25	0,148	4,68
	30	0,215	3,23
	37	0,360	1,96

# Παραγωγή πρωτογενών και δευτερογενών μεταβολιτών από μικροοργανισμούς κατά την διάρκεια της ζύμωσης

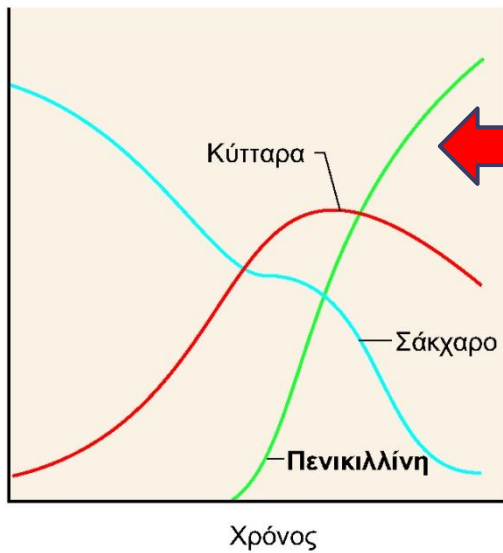
**Μεταβολίτης**= ουσία που παράγεται κατά την διάρκεια μεταβολισμού ενός μικροοργανισμού, πχ  $\text{CO}_2$ , αλκοόλη, ένζυμα, οργανικά οξέα, αντιβιοτικά

**Ζύμωση**= διαδικασία κατά την οποία μικροοργανισμοί μετατρέπουν ένα υπόστρωμα (πχ σάκχαρα) σε μεταβολίτη, πχ αλκοόλη και  $\text{CO}_2$  (κατά την αλκοολική ζύμωση) μέσω μίας σειράς βιοχημικών αντιδράσεων που καταλύονται από ένζυμα.



Συγκέντρωση  
ή κυτταρικός  
αριθμός  
αλκοόλης ή  
σακχάρου

Η αλκοόλη είναι πρωτογενής μεταβολίτης (γιατί παράγεται από τον μικροοργανισμό κατά την διάρκεια της λογαριθμικής φάσης)



Συγκέντρωση  
ή κυτταρικός  
αριθμός  
πενικιλίνης  
ή σακχάρου

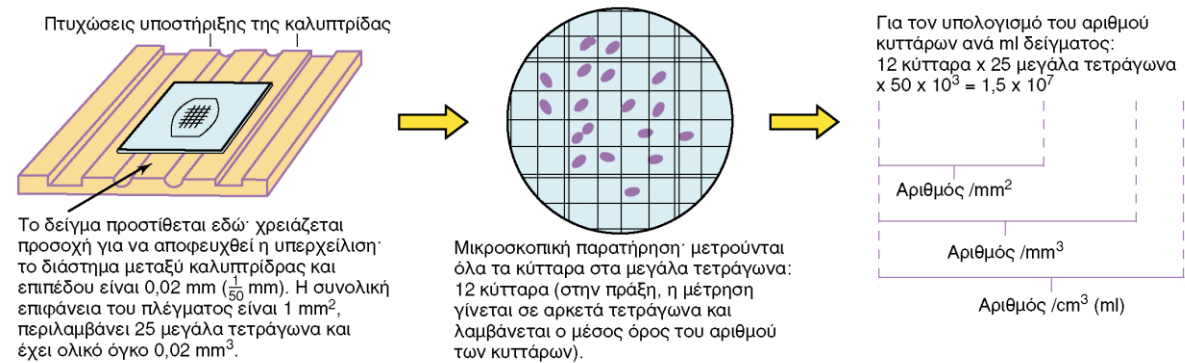
Η πενικιλίνη (αντιβιοτικό) είναι δευτερογενής μεταβολίτης (γιατί παράγεται από τον μικροοργανισμό μετά το τέλος της λογαριθμικής φάσης)

**Εικόνα 30.2** Διαφορές στην παραγωγή πρωτογενών και δευτερογενών μεταβολιτών. (α) Σύνθεση αλκοόλης από ζυμομύκητα – παράδειγμα *πρωτογενούς* μεταβολίτη. (β) Παραγωγή πενικιλίνης από τη μούχλα *Penicillium chrysogenum* – παράδειγμα *δευτερογενούς* μεταβολίτη. Προσέξτε ότι πριν το μέσο της εκθετικής φάσης δεν παράγεται πενικιλίνη (🦠 Εικόνα 6.8).

# Μικροβιακή κινητική: μελέτη εξέλιξης μίας μικροβιακής καλλιέργειας

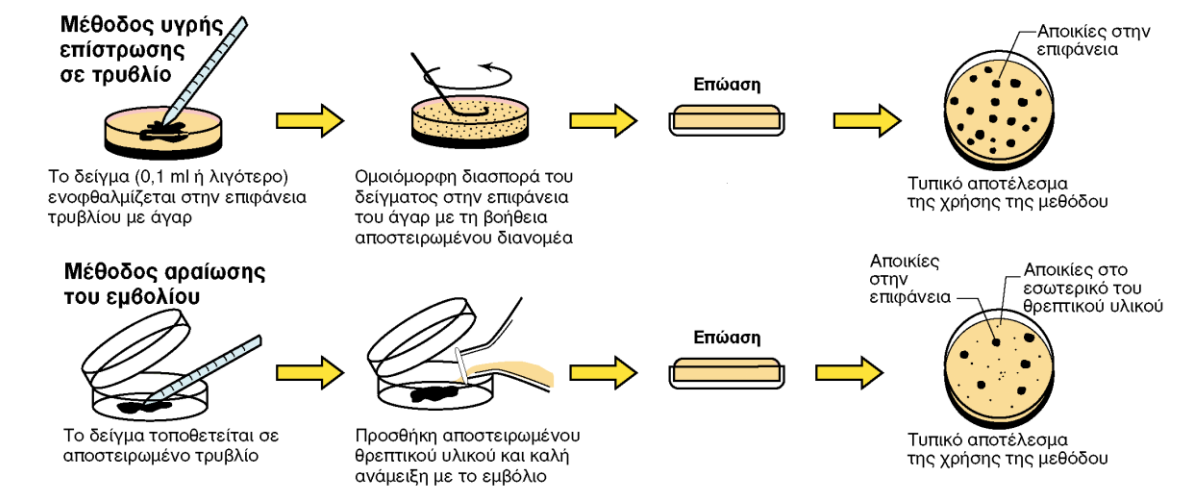
- Για την μελέτη της εξέλιξης μιας μικροβιακής καλλιέργειας πραγματοποιείται μια καλλιέργεια σε ένα κλειστό σύστημα ζύμωσης (batch)
- Έπειτα από τον εμβολιασμό, παρακολουθείται η ανάπτυξη μέχρι την εξάντληση των θρεπτικών υλικών του υποστρώματος.
- Οι διάφοροι εξωτερικοί παράγοντες, και κυρίως η θερμοκρασία, διατηρούνται σταθεροί και ευνοϊκοί για τον προς μελέτη μικροοργανισμό.

# Τρόποι μέτρησης μικροβιακής ανάπτυξης (μικροβιακού πληθυσμού)



1. Μέτρηση κυττάρων σε μικροσκόπιο

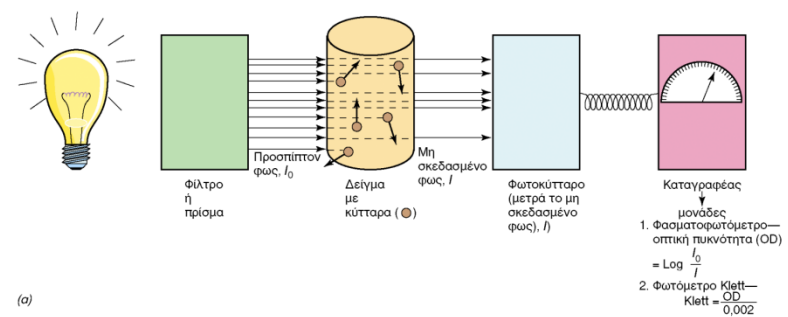
Εικόνα 6.9 Διαδικασία άμεσης μικροσκοπικής καταμέτρησης με τη χρήση της αντικειμενοφόρου καταμέτρησης (αιμοσφαιριόμετρου) Petroff-Hausser.



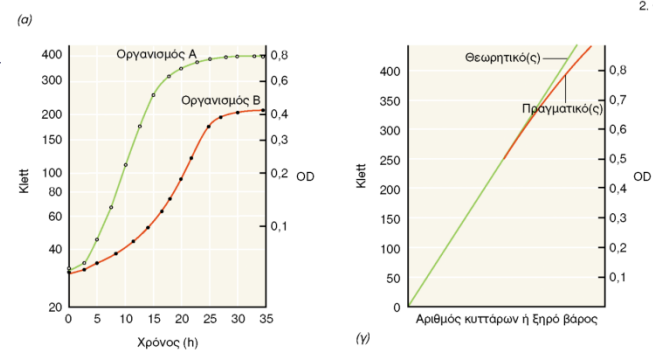
2. Καταμέτρηση αποικιών σε τρυβλία μετά από επώαση

Εικόνα 6.10 Δύο μέθοδοι μέτρησης του δείκτη βιωσιμότητας (καταμέτρησης επί τρυβλίου). Σε κάθε περίπτωση, συνήθως απαιτείται αραιώση του δείγματος πριν την επίστρωση.

### 3. Μέτρηση οπτικής πυκνότητας (θολερότητας) σε φασματοφωτόμετρο



- μονάδες  
 1. Φασματοφωτόμετρο—  
 οπτική πυκνότητα (OD)  
 $= \text{Log} \frac{I_0}{I}$   
 2. Φωτόμετρο Klett—  
 $\text{Klett} = \frac{OD}{0,002}$



### 4. Ζύγιση Βιομάζας μετά από διήθηση με ειδικό φίλτρο



Μετρήσεις θολερότητας στη μικροβιακή αύξηση. (α) Οι μετρήσεις της θολερότητας έγιναν με φασματοφωτόμετρο ή με φωτόμετρο. Το φως την ποσότητα του προσπίπτοντος φωτός που δεν σκεδάστηκε από τα κύτταρα του εναερίσματος. Οι μετρήσεις του φωτοκύτταρου δίνονται ως οπτική πυκνότητα ή φωτομετρικές μονάδες. (β) Τυπική καμπύλη αύξησης με δεδομένα εκφρασμένα σε Klett ή σε μονάδες οπτικής πυκνότητας ποιών με διαφορετικούς ρυθμούς αύξησης. Για εξέταση, υπολογίστε τον χρόνο γενεάς ( $\gamma$ ) των δύο καλλιιεργειών χρησιμοποιώντας τη σχέση  $-\log N_t$ , όπου  $N$  και  $N_0$  δύο διαφορετικές τιμές σε Klett που ελήφθησαν σε χρονικό διάστημα  $t$ . Ποιος οργανισμός αναπτύσσεται ταχύτερα, ο σχέση μεταξύ αριθμού κυττάρων ή ξηρού βάρους και τιμών θολερότητας. Προσέξτε ότι η μονοσήμαντη αντιστοιχία ανάμεσα σε αυτές τις δύο ιστάται σε υψηλές τιμές θολερότητας.

# Βιοαντιδραστήρας (ή ζυμωτήρας)

- Οι βιομηχανικές ζυμώσεις πραγματοποιούνται σε ειδικές συσκευές που ονομάζονται βιοαντιδραστήρες

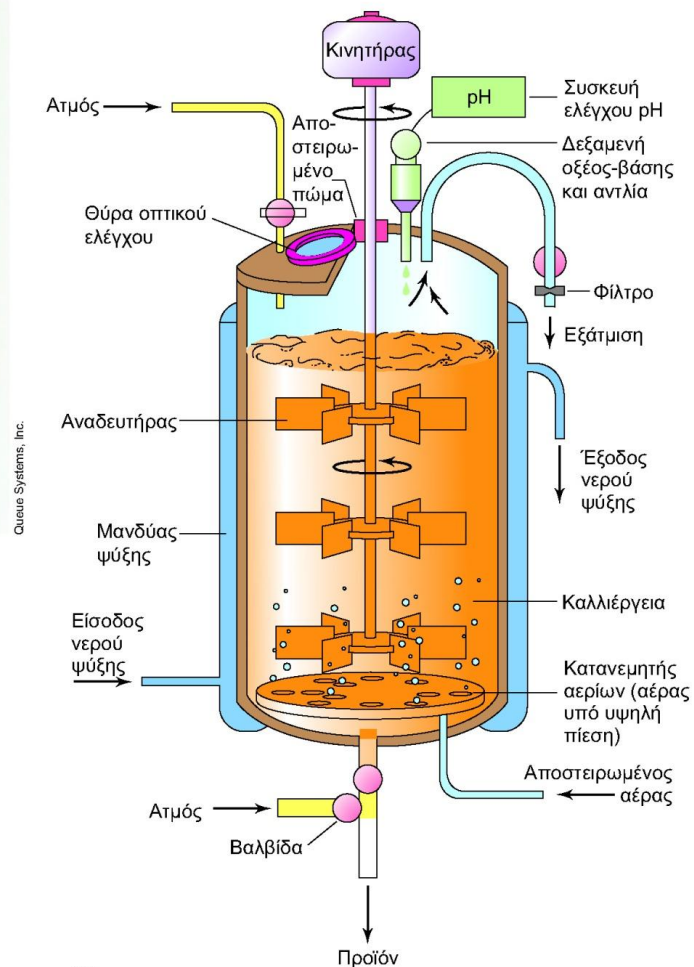


(α)



Novo Nordisk

(γ)



(β)

**Εικόνα 30.4** Ζυμωτήρες. (α) Μικρός ερευνητικός ζυμωτήρας, με όγκο 5 λίτρα. (β) Σχηματικό διάγραμμα ζυμωτήρα. Φαίνεται η διάταξή του και οι συσκευές για τον έλεγχο του αερισμού και της όλης διεργασίας. (γ) Το εσωτερικό ενός βιομηχανικού ζυμωτήρα. Διακρίνονται οι αναδευτήρας και οι σπείρες θέρμανσης και ψύξης. Σε μια τυπική βιομηχανική ζύμωση, ο αερισμός και η ψύξη αποτελούν τις σημαντικότερες διεργασίες που πρέπει να ελέγχονται και να ρυθμίζονται σε πραγματικό χρόνο. Τα επίπεδα των θρεπτικών συστατικών και το pH επίσης ελέγχονται και ρυθμίζονται τακτικά, όταν κρίνεται απαραίτητο.

# Η παραγωγή μικροβιακών προϊόντων (μεταβολιτών) γίνεται σε βιοαντιδραστήρες



- Στο κλειστό σύστημα ζύμωσης (Batch), σε χρόνο  $t=0$  γίνεται εμβολιασμός ενός αποστειρωμένου θρεπτικού υλικού στον βιοαντιδραστήρα
- Ακολουθεί επώαση κάτω από ελεγχόμενες άριστες φυσικοχημικές συνθήκες περιβάλλοντος.

# Ζύμωση σε βιοαντιδραστήρα



- Κατά τη διάρκεια της αύξησης δεν γίνεται καμιά προσθήκη, εκτός από οξυγόνο (υπό μορφή αέρα) εάν απαιτούνται αερόβιες συνθήκες, ενός αντιαφριστικού παράγοντα και οξέος ή βάσης για τη ρύθμιση του pH.
- Κατά την διάρκεια της επώασης της καλλιέργειας η σύνθεση του θρεπτικού υλικού, η συγκέντρωση της βιομάζας και η συγκέντρωση των μεταβολιτών αλλάζουν και είναι αποτέλεσμα του κυτταρικού μεταβολισμού.

# Scale up: παραγωγή μικροβιακού προϊόντος σε μεγαλύτερη κλίμακα



Βιομηχανικός βιοαντιδραστήρας



Δοκιμαστικός σωλήνας



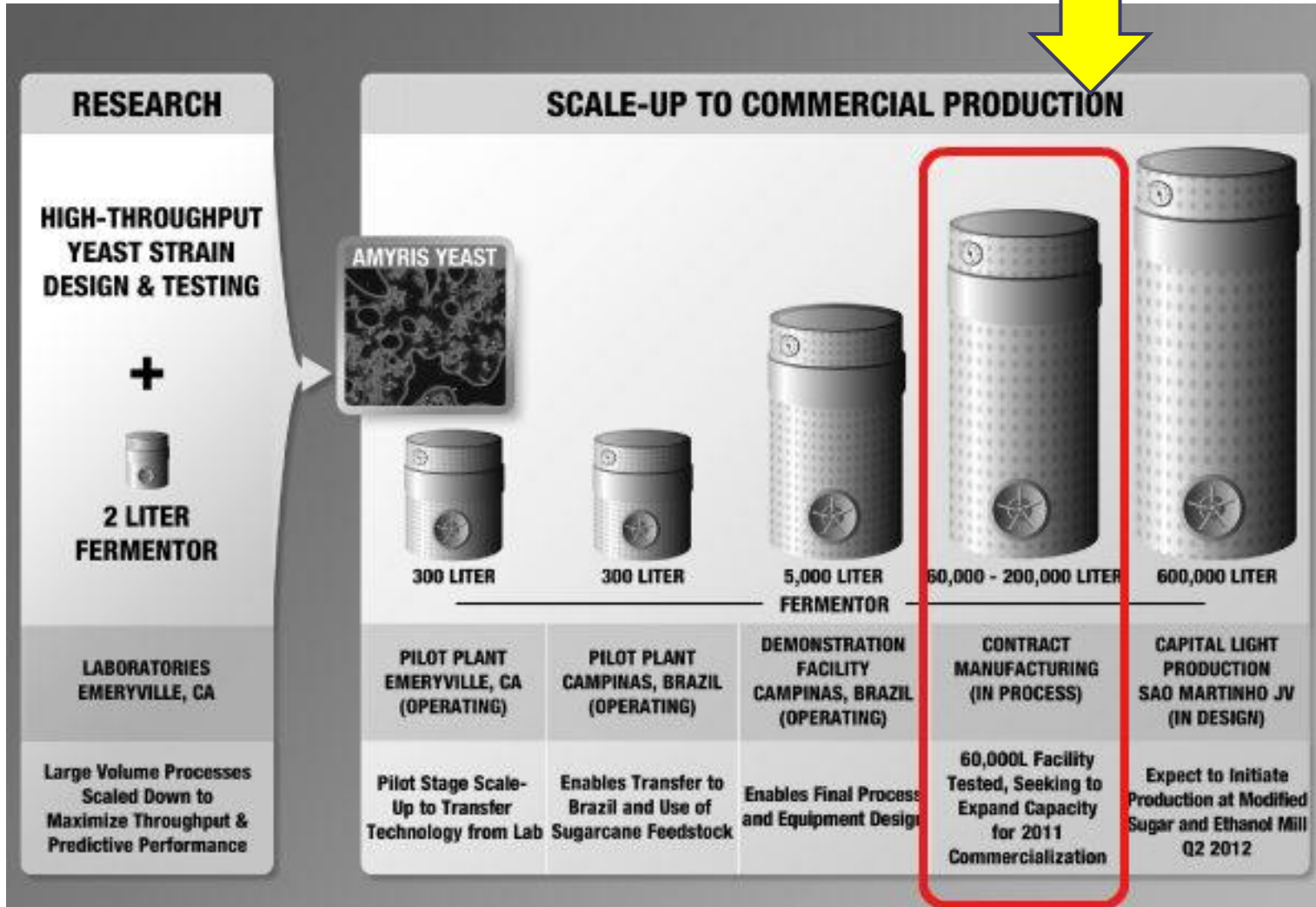
τρυβλίο



Εργαστηριακός βιοαντιδραστήρας



# Scale up: βέλτιστη βιομηχανική μικροβιακή παραγωγή σε βιοαντιδραστήρες χωρητικότητας πΧ >200 τόνων



# Παράγοντες που επιδρούν στην μικροβιακή ανάπτυξη (και στην καμπύλη ανάπτυξης)

1. Θερμοκρασία
2. pH
3. Ενεργότητα ύδατος  $a_w$  (οσμωτική πίεση)
4. Οσμωτική πίεση
5. οξυγόνο

# 1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Επηρεάζει:

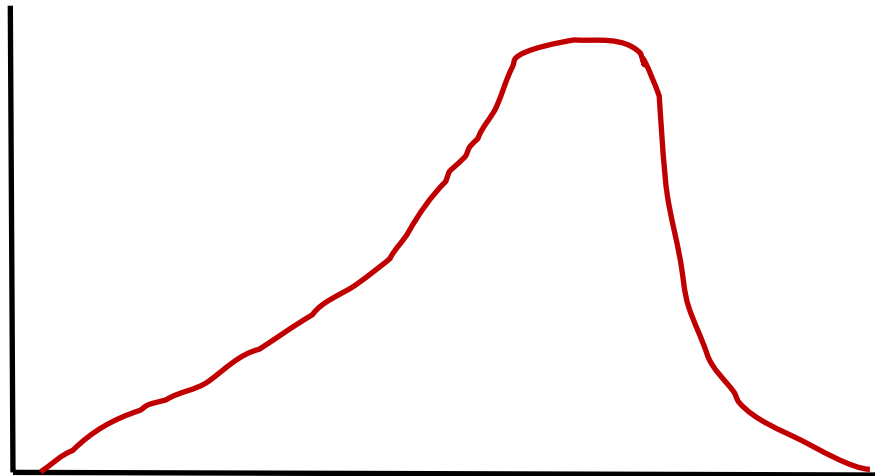
- Την δομή της τρισδιάστατης μορφής των μορίων-ενζύμων (δεσμοί υδρογόνου)
- Την λειτουργικότητα των κυτταρικών μεμβρανών

**Οι μικροοργανισμοί έχουν:**

*Ελάχιστη* θερμοκρασία ανάπτυξης

*Άριστη* θερμοκρασία ανάπτυξης

*Μέγιστη* θερμοκρασία ανάπτυξης



# ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

## ΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΣΕ:

### Ψυχρόφιλα - (Psychrophiles)

<u>Ελάχιστη</u>	<u>Άριστη</u>	<u>Μέγιστη</u>
-5 / +5°C	12 / 15°C	15 / 20°C

### Ψυχρότροφα - (Psychrotrophics)

<u>Ελάχιστη</u>	<u>Άριστη</u>	<u>Μέγιστη</u>
-5 / +5°C	25 / 30°C	30 / 35°C

### Μεσόφιλα - (Mesophilic)

<u>Ελάχιστη</u>	<u>Άριστη</u>	<u>Μέγιστη</u>
5 / 15°C	30 / 40°C	40 / 47°C

### Θερμόφιλα - (Thermophiles)

<u>Ελάχιστη</u>	<u>Άριστη</u>	<u>Μέγιστη</u>
40 / 45°C	55 / 75°C	60 / 90°C

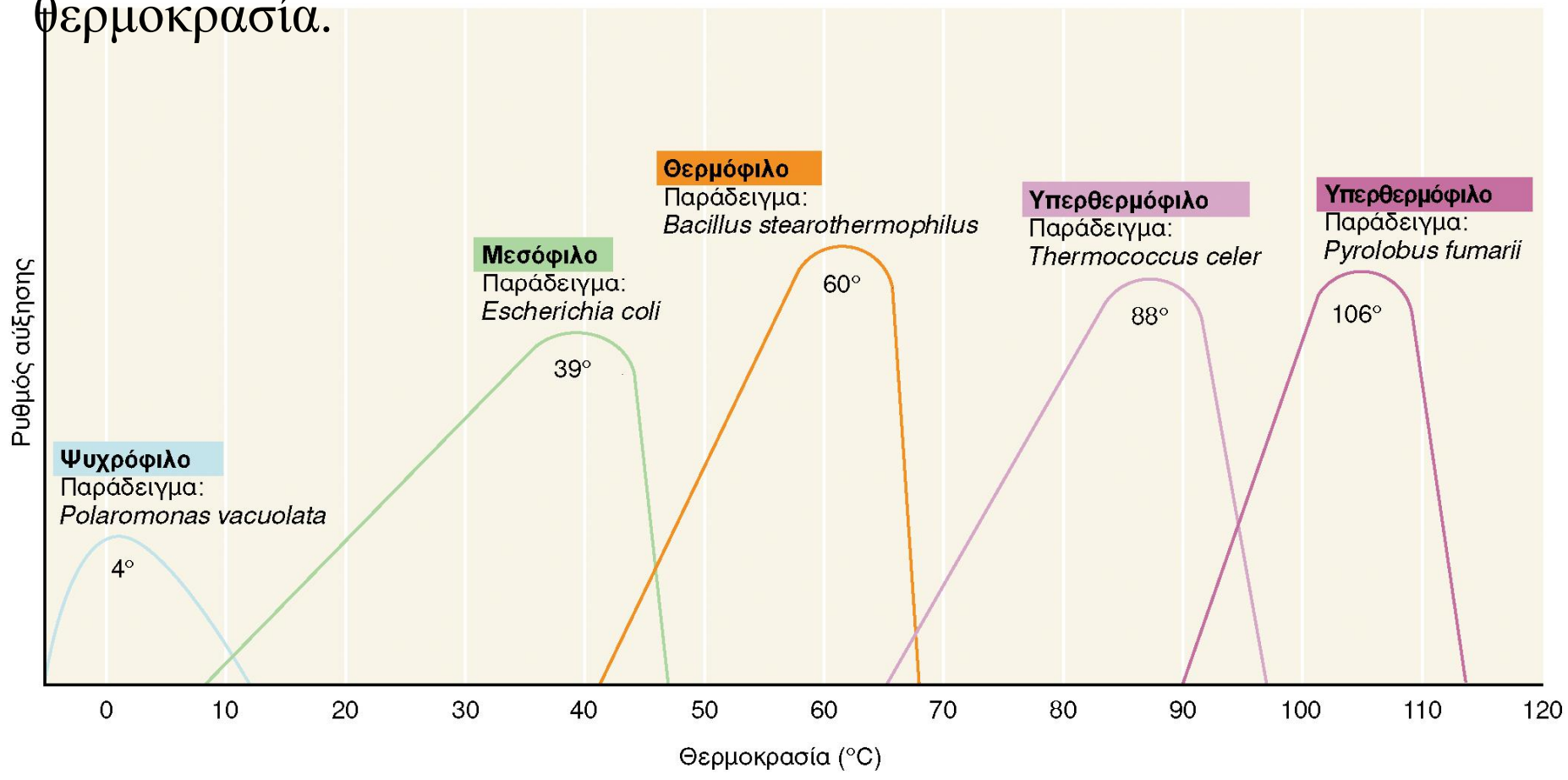
### Υπερθερμόφιλα - (Hyperthermophiles)

<u>Ελάχιστη</u>	<u>Άριστη</u>	<u>Μέγιστη</u>
75 / 80°C	90 / 95°C	100 / 110°C

Οι περισσότεροι μικροοργανισμοί που μας ενδιαφέρουν είναι μεσόφιλοι πχ ο *Saccharomyces cerevisiae*

# Σχέση θερμοκρασίας και ρυθμού αύξησης διαφόρων μικροοργανισμών.

Κάθε μικροοργανισμός παρουσιάζει το μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης σε μία συγκεκριμένη θερμοκρασία που ονομάζεται **άριστη ή βέλτιστη θερμοκρασία**.



**Εικόνα 6.17** Σχέση θερμοκρασίας και ρυθμού αύξησης ενός τυπικού ψυχρόφιλου, ενός τυπικού μεσόφιλου, ενός τυπικού θερμόφιλου, και δύο διαφορετικών υπερθερμόφιλων οργανισμών. Στο διάγραμμα σημειώνονται οι άριστες θερμοκρασίες των οργανισμών αυτών.

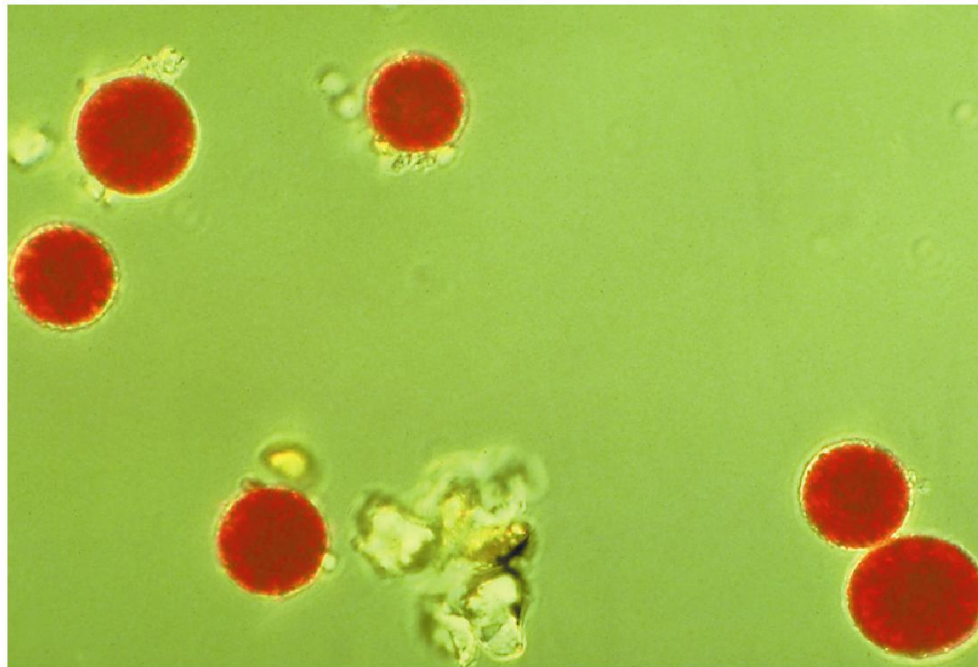
# Μεσόφιλοι μικροοργανισμοί:

- Τα περισσότερα παθογόνα βακτήρια εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία



(a)

Katherine M. Brock



(β)

T. D. Brock

**Εικόνα 6.19** Φύκη του χιονιού. (a) Χιονισμένη πλαγιά στη Sierra Nevada της Καλιφόρνιας (ΗΠΑ), με κόκκινη απόχρωση λόγω της παρουσίας φυκών στο χιόνι. Τέτοιο ροδόχροο χιόνι είναι σύνηθες το καλοκαίρι στις χιονισμένες εκτάσεις μεγάλου υψομέτρου σε όλο τον κόσμο. (β) Μικροφωτογραφία σπορίων κόκκινου χρώματος του φύκους του χιονιού *Chlamydomonas nivalis*. Τα σπόρια βλαστάνουν και δίνουν πράσινα κύτταρα με ικανότητα κίνησης. Συγγενή είδη φυκών του χιονιού περιέχουν διαφορετικά καροτενοειδή (🔗 Τμήμα 17.3), συνεπώς τα πεδία με τέτοιου είδους φύκη μπορούν να είναι πράσινα, πορτοκαλί, καφετιά, ή ιώδη.



T. D. Brock

(a)



T. D. Brock

(β)

**Εικόνα 6.20** Ανάπτυξη υπερθερμόφιλων οργανισμών σε νερό θερμοκρασίας βρασμού. (α) Το Boulder Spring, μια μικρή θερμοπηγή στο Εθνικό Πάρκο του Yellowstone. Σε αυτή την πηγή, το νερό υπερθερμαίνεται, φθάνοντας σε θερμοκρασίες  $1^{\circ}\text{-}2^{\circ}\text{C}$  πάνω από το σημείο βρασμού του. Οι αποθέσεις ορυκτών γύρω από την πηγή είναι κυρίως πυρίτιο και αυτοφμές θείο. (β) Μικροφωτογραφία μιας μικροαποικίας προκαρυωτικών οργανισμών που αναπτύχθηκαν σε αντικειμενοφόρο πλάκα εμβαπτισμένη σε μια θερμοπηγή όπως εκείνη της εικόνας (α).

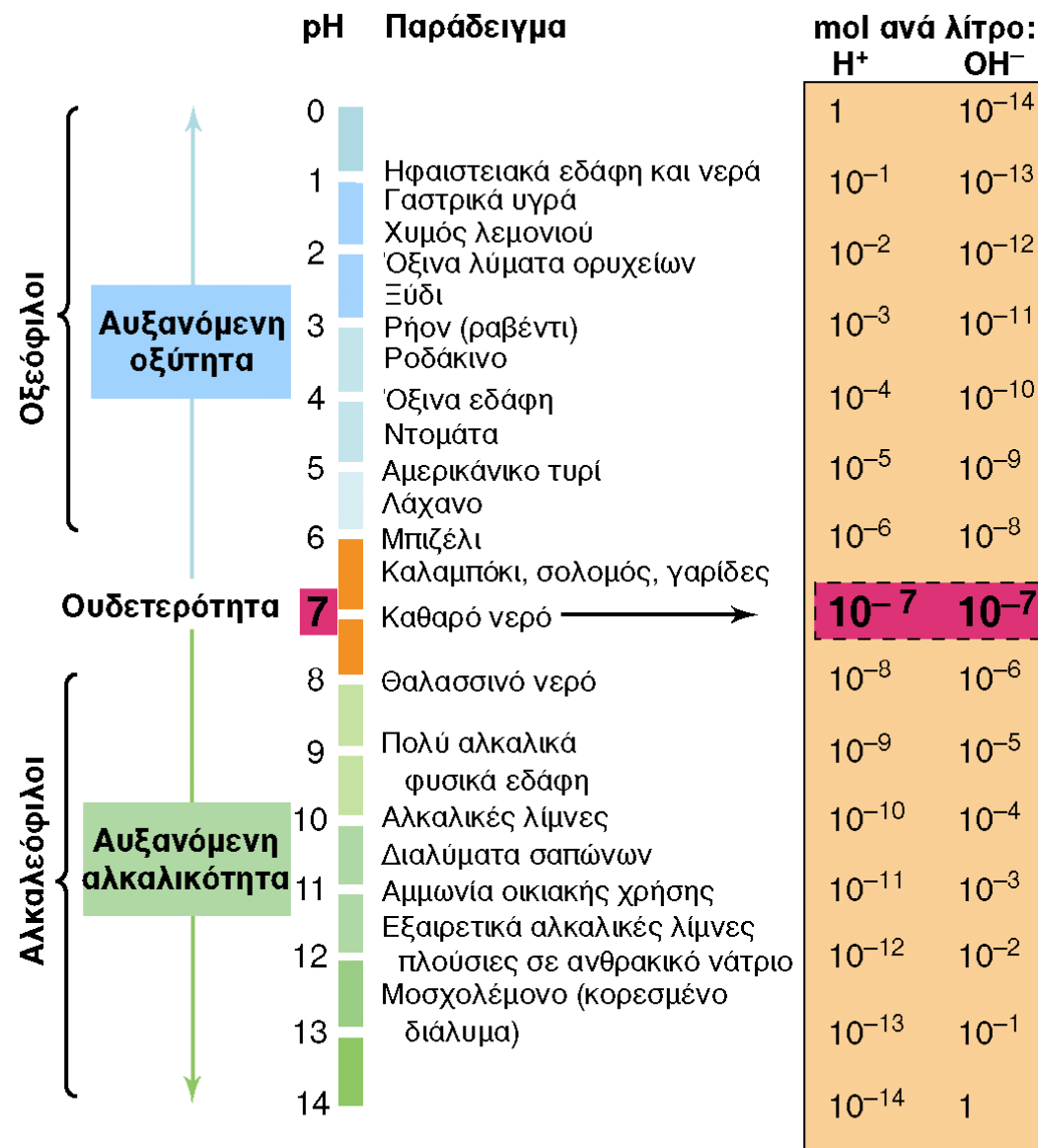


David M. Ward

**Εικόνα 6.21** Αύξηση θερμοφίλων κυανοβακτηρίων σε θερμή πηγή του Εθνικού Πάρκου Yellowstone. Χαρακτηριστικό πρότυπο που διαμορφώνεται από κυανοβακτήρια στην ανώτερη θερμοκρασία φωτοτροφικής ζωής, 70°-74°C, στη θερμοκρασιακή διαβάθμιση μιας θερμοπηγής. Το πρότυπο αυτό εμφανίζεται λόγω της ταχύτερης ψύξης του νερού στα άκρα του καναλιού σε σχέση με το κέντρο του. Το νερό αναβλύζει από το «πίσω» μέρος της εικόνας με κατεύθυνση προς τα εμπρός. Λίγο πιο πάνω από εκεί όπου είναι γονατισμένος ο επιστήμονας, η θερμοκρασία του νερού είναι πολύ υψηλή για τα κυανοβακτήρια. Το ανοικτό πράσινο χρώμα οφείλεται σε μορφές υψηλών θερμοκρασιών του γένους *Synechococcus*. Ο αριθμός των κυττάρων αυξάνεται καθώς το νερό «κατεβαίνει» στη θερμοκρασιακή διαβάθμιση και το χρώμα γίνεται εντονότερο πράσινο.

## 2. pH:

η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου σε ένα περιβάλλον επηρεάζει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών



**Εικόνα 6.22**

Η κλίμακα pH. Σημειώστε ότι αν και ορισμένοι μικροοργανισμοί μπορούν να επιβιώσουν σε συνθήκες πολύ χαμηλού ή πολύ υψηλού pH, το εσωτερικό pH του κυττάρου παραμένει σχεδόν ουδέτερο.

Η συγκέντρωση  $H^+$  επηρεάζει το pH και συνεπώς:

- τις χημικές αντιδράσεις στο εσωτερικό του κυττάρου
- την λειτουργία ενζύμων στην κυτταρική μεμβράνη
- το ηλεκτροχημικό δυναμικό της μεμβράνης

# ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ H<sup>+</sup>-[pH]

ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ pH



1.5 ← **ΜΥΚΗΤΕΣ** → 9.0

2.0 ← **Gram+** → 8.5

4.5 ← **Gram-** → 9.0

### 3. ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ-[ $a_w$ ]

$$a_w = \frac{\text{Τάση ατμών διαλύματος}}{\text{Τάση ατμών νερού}}$$

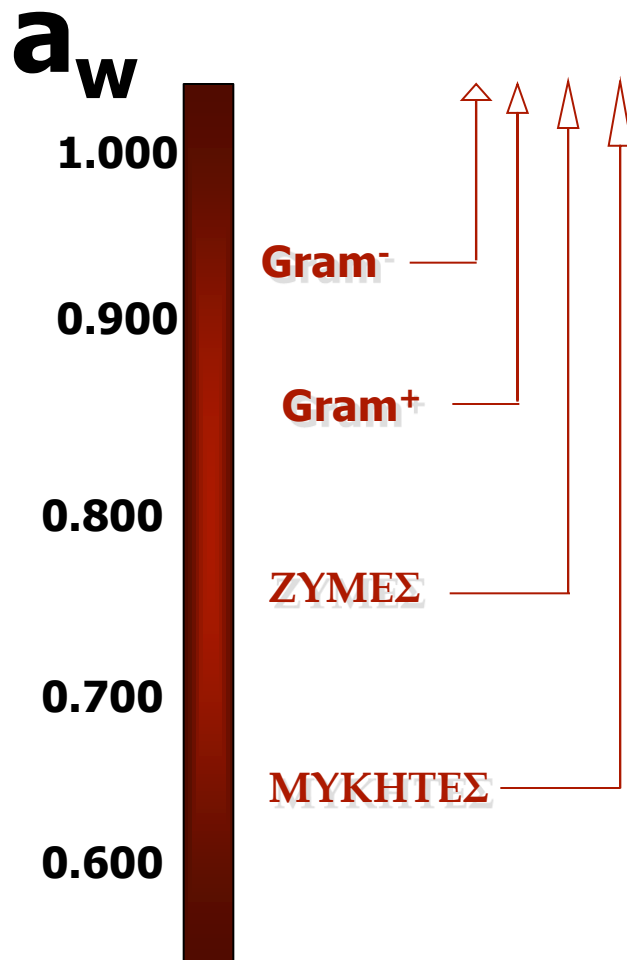
Ο συντελεστής «ενεργότητας νερού -  $a_w$ » ΔΕΝ εκφράζει την περιεκτικότητα ενός διαλύματος σε νερό  
αλλά την  
**ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ** του νερού στο διάλυμα

# ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ- $[a_w]$

ΤΡΟΦΙΜΟ	$a_w$
Νερό	<b>1.000</b>
Γάλα - Φρούτα - Λαχανικά	<b>0.995 - 0.998</b>
Νωπό κρέας - Ψάρια	<b>0.990 - 0.995</b>
Μαγειρεμένο κρέας	<b>0.965 - 0.980</b>
Ψωμί	<b>0.900 - 0.850</b>
Σαλάμι	<b>0.850 - 0.900</b>
Μέλι	<b>0.750</b>
Αποξηραμένα φρούτα	<b>0.600 - 0.750</b>
Σκόνη γάλακτος	<b>0.700</b>
Πάγος (-40°C)	<b>0.680</b>
Ζυμαρικά	<b>0.20 - 0.60</b>

Όσο πιο  $<1$  είναι η  $a_w$  τόσο λιγότερο ευνοϊκό είναι το περιβάλλον για την ανάπτυξη του μικροοργανισμού

# ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ-[ $a_w$ ]



Τα βακτήρια δεν αντέχουν σε  $a_w$  κάτω από ~0,85.

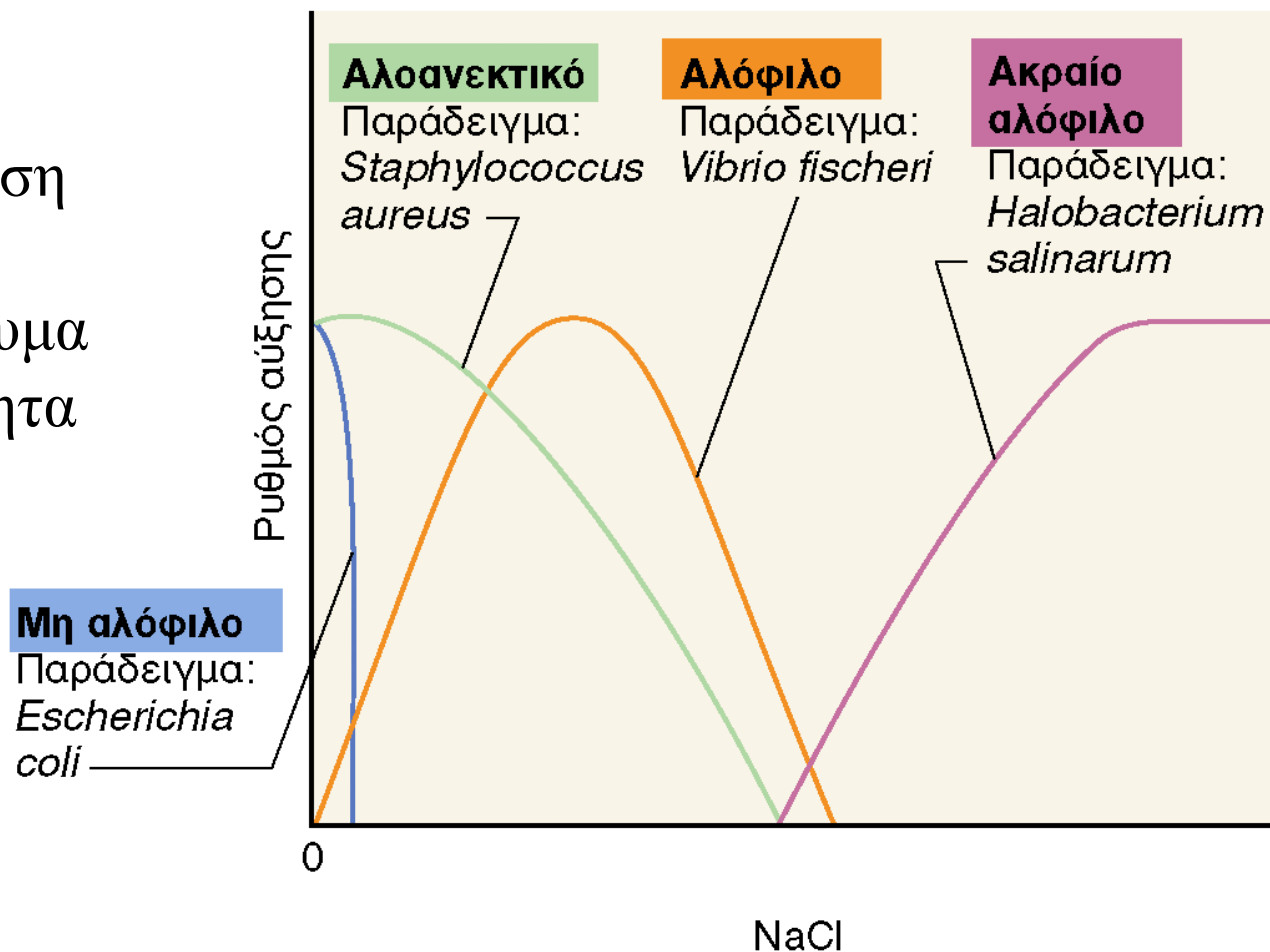
Οι μύκητες έχουν την μεγαλύτερη ανεκτικότητα σε χαμηλές  $a_w$

Μύκητες που αντέχουν σε  $a_w$  0,65 λέγονται ξηρόφιλοι και οι ζύμες ωσμόφιλες.

## 4. Ωσμωτική πίεση

Η υψηλή συγκέντρωση αλατιού (NaCl) ή ζάχαρης σε ένα διάλυμα μειώνει την ενεργότητα νερού ( $a_w$ ).

Οι μικροοργανισμοί που αντέχουν στην υψηλή αλατότητα λέγονται **αλόφιλοι**



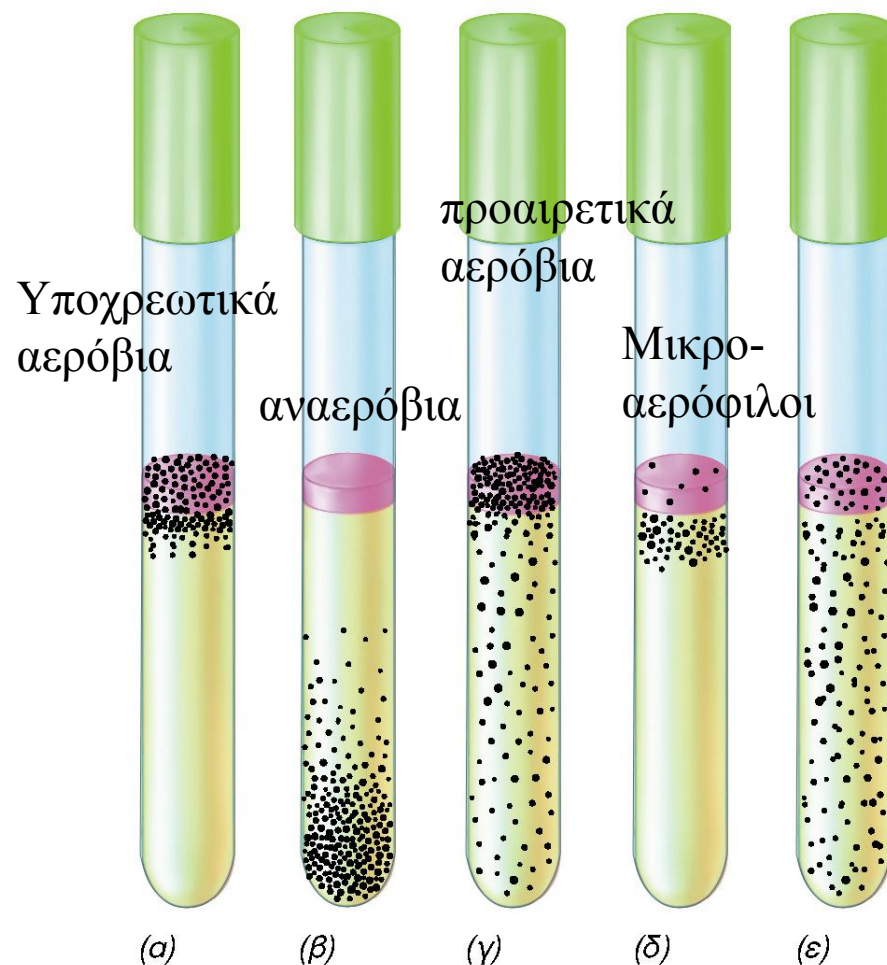
**Εικόνα 6.23**

Επίδραση της συγκέντρωσης ιόντων νατρίου στην ανάπτυξη μικροοργανισμών με διαφορετική ανοχή ή διαφορετικές απαιτήσεις σε αλάτι. Η άριστη συγκέντρωση NaCl για θαλάσσιους μικροοργανισμούς, όπως για τον *V. fischeri*, είναι περίπου 3%, ενώ για τα ακραία αλόφιλα κυμαίνεται μεταξύ 15% και 30%, ανάλογα με τον οργανισμό.

## 5. Η επίδραση του οξυγόνου στην μικροβιακή ανάπτυξη

**Εικόνα 6.25**

Αερόβια, αναερόβια, προαιρετικά αναερόβια, μικροαερόφιλη, και αερανεκτική αναερόβια αύξηση, όπως φαίνεται από τη θέση των μικροβιακών αποικιών (απεικονίζονται ως μαύρες κουκκίδες) σε σωλήνες με θειογλυκολικό ζωμό ως θρεπτικό μέσο. Έχουν προστεθεί μικρή ποσότητα άγαρ, για να διατηρείται το υγρό σε ηρεμία, και ρεσαζουρίνη, ο οξειδοαναγωγικός χρωματικός δείκτης που γίνεται ροζ όταν οξειδωθεί και άχρωμος όταν αναχθεί. (α) Το οξυγόνο διεισδύει σε μικρό βάθος στον σωλήνα, οπότε τα υποχρεωτικά αερόβια αναπτύσσονται μόνο στην επιφάνεια. (β) Τα αναερόβια, που είναι ευαίσθητα στην παρουσία οξυγόνου, αναπτύσσονται μόνο μακριά από την επιφάνεια. (γ) Τα προαιρετικά αερόβια μπορούν να αυξάνονται είτε παρουσία είτε απουσία οξυγόνου, συνεπώς αναπτύσσονται καθ' όλο μήκος του σωλήνα. Ωστόσο, παρατηρείται καλύτερη αύξηση κοντά στην επιφάνεια, διότι οι συγκεκριμένοι οργανισμοί έχουν την ικανότητα της αναπνοής. (δ) Οι μικροαερόφιλοι αυξάνονται μακριά από τη ζώνη με το περισσότερο οξυγόνο. (ε) Οι αερανεκτικοί αναερόβιοι αναπτύσσονται καθ' όλο το μήκος του σωλήνα. Ωστόσο, η αύξησή τους δεν είναι καλύτερη κοντά στην επιφάνεια, διότι οι συγκεκριμένοι οργανισμοί έχουν μόνο την ικανότητα της ζύμωσης.



## Η επώαση αναερόβιων μικροοργανισμών γίνεται σε ειδικούς θαλάμους αναεροβίωσης



Deborah O. Jung and M. T. Madigan

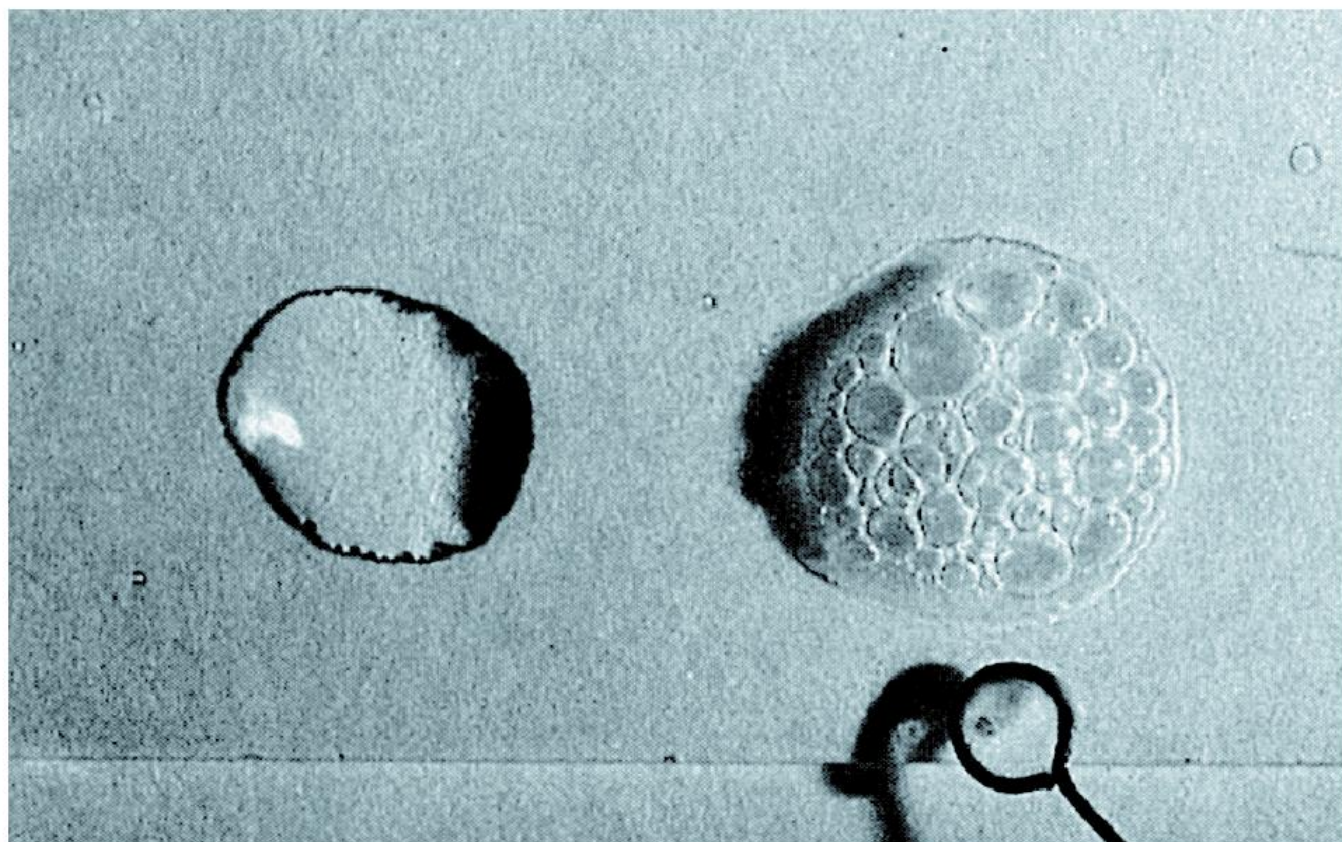
(α)



Coy Laboratory Products

(β)

**Εικόνα 6.26** Επώαση σε ανοξικές συνθήκες. (α) Ανοξικό δοχείο. Μια χημική αντίδραση στον μανδύα του δοχείου παράγει  $H_2 + CO_2$ . Το  $H_2$  αντιδρά με το  $O_2$  του δοχείου στην επιφάνεια ενός καταλύτη από παλλάδιο, και σχηματίζει  $H_2O$ : η ατμόσφαιρα που δημιουργείται τελικά περιέχει  $N_2$ ,  $H_2$ , και  $CO_2$ . (β) Ανοξικός θάλαμος με γάντια, για τον χειρισμό και την επώαση καλλιεργειών υπό ανοξικές συνθήκες. Στα δεξιά διακρίνεται ένας αεροφράκτης, μικρός θάλαμος που μπορεί να εκκενωθεί από αέρα και να πληρωθεί με κάποιο αέριο απαλλαγμένο από οξυγόνο. Η συγκεκριμένη διάταξη χρησιμοποιείται ως δίοδος προσθήκης ή απομάκρυνσης υλικών από το ανοξικό δοχείο.



T. D. Brock

**Εικόνα 6.29** Μέθοδος ανίχνευσης καταλάσης σε μικροβιακή καλλιέργεια. Ικανή ποσότητα κυττάρων από καλλιέργεια σε τρυβλία με άγαρ αναμειγνύονται σε αντικειμενοφόρο πλάκα με μια σταγόνα υπεροξειδίου του υδρογόνου 30%. Η άμεση εμφάνιση φυσαλίδων είναι ενδεικτική για την παρουσία καταλάσης. Οι φυσαλίδες δημιουργούνται κατά την απελευθέρωση  $O_2$  που παράγεται μέσω της αντίδρασης  $H_2O_2 + H_2O_2 \rightarrow 2 H_2O + O_2$ .

# ΑΝΘΡΑΚΑΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

## ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### ΠΗΓΗ ΑΝΘΡΑΚΑ

	ΦΩΣ (photo)	ΧΗΜΙΚΗ ΕΝΩΣΗ (chemo)
CO <sub>2</sub> (αυτό-)	<b>Φωτο -αυτότροφα</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Φυτά</li><li>• Φύκη</li><li>• Κυανοβακτήρια</li></ul> <p>Χρησιμοποιούν H<sub>2</sub>O για να ανάγουν το CO<sub>2</sub> και απελευθερώνουν O<sub>2</sub></p>	<b>Χήμειο-αυτότροφα</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Νιτροποιητικά βακτήρια</li><li>• Θειοαναγωγικά βακτήρια</li></ul> <p>Χρησιμοποιούν το CO<sub>2</sub> ως πηγή άνθρακα και ενέργεια μέσω οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων.</p>
Οργανική ουσία (-έτερο)	<b>Φωτο -ετερότροφα</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Πράσινα βακτήρια</li><li>• Μωβ βακτήρια</li></ul>	<b>Χήμειο-ετερότροφα</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Αερόβια αναπνοή:</u> Ζώα Μύκητες Πρωτόζωα Βακτήρια</li><li>• <u>Αναερόβια αναπνοή:</u> Ζώα Βακτήρια</li><li>• <u>Ζύμωση:</u> Βακτήρια Ζύμες</li></ul>