

Αρχές και μεθοδολογία της Βιοτεχνολογίας



7ο κεφάλαιο

Περιεχόμενα

	από σελίδα
• Η Βιοτεχνολογία προσφέρει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης των ζωντανών οργανισμών για την παραγωγή χρήσιμων προϊόντων	167
• Οι μικροβιακές καλλιέργειες αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο για τη Βιοτεχνολογία	168
• Οι μικροοργανισμοί μπορούν να αναπτυχθούν στο εργαστήριο και σε Βιομηχανική κλίμακα	170
• Οι μικροοργανισμοί μπορούν να καλλιεργηθούν με διαφορετικούς τρόπους	172
• Η παραλαβή των προϊόντων ζύμωσης απαιτεί τη χρησιμοποίηση σειράς τεχνικών καθαρισμού	173
Διευκρινίσεις – επισημάνσεις & απαντημένα θέματα συνδυασμού – σύγκρισης	174

Η Βιοτεχνολογία προσφέρει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης των ζωντανών οργανισμών για την παραγωγή προϊόντων

7.1 Τι γνωρίζετε για τη χρήση ζωντανών οργανισμών για παραγωγή χρήσιμων προϊόντων;

- Οι ζωντανοί οργανισμοί χρησιμοποιούνται εδώ και **χιλιάδες** χρόνια για την παραγωγή χρήσιμων προϊόντων.
 - Στο παρελθόν χρησιμοποιούνταν κυρίως για την παραγωγή ψωμιού, μπίρας και κρασιού.
 - Σήμερα οι εξελίξεις στην Επιστήμη και στην Τεχνολογία δίνουν τη δυνατότητα χρησιμοποίησης των ζωντανών οργανισμών για την παραγωγή ευρείας κλίμακας προϊόντων όπως:
 - ✓ τροφίμων, αντιβιοτικών και εμβολίων.

7.2 Πότε και γιατί χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά ο όρος Βιοτεχνολογία;

- Ο όρος **Βιοτεχνολογία** χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Ούγγρο Kark Ereky το 1919,
 - για να περιγράψει τη «διαδικασία παραγωγής προϊόντων από ακατέργαστα υλικά με τη βοήθεια ζωντανών οργανισμών».

7.3 Τι αποτελεί σήμερα η Βιοτεχνολογία, ποιος είναι ο στόχος της και σε ποιους τομείς συνεισφέρει;

- Σήμερα η Βιοτεχνολογία αποτελεί **συνδυασμό Επιστήμης και Τεχνολογίας**, με στόχο την εφαρμογή των γνώσεων που έχουν αποκτηθεί από τη μελέτη των ζωντανών οργανισμών για την **παραγωγή σε ευρεία κλίμακα χρήσιμων προϊόντων**.
 - Τέτοια προϊόντα είναι, για παράδειγμα,
 - ✓ η αλκοόλη, που παράγεται με ζύμωση, και
 - ✓ η ανθρώπινη ινσουλίνη, που παράγεται από γενετικά τροποποιημένα* βακτήρια.
- Η Βιοτεχνολογία συνεισφέρει σε διάφορους τομείς όπως είναι
 - η Ιατρική, η γεωργία, η κτηνοτροφία, η βιομηχανία και η προστασία του περιβάλλοντος.
- Βιοτεχνολογία, με την ευρεία έννοια του όρου, είναι η χρήση ζωντανών οργανισμών προς όφελος του ανθρώπου.

* Βακτήρια στα οποία έχει εισαχθεί ανασυνδυασμένο πλασμίδιο με το γονίδιο της προϊνσουλίνης. Ινσουλίνη λαμβάνουμε μετά από ενζυμική επεξεργασία της προϊνσουλίνης.

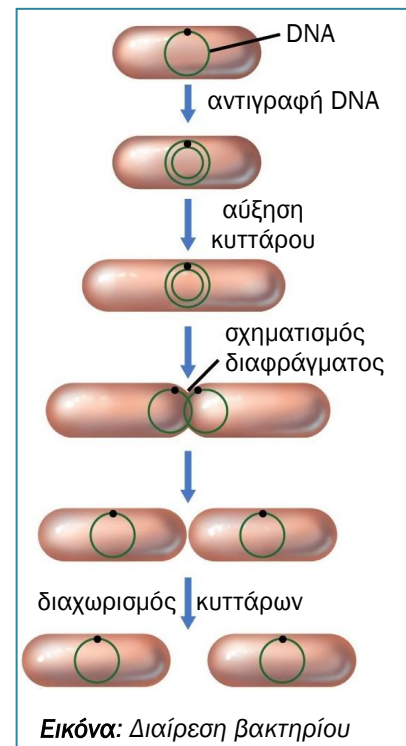
7.4 Σε ποιες τεχνικές στηρίζεται η Βιοτεχνολογία;

- Η Βιοτεχνολογία **στηρίζεται** κυρίως σε:
 - τεχνικές **καλλιέργειας** και ανάπτυξης των **μικροοργανισμών** και
 - τεχνικές **ανασυνδυασμένου DNA**, επειδή παρέχουν τη δυνατότητα
 - ✓ εισαγωγής νέων επιθυμητών ιδιοτήτων στους ζωντανούς οργανισμούς σε μικρότερο χρόνο και με μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι στο παρελθόν.

Οι μικροβιακές καλλιέργειες αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο για τη Βιοτεχνολογία

7.5 Από τι καθορίζεται ο ρυθμός ανάπτυξης του πληθυσμού των μικροοργανισμών και από τι επηρεάζεται ο χρόνος διπλασιασμού τους στις μικροβιακές καλλιέργειες;

- Οι μικροοργανισμοί όταν βρεθούν σε κατάλληλες συνθήκες, αυξάνονται σε μέγεθος και διαιρούνται με αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού τους.
 - Τα κύτταρα που προκύπτουν μετά από κάθε διαίρεση έχουν πρακτικά το ίδιο μέγεθος με το αρχικό κύτταρο.
- Ο ρυθμός ανάπτυξης ενός πληθυσμού μικροοργανισμών, δηλαδή ο ρυθμός με τον οποίο διαιρούνται τα κύτταρά του, **καθορίζεται** από το χρόνο διπλασιασμού.
- Κάθε είδος μικροοργανισμού έχει χαρακτηριστικό **χρόνο διπλασιασμού**.
 - Οι **παράγοντες** που **επηρεάζουν** το χρόνο διπλασιασμού και κατά συνέπεια το ρυθμό ανάπτυξης των μικροοργανισμών είναι:
 - ✓ η διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών,
 - ✓ το pH, το O₂ και η θερμοκρασία.



Χρόνος διπλασιασμού για διάφορα είδη μικροοργανισμών σε ιδανικές συνθήκες	
Είδος	Χρόνος διπλασιασμού
<i>Escherichia coli</i>	20 min
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	18 h
<i>Amoeba proteus</i>	24 h
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	2 h

7.6 Ποιά θρεπτικά συστατικά είναι απαραίτητα για να αναπτυχθεί ένας μικροοργανισμός; ΠΕ '06, '12

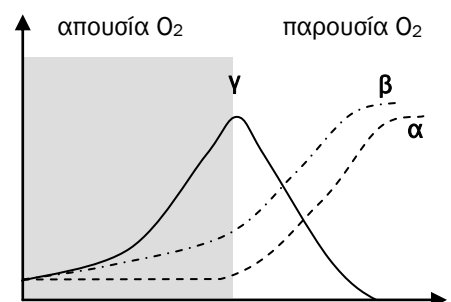
- Όπως και όλοι οι υπόλοιποι οργανισμοί, για να αναπτυχθεί ένας μικροοργανισμός είναι απαραίτητο να μπορεί να προμηθεύεται από το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται μια σειρά θρεπτικών συστατικών.
→ Σ' αυτά περιλαμβάνονται ο άνθρακας, το άζωτο, διάφορα μεταλλικά ιόντα και το **νερό**.
- Η **πηγή άνθρακα***¹:
→ για τους **αυτότροφους** μικροοργανισμούς είναι το **CO₂** της ατμόσφαιρας, ενώ
→ για τους **ετερότροφους** διάφορες **οργανικές ενώσεις**, όπως οι υδατάνθρακες.
- Η **πηγή αζώτου***² για τους περισσότερους μικροοργανισμούς είναι:
→ τα αμμωνιακά ή τα νιτρικά ιόντα (NO₃⁻).
- Τα **μεταλλικά ιόντα** είναι απαραίτητα:
→ για την πραγματοποίηση των χημικών αντιδράσεων στο κύτταρο και
→ ως συστατικά διαφόρων μορίων του κυττάρου.

*¹ Για να συνθέσουν τις δικές τους οργανικές ενώσεις.

*² Για να συνθέσουν αμινοξέα, νουκλεοτίδια, φωσφολιπίδια κ.ά.

7.7 Ποιες συνθήκες pH, O₂ και θερμοκρασίας πρέπει να επικρατούν για να αναπτυχθεί ένας μικροοργανισμός σε καλλιέργεια; ΠΕ '06

- Το **pH** επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.
→ Σε **pH 6–9** αναπτύσσονται και καλλιεργούνται οι περισσότεροι μικροοργανισμοί.
→ Σε **pH 4–5**, τα βακτήρια του γένους **Lactobacillus**.
- Η παρουσία ή απουσία **O₂** μπορεί να βοηθήσει ή να αναστείλει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.
→ **Υποχρεωτικά αερόβια (α)**: Απαιτούν υψηλή συγκέντρωση O₂, (ΠΕ '00, '10)
✓ π.χ. βακτήρια του γένους **Mycobacterium**.
→ **Προαιρετικά αερόβια (β)**: Αναπτύσσονται παρουσία O₂ με ταχύτερο ρυθμό απ' ότι απουσία O₂, όπως
✓ οι **μύκητες** που χρησιμοποιούνται στην **αρτοποιία**.
→ **Υποχρεωτικά αναερόβια (γ)**: Το O₂ είναι τοξικό γι' αυτούς,
✓ π.χ. βακτήρια του γένους **Clostridium**.



- Η **θερμοκρασία** είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που καθορίζουν το ρυθμό ανάπτυξης των μικροοργανισμών.
 - Οι περισσότεροι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται άριστα σε θερμοκρασία **20–45°C**,
 - ✓ π.χ. η *E.coli* αναπτύσσεται στους 37°C.
 - Ορισμένοι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται σε θερμοκρασία πάνω από τους 45°C, όπως αυτοί που αναπτύσσονται κοντά σε θερμοπηγές, και άλλοι κάτω από τους 20°C.

Οι μικροοργανισμοί μπορούν να αναπτυχθούν στο εργαστήριο και σε βιομηχανική κλίμακα

7.8 Ποιες είναι οι απαραίτητες προϋποθέσεις για την καλλιέργεια βακτηρίων και μυκήτων;

- Οι επιστήμονες είχαν ήδη αρχίσει από τα μέσα του 19ου αιώνα τις προσπάθειες για την καλλιέργεια βακτηρίων και μυκήτων. Ο Louis Pasteur στο Παρίσι υπήρξε από τους πρωτοπόρους αυτής της προσπάθειας. Για το σκοπό αυτό ήταν απαραίτητη:
 - η **απομόνωση** αρχικά των διάφορων ειδών βακτηρίων ή μυκήτων,
 - η **παρασκευή** κατάλληλων θρεπτικών υλικών και
 - η **διαμόρφωση** κατάλληλων συνθηκών ανάπτυξης.

7.9 Τι περιέχουν τα τεχνητά θρεπτικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη μικροοργανισμών και πώς παρασκευάζονται;

- Σήμερα οι μικροοργανισμοί οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την παραγωγή χρήσιμων προϊόντων, όπως **αντιβιοτικά** ή **ένζυμα**, μπορούν να αναπτυχθούν στο **εργαστήριο** και σε **μεγάλη κλίμακα** στις βιομηχανικές μονάδες κάτω από αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες καλλιέργειας.
- Για την ανάπτυξή τους χρησιμοποιούνται **τεχνητά θρεπτικά υλικά**.
 - Αυτά πρέπει να περιέχουν **πηγή άνθρακα**, **πηγή αζώτου** και **ιόντα**.
 - Στην περίπτωση αερόβιων μικροοργανισμών, είναι απαραίτητη η **παρουσία οξυγόνου**.
- Τα θρεπτικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών στο εργαστήριο μπορεί να είναι **υγρά** ή **στερεά**.
 - Τα υγρά θρεπτικά υλικά περιέχουν **όλα τα θρεπτικά συστατικά** που αναφέρθηκαν προηγουμένως **διαλυμένα σε νερό**.
 - Τα στερεά θρεπτικά υλικά παρασκευάζονται με **ανάμιξη του υγρού θρεπτικού υλικού με έναν πολυσακχαρίτη** που προέρχεται από φύκη, το **άγαρ**.
 - ✓ Το άγαρ είναι **ρευστό** σε θερμοκρασίες **πάνω από 45°C** αλλά στερεοποιείται σε μικρότερες θερμοκρασίες.



7.10 Περιγράψτε μια καλλιέργεια μικροοργανισμών στο εργαστήριο. (μικρή κλίμακα)

- Μία καλλιέργεια ξεκινάει με την προσθήκη μικρής ποσότητας κυττάρων στο θρεπτικό υλικό, μια διαδικασία που ονομάζεται **εμβολιασμός**.
→ Μετά τον εμβολιασμό οι μικροοργανισμοί παραμένουν σε ένα **κλίβανο** που
✓ εξασφαλίζει σταθερή θερμοκρασία, κατάλληλη για την ανάπτυξή τους,
→ Σε μικρό χρονικό διάστημα, **12–76 ώρες**, παράγεται μεγάλος αριθμός μικροοργανισμών.
- Οι καλλιέργειες αυτές μπορούν να διατηρηθούν σε **αδρανή μορφή** στην **κατάψυξη** (-80°C) για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Για την αποφυγή ανάπτυξης άλλων μικροοργανισμών, τα θρεπτικά υλικά και οι συσκευές **αποστειρώνονται** πριν την έναρξη της καλλιέργειας.

**7.11 Πώς καλλιεργούμε μικροοργανισμούς σε μεγάλη κλίμακα (βιομηχανική καλλιέργεια);**

- Όταν γίνεται καλλιέργεια μικροοργανισμών σε μεγάλη κλίμακα (βιομηχανική καλλιέργεια) χρησιμοποιούνται κατάλληλες συσκευές που ονομάζονται **ζυμωτήρες** ή **βιοαντιδραστήρες**.
→ Οι βιοαντιδραστήρες επιτρέπουν τον έλεγχο και τη ρύθμιση των συνθηκών (θερμοκρασία, pH, συγκέντρωση O_2) που αφορούν την καλλιέργεια.
- Στο θρεπτικό υλικό, που προστίθεται στους βιοαντιδραστήρες, χρησιμοποιούνται **φθηνές πηγές άνθρακα** όπως η **μελάσα**, που αποτελεί παραπροϊόν της επεξεργασίας ζαχαροκάλαμου ή σακχαρότευτλων.
- Η καλλιέργεια στο βιοαντιδραστήρα ξεκινάει με τον **εμβολιασμό** από μια αρχική καλλιέργεια μικροοργανισμών που έχει γίνει στο εργαστήριο.
- Οι μικροοργανισμοί πολλαπλασιάζονται χρησιμοποιώντας τα συστατικά του θρεπτικού υλικού.
→ Η καλλιέργεια συνεχίζεται μέχρι την παραγωγή του επιθυμητού προϊόντος.
- Όλες οι διεργασίες πρέπει να γίνονται κάτω από **στείρες συνθήκες** για να μην γίνει μόλυνση της καλλιέργειας.
→ Ο ίδιος ο βιοαντιδραστήρας και το θρεπτικό υλικό αποστειρώνονται πριν από τη χρήση.



7.12 Τι εννοούμε με τον όρο ζύμωση και ποια είναι τα προϊόντα της;

ΠΕ '09, '14

- Σήμερα, με τον όρο ζύμωση εννοούμε τη διαδικασία **ανάπτυξης μικροοργανισμών σε υγρό θρεπτικό υλικό** κάτω από **οποιοσδήποτε συνθήκες**, αερόβιες ή αναερόβιες.
→ Ο όρος ζύμωση παλαιότερα χρησιμοποιείτο μόνο για αναερόβιες διεργασίες.
- Τα προϊόντα της ζύμωσης είναι, είτε:
→ τα ίδια τα κύτταρα των μικροοργανισμών που ονομάζονται **βιομάζα**,
→ τα προϊόντα των κυττάρων, όπως **πρωτεΐνες** και **αντιβιοτικά**.

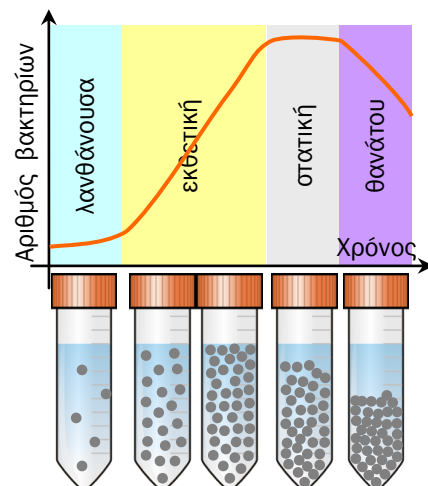
Οι μικροοργανισμοί μπορούν να καλλιεργηθούν με διαφορετικούς τρόπους

7.13 Ποιοι είναι οι δύο ευρέως χρησιμοποιούμενοι τύποι ζυμώσεων και ποια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά τους;

Υπάρχουν διάφοροι **τύποι ζυμώσεων**, οι οποίοι μπορούν να εφαρμοστούν ανάλογα με το επιθυμητό προϊόν. **Δύο ευρέως χρησιμοποιούμενοι** τύποι είναι η κλειστή και η συνεχής καλλιέργεια.

- **Κλειστή καλλιέργεια:**

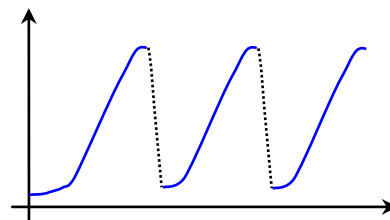
- Σ' αυτό τον τύπο ζύμωσης τοποθετείται στο βιοαντιδραστήρα **ορισμένη ποσότητα αποστειρωμένου θρεπτικού υλικού**, η οποία **εμβολιάζεται** με αρχική καλλιέργεια μικροοργανισμών. Η καλλιέργεια συνεχίζεται μέχρι την παραγωγή του επιθυμητού προϊόντος.
- Στην κλειστή καλλιέργεια οι φάσεις ανάπτυξης των μικροοργανισμών είναι η λανθάνουσα, η εκθετική, η στατική και η φάση θανάτου.



- **Συνεχής καλλιέργεια*¹:**

(ΠΕ '02)

- Οι μικροοργανισμοί **τροφοδοτούνται συνεχώς** με θρεπτικά συστατικά.
- Ταυτόχρονα **απομακρύνονται** από την καλλιέργεια τα κύτταρα*² και τα **άχρηστα προϊόντα**.



*¹ Μετά τη λανθάνουσα είναι συνεχώς σε εκθετική.

*² Βιομάζα

7.14 Ποιες φάσεις διακρίνουμε στην πορεία ανάπτυξης μιας ζύμωσης σε κλειστή καλλιέργεια και ποια είναι τα χαρακτηριστικά κάθε φάσης;

- Στην κλειστή καλλιέργεια οι **φάσεις ανάπτυξης** των μικροοργανισμών είναι η λανθάνουσα, η εκθετική, η στατική και η φάση θανάτου:
 - **Λανθάνουσα:** Ο πληθυσμός των μικροοργανισμών που προέρχεται από την αρχική καλλιέργεια **παραμένει σχεδόν σταθερός**.
 - ✓ Αυτό οφείλεται στο ότι οι μικροοργανισμοί χρειάζονται κάποιο χρονικό διάστημα για να **προσαρμοστούν** στις καινούργιες συνθήκες και να αρχίσουν να αναπτύσσονται.
 - **Εκθετική:** Ονομάζεται έτσι, επειδή ο αριθμός των μικροοργανισμών αυξάνεται εκθετικά. Οι μικροοργανισμοί **διαιρούνται με ταχύ ρυθμό** επειδή η καλλιέργεια:
 - ✓ πραγματοποιείται κάτω από **άριστες συνθήκες** θερμοκρασίας, pH, O₂ και
 - ✓ στο υλικό καλλιέργειας υπάρχουν **άφθονα θρεπτικά συστατικά**.
 - **Στατική:** Ο πληθυσμός των μικροοργανισμών **δεν*** αυξάνεται:
 - ✓ λόγω **εξάντλησης** των θρεπτικών συστατικών ή
 - ✓ λόγω **συσσώρευσης** τοξικών προϊόντων από το μεταβολισμό τους.
 - **Θανάτου:** Ο αριθμός των μικροοργανισμών μειώνεται.
- Παρ' ότι η διαδοχή των φάσεων ανάπτυξης σε κάθε κλειστή καλλιέργεια είναι συγκεκριμένη, η **διάρκεια κάθε φάσης διαφέρει** ανάλογα με το είδος των μικροοργανισμών.
- Οι μικροοργανισμοί παράγουν **χρήσιμα προϊόντα** συνήθως κατά την **εκθετική** και τη **στατική** τους φάση.

Η παραλαβή των προϊόντων ζύμωσης απαιτεί τη χρησιμοποίηση τεχνικών καθαρισμού

7.15 Τι τεχνικές καθαρισμού απαιτεί η παραλαβή των προϊόντων της ζύμωσης;

- Τελική κατεργασία είναι η **διεργασία καθαρισμού του προϊόντος** που παραλαμβάνεται από το βιοαντιδραστήρα.
- Αρχικά, γίνεται διαχωρισμός των υγρών από τα στερεά συστατικά, στα οποία συμπεριλαμβάνονται και τα κύτταρα, με **διήθηση ή φυγοκέντρηση**.
- Το επιθυμητό προϊόν:
 - μπορεί να περιλαμβάνεται στα υγρά ή στα στερεά συστατικά, από όπου
 - παραλαμβάνεται με τη χρήση κατάλληλων μεθόδων.
- Τα προϊόντα της ζύμωσης μπορούν να αξιοποιηθούν μόνο όταν είναι **απόλυτα καθαρά**, δηλαδή όταν **δεν έχουν προσμείξεις**.

* Στην πραγματικότητα δημιουργείται και πεθαίνει ίδιος αριθμός μικροοργανισμών.

ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΕΙΣ – ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ & ΘΕΜΑΤΑ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ – ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ

7.16 Σύγκριση κλειστής και συνεχούς καλλιέργειας

Κριτήριο	ΚΛΕΙΣΤΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	ΣΥΝΕΧΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ
Θρεπτικό υλικό	✓ Τοποθετείται ορισμένη ποσότητα	✓ Τροφοδοτείται συνεχώς
Απομάκρυνση νεκρών κυττάρων και άχρηστων προϊόντων μεταβολισμού	✓ Όχι	✓ Ναι
Φάσεις ανάπτυξης που παρατηρούνται	✓ Τέσσερις → λανθάνουσα, εκθετική, στατική, φάση θανάτου	✓ Μετά τη λανθάνουσα βρίσκονται διαρκώς σε μία → εκθετική ή στατική
Πού εφαρμόζεται;	✓ Στη βιομηχανία και στο εργαστήριο	✓ Στη βιομηχανία συνήθως
Διάρκεια;	✓ Μικρή συνήθως	✓ Μεγάλη συνήθως

7.17 Σύγκριση εργαστηριακής και βιομηχανικής καλλιέργειας

Κριτήριο	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ
Κλίμακα καλλιέργειας	✓ Μικρή	✓ Μεγάλη
Συσκευές που χρησιμοποιούνται	✓ Απλές εργαστηριακές συσκευές	✓ Ζυμωτήρες ή βιοαντιδραστήρες
Τύπος θρεπτικού υλικού	✓ Υγρό ή στερεό	✓ Υγρό (ζύμωση)
Εμβολιασμός	✓ Με μικρή ποσότητα κυττάρων	✓ Με αρχική καλλιέργεια μικροοργανισμών στο εργαστήριο
Χρησιμότητα	✓ Μελέτη μικροοργανισμών και μικρή παραγωγή προϊόντων	✓ Παραγωγή βιομάζας και προϊόντων για εμπορικό σκοπό
Τύπος καλλιέργειας	✓ Κλειστή ή συνεχής	✓ Συνεχής

7.18 ☼* Για ποιο λόγο αναπτύχθηκαν οι συνεχείς καλλιέργειες; Με ποιο τρόπο έγινε αυτό εφικτό;

Τα χρήσιμα προϊόντα μιας καλλιέργειας, που παράγουν τα μικρόβια και που θέλει ο άνθρωπος να εκμεταλλευτεί, παράγονται είτε στην εκθετική είτε στη στατική φάση ανάπτυξης, ανάλογα με το είδος του μικροβίου και το είδος της ουσίας.

Οι συνεχείς καλλιέργειες εφαρμόστηκαν, ώστε ο άνθρωπος, επιμηκύνοντας της διάρκεια της εκθετικής ή της στατικής φάσης, **να μεγιστοποιήσει το κέρδος** από την παραγωγή του επιθυμητού προϊόντος.

Σε μια συνεχή καλλιέργεια, η **παρέμβαση του ανθρώπου** αναιρεί τον παράγοντα εκείνο που θα επιβράδυνε ή θα οδηγούσε τα μικρόβια σε θάνατο. Τέτοιες παρεμβάσεις μπορεί να είναι η προσθήκη θρεπτικών, η απομάκρυνση των προϊόντων του μεταβολισμού των μικροβίων.

Ανάλογα με την ποσότητα τροφής, που προσθέτει ο άνθρωπος στην καλλιέργεια, μπορεί να τη διατηρήσει κατά βούληση, είτε στην εκθετική φάση (προσθέτοντας περίσσεια θρεπτικών) είτε στη στατική φάση (προσθέτοντας περιορισμένη ποσότητα θρεπτικών), ώστε ο ρυθμός ανάπτυξης να είναι ίσος με το ρυθμό θανάτου.