ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών & Σπουδών Υγείας

Τεύχος Β΄

Γ΄ τάξης Γενικού Λυκείου

Τόμος 7ος

l_c_biologia_thk_bm_145-177_28b.indd 1 31/3/2022 10:16:41 πμ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

ΟΜΑΔΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ

Δρ Βασιλική Αλεπόρου-Μαρίνου, Βιολόγος, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Δρ Αλέξανδρος Αργυροκαστρίτης, Βιολόγος, εκτ. Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης.

Δρ Αικατερίνη Κομητοπούλου, Βιολόγος, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Δρ Περικλής Πιαλόγλου, Βιολόγος, Πειραματικό Γυμνάσιο Αγίων Αναργύρων.

Βασιλική Σγουρίτσα, Βιολόγος, Λύκειο Αγίας Τριάδας Αργολίδας.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΓΙΑ ΤΟ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Δρ Βασιλική Περάκη, Βιολόγος, Σύμβουλος Π.Ι.

ΟΜΑΔΑ ΚΡΙΣΗΣ

Δρ Βασίλειος Γαλανόπουλος, Βιολόγος, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης.

Δρ Αντώνης Καστορίνης, Βιολόγος, Διευθυντής, 1ο Γυμνάσιο Κηφισιάς.

Αναστασία Καμπούρη, Βιολόγος, Γυμνάσιο Νέας Χαλκηδόνας.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ

Αλυσίδες DNA (TSI, ΑΠΕΙΡΟΝ ΕΠΕ)

ΣΧΕΔΙΑ ΠΡΩΤΟΣΕΛΙΔΩΝ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ 2 (σελ. 29), 4 (σελ. 59) και ΕΝΘΕΤΟΥ (σελ. 179).

Λία Γαλάνη

ΠΗΓΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ

ΑΠΕΙΡΟΝ ΕΠΕ Diplococcus pneumoniae σελ. 15, Ιός της γρίπης σελ. 49, Καθαρισμός μονοκλωνικών αντισωμάτων σελ.119, Διαγονιδιακές αγελάδες σελ. 135 και Καθαρισμός παραλίας από πετρελαιοκηλίδα από το ναυάγιο του Exxon Valdez σελ. 157.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΥΤΤΑΡΟΓΕΝΕΤΙΚΗΣ, ΜΑΙΕΥΤΗΡΙΟ ΜΗΤΕΡΑ.
Καρυότυπος ατόμου που πάσχει από σύνδρομο Klinefelter σελ. 100 και καρυότυπος ατόμου που πάσχει από σύνδρομο Turner σελ. 100.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας, η οποία δημιουργήθηκε με χρηματοδότηση από το ΕΣΠΑ / ΕΠ «Εκπαίδευση & Διά Βίου Μάθηση» / Πράξη «ΣΤΗΡΙΖΩ».



Οι διορθώσεις πραγματοποιήθηκαν κατόπιν έγκρισης του Δ.Σ. του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Η αξιολόγηση, η κρίση των προσαρμογών και η επιστημονική επιμέλεια του προσαρμοσμένου βιβλίου πραγματοποιείται από τη Μονάδα Ειδικής Αγωγής του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής.

Η προσαρμογή του βιβλίου για μαθητές με μειωμένη όραση από το ΙΤΥΕ – ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ πραγματοποιείται με βάση τις προδιαγραφές που έχουν αναπτυχθεί από ειδικούς εμπειρογνώμονες για το ΙΕΠ.

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ

ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ,
ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Ομάδας Προσανατολισμού
Θετικών Σπουδών
& Σπουδών Υγείας
Τεύχος Β΄

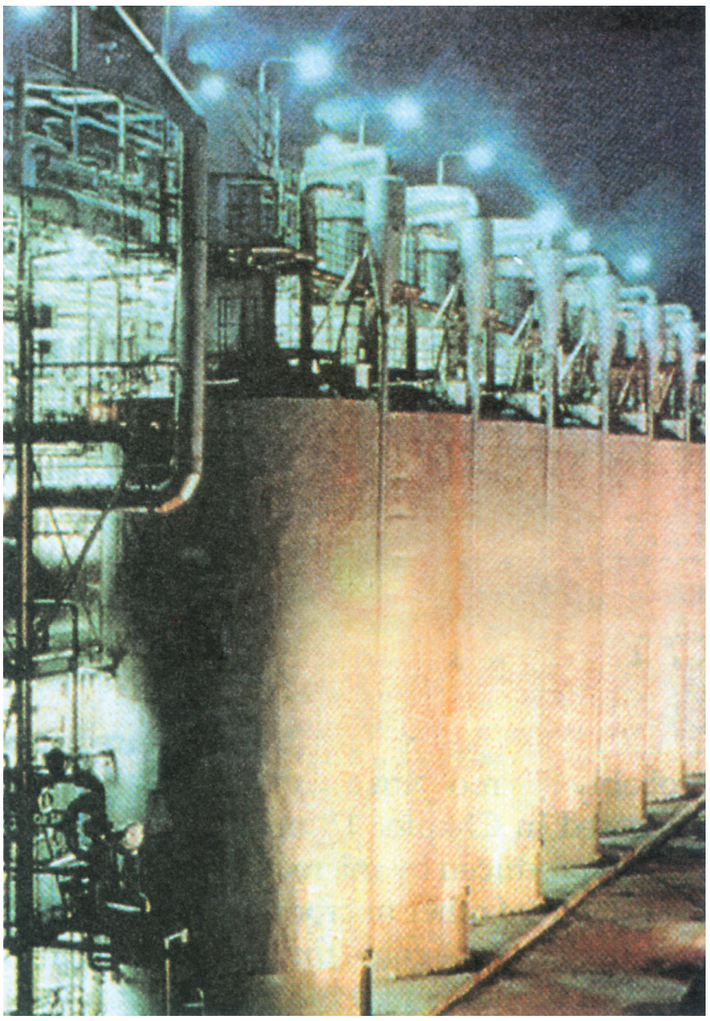
Γ΄ τάξης Γενικού Λυκείου

Τόμος 7ος

Ι.Τ.Υ.Ε. «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

l_c_biologia_thk_bm_179-206_28b.indd 7 31/3/2022 10:23:20 πμ

Εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας στη βιομηχανία



κεφάλαιο

10

Βιοαντιδραστήρες χωρητικότητας 240 m^3 για την παραγωγή αμινοξέων

10. Εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας στη βιομηχανία

Οι μικροοργανισμοί βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή στη βιομηχανία όπου χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα για να παράγουν προϊόντα εμπορικής αξίας. Στις παλαιότερες εφαρμογές περιλαμβάνεται η παραγωγή μπίρας και κρασιού με αλκοολική ζύμωση. Ακολούθησε η παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων, αντιβιοτικών, ενζύμων και άλλων χημικών ουσιών. Σε όλες αυτές τις διαδικασίες γινόταν προσπάθεια να παραχθεί το προϊόν που ενδιαφέρει σε μεγάλη ποσότητα, δηλαδή να υπάρχει υψηλή απόδοση. Αυτό γινόταν με δύο μεθόδους:

- Τη γενετική βελτίωση των οργανισμών με παραδοσιακό τρόπο (επιλογή στελεχών με υψηλή

απόδοση και διασταυρώσεις).

- Τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας που ακολουθείται για την παραγωγή του προϊόντος.

Σήμερα η Βιοτεχνολογία έρχεται να συμβάλει στις παραδοσιακές μεθόδους. Έτσι με την τεχνολογία του ανασυνδυασμένου DNA δημιουργήθηκαν **γενετικά τροποποιημένοι μικροοργανισμοί** που παράγουν προϊόντα με βελτιωμένες ιδιότητες. Οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την παραγωγή βιοτεχνολογικών προϊόντων επειδή παρουσιάζουν σειρά πλεονεκτημάτων, δηλαδή:

- Έχουν ταχύτατο ρυθμό ανάπτυξης.
- Μπορούν να αναπτυχθούν σε ποικιλία θρεπτικών υποστρωμάτων και συνθηκών καλλιέργειας.
- Εμφανίζουν τεράστια ποικιλία

στα μεταβολικά μονοπάτια και κατά συνέπεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή πολλών ειδών προϊόντων.

- Παράγουν, όταν καλλιεργηθούν στις κατάλληλες συνθήκες, μεγάλες ποσότητες προϊόντων.
- Τα προϊόντα που παράγουν απομονώνονται και «καθαρίζονται» σχετικά εύκολα, επειδή τα περισσότερα από αυτά είναι εξωκυτταρικά, δηλαδή εκκρίνονται στο θρεπτικό υλικό.

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στις εφαρμογές των μικροοργανισμών στη βιομηχανική παραγωγή.

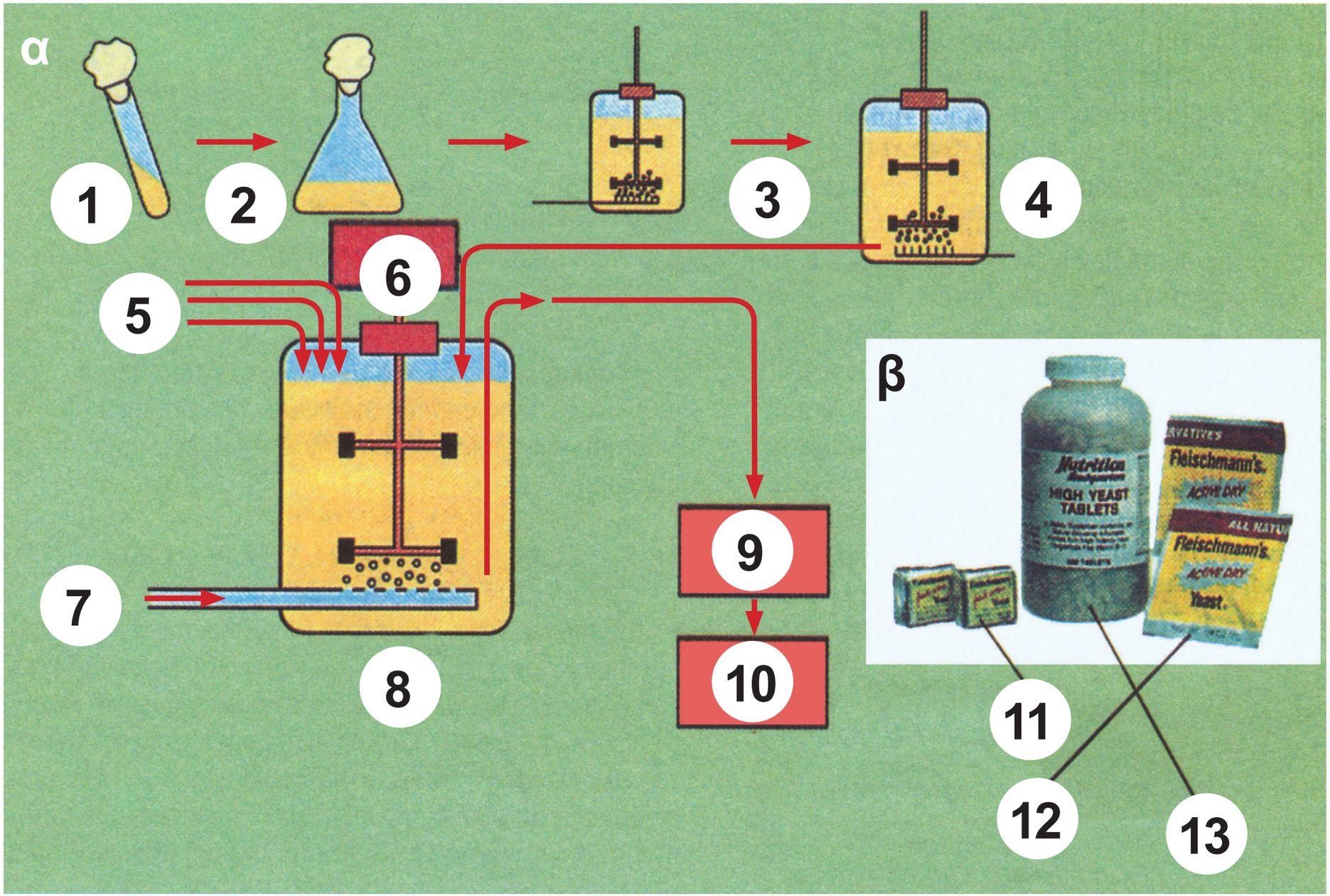
Η βιομάζα είναι ένα από τα προϊόντα των μικροβιακών ζυμώσεων

Η μικροβιακή **βιομάζα** αποτελείται από μεγάλο αριθμό κυττάρων

των μικροοργανισμών που έχουν παραχθεί σε βιοαντιδραστήρες. Η βιομάζα περιέχει μεγάλη ποσότητα πρωτεϊνών και άλλων θρεπτικών συστατικών και χρησιμοποιείται ως τροφή από τον άνθρωπο ή τα ζώα.

Η παραγωγή βιομάζας παρουσιάζει πλεονεκτήματα όπως χαμηλό κόστος, προστασία του περιβάλλοντος, υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, γρήγορη και ελεγχόμενη παραγωγή και απαίτηση σχετικά μικρού χώρου για την παραγωγή της.

Η παραγωγή μαγιάς αρτοποιίας (ζυμομυκήτων) αποτελεί την παλαιότερη εφαρμογή παραγωγής βιομάζας. Η μαγιά παράγεται σε βιομηχανική κλίμακα από τις αρχές του 20ού αιώνα.


α
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
β
HIGH YEAST TABLETS
Fleischmann's
ACTIVE DRY
Yeast
11
12
13

α
1. Αρχική καλιέργεια, 2. Καλλιέργεια σε φιάλη, 3. Καλλιέργεια σε εργαστηριακό βιοαντιδραστήρα, 4. Καλλιέργεια σε βιομηχανικό αντιδραστήρα, 5. Αποστειρωμένο θρεπτικό υλικό, έλεγχος pH, 6. Αναδευτήρας, 7. Οξυγόνωση, 8. Βιοαντιδραστήρας, 9. Παραλαβή, επεξεργασία προϊόντος, 10. Αποθήκευση
β
11. Μαγιά αρτοποιίας, 12. Ξηρή μαγιά αρτοποιίας, 13. Ξηρή μαγιά (συμπλήρωμα διατροφής)

Εικόνα 10.1 α. Στάδια παραγωγής ζύμης. β. Φωτογραφία προϊόντων ζύμης: μαγιά αρτοποιίας, συμπλήρωμα διατροφής, ξηρή μαγιά.

Ζύμες (ζυμομύκητες)

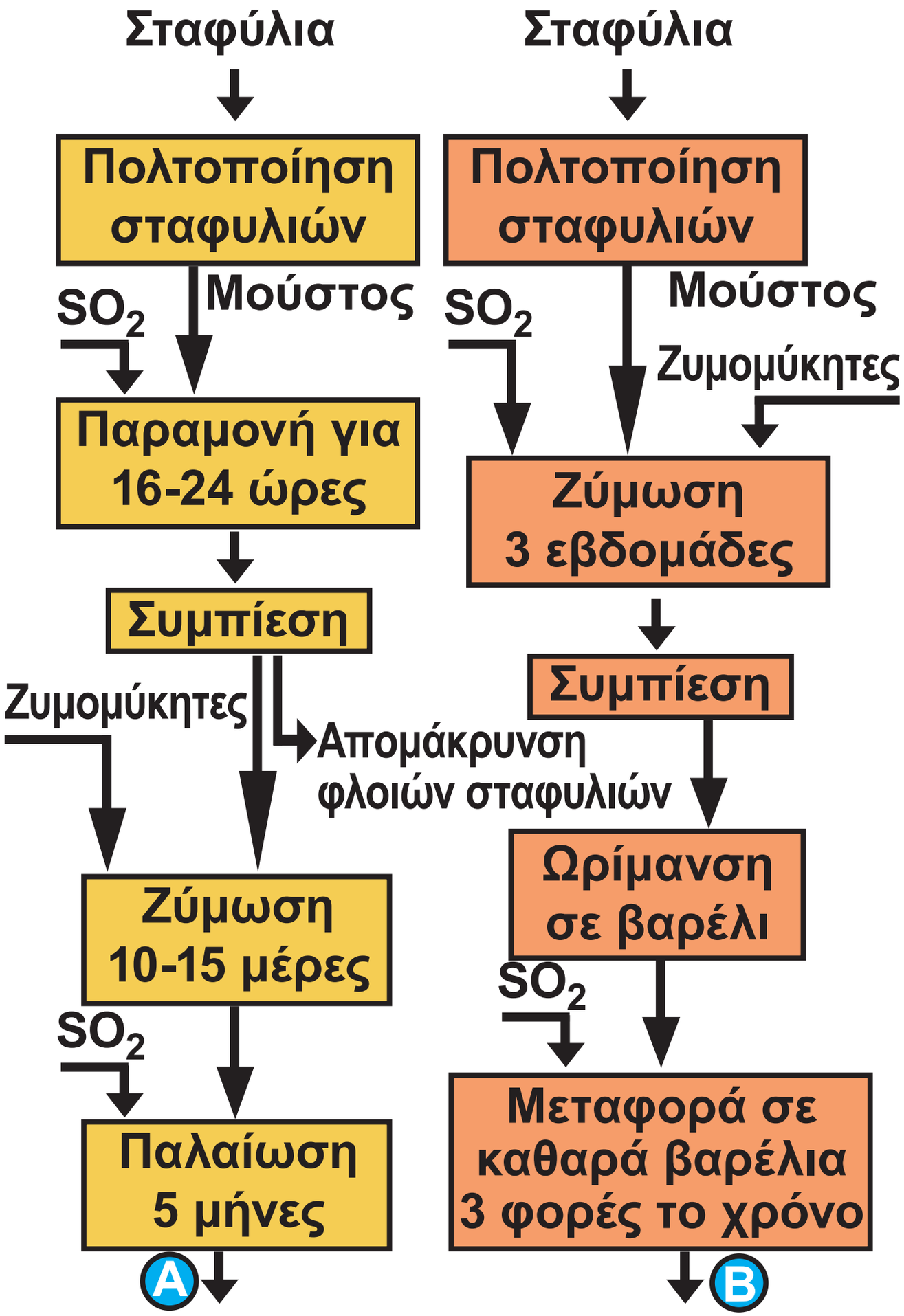
Οι ζύμες είναι μία ομάδα μονοκύτταρων μυκήτων. Πολλαπλασιάζονται ταχύτατα κάτω από αερόβιες συνθήκες, ενώ απουσία O_2 μετατρέπουν τη γλυκόζη σε αιθυλική αλκοόλη. Αποτελούν την πιο σημαντική και ευρύτερα χρησιμοποιούμενη κατηγορία μικροοργανισμών στη βιομηχανία. Καλλιεργούνται με σκοπό την παραγωγή ζύμης αρτοποιίας (μαγιά), τη χρήση τους στις αντιδράσεις αλκοολικής ζύμωσης και την παραγωγή διάφορων προϊόντων όπως οι βιταμίνες C και D. Η ζύμη αρτοποιίας παράγεται ύστερα από ανάπτυξη αρχικής καλλιέργειας μυκήτων σε βιοαντιδραστήρες και χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή του ψωμιού (Εικόνα 10.1).

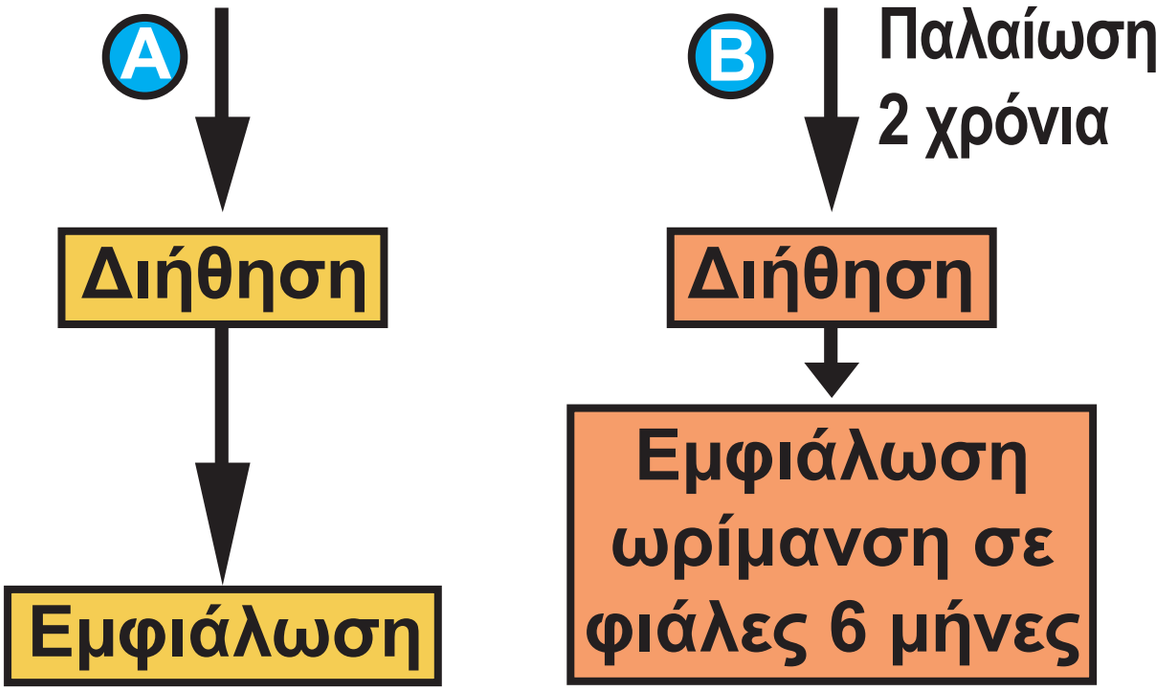
Η πρώτη ύλη για την παρασκευή ψωμιού είναι το αλεύρι, που περι-

έχει σε μεγάλες ποσότητες άμυλο. Στους κόκκους του σιταριού περιέχονται ένζυμα, τα οποία διασπούν το άμυλο σε μαλτόζη (δισακχαρίτης) και γλυκόζη. Στη συνέχεια προστίθενται μύκητες, που διασπούν αναερόβια τη γλυκόζη σε αιθανόλη και απελευθερώνουν CO_2 (βλ. αλκοολική ζύμωση). Το παραγόμενο CO_2 διογκώνει τη ζύμη, η οποία φουσκώνει. Η αιθανόλη που παράγεται κατά την αλκοολική ζύμωση εξατμίζεται στο ψήσιμο του ψωμιού. Για τη διάσπαση της γλυκόζης χρησιμοποιούνται κυρίως μύκητες του είδους Saccharomyces cerevisae, επειδή παράγουν μεγάλες ποσότητες CO_2.

Η Βιοτεχνολογία με αριθμούς

Ένα γραμμάριο μαγιάς περιέχει περίπου $2x10^{10}$ κύτταρα ζυμομύκητα.


Σταφύλια
Πολτοποίηση σταφυλιών
SO2
Μούστος
Παραμονή για 16-24 ώρες
Συμπίεση
Ζυμομύκητες
Απομάκρυνση φλοιών σταφυλιών
Ζύμωση 10-15 μέρες
SO2
Παλαίωση 5 μήνες
A
Σταφύλια
Πολτοποίηση σταφυλιών
SO2
Μούστος
Ζυμομύκητες
Ζύμωση 3 εβδομάδες
Συμπίεση
Ωρίμανση σε βαρέλι
SO2
Μεταφορά σε καθαρά βαρέλια 3 φορές το χρόνο
B





Εικόνα 10.2
Στάδια παραγωγής α. λευκού και β. ερυθρού οίνου

Η αλκοολική ζύμωση είναι μία αντίδραση που χρησιμοποιείται για την παραγωγή κρασιού και μπίρας

Η **αλκοολική ζύμωση** είναι η διαδικασία παραγωγής αιθυλικής αλκοόλης και διοξειδίου του άνθρακα από τη διάσπαση σακχάρων, όπως η γλυκόζη, σύμφωνα με την αντίδραση:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Τη σειρά αυτή των βιοχημικών αντιδράσεων την πραγματοποιούν ορισμένα είδη ζυμών όπως ο Saccharomyces cerevisae. Η αλκοολική ζύμωση έχει εφαρμογή τόσο στη βιομηχανική παραγωγή αλκοόλης όσο και στην παραγωγή των αλκοολούχων ποτών. Στη Βραζιλία και στις ΗΠΑ χρησιμοποιού-

νται φθηνές πρώτες ύλες, όπως μελάσα, υποπροϊόν παραγωγής ζάχαρης που περιέχει γλυκόζη και φρουκτόζη, ή άμυλο από αραβόσιτο, οι οποίες μετατρέπονται παρουσία του μύκητα Saccharomyces cerevisae σε αιθανόλη. Η αιθανόλη που παράγεται με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιείται σε μείγμα με βενζίνη ως καύσιμο αυτοκινήτων. Η σημαντικότερη όμως εφαρμογή της αλκοολικής ζύμωσης είναι η παραγωγή αλκοολούχων ποτών. Τα πιο σημαντικά από αυτά είναι το κρασί, το οποίο παράγεται με ζύμωση των σακχάρων του σταφυλιού, και η μπίρα, η οποία παράγεται με ζύμωση των σακχάρων που περιέχονται στους σπόρους διάφορων σιτηρών.

Στην Ευρώπη για την παραγωγή κρασιού χρησιμοποιούνται ποικιλίες αμπέλου που ανήκουν στο είδος

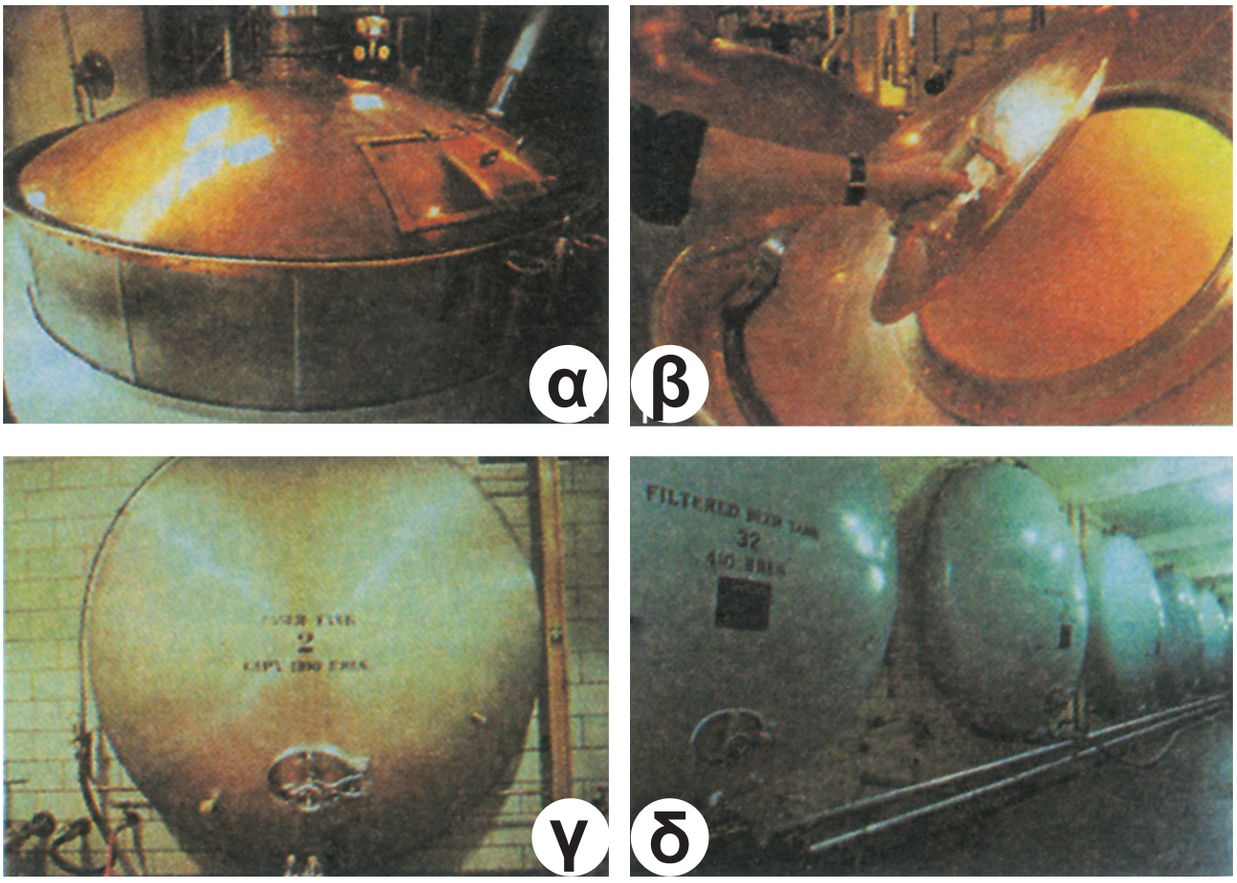
Vitis vinifera.

Τα σταφύλια συλλέγονται όταν ωριμάσουν, οπότε και η συγκέντρωση των σακχάρων είναι αρκετά υψηλή. Στη συνέχεια συνθλίβονται με μηχανικό τρόπο και παράγεται ο μούστος, που είναι πλούσιος σε σάκχαρα. Η ζύμωση του μούστου γίνεται σε δύο στάδια. Στο αρχικό στάδιο ο μύκητας αναπτύσσεται κάτω από αερόβιες συνθήκες. Όταν εξαντληθεί το οξυγόνο που περιέχεται στο μούστο, αναστέλλεται η ανάπτυξη του μύκητα και αρχίζει η αναερόβια μετατροπή των σακχάρων σε αιθυλική αλκοόλη. Οι ζύμες όμως δεν μπορούν να επιβιώσουν σε συγκέντρωση αλκοόλης μεγαλύτερη από 14%, έτσι με την αύξηση της συγκέντρωσης της αλκοόλης στο μούστο ολοκληρώνεται η ζύμωση. Η διαδικασία της ζύμωσης

πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 21-24°C, διότι οι ζύμες αδρανοποιούνται σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες. Η ζύμωση πραγματοποιείται είτε από μύκητες φυσικού τύπου, που υπάρχουν στα σταφύλια όταν αυτά συλλέγονται, είτε από ειδικούς μύκητες που αναπτύσσονται σε εργαστηριακή καλλιέργεια. Οι τελευταίοι μπορούν και αναπτύσσονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση αλκοόλης από τους φυσικούς. Η ποιότητα του κρασιού που παράγεται εξαρτάται από την ποικιλία της αμπέλου που χρησιμοποιείται, από το συγκεκριμένο είδος του ζυμομύκητα που πραγματοποίησε την αλκοολική ζύμωση και από τις συνθήκες ζύμωσης. Γενικά, τα κόκκινα κρασιά έχουν υψηλότερη συγκέντρωση αλκοόλης και περισσότερο άρωμα από τα λευκά (Εικόνα 10.2).

Η πρώτη ύλη για την παραγωγή μπίρας είναι οι σπόροι κριθαριού και σε μερικές περιπτώσεις σιταριού. Οι σπόροι επωάζονται σε συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας που ευνοούν τη μερική βλάστηση, οπότε το άμυλο το οποίο περιέχουν μετατρέπεται σε σάκχαρα όπως η μαλτόζη. Η διαδικασία της βλάστησης τερματίζεται με θέρμανση στους 80°C. Οι σπόροι στη συνέχεια σπάνε μηχανικά και τα σάκχαρα εκχυλίζονται με ζεστό νερό. Στο εκχύλισμα προστίθεται λυκίσκος, βότανο με αντιμικροβιακές ιδιότητες, που προσδίδει άρωμα στο ποτό, και στη συνέχεια συμπυκνώνεται με βρασμό. Η ζύμωση των σακχάρων που περιέχονται στο εκχύλισμα πραγματοποιείται με τη βοήθεια μυκήτων. Τα προϊόντα της αναερόβιας ζύμωσης είναι η αιθα-

νόλη, που φτάνει σε τελική συγκέ-
ντρωση 3.5-8% και το CO_2 (εικόνα
10.3).



Εικόνα 10.3 Παραγωγή μπίρας, α.β. Το εκχύλισμα αναμιγνύεται με σακχαρούχο λυκίσκο και βράζει, γ. Το υγρό μεταφέρεται σε μεγάλα δοχεία ζύμωσης όπου η γλυκόζη μετατρέπεται σε αλκοόλη και CO_2-
δ. Το προϊόν της ζύμωσης αποθηκεύεται για μία εβδομάδα για να κατακαθίσουν τα στερεά κατάλοιπα της ζύμωσης. Η μπίρα φιλτράρεται και αποθηκεύεται.

Αφρώδης οίνος

Σύμφωνα με την παράδοση ο πρώτος που παρασκεύασε αυτό τον τύπο κρασιού ήταν ο Βενεδικτίνος μοναχός Dom Perignon. Για την παραγωγή αφρώδους οίνου χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες ποικιλίες αμπέλου: λευκό Chardonnay, Pinot Noir και Pinot Meunier. Η διαδικασία παραγωγής περιλαμβάνει δύο διαδοχικές ζυμώσεις. Στην πρώτη ο μούστος μετατρέπεται σε κρασί. Μόλις ολοκληρωθεί η πρώτη ζύμωση, προστίθεται μία μικρή ποσότητα κρασιού, ζάχαρης και ζυμομήκητα (liqueur de tirage) και η φιάλη σφραγίζεται. Το μείγμα αυτό ξεκινάει μία δεύτερη ζύμωση κατά την οποία παράγεται CO_2, το οποίο,

επειδή δεν μπορεί να διαφύγει, παραμένει στο μπουκάλι. Στη συνέχεια η φιάλη τοποθετείται υπό γωνία με το λαιμό προς τα κάτω. Με αυτό τον τρόπο συσσωρεύονται στο λαιμό της φιάλης οι μύκητες και τα υπόλοιπα στερεά κατάλοιπα της ζύμωσης (κατακάθι). Για να απομακρυνθεί το κατακάθι, ψύχεται ο λαιμός και ανοίγεται το πώμα. Τέλος η φιάλη σφραγίζεται, για να ολοκληρωθεί η ζύμωση. Η ονομασία του αφρώδους οίνου έχει συνδεθεί με την περιοχή Champagne της νοτιοανατολικής Γαλλίας, όπου άρχισε να παράγεται σε σημαντικές ποσότητες στα τέλη του 17ου αιώνα. Για τους αφρώδεις οίνους που παράγονται σε άλλες χώρες εκτός της Γαλλίας, δεν επιτρέπεται η χρήση της

εμπορικής ονομασίας Champagne. Έτσι, για παράδειγμα, ο αφρώδης οίνος στην Ιταλία έχει την εμπορική ονομασία Spumante και στη Γερμανία Sekt.



Τα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι προϊόντα ζυμώσεων

Η ζύμωση των σακχάρων του γάλακτος παράγει μεγάλη ποικιλία προϊόντων. Τα διαφορετικά είδη προϊόντων εξαρτώνται από τη σύνθεση του γάλακτος (πλήρες ή ημιαποβουτυρωμένο, από αιγοπρόβατα ή βοοειδή κτλ.), από το είδος των μικροοργανισμών, από τις συνθήκες ζύμωσης και από τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται. Η χαρακτηριστική αντίδραση ζύμωσης αφορά τη μετατροπή των σακχάρων, όπως της γλυκόζης, που περιέχονται στο γάλα σε γαλακτικό οξύ.

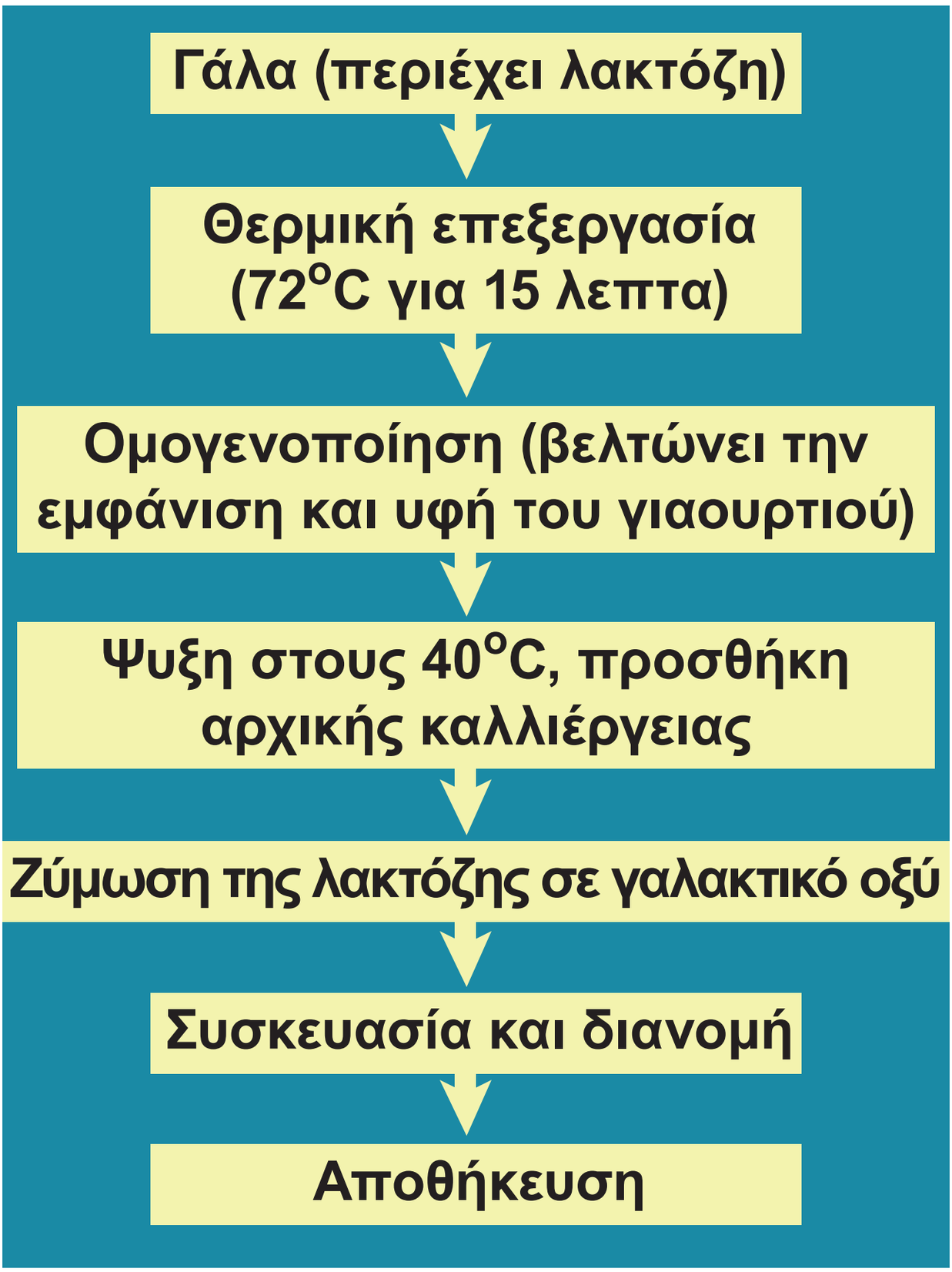
$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CHOHCOOH$$

Η παραγωγή του γαλακτικού οξέος μειώνει το pH του προϊόντος δίνοντας τη δυνατότητα συντήρησής του για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Γιαούρτι

Το γιαούρτι είναι προϊόν ζύμωσης του γάλακτος (Εικόνα 10.4). Για την παρασκευή του μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι γάλακτος όπως το πλήρες, το ημιαποβουτυρωμένο κτλ. Το γάλα που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή γιαουρτιού αρχικά παστεριώνεται (στους 72°C για 15 λεπτά), για να καταστραφούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που περιέχονται σε αυτό. Στη συνέχεια προστίθεται καλλιέργεια μικροοργανισμών, όπως του γένους Lactobacillus **και** Streptococcus, **που μετατρέπουν τη λακτόζη (δισακχαρίτης) του γάλακτος σε γαλακτικό οξύ, μειώνοντας το pH του γάλακτος σε 5,5 και προσδίδουν στο γιαούρτι τη χαρακτηριστική κρεμώδη υφή.**

Οι μικροοργανισμοί αυτοί παράγουν επίσης αιθανάλη (ακεταλδεΰδη), που προσδίδει χαρακτηριστικό άρωμα στο γιαούρτι. Για την πραγματοποίηση των παραπάνω αντιδράσεων το γάλα επωάζεται για 12 ώρες στους 32°C. Εκτός από τη θρεπτική αξία του, το γιαούρτι προσφέρει τη δυνατότητα αξιοποίησης των πλεονασμάτων γάλακτος, αφού είναι ένα προϊόν με υψηλή θρεπτική αξία, που μπορεί να διατηρηθεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ό,τι το γάλα.



Εικόνα 10.4 Στάδια παραγωγής γιαουρτιού.

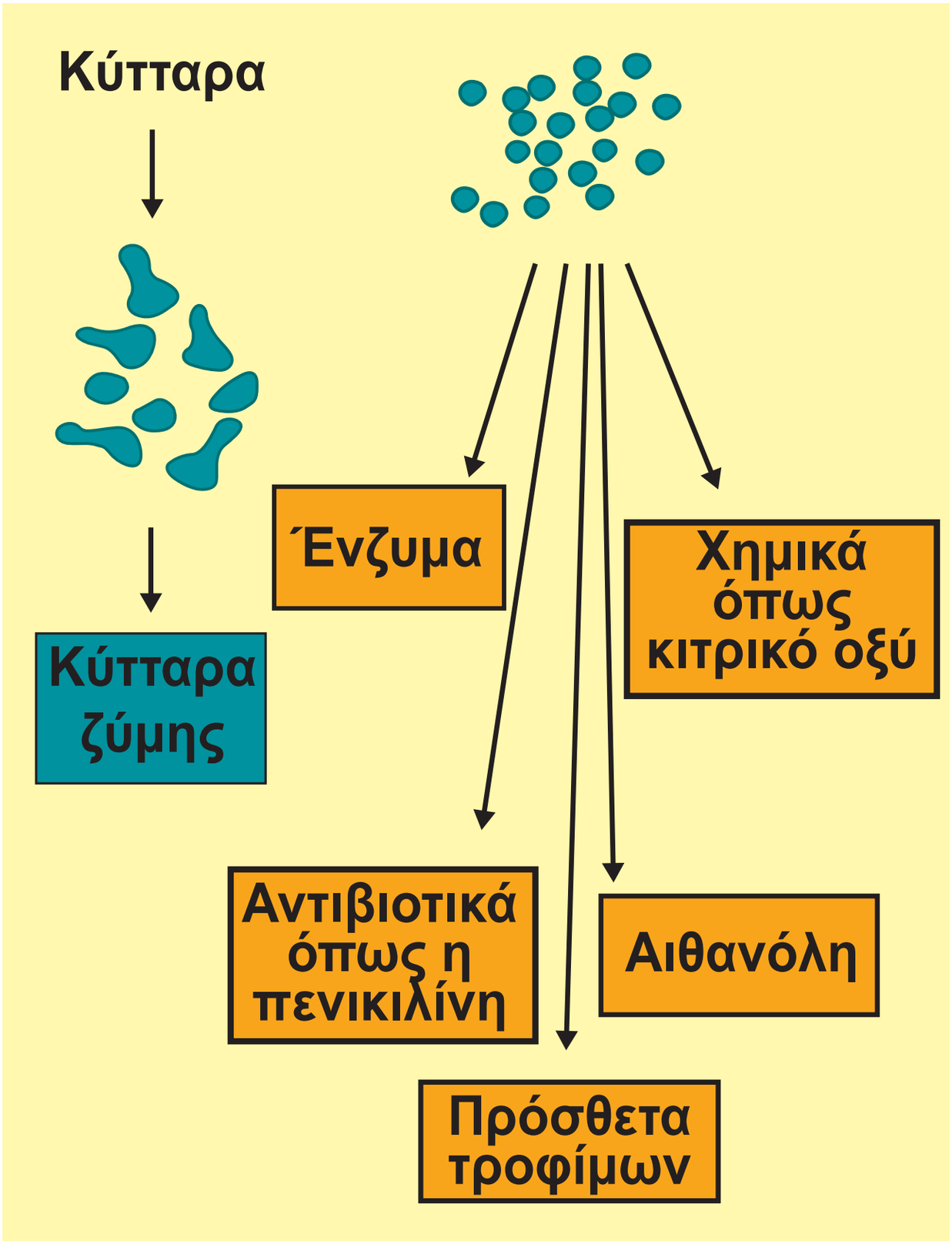
Παραγωγή τυριού

Η παραδοσιακή παραγωγή τυριών περιελάμβανε τη χρήση μικροοργανισμών, που μετέτρεπαν τη λακτόζη και τα υπόλοιπα σάκχαρα του γάλακτος σε γαλακτικό οξύ με επακόλουθη μείωση του pH, καθώς και την προσθήκη πυτιάς, που περιέχει ένα ένζυμο, τη ρεννίνη, από το στομάχι μόσχου. Η ρεννίνη υδρολύει την καζεΐνη (πρωτεΐνη του γάλακτος). Με αυτό τον τρόπο σχηματίζονται «συσσωματώματα» πλούσια σε πρωτεΐνη και λίπος (τυρόπηγμα) (Εικόνα 10.5). Στις σύγχρονες τυροκομικές μονάδες χρησιμοποιείται παστεριωμένο γάλα, στο οποίο προστίθεται καλλιέργεια βακτηρίων γαλακτικού οξέος και ρεννίνη, που έχει παραχθεί από βακτήρια. Η παρασκευή των διάφορων ειδών τυ-

ριού οφείλεται στη χρησιμοποίηση διαφορετικών μικροοργανισμών.



Εικόνα 10.5 Παρασκευή τυριού.



Εικόνα 10.6 Βιομηχανική παραγωγή προϊόντων από μικροοργανισμούς.

Άλλα προϊόντα μικροβιακών ζυμώσεων

Εκτός από την παραγωγή βιομάζας, τροφίμων και αιθανόλης, οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούνται για την παραγωγή και άλλων προϊόντων, όπως ενζύμων, αντιβιοτικών, προσθέτων τροφίμων κτλ., τα οποία έχουν εφαρμογές στη βιομηχανία των τροφίμων, στην Ιατρική, στην Αναλυτική Χημεία, στην έρευνα (Εικόνα 10.6).

Τα προϊόντα αυτά τα οποία παράγονται κατά τη ζύμωση εξαρτώνται από:

- Το συγκεκριμένο οργανισμό.
- Τις συνθήκες της ζύμωσης (θρεπτικό υλικό, θερμοκρασία, pH, O_2).
- Τη φάση ανάπτυξης της καλλιέργειας.

Το σύνολο των προϊόντων που

παράγονται από τους οργανισμούς φυσικού τύπου είναι σε μικρές συνήθως ποσότητες που όμως επαρκούν για να καλύψουν τις μεταβολικές ανάγκες τους. Είναι όμως προφανές ότι για να είναι πρακτικά χρήσιμος ένας μικροοργανισμός, πρέπει να παράγει προϊόντα, όπως ένζυμα ή αντιβιοτικά, σε μεγάλες ποσότητες. Αυτό επιτυγχάνεται με δύο κυρίως τρόπους: με τη ρύθμιση των συνθηκών της καλλιέργειας και με τη γενετική τροποποίηση των οργανισμών.

Τυρί με τρύπες

Όπως και στον Obelix μπορεί και σε εμάς να φαίνεται παράξενο ότι σε μερικούς τύπους τυριών, όπως στο τυρί Emental, υπάρχουν στην τυρομάζα τρύπες. Στο

τυρί Emental οι «τρύπες» δημιουργούνται από το CO_2, που απελευθερώνεται και δεν μπορεί να διαφύγει από την τυρομάζα κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Το CO_2, μαζί με το προπιονικό οξύ, που προσδίδει χαρακτηριστικό άρωμα στο τυρί, είναι προϊόν μεταβολισμού του μικροοργανισμού Propionbacterium shermanii.



Παραγωγή ενζύμων

Εκτός από μικρό αριθμό ενζύμων που παράγονται από ζωικά και φυτικά κύτταρα τα περισσότερα ένζυμα παράγονται από μικροοργανισμούς. Οι μικροοργανισμοί έχουν τη δυνατότητα παραγωγής μεγάλων ποσοτήτων ενζύμων.

Η Βιοτεχνολογία με αριθμούς

1000 L καλλιέργειας Bacillus subtilis παράγουν σε 12 ώρες 20 Kg ενζύμου.

Τα ένζυμα και οι χυμοί φρούτων

Αν σας λέγανε να διαλέξετε κάποιο φρούτο που είναι αποδοτικό σε παραγωγή χυμού μάλλον θα διαλέγατε το πορτοκάλι, ίσως το λεμόνι αλλά σε καμία περίπτωση

το μήλο. Πώς όμως βλέπουμε στις προθήκες των καταστημάτων πλήθος εμπορικών συσκευασιών με χυμό μήλου, αν η απόδοση των μήλων σε χυμό είναι πολύ μικρή: Την απάντηση τη δίνουν οι μικροοργανισμοί και τα ένζυμα που παράγουν. Θα έχετε παρατηρήσει ότι τα υπερώριμα ή «χαλασμένα» μήλα είναι πολύ μαλακά. Αυτό οφείλεται στη δράση του ενζύμου πεκτινάση, το οποίο παράγεται από μικροοργανισμούς που βρίσκονται στο μήλο. Το ένζυμο αυτό διασπά την πηκτίνη, που είναι συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος των φυτικών κυττάρων, διευκολύνοντας την έξοδο του χυμού από το κύτταρο. Επιπρόσθετα, η πηκτίνη συγκρατεί σαν είδος κόλλας τα κύτταρα μεταξύ τους. Η

πεκτινάση που παράγεται με μεθόδους βιοτεχνολογίας χρησιμοποιείται για να ξεχωρίζει τα κύτταρα και να διασπά το τοίχωμά τους. Με αυτό τον τρόπο απελευθερώνεται μεγάλη ποσότητα χυμού από τα κύτταρα του μήλου.

Οι μεταλλάξεις βοηθούν στη βελτίωση των απορρυπαντικών

Η σουπτιλισίνη είναι μια πρωτεάση που παράγεται από βακτήρια του γένους Bacillus και χρησιμοποιείται ως ένζυμο στις σκόνες πλυσίματος ρούχων. Στα αρχικά στάδια της χρησιμοποίησής της παρατηρήθηκε αναστολή δράσης του ενζύμου παρουσία λευκαντικών. Βρέθηκε ότι το O_2 που απελευθερωνόταν από τα λευκαντικά οξείδωνε το αμινοξύ μεθειονίνη

στη θέση 222 της πολυπεπτιδικής αλυσίδας του ενζύμου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση δέσμευσης του υποστρώματος στο ενεργό κέντρο του ενζύμου και συνεπώς την αδρανοποίησή του. Με τοποκατευθυνόμενη μετάλλαξη (τεχνική δημιουργίας μεταλλάξεων σε συγκεκριμένο σημείο του γονιδίου) δημιουργήθηκαν 19 τροποποιημένα γονίδια για την παραγωγή σουπτιλισίνης. Στην περίπτωση που η μεθειονίνη στη θέση 222 είχε αντικατασταθεί από κυστεΐνη το ένζυμο ήταν περισσότερο δραστικό, 138% σε σχέση με το αρχικό, αλλά η δράση του αναστελλόταν από τα λευκαντικά. Στην περίπτωση που στη θέση της μεθειονίνης υπήρχε αλανίνη ή σερίνη παρατηρήθηκε μείωση της

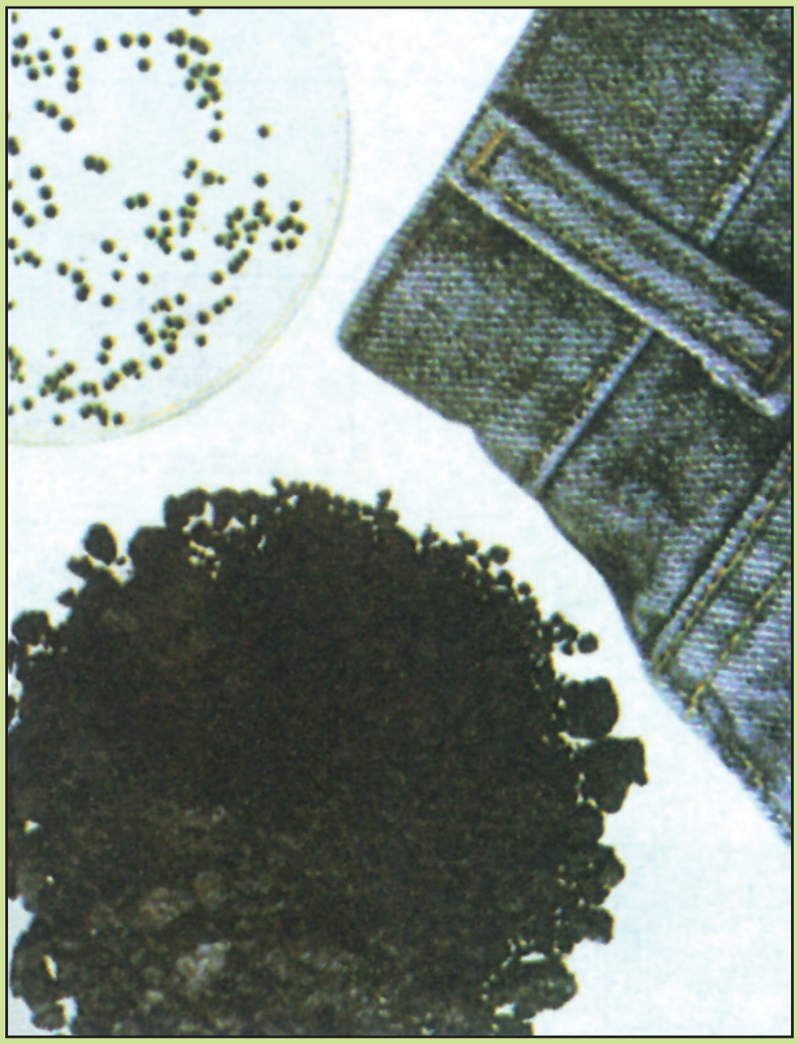
δραστικότητας του ενζύμου, 53% και 35% αντίστοιχα σε σχέση με το αρχικό, αλλά εξακολουθούσε να είναι δραστικό παρουσία λευκαντικών. Με αντίστοιχη μεθοδολογία έγινε δυνατό να «προστεθούν» στο μόριο του ενζύμου δύο -S-S- δεσμοί, που αυξάνουν τη θερμοσταθερότητά του. Το ένζυμο λοιπόν που παράγεται σήμερα είναι δραστικό σε υψηλή θερμοκρασία παρουσία λευκαντικών.

Jeans και Escherichia coli

Διάφορα ασιατικά είδη του φυτού γένους Indigo περιέχουν το γλυκοζίδιο ινδικάνη. Όταν αυτή η ένωση οξειδωθεί, παράγει τη βαφική ύλη ινδικό (λουλάκι), που

χρησιμοποιείται σήμερα κυρίως στη βαφή των υφασμάτων jean. Το ινδικό, το οποίο έχει βαθύ κυανό χρώμα που διαρκεί, χρησιμοποιήθηκε στην αρχαιότητα από τους Αιγυπτίους και τους Ρωμαίους για τη βαφή των ενδυμάτων. Στην Ευρώπη χρησιμοποιήθηκε ευρέως τον 16ο αιώνα. Η ανακάλυψη της χημικής δομής του ινδικού το 1883 έδωσε τη δυνατότητα σύνθεσης της βαφικής ύλης με χημικές μεθόδους. Το 1993 επιστήμονες διαπίστωσαν ότι η Escherichia coli μπορεί να μετατρέψει τη γλυκόζη αρχικά στο αμινοξύ τρυπτοφάνη και στη συνέχεια σε ινδόλη, ουσία πρόδρομη του ινδικού. Με την ενσωμάτωση στο γενετικό υλικό της Escherichia coli γονιδίων από άλλα βακτήρια

έγινε δυνατή η παραγωγή ινδικού από γλυκόζη. Ο τρόπος αυτός παραγωγής βοηθά στο να αποφευχθούν τα προβλήματα από τη συνθετική παρασκευή του ινδικού.



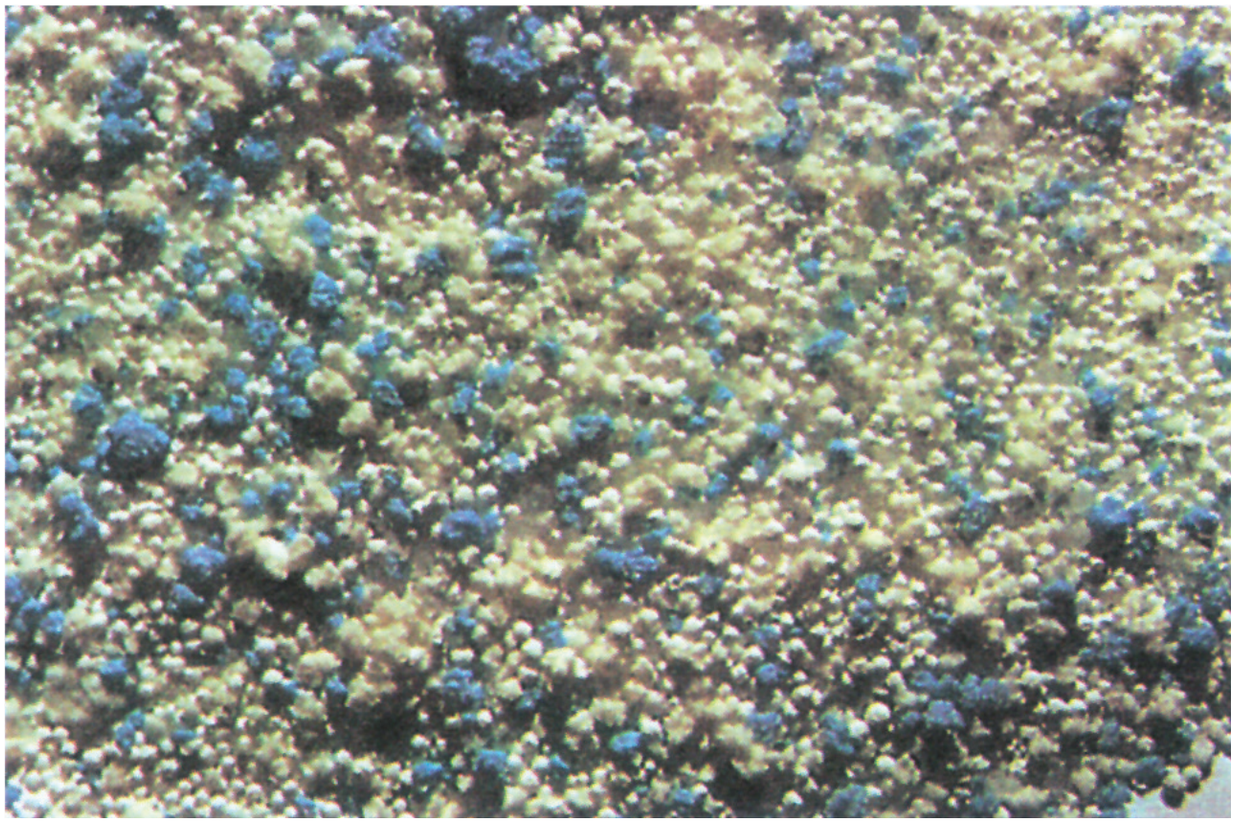
Τα περισσότερα από τα ένζυμα που παράγουν οι μικροοργανισμοί είναι **εξωκυτταρικά**, δηλαδή εκκρίνονται έξω από το κύτταρο. Το γεγονός αυτό είναι σημαντικό, γιατί απλοποιεί τη διαδικασία και μειώνει κατά συνέπεια το κόστος απομόνωσης και καθαρισμού των ενζύμων. Επιπρόσθετα, επειδή οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται σε ποικιλία περιβαλλοντικών συνθηκών, είναι δυνατή η παραγωγή ενζύμων που παραμένουν λειτουργικά σε ακραίες συνθήκες, όπως σε υψηλή θερμοκρασία.

Ένζυμα και απορρυπαντικά

Η πρώτη «βιολογική» σκόνη πλυσίματος παρασκευάστηκε το 1913. Τα εμπορικά προϊόντα που κυκλοφορούν σήμερα περιέχουν μικρά

ποσά ενζύμων (2-3% σε σύνολο 10% πρωτεΐνης). Τα ένζυμα που περιέχονται, κατά κανόνα πρωτεάσες και λιπάσες, χρησιμεύουν για τη διάσπαση πρωτεϊνικών (π.χ. αίμα) ή λιπαρών (π.χ. λάδι) λεκέδων αντίστοιχα. Η αγορά των απορρυπαντικών απορροφά ένα μεγάλο ποσοστό των παραγόμενων ενζύμων γενικής δράσης.

Ένζυμα όπως κυτταρινάση και αμυλάση χρησιμοποιούνται για το «πετροπλύσιμο» των jeans με αποτέλεσμα τα τελευταία να ξεβάφουν και να μαλακώνουν.



Εικόνα 10.7 Σκόνη απορρυπαντικού.

Βιομεταλλουργία

Τα μέταλλα εξορύσσονται από τα μεταλλεύματα με τη χρήση ειδικών φυσικών και χημικών μεθόδων. Η εκμετάλλευση ενός μεταλλεύματος είναι αποδοτική, εάν το μετάλλευμα περιέχει σε μεγάλη συγκέντρωση το μέταλλο που παρουσιάζει οικονομικό ενδιαφέρον και η διαδικασία

εξόρυξης και απομόνωσης του μετάλλου είναι οικονομικά συμφέρουσα.

Υπάρχουν βακτήρια που χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν την αποδοτικότητα της εκμετάλλευσης ορυκτών τα οποία έχουν χαμηλή συγκέντρωση μετάλλου.

Ο Thiobacillus ferooxidans, για παράδειγμα, χρησιμοποιείται για την εξαγωγή χαλκού από μεταλλεύματα όπως ο χαλκοπυρίτης ($CuFeS_2$). Μικροοργανισμοί χρησιμοποιούνται επίσης και για την εξαγωγή άλλων μετάλλων όπως του ουρανίου, του κοβαλτίου και του μολύβδου (Εικόνα 10.8).

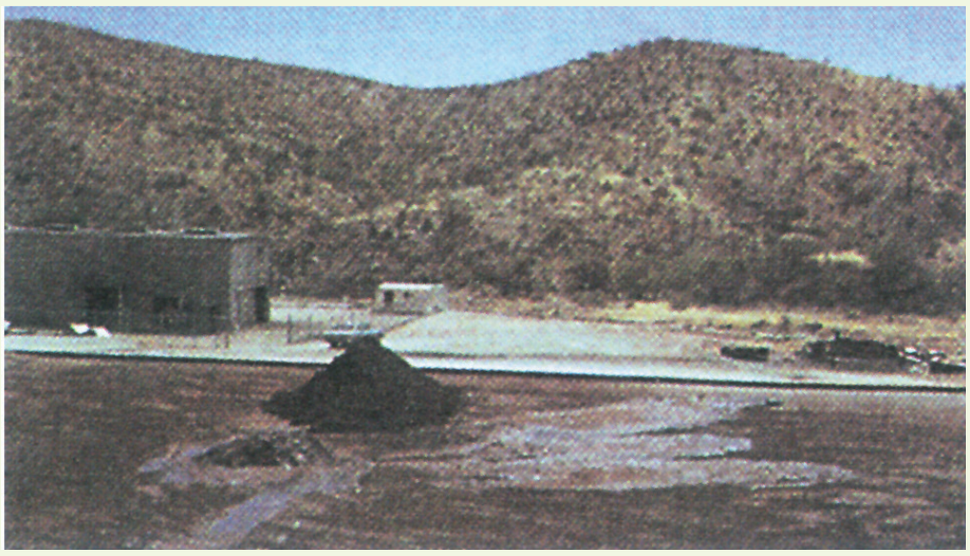
Η χρησιμοποίηση βακτηρίων για την εξόρυξη μετάλλων προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως:

- Επιτρέπει την εκμετάλλευση με-

ταλλευμάτων με χαμηλή περιεκτικότητα σε μέταλλα.

- Αποφεύγεται η εξόρυξη σε βάθος, διότι γίνεται δυνατή η έκπλυση των μετάλλων από επιφανειακά στρώματα του κοιτάσματος.
- Συνεισφέρει στην προστασία του περιβάλλοντος επειδή γίνεται σημαντική οικονομία σε ενέργεια. Δίχως τους μικροοργανισμούς είναι απαραίτητη η θέρμανση σε υψηλή θερμοκρασία του ορυκτού και συνεπώς η αύξηση της εκπομπής ρύπων στην ατμόσφαιρα.





Εικόνα 10.8 Έκπλυση μεταλλευμάτων χαμηλής περιεκτικότητας σε Cu με τη χρήση του βακτηρίου Thiobacillus ferooxidans. **Από την κορυφή του σωρού διοχετεύεται νερό με H_2S0_4 που ξεπλένει το μετάλλευμα. Στο τέλος της διαδρομής το διάλυμα είναι πλούσιο σε Cu.**

Περίληψη

Οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία με σκοπό την παραγωγή βιομάζας και σειράς προϊόντων όπως ενζύμων και αντιβιοτικών. Βιομάζα είναι τα κύτταρα των μικροοργανισμών που παράγονται ύστερα από τη ζύμωση σε βιοαντιδραστήρες. Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως ως τροφή για τα ζώα, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς της σε πρωτεΐνες και άλλα συστατικά.

Οι ζυμομύκητες είναι μονοκύτταροι μύκητες που μετατρέπουν, κάτω από αναερόβιες συνθήκες, μονοσακχαρίτες σε αιθανόλη και CO_2. Στην αντίδραση αυτή βασίζεται τόσο το φούσκωμα της ζύμης για την παραγωγή ψωμιού όσο και η παραγωγή αλκοολούχων ποτών.

Το κρασί παράγεται όταν τα σάκχαρα που περιέχονται στο μούστο μετατρέπονται σε αιθανόλη. Η μπίρα παράγεται από τη μετατροπή σακχάρων, που περιέχονται σε σπόρους δημητριακών, σε αιθανόλη.

Τα γαλακτοκομικά προϊόντα παράγονται από τη μετατροπή, με τη βοήθεια συγκεκριμένων οργανισμών, όπως του Lactobacillus και Streptococcus, των σακχάρων που περιέχονται στο γάλα, κυρίως σε γαλακτικό οξύ. Οι διαφορές ανάμεσα στα είδη τυριών που παράγονται οφείλονται στα διάφορα είδη μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται.

Οι μικροοργανισμοί παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα για την παραγωγή ενζύμων. Παρά-

γουν σε σύντομο χρονικό διάστημα μεγάλες ποσότητες ενζύμων, τα περισσότερα από τα οποία είναι εξωκυτταρικά, γεγονός που διευκολύνει τον καθαρισμό τους. Η πλειονότητα των παραγόμενων ενζύμων ανήκει στην κατηγορία των υδρολυτικών ενζύμων όπως οι αμυλάσες, οι πρωτεάσες και οι λιπάσες. Το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής ενζύμων διοχετεύεται στη βιομηχανία παραγωγής απορρυπαντικών.

Εργασίες - Δραστηριότητες

Οργανώστε επίσκεψη σε εργοστάσιο παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων. Ύστερα από την ολοκλήρωση της επίσκεψης ετοιμάστε και παρουσιάστε διάγραμμα ροής, που θα περιγράφει τα στάδια παραγωγής γιαουρτιού.

Οργανώστε επίσκεψη σε οινοποιείο ή σε εργοστάσιο παραγωγής μπίρας. Συγκεντρώστε πληροφορίες για τον τρόπο παραγωγής τους. Ύστερα από την ολοκλήρωση της επίσκεψης ετοιμάστε και παρουσιάστε ένα διάγραμμα ροής, που θα περιγράφει τα στάδια παραγωγής κρασιού ή μπίρας.

Ερωτήσεις

1. Η αλκοολική και η γαλακτική ζύμωση, οι οποίες πραγματοποιούνται με τη βοήθεια μικροοργανισμών, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μιας σειράς προϊόντων. Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα αναφέροντας δύο προϊόντα για κάθε τύπο ζύμωσης, καθώς και την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τους.

Πρώτη ύλη	Τελικό προϊόν

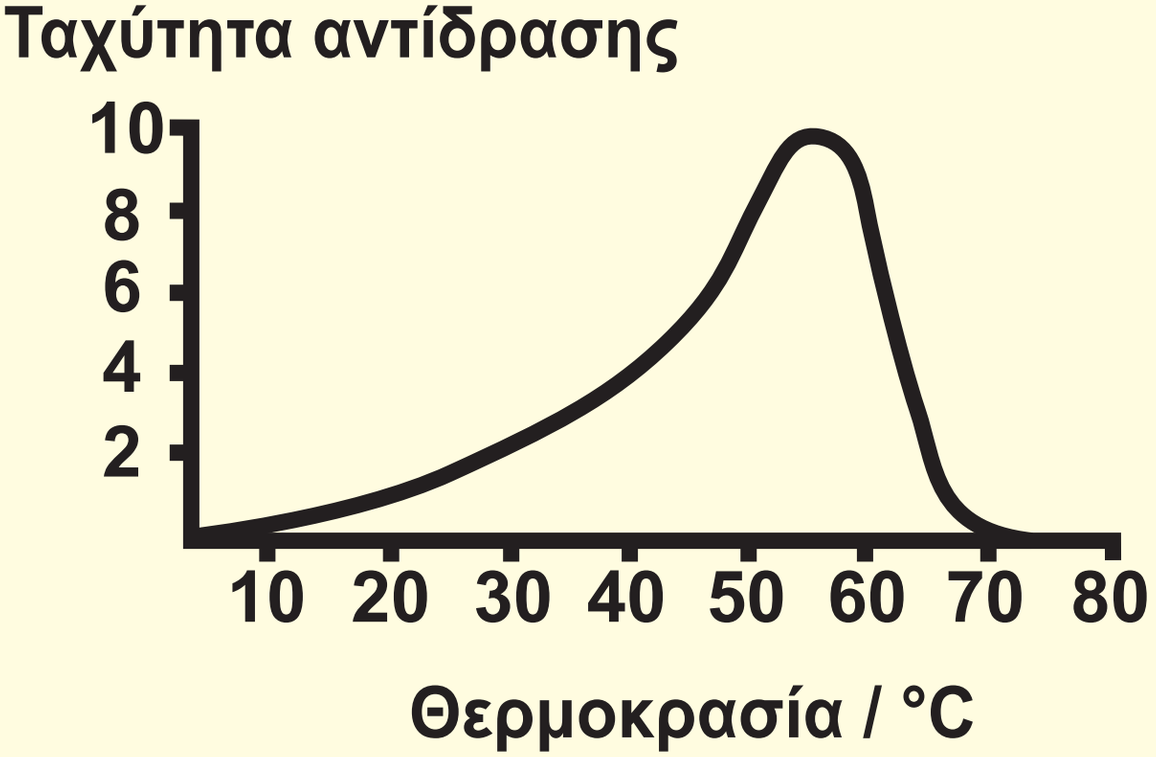
2. Αναφέρετε τρία συγκριτικά πλεονεκτήματα χρησιμοποίησης μικροοργανισμών για την παραγωγή ενζύμων.

3. Ονομάστε τρεις μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται σε ζυμώσεις και αναφέρετε τα προϊόντα τους.

4. Η παρακάτω καμπύλη αναπαριστά την ταχύτητα αντίδρασης του ενζύμου πρωτεάση σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Χρησιμοποιώντας την καμπύλη αυτή προσδιορίστε την άριστη θερμοκρασία για ένα απορρυπαντικό που περιέχει πρωτεάση. Υπολογίστε σε ποιο ποσοστό θα μειωθεί η αποτελεσματικότητα του απορρυπαντικού, εάν

χρησιμοποιηθεί σε θερμοκρασία 10°C μικρότερη από την άριστη.

Ταχύτητα αντίδρασης του ενζύμου πρωτεάση σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία



5. Εντοπίστε ποιες από τις παρακάτω εφαρμογές των μικροοργανισμών περιλαμβάνουν αερόβιες και ποιες αναερόβιες διαδικασίες:

α. Παρασκευή μπίρας
β. Εξαγωγή μετάλλων από μετάλλευμα χαμηλής περιεκτικότητας
γ. Παραγωγή γιαουρτιού
δ. Παραγωγή κρασιού.

6. Να συμπληρώσετε με τις κατάλληλες λέξεις τα κενά:
Η πρώτη εφαρμογή παραγωγής βιομάζας αφορά την παραγωγή.....
Η .....
χρησιμοποιείται κυρίως στην αρτοποιία για την παραγωγή .....
..... Οι .....
..... διασπούν τη γλυκόζη που περιέχεται στο αλεύρι και απελευθερώνουν αιθυλική αλκοόλη και .....
Το τελευταίο βοηθά στο ..... του ψωμιού.

7. Πού χρησιμοποιείται η αλκοολική ζύμωση;
   α. Για την παραγωγή ψωμιού
   β. Για την παραγωγή κρασιού
   γ. Για τη βιομηχανική παραγωγή αλκοόλης
   δ. Για την παραγωγή μπίρας
   ε. Όλα τα παραπάνω.

8. Ποιες είναι οι διαφορές ανάμεσα στον παραδοσιακό τρόπο παραγωγής τυριού και σε αυτόν που χρησιμοποιεί μεθόδους Βιοτεχνολογίας;

Εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας στην προστασία του περιβάλλοντος



Καθαρισμός παραλίας από πετρελαιοκηλίδα από το ναυάγιο του Exxon Valdez

κεφάλαιο

11

11. Εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας στην προστασία του περιβάλλοντος

Όλα τα μηνύματα που «εκπέμπει» η φύση γύρω μας αποτελούν διαμαρτυρία για το βίαιο τρόπο με τον οποίο τη χρησιμοποιεί ο άνθρωπος. Οι εικόνες που βλέπουμε καθημερινά, όπως τα ναυάγια πετρελαιοφόρων, τα δέντρα που αργοπεθαίνουν λόγω της όξινης βροχής, οι τόνοι των σκουπιδιών γύρω από τις πόλεις και η ρύπανση της ατμόσφαιρας που επικρατεί μέσα σ' αυτές, μιλούν από μόνες τους. Επιπλέον, πρέπει να σημειώσουμε ότι η ρύπανση του περιβάλλοντος δε γνωρίζει σύνορα. Είναι χαρακτηριστικό ότι υπάρχει μια «ανταλλαγή ρύπανσης» μεταξύ των κρατών. Για τους λόγους αυτούς όλοι πλέον

αντιλαμβάνονται ότι η εποχή όπου το ενδιαφέρον ήταν στραμμένο στην άνευ όρων βιομηχανική ανάπτυξη, έχει περάσει χωρίς επιστροφή. Σήμερα οι σύγχρονες κοινωνίες προσπαθούν να μειώσουν τη ρύπανση αλλά και να αξιοποιήσουν, όσο αυτό είναι δυνατό, τα απόβλητα του τεχνολογικού μας πολιτισμού. Εδώ ακριβώς καλείται να βοηθήσει η Βιοτεχνολογία: να βρει αποτελεσματικές μεθόδους ανακύκλωσης και επεξεργασίας των λυμάτων και των στερεών απορριμμάτων, ή να διασπάσει με «βιολογικό» τρόπο τις πετρελαιοκηλίδες που αφανίζουν κάθε ίχνος ζωής σε μεγάλες θαλάσσιες ή παράκτιες περιοχές.

Επεξεργασία λυμάτων και αποβλήτων

Η επεξεργασία των λυμάτων και των βιομηχανικών αποβλήτων αποτελεί την πιο διαδεδομένη βιοτεχνολογική διεργασία των βιομηχανικά ανεπτυγμένων κοινωνιών, επειδή ακριβώς σε αυτές δημιουργούνται σε τεράστιες ποσότητες.

Τα αστικά **λύματα** αποτελούνται από ανθρώπινα εκκρίματα του μεταβολισμού καθώς και από νερό που έχει χρησιμοποιηθεί στις καθημερινές οικιακές χρήσεις. Η μέση ποσότητα λυμάτων που αποχετεύει ο άνθρωπος την ημέρα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, μεταξύ των οποίων είναι η αφθονία ή η έλλειψη νερού στο σπίτι και στην περιοχή, το κόστος του νερού και το πολιτιστικό επίπεδο. Στα λύματα

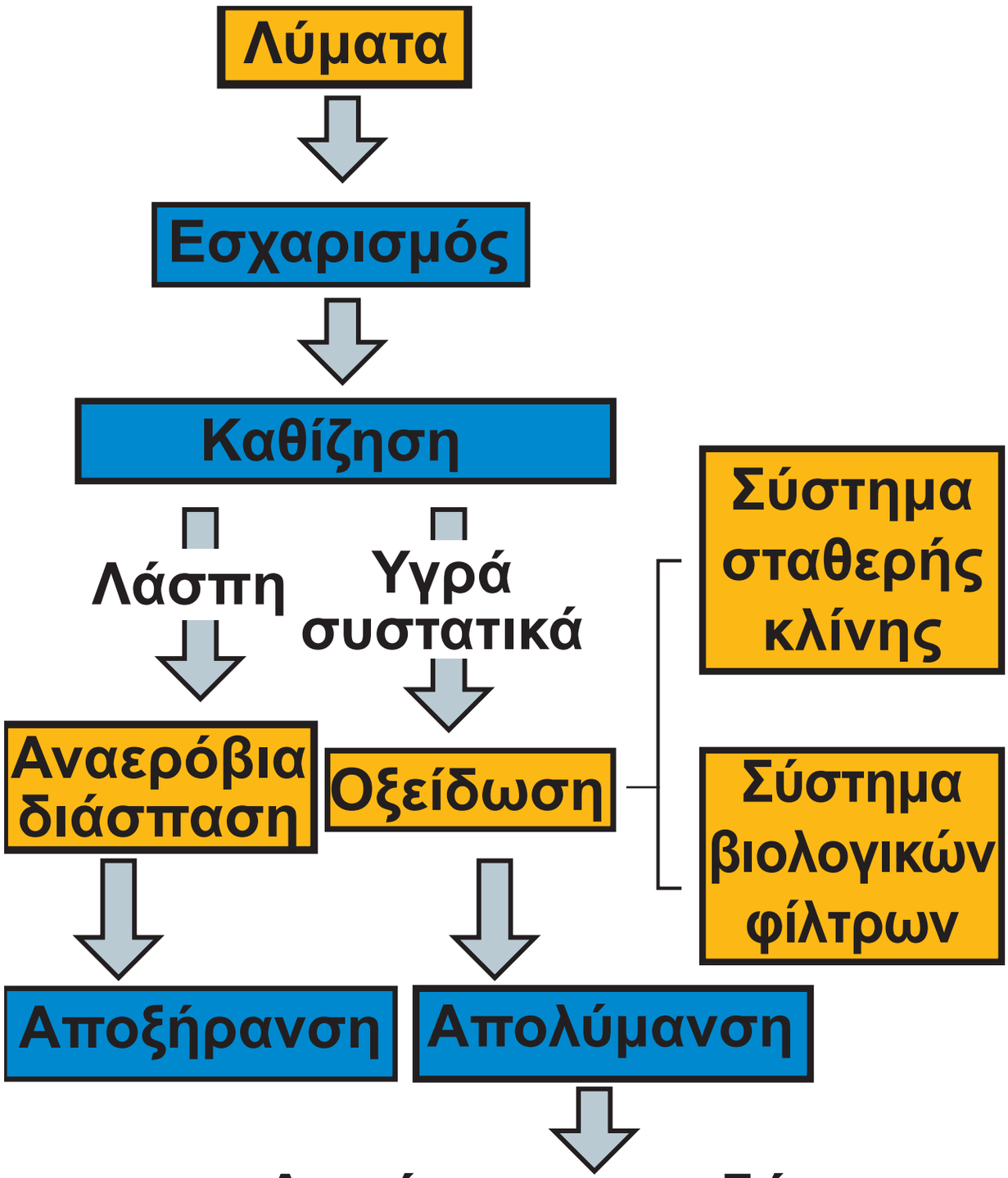
υπάρχουν οργανικές ενώσεις όπως πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και λίπη που συνυπάρχουν με τα προϊόντα διάσπασής τους. Τα λύματα περιέχουν επίσης πολλούς μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται ταχύτατα λόγω της ύπαρξης οργανικών ουσιών. Σε αυτά συναντώνται ιοί, βακτήρια, φύκη, μύκητες πρωτόζωα μέχρι και θηλαστικά (ποντίκια, αρουραίοι).

Τα **απόβλητα** προέρχονται από τις βιομηχανίες και αποτελούνται συνήθως από νερό που έχει επιβαρυνθεί με παραπροϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας. Η ποσότητα και η σύστασή τους ποικίλλει ανάλογα με τα προϊόντα που παράγει κάθε εργοστάσιο και την τεχνολογία που χρησιμοποιεί.

Οι μέθοδοι κατεργασίας λυμάτων και αποβλήτων διαφέρουν, ο κύριος

στόχος όμως όλων είναι η διάσπαση των οργανικών ουσιών και η μετατροπή τους σε ασφαλείς μη τοξικές ουσίες που μπορούν να διοχετευθούν σε ποταμούς και θάλασσες. Ο παλαιότερος τρόπος απαλλαγής από τα αστικά λύματα ήταν η υπεδάφια διάθεσή τους σε απορροφητικούς βόθρους, εφόσον εξασφαλίζεται η προστασία των πηγών υδροληψίας και των υπόγειων υδάτων.

Η συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων λυμάτων και αποβλήτων στις βιομηχανικά ανεπτυγμένες κοινωνίες δημιούργησε την ανάγκη διαφορετικού τρόπου επεξεργασίας. Ο νέος τρόπος επεξεργασίας πρέπει να δίνει τη δυνατότητα καθαρισμού μεγάλης ποσότητας υλικού σε σύντομο χρονικό διάστημα σε κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους.



Εικόνα 11.1 Διαγραμματική απεικόνιση της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων.

Έτσι δημιουργήθηκαν οι **μονάδες βιολογικού καθαρισμού** όπου ο καθαρισμός βασίζεται σε φυσικές, βιολογικές και φυσικοχημικές μεθόδους. Στις βιολογικές μεθόδους περιλαμβάνεται η χρήση ενζύμων και μικροοργανισμών, με τη βοήθεια των οποίων προκαλείται η διάσπαση των οργανικών ουσιών.

Η τυπική διαδικασία που ακολουθείται στις περισσότερες μονάδες βιολογικού καθαρισμού περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια (Εικόνα 11.1):

- **πρωτογενής επεξεργασία**, κατά την οποία γίνεται απομάκρυνση με φυσικές μεθόδους, όπως με **εσχαρισμό** και **διήθηση** των στερεών συστατικών μεγάλου μεγέθους που μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα στην περαιτέρω διαδικασία. Ακολου-

θεί καθίζηση για αρκετές ώρες και η λάσπη που δημιουργείται από τα υλικά που καθιζάνουν αποσυντίθεται και μετά από κατάλληλη επεξεργασία χρησιμοποιείται συνήθως ως λίπασμα.

- **δευτερογενής επεξεργασία**, κατά την οποία προκαλείται ελάττωση της ποσότητας των οργανικών ουσιών των λυμάτων και αποβλήτων σε τέτοιο βαθμό ώστε να μπορούν να διοχετευτούν σε ποταμούς και θάλασσες χωρίς να δημιουργείται πρόβλημα ρύπανσης και μόλυνσης του υδάτινου περιβάλλοντος. Στη δευτερογενή επεξεργασία η διάσπαση των οργανικών ουσιών προκαλείται από κατάλληλους μικροοργανισμούς, όπως περιγράφεται στη συνέχεια.
- **τριτογενής επεξεργασία**, κατά την οποία γίνεται φυσικοχημική

επεξεργασία με σκοπό τη δραστική ελάττωση των ανόργανων θρεπτικών συστατικών κυρίως του φωσφόρου και των νιτρικών αλάτων. Στα λύματα που έχουν υποστεί και τριτογενή επεξεργασία, δεν μπορούν να αναπτυχθούν πλέον μικροοργανισμοί.

Η μέθοδος του βιολογικού καθαρισμού εφαρμόζεται σε αστικά λύματα, βιομηχανικά απόβλητα, καθώς και για την απορρύπανση λιμνών και ποταμών. Η εφαρμογή και των τριών επεξεργασιών αποτελεί μια ολοκληρωμένη μέθοδο επεξεργασίας των λυμάτων και αποβλήτων. Η τριτογενής όμως επεξεργασία είναι πολύ δαπανηρή και γι' αυτό δεν εφαρμόζεται σε όλες τις μονάδες.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στο μέρος της διαδικασίας του βιολογικού καθαρισμού που αφορά τη

διάσπαση των οργανικών ουσιών από μικροοργανισμούς, δηλαδή στη δευτερογενή επεξεργασία. Οι βιοχημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται είναι είτε αερόβιες, είτε αναερόβιες.

Αερόβια διάσπαση

Κατά την αερόβια διαδικασία (Εικόνα 11.3), η οργανική ύλη μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα, αμμωνία, νιτρικά, φωσφορικά και θειικά άλατα με τη βοήθεια μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί αυτοί κινούνται ελεύθερα σε ένα σύστημα δεξαμενών με ταυτόχρονη χορήγηση αέρα ή οξυγόνου. Πιο κοινά είναι τα συστήματα όπου το υγρό κυρίως κλάσμα διοχετεύεται σε μια μεγάλη δεξαμενή, την πρωτοβάθμια δεξαμενή, η οποία δέχεται

παροχή αέρα (Εικόνα 11.3γ). Εκεί χρησιμοποιούνται κυρίως βακτήρια που σχηματίζουν βλέννη (κυρίως Zoogloea ramigera) τα οποία έχουν την ιδιότητα να σχηματίζουν συσσωματώματα (Εικόνα 11.4). Τα συσσωματώματα αυτά αποτελούν το υπόστρωμα πάνω στο οποίο προσκολλώνται πρωτόζωα και μικρά ζώα. Μερικές φορές συνυπάρχουν νηματοειδή βακτήρια και μύκητες.

Το υγρό που περιέχει τα συσσωματώματα των βακτηρίων μεταφέρεται σε μια δεύτερη δεξαμενή (δευτεροβάθμια δεξαμενή βιομάζας), όπου τα συσσωματώματα καθιζάνουν. Έτσι, η μικροβιακή βιομάζα που παράγεται, καθιζάνει ενώ έχει καταναλώσει μεγάλη ποσότητα οργανικής ύλης. Κάποια ποσότητα συσσωματωμάτων επιστρέφει στην πρωτοβάθμια δεξαμενή αερισμού

και χρησιμεύει για να γίνεται εκ νέου εμβολιασμός (Εικόνα 11.3).

Στις αερόβιες συνθήκες επενεργούν κυρίως βακτήρια, φύκη, ιοί, πρωτόζωα και μύκητες. Τα τελικά προϊόντα είναι διοξείδιο του άνθρακα, νερό (υγρό κλάσμα), και ουσίες που δεν αποσυντίθενται (λάσπη).

Το υγρό κλάσμα, που αποτελείται από τα καθαρισμένα πλέον λύματα, μεταφέρεται για να υποστεί τριτογενή επεξεργασία. Κατά την τριτογενή επεξεργασία, όπως αναφέρθηκε, θα ελαττωθεί η συγκέντρωση των ανόργανων θρεπτικών συστατικών, και με την προσθήκη χλωρίου (χλωρίωση) θα απαλλαγούν από τους μικροοργανισμούς.

Το ίζημα, που αποτελείται από συσσωματώματα και από άλλες ουσίες που δεν αποσυντέθηκαν, μεταφέρεται σε μεγάλες κλειστές δεξαμενές, τους

βιοαντιδραστήρες, όπου θα υποστεί αναερόβια διάσπαση.

Αναερόβια διάσπαση

Η αναερόβια διάσπαση είναι μια πολύπλοκη σειρά αντιδράσεων διάσπασης και ζύμωσης που πραγματοποιούνται από πολλά διαφορετικά είδη βακτηρίων, μεταξύ των οποίων κυριαρχούν τα είδη Clostridium. Η διαδικασία γίνεται σε μεγάλες κλειστές δεξαμενές που ονομάζονται **βιοαντιδραστήρες** και απαιτεί τη συνδυασμένη δράση πολλών διαφορετικών μικροοργανισμών (Εικόνα 11.2α). Στην Εικόνα 11.2β φαίνονται οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά την αναερόβια διάσπαση.

Τα οργανικά μακρομόρια διασπώνται αρχικά από διάφορα ένζυμα,

όπως πρωτεάσες και λιπάσες σε διαλυτά συστατικά. Αυτά με κατάλληλη ζύμωση μετατρέπονται σε ένα μείγμα λιπαρών οξέων, H_2 και CO_2, ενώ τα λιπαρά οξέα μετατρέπονται περαιτέρω σε οξικό οξύ, CO_2 και H_2. Όλες αυτές οι χημικές ενώσεις αποτελούν θρεπτικά συστατικά για μεθανογόνα βακτήρια, όπως το Methanobacterium, που είναι ικανά να διασπάσουν το οξικό οξύ σε μεθάνιο και CO_2, καθώς και να συνθέσουν μεθάνιο από CO_2 και H_2. Τα κύρια λοιπόν προϊόντα της αναερόβιας κατεργασίας λυμάτων και αποβλήτων είναι το μεθάνιο και το CO_2. Το μεθάνιο (βιοαέριο) είναι ένα χρήσιμο καύσιμο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας στο σταθμό του βιολογικού καθαρισμού.

Το ίζημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί,

μετά από κατάλληλη επεξεργασία, ως λίπασμα ενώ οι ουσίες που δεν αποσυντίθενται αποτίθενται σε κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους.

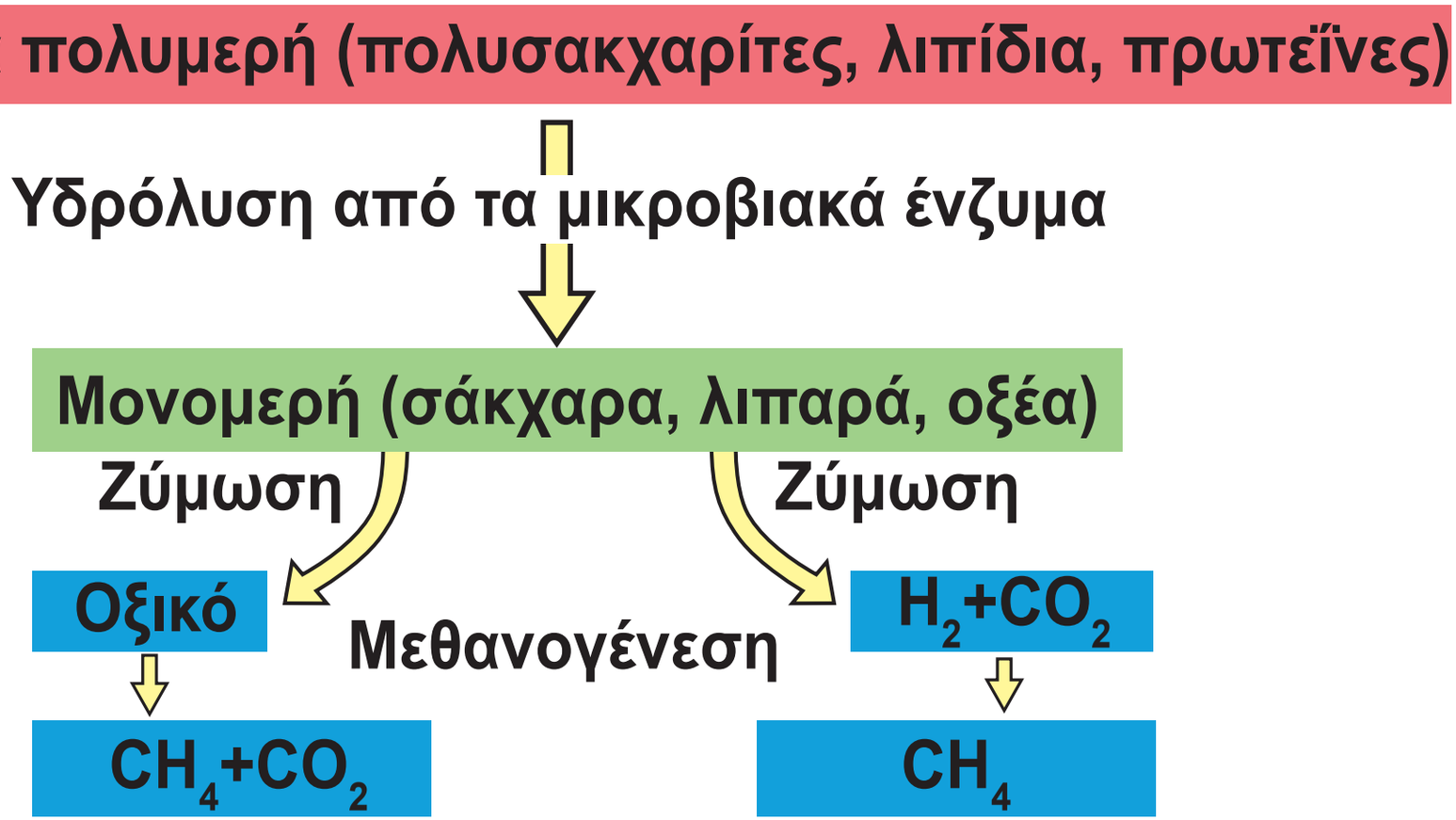
Η επιλογή των οργανισμών που θα χρησιμοποιηθούν γίνεται συνήθως από το χώμα περιοχών που έχουν μολυνθεί για αρκετό χρονικό διάστημα από τις συγκεκριμένες ουσίες που θέλουμε να διασπασθούν. Στη συνέχεια δημιουργούνται τροποποιημένοι τύποι των οργανισμών στο εργαστήριο με ιδιότητες που βοηθούν στη διάσπαση, όπως ταχύτερη ανάπτυξη ή ταχύτερη αποικοδόμηση. Η δημιουργία τους γίνεται με συνδυασμό τεχνικών κλασικής Γενετικής και τεχνολογίας ανασυνδυασμένου DNA.

α



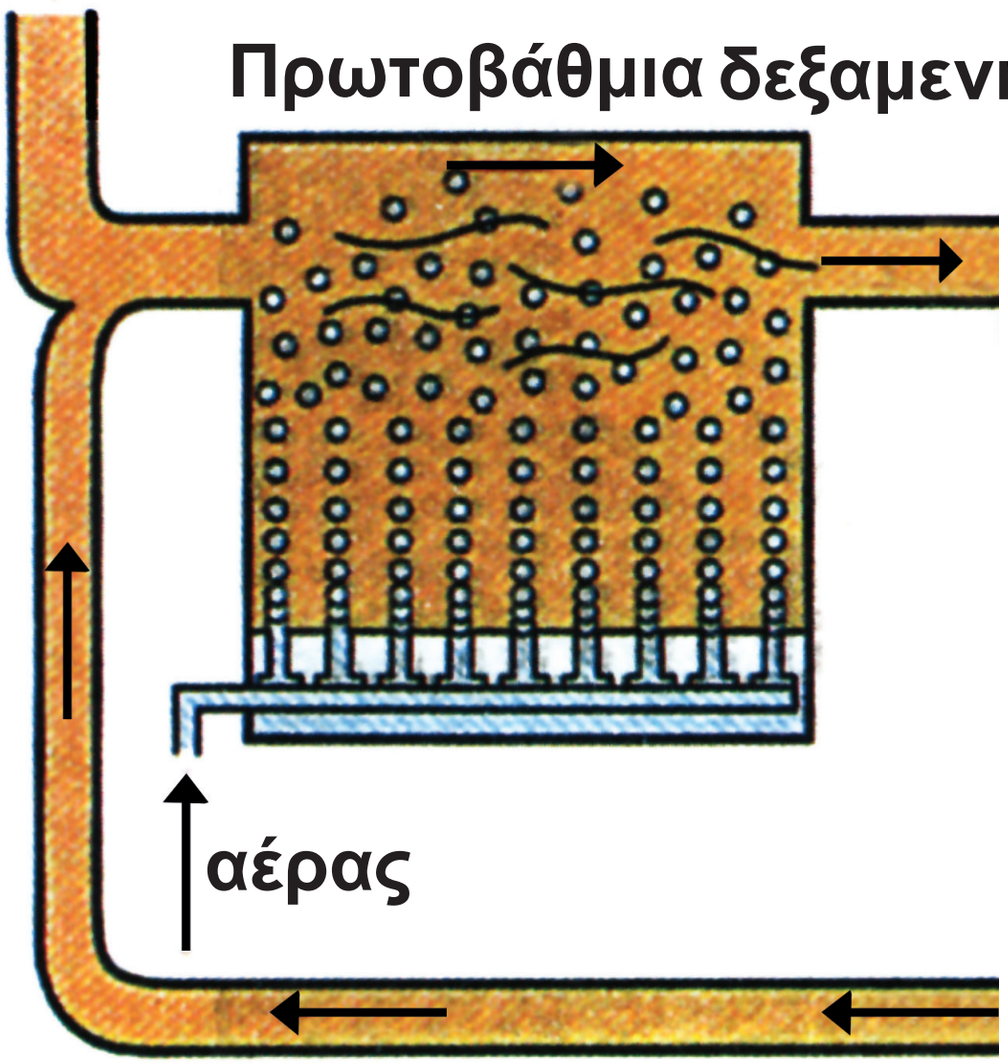
Εικόνα 11.2 α. Δεξαμενή αναερόβιας επεξεργασίας λυμάτων

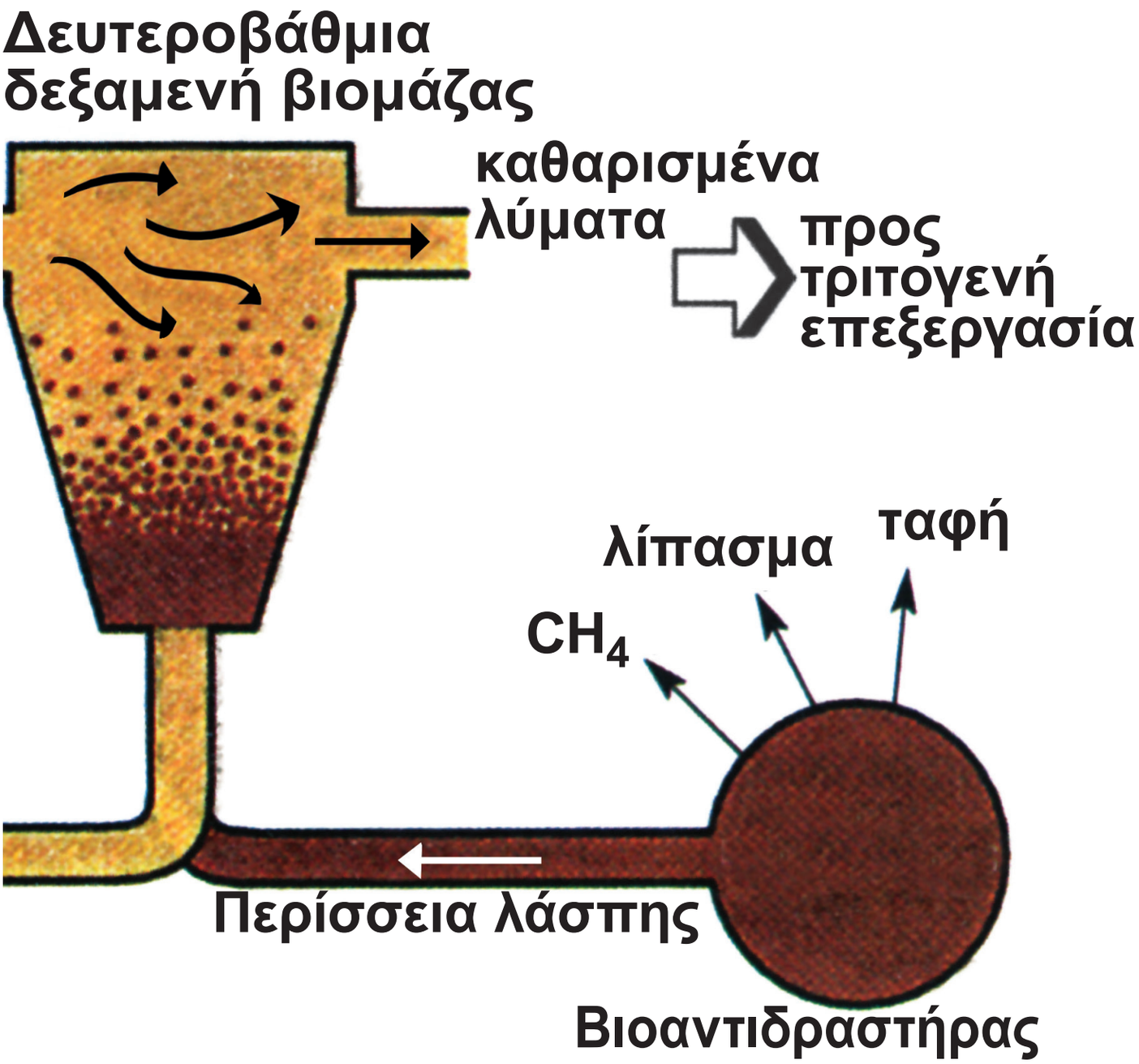
β



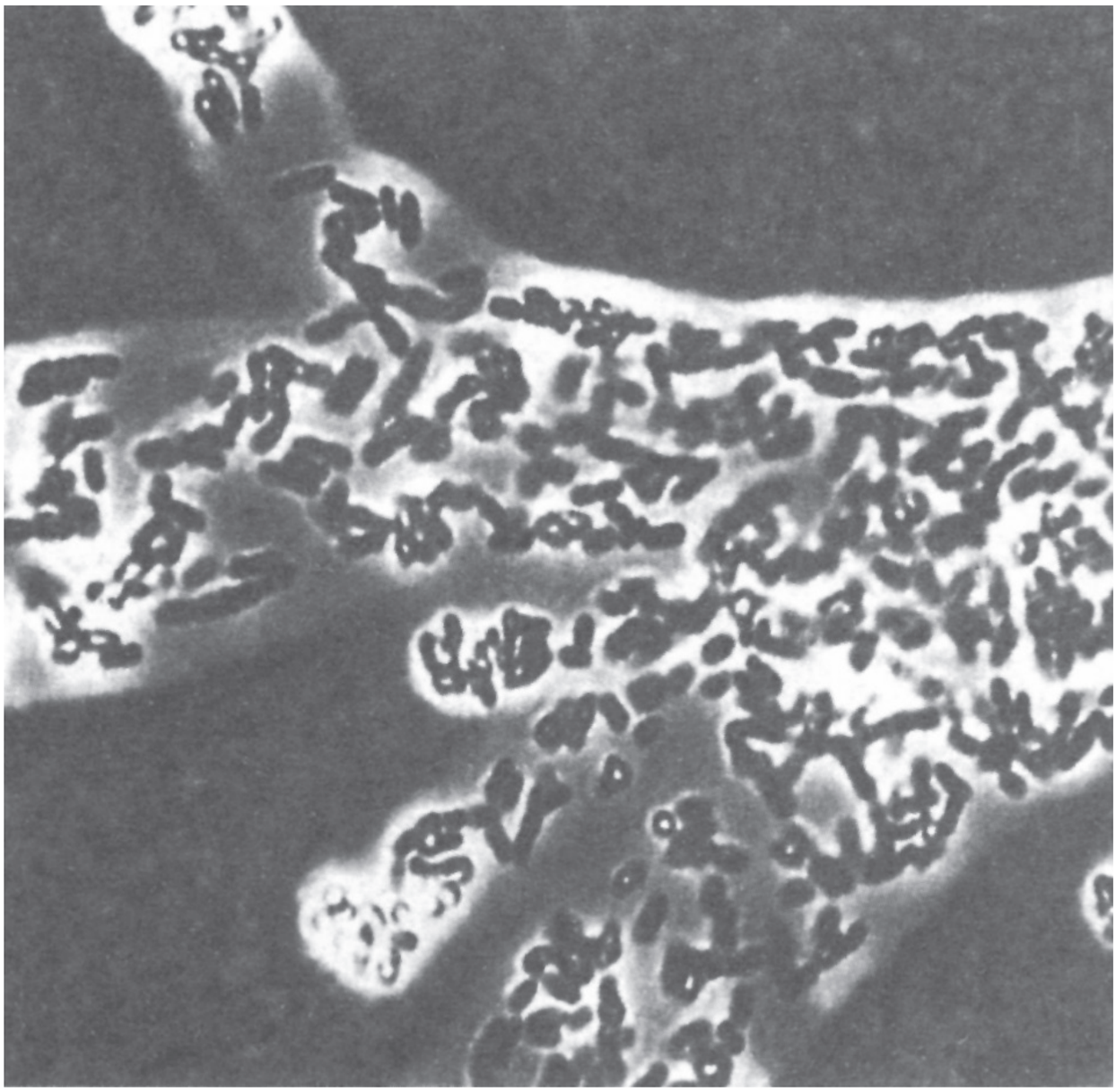
Εικόνα 11.2 β. Συμμετοχή των μικροοργανισμών στην αναερόβια διάσπαση των λυμάτων. Το τελικό προϊόν της διάσπασης είναι το μεθάνιο (βιοαέριο).

Υγρό κλάσμα λυμάτων ή απο-
βλήτων μετά την πρωτογενή
επεξεργασία





Εικόνα 11.3 Δευτερογενής επεξεργασία λυμάτων: Διαγραμματική απεικόνιση διάσπασης λυμάτων σε συστήματα δεξαμενών.



Εικόνα 11.4 Φωτογραφία από οπτικό μικροσκόπιο της Zoogloea ramigera **μικροοργανισμού που συμμετέχει στην επεξεργασία των λυμάτων.**

Βιοτεχνολογικοί τρόποι για τη διάσπαση των πετρελαιοκηλίδων

Οι ωκεανοί καταλαμβάνουν περισσότερο από 70% της επιφάνειας της Γης. Εκτός από την οικολογική τους σημασία, κρύβουν έναν απίθανο πλούτο κρυμμένης γνώσης και προϊόντων χρήσιμων για τον άνθρωπο. Τεράστια είναι επίσης και η ποικιλία των πάσης φύσεως μικροοργανισμών που ζουν στις θάλασσες. Την τελευταία δεκαετία οι θαλάσσιοι μικροοργανισμοί αποδείχτηκαν μια σημαντική και ανεξερεύνητη πηγή για τη Βιοτεχνολογία.

Παράλληλα, το θαλάσσιο οικοσύστημα πέφτει καθημερινά θύμα μαζικής και καταστροφικής ρύπανσης. Κύρια αιτία αποτελεί το **πετρέλαιο**, το οποίο καταλήγει στις θάλασσες μέσω συγκεκριμένων

δραστηριοτήτων του ανθρώπου. Έτσι, μεγάλο μέρος από τα λιπαντικά των βιομηχανιών, τα απόβλητα και τις διαρροές των διυλιστηρίων, τις αποπλύσεις των δεξαμενών των πετρελαιοφόρων καταλήγουν στη θάλασσα. Επίσης, διαρροές από πετρελαιοπηγές, την ακτοπλοΐα και τα δεξαμενόπλοια καθώς και τα ναυάγια των πετρελαιοφόρων πλοίων επιβαρύνουν τους ζωντανούς οργανισμούς σε τεράστιες θαλάσσιες και παράκτιες εκτάσεις (Εικόνα 11.6).

Τα αποτελέσματα της πετρελαϊκής ρύπανσης φαίνονται ανάγλυφα στα πτηνά με τα καλυμμένα από πίσσα φτερά και αφορούν κυρίως:

- τον αφανισμό των γόνων των ψαριών στις περιοχές με ρύπανση,
- τη μείωση του φυτοπλαγκτού, επειδή το ηλιακό φως δυσκολεύεται να διαπεράσει το στρώμα των

πετρελαιοκηλίδων,

- τη μεταφορά τοξικών ουσιών στον άνθρωπο από τα αλιευόμενα ψάρια, τα οποία τρέφονται κοντά στις περιοχές με ρύπανση, καθώς και
- τις οικονομικές καταστροφές στην αλιεία.

Είναι χαρακτηριστικό ότι η μέχρι πρότινος χρήση τοξικών ή μη απορρυπαντικών για τη διάλυση των πετρελαιοκηλίδων επιδείνωνε την εικόνα της καταστροφής εξαφανίζοντας πολλά θαλάσσια είδη. Τα απορρυπαντικά σταματούν τη φυσική βιοδιάσπαση του πετρελαίου, επειδή το μετατρέπουν σε γαλάκτωμα. Το γαλακτωματοποιημένο πετρέλαιο αποτελεί τροφή για κάποιους οργανισμούς και έτσι γίνεται μέρος της τροφικής αλυσίδας στο θαλάσσιο οικοσύστημα.

Τον καταστροφικό «φαύλο κύκλο» της πετρελαϊκής ρύπανσης και της απορρύπανσης μπορεί να διακόψει η ίδια η φύση. Πραγματικά στη διάσπαση των πετρελαιοκηλίδων οι θαλάσσιοι μικροοργανισμοί, μπορούν να κάνουν το θαύμα τους: Αφού εξατμιστούν τα πτητικά κλάσματα του πετρελαίου, οι οργανικές χημικές του ενώσεις διασπώνται από βακτήρια και μύκητες που ανήκουν σε περισσότερα από 70 γένη με αποτέλεσμα να μεταβολίζονται σε διοξείδιο του άνθρακα. Η διαδικασία αυτή είναι ιδιαίτερα αργή, ενώ οι πηγές ρύπανσης δυστυχώς αυξάνονται. Η ταχύτητα αποικοδόμησης των πετρελαιοκηλίδων από τους μικροοργανισμούς εξαρτάται από μια σειρά άλλων παραγόντων. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (το

καλοκαίρι αναπτύσσονται τα βακτήρια ευκολότερα λόγω υψηλότερης θερμοκρασίας), η σύσταση του πετρελαίου που ποικίλλει ανάλογα με την κατεργασία και την προέλευσή του, η συγκέντρωση του οξυγόνου στο θαλασσινό νερό και η επάρκεια θρεπτικών συστατικών για την ανάπτυξη των βακτηρίων.

Η Βιοτεχνολογία επιδιώκει να επιταχύνει και να βελτιστοποιήσει τη διαδικασία διάσπασης των πετρελαιοκηλίδων με δύο τρόπους:

α. Διευκολύνοντας τα βακτήρια στο απορρυπαντικό τους έργο. Αυτό γίνεται δυνατό εάν προστεθούν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά όπως άζωτο, φώσφορος και σίδηρος με τα οποία επιτυγχάνεται καλύτερη και ταχύτερη ανάπτυξη των βακτηρίων, δηλαδή κάτι αντίστοιχο με την προσθήκη λιπάσματος στους

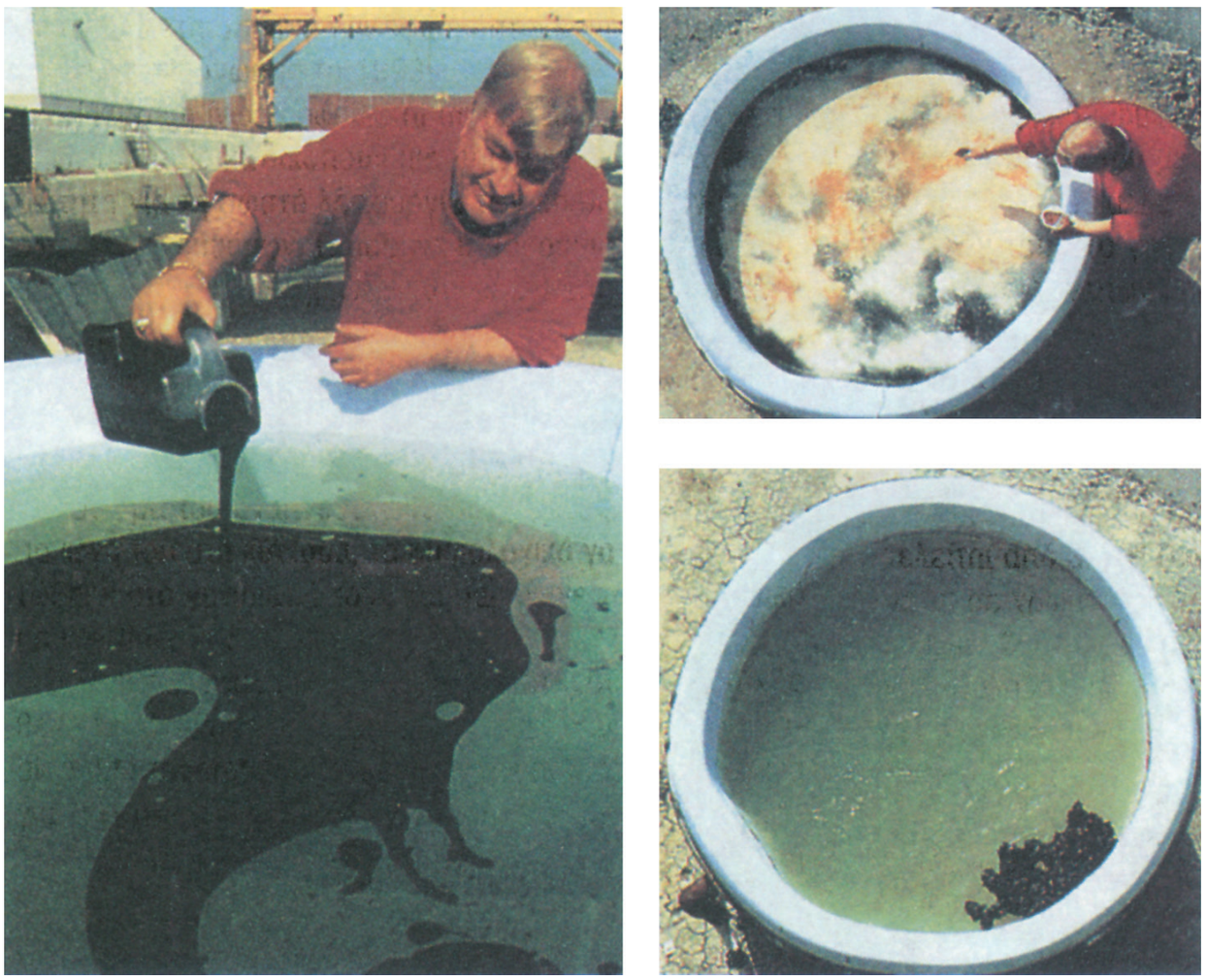
αγρούς. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε για πρώτη φορά μετά τη μεγάλη διαρροή πετρελαίου στην Αλάσκα το 1989 που δημιουργήθηκε από τη βύθιση του δεξαμενόπλοιου Exxon Valdez. Σε μια παραλία μήκους 160 χιλιομέτρων η διάσπαση αυξήθηκε έως 4 φορές με την προσθήκη θρεπτικών συστατικών, σε μια περίοδο 30 ημερών.

β. Προσπαθώντας να εντοπίσει και να απομονώσει νέα στελέχη βακτηρίων με μεγάλη αναπαραγωγική ικανότητα, που να διασπούν το πετρέλαιο, οξειδώνοντας τις ενώσεις του σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Τέτοια βακτήρια μπορούν να απομονωθούν από τις ίδιες τις περιοχές της ρύπανσης, επειδή επιζούν χρησιμοποιώντας ως τροφή και τους υδρογονάνθρακες από τους οποίους αποτελείται το

πετρέλαιο. Τα βακτήρια αυτά συλλέγονται, αναπτύσσονται στο εργαστήριο προκειμένου να αυξηθεί ο αριθμός τους και απελευθερώνονται στο περιβάλλον με προσθήκη κατάλληλων θρεπτικών συστατικών.

Στο εργαστήριο γίνεται προσπάθεια να μελετηθούν και να τροποποιηθούν γενετικά μικροοργανισμοί ώστε να γίνουν ακόμη πιο αποτελεσματικοί στο απορρυπαντικό τους έργο, δηλαδή να μπορούν να παράγουν νέα ένζυμα με τα οποία μπορεί να διασπούν το πετρέλαιο. Το πρώτο είδος βακτηρίου που κατοχυρώθηκε νομικά με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, το 1980, ήταν ένα βακτήριο που έχει την ικανότητα να διασπά το πετρέλαιο. Τα γενετικά τροποποιημένα βακτήρια πρέπει να είναι γενετικά σταθερά (να έχουν χαμηλή συχνότητα μεταλλάξεων), να μην

είναι παθογόνα για τον άνθρωπο και άλλους οργανισμούς και να μην παράγουν τοξικές ουσίες από τη διάσπαση του πετρελαίου. Η σημασία της χρήσης των βακτηρίων για τη διάσπαση πετρελαιοκηλίδων φαίνεται από το γεγονός ότι ορισμένα βακτήρια είναι σε θέση να διασπάσουν το 70% μιας πετρελαιοκηλίδας μέσα σε διάστημα πέντε εβδομάδων, κάτι για το οποίο η φύση από μόνη της θα χρειαζόταν πενήντα πέντε χρόνια! (Εικόνα 11.5).



Εικόνα 11.5 Διάσπαση πετρελαιοκηλίδων με τη βοήθεια βακτηρίων. Σε πέντε εβδομάδες έχει διασπασθεί το 70% μιας κηλίδας, διαδικασία που στη φύση θα διαρκούσε 55 χρόνια!



Εικόνα 11.6 Οι ενυδρίδες της φωτογραφίας ανήκουν στα θύματα της διαρροής 50 εκατομμυρίων λίτρων πετρελαίου του Exxon Valdez. Παρά τις προσπάθειες των επιστημονικών ομάδων, ελάχιστες σώθηκαν.

Περίληψη

Η βασική δύναμη της Βιοτεχνολογίας βρίσκεται στα όσα υπόσχεται να κάνει για την αναβάθμιση του περιβάλλοντος. Παρόλα αυτά η ανάπτυξη βιοτεχνολογικών μεθόδων για την προστασία του περιβάλλοντος έχει προοδεύσει ιδιαίτερα.

Έτσι, υπάρχουν σήμερα στη διάθεσή μας μικροοργανισμοί ιδιαίτερα αποτελεσματικοί στη βιομετατροπή ανακυκλωμένων γεωργικών, κτηνοτροφικών, βιομηχανικών και αστικών λυμάτων και απορριμμάτων. Επίσης η Βιοτεχνολογία έχει αναπτύξει μεθόδους δραστικής διευκόλυνσης των θαλάσσιων μικροοργανισμών στο έργο της διάσπασης των απειλητικών θαλάσσιων πετρελαιοκηλίδων.

Εργασίες - Δραστηριότητες

Προσπαθήστε να καταρτίσετε έναν, κατά το δυνατόν, πλήρη κατάλογο εκείνων των Πανεπιστημιακών τμημάτων, Τεχνολογικών Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων, βιομηχανικών μονάδων και Φαρμακευτικών Εταιρειών, όπου διεξάγεται βιοτεχνολογική έρευνα στη χώρα μας.

Πολλοί επιστημονικοί και τεχνολογικοί χώροι τέτοιου είδους διαθέτουν σελίδες στο Internet. Όσοι από εσάς είναι εξοικειωμένοι με τις λεγόμενες Μηχανές Αναζήτησης στον κυβερνοχώρο, θα μπορέσουν να συλλέξουν στοιχεία πληκτρολογώντας λήμματα όπως: Biotechnology AND Greece κτλ. Επιπλέον, στις ιστοσελίδες του Υπουργείου Παιδείας, Γεωργίας,

της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας θα βρείτε περισσότερες πληροφορίες.

Σας προτείνουμε στην παρουσίαση της έρευνας που κάνατε να σημειώσετε τη θέση των βιοτεχνολογικών δραστηριοτήτων τις οποίες βρήκατε επάνω στο γεωγραφικό χάρτη της Ελλάδας. Στον ίδιο χάρτη εντοπίστε τις αγροτικές και τις βιομηχανικές περιοχές και βγάλτε τα συμπεράσματά σας. Μη διστάσετε να ζητήσετε επιπλέον πληροφορίες επικοινωνώντας με τα ίδια τα κέντρα βιοτεχνολογικής έρευνας.

Ερωτήσεις

1. Να αναφέρετε τις κύριες συνέπειες της πετρελαϊκής ρύπανσης.

2. Με ποιους τρόπους επιχειρεί η Βιοτεχνολογία να διευκολύνει τα βακτήρια στο απορρυπαντικό τους έργο στην περίπτωση των πετρελαιοκηλίδων;

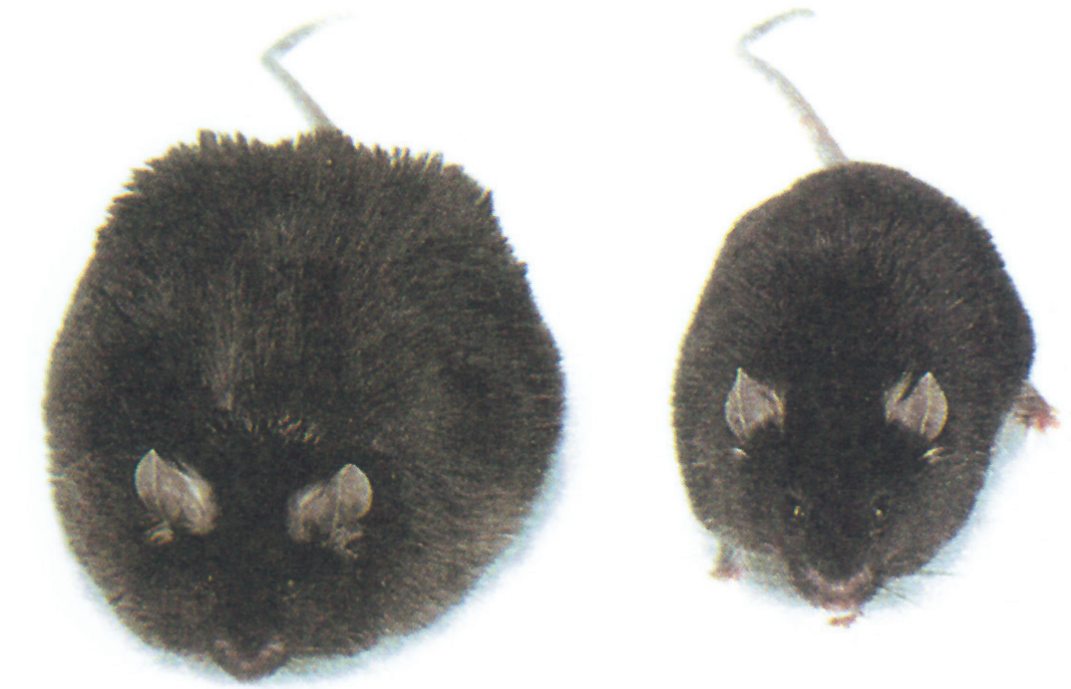
3. Με ποιους τρόπους νομίζετε ότι η θερμοκρασία επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της βιοδιάσπασης των πετρελαιοκηλίδων; Επιλέξτε τη σωστή απάντηση από τις προτάσεις α, β, γ:
α. Σε υψηλές θερμοκρασίες, όπως αυτές των καλοκαιρινών μηνών, τα βακτήρια αναπτύσσονται ευκολότερα.

β. Το καλοκαίρι τα βακτήρια δεν επιζούν λόγω υψηλών θερμοκρασιών.

γ. Τα βακτήρια αναπτύσσονται με σταθερό ρυθμό ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

4. Για ποιο λόγο γίνεται προσθήκη σιδήρου, φωσφόρου και αζώτου στις πετρελαιοκηλίδες προκειμένου να επιτευχθεί βιοδιάσπαση;

Βιοηθική: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα -ηθικά και κοινωνικά διλήμματα της Γενετικής Μηχανικής



Τα γενετικά τροποποιημένα ποντίκια της φωτογραφίας, στα οποία «απουσιάζει» το γονίδιο της λεπτίνης, χρησιμοποιούνται σε πειράματα μελέτης απώλειας βάρους

κεφάλαιο

12

12. Βιοηθική: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα-ηθικά και κοινωνικά διλήμματα της Γενετικής Μηχανικής

Η ανάπτυξη της Γενετικής Μηχανικής συνοδεύτηκε από μία σειρά προβληματισμών, οι οποίοι αφορούσαν τις συνέπειες που συνοδεύουν την ανάπτυξη του νέου αυτού κλάδου της Βιολογίας. Στις αρχές της δεκαετίας του ’70 τα αρχικά διλήμματα είχαν εστιαστεί στο αν θα έπρεπε να κλωνοποιηθούν ογκογονίδια από τους ιούς στην E. coli. Υπήρξε η υποψία ότι στην περίπτωση που τα γενετικά τροποποιημένα βακτήρια διέφευγαν από το εργαστήριο, θα μπορούσαν να μεταφέρουν τα ογκογονίδια στα βακτήρια E. coli, που ζουν στο ανθρώπινο έντερο. Υπήρξε επίσης

έντονος προβληματισμός σχετικά με το αν το ανθρώπινο DNA και το DNA των άλλων θηλαστικών περιείχε πιθανά ογκογονίδια, τα οποία θα μπορούσαν να μεταφερθούν από οργανισμό σε οργανισμό κατά τα πειράματα Γενετικής Μηχανικής. Το Φεβρουάριο του 1975 μια ομάδα από εκατό μοριακούς βιολόγους σε μια συνάντηση στην Καλιφόρνια αποφάσισαν ότι θα έπρεπε να τεθούν ορισμένοι περιορισμοί σχετικά με την έρευνα στον τομέα της Γενετικής Μηχανικής, ώσπου να καθοριστεί με ακρίβεια ο βαθμός επικινδυνότητας των πειραμάτων αυτών. Αυτό ήταν ένα φρένο στο συγκεκριμένο πεδίο έρευνας που τέθηκε από τους ίδιους τους ερευνητές και όχι από κάποιο διοικητικό φορέα. Έτσι η έρευνα στους ογκογόνους ιούς σταμάτησε. Το 1976

συγκροτήθηκε από την αμερικανική κυβέρνηση Συμβουλευτική Επιτροπή, στην οποία συμμετείχαν και άνθρωποι που είχαν πάρει μέρος στη συνάντηση της Καλιφόρνιας. Παρόμοιες επιτροπές συγκροτήθηκαν στην Ευρώπη. Ο ρόλος της επιτροπής αυτής ήταν η θέσπιση κανόνων για τη διεξαγωγή πειραμάτων Γενετικής Μηχανικής. Δύο χρόνια μετά τη διακοπή της έρευνας στους ογκογόνους ιούς, κατά τη διάρκεια των οποίων καθορίστηκαν με αυστηρότητα οι συνθήκες ασφαλούς διεξαγωγής των πειραμάτων, άρχισε ξανά η έρευνα στους ιούς αλλά και σε άλλους οργανισμούς. Τα αυστηρά μέτρα ασφαλείας των πειραμάτων εφαρμόζονται έως σήμερα. Πρέπει όμως να αναφερθεί ότι υπάρχουν διαφορετικές απόψεις, κυρίως ανάμεσα στις χώρες της

Ευρωπαϊκής Ένωσης και τις Η.Π.Α., για το πόσο αυστηροί πρέπει να είναι οι κανόνες για την ανάπτυξη της Γενετικής Μηχανικής. Σε γενικές γραμμές, η νομοθεσία που αφορά τα πειράματα και τις εφαρμογές της Γενετικής Μηχανικής είναι περισσότερο αυστηρή στην Ευρώπη από ό,τι στις Η.Π.Α.

Στις αρχές της δεκαετίας του ’80 υπήρξε μια εκρηκτική ανάπτυξη εφαρμογών των τεχνικών της Γενετικής Μηχανικής. Διάφορες εταιρίες άρχισαν να επενδύουν δισεκατομμύρια δολάρια όχι μόνο στη Γενετική Μηχανική αλλά και σε άλλες εφαρμογές, οι οποίες βασίζονται στη Μοριακή Βιολογία. Έτσι γεννήθηκε η Βιοτεχνολογία που έκανε δυνατή την επιστημονική και βιομηχανική αξιοποίηση των δυνατοτήτων των ζωντανών οργανισμών.

Η Βιοτεχνολογία είναι μια ραγδαία εξελισσόμενη επιστήμη. Καθημερινά αναπτύσσονται νέες εφαρμογές που αφορούν τη διάγνωση ασθενειών, την παραγωγή φαρμάκων και εμβολίων, τη γονιδιακή θεραπεία, καθώς και τη γεωργία, την κτηνοτροφία και το περιβάλλον. Είναι όμως προφανές ότι η ανάπτυξη της Βιοτεχνολογίας φέρνει στην επιφάνεια μία σειρά από ερωτήματα, που αφορούν την ασφάλεια και την υγεία του ανθρώπου, την προστασία του περιβάλλοντος, την προστασία των καταναλωτών και των αγροτών, την ποιότητα ζωής των ζώων καθώς και μία σειρά από ηθικά και ανθρωπιστικά προβλήματα.

Επηρεάζουν οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί την υγεία του ανθρώπου;

Ένα από τα βασικά θέματα που αφορούν την ασφάλεια των προϊόντων σχετίζεται με τα πλασμίδια που χρησιμοποιούνται ως φορείς για τη γενετική τροποποίηση των φυτικών ή ζωικών οργανισμών. Τα πλασμίδια αυτά περιέχουν εκτός από το γονίδιο που βοηθά στη βελτίωση των ιδιοτήτων των οργανισμών, και γονίδια ανθεκτικότητας σε ορισμένα αντιβιοτικά, κυρίως στην καναμυκίνη. Τα γονίδια εισέρχονται μαζί με τα πλασμίδια στους οργανισμούς και τους τροποποιούν. Το πρώτο προϊόν που κυκλοφόρησε στην αγορά ήταν μία ποικιλία τομάτας. Οι τομάτες λοιπόν αυτές, όπως όλα τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα, περιέχουν γονίδια ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά.

Το ερώτημα που προκύπτει είναι μήπως το γονίδιο μπορεί να περάσει από την τομάτα στα βακτήρια E. coli, που βρίσκονται στο έντερο, και να τα κάνει ανθεκτικά στην καναμυκίνη και στα συγγενή αντιβιοτικά. Επιπλέον, επειδή τα βακτήρια αποβάλλονται από το έντερο στο περιβάλλον, τα γονίδια ανθεκτικότητας θα μπορούσαν να διασπαρούν σε άλλα πιθανόν βλαβερά βακτήρια του περιβάλλοντος. Τα τελευταία, αν προσβάλλουν τον άνθρωπο, δε θα μπορούν να καταπολεμηθούν επειδή θα είναι ανθεκτικά στα αντιβιοτικά. Στην πραγματικότητα βέβαια, είναι πολύ μεγαλύτερες οι πιθανότητες το γονίδιο ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά, όπως και όλο το DNA της τομάτας, να διασπαστεί στο πεπτικό μας σύστημα ή να μη μεταφερθεί σε άλλους οργανισμούς.



Εικόνα 12.1 Με τη χρήση αυξητικής ορμόνης οι αγελάδες παράγουν καθημερινά περισσότερο από 35 L γάλακτος.

Επιπλέον, το γονίδιο ανθεκτικότητας στην καναμυκίνη υπάρχει ήδη σε αρκετούς οργανισμούς στη φύση. Οι ερευνητές κάνουν μεγάλες προσπάθειες, για να απομακρύνουν τα γονίδια της ανθεκτικότητας μετά τη γενετική τροποποίηση των οργανισμών. Το 1996, η Ευρωπαϊκή Ένωση επέτρεψε την εισαγωγή γενετικά τροποποιημένου καλαμποκιού από τις Η.Π.Α.

Οι εταιρίες που παράγουν γενετικά τροποποιημένα προϊόντα επενδύουν τεράστια ποσά χρημάτων στην έρευνα και ανάπτυξη, για να παραγάγουν ασφαλή προϊόντα. Για παράδειγμα, μία εταιρία που παρασκευάζει το φάρμακο ΑΑΤ (α1-αντιθρυψίνη), για το εμφύσημα, κάνει εισαγωγή προβάτων από τη Νέα Ζηλανδία, προκειμένου να εξασφαλίσει ότι δεν πάσχουν από σπογγώδη

εγκεφαλίτιδα, ασθένεια που καταστρέφει τα νευρικά κύπαρα στον εγκέφαλο των ζώων. Οι διαγονιδιακές αίγες, που χρησιμοποιούνται από μία άλλη εταιρία για την παραγωγή μονοκλωνικών αντισωμάτων, διατρέφονται με τροφή που δεν περιέχει ζωικά ή φυτικά παράσιτα. Γίνεται δηλαδή προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα μεταφοράς ασθενειών στον άνθρωπο από τα γενετικά τροποποιημένα προϊόντα, θα μπορούσε να υποθέσει κανείς ότι για τα προϊόντα αυτά λαμβάνονται αυστηρότερα μέτρα ασφαλείας από ό,τι για πολλά παραδοσιακά προϊόντα.

Επιπρόσθετα, τα γενετικά τροποποιημένα προϊόντα ενέχουν κινδύνους επειδή τα γονίδια που εισάγονται σε αυτά μπορεί να προκαλέσουν αλλεργικές αντιδράσεις.

Έρευνα του Πανεπιστημίου της Νεμπράσκα (Η.Π.Α) έδειξε ότι σπόροι σόγιας που περιέχουν γονίδια από βραζιλιάνικα καρύδια δημιούργησαν οξύτατα προβλήματα υγείας σε άτομα αλλεργικά στα βραζιλιάνικα καρύδια.

Δημιουργείται λοιπόν η ανάγκη της σήμανσης των προϊόντων που παράγονται με τις τεχνικές Γενετικής Μηχανικής. θα πρέπει δηλαδή να αναγράφεται στη συσκευασία τους ότι είναι γενετικά τροποποιημένα, καθώς και η σύσταση και η θρεπτική αξία τους. Στην Ευρώπη από το 1997 έχει δοθεί οδηγία στα κράτη-μέλη να υπάρχει σήμανση στα γενετικά τροποποιημένα προϊόντα. Αυτό δε συμβαίνει σε άλλες χώρες όπως οι Η.Π.Α. και η Ιαπωνία.

Για την απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ισορροπία στο περιβάλλον

Τόσο τα κράτη της Βόρειας Αμερικής όσο και της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν θεσπίσει κανόνες με σκοπό τον έλεγχο της απελευθέρωσης των **Γενετικά Τροποποιημένων Οργανισμών** (ΓΤΟ, GEO: genetic engineered organisms) στο περιβάλλον. Μία περίπτωση κατά την οποία υπήρξε μεγάλη διχογνωμία αφορά τα γενετικά τροποποιημένα βακτήρια που προστατεύουν τα φυτά από τον παγετό. Το βακτήριο πριν από την τροποποίηση προσβάλλει πολλά φυτά και τα κάνει ευαίσθητα στον παγετό, επειδή παράγει μια πρωτεΐνη που προκαλεί το σχηματισμό κρυστάλλων σε

χαμηλές θερμοκρασίες. Οι ερευνητές κατόρθωσαν να αφαιρέσουν από το βακτήριο το γονίδιο που παράγει τη συγκεκριμένη πρωτεΐνη. Όταν κάποια φυτά, όπως οι φράουλες, ψεκαστούν με τα τροποποιημένα βακτήρια γίνονται ανθεκτικά στον παγετό. Ύστερα από έντονη διαμάχη για τους κινδύνους από την απελευθέρωση ΓΤΟ στο περιβάλλον δόθηκε άδεια για τη χρησιμοποίησή τους.

Η πρώτη εντολή απελευθέρωσης χωρίς περιορισμούς ενός ΓΤΟ δόθηκε το 1994 στην Αγγλία και αφορούσε έναν τύπο ελαιοκράβης (Brassica napus), ο οποίος περιέχει γονίδια ανθεκτικά στο ζιζανιοκτόνο Basta. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούν να καταπολεμηθούν στον αγρό τα ζιζάνια χωρίς να δημιουργείται πρόβλημα στην καλλιέργεια

της ελαιοκράμβης. Η ελαιοκράμβη θα μπορούσε να γίνει «επικίνδυνη», επειδή θα μπορούσε να διασταυρωθεί με συγγενή είδη όπως το Brassica campestris, εξαπλώνοντας έτσι την ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα στα άγρια φυτά. Ένα άλλο θέμα που προκύπτει είναι ότι η ανάπτυξη φυτών ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα μπορεί να ενθαρρύνει τη χρήση μεγαλύτερων ποσοτήτων ζιζανιοκτόνων με συνέπεια την επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Οικολογικές οργανώσεις εναντιώνονται στην απελευθέρωση της γενετικά τροποποιημένης ελαιοκράμβης.

Άλλοι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί, ανθεκτικοί σε ασθένειες, σε ξηρασία ή σε άλλες δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες θα μπορούσαν να μεταφέρουν την ανθεκτικότητά τους στα αγριόχορτα

(ζιζάνια), τα οποία, με την απουσία περιοριστικού παράγοντα, θα «καταλάβουν» τους αγρούς ταχύτατα. Έχουν γίνει χιλιάδες απελευθερώσεις διαγονιδιακών φυτών σε πολλές χώρες. Στην Κίνα, για παράδειγμα, καλλιεργείται γενετικά τροποποιημένος καπνός, ανθεκτικός στον ιό της μωσαϊκής του καπνού. Καμιά από τις απελευθερώσεις αυτές δεν έχει προκαλέσει μέχρι σήμερα αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Οι γενετικά τροποποιημένοι σολομοί, που φτάνουν να έχουν βάρος τριάντα φορές μεγαλύτερο από αυτό του φυσιολογικού, μπορεί να αποτελούν μια σοβαρή απειλή. Τα ψάρια εκτρέφονται σε ιχθυοτροφεία και συνήθως δεν μπορούν να «δραπετεύσουν» στο φυσικό περιβάλλον. Εν τούτοις τα νεαρά μικρά ψάρια

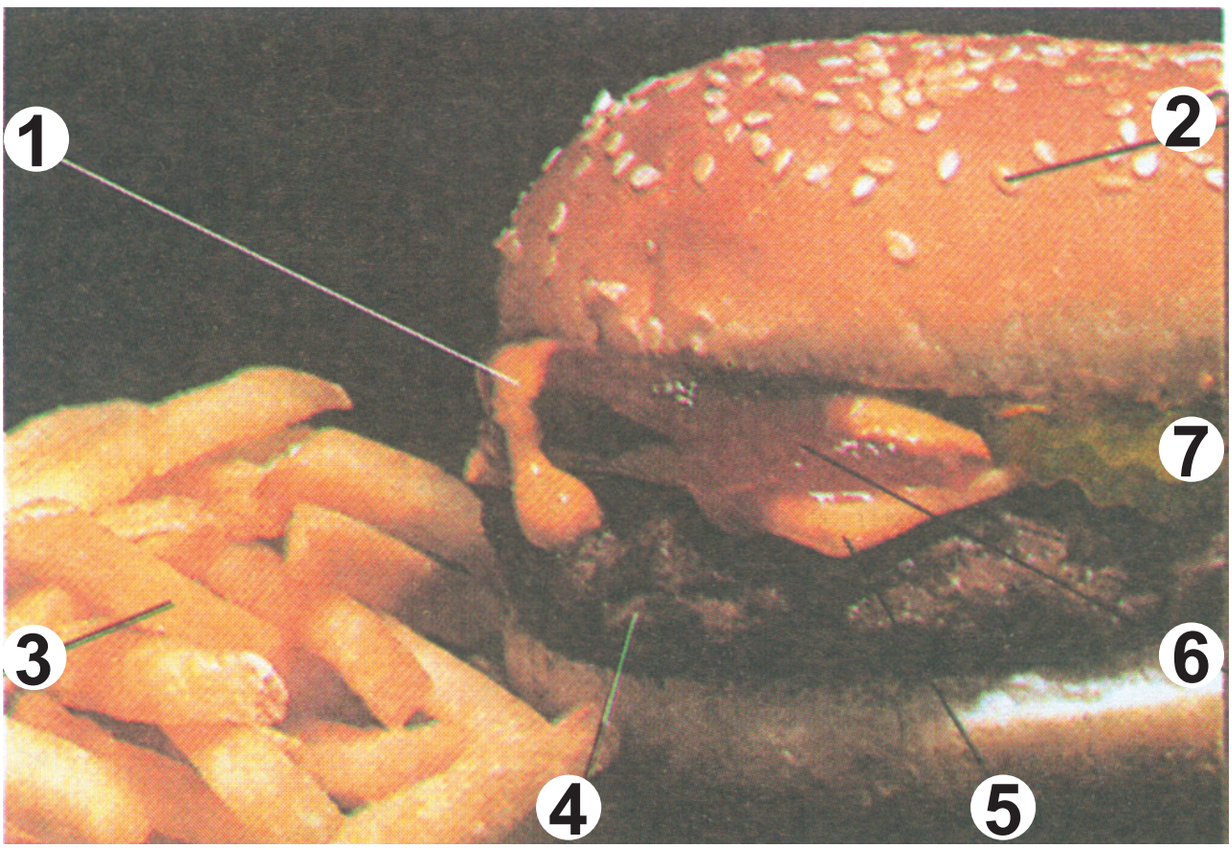
μπορεί να μεταφερθούν από τα πουλιά σε γειτονικά υδατικά οικοσυστήματα. Ακόμη και μεγαλύτερα ψάρια είναι γνωστό ότι έχουν διαφύγει. Αν οι γενετικά τροποποιημένοι σολομοί διαφύγουν στη θάλασσα υπάρχουν φόβοι ότι θα επηρεάσουν την ισορροπία των ήδη ευρισκόμενων σε κίνδυνο εξαφάνισης άγριων σολομών. Επίσης, θα μπορούσαν να επηρεάσουν την τροφική αλυσίδα με απρόβλεπτους τρόπους. Έχει αναφερθεί ότι περισσότερο από 90% των άγριων σολομών που ζουν στα ρεύματα της Σκωτίας προέρχονται από τους σολομούς που έχουν διαφύγει από τα ιχθυοτροφεία της Νορβηγίας. Έχουν αναφερθεί πολλά παραδείγματα από το παρελθόν κατά τα οποία νεοεισαγόμενα ζώα σε ένα οικοσύστημα προκαλούσαν μεγάλες οικολογικές καταστροφές,

όπως για παράδειγμα τα κουνέλια που μεταφέρθηκαν από την Αγγλία στην Αυστραλία.

Έως και σήμερα έχουν δημιουργηθεί μια σειρά από ΓΤΟ, οι περισσότεροι από τους οποίους φυλάσσονται ακόμη στα εργαστήρια αλλά αρκετοί έχουν απελευθερωθεί. Σ' αυτούς περιλαμβάνονται γενετικά τροποποιημένα φυτά οικονομικής σημασίας, όπως είναι το βαμβάκι, η πατάτα, η σόγια, η ελαιοκράμβη, το ζαχαρότευτλο και το ρύζι.

Στη χώρα μας έχουν υποβληθεί πολλές αιτήσεις άδειας πειραματικής καλλιέργειας ΓΤΟ. Προς το παρόν έχει επιτραπεί η πειραματική καλλιέργεια σε τρεις ποικιλίες βαμβακιού, στο καλαμπόκι και στην τομάτα. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν επιτραπεί πειραματικές καλλιέργειες ΓΤΟ από το 1995 για την

τομάτα και από το 1996 για τη σόγια και για το καλαμπόκι.



Εικόνα 12.2 Στο άμεσο μέλλον είναι πιθανόν η τροφή μας να προέρχεται από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς.

1. Μουστάρδα από φυτό που περιέχει υγιεινά λίπη.
2. Σπόροι σισαμιού και σιταριού από φυτά ανθεκτικά σε ζιζανιοκτόνα.
3. Πατάτες που περιέχουν περισσότερο άμυλο και απορροφούν λιγότερο λάδι στο τηγάνισμα.
4. Κρέας από αγελάδες με χαμηλό ποσοστό λίπους.
5. Τυρί από γάλα αγελάδων, στις οποίες χορηγείται αυξητική ορμόνη.
6. Ketsup από τομάτα που αργεί να ωριμάσει.
7. Πίκλα από αγγούρι που παράγει τοξίνες για έντομα.



Εικόνα 12.3 Φυτά σόγιας τα οποία ψεκάστηκαν με ζιζανιοκτόνο. Αριστερά ένα γενετικά τροποποιημένο φυτό ανθεκτικό στο ζιζανιοκτόνο και δεξιά φαίνονται φυσιολογικά φυτά.

Τα ζώα είναι ένα απλό επιστημονικό εργαλείο στα χέρια των ερευνητών;

Ο άνθρωπος πιστεύει ότι πρέπει να εκμεταλλεύεται τους υπόλοιπους οργανισμούς προς όφελός του. Εν τούτοις τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια τάση να ξεπεραστεί

αυτή η ανθρωποκεντρική άποψη της σχέσης του ανθρώπου με τα ζώα. Η παραγωγή διαγονιδιακών ζώων, που παράγουν μεγάλες ποσότητες αυξητικής ορμόνης, έχει δυσάρεστες επιπτώσεις στην υγεία των χοίρων και των προβάτων. Η παραγωγή της σωματοτροπίνης από αγελάδες προκαλεί διάφορες ασθένειες στα ζώα. Δεν έχουμε λάβει υπόψη μας ότι τα ζώα δεν είναι βιολογικά «σχεδιασμένα», για να υφίστανται την καταπόνηση της παραγωγής τεράστιων ποσοτήτων γάλακτος, κρέατος και άλλων προϊόντων. Ένα ενδιαφέρον παράδειγμα είναι ο Χέρμαν, ένας διαγονιδιακός ταύρος που γεννήθηκε στην Ολλανδία το 1990. Ο Χέρμαν περιέχει ένα γονίδιο, το οποίο όταν περάσει στους θηλυκούς απογόνους του, παράγει στο γάλα τους την πρωτεΐνη

του ανθρώπινου γάλακτος, τη λακτοφερίνη. Οικολογικές ομάδες που μάχονται υπέρ της προστασίας του περιβάλλοντος απείλησαν να μποϋκοτάρουν τις εταιρίες που υποστήριζαν τη μελέτη αυτή. Ο τρόπος ανάπτυξης των ζώων που χρειάζονται για τη διατροφή μας και για την παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ποιότητα ζωής των ζώων.

Γενικά, τα ιατρικά πειράματα προκαλούν μεγάλο πόνο στα ζώα. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα ενός διαγονιδιακού ποντικού (Harvard mouse) στον οποίο προστέθηκε ένα γονίδιο που προκαλεί καρκίνο. Ο ποντικός αυτός αναπτύσσει καρκίνους πολύ πιο συχνά από τους κανονικούς ποντικούς και χρησιμοποιείται ως οργανισμός-μοντέλο για τη μελέτη του καρκίνου.



Εικόνα 12.4 Οι τομάτες στην αριστερή φωτογραφία ανήκουν στην ίδια ποικιλία με αυτές δεξιά και έχουν συλλεγεί ταυτόχρονα. Οι γενετικά τροποποιημένες έχουν καλύτερη εμφάνιση επειδή έχουν γονίδιο που τους δίνει τη δυνατότητα να διατηρούνται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Μπορεί η ανακάλυψη ενός γονιδίου να αποτελέσει πνευματική ιδιοκτησία;

Το 1980 το Ανώτατο Δικαστήριο των Η.Π.Α. (με ψήφους 5 υπέρ έναντι 4 κατά) παραχώρησε δικαιώματα ευρεσιτεχνίας για ένα βακτήριο που έχει την ικανότητα να διασπά το ακατέργαστο πετρέλαιο. Η αιτιολογία ήταν ότι για οτιδήποτε υπάρχει κάτω από τον ήλιο και κατασκευάζεται από ανθρώπινα χέρια μπορεί να παραχωρηθεί δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Το 1985 δίδεται δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για γενετικά τροποποιημένο φυτό και τρία χρόνια αργότερα για έναν ποντικό γενετικά τροποποιημένο. Ο ποντικός αυτός περιείχε στο γονιδίωμά του ανθρώπινα ογκογονίδια και ογκογονίδια από άλλους οργανισμούς

και χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα για τον καρκίνο ως «ζωντανός δοκιμαστικός σωλήνας». Η δημιουργία του ποντικού αυτού κατοχυρώθηκε νομικά το 1992 και από το Ευρωπαϊκό Γραφείο Πατέντας (Europaisches Patentamt, EPA) με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Αυτό θεωρήθηκε ανήθικο γιατί υποβιβάζει τον οργανισμό στο επίπεδο του πράγματος.

Τελικά, είναι λογικό να δίνονται διπλώματα ευρεσιτεχνίας για τους ζωντανούς οργανισμούς ή για τα γονίδιά τους; Μπορεί, με άλλα λόγια να εφευρεθεί ένα γονίδιο όπως ο τροχός ή το τηλέφωνο; Μία καταφατική απάντηση στην παραπάνω ερώτηση έχει, εκτός από ηθικές, και οικονομικές παραμέτρους. Όποιος, για παράδειγμα, κατέχει τα δικαιώματα για κάποιο γονίδιο μπορεί ταυτόχρονα να το εκμεταλλευθεί

οικονομικά, παράγοντας τεστ για την ανίχνευσή του ή φάρμακα για την ασθένεια την οποία αυτό προκαλεί. Αναλογιστείτε μόνο το οικονομικό όφελος από την αποκλειστική εμπορική εκμετάλλευση γονιδίου υπεύθυνου για την εμφάνιση κάποιας μορφής καρκίνου. Αντίστοιχα, μπορεί να γίνει αποκλειστική εμπορική εκμετάλλευση ενός ΓΤΟ, όπως ενός βακτηρίου που μπορεί να διασπά τοξικές ουσίες ή μιας αγελάδας που παράγει στο γάλα της μία χρήσιμη πρωτεΐνη όπως η ινσουλίνη.

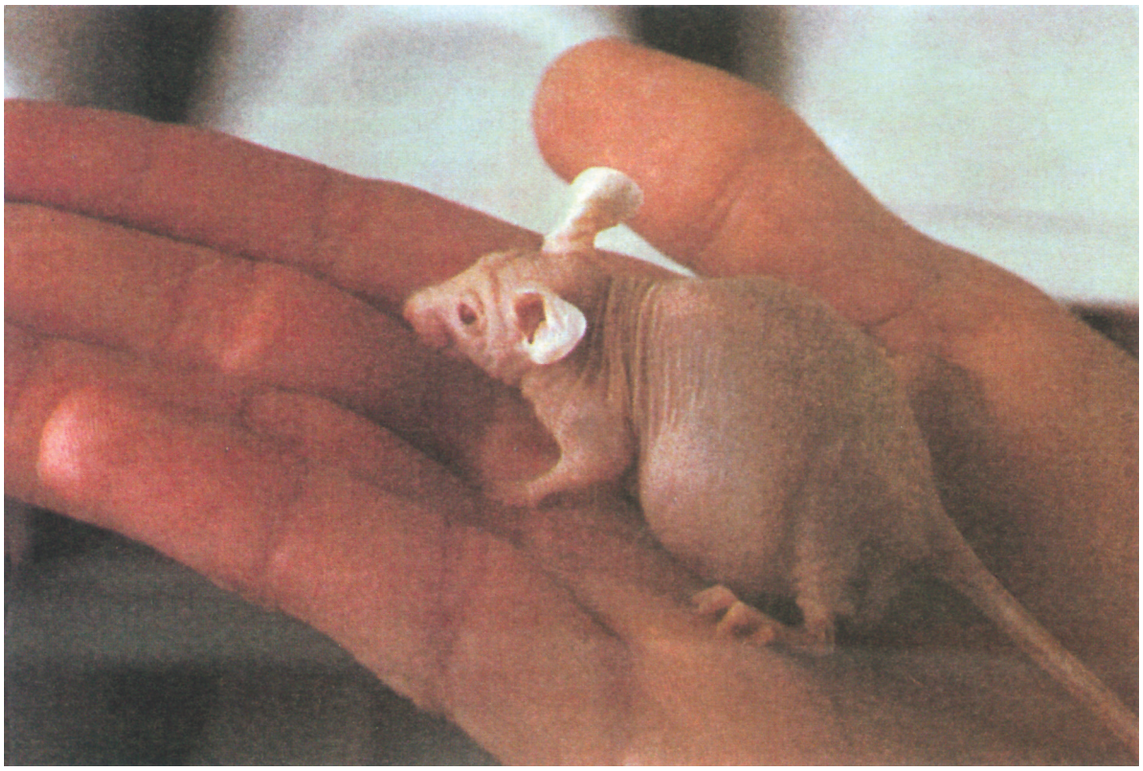
Εκτός από τις οικονομικές παραμέτρους υπάρχουν και άλλα περισσότερο βασικά ερωτήματα. Είναι δηλαδή τα γονίδια απλώς και μόνο βιολογικό υλικό, που το χειριζόμαστε σαν οποιοδήποτε πράγμα, ή κάτι περισσότερο; Υπάρχει στα γονίδια κάτι ουσιωδώς ανθρώπινο,

δηλαδή ένα κομματάκι του ποιοι και τι είμαστε;

Παρ' όλα αυτά τα διλήμματα το Γραφείο Πατέντας των Η.Π.Α. εξακολουθεί να καλύπτει νομικά εταιρίες και να τους δίνει το μονοπώλιο μεγάλων περιοχών της Βιοτεχνολογίας και μεγάλων ομάδων οργανισμών. Στην Ευρώπη τα πράγματα είναι τελείως διαφορετικά. Μια συμφωνία που έγινε μεταξύ 17 κρατών, το 1961, επέτρεπε σε παραγωγούς να έχουν στην κατοχή τους ορισμένες ποικιλίες, που είχαν παραχθεί με διασταυρώσεις, και τις οποίες αναπαρήγαγαν χωρίς την άδεια του κατόχου της πατέντας. Το 1973 η Ευρωπαϊκή Κοινότητα απαγόρευσε τις πατέντες ζώων και φυτών. Το 1988 υποβλήθηκε ένα κείμενο, που ζητούσε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο την εναρμόνιση των

θεμάτων της νομικής προστασίας ευρεσιτεχνιών σχετικών με βιολογικές ανακαλύψεις σε όλα τα Ευρωπαϊκά Κράτη. Σύμφωνα με το κείμενο αυτό απαγορεύονταν οι πατέντες για το ανθρώπινο γενετικό υλικό και τις γονιδιακές θεραπείες, αλλά εταιρίες μπορούσαν να έχουν τα δικαιώματα σε ζώα και φυτά. Επίσης, απαγόρευε στους καλλιεργητές να αναπαράγουν ελεύθερα τα πατενταρισμένα ζώα και φυτά. Το 1995, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα υπέβαλε προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο νέα πρόταση, σύμφωνα με την οποία δεν επιτρέπεται η κατοχύρωση νέων γενετικά τροποποιημένων ποικιλιών φυτών η ζώων, καθώς και κανενός φυσικού ιστού ή κυττάρου ή και γονιδίου του ανθρώπου. Η νέα οδηγία 44/98 έγινε δεκτή και έχει δημοσιευτεί στο φύλλο της ευρωπαϊκής

εφημερίδας 213/13-30/7/98. Τα κράτη-μέλη είχαν περιθώριο έως την 30η Ιουλίου 2000, για να εναρμονίσουν τη νομοθεσία τους με την κοινοτική οδηγία. Εν τω μεταξύ το Ευρωπαϊκό Γραφείο Πατέντας εγκρίνει διπλώματα ευρεσιτεχνίας για ανακαλύψεις Γενετικής Μηχανικής συμπεριλαμβανομένων και γονιδίων του ανθρώπου.



Εικόνα 12.5 Το ποντίκι της φωτογραφίας χρησιμοποιείται για την παραγωγή μονοκλωνικών αντισωμάτων.

Ένας ασθενής που άξιζε εκατομμύρια δολάρια

Στο τέλος της δεκαετίας του 70 ο ιατρός W. Golde, που εργαζόταν στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, απομόνωσε καρκινικά κύτταρα από τη σπλήνα του ασθενή του J. Moore. Από τα κύτταρα αυτά καθιέρωσε μία κυτταρική σειρά, η οποία μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για πειράματα. Το 1984 ο W. Golde και το Πανεπιστήμιο πήραν πατέντα για την κυτταρική αυτή σειρά. Μετά από μερικά χρόνια πούλησαν, με αντίτιμο μερικά εκατομμύρια δολάρια, την πατέντα σε ιδιωτική εταιρία. Ο ασθενής J. Moore μήνυσε χωρίς επιτυχία το γιατρό και το Πανεπιστήμιο.

Ηθικές και κοινωνικές προεκτάσεις από την ανάπτυξη της Βιοτεχνολογίας

Πολλά ηθικά προβλήματα δημιουργούνται από ορισμένες εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας ιδιαίτερα στον άνθρωπο:

Γονιδιακή Θεραπεία

Η γονιδιακή θεραπεία χρησιμοποιεί πειραματικές τεχνικές με σκοπό τη «διόρθωση» γενετικής βλάβης που προκαλείται από ένα μεταλλαγμένο γονίδιο σε έναν οργανισμό. Αυτή επιτυγχάνεται με εισαγωγή του φυσιολογικού γονιδίου στα κύτταρα στα οποία προκαλείται η βλάβη. Η γονιδιακή θεραπεία ονομάζεται «γονιδιακή θεραπεία σωματικής σειράς», επειδή η εισαγωγή του φυσιολογικού γονιδίου γίνεται

σε σωματικά κύτταρα του οργανισμού. Η γονιδιακή θεραπεία μπορεί να εφαρμοστεί και στα γεννητικά κύτταρα του ασθενούς (γονιδιακή θεραπεία γεννητικής σειράς). Στην περίπτωση αυτή η αλλαγή θα μεταβιβαστεί στους απογόνους.

Τα ηθικά προβλήματα που προκύπτουν από τη γονιδιακή θεραπεία συνδέονται αφ' ενός με το σεβασμό της ανθρώπινης οντότητας και αφ' ετέρου με την ύπαρξη κινδύνου επιπλοκών. Για τους λόγους αυτούς η γονιδιακή θεραπεία πρέπει να περιορίζεται σε ασθένειες για τις οποίες δεν υπάρχει άλλη αποτελεσματική θεραπευτική αγωγή. Σήμερα επιτρέπεται μόνο η γονιδιακή θεραπεία σωματικής σειράς, ενώ η γονιδιακή θεραπεία γεννητικής σειράς σε ανθρώπους δεν είναι ακόμα ηθικά αποδεκτή.

Πρόγραμμα του ανθρώπινου γονιδιώματος: Με την αποκρυπτογράφηση του γονιδιώματος ο άνθρωπος γίνεται διαφανής

Έως και σήμερα έχουν ταυτοποιηθεί περίπου 500 γονίδια, που σχετίζονται με γενετικές ασθένειες. Για πολλά από αυτά έχουν ήδη παρασκευαστεί τεστ, τα οποία χρησιμοποιούνται για την ανίχνευσή τους. Σε μικρό χρονικό διάστημα, με την αλματώδη πρόοδο της επιστήμης και της τεχνολογίας, θα είμαστε σε θέση να διαπιστώσουμε, σχετικά απλά και σύντομα, πόσα και ποια από τα 40.000 περίπου γονίδιά μας είναι φυσιολογικά ή όχι. Θα πρέπει να υπάρχουν άραγε κανόνες, που θα καθορίζουν την πραγματοποίηση τέτοιων εξετάσεων;

Σήμερα γίνονται προσπάθειες, για να θεσπιστούν κάποιοι. Αρχική προϋπόθεση για την πραγματοποίηση γενετικών εξετάσεων είναι το να πραγματοποιούνται σε εθελοντική βάση. Ο εξεταζόμενος πρέπει να γνωρίζει τα πλεονεκτήματα και τους κινδύνους μιας γενετικής εξέτασης όπως και το είδος των πληροφοριών που προκύπτουν από αυτή. Με αυτό τον τρόπο θα είναι σε θέση να πάρει απόφαση σχετικά με το εάν θέλει να υποβληθεί σε μία εξέταση ή εάν επιθυμεί να τη συνεχίσει. Για παράδειγμα, πρέπει μία έγκυος να γνωρίζει ότι η πραγματοποίηση προγεννητικού ελέγχου με αμνιοπαρακέντηση έχει περίπου 0,1% πιθανότητα να οδηγήσει σε αποβολή του κυοφορούμενου εμβρύου. Το στοιχείο αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πριν αυτή αποφασίσει να

υποβληθεί σ' αυτή την εξέταση.

Μία δεύτερη προϋπόθεση είναι ότι οι πληροφορίες που συγκεντρώνονται από τέτοιου είδους εξετάσεις πρέπει να είναι εμπιστευτικές. Σ' αυτές δεν πρέπει να έχουν πρόσβαση, εκτός περιπτώσεων στις οποίες συγκατατίθεται ο εξεταζόμενος, άτομα της οικογένειάς του, ερευνητές, εργοδότες, ασφαλιστικοί οργανισμοί. Είναι προφανές ότι η δημοσιοποίηση της πληροφορίας για την ανίχνευση του γονιδίου BRCA1, που σχετίζεται με την ανάπτυξη μικρού ποσοστού των καρκίνων του μαστού στις γυναίκες, θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στην προσωπική, κοινωνική και επαγγελματική ζωή μιας γυναίκας. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν, για παράδειγμα από τους εργοδότες, για να αποφασίσουν ή

όχι την πρόσληψη ή την προαγωγή ατόμου που πάσχει. Αντίστοιχα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από ασφαλιστικές εταιρείες, για να αποφασίσουν αν θα προσφέρουν ασφαλιστική κάλυψη. Τέλος, οι πληροφορίες αυτές μπορούν να καθορίσουν τη συμπεριφορά των ατόμων του κοινωνικού ή ακόμη και του συγγενικού περιβάλλοντος. Η κοινοποίηση λοιπόν της «γονιδιακής ταυτότητας» των ατόμων μπορεί να οδηγήσει σε φαινόμενα κοινωνικού αποκλεισμού, διαχωρίζοντας τους υποψήφιους ασθενείς από τα φυσιολογικά άτομα. Θα πρέπει να γνωρίζουμε ότι οι έννοιες φυσιολογικός και υγιής έχουν χάσει μέρος από τη σημασία τους, αφού υπολογίζεται ότι ο καθένας μας φέρει τουλάχιστον τέσσερα έως οκτώ μεταλλαγμένα γονίδια τα οποία ενδέχεται να

παρέμβουν στη ζωή μας ή σε αυτή των απογόνων μας.

Προγεννητική διάγνωση

Σήμερα είναι δυνατή η ακριβής προγεννητική διάγνωση γενετικών ασθενειών στο έμβρυο με μια σειρά πολύ εξελιγμένων τεχνικών. Σοβαρά ηθικά ερωτήματα προκύπτουν από τον κίνδυνο της κακής χρήσης της προγεννητικής διάγνωσης, αφού αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για θέματα, που δεν σχετίζονται με την υγεία, όπως η δυνατότητα επιλογής φύλου ή χαρακτηριστικών του εμβρύου, όπως το χρώμα των ματιών. Οι βασικές ηθικές αρχές της προγεννητικής διάγνωσης συνοψίζονται ως εξής:

Ο προγεννητικός έλεγχος δεν μπορεί να επιβάλλεται νομοθετικά ή από δημόσιες υπηρεσίες υγείας, από ιδρύματα ή από πρόσωπα. Μπορεί να γίνεται μόνο με την ελεύθερη συγκατάθεση της μέλλουσας μητέρας ή του ζευγαριού και ύστερα από ενημέρωσή τους από εξειδικευμένα άτομα. Η προγεννητική διάγνωση είναι μια ιατρική πράξη, στην οποία τηρούνται συγκεκριμένοι κανόνες, όπως η διασφάλιση του απορρήτου των αποτελεσμάτων των εξετάσεων. Στη χώρα μας η προγεννητική διάγνωση εφαρμόζεται για τη μεσογειακή αναιμία, για τις χρωμοσωμικές ανωμαλίες, για την κυστική ίνωση, για την αιμορροφιλία, για τις μυοπάθειες κ.ά.

Σκεφθείτε

Με ποιο τρόπο και σε τι βαθμό θα έπαιζε ρόλο στην προσωπική και κοινωνική ζωή ενός ατόμου η κοινοποίηση της πληροφορίας ότι φέρει γονίδιο ή γονίδια που σχετίζονται με προδιάθεση ανάπτυξης κάποιας γενετικής ασθένειας;

Θέσπιση κανόνων

Οι πιθανές κοινωνικές επιπτώσεις, αποτέλεσμα των ραγδαίων εξελίξεων στους τομείς της Βιολογίας και της Ιατρικής, δημιούργησαν την ανάγκη θέσπισης κανόνων, οι οποίοι καθορίζουν τον τρόπο εφαρμογής των επιτευγμάτων της Επιστήμης. Έτσι κράτη και διάφοροι διεθνείς οργανισμοί συνέστησαν επιτροπές με αντικείμενο:

- Τη μελέτη των πιθανών επιπτώσεων από την ανάπτυξη εφαρμογών της Βιολογίας και
- Τη σύνταξη κανόνων δεοντολογίας.

Συγκεκριμένα τα κράτη-μέλη του Συμβουλίου της Ευρώπης συνέταξαν (Oviedo, 1997) Σύμβαση για την «Προστασία των δικαιωμάτων και της αξιοπρέπειας του ανθρώπινου όντος σε σχέση με τις εφαρμογές της Βιολογίας και της Ιατρικής». Η Συνθήκη αυτή πραγματεύεται σειρά θεμάτων όπως η ιδιωτική ζωή και το δικαίωμα στην πληροφόρηση, το ανθρώπινο γονιδίωμα, η επιστημονική έρευνα. Μεταξύ των άλλων τα κράτη-μέλη του Συμβουλίου της Ευρώπης συμφώνησαν ότι:

«Κάθε άτομο έχει το δικαίωμα να γνωρίζει οποιαδήποτε πληροφορία αφορά την υγεία του» (Άρθρο 10).

«Απαγορεύεται κάθε είδους διάκριση εναντίον ατόμου με βάση τα κληρονομικά του χαρακτηριστικά» (Άρθρο 11).

«Οι εξετάσεις, οι οποίες σχετίζονται με την πρόγνωση γενετικών ασθενειών και χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό ατόμων φορέων γονιδίων υπευθύνων για γενετικές ασθένειες ή για την ανίχνευση της γενετικής προδιάθεσης για ασθένειες, πρέπει να πραγματοποιούνται μόνο για σκοπούς υγείας ή επιστημονικής έρευνας σχετιζόμενης με θέματα υγείας...» (Άρθρο 12).

Η Σύμβαση αυτή επεκτάθηκε, με την προσθήκη άρθρων για θέματα τα οποία αφορούν την κλωνοποίηση του ανθρώπου (Παρίσι, 1998). Έτσι σύμφωνα με τη Σύμβαση:

«Απαγορεύεται οποιαδήποτε παρεμβολή με σκοπό τη δημιουργία

ανθρώπινου όντος γενετικά όμοιου με άλλο ανθρώπινο ον ζωντανό ή νεκρό» (Άρθρο 1).

Εκτός από το Συμβούλιο της Ευρώπης και άλλοι διεθνείς οργανισμοί έχουν διατυπώσει αρχές με βάση τις οποίες πρέπει να γίνεται η εφαρμογή των επιτευγμάτων της Βιολογίας. Η UNESCO διατύπωσε τη «Διακήρυξη για το Ανθρώπινο Γονιδίωμα και τα Ανθρώπινα Δικαιώματα». Στα άρθρα της διακήρυξης αναφέρεται μεταξύ των άλλων ότι:

«Κάθε άτομο έχει το δικαίωμα σεβασμού της αξιοπρέπειάς του ανεξάρτητα από τα γενετικά του χαρακτηριστικά» (Άρθρο 2).

«Η ενημέρωση για τα αποτελέσματα γενετικών εξετάσεων, όπως επίσης και για τις επακόλουθες επιπτώσεις, επαφίεται στην ελεύθερη βούληση του κάθε εξεταζόμενου».

Είναι λοιπόν φανερό ότι οι κυβερνήσεις σε συνεργασία με τους διεθνείς οργανισμούς και την επιστημονική κοινότητα προσπαθούν να βρουν τρόπους για να εμποδίσουν τη δίχως έλεγχο επιστημονική έρευνα και εφαρμογή των επιτευγμάτων της. Φαίνεται να είναι γενικά αποδεκτό ότι η προστασία της ανθρώπινης αξιοπρέπειας και συνολικά των ανθρωπίνων δικαιωμάτων προηγείται έναντι οποιασδήποτε εφαρμογής της Βιολογίας και της Ιατρικής. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στη σχετική διακήρυξη της UNESCO:

- **«Καμία έρευνα ή έρευνα των εφαρμογών που αφορά το ανθρώπινο γονιδίωμα δεν μπορεί να υπερισχύσει των θεμελιωδών ελευθεριών και της αξιοπρέπειας του ατόμου». (Άρθρο 10).**

Ερωτήσεις

1. Στα ποντίκια μπορούν να εισαχθούν γονίδια, που προκαλούν καρκίνο, κυστική ίνωση και άλλες ασθένειες. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να ελεγχθούν πιθανές θεραπείες για τις συγκεκριμένες ασθένειες. Νομίζετε ότι αυτό είναι σκληρό για τα ζώα και ότι πρέπει να απαγορευτεί;

2. Στις ημέρες μας υπάρχει αντίδραση από την κοινή γνώμη στη χορήγηση αυξητικής ορμόνης σε αγελάδες με σκοπό τη μεγαλύτερη παραγωγή γάλακτος. Η κοινή γνώμη εναντιώνεται επίσης στη δημιουργία γενετικά τροποποιημένης τομάτας η

οποία, επειδή δεν έχει ένα γονίδιο, ωριμάζει με αργότερο ρυθμό. Νομίζετε ότι οι φόβοι του κοινού για τις εφαρμογές της Γενετικής Μηχανικής είναι δικαιολογημένοι;

3. Ας υποθέσουμε ότι ήταν δυνατό με τεχνικές της Γενετικής Μηχανικής να γίνονται οι άνθρωποι πιο έξυπνοι. Νομίζετε ότι κάτι τέτοιο θα έπρεπε να επιτραπεί;

4. Υπάρχουν επιστήμονες που εκφράζουν ανησυχίες για την πιθανή απελευθέρωση στο περιβάλλον βακτηρίων, που χρησιμοποιούνται σε πειράματα Γενετικής Μηχανικής. Ποιες

νομίζετε ότι θα ήταν οι συνέπειες από μία τέτοια ενέργεια;

5. Είναι δυνατή η μεταφορά σε φυτά γονιδίων που προσφέρουν σε αυτά αντίσταση σε ζιζανιοκτόνα ή γονιδίων που παράγουν ουσίες οι οποίες σκοτώνουν έντομα. Ποια νομίζετε ότι είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα από τη δημιουργία τέτοιων φυτών;

6. Συζητήστε τις θετικές και τις αρνητικές συνέπειες του προγράμματος του ανθρώπινου γονιδιώματος.

Εργασίες - Δραστηριότητες

Ο κύριος Χ είναι στέλεχος σε μία επιχείρηση. Συγκεντρώνει πολλά τυπικά προσόντα και είναι, με διαφορά, ο καταλληλότερος υποψήφιος για την κατάληψη της θέσης του Διευθύνοντος Συμβούλου στην εταιρία. Είναι τριανταπέντε ετών και απόλυτα υγιής. Τυχαία ανακαλύπτει ότι φέρει το γονίδιο για την ασθένεια Huntigton. Αυτό σημαίνει ότι, με 60% πιθανότητα, στα επόμενα δέκα χρόνια η θανατηφόρος ασθένεια θα εκδηλωθεί. Ας υποθέσουμε ότι είσαστε ο επικεφαλής της επιτροπής για την επιλογή του Διευθύνοντος Συμβούλου και μαζί με τα βιογραφικά των υποψηφίων λαμβάνετε γνώση για το πρόβλημα που

αντιμετωπίζει ο κύριος Χ. Ποια θα ήταν η θέση σας σχετικά με την τοποθέτησή του στη θέση του Δι-ευθύνοντος Συμβούλου;

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ 7ου ΤΟΜΟΥ

10. Εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας στη βιομηχανία.....5

• Η βιομάζα είναι ένα από τα προϊόντα των μικροβιακών ζυμώσεων.....8

• Ζύμες (ζυμομύκητες).....12

• Η αλκοολική ζύμωση είναι μία αντίδραση που χρησιμοποιείται για την παραγωγή κρασιού και μπίρας.....16

• Τα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι προϊόντα ζυμώσεων.....26

• Άλλα προϊόντα μικροβιακών ζυμώσεων.....33

• Βιομεταλλουργία.....45

• Περίληψη.....49

• Ερωτήσεις.....53

11. Εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας στην προστασία του περιβάλλοντος.....59
• Επεξεργασία λυμάτων και αποβλήτων.....62
• Αερόβια διάσπαση.....69
• Αναερόβια διάσπαση.....72
• Βιοτεχνολογικοί τρόποι για τη διάσπαση των πετρελαιοκηλίδων.....81
• Περίληψη.....91
• Ερωτήσεις.....94

12. Βιοηθική.....97
• Επηρεάζουν οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί την υγεία του ανθρώπου;.....103
• Για την απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ισορροπία στο περιβάλλον.....109
• Τα ζώα είναι ένα απλό επιστημονικά εργαλείο στα χέρια

των ερευνητών;.....118
• Μπορεί η ανακάλυψη ενός γονιδίου να αποτελέσει πνευματική ιδιοκτησία;.....122
• Ηθικές και κοινωνικές προεκτάσεις από την ανάπτυξη της Βιοτεχνολογίας.....129
• Ερωτήσεις.....142

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α΄).

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.