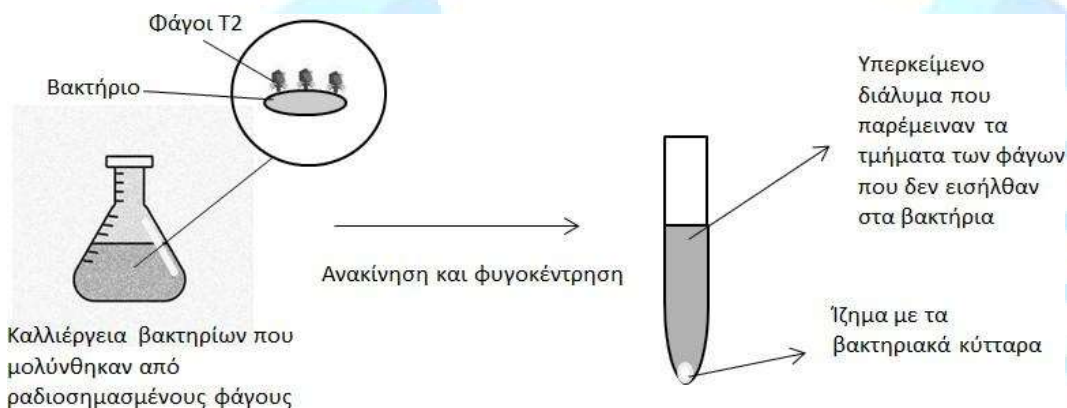


ΘΕΜΑ 4

12. Το 1952, οι Alfred Hershey και Martha Chase δούλευαν πειραματικά με τους φάγους T2, ιούς που μολύνουν τα βακτήρια *Escherichia coli*. Ήταν ήδη γνωστό ότι οι ιοί αυτοί αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από DNA και πρωτεΐνες. Οι Hershey και Chase, για να διαπιστώσουν ποιο μόριο των φάγων εισέρχεται στα βακτήρια και δίνει τις απαραίτητες εντολές για τον πολλαπλασιασμό τους, χρησιμοποίησαν δύο ομάδες φάγων, μία στην οποία σήμαναν ραδιενεργά τις πρωτεΐνες τους και μια στην οποία σήμαναν ραδιενεργά το DNA τους, με τις οποίες μόλυναν διαφορετικές καλλιέργειες μη ραδιοσημασμένων βακτηρίων. Λίγο μετά την έναρξη της μόλυνσης, ανακίνησαν έντονα το κάθε μείγμα με σκοπό να διαχωρίσουν τα βακτήρια από τα τμήματα των φάγων που παρέμειναν έξω από αυτά. Έπειτα, φυγοκέντησαν τα μείγματα, δηλαδή διαχώρισαν τα βαρέα στοιχεία του μείγματος από τα ελαφρύτερα με τη βοήθεια της φυγόκεντρου δύναμης. Έτσι, σχηματίστηκε ένα ίζημα στον πυθμένα, το οποίο περιελάμβανε όλα τα βακτήρια, ενώ στο υγρό υπερκείμενο διάλυμα βρέθηκαν τα τμήματα των φάγων που δεν εισήλθαν στα βακτήρια, όπως φαίνεται στην εικόνα. Στο τέλος, μέτρησαν τη ραδιενέργεια στα δύο διαφορετικά αυτά κλάσματα.



α. Εάν είχατε στη διάθεσή σας ραδιενεργό φώσφορο, θείο και άζωτο, να εξηγήσετε ποιο από αυτά τα ραδιενεργά στοιχεία θα χρησιμοποιούσατε για τη σήμανση του DNA, αλλά όχι των πρωτεϊνών και ποιο για τη σήμανση των πρωτεϊνών, αλλά όχι του DNA (μονάδες 6).

β. Να προβλέψετε σε ποιο κλάσμα του μείγματος, στο υπερκείμενο διάλυμα ή στο ίζημα, ανίχνευσαν οι Hershey και Chase ραδιενέργεια όταν χρησιμοποίησαν φάγους με ραδιοσημασμένο DNA (μονάδες 2) και σε ποιο όταν χρησιμοποίησαν φάγους με ραδιοσημασμένες πρωτεΐνες (μονάδες 2).

γ. Να εξηγήσετε πως τα αποτελέσματα αυτά τους βοήθησαν να δώσουν οριστική απάντηση για το ποιο μόριο είναι το γενετικό υλικό (μονάδες 3).

Μονάδες 13

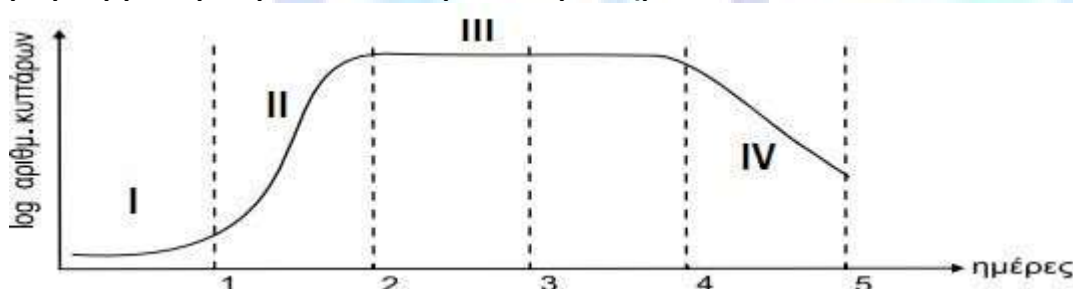
α. Οι πρωτεΐνες, οι οποίες οικοδομούνται από αμινοξέα, από άποψη χημικής σύστασης περιέχουν τα στοιχεία του αζώτου και του θείου. Το DNA φτιάχνεται από νουκλεοτίδια τα οποία περιέχουν φώσφορο και άζωτο. Επειδή και τα δύο μόρια διαθέτουν άζωτο, για να τα ξεχωρίσουμε, θα χρησιμοποιήσουμε ραδιενεργό φώσφορο για τη ραδιοσήμανση του DNA, αλλά όχι των πρωτεϊνών, ενώ ραδιενεργό θείο για τη σήμανση των πρωτεϊνών, αλλά όχι του DNA.

β. Όταν τα βακτήρια μολύνονται με φάγους με ραδιοσημασμένο DNA, επειδή το DNA εισέρχεται σε αυτά, η ραδιενέργεια ανιχνεύεται μέσα στα βακτήρια. Συνεπώς, οι Hershey και Chase ανίχνευαν ραδιενέργεια μόνο στο ίζημα που περιείχε τα βακτηριακά κύτταρα και όχι στο υ-

περκείμενο διάλυμα. Όταν τα βακτήρια μολύνονται με φάγους με ραδιοσημασμένες πρωτεΐνες, επειδή τα πρωτεϊνικά περιβλήματα των φάγων δεν εισέρχονται στα βακτήρια, δεν ανιχνεύεται ραδιενέργεια μέσα στα βακτήρια. Άρα, οι Hershey και Chase ανίχνευσαν ραδιενέργεια μόνο στο υπερκείμενο διάλυμα και όχι στο ίζημα.

γ. Οι Hershey και Chase, αποδεικνύοντας ότι το DNA των φάγων είναι αυτό που εισέρχεται στα βακτήρια από τους φάγους και «δίνει τις απαραίτητες εντολές» για να πολλαπλασιαστούν και να παραχθούν οι νέοι φάγοι, επιβεβαίωσαν οριστικά ότι το DNA είναι το γενετικό υλικό.

63. Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης που επιτελείται σε ένα βιοαντιδραστήρα, τοποθετείται σε αυτόν ορισμένη ποσότητα αποστειρωμένου θρεπτικού υλικού, η οποία εμβολιάζεται με αρχική καλλιέργεια μικροοργανισμών. Η καλλιέργεια συνεχίζεται μέχρι την παραγωγή του επιθυμητού προϊόντος. Στην παρακάτω γραφική παράσταση απεικονίζεται η καμπύλη ανάπτυξης ενός μικροοργανισμού μέσα σε έναν βιοαντιδραστήρα.



α. Να χαρακτηρίσετε τον τύπο της καλλιέργειας με βάση τη γραφική παράσταση (μονάδες 2) και να ονομάσετε τις φάσεις ανάπτυξης I, II, III, IV του συγκεκριμένου μικροοργανισμού (μονάδες 4).

β. Τα προϊόντα μιας καλλιέργειας είναι είτε τα ίδια τα κύτταρα που ονομάζονται βιομάζα είτε προϊόντα των κυττάρων (όπως οι πρωτεΐνες και τα αντιβιοτικά). Αν στη συγκεκριμένη καλλιέργεια ο μικροοργανισμός παράγει ένα αντιβιοτικό, όταν βρίσκεται σε αντίξοες συνθήκες ανάπτυξης, να εξηγήσετε σε ποια ή ποιες φάσεις της καλλιέργειας αναμένουμε να πάρουμε μεγαλύτερη συγκέντρωση του αντιβιοτικού, αιτιολογώντας ταυτόχρονα γιατί επιλέγουμε τον συγκεκριμένο τύπο καλλιέργειας για να παραλάβουμε αυτό το προϊόν (μονάδες 6).

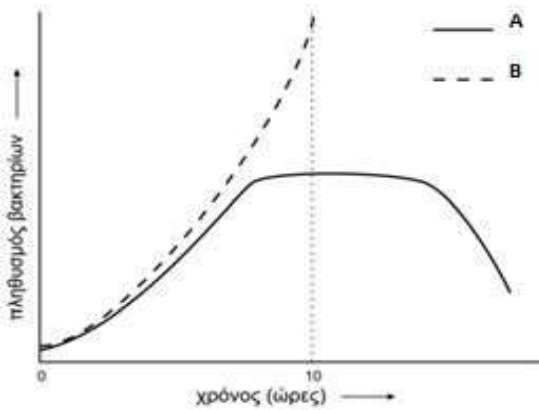
Μονάδες 12

α. Πρόκειται για κλειστή καλλιέργεια μικροοργανισμών.

I = λανθάνουσα φάση, II = εκθετική φάση, III = στατική φάση, IV = φάση θανάτου

β. Οι μικροοργανισμοί παράγουν, συνήθως, χρήσιμα προϊόντα κατά τη διάρκεια της εκθετικής και της στατικής φάσης ανάπτυξής τους. Εφόσον, όμως, ο συγκεκριμένος μικροοργανισμός παράγει το αντιβιοτικό, όταν βρίσκεται σε αντίξοες συνθήκες, αναμένουμε να πάρουμε μεγάλη συγκέντρωση από αυτό το προϊόν κατά την στατική φάση ανάπτυξής του (ή ακόμη και κατά τη φάση θανάτου). Αυτός είναι και ο λόγος που επιλέγουμε το συγκεκριμένο τύπο καλλιέργειας για να πάρουμε το αντιβιοτικό σε μεγάλη συγκέντρωση.

108. Στο διάγραμμα του σχήματος απεικονίζεται η ανάπτυξη δύο καλλιέργειών A (συνεχής γραμμή) και B (στικτή γραμμή) του ίδιου μικροοργανισμού, με σκοπό την παραγωγή της ίδιας πρωτεΐνης, την οποία παράγουν όταν βρίσκονται σε εκθετική φάση ανάπτυξης. Οι καλλιέργειες αναπτύσσονται σε ίδιο θρεπτικό υλικό και σε ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας, pH και οξυγόνου, μέσα σε διαφορετικό βιοαντιδραστήρα.



α. Να αναγνωρίσετε τους τύπους καλλιέργειας A και B (μονάδες 2) και να δικαιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 4).

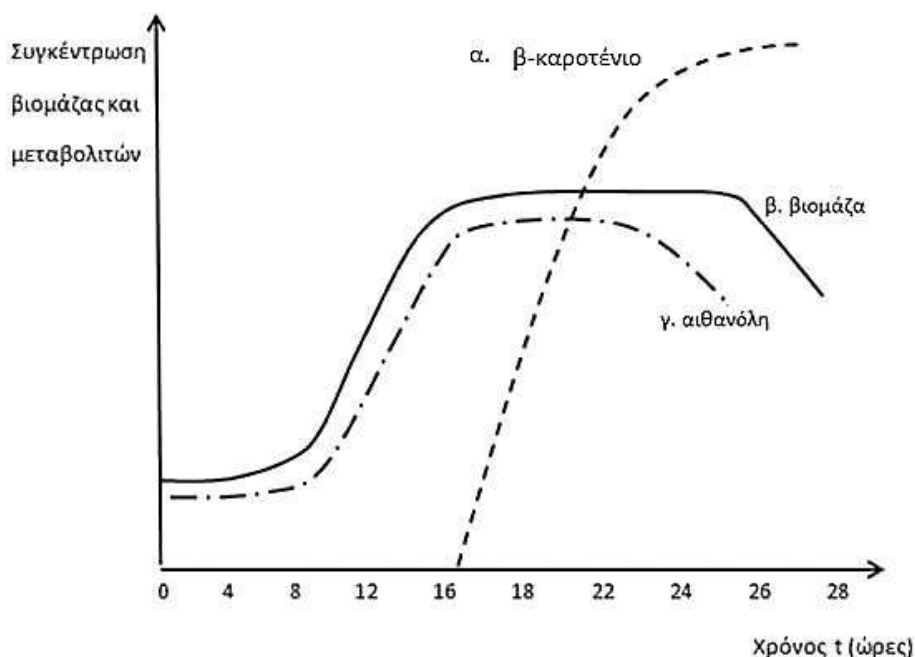
β. Να εξηγήσετε σε ποια από τις δύο καλλιέργειες (A ή B) θα έχουμε περισσότερη ποσότητα παραγόμενης πρωτεΐνης στο χρονικό διάστημα 0 – 10 ώρες (μονάδες 2). Να δικαιολογήσετε, με βάση την προηγούμενη απάντηση, το είδος της καλλιέργειας που θα επιλέγατε να πραγματοποιήσετε σε βιοαντιδραστήρα, προκειμένου να παραγάγετε και να διαθέσετε στην αγορά ως φάρμακο, τη συγκεκριμένη πρωτεΐνη (μονάδες 5).

Μονάδες 13

α. Η καλλιέργεια B είναι τύπος συνεχούς καλλιέργειας και η A τύπος κλειστής καλλιέργειας. Στην πρώτη καλλιέργεια επειδή οι μικροοργανισμοί τροφοδοτούνται συνεχώς με θρεπτικά συστατικά και ταυτόχρονα, απομακρύνονται από την καλλιέργεια κύτταρα και άχρηστα προϊόντα παρατηρείται παρατεταμένη εκθετική αύξηση μικροοργανισμών (και όχι στατική φάση ή και φάση θανάτου). Στην δεύτερη καλλιέργεια, όμως, οι μικροοργανισμοί δεν τροφοδοτούνται συνεχώς με θρεπτικά συστατικά οπότε αυτά εξαντλούνται ή/και δεν απομακρύνονται από την καλλιέργεια άχρηστα προϊόντα με αποτέλεσμα να οδηγείται η καλλιέργεια σε στατική και, κατόπιν, σε φάση θανάτου.

β. Στην καλλιέργεια B θα έχουμε περισσότερη ποσότητα παραγόμενης πρωτεΐνης στο χρονικό διάστημα 0 – 10 ώρες επειδή παρατηρείται μεγαλύτερος πληθυσμός μικροοργανισμών που την παράγουν από ορισμένη χρονική στιγμή και μετά. Μάλιστα, ο πληθυσμός των μικροβίων (και η ποσότητα της πρωτεΐνης) συνεχώς θα αυξάνεται και θα απομακρύνονται από τον βιοαντιδραστήρα ορισμένα κύτταρα και τα προϊόντα αυτών, προκειμένου να συνεχίζεται η καλλιέργεια (συνεχής καλλιέργεια). Με βάση την εκθετική αύξηση του πληθυσμού που παρατηρείται στη συνεχή καλλιέργεια, και την αντίστοιχη αύξηση της αντίστοιχα παραγόμενης πρωτεΐνης που θέλουμε να διατεθεί στην αγορά ως φαρμακευτική πρωτεΐνη, ο τύπος καλλιέργειας που επιλέγεται σε τέτοιες περιπτώσεις, δηλαδή όταν το προϊόν αυξάνεται ανάλογα με τον πληθυσμό των κυττάρων, είναι η συνεχής.

117. Ως γνωστόν, υπάρχουν αρκετά είδη μικροβίων που χρησιμοποιούνται πλέον από τους επιστήμονες, στα πλαίσια της βιοτεχνολογικής παραγωγής σημαντικών για τον άνθρωπο προϊόντων. Για παράδειγμα, ένα είδος μυκήτων χρησιμοποιείται στη βιοτεχνολογία για τρεις παράλληλους λόγους: για την παραγωγή αιθανόλης που εντοπίζεται εξωκυτταρικά, για την ενδοκυτταρική παραγωγή της βιταμίνης β-καροτένιο και για τη βιομάζα του, η οποία χρησιμοποιείται ως συμπλήρωμα διατροφής, πλούσιο σε πρωτεΐνες. Στις παρακάτω γραφικές παραστάσεις παρουσιάζονται οι μεταβολές στη συγκέντρωση των παραπάνω προϊόντων (μεταβολιτών) και της βιομάζας κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας του συγκεκριμένου μικροοργανισμού σε βιοαντιδραστήρα.



α. Να αναφέρετε το είδος της καλλιέργειας που απεικονίζεται με βάση τη γραφική παράσταση της βιομάζας (μονάδα 1), προσδιορίζοντας χρονικά τις επιμέρους φάσεις που την αποτελούν (μονάδες 4).

β. Να εξηγήσετε γιατί το συγκεκριμένο είδος καλλιέργειας είναι το καταλληλότερο για την παραγωγή των αναφερόμενων προϊόντων, καθώς και της βιομάζας αυτού του μικροοργανισμού (μονάδες 3).

γ. Να περιγράψετε τις διαδικασίες με τις οποίες θα παραλάβουμε από τον βιοαντιδραστήρα όλα τα παραπάνω χρήσιμα προϊόντα (μονάδες 4).

Μονάδες 12

α. Πρόκειται για μια κλειστή καλλιέργεια, αφού στη γραφική παράσταση που περιγράφει τη μεταβολή της βιομάζας (καμπύλη β) απεικονίζονται διαδοχικά οι τέσσερις φάσεις που χαρακτηρίζουν μια κλειστή καλλιέργεια: η λανθάνουσα (0-8 ώρες), η εκθετική (8-16 ώρες), η στατική (15-26 ώρες) και η φάση θανάτου (μετά τις 26 ώρες).

β. Προκειμένου να παραληφθούν τόσο η βιομάζα του μικροοργανισμού, όσο και τα δύο χρήσιμα προϊόντα που παράγει, καταλληλότερη είναι η κλειστή καλλιέργεια, αφού η παραγωγή του β-καροτένιου ξεκινά μόλις ο πληθυσμός των μικροοργανισμών εισέρχεται στη στατική φάση ανάπτυξης και συνεχίζεται για όλη τη διάρκειά της (δευτερογενής μεταβολίτης). Αν η καλλιέργεια ήταν συνεχής, θα μπορούσαμε να παραγάγουμε τη βιομάζα και την αιθανόλη και μάλιστα σε μεγαλύτερες ποσότητες, αλλά δεν θα μπορούσαμε να παραγάγουμε το β-καροτένιο.

γ. Αρχικά γίνεται διαχωρισμός των υγρών από τα στερεά συστατικά στα οποία συμπεριλαμβάνονται και τα κύτταρα (βιομάζα). Αυτό μπορεί να γίνει με μια (φυσική) μέθοδο διαχωρισμού των συστατικών ενός μίγματος, όπως η διήθηση ή η φυγοκέντρωση. Στη συνέχεια, από το υγρό μέρος θα παραλάβουμε με κατάλληλες μεθόδους διαχωρισμού, την αιθανόλη. Τέλος, από το στερεό μέρος θα παραλάβουμε τα ίδια τα κύτταρα (βιομάζα), καθώς και το ενδοκυτταρικό προϊόν, δηλαδή το β-καροτένιο, με τη χρήση κατάλληλων μεθόδων απομόνωσής του μέσα από τα κύτταρα και διαχωρισμού του από άλλα προϊόντα. (Για την αξιοποίηση όλων των χρήσιμων προϊόντων φυσικά απαιτείται και ο εργαστηριακός καθαρισμός τους, δηλαδή αφαίρεση όλων των προσμείξεων).

119. Οι μικροοργανισμοί με την τεράστια ποικιλότητα και τα ιδιαίτερα μεταβολικά χαρακτηρι-

στικά τους είναι κυριολεκτικά πανταχού παρόντες στην καθημερινή μας ζωή. Επίσης, στα πλαίσια της Βιοτεχνολογίας, σχεδιάζονται πρωτόκολλα καλλιέργειας συγκεκριμένων μικροοργανισμών υπό ειδικές συνθήκες, είτε με σκοπό την παραγωγή χρήσιμων προϊόντων από αυτούς, είτε με σκοπό την παραγωγή της ίδιας της βιομάζας τους. Με άλλα λόγια, επιδιώκεται η αναπαραγωγή των ίδιων των μικροοργανισμών, που μπορούμε να αξιοποιήσουμε στη βιομηχανία ή στην προστασία του περιβάλλοντος με χαρακτηριστικό παράδειγμα τον βιολογικό καθαρισμό των υδάτων.

α. Να αναφέρετε τις κύριες διαφορές ανάμεσα σε μια κλειστή και μια συνεχή καλλιέργεια βακτηρίων (μονάδες 3). Να δώσετε ένα παράδειγμα εφαρμογής της βιοτεχνολογίας, όπου η συνεχής καλλιέργεια βακτηρίων προτιμάται σε σχέση με την κλειστή καλλιέργεια (μονάδες 3).

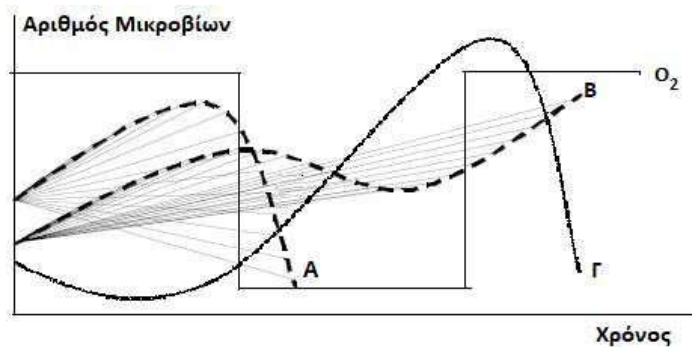
β. Καλείστε να βοηθήσετε στην οργάνωση μια πειραματικής άσκησης καλλιέργειας μικροοργανισμών *E. coli* σε στερεό υπόστρωμα, μέσα σε κατάλληλα πλαστικά δοχεία (τρυβλία Petri) στο σχολείο σας. Να περιγράψετε τα βήματα που θα ακολουθήσετε προκειμένου να οργανώσετε το πρωτόκολλο καλλιέργειας των βακτηρίων (μονάδες 4) και να χαρακτηρίσετε το είδος της καλλιέργειας που θα προκύψει, μετά από την επιτυχή διεξαγωγή της άσκησης, από τους συμμαθητές σας, ως συνεχή ή κλειστή (μονάδες 2).

Μονάδες 12

α. Στην κλειστή καλλιέργεια οι φάσεις ανάπτυξης των μικροοργανισμών που παρατηρούνται είναι η λανθάνουσα, η εκθετική, η στατική και η φάση θανάτου. Αντίθετα, στην συνεχή καλλιέργεια οι μικροοργανισμοί τροφοδοτούνται συνεχώς με θρεπτικά συστατικά και ταυτόχρονα, απομακρύνονται από την καλλιέργεια κύτταρα και άχρηστα προϊόντα, οπότε οι μικροοργανισμοί βρίσκονται για όσο διαρκεί η καλλιέργεια σε μία εκθετική φάση ανάπτυξης και δεν παρατηρείται στατική φάση, ούτε, τελικά, η φάση θανάτου. Η συνεχής καλλιέργεια κρίνεται σκόπιμο να εφαρμόζεται όταν καλλιεργούνται μικροοργανισμοί που παράγουν χρήσιμα προϊόντα, συνήθως κατά τη διάρκεια της εκθετικής φάσης ανάπτυξής τους (εναλλακτικά: όταν το προϊόν της καλλιέργειας που μας ενδιαφέρει είναι οι ίδιοι οι μικροοργανισμοί, δηλαδή η βιομάζα).

β. Για το σχεδιασμό του πειραματικού πρωτόκολλου καλλιέργειας στο σχολικό εργαστήριο απαραίτητη είναι καταρχάς η λήψη υλικού από αρχική καλλιέργεια των επιθυμητών ειδών βακτηρίων (*E. coli*), η παρασκευή κατάλληλου στερεού θρεπτικού υλικού και η διαμόρφωση κατάλληλων συνθηκών ανάπτυξης. Για την αποφυγή ανάπτυξης άλλων μικροοργανισμών, εκτός εκείνων που πρόκειται να καλλιεργηθούν, τα θρεπτικά υλικά και οι συσκευές αποστειρώνονται πριν από την έναρξη της καλλιέργειας. Επομένως, εξασφαλίζουμε την ύπαρξη αποστειρωμένων τρυβλίων Petri και εργαλείων (όπως π.χ. εργαλείων εμβολιασμού), αλλά και πάγκων εργασίας των μαθητών, ώστε μόνο οι μικροοργανισμοί *E. coli* να αναπτυχθούν στις καλλιέργειές μας. Έπειτα, παρασκευάζουμε το υγρό θρεπτικό υλικό προσθέτοντας κατάλληλα θρεπτικά συστατικά (πηγή άνθρακα, αζώτου κτλ) σε νερό, μέσα σε επίσης αποστειρωμένο δοχείο (επίσης ρυθμίζεται το pH του θρεπτικού υλικού, ώστε να είναι το κατάλληλο για την *E. coli* που θα αναπτυχθεί αργότερα εκεί). Ακολουθεί η προσθήκη άγαρ στο υγρό θρεπτικό υλικό, προκειμένου αυτό να στερεοποιηθεί σε θερμοκρασία χαμηλότερη των 45°C. Εξασφαλίζουμε την κατάλληλη θερμοκρασία και την παροχή O₂ στον χώρο των καλλιεργειών (ή σε κλίβανο αν υπάρχει στο εργαστήριο), γνωρίζοντας ότι η *E. coli* αναπτύσσεται άριστα σε θερμοκρασία 37°C. Ξεκινάμε την καλλιέργεια με την προσθήκη μικρής ποσότητας κυττάρων *E. coli* στο θρεπτικό υλικό, μια διαδικασία που ονομάζεται εμβολιασμός. Μετά τον εμβολιασμό, οι μικροοργανισμοί παραμένουν σε χώρο που εξασφαλίζει σταθερή θερμοκρασία, οξυγόνο και pH κατάλληλα για την ανάπτυξή τους. Η συγκεκριμένη καλλιέργεια δεν θα μπορούσε παρά να χαρακτηριστεί ως κλειστή διότι δεν προβλέπεται να γίνεται ανανέωση του θρεπτικού υλικού στα τρυβλία Petri, ούτε και απομάκρυνση των νεκρών μικροβιακών κυττάρων από αυτά καθώς και των παραπροϊόντων του μεταβολισμού τους.

136. Η παρουσία ή η απουσία οξυγόνου στο περιβάλλον των μικροοργανισμών αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει την πορεία της ανάπτυξής τους σε μια καλλιέργεια. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η μεταβολή των πληθυσμών τριών διαφορετικών μικροοργανισμών (Α, Β και Γ) (που αναπτύσσονται σε ξεχωριστές καλλιέργειες) σε σχέση με τη μεταβολή της συγκέντρωσης του O_2 στο περιβάλλον των καλλιεργειών και το χρόνο.



α. Να χαρακτηρίσετε τους μικροοργανισμούς (Α, Β, Γ) ως προς τις απαιτήσεις που έχουν σε οξυγόνο (μονάδες 3). Να αναφέρετε από ένα παράδειγμα μικροοργανισμού για καθεμιά από τις παραπάνω κατηγορίες (μονάδες 3).

β. Έστω ότι οι παραπάνω μικροοργανισμοί Α και Β κατατάσσονται στην ευρύτερη κατηγορία των βακτηρίων. Σε μια κοινή καλλιέργεια των παραπάνω μικροβίων υπό την απουσία O_2 , παρατηρούμε ότι μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα, οι μικροοργανισμοί του είδους Α αρχίζουν να συμπεριφέρονται στην καλλιέργεια όπως αυτοί του είδους Β. Αν η αλλαγή αυτή στην ανάπτυξη των βακτηρίων οφείλεται στην εμφάνιση ενός νέου γενετικά καθοριζόμενου χαρακτηριστικού στα κύτταρα του βακτηρίου Α, να αναφέρετε τον βιολογικό όρο με τον οποίο περιγράφουμε συνήθως αυτήν την αλλαγή (μονάδες 3). Να διερευνήσετε πως αυτό το νέο χαρακτηριστικό μπορεί να εμφανίστηκε στα κύτταρα του βακτηρίου Α, περιγράφοντας μια πιθανή διαδικασία αλλαγής του γενετικού τους υλικού (μονάδες 4).

Μονάδες 13

α. Τα κύτταρα του μικροοργανισμού Α είναι υποχρεωτικά αερόβια, του Β προαιρετικά αναερόβια και του Γ υποχρεωτικά αναερόβια. Παράδειγμα υποχρεωτικά αερόβιων μικροβίων αποτελούν τα βακτήρια του γένους *Mycobacterium*. Άλλοι μικροοργανισμοί, όπως οι μύκητες που χρησιμοποιούνται στην αρτοβιομηχανία, ανήκουν στην κατηγορία των μικροοργανισμών που αναπτύσσονται παρουσία O_2 με ταχύτερο ρυθμό απ' ότι απουσία O_2 (προαιρετικά αερόβιοι). Τέλος, υπάρχουν μικροοργανισμοί, όπως τα βακτήρια του γένους *Clostridium*, για τους οποίους το O_2 είναι τοξικό (υποχρεωτικά αναερόβιοι).

β. Με την εμφάνιση του νέου χαρακτηριστικού στα κύτταρα του βακτηρίου Α θα λέγαμε ότι τα κύτταρα αυτά "μετασχηματίστηκαν" μετά από αλληλεπίδραση με τα βακτήρια Β, αποκτώντας κάποιο γονίδιο που τους επιτρέπει να ζουν και απουσία οξυγόνου. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από μεταφορά DNA (π.χ. μεταφορά πλασμιδίου) από το βακτήριο Β στο βακτήριο Α, καθώς στα πλασμίδια υπάρχουν γονίδια που σχετίζονται με τη μεταφορά γενετικού υλικού από ένα βακτήριο σε άλλο. Μάλιστα, το συγκεκριμένο γονίδιο, ίσως βρέθηκε σε κάποιο πλασμίδιο του βακτηρίου Α αρχικά, λόγω της ιδιότητας που έχουν τα βακτήρια να ανταλλάσσουν γενετικό υλικό, τόσο μεταξύ τους όσο και με το κύριο μόριο DNA του βακτηρίου.

[Εναλλακτικά: Με την εμφάνιση του νέου χαρακτηριστικού στα κύτταρα του βακτηρίου Α θα

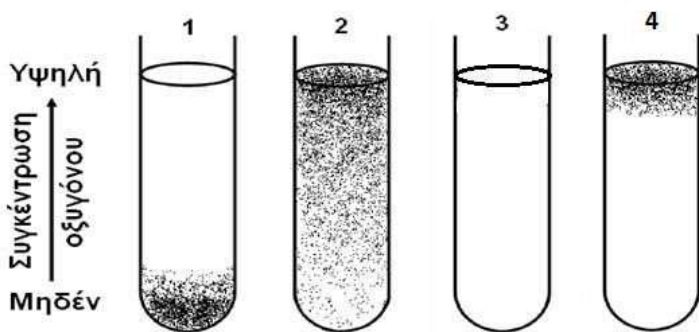
λέγαμε ότι τα κύτταρα αυτά "μεταλλάχθηκαν". Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από μετάλλαξη, δηλαδή τυχαία αλλαγή του DNA του βακτηρίου. Με τον τρόπο αυτό, τα βακτήρια του είδους A αποκτούν διαφορετικές ιδιότητες και συμπεριφέρονται όπως τα βακτήρια του είδους B].

160. Ο Γιάννης και η Ελένη, φοιτητές που έκαναν τη πρακτική τους άσκηση σε ένα ερευνητικό εργαστήριο μικροβιολογίας, μελέτησαν τις συνθήκες που επηρεάζουν την ανάπτυξη τεσσάρων ειδών μικροοργανισμών στο εργαστήριο. Γι' αυτό, έφτιαξαν διαφορετικής σύστασης υγρά θρεπτικά υλικά για την καλλιέργειά τους, ενώ παράλληλα μελέτησαν την επίδραση της συγκέντρωσης οξυγόνου στην ανάπτυξή τους. Βρήκαν λοιπόν ότι μόνο ο μικροοργανισμός Γ ήταν αυτότροφος, καθώς αναπτυσσόταν σε κατάλληλο κλίβανο που παρείχε διοξείδιο του άνθρακα για την ανάπτυξή του, ενώ τα υπόλοιπα είδη μικροοργανισμών ήταν ετερότροφα. Από αυτά, ο μικροοργανισμός A ήταν υποχρεωτικά αερόβιος και αναπτυσσόταν μόνο σε pH 4-5, ο μικροοργανισμός B ήταν υποχρεωτικά αναερόβιος και ο μικροοργανισμός Δ υποχρεωτικά αερόβιος, επίσης. Στη συνέχεια όμως, κατά τη διάρκεια ενός πειράματος, ο Γιάννης μπέρδευσε κατά λάθος τα δείγματα των μικροοργανισμών.

α. Να εξηγήσετε πώς μπορούν οι φοιτητές, από τα διαθέσιμα υγρά θρεπτικά υλικά που είχαν παρασκευάσει, να φτιάξουν στερεό θρεπτικό υλικό (μονάδες 3).

β. Να προτείνετε έναν τρόπο με τον οποίο θα μπορούσε ο Γιάννης να διακρίνει σε ποιο από τα δείγματά του υπάρχει ο αυτότροφος μικροοργανισμός Γ, χρησιμοποιώντας μόνο τα διαφορετικής σύστασης υγρά θρεπτικά υλικά που είχαν παρασκευάσει (μονάδες 4).

γ. Στους παρακάτω δοκιμαστικούς σωλήνες (1, 2, 4) φαίνεται η περιοχή ανάπτυξης (μαύρες κουκίδες) των μικροοργανισμών της εκφώνησης σε υγρό θρεπτικό υλικό που έχει pH=7, καθώς και η διαβάθμιση της συγκέντρωσης του οξυγόνου. Δεν παρατηρήθηκε καμία ανάπτυξη μικροοργανισμών στον σωλήνα 3.



Με βάση τα αποτελέσματά αυτά, να εξηγήσετε αν ο Γιάννης θα μπορούσε να καταλάβει σε ποιον από τους τέσσερις δοκιμαστικούς σωλήνες (1,2,3,4) αντιστοιχεί η καλλιέργεια του μικροοργανισμού Γ (μονάδες 6).

Μονάδες 13

α. Για την παρασκευή στερεού θρεπτικού υλικού, οι φοιτητές θα αναμείξουν τα υγρά θρεπτικά υλικά που είχαν παρασκευάσει με έναν πολυσακχαρίτη που προέρχεται από φύκη, το άγαρ. Το άγαρ είναι ρευστό σε θερμοκρασίες πάνω από 45⁰ C, αλλά στερεοποιείται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες.

β. Τα θρεπτικά υλικά περιέχουν όλα τα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζονται οι μικροοργανισμοί για να αναπτυχθούν. Σε αυτά περιλαμβάνονται ο άνθρακας, το άζωτο, διάφορα μεταλλικά ιόντα και το νερό. Οι αυτότροφοι και οι ετερότροφοι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν διαφορετική πηγή άνθρακα. Οι αυτότροφοι χρησιμοποιούν το CO₂ της ατμόσφαιρας, ενώ οι ετερότροφοι διάφορες οργανικές ενώσεις, όπως οι υδατάνθρακες. Για να μπορέσει ο Γιάννης να εντοπί-

σει σε ποιο από τα δείγματά του υπάρχει ο μικροοργανισμός Γ, θα πρέπει να προσθέσει μια μικρή ποσότητα κυττάρων από κάθε είδος μικροοργανισμού που διαθέτει (εμβολιασμός) ξεχωριστά σε υγρό θρεπτικό υλικό που δεν περιέχει καμία οργανική ένωση και να τα επωάσει σε κατάλληλο κλίβανο που παρέχει CO₂. Η καλλιέργεια στην οποία θα αναπτυχθούν τελικά μικροοργανισμοί, θα είναι η καλλιέργεια που περιέχει τον μικροοργανισμό Γ.

γ. Από την εκφώνηση δεν γνωρίζουμε τις απαιτήσεις που έχει ο μικροοργανισμός Γ σε οξυγόνο για την ανάπτυξή του. Παρατηρούμε όμως ότι το κάθε είδος μικροοργανισμού αναπτύσσεται με διαφορετικό τρόπο στους δοκιμαστικούς σωλήνες, ανάλογα με τη συγκέντρωση του οξυγόνου, ενώ στον σωλήνα 3 δεν αναπτύσσεται κανένας μικροοργανισμός. Οι μικροοργανισμοί Α και Δ είναι υποχρεωτικά αερόβιοι, δηλαδή απαιτούν υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου για την ανάπτυξή τους. Όμως, ο μικροοργανισμός Α αναπτύσσεται αποκλειστικά σε θρεπτικό υλικό που έχει pH=4-5. Επειδή το υγρό θρεπτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε έχει pH=7, ο μικροοργανισμός Α δεν θα έχει αναπτυχθεί, κάτι που συνέβη στο σωλήνα 3. Άρα, ο δοκιμαστικός σωλήνας 3 περιέχει τον μικροοργανισμό Α. Επομένως, ο δοκιμαστικός σωλήνας 4 περιέχει τον μικροοργανισμό Δ. Ο μικροοργανισμός Β είναι υποχρεωτικά αναερόβιος, δηλαδή αναπτύσσεται μόνο όταν απουσιάζει το οξυγόνο γιατί το οξυγόνο είναι τοξικό γι' αυτόν. Άρα, ο δοκιμαστικός σωλήνας 1 αντιστοιχεί στην καλλιέργεια του μικροοργανισμού Β. Συνεπώς, ο δοκιμαστικός σωλήνας 2 περιέχει τον μικροοργανισμό Γ (κάτι που υποδεικνύει ότι ο Γ είναι προαιρετικά αερόβιος).

