



ΤΟ ΠΡΟΚΑΡΥΩΤΙΚΟ ΚΥΤΤΑΡΟ

ΣΥΝΟΠΤΙΚΕΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΓΕΝΙΚΗ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

2022-A

Συμπληρωματικό Υλικό Διδασκαλίας



ΤΟ ΠΡΟΚΑΡΥΩΤΙΚΟ ΚΥΤΤΑΡΟ

- Σε γενικές γραμμές το προκαρυωτικό κύτταρο αποτελείται (από έξω προς τα μέσα) από τις ακόλουθες δομές: **κυτταρικό τοίχωμα**, **κυτταρική μεμβράνη** που περικλείει το **κυτταρόπλασμα**, που περιέχει μεμβρανώδες και μη-μεμβρανώδεις λειτουργικές δομές.
- Το **κυτταρικό τοίχωμα** (*cell wall*) των προκαρυωτικών μικροοργανισμών δημιουργεί το χαρακτηριστικό σχήμα τους (π.χ. κόκκος, βάκιλος) ενώ παράλληλα παρέχει μηχανική υποστήριξη έναντι του εξωτερικού περιβάλλοντος. Το κυτταρικό τοίχωμα είναι, σε γενικές γραμμές, διαπερατό από πλήθος συστατικών.
- Το κυτταρικό τοίχωμα των προκαρυωτικών οργανισμών δομείται από μακρά μόρια (αλυσίδες) **πεπτιδογλυκάνης** (*peptidoglycan*), δηλαδή υπάρχει το τμήμα των «γλυκανών» και το τμήμα των πεπτιδίων. Το τμήμα των «γλυκανών» αποτελείται από εναλλασσόμενα, μόρια N-ακέτυλο-γλυκοζαμίδιου (*N-acetylglucosamine*, NAG) και N-ακέτυλο-μουραμικού οξέως (*N-acetylmuramic acid*, NAM) τα οποία συνδέονται γραμμικά μεταξύ τους, σχηματίζοντας αλυσίδες. Οι αλυσίδες των «γλυκανών» συνδέονται μεταξύ και σταθεροποιούνται με τετραπεπίδια (το πεπτιδικό τμήμα της πεπτιδογλυκάνης).
- Όλα τα βακτήρια, με βάση την δομή του κυτταρικού τους τοιχώματος, διακρίνονται σε δύο μεγάλες ομάδες: τα **Gram αρνητικά** βακτήρια και τα **Gram θετικά** βακτήρια. Η διάκρισή τους γίνεται με την ομώνυμη ειδική χρώση.
 - i. **Gram θετικά:** Εξωτερικά φέρουν παχύ κυτταρικό τοίχωμα και ακολουθεί λεπτή κυτταρική μεμβράνη. Στην δομή του κυτταρικού τοιχώματος των βακτηρίων της ομάδας αυτής συμμετέχουν το τοιχοϊκό οξύ (*teichoic acid*) ή μόρια τοιχοϊκού οξέως με λιπίδια (λιποτοιχοϊκού οξέως - *lipoteichoic acid*).
 - ii. **Gram αρνητικά:** Το περίβλημα των βακτηρίων της ομάδας αυτής είναι πολυστρωματικό (*multilayered*). Εξωτερικά φέρουν κυτταρική μεμβράνη μονής στοιβάδας. Ακολουθεί λεπτό κυτταρικό τοίχωμα και μετά υπάρχει και πάλι κυτταρική μεμβράνη την λεγόμενη κυτοπλασματική ή κυτταροπλασματική μεμβράνη (*cytoplasmic membrane*). Το διάστημα μεταξύ των δύο μεμβρανών, στο χώρο που υπάρχει το κυτταρικό τοίχωμα, καλείται «περιπλασματικό διάστημα» (*periplasmic space*). Ο λειτουργικός ρόλος του περιπλασματος είναι «ρυθμιστικός» δηλαδή εκεί συγκεντρώνονται οι ουσίες που πρόκειται να περάσουν στο εσωτερικό του κυττάρου ώστε, ακολούθως η παροχή τους στο κυτταρόπλασμα να διατηρείται σταθερή. Η εξωτερική κυτταρική μεμβράνη αποτελείται από μονοστοιβάδα φωσφολιπιδίων στην εξωτερική πλευρά της οποίας υπάρχει λεπτή στοιβάδα **λιπο-πολυσακχαριτών** (*lipopolysaccharide*, LPS layer). Μεταξύ αυτών υπάρχει και το λιπίδιο A το οποίο έχει τοξική δράση εάν βρεθεί στο αίμα του ανθρώπου, προκαλώντας πυρετό, τοξικό σοκ, και θρομβώσεις. Αυτός είναι και ένας από τους κυριότερους λόγους που ισχυρές λοιμώξεις του ανθρώπου από Gram αρνητικά βακτήρια μπορεί να αποδειχθούν επικίνδυνες. Το κυτταρικό τοίχωμα των βακτηρίων της ομάδας αυτής είναι πολύ λεπτό και στερείται τοιχοϊκού καθώς και λιποτοιχοϊκού οξέως. Η κυτταροπλασματική μεμβράνη που ακολουθεί είναι δι-στρωματική (διπλοστοιβάδα) αποτελούμενη από φωσφολιπίδια.

Τα Gram αρνητικά βακτήρια λόγω της διαφορετικής δομής του κυτταρικού τοιχώματός τους θεωρούνται περισσότερο ανθεκτικά στην χρήση αντιβιοτικών σε σύγκριση με τα Gram θετικά.
- Στην εξωτερική πλευρά αρκετών βακτηρίων υπάρχουν **κυτταρικές προσαρτήματα** με πολύ ειδικές λειτουργίες:

- i. **Γλυκοκάλυκας:** Ο γλυκοκάλυκας (*glycocalyx*) έχει ζελατινώδη υφή, και αποτελείται είτε από πολυσακχαρίτες είτε από πρωτεΐνες ή από τον συνδυασμό τους. Συχνά στην βιβλιογραφία αναφέρεται και ως **έλυτρο**. Όταν ο γλυκοκάλυκας έχει χαρακτηριστική δομή, καλά οργανωμένη σε πολυστρωματικές στοιβάδες και στενά συνδεδεμένος με το κυτταρικό τοίχωμα καλείται «**κάψουλα**» (*capsule*). Όταν η δομή είναι χαλαρά συνδεδεμένη με το κύτταρο και υδατοδιαλυτή καλείται «ζωογλοία ή **γλοία**» (*slime layer*). Ο λειτουργικός ρόλος του γλυκοκάλυκα είναι να προστατεύει το βακτήριο από τοξικούς παράγοντες (π.χ. αντιβιοτικά), από την αναγνώριση και φαγοκύτωση από άλλα κύτταρα, να αυξάνει την αντοχή τους έναντι της ξηρασίας, ενώ παράλληλα τα βοηθά να προσκολλώνται είτε μεταξύ είτε σε επιφάνειες. Βακτήρια με γλυκοκάλυκα, προσκολλώνται στα δόντια, δημιουργούν την οδοντική πλάκα η οποία τελικά οδηγεί στην εμφάνιση τερηδόνας.
- ii. **Φλαγγέλα:** Η φλαγγέλα (*flagella*), ορισμένες φορές ονομάζεται και **μαστίγιο** ή **βλεφαρίδα** λόγω της μορφής που έχει. Είναι όργανο κίνησης των βακτηρίων. Αποτελείται από τρία τμήματα: το ελεύθερο τμήμα που είναι και το μεγαλύτερο σε μήκος, το άγκιστρο που βρίσκεται στην επιφάνεια του κυττάρου, και το βασικό σώμα που το συνδέει με την κυτταροπλασματική μεμβράνη. Το είδος των πρωτεϊνών διαφέρει μεταξύ διαφορετικών τύπων βακτηρίων και αποτελεί ταξινομικό κριτήριο διότι εκεί βασίζεται η οροτυπική διάκριση (**αντιγόνα τύπου Η**) των βακτηρίων (ορότυποι- *serotypes*). Η φλαγγέλα κινείται περιστροφικά όπως μια προπέλα ενός πλοίου κατά 360° γύρω από τον άξονά της, είτε κατά τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού είτε αντίστροφα. Με την κίνηση της φλαγγέλλας το βακτήριο είτε κινείται προς μια κατεύθυνση είτε αλλάζει κατεύθυνση ανάλογα με ερεθίσματα του περιβάλλοντος (το φαινόμενο της «τάξης»). Η παρουσία καθώς και το είδος της φλαγγέλλας αποτελεί και μορφολογικό και ταξινομικό κριτήριο των βακτηρίων (εκτός από οροτυπικό). Με βάση τον αριθμό και την θέση της φλαγγέλλας τα βακτήρια διακρίνονται σε:
- Μονότριχα (*monotrichous*): ένα μαστίγιο στην μία άκρη του βακτηρίου.
 - Λοφίοτριχα (*lophotrichous*): περισσότερα από ένα μαστίγια στην μία άκρη του βακτηρίου.
 - Αμφίτριχα (*amphitrichous*): μαστίγιο ή μαστίγια και στις δύο άκρες του βακτηρίου.
 - Περίτριχα (*peritrichous*): Μαστίγια περιφερικά του βακτηρίου.
- iii. **Φίμπρι:** Τα φίμπρι (*fimbri*) είναι πολύ μικρές, μη-κινητές, πρωτεϊνώδεις, και κολλώδεις επιφανειακές προεκβολές ορισμένων βακτηρίων. Στην Ελληνική βιβλιογραφία αναφέρονται ως «ινίδια» ή «κροσσοί». Είναι πολύ πιο κοντά σε μήκος από την φλαγγέλα και πολύ περισσότερα από αυτή σε αριθμό. Βοηθούν τα βακτήρια να προσκολλώνται είτε μεταξύ τους, είτε πάνω σε επιφάνειες. Είναι υπεύθυνα για τον σχηματισμό των «βιοϋμενίων» (*biofilms*).
- iv. **Πίλι (*pili*):** Είναι κυτταρικές πολύ μικρές επιφανειακές, προεκβολές, σωληνοειδούς σχήματος. Στην Ελληνική βιβλιογραφία αναφέρονται και ως τριχίδια. Το μήκος τους είναι μικρότερο από την φλαγγέλα αλλά μεγαλύτερο από τα φίμπρι. Ο λειτουργικός του ρόλος είναι είτε να βοηθά στην κίνηση του βακτηρίου σε υγρά μέσα είτε να συνδέεται σε άλλα βακτήρια και να έλκεται προς αυτά. Το «**συζευτικό τριχίδιο**» (*conjugation pili*) είναι πολύ ειδική κατηγορία πίλι διότι μέσω αυτού μπορούν να συνδεθούν δύο βακτήρια μεταξύ τους και να δώσει γενετικό υλικό το ένα προς το άλλα (F-) (βλέπε Κεφ. Γενετικής).
- Η **κυτταροπλασματική μεμβράνη** είναι μια διπλοστοιβάδα. Αποτελείται από φωσφολιπίδια και συχνά χαρακτηρίζεται και ως φωσφολιπιδιακή διπλοστοιβάδα (*phospholipid bilayer*). Στην δομή της συμμετέχουν πρωτεΐνες (οι «πορίνες» – *porins*) οι οποίες εξασφαλίζουν την διαπερατότητά της, δρώντας ως κανάλια επικοινωνίας με το περιβάλλον καθώς και πλήθος ενζύμων και άλλων πρωτεϊνών που συμμετέχουν στην πολλαπλών ρόλων λειτουργία τους. Για να είναι λειτουργική θα πρέπει να είναι

ημίρρευστη (*semi-solid*) και συχνά στην βιβλιογραφία περιγράφεται ως «**ρευστό μωσαϊκό** - *fluid mosaic*) ή «ως μια θάλασσα φωσφολιπιδίων όπου επιπλέουν μέσα ως παγόβουνα οι πρωτεΐνες».

- i. Η κυττοπλασματική μεμβράνη είναι «**πολυ-λειτουργική**», δηλαδή επιτελεί πολλές λειτουργίες.
 - ii. **Δομική ικανότητα:** Διαχωρίζει και οριοθετεί τον κυτταροπλασματικό χώρο.
 - iii. **Ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης και εκλεκτική διαπερατότητα:** Ρυθμίζει την ωσμωτική πίεση που επικρατεί στο εσωτερικό του κυττάρου. Παρουσιάζει εκλεκτική διαπερατότητα και συνεπώς ρυθμίζει το είδος των ουσιών που εισέρχονται και εξέρχονται από το κυτταρόπλασμα. Μεγάλα μόρια δεν μπορούν να εισχωρήσουν λόγω μεγέθους και ιόντα (φορτισμένα μόρια) απωθούνται λόγω του φορτίου της μεμβράνης.
 - iv. **Αναγνώριση:** Στην δομή της διπλοστοιβάδας, υπάρχουν και γλυκοπρωτεΐνες των οποίων η κύρια λειτουργία είναι να ανιχνεύουν το περιβάλλον καθώς και άλλους τύπους βακτηρίων.
 - v. **Παραγωγή ενέργειας:** Μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού περιβάλλοντος της μεμβράνης υπάρχει διαφορά συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου [H⁺]. Στην εξωτερική πλευρά υπάρχει αυξημένη συγκέντρωση θετικών ιόντων ενώ στο εσωτερικό υπάρχει αυξημένη συγκέντρωση αρνητικών ιόντων δημιουργώντας διαφορά δυναμικού (ΔΕ), θυμίζοντας την λειτουργική δομή μιας «μπαταρίας» υγρού τύπου. Το δυναμικό αυτό είναι γνωστό ως «**ηλεκτροχημικό δυναμικό**» (*electrochemical gradient*) και εκφράζεται σε mV (*millivolt*). Τα νεκρά κύτταρα δεν εμφανίζουν «ηλεκτροχημικό δυναμικό». Θυμίζουμε ότι στα ευκαρυωτικά βακτήρια η παραγωγή ενέργειας γίνεται στα μιτοχόνδρια (βασική διαφορά μεταξύ ευκαρυωτικών-προκαρυωτικών κυττάρων).
 - vi. **Μεταβολικές διεργασίες:** Πολλά ένζυμα βρίσκονται στην μεμβράνη και επιτελούν τις αντίστοιχες μεταβολικές διεργασίες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τα ένζυμα της αναπνευστικής αλυσίδας.
- Η είσοδος αλλά και η έξοδος μορίων ή ιόντων από το βακτηριακό κύτταρο μπορεί να γίνει με διαφορετικούς τρόπους και με βάση με το αν απαιτείται ή όχι κατανάλωση ενέργειας από την πλευρά του βακτηρίου διακρίνεται σε: (α) **ενεργητικές διαδικασίες** (*active process*) και (β) **παθητικές διαδικασίες** (*passive process*), αντίστοιχα.

1 Ενεργητικές διαδικασίες: Κατά τις ενεργητικές διαδικασίες (*active process*) το κύτταρο καταναλώνει ενέργεια («πληρώνει τέλη μεταφοράς») με τη μορφή ATP.

- i. **Απλή μεταφορά** (*translocation*): Κατά τον τύπο αυτό μεταφοράς (*active diffusion*) τα μόρια μεταφέρονται την κυτταροπλασματική μεμβράνη μέσω ειδικών πρωτεϊνών που διαπερνούν την μεμβράνη και λειτουργούν ως κανάλια (διάλυτοι) επικοινωνίας. Τα κανάλια αυτά είναι ελεγχόμενα και μπορεί να είναι είτε ανοιχτά είτε κλειστά ανάλογα με τις ανάγκες του κυττάρου. Η ενέργεια για την διαδικασία αυτή παρέχεται από το ηλεκτροχημικό δυναμικό της μεμβράνης.
- ii. **Διακίνηση ομάδων** (*group translocation*): Είναι ειδική περίπτωση μεταφοράς μεγάλων σχετικά μορίων και συμβαίνει σε ειδικές ομάδες προκαρυωτικών βακτηρίων. Κατά την μεταφορά αυτή το μόριο χημικά τροποποιείται και έτσι διευκολύνεται η διακίνησή του. Πολύ χαρακτηριστικές περιπτώσεις αυτού του είδους της μεταφοράς είναι η μεταφορά του γλυκόζης (μετά από φωσφορυλίωση) στο εσωτερικό των βακτηρίων, όπως και λιπαρών οξέων στην μεμβράνη των μιτοχονδρίων με την μεσολάβηση του συνενζύμου-A.

- iii. **Σύστημα ABC** (*ABC transporter*): Το διαμεμβρανικό αυτό σύστημα μεταφοράς εμφανίζεται στα Gram αρνητικά βακτήρια. Στους προκαρυωτικούς οργανισμούς έχουν αναγνωρισθεί πάνω από 200 διαφορετικά συστήματα ABC. Στο σύστημα αυτό μεταφοράς ειδικές πρωτεΐνες βρίσκονται στον περιπλασμικό χώρο (περιπλασμικές πρωτεΐνες μεταφοράς) και «συλλέγουν» τα μόρια που πρόκειται, αργότερα, να μεταφερθούν στο κυτταρόπλασμα. Η περιπλασμικές πρωτεΐνες μετά την «συλλογή» των υπό μεταφορά μορίων συνδέονται σε κατάλληλες και εξειδικευμένες πρωτεΐνες που βρίσκονται στην κυτταροπλασματική μεμβράνη. Η ενέργεια για την διαδικασία αυτή παρέχεται μέσω μιας τρίτης ομάδας πρωτεϊνών που βρίσκονται στο εσωτερικό των βακτηρίων (κυτταρόπλασμα).

2 Παθητικές διαδικασίες (*passive process*): Κατά την διάρκεια των διαδικασιών αυτών το κύτταρο δεν καταναλώνει ενέργεια.

- i. **Ελεύθερη Διάχυση** (*diffusion*): Κατά τον τύπο αυτό διάχυσης τα μόρια με ευκολία διαπερνούν την κυτταροπλασματική μεμβράνη χωρίς την κατανάλωση ενέργειας από μέρους του οργανισμού. Χαρακτηριστικά μόρια που με ευκολία διαπερνούν την κυτταροπλασματική μεμβράνη είναι: οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, αλκοόλη.
- ii. **Ώσμωση** (*osmosis*): Είναι ειδική περίπτωση και αφορά την διακίνηση του κύριου συστατικού του βακτηρίου, του νερού, στο εσωτερικό του.
- iii. **Υποβοηθούμενη Διάχυση** (*facilitated diffusion*): Κατά την υποβοηθούμενη διάχυση γίνεται η διακίνηση σχετικά μεγάλων μορίων ή μορίων φορτισμένων. Διαπερνούν την μεμβράνη μέσω γενικών μοριακών πρωτεϊνικών καναλιών ή μέσω εκλεκτικών καναλιών (περμεάσες – *permeases*). Χαρακτηριστική περίπτωση είναι η «περμεάση της λακτόζης». Δεν καταναλώνει ενέργεια το κύτταρο διότι τα μόρια «έλκονται» από το ηλεκτρικό φορτίο της μεμβράνης.

▪ Το περιβάλλον των μικροοργανισμών με **βάση την ωσμωτική πίεση** χαρακτηρίζεται ως:

- i. **Ισότονο** (*isotonic*): Η ωσμωτική πίεση εντός του κυττάρου είναι ίση με την ωσμωτική πίεση στο περιβάλλον του κυττάρου (π.χ. ισότονος φυσιολογικός ορός).
- ii. **Υπότονο** (*hypotonic*): Η ωσμωτική πίεση εκτός του κυττάρου είναι μικρότερη από την ωσμωτική πίεση στον στο περιβάλλον του κυττάρου (π.χ. απιονισμένο νερό). Στην περίπτωση αυτή το διάλυμα του περιβάλλοντος εισέρχεται στο εσωτερικό του κυττάρου, το διογκώνει και τελικά το διασπά (πλασμόλυση).
- iii. **Υπέρτονο** (*hypertonic*): Η ωσμωτική πίεση εκτός του κυττάρου είναι μεγαλύτερη από την ωσμωτική πίεση στο περιβάλλον του κυττάρου (π.χ. απιονισμένο νερό). Νερό σταδιακά διαχέεται από το κύτταρο προς το περιβάλλον και το κυτταρόπλασμα συρρικνώνεται.

▪ Ο **κυτταροπλασματικός χώρος** των ευκαρυωτικών κυττάρων αποτελείται από το κυτταρόπλασμα μέσα στο οποίο υπάρχουν μη-μεμβρανικές δομές καθώς και εγκλείσματα (*inclusions*).

1. **Κυτταρόπλασμα** (*cytosol*): Έχει ζελατινώδη υφή, και αποτελείται από νερό μέσα στο οποίο βρίσκονται διαλυμένα, πρωτεΐνες, ένζυμα, σάκχαρα, υδατάνθρακες, ιόντα, λιπίδια καθώς και παραπροϊόντα του μεταβολισμού των βακτηρίων.
2. **Νουκλεοϊδές** (*nucleoid*): Οι προκαρυωτικοί οργανισμοί στερούνται πυρήνα που περιέχει σε οργανωμένες δομές το DNA. Το DNA των προκαρυωτικών οργανισμών είναι οργανωμένο σε ένα μόνο χρωμόσωμα το οποίο έχει κυκλική δομή και ονομάζεται νουκλεοϊδές (*nucleoid*).

3. **Έγκλειστα** (*inclusions*): Τα εγκλείσματα ή αποθεματικές ουσίες είναι αποθέσεις λιπιδιακής, αμυλούχου, αζωτούχου, φωσφορούχου ή θειούχου φύσεως. Έχουν αποθηκευτικό ρόλο, δηλαδή σε περιόδους που π.χ. δεν υπάρχει άμυλο στο περιβάλλον τα βακτήρια χρησιμοποιούν το άμυλο των εγκλεισμάτων για να επιβιώσουν. Επίσης μπορεί να περιέχουν αέριο το οποίο ορισμένες κατηγορίες βακτηρίων (κυανοβακτήρια) το χρησιμοποιούν ως «ρυθμιστή πλευστότητας» για να αναδύονται και να φωτοσυνθέτουν όταν αυτό είναι απαραίτητο.
4. **Ριβοσώματα** (*ribosomes*): Είναι, μη-μεμβρανώδες, οργανίδιο που αποτελείται από rRNA και πρωτεΐνες και στο οποίο γίνεται η σύνθεση των πρωτεϊνών. Στα προκαρυωτικά κύτταρα υπάρχουν χιλιάδες ριβοσώματα τα οποία είναι διασκορπισμένα στο κυτταρόπλασμα. Αυτός είναι και ο λόγος που με ισχυρά μικροσκόπια, η υφή του κυτταροπλάσματος έχει κοκκώδη υφή. Τα μέγεθος, και το βάρος των ριβοσωματίων εκφράζεται σε μονάδες **S** (*Svedbergs*) που προκύπτει από την ταχύτητα καθιζήσεως κατά την υπερ-φυγοκέντριση. Τα προκαρυωτικά ριβοσώματα είναι, περίπου, στα 70S, ενώ τα ευκαρυωτικά είναι βαρύτερα και μεγαλύτερα (80S).
5. **Κυτοσκελετός** (*cytoskeleton*): Είναι ως ένα είδος «εσωτερικής σκαλωσιάς» του κυττάρου. Μέχρι πρόσφατα υπήρχε η άποψη ότι τα προκαρυωτικά βακτήρια δεν έχουν κυτοσκελετό. Στην πραγματικότητα οι βάκιλοι έχουν έναν υποτυπώδη κυτοσκελετό, ενώ τα σφαιρικά βακτήρια δεν έχουν. Οποσδήποτε η πολυπλοκότητα και η πολυ-λειτουργικότητα του κυτοσκελετού των ευκαρυωτικών κυττάρων δεν έχει καμία σχέση με την απλούστατη δομή στα προκαρυωτικά.
- **Πρωτοπλάστες** (*protoplast*): Πρωτοπλάστης είναι το Gram θετικό βακτήριο, χωρίς το κυτταρικό του τοίχωμα. Το τελευταίο μπορεί να απομακρυνθεί με την χρήση του ενζύμου λυσοζύμη ή να ανασταλεί ο σχηματισμός του με τη χρήση του αντιβιοτικού πενικιλίνη.
 - **Σφαιροπλάστες** (*sferoplast*): είναι το Gram αρνητικό βακτήριο, χωρίς το κυτταρικό του τοίχωμα.
 - **L-μορφές**: Είναι σφαιροπλάστες ή πρωτοπλάστες που απέκτησαν την δυνατότητα αύξησης και διαίρεσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι ανθεκτικά στην δράση αντιβιοτικών και να δημιουργήσουν χρόνιες λοιμώξεις όπως στην ενδοκαρδίτιδα, αρθρίτιδα, ουρολοιμώξεις.
 - **Ενδοσπόρια** (*endospores*): Ορισμένα είδη βακτηρίων έχουν την δυνατότητα, κάτω υπό προϋποθέσεις, να συνθέσουν ειδικές δομές τα οποία είναι «εν δυνάμει κύτταρα», δηλαδή κύτταρα που βρίσκονται ειδικής δομής και κατάστασης που καλούνται ενδοσπόρια (*endospores*). Τα βακτήρια της ομάδας αυτής καλούνται «σπορογόνα» (*sporeformers*). Πολύ χαρακτηριστικά είδη βακτηρίων που παράγουν ενδοσπόρια είναι τα αναερόβια *Clostridium* spp. (κλωστρίδια) και τα αερόβια *Bacillus* spp. (βάκιλοι).
 - Είναι πολύ σημαντικό να σημειωθεί ότι ο σχηματισμός ενδοσπορίων δεν είναι μέσο αναπαραγωγής των βακτηρίων, αλλά μέσο **επιβίωσης/δαιώνισής** τους όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος είναι εξαιρετικά αντίξοες για αυτά. Είναι εντελώς διαφορετική η σκοπιμότητα δημιουργίας τους σε σύγκριση με τα σπόρια των μυκήτων όπου αυτά αποτελούν μέρος του κύκλου αναπαραγωγής τους.
 - Τα ενδοσπόρια δεν είναι μεταβολικά ενεργά και μπορούν να επιβιώσουν υπό αντίξοες συνθήκες, ορισμένες φορές, για δεκάδες ή ακόμα και χιλιάδες χρόνια
 - Πρόκειται περί δομών αποτελούμενων από (από έξω προς τα μέσα): εξωσπόριο, εξωτερικό κάλυμμα, φλοιός, πυρήνα, κυτταροπλασματική μεμβράνη, κυτταρόπλασμα, πυρήνας. Το είδος των συστατικών και το πολυ-στρωματικό κάλυμμα καθιστά το ενδοσπόριο εξαιρετικά ανθεκτικό σε πλήθος θανάσιμων για τα βακτήρια παραγόντων, όπως υψηλή θερμοκρασία (110°C), μεγάλη ξηρότητα, ακτινοβολία, χημικές ουσίες, υψηλή οξύτητα, κ.α. Η διαδικασία δημιουργίας ενδοσπορίων καλείται σπορογένεση (*sporulation*) και μπορεί να διαχωριστεί στα ακόλουθα στάδια τα οποία διαρκούν από 8-10 ώρες:

1^ο: Το κύτταρο στην συνηθισμένη μορφή του, που καλείται βλαστική μορφή (*vegetative cell*) και βρίσκεται υπό πολύ αντίξοες συνθήκες. Το DNA του βακτηρίου αναδιπλασιάζεται.

2^ο: Τα δύο DNA απομακρύνονται μεταξύ τους προς τις δύο άκρες του κυττάρου.

3^ο: Η κυτταροπλασματική μεμβράνη αναπτύσσεται και διαχωρίζει το κύτταρο σε δύο μέρη.

4^ο: Δεύτερη μεμβράνη αναπτύσσεται και περιβάλλει την πρόδρομη μορφή του ενδοσπορίου (προ-σπόριο - *forespore*).

5^ο: Το μεσοδιάστημα μεταξύ των δύο μεμβρανών γεμίζει με ασβέστιο και διπικολινικό οξύ και αποτελεί τον λεγόμενο «φλοιό» (*cortex*). Το αρχικό DNA, της βλαστικής μορφής, καταστρέφεται..

6^ο: Γύρω από την προηγούμενη μορφή του προ-σπορίου, σχηματίζεται νέο στρώμα, πολύ πυκνής δομής το οποίο καλείται «εξωτερικό κάλυμμα» (*spore coat*).

7^ο: Το προηγούμενο κάλυμμα αυξάνεται περαιτέρω και «ωριμάζει», δηλαδή, κατά μία έννοια, γίνεται ακόμη ανθεκτικότερο.

8^ο: Σε ορισμένα είδη σπορίων, εξωτερικά του καλύμματος σχηματίζεται και ένα ακόμα, λεπτό αυτή τη φορά κάλυμμα που καλείται «εξωσπόριο» (*exosporion*).

9^ο: Το ενδοσπόριο απελευθερώνεται και το υπόλοιπο κύτταρο καταστρέφεται. Αμέσως μετά το στάδιο αυτό το σπόριο χάνει και ένα πολύ μεγάλο μέρος της υγρασίας του.

- Όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος είναι κατάλληλες, το ενδοσπόριο ενεργοποιείται (*activation*) και, μέσω μιας διαδικασίας τριών σταδίων, δημιουργείται μια νέα βλαστική μορφή (*vegetative form*). Η διαδικασία αυτή σε γενικές γραμμές καλείται «εκβλάστηση» (*vegetation*) και διαρκεί περίπου 2 ώρες.
 1. **Ενεργοποίηση** (*activation*): Αν ενδοσπόρια βρεθούν σε ιδανικό περιβάλλον, δεν σημαίνει ότι θα εκβλαστήσουν οπωσδήποτε. Πρέπει οι συνθήκες να είναι μεν ιδανικές αλλά να υπάρξει και κατάλληλο και ισχυρό εξωτερικό ερέθισμα, που καταστρέφει το ισχυρό περίβλημα του ενδοσκοπίου. Συνήθεις τρόποι ενεργοποίησης είναι η θέρμανση (80°C/5 min) και υποστρώματα που περιέχουν ελεύθερες σουλφιδρυλικές ομάδες, γλυκόζη,
 2. **Εκβλάστηση** (*germination*): Αμέσως μετά την ενεργοποίηση, το ενδοσπόριο ενυδατώνεται, διογκώνεται, και ο φλοιός αποικοδομείται.
 3. **Ανάπτυξη** (*outgrowth*): Μετά την εκβλάστηση του σπορίου, εάν το περιβάλλον είναι κατάλληλο (π.χ. θρεπτικά συστατικά) τότε ακολουθεί το επόμενο στάδιο που είναι η ανάπτυξη του ενεργοποιημένου σπορίου προς νέο κύτταρο (βλαστική μορφή – *vegetative cell*). Η νεαρή βλαστική μορφή αποτελείται από τον πρωτοπλάστη του πρώην ενδοσπορίου και από τοίχωμα που τον περιβάλλει.
- Η τεχνολογική σημασία για την ποιότητα και ασφάλεια των τροφίμων των ενδοσπορίων είναι πολύ μεγάλη. Τα ενδοσπόρια δεν καταστρέφονται υπό ήπιες θερμοκρασίες θέρμανσης, (π.χ. παστερίωση) και αν προκύψουν οι κατάλληλες συνθήκες μπορούν να δώσουν νέες βλαστικές μορφές που όταν αναπτυχθούν στα τρόφιμα θα αλλοιώσουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους (ενδοσπόρια του είδους *Bacillus stearothermophilus*). Επίσης ορισμένα ενδοσπόρια κατά την εκβλάστησή τους παράγουν τοξίνες που είτε προκαλούν τροφικές δηλητηριάσεις (π.χ. *Clostridium perfringens*) είτε ακόμη και το θάνατο (π.χ. η νευροτοξίνη του *Clostridium botulinum*).

- Τα σπόρια αδρανοποιούνται με ισχυρή θερμική επεξεργασία που καλείται **αποστείρωση** (*sterilization*). Κατά την εμπορική αποστείρωση τα ενδοσπόρια του περισσότερου θερμοάντοχου θανατηφόρου ενδοσπορίου του είδους *Clostridium botulinum* αδρανοποιούνται μετά από θέρμανση στους 121°C/15 min. Ένας άλλος τρόπος παρεμπόδισης της εκβλάστησης των σπορίων, αλλά όχι θανάτωσής τους, είναι η παραμονή τους σε τιμές pH μικρότερες από 4,6.
- Η θέση των σπορίων στο κύτταρο αποτελεί ταξινομικό κριτήριο, και με βάση την θέση τους σε αυτό διακρίνονται σε: (α) κεντρικά – στο κέντρο του κυττάρου, (β) πολικά – στην άκρη του κυττάρου και (γ) παρα-πολικά – μεταξύ του κέντρου και του άκρου του βακτηρίου.
- **Μορφολογία των βακτηρίων:** Το σχήμα των βακτηρίων ποικίλει ανάλογα με το γένος, το είδος και, ορισμένες φορές, από τις συνθήκες του περιβάλλοντος και την ηλικία του κυττάρου. Τα σχήματα μεμονωμένων βακτηρίων μπορεί να είναι:

Κόκκοι (cocci): Έχουν σχήμα κόκκων. Ανάλογα δε με τον τρόπο διάταξής τους στο χώρο, που προκύπτει από τον τρόπο που αναδιπλασιάζονται, διακρίνονται στις εξής ομάδες:

- *διπλόκοκκοι* όπου τα κύτταρα βρίσκονται σε δυάδες ενωμένα μεταξύ τους
- *στρεπτόκοκκοι*, όπου τα κύτταρα των κόκκων βρίσκονται συνδεδεμένα μεταξύ τους και σχηματίζουν αλυσίδες
- *τετράκοκκοι*, τα κύτταρα βρίσκονται σε δυάδες αλλά σε δύο επίπεδα
- *σαρσίνες*, τα κύτταρα συνδεδεμένα μεταξύ τους, σε οκτάδες, σχηματίζουν σχήμα σφαίρας
- *σταφυλόκοκκοι*, τα κύτταρα συνδεδεμένα μεταξύ τους, σχηματίζουν σχήμα σταφυλιού

Ραβδία ή Βάκιλοι (rods ή bacilli): Έχουν σχήμα ευθείας, λεπτής ράβδου. Ορισμένες φορές σχηματίζουν αλυσίδες και ονομάζονται στρεπτοβάκιλλοι.

Κοκκοβάκιλοι (coccobacilli): Έχουν σχήμα μεταξύ κόκκου και βάκιλλου.

Δονάκια (vibrio): Έχουν σχήμα κυρτής ράβδου (π.χ. *Vibrio parahaemolyticus*).

Ελικοειδή (spirillum): Έχουν σχήμα ελικοειδές

Σπειροειδή (spirochete): Έχουν σχήμα σπειροειδές.(π.χ. σπειροχαίτες)

Πλειόμορφα (pleomorphic): Πρόκειται περί βακτηρίων που δεν έχουν μονίμως το ίδιο σχήμα, αλλά διαφοροποιείται ανάλογα με την ηλικία του κυττάρου.

- Ορισμένα βακτήρια έχουν την ικανότητα κίνησης (κινητά), ενώ άλλα παραμένουν ακίνητα. Το μέσο κίνησης των κυττάρων είναι, κυρίως, τα μαστίγια, τα οποία περιστρέφονται όπως μια προπέλα. Η ενέργεια για την κίνηση στα βακτήρια δίνεται από την πρωτονιοδιεγερτική δύναμη που αναπτύσσεται στη μεμβράνης. Η ταχύτητα περιστροφής των μαστιγίων και άρα της ταχύτητας τους μεταβάλλεται. Η μέση ταχύτητα των βακτηρίων είναι περίπου 0,17 m/h, η οποία, φαινομενικά, είναι πολύ χαμηλή. Αν όμως η ταχύτητα αυτή εκφρασθεί σε μήκη «σώματος» του βακτηρίου είναι εξαιρετικά υψηλή διότι αντιστοιχεί σε 60 μήκη κυττάρου, την στιγμή που τα 110 km/h του ταχύτατου τσιτάχ (αιλουροειδές) αντιστοιχούν μόλις σε 25 μήκη σώματος.
- ❖ Τα βακτήρια με βάση το είδος των μαστιγίων που φέρουν κινούνται διαφορετικά.
 - Τα περίτριχα βακτήρια κινούνται, κυρίως, ευθύγραμμα, αργά, με συνήθως χαμηλές ταχύτητες. Η περιστροφή των περίτριχων βακτηρίων γίνεται με φορά αντίστροφη από αυτή των δεικτών του ρολογιού. Για να επιτευχθεί η πρόσθια κίνηση του βακτηρίου όλα τα, περίτριχα, μαστίγια προσανατολίζονται προς την ίδια κατεύθυνση.

- Τα λοφιότριχα βακτήρια κινούνται ταχύτερα, και σποραδικά με τυχαίο τρόπο συστρέφονται. Πρόσθια κινούνται με αριστερόστροφη περιστροφική κίνηση των μαστιγίων. Είναι δυνατόν η φορά κίνησης των μαστιγίων να αντιστραφεί να γίνει δηλαδή δεξιόστροφη οπότε στην περίπτωση αυτή, η φορά κίνησης των βακτηρίων, αντιστρέφεται και το βακτήρια σύρεται αντί να ωθείται.
- Υπάρχουν προκαρυωτικοί οργανισμοί που μπορούν να κινηθούν, αλλά χωρίς να φέρουν μαστίγια. Οι μικροοργανισμοί αυτοί κινούνται μέσω ολίσθησης.
- Τα βακτήρια ανταποκρίνονται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος με το φαινόμενο του «τακτισμού».
- **Χημειοτακτισμός:** Το βακτήριο «διαισθάνεται» την χημική κατάσταση του περιβάλλοντος και ανάλογα αντιδρά. Ο τακτισμός αυτός πραγματοποιείται μέσω μοριακών αισθητήρων που βρίσκονται στην επιφάνεια των μικροοργανισμών.
- **Φωτοτακτισμός:** Εμφανίζεται στα φωτοσυνθετικά βακτήρια. Μέσω του τακτισμού αυτού οι μικροοργανισμοί προσανατολίζονται προς το φως.
- **«Quorum sensing».** Ο όρος έχει εμφανισθεί τα τελευταία 20 χρόνια στην Διεθνή βιβλιογραφία. Ορισμένες φορές με τον όρο αυτό αναφέρεται ότι τα «βακτήρια, κατά κάποιο τρόπο, «επικοινωνούν» μεταξύ τους». Άλλες φορές το «quorum sensing» αναφέρεται, οπωσδήποτε με μεγάλη δόση υπερβολής, ως «γλώσσα των βακτηρίων». Βάσιμα, όμως, έχει αποδειχθεί ότι μέσω του μηχανισμού αυτού τα βακτήρια ρυθμίζουν ορισμένες βιοχημικές λειτουργίες τους, ανάλογα με το μέγεθος του πληθυσμού τους. Όταν τα βακτήρια βρίσκονται σε χαμηλούς πληθυσμούς, απελευθερώνουν συγκεκριμένα μόρια-σήματα στο περιβάλλον τους. Όταν όμως ο πληθυσμός τους αυξηθεί, ο αριθμός των μορίων-σημάτων αυξάνεται, και συνδέονται πλέον σε μεγάλους αριθμούς με τα αντίστοιχα μόρια-δέκτες που υπάρχουν στα βακτήρια του πληθυσμού. Όταν, πλέον τα μόρια-αισθητήρες κορεστούν σε μεγάλους αριθμούς τότε το κύτταρο «συμπεριφέρεται» διαφορετικά. Ένας από τους τρόπους αντίδρασης του βακτηρίου στο περιβάλλον είναι να σχηματίζει τις λεγόμενες «βιομεμβράνες» ή «biofilms». Τα «biofilms» είναι συνενώσεις βακτηρίων ίδιων ή διαφορετικών ειδών τα οποία προσκολλώνται σε επιφάνειες, διαφοροποιούν τις εξωτερικές τους μεμβράνες και προστατεύονται από αντίξοους, περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως, απορρυπαντικά, αντιμικροβιακά, κ.α. Μάλιστα πολλοί επιστήμονες πιστεύουν ότι το 65% των βακτηριακών παθήσεων βασίζεται στο σχηματισμό «biofilms» στον ανθρώπινο οργανισμό. Επίσης υπάρχουν σοβαρές επιστημονικές ενδείξεις ότι σε μεγάλους αριθμούς τα βακτήρια γίνονται περισσότερο παθογόνα, και, τελικά δεν είναι ποσοτικός ο λόγος που σε μεγάλους αριθμούς τα παθογόνα βακτήρια είναι παθογόνα αλλά ποιοτικός (διαφορετική μεμβράνη).
- **Ρικέτσιες:** Είναι Gram αρνητικά βακτήρια, και είναι υποχρεωτικά ενδοκυτταρικά παράσιτα, δηλαδή επιβιώνουν μόνο στο εσωτερικό του κυττάρου, και μεταδίδονται διακυτταρικά. Οι ρικέτσιες προκαλούν ασθένειες στον άνθρωπο όπως ο τύφος, και ο πυρετός Q. Επειδή δεν επιζούν εκτός κυττάρου, μεταδίδονται από ζώο σε ζώο ή στο άνθρωπο μέσω αρθρόποδων όπως τα τσιμπούρια, ψείρες και ψείρες.
- **Χλαμύδια:** Οργανισμοί του γένους *Chlamydia*. Είναι υποχρεωτικά παρασιτικά βακτήρια. Έχουν αναγνωρισθεί τρία είδη χλαμυδίων: (a) *C. psittaci* προκαλεί την ψιττάκωση, επιδημική ασθένεια των πτηνών, αλλά μεταδίδεται και στους ανθρώπους προκαλώντας συμπτώματα πνευμονίας. (b) *C. trachomatis* προκαλεί τράχωμα (ασθένεια που πλήττει το μάτι), καθώς και πλήθος παθολογικών καταστάσεων στο ανδρικό και γυναικείο ουροποιητικό σύστημα (μη-γονοκοκκική ουρηθρίτιδα/άνδρες, φλεγμονή της ουρήθρας/γυναίκες, αφροδίσιο λεμφοκοκκίωμα, τραχηλίτιδα).
- **Σπειροχαίτες:** Αρνητικά κατά Gram βακτήρια, σπειροειδούς σχήματος. Είναι ευρύτατα διαδεδομένα σε υδατικά περιβάλλοντα καθώς και σε ζώα. Δύο εξαιρετικά παθογόνα γένη είναι:

- *Treponema*: Αναερόβιες σπειροχαίτες που δημιουργούν ομοσιτικές και παρασιτικές σχέσεις με ανθρώπους και ζώα. Το είδος *Treponema pallidum* προκαλεί την σύφιλη.
- *Leptospira*: Παρασιτούν σε τρωκτικά, καθώς και σε σκύλους και χοίρους. Μέσω των βλεννογόνων, καθώς και αμυχών του σώματος, μπορεί να προσβάλει τον άνθρωπο, όπου και πολλαπλασιάζεται και εγκαθίσταται στα νεφρά και στο ήπαρ. Προκαλεί νεφρίτιδα και ίκτερο (λεπτοσπείρωση) η οποία εάν δεν αντιμετωπισθεί έγκαιρα οδηγεί σε θάνατο. Η θεραπεία της είναι αρκετά δύσκολη. Τα ούρα μολυσμένων ανθρώπων, επίσης, αποτελούν φορέα της ασθένειας.

Ερωτήσεις

Οι απαντήσεις των ερωτήσεων μπορεί να προέρχονται από τις διαφάνειες του μαθήματος, τις συζητήσεις επί των ερωτήσεων κατά τη διάρκεια του μαθήματος, καθώς και οποιαδήποτε άλλη έγκυρη επιστημονική πηγή

1. Εντοπίστε τις κυριότερες διαφορές μεταξύ ευκαρυωτικών και προκαρυωτικών κυττάρων ;
2. Ποιός ο λειτουργικός ρόλος του «κυτταρικού τοιχώματος» στα προκαρυωτικά βακτήρια ;
3. Τί είναι η πεπτιδογλυκάνη; Έχουν τα ευκαρυωτικά βακτήρια πεπτιδογλυκάνη;
4. Με βάση την χρώση Gram τα βακτήρια διακρίνονται σε δύο μεγάλες ομάδες. Ποιές είναι αυτές; Πού βασίζεται η διαφοροποίηση της χρώσης;
5. Περιγράψτε το κυτταρικό τοίχωμα των Gram θετικών βακτηρίων
6. Περιγράψτε το κυτταρικό τοίχωμα των Gram αρνητικών βακτηρίων
7. Αναφέρατε τις διαφορές μεταξύ των Gram θετικών και αρνητικών βακτηρίων.
8. Τι υπάρχει στην εξωτερική πλευρά του κυτταρικού τοιχώματος των Gram αρνητικών βακτηρίων; Ποιος ο λειτουργικός της ρόλος;
9. *Escherichia coli* O157:H7. Τι σημαίνει O και τι σημαίνει H;
10. Τα Gram αρνητικά βακτήρια είναι περισσότερο ανθεκτικά σε αντιμικροβιακούς παράγοντες. Γιατί;
11. Σε νοσοκομειακές βακτηριακές λοιμώξεις είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε εάν το υπεύθυνο βακτήριο είναι Gram θετικό ή αρνητικό. Γιατί;
12. Ποιες οι κυριότερες μη-κυταπλασματικές δομές των προκαρυωτικών κυττάρων;
13. Τί είναι και ποιός ο λειτουργικός ρόλος του έλυτρου;
14. Τι είναι η φλαγγέλα; Ποιός ο λειτουργικός της ρόλος;
15. Η φλαγγέλα χρησιμοποιείται και για την ταξινόμηση των βακτηρίων. Ποιοί είναι αυτοί οι τρόποι;
16. Τι είναι τα φίμπρι (ινίδια ή κροσσοί); Ποιός ο λειτουργικός τους ρόλος;
17. Τί είναι τα «πίλι» (τριχίδια); Τί είναι το «συζευκτικό τριχίδιο»;
18. Τι είναι τα «βιοϋμένια»; Αναφέρατε ένα τουλάχιστον βιοϋμένιο; Ποιές από τις εξωτερικές δομές του κυττάρου συμμετέχουν στον σχηματισμό του;
19. Ποιά τα στάδια σχηματισμού ενός βιουμενίου;
20. Ποιά η δομή της κυτταρικής μεμβράνης ;
21. Ποιοι οι λειτουργικοί ρόλοι της κυτταρικής μεμβράνης των βακτηρίων;
22. Τί είναι το σύστημα ABC;
23. Με ποίο μεταφορικό σύστημα εισέρχεται η γλυκόζη στο βακτηριακό κύτταρο;
24. Με ποίο τρόπο ενυδατώνεται το κύτταρο;
25. Γιατί, κατά τη γνώμη σας, το διοξείδιο του άνθρακα περνά με ελεύθερη διάχυση το κύτταρο;
26. Τι συμβαίνει όταν ένα βακτηριακό κύτταρο βρεθεί σε «αλατόνερο» ή σε «ζαχαρούχο διάλυμα» (σιρόπι);
27. Τί είναι το «ηλεκτροχημικό δυναμικό» του μεμβράνης των βακτηρίων; Ποιός ο λειτουργικός ρόλος του;

28. Ποιο το ηλεκτρικό φορτίο της μεμβράνης του κυττάρου εξωτερικά και ποιο εσωτερικά; Εξηγήστε πως αυτό δημιουργείται.
29. Πώς «επικοινωνεί» το κύτταρο με το περιβάλλον του, δηλαδή πως γίνεται η μεταφορά ουσιών και διαλυμάτων από το κύτταρο προς το περιβάλλον και αντίστροφα;
30. Τι είναι οι πορίνες;
31. Τι είναι οι περμεάσες;
32. Ποιές είναι οι «μη-μεμβρανικές» δομές των προκαρυωτικών οργανισμών;
33. Τι είναι το νουκλεοϊδές;
34. Ποιός το λειτουργικός ρόλος των ριβοσωμάτων;
35. Τι είναι οι πρωτοπλάστες;
36. Τι είναι τα «ενδοσπόρια»;
37. Ισχύει ότι τα σπορογόνα βακτήρια πολλαπλασιάζονται με τα σπόρια ;
38. Να αναφέρεται δύο γένη σπορογόνων βακτηρίων που τα συναντάμε πολύ συχνά στην Τεχνολογία τροφίμων.
39. Τα ενδοσπόρια αποτελούν σοβαρό πρόβλημα για την τεχνολογία τροφίμων. Γιατί; (Να δοθούν παραδείγματα)
40. Τι σημαίνουν οι παρακάτω όροι;
 - (α) «εκβλάστηση» των σπορίων
 - (β) «ενεργοποίηση σπορίων»
 - (γ) «ανάπτυξη σπορίων»
 - (δ) «βλαστική μορφή»
41. Πώς μπορούμε να αδρανοποιήσουμε τα σπόρια;
42. Πώς μπορούμε να αποτρέψουμε την εκβλάστηση των σπορίων;
43. Όταν παρασκευάζεται sushi ρυζιού χρησιμοποιείται και λίγο ξύδι. Οι αιτίες είναι δύο. Ποιες είναι αυτές;
44. Σε όλα σχεδόν τα catering έχουν το λεγόμενο blast chiller. Οι αιτίες είναι δύο. Η μία έχει σχέση με την ποιότητα και η δεύτερη με την μικροβιολογική ασφάλεια. Ποιες είναι αυτές ; (Εξηγήστε).
45. Τα βακτήρια με βάση την μορφολογία τους διακρίνονται σε ορισμένες ομάδες. Ποιές είναι αυτές;
46. Τι είναι τα πλειόμορφα βακτήρια;
47. Με ποιό τρόπο τα βακτήρια κινούνται;
48. Τα περίτριχα βακτήρια κινούνται με τον ίδιο τρόπο με τα λοφιοτρίχητα;
49. Τι είναι «χημειοτακτισμός» και τί «φωτοτακτισμός»;
50. Τι είναι το «*quorum sensing*»; Να αναφέρεται ένα παράδειγμα.
51. Τι είναι οι βιομεμβράνες ή «biofilms»; Ποιές οι πρακτικές συνέπειές τους στον άνθρωπο και στην βιομηχανία τροφίμων;
52. Τι είναι οι ρικέτσιες;
53. Ποιές ασθένειες προκαλούν ορισμένα είδη χλαμυδίων;
54. Από ποιά είδη βακτηρίων προκαλείται η λεπτοσπείρωση;