

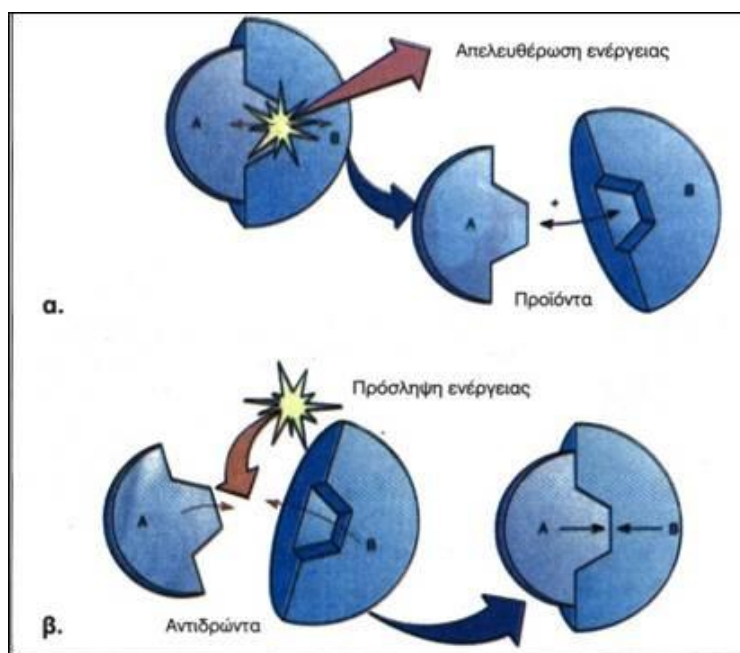
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ

3.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί προκειμένου να επιβιώσουν και να επιτελέσουν όλες τις απαραίτητες λειτουργίες τους χρειάζονται ενέργεια. Οι ζωικοί οργανισμοί παίρνουν την ενέργεια και τα υλικά που χρειάζονται από το περιβάλλον μέσω της τροφής. Οι φυτικοί οργανισμοί εξασφαλίζουν την αναγκαία ενέργεια με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Μέσω της φωτοσύνθεσης μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε χημική. Συγκεκριμένα δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια με απλές οργανικές ενώσεις από το περιβάλλον και με αυτό τον τρόπο συνθέτουν θρεπτικές ουσίες. Όμως η αξιοποίηση τους συνήθως δεν είναι άμεση. Για αυτό το λόγο είναι αναγκαία η μετατροπή τους σε διάφορες ενώσεις που χρησιμοποιούνται με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι να οξειδωθούν ώστε να παραχθεί ενέργεια και ο δεύτερος να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την σύνθεση δομικών ή λειτουργικών μορίων, απαραίτητων συστατικών για τον οργανισμό. Το σύνολο αυτών των χημικών αντιδράσεων που εξυπηρετούν τις παραπάνω διαδικασίες αποτελούν τον μεταβολισμό.

Ο μεταβολισμός χωρίζεται σε δύο είδη τον καταβολισμό και τον αναβολισμό.

Καταβολισμός είναι το σύνολο των αντιδράσεων διάσπασης πολύπλοκων ουσιών σε απλούστερες με παράλληλη παραγωγή ενέργειας. Δηλαδή περιλαμβάνει αντιδράσεις, οι οποίες αποδίδουν στο περιβάλλον ενέργεια, εξώθερμες. Η ενέργεια η οποία παράγεται στα κύτταρα κατά τη διάρκεια των χημικών αντιδράσεων του καταβολισμού αποθηκεύεται σε χημικούς δεσμούς βιομορίων, οι οποίοι απαιτούν ενέργεια για το σχηματισμό τους την οποία αποδίδουν όταν σπάσουν. Αντίθετα **αναβολισμός** είναι το σύνολο των χημικών αντιδράσεων σύνθεσης πολύπλοκων χημικών ουσιών από απλούστερες. Δηλαδή περιλαμβάνει αντιδράσεις που απορροφούν από το περιβάλλον ενέργεια, ενδόθερμες.



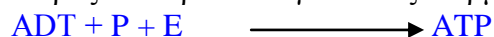
Τύποι χημικών αντιδράσεων:
(α) Εξώθερμη αντίδραση,
(β) Ενδόθερμη αντίδραση.

Μεταφορά ενέργειας στα κύτταρα

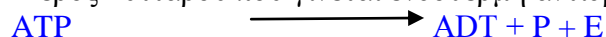
Η μεταφορά ενέργειας από την περιοχή του κυττάρου στην οποία παράγεται μέσω εξώθερμων αντιδράσεων στη περιοχή όπου καταναλώνεται από ενδόθερμες αντιδράσεις γίνεται με τη βοήθεια της σύζευξης εξώθερμων με ενδόθερμες αντιδράσεις. Ένα μέρος από την παραγόμενη ενέργεια απελευθερώνεται στο περιβάλλον ως θερμότητα ενώ το υπόλοιπο χρησιμοποιείται για την πραγματοποίηση των ενδόθερμων αντιδράσεων. Η μεταφορά από τις εξώθερμες αντιδράσεις στις ενδόθερμες γίνεται με το μόριο της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP). Το ATP είναι ένα τριφωσφορικό νουκλεοτίδιο στο οποίο οι τρεις φωσφορικές ομάδες βρίσκονται σε σειρά ενώ οι χημικοί δεσμοί ανάμεσα στις δυο τελευταίες περικλείουν πολλή ενέργεια και ονομάζονται δεσμοί υψηλής ενέργειας.

Οι δεσμοί μεταξύ του πρώτου και δεύτερου και μεταξύ δεύτερου και τρίτου μορίου φωσφορικού οξέος για να δημιουργηθούν απαιτούν να προσφερθεί μεγάλο ποσό ενέργειας και όταν διασπαστούν αποδίδουν την ενέργεια αυτή. Ειδικότερα κατά την πραγματοποίηση μιας εξώθερμης αντίδρασης η ενέργεια που παράγεται χρησιμοποιείται για να ενωθεί μια φωσφορική ομάδα στη δισφωσφορική αδενοσίνη και αυτή να μετατραπεί σε τριφωσφορική αδενοσίνη. Η ενέργεια βρίσκεται αποθηκευμένη στο δεσμό αυτό. Στη συνέχεια το ATP μεταφέρεται στο μέρος του κυττάρου όπου πραγματοποιείται μια ενδόθερμη αντίδραση ο δεσμός σπάει και η ενέργεια που αποδίδεται χρησιμοποιείται από την ενδόθερμη αντίδραση.

Μέρος κυττάρου που γίνεται εξώθερμη αντίδραση



Μέρος κυττάρου που γίνεται ενδόθερμη αντίδραση



Το μεσολαβεί μεταξύ των κυτταρικών διεργασιών οι οποίες αποδίδουν ή καταναλώνουν ενέργεια.

Το ATP αναγεννάται συνεχώς σύμφωνα με τις προηγούμενες αντιδράσεις. Η φορτισμένη μορφή της είναι το ATP και η αφόρτιστη το ADP. Το ATP δεν αποθηκεύεται αλλά μόλις συντεθεί καταναλώνεται άμεσα.

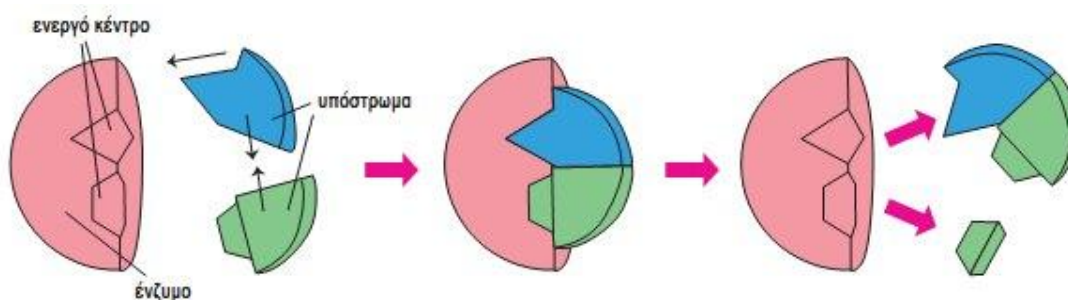
3.2 ENZYMA – ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ

Μηχανισμός δράσης των ενζύμων

Ενέργεια ενεργοποίησης ονομάζεται η ενέργεια η οποία προσφέρεται στα αντιδρώντα μόρια προκειμένου να ξεκινήσει η αντίδραση. Στο περιβάλλον η ενέργεια ενεργοποίησης εξασφαλίζεται με προσφορά θερμότητας. Αν όμως αυτές τις αντιδράσεις πραγματοποιηθούν στο εργαστήριο έξω από το κύτταρο παρατηρείται

ότι απαιτούνται τεράστια ποσά θερμότητας τα οποία είναι ικανά να καταστρέψουν το κύτταρο ενώ ο χρόνος πραγματοποίησης τους είναι πολύ μεγάλος και οι ανάγκες του κυττάρου άμεσες. Επομένως τα κύτταρα διαθέτουν ένζυμα που λειτουργούν ως μηχανισμό μείωσης της ενέργειας ενεργοποίησης. Τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες που διαίρουνται σε δύο κατηγορίες τα ενδοκυτταρικά και τα εξωκυτταρικά. Πιο συγκεκριμένα τα ενδοκυτταρικά δρουν μέσα στο κύτταρο είτε ελεύθερα είτε δεσμευμένα σε πρωτεΐνες. Αντίθετα τα εξωκυτταρικά εκκρίνονται από τα κύτταρα και δρουν στο εξωτερικό των κυττάρων. Δρουν ως καταλύτες αντιδράσεων που πραγματοποιούνται στο εσωτερικό του κυττάρου. Η καταλυτική δράση του ενζύμου καθορίζεται από την τριτοταγή δομή της πρωτεΐνης και χάνεται αν αυτή διαφοροποιηθεί. Χωρίς αυτά πολλές αντιδράσεις δε θα ήταν δυνατό να πραγματοποιηθούν καθώς συμβάλλουν στην αύξηση της ταχύτητας τους κατά 100 εκατομμύρια φορές. Αυτό επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο προσανατολισμό των αντιδρώντων μορίων που ονομάζονται μόρια υποστρώματος. Κάθε ένζυμο έχει μια ειδική περιοχή το ενεργό κέντρο στο οποίο ενώνεται το υπόστρωμα με το οποίο ταιριάζουν δομικά. Όταν το υπόστρωμα συνδεθεί με το ενεργό κέντρο οι δεσμοί μεταξύ των μορίων του σπάνε εύκολα και μπορούν να δημιουργηθούν νέοι προκειμένου να πάρουμε τα προϊόντα της αντίδρασης.

Ένα ένζυμο είναι ειδικό για μία αντίδραση ή κάποιες όμοιες αντιδράσεις και όχι για όλες ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί περισσότερες από μία φορές γιατί παραμένει αναλλοίωτο ποσοτικά και ποιοτικά.



Η δραστηριότητα των ενζύμων επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες:

Θερμοκρασία: η ταχύτητα μιας αντίδρασης η οποία καταλύεται από ένζυμα μεταβάλλεται ανάλογα με τη θερμοκρασία. Κάθε ένζυμο έχει μια άριστη θερμοκρασία δράσης στην οποία η ταχύτητα της είναι η μέγιστη, η οποία για τους ανθρώπους είναι 36-38 βαθμοί. Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία μειώνεται η δραστηριότητα του ενζύμου. Αν η θερμοκρασία φτάσει στους 50 βαθμούς τότε το ένζυμο χάνει μόνιμα τη δραστηριότητά του γιατί χάνει την τριτοταγή του δομή.

pH: τα ένζυμα επηρεάζονται από τις μεταβολές του pH. Για καθένα υπάρχει μία τιμή στην οποία παρουσιάζει τη μέγιστη δραστηριότητά του, η οποία είναι συνήθως 5-9. Σε ακραίες τιμές τα ένζυμα μπορεί να καταστραφούν εκτός από κάποιες εξαιρέσεις.

Συγκέντρωση υποστρώματος: Η αύξηση συγκέντρωσης υποστρώματος προκαλεί αύξηση της ταχύτητας της αντίδρασης, μέχρι όμως ενός σημείου καθώς όλα τα μόρια ενζύμων είναι ενωμένα με υπόστρωμα και συνεπώς τα επιπλέον μόρια υποστρώματος δε βρίσκουν ελεύθερα μόρια ενζύμων για να ενωθούν.

Συγκέντρωση ενζύμου: αν η θερμοκρασία, το pH είναι σταθερά και η συγκέντρωση του υποστρώματος δεδομένη, αύξηση του ενζύμου οδηγεί σε αύξηση της ταχύτητας της αντίδρασης.

Φυσικά υπάρχουν και ουσίες που λειτουργούν ως αναστολείς της δράσης των ενζύμων. **Αντιστρεπτοί**, οι οποίοι εμποδίζουν παροδικά τη δράση των ενζύμων και όταν πάντως να υπάρχουν το ένζυμο επανέρχεται στην κανονική του λειτουργία. **Μη αντιστρεπτοί**: συνδέονται μόνιμα με το ένζυμο και δεν το αφήνουν πια να δράσει.

Μερικά ένζυμα είναι δραστικά μόνο με την παρουσία ουσιών οι οποίες είναι πρωτεΐνες και ονομάζονται **συμπαράγοντες των ενζύμων** και είναι ανόργανα ιόντα ή οργανικές ουσίες στις οποίες ανήκουν και τα συνένζυμα (Ένζυμο + Συνένζυμο = Ολοένζυμο).

3.3 Φωτοσύνθεση

Φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία κατά την οποία τα πράσινα φυτά και ορισμένοι άλλοι οργανισμοί μετασχηματίζουν τη φωτεινή ενέργεια σε χημική. Κατά την φωτοσύνθεση στα φυτά η φωτεινή ενέργεια δεσμεύεται και χρησιμοποιείται για τη μετατροπή διοξειδίου του άνθρακα και νερού σε οξυγόνο και ενεργειακά πλούσιες οργανικές ενώσεις, κυρίως υδατάνθρακες.

Η φωτοσύνθεση πραγματοποιείται σε δύο φάσεις, τη φωτεινή και τη σκοτεινή. Στη πρώτη, που γίνεται στα θυλακοειδή των χλωροπλαστών, φωτολύεται το H_2O και τα τελικά προϊόντα είναι NADPH, ATP και οξυγόνο. Στη σκοτεινή φάση, που γίνεται στο στρώμα του χλωροπλάστη, δεσμεύεται το ατμοσφαιρικό CO_2 και παράγονται τα σάκχαρα.



Η φωτοσύνθεση γίνεται κυρίως στα φύλλα και στο βλαστός τους. Το φύλλο διαθέτει δύο επιδερμίδες, την πάνω και την κάτω, που καλύπτονται συνήθως από εφυμενίδα και ανάμεσα τους υπάρχει το μεσόφυλλο που το διασχίζουν αγγεία. Στην κάτω επιδερμίδα βρίσκονται τα στόματα που περιβάλλονται από ένα ζευγάρι καταφρακτικών κυττάρων, με την βοήθεια των οποίων εισέρχεται το CO₂. Το H₂O εισέρχεται στις ρίζες και φτάνει στα φωτοσυνθετικά μέρη του φυτού μέσω των αγγείων.

Η φωτοσύνθεση επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, εξωτερικούς και εσωτερικούς.

Φως: Η λειτουργία της φωτοσύνθεσης απαιτεί φως. Η αύξηση της έντασης του φωτός είναι ανάλογη με τη φωτοσυνθετική απόδοση ενός φυτού. Ωστόσο υπάρχει κάποια τιμή έντασης του φωτός πέρα από την οποία ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης παραμένει

Θερμοκρασία: Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος επηρεάζει τη δομή και τη λειτουργία του κυττάρου και άρα και τη φωτοσύνθεση. Παρουσία φωτός η φωτοσυνθετική απόδοση αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας (σχ. 2). Ωστόσο υπάρχει μια τιμή θερμοκρασίας πέρα από την οποία προκαλείται ελάττωση της φωτοσύνθεσης, η οποία τελικά παύει όταν η αύξηση της θερμοκρασίας συνεχιστεί. Το παραπάνω φαινόμενο αποδίδεται στις βλάβες που προκαλούν στα κύτταρα οι υψηλές θερμοκρασίες καθώς και στη θερμοευαισθησία των στομάτων που σε ακραίες θερμοκρασίες κλείνουν περιορίζοντας τη φωτοσυνθετική απόδοση σταθερός. Η τιμή αυτή αναφέρεται ως σημείο φωτοκορεσμού.

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂): Το CO₂ αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για το σχηματισμό των οργανικών ενώσεων κατά τη φωτοσύνθεση. Διακυμάνσεις στη συγκέντρωση του CO₂ επηρεάζουν τη φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών: όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα, τόσο πιο έντονη είναι η φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών για μια συγκεκριμένη ένταση φωτισμού (σχ. 3). Ωστόσο πολύ υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ προκαλούν το κλείσιμο των στομάτων και κατά συνέπεια εμποδίζουν την πρόσληψή του από τα φυτά.

Νερό: Το νερό αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Η έλλειψη νερού αναστέλλει τη φωτοσύνθεση καθώς: α) επηρεάζει τη δομή και τη λειτουργία των κυττάρων, β) ελαττώνει την επιφάνεια των φύλλων (σε συνθήκες ξηρασίας πολλά φυτά συστρέφουν τα φύλλα τους για να μειώσουν τις απώλειες νερού λόγω διαπνοής), γ) προκαλεί το κλείσιμο των στομάτων.

Η έλλειψη των βασικών θρεπτικών στοιχείων των φυτών παρεμποδίζει το μηχανισμό της φωτοσύνθεσης, ενώ η δομή και η ηλικία των φύλλων, το μέγεθος, ο αριθμός και η συμπεριφορά των στομάτων καθώς και η συγκέντρωση της περιεχόμενης χλωροφύλλης επηρεάζουν τη φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών.

Τέλος φωτοσύνθεση πραγματοποιείται και σε συγκεκριμένα είδη βακτηρίων και στα κυανοφύκη.

3.4 Κυτταρική αναπνοή

Κυτταρική αναπνοή χαρακτηρίζεται η καταβολική διαδικασία που λαμβάνει χώρα στα κύτταρα και κατά την οποία πολύπλοκα οργανικά μόρια, κατά σειρά φθίνουσας προτίμησης υδατάνθρακες, λίπη και πρωτεΐνες, οξειδώνονται προκειμένου να απελευθερώσουν ενέργεια, η οποία είναι απαραίτητη σε άλλες κυτταρικές διαδικασίες. Η κυτταρική αναπνοή είναι ένα από τα τελευταία στάδια του μεταβολισμού των πολυκύτταρων οργανισμών. Η κυτταρική αναπνοή συμβαίνει σε πολυχρησιμοποιημένες πολύπλοκες ουσίες επειδή έχουν αχρηστευθεί λόγω της πολλής χρήσης ή δεν εξυπηρετούν πλέον τις ανάγκες του κυττάρου ενώ και οι απλούστερες ουσίες στις οποίες διασπώνται ανακυκλώνονται, για να δημιουργηθούν χρήσιμες πιο πολύπλοκες ουσίες.

Η ενέργεια που απελευθερώνεται αποθηκεύεται στην τριφωσφορική αδενοσίνη. Η κυτταρική αναπνοή αναστέλλεται με ανασταλτικά ένζυμα ενώ σκοπός αυτής της αναστολής είναι η εξισορρόπηση ανάμεσα στην παραγωγή ενέργειας και προϊόντων και την κατανάλωσή τους.

Η κυτταρική αναπνοή είναι αντίθετη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Και οι δύο διαδικασίες επηρεάζουν την περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του άνθρακα και οξυγόνο.

Γλυκόλυση

Το πρώτο στάδιο της κυτταρικής αναπνοής είναι η γλυκόλυση η οποία χαρακτηρίζεται ως η βιοχημική διεργασία της διάσπασης σακχάρων και ιδιαίτερα της γλυκόζης. Η γλυκόλυση αποτελεί το πρώτο στάδιο της κυτταρικής αναπνοής, ανεξάρτητα της αναγκαίας παρουσίας ή όχι οξυγόνου, που σημαίνει ότι η γλυκόλυση πραγματοποιείται τόσο στην αεροβική όσο και στην αναεροβική αναπνοή, των κυττάρων. Στα ευκαριωτικά κύτταρα, η γλυκόλυση λαμβάνει χώρα στο κυτοσόλιο. Κατά τη γλυκόλυση η γλυκόζη μετατρέπεται σε δύο μόρια πυροσταφυλικού οξέος.

Στην περίπτωση των υδατανθράκων ο καταβολισμός τους περιλαμβάνει τη γλυκόλυση, τον κύκλο του κιτρικού οξέος και την οξειδωτική φωσφορυλίωση. Κατά τη γλυκόλυση, που πραγματοποιείται στο κυτταρόπλασμα, ένα μόριο γλυκόζης διασπάται σε δύο μόρια πυροσταφυλικού οξέος. Το επόμενο στάδιο, ο κύκλος του κιτρικού οξέος, γίνεται στο εσωτερικό του μιτοχονδρίου με παραγωγή ATP και CO₂.

Το τελευταίο στάδιο, δηλαδή η οξειδωτική φωσφορυλίωση, γίνεται στις αναδιπλώσεις της εσωτερικής μεμβράνης του μιτοχονδρίου, όπου παράγονται 32 ATP ανά μόριο γλυκόζης και H₂O.

Στους αναερόβιους μικροοργανισμούς, που διαθέτουν τα κατάλληλα ένζυμα και σε ορισμένα ευκαριωτικά κύτταρα σε αναερόβιες συνθήκες, το πυροσταφυλικό οξύ

μπορεί να μετατραπεί είτε σε αιθυλική αλκοόλη (αλκοολική ζύμωση) είτε σε γαλακτικό οξύ (γαλακτική ζύμωση).

