

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ

Βιοενεργητική είναι ο κλάδος της Βιολογίας που μελετά τον τρόπο με τον οποίο οι οργανισμοί χρησιμοποιούν ενέργεια για να επιβιώσουν και να υλοποιήσουν τις λειτουργίες και τις δραστηριότητες της ζωής.

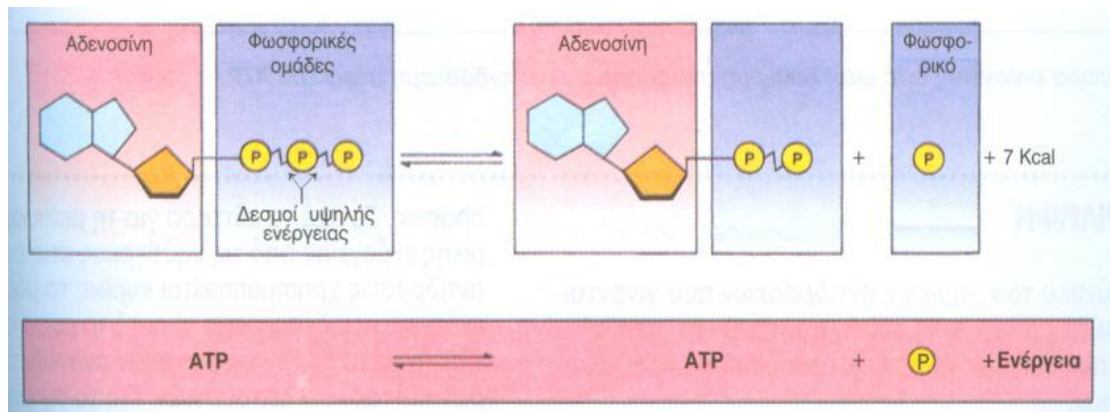
3.1. Ενέργεια και οργανισμοί

Κάθε οργανισμός για να ζήσει και να λειτουργήσει χρειάζεται **ενέργεια**. Ακόμη και όταν ο οργανισμός είναι σε κατάσταση αδράνειας (π.χ. ύπνος, ανάπαυση) χρειάζεται ενέργεια για να συντηρήσει τις βασικές του λειτουργίες (αναπνοή, κυκλοφορία του αίματος, νεφρική λειτουργία κλπ.).

Οι **φωτοσυνθετικοί** οργανισμοί (π.χ. τα φυτά) δεσμεύουν την **ηλιακή ενέργεια** και, με απλές ανόργανες ουσίες που βρίσκουν στο περιβάλλον τους, συνθέτουν τις θρεπτικές ουσίες που χρειάζονται για να επιβιώσουν (**φωτοσύνθεση**).

Οι οργανισμοί που δεν κάνουν φωτοσύνθεση (τα ζώα, ο άνθρωπος) εξασφαλίζουν την απαιτούμενη ενέργεια **διασπώντας** τις **θρεπτικές ουσίες** που περιέχει η τροφή τους. Το σύνολο των χημικών αντιδράσεων που γίνονται στα κύτταρα των οργανισμών και σχετίζονται με την εξασφάλιση ενέργειας αποτελούν το **μεταβολισμό**. Ο μεταβολισμός περιλαμβάνει δύο (2) σκέλη, τον **καταβολισμό** και τον **αναβολισμό**. Κατά τον **καταβολισμό**, οι πολύπλοκες ουσίες **διασπώνται** σε απλούστερες, συνήθως, με παράλληλη **απόδοση** ενέργειας (**εξώθερμες** αντιδράσεις). Αντίθετα, κατά τον **αναβολισμό**, οι απλούστερες ουσίες **συνθέτουν** πολυπλοκότερες, κατά κανόνα, με παράλληλη **απορρόφηση** ενέργειας (**ενδόθερμες** αντιδράσεις).

Από την ενέργεια που απελευθερώνεται κατά τον καταβολισμό, ένα μέρος μετατρέπεται σε θερμότητα ενώ ένα άλλο αποθηκεύεται στο κύτταρο για να χρησιμοποιηθεί σε μια ενδόθερμη αντίδραση (κατά τον αναβολισμό). Για τη μεταφορά ενέργειας από τις εξώθερμες στις ενδόθερμες αντιδράσεις, χρησιμοποιείται, κυρίως, το μόριο **τριφωσφορική αδενοσίνη** (Adenosine TriPhosphate, **ATP**). Το μόριο αυτό περιέχει χημικούς δεσμούς υψηλής ενέργειας και μπορεί να αποδώσει ενέργεια με μία μόνο χημική αντίδραση, κατά την οποία δημιουργείται ένα μόριο **διφωσφορικής αδενοσίνης** (Adenosine DiPhosphate, **ADP**). Η αντίδραση είναι αμφίδομη – το ATP μπορεί να ξανασηματιστεί από το μόριο ADP και ένα μόριο φωσφορικού οξέος.



Εικόνα 1: Διάσπαση και επανασύνθεση του μορίου ATP.

3.2. Ένζυμα – βιολογικοί καταλύτες

Πολλές χημικές αντιδράσεις (ακόμη και εξώθερμες), για να πραγματοποιηθούν χρειάζεται να προσφερθεί ενέργεια στα αντιδρώντα μόρια. Η ενέργεια αυτή ονομάζεται **ενέργεια ενεργοποίησης**.

Στις **κυτταρικές αντιδράσεις** (όπως αυτές του μεταβολισμού), η προσφορά ενέργειας από έξω δεν είναι δυνατή (ακόμη και στο εργαστήριο, όπου μπορεί να προσφερθεί ενέργεια υπό μορφή θερμότητας, η θερμότητα που θα απαιτούνταν θα «σκότωνε» τα κύτταρα). Έτσι, στις αντιδράσεις του μεταβολισμού, συμμετέχουν τα **ένζυμα** (τύπος πρωτεϊνών), τα οποία ως (βιολογικοί) **καταλύτες**, αυξάνουν την ταχύτητα των αντιδράσεων έως και 100.000.000 φορές μειώνοντας παράλληλα και την ενέργεια ενεργοποίησης.

Ο **τρόπος δράσης** των ενζύμων είναι, γενικά, ο εξής:

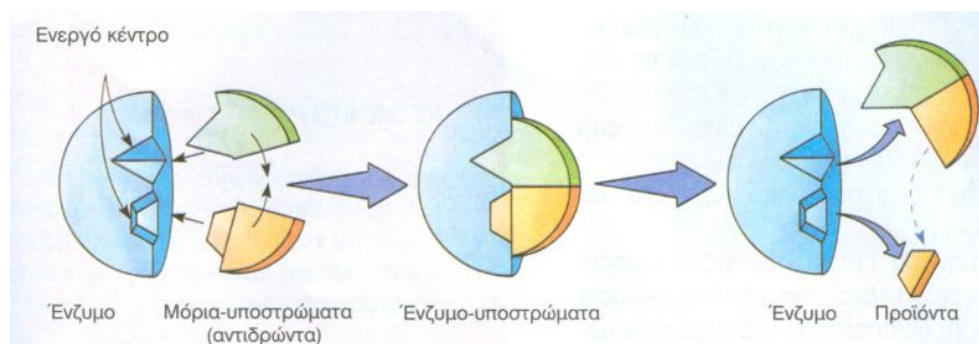
- ✓ Μια μικρή περιοχή του ενζύμου είναι το **ενεργό κέντρο** του.
- ✓ Τα μόρια των αντιδρώντων σωμάτων (**μόρια-υποστρώματα**) συνδέονται με το ενεργό κέντρο του ενζύμου. Η σύνδεση αυτή (που μοιάζει με το «ταίριασμα κλειδιού στην κλειδαριά») τα αναγκάζει να αποκτήσουν τον κατάλληλο **προσανατολισμό** που θα βοηθήσει τη μεταξύ τους αντίδραση.
- ✓ Η σύνδεση των μορίων-υποστρωμάτων με το ένζυμο προκαλεί τη **χαλάρωση** των χημικών τους **δεσμών** οπότε τα μόρια-υποστρώματα διασπώνται ευκολότερα (με αποτέλεσμα την επιτάχυνση της αντίδρασης).

Ανάλογα με το αν τα ένζυμα δρουν **μέσα** ή **έξω** από το κύτταρο (σε κοιλότητες όπως το στομάχι), διακρίνονται σε **ενδοκυτταρικά** και **εξωκυτταρικά**.

Η δράση των ενζύμων **επηρεάζεται** από:

- Τη **θερμοκρασία** (όπως συμβαίνει στις περισσότερες χημικές αντιδράσεις). Τα περισσότερα ένζυμα δρουν ικανοποιητικά σε θερμοκρασίες 36° – 38° C (θερμοκρασία ανθρώπινου σώματος).
- Το **pH** (ισχυρό όξινο ή αλκαλικό περιβάλλον μπορεί να τα καταστρέψει). Τα περισσότερα ένζυμα λειτουργούν ικανοποιητικά με pH από 5 έως 9.
- Τη **συγκέντρωση του υποστρώματος**.
- Τη **συγκέντρωση του ίδιου του ενζύμου**.

Επισημαίνεται ότι υπάρχουν ουσίες που μπορούν να αναστείλουν τη δράση των ενζύμων (**αναστολείς**) καθώς και ότι ορισμένα ένζυμα είναι δραστικά μόνο με την παρουσία και άλλων ουσιών μη πρωτεϊνικής φύσης (**συμπαράγοντες**, π.χ. ιόντα μετάλλων, βιταμίνες κλπ.).



Εικόνα 2: Τρόπος δράσης των ενζύμων

3.3 Φωτοσύνθεση

Οι **φωτοσυνθετικοί** οργανισμοί ανήκουν στους **αυτότροφους** οργανισμούς (ή **παραγωγούς**) δηλαδή στους οργανισμούς που συνθέτουν μόνοι τους τα θρεπτικά συστατικά (π.χ. γλυκόζη) από απλές ανόργανες ουσίες (όπως νερό και διοξείδιο του άνθρακα) που αντλούν από το περιβάλλον τους.

Ικανότητα φωτοσύνθεσης έχουν όλοι οι οργανισμοί που διαθέτουν φωτοσυνθετικές χρωστικές (π.χ. **χλωροφύλλη**). Από τους **ευκαρυωτικούς** οργανισμούς, φωτοσύνθεση γίνεται στα **φυτά** και στα **φύκη** ενώ, από τους **προκαρυωτικούς**, ικανότητα φωτοσύνθεσης έχουν ορισμένα **βακτήρια**.

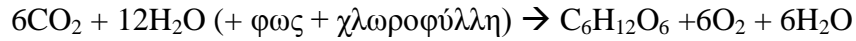
Η **φωτοσύνθεση** (για την οποία απαιτείται **ηλιακή ενέργεια**) γίνεται στα **πράσινα** μέρη του φυτού, κυρίως στα **φύλλα** και το **βλαστό**. Συγκεκριμένα, τα **φύλλα** έχουν τρία (**3**) **στρώματα**, την **πάνω** και την **κάτω επιδερμίδα** και, ανάμεσά τους το **μεσόφυλλο** (που περιέχει αγγεία). Η κάτω επιδερμίδα έχει μικρά ανοίγματα, τα **στόματα**, από τα οποία γίνεται και η είσοδος του **διοξειδίου του άνθρακα** που τελικά φθάνει στους **χλωροπλάστες**. Με τη σειρά του, το νερό εισέρχεται στο φυτό από τις ρίζες του και, μέσω των αγγείων, φθάνει στα φύλλα όπου αντιδρά με το διοξείδιο του άνθρακα παράγοντας **γλυκόζη** (απαραίτητο θρεπτικό συστατικό) και **οξυγόνο** (το οποίο και αποβάλλει προς το περιβάλλον μέσα από τα στόματα του φύλλου).

Ως χημική διεργασία, η φωτοσύνθεση περιλαμβάνει δύο (**2**) ομάδες αντιδράσεων, αυτές που εξαρτώνται από το φως (**φωτεινή φάση**) και αυτές που είναι ανεξάρτητες από την ύπαρξη φωτός (**σκοτεινή φάση**).

➤ Η **φωτεινή** φάση γίνεται στα **grana** των **χλωροπλαστών**. Μόρια **χλωροφύλλης** δεσμεύουν **ηλιακή ενέργεια** και, στη συνέχεια, **διεγείρονται** και **αποδιεγείρονται**. Από την παραγόμενη ενέργεια, ένα μέρος διατίθεται για την υλοποίηση διεργασιών όπως η διάσπαση νερού σε **υδρογόνο** και **οξυγόνο** (που αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα), ο σχηματισμός **ATP** από **ADP**, ο σχηματισμός **μορίων NADPH** (από το συνένζυμο **NADP** και το **υδρογόνο** κλπ.).

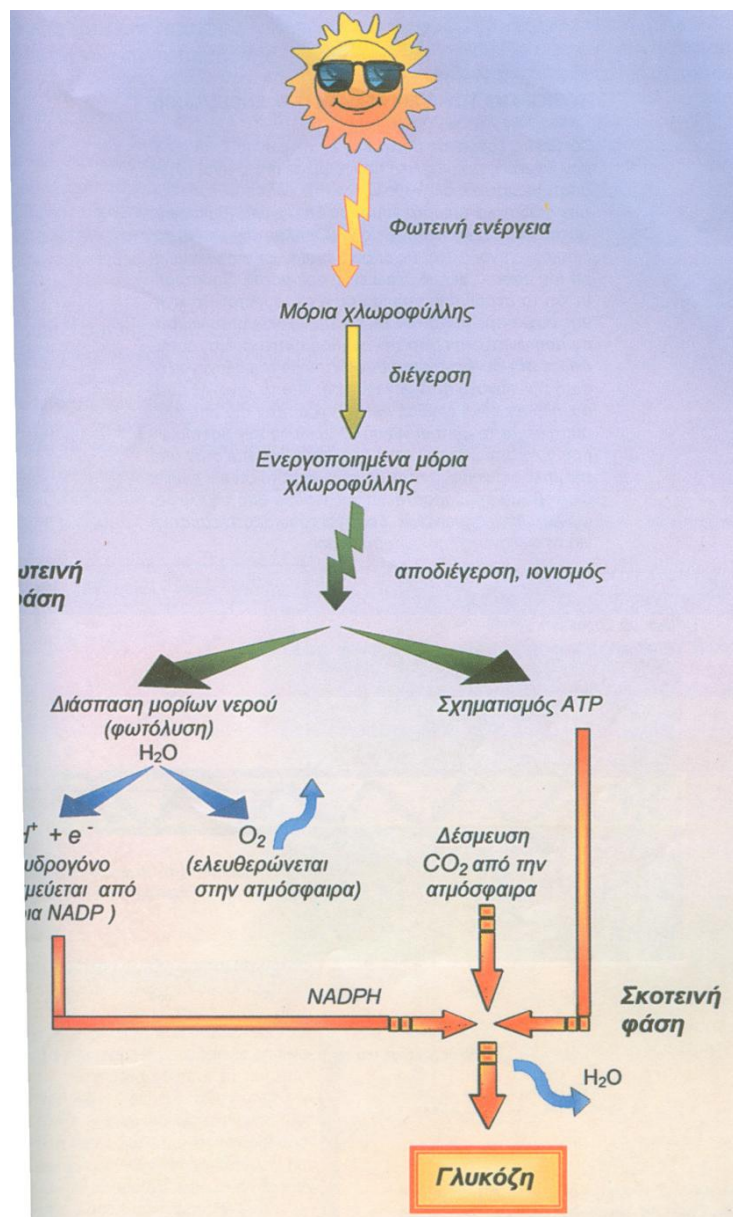
- Η **σκοτεινή** φάση γίνεται στο στρώμα των χλωροπλαστών. Κατά τη φάση αυτή, δεσμεύονται μόρια διοξειδίου του άνθρακα (που αντλούνται από την ατμόσφαιρα) και με τη βοήθεια των μορίων ATP και NADPH παράγεται γλυκόζη και νερό.

Η γενική αντίδραση της φωτοσύνθεσης είναι η παρακάτω:



Παράγοντες που επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση είναι:

- Η **θερμοκρασία**.
- Το **φως**.
- Το **διοξείδιο του άνθρακα**.
- Το **νερό**.
- Τα ανόργανα **άλατα**.



Εικόνα 3: Φωτοσύνθεση.

3.4. Κυτταρική αναπνοή

Για την **παραγωγή ενέργειας**, οι οργανισμοί, κατά τη διάρκεια της **πέψης**, **διασπούν** τα βιολογικά **μακρομόρια** (ουσίες μεγάλου μοριακού βάρους, όπως πρωτεΐνες, υδατάνθρακες κλπ.) στις **απλούστερες** ουσίες από τις οποίες αποτελούνται (αμινοξέα, απλά σακχαρα κλπ.). Οι ουσίες αυτές, μέσω του κυκλοφορικού και του λεμφικού συστήματος, φθάνουν σε όλα τα κύτταρα του οργανισμού όπου αξιοποιούνται με δύο τρόπους:

- Χρησιμοποιούνται για τη **σύνθεση** των **μακρομορίων** που χρησιμοποιεί ο οργανισμός ως δομικά και λειτουργικά συστατικά.
- **Οξειδώνονται**, αποδίδοντας χημική ενέργεια (που ήταν αποθηκευμένη στα μόριά τους) με τη μορφή ATP. Η διαδικασία της οξείδωσης ονομάζεται **κυτταρική αναπνοή** και μπορεί να είναι είτε **αερόβια** (όταν χρησιμοποιεί ως οξειδωτικό σώμα το οξυγόνο) είτε **αναερόβια** (όταν γίνεται χωρίς οξυγόνο). Η κυτταρική αναπνοή είναι, ως διεργασία, **αντίστροφη** της φωτοσύνθεσης και, από τη μεταξύ τους ισορροπία, εξαρτάται η ισορροπία ανάμεσα στο οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα.

Πολύ σημαντικές διεργασίες για την παραγωγή ενέργειας είναι η διάσπαση των **υδατανθράκων** (γλυκόζης) η διάσπαση των **λιπιδίων** και η διάσπαση των **πρωτεϊνών**.

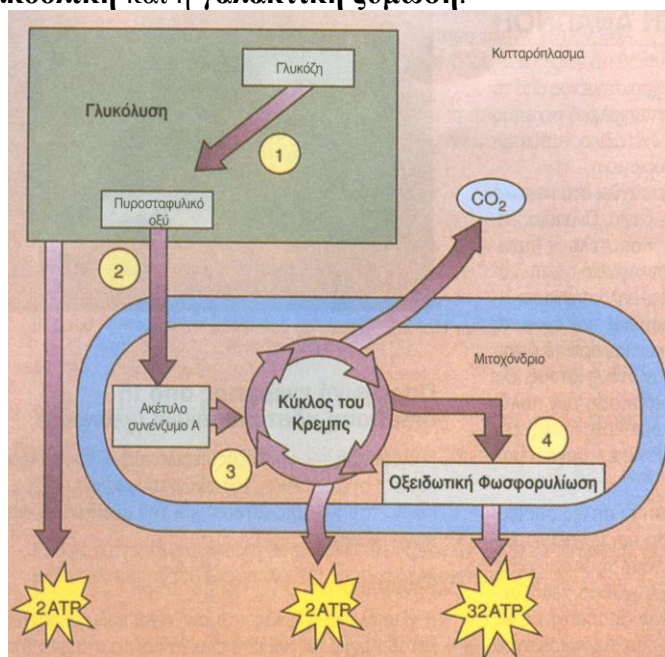
- Η διάσπαση της **γλυκόζης** περιλαμβάνει τις παρακάτω διεργασίες:
 - Τη **γλυκόλυση**, από την οποία προκύπτουν μόρια πυροσταφυλικού οξέος και μόρια ATP.

Αν η αναπνοή είναι **αερόβια**, η γλυκόλυση ακολουθείται από

- Τον κύκλο του κιτρικού οξέος ή **κύκλο Krebs**.
- Την οξειδωτική **φωσφορυλίωση**.

Κατά την πλήρη οξείδωση ενός μορίου γλυκόζης (με αερόβια αναπνοή) προκύπτουν, συνολικά, **36** μόρια ATP.

- Αν η αναπνοή είναι **αναερόβια**, η γλυκόλυση ακολουθείται από διεργασίες όπως η **αλκοολική** και η **γαλακτική ζύμωση**.



Εικόνα 4: Οξείδωση μορίου γλυκόζης

- Τα **λιπίδια** διασπώνται σε γλυκερόλη και λιπαρά οξέα (μόρια πλούσια σε ενέργεια).
- Οι **πρωτεΐνες** παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο για τη δόμηση και τη λειτουργία των κυττάρων και, για το λόγο αυτόν, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας μόνο αν δεν υπάρχουν καθόλου υδατάνθρακες (π.χ. σε περίοδο παρατεταμένης ασιτίας)