

Κεφαλαίο 3^ο

Μεταβολισμός

Ενέργεια και οργανισμοί

Η ενέργεια είναι απαραίτητη σε όλους τους οργανισμούς και την εξασφαλίζουν από το περιβάλλον τους. Παρόλα αυτά, συνήθως δεν μπορούν να την χρησιμοποιήσουν άμεσα. Αυτή την ενέργεια την χρειάζονται για διάφορες λειτουργίες τους όπως η κίνηση, η αναπαραγωγή ή ανάπτυξη κ.λ.π.

Την ενέργεια αυτή μπορούν να την εξασφαλίζουν είτε τρώγοντας άλλους οργανισμούς είτε με την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και με τη βοήθεια απλών ενώσεων συνθέτουν τις θρεπτικές ουσίες που τους είναι απαραίτητες.

Όπως προαναφέραμε όλοι οι οργανισμοί αντλούν την ενέργεια τους από το περιβάλλον τους αλλά δεν μπορούν να την εκμεταλευτούν άμεσα, επομένως θα πρέπει πρώτα να την μετατρέψουν σε άλλες μορφές και στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή των απαραίτητων στοιχείων του οργανισμού. Το σύνολο όλων αυτών των αντιδράσεων το ονομάζουμε μεταβολισμό. Με το μεταβολισμό τα κύτταρα και κατ' επέκταση οι οργανισμοί.

Ο μεταβολισμός περιλαμβάνει δυο σκέλη : Τον καταβολισμό που περιλαμβάνει τις αντιδράσεις διάσπασης πολύπλοκων ενώσεων σε απλές και έχουμε απόδοση ενέργειας. Οι αντιδράσεις που αποδίδουν ενέργεια λέγονται εξώθερμες. Και τον αναβολισμό που περιλαμβάνει τις αντιδράσεις σύνθεσης πολύπλοκων από άλλες πιο απλές ενώσεις και συνήθως έχουμε κατανάλωση ενέργειας. Οι αντιδράσεις που καταναλώνουν ενέργεια λέγονται ενδόθερμες. Η ενέργεια που παράγεται στα κύτταρα των οργανισμών αποθηκεύεται σαν χημική ενέργεια με τη μορφή των χημικών δεσμών στα βιομόρια. Οι δεσμοί για να σχηματιστούν απαιτούν ενέργεια την οποία αποδίδουν όταν διασπαστούν.

Μεταφορά ενέργειας στα κύτταρα

Στα κύτταρα η ενέργεια παράγεται με τη διάσπαση χημικών δεσμών στις εξώθερμες αντιδράσεις και καταναλώνεται με τη δημιουργία χημικών δεσμών στις ενδόθερμες αντιδράσεις. Η μεταφορά της ενέργειας από την περιοχή παραγωγής στην περιοχή κατανάλωσης γίνεται με τη σύζευξη εξώθερμων με ενδόθερμες αντιδράσεις.

Πιο αναλυτικά η ενέργεια αποδίδεται από μια εξώθερμη αντίδραση όπου ένα μέρος της αποβάλλεται σαν θερμότητα στο περιβάλλον και το υπόλοιπο χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός χημικού δεσμού και αποθηκεύεται με αυτή τη μορφή. Με διαδοχικές εξώθερμες – ενδόθερμες αντιδράσεις γίνεται η μεταφορά της ενέργειας. Για τη μεταφορά της ενέργειας από μια εξώθερμη αντίδραση σε μια

ενδόθερμη χρησιμοποιείται κυρίως το μόριο τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP), που είναι τριφωσφορικό νουκλεοτίδιο και οι τρεις φωσφορικές ομάδες βρίσκονται σε σειρά. Οι δεσμοί τους περικλείουν μεγάλα ποσά ενέργειας και μπορούν να δημιουργηθούν και καταστραφούν εύκολα, λαμβάνοντας ή αποδίδοντας ενέργεια.

Το ATP παραλαμβάνει, μεταφέρει και αποδίδει ενέργεια σε οποιοδήποτε σημείο του κυττάρου. Αυτό το καταφέρει λόγω της δομής του. Δηλαδή μπορεί να σχηματιστεί από ADP με την προσθήκη μιας φωσφορικής ομάδας και με την προσφορά ενέργειας και να αποδώσει την ενέργεια μετατρέπόμενο σε ADP.

Για το λόγο αυτό χαρακτηρίζεται και σαν ενεργειακό νόμισμα του κύτταρου. Γενικά το σύστημα ATP – ADP μπορεί να χαρακτηριστεί σαν ένα είδος μπαταρίας, όπου η φόρτιση γίνεται με μετατροπή του ADP σε ATP και η αποφόρτιση γίνεται με μετατροπή του ATP σε ADP.

Η ενέργεια στα κύτταρα προέρχεται από τη φωτοσύνθεση, με μετατροπή της φωτινής ενέργειας σε χημική και με τη διάσπαση των οργανικών ενώσεων, όπως η οξείδωση της γλυκόζης.

Ένζυμα – βιολογικοί καταλύτες

Μηχανισμός δράσης των ενζύμων

Για να πραγματοποιηθούν οι χημικές αντιδράσεις, ακόμα και οι εξώθερμες, πρέπει πρώτα να δοθεί στα αντιδρώντα μόρια μια ποσότητα ενέργειας, που ονομάζεται ενέργεια ενεργοποίησης. Υπάρχει όμως ένα πρόβλημα. Το πρόβλημα αυτό είναι ότι: στο περιβάλλον ή στο χημικό εργαστήριο η ενέργεια αυτή δίνεται με τη μορφή θερμότητας, που για το κύτταρο θα ήταν καταστροφική. Ακόμα ο χρόνος για την ολοκλήρωση της αντίδρασης θα ήταν πολύ μεγάλος, πράγμα επίσης απαγορευτικό για το κύτταρο που πρέπει να καλύψει τις ανάγκες του άμεσα. Το κύτταρο λύνει το πρόβλημα με τη βοήθεια ειδικών πρωτεϊνών, των ενζύμων, που μπορούν και χαμηλώνουν την ενέργεια ενεργοποίησης και οι αντιδράσεις γίνονται σε περιβάλλον και θερμοκρασίες κατάλληλες για το κύτταρο και σε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα.

Τα ένζυμα ωστόσο καταλύουν αντιδράσεις που γίνονται και χωρίς αυτά, όμως με τα ένζυμα γίνονται μέχρι και 100 εκατομμύρια φορές πιο γρήγορα. Αυτό γίνεται με κατάλληλο προσανατολισμό των αντιδρώντων μορίων ή μορίων υποστρωμάτων στο ενεργό κέντρο του ενζύμου, που είναι μια μικρή περιοχή, στην οποία τα αντιδρώντα ταιριάζουν σαν το 'κλειδί στην κλειδαριά. Η σύνδεση υποστρωμάτων-ενεργού κέντρου έχει σαν αποτέλεσμα να γίνονται ασταθείς οι δεσμοί των μορίων του

υποστρώματος και να σπάνε πιο εύκολα. Συχνά το ενεργό κέντρο αποκτά συμπληρωματικό σχήμα με τα αντιδρώντα.

Ιδιότητες των ενζύμων

Τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες και έχουν ανάλογες ιδιότητες. Η καταλυτική δράση καθορίζεται από την τριτοταγή δομή, δρουν πολύ γρήγορα, δεν συμμετέχουν στην αντίδραση που καταλύουν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλές φορές και εμφανίζουν υψηλό βαθμό εξειδίκευσης, δηλαδή, συνήθως δρουν σε ένα είδος υποστρώματος, που οφείλεται στη διάταξή τους στο χώρο και στη δυνατότητα σύνδεσης ενεργού κέντρου-υποστρώματος. Η δραστηριότητά τους επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως η θερμοκρασία, το pH κ.α. Τα ένζυμα διακρίνονται σε ενδοκυτταρικά, αν δρουν μέσα στα κύτταρα του οργανισμού και εξωκυτταρικά, αν εκκρίνονται έξω από τα κύτταρα, σε κοιλότητες όπως το στομάχι. Μέσα στο κύτταρο τα ένζυμα βρίσκονται ελεύθερα ή δεσμευμένα σε μεμβράνες και συνήθως λειτουργούν σε ομάδες, όπου το προϊόν της αντίδρασης του ενός είναι υπόστρωμα για το άλλο. Με το τρόπο αυτό εξυπηρετούνται σειρές βιοχημικών αντιδράσεων, που λέγονται μεταβολικές οδοί. Τα ένζυμα ονομάζονται συνήθως με την κατάληξη -άση, στο όνομα του υποστρώματος ή της αντίδρασης που καταλύουν. Τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες, έχουν συγκεκριμένη δομή στο χώρο και αυτό καθορίζει τη λειτουργία τους, επομένως παράγοντες που επηρεάζουν τη δομή των πρωτεϊνών, επηρεάζουν και τη λειτουργία των ενζύμων. Όπως και στις χημικές αντιδράσεις η ταχύτητα αντίδρασης μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία. Για κάθε ένζυμο υπάρχει μια θερμοκρασία που η ταχύτητα αντίδρασης είναι η μέγιστη. Τα περισσότερα ένζυμα έχουν άριστη θερμοκρασία μεταξύ 36-38ο, που είναι και η θερμοκρασία του σώματος. Από τη θερμοκρασία των 50ο και πάνω, η ταχύτητα μειώνεται, γιατί η πρωτεΐνη αρχίζει να χάνει την τριτοταγή της δομή και επομένως τη λειτουργικότητά της. Το φαινόμενο αυτό συνήθως είναι και μόνιμο. Επίσης για κάθε ένζυμο υπάρχει μια ορισμένη τιμή pH, στην οποία η ταχύτητα αντίδρασης είναι μέγιστη. Για τα περισσότερα ένζυμα η τιμή αυτή είναι μεταξύ 5-9. Τα ενδοκυτταρικά ένζυμα δρουν συνήθως σε pH 7. Ισχυρά όξινο ή αλκαλικό pH, μπορεί να προκαλέσει μερική ή ολική καταστροφή τους. Η αύξηση του υποστρώματος οδηγεί σε αύξηση της ταχύτητας αντίδρασης, μέχρι ένα σημείο. Όταν καλυφθούν εντελώς τα ενεργά κέντρα όλων των μορίων του ενζύμου, τότε όσο και να αυξηθεί η συγκέντρωση υποστρώματος δεν έχουμε αύξηση της ταχύτητας, γιατί τα επιπλέον αντιδρώντα πρέπει να περιμένουν να ελευθερωθούν τα ενεργά κέντρα. Ακόμα με αύξηση της ποσότητας του ενζύμου έχουμε αύξηση της ταχύτητας.

Αναστολείς της δράσης των ενζύμων

Αναστολείς είναι οι ουσίες που εμποδίζουν τη δράση των ενζύμων. Διακρίνονται σε μη αντιστρεπτούς, που συνδέονται μόνιμα με το ένζυμο, όπως διάφορα αέρια και ιόντα μετάλλων, και σε αντιστρεπτούς, που εμποδίζουν μόνο παροδικά τη δράση των ενζύμων. Ακόμα, σε μια σειρά βιοχημικών αντιδράσεων η συσσώρευση του προϊόντος μιας από αυτές, μπορεί να προκαλέσει προσωρινή αναστολή της δράσης ενός αρχικού ενζύμου

Πολλά ένζυμα είναι δραστικά μόνο αν είναι ενωμένα με μια μη πρωτεϊνική ουσία, όπως ανόργανα ιόντα ή διάφορες οργανικές ενώσεις, τα συνένζυμα. Για να λειτουργήσει το ένζυμο πρέπει να συνδεθεί με το συνένζυμο, διαφορετικά είναι ανενεργό. Πολλά συνένζυμα είναι βιταμίνες ή περιέχουν στο μόριό τους βιταμίνες.

Φωτοσύνθεση

Φωτοσύνθεση, ονομάζεται η διαδικασία της μετατροπής της φωτεινής ενέργειας σε χημική. Πραγματοποιείται στους οργανισμούς που φέρουν φωτοσυνθετικές χρωστικές. Προκειται για τους παραγωγούς ή αυτοτροφούς οργανισμούς, που παράγουν τις οργανικές ουσίες τις οποίες εκμεταλλεύονται οι καταναλωτές ή ετεροτροφοί οργανισμοί οι οποίοι μπορεί να είναι φυτοφάγοι ή σαρκοφάγοι.

Η φωτοσύνθεση πραγματοποιείται στα πράσινα μέρη των φυτών, και κυρίως στα φύλλα. Προσλαμβάνουν με τα στόματα το CO_2 και αποβάλλουν O_2 ενώ με τις ρίζες τους προσλαμβάνουν νερό.

Η φωτεινή ακτινοβολία δεσμεύεται από τις φωτοσυνθετικές χρωστικές, τις χλωροφυλλες και τα καροτενία.

Η φωτοσύνθεση διακρίνεται στη φωτεινή φάση και στη σκοτεινή φάση. Στις αντιδράσεις της φωτεινής φάσης δεσμεύεται η φωτεινή ενέργεια, φωτολύεται το νερό σε υδρογόνο και οξυγόνο και παράγεται ATP. Το οξυγόνο ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα ενώ το υδρογόνο δεσμεύεται στο NADP. Στις αντιδράσεις της σκοτεινής φάσης χρησιμοποιούνται το ATP και το NADP που παράγεται στη φωτεινή φάση ενώ δεσμεύεται το CO_2 σχηματίζοντας μόρια γλυκόζης.

Η αποδοχή της φωτοσύνθεσης επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, το φως, το διοξείδιο του άνθρακα, το νερό και τα ανόργανα αλατά.

Κυτταρική Αναπνοή

Η παραγωγή ενέργειας στο κυτταρο γίνεται με μια σειρά οξειδωτικών αντιδράσεων, την κυτταρική αναπνοή. Διακρίνεται στην αερόβια και την αναερόβια. Ως πηγή ενέργειας χρησιμοποιεί τους υδατανθράκες, τα λίπη και τις πρωτεΐνες.

Ο καταβολισμός των υδατανθράκων διακρίνεται στη γλυκόλυση, τον κύκλο του Krebs και στην οξειδωτική φωσφορυλίωση. Η γλυκόλυση πραγματοποιείται στο κυτταροπλάσμα, καταλήγει στον σχηματισμό δύο μορίων πυροσταφυλικού οξέος, 2 ATP και 2 NADP ανά μόριο γλυκόζης.

Το πυροσταφυλικό οξύ μετατρέπεται σε ακετυλοσυνενζύμο Α το οποίο εισέρχεται στα μιτοχόνδρια, στον κύκλο του Krebs σχηματίζοντας CO₂, NADH, FADH₂ και δύο μόρια ATP ανά μόριο γλυκόζης. Τα NADH και FADH₂ χρησιμοποιούνται στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις της αναπνευστικής αλυσίδας που γίνονται στις αναδιπλώσεις της εσωτερικής μεμβράνης του μιτοχόνδριου καταλήγουν στο ατμοσφαιρικό οξυγόνο σχηματίζοντας μόρια H₂O και 32 μόρια ATP ανά μόριο γλυκόζης. Παραγονται συνολικά 36 μόρια ATP ανά μόριο γλυκόζης.

Ο ρυθμός της κυτταρικής αναπνοής εξαρτάται από την διαθέσιμη ποσότητα ATP που υπάρχει στο κυτταρο.

Σε περίπτωση απουσίας οξυγόνου πραγματοποιείται αναερόβια αναπνοή. Σε αυτή την περίπτωση η γλυκόλυση πραγματοποιείται όπως και στην αερόβια αναπνοή αλλά το πυροσταφυλικό συμμετέχει είτε στην αλκοολική είτε στην γαλακτική ζύμωση. Στην αλκοολική ζύμωση που γίνεται στις ζύμες παραγονται 2 μόρια αιθυλικής αλκοόλης και 2 μόρια CO₂ ενώ στη γαλακτική ζύμωση που γίνεται σε βακτήρια και σε μυικά κυτταρα παραγονται δύο μόρια γαλακτικού οξέος.