

Ενέργεια υπάρχει στο περιβάλλον μας και η παρουσία της γίνεται φανερή με διάφορους τρόπους. Οι κεραυνοί μιας καταιγίδας, τα ηφαίστεια, κ.α. Γενικότερα, όλες οι διαδικασίες της ζωής απαιτούν ενέργεια, από το διπλασιασμό των χρωμοσωμάτων έως το διαχωρισμό και το μοίρασμα τους στα δύο θυγατρικά κύτταρα, και από τη διαφοροποίηση των κυττάρων ενός εμβρύου έως το σχηματισμό διαφορετικών ιστών.

Ο όρος ενέργεια πρωτοχρησιμοποιήθηκε πριν από δύο περίπου αιώνες, με την βιομηχανική επανάσταση, καθώς η τεχνολογία εξελισσόταν. Στην περσόνα όμως αυτή, που οι επιστήμονες που ασχολούνταν με την Φυσική και οι ειδικοί τεχνικοί διαπίστωσαν ότι κατανόηση της σχέσης της ενέργειας με τους ίδιους τους οργανισμούς δε θα βελτίωνε άμεσα μόνο την ποιότητα ζωής του ανθρώπου, αλλά θα έδινε και απαντήσεις σε ερωτήματα σχετικά με την ύπαρξη ή τη διατήρηση της ίδιας της ζωής. Έτσι, πολύ γρήγορα, αναπτύχθηκε ένας κλάδος της βιολογίας, η

Βιοενεργητική.

Οι οργανισμοί χωρίς ενέργεια, λοιπόν, δεν μπορούν να κάνουν καμία ενέργεια. Γι' αυτό και την ενέργεια και τα υλικά που οι οργανισμοί εξασφαλίζουν από το περιβάλλον τους συνήθως δεν μπορούν να τα αξιοποιήσουν άμεσα. Η αξιοποίησή τους προϋποθέτει τη μετατροπή τους σε ενώσεις, που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια, είτε για να οξειδωθούν και να παραχθεί ενέργεια είτε ως <<πρώτη ύλη>> για τη σύνθεση μορίων που είναι απαραίτητα ως δομικά ή λειτουργικά συστατικά των οργανισμών. **Το σύνολο των χημικών αντιδράσεων που εξηπηρετούν αυτές τις διαδικασίες συνιστούν το μεταβολισμό.**

Ο μεταβολισμός αποτελείται από δύο σκέλη, τον καταβολισμό και τον αναβολισμό.

- **Ο καταβολισμός** περιλαμβάνει τις αντιδράσεις **διάσπασης** πολύπλοκων ουσιών σε απλούστερες, με παράλληλη συνήθως απόδοση ενέργειας.
- **Ο αναβολισμός** περιλαμβάνει αντιδράσεις **σύνθεσης** πολύπλοκων χημικών ουσιών από πιο απλές.

Για την πραγματοποίηση των αντιδράσεων σύνθεσης καταναλώνεται συνήθως ενέργεια. Οι καταβλητικές δηλαδή αντιδράσεις που αποδίδουν ενέργεια (εξώθερμες), ενώ οι αναβολικές απορροφούν ενέργεια (ενδόθερμες). Η ενέργεια που παράγεται στα κύτταρα των οργανισμών αποθηκεύεται σε χημικούς δεσμούς βιομορίων. Είναι δεσμοί που, για να σχηματιστούν απαιτούν ενέργεια, την οποία αποδίδουν, όταν σπάζουν.

Η μεταφορά ενέργειας μέσα στα κύτταρα από το σημείο όπου αυτή παράγεται στο σημείο όπου καταναλώνεται, επιτυγχάνεται με τη σύζευξη εξώθερμων με ενδόθερμες αντιδράσεις. Όταν γίνεται μια αντίδραση διάσπασης, ένα μέρος της ενέργειας που αποδίδεται μετατρέπεται σε θερμότητα και απελευθερώνεται στο περιβάλλον. Το υπόλοιπο όμως χρησιμοποιείται για να προχωρήσει μια αντίδραση σύνθεσης που απαιτεί ενέργεια. Η ενέργεια που προσφέρεται στην τελευταία αυτή αντίδραση σύνθεσης αποθηκεύεται τελικά στους χημικούς δεσμούς των προϊόντων της.

Σε όλα τα κύτταρα για τη μεταφορά της χημικής ενέργειας από τις εξώθερμες αντιδράσεις στις ενδόθερμες χρησιμοποιείται κυρίως το μόριο **τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP)**. Οι τρεις φωσφορικές ομάδες P βρίσκονται σε σειρά και οι χημικοί δεσμοί που ενώνουν τις δύο τελευταίες περιεχίζουν μεγάλο ποσό ενέργειας γι' αυτό και χαρακτηρίζονται ως **δεσμοί υψηλής ενέργειας**. Το ATP παραλαμβάνει και μεταφέρει ενέργεια σε οποιοδήποτε μέρος του κυττάρου, και την αποδίδει γρήγορα με μία και μόνο χημική αντίδραση. Σ' αυτό βοηθά η δομή του, η δυνατότητα σχηματισμού του από **ADP (διφωσφορική αδενοσίνη)**, ένα φωσφορικό οξύ και ενέργεια, και το γεγονός ότι η αντίδραση αυτή είναι αμφίδρομη. Επειδή το ATP μεσολαβεί στις συναλλαγές μεταξύ των κυτταρικών διεργασιών που αποδίδουν και αυτών που καταναλώνουν ενέργεια, χαρακτηρίζεται ως **ενεργιακό νόμισμα.**

Για την πραγματοποίηση όμως αυτών, πρέπει αρχικά να προσφερθεί ενέργεια στα ντιδρώντα μόρια, η ενέργεια αυτή ονομάζεται **ενέργεια ενεργοποίησης**. Σε ότι αφορά τις αντιδράσεις του μεταβολισμού θα διαπιστώσουμε ότι ο χρόνος που απαιτείται είναι πολύ μεγάλος, αυτό θα δημιουργούσε πρόβλημα στους οργανισμούς, των οποίων οι ανάγκες είναι άμεσες και φυσικά απαιτούν μεγάλη ταχύτητα αντιδράσεων. Γι' αυτό και τα κύτταρα για να αντιμετωπίσουν αυτό το πρόβλημα, διαθέτουν μηχανισμό μείωσης της ενέργειας ενεργοποίησης των μεταβολικών τους

αντιδράσεων.Ο μηχανισμός αυτός στηρίζεται **στη δράση των ενζύμων**,που,όπως έχει ήδη αναφερθεί,είναι προτεΐνες .

Τα ένζυμα,γενικά,καταλύουν αντιδράσεις που θα μπορούσαν αν γίνουν και χωρίς την παρουσία τους.Με την παρουσία τους όμως των ενζύμων η ταχύτητα των αντιδρώντων αυξάνεται ακόμη και μέχρι 100 εκατομμύρια φορές.Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται,με την παρουσία ενζύμων,,μέσα σ'ένα λεπτό,χωρίς την παρουσία τους θα χρειάζονταν 32 μήνες για να πραγματοποιηθούν.Αυτό επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο προσανατολισμό των αντιδρώντων μορίων ή **μορίων-υποστρωμάτων**.Ο προσανατολισμός αυτών γίνεται στο **ενεργό κέντρο του ενζύμου**,που αποτελεί μια μικρή περιοχή του.

Ας δούμε όμως κάποιες από τις ιδιότητες τους για να δούμε ακριβώς γιατί είναι χρήσιμα

- **Η καταλυτική τους δράση καθορίζεται από την τριτοταγή δομή του πρωτεϊνικού μορίου τους και χάνεται,όταν η δομή αυτή,για κάποιο λόγο,πάψει να υπάρχει.**
- **Δρουν πολύ γρήγορα.**
- **Δε συμμετέχουν στην αντίδραση που καταλύουν,δηλαδή μένουν αναλλοίωτα και μετά το τέλος της αντίδρασης μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν πολλές φορές,ώσπου να καταστραφούν.**
- **Εμφανίζουν υψηλό βαθμό εξειδίκευσης,που οφείλεται στη διάταξη τους στο χώρο και στη δυνατότητα σύνδεσης του ενεργού τους κέντρου με το υπόστρωμα.Αυτό σημαίνει ότι καταλύει μόνο μία χημική αντίδραση ή,το πολύ,μια σειρά από πολύ συγγενικές αντιδράσεις.**

Η δραστηριότητα των ενζύμων επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες.Σ'αυτούς ανήκουν η θερμοκρασία,η οποία για κάθε ένζυμο υπάρχει μια ορισμένη(άριστη),στην οποία η ταχύτητα της αντίδρασης γίνεται μέγιστη.(τα περισσότερα ένζυμα δρουν άριστα σε θερμοκρασία του σώματος του ανρθώπου(36-38 C).Με την αυξησή της θερμοκρασίας πάνω από το όπιο αυτό,η ταχύτητα της αντίδρασης αρχίζει να ελαττώνεται καθώς μειώνεται η δραστηριότητα των ενζύμων.Το pH,για παράδειγμα,ισχυρά όξινο ή αλκαλικό περιβάλλον μπορεί να προκαλέσει τη μερική ή την ολική καταστροφή τους.Γι'αυτό κάθε ένζυμο έχει μία ορισμένη τιμή pH,στην οποία η ταχύτητα της αντίδρασης που καλύει είναι η μέγιστη.Για τα περισσότερα η τιμή είναι μεταξύ των τιμών pH 5 και pH 9.Την συγκέντρωση υποστρώματος,γιατί η αύξηση της οδηγεί συνήθως σε αύξηση της ταχύτητας της αντίδρασης.Την συγκέντρωση ενζύμου,η οποία για δεδομένη συγκέντρωση υποστρώματος και για συγκεκριμένη τιμή του pH και της θερμοκρασίας,αυξάνεται η ταχύτητα της αντίδρασης με την αύξηση της ποσότητας του ενζύμου.

Υπάρχουν όμως κάποιες ουσίες που μπορούν να αναστείλουν τη δράση των ενζύμων και γι'αυτό ονομάζονται **αναστολείς.Διακρίνονται σε**

- **Μη αντιστρεπτούς,οι οποίοι συνδέονται μόνμα με το ένζυμο και δν το αφήνουν να δράσει πλέον**
- **Αντιστρεπτούς,εμπ[οδίζουν παροδικά μόνο, τη δράση των ενζύμων.**

Υπάρχουν ορισμένα ένζυμα που είναι δραστικά μόνο με την παρουσία ουσιών,μη ρπρωτεϊνικής φύσης,που ονομάζονται **συμπαράγοντες**,όπου μπορεί να είναι ανόργανα ιόντα,οργανικές ενώσεις.Στην τελευταία κατηγορία ανήκουν και τα συνένζυμα.Πολλά από τα συνένζυμα είναι βιταμίνες ή περιέχουν στο μοριό τους βιταμίνες.Στην περίπτωση που κάποιο ένζυμο, για να δράσει, χρειάζεται να συνδεθεί με ένα συνένζυμο, τότε μόνο του,όπως μόνο του και το συνένζυμο,θα είναι ανενεργό.

Μέσα στην βιοενέργεια εξίσου σημαντική είναι και η φωτοσύνθεση,η οποία είναι η διαδικασία κατά την οποία η φωτεινή ενέργεια που παγιδεύεται μετατρέπεται σε χημική και αποθηκεύεται σε οργανικά μόρια,τα οποία παράγουν οι οργανισμοί.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες φωτοσυνθέτικοι οργανισμοί

- **Οι αυτότροφοι οργανισμοί οι οποίοι επειδή παράγουν μόνοι τους όλες τις οργανικές ουσίες που τους είναι απαραίτητες χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη το προϊόν της φωτοσύνθεσης.Γ'αυτό το λόγο χαρακτηρίζονται και ως παραγωγοί.**
- **Οι ετερότροφοι οι οποίοι δεν μπορούν να συνθέσουν μόνοι τους οργανικές ενώσεις από απλές ανόργανες,αλλά είναι υποχρεωμένοι να τις προμηθεύονται έτοιμες από το περιβάλλον τους .Γ'αυτό χαρακτηρίζονται και ως καταναλωτές.**

Ικανότητα φωτοσύνθεσης έχουν όλοι οι οργανισμοί που διαθέτουν φωτοσυνθετικές χρωστικές. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί που ζουν στις θάλασσες παράγουν το 45 έως 60 % της συνολικής παραγωγής οργανικής ύλης στον πλανήτη.

Γιατί η φωτοσύνθεση είναι σημαντική?

Γιατί πρώτον οι σύνθετες οργανικές ουσίες που παράγονται από τους φωτοσυνθετικούς αποτελούν, μέσω των τροφικών αλυσίδων, πηγές θρεπτικών ουσιών για τους ετερότροφους οργανισμούς.

- Άμεσα για τους καταναλωτές πρώτης τάξης (φυτοφάγους)
- Έμμεσα για τους καταναλωτές δεύτερης ή ανώτερης τάξης (σαρκοφάγους).

Μία κατηγορία ετερότροφων οργανισμών είναι οι αποικοδομητές, οι οποίοι είναι οι νεκροί οργανισμοί, τα απεκκρίματα των ζωικών και τα τμήματα των φυτικών που έχουν αποκοπεί (φύλλα, κλαδιά κ.τ.λ)

Η φωτοσύνθεση έχει δύο σκέλη

- Την φωτεινή φάση, όπου κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης της φωτοσύνθεσης συμβαίνουν σημαντικά γεγονότα. Μόρια χλωροφύλλης, τα οποία βρίσκονται κατά ομάδες στα grana των χλωροπ्लाστών, δεσμεύουν φωτεινή ενέργεια και διεγείρονται και στη συνέχεια από διεγείρονται. Η ενέργεια που αποδίδεται κατά την αποδιέργωση των μορίων αυτών προκαλεί τον ιοντισμό άλλων μορίων χλωροφύλλης. Μέρος της ενέργειας που παράγεται από τις διαδικασίες αυτές προκαλεί την διάσπαση μορίων νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο (φωτόλυση νερού). Παράλληλα σχηματίζεται ATP από ADP. Το οξυγόνο που παράγεται ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, ενώ το υδρογόνο δεσμεύεται από μόρια του συνενζύμου NADP, τα οποία μετατρέπονται σε NADPH.
- Την σκοτεινή φάση όπου το πρώτο της βήμα ξεκινά από την δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα από μια πεντόζη. Ακολουθεί μια σειρά από αντιδράσεων κατά τις οποίες με τη βοήθεια των μορίων ATP και NADP, που έχουν παραχθεί από τις αντιδράσεις της φωτεινής φάσης, παράγεται τελικά γλυκόζη και άλλες ουσίες. Στα αντιδρώντα αυτής της φάσης περιλαμβάνεται και νερό.

Ποιοί είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την φωτοσύνθεση?

- Η θερμοκρασία, γιατί επηρεάζει την ταχύτητα των ενζυμικών αντιδράσεων. Σε υψηλή και σταθερή ένταση φωτός, με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται και η απόδοση της φωτοσύνθεσης. Όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 30 C, τα ένζυμα καταστρέφονται και η απόδοση της φωτοσύνθεσης μειώνεται.
- Το διοξείδιο του άνθρακα, από το οποίο εξαρτάται η συγκέντρωση του αφού σε υψηλή ένταση φωτός και σταθερής θερμοκρασίας η απόδοση της φωτοσύνθεσης αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα του αέρα. Αυτό γίνεται μέχρι ενός σημείου και στη συνέχεια παραμένει σταθερό.
- Το φως, το οποίο σε θερμοκρασία 20 C και κανονική συγκέντρωση του άνθρακα στην ατμόσφαιρα η απόδοση της φωτοσύνθεσης αυξάνεται με την αύξηση της έντασης του φωτός. Υποκατηγορία του είναι το ορατό φως το οποίο αποτελεί ένα μικρό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, όταν περνά μέσα από ένα πρίσμα αναλύεται σε ακτινοβολίες διαφόρων μηκών κύματος. Αυτές αντιστοιχούν στα χρώματα ιώδες, μπλε, πράσινο, κίτρινο, πορτοκαλί, και κόκκινο. Στο κύτταρο η φωτεινή ακτινοβολία δεμεύεται από τις φωτοσυνθετικές χρωστικές. Στα ανώτερα φυτά, οι χρωστικές, βρίσκονται μέσα στα grana των χλωροπ्लाστών και ανήκουν σε δύο κατηγορίες, τις χλωροφύλλες, οι οποίες απορροφούν κυρίως την μπλε και την ερυθρή ακτινοβολία και ανακλούν την πράσινη, δίνοντας στα φυτά το χαρακτηριστικό πράσινο, οιω συνηθεστερες κατηγορίες είναι οι χλωροφύλλες α και β, (η α βρίσκεται σε όλους τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς) και τα καροτενοειδή τα οποία απορροφούν κυρίως την μπλε.
- Το νερό, κατά το οποίο έχει παρατηρηθεί ότι όταν υπάρχουν συνθήκες ξηρασίας

υπάρχει ελάττωση τη απόδοσης της φωτοσύνθεσης.

- Τα ανόργανα άλατα, τα οποία χρησιμεύουν για την διατήρηση της δομής τους και την λειτουργικότητά τους. Όταν υπάρχει έλλειψη αυτών στο έδαφος τα φύλλα κιτρινίζουν με συνέπεια η ταχύτητα της φωτοσύνθεσης να παραμείνει χαμηλή.

Ένα όργανο φωτοσύνθεσης είναι το **φύλλο**, στο οποίο η δομή του είναι κατάλληλα προσαρμοσμένη για να εξυπηρετεί την λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Σε εγκάρσια τομή του παρατηρούμε τις δύο **επιδερμίδες**, την πάνω και την κάτω, που καλύπτονται συνήθως από **εφυμενίδα**. Ανάμεσα στις δύο επιδερμίδες βρίσκεται το **μεσόφυλλο**, που διασχίζεται από **αγγεία**. Η κάτω επιδερμίδα έχει μικρά ανοίγματα, που λέγονται **στόματα**. Το καθένα από αυτά περιβαλλεται από ένα ζευγαρι κυττάρων, τα **καταφρακτικά κύτταρα**.

Σε κάθε κύτταρο (φυτικό ή ζωικό) οι απλές ουσίες, που προέρχεται από τη διάσπαση των μαγαλομοριακών ενώσεων, αξιοποιούνται με δύο τρόπους

- Είτε χρησιμοποιούνται πάλι για την σύνθεση νέων μαγαλομοριακών ενώσεων, που είναι απαραίτητες ως δομικά ή λειτουργικά συστατικά του συγκεκριμένου κυττάρου
- Είτε οξειδώνονται, αποδίδοντας σταδιακά χημική ενέργεια μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται **κυτταρική αναπνοή**.

Συχνά αυτές οι αντιδράσεις οξειδωσης για την παραγωγή ενέργειας τροφοδοτούνται με χημικές ουσίες που προέρχονται από συστατικά του κυττάρου, κατά προτίμηση πολύ χρησιμοποιημένα. Όσα δηλαδή από τα μακρομόρια του κυττάρου έχουν χρησιμοποιηθεί επανειλημμένα, για παράδειγμα, τα ένζυμα, διασπώνται. Οι απλούστερες ενώσεις, που προκύπτουν από τη διάσπαση τους, αξιοποιούνται από το κύτταρο, είτε για την παραγωγή ενέργειας είτε για την παραγωγή νέων μακρομορίων.

Ένα μέρος της ενέργειας που παράγεται κατά τις αντιδράσεις οξειδωσης ελευθερώνεται ως θερμότητα και δεν μπορεί να αξιοποιηθεί για τις διάφορες κυτταρικές λειτουργίες. Το υπόλοιπο ποσό ενέργειας διατίθεται στα κύτταρα με τη μορφή ATP. Η **κυτταρική αναπνοή** μπορεί να γίνεται με τη βοήθεια οξυγόνου (**οξειδωτικό**), οπότε λέγεται **αερόβια αναπνοή**, ή **χωρίς οξυγόνο** λέγεται **αναερόβια αναπνοή**.

Μπορεί να υπάρξει παραγωγή ενέργειας από την διάσπαση της γλυκόζης. Αυτό γίνεται σε τρεις διαδικασίες

- Στην γλυκόλυση
- Τον κύκλο του κιτρικού οξέως ή κύκλο του Krebs
- Την οξειδωτική φωσφορυλίωση

Η γλυκόλυση αποτελεί το πρώτο στάδιο για τη διάσπαση της γλυκόζης και είναι πολύ σημαντική μεταβολική οδός. Γίνεται στο κυτταρόπλασμα χωρίς τη χρησιμοποίηση οξυγόνου. Στο στάδιο αυτό ένα μόριο γλυκόζης διασπάται αρχικά σε δύο μόρια τριοζών. Στη συνέχεια αυτές μετατρέπονται σε δύο μόρια πυροσταφυλικού οξέος. Το κέρδος του κυττάρου σε ενέργεια από τη διαδικασία αυτή είναι δυο μόρια ATP.

Η του πυροσταφυλικού οξέως από δω και πέρα εξαρτάται από την παρουσία ή όχι του οξυγόνου στο περιβάλλον του κυττάρου. Αν η διαδικασία γίνεται με την παρουσία οξυγόνου, το πυροσταφυλικό οξύ εισέρχεται στο μιτοχόνδριο και εκεί οξειδώνεται πλήρως προς το διοξείδιο του άνθρακα και νερό (αερόβια αναπνοή). Αν δεν υπάρχει οξυγόνο (αναερόβια αναπνοή), το πυροσταφυλικό οξύ μετατρέπεται ανάλογα με το είδος του κυττάρου σε αιθυλική αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα ή σε γαλακτικό οξύ.

Στην αερόβια αναπνοή η πλήρης οξείδωση του πυροσταφυλικού οξέως, που έχει παραχθεί κατά τη γλυκόλυση, γίνεται σε δύο στάδια

- **Τον κύκλο του κιτρικού οξέως ή κύκλο του Krebs**
- **Την οξειδωτική φωσφορυλίωση**

Ο κύκλος του κιτρικού οξέως ή κύκλος του Krebs περιλαμβάνει μία σειρά αντιδράσεων που γίνονται στη μήτρα των μιτοχονδρίων, χωρίς να χρησιμοποιείται οξυγόνο.

Το πυροσταφυλικό οξύ, που είχε παραχθεί από τη γλυκόλυση, μετατρέπεται σε ακετυλοσυνένζυμο Α και μρ την μορφή αυτή εισέρχεται στο κύκλο του κιτρικού οξέος. Κατά τη μετατροπή αυτή παράγεται και διοξείδιο του άνθρακα.

Το κέρδος σε ενέργεια από τη διάσπαση κάθε αρχικού μορίου γλυκόζης, σ' αυτό το στάδιο είναι δύο μόρια ATP.

Οι αντιδράσεις της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης γίνονται στις αναδιπλώσεις της εσωτερικής μεμβράνης του μιτοχονδρίου και για τη διεξαγωγή τους χρησιμοποιείται οξυγόνο. Κτά την πραγματοποίηση αυτών των αντιδράσεων γίνεται απελευθέρωση ενέργειας, μέρος της οποίας χρησιμοποιείται για την παραγωγή 32 μορίων ATP από ADP+Pi. Στα τελικά προϊόντα αυτής της διαδικασίας περιλαμβάνεται και νερό.

*Σημείωση

Υπάρχει ένας μηχανισμός που ελέγχει τη διεξαγωγή αυτών των αντιδράσεων ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού. Για παράδειγμα, όταν από την **κυτταρική αναπνοή** παραχθούν πολλά ATP, χωρίς να χρειάζεται όλη την ενέργεια το κύτταρο, τότε αναστέλλεται η δράση ενός από τα ένζυμα που εξυπηρετούν τη διαδικασία της γλυκόλυσης. Διακόπτεται έτσι η διάσπαση των σακχάρων. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται αμέσως μόλις ελαττωθεί η συγκέντρωση μορίων ATP.

Στην αναερόβια αναπνοή είναι η αλκοολική και η γαλακτική ζύμωση. Και στις δύο περιπτώσεις ένα μόριο γλυκόζης, μέσω της γλυκόλυσης, διασπάται σε δύο μόρια πυροσταφυλικού με απόδοση δύο μορίων ATP, όπως γίνεται κατά την αερόβια αναπνοή. Στη συνέχεια, τα δύο μόρια πυροσταφυλικού οξέως, μετατρέπονται είτε σε δύο μόρια αιθυλικής αλκοόλης και δύο μόρια διοξειδίου του άνθρακα (αλκοολική ζύμωση) είτε σε δύο μόρια γαλακτικού οξέως (γαλακτική ζύμωση).

Η αλκοολική ζύμωση γίνεται κυρίως στις ζύμες. Γίνεται όμως και σε τμήματα φυτών, όπως στο εσωτερικό των κονδύλων της πατάτας, όπου δε φτάνει οξυγόνο ή αυτό βρίσκεται σε πολύ μικρή συγκέντρωση. Σε εφαρμογές της αλκοολικής ζύμωσης στηρίζεται η παραγωγή μπίρας, κρασιού και άρτου

Η γαλακτική ζύμωση γίνεται σε μικροοργανισμούς, αλλά, όπως ήδη αναφέρθηκε, και σε κύτταρα ανώτερων οργανισμών, όταν η διαθέσιμη ποσότητα οξυγόνου στο περιβάλλον τους είναι περιορισμένη.

Η Παρασκευή των κυριότερων προϊόντων του γάλακτος, όπως το γιαούρτι και το τυρί, γίνονται με τη συμμετοχή μικροοργανισμών που κάνουν γαλακτική ζύμωση.

Η **κυτταρική αναπνοή**, όπως ήδη γνωρίζουμε είναι μία διαδικασία οξείδωσης οργανικών ουσιών, από την οποία το κύτταρο εξασφαλίζει ενέργεια. Αναφερθήκα στην παραγωγή ενέργειας από την οξείδωση των υδατανθράκων. Είναι οι ουσίες στις οποίες πρώτα ανατρέχει το κύτταρο, αν υπάρχουν τέτοιες στη διάθεσή του. Επόμενα στη σειρά έρχονται τα ουδέτερα λίπη, που αρχικά διασπώνται σε γλυκερόλη και λιπαρά οξέα.

Τα λιπαρά οξέα είναι μόρια πλούσια σε ενέργεια και γι' αυτό κάποια κύτταρα, όπως για παράδειγμα, τα κύτταρα των σκελετικών μυών, εξασφαλίζουν από τα μόρια αυτά ένα μέρος της ενέργειας που τους είναι απαραίτητη.

Οι πρωτεΐνες από τις οποίες επίσης μπορεί να πάρει ενέργεια το κύτταρο, έχουν έναν πολύ σημαντικό για τη ζωή του κυττάρου ρόλο, δομικό και λειτουργικό. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας, μόνο αν δεν υπάρχουν καθόλου ζάχαρη ή λιπίδια, όπως, για παράδειγμα, μακρόχρονης ασιτίας. Οι πρωτεΐνες αρχικά υδρολύονται σε αμινοξέα και στη συνέχεια απομακρύνονται οι αμινομάδες. Το υπόλοιπο μέρος μπορεί να εισέλθει στον κύκλο του κιτρικού οξέος ή να μετατραπεί πρώτα σε λιπαρό οξύ ή σε πυροσταφυλικό οξύ ή σε ακετυλοσυνένζυμο Α και στη συνέχεια να ακολουθήσει η οξείδωση.

Η σχέση που συνδέει την φωτοσύνθεση με την κυτταρική αναπνοή είναι ότι σε ό,τι αφορά τους υδατάνθρακες, η κυτταρική αναπνοή ως μεταβολική πορεία είναι αντίστροφη της φωτοσύνθεσης. Η ισορροπία ανάμεσα σ' αυτές τις δύο διαδικασίες διατηρεί την ισορροπία

ανάμεσα στο διοξείδιο του άνθρακα και στο οξυγόνο της ατμόσφαιρας.