

ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΒΙΟΛΟΓΙΑ(Περίληψη 3^{ου} κεφαλαίου: ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ)**-ΕΙΣΑΓΩΓΗ:**

Η διαρκής αναζήτηση της ανθρωπότητας για το ερώτημα << Γιατί η ενέργεια είναι τόσο σημαντική για την διατήρηση της ζωής, και πώς αυτή αξιοποιείται από τους οργανισμούς? >>, οδήγησε στην ταχύτατη ανάπτυξη ενός κλάδου της βιολογίας που ονομάζεται **Βιοενεργητική**. Η Βιοενεργητική έχει ως αντικείμενο της τη μελέτη του τρόπου με τον οποίο οι οργανισμοί χρησιμοποιούν την ενέργεια, για να υλοποιούν τις δραστηριότητες της ζωής.

-ΕΝΟΤΗΤΑ 3.1 (ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ)

Γνωρίζουμε ότι κάθε οργανισμός ξοδεύει ενέργεια, για να παραμείνει ζωντανός, να κινείται εως και να διαιωνίζει το είδος του. Αυτό που δεν γνωρίζουμε είναι το πώς ο οργανισμός εξασφαλίζει την ενέργεια αυτή. Η απάντηση είναι απλή, ο οργανισμός εξασφαλίζει ενέργεια διασπώντας θρεπτικές ουσίες που περιέχονται στην τροφή του αν δεν είναι φωτοσυνθετικός, ενώ αν είναι δεσμεύει ηλιακή ενέργεια και με απλές ανόργανες ενώσεις, που βρίσκει στο περιβάλλον του, συνθέτει τις θρεπτικές ουσίες που του είναι απαραίτητες.

Το σύνολο των χημικών αντιδράσεων με τις οποίες οι οργανισμοί αξιοποιούν έμμεσα την **ενέργεια** και τα **υλικά** που εξασφαλίζουν από το περιβάλλον τους ονομάζεται **μεταβολισμός**. Με το μεταβολισμό τους τα κύτταρα, και κατ' επέκταση οι οργανισμοί, διατηρούν σταθερές τις συνθήκες λειτουργίας τους παρά τις μεταβολές που μπορεί να συμβαίνουν στο περιβάλλον.

Ο μεταβολισμός έχει δύο σκέλη, τον καταβολισμό και τον αναβολισμό. Ο **καταβολισμός** περιλαμβάνει τις αντιδράσεις διάσπασης πολύπλοκων ουσιών σε απλούστερες, με παράλληλη συνήθως απόδοση ενέργειας (εξώθερμες αντιδράσεις). Ο **αναβολισμός** περιλαμβάνει αντιδράσεις σύνθεσης πολύπλοκων χημικών ουσιών από πιο απλές με παράλληλη συνήθως απορρόφηση ενέργειας (ενδόθερμες αντιδράσεις).

-Μεταφορά ενέργειας στα κύτταρα:

Μέσα στα κύτταρα η μεταφορά ενέργειας από το σημείο όπου αυτή παράγεται (αντιδράσεις διάσπασης - εξώθερμες) στο σημείο όπου καταναλώνεται (αντιδράσεις σύνθεσης - ενδόθερμες) επιτυγχάνεται με τη σύζευξη εξώθερμων με ενδόθερμες αντιδράσεις.

Σε όλα τα κύτταρα για τη μεταφορά της χημικής ενέργειας από τις εξώθερμες αντιδράσεις στις ενδόθερμες χρησιμοποιείται κυρίως το μόριο **τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP)**. Το ATP είναι ένα τριφωσφορικό νουκλεοτίδιο. Οι τρεις φωσφορικές ομάδες (P) βρίσκονται σε σειρά και οι χημικοί δεσμοί που ενώνουν τις δύο τελευταίες περικλείουν μεγάλο ποσό ενέργειας γι' αυτό και χαρακτηρίζονται ως **δεσμοί υψηλής ενέργειας**. Πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι οι δεσμοί υψηλής ενέργειας είναι ασταθείς και διασπώνται εύκολα. Στην επιτέλεση του έργου του ATP βοηθά πολύ η δομή του από **ADP (διφωσφορική αδενοσίνη)** ένα φωσφορικό οξύ και ενέργεια, και το γεγονός ότι η αντίδραση είναι αμφίδρομη. Το ATP λόγω του έργου του ονομάζεται και **ενεργειακό νόμισμα**. Η αναγέννηση του ATP στην φύση γίνεται με δύο τρόπους: είτε με δέσμευση φωτεινής ενέργειας και μετατροπή της σε χημική κατά τη φωτοσύνθεση είτε με ενέργεια που προέρχεται από αντιδράσεις διάσπασης οργανικών ουσιών, όπως η οξείδωση της γλυκόζης. Αξιοσημείωτο είναι το ότι το κύτταρο δεν αποθηκεύει μεγάλο αριθμό μορίων ATP, τα χρησιμοποιεί σχεδόν αμέσως μόλις αυτά συντεθούν.

-ΕΝΟΤΗΤΑ 3.2 (ΕΝΖΥΜΑ-ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ)

Η ενέργεια που πρέπει αρχικά να προσφερθεί στα αντιδρώντα μόρια για να πραγματοποιηθούν πολλές από τις χημικές αντιδράσεις, ακόμη και αυτές που τελικά αποδίδουν ενέργεια(εξώθερμες),ονομάζεται **ενέργεια ενεργοποίησης**. Για να μπορούν να πραγματοποιούνται οι ενδοκυτταρικές αντιδράσεις τα κύτταρα διαθέτουν έναν μηχανισμό ο οποίος μειώνει την ενέργεια ενεργοποίησης των αντιδρώντων στηριζόμενος στην δράση των **ενζύμων** τα οποία δεν μπορεί να είναι παρα κάποιο είδος πρωτεϊνών.

Τα **ένζυμα**, γενικά, καταλύουν αντιδράσεις που θα μπορούσαν να γίνουν και χωρίς την παρουσία τους. Με την παρουσία όμως των ενζύμων η ταχύτητα των αντιδράσεων αυξάνεται ακόμη και μέχρι 100 εκατομμύρια φορές. Αυτό επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο προσανατολισμό των αντιδρώντων **μορίων ή μορίων - υποστρωμάτων**. Ο προσανατολισμός των μορίων - υποστρωμάτων γίνεται στο **ενεργό κέντρο του ενζύμου**, που αποτελεί μια μικρή περιοχή του. Η σύνδεση των αντιδρώντων μορίων με αυτό μοιάζει με το «ταίριασμα του κλειδιού στην κλειδαριά». Η σύνδεση των υποστρωμάτων με το ένζυμο έχει ως αποτέλεσμα να γίνονται ασταθείς οι δεσμοί των αντιδρώντων μορίων. «Σπάνε» πιο εύκολα, κάτι που αποτελεί προϋπόθεση για το σχηματισμό των προϊόντων. Σπάνια ο σχηματισμός του ενεργού κέντρου του ενζύμου γίνεται μετά την προσκόληση των μορίων υποστρωμάτων σε αυτό.

-Ιδιότητες ενζύμων:

- Η καταλυτική δράση των ενζύμων 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, με την έννοια ότι παραμένουν αναλλοίωτα και μετά το τέλος της αντίδρασης μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν πολλές φορές, ώσπου να καταστραφούν.
- Εμφανίζουν υψηλό βαθμό εξειδίκευσης, που οφείλεται στη διάταξή τους στο χώρο και στη δυνατότητα σύνδεσης του ενεργού τους κέντρου με το υπόστρωμα. Αυτό σημαίνει ότι δρουν συνήθως σε ένα μόνο συγκεκριμένο υπόστρωμα. Ένα ένζυμο δηλαδή καταλύει συνήθως μία μόνο χημική αντίδραση ή, το πολύ, μια σειρά από πολύ συγγενικές αντιδράσεις.
- Η δραστηριότητα των ενζύμων επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Σ' αυτούς ανήκουν η θερμοκρασία, το pH κ.ά.

Τα ένζυμα, ανάλογα με το αν δρουν μέσα στα κύτταρα του οργανισμού ή εκκρίνονται και δρουν έξω από αυτά, σε κοιλότητες όπως το στομάχι, διακρίνονται σε **ενδοκυτταρικά** και **εξωκυτταρικά**. Μέσα στο κύτταρο τα ένζυμα βρίσκονται είτε ελεύθερα είτε δεσμευμένα πάνω σε μεμβράνες. Τα ένζυμα παίρνουν συνήθως το όνομά τους είτε με προσθήκη της κατάληξης - **άση** στο όνομα του υποστρώματος στο οποίο δρουν είτε από τον τύπο της αντίδρασης που καταλύουν.

-Παράγοντες που επηρεάζουν την δράση των ενζύμων:

Θερμοκρασία: Η ταχύτητα των αντιδράσεων που καταλύονται από ένζυμα μεταβάλλεται ανάλογα με τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Για κάθε ένζυμο υπάρχει μια ορισμένη θερμοκρασία, στην οποία η ταχύτητα της αντίδρασης γίνεται μέγιστη. Τα περισσότερα ένζυμα δρουν άριστα σε θερμοκρασίες μεταξύ 36° - 38°C, που είναι και η θερμοκρασία του σώματος του ανθρώπου. Με την αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από το όριο αυτό, η ταχύτητα της αντίδρασης αρχίζει να ελαττώνεται καθώς μειώνεται η δραστηριότητα των ενζύμων. Γύρω στους 50° C τα ένζυμα που είναι πρωτεϊνικά μόρια χάνουν την τριτοταγή δομή τους, οπότε και παύουν να είναι δραστικά.

pH: Τα ένζυμα επηρεάζονται από μεταβολές του pH. Ισχυρά όξινο ή αλκαλικό περιβάλλον μπορεί να προκαλέσει τη μερική ή την ολική καταστροφή τους. Για κάθε ένζυμο υπάρχει μια ορισμένη τιμή του pH, στην οποία η ταχύτητα της αντίδρασης που καταλύει είναι η μέγιστη. Για τα περισσότερα ένζυμα η τιμή αυτή κυμαίνεται μεταξύ των τιμών pH 5 και pH 9. Τα περισσότερα ενδοκυτταρικά ένζυμα εκτός των πεπτικών δρουν άριστα γύρω στο pH 7.

Συγκέντρωση υποστρώματος: Η αύξηση της συγκέντρωσης του υποστρώματος οδηγεί συνήθως σε αύξηση της ταχύτητας της αντίδρασης. Μέχρι βέβαια να καλυφθούν όλα τα ελεύθερα ενεργά κέντρα των ενζύμων.

Συγκέντρωση ενζύμου: Η ταχύτητα της αντίδρασης αυξάνεται με την αύξηση της ποσότητας του ενζύμου.

-Αναστολείς της δράσης των ενζύμων:

Υπάρχουν ουσίες που μπορούν να αναστείλουν τη δράση των ενζύμων και γι' αυτό ονομάζονται **αναστολείς** αυτοί διακρίνονται σε μη αντιστρεπτούς και αντιστρεπτούς.

-Συμπαράγοντες ενζύμων:

Ορισμένα ένζυμα είναι δραστικά μόνο με την παρουσία ουσιών, μη πρωτεϊνικής φύσης, που ονομάζονται **συμπαράγοντες** οι οποίοι μπορεί να είναι ανόργανα ιόντα ή και οργανικές ενώσεις. Στις τελευταίες ανήκουν και τα **συνένζυμα** πολλά από τα οποία είναι βιταμίνες ή περιέχουν στο μόριό τους βιταμίνες. Ο οργανισμός μας συνθέτει ορισμένες μόνο από αυτές και αυτό αιτιολογεί το γιατί πρέπει να φροντίζουμε να περιλαμβάνονται στην τροφή μας. Κάποια ένζυμα είναι ανενεργά χωρίς την ύπαρξη κατάλληλου συνένζυμου.

-ΕΝΟΤΗΤΑ 3.3 (ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ)

-Αυτότροφοι και ετερότροφοι οργανισμοί.

Ενα πολύ μικρό μέρος της ενέργειας του ηλίου παγιδεύεται από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς και μετατρέπεται σε χημική η οποία αποθηκεύεται σε οργανικά μόρια, τα οποία παράγουν οι οργανισμοί αυτοί μέσα από μια διαδικασία που την ονομάζουμε **φωτοσύνθεση**. Η δέσμευση της φωτεινής ενέργειας κατά τη φωτοσύνθεση γίνεται από τη χλωροφύλλη και τις άλλες φωτοσυνθετικές χρωστικές με τη βοήθειά των οποίων οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί συνθέτουν υδατάνθρακες, χρησιμοποιώντας απλές ανόργανες ενώσεις, όπως το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό, που βρίσκουν άφθονες στο περιβάλλον τους. Οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί ανήκουν στους **αυτότροφους-παραγωγούς** οργανισμούς, επειδή παράγουν μόνοι τους όλες τις οργανικές ουσίες που τους είναι απαραίτητες χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη το προϊόν της φωτοσύνθεσης. Οι οργανισμοί που δεν μπορούν να συνθέσουν μόνοι τους οργανικές ενώσεις από απλές ανόργανες, αλλά είναι υποχρεωμένοι να τις προμηθεύονται έτοιμες από το περιβάλλον τους, χαρακτηρίζονται ως **ετερότροφοι-καταναλωτές**. **Ικανότητα φωτοσύνθεσης** έχουν οι οργανισμοί που διαθέτουν φωτοσυνθετικές χρωστικές.

-Σημασία της φωτοσύνθεσης:

Οι σύνθετες οργανικές ουσίες που παράγονται από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς αποτελούν, πηγές θρεπτικών ουσιών για τους ετερότροφους οργανισμούς. Οι νεκροί οργανισμοί, τα απεκκρίματα των ζωικών και τα τμήματα των φυτικών που έχουν αποκοπεί, διασπώνται από μια κατηγορία ετερότροφων οργανισμών, τους **αποικοδομητές**. Τα προϊόντα της αποικοδόμησης μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν από τους άλλους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς για σύνθεση οργανικής ύλης.

-Το φύλλο ως όργανο φωτοσύνθεσης των φυτών:

Η φωτοσύνθεση γίνεται στα πράσινα μέρη των φυτών. Η δομή του φύλλου είναι κατάλληλα προσαρμοσμένη, για να εξυπηρετεί τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Πάνω του παρατηρούμε δύο επιδερμίδες, την πάνω και την κάτω, που καλύπτονται συνήθως από εφυμενίδα. Ανάμεσα τους βρίσκεται το **μεσόφυλλο**, που διασχίζεται από **αγγεία**. Η κάτω επιδερμίδα έχει μικρά ανοίγματα, που λέγονται **στόματα**. Το καθένα απ' αυτά περιβάλλεται από ένα ζευγάρι κυττάρων, τα **καταφρακτικά κύτταρα**. Τα κύτταρα του μεσόφυλλου, που είναι και ο θεμελιώδης ιστός του φύλλου, διαθέτουν πολλούς χλωροπλάστες. Η είσοδος του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα γίνεται με διάχυση από τα στόματα προς τους μεσοκυττάρους χώρους των κυττάρων του μεσόφυλλου και τελικά φτάνει στους χλωροπλάστες. Το νερό εισέρχεται στις ρίζες από το έδαφος και μέσω των αγγείων φτάνει στα φύλλα. Μαζί με το νερό μεταφέρονται ιόντα, που χρησιμεύουν στη σύνθεση πρωτεϊνών και άλλων ουσιών. Κατά τη φωτοσύνθεση παράγεται οξυγόνο, το οποίο εξέρχεται από τα στόματα των φύλλων στην ατμόσφαιρα. Νερό εξατμίζεται από τα στόματα για την βοήθεια της άντλησης νερού από το έδαφος (**διαπνοή**).

-Ορατό φως - φωτοσυνθετικές χρωστικές:

Το φως αναλύεται σε ακτινοβολίες διάφορων μηκών κύματος. Αυτές αντιστοιχούν στα χρώματα ιώδες, μπλε, πράσινο, κίτρινο, πορτοκαλί και κόκκινο. Στο κύτταρο η φωτεινή ακτινοβολία δεσμεύεται από τις φωτοσυνθετικές χρωστικές. Στα ανώτερα φυτά, οι χρωστικές αυτές, βρίσκονται μέσα στα grana των χλωροπλάστων και ανήκουν σε δυο κατηγορίες, τις χλωροφύλλες και τα καροτενοειδή. Οι χλωροφύλλες είναι πολύπλοκες οργανικές ενώσεις, που φέρουν ένα κεντρικό άτομο μαγνησίου. Οι συνηθέστερες κατηγορίες χλωροφυλλών είναι οι χλωροφύλλες α και β. Η χλωροφύλλη α βρίσκεται σ' όλους τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, με εξαίρεση τα φωτοσυνθετικά βακτήρια. Οι χλωροφύλλες απορροφούν κυρίως την μπλε και την ερυθρή ακτινοβολία και ανακλούν την πράσινη, δίνοντας στα φυτά το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα. Τα καροτενοειδή απορροφούν κυρίως την μπλε ακτινοβολία.

-Πορεία της φωτοσύνθεσης:

Η φωτοσύνθεση περιλαμβάνει δύο ομάδες αντιδράσεων. Τις αντιδράσεις που εξαρτώνται από το φως (**φωτεινή φάση**) και τις αντιδράσεις που είναι ανεξάρτητες από την ύπαρξη φωτός (**σκοτεινή φάση**).

φωτεινή φάση: Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης της φωτοσύνθεσης μόρια χλωροφύλλης, τα οποία βρίσκονται κατά ομάδες στα grana των χλωροπλάστων, δεσμεύουν φωτεινή ενέργεια και διεγείρονται και στη συνέχεια αποδιεγείρονται. Η ενέργεια που αποδίδεται κατά την αποδιέγερση των μορίων αυτών προκαλεί τον ιονισμό άλλων μορίων χλωροφύλλης. Μέρος της ενέργειας που παράγεται από τις διαδικασίες αυτές, προκαλεί τη διάσπαση μορίων νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο.

Παράλληλα, σχηματίζεται ATP από ADP. Το οξυγόνο που παράγεται από τη φωτόλυση του νερού ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, ενώ το υδρογόνο δεσμεύεται από μόρια του συνενζύμου NADP, τα οποία μετατρέπονται σε NADPH.

σκοτεινή φάση: Οι αντιδράσεις σκοτεινής φάσης ξεκινούν με τη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα από μια πεντόζη. Ακολουθεί μια σειρά αντιδράσεων κατά τις οποίες με τη βοήθεια των μορίων ATP και του NADPH, που έχουν παραχθεί από τις αντιδράσεις της φωτεινής φάσης, παράγεται τελικά γλυκόζη και άλλες ουσίες. Στα προϊόντα αυτής της σειράς αντιδράσεων περιλαμβάνεται και νερό. Στα φυτά, μέρος της γλυκόζης, που σχηματίζεται κατά τη φωτοσύνθεση, αποθηκεύεται με τη μορφή αμύλου στους αμυλοπλάστες. Οι αμυλοπλάστες βρίσκονται στα φυτικά κύτταρα αλλά και σε ειδικά αποταμιευτικά μέρη των φυτών.

-Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση της φωτοσύνθεσης:

Η φωτοσύνθεση επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες, που δε μένουν σταθεροί στη διάρκεια του έτους. Αυτοί είναι:

Η Θερμοκρασία: Η ταχύτητα της φωτοσύνθεσης επηρεάζεται από τη θερμοκρασία καθώς αυτή επηρεάζει τη δράση των ενζύμων. Σε υψηλή και σταθερή ένταση φωτός, με την αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι και στους 30 βαθμούς Κελσίου, αυξάνεται και η απόδοση της φωτοσύνθεσης.

Το νερό: Στη φωτοσύνθεση, η ελάττωση της απόδοσης που παρατηρείται σε συνθήκες ξηρασίας οφείλεται όχι μόνο στην έλλειψη του νερού που θα πάρει μέρος στις αντιδράσεις της φωτεινής φάσης αλλά και στο κλείσιμο των στομάτων. Το φυτό κλείνει τα στόματα, για να εμποδίσει την απώλεια νερού μέσω της διαπνοής. Έτσι όμως δεν προσλαμβάνει και διοξείδιο του άνθρακα, που είναι απαραίτητο για τη σύνθεση των υδατανθράκων κατά τη σκοτεινή φάση της φωτοσύνθεσης.

Το φως: Στην ατμόσφαιρα η απόδοση της φωτοσύνθεσης αυξάνεται με την αύξηση της έντασης του φωτός και σταθεροποιείται μετά την υπέρβαση κάποιου ορίου.

Το διοξείδιο του άνθρακα: Η απόδοση της φωτοσύνθεσης εξαρτάται και από τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα. Η απόδοση της φωτοσύνθεσης αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στον αέρα.

Τα ανόργανα άλατα: Για να διατηρήσουν τη δομή και τη λειτουργικότητά τους, τα φυτά, χρειάζονται και άλλα στοιχεία ή χημικές ενώσεις, που δεν παράγονται με τη φωτοσύνθεση. Όταν λοιπόν στο έδαφος στο οποίο αναπτύσσεται το φυτό υπάρχει έλλειψη αυτών των στοιχείων, τότε τα φύλλα του παραμένουν κίτρινα με συνέπεια η ταχύτητα της φωτοσύνθεσης να παραμένει χαμηλή.

-ΕΝΟΤΗΤΑ 3.4 (ΚΥΤΤΑΡΙΚΗ ΑΝΑΠΝΟΗ)

Κυτταρική αναπνοή ονομάζεται η διαδικασία οξειδωσης απλών ουσιών στους οργανισμούς για την παραγωγή ενέργειας. Η κυτταρική αναπνοή μπορεί να γίνεται με τη βοήθεια οξυγόνου (οξειδωτικό), οπότε λέγεται **αερόβια αναπνοή**, ή χωρίς οξυγόνο και λέγεται **αναερόβια αναπνοή**.

-Παραγωγή ενέργειας από τη διάσπαση υδατανθράκων (γλυκόζη):

Η διάσπαση της γλυκόζης περιλαμβάνει τρεις διαδικασίες: τη γλυκόλυση, τον κύκλο του κιτρικού οξέος ή κύκλο του Κρεμπς και την οξειδωτική φωσφορυλίωση.

Η **γλυκόλυση** γίνεται στο κυτταρόπλασμα χωρίς τη χρησιμοποίηση οξυγόνου. Στο στάδιο αυτό ένα μόριο γλυκόζης (3C) διασπάται αρχικά σε δύο μόρια τριοζών. Στη συνέχεια αυτές μετατρέπονται σε δύο μόρια πυροσταφυλικού οξέος (3C). Το κέρδος του κυττάρου σε ενέργεια από τη διαδικασία αυτή είναι δύο μόρια ATP. Αν η διαδικασία γίνεται παρουσία οξυγόνου, το πυροσταφυλικό οξύ εισέρχεται στο μιτοχόνδριο και εκεί οξειδώνεται πλήρως προς 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 οξειδωση του πυροσταφυλικού οξέος, που έχει παραχθεί κατά τη γλυκόλυση, γίνεται σε δύο στάδια: τον **κύκλο του κιτρικού οξέος** και την **οξειδωτική φωσφορυλίωση**.

Κύκλος του κιτρικού οξέος: Κατά τον κύκλο του κιτρικού οξέος ή κύκλο του Krebs το πυροσταφυλικό οξύ, που είχε παραχθεί από τη γλυκόλυση, μετατρέπεται σε **ακετυλο-συνένζυμο Α** και με τη μορφή αυτή εισέρχεται στον κύκλο του κιτρικού οξέος. Κατά τη μετατροπή αυτή παράγεται και CO₂. Από το ακετυλο-συνένζυμο Α που μπαίνει στον κύκλο του κιτρικού οξέος, μεταξύ άλλων, σχηματίζονται ATP, και CO₂. Το κέρδος σε ενέργεια από τη διάσπαση κάθε αρχικού μορίου γλυκόζης, είναι δύο μόρια ATP. Οι αντιδράσεις του κύκλου πραγματοποιούνται στη μήτρα των μιτοχονδρίων.

Οξειδωτική φωσφορυλίωση: Οι αντιδράσεις της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης γίνονται στις αναδιπλώσεις της εσωτερικής μεμβράνης του μιτοχονδρίου και για τη διεξαγωγή τους χρησιμοποιείται οξυγόνο. Κατά την πραγματοποίηση αυτών των αντιδράσεων γίνεται απελευθέρωση ενέργειας, μέρος της οποίας χρησιμοποιείται μορίων ATP. Στα τελικά προϊόντα αυτής της διαδικασίας περιλαμβάνεται και νερό. Τελικά, από την πλήρη οξειδωση ενός μορίου γλυκόζης σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό παράγονται συνολικά 36 μόρια ATP.

-Έλεγχος της αερόβιας κυτταρικής αναπνοής:

Οι αντιδράσεις της κυτταρικής αναπνοής ελέγχονται από ένα μηχανισμό που

ελέγχει τη διεξαγωγή αυτών των αντιδράσεων, ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού

-Αναερόβια αναπνοή:

Είναι η οξείδωση της γλυκόζης για την παραγωγή ATP χωρίς την παρουσία οξυγόνου. Οι πιο γνωστές περιπτώσεις αναερόβιας αναπνοής είναι η **αλκοολική** και η **γαλακτική ζύμωση**. Και στις δύο περιπτώσεις ένα μόριο γλυκόζης, μέσω της γλυκόλυσης, διασπάται σε δύο μόρια πυροσταφυλικού οξέος, με απόδοση δύο μορίων ATP, όπως γίνεται και κατά την αερόβια αναπνοή. Στη συνέχεια, τα δύο μόρια του πυροσταφυλικού οξέος, μετατρέπονται είτε σε δύο μόρια αιθυλικής αλκοόλης και δύο μόρια διοξειδίου του άνθρακα (**αλκοολική ζύμωση**), είτε σε δύο μόρια γαλακτικού οξέος (**γαλακτική ζύμωση**).