

7

ΒΙΟΜΟΡΙΑ: ΤΑ ΜΟΡΙΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

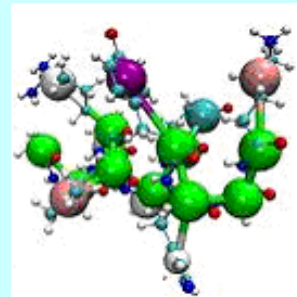
7.1. Εισαγωγή

Βιομόρια ονομάζονται τα μεγάλα και πολύπλοκα μόρια που απαντώνται στους ζωντανούς οργανισμούς. Τέτοια είναι τα μόρια των υδατανθράκων, των λιπαρών ουσιών, των πρωτεϊνών και των νουκλεϊκών οξέων. Οι φυσικές και οι χημικές ιδιότητες των ουσιών αυτών εξαρτώνται από τη μοριακή δομή τους, όπως και των άλλων οργανικών ενώσεων.

Τους υδατάνθρακες και τις λιπαρές ουσίες τις μελετήσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο «Τρόφιμα και Διατροφή». Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε τις πρωτεΐνες και τα νουκλεϊκά οξέα.

Οι πρωτεΐνες απαντούν σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη πρωτεϊνών που συμμετέχουν σε ποικίλες βιολογικές λειτουργίες. Ανεξάρτητα από τη μορφή και τη λειτουργία τους, όλες οι πρωτεΐνες αποτελούνται από ένα μεγάλο αριθμό αμινοξέων. Για τον λόγο αυτό στις επόμενες παραγράφους θα γίνει μια σύντομη αναφορά στα αμινοξέα.

Τα αμινοξέα αποτελούν τους δομικούς λίθους για τη δημιουργία των πρωτεϊνών. Τα αμινοξέα περιλαμβάνουν τουλάχιστον μία αμινομάδα, $-NH_2$, και ένα ή περισσότερα καρβοξύλια, $-COOH$.



Τα αμινοξέα είναι οργανικές ενώσεις που περιέχουν τόσο όξινη ομάδα (καρβοξυλομάδα) όσο και βασική ομάδα (αμινομάδα)



Ο κύκλος του αζώτου

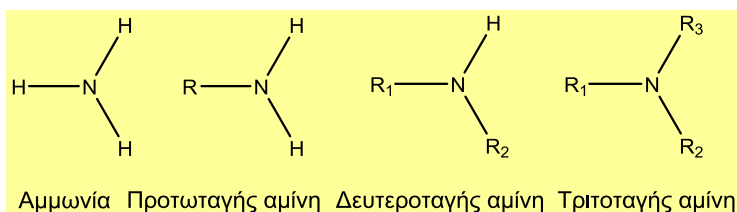
Οι πρωτεΐνες είναι δομικά στοιχεία της ζωής και είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη. Όλα τα φυτά και τα ζώα χρειάζονται το στοιχείο άζωτο για να παράγουν πρωτεΐνες. Το άζωτο είναι άφθονο στην ατμόσφαιρα (αποτελώντας περίπου το 80% της). Επειδή όμως τα φυτά δεν μπορούν να απορροφήσουν το άζωτο απευθείας από τον αέρα, αυτό πρέπει να δεσμευτεί έμμεσα ή να ενωθεί χημικά με άλλα στοιχεία και να μετατραπεί σε ουσίες που μπορούν να απορροφηθούν πιο εύκολα από το φυτό. Μεγάλο μέρος από το άζωτο που παίρνουν τα φυτά δεσμεύεται από βακτήρια στο έδαφος. Στις ρίζες ορισμένων ειδών, όπως στα μπιζέλια, στα φασόλια και στο τριφύλλι, υπάρχουν αζωτοδεσμευτικά βακτήρια.

Οι αστραπές και οι κεραυνοί προκαλούν την ένωση του αζώτου με το οξυγόνο του αέρα κι έτσι σχηματίζεται οξειδίο του αζώτου. Αυτό διαλύεται στη βροχή και πέφτει στο έδαφος ως αραιό νιτρικό οξύ. Γενικά, οι ουσίες που περιέχουν άζωτο γίνονται μέρος του εδάφους, καθώς τα υπολείμματα από τα φυτά και τα ζώα (και τα απεκκρίματά τους) αποσυντίθενται. Τα βακτήρια στο έδαφος μετατρέπουν τις αζωτούχες ενώσεις από τον αέρα και το χύμα σε νιτρώδη άλατα. Άλλα βακτήρια μετατρέπουν τα νιτρώδη άλατα σε νιτρικά, που είναι περισσότερο χρήσιμα στα φυτά.

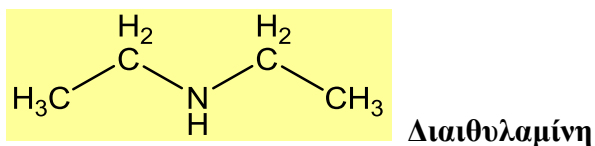
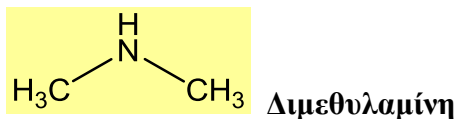
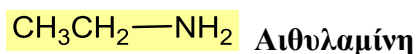
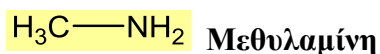
Τα φυτά με τις ρίζες τους απορροφούν τα νιτρικά άλατα από το έδαφος. Τα φυτοφάγα ζώα παίρνουν τις πρωτεΐνες από την τροφή και στη συνέχεια αυτές περνούν στα σαρκοφάγα ζώα. Άλλα βακτήρια διασπούν τα νιτρικά άλατα, επιστρέφοντας με αυτόν τον τρόπο το άζωτο στον αέρα.

7.2. Αζωτούχες ενώσεις – Αμίνες

Αμίνες ονομάζονται οι οργανικές ενώσεις που φέρουν στο μόριό τους τουλάχιστον μία αμινομάδα. Είναι ενώσεις συγγενικές με την αμμωνία και θεωρητικά μπορεί κανείς να πει ότι προέρχονται από την αμμωνία με αντικατάσταση ενός δύο ή και των τριών ατόμων υδρογόνου της αμμωνίας από αλκύλια.

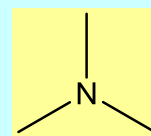
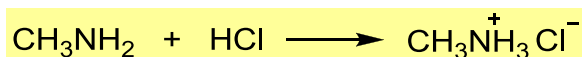


Ονοματολογία αμινών



Χημικές ιδιότητες

Τα υδατικά διαλύματα των αμινών παρουσιάζουν βασικές ιδιότητες, αντιδρούν δηλαδή με οξέα και σχηματίζουν άλατα.

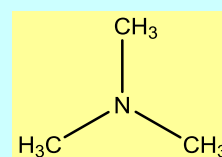


Αμινομάδα

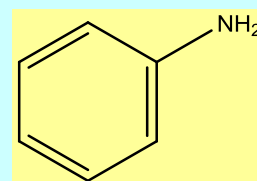
Φυσικές ιδιότητες

Οι απλούστερες αμίνες είναι αέρια (μεθυλαμίνη αιθυλαμίνη), τα επόμενα μέλη είναι υγρά και τα ανώτερα στερεά. Είναι ευδιάλυτες στο νερό και έχουν δυσάρεστη οσμή.

Η μεθυλαμίνη, η αιθυλαμίνη και η τριμεθυλαμίνη αποτελούν προϊόντα σήψης διαφόρων οργανικών ουσιών



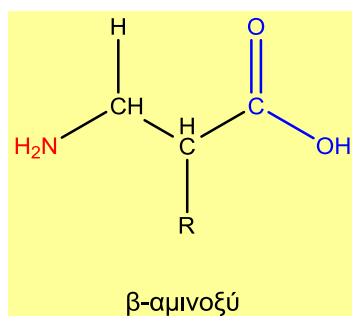
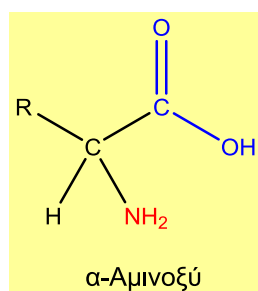
τριμεθυλαμίνη



ανιλίνη, μια αρωματική αμίνη

7.3. Αμινοξέα

Όπως ήδη έχουμε αναφέρει, τα αμινοξέα περιλαμβάνουν στο μόριό τους τουλάχιστον μια αμινομάδα $-NH_2$ και ένα ή περισσότερα καρβοξύλια. $-COOH$. Ανάλογα με τη σχετική θέση της αμινομάδας ως προς το καρβοξύλιο, τα αμινοξέα διακρίνονται σε α-αμινοξέα, β-αμινοξέα, γ-αμινοξέα κτλ.



Παρασκευές

Τα αμινοξέα παρασκευάζονται με υδρόλυση των πρωτεϊνών είτε με τη βοήθεια οξέων (π.χ. πυκνό διάλυμα HCl) είτε παρουσία ενζύμων.

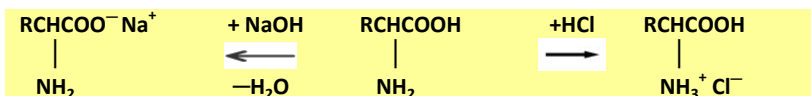
Μερικές αμίνες βρίσκονται στη φύση γιατί σχηματίζονται κατά τη διάσπαση πρωτεϊνών.

Φυσικές ιδιότητες

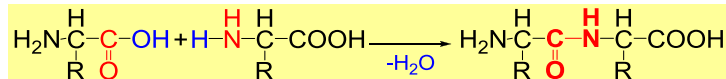
Τα αμινοξέα είναι στερεές κρυσταλλικές ουσίες, με ελαφρώς γλυκιά γεύση. Τα περισσότερα είναι ευδιάλυτα στο νερό, δυσδιάλυτα στην αιθανόλη και αδιάλυτα στον αιθέρα. Τήκονται σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ όταν υποβάλλονται σε απόσταξη αποσυντίθενται.

Χημικές ιδιότητες – Πεπτιδικός δεσμός

Η πιο χαρακτηριστική ιδιότητα των αμινοξέων είναι ότι συμπεριφέρονται τόσο ως οξέα, επειδή περιέχουν καρβοξύλιο, όσο και ως βάσεις, επειδή περιέχουν αμινομάδα. Για τον λόγο αυτό, χαρακτηρίζονται ως αμφολύτες και σχηματίζουν άλατα και με οξέα και με βάσεις:

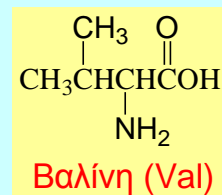
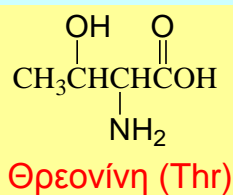
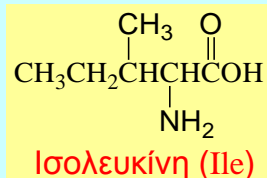
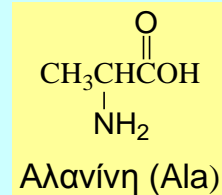


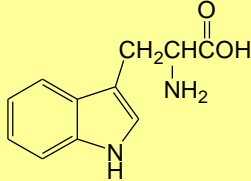
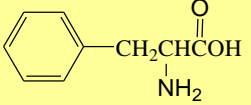
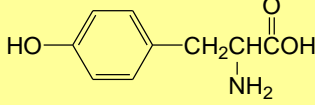
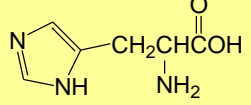
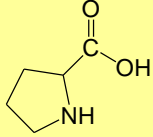
Η σημαντικότερη ιδιότητα των αμινοξέων είναι ότι μπορούν να δώσουν αντιδράσεις συμπύκνωσης κατά τις οποίες η αμινομάδα ενός μορίου αντιδρά με το καρβοξύλιο ενός δεύτερου μορίου, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό ενός δεσμού (πεπτιδικός δεσμός), με σύγχρονη αποβολή ενός μορίου H_2O . Η ένωση που προκύπτει ονομάζεται **πεπτίδιο**.



Η ομάδα $-\text{CO}-\text{NH}_2$ ή $-\text{CO}-\text{NH}-$ ονομάζεται **αμιδομάδα** ή **αμιδική ομάδα**. Τα πεπτίδια που σχηματίζονται εξακολουθούν να διαθέτουν στο μόριό τους ένα ελεύθερο καρβοξύλιο και μία αμινομάδα, με αποτέλεσμα να αντιδρούν εκ νέου μεταξύ τους προς σχηματισμό πολυπεπτιδίων (**αντίδραση πολυσυμπύκνωσης**). Τα πολυπεπτίδια που περιέχουν στην αλυσίδα τους περισσότερα από πενήντα αμινοξέα ονομάζονται **πρωτεΐνες**.

Οι πρωτεΐνες αποτελούνται κυρίως από 20 αμινοξέα. Τα δέκα καλούνται **μη απαραίτητα**, επειδή μπορεί να τα συνθέσει ο ανθρώπινος οργανισμός, ενώ **απαραίτητα** ονομάζονται αυτά που δεν συντίθεται από τον οργανισμό, αλλά λαμβάνονται έτοιμα από τις τροφές.

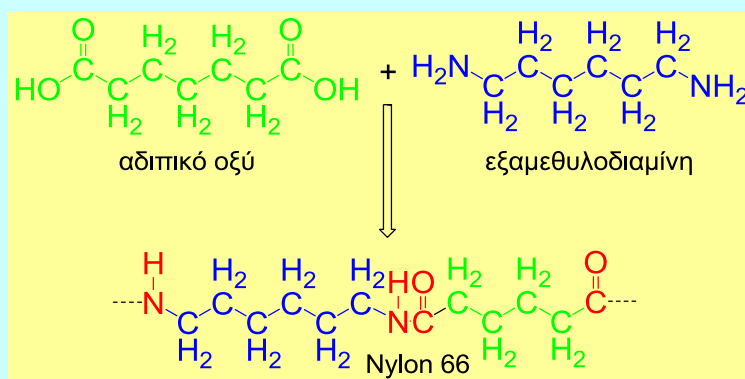


$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{CHCOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Αλανίνη (Ala)</p>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{O} \\ \quad \parallel \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHCHCOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Ισολευκίνη (Ile)</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HOCH}_2\text{CHCOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Σερίνη (Ser)</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{HOOCCH}_2\text{CHCOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Ασπαρτικό οξύ (Asp)</p>
$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{H}_2\text{NCCH}_2\text{CHCOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Ασπαραγίνη (Asn)</p>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{O} \\ \quad \parallel \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CHCOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Λευκίνη (Leu)</p>	$\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{O} \\ \quad \parallel \\ \text{CH}_3\text{CHCHCOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Θρεονίνη (Thr)</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{CHCOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Γλουταμικό οξύ (Glu)</p>
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HSCH}_2\text{CHCOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Κυστεΐνη (Cys)</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{CHCOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Μεθειονίνη (Met)</p>	 <p>Θρυπτοφάνη (Trp)</p>	$\begin{array}{c} \text{NH} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{H}_2\text{NCNHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHCOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Αργινίνη (Arg)</p>
$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{H}_2\text{NCCH}_2\text{CH}_2\text{CHCOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Γλουταμίνη (Gln)</p>	 <p>Φαινυλαλανίνη (Phe)</p>	 <p>Τυροσίνη (Tyr)</p>	 <p>Ιστιδίνη (His)</p>
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_2\text{COH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Γλυκίνη (Gly)</p>	 <p>Προλίνη (Pro)</p>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{O} \\ \quad \parallel \\ \text{CH}_3\text{CHCHCOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Βαλίνη (Val)</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHCOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Λυσίνη (Lys)</p>

Πίνακας των 20 αμινοξέων που αποτελούν τις πρωτεΐνες

Νάιλον: Ένα συνθετικό πολυμερές πολυσυμπύκνωσης

Στο Κεφ. 3 μελετήσαμε τα πολυμερή και διακρίναμε δύο τύπους αντιδράσεων, τις αντιδράσεις *πολυμερισμού* και τις αντιδράσεις *πολυσυμπύκνωσης*. Με αντίδραση πολυσυμπύκνωσης παράγεται το συνθετικό πολυμερές νάιλον (nylon), η περισσότερο γνωστή μορφή του οποίου είναι το νάιλον 66. Αυτό παρασκευάζεται από εξαμεθυλοδιαμίνη και αδιπικό οξύ (ένα δικαρβονικό οξύ). Όταν αυτές οι δύο ουσίες αντιδράσουν στις κατάλληλες συνθήκες, σχηματίζεται νάιλον και νερό.



Στο μονομερές μόριο του νάιλον παρατηρούμε στο κέντρο τον πεπτιδικό δεσμό. Το μήκος της ανθρακικής αλυσίδας του πολυμερούς εξαρτάται από τις συνθήκες πολυμερισμού και συχνά φτάνει τις εκατοντάδες ή χιλιάδες άτομα άνθρακα. Η πρώτη χρήση του νάιλον ήταν αντί του μεταξιού για την κατασκευή καλτσών. Σήμερα το νάιλον έχει πολλές άλλες χρήσεις, για την κατασκευή ειδών ιματισμού, κουβερτών και ταπήτων, μικρών αντικειμένων όπως οι χτένες και οι βούρτσες τρίχας, και διαφόρων τύπων σχοινιών.

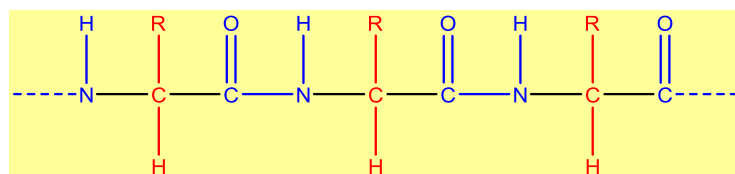
7.4. Ποιος είναι ο ρόλος των πρωτεϊνών

Οι πρωτεΐνες είναι βιοπολυμερή που αποτελούνται από αμινοξέα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με πεπτιδικούς δεσμούς. Ορισμένες πρωτεΐνες αποτελούν βασικά δομικά συστατικά των ιστών - στους μύς, στο δέρμα, στα νύχια, στα μαλλιά κ.λπ. Άλλες μεταφέρουν μόρια από ένα μέρος του έμβιου συστήματος σε άλλο. Άλλες πάλι δρουν ως καταλύτες (*ένζυμα*) σε πολλές βιοχημικές αντιδράσεις, απαραίτητες για τη διατήρηση της ζωής.

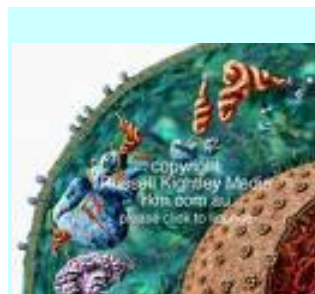
Δομή των πρωτεϊνών

Τα μόρια των πρωτεϊνών είναι τόσο μεγάλα, ώστε η λέξη δομή να έχει ευρύτερο νόημα. Έχει επικρατήσει όταν περιγράφονται οι πρωτεΐνες να αναφερόμαστε σε τέσσερα επίπεδα δομής.

Η πρωτοταγής δομή μιας πρωτεΐνης αναφέρεται στην αλληλουχία με την οποία είναι συνδεδεμένα τα αμινοξέα.



Ωστόσο, εκτός από την ακολουθία των αμινοξέων υπάρχουν πολλοί άλλοι παράγοντες που παίζουν σημαντικό ρόλο στη δομή των πρωτεϊνών. Οι χημικές ιδιότητες μιας πρωτεΐνης εξαρτώνται επίσης από τα ανώτερα επίπεδα δομών, δηλαδή από το πώς η πεπτιδική αλυσίδα αναδιπλώνεται ώστε να αποκτήσει το μόριο ένα συγκεκριμένο τριδιάστατο σχήμα.

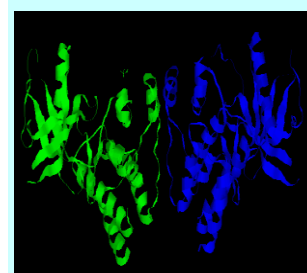


Οι πρωτεΐνες στο κύτταρο

Η δευτεροταγής δομή αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο τμήματα μιας πεπτιδικής αλυσίδας προσανατολίζονται λόγω ενδομοριακών αλληλεπιδράσεων.

Η τριτοταγής δομή αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο ολόκληρο το μόριο της πρωτεΐνης περιελίσσεται συνολικά στον χώρο.

Η τεταρτοταγής δομή αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο πολλά μόρια πρωτεΐνης αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.



Τεταρτοταγής δομή των πρωτεϊνών

7.5. Ένζυμα

Τα ένζυμα είναι μια κατηγορία πρωτεϊνών που δρουν ως καταλύτες (βιοκαταλύτες) σε βιοχημικές αντιδράσεις. Συχνά ένα ένζυμο καταλύει μια μόνο αντίδραση μιας και μοναδικής ένωσης, η οποία ονομάζεται **υπόστρωμα** του ενζύμου. Για παράδειγμα, το ένζυμο αμυλάση που βρίσκεται στο πεπτικό σύστημα του ανθρώπου καταλύει μόνο την υδρόλυση του αμύλου προς σχηματισμό της γλυκόζης. Όπως όλοι οι καταλύτες έτσι και τα ένζυμα αυξάνουν την ταχύτητα της χημικής αντίδρασης, ενώ η χημική τους σύσταση παραμένει αναλλοίωτη.

Ενεργό κέντρο

Οι πρωτεΐνες με καταλυτική δράση (βιολογικοί καταλύτες/ένζυμα) έχουν την ιδιότητα να συμμετέχουν στη χημική τροποποίηση μορίων, χωρίς τα ίδια να υφίστανται αλλαγές στη χημική τους σύσταση.

Η θεωρία κλειδαριά-κλειδί εξηγεί τον τρόπο δράσης του ενζύμου. Το ένζυμο μοιάζει με κλειδαριά που έχει ειδική δομή. Το υπόστρωμα παρομοιάζεται με ένα κλειδί το οποίο ταιριάζει στην κλειδαριά.

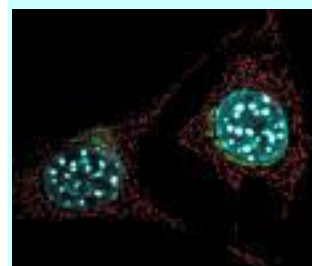
Μερικά ένζυμα παρουσιάζουν μεγάλη εκλεκτικότητα στη δράση τους και άλλα μικρότερη. Η δράση ενός ενζύμου μπορεί να συνοψιστεί σε τρία στάδια:

1. Το υπόστρωμα ενώνεται με το ένζυμο για τον σχηματισμό ενζύμου-υποστρώματος.
2. Το ενεργό κέντρο είναι μέρος του ενζύμου στο οποίο τα αντιδρώντα μετατρέπονται σε προϊόντα.
3. Τα προϊόντα απελευθερώνονται από την επιφάνεια του ενζύμου και το ένζυμο είναι ελεύθερο



Ένζυμο

Ανάλογα με το είδος της χημικής αντίδρασης που καταλύουν, τα ένζυμα ταξινομούνται σε υδρολάσες, νουκλεάσες, πρωτεάσες, συνθάσες, ισομεράσες, κινάσες, κ.ά.



να καταλύσει μια καινούργια αντίδραση. Το ίδιο ένζυμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί επανηλειμμένως.

Σε πολλές περιπτώσεις, προκειμένου να δράσουν βιολογικά (καταλυτικά) τα ένζυμα, θα πρέπει να συνδεθεί στο μόριο της πρωτεΐνης μια μη πρωτεϊνική χημική ένωση που ονομάζεται **συμπαράγοντας**. Στην περίπτωση αυτή, το πρωτεϊνικό τμήμα ονομάζεται **αποένζυμο**, ενώ ο συνδυασμός αποενζύμου και συμπαράγοντα ονομάζεται **ολοένζυμο**. Βιολογική δραστηριότητα εκδηλώνει μόνο το ολοένζυμο.

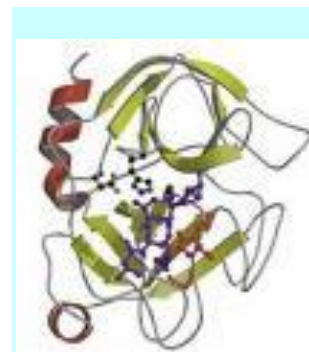
Ολοένζυμο = συμπαράγοντας + αποένζυμο

Ανάλογα με το πόσο ισχυρά συνδέονται οι συμπαράγοντες με το ένζυμο, ταξινομούνται στα **συνένζυμα** (που συνδέονται ασθενώς) και τις **προσθετικές ομάδες** (που συνδέονται ισχυρώς).

7.6. Νουκλεϊκά οξέα

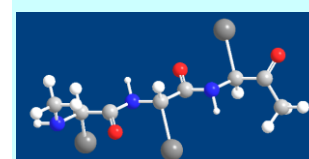
Τα νουκλεϊκά οξέα ανακαλύφθηκαν το 1868 από τον Γιόχαν Φριντριχ Μίσνερ, που ονόμασε την ουσία που βρέθηκε στον πυρήνα των κυττάρων *νουκλεΐνη*. Τα προκαρυωτικά κύτταρα παρότι δεν έχουν πυρήνα έχουν νουκλεϊκά οξέα.

Τα νουκλεϊκά οξέα *δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ* (DNA) και *ριβονουκλεϊκό οξύ* (RNA), είναι τα μόρια-φορείς της γενετικής πληροφορίας ενός κυττάρου. Όπως οι πρωτεΐνες είναι πολυμερή που αποτελούνται από αμινοξέα, έτσι και τα νουκλεϊκά οξέα είναι πολυμερή που απαρτίζονται από νουκλεοτίδια, που ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας μακρές αλυσίδες. Κάθε νουκλεοτίδιο αποτελείται από μια φωσφορική ομάδα, ένα σάκχαρο και μια ετεροκυκλική βάση. Το σάκχαρο που συμμετέχει στο RNA είναι η ριβόζη (1), ενώ στο DNA η 2-δεοξυριβόζη (2).

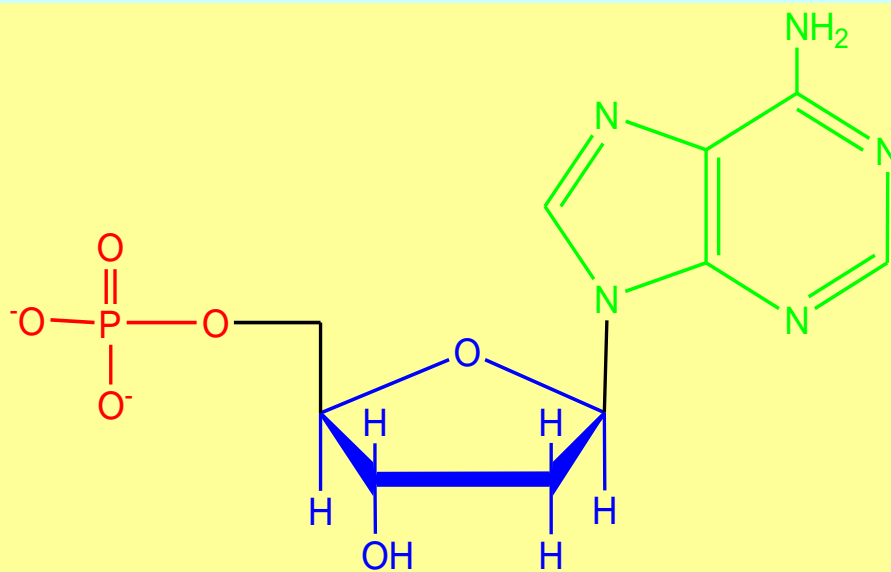
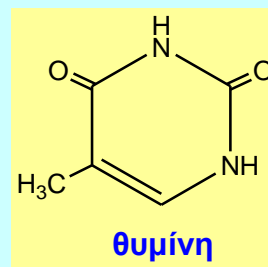
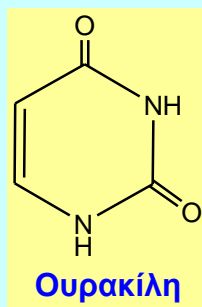
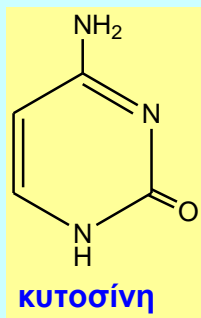
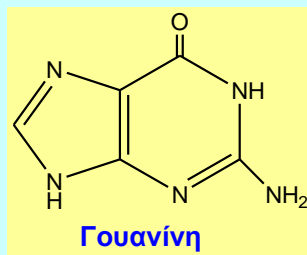
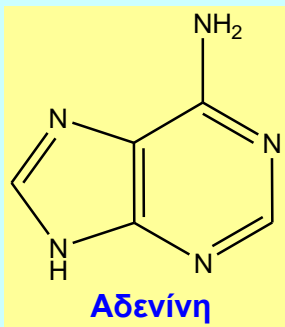
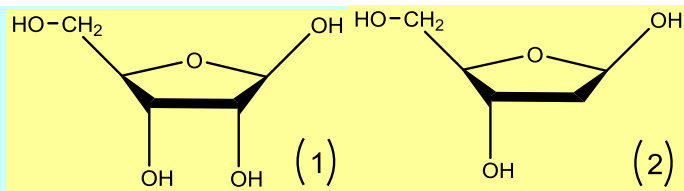


Οι συμπαράγοντες μπορεί να είναι είτε ανόργανα ιόντα, όπως το Zn^{2+} , ή μικρά οργανικά μόρια που ονομάζονται συνένζυμα.

Η ύπαρξη ανόργανων συμπαράγοντων σε αρκετά ένζυμα εξηγεί γιατί το ανθρώπινο διαιτολόγιο πρέπει να είναι πλούσιο σε ανόργανα ιχνοστοιχεία.



Αδενίνη



φωσφορική ομάδα

σάκχαρο

ετεροκυκλική βάση

Νουκλεοτίδιο

Αζωτούχες βάσεις

Οι βάσεις που απαντώνται στο DNA είναι η γουανίνη, η κυτοσίνη, η αδερίνη και η θυμίνη. Οι τρεις πρώτες βάσεις απαντώνται και στο RNA, εκτός από τη θυμίνη που αντικαθίσταται από την ουρακίλη.

7.7. Δομή του DNA

Τα νουκλεοτίδια συνδέονται μεταξύ τους στο DNA, μέσω ενός εστερικού φωσφορικού δεσμού. Όπως η δομή μιας πρωτεΐνης εξαρτάται από την αλληλουχία των αμινοξέων, έτσι και η δομή των νουκλεϊκών οξέων εξαρτάται από την ακολουθία των νουκλεοτιδίων.

Το 1953 οι James Watson και Francis Crick διατύπωσαν την κλασική πλέον υπόθεσή τους για την δευτεροταγή δομή του DNA. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, το μόριο του DNA συγκροτείται από δύο πολυνουκλεοτιδικούς κλώνους, περιελιγμένους τον ένα γύρω από τον άλλο, σε μια δομή **διπλής έλικας**. Οι δύο αλυσίδες ενώνονται με δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των αζωτούχων βάσεων. Για την ανακάλυψή τους, απονομήθηκε στους Watson και Crick το Νομπέλ Ιατρικής.



Από χημική άποψη, το μακρομόριο του RNA είναι όμοιο με του DNA. Το μόριο του RNA αποτελείται από επαναλαμβανόμενες δομικές μονάδες τα νουκλεοτίδια. Η κύρια διαφορά του RNA από το DNA είναι ότι το μόριό του είναι μονόκλωνο, έναντι του δίκλωνου του DNA, αποτελείται δηλαδή από μία μόνο αλυσίδα, ανάλογη της μιας εκ των δύο εκείνων της διπλής έλικας του DNA.

Θυμίζουμε ότι οι αζωτούχες βάσεις που απαντώνται στο DNA είναι η γουανίνη, η κυτοσίνη, η αδενίνη και η θυμίνη. Μία αζωτούχος βάση από τη μία αλυσίδα ενώνεται με μία άλλη αζωτούχο βάση από την άλλη αλυσίδα με δεσμούς υδρογόνου. Ο δεσμός των αζωτούχων βάσεων είναι πολύ συγκεκριμένος. Η αδενίνη ενώνεται μόνο με τη θυμίνη και η κυτοσίνη μόνο με τη γουανίνη. Αυτές είναι γνωστές και ως **συμπληρωματικές βάσεις**. Η αδενίνη και η θυμίνη ενώνονται με δύο δεσμούς υδρογόνου, ενώ η κυτοσίνη με τη γουανίνη με τρεις.

Κάθε μόριο DNA πρέπει να περιέχει φωσφορικές ομάδες, σάκχαρα και αζωτούχες βάσεις. Αλλά ο αριθμός των ζευγών των βάσεων και η σειρά των ζευγών αυτών διαφέρουν από μόριο σε μόριο. Επίσης ο αριθμός των νουκλεοτιδίων διαφέρει από μόριο σε μόριο, κυμαινόμενο από 5000 ως 5000000 νουκλεοτίδια σε κάθε μόριο DNA. Αυτή η ποικιλία στα μόρια του DNA επιτρέπει στα κύτταρα του ανθρώπινου σώματος να διαφέρουν μεταξύ τους.

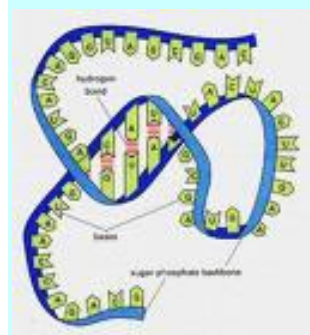
7.8. Το RNA

Το ριβονουκλεϊκό οξύ (ορθότερα ριβοζονουκλεϊκό οξύ), συντομογραφικά RNA, είναι η μία από τις δύο κατηγορίες των πολυμερών νουκλεϊκών οξέων, που αποτελείται από μονομερή νουκλεοτίδια τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία της μετάφρασης σε πρωτεϊνικά προϊόντα. Υπάρχουν τρεις τύποι RNA: το mRNA ή RNA-αγγελιοφόρος (messenger RNA), το rRNA ή ριβοσωματικό RNA (ribosomal RNA) και το tRNA ή RNA μεταφοράς (transfer RNA). Το rRNA και το tRNA βρίσκονται στο κυτταρόπλασμα. Το mRNA μεταφέρει γενετική

Οι αζωτούχες βάσεις του RNA είναι η **αδενίνη**, η **γουανίνη**, η **κυτοσίνη** και η **ουρακίλη**.

Οι συμπληρωματικές βάσεις είναι η **αδενίνη**, η **ουρακίλη**, η **γουανίνη** και η **κυτοσίνη**.

Τα **ριβοσώματα** είναι πρωτεϊνικά συμπλέγματα Στο κυττατόπλασμα του κυττάρου.



πληροφορία από τον πυρήνα στο κυτταρόπλασμα ενός κυττάρου. Το rRNA κατευθύνει τη «μεταγραφή» του mRNA σε πρωτεΐνες. Το tRNA εμπλέκεται στη σύνθεση πρωτεϊνών.

Μαζί με το DNA, το RNA συνιστούν το γενετικό υλικό των οργανισμών.

7.9. Γονίδια και DNA

Τα *γονίδια* είναι η βασική φυσική μονάδα *κληρονομικότητας* στους ζωντανούς οργανισμούς, μεταβιβάζοντας πληροφορίες από ένα κύτταρο σε άλλο και κατεπέκταση από τη μια γενιά στην άλλη. Τα γονίδια συνθέτουν το *γονιδίωμα*, που αποτελείται από το σύνολο DNA, και κατευθύνουν τη φυσική ανάπτυξη και συμπεριφορά του οργανισμού.

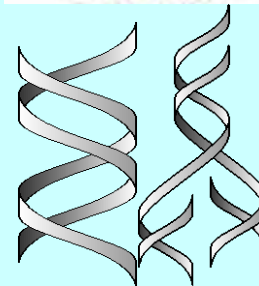
Χρησιμοποιώντας τα μικροσκόπια, οι βιολόγοι παρατηρούν τα ζωντανά κύτταρα. Με τη βοήθεια χημικών χρωστικών που δεν θανατώνουν τα κύτταρα, μπορούν να βάψουν συγκεκριμένες περιοχές ενός κυττάρου πιο έντονα από άλλες. Το 1888 παρατηρήθηκε ότι το κέντρο του κυττάρου, ο *πυρήνας*, ορισμένες φορές περιείχε νηματώδη σωματίδια που απορροφούσαν πολύ καλά τη χρωστική. Για τον λόγο αυτόν, τα σωματίδια αυτά ονομάστηκαν *χρωμοσώματα*. Το χρωμόσωμα είναι μια οργανωμένη δομή DNA και πρωτεϊνών. Είναι ένα μοναδικό κομμάτι περιελιγμένου DNA που περιλαμβάνει γονίδια και άλλες ακολουθίες νουκλεοτιδίων. Τα χρωμοσώματα περιέχουν τις συνδεδεμένες πρωτεΐνες οι οποίες χρησιμεύουν για να συσκευάσουν το DNA και να ελέγξουν τις λειτουργίες του.

Δύο άλλες διαφορές του του RNA από το DNA είναι:
(α) Το σάκχαρο στα νουκλεοτίδια του RNA είναι η ριβόζη, εξ ου και η ονομασία τους ριβονουκλεοτίδια, αντί της δεοξυριβόζης στο DNA.
(β) Το RNA περιέχει την αζωτούχο βάση ουρακίλη αντί της θυμίνης (που υπάρχει στο μόριο του DNA).

7.10. Αντιγραφή κυττάρων – Μίτωση

Επειδή τα κύτταρά μας φθείρονται, πρέπει να αντικαθίστανται συνεχώς με καινούρια. Η πληροφορία που χρειάζεται για την παραγωγή ενός νέου κυττάρου, το οποίο είναι πανομοιότυπο με το αρχικό κύτταρο, περιέχεται στα μόρια του DNA που δομούν τα χρωμοσώματά μας. Η διαδικασία αναπαραγωγής ενός κυττάρου (η οποία συμβαίνει εκατομμύρια φορές κάθε ημέρα στο ανθρώπινο σώμα) ονομάζεται *μίτωση*. Σε αυτή τη διαδικασία, ένα κύτταρο διαιρείται και σχηματίζονται δύο νέα (κυτταρική διαίρεση). Τα νέα κύτταρα ονομάζονται θυγατρικά και το αρχικό μητρικό.

Κάθε φορά που ένα κύτταρο διαιρείται και αναπαράγει τον εαυτό του, το DNA του κυττάρου πρέπει επίσης να αναπαραχθεί. Όταν γίνεται αντιγραφή του DNA, ένα ένζυμο του κυττάρου σπάει τους δεσμούς υδρογόνου κι έτσι χωρίζονται οι αλυσίδες. Με τον τρόπο αυτόν, η έλικα ανοίγει και απομένουν δύο ξεχωριστές αλυσίδες νουκλεοτιδίων. Με τη σωστή λειτουργία των ενζύμων και των απαραίτητων νουκλεοτιδίων, σχηματίζονται δύο νέες νουκλεοτιδικές αλυσίδες DNA, οι οποίες είναι συμπληρωματικές σε κάθε μια από τις αρχικές αλυσίδες. Κάθε καινούρια αλυσίδα παραμένει ενωμένη με την αρχική συμπληρωματική της αλυσίδα, κι έτσι σχηματίζονται δύο νέα μόρια DNA πανομοιότυπα με το αρχικό.



Το Βραβείο Νομπέλ Χημείας για το έτος 2015 απονεμήθηκε στους Tomas Lindahl (Σουηδο-Βρετανός), Paul Modrich (Αμερικανός) and Aziz Sancar (Τουρκο-Αμερικανός) για τις ανακαλύψεις τους σχετικά με τους μηχανισμούς που χρησιμοποιούν τα κύτταρα για επισκευή DNA που έχει υποστεί βλάβη. Το DNA υφίσταται προσβολή/επίθεση από διαφόρους παράγοντες (π.χ. την υπεριώδη ακτινοβολία, ή από μόρια που είναι γνωστά ως «ελεύθερες ρίζες» ή από μικρά δραστικά μόρια που περιέχονται στον καπνό του τσιγάρου), οι οποίοι μπορεί να προκαλέσουν ελαττώματα/βλάβη στο ανθρώπινο γονιδίωμα. Ελαττώματα μπορεί να προκύψουν ακόμη όταν γίνεται αντιγραφή του DNA κατά τη διαδικασία της κυτταρικής διαίρεσης. Τα ελαττώματα, αν δεν επισκευαστούν, μπορεί να οδηγήσουν σε ασθένεια, όπως καρκίνο.

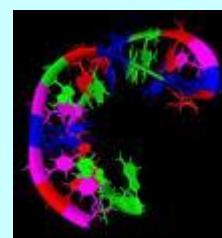
7.11. Γενετικός ανασυνδυασμός του DNA και το μέλλον μας

Η εμφύτευση γονιδίων από έναν οργανισμό σε έναν άλλον συνιστά μια νέα τεχνολογία που είναι γνωστή ως *γενετικός ανασυνδυασμός του DNA*. Η ανθρώπινη ινσουλίνη είναι από τα πρώτα προϊόντα που παρασκευάζονται σε μεγάλες ποσότητες με την τεχνολογία του γενετικού ανασυνδυασμού.

Η ιντερφερόνη είναι μια σημαντική ανθρώπινη πρωτεΐνη και ένα φυσικό αντιβιοτικό. Μπορεί να βοηθήσει στην καταπολέμηση των ιώσεων της ηπατίτιδας και της γρίπης, ενώ δοκιμάζεται και στην καταπολέμηση του καρκίνου. Μεγάλες ποσότητες ιντερφερόνης παράγονται με την τεχνολογία του γενετικού ανασυνδυασμού του DNA.

Τα βακτήρια λειτουργούν σαν ζωντανά κυτταρικά εργοστάσια που χρησιμοποιούν *γενετικά ανασυνδυασμένο DNA*. Τα βακτήρια παράγουν μεγάλες ποσότητες ζωτικών ουσιών, όπως οροί και εμβόλια, που καταπολεμούν ασθένειες, από την κοινή γρίπη μέχρι τον καρκίνο.

Ο γενετικός ανασυνδυασμός του DNA ίσως μας βοηθήσει επίσης να καταλάβουμε και ίσως να θεραπεύσουμε ασθένειες που προκαλούν γενετικές ανωμαλίες. Ακόμη θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε καλύτερα το σώμα μας.



RNA



Ιντερφερόνη: ένα φάρμακο για τον καρκίνο

Η ιντερφερόνη ανακαλύφθηκε το 1957 από τους βιολόγους Alick Isaacs και Jean Linden Mann. Οι δύο επιστήμονες ενθουσιάστηκαν με το εκπληκτικό βιολογικό φαινόμενο γνωστό ως **ιική αλληλεπίδραση**. Οι γιατροί είχαν παρατηρήσει ότι ποτέ ένας άνθρωπος δεν είχε δύο ιώσεις ταυτόχρονα. Φαίνεται ότι όταν ένας ιός υπάρχει στο σώμα, η μόλυνση από έναν άλλον αναστέλλεται (δηλαδή ο ένας ιός μπλοκάρει τον άλλο). Οι Isaacs και Mann ήθελαν να μάθουν γιατί συμβαίνει αυτό και γι' αυτό έκαναν πειράματα.

Οι ερευνητές πήραν πολλά δείγματα μεμβράνης αυγών από κοτόπουλα και τα τοποθέτησαν σε καλλιέργειες κυττάρων. Μετά τοποθέτησαν στις καλλιέργειες παθογόνους ιούς. Όταν στη συνέχεια έβαλαν και άλλους ιούς στις καλλιέργειες, είδαν ότι τα κύτταρα δεν μολύνθηκαν από τους νέους ιούς. Στη συνέχεια, αφαίρεσαν όλα τα ίχνη των ιών και των αρχικών κυττάρων και άφησαν μόνο την καλλιέργεια. Σε αυτή την καλλιέργεια πρόσθεσαν υγιή κύτταρα και προσπάθησαν να τα μολύνουν με νέους ιούς. Όμως αυτά τα νέα κύτταρα δεν μολύνθηκαν. Φαίνεται ότι η αρχική μόλυνση από τους ιούς είχε οδηγήσει τα κύτταρα να παραγάγουν μια ουσία που συγκρούεται με τους παθογόνους ιούς. Η ουσία αυτή ονομάστηκε **ιντερφερόνη** και παραμένει στην καλλιέργεια ακόμη και όταν τα αρχικά κύτταρα και οι ιοί έχουν αφαιρεθεί. (Η λέξη ιντερφερόνη παράγεται από το ρήμα *interfere*, που σημαίνει αναμειγνύομαι, επεμβαίνω, π.χ. σε υπόθεση ή ζήτημα.)

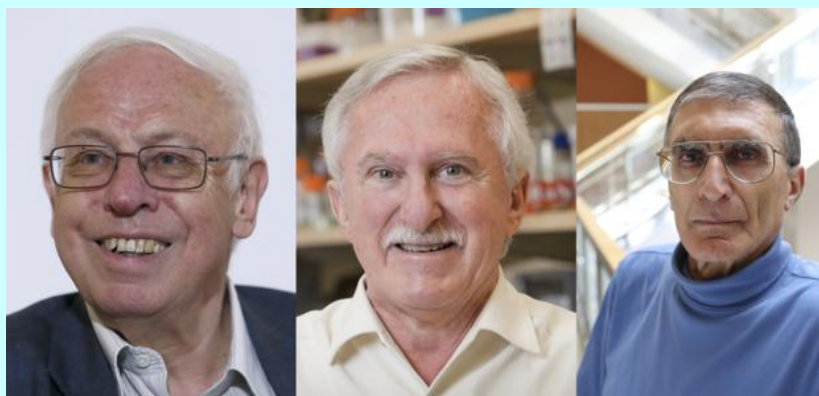
Μελέτες έχουν δείξει ότι η ιντερφερόνη παράγεται σε πολύ μικρές ποσότητες από τα κύτταρα. Όλα τα σπονδυλωτά παράγουν ιντερφερόνη. Όμως η ιντερφερόνη χρησιμεύει μόνο στον τύπο του ζώου που την παράγει, αντίθετα από την ιντερφερόνη που λαμβάνεται από τους αδένες βοοειδών και χοίρων και χρησιμοποιείται σε ανθρώπους. Στους ανθρώπους πρέπει να χρησιμοποιείται η ανθρώπινη ιντερφερόνη.

Το Νομπέλ Χημείας για το 2015: Το κέρδισαν οι Lindahl, Modrich και Sancar για την επιδιόρθωση του DNA

Από τον Paul Rincon, επιστημονικό συντάκτη – Ιστότοπος του BBC News (7 Οκτωβρίου 2015)



Το βραβείο Νομπέλ Χημείας για το έτος 2015 απονεμήθηκε για ανακαλύψεις στην επιδιόρθωση του DNA. Νικητές ανακηρύχθηκαν οι Tomas Lindahl και Paul Modrich και ο Αζίζ Sancar. Η εργασία τους αποκάλυψε τους μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται από τα κύτταρα για την επιδιόρθωση κατεστραμμένου DNA – μια θεμελιώδης διαδικασία σε ζωντανά κύτταρα και σημαντική στον καρκίνο.



Οι Lindahl, Modrich και Sancar προστέθηκαν στους 168 προηγούμενους νικητές του Νομπέλ Χημείας από το 1901 (Πρακτορείο Ειδήσεων Reuters)

Ο καθηγητής Lindahl είναι Σουηδός, αλλά έχει εργαστεί στο Ηνωμένο Βασίλειο (HB) για περισσότερο από τρεις δεκαετίες. Επί 20 έτη διηύθυνε τα εργαστήρια Clare Hall στο Hertfordshire - τώρα μέρος του Cancer Research, HB. Ο Αμερικανός Paul Modrich, καθηγητής Βιοχημείας στο Πανεπιστήμιο Duke στη Βόρεια Καρολίνα των ΗΠΑ, απέδειξε πώς τα κύτταρα επιδιορθώνουν σφάλματα που προκύπτουν καθώς το DNA αντιγράφεται όταν τα κύτταρα διαιρούνται. Ο γεννημένος στην Τουρκία βιοχημικός Aziz Sancar, καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Βόρειας Καρολίνας των ΗΠΑ, αποκάλυψε έναν διαφορετικό μηχανισμό επιδιόρθωσης του DNA, τον οποίο χρησιμοποιούν τα κύτταρα για να επιδιορθώσουν βλάβες στο DNA που προκαλούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία - αλλά μπορεί επίσης να αναιρέσει γενετικές ανωμαλίες που προκλήθηκαν με άλλους τρόπους.