

1.2. Μακρομόρια

Πρωτεΐνες: Διαδεδομένες, πολύπλοκες και εύθραυστες

Γενικά

- Ποιοί είναι οι δομικοί λίθοι των πρωτεϊνών;
Οι δομικοί λίθοι των πρωτεϊνών είναι τα **αμινοξέα**.
- Πόσα διαφορετικά είδη αμινοξέων υπάρχουν στους έμβιους οργανισμούς;
Υπάρχουν **20 (είκοσι)** διαφορετικά είδη αμινοξέων στους έμβιους οργανισμούς.
- Υπάρχουν είδη αμινοξέων που διαφοροποιούνται ανάλογα με τη μορφή ζωής;
Όχι. Όλες οι πρωτεΐνες ανεξάρτητα από το πού ανήκουν (σε ιούς, βακτήρια ή σε ανώτερες μορφές ζωής) οικοδομούνται με βάση αυτά τα 20 (είκοσι) διαφορετικά είδη αμινοξέων.
- Πού οφείλεται η μεγάλη ποικιλία στη δομή των πρωτεϊνών σε σχέση με τα άλλα μακρομόρια;
Η μεγάλη ποικιλία στην δομή των πρωτεϊνών οφείλεται στην ύπαρξη 20 διαφορετικών ειδών μονομερών (αμινοξέων). Τα άλλα μακρομόρια δημιουργούνται από μικρότερο αριθμό διαφορετικών ειδών μονομερών.

Το πλήθος των δυνατών συνδυασμών ενός μακρομορίου με x αριθμό μονομερών, όπου συμμετέχουν y είδη μονομερών δίνεται από τον τύπο:

$$y^x$$

Ο τύπος αυτός λαμβάνει υπόψη και την διάταξη των μονομερών και όχι μόνο την ύπαρξη τους. (Πχ. ο συνδυασμός α - β - γ είναι διαφορετικός από τον α - γ - β).

Παραδείγματα:

- 1) Το πλήθος των δυνατών συνδυασμών μακρομορίου που αποτελείται από 3 μονομερή, όπου συμμετέχουν 4 είδη μονομερών είναι: 4^3 . (βλέπε στο 2^ο Κεφάλαιο τεύχους Β', πλήθος τριπλετών βάσεων στον γενετικό κώδικα)
- 2) Το πλήθος των δυνατών συνδυασμών πρωτεΐνης που αποτελείται από 100 αμινοξέα, όπου συμμετέχουν και τα 20 είδη αμινοξέων είναι: 20^{100} . (βλέπε παράδειγμα βιβλίου)

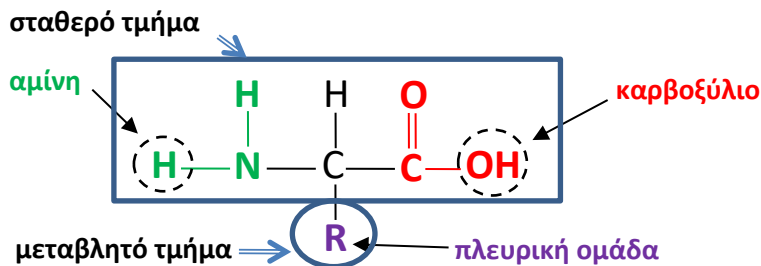
Χημική δομή του αμινοξέος

- Ποιά είναι η χημική δομή του αμινοξέος

Το αμινοξύ αποτελείται από:

- i) αμίνη: $-NH_2$
- ii) καρβοξύλιο: $-COOH$
- iii) $-CH-$ Είναι ο κεντρικός άνθρακας, βρίσκεται μεταξύ αμίνης και καρβοξυλίου.
- iv) πλευρική ομάδα που είναι ενωμένη με τον κεντρικό C

- Με βάση τα παραπάνω ποιος είναι ο συντακτικό τύπο του αμινοξέος;



- Ποιά (ές) από τις παραπάνω χημικές ομάδες συνιστά (ούν) το σταθερό τμήμα του αμινοξέος; Το σταθερό τμήμα του αμινοξέος αποτελείται από τις εξής χημικές ομάδες:
 - αμίνη: $-\text{NH}_2$,
 - καρβοξύλιο: $-\text{COOH}$ και
 - $-\text{CH}-$ κεντρικός άνθρακας
- Ποιά (ές) από τις παραπάνω χημικές ομάδες συνιστά (ούν) το μεταβλητό τμήμα του αμινοξέος; Το μεταβλητό τμήμα του αμινοξέος είναι η πλευρική ομάδα.
- Ποιά χημική ομάδα είναι αυτή που κάνει να διαφέρουν τα αμινοξέα μεταξύ τους; Η πλευρική ομάδα, δηλ. το μεταβλητό τμήμα, διαφοροποιεί τα είδη των αμινοξέων μεταξύ τους.
- Πόσα είδη πλευρικών ομάδων υπάρχουν; Υπάρχουν 20 διαφορετικά είδη πλευρικών ομάδων, όσα και τα είδη των αμινοξέων.

Σχηματισμός δεσμού μεταξύ των αμινοξέων^{1*}

- Το γενικό χημικό χαρακτηριστικό των μονομερών των μακρομορίων είναι: $\text{H}-\square-\text{OH}$
 - Ποια χημική ομάδα του αμινοξέος έχει το H; Η αμινομάδα ($-\text{NH}_2$) έχει το H.
 - Ποια χημική ομάδα του αμινοξέος έχει το OH; Η καρβοξυλομάδα : ($-\text{COOH}$) έχει το OH.
- Με ποιά τμήματά τους (σταθερά ή μεταβλητά) ενώνονται τα αμινοξέα; Τα αμινοξέα ενώνονται με τα σταθερά τους τμήματα.
- Πώς ονομάζεται ο δεσμός που σχηματίζεται μεταξύ δύο αμινοξέων; Ο ομοιοπολικός δεσμός που σχηματίζεται μεταξύ δύο αμινοξέων ονομάζεται πεπτιδικός.

^{1*} Ο μηχανισμός με τον οποίο ενώνονται τα αμινοξέα είναι ο ίδιος με αυτόν με τον οποίο ενώνονται τα νουκλεοτίδια

Τα νουκλεοτίδια αποτελούνται από τρεις χημικές ομάδες: 1) πεντόζη, 2) φωσφορική ομάδα, που συνιστούν το σταθερό τμήμα του νουκλεοτιδίου και 3) την αζωτούχο βάση που συνιστά το μεταβλητό τμήμα.

Τα νουκλεοτίδια ενώνονται μεταξύ τους με τα σταθερά τους τμήματα (όπως και στη περίπτωση των αμινοξέων) σύμφωνα με τη διαδικασία της συμπύκνωσης.

Το H του OH της πεντόζης ενώνεται με το OH της φωσφορικής ρίζας και σχηματίζεται φωσφοδιεστερικός δεσμός μεταξύ των νουκλεοτιδίων, ενώ παράλληλα παράγεται και ένα μόριο νερού. (Βλέπε λεπτομέρειες στο 1^ο κεφάλαιο του Β' τεύχους).

ΠΡΩΤΟΤΑΓΗΣ ΔΟΜΗ



Μήκος: 300 nm

ΔΕΥΤΕΡΟΤΑΓΗΣ ΔΟΜΗ



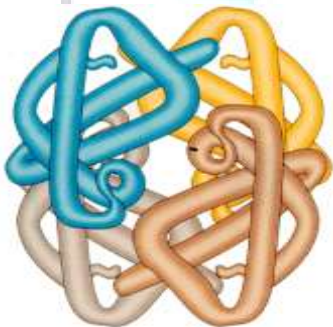
Μήκος: 45 nm

ΤΡΙΤΟΤΑΓΗΣ ΔΟΜΗ



Μήκος: 8,6 nm

- Τι είναι η πρωτοταγής δομή πρωτεΐνης;
Πρωτοταγής δομή πρωτεΐνης είναι η αλληλουχία των αμινοξέων στην πεπτιδική αλυσίδα. Είναι δηλ. η σειρά με την οποία βρίσκονται τα αμινοξέα στην πεπτιδική αλυσίδα.
- Τι είναι η δευτεροταγής δομή πρωτεΐνης;
Η δευτεροταγής δομή πρωτεΐνης είναι η πρώτη αναδίπλωση της αλυσίδας στο χώρο.
- Πόσες και ποιες μορφές αποκτά η πεπτιδική αλυσίδα κατά την δευτεροταγή δομή;
Απόκτα 2 (δύο) μορφές: 1) ελικοειδή και 2) πτυχωτή. Συνήθως η δευτεροταγής δομή μιας αλυσίδας περιλαμβάνει και τμήματα ελικοειδούς και τμήματα πτυχωτής μορφής.
- Πού οφείλεται η δευτεροταγής δομή της πρωτεΐνης;
Η δευτεροταγής δομή της πρωτεΐνης οφείλεται στην πρωτοταγή δομή της δηλ. στη σειρά με την οποία βρίσκονται τα αμινοξέα στην πεπτιδική αλυσίδα.
- Τι είναι η τριτοταγής δομή πρωτεΐνης;
Η τριτοταγής δομή πρωτεΐνης είναι η τελική αναδίπλωση της αλυσίδας στο χώρο.
- Πού οφείλεται η αναδίπλωση της πεπτιδικής αλυσίδας κατά την τριτοταγή δομή;
Η τριτοταγής δομή οφείλεται στους δεσμούς που αναπτύσσονται μεταξύ των πλευρικών ομάδων των αμινοξέων που συγκροτούν την πεπτιδική αλυσίδα.



- Τι είναι η τεταρτοταγής δομή πρωτεΐνης;
Η τεταρτοταγής δομή πρωτεΐνης είναι ο συνδυασμός των επιμέρους πολυπεπτιδικών αλυσίδων σε ένα ενιαίο πρωτεϊνικό μόριο.
Παράδειγμα τεταρτοταγούς δομής είναι η αιμοσφαιρίνη που αποτελείται από 4 αλυσίδες που είναι ανά δύο όμοιες.

- Σε ποιά δομή αντιστοιχεί το σχήμα (η τελική διαμόρφωση στο χώρο) μιας πρωτεΐνης;
Αν η πρωτεΐνη αποτελείται από μια μόνο αλυσίδα, η μορφή της (το σχήμα της) αντιστοιχεί στην τριτοταγή δομή.
Αν η πρωτεΐνη αποτελείται από περισσότερες από μια αλυσίδες η μορφή της (το σχήμα της) αντιστοιχεί στην τεταρτοταγή δομή.
- Σύμφωνα με τα παραπάνω, πού οφείλεται το σχήμα (η τελική διαμόρφωση στο χώρο) μιας πρωτεΐνης;
Το σχήμα (η τελική διαμόρφωση στο χώρο) μιας πρωτεΐνης δεν οφείλεται μόνο στον αριθμό των αμινοξέων που την αποτελούν ή ποια αμινοξέα (από τα 20) συμμετέχουν στην δομή της, αλλά στην σειρά με την οποία βρίσκονται τα αμινοξέα στην πεπτιδική αλυσίδα.
Συνεπώς η μορφή (το σχήμα) μιας πρωτεΐνης οφείλεται στην πρωτοταγή δομή της αλυσίδας (ή αλυσίδων που την αποτελούν).
- Πώς εξηγείται το γεγονός ότι η πρωτοταγής δομή της πρωτεΐνης καθορίζει τη μορφή (το σχήμα) μιας πρωτεΐνης;
Η πρωτοταγής δομή της πρωτεΐνης δηλ. η αλληλουχία των αμινοξέων στην πεπτιδική αλυσίδα αντιστοιχεί στην αλληλουχία και των πλευρικών (R) ομάδων τους.
Επομένως, η σειρά των αμινοξέων καθορίζει την δυνατότητα σχηματισμού δεσμών ανάμεσα στις πλευρικές ομάδες αμινοξέων σε συγκεκριμένα σημεία της πεπτιδικής αλυσίδας.
Αυτό οδηγεί σε συγκεκριμένη αναδίπλωση του μορίου, πρώτα κατά τη δευτεροταγή δομή και τελικά κατά τη τριτοταγή δομή που αποτελεί και την τελική διαμόρφωση της πρωτεΐνης στο χώρο.

Η δομή μιας πρωτεΐνης καθορίζει την λειτουργία της

- Σε ποιές κατηγορίες διακρίνονται οι πρωτεΐνες ανάλογα με τη λειτουργία τους;
Οι πρωτεΐνες ανάλογα με τη λειτουργία τους διακρίνονται σε: α) δομικές και β) λειτουργικές.
- Ποιές πρωτεΐνες είναι δομικές;
Δομικές είναι οι πρωτεΐνες που συμμετέχουν στη δόμηση ιστών. Μερικά παραδείγματα δομικών πρωτεϊνών είναι: κολλαγόνο, ελαστίνη, (συστατικά συνδετικού ιστού), κερατίνη (συστατικό δέρματος) κ.α.
- Ποιές πρωτεΐνες είναι λειτουργικές;
Λειτουργικές είναι οι πρωτεΐνες που έχουν σημαντικό ρόλο στην πραγματοποίηση των διαφόρων λειτουργιών του κυττάρου. Μερικά παραδείγματα λειτουργικών πρωτεϊνών είναι: Ένζυμα, μεταφέρουσες πρωτεΐνες (πχ αιμοσφαιρίνη), αμυντικές (πχ αντισώματα), ορμόνες (πχ ινσουλίνη) κ.α.
- Τι είναι το ένζυμο;
Ένζυμο είναι πρωτεΐνη με καταλυτικές ιδιότητες. Ένα ένζυμο καταλύει συνήθως μια συγκεκριμένη χημική αντίδραση του μεταβολισμού του κυττάρου.

- **Ποιά είναι η σημασία των ενζύμων για το έναν οργανισμό;**
Κάθε χημική αντίδραση του μεταβολισμού για να πραγματοποιηθεί απαιτεί την δράση ενός συγκεκριμένου ενζύμου. Η ποσότητα ή/και ποιότητα του παραγομένου προϊόντος ή προϊόντων μιας χημικής αντίδρασης, καθώς επίσης και η ταχύτητα σχηματισμού τους, αντιστοιχεί σε ένα χαρακτηριστικό του οργανισμού.
- **Πού οφείλεται η ποικιλομορφία των ειδών των ενζύμων;**
Επειδή υπάρχουν χιλιάδες διαφορετικές αντιδράσεις που γίνονται σ' ένα οργανισμό, υπάρχουν και ισάριθμες χιλιάδες είδη ενζύμων.
- **Ποιός παράγοντας καθορίζει τη λειτουργικότητα μιας πρωτεΐνης;**
Η λειτουργικότητα μιας πρωτεΐνης εξαρτάται από τη μορφή (το σχήμα) της. Η τελική διαμόρφωση της στο χώρο, δηλ. η τριτοταγής δομή (ή τεταρτοταγής δομή αν η πρωτεΐνη αποτελείται από περισσότερες από μια αλυσίδα) οφείλεται, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, στην πρωτοταγή δομή της πεπτιδικής αλυσίδας (ή πεπτιδικών αλυσίδων). Επομένως, η λειτουργικότητα μιας πρωτεΐνης εξαρτάται από την πρωτοταγή δομή της πεπτιδικής αλυσίδας (ή πεπτιδικών αλυσίδων).
- **Γιατί η μεγάλη ποικιλία λειτουργιών στο κύτταρο εξυπηρετείται από μόρια όπως οι πρωτεΐνες;**
Η μεγάλη ποικιλία λειτουργιών στο κύτταρο μπορεί να εξυπηρετηθεί μόνο από μόρια, όπως οι πρωτεΐνες δομικές ή λειτουργικές (πχ. τα ένζυμα), επειδή παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία. Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η μεγάλη ποικιλία στην δομή των πρωτεϊνών οφείλεται στην ύπαρξη 20 διαφορετικών ειδών μονομερών (αμινοξέων).
- **Ποιά είναι η σχέση μεταξύ πρωτοταγούς δομής μιας πρωτεΐνης και ενός χαρακτηριστικού ενός οργανισμού;**
Η λειτουργικότητα μιας πρωτεΐνης (όπως πχ. ενός ενζύμου που καταλύει μια συγκεκριμένη χημική αντίδραση) είναι υπεύθυνη για την έκφραση ενός χαρακτηριστικού του οργανισμού που είναι είτε μακροσκοπικά ορατό ή βιοχημικά ανιχνεύσιμο (πχ. ύπαρξη μελανίνης στο δέρμα, ή ποσότητες φαιτυλαλανίνης στο αίμα). Όμως, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η λειτουργικότητα μιας πρωτεΐνης εξαρτάται από την πρωτοταγή δομή της. Άρα το χαρακτηριστικό ενός οργανισμού καθορίζεται από την πρωτοταγή δομή της αντίστοιχης πρωτεΐνης.

Μετουσίωση

- **Τι είναι η Μετουσίωση πρωτεΐνης;**
Μετουσίωση πρωτεΐνης είναι η καταστροφή της τρισδιάστατης δομής της που έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια της λειτουργικότητάς της.
- **Πού οφείλεται η μετουσίωση;**
Η καταστροφή της τρισδιάστατης δομής οφείλεται στην διάσπαση των δεσμών που έχουν αναπτυχθεί μεταξύ των πλευρικών ομάδων των αμινοξέων. Όπως είναι γνωστό, οι δεσμοί αυτοί είναι υπεύθυνοι για την τελική διαμόρφωση της πρωτεΐνης στο χώρο.
- **Ποιοί φυσικοχημικοί παράγοντες προκαλούν μετουσίωση;**
Οι παράγοντες την προκαλούν είναι οι ακραίες τιμές: i) θερμοκρασίας ii) pH.