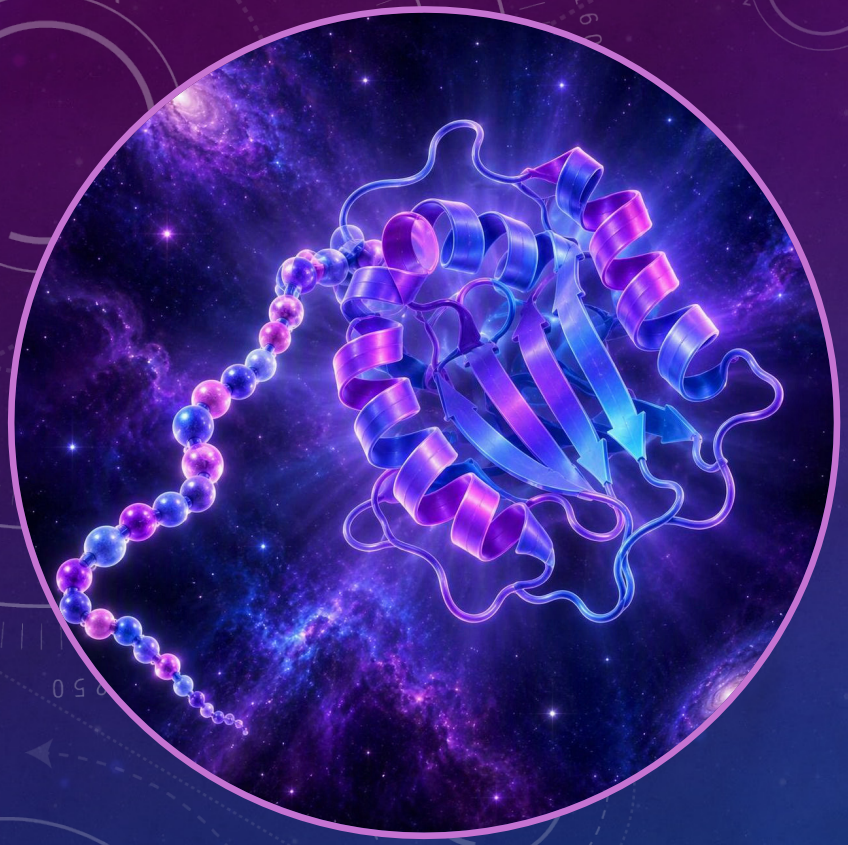


ΒΙΟΛΟΓΙΑ Γ ‘ ΛΥΚΕΙΟΥ Α’ ΤΕΥΧΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΜΑΚΡΟΜΟΡΙΑ

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΝΙΚΙ MARGARITI

Περιεχόμενα

1 Γενικά στοιχεία Διαφ. 3

2 Ιεραρχία ανάμεσα στα βιομόρια Διαφ. 6

3 Πρωτεΐνες: διαδεδομένες, πολύπλοκες και εύθραυστες Διαφ. 8

4 Αμινοξέα Διαφ. 10

5 Πεπτιδικοί δεσμοί και οργάνωση Διαφ. 11

6 Οργάνωση των πρωτεϊνικών μορίων Διαφ. 12

7 Η δομή καθορίζει τη λειτουργία Διαφ. 16

Γενικά στοιχεία

Για μια πρώτη γνωριμία με τα μακρομόρια θα πρέπει να ξεκινήσουμε από τους δομικούς τους λίθους, δηλαδή από την πρώτη ύλη με την οποία αυτά οικοδομούνται.

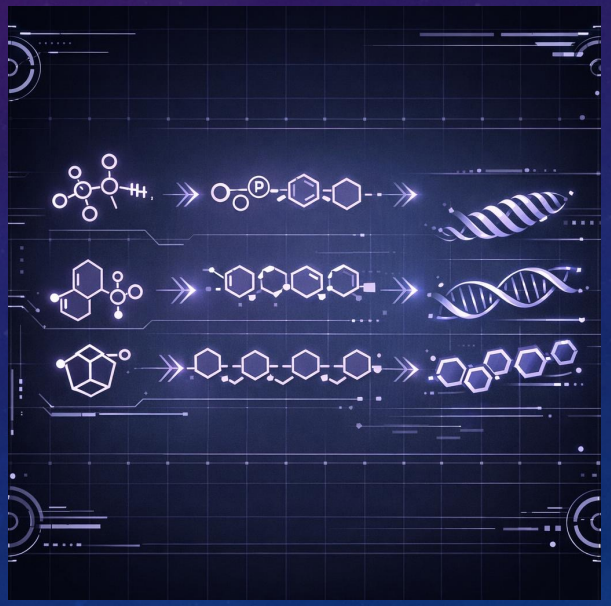
Οι πρωτεΐνες οικοδομούνται από αμινοξέα,

τα νουκλεϊνικά οξέα από νουκλεοτίδια,

οι πολυσακχαρίτες από μονοσακχαρίτες.

Συνεπώς τα αμινοξέα, τα νουκλεοτίδια και οι μονοσακχαρίτες αποτελούν τις μονάδες (μονομερή), οι οποίες επαναλαμβανόμενες πολλές φορές συνιστούν τα μακρομόρια (πολυμερή).

Τα μονομερή των διάφορων ειδών μακρομορίων μπορεί να είναι ίδια (πρωτεΐνες) ή διαφορετικά (λιπίδια).



Γενικά στοιχεία

Ωστόσο συνδέονται μεταξύ τους με τον ίδιο πάντοτε βασικό χημικό μηχανισμό, που ονομάζεται **συμπύκνωση**.

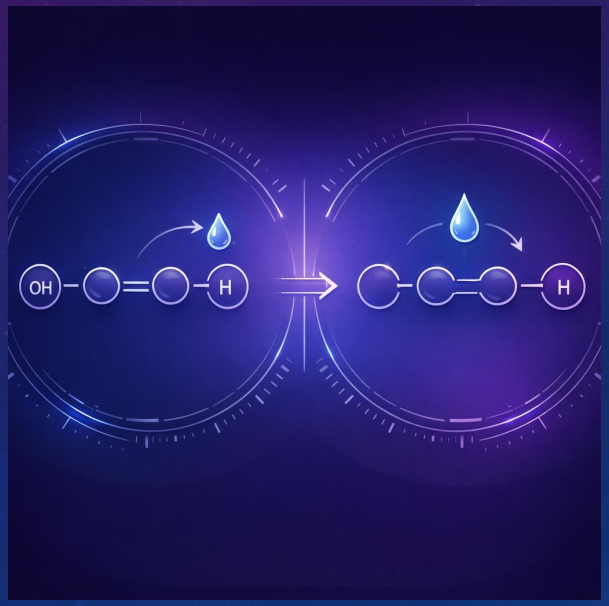
Κατά τη συμπύκνωση το ένα μονομερές χάνει ένα άτομο υδρογόνου (H), ενώ το άλλο μια υδροξυλομάδα (OH).

Αφαιρείται δηλαδή τελικά ένα μόριο νερού και τα δύο μονομερή συνδέονται με ομοιοπολικό δεσμό.

Το γεγονός ότι έχει επικρατήσει ο ομοιοπολικός δεσμός για τη σύνδεση των μονομερών σε πολυμερή δεν είναι τυχαίο. Ο δεσμός αυτός (βλ. ένθετο) είναι ο πιο διαδεδομένος δεσμός στην έμβια ύλη, λόγω της σταθερότητάς του.

Η διάσπαση των μακρομορίων στα μονομερή τους γίνεται με την προσθήκη νερού και ονομάζεται **υδρόλυση**.

Σε ορισμένα μακρομόρια συναντώνται επίσης και άλλοι δεσμοί οι οποίοι δεν είναι ομοιοπολικοί. Τέτοιοι είναι οι δεσμοί υδρογόνου, οι δυνάμεις Van der Waals και οι υδρόφοβοι δεσμοί. Οι δεσμοί αυτοί, παρ' όλο που δε συμμετέχουν στη συνένωση των μονομερών, παίζουν, όπως θα δούμε στη συνέχεια, σημαντικό ρόλο στην τελική διαμόρφωση των μακρομορίων.



Γενικά στοιχεία

Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι τα **ίδια είδη δομικών λίθων** χρησιμοποιούνται από όλους τους οργανισμούς του πλανήτη μας για την οικοδόμηση των διαφορετικών ειδών πολυμερών.

Δημιουργείται έτσι εύλογα το ερώτημα: αφού όλοι ανεξαιρέτως οι οργανισμοί συντίθενται από τα ίδια είδη μονομερών, μήπως έχουν και **κοινή καταγωγή;**



Απάντηση: ναι, οι οργανισμοί έχουν κοινή καταγωγή

1. Τα **ίδια δομικά υλικά**: όλοι οι οργανισμοί, από ιούς και βακτήρια ώς τον άνθρωπο, χρησιμοποιούν τα ίδια 20 αμινοξέα.

2. Ο **ίδιος γενετικός κώδικας**: η ίδια τριάδα βάσεων κωδικοποιεί το ίδιο αμινοξύ σχεδόν σε όλα τα έμβια όντα.

3. Ένας **κοινός πρόγονος**: η πιο λογική εξήγηση είναι ότι οι οργανισμοί κληρονόμησαν αυτά τα κοινά δομικά στοιχεία από κοινή αρχική μορφή ζωής.

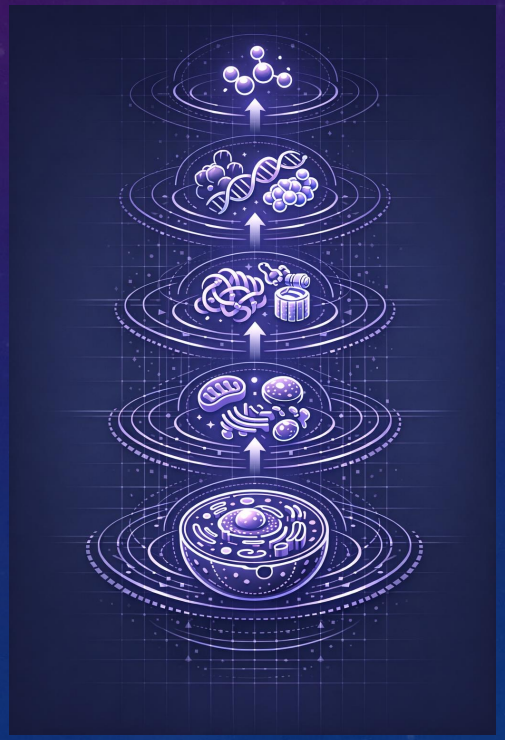


Απάντηση: ναι. Τα ίδια μονομερή σε όλους τους οργανισμούς είναι ισχυρή ένδειξη ότι όλοι έχουν **κοινή καταγωγή.**

Ιεραρχία ανάμεσα στα βιομόρια.

Το πιο εντυπωσιακό ίσως χαρακτηριστικό της ζωής είναι το γεγονός ότι αυτή είναι οργανωμένη σε επίπεδα αυξανόμενης πολυπλοκότητας. Τα άτομα συνιστούν μόρια, τα μόρια, με τη σειρά τους, κυτταρικά οργανίδια, τα τελευταία σχηματίζουν κύτταρα κ. ο. κ. Εσωτερική οργάνωση συναντούμε και σε κάθε επιμέρους επίπεδο και φυσικά στο πιο στοιχειώδες από αυτά, δηλαδή το μοριακό επίπεδο.

Οι χημικές ενώσεις οι οποίες συνθέτουν τους οργανισμούς μπορούν, ανάλογα με το μοριακό βάρος τους, να τοποθετηθούν σε μια ιεραρχική κλίμακα, στην οποία κάθε σκαλί προκύπτει από το προηγούμενο μέσω των αντιδράσεων του μεταβολισμού.



Ιεραρχία ανάμεσα στα βιομόρια.

Στη βάση της κλίμακας τοποθετούνται οι μικρότερου μοριακού βάρους ενώσεις, όπως οι H_20, $C0_2$, NH_3 (πρόδρομα μόρια), που οι οργανισμοί τις παραλαμβάνουν από το περιβάλλον τους.

Στα επόμενα επίπεδα της κλίμακας συναντάμε ενώσεις αυξανόμενου μοριακού βάρους και πολυπλοκότητας, οι οποίες είναι κατά σειρά:

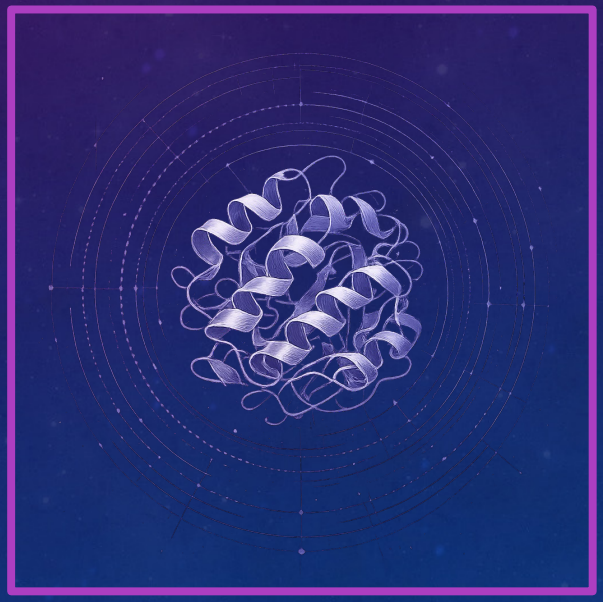
1. τα ενδιάμεσα συστατικά (οξικό οξύ. πυροσταφυλικό οξύ, πεντόζες κ.ά.)
2. οι δομικοί λίθοι ή μονομερή (αμινοξέα, νουκλεοτίδια κ.ά.)
3. τα μακρομόρια ή πολυμερή (πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα κ.ά.)
4. τα συμπλέγματα των μακρομορίων (γλυκοπρωτεΐνες, νουκλεοπρωτεΐνες κ.ά.)
5. Από το συνδυασμό των τελευταίων προκύπτουν τα οργανίδια του κυττάρου, οπότε προκύπτει το επόμενο επίπεδο οργάνωσης, το κυτταρικό.

Πρωτεΐνες: Διαδεδομένες, πολύπλοκες και εύθραυστες

1. Αν μεταξύ των μακρομορίων αναζητούσαμε το πιο διαδεδομένο και πολυδιάστατο στη μορφή και στη λειτουργία του μόριο, αργά ή γρήγορα θα καταλήγαμε στις **πρωτεΐνες.**

2. Είναι γεγονός ότι ακόμη και σε ένα απλό κύτταρο, όπως αυτό των βακτηρίων, υπάρχουν **εκατοντάδες διαφορετικές πρωτεΐνες,** καθεμιά από τις οποίες έχει έναν ιδιαίτερο ρόλο στη ζωή του κυττάρου.

3. Αποτελεί είτε **δομικό συστατικό** του, είτε εξυπηρετεί κάποια **συγκεκριμένη λειτουργία** του.



Τα 20 αμινοξέα: η κοινή πρώτη ύλη των πρωτεϊνών

20

Παρά τις διαφορές τους όλες οι πρωτεΐνες, ανεξάρτητα από το πού ανήκουν (σε **ιούς, βακτήρια ή ανώτερες μορφές ζωής**), οικοδομούνται με βάση την ίδια πρώτη ύλη: ένα σύνολο από **20 διαφορετικά αμινοξέα.**

Διαφορετική αλληλουχία

Από τα 20 αυτά είδη αμινοξέων, ένας **διαφορετικός αριθμός** κάθε φορά, συνδεόμενα με **διαφορετική αλληλουχία**, δίνουν μια τεράστια ποικιλία πρωτεϊνικών μορίων.

Διαφορετικοί συνδυασμοί

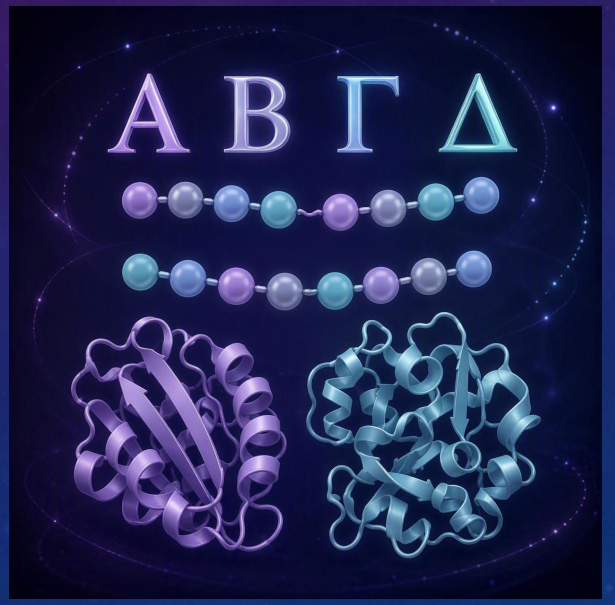
Τα 20 διαφορετικά αμινοξέα, τοποθετούμενα σε **διαφορετικούς συνδυασμούς**, μπορούν να σχηματίσουν έναν **τεράστιο αριθμό** διαφορετικών πρωτεϊνικών μορίων.

>1.000

Ο αριθμός των αμινοξέων που είναι διαφορετικός για κάθε πρωτεΐνη **μπορεί να ξεπερνά τα 1.000.**

Πρωτεΐνες: Διαδεδομένες, πολύπλοκες και εύθραυστες

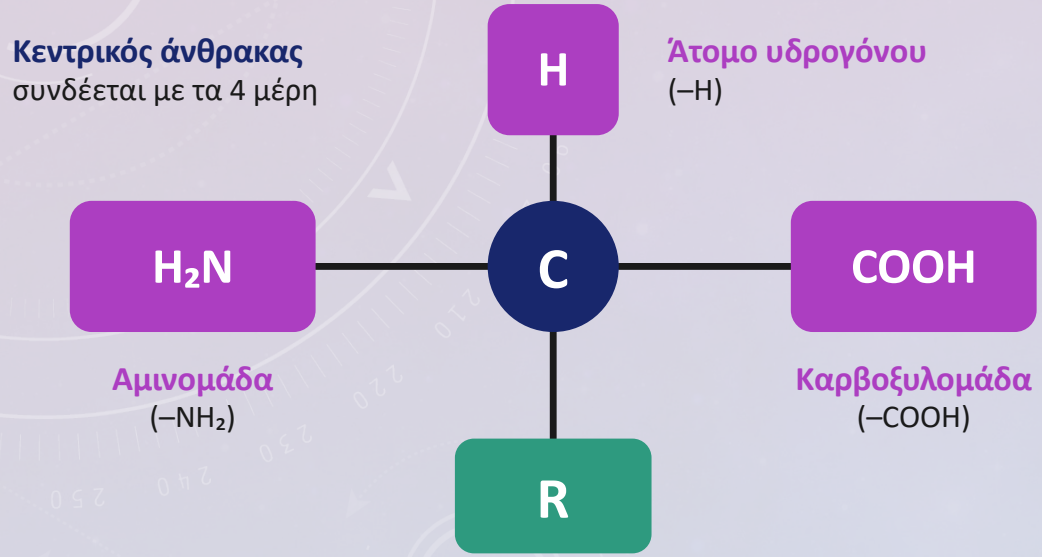
Για να αντιληφθούμε πώς είναι δυνατό να δημιουργούνται διαφορετικά είδη πρωτεϊνών, όταν η πρώτη ύλη, δηλαδή τα αμινοξέα, είναι κοινή για όλους τους οργανισμούς, φτάνει να σκεφτούμε τη γλώσσα μας.
Τα 24 γράμματα του ελληνικού αλφάβητου, τοποθετούμενα σε διαφορετικούς συνδυασμούς, αρκούν για να σχηματίσουν χιλιάδες διαφορετικές λέξεις, που χρησιμοποιούμε για την επικοινωνία μας.



Αμινοξέα: τα δομικά λιθάρια των πρωτεϊνών

Γενικός συντακτικός τύπος και πλευρική ομάδα R

Γενικός συντακτικός τύπος αμινοξέος



Εικόνα που απεικονίζει τον γενικό συντακτικό τύπο των αμινοξέων, παρουσιάζοντας το σταθερό τμήμα (άτομο υδρογόνου, αμινομάδα και καρβοξυλομάδα συνδεδεμένα σε ένα άτομο άνθρακα) και την πλευρική ομάδα (R), η οποία διαφοροποιείται ανάλογα με το αμινοξύ.

Σταθερό τμήμα
αμινομάδα, καρβοξυλομάδα και υδρογόνο – ίδια σε όλα τα αμινοξέα

Μεταβλητό τμήμα
η πλευρική ομάδα R δίνει στο κάθε αμινοξύ τις δικές του ιδιότητες

Οι 20 πλευρικές ομάδες (R) των αμινοξέων

Αμινοξέα των πρωτεϊνών και αμινοξέα που δεν συμμετέχουν στη δόμηση πρωτεϊνών

Αμινοξύ	Πλευρική ομάδα R
Γλυκίνη (Gly)	$-H$
Αλανίνη (Ala)	$-CH_3$
Βαλίνη (Val)	$-CH(CH_3)_2$
Λευκίνη (Leu)	$-CH_2-CH(CH_3)_2$
Ισολευκίνη (Ile)	$-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$
Μεθειονίνη (Met)	$-(CH_2)_2-S-CH_3$
Προλίνη (Pro)	$-(CH_2)_3-$ (δακτύλιος με το N)
Φαινυλαλανίνη (Phe)	$-CH_2-C_6H_5$
Θρυπτοφάνη (Trp)	$-CH_2-$ινδολικός δακτύλιος
Σερίνη (Ser)	$-CH_2-OH$

Αμινοξύ	Πλευρική ομάδα R
Θρεονίνη (Thr)	$-CH(OH)-CH_3$
Κυστεΐνη (Cys)	$-CH_2-SH$
Τυροσίνη (Tyr)	$-CH_2-C_6H_4-OH$
Ασπαραγίνη (Asn)	$-CH_2-CO-NH_2$
Γλουταμίνη (Gln)	$-(CH_2)_2-CO-NH_2$
Ασπαρτικό οξύ (Asp)	$-CH_2-COOH$
Γλουταμινικό οξύ (Glu)	$-(CH_2)_2-COOH$
Λυσίνη (Lys)	$-(CH_2)_4-NH_2$
Αργινίνη (Arg)	$-(CH_2)_3-NH-C(=NH)-NH_2$
Ιστιδίνη (His)	$-CH_2-$ιμιδαζόλιο

Μη πολικές · Πολικές αφόρτιστες · Όξινες (–) · Βασικές (+)

Αμινοξέα που δεν συμμετέχουν στη δόμηση πρωτεϊνών

Ορνιθίνη
ενδιάμεσο του κύκλου της ουρίας

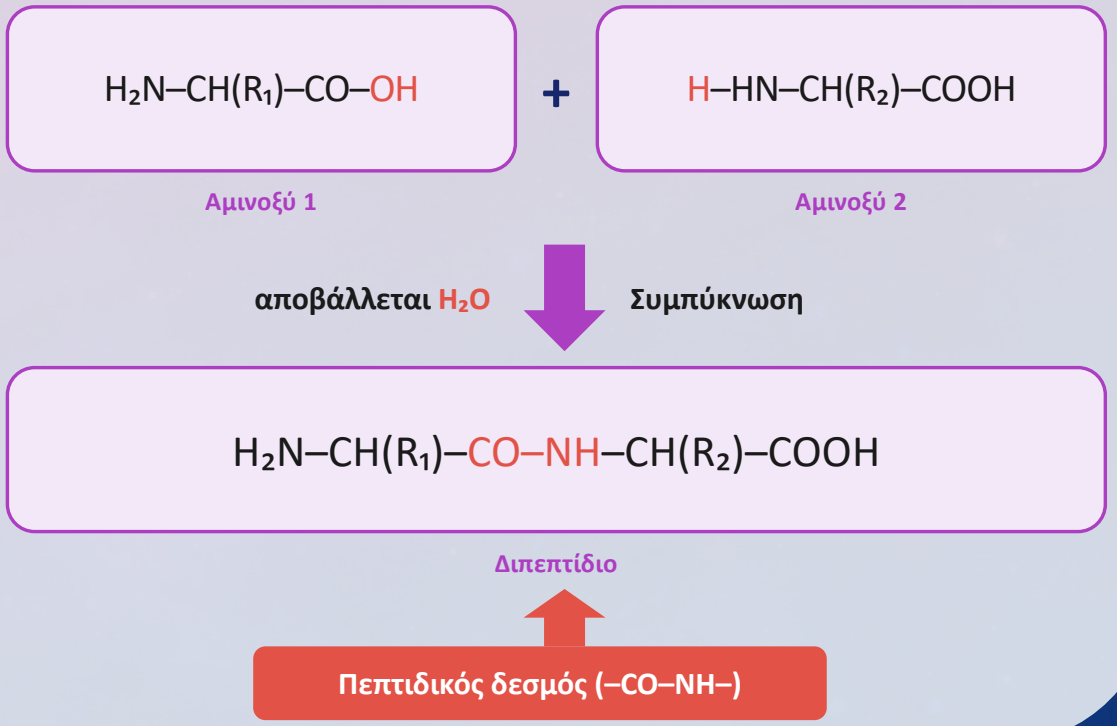
Κιτρουλλίνη
ενδιάμεσο του κύκλου της ουρίας

GABA (γ-αμινοβουτυρικό οξύ)
νευροδιαβιβαστής στον εγκέφαλο

Πεπτιδικοί δεσμοί και οργάνωση

- Συμπύκνωση: η καρβοξυλομάδα (–COOH) ενός αμινοξέος ενώνεται με την αμινομάδα ($–NH_2$) του άλλου, με αφαίρεση ενός μορίου νερού.
- Δύο αμινοξέα → διπεπτίδιο. Τρία → τριπεπτίδιο, κ.ο.κ.
- Πάνω από 50 αμινοξέα → πολυπεπτίδιο.
- Σε κάθε θέση της αλυσίδας μπορεί να μπει οποιοδήποτε από τα 20 αμινοξέα.

Σχηματισμός πεπτιδικού δεσμού

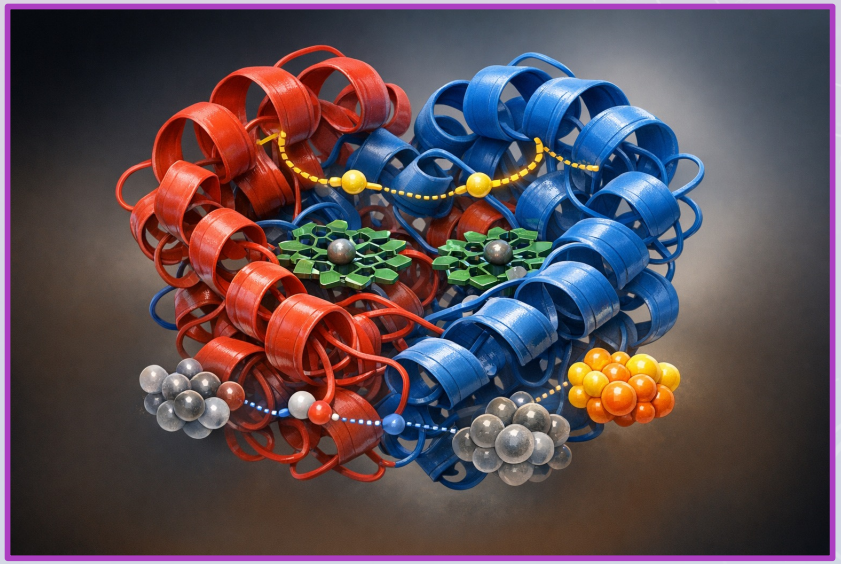


Οργάνωση των πρωτεϊνικών μορίων

Ένα πολυπεπτίδιο, αμέσως μετά τη σύνθεσή του, δεν είναι συνήθως ικανό να εκδηλώσει το βιολογικό του ρόλο.

Η ικανότητα αυτή αποκτάται, όταν η πολυπεπτιδική αλυσίδα πάρει την **τελική διαμόρφωσή της στο χώρο**.

Όπως φαίνεται και στην επόμενη εικόνα, στα πρωτεϊνικά μόρια διακρίνουμε **τέσσερα επίπεδα οργάνωσης**.



Τα επίπεδα οργάνωσης των πρωτεϊνών

1. Το **πρώτο επίπεδο** είναι η πρωτοταγής δομή, δηλαδή η αλληλουχία των αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα.

2. Στο **δεύτερο επίπεδο**, που αποτελεί τη δευτεροταγή δομή της πρωτεΐνης, η πολυπεπτιδική αλυσίδα αναδιπλώνεται και αποκτά είτε ελικοειδή είτε πτυχωτή μορφή.

3. Στο **τρίτο επίπεδο** η πολυπεπτιδική αλυσίδα, πτυχωτή ή ελικοειδής, αναδιπλώνεται στο χώρο, ώστε να αποκτήσει μια καθορισμένη μορφή την τριτοταγή δομή.



Αν η πρωτεΐνη αποτελείται από μία μόνο πολυπεπτιδική αλυσίδα, το τελικό στάδιο της διαμόρφωσής της είναι η **τριτοταγής δομή.**

Πώς αποκτά η πρωτεΐνη τη μορφή της στο χώρο

1 Αλληλουχία αμινοξέων

Η σειρά των αμινοξέων στην αλυσίδα καθορίζει τη μορφή.

2 Αναδίπλωση

Η αλυσίδα διπλώνεται και πλησιάζουν συγκεκριμένες ομάδες R.

3 Δεσμοί μεταξύ R

Αναπτύσσονται χημικοί δεσμοί ανάμεσα στις ομάδες R.

4 Σταθερή μορφή

Οι δεσμοί σταθεροποιούν το μόριο στο χώρο.

Τι καθορίζει τη μορφή;

Η διαμόρφωση του πρωτεϊνικού μορίου στον χώρο καθορίζεται από την **αλληλουχία των αμινοξέων** στην πεπτιδική αλυσίδα και σταθεροποιείται από τους **δεσμούς ανάμεσα στις ομάδες R** των αμινοξέων.

Τι τη σταθεροποιεί;

Κατά την αναδίπλωση του μορίου αναπτύσσονται **χημικοί δεσμοί ανάμεσα σε συγκεκριμένες πλευρικές ομάδες** αμινοξέων. Οι δεσμοί αυτοί **σταθεροποιούν το μόριο στο χώρο.**

Να θυμάσαι: αλληλουχία αμινοξέων → δεσμοί μεταξύ R → σταθερή μορφή στο χώρο

Αν όμως αποτελείται από περισσότερες πολυπεπτιδικές αλυσίδες, το τελικό στάδιο είναι η **τεταρτοταγής δομή,** δηλαδή ο συνδυασμός των επιμέρους πολυπεπτιδικών αλυσίδων σε ένα ενιαίο πρωτεϊνικό μόριο.
Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αιμοσφαιρίνη, η οποία συντίθεται από τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες ανά δύο ίδιες.



Πώς συνδέονται οι υπομονάδες;

- Κάθε υπομονάδα είναι μια **πολυπεπτιδική αλυσίδα** που έχει ήδη διπλωθεί στην τριτοταγή της δομή.
- Οι υπομονάδες ενώνονται μεταξύ τους με **ασθενείς δεσμούς** (π.χ. δεσμούς υδρογόνου, ιοντικούς, υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις) ανάμεσα στις **πλευρικές ομάδες R** των αμινοξέων που έρχονται σε επαφή.
- Δεν ενώνονται με πεπτιδικούς δεσμούς· αυτοί υπάρχουν μόνο μέσα σε κάθε αλυσίδα.

Γιατί μια υπομονάδα δεν είναι πρωτεΐνη;

- Μία υπομονάδα είναι **μόνο ένα τμήμα** του πρωτεϊνικού μορίου, όχι το ολοκληρωμένο μόριο.
- Η πρωτεΐνη με τεταρτοταγή δομή είναι ο **συνδυασμός όλων των υπομονάδων** σε ένα ενιαίο μόριο· μόνο έτσι αποκτά την τελική μορφή και τη λειτουργία της.
- Παράδειγμα: η αιμοσφαιρίνη λειτουργεί ως σύνολο τεσσάρων αλυσίδων, όχι η κάθε αλυσίδα μόνη της.

Αν μας δώσουν, όσες φορές χρειαστούμε, δυο είδη αμινοξέων, την αλανίνη (Α) και τη σερίνη (Σ), και μας θέσουν το ερώτημα: πόσα διαφορετικά τριπεπτίδια μπορούμε να φτιάξουμε χρησιμοποιώντας κάθε είδος αμινοξέος από καμιά ως τρεις φορές: Πώς θα το υπολογίσουμε;

Ένας απλός τρόπος να απαντήσουμε στο ερώτημα, χωρίς να μπερδευτούμε από τους ποικίλους συνδυασμούς, είναι να σκεφτούμε ότι κάθε θέση τριπεπτιδίου (1π, 2π, 3π) μπορεί να καταλαμβάνεται από οποιοδήποτε από τα 2 είδη αμινοξέων. Έτσι μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα σύστημα διακλάδωσης, από το οποίο να προκύπτουν όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί. Παρατηρούμε ότι προκύπτουν 8, δηλαδή 23 διαφορετικοί συνδυασμοί.
Συνεπώς, αν αντί για 2 είχες 20 διαφορετικά αμινοξέα που μετέχουν στις πρωτεΐνες και το πολυπεπτίδιο είχε, για παράδειγμα, 100 αμινοξέα, οι πιθανοί συνδυασμοί θα ήταν 20^{100}

Δοχείο με 2 είδη χαντρών



Α αλανίνη Σ σερίνη

Τριπεπτίδιο: 3 θέσεις, 2 επιλογές σε κάθε θέση

Α Α Α	Σ Α Α
Α Α Σ	Σ Α Σ
Α Σ Α	Σ Σ Α
Α Σ Σ	Σ Σ Σ

$2 \times 2 \times 2 = 2^3 = 8$ συνδυασμοί

Νόμοι της συνδυαστικής: πότε χρησιμοποιούνται

1 Αρχή γινομένου

$$\nu_1 \cdot \nu_2 \cdot \ldots \cdot \nu\kappa$$

(κ βήματα)

Όταν κάτι γίνεται σε διαδοχικά βήματα: ν_1 τρόποι για το 1ο, ν_2 για το 2ο… Π.χ. 3 πουκάμισα × 2 παντελόνια = 6 ντυσίματα.

2 Παραγοντικό & μεταθέσεις

$$\nu! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \ldots \cdot \nu$$

$$0! = 1$$

Για να βάλουμε ν διαφορετικά αντικείμενα σε σειρά: ν! τρόποι. Π.χ. 4 άτομα σε σειρά: 4! = 24 τρόποι.

3 Διατάξεις των ν ανά μ

$$\Delta(\nu, \mu) = \nu! / (\nu - \mu)!$$

Επιλέγουμε μ από ν αντικείμενα και η σειρά μετράει. Π.χ. 1ος και 2ος από 5 υποψήφιους: 5!/3! = 20.

4 Συνδυασμοί των ν ανά μ

$$C(\nu, \mu) = \nu! / (\mu! \cdot (\nu - \mu)!)$$

Επιλέγουμε μ από ν αντικείμενα και η σειρά δεν μετράει. Π.χ. επιτροπή 2 από 5: 5!/(2!·3!) = 10.

Να θυμάσαι: η σειρά μετράει → Διατάξεις · η σειρά δεν μετράει → Συνδυασμοί

$C(\nu, 0) = C(\nu, \nu) = 1$ και $C(\nu, \mu) = C(\nu, \nu - \mu)$

Ας σκεφτούμε...

ΑΣ ΣΚΕΦΤΟΥΜΕ...

Ένα τετραπεπτίδιο αποτελείται από τα αμινοξέα αλανίνη (Α), βαλίνη (Β), ισολευκίνη (Ι) και γλυκίνη (Γ). Πόσες και ποιες είναι οι δυνατές πρωτοταγείς δομές του;

Πώς το υπολογίζουμε;

Κάθε αμινοξύ μπαίνει μία φορά, άρα σε κάθε επόμενη θέση έχουμε μία επιλογή λιγότερη.

4	3	2	1
1η θέση	2η θέση	3η θέση	4η θέση

$$4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 4! = 24$$

Οι 24 δυνατές πρωτοταγείς δομές

Αρχίζουν με Α	Αρχίζουν με Β	Αρχίζουν με Ι	Αρχίζουν με Γ
ΑΒΙΓ	ΒΑΙΓ	ΙΑΒΓ	ΓΑΒΙ
ΑΒΓΙ	ΒΑΓΙ	ΙΑΓΒ	ΓΑΙΒ
ΑΙΒΓ	ΒΙΑΓ	ΙΒΑΓ	ΓΒΑΙ
ΑΙΓΒ	ΒΙΓΑ	ΙΒΓΑ	ΓΒΙΑ
ΑΓΒΙ	ΒΓΑΙ	ΙΓΑΒ	ΓΙΑΒ
ΑΓΙΒ	ΒΓΙΑ	ΙΓΒΑ	ΓΙΒΑ

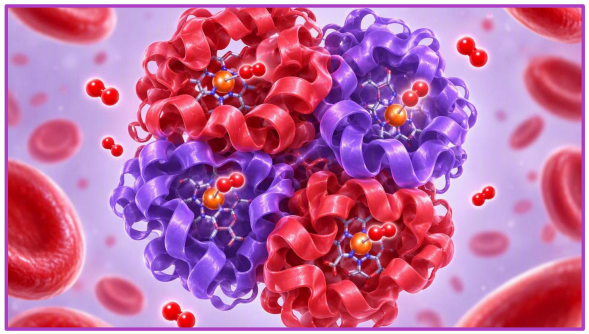
Α αλανίνη Β βαλίνη Ι ισολευκίνη Γ γλυκίνη

Απάντηση: 4! = 24 δυνατές πρωτοταγείς δομές

Τα ίδια 4 αμινοξέα σε διαφορετική σειρά δίνουν διαφορετικό τετραπεπτίδιο.

Η δομή των πρωτεϊνικών μορίων καθορίζει τη λειτουργία τους

Σύμφωνα με τους μετριοπαθέστερους υπολογισμούς, στο ανθρώπινο σώμα υπάρχουν περισσότερες από 30.000 διαφορετικές πρωτεΐνες. Καθεμιά από αυτές εμφανίζει έναν ιδιαίτερο βιολογικό ρόλο.



Αιμοσφαιρίνη

Μεταφορά οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα

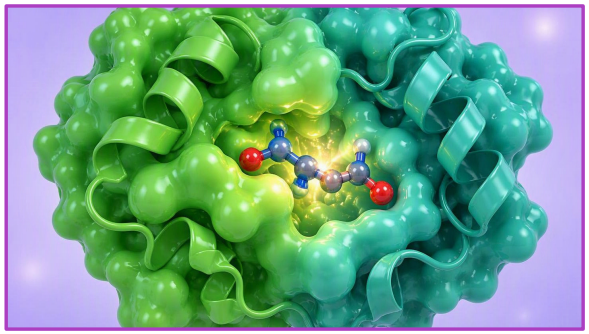
Η αιμοσφαιρίνη, για παράδειγμα, είναι επιφορτισμένη με τη μεταφορά του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα.



Κολλαγόνο

Δομική πρωτεΐνη ιστών

Το κολλαγόνο είναι δομική πρωτεΐνη ιστών (π.χ. του συνδετικού ιστού).



Ένζυμα

Επιτάχυνση των αντιδράσεων του κυττάρου

Τα ένζυμα επιταχύνουν τις αντιδράσεις που γίνονται μέσα στο κύτταρο.

Οι πρωτεΐνες: τα «μοριακά εργαλεία» της ζωής

Από την ποικιλία των διαφορετικών λειτουργιών που κάνουν οι πρωτεΐνες μπορούμε να αντιληφθούμε τη **μεγάλη σημασία** τους για τα βιολογικά φαινόμενα.

Ο **μεταβολισμός**, ο **πολλαπλασιασμός** και όλες οι άλλες λειτουργίες των κυττάρων, και κατ' επέκταση των οργανισμών, στηρίζονται στη δράση των εκπληκτικών αυτών **«μοριακών εργαλείων».**

Το κύτταρο είναι ζωντανό μόνο όταν έχει τις πρωτεΐνες που χρειάζεται...

1 Τις σωστές πρωτεΐνες

Κάθε λειτουργία έχει τη δική της πρωτεΐνη (ένζυμο, μεταφορέας, δομική πρωτεΐνη). Αν λείπει η κατάλληλη, η λειτουργία σταματά.

2 Στην ποσότητα που χρειάζεται

Η ανεπάρκεια δεν αρκεί για τη λειτουργία, ενώ η περίσσεια σπαταλά ενέργεια και υλικά και διαταράσσει την ισορροπία του κυττάρου.

3 Τη στιγμή που τις χρειάζεται

Οι ανάγκες αλλάζουν συνεχώς, γι' αυτό το κύτταρο παράγει ή ενεργοποιεί κάθε πρωτεΐνη ακριβώς όταν χρειάζεται.

Να θυμάσαι: σωστή πρωτεΐνη + σωστή ποσότητα + σωστή στιγμή = ζωντανό κύτταρο

Οι πιο χαρακτηριστικοί ρόλοι των πρωτεϊνών στα κύτταρα

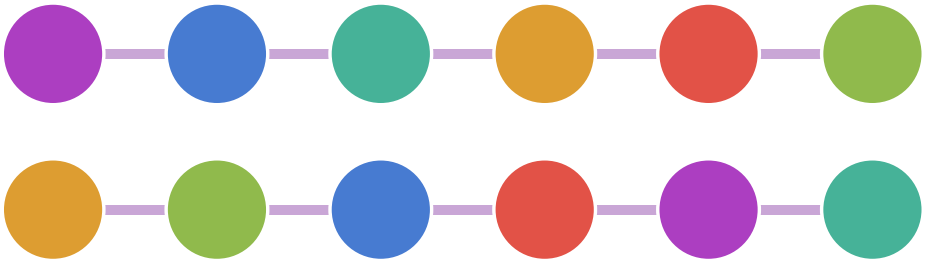
Ρόλος	Παράδειγμα	Τι κάνει
Δομικός	Κολλαγόνο, κερατίνη	Στηρίζουν και δίνουν μορφή σε κύτταρα και ιστούς
Καταλυτικός (ένζυμα)	Αμυλάση, DNA πολυμεράση	Επιταχύνουν τις βιοχημικές αντιδράσεις
Μεταφορικός	Αιμοσφαιρίνη	Μεταφέρει οξυγόνο στο αίμα
Κινητικός	Ακτίνη, μυοσίνη	Προκαλούν τη μυϊκή συστολή και την κίνηση
Αμυντικός	Αντισώματα	Αναγνωρίζουν και εξουδετερώνουν ξένους παράγοντες
Ρυθμιστικός (ορμόνες)	Ινσουλίνη	Ρυθμίζει τη στάθμη της γλυκόζης στο αίμα

Γιατί οι πρωτεΐνες έχουν τόσο διαφορετικές λειτουργίες;

Είναι δικαιολογημένο να αναρωτιόμαστε πώς είναι δυνατό **μόρια φτιαγμένα από τα ίδια είδη αμινοξέων** να παρουσιάζουν **τόσο διαφορετικές λειτουργίες.**

Πρωτεΐνη 1

Πρωτεΐνη 2



Τα ίδια 6 είδη αμινοξέων, σε διαφορετική σειρά

Τι τις διαφοροποιεί; Η διαφορετική **αλληλουχία των αμινοξέων**, δηλαδή η διαφορετική **πρωτοταγής δομή**, σε συνδυασμό με τις διαφορετικές **ομάδες R**.

Να θυμάσαι: ίδια αμινοξέα → διαφορετική σειρά → διαφορετική πρωτεΐνη

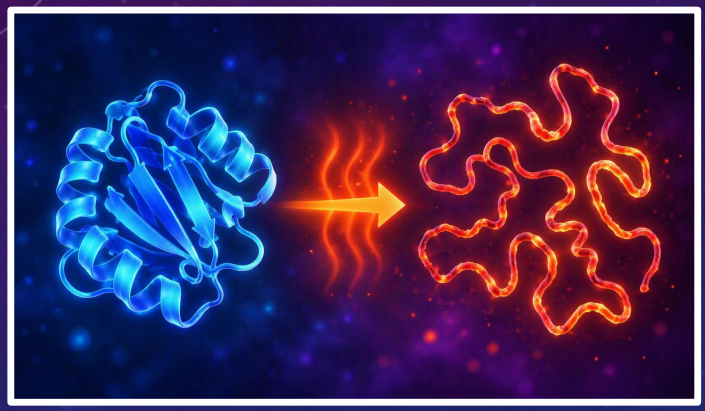
Από την αλληλουχία στη διαφορετική λειτουργία

1	**Διαφορετική αλληλουχία**	Όταν η σειρά των αμινοξέων είναι διαφορετική, η δυνατότητα να σχηματιστούν δεσμοί ανάμεσα στις πλευρικές ομάδες βρίσκεται σε διαφορετικά σημεία της πεπτιδικής αλυσίδας.
2	**Διαφορετική αναδίπλωση**	Οι δεσμοί μεταξύ των ομάδων R αναπτύσσονται σε άλλα σημεία, οπότε το μόριο διπλώνεται με διαφορετικό τρόπο.
3	**Διαφορετική δευτεροταγής και τριτοταγής δομή**	Η διαφορετική αναδίπλωση σημαίνει διαφορετική δευτεροταγή και τριτοταγή δομή.
4	**Διαφορετική διαμόρφωση στο χώρο**	Κάθε πρωτεΐνη αποκτά τη δική της τρισδιάστατη μορφή και, επομένως, τη δική της λειτουργία.

Να θυμάσαι: άλλη σειρά αμινοξέων → άλλοι δεσμοί R → άλλη μορφή → άλλη λειτουργία

Μετουσίωση των πρωτεϊνών

Η τρισδιάστατη δομή μιας πρωτεΐνης **καθορίζει τη λειτουργία** που αυτή εκτελεί. Αυτό φαίνεται από τις συνέπειες της έκθεσής της σε **ακραίες τιμές θερμοκρασίας ή pH**. Τότε η πρωτεΐνη υφίσταται αυτό που ονομάζουμε **μετουσίωση**.



1 Ακραίες συνθήκες

Έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία ή ακραίες τιμές pH.

2 Σπάζουν οι δεσμοί

Διασπώνται οι δεσμοί μεταξύ των πλευρικών ομάδων.

3 Χάνεται η δομή

Καταστρέφεται η τρισδιάστατη δομή της πρωτεΐνης.

4 Χάνεται η λειτουργία

Η πρωτεΐνη χάνει τη λειτουργικότητά της.

Σπάζουν δηλαδή οι δεσμοί που έχουν αναπτυχθεί μεταξύ των πλευρικών ομάδων, καταστρέφεται η τρισδιάστατη δομή της και η πρωτεΐνη χάνει τη λειτουργικότητά της.

Παράδειγμα: το ασπράδι του αβγού



Χαρακτηριστικό παράδειγμα

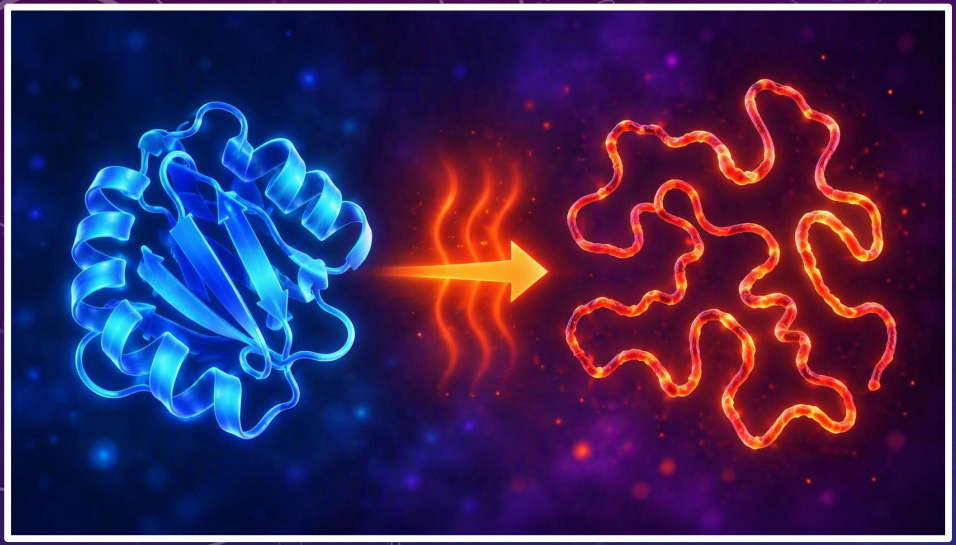
Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αλλαγή της υφής του ασπραδιού του αβγού κατά τη θέρμανση. Από **διαυγές διάλυμα πρωτεϊνικών μορίων**, γίνεται **λευκό, αδιαφανές και συμπαγές**.

Πριν τη θέρμανση
Διαυγές διάλυμα πρωτεϊνικών μορίων

Μετά τη θέρμανση
Λευκό, αδιαφανές και συμπαγές

Να θυμάσαι: θέρμανση ή ακραίο pH → μετουσίωση → χάνεται η δομή και η λειτουργία

Γιατί αλλάζει το ασπράδι;



Η εξήγηση

Αυτό οφείλεται στο ότι η πρωτεΐνη που περιέχει (**αλβουμίνη**) **μετουσιώνεται**. Σ' αυτή την κατάσταση είναι εμφανές ότι **δεν μπορεί να επιτελέσει πλέον τη λειτουργία** για την οποία υπάρχει ως συστατικό του αβγού.

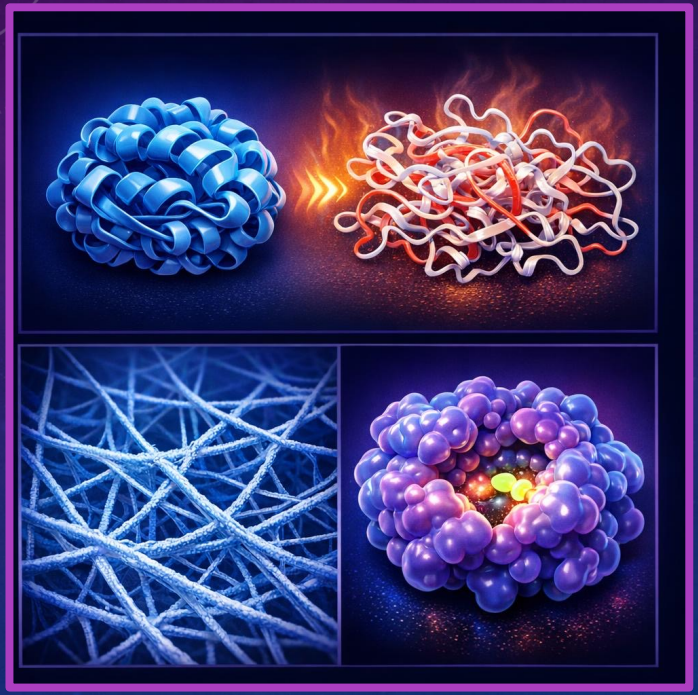
Φυσική αλβουμίνη
Έχει την τρισδιάστατη δομή της

Μετουσιωμένη αλβουμίνη
Δεν επιτελεί πλέον τη λειτουργία της

Να θυμάσαι: θέρμανση → μετουσίωση της αλβουμίνης → χάνεται η λειτουργία της στο αβγό

Μετουσίωση πρωτεϊνών και κατηγορίες πρωτεϊνών

Οι πρωτεΐνες, με κριτήριο τη λειτουργία τους, διακρίνονται σε δύο ευρύτερες κατηγορίες. Τις **δομικές**, που αποτελούν δομικά συστατικά των κυττάρων και κατ' επέκταση των οργανισμών, και τις **λειτουργικές**, που συμβάλλουν στις διάφορες λειτουργίες.



Δομικές πρωτεΐνες

Αποτελούν δομικά συστατικά των κυττάρων και των οργανισμών, π.χ. το κολλαγόνο.

Λειτουργικές πρωτεΐνες

Συμβάλλουν στις διάφορες λειτουργίες των κυττάρων, π.χ. τα ένζυμα.

Να θυμάσαι: μετουσίωση = χάνεται η τρισδιάστατη δομή → χάνεται η λειτουργία

Ο ιστός της αράχνης: πρωτεΐνη με απίστευτη αντοχή



Από τι αποτελείται και πόσο αντέχει

- Το νήμα αποτελείται από ινώδεις πρωτεΐνες, τις **μεταξίνες** (σπιντροΐνες).
- Ανά βάρος είναι **πιο ανθεκτικό από το ατσάλι**, και συγχρόνως **ελαστικό**: τεντώνεται πολύ χωρίς να σπάσει.
- Περιοχές πλούσιες σε αλανίνη το κάνουν σταθερό, περιοχές πλούσιες σε γλυκίνη το κάνουν ελαστικό.

Χρήσεις σήμερα

- **Ιατρική:** χειρουργικά ράμματα, τεχνητοί τένοντες και επίδεσμοι για τραύματα. Η μεταξίνη είναι βιοσυμβατή και διασπάται στον οργανισμό.
- **Υλικά:** ελαφριά υφάσματα και αλεξίσφαιρα υλικά, που μελετώνται ή δοκιμάζονται.
- **Παραγωγή:** οι αράχνες δεν εκτρέφονται εύκολα, γι' αυτό η πρωτεΐνη παράγεται από βακτήρια ή ζύμες με γενετική τροποποίηση.

Να θυμάσαι: η σειρά των αμινοξέων και οι δεσμοί ανάμεσα στις ομάδες R καθορίζουν τη δομή και, άρα, την αντοχή της πρωτεΐνης.

Γιατί τα σγουρά μαλλιά ισιώνουν με την ισιωτική και ξανακατσαρώνουν με την υγρασία;



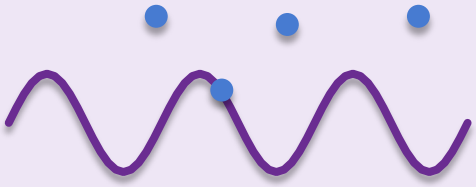
1 Σγουρά μαλλιά

Τα μαλλιά αποτελούνται κυρίως από την πρωτεΐνη κερατίνη. Η τρισδιάστατη μορφή της (τριτοταγής δομή) σταθεροποιείται από δεσμούς ανάμεσα στις ομάδες R των αμινοξέων. Στα σγουρά μαλλιά οι δεσμοί αυτοί κρατούν την αλυσίδα καμπυλωμένη.



2 Ισιωτική μηχανή

Η θερμότητα σπάει τους ασθενείς δεσμούς και η αλυσίδα ισιώνει. Καθώς κρυώνει, σχηματίζονται νέοι δεσμοί στην ίσια θέση. Η αλληλουχία των αμινοξέων δεν αλλάζει, αλλάζει μόνο η διαμόρφωση στο χώρο.



3 Υγρασία

Τα μόρια του νερού διασπούν τους προσωρινούς δεσμούς και σχηματίζουν νέους με την κερατίνη. Οι ισχυροί δεσμοί, που η θερμότητα δεν έσπασε, επαναφέρουν την αρχική μορφή και τα μαλλιά γίνονται ξανά κατσαρά.

Συμπέρασμα: η μορφή της πρωτεΐνης καθορίζεται από τους δεσμούς ανάμεσα στις ομάδες R. Αν αλλάξουν οι δεσμοί, αλλάζει το σχήμα, και τα μαλλιά ισιώνουν ή κατσαρώνουν.

Περίληψη

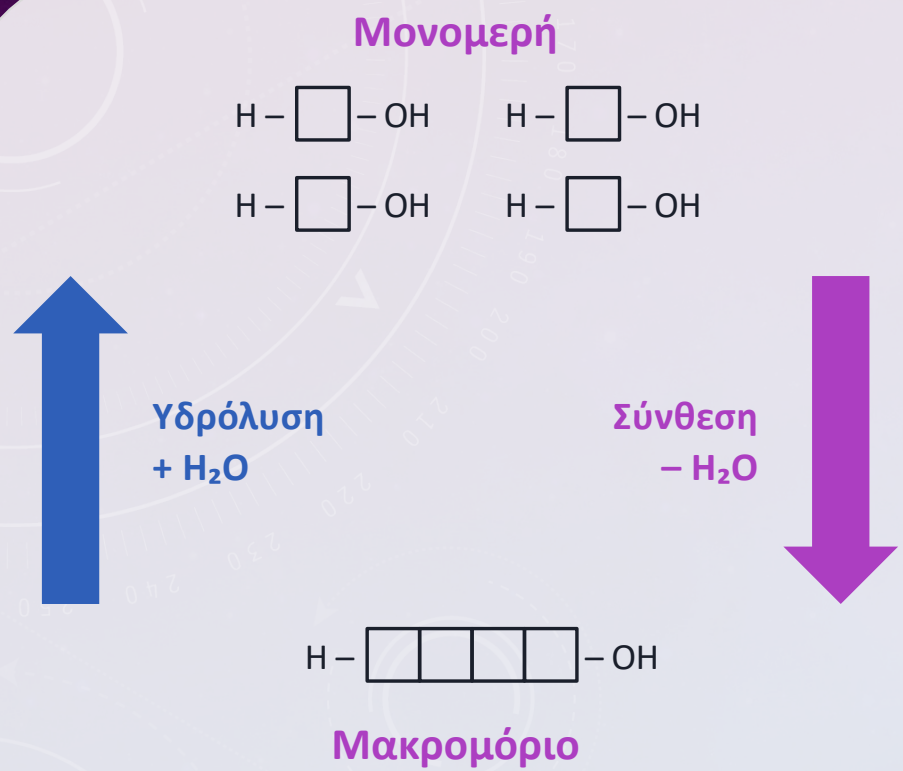
Στους οργανισμούς επικρατούν τα στοιχεία **άνθρακας, υδρογόνο, οξυγόνο και άζωτο**, γιατί αυτά εξασφαλίζουν τη σταθερότητα και ποικιλομορφία στα βιομόρια.

Μέσα στα κύτταρα οι δομικοί λίθοι ενώνονται μεταξύ τους με **ομοιοπολικούς δεσμούς** σχηματίζοντας τα **μακρομόρια**. Τα αμινοξέα ενώνονται μεταξύ τους με **πεπτιδικό δεσμό** σχηματίζοντας τις πρωτεΐνες, που έχουν **δομικό και λειτουργικό ρόλο**.



Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

Συμπλήρωση του διαγράμματος και ερμηνεία



Ερμηνεία

Σύνθεση: τα μονομερή ενώνονται με ομοιοπολικούς δεσμούς και σχηματίζουν το μακρομόριο. Σε κάθε δεσμό αποβάλλεται ένα μόριο H_2O.

Υδρόλυση: το μακρομόριο διασπάται στα μονομερή του. Για τη διάσπαση κάθε δεσμού προστίθεται ένα μόριο H_2O.

Οι δύο διαδικασίες είναι αντίστροφες. Εδώ 4 μονομερή σχηματίζουν 3 δεσμούς και αποβάλλουν 3 μόρια H_2O.

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

Σημειώστε την ένδειξη Σ ή Λ δίπλα σε κάθε πρόταση, ανάλογα εάν το νόημά της είναι σωστό ή λάθος.

στ) Τα μονομερή των πρωτεϊνών είναι τα νουκλεϊκά οξέα. **Λ**

Δικαιολόγηση: τα μονομερή των πρωτεϊνών είναι τα **αμινοξέα**. Τα νουκλεϊκά οξέα είναι άλλη κατηγορία μακρομορίων· τα μονομερή τους είναι τα νουκλεοτίδια.



Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

Σημειώστε Σ (σωστό) ή Λ (λάθος) δίπλα σε κάθε πρόταση.

α) Το DNA είναι πρωτεΐνη. Λ

β) Τα νουκλεοτίδια είναι τα μονομερή των πρωτεϊνών. Λ

γ) Η δομή των πρωτεϊνικών μορίων καθορίζει τη λειτουργία τους. Σ

δ) Το μονομερές των πρωτεϊνών είναι ένα σάκχαρο. Λ

ε) Κάθε αμινοξύ περιέχει στο μόριό του ένα σταθερό τμήμα που ονομάζεται πλευρική ομάδα. Λ

στ) Η έκθεση της πρωτεΐνης σε ακραίες τιμές PH ονομάζεται μετουσίωση. Σ

ζ) Η κατάταξη των πρωτεϊνών σε δομικές και λειτουργικές γίνεται με κριτήριο τη δομή τους. Λ

ι) Οι πολυσακχαρίτες προκύπτουν από την συνένωση πολλών αμινοξέων. Λ

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

Συμπληρώστε τα κενά ώστε οι προτάσεις να αποδίδουν το σωστό νόημα.

1) Αν μία πρωτεΐνη αποτελείται μόνο από μια **πολυπεπτιδική αλυσίδα**, το τελικό στάδιο της διαμόρφωσής της μπορεί να είναι μέχρι και η τριτοταγής δομή.

2) Αν μεταξύ των μακρομορίων αναζητούσες το πιο διαδεδομένο και πολύδιάστατο στη μορφή και τη λειτουργία μόριο, αργά ή γρήγορα θα κατέληγες στις **πρωτεΐνες**.

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

1) Περιγράψτε τα τέσσερα επίπεδα οργάνωσης των πρωτεϊνών.

Πρωτοταγής: η αλληλουχία των αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα, που τα ενώνουν πεπτιδικοί δεσμοί.

Δευτεροταγής: η αναδίπλωση της αλυσίδας σε α-έλικα ή β-πτυχωτή επιφάνεια, με δεσμούς υδρογόνου.

Τριτοταγής: η τρισδιάστατη δίπλωση ολόκληρης της αλυσίδας, με δεσμούς ανάμεσα στις πλευρικές ομάδες των αμινοξέων.

Τεταρτοταγής: η διάταξη περισσότερων πολυπεπτιδικών αλυσίδων σε ένα μόριο (μόνο όπου υπάρχουν πολλές αλυσίδες).

2) Μια πρωτεΐνη χάνει τη λειτουργικότητά της ύστερα από θέρμανση στους 80°C. Πώς χαρακτηρίζεται το σχετικό φαινόμενο και πού οφείλεται;

Απάντηση: Το φαινόμενο ονομάζεται **μετουσίωση**. Η υψηλή θερμοκρασία διασπά τους ασθενείς δεσμούς που σταθεροποιούν τη δευτεροταγή, την τριτοταγή και την τεταρτοταγή δομή, οπότε αλλάζει η τρισδιάστατη διαμόρφωση της πρωτεΐνης και χάνεται η λειτουργικότητά της. Η πρωτοταγής δομή δεν επηρεάζεται, γιατί οι πεπτιδικοί δεσμοί δεν σπάνε.

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

1) Δικαιολογήστε γιατί είναι σημαντικός ο ρόλος της πλευρικής ομάδας (R) των αμινοξέων.

Απάντηση: Η πλευρική ομάδα είναι το μόνο τμήμα που διαφέρει από αμινοξύ σε αμινοξύ και δίνει σε κάθε ένα από τα 20 αμινοξέα τις δικές του ιδιότητες. Οι δεσμοί που αναπτύσσονται μεταξύ των πλευρικών ομάδων καθορίζουν την τριτοταγή δομή, άρα την τρισδιάστατη διαμόρφωση και τη λειτουργία της πρωτεΐνης.

2) Μια πρωτεΐνη έχει μοριακό βάρος 34.000 και αποτελείται από τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες, που είναι ανά δύο όμοιες. Αν η μία από αυτές έχει μοριακό βάρος 9.000 και το μέσο μοριακό βάρος των αμινοξέων είναι 100, να βρείτε τον αριθμό των αμινοξέων κάθε πολυπεπτιδικής αλυσίδας. (Να μην ληφθεί υπόψη η αφαίρεση μορίων νερού.)

Λύση: Αν x το μοριακό βάρος των δύο άλλων (όμοιων) αλυσίδων: $2 \cdot 9.000 + 2 \cdot x = 34.000 \rightarrow 2x = 16.000 \rightarrow$ **$x = 8.000$**.

Απάντηση: Το πρώτο ζεύγος αλυσίδων έχει 9.000 / 100 = **90 αμινοξέα** η καθεμία και το δεύτερο ζεύγος 8.000 / 100 = **80 αμινοξέα** η καθεμία.