



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΤΜΗΜΑ ΔΕΙΦΟΡΙΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ

4^η Εργαστηριακή Άσκηση: Πρωτεΐνες – Απομόνωση πρωτεϊνών

Γαλάνη Αγγελική Χημικός PhD Ε.ΔΙ.Π. - Διονυσοπούλου Εύα Βιολόγος PhD, Ε.ΔΙ.Π.

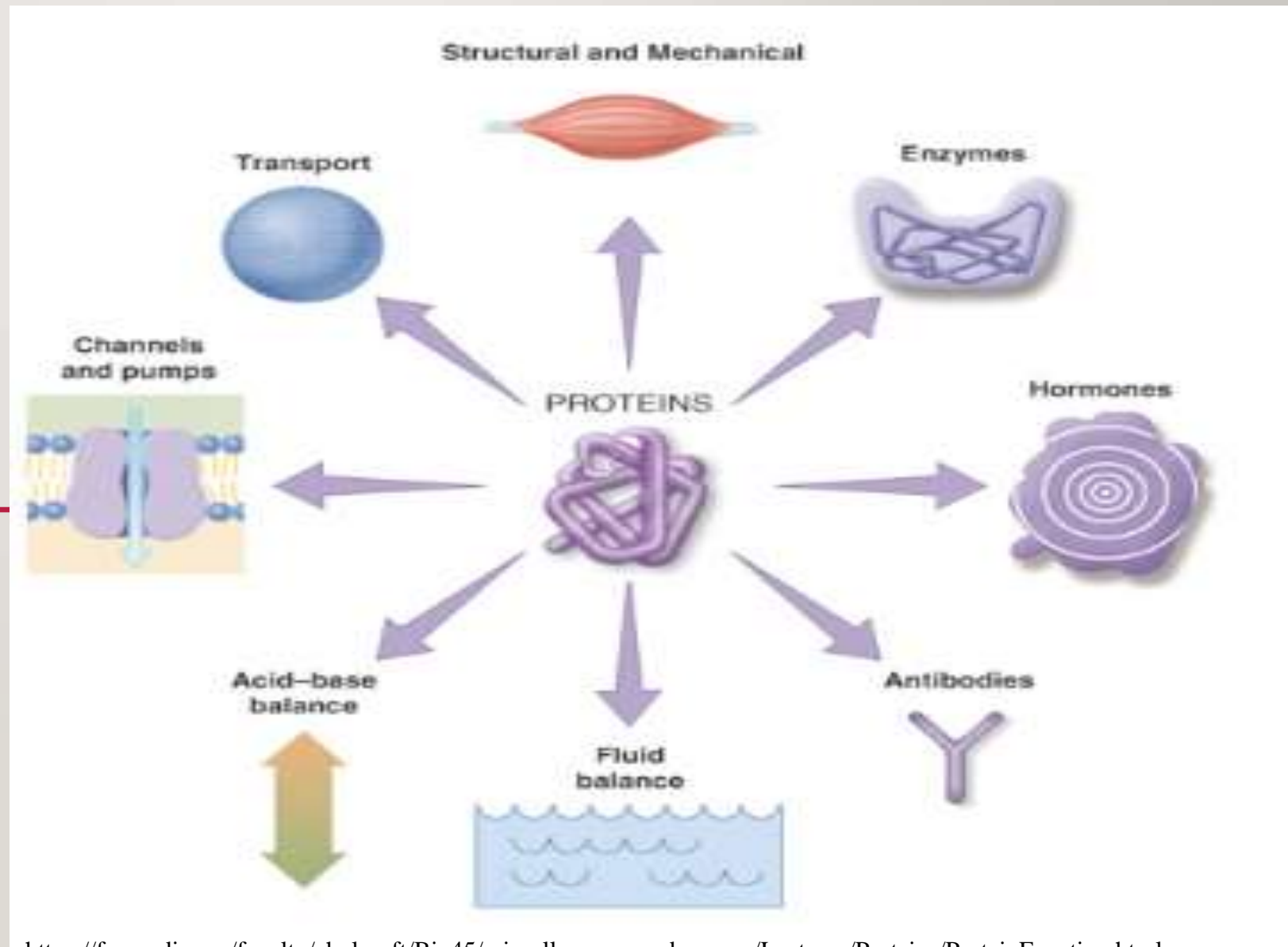
ΕΙΣΑΓΩΓΗ



ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ
Πολυμερή
αποτελούμενα
από εκατοντάδες
ή και χιλιάδες
αμινοξέα
συνδεδεμένα στη
σειρά με
πεπτιδικούς
δεσμούς

- Ποικίλη και άφθονη κατηγορία βιομορίων που αποτελεί πάνω από το 50% του ξηρού βάρους των κυττάρων. Η ποικιλότητα και αφθονία τους αντικατοπτρίζουν τον κεντρικό ρόλο τους σε όλες τις πτυχές της κυτταρικής δομής και λειτουργίας.
- Είναι σχεδιασμένες σύμφωνα με πρότυπο που βασίζεται στη γενετική πληροφορία των κυττάρων, η οποία κωδικοποιείται σε ειδική αλληλουχία νουκλεοτιδικών βάσεων του DNA. Κάθε τέτοιο τμήμα κωδικοποιημένης πληροφορίας, είναι ένα γονίδιο και η έκφραση του γονιδίου οδηγεί στη σύνθεση της ειδικής πρωτεΐνης που κωδικοποιείται από αυτό, δίνοντας στο κύτταρο λειτουργίες που είναι μοναδικές για τη συγκεκριμένη πρωτεΐνη.
- Οι πρωτεΐνες είναι παράγοντες της βιολογικής λειτουργίας.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ



https://fgamedia.org/faculty/cholcroft/Bio45/miscellaneous_web_pages/Lectures/Proteins/ProteinFunction.html

ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

Η ικανότητα των πρωτεϊνών να δεσμεύουν διάφορους προσδέτες, συνδέεται στενά με τη λειτουργία τους και σε αυτή βασίζονται τα περισσότερα συστήματα ταξινόμησης.

- Οι πρωτεΐνες μεταφοράς δεσμεύουν τα προς μεταφορά μόρια δια μέσου των μεμβρανών ή σε όλο το σώμα.
- Τα ένζυμα δεσμεύουν μοναδικά αντιδρώντα για τις αντιδράσεις που καταλύουν.
- Οι ρυθμιστικές πρωτεΐνες είναι γενικά δύο ειδών: 1) αυτές που δεσμεύουν μικρά μόρια που είναι είτε φυσιολογικά είτε περιβαλλοντικά σήματα, όπως οι ορμονικοί υποδοχείς 2) αυτές που συνδέονται με το DNA και ρυθμίζουν τη γονιδιακή έκφραση, όπως οι ενεργοποιητές της μεταγραφής.
- Οι πρωτεΐνες αλληλοεπιδρούν συνήθως μη ομοιοπολικά με τους προσδέτες τους και εμφανίζουν εξειδίκευση.

Λειτουργίες στις οποίες συμμετέχουν οι πρωτεΐνες

➤ Είναι κύριο συστατικό του μυϊκού ιστού

Τα μυοϊνίδια αποτελούνται από

- ✓ μυοσίνη (χοντρές ίνες), ακτίνη και τροπομυοσίνη (λεπτές ίνες)
- ✓ τροπονίνη (αντιδρά με τα ιόντα Ca^{2+} που ρυθμίζουν την μυϊκή συστολή)

➤ Είναι συστατικά των συνδέσμων των οστών: ελαστίνη

➤ Είναι συστατικά του συνδετικού ιστού: κολλαγόνο

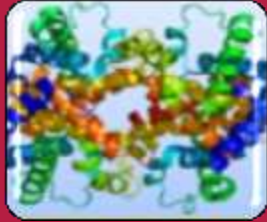
➤ Έχουν ορμονική δράση: ινσουλίνη και γλυκαγόνη. Ρυθμίζουν τη συγκέντρωση της γλυκόζης στο αίμα.

➤ Έχουν μεταφορικό ρόλο: αιμοσφαιρίνη, μυοσφαιρίνη (μεταφορά οξυγόνου, πρόσληψη οξυγόνου).

Λειτουργίες στις οποίες συμμετέχουν οι πρωτεΐνες



- Αμυντικές πρωτεΐνες : αντισώματα
- Έχουν ενζυμική δράση : ριβονουκλεάση.
- Αποθηκευτικός ρόλος: καζεΐνη (αποθήκη Ca), ωαλβουμίνη (πηγή αμινοξέων εμβρύου)
- Στη μεμβράνη των κυττάρων ως πρωτεΐνες υποδοχείς: γλυκοπρωτεΐνες



Ταξινόμηση με βάση το σχήμα και τη διαλυτότητα

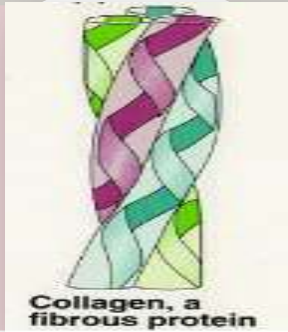
- Ινώδεις
- Σφαιρικές
- Μεμβρανικές



Ταξινόμηση με βάση τη δομή

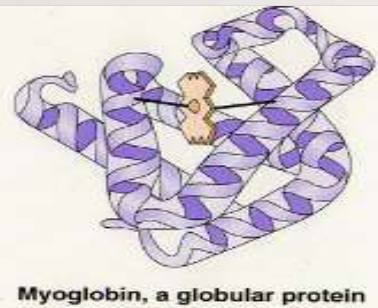
- Απλές (αποτελούνται μόνο από αμινοξέα)
- Σύνθετες (περιλαμβάνουν και μη πρωτεϊνικά τμήματα πχ μέταλλα)

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΣΧΗΜΑ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ



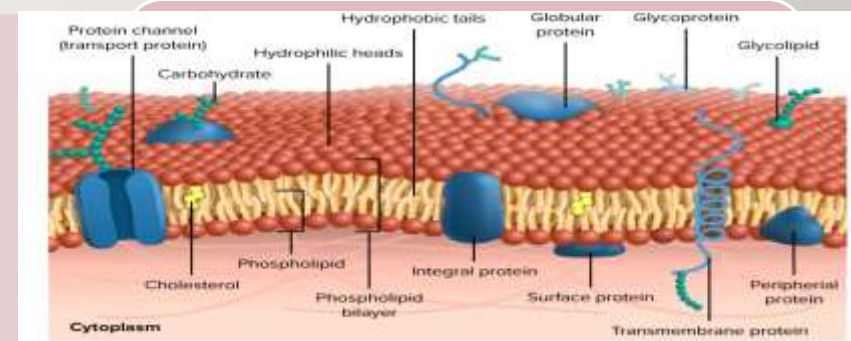
Ινώδεις (Fibrous)

Τείνουν να έχουν σχετικά απλές κανονικές γραμμικές δομές. Ο ρόλος τους στα κύτταρα είναι δομικός. Κατά κανόνα αδιαλυτες στο νερό και σε αραιά διαλύματα άλατος.



Σφαιρικές (Globular)

Έχουν περίπου σφαιρικό σχήμα. Η πολυπεπτιδική αλυσίδα αναδιπλώνεται με τέτοιο τρόπο ώστε οι υδρόφοβες πλευρικές αλυσίδες των αμινοξέων να είναι στο εσωτερικό του μορίου και οι υδρόφιλες πλευρικές προς τον εξωτερικό διαλύτη που είναι το νερό.



Μεμβρανικές (Membrane)

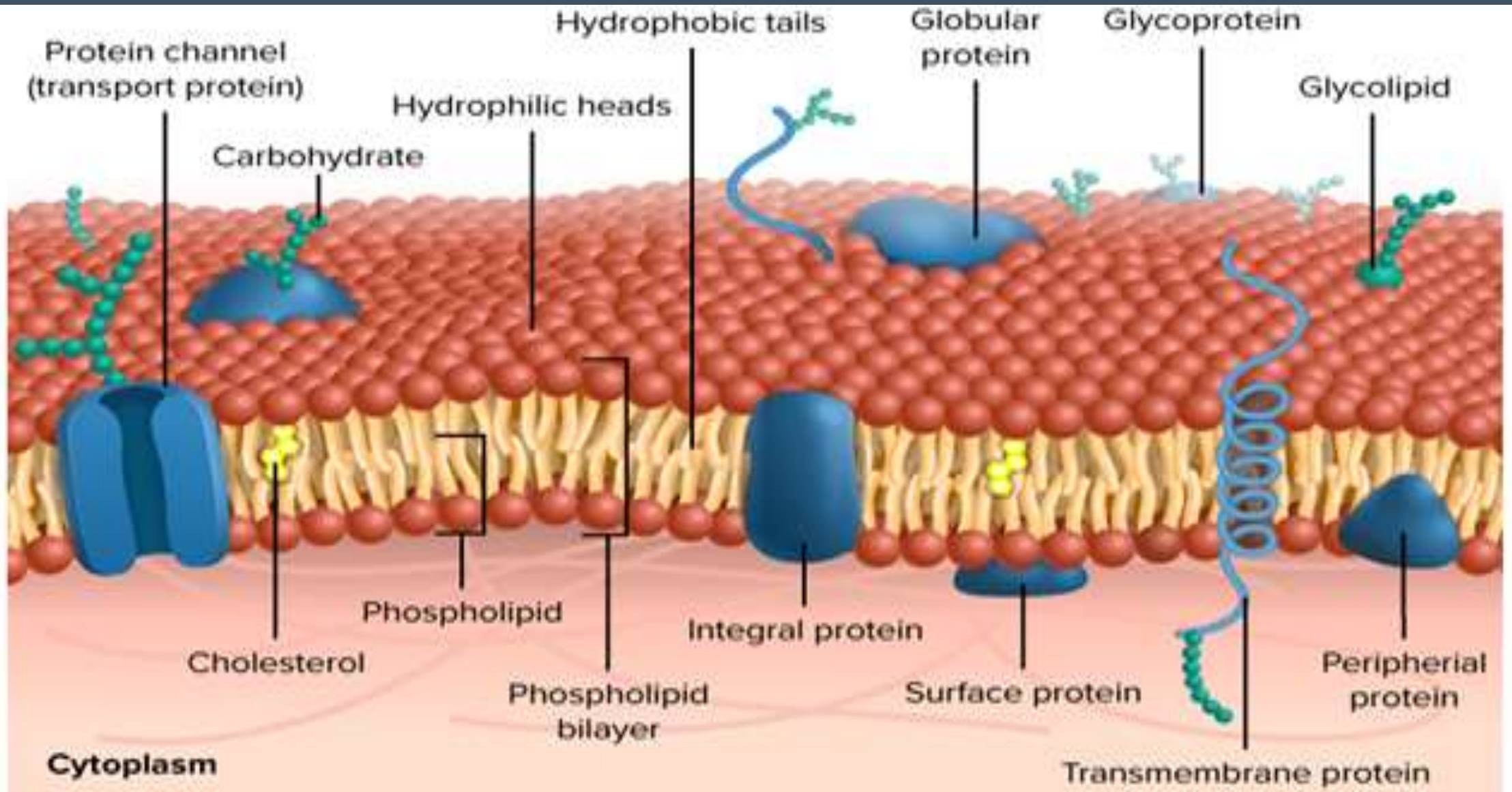
Συνδέονται στα διάφορα μεμβρανικά συστήματα των κυττάρων. Έχουν υδρόφοβες πλευρικές αλυσίδες αμινοξέων προσανατολισμένες προς τα έξω για την αλληλεπίδρασή τους με τη μη πολική φάση των μεμβρανών. Είναι αδιάλυτες σε υδατικά διαλύματα αλλά διαλυτοποιούνται σε διαλύματα απορρυπαντικών.

| Όνομασία | Εμφάνιση και χρησιμότητα |
|---------------------------------------|---|
| Ινώδεις πρωτεΐνες (αδιάλυτες) | |
| Κολλαγόνα | Ζωικά δέρματα, τένοντες, συνεκτικό υλικό ιστών |
| Ελαστίνες | Αιμοφόρα αγγεία, σύνδεσμοι |
| Ινωδογόνο | Απαραίτητο για την πήξη του αίματος |
| Κερατίνες | Δέρμα, μαλλιά, φτερά, οπλές, μετάξι, νύχια |
| Μυοσίνες | Μυϊκός ιστός |
| Σφαιρικές πρωτεΐνες (διαλυτές) | |
| Αιμοσφαιρίνη | Συμμετέχει στη μεταφορά του οξυγόνου |
| Ανοσοσφαιρίνες | Συμμετέχουν στη δράση του ανοσοποιητικού συστήματος |
| Ινσουλίνη | Ορμόνη που ελέγχει το μεταβολισμό της γλυκόζης |
| Ριβονουκλεάση | Ένζυμο που ελέγχει τη σύνθεση των RNA |

John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ Π.Ε.Κ.

| | Fibrous | Globular |
|---------------------|---|---|
| Molecules | Long, thin Lie side by side to form fibres. | Fold into spherical 3-D shape. |
| Examples | - Keratin (in hair) - Collagen (in skin and bone). | - Haemoglobin - Insulin - Enzymes |
| Solubility in water | Insoluble | Soluble |
| Roles | Structural: - Collagen in bone and cartilage - Keratin in fingernails and hair. | Metabolic - Enzymes in all organisms, - Plasma proteins, antibodies in mammals. |

<https://biology4alevel.blogspot.com/2014/08/13-globular-and-fibrous-proteins.html>



ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΔΟΜΗ

Απλές πρωτεΐνες

- Κατά την υδρόλυσή τους δίνουν μόνο αμινοξέα

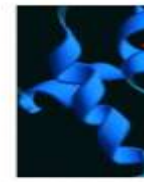
Σύνθετες πρωτεΐνες: Είναι συνδυασμός απλών πρωτεϊνών και ορισμένων άλλων ουσιών, οι οποίες αποτελούν την προσθετική ομάδα

- Φωσφοπρωτεΐνες
- Γλυκοπρωτεΐνες
- Νουκλεοπρωτεΐνες
- Χρωμοπρωτεΐνες
- Λιποπρωτεΐνες
- Φλαβοπρωτεΐνες
- Μεταλλοπρωτεΐνες

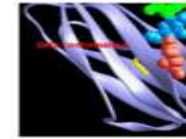
Η δομή μιας πρωτεΐνης περιγράφεται σε τέσσερα επίπεδα οργάνωσης



Πρωτοταγής
Δομή

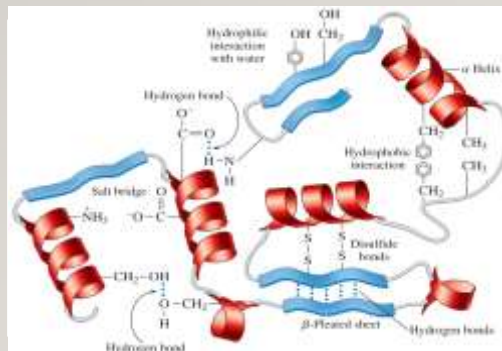


Alpha Helix

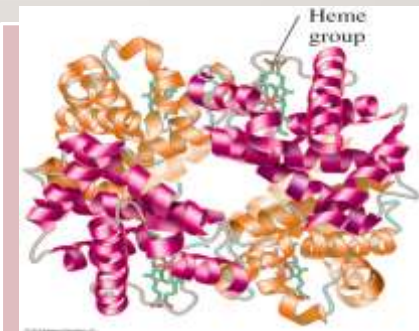


Beta Conformation/
Pleated Sheets

Δευτεροταγής
δομή



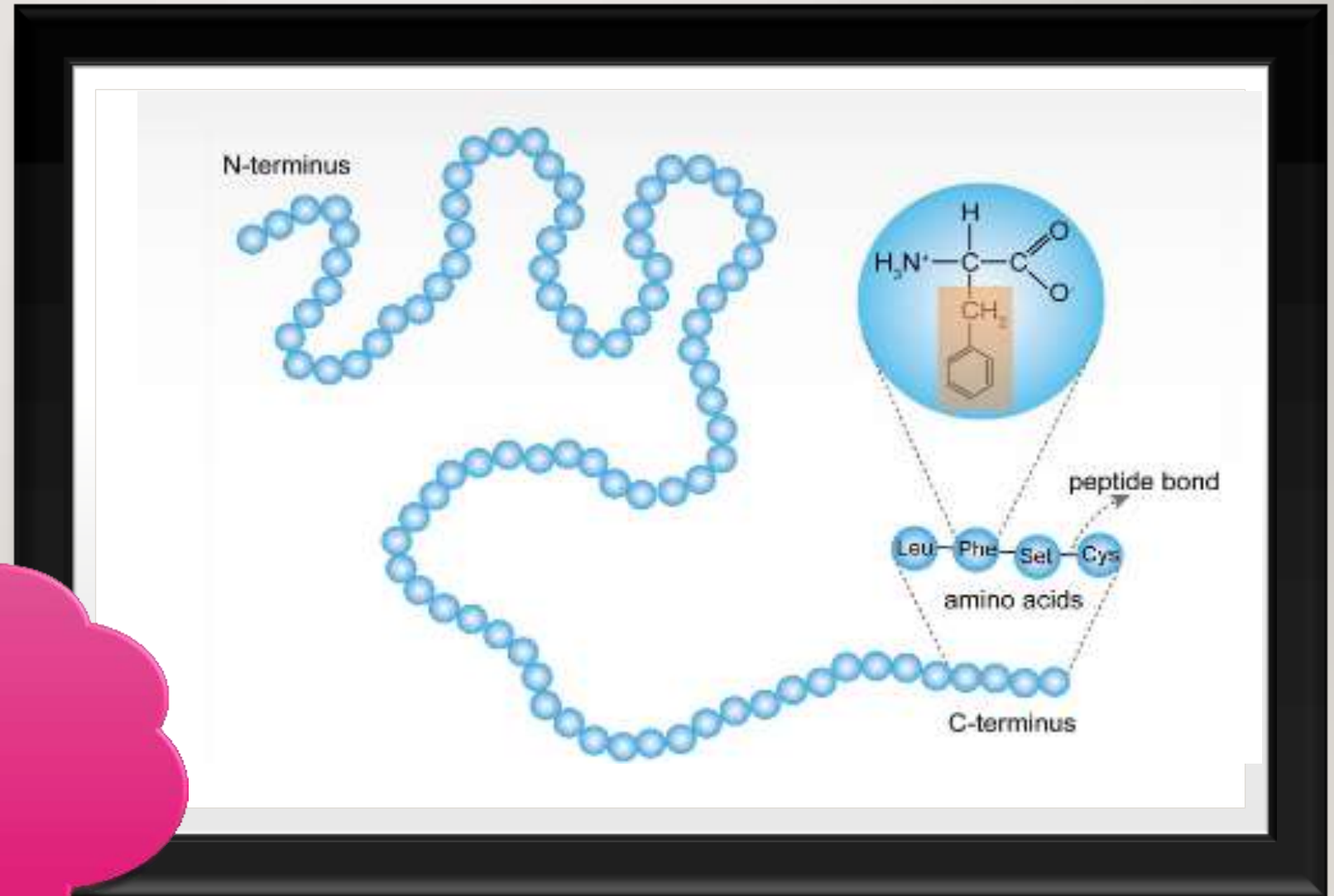
Τριτοταγής
δομή



Τεταρτοταγής
Δομή

Πρωτοταγής δομή Η αλληλουχία των αμινοξέων

Η αλληλουχία
αμινοξέων μιας
πρωτεΐνης είναι το
καθοριστικό
χαρακτηριστικό της.

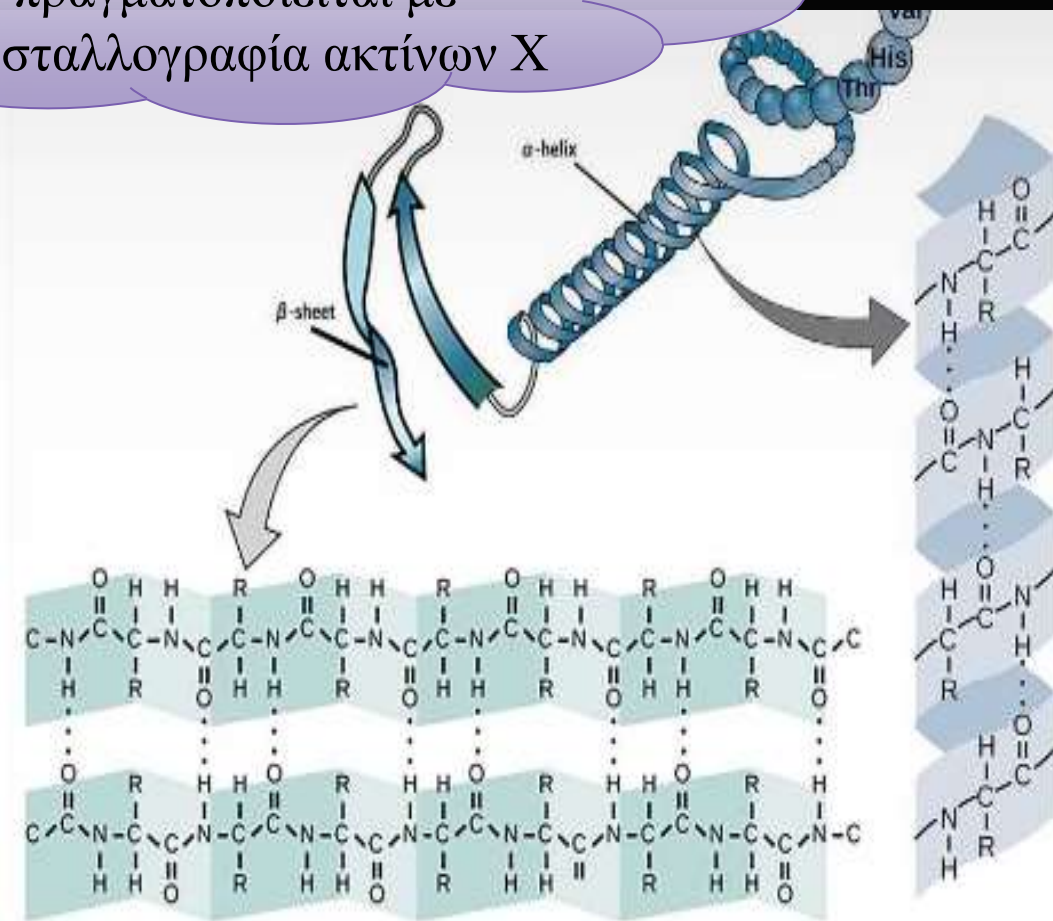


- Η αλληλουχία των αμινοξέων μιας πρωτεΐνης (πρωτοταγής δομή), είναι δυνατόν να προσδιοριστεί με ποικιλία χημικών και ενζυμικών μεθόδων που βασίζονται στην αποικοδόμηση κατά Edman (ισχυρή μέθοδος για σταδιακή απελευθέρωση και διαδοχική ταυτοποίηση των αμινοξέων από το N-άκρο του πεπτιδίου).
- Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί φασματοσκοπία μάζας για τον προσδιορισμό της πρωτοταγούς δομής.
- Μεταλλαγμένη πρωτεΐνη, είναι μια πρωτεΐνη με ελαφρώς διαφορετική αλληλουχία αμινοξέων.

Δευτεροταγής δομή Πρότυπα που προκύπτουν από δεσμούς υδρογόνου

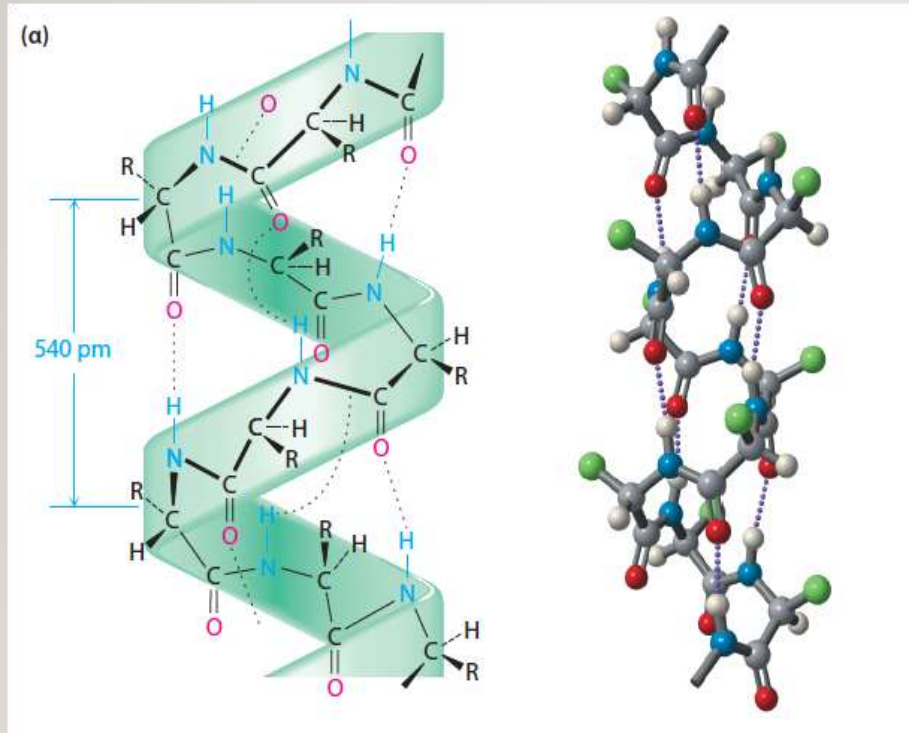
Μέσω αλληλεπιδράσεων δεσμών υδρογόνου μεταξύ των δομικών της μονάδων (υπολειμμάτων αμινοξέων), η πολυπεπτιδική αλυσίδα είναι δυνατόν να διευθετηθεί σε χαρακτηριστικά ελικοειδή ή πτυχωτά τμήματα. Αυτά αποτελούν δομικές διαμορφώσεις που καλούνται κανονικές δομές (regular structures) και εκτείνονται κατά μήκος μιας διάστασης όπως οι σπείρες κάποιου ελατηρίου. Αυτά τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά καλούνται δευτεροταγείς δομές.

Ο προσδιορισμός της πραγματοποιείται με κρυσταλλογραφία ακτίνων X



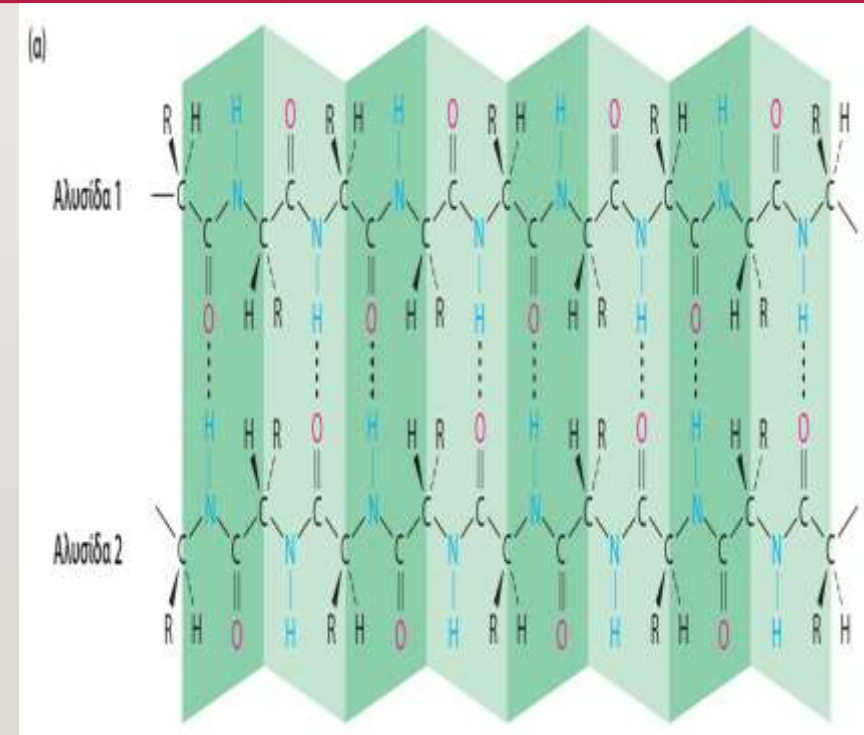
Α-ΕΛΙΚΑ

Σταθεροποιείται με δεσμούς υδρογόνου ανάμεσα σε ομάδες N-H και C=O που απέχουν κατά 4 αμινοξέα.



Β- ΠΤΥΧΩΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

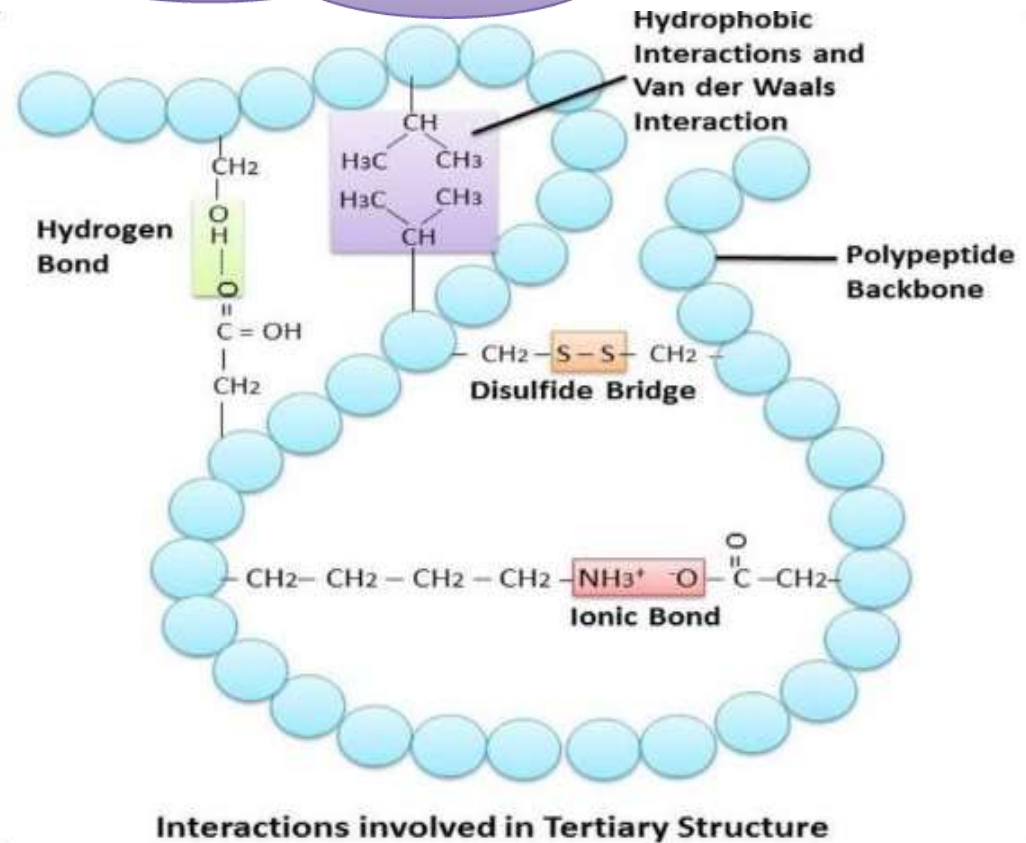
Σταθεροποιείται με δεσμούς υδρογόνου μεταξύ παράλληλων ή αντιπαράλληλων αλυσίδων.



Τριτοταγής δομή-Αναδίπλωση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας στον τρισδιάστατο χώρο

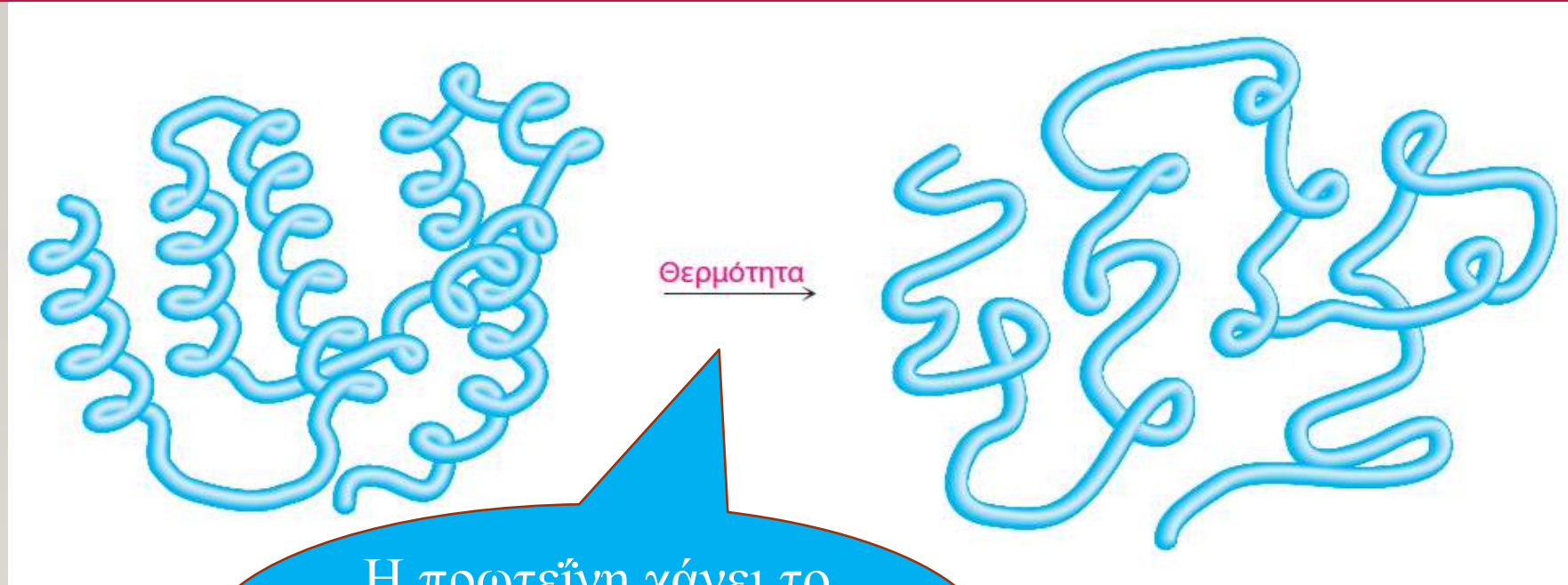
Προκύπτει όταν οι πολυπεπτιδικές αλυσίδες των πρωτεϊνικών μορίων κάμπτονται και διπλώνουν ώστε να αποκτήσουν πιο συμπαγές τρισδιάστατο σχήμα. Λόγω τριτοταγούς δομής οι πρωτεΐνες υιοθετούν σφαιρικό σχήμα. Μια τέτοια διαμόρφωση δίνει χαμηλότερο λόγο επιφάνειας προς όγκο, κάνοντας μικρότερη την αλληλεπίδραση της πρωτεΐνης με το περιβάλλον.

Ο προσδιορισμός της πραγματοποιείται με κρυσταλλογραφία ακτίνων X



ΜΕΤΟΥΣΙΩΣΗ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

Η καταστροφή της τριτοταγούς δομής των πρωτεϊνών

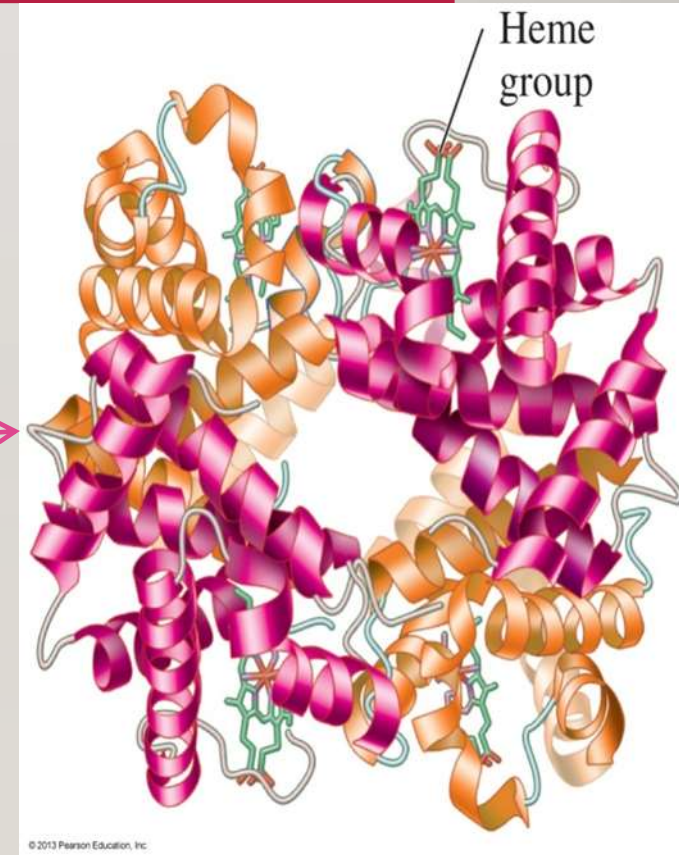


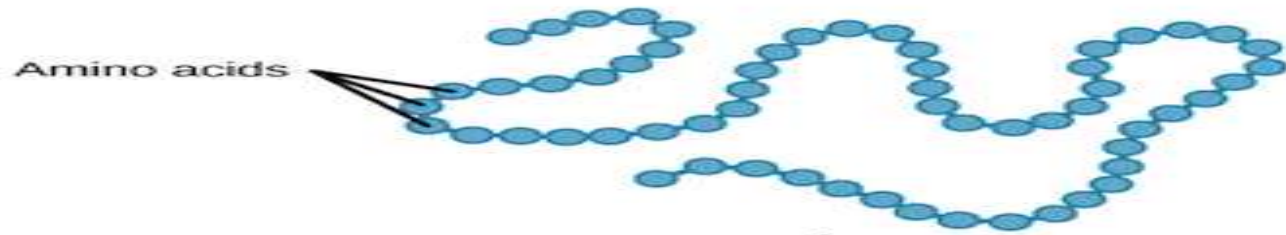
Η πρωτεΐνη χάνει το
σχήμα της και
αναδιπλώνεται τυχαία

Τεταρτοταγής δομή

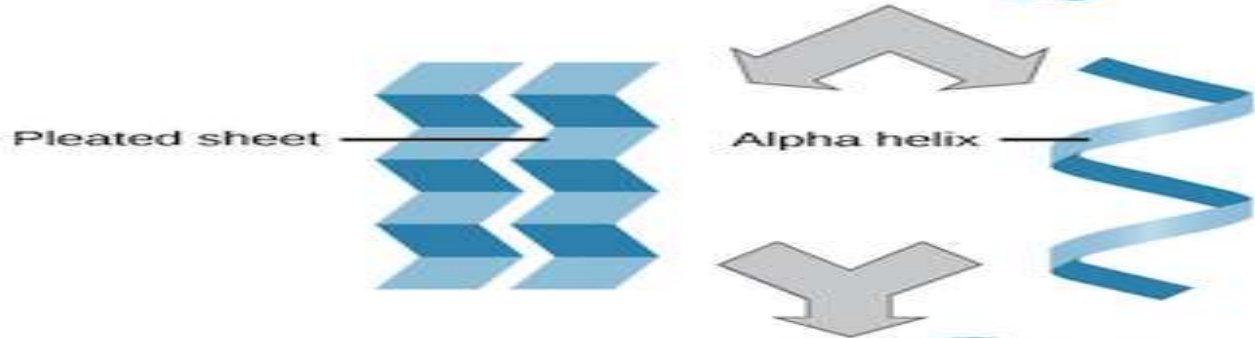
Η οργάνωση των υπομονάδων πολυμερών πρωτεϊνών

- Ίδιες ή και διαφορετικές αναδιπλωμένες πολυπεπτιδικές αλυσίδες, συνενώνονται μεταξύ τους και δίνουν μεγαλύτερα πρωτεϊνικά σύμπλοκα. Το σχήμα που παίρνουν τελικά είναι η τεταρτοταγής δομή της πρωτεΐνης.
- Στην τεταρτοταγή δομή παίζουν ρόλο οι ίδιες δυνάμεις που παίζουν ρόλο και στην τριτοταγή δομή.
- Η αιμοσφαιρίνη αποτελείται από δύο άλφα και δύο βήτα πολυπεπτιδικές αλυσίδες. Η κάθε μία από αυτές συνδέεται με ένα μόριο αίμης, στο οποίο συνδέεται το οξυγόνο για τη μεταφορά του από το αίμα προς τους ιστούς.

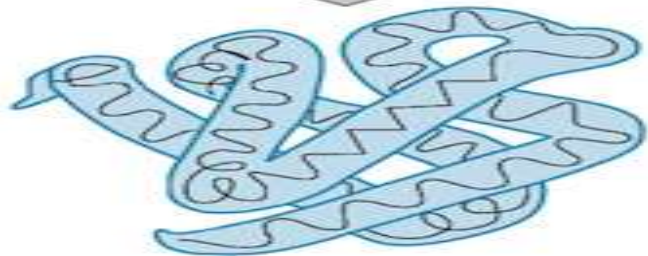




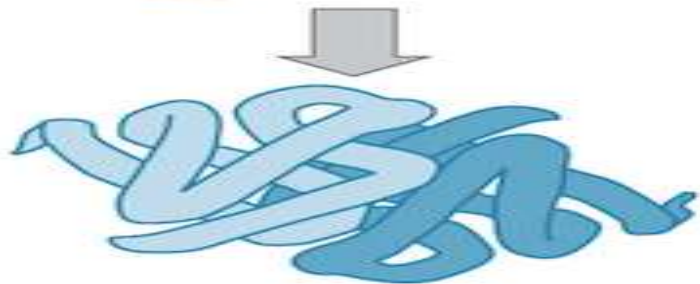
Primary protein structure
sequence of a chain of amino acids



Secondary protein structure
hydrogen bonding of the peptide backbone causes the amino acids to fold into a repeating pattern



Tertiary protein structure
three-dimensional folding pattern of a protein due to side chain interactions

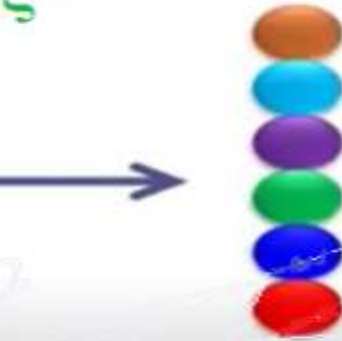
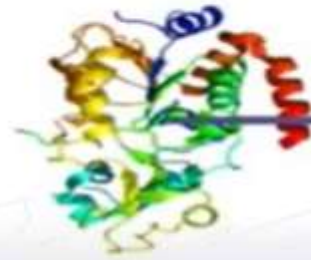


Quaternary protein structure
protein consisting of more than one amino acid chain

- Τα τρία υψηλότερα επίπεδα πρωτεϊνικής δομής σχηματίζονται και διατηρούνται μόνο με μη ομοιοπολικές αλληλεπιδράσεις.
 - Η συνολική τρισδιάστατη δομή μιας πρωτεΐνης καλείται διαμόρφωση.
- Οι πρωτεΐνες είναι δυνατόν να καθαριστούν από κυτταρικές πηγές αν αξιοποιηθούν οι διαφορές στο μέγεθος, το φορτίο και τη συγγένεια.

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

Μοριακό Βάρος

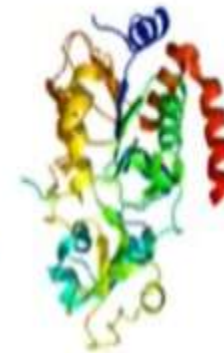


εξαρτάται από τον αριθμό των
αμινοξέων

ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ



Εξαιτίας



Μεγάλου
Μοριακού
Βάρους

Κολλοειδές
διάλυμα σε νερό

Μεγάλου μεγέθους

Μοριακό Βάρος



εξαρτάται από τον αριθμό των αμινοξέων

Κάθε αμινοξύ
συνεισφέρει κατά μέσο
όρο κατά 110 kDa

MB ουσίας = (μάζα μορίου
ουσίας)/(μάζα 1/12 μάζας ενός
ατόμου C-12)

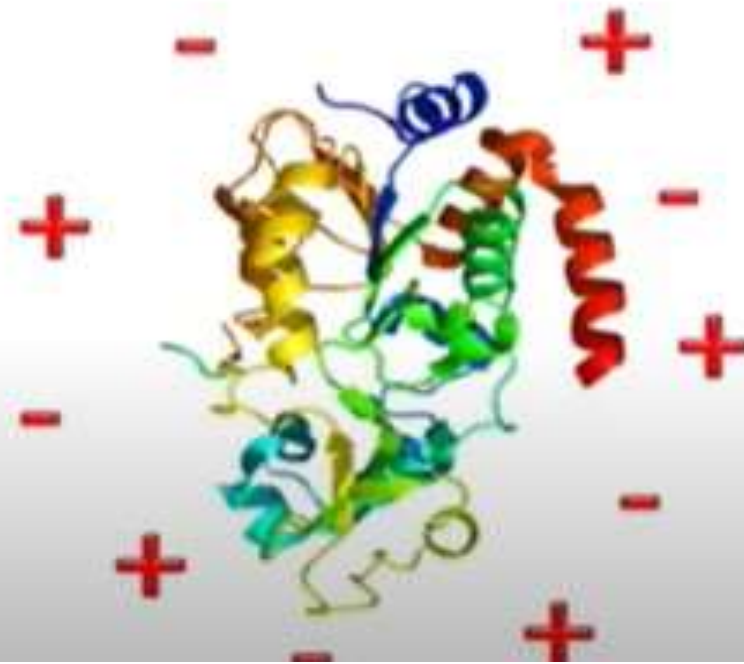
Dalton (Da)= μονάδα μάζας ίση με
1/12 της μάζας ενός ατόμου C-12
kDa = 1000 Da είναι χρήσιμη
μονάδα για την έκφραση της
μοριακής μάζας των πρωτεϊνών

Για παράδειγμα μια
πρωτεΐνη με 500
αμινοξέα θα έχει
 $MB=500 \times 110 =$
55000

MB πρωτεϊνών από
10.000 ως 1
εκατομμύριο

Μπορεί να μιλάμε για πρωτεΐνη 64
kDa ή για μοριακή μάζα πρωτεΐνης
64000 Da, όμως δεν είναι σωστό να
πούμε πως το μοριακό βάρος της
πρωτεΐνης είναι 64 KDa γιατί το
μοριακό βάρος δεν έχει διαστάσεις

**Ισοηλεκτρικό
σημείο**



**Οι πρωτεΐνες δεν
μετακινούνται
μέσα σε ηλεκτρικό
πεδίο**



**Καθαρό
ηλεκτρικό
φορτίο = 0**

Χαρακτηρίζονται ως όξινες ή βασικές ανάλογα με το εάν υπάρχει πλεόνασμα όξινων ή βασικών αμινοξέων αντίστοιχα

Acidic protein

Glutamic acid

Aspartic acid



Acidic amino acids

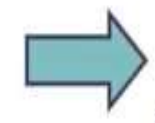


Acidic Protein

Basic protein

Lysine

Arginine



Basic amino acids



Basic Protein

ΚΑΘΙΖΗΣΗ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ



Κολλοϊδές διάλυμα
σε νερό

Καθιζάνει με
προσθήκη
περίσσειας άλατος

Θειϊκού
αμμωνίου

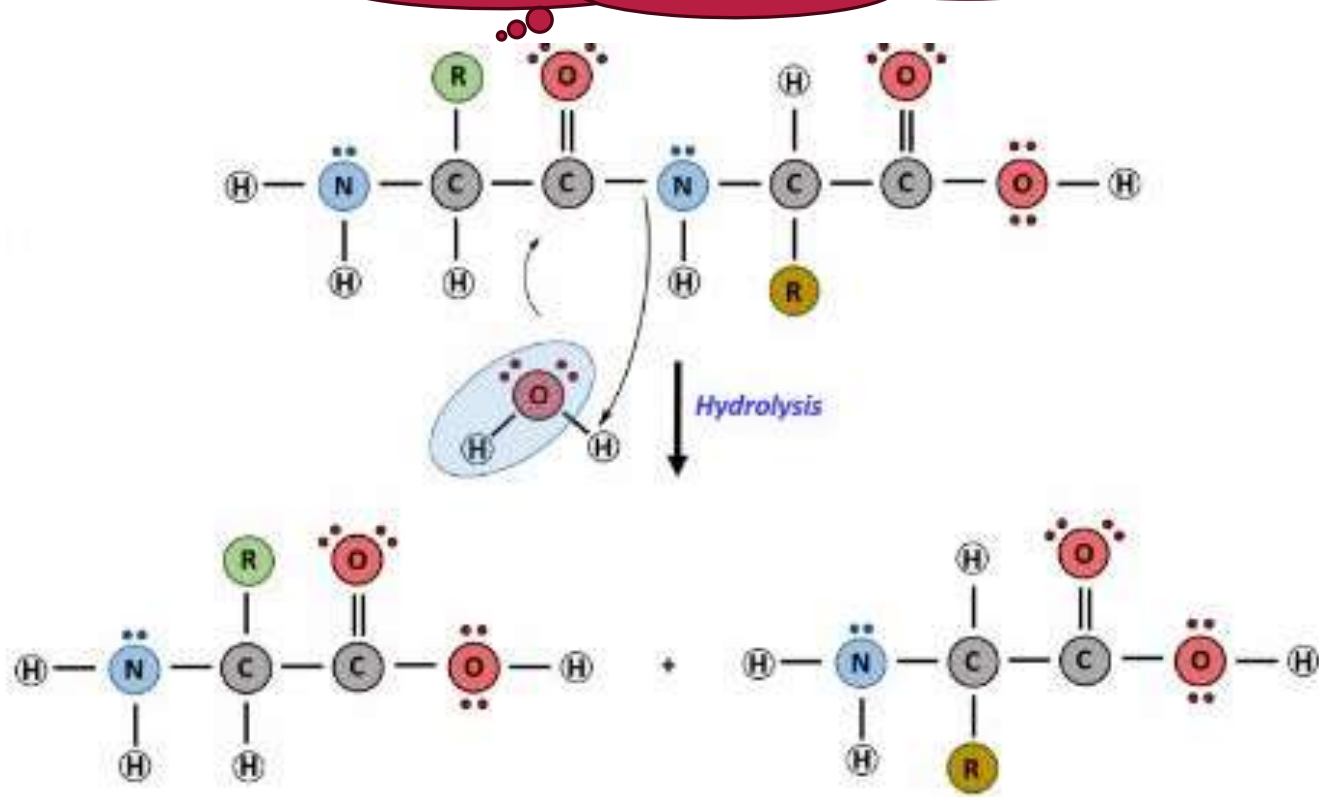
π.χ.

καθίζηση
πρωτεϊνών

γαλακτος με
+κη οξέος

Καθίζηση με
μεταβολή pH

Υδρόλυση πρωτεϊνών



ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΜΙΝΟΞΕΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

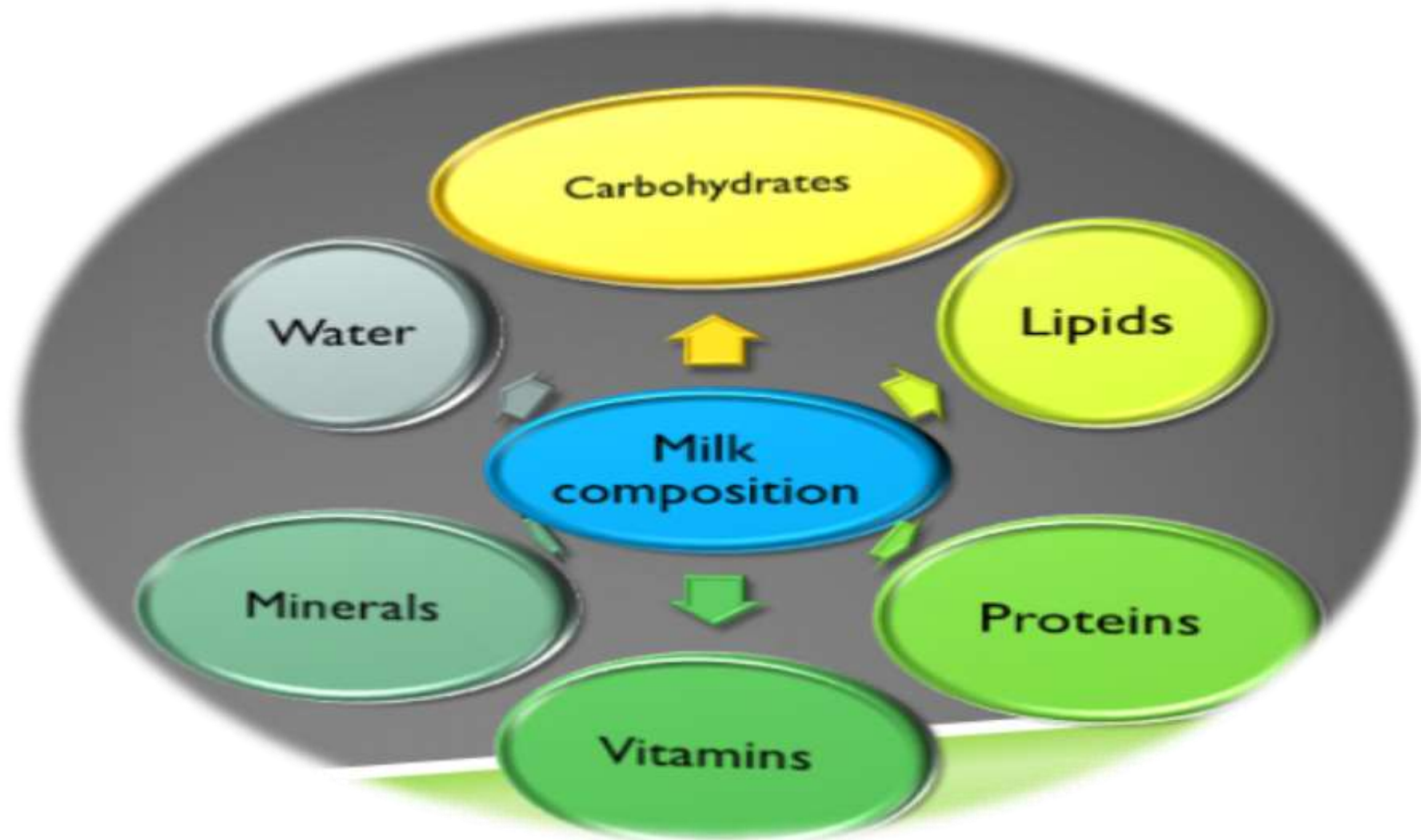
Με την όξινη κατεργασία μιας πρωτεΐνης, υδρολύονται οι πεπτιδικοί δεσμοί και προκύπτει μίγμα αμινοξέων.

Με τη χρωματογραφική ανάλυση αυτού του μίγματος προκύπτει η σύσταση των αμινοξέων της.

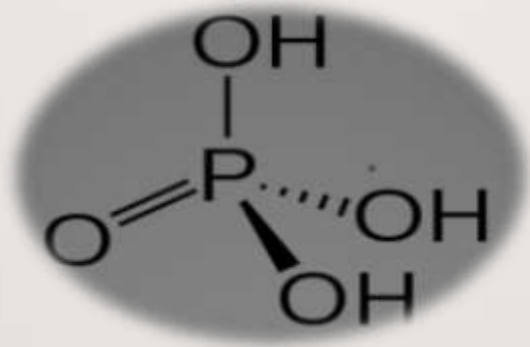
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Απομόνωση καζεΐνης από γάλα





- Φωσφοπρωτεΐνες: Πρωτεΐνες συνδεδεμένες με φωσφορικές ομάδες.



- Καζεΐνη: Φωσφοπρωτεΐνη η οποία βρίσκεται στο γάλα με τη μορφή καζεϊνικού ασβεστίου. Στο pH του γάλακτος (6,6) βρίσκεται στην ιονισμένη μορφή της και έχει αρνητικό φορτίο. Η καζεΐνη στο γάλα σχηματίζει μικκύλια, (συσσωματώματα μορίων) που έχουν το αρνητικό φορτίο στην εξωτερική τους επιφάνεια.

- Όταν στο γάλα προστίθεται οξύ, πρωτονιώνονται οι φωσφορικές ομάδες της καζεΐνης, το αρνητικό φορτίο εξουδετερώνεται και τα μικκύλια δεν απωθούνται πλέον, συσσωματώνονται και διαχωρίζονται από το μέσο διασποράς.
- Η διαδικασία ονομάζεται κροκίδωση, έχει ως αποτέλεσμα την καθίζηση της καζεΐνης και πραγματοποιείται στο ισοηλεκτρικό της σημείο δηλαδή σε $pH=4,8$.

ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ -ΣΚΕΥΗ - ΟΡΓΑΝΑ

- Γάλα με χαμηλά λιπαρά ή πλήρως αποβουτυρωμένο
- Διάλυμα οξικού οξέος 10%
- Αιθανόλη 95%
- Μίγμα 50% διαιθυλαιθέρα-αιθανόλης (1:1)
- Ποτήρι ζέσεως 250 mL
- Μαγνήτης ανάδευσης
- Γυάλινη ράβδος, πιπέτα paster
- Σπάτουλα
- Κωνική φιάλη 250 mL, γυάλινο χωνί, ηθμός
- Χωνί Buchner
- Κωνική φιάλη κενού εφοδιασμένη με κωνικό προσαρμοστήρα από καουτσούκ και κυκλικά κομμένο ηθμό
- Υδραντλία ή αντλία κενού καλύτερα εφόσον αυτή υπάρχει
- Λάστιχο κενού
- Τριβλίο petri
- Ηλεκτρονικός Ζυγός
- Πεχάμετρο
- Θερμαινόμενος μαγνητικός αναδευτήρας

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΟΡΕΙΑ

- 50 g γάλα (χαμηλών λιπαρών ή πλήρως αποβουτυρωμένο), προστίθενται σε ποτήρι ζέσεως και θερμαίνονται σε υδατόλουτρο υπό ανάδευση.
- Όταν επέλθει θερμοκρασία 40 °C, απομακρύνεται το ποτήρι από το υδατόλουτρο.



- Σταδιακά προστίθεται σταγόνα - σταγόνα, διάλυμα 10% οξικού οξέος. Το μίγμα αναδεύεται με γυάλινη ράβδο.
- Η προσθήκη στυ - στυ διαλύματος οξικού οξέος συνεχίζεται εφόσον η καζεΐνη δεν έχει ακόμη κατακρημνιστεί.



- Η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου δούμε την κατακρήμνιση της καζεΐνης.
- Αυτό σημαίνει πως υγρό και κατακρήμνισμα θα είναι διαχωρισμένα.

Όταν προστίθεται οξικό οξύ στο γάλα το pH αρχίζει να μειώνεται και όταν η τιμή του pH φθάσει στο 4,6 (ισοηλεκτρικό σημείο καζεΐνης), η καζεΐνη κατακρημνίζεται. Σε αυτή την τιμή pH είναι αδιάλυτη στο γάλα.



Όταν ολοκληρωθεί ο σχηματισμός του ιζήματος ακολουθεί απλή διήθηση του ετερογενούς μίγματος. Εφόσον όλη η ποσότητα του υγρού περάσει στο διήθημα, το ίζημα με τη βοήθεια σπάτουλας μεταφέρεται σε κωνική φιάλη.

Στην κωνική προστίθενται 20 mL αιθανόλης 95 %.

Το μίγμα αναδεύεται για 5 min με γυάλινη ράβδο και αφήνεται το υγρό να κατακαθίσει στον πυθμένα. Ακολουθεί προσεκτική απόχυση της αιθανόλης που περιέχει το λιπαρό συστατικό.

Η διήθηση μπορεί για ευκολία να γίνει και μέσω πορώδους υφάσματος (όπως για παράδειγμα το τούλι), που θα στερεωθεί σε ποτήρι ζέσεως.

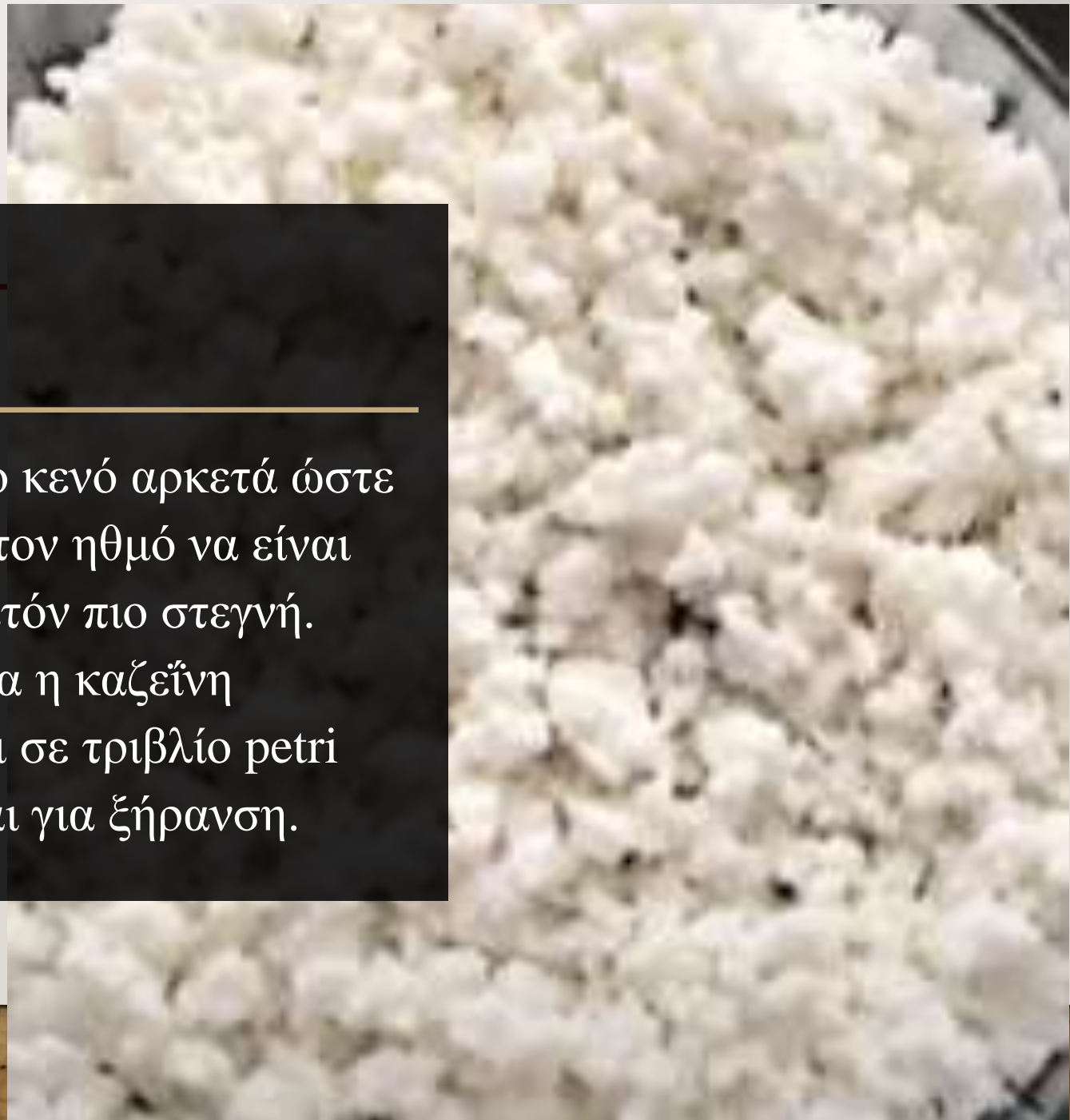
Προετοιμάζουμε στην απαγωγό εστία σύστημα διήθησης υπό κενό. Ο ηθμός που θα τοποθετήσουμε επάνω στο χωνί buchner θα πρέπει να είναι προζυγισμένος.

Μεταφέρεται η κωνική φιάλη που περιέχει το προϊόν στην απαγωγό και προστίθεται σε αυτή 25 mL μίγματος αιθανόλης-αιθέρα 50:50. Το μίγμα αναδεύεται για 5 min και ακολουθεί η υπό κενό διήθηση.



Δοκιμή νινυδρίνης
είναι δυνατόν να
επαληθεύσει την
παρουσία της
καζεΐνης. ~10 mg
προϊόντος
προστίθενται σε
δοκιμαστικό
σωλήνα και στον
ίδιο προστίθεται 1
mL d H₂O
Ακολουθεί η
σχετική διαδικασία
από το Πείραμα 3

Αφήνεται το κενό αρκετά ώστε
η καζεΐνη στον ηθμό να είναι
όσο το δυνατόν πιο στεγνή.
Στη συνέχεια η καζεΐνη
μεταφέρεται σε τριβλίο petri
και αφήνεται για ξήρανση.



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Μετά την ξήρανση μπορούμε να προχωρήσουμε σε ζύγιση και υπολογισμό του % καζεΐνης
- $\% \text{ Καζεΐνη} = (\text{g καζεΐνης} / \text{g γάλακτος}) \times 100$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βιοχημεία 6^η ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΗ -1^η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ Reginald H. Garrett, Charles M. Grisham, Εκδόσεις Utopia, 2019
- Οργανική Χημεία John McMurry, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης
- Ιατρική Φυσιολογία-Κυτταρική και Μοριακή Προσέγγιση 2η έκδοση, Boron F. Walter, Boulraep L. Emile, 2021, Εκδόσεις ΡΟΤΟΝΤΑ
- https://users.uniwa.gr/sboyatzis/pdf_edu/matersciII/EAR2014-15/Lab/11%20-%20casein.pdf
- Isolation of casein from milk, Austin Peay State University Department of Chemistry, 2011,
- <https://www.youtube.com/watch?v=Agc4S5hTb6g>
- <https://www.youtube.com/watch?v=DBS5g4BoSZY>
- <https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-biology-flexbook-2.0/section/2.4/primary/lesson/membrane-proteins-bio/>
- <https://www.slideserve.com/arty/proteins>
- <https://www.easybiologyclass.com/classification-of-proteins-based-on-structure-and-function/>
- <https://www.creative-biostructure.com/levels-of-protein-structure.htm>
- <https://blogs.sch.gr/mitasthan/files/2013/09/PROTEINES.pdf>