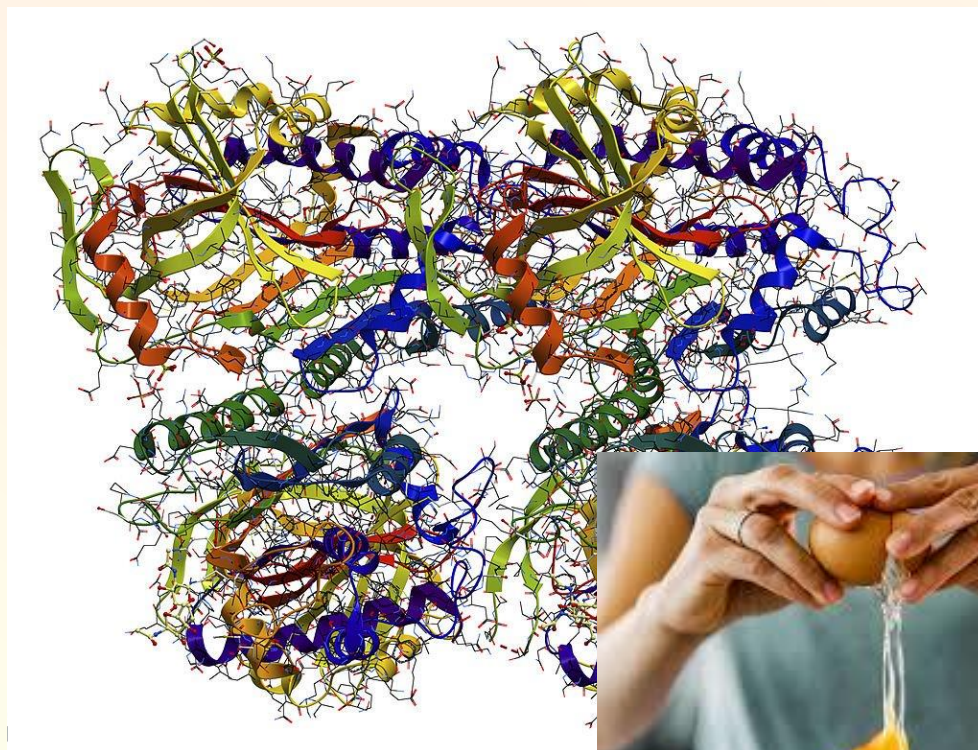




ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ – ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ-ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ-ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

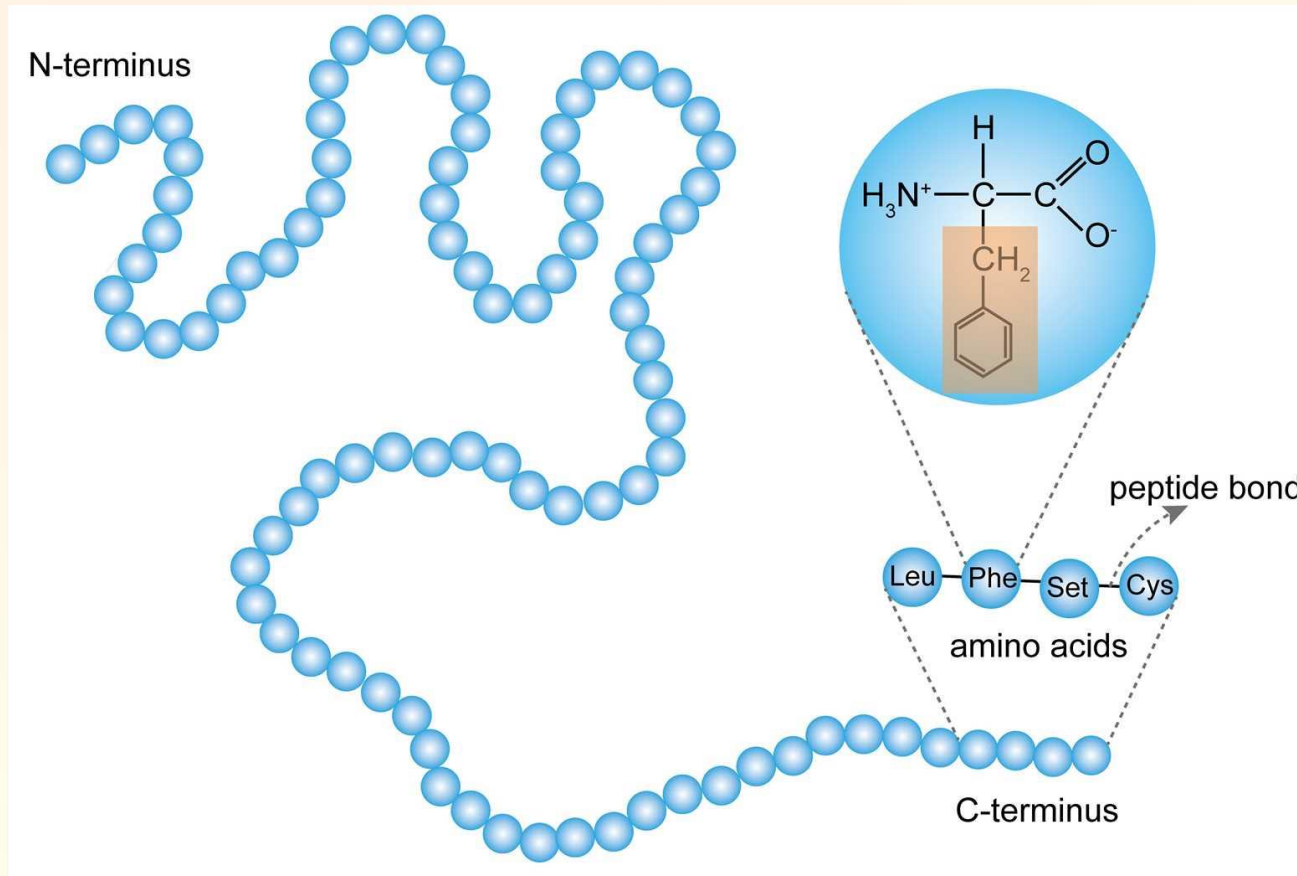


Πρωτεΐνες II

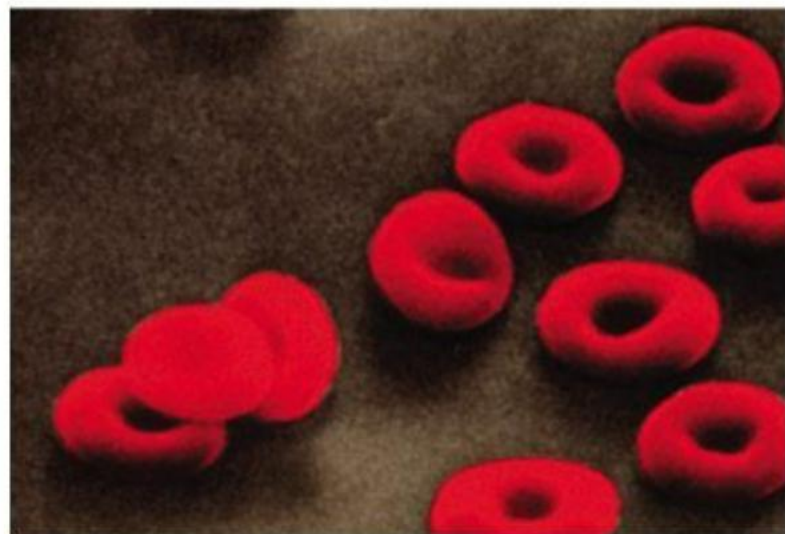


Πρωτεΐνες - Πρωτοταγής δομή

Πρωτοταγής δομή: Η αλληλουχία των αμινοξέων που την απαρτίζουν



Ρόλος πρωτοταγούς δομής



10 μm

Val	His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	...
1	2	3	4	5	6	7	

(a) Normal red blood cells and the primary structure of normal hemoglobin



10 μm

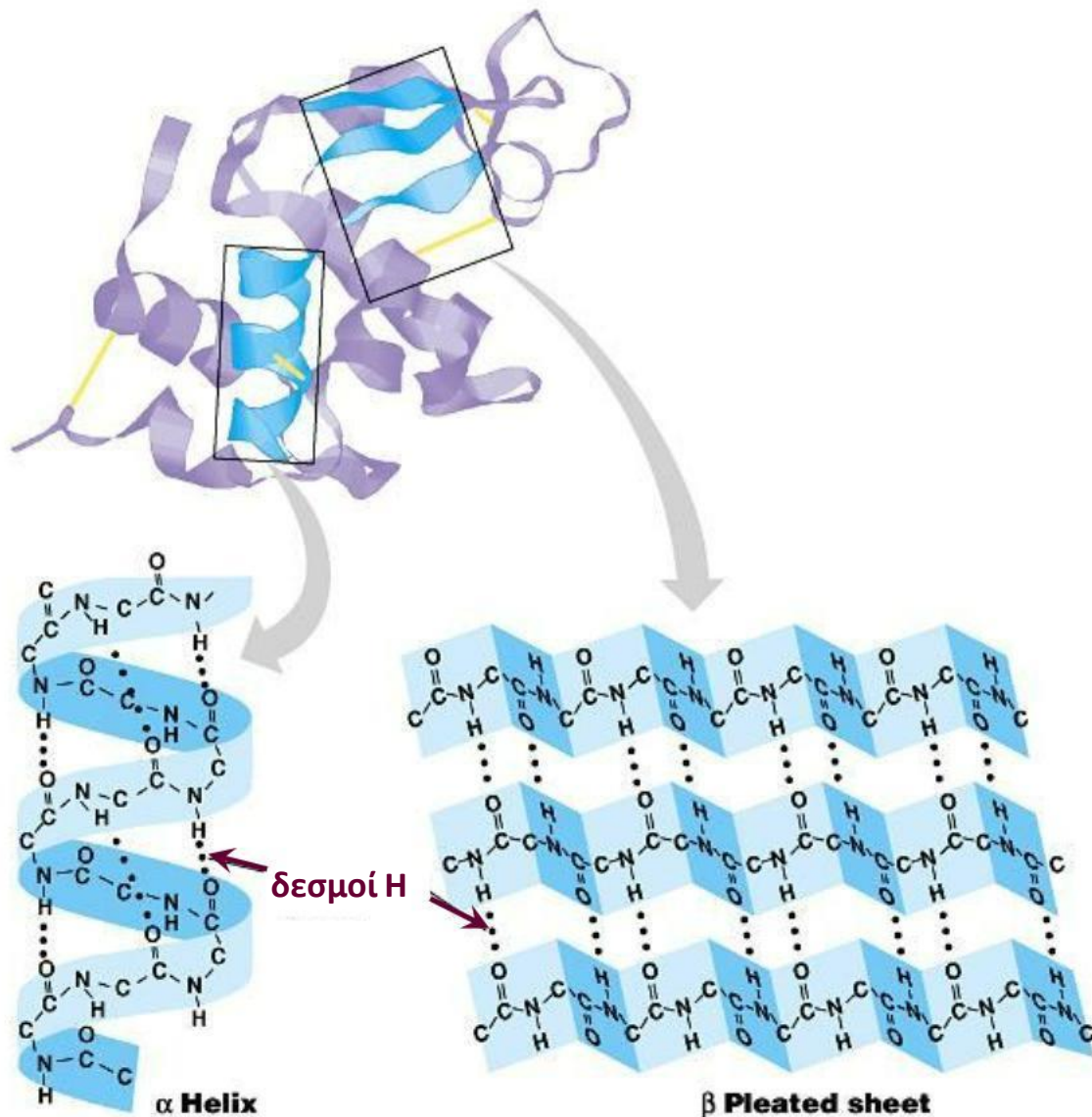
Val	His	Leu	Thr	Pro	Val	Glu	...
1	2	3	4	5	6	7	

(b) Sickled red blood cells and the primary structure of sickle-cell hemoglobin

Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

- Καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τις ιδιότητες πρωτεΐνης
- Επηρεάζει δευτεροταγή και τριτοταγή δομή

Πρωτεΐνες – Δευτεροταγής δομή



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Δευτεροταγής δομή:

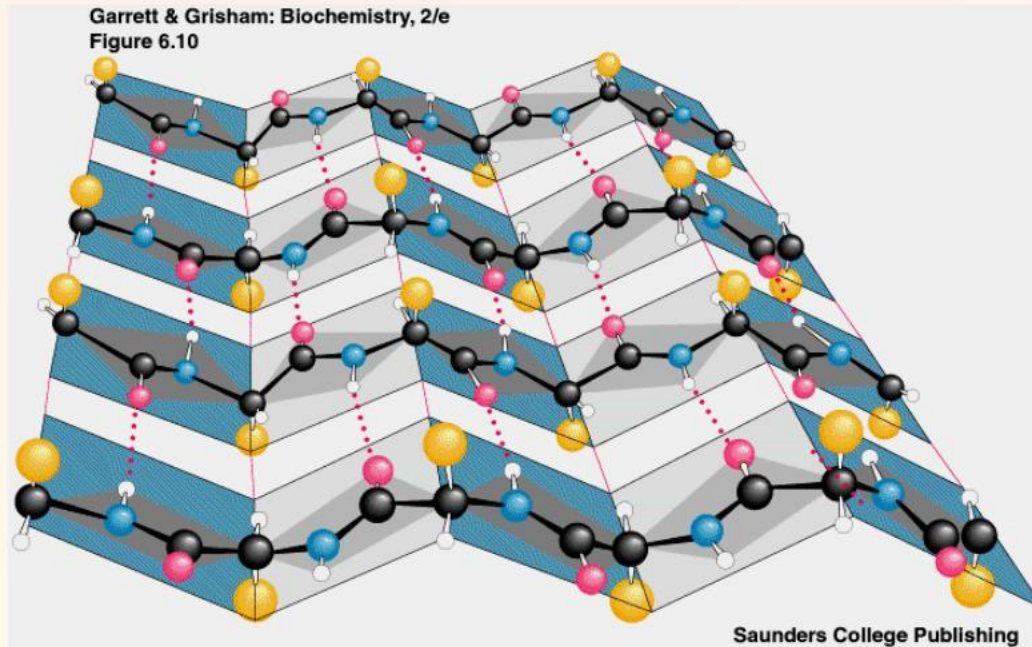
Περιοδική διάταξη στο χώρο των αμινοξέων σε ορισμένα τμήματα της πολυπεπτιδικής αλυσίδας.

Τοπικές αναδιπλώσεις που δημιουργούν επαναλαμβανόμενες δομές.

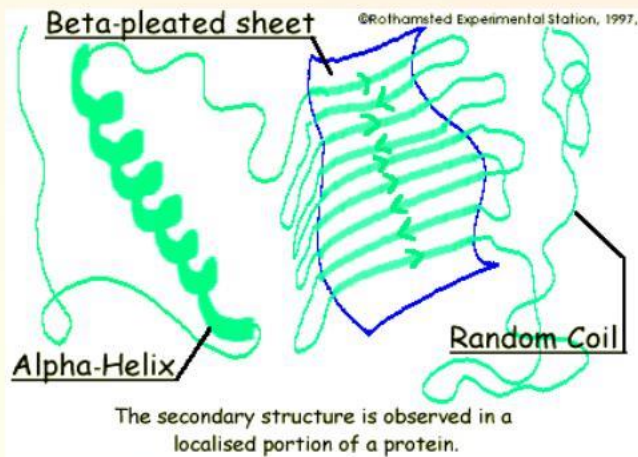
Κυρίως υπεύθυνοι οι δεσμοί (γέφυρες) υδρογόνου.

Δευτεροταγής δομή (1/4)

(i) β-πτυχωτό φύλλο (πριονωτή δομή)



Είναι εκτατή (αντοχή ίνας μεταξιού)



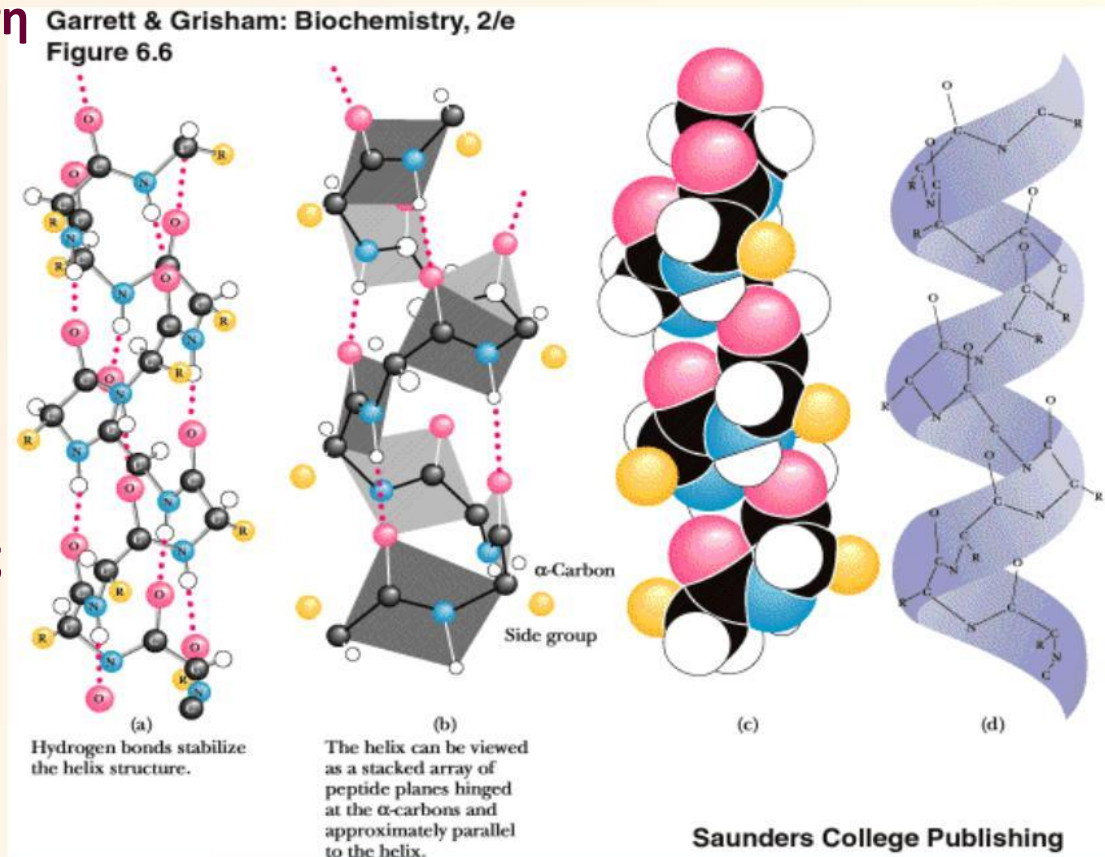
Δευτεροταγής δομή (2/4)

(ii) α-έλικα

- 3,6 αμινοξέα ανά στροφή
- Η δομή καθορίστηκε για πρώτη φορά από τον Linus Pauling

(Nobel Χημείας 1954)

- Η έλικα σχηματίζεται από δεσμούς H
- Εύκαμπτη δομή λόγω θραύσης δεσμών H (μαλλί)



Δευτεροταγής δομή (3/4)

έλικα κολλαγόνου (τριπλή έλικα)



Collagen, a fibrous protein

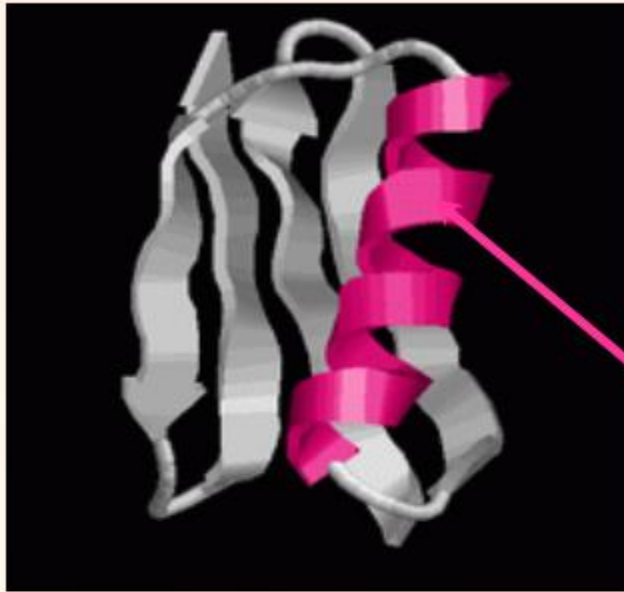
Στο κολλαγόνο δεν ευνοείται η δομή α-έλικας λόγω της μεγάλης αναλογίας σε γλυκίνη και προλίνη. Οι δεσμοί υδρογόνου που σχηματίζουν οι πεπτιδικοί δεσμοί της γλυκίνης δημιουργούν μια έλικα από τρεις πλεγμένες

πολυπεπτιδικές αλυσίδες (πολυπρολίνες).

Γλυκίνη, προλίνη,
OH-προλίνη, OH-λυσίνη



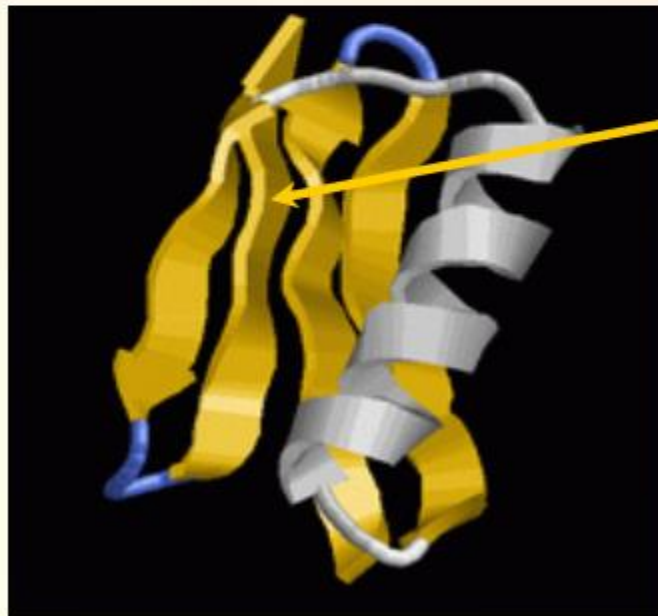
Βασικές Δευτεροταγείς δομές (4/4)



α-έλικα

Στο ίδιο μεγαλομόριο μπορεί να συνυπάρχουν περιοχές με διαφορετικές δευτεροταγείς δομές

κολλαγόνο



β-φύλλα

Ινώδεις πρωτεΐνες:

Σχετικά αδιάλυτες,
σταθερές σε οξέα και βάσεις
Ανεπηρέαστες σχετικά από
μέτρια θέρμανση

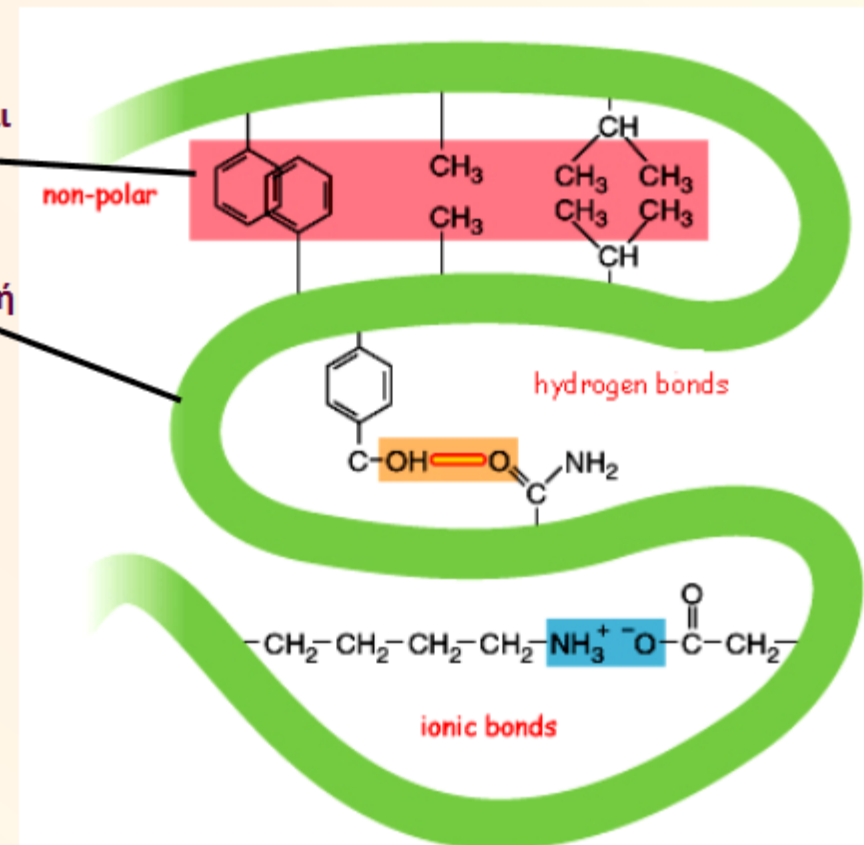
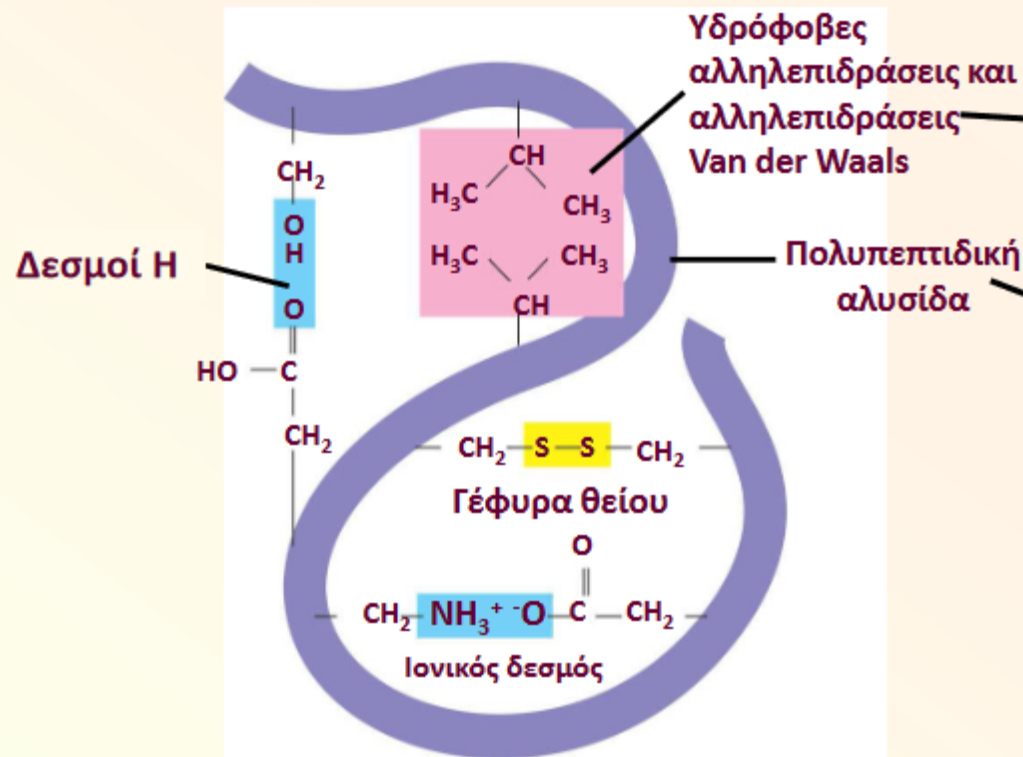
Σφαιρίνες (γλοβουλίνες):

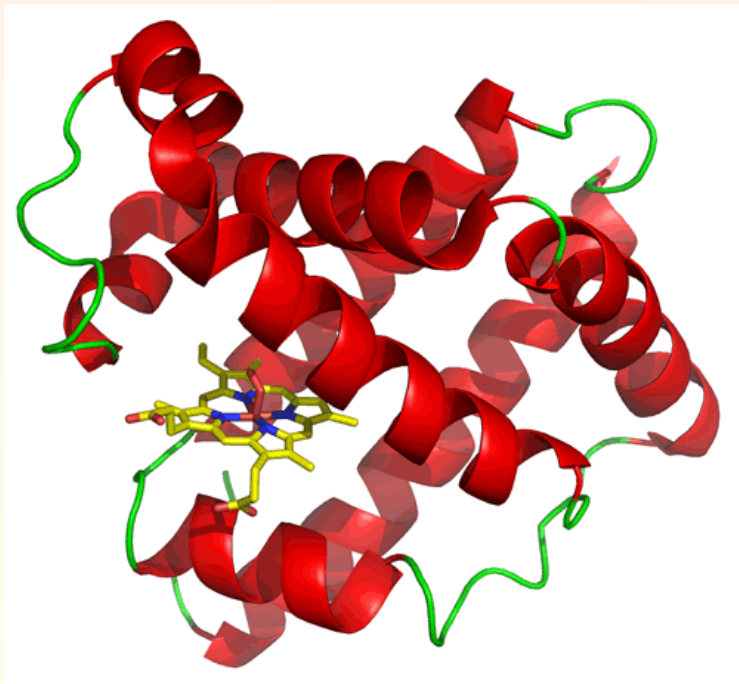
Λιγότερο σταθερές

Πρωτεΐνες – Τριτοταγής δομή

Τριτοταγής δομή:

Αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πλευρικών ομάδων (R) της πολυπεπτιδικής αλυσίδας. Αναδιπλώσεις μεγαλύτερης κλίμακας





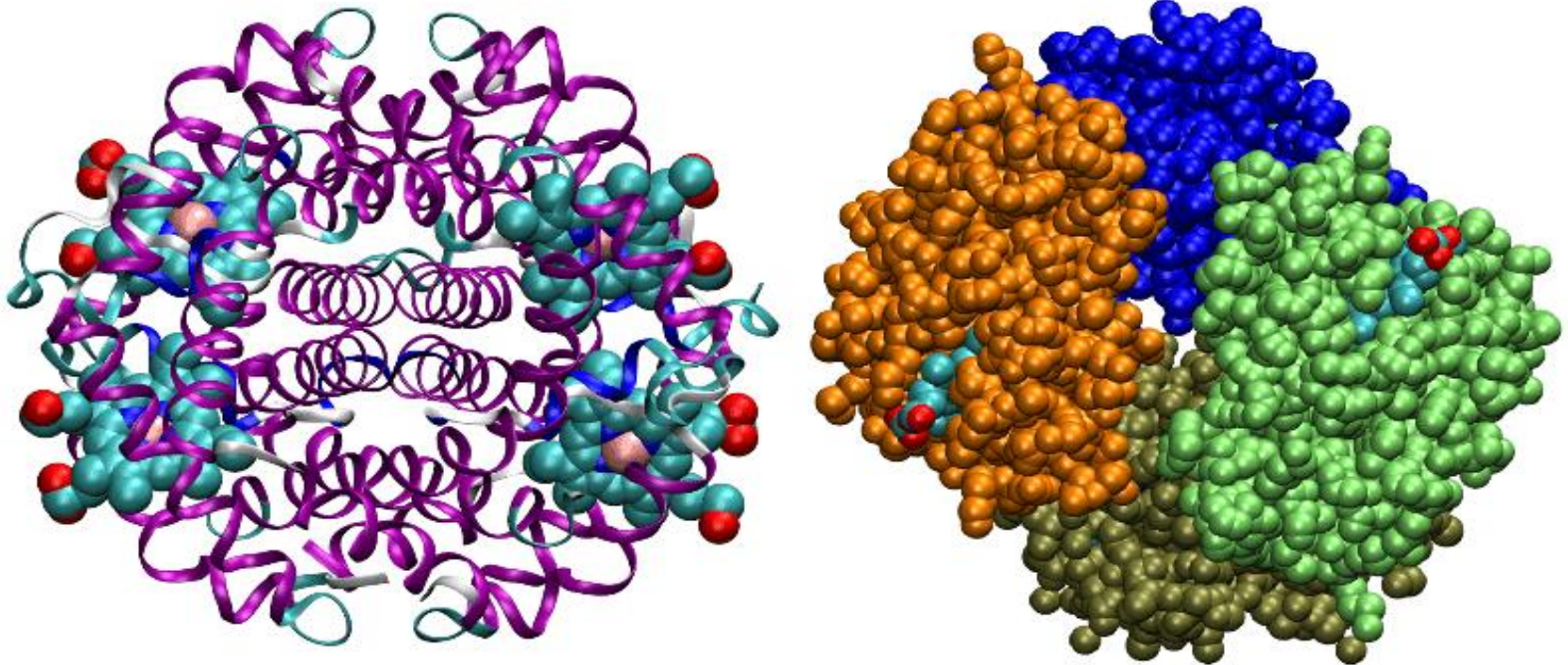
Μυοσφαιρίνη

- Υπεύθυνη για τον προσανατολισμό των πρωτεϊνικών μορίων στον χώρο
- Η θερμοδυναμικά σταθερότερη διαμόρφωση ενός πρωτεϊνικού μορίου
- Περιοχές με σαφή β-ταγή δομή, περιοχές χωρίς β-ταγή δομή
- Διαμορφώνεται από:
 - ασθενείς μη ομοιοπολικές αλληλεπιδράσεις (υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις, ηλεκτροστατικές, van der Waals, δεσμοί –H) -
 - δισουλφιδικές γέφυρες

Πρωτεΐνες –Τεταρτοταγής δομή

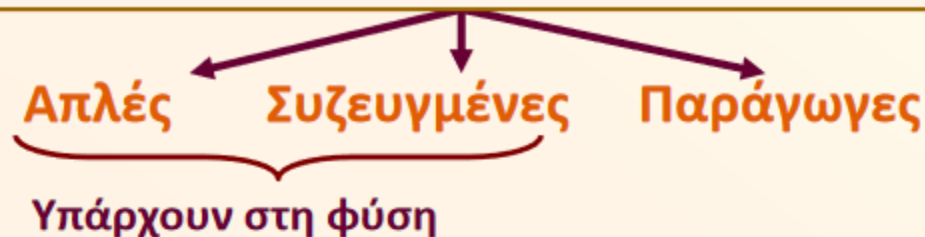
Τεταρτοταγής δομή:

Οργάνωση του μακρομορίου μέ αλληλεπιδράσεις μεταξύ των υπομονάδων (*subunits*) της πρωτεΐνης από ίδιου τύπου δυνάμεις ή δεσμούς που σταθεροποιούν την τριτοταγή δομή



Οι υπομονάδες της αιμοσφαιρίνης παρουσιάζονται με διαφορετικά χρώματα.

Ταξινόμηση πρωτεϊνών (1/3)



Απλές πρωτεΐνες (με υδρόλυση δίνουν μόνο αμινοξέα)

Ιστορικά, οι απλές πρωτεΐνες διακρίνονται βάσει της διαλυτότητας

- 1. Αλβουμίνες:** Διαλυτές σε νερό & δ/τα αλάτων. Σφαιρικές, εύκολη θρόμβωση με θέρμανση, (ωαλβουμίνη, γαλακταλβουμίνη κλπ)
- 2. Γλοβουλίνες:** Ελάχιστα διαλυτές στο νερό. Δ/νται σε αραιά δ/τα αλάτων, ισχυρά οξέα και βάσεις (μυοσίνη κα)
- 3. Γλουτελίνες:** Διαλυτές σε αραιά δ/τα οξέων, βάσεων, όχι σε δ/τα αλάτων. Φυτικά προϊόντα (γλουτενίνη σίτου)
- 4. Προλαμίνες:** Αδιάλυτες σε νερό, διαλυτές σε αλκοόλη 50-90%, Φυτικά προϊόντα (γλοιαδίνη σίτου κα)
- 5. Σκληροπρωτεΐνες:** Αδιάλυτες σε ουδέτερα δ/τα. Ινώδης δομή. Χόνδροι και συνεκτικός ιστός (κολλαγόνο, κερατίνη κα)
- 6. Ιστόνες και πρωταμίνες:** Πλούσιες σε βασικά αμινοξέα (80-90% Arg). Διαλυτές σε νερό, οξέα, βάσεις (ιστόνη κρέατος)

Ταξινόμηση πρωτεϊνών (2/3)

Συζευγμένες πρωτεΐνες

(με υδρόλυση $\Rightarrow$ αμινοξέα + άλλα μόρια)

- 1. Λιποπρωτεΐνες:** Προσθετική ομάδα: λιπίδιο
Περιέχουν TG, PL, Chol
Κύτταρα, ορός, μεμβράνες
Διάκριση ανάλογα με πυκνότητα (HDL, LDL, VLDL)
- 2. Γλυκοπρωτεΐνες:** Προσθετική ομάδα: ετεροσακχαρίτης (πχ εξοζαμίνες)
Βλεννώδεις εκκρίσεις θηλαστικών, πλάσμα, αυγό, σόγια
- 3. Χρωμοπρωτεΐνες** (μεταλλοπρωτεΐνες).
Έγχρωμες προσθετικές ομάδες που περιέχουν μεταλλοϊόντα
όπως χλωροφύλλες, αίμη, φερριτίνη
- 4. Νουκλεοπρωτεΐνες:** Προσθετική ομάδα: νουκλεϊνικό οξύ.
Υπάρχουν στους ιούς και σε ριβοσώματα
- 5. Φωσφοπρωτεΐνες:** Προσθετική ομάδα: φωσφορικά. Καζεΐνη, πεψίνη

Ταξινόμηση πρωτεϊνών (3/3)

Παράγωγες πρωτεΐνες

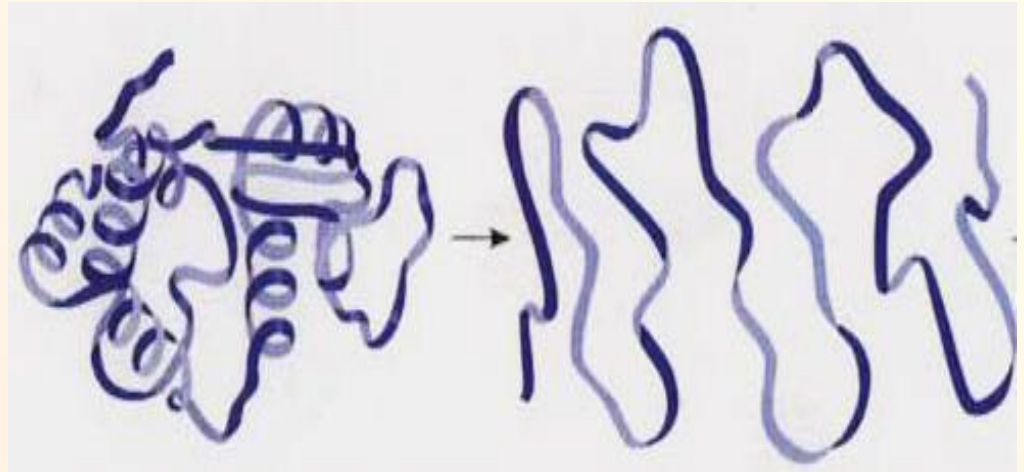
Δεν υπάρχουν στη φύση

Παράγονται με επίδραση χημικών ή ενζυμικών μέσων

1. Πρωτοταγή παράγωγα: αδιάλυτες, μετουσιωμένες
2. Δευτεροταγή παράγωγα: διαλυτές, δεν θρομβώνονται
πρωτεόζες, πεπτόνες, πεπτίδια

Μετουσίωση πρωτεϊνών

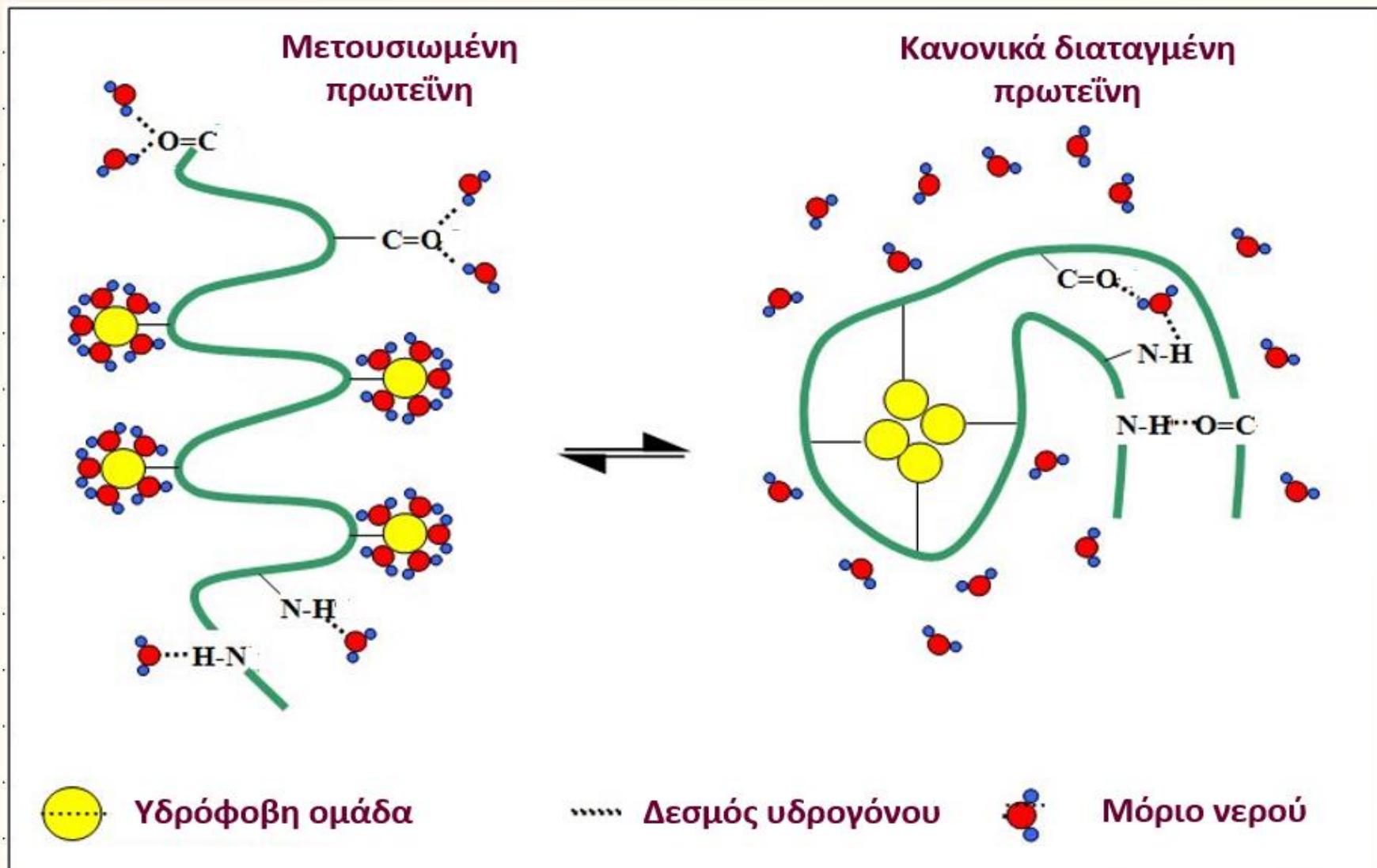
Είναι το φαινόμενο όπου μια καλά ορισμένη αρχική κατάσταση μιας πρωτεΐνης που σχηματίστηκε υπό φυσιολογικές συνθήκες μετασχηματίζεται σε μια αόριστη τελική κατάσταση υπό την επίδραση ενός παράγοντα μετουσίωσης.



Η μετουσίωση (denaturation) μπορεί να επηρεάσει τη 2ταγή, 3ταγή, 4ταγή δομή:

1. Αποδίπλωση (ξεδίπλωμα) πρωτεΐνης,
2. Διάσπαση κάποιων δεσμών (όχι των πολύ σταθερών πεπτιδικών)
3. Έκθεση υδρόφοβων δεσμών (κανονικά στο εσωτερικό) στο διαλύτη
4. Ελάττωση διαλυτότητας
5. Αδύνατη η κρυστάλλωση
6. Αύξηση ιξώδους
7. Ευκολότερη η υδρόλυση πεπτιδικών δεσμών
8. Απώλεια βιολογικής δράσης (ενζυμικής, ανοσολογικής)

Μετουσίωση πρωτεϊνών



Έκθεση υδρόφοβων ομάδων (κανονικά στο εσωτερικό) στο διαλύτη

Μετουσίωση πρωτεϊνών

Η μετουσίωση γίνεται με φυσικά & χημικά μέσα

Φυσικά:

- Θέρμανση
- Περιεχόμενη υγρασία (χαμηλή υγρασία, μεγαλύτερη ανθεκτικότητα)
- Υψηλή πίεση
- Ακτινοβολία
- Υψηλή μηχανική διάτμηση - Σχηματισμός αφρού (διεπιφάνειες κατά μήκος των οποίων τείνουν να διαχωριστούν οι υδρόφοβες από τις υδρόφιλες ομάδες)

Χημικά:

- pH (πρωτεΐνες σταθερές σε στενή περιοχή pH)
- Άλατα ουρίας (διαλυτοποίηση υδρόφοβων αμινοξέων-διάσπαση δεσμών H με το νερό)
- Απορρυπαντικά (γέφυρες μεταξύ υδρόφιλων-υδρόφοβων τμημάτων)
- Οργανικοί διαλύτες (εξαρτάται από το μέγεθος της επίδρασής τους στις διάφορες πολικές και μη πολικές αλληλεπιδράσεις).

Μετουσίωση και θρόμβωση (πήξη) πρωτεϊνών

Η μετουσίωση συνοδεύεται πάντοτε από θρόμβωση (πήξη) των πρωτεϊνών



Το διαυγές ασπράδι του
ωμού αυγού περιέχει
υδατοδιαλυτές,
αναδιπλωμένες πρωτεΐνες

Το ασπράδι των μαγειρεμένων
αυγών περιέχει αποδιπλωμένες
(μετουσιωμένες),
συσσωματωμένες και
στερεοποιημένες πρωτεΐνες

Γιατί το ασπράδι πήζει νωρίτερα από τον κρόκο

	Αυγό	Ασπράδι	Κρόκος
Βάρος	55g	38g	17g
Πρωτεΐνη	6.6g	3.9g	2.7g
Υδατάνθρακες	0.5g	0.3g	0.2g
Λίπος	5.6g	0	5.6g
Μονοακόρεστα λιπαρά	2.5g	0	2.5g
Πολυακόρεστα λιπαρά	0.7g	0	0.7g
Κορεσμένα λιπαρά	2g	0	2g
Χοληστερόλη	226mg	0	226mg

«Αραίωση» της πρωτεΐνης του κρόκου από άλλα συστατικά (λιπαρά) $\Rightarrow$ απαιτείται εντονότερη και μεγαλύτερης διάρκειας θέρμανση για αποτελεσματικές συγκρούσεις των μεγαλομορίων και σχηματισμό συσσωματωμάτων

Λειτουργικές ιδιότητες πρωτεϊνών

Οι πρωτεΐνες χρησιμοποιούνται στα τρόφιμα και για τις λειτουργικές τους ιδιότητες, που είναι:

- Διαλυτότητα
- Γαλακτωματοποιητική ικανότητα
- Ικανότητα σχηματισμού αφρού
- Σχηματισμός πηκτών
- Σχηματισμός σταυροειδών δεσμών

Λειτουργικές ιδιότητες πρωτεϊνών σε συστήματα τροφίμων

Λειτουργική ιδιότητα	Μηχανισμός	Τρόφιμο	Τύπος πρωτεΐνης
Διαλυτότητα	Υδρόφιλος χαρακτήρας	Ποτά	Πρωτεΐνες τυρογάλακτος (ορού)
Ιξώδες	Δέσμευση νερού, υδροδυναμικό σχήμα	Σούπες, σάλτσες κρέατος, ντρέσιγκ σαλάτας, επιδόρπια	Ζελατίνη
Δέσμευση νερού	Δεσμοί υδρογόνου, ενυδάτωση	Λουκάνικα, κέικ, ψωμιά	Μυικές πρωτεΐνες, πρωτεΐνες αυγών
Ζελατινοποίηση	Δεσμευση και "αδρανοποίηση" νερού, σχηματισμός δικτύου	Κρέατα, ζελέ, κέικ, αρτοσκευάσματα, τυρί	Μυικές πρωτεΐνες, πρωτεΐνες αυγών και γάλακτος
Συνοχή-συγκόλληση	Υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις, δεσμοί ιοντικοί και υδρογόνου	Κρέατα, λουκάνικα, ζυμαρικά, ψημένα τρόφιμα	Μυικές πρωτεΐνες, αυγά
Ελαστικότητα	Υδρόφοβοι δεσμοί, γέφυρες θείου	Κρέας, αρτοποιία	Μυικές πρωτεΐνες, πρωτεΐνες δημητριακών
Γαλακτωματοποίηση	Προσρόφηση και σχηματισμός φιλμ σε διεπιφάνειες	Αλλαντικά, σούπες, σάλτσες κρέατος, κέικ, ντρέσιγκ	Μυικές πρωτεΐνες, πρωτεΐνες αυγών και γάλακτος
Σχηματισμός αφρών	Προσρόφηση και σχηματισμός φιλμ σε διεπιφάνειες	Σαντιγύ, παγωτά, κέικ, επιδόρπια	Πρωτεΐνες αυγών και γάλακτος
Ενσωμάτωση λίπους και γεύσης	Υδρόφοβοι δεσμοί, ενσωμάτωση	Προϊόντα αρτοποιίας με μειωμένα λιπαρά, ντόνατ	Πρωτεΐνες αυγών, γάλακτος, δημητριακών

Ιδιότητες πρωτεϊνών - Διαλυτότητα

Διαλυτότητα επηρεάζεται από:

- **Ηλεκτρικό φορτίο πρωτεΐνης** (Ελάχιστη διαλυτότητα στο ισοηλεκτρικό σημείο)

- **Ιόντα ουδετέρων αλάτων**

Η παρουσία τους αυξάνει τη διαλυτότητα (ελάττωση ηλεκτροστατικών έλξεων, αύξηση επιδιαλύτωσης).

Μεγάλη αύξηση της συγκέντρωσης αλάτων μπορεί να προκαλέσει καθίζηση (συναγωνισμός με πρωτεΐνη για επιδιαλύτωση)

- **Οργανικοί διαλύτες (αλκοόλη, ακετόνη)**

συναγωνίζονται με την πρωτεΐνη για το νερό. Προκαλούν ελάττωση των απωστικών δυνάμεων μεταξύ μορίων πρωτεΐνης $\Rightarrow$ συσσωμάτωση $\Rightarrow$ καθίζηση (μείωση διαλυτότητας)

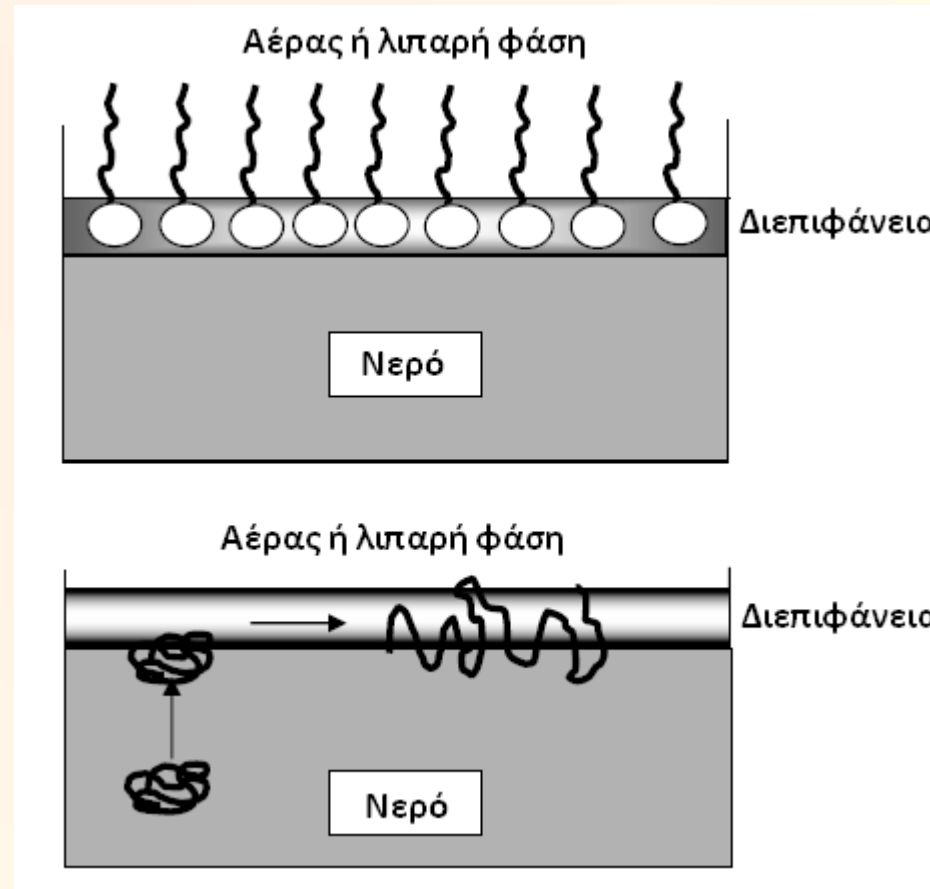
- **Θερμοκρασία:**

Διαλυτότητα αυξάνεται μέχρι $\Theta = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Σε $\Theta > 40\text{ }^{\circ}\text{C} \Rightarrow$
 $\Rightarrow$ μετουσίωση, ελάττωση διαλυτότητας

Διεπιφανειακές ιδιότητες πρωτεϊνών

Σχηματισμός αφρού σε διεπιφάνειες κατά μήκος των οποίων τείνουν να διαχωριστούν υδρόφοβες από υδρόφιλες ομάδες

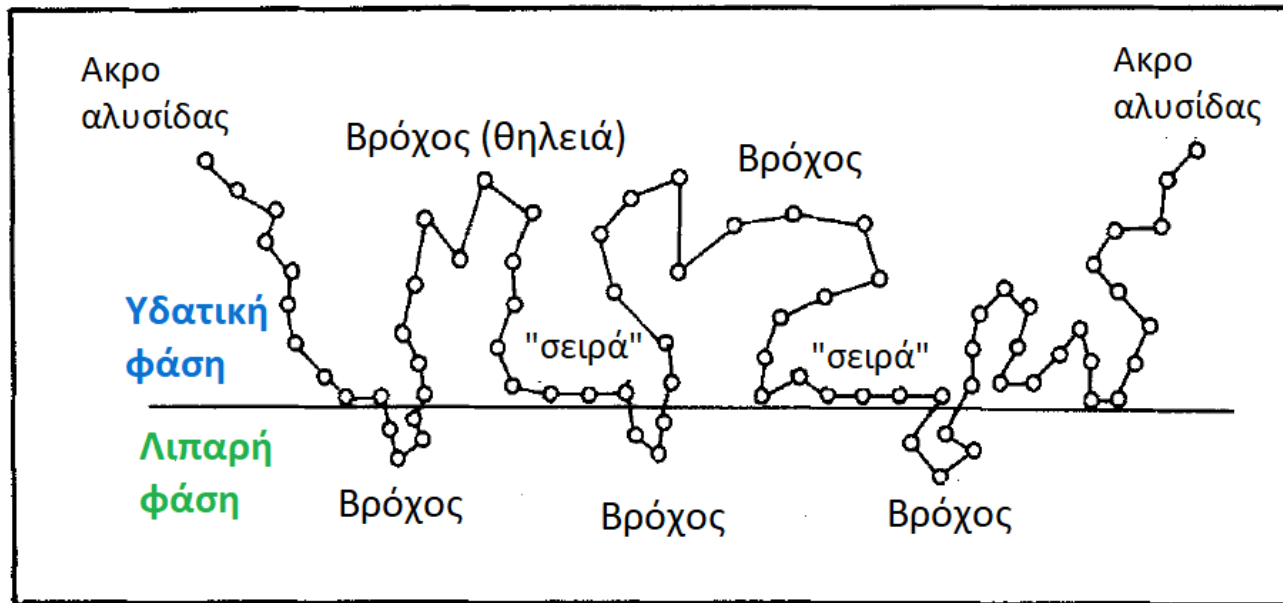
A. μικρά τασιενεργά μόρια (surfactants) στη διεπιφάνεια αέρα-νερού ή ελαίου-νερού



B. μόρια πρωτεΐνης στη διεπιφάνεια αέρα-νερού ή ελαίου-νερού

Διαφορά στον τρόπο απορρόφησης A. μικρού τασιενεργού μορίου (επάνω) και B. μιας πρωτεΐνης (κάτω) στη διεπιφάνεια αέρα-νερού ή ελαίου-νερού

Διεπιφανειακές ιδιότητες πρωτεϊνών



Σχηματική αναπαράσταση του τρόπου με τον οποίο διατάσσεται μια πρωτεΐνη στη διεπιφάνεια ελαίου-νερού με σχηματισμό βρόχων και περιοχών στις οποίες η αλυσίδα του μακρομορίου διατάσσεται παράλληλα με τη διεπιφάνεια (σε «σειρά»). Σημειώστε ότι τα πολικά άκρα της αλυσίδας του μακρομορίου βρίσκονται στην υδατική φάση.

Αποτελέσματα: αποδιάταξη της πρωτεΐνης και σταθεροποίηση γαλακτωμάτων (ή αφρών αν έχουμε διεπιφάνεια νερού-αέρα)

Ιδιότητες πρωτεϊνών –Σχηματισμός πηκτών

Σχηματισμός πηκτών (gelation)

Οφείλεται στο γεγονός ότι η δομή κάποιων πρωτεϊνών επιτρέπει τη συγκράτηση μεγάλου ποσοστού «αδρανοποιημένου νερού»

Αδρανοποιημένο νερό: έχει ιδιότητες νερού αλλά δεν ρέει ελεύθερα

Παραδείγματα: Κολλαγόνο (ζελατίνη), θρομβωμένη καζεΐνη

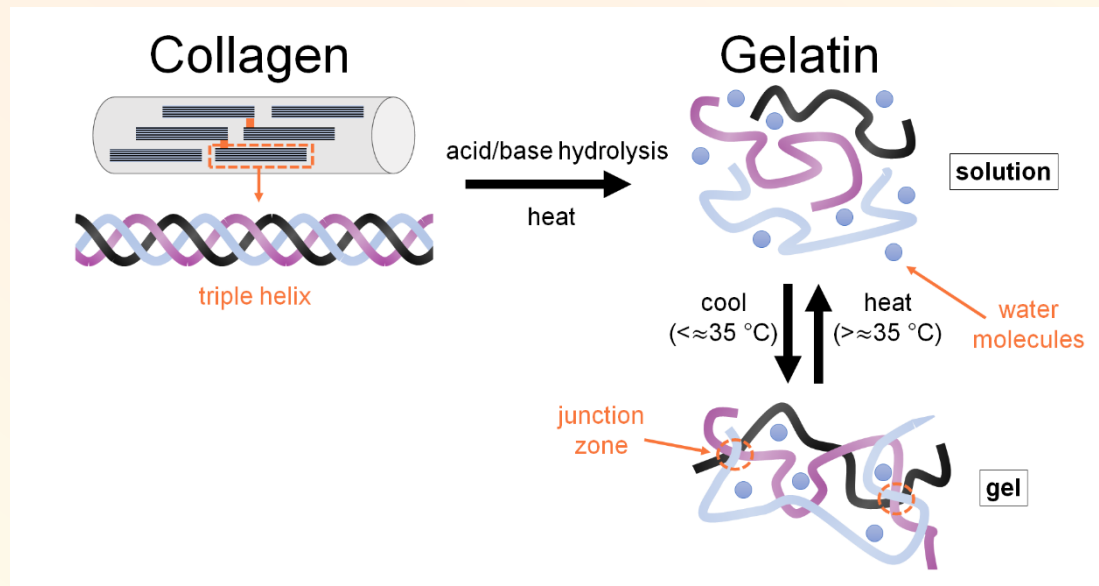
Συνήθως παράγονται θερμαίνοντας ένα σχετικά συμπυκνωμένο πρωτεϊνικό διάλυμα. Η πρωτεΐνη από τη διαλυτή κατάσταση περνάει σε κατάσταση προ-πηκτής με μετουσίωση. Δεσμοί υδρογόνου και υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις ευνοούνται μεταξύ των λειτουργικών ομάδων της πρωτεΐνης που έχουν εκτεθεί ώστε να οδηγήσουν σε σχηματισμό πρωτεϊνικού δικτύου. Η ψύξη σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ή ψυγείου σταθεροποιεί τις αλληλεπιδράσεις και αυτό συνιστά σχηματισμό πηκτής.



Ιδιότητες πρωτεϊνών – Σχηματισμός πηκτών

Παρασκευή πηκτής από κολλαγόνο

- **Κολλαγόνο**: μόρια πρωτεΐνης σε συμπαγή διάταξη (αδιάλυτο σε νερό)
- Κατεργασία με θερμό H_2O και οξύ ή άλκαλι $\Rightarrow$ διάσπαση σταυροδεσμών και παραγωγή **ζελατίνης** (υδατοδιαλυτή)
- Ζελατίνη και κρύο $H_2O \Rightarrow$ διόγκωση ζελατίνης (**ενυδατωμένη ζελατίνη**) και συγκράτηση μεγάλης ποσότητας νερού μέσα σε χαλαρό πλέγμα πολυπεπτιδικών αλυσίδων
- Θέρμανση ενυδατωμένης ζελατίνης $\Rightarrow$ υγροποίηση = σχηματισμός **υδρολύματος** (sol)
- Ψύξη υδρολύματος $\Rightarrow$ **πηκτή** (gelation)



Υδρόλυση πρωτεϊνών

Υδρόλυση = διάσπαση πεπτιδικών δεσμών

Αποτέλεσμα: παραλαβή πεπτιδίων και τελικά αμινοξέων

- Προκαλείται από
 - Οξέα: (12-72 h) Πλεονέκτημα: όχι ρακεμοποίηση αμινοξέων
Παρατεταμένη θέρμανση $\Rightarrow$ μερική καταστροφή Trp, Met, Cys.
 - Βάσεις
 - Ένζυμα (οι λειτουργικές ιδιότητες των προϊόντων υδρόλυσης εξαρτώνται από τον τύπο των ενζύμων που χρησιμοποιούνται)

Στρατηγική για τη βελτίωση των λειτουργικών ιδιοτήτων. Ιδιότητες όπως η διαλυτότητα, ο αφρισμός και η γαλακτωματοποίηση μπορούν να βελτιωθούν με περιορισμένη πρωτεόλυση των πρωτεϊνών.

Εφαρμογές: μη αλλεργιογόνες βρεφικές τροφές, γηριατρικά τρόφιμα, αθλητικά ποτά.

Οι πρωτεΐνες στην παρασκευή των τροφίμων



Οι πρωτεΐνες στην παρασκευή τροφίμων

Απαραίτητες στα τρόφιμα:

- (α) βιολογική αξία (β) προσδίδουν επιθυμητές ιδιότητες
(θρόμβωση, σχηματισμός πηκτών, γαλακτωμάτων)

I. Πρωτεΐνες γάλακτος

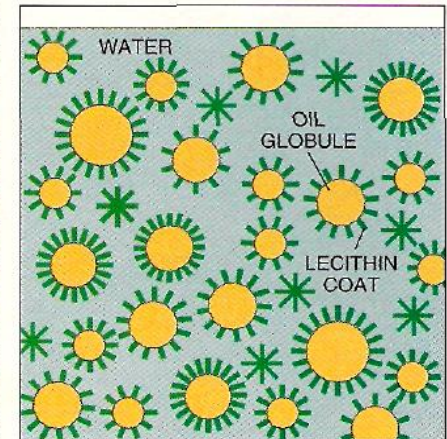
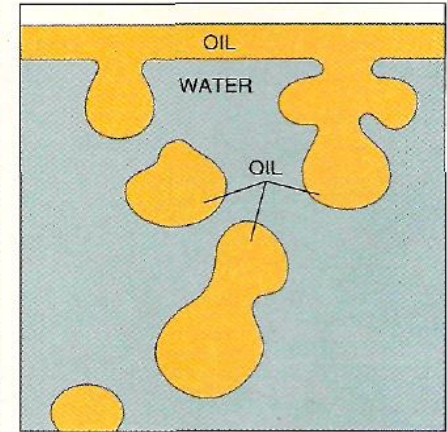
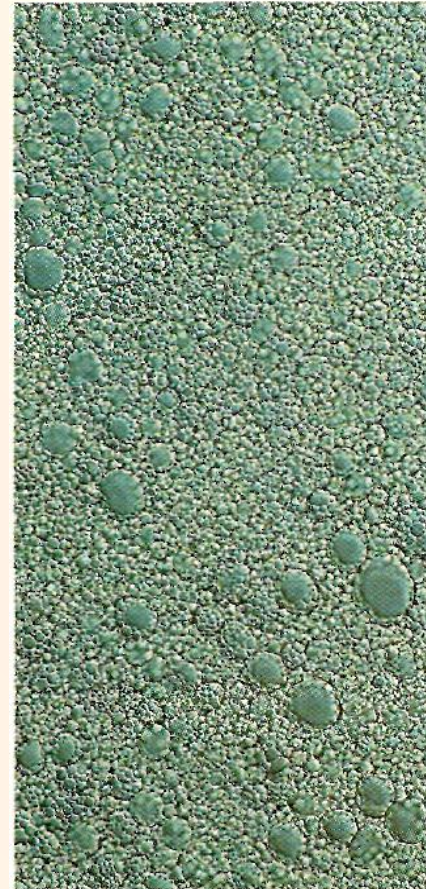
1. Παρασκευή τυριού
πρώτο στάδιο = θρόμβωση καζεΐνης
(οξίνιση λόγω λακτοβακίλλων,
πρωτεολυτικά ένζυμα)
2. Συνεισφέρουν στο Άρωμα
των γαλακτοκομικών προϊόντων
3. Εγκλεισμός αέρα ⇒ αφρισμός ⇒ παρασκευή παγωτών και κρέμας
4. Ζαχαροπλαστική, αρτοποιία:
Πρωτεΐνη γάλακτος ή απολιπανθείσα σκόνη γάλακτος ⇒
αύξηση ικανότητας προσρόφησης νερού από το αλεύρι ⇒
βελτίωση αρτοποιητικής ικανότητας, διευκόλυνση ζυμώματος



Οι πρωτεΐνες στην παρασκευή τροφίμων

II. Πρωτεΐνες αυγών

1. Διευκολύνουν σχηματισμό πηκτών, γαλακτωμάτων, ιζημάτων
2. Σχηματισμός αφρού, βελτίωση ζυμωτικής ικανότητας
3. Θέρμανση $\Rightarrow$ συγκράτηση αέρα λόγω θρόμβωσης σφαιρινών και αλβουμινών και συγκράτηση υγρασίας λόγω επιφανειακού στρώματος μετουσιωμένης πρωτεΐνης (κέικ, μαρέγκες, σουφλέ)
4. Κρόκος αυγού $\Rightarrow$ οι λεκιθίνες ευθύνονται κυρίως για τις γαλακτωματοποιητικές ιδιότητες του κρόκου $\Rightarrow$ προσροφώνται στη διεπιφάνεια νερού-λίπους $\Rightarrow$ σταθεροποίηση γαλακτωμάτων



Η **μαγιονέζα** είναι σύστημα διασποράς ελαίου σε νερό. Τα μίγματα ελαίου-νερού διαχωρίζονται μεταξύ τους σε δύο φάσεις (εικόνα επάνω δεξιά). Η μαγιονέζα σταθεροποιείται λόγω της λεκιθίνης του κρόκου του αυγού που έχει γαλακτοματοποιητικές ιδιότητες.

Οι πρωτεΐνες στην παρασκευή τροφίμων

II. Πρωτεΐνες αυγών

Όταν φτιάχνουμε μαρέγκα, το χτύπημα του λευκώματος (ασπραδιού) προκαλεί αποδίπλωση-μετουσίωση των πρωτεϊνών και ταυτόχρονα εισάγονται φυσαλίδες αέρα.

Οι υδρόφοβες και υδρόφιλες περιοχές των αποδιπλωμένων πρωτεϊνών εκτίθενται στο πλούσιο σε νερό περιβάλλον $\Rightarrow$ οι υδρόφιλες περιοχές της αλυσίδας παραμένουν σε επαφή με το υδάτινο περιβάλλον, ενώ οι υδρόφοβες περιοχές προσπαθώντας να ξεφύγουν και να αλλάξουν περιβάλλον εισχωρούν στις φυσαλίδες αέρα.

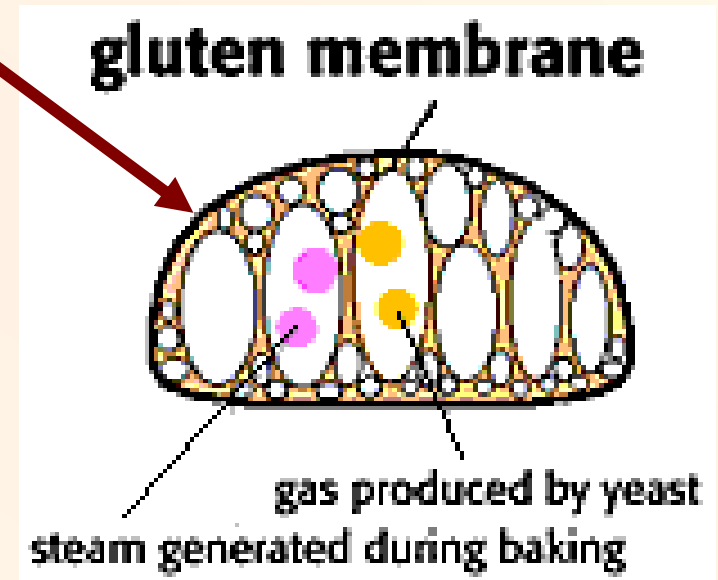
Παράλληλα οι πρωτεΐνες σχηματίζουν δεσμούς μεταξύ τους γύρω από την επιφάνεια της φυσαλίδας, δημιουργώντας ένα ισχυρό και σταθερό δίκτυο που κρατά τον αέρα παγιδευμένο και διασκορπισμένο σε όλη η μάζα του ρευστού ασπραδιού.



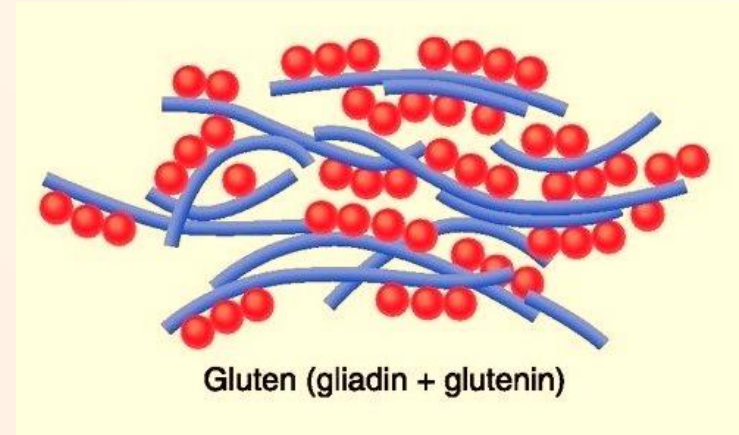
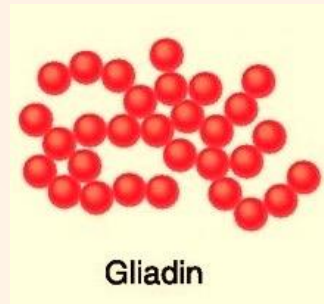
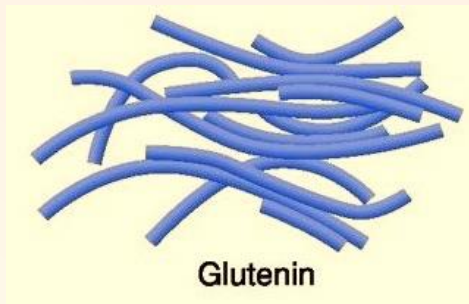
Οι πρωτεΐνες στην παρασκευή τροφίμων

III. Πρωτεΐνες δημητριακών

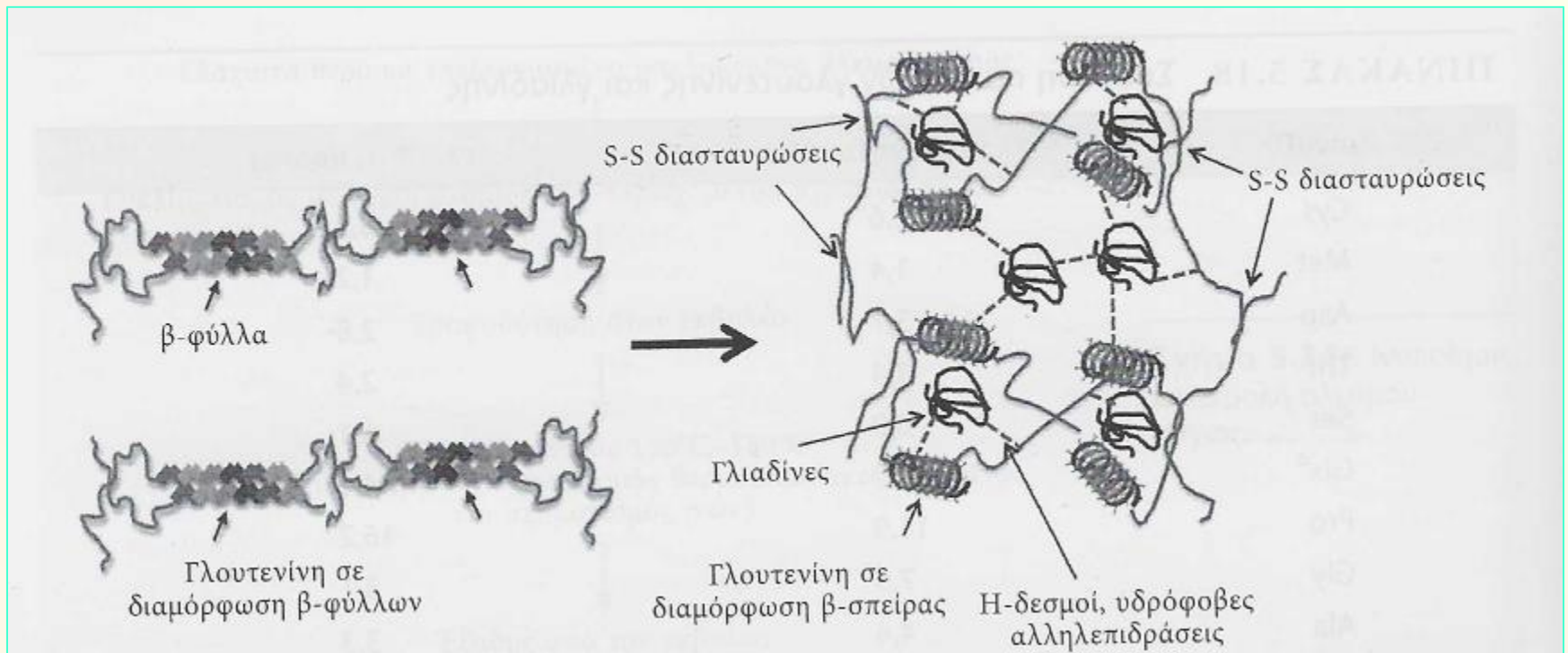
Γλουτένη ⇒ άλευρα που δίνουν ζύμη με δυνατότητα συγκράτησης αερίων ⇒ καλή αρτοποιητική ικανότητα (επόμενη διαφάνεια)



Γλουτένη σίτου

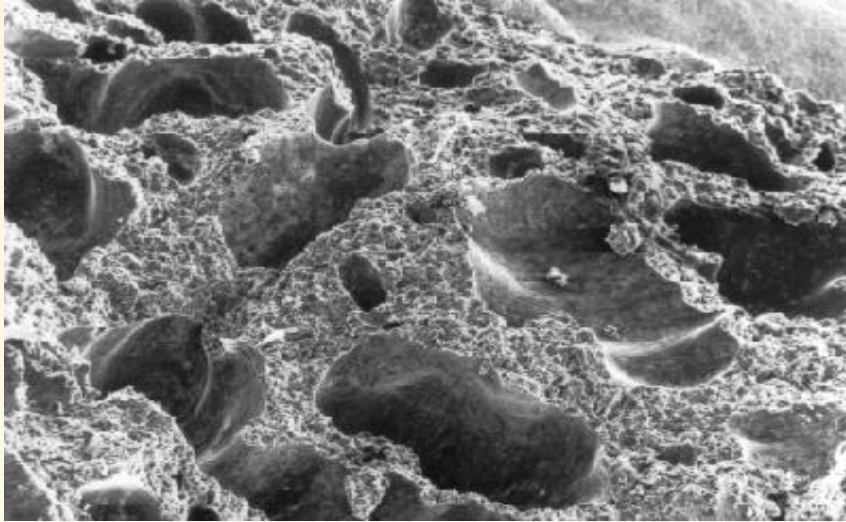


Διαγραμματική παράσταση της πιθανής σχέσης μεταξύ των μορίων της γλουτενίνης και της γλοιαδίνης στο σχηματισμό της γλουτένης.

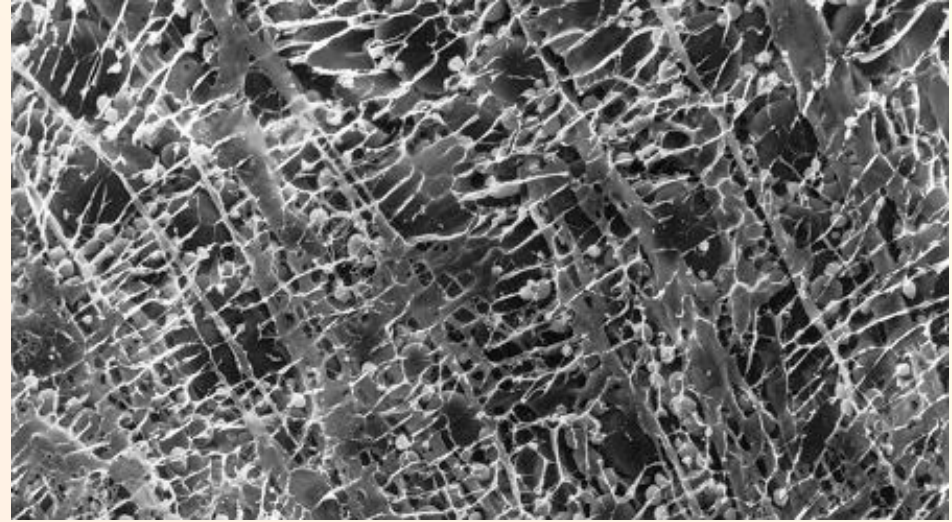


- Στην ξηρή κατάσταση το κύριο στοιχείο δευτεροταγούς δομής της γλουτένης είναι η δομή β-φύλλου. Με την απορρόφηση νερού η γλουτένη υφίσταται σημαντικό δομικό μετασχηματισμό που περιλαμβάνει τη μετατροπή από τη μορφή β-φύλλου σε δομή β-στροφής.
- Τα πολυπεπτίδια γλουτενίνης υπόκεινται σε αντιδράσεις μετατροπής σουλφιδρυλίου σε δισουλφίδιο με αποτέλεσμα τον σχηματισμό νηματοειδών πολυμερών.
- Οι δομές αυτές αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με δεσμούς Η, υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις και δισουλφιδικές γέφυρες για να σχηματίσουν ένα φιλμ τύπου δικτύου ικανό να παγιδεύει αέριο.

Γλουτένη σίτου



Αμέσως μετά το ζύμωμα:
μεγάλες και μικρές οπές στη
ζύμη από τη διαφυγή αερίων



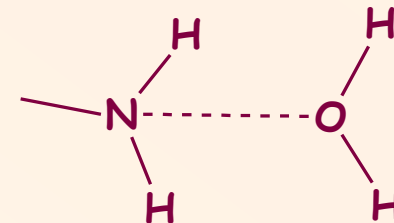
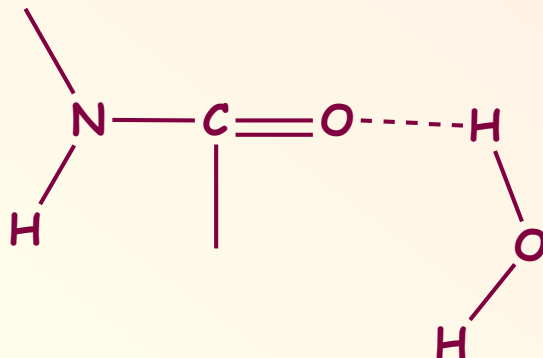
Δύο ώρες μετά:
πλήρης ανάπτυξη του δικτυωτού
πλέγματος της γλουτένης ⇒
συγκρατούνται αέρια (CO_2 από την
αναπνοή της μαγιάς και εξατμιζόμενο
νερό κατά το ψήσιμο ⇒
διόγκωση ζύμης

Οι πρωτεΐνες στην παρασκευή τροφίμων

IV. Πρωτεΐνες κρέατος



Ιδιότητα πρωτεϊνών: συγκράτηση νερού μέσω
σχηματισμού δεσμών υδρογόνου
⇒ τρυφερό, γευστικό κρέας και προϊόντα κρέατος



Επεξεργασία τροφίμων:

Επίδραση σε πρωτεΐνες και αμινοξέα

Θέρμανση.

Μέτρια θέρμανση: θετική επίδραση

Αιτία: η μερική μετουσίωση πρωτεϊνών διευκολύνει την υδρόλυση & απενεργοποιούνται αντιδιατροφικοί παράγοντες που παρεμποδίζουν διάφορα ένζυμα (πχ παράγων αναστολής θρυψίνης)

1. αλεύρι/ψωμί: θέρμανση ↑ διαθεσιμότητα Trp, Thr, Met
2. μερική προστασία βιταμινών:

απενεργοποίηση θειαμινάσης (ψάρια) → προστασία B₁

απενεργοποίηση αβιδίνης (αυγά) → προστασία βιοτίνης

Έντονη θέρμανση: αρνητική επίδραση, ελάττωση διατροφικής αξίας πρωτεϊνών

1. Οξείδωση και αντιδράσεις που προκαλούν αλλαγές δεσμών και παρεμποδίζουν την υδρόλυση αμινοξέων
2. Αντιδράσεις Maillard (μη ενζυμική αμαύρωση), συχνά μέσω Lys, με ανάγοντα σάκχαρα ή καρβονυλικά προϊόντα οξείδωσης λιπών. Οδηγούν σε παραγωγή μη διασπώμενων προϊόντων

Τροποποίηση των πρωτεϊνών κατά τη θερμική επεξεργασία των τροφίμων

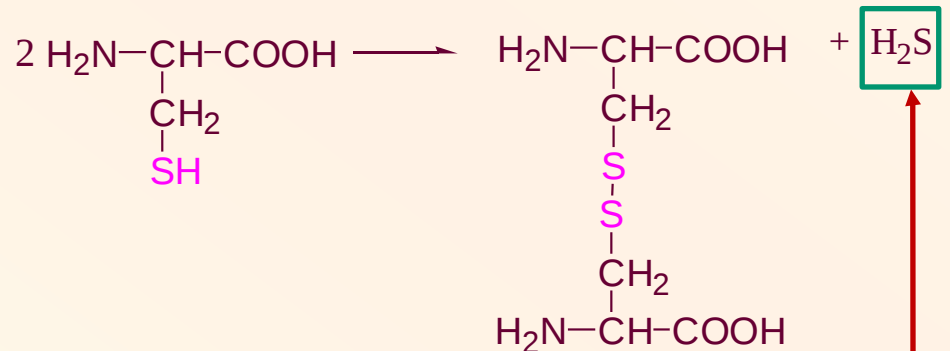
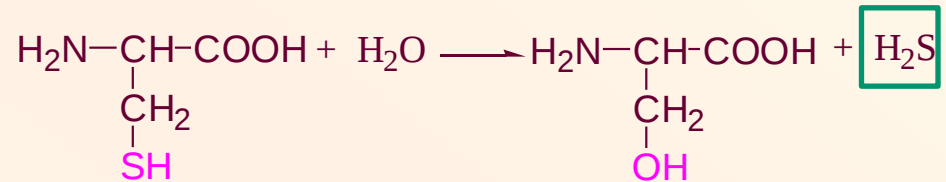
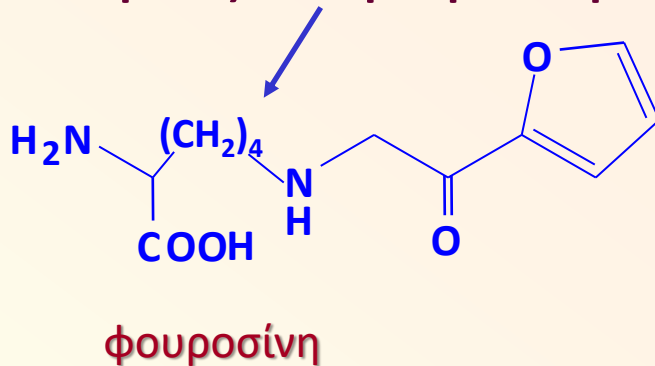
- Με θέρμανση σε θερμοκρασίες $>55^{\circ}\text{C}$ αρχίζουν να συμβαίνουν μεταβολές στις δομές α-έλικας και β-φύλλου
- Περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από $70-80^{\circ}\text{C}$ οδηγεί σε σχεδόν πλήρη απώλεια της δευτεροταγούς και της τριτοταγούς δομής καθώς και σε διάσπαση των δισουλφιδικών (-S-S-) δεσμών.
- Στο κρέας, οι αλβουμίνες του χυμού μετουσιώνονται, ανεβαίνουν στην επιφάνεια και σχηματίζουν το γνωστό αφρό.
- Στα αυγά η μετουσίωση των πρωτεϊνών έχει σαν αποτέλεσμα το «πήξιμο» του ασπραδιού αλλά και του κρόκου.
- Στο γάλα οι μετουσιωμένες πρωτεΐνες δημιουργούν τον υμένα («πέτσα») στην επιφάνειά του.

Επεξεργασία τροφίμων:

Επίδραση σε πρωτεΐνες και αμινοξέα

• Αφυδάτωση

- (+) Η μείωση της ενεργότητας νερού αυξάνει το όριο συντήρησης τροφίμου
- (-) προκαλεί μεταβολές στην υφή και γεύση (καλύτερα υπό κενό, χαμηλή θ)
- λυοφιλίωση (αφυδατωμένο κρέας, κατά την ενυδάτωση πιο σκληρό)
- spray drying, drum drying (αυγά, γάλα). Όμως προκαλείται σχηματισμός νέων αμινοξέων: φουροσίνη



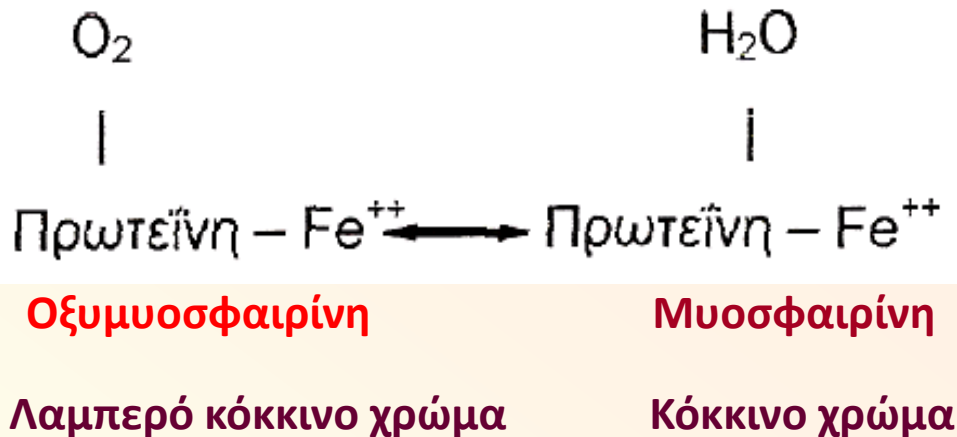
• Παστερίωση

(72°C επί 15 sec)

μετουσίωση β-λακτοσφαιρίνης,
παραγωγή H_2S από κυστεΐνη

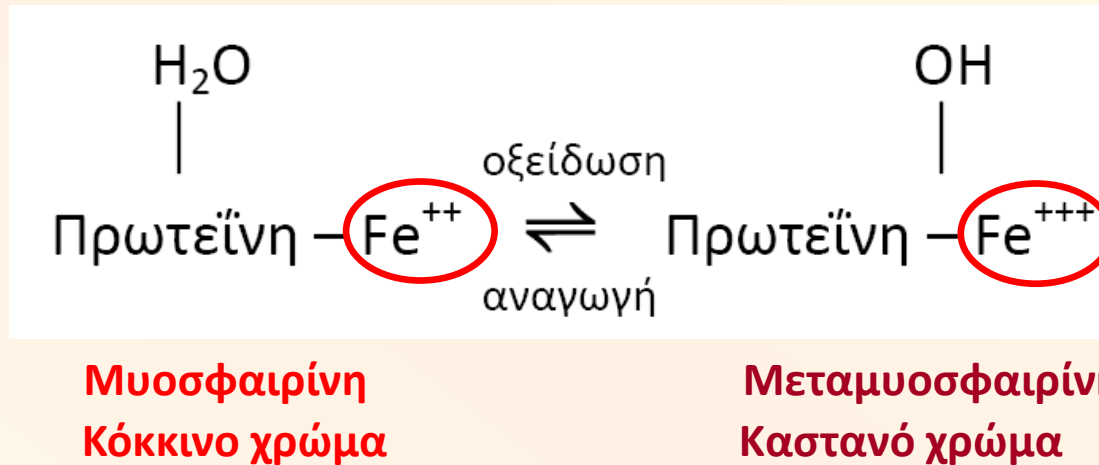
Επεξεργασία τροφίμων: Το χρώμα του κρέατος

- Το χρώμα του κρέατος οφείλεται στην μεταλλοπρωτεΐνη **μυοσφαιρίνη** (μυογλοβίνη). Η μυοσφαιρίνη έχει στο κέντρο της ιόν Fe^{+2} και μπορεί να συγκρατεί μοριακό οξυγόνο χωρίς να αλλάζει ο αριθμός οξείδωσης του Fe (**οξυμυοσφαιρίνη**)
- Στους ζωντανούς οργανισμούς οι δύο μορφές βρίσκονται σε χημική ισορροπία.



Επεξεργασία τροφίμων: Το χρώμα του κρέατος

- Όταν το ζώο θανατωθεί η μυοσφαιρίνη οξειδώνεται από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο.
- Σχηματικά



- Στο νωπό κρέας υπάρχουν αναγωγικοί παράγοντες που μετακινούν την ισορροπία προς τα αριστερά. Μετά τον θάνατο του ζώου, με την πάροδο του χρόνου, οι αναγωγικοί παράγοντες εξαντλούνται και το κρέας παίρνει μόνιμο καστανό χρώμα.

Μεταβολές στο κρέας κατά το μαγείρεμα

Θέρμανση κρέατος $\Rightarrow$ Μετουσίωση πρωτεϊνών $\Rightarrow$ Θρόμβωση

(οι πρωτεΐνες σχηματίζουν δεσμούς μεταξύ τους) $\Rightarrow$ μείωση δραστικών ομάδων που μπορούν να σχηματίσουν δεσμούς υδρογόνου με το νερό $\Rightarrow$ μείωση ικανότητας συγκράτησης νερού από τις πρωτεΐνες του κρέατος

1. Το κρέας που προορίζεται για παρασκευή σούπας τοποθετείται στο μαγειρικό σκεύος από την αρχή της θέρμανσης, ώστε λόγω της σταδιακής μετουσίωσης να αποβληθεί μεγάλη ποσότητα **οπού** (ζωμός)
2. Στο «**σωτάρισμα**» («τσιγάρισμα») το κρέας θερμαίνεται απότομα και προκαλείται θρόμβωση και σκλήρυνση των πρωτεϊνών που βρίσκονται στην επιφάνεια. Έτσι δημιουργείται ένα προστατευτικό περίβλημα το οποίο εγκλωβίζει τον **οπό** στο εσωτερικό του κρέατος
3. Το μαρινάρισμα του κρέατος σε όξινα υγρά που περιέχουν ξύδι, λεμόνι ή κρασί, προκαλεί ελάττωση του pH και απομάκρυνση από το ισοηλεκτρικό σημείο των πρωτεϊνών που το αποτελούν. Οι ιονισμένες ομάδες που δημιουργούνται σχηματίζουν νέους δεσμούς υδρογόνου με το νερό και έτσι αυξάνεται η τρυφερότητα του κρέατος.

Οι πρωτεΐνες στην απομίμηση λίπους

- Μικροτεμαχισμός (microparticulation)

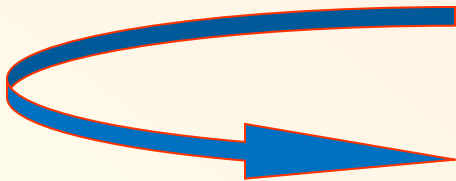
Πρωτεΐνη



Θέρμανση (έως σχηματισμού δομής πηκτής)



διάτμηση με έντονη ανάμιξη ($\varnothing < 3\mu\text{m}$)



Στο στόμα, προκαλείται αίσθηση παρόμοια με αυτή του λίπους που λιώνει

Χρήση για παρασκευή λιπών χαμηλής θερμιδικής αξίας (1-4 kcal/g),
επαλειφόμενα τυριά, μαγιονέζες κλπ

Novel proteins (καινοφανείς πρωτεΐνες)

Έλλειψη εδωδίων πρωτεϊνών $\Rightarrow$ ανάγκη για νέες, μη συμβατικές πηγές

- Μικροοργανισμοί, φύλλα, ελαιούχοι σπόροι κλπ
- Ζύμες *Candida Utilis*, *Saccharomyces carlsbergensis*
- Βακτήρια: κυρίως αυτά που καταναλώνουν υδρογονάνθρακες
- Μύκητες: βρώσιμα μανιτάρια
- Μύκητες: παρασκευή τυριών (*P. Roqueforti*, *P. Camemberti*)
- Μύκητας *Fusarium venenatum*: πλούσια σε πρωτεΐνη βιομάζα, υποκατάστατο κρέατος (Quorn)
- Άλγη (φύκη): *Chlorella* (χλωροφύκος), *Spirulina* (κυανοφύκος)
50% πρωτεΐνη επί ξηρού, με απαραίτητα αμινοξέα, όχι Met
- Συμπυκνώματα πρωτεϊνών από μη εδωδιμα ψάρια (υστερούν σε Met)
- Πρωτεΐνες από έντομα
- Προβλήματα: Διαλυτότητα, απορρόφηση νερού, παρουσία μυκοτοξινών, ανωμαλίες γαστρεντερικού και νεφρών από πολλά νουκλεϊκά οξέα (Pr από ζύμες)