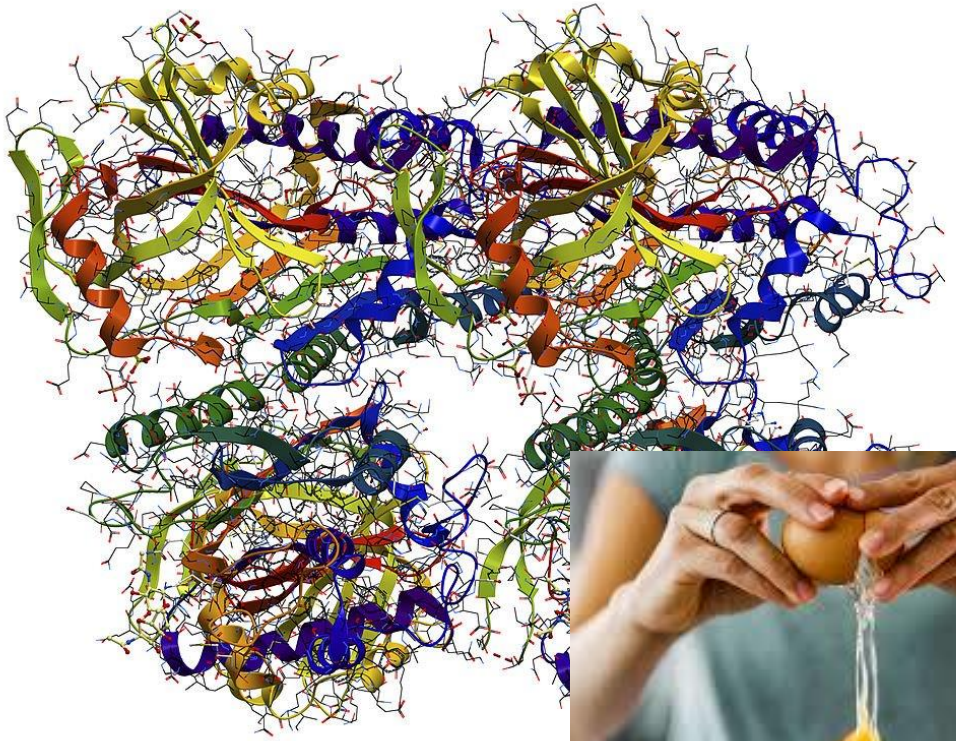
ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ-ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ-ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ





Πρωτεΐνες (ΙΙ)

Αμαλία Γιάννη

Λειτουργικές ιδιότητες πρωτεϊνών

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

- Ικανότητα δέσμευσης νερού
- Διαλυτότητα
- Διεπιφανειακές ιδιότητες
    - Γαλακτωματοποιητικές ιδιότητες
    - Αφριστικές ιδιότητες
- Δέσμευση οσμών/γεύσεων
- Ιξώδες
- Σχηματισμός πηκτών
- Ινοποίηση
- Σχηματισμός ζυμαριού











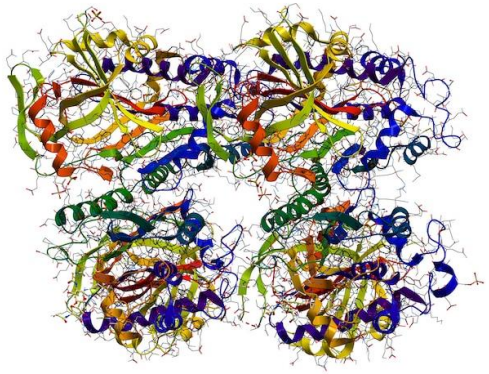
Ικανότητα δέσμευσης νερού (ενυδάτωση)

- Πολλές από τις λειτουργικές ιδιότητες των πρωτεϊνών στα τρόφιμα όπως διόγκωση, διαλυτότητα, πάχυνση, ικανότητα συγκράτησης νερού, γαλακτοματοποίηση κ.α. εξαρτώνται από την αλληλεπίδραση του νερού-πρωτεΐνης.
- Σημασία σε τρόφιμα χαμηλής και μέσης υγρασίας (αρτοσκευάσματα, προϊόντα αλεσμένου κρέατος)
- Δέσμευση νερού: φορτισμένες ομάδες, πεπτιδικές ομάδες, αμιδομάδες, υδροξυλομάδες και ομάδες μη-πολικών αμινοξέων.
- Πρώτα ενυδατώνονται οι ιοντικές ομάδες, μετά οι πολικές και στο τέλος οι μη-πολικές.
- Ελάχιστη ενυδάτωση στο ισοηλεκτρικό σημείο
- Μείωση της ικανότητας δέσμευσης νερού με αύξηση της θερμοκρασίας
- Ικανότητα συγκράτησης νερού: μεγαλύτερης σημασίας για τα τρόφιμα, σχετίζεται με το χυμώδες και την τρυφερότητα των προϊόντων κρέατος, με τις επιθυμητές ιδιότητες υφής των προϊόντων αρτοποιίας και προϊόντων τύπου πηκτής.

Διαλυτότητα

Με βάση τα χαρακτηριστικά διαλυτότητας οι πρωτεΐνες ταξινομούνται σε τέσσερις κατηγορίες:

- Αλβουμίνες: διαλυτές στο νερό σε pH 6,6 (αλβουμίνη ορού, ωαλβουμίνη και α-λακταλβουμίνη)
- Γλοβουλίνες: διαλυτές σε αραιά διαλύματα άλατος σε pH 7,0 (γλυκινίνη, φασεολίνη, β-λακτοσφαιρίνη)
- Γλουτελίνες: διαλυτές σε όξινα (pH 2) και αλκαλικά (pH 12) διαλύματα (γλουτενίνες σίτου)
- Προλαμίνες: διαλυτές σε 70% αιθανόλη (ζεΐνη καλμποκιού, γλιαδίνες σίτου)



<u>Η διαλυτότητα επηρεάζεται από</u>:

- Ηλεκτρικό φορτίο πρωτεΐνης (ελάχιστη διαλυτότητα στο ισοηλεκτρικό σημείο)

- Ιόντα ουδετέρων αλάτων

Η παρουσία τους αυξάνει τη διαλυτότητα (ελάττωση ηλεκτροστατικών έλξεων, αύξηση ενυδάτωσης). Μεγάλη αύξηση της συγκέντρωσης αλάτων μπορεί να προκαλέσει καθίζηση (συναγωνισμός με πρωτεΐνη για ενυδάτωση).

Διαλυτότητα

- Οργανικοί διαλύτες (αλκοόλη, ακετόνη)
  Αύξηση διαμοριακών αλληλεπιδράσεων. Προκαλούν ελάττωση των απωστικών δυνάμεων μεταξύ μορίων πρωτεΐνης $\Rightarrow$ συσσωμάτωση $\Rightarrow$ καθίζηση (μείωση διαλυτότητας)

- Θερμοκρασία
  Διαλυτότητα αυξάνεται μέχρι Θ = 40 ^{o}C. Σε Θ > 40 ^{o}C $\Rightarrow$
  $\Rightarrow$ μετουσίωση, ελάττωση διαλυτότητας

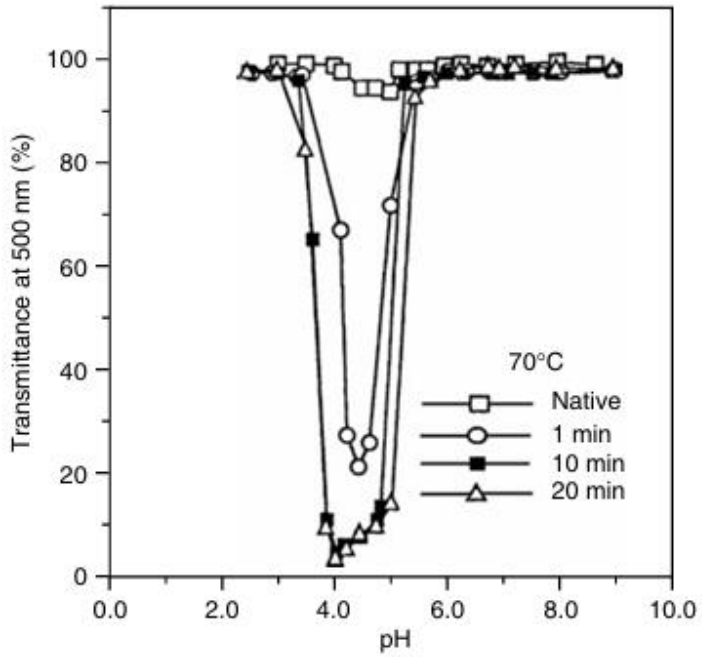


FIGURE 5.21 pH-solubility profile of whey protein isolate solutions heated at 70°C for various times. (From Zhu, H. and S. Damodaran. 1994. *J. Agric. Food Chem.* **42**:846–855.)

Διεπιφανειακές ιδιότητες πρωτεϊνών

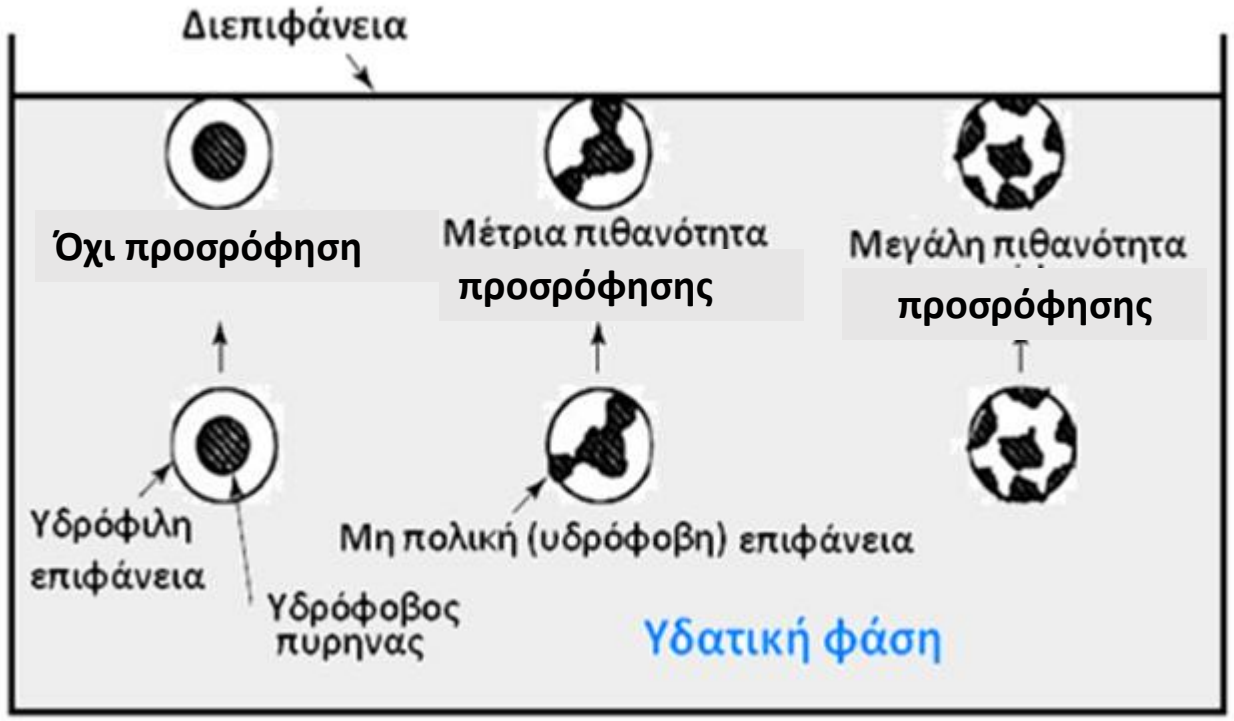
Πρωτεΐνες επιθυμητές για τις διεπιφανειακές τους ιδιότητες: α) ικανότητα να προσροφώνται αμέσως σε μια διεπιφάνεια, β) ικανότητα να ξεδιπλώνονται αμέσως και να επαναδιαμορφώνονται σε μια διεπιφάνεια, γ) ικανότητα αλληλεπίδρασης με γειτονικά μόρια και σχηματισμός ισχυρού συνεκτικού ιξωδοελαστικού φιλμ που μπορεί να αντέχει μηχανικές δονήσεις κατά την αποθήκευση και τη διακίνηση.

<u>Γαλακτοματοποιητικές ιδιότητες</u>
Γαλακτώματα: Κολλοειδής διασπορά ελαίου σε νερό ή νερού σε έλαιο
Προϊόντα τύπου γαλακτώματος: γάλα, κρόκος αυγού, βούτυρο, μαγιονέζα, λουκάνικα κ.α.

<u>Αφριστικές ιδιότητες</u>
Αφροί: Διασπορά αερίου (αέρα) σε νερό
Προϊόντα τύπου αφρού: κρέμα σαντιγύ, παγωτό, μαρέγκα, μους κ.α.

Σχηματισμός και σταθερότητα αφρών και γαλακτωμάτων: Όμοιες βασικές αρχές. Όμως οι βασικές απαιτήσεις αναφορικά με τη λειτουργικότητα της πρωτεΐνης σε αυτές τις διεπιφάνειες δεν είναι ίδιες.

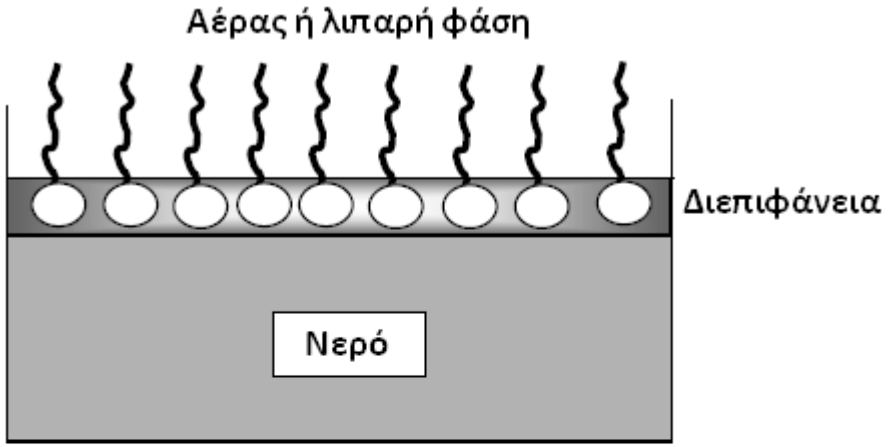
Διεπιφανειακές ιδιότητες πρωτεϊνών



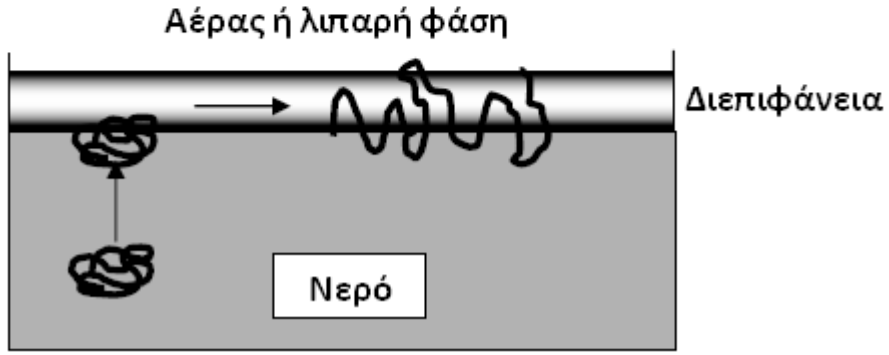
Ρόλος της παρουσίας επιφανειακών υδρόφοβων τμημάτων στην δυνατότητα προσρόφησης πρωτεϊνών στη διεπιφάνεια νερού-αέρα (ή νερού-ελαίου σε γαλακτώματα)

Διεπιφανειακές ιδιότητες πρωτεϊνών

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



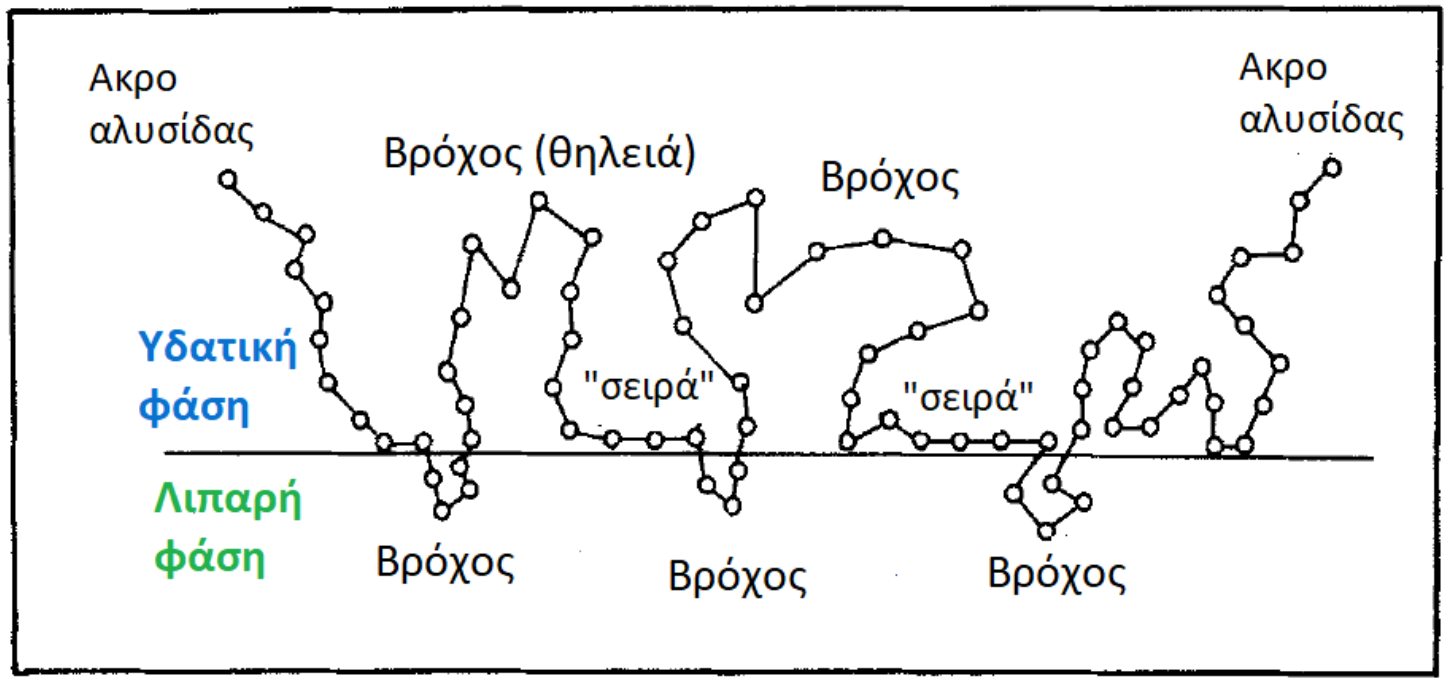
Β. μόρια πρωτεΐνης στη διεπιφάνεια αέρα-νερού ή ελαίου-νερού



Διαφορά στον τρόπο προσρόφησης Α. μικρού τασιενεργού μορίου (επάνω) και Β. μιας πρωτεΐνης (κάτω) στη διεπιφάνεια αέρα-νερού ή ελαίου-νερού

Fennema's *Food Chemistry*

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).

Fennema's *Food Chemistry*

Δέσμευση οσμών/γεύσεων

Οι πρωτεΐνες είναι άοσμες. Όμως μπορούν να δεσμεύσουν συστατικά οσμής/γεύσης και να επηρεάσουν τις οργανοληπτικές ιδιότητες των τροφίμων.

Δυσάρεστες οσμές/γεύσεις: αλδεΰδες, κετόνες, αλκοόλες που παράγονται από την οξείδωση των ακόρεστων λιπαρών οξέων κατά την επεξεργασία των τροφίμων.

Επιθυμητές εφαρμογές: χρήση πρωτεϊνών ως φορέων επιθυμητών οσμών/γεύσεων ή ως τροποποιητών οσμών/γεύσεων σε παρασκευασμένα τρόφιμα (ανάλογα κρέατος από φυτικές πρωτεΐνες).

Ιδιότητες πρωτεΐνης για αποτελεσματική δέσμευση: α) να δεσμεύει ισχυρά τις οσμές/γεύσεις, β) να διατηρεί τις οσμές/γεύσεις κατά την επεξεργασία, γ) να τις απελευθερώνει κατά τη μάσηση στο στόμα.



Σχηματισμός πηκτών (gelation)

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

Αδρανοποιημένο νερό: νερό παγιδευμένο στην πηκτή που έχει ιδιότητες νερού αλλά δεν ρέει ελεύθερα

Παραδείγματα: Κολλαγόνο (ζελατίνη), θρομβωμένη καζεΐνη



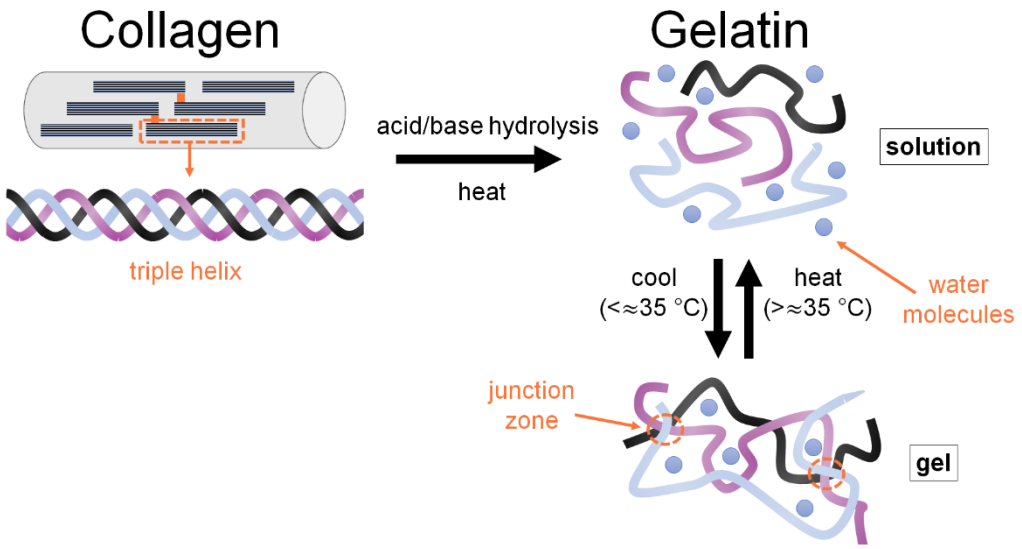
Συνήθως παράγονται θερμαίνοντας ένα σχετικά συμπυκνωμένο πρωτεϊνικό διάλυμα. Η πρωτεΐνη από τη διαλυτή κατάσταση περνάει σε κατάσταση προ-πηκτής με μετουσίωση. Δεσμοί υδρογόνου και υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις ευνοούνται μεταξύ των λειτουργικών ομάδων της πρωτεΐνης που έχουν εκτεθεί ώστε να οδηγήσουν σε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

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)



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

Υδρόλυση πρωτεϊνών

Υδρόλυση = διάσπαση πεπτιδικών δεσμών

Αποτέλεσμα: παραλαβή πεπτιδίων και τελικά αμινοξέων

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

Υδρόλυση πρωτεϊνών

Ενζυμική υδρόλυση: 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.



Λειτουργικές ιδιότητες: Μερικώς υδρολυμένες πρωτεϊνες γενικά δείχνουν βελτιωμένες αφριστικές και γαλακτοματοποιητικές ιδιότητες.

Αλλεργιογένεση: Πρωτεΐνες τροφίμων που προκαλούν αλλεργικές αντιδράσεις: αγελαδινού γάλακτος, πρωτεΐνες σόγιας, γλουτένη, πρωτεΐνες αυγού, πρωτεΐνες αραχίδας. Τα προϊόντα υδρόλυσης έχουν χαμηλότερη αλλεργιογένεση από τις φυσικές πρωτεΐνες.

Πικρά πεπτίδια: Μια από τις ανεπιθύμητες ιδιότητες των προϊόντων υδρόλυσης των πρωτεϊνών.



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

αλβουμίνες και γλοβουλίνες
καζεΐνη 80%



1. *Παρασκευή <u>τυριού</u>*
   πρώτο στάδιο = θρόμβωση καζεΐνης
   (οξίνιση λόγω λακτοβακίλλων,
   πρωτεολυτικά ένζυμα)

2. *Συνεισφέρουν στο <u>Άρωμα</u>*
   των γαλακτοκομικών προϊόντων

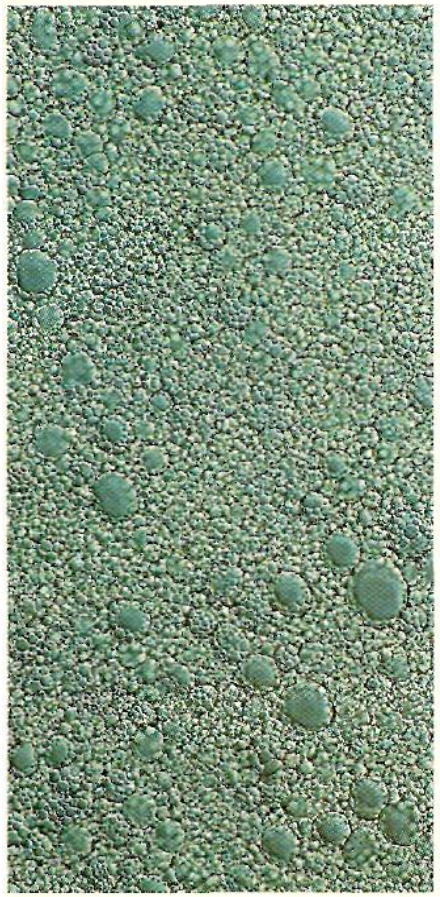
3. *Εγκλεισμός αέρα* $\Rightarrow$ <u>αφρισμός</u> $\Rightarrow$ παρασκευή παγωτών και κρέμας

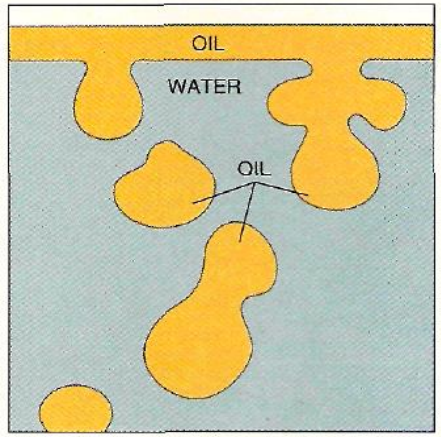
4. *<u>Ζαχαροπλαστική, αρτοποιία</u>:*
   Πρωτεΐνη γάλακτος ή απολιπανθείσα σκόνη γάλακτος $\Rightarrow$
   αύξηση ικανότητας προσρόφησης νερού από το αλεύρι $\Rightarrow$
   βελτίωση αρτοποιητικής ικανότητας, διευκόλυνση ζυμώματος

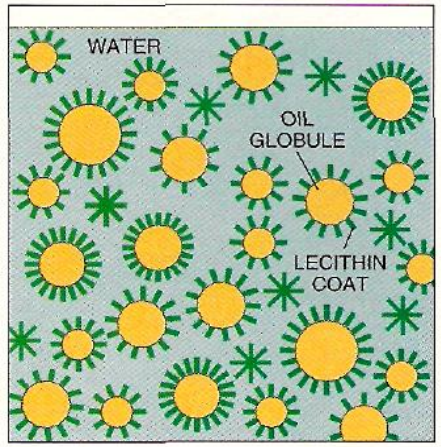
Οι πρωτεΐνες στην παρασκευή τροφίμων

II. Πρωτεΐνες αυγών

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

Κρόκος: 20% (λιποβιτελίνη, λιποβιτελενίνη)

Ασπράδι: >10% πρωτεΐνες (ωαλβουμίνη, λυσοζύμη, αβιδίνη κ.α.)

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 ⇒ 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.

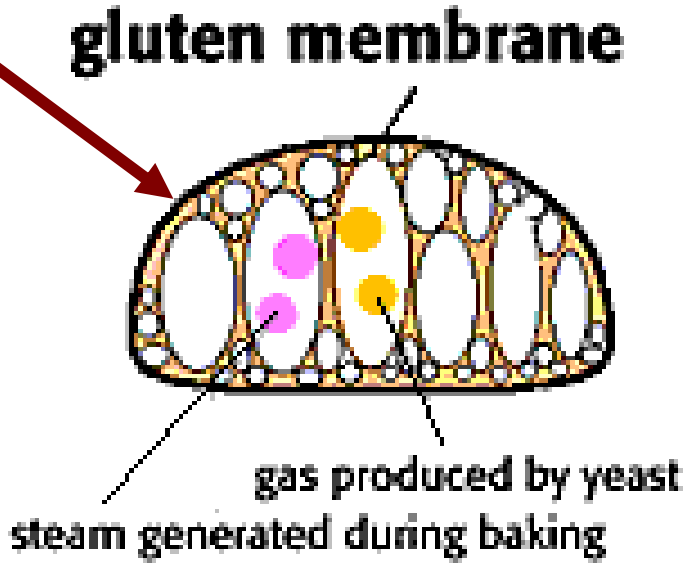
Παράλληλα οι πρωτεΐνες σχηματίζουν δεσμούς μεταξύ τους γύρω από την επιφάνεια της φυσαλίδας, δημιουργώντας ένα ισχυρό και σταθερό δίκτυο που κρατά τον αέρα παγιδευμένο και διασκορπισμένο σε όλη η μάζα του ρευστού ασπραδιού.

Οι πρωτεΐνες στην παρασκευή τροφίμων

ΙΙΙ. Πρωτεΐνες δημητριακών

Γλουτένη ⇒ άλευρα που δίνουν ζύμη με δυνατότητα συγκράτησης αερίων
⇒ καλή αρτοποιητική ικανότητα.





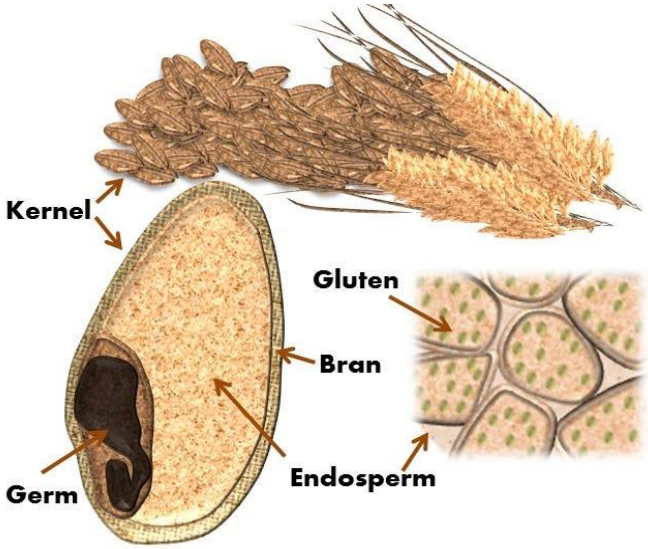
Πρωτεΐνες δημητριακών - Γλουτένη σίτου

Σιτάλευρο: περιέχει διαλυτά και αδιάλυτα πρωτεϊνικά κλάσματα

Διαλυτά κλάσματα: ένζυμα – δε συνεισφέρουν στις ιδιότητες σχηματισμού ζυμαριού

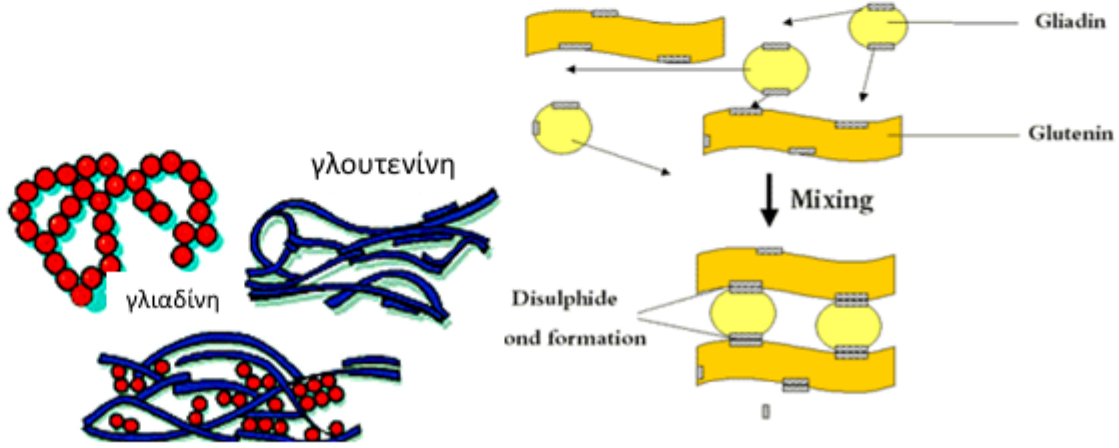
Κύρια αποθεματική πρωτεΐνη σίτου = γλουτένη: μίγμα γλιαδινών και γλουτενινών με περιορισμένη διαλυτότητα στο νερό λόγω χαμηλής περιεκτικότητας σε όξινα και βασικά αμινοξέα (<10%). Όταν αναμιγνύεται με το νερό σχηματίζει ιξωδοελαστικό ζυμάρι ικανό να παιδεύσει αέριο κατά τη ζύμωση.

- Gln και Pro το 40% των αμινοξέων
- Υδρόφοβα αμινοξέα το 30% των αμινοξέων
- Υδροξυ-αμινοξέα (~10%) και Gln ευθύνονται για την ικανότητα δέσμευσης νερού
- Κυστεΐνη και κυστίνη (2-3%): υπόκεινται σε αντιδράσεις αντικατάστασης σουλφυδρυλίου-δισουλφιδίου με αποτέλεσμα τον εκτεταμένο πολυμερισμό των πρωτεϊνών της γλουτένης.



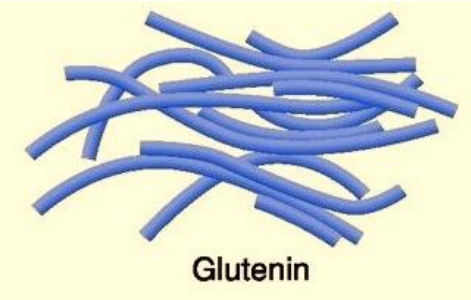


The Gluten protein is mainly found in the endosperm of grain Kernel (seed)

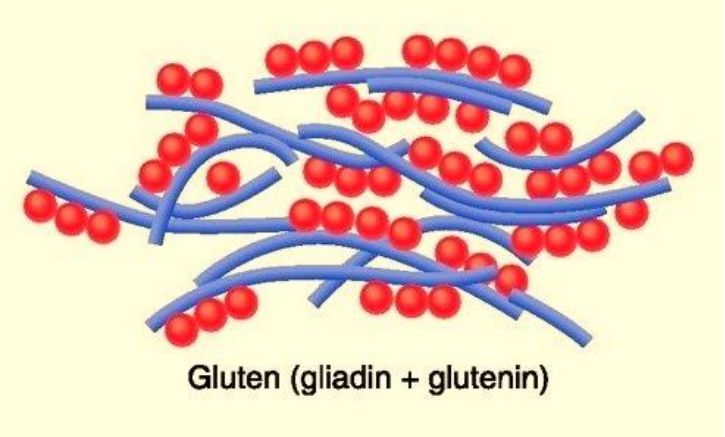


Γλουτένη (γλουτενίνη + γλιαδίνη)

Γλουτένη σίτου





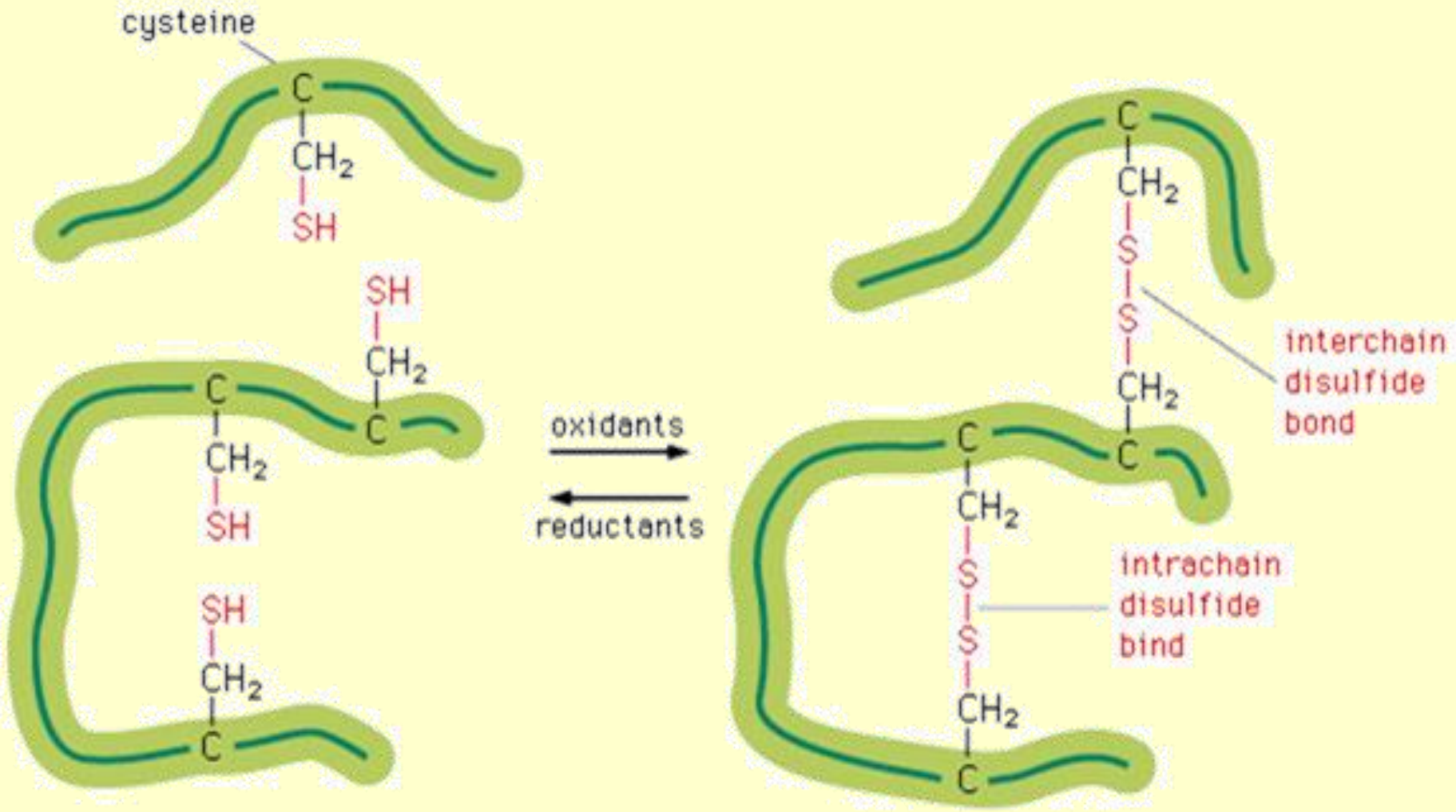


Διαγραμματική παράσταση της πιθανής σχέσης μεταξύ των μορίων της γλουτενίνης και της γλιαδίνης στο σχηματισμό της γλουτένης.

Γλουτενίνες: ετερογενή πολυπεπτίδια με MW 12.000-130.000 Da ενωμένα με δισουλφιδικές διασταυρώσεις που πολυμερίζονται εκτενώς μέσω αντιδράσεων ανταλλαγής σουλφυδρυλίου-δισουλφιδίου (MW σε εκατομμύρια). Συνεισφέρουν σημαντικά στην ελαστικότητα του ζυμαριού.

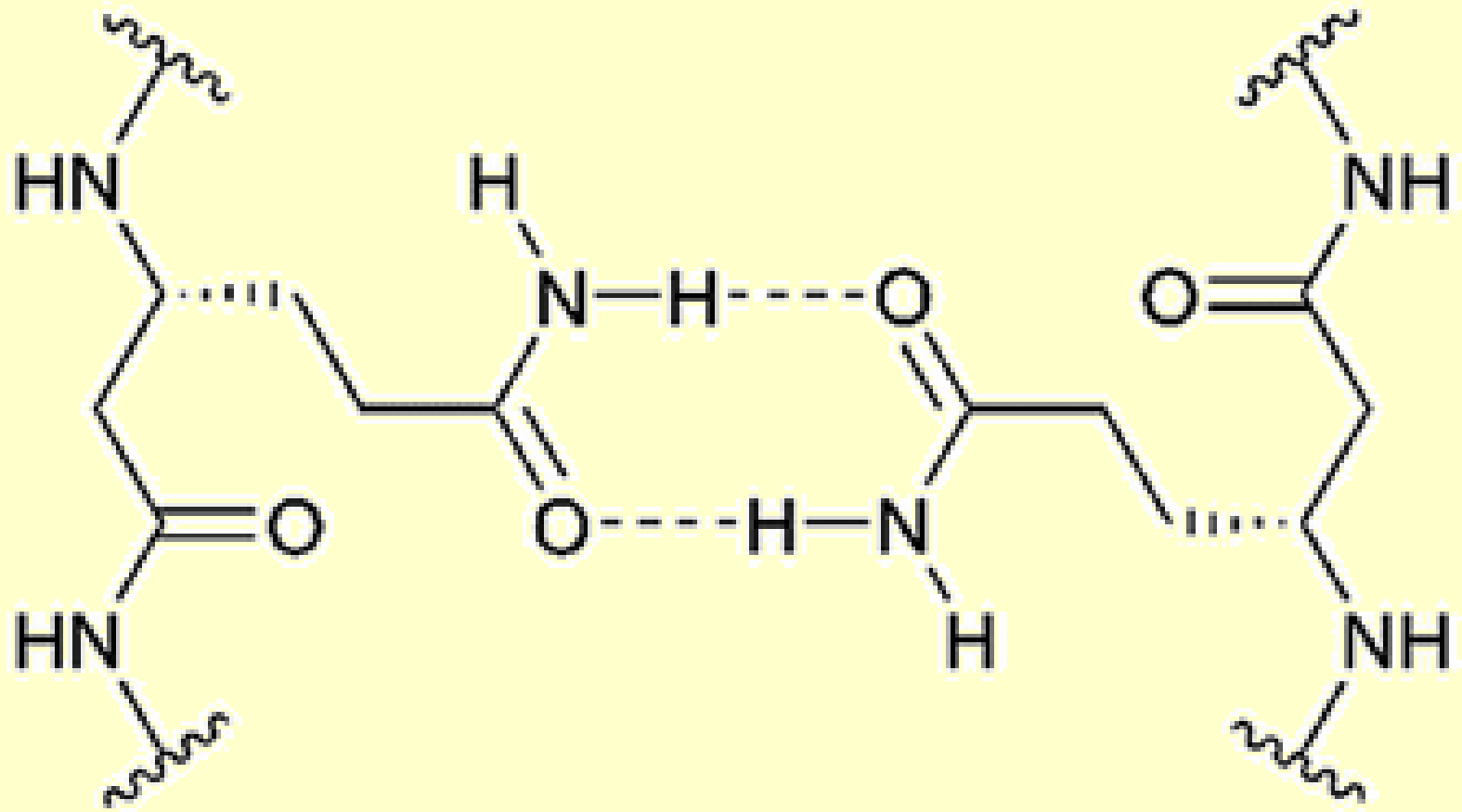
Γλιαδίνες: απλά πολυπεπτίδια με MW 30.000-80.000 Da (ενδομοριακοί δισουλφιδικοί δεσμοί που δεν παίρνουν μέρος σε αντιδράσεις με άλλες πρωτεΐνες). Εξαιρετικά κολλώδεις όταν ενυδατώνονται και υπεύθυνες για τη συνοχή στο σύστημα της ζύμης.

Χημικοί δεσμοί κατά τον σχηματισμό της ζύμης (1)

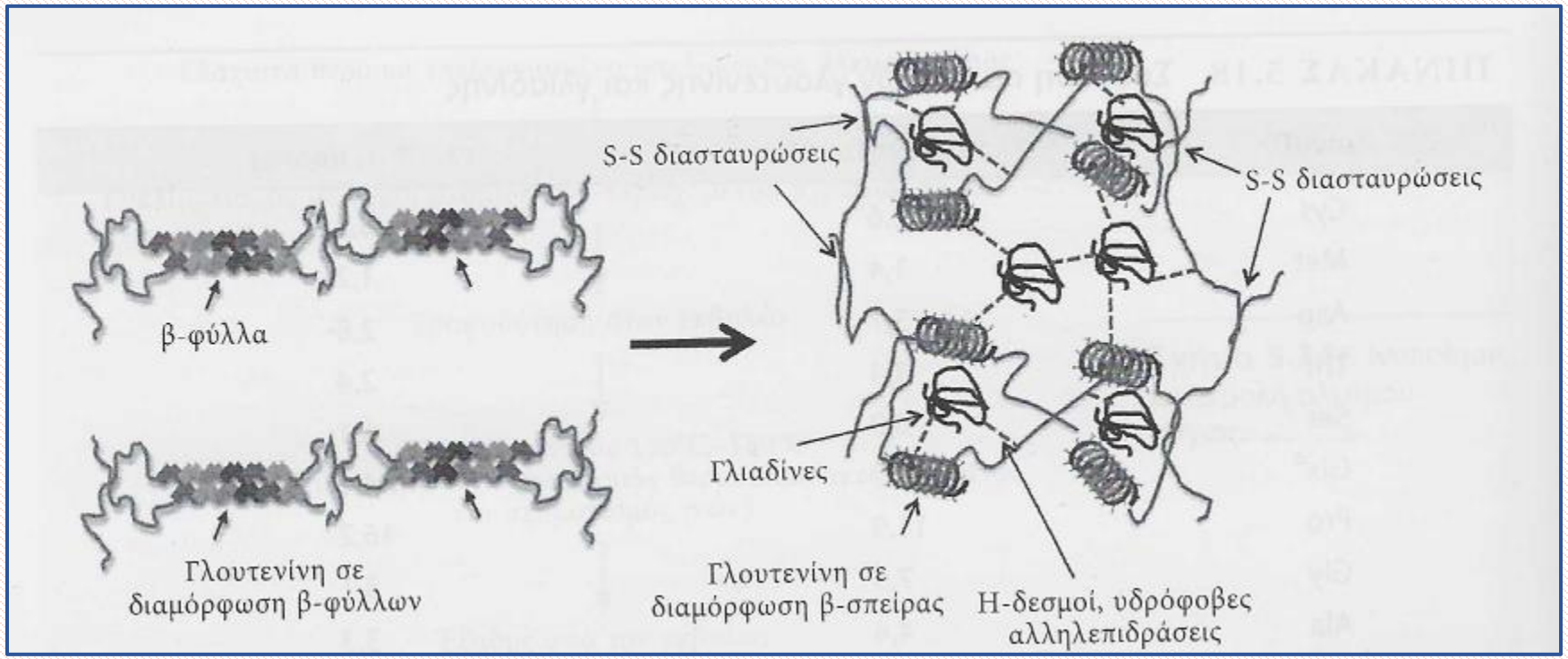


Η ανάπτυξη δισουλφιδικών δεσμών είναι ο κύριος μηχανισμός κατά το σχηματισμό της ζύμης.

Χημικοί δεσμοί κατά τον σχηματισμό της ζύμης (2)



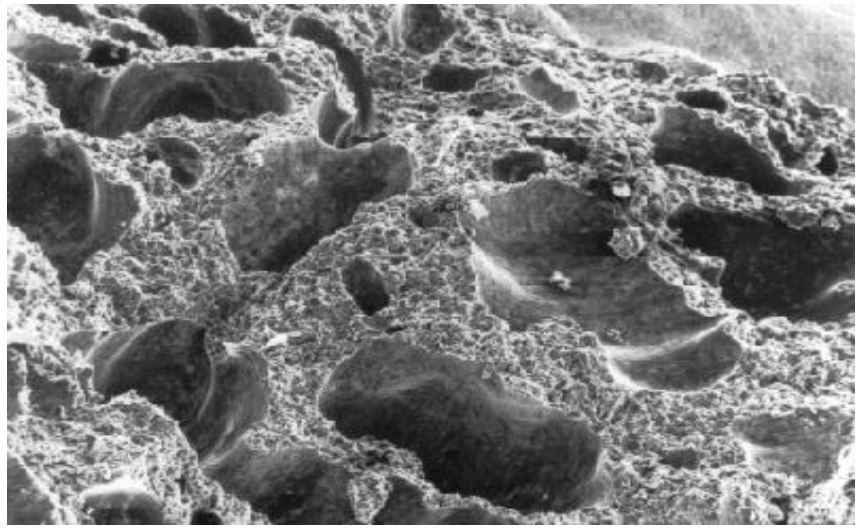
Σταθεροποίηση ζύμης με σχηματισμό δεσμών υδρογόνου μεταξύ υπολειμμάτων γλουταμίνης που δημιουργούνται λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των γλουτενινών σε γλουταμίνη.

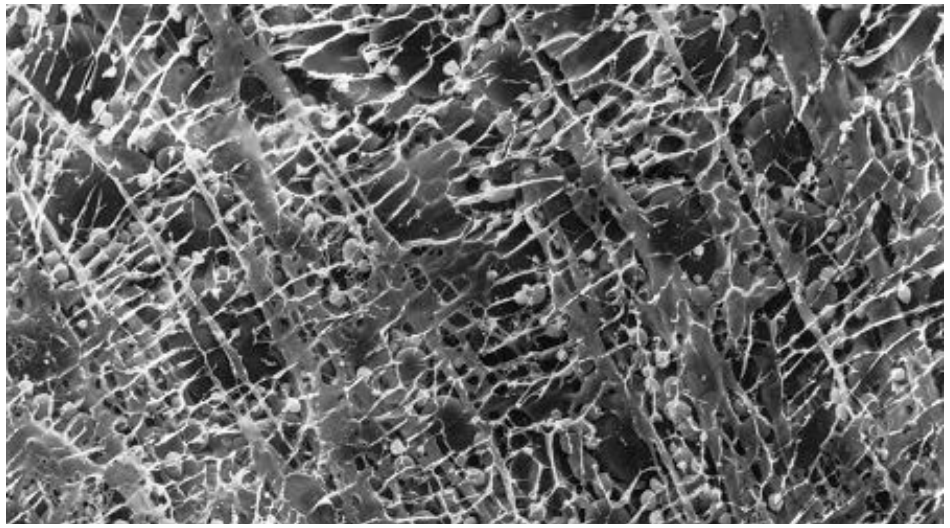


- Στην ξηρή κατάσταση το κύριο στοιχείο δευτεροταγούς δομής της γλουτένης είναι η δομή β-πτυχωτής επιφάνειας. Με την απορρόφηση νερού η γλουτένη υφίσταται σημαντικό δομικό μετασχηματισμό που περιλαμβάνει τη μετατροπή από τη μορφή β-πτυχωτής επιφάνειας σε δομή β-στροφής λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε προλινη και γλυκίνη.
- **Τα πολυπεπτίδια γλουτενίνης υπόκεινται σε αντιδράσεις μετατροπής -SH σε -S-S- 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.

Fennema's *Food Chemistry*

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



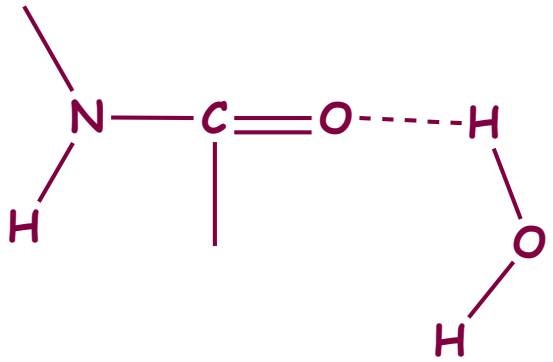
Μυικός ιστός:
- σαρκοπλασματικές
- συσταλτικές
- συνεκτικές

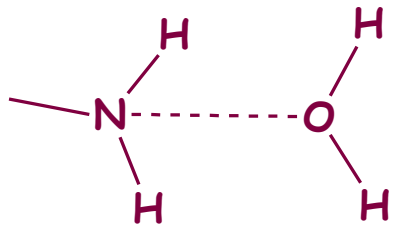
Μυικές ίνες:
ακτίνη, μυοσίνη

Συνεκτικός ιστός:
κολλαγόνο, ελαστίνη
(σκληρές δύσπεπτες)

Μαγείρεμα:
Κολλαγόνο ⇒ ζελατίνη

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 και τη βιοδιαθεσιμότητα ενώ απενεργοποιούνται αντιθρεπτικοί παράγοντες (π.χ. αναστολείς θρυψίνης και χυμοθρυψίνης, λεκτίνες)

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

   απενεργοποίηση θειαμινάσης (ψάρια) → προστασία B_1

   απενεργοποίηση αβιδίνης (αυγά) → προστασία βιοτίνης

Έντονη θέρμανση: αρνητική επίδραση, ελάττωση διατροφικής αξίας πρωτεϊνών

1. Θέρμανση >200°C (επιφάνειες τροφίμων κατά το ψήσιμο σε σχάρα, φούρνο) οδηγεί σε αποσύνθεση και πυρόλυση των αμινοξέων (μεταλλαξιογόνα προϊόντα πυρόλυσης).
2. Αντιδράσεις Maillard (μη ενζυμική αμαύρωση), συχνά μέσω Lys, με ανάγοντα σάκχαρα ή καρβονυλικά προϊόντα οξείδωσης λιπών. Οδηγούν σε υποβάθμιση της πρωτεϊνικής αξίας.

Τροποποίηση των πρωτεϊνών κατά τη θερμική επεξεργασία των τροφίμων

- Με θέρμανση σε θερμοκρασίες >55°C αρχίζουν να συμβαίνουν μεταβολές στις δομές α-έλικας και β-φύλλου.
- Περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από 70-80°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.

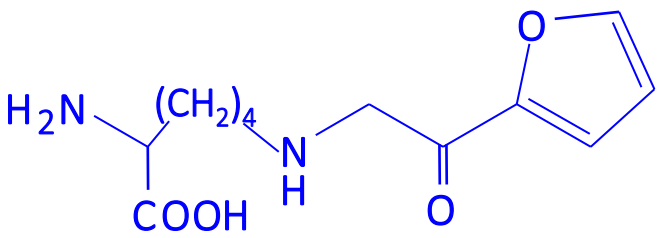


Επεξεργασία τροφίμων: Επίδραση σε πρωτεΐνες και αμινοξέα

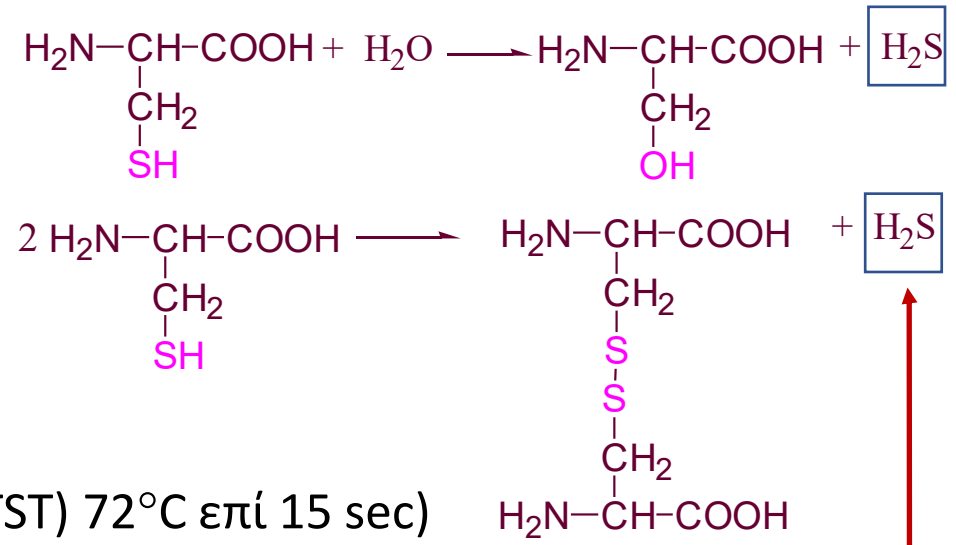
Αφυδάτωση

(+) Η μείωση της ενεργότητας νερού αυξάνει το όριο συντήρησης τροφίμου.
(-) προκαλεί μεταβολές στην υφή και γεύση (καλύτερα υπό κενό, χαμηλή θ).

- λυοφιλίωση (freeze drying) - φρούτα (φράουλες), καφές, σούπες στιγμής, γεύματα για αποστολές της NASA και του στρατού (ακριβή μέθοδος).
- ξήρανση με ψεκασμό (spray drying) - γάλα σε σκόνη, καφές, αυγά σε σκόνη.
- ξηραντήριο τυμπάνου (drum drying) - πουρές πατάτας, νιφάδες δημητριακών.
  Σχηματισμός νέων αμινοξέων: φουροσίνη (δείκτης αντίδρασης Maillard)



φουροσίνη



Παστερίωση

(high temperature, short time pasteurization (HTST) 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 (οξυμυοσφαιρίνη).
- Στους ζωντανούς οργανισμούς οι δύο μορφές βρίσκονται σε χημική ισορροπία.



$$\text{Πρωτεΐνη} - Fe^{++} + O_2 \rightleftharpoons \text{Πρωτεΐνη} - Fe^{++}$$

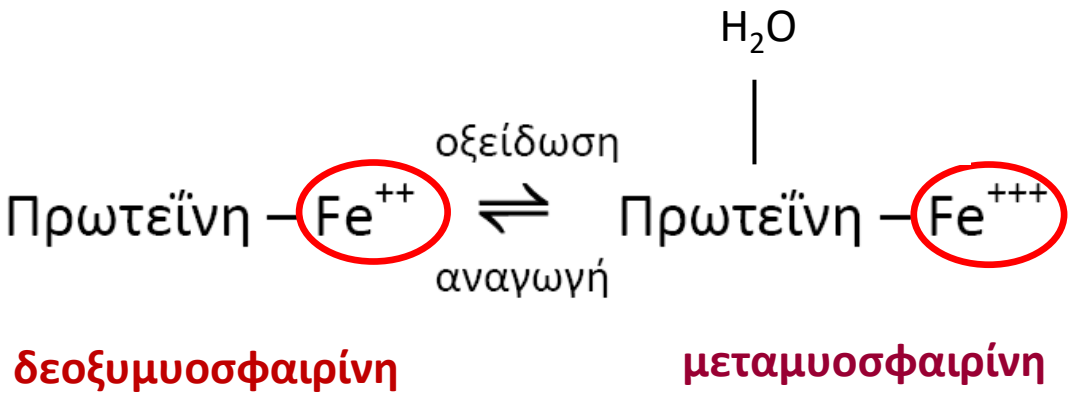
οξυμυοσφαιρίνη — **δεοξυμυοσφαιρίνη**

λαμπερό κόκκινο χρώμα — μωβ-κόκκινο χρώμα

Επεξεργασία τροφίμων: Το χρώμα του κρέατος

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





δεοξυμυοσφαιρίνη **μεταμυοσφαιρίνη**

- 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.

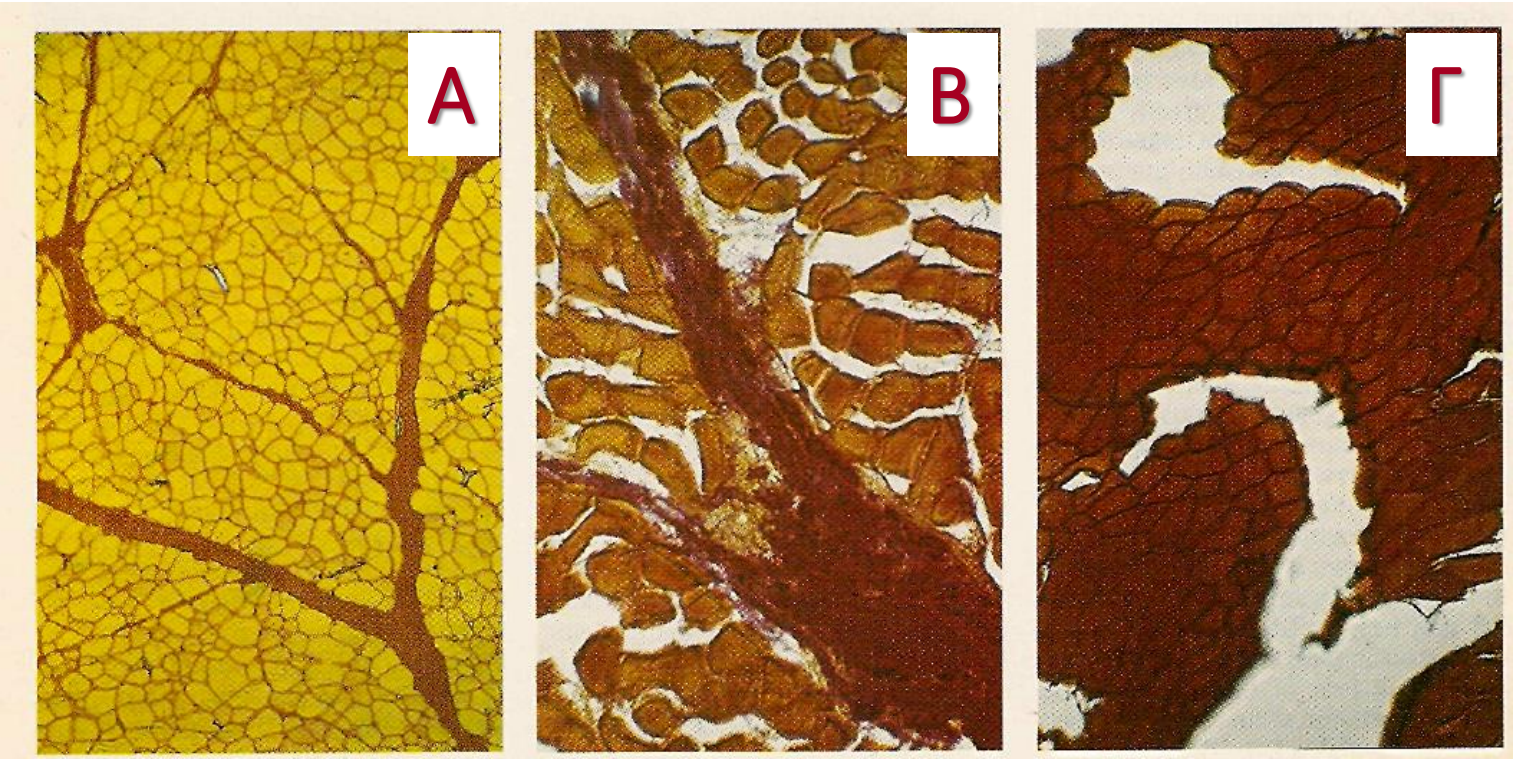
Μεταβολές στο κρέας κατά το μαγείρεμα

Θέρμανση κρέατος ⇒ Μετουσίωση πρωτεϊνών ⇒ Θρόμβωση

(οι πρωτεΐνες σχηματίζουν δεσμούς μεταξύ τους) ⇒ μείωση δραστικών ομάδων που μπορούν να σχηματίσουν δεσμούς υδρογόνου με το νερό ⇒ 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.

Μεταβολές στο κρέας κατά το μαγείρεμα



Φυσικοχημικές μεταβολές κατά το μαγείρεμα του κρέατος:

Α. Στο νωπό κρέας οι ίνες του κρέατος (καφέ) χωρίζονται από κολλαγόνο (κίτρινο)

Β. Με σύντομη θέρμανση, το κολλαγόνο αρχίζει να αποικοδομείται

Γ. Το καλά μαγειρεμένο κρέας είναι τρυφερό, επειδή σχεδόν όλο το κολλαγόνο έχει μετατραπεί σε ζελατίνη και έχει διαχωρισθεί.

Καινοφανείς και εναλλακτικές πηγές πρωτεϊνών

- Υψηλή τάση καινοτομίας στον παγκόσμιο εμπορικό τομέα των τροφίμων που καθοδηγείται κυρίως από την ανησυχία των καταναλωτών για την υγεία και την κλιματική αλλαγή
- Προέρχονται από φυτά, έντομα, μύκητες, βακτήρια, άλγη, ζωικά κύτταρα



- Ζύμες *Candida Utilis, Saccharomyces carlsbergensis*
- Βακτήρια
- 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 εδώδιμα ψάρια (υστερούν σε Met)

Καινοφανείς και εναλλακτικές πηγές πρωτεϊνών

- Πρωτεΐνες από έντομα
- Ζωικά κύτταρα



- Προβλήματα: Διαλυτότητα, απορρόφηση νερού, παρουσία μυκοτοξινών, ανωμαλίες γαστρεντερικού και νεφρών από πολλά νουκλεϊκά οξέα (Pr από ζύμες)

- **Πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης**:

➢ όσπρια (φακές, ρεβίθια, αρακάς, φασόλια, σόγια)
  - Χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα
  - Υποκατάστατα κρέατος, φυτικά ροφήματα

➢ δημητριακά, ξηροί καρποί και σπόροι (σιτάρι, βρώμη, κινόα, αμύγδαλα και σπόροι)
  - Συμβάλλουν στην πρόσληψη πρωτεΐνης και άλλων θρεπτικών συστατικών



Καινοφανείς και εναλλακτικές πηγές πρωτεϊνών



Μυκοπρωτεΐνες

•Παράγονται από μύκητες μέσω ελεγχόμενης καλλιέργειας

•Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προϊόντα με υφή παρόμοια με το κρέας

Πρωτεΐνες από μικροφύκη

•Προέρχονται από οργανισμούς όπως η Spirulina και η Chlorella

•Παρουσιάζουν ενδιαφέρον λόγω της πρωτεϊνικής τους περιεκτικότητας και των δυνατοτήτων παραγωγής τους

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες επηρεάζουν τη συμπεριφορά των πρωτεϊνών κατά την επεξεργασία και την τελική ποιότητα των τροφίμων.

•Διαλυτότητα: επηρεάζει την ενσωμάτωση των πρωτεϊνών σε ροφήματα και άλλα τρόφιμα

•Ικανότητα συγκράτησης νερού: επηρεάζει την υγρασία και το πόσο ζουμερό είναι το τρόφιμο

•Γαλακτωματοποίηση: συμβάλλει στη σταθερότητα προϊόντων που περιέχουν νερό και λίπος

•Πηκτωματοποίηση: επηρεάζει τη δομή και τη συνοχή

•Υφή και γεύση: καθορίζουν πόσο μοιάζει ένα φυτικό προϊόν με το αντίστοιχο ζωικό

Καινοφανείς και εναλλακτικές πηγές πρωτεϊνών

Οι εναλλακτικές πρωτεΐνες παρουσιάζουν δυνατότητες για πιο βιώσιμα συστήματα παραγωγής τροφίμων:

- Δυνητικά μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα σε σχέση με ορισμένες ζωικές πρωτεΐνες
- Δυνατότητα αξιοποίησης διαφορετικών πρώτων υλών και συστημάτων παραγωγής
- Προοπτικές για αποτελεσματικότερη χρήση γης και υδάτινων πόρων
- Ανάπτυξη νέων μεθόδων παραγωγής μικροβιακής και φυτικής πρωτεΐνης

Ωστόσο, δεν έχουν όλες οι εναλλακτικές πρωτεΐνες το ίδιο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Το αποτέλεσμα εξαρτάται από την καλλιέργεια, την ενέργεια, την επεξεργασία, τη μεταφορά και το συνολικό σύστημα παραγωγής.



Diego Velázquez, Old Woman Frying Eggs (1618)