

ΧΗΜΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Ενότητα 3^η: Αμινοξέα & Πρωτεΐνες

Δημήτρης Π. Μακρής *PhD DIC*
Καθηγητής Γεωργικής Χημείας



**Τμήμα
Γεωπονίας**

© 2026 - 2027

1. Εισαγωγή

Οι πρωτεΐνες είναι πολυμερή αποτελούμενα κυρίως από 21 διαφορετικά αμινοξέα, ενωμένα με πεπτιδικούς δεσμούς. Λόγω της ποικιλίας των πλευρικών κατάλοιπων που προκύπτουν όταν συνδέονται τ' αμινοξέα μεταξύ τους, οι διαφορετικές πρωτεΐνες έχουν διαφορετικές δομές και φυσικοχημικές ιδιότητες.

Στα πεπτίδια και τις πρωτεΐνες, τα αμινοξέα της πεπτιδικής αλυσίδας ομαδοποιούνται με βάση την χημική φύση των πλευρικών κατάλοιπων. Αυτά τα κατάλοιπα μπορεί να είναι πολικά ή άπολα, και τα υψηλά επίπεδα πολικών κατάλοιπων σε μια πρωτεΐνη αυξάνουν την διαλυτότητά της. Τα πιο πολικά κατάλοιπα είναι βασικά και όξινα αμινοξέα.

Οι πρωτεΐνες υπάρχουν σε αμφότερα ζωικά και φυτικά προϊόντα, σε σημαντικές ποσότητες. Πολλές πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης έχουν έλλειψη σε ένα ή περισσότερα απαραίτητα αμινοξέα (essential amino acids).

1. Εισαγωγή

Product	Protein (g/100 g)
Meat	
Beef	16.5
Pork	10.2
Chicken (light meat)	23.4
Fish	
Haddock	18.3
Cod	17.6
Milk	3.6
Egg	12.9

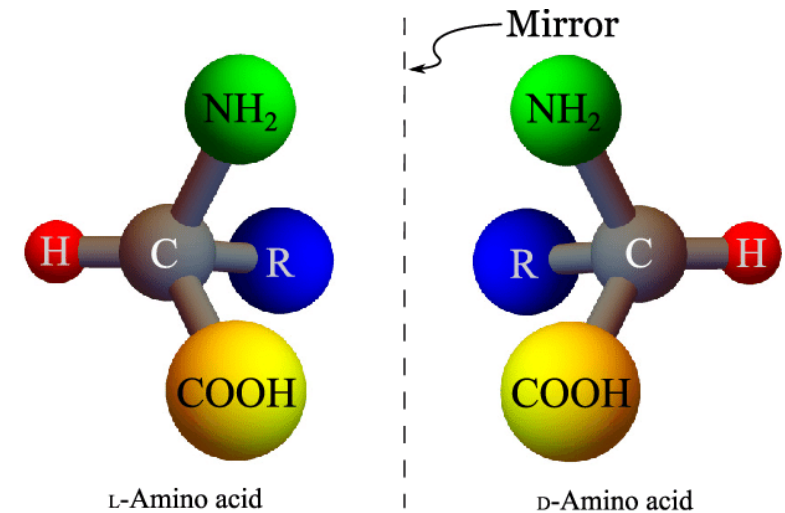
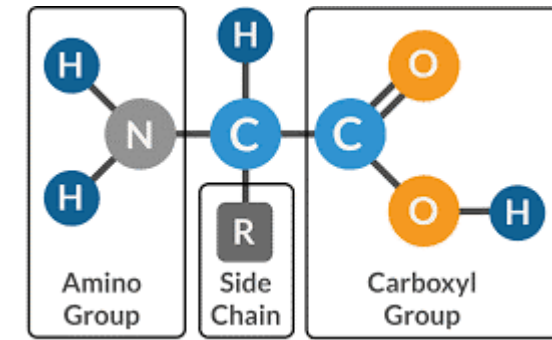
Product	Protein (g/100 g)
Wheat	13.3
Bread	8.7
Soybeans	
Dry	34.1
Raw cooked	11.0
Peas	6.3
Beans	
Dry	22.3
Raw cooked	7.8
Rice	
White	6.7
Raw cooked	2.0
Cassava	1.6
Potato	2.0

2. Αμινοξέα

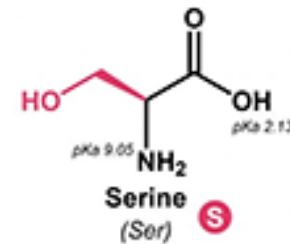
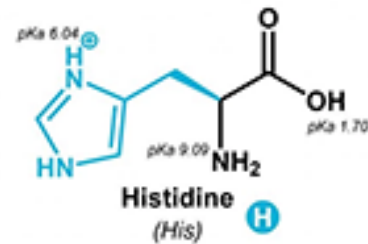
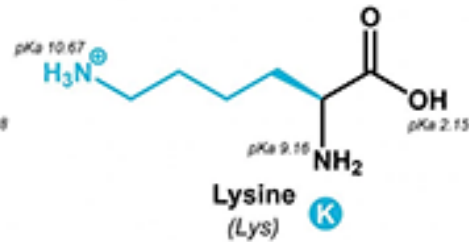
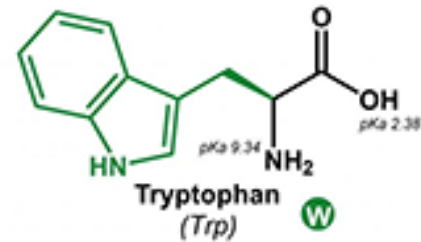
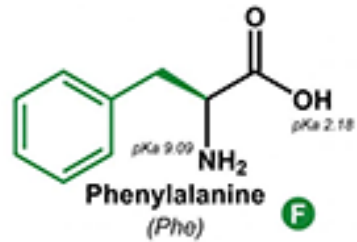
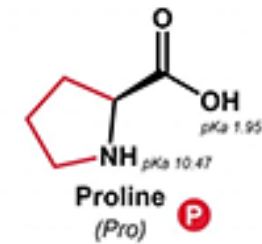
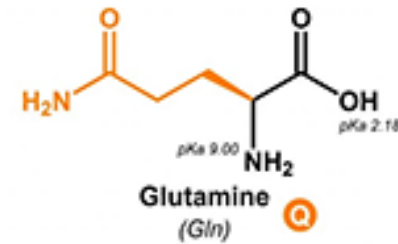
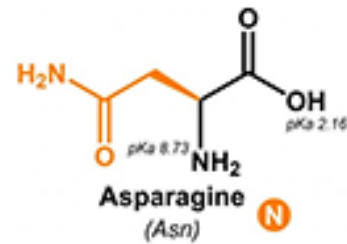
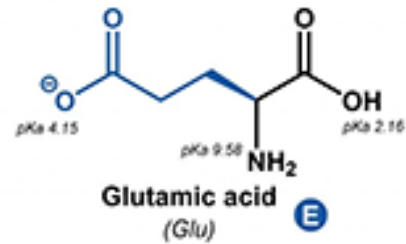
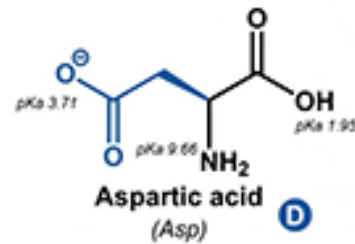
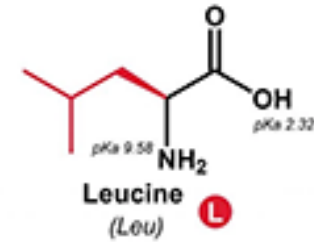
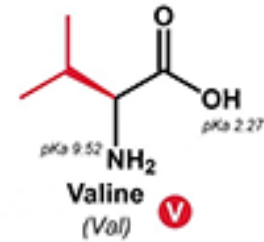
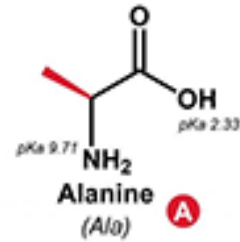
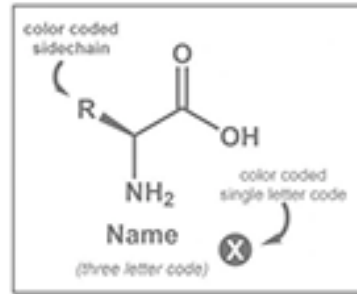
Τα αμινοξέα έχουν ένα εύρος πλευρικών κατάλοιπων, αλλά έχουν όλα αμινομάδες και καρβοξυλομάδες στην α-θέση του ανθρακικού σκελετού. Οι δομές των αμινοξέων κατατάσσονται σε κατηγορίες με βάση τη δομή και τα χημικά χαρακτηριστικά των πλευρικών κατάλοιπων (εικόνα στην επόμενη διαφάνεια).

Υπάρχουν 20 κοινά αμινοξέα που απαντώνται στις περισσότερες πρωτεΐνες. Τα απαραίτητα αμινοξέα είναι αυτά που δεν μπορούν να συντεθούν εκ νέου (de novo) από τον οργανισμό, και πρέπει να ληφθούν μέσω της διατροφής.

Τα εννέα αμινοξέα που δεν μπορεί να συνθέσει ο ανθρώπινος οργανισμός είναι η φαινυλαλανίνη, η βαλίνη, η θρεονίνη, η τρυπτοφάνη, η μεθειονίνη, η λευκίνη, η ισολευκίνη, η λυσίνη και η ιστιδίνη.



THE 20 COMMON AMINO ACIDS



2. Αμινοξέα

Υπάρχουν άλλα έξι αμινοξέα που χαρακτηρίζονται ως υπό όρους απαραίτητα (conditionally essential), γιατί η σύνθεσή τους μπορεί να περιορίζεται σε ορισμένες παθολογικές καταστάσεις. Αυτά τα αμινοξέα είναι η αργινίνη, η κυστεΐνη, η γλυκίνη, η γλουταμίνη, η προλίνη και η τυροσίνη.

Η ποσότητες αυτών των αμινοξέων σε μια πρωτεΐνη, καθώς και η διαθεσιμότητά τους, καθορίζουν την διατροφική αξία της πρωτεΐνης.

Γενικά, οι ζωικές πρωτεΐνες είναι υψηλότερης ποιότητας από τις φυτικές. Η πρωτεΐνη αυγού είναι μία από τις πιο ποιοτικές και θεωρείται ότι έχει βιολογική αξία 100.

Οι πρωτεΐνες των δημητριακών έχουν γενικά έλλειψη σε λυσίνη και θρεονίνη. Η πατάτα έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, αλλά θεωρείται εξαιρετικής ποιότητας, ισοδύναμη αυτής ολόκληρου αυγού.

Essential	Nonessential
Histidine	Alanine
Isoleucine	Arginine
Leucine	Aspartic acid
Lysine	Cysteine
Methionine	Glutamic acid
Phenylalanine	Glutamine
Threonine	Glycine
Tryptophan	Proline
Valine	Serine
	Tyrosine
	Asparagine

3. Πεπτίδια και πρωτεΐνες

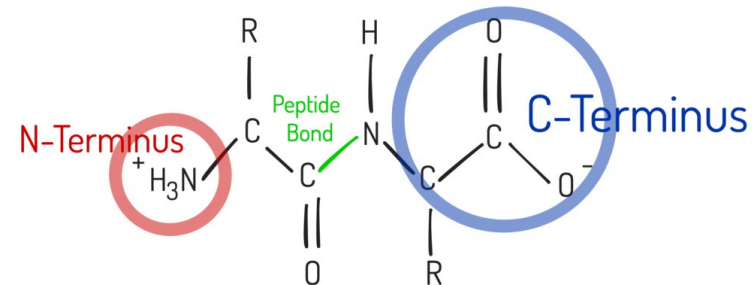
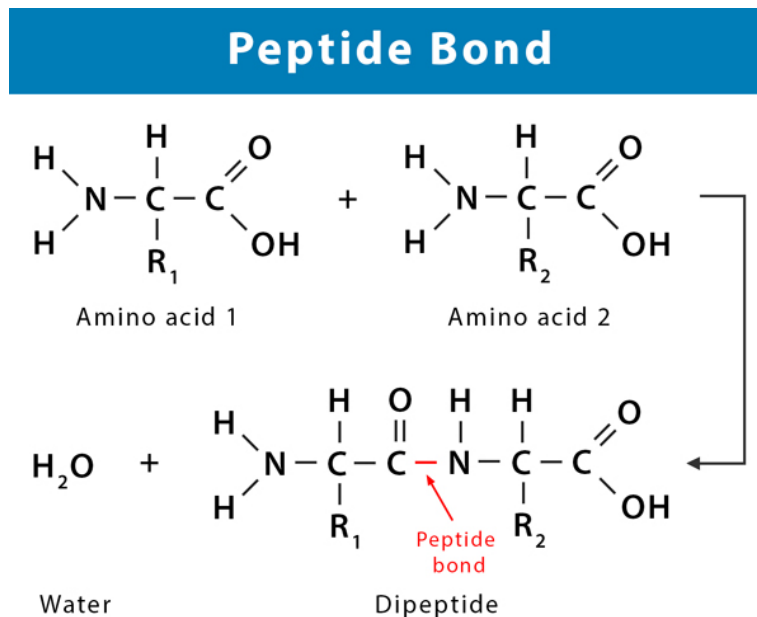
Οι πρωτεΐνες και τα πεπτίδια σχηματίζονται από αμινοξέα μέσω πεπτιδικών δεσμών.

Το καρβοξυλικό άκρο ενός αμινοξέος (γνωστό ως C-terminus) ενώνεται με το αμινικό άκρο ενός άλλου αμινοξέος (γνωστό ως N-terminus).

Το μέγεθος μιας πρωτεΐνης καθορίζεται από τον αριθμό των αμινοξέων που συμμετέχουν στον σχηματισμό της.

Τα πεπτίδια είναι ολιγομερή των αμινοξέων, ενώ οι πρωτεΐνες μπορεί να περιέχουν από λίγα έως χιλιάδες αμινοξέα.

Οι πρωτεϊνικές αλυσίδες σχηματίζουν τρισδιάστατες δομές, οι οποίες παίζουν ρόλο σε διάφορες λειτουργίες, όπως π.χ. η ενζυμική δραστηριότητα.



3. Πεπτίδια και πρωτεΐνες

Υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά επίπεδα πρωτεϊνικής δομής· η πρωτοταγής, η δευτεροταγής, η τριτοταγής και η τεταρτοταγής δομή (εικόνα στην επόμενη διαφάνεια).

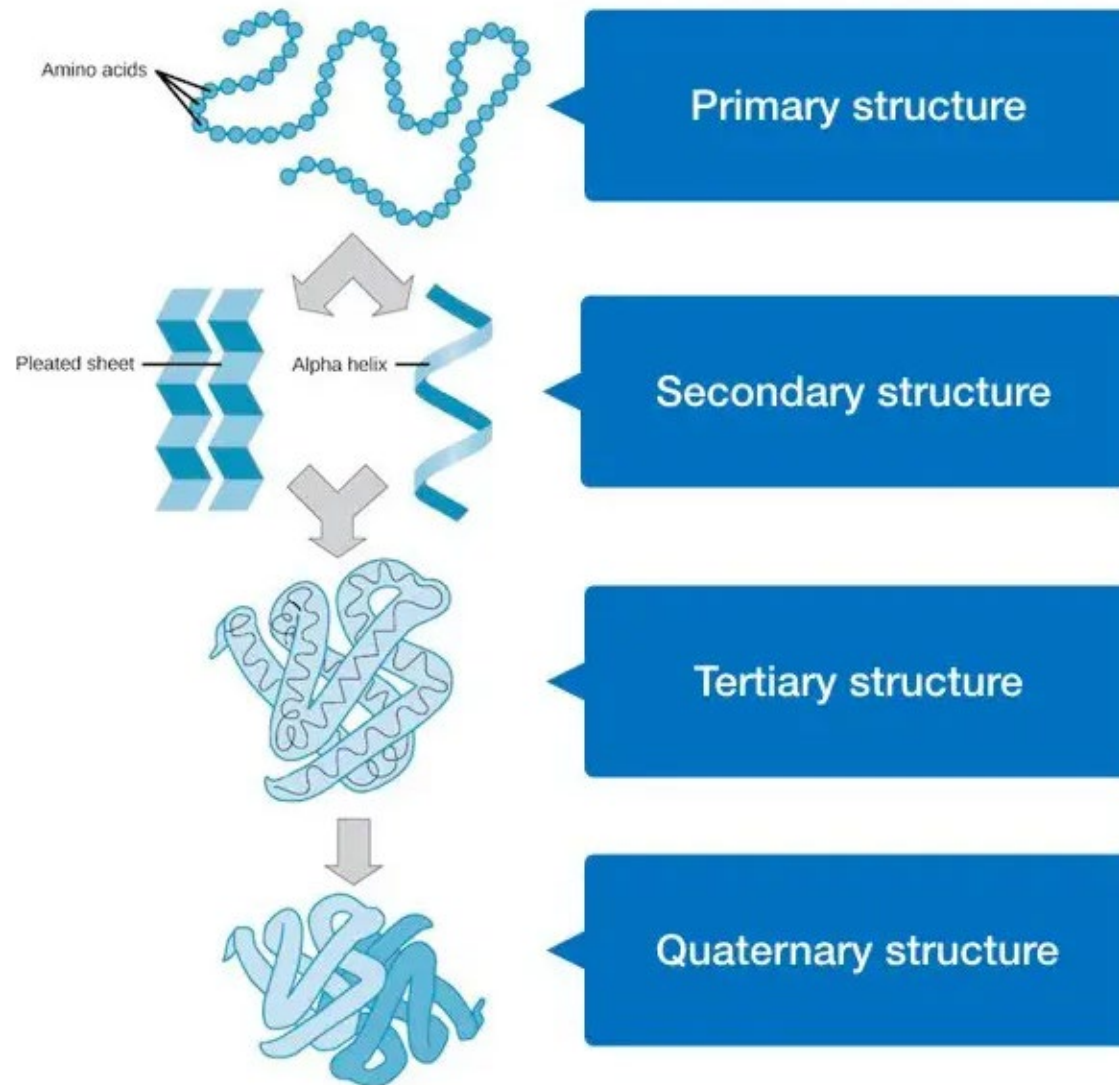
Πρωτοταγής δομή: Καθορίζεται από την αλληλουχία των αμινοξέων στην πεπτιδική αλυσίδα.

Δευτεροταγής δομή: Σχετίζεται με τον σχηματισμό δομών που συμπεριλαμβάνουν την α-έλικα (alpha helix), το β-στρώμα (beta sheet) και τις τυχαίες σπείρες (random coils). Αυτές οι δομές διαμορφώνονται από δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των πεπτιδίων των κύριων αλυσίδων.

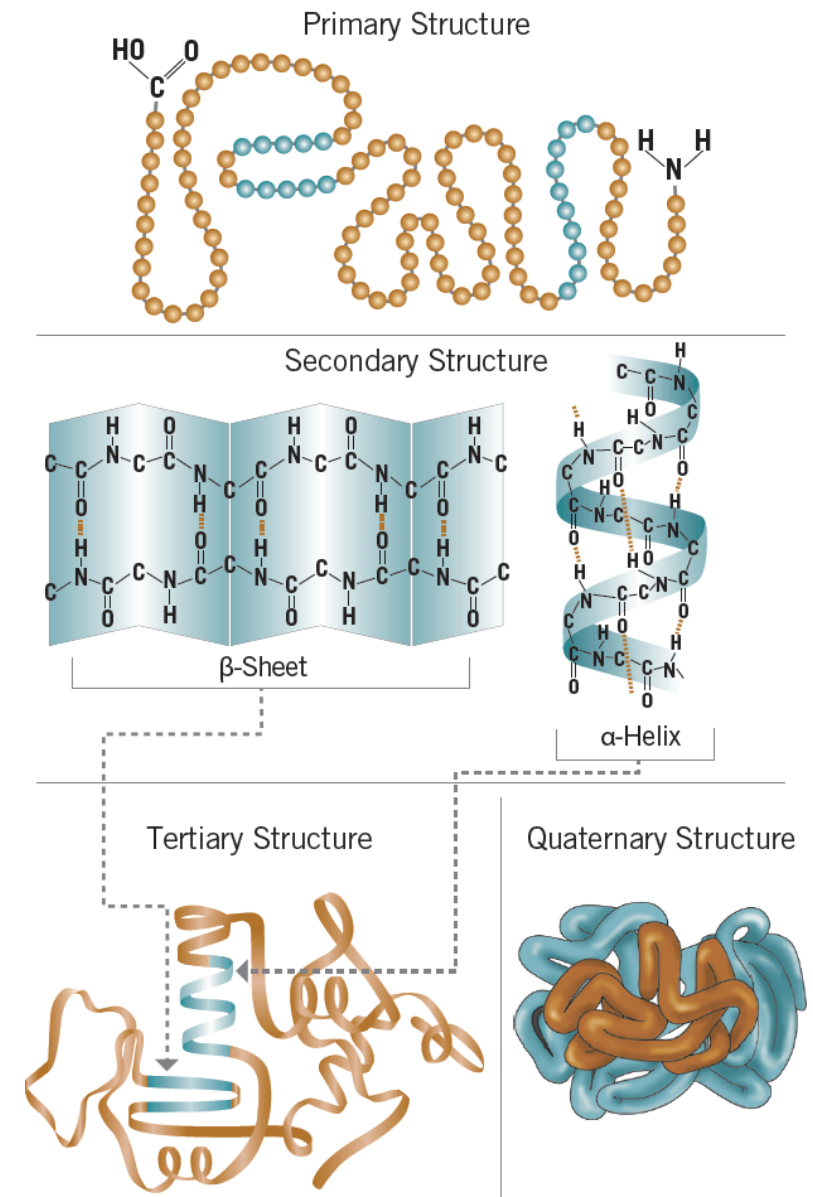
Τριτοταγής δομή: Αντιπροσωπεύει την τρισδιάστατη δομή ενός πρωτεϊνικού μορίου, όπου οι α-έλικες και τα β-στρώματα αναδιπλώνονται σε μια συμπαγή σφαιρική διαμόρφωση. Η δομή αυτή σταθεροποιείται όταν ορισμένες περιοχές της πρωτεΐνης ακινητοποιούνται μέσω τριτοταγών αλληλεπιδράσεων, όπως γέφυρες αλάτων, δεσμοί υδρογόνου, και δισουλφιδικές γέφυρες.

Τεταρτοταγής δομή: Είναι μια μεγάλη συνάθροιση πρωτεϊνικών μορίων ή πολυπεπτιδικών αλυσίδων, που γενικά αναφέρονται ως υπομονάδες (subunits). Η τεταρτοταγής δομή σταθεροποιείται με τις ίδιες μη-ομοιοπολικές αλληλεπιδράσεις και δισουλφιδικούς δεσμούς, όπως και η πρωτοταγής.

3. Πεπτίδια και πρωτεΐνες



LEVELS OF PROTEIN STRUCTURE



4. Απλές πρωτεΐνες

Οι απλές πρωτεΐνες όταν υδρολύονται αποδίδουν μόνο αμινοξέα και περιλαμβάνουν τις εξής κατηγορίες:

- Αλβουμίνες – Είναι διαλυτές σε νερό με ουδέτερο pH που δεν περιέχει άλατα. Αυτές οι πρωτεΐνες συνήθως έχουν χαμηλό μοριακό βάρος. Παραδείγματα αποτελούν η αλβουμίνη αυγού, η λακταλβουμίνη, και η αλβουμίνη ορού γάλακτος.
- Γλοβουλίνες – Είναι διαλυτές σε νερό με ουδέτερο pH που περιέχει άλατα και σχεδόν αδιάλυτες στο νερό. Παραδείγματα είναι οι γλοβουλίνες ορού, η β-λακτογλοβουλίνη του γάλακτος, η μυοσίνη και η ακτίνη του κρέατος, και η γλυκινίνη στη σόγια.
- Γλουτελίνες – Είναι διαλυτές σε πολύ αραιά διαλύματα οξέος ή βάσεως και αδιάλυτες σε ουδέτερο pH. Αυτές οι πρωτεΐνες υπάρχουν στα δημητριακά, όπως η γλουτενίνη στο σιτάρι και η ορυζενίνη στο ρύζι.

4. Απλές πρωτεΐνες

- Προλαμίνες – Είναι διαλυτές σε 50–90% αιθανόλη και αδιάλυτες στο νερό. Αυτές οι πρωτεΐνες έχουν υψηλό ποσοστό προλίνης και γλουταμινικού οξέος και υπάρχουν στα δημητριακά. Παραδείγματα είναι η ζεΐνη στο καλαμπόκι, η γλιαδίνη στο σιτάρι και η χορδεΐνη στο κριθάρι.
- Σκληροπρωτεΐνες – Είναι αδιάλυτες στο νερό και σε ουδέτερους διαλύτες και ανθεκτικές στην ενζυμική υδρόλυση. Είναι ινικές πρωτεΐνες (fibrous proteins) που χρησιμεύουν για δομικούς και συνδετικούς σκοπούς. Το κολλαγόνο στους μυϊκούς ιστούς περιλαμβάνεται σ' αυτήν την κατηγορία, αλλά και η ζελατίνη που προέρχεται απ' αυτό. Άλλα παραδείγματα είναι η ελαστίνη (τένοντες), και η κερατίνη (τρίχες, οπλές).
- Ιστόνες – Είναι βασικές πρωτεΐνες, μια ιδιότητα που καθορίζεται από το υψηλό ποσοστό λυσίνης και αργινίνης. Είναι διαλυτές στο νερό και καθιζάνουν υπό την παρουσία αμμωνίας.
- Πρωταμίνες – είναι ισχυρά βασικές πρωτεΐνες χαμηλού μοριακού βάρους (4000–8000) και είναι πλούσιες σε αργινίνη. Παραδείγματα είναι η κλουπεΐνη στις ρέγγες και η σκομβρίνη στο σκουμπρί

5. Συζευγμένες πρωτεΐνες

Οι συζευγμένες πρωτεΐνες περιέχουν αμινοξέα που είναι ενωμένα με μη-πρωτεϊνικές ουσίες, όπως λίπη ή υδατάνθρακες. Μερικές κύριες συζευγμένες πρωτεΐνες είναι οι κάτωθι:

- Φωσφοπρωτεΐνες – Μια σημαντική κατηγορία που περιλαμβάνει πολλές κύριες πρωτεΐνες στα τρόφιμα. Οι φωσφορικές ομάδες συνδέονται με τις υδροξυ- ομάδες της σερίνης και της θρεονίνης. Αυτή η ομάδα περιέχει τις καζεΐνες του γάλακτος και τις φωσφοπρωτεΐνες του κρόκου αυγού.
- Λιποπρωτεΐνες – Είναι συνδυασμός πρωτεϊνών και λιπιδίων και έχουν εξαιρετική γαλακτοματοποιητική ικανότητα. Λιποπρωτεΐνες υπάρχουν στο γάλα και στον κρόκο αυγού.
- Γλυκοπρωτεΐνες – Είναι συνδυασμός πρωτεϊνών και υδατανθράκων. Συνήθως, η ποσότητα των υδατανθράκων είναι μικρή, αλλά μερικές γλυκοπρωτεΐνες έχουν περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες έως και 8–20%.
- Χρωμοπρωτεΐνες – Αυτές οι πρωτεΐνες έχουν μια χρωμοφόρα προσθετική ομάδα. Υπάρχουν αρκετές πρωτεΐνες αυτού του τύπου, όπως η αιμογλοβίνη, η μύογλοβίνη και οι φλαβοπρωτεΐνες.

6. Μετουσίωση

Η μετουσίωση μεταβάλλει την δομή μιας πρωτεΐνης, χωρίς να διασπώνται οι πεπτιδικοί δεσμοί. Ο βαθμός μετουσίωσης μιας πρωτεΐνης εξαρτάται από την δομή της και συνοδεύεται από απώλεια της βιολογικής δραστηριότητας και σημαντικές αλλαγές στις φυσικές και λειτουργικές ιδιότητες, όπως π.χ. η διαλυτότητα.

Η μετουσίωση μπορεί να συμβεί λόγω διαφόρων παραγόντων, όπως η θερμοότητα, το pH, και η προσθήκη αλάτων. Σ' ένα πολύπλοκο σύστημα όπως τα τρόφιμα, διαφορετικοί παράγοντες μπορεί να είναι η αιτία μετουσίωσης των πρωτεϊνών.

Η τρισδιάστατη πρωτεϊνική δομή σταθεροποιείται από διάφορες αλληλεπιδράσεις, οι οποίες διαταράσσονται όταν π.χ. μια πρωτεΐνη εκτίθεται σε υψηλές θερμοκρασίες ή υψηλή αλατότητα. Έτσι, αποσταθεροποιείται η τρισδιάστατη δομή και αποδιοργανώνεται.

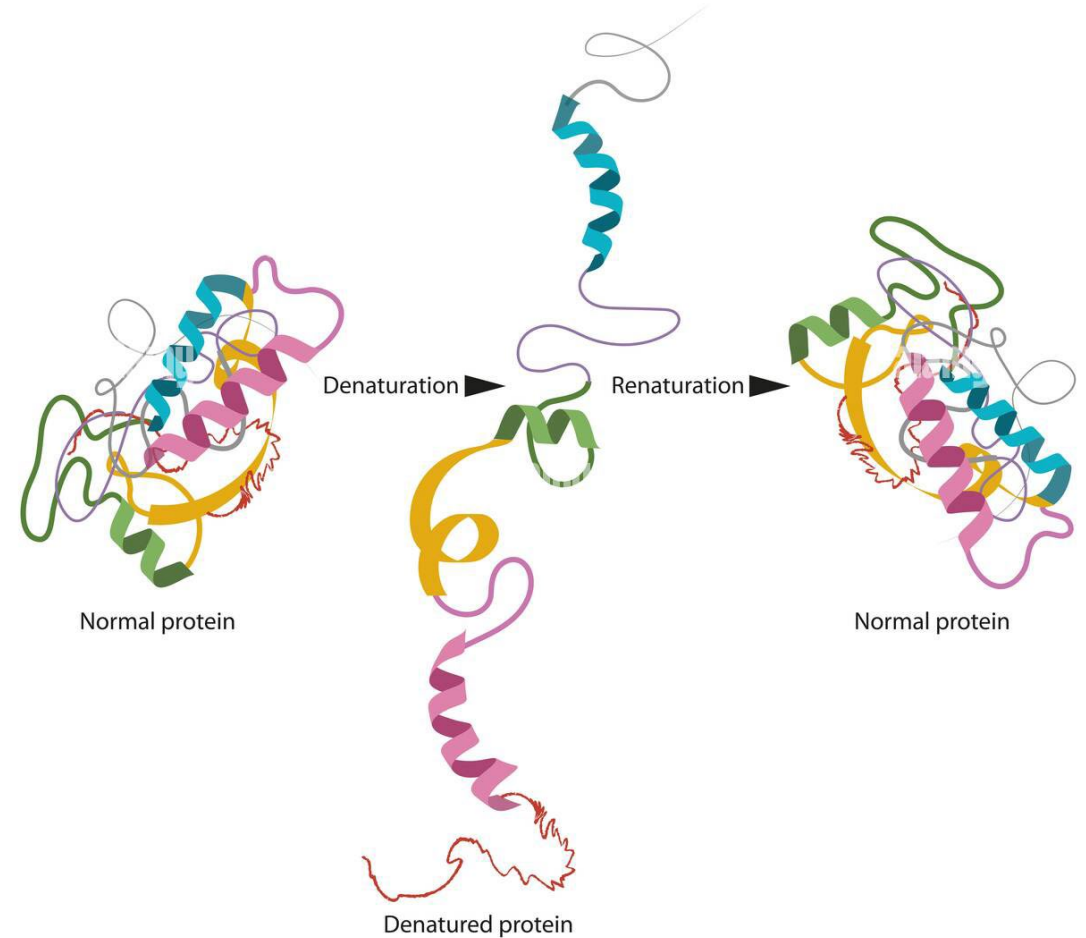
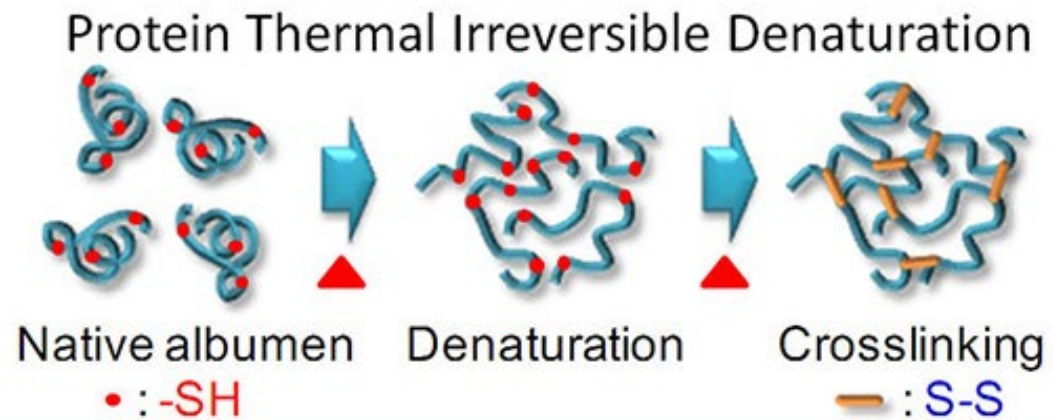
Η μετουσίωση είναι συνήθως μη-αντιστρεπτή. Μια απλοποιημένη εικόνα μετουσίωσης δίνεται στην επόμενη διαφάνεια.

6. Μετουσίωση

(a)



(b)



6. Μετουσίωση

Η μετουσίωση και συσσωμάτωση των πρωτεϊνών αφορούν στην θερμική σταθερότητα και σχετίζονται με την σύσταση και αλληλουχία των αμινοξέων.

Το εύρος των θερμοκρασιών εντός του οποίου συμβαίνει μετουσίωση και συσσωμάτωση των περισσότερων πρωτεϊνών κυμαίνεται από 55 έως 75 °C, ενώ υπάρχουν και αξιοσημείωτες εξαιρέσεις.

Protein	Coagulation temperature (°C)
Egg albumin	56
Serum albumin (bovine)	67
Milk albumin (bovine)	72
Legumelin (pea)	60
Serum globulin (human)	75
β-Lactoglobulin (bovine)	70–75
Fibrinogen (human)	56–64
Myosin (rabbit)	47–56
Casein (bovine)	160–200

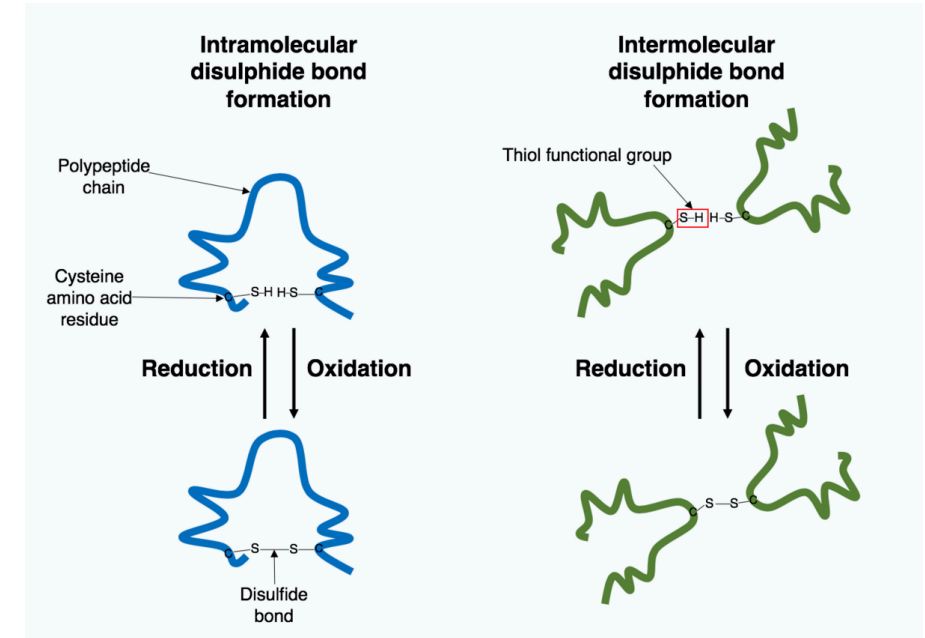
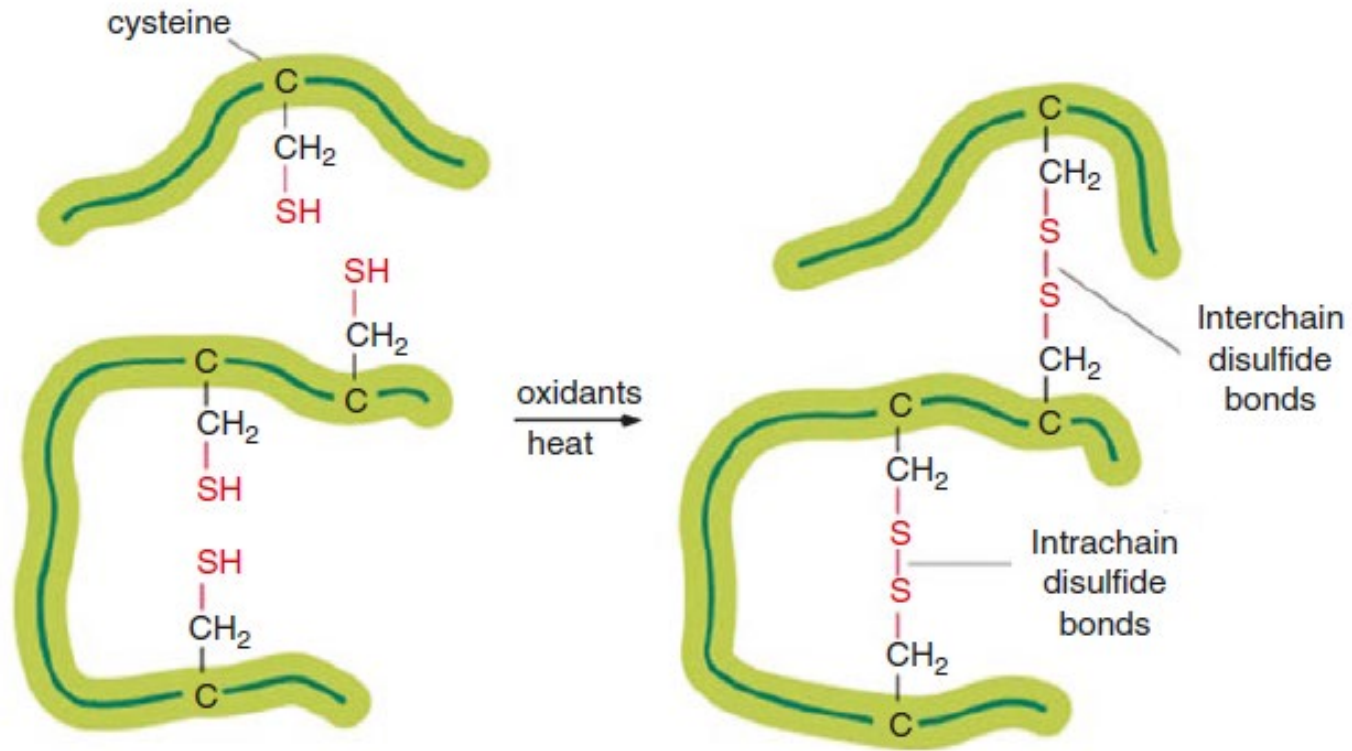
6. Μετουσίωση

Η κυστεΐνη είναι ένα αμινοξύ με σημαντική συμβολή στην διαδικασία μετουσίωσης, γιατί όταν οξειδώνεται δημιουργεί δισουλφιδικές γέφυρες μεταξύ διαφορετικών πρωτεϊνικών μορίων, κι έτσι προκαλεί συσσωμάτωση των διασυνδεδεμένων (cross-linked) μορίων (εικόνα στην επόμενη διαφάνεια).

Η καζεΐνη και η ζελατίνη είναι παραδείγματα πρωτεϊνών που μπορούν να υποστούν θερμική επεξεργασία (π.χ. βρασμός) χωρίς εμφανή μεταβολή στην σταθερότητα. Η εξαιρετική σταθερότητα της καζεΐνης καθιστά εφικτή την θερμική επεξεργασία γάλακτος (π.χ. βρασμός, αποστείρωση, συμπύκνωση) χωρίς την πρόκληση συσσωμάτωσης.

Ο αποκλεισμός ή η μείωση δημιουργίας δισουλφιδικών δεσμών (π.χ. μικρή περιεκτικότητα σε κυστεΐνη) συμβάλει στην αυξημένη σταθερότητα.

6. Μετουσίωση



Βιβλιογραφία

Appell M., Hurst W.J, Finley J.W., deMan J.M., **2018**. *Amino Acids and proteins*. In **“Principles of Food Chemistry”**, deMan J.M., Finley J.W., Hurst W.J., Lee C.Y. eds, Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland. ISBN 978-3-319-63605-4.