

# Πρωτεΐνες

- Από το Ελληνικό ρήμα «πρωτεύω» που αποδεικνύει τη σημασία των πρωτεϊνών στην διατροφή του ανθρώπου
- Οι πρωτεΐνες είναι πολύπλοκα μόρια που περιέχουν  $N_2$
- Είναι πηγές αμινοξέων (απαραίτητα, μη απαραίτητα) απαραίτητα για το σχηματισμό δομικών μονάδων του ανθρώπινου σώματος

# Λειτουργίες πρωτεϊνών:

1. Δομικοί λίθοι του σώματος (εσωτερικά όργανα, δέρμα)
2. Δομή: πρωτεϊνικές αλληλεπιδράσεις διαμορφώνουν τις δομές του κρέατος, του τυριού και του ψωμιού
3. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά: Χρώμα και οσμή από αντιδράσεις Maillard και από ελεύθερα πεπτίδια και αμινοξέα
4. Διατροφή: Προμηθεύουν αμινοξέα-Πηγή C, N, S
5. Βιοκαταλύτες (ένζυμα, ορμόνες) έλεγχος ανάπτυξης, πέψης, μεταβολισμού, μετατροπή χημικής ενέργειας σε μηχανικό έργο
6. Αντισώματα (τροποποιημένες πρωτεΐνες πλάσματος) που αμύνονται ενάντια στην εισβολή ξένων σωμάτων ή μικροοργανισμών που προκαλούν διάφορες ασθένειες
7. Μέσα θρόμβωσης. Σχηματισμός πηκτών (gels)

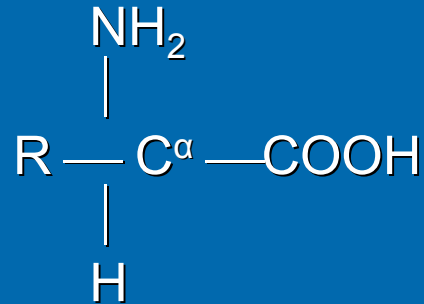
•Οι πρωτεΐνες έχουν μεγαλύτερο κόστος παραγωγής από ότι τα λίπη και οι υδατάνθρακες και το απαραίτητο ημερήσιο ποσό/ kg σώματος παραμένει σταθερό ανεξαρτήτως ηλικίας και δεν μεταβάλλεται σε αντίθεση με τα αντίστοιχα ποσά υδατανθράκων και λιπών



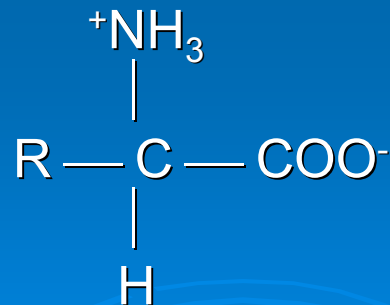
## AMINOΞΕΑ

- Τα αμινοξέα είναι οι δομικοί λίθοι των πρωτεϊνών. Περιέχουν ένα ή περισσότερα βασικά άμινο γκρουπ και ένα ή περισσότερα όξινα καρβοξυλικά γκρουπ.

- Η  $\text{NH}_2$  είναι σε α- θέση σε σχέση με την  $-\text{COOH}$

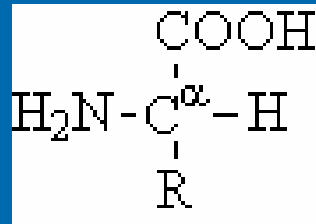


- Σε ουδέτερο pH, σε υδατικό διάλυμα η  $-\text{NH}_3$  και η  $-\text{COOH}$  ιονίζονται παράγοντας

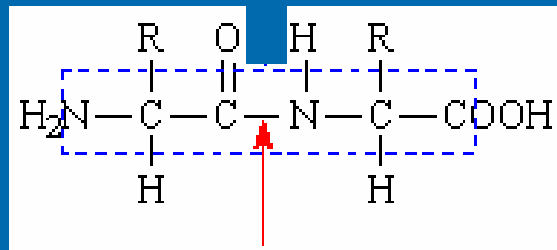


ΆΡΑ τα αμινοξέα εμφανίζουν χαρακτηριστικά διπόλου

# Αμινοξέα, Πεπτίδια, Πρωτεΐνες, Ένζυμα

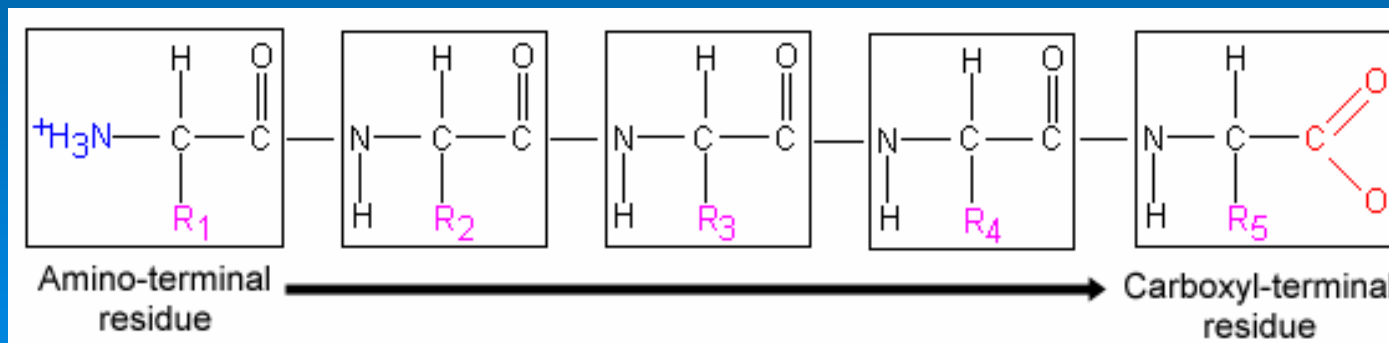


Αμινοξέα



Πεπτίδια  
(<50 αμινοξέα)

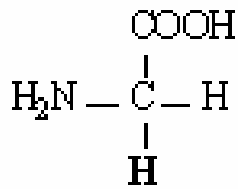
Πεπτιδικός δεσμός



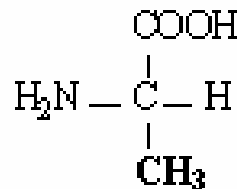
Πρωτεΐνες  
(>50 αμινοξέα)

# Αμινοξέα

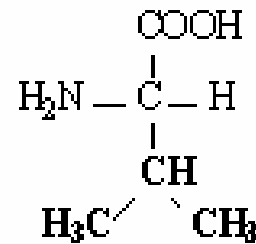
## Αλειφατικά Αμινοξέα



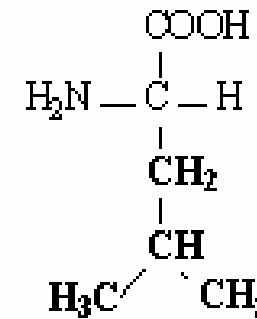
Γλυκίνη (Gly, G)



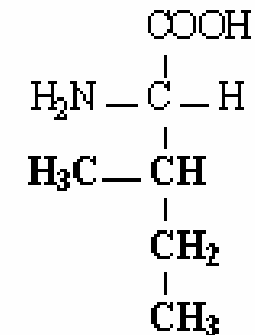
Αλανίνη (Ala, A)



Βαλίνη (Val, V)\*

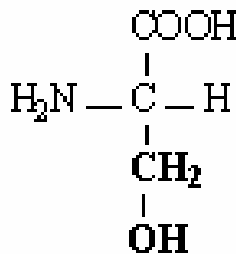


Λευκίνη (Leu, L)\*

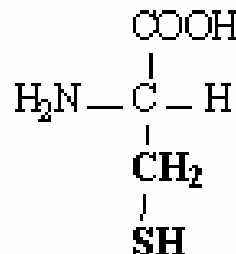


Ισολευκίνη (Ile, I)\*

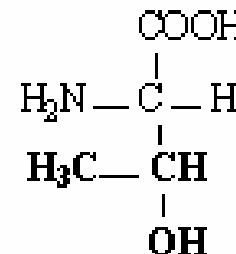
## Αμινοξέα με υδροξυ- και σουλφουρ- ομάδες



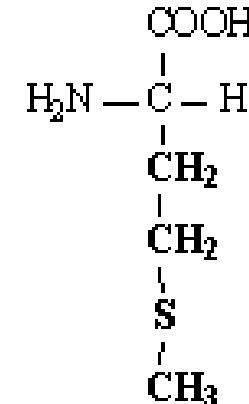
Σερίνη (Ser, S)



Κυστεΐνη (Cys, C)



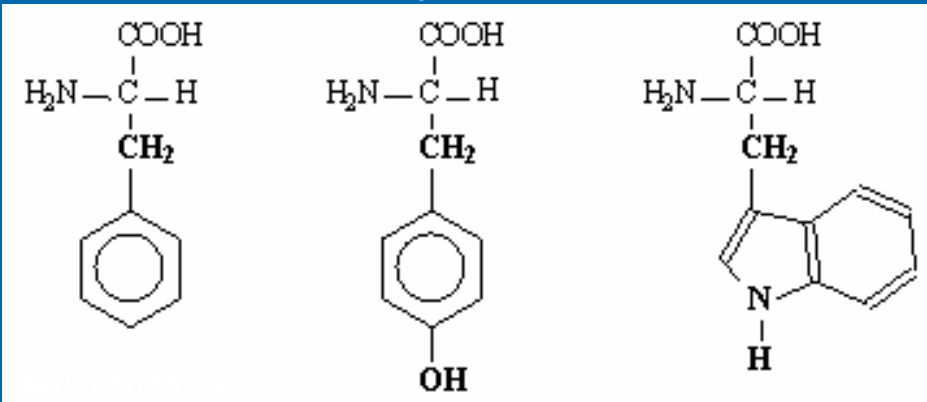
Θρεονίνη (Thr, T)\*



Μεθειονίνη (Met, M)\*

# Αμινοξέα

## Αρωματικά Αμινοξέα

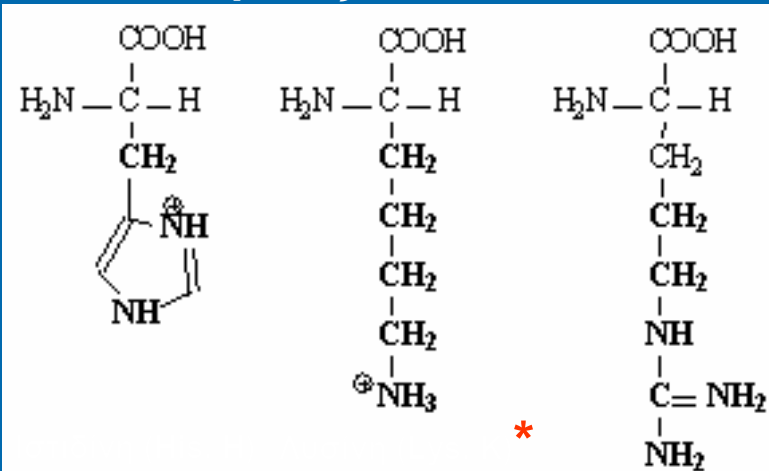


(Phe, P)<sup>\*</sup>

Τυροσίνη, (Tyr, Y)

Θρυπτοφάνη (Trp, W)<sup>\*</sup>

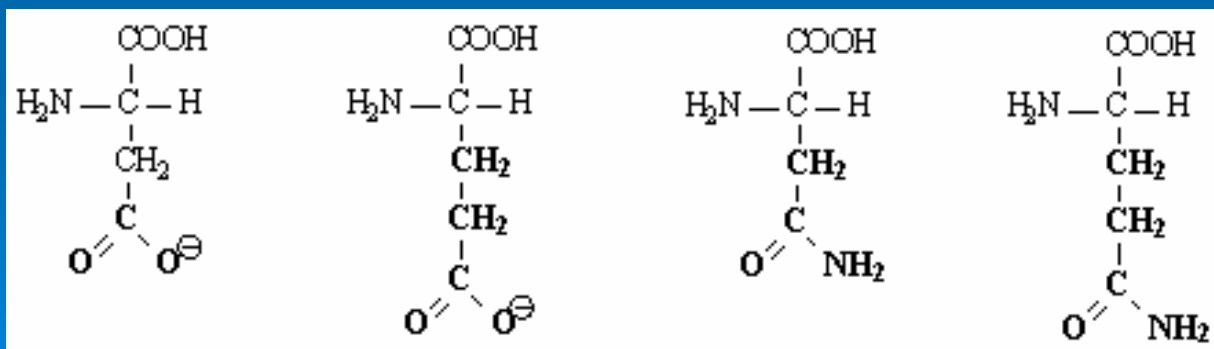
## Βασικά Αμινοξέα



<sup>\*</sup>

Αργινίνη (Arg, R)

## Όξινα Αμινοξέα και τα Αμίδιά τους



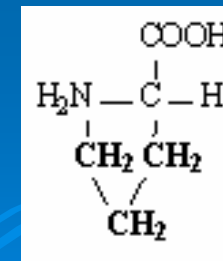
Ασπαρτικό οξύ  
(Asp, D)

Γλουταμικό οξύ  
(Glu, E)

Ασπαραγίνη  
(Asn, N)

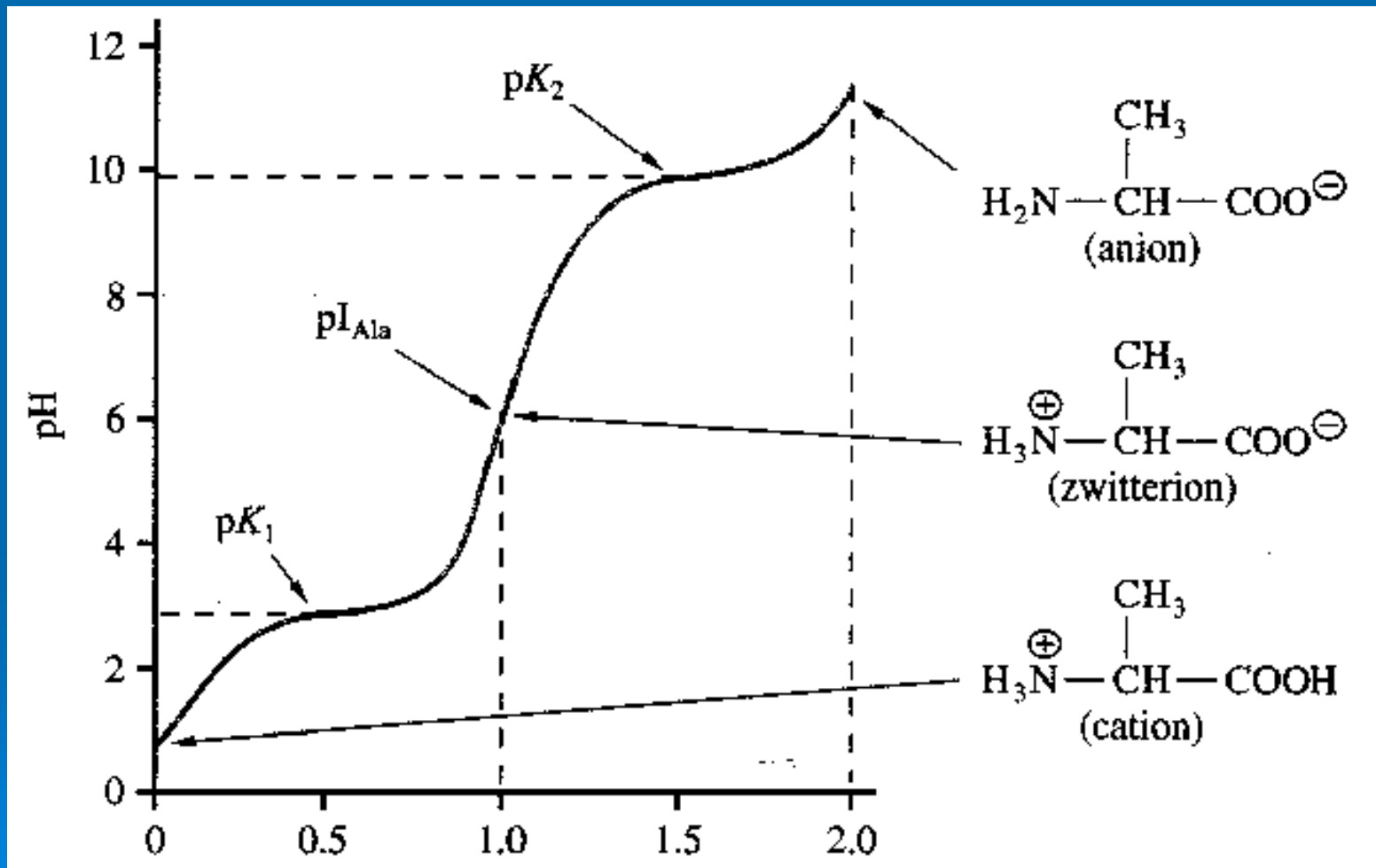
Γλουταμίνη  
(Gln, Q)

## Κυκλικό Αμινοξύ



Προλίνη (Pro, P)

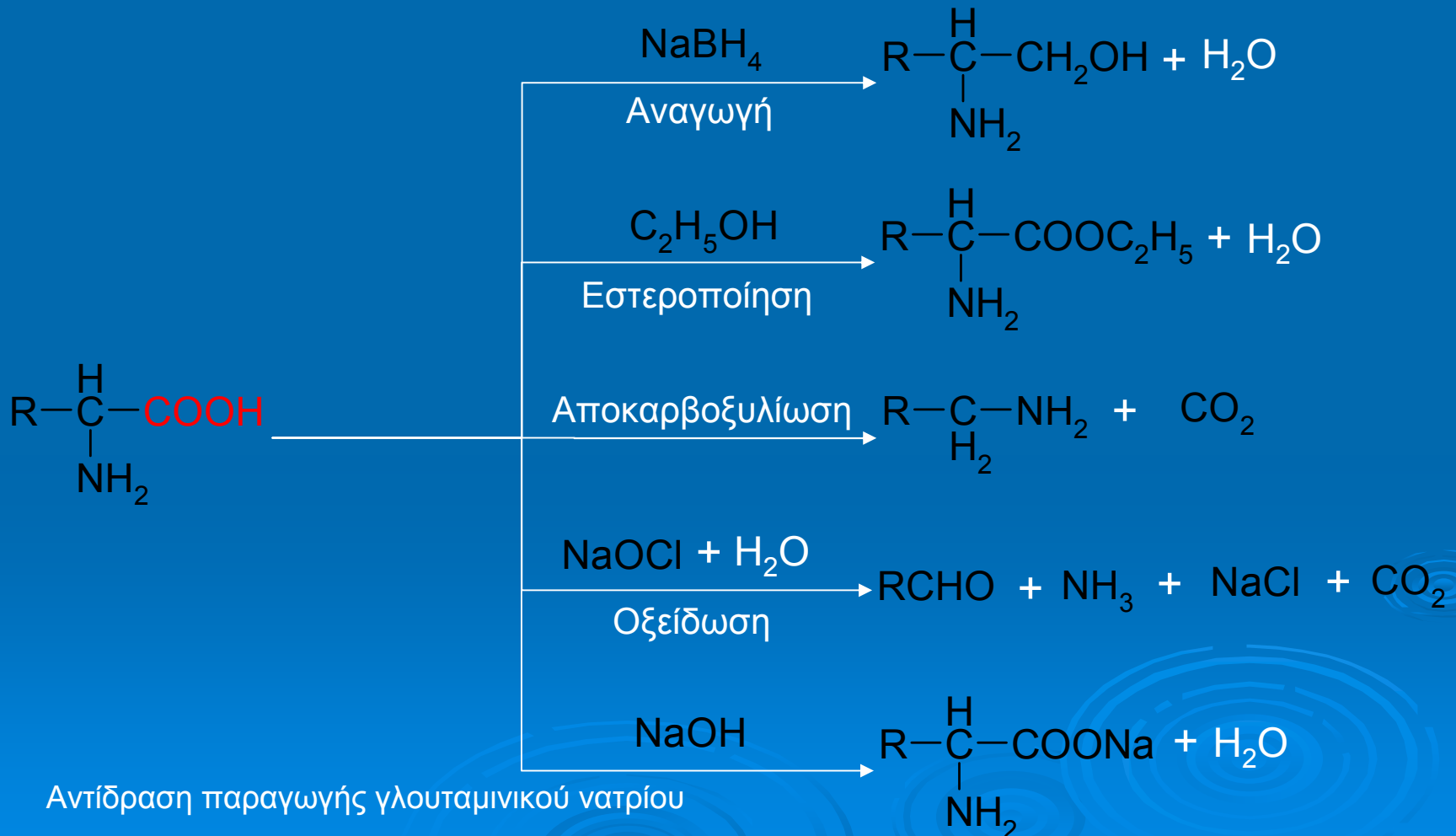
# Οξεοβασικές Ιδιότητες Αμινοξέων



Ισοδύναμα  $\text{OH}^-$

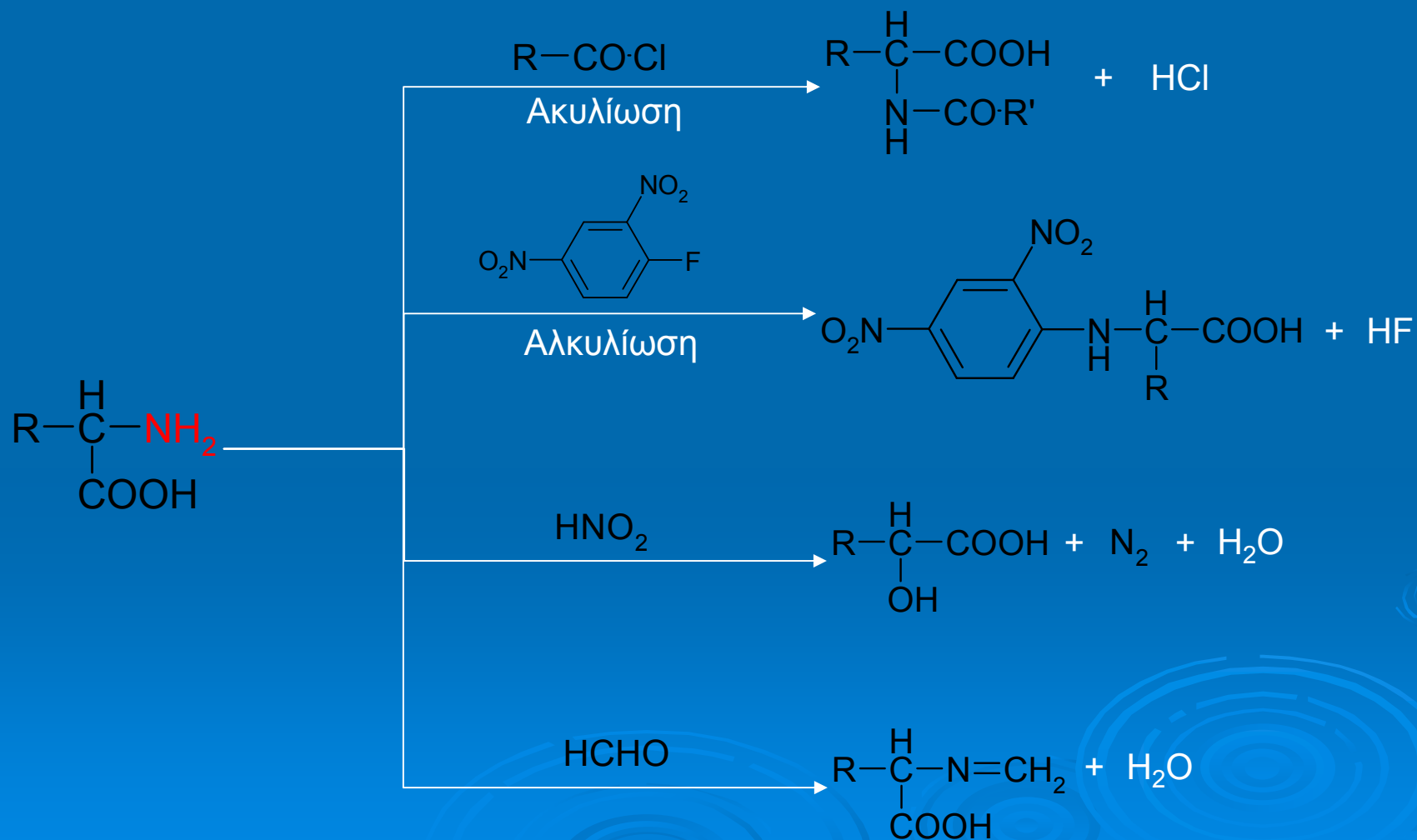
# Χημικές Ιδιότητες Αμινοξέων

## Αντιδράσεις του α-COOH



# Χημικές Ιδιότητες Αμινοξέων

## Αντιδράσεις της α-NH<sub>2</sub>



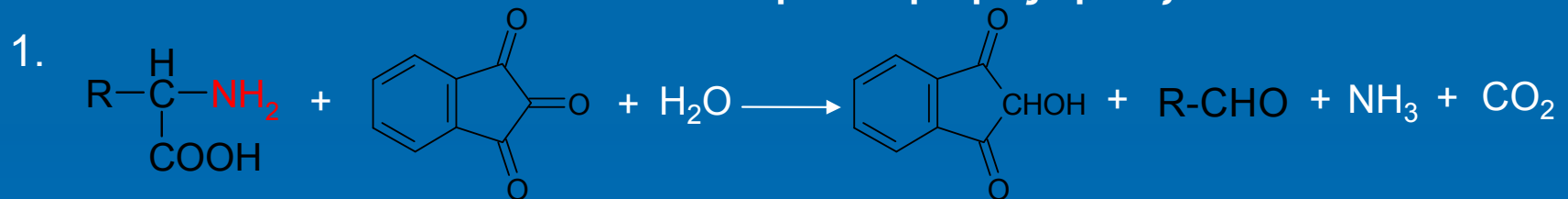
# Χημικές Ιδιότητες Αμινοξέων

## Αντιδράσεις της α-NH<sub>2</sub> (συνέχεια)

- Αντιδράσεις Maillard



- Αντιδράση με νινυδρίνη  $\longrightarrow$  Ανίχνευση και ποσοτικός προσδιορισμός αμινοξέων



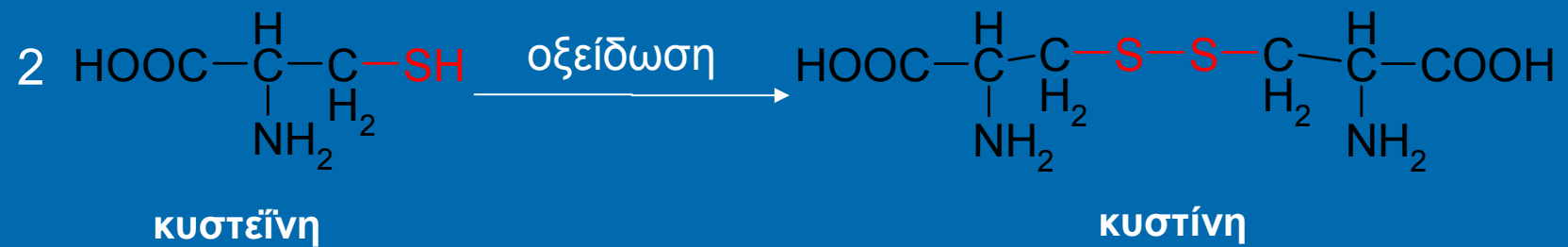
(Η προλίνη και η υδρόξυ-προλίνη δίνουν **κίτρινο παράγωγο**)

**Μπλε χρώμα**



# Χημικές Ιδιότητες Αμινοξέων

## Αντιδράσεις της σουλφυδριλικής ομάδας



Βελτίωση στην αρτοποιητική ικανότητα του αλεύρου

# Κατάταξη των πρωτεϊνών

## ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ

### Απλές

### Σύνθετες

#### Σφαιρικές

#### Ινώδεις

Γλοβουλίνες  
Αλβουμίνες  
Γλουτελίνες  
Προλαμίνες

Κολλαγόνο  
Ελαστίνη  
Κερατίνη

Γλυκοπρωτεΐνες  
Λιποπρωτεΐνες  
Μεταλλοπρωτεΐνες  
Νουκλεοπρωτεΐνες  
Φωσφοπρωτεΐνες

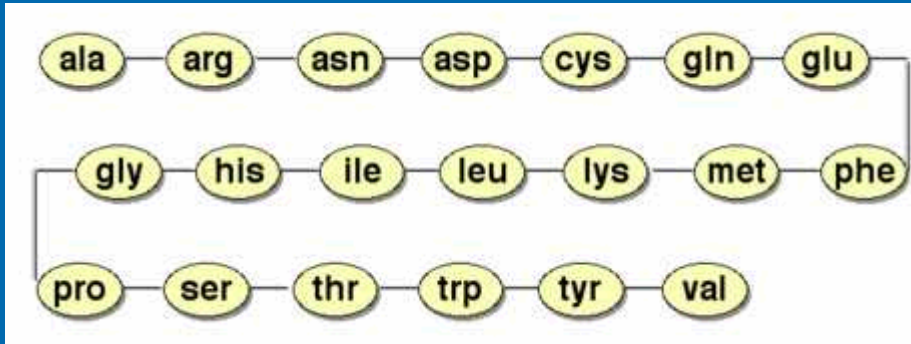


# Επίπεδα οργάνωσης δομής πρωτεϊνών

Met-Gly-Ala-Pro-His-Ile-Asp-Glu-Met-Ser-Thr-...

# Δομή των Πρωτεϊνών

## Πρωτοταγής Δομή



1. Αλληλουχία αμινοξέων
2. Θέση δισουλφιδικών δεσμών αν υπάρχουν

```

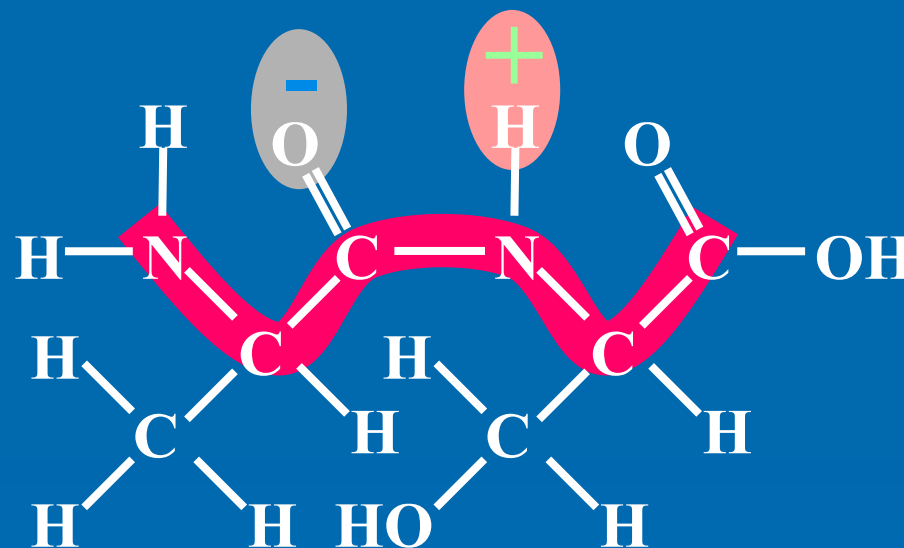
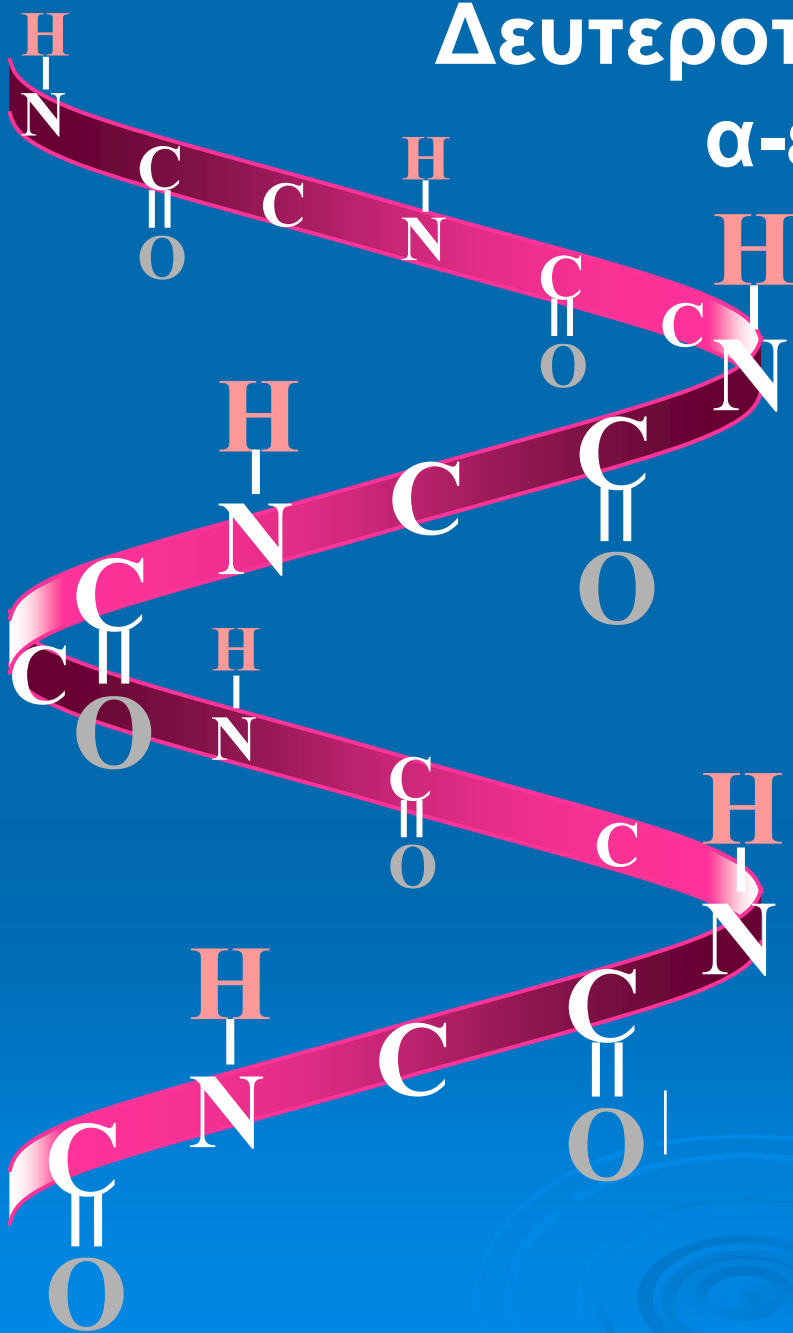
5           10           15           20           25           30
1  A A S X D X S L V E V H X X V F I V P P X I L Q A V V S I A
31 T T R X D D X D S A A A S I P M V P G W V L K Q V X G S Q A
61 G S F L A I V M G G G D L E V I L I X L A G Y Q E S S I X A
91 S R S L A A S M X T T A I P S D L W G N X A X S N A A F S S
121 X E F S S X A G S V P L G F T F X E A G A K E X V I K G Q I
151 T X Q A X A F S L A X L X K L I S A M X N A X F P A G D X X
181 X X V A D I X D S H G I L X X V N Y T D A X I K M G I I F G
211 S G V N A A Y W C D S T X I A D A A D A G X X G G A G X M X
241 V C C X Q D S F R K A F P S L P Q I X Y X X T L N X X S P X
271 A X K T F E K N S X A K N X G Q S L R D V L M X Y K X X G Q
301 X H X X X A X D F X A A N V E N S S Y P A K I Q K L P H F D
331 L R X X X D L F X G D Q G I A X K T X M K X V V R R X L F L
361 I A A Y A F R L V V C X I X A I C Q K K G Y S S G H I A A X
391 G S X R D Y S G F S X N S A T X N X N I Y G W P Q S A X X S
421 K P I X I T P A I D G E G A A X X V I X S I A S S Q X X X A
451 X X S A X X A
    
```

Π.χ. Εξωκινάση

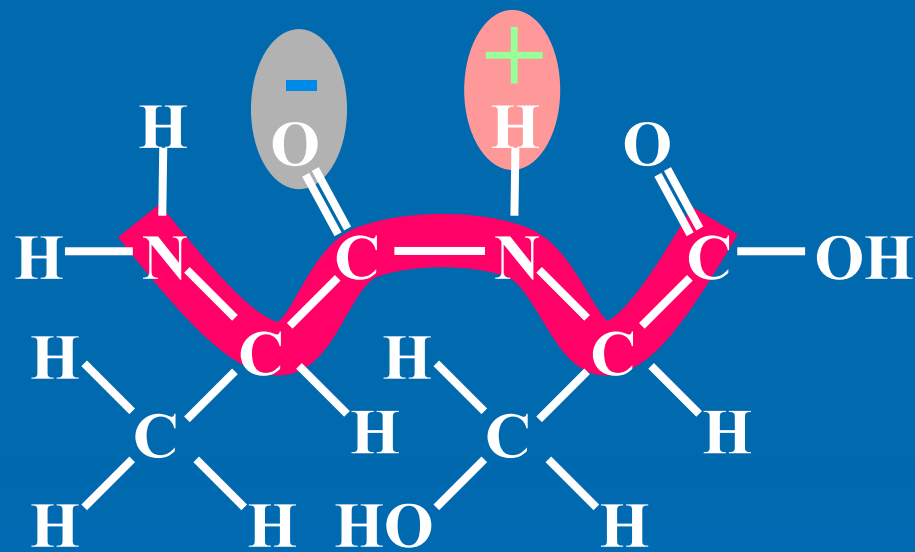
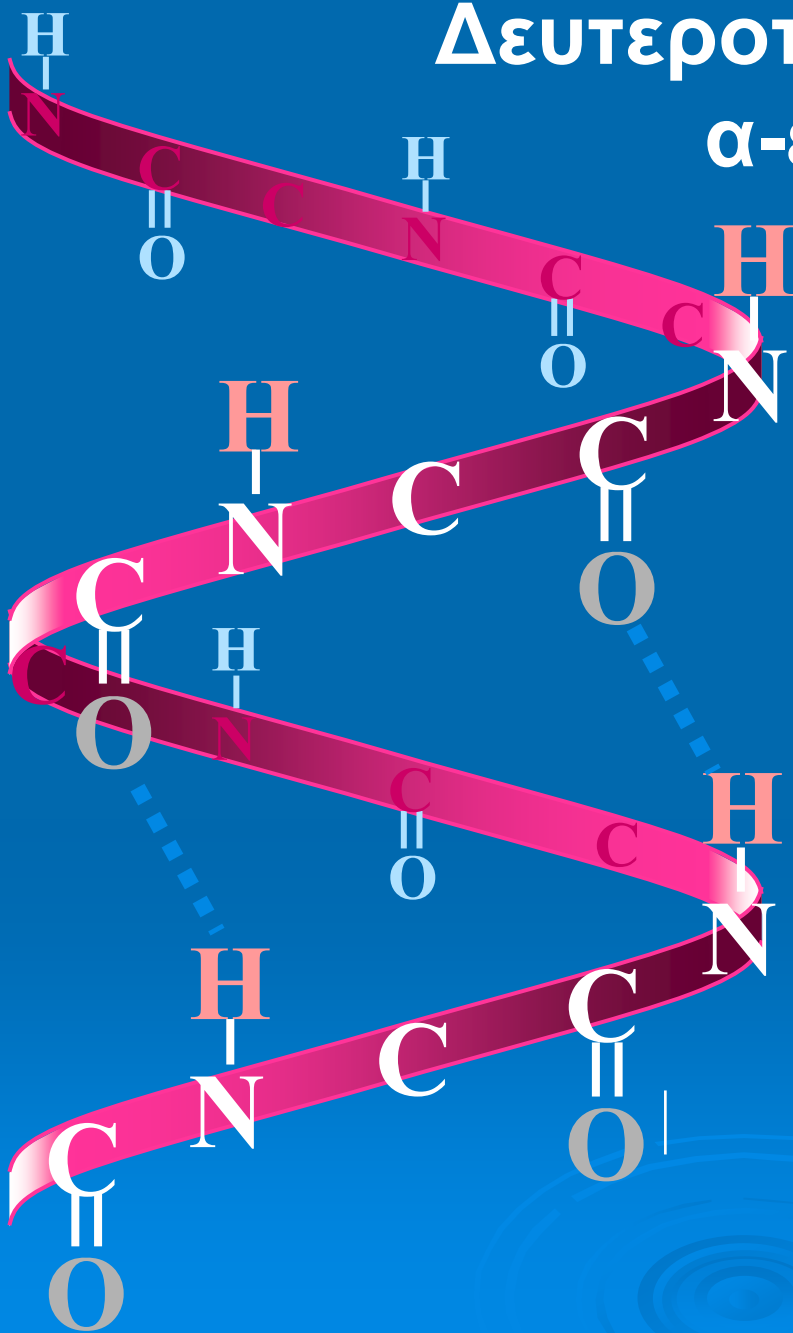
## Δευτεροταγής δομή:

- Αναφέρεται στην χωροδιάταξη αμινοξέων που βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο στην αλληλουχία
- Το πεπτίδιο έχει περιοχές αρνητικά και θετικά φορτισμένες. Αυτές οι περιοχές αλληλεπιδρούν και σχηματίζουν δεσμούς υδρογόνου
- Το αποτέλεσμα είναι ο σχηματισμός 2 ειδών δομών:
  - α έλικα
  - β-πτυχωτή επιφάνεια

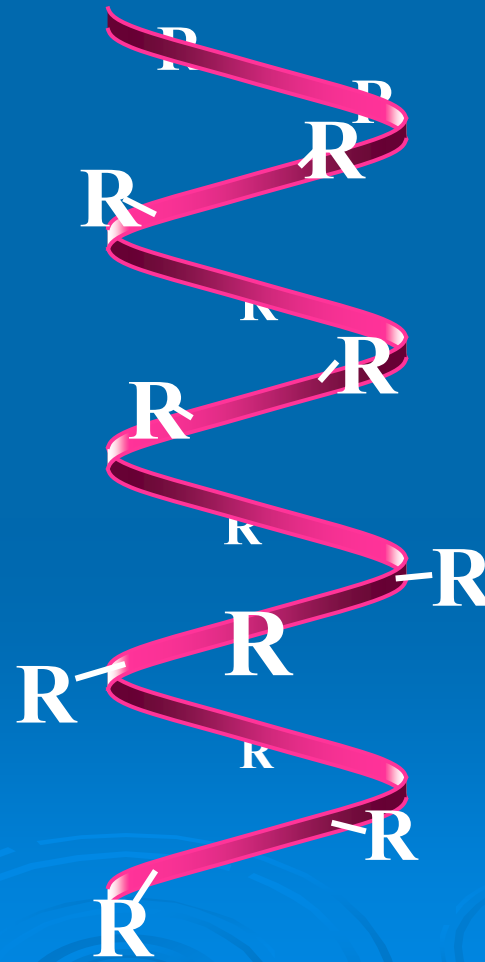
# Δευτεροταγής δομή: α-έλικα



# Δευτεροταγής δομή: α-έλικα



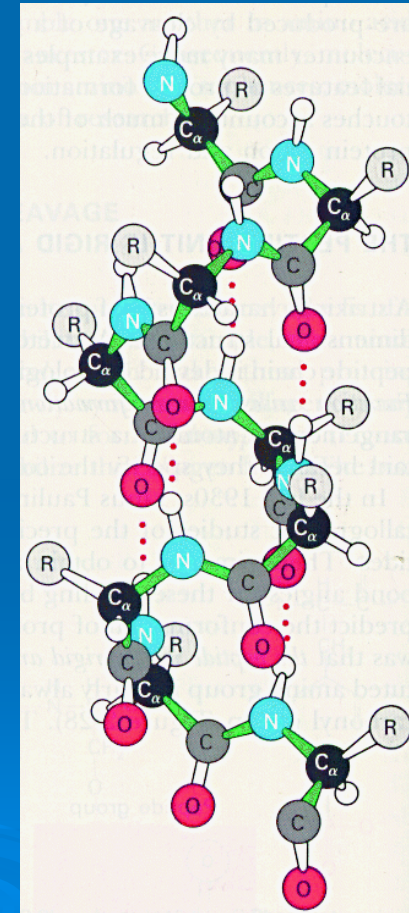
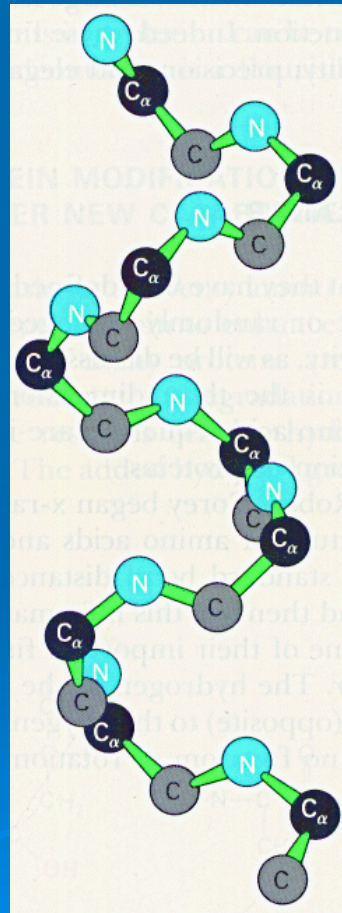
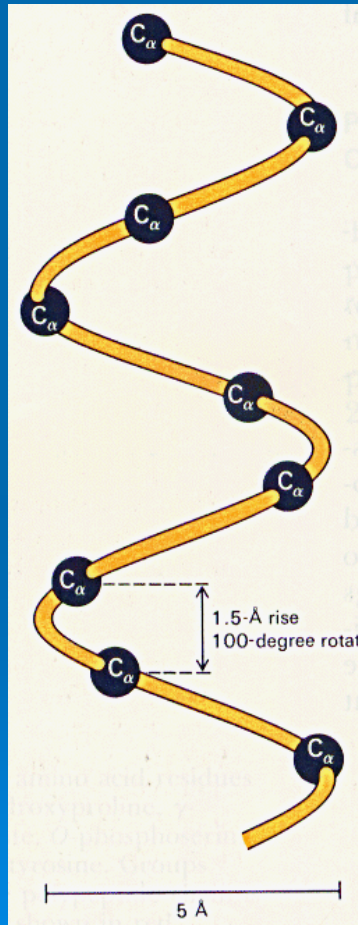
# Δευτεροταγής δομή: α-έλικα



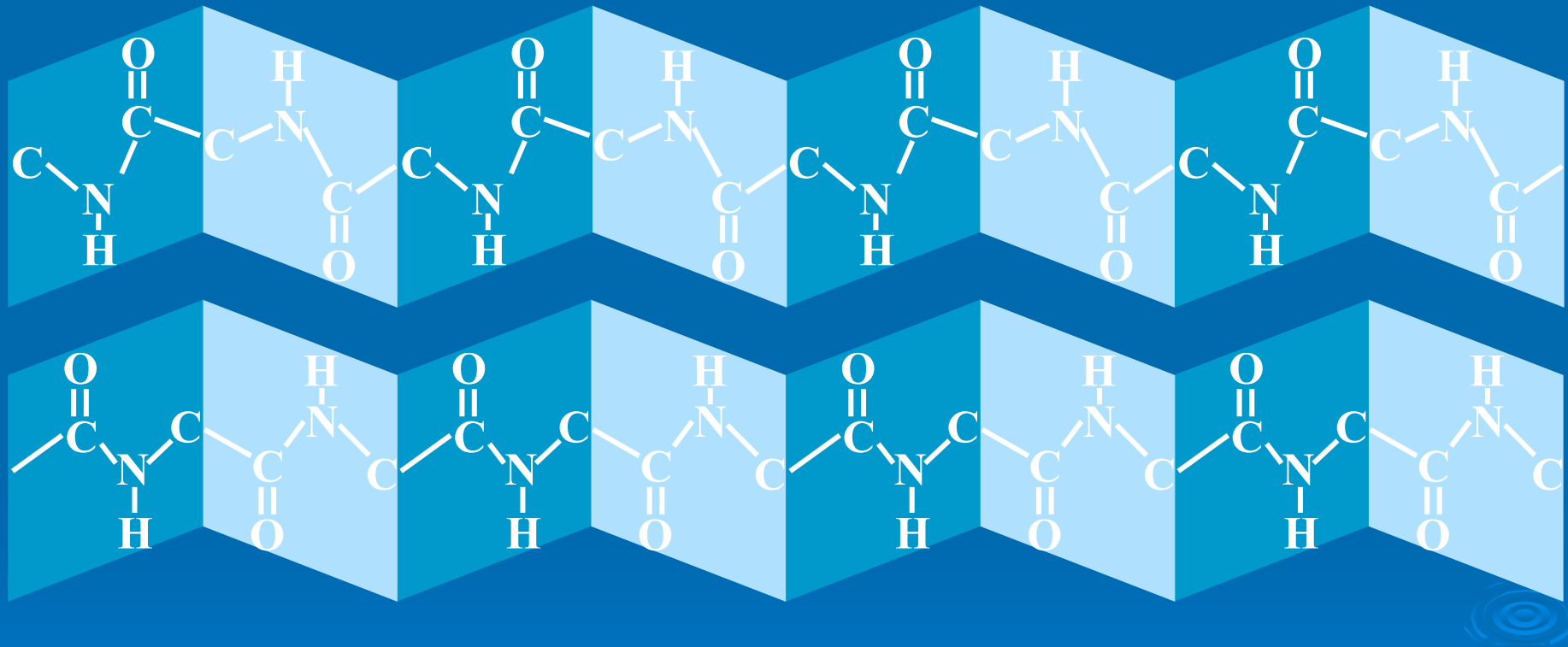


# Δομή των Πρωτεϊνών

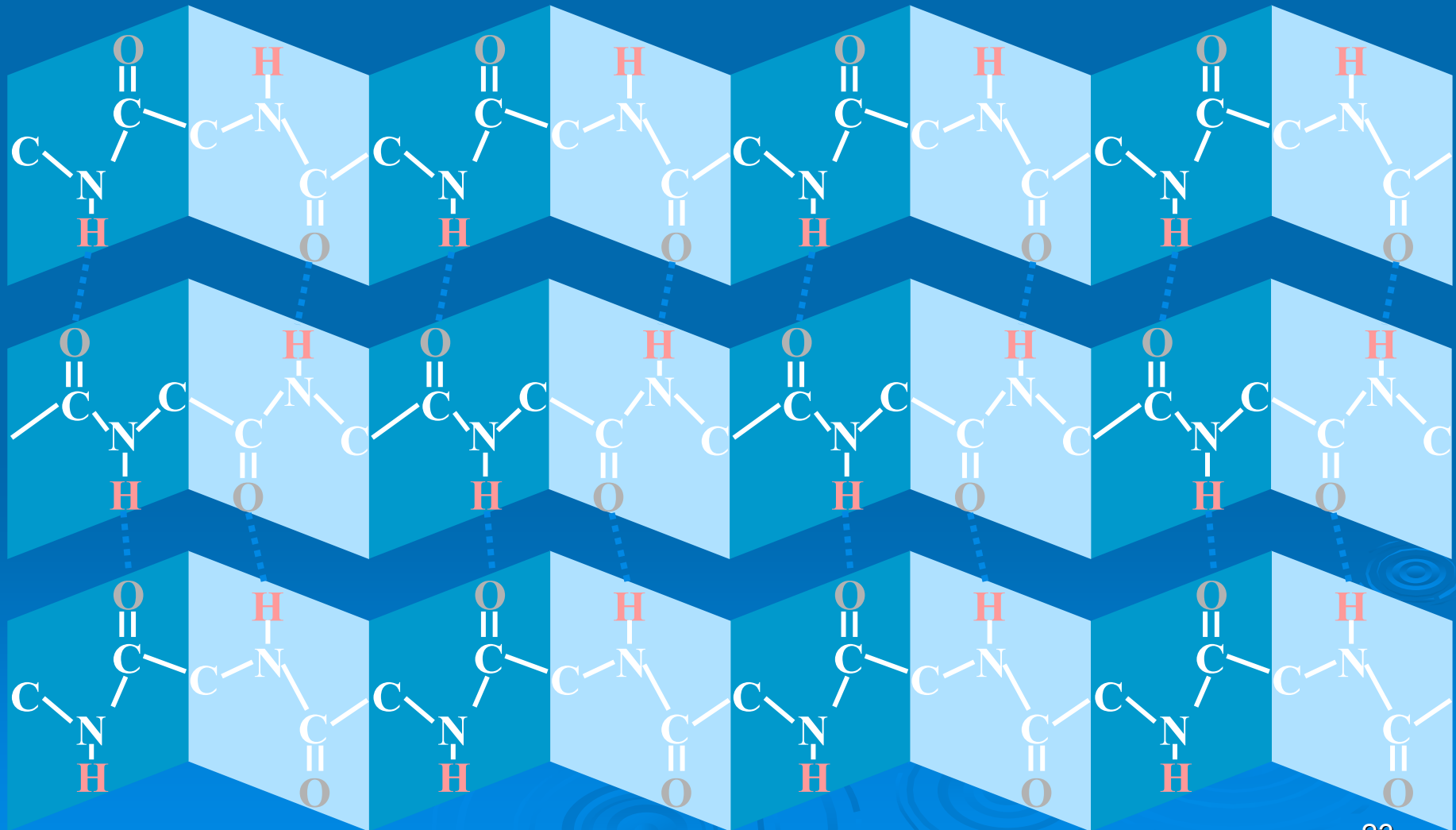
## Δευτεροταγής- α έλικα



# Δευτεροταγής Δομή : β-πτυχωτή επιφάνεια



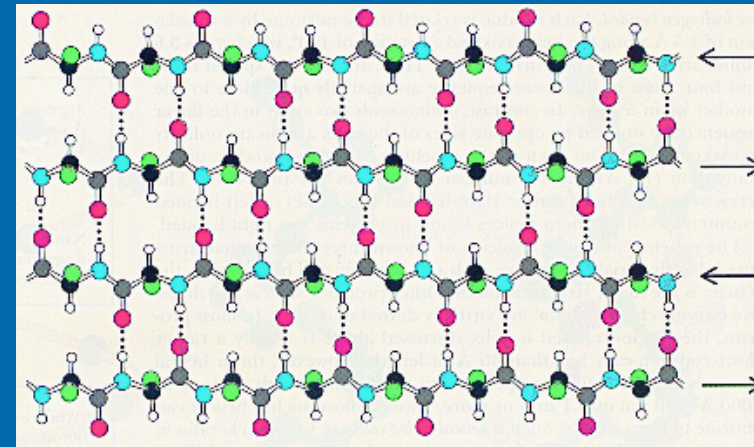
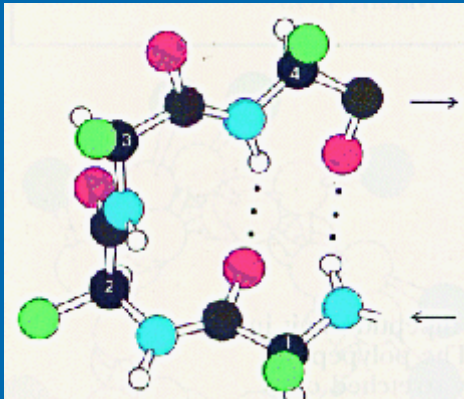
# Δευτεροταγής Δομή : β-πτυχωτή επιφάνεια



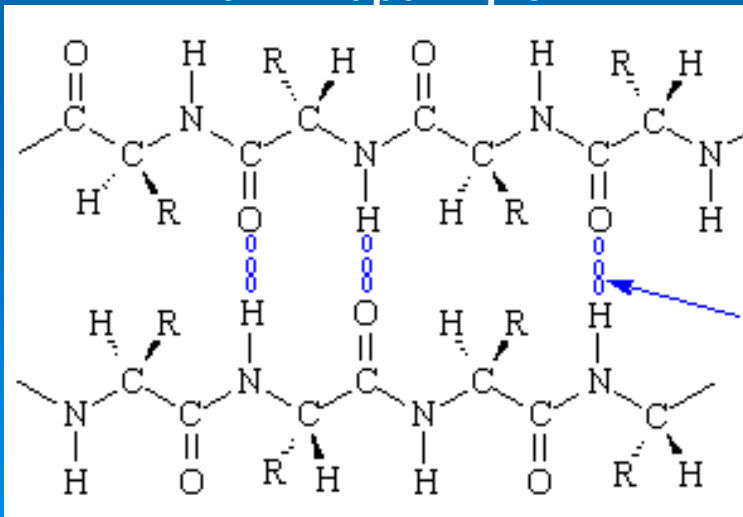
# Δομή των Πρωτεϊνών

## Δευτεροταγής- β-πτυχωτή επιφάνεια

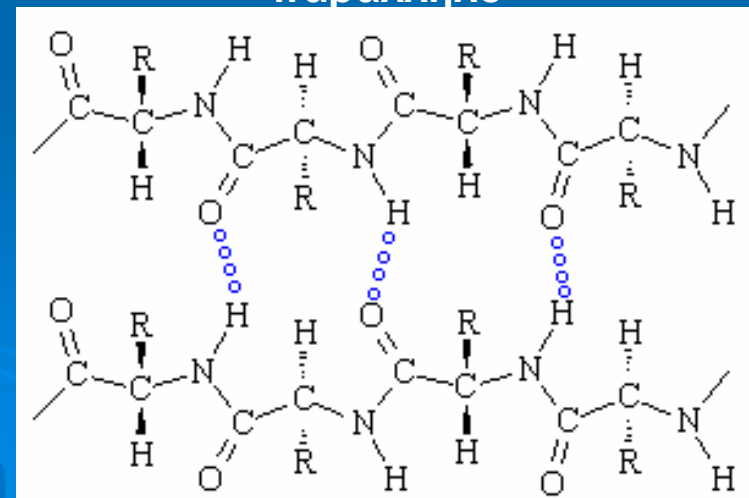
στροφή



αντι-παράλληλο



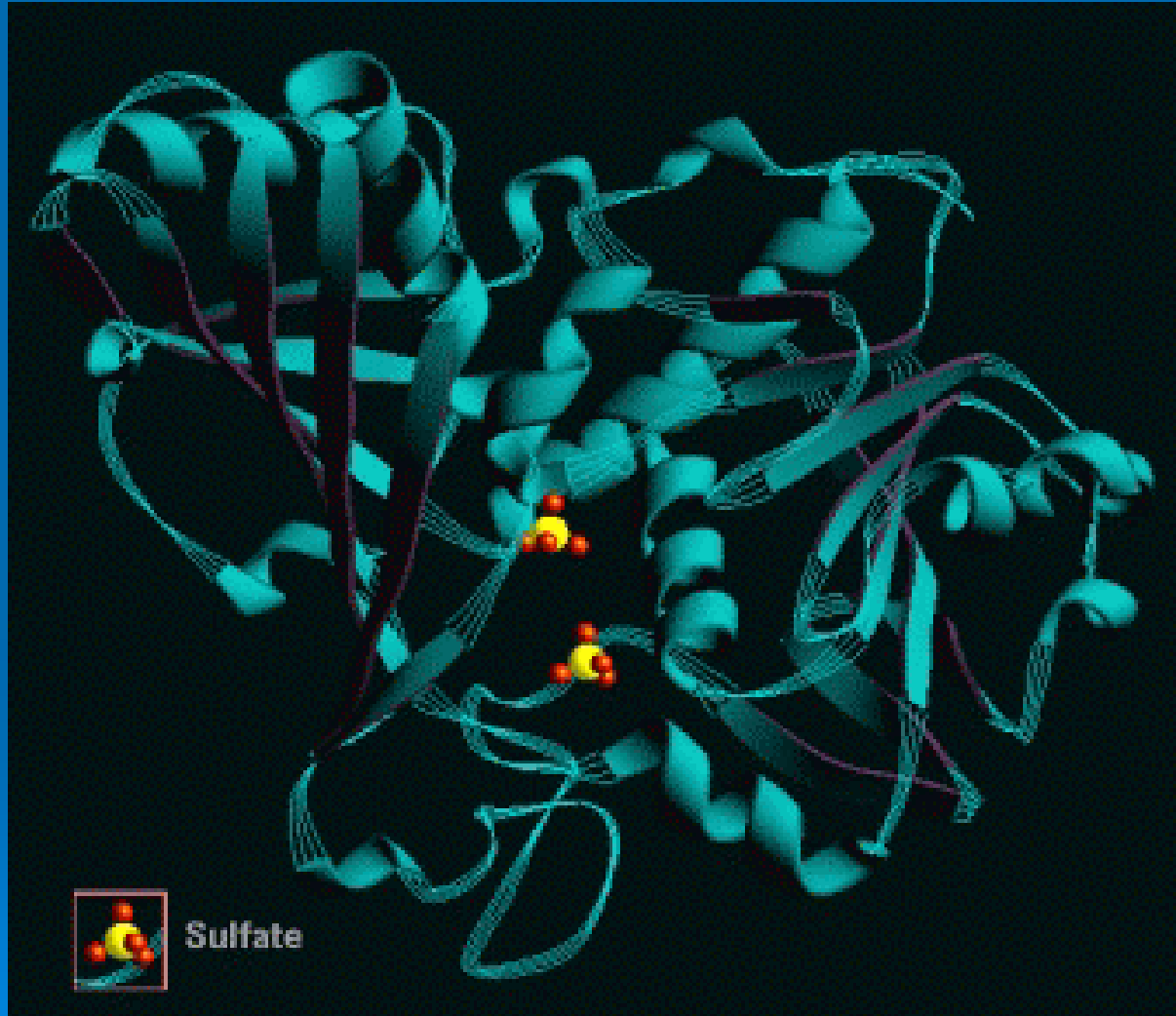
παράλληλο



# Τριτοταγής Δομή

- Αναφέρεται στη στερεοδιάταξη αμινοξέων απομακρυσμένων μεταξύ τους στη γραμμική αλληλουχία
- Αποτέλεσμα διπλώματος α-έλικας με β-πτυχωτή επιφάνεια
- Παράγοντες που επιδρούν στη δομή:
- Υδροφοβικές και υδροφιλικές αλληλεπιδράσεις
- Δεσμοί Υδρογόνου
- Δισουλφιδικοί δεσμοί

# Τριτοταγής Δομή

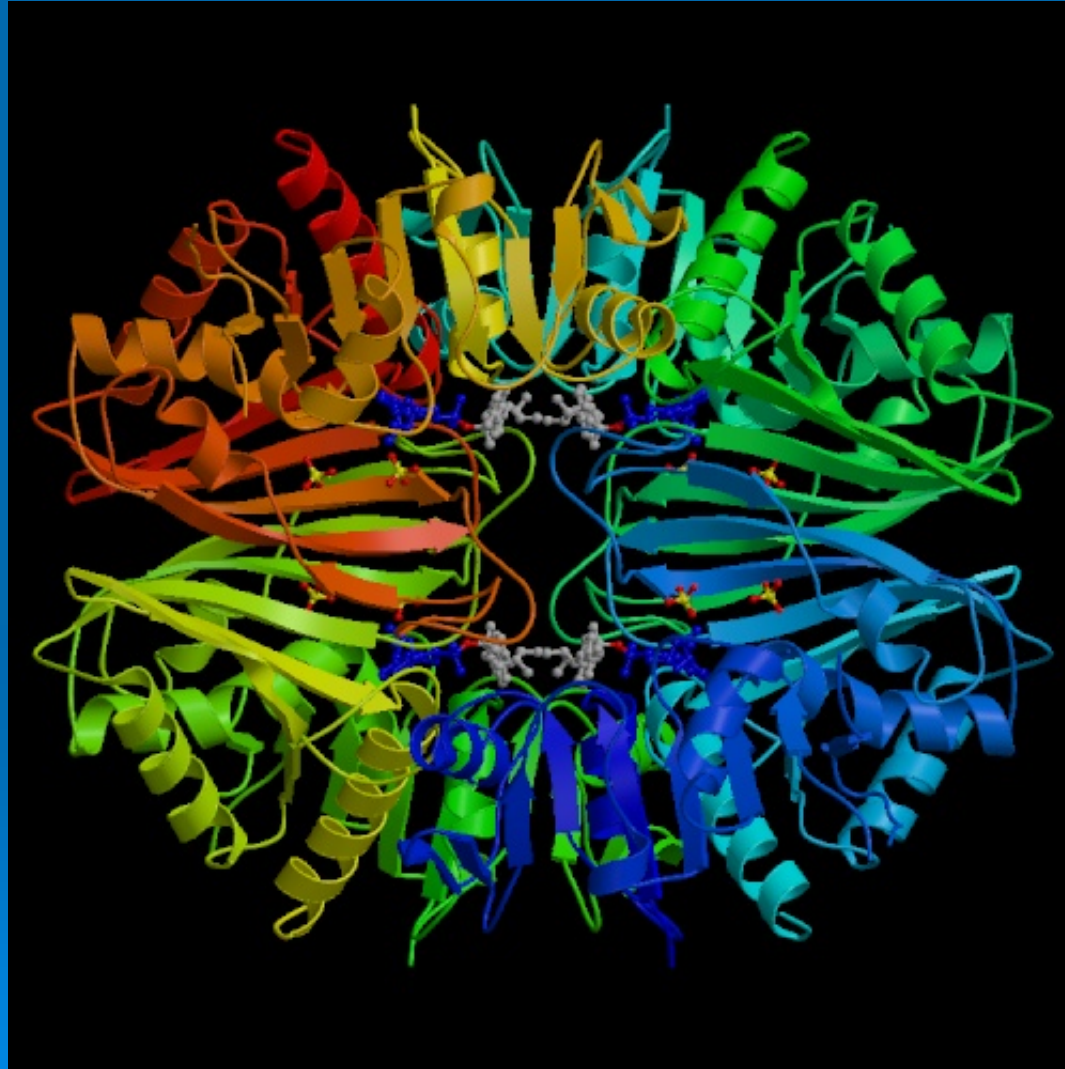




# Τεταρτοταγής δομή

- Αναφέρεται σε πρωτεΐνες που έχουν παραπάνω από μία πολυπεπτιδική αλυσίδα
- Αποτέλεσμα αλληλεπιδράσεων ανεξάρτητων πολυπεπτιδικών αλυσίδων
- Παράγοντες που επιδρούν στη δομή:
  - Υδροφοβικές και υδροφιλικές αλληλεπιδράσεις
  - Δεσμοί υδρογόνου
  - Το σχήμα και το φορτίο των πολυπεπτιδικών αλυσίδων

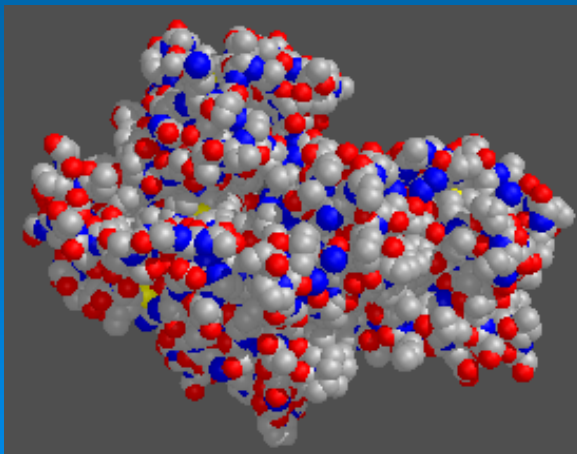
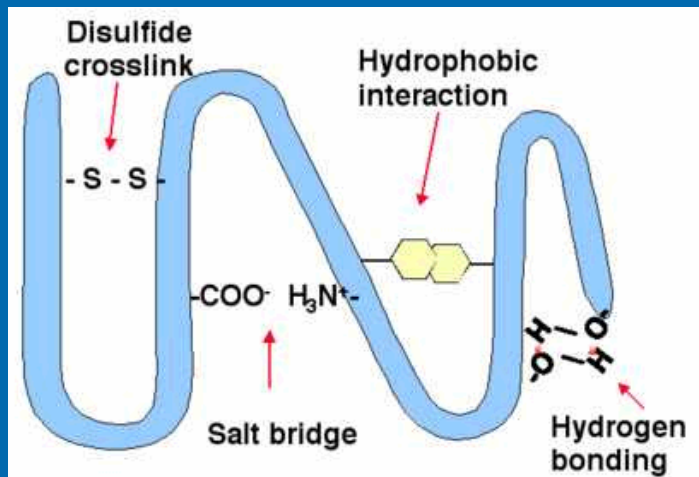
# Τεταρτοταγής δομή



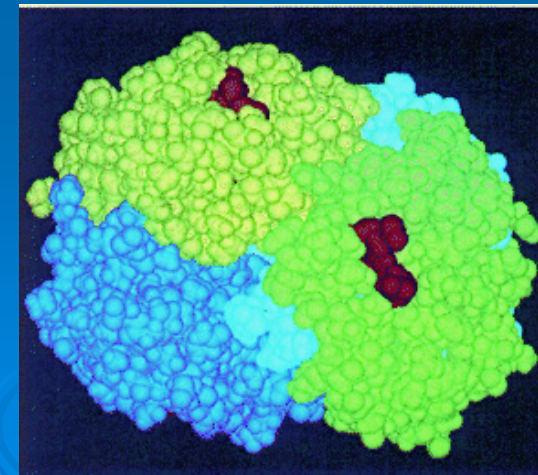
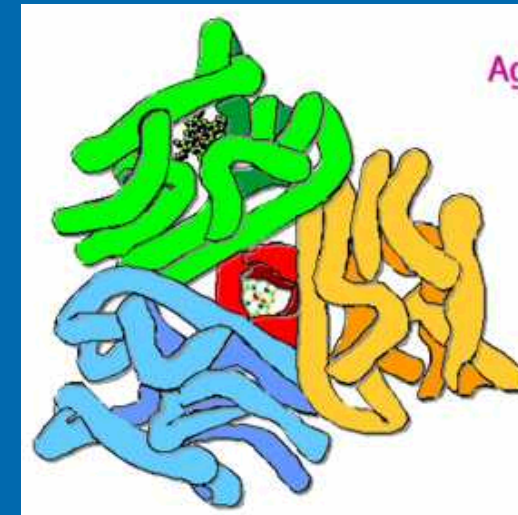


# Δομή των Πρωτεϊνών

## Τριτοταγής



## Τεταρτοταγής

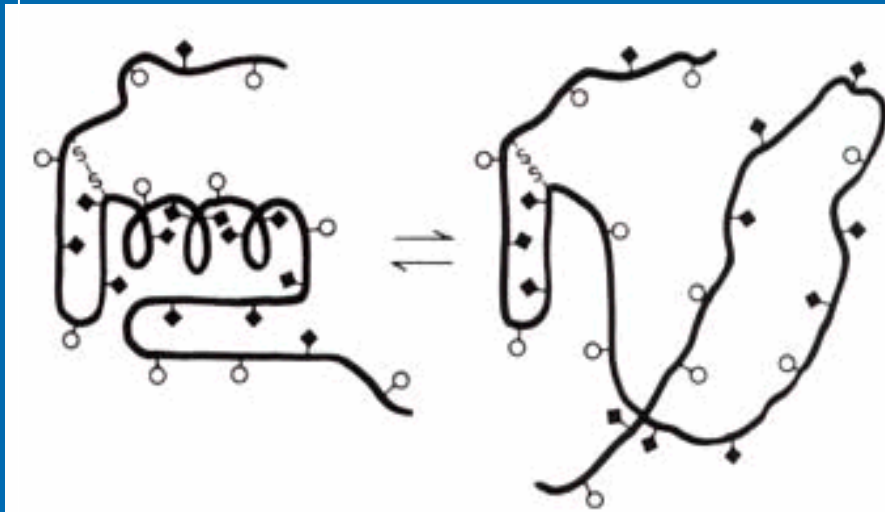


# Φυσικές ιδιότητες

- Ισοηλεκτρικό σημείο
- Διαλυτότητα
  - pH
  - Άλατα
  - Οργανικοί διαλύτες
  - Θερμοκρασία
- Ζελατινοποίηση
  - Συγκράτηση μεγάλης ποσότητας νερού στο πλέγμα
- Υδρόλυση
  - με οξέα, βάσεις ή ένζυμα
  - θέρμανση
- Μετουσίωση

# Φυσικές ιδιότητες

## ➤ Μετουσίωση

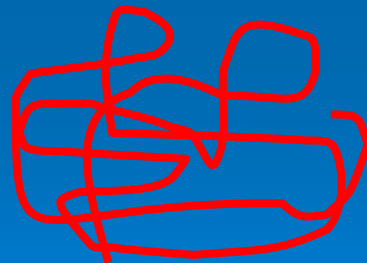
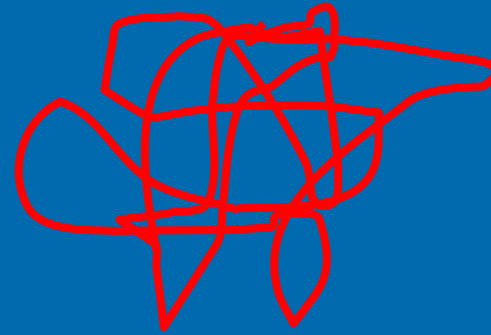
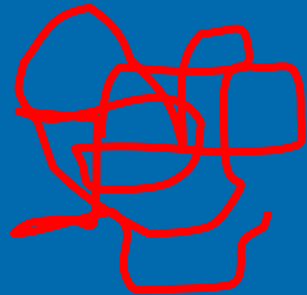


φυσική

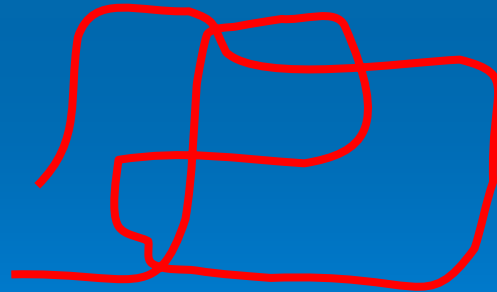
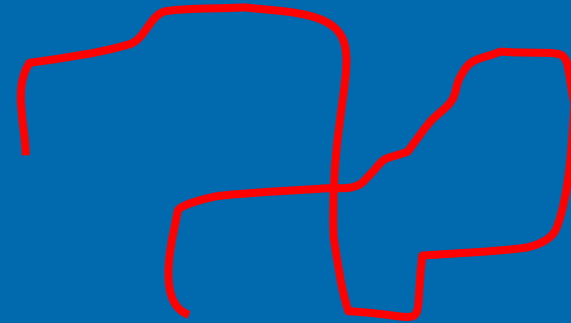
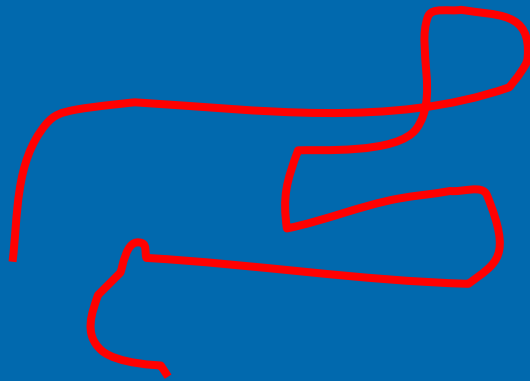
μετουσιωμένη

### Φυσικοί παράγοντες

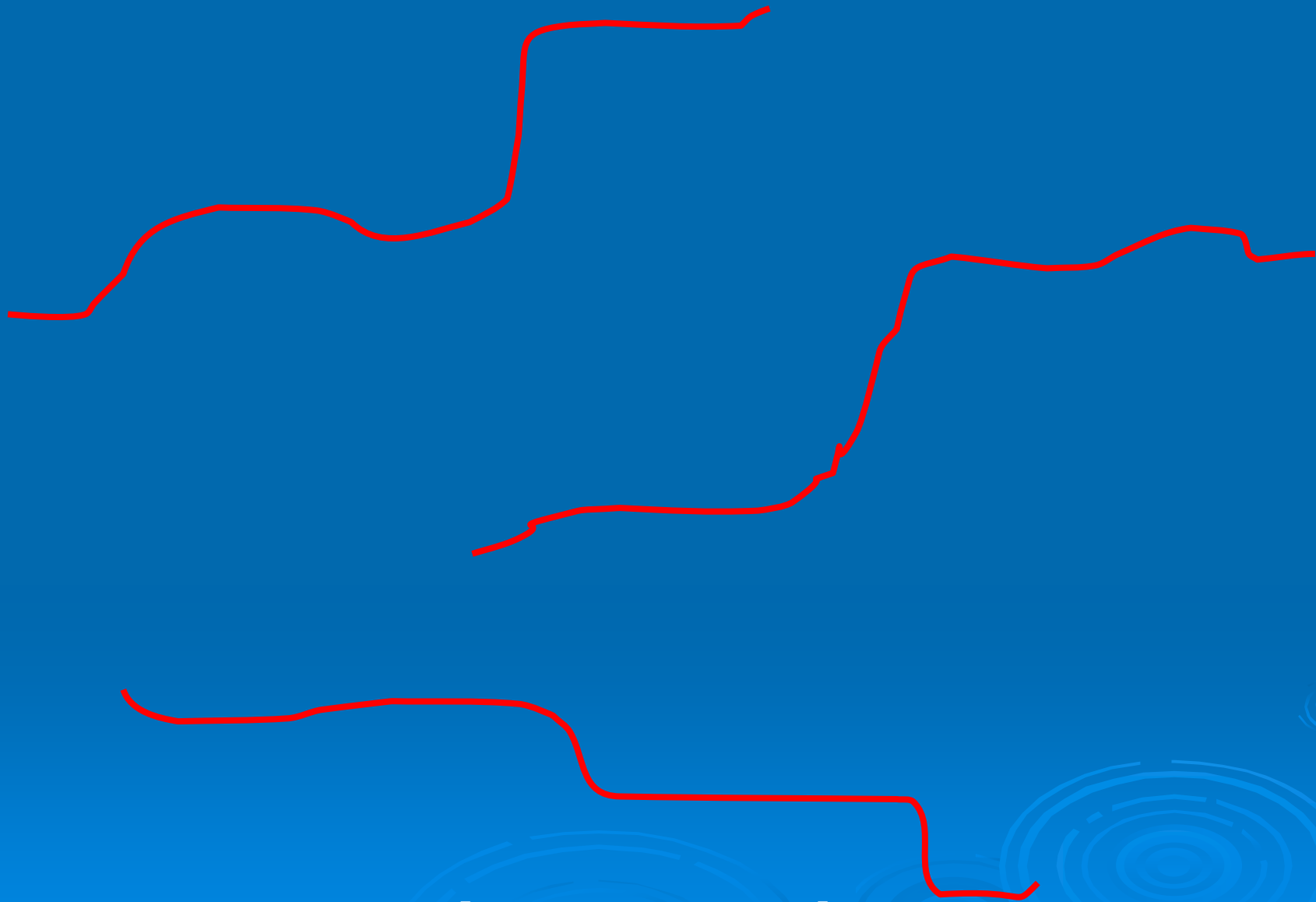
- Θερμοκρασία
- Ιόντα



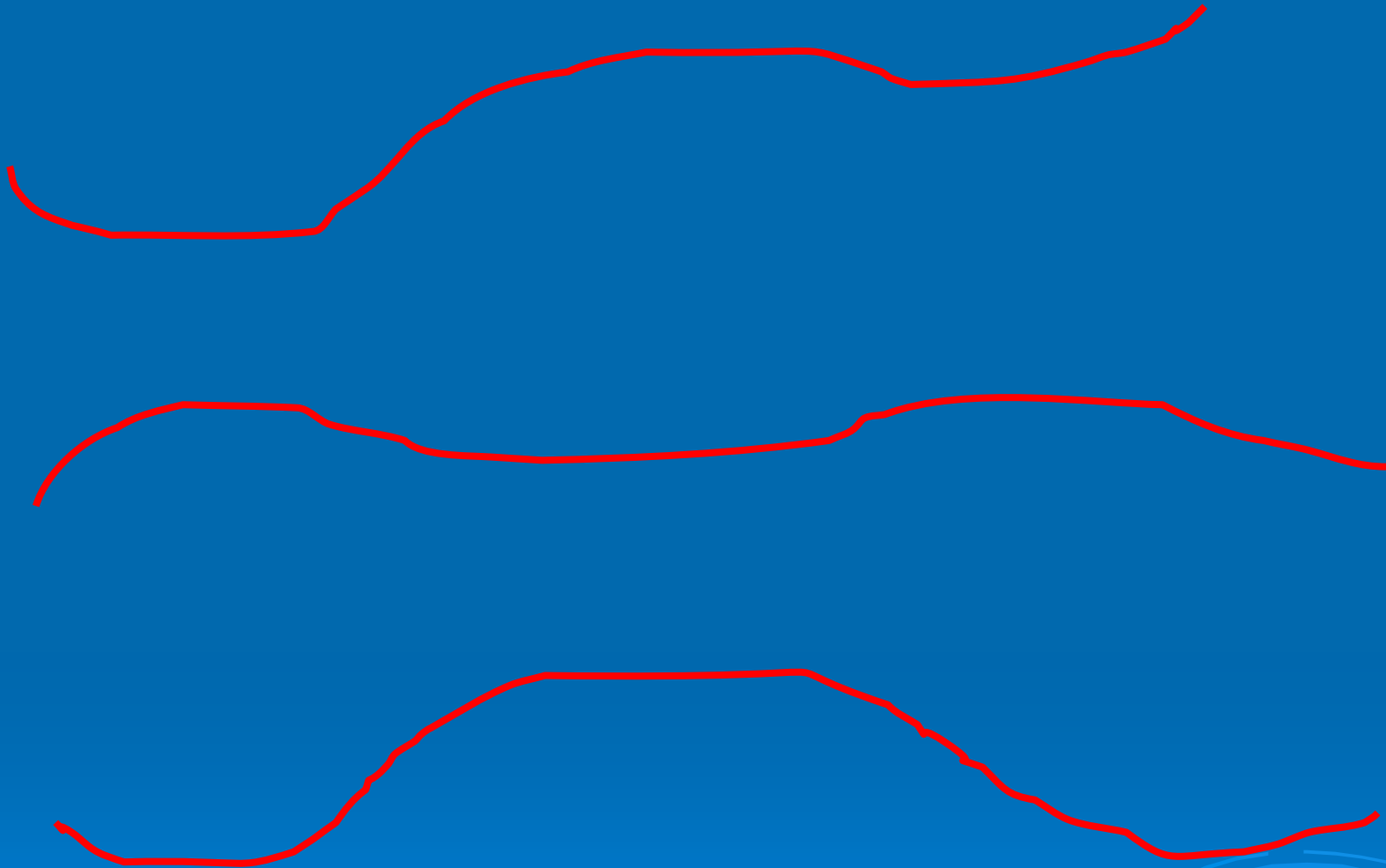
3 πρωτεΐνες σε φυσική κατάσταση



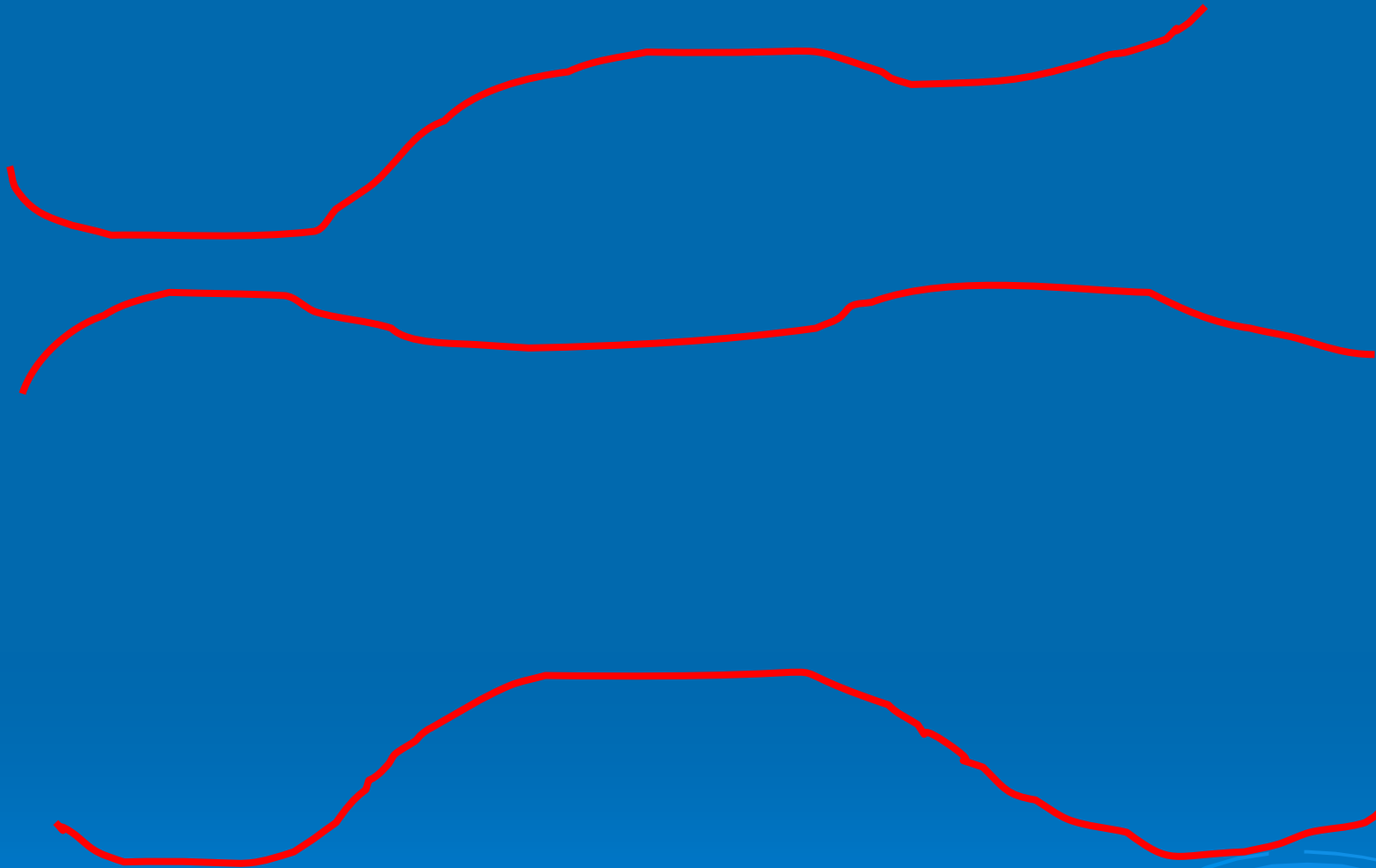
Έναρξη μετουσίωσης



Συνέχεια μετουσίωσης



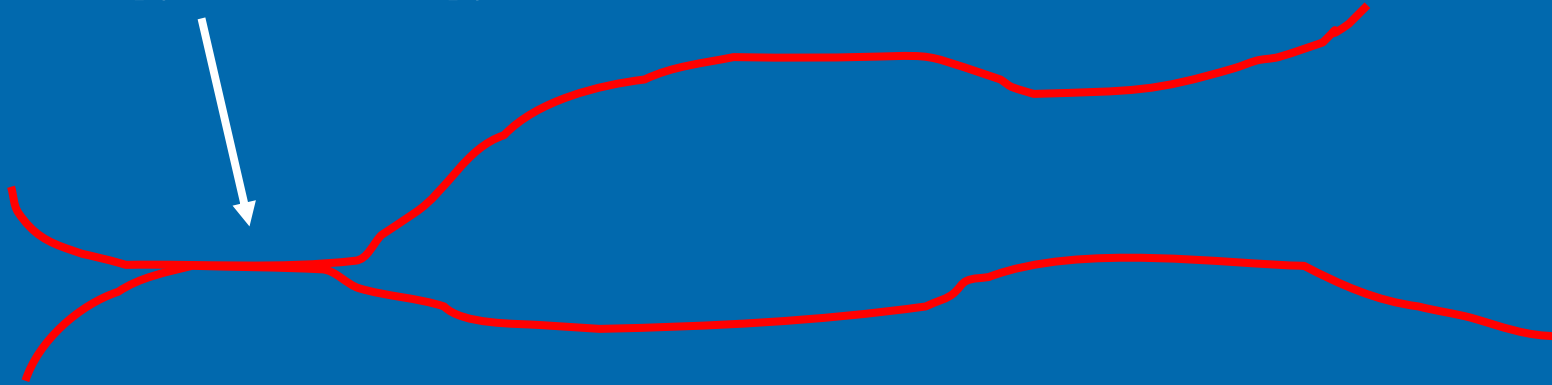
Τέλος μετουσίωσης

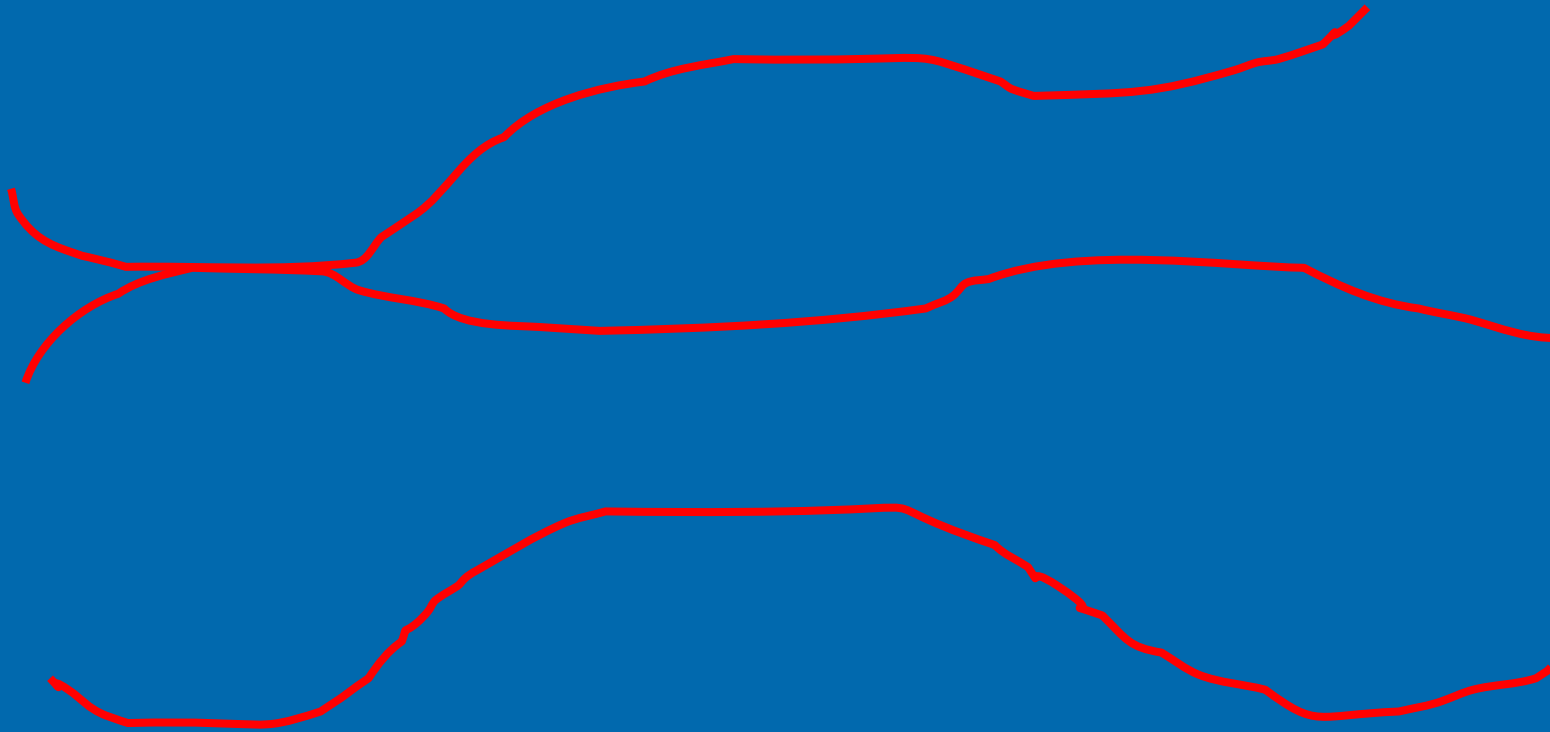


Έναρξη επανασύνδεσης (σχηματισμός σημείου συνένωσης)



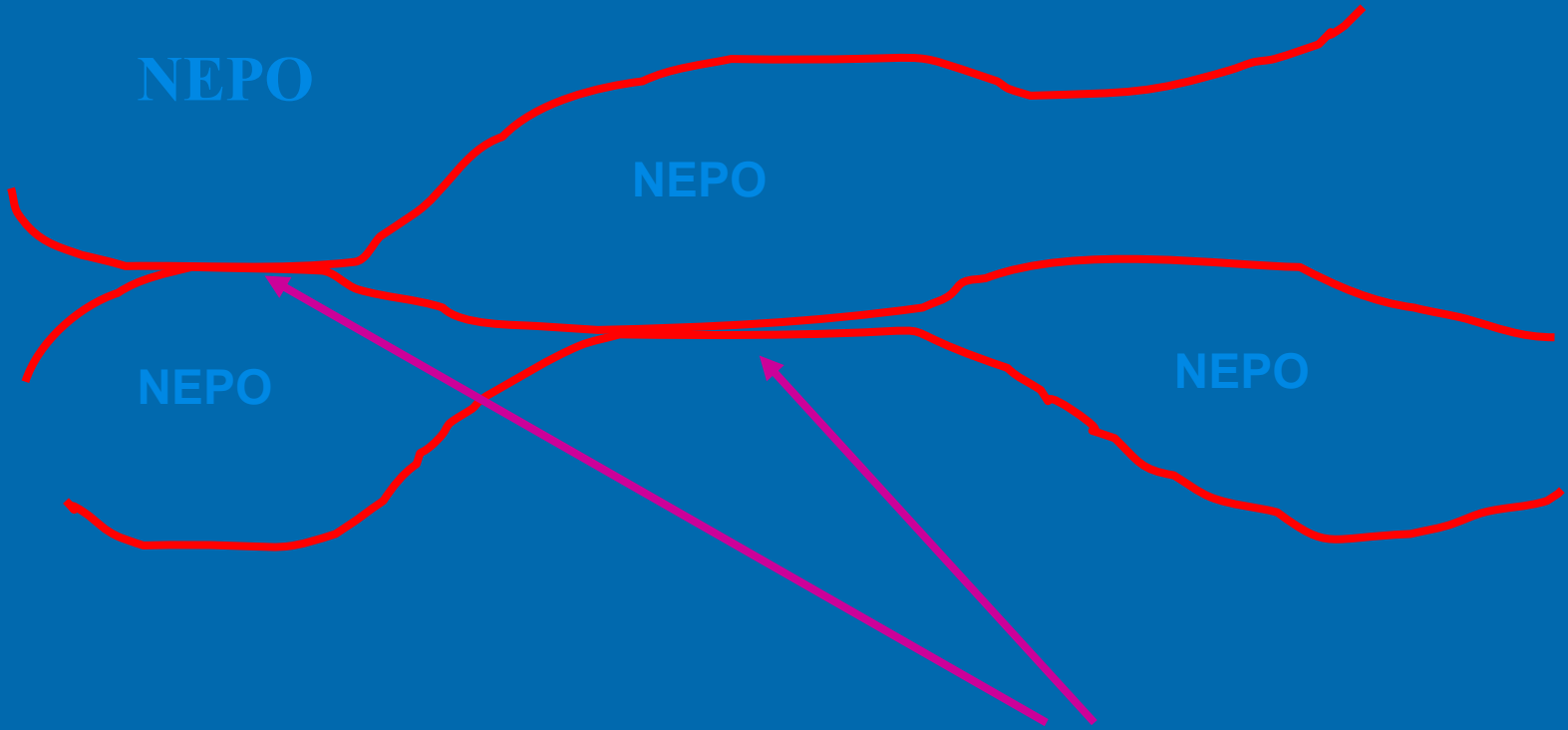
Ζώνης συνένωσης





## Συνέχεια επανασύνδεσης



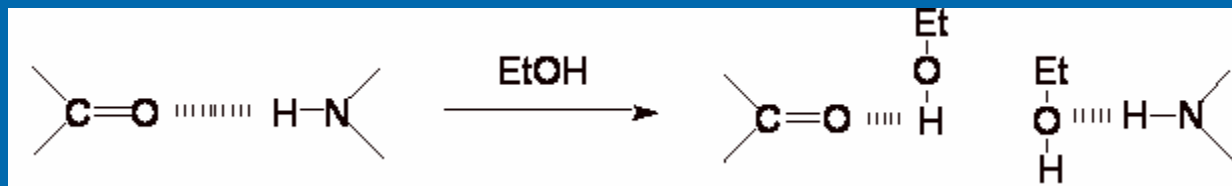


**ΖΩΝΕΣ ΣΥΝΕΝΩΣΗΣ**

Σχηματισμός gel

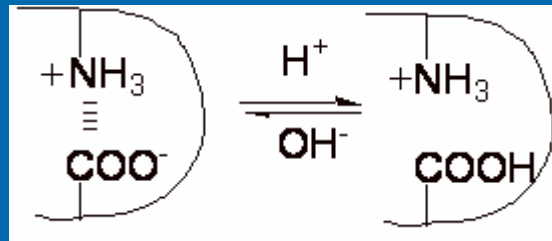
# Φυσικές ιδιότητες

## ➤ Μετουσίωση - Χημικοί παράγοντες

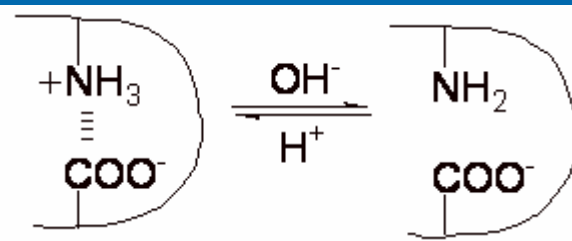


Οργανικοί διαλύτες

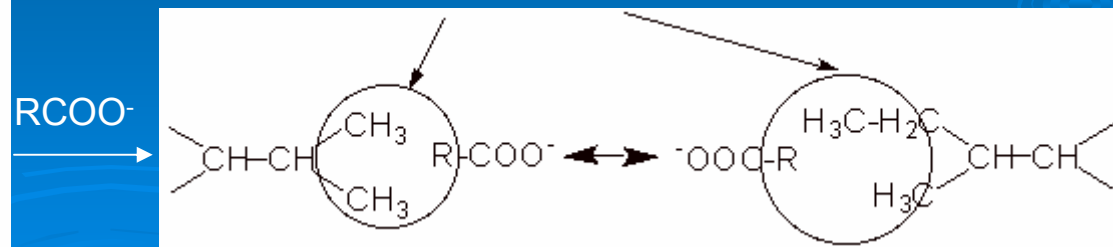
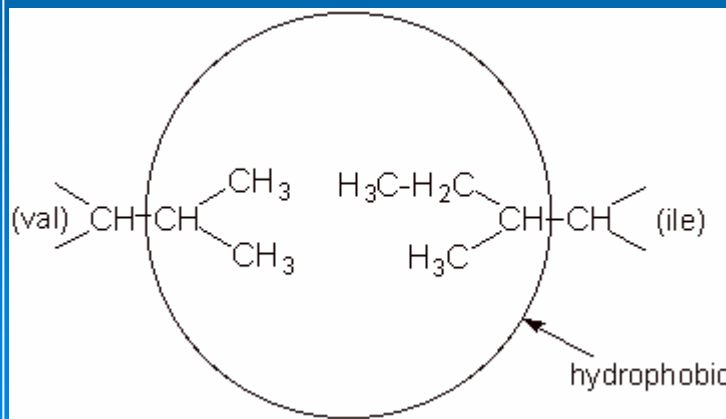
Οξέα



Βάσεις



Απορρυπαντικά



# Ανάλυση των πρωτεϊνών

## Μέθοδος Kjeldahl

Αναλύεται το πρωτεϊνικό άζωτο. Το ποσοστό N πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή για τη μετατροπή σε ποσότητα πρωτεΐνης.

## Φασματοφωτομετρικά

Μέτρηση στα 250-300nm

## Μέτρηση οπτικής στροφής

## Διάθλαση με ακτίνες X

# Πρωτεΐνες και τρόφιμα

- **Πρωτεΐνες του γάλακτος: (καζεΐνες και πρωτεΐνες ορού)**
  - Άρωμα γαλακτοκομικών προϊόντων
  - Πήξη του γάλακτος
- **Πρωτεΐνες του κρέατος**
  - Ικανότητα συγκράτησης νερού (τρυφερότητα)
  - Δομικές πρωτεΐνες (κολλαγόνο)
  - Πρωτεΐνες μυών (ακτίνη, μυοσίνη)
- **Πρωτεΐνες των αυγών**
  - Αφρισμός, αύξηση ζυμωτικής ικανότητας του αλεύρου
  - Γαλακτωματοποιητική ικανότητα (ζαχαροπλαστική)
- **Πρωτεΐνες του αλεύρου**
  - Καθορισμός αρτοποιητικής ικανότητας (γλουτένη)
- **Πρωτεΐνες φυτικών σπόρων**
- **Πρωτεΐνες λαχανικών**

# Πρωτεΐνες τροφίμων

## ➤ Φρούτα και λαχανικά (<6%)

## ➤ Δημητριακά (10-15%)

- Γλουτένη (γλοιαδίνη, γλουτενίνη)

## ➤ Όσπρια & ελαιούχοι σπόροι

- Σόγια (32-46%)
- Άλλοι (17-36%)

## ➤ Γάλα (3-4%)

- Καζεΐνη
- Πρωτεΐνες του ορού (αλβουμίνες, γλοβουλίνες)

## ➤ Αυγά (12%)

- Κρόκος (λιποβιτελίνη, λιποβιτελινίνη)
- Ασπράδι (ωοαλβουμίνη, κонаλβουμίνη, ωομυκοειδές, λυσοζύμη)

## ➤ Κρέας (18-20%)

- Σαρκοπλασμικές (μυογλοβίνη, αιμογλοβίνη)
- Μυοινώδεις (ακτίνη, μυοσίνη)
- Συνδετικού ιστού (κολλαγόνο, ελαστίνη)

# Τεχνολογία Τροφίμων και Πρωτεΐνες

➤ Θέρμανση

➤ Αφυδάτωση

- Λυοφιλίωση:

Πάγωμα --> πίεση  $<1\text{mmHg}$  --> εξάχνωση νερού

➤ Παστερίωση



# Θέρμανση

A. Παστερίωση πρέπει να ελέγχεται ώστε να μην προκαλεί μεγάλη ζημιά στις ευαίσθητες πρωτεΐνες

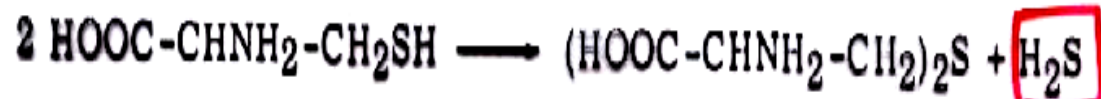
- Σε 30-50°C ξεκινάει το ξεδίπλωμα των πεπτιδίων ⇒  
μερική μετουσίωση ⇒ τρυφεροποίηση του κρέατος.

- Σε 50-75°C παρατηρείται μετουσίωση, σχηματισμός σταυροειδών σεδμών και πήξιμο

- Στο γάλα (παστερίωση στους 72°C για 15 sec) τα αποικοδομητικά ένζυμα αναστέλλονται, οι πρωτεΐνες του τυρογάλακτος μερικώς μετουσιώνονται οδηγώντας σε αλλαγές στη γεύση και το άρωμα



or



Κατά την αποστείρωση παρατηρείται καταστροφή των μικροοργανισμών και απενεργοποίηση των ενζύμων

- Σε θερμοκρασίες πάνω από 80°C οι πρωτεΐνες του κρέατος συμπλέκονται

ακίνη + μυοσίνη  $\rightleftharpoons$  ακτινομυοσίνη. Το ίδιο συμβαίνει και με τις σουλφυδρυλικές ομάδες, όπότε σχηματίζονται δισουλφιδικοί δεσμοί. Ξεκινούν οι αντιδράσεις Maillard μεταξύ

— NH<sub>2</sub> των πρωτεϊνών και — C — of σακχάρων



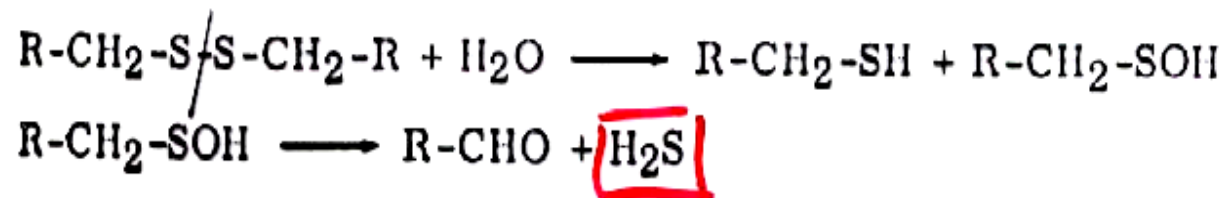
Το κολλαγόνο μετατρέπεται σε ζελατίνη όπότε η κυστεΐνη, μεθειονίνη και λυσίνη καταστρέφονται

- Στο γάλα σε T > 72°C οι πρωτεΐνες χάνουν νερό, και μετουσιώνονται

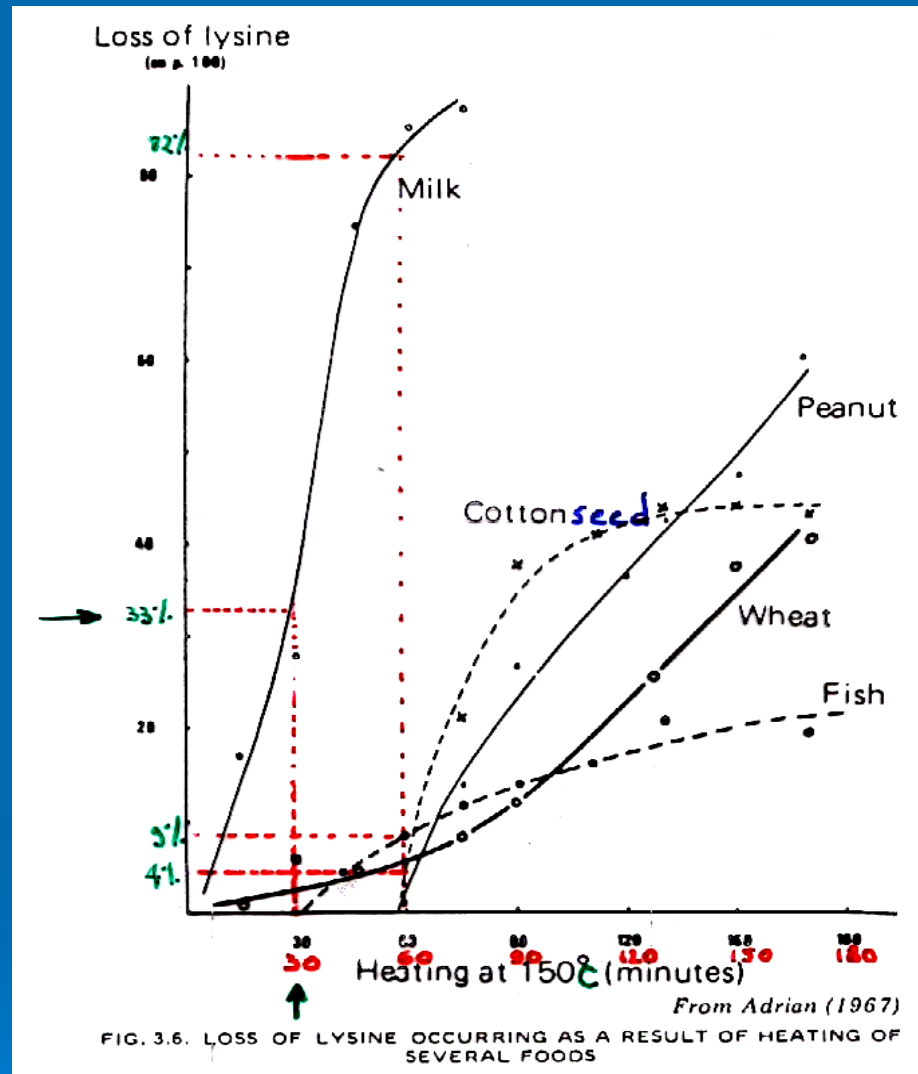
- Παρουσία σακχάρων → Maillard αντιδράσεις  

$$-NH_2 + O = \underset{\substack{| \\ H}}{C} - R \rightarrow \text{αμινοσάκχαρα} \rightarrow \text{μελανοϊδίνες}$$

- Η κυστεΐνη είναι η πιο θερμοευαίσθητη πρωτεΐνη. Σε υψηλές θερμοκρασίες (>110°C) το 50-60% της κυστεΐνης καταστρέφεται και αναπτύσσεται το H<sub>2</sub>S



- Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται κυρίως κατά την επεξεργασία των δημητριακών για την παραγωγή αφράτων αρτοσκευασμάτων



Η λυσίνη στο γάλα καταστρέφεται λόγω παρουσίας της λακτόζης →  
Maillard αντιδράσεις

## B. Επεξεργασία σε χαμηλές θερμοκρασίες

B1. Πάγωμα (1-2°C), οι ιδιότητες και η διατροφική αξία δεν επηρεάζονται

B2. Ψύξη

→ Οι αλληλεπιδράσεις πρωτεΐνης νερού αντικαθίστανται από αντίστοιχες πρωτεΐνης- πρωτεΐνης

→ αυτοοξειδωση σε ψάρια και λίπη κρέατος ⇒ πολυμερισμός πρωτεΐνης λόγω έκλυσης ελεύθερων ριζών ⇒ καταστροφή αμινοξέων

# Πρωτεΐνες και διατροφή

- Ο πρωταρχικός ρόλος των πρωτεϊνών είναι η προμήθεια N και αμινοξέων για τη σύνθεση των πρωτεϊνών του σώματος
- Οι πρωτεΐνες στο ανθρώπινο σώμα περιέχουν 20 αμινοξέα; Από τα οποία, 10 πρέπει να διατεθούν στην δίαιτα, επειδή δεν μπορούν να συντεθούν στο ανθρώπινο σώμα (απαραίτητα). Τα υπόλοιπα μπορούν να συντεθούν από τη χρήση αζώτου του μικροοργανισμού (μη απαραίτητα)

	Απαραίτητα		Μη Απαραίτητα
valine	methionine	glycine	asparagine
leucine	threonine	alanine	glutamic acid
isoleucine	phenylalanine	norleucine	hydroxyglutamic acid
lysine	tryptophan	serine	tyrosine
arginine	histidine*	cystine	proline
			hydroxyproline

- Για τη βιοσύνθεση των πρωτεϊνών στο ανθρώπινο σώμα πρέπει όλα τα αμινοξέα να είναι ταυτόχρονα παρόντα. Ειδάλλως η βιοσύνθεση εξελίσσεται πολύ αργά .
- Η ποιότητα μιας πρωτεΐνης εξαρτάται από το είδος και την ποσότητα των αμινοξέων που περιέχει.
- Οι πρωτεΐνες ζωικής προελεύσεως έχουν μεγαλύτερη ποιότητα από τις αντίστοιχες φυτικής προελεύσεως.



- Οι πρωτεΐνες των δημητριακών έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε λυσίνη και μερικές φορές καθόλου μεθειονίνη, τρυπτοφάνη και θρεονίνη.
- Οι περισσότερες πρωτεΐνες φυτικής προελεύσεως είναι ανεπαρκείς σε κάποια απαραίτητα αμινοξέα

Αυτά τα αμινοξέα καλούνται περιοριστικά (“limiting”)

- Η ημερήσια συνιστώμενη πρόσληψη για έναν άντρα 70Kg είναι 56g πρωτεΐνη/ημέρα
- Αντίστοιχα για μια γυναίκα 58Kg είναι 46g πρωτεΐνη/ημέρα

# Πρωτεΐνες και διατροφή

- Προμήθεια N και αμινοξέων
- Απαραίτητα– Μη απαραίτητα αμινοξέα
- Ποσότητα πρωτεΐνης
- Ποιότητα πρωτεΐνης
  - Είδος και ποσότητα απαραίτητων αμινοξέων
  - Βαθμός απορρόφησης
  - Περιοριστικό αμινοξύ

# Χρησιμότητα των πρωτεϊνών

- Απαραίτητες στην ανάπτυξη
- Σύνθεση ιστών – αντικατάσταση φθορών
- Πρώτη ύλη για πεπτικά υγρά, ορμόνες, πλάσμα, ένζυμα κ.α
- Πηγή ενέργειας
- Ρυθμιστικές ιδιότητες

# Απαραίτητα αμινοξέα

- Ιστιδίνη (βρέφη)
  - Ισολευκίνη
  - Λευκίνη
  - Λυσίνη
  - Μεθειονίνη – Κυστίνη
  - Φαινυλαλανίνη – Τυροσίνη
  - Θρεονίνη
  - Τρυπτοφάνη
  - Βαλίνη
- Τα απαραίτητα αμινοξέα δεν μπορεί ο οργανισμός να τα συνθέσει από άλλα αμινοξέα και πρέπει να τα λάβει από την τροφή του
  - Τα μη απαραίτητα αμινοξέα μπορεί να τα συνθέσει από άλλα αμινοξέα που έχουν ληφθεί σε περίσσεια από τα τρόφιμα
  - Περιοριστικό αμινοξύ είναι το απαραίτητο αμινοξύ που βρίσκεται σε ένα τρόφιμο σε ποσότητα μικρότερη την απαιτούμενη για τον οργανισμό
  - Ζωικά τρόφιμα → μεθειονίνη, κυστίνη, τρυπτοφάνη
  - Φυτικά τρόφιμα → λυσίνη, θρεονίνη