

**ΑΜΙΝΟΞΕΑ
Π. ΜΟΥΤΣΑΤΣΟΥ**



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
—ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837—

ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

- Αγαπητοί φοιτητές,
- Θα θέλαμε να σας ενημερώσουμε ότι η αντιγραφή, καταγραφή, αναπαραγωγή, μετάδοση ή διανομή με οποιοδήποτε τρόπο, του συνόλου ή μέρους των ηλεκτρονικών μαθημάτων, χωρίς προηγούμενη ρητή γραπτή συγκατάθεση του διδάσκοντος δεν επιτρέπεται βάσει νόμου.
- Το ίδιο ισχύει και για τις διαφάνειες/παρουσιάσεις που αναρτώνται στην ηλεκτρονική τάξη του μαθήματος, οι οποίες είναι στη διάθεσή σας για προσωπική χρήση και εκπαιδευτικούς σκοπούς.
-

ΤΑ 20 ΑΜΙΝΟΞΕΑ ΠΟΥ ΣΥΝΘΕΤΟΥΝ ΤΙΣ ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ

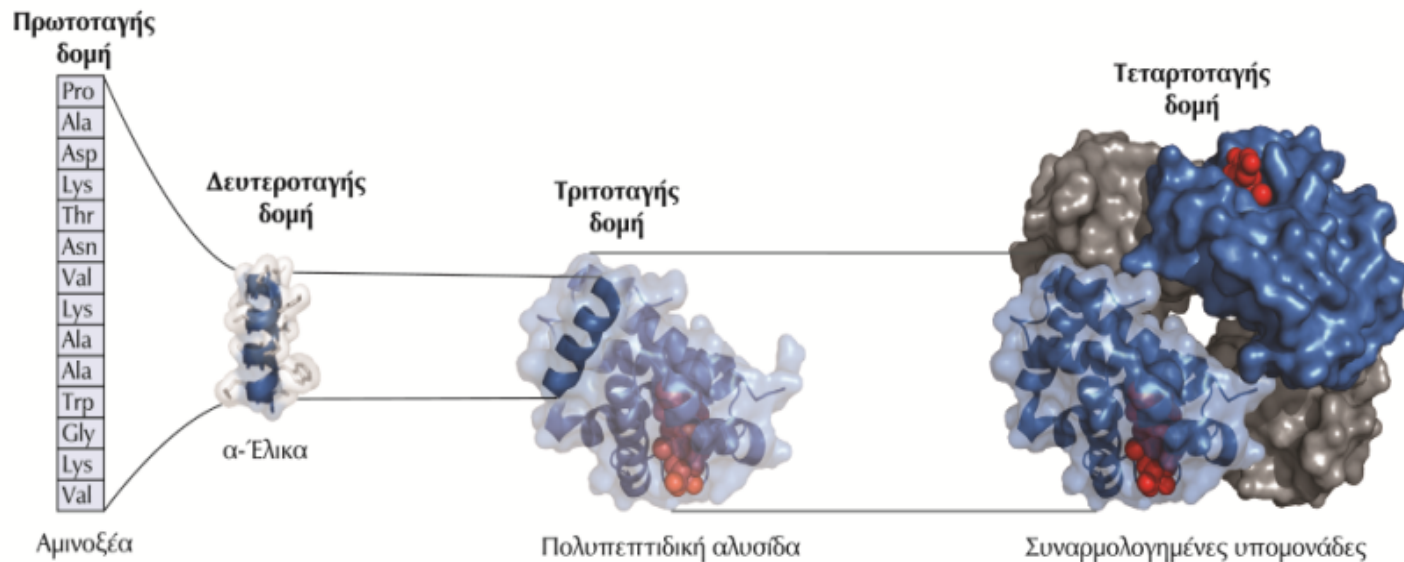
| Ελληνική ονομασία | Διεθνής σύντμηση | Ελληνική ονομασία | Διεθνής σύντμηση |
|----------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|
| Αλανίνη | Ala | Ιστιδίνη | His |
| Αργινίνη | Arg | Κυστεΐνη | Cys |
| Ασπαραγίνη | Asn | Λευκίνη* | Leu |
| Ασπαραγινικό οξύ | Asp | Λυσίνη* | Lys |
| Βαλίνη* | Val | Μεθειονίνη* | Met |
| Γλουταμινικό οξύ | Glu | Προλίνη | Pro |
| Γλουταμίνη | Gln | Σερίνη | Ser |
| Γλυκίνη | Gly | Τρυπτοφάνη* | Trp |
| Θρεονίνη* | Thr | Τυροσίνη | Tyr |
| Ισολευκίνη* | Ile | Φαινυλαλανίνη* | Phe |

Στους ζώντες οργανισμούς υπάρχουν αμινοξέα τα οποία δεν συμμετέχουν στο σχηματισμό πρωτεϊνών αλλά εντούτοις παίζουν σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό. Μερικά από αυτά είναι η ορνιθίνη, η ομοκυστεΐνη, η κιτρουλλίνη, το αργινινοηλεκτρικό και άλλα.

- 8 από τα 20 αμινοξέα που χρησιμοποιούνται στη σύνθεση πρωτεϊνών δεν μπορούν να συντεθούν από τον οργανισμό και πρέπει να λαμβάνονται από την τροφή, για το λόγο αυτό καλούνται **απαραίτητα** ή **βασικά** αμινοξέα

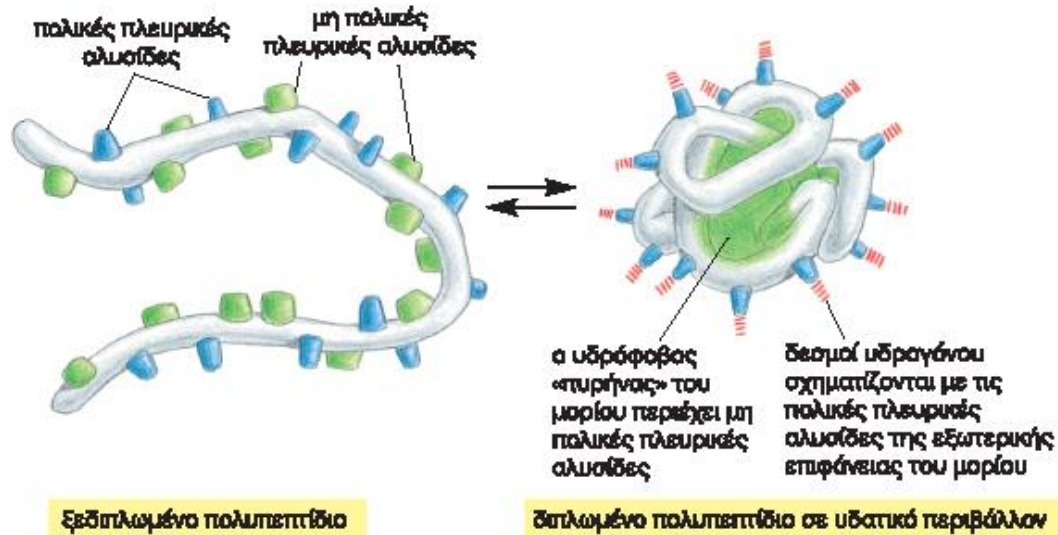
- Η αργινίνη απομονώθηκε για πρώτη φορά από ένα [εκχύλισμα](#) από το [φυτό λούπινο](#) το [1886](#), από τον [Ελβετό](#) χημικό [Ερνστ Σούλτζε](#) (*Ernst Schultze*)
- Η ασπαραγίνη απομονώθηκε για πρώτη φορά το [1806](#), σε [κρυσταλλική μορφή](#), από τους [Γάλλους](#) χημικούς [Λουίς Νικολάς Βωκλέν](#) (*Louis Nicolas Vauquelin*) και [Πιερ Ζαν Ρομπικέ](#) (*Pierre Jean Robiquet*), από το χυμό [σπαραγγιού](#)
- Το όνομά της βαλίνης προέρχεται από το [φυτό](#) «[βαλεριάνα](#)» (ή νάρδος)
- Το γλουταμινικό οξύ, ως χημική ουσία, ανακαλύφθηκε το [1866](#), από τον [Γερμανό](#) χημικό [Καρλ Χάινριχ Λέοπολντ Ρίττχαουζεν](#) (*Karl Heinrich Leopold Ritthausen*), που επέδρασε σε [γλουτένη σίτου](#) (από όπου προέρχεται και το όνομα του γλουταμινικού οξέος και της [γλουταμίνης](#)) με [θειικό οξύ](#)
- Η ονομασία της κυστεΐνης προέρχεται από την ελληνική λέξη [κύστις](#), γιατί απομονώθηκε αρχικά από πέτρες των [νεφρών](#).
- Η λέξη «τυροσίνη» προέρχεται από την [ελληνική τυρί](#), επειδή ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά το [1846](#), από το [Γερμανό](#) χημικό [Τζούστους βον Λίμπιγκ](#) (*Justus von Liebig*), στην [πρωτεΐνη καζεΐνη](#) από τυρί

ΕΠΙΠΕΔΑ ΔΟΜΙΚΗΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

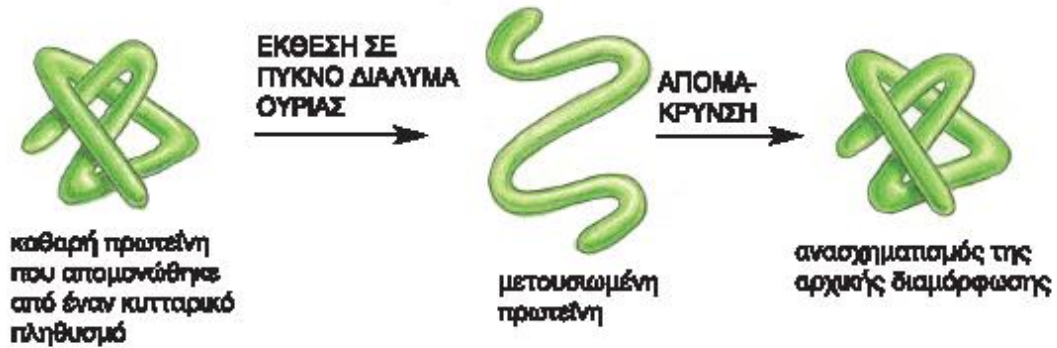


ΕΙΚΟΝΑ 3-23 Επίπεδα δομικής οργάνωσης των πρωτεϊνών. Η πρωτοταγής δομή αποτελείται από μια αλληλουχία αμινοξέων που συνδέονται με πεπτιδικούς δεσμούς και μπορεί να περιέχει δισουλφυδρικούς δεσμούς. Το πολυπεπτιδίο που προκύπτει μπορεί να περιστραφεί σε μονάδες δευτεροταγούς δομής, π.χ. μια α-έλικα. Η έλικα αποτελεί μέρος της τριτοταγούς δομής του πτυχωμένου πολυπεπτιδίου, το οποίο είναι μια από τις υπομονάδες που συγκροτούν την τεταρτοταγή δομή της πολυμερούς πρωτεΐνης (στη συγκεκριμένη περίπτωση, η αιμοσφαιρίνη). [Πηγή: PDB ID 1HGA, R. Liddington et al., *J. Mol. Biol.* 228:551, 1992].

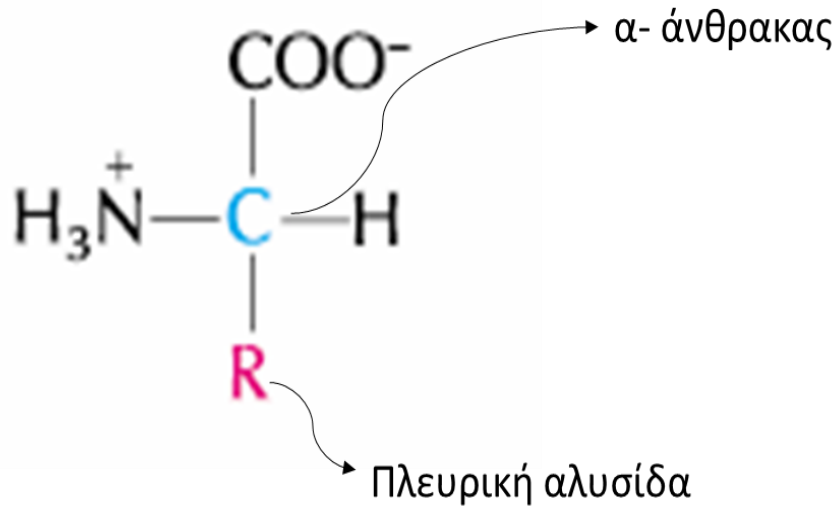
ΟΙ ΥΔΡΟΦΟΒΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΤΥΧΩΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ



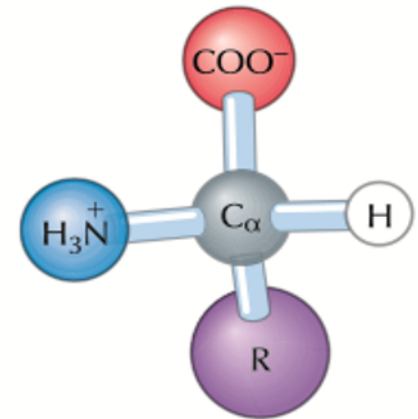
ΕΠΑΝΑΔΙΑΤΑΞΗ ΜΕΤΟΥΣΙΩΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ



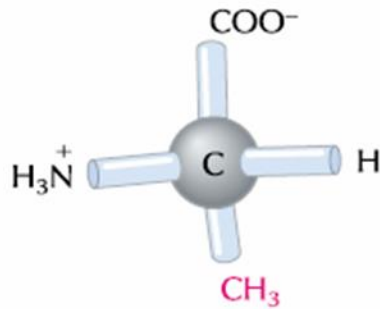
ΓΕΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΕΝΟΣ ΑΜΙΝΟΞΕΟΣ



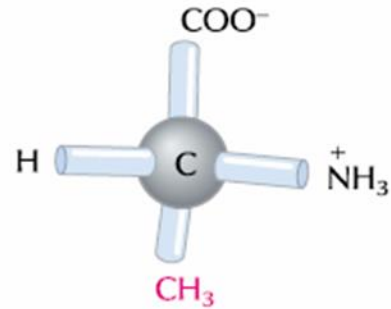
ΕΙΚΟΝΑ 3-2 Γενική δομή ενός αμινοξέος. Αυτή η δομή είναι κοινή για όλα τ' αμινοξέα εκτός από την προλίνη, η οποία είναι ένα κυκλικό αμινοξύ. Η ομάδα R ή πλευρική αλυσίδα (κόκκινο) που είναι προσδεμένη στο α άτομο άνθρακα διαφέρει από αμινοξύ σε αμινοξύ.



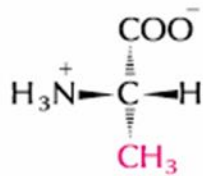
ΣΤΕΡΕΟΪΟΣΟΜΕΡΕΙΑ ΣΤΑ α -ΑΜΙΝΟΞΕΑ



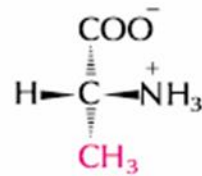
(α) L-Αλανίνη



D-Αλανίνη

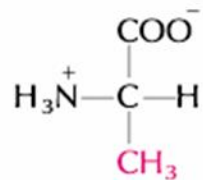


(β) L-Αλανίνη

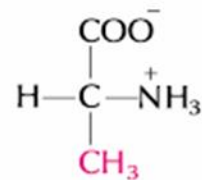


D-Αλανίνη

→ Άποψη σε προοπτική



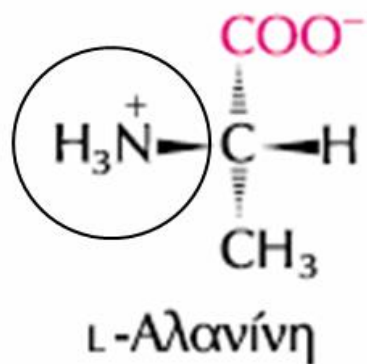
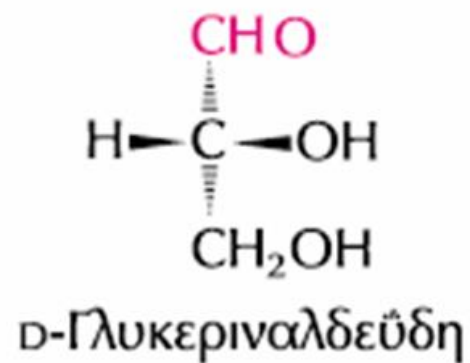
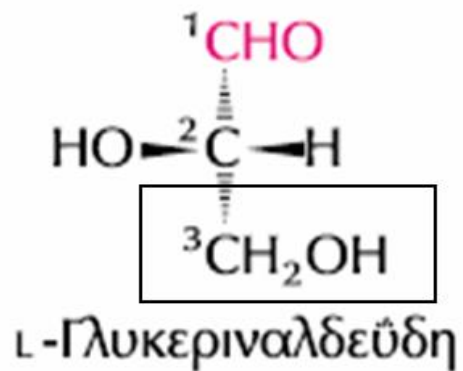
(γ) L-Αλανίνη



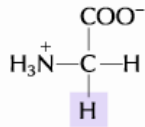
D-Αλανίνη

→ Άποψη σε προβολή

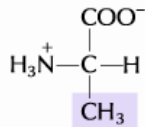
ΣΤΕΡΕΟΤΑΞΙΚΗ ΣΧΕΣΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΟΪΣΟΜΕΡΩΝ



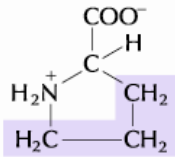
Μη πολικές, αλειφατικές ομάδες R



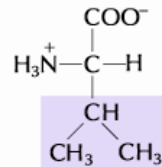
Γλυκίνη



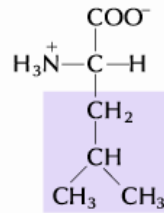
Αλανίνη



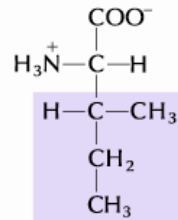
Προλίνη



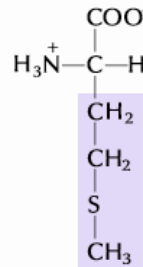
Βαλίνη



Λευκίνη

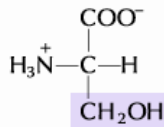


Ισολευκίνη

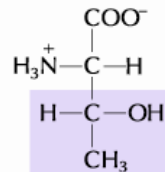


Μεθειονίνη

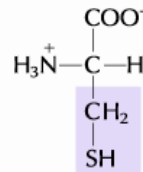
Πολικές, μη φορτισμένες ομάδες R



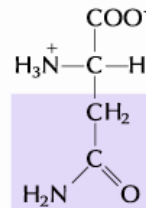
Σερίνη



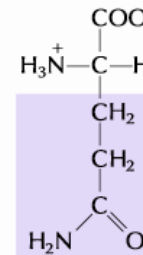
Θρεονίνη



Κυστεΐνη

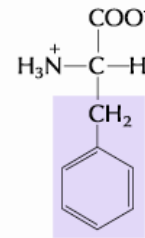


Ασπαραγίνη

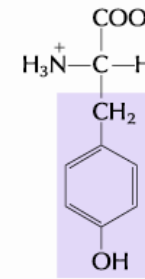


Γλουταμίνη

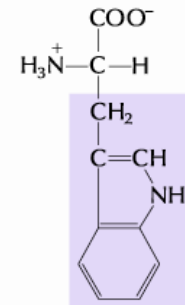
Αρωματικές ομάδες R



Φαινυλαλανίνη

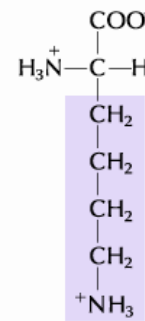


Τυροσίνη

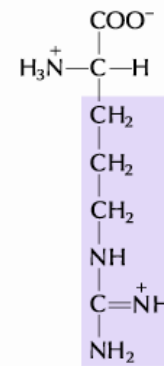


Τρυπτοφάνη

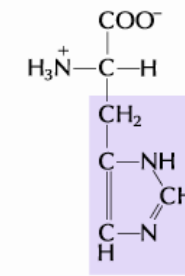
Θετικά φορτισμένες ομάδες R



Λυσίνη

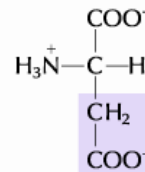


Αργινίνη

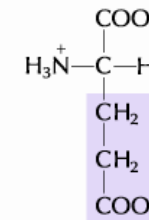


Ιστιδίνη

Αρνητικά φορτισμένες ομάδες R

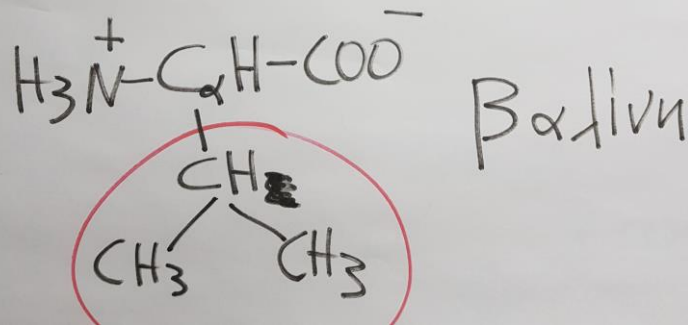
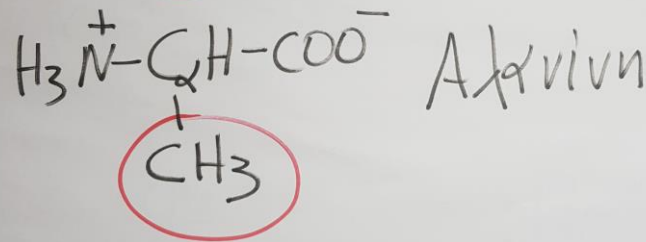
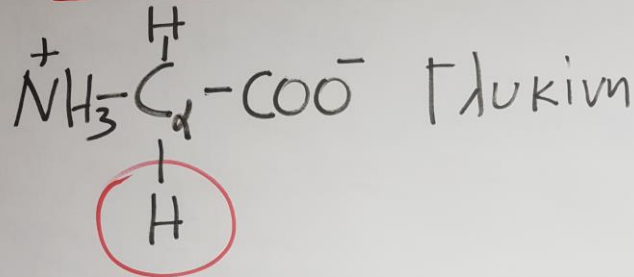


Ασπαρτικό

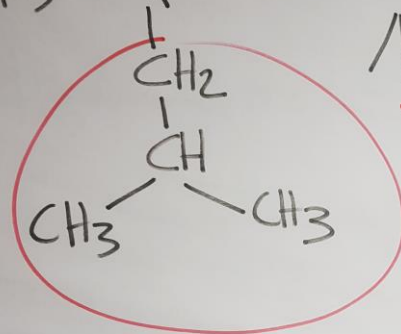
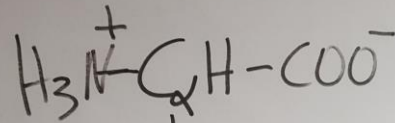


Γλουταμικό

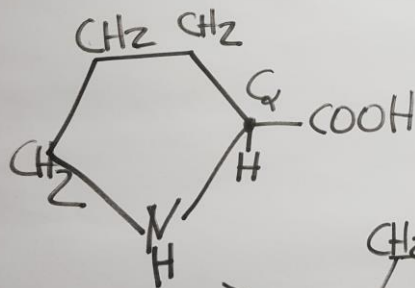
-R ΟΜΑΔΕΣ
Μη Πολικές Αλειφατικές



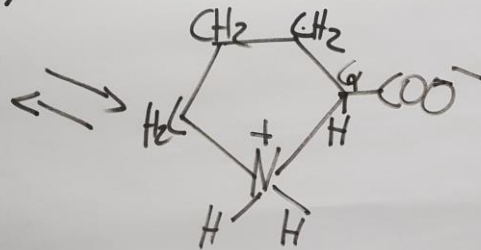
R-Μη Πολικές Αλειφατικές



Λευκίνη

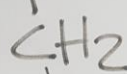
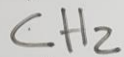
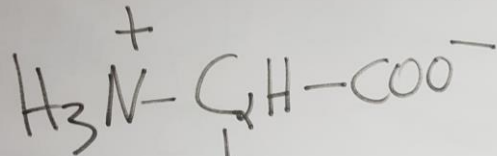


Προλίνη



R-Μη Πολικές

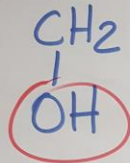
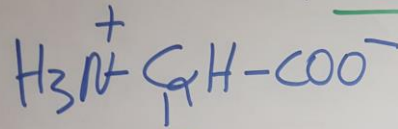
Αλειφατικές



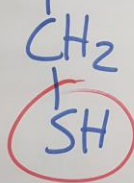
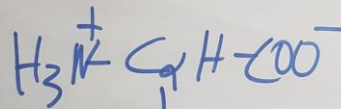
Μεθειονίνη

R - Πολικές

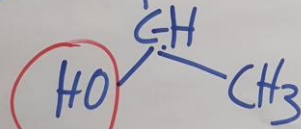
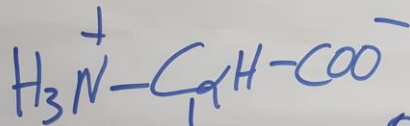
Μη Ιονιζόμενες



Σερίν



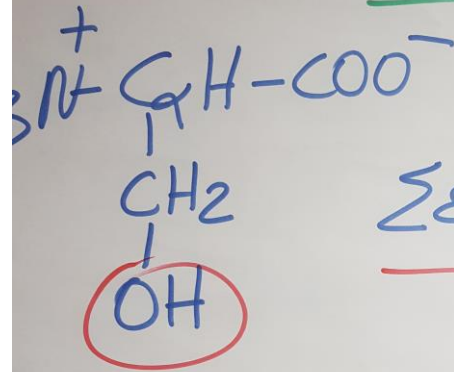
Κυστεΐν



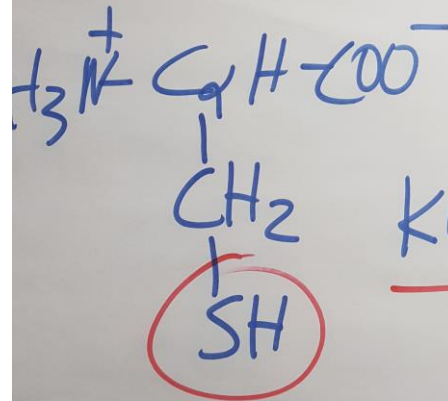
Θρεονΐν

R - Πολικές

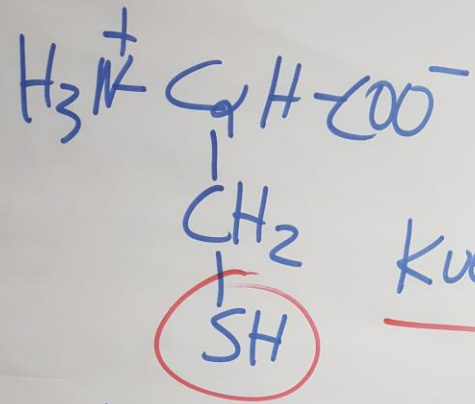
Μη Ιονιζόμενες



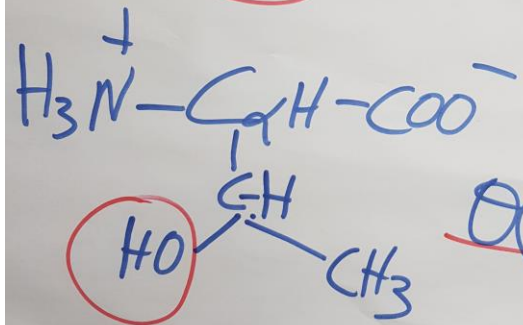
Σερίνη



Κυστεΐνη



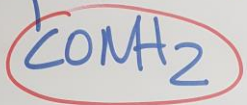
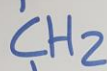
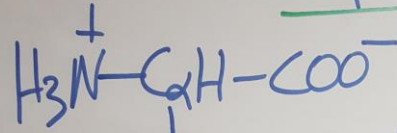
кубзеилу



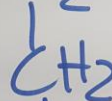
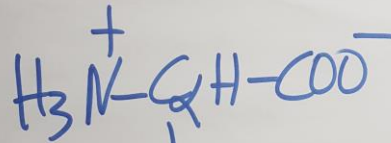
орсеолу

R-Πολικές

Μη Ιονοζόμενες

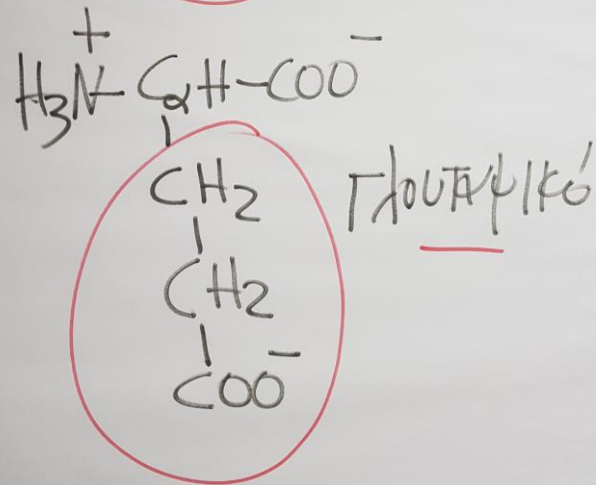
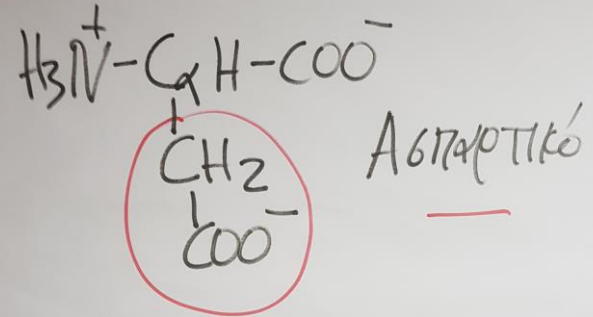


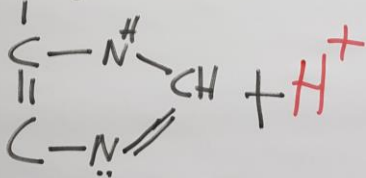
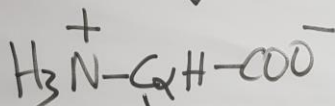
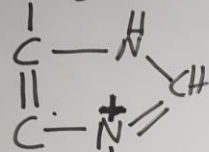
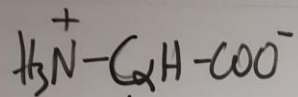
Ασπαράγιν

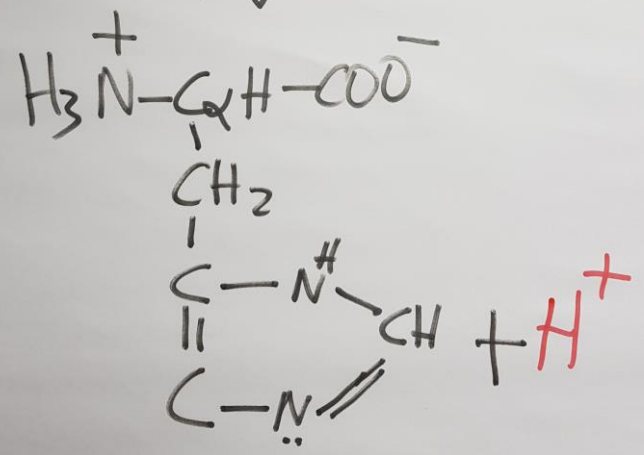
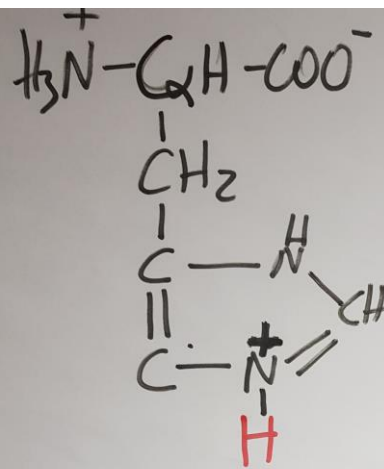


Γλουταμίν

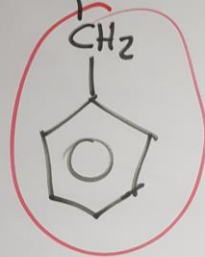
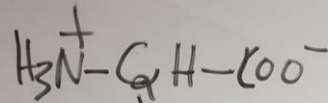
R- Πολικές Ιονιζόμενες



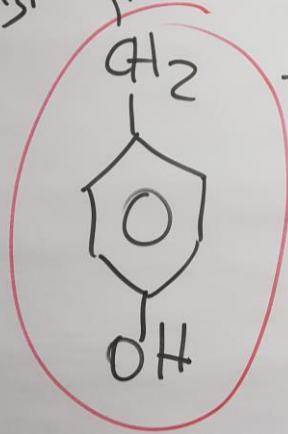
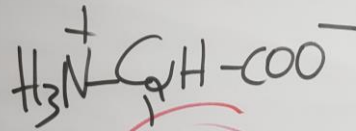




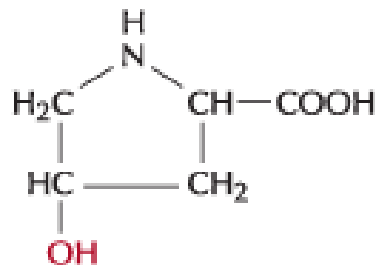
Αρωματικά
Αμινοξέα.



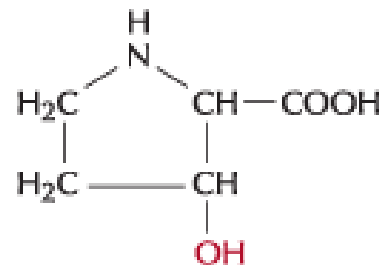
Φαινυλαλανίνη



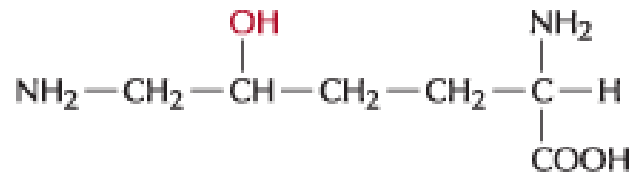
Τυροσίνη



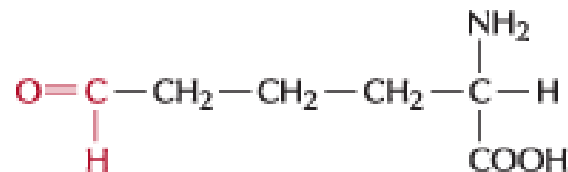
4-Υδροξυπρολίνη



3-Υδροξυπρολίνη



5-Υδροξυλυσίνη

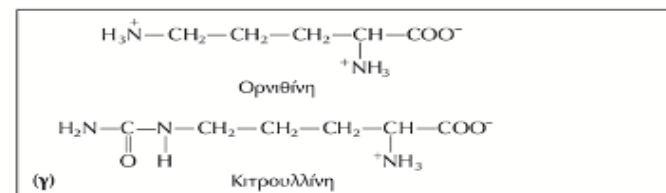
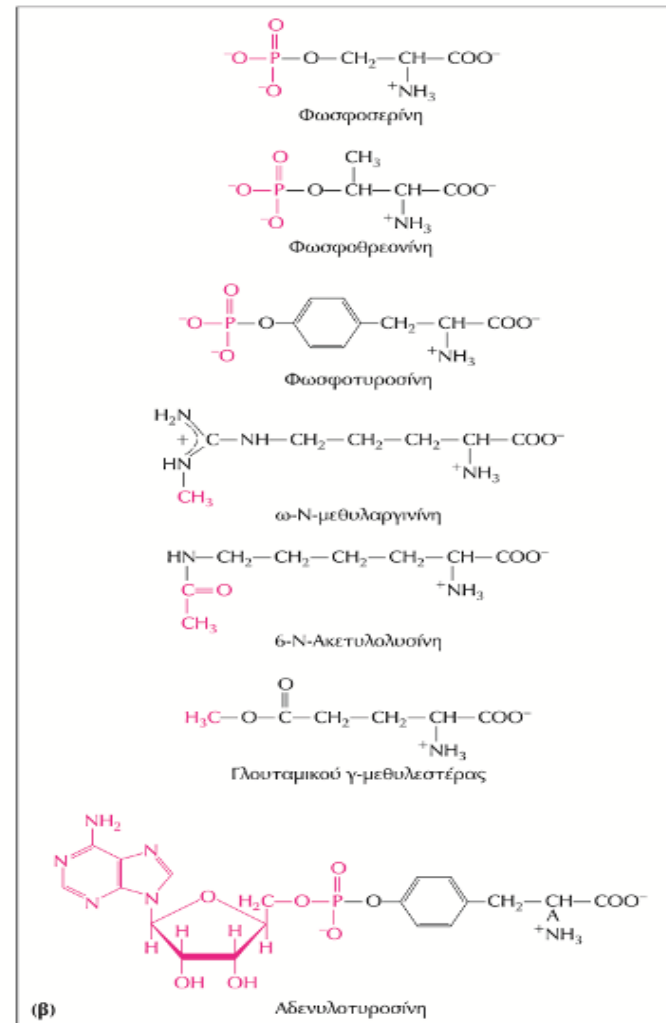
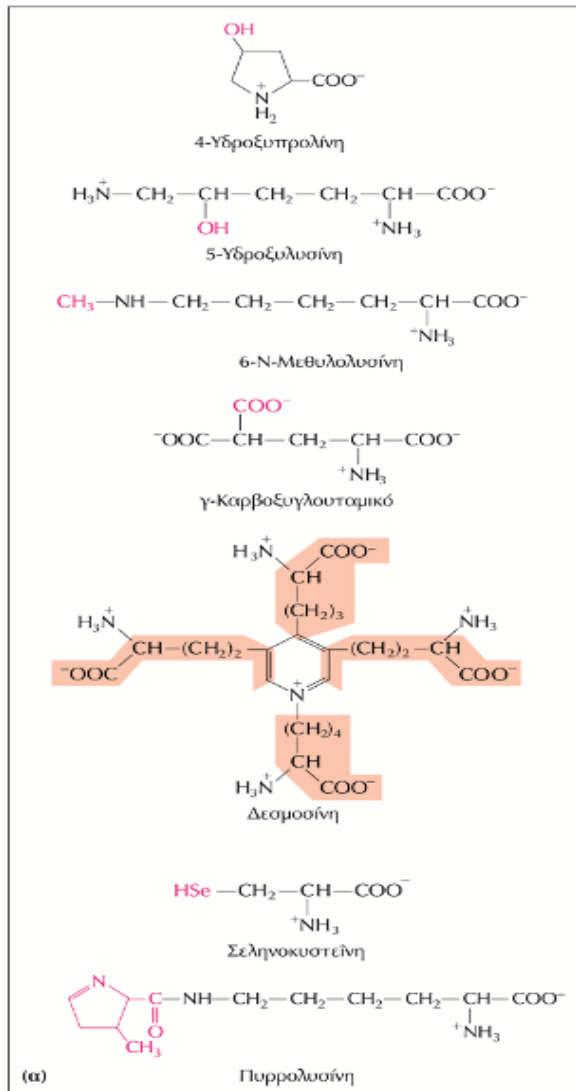


Αλλυσίνη

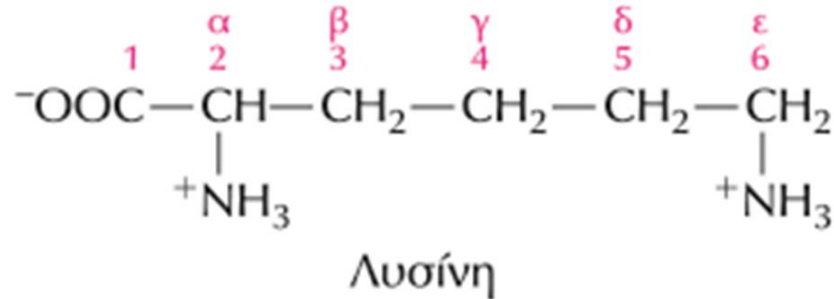
ΕΙΚΟΝΑ 3.37

Παράγωγα αμινοξέα απαντώμενα στο κολλαγόνο. Υδατάνθρακας είναι συνδεδεμένος στο 5-OH της 5-υδροξυλυσίνης μέσω τύπου III γλυκοσιδικού δεσμού (βλ. Εικόνα 3.45).

ΑΣΥΝΗΘΙΣΤΑ ΑΜΙΝΟΞΕΑ



ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΑΜΙΝΟΞΕΩΝ



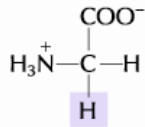
Τα επιπρόσθετα άτομα C σε μια ομάδα R συνήθως ορίζονται ως β,γ,δ,ε κλπ., αρχίζοντας από το α άτομο C. Στα περισσότερα άλλα οργανικά μόρια, τα άτομα C απλώς αριθμούνται αρχίζοντας από το ένα άκρο και δίνοντας τη μεγαλύτερη προτεραιότητα (C-1) στο άτομο C με το υποκατάστατο που περιέχει το άτομο με τον υψηλότερο ατομικό αριθμό. Σύμφωνα με αυτό το σύστημα, το άτομο C του καρβοξυλίου σε ένα αμινοξύ θα ήταν το C-1, ενώ το α-άτομο C θα ήταν το C2.

Μερικές φορές, όπως στην περίπτωση των αμινοξέων με ετεροκυκλικές ομάδες R, το σύστημα ονοματολογίας με Ελληνικά γράμματα προκαλεί σύγχυση και για αυτό χρησιμοποιείται το σύστημα ονοματολογίας με Αραβικούς αριθμούς.

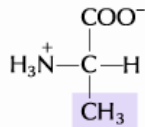
ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΕΣΜΟΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΑΜΙΝΟΞΕΩΝ

- Τα αμινοξέα με τις λειτουργικές τους ομάδες (-NH₂, -COOH, -R) συμμετέχουν σε αντιδράσεις/δεσμούς που παίζουν σημαντικό ρόλο στην δομή και λειτουργία των πρωτεϊνών όπως π.χ
- Σχηματισμός πεπτιδικού δεσμού
- Σχηματισμός δισουλφιδικού δεσμού
- Φωσφορυλίωση, ακετυλίωση, γλυκοζυλίωση
- Ιονισμός αμινοξέων

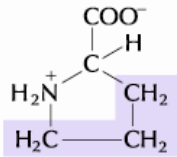
Μη πολικές, αλειφατικές ομάδες R



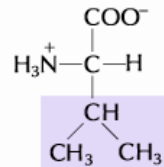
Γλυκίνη



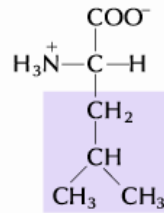
Αλανίνη



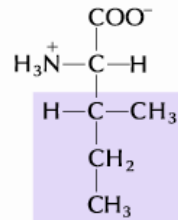
Προλίνη



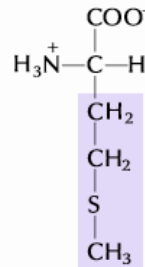
Βαλίνη



Λευκίνη

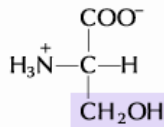


Ισολευκίνη

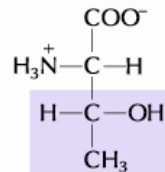


Μεθειονίνη

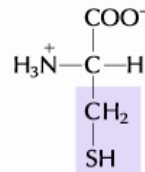
Πολικές, μη φορτισμένες ομάδες R



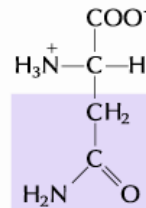
Σερίνη



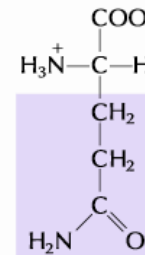
Θρεονίνη



Κυστεΐνη

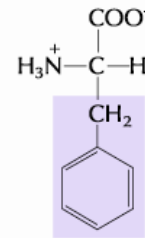


Ασπαραγίνη

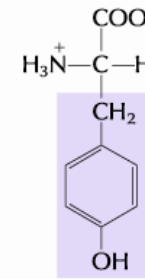


Γλουταμίνη

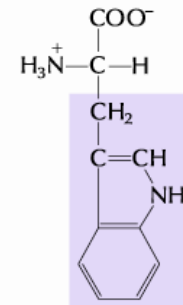
Αρωματικές ομάδες R



Φαινυλαλανίνη

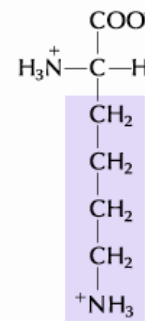


Τυροσίνη

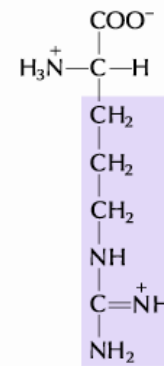


Τρυπτοφάνη

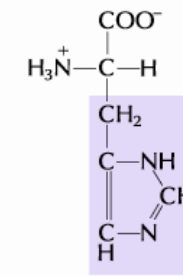
Θετικά φορτισμένες ομάδες R



Λυσίνη

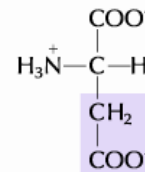


Αργινίνη

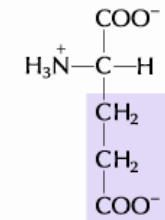


Ιστιδίνη

Αρνητικά φορτισμένες ομάδες R

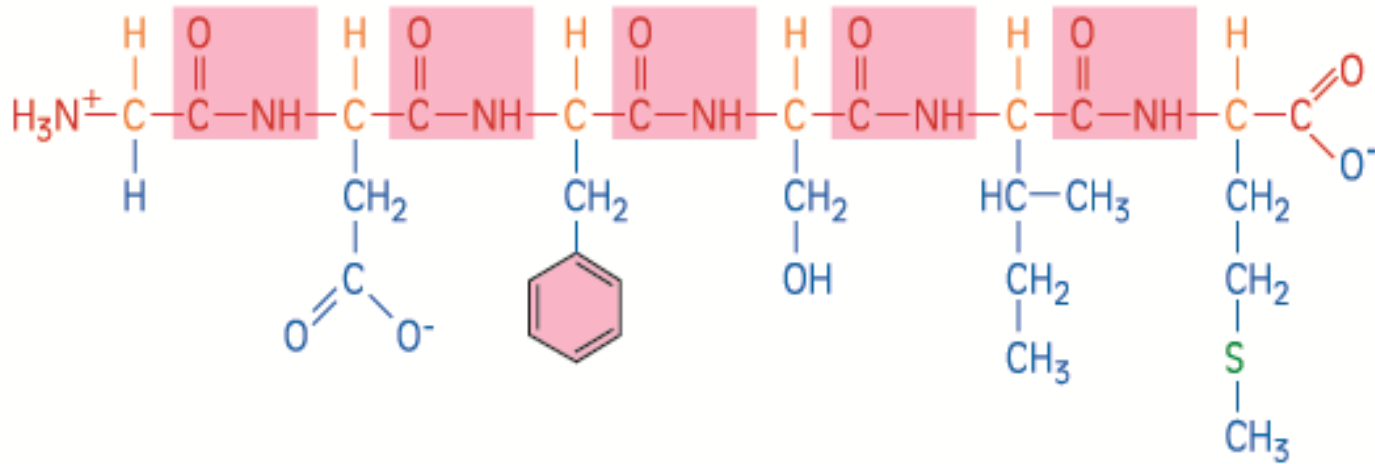


Ασπαρτικό



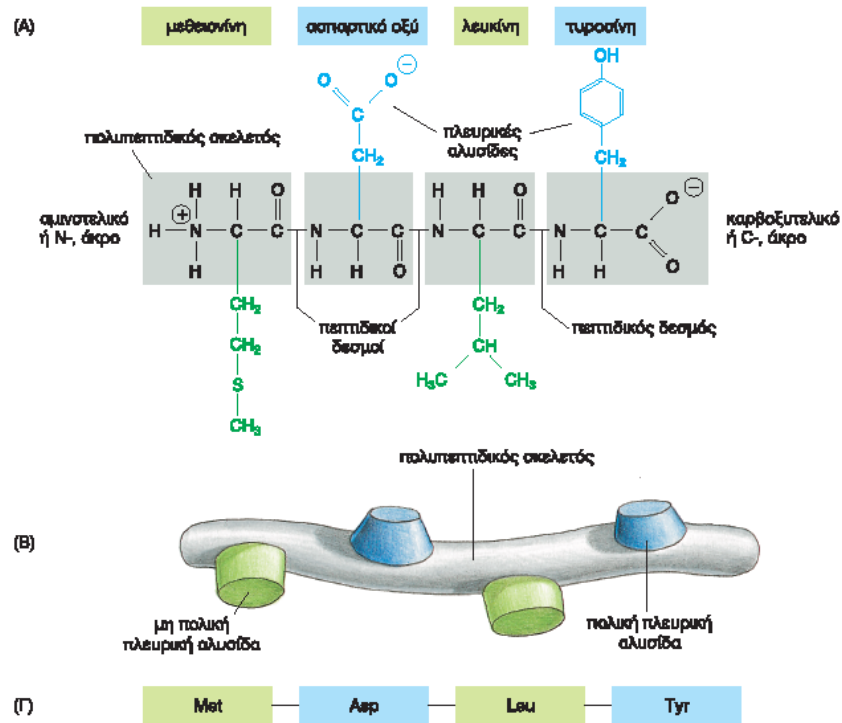
Γλουταμικό

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΕΠΤΙΔΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

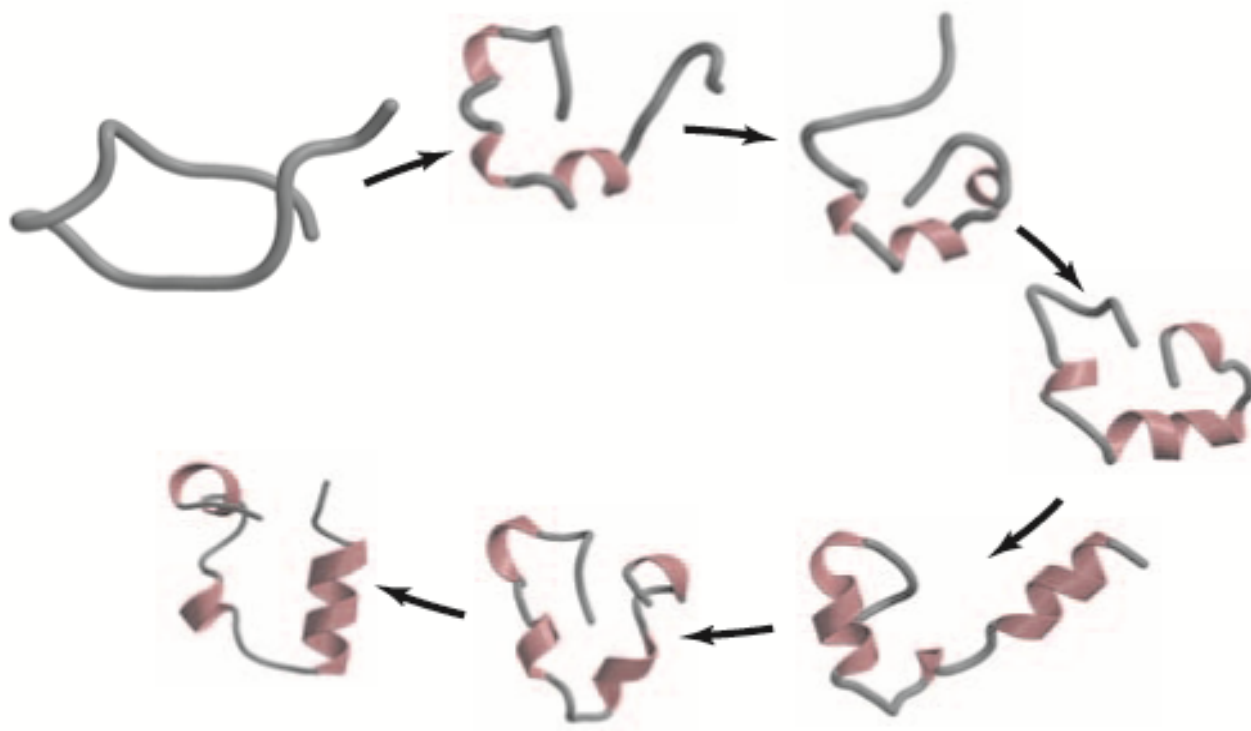


← Gly → ← Asp → ← Phe → ← Ser → ← Ile → ← Met →

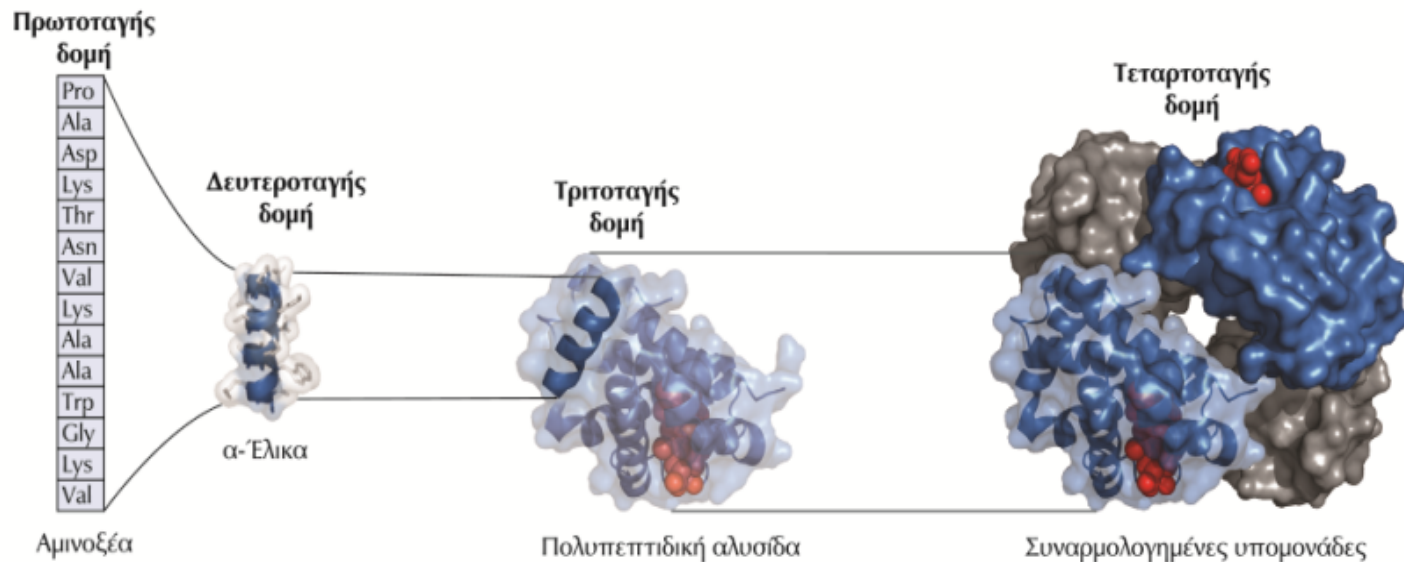
ΠΟΛΥΠΕΠΤΙΔΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ



ΠΟΡΕΙΑ ΠΤΥΧΩΣΗΣ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

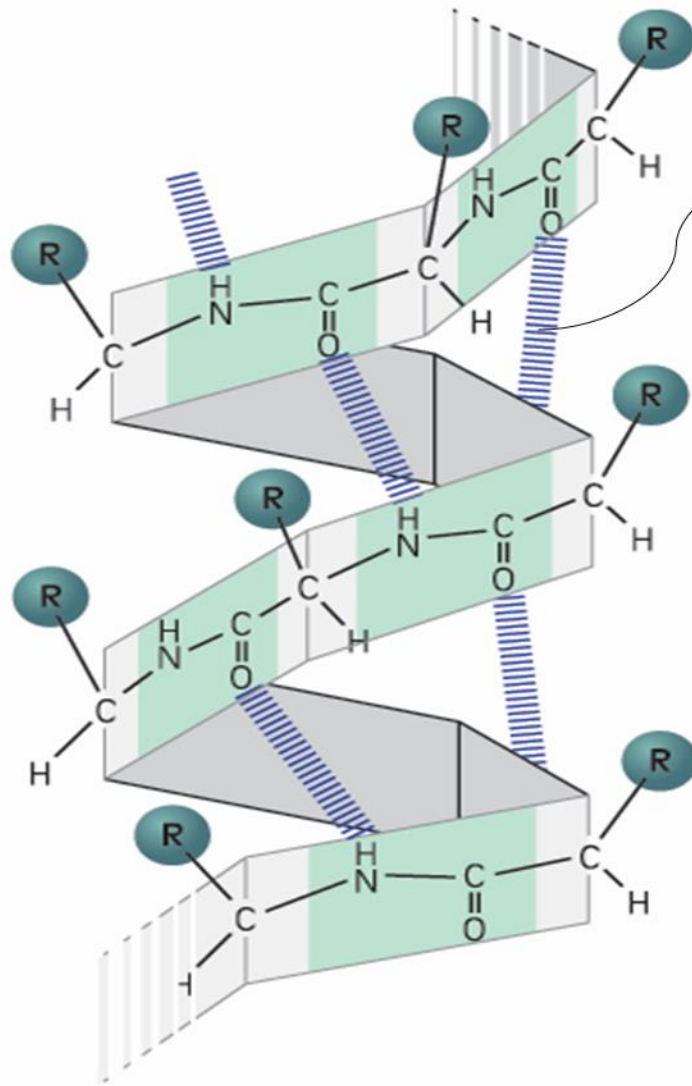


ΕΠΙΠΕΔΑ ΔΟΜΙΚΗΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

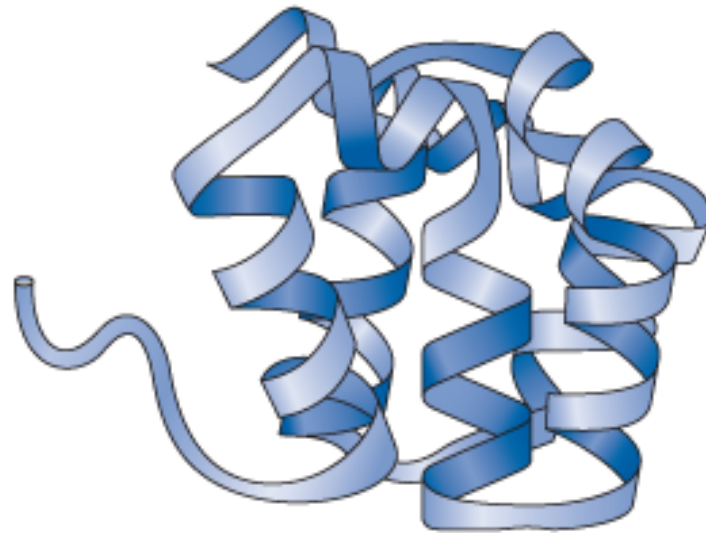


ΕΙΚΟΝΑ 3-23 Επίπεδα δομικής οργάνωσης των πρωτεϊνών. Η πρωτοταγής δομή αποτελείται από μια αλληλουχία αμινοξέων που συνδέονται με πεπτιδικούς δεσμούς και μπορεί να περιέχει δισουλφυδρικούς δεσμούς. Το πολυπεπτιδίο που προκύπτει μπορεί να περιστραφεί σε μονάδες δευτεροταγούς δομής, π.χ. μια α-έλικα. Η έλικα αποτελεί μέρος της τριτοταγούς δομής του πτυχωμένου πολυπεπτιδίου, το οποίο είναι μια από τις υπομονάδες που συγκροτούν την τεταρτοταγή δομή της πολυμερούς πρωτεΐνης (στη συγκεκριμένη περίπτωση, η αιμοσφαιρίνη). [Πηγή: PDB ID 1HGA, R. Liddington et al., *J. Mol. Biol.* 228:551, 1992].

ΔΙΑΤΑΞΗ α ΕΛΙΚΑΣ

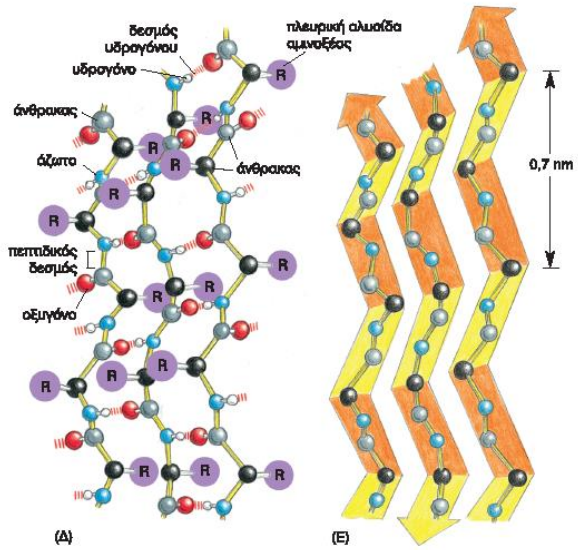
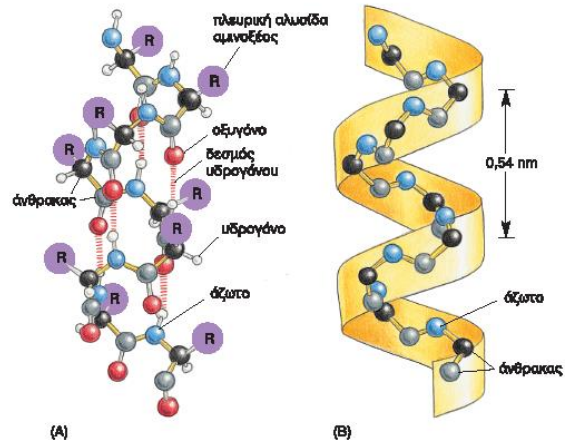


Δεσμοί Υδρογόνου



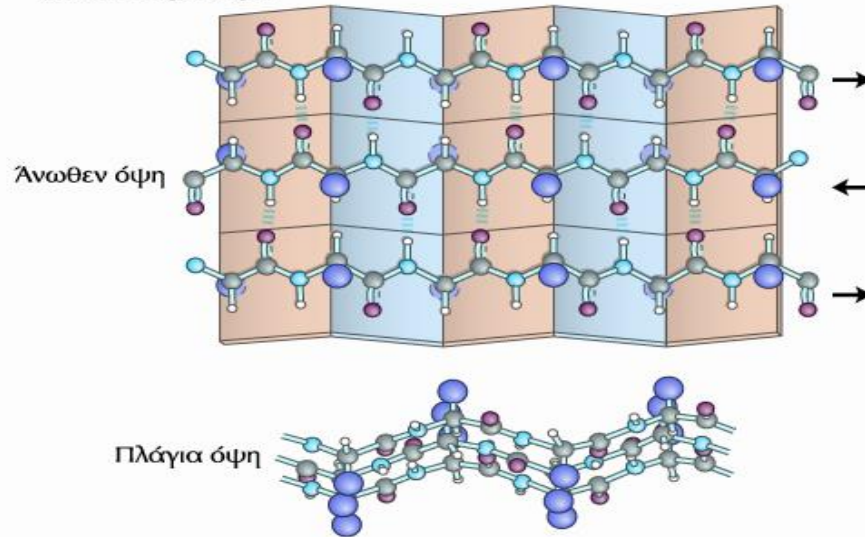
ΕΙΚΟΝΑ 3.33

Παράδειγμα μιας καθολικής α-περιοχής αναδίπλωσης σφαιρίνης στη λυσοζύμη. Σε αυτό το σχέδιο και σε αυτά που ακολουθούν (Εικόνες 3.34-3.36) δείχνεται μόνο το περίγραμμα της πολυπεπτιδικής αλυσίδας. β-Κλώνοι δείχνονται με βέλη, η κατεύθυνση των οποίων να είναι N-τελικό προς C-τελικό αμινοξύ. Τα φωτεινά τμήματα αντιπροσωπεύουν δισουλφιδικούς δεσμούς και οι κύκλοι αντιπροσωπεύουν συμπαραγοντες ιόντων μετάλλων (όπου υφίστανται). Η καθολικά α-περιοχή είναι η αναδίπλωση σφαιρίνης. (Ανατύπωση, κατόπιν αδείας, από Richardson J.S. *Adv. Protein Chem.* 34:168, 1981).

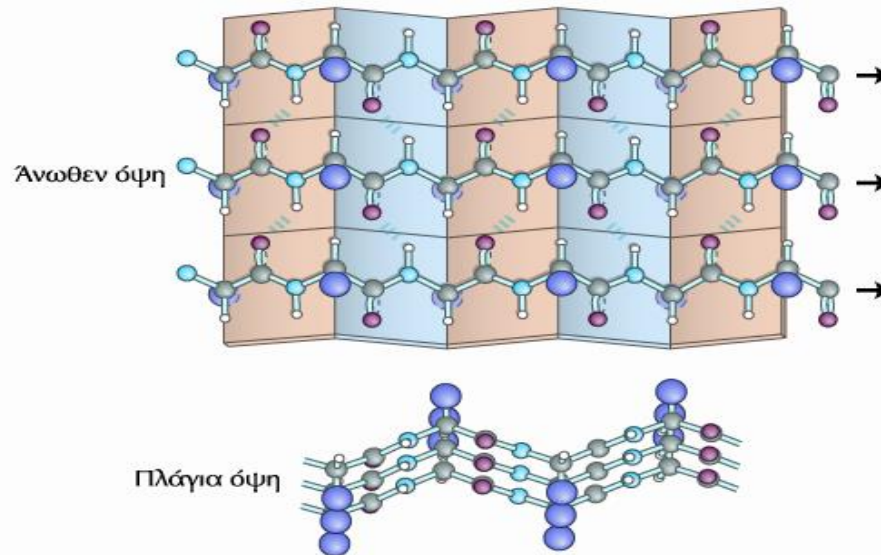


Η β ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΠΕΠΤΙΔΙΚΩΝ ΑΛΥΣΙΔΩΝ

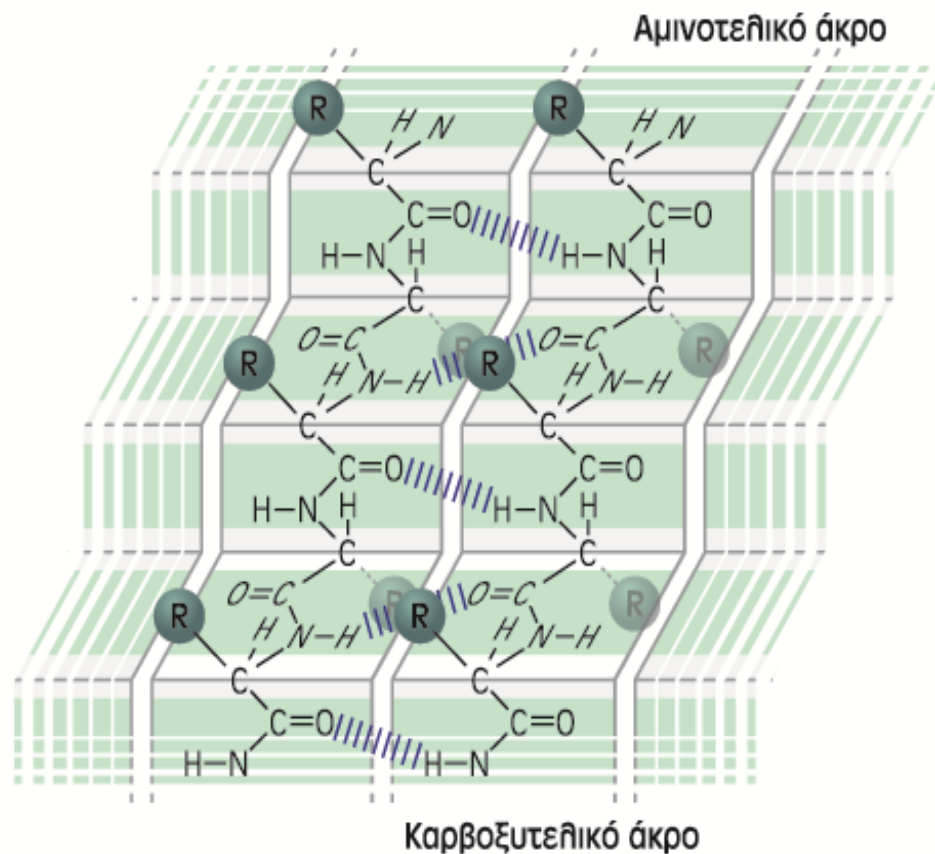
(α) Αντιπαράλληλο



(β) Παράλληλο

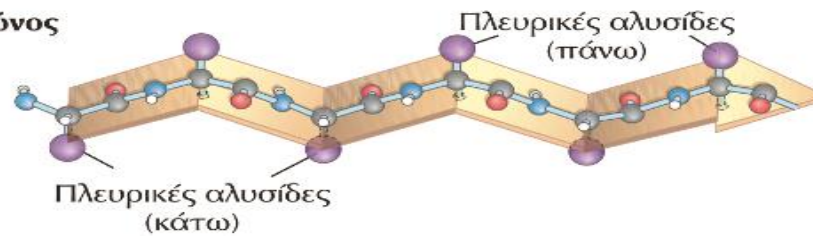


ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ β ΠΤΥΧΩΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

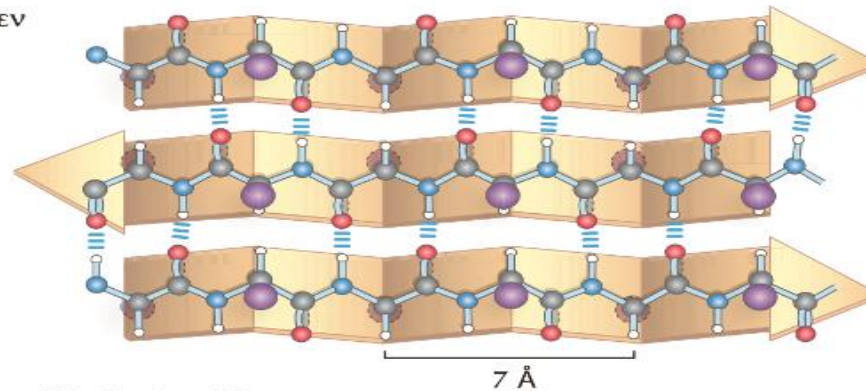


Η β ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΠΕΠΤΙΔΙΚΩΝ ΑΛΥΣΙΔΩΝ

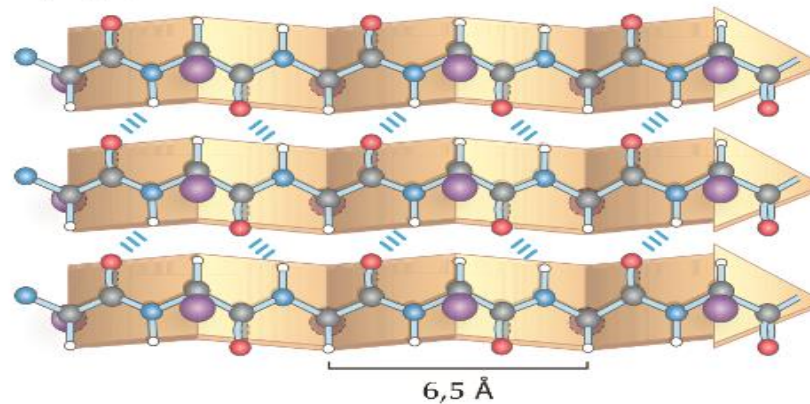
(α) β κλώνος
Πλογίως

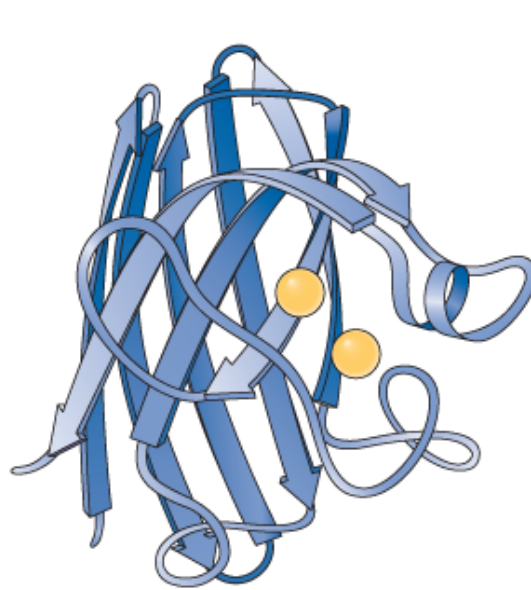


(β) Αντιπαράλληλο β φύλλο
Άνωθεν

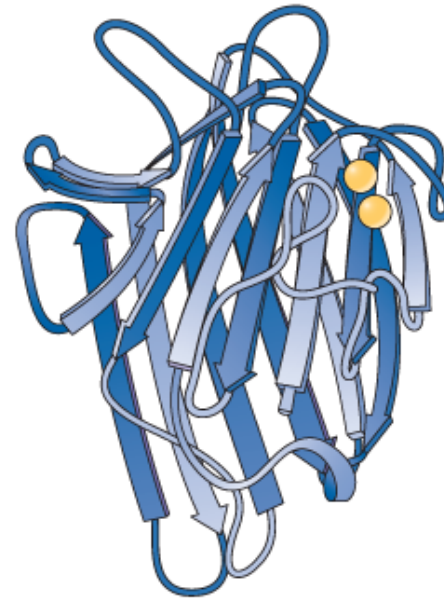


(γ) Παράλληλο β φύλλο
Άνωθεν





Cu, Zn Υπεροξειδική δισμουτάση

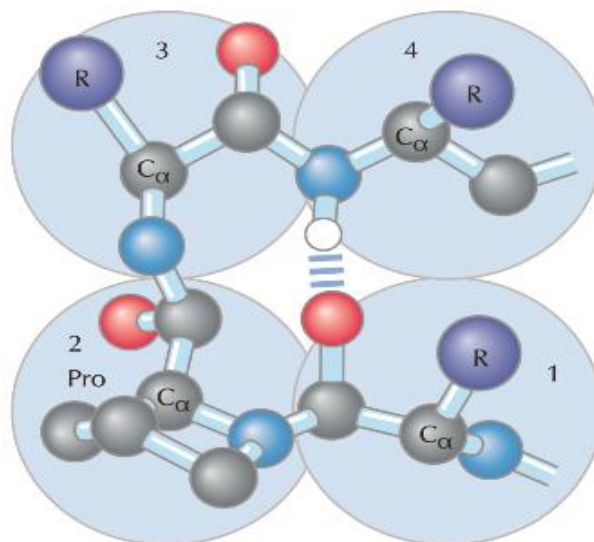


Κονκαναβαλίνη Α

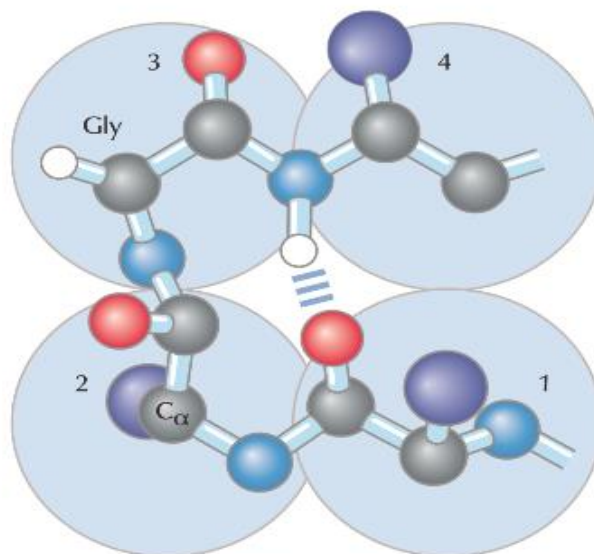
ΕΙΚΟΝΑ 3.36

Παραδείγματα υπερπτυχώσεων καθολικά β-περιοχής: οι διαμορφώσεις κυλίνδρου-Ελληνικού κλειδιού και πολτώδους ρολού εμφανίζονται στην υπεροξειδική δεσμουτάση και στην κονκαναβαλίνη Α (βλ. Εικόνα 3.33). Οι β-κλώνοι είναι κυρίως αντιπαράλληλοι στις αναδιπλώσεις καθολικά β-περιοχής. (Ανατύπωση, κατόπιν αδείας, από Richardson J.S. *Adv. Protein Chem.* 34:168, 1981).

ΔΟΜΕΣ β ΣΤΡΟΦΩΝ

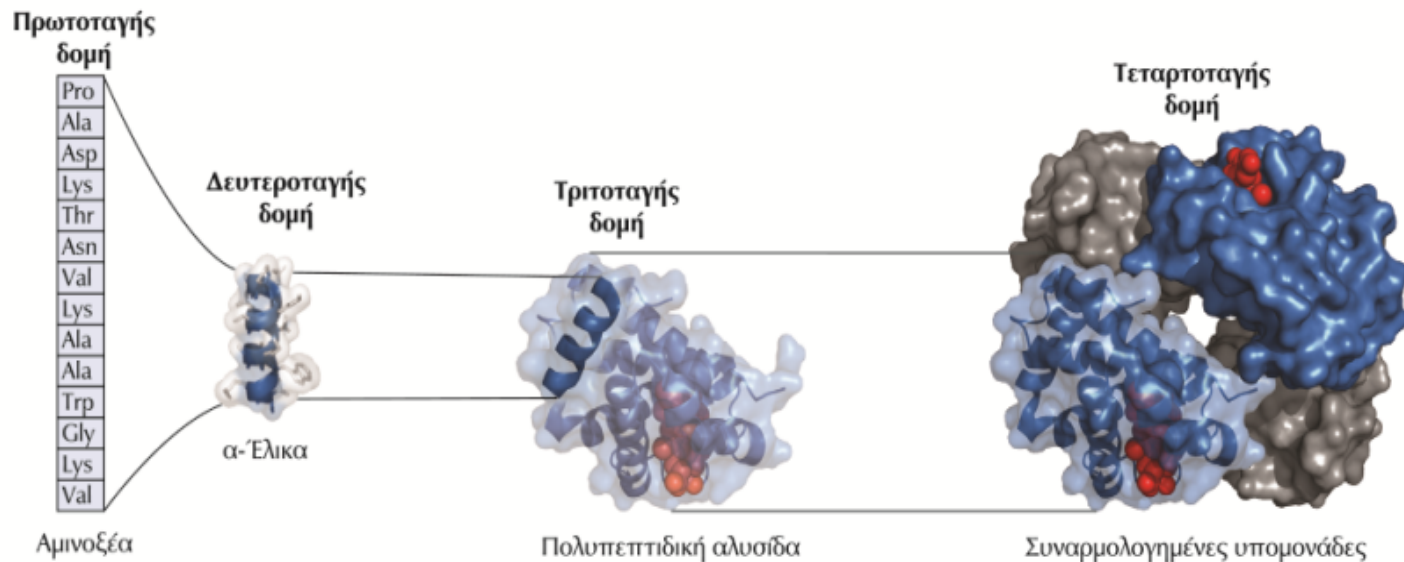


β στροφή τύπου I



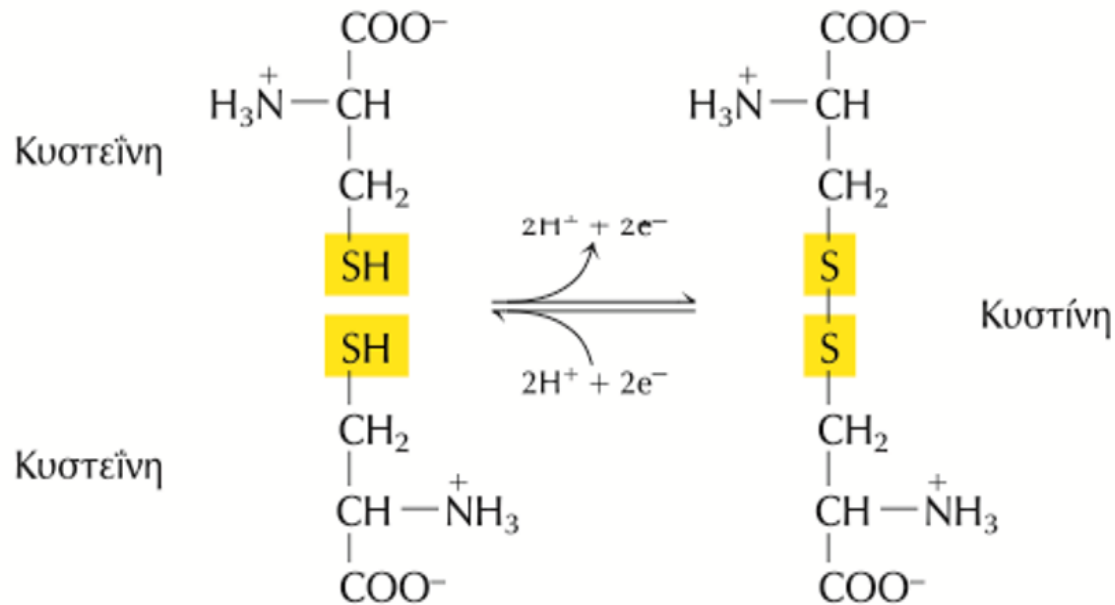
β στροφή τύπου II

ΕΠΙΠΕΔΑ ΔΟΜΙΚΗΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ



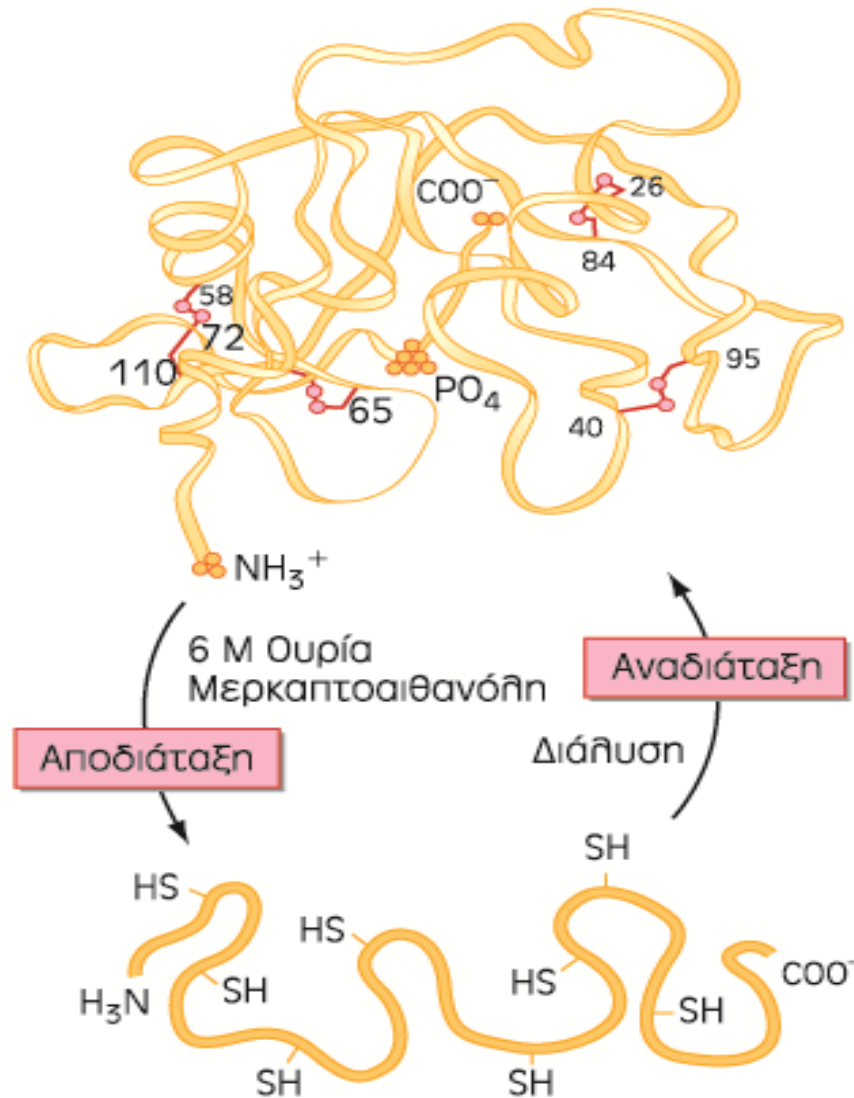
ΕΙΚΟΝΑ 3-23 Επίπεδα δομικής οργάνωσης των πρωτεϊνών. Η πρωτοταγής δομή αποτελείται από μια αλληλουχία αμινοξέων που συνδέονται με πεπτιδικούς δεσμούς και μπορεί να περιέχει δισουλφυδρικούς δεσμούς. Το πολυπεπτιδίδιο που προκύπτει μπορεί να περιστραφεί σε μονάδες δευτεροταγούς δομής, π.χ. μια α-έλικα. Η έλικα αποτελεί μέρος της τριτοταγούς δομής του πτυχωμένου πολυπεπτιδίου, το οποίο είναι μια από τις υπομονάδες που συγκροτούν την τεταρτοταγή δομή της πολυμερούς πρωτεΐνης (στη συγκεκριμένη περίπτωση, η αιμοσφαιρίνη). [Πηγή: PDB ID 1HGA, R. Liddington et al., *J. Mol. Biol.* 228:551, 1992].

ΑΝΤΙΣΤΡΕΠΤΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΙΣΟΥΛΦΙΔΙΚΟΥ ΔΕΣΜΟΥ

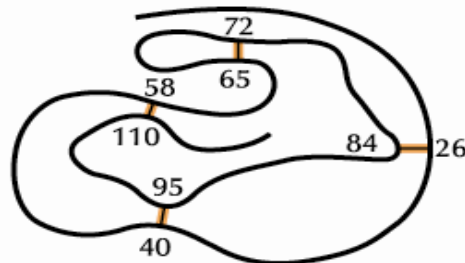


ΕΙΚΟΝΑ 3-7 Αντιστρεπτός σχηματισμός ενός δισουλφυδρικού δεσμού με οξείδωση δύο μορίων κυστεΐνης. Οι δισουλφυδρικοί δεσμοί μεταξύ καταλοίπων Cys σταθεροποιούν τη δομή πολλών πρωτεϊνών.

ΑΠΟΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΑΥΘΟΡΜΗΤΗ ΑΝΑΔΙΑΤΑΞΗ ΤΗΣ ΠΑΓΚΡΕΑΤΙΚΗΣ ΡΙΒΟΝΟΥΚΛΕΑΣΗΣ

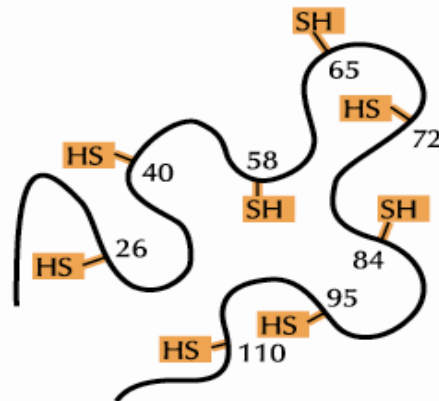


ΕΠΑΝΑΔΙΑΤΑΞΗ ΤΗΣ ΡΙΒΟΝΟΥΚΛΕΑΣΗΣ



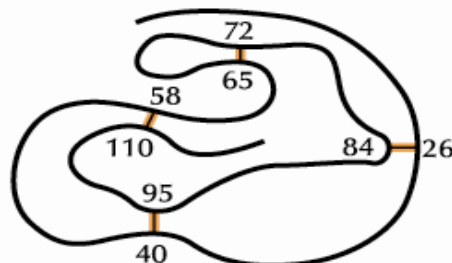
Φυσική κατάσταση:
καταλυτικά ενεργός

προσθήκη
ουρίας και
μερκαπταιθανόλης



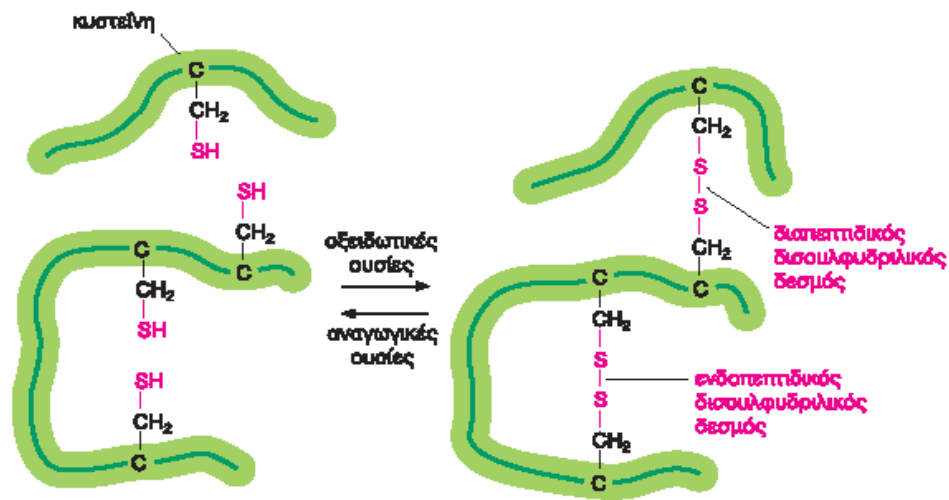
Ξετυλιγμένη
κατάσταση: ανενεργός.
Δισουλφιδικοί δεσμοί
που έχουν αναχθεί,
παράγοντας κατάλοιπα Cys

απομάκρυνση της
ουρίας και της
μερκαπταιθανόλης

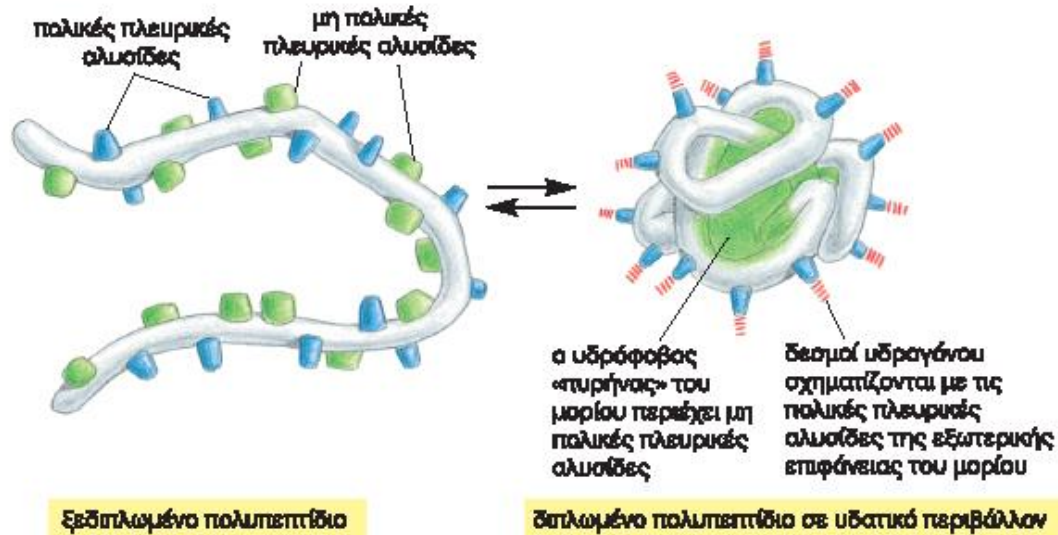


Φυσική, καταλυτικά
ενεργός κατάσταση.
Οι δισουλφιδικοί δεσμοί
αναδημιουργούνται
σωστά

ΔΙΣΟΥΛΦΙΔΡΙΛΙΚΟΙ ΔΕΣΜΟΙ

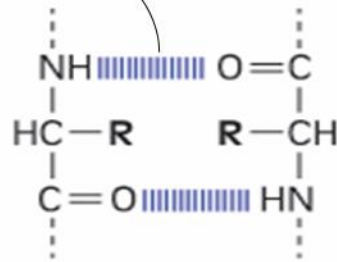


ΟΙ ΥΔΡΟΦΟΒΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΤΥΧΩΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ



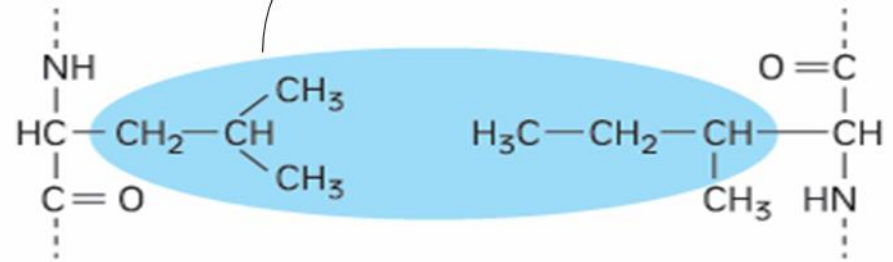
ΔΕΣΜΟΙ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΡΙΤΟΤΑΓΗ ΔΟΜΗ

Δεσμοί Υδρογόνου

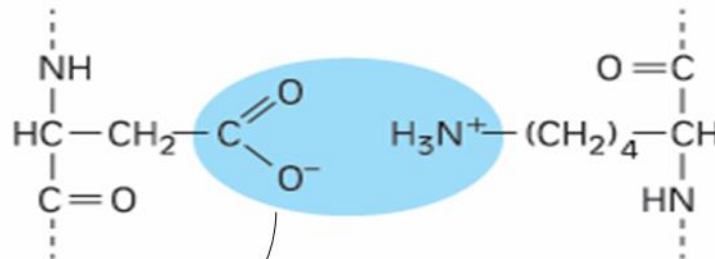


a

Υδροφοβικές Αλληλεπιδράσεις

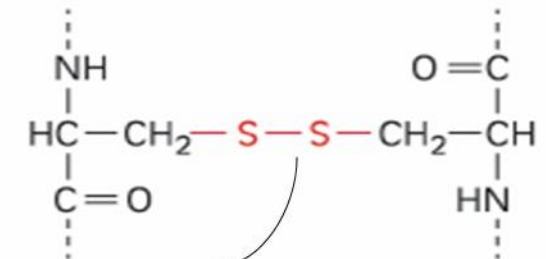


β



γ

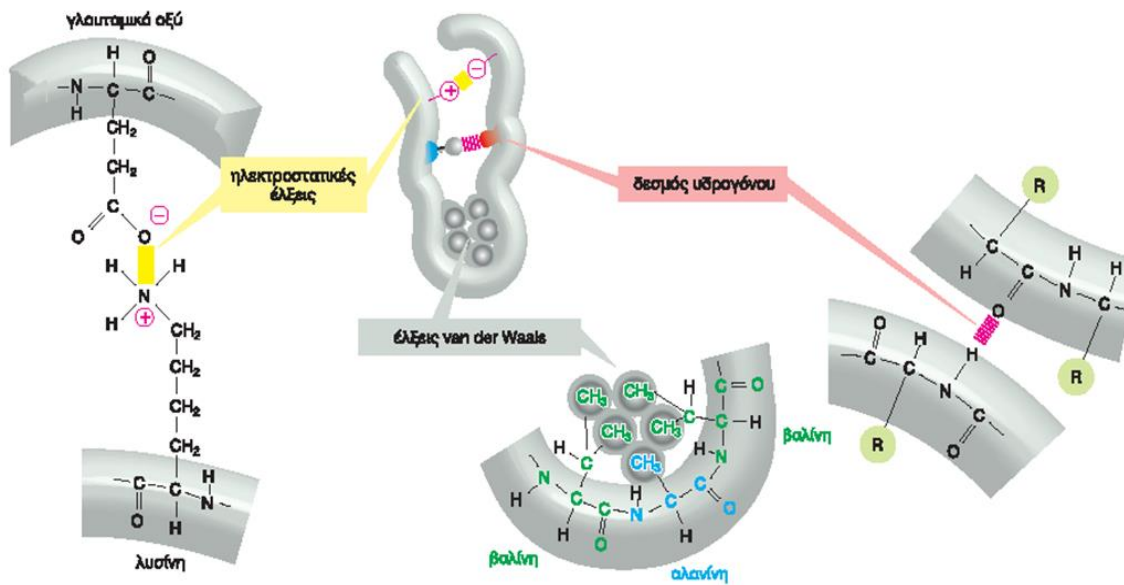
Ηλεκτροστατικοί Δεσμοί



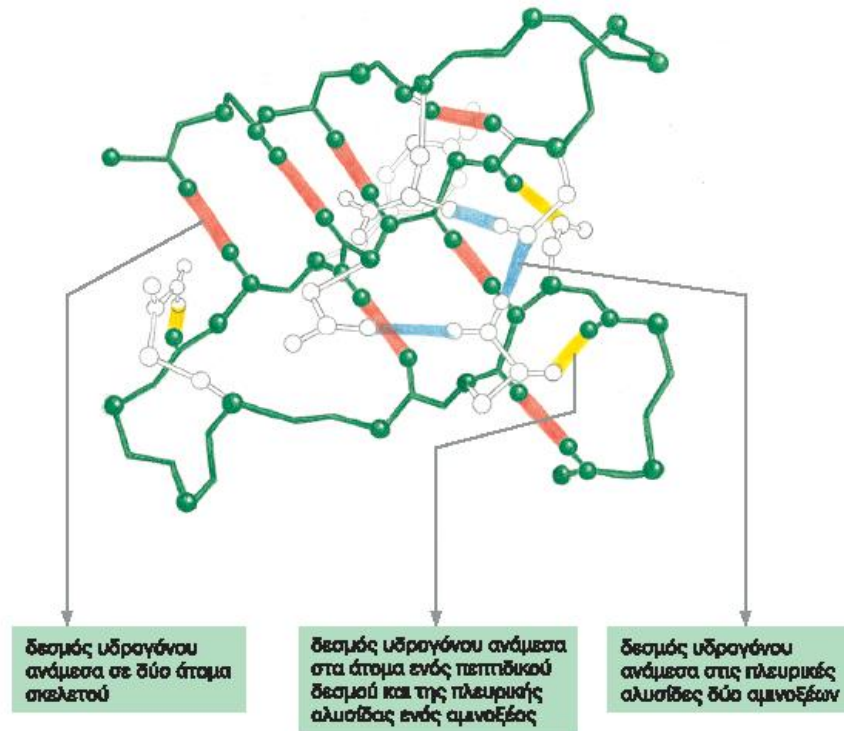
δ

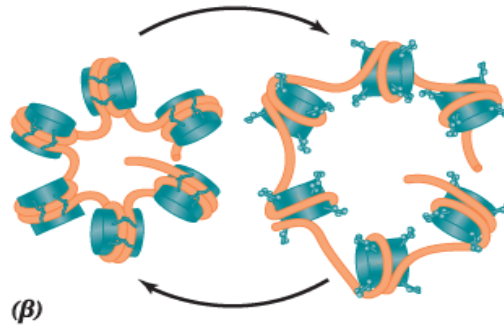
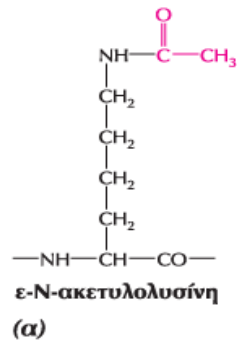
Δισουλφιδικοί Δεσμοί

ΜΗ ΟΜΟΙΟΠΟΛΙΚΟΙ ΔΕΣΜΟΙ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΠΤΥΧΩΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ



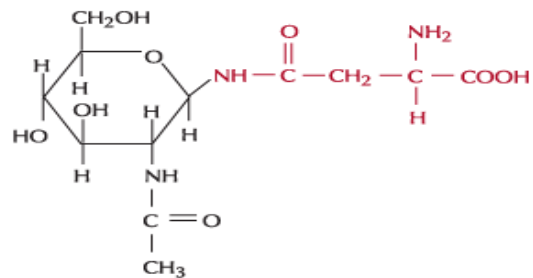
ΟΙ ΔΕΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΣΤΗΝ ΠΤΥΧΩΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ



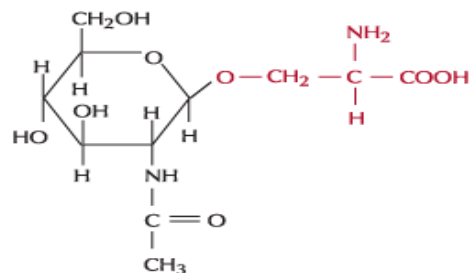


ΕΙΚΟΝΑ 8.18

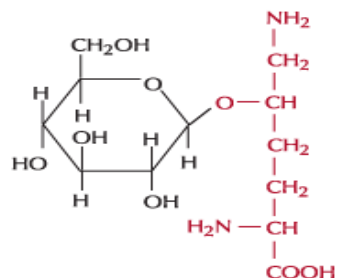
Η ισχύς της σύνδεσης μεταξύ DNA και ιστονών τροποποιείται από την ακετυλίωση των καταλοίπων της λυσίνης στο αμινοτελικό άκρο των ιστονών πρωτεϊνών. Οι ιστόνες που αποτελούν τον πυρήνα του οκταμερούς περιέχουν κατάλοιπα λυσίνης, τα οποία χάρη στη θετικά φορτισμένη πλευρική τους αλυσίδα μπορούν να προάγουν την αλληλεπίδραση με τους αρνητικά φορτισμένους φωσφοδιεστερικούς δεσμούς του DNA. Η τροποποίηση της λυσίνης, δια ακετυλίωσης, αντικαθιστά το θετικό φορτίο με μία ουδέτερη ακετυλομάδα και εξασθενίζει την ηλεκτροστατική αλληλεπίδραση ανάμεσα στον πυρήνα του οκταμερούς και το DNA. Αυτή η διαδικασία είναι αναστρέψιμη και η ακετυλίωση και αποακετυλίωση των ιστονών παρέχουν μία οδό χαλάρωσης ή σύσφιξης της δομής της χρωματίνης. Αναπαραγωγή από: Wolffe, A.P. The cancer-chromatin connection. *Sci. Med.* 6:28, 1999.



Τύπος I N-γλυκοσιδικού δεσμού με ασπαραγίνη



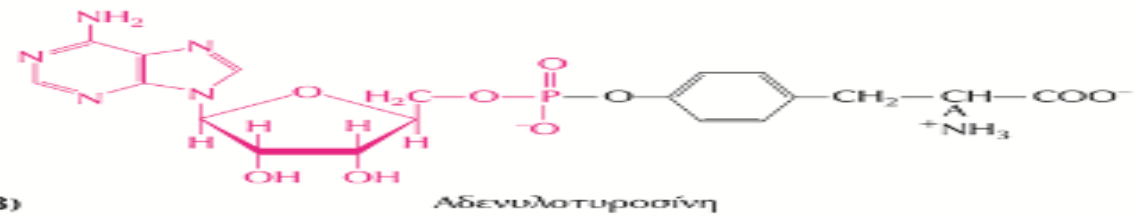
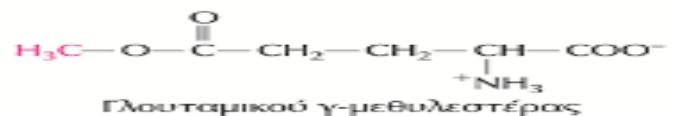
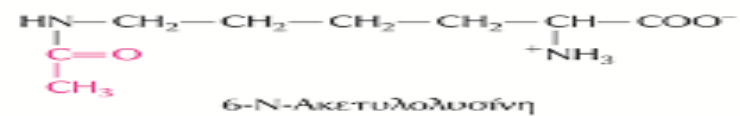
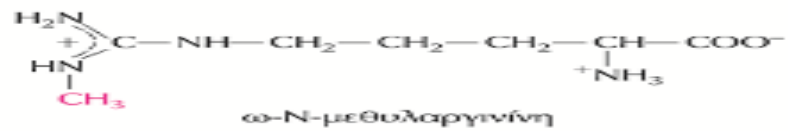
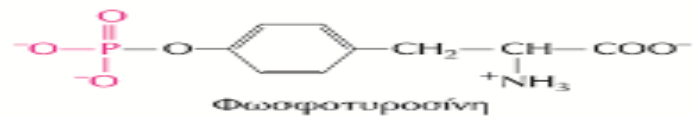
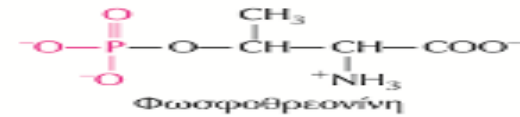
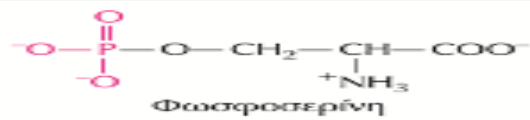
Τύπος II O-γλυκοσιδικού δεσμού με σερίνη



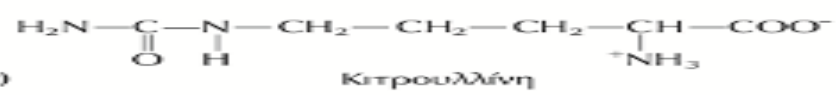
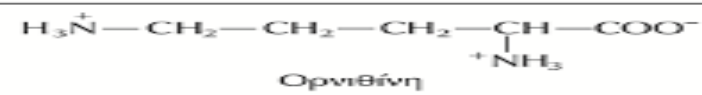
Τύπος III O-γλυκοσιδικού δεσμού με 5-υδροξυλυσίνη

ΕΙΚΟΝΑ 3.45

Παραδείγματα γλυκοσιδικών δεσμών με αμινοξέα πρωτεϊνών. Τύπος I είναι ένας N-γλυκοσιδικός δεσμός μεταξύ του αζώτου και του αμιδίου μιας Asn. Ο τύπος II είναι ένας O-γλυκοσιδικός δεσμός μεταξύ OH σερίνης ή θρεονίνης και ο τύπος III είναι ένας O-γλυκοσιδικός δεσμός στο 5-OH της υδροξυλυσίνης. Τα αμινοξέα έχουν κόκκινο χρώμα.



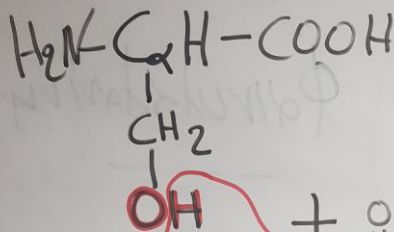
(β)



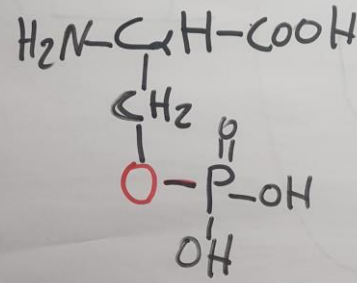
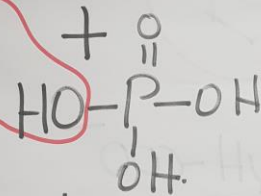
(γ)

είναι πιο προεξέχοντα. Τα προεξέχοντα προκύπτουν από κατάλληλες Ο-αμινο

Φωσφορύλιωση
Αμινοξέων



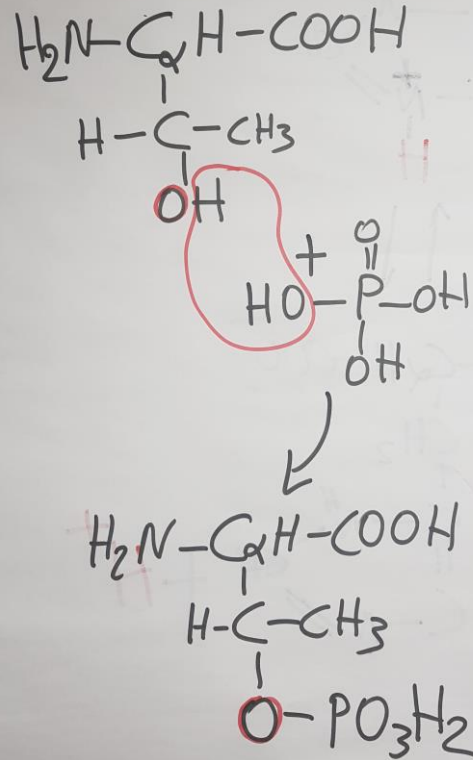
Σερίνη



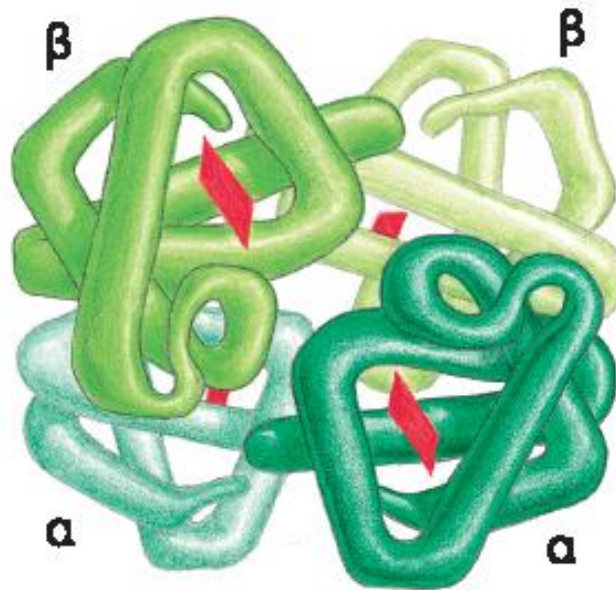
Φωσφορυλιω-
μένη

Σερίνη

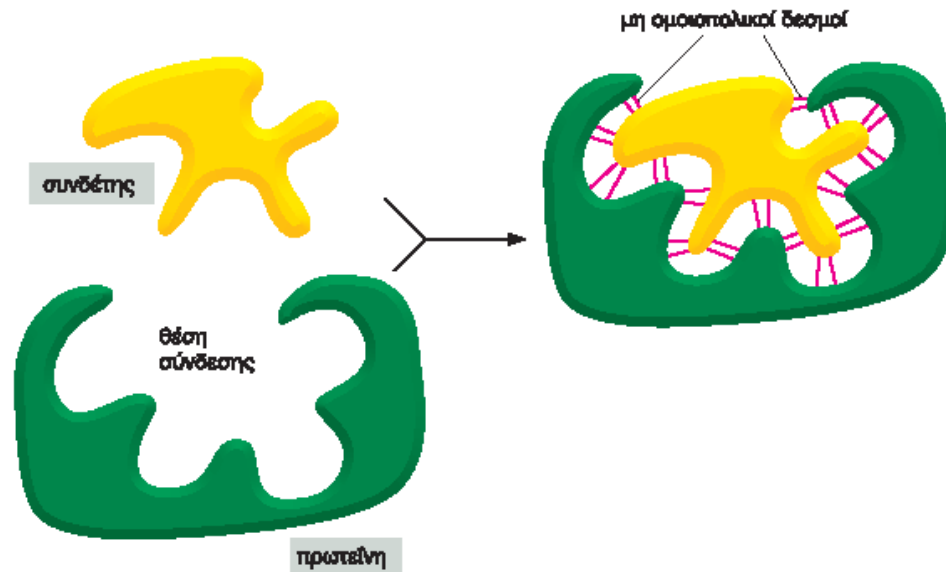
Φωσφορύλιωση
Θρεονίνης



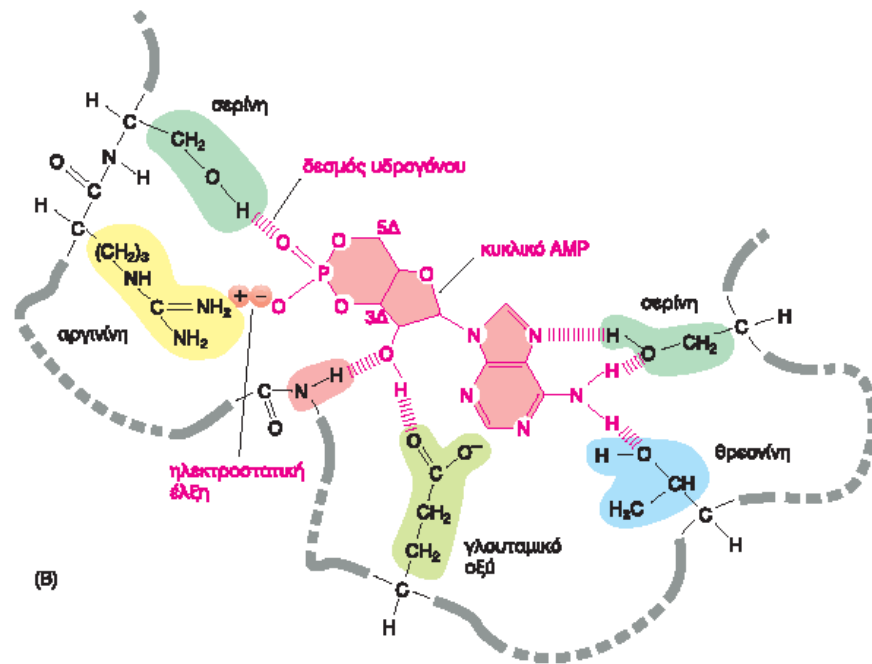
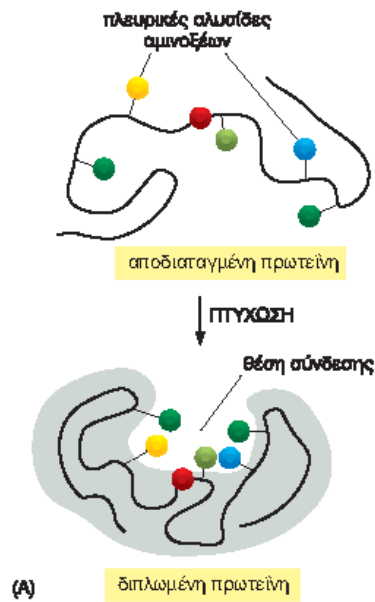
**ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΕΣ ΥΠΟΜΟΝΑΔΕΣ ΣΥΓΚΡΟΤΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ
ΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΙΑΣ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ**



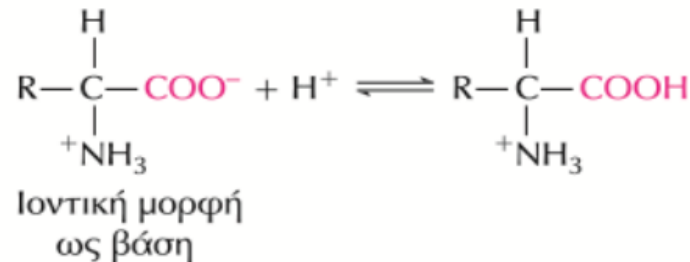
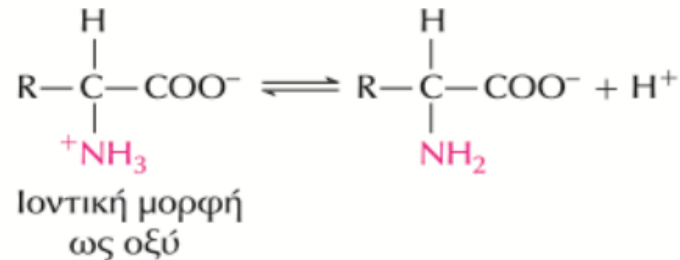
ΣΥΝΔΕΣΗ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ ΜΕ ΑΛΛΑ ΜΟΡΙΑ



Η ΘΕΣΗ ΠΡΟΣΔΕΣΗΣ ΜΙΑΣ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ

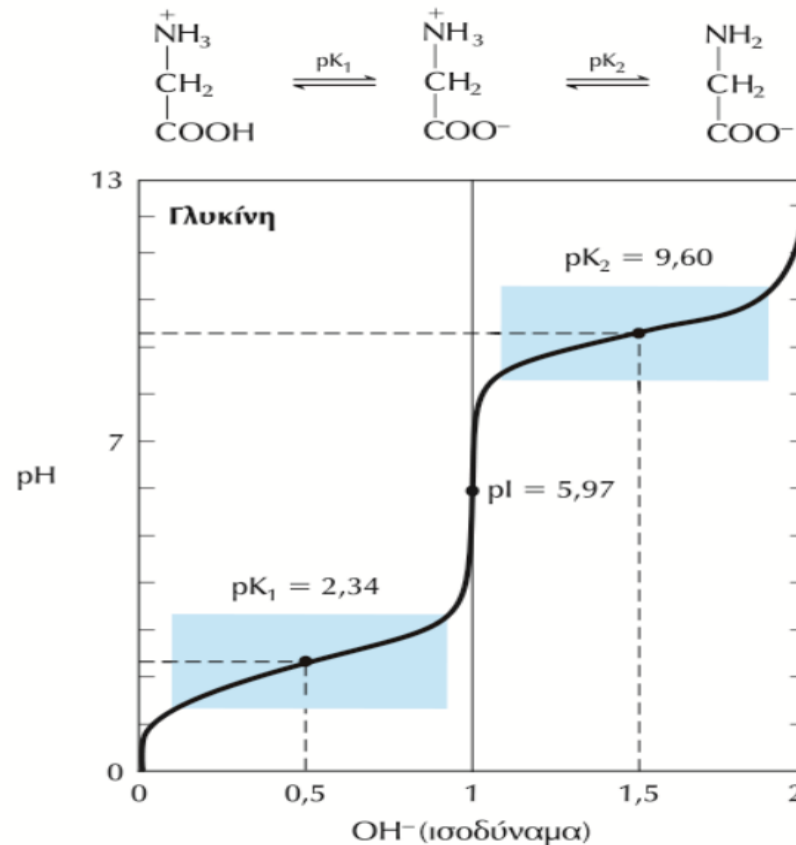


ΜΗ ΙΟΝΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΜΦΙΠΟΛΙΚΗ ΙΟΝΤΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΑΜΙΝΟΞΕΩΝ



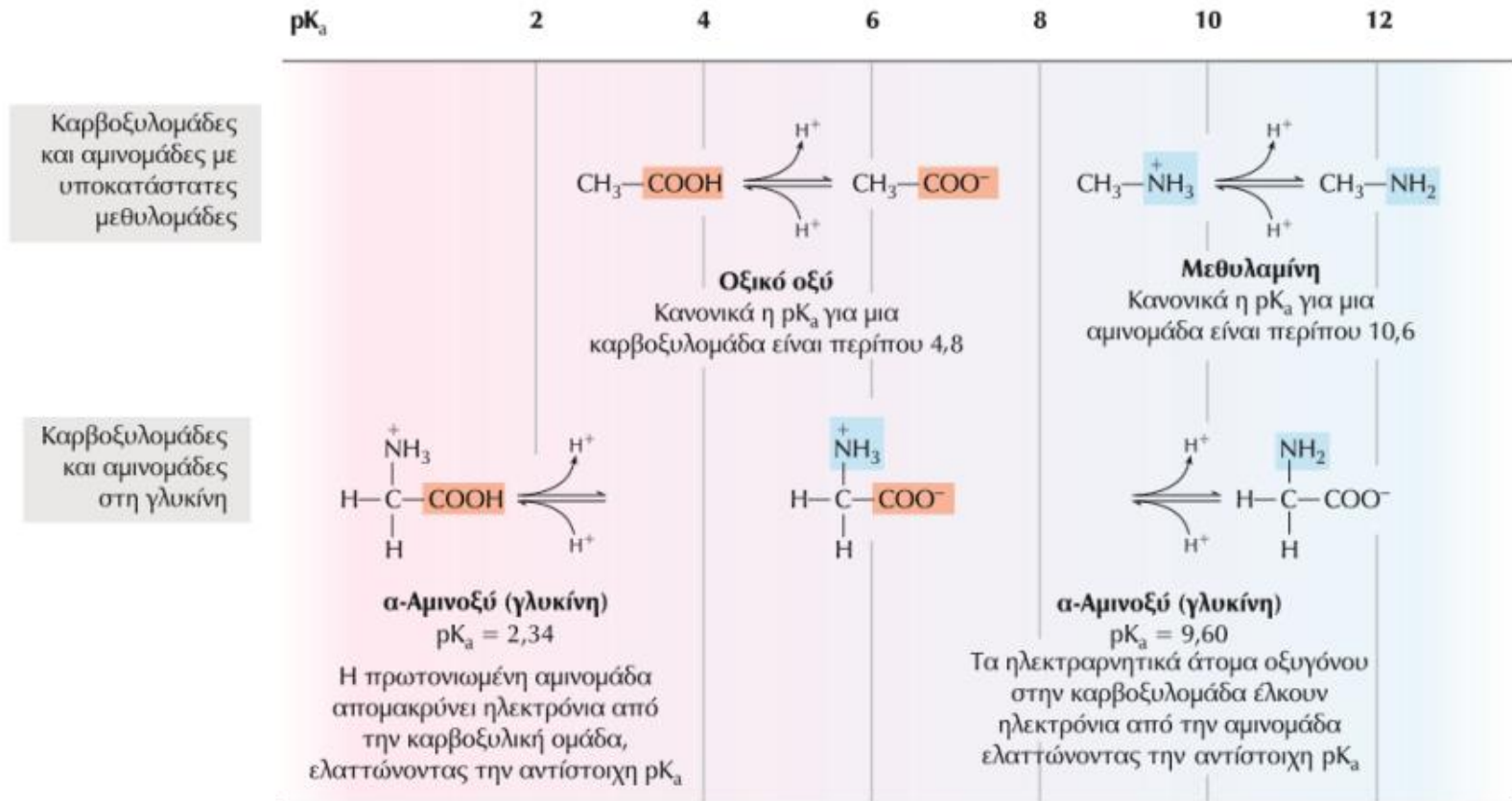
ΕΙΚΟΝΑ 3-9 Μη ιοντική και αμφιπολική ιοντική μορφή των αμινοξέων. Οι μη ιοντικές μορφές σπανίζουν στα υδατικά διαλύματα. Οι αμφιπολικές ιοντικές μορφές επικρατούν σε ουδέτερο pH. Μια αμφιπολική ιοντική μορφή λειτουργεί είτε ως οξύ (δότης πρωτονίων) είτε ως βάση (δέκτης πρωτονίων).

ΤΙΤΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΜΙΝΟΞΕΟΣ

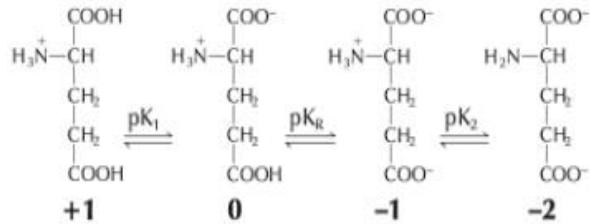


ΕΙΚΟΝΑ 3-10 Τίτλοποίηση ενός αμινοξέος. Εδώ εικονίζεται η τίτλοποίηση 0,1 M γλυκίνης στους 25°C. Το ιόν που επικρατεί σε κρίσιμα σημεία της τίτλοποίησης γράφεται πάνω από το διάγραμμα. Τα σκιασμένα ορθογώνια, με επίκεντρο, αντιστοίχως, $\text{p}K_1 = 2,34$ και $\text{p}K_2 = 9,60$, επισημαίνουν τις περιοχές της μέγιστης ρυθμιστικής ισχύος. Να σημειωθεί ότι 1 ισοδύναμο $\text{OH}^- = 0,1 \text{ M NaOH}$ που προστίθεται.

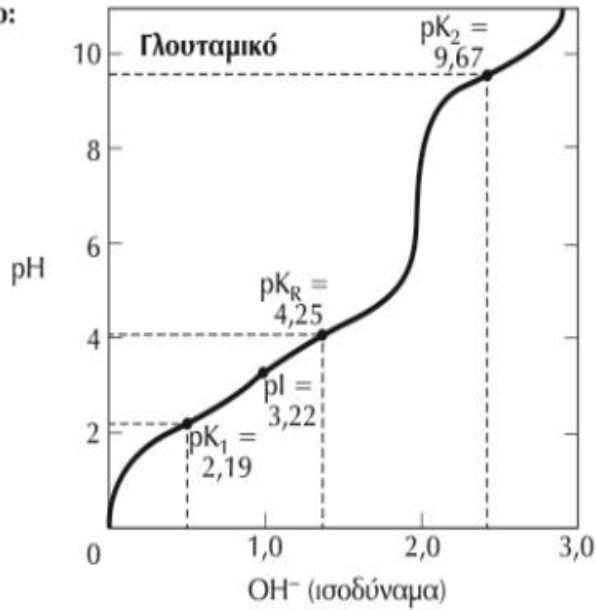
Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΧΗΜΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ pKa



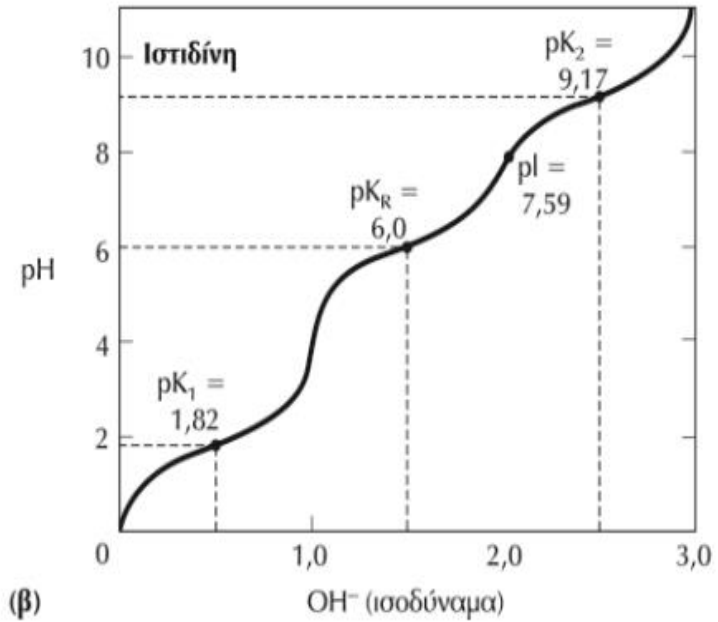
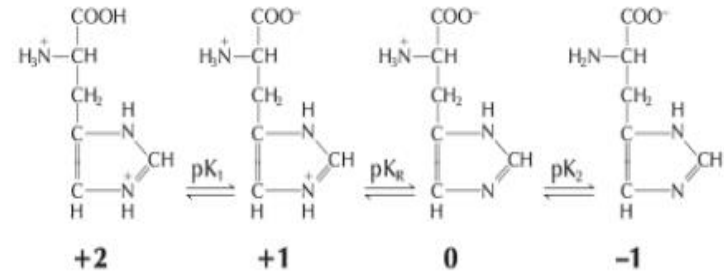
ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΙΤΛΟΠΟΙΗΣΗΣ



Καθαρό φορτίο:



(α)



(β)

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΚΟΙΝΩΝ ΑΜΙΝΟΞΕΩΝ ΚΑΙ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

| Αμινοξύ | Σύντμηση/ Σύμβολο | MB | Τιμές pK_a | | | pI | Δείκτης Υδροπάθειας | Συχνότητα στις πρωτεΐνες (%) |
|---|----------------------|-----|-------------------|--|---------------------|------|------------------------|---------------------------------------|
| | | | pK_1 (-COOH) | pK_2 (-NH ₃ ⁺) | pK_R (ομάδα R) | | | |
| Μη πολικές, αλειφατικές ομάδες R | | | | | | | | |
| Γλυκίνη | Gly G | 75 | 2.34 | 9.60 | | 5.97 | -0.4 | 7.2 |
| Αλανίνη | Ala A | 89 | 2.34 | 9.69 | | 6.01 | 1.8 | 7.8 |
| Προλίνη | Pro P | 115 | 1.99 | 10.96 | | 6.48 | 1.6 | 5.2 |
| Βαλίνη | Val V | 117 | 2.32 | 9.62 | | 5.97 | 4.2 | 6.6 |
| Λευκίνη | Leu L | 131 | 2.36 | 9.60 | | 5.98 | 3.8 | 9.1 |
| Ισολευκίνη | Ile I | 131 | 2.36 | 9.68 | | 6.02 | 4.5 | 5.3 |
| Μεθειονίνη | Met M | 149 | 2.28 | 9.21 | | 5.74 | 1.9 | 2.3 |

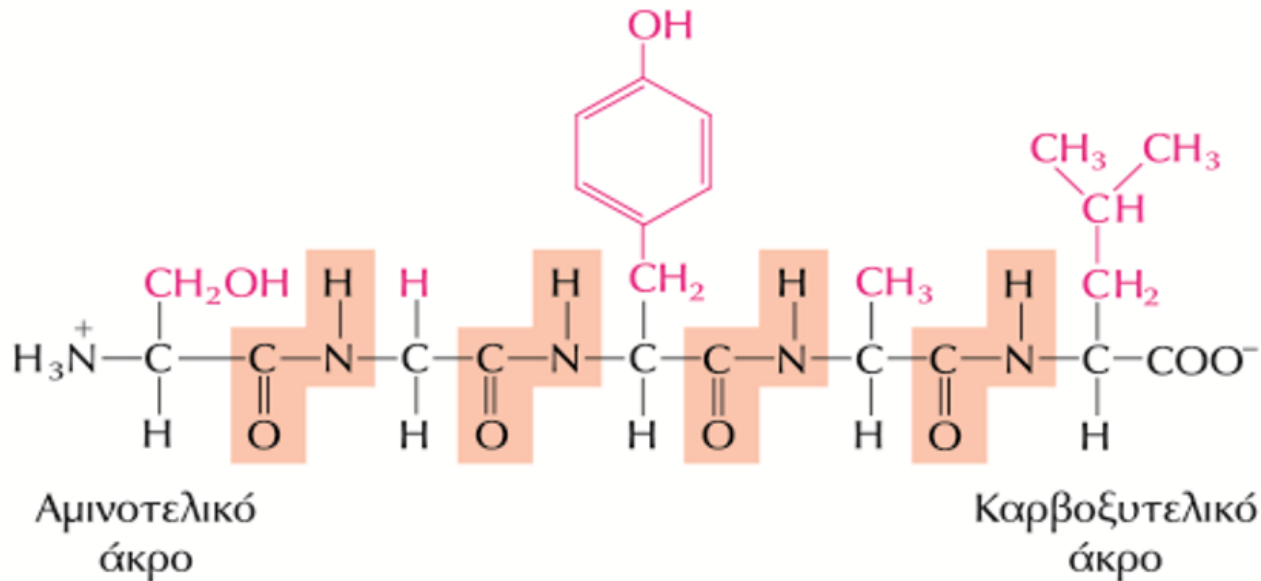
| | | | Τιμές pK_a | | | | | |
|---|----------------------|-----|-------------------|--|---------------------|------|------------------------|---------------------------------------|
| Αμινοξύ | Σύντμηση/ Σύμβολο | MB | pK_1 (-COOH) | pK_2 (-NH ₃ ⁺) | pK_R (ομάδα R) | pI | Δείκτης Υδροπάθειας | Συχνότητα στις πρωτεΐνες (%) |
| Αρωματικές ομάδες R | | | | | | | | |
| Φαινυλαλανίνη | Phe F | 165 | 1.83 | 9.13 | | 5.48 | 2.8 | 3.9 |
| Τυροσίνη | Tyr Y | 181 | 2.20 | 9.11 | 10.07 | 5.66 | -1.3 | 3.2 |
| Τρυπτοφάνη | Trp W | 204 | 2.38 | 9.39 | | 5.89 | -0.9 | 1.4 |
| Πολικές, μη φορτισμένες ομάδες R | | | | | | | | |
| Σερίνη | Ser S | 105 | 2.21 | 9.15 | | 5.68 | -0.8 | 6.8 |
| Θρεονίνη | Thr T | 119 | 2.11 | 9.62 | | 5.87 | -0.7 | 5.9 |
| Κυστεΐνη | Cys C | 121 | 1.96 | 10.28 | 8.18 | 5.07 | 2.5 | 1.9 |
| Ασπαραγίνη | Asn N | 132 | 2.02 | 8.80 | | 5.41 | -3.5 | 4.3 |
| Γλουταμίνη | Gln Q | 146 | 2.17 | 9.13 | | 5.65 | -3.5 | 4.2 |

| | | | Τιμές pK_a | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|-----|-------------------|--|---------------------|-------|------------------------------|---|
| Αμινοξύ | Σύντμηση/ Σύμβολο | MB | pK_1 (-COOH) | pK_2 (-NH ₃ ⁺) | pK_R (ομάδα R) | pI | Δείκτης Υδροπά- θειας* | Συχνότητα στις πρωτεΐνες (%)** |
| Θετικά φορτισμένες ομάδες R | | | | | | | | |
| Λυσίνη | Lys K | 146 | 2.18 | 8.95 | 10.53 | 9.74 | -3.9 | 5.9 |
| Ιστιδίνη | His H | 155 | 1.82 | 9.17 | 6.00 | 7.59 | -3.2 | 2.3 |
| Αργινίνη | Arg R | 174 | 2.17 | 9.04 | 12.48 | 10.76 | -4.5 | 5.1 |
| Αρνητικά φορτισμένες ομάδες R | | | | | | | | |
| Ασπαρτικό | Asp D | 133 | 1.88 | 9.60 | 3.65 | 2.77 | -3.5 | 5.3 |
| Γλουταμικό | Glu E | 147 | 2.19 | 9.67 | 4.25 | 3.22 | -3.5 | 6.3 |

*Μια κλίμακα που συνδυάζει την υδροφοβία και την υδροφιλία των ομάδων R. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο της τάσης ενός αμινοξέος να αναζητά ένα υδατικό περιβάλλον (αρνητικές τιμές) ή ένα υδρόφοβο περιβάλλον (θετικές τιμές)

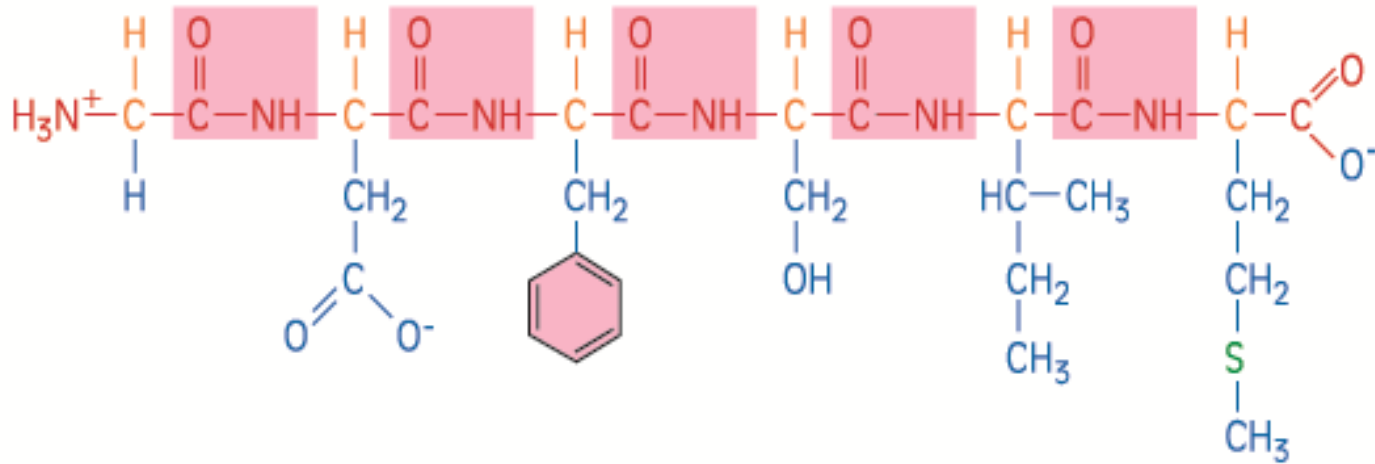
** Μέση συχνότητα σε πάνω από 1150 πρωτεΐνες

Ser-Gly-Tyr-Ala-Leu



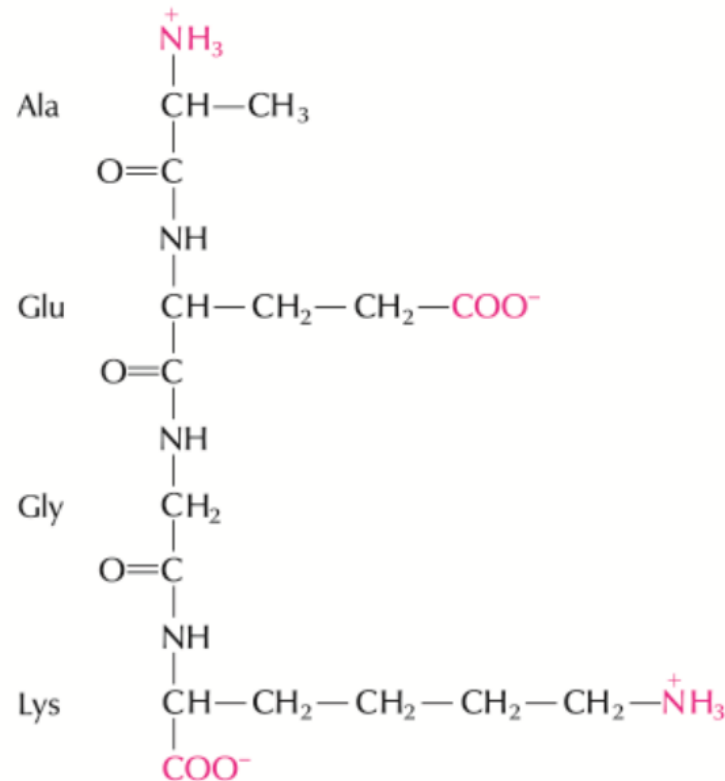
ΕΙΚΟΝΑ 3-14 Το πενταπεπτίδιο σερυλο-γλυκυλο-τυροσινο-αλανινο-λευκίνη, ή Ser-Gly-Tyr-Ala-Leu. Τα πεπτίδια γράφονται ξεκινώντας από το αμινοτελικό αμινοξύ, το οποίο παραδοσιακά τοποθετείται στ' αριστερά. Οι πεπτιδικοί δεσμοί σκιάζονται με κίτρινο, ενώ οι ομάδες R γράφονται με κόκκινα γράμματα.

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΕΠΤΙΔΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ



← Gly → ← Asp → ← Phe → ← Ser → ← Ile → ← Met →

ΑΛΑΝΙΝΟ-ΓΛΟΥΤΑΜΥΛΟ-ΓΛΥΚΥΛΟ-ΛΥΣΙΝΗ



ΕΙΚΟΝΑ 3-15 Αλανινο-γλουταμυλο-γλυκυλο-λυσίνη. Αυτό το τετραπεπτιδίο έχει μια ελεύθερη α-αμινομάδα, μια ελεύθερη α-καρβοξυλομάδα και δύο ομάδες R που μπορεί να ιοντιστούν. Οι ομάδες οι οποίες είναι ιοντισμένες σε pH 7,0 γράφονται με κόκκινα γράμματα.

ΜΟΡΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ

| | <i>Μοριακό βάρος</i> | <i>Αριθμός αμινοξέων</i> | <i>Αριθμός πολυπεπτιδικών αλυσίδων</i> |
|------------------------------------|----------------------|--------------------------|--|
| Κυτόχρωμα c (του ανθρώπου) | 13.000 | 104 | 1 |
| Ριβονουκλέαση A (πάγκρεας βοδιού) | 13.700 | 124 | 1 |
| Λυσοζύμη (ασπράδι αυγού όρνιθας) | 13.930 | 129 | 1 |
| Μυοσφαιρίνη (καρδιά αλόγου) | 16.890 | 153 | 1 |
| Χυμοθρυψίνη (πάγκρεας βοδιού) | 21.600 | 241 | 3 |
| Χυμοθριψινογόνο (βοδιού) | 22.000 | 245 | 1 |
| Αιμοσφαιρίνη (ανθρώπου) | 64.500 | 574 | 4 |
| Αλβουμίνη ορού (ανθρώπου) | 68.500 | 609 | 1 |
| Εξοκινάση (ζυμομύκητα) | 102.000 | 972 | 2 |
| RNA πολυμέραση (E.coli) | 450.000 | 4.158 | 5 |
| Απολιποπρωτεΐνη B (ανθρώπου) | 513.000 | 4.536 | 1 |
| Συνθετάση της γλουταμίνης (E.coli) | 619.000 | 5.628 | 12 |
| Τιτίνη (ανθρώπου) | 2.993.000 | 26.926 | 1 |

ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΕ ΑΜΙΝΟΞΕΑ ΔΥΟ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

| <i>Αριθμός αμινοξέων ανά μόριο πρωτεΐνης*</i> | | |
|---|--------------------|-------------------------------|
| <i>Αμινοξύ</i> | <i>Κυτόχρωμα C</i> | <i>Χυμοθριψινογόνο βοδιού</i> |
| Ala | 6 | 22 |
| Arg | 2 | 4 |
| Asn | 5 | 15 |
| Asp | 3 | 8 |
| Cys | 2 | 10 |
| Gln | 3 | 10 |
| Glu | 9 | 5 |
| Gly | 14 | 23 |
| His | 3 | 2 |
| Ile | 6 | 10 |

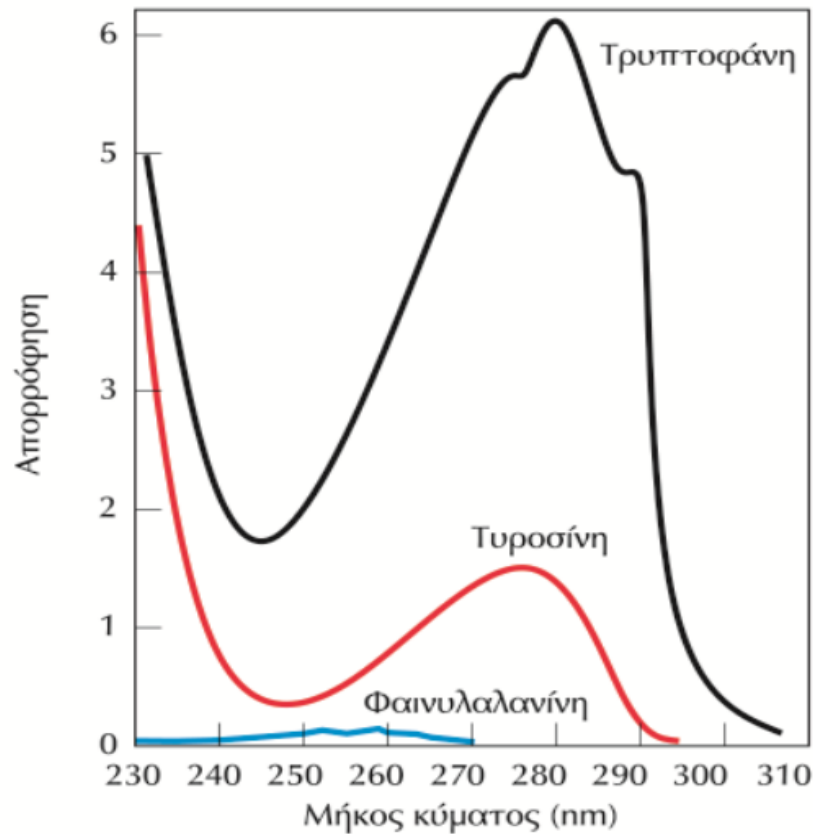
| <i>Αριθμός αμινοξέων ανά μόριο πρωτεΐνης*</i> | | |
|---|--------------------|-------------------------------|
| <i>Αμινοξύ</i> | <i>Κυτόχρωμα C</i> | <i>Χυμοθριψινογόνο βοδιού</i> |
| Leu | 6 | 19 |
| Lys | 18 | 14 |
| Met | 2 | 2 |
| Phe | 4 | 6 |
| Pro | 4 | 9 |
| Ser | 1 | 28 |
| Thr | 8 | 23 |
| Trp | 1 | 8 |
| Tyr | 4 | 4 |
| Val | 3 | 23 |
| Σύνολο | 104 | 245 |

*Σε μερικές κοινές αναλύσεις, όπως η όξινη υδρόλυση, το Asp δεν διακρίνεται εύκολα από το Asn. Γι αυτό το λόγο και τα δύο αναφέρονται ως Asx (ή B). Παρομοίως, όταν δεν μπορούν να διακριθούν τα Glu και Gln, και τα δύο αναφέρονται ως Glx (ή Z). Επίσης, η Trp καταστρέφεται. Για να εκτιμηθεί σωστά η περιεκτικότητα σε αμινοξέα απαιτούνται επιπρόσθετες δοκιμασίες.

ΣΥΖΕΥΓΜΕΝΕΣ ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ

| <i>Τάξη</i> | <i>Προσθετική ομάδα</i> | <i>Παράδειγμα</i> |
|------------------|--|--|
| Λιποπρωτεΐνες | Λιπίδια | β1- Λιποπρωτεΐνη του αίματος |
| Γλυκοπρωτεΐνες | Υδατάνθρακες | Ανοσοσφαιρίνη G |
| Φωσφοπρωτεΐνες | Φωσφορικές ομάδες | Καζεΐνη του γάλακτος |
| Αιμοπρωτεΐνες | Αίμη (σιδηρούχος πορφυρίνη) | Αιμοσφαιρίνη |
| Φλαβοπρωτεΐνες | Νουκλεοτίδια φλαβίνης | Δεϋδρογονάση ηλεκτρικού |
| Μεταλλοπρωτεΐνες | Σίδηρος Ψευδάργυρος Ασβέστιο Μολυβδένιο Χαλκός | Φερριτίνη Δεϋδρογονάση αλκοολών Καλμοδουλίνη Δινιτρογενάση Πλαστοκυανίνη |

ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΤΟΥ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ ΦΩΤΟΣ ΑΠΟ ΤΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΑΜΙΝΟΞΕΑ



ΕΙΚΟΝΑ 3-6 Απορρόφηση του υπεριώδους φωτός από τα αρωματικά αμινοξέα. Σύγκριση του φάσματος απορρόφησης του φωτός από τα αρωματικά αμινοξέα τρυπτοφάνη και τυροσίνη σε pH 6,0. Τα αμινοξέα βρίσκονται σε ισομοριακές ποσότητες (10^{-3} M) υπό ταυτόσημες συνθήκες. Η απορρόφηση από την τρυπτοφάνη είναι σχεδόν τετραπλάσια σε σχέση με την αντίστοιχη από την τυροσίνη. Η μέγιστη απορρόφηση του φωτός και από τα δύο αμινοξέα συμβαίνει κοντά σε μήκος κύματος 280 nm. Η απορρόφηση του φωτός από τη φαινυλαλανίνη (δεν εικονίζεται), το τρίτο αρωματικό αμινοξύ, γενικά δεν συνεισφέρει πολύ στις φασματοσκοπικές ιδιότητες των πρωτεϊνών.