



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας

Ενότητα 2: Αμινοξέα, Πρωτεΐνες και δομή
λειτουργίας Πρωτεϊνών
Γεώργιος Παπαδόπουλος



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων

Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας

Ενότητα 2: Αμινοξέα, Πρωτεΐνες και δομή
λειτουργίας Πρωτεϊνών

Γεώργιος Παπαδόπουλος

Καθηγητής

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





Χρηματοδότηση

- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «**Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση**» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Ηπείρου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

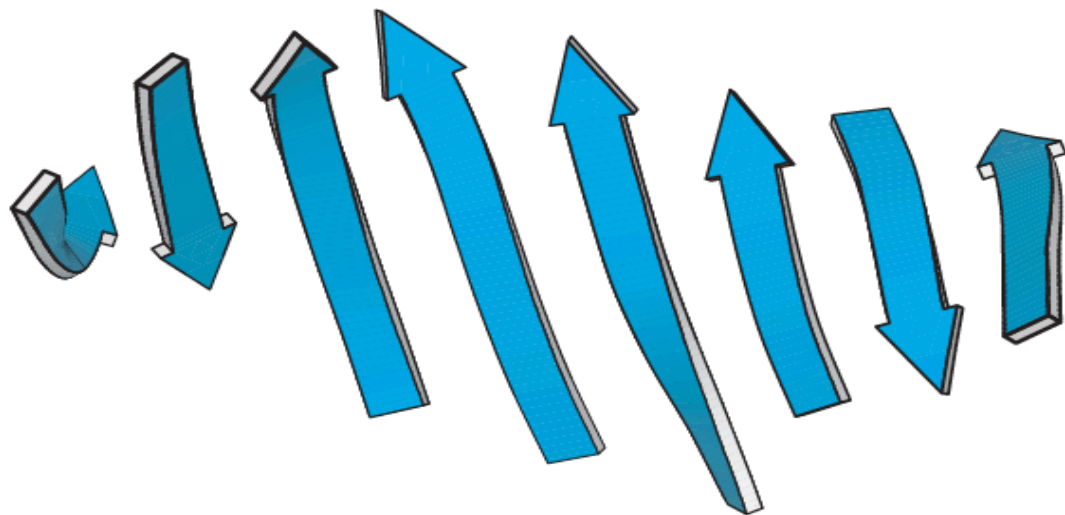
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



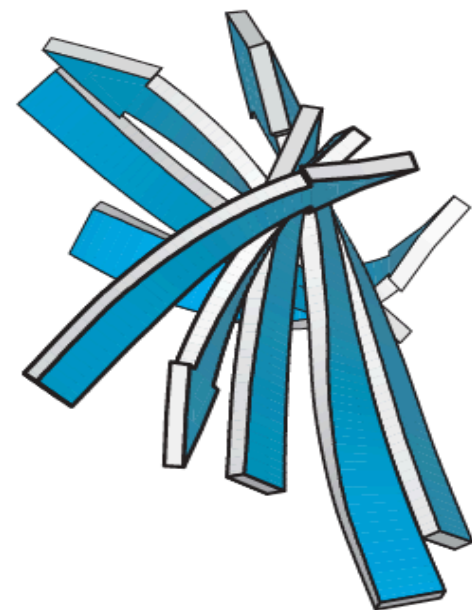
ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



(A)

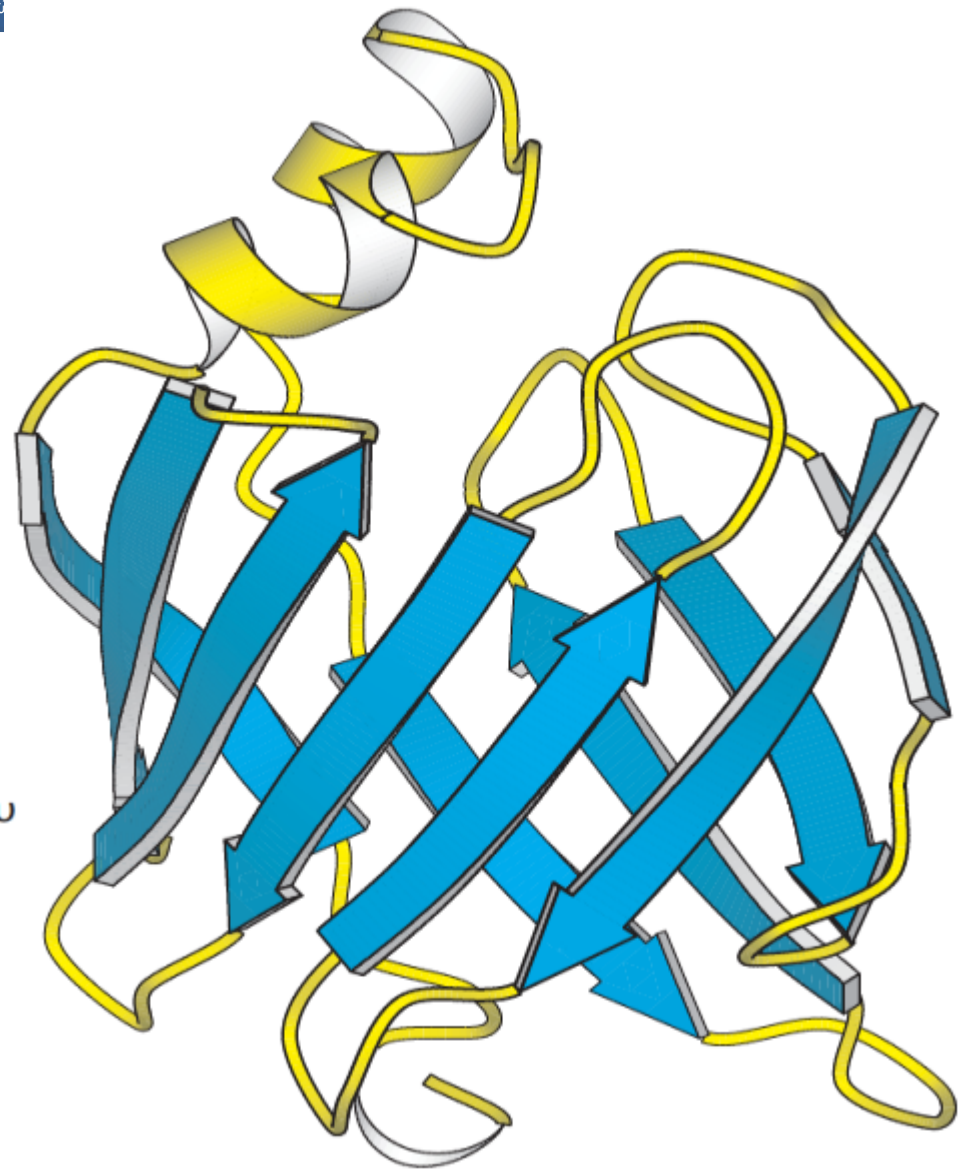


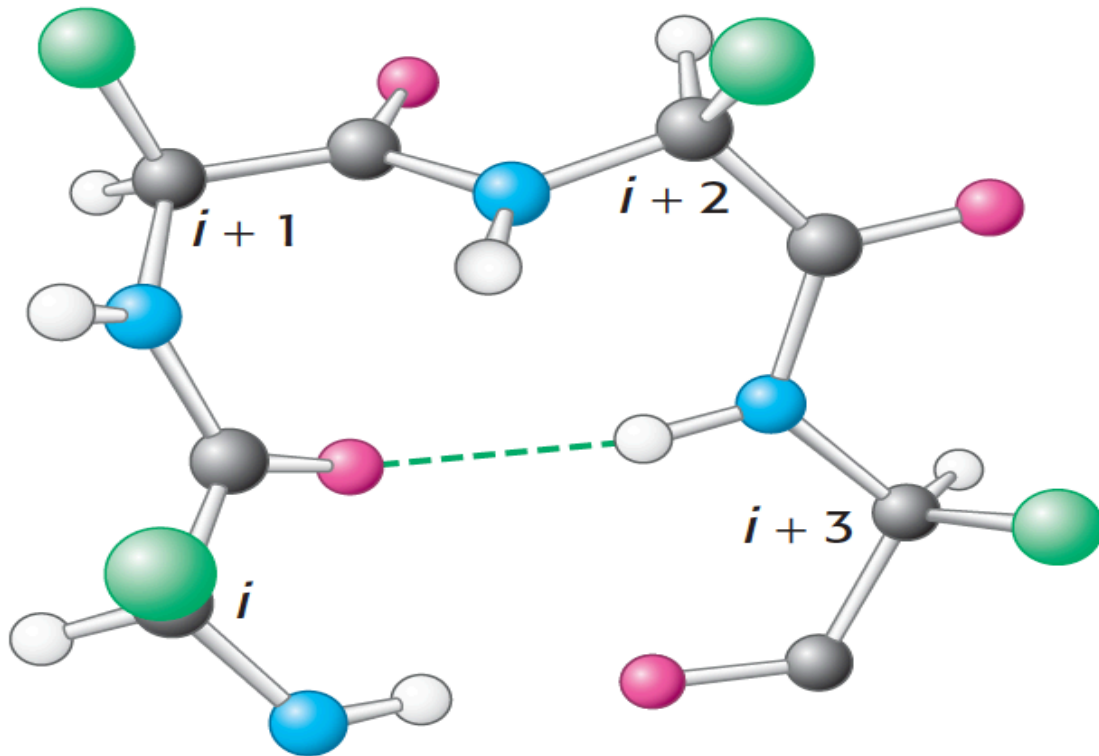
(B)



ΕΙΚΟΝΑ 2.34 Μια β -επιφάνεια όπου η κάθε πύκωση είναι ελαφρώς συνεστραμμένη σε σχέση με την προηγούμενη. (A) Σχηματικό μοντέλο. (B) Σχηματική διαμόρφωση που έχει περιστραφεί κατά 90° για να εμφανίσει καλύτερα τη συστροφή.


➤ **ΕΙΚΟΝΑ 2.35** Μια πρωτεΐνη πλούσια σε β -πτυχώσεις. Η δομή μιας πρωτεΐνης που προσδένει λιπαρά οξέα. [Σχεδιασμένο από 1FTP.pdb.]

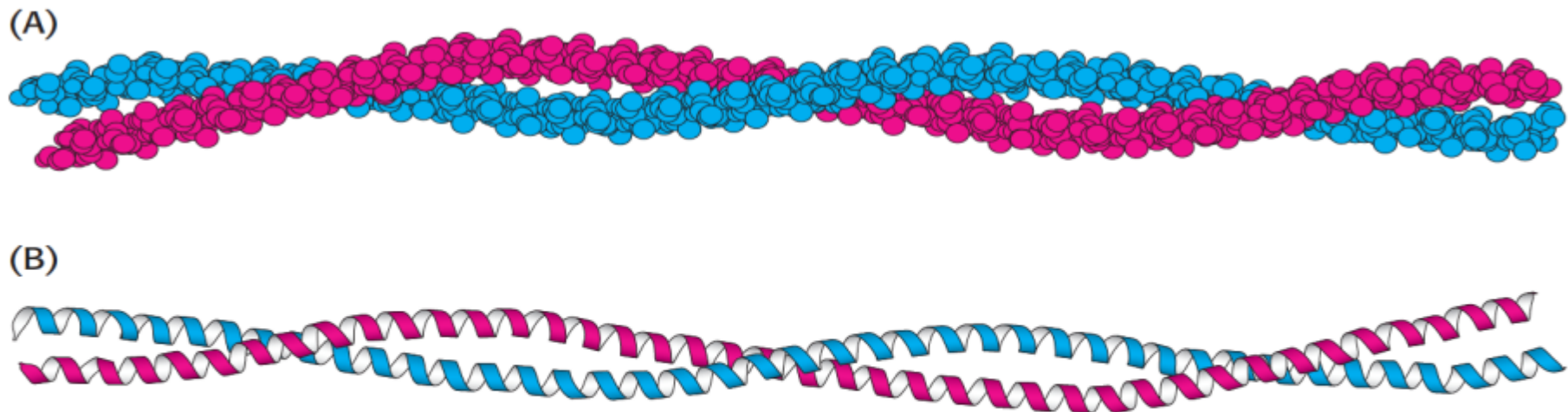





ΕΙΚΟΝΑ 2.36 Δομή μιας ανάστροφης στροφής. Η ομάδα CO του καταλοίπου i της πολυπεπτιδικής αλυσίδας σχηματίζει δεσμό υδρογόνου με την ομάδα NH του καταλοίπου $i + 3$ για τη σταθεροποίηση της στροφής.



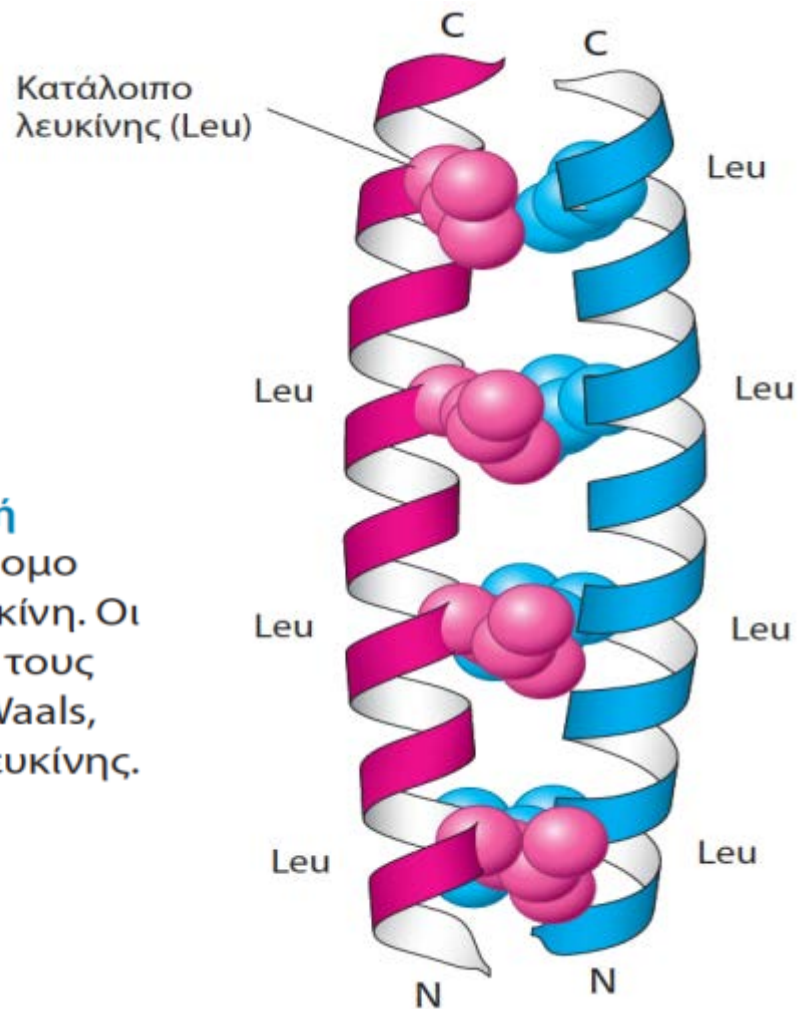
 **ΕΙΚΟΝΑ 2.37** Θηλιές στην επιφάνεια μιας πρωτεΐνης. Οι θηλιές που υπάρχουν σε τμήμα της επιφάνεια ενός μορίου αντισώματος (με κόκκινο) συμμετέχουν σε αλληλεπιδράσεις με άλλα μόρια. [Σχεδιασμένο από 7FTP.pdb.]



 **ΕΙΚΟΝΑ 2.38 Ένα α -ελικοειδές σπείραμα.** (A) Χωροπληρωτικό μοντέλο. (B) Διάγραμμα κορδέλας. Οι δυο έλικες ελίσσονται η μία γύρω από την άλλη και σχηματίζουν μια υπερέλικα. Οι δομές αυτές απαντούν σε πολλές πρωτεΐνες, συμπεριλαμβανομένης της κερατίνης των μαλλιών, των φτερών, των νυχιών και των κεράτων των ζώων. [Σχεδιασμένο από 1 GIC.pdb.]



ΕΙΚΟΝΑ 2.39 Επαναλήψεις επτάδας σε μια πρωτεΐνη με δομή ελικοειδούς σπειράματος. Το έβδομο κατάλοιπο σε κάθε έλικα είναι λευκίνη. Οι δύο έλικες συγκρατούνται μεταξύ τους μέσω αλληλεπιδράσεων van der Waals, κυρίως μεταξύ των καταλοίπων λευκίνης. [Σχεδιασμένο από 2ZTA.pdb.]





13

-Gly-Pro-Met-Gly-Pro-Ser-Gly-Pro-Arg-

22

-Gly-Leu-Hyp-Gly-Pro-Hyp-Gly-Ala-Hyp-

31

-Gly-Pro-Gln-Gly-Phe-Gln-Gly-Pro-Hyp-

40

-Gly-Glu-Hyp-Gly-Glu-Hyp-Gly-Ala-Ser-

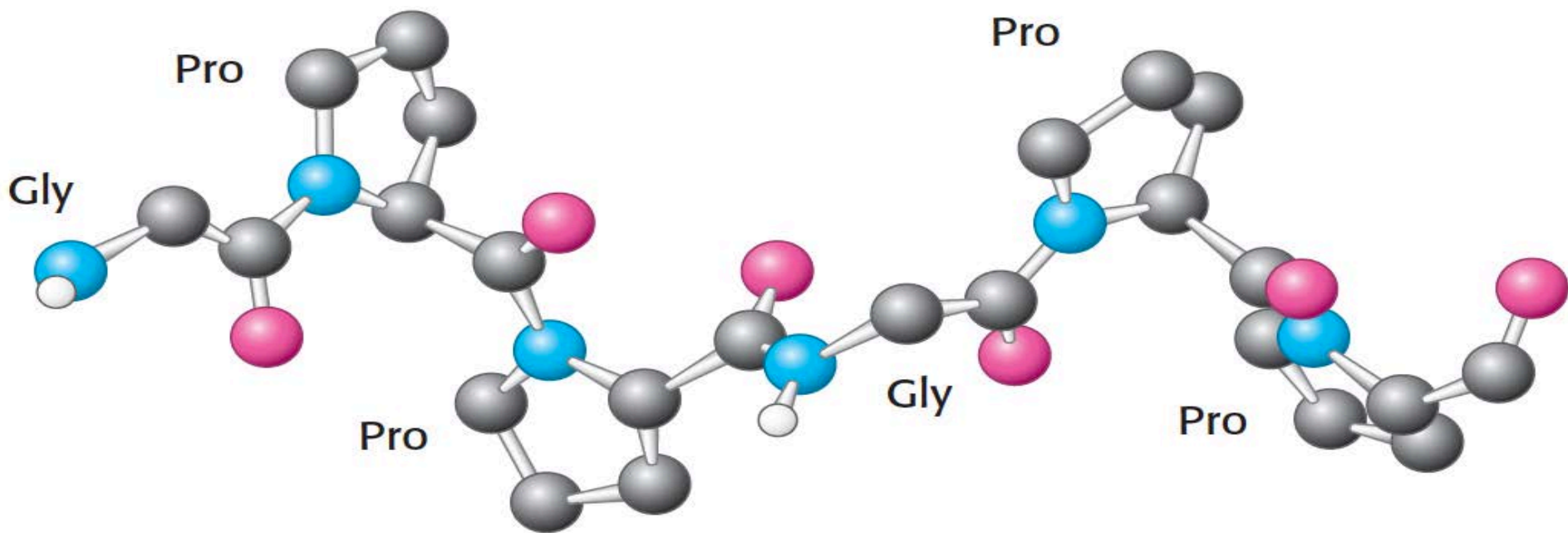
49

-Gly-Pro-Met-Gly-Pro-Arg-Gly-Pro-Hyp-

58

-Gly-Pro-Hyp-Gly-Lys-Asn-Gly-Asp-Asp-

ΕΙΚΟΝΑ 2.40 Αλληλουχία αμινοξέων τμήματος της κολλαγονικής αλυσίδας. Κάθε τρίτο κατάλοιπο είναι γλυκίνη. Υπάρχουν επίσης άφθονα κατάλοιπα προλίνης και υδροξυπρολίνης (Hyp).



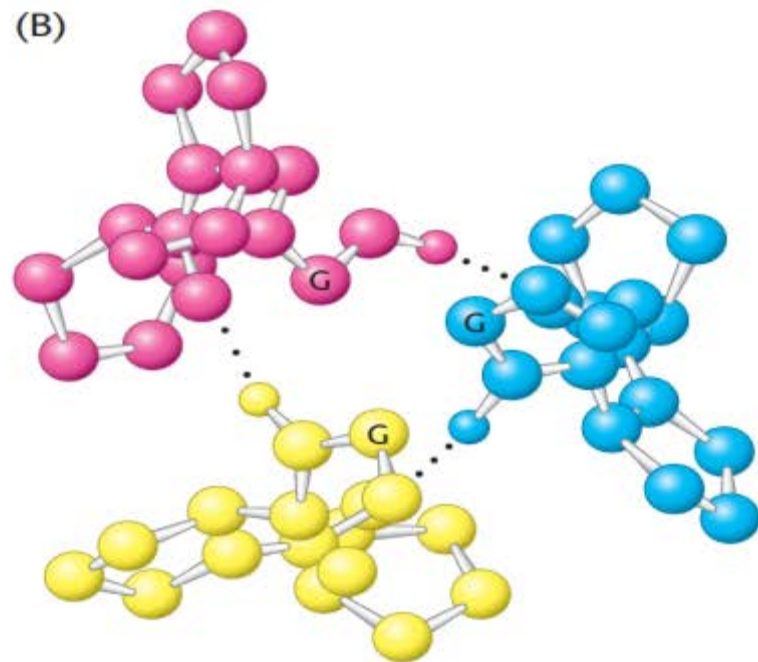
ΕΙΚΟΝΑ 2.41 Η στερεοδιάταξη μιας αλυσίδας της τριπλής κολλαγονικής έλικας.



(A)

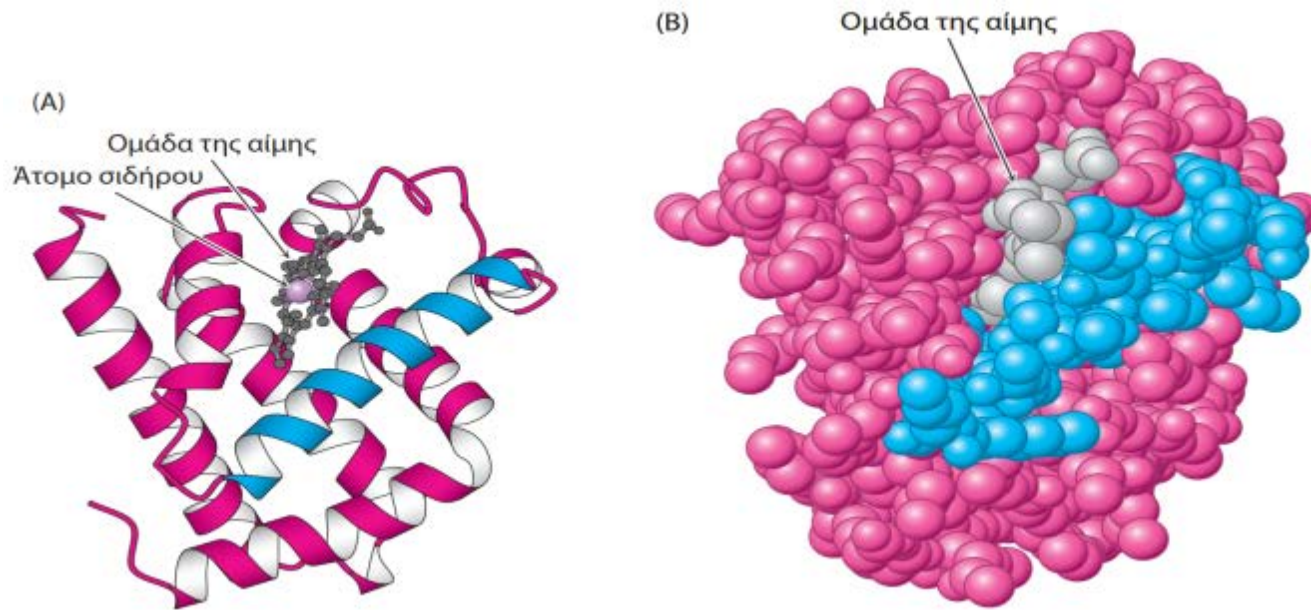


(B)

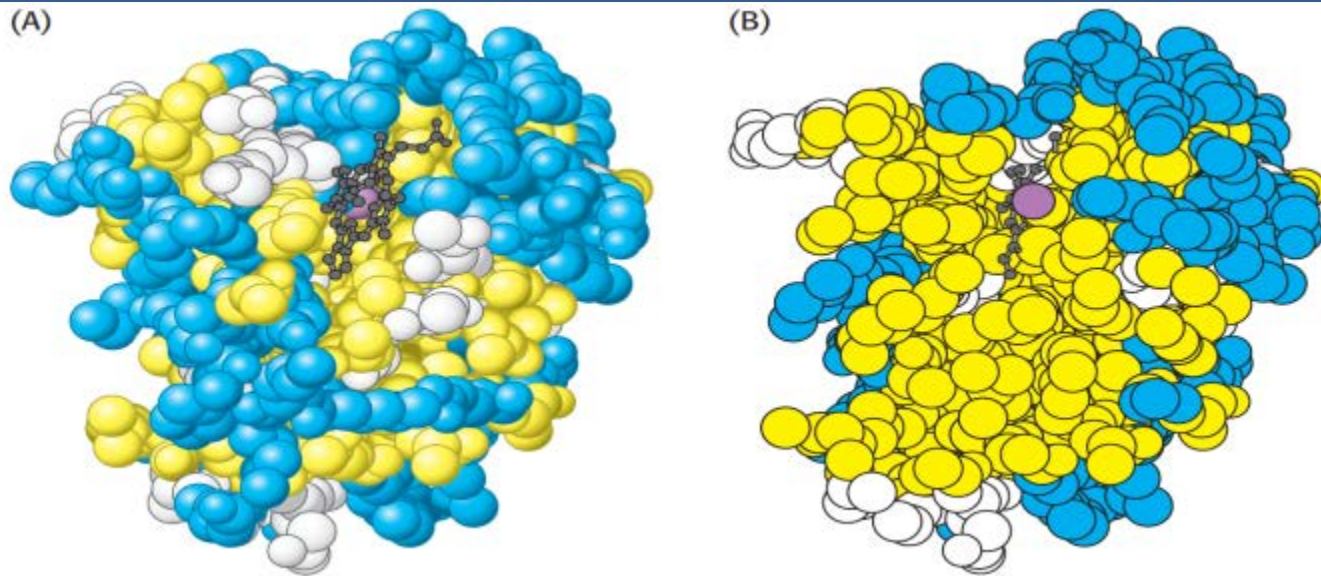


ΕΙΚΟΝΑ 2.42 Δομή της πρωτεΐνης κολλαγόνο.

A) Χωροπληρωτικό μοντέλο του κολλαγόνο. Κάθε αλυσίδα εμφανίζεται με διαφορετικό χρώμα. (B) Εγκάρσια τομή μοντέλου δομής του κολλαγόνο. Κάθε αλυσίδα σχηματίζει δεσμούς υδρογόνου με τις άλλες δύο. Το άτομο α -άνθρακα ενός κατάλοιπου γλυκίνης ταυτοποιείται με το γράμμα G. Κάθε τρίτο κατάλοιπο πρέπει να είναι γλυκίνη, διότι στο κέντρο της έλικας δεν υπάρχει χώρος για κάτι ογκωδέστερο. Προσέξτε ότι τα κατάλοιπα πυρρολιδίνης βρίσκονται στην εξωτερική πλευρά της έλικας.

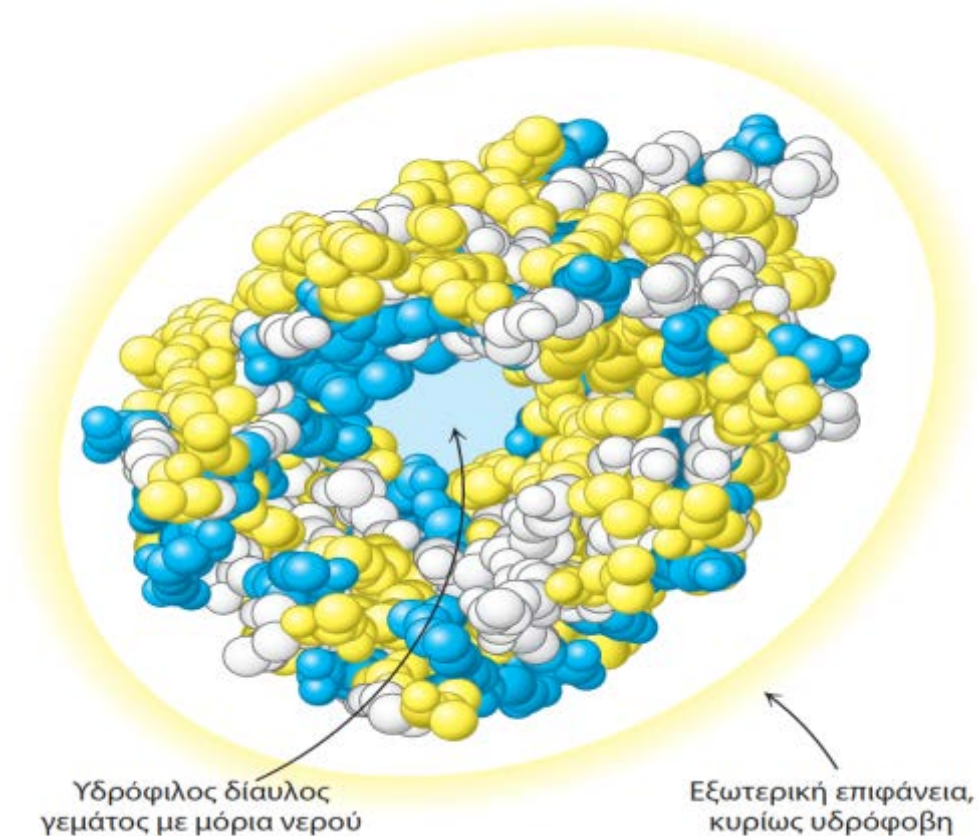


ΕΙΚΟΝΑ 2.43 Η τριδιάστατη δομή της μυοσφαιρίνης. (Α) Το διάγραμμα κορδέλας δείχνει ότι η πρωτεΐνη αποτελείται κυρίως από α -έλικες. (Β) Χωροπληρωτικό μοντέλο στον ίδιο ακριβώς προσανατολισμό δείχνει πόσο συμπαγής είναι η αναδιπλωμένη πρωτεΐνη. Προσέξτε ότι η ομάδα της αίμης βρίσκεται μέσα σε μια εσοχή με εκτεθειμένη μόνο μία άκρη της. Η μία έλικα φαίνεται με μπλε ώστε να μπορεί να γίνει σύγκριση των δύο εικόνων. [Σχεδιασμένο από 1A6N.pdb.]

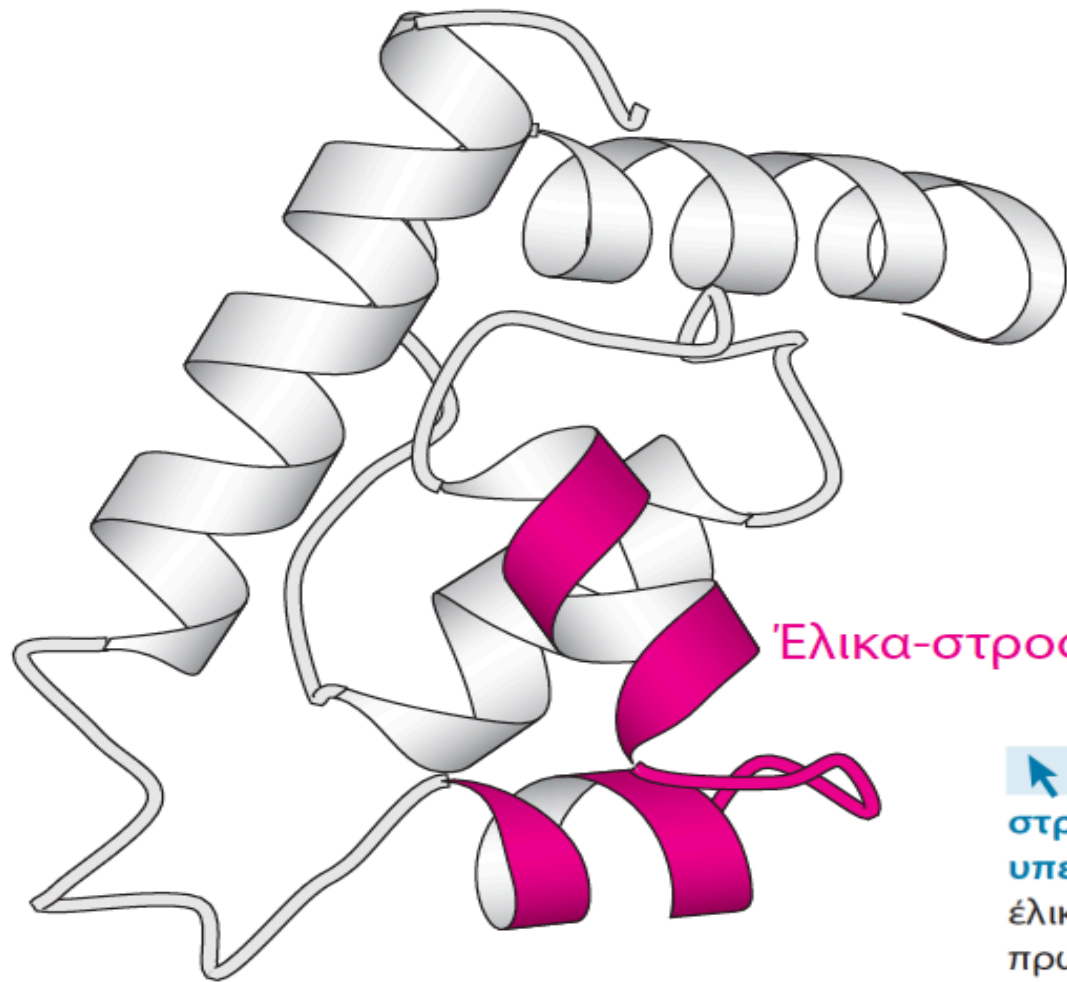


ΕΙΚΟΝΑ 2.44 Η κατανομή των αμινοξέων στη μυοσφαιρίνη. (A)

Χωροπληρωτικό μοντέλο της μυοσφαιρίνης με τα υδρόφοβα αμινοξέα με κίτρινο, τα φορτισμένα αμινοξέα με μπλε και τα υπόλοιπα με άσπρο χρώμα. Προσέξτε ότι η επιφάνεια του μορίου έχει πολλά φορτισμένα αμινοξέα καθώς και μερικά υδρόφοβα αμινοξέα. (B) Σε αυτή την εγκάρσια τομή του μορίου προσέξτε ότι τα υδρόφοβα αμινοξέα βρίσκονται κυρίως στο εσωτερικό της δομής, ενώ τα φορτισμένα αμινοξέα βρίσκονται κυρίως στην επιφάνεια της πρωτεΐνης. [Σχεδιασμένο από 1MBD.pdb.]

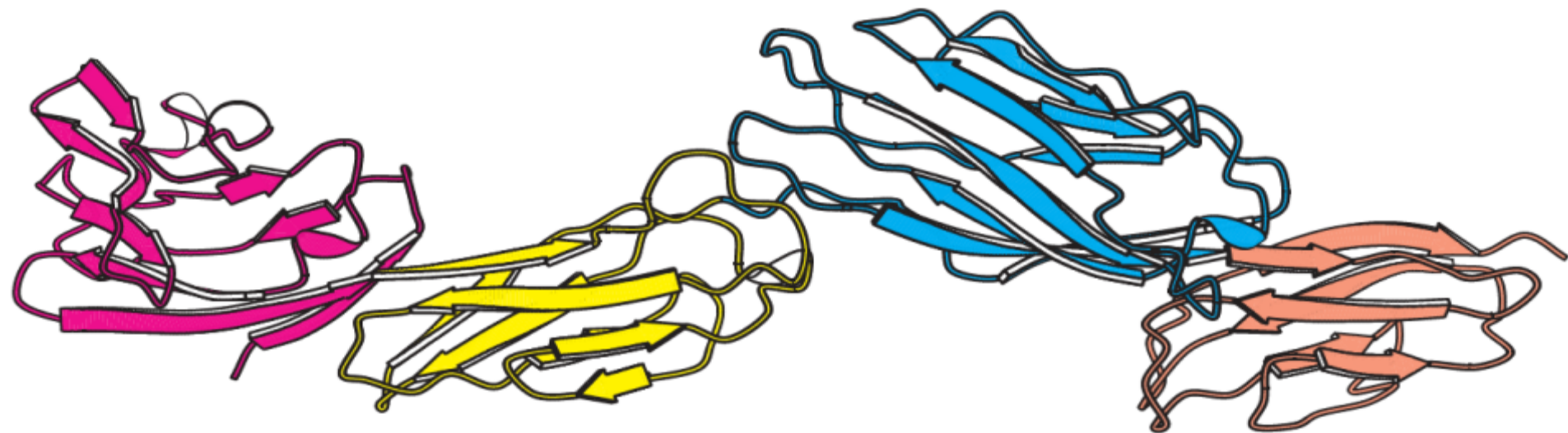



ΕΙΚΟΝΑ 2.45 Η πορίνη έχει αντίστροφη κατανομή αμινοξέων. Το εξωτερικό της πορίνης (που έρχεται σε επαφή με υδρόφοβα τμήματα των μεμβρανών) καλύπτεται κυρίως από υδρόφοβα κατάλοιπα, ενώ το κέντρο περιλαμβάνει έναν διάυλο γεμάτο νερό που απαρτίζεται από φορτισμένα και πολικά αμινοξέα. [Σχεδιασμένο από 1PRN.pdb.]

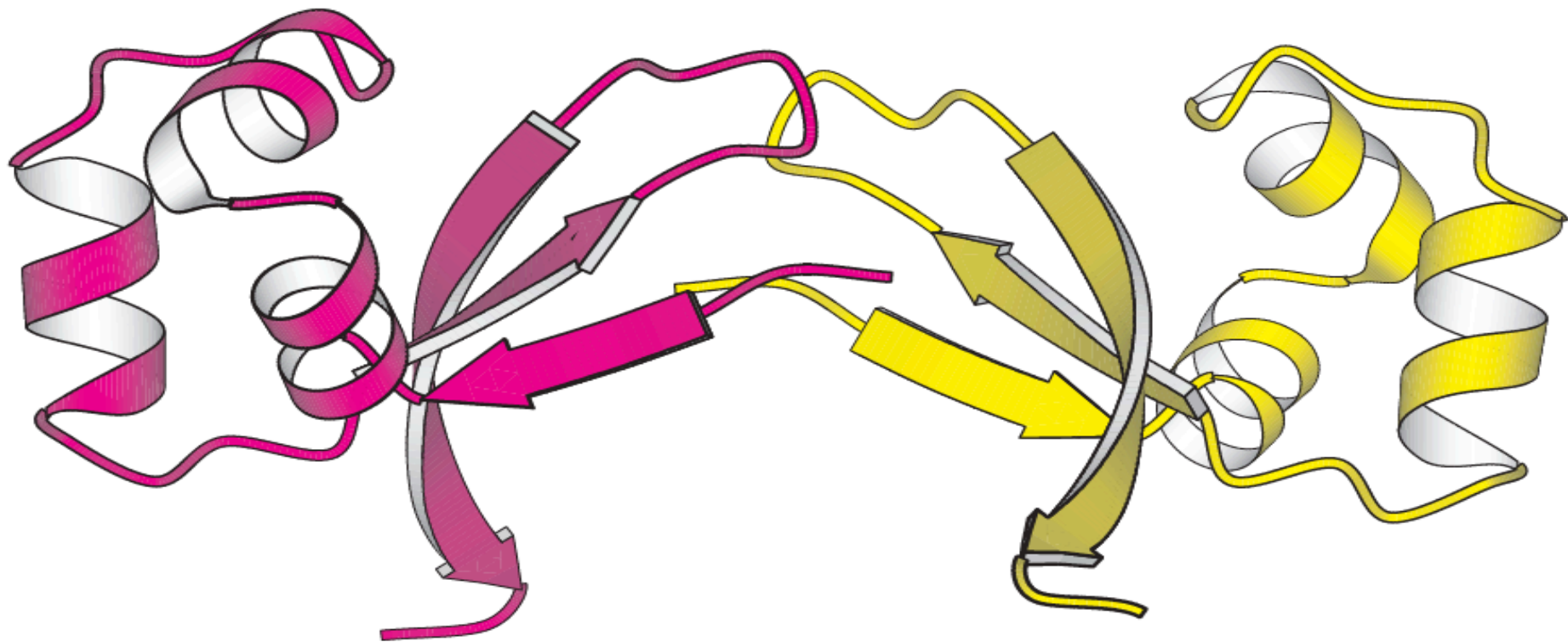



Έλικά-στροφή-έλικα

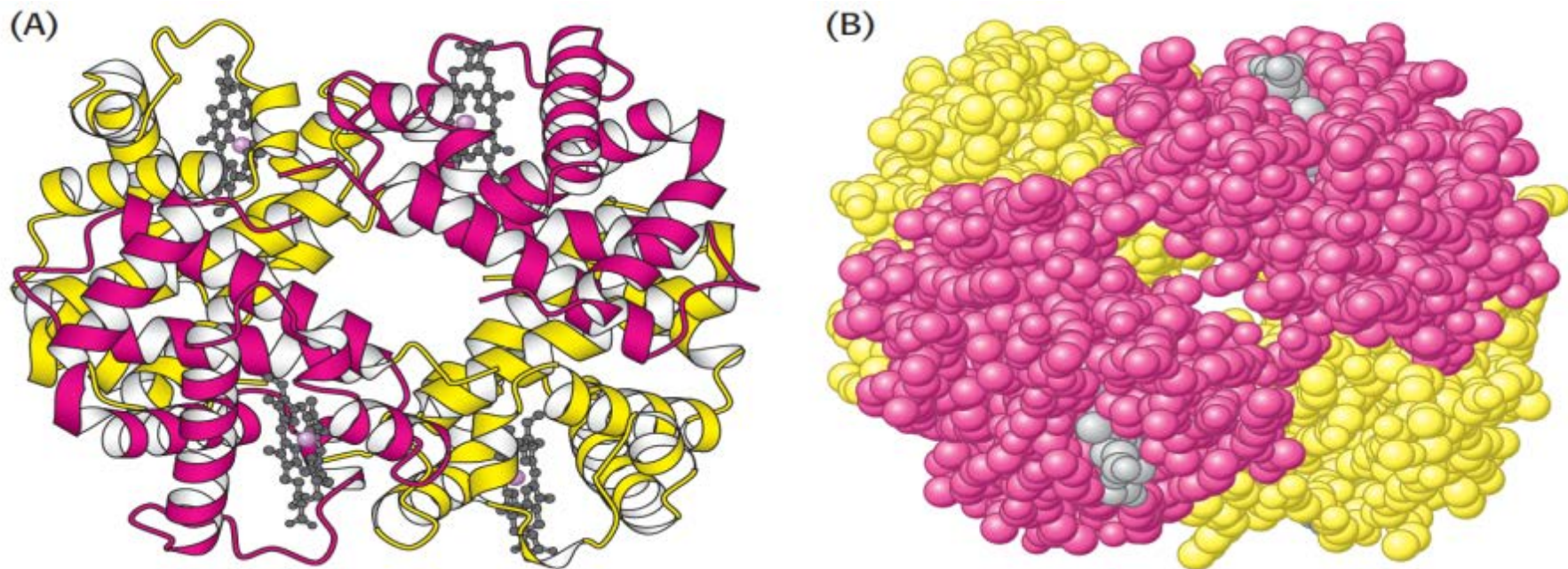
ΕΙΚΟΝΑ 2.46 Το μοτίβο έλικας-στροφής-έλικας, ένα στοιχείο υπερδευτεροταγούς δομής. Τα μοτίβα έλικας-στροφής-έλικας απαντούν σε πολλές πρωτεΐνες οι οποίες προσδένονται στο DNA. [Σχεδιασμένο από 1LMB.pdb.]



 **ΕΙΚΟΝΑ 2.47 Οι δομικές περιοχές των πρωτεϊνών.** Η μεμβρανική πρωτεΐνη CD4 αποτελείται από τέσσερις παρόμοιες δομικές περιοχές. [Σχεδιασμένο από 1WIO.pdb.]



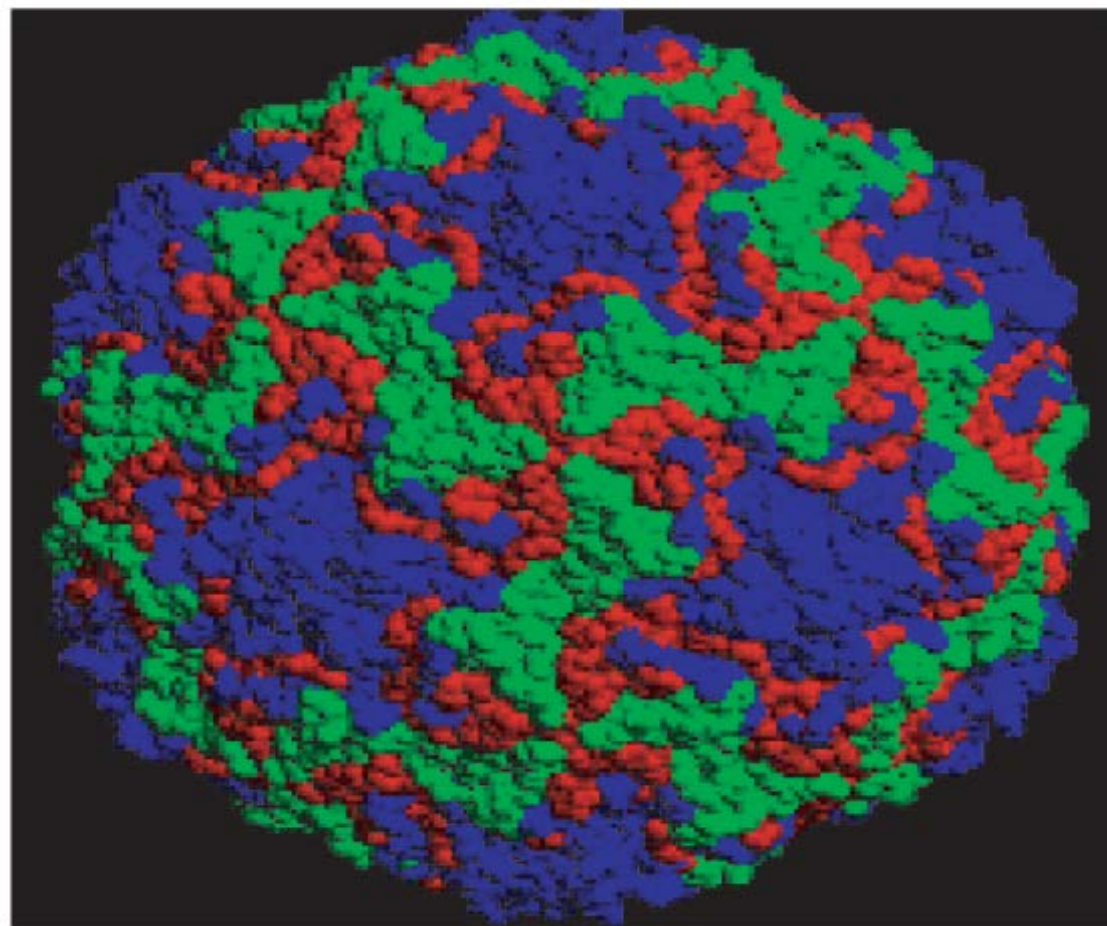
 **EIKONA 2.48 Τεταρτοταγής δομή.** Η πρωτεΐνη Cro του βακτηριοφάγου λ είναι ένα διμερές που αποτελείται από πανομοιότυπες υπομονάδες. [Σχεδιασμένο από 5CRO.pdb.]

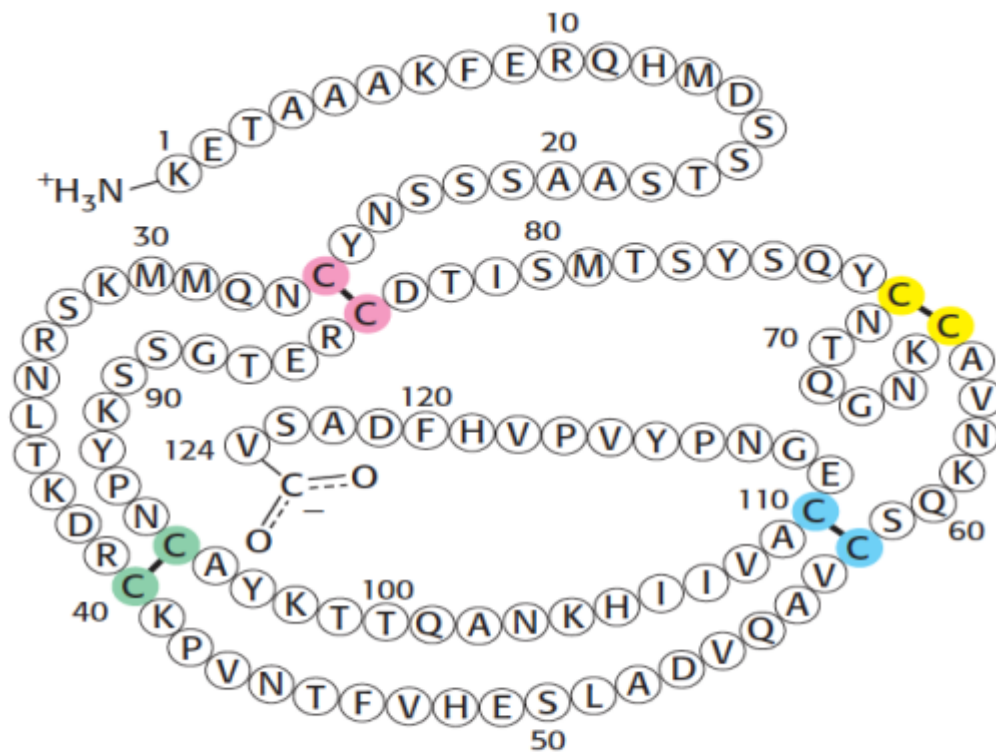


ΕΙΚΟΝΑ 2.49 Το τετραμερές της αιμοσφαιρίνης του ανθρώπου είναι $\alpha_2\beta_2$. Η δομή των δύο πανομοιότυπων υπομονάδων α (κόκκινο) μοιάζει αλλά δεν είναι ίδια με εκείνη των δύο πανομοιότυπων υπομονάδων β (κίτρινο). Το μόριο περιέχει τέσσερις ομάδες αίμης (γκρίζο, με μοβ το άτομο του σιδήρου). (A). Το διάγραμμα κορδέλας σκιαγραφεί την ομοιότητα μεταξύ των αλυσίδων α και β και δείχνει ότι αποτελούνται κυρίως από α -έλικες. (B) Το χωροπληρωτικό μοντέλο δείχνει ότι τα μόρια της αίμης καταλαμβάνουν εσοχές. [Σχεδιασμένο από 1A3N.pdb.]

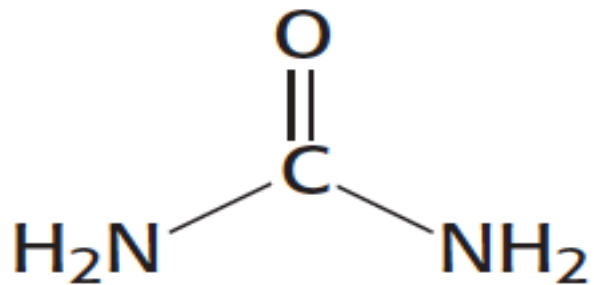


ΕΙΚΟΝΑ 2.50 Πολύπλοκη τεταρτοταγής δομή. Το κάλυμμα του ανθρώπινου ρινοϊού, που προκαλεί το κοινό κρυολόγημα, αποτελείται από τέσσερις υπομονάδες με 60 αντίγραφα η κάθε μία. Οι τρεις πιο προφανείς υπομονάδες παρουσιάζονται με διαφορετικά χρώματα.

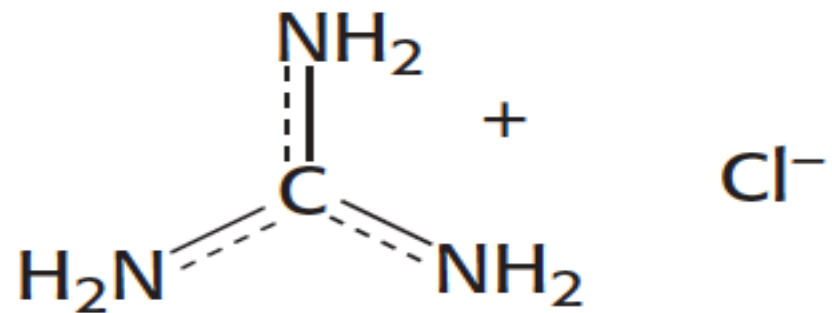




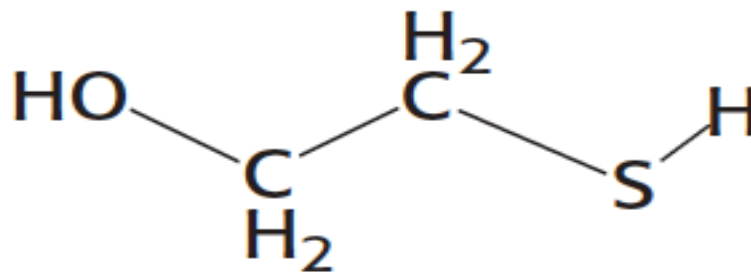
ΕΙΚΟΝΑ 2.51 Η αλληλουχία αμινοξέων της βόειας ριβονουκλεάσης. Οι τέσσερις δισουλφιδικοί δεσμοί φαίνονται έγχρωμοι. [Κατά C.H.W. Hirs, S. Moore & W.H. Stein, *J. Biol. Chem.*, 235:633-647, 1960.]



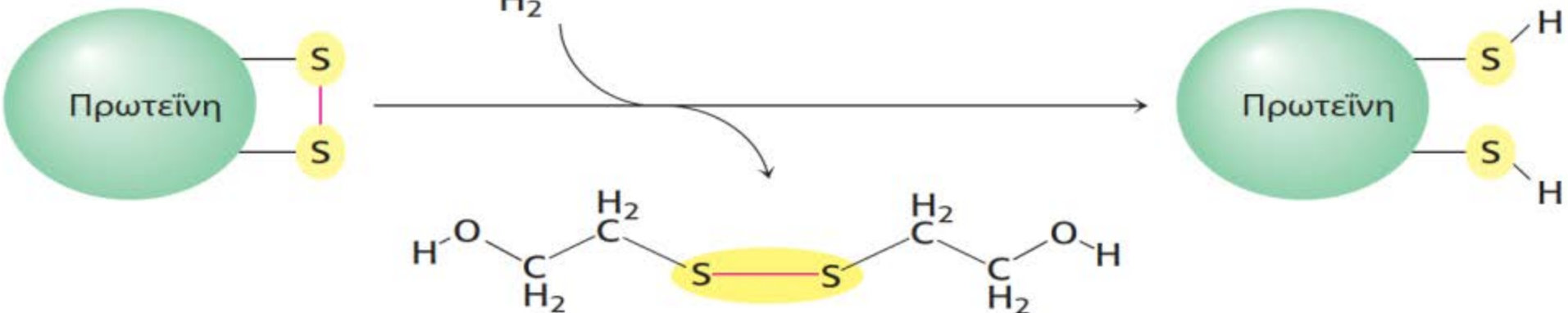
Ουρία



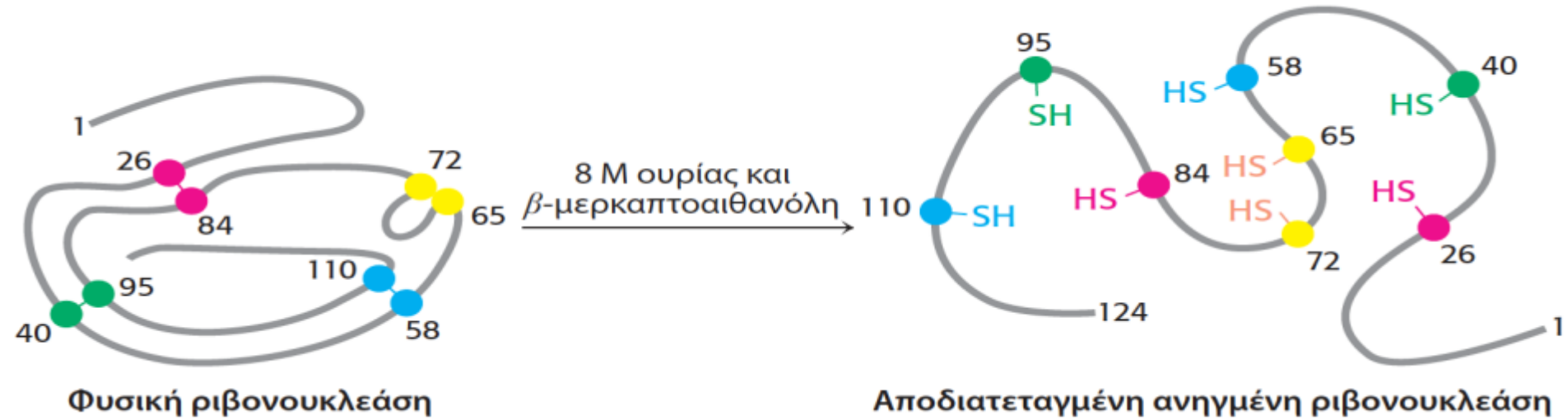
Υδροχλωρική γουανιδίνη



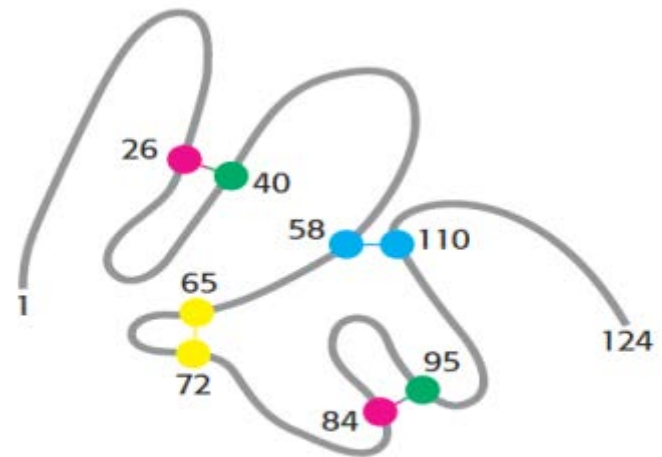
β -Μερκατοαιθανόλη



ΕΙΚΟΝΑ 2.52 Ο ρόλος της β-μερκαπτοαιθανόλης στην αναγωγή δισουλφιδικών δεσμών. Επισημαίνεται ότι ενώ οι δισουλφιδικοί δεσμοί ανάγονται, η β-μερκαπτοαιθανόλη οξειδώνεται και σχηματίζει διμερή.



ΕΙΚΟΝΑ 2.53 Αναγωγή και αποδιάταξη της ριβονουκλεάσης.



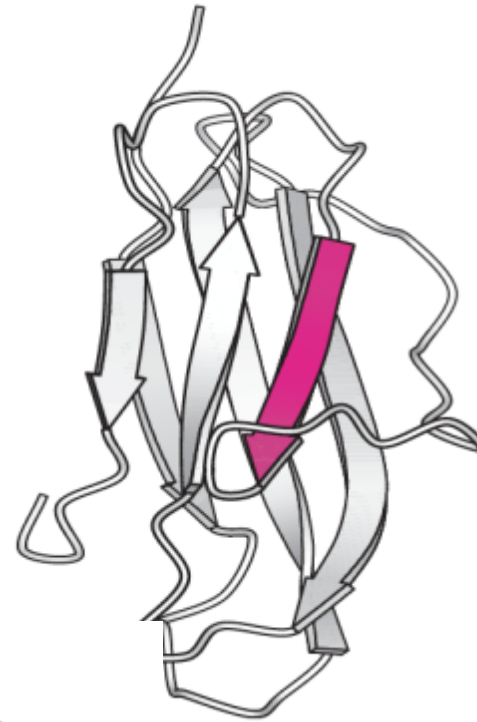
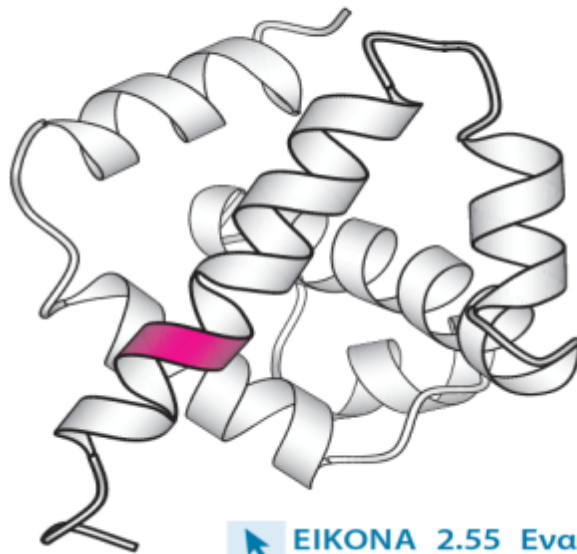
Ανακατεμένη ριβονουκλεάση

↓
Ίχνη
 β -μερκαπτοαιθανόλης

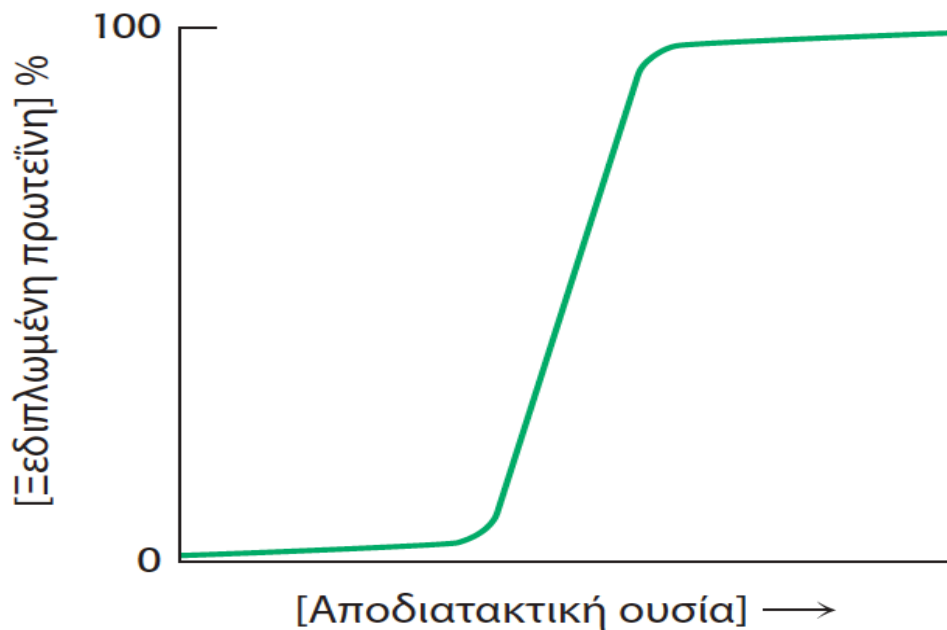


Φυσική ριβονουκλεάση

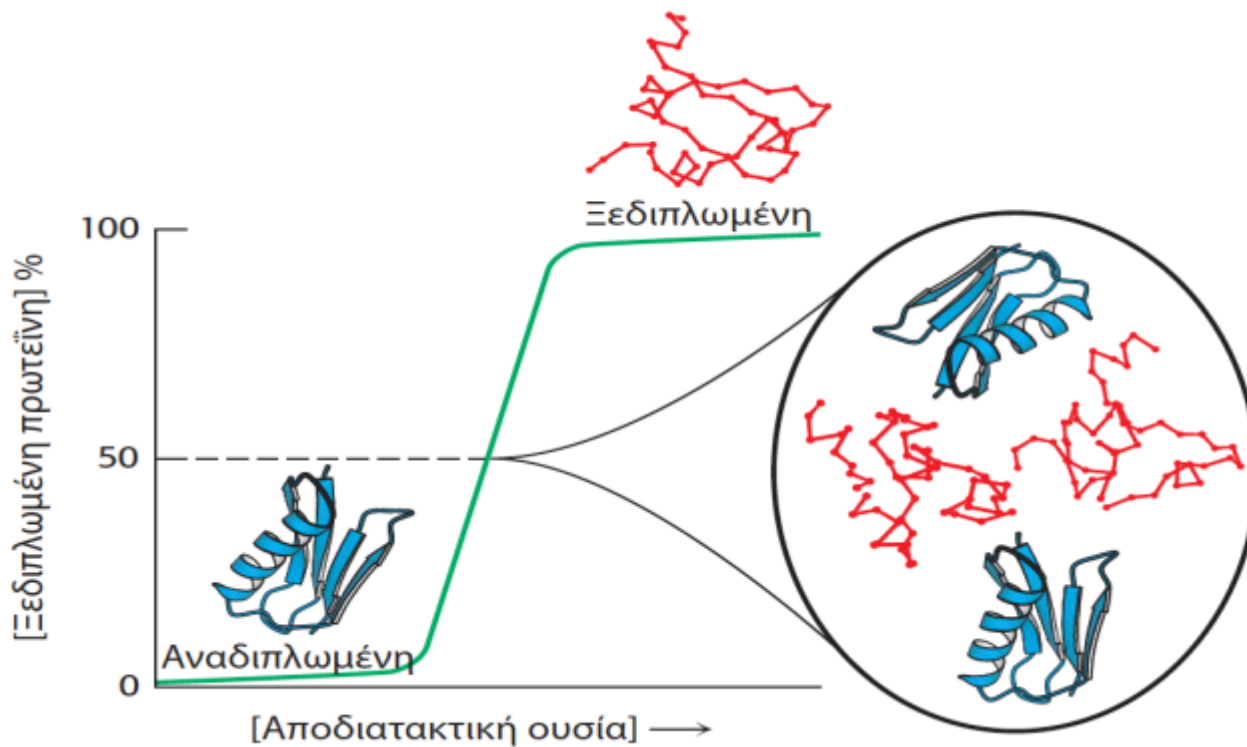
ΕΙΚΟΝΑ 2.54 Ανάκτηση του σωστού σχηματισμού των δισουλφιδικών ζευγών. Η φυσική ριβονουκλεάση μπορεί να προκύψει από ανακατεμένη ριβονουκλεάση όταν υπάρχουν ίχνη β -μερκαπτοαιθανόλης.



ΕΙΚΟΝΑ 2.55 Εναλλακτικές στερεοδιατάξεις μιας πεπτιδικής αλληλουχίας. Πολλές αλληλουχίες μπορούν να αποκτήσουν εναλλακτικές στερεοδιατάξεις όταν βρεθούν σε διαφορετικές πρωτεΐνες. Εδώ η αλληλουχία VDLLKN (εμφανίζεται με κόκκινο) υιοθετεί δομή α -έλικας σε κάποια πρωτεΐνη (αριστερά) και κάποια δομή β -πτύχωσης σε κάποια άλλη (δεξιά). [Σχεδιασμένο από (αριστερά) 3WRP.pdb, και (δεξιά) 2HLA.pdb.]



ΕΙΚΟΝΑ 2.56 Η μετάπτωση από την αναδιπλωμένη στην ξεδιπλωμένη κατάσταση. Οι περισσότερες πρωτεΐνες εμφανίζουν μια έντονη μετάπτωση από την αναδιπλωμένη στην ξεδιπλωμένη κατάσταση όταν αντιμετωπίζουν αυξανόμενες συγκεντρώσεις αποδιατακτικών παραγόντων.



ΕΙΚΟΝΑ 2.57 Συστατικά πρωτεϊνικού διαλύματος που βρίσκεται σε κατάσταση μερικού ξεδιπλώματος. Στην περίπτωση διαλύματος πρωτεΐνης η οποία είναι μισοξεδιπλωμένη, το διάλυμα αυτό περιέχει 50% ξεδιπλωμένα και 50% αναδιπλωμένα μόρια.



ΕΙΚΟΝΑ 2.58 Πώς “δακτυλογραφεί” ένας πίθηκος. Ένας πίθηκος χτυπώντας στην τύχη τα πλήκτρα της γραφομηχανής θα μπορούσε να γράψει σωστά μια γραμμή από τον Άμλετ του Σαίξπηρ, εφ’ όσον διατηρούνται οι σωστοί χαρακτήρες που θα χτυπήσει στην τύχη. Παρατίθενται δύο προσομοιώσεις με υπολογιστή όπου ο συνολικός αριθμός χτυπημάτων στο πληκτρολόγιο δίνεται στο αριστερό μέρος της γραμμής.

```

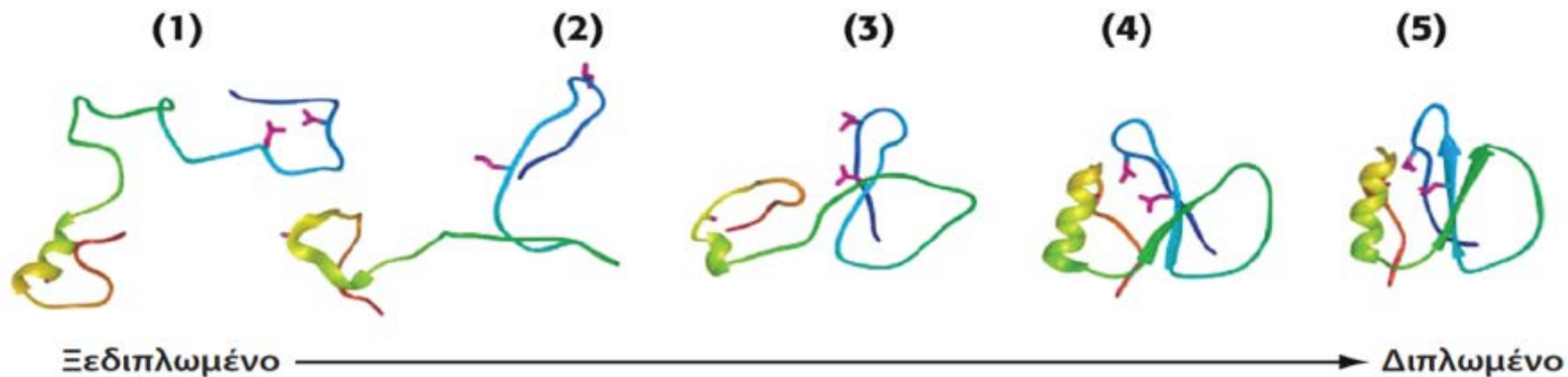
200 ?T(\G{+s x[A.N5~, #ATxSGpn`e□@
400 oDr'Jh7s DFR:W4l'u+^v6zpJseOi
600 e2ih'8zs n527x8l8d_ih=Hldseb.
800 S#dh>)/s ]tZqC%lP%DK<|!^aseZ.
1000 V0th>nLs ut/isjl_kwojjwMasef.
1200 juth+nvs it is[lukh?SCw-ase5.
1400 Iithdn4s it is0l/ks/IxwLase~.
1600 M?thinrs it is lXk?T"_woasel.
1800 MStthinWs it is lwkN7□kw(asel.
2000 Mhthin`s it is likv,aww_asel.
2200 MMthinns it is lik+5avwlasel.
2400 MethinXs it is likydaqw)asel.
2600 Methin4s it is lik2dasweasel.
2800 MethinHs it is like□aTweasel.
2883 Methinks it is like a weasel.

```

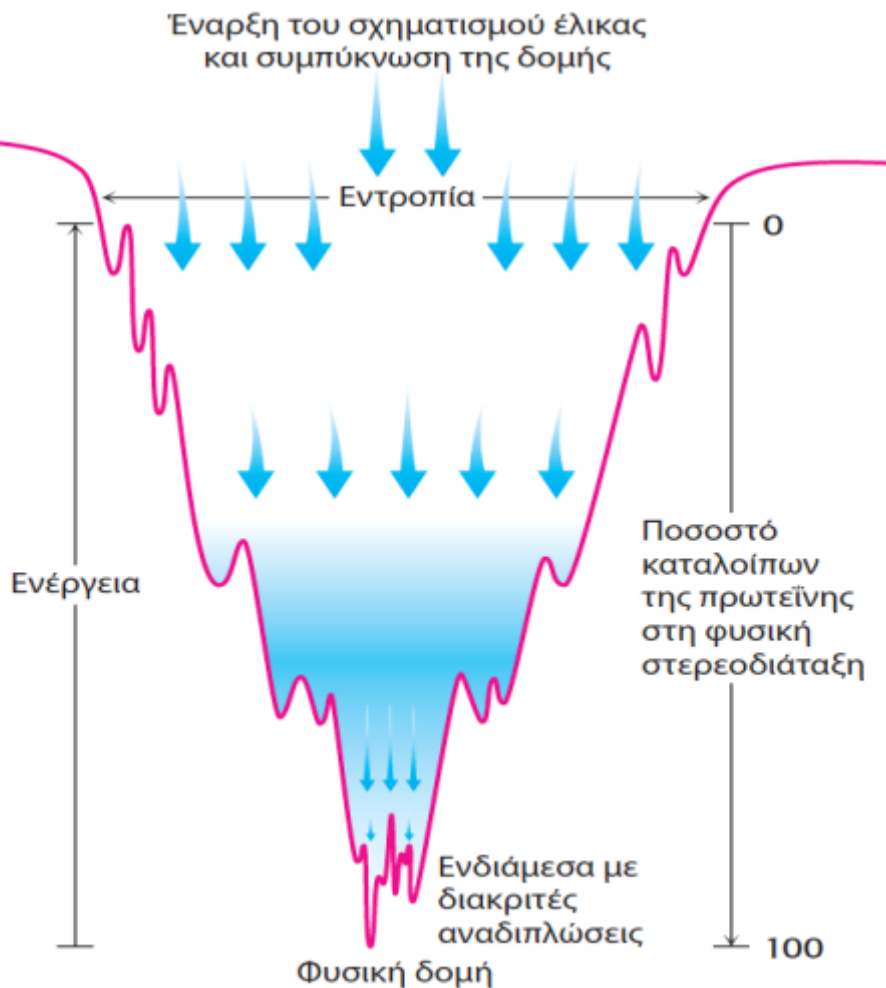
```

200 )z~hg)W4{{cu!kO{d6jS!NlEyUx}p
400 "W hi\kR.<&CfA%4-YlG!iT$6({|6
600 .L=hinkm4(uMGP^lAWoE6klwW=yiS
800 AthinkaPa_vYH liR\Hb,Uo4\-"(
1000 OFthinksP)@fZO li8v] /+Eln26B
1200 6ithinksMvt -V likm+g1#K~)BFk
1400 vxthinksaEt □w like.SlGeutks.
1600 :Othinks<it MC likesN2[eaVe4.
1800 uxthinksqit Or likeQh)wea□eW.
2000 Y/thinks it id like7alwea)ε.
2200 Methinks it iw like a[weaWel.
2400 Methinks it is like a;weasel.
2431 Methinks it is like a weasel.

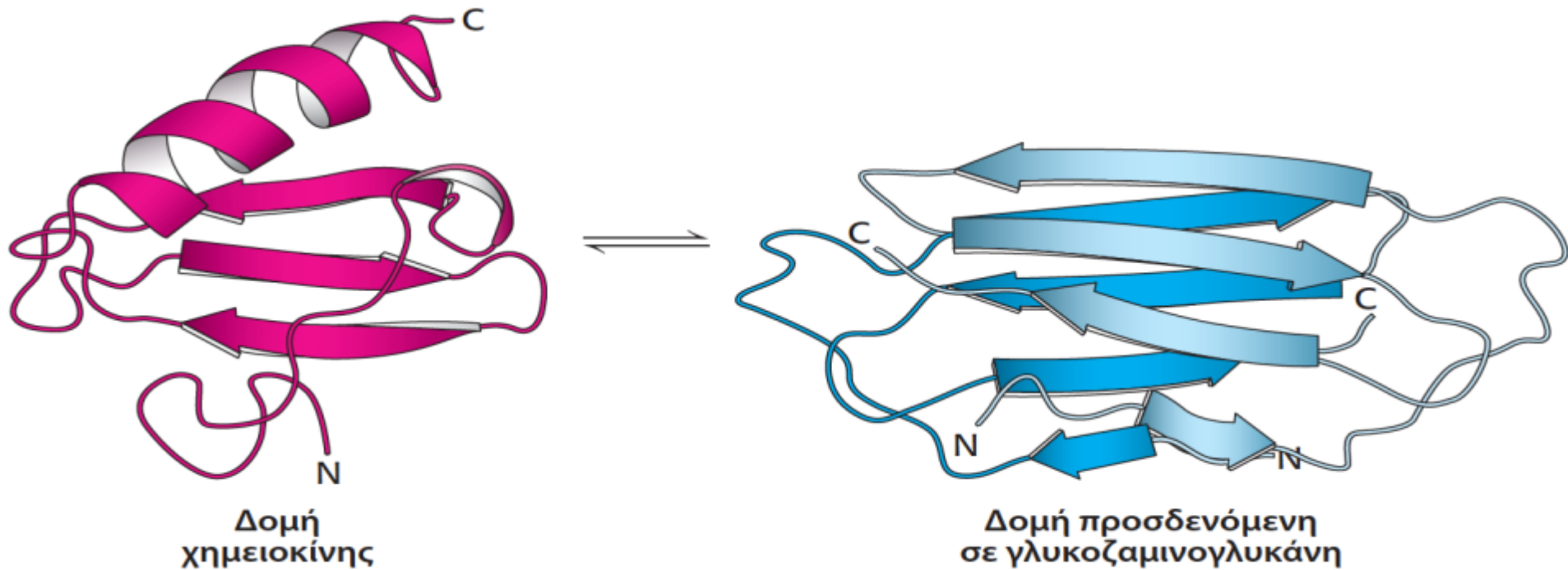
```



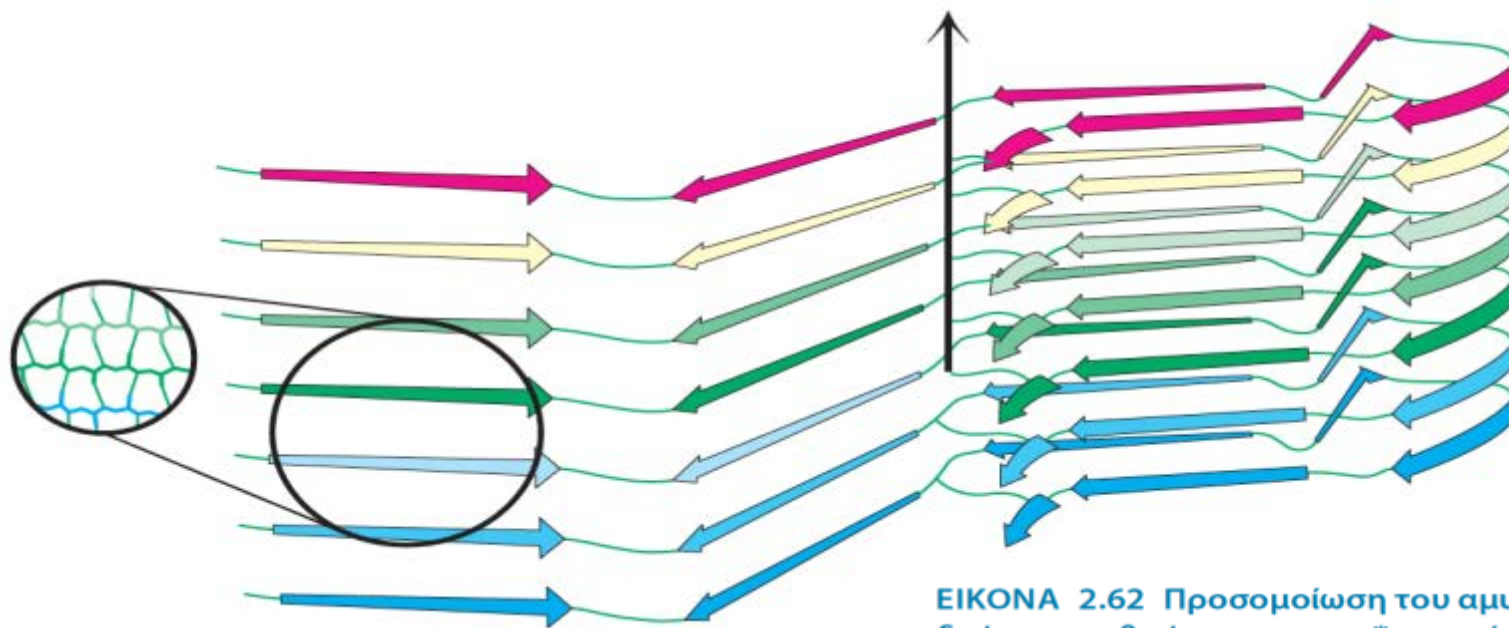
ΕΙΚΟΝΑ 2.59 Προτεινόμενη πορεία αναδίπλωσης του αναστολέα της χυμοθρυψίνης. Τοπικές περιοχές με δεδομένη δομική προτίμηση έχουν την τάση να καταλήγουν αρχικά στην προτιμώμενη δομή (1). Αυτές οι τοπικές δομές συναθροίζονται ώστε να σχηματιστεί ένας πυρήνας με προσομοιάζουσα προς τη φυσική δομή κατάσταση, η οποία όμως έχει κινητικότητα (4). Η δομή στη συνέχεια συμπυκνώνεται για τον σχηματισμό της φυσικής και πιο συμπαγούς δομής (5). [Από A.R. Fesht & V. Daggett, *Cell* 108: 573-582, 2002, κατόπιν άδειας από Elsevier.]



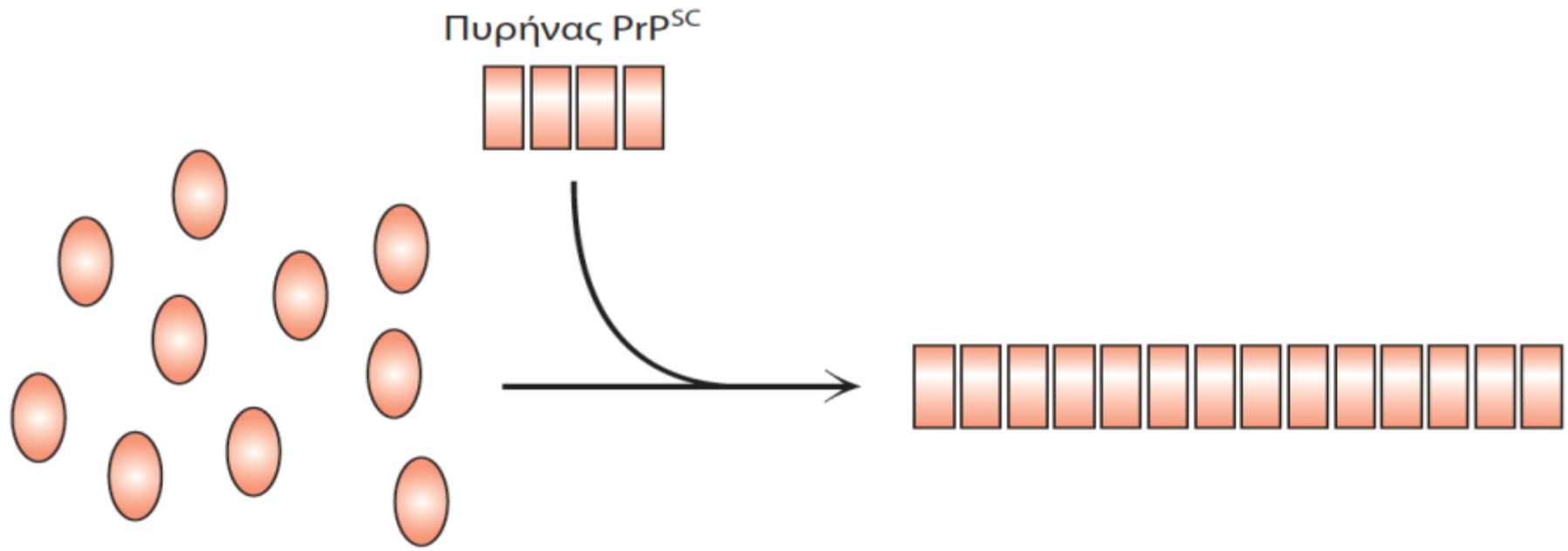
ΕΙΚΟΝΑ 2.60 Ενεργειακή χοάνη αναδίπλωσης. Η ενεργειακή χοάνη αναδίπλωσης απεικονίζει τη θερμοδυναμική της αναδίπλωσης πρωτεϊνών. Η κορυφή της χοάνης αντιπροσωπεύει όλες τις πιθανές αποδιατεταγμένες δομές –δηλαδή, τη μέγιστη εντροπία στερεοδιάταξης. Τα ελάχιστα στις πλευρές της χοάνης αντιπροσωπεύουν ημισταθερά ενδιάμεσα τα οποία μπορούν να διευκολύνουν ή να παρεμποδίσουν τον σχηματισμό της φυσικής δομής, ανάλογα με το μέγεθος του ελάχιστου. Δευτεροταγείς δομές, όπως οι έλικες, σχηματίζονται και συναθροίζονται μεταξύ τους, ώστε να ξεκινήσει η αναδίπλωση. [Κατά D.L. Nelson and M.M. Cox, *Lehninger Principles of Biochemistry*, 5th ed. (W.H. Freeman and Company, 2008) p. 143.]



ΕΙΚΟΝΑ 2.61 Η λεμφοτακτίνη υπάρχει σε δύο στερεοδιατάξεις, που βρίσκονται σε ισορροπία μεταξύ τους. [R.L. Tunista, F.C. Peterson, S. Kutlesa, E.S. Elgin, M.A. Kron, and B.F. Volkman, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 105: 5057-5062, 2008, Fig. 2A.]

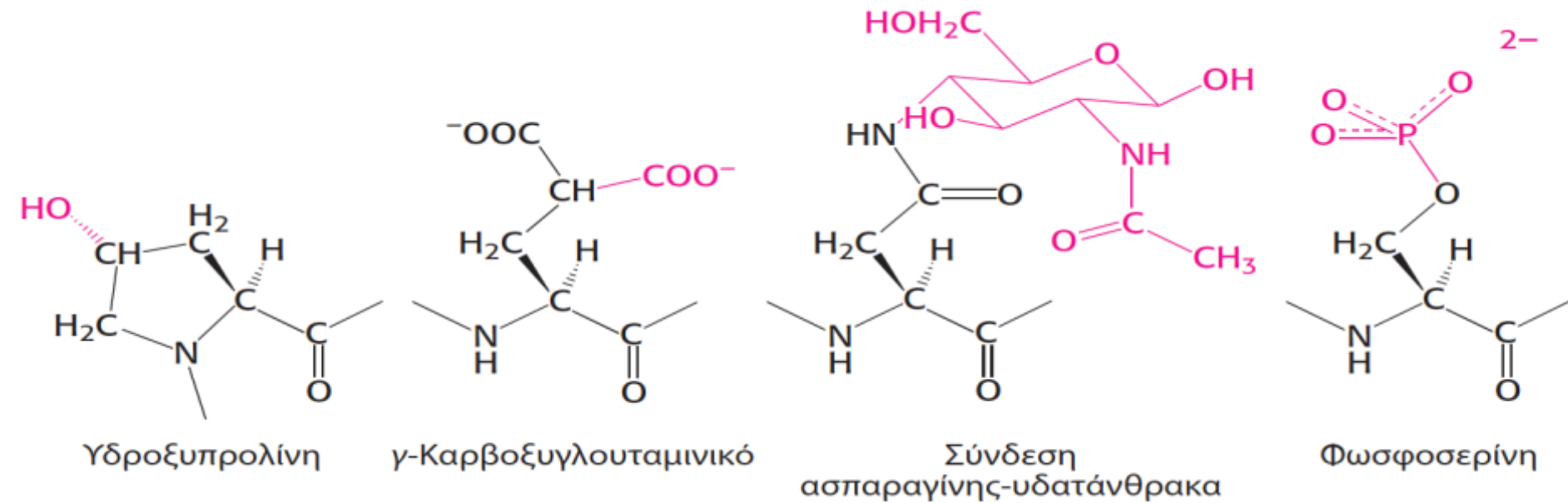


ΕΙΚΟΝΑ 2.62 Προσομοίωση του αμυλοειδούς της ανθρώπινης πρωτεΐνης πρίον. Λεπτομερές μοντέλο ενός ινιδίου αμυλοειδούς ανθρώπινου πρίον, όπως προέκυψε μετά από μελέτη σήμανσης ιδιοστροφορμής και φασματοσκοπίας ηλεκτρονιακού παραμαγνητικού συντονισμού (EPR), όπου φαίνεται ότι η συσσωμάτωση της πρωτεΐνης οφείλεται στον σχηματισμό μεγάλων παράλληλων β -πτυχωτών επιφανειών. Το βέλος δείχνει τον επιμήκη άξονα του ινιδίου. [N.J. Cobb, F.D. Sönnichsen, H. Mchaouab, and W.K. Surewicz, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 104: 18946-18951, 2007, Fig. 4E.]



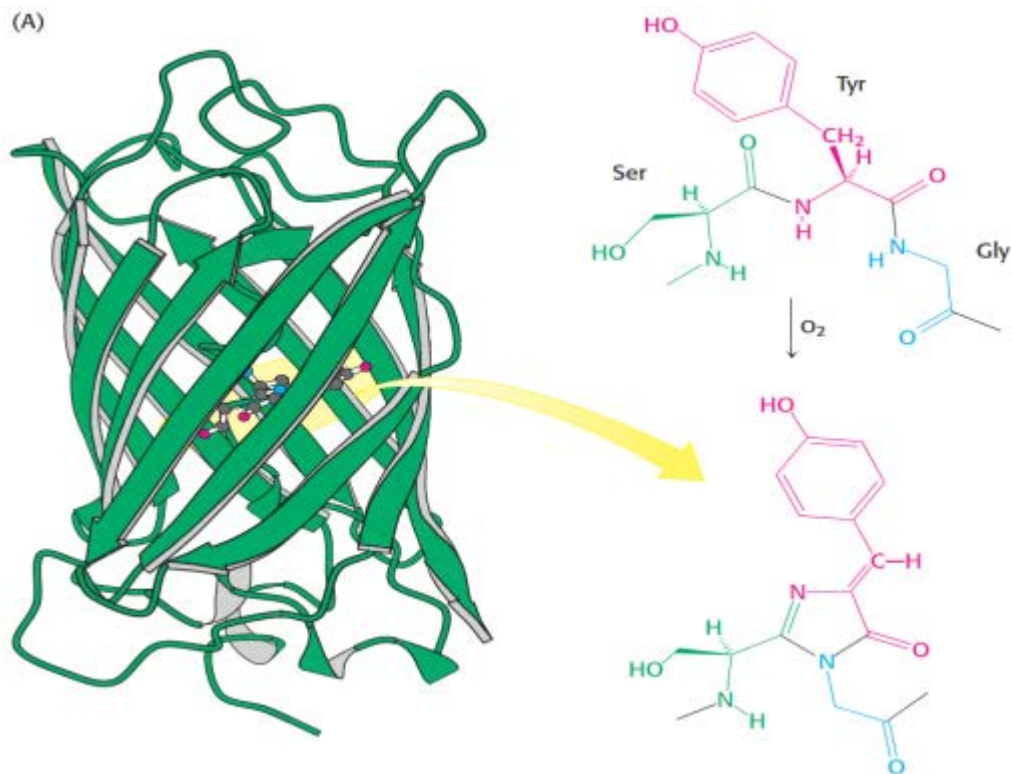
Φυσιολογική στερεοδιάταξη PrP

ΕΙΚΟΝΑ 2.63 Το πρότυπο της μετάδοσης της νόσου του πρίον αποκλειστικά μέσω πρωτεϊνών. Ένας πυρήνας που περιέχει πρωτεΐνες στην παθολογική στερεοδιάταξη, αυξάνεται με την προσθήκη πρωτεϊνών με φυσιολογική στερεοδιάταξη.

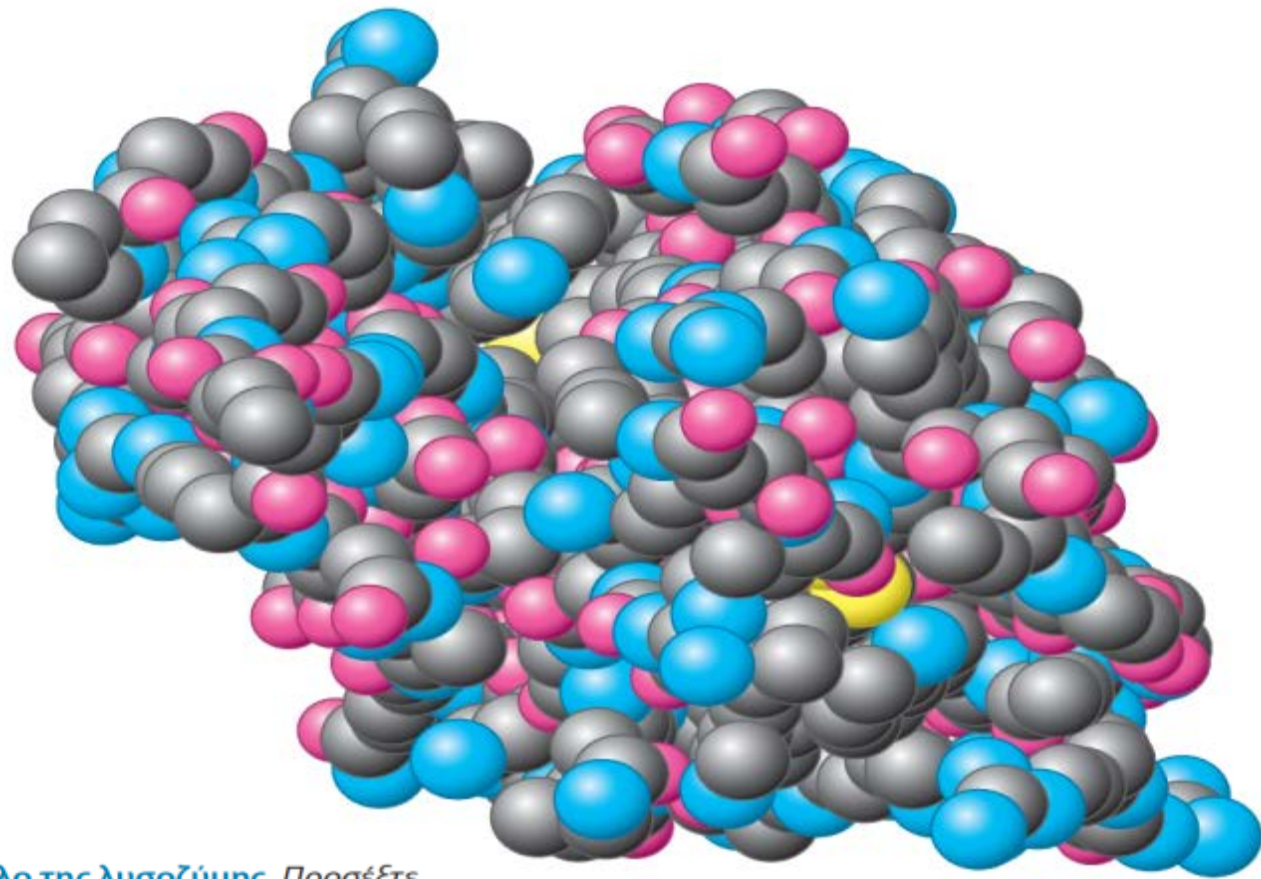


ΕΙΚΟΝΑ 2.64 Τελικές πινελιές.

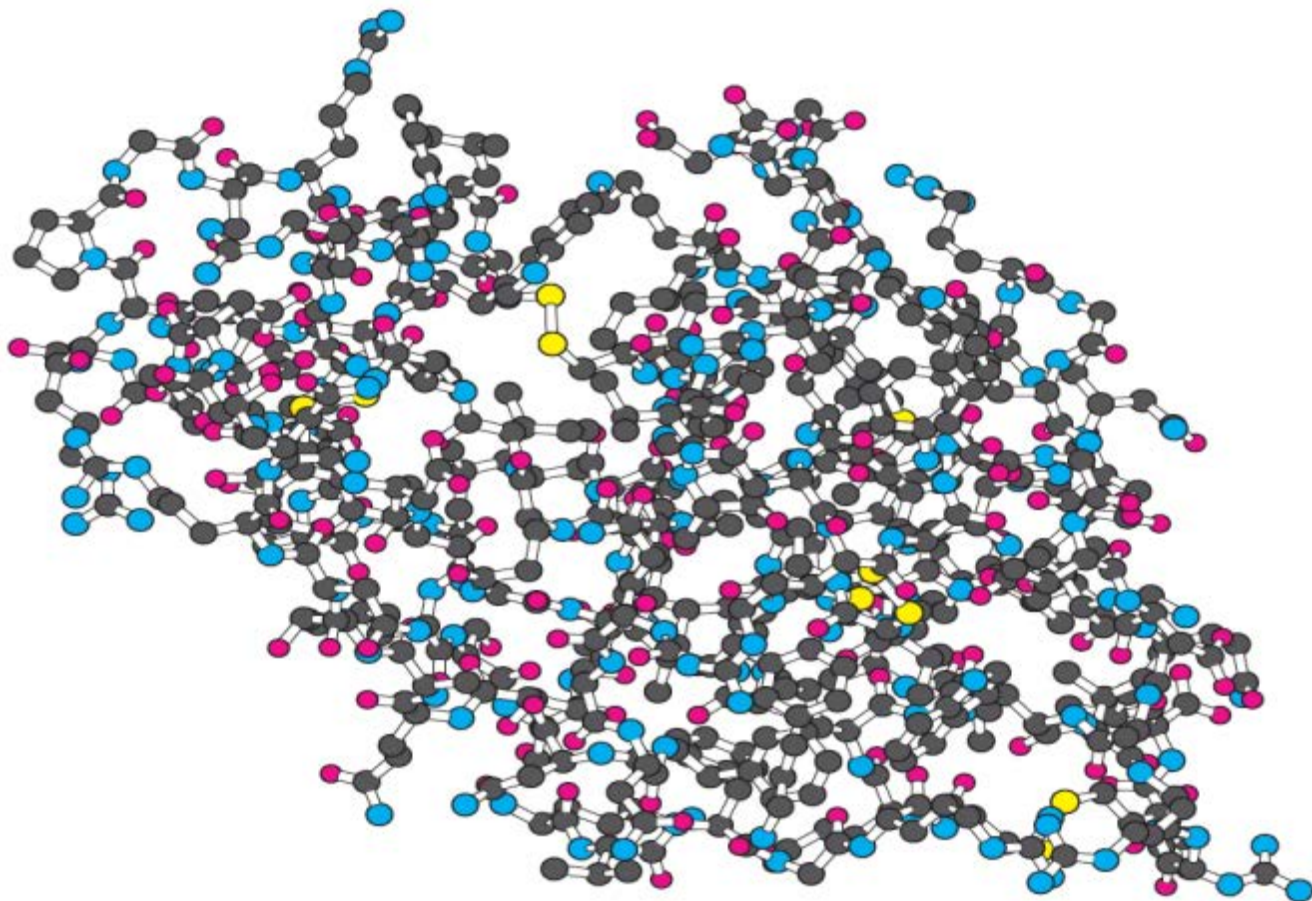
Απεικονίζονται μερικές κοινές και σημαντικές ομοιοπολικές τροποποιήσεις πλευρικών αλυσίδων των αμινοξέων.



ΕΙΚΟΝΑ 2.65 Χημική αναδιάταξη στην GFP. (A) Η δομή της πράσινης φθορίζουσας πρωτεΐνης (GFP). Η πηγή του φθορισμού είναι η αναδιάταξη και οξείδωση της αλληλουχίας Ser-Tyr-Gly. (B) Φωτομικρογραφία φθορισμού ενός εμβρύου στο στάδιο των τεσσάρων κυττάρων (τα κύτταρα είναι σχεδιασμένα). Το έμβρυο είναι από τον νηματώδη σκώληκα *C. elegans* και περιέχει μια πρωτεΐνη, την PIE-I, που έχει σημειωθεί με GFP. Η πρωτεΐνη εκφράζεται μόνο στο κύτταρο της κορυφής (επάνω) που θα δώσει τα κύτταρα των γαμετών. [(A) Σχεδιασμένο από 1GFL.pdb· (B) Ευγενική προσφορά Dr. Geraldine Seydoux.]



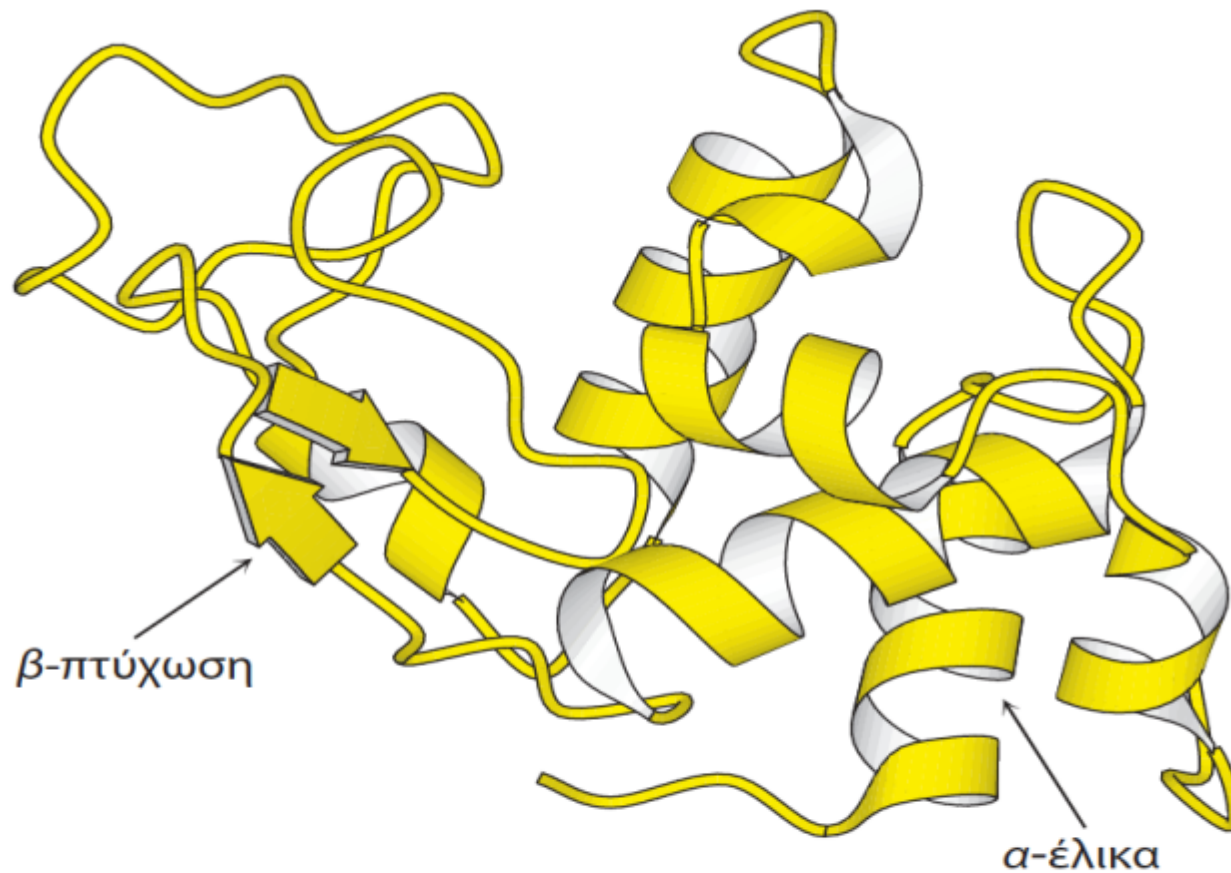
ΕΙΚΟΝΑ 2.66 Χωροπληρωτικό μοντέλο της λυσοζύμης. Προσέξτε πόσο συμπαγής είναι η δομή της λυσοζύμης, με τα άτομα να βρίσκονται σε επαφή το ένα με το άλλο. Απεικονίζονται όλα τα άτομα με εξαίρεση εκείνα του υδρογόνου, διότι αφ'ενός αυτά τα άτομα δεν προσδιορίζονται επακριβώς από την κρυσταλλογραφία με ακτίνες Χ και αφ'ετέρου διότι πρέπει να διακρίνονται με ευχέρεια όλα τα υπόλοιπα άτομα.



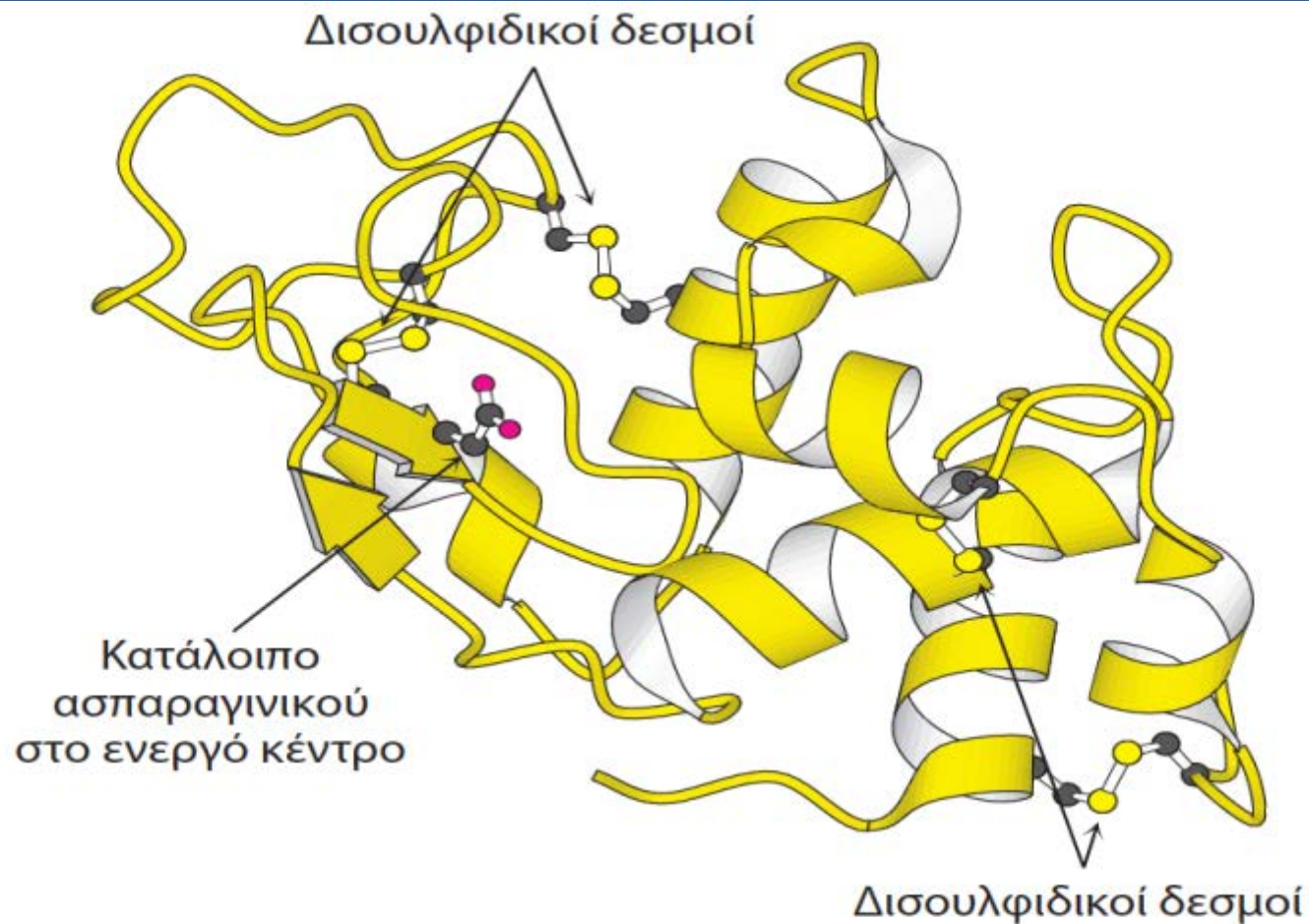
ΕΙΚΟΝΑ 2.67 Μοντέλο της λυσοζύμης με σφαίρες και ράβδους. Και εδώ, τα άτομα υδρογόνου δεν εμφανίζονται.



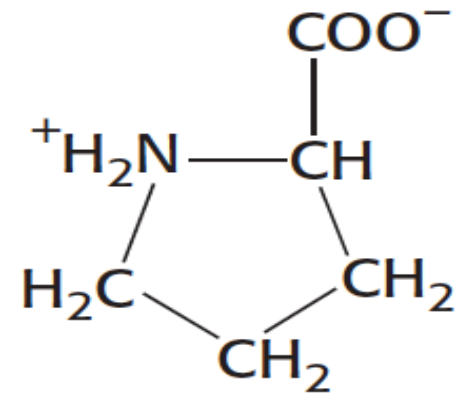
ΕΙΚΟΝΑ 2.68 Μοντέλο κορμού της λυσοζύμης.



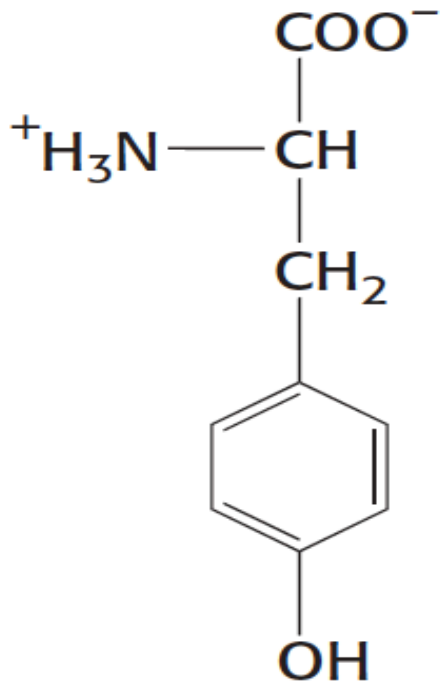
ΕΙΚΟΝΑ 2.69 Διάγραμμα κορδέλας της λυσοζύμης. Οι α -έλικες απεικονίζονται ως στριφτές κορδέλες, ενώ οι β -πτυχώσεις εμφανίζονται ως βέλη. Οι πιο ακανόνιστες δομές εμφανίζονται ως λεπτοί σωλήνες.



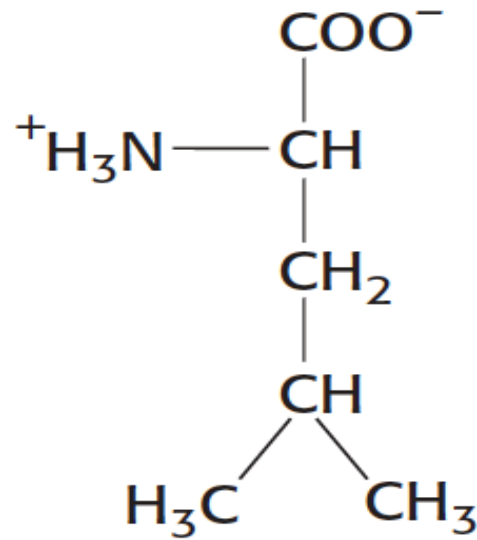
ΕΙΚΟΝΑ 2.70 Διάγραμμα κορδέλας της λυσοζύμης με επιπλέον λεπτομέρειες. Φαίνονται οι τέσσερις δισουλφιδικοί δεσμοί καθώς και ένα λειτουργικά σημαντικό κατάλοιπο ασπαραγινικού, όλα σε μορφή σφαίρας και ράβδου.



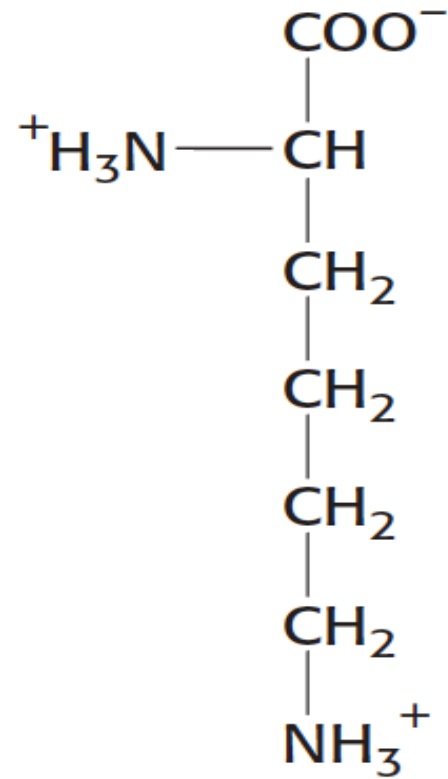
A



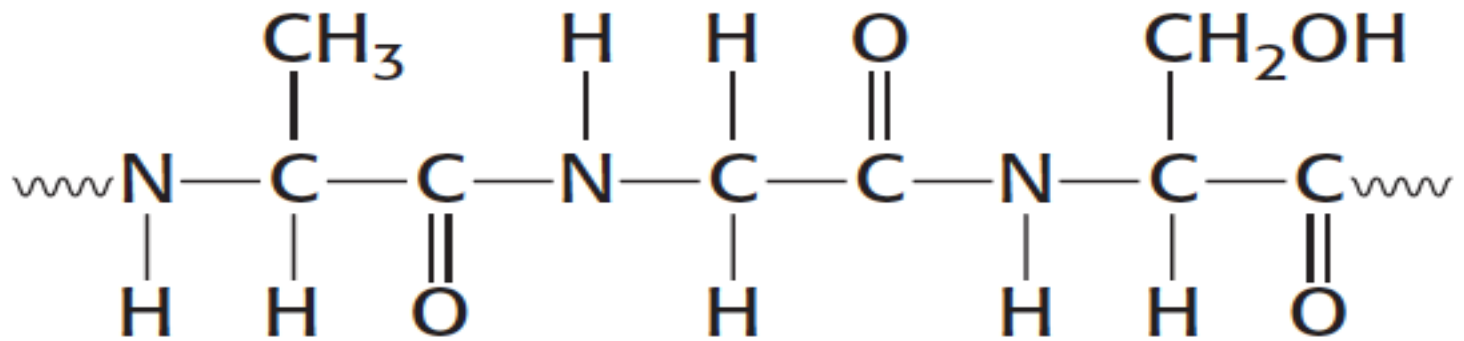
B



Γ

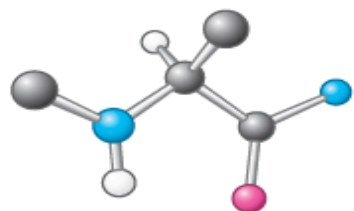


Δ





(Α)

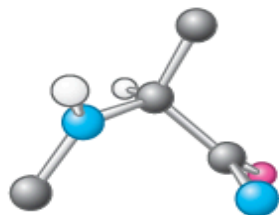


(α)

$$\varphi = 120^\circ,$$

$$\psi = 120^\circ$$

(Β)

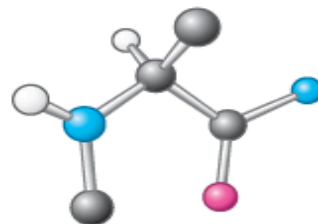


(β)

$$\varphi = 180^\circ,$$

$$\psi = 0^\circ$$

(Γ)

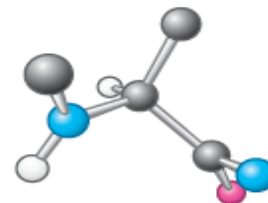


(γ)

$$\varphi = 180^\circ,$$

$$\psi = 180^\circ$$

(Δ)

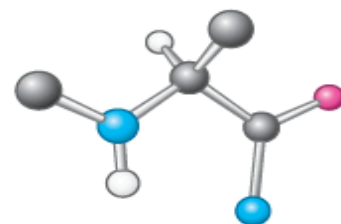


(δ)

$$\varphi = 0^\circ,$$

$$\psi = 180^\circ$$

(Ε)



(ε)

$$\varphi = -60^\circ,$$

$$\psi = -40^\circ$$



Πίνακας 2.1 Τυπικές τιμές pK_a ιοντιζόμενων ομάδων στις πρωτεΐνες

Ομάδα	Οξύ \rightleftharpoons Βάση	Τυπικό pK_a^*
Τελική α -καρβοξυλομάδα		3,1
Ασπαραγινικό οξύ Γλουταμινικό οξύ		4,1
Ιστιδίνη		6,0
Τελική α -αμινομάδα		8,0
Κυστεΐνη		8,3
Τυροσίνη		10,9
Λυσίνη		10,8
Αργινίνη		12,5

* Οι τιμές pK_a εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, την ιοντική ισχύ και το μικροπεριβάλλον της ιοντιζόμενης ομάδας.


Πίνακας 2.2 Συντομογραφίες και σύμβολα για αμινοξέα

Αμινοξύ	Συντ/γραφία τριών γραμμάτων	Συντ/γραφία ενός γράμματος	Αμινοξύ	Συντ/γραφία τριών γραμμάτων	Συντ/γραφία ενός γράμματος
Αλανίνη	Ala	A	Ιστιδίνη	His	H
Αργινίνη	Arg	R	Κυστεΐνη	Cys	C
Ασπαραγίνη	Asn	N	Λευκίνη	Leu	L
Ασπαραγινικό οξύ	Asp	D	Λυσίνη	Lys	K
Βαλίνη	Val	V	Μεθειονίνη	Met	M
Γλουταμίνη	Gln	Q	Προλίνη	Pro	P
Γλουταμινικό οξύ	Glu	E	Σερίνη	Ser	S
Γλυκίνη	Gly	G	Τυροσίνη	Tyr	Y
Θρεονίνη	Thr	T	Φαινυλαλανίνη	Phe	F
Θρυπτοφάνη	Trp	W	Ασπαραγίνη ή ασπαραγινικό οξύ	Asx	B
Ισολευκίνη	Ile	I	Γλουταμίνη ή γλουταμινικό οξύ	Glx	Z

**Πίνακας 2.3** Σχετικές συχνότητες παρουσίας καταλοίπων αμινοξέων σε δευτεροταγείς δομές

Αμινοξύ	α -έλικα	β -πτυχωτή επιφάνεια	Ανάστροφη στροφή
Glu	1,59	0,52	1,01
Ala	1,41	0,72	0,82
Leu	1,34	1,22	0,57
Met	1,30	1,14	0,52
Gln	1,27	0,98	0,84
Lys	1,23	0,69	1,07
Arg	1,21	0,84	0,90
His	1,05	0,80	0,81
Val	0,90	1,87	0,41
Ile	1,09	1,67	0,47
Tyr	0,74	1,45	0,76
Cys	0,66	1,40	0,54
Trp	1,02	1,35	0,65
Phe	1,16	1,33	0,59
Thr	0,76	1,17	0,96
Gly	0,43	0,58	1,77
Asn	0,76	0,48	1,34
Pro	0,34	0,31	1,32
Ser	0,57	0,96	1,22
Asp	0,99	0,39	1,24

Σημείωση: Τα αμινοξέα ομαδοποιήθηκαν σύμφωνα με την τάση τους να βρίσκονται σε α -έλικες (αριστερά), β -πτυχωτές επιφάνειες (μέσον) ή στροφές (δεξιά). [Κατά T. E. Creighton, *Proteins: Structures and Molecular Properties*, 2nd ed. (W. H. Freeman and Company, 1992), p. 256.]



Βιβλιογραφία

1. Jeremy M Berg, John L Tymoczko, Lubert Stryer, ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, 5^η έκδοση, Α τόμος, Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2004. Βλέπε και διαδικτυακό τόπο του βιβλίου www.whfreeman.com/Berg7e/
2. Διαμαντίδη Γρ., ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, 3^η έκδοση, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2007/2010.
3. Campbell NA, Reece JB. *Βιολογία*, τόμος Ι. 8^η έκδοση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2010.
4. Γ. Μουρκίδη, Γεωργική Χημεία, Θεσσαλονίκη, 1971. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
5. Geoffrey [Zubay](#), William [Parson](#), Diane E. [Vance](#). Αρχές βιοχημείας, [ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης](#), Αθήνα 1999. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
6. David L. [Nelson](#), Michael M. [Cox](#). *Lehninger*, Principles of Biochemistry (υπάρχει και μεταφρασμένη ελληνική έκδοση) Βασικές αρχές βιοχημείας. Μεταφραστές: Κ.Ε. [Σταματόπουλος](#), Α.Ν. [Χατζηδημητρίου](#). Επιμελητής: Α.Γ. [Παπαβασιλείου](#). [ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης](#), Αθήνα, 2007. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
7. Mathews D, van Holde KE. BIOCHEMISTRY, 3rd edition, Benjamin Cummings, Menlo Park, 2003. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
8. John Clark, Robert ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ. Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 1992, 2^η εκτύπωση, 2001. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
9. ΙΓ Γεωργιάτσου, Δ. Κυριακίδης, Τ. Γιουψάνης, κ.ά. Εργαστηριακές Ασκήσεις Βιοχημείας. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη, 2004. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
10. Οδηγός μελέτης του μαθήματος (φυλλάδιο που χορηγείται στη διάλεξη).



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη Δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.





Σημείωμα Αναφοράς

Παπαδόπουλος, Γ. Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας.
Τεχνολογικό Ίδρυμα Ηπείρου. Διαθέσιμο από:
<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG119/>





Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Αντώνιος Σακελλάριος
Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΒΟΝΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





Τέλος Ενότητας

Αμινοξέα, Πρωτεΐνες και δομή λειτουργίας Πρωτεϊνών

