



Ελληνική Δημοκρατία  
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό  
Ίδρυμα Ηπείρου

# Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας

Ενότητα 6: Ένζυμα, αναστολείς, μηχανισμοί  
δράσης

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 6: Ένζυμα, αναστολείς, μηχανισμοί δράσης

Γεώργιος Παπαδόπουλος

Καθηγητής

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



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

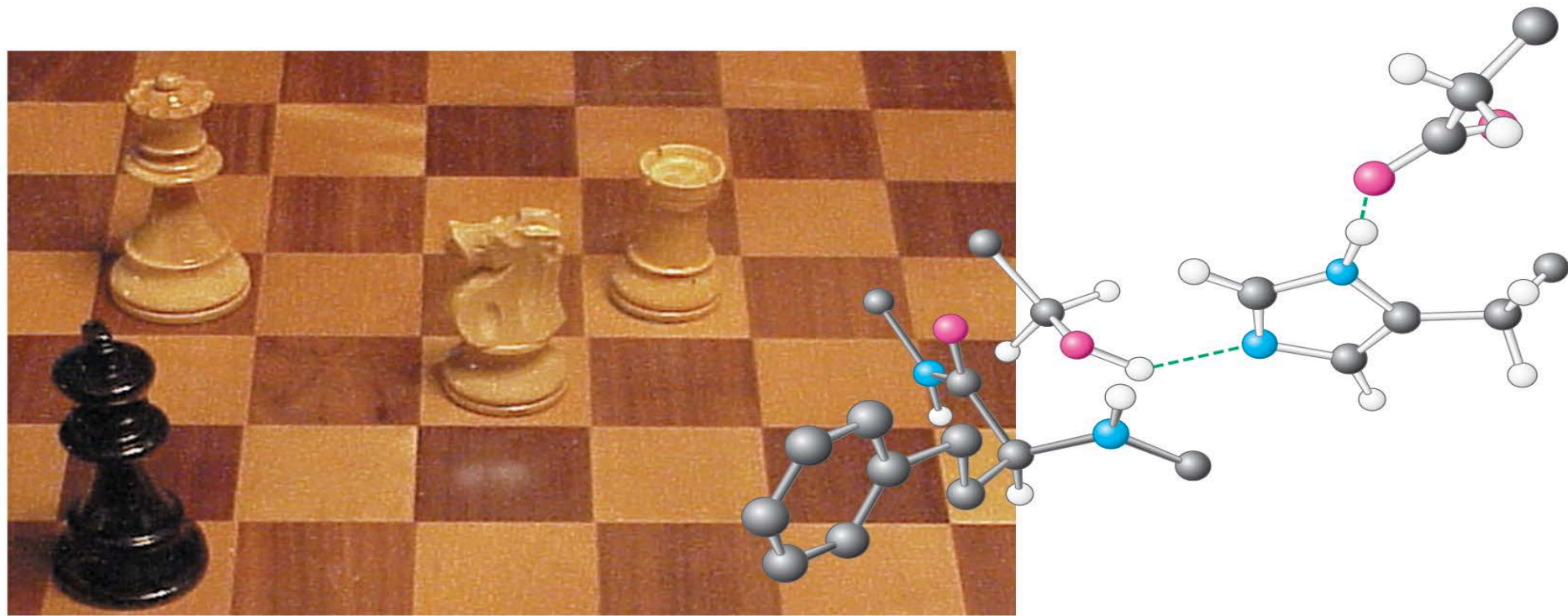


ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Το σκάκι και τα ένζυμα έχουν ως κοινό γνώρισμα τη χρησιμοποίηση μιας στρατηγικής, την οποία επεξεργάζεται διανοητικά ο παίκτης συνειδητά στο σκάκι, ενώ έχει επιλεγεί από την εξέλιξη στη δράση των ενζύμων. Τα τρία κατάλοιπα αμινοξέων στα δεξιά, που δηλώνονται με άσπρους δεσμούς, απαρτίζουν μια καταλυτική τριάδα που βρέθηκε στο ενεργό κέντρο μιας κατηγορίας ενζύμων τα οποία διασπούν πεπτιδικούς δεσμούς. Το υπόστρωμα, που αντιπροσωπεύεται από το μόριο με τους μαύρους δεσμούς, είναι παγιδευμένο χωρίς ελπίδα, όπως ο βασιλιάς στον αγώνα σκακιού στη φωτογραφία, και είναι βέβαιο ότι θα διασπαστεί. [(Αριστερά) Ευγενική προσφορά Wendie Berg.]



# ΕΝΖΥΜΑ

- **Βιολογικοί καταλύτες:** επιταχύνουν κατά πολύ τις βιοχημικές αντιδράσεις χωρίς να αναλύσκονται σε αυτές.
- **99,9 %** των ενζύμων είναι **πρωτεΐνες** και το υπόλοιπο **0,1 %** είναι **ριβοσωματικό RNA**.
- **Δεν αλλοιώνουν την χημική ισορροπία** μιας αντίδρασης, απλά **συντομεύουν κατά 1 εκατομμύριο φορές και άνω τον χρόνο επίτευξης αυτής της ισορροπίας**
- Έχουν **μεγάλη εξειδίκευση** (κάθε μια από τις περ. 15.000 βιοχημικές αντιδράσεις έχει το δικό της ένζυμο).



# ENZYMA (συν.)

- Η εξειδίκευση των ενζύμων επεκτείνεται και στην απαίτηση που έχουν αρκετά από αυτά για κατάλυση παρουσία **συνενζύμου** (βιταμίνης ή παράγωγου της) **η/και μεταλλικού συμπράγοντα**.
- Η εξειδίκευση των ενζύμων **μεσολαβείται από το ενεργό τους κέντρο**, μια διάταξη μερικών αμινοξέων οι πλευρικές αλυσίδες των οποίων σχηματίζουν μια θήκη μέσα στην οποία δεσμεύονται **υπό ένταση** τα υποστρώματα των προς διάσπαση δεσμών τους.



# ΕΝΖΥΜΑ (συνέχεια)

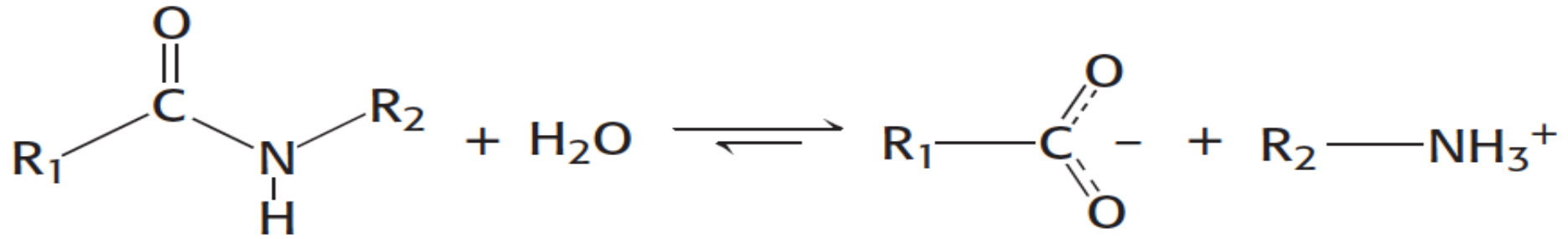
- Η εξειδίκευση των ενζύμων πέρα από τη συγκριμένη αντίδραση που καταλύουν αφορά και το **βέλτιστο pH κατάλυσης**, και τη **βέλτιστη θερμοκρασία**.
- Η λειτουργία των ενζύμων αναστέλλεται από **ειδικούς αναστολείς** (π.χ. **συναγωνιστικούς, μη συναγωνιστικούς, αυτοκτονίας** (με ομοιοπολική σύνδεση με το ένζυμο)).
- Η **βέλτιστη θερμοκρασία** αφορά στο **είδος του οργανισμού που το περιέχει** (ποικιλόθερμος ή ομοιόθερμος κλπ).
- Το **βέλτιστο pH** συνήθως παραπέμπει σε **συγκεκριμένο υποκυτταρικό διαμέρισμα όπου το ένζυμο βρίσκεται και λειτουργεί**.

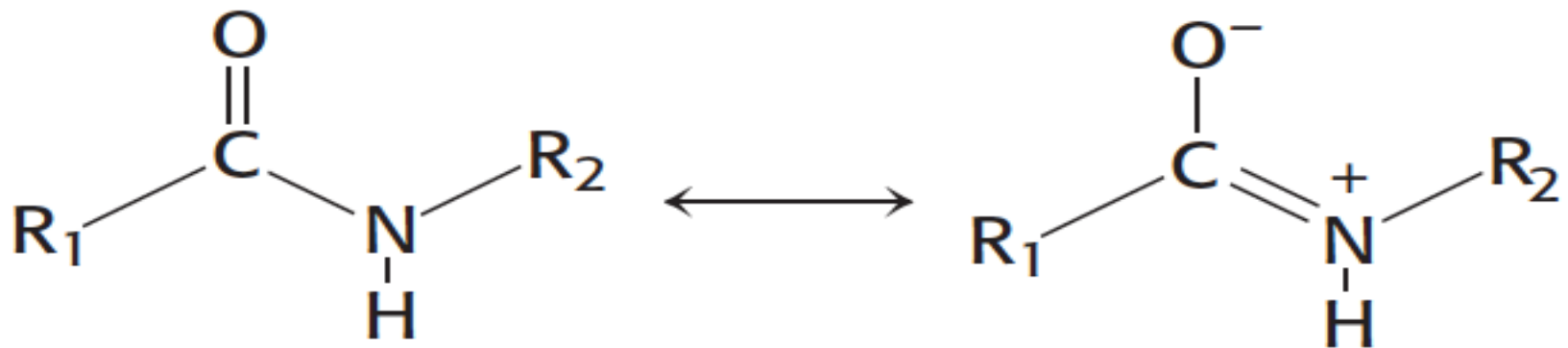


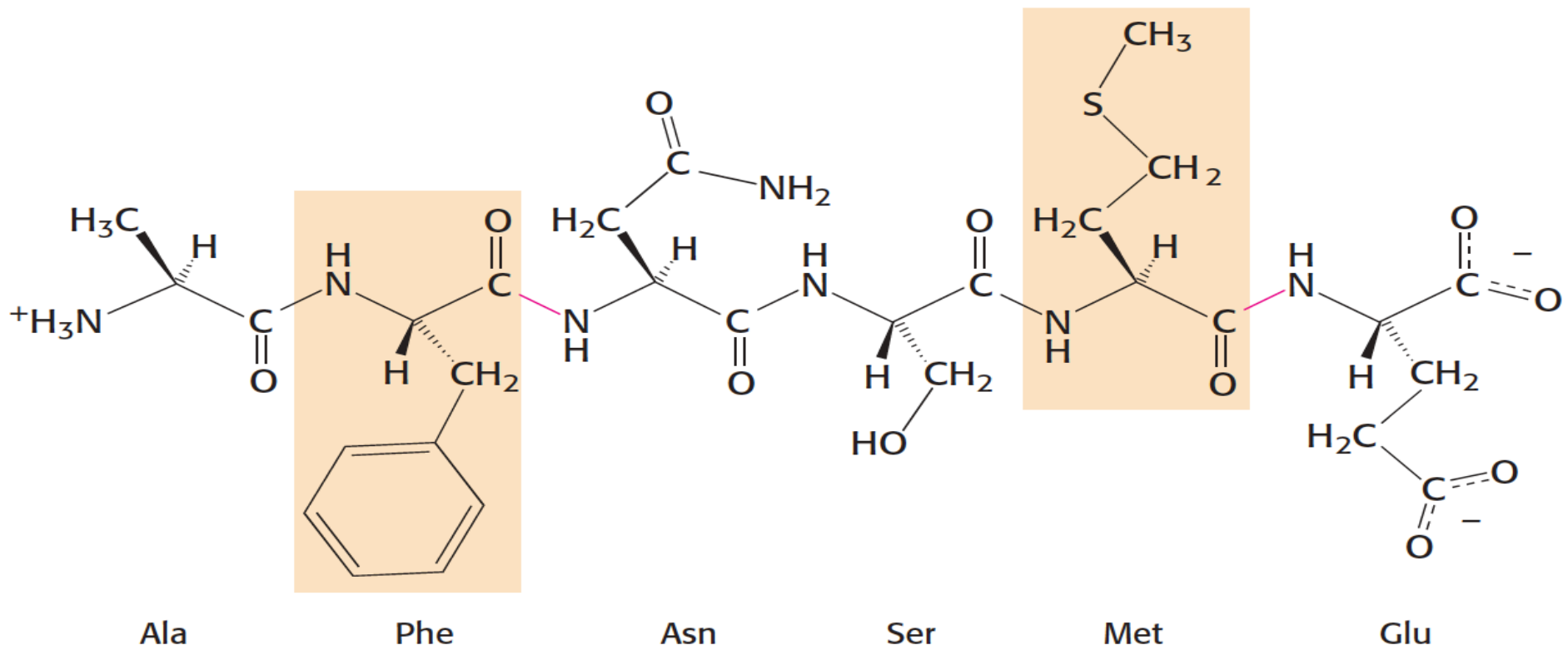


# ΟΥΣΙΑ ΕΝΖΥΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ

- Αποδιαλυτοποίηση υποστρώματος στο ενεργό κέντρο
- Επαγόμενη προσαρμογή συμπλόκου ενζύμου-υποστρώματος
- Μεγάλη μείωση της ενέργειας ενεργοποίησης της αντίδρασης εξ αιτίας αυτού του συμπλόκου
- Διάσπαση των υπό ένταση δεσμών και σχηματισμός νέων δεσμών, δηλ. των προϊόντων
- Τα προϊόντα αποτελούν καλές απερχόμενες ομάδες, ώστε να έρθουν νέα αντιδρώντα.

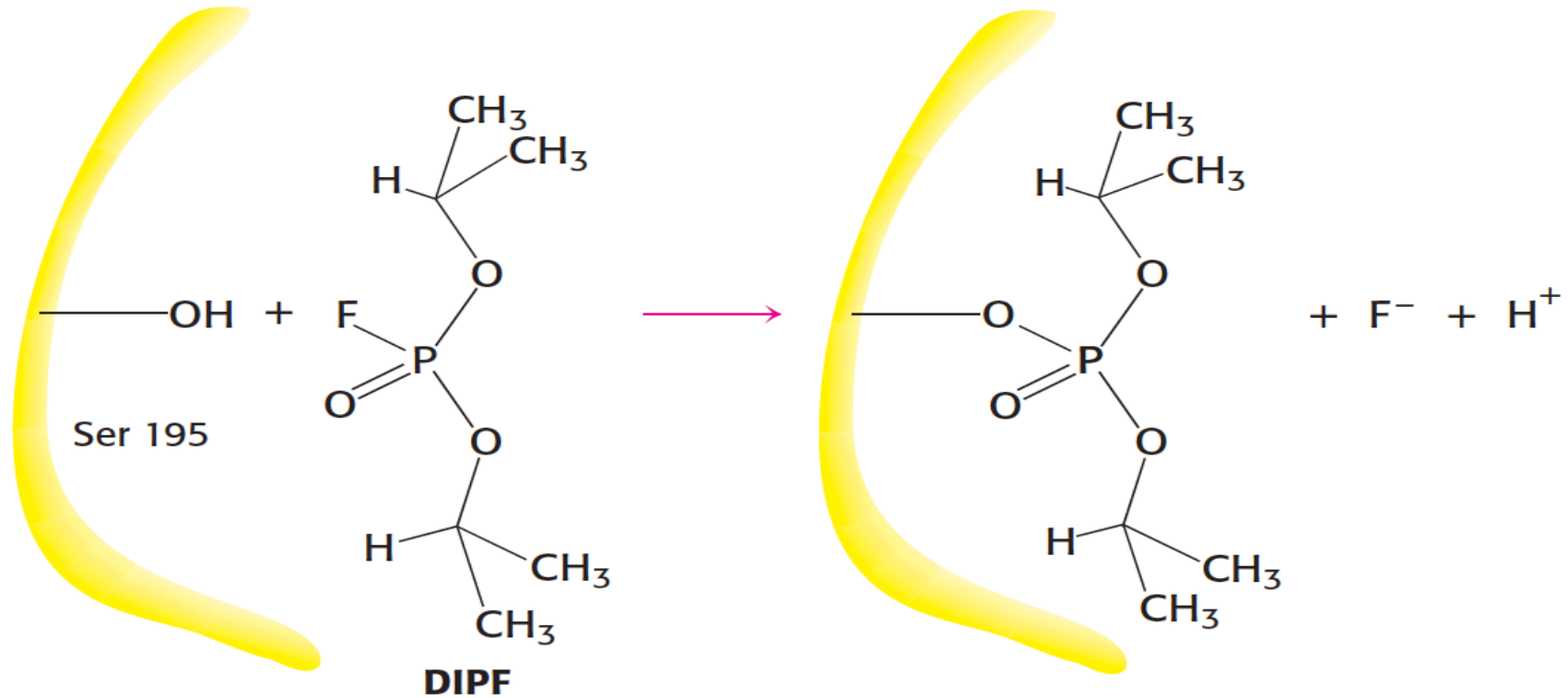






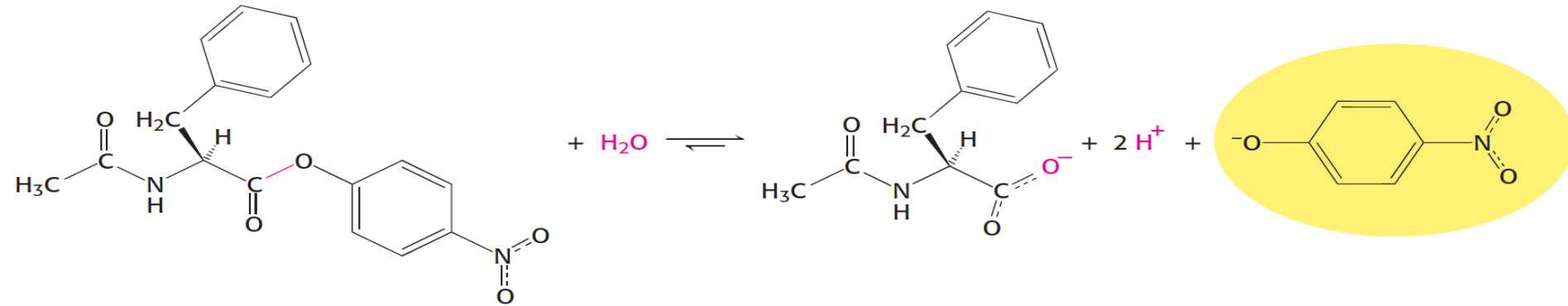
### Εικόνα 9.1 Εξειδίκευση της χυμοθρυψίνης.

Η χυμοθρυψίνη διασπά πρωτεΐνες στην καρβοξυλική πλευρά αρωματικών ή μεγάλων υδρόφοβων αμινοξέων (σκιασμένα με πορτοκαλί). Οι δεσμοί που πιθανώς διασπώνται δείχνονται με κόκκινο.



**Εικόνα 9.2** Μια ασυνήθιστα δραστική σερίνη της χυμοθρυψίνης. Η χυμοθρυψίνη απενεργοποιείται κατόπιν επεξεργασίας με

δισοπροπυλοφωσφοφθορίδιο (DIFP), το οποίο αντιδρά με τη σερίνη 195 ανάμεσα στα 28 πιθανά κατάλοιπα σερίνης.

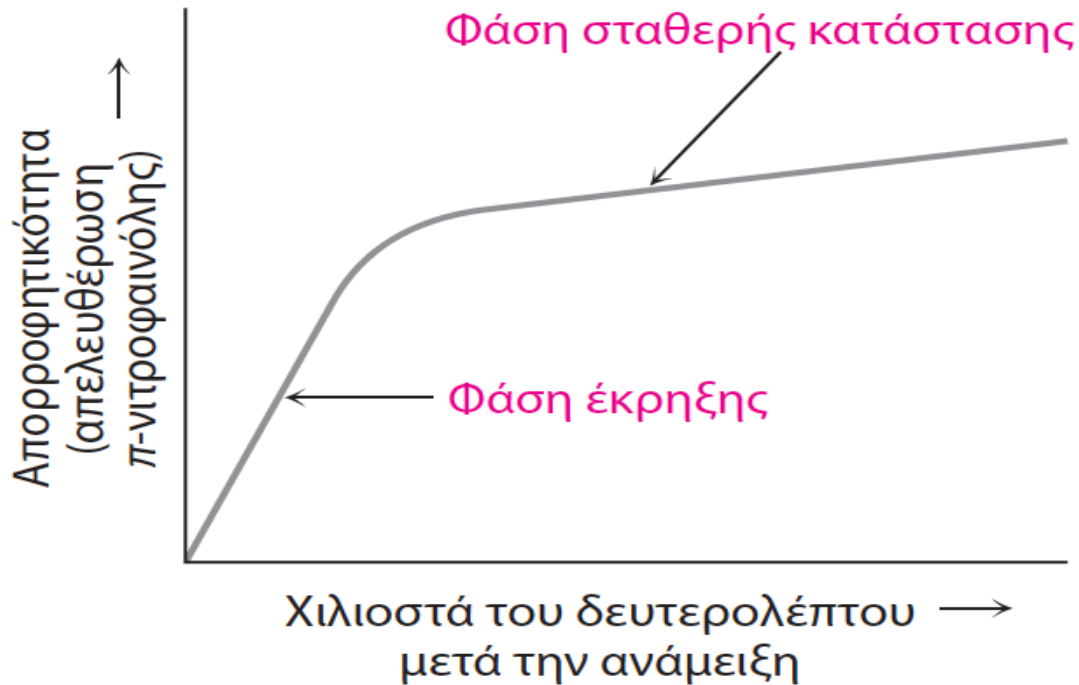


*N*-ακετυλο-*L*-φαινυλαλανυλο *π*-νιτροφαινυλο-εστέρας

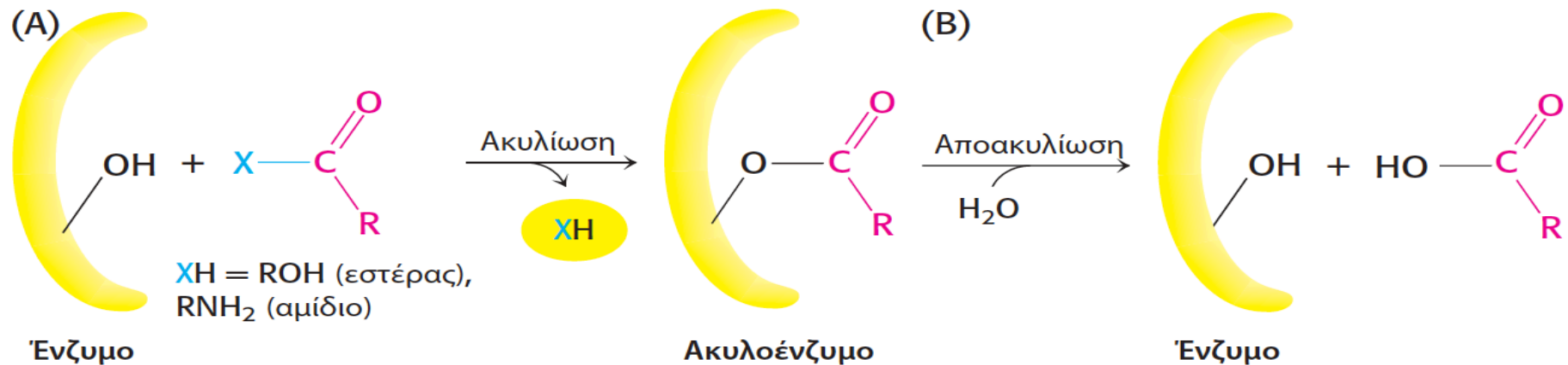
*π*-νιτροφαινολικό

### Εικόνα 9.3 Χρωμογόνο υπόστρωμα.

Ο *N*-ακετυλο-*L*-φαινυλαλανυλο-*π*-νιτροφαινυλο-εστέρας παράγει ένα έγχρωμο προϊόν, το *π*-νιτροφαινολικό, όταν διασπάται από τη χυμοθρυψίνη. Το *π*-νιτροφαινολικό σχηματίζεται από την αποπρωτονίωση της *π*-νιτροφαινόλης σε pH 7.

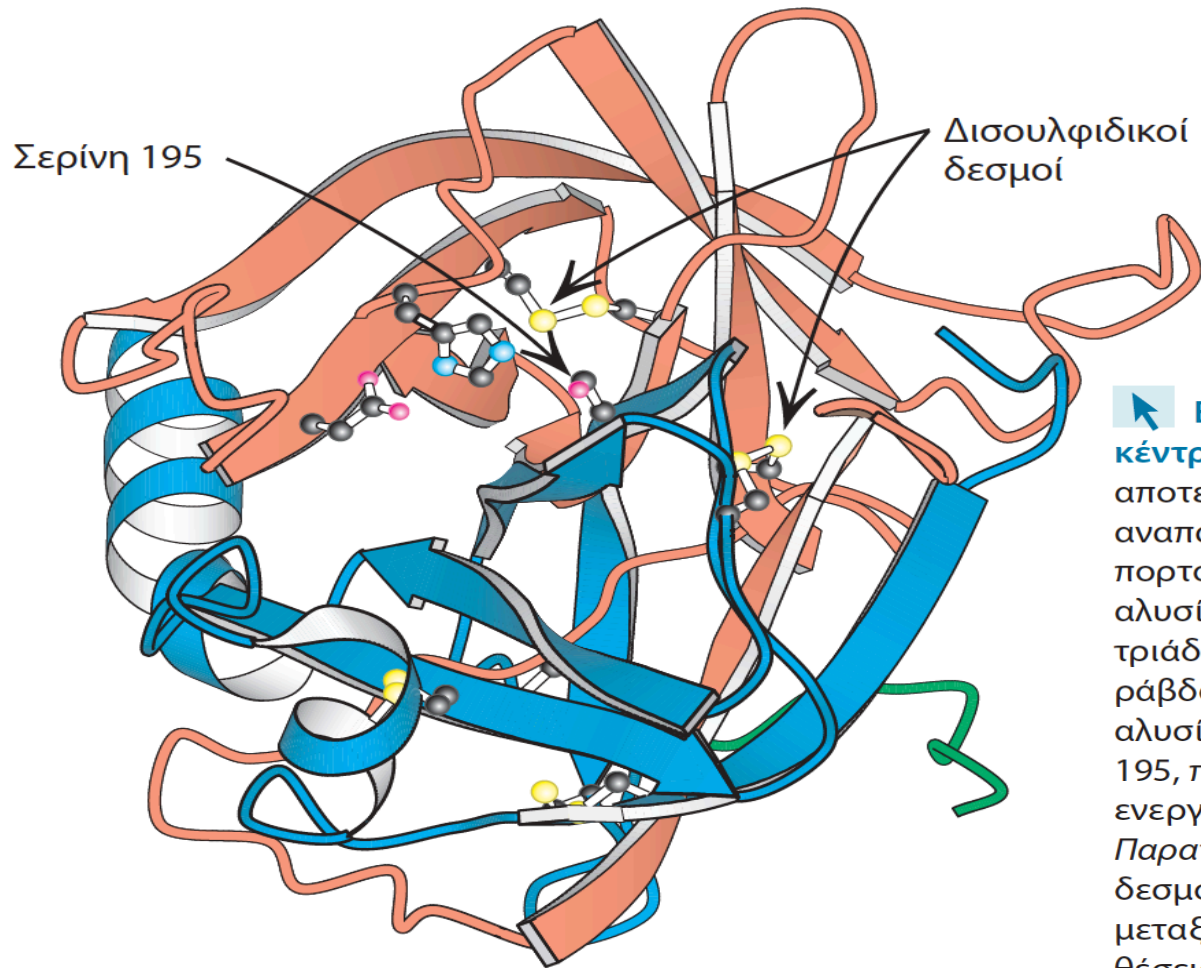


**Εικόνα 9.4 Κινητική της κατάλυσης της χυμοθρυψίνης.** Είναι εμφανείς δύο φάσεις στη διάσπαση του *N*-ακετυλο-*L*-φαινυλαλανυλο-π-νιτροφαινυλο-εστέρα από τη χυμοθρυψίνη: μια φάση ταχείας έκρηξης (προ-σταθερής κατάστασης) και μια φάση σταθερής κατάστασης.

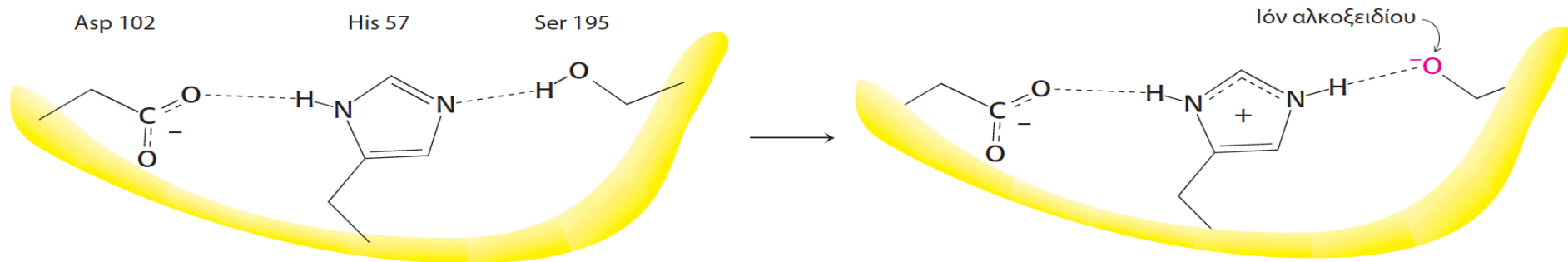


**Εικόνα 9.5 Ομοιοπολική κατάλυση.** Η υδρόλυση από τη χυμοθρυψίνη λαμβάνει χώρα σε δύο φάσεις: (A) ακυλίωση για να σχηματιστεί το ενδιάμεσο του ακυλοενζύμου ακολουθούμενη από (B) αποακυλίωση για να αναπαραχθεί το ελεύθερο ένζυμο.

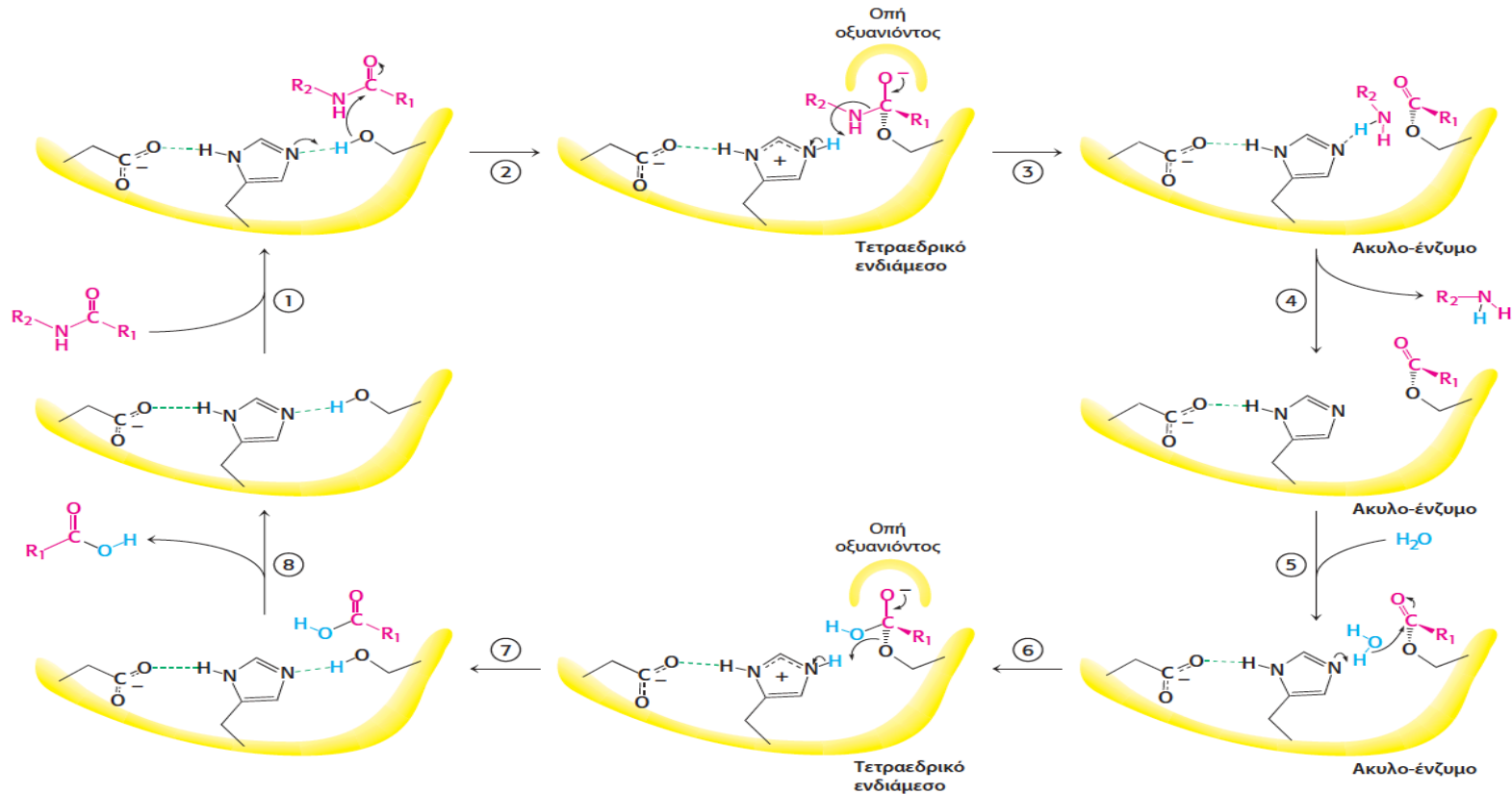




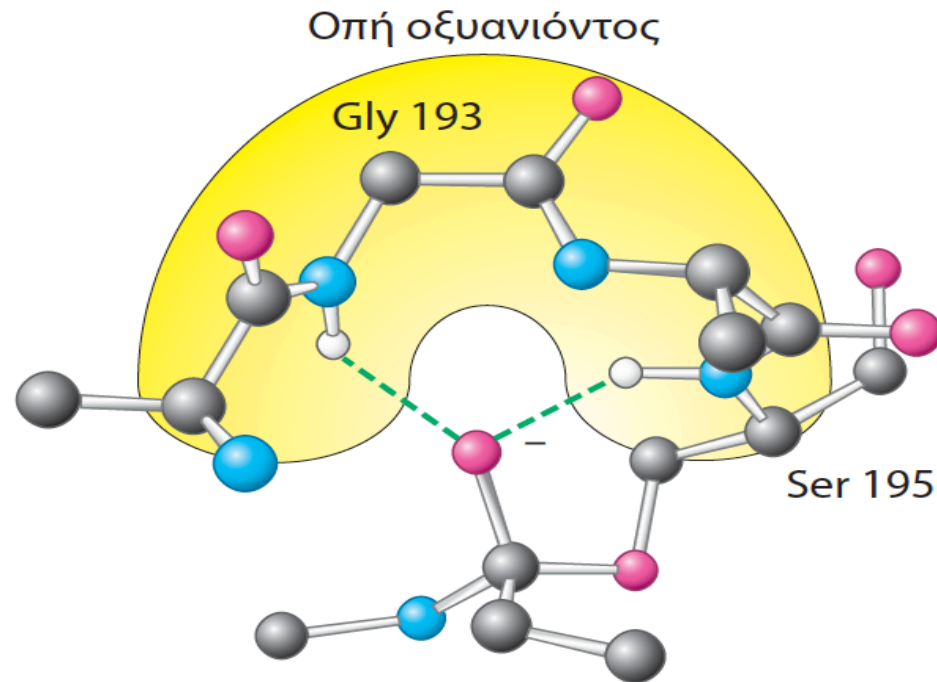
**Εικόνα 9.6** Θέση του ενεργού κέντρου της χυμοθρυψίνης. Η χυμοθρυψίνη αποτελείται από τρεις αλυσίδες που αναπαρίστανται με μορφή κορδέλας με πορτοκαλί, μπλε και πράσινο. Οι πλευρικές αλυσίδες των καταλοίπων της καταλυτικής τριάδας παριστάνονται με σφαίρες και ράβδους. Παρατηρήστε αυτές τις πλευρικές αλυσίδες, συμπεριλαμβανομένης της σερίνης 195, που είναι ευθυγραμμισμένες στο ενεργό κέντρο στο επάνω ήμισυ της δομής. Παρατηρήστε επίσης δύο δισουλφιδικούς δεσμούς μέσα στην ίδια αλυσίδα και δύο μεταξύ διαφορετικών αλυσίδων σε ποικίλες θέσεις σε όλο το μόριο [Σχεδιασμένο από 1GCT.pdb].



**Εικόνα 9.7 Η καταλυτική τριάδα.** Η καταλυτική τριάδα, στα αριστερά, μετατρέπει τη σερίνη 195 σε ένα ισχυρό πυρηνόφιλο, όπως φαίνεται στα δεξιά.



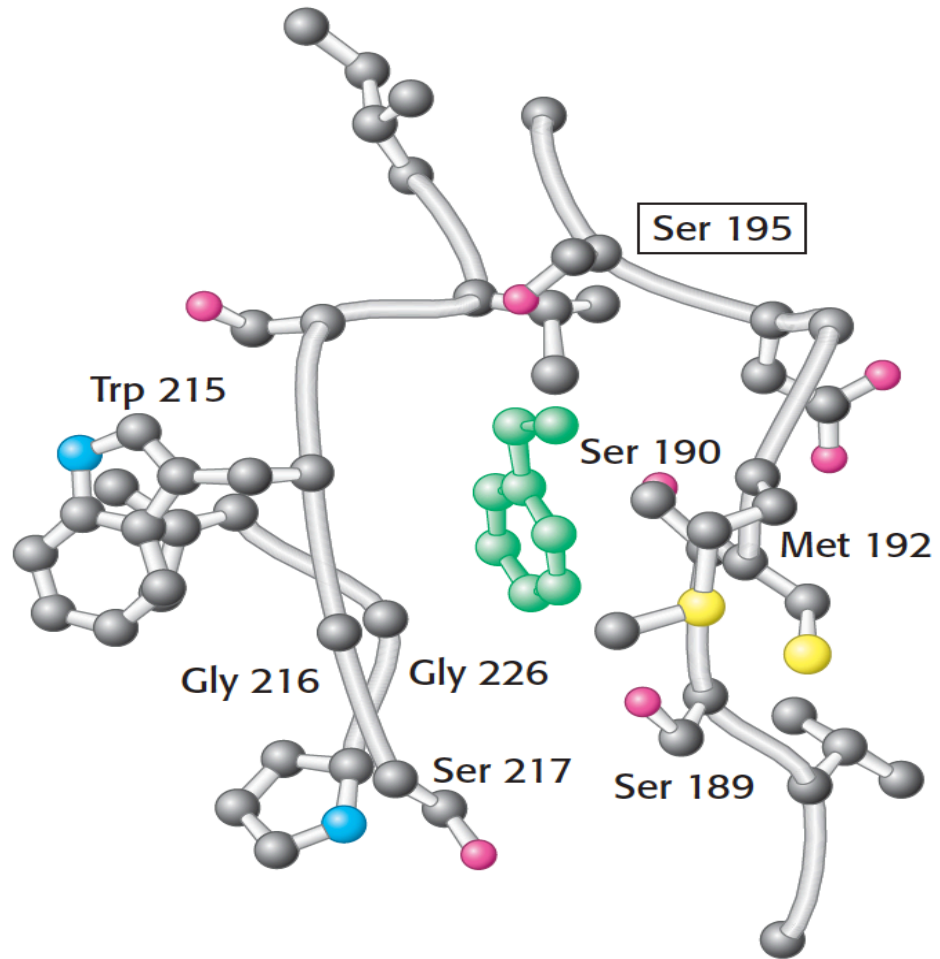
**Εικόνα 9.8 Υδρόλυση πεπτιδίου από τη χυμοθρυψίνη.** Ο μηχανισμός υδρόλυσης πεπτιδίων δείχνει εμφανώς τις αρχές της ομοιοπολικής και οξεοβασικής κατάλυσης. Η αντίδραση προχωρεί σε οκτώ βήματα: (1) πρόσδεση υποστρώματος, (2) πυρηνόφιλη προσβολή της σερίνης στην πεπτιδική καρβονυλική ομάδα, (3) κατάρρευση του τετραεδρικού ενδιάμεσου, (4) απελευθέρωση του αμινικού συστατικού, (5) πρόσδεση νερού, (6) πυρηνόφιλη προσβολή του νερού στο ενδιάμεσο ακυλο-ένζυμο, (7) κατάρρευση του τετραεδρικού ενδιάμεσου και (8) απελευθέρωση του συστατικού καρβοξυλικού οξέος. Οι διακεκομμένες πράσινες γραμμές αντιπροσωπεύουν δεσμούς υδρογόνου.

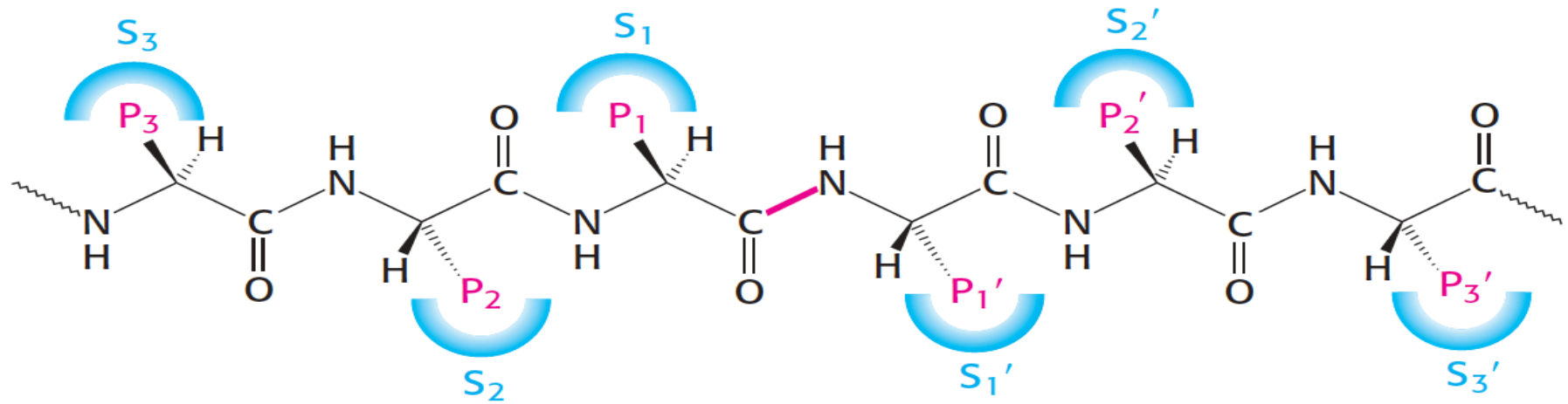


**Εικόνα 9.9 Η οπή οξυανιόντος.** Η δομή σταθεροποιεί το τετραεδρικό ενδιάμεσο της αντίδρασης της χυμοθρυψίνης. Παρατηρήστε ότι οι δεσμοί υδρογόνου (υποδεικνύονται με πράσινο) ενώνουν τις ομάδες NH του πεπτιδίου με το αρνητικά φορτισμένο άτομο οξυγόνου του ενδιαμέσου.

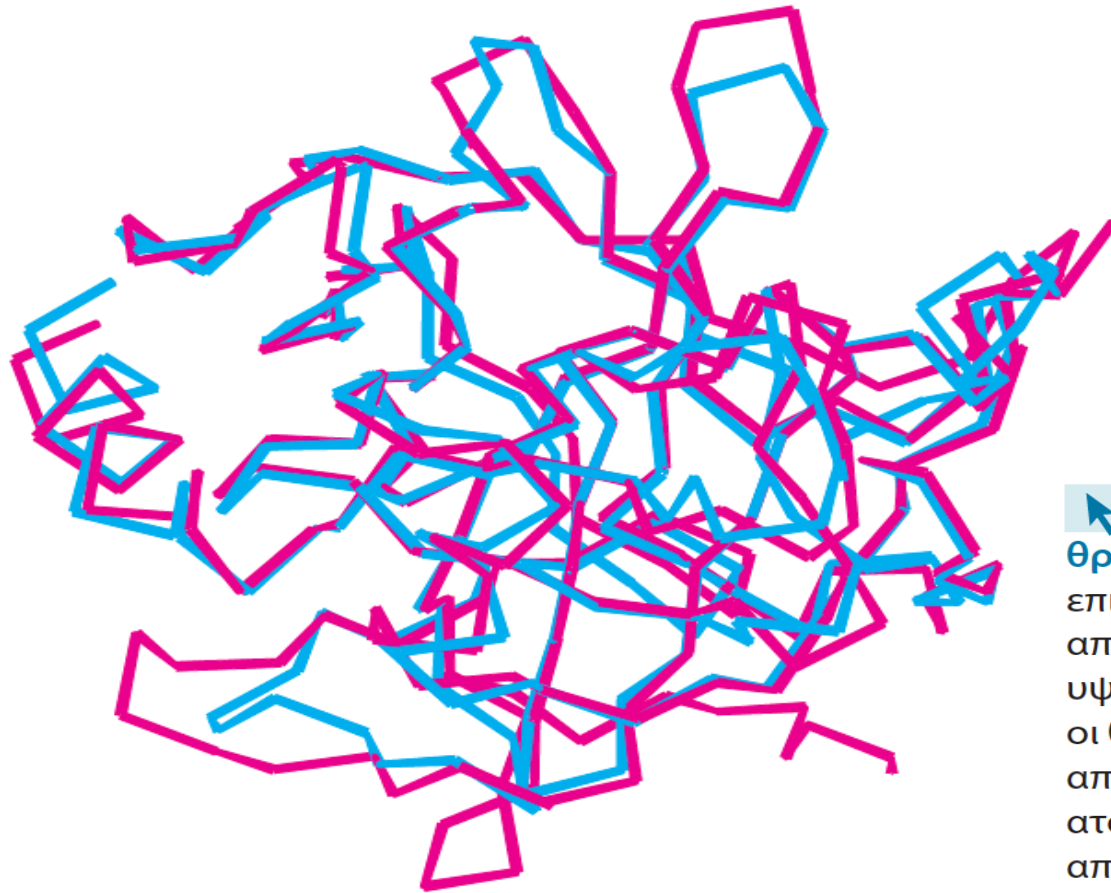


**Εικόνα 9.10 Θήκη εξειδίκευσης της χυμοθρυψίνης.** Παρατηρήστε ότι αυτή η θήκη είναι βαθιά και επενδεδυμένη με υδρόφοβα κατάλοιπα, ευνοώντας την πρόσδεση καταλοίπων με μακριές υδρόφοβες πλευρικές αλυσίδες, όπως η φαινυλαλανίνη (με πράσινο). Επίσης παρατηρήστε ότι το κατάλοιπο σερίνης (σερίνη 195) του ενεργού κέντρου είναι τοποθετημένο για να διασπάσει τον πεπτιδικό σκελετό μεταξύ του καταλοίπου που είναι προσδεμένο στη θήκη και του επόμενου καταλοίπου στην αλληλουχία. Παρουσιάζονται τα σημαντικά αμινοξέα τα οποία απαρτίζουν τη θέση πρόσδεσης.

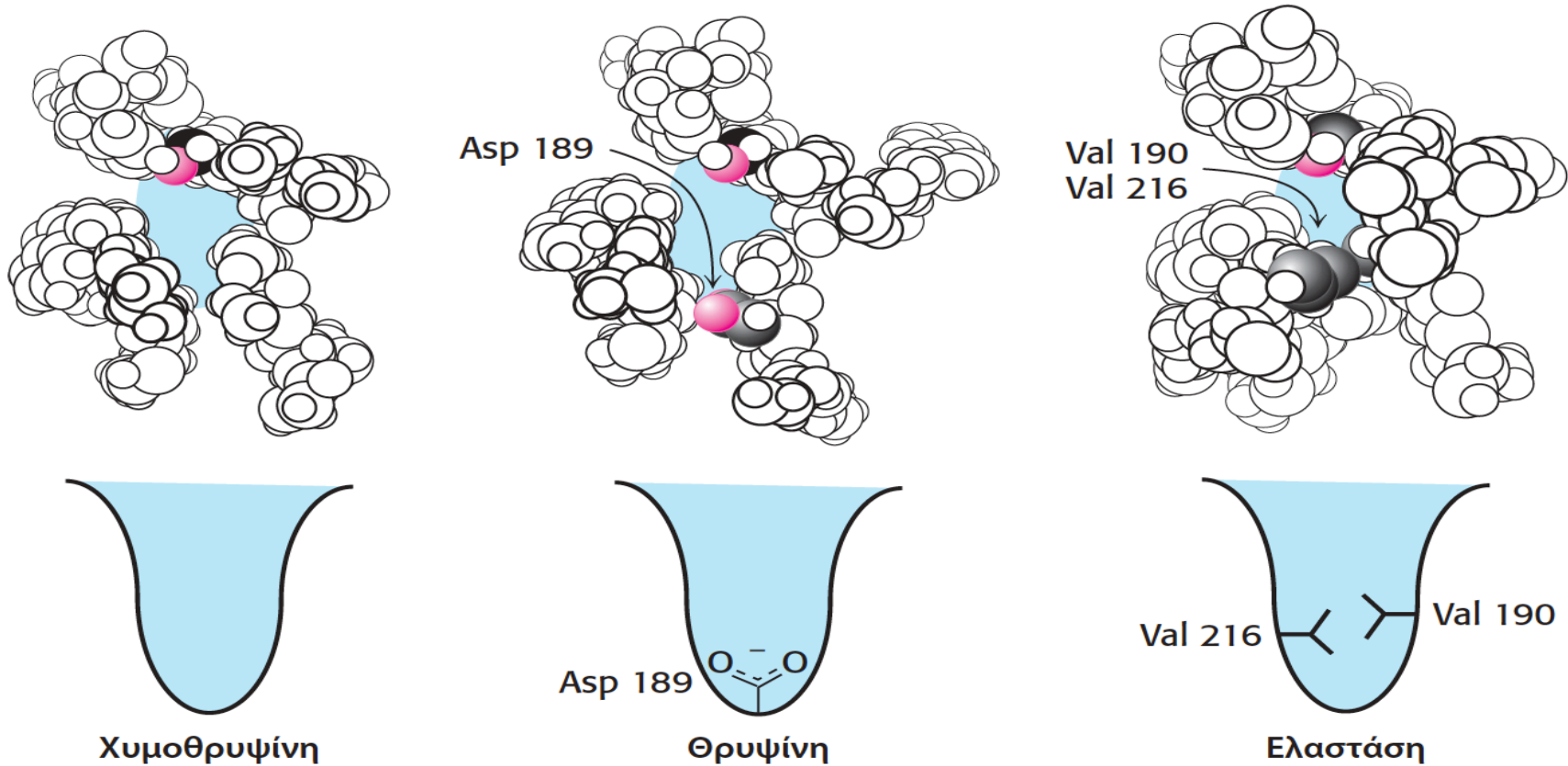




**Εικόνα 9.11 Ονοματολογία εξειδίκευσης για αλληλεπιδράσεις πρωτεάσης-υποστρώματος.** Οι δυνητικές περιοχές αλληλεπίδρασης του υποστρώματος με το ένζυμο ορίζονται ως P (φαίνονται με κόκκινο) και οι αντίστοιχες περιοχές πρόσδεσης επάνω στο ένζυμο ορίζονται ως S. Σημείο αναφοράς είναι ο δεσμός που διασπάται (υποδεικνύεται επίσης με κόκκινο).

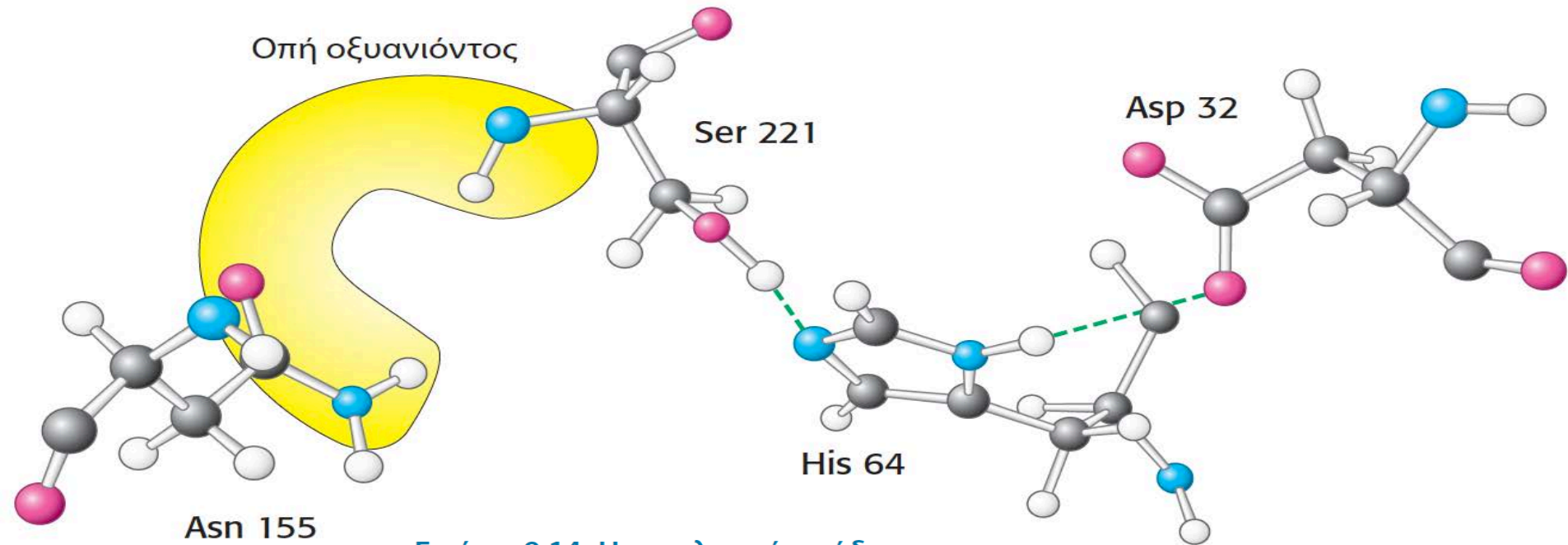


Εικόνα 9.12 Δομική ομοιότητα της θρυψίνης και της χυμοθρυψίνης. Μια επικάλυψη της δομής της θρυψίνης (μπλε) από τη χυμοθρυψίνη (κόκκινο) δείχνει τον υψηλό βαθμό ομοιότητας. Φαίνονται μόνο οι θέσεις των ατόμων  $\alpha$ -άνθρακα. Η μέση απόκλιση στη θέση μεταξύ των αντίστοιχων ατόμων  $\alpha$ -άνθρακα είναι 1,7 Å. [Σχεδιασμένο από 5PTR.pdb και 1GCT.pdb].



**Εικόνα 9.13 Οι θήκες S1 της χυμοθρυψίνης, της θρυψίνης και της ελαστάσης.** Ορισμένα κατάλοιπα παίζουν καθοριστικό ρόλο στον προσδιορισμό της εξειδίκευσης αυτών των ενζύμων. Οι πλευρικές αλυσίδες των καταλοίπων αυτών, καθώς και εκείνων της σερίνης του ενεργού κέντρου, εμφανίζονται έγχρωμες.

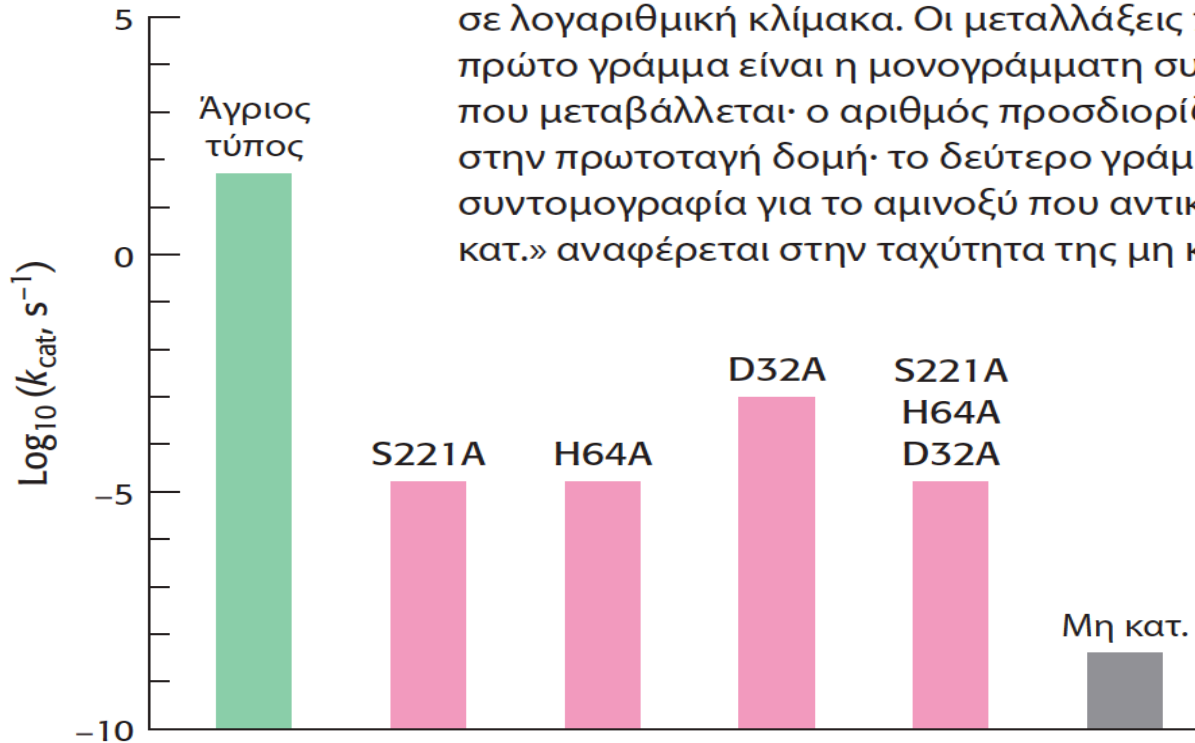


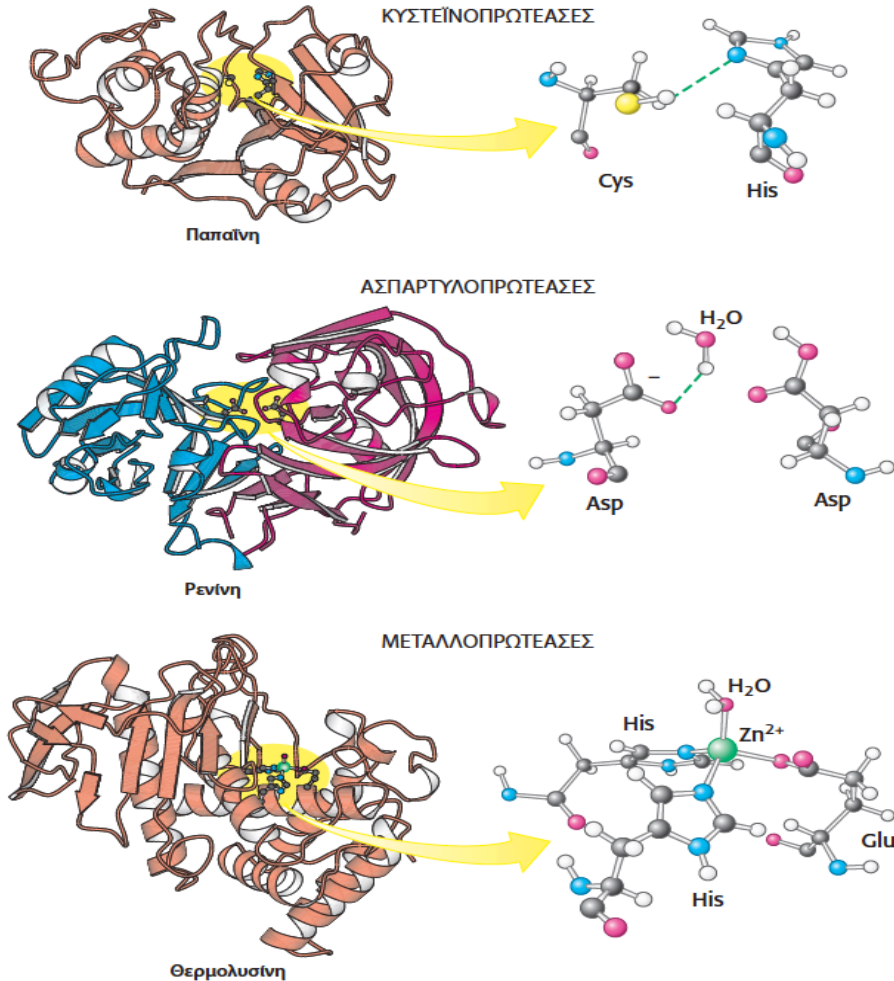


**Εικόνα 9.14** Η καταλυτική τριάδα και η οπή οξυανιόντος της συμπίλισης. Παρατηρήστε τις δύο ομάδες NH του ενζύμου (τόσο στον κορμό όσο και στην πλευρική αλυσίδα της Asn 155) που είναι τοποθετημένες στην οπή οξυανιόντος. Οι ομάδες NH θα σταθεροποιήσουν το αρνητικό φορτίο το οποίο αναπτύσσεται επάνω στον πεπτιδικό δεσμό που προσβάλλεται από την πυρηνόφιλη σερίνη 221 της καταλυτικής τριάδας.

## Εικόνα 9.15 Μεταλλαξιγένεση σε συγκεκριμένη θέση της συμπτλισίνης.

Τα κατάλοιπα της καταλυτικής τριάδας μεταλλάχθηκαν σε αλανίνη και μετρήθηκε η δραστικότητα του μεταλλαγμένου ενζύμου. Μεταλλάξεις σε οποιοδήποτε συστατικό της καταλυτικής τριάδας προξενούν εντυπωσιακή απώλεια της ενζυμικής δραστικότητας. Επισημαίνεται ότι η δραστικότητα φαίνεται σε λογαριθμική κλίμακα. Οι μεταλλάξεις προσδιορίζονται ως εξής: το πρώτο γράμμα είναι η μονογράμματη συντομογραφία για το αμινοξύ που μεταβάλλεται· ο αριθμός προσδιορίζει τη θέση του καταλοίπου στην πρωτοταγή δομή· το δεύτερο γράμμα είναι η μονογράμματη συντομογραφία για το αμινοξύ που αντικαθιστά το αρχικό. Το «Μη κατ.» αναφέρεται στην ταχύτητα της μη καταλυόμενης αντίδρασης.

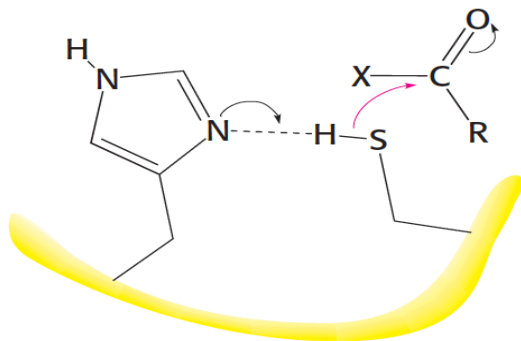




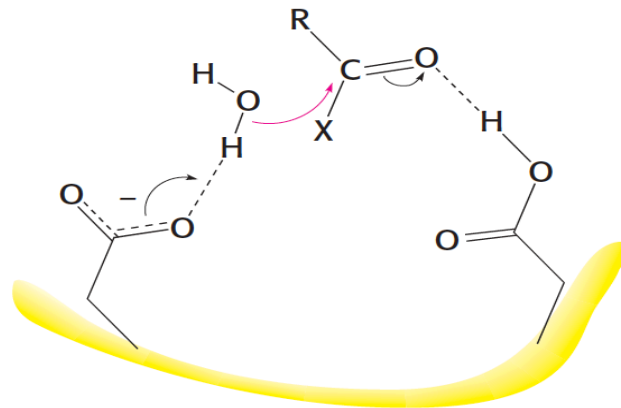
**Εικόνα 9.16** Τρεις τάξεις πρωτεασών και τα ενεργά κέντρα τους. Αυτά τα παραδείγματα μιας κυστεΐνοπρωτεάσης, μιας ασπαρτυλοπρωτεάσης και μιας μεταλλοπρωτεάσης χρησιμοποιούν αντίστοιχα, ως πυρηνόφιλο, ένα κατάλοιπο κυστεΐνης ενεργοποιημένο από ιστιδίνη, ένα μόριο ύδατος ενεργοποιημένο από ασπαραγινικό, και ένα μόριο ύδατος ενεργοποιημένο από μέταλλο. Τα δύο ημίσεια της ρενίνης είναι με μπλε και με κόκκινο για να τονιστεί η κατά προσέγγιση συμμετρία δευτέρας τάξεως των ασπαρτυλοπρωτεασών. Παρατηρήστε πόσο διαφορετικά είναι τα ενεργά κέντρα παρά την ομοιότητα στην αντίδραση που καταλύουν. [Σχεδιασμένο από 1PPN.pdb, 1HRN.pdb, 1LND.pdb.]



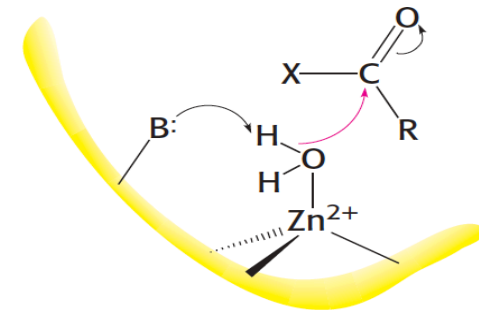
(Α) ΚΥΣΤΕΪΝΟΠΡΩΤΕΑΣΕΣ



(Β) ΑΣΠΑΡΤΥΛΟΠΡΩΤΕΑΣΕΣ

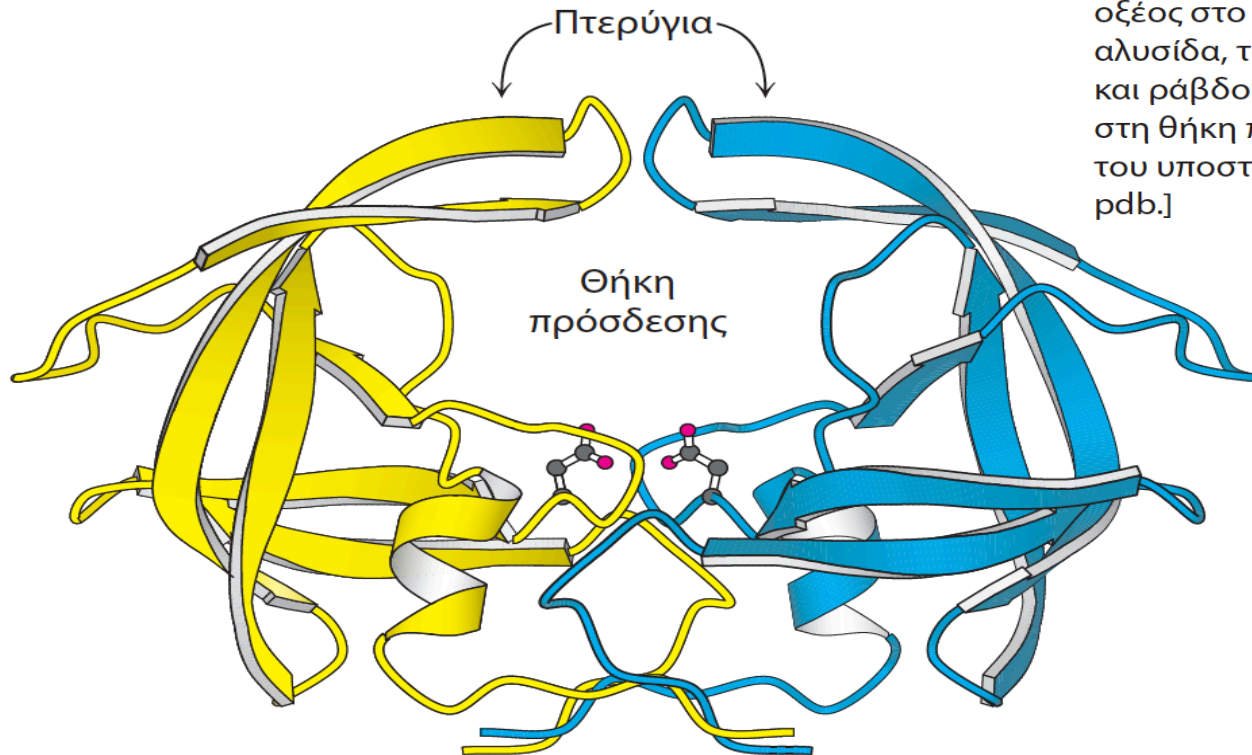


(Γ) ΜΕΤΑΛΛΟΠΡΩΤΕΑΣΕΣ



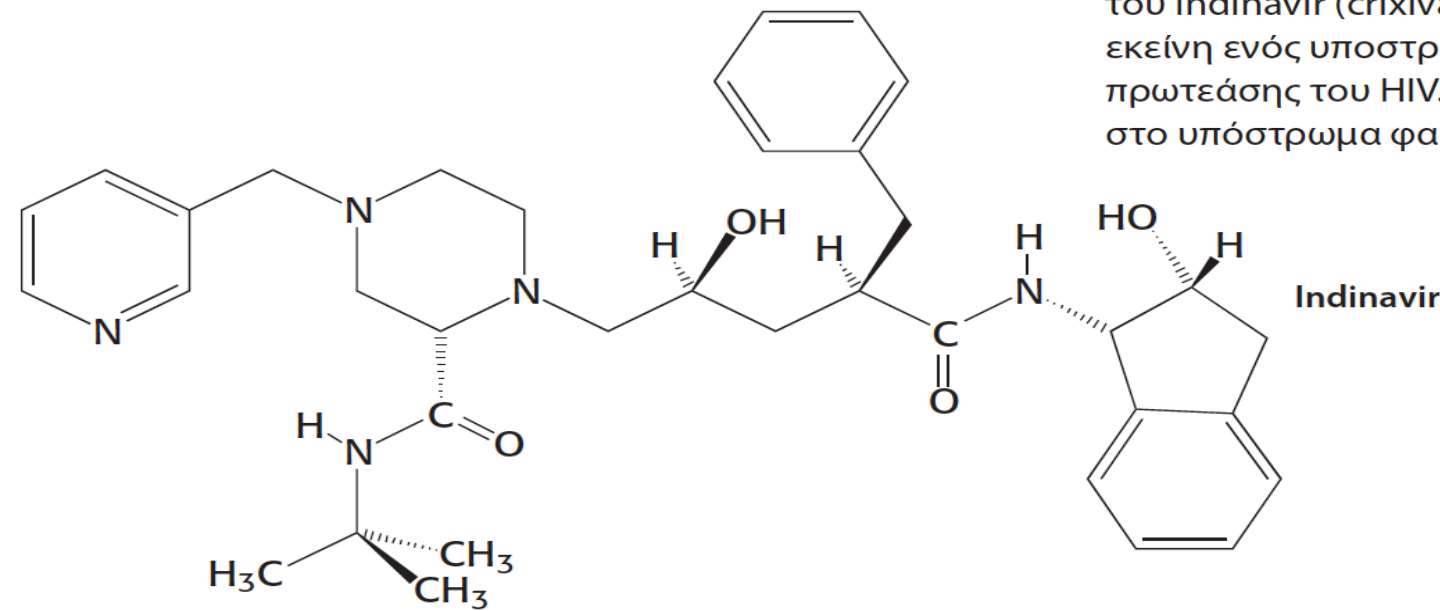
**Εικόνα 9.17 Οι στρατηγικές ενεργοποίησης των τριών τάξεων των πρωτεασών.** Η καρβονυλική ομάδα του πεπτιδίου προσβάλλεται από (Α) μια κυστεΐνη ενεργοποιημένη από ιστοιδίνη, στις κυστεΐνοπρωτεάσες· (Β) ένα μόριο ύδατος ενεργοποιημένο από ασπαραγινικό, στις ασπαρτυλοπρωτεάσες· και (Γ) ένα μόριο ύδατος ενεργοποιημένο από μέταλλο, στις μεταλλοπρωτεάσες. Για τις μεταλλοπρωτεάσες, το γράμμα Β αντιπροσωπεύει μια βάση (συχνά το γλουταμινικό) η οποία βοηθά στην αποπρωτονίωση του δεσμευμένου στο μέταλλο μορίου ύδατος.

**Εικόνα 9.18 Η πρωτεάση του HIV, μια διμερής ασπαρτυλοπρωτεάση.** Η πρωτεάση είναι ένα διμερές πανομοιότυπων υπομονάδων, που φαίνονται με μπλε και κίτρινο, η κάθε μία από τις οποίες απαρτίζεται από 99 αμινοξέα. Παρατηρήστε τα δύο κατάλοιπα του ασπαραγινικού οξέος στο ενεργό κέντρο, ένα από κάθε αλυσίδα, τα οποία δείχνονται ως σφαίρες και ράβδοι. Τα πτερύγια θα κλείσουν επάνω στη θήκη πρόσδεσης μετά την πρόσδεση του υποστρώματος. [Σχεδιασμένο από 3PHV.pdb.]

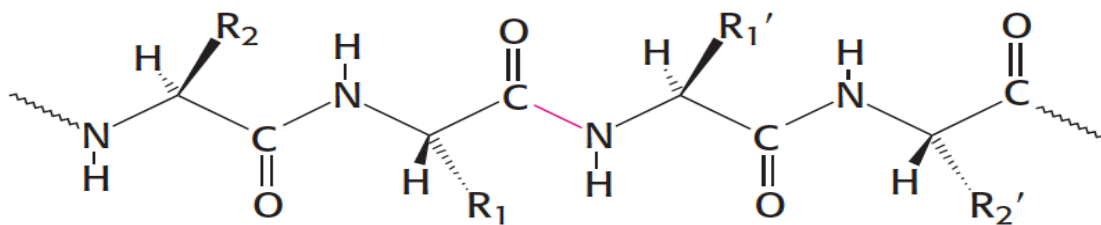




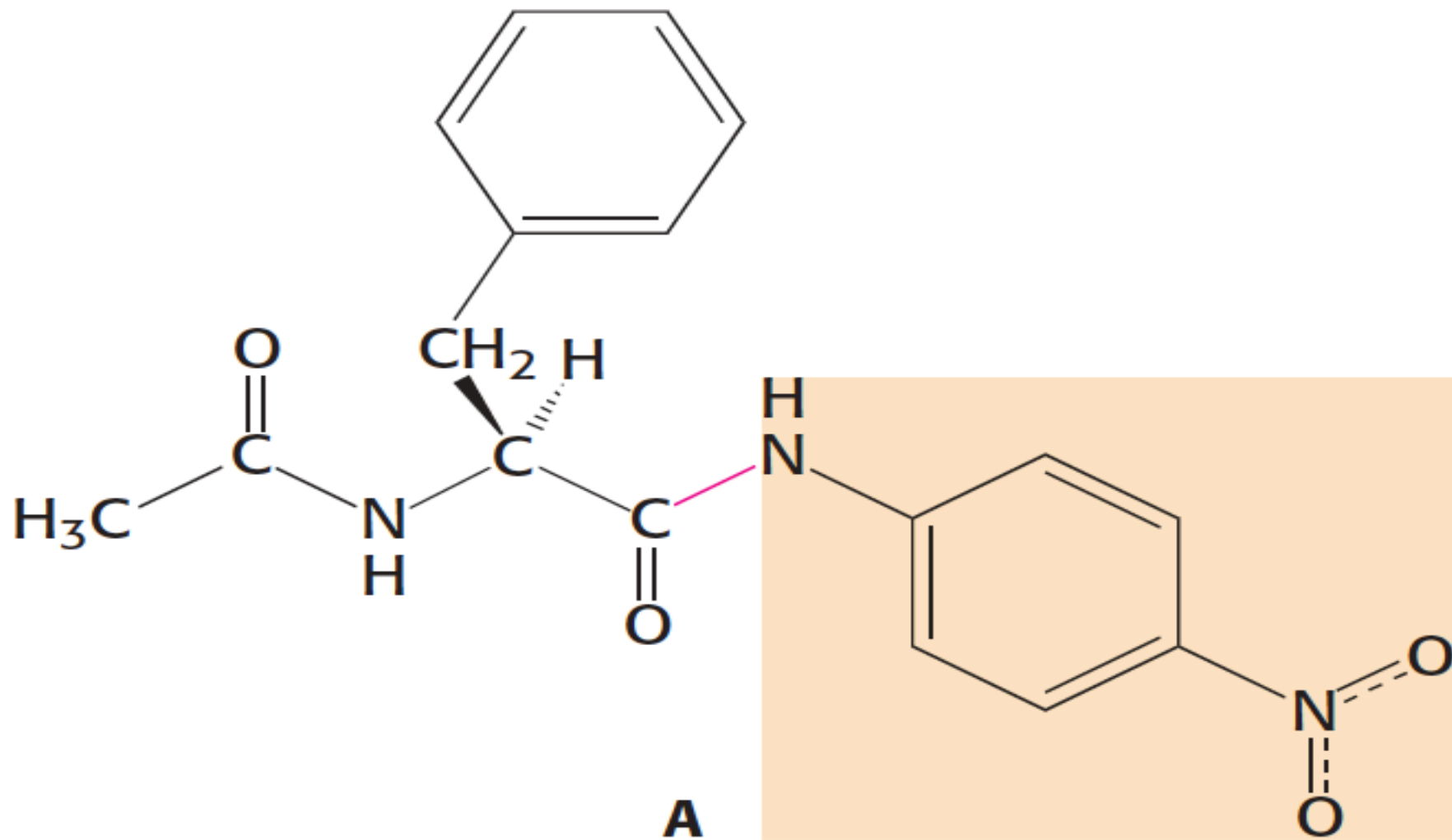
**Εικόνα 9.19 Indinavir, ένας αναστολέας πρωτεάσης του HIV.** Φαίνεται η δομή του indinavir (crixivan) σε σύγκριση με εκείνη ενός υποστρώματος πεπτιδίου της πρωτεάσης του HIV. Ο δεσμός που διασπάται στο υπόστρωμα φαίνεται με κόκκινο.

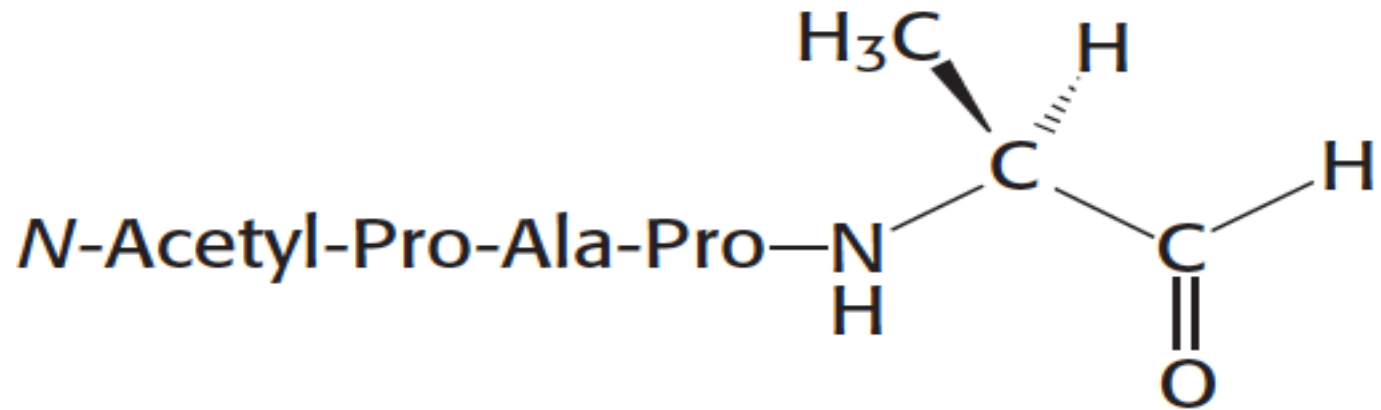


Indinavir

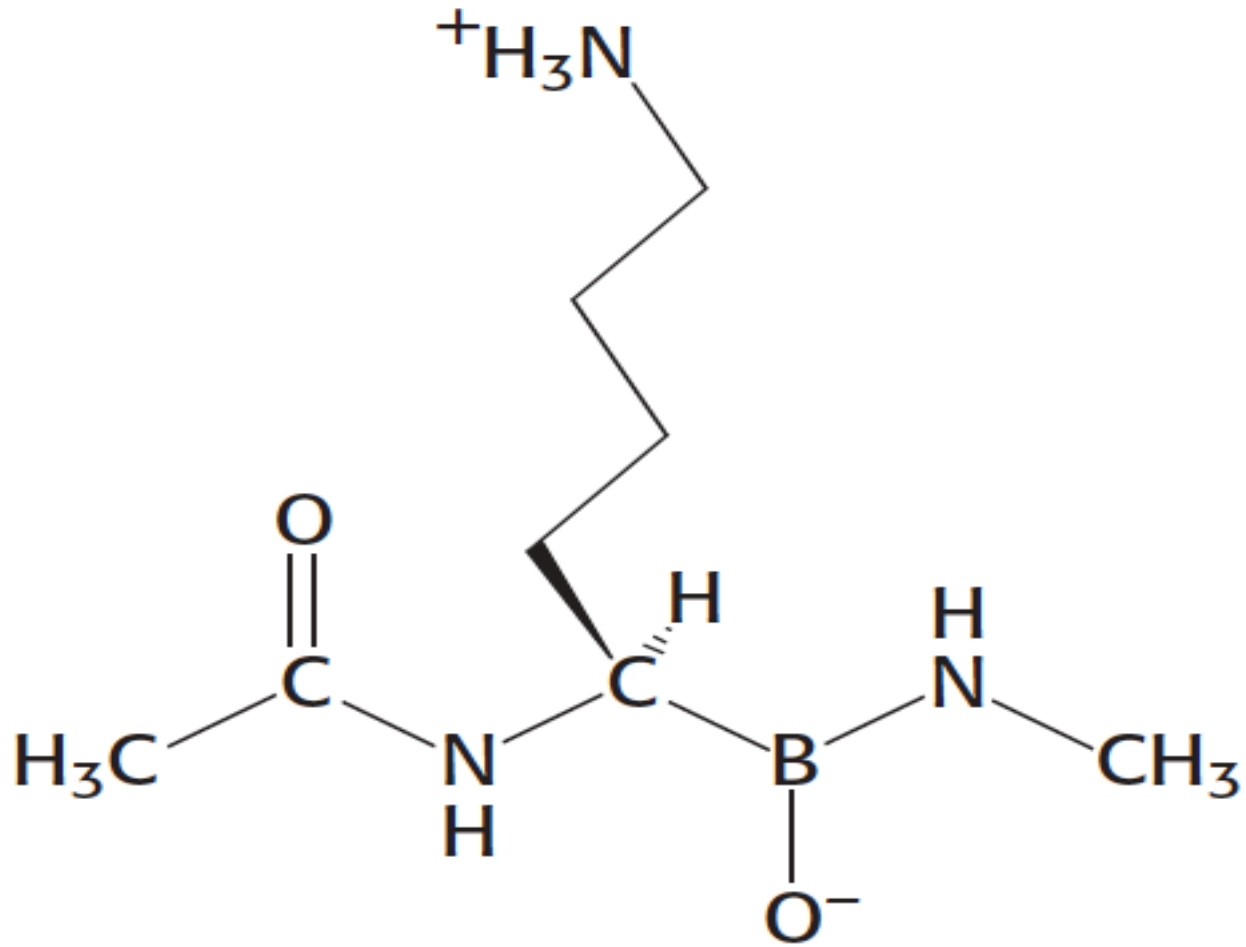


Πεπτιδικό  
υπόστρωμα









Μόριο Α



# Βιβλιογραφία

1. Jeremy M Berg, John L Tymoczko, Lubert Stryer, ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, 5<sup>η</sup> έκδοση, Α τόμος, Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2004. Βλέπε και διαδικτυακό τόπο του βιβλίου [www.whfreeman.com/Berg7e/](http://www.whfreeman.com/Berg7e/)
2. Διαμαντίδη Γρ., ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, 3<sup>η</sup> έκδοση, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2007/2010.
3. Campbell NA, Reece JB. *Βιολογία*, τόμος Ι. 8<sup>η</sup> 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, 3<sup>rd</sup> edition, Benjamin Cummings, Menlo Park, 2003. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
8. John Clark, Robert ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ. Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 1992, 2<sup>η</sup> 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

Ένζυμα, αναστολείς, μηχανισμοί δράσης



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
Πρόγραμμα για τη ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ