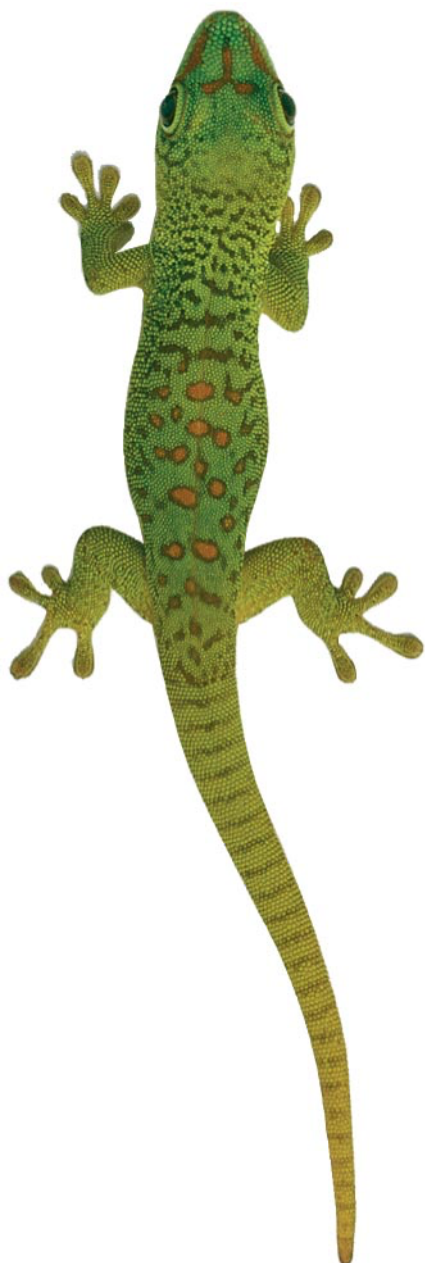




Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Υποδειγματικά Απαντημένες/ λυμένες -
ερωτήσεις/ασκήσεις.

**Α' Τεύχος Βιολογία Γ' Λυκείου
(Κεφάλαια 1- 2- 3)**

Νικολέττα Μαργαρίτη

Περιεχόμενα

Α' Τεύχος

- ❖ Πρωτεΐνες
- ❖ Ένζυμα
- ❖ Κύτταρο
- ❖ Κυτταρικός Κύκλος - Κυτταρική Διαίρεση
 - Κυτταρικός Κύκλος
 - Μίτωση
 - Μείωση

Β' Τεύχος

- ❖ Το Γενετικό Υλικό
- ❖ Αντιγραφή - Έκφραση και Ρύθμιση της Γενετικής Πληροφορίας
- ❖ Τεχνολογία Ανασυνδυασμένου DNA
- ❖ Μεντελική κληρονομικότητα
- ❖ Μεταλλάξεις
- ❖ Βιοτεχνολογία
- ❖ Εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας στην Ιατρική
- ❖ Εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας στην Γεωπονία

ΒΙΟΛΟΓΙΑ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ / Α' ΤΕΥΧΟΣ/ΚΕΦΑΛΑΙΑ 1-2-3
ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΑ ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Λυμένες/α
Ερωτήσεις – Ασκήσεις - Προβλήματα....

Το **πρώτο βήμα** για την λύση είναι πάντα η γνώση της θεωρίας, η κατανόηση αυτής της γνώσης και η ανάπτυξη μεθοδικού, συνδυαστικού και επαγωγικού συλλογισμού.

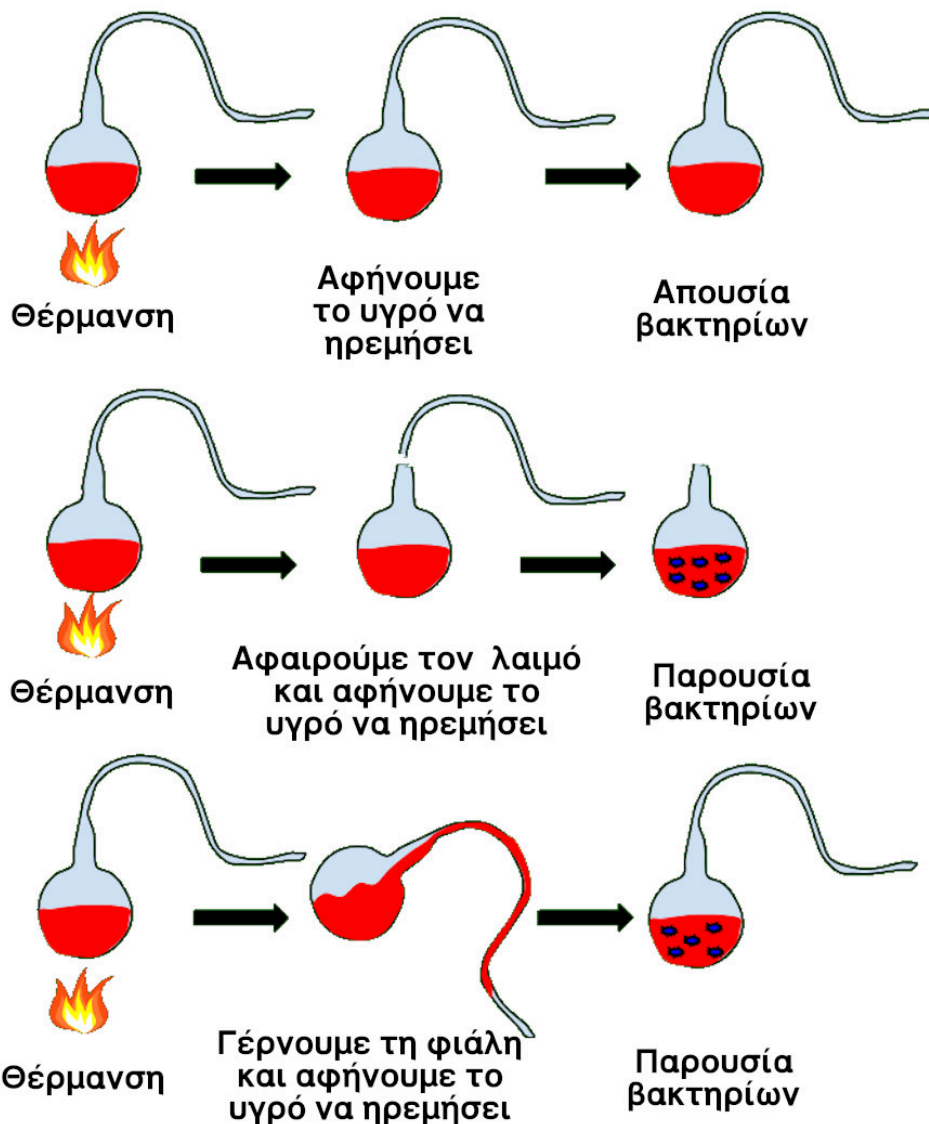
Το **δεύτερο βήμα**, είναι η γραπτή αποτύπωση αυτού του συλλογισμού με επιστημονικό λόγο, που χαρακτηρίζεται από επιστημονική ακρίβεια και πληρότητα, αλλά και γλωσσική σαφήνεια. Σε αυτό το βήμα, κρίσιμη παράμετρος αποτελεί ο χρονικός περιορισμός που τίθεται, μέσα στα πλαίσια του οποίου οφείλουμε να απαντήσουμε.

ΚΥΤΤΑΡΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ (Κεφ. 2° Α' Τεύχος)

1. Η θεωρία της αυτόματης γένεσης του Αριστοτέλη μπορούσε να απορριφθεί μόνο μετά την ανακάλυψη του (οπτικού) μικροσκοπίου τον 17° αιώνα, το οποίο έδωσε την δυνατότητα της ανακάλυψης των μικροοργανισμών.

Από τον 17° αιώνα ο Ιταλός F. Redi απέδειξε ότι τα σκουλήκια αναπτύσσονται στο ωμό κρέας μόνο αν αυτό έχει μολυνθεί από μύγες. Ο επίσης Ιταλός L. Spallanzani έβρασε σούπα σε υάλινους περιέκτες και τους μισούς τους σφράγισε με πώμα. Με το πείραμα αυτό έδειξε ότι μόνο η εκτεθειμένη στον αέρα σούπα αλλοιώθηκε.

Τέλος ο L. Pasteur, ο μεγάλος Γάλλος μικροβιολόγος, απέδειξε οριστικά ότι δεν υπάρχει αυτόματη γένεση, στο περίφημο πείραμά του με τις φιάλες με λαιμό κύκνου.



Πηγή: Wikipedia.

Ωστόσο πέρα από τα παραπάνω πειράματα που αποδεικνύουν την κυτταρική θεωρία (κάθε κύτταρο προέρχεται από προϋπάρχον κύτταρο) και καταρρίπτουν την θεωρία της αυτόματης γένεσης. Υπάρχουν και άλλοι λόγοι που η σημερινή επιστήμη επιβεβαιώνει την κυτταρική θεωρία. Ποιοι είναι αυτοί;

Απάντηση:

Η σύγχρονη Βιολογία με τις γνώσεις που διαθέτει από τις λεπτομερείς παρατηρήσεις του κυττάρου με τα σύγχρονα οπτικά και ηλεκτρονικά μικροσκόπια, που επιτρέπουν ισχυρές παρατηρήσεις μεγάλης μεγέθυνσης της λεπτής δομής του κυττάρου επιβεβαιώνει την κυτταρική θεωρία και καταρρίπτει την θεωρία της αυτόματης γένεσης, διότι:

α. Ένα κύτταρο είναι εξαιρετικής πολυπλοκότητας δομή και μέχρι τώρα δεν έχει βρεθεί κανένας φυσικός μηχανισμός που μπορεί να παράγει (δημιουργεί) κύτταρα από απλά υλικά.

Σημείωση: Δεν υπάρχει μέχρι τώρα καμία αποδεδειγμένη και άρα αποδεκτή θεωρία για την εμφάνιση του/των πρώτου/ων κυττάρων στην αρχέγονη Γη.

β. Δεν έχει βρεθεί καμία περίπτωση αύξησης του αριθμού των κυττάρων ενός είδους χωρίς κυτταρική διαίρεση (απλή διχοτόμηση για τους προκαρυώτες, μίτωση/μείωση για τους ευκαρυώτες).

γ. Μόνο οι ιοί παράγονται από απλούστερες υπομονάδες, αλλά αυτοί δεν είναι κύτταρα και δεν αποτελούνται από κύτταρα. Άλλωστε οι ιοί μπορούν να αναπαράγονται εντός των κυττάρων ξενιστών τους.

2. Ένα είδος αμοιβάδας, η *Pelomyxa palustris*, είναι ένας μονοκύτταρος ευκαρυωτικός οργανισμός που δεν διαθέτει μιτοχόνδρια. Περιέχει όμως συμβιωτικά βακτήρια, τα οποία μπορούν να ζουν σε περιβάλλον με οξυγόνο και να το χρησιμοποιούν. Μπορεί αυτή η παρατήρηση να ενισχύσει ή να αντιπαρατεθεί στη θεωρία που υποστηρίζει την ενδοσυμβιωτική προέλευση των ευκαρυωτικών κυττάρων;

Απάντηση:

«Αν και η θεωρία της εξέλιξης δια της φυσικής επιλογής του Κ. Δαρβίνου έθεσε τα θεμέλια της σύγχρονης Βιολογίας, ο Δαρβίνος και οι σύγχρονοι διάδοχοί του έδειξαν πολύ πειστικά πως οι κληρονομήσιμες αλλαγές υπόκεινται στη φυσική επιλογή, όμως αφήνουν αναπάντητο το ερώτημα πώς πρωτοεμφανίστηκαν οι διάφοροι οργανισμοί. Σύμφωνα με τη θεωρία της ενδοσυμβίωσης της L. Margulis, το σύνολο των οργανισμών από διαφορετικά είδη που ζουν σε φυσική επαφή μεταξύ τους, έπαιξε κρίσιμο ρόλο στις απαρχές του εξελικτικού νεωτερισμού. Τα κύτταρα εξελίχθηκαν από συμβιωτικές ενότητες διαφόρων αρχέγονων ειδών βακτηρίων.

Η κεντρική ιδέα της θεωρίας της ενδοσυμβίωσης, συνοψίζεται στο ότι τα επιπλέον γονίδια στο κυτταρόπλασμα των ζωικών, των φυτικών και άλλων ευκαρυωτικών κυττάρων δεν είναι «γυμνά» γονίδια: προήλθαν μάλλον από βακτηριακά γονίδια. Τα γονίδια αυτά αποτελούν το χειροπιαστό κληροδόμημα κάποιου βίαιου και ανταγωνιστικού παρελθόντος, το οποίο έληξε με ανακωχή. Πολύ καιρό πριν, εκείνα τα βακτήρια που εν μέρει καταβροχθίστηκαν και παγιδεύτηκαν μέσα στα σώματα άλλων, μεταβλήθηκαν σε οργανίδια.

Μερικοί πράσινοι απόγονοι των κυανοβακτηρίων βρίσκονται εξ' αρχής σε κάθε φυτικό κύτταρο και αποτελούν τους χλωροπλάστες ή άλλα πλαστίδια.

Όπως ακριβώς τα κυανοβακτήρια συγγενεύουν με τους χλωροπλάστες, έτσι και τα μιτοχόνδρια συγγενεύουν στενά με τα ελεύθερα διαβιούντα βακτήρια που αναπνέουν οξυγόνο. Υποστηρίζω (όπως έκαναν παλιότερα και άλλοι -συχνά αγνοημένοι- επιστήμονες) πως οι σε ευθεία γραμμή πρόγονοι των μιτοχονδρίων, των ζώων και των φυτών αρχικά ήταν επίσης βακτήρια ελεύθερης διαβίωσης. Η συμβιωτική προέλευση των μιτοχονδρίων και των πλαστιδίων έγινε οριστικά αποδεκτή μετά την ανακάλυψη ότι και τα δύο αυτά είδη οργανιδίων, περιέχουν ιδιαίτερο DNA, διαφορετικό από το DNA του πυρήνα, και αναμφισβήτητα βακτηριακό όσον αφορά τον τύπο και την οργάνωσή του».

Το παραπάνω αποτελεί τμήμα του βιβλίου της L. Margulis «Ο συμβιωτικός πλανήτης» Μία νέα θεώρηση για την εξέλιξη, Εκδόσεις Κάτοπτρο.

Το βιβλίο αυτό της κορυφαίας βιολόγου προτείνεται σε κάθε μαθητή για περαιτέρω μελέτη. Σημείωση: Σήμερα η θεμελιώδης ουσία των κυττάρων, το πυρηνοκυτταρόπλασμα, έλκει την καταγωγή του από τα αρχαία βακτήρια· πιο συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο μέρος του μεταβολισμού που παράγει πρωτεΐνες προέρχεται από τα θερμοοξεόφιλα βακτήρια.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω και με βάση τα δεδομένα της ερώτησης γίνεται σαφές ότι το γεγονός πως το είδος *Pelomyxa palustris* (αμοιβάδα) δεν διαθέτει μιτοχόνδρια αλλά συμβιωτικά αερόβια βακτήρια αποτελεί ένα ακόμη αδιαμφισβήτητο γεγονός απόδειξης της θεωρίας που υποστηρίζει την ενδοσυμβιωτική προέλευση των ευκαρυωτικών κυττάρων.

3. Να πραγματοποιηθεί η αντιστοίχιση:

ΚΥΤΤΑΡΟ	ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
Α. Ζωικό	α. Φωτοσυνθέτει
	β. Έχει κεντροσωμάτιο
	γ. Δεν έχει κυτταρικό τοίχωμα
	δ. Έχει πολλά μιτοχόνδρια
	ε. Έχει πλαστίδια
Β. Φυτικό	στ. Σχηματίζει φραγμοπλάστη
	ζ. Πραγματοποιεί αυλάκωση
	η. Μπορεί να έχει πολλούς πυρήνες
	θ. Μπορεί να μην έχει κανένα πυρήνα
	ι. Έχει μιτοχόνδρια

Απάντηση:

A: β, γ, δ, ζ, η, θ, ι.

B: α, ε, στ, ι.

4. Να πραγματοποιηθεί η αντιστοίχιση:

ΟΡΓΑΝΙΔΙΑ	ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
Α. Μιτοχόνδρια	α. Διπλά μεμβράνη (έξω και έσω)
	β. Λεία εξωτερική μεμβράνη
	γ. Εσωτερική μεμβράνη με ακρολοφίες
	δ. Εσωτερική μεμβράνη με ελάσματα
	ε. Υπάρχουν τόσο στα φυτικά όσο και στα ζωικά
	στ. Εκτελούν το δόγμα της μοριακής βιολογίας
	ζ. Εκτελούν την οξειδωτική φωσφορυλίωση
Β. Χλωροπλάστες	η. Εκτελούν φωτοσύνθεση
	θ. Παράγουν ATP για το κύτταρο
	ι. Παράγουν γλυκόζη
	κ. Δεσμεύουν ενέργεια
	λ. Έχουν μήτρα
	μ. Έχουν στρώμα
	ν. Προήλθαν από κυανοφύκη
	ξ. Προήλθαν από μη-φωτοσυνθέτοντα βακτήρια

Απάντηση:

A: α, β, γ, ε, στ, ζ, θ, λ, ξ.

B: α, β, δ, ε, στ, η, ι, κ, μ, ν.

5. Να πραγματοποιηθούν οι παρακάτω αντιστοιχίσεις:

MEMBRANΗ	ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
Α. Κυτταρική	α. Διπλή στοιχειώδης
	β. Με πόρους
	γ. Υπάρχει μόνο στα ευκαρυωτικά κύτταρα
	δ. Δεν έχει σάκχαρα
	ε. Έχει υποδοχείς
Β. Πυρηνική	στ. Διαχωρίζει το κύτταρο από το περιβάλλον του
	ζ. Είναι απλή στοιχειώδης
	η. Διαμερισματοποιεί το DNA του κυττάρου από το υπόλοιπο κύτταρο
	θ. Διαπερατή με διάχυση, ενεργητική μεταφορά

Απάντηση:

Α: ε, στ, ζ, θ.

Β: α, β, γ, δ, η.

6. Να συμπληρωθεί ο παρακάτω πίνακας. Συμβόλισε με ✓ την ύπαρξη της δομής/κύτταρο, με x την απουσία της δομής/κύτταρο και με ? όπου δεν γίνεται σαφές από το σχολικό βιβλίο.

Κυτταρική δομή	Βακτήριο	Paramecium	Ηπατικό	Μυϊκό	Πρόδρομο ερυθρό	Ώριμο ερυθρό	Ρίζας φυτού	Φύλλου φυτού
Κυτταρικό τοίχωμα								
Κυτταρική μεμβράνη								
Κυτταρόπλασμα								
Ε.Δ.								
Μιτοχόνδρια								
Χλωροπλάστες								
Ριβοσώματα								
Πυρηνικός φάκελος/οι								
Πυρηνόπλασμα								
Πυρηνίσκος/οι								
DNA								
RNA								
Πρωτεΐνες								

Απάντηση:

Κυτταρική δομή	Βακτήριο	Paramecium	Ηπατικό	Μυϊκό	Πρόδρομο ερυθρό	Ώριμο ερυθρό	Ρίζας φυτού	Φύλλου φυτού
Κυτταρικό τοίχωμα	✓	x?	x	x	x	x	✓	✓
Κυτταρική μεμβράνη	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Κυτταρόπλασμα	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ε.Δ.	x	✓	✓	✓	✓	x?	✓	✓
Μιτοχόνδρια	x	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓
Χλωροπλάστες	x	x?	x	x	x	x	x	✓

Ριβοσώματα	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Πυρηνικός φάκελος/οι	x	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓
Πυρηνόπλασμα	x	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓
Πυρηνίσκος/οι	x	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓
DNA	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓
RNA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Πρωτεΐνες	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ

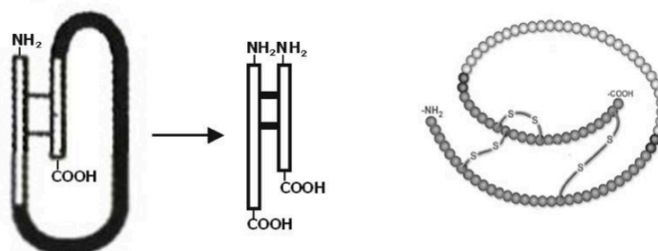
1. Μία πρωτεΐνη του φυτού *Paranerv rhesas* αποτελείται από 980 αμινοξέα (χωρίς να ληφθούν υπόψη οι μετα-μεταφραστικές τροποποιήσεις). Ωστόσο κατά την σύνθεσή της εκλύθηκαν 976 μόρια H_2O . Πόσα γονίδια χρειάζεται να εκφράσει το κύτταρο ώστε να δημιουργήσει αυτήν την πρωτεΐνη;

Σημείωση: Δεν λαμβάνονται υπόψη μετα-μεταγραφικές τροποποιήσεις, εναλλακτικού ματίσματος.

Απάντηση: Το φυτικό κύτταρο μπορεί να εκφράσει 1 ή 2 ή 4 το πολύ γονίδια για να συνθέσει αυτήν την πρωτεΐνη.

Αιτιολόγηση: Κατά την σύνθεση κάθε πολυπεπτιδίου στα ριβοσώματα προκύπτει ένα γραμμικό πολυμερές αμινοξέων. Εάν ένα πολυπεπτίδιο αποτελούνταν από 980 αμινοξέα, τότε αυτά θα συγκρατούνταν μεταξύ τους με 979 πεπτιδικούς, αφού δύο διαδοχικά αμινοξέα συγκρατούνται με έναν πεπτιδικό δεσμό. Με το ίδιο σκεπτικό αν αυτή η πρωτεΐνη των 980 αμινοξέων αποτελούνταν από δύο πολυπεπτίδια, ίδια ή διαφορετικά, τότε αν μ τα αμινοξέα του ενός πολυπεπτιδίου και ν τα αμινοξέα του άλλου πολυπεπτιδίου, τότε $\mu + \nu = 980$ αλλά θα έπρεπε και $(\mu - 1) + (\nu - 1) = 976$ το οποίο όμως δεν ισχύει, αφού $(\mu - 1) + (\nu - 1) = 978 \neq 976$. Ομοίως σκεπτόμενοι συνάγουμε ότι η πρωτεΐνη των 980 αμινοξέων είναι μία τεταρτοταγούς δομής πρωτεΐνη που αποτελείται από τέσσερις υπομονάδες, όμοιες ή διαφορετικές μεταξύ τους, αφού για κάθε υπομονάδα της ν αμινοξέων υπάρχουν $\nu - 1$ πεπτιδικοί δεσμοί. Άρα αν η πρωτεΐνη είναι τετραμερές όμοιων πολυπεπτιδίων το κύτταρο εκφράζει ένα γονίδιο για την κωδικοποίηση. Αν η πρωτεΐνη αποτελείται από τρεις όμοιες υπομονάδες και μία διαφορετική, τότε το κύτταρο θα εκφράσει δύο διαφορετικά γονίδια για να την συνθέσει. Αν η πρωτεΐνη αποτελείται από τέσσερις υπομονάδες, ανά δύο όμοιες, το κύτταρο θα εκφράσει δύο διαφορετικά γονίδια για να την συνθέσει.

2. Η λειτουργική ινσουλίνη αποτελείται από δύο μικρά πεπτίδια, τα οποία συνολικά διαθέτουν 51 αμινοξέα. Όμως η λειτουργική ινσουλίνη απαιτεί την έκφραση ενός μόνο γονιδίου που την κωδικοποιεί. Τα δύο πεπτίδια συγκρατούνται μεταξύ τους με δισουλφιδικούς δεσμούς, ενώ στο ένα από τα δύο πεπτίδια της υπάρχουν ακόμη δύο κυστεΐνες που συνδέονται μεταξύ τους.



- α. Από πόσους πεπτιδικούς δεσμούς αποτελείται η λειτουργική ινσουλίνη;
 β. Από πόσους ομοιοπολικούς δεσμούς αποτελείται η λειτουργική ινσουλίνη;
 γ. Ποιο είναι το μέγιστο επίπεδο αναδίπλωσης στο οποίο φτάνει η λειτουργική ινσουλίνη;

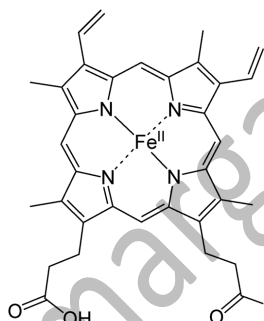
Απάντηση:

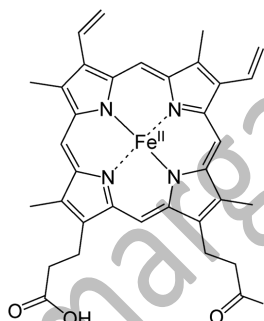
α. Το μόριο της λειτουργικής ινσουλίνης αποτελείται από 49 πεπτιδικούς δεσμούς. Αν μ το πλήθος των αμινοξέων του ενός πεπτιδίου και ν το πλήθος των αμινοξέων του άλλου πεπτιδίου, τότε για το πρώτο πεπτίδιο υπάρχουν $\mu-1$ πεπτιδικοί δεσμοί και για το δεύτερο υπάρχουν $\nu-1$ πεπτιδικοί δεσμοί. Συνεπώς στο λειτουργικό μόριο υπάρχουν $(\mu-1) + (\nu-1) = \mu + \nu - 2$ πεπτιδικοί δεσμοί και $\mu + \nu = 51$, συνεπώς $\mu + \nu - 2 = 49$ πεπτιδικοί δεσμοί υπάρχουν στο μόριο της λειτουργικής ινσουλίνης.

β. Οι δισουλφιδικοί δεσμοί είναι ομοιοπολικοί δεσμοί, όπως ομοιοπολικοί δεσμοί είναι και οι πεπτιδικοί δεσμοί. Συνεπώς στο μόριο της λειτουργικής ινσουλίνης υπάρχουν 49 πεπτιδικοί δεσμοί + 3 δισουλφιδικοί δεσμοί = 52 ομοιοπολικοί δεσμοί.

γ. Το μόριο της λειτουργικής πρωτεΐνης διαθέτει τεταρτοταγή διαμόρφωση στο χώρο, αφού δεν αποτελείται από μία μόνο πολυπεπτιδική αλυσίδα αλλά από δύο ολιγοπεπτίδια, τα οποία συνδυάζονται επιμέρους δίνοντας το τελικό ενιαίο πρωτεϊνικό μόριο.

3. Το μόριο της πρωτεΐνης αιμοσφαιρίνης εκτός από τα τέσσερα πολυπεπτίδια που την αποτελούν, φέρει σε καθένα από αυτά τα τέσσερα πολυπεπτιδικά μόρια και ένα



μόριο αίμης. Η αίμη () είναι μία οργανική ένωση (πορφυρινικός δακτύλιος) που φέρει ένα άτομο Fe στο κέντρο.

α. Ποιο βαθμό αναδίπλωσης έχει η αιμοσφαιρίνη;

β. Ένα τετραμερές 2α2β είναι HbA;

Απάντηση:

α. Η αιμοσφαιρίνη (HbA), συντίθεται από τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες 2α2β, ανά δύο όμοιες 2α και 2β, και επιπλέον καθίσταται ικανή να μεταφέρει το O_2 στους ιστούς των θηλαστικών όταν κάθε μία από τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες της είναι ενωμένη κατάλληλα με ένα μόριο αίμης που στο κέντρο του φέρει ένα ιόν Fe. Συνεπώς η αιμοσφαιρίνη είναι μία πρωτεΐνη με τεταρτοταγή δομή.

β. Το τετραμερές 2α2β που αποτελεί το πρωτεϊνικό συστατικό της αιμοσφαιρίνης που είναι πρωτεΐνη η οποία βρίσκεται στα ερυθρά αιμοσφαίρια του αίματος και μεταφέρει O_2 στους ιστούς των θηλαστικών, δεν είναι από μόνο του πρωτεΐνη, καθώς όταν δεν φέρει κάθε μία από τις υπομονάδες α και β από ένα μόριο αίμης, με ένα ιόν Fe στο κέντρο του, τότε είναι αδύνατη η εκτέλεση της λειτουργίας που είναι η μεταφορά του O_2 στους ιστούς. Το O_2 συνδέεται με το ιόν Fe της αίμης στο μόριο της αιμοσφαιρίνης. Αν δεν υπάρχει αίμη τότε το πρωτεϊνικό τετραμερές 2α2β της αιμοσφαιρίνης αδυνατεί να μεταφέρει O_2 .

4. Η θρυψίνη κόβει τον πεπτιδικό δεσμό στην καρβοξυλική πλευρά της λυσίνης με ένα άλλο αμινοξύ ενώ η χυμοθρυψίνη πέπτει τον πεπτιδικό δεσμό αναγνωρίζοντας το

καρβοξυλικό μέρος της φαινυλαλανίνης ή της τρυπτοφάνης. Πού οφείλεται αυτή η ικανότητα των δύο ενζύμων να διακρίνουν τα σημεία της κάθε πρωτεΐνης στην οποία δρουν;

Απάντηση:

Το γεγονός ότι τα ένζυμα είναι πρωτεϊνικά μόρια έχει ως αποτέλεσμα ορισμένες, τουλάχιστον, από τις ιδιότητές τους. Ας δούμε τις κυριότερες από αυτές:

- Η καταλυτική δράση των ενζύμων καθορίζεται από την τριτοταγή δομή του πρωτεϊνικού μορίου τους και χάνεται, όταν η δομή αυτή, για κάποιο λόγο, πάψει να υπάρχει.
- Εμφανίζουν υψηλό βαθμό εξειδίκευσης, που οφείλεται στη διάταξή τους στο χώρο και στη δυνατότητα σύνδεσης του ενεργού τους κέντρου με το υπόστρωμα. Αυτό σημαίνει ότι δρουν συνήθως σε ένα μόνο συγκεκριμένο υπόστρωμα. Ένα ένζυμο δηλαδή καταλύει συνήθως μία μόνο χημική αντίδραση ή, το πολύ, μια σειρά από πολύ συγγενικές αντιδράσεις. Η καταλάση, για παράδειγμα, καταλύει μόνο την αντίδραση διάσπασης του υπεροξειδίου του υδρογόνου. Αντίθετα η παγκρεατική λιπάση, ένζυμο που εκκρίνεται από το πάγκρεας, καταλύει τις αντιδράσεις διάσπασης μιας σειράς διαφορετικών λιπιδίων.

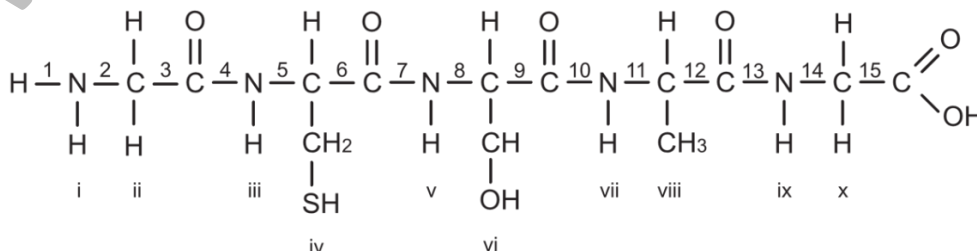
Ο προσανατολισμός των μορίων - υποστρωμάτων γίνεται στο **ενεργό κέντρο του ενζύμου**, που αποτελεί μια μικρή περιοχή του. Η σύνδεση των αντιδρώντων μορίων με αυτό μοιάζει με το «ταίριασμα του κλειδιού στην κλειδαριά».

Η σύνδεση των υποστρώμάτων με το ένζυμο έχει ως αποτέλεσμα να γίνονται ασταθείς οι δεσμοί των αντιδρώντων μορίων. «Σπάνε» πιο εύκολα, κάτι που αποτελεί προϋπόθεση για το σχηματισμό των προϊόντων. Σε ορισμένες περιπτώσεις το ενεργό κέντρο των ενζύμων αποκτά σχήμα συμπληρωματικό του σχήματος του υποστρώματος μόνο μετά την πρόσδεση του υποστρώματος στο ενεργό κέντρο.

Σύμφωνα λοιπόν με όσα αναφέρθηκαν, η θρυψίνη διακρίνει το σημείο στο οποίο δρα σε μία πρωτεΐνη, όπως και η χυμοθρυψίνη διακρίνει το δικό της σημείο στο οποίο δρα σε μία πρωτεΐνη, χάρη στο σχήμα του ενεργού κέντρου που διαθέτει το κάθε ένα από τα δύο ένζυμα. Τα σχήματα των ενεργών κέντρων των δύο αυτών ενζύμων είναι διαφορετικά και γι' αυτό το λόγο αναγνωρίζουν διαφορετικές περιοχές στις πρωτεΐνες στις οποίες δρουν.

Η μεν θρυψίνη αναγνωρίζει $\text{H}_2\text{N} \dots [\text{Lys-Αμινοξύ}] \dots \text{COOH}$ ενώ η δε χυμοθρυψίνη αναγνωρίζει $\text{H}_2\text{N} \dots [\text{Phe-Αμινοξύ}] \dots \text{COOH}$ ή αναγνωρίζει $\text{H}_2\text{N} \dots [\text{Trp-Αμινοξύ}] \dots \text{COOH}$.

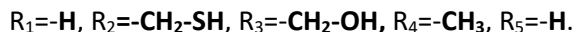
5. Δίνεται το παρακάτω ολιγοπεπτίδιο:



- α. Από πόσα αμινοξέα αποτελείται;
β. Πόσοι πεπτιδικοί δεσμοί το συγκρατούν;
γ. Ποιες είναι πλευρικές ομάδες των αμινοξέων που συμμετέχουν στη δομή του;

Απάντηση:

- α.** Το δοθέν ολιγοπεπτίδιο αποτελείται από πέντε (5) αμινοξέα.
β. Το πενταπεπτίδιο συγκρατείται από τέσσερεις (4) πεπτιδικούς δεσμούς.
γ. Οι ζητούμενες πλευρικές ομάδες είναι:



Η R_1 ανήκει στο αμινοξύ Gly.

Η R_2 ανήκει στο αμινοξύ Cys.

Η R_3 ανήκει στο αμινοξύ Ser.

Η R_4 ανήκει στο αμινοξύ Ala.

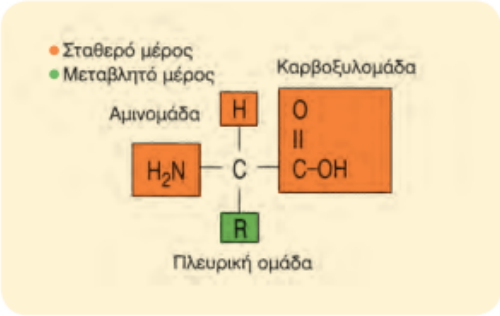
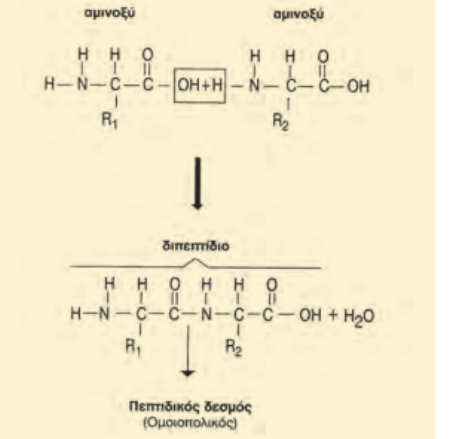
Η R_5 ανήκει στο αμινοξύ Gly.

(βλέπε πίνακα αμινοξέων)

Παρά τις διαφορές τους όλες οι πρωτεΐνες, ανεξάρτητα από το πού ανήκουν (σε ιούς, βακτήρια ή σε ανώτερες μορφές ζωής), οικοδομούνται με βάση την ίδια πρώτη ύλη: ένα σύνολο από 20 διαφορετικά αμινοξέα. Από τα 20 αυτά είδη αμινοξέων, ένας διαφορετικός αριθμός κάθε φορά, συνδεόμενα με διαφορετική αλληλουχία, δίνουν μια τεράστια ποικιλία πρωτεϊνικών μορίων.

Το μόριο των αμινοξέων αποτελείται από δύο τμήματα, ένα σταθερό και ένα μεταβλητό. Το σταθερό αποτελείται από ένα άτομο υδρογόνου, μια αμινομάδα και μια καρβοξυλομάδα, ενωμένα σε ένα κοινό άτομο άνθρακα, ενώ το μεταβλητό αποτελείται από την **πλευρική ομάδα**. Η ομάδα αυτή έχει διαφορετική χημική δομή για κάθε αμινοξύ. Συνεπώς, αν υπάρχουν 20 διαφορετικά αμινοξέα, είναι γιατί υπάρχουν 20 διαφορετικές πλευρικές ομάδες.

Η ένωση δύο αμινοξέων γίνεται με μια αντίδραση συμπύκνωσης (αφαίρεση ενός μορίου νερού) μεταξύ της καρβοξυλομάδας του ενός και της αμινομάδας του άλλου. Αποτέλεσμα αυτής της ένωσης είναι ένα **διπεπτίδιο**. Αν στο 2ο αμινοξύ του διπεπτιδίου συνδεθεί με τον ίδιο τρόπο ένα 3ο αμινοξύ, δημιουργείται ένα **τριπεπτίδιο** κ.ο.κ. Τα πεπτίδια στα οποία ο αριθμός των αμινοξέων υπερβαίνει τα 50 ονομάζονται **πολυπεπτίδια**. Κάθε φορά μπορεί να προστίθεται στην πεπτιδική αλυσίδα οποιοδήποτε από τα 20 διαφορετικά αμινοξέα που απαντώνται στις πρωτεΐνες.

Αμινοξύ	Διπεπτίδιο (σχηματισμός πεπτιδικού δεσμού)
	

6. Για ποιον λόγο, σύμφωνα με όσα γνωρίζετε για τις πρωτεΐνες και την φυσιολογική θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος, δεν πρέπει να επιτρέπουμε στον πυρετό να παραμένει για μέρες πάνω από 40 °C;

Απάντηση:

Σε περίπτωση γενικευμένης μικροβιακής μόλυνσης, όταν δηλαδή οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που εισέβαλαν (μόλυναν) τον οργανισμό από κάποιο σημείο του σώματος εισήλθαν στην κυκλοφορία του αίματος και διασπάρθηκαν στο εσωτερικό του, ενώ ταυτόχρονα ο πληθυσμός τους αυξάνεται, δηλαδή οι μικροοργανισμοί έχουν πλέον εγκατασταθεί και πολλαπλασιάζονται στον οργανισμό (λοίμωξη), τότε ο οργανισμός αντιδρά και με έναν εσωτερικό μη ειδικό μηχανισμό άμυνας, τον πυρετό. Η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται πάνω από τους 36,6°C και μπορεί να φτάνει σε τιμές μεγαλύτερες και από τους 40°C. Με αυτή την αύξηση της θερμοκρασίας ο οργανισμός μπορεί να:

- Εμποδίσει την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των βακτηρίων πρωτόζωων ή μυκήτων.
- Αναστείλει τον πολλαπλασιασμό των ιών επειδή έτσι παρεμποδίζεται και η λειτουργία των ενζύμων των κυττάρων του οργανισμού.
- Ενισχύσει τη δράση των φαγοκυττάρων.

Συνεπώς όταν έχουμε πυρετό, έχουμε λοίμωξη από κάποιο παθογόνο μικρόβιο.

- Ο οργανισμός μας θα έχει πρωτογενή ανοσοβιολογική απόκριση κατά του μικροβίου που προκάλεσε τον πυρετό, διότι αν είχαμε δευτερογενή ανοσοβιολογική απόκριση τότε τα αντισώματα του οργανισμού θα έπρεπε να καταπολεμήσουν ταχύτατα τους εισβολείς, και έτσι θα αποτρεπόταν η γενικευμένη μόλυνση που προκαλεί τον πυρετό.
- Δεν παίρνουμε αντιπυρετικά όταν αυτός διατηρείται σε θερμοκρασίες μικρότερες των 40°C για λίγες ημέρες, διότι διαφορετικά καταστέλλουμε έναν αμυντικό μηχανισμό και επιμηκύνουμε το χρονικό διάστημα που χρειάζεται ο οργανισμός μας για να καταπολεμήσει τον παθογόνο μικροοργανισμό. Εξαίρεση αποτελεί η χορήγηση αντιπυρετικών από τον θεράποντα ιατρό που μας εξέτασε.
- Εάν έχουμε πυρετό για πολλές ημέρες ή/και αυτός είναι υψηλότερος από 40°C, τότε είναι απαραίτητο να εξεταστούμε από ιατρό, ο οποίος είναι πολύ πιθανό να μας χορηγήσει αντιπυρετικά φάρμακα, διότι ο υψηλός πυρετός για πολλές ημέρες προκαλεί αναστολή της δράσης των ενζύμων των κυττάρων μας, που μπορεί να οδηγήσει ακόμη και στο θάνατο.

Σημείωση 1: Όταν η θερμοκρασία μας είναι υψηλότερη από 40°C ο ιατρός μπορεί να χορηγήσει αντιπυρετικά φάρμακα για την πτώση του πυρετού, αλλά είναι πιθανόν να έχει ήδη χορηγήσει και άλλα φάρμακα που απαιτούνται για τη θεραπεία μας, π.χ. κάποιο αντιβιοτικό, ανάλογα με το αίτιο της πρόκλησης του πυρετού (βακτήριο ή πρωτόζωο ή μύκητας).

Σημείωση 2: Αξίζει να αναφερθεί ότι η ομοιόσταση δεν είναι χαρακτηριστικό μόνο του ανθρώπου, αλλά αποτελεί χαρακτηριστικό της ζωής (οι ιοί δεν έχουν ομοιόσταση). Επίσης η θερμоруθμηση και ο πυρετός δεν είναι χαρακτηριστικά μόνο του ανθρώπου αλλά και άλλων ζώων, των ομοιόθερμων, όπως τα υπόλοιπα θηλαστικά και τα πουλιά.

7. Ένα τετραπεπτίδιο αποτελείται από τα αμινοξέα αλανίνη (Ala), βαλίνη (Val), ισολευκίνη (Ile) και γλυκίνη (Gly). Πόσες είναι οι πιθανές πρωτοταγείς δομές του;

Απάντηση:

Θα εξετάσουμε περιπτώσεις:

α. Τα δοθέντα αμινοξέα υπάρχουν το καθένα, από μία μόνο φορά στο τετραπεπτίδιο: Σε αυτήν την περίπτωση όλες οι πιθανές πρωτοταγείς δομές του τετραπεπτιδίου είναι $4 \times 3 \times 2 \times 1 = 4! = 24$.

β. Τα δοθέντα αμινοξέα μπορούν να υπάρχουν έως και τέσσερις φορές το καθένα στο τετραπεπτίδιο:

Σε αυτήν την περίπτωση όλες οι πιθανές πρωτοταγείς δομές του τετραπεπτιδίου είναι: $4^4 = 256$.

Αιτιολόγηση:

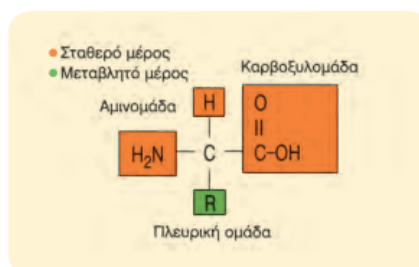
Αν μας δώσουν, όσες φορές χρειαστούμε, δυο είδη αμινοξέων, την αλανίνη (A) και τη σερίνη (S), και μας θέσουν το ερώτημα: πόσα διαφορετικά τριπεπτίδια μπορούμε να φτιάξουμε χρησιμοποιώντας κάθε είδος αμινοξέος από καμία ως τρεις φορές; Πώς θα το υπολογίσουμε; Ένας απλός τρόπος να απαντήσουμε στο ερώτημα, χωρίς να μπερδευτούμε από τους ποικίλους συνδυασμούς, είναι να σκεφτούμε ότι κάθε θέση τριπεπτιδίου (1η, 2η, 3η) μπορεί να καταλαμβάνεται από οποιοδήποτε από τα 2 είδη αμινοξέων. Έτσι μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα σύστημα διακλάδωσης, από το οποίο να προκύπτουν όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί. Παρατηρούμε ότι προκύπτουν 8, δηλαδή 2^3 διαφορετικοί συνδυασμοί. Συνεπώς, αν αντί για 2 είχες 20 διαφορετικά αμινοξέα που μετέχουν στις πρωτεΐνες και το πολυπεπτίδιο είχε, για παράδειγμα, 100 αμινοξέα, οι πιθανοί συνδυασμοί θα ήταν 20^{100} .

Στην περίπτωση όμως που δεν διαθέτουμε κάθε αμινοξύ, όσες φορές χρειαστούμε, αλλά από μία μόνο φορά το καθένα τότε για η διαφορετικά αμινοξέα, όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί πρωτοταγών δομών για ένα ολιγοπεπτίδιο ή πολυπεπτίδιο μήκους n αμινοξέων, δίνονται από τον τύπο της συνδυαστικής των μαθηματικών n!.

8. Για ποιο λόγο είναι σημαντικός ο ρόλος της πλευρικής ομάδας R των αμινοξέων;

Απάντηση:

Κάθε αμινοξύ από τα 20 που μετείχαν στην δομή των πρωτεϊνών αποτελείται από ένα σταθερό και ένα μεταβλητό μέρος. Το σταθερό είναι η $-\text{NH}_3^+$, η $-\text{COO}^-$, το άτομο H και το ασύμμετρο άτομο C^α.



Το μεταβλητό τμήμα κάθε αμινοξέος είναι η δική του πλευρική ομάδα $-\text{R}$.

Κάθε διαφορετική ομάδα R έχει διαφορετική χημική δομή και για τον λόγο αυτό διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην τελική διαμόρφωση (τριτοδιάστατη δομή) της στο χώρο. Οι χημικοί δεσμοί που αναπτύσσονται μεταξύ των R ομάδων των αμινοξέων μίας

πολυπεπτιδικής αλυσίδας (δισουλφιδικοί δεσμοί, ιοντικοί δεσμοί, δεσμοί υδρογόνου, υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις, Van der Waals) καθορίζουν το τελικό σχήμα του πολυπεπτιδίου στο χώρο. Το σχήμα κάθε πρωτεΐνης είναι το κλειδί για την λειτουργία που αυτή επιτελεί στο κύτταρο.

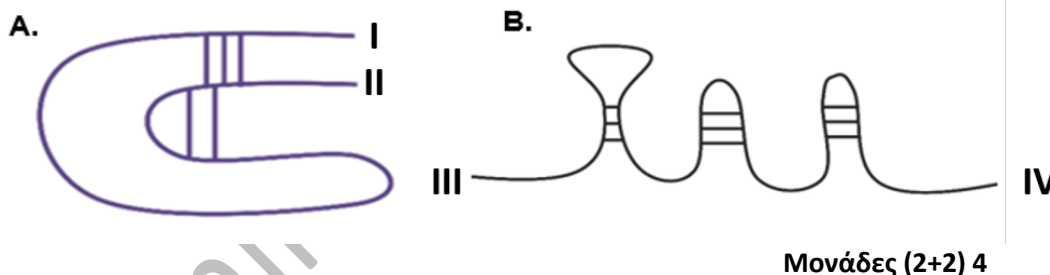
Το πλήθος των διαφορετικών πρωτεϊνών που διαθέτει ένα κύτταρο καθορίζει και το πλήθος των διαφορετικών λειτουργιών και δομικών χαρακτηριστικών του. Αυτό συμβαίνει καθώς οι πρωτεΐνες ενός κυττάρου είναι αυτές που καθορίζουν την δομή και την λειτουργία του κυττάρου.

9. Ένα μόριο mRNA μεταφράζεται σε πολυπεπτίδιο (ω) μήκους 300 αμινοξέων, το οποίο συμμετέχει ως υπομονάδα σε σφαιρική πρωτεΐνη σύστασης $2\omega 2\gamma$, συνολικού $Mr = 100.000$, όπου κάθε λειτουργικό πολυπεπτίδιο της, συνιστά το 25% του ολικού Mr της πρωτεΐνης. Γνωρίζουμε ότι κάθε δεσμευμένο σε πολυπεπτίδιο, αμινοξύ έχει $Mr \cong 100$.

α. Να βρεθεί το πλήθος των αμινοξέων της πρωτεΐνης αυτής και να αναφέρετε το είδος της τελικής διαμόρφωσής της στον χώρο.

β. Παρατηρώντας τα παρακάτω σχεδιαγράμματα των μακρομορίων Α και Β:

- Ποιο είναι το πολυπεπτίδιο ω και ποιο το mRNA που το κωδικοποιεί;
- Τι μπορεί να αντιπροσωπεύουν από χημικής απόψεως τα άκρα που δηλώνουν τα γράμματα I, II, III, IV, με το I και III να δηλώνουν την αρχή των πολυμερών μορίων Α και Β αντίστοιχως;



- Τμήμα 14 αμινοξέων της πολυπεπτιδικής λειτουργικής υπομονάδας ω πέπτεται με πρωτεάσες (θρυψίνη και χυμοθρυψίνη) ώστε να προσδιοριστεί η πρωτοταγή δομή του. Το ένζυμο θρυψίνη, πέπτει τον πεπτιδικό δεσμό στην καρβοξυλική πλευρά της λυσίνης με ένα άλλο αμινοξύ. Το ένζυμο χυμοθρυψίνη, πέπτει τον πεπτιδικό δεσμό, αναγνωρίζοντας το καρβοξυλικό μέρος του με φαινυλαλανίνη ή τρυπτοφάνη. Τα προϊόντα της πέψης του ολιγοπεπτιδικού τμήματος ήταν:

ΘΡΥΨΙΝΗ

- $H_2N\text{-Met-Leu-Trp-Gly-Gly-Lys-COOH}$
- $H_2N\text{-Met-His-COOH}$
- $H_2N\text{-Leu-His-Phe-Met-Gly-Lys-COOH}$

ΧΥΜΟΘΡΥΨΙΝΗ

- $H_2N\text{-Leu-His-Phe-COOH}$
- $H_2N\text{-Gly-Gly-Lys-Met-His-COOH}$
- $H_2N\text{-Met-Gly-Lys-Met-Leu-Trp-COOH}$

Ποιο είναι το αμινικό και ποιο το καρβοξυτελικό άκρο του υπό εξέταση τμήματος;

Ποια είναι η πρωτοταγής δομή του;

Απάντηση:

α. Πλήθος αμινοξέων πρωτεΐνης $2\omega 2\gamma = \frac{Mr_{\text{πρωτεΐνης}}}{Mr_{\text{αμινοξέος}}} = \frac{10^5}{10^2} = 10^3$.

Άρα το πλήθος των αμινοξέων είναι 1.000 για την πρωτεΐνη με τεταρτοταγή δομή και με σύσταση $2\omega 2\gamma$. Κάθε υπομονάδα συμμετέχει σε ποσοστό 25%, άρα κάθε υπομονάδα θα αποτελείται από **250 αμινοξέα**.

β.

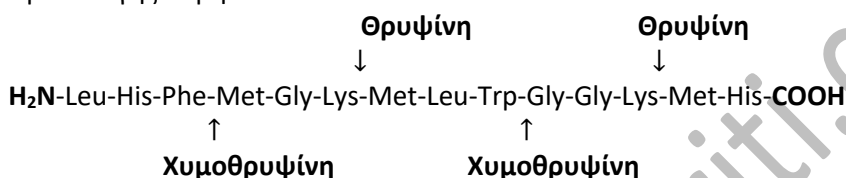
i) A = πολυπεπτίδιο B = mRNA

ii) I = H_2N III = 5'

II = $COOH$ IV = 3'

γ. Αμινικό άκρο (H_2N -) Leu, Καρβοξυτελικό άκρο ($-COOH$) His

Πρωτοταγής δομή:

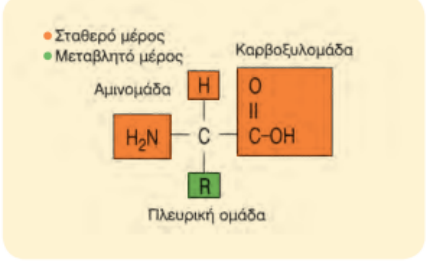
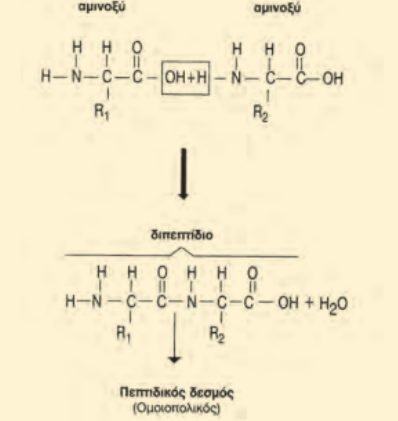


Αιτιολόγηση:

Γνωρίζουμε ότι παρά τις διαφορές τους όλες οι πρωτεΐνες, ανεξάρτητα από το πού ανήκουν (σε ιούς, βακτήρια ή σε ανώτερες μορφές ζωής), οικοδομούνται με βάση την ίδια πρώτη ύλη: ένα σύνολο από 20 διαφορετικά αμινοξέα. Από τα 20 αυτά είδη αμινοξέων, ένας διαφορετικός αριθμός κάθε φορά, συνδεόμενα με διαφορετική αλληλουχία, δίνουν μια τεράστια ποικιλία πρωτεϊνικών μορίων. Ο αριθμός των αμινοξέων που είναι διαφορετικός για κάθε πρωτεΐνη μπορεί να ξεπερνά τα 1.000.

Το μόριο των αμινοξέων αποτελείται από δύο τμήματα, ένα σταθερό και ένα μεταβλητό. Το σταθερό αποτελείται από ένα άτομο υδρογόνου, μια αμινομάδα και μια καρβοξυλομάδα, ενωμένα σε ένα κοινό άτομο άνθρακα, ενώ το μεταβλητό αποτελείται από την πλευρική ομάδα. Η ομάδα αυτή έχει διαφορετική χημική δομή για κάθε αμινοξύ. Συνεπώς, αν υπάρχουν 20 διαφορετικά αμινοξέα, είναι γιατί υπάρχουν 20 διαφορετικές πλευρικές ομάδες.

Η ένωση δύο αμινοξέων γίνεται με μια αντίδραση συμπύκνωσης (αφαίρεση ενός μορίου νερού) μεταξύ της καρβοξυλομάδας του ενός και της αμινομάδας του άλλου. Αποτέλεσμα αυτής της ένωσης είναι ένα διπεπτίδιο.

Αμινοξύ	Διπεπτίδιο (σχηματισμός πεπτιδικού δεσμού)
	

Αν η πρωτεΐνη αποτελείται από μία μόνο πολυπεπτιδική αλυσίδα, το τελικό στάδιο της διαμόρφωσής της είναι η τριτοταγής δομή. Αν όμως αποτελείται από περισσότερες πολυπεπτιδικές αλυσίδες, το τελικό στάδιο είναι η τεταρτοταγής δομή, δηλαδή ο συνδυασμός των επιμέρους πολυπεπτιδικών αλυσίδων σε ένα ενιαίο πρωτεϊνικό μόριο.

Το δεύτερο είδος νουκλεϊκού οξέος, το RNA, εκτός από τις διαφορές που έχει από το DNA στη σύσταση (η πεντόζη είναι ριβόζη αντί δεσοξυριβόζη και η μία αζωτούχα βάση είναι ουρακίλη αντί θυμίνη), διαφέρει και στη δομή. Ενώ το DNA είναι ένα δίκλωνο μόριο, το RNA είναι κατά βάση μονόκλωνο. Αποτελείται δηλαδή από μια απλή πολυριβονουκλεοτιδική αλυσίδα. Ωστόσο, μερικές φορές, αυτό το μονόκλωνο μόριο αναδιπλώνεται σε ορισμένα σημεία. Η διαμόρφωση αυτή μπορεί να σταθεροποιηθεί με δεσμούς υδρογόνου, που σχηματίζονται ανάμεσα σε βάσεις που είναι συμπληρωματικές μεταξύ τους (G-C, A-U), παρά το ότι στην περίπτωση αυτή ανήκουν στην ίδια αλυσίδα (κλώνο).

Το RNA εμφανίζεται με τρεις διαφορετικούς τύπους. Το αγγελιαφόρο RNA (mRNA), το μεταφορικό RNA (tRNA) και το ριβοσωμικό RNA (rRNA). Καθένας από τους τύπους αυτούς έχει έναν ιδιαίτερο βιολογικό ρόλο. Το αγγελιαφόρο RNA μεταφέρει τη γενετική πληροφορία από το DNA, όπου είναι κωδικοποιημένη, στα ριβοσώματα, όπου γίνεται η σύνθεση των πρωτεϊνών.

Το DNA, όπως και το RNA, είναι ένα μακρομόριο, που αποτελείται από **νουκλεοτίδια**. Κάθε νουκλεοτίδιο του DNA αποτελείται από μία πεντόζη, τη δεσοξυριβόζη, ενωμένη με μία φωσφορική ομάδα και μία αζωτούχο βάση. Στα νουκλεοτίδια του RNA η αζωτούχος βάση μπορεί να είναι μία από τις: αδενίνη (A), γουανίνη (G), κυτοσίνη (C) και ουρακίλη (U). Σε κάθε νουκλεοτίδιο η αζωτούχος βάση συνδέεται με τον 1' άνθρακα της δεσοξυριβόζης και η φωσφορική ομάδα με τον 5' άνθρακα. Μια **πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα** σχηματίζεται από την ένωση πολλών νουκλεοτιδίων με ομοιοπολικό δεσμό. Ο δεσμός αυτός δημιουργείται μεταξύ του υδροξυλίου του 3' άνθρακα της πεντόζης του πρώτου νουκλεοτιδίου και της φωσφορικής ομάδας που είναι συνδεδεμένη στον 5' άνθρακα της πεντόζης του επόμενου νουκλεοτιδίου. Ο δεσμός αυτός ονομάζεται 3'-5' **φωσφοδιεστερικός δεσμός**. Με τον τρόπο αυτό η πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα που δημιουργείται έχει ένα σκελετό, που αποτελείται από επανάληψη των μορίων φωσφορική ομάδα-πεντόζη-φωσφορική ομάδα-πεντόζη. Ανεξάρτητα από τον αριθμό των νουκλεοτιδίων από τα οποία αποτελείται η πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα, το πρώτο της νουκλεοτίδιο έχει πάντα μία ελεύθερη φωσφορική ομάδα συνδεδεμένη στον 5' άνθρακα της πεντόζης του και το τελευταίο νουκλεοτίδιο της έχει ελεύθερο το υδροξύλιο του 3' άνθρακα της πεντόζης του. Για το λόγο αυτό αναφέρεται ότι ο προσανατολισμός της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας είναι 5'→3'.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω και με βάση τα δεδομένα της άσκησης, υπολογίζουμε ότι:

$$\alpha. \frac{M_{\text{πρωτεΐνης}}}{M_{\text{αμινοξέος}}} = \text{πλήθος αμινοξέων} \Leftrightarrow \frac{100.000}{100} = 1.000.$$

Εφόσον κάθε υπομονάδα της πρωτεΐνης $2\omega 2\gamma$ έχει συμμετοχή 25% στο μόριο της πρωτεΐνης συνάγεται ευλόγως ότι κάθε υπομονάδα αποτελείται από 250 αμινοξέα.

β.

i) Μόνο το μόριο Β πληροί τις προϋποθέσεις της ανάπτυξης συμπληρωματικότητας μεταξύ των σημείων όπου αυτή εμφανίζεται.

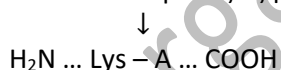
Στο μόριο Α οι δύο αλυσίδες συνδέονται με δεσμούς που ονομάζονται γέφυρες S ή δισουλφιδικοί δεσμοί, καθώς δεν είναι δυνατόν να τηρείται ο κανόνας της συμπληρωματικότητας στα σημεία σύνδεσης των δύο αλυσίδων.

ii) Ο προσανατολισμός κατασκευής κάθε πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας είναι από το H_2N προς το COOH άκρο αφού ο πεπτιδικός δεσμός δημιουργείται μεταξύ του COOH του προηγούμενου αμινοξέος και της NH_2 του επόμενου αμινοξέος.

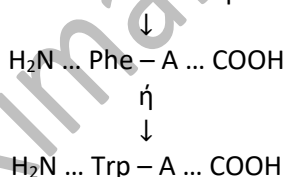
Ανάλογα σκεπτόμενοι, η κατασκευή κάθε πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας γίνεται με προσανατολισμό 5' προς 3' άκρο, αφού τα νουκλεοτίδια συνδέονται μεταξύ τους με 3' → 5' φωσφοδιεστερικό δεσμό. Συνεπώς τα ζητούμενα άκρα είναι: I = -NH_2 , II = COOH , III = 5', IV = 3'.

γ. Με δεδομένα ότι:

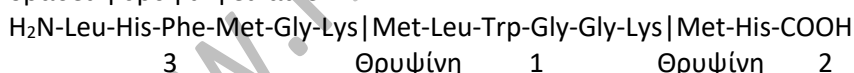
- Το ένζυμο θρυψίνη πέπτει τον πεπτιδικό δεσμό ως εξής:



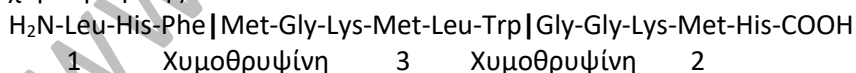
- Το ένζυμο χυμοθρυψίνη πέπτει τον πεπτιδικό δεσμό ως εξής:



Συνάγουμε ότι η μοναδική ορθή διάταξη των τριών ολιγοπεπτιδίων που δίνονται όταν δράσει η θρυψίνη είναι: 3 → 1 → 2.

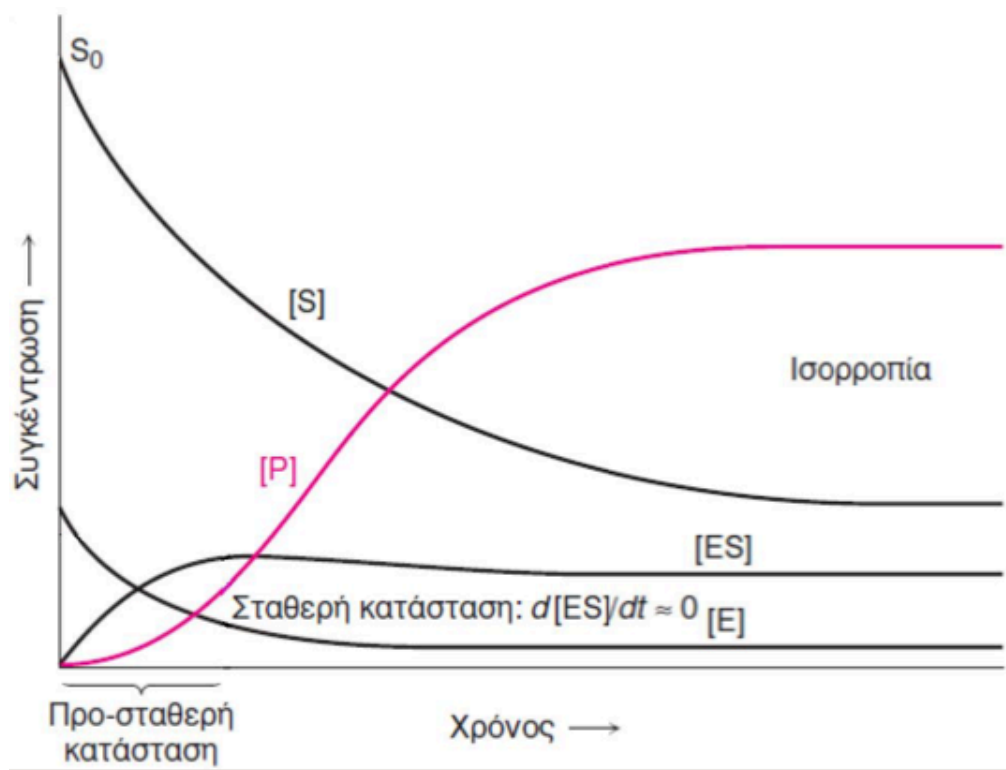


Ομοίως η μοναδική διάταξη των δοθέντων ολιγοπεπτιδίων υπό την επίδραση της χυμοθρυψίνης είναι: 1 → 3 → 2.



ΕΝΖΥΜΑ

10. Δίνεται το παρακάτω διάγραμμα για μία βιοχημική αντίδραση του μεταβολισμού μας, για την οποία καταγράφεται η κινητική της.



Να πραγματοποιηθεί η παρακάτω αντιστοίχιση:

Καμπύλη	Συστατικό αντίδρασης
α (P)	αντιδρών (υπόστρωμα)
β (ES)	ένζυμο
γ (E)	σύμπλοκο ενζύμου-υποστρώματος
δ (S)	προϊόν

Η σωστή αντιστοίχιση είναι:

Καμπύλη α → προϊόν

Καμπύλη β → ελεύθερο ένζυμο

Καμπύλη γ → υπόστρωμα

Καμπύλη δ → σύμπλοκο ενζύμου-υποστρώματος

Αιτιολόγηση:

Τα **ένζυμα**, γενικά, καταλύουν αντιδράσεις που θα μπορούσαν να γίνουν και χωρίς την παρουσία τους. Με την παρουσία όμως των ενζύμων η ταχύτητα των αντιδράσεων αυξάνεται ακόμη και μέχρι 100 εκατομμύρια φορές. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται, με την παρουσία ενζύμων, μέσα σ' ένα λεπτό, θα χρειάζονταν 32 μήνες για να πραγματοποιηθούν χωρίς αυτά. Αυτό επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο προσανατολισμό των αντιδρώντων μορίων ή **μορίων - υποστρωμάτων**.

Ο προσανατολισμός των μορίων - υποστρωμάτων γίνεται στο **ενεργό κέντρο του ενζύμου**, που αποτελεί μια μικρή περιοχή του. Η σύνδεση των αντιδρώντων μορίων με αυτό μοιάζει με το «ταίριασμα του κλειδιού στην κλειδαριά». Η σύνδεση των υποστρωμάτων με το ένζυμο έχει ως αποτέλεσμα να γίνονται ασταθείς οι δεσμοί των αντιδρώντων μορίων. «Σπάνε» πιο εύκολα, κάτι που αποτελεί προϋπόθεση για το σχηματισμό των προϊόντων. Σε ορισμένες περιπτώσεις το ενεργό κέντρο των ενζύμων αποκτά σχήμα συμπληρωματικό του σχήματος του υποστρώματος μόνο μετά την πρόσδεση του υποστρώματος στο ενεργό κέντρο.

Τα ένζυμα δε συμμετέχουν στην αντίδραση που καταλύουν, με την έννοια ότι παραμένουν αναλλοίωτα και μετά το τέλος της αντίδρασης μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν πολλές φορές, ώσπου να καταστραφούν.

Συγκεκριμένα όταν ένα υπόστρωμα S, συνδεθεί με ένα ένζυμο E, σχηματίζεται το σύμπλοκο ενζύμου-υποστρώματος, ES, κατά την αντίδραση: $E + S \rightleftharpoons ES$.

Στη συνέχεια το ένζυμο, με την ενεργή περιοχή του, δρα επί του συζευγμένου υποστρώματος και παράγονται τα συνδεδεμένα με το ένζυμο προϊόντα, P $ES \rightarrow EP$

Τελικά τα προϊόντα P απομακρύνονται κατά την αντίδραση $EP \rightarrow E + P$ και το ένζυμο είναι έτοιμο να συνδεθεί με άλλο μόριο υποστρώματος και να δώσει νέα προϊόντα πάλι.

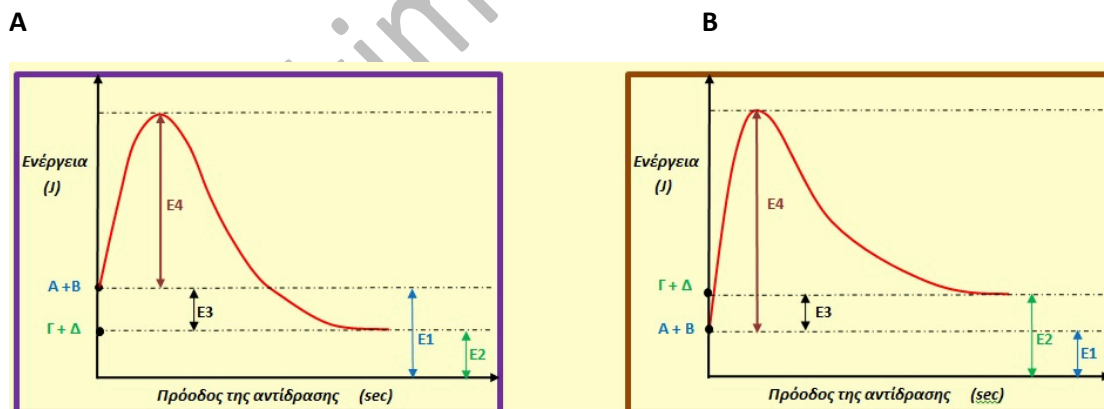
Η όλη ενζυμική αντίδραση μπορεί να γραφεί: Υπόστρωμα (S) $\xrightarrow{E}$ προϊόντα (P).

Σημείωση:

Θεωρούμε ότι: Ταχύτητα σχηματισμού ενεργοποιημένου συμπλόκου = ταχύτητα διάσπασης του, όπως συμβαίνει στα περισσότερα από τα βιολογικά συστήματα.

Η αντίδραση χωρίς το ένζυμο, αν και θερμοδυναμικά εφικτή είναι εξαιρετικά βραδεία για την ταχύτητα που απαιτεί η ζωή.

11. Δίνονται τα παρακάτω διαγράμματα:



α. Ποια από τα δύο διαγράμματα παριστάνει μία βιοχημική αντίδραση που απαιτεί κατανάλωση ενέργειας από το κύτταρο ώστε τα προϊόντα να ελκύουν περισσότερη ενέργεια από το υπόστρωμα;

Απάντηση:

α. Το **διάγραμμα B** παριστάνει μία ενδόεργη βιοχημική αντίδραση, δηλαδή μία βιοχημική αντίδραση όπου το υπόστρωμα διαθέτει ενέργεια E_1 και τα προϊόντα διαθέτουν ενέργεια E_2 . Όμως $E_2 > E_1$.

Αιτιολόγηση:

Η ενέργεια (θερμότητα) που αποδίδεται (εξώerges ή εξώtherμες αντιδράσεις) ή απορροφάται (ενδόerges ή ενδόtherμες αντιδράσεις) σε μία χημική αντίδραση εξαρτάται μόνον από τα αρχικά αντιδραστήρια (υπόστρωμα) και τα τελικά προϊόντα

της αντίδρασης, είναι δε ανεξάρτητη από τα διάφορα στάδια, που ενδεχομένως ακολούθησε η αντίδραση.

Μία αντίδραση χαρακτηρίζεται ως ενδόεργη (ενδόθερμη) όταν τα αντιδρώντα (υπόστρωμα) έχουν λιγότερη ενέργεια από τα προϊόντα της αντίδρασης. Η επιπλέον ενέργεια που εγκλείεται τελικά στα προϊόντα απορροφήθηκε από το περιβάλλον που είναι το κύτταρο για τις βιοχημικές αντιδράσεις του.

Μία εξώεργη (εξώθερμη) αντίδραση είναι αυτή που τα αντιδρώντα εκλύουν περισσότερη ενέργεια από τα προϊόντα της αντίδρασης. Η εκλυόμενη κατά την αντίδραση ενέργεια προσφέρεται στο κύτταρο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω και με βάση τα διαγράμματα Α και Β που μας δίνονται για το διάγραμμα Β η ενέργεια των αντιδρώντων είναι E_1 και των προϊόντων E_2 , όπου $E_1 < E_2$. Για το διάγραμμα Α, η ενέργεια των αντιδρώντων είναι E_1' και των προϊόντων E_2' , όμως $E_2' < E_1'$.

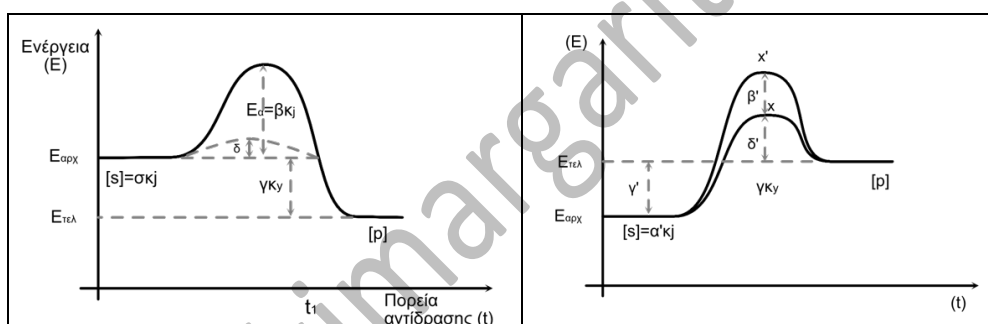
Συνεπώς το **διάγραμμα Β** παρουσιάζει μία ενδόεργη αντίδραση ενώ το διάγραμμα Α μία εξώεργη αντίδραση.

Το ζητούμενο λοιπόν διάγραμμα είναι το **διάγραμμα Β**.

Δίνονται τα παρακάτω διαγράμματα:

A

B



β. Ποια είναι η ενέργεια ενεργοποίησης χωρίς το ένζυμο και ποια είναι με το ένζυμο στην αντίδραση που τα αντιδρώντα απελευθερώνουν ενέργεια για το κύτταρο;

β. Απάντηση:

Στο διάγραμμα Α που παριστάνεται η εξώεργη αντίδραση, η ενέργεια ενεργοποίησης χωρίς ένζυμο της αντίδρασης είναι $E_\alpha = \beta \text{ kJ}$.

Η ενέργεια ενεργοποίησης E_α' με ένζυμο της ίδιας αντίδρασης, είναι $\delta \text{ kJ}$.

Προφανώς E_α' με ένζυμο $< E_\alpha$ χωρίς ένζυμο, αφού $\delta < \beta$.

Αιτιολόγηση:

Η ποσότητα της ενέργειας που χρειάζεται να προσλάβει το σύστημα για να βρεθεί στην μεταβατική κατάσταση (όταν το σύστημα έχει προσλάβει αρκετή ενέργεια ώστε οι συγκρούσεις των μορίων να είναι αποτελεσματικές –να αρχίσουν τα μόρια να αντιδρούν– τότε λέμε, ότι το σύστημα βρίσκεται στη μεταβατική κατάσταση) ονομάζεται ενέργεια ενεργοποίησης E_α . Η E_α , είναι η ελάχιστη ενέργεια, που πρέπει να προσλάβουν τα μόρια των ουσιών, που πρόκειται να αντιδράσουν, για να αρχίσουν να δίνουν προϊόντα της αντίδρασης.

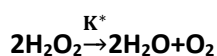
Η ενέργεια αυτή προέρχεται από πηγές έξω από το σύστημα, από το περιβάλλον (στις βιοχημικές αντιδράσεις από το κύτταρο).

Στις ενδόεργες αντιδράσεις των κυττάρων η ανάγκη πρόσληψης ενέργειας (συνήθως με τη μορφή ATP) είναι σχεδόν αυτονόητη. Στις εξώεργες αντιδράσεις των κυττάρων, παρ' όλο που τελικά έχουμε απελευθέρωση ενέργειας, πάλι πρέπει να προσφερθεί στο

σύστημα ενέργεια, ίση με την ενέργεια ενεργοποίησης, για να αρχίσει να συμβαίνει η αντίδραση.

Τα ένζυμα είναι οι βιοχημικοί καταλύτες, που υπάρχουν στα κύτταρα, δηλαδή είναι κυρίως πρωτεϊνικά μόρια που μεταβάλλουν την ταχύτητα μίας θερμοδυναμικά εφικτής αντίδρασης μέσα στο κύτταρο επιταχύνοντάς την κατά χιλιάδες φορές, ενώ τα ίδια τα ένζυμα δεν υφίστανται κάποια μεταβολή στο τέλος της αντίδρασης που κατέλυσαν. Το ένζυμο, όπως και οι ανόργανοι καταλύτες, ελαττώνουν την ενέργεια ενεργοποίησης της αντίδρασης και έτσι επιταχύνουν την αντίδραση.

12. Η καταλάση έχει μοριακό βάρος 240.000 Da και αποτελείται από τέσσερις όμοιες υπομονάδες, καθεμία εκ των οποίων περιέχει μία ομάδα αίμης με Fe (III) υψηλού spin. Μελέτες χημικής τροποποίησης οδήγησαν στο συμπέρασμα για τα δύο αμινοξέα που συμμετέχουν στο ενεργό κέντρο του ενζύμου. Το ένα από τα δύο είναι μία ιστιδίνη. Το άλλο προέκυψε με βάση τις μελέτες κινητικής της αντίδρασης



όπου K* διαφορετικά τυχαία τροποποιημένες καταλάσες.

Καταλάση	Θέση αμινοξέος	Τροποποίηση	Μόρια H ₂ O/sec
K ₁ *	20	Val	6x10 ²
K ₂ *	187	Ser	3x10 ³
K ₃ *	201	His	6x10 ⁴
K ₄ *	63	Tyr	10 ⁵
K ₅ *	111	Pro	10 ⁴

Ποιο από τα παραπάνω αμινοξέα είναι αυτό που φυσιολογικά απαντάται στο ενεργό κέντρο της καταλάσης εκτός από την His που έχει ήδη ταυτοποιηθεί ως το δεύτερο αμινοξύ του ενεργού της κέντρου;

Απάντηση:

Το ενεργό κέντρο της καταλάσης εκτός από την ταυτοποιημένη His σε μία θέση, η άλλη θέση του κρίσιμου αμινοξέος για την εκδήλωση της καταλυτικής της δράσης καταλαμβάνεται από το αμινοξύ Tyr στη θέση 63.

Αιτιολόγηση:

Το γεγονός ότι τα ένζυμα είναι πρωτεϊνικά μόρια έχει ως αποτέλεσμα ορισμένες, τουλάχιστον, από τις ιδιότητές τους. Ας δούμε τις κυριότερες από αυτές:

– Η καταλυτική δράση των ενζύμων καθορίζεται από την τριτοταγή δομή του πρωτεϊνικού μορίου τους και χάνεται, όταν η δομή αυτή, για κάποιο λόγο, πάψει να υπάρχει.

– Δρουν πολύ γρήγορα. Για παράδειγμα, ένα μόριο καταλάσης μπορεί να καταλύσει, στη θερμοκρασία του κυττάρου, τη διάσπαση έξι εκατομμυρίων μορίων υπεροξειδίου του υδρογόνου μέσα σε ένα λεπτό ($2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{K}} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$).

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω και με βάση τα δεδομένα που διαθέτουμε, από όλα τα τυχαία ένζυμα καταλάσης που φέρουν τυχαίες μεταλλάξεις, μόνο το K₄* αποδίδει την ίδια ταχύτητα καταλάσης με το φυσιολογικό ένζυμο (6x10⁶ μόρια/min=10⁵ μόρια/sec).

Συνεπώς αυτό το ένζυμο K₄* έχει υποστεί τέτοια μετάλλαξη που δεν έχει επηρεάσει το ενεργό κέντρο του, αλλά κάποιο άλλο σημείο του πρωτεϊνικού μορίου που δεν επηρεάζει την δραστηριότητά του. Συμπεραίνουμε επομένως ότι η Tyr στη θέση 63 του

πολυπεπτιδίου που αποτελεί την δομική υπομονάδα της καταλάσης είναι εκτός από την His που έχει ήδη ταυτοποιηθεί το κρίσιμο αμινοξύ του ενεργού κέντρου της καταλάσης.

13. Δίνεται η παρακάτω πραγματική πρωτοταγή δομή του ενζύμου της λυσοζύμης. Το παρακάτω είναι το υποθετικό γονίδιο που κωδικοποιεί αυτό το ένζυμο.

H₂N Lys-Val-Phe-Gly-Arg-Cys-Glu-Leu-Ala-Ala-Ala-Met-Lys-Arg-His-Gly-Leu-Asp-Asn-Tyr-Arg-Gly-Tyr-Ser-Leu-Gly-Asn-Trp-Val-Cys-Ala-Ala-Lys-Phe-Glu-Ser-Asn-Asn-Phe-Thr-Glu-Ala-Thr-Asn-Arg-Asn-Thr-Asp-Gly-Ser-Thr-Asp-Tyr-Gly-Ile-Leu-Glu-Ile-Asn-Ser-Arg-Trp-Trp-Cys-Asn-Gly-Asp-Arg-Thr-Pro-Gly-Ser-Arg-Asn-Leu-Cys-Asn-Ile-Pro-Cys-Ser-Ala-Leu-Leu-Ser-Ser-Asp-Ile-Thr-Ala-Ser-Val-Asn-Cys-Ala-Lys-Lys-Ile-Val-Ser-Asp-Gly-Asp-Gly-Met-Asn-Ala-Trp-Val-Ala-Trp-Arg-Asn-Arg-Cys-Lys-Gly-Thr-Asp-Val-Glu-Ala-Trp-Ile-Arg-Gly-Cys-Arg-Leu COOH

- Εντοπίστε τα αμινοξέα που όταν υποστούν μετάλλαξη θα είναι αδύνατη η τρισδιάστατη αναδίπλωση του πρωτεϊνικού μορίου με ομοιοπολικούς δεσμούς που θα την συγκρατούν.
- Πόσοι είναι αυτοί οι ομοιοπολικοί δεσμοί;
- Πόσοι είναι όλοι οι ομοιοπολικοί δεσμοί του μορίου της λυσοζύμης;
- Τα αμινοξέα στη θέση 52 και 35 αποτελούν τα αμινοξέα του ενεργού κέντρου που συμμετέχουν στην καταλάση, ποια είναι αυτά τα αμινοξέα;

Απάντηση:

α. Cys 6, Cys 30, Cys 64, Cys 76, Cys 80, Cys 94, Cys 115, Cys 127.

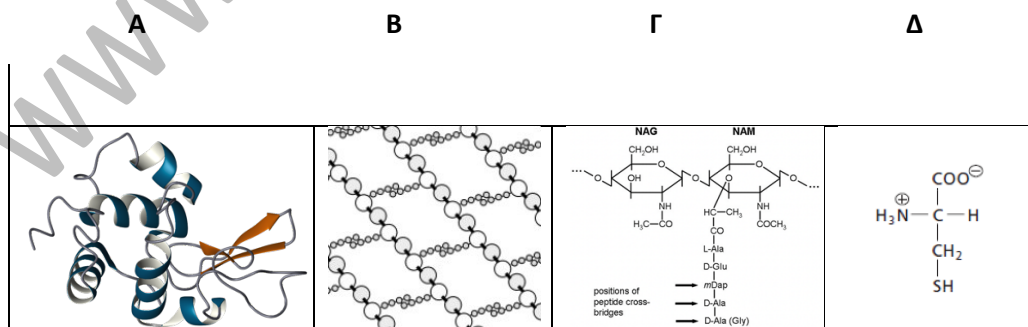
Κάθε πολυπεπτίδιο συντίθεται με προσανατολισμό H₂N προς COOH άκρο.

β. Στο μόριο της λυσοζύμης υπάρχουν τέσσερις δισουλφιδικοί δεσμοί που αναπτύσσονται μεταξύ των αμινοξέων κυστεΐνης.

γ. Η λυσοζύμη αποτελείται από 129 αμινοξέα, επομένως διαθέτει το μόριο της 128 πεπτιδικούς δεσμούς + 4 δισουλφιδικούς δεσμούς = 132 ομοιοπολικούς δεσμούς.

δ. Asp 52 και Glu 35 αποτελούν τα αμινοξέα του ενεργού κέντρου της λυσοζύμης που μετέχουν άμεσα στην καταλυτική δράση του ενζύμου.

14. Δίνεται σχηματικά η δομή του ενζύμου της λυσοζύμης και του υποστρώματος της (κυτταρικό τοίχωμα των βακτηρίων που αποτελείται από πολυσακχαρίτη).



α. Ποιο από τα τέσσερα σχήματα που δίνονται αποτελεί το ένζυμο και ποιο μπορεί να είναι το υπόστρωμά του;

β. Προσπαθήστε να τοποθετήσετε σε σωστή χρονική διαδοχή τη διάσπαση του υποστρώματος από την λυσοζύμη.

- Σχηματίζεται το 2^ο προϊόν διάσπασης.

- ii) Ένα H^+ του Glu επιτίθεται στον δεσμό μεταξύ του 4^{ου} και του 5^{ου} δακτυλίου του υποστρώματος.
 - iii) Σύνδεση του υποστρώματος με το ενεργό κέντρο του ενζύμου.
 - iv) Σχηματίζεται ένα θετικά φορτισμένο ιόν καρβονυλίου (C^+) στον 4^ο δακτύλιο του υποστρώματος, ο οποίος σταθεροποιείται από μία αρνητικά φορτισμένη ομάδα Asp. Ο δεσμός μεταξύ 4^{ου} και 5^{ου} δακτυλίου σπάει, το πρώτο προϊόν απομακρύνεται από το ενεργό κέντρο.
 - v) Παραμόρφωση του 4^{ου} δακτυλίου του υποστρώματος από το ενεργό κέντρο του ενζύμου.
 - vi) Το ένζυμο αναγεννάται πλήρως και μπορεί να δεσμεύει το επόμενο μόριο υποστρώματος που θα διασπάσει.
- γ. Η λυσοζύμη στον άνθρωπο απαντάται ως μηχανισμός μη-ειδικής άμυνας (εξωτερικής) στο σάλιο και τα δάκρυα.
 Η στερεοδομή του ενζύμου μοιάζει με κοίλη σφαίρα και σταθεροποιείται στο υδατικό περιβάλλον χάρη στην διάταξη των αμινοξέων, θα περιμέναμε:
- i) Το εξωτερικό περίβλημα του ενζύμου να φέρει πολικά ή μη πολικά αμινοξέα;
 - ii) Το ενεργό κέντρο του ενζύμου να φέρει πολικά ή μη πολικά αμινοξέα;

Απάντηση:

α. Ένζυμο = A, Υπόστρωμα = B ή Γ.

β. Η σωστή διαδοχή είναι: iii) → v) → ii) → iv) → i) → vi).

γ. i) πολικά αμινοξέα, ii) μη-πολικά αμινοξέα.

Αιτιολόγηση:

α. Τα **ένζυμα**, γενικά, καταλύουν αντιδράσεις που θα μπορούσαν να γίνουν και χωρίς την παρουσία τους. Με την παρουσία όμως των ενζύμων η ταχύτητα των αντιδράσεων αυξάνεται ακόμη και μέχρι 100 εκατομμύρια φορές. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται, με την παρουσία ενζύμων, μέσα σ' ένα λεπτό, θα χρειαζόνταν 32 μήνες για να πραγματοποιηθούν χωρίς αυτά. Αυτό επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο προσανατολισμό των αντιδρώντων μορίων ή **μορίων - υποστρωμάτων**.

Ο προσανατολισμός των μορίων - υποστρωμάτων γίνεται στο **ενεργό κέντρο του ενζύμου**, που αποτελεί μια μικρή περιοχή του.

Η σύνδεση των αντιδρώντων μορίων με αυτό μοιάζει με το «ταίριασμα του κλειδιού στην κλειδαριά». Η σύνδεση των υποστρωμάτων με το ένζυμο έχει ως αποτέλεσμα να γίνονται ασταθείς οι δεσμοί των αντιδρώντων μορίων. «Σπάνε» πιο εύκολα, κάτι που αποτελεί προϋπόθεση για το σχηματισμό των προϊόντων. Σε ορισμένες περιπτώσεις το ενεργό κέντρο των ενζύμων αποκτά σχήμα συμπληρωματικό του σχήματος του υποστρώματος μόνο μετά την πρόσδεση του υποστρώματος στο ενεργό κέντρο.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω και με βάση τα δοθέντα σχήματα στο μόριο B θα είναι το υπόστρωμα, αν το ένζυμο και το υπόστρωμα έχουν σχέση κλειδιού-κλειδαριάς. Ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι το μόριο Γ, όταν το ενεργό κέντρο του ενζύμου αποκτά σχήμα συμπληρωματικό του σχήματος του υποστρώματος μετά την πρόσδεση του υποστρώματος στο ενεργό κέντρο του ενζύμου.

β. Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω και με βάση τα δεδομένα που δίνονται στην εκφώνηση η γενική διαδοχή των γεγονότων κάθε ενζυμικής αντίδρασης είναι:

1. Σύνδεση ενζύμου-υποστρώματος.

2. Προσανατολισμός των μορίων-υποστρωμάτων εντός του ενεργού κέντρου του ενζύμου.
3. Αποσταθεροποίηση των δεσμών του υποστρώματος.
4. Σχηματισμός προϊόντων.
5. Αναγέννηση του ενζύμου.

γ. Όλες οι πρωτεΐνες οικοδομούνται από ένα σύνολο 20 διαφορετικών αμινοξέων.

Έχουν ανιχνευτεί πάνω από 170 διαφορετικά αμινοξέα από τα οποία 20 μόνο αποτελούν συστατικά πρωτεϊνών.

Το μόριο των αμινοξέων αποτελείται από δύο τμήματα, ένα σταθερό και ένα μεταβλητό. Το σταθερό αποτελείται από ένα άτομο υδρογόνου, μια αμινομάδα και μια καρβοξυλομάδα, ενωμένα σε ένα κοινό άτομο άνθρακα, ενώ το μεταβλητό αποτελείται από την **πλευρική ομάδα**. Η ομάδα αυτή έχει διαφορετική χημική δομή για κάθε αμινοξύ. Συνεπώς, αν υπάρχουν 20 διαφορετικά αμινοξέα, είναι γιατί υπάρχουν 20 διαφορετικές πλευρικές ομάδες.

Η ένωση δύο αμινοξέων γίνεται με μια αντίδραση συμπύκνωσης (αφαίρεση ενός μορίου νερού) μεταξύ της καρβοξυλομάδας του ενός και της αμινομάδας του άλλου. Αποτέλεσμα αυτής της ένωσης είναι ένα **διπεπτίδιο**.

Αν στο 2ο αμινοξύ του διπεπτιδίου συνδεθεί με τον ίδιο τρόπο ένα 3ο αμινοξύ, δημιουργείται ένα **τριπεπτίδιο** κ.ο.κ. Τα πεπτίδια στα οποία ο αριθμός των αμινοξέων υπερβαίνει τα 50 ονομάζονται **πολυπεπτίδια**. Κάθε φορά μπορεί να προστίθεται στην πεπτιδική αλυσίδα οποιοδήποτε από τα 20 διαφορετικά αμινοξέα που απαντώνται στις πρωτεΐνες.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω και με βάση τα δεδομένα της εκφώνησης η στερεοδιάταξη της λυσοζύμης μοιάζει με σφαίρα και σταθεροποιείται στο υδατικό περιβάλλον από πολικές και μη πολικές πλευρικές ομάδες των αμινοξέων, οι πολικές ομάδες γνωρίζουμε από την χημεία, ότι είναι υδρόφιλες και επομένως κείτονται προς το νερό στην εξωτερική επιφάνεια του ενζύμου. Οι μη-πολικές πλευρικές ομάδες είναι υδρόφοβες και διατάσσονται προς το εσωτερικό του μορίου της πρωτεΐνης χάρη στις υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται.

Βεβαίως εκτός από τις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ γειτονικών ατόμων οξυγόνου και υδρογόνου των σταθερών μερών των αμινοξέων του ενζύμου, σχηματίζονται ακόμη διάφορες ασθενείς αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πλευρικών ομάδων των αμινοξέων που είναι οι δεσμοί υδρογόνου και δυνάμεις Van der Waals.



Θρεπτικό συστατικό στο θρεπτικό υλικό του βακτηρίου

Το βακτήριο *E. coli* πραγματοποιεί το παραπάνω μεταβολικό μονοπάτι, το οποίο είναι απολύτως αναγκαίο για την επιβίωσή του. Ενώ ωστόσο, στο θρεπτικό υλικό υπάρχει –ανεξάντλητο για τα δεδομένα της καλλιέργειάς μας– θρεπτικό συστατικό T, εντούτοις η παραγωγή του τελικού προϊόντος Ω δεν είναι συνεχής, αλλά φτάνει σε μία μέγιστη τιμή και σταματάει μέχρι να εξαντληθεί στην συνέχεια και να ξεκινήσει εκ νέου η παραγωγή του.

Πώς το κύτταρο θα μπορούσε να ελέγχει την παραγωγή του προϊόντος Ω, παρά την παρουσία του T στο θρεπτικό υλικό του;

Απάντηση:

Τα ένζυμα λειτουργούν συνήθως σε ομάδες. Σ' αυτή την περίπτωση το προϊόν της πρώτης ενζυμικής αντίδρασης αποτελεί υπόστρωμα για την επόμενη κ.ο.κ. Με τον τρόπο αυτό εξυπηρετούνται ακολουθίες βιοχημικών αντιδράσεων, οι μεταβολικές οδοί. Σε μια τέτοια ακολουθία ενζυμικών αντιδράσεων η πιθανή συσσώρευση ενός προϊόντος μπορεί να προκαλέσει προσωρινή αναστολή της δράσης ενός αρχικού ενζύμου (αναδραστική αναστολή).

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω και δεδομένου του βιοχημικού μονοπατιού που δίνεται, συνάγουμε ότι το κύτταρο είναι δυνατό να ελέγχει την παραγωγή του προϊόντος Ω, παρά την ανεξάντλητη παρουσία του υποστρώματος Τ στο θρεπτικό υλικό του, καθώς μέσω της αναδραστικής αναστολής E_T από το προϊόν Ω, η παραγωγή του Ω παύει μόλις επιτύχει το κύτταρο μία ορισμένη τιμή παραγόμενου προϊόντος και πέρα. Μόλις η τιμή του Ω πέσει κάτω από ένα όριο (κατώφλι) τότε η αναδραστική αναστολή του E_T παύει και η παραγωγή του Ω ξεκινάει εκ νέου.

16. Δίνεται το παρακάτω βιοχημικό μονοπάτι για το χρωματισμό των ρόδων.

Λευκό	$E_1 \rightarrow$	Κίτρινο	$E_2 \rightarrow$	Πορτοκαλί	$E_3 \rightarrow$	Κόκκινο	$E_4 \rightarrow$	Μενεξεδί
-------	-------------------	---------	-------------------	-----------	-------------------	---------	-------------------	----------

Πότε μία τριανταφυλλιά (*Rosa sp.*) θα έχει:

- α. Λευκά άνθη
- β. Κίτρινα άνθη
- γ. Κίτρινα άνθη με πορτοκαλί σειρές
- δ. Κόκκινα άνθη
- ε. Ρόδινα άνθη

Απάντηση:

α. Μία τριανταφυλλιά (*Rosa sp.*), που διαθέτει αυτό το μεταβολικό μονοπάτι, έχει λευκά άνθη όταν δεν λειτουργεί ή δεν παράγεται το ένζυμο E_1 και μαζί με αυτό και οποιοδήποτε άλλο ένζυμο του μονοπατιού αυτού.

β. Μία τριανταφυλλιά παράγει κίτρινα άνθη, όταν δεν λειτουργεί ή δεν παράγει το ένζυμο E_2 και μαζί με αυτό και οποιοδήποτε άλλο ένζυμο του μονοπατιού αυτού (εκτός του E_1 που λειτουργεί).

γ. Μία τριανταφυλλιά παράγει κίτρινα άνθη με πορτοκαλί άκρες, όταν δεν λειτουργεί ή δεν παράγεται το ένζυμο E_3 και το ένζυμο E_2 έχει περιορισμένη δραστηριότητα, αλλά το E_1 λειτουργεί πλήρως. Αν συμβαίνει το παραπάνω, τότε είναι αδιάφορο τι σημαίνει με τα υπόλοιπα ένζυμα του μονοπατιού

δ. Μία τριανταφυλλιά παράγει κόκκινα άνθη, όταν δεν λειτουργεί το ένζυμο E_4 . Όμως όλα τα υπόλοιπα ένζυμα του μονοπατιού λειτουργούν πλήρως.

ε. Μία τριανταφυλλιά παράγει ρόδινα άνθη όταν το ένζυμο E_4 λειτουργεί αλλά έχει περιορισμένη δραστηριότητα, ενώ όλα τα υπόλοιπα ένζυμα στο μονοπάτι λειτουργούν πλήρως. Τέλος, αν όλα τα ένζυμα στο μονοπάτι λειτουργούν πλήρως, τότε το ρόδο θα είναι πορφυρό.

17. Πώς μπορεί να εξηγηθεί το γεγονός ότι οι πρωτεάσες υδρολύουν τις πρωτεΐνες των τροφών που φτάνουν στο στομάχι και όχι τις πρωτεΐνες του τοιχώματος του στομάχου;
(Ας σκεφτούμε σελ. 84 σχολικό)

Απάντηση:

Ο βλεννογόνο του στομάχου καλύπτεται από επιθηλιακά κύτταρα, που εκκρίνουν βλέννα και ένα αλκαλικό υγρό. Οι αδένες του στομάχου (καρδιακοί, ίδιοι αδένες, πυλωρικοί αδένες)

εκκρίνουν γαστρικό υγρό. Το γαστρικό υγρό αποτελείται κυρίως από υδροχλωρικό οξύ, περιέχει όμως ακόμη βλέννα και ένζυμα.

Το υδροχλωρικό οξύ παράγεται από το χλωριούχο νάτριο που καταναλίσκουμε με τις τροφές. Η τιμή pH στον στόμαχο είναι ~1 και είναι το περιβάλλον στο οποίο το πεψινογόνο (πρόδρομη μορφή, ανενεργή της πεψίνης) μετατρέπεται σε πεψίνη και σε αυτό το περιβάλλον αυτή δρα. Τα ένζυμα του στομάχου είναι οι λιπάσες που διασπούν τα λίπη και η πεψίνη που διασπά τις πρωτεΐνες.

Η βλέννα, κυρίως προστατεύει το βλεννογόνο του στομάχου από μηχανικούς και χημικούς παράγοντες της τροφής, από το υδροχλωρικό οξύ του γαστρικού υγρού και τα πεπτικά ένζυμα. Η βλέννα εκκρίνεται από το επιθήλιο που καλύπτει το βλεννογόνο του στομάχου. Η βλέννα παράγει ένα αλκαλικό υγρό, πριν το υγρό φτάσει στο ευαίσθητο επιθήλιο της επιφάνειας του βλεννογόνου και το διαβρώσει. Επιπλέον το αλκαλικό περιβάλλον αποτρέπει την μετατροπή του ανενεργού πεψινογόνου σε ενεργό πεψίνη. Τέλος, τα κύτταρά του στα εσωτερικά τοιχώματα του στομάχου, αντικαθίστανται τάχιστα.

18. Κάποια ρούχα από μετάξι και από μαλλί, που προέρχονται από ζωικές πρωτεΐνες, πρέπει να πλένονται στο χέρι με σαπούνι και όχι στο πλυντήριο με βιολογικά απορρυπαντικά. Αν τα βάλουμε στο πλυντήριο, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ειδικά απορρυπαντικά και σ' αυτό να μείνουν για λίγο. Μπορείτε να εξηγήσετε την παραπάνω πρόταση;

(Ας σκεφτούμε σελ. 89 σχολικό)

Απάντηση:

Βιολογικά ονομάζονται τα απορρυπαντικά που περιέχουν ως δραστικά συστατικά διάφορα ένζυμα όπως πρωτεάσες, λιπάσες, κ.ά. Η απομάκρυνση των λεκέδων με τη χρήση βιολογικών απορρυπαντικών γίνεται σε σύντομο χρόνο εξαιτίας της ταχύτητας των ενζυμικών αντιδράσεων. Εάν τα απορρυπαντικά αυτά, εξαιτίας των ενζύμων που περιέχουν, επιδράσουν επί μεγάλου χρονικού διαστήματος σε υφάσματα που προέρχονται από ζωικές ίνες (μαλλί, μετάξι), τότε είναι πολύ πιθανό να επιφέρουν αλλοιώσεις στην υφή τους καθώς τα ένζυμά τους θα δράσουν και επί των ινών του υφάσματος. Το σαπούνι αφαιρεί τους ίδιους λεκέδες αλλά με διαφορετικό μηχανισμό (χημικό και όχι βιοχημικό). Ο μηχανισμός μετατρέπει τα αδιάλυτα στο νερό βιομόρια σε ευδιάλυτα οργανικά άλατα. Αυτή η διαδικασία συμβαίνει με αργό ρυθμό έναντι των ενζυμικών αντιδράσεων, αλλά δεν επιφέρει αλλοιώσεις στις ζωικές ίνες που αποτελούν το ύφασμα. Πολλά σύγχρονα απορρυπαντικά συνδυάζουν τόσο τα πλεονεκτήματα της χημικής όσο και της βιοχημικής απορρυπαντικής δράσης.

www.nikimargariti.com