

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΛΑΛΟΥ ΗΛΙΑΝΑ
ΒΙΟΛΟΓΟΣ

Κεφάλαιο 2^ο

Αντιγραφή – Εκφραση και ρύθμιση της γενετικής πληροφορίας

ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑΤΑ

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ - ΜΕ ΑΠΑΝΤΗΣΗ

1. Ένα κύτταρο που περιέχει ένα μόνο χρωμόσωμα τοποθετείται σε θρεπτικό υλικό που περιέχει ραδιενεργό φώσφορο. Έτσι, κάθε νέος κλώνος DNA που συντίθεται κατά την αντιγραφή του DNA θα είναι ραδιενεργός. Το κύτταρο αντιγράφει το DNA του και μετά διαιρείται. Τα θυγατρικά κύτταρα που βρίσκονται ακόμη στο ραδιενεργό θρεπτικό μέσο αντιγράφουν το DNA τους και διαιρούνται για άλλη μια φορά, οπότε έχουμε συνολικά τέσσερα κύτταρα. Σχεδιάστε το DNA σε καθένα από τα 4, κύτταρα, παριστάνοντας το μη ραδιενεργό DNA με μία συνεχή γραμμή και το ραδιενεργό με διακεκομμένη γραμμή.

Ο μηχανισμός αντιγραφής του DNA είναι ημισυντηρητικός. Το κύτταρο αρχικά αντιγράφει το DNA του, σχηματίζοντας δύο νέα μόρια DNA και στη συνέχεια διαιρείται. Τα δύο νέα μόρια DNA αποτελούνται από μια μητρική αλυσίδα (συνεχής γραμμή) και μια θυγατρική ραδιενεργό αλυσίδα (διακεκομμένη γραμμή). Κατά την διαίρεση κάθε κύτταρο παίρνει από ένα νέο υβριδικό μόριο. Τα θυγατρικά κύτταρα αντιγράφουν πάλι το DNA τους και κατά τη διαίρεση δίνουν τελικά τέσσερα κύτταρα. Στα δύο από αυτά το DNA αποτελείται από δύο ραδιενεργές αλυσίδες, ενώ στα άλλα δύο από υβριδικά μόρια (ραδιενεργό και μη ραδιενεργό)

2. Για ποιο λόγο είναι απαραίτητο το ζετύλιγμα της έλικας του DNA πριν από την αντιγραφή; Ποιο είναι το ένζυμο που βοηθάει στο ζετύλιγμα;

Για να αρχίσει η αντιγραφή του DNA, είναι απαραίτητο να ξετυλιχτούν στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής οι δύο αλυσίδες και να σπάσουν οι μεταξύ τους υδρογονονικοί δεσμοί. Έτσι, μένουν «ελεύθερες» οι αζωτούχες βάσεις τους, ώστε να μπορέσουν να τοποθετηθούν τα νουκλεοτίδια με τις συμπληρωματικές αζωτούχες βάσεις. Τα ένζυμα που βοηθούν στο ζετύλιγμα της έλικας του DNA και στο σπάσιμο των υδρογονικών δεσμών μεταξύ των δύο αλυσίδων ονομάζονται DNA ελικάσες.

3. Να τοποθετήσετε τα παρακάτω ένζυμα στη σειρά με την οποία συμμετέχουν στο διπλασιασμό του DNA.

α. DNA δεσμάση β. DNA πολυμεράση γ. DNA ελικάση.

Η σειρά με την οποία τα παρακάτω ένζυμα συμμετέχουν στο διπλασιασμό του DNA είναι: γ, β, α.

4. Ποια από τις παρακάτω πορείες καταλύεται από το ένζυμο αντίστροφη μεταγραφήση;

α. RNA => DNA
β. DNA => RNA
γ. RNA => RNA
δ. DNA => DNA
ε. RNA => πρωτεΐνες

Η σωστή απάντηση είναι η α.

5. Αν το 20% των βάσεων ενός δίκλωνου τμήματος βακτηριακού κυττάρου είναι αδενίνη-θυμίνη ποιο θα είναι το ποσοστό των βάσεων γουανίνη-κυτοσίνη του RNA που μεταγράφεται από αυτό το DNA;

α. 20% β. 60% γ. 80% δ. 40% ε. 30%

Η σωστή απάντηση είναι η δ

6. Σε ποια στάδια της ροής της γενετικής πληροφορίας βρίσκει εφαρμογή η συμπληρωματικότητα των βάσεων;

Γνωρίζουμε ότι η αδενίνη συνδέεται μόνο με τη θυμίνη του DNA ή μόνο με την ουρακίλη του RNA και αντίστροφα, ενώ η κυτοσίνη μόνο με γουανίνη και αντίστροφα. Ανάμεσα στην αδενίνη και τη θυμίνη καθώς και ανάμεσα στην αδενίνη και την ουρακίλη σχηματίζονται δύο δεσμοί υδρογόνου, ενώ ανάμεσα στη γουανίνη και στην κυτοσίνη σχηματίζονται τρεις δεσμοί υδρογόνου. Η συμπληρωματικότητα των βάσεων είναι υπεύθυνη για α) Τη δομή της διπλής έλικας του DNA β) Την αντιγραφή του DNA γ) Τη μεταγραφή του RNA από το DNA δ) Την αναγνώριση του κωδικονίου από το αντικωδικόνιο κατά τη μετάφραση. ε) Την αντίστροφη μεταγραφή των RNA ιών στ) Τον αυτοδιπλασιασμό των RNA ιών

7. Τμήμα μιας μη κωδικής αλυσίδας βακτηριακού DNA έχει την παρακάτω αλληλουχία βάσεων: 3'- TAC TGC ATA ATG ATT- 5'. Ποια είναι η ακολουθία βάσεων της συμπληρωματικής αλυσίδας DNA; Ποια θα είναι η αλληλουχία των κωδικονίων στο mRNA που μεταγράφεται από αυτή την αλυσίδα; Ποια είναι τα αντικωδικόνια για κάθε κωδικόνιο του RNA; Χρησιμοποιήστε τον πίνακα με το γενετικό κώδικα, για να καθορίσετε την ακολουθία των αμινοξέων του πεπτιδίου που θα συντεθεί από το mRNA. Μην παραλείψετε να συμπληρώσετε τα 5' και 3' άκρα των νουκλεϊκών οξέων.

Συμπληρωματική αλυσίδα DNA:

5'- ATGACGT ATTACTAA -3'

mRNA που μεταγράφεται

5'- AUGACGUAUUACUAA-3'

αντικωδικόνια για κάθε κωδικόνιο του RNA UACUGCAUAAUGAUU

αμινοξέα του πεπτιδίου που θα συντεθεί. μεθειονίνη-θρεονίνη-τυροσίνη-τυροσίνη. Στη συγκεκριμένη αλληλουχία mRNA η τελευταία τριπλέτα είναι κωδικόνιο λήξης.

8. Να συμπληρώσετε τις βάσεις και τα αμινοξέα στον παρακάτω πίνακα: (Να χρησιμοποιηθεί ο πίνακας με το γενετικό κώδικα, από τον οποίο θα επιλέξετε μόνο ένα κωδικόνιο για κάθε αμινοξύ).

Διόλωση αλυσίδα DNA	5' _ G _ TA		AA_		_ _ 3'' (κωδική) _ C T
mRNA			_ _ U		U
Αντικωδικόνιο					
Αμινοξέα		λευκίνη		φαινυλαλανίνη	
Διόλωση αλυσίδα DNA	5' ATG 3' TAG	CTT GAA	AAU TTA	TTT AAA	TGA3' (κωδική) ACT5'
mRNA	5' AUG	CUU	AAU	UUU	UGA3'
Αντικωδικόνιο	UAC	GAA	UUA	AAA	ACU
Αμινοξέα	μεθειονίνη	λευκίνη	ασπαργίνη	φαινυλαλανίνη	λήξη

9. Το μόριο της αιμοσφαιρίνης Α του ανθρώπου αποτελείται από 4 πολυπεπτιδικές αλυσίδες, δύο α όμοιες μεταξύ τους με 141 αμινοξέα η κάθε μία και δύο β όμοιες μεταξύ τους με 146 αμινοξέα η κάθε μία. α. Πόσα είδη mRNA είναι υπεύθυνα για την σύνθεση των τεσσάρων πολυπεπτιδικών αλυσίδων; β. Από πόσες βάσεις αποτελείται η αλληλουχία του mRNA που αντιστοιχεί στις παραπάνω αλυσίδες; (Δεν υπολογίζεται στο mRNA το κωδικόνιο λήξης)

α. υπεύθυνα για τη σύνθεση των τεσσάρων πολυπεπτιδικών αλυσίδων είναι δύο είδη mRNA, ένα για την αλυσίδα α και ένα για την αλυσίδα β.

β. Το mRNA για τη σύνθεση της αλυσίδας α περιέχει $141 \times 3 = 423$ νουκλεοτίδια και το mRNA για τη σύνθεση της αλυσίδας β περιέχει $146 \times 3 = 438$ νουκλεοτίδια, επειδή μία τριάδα νουκλεοτιδίων του mRNA κωδικοποιεί ένα αμινοξύ. Δεν υπολογίζεται στο mRNA το κωδικόνιο λήξης. Επιπλέον, γνωρίζουμε ότι το mRNA έχει τις 5' και 3' αμετάφραστες περιοχές, οι οποίες επίσης δεν υπολογίζονται στον αριθμό των νουκλεοτιδίων.

10. Από πρόδρομα ερυθρά αιμοσφαίρια απομονώνουμε mRNA που κωδικοποιεί τη β-αλυσίδα της αιμοσφαιρίνης Α και το βάζουμε σε εκχύλισμα βακτηριακών κυττάρων. Παρατηρούμε σύνθεση β αλυσίδων της αιμοσφαιρίνης. Εξηγήστε το φαινόμενο. (Το εκχύλισμα κυττάρων περιέχει όλα τα λειτουργικά συστατικά που είναι απαραίτητα για τη διαδικασία της πρωτεϊνοσύνθεσης)

Οι γενετικές πληροφορίες του DNA των πρόδρομων ερυθρών αιμοσφαιρίων για τη σύνθεση των β αλυσίδων της αιμοσφαιρίνης Α έχουν μεταγραφεί στο αντίστοιχο mRNA. Η μετάφραση του mRNA, δηλαδή η αντιστοίχιση των κωδικονίων σε αμινοξέα και η διαδοχική σύνδεση των αμινοξέων σε πολυπεπτιδική αλυσίδα, πραγματοποιείται στα ριβοσώματα με τη βοήθεια των tRNA και με τη συμμετοχή αρκετών ενζύμων και ενέργειας. Τα ριβοσώματα δεν είναι εξειδικευμένα συστατικά της μεταφραστικής μηχανής και με αυτή την έννοια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως θέση μετάφρασης για οποιοδήποτε mRNA. Επιπλέον, ο γενετικός κώδικας είναι σχεδόν καθολικός με συνέπεια πρακτικά όλοι οι οργανισμοί να έχουν τον ίδιο γενετικό κώδικα. Αυτό εξηγεί γιατί στο εκχύλισμα των βακτηριακών κυττάρων παρατηρούμε σύνθεση β αλυσίδων της αιμοσφαιρίνης. Το εκχύλισμα κυττάρων περιέχει όλα τα λειτουργικά συστατικά που είναι απαραίτητα για τη διαδικασία της πρωτε-

11. Συμπληρώστε με τις κατάλληλες λέξεις τα κενά στις παρακάτω προτάσεις:

- α. Οι πρωτεΐνες αποτελούνται από..... διαφορετικά είδη αμινοξέων, τα οποία είναι τοποθετημένα σε
- β. Μία είναι μια σειρά τριών βάσεων στο μόριο του DNA. Κωδικοποιεί ένα
- γ .Η πρωτεϊνσύνθεση πραγματοποιείται σε δομές του κυτταροπλάσματος που ονομάζονται.....
- δ. Ένα μόριο είναι «αντίγραφο» τμήματος του και μεταφέρει τη γενετική πληροφορία από τον πυρήνα στα
- ε. Η αλληλουχία των στο καθορίζει την ακολουθία των στην πρωτεΐνη.

α. Οι πρωτεΐνες αποτελούνται από είκοσι διαφορετικά είδη αμινοξέων, τα οποία είναι τοποθετημένα σε συγκεκριμένη σειρά

β. Μία τριπλέτα είναι μια σειρά τριών βάσεων στο μόριο του DNA. Κωδικοποιεί ένα αμινοξύ

γ .Η πρωτεϊνσύνθεση πραγματοποιείται σε δομές του κυτταροπλάσματος που ονομάζονται ριβασώματα

δ. Ένα μόριο mRNA είναι «αντίγραφο» τμήματος του DNA και μεταφέρει τη γενετική πληροφορία από τον πυρήνα στα ριβασώματα

ε. Η αλληλουχία των νουκλεοτιδίων(βάσεων) στο DNA καθορίζει την ακολουθία των αμινοξέων στην πρωτεΐνη.

12. Κατά τη μελέτη του πολλαπλασιασμού των κυττάρων σε μια καλλιέργεια E.coli, ένας φοιτητής έκανε τις εξής παρατηρήσεις :

- α) Στη φάση της μετάφρασης μόνο τα μισά χρωμοσώματα ήταν διαμορφωμένα .
 - β) Οι μικροσωληνίσκοι των ινιδίων της ατράκτου είχαν τις ίδιες πρωτεΐνες με τους μικροσωληνίσκους στα ανθρώπινα κύτταρα .
 - γ) Κατά τη διάρκεια της διαίρεσης δεν παρατηρήθηκαν ούτε χρωμοσώματα ούτε άτρακτος .
 - δ) Ορισμένα κύτταρα είχαν διαιρεθεί χωρίς να έχει γίνει διαίρεση του γενετικού τους υλικού .
- Ποια , κατά τη γνώμη σας , είναι η σωστή παρατήρηση , που έκανε ο φοιτητής

Η σωστή πρόταση είναι η γ .

13. Ένας επιστήμονας , που ερευνούσε τη δομή μιας πρωτεΐνης , ανακάλυψε ότι τα αμινοξέα που την αποτελούσαν ήταν πολύ μικρότερα σε αριθμό από τις τριπλέτες του γονιδίου , που την κωδικοποιούσε . Είναι σωστή η ανακάλυψή του αυτή ή όχι και γιατί

Το τμήμα του DNA που δεν περιέχει γονίδια, τα γονίδια που παράγουν tRNA , rRNA και στα ευκαρυωτικά κύτταρα snRNA, τα εσόνια και οι αμετάφραστες περιοχές, τα κωδικόνια λήξης και στους πολυκύτταρους οργανισμούς τα γονίδια που δε σχετίζονται με τις λειτουργίες των ειδικών κυττάρων

14. Μια ποσοτική ανάλυση , που έγινε σε μόριο DNA, έδειξε ότι περιέχει αδενίνη σε ποσοστό 20% σε σχέση με τις υπόλοιπες αζωτούχες βάσεις . Να υπολογίσετε τα ποσοστά των υπολοίπων βάσεων

$20\% A = T \Rightarrow 20\% > G + C = 60\% G = C \Rightarrow 30\% C$ και $30\% G$.

15. Ένα μόριο mRNA αποτελείται από 100 νουκλεοτίδια .Να υπολογίσετε τον αριθμό των αμινοξέων της πεπτιδικής αλυσίδας, που κωδικοποιεί αυτό το mRNA και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας .

Από τα 100 νουκλεοτίδια του mRNA αφαιρούνται 3 νουκλεοτίδια που συνιστούν το κωδικόνιο λήξης, επομένως τα κωδικόνια στο mRNA είναι $93/3 = 31$.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι ένα κωδικόνιο του mRNA αντιστοιχεί σε ένα αμινοξύ, η πεπτιδική αλυσίδα θα αποτελείται από 31 αμινοξέα.

20. Ένα μόριο DNA βακτηρίου αποτελείται από 30000 ζεύγη νουκλεοτιδίων: α. Πόσα δεσοξυριβονουκλεοτιδία θα χρειαστούν για την αντιγραφή του; β. Να ονομάσεις τα ένζυμα που θα πάρουν μέρος στην αντιγραφή του. γ. Αν το 3% του μήκους του κωδικοποιεί 30 πολυπεπτιδικές αλυσίδες με ίδιο αριθμό αμινοξέων στη πρωτοταγή δομή, ποιος είναι ο αριθμός των αμινοξέων που απαιτούνται για την έκφραση των πληροφοριών του παραπάνω μορίου DNA;

α. Το DNA, είναι δίκλωνο, επομένως κάθε θυγατρική αλυσίδα περιέχει 30000 νουκλεοτιδία, και για την συμπλήρωσή της απαιτούνται άλλα 30000 νουκλεοτιδία. Άρα $30000 \cdot 2 = 60000$ νουκλεοτιδία.

β. Τα ένζυμα της αντιγραφής είναι: DNA ελικάσες, το πριμόσωμα, DNA πολυμεράσες, DNA δεσμάση.

γ. Τα ζεύγη βάσεων από τα οποία αποτελείται το DNA είναι 30000. Επομένως το τμήμα που φέρει πληροφορίες είναι $30000 \cdot 0,03 = 900$ ζεύγη βάσεων.

30 πολυπεπτιδικές αλυσίδες σημαίνει και $30 \cdot 3 = 90$ νουκλεοτιδία λήξης

Επειδή ο αριθμός των ζευγών ισούται με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων της μιας αλυσίδας, τα νουκλεοτιδία που κωδικοποιούν αμινοξέα θα είναι $900 - 90 = 810$. Άρα ο αριθμός των αμινοξέων είναι $810:3 = 270$.

21. Η μοριακή μάζα του DNA του βακτηρίου E. coli είναι $1,98 \cdot 10^9$. Ποιος είναι ο συνολικός αριθμός των γονιδίων στο μόριο; Δίνεται ότι μέση μοριακή μάζα ενός ζεύγους νουκλεοτιδίων είναι 660 και ότι κάθε γονίδιο φέρει την πληροφορία για το σχηματισμό της ίδιας πρωτεΐνης και ότι όλες οι πρωτεΐνες αποτελούνται από 400 αμινοξέα.

Το μήκος του DNA είναι $1,98 \cdot 10^9 : 660 = 3 \cdot 10^5$ ζεύγη βάσεων. Άρα $3 \cdot 10^5$ νουκλεοτιδία η κάθε αλυσίδα. Κάθε αμινοξύ κωδικοποιείται από 3 νουκλεοτιδία άρα $400 \cdot 3 = 1200$ νουκλεοτιδία. Αν δεν υπολογίσουμε τα κωδικόνια λήξης έχουμε $3 \cdot 10^5 : 1200 = 2500$ πρωτεΐνες. Άρα θα έχουμε 2500 γονίδια.

22. Στα ριβοσώματα ενός κυττάρου συντίθεται πολυπεπτιδική αλυσίδα που περιέχει 98 πεπτιδικούς δεσμούς. Αν το κομμάτι του DNA που ελέγχει τη σύνθεσή της περιέχει 800 δεσμούς υδρογόνου, ποια είναι η αναλογία του σε αζωτούχες βάσεις; (Το αμινοξύ μεθειονίνη, με το οποίο αρχίζει η πρωτεΐνοσύνθεση υπολογίζεται σαν αμινοξύ της πολυπεπτιδικής αλυσίδας)

Δύο αμινοξέα ενώνονται με πεπτιδικό δεσμό, που είναι δεσμός συμπύκνωσης, δηλαδή γίνεται με τη σύγχρονη απόσπαση ενός μορίου νερού. Αν στο διπεπτιδιο ενωθεί τρίτο αμινοξύ με τον ίδιο τρόπο, θα αποσπαστεί δεύτερο μόριο νερού. Ομοίως, η ένωση ενός τέταρτου αμινοξέος θα έχει αποτέλεσμα την απόσπαση τρίτου μορίου νερού κ.ο.κ. Επομένως, κατά το σχηματισμό μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας, που αποτελείται από n αμινοξέα, αποσπώνται $n-1$ μόρια νερού και σχηματίζονται $n-1$ πεπτιδικοί δεσμοί. Άρα $n-1=98 \Leftrightarrow n=98+1 \Leftrightarrow n=99$. Κάθε αμινοξύ κωδικοποιείται από 3 νουκλεοτιδία άρα $99 \cdot 3 = 297$ και 3 για τη λήξη άρα το mRNA που καθοδηγεί τη σύνθεσή της περιέχει 300 νουκλεοτιδία. Τόσα θα είναι και τα νουκλεοτιδία της αλυσίδας του DNA που μεταγράφεται. Επειδή όμως το DNA είναι δίκλωνο, το τμήμα του που περιέχει τις οδηγίες, για τη σύνθεση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας, θα αποτελείται από $2 \cdot 300 = 600$

Αν α είναι ο αριθμός του αθροίσματος αδενίνης-θυμίνης στο κλώνο, οποίος είναι ίσος με τον αριθμό της θυμίνης ή της αδενίνης στο μόριο του DNA και β ο αριθμός του αθροίσματος γουανίνης-κυτοσίνης στο κλώνο, οποίος είναι ίσος με τον αριθμό της γουανίνης ή κυτοσίνης στο μόριο του DNA θα ισχύει: $\alpha + \beta = n \Leftrightarrow \alpha + \beta = 300$

Επειδή μεταξύ αδενίνης και θυμίνης αναπτύσσονται δύο δεσμοί υδρογόνου και μεταξύ γουανίνης και κυτοσίνης τρεις, θα ισχύει: $2\alpha + 3\beta = 800$. Λύνοντας το σύστημα των $\alpha + \beta = 300$ και $2\alpha + 3\beta = 800$ προκύπτει: $\alpha = 100$ και $\beta = 200$. Άρα ο αριθμός των ζευγών A-T είναι 100 και των ζευγών G-C είναι 200 και θα υπάρχουν:

100 νουκλεοτιδία με αδενίνη	100 νουκλεοτιδία με θυμίνη
200 νουκλεοτιδία με γουανίνη και	200 νουκλεοτιδία με κυτοσίνη.

23. Το μήκος του mRNA που μεταφράζεται χωρίς το κωδικόνιο λήξης είναι 300 βάσεις και χρησιμοποιείται για την παραγωγή 100 μορίων πρωτεΐνης. Η μετάφραση του γίνεται από τα ριβοσώματα με ταχύτητα 100 βάσεις / min. α) Σε πόση ώρα θα παραχθούν τα 100 αυτά μόρια αν το ένα μετά το άλλο τα ριβοσώματα εισέρχονται μετά από 50 βάσεις; β) Αν δεν γινόταν ταυτόχρονα η ανάγνωση από πολλά ριβοσώματα πόσος θα ήταν ο ελάχιστος χρόνος παραγωγής αυτών των μορίων πρωτεΐνης;

α) Το πρώτο μόριο πρωτεΐνης θα παραχθεί μετά από 3 min, αφού το mRNA έχει μήκος 300 βάσεις και διαβάζεται με ταχύτητα 100 βάσεις / min., άρα χρόνος μετάφρασης είναι $300 / 100 \text{ min} = 3 \text{ min}$. Κάθε επόμενη πρωτεΐνη θα παράγεται μετά 0,5 min γιατί μεταφράζονται με υστέρηση 50 βάσεων άρα με υστέρηση $50 / 100 \text{ min} = 0,5 \text{ min}$. Άρα η συνολική διεργασία θα ολοκληρωθεί $3 \text{ min} + 99 \times 0,5 \text{ min} = 52,5 \text{ min}$

β) Αν δεν γινόταν ταυτόχρονα η ανάγνωση από πολλά ριβοσώματα ο χρόνος παραγωγής κάθε μορίου πρωτεΐνης θα ήταν $300 / 100 \text{ min} = 3 \text{ min}$, επομένως ο ελάχιστος χρόνος παραγωγής και των 100 μορίων πρωτεΐνης θα ήταν $3 \text{ min} \times 100 = 300 \text{ min}$.

24. Ένα τμήμα DNA του βακτηρίου *E. coli* αποτελείται από $2,4 \cdot 10^6$ νουκλεοτίδια. Αν το μέση μοριακή μάζα των αμινοξέων είναι 100, πόσες διαφορετικές πρωτεΐνες σχετική μοριακή μάζα 40.000 μπορεί να κωδικοποιήσει αυτό το μόριο DNA;

Διακρίνουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις:

A. Αν ληφθούν υπόψη τα μόρια νερού που αποσπώνται κατά τη διαδικασία συμπύκνωσης των αμινοξέων: θα ισχύει: $MB \text{ πρωτεΐνης} = 100X - (X-1)18$ (1)

όπου X ο αριθμός των αμινοξέων της πεπτιδικής αλυσίδας και 100 το μοριακό βάρος του ελεύθερου αμινοξέος. Θέτοντας στην (1) όπου MB πρωτεΐνης την τιμή 40.000 προκύπτει: $40.000 = 100x - 18x + 18$ $x = 488$ (2) Άρα κάθε πρωτεΐνη αποτελείται από 488 περίπου αμινοξέα. (Σημείωση: Δεχόμαστε ότι κάθε πρωτεΐνη αποτελείται από μία μόνο πολυπεπτιδική αλυσίδα).

Κάθε αμινοξύ κωδικοποιείται από μια τριάδα νουκλεοτιδίων του m-RNA (κωδικόνιο). Άρα τα 488 αμινοξέα απαιτούν $488 \cdot 3 = 1464$ νουκλεοτίδια. Επιπλέον, απαιτούνται 3 νουκλεοτίδια για την έναρξη (κωδικόνιο έναρξης) και 3 νουκλεοτίδια για τη λήξη της πρωτεϊνοσύνθεσης (κωδικόνιο λήξης). Άρα για την κωδικοποίηση μιας πρωτεΐνης απαιτούνται: $1464 + 3 + 3 = 1470$ νουκλεοτίδια(3).

Από τα $2,4 \cdot 10^6$ νουκλεοτίδια του δίκλωνου DNA θα μεταγραφούν μόνο τα $2,4 \cdot 10^6 / 2 = 1,2 \cdot 10^6$ νουκλεοτίδια που ανήκουν στον μεταγραφόμενο κλώνο. Επομένως, αυτά τα $1,2 \cdot 10^6$ νουκλεοτίδια μπορούν να κωδικοποιήσουν $1,2 \cdot 10^6 / 1470 = 816$ περίπου πρωτεΐνες.

B. Αν για λόγους απλοποίησης τα μόρια νερού που αποσπώνται και τα κωδικόνια έναρξης και λήξης δε ληφθούν υπόψη, τότε η (1) μετασχηματίζεται σε:

$MB \text{ πρωτεΐνης} = 100X = 40000$ Άρα κάθε πρωτεΐνη αποτελείται από 400 αμινοξέα και για την κωδικοποίηση της θα απαιτούνται: $400 \cdot 3 = 1200$ νουκλεοτίδια.

Τότε, τα $1,2 \cdot 10^6$ νουκλεοτίδια του μεταγραφόμενου κλώνου του DNA μπορούν να κωδικοποιήσουν $1,2 \cdot 10^6 / 1200 = 1000$ πρωτεΐνες.

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΕ ΛΥΣΗ

1. Συνθέτουμε στο εργαστήριο ένα μόριο RNA με χρήση μίγματος νουκλεοτιδίων ουρακίλης 80% και γουανίνης 20%. α) Ποιες οι πιθανότητες δημιουργίας κατά την σύνθεση των διάφορων τριάδων (κωδικονίων) εάν έχουμε ελεύθερο συνδυασμό των νουκλεοτιδίων; β) Με την βοήθεια του γενετικού κώδικα να βρείτε ποια αμινοξέα αντιστοιχούν στις παραπάνω τριάδες;

α) Οι αναμενόμενες τριάδες θα προκύψουν από τον συνδυασμό I) τριών ουρακιλών II) δύο ουρακιλών και μιας γουανίνης III) μιας ουρακίλης και δύο γουανινών και

IV) τριών γουανινών. Αν η πιθανότητα να συμβεί ένα γεγονός είναι α και η πιθανότητα να συμβεί ένα άλλο γεγονός είναι β τότε η πιθανότητα να συμβούν και τα δύο γεγονότα μαζί είναι $\alpha\beta$.

Με βάση το παραπάνω η πιθανότητα να υπάρχει μια ουρακίλη σε μια τριάδα είναι 80% (0,8), η πιθανότητα να υπάρχουν δύο ουρακίλες είναι $0,8 \times 0,8$ και να υπάρχουν τρεις (τριάδα UUU) είναι: $0,8 \times 0,8 \times 0,8 = 0,512$ ή 51,2%. Για να υπάρχουν δύο ουρακίλες και μία γουανίνη η πιθανότητα είναι $0,8 \times 0,8 \times 0,2 = 0,128$ ή 12,8%. Οι τριάδες που αντιστοιχούν σε αυτή την περίπτωση είναι UUG, UGU, και GUU. Για να υπάρχουν μία ουρακίλη και δύο γουανίνες η πιθανότητα είναι $0,8 \times 0,2 \times 0,2 = 0,032$ ή 3,2%. Οι τριάδες που αντιστοιχούν σε αυτή την περίπτωση είναι UGG, GUG και GGU. Τέλος η πιθανότητα να υπάρχουν τρεις γουανίνες (τριάδα GGG) είναι $0,2 \times 0,2 \times 0,2 = 0,008$ ή 0,8%

β) Τα αμινοξέα που αντιστοιχούν στις παραπάνω τριάδες είναι: φαινυλαλανίνη (UUU) λευκίνη (UUG), κυστεΐνη (UGU), βαλίνη (GUU), τρυπτοφάνη (UGG), βαλίνη (GUG) και γλυκίνη (GGU και GGG).

2. Ένα συνθετικό πολυριβονουκλεοτίδιο παράγεται από ένα μείγμα που περιέχει U και C με σχετική συχνότητα 5:1. Αν υποθέσουμε ότι τα ριβονουκλεοτίδια σχηματίζονται με τυχαία γραμμική διάταξη, να προβλεφθούν οι σχετικές συχνότητες με τις οποίες αναμένεται να σχηματιστούν οι διάφορες τριάδες;

Η σχετική συχνότητα $\frac{U}{C} = \frac{5}{1}$ που σημαίνει ότι στα 6 νουκλεοτίδια τα 5 είναι ουρακίλη και 1

κυτοσίνη. Στην ουρακίλη η πιθανότητα να είναι το πρώτο νουκλεοτίδιο του κωδικονίου είναι $\frac{5}{6}$ και η πιθανότητα να μην είναι το πρώτο νουκλεοτίδιο είναι $\frac{1}{6}$. Το ίδιο ισχύει και για το δεύτερο και τρίτο νουκλεοτίδιο. Άρα η πιθανότητα να είναι η ουρακίλη και στα τρία νουκλεοτίδια του κωδικονίου (UUU) είναι $(\frac{5}{6})^3 = \frac{125}{216}$. Στη κυτοσίνη η πιθανότητα να είναι το πρώτο νουκλεοτίδιο του κωδικονίου είναι $\frac{1}{6}$ και η πιθανότητα να μην είναι το πρώτο νουκλεοτίδιο είναι $\frac{5}{6}$. Το ίδιο ισχύει και για το δεύτερο και τρίτο νουκλεοτίδιο. Άρα η πιθανότητα να είναι η κυτοσίνη και στα τρία νουκλεοτίδια του κωδικονίου (CCC) είναι $(\frac{1}{6})^3 = \frac{1}{216}$.

Η πιθανότητα να έχω δύο ουρακίλες και μία κυτοσίνη (κωδικόνια UUC, UCU και CUU) είναι $(\frac{5}{6})^2 \cdot (\frac{1}{6}) = \frac{25}{216}$.

Η πιθανότητα να έχω μία ουρακίλη και δύο κυτοσίνες (κωδικόνια UCC, CCU και CUC) είναι $(\frac{5}{6}) \cdot (\frac{1}{6})^2 = \frac{5}{216}$.

3. Υποθέτουμε ότι παρασκευάστηκαν συνθετικά μόρια mRNA από ένα διάλυμα περιεκτικότητας 40% σε ουρακίλη και 60% αδενίνη. Οι πρωτεΐνες που παράγονται in vitro κάτω από την καθοδήγηση αυτών των mRNA βρέθηκαν να περιέχουν αμινοξέα με τις ακόλουθες σχετικές αναλογίες: 4 φορές περισσότερη ισολευκίνη από τυροσίνη, 16 φορές περισσότερη ισολευκίνη από φαινυλαλανίνη, 16 φορές περισσότερη λυσίνη από τυροσίνη Ποια κωδικόνια καθόρισαν πιθανώς καθένα από τα παραπάνω αμινοξέα

Η σχετική συχνότητα $\frac{U}{A} = \frac{20}{80} = \frac{1}{4}$ που σημαίνει ότι στα 5 νουκλεοτίδια τα 4 είναι αδενίνη και 1

ουρακίλη. Τα αμινοξέα κωδικοποιούνται από κωδικόνια που περιέχουν αδενίνες και ουρακίλες. Η πιθανότητα να είναι η ουρακίλη το πρώτο νουκλεοτίδιο του κωδικονίου είναι $1/5$ και η πιθανότητα να μην είναι το πρώτο νουκλεοτίδιο είναι $4/5$ Το ίδιο ισχύει και για το δεύτερο και τρίτο νουκλεοτίδιο. Άρα η πιθανότητα να είναι η ουρακίλη και στα τρία νουκλεοτίδια του κωδικονίου (UUU = φαινυλαλανίνη (Phe)) είναι $(1/5)^3 = 1/125 = 0.008$

Η πιθανότητα να είναι η αδενίνη το πρώτο νουκλεοτίδιο του κωδικονίου είναι $4/5$ και η πιθανότητα να μην είναι το πρώτο νουκλεοτίδιο είναι $1/5$ Το ίδιο ισχύει και για το δεύτερο και τρίτο νουκλεοτίδιο. Άρα η πιθανότητα να είναι η αδενίνη και στα τρία νουκλεοτίδια του κωδικονίου (AAA = λυσίνη (Lys)) είναι $(4/5)^3 = 64/125 = 0.512$

Η πιθανότητα να έχω δύο ουρακίλες και μία αδενίνη (UAU = τυροσίνη (Tyr) και AUU = ισολευκίνη (Ile)) είναι $(1/5)^2 \times (4/5) = 4/125 = 0.032$

Η πιθανότητα να έχω μία ουρακίλη και δύο αδενίνες (κωδ (AUA = ισολευκίνη (Ile)) είναι $(1/5) \times (4/5)^2 = 16/125 = 0.128$

Από τα δεδομένα της άσκησης έχω:

4 φορές περισσότερη ισολευκίνη από τυροσίνη, Ile = 4Tyr
 16 φορές περισσότερη ισολευκίνη από φαινυλαλανίνη, Ile = 16 Phe = 4Tyr
 16 φορές περισσότερη λυσίνη από τυροσίνη Lys = 16 Tyr = 4Ile = 64Phe
 1lys = 4Ile = 16Tyr = 64Phe

Άρα η πιθανή διάταξη των κωδικονίων θα είναι:

Διάταξη	Υπολογισμός		Αναλογία	Αμινοξέα
AAA	$(4/5)^3 = 64/125$	0.512	$0.512:0.008=64$	Lys (AAA)
2A και 1U	$(1/5) \times (4/5)^2 = 16/125$	0.128	$0.128:0.008=16$	Ile(AUA)
2U και 1A	$(1/5)^2 \times (4/5) = 4/125$	0.032	$0.032:0.008=4$	Tyr(UAU)
UUU	$(1/5)^3 = 1/125$	0.008	$0.008:0.008=1$	Phe(UUU)

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ - ΜΕ ΑΠΑΝΤΗΣΗ

1. Εντοπίστε δύο διαφορές στον έλεγχο της γονιδιακής έκφρασης ανάμεσα στους προκαρυωτικούς και στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς.

A. Η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης στους προκαρυωτικούς οργανισμούς γίνεται κυρίως στο επίπεδο της μεταγραφής, ενώ ο έλεγχος της ρύθμισης στους πολυκύτταρους ευκαρυωτικούς είναι πολύ πιο πολύπλοκος και γίνεται τέσσερα επίπεδα. κατά τη μεταγραφή, μετά τη μεταγραφή, κατά τη μετάφραση και μετά τη μετάφραση

B. Στους προκαρυωτικούς οργανισμούς τα γονίδια, των ενζύμων που παίρνουν μέρος σε μια μεταβολική οδό οργανώνονται σε οπερόνια και αποτελούν μια μονάδα που υπόκειται σε κοινό έλεγχο της έκφρασής τους, ενώ στους πολυκύτταρους ευκαρυωτικούς οργανισμούς τα γονίδια δεν οργανώνονται σε οπερόνια, αλλά καθένα ρυθμίζεται ανεξάρτητα.

2. Τι είναι το οπερόνιο; Σε ποιους οργανισμούς συναντάται;

Στο γονιδίωμα των προκαρυωτικών οργανισμών τα γονίδια των ενζύμων που παίρνουν μέρος σε μια μεταβολική οδό βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο, αποτελούν μια μονάδα και υπόκεινται σε κοινό έλεγχο της έκφρασής τους. Η μονάδα αυτή ονομάζεται οπερόνιο. Εκτός από τα γονίδια των ενζύμων (δομικά γονίδια) στο οπερόνιο συμπεριλαμβάνονται δύο ρυθμιστικές αλληλουχίες, ο χειριστής και ο υποκινητής, καθώς και ένα ρυθμιστικό γονίδιο, που συν θέτει μια ρυθμιστική πρωτεΐνη

3. Στο οπερόνιο της λακτόζης που προσδένεται ο καταστολέας;

- α. στον υποκινητή
- β. στην αρχή του πρώτου γονιδίου
- γ. στο χειριστή
- δ. στο mRNA
- ε. στο ρυθμιστικό γονίδιο.

Σωστή απάντηση είναι η γ.

4. Στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς η περιοχή του γονιδίου που μεταφράζεται είναι:

- α. το οπερόνιο
- β. ο υποκινητής
- γ. ο χειριστής
- δ. τα εξόνια
- ε. το εξόνια
- στ. ο καταστολέας.

Σωστή απάντηση είναι η ε.

5. Τι είναι ο υποκινητής;

- α. περιοχή στην οποία προσδένεται ο καταστολέας
- β. περιοχή που προσδένεται η RNA πολυμεράση
- γ. γονίδιο που κωδικοποιεί την πρωτεΐνη καταστολέα
- δ. ένα δομικό γονίδιο
- ε. ένα οπερόνιο.

Σωστή απάντηση είναι η β

6. Η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης είναι πιο πολύπλοκη στους πολυκύτταρους οργανισμούς επειδή: α. το ευκαρυωτικά κύτταρα είναι πολύ μικρότερα. β. σε ένα πολυκύτταρο οργανισμό τα διάφορα κύτταρα εξειδικεύονται σε διαφορετικές λειτουργίες. γ. το περιβάλλον γύρω από ένα πολυκύτταρο οργανισμό αλλάζει συνεχώς. δ. ΟΙ ευκαρυωτικοί οργανισμοί έχουν λιγότερα γονίδια. Γι' αυτό κάθε γονίδιο πρέπει να έχει περισσότερες από μία λειτουργίες. ε. τα γονίδια των ευκαρυωτικών οργανισμών κωδικοποιούν πρωτεΐνες.

Ποια από τις προτάσεις α, β, γ, δ, ε, είναι η σωστή; αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Η σωστή πρόταση είναι η β. Στα αρχικά στάδια της εμβρυογένεσης τα κύτταρα ενός πολυκύτταρου οργανισμού διαφοροποιούνται και εξειδικεύονται, για να εκτελέσουν επιμέρους λειτουργίες. Τα

κύτταρα όπως τα νευρικά, τα μυϊκά, τα ηπατικά, διαφέρουν στη δομή και στη λειτουργία τους, μολονότι έχουν όλα το ίδιο γενετικό υλικό. Τα κύτταρα ενός πολυκύτταρου οργανισμού έχουν αναπτύξει μηχανισμούς που τους επιτρέπουν να εκφράζουν τη γενετική τους πληροφορία επιλεκτικά και να ακολουθούν μόνο τις οδηγίες που χρειάζονται κάθε χρονική στιγμή. Κάθε κυτταρικός τύπος έχει εξειδικευμένη λειτουργία και πρέπει να υπάρχει πλήρης συντονισμός των λειτουργιών όλων των κυττάρων. Γι' αυτό, η τελειοποίηση των συστημάτων ελέγχου είναι αναγκαία και λόγω της μεγαλύτερης πολυπλοκότητας των ευκαρυωτικών κυττάρων, αλλά και επειδή πρέπει να ελεγχθεί προσεκτικά η ανάπτυξη των πολυκύτταρων οργανισμών. Κατά συνέπεια, η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης στα ευκαρυωτικά κύτταρα γίνεται σε πολλά επίπεδα: κατά τη μεταγραφή, μετά τη μεταγραφή, κατά τη μετάφραση και μετά τη μετάφραση.

- 7. Το κύτταρο του ήπατος, του δέρματος και τα μυϊκά κύτταρα είναι διαφορετικά επειδή:**
- α. υπάρχουν διαφορετικά είδη γονιδίων στα κύτταρα**
 - β. βρίσκονται σε διαφορετικά όργανα**
 - γ. διαφορετικά γονίδια λειτουργούν σε κάθε είδος κυττάρου**
 - δ. περιέχουν διαφορετικούς αριθμούς γονιδίων**
 - ε. διαφορετικές μεταλλάξεις έχουν συμβεί σε κάθε είδος κυττάρου.**
- Ποια από τις προτάσεις α, β, γ, δ, ε, είναι η σωστή;**

Η σωστή πρόταση είναι η γ.

- 8. Σε στέλεχος του βακτηρίου E. coli δεν λειτουργεί το γονίδιο που παράγει τον καταστολέα του οπερονίου της λακτόζης. Ποιο είναι το αποτέλεσμα σε σχέση με την παραγωγή ένζυμων που μεταβολίζουν τη λακτόζη όταν το βακτήριο αναπτύσσεται:**
- α) παρουσία λακτόζης;**
 - β) απουσία λακτόζης;**

Αφού δεν λειτουργεί αυτό το γονίδιο, δεν παράγεται ο καταστολέας. Άρα η RNA πολυμεράση μεταγράφει συνέχεια τα γονίδια του οπερονίου και με τη μετάφραση παράγονται συνεχώς τα ένζυμα πέψης της λακτόζης. Επομένως: α) παρουσία λακτόζης τα ένζυμα πετυχαίνουν την πέψη της και η κατάσταση εξελίσσεται φυσιολογικά (ίσως να υπάρχει μια περίσσεια ενζύμων και υπερβολικά γρήγορη πέψη της λακτόζης).

β) απουσία λακτόζης τα ένζυμα είναι άχρηστα και η σύνθεσή τους είναι σπατάλη υλικών και ενέργειας, κάτι που μπορεί να αποβεί μοιραίο για το κύτταρο.

- 9. Από κύτταρο βακτηριδίου E.coli που αναπτύσσεται παρουσία γλυκόζης και απουσία λακτόζης απομονώνουμε το πρωτεϊνικό προϊόν της λειτουργίας του οπερονίου της λακτόζης και μετά από επίπονη χημική ανάλυση διαπιστώνουμε την ύπαρξη 99 πεπτιδικών δεσμών. Από κύτταρο επίσης E.coli που αναπτύσσεται παρουσία λακτόζης και απουσία γλυκόζης απομονώνουμε τα είδη του mRNA που παράγονται από τη λειτουργία του οπερονίου της λακτόζης και ύστερα από υδρόλυση που υπέστησαν διαπιστώθηκε ότι περιείχαν 1503 νουκλεοτίδια. Να υπολογίσετε το πλήθος των δεσμών υδρογόνου που αναπτύσσονται στο τμήμα του DNA του οπερονίου που αφορά τα δομικά γονίδια. Δίνεται η πληροφορία ότι στο συγκεκριμένο τμήμα του DNA η γουανίνη (G) συμμετέχει σε ποσοστό 20%**

Η χημική ανάλυση που έγινε παρουσία γλυκόζης και απουσία λακτόζης έδωσε 99 πεπτιδικούς δεσμούς που αφορούν την πρωτεΐνη καταστολέα η οποία αποτελείται από 100 αμινοξέα τα οποία κωδικοποιούνται από 300 νουκλεοτίδια + 3 τα νουκλεοτίδια της λήξης 303

Τα 1503 - 303 = 1200 είναι τα νουκλεοτίδια του mRNA που κωδικοποιούν τα δομικά γονίδια. Το DNA από το οποίο προέρχονται είναι δίκλωνο άρα $1200 \times 2 = 2400$ τα νουκλεοτίδια του DNA συνολικά, από αυτά το 20% είναι γουανίνη δηλαδή $0.2 \times 2400 = 480$ νουκλεοτίδια. Η κυτοσίνη ως η συμπληρωματική βάση της γουανίνης θα υπάρχει και αυτή σε άλλα 480 νουκλεοτίδια. Τα υπόλοιπα $2400 - 2 \times 480 = 1440$ θα ισομοιράζονται από 1440:2=720 στις αδερίνη και θυμίνη

Επειδή μεταξύ αδερίνης και θυμίνης αναπτύσσονται δύο δεσμοί υδρογόνου και μεταξύ γουανίνης και κυτοσίνης τρεις, θα ισχύει: $2 \times 720 + 3 \times 480 = 1440 + 1440 = 2880$ δεσμοί υδρογόνου.

ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΚΑΛΙΣΤΗ - ΔΕΡΕΚΑ

www.frondistiro.gr