

דף עבודה לתלמיד/ה:

הכנסו לאתר פרוטאופדיה. חפשו את החלבון כתבו את המשפט - Cytochrome C (Hebrew) במקום המיועד לחיפוש בצד שמאל של העמוד וענו על השאלות הבאות:

משימה 1 – אפיון מבנה החלבון (היעזרו במידע המופיע בערך ובסצנות המלוות)

1. לאיזו משפחה משתייך החלבון?
2. מה מספר החומצות האמיניות שמרכיבות את החלבון? איזה סוג של חומצה אמינית מייצג הצבע האדום? ואיזו חומצה אמינית מיוצגת ע"י הצבע הלבן? (כנסו לסצנה הרלוונטית, עמדו עם העכבר על הצבע שאתם מעוניינים לבדוק. שם החומצה האמינית יופיע כקוד של שלוש אותיות גדולות באנגלית).
3. לחלבון זה קשורה קבוצה פרוסתטית (מרכיב לא-חלבוני, כלומר שאינו מורכב מחומצות אמינו). מה שם הקבוצה ומהן העמדות הקושרות בחלבון (חומצות האמינו אליהן קשורה הקבוצה באופן קוולנטי)? כיצד ייתכן ששתי חומצות אמינו אלו, שאינן קרובות במיקומן ברצף החלבון יכולות לתפקד יחד בקישור?
4. מה חשיבותו של יון הברזל (ראו פרק תפקוד החלבון) ובאיזה צבע מתואר בסצנה? אילו עמדות בחלבון יוצרות קשר עם יון הברזל?
5. מה מאפיין את העמדות עליהן כתבת בסעיפים 3 ו-4?

משימה 2 – תפקוד וגנטיקה של החלבון ציטוכרום C

6. בערך של החלבון מספר סרטונים. צפו בסרטונים ותארו בקצרה את פעילות החלבון (מהם שני התפקודים העיקריים של החלבון בתא)?
7. המיטוכונדריה מורכבת ממאות חלבונים, היכן לדעתך מקודדים רובם? הסבירו תשובתכם
8. ציטוכרום C הינו חלבון הקיים במספר רב של אורגניזמים. בהתייחסות לחלבון המבוטא בבני אדם – על איזה כרומוזום קיים הגן ל ציטוכרום C? מה שם הגן המקודד לחלבון זה?
9. נסו לשער מהו המנגנון האבולוציוני ליצירת פסאודוגנים?
10. בחלבונים רבים מתרחשת מודיפיקציה (התאמה) לאחר תרגום. תארו את המודיפיקציה המתרחשת בציטוכרום C וכיצד משפיעה על תפקודו בהקשר של אפופטוזיס? אתרו את הסצנה הרלוונטית – באיזה חומצות אמינו מתרחשת המודיפיקציה?
11. התבוננו בגרף המופיע בערך, באילו רקמות מתבטא החלבון ברמה גבוהה ובאילו רקמות רמת הביטוי נמוכה? הסבירו את המנגנון המוביל לביטוי שונה ברקמות שונות
12. היכנסו לערך המוגלובין בפראוטופדיה ([https://proteopedia.org/wiki/index.php/Hemoglobin_\(Hebrew\)](https://proteopedia.org/wiki/index.php/Hemoglobin_(Hebrew))). קראו את הטקסט, התבוננו בסצנות וענו על השאלות הבאות: מהם המאפיינים המשותפים לחלבון ההמוגלובין ולחלבון ציטוכרום C?
13. מצאו לפחות הבדל אחד בין שני החלבונים ברמת המבנה.
14. הסבירו את חשיבות יון הברזל לפעילות כל חלבון בנפרד.

משימה 3 (מיועדת לתלמידי מגמת ביוטכנולוגיה): השוואת רצפי חלבון - עימוד זוגות רצפים הומולוגים

ציטוכרום C הינו חלבון שמור מאוד הקיים באורגניזמים רבים. במשימה זו עליכם להשוות בין החלבון האנושי ובין שני חלבונים הקיימים באורגניזמים נוספים :

- ❖ CYC_TETPY - סוג של חד-תא במערכת הריסנית אשר מיניו מסוגלים, לצורך הישרדות, לשנות את צורת חייהם בין קומנסליזם לפתוגניות. הם נפוצים במקווי מים מתוקים.
- ❖ CY550_SYNE7 – חיידק.

- היכנסו לאתר Clustal Omega והדביקו את הרצפים של שלושת החלבונים (הרצפים מופיעים בסוף המשימה).
 - לחצו על SUBMIT.
 - ענו על השאלות הבאות:
1. הסתכלו על העימוד של החלבונים:

- א. מה מייצגים הסמלים הבאים בעימוד: . : * (נקודה, נקודתיים וכוכבית).
- ב. כמה עמדות שמורות אתם מזהים?
- ג. אתרו את המוטיב שהוזכר בערך של ציטוכרום C (CXXCH) ורשמו מהן העמדות בחלבון בטבלה הבאה:

המוטיב	מספר עמדה ב CYC_HUMAN	מספר עמדה ב CY550_SYNE7	מספר עמדה ב CYC_TETPY
C			
X			
X			
C			
H			

- ד. מהן החומצות האמיניות X במוטיב החוזר בחלבונים אלו?
- ה. לחצו על לשונית GUIDE TREE. חלבון של איזה אורגניזם קרוב יותר אבולוציונית לחלבון האנושי? כיצד קבעתם זאת?

נספח:

FASTA של שלושת החלבונים

```
>sp|P99999.2|CYC_HUMAN RecName: Full=Cytochrome c  
MGDVEKGGKIFIMKCSQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAPGYSYTAANKNKGIIWGEDTLMEYL  
ENPKKYIPGTMIFVGIKKKEERADLIAYLKATNE
```

```
>sp|Q31LM9.2|CY550_SYNE7 RecName: Full=Cytochrome c-550; AltName:  
Full=Cytochrome c550; AltName: Full=Low-potential cytochrome c;  
Flags: Precursor  
MVFKTLRRTLWLTLAALLAVFQFNLGAAQAAELTAETRTVKLNPPQGDNVTLNLSLKQVAEGKQLFAYACGQ  
CHVGGITKTDPNVGLDPEALALATPPRDSVESLVDYLHNPTTYDGEREISELHPSTKSTDIFPKMRNLT  
EDDLVAISGHILLQPKIVGTKWGGGKIYY
```

```
>sp|P00079.1|CYC_TETPY RecName: Full=Cytochrome c  
GPKEPEVTVPEGDASAGRDIFDSQCSACHAIEGDSTAAPVLGGVIGRKAGQEKFAYSKGMKSGITWNE  
KHLFVFLKNPSKHVPGTKMAFAGLPADKDRADLIAYLKSV
```