



14.4.26

דף למורה וללברנט

השפעת גורמים שונים על קצב תהליך הנשימה התאית בשמרי אפיה

קהל היעד: ט"ו-א

משך הניסוי: שיעור כפול

סימולציות – עיכוב פעילות אנזימטית, דנטורציה של חלבונים, השפעת טמפרטורה על קצב פעילות אנזימטית, השפעת רמת החומציות וריכוז המצע על קצב פעילות אנזימטית

סרטון - פעילות אנזימטית ועיכוב אנזימטי

מטרות

- ביצוע ניסויים ותצפיות על פי מערך החקר/הנחיות.
- ניתוח ממצאי חקר מתוך הניסויים והתצפיות שבוצעו: הגדרת המשתנים תיאור ממצאים והבנת דרך המדידה.
- המחשה של השפעת גורמים השונים על קצב תהליך הנשימה התאית. הכרות עם שיטת מדידה למדידת קצב הנשימה התאית.
- תכנון וביצוע ניסוי המשך בעקבות ביצוע הניסוי המקדים או התצפית. בניסוי המשך יישמו מיומנויות חקר שונות (חקר פתוח)

התנסות מרכזית במהלך הניסוי התלמידים יעבדו ב – 7 קבוצות שונות. כל קבוצה תבדוק גורם אחר המשפיע על קצב הנשימה התאית.

תהליך הנשימה התאית נמדד באמצעות מדידת גובה הקצף שנוצר במבחנה. הקצף הוא תוצאה של פליטת פחמן דו חמצני הנפלט בתהליך.

קישור לתוכנית הלימודים

שכת גיל	תכנים
ט'	נשימה תאית כתהליך הפקת אנרגיה בתא
י-י"א	<ul style="list-style-type: none"> נשימה תאית האנזימים כזרזים ביולוגיים, המאפשרים את קיומם של התהליכים בתא. פעולת האנזימים מושפעת מגורמים שונים, כמו רמת ה-pH, טמפרטורה, ריכוז סובסטרט (מצע), ריכוז אנזים והמצאות מעכבים.

מושגי מפתח להוראת הניסוי

נשימה תאית, פחמימות, אנזימים, גורמים המשפיעים על קצב פעילות אנזימטית.



טבלת כלים וחומרים לכל קבוצה

מספר הקבוצה	הגורם הנבדק	כלים וחומרים	הערות
1	טמפרטורה	כן מבחנות, שתי מבחנות המכילות תרחיף שמרים ושתי מבחנות המכילות תמיסת גלוקוז, מד טמפרטורה.	
2	הוספת מלח	כן מבחנות, שתי מבחנות המכילות תרחיף שמרים, שתי מבחנות המכילות תמיסת גלוקוז, מבחנה המכילה 5 גרם מלח	
3	הוספת נחושת דו-כלורית	כן מבחנות, שתי מבחנות המכילות תרחיף שמרים, אחת תרחיף שמרים בתמיסת נחושת דו-כלורית (בריכוז 1.5%) והשנייה תרחיף שמרים המים. שתי מבחנות המכילות תמיסת גלוקוז	
4	הוספת גלוקוז	כן מבחנות, שתי מבחנות המכילות תרחיף שמרים, מבחנה המכילה תמיסת גלוקוז מבחנה המכילה מים	
5	הוספת שמרים	כן מבחנות, מבחנה המכילה תרחיף שמרים, מבחנה המכילה מים ושתי מבחנות המכילות תמיסת גלוקוז	
6	הוספת חומצה	כן מבחנות, שתי מבחנות המכילות תרחיף שמרים, שתי מבחנות המכילות תמיסת גלוקוז, מבחנה המכילה 3 מ"ל תמיסת חומצה ומבחנה המכילה 3 מ"ל מים מזוקקים/מי ברז	תמיסת חומצה pH=1 .HCl ריכוז 0.1M
7	הוספת בסיס	כן מבחנות, שתי מבחנות המכילות תרחיף שמרים, שתי מבחנות המכילות תמיסת גלוקוז, מבחנה המכילה 3 מ"ל תמיסת בסיס ומבחנה המכילה 3 מ"ל מים מזוקקים/מי ברז	תמיסת בסיס .NaOH pH=10 ריכוז 0.04M
8	העדר סביבה מימית	כן מבחנות, מבחנה המכילה תמיסת גלוקוז, מבחנה המכילה תרחיף שמרים, מבחנה המכילה שמרים יבשים, מבחנה המכילה אבקת גלוקוז	

מידע והערות למהלך הניסוי

ללבורנט/ית:



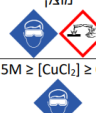

- בכל הניסויים משתמשים בתמיסת גלוקוז בריכוז 10% ותרחיף שמרים בריכוז 20%.
- נפח תמיסת הגלוקוז/תרחיף השמרים/מים – 5 מ"ל (אלא אם צוין אחרת).
- יש לסמן את כל המבחנות בהתאם לתכולתן בחלק העליון של המבחנות.
- יש לעבוד עם מבחנות פלסטיק בנפח של 50 מ"ל.
- יש לבדוק את רמת החומציות של מים מזוקקים ומי ברז לפני הכנת הניסוי, יש להשתמש במים ברמת החומציות הקרובה ככל האפשר לערך pH= 7.
- ברוב בתי הספר המים רחוקים מ pH= 7. ניתן להשתמש במים מינרלים 7 – 8 או מי ברז ברמת חומציות מתאימה.

1. ניתן לחצות את מקלוני בדיקת החומציות לאורכם על מנת לחסוך במקלונים.
2. בכל הניסויים יש להשרות את השמרים בנוכחות המשתנה הבלתי תלוי למשך כ- 15 דקות לפני ביצוע הניסוי
3. יש להכין אמבט מים בטמפרטורה של 40°C ולהציבו בקדמת הכיתה.

למורה:

- א. חשוב לצלם את הדפים לתלמיד באמצעות מדפסת צבע או להקרין את סקלת הצבעים על הלוח.
- ב. מומלץ להראות גם השפעת סביבה המימית על קצב נשימה התאית. על - ידי הצגת מבחנה עם שמרים יבשים, גלוקוז יבש ללא תוספת מים. בדיקה זו נועדה להסביר את חשיבות הסביבה המימית להתרחשות תהליך אנזימטי. הבדיקה תתבצע בהדגמה על ידי המורה. חשוב להדגיש שבדומה לתגובות רבות, לצורך פעילות אנזימטית דרושה סביבה מימית.
- ג. שמרים הם יצורים פקולטטיביים המסוגלים לבצע תסיסה כהלית או נשימה התאית אווירנית בהתאם לתנאי הסביבה. תהליך נשימה התאית מתרחש בסביבה נטולת חמצן אך גם בנוכחות חמצן בריכוזי גלוקוז גבוהים (Crabtree effect). מכיוון שלא ניתן לדעת בוודאות מהו התהליך שמתרחש במבחנות במהלך הניסוי, נתייחס לתהליך כאל תהליך נשימה התאית ללא פירוט תהליכים (תסיסה או נשימה תאית אווירנית).

מידע אודות חומרים לשימוש תחת הגבלות בהם משתמשים במהלך הניסוי.

<p>הצהרות סיכון: סכנה! גורם לכוויות חמורות בעור ולנזק לעיניים, עלול לגרום לנזק לבריאות הנשימה. אי התאמות: החומצה המרוכזת פולטת גז מימן כלורי קורוזיבי, הפוגע במתכות ובדרכי הנשימה. פליטת הגז מואצת בחימום או במגע עם חומצה גופרתית מרוכזת. החומצה המהולה מגיבה עם מתכות לפליטת גז מימן דליק/נפיץ, עם מחמצנים (אקונומיקה, חומצה חנקתית, מי חמצן, אשלגן פרמנגנט) לשחרור גז כלור רעיל, ועם בסיסים ליצירת מלח לא פעיל תוך שחרור חום רב. הכנה: להכנת 1 ליטר 6M HCl: להוסיף 515 מ"ל 36% HCl 490 מ"ל מים מזוקקים. כמות: מותר להשתמש בנפח של 2 מ"ל חומצה מרוכזת מחוץ למנדף, לצרכי הדגמה. אחסון: התמיסה משחררת גז קורוזיבי. לאטום בקבוקים בריכוז $6M \leq$ בפארופילים. פינוי: למהול לריכוז קטן מ-1M, לנטרל ל-$4 < pH < 12$, לשפוך לכיור.</p>	מ/ל	<p>$[HCl] > 6M$</p> 	A(i) 8	Hydrochloric acid HCl CAS 7647-01-0	חומצה הידרוכלורית (תמיסה) חומצה מרוכזת – לא לשימוש בכיתה בזמן מבחן חירום
<p>הצהרות סיכון: סכנה! גורם לכוויות חמורות בעור ולנזק לעיניים. טיפול רפואי: במקרה של מגע בעין, יש לשטוף היטב במשך 15 דקות, ולהמשיך בשטיפה עדינה עד להגעה לבית החולים. אי התאמות: התמיסה מגיבה עם אלומיניום (ובמידה פחותה עם אבץ ועם בדיל) לשחרור גז מימן דליק/נפיץ, ועם חומצות ליצירת מלח לא פעיל תוך שחרור חום רב. במגע עם מים נפלט חום רב – להוסיף כמויות קטנות של המוצק למים, ולא להיפך. אחסון: סופח מים מהאוויר – לסגור היטב ולוודא שהאריזה אטומה. תוקף זכוכית במגע ממושך – לאחסן תמיסות יש להשתמש במכלי פלסטיק בלבד (אפשר להשתמש במהלך ניסוי בכלי זכוכית, אך יש להקפיד לשטוף אותם בתום הניסוי). סופח פחמן דו-חמצני מהאוויר באחסון ממושך. פינוי: למהול לריכוז קטן מ-1M, לנטרל ל-$4 < pH < 12$, לשפוך לכיור.</p>	מ/ל	<p>$[OH^-] > 1M$</p> 	B(i) 8	Potassium/Sodium hydroxide KOH 1310-58-3 NaOH 1310-73-2	אשלגן/נתרן הידרוקסיד מוצק ותמיסה מרוכזת – לא לשימוש בכיתה בזמן מבחן חירום
<p>הצהרות סיכון: סכנה! גורם חק חמור לעיניים, מזיק בבליעה, מזיק במגע עם העור, גורם לגירוי בעור. אי התאמות: בחימום ממושך (לאחר סילוק מי הגבש) התרכובת מתפרקת ונפלטת גז כלור רעיל. אחסון: סופח מים מהאוויר – לסגור היטב ולוודא שהאריזה אטומה. פינוי: ע"ע נחושת גופרתית.</p>	יא	<p>מוצק</p> 	L	Copper(II) chloride dihydrate CuCl ₂ ·2H ₂ O CAS 10125-13-0	נחושת(II) כלורית
	ז	<p>$0.5M \geq [CuCl_2] \geq 0.1M$</p> 	aq		

תשובות לשאלות בדף לתלמיד:

1. תארו את התוצאות שהתקבלו בניסוי.

בתשובה של תיאור תוצאות יש להתייחס לשיטת המדידה ולא למשתנה התלוי.
לדוגמה: במבחנה שהועברה לאמבט בטמפרטורה של 40°C הקצף שנוצר היה גבוה יחסית למבחנה שנשארה בטמפרטורת החדר.

טבלה 3: גורמים המשפיעים על קצב נשימה התאית בשמרי אפיה

קבוצה	הגורם הנבדק	שינוי במבנה האנזימים	העדר המצע	העדר האנזימים	שינוי בסביבה המימית	שינוי במספר ההתנגשויות בין מצע לאנזימים
1	טמפרטורה	X				X
2	הוספת מלח	X			X	
3	הוספת נחושת דו-כלורית	X				
4	הוספת תמיסת גלוקוז		X			
5	הוספת תרחיף שמרים			X		
6	סביבה חומצית	X				
7	סביבה בסיסית	X				

2. הסבירו את הגורמים שלדעתכם הובילו להבדלים בגובה הקצף בין המבחנות שבדקתם.

בתשובה יש להתייחס להשפעת המשתנה הבלתי תלוי על התהליך הביולוגי.

בניסוי של השפעת הטמפרטורה: ההבדלים בגובה הקצף נובעים מהשפעת הטמפרטורה על קצב פעילות האנזימים בשמרים. בטמפרטורה גבוהה יותר (עד לנקודה מסוימת), יש יותר מפגשי מצע-אנזים, ולכן קצב הפעילות של האנזימים מואצת, מה שמוביל לקצב נשימה תאית מהיר יותר ונוצר יותר פחמן דו-חמצני, המתבטא בגובה הקצף במבחנה.

בניסוי של השפעת המלח: ההבדלים בגובה הקצף נובעים מהשפעת הסביבה ההיפרטונית על תאי השמרים. בסביבה עם ריכוז מלח גבוה, מים יוצאים באוסמוזה מן התאים, ובכך נגרמת פגיעה בפעילותם המטבולית. כתוצאה מכך, קצב נשימה התאית יורד, מה שמתבטא בגובה קצף נמוך יותר. בנוסף, ריכוז מלח גבוה פוגע במבנה המרחבי של אנזימים, פעילות אנזימי הנשימה יורדת וכמות הפחמן הדו-חמצני שנפלט בנשימה יורד, המתבטא בגובה קצף נמוך יותר במבחנה.

בניסוי של השפעת הנחשת הדו כלורית: ההבדלים בגובה הקצף נובעים מהשפעת הנחשת הדו-כלורית על פעילות האנזימים בשמרים. נחשת דו-כלורית פועלת כמעכב לא תחרותי, כלומר היא נקשרת לאזור מסויים באנזים (לא לאתר הפעיל) ולכן נגרם שינוי באתר הפעיל וכתוצאה מכך פחות אנזים ייקשר לסובסטרט ובכך יופחת קצב פעילות האנזים, מה שמתבטא בגובה קצף נמוך יותר.

בניסוי של השפעת הוספת המצע (גלוקוז) על קצב נשימה התאית: ההבדלים בגובה הקצף נובעים מנוכחות או העדר המצע (גלוקוז) הדרוש לתהליך נשימה התאית. בנוכחות גלוקוז, מתרחש פירוק הגלוקוז. נוצר פחמן דו-חמצני, מה שמוביל ליצירת קצף. בהעדר גלוקוז, השמרים אינם יכולים לבצע נשימה תאית, ולכן לא נוצר פחמן דו-חמצני ולא נוצר קצף.

בניסוי של השפעת הוספת השמרים (האנזים) על קצב נשימה התאית: ההבדלים בגובה הקצף נובעים מנוכחות או העדר האנזימים הדרושים לתהליך נשימה התאית, אשר נמצאים בתאי השמרים החיים. בנוכחות שמרים חיים, האנזימים מזרזים פירוק של גלוקוז ומייצרים פחמן דו-חמצני כתוצר לוואי, מה שמוביל ליצירת קצף. בהעדר שמרים (ולכן בהעדר אנזימים), לא מתרחשת נשימה תאית, ולכן לא נוצר פחמן דו-חמצני ולא נוצר קצף.

בניסוי של השפעת חומצה על קצב נשימה התאית: ההבדלים בגובה הקצף נובעים מהשפעת הסביבה החומצית על פעילות האנזימים בשמרים. שינוי ברמת החומציות עלולה לשנות את מבנה החלבונים (דנטורציה) ולהשפיע על פעילותם. שינוי הסביבה מעל ומתחת לרמת ה-pH האופטימלית לפעילות האנזימים, תפגע בפעילות האנזימים, מה שיוביל לירידה בקצב נשימה התאית ולגובה קצף נמוך יותר.

בניסוי של השפעת בסיס על קצב נשימה התאית: ההבדלים בגובה הקצף נובעים מהשפעת הסביבה הבסיסית על פעילות האנזימים בשמרים. שינוי ברמת החומציות עלולה לשנות את מבנה החלבונים (דנטורציה) ולהשפיע על פעילותם. שינוי הסביבה מעבר לרמת החומציות האופטימלית לפעילות האנזימים, תפגע בפעילות האנזימים, מה שיוביל לירידה בקצב נשימה התאית ולגובה קצף נמוך יותר.

3. חשיבות הוספת מים (הדגמה):

תשובה: אנזימים פעילים רק בסביבה מימית, ולכן ללא הוספת מים לא תתרחש התגובה האנזימיתית, ובניסוי זה לא תתרחש נשימה תאית

4. הסבירו מה החשיבות של מבחנה ב' בניסוי

שאלה זו מתייחסת לבקרה. יש מספר בקורות אפשריות, [לקריאה נוספת ניתן להיכנס לקובץ](#) לדוגמה בניסוי של השפעת המלח: מבחנת הבקרה (ללא תוספת מלח) מאפשרת להשוות את קצב נשימה התאית בתנאים אופטימליים לקצב בסביבה היפרטונית. מה שמאפשר לבדוד את השפעת ריכוז המלח הגבוה ולוודא שכל הבדל בקצב נשימה התאית נובע מהשינוי בריכוז המלח ולא מגורמים אחרים. בנוסף קיימת בקרה פנימית השוואתית.



בניסויי של טמפרטורה או חומצה ובסיס, אין בקרה ללא הגורם הנבדק ולכן בניסויים אלו יש רק בקרה השוואתית-פנימית.

5. תארו את שיטת המדידה של התהליך הנבדק בניסוי. הסבירו את הקשר בין התהליך הנבדק לבין דרך המדידה שלו.

תשובה: בניסוי זה, מדדנו את גובה הקצף במבחנות באמצעות סרגל. גובה הקצף מייצג את כמות הפחמן הדו-חמצני שנפלט בתהליך נשימה התאית. ככל שקצב נשימה התאית גבוה יותר, כך נוצר יותר פחמן דו-חמצני, הנפלט למבחנה ומתבטא בקצף גבוה יותר. לכן, גובה הקצף משמש כמדד עקיף לקצב נשימה התאית.