

מעבדה יבשה וירטואלית – פעילותו של קטלאז

בעריכת גלית כראדי

בחלק זה תכירו את פעילותו של קטלאז. היכנסו לסרטון קישור:

<https://www.youtube.com/watch?v=unsxvnrZEI&spfreload=10>

ומי שמעדיף להתבונן בתמונות ובטקסטים המלווים את התמונות

http://www.mkm-haifa.co.il/courses/courses_sites/webcourse3/web09/page1.htm

ענו על שאלות:

1. מה קורה בעקבות גירוד הפלפל בעזרת סכין?

פוצעת את תאי הרקמה מאפשר מגע ישיר בין מצע ואנזים. בין מי חמצן שמטפטפים והאנזים קטלאז המצוי בתאים

2. מהו הקצף הלבן שהופיע על גבי הפלפל לאחר טפטוף מי החמצן?

תוצר תהליך האנזמטי – שחרור גז חמצן - עדות לפעילות הפירוק של האנזים

3. האם הקצף הלבן מופיע גם לאחר שהפלפל מורתח? לא

4. הרתחת הפלפל גורמת לדנטורציה של הקטלאז. הסבירו – איזה מבנה של החלבון

מושפע מדנטורציה ומדוע האנזים איננו פעיל בטמפרטורות גבוהות? כדי לענות על

שאלות אלה היעזרו בקישור הבא: [http://www.mkm-](http://www.mkm-haifa.co.il/courses/courses_sites/webcourse3/web09/temperature2.htm)

[haifa.co.il/courses/courses_sites/webcourse3/web09/temperature2.htm](http://www.mkm-haifa.co.il/courses/courses_sites/webcourse3/web09/temperature2.htm)

חלק ב'

בחלק זה התלמידים יצפו בסרטונים המדגימים את מהלך הניסוי של בגרות תשע"ב (בעיה 3) וינתחו את הממצאים.

בבית ספר תיכון במרכז הארץ תלמידים למדו על פעילות אנזימים, מורתם (הדס גרדי) תכננה עבורם ניסוי והכינה עבורם סרטון הנחיות לאופן ביצועו. ואלה הנחיותיה:

על שולחנכם שתי צלחות, גיליון נייר כהה ומלפפון בצלחת לשימוש חד-פעמי.

בסרטון המצורף מופיעות הנחיות על מהלך הניסוי שיש לבצע

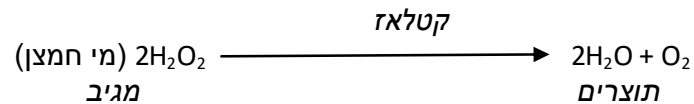
צפו בסרטון <https://www.youtube.com/watch?v=yx2EBRz4eQo>

1. שערו מה יקרה בכל אחד משתי הצלחות?

לאחר 2 דקות בצלחת א' יראו בועות על קליפת המלפפון ובצלחת ב' לא יראו בועות.

2. היעזר בקטע "לידיעתך" והציעו הסבר להשערתכם בדבר ההבדל בין התוצאה שיתקבלו בצלחת א לתוצאה שתתקבל בצלחת ב?

לידיעתך: בתאים של יצורים החיים בסביבה אווירנית (ארובית, בנוכחות חמצן) יש מי חמצן שהם רעילים לתא. בתאים אלה מצוי האנזים קטלאז, המזרז את פירוק מי החמצן למים וחמצן. כאשר הגז חמצן נמצא בסביבה מימית הוא יוצר לעתים בועות.



שילוב ידע קודם ותוצאות הניסוי

צלחת א: קליפת המלפפון מכילה קטלאז שגורם לפירוק מי החמצן. החמצן המשתחרר יוצר בועות. צלחת ב: אין מי חמצן (מצע) ולכן לא משתחרר חמצן ואין בועות. או: בצלחת ב אין מצע ולכן לא הייתה תגובה.

לאחר מכן התלמידים באותו בית ספר נדרשו להמשיך בביצוע הניסוי. צפו בסרטון הבא עד לדקה 2:36. הסרטון מתאר את המשך תהליך העבודה הנדרש מהם

<https://www.youtube.com/watch?v=DkKqCdPwF8s>

3. חשבו את הריכוז הסופי של תמיסת מי חמצן במבחנה 2, ורשמו את התוצאה במקום המתאים בטבלה 1. (שימו לב: הריכוז ההתחלתי של תמיסת מי חמצן הוא 1%, והנפח הסופי בכל אחת מהמבחנות הוא 20 מ"ל).

טבלה 1

א	ב	ג	ד
המבחנה	נפח מים מזוקקים (מ"ל)	נפח מי חמצן 1% (מ"ל)	ריכוז סופי של מי חמצן (1%)
1	-	20	1
2	19	1	0.05
3	20	-	0

חיזרו וצפו בסרטון מהדקה ה- 2:36 ועד לסופו

<https://www.youtube.com/watch?v=DkKqCdPwF8s>

תוצאות הניסוי מופיעות בעמודות ג' וד' בטבלה 2

טבלה 2

א	ב	ג	ד
המבחנה	ריכוז תמיסת מי חמצן (%)	תוצאות: בועות גז (יש/אין)	תוצאות: משך הזמן עד שקליפת המלפפון צפה (שניות)
1	1	יש	10
2	0.05	יש/מעט	80
3	0	אין	180

1. העתקו מטבלה 1 את ריכוז תמיסות מי החמצן של כל אחת מהמבחנות למקום המתאים בטבלה 2. השתמש בתוצאות החישוב בתשובתך לשאלה 3.
2. א. תארו את כל תוצאות הניסוי שהתקבלו במבחנות 1-3.

תיאור תוצאות

במבחנה שבה ריכוז מי החמצן הגבוה ביותר - 1%, מופיעות בועות על/סביב הקליפה ומשך הזמן עד לציפת הקליפה הוא המהיר ביותר. במבחנה שבה ריכוז נמוך של מי חמצן (0.05%) כמעט ואין בועות ומשך הזמן עד לציפת הקליפה ארוך יותר. במבחנה שבה אין מי חמצן אין בועות והקליפה לא צפה.

- ב. הסבירו את ההבדל בין התוצאות שהתקבלו במבחנות 1, 2, 3.

שילוב ידע קודם בהסבר תוצאות

בריכוז גבוה של מי חמצן (מצע) סיכויי המפגש בין מולקולות האנזים קטלאז (המצוי בקליפת/רקמת המלפפון) לבין מולקולות המצע גדולים וקצב יצירת החמצן גבוה יותר. ככל שייוצר יותר חמצן, הקליפה תעלה לפני הנוזל מהר יותר.

3. הועלתה טענה שאין קשר בין נוכחות מי חמצן במבחנות לבין הציפה של קליפת המלפפון. באיזו מבחנה התוצאה מסייעת לשלול טענה זו? נמק.

הבנה של מערך הניסוי (זיהוי והבנת מהות הבקרה)

התוצאה במבחנה 3 מסייעת לשלול טענה זו. מבחנה 3 היא מבחנת בקרה. במבחנה זו אין מי חמצן, לא נוצר בה חמצן וקליפת המלפפון לא צפה.

4. א. בטבלה 3 שלפניכם מוצגים שניים ממרכיבי הניסוי שהתלמידים ערכו (ע"פ הסרטון השני).

הוסיפו את הסימן + לשני מרכיבים אלה במקומות המתאימים.

- ב. כתבו בטבלה 3 את מרכיב הניסוי החסר.

טבלה 3: מרכיבי הניסוי שנערך ע"פ ההנחיות בסרטון השני (מבחנות 1-3)

המרכיב בניסוי	המשתנה הבלתי תלוי	המשתנה התלוי	דרך המדידה של המשתנה התלוי
ריכוז מי חמצן במבחנה	+		
קצב פעילות האנזים קטלאז		+	
הזמן עד לציפת הקליפה או: כמות החמצן הנוצרת			+

- א. זיהוי מרכיבי ניסוי (משתנה בלתי תלוי, משתנה תלוי)

משתנה בלתי תלוי: ריכוז מי חמצן במבחנה.

משתנה תלוי: קצב פעילות האנזים קטלאז.

ראו גם בטבלה 3

- ב. הבנת מערך הניסוי

משך הזמן עד לציפת הדסקית

או: כמות החמצן הנוצרת

ניתוח תוצאות ניסוי: השפעת מי חמצן ודבש על התרבות חיידקים

מי חמצן, שהשתמשת בהם התלמידים בניסוי שבצעו, הם חומר מחמצן חזק. הם מתרכבים בקלות עם תרכובות אורגניות הנמצאות בתאים. מי חמצן בריכוז גבוה הם חומר מחטא, וחוקרים רצו לבדוק את ההשפעה של מי חמצן על תאי חיידקים.

החיידק סטפילוקוקוס אאורוס נמצא על העור ועל קרומים ריריים, וכשהוא חודר דרך פצע הוא עלול לגרום לזיהום. החיידק עמיד לסוגי אנטיביוטיקה שונים ולכן קשה לטפל בזיהומים שהוא גורם. חוקרים ערכו ניסויים כדי לבדוק אם מי חמצן יעילים נגדו. לשם כך הם ערכו את הניסוי שלפניך.

ניסוי 1: השפעת מי חמצן במצע על התרבות חיידקי סטפילוקוקוס א.

החוקרים הכינו מצעי מזון לגידול חיידקים, המכילים ריכוזים שונים של מי חמצן.

מכל מצע, בריכוז מי חמצן שונה, הכינו כמה כלים שבהם גידלו חיידקים מסוג סטפילוקוקוס א. כעבור 24 שעות נבדק מספר החיידקים החיים בכל כלי. תוצאות ניסוי 1 מוצגות בטבלה 4.

5. א. חשב את ממוצע מספר החיידקים החיים.

ב. כתוב כותרת מתאימה לטבלה 4.

השפעת ריכוז מי החמצן במצע על מספר חיידקים חיים.
עיבוד נתונים (חישוב ממוצע)

טבלה 4:

ממוצע מספר חיידקים חיים (מ"ל)	מספר חיידקים (אלפים/מ"ל)					ריכוז מי חמצן במצע (mM)
	כלי א	כלי ב	כלי ג	כלי ד	כלי ה	
7.8	8.1	7.5	7.9	8.0	7.6	0
8.2	8.5	8.6	7.9	8.2	7.8	0.5
5.0	4.5	4.9	5.5	5.2	5.1	0.7
2.0	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	1
2.0	1.9	2.0	1.8	2.2	1.9	3.5

התוצאות המוצגות בטבלה 4 שלפניך הן ממוצע של ספירת החיידקים בכל אחד מהריכוזים שנבדקו.

6. מהי המסקנה מתוצאות ניסוי 1?

הסקת מסקנה

בריכוזים 0mM - 0.5mM יש עלייה בקצב גידול החיידקים, בין 0.5mM ל- 1mM קצב גידול החיידקים יורד. בריכוז מי חמצן במצע הגבוה מ- 1mM, גידול החיידקים נמוך וקבוע. או: בריכוזים גבוהים של מי חמצן - בין 0.5mM ל- 4.5mM יש פגיעה בהתרבות החיידקים.

ב. באיזה ריכוז או ריכוזים של מי חמצן תמליץ להשתמש כדי למנוע מהחיידק להתרבות? נמק.

יישום על פי ידע מהניסוי

בריכוזים השווים ועולים על 1mM.

נימוק: בריכוזים אלה מספר החיידקים החיים כעבור 24 שעות הוא הנמוך ביותר.

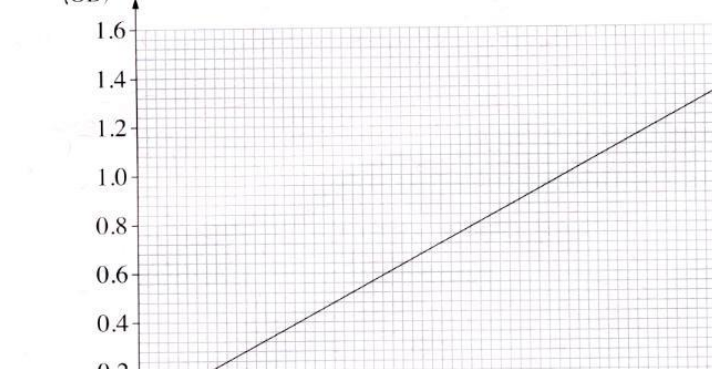
ברפואה העממית נהוג למרוח דבש על פצעים או כוויות כדי למנוע התפתחות חיידקים בפצע וזיהומו. אחת ההשערות של החוקרים הייתה שבדבש נוצרים מי חמצן, הפוגעים בחיידקים ומונעים את התרבותם. החוקרים חקרו את היווצרות מי חמצן בדבש.

כדי למדוד את ריכוז מי החמצן שנוצרים בדבש, הם נעזרו בשיטת מדידה שבודקת את בליעת האור (ביחידות OD=Optical Density) של מצעי המזון. בליעת האור משתנה בהתאם לריכוז מי חמצן שבמצע.

החוקרים הכינו עקום כיול בדרך הזאת:

הם הוסיפו ריכוזים ידועים של מי חמצן למצעי מזון ובדקו את בליעת האור של המצעים. על פי נתונים אלה, הם סרטטו גרף המתאר את הקשר בין ריכוז מי החמצן שבמצע לבין בליעת האור (תרשים 1).

תרשים 1: הקשר בין ריכוז מי חמצן לכמות האור הנבלע
כמות האור הנבלע (OD)



ניסוי 2: היווצרות מי חמצן בדבש

החוקרים הכינו 5 כלים ובהם מצעי מזון לגידול חיידקים. לכל אחד מהכלים הוסיפו ריכוז אחר של דבש. כעבור 4 שעות נבדק ריכוז מי החמצן בכלים, באמצעות בדיקה של בליעת האור. חזרו על הניסוי 3 פעמים וחישבו את בליעת האור הממוצעת. תוצאות ניסוי 2 מוצגות בטבלה 5.

7. א. מהו המשתנה הבלתי תלוי בניסוי 2? ומהם הטיפולים בניסוי זה?

משתנה בלתי תלוי – ריכוז דבש שהוסף למצעי המזון עם החיידקים
הריכוזים מופיעים בעמודה השניה בטבלה בהמשך (0,5,10,20,30%)

ב. מהו המשתנה התלוי בניסוי זה וכיצד הוא נמדד?

ריכוז מי חמצן שנוצר

נמדד על ידי בליעת אור ביחידות OD בלעת האור משתנה בהתאם לריכוז מי חמצן במצע.

ג. מהן הבקורות בניסוי זה ומהי חשיבותן?

*כלי 1- ללא דבש הגורם המשפיע ובדיקת בליעת אור תפקידה לוודא שאין היווצרות מי חמצן עצמונית בתמיסה או הופעה של חומר אחר היכול להשפיע על בליעת האור. (מבחנת בלנק?).
*בקרה השואתית פנימית בין כל מבחנות הניסוי מאפשרת לתמוך בעובדה שאכן קיים קשר בין דבש ומי חמצן. אם אכן תמדד תוצאה המראה על קשר בין כול הטיפולים של ריכוזי הדבש

ד. אילו גורמים החוקרים היו צריכים לשמור קבועים בניסוי זה? ציין 2 והסבר מדוע היה חשוב דווקא אותם לשמור קבועים בניסוי זה?

מקור הדבש – דבש שונה כמות מי חמצן בו עשויה להיות שונה

נפח הדבש - נפחים שונים יכולו כמויות שונות של מי חמצן

טמפר' הדבש – תשפיע על פעילות מטבולית של חיידקים ועל קצב יתפרקות מי החמצן

ד. מדוע חזרו החוקרים 3 פעמים על בדיקת בליעת האור בכל אחד מהטיפולים השונים?

לוודא שהתוצאה אינה מקרית / חד פעמית

טבלה 5

ריכוז מי החמצן שנוצר (mM)	בליעת האור הממוצעת (OD)	ריכוז הדבש (%)	הכלי
0	0.04	0	1
0.5	0.16	5	2
0.9	0.24	10	3
4.5	1.04	20	4
5.6	1.28	30	5

שימוש בעקום כיול

8. היעזר בעקום הכיול (תרשים 1) ומצא את ריכוזי מי החמצן שנוצרו בריכוזי הדבש השונים. עשה זאת כך: מצא בעקום הכיול שבתרשים 1 את ריכוז מי החמצן שנוצר בכלי 1. (חפש בתרשים 1 את בליעת האור 0.04 OD, ומצא את ריכוז מי החמצן המתאים לה). רשום את ריכוז מי החמצן שמצאת על צג המחשב, בעמודה האחרונה שבטבלה 5. - חזור על פעולה זו עם בליעת האור בכלים 2-5.

9. עליך להציג בדרך גרפית את הקשר בין ריכוז הדבש בכלים לבין ריכוז מי חמצן שנוצרו. א. מהו סוג ההצגה הגרפית המתאים ביותר לתיאור תוצאות הניסוי – גרף רציף או דיאגרמת עמודות? נמק את תשובתך. ב. שרטט גרף שיציג את תוצאות הניסוי.

הסבר שיטת עיבוד תוצאות

גרף רציף.

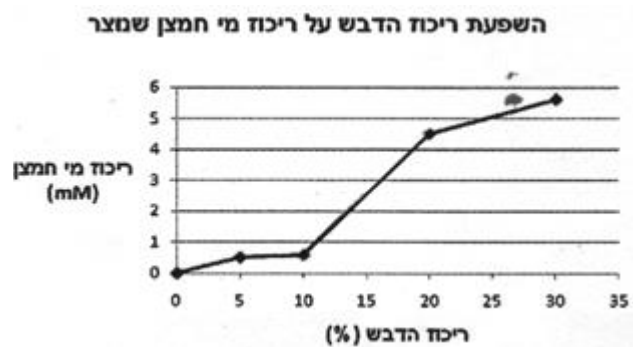
נימוק: המשתנה הבלתי תלוי - ריכוז הדבש, הוא רציף (כמותי) ויש משמעות לערכי הביניים.

ב. הצגה גרפית

סרטט ההצגה הגרפית כראוי: יש כותרת, בחירת המשתנים וסימונם נכון, סימון הנקודות

מתאים.

דוגמה:



ליקויים בהצגה הגרפית

ההצגה הגרפית אינה מתאימה לתשובה בסעיף א (לסוג הגרף)
אין כותרת להצגה הגרפית
כותרת שגויה לגרף / שם משתנה שגוי לציר
בחר בגרף קווי (דוגמה 2)
חסר ציון שם המשתנה/חסרים ערכים/חסרות יחידות על הציר
רישום היחידות על הציר חלקי (לדוגמה: רשם M או mM במקום mM)
המשתנה על ציר X הוא מספר הכלי או מספר סידורי (גרף קווי דוגמה 3)
ריכוז הדבש מוצג כסדרת נתונים על ציר Y (דוגמה 4)
קנה המידה בציר Y או בציר X שגוי / משתנה לאורך הציר
החלפת ציר X בציר Y
סימון הנקודות אינו מתאים לתוצאות הרשומות בטבלה או הוסיף נקודות
בחר בגרף רציף ולא חיבר את הנקודות

10. האם טיפול בדבש בפצעים ובכוויות הוא יעיל? בסס את תשובתך על תוצאות ניסוי 1 ועל תוצאות ניסוי 2.

יישום ידע מהניסוי

כן. דבש יעיל בטיפול בפצעים או כוויות. על פי ניסוי 1 בנוכחות מי חמצן, התרבות החיידקים מעוכבת באופן משמעותי. על פי ניסוי 2 ככל שריכוז הדבש גבוה יותר, כך נוצרים יותר מי חמצן במצע.

11. הדבש בכנורת דבורים הוא מקור מזון לזחלי הדבורים. כמו כן הוא נאגר כמזון לחודשי החורף. הסבר מה היתרון לדבורים בהימצאות מי חמצן בדבש.

יישום ידע מהניסוי וידע קודם

מי החמצן שבדבש מונעים התפתחות חיידקים בדבש וכך ניתן לאגור אותו במשך תקופה מבלי שיתקלקל, מי החמצן מקנים לזחלים הגנה מפני החיידקים שעלולים להתפתח בדבש.

אדם חושד שהדבש שקנה אינו דבש אמיתי, אלא סירופ סמיך שהוכן על ידי חימום סוכר ומים. עליך לתכנן את השלבים הראשונים של ניסוי שיבדוק אם הדבש הוא אמיתי או מזויף. תוכל להיעזר במידע מהחלקים הקודמים.

12. נסח את ההשערה שתיבדק בניסוי.

ניסוח השערה

אם נוסיף דבש אמיתי למצע גידול חיידקים, התרבות החיידקים תיפגע.
או: אם נשתמש בדבש המזויף לטיפול בפצעים, הטיפול לא יהיה יעיל.
או: אם הדבש אמיתי יהיו בו מי חמצן / אם הדבש מזויף, לא יהיו בו מי החמצן.

13. מהו הבסיס הביולוגי להשערתך?

יישום ידע קודם

לדוגמה הראשונה: בדבש אמיתי יש מי חמצן אשר גורמים לפגיעה בחיידקים. בסוכר מחומם אין מי חמצן ולכן לא תהיה פגיעה בחיידקים.
לדוגמה האחרונה: דבש אמיתי מקורו בדבורה. בדבש אמיתי נוצרים מי חמצן. בסוכר מחומם לא יוצרו מי חמצן.