

השפעת טמפרטורות נמוכות על מבנים ותהליכים

עדכון: 6.10.16

בח"י היום יום המושג טמפרטורה מבטא בדרך כלל תחושות של חום וקור. ההגדרה הפיזיקלית של הטמפרטורה היא גודל המבטא את "רמת התנועה" של חלקיקי החומר ומהווה מדד לאנרגיה הקינטית. בכתבה זו לא נעסוק בהגדרות או בתחושות אלא רק במשמעות הטמפרטורה כפי שבאה לידי ביטוי בתכנית הלימודים בביולוגיה ובהוראה במעבדה. בתכנית, ההתייחסות לטמפרטורה עוברת כחוט השני, לדוגמה:

<p>http://www.cabin.uwa.edu.au/studentprojects.html</p>	<p>http://academic.brooklyn.cuny.edu/biology/bio4fv/page/enz_act.htm</p>	<p>https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%93%D7%95%D7%91_%D7%A7%D7%95%D7%98%D7%91</p>

כידוע, הניסויים במעבדה משלבים את התכנים הנלמדים עם מיומנויות חקר. כאן נתמקד רק בהשפעה של **טמפרטורות נמוכות** על מבנים ותהליכים ביולוגיים. השפעות אלה נבדקו בניסויים בבחינות הבגרות ותלמידים אף בוחרים לבדוק אותן במסגרת ביוחקר.

א. יש ניסויים בהם נבדקת השפעת טיפול מוקדם בו משהים רקמה בטמפרטורות נמוכות מאד, לדוגמה, השפעת הקפאה והפשרה של תאי בצל על יציאת חומרים מהתאים. כידוע, כאשר מקררים מים לטמפרטורה הנמוכה מ- 4°C נפחם גדול מזה שבטמפרטורה גבוהה מ- 4°C (האנומליה של המים). לכן, כאשר מקררים רקמה של צמח או בעל חיים לטמפרטורות נמוכות, נפח המים בתאים גדל, וכתוצאה מכך חלה פגיעה בשלמות קרומים בתאים. כאשר המים מחוץ לתאים וגם בתוך התאים קופאים, נוצרים גבישי קרח הפוגעים אף הם בשלמות הקרומים בתאים. במצב זה אין בקרה על כניסה ויציאה של חומרים ונפגעים תהליכים פיזיולוגיים. לעיתים נזקים אלה גורמים למותם של האורגניזמים.

סקירה מקיפה על נזקים הנגרמים לצמחים בכל רמות הארגון מומלץ לקרוא במאמר "מה קרה בקרה? – אסון טבע או חלון הזדמנויות ללימודי הטבע?" מאת א. הנדלסמן וא. מלכי (עלון למורי הביולוגיה מס' 180 תש"ע).

ב. השפעה אחרת של קירור, קשורה בהאטת קצב תנועת המולקולות והתנגשותן זו בזו, כך שגם חומרים אשר עוברים בדיפוזיה דרך קרומי התאים השלמים, עוברים באיטיות רבה יותר כאשר הטמפרטורה בסביבה היא נמוכה.

ג. אפשר לבדוק השפעה של טמפרטורות נמוכות על קצב תהליכים אנזימטיים. קירור גורם להאטת קצב התנועה של מולקולות האנזים והסובסטרט, ובשל כך מספר ההתנגשויות בין אנזים לסובסטרט ביחידת זמן קטן וקצב התהליך האנזימטי הוא נמוך.

כיצד נבצע ?

בשעת ביצוע ניסוי במעבדה קשה לשמור על טמפרטורה נמוכה וקבועה (בטווח שבין 0°C ל- 8°C), מכיוון שבחדר המעבדה ברוב בתי הספר (גם בחורף וגם בקיץ), טמפרטורת האוויר גבוהה במידה משמעותית. לכן, כאשר מבצעים ניסוי שבו טיפול אחד או יותר צריך להיות בטמפרטורה שמתחת ל- 10°C , אנו מציעים להכין אמבט קרח.

הכנסת מבחנות לאמבט קרח (כמתואר בעמוד הבא) מאפשרת טיפול בטמפרטורה נמוכה, אך לא בהקפאה.

דוגמאות לניסויים בהם אחד הערכים של המשתנה הבלתי תלוי או הטיפול המוקדם הוא טמפרטורה נמוכה:

1. תהליך השחמה המתקיים בהרבה רקמות צמחיות מזורז בעיקר על ידי האנזים [polyphenol oxidase](#). התהליך האנזימטי מתקיים בזמן חשיפה לחמצן ותוצר התהליך הוא חומר שצבעו חום⁽¹⁾. פעילותו המיטבית של האנזים מתקיימת בטווח רחב יחסית של טמפרטורות⁽²⁾. במקרה כזה, כדי לקבל הבדל בין הטיפולים חשוב לדייק ולהכין אמבטי מים מתאימים. עיכוב מלא של פעילות האנזים יתקבל רק בטמפרטורה נמוכה כמו זו שבאמבט קרח (5°C , או פחות). ריסוק מהיר של הרקמה (לדוגמה, חציל) יצמצם עד כמה שניתן את החשיפה לחמצן. ראו הנחיות לעבודה בבחינת בגרות 3 יח"ל, תשע"ה בעיה 2.
2. ככלל, כדאי לשים לב לכך שבתהליכים אנזימטיים, כאשר נתונים האנזים והסובסטרט בנפרד, ורוצים לבדוק את קיום התהליך האנזימטי בטמפרטורה כלשהי (לא רק בנמוכות), צריך **לפני תחילת הניסוי** לשמור **בנפרד** את האנזים והסובסטרט בטמפרטורה המתאימה. רק לאחר שכל אחד מהם הגיע לטמפרטורה הרצויה, יש לצרפם לכלי אחד המוחזק בטמפרטורה זו. אם לא כן, תוצרי התהליך יתקבלו עוד לפני שבתערובת הראקציה תשרור אותה טמפרטורה נמוכה שברצוננו לבדוק את השפעתה.

(1) הירש, א., ורטהימר, ש., אוגדן ניסויים בביולוגיה, המרכז להוראת המדעים האוניברסיטה העברית בירושלים, תשנ"ז 1997, ניסוי 18 (נושא תא), ניסויים 2, 3 (נושא גלגולי אנרגיה).

(2) A. Altunkaya, V. Go'kmen (2008). [Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and total phenol content of fresh lettuce \(Lactuca sativa\)](#). Food Chemistry 107 (2008) 1173–1179.

איור 2 במאמר מציג את קצב פעילות האנזים פוליפנול אוקסידאז (בעלי חסה) בטמפרטורות שונות.

3. אפשר לבצע טיפול מקדים שבו משאירים בעל חיים פויקילותרמי, לדוגמה חלזונות, בטמפרטורת אוויר נמוכה מאד במשך פרקי זמן שונים, ובניסוי מעבירים את כל הפרטים לטמפרטורה אופטימלית ומוודדים את קצב נשימתם. אפשר לבצע את הניסוי במערכת הניסוי המתוארת באוגדן (ניסוי 3 נושא: גלגולי אנרגיה). אפשר לוותר על טיפול מוקדם ולבדוק השפעה של טמפרטורות שונות (וביניהן טמפרטורה נמוכה מאד), על קצב הנשימה של חלזונות כפי שמתואר באוגדן (ניסוי 2 נושא: גלגולי אנרגיה).

אין לבצע את הניסוי אם קיים חשש למותו של בעל החיים שנבחר לניסוי. לכן, לפני ביצוע הניסוי חשוב לוודא שהטמפרטורה בטיפול המקדים וכך גם משך השהייה באותה טמפרטורה אינם לתליות עבור האורגניזם הנבדק. חשוב גם להקפיד שבעל החיים לא יהיה במגע ישיר עם הקרח.

4. אפשר להשתמש באמבט קרח בניסוי בו בודקים את ההשפעה של טמפרטורות שונות על קצב מעבר של חומרים דרך קרומי התאים. ראו, בחינת בגרות 5 יח"ל תש"ע בעיה 4 חלק ב, בה נבדקה יציאת צבען מתאי שורש סלק.

אנו ממליצים להכין אמבט שכל נפחו הוא קרח. אופן הכנת אמבטי קרח:

1. בחרו את הכלי בו תבצעו את הניסוי (או הטיפול המקדים), לדוגמה מבחנה או כוסית שלהם נפח מתאים. אם ברצונכם להשתמש במכשיר מדידה (כגון חיישן או מד pH), נדרש כלי רחב ונפח גדול יחסית של תערובת הריאקציה.

2. בהתאם לממדי הכלי שבחרתם לביצוע הניסוי, בחרו כלי גדול יותר עבור "אמבט קרח". האמבט חייב להיות אטום למים. הגובה של שולי האמבט ונפחו, קובעים את כמות הקרח שאפשר להכין בו ואת מספר המבחנות שאפשר להכניס לתוכו.



אמבטים קטנים, לדוגמה:

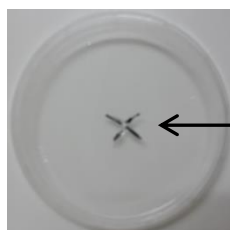
תבנית למאפה אישי (מאפינס) מקרטון או מנייר אלומיניום, כלי של מוצרי חלב, כוס לשימוש חד פעמי או כוס כימית.

אמבטים גדולים, לדוגמה:

תבנית אפיה מנייר אלומיניום, קערה מפלסטיק שאפשר להכניס לתוכן כן למבחנות.



3. הניחו במרכז אמבט הקרח את הכלי שבחרתם לביצוע הניסוי. כדי למנוע את ציפת הכלי לאחר הוספת המים לאמבט, הכניסו לכלי בשלב זה כמה זרעים גדולים יחסית (שעועית או חומס) או גולות מזכוכית.



חתיכים במכסה

אם תבצעו את הניסוי במבחנה, אפשר להכין אמבט קרח מקופסאות פלסטיק כגון אלה בהם משווקים גבינות או סליטים. חתכו במכסה הקופסה 2 חתיכים קטנים בצורת X, כל אחד מהם באורך 1.5 – 2 ס"מ (ראו איור). דחפו את המבחנה דרך הפתח שייצרתם במכסה.



מכסה

אם הפתח במכסה הוא קטן, המבחנה תהיה יציבה באמבט.

יש אריזות פלסטיק גדולות שאפשר להכניס אליהם כמה מבחנות. באמבטים הגדולים אפשר להכין אמבט קרח ובו 12 מבחנות או יותר מכך.

4. מלאו את אמבט הקרח במים, עד לכשני שלישי מגובהו. אם הכלי בו יתבצע הניסוי מתהפך, יש להוסיף לתוכו עוד זרעים או גולות. אם הכנתם אמבט למבחנה, מלאו את האמבט במים, כסו אותו עם המכסה שבו המבחנה נעוצה. אם המבחנה לא יציבה הכניסו לתוכה זרעים או גולות. העבירו את אמבט הקרח להקפאה למשך 24 שעות (לפחות). לאחר שהמים קפאו, הוציאו מתוך הכלי את הזרעים או הגולות והחזירו את האמבט עם המבחנות לתא ההקפאה במקרר עד לתחילת עבודת התלמיד.