

מחוף הים לשולחן המעבדה

שרה אקונס, רכזת הקורס השנתי מעבדת חקר לכימיה תשע"ה - המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע
מרים כרמי, מנחה בקורס השנתי מעבדת חקר לכימיה תשע"ה - המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע

הכול התחיל כשדולב היה בדרכו הביתה ושאל אותי אם להביא קינוח לצהריים מהקיוסק שליד הים.

"מה יש להם?" התפנקתי.

"מלבי, ענה דולב. רוצה?"

"איזה מלבי?" המשכתי להקשות.

"יש להם מלבי פרווה, מלבי חלבי ומלבי עם שמנת מתוקה. נו, איזה? תחליטי כבר."

מובן שבחרתי באפשרות השלישית, שנשמעה הכי טעימה, ותוך כדי ההמתנה ועריכת השולחן, התעוררה המורה שבי. מעניין איך מכינים מלבי פרווה, רק עם מים ועמילן? וכמה סוכר יש בכל סוג? ואילו כמויות דרושות? ואיך משפיע זמן הבישול על הסמיכות של המלבי? אולי נערוך ניסוי חקר חדש עם התלמידים? אילו משתנים בלתי תלויים נוספים יש...? התלמידים ישמחו לאכול מלבי בסוף השיעור...

לא פעם אירוע שמתרחש מהווה מקור להשראה לרעיון חדש, לשאלת בחינה או לניסוי חדש ותורם תובנה חדשה על תרומת הכימיה לחיינו.

איך בוחרים ניסוי חדש?

מורים רבים מלמדים את יחידת החקר במסגרת הוראת הכימיה. **סקר** שנערך בתשע"ד הראה כי מורים רבים מבצעים בסופו של דבר מספר מצומצם יחסית של ניסויים מתוך מאגר הניסויים המוכר. עם זאת מורים ותיקים הביעו רצון להרחיב את סל הניסויים שבידם ולהתחדש.



חיפוש רעיון לניסוי חדש הוא בעיה לא פשוטה, שכן מבחר החומרים המותרים לשימוש בבית הספר הולך וקטן משנה לשנה ואֵתם יורד מספר האפשרויות לביצוע ניסויי תלמידים. ביצוע ניסויי חקר כבר בכיתה י' בהתאם לתכנית החדשה, התרחב ומשמש לשיווק המקצוע ולעידוד תלמידים לבחור ללמוד במגמת הכימיה, ולכן נדרשים רעיונות חדשים. זאת למרות הקושי למצוא ניסויים בעלי רקע מדעי המתאים לתכנית הלימודים של כיתה י'.

פתרון חלקי טמון בחיפוש אחר ניסויים שהרקע המדעי בהם רחב יותר תוך כדי שילוב מושגים מדעיים שאינם בהכרח בתכנית הלימודים. שילוב מושגים אלו במהלך ביצוע של ניסוי הוא בעצם מנוף ללמידה משמעותית ולהעמקת ההבנה. כלומר, יש להרחיב את מקומות החיפוש אחר רעיונות חדשים לניסויים רלוונטיים יותר וכאלה שמושכים תלמידים. יש יתרון לניסוי שבסופו גם אוכלים משהו. ראו את הצלחתו של ניסוי הפופקורן...

כך הגענו אל המטבח. חבורת מורים שחיפשה רעיונות חדשים, התנסתה במהלך השתלמות שנתית בחשיפה לניסויים חדשים שהמשותף להם היה שימוש בחומרים שנמצאים בבית, רובם במטבח - המעבדה הביתית.

חיפשנו ניסוי בעל המאפיינים הבאים:

- ❑ רלוונטי לחיי התלמידים
- ❑ מפתיע ומעניין
- ❑ נעשה בו שימוש בחומרים זמינים ולא רעילים

- ❑ כולל דרכי מדידה מגוונות
- ❑ מבוסס גם על מושגים מדעיים שאינם בתכנית הלימודים
- ❑ ניתן לביצוע ברמות חקר שונות
- ❑ כולל שלבי עבודה הדורשים תיאום והפעלה של כל חברי הקבוצה.

בהתבסס על המאפיינים הנ"ל בחרנו במספר ניסויים: הכימיה של המלבי, משחקים עם אוויר, קר כקרח, הכנת גבינה, הסרת כתמים, הברזל שבקורנפלקס. ניסויים אלו בוצעו על ידי המורים בהשתלמות, וחלקם נלקחו ליישום בבית הספר. בכתבה זו נתייחס לניסוי "הכימיה של המלבי" ונספר את "גלגולו".

מהו הניסוי שעשו המורים?

הכימיה של המלבי - הנחיות לניסוי

ציוד וחומרים

- 4 כוסות חד-פעמיות
- 4 כפיות חד-פעמיות, 2 ספטולות קטנות.
- מד טמפרטורה
- מאזניים
- 2 כוסות זכוכית 200 מ"ל
- 2 משורות פלסטיק 50 מ"ל
- פלטה חשמלית
- פנס לייזר
- חישן אור ממוחשב, כבל חיבור למחשב, פנס, 2 סטנדים, ג'ק להניח עליו את הכוס
- כ-30 גרם קורנפלור
- כ-300 מ"ל חלב
- כ-25 גרם סוכר
- בקבוק מים מזוקקים
- צלחת פטרי עשויה פלסטיק
- מלקחים (כדי לאחוז את הכוסות החמות).

מהלך הניסוי

חלק א - הכנת תערובת עמילן-מים

- שקלו 8.5 גרם קורנפלור והכניסו לכוס חד-פעמית.
- שקלו 10 גרם סוכר והכניסו לכוס חד-פעמית.
- מדדו בעזרת משורה 100 מ"ל מים מזוקקים.
- לכוסית כימית של 100 מ"ל הוסיפו 50 מ"ל מים מזוקקים ואת כמות העמילן ששקלתם.
- ערבבו היטב עם מקל זכוכית.
- לכוסית כימית של 200 מ"ל הוסיפו 50 מ"ל מים מזוקקים ואת כמות הסוכר ששקלתם.
- ערבבו היטב עם מקל זכוכית.

הניחו את תערובת הסוכר והמים על פלטה חשמלית וחממו עד לרתיחה. כאשר התערובת רותחת, הוסיפו אליה בזהירות (!!!) את תערובת העמילן והמים שהכנתם מראש. המשיכו בחימום תוך כדי בחישה למשך 3 דקות.

חלק ב - בדיקת תכונות התערובת עמילן-מים

1. בדיקת עכירות התערובת מים-עמילן בעזרת חיישן אור ממוחשב

- העמידו כוס זכוכית המכילה מים מזוקקים מול חיישן האור. מדדו את עצמת האור העובר דרך הכוס.
- העבירו חלק מהתערובת שהכנתם אל כוסית כימית ריקה ובדקו את עצמת האור העובר דרך התערובת.
- רשמו והשוו את שתי התוצאות.

2. חישוב צפיפות התערובת

- שקלו משורה ריקה.
- העבירו חלק מהתערובת אל המשורה ומדדו את הנפח.
- שקלו את המשורה והתערובת.
- חשבו את צפיפות התערובת.

חלק ג - הכנת תערובת עמילן-חלב

חזרו על כל שלבי הניסוי, אך במקום מים השתמשו בחלב.

חלק ד - בדיקת תכונות התערובת עמילן-חלב

1. בדיקת עכירות התערובת חלב-עמילן בעזרת חיישן אור ממוחשב

- העמידו כוס זכוכית המכילה חלב מול חיישן האור. מדדו את עצמת האור העובר דרך הכוס.
- העבירו חלק מהתערובת חלב-עמילן שהכנתם אל כוסית כימית ריקה ובדקו את עצמת האור העובר דרך התערובת.
- רשמו והשוו את שתי התוצאות.

חלק ה - יצירת תערובת מיוחדת

- הכניסו 2 כפיות גדושות עמילן לתוך צלוחית פטרי.
- הוסיפו 6 מ"ל מים.
- לוו את התערובת בקצה האצבעות.
- נסו לערום את החומר.
- לחצו את התערובת והרפו.
- רשמו תצפיות.

הכימיה של המלבי - הערות בטיחות

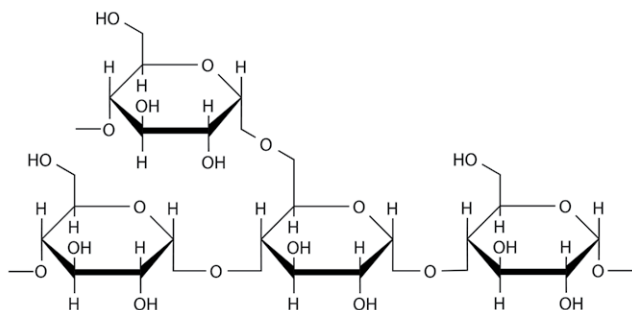
- יש לנקוט אמצעי זהירות במהלך העבודה של התלמידים עם נוזלים (מים, חלב) רותחים.
- בתום הניסויים יש לשפוך את התערובות לשקית פוליאטילן ואחר כך לזרוק לפח. אין לשפוך את תערובות העמילן אל הכיור.

הכימיה של המלבי - רקע מדעי מצומצם

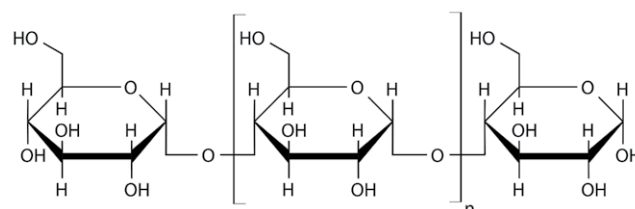
עמילן הוא פחמימה, פולימר, רב-סוכר המורכב מיחידות חוזרות של גלוקוז. הוא חומר המשמש לתשמורת צורת אגירת סוכר זמין בצמח לצורך הפקת אנרגיה כימית. הוא מורכב מתערובת של עמילוז ועמילופקטין. במרבית הצמחים כ-75% מהעמילן מופיעים בצורת עמילופקטין. ראו השוואה בין מבנה העמילוז והעמילופקטין בטבלה 1.

טבלה 1: השוואה בין עמילוז ועמילופקטין - מבנה ותכונות

מבנה/תכונה	עמילוז	עמילופקטין
מבנה כללי	כמעט ללא הסתעפויות (תמונה 1)	הסתעפויות רבות (תמונה 2)
אבן הבניין	גלוקוז	גלוקוז
סוג הקשר הגליקוזידי	$\alpha(1-4)$	$\alpha(1-4)$ ו- $\alpha(1-6)$
דחיסות	יותר דחוס	פחות דחוס
דרגת פולימריזציה (מספר יחידות גלוקוז במולקולה)	כ- 3000	כ- 600,000
הצבע המתקבל בנוכחות תמיסת יוד	כחול עמוק	חום-סגול
ייצוב המבנה	ייצוב של השרשרות ע"י יצירת קשרי מימן בין טבעות סמוכות ובין טבעות שנמצאות בשרשרות שונות זו על זו.	



תמונה 2: עמילופקטין



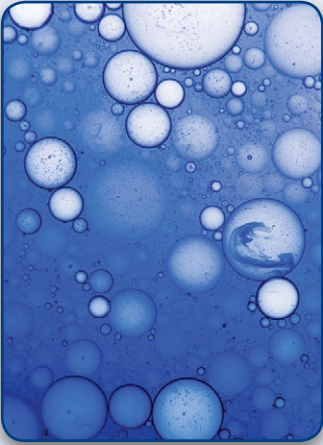
תמונה 1: עמילוז

שימושים של עמילן

- להפקת אנרגיה בתהליכי העכול בגוף
- להעלאת סמיכות רטבים
- לייצור דבקים, נייר וטקסטיל
- לסינתזה של תרכובות המשמשות בתעשיית המזון
- לספיחת ריחות רעים
- לעמלון בגדים

נציג את ממצאי הניסוי "הכימיה של המלבי" שבצעו המורים.

טבלה 2 - הכימיה של המלבי - ממצאי הניסוי בהיבטים מאקרוסקופיים ומיקרוסקופיים.

הפעולה	תצפית(מאקרו)	הסבר מדעי	מושג להרחבה
המסת עמילן במים/בחלב	נוזל בצבע לבנבן עכור עם הזמן גרגרי העמילן שוקעים	מתקבל תרחיף - חלקיקים של מוצק (עמילן) שמפוזרים בתוך הנוזל (מים וחלב). אין מתקבלת תמיסה. העמילן נשאר בצורה גבישית - כגרגרים קטנטנים בתוך המים (גרגולות). חלק מקשרי המימן שבין מולקולות העמילן מתפרקים. הקשרים בין מולקולות העמילן והעמילופקטין הם קשרים חזקים יחסית(קשרי מימן).	 תרחיף או סוספנסיה
חימום התערובת	קבלת דייסה סמיכה	מולקולות המים והעמילן נעות מהר יותר (אנרגיה קינטית רבה יותר) עד שהן מאפשרות לגרגיר העמילן "להיפתח". מולקולות העמילן יוצאות מהגרגולות, הן חופשיות לנוע בנוזל ולהתפזר בין מולקולות המים. ההסמכה היא תוצאה של יצירת קשרי מימן נוספים בין המולקולות הארוכות.	
קירור התערובת	קבלת מבנה דמוי ג'ל	מולקולות העמילן ארוכות, הן מסתבכות זו בזו ונקשרות זו לזו, ונוצרת רשת של שרשרות עמילן, שכולאת בתוכה מולקולות מים. נוצרים קשרי מימן ביניהן לבין מולקולות העמילן והעמילופקטין.	ג'ל

אנימציה 1 ממחישה את תהליך ההסמכה שמתרחש כאשר מחממים תערובת עמילן ומים ומקררים אותה. האנימציה יוצרה על ידי אתר דוידסון און-ליין. לאחר ביצוע הניסוי ביצענו פעילויות נלוות שיש להן תרומה להעמקת הלמידה.

איך הופכים את הלמידה למשמעותית יותר?

בחרנו במספר דרכים להעמקת הלמידה.

הופכים את הלמידה למשמעותית יותר בעזרת סיכום ניסוי.

- סיכום אישי** - באמצעות **סיכום אישי** ניתן ללמוד על המעורבות של התלמידים בביצוע הניסוי ובעיבודו בהכנת הדו"ח. כמו כן, ניתן להפעיל את התלמידים ה"טרמפיסטים".

מתוך הסיכומים האישיים של המורים שביצעו את הניסוי "הכימיה של המלבי" בהשתלמות למדנו כיצד נתרמו המורים מהניסוי.

א. תרומה לידע חדש

- עיתת: "הגאפלה: הכרתי את הגאפלה אך לא הקדשתי מחשבה להסבר המדעי-כימי שלה..."
- סבטלנה: "הכרתי שיטת אמידג מלכר אך לא חישלן כמדד אצפיהא".
- אורית: "החידוש בניסוי מבחינתי היה בנושא המסיסא. הלאבדה כי בניסוי של חמילן + סוכר + שמן לא הגמאסס הסוכר, ובחמילן הוא הפך לקרמא אנלר. ציפנו כי כן גפיה המסה מכילן לסוכר יוצר קשיר מילן אלא ואן דר ואלס." "שושי: "לא הגמאקתי בלכר בהגפלה של רב-סוכר לא דא-סוכר ובקישור ביניהם, ובסאליא של הפלכר פטמפרארה אכמא סוכר לא שקיפא הגציר הסמך אלא הצמילא, כמא כן הגאצאא פיו מלנינא".
- ניתן לראות שסיכום אישי הוא כלי מתאים להפעלה גם עם התלמידים בכיתה.
- ב. מושגים ותכנים מדעיים שמלמדים וקשורים לניסוי: קשרים בין-מולקולריים, חד-סוכרים, דו-סוכרים ורב-סוכרים: מבנה ותכונות, חומר תשמורת, מסיסות רב-סוכר.
- ג. מושגים ותכנים מדעיים נוספים שאינם בתכנית הלימודים וקשורים לניסוי: צפיפות, גיל, תרחיף, תחליב, גרנולות, קולואידים.

2. **סיכום כיתתי** - סיכום ניסוי קבוצתי בכיתה. בתום ביצוע הניסוי, במהלך בדיקת הדוחות של התלמידים המורה אוסף את הנקודות החשובות של כל קבוצה ומציג אותם בטבלה המסכמת את עבודת הכיתה כולה. הטבלה משוכפלת וניתנת לכל תלמיד, ובעקבותיה מתקיים דיון כיתתי הנמשך כשיעור. בדיון משוחחים על שאלות החקר שנחקרו בכיתה, מתייחסים לממצאים ולדרך הצגתם, וכן למסקנות של הקבוצות השונות. הטבלה הכיתתית כוללת את שמותיהם של כל חברי הקבוצה. במהלך הדיון תלמידי הכיתה מוזמנים לשאול שאלות הנוגעות לניסוי שבוצע על-ידי קבוצה מסוימת או לברר שיטות עבודה. חברי קבוצת הניסוי מוזמנים לספר על קשיים שבהם נתקלו, על הדרכים להתגבר על כך וכן להגיב על השאלות.

דיון מסוג זה מהווה סיום ראוי לניסוי שבוצע והצגת תמונה כוללת לכל התלמידים הלומדים על רעיונות חדשים שהועלו או על שיטות עבודה שחבריהם נקטו. ניתן לקיים סיכום כיתתי בסיומו של ניסוי משמעותי המתקשר למושגים שנלמדו, או בסיומו של כל אחד מניסויי החקר (ראו טבלה 3).

הופכים את הלמידה למשמעותית יותר בעזרת חקר כיוונים חדשים.

בעקבות ביצוע הניסוי של שאלת חקר 4 הופתענו לגלות כי ביחס מסוים של עמילן/מים מתקבלת תערובת המתנהגת בצורה "מוזרה". כאשר הפעלנו לחץ על התערובת, היא התקשתה והפכה למוצק, וכשהרפינו המוצק הפך מחדש לתערובת נוזלית.

תמונה 3 - התערובת ה"מוזרה"



1. התערובת לאחר הפעלת לחץ, מתנהגת כמוצק

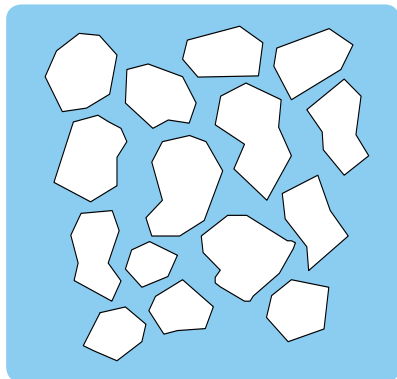


2. התערובת לאחר הרפיית הלחץ, מתנהגת כנוזל

הקבוצה	שאלת החקר	תוצאות	מסקנות
1	האם וכיצד משפיעה מסת הסוכר על עצמת האור?	תלות עוצמת האור במסת הסוכר	ככל שמסת הסוכר גדלה עוצמת האור העובר דרך התערובת קטנה.
2	האם וכיצד ישפיע סוג הנוזל שבו מערבבים את העמילן, על הצפיפות של התערובת המתקבלת?	השפעת סוג הנוזל על הצפיפות של התערובת	סוג הנוזל משפיע. אין מסקנות חד-משמעיות.
13	האם וכיצד משפיע סוג הסוכרים על צפיפות התערובת?	השפעת סוג הסוכרים על צפיפות התערובת	אין מסקנה חד-משמעית.
4	האם וכיצד יחס המסות עמילן: מים משפיע על משך הזמן שלוקח לאבן לרדת לאורך מבחנה?	השפעת יחסי הנפח: עמילן/מים על זמן נפילת אבן	יחס גבוה בין עמילן למים גרם להאטת תנועת האבן. יחס גבוה במיוחד גרם ליצירת תערובת בעלת תכונות מעניינות.

הסבר התופעה

העמילן בנוי מחלקיקים רבים בעלי צורה שונה. לאחר הוספת מים המולקולות נעות סביב העמילן ומתנהגות כחומר סיכה, המאפשר לחלקיקים להחליק זה מעל זה (תמונה 4).



תמונה 4: תערובת נוזלית של עמילן - מים

כאשר מפעילים כוח פתאומי על התערובת, מולקולות המים יוצאות מבין החלקיקים, החלקיקים מתקרבים, אינם יכולים לנוע זה מעל זה, כוחות המשיכה גוברים, והחומר מתנהג כמוצק (תמונה 5).

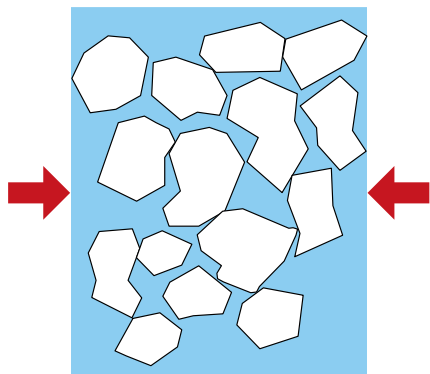
השפעת הכוח היא זמנית, וכאשר הכוח מוסר והתערובת "נחה" - מולקולות המים חודרות בין החלקיקים, והתערובת נוזלית שוב.

חיפשנו הסברים לתופעה, כדי להרחיב את הידע המדעי, ומצאנו.

הופכים את הלמידה למשמעותית יותר בעזרת עיבוי הרקע המדעי של הניסוי.

אחת הדרכים המאפשרות את העמקת הלמידה היא לעבות את הרקע המדעי של הניסוי באמצעות שילוב שאלות בהנחיות לניסוי (לפני ביצועו, במהלך הניסוי או במהלך כתיבת הדו"ח).

בהמשך מוצגות שאלות שמורים הציעו לשלב בהנחיות לביצוע הניסוי וכתיבת הדו"ח ("הכימיה של המלבי").



תמונה 5: תערובת מוצקה של עמילן - מים

א. מה פאנפה של עמילן ושל סוכרס ואילו קשרים גליקוזידים קיימים בעמילן ובסוכרס?

ב. מדוע גמיסס פסאכרס צלופה בעוד גמיסס פלעמילן עכור?

ג. מדוע מוסיפים אל פלעמילן גמיסס סוכר חמה?

ד. מדוע גמיסס פלעמילן מקבל כאלר מפלעמילן עזיפ כח נכרפוב?

ה. מה קורה לעמילן בערפוב עס מים קרים?

ו. האם עמילן מגמסס במים? נמקו גלסובכס.

ז. מפי גלרובס קולואידי? רלמו דלעמ גלרובס קולואידי.

ח. האם וכיצד משפיעים סללים שלניס של חד-סוכרים על צפיפס גלרובס? חד סוכר-עמילן-מים?

ט. האם וכיצד משפיעה מסס עלוקס גלרובס עלוקס-עמילן-מים על צפיפס?

י. האם וכיצד משפיע סלס פסוכרים על צפיפס גמיסס מימיג של סוכר רלל עמילן?

(מתוך פורום הקבוצה המשותף למורי ההשתלמות)

הידעתם?

משתמשים בחומר לשעשועים, וכן בפיתוח של אפוד הגנה אישי.

לסיכום

אז מה היה לנו?

התחלנו ממלבי טעים בדרך מהים שנתן את הרעיון, המשכנו בחשיבה מהו ניסוי מתאים, בחרנו ניסויים, שאלנו שאלות חקר, ביצענו ניסויים.

במקביל העמקנו את הלמידה באמצעות סיכומי ניסויים (אישי וקבוצתי) ועיבוי הרקע המדעי לכל ניסוי. השתלם המלבי!!