***חוקרים גלידה***

**שמות הכותבים:** סופי ליידרמן ועדנה וכהן, במסגרת פרויקט PROFILES, קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

**קהל היעד:** ט'-י'ב

**תיאור פעילות התלמידים:**  תלמידים חוקרים "גלידה" ברשת, במעבדה ובאמצעות סקר שהם עורכים.

כולם אוהבים גלידה, וילדים כנראה יותר מכולם. ***גלידה לצרכנים – פינוק מרענן, ליצרנים – אמולסיה.***

אמולסיה היא תערובת של שני נוזלים או יותר, שבדרך כלל אינם מסיסים זה בזה כמו שמן ומים, כאשר אחד מהם מפוזר ברחבי הנוזל השני כטיפות זעירות.גודלן של הטיפות אלפית עד עשירית המילימטר. דוגמאות לאמולסיות מחיי היום יום הם חלב, רוטב ויניגרט, מיונז, חמאה.

כדי לצור אמולסיה של שמן במים יש צורך לערבבם היטב כך שייווצרו טיפות שמן במים. בנוסף יש להוסיף חומרים מתחלבים. חומרים אלה יכולים ליצור קשרים הן עם המים והן עם השמן. הם עוטפים את טיפות השמן כאשר צידן האחד יוצר קשרים עם השמן והצד השני עם המים. בצורה זו טיפות השמן, העטופות בחומרים המתחלבים מתפזרות במים. החומרים המתחלבים אינם מאפשרים לטיפות השמן להתקבץ ולצור שכבת שמן על המים כפי שנוצר ללא החומרים המתחלבים.

החומרים המתחלבים בחלב הם קזאין וחלבוני הגבן, והם מצפים את טיפות השמן ומאפשרים את פיזורן במים. קיומן של חומרים מתחלבים אלה מפחית את מתח הפנים בין השומן לבין המים ויוצר שכבה הדוחה את הטיפות זו מזו. אלא שכשהטיפות גדולות החלבונים אינם מספיקים לשמור על הטיפות מרוחקות זו מזו והן מתחברות ויוצרות שכבת שומן על פני החלב. לכן בתהליך המגון החלב שוברים את טיפות השומן הגדולות לטיפות קטנות.

ברוב מתכוני הגלידה מוסיפים ביצים או חלמוני ביצה. במקרה כזה הלציטין, שגם הוא חומר מתחלב, מחליף חלק מחלבוני החלב ומצפה אף הוא את טיפות השומן. מתכון הגלידה שנבחר אינו מכיל ביצים מחשש שימוש בחלמוני ביצה לא מבושלים. מתחלב נוסף המקובל בתעשיית המזון הוא חרדל. גלידה בטעם חרדל אמנם אינה מעוררת תאבון אך מעניין לנסות את זמן הטפטוף גם כפונקציה של כמות חרדל המוספת לתערובת........

החלב עצמו הוא אמולסיה, הכוללת טיפות שומן במים. הבעיה היא שהקפאת חלב גורמת להיווצרות מרקם קרחי (דמוי קרח) ולא מרקם קטיפתי נעים וזאת עקב התקבצות מולקולות מים המחוברות ביניהן בקשרי מימן. כדי לשנות את המרקם יש להקטין את גודל טיפות השומן כך שיהוו חיץ מפני היווצרות גושי קרח גדולים. עושים זאת ע"י טריפה נמרצת של החומרים לפני הקפאת התערובת.

ועוד תהליכים מעניינים בנוגע לאמולסיות : הקצפת חלב (כמו הקצף שעל פני קפה הפוך) נעשה ע"י דנטורציה של חלבוני הגבן. כתוצאה מהדנטורציה החלקים ההידרופוביים של החלבונים מתקבצים סביב בועות האוויר ואילו החלקים ההידרופיליים פונים לכוון המים כך שנוצר מארג של בועות אוויר מוקפות בחלבונים.

קצפת העשויה משמנת מתוקה בנויה אף היא מרשת צפופה של בועיות אוויר, אלא שהחומר העוטף את הבועות הוא מולקולות השומן. סביב בועת האוויר יכולות להיות מספר שכבות שומן צמודות זו לזו. יש להיזהר מהקצפה ביתר של קצפת, שכן אז יכולות שכבות השומן להתמזג זו בזו ונקבל חמאה.

גלידה היא קצף מיוצב בהקפאה של רוב הנוזל. בתוך הגלידה ניתן למצוא 4 פאזות :

* + מעט נוזל המכיל מלחים מומסים, סוכרים וחלבון
	+ גבישי מים
	+ כדוריות שומן מוצק
	+ בועות אוויר
* חשיבות הנוזל : מונע הפיכת הגלידה לגוש קרח מוצק (וכן מכיל טעם, וערך תזונתי של החלבון המומס)
* גבישי הקרח מייצבים את הקצף ע"י לכידת הפזות האחרות
* השומן מספק עושר ומרקם חלק (10-12% מנפח הגלידה בד"כ)
* האוויר (כ-50% מנפח הגלידה) מפריע להווצרות גושים גדולים של הסוגים הקודמים ומוסיפים רכות וקלות

רכות הגלידה נובעת מ:

* + כמות השומן ופיזורו בגלידה
	+ גודל גבישי הקרח
	+ גודל בועות האוויר

ילדים מאוד אוהבים גלידה, אבל כמה שילדים אוהבים גלידה כך ההורים חוששים מהרגע שבו הם יבקשו גביע מהמאכל הקיצי הזה, כי התוצאה ידועה מראש: חולצה בטעם מסטיק ותותי או בטעם אחר...

**ניסוי חקר**

* **דוגמאות לכיווני חקר שהוצעו ע''י תלמידים**
* הגורמים המשפעים על זמן עד הופעת טיפה ראשונה בהתכת גלידה:
* השפעת כמות (נפח, מסה) הסוכר
* השפעת אחוז השומן בחלב או שמנת
* השפעת זמן ההימגון
* השפעת סוג החלב

בהכנת גלידה ביתית ככל שריכוז השומן או כמות הסוכר גדולים יותר כך משך הזמן עד להופעת טיפה ראשונה של גלידה מותכת קצר יותר.

התופעה נובעת מתכונות של תמיסה - תכונות התלויות בריכוז המספרי של מולקולות המומס, ובפרט , הורדת נקודת הקיפאון של תמיסה. ככל שריכוז הסוכר בגלידה גבוה יותר, טמפרטורת הקיפאון שלה נמוכה יותר וקרובה יותר לטמפרטורת המקפיא - כלומר ההקפאה פחות עמוקה. (אם למשל טמפרטורת הקיפאון תהיה נמוכה מטמפרטורת המקפיא – הגלידה לא תקפא כלל, או תפשיר אם הוכנסה קפואה). כתוצאה מהגדלת ריכוז הסוכר, הגלידה תעבור התכה מהר יותר כשנוציאה מהמקרר. השפעת אחוז השומן– השפעת אחוז השומן היא עקיפה – ככל שאחוז השומן במתכון גבוה יותר – יש פחות מים ואז ריכוז הסוכר במים גבוה יותר – וההסבר כמו במקרה הקודם ותרמודינמי:

אנטרופיה של תמיסה מימית גבוהה יותר, שינוי האנטרופיה בהתכה גם גדול יותר( m $∆S$)

 $=\frac{∆H°m}{Tm}$ m $∆S$

 Tm= ∆H°m/∆Sm וכך יורדת נקודת ההתכה (הקיפאון) של התמיסה, כלומר הקפאה פחות עמוקה.

**הצעה:** נסו להקפיא כדורי גלידה (אבל לא עם הרבה סוכר או שומן) הקפאה עמוקה, אח''כ לטבול אותם ב"בצק בירה" ולטגן זמן קצר בשמן עמוק – ותקבלו "סופגניה" ממולאת בגלידה לחנוקה...

ניתן לתת הסבר לתוצאות ניסויי החקר מבחינה אחרת:

אפשר להתייחס לסוכר ולשומן כחומרים – נוגדי קפיאה (אנטיפריזים) :

מולקולות סוכר יוצרות קשרי מימן עם מולקולות מים ולכן גבישי הקרח בגלידה קטנים (פחות קשרי מימן בין מולקולות המים) . מולקולות שומן מרחיקות מולקולות מים ולכן מספר קשרי מימן ביניהן קטן יותר, לכן למשל גודל גבישי הקרח בגלידה קטן יותר מאשר בקרטיב. יש ניסיון בהוספת חלבונים נוגדי קפיאה בייצור גלידות דלות שומן:

חוקרים מצאו דרך לגרום לגלידה לא לעבור התכה במשך זמן רב, הודות לחלבון מיוחד שקושר יחד את מרכיבי מזון. יצורים רבים – דגים בים הצפוני, חיפושיות ביערות קנדה, צמחים בערבות סיביר ועוד – חשופים לקור שאמור היה להקפיא אותם, אולם הם אינם קופאים בזכות חלבונים מיוחדים בגופם שנצמדים לגבישי הקרח ומונעים את גדילתם. מחקר חדש באונ' העברית ובאונ' אוהיו מצא שחלבונים אלה יכולים להיצמד לגבישי קרח באופן בלתי הפיך גם כאשר הסביבה דלה בחלבונים. לממצאים השלכות על שימושים עתידיים ברפואה, תעשיית המזון הקפוא, חקלאות ואף שיבוט אורגניזמים.

במחקר שנערך על ידי פרופ' עדו ברסלבסקי וצוותו במכון לביוכימיה, מדעי המזון ותזונת האדם בפקולטה לחקלאות מזון וסביבה ע"ש רוברט ה' סמית באוניברסיטה העברית ובמחלקה לפיסיקה באוניברסיטת אוהיו, ובשיתוף חוקרים מקנדה ומקליפורניה, נבחן הקשר בין חלבונים נוגדי-קפיאה לבין גבישי הקרח אליהם הם נצמדים. המחקר הראה שגביש קרח ששהה בתמיסה המכילה חלבונים נוגדי-קפיאה נותר מצופה בחלבונים הללו גם לאחר החלפת התמיסה בתמיסה נטולת חלבונים, כך שהגביש נותר בגודלו המקורי.

לדברי פרופ' ברסלבסקי "עד עתה לא נוצלו חלבונים אלה לצורכי אדם, למעט בייצור גלידות דלות שומן, בהן הוספתם של חלבונים נצמדי-קרח שומרת על המרקם למרות הפחתת כמות השומנים ומונעת גבשושיות כתוצאה מגדילת גבישי הקרח. המחקר שלנו מקדם את הבנת פעילותם של חלבונים נוגדי-קפיאה, ומרחיב ומשפר את השימוש בהם בשימור בקור. שילוב יעיל של חלבונים נוגדי-קפיאה בשימור בקור יכול להביא למהפכה ביישומים בהם נדרשת שליטה בקפיאה כגון שימור רקמות ואיברים בקור, הגנה מפני נזקי קרה בחקלאות, מניעת הצטברות קרח על כנפי מטוסים ושיפור איכות המזון הקפוא והמצונן".

אם כל הטוב הזה לא מספיק לכם, הרי שאם יצרני גלידה ישתמשו בחלבון החדש הם יוכלו להפחית את כמות השומן הרווי בגלידות - וכך ליצור מעדן בריא יותר ומופחת קלוריות.

בתחילת הפעילות אפשר להכין גלידה בכדור גלידה.

***הכנת גלידה בכדור***

לחלקו החיצוני של הכדור מכניסים קרח עם מלח גס (יחס 8:1 , מלח גס:קרח)

מכניסים לחלק הפנימי של הכדור את כל החומרים במתכון הבא:

חומרים : כוס אחת חלב 3%

 כוס שמנת מתוקה 32%

 2 כפיות תמצית וניל

 3/4 כוס סוכר

תוך כדי גלגול וניעור הכדור, התערובת מתקררת ומתערבבת עם אוויר וכך מתקבלת גלידה.

[הדגמה של קרין גורן מכינה גלידה בכדור](http://www.youtube.com/watch?v=_iHg2Z1YeM0)

את תוצר הניסוי אפשר לחלק לתלמידים בכוסות קטנות...

תוך כדי הפעילות התלמידים מעלים שאלות על גלידה.