

חדשנות במזון כחקר רותי אטיאס¹

למידה בדרך החקר ופתרון בעיות העוסקת בסוגיות אותנטיות הנוגעות לתזונה ולחדשנות במזון מעודדת את היצירתיות של התלמידים ומקדמת אותם כלומדים עצמאיים, בעלי יכולת של וויסות הלמידה ובעלי כישורי שיתוף פעולה מוגברים. פתרון בעיות בנושאים רלבנטיים כמו סוגיות העוסקות בהזנה והלכה נוגעות מאוד לאוכלוסיה שומרת מצוות. פתרון בעיות בסוגיות בריאותיות הנובעות מקשיים של התלמידים עצמם מגבירה מעורבות ומוטיבציה של הלומדים בתהליך הלמידה.

רציונל

העולם שאנו חיים בו גדוש במידע רב ומגוון המשתנה ומתחדש בתדירות גבוהה בתחומי התרבות, הכלכלה, המדע, הטכנולוגיה ועוד. שינויים אלו מציבים אתגרים המחייבים את התערבותה של מערכת החינוך. על מערכת החינוך בימינו להתמקד בפיתוח כישורי חשיבה מקורית ויכולת למידה עצמית, המבוססים על חדווה, סקרנות טבעית ותחושת מיצוי עצמי. המערכת צריכה לאמץ שיטות הוראה חדשות, בדגש על פיתוח מיומנות של עבודת צוות, כדי לעורר בתלמידים יצירתיות, למידה אקטיבית ותשוקה ללמידה.

למידה בדרך החקר

למידה בדרך החקר היא משמעותית, ומאפשרת לתלמידים לבחור, לתכנן, לחקור וליצור תוצר בעל משמעות, העונה על שאלה מ"העולם האמיתי". התלמידים מתמודדים עם אתגר אותנטי ו/או פותרים בעיות הרלבנטיות לחייהם (Holm, 2011). מטרת השימוש בדגם למידה זה היא לשמר את הקשר בין הלמידה לבין העשייה עצמה, וכך ליצור מוטיבציה ללמוד (Prince, 2004). במהלך תהליך הלמידה התלמידים מתמודדים עם בעיה ומנסים למצוא לה פתרונות ישימים (שטימברג וששון, 2013; אהרון, שפירא, ווילק, Prince, 2004; 2011).

בורוז (Barrows, 2002) מגדיר ארבעה רכיבי מפתח של למידת חקר: אופי הבעיות, מעמד התלמיד, מעמד המורה והאותנטיות של הפרויקט.

אופי הבעיות: הבעיות מוצגות כשאלה פתוחה. התלמידים נדרשים לפתח דרכי חשיבה שונות על מגוון הסיבות לבעיות ולהציע פתרונות אפשריים.

מעמד התלמיד: מעמד התלמיד משתנה תוך כדי תהליך הלמידה. התלמיד נמצא במרכז הלמידה. הוא נדרש לזהות את הידע החסר לו כדי לפתור את הבעיה שהוצגה, לאתר מקורות מידע

אחת משיטות ההוראה היא למידה דרך חקר. זוהי גישה חינוכית של [למידה פעילה](#) המבוססת על עקרונות המחקר המדעי שמטרתה לפתח לימוד עצמאי. למידה דרך חקר מפעילה מיומנויות חשיבה מדעיות ומעודדת חשיבה ביקורתית - טיעונית, המאפשרת לתלמידים להתחקות אחר עבודת המדענים. התלמידים מתנסים בתהליכי החקר ונחשפים לסוגיות הלוקחות מחיי היום תוך מציאת פתרונות מהעולם האמיתי. בלמידת חקר הלומד שולט בתהליך הלמידה, מעלה השערות ומבצע ניסויים כדי לפתח את הידע שלו בתחום הדעת הנלמד. ביסודה של כל למידת חקר נמצאות הסקרנות האנושית, המוטיבציה הפנימית והיכולת לשאול שאלות.

1. רותי אטיאס, מורה למדעים ורכזת מקצוע במוסדות "שבילי איתם" באופקים. מובילה תהליכי חקר ופתרון בעיות בבית הספר מזה שבע שנים.

בגליל העליון המזרחי, למשל, נבנה אקו-סיסטם יזמי-מחקרי הפועל בשיתוף עם עולם המחקר, האקדמיה, התעשייה והחדשנות האזורית, ובתוך כך יצר קרקע פורייה לצמיחתם של מיזמים פורצי דרך בתחומי התעשייה, המסחר, המזון, החקלאות, הקיימות ואף החינוך והבריאות. עם החברות הבולטות בהקשר זה נמנות בין היתר:

Nutrilees - חברה ששותפים בה חוקרים ממכללת תל חי, שף ויזם, ואשר פיתחה תהליך ייחודי המאפשר להפוך פסולת הנותרת בתהליך ייצור היין למקור מזון עשיר בחלבונים מלאים ובסיבים תזונתיים, בעל ערכים תזונתיים גבוהים. את המוצר אפשר לשלב במגוון מוצרי מזון ועלויות ההפקה שלו נמוכות.

Super Wine - חברה שפעילותה מבוססת על מחקר שנערך במיג"ל ובמכללת תל חי לפיתוח שיטה לטיפול בענבי יין באמצעות חשיפה לשמש על ידי הסרת עלים טרום בציר וחשיפה לאזון לאחר הבציר. טיפולים אלו מגבירים את ריכוז נוגדי החמצון ביין. החברה פיתחה טכנולוגיה להגברת ריכוז "מולקולת הזהב" רסרבטורל בענבים לצורך יצירת יין בריא יותר, המוגדר כמזון על (Super Food).

ClassifAI - חברה שמפתחת מערכת לזיהוי מהיר ויעיל של חיידקים במזון, ככלי שירות לתעשיית החלב ולמשווקי בשר טרי ודגים. תהליך הזיהוי המוטמע בתהליך הייצור משלב בין טכנולוגיות אופטיות וחישוביות המאפשרות זיהוי מדויק של סוג וכמות החיידקים בדגימות מזון בתוך שעות, וכך מבטיח אספקת מזון נקי ובטוח, גם אם חיי המדף של המזון קצרים יחסית.

Coffee Vibe - חברה שפיתחה טכנולוגיה ייחודית המאפשרת ייצור משקה מעורר המכיל קפה מפולים מובחרים ומיצים טבעיים בלבד. לאחר שלוש שנות מחקר השלימה החברה פיתוח טכנולוגיה המאפשרת שליטה של יצרנים במינון הקפאין ובטעם המשקה, לצורכי יצירת מגוון משקאות מעוררים, מרעננים וטעימים. המשקאות מכילים אנטי-אוקסידנטים, ויטמינים וסיבים ממקורות טבעיים.

מתאימים וכן לתכנן את המסלול הנדרש להשגת הידע החסר (Barrows, 2002; Sungur & Tekkaya, 2006).

מעמד המורה: מעמדו של המורה משתנה בתהליך ההוראה. בתחילת התהליך המורה משמש מנחה וחונך עבור התלמיד. הוא שואל שאלות מכוונות, המסייעות לתלמידים להגדיר את שאלות החקר באופן עצמאי. לאחר הגדרת שאלות החקר תפקידו של המורה מתמקד בעיקר במעקב אחר התקדמות עבודת החקר של תלמידיו ותמיכה בתהליך הלמידה. כך כל תלמיד בתהליך מסגל לעצמו מיומנויות של "לומד עצמאי". התלמידים מווסתים את פעולותיהם כדי להבין את הנדרש ללא תיווך. הלמידה נעשית בעלת ערך עבורם. הם רוכשים כלים המאפשרים להם לבצע מיזמים נוספים בתחומים שונים (שפירא ווולק, 2011; Mason et al., 2013).

אותנטיות הפרייקט: הבעיות שנבחרו ללמידה הן כאלה שהלומד עשוי לפגוש בהן או דומות להן בחייו ובתעסוקתו בעתיד.

חדשנות במזון

תחום חדשנות המזון **במדעי המזון** ובתעשייה עוסק **במחקר** **ופיתוח** וכן בהטמעת תהליכים טכנולוגיים מתקדמים, כל זאת לשם שיפור המזון והגברת תוצרתו וליצירת סוגי מזון חדשים כגון **תחליפים לחלב**, **לבשר** ולתוצרת מן החי.

בחמש השנים האחרונות התפתחו בארץ מוקדים רבים הפועלים להעצמת חדשנות בתחום המזון.

קבוצות חברות מתאגדות לחממות טכנולוגיות הממומנות בין היתר על ידי חברות מזון גדולות כמו תנובה וטמפו או שטראוס בשיתוף חברות בינלאומיות (**Fresh start**) ו (**The Kitchen**) וכן חברות המקבלות תמיכה **מרשות החדשנות**. במוסדות אקדמיים כמו הטכניון והפקולטה לחקלאות של האוניברסיטה העברית, במכללות כמו תל חי ובמוסדות מחקר אחרים כמו מכון וולקני נעשים מחקרים המובילים לתהליכי פיתוח של שיטות ייצור, אחסון ושימור וכן לפיתוח מזונות חדשניים.

חדשנות במזון כחקר

במאמר זה אציג תהליכי למידת חקר ופתרון בעיות לקראת התחרות המחוזית ששולבו בלמידת נושא ההזנה שנלמד בכיתות ט' על פי תוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה. המסגרת שבה אני מלמדת היא שומרת מצוות, ובין היתר, היה חשוב לי לחשוף את התלמידים לסוגיות שונות בתחום ההלכתי-דתי הקשורים להזנה.

אחת מהעבודות שהתלמידים ביצעו הייתה בנושא סוגיה מהגמרא הנוגעת לחלב של בהמה טהורה ולא טהורה. בעבודה זו התלמידים הוכיחו שאפשר להבדיל בין חלב של בהמה טהורה לבין חלב של בהמה לא טהורה על ידי גיבון (הנעשה על ידי אנזים רנין). התלמידים מצאו כי חלב של בהמה שאינה טהורה, כמו גמל, קשה יותר לגיבון לעומת חלב של בהמה טהורה, כמו פרה או עז.

עבודה נוספת בהקשר זה, שביצעו תלמידי תיכון מרום שבילי אית"ם, הייתה הכשרת אתרוג לחג הסוכות. ידוע שאתרוג צהוב נחשב לאתרוג מהודר, והתלמידים ביצעו הבחלה של האתרוג. הם בדקו את סוג הפרי שמבחיל מהר מכולם ואת כמות הפרי המבחיל.

השנה היא שנת שמיטה, ולכן בעבודה אחרת חקרו ובדקו תלמידים מיישיבת אפיקי ארץ כיצד אפשר לשמר יבול שיטית לקראת שנת שמיטה.

העבודה הבאה נעשתה בהשתתפות שלוש מתלמידותי בכיתה ט' באולפנת "איילת השחר", רב תחומי עמל אופקים. ואציג אותה להלן בפירוט.

פיתוח "משקה חלב" ללא חלב בקר

תוך כדי למידת נושא ההזנה התברר שאחת מהתלמידות רגישה לחלבונים שבחלב. לאור זאת החליטו שלוש התלמידות למצוא פתרון יצירתי טכנולוגי שייתן מענה לרגישות של חברתן. הפתרון הטכנולוגי שהציעו התלמידות הוא תחליף לחלב שיש בו את כל החומצות האמיניות החיוניות. ידוע ש"משקה חלב" מן הצומח מכיל רק חלק מחומצות האמינו, וחיפוש שערכו התלמידות במאגרי המידע המקוונים והבלתי מקוונים העלה שרק משילוב של דגנים וקטניות אפשר לקבל חלבון מלא.



שלבי תהליך החקר-התיכון

ניסוח בעיה: זיהוי הצורך האנושי - תחליף חלב שיכיל את כל החומצות האמיניות, הגדרת דרישות המוצר וזיהוי האילוצים בתהליך הייצור.

התלמידות התבקשו להגיש את נושא העבודה ואת הבעיה על פי לוח זמנים מוגדר.

חקירה: פעולה מידענית שבאמצעותה בודקים פתרונות קיימים, את התאמתם לדרישות המוצר, לרבות שיטות עיבוד וייצור, חומרים מתאימים ועלויות.

התלמידות התבקשו לחפש מידע רלבנטי למקורות מזון שימשו תחליף חלב ויכילו את כל חומצות האמינו, וכן שיטות לקביעת כמות ואיכות החלבון שהן אמורות להפיק.

תכנון ובנייה: העלאת פתרונות אפשריים ובחירת הפתרון המתאים, בחירת חומרים מתאימים למוצר, שרטוט הפתרון, תכנון שלבי הבנייה, בניית דגם או דוגמה של הפתרון. התלמידות החלו לתכנן את הפקת תחליף החלב ויצרו דוגמאות ממנו (ראו נספח).

הערכה: הערכת התהליך, הערכת הרעיונות, הערכת הפתרון, הערכת תהליך הבנייה, הערכת הדגם או האב טיפוס.

התלמידות התבקשו לבדוק את כמות החלבון במשקה שפיתחו ואת טעמו (ראו נספח).

מגבלות החקר שבוצע:

מחסור במכשירים טכנולוגיים

כדי לקבוע את כמות החלבון היה צורך במכשיר ספקטרוטומטר.



הכנת/הפקת משקה חלב משיבולת שועל

- השריית 1 כוס שיבולת שועל עם 4 כוסות מים למשך חצי שעה.
- טחינה בנינג'ה 40 שניות.
- סינון ע"י בד.
- הוספת חומרי טעם.



הכנת/הפקת משקה חלב חמום

- השריית גרגרי החמום 24 שעות.
- סינון החמום.
- שמנו 1 כוס גרגרי חמום עם 2 כוסות מים בנינג'ה.
- טחינה במכשיר הנינג'ה 40 שניות, סינון ע"י בד.
- חימום משקה חמום.
- הוספת חומרי טעם (כמו סוכר וניל).

רשימת ספרות

Barrows, H. (2002). Is it truly possible to have such a thing as dPBL? *Distance Education*, 23, 1, 119-122.

Holm, M. (2011). Project-based instruction: A Review of the Literature on Effectiveness in Prekindergarten. *River academic journal*, 7, 2, 1-13.

Mason, G. S., Shuman, T. R., & Cook, K. E. (2013). Comparing the effectiveness of an inverted classroom to traditional classroom in an upper - division engineering course. *IEEE Transactions on Education*, 56, 4, 430-435.

Prince, M., (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93, 3, 223-231.

Sungur, S. & Tekkaya, C. (2006). Effects of problem based learning and traditional instruction on self-regulated Learning. *The Journal of Educational Research*, 99, 5, 307-320.

אהרון, ע', שפירא, ג', ווולק, א' (2011). למידה מיטבית בבית הספר (מסמך פנימי). חיפה: בית הספר הריאלי העברי בחיפה.

שטימברג, י', וששון, ח' (2013). הטמעה של למידה באמצעות פרויקטים בבתי ספר בחולון, כבסיס ללמידה משמעותית - קולות התלמידים. החינוך וסביבו, לה, 145-167.

מכשיר זה אינו קיים בבית ספרנו אלא במרכז מדעים של תפוח פיס. כאן המקום להודות לתפוח פייס אופקים שאפשרו לנו להשתמש פעמים רבות במכשירם.

1.2. מכשיר לבדיקת הרכב החלבונים לא היה במרכז מדעים של תפוח פיס באופקים אלא במכון ויצמן. בשל אילוצי הקורונה נמנע מהתלמידות להגיע למכון ויצמן שברחובות.

תקופת הסגר - כתיבת המחקר נמשכה זמן רב מהצפוי, ההיערכות וההכנה לתחרות נפגעו אף הן בשל בידודים של הבנות ובשל הסגר המתמשך בימים ההם.

לסיכום, תהליך החקר היה משמעותי מאוד עבור התלמידות הממציאות. תכונת היצירתיות והיכולת לחדשנות מניעה אותן להמשיך עשייה וחקר. הן הבינו היטב מהי עבודת המדען החוקר, מהם האילוצים והתסכולים שהיו מנת חלקן.

תלמיד שהפנים את התוצאות החיוביות של הלמידה העצמית ושל העבודה הקשה לא ישכח אותן במהרה. תלמיד שלמד איך ללמוד ולעבוד כדי להגשים את חלומותיו, לבד או בקבוצה, יוכל לרכוש לעצמו ידע חדש בכל גיל.

משוב התלמידות שנתיים לאחר ביצוע החקר

"שנתיים לאחר החקר שעליו עבדנו לא מעט, אנו מרגישות שצברנו ידע רב ולמדנו המון מהתהליך, קיבלנו כלים למהלך החיים ונפתח בפנינו עולם חדש מעניין ומיוחד שבהחלט נשקול ללמוד אותו ולעסוק בו בהלך חיינו. העבודה הקבוצתית תרמה לנו מאוד והקשר שלנו בתור קבוצה התחזק בזכות כל המאמצים והעשייה. הפגישות במעבדה עם מכשירים וטכנולוגיה שלא הכרנו וחיפוש מכשירים מסוימים לצורך המחקר גרמו לנו להתעניין ולהתעמק בעבודה. אנחנו שמחות מאוד שלקחנו חלק בתהליך החקר למרות תקופת הקורונה שבדיוק החלה, דבר שלא היה פשוט כלל, אך היה שווה כל צעד."

נספח



עבודת חקר ופתרון בעיות - חומוס בקפה

מגישות: זוהר שוהם, כהן ספיר, שרעבי מעיין

הבעיה הטכנולוגית שצריך לפתור:

רגישות חלב פרה יכולה לנבוע משתי סיבות: רגישות לחלבוני החלב אשר גורמת לקשיי נשימה ופריחה ועלולה להוביל אפילו למוות, והשנייה שנפוצה יותר היא אי-סבילות ללקטוז, סוכר החלב, אשר עשויה לגרום לכאבי בטן ושלשולים.

הצורך: הכנת משקה חלופי לאלו הרגישים לחלב פרה ואינם יכולים לשתות ממנו, כך שיוכלו לקבל משקה חלופי שהוא "משקה חלב" מלא.

קהל היעד: אנשים בעלי רגישות לחלב פרה ואנשים טבעוניים.

חקירה מידענית: חיפוש במאגרי מידע מקוונים ובלתי מקוונים העלה שרק משילוב של דגנים וקטניות ניתן לקבל חלבון מלא.

הפתרון הטכנולוגי: "משקה חלב" מלא מן הצומח המורכב ממשקה חומוס ומשקה "שיבולת שועל"

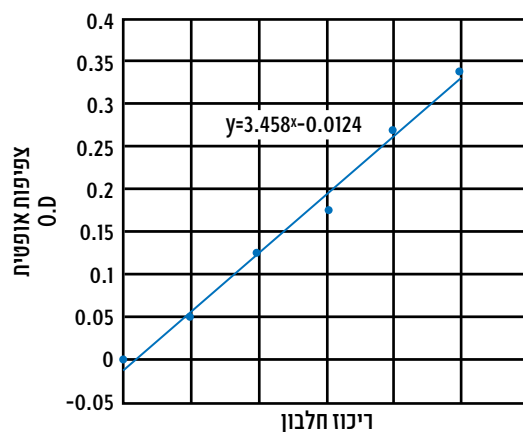
להכנת המשקה. השרינו את גרגרי החומוס (24 שעות) ושיבולת שועל (חצי שעה), טחנו במשך 40 שניות במכשיר הניג'ה, סיננו ובדקנו את כמות החלבון. לאחר ביצוע המדידות של כמות החלבון הוספו חומרי טעם כמו סוכר וניל ל"משקה החלב".

בדיקת המוצר והצעות לשיפור:

- בדיקת כמות החלבון במשקה החלב
- ריכוז החלבון נבדק על ידי מדידת הבליעה האופטית של המשקה בספקטרומטר באורך גל של 540nm.
- הכנת עקומת כיול.
- עקומת הכיול של חלבון הוכנה עם ריכוזים ידועים של אלבומין ונעשתה תוך הקפדה על חזרות ושמירת תנאים קבועים (נפח קבוע, סוג החלבון, זמן).

גרף 1: תוצאות עקומת הכיול

השפעת ריכוז חלבון על צפיפות אופטית (OD) באורך גל 540 ננומטר



ניתן לראות בעקומת הכיול שקו המגמה ליניארי, ככל שריכוז החלבון עולה, כך קריאת ה-OD שלו עולה. את חישוב כמות החלבון במשקה בדקנו בעזרת המשוואה:

$$Y = 3.4586 X - 0.0124$$

$Y =$ צפיפות אופטית (O.D)

$X =$ ריכוז החלבון

שיפוע הגרף = 3.4586

מדידת כמות החלבון

לבדיקת כמות החלבון מהלנו תחילה את "משקה החלב" ביחס 1:10. הקריאה בספקטרופוטומטר הייתה גבוהה ולא היה ניתן להכניס את הנתון בעקומת כיול. רק לאחר שמהלנו את משקה החלב ביחס של 1:100 התקבלו קריאות בטווח של עקומת כיול.

חשוב להדגיש שהתייחסנו לכמות החלבון ולא להרכב החלבון בגלל מחסור בצידוד וקורונה.

טבלה 1: תוצאות בדיקת כמות החלבון ב"משקה חלב" מחומוס, ב"משקה חלב" משיבולת שועל וב"משקה חלב" מעורב מחומוס ושיבולת שועל במיהולים שונים

מספר מבחנה	סוג ומיהול משקה החלב	ממוצע בליעה אופטית (OD)	כמות החלבון (גרמים)*
7	חלב חומוס מהול 1:10	קריאה גבוהה 2.589	-
8	חלב חומוס מהול 1:100	0.281	8.5
9	חלב שיבולת שועל מהול 1:10	קריאה גבוהה 1.035	-
10	חלב שיבולת שועל מהול 1:100	0.078	2.25
11	חלב מעורב מהול 1:10	קריאה גבוהה 1.758	-
12	חלב מעורב מהול 1:100	0.182	5.63

*חישוב כמות החלבון נעשה בעזרת המשוואה הליניארית של עקומת הכיול. קריאה גבוהה מדי בספקטרופוטומטר לא אפשרה חישוב ריכוז ולכן נדרש מיהול נוסף.

מבחן טעימה בקרב 30 תלמידות, בסולם של 1-5, 1= הנמוך ביותר ו-5=הגבוה ביותר

טבלה 2: תוצאות בדיקת הטעימה

ממוצע דירוג	קריטריונים
4	טעם
3	מרקם
3.5	ריח