

מנסים ומוכיחים: חיידקים יוצרים יוגורט

שכבת גיל

חטיבת ביניים – כיתה ט'

תקציר הפעילות

בפעילות זו התלמידים יבצעו שני ניסויים (בקבוצות): בשיעור הראשון יבצעו ניסוי ראשון, שבו יוסיפו יוגורט לחלב ויעקבו אחרי השינויים. בשיעור השני התלמידים יתכננו ניסוי המשך ויבצעו אותו, על מנת לבדוק אם אלה חיידקים שגורמים לחלב להפוך ליוגורט, תוך כדי יישום מיומנויות החקר: שימת לב לתכנון בקורות מתאימות, ניתוח תוצאות, הסקת מסקנות מניסוי והכרה במגבלות של מערכת ניסוי. את הרקע לשימוש של מיקרואורגניזמים במזון יקבלו התלמידים מסרטון שבו מתוארת המעורבות של שמרים וחיידקים בייצור מזונות שונים. לביצוע הפעילות במלואה כדאי להקדיש שלושה שיעורים לא צמודים.

משך הפעילות

שלושה שיעורים לא צמודים:

1. שיעור ראשון: צפייה בסרטון וביצוע ניסוי ראשון (בקבוצות, ניסוי אחיד בכל הקבוצות).
2. שיעור נוסף (כעבור יומיים-שלושה לפחות): התבוננות בתוצאות, דיון, תכנון ניסוי שני וביצועו (בקבוצות: כל קבוצה מבצעת ניסוי אחר לפי התכנון שלה).
3. שיעור נוסף (כעבור יומיים-שלושה לפחות מהניסוי השני): תוצאות סופיות וסיכום.

מטרות הפעילות

- ללמוד על תפקידם של חיידקים בייצור יוגורט בדרך של התנסות.
- לתכנן ניסוי לבדיקת טענה.
- לבצע ניסוי חקר על פי תכנון עצמי.
- להסיק מסקנות מתוך תוצאות של ניסוי ולהבין את מגבלותיו.
- להבין את קשרי הגומלין בין המחקר המדעי ובין הטכנולוגיה בתחום החומרים לשיפור איכות חיי האדם והסביבה.

מושגים מתוכנית הלימודים

תהליך החקר המדעי, חומרים: מרכיבי המזון, תהליך כימי, חומצה, הכנת מזון ועיבודו, חלבון

מיומנויות

חשיבה ביקורתית, ניתוח נתונים והסקת מסקנות, השערת השערות, תכנון ניסוי

אופי הלמידה

זוגות או צוותים

סוג הפעילות

- פעילות לפתיחת הנושא
- פעילות לסיכום הנושא
- פעילות להקניית הנושא

הערכה חלופית

- **המעריך:** הערכת המורה
- **נושא ההערכה:** ידע, מיומנות
- **מוקד ההערכה:** תהליך, תוצר

קישור לסרטון

- "הבקטריה המועילה שיוצרת אוכל טעים": <https://bit.ly/2OowqDD>

הכנות לקראת הפעילות

- לשיעור הראשון נדרשות שתי מבחנות, שכל אחת מהן מכילה כ-5 מ"ל חלב לכל קבוצת תלמידים (4-5 תלמידים בקבוצה) וכפית או ספטולה או טפטפת.
- יש לבקש מהתלמידים להביא לשיעור יוגורט, רצוי בצבע לבן. הפעילות מעניינת יותר אם כל קבוצה מבצעת אותה עם יוגורט אחר, אבל אפשר כמובן גם להביא מכל יוגורט אחד לכל הכיתה.
- אם רוצים לבצע את ניסויי ההמשך שמוצעים בפעילות:
 1. כדאי לשמור במקרר את היוגורט שבו נעשה שימוש עד לשיעור הבא.
 2. עבור ניסויי ההמשך דרושות בין שלוש לשש מבחנות, שכל אחת מהן מכילה כ-5 מ"ל חלב לכל ניסוי (תלוי בניסוי), וחומרים נוספים בהתאם לניסויים שהתלמידים יבחרו לעשות (לימון, חומץ, אנטיביוטיקה, כלים להרתחת יוגורט, חיידקים וכדומה).

מה עושים?

שיעור 1

- (1) צפו בסרטון "הבקטריה המועילה שיוצרת אוכל טעים": <https://bit.ly/2OowqDD>. שימו לב – בתרגום לעברית של הסרטון נעשה שימוש במילה "בקטריות". כוונת המתרגם היא שבקטריות הם חיידקים. ליתר דיוק, "חיידק" הוא bacterium; "חיידקים" הם bacteria.
- (2) בחלקו השני של הסרטון מתוארת המעורבות של חיידקים ביצירה של גבינה. כהכנה לשיעור, ובהמשך למה שלמדתם בסרטון, חפשו מידע – כיצד חיידקים מעורבים ביצירת יוגורט?
- על מנת ליצור יוגורט, מוסיפים לחלב חיידקים ממניים מסוימים, כגון *Streptococcus thermophiles* וכן *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. החיידקים מפרקים את סוכר החלב, לקטוז, לחומרים שונים. אחד מהם הוא חומצה לקטית, שגורמת לחלבונים שבחלב לעבור דנטורציה. בעקבות התהליך הזה החלב מתמצק. כהקדמה לפעילות ניתן להשתמש במשימת האוריינות המקוונת של משרד החינוך: "[מי הופך חלב לגבינה וליוגורט?](#)"
- (3) התחלקו לקבוצות לפי הנחיית המורה ובצעו את הניסוי לפי השלבים הבאים:
- קבלו מהמורה שתי מבחנות המכילות 5 מ"ל חלב. סמנו את המבחנות עם שם קבוצתכם. על מבחנה אחת יש לכתוב "מבחנה 1 – חלב", ועל השנייה "מבחנה 2 – חלב + יוגורט".
 - תארו את ההבדלים בין חלב ובין יוגורט. אפשר להיעזר ברשימת המרכיבים על גבי מכל יוגורט ובקבוק חלב. תכונות משותפות: צבע לבן (אלא אם כן הוסיפו ליוגורט פירות או צבעי מאכל). תכונות שונות: יוגורט סמיך וחלב נחל, ליוגורט יש ריח אופייני, יוגורט הוא חומצי יותר מחלב.
 - הוסיפו מעט יוגורט למבחנה 2 (כחצי כפית. אפשר לקחת "גוש" קטן עם ידית של כפית או באמצעות ספטולה או באמצעות טפטפת).
 - סגרו היטב את פקקי המבחנות וערבבו. (לא לנער!)
 - האם אפשר להבחין בהבדלים בין המבחנות? בשלב הזה לא אמורים להבחין בשינויים. אם היוגורט היה עם צבע עז, והועברה כמות גדולה מדי ממנו למבחנה, ייתכן שאפשר יהיה לראות צבע במבחנה השנייה.
 - מה אתם משערים שיקרה בכל אחת מהמבחנות? התלמידים מצופים להעריך שבמבחנה המכילה חלב בלבד לא יקרה כלום (אולי החלב יתקלקל). המבחנה שאליה הוספנו יוגורט מכילה חיידקי יוגורט, והם יהפכו את החלב במבחנה ליוגורט מוצק.
 - הניחו את המבחנות בטמפרטורת החדר למשך ימים מספר. משך ההמתנה הרצוי תלוי בטמפרטורה. בחורף אפשר להשאיר כמה ימים. בקיץ כדאי לבדוק אחרי יום-יומיים, ואם המבחנות שאליהן הוספנו יוגורט התמצקו, כדאי להעביר את המבחנות למקרר.

שיעור 2

- (4) התבוננו במבחנות, ודאו שהפקק מוברג היטב והפכו אותן.
- תארו את תוצאות הניסוי. מבחנה 1 שמכילה חלב אמורה להישאר נחלית, מבחנה 2 שמכילה חלב + יוגורט אמורה להתמצק.
 - האם התוצאות שקיבלתם תואמות את ציפיותיכם?
 - השוו בין התוצאות של התלמידים בכיתה שהשתמשו בסוגים שונים של יוגורט.
 - מה המסקנה מהניסוי? האם הניסוי הוכיח שחיידקים יוצרים יוגורט? הוספת יוגורט לחלב גורמת לו להסמיך ולהידמות ליוגורט. חשוב לוודא שהתלמידים לא מסיקים מסקנות שאינן נובעות מהניסוי – לא הוכחנו שאלה

החיידקים שביגורט שגורמים לתוצאה. תיאורטית, יכול להיות שיש חומר אחר ביוגורט שגורם לכך (נבדוק זאת בהמשך).

- מדוע ביצענו את הניסוי בשתי מבחנות? מה תפקידה של מבחנה מספר 1 בניסוי? כדי לייחס את השינוי שאנחנו רואים ליוגורט, ולא רק לזמן שחלף, דרושה מבחנת הבקרה על מנת להשוות אליה. אפשר להקשות על התלמידים ולשאול: מה היינו מסיקים אם שתי המבחנות היו מתמצקות? (לא היוגורט הוא זה שגורם לשינוי, לא היינו יכולים לדעת זאת אם היינו משתמשים במבחנה אחת בלבד).
- על בסיס הידוע לכם על אודות יוגורט - איזה מרכיב בתוך היוגורט גרם לחלב שבמבחנה להפוך ליוגורט? החיידקים שביגורט התרבו בחלב, הפכו את הלקטוז שבו לחומצה לקטית, ויצרו יוגורט.

5) בתחילת הניסוי נשאלתם מהם ההבדלים בין חלב ליוגורט. כיצד אפשר להוכיח שאלה אכן חיידקים שגורמים להפיכת החלב ליוגורט, ולא אחד מהגורמים האחרים ששונים ביניהם? בשלב ראשון יש לתת לתלמידים לחשוב על ניסוי. אם הם מתקשים, לשאול:

- מה הגורמים שמשפיעים על החיידקים? טמפרטורה גבוהה, אנטיביוטיקה, מלח ועוד.
 - כיצד ניתן לחקות את פעילות החיידקים בחלב? מכיוון שאנחנו יודעים שחיידקי יוגורט יוצרים חומצה, אפשר להוסיף לחלב חומצה ולבדוק מה יקרה.
 - התלמידים יצטרכו לבחור גורם אחד ולבדוק אותו בקבוצה בניסוי.
- 6) תכננו ניסוי שבו תבדקו אם החיידקים הם שאחראים באמת על הפיכת החלב ליוגורט.
- הניסוי המיטבי, שמוכיח שחיידקים הופכים חלב ליוגורט, הוא ניסוי שבו מבודדים חיידקים מתוך יוגורט על צלחת פטרי, מוסיפים את החיידקים בלבד לחלב ובודקים אם הוא הופך ליוגורט. לא תמיד אפשר לבצע ניסוי כזה, זאת בשל נוהלי העבודה המקובלים במעבדות בית ספר.
- עם זאת, ישנם ניסויים נוספים שאפשר להציע:
- להוסיף אנטיביוטיקה ולראות אם היא מונעת את התהליך.
 - להוסיף חומצה ולראות שהיא לא מספיקה על מנת להפוך את החלב ליוגורט.
 - להרתיח את היוגורט (ולהרוג את החיידקים שבו) ולבדוק אם הוא עדיין גורם לחלב להפוך ליוגורט.
- אם התלמידים לא מצליחים להעלות בעצמם את הרעיונות, כדאי לשאול: אם אנחנו רוצים להוכיח שחיידקים מבצעים פעולה, אזי כדאי לעכב את החיידקים ולבדוק אם הפעולה בוצעה. כיצד מעכבים חיידקים? ההערכה של התלמידים תתבצע על פי הרעיונות שיעלו, או על פי כתיבת התוכנית לניסוי (ראו להלן) או על פי הצגת הניסוי, התוצאות והמסקנות בפני הכיתה בשיעור האחרון.
- 7) הציגו את הניסוי שתכננתם בפני הכיתה. תנו הזדמנות לתלמידים אחרים להציע שיפורים.
- 8) בחרו עבור כל קבוצה איזה ניסוי היא תבצע.

9) כל קבוצה תתכנן את הניסוי על פי הסעיפים הבאים (בכתב): המלצה: כל קבוצה תכתוב את התכנון שלה במצגת שיתופית.

- שאלת החקר: שימו לב שאתם מציינים מהו הגורם שאותו תשנו (המשתנה המשפיע) ומהו הגורם שאותו תבדקו (המשתנה המושפע).
- כתבו רקע מדעי קצר (פסקה): שבו תתנו מידע על שני המשתנים בשאלת החקר. שימו לב שאתם מקשרים בין המשפטים בפסקה.
- תכנון הניסוי: כיצד תשנו את הגורם המשפיע? כיצד תמדדו את הגורם המושפע? שימו לב שאתם מתכננים בקורות מתאימות וחזרות. הקפידו לציין מה תפקידה של כל מבחנה ומה תצפו לקבל. תנו דעתכם לנושא של בידוד משתנים חישבו על גורמים נוספים שיכולים להשפיע על יצירת היוגורט ודאגו לכך שהגורמים האלה יהיו שווים בין מבחנות הבקרה לניסוי.

· הכינו טבלה לרישום התוצאות.

(10) קבלו אישור מהמורה ולאחר מכן בצעו את הניסוי לפי התכנון.

שיעור 3

(11) בדקו את התוצאות. הוסיפו למה שכתבתם בשיעור שעבר:

· תוצאות: הקפידו להתייחס לכל המבחנות ולציין יחידות (אם רלוונטי).
· מסקנות: האם קיבלתם את התוצאות להן ציפיתם? האם ניתן להסיק מסקנות מהניסוי? אם כן - מה המסקנות? הקפידו שמסקנות אכן נובעות מהתוצאות שקיבלתם. אם לא ניתן להסיק מסקנות - מה הסיבה לכך? אילו שינויים ניתן לערוך בניסוי על מנת לשפרו?

(12) בדקו את התוצאות. הוסיפו למה שכתבתם בשיעור שעבר. **אפשר באמצעות מצגת שיתופית.**

(13) סכמו בדיון כיתתי את התוצאות והמסקנות של כל הניסויים שבוצעו.

הצעות לניסויים נוספים:

בטבלה הבאה מוצעים ניסויי המשך על מנת לבדוק אם אכן אלה החיידקים שביגורט שהופכים חלב ליוגורט. זוהי רשימה חלקית; אם התלמידים מעלים רעיונות רלוונטיים נוספים, כדאי לשקול לבצעם. ההחלטה אילו ניסויים לבצע צריכה להתקבל לפי הציוד המצוי. גם אם משיקולים שונים אי אפשר להמשיך לניסוי נוסף, כדאי לבקש מהתלמידים לתכנן אותו ולדון בתכנון שלהם: מהן התוצאות הצפויות, מה המסקנות שיוסקו מהן, מה נסיק אם יתקבלו תוצאות שונות מהצפוי, מהן המגבלות של הניסוי וכיצד ניתן להתגבר עליהן.

מה בודקים?	מבחנות הניסוי	תיאור	מגבלות
השפעת אנטיביוטיקה	מבחנה 1: חלב מבחנה 2: חלב + יוגורט מבחנה 3: חלב + יוגורט + אנטיביוטיקה (אופציונלי) מבחנה 4: חלב + אנטיביוטיקה	בניסוי זה צפוי שבמבחנה 3 לא יתקבל יוגורט. ניתן להשתמש באנטיביוטיקה שקיימת במעבדה או בשאריות של תרופה ביתית (להוסיף 2-3 טיפות).	ייתכן שהחיידקים שביגורט אינם רגישים לאנטיביוטיקה שבה משתמשים.
השפעת מלח	מבחנה 1: חלב מבחנה 2: חלב + 0.5 גרם מלח מבחנה 3: חלב + 1 גרם מלח מבחנה 4: חלב + יוגורט	מלח בריכוז גבוה מעכב גידול של חיידקים, ייתכן שהוא יעכב גם את חיידקי היוגורט וימנע הפיכת חלב ליוגורט.	למלח יש השפעה על תהליכים כימיים רבים, הוא לא מעכב ספציפי של חיידקים.

		מבחנה 5: חלב + יוגורט + 0.5 גרם מלח מבחנה 6: חלב + יוגורט + 1 גרם מלח	
השפעת חומצה	מבחנה 1: חלב מבחנה 2: חלב + יוגורט מבחנה 3: חלב + כפית לימון	לימון יגרום לחלבונים שבחלב לדנטורציה (ההשפעה מיידית), אבל החלב לא הופך מוצק אלא רק מתמלא גושים.	הלימון בו אנחנו משתמשים אינו זהה לחומצה שנוצרת ביוגורט (חומצה לקטית).
הרתחה של היוגורט (לא תמיד ניתן לביצוע בבית הספר מסיבות טכניות)	מבחנה 1: חלב מבחנה 2: חלב + יוגורט מבחנה 3: חלב + יוגורט שהורתח וצונן	אפשר לשים מעט יוגורט במבחנה ולהכניס לכוס כימית עם מים. יש להרתיח את הכוס במשך כעשר דקות ולאחר מכן לצנן את המבחנה. החיידקים שביוגורט ימותו בהרתחה, ולכן כשנשתמש בו בניסוי, הוא לא יהפוך את החלב ליוגורט.	ההרתחה גורמת לפירוק של היוגורט, ולכן קשה לבודד משתנים בניסוי כזה (לא רק החיידקים מתים, מתרחשים שינויים נוספים).
שימוש בחיידקים מהמעבדה	מבחנה 1: חלב מבחנה 2: חלב + יוגורט מבחנה 3: חלב + חיידקים	אם התנאים מאפשרים, ניתן להוסיף חיידקים לחלב ולבדוק אם הם יהפכו את החלב ליוגורט.	חיידקי מעבדה "רגילים" כמו <i>E. coli</i> או <i>B. subtilis</i> לא יהפכו חלב ליוגורט. חיידקים שבודדו מיוגורט יכולים לעשות זאת, אבל לא תמיד ניתן לבצע ניסוי כזה במעבדות בית הספר.

דוגמה מפורטת לניסוי:

שאלת החקר: האם האנטיביוטיקה אמפיצילין משפיעה על התמצקות חלב בעקבות הוספת יוגורט לחלב?

רקע מדעי קצר: בניסוי מוקדם הוספנו מעט יוגורט לחלב וראינו שהחלב מתמצק והופך ליוגורט. במפעלי מזון, על מנת ליצור יוגורט, מוסיפים לחלב חיידקים ממינים מסוימים, כגון *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* וכן *Streptococcus thermophilus*. אנטיביוטיקה היא חומר שמעכב חיידקים או הורג אותם. אנחנו משערים שאם נוסיף אנטיביוטיקה למבחנה, חיידקי היוגורט לא יוכלו להתרבות ולהפוך את החלב ליוגורט.

תכנון הניסוי: נכין מבחנות לפי הפירוט הבא (כל מבחנה 3 X חזרות):

מספר מבחנה	תכולת המבחנה	תפקיד בניסוי
1	5 מ"ל חלב	בקרה: לבדוק שהחלב לא הופך ליוגורט לאורך זמן הניסוי, לכן נצפה שתהיה נחלית.
2	5 מ"ל חלב + חצי כפית יוגורט	נצפה שהחיידקים שביוגורט יתרבו, יפרקו את הלקטוז בחלב לחומצה לקטית וייצרו יוגורט, לכן המבחנה תהיה מוצקה.
3	5 מ"ל חלב + חצי כפית יוגורט + 2 טיפות אמפיצילין (בריכוז התחלתי 100 מיליגרם למ"ל)	נצפה שהאנטיביוטיקה תעכב את גידול החיידקים, לכן הם לא יוכלו להתרבות ולהפוך את החלב ליוגורט כמו במבחנה 2.

נניח את המבחנות בטמפרטורת החדר למשך שלושה ימים. לאחר מכן נבדוק אם תוכנן התמצק על ידי היפוך שלהן. **תוצאות:** תוכנן של מבחנות 1 ו-3 נשאר נחלי, ושל מבחנה 2 התמצק. יש תוצאות זהות בכל החזרות על הניסוי. **מסקנות:** המרכיב של היוגורט שגורם לחלב להפוך ליוגורט רגיש לאנטיביוטיקה אמפיצילין. מכיוון שידוע לנו שאנטיביוטיקה פועלת על חיידקים, אפשר להניח שנובע מהתוצאות שחיידקים הם הגורם ביוגורט שאחראי על הפיכת חלב ליוגורט. יש לציין שאם תוכנה של מבחנה מספר 3 היה מתמצק, כלומר האמפיצילין לא הפריע ליצירת היוגורט, לא היינו יכולים להסיק שאין מדובר בחיידקים, כי ייתכן שהחיידקים אינם רגישים לאנטיביוטיקה הספציפית שבה השתמשנו, או שלא הוספנו מספיק אנטיביוטיקה כדי לעכבם.

הצעה למחווה

זוהי הצעה בלבד. אפשר לשנות את המחווה בהתאם לצורך עבור הכיתה. מומלץ להציג את המחווה לתלמידים בתחילת הפעילות כדי שיוכלו לראות את הקריטריונים שנקבעו להערכת עבודתם.

ניקוד מרבי	ניקוד בפועל	
20		שאלת החקר
10		• הגדרת המשתנה המשפיע
10		• הגדרת המשתנה המושפע
15		רקע מדעי קצר
10		• מתן מידע על שני המשתנים בשאלת החקר
5		• קישור המידע על אודות שני המשתנים
30		תכנון הניסוי
5		• כיצד ישונה המשתנה המשפיע
5		• כיצד יימדד המשתנה המושפע
4		• תכנון בקורות מתאימות
4		• תכנון חזרות
12		• הסבר: מה תפקידה של כל מבחנה ומה תצפו לקבל?
15		תוצאות
10		• הצגה ברורה של התוצאות
5		• התייחסות לכל המבחנות
20		מסקנות
7		• הצגה ברורה של המסקנות
7		• מסקנה שנובעת מהתוצאות
6		• התייחסות לביקורות ולחזרות
100		סה"כ