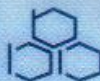


פרויקט מט"ס
מדע - טכנולוגיה - סביבה
בחברה המודרנית

מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי
וטכנולוגי ע"ש ע. דה-שליט



הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
הסתלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים
קבוצת הכימיה והסביבה

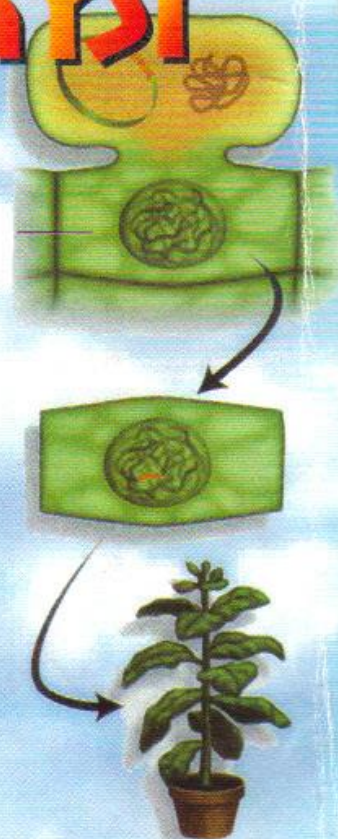


ביוטכנולוגיה סביבה ומה שביניהם



מאשה צאושו
טלי טל
יהודית דורי

מהדורה שיווקית



פרויקט מס"ס

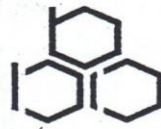
מדע - טכנולוגיה - סביבה

בחברה המודרנית

מל"מ

המרכז הישראלי לחינוך מדעי

וטכנולוגי ע"ש ע. דה-שליט



הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים

קבוצת הכימיה והסביבה



ביוטכנולוגיה

סביבה

ומה שביניהם

מאת אלה זילבר

פזי פז

יהודית דורי

מהדורה שיווקית

שותפה לפיתוח:

אירית שדה

תודה ל:

עירית ששון – על תרומתה לפרק "שינוי תכונות תורשתיות באדם".

ענת אברמוביץ' – על תרומתה לדפי ההעשרה של הפרק "שינוי תכונות תורשתיות באדם".

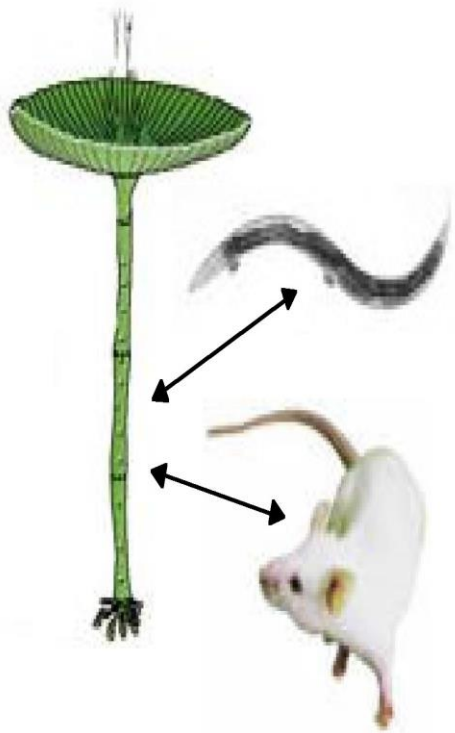
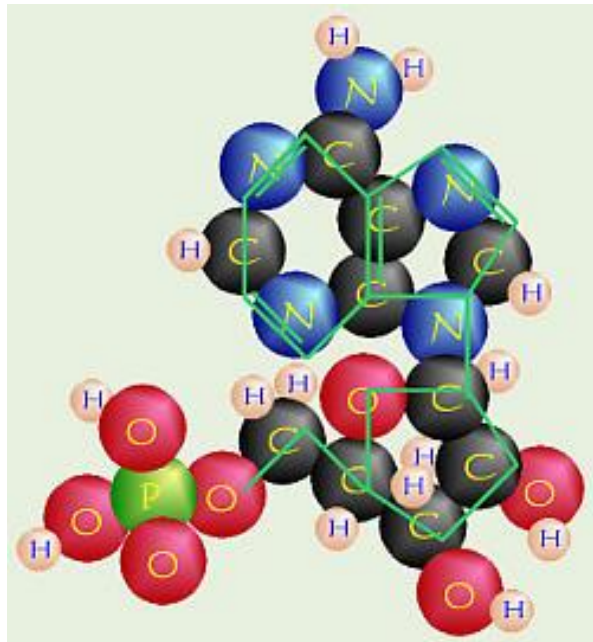
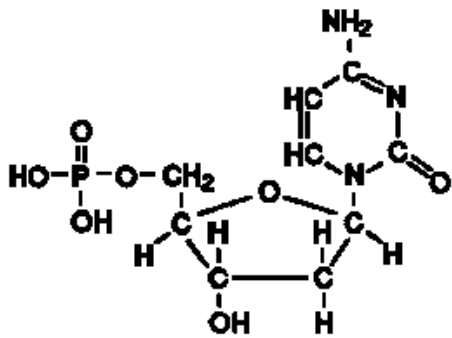
עביר עאבד – על תרומתה לתכנית, לתרגום לערבית ולעיצוב הגרפי.

יוכבד יורקובסקי – על תרומתה לפרקים "מיין עד אינסולין" ו"תעודת זהות גנטית".

כריכה: **יחידת הדפוס, טכניון**

© כל הזכויות שמורות, תשס"ה 2004

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבספר זה. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בספר זה אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמחברים.



פתח דבר....



לוגיה סביבה ומה שביניהם
חקלאות

הטכניון - המח
מס"ס - מדע

תוכן עניינים

פרק 1: פתח דבר

8	הקדמה
9	עקרונות מנחים בפיתוח יחידת הלימוד
11	מבנה יחידת הלימוד
12	מודל הערכה
14	מבוא – ביוטכנולוגיה מהי

פרק 2: חקלאות – הגדלה של כמות ואיכות

19	הנדסה גנטית מהי
24	לגעת בתאים
25	הנדסה גנטית וסביבה
26	פיתוח בר-קיימא
27	החידק שחזר מן הכפור
29	מאגר מושגים

חקלאות – דפי העשרה והרחבה

33	DNA – מה הקשר מה הפשר
35	ועוד על מבנה ה-DNA
37	כשמשוהו ב-DNA משתבש
39	מאגר מושגים

פרק 3: מין עד אינסולין - ייצור חומרים בעלי

חשיבות לאדם

42	מפעל חי מהלך
43	מפעל צומח
44	אינסולין "מהונדס"
45	אירוע במפעל
47	סיור במפעל
51	ויינה רב ממים...

52	ניסוי: השפעת ריכוז השמרים על התסיסה
55	ניסויים: מוצרי חלב
59	מאגר מושגים

מין עד אינסולין - דפי העשרה והרחבה

62	המערכת החיסונית
65	מיקרואורגניזמים
69	מאגר מושגים

פרק 4: "תעודת זהות" גנטית – לפרט, לאוכלוסיית

בני האדם כולה, למינים אחרים

- 71 הזיהוי הגנטי אינו משקר
73 "טביעת אצבעות" של DNA – איך עושים את זה?
79 פרויקט הגנום האנושי
83 מאגר מושגים

שינוי תכונות תורשתיות באדם פרק 5:

- 85 תביעתה של משפחת ישראלי
86 מציאות או דמיון?
88 שכפול גנטי
91 שכפול גנטי – בית חרושת לעוברים?
94 מה בין שכפול גנטי והנדסה גנטית
97 ריפוי גני
99 פעילות מסכמת

שינוי תכונות תורשתיות באדם – דפי העשרה והרחבה

- 103 שאלות הלכתיות בנושא השיבוט הגנטי
105 חוק איסור התערבות גנטית
106 נספח: רשימת מושגים

הקדמה

על רקע שלל בעיות מקומיות וכלל-עולמיות מסובכות, שאין להן פתרונות מוחלטים, בולט הצורך של הוראת המדעים לענות על צרכי התלמיד וצרכי החברה בהקשר המדעי-טכנולוגיה-חברתי, תוך הדגשת השילוב שאיננו ניתן להפרדה, בין המדע, הטכנולוגיה, הסביבה והחברה. פרוייקט מט"ס (מדע-טכנולוגיה-סביבה בחברה המודרנית) הציב לעצמו כמטרת-על את פיתוח כושרו, יכולתו ורצונו של הלומד להיות מעורב ולתרום אישית לשיפור איכות החיים והסביבה בה אנו חיים.

נושא הביוטכנולוגיה משלב בתוכו היבטים מדעיים, טכנולוגיים, סביבתיים וחברתיים הקשורים לשימוש בביוטכנולוגיה מאז ימי קדם ועד זמננו. היבט חשוב נוסף המלווה את הביוטכנולוגיה המודרנית הוא ההיבט המוסרי. דילמות מוסריות וערכיות מלוות את ההתפתחות המדעית-טכנולוגית בתחום זה כבר כיום. הן תגברנה עם ההתפתחות המדעית בביוטכנולוגיה בעתיד, עם החדירה ההולכת וגוברת של יישומיה לתחומי הרפואה והחקלאות. לאור כל זאת, יש חשיבות רבה בחשיפת התלמיד לנושאים מתחום הביוטכנולוגיה. חשיפה שתאפשר לאזרח העתיד לשקול, לנקוט עמדה ולקבל החלטה. בתכנית משולבים חקר אירועים כמו גם סיורים במפעלים עתירי ידע. מודגשת גישה מערכתית המתבטאת בעידוד התלמיד לשאילת שאלות, חשיבה ביקורתית, וחיפוש פתרונות רב-ערכיים לשאלות חיים ממשיות ורלוונטיות.



לא קיבלנו את הצולף במחנה
מהורינו, קיבלנו אותו בהשאלה
עבור ילדינו

עקרונות מנחים בפיתוח יחידת הלימוד "ביוטכנולוגיה, סביבה ומה שביניהם..."

יחידת הלימוד עוסקת בהיבטים שונים של הביוטכנולוגיה. התפיסה החינוכית המדעית-סביבתית המיושמת בה גורסת שילוב בין יעדים קוגניטיביים - של הקניית ידע רב-תחומי, ויעדים התנהגותיים-חברתיים - של פיתוח מודעות, לקיחת אחריות ושיפוט ערכי.

ההיבט המדעי בא לידי ביטוי בתהליכים המתקיימים ביצורים חיים שהם בעלי חשיבות לתעשייה - החל מהתעשיות הקדומות של יין, לחם ומוצרי חלב ועד התעשיות המתקדמות, המשתמשות בשיטות של הנדסה גנטית. שיטות אלה עשויות להביא למהפכה ברפואה - איבחון וריפוי, בחקלאות ובתחומים נוספים.

ההיבט הטכנולוגי מתבטא בשימוש במיקרואורגניזמים ובאנזימים שהופקו מתאים לתהליכים ביוכימיים בתעשייה. כמו כן הוא מתבטא בהתפתחויות הטכנולוגיות שאפשרו שימושים אלה בהיקף ובתחכום כפי שמתקיים כיום בתעשיות עתירות-ידע - באנליזה של DNA וביצירת צירופים גנטיים חדשים.

ההיבט הסביבתי מתבטא בהשפעות של התעשייה הביוטכנולוגית על סביבתה. בתעשיות הקלאסיות - בעיות של מיחזור וסילוק שפכים. במעבדות העוסקות בהנדסה גנטית, הן לצרכים תעשייתיים והן לצרכים מחקרניים, בעיות העלולות להיווצר כתוצאה מהשפעה של זנים "מהונדסים" על מינים אחרים ועל "זן הבר", הקיימים באופן טבעי בסביבתם.

ההיבט המוסרי מתמקד בשאלה העקרונית של הזכות שיש (או אין...) לנו "לשנות סדרי בראשית" וליצור יצורים בעלי תכונות חדשות. מה הגבולות לסוג השינויים ולהיקפם, ומי אמור לקבוע גבולות אלה.

ההיבט הכלכלי דן במחיר הכלכלי של הכנסת תוצרי התעשייה הביוטכנולוגית לחקלאות, ובשיקולים הכלכליים הכרוכים בהחדרת שיטות של הנדסה גנטית לאיבחון וריפוי.

איסוף, כתיבה ועריכה של החומר הלימודי נעשו תוך התייחסות לעקרונות הבאים:

- שילוב היבטים סביבתיים ומוסריים בנושאים המדעיים השונים.
- שימוש בחקר אירועים הקשורים לנושאים בהם דנים בכל אחת מתת-היחידות. חלק גדול מן האירועים נלקחו מעיתונות יומית או מדעית-פופולרית, וחלקם אירועים דימיוניים של תרחישים עתידיים.
- הכרת מושגי יסוד מתחום מט"ס (מדע-טכנולוגיה-סביבה) כגון: יחסי גומלין, פיתוח בר-קיימא, אופטימיזציה ודילמה.
- הכרת מושגים מרכזיים במיקרוביולוגיה, ביוכימיה וביוולוגיה מולקולרית כגון: חיידקים, נגיפים, חלבונים, אנזימים, DNA והצופן הגנטי.

- עידוד חשיבה ברמה קוגניטיבית גבוהה הכוללת:

גישה מערכתית בניתוח אירוע
זיהוי דילמה, ונקיטת עמדה המבוססת על ידע של עקרונות מדעיים
ביקורתיות ושאלת שאלות.

- עידוד של פניה למקורות נוספים לשם הבהרת מושגים, או העמקה בנושאים קשורים.

בכל אחד מן השיעורים (בכל הנושאים) מופיעות הפעילויות השונות בצורה הבאה:

משימת קריאה של אירוע/בעיה/קטע עיתונות. 

משימת כתיבה היכולה להיות כל אחד מהבאים או צירוף שלהם: התייחסות לעקרונות מדעיים, ניתוח טבלה או גרף, זיהוי תחומי-ידע רלוונטיים, הקשר שלהם לנושא והקשר ביניהם.



משימה קבוצתית/כיתתית של עריכת דיון, סיכום דעות, סיעור מוחות ו/או משפט ציבורי.

משימת רשות, שנועדה להרחבת הנושא (לפי האפשרויות ומידת העניין של התלמידים). 

הפניות למאגר מושגים

כלל שיעור מצורף מאגר מושגים המוסברים בקצרה, תוך הפנייה למקורות נוספים. כאשר יש מספר מקורות הם מסודרים בדרך כלל לפי דרגת קושי עולה. מאגר זה איננו חלק מן הרצף של השיעור. כל מושג המופיע במהלך השיעור מסומן בקו אם הוא נמצא במאגר המושגים של אותו שיעור, ובאותיות נטיות, אם הוא נמצא במאגר של אחד השיעורים הקודמים.

בחלק מן השיעורים מופיעות משימות נוספות:



ניסוי



צפייה בקלטת וידאו



סיור במפעל ביוטכנולוגי

מבנה יחידת הלימוד

א. מבוא

מטרה: הצגת הנושא, היכרות כללית עם התכנים בהם עוסקת היחידה.
תוכן: סקירה של היקף התעשייה הביוטכנולוגית בארה"ב, ושיעור הגידול שלה בשנים האחרונות. הצגת קטעי עיתונות העוסקים בהיבטים השונים של הביוטכנולוגיה, ובדילמות שהיא מעוררת.

דרך ההוראה: דיון.

משך הלמידה: שיעור עד שני שיעורים.

ב. הוראה/למידה של תת-נושאים העוסקים בבעיות מרכזיות בביוטכנולוגיה

מטרה: הכרת מושגים ותהליכים בביוטכנולוגיה, ההתפתחות ההיסטורית של התחום, יתרונות ודילמות שמעורר הפיתוח הביוטכנולוגי.

תוכן: הנושא מחולק לארבעה תת-נושאים. חלקם עוסקים בהשלכות של ביוטכנולוגיה בכלל והנדסה גנטית בפרט על החברה והסביבה, חלקם דן בדילמות מוסריות הקשורות לתחום זה, וחלקם עוסק בהיבט ההיסטורי של הביוטכנולוגיה.
לכל תת-נושא נוסף חומר רקע היכול לשמש פרקי הרחבה למורה ו/או לתלמיד.
בכל פרק מופיעים בתוך הטקסט מושגים מודגשים. מושגים אלה מוסברים במאגר המידע של פרק זה או אחר ביחידה. ברוב ההסברים יש הפנייה למקורות נוספים.

דרכי הוראה/למידה:

- כל נושא נלמד דרך חקר אירועים המציגים נושא הקשור לביוטכנולוגיה.
הדיון בחקר האירוע מעודד פיתוח גישה מערכתית לבעיה, פיתוח מיומנויות של קריאת נתונים בגרף/טבלה והסקת מסקנות, זיהוי דילמה ונקיטת עמדה המבוססת על ידע מדעי.
הדיון בחקר האירוע יכול להתבצע בצורה יחידנית, בזוגות או בקבוצות.
- סיור במפעלים הקשורים לתעשייה הביוטכנולוגית.
הסיור הוא חלק בלתי נפרד ממערך ההוראה/למידה ביחידה. מטרתו להכיר תעשייה ביוטכנולוגית מקרוב, לעמוד על הבעיות השונות והדרכים לפתרונן, ועל יחסי הגומלין שלה עם הסביבה בה היא נמצאת.
- מיני-פרויקט.
פרויקט בהיקף קטן, שבו יבחנו התלמידים בעיה ספציפית הקשורה בהיבט כלשהו של הביוטכנולוגיה.
הפרויקט יכלול גם מקורות מידע חיצוניים: ביקור במפעל, ראיון עם מומחה הקשור לתחום (מהתעשייה, האקדמיה משרד ממשלתי או אחר), או שימוש באינטרנט לקבלת מידע ו/או תשובות לשאלות.
הפרויקט הוא קבוצתי.

משך הלמידה:

א. פעילויות לימודיות בכתה: 24-26 שיעורים.

ב. סיורים במפעלים: 6-8 שיעורים.

ג. הצגת הפרוייקטים: 2-4 שיעורים.

מודל הערכה

אנו מציעים דגם להערכה של היחידה. הדגם כולל בדיקת ידע והבנה של מושגים, תהליכים ועקרונות, ובדיקה של מיומנויות חשיבה גבוהות כמו פתרון בעיות וגישת מערכתית. כלולים בו אלמנטים של הערכה חלופית, כגון הערכה באמצעות פרויקט ופורטפוליו. הדגם כולל שלושה מרכיבים עיקריים:

א. בוחן

הבוחן מתבצע סמוך לאמצע הפרק הראשון. מומלץ לכלול בו שאלות הבודקות הבנה של מושגי מפתח שנלמדו, והבנה עקרונית של תהליך יצירת התא הרקומביננטי. כמו כן מומלץ לכלול בו שאלות רפלקציה לגבי התכנים ודרכי ההוראה. לבוחן חשיבות רבה בהיותו חלק מהערכה מעצבת, המספקת משוב על תהליך ההוראה/למידה ומשפיעה על המשך ההוראה.

ב. פורטפוליו

הפורטפוליו אמור לשקף את עבודתו של התלמיד במהלך היחידה כולה, וצריך להיות בו ביטוי לדפי העבודה שעשה, לתיקון הבוחן/מבחן, ולמאמרים שאסף באופן עצמאי מעיתונים, כתבי עת או מאגרי מידע.

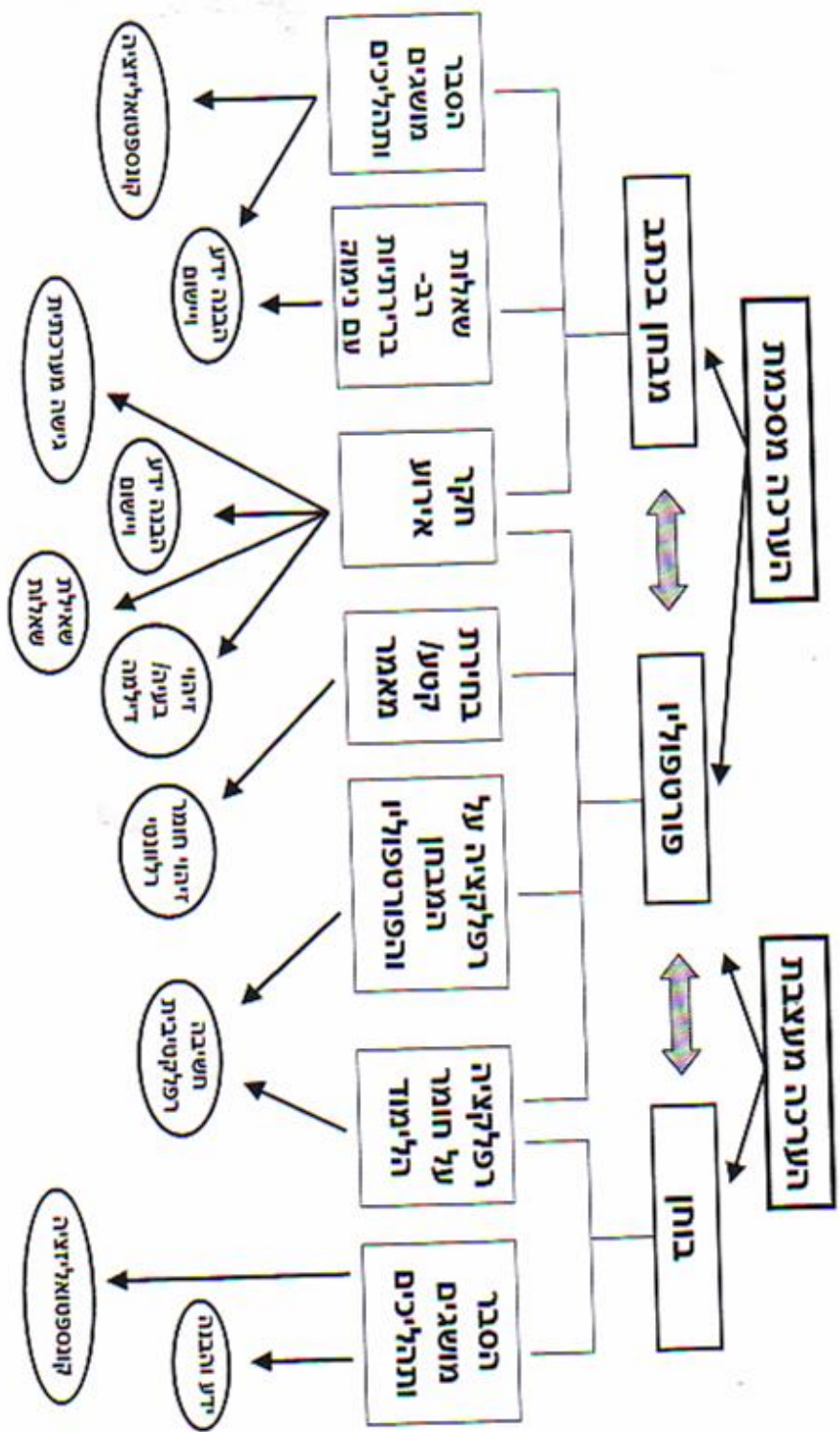
כמו כן, יכול הפורטפוליו להכיל את הפעילויות סביב הביקור במפעל: דפי הכנה, דוחות מעבדה, דפי סיור ודפי הסיכום.

ג. מבחן

המבחן יכול מטלות ברוח דומה לאלה שבוצעו במהלך ההוראה/למידה. החלק העיקרי הוא חקר אירוע חדש (קטע unseen) שבו יצטרך התלמיד להשתמש בידע המדעי שלמד כדי לזהות בעיה/דילמה, להסביר אותה מהיבטיה השונים ולנקוט עמדה מבוססת. ניתן לכלול במבחן גם שאלות רב-ברירות. רצוי לבקש נימוק לבחירה של היגד מסוים.

תרשים של המודל המוצע מופיע בעמוד הבא. במרובעים רשומים הפריטים הנבדקים, ובמעגלים/אליפסות שמתחתיהם – מה ניתן לבדוק באמצעותם.

ביוטכנולוגיה, סביבה ומה שביניהם - מודל הערכה



ספורט - גבולות היכולת האנושית

ד"ר זלמן זאבסון
2 באוגוסט 1992

1,000 קרל לואיסים

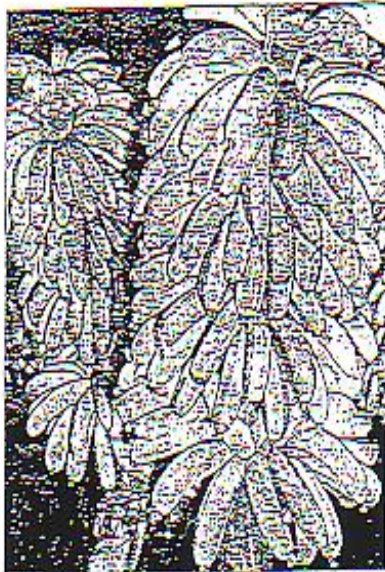
בינתיים שוקים המדענים על סכלול שיטות טכנולוגיות ובסיכולוגיות לקידום הישגו המפורסמים, אך יש ביניהם המזהים אם בעתיד יהיה אפשר לגייס את ההנדסה הגנטית לייצור בני אדם מותאמים לספורט

"האולי" 27.2.97 הנדסה גנטית במבחן

מאת ינאל בצלאל ספין

לפני שנים מספר חשב ריצן היה ריצן והיבני העליון, ועם אלקוה חלי יונג'ינג, שהיא חשש שיהיה שבו דהרד לו מיקנים לעמק משפחל בני אדם, משפחלה ודברים מודעת שנות ה-80 נמשכה לפעילות של שדפ' ודו מאית, הם נשבעו מונחים לטרי, שם הנפחמה הקדמה הנכונה, ששאה סכפול המבנים משטעלע, מעדה שחששו של רצו היה משפחה

גן זר משוטט בבנונה



מחקרים חדשים
בגנטיקה של צמחים
מעידים על יכולתם
להפוך לבתי חרושת של
תרכיבי היסון

הפוך בנונה בשלב הבא חזיקו לזרין קן של חזיק קלי

מחפשי הדינא המדענים ביוטכנולוגיה נחל
הד"ר זלמן זאבסון נחל ביוטכנולוגיה
המטענה במחלוקת

DNA

על

זוכן העדים

מדע טכנולוגיה ויטכנולוגיה 45 • 1992

هل تكون الهندسة الوراثية
أخطر ثورة في تاريخ البشرية؟

כל הכותרות בעמוד הקודם, הלקוחות מן העיתונות, עוסקות לכאורה בנושאים השונים זה מזה. אולם, כולן קשורות לתחום שהתפתח מאד בשנים האחרונות, ונקרא "ביוטכנולוגיה".

ביו (Bio) - פירושו חיים,

טכנולוגיה - ניצול ידע מדעי לתועלתו של האדם (עפ"י מוקדי-שביט, 1994).

ביוטכנולוגיה - שימוש ביצורים חיים בתהליכים תעשייתיים

המחקר הנרחב בביוטכנולוגיה הניב תוצאות רבות ומפתיעות, שחלק מהן מתבטאות בציטוטים שהובאו מהעיתונות.

1. עיין שוב בכותרות העיתונים המופיעות בעמוד הראשון והאחרון בפרק זה, וציין אילו תחומים, בנוסף לביוטכנולוגיה, קשורים לנושאים שבכותרות אלה? העתק את הכותרת ולאחריה את שמות התחומים הקשורים אליה.

ארצות הברית היא המדינה המובילה בעולם מבחינת היקף התעשיות הביוטכנולוגיות. הנתונים הבאים, הנכונים לסוף שנת 1999, ידגימו במה דברים אמורים:

\$ 437,400 משרות בשוק העבודה האמריקאי קשורות לביוטכנולוגיה

\$\$ סך-כל התרומה של תעשיית הביוטכנולוגיה לכלכלת ארצות הברית הסתכם ב-1999 ב-47 מיליארד דולר.

\$\$\$ התעשייה הביוטכנולוגית גדלה פי 2 בין השנים 1993-1999.

2. מה ניתן ללמוד מן הנתונים בסעיף הראשון והשני?

3. מה ניתן ללמוד מן הנתונים בסעיף השלישי?



4. חזור שוב לכותרות העיתונים ולהגדרה שבמסגרת. חשוב ורשום שלוש עד חמש שאלות המתעוררות בעקבות הקריאה - שאלות שעליהן לדעתך צריכה לענות יחידת הלימוד ביוטכנולוגיה סביבה ומה שביניהם.

ביחידה זו תלמד על

הנדסה גנטית

תחום שהיווה פריצת דרך בביוטכנולוגיה. ההנדסה הגנטית עוסקת בתכנון והכנסת שינויים מכוונים בתכונות התורשתיות של יצורים שונים (בתחילת הדרך היו אלה מיקרואורגניזמים, בהמשך - יצורים אחרים), לפי רצונו של האדם ובהתאם לצרכיו.

מוצרים רבים, שחשיבותם רבה בתחום החקלאות והרפואה, מיוצרים כיום בשיטות של הנדסה גנטית בארץ ובעולם.

__ **ההשפעות האפשריות של הפיתוח החדש בהנדסה גנטית על הסביבה ועל החברה**

לפניך ציטוט מתוך דברים שפורסמו על-ידי משרד המדע האמריקאי:

“...biotechnology is expected to have a dramatic effect on the world economy after the next decade.”

U.S. Office of Science and Technology Policy

העזר בחברך, במורה או במילון ורשום את תרגום המשפט לעברית.

✍ 5. באיזו השפעה של ביוטכנולוגיה עוסקים הדברים? נסה להסביר את הכוונה בדברי משרד המדע האמריקאי (העזר לשם כך בנתונים המסומנים ב-\$ בעמוד הקודם).

__ **שימוש ביצורים חיים שנעשה על-ידי האדם מאז ימי קדם ועד היום.**

שימוש **בחומרים** המיוצרים על ידי יצורים חיים, ומנוצלים על ידי האדם לצרכים שונים (אין הכוונה לשימוש בחיות בית). היצורים בהם מדובר הם מיקרואורגניזמים (יצורים זעירים שאפשר לראות רק במיקרוסקופ). הם מעורבים, בדרך שתוסבר בהמשך, בתעשיות של משקאות אלכוהוליים, מוצרי חלב ועוד.

בנוסף להיבטים המדעיים והכלכליים, ננסה ביחידה זו לבדוק את ההשפעות הסביבתיות והחברתיות של הפיתוח הביוטכנולוגי.

ננסה להבין מדוע ההנדסה הגנטית (שהיא, כאמור, אחד השטחים בהם עוסקת הביוטכנולוגיה) מעוררת ויכוח ציבורי שמשתתפים בו, בנוסף למדענים, גם אנשי ציבור, אנשי דת ופילוסופים. רמז לויכוח זה תוכל למצוא באחת הכותרות שבתחילת הפרק (איזו?) ובעמוד הבא.

ולסיכום, עוד ציטוט:

“... another area I’m very excited about is biotechnology.”

Bill Gates, Microsoft

ביל גייטס עומד בראש חברת התכנה הגדולה בעולם - מיקרוסופט. אנחנו מקווים שגם אתה, בסוף תהליך הלמידה של יחידה זו, תמצא שביוטכנולוגיה היא תחום מרתק.

ביחידה זו משולב מידע שמקורו בעיתונות לסוגיה. מהיום, **התחל** לאסוף קטעי עיתונות בנושאים שפורטו קודם, ובנושאים קרובים להם. קטעים אלה ישמשו ללימוד בכתה ולעבודת הסיכום. **הקפד** לרשום את שם העיתון והתאריך.

חקלאות -

הגדלה של כמות ואיכות



פתרון של בעיית הרעב?

הנדסה גנטית מהי?

שיעור 1

הקטע הבא עוסק ביתרונותיה העתידיים של ההנדסה הגנטית:

פרות יעילות יותר (מתוך מאמר ב"הארץ" מ-1.12.97)

מדענים שוקדים על פתרון להידלדלות המהירה של מקורות המזון הטבעיים

ב-50 השנה האחרונות הוכפלה אוכלוסיית כדור הארץ, וב-50 השנה האחרונות היא צפויה להיות מוכפלת פעם נוספת, כך שבשנות ה-40 של המאה ה-21 ימנה כדור הארץ כ-10 מיליארד בני אדם שיזדקקו למזון. אומדנים בינלאומיים אף מדברים על כך שבעוד כשנתיים, בשנת 2000, הצריכה של חיטה, אורז, תירס, שעורה וגידולים חקלאיים אחרים עשויה לעלות על שני מיליארד טונות בשנה.

איך מייצרים כמויות כה אדירות של מזון? אם סבר משהו שהים עשוי להיות מקור טוב למזון, הרי מסתבר כי הדגה בעולם הולכת ומידלדלת.

המכון למחקר מדיניות מזון בארה"ב פירסם באחרונה מחקר, שלפיו היכולת לעמוד בדרישה העולמית לדגים ממקורות טבעיים נמצאת עתה בירידה. המכון מעריך כי הפתרון לבעיה הוא ביוטכנולוגי, כלומר ייצור וגידול דגים משופרים מבחינה גנטית. כיום כבר מגדלים, במיוחד לאכילה, דגי סלמון הגדלים בקצב מהיר יותר מן הקצב הטבעי.

לטווח הקצר, כלומר לעשרות השנים הקרובות, הפתרון לבעיית מקורות המזון הוא אכן הביוטכנולוגיה. זו עשויה להגדיל את כמות היבולים והדגה, ליצור סוגי מזון עמידים למחלות ולמזיקים, ולהשביח את סוגי המאכלים השונים. לדוגמא, מדענים אמריקאים וסנים מפתחים במשותף, באמצעות הנדסה גנטית, אורז המאפשר תוספת יבול של 15%-20% בשטח נתון.

הביוטכנולוגיה אף יכולה להביא ליצירת גידולים חקלאיים עשירים בחלבונים, שחסרונם הוא אחת הסיבות לתת-תזונה במדינות העניות בעולם. לדוגמא, ניתן להעביר תכונות גנטיות מצמחי אפונה כדי ליצור אורז עשיר בחלבון. כמו כן מאפשרת הביוטכנולוגיה לשנות תכונות של פירות וירקות, כדי שיכללו חומרים יותר מזינים, כגון ויטמין C ו-E.

גם במשק החי יסייע השינוי הגנטי להשבחת המזון. אפשר כעת ליצור בעלי חיים יעילים יותר מתוך מבחר של כבשים, פרות וחזירים, למשל.

ההנדסה הגנטית יוצרת בעיות מוסריות רבות, ויש רבים המתנגדים לה. ארגון גרינפיס החל באחרונה במסע יחסי ציבור נגד הנדסה גנטית בבעלי חיים. ועם זאת, במצב הנוכחי הביוטכנולוגיה והשינוי הגנטי הם שיכולים לסייע בפתרון בעיית מקורות המזון בעשרות השנים הקרובות. בעתיד הרחוק יותר תצטרך האנושות כנראה, לעבור למזון אחר; ייתכן שתעבור לגלולות מזון, שידמו לתוספי המזון של היום וייצרו במגוון רחב של טעמים. בינתיים הן מצויות רק בספרי המדע הבדיוני.

1. מהו חסרונה המרכזי של הנדסה גנטית?

2. מדוע הבעיה החמירה בתקופה האחרונה?

3. ערוך רשימה של מושגים חדשים לך המופיעים במאמר.

4. תן דוגמא מן המאמר לשימוש בהנדסה גנטית.

5. מדוע לדעתך נקרא הקטע בשם "פרות יעילות יותר"?

הנדסה גנטית הוא תחום העוסק ביצירת שינויים בתכונות של תאים

ההנדסה הגנטית מאפשרת "להנדס" תאים עם תכונות הרצויות לנו. אם התא ה"מהונדס" כלומר, זה ששינו את תכונותיו, יכפיל את עצמו, כל צאצאיו יהיו גם הם בעלי התכונות החדשות. אם הוא תא של ביצית מופרית, כל התאים של העובר שיתפתח ממנה יהיו בעלי התכונות החדשות.

בהמשך הפרק תלמד היכן בתא "נמצאות" התכונות, וכיצד יוצר המהנדס הגנטי תא עם תכונות שלא היו בו קודם.

6. הטבלה שלפניך מכילה סיכום של השימושים של ההנדסה הגנטית המובאים במאמר. השלם את הטבלה, העזר בדוגמאות.

היצור	התכונה שנוספה	יתרון
דגים	התרבות מהירה	הגדלה של כמות המזון המופק מהים
אורז	תוספת זרעים (גרורים) לגבעול	תוספת יבול של 15%-20% בשטח נתון
אורז		
פירות וירקות		
בעלי-חיים של משק החי		
צמחי חקלאות	עמידות למזיקים	

7. מדוע לדעתך מדענים מסין משתתפים בפיתוח של אורז, שבאמצעות הנדסה גנטית ייתן יבול רב יותר?

8. אילו מדינות נוספות עשויות לדעתך לגלות עניין בשיטות ביוטכנולוגיות אלה? עיין במאמר "צפוף וחם על הכדור", הנמצא בסוף הפרק, ותן שלוש דוגמאות.



9. הפסקה האחרונה בקטע נפתחת במשפט: "ההנדסה הגנטית יוצרת בעיות מוסריות רבות, ויש רבים המתנגדים לה." דונו בקבוצה, ורשמו לפחות שתי בעיות מוסריות הקשורות להנדסה גנטית.

השיעורים הבאים ינסו לענות על השאלות הבאות:

א. היכן בתא נמצאות התכונות?

ב. כיצד ניתן לשנות אותן?

שיעור 2

התכונות שבהן אנו עוסקים ביחידה זו הן תכונות תורשתיות. כלומר, תכונות המועברות לכל התאים שיתרבו מתא זה.

אם התא בו מדובר הוא תא של **ביצית מופרית**, הרי כל התאים של העובר המתפתח יהיו בעלי תכונות זהות לתכונות הביצית המופרית (ותכונות הביצית המופרית, להזכירך, הן צירוף התכונות של תא המין הנקבי ושל תא המין הזכרי שיצרו אותה).

בצמחים ובבעלי-חיים התכונות של תא "נמצאות" בגרעין התא, או יותר נכון לומר **שהמידע** לתכונות התורשתיות נמצא בגרעין התא. הגרעין מכיל גופיפים הנקראים כרומוזומים. הכרומוזומים בנויים ממספר חומרים, שהעיקרי בהם נקרא DNA (ראשי התיבות של שמו הכימי). מבנה ה-DNA הוא הקובע את תכונות התא. שינוי ב-DNA יגרום לשינוי בתכונה כלשהי בתא, ולא רק בתא עצמו, אלא גם בכל התאים שיתרבו ממנו. ראה הרחבה בנושא זה בעמ' 26-29.

גורמים שונים כמו קרינת רנטגן עלולים לגרום לשינויים ב-DNA. בכל מכון רנטגן יש שלטים המזהירים כי הכניסה לנשים בהריון, או נשים שיש לגביהן חשד להריון, אסורה בהחלט.

1. הסבר מדוע קרינת רנטגן מסוכנת לנשים בהריון יותר מאשר לאנשים אחרים.

2. בזמן צילום שיניים מגינים על אברי המין באמצעות סינר עופרת, החוסם מעבר של הקרינה.

הסבר מדוע.

שיעור 3

כאשר קרינת רנטגן פוגעת בתא, השינוי שהיא עלולה לחולל ב-DNA שלו הוא אקראי, כלומר, אי אפשר לנבא באיזה מקום יתרחש.

שינוי ב-DNA נקרא מוטציה. חומר העשרה בנושא זה תמצא בסוף הפרק.

ה"מהנדסים הגנטיים", לעומת זאת, רוצים לערוך שינויים מכוונים, שאפשר לנבא את תוצאותיהם.

הדרך לעשות זאת היא להחדיר לתוך תא קטע של DNA, האחראי לתכונה שלא היתה בתא קודם.

קטע של DNA הקשור לתכונה מסוימת בתא נקרא גן.

דוגמא: תכונה של עמידות למזיקים.

מין מסוים של צמחים נפגע על-ידי חרק. בעזרת שיטות של הנדסה גנטית ניתן להחדיר לתא של הצמח בשלב העוברי את הגן (או הגנים) לעמידות בפני החרק. זהו קטע DNA, האחראי לתכונת העמידות בפני החרק. החדרתו לעובר הצמחי מקנה לצמח תכונה חדשה: היכולת לייצר חומר הפוגע בחרק.

קטע זה של DNA, המכיל את התכונה החדשה, יכול להילקח מצמח מסוג אחר או מבעל-חיים – אין למקור ממנו נלקח הקטע כל חשיבות.

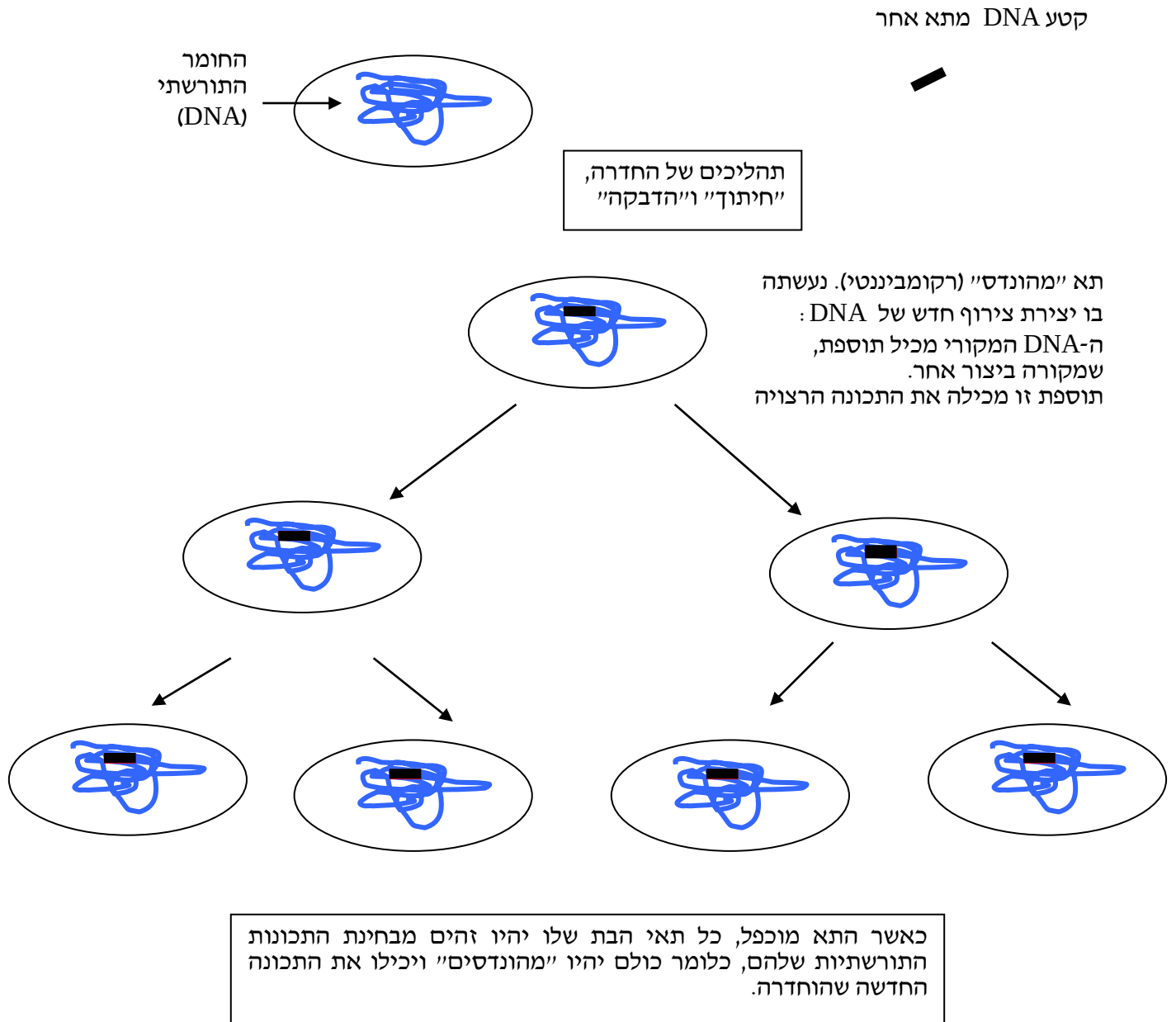
1. מדוע החדרת הקטע החדש של DNA לצמח חייבת להיעשות בשלב העוברי?

2. לפנינו מצב שבו תאי הצמח קבלו תכונה חדשה – עמידות לחרק - שלא היתה בהם קודם. אם נחתוך ענף מצמח זה, נשריש ונשתול, האם הצמח החדש שיתפתח יהיה בעל התכונה של עמידות לחרק? הסבר.

התפתחות ההנדסה הגנטית בשנים האחרונות התאפשרה הודות לגילויים של חומרים המסוגלים לגרום ל"חיתוך" של DNA, ול"הדבקה" של הקטע שחתכנו לקטע DNA אחר. ושוב להזכירך: ניתן לחתוך קטע מ-DNA של יצור אחד, ולחבר אותו ל-DNA בתוך תא של יצור שונה ממנו לגמרי.

בצורה זו מחדירים ליצור תכונה שלא היתה בו קודם.
"מספריים גנטיים" ו"דבק גנטי" אלה הם חומרים הנקראים אנזימים.
על אנזימים - ראה הרחבה בעמ' 60-64.

איך "מהנדסים" תא? - שלבים עיקריים



3. הסבר מדוע התהליך שתואר בשיעור זה הוא תהליך ביוטכנולוגי.



לגעת בתאים

בשיעור זה תצפה בסוגים שונים של תאים.
חלק מן המתקנים לצפייה במיקרוסקופ תכין בעצמך, וחלק תקבל מוכנים.

1. הכנת מתקן לצפייה במיקרוסקופ מתאי בצל:
 - א. שים טיפת צבע כחול (הצבע נקרא כחול-מתילן) על גבי זכוכית נושא.
 - ב. שבור גלד של בצל וקלף חתיכה קטנה ושקופה ככל האפשר.
 - ג. פרוש אותה בתוך טיפת הצבע, וכסה בזכוכית מכסה, כך שלא יישארו בועות אוויר.
 - ד. צפה במיקרוסקופ בהגדלה קטנה, ואחר-כך בגדולה יותר.
 - ה. צייר תא אחד: הקפד שייראו בציר את צורת התא ואת הגרעין.
2. הכנת מתקן לצפייה במיקרוסקופ מתאי לחי:
 - א. שים טיפת צבע כחול (הצבע נקרא כחול-מתילן) על גבי זכוכית נושא.
 - ב. גרד בעדינות בעזרת קיסם בחלק הפנימי של הלחי.
 - ג. ערבב את קצה הקיסם בטיפת הצבע, וכסה בזכוכית מכסה, כך שלא יישארו בועות אוויר.
 - ד. צפה במיקרוסקופ בהגדלה קטנה, ואחר-כך בגדולה יותר.
 - ה. צייר תא אחד: הקפד שייראו בציר את צורת התא ואת הגרעין.
3. צפה בעוד שני מתקנים מוכנים – האחד מתאים של צמח, והשני מתאים של בעלי-חיים.
צייר תא אחד מכל מתקן: הקפד שייראו בציר את צורת התא ואת הגרעין.
4. מה משותף לכל התאים שראית?
5. א. כתוב משפט, או שני משפטים שיבטאו את הקשר בין המושגים הבאים: גרעין, תא, DNA, כרומוזומים. אתה יכול לבטא את הקשר במפת מושגים במקום בקטע כתוב. אם בחרת לשרטט מפת מושגים, הקפד לרשום מושגים לתוך העיגולים ומילות קישור ליד החצים.
ב. סמן קו מתחת לדברים אותם ראית היום.

אם יש בכתה וידאוסקופ, מומלץ להראות תאים בהם ניתן לצפות בכרומוזומים. קיימים מתקנים מוכנים של מיטוזה בהם ניתן להבחין בכרומוזומים בצורה ברורה.

האם מהווה ההנדסה הגנטית סיכון אקולוגי?

לפי מאמר מאת עוזי ריטה, הביוספרה כ"ג, 6-7.

ההנדסה הגנטית מאפשרת יצירה של צירופים חדשים של חומר תורשתי (הנקראים בשפת הביולוגים גנוטיפים רקומביננטים). קטעי DNA ממקור זר, כלומר מיצור אחר, שאיננו מאותו מין, הוחדרו ליצור וחברו ל-DNA המקורי שלו.

הצירופים הראשונים שהורכבו בהנדסה גנטית כללו קטעי DNA של אדם שחברו עם DNA של חיידק. קטעים אלה הכילו מידע לייצור חומרים המשמשים כתרופות חיוניות כמו אינסולין. כך ייצרו החיידקים אינסולין של בני אדם, ובגלל קצב הרבייה המהיר שלהם ניתן לקבל כמות גדולה של החומר הרצוי (במקרה זה, אינסולין) בזמן קצר.

לאחר מספר שנים החליטו להשתמש בשיטות של הנדסה גנטית ליצירת צירופים חדשים של תכונות תורשתיות בגידולים חקלאיים. התכונות המוחדרות לצמחי חקלאות יכולות להיות עמידות למחלות, עמידות למזיקים, עמידות טובה יותר לתנאי סביבה ועוד. נציגי החברה האמריקאית לאקולוגיה טוענים שליצירה של גידולים חקלאיים המכילים קטעי DNA זרים (גידולים רקומביננטים), יכולה להיות השפעה על הסביבה. לדוגמא: ההנדסה הגנטית, שגרמה להכנסת תכונות חדשות לצמח, עלולה לגרום לו להפוך לעשב שוטה, המתרבה במהירות וגורם לנזק. במקרה כזה המלחמה בו תהיה יותר יקרה מן החסכון שייגרם בגלל הכנסת התכונה החדשה.

חסידי השימוש בהנדסה גנטית לגידולים חקלאיים אינם חוששים במיוחד מסכנות אלה. לדעתם, תוספת של גן אחד או גנים בודדים לשה"כ התכונות של הגידול החקלאי יוצרת הבדל קטן שאיננו משמעותי. ממילא, ההבדלים הקיימים באופן טבעי בין הצמחים השונים מאותו מין הם גדולים יותר. התוספת שמקורה בהנדסה גנטית לא תעלה ולא תוריד. השינוי של צמח מגידול חקלאי לעשב שוטה כרוך בשינויים במספר רב של גנים. לא הגיוני שתוספת של גן אחד, באמצעות ההנדסה הגנטית, תהפוך את הצמח לעשב שוטה. לעומת זאת, החדרת גן המקנה עמידות למחלות עשויה להקטין את זיהום הקרקע, ולחסוך כסף רב כתוצאה מהחסכון בשימוש בחומרי הדברה. האקולוגים אינם שוללים את יתרונות השימוש בהנדסה גנטית, אך לדעתם אין לזלזל בתוצאות העשויות להיגרם כתוצאה מהכנסת גן זר לתוך צמח חקלאות. כל ניסוי של גידול צמחים המכילים גנים זרים (צמחים רקומביננטים) בשדה חייב להיות בפקוח צמוד של ועדת מומחים רב-תחומית. ועדה זו תכלול נציגים מתחומי הביולוגיה המולקולרית, האקולוגיה והחקלאות, ותהיה לה סמכות להפסיק את השימוש בצמחים "מהונדסים" ברגע שיתגלה הסימן הראשון לשינויים בסביבה שלא נחזו מראש.

1. ✍ פירוש המילה רח-קומבינציה באנגלית הוא יצירת צירוף חדש. הסבר מדוע נקראים צמחים או חיידקים שהוחדר להם DNA ממקור זר בשם רקומביננטיים.
2. ✍ תן דוגמא אחת לתכונה חדשה היכולה להיווצר בצמח רקומביננטי עקב החדרת DNA זר.
3. ✍ הסבר מה היתרון של צמח רקומביננטי לחקלאי.
4. ✍ הסבר מה היתרון הסביבתי שבגידול צמח רקומביננטי כזה.
5. ✍ האם ליתרון סביבתי זה יש גם משמעות כלכלית? הסבר את תשובתך.
6. ✍ איזה חיסרון עלול להיות להחדרה של גן זר לגידול חקלאי?



7. אתה חקלאי שהציעו לו לגדל תירס המכיל גנים לעמידות בפני פטריה התוקפת בדרך-כלל גידולי תירס ומזיקה להם מאד. התירס הרקומביננטי עבר כבר עונה אחת של ניסוי בשדה במכון למחקר חקלאי, בפיקוח של וועדת מומחים בהרכב המתואר במאמר (פסקה אחרונה). חבר שאלה אחת לפחות לכל אחד מן המומחים בוועדה. אם אינך זוכר במה עוסק תחום ההתמחות של כל מומחה בדוק במאגר המושגים.

[שאלה לנציג מתחום הביולוגיה המולקולרית:

[שאלה לנציג מתחום האקולוגיה:

[שאלה למומחה החקלאי:

[שאלה לנציג רשת לשיווק מזון:

8. ✍ מה החלטתך? האם תגדל תירס רקומביננטי? הסבר את שיקולך.

פיתוח בר-קיימא

שיעור 5

בשיעור הקודם נוכחת שיכול להיות מצב שבו פיתוח המביא תועלת בהווה, עלול להביא נזק בעתיד.

1. ✍ הבא דוגמא למצב כזה מהקטע בשיעור 4, או מידע כללי.

פיתוח העונה על צרכי ההווה, מבחינת השיפור באיכות החיים, תוך התחשבות בצרכי הדורות הבאים נקרא *פיתוח בר-קיימא*.

לדוגמא: מצוקת הדיור בישראל יוצרת צורך לבנייה של דירות חדשות. בנייה צמודת קרקע תשפר את איכות החיים לרוב האנשים. אלא שהיא איננה מתחשבת בצרכי הדורות הבאים, בכך שהיא מקטינה את שטחי הבנייה העתידיים. עלול להיווצר מצב שבעתיד פתרונות הדיור יצטרכו להיות על חשבון שמורות טבע, שטחי נוי או שטחים חקלאיים. אפשרות אחת לפיתרון של הבעיה היא בניה לגובה, במקום הבניה צמודת הקרקע. זוהי דוגמא אפשרית לפיתוח בר-קיימא.

2. הסבר מדוע ההצעה לבנייה לגובה היא דוגמא לפיתוח בר-קיימא.

3. הצע דרכים להבטיח שפיתוח של גידולים חקלאיים רקומביננטים יהיה פיתוח בר-קיימא.



4. מדוע עלולה להיות התנגשות בין אינטרסים כלכליים של חקלאים לבין אינטרסים של אנשי איכות הסביבה המעודדים פיתוח בר-קיימא?

5. מי לדעתך צריך להכריע כאשר קיימת אי-הסכמה ביניהם? נמק את תשובתך.

שיעור 6

ice-minus - החיידק שחזר מן הכפור



האירוע הבא התרחש בקליפורניה. הוא מתואר גם בסרט של ערוץ 8 העוסק בהנדסה גנטית, וכן בסרט "חיידקי הצווארון הכחול" של שהאוניברסיטה הפתוחה.

כפור הוא אחד הגורמים הפוגעים במידה הרבה ביותר בגידולים חקלאיים. בתחילת שנות השמונים הושמדו בארה"ב כמיליון דונם פרדסים שנפגעו מהכפור. גידולים חשובים נוספים כמו תירס, שעועית, אבוקדו, בננות ועוד סובלים מידי שנה מזנזקים בלתי הפיכים כתוצאה מקפיאת הפירות וחלקים אחרים בצמח. מומחים לחקלאות צופים, שבקנה מידה עולמי, יגרמו נזקי הכפור להפסד שנתי ממוצע של 3-14 מיליארד דולר.

לפעמים, ה"תורס" העיקרי לתופעה (מלבד מזג האוויר כמובן) הוא **חיידק** מסוים. חלבון הנמצא בצד החיצוני של דופן תא החיידק מזרז את תהליך הקפיאה של טיפות מים הנמצאות עליו. קל להדגים זאת בניסוי: כאשר מוסיפים חיידקים אלה למבחנה המכילה מים בטמפרטורה נמוכה מאד, המים קופאים מייד.

ד"ר סטיבן לינדאו ועמיתיו מאוניברסיטת ברקלי הצליחו להוציא מן ה-DNA של החיידק את הקטע האחראי לתהליך של התהוות הקרח. החיידקים ה"מהונדסים" כונו בשם חיידקי ice-minus.

תוכנן ניסוי שבמהלכו ירוססו 4 דונם של שטחים חקלאיים בחיידקי ice-minus ה"מהונדסים", ובכך תגדל העמידות של הגידולים לתנאי קור.

החוקרים נאלצו להפסיק את הניסוי בגלל תביעות מצד ארגונים שונים החרדים לאיכות הסביבה.

✍️ 1. רשום שלושה מושגים מדעיים המופיעים במאמר.

הסבר בקצרה כל מושג. תוכל להיעזר במאגר המושגים ובמקורות אחרים.

במקרה זה יש לפנינו **דילמה** – התנגשות בין שתי דעות או השקפות. הבעיה בדילמה היא שלשתי ההשקפות יש הצדקה, ואי אפשר לומר באופן חד משמעי שצד אחד צודק. אדם העומד בפני דילמה נדרש להכריע, ולהסביר מדוע החליט לבחור בצד אחד ולא בצד אחר.

✍️ 2. העלה שתי שאלות שהתשובות עליהן עשויות לעזור לך לנקוט עמדה בדילמה זו.

לפניך דעותיהם של מספר אנשים הקשורים לפרשה:

ג. רפקין, האגודה למגמות כלכליות: **ככל פצט שחידק שצבר שינוי אנוטי מוחרר אסביבה, קייט סיכוי קטן שיצרום אנוק. אק אט אכן יוצר נזק, הוא יכול להיות מאמדיט על אסון.**

ט. גולדברג, המועצה לגנטיקה אחראית: **כשיצורים חדשים מוחררים אל הסביבה, אנו יכולים לצפות מראש מה יקרה רק עד גבול מסוים. במקרים רבים, יצורים החיים בסביבתם הטבעית באיזון אקולוגי, מוחררים אסביבה חדשה, ומתרחים בה מצב אכזרי עליון.**

ד"ר ס. לינדאו, מן המעבדה שפיתחה את החידק ice-minus: **היתרון של יצירת יצורים המכילים DNA רקומביננטי הוא בכך שלא נעשה ביצור שום שינוי בפרט לשינוי אחד. במקרה זה: בקטע ה-DNA האחראי להיווצרות הקרח. לצורך לא נוכח להוכיח שמהו בטוח לחלוטין. נהייה באכזריות, או סיכונים אחרים שאנשים אוקחים, מאיימים עלינו בהרבה יותר מהניסויים שאנו מציעים.**

מ. מונטגיו, חברת מונסנטו, המתמחה בייצור מוצרים ביוטכנולוגיים: **דחייה ארוכה מידי בקבלת החלטות, במקום להציג את המוצר בשוק, תצלה לנו זמן וכסף. דחייה כזאת תצלה לסכן את היתרון שלנו בשוק העולמי.**

✍️ 3. ערוך רשימה של היתרונות והחסרונות שבריסוס שטחים חקלאיים בחידקי ice-minus ה"מהונדסים". הסבר כל יתרון/חסרון.



4. האם ניתן לדעתכם לנהל במקרה זה מדיניות של פיתוח בר-קיימא? הסבירו את תשובתכם. אם התשובה חיובית, אילו הצעות מעשיות הייתם מעלים בפני מקבלי ההחלטות הקשורים לפרויקט?

מאגר מושגים

מבוא

אורגניזמים (יצורים)

כלל היצורים החיים: בעלי-חיים, צמחים, פטריות וחד-תאיים (כגון חיידקים).

שיעור 1

תא

יחידת המבנה הבסיסית של יצורים חיים (אורגניזמים). צמחים, בעלי חיים ויצורים חיים אחרים בנויים מתאים. מספר התאים המרכיבים את היצור יכול להשתנות מאחד עד מיליונים רבים. רוב התאים קטנים מכדי שאפשר יהיה לראותם בעין, אלא במיקרוסקופ בלבד. בתאים מתבצעות פעולות רבות כמו קליטה, פליטה, הרכבה, פירוק של חומרים ועוד. יש תאים המסוגלים לבצע בעצמם את כל הפעולות הללו, ויש המסוגלים לבצע רק חלק מהן, ותלויים בסביבתם לתפקודים שונים.

תאים ביצורים שונים, וביצור עצמו, נבדלים זה מזה בגודל, בצורה ובפעולות שהם מבצעים.

מקורות: גולד, נ. 1994. **חידת התורשה**. הוצאת מט"ח, עמ' 8-9.

מרקוזה-הס, ע. 1996. **ביולוגיה היום**. הוצאת ספרי, עמ' 14-18.

ירוסלבסקי, א. דורי, י. לזרוביץ, ר. 1994. **התא**. הוצאת המחלקה להוראת

הטכנולוגיה והמדעים, טכניון.

ביצית מופרית

ביצית – תא רבייה נקבי. מכיל מחצית מהמידע התורשתי של היצור השלם.

הפריה – תהליך התלכדות החומר התורשתי משני תאי רבייה (זכרי ונקבי).

לאחר תהליך התלכדות החומר התורשתי הזכרי והנקבי, נוצרת הביצית המופרית שממנה מתפתח עובר.

מקורות: אדלר, י., דינר, ה., לב, ח., פלג, מ., שטראוס, ג. 1976. **רבייה וייצור בעולם החי**. הוצאת

המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית. פרק שני.

ברטוב, ח.ש. 1987. **ביולוגיה חדישה**. הוצאת המחבר. עמ' 44-45.

מרבך, ע. 1977. **מיצורים ירודים ליצורים עילאיים**. הוצאת המרכז להוראת המדעים,

האוניברסיטה העברית. עמ' 35-37.

שיעור 2

DNA

ראשי תיבות של Deoxyribo Nucleic Acid. החומר הקובע את התכונות התורשתיות של

היצור. ה-DNA מצוי בתאים. בתאים בעלי גרעין – רובו מצוי בגרעין התא.

מבנה ה-DNA ייחודי לכל מין של יצורים חיים ולכל פרט.

מקורות: גולד, נ. 1994. **חידת התורשה**. הוצאת מט"ח, עמ' 26-27.

ברטוב, ח.ש. 1987. **ביולוגיה חדישה**. הוצאת המחבר, עמ' 103-105.
ווטסון, ג.ד. 1971. **הסליל הכפול**. הוצאת לוי אפשטיין.
עתידיה, י. 1990. **גנטיקה**. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית.
עמ' 75-94.

קרני רנטגן (קרני X)

התגלו על-ידי ויליאם קונרד רנטגן בשנת 1895.
קרניים בלתי-נראות (בדומה לקרני אור או גלי רדיו). בעלות אנרגיה גבוהה ולכן כושר חדירה רב.
אחד השימושים בקרני רנטגן נעשה בתחום הרפואה, לצילום איברים פנימיים בגוף, או לטיפול במחלת הסרטן.
מקורות: אונא, י. 1990. **אנציקלופדיה מדעית לנוער - הפיסיקה היום**. הוצאת כתר, עמ' 72-73, 98-99.
שחם ד. (עורך) 1978. **אנציקלופדיה בריטניקה לנוער**. י"ד, עמ' 54.

שיעור 3

ג

קטע ב-DNA הקשור לתכונה מסוימת בתא או ביצור. כל תכונה תורשתית נקבעת על-ידי גן אחד או יותר.
לא כל ה-DNA הנמצא בתא האנושי (ובשאר התאים בעלי הגרעין) מורכב מגנים. רובו ככל הידוע היום, לא קשור לתכונות הבאות לידי ביטוי בתא, ואין יודעים עדיין את פעילותו.
גן מהווה בדרך כלל מידע לחלבון (ראה מושג **צופן גנטי**).
שינוי בגן גורם במקרים רבים לשינוי בחלבון, ולפעמים גם בשינוי של תכונה הנראית לעין.
מקורות: גולד, נ. 1994. **חידת התורשה**. הוצאת מט"ח. עמ' 62-63.
מרקוזה-הס, ע. 1996. **ביולוגיה היום**. הוצאת ספרי. עמ' 30, 106.
עתידיה, י. 1990. **גנטיקה**. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, עמ' 6, 25, 109, 138.

מוטציה

שינוי כלשהו בחומר התורשתי, ה-DNA. שינוי ב-DNA גורם לשינוי בתכונות התורשתיות של התא. כשהתא מכפיל את עצמו, השינוי יהיה גם בתאים שייוצרו ממנו. אם התא הוא תא זרע או תא ביצית השינוי יכול לעבור לצאצאים של היצור.
עוד על מוטציות תוכל לקרוא בפרק "כשמשוה ב-DNA משתבש..." הנמצא בפרקי ההעשרה.

אנזימים

סוג של חלבונים. מולקולות של אנזימים נמצאות בכל תא חי, ובנוזלים שמחוץ לתאים כמו נוזל הדם, רוק, מיצי עיכול ועוד. האנזימים מזרזים את הקצב של תגובות כימיות, מבלי שהם עצמם יעברו שינוי כלשהו. רוב התגובות מתרחשות בקצב איטי בהעדר אנזימים, והן מהירות פי מיליון או יותר בנוכחותם. כל אנזים הוא ייחודי לתהליך מסוים. כל תא מכיל סוגים רבים של אנזימים.

עוד על אנזימים תוכל לקרוא בפרק העוסק באנזימים הנמצא בפרקי ההעשרה שבסוף הפרק השני ביחידה. ובנוסף:
מרקוזה-הס, ע. 1996. **ביולוגיה היום**. הוצאת ספרי, עמ' 44-48.
לולב, א. 1995. **והחלבון הזה הוא אני**. הכימיה – אתגר, הוצאת המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות.

חלבונים

מאקרו-מולקולות (מולקולות גדולות מאד) המצויות בכל התאים ביצורים חיים. מולקולות החלבון בנויות מיחידות חוזרות הנקראות חומצות אמיניות. קיימים בטבע 20 סוגים של חומצות אמיניות. מולקולות החלבון נבדלות זו מזו במספר, בסדר ובסוג החומצות האמיניות המרכיבות אותן.

לחלבונים תפקודים חשובים ביותר בתאים. הם מהווים חומרי בנין חשובים, משתתפים בזרז ובוויסות תהליכים כימיים, וכן בתהליכים נוספים. החלבונים מהווים כ-20% ממשקל גופנו. עוד על חלבונים תוכל לקרוא בפרק העוסק בחלבונים הנמצא בפרקי ההעשרה בסוף הפרק השני ביחידה. ובנוסף:

מרקוזה-הס, ע. 1996. **ביולוגיה היום**. הוצאת ספרי, עמ' 26-28.
לולב, א. 1995. **והחלבון הזה הוא אני**. הכימיה – אתגר, הוצאת המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות.

שיעור 4

חיידק

קבוצה גדולה של יצורים חד-תאיים בעלי מבנה אופייני, הנמצאים כמעט בכל מקום על פני כדור הארץ.

יש סוגים רבים של חיידקים הנבדלים זה מזה בתכונותיהם ובבתי הגידול שבהם הם נמצאים. כך, לדוגמא, יש חיידקים היכולים לחיות במעמקי האוקיינוס ללא חמצן, יש כאלה החיים במעיינות חמים (גייזרים), ויש החיים במים מלוחים מאד. בניגוד לדעה הרווחת אצל אנשים, רק חלק קטן מן החיידקים גורם לנזק.

לחיידקים יש חשיבות רבה במחזורי החומרים בטבע – הם ממחזרים את החומרים המגיעים לאדמה מבעלי-חיים וצמחים מתים, ומאפשרים לצמחים להשתמש בהם שוב. יש תעשיות המבוססות על ניצול של חומרים המיוצרים על-ידי חיידקים, כמו תעשיית מוצרי החלב, ותעשיות של חומרים החשובים לרפואה כמו אינסולין (תרופה לחולי סכרת מסוג מסוים). אינסולין, שלא כמוצרי החלב, הוא דוגמא לחומר המיוצר על-ידי חיידקים ש"הונדסו" גנטית. יש כמובן מחלות הנגרמות על-ידי חיידקים כמו חולירע, זיבה, דלקת-ריאות ועוד. חיידקים גם משתתפים בקלקול מזונות בכך שהם מפרקים חומרים במזון ומפרישים לתוכו חומרים שונים.

מקורות: מרקוזה-הס, ע. 1996. **ביולוגיה היום**. הוצאת ספרי, עמ' 152-153.
ברנהולץ, ח. 1985. **מיקרוביולוגיה**. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית. עמ' 1-15.

חקר החיים. 1975. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, ספר ג' פרקים י"א, י"ב.

אינסולין

חומר המופרש מהלבלב, ומשמש לבקרה של רמת הסוכר בדם. הפרשה לקויה של אינסולין, או פגיעה בפעילותו, גורמים להופעה של מחלת הסוכרת. האינסולין הוא מולקולת חלבון הבנויה מ-51 חומצות אמיניות.

מקורות: שחם, ד. (עורך) 1978. **אנציקלופדיה בריטניקה לנוער**. כרך י"א, עמ' 126.

האנציקלופדיה העברית. תשכ"ו. כרך ב', עמ' 956.

קרייצר, פ. 1985. **ויסות האנרגיה בגוף**. האוניברסיטה המשודרת, הוצאת משרד הביטחון, עמ' 23-30.

ביולוגיה מולקולרית

ענף בביולוגיה העוסק בתהליכים שבהן מעורבות המולקולות שבתוך התאים: כיצד ידיעת התהליכים של פירוק והרכבה המתרחשים בתוך התאים מאפשרת לנו להבין תופעות שונות בעולם החי.

הביולוגיה המולקולרית עוסקת כיום בעיקר בנושאים הקשורים למידע התורשתי, הנמצא במולקולות ה-DNA שבתא.

ההנדסה הגנטית התפתחה מתוך הביולוגיה המולקולרית.

מקורות: הרצברג, מ. 1994. **ביולוגיה מולקולרית**. האוניברסיטה המשודרת, הוצאת משרד הביטחון, עמ' 7.

אקולוגיה

מדע העוסק בלימוד המבנה של הטבע החי, ארגונו ופעולתו, תוך הדגשת יחסי הגומלין בין יצורים חיים לבין עצמם, ולבין סביבתם.

היחסים בין האורגניזמים השונים, ובינם לבין סביבתם, קובעים את תפוצתם בעולם, ואת השפע שלהם במקומות בהם הם מתקיימים.

מקורות: אמיר, ר. 1996. **פרקים באקולוגיה**. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, עמ' 13-16.

זיו, ד. 1979. מהי אקולוגיה? **לדעת** ט' (6) עמ' 9-7.

כהן, ד. 1983. **מבוא לאקולוגיה**. אוניברסיטה משודרת – הוצאת משרד הביטחון, עמ' 12-8.

ויזל, י. 1974. **אקולוגיה – עקרונות ותהליכים**. הוצאת אוניברסיטת תל-אביב, עמ' 12-7.

דפי העשרה והרחבה



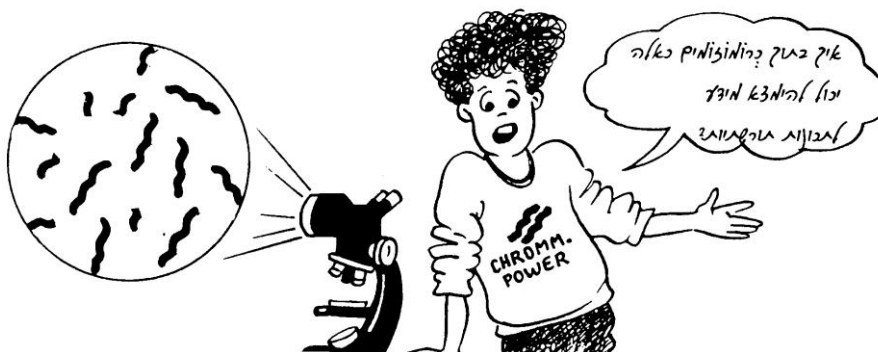
DNA - מה הקשר, מה הפשר?

תכונות נקבעות על-ידי **חלבונים**. כלומר: מבנה מסוים של מולקולת החלבון גורם לתכונה מסוימת, ושינוי במבנה החלבון גורם לשינוי בתכונה. החלבונים ממלאים תפקודים חשובים בתאים: הם חלק חשוב מהחומרים המרכיבים חלקי תא שונים (כמו קרום התא), והם משתתפים חיוניים בתהליכים שונים המתרחשים בתא (ראה אנזימים).

כדוריות הדם האדומות מכילות חלבון הנקרא המוגלובין. ההמוגלובין הוא המרכיב העיקרי של הכדורית האדומה. רוב החמצן הנמצא בדם קשור להמוגלובין. כאשר חומצה אמינית מסוימת בהמוגלובין מתחלפת באחרת, מבנהו משתנה, וכמות החמצן הנקשרת לכדורית הדם האדומה יורדת. זוהי מחלה הנקראת "אנמיה חרמשית". מקור שמה הוא בעובדה שכדוריות הדם האדומות של החולה אינן עגולות, אלא בעלות צורה הדומה לחרמש (מזכיר צורה של בננה).

1. קטע זה עוסק בתכונה של יכולת העברת החמצן בדם. מוליקולת החלבון הקשורה לתכונה זו היא: _____ השינוי שהתרחש במוליקולת החלבון אצל חולי אנמיה חרמשית הוא: _____ הבעיה שנגרמת עקב כך היא: _____

כאשר מסתכלים בגרעין התא דרך מיקרוסקופ רואים כרומוזומים - "חוטים" עבים, 46 במספר בתא של אדם. אחד המרכיבים החשובים של הכרומוזומים הוא ה-DNA. חלבונים נבנים על-פי מידע הנמצא בחומר התורשתי - ה-DNA. ברוב התאים נמצא חומר התורשתי בגרעין התא.



מתוך: "חידת התורשה" בהוצאת מט"ח

2. אצל חולי אנמיה חרמשית יש פגם ב-DNA.

התוכל להסביר את הקשר בין עובדה זו לכך שההמוגלובין שלהם איננו תקין?

ה-DNA, כמו החלבון, הוא מולקולה גדולה מאד.
 גם מולקולות ה-DNA שבגרעין התא בנויות מיחידות מבנה החוזרות על עצמן. יחידות אלה נקראות **נוקלאוטידים**.

3. הטבלה הבאה תעזור לך לסכם מה שלמדת עד כה על הדומה והשונה בין חלבונים ו-DNA:

DNA	חלבונים
	גודל המולקולה
	מבנה המולקולה
	יחידת המבנה
	מיקום בתא

איך ייתכן שבמולקולות ה-DNA יש מידע לתכונות תורשתיות?
 על סמך מה שראינו עד עתה נוכל לשנות מעט את ניסוח השאלה: איך ייתכן שבמולקולת ה-DNA יש מידע למבנה של חלבון בתא?

כאמור, מולקולת ה-DNA מורכבת מהרבה נוקלאוטידים המחוברים זה לזה. יש 4 סוגים של נוקלאוטידים, ונהוג לכנות אותם באותיות A, T, C, G (שהן האותיות הראשונות של שמותיהם).

כל שלושה נוקלאוטידים מהווים צופן לחומצה אמינית אחרת.
 רצף החומצות האמיניות יוצר חלבון.
 כדי להבהיר את הדבר, נדמה את מולקולת החלבון, הבנויה מחומצות אמיניות, לשרשרת של חרוזים:

נניח ששלושת הנוקלאוטידים TAG הם צופן לחרוז כחול.
 שלושת הנוקלאוטידים TCG הם צופן לחרוז ירוק.
 AAC - לחרוז לבן, וכו'...

4. לפניך קטע קצר ממולקולת ה-DNA: TCG TAG AAC

רצף ה"חרוזים" שייבנה לפי קטע זה יהיה:
 (רשום את צבעי החרוזים)

מה שעשית כעת דומה לבניית מולקולה של חלבון על פי מידע שנמצא במולקולה של ה-DNA.
 בתא יש מערכות מסובכות שיוצרות "לקרוא" את רצף הנוקלאוטידים ב-DNA, ולהרכיב לפי רצף זה את החלבון המתאים. לא נעסוק בפירוט של מערכות אלה ביחידת לימוד זו.

אצל חולי אנמיה חרמשית חל שינוי בכרומוזום מספר 11, בקטע ה-DNA המכיל מידע להמוגלובין: הנוקלאוטיד A התחלף בנוקלאוטיד T. שינוי זה גרם לפגם במולקולת ההמוגלובין, ולכל סימני המחלה הנובעים ממנו.

ועוד על מבנה ה-DNA...

ה-DNA, החומר התורשתי של התאים, מכונה גם **חומצת גרעין**.
בכל מולקולה של DNA הנוקלאוטידים השונים מופיעים בסדר שונה, כאשר כל שלישיה של נוקלאוטידים מהווה צופן (קוד) לחומצה אמינית.

1.  מכאן ש (השלם) :

סדר ה- _____ קובע את סדר _____ בחלבון, וכך למעשה אחראי לסוג החלבון.

תהליך ה**תרגום** מרצף נוקלאוטידים ב-DNA לחלבון הוא תהליך המורכב מכמה שלבים.
הסתבר שגם הרכב ה-DNA (ארבעת הנוקלאוטידים) וגם תהליכי תרגומו לחלבון אחידים בכל היצורים החיים: החל מחיידקים, חד תאיים, צמחים וכלה בבעלי-חיים הכוללים גם אותנו, בני האדם.

מבנה ה-DNA המדויק התגלה על-ידי החוקרים ווטסון, קריק ווילקינס. השלושה פרסמו את תגליתם ב-1953, וזכו על כך בפרס נובל ב-1962.
"פיצוח" מבנה ה-DNA נחשב לאחד ההישגים הגדולים ביותר של המדע, בכל הדורות.

2.  לקחו קטע DNA האחראי על יצירת אינסולין בעכבר והחדירו לתוך חיידק.

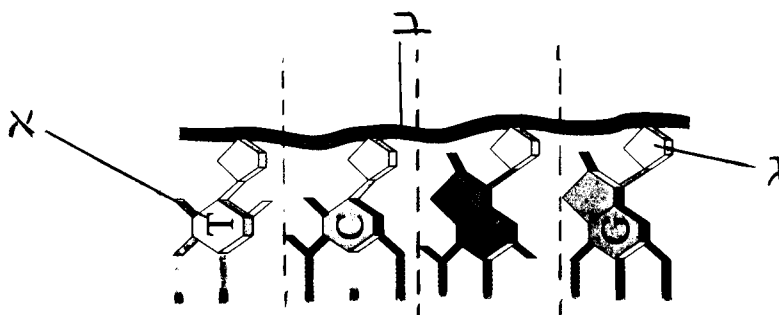
מה עשוי החיידק לייצר? הסבר תשובתך.

3.  "פיצוח" מבנה ה-DNA זיכה את המדענים ווטסון, קריק ווילקינס בפרס נובל. מה החשיבות של גילוי זה?

כל נוקלאוטיד מורכב משלושה חלקים, שניים מהם זהים בכל הנוקלאוטידים, והשלישי הוא חלק ייחודי לנוקלאוטיד המסוים.

החלק הייחודי בנוקלאוטיד קרוי **בסיס**. כפי שכבר הוזכר - ישנם ארבעה בסיסים ברצף ה-DNA: A, C, G, T.

הנוקלאוטידים מחוברים זה לזה באזור הזהה ויוצרים שרשרת ארוכה - זוהי מולקולת ה-DNA, כפי שניתן לראות בתרשים:



שים לב: הקווים המקווקים הם דמיוניים, ונועדו להדגיש שקטע זה מורכב מ-4 נוקלאוטידים מחוברים.

4. ✍ בהתאם לתרשים (מחק את המיותר בכל משפט):

א מסמן את החלק הזהה / הבסיס ב DNA.

ב מסמן את החלק הזהה / הבסיס ב DNA.

ג מסמן את החלק הזהה / הבסיס ב DNA.

הבסיסים נקשרים לבסיסים אך בהתאמה מסוימת: בסיס A לבסיס T, ובסיס G לבסיס C. מול כל נוקלאוטיד ברצף ה-DNA מצוי הנוקלאוטיד המשלים אותו, ולמעשה מתקבלות שתי מולקולות סליליות ארוכות של DNA הקשורות זו לזו, ויוצרות צורה של סליל כפול. "סליל כפול" הוא מושג מקובל לתיאור ה-DNA, ואיורים רבים מתארים בדרך זו את ה-DNA.

5. ✍ בדקו את הרצף של קטע DNA ומצאו בסליל הראשון את הרצף הבא:

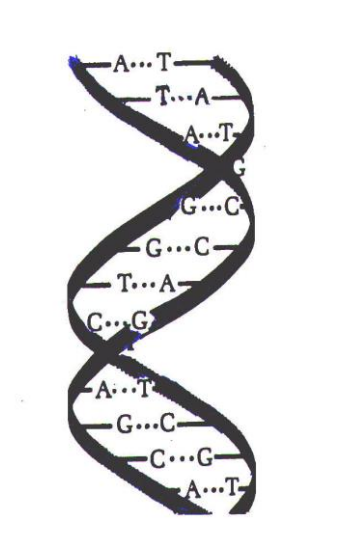
GACGTTTTTGAAGCT

מה הרצף של הסליל המשלים?

6. ✍ לפניך איור של קטע משתי מולקולות DNA.

הקשורות ביניהן, ויוצרות סליל כפול.

רשום את רצף הבסיסים של שני הסלילים:



כשמהו ב-DNA משתבש...

שרה שרה שירשמח

1. א. חלק את הרצף למילים בנות 3 אותיות.
- ב. מחק מן הרצף את האות השניה.
- ג. כעת חלק שוב את הרצף למילים בנות שלוש אותיות (התחל כמו קודם באות הראשונה).
- ד. כיצד השפיעה פעולה זו על משמעות המשפט?
2. במה דומה הרצף בו עסקת (שרה שרה שירשמח) לקוד הגנטי?
- כמו כל מכונת דפוס, גם בזו המכפילה את החומר הגנטי יש שגיאות מפעם לפעם. השגיאות מתרחשות, למרות שברוב הסוגים של התאים יש מנגנונים המאתרים שגיאות ומתקנים אותן.
3. איך לדעתך תשפיע שגיאה בגן לחלבון, המבצע פעולה חיונית לתא, על המבנה ועל הפעילות של חלבון זה?

שינוי בחומר התורשתי, ה-DNA, נקרא מוטציה.

- חלק מהמוטציות גורמות לכך שלא ייוצר חלבון כלל. מוטציות אחרות יכולות לגרום לשינוי במבנה החלבון או בכמותו.
- קיים סיכוי גבוה ששינוי כזה יגרום לשיבוש בתא, אבל ייתכן שהשינוי יגרום לשיפור - אם כי הסיכוי לכך נמוך.
- הדבר דומה למנוע של מכונית המכיל חלקים רבים הפועלים בתיאום. אם יחול שינוי **אקראי** בחלק אחד - סביר להניח שפעולת המנוע תשתבש. קיים אמנם סיכוי ששינוי זה יגרום לשיפור פעולת המנוע - אך סיכוי זה קטן מאד.
- חלק מהמוטציות מתרחשות באופן ספונטני (מעצמן) בעת הכפלת ה-DNA. הכפלת ה-DNA מתרחשת זמן קצר לפני שתא מכפיל את עצמו.
4. מדוע חשוב שה-DNA יוכפל לפני ההכפלה של התא?
5. הטבלה הבאה משווה השפעות על התא ועל תאי-הבת, הנגרמות על-ידי שינוי ב-DNA או שינוי בחלבון. השלם את החסר (הוסף + או -):

השינוי חל ב-	השפעה על התא	השפעה על תאי-הבת שיווצרו ממנו
חלבון		
DNA		

קרינה היא אחד מהכוחות החזקים ביותר ביצירת מוטציות. יש סוגים של קרינה הידועים כגורמים למוטציות כמו קרינה רדיואקטיבית וקרינת ונטון.

יש חומרים הגורמים לשינויים ב-DNA.

6. התוכל להסביר מדוע נקראים חומרים אלה "מוטגנים"?

כפי שכבר נאמר, המקום שבו מתרחשת המוטציה הוא אקראי, בין שהמוטציה ספונטנית ובין שהיא נגרמת על-ידי קרינה. לכן לקיומה של מוטציה יכולה להיות השפעה חיובית, שלילית או בכלל לא. מחלת הסרטן היא סוג מסוים של מוטציה, שהתרחשה בתא אחד. התא שבו התרחשה המוטציה הפך מתא נורמלי לתא סרטני המתרבה במהירות וללא בקרה של הגוף.

7. הסבר כיצד ייתכן שגידול סרטני מכיל מספר רב של תאים למרות שהמוטציה שגרמה להפיכת התא לתא סרטני התרחשה בתא אחד.

8. מחלה מסוימת, שנגרמה על-ידי מוטציה, מועברת בתורשה מהורה לצאצא. באיזה סוג של תאים התרחשה המוטציה? נמק את תשובתך.

9. באיזה סוג של תאים מוטציה לא תעבור בתורשה מהורה לצאצא?

פנילקטונוריה (ובלועזית בקיצור PKU) היא מחלה תורשתית. היא נובעת מפגם בקטע ה-DNA המהווה קוד לאנזים. אנזים זה משתתף בפירוק חומר הנקרא פניל-אלנין. פניל אלנין הוא חומצה אמינית, המצויה בחלבונים רבים המשמשים כמזון לאדם. אצל תינוק החולה במחלה, כתוצאה מהיעדר האנזים המסוים, מתחילה לעלות רמת הפניל-אלנין בדם. כמות גדולה מידי של פניל-אלנין בדם עלולה לגרום לנזקים קשים במוח.

10. הצע דרך למנוע את הנזקים העלולים להיגרם לתינוק החולה ב-PKU כתוצאה מאכילת חלבונים המכילים פניל-אלנין.

לחולים במחלת הפנילקטונוריה אסור לשתות משקאות דלי קלוריות. משקאות אלה (המכונים גם "דיאט") מומתקים בחומר, שבפירוקו בגוף נוצרת החומצה האמינית פניל-אלנין.

11. מצא משקה כלשהו שעליו מצוין "דל קלוריות" או "דיאט". העתק את הכתוב בהקשר לפניל-אלנין.

מחלות תורשתיות קיימות גם בבעלי-חיים וצמחים. כלומר, אם נגרמה מוטציה בתאי המין של צמח או בעל-חיים, יש סיכוי שהיא תבוא לידי ביטוי בצאצאים שלו.

מאגר מושגים

קרינה רדיואקטיבית

קרינה הנפלטת מחומרים רדיואקטיביים כדוגמת אורניום. הקרינה הרדיואקטיבית היא קרינה בלתי נראית המורכבת משלושה סוגים:

1. קרני α - קרניים המורכבות מגרעינים של אטומי הליום, הקרויים חלקיקי α . כושר החדירות של קרינת α נמוך. היא יכולה לחדור לגוף לעומק של אלפיות המילימטר, וניתן לחסום אותה בעזרת דף נייר.

2. קרני β - קרניים המורכבות מאלקטרונים. כושר החדירות של קרינת β אינו גבוה. היא יכולה לחדור לגוף לעומק של מילימטרים, וניתן לחסום אותה בעזרת נייר אלומיניום.

3. קרני γ - קרניים המורכבות מ"צורות" של אנרגיה הקרויים פוטונים. קרינה זו היא אחד הסוגים של קרינה אלקטרומגנטית, בעלת אנרגיה רבה ומסוגלת לחדור דרך גופים שונים. כושר חדירותה גבוה, והיא יכולה לחדור לגוף לעומק של סנטימטרים. סוג זה של קרינה הוא המסוכן ביותר, פוגע בתאים, ועשוי לגרום למוטציות ב-DNA. ניתן לחסום אותה בעזרת מיגון עופרת. חשוב לציין כי לחומרים רדיואקטיביים יש שימושים בעלי ערך רב במדע, ברפואה ובתעשייה. מקורות: אנציקלופדיה בריטניקה לנוער, 1978. י"ג, עמ' 193-195.

נחשון. מ. 1991. **קרינה גרעינית השפעותיה הביולוגיות ושימושיה**. הוצאת המחלקה

להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון.

בן-צבי, ר. וזיברשטיין י. 1989. **הכימיה אתגר**. הוצאת המחלקה להוראת המדעים,

מכון ויצמן, עמ' 30-40.

מחלת הסרטן

מחלה הנגרמת עקב שינוי בחומר התורשתי (ה-DNA) של התא. בעקבות שינוי זה התא מתחיל להתרבות בצורה מהירה ובלתי מבוקרת, וכך גם כל התאים הנוצרים ממנו. כאשר התאים הסרטניים נשארים במקום אחד הם יוצרים גוש הנקרא גידול סרטני. הגידול לוחץ ומפריע לתפקוד האיבר בו הוא נמצא.

לפעמים ניתקים תאים מן הגידול הסרטני, עוברים דרך נוזלי גוף שונים לאיברים אחרים, מתמקמים בהם, ויוצרים גידולים סרטניים נוספים. גידולים כאלה נקראים גרורות. יש למעלה מ-100 סוגים של מחלות סרטניות. הם נבדלים זה מזה בסוג התא הסרטני, ובדרגת ההתפתחות של המחלה.

הגורמים הסביבתיים למחלות הסרטן הם משלושה סוגים: חומרים גורמי סרטן (שהם בעצם חומרים גורמי מוטציות), סוגים מסוימים של קרינה (כמו אולטרה-סגולית ורדיואקטיבית), ונגיפים מסוג מסוים (אחוז קטן מהמקרים). רוחת הסברה שהמחלה נגרמת מצירוף של גורמים תורשתיים וגורמים סביבתיים.

מקורות: המנחם, ת. 1983. **אנציקלופדיה לבריאות המשפחה**, הוצאת כרטא, עמ' 289-303.

סמית, ט. 1994. **המדריך לבריאות המשפחה**, הוצאת עם עובד/משרד הביטחון, עמ'

נחשון, מ. 1991. קרינה גרעינית השפעותיה הביולוגיות ושימושיה. הוצאת המחלקה
להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, עמ' 22.

מיין עד אינסולין ...

ייצור חומרים בעלי חשיבות לאדם



האם אכן התקדמנו?



פרופ' משה שני, ממרכז וולקני למחקר חקלאי, מנהל מזה מספר שנים "מפעל מהלך". מפעל זה מורכב מעדר של עיזים וגדיים המייצרים אלבומין. אלבומין הוא חלבון הנמצא בדם אדם בכמות גדולה ומייצב את לחץ הדם. במצבים שונים שבהם לחץ הדם אינו יציב, כמו באיבוד דם (כתוצאה מתאונות או ניתוחים), או איבוד נוזלים יש צורך במתן תוספת של אלבומין לדם. צוות החוקרים הצליח, בשיטות של הנדסה גנטית, להחדיר לעיזים את קטע ה-DNA האחראי לייצור אלבומין. המטרה היא לקבל חלב עזים המכיל אלבומין. מאז פריצת הדרך, לפני שנתיים וחצי, נולדו תשעה גדיים ועיזים הנושאים את הגן לאלבומין, אבל רק עז אחת מביניהם מניבה חלב המכיל אלבומין בכמות סבירה. העז מפיקה בתקופת הנקה 2-3 גרם אלבומין על כל ליטר חלב, שלדברי פרופ' שני זוהי כבר כמות מסחרית.

1. מדוע נקרא הקטע "מפעל חי מהלך"?

2. מדוע לדעתך בחרו להשתמש בעיזים?

3. מהן ההשפעות הרפואיות של הצלחת הפיתוח של פרופ' שני?

4. מה יכולות להיות ההשלכות הכלכליות של פיתוח זה?



הביוטכנולוגיה המתקדמת שינתה את ההתייחסות לצמחים: לא עוד ספקי מזון בלבד, אלא בתי חרושת לתרכיבי חיסון.

הרעיון הוא לספק לאנשים תרכיב חיסון כחלק מן התפריט היומי. תרכיבי חיסון כאלה יהיו זולים בהרבה מאלו הנהוגים כיום, כי קל יותר לגדל צמחים בכמויות גדולות מאשר חיות מעבדה או תרבויות רקמה, שמהן מפיקים את תרכיבי החיסון הנוכחיים.

ההישג הדרמטי ביותר יהיה בנגישותם* של תרכיבי המאכל לאוכלוסיות העולם השלישי. מדינות אלה חסרות אמצעי קירור וציוד נוסף הדרוש לייצור תרכיבי החיסון ולהובלתם.

חוקרים החדירו גן של אחד החלבונים החשובים של הנגיף לצהבת B לצמחי טבק. הצמחים שהוחדר אליהם הגן החלו לייצר את החלבון האופייני לנגיף. הזרקת החלבון לעכברים גרמה ליצירת חיסון כנגד הנגיף, מבלי שהעכברים חלו.

בניסוי נוסף החדירו לתפוח אדמה גן השייך לחיידק קולי. גן זה אחראי על ייצור חלבון חיידקי הגורם לשלשולים בבני אדם. הגן שונה, כך שהחלבון שנוצר ממנו לא היה מזיק, אך צורתו לא השתנתה. התברר כי העכברים הטרנסגנים פיתחו נוגדנים נגד החלבון הרעיל, אף שלא חלו.

האפשרות לייצור תרכיבי חיסון בדרך דומה מרגשת, אולם, הדרך עדיין רחוקה. גורם נוסף שעל החוקרים להתחשב בו הוא הטעם. המזון המכיל את התרכיב צריך להיות טעים או לפחות אכיל.

קבוצת מחקר נוספת מדווחת על מחקר בשימוש בצמחים לייצור נוגדנים, שיתווספו למשחות שיניים במטרה להגן על השן מחיידקים הגורמים לעששת.

לאחרונה החלה חברה אמריקאית להפיק נוגדנים שיוצרי בצמחי סויה "מהונדסים". נוגדנים אלה פועלים על אתרים ייחודיים בתאי סרטן.

*נגישות – גישה נוחה, אפשרות להגיע ולחשתמש בקלות.

1. מהן מדינות העולם השלישי (הקרויות גם מדינות מתפתחות)? אלו בעיות מוכרות לך מארצות אלו?

2. הטבלה הבאה מסכמת את החיסונים שיוצרו, בשיטות של הנדסה גנטית, בצמחים. השלם את החסר:

המחלה	הגן נלקח מ..	הגן הוחדר ל..	התוצאה
צהבת B			חיסון נגד מחלת צהבת B
שלשולים			
עששת	אין מידע במאמר		

3. מהו החידוש המדעי-טכנולוגי המוצג בקטע זה?

4. במה יתרונו דווקא עבור מדינות העולם השלישי?



5. הצע פרסומת שתעודד שימוש במזון "מהונדס" המכיל תרכיבי חיסון.

6. הארגונים לשמירת הטבע מתנגדים לפעמים לפרוייקטים דומים, המתערבים בתכונותיהם הטבעיות של צמחים ובעלי-חיים. מהן לדעתך הסיבות להתנגדותם?

אינסולין "מהונדס"

I. שיעור 3



מחלות מסוימות נובעות מחסר או משינוי במולקולת **חלבון** מסוימת. בחלק מהמקרים ניתן לטפל בחולה על ידי אספקה חיצונית של החלבון החסר. לדוגמה: בצורות מסוימות של סוכרת ניתן לטפל על ידי הזרקת ההורמון **אינסולין**.

מולקולת האינסולין היא החלבון הראשון, שהמדענים הצליחו לפענח את מבנהו המפורט, ולקבוע את נוסחת המבנה שלו. ב-1954 הצליח החוקר האנגלי סאנגאר לקבוע את סדר החומצות האמיניות של אינסולין שבודד מתמצית לבלב, וקיבל על עבודתו זו פרס נובל ב-1958. אינסולין היה גם החלבון הראשון, אשר סונתז (הורכב) במעבדה על ידי חוקרים סיניים ב-1964.

מה מקורו של ההורמון אינסולין, הנדרש לבקרת רמת הסוכר בדמם של חולי הסוכרת? בעבר הופק ההורמון מרקמות בעלי חיים, בעיקר חזירים. למקור זה חסרונות אחדים: הייצור הטבעי של הורמונים בבעלי חיים נעשה בכמויות זעירות, ואילו לטיפול תרופתי ממושך יש צורך בכמויות גדולות. בנוסף, חומר שמקורו בבעלי חיים יכול להעביר מחלות, וכן יכול לגרום לתגובות של מערכת החיסון של האדם נגדו.

ביכולתה של ההנדסה הגנטית לפתור בעיות אלו. כיום, ייצור תעשייתי של אינסולין נעשה בשיטות של הנדסה גנטית. המדענים בודדו את הגן האנושי לייצור אינסולין. הגן האנושי הודבק לטבעת DNA, אשר בודדה מחיידק אשריכיה קולי. טבעת ה-DNA, המכילה את הגן לאינסולין, הוחדרה לתוך תא חדש של אשריכיה קולי, שהחל לייצר את החלבון האנושי. החיידק מתחלק כל 20 דקות, ובתוך זמן קצר מתקבלים מיליארדי חיידקים אשר מפיקים חלבון חיוני ומסייעים להציל חי חולים.

✍️ 1. קבלת תא של חיידק המייצר אינסולין של אדם היא סוף הדרך עבור המדען, אבל תחילת הדרך עבור התעשיין.

לפניך מספר שלבים בתהליך התעשייתי של הפקת אינסולין. מצא את הסדר הנכון:

- א. הפרדת החלבון אינסולין משאר החלבונים.
- ב. גידול החיידקים במיכל תסיסה.
- ג. הפרדת החלבונים משברי התאים.
- ד. שבירה של תאי החיידקים על ידי מטחנה, לקבלת כל תכולת התאים.

✍️ 2. במאמר מופיעות שלוש טכנולוגיות באמצעותן ניתן לייצר אינסולין, מהן?

✍️ 3. איזו טכנולוגיה היא המוצלחת ביותר לדעתך? הסבר.

✍️ 4. חזור וקרא את השיעור הקודם (הפקת חומרים מחיידקים) וענה: מה ההבדל העקרוני בין החיידקים המייצרים אנזימים המשמשים בתעשיית חומרי הניקוי, לבין החיידקים יוצרי האינסולין?

עוד מידע על חלבונים תוכל למצוא בקטעי ההעשרה שבסוף הפרק.

👍 שיעור 4

📖 לפניך תיאור של אירוע אפשרי במפעל ביוטכנולוגי העוסק בהנדסה גנטית.

מחלקת הפיתוח של המפעל הצליחה לפתח סלק המכיל בתוכו מידע גנטי לייצור **חיסון** נגד מחלת הפה והטלפיים.

תאי הסלק מייצרים **נגיפים** הדומים לנגיפים של מחלת הפה והטלפיים, אלא שהם **מוחלשים** - אינם מסוגלים לגרום למחלה בבקר.

מתן סלק "מהונדס" זה לבעלי-חיים יגרום להם להיות מחוסנים כנגד מחלת הפה והטלפיים. ידוע שנגיפי מחלת הפה והטלפיים אינם מזיקים לבני-אדם. לא נבדקה השפעתם של הנגיפים המוחלשים שמיוצרים בתאים של סלק על האדם. אנשי השיווק במפעל חושבים שסלק זה יהיה "להיט" אצל מגדלי הבקר, ויוציא את המפעל מן הגירעון הכספי שבו הוא נתון כרגע.

יורם, אחד החוקרים שעסקו בפיתוח, מציע לעכב את הוצאת הסלק המהונדס למכירה עד שהשפעתו על בני אדם תתברר עד הסוף. "נכון שהנגיפים המקוריים אינם גורמים לאדם נזק לפני אדם, אולם צרכנו בהם שיוניים. כל מה שאנחנו יודעים על הנגיפים החדשים הוא שאינם גורמים למחלה בבקר." אנשי השיווק מתנגדים.

1. ✍ בחר שלושה מושגים מודגשים והסבר אותם. לשם כך, וכדי להבין טוב יותר גם את שאר המושגים המודגשים, העזר במאגר המושגים של שיעור זה ושל שיעורים קודמים.

2. ✍ מדוע נקרא סלק זה "מהונדס"?

3. ✍ במה **דומה** החיסון הניתן כיום לבעלי חיים נגד מחלת הפה והטלפיים למתן הסלק המהונדס למאכל של אותם בעלי החיים? העזר במושג **חיסון**, במאגר המושגים בסוף הפרק.

4. ✍ במה **שונה** החיסון הניתן כיום לבעלי חיים נגד המחלה ממתן הסלק המהונדס? העזר במושג **חיסון**, במאגר המושגים בסוף הפרק.

5. ✍ האם יש מידע נוסף שברצונך לקבל על מנת להבין טוב יותר את הקטע? נסח שתי שאלות ופנה למורה, או למומחים נוספים, לקבלת המידע.



6. ✍ מהם השיקולים **בעד** הוצאת הסלק המהונדס לשוק?

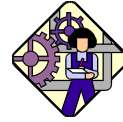
7. ✍ מהם השיקולים **נגד** הוצאת סלק זה לשוק?

8. ✍ נניח שאתה חקלאי בעל משק בקר. כמובן, שיש לך עניין שבעלי החיים שלך לא יחלו במחלת הפה והטלפיים. מנה שיקול אחד לפחות בעד רכישת הסלק הנ"ל ושיקול אחד לפחות נגד (וכל המרבה הרי זה משובח...)

9. ✍ האם יש מקום לקביעת חוק בנושא כזה? אם כן - איזה משרד ממשלתי צריך ליזום חוק כזה?

10. ✍ נסח הצעת חוק עקרונית בנושא של הפצת מוצרי מזון לבעלי חיים המכילים מידע תורשתי של נגיפים.

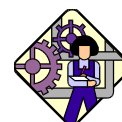
סיור במפעל



קיים בארץ מגוון של מפעלים ביוטכנולוגים העוסקים בתחומים שונים. להלן הצעות למספר תחומים : מפעלי מזון שבתהליכי הייצור שלהם משתתפים מיקרואורגניזמים שונים : שמרים (כמו ייצור שמרים, משקאות אלכוהוליים), חיידקים (כמו ייצור מוצרי חלב). מפעלים המייצרים צמחים מתרביות רקמה. מפעלים המייצרים חומרים שונים לתעשיית התרופות בשיטות של הנדסה גנטית.

הכנה לסיור:

1. ✍ היכן ממוקם המפעל? העזר במפה של האיזור.
2. ✍ מה מייצרים במפעל?
3. ✍ מהם השיקולים שיש לקחת בחשבון בבחירת מיקומו של המפעל? מדוע?
4. ✍ חפשו מאמרים, ספרים, קטעי עיתונות הקשורים למפעל ו/או למוצרים אותם מייצרים במפעל. אספו את החומר שהכנתם בתוך תיקיה.
5. ✍ תכננו ניסוי הקשור לתהליכים המתבצעים במפעל. לפני ביצוע הניסוי רשמו את מטרת הניסוי/השערה ואת מהלך הניסוי. בצעו את הניסוי.
6. ✍ לאחר ביצוע הניסוי רשמו תוצאות (רצוי בטבלה ובגרף) ומסקנות. הסבירו מה הקשר בין הניסוי שבצעתם והמפעל שבו אתם עומדים לבקר.



סיור במפעל

התבוננו סביבכם, התרשמו, הקשיבו להסברים ורשמו בקצרה פרטים שיעזרו לכם לענות על השאלות בהרחבה, בתום הסיור.

במפעל זה מייצרים _____

התהליכים במפעל מבוססים על _____

התנאים האופטימליים לתהליך הם _____

בתהליך נוצרים תוצרי לוואי. תוצרי הלוואי הם _____

תוצרי הלוואי עלולים להוות בעיה כי _____

האם הם ניתנים לניצול נוסף? אם כן – כיצד? _____

החלטות חשובות לגבי עתידו של מוצר נקבעות על-ידי מספר אנשים.

ציין בטבלה מה תרומתו של כל אחד מהעובדים לתוצר הסופי, ומדוע יש להתחשב בדעתו בזמן קבלת החלטות חשובות. אם ישנם תחומים נוספים שלא מופיעים ברשימה, אך פגשתם בסיור - הוסיפו.

תחום / עיסוק	חשיבות / תרומה
בוגר הפקולטה לחקלאות	
ביוכימאי (אנזימים)	
מיקרוביולוג	
מהנדס מכונות	
איש יחסי ציבור	
רואה חשבון	
מומחה לאיכות הסביבה	
עורך דין	

אילו בעיות נגרמות בעקבות תהליכים במפעל ופעילות המפעל?

בעיה	פתרון נוכחי	תוכניות לעתיד



- בכתה ניתן לנהל דיון על התפקידים השונים וחשיבותם :
- א. מי מבין הרשומים בטבלה נראה לכם החשוב ביותר? מדוע?
- ב. מי מבין התפקידים נראה לכם המעניין ביותר? מדוע?
- ג. על מי מבין הרשומים ניתן לוותר? מדוע?
- ד. באיזה מהתחומים הייתם משקיעים יותר כספים? נמקו.

✍ רשמו את התרשמותכם :

מהמראה החזותי של המפעל. בתוך הבניינים : _____

בחצר/ות : _____

מהטכנולוגיה במפעל : _____

✍ ציינו שני דברים שהרשימו אתכם במיוחד. פרטו מדוע.

א. _____

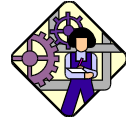
ב. _____

✍ ציינו דברים שהטרידו אתכם במהלך הביקור : _____

✍ אם במהלך הסיור עלו נושאים של שיפור ופיתוח, מלאו את הטבלה הבאה :

התחום	השינוי	II. מטרת השינוי
מיכון		
מיקרוביולוגיה		
שיווק		
אחר : _____		

סיכום סיור



1. מהם המוצרים המיוצרים במפעל?
 2. מהם חומרי הגלם במפעל?
 3. טכנולוגיה, כפי שכבר צוין ביחידה, היא שימוש בידע מדעי לצרכיו של האדם. הסבר שתי טכנולוגיות שנעשה בהן שימוש במפעל זה.
 4. במה דומה ובמה שונה הניסוי שעשית בכתה מהתהליך המקביל במפעל?
 5. מדוע משתייך המפעל לקבוצת המפעלים הביוטכנולוגיים?
 6. לאיזה "שוק" מיועדים מוצרי המפעל?
 7. בחר מוצר אחד מאילו שהמפעל מייצר. תאר את השלבים הכרוכים בהכנתו, מחומר הגלם ועד הגיעו לצרכן.
 8. האם קיימת במפעל מדיניות המעודדת פיתוח בר-קיימא (חזור וקרא על המושג בפרק העוסק בחקלאות)? הסתמך בדברך על עובדות, וערוך בירור נוסף אם יש בכך צורך.
 9. לו היית מתבקש על-ידי הנהלת המפעל להציע שיפורים בכל תחום במפעל, מה היית מציע?
- מדוע?



משקאות אלכוהוליים הם חלק מן התרבות של רוב החברות האנושיות על פני כדור הארץ. בהיסטוריה של ארץ ישראל יש ליין - המשקה האלכוהולי המיוצר מענבים - מקום נכבד, גם אם היו במהלכה "תקופות יובש".

ייצור היין בארץ ישראל החל בתקופה הכנענית הקדומה, לפני כחמשת אלפים שנה. היו תקופות שבהן תעשיית היין פרחה ושגשגה, כמו בתקופת המלכים בישראל (1000-586 לפני הספירה). לעומת זאת היו תקופות שבהן, בגלל מדיניות השלטון מוסלמי, נעקרו גפנים וממדי תעשיית היין הצטמצמו (אם כי, תמיד רק באופן זמני).

צריכת היין בתקופות שונות בעבר היתה גדולה בהרבה מצריכתו כיום. אזרח רומי היה שותה פי שניים יותר מאזרח איטלקי בימינו, ובן-זמנו הארץ-ישראלי שתה פי 20 ויותר מהישראלי של היום.

ייצור משקה אלכוהולי הוא תהליך ביוטכנולוגי: שימוש ביצורים חיים לצורכי האדם.

היצורים החיים בהם מדובר הם השמרים.

השמרים נמצאים באופן טבעי על קליפת הענב. את קיומם חשף לראשונה המדען הצרפתי לואי פסטר בשנת 1856 בקביעתו, המהפכנית לזמנו, כי: "שמרים אלה הם חיים. אין זאת כי השמרים הם הם ההופכים סלק-סוכר וגם סוכר ענבים לכוהל".

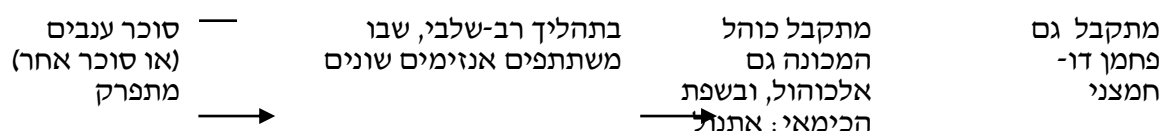
בתא השמר מתבצע תהליך הנקרא "תסיסה כוהלית". בתהליך זה, החייב להתבצע בסביבה דלת-חמצן, הסוכר שבתאים הופך לכוהל.

הרבה בעיות טכניות ניצבות בדרך המתחילה בענבים מעוכים ומסתיימת בייין. ביקור ביקב מודרני הוא שיעור מאלף, המדגים שכלול שיטות קדומות, שעברו מאב לבן, והפיכתן לביוטכנולוגיה מודרנית. ייצור היין, בהווה כמו בעבר, מבוסס על כמה עקרונות:

, מעיכת הענבים, והפרדת המיץ (התירוש) משאר חלקי הענב,

, שמירת התירוש בסביבה דלת חמצן, לפרקי זמן שונים (תלוי בסוג היין). בשלב זה מתרחשת התסיסה הכוהלית, ובה נוצר הכוהל.

תסיסה כוהלית היא תהליך כימי: תהליך שבו נוצרים חומרים חדשים (תוצרים) מחומרים אחרים (מגיבים). זהו תהליך רב-שלבי, המתרחש בתאי השמרים (ובתאים של יצורים אחרים בטבע) בהעדר חמצן. כל שלב בתהליך מזורז על-ידי **אנזים** אחר. להלן סיכום התהליך, בנוסחאות (שפת הכימאי) ובמילים:



1. מדוע מעיכת הענבים היא שלב ראשון הכרחי בייצור היין?

2. ✍ כיום מפסטרים את התירוש לפני שמעבירים אותו לתסיסה. פיסטור הוא חימום לטמפרטורות שבין $60-70^{\circ}\text{C}$. הפיסטור הורס את התאים החיים שבתירוש. לאחר מכן מוסיפים שמרי יין.

מה לדעתך היתרון של תהליך זה על פני השיטה המסורתית ללא פסטור?

3. ✍ במשנה נאמר: "ואין ממלא חבית (כלי אגירה מחרס)... ונקב בתוכו (עושה בו נקב)". עיין שוב בנוסחת תהליך התסיסה, והסבר מדוע אין למלא את מיכל התסיסה עד סופו, ומדוע חשוב לעשות בו נקב (חור קטן).

משקה אלכוהולי אינו חייב להיות על בסיס של ענבים. הוא יכול להיות על בסיס של פירות אחרים, שעורה, חלב ועוד.

4. ✍ מה הדומה בתהליך הייצור בין יין ומשקאות אלכוהוליים מסוג זה?

5. ✍ מה גורם להבדלים ביניהם?

השפעת ריכוז השמרים על התסיסה



לבית חרושת לבירה הגיע משלוח שמרים חדש שתכונותיו בלתי ידועות. נתבקשת לעזור לקבוע מהו ריכוז השמרים שיביא לשיעור התסיסה הגבוה ביותר. לשם כך תבדוק את שיעור התסיסה במבחנות המכילות ריכוזים שונים של שמרים. הדרך הנוחה ביותר להשוות בין שיעורי התסיסה, היא להשוות את כמות הגז פחמן דו-חמצני (CO_2) המתקבלת במבחנות השונות.

6. ✍ הסבר מדוע ניתן ללמוד על שיעור התסיסה מכמות הגז CO_2 המתקבלת במבחנות? העזר בנוסחת התהליך בעמוד הקודם.

7. ✍ לפי מה תחליט באיזה ריכוז שמרים שיעור תהליך התסיסה הוא הגבוה ביותר?

8. ✍ מדוע מידע זה חשוב למפעל לייצור בירה?

הערה למורה/לבורנט: ניתן לפשט את הניסוי על ידי שימוש במספר קטן יותר של מבחנות (לדוגמא, רק במספרים הזוגיים), או לחילופין במקום לבצע מדידה כמותית של הגז הנפלט - להלביש בלונים על פי המבחנות, ולאמוד את השינוי בנפחם.

כדי לבדוק מאיזה ריכוז השמרים מתקבלת תסיסה בשיעור הגבוה ביותר, בצע את הפעולות הבאות :

א. הכן אמבט מים בטמפרטורה של 30°C .

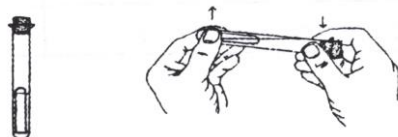
ב. ערבב 25 גרם שמרים יבשים ב - 60 מ"ל מי-ברז. ערבב היטב על-מנת שלא יישארו גושים.

ג. סמן אחת-עשרה מבחנות גדולות במספרים מ-1 עד 11.

ד. במבחנות 10-1 הוסף לכל מבחנה שמרים ומי-ברז לפי הכמויות הרשומות בטבלה :

מספר מבחנה	נפח תרחיף שמרים (מ"ל)	נפח מי ברז (מ"ל)
1	1	9
2	2	8
3	3	7
4	4	6
5	5	5
6	6	4
7	7	3
8	8	2
9	9	1
10	10	0

ה. לכל אחת מ- 10 המבחנות הוסף 25 מ"ל מיץ ממותק (להכנה : מהל 12.5 מ"ל מיץ ממותק במי ברז עד קבלת 250 מ"ל. ערבב היטב). פקוק את המבחנות ונער היטב.
ו. קח את מבחנה מספר 1, הכנס לתוך המבחנה הגדולה מבחנה קטנה הפוכה. פקוק את המבחנה הגדולה, והיפטר מכל בועות האוויר שבמבחנה הקטנה, על ידי נענוע קל של המבחנה הגדולה בזמן שהיא במצב אופקי. בצורה כזו תתמלא המבחנה הקטנה בנוזל, וכל הבועות תצאנה, כמודגם באיור :



ז. חזור על פעולה זו לגבי שאר המבחנות האחרות (2 עד 10).

ח. כדי שתוכל לראות את פני הנוזל במבחנה הקטנה, הוצא מכל מבחנה גדולה כ-15 מ"ל מהנוזל שבה. העזר בפיפטה.

ט. הכנס את המבחנות לאמבט המים שהכנת. רשום את הזמן והמתן 30 דקות.

י. בזמן ההמתנה הכנס לתוך מבחנה מס' 11 25 מ"ל מיץ ממותק דל-קלוריות (דיאט). להכנה : מהל 12.5 מ"ל מיץ ממותק במי ברז עד קבלת 250 מ"ל. הוסף 10 מ"ל שמרים. פקוק את המבחנה ונער היטב.

יא. חזור על הפעולות שעשית עם 10 המבחנות הקודמות, כמפורט בסעיפים ו', ח' ו-ט': הכנס מבחנה קטנה הפוכה, פקוק את המבחנה והוצא כ-15 מ"ל נוזל. בזמן ההמתנה, הכן טבלה לריכוז התוצאות. יב. לאחר 30 דקות מדוד בעזרת סרגל את גובה הגז במבחנה הקטנה בכל המבחנות.

9. א. מדוע הוספת מיץ ממותק ?

ב. למה "מקביל" המיץ בתהליך ייצור הבירה? בתהליך ייצור היין?

10. הסבר את ההבדל בתוצאות בין מבחנה 10 ומבחנה 11.

11. מדוע הוספת כמות שווה של מיץ ממותק לכל המבחנות?

12. מדוע הכנסת את השמרים לאמבט בו הטמפרטורה 30°C ?

13. לאחר סיום המדידות ומילוי הטבלה, שרטט גרף המתאר את גובה הגז שהתקבל בכמויות השונות של מיץ ממותק. תן כותרת לגרף.

14. מה תיעץ להנהלת המפעל לגבי ריכוז השמרים שיאפשר את שיעור התסיסה הגבוה ביותר? הסבר את תשובתך.

בתעשייה הביוטכנולוגית יש צורך במומחים מתחומים שונים: אנשי טכנולוגיה, ביולוגיה, כימיה כלכלה ועוד.

15. השלם את הטבלה הבאה, הוסף תחומים נוספים :

תחום	חשיבות
ביולוגיה	שיפור זני שמרים על מנת...
כימיה	
	פרסום המוצר
	מניעת תקלות שיסכנו את שלום העובדים, כמו התפוצצות מכלים כתוצאה מכמויות גדולות של גז
	שמירה על טמפרטורה קבועה במכלי התסיסה

קצת על ייצור מוצרי חלב – הצעות לניסויים



ניסוי 1: בדיקה של טריות החלב

אחד ההבדלים בין חלב טרי לחלב שאינו טרי הוא כמות החיידקים שבו (על חיידקים
תוכל לקרוא בעמ' 31 ביחידת הלימוד).

כחול-מתילן הוא חומר המשמש לזיהוי נוכחות חמצן. הוא כחול בנוכחות חמצן, וחסר
צבע כאשר הסביבה דלת חמצן. רוב החיידקים, כמו רוב התאים בטבע, משתמשים
בחמצן הנמצא בסביבת הגידול שלהם.

✍ כשמוסיפים כחול מתילן למים מזוקקים צבעו נשאר כחול זמן רב. על מה

לדעתך מעיד הדבר?

✍ מדוע בכל זאת הצבע נעלם אחרי זמן ממושך?

מהלך הניסוי

1. סמן 6 מבחנות במספרים 1 עד 6 והוסף לכל אחת מהן 5 מ"ל חומר לפי הרשום בטבלה הבאה.
להוספת החומרים השתמש בפיפטות המונחות על שולחןך. הקפד להוסיף כל חומר בפיפטה
חדשה.

מס' מבחנה	תכולה (בנפח של 5 מ"ל)	משך הזמן על להעלמות הצבע הכחול (דקות)	דרגת pH
1	חלב טרי		
2	חלב עמיד		
3	חלב טרי שעמד מחוץ למקרר 72 שעות		
4	חלב עמיד שעמד מחוץ למקרר 72 שעות		
5	חלב טרי שעמד מחוץ למקרר 72 שעות והורתח		
6	מים		

2. הכנס את המבחנות לאמבט מים בטמפרטורה של 37°C והמתן 5 דקות.

✍ מדוע לדעתך התבקשת להמתין 5 דקות לאחר הכנסת המבחנות לאמבט?

3. לאחר 5 דקות הוצא את המבחנות מהאמבט.

הוסף לכל מבחנה 3 טיפות של מתילן כחול. רשום את זמן ההוספה: _____

4. עקוב אחר צבע המבחנות ורשום בטבלה, במקום המתאים, את משך הזמן עד העלמות הצבע בכל אחת מהן.

5. בעזרת נייר pH בדוק את דרגת ה-pH בכל מבחנה ורשום אותה במקום המתאים בטבלה. על מנת להיזכר במשמעות של דרגת ה-pH עיין ביחידת הלימוד בעמ' 61.

6. ✎ שרטט דיאגרמת עמודות המתארת את משך הזמן של העלמות הצבע הכחול בכל אחת מן המבחנות. אם אתה רושם מספרי מבחנות בציר X אל תשכח לרשום מקרא.

7. ✎ הסבר את ההבדלים במשך הזמן עד להעלמות הצבע במבחנות השונות.

8. ✎ על מה מעידים ההבדלים דרגת ה-pH בין המבחנות השונות?

9. ✎ מהו לדעתך תפקידה של מבחנה מס' 6 בניסוי? הסבר את תשובתך.

לאחר הביקור במפעל:

10. ✎ אילו שלבים בתהליך הייצור מונעים את התפתחות החיידקים בחלב?

11. ✎ האם הפיסטור נעשה לפני או אחרי הוספת החיידקים ההופכים את החלב לגבינה/יוגורט? מדוע?

12. ✎ אילו אמצעים ננקטים במפעל כדי למנוע התרבות חיידקים בחלב?

13. ✎ לעיתים רחוקות אנו קונים חלב או מוצרי חלב מקולקלים למרות שתאריך התפוגה הרשום על המוצר עדיין רחוק. מנה לפחות שתי סיבות היכולות לגרום לתקלה מעין זו.

ניסוי 2: הכנת יוגורט



בניסוי זה נכין יוגורט מחלב, ונבדוק האם לטמפרטורה שבה שווה החלב יש השפעה על היווצרות היוגורט.

מהלך הניסוי

1. הוסף 100 מ"ל חלב טרי לכל אחת מן הכוסות.
2. הוסף לכל כוס חלב כפית (5 מ"ל) של יוגורט. השתדל שהכמויות תהיינה שוות. כסה את הכוסות.
3. הכנס כוס אחת למקרר וכוס שנייה השאר בטמפרטורת החדר.
4. כעבור 24 שעות בדוק את שתי הכוסות.
5. תאר את ההבדלים בין החלב בשתי הכוסות.
6. כיצד ניתן להסביר הבדלים אלה? העזר במידע הנמצא בעמ' 31-30 וכן בעמ' 69-70 ביחידת הלימוד.
7. לשם מה הוספנו כפית יוגורט לחלב?

לאחר הביקור במפעל:

8. מה הדומה בין תהליך ייצור היוגורט בניסוי זה לבין התהליך במפעל?
9. מה ההבדל בין שני התהליכים?
10. כפי שראית בניסוי ניתן לייצר יוגורט בבית בתהליך פשוט למדי. מדוע לדעתך אין מייצרים בתעשייה יוגורט בשיטה זו?

ניסוי 3: הכנת גבינה



להכנת גבינה ניתן להשתמש באנזים רנין.
רנין הוא אנזים הנמצא באופן טבעי בקיבתם של ולדות יונקים (בעלי חיים ובני אדם).
בניסוי זה תוכל לראות מדוע משתמשים באנזים זה בתעשיית הגבינה, ואת השפעת הטמפרטורה על פעילותו.

מהלך הניסוי

1. הוסף לכל כוס כ-100 מ"ל חלב טרי.
2. הוסף לכל כוס 1 גר' של רנין (אפשר פחות, אבל חשוב להוסיף אותה כמות לכל הכוסות)
3. הכנס כוס אחת למקרר, השנייה לטמפרטורת החדר והשלישית לאמבט המים החמים.
4. בדוק את הכוסות כעבור שעה, ארבע שעות ולמחרת.
5. ✍ תאר את ההבדלים בין הכוסות.
6. ✍ כיצד ניתן להסביר את ההבדלים בין שלוש כוסות החלב? תוכל להעזר במידע הנמצא בעמ' 30-31 וכן בעמ' 69-70 ביחידת הלימוד.
7. ✍ על סמך מה שלמדת על רנין בניסוי זה, האם תוכל להסביר מדוע תינוק השותה חלב (או יונק) פולט לאחר מספר דקות חומר דמוי גבינה?

לאחר הביקור במפעל:

8. ✍ אם קו הייצור שבו ביקרת במפעל כלל שימוש ברנין – באיזה שלב בתהליך התעשייתי של ייצור הגבינה מוסיפים את האנזים? מדוע אין מוסיפים את האנזים ברגע שהחלב מגיע מהרפת למפעל?
9. ✍ מה מקורו של האנזים שבו משתמשים במפעל?

שיעור 2

חיסון או בשמו המלא: חיסון פעיל

החדרה של גורמי מחלה מוחלשים (ראה מושג) או מומתים לגוף. גורמי מחלה אלה, המכונים גם תרכיבי חיסון, יכולים להיות חיידקים, נגיפים או חומרי רעל שונים. כיום החלו לייצר, בשיטות של הנדסה גנטית, חלקים של גורמי מחלה שונים, ולהשתמש בהם כתרכיבי חיסון. בשיטה זו, הסיכוי למחלה שתגרם על-ידי תרכיב החיסון קטן יותר. לאחר שגורם מחלה מוחלש חודר לגוף, המערכת החיסונית מגיבה, ונוצר זיכרון חיסוני נגדו. אם אותו גורם מחלה יחדור שוב לגוף בעתיד, המערכת החיסונית תגיב מהר יותר וחזק יותר. כתוצאה מכך לא יופיעו סימני מחלה, או יופיעו בצורה קלה. קיים סוג נוסף של חיסון הנקרא חיסון סביל, המורכב מנוגדנים (ראה מושג בהמשך), אבל הוא איננו מונע מחלה אלא מסייע בריפוייה. מקורות: מרקוזה-הס, ע. 1996. **ביולוגיה היום**. הוצאת ספרי, עמ' 130-131. ברנהולץ, ח. 1985. **מיקרוביולוגיה**. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, עמ' 86-88, 111-113. פרנסדורף, א. 1987. **אימונולוגיה – פרקים בתורת החיסון**. האוניברסיטה המשודרת, הוצאת משרד הביטחון.

מוחלשים (גורמי מחלה)

חיידק, נגיף או רעלן (חומר רעל) שטופלו במעבדה. הטיפול הפך אותם, מצד אחד, לבלתי מזיקים לגוף, ומצד שני לא שינה את צורתם. המערכת החיסונית איננה מבדילה בין גורם מחלה מוחלש, המוחדר כחיסון פעיל, לבין אותו גורם מחלה כשהוא בצורתו הטבעית, המזיקה. בתרכיבי חיסון המיוצרים בשיטות של הנדסה גנטית, אין משתמשים בגורם המחלה בשלמותו, אלא בחלק ממנו: מבודדים מן ה-DNA של גורם המחלה גן לחומר המרכיב את היצור, ומשתמשים רק בחומר זה, ולא ביצור כולו, כדי ליצור נגדו זיכרון חיסוני.

נגיף (וירוס)

צורת חיים טפילה הקטנה בהרבה מכל תא חי שאנו מכירים. הנגיף בנוי משני חלקים עיקריים: חומר תורשתי (DNA או RNA) ומעטפת המורכבת מחלבונים ו/או שומנים. כל הנגיפים הם טפילים - מתרבים רק כשהם בתוך תא חי, ואינם מסוגלים להתרבות מחוץ לתא כי הם תלויים בו לשם אספקת חומרים ואנרגיה. הנגיפים אחראים למיגוון של מחלות בבעלי-חיים וצמחים כמו: שפעת, חצבת, כלבת, איידס, אבעבועות, מחלת הפה והטלפיים ועוד. יש נגיפים הקשורים להופעת סוגים מסוימים של סרטן. מקורות: **חקר החיים**. 1975. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, ספר ג' עמ' 217-227. ברנהולץ, ח. 1985. **מיקרוביולוגיה**. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, עמ' 97-107.

מרקוזה-הס, ע. 1996. **ביולוגיה היום**. הוצאת ספרי, עמ' 196-205.
בקר, י. 1981. **פרקים בתורת הנגיפים**. האוניברסיטה המשודרת, הוצאת משרד הביטחון.

צהבת מסוג B

מחלה הנגרמת על-ידי נגיף הפוגע בכבד.
הנגיף מועבר באמצעות מגע עם דם או נוזל זרע של אדם חולה, או פציעות הנגרמות ממחטים/חפצים חדים שבאו במגע עם הנגיף.
במקרים רבים המחלה קלה ומופיעה ללא סימני צהבת (גוון צהבהב בעור).
במקרים חמורים יותר החולה סובל מעליה בטמפרטורת הגוף, כאב ראש, בחילות הקאות וכאבי שרירים. לעיתים מופיעים מקרים חריפים יותר העלולים להסתיים במוות כתוצאה מחוסר תפקוד של הכבד.
מקורות: לויין-ריכטר, ד. (1992). **אנציקלופדיה לבריאות המשפחה**. הוצאת דביר, כרך 2 עמ' 260.

אשריכיה קולי (E. coli)

חיידק נפוץ בטבע, מצוי במעיין, בגוף האדם. החיידק יכול להתקיים גם בהעדר חמצן, ולכן מתרבה היטב במים מזוהמים. בתנאים מסוימים הופך החיידק להיות גורם מחלה.
בשל מבנהו הפשוט וקצב ההתרבות המהיר (בתנאים מתאימים, מתחלק כל 20 דקות) משתמשים בו למחקרים רבים.
משמש כאינדיקטור לאיכות המים. נוכחות של מספר גדול של E. coli במים מצביעה על זיהום של מקור המים הנבדק.
מקורות: אורן א. 1983. **חיידקים ונגיפים**. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, פרקים 3-4.

נוגדנים

הנוגדנים הם מולקולות חלבון הממלאות תפקיד חשוב בפעילות ההגנה של המערכת החיסונית.
ישנם נוגדנים שנולדים אתם, וישנם כאלה שנוצרים במהלך החיים. הנוגדנים נוצרים על-ידי תאי הדם הלבנים, בדרך כלל כתגובה על חדירת חומר זר. כאשר הם מזוהים פולש זר לגוף (אנטיגן), הם נקשרים אליו ומנטרלים את השפעתו. הנוגדנים הם ייחודיים כלומר, נוגדנים המתקשרים לחומר אחד לא יתקשרו לחומר אחר.
מקורות: אורן א. 1983. **חיידקים ונגיפים**. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, עמ' 75.

לב, ח. וארינוס, מ. 1988. **פרקים בפיסיולוגיה של בעלי-חיים**. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית.

III. טרנסגנים

יצורים (צמחים או בעלי חיים) המכילים בתאיהם גנים שהוחדרו להם מיצורים אחרים.
מקורות: מוקדי-שביט, א. (1994) גנטיקה מולקולרית וביוטכנולוגיה. הוצאת המחלקה

להוראת המדעים, מכון ויצמן. עמ'

IV. עששת

מחלה שכיחה בארצות המערב, המתבטאת בריקבון של השיניים. חיידקים, הניזונים מסוכרים שבמזון, מצטברים בגומות בשיניים וביניהן ומייצרים חומצה. החומצה פוגעת בכיסוי השן ויוצרת "חורים". בשלבים מוקדמים של הריקבון אין לעששת סימנים חיצוניים, אבל הריקבון מתפשט מהר יותר בחומר הרך של השן עד לעצבי השן, וגורם לכאבים. מקורות: לוין-ריכטר, ד. (1992). **אנציקלופדיה לבריאות המשפחה**. הוצאת דביר, כרך 2 עמ' 32-431.

שיעור 4

מחלת הפה והטלפיים מחלה מידבקת, הפוגעת בעיקר בבקר, ונגרמת על-ידי נגיף. סימניה, המופיעים 1-15 ימים לאחר ההידבקות, הם עליה בחום, הופעת אבעבועות על הרגליים ובפה, ובעקבותיהן הפרשת רוק מוגברת וצליעה. בנקבות נפגעות הפוריות ותפוקת החלב. במדינות רבות, לרבות ישראל, יש להודיע לרשויות על גילוי המחלה. בדרך-כלל מומתים בעלי-החיים הנגועים ותנועת העדרים מוגבלת, כדי למנוע את התפשטות המחלה. ניתן לחסן כנגד המחלה. אבידע, א. 1995. **גורמי מחלות ומנגנוני הגנה באדם ובבעלי-חיים**. הוצאת משרד החינוך והפקולטה לחקלאות באוניברסיטה העברית, עמ' 128-130.

שיעור 5

V. שמרים

מיקרואורגניזמים חד-תאיים מקבוצת הפטריות, נמצאים בשימוש האדם בתעשיות שונות (ראה ערך פטריות בפרק ההרחבה). בסביבה דלת חמצן הם מפיקים אנרגיה מחומרים אורגניים בתהליך של תסיסה. השמרים מתרבים בעיקר ברבייה אל-זוויגית, בדרך מיוחדת הנקראת הנצה: התא מצמיח בליטה ההולכת וגדלה, גרעין התא מוכפל ואחד הגרעינים עובר לבליטה, הבליטה ניתקת מהתא ונעשית לתא נפרד. הנצה בתא שמר עשויה להתרחש, בתנאים מתאימים, אחת לכמה שעות. מקורות: מרבך, י. 1985. **מיצורים ירודים ליצורים עילאיים**. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, עמ' 91-113. סיון, ע. (מרכזת). 1995. **יצורונים**. הוצאת מעלות, עמ' 28-42. בולד. ה. צ. 1983. **ממלכת הצמחים**. הוצאת יחדיו, עמ' 56-79.



דפי העשרה והרחבה

המערכת החיסונית

מערכת החיסון, המורכבת מסוגים שונים של תאי דם לבנים, היא אחד המנגנונים העיקריים הפועלים נגד גורמים זרים בגוף. לפעולתה של מערכת החיסון יש שני מאפיינים חשובים: ייחודיות וזיכרון חיסוני.

הייחודיות מתבטאת בכך שלא כל תאי הדם הלבנים מופעלים בכל פעם שגורם זר החודר לגוף, אלא רק אותם תאי דם לבנים המותאמים לו. כך לדוגמא, תאי דם לבנים הפועלים נגד חיידק השחפת לא יפעלו נגד חיידק הכולרע, תאי דם לבנים הפועלים נגד ארס הצפע לא יפעלו נגד ארס של נחש אחר וכדומה.

זיכרון חיסוני מתבטא בכך שלאחר שתאי דם לבנים באו במגע עם גורם זר, נשאר חלק מהם בדם למשך תקופה ארוכה. אותם תאים ארוכי-חיים, שחלקם מסוגלים ליצור נוגדנים, נקראים תאי זיכרון. כשתאי הזיכרון באים במגע חוזר עם אותו גורם, הם מגיבים מהר יותר, ובעצמה גבוהה יותר. אם הגורם הוא מחולל מחלה, לא יופיעו סימני המחלה, או יופיעו בצורה קלה. היווצרות זיכרון חיסוני נגד גורם אחד אינה מקנה זיכרון חיסוני נגד גורם אחר, שכן המערכת החיסונית היא ייחודית. כך, זיכרון חיסוני נגד נגיף החזרת (שנוצר אצל מי שחוסן נגד חזרת, או שחלה בחזרת והחלים) לא יועיל נגד נגיף החצבת.

לא תמיד מביאה פעילותה של המערכת החיסונית תועלת לגוף.

- יש אנשים שמערכת החיסון שלהם מגיבה בעצמה כלפי חומרים מסוימים. אין בחומרים אלה כל נזק, ואצל רוב האנשים הם אינם מעוררים תגובה של מערכת החיסון. מצב זה מכונה אלרגיה. אלרגיה, אם כך, היא תגובה של המערכת החיסונית לחומרים המצויים בסביבה הטבעית. כל אי הנעימויות הכרוכות באלרגיה נובעות מתגובה זו.
 - פעילות המערכת החיסונית היא זו האחראית לתופעת הדחייה של איברים מושתלים, אותם היא מזהה כגורמים זרים. כדי להתגבר על דחייה זו, מנסים למצוא תורם ומקבל דומים ככל האפשר מבחינה גנטית. מצד שני, מטפלים במקבל השתל בתרופות המדכאות את המערכת החיסונית, ובכך מקטינות את תופעות הדחייה.
 - פעילות המערכת החיסונית אחראית גם לקבוצה של מחלות הנקראות "מחלות חיסון עצמי" (מחלות אוטואימוניות). במחלות אלה יש "טעות בזיהוי": המערכת החיסונית מזהה מרכיבי גוף כחומרים זרים ופועלת נגדם. בתקופה האחרונה מתבררות יותר ויותר מחלות כנובעות מבעיה של חיסון עצמי. לדוגמא: סוגים מסוימים של סכרת, דלקת פרקים, טרשת נפוצה ועוד.
- חשוב לציין שהתאים הלבנים, שאינם תאי זיכרון, מתים זמן קצר לאחר שנוצרו (שאם לא כן, היה גופנו מתמלא במיליונים של תאי דם לבנים מסוגים שונים).

הרפואה מנצלת שתי תכונות אלה של ייחודיות וזיכרון, הקיימות במערכת החיסונית. במקרים רבים מזריקים חיידק, נגיף או חומר מחולל מחלה **מוחלשים** (ראה מושג) או מומתים. נוצר זיכרון חיסוני נגדם, וכאשר הגוף נדבק בחיידק, נגיף, או החומר האמיתי יש כבר תאי זיכרון נגדם. המערכת החיסונית פועלת מהר ובעצמה רבה, והמחלה נמנעת.

אותם גורמי מחלה מוחלשים המוזרקים לגוף על מנת למנוע מחלה בעתיד, אם יידבק, נקראים חיסון פעיל.

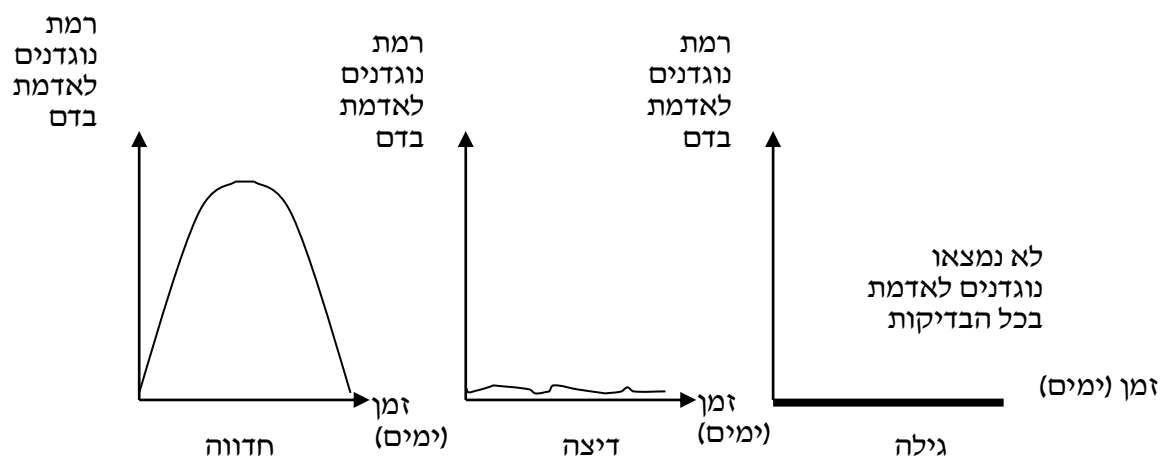
קיים סוג נוסף של חיסון הנקרא חיסון סביל, המכיל **נוגדנים** (ראה מושג). חיסון סביל טבעי מתרחש כאשר נוגדנים עוברים מהאם לעובר, או עם חלב האם.

חיסון טבעי מלאכותי נמצא בשימוש ברפואה, אך הוא אינו מונע מחלה אלא מסייע בריפוייה. הוא מכיל נוגדנים ייחודיים המוזרקים לאדם. משתמשים בו להצלת חיים במקרי הדבקה במחלות קטלניות שהאדם אינו מחוסן נגדן, או בעקבות הכשה על ידי בעל חיים ארסי.

1. יש העושים אבחנה בין חיסון פעיל וחיסון פעיל מלאכותי. נסה להסביר את ההבדל בין השניים.

2. בשיעור 2 (מפעל צומח) יש דוגמאות לחיסון פעיל ולחיסון סביל. מייין אותן והסבר לפי מה קבעת לאיזה סוג לשייך כל דוגמא.

3. אדמת היא מחלה הנגרמת על-ידי נגיף, ובדרך כלל חולפת ללא טיפול וללא סיבוכים. לא כן הדבר במקרה של הריון: נגיף האדמת עלול לגרום לפגיעה בעובר, במיוחד בחדשי ההריון הראשונים. משלוש נשים הרות (גילה, דיצה וחדווה) נלקחו במשך שבוע דגימות דם, ונבדקה כמות הנוגדנים נגד אדמת. לפניך התוצאות:



א. מי לדעתך נדבקה באדמת? על סמך מה קבעת?

ב. למי מהנשים זיכרון חיסוני נגד אדמת? כיצד היתה יכולה לרכוש אותו?

ג. מי מהנשים לא נחשפה מעולם לנגיף האדמת? על סמך מה קבעת?

- ד. מה לדעתך תהיה ההמלצה הרפואית לכל אחת מהנשים?
- ה. דרג את ההמלצות שהעלית בסעיף הקודם לפי רמת הוודאות: באיזו המלצה הסיכוי הקטן ביותר לטעות, ובאיזו הסיכוי הגדול ביותר לטעות?
3.  האם בתקופתנו, שבה יש לרפואה תרופות לכל כך הרבה מחלות, כדאי לדעתך להשקיע כספים בפיתוח של חיסונים? הסבר את טיעוניך.



ב-1676 הגיע מכתב לאגודה המלכותית של לונדון, אגודה שנוסדה על מנת לקדם את המדע בעולם. המכתב היה מאנטוני ואן-לבנהוק ההולנדי, סוחר אריגים שנעזר בזכוכית מגדלת על מנת לבדוק את סיבי הבדים ובדק גם דברים רבים אחרים. וכך היה כתוב בו :
 " ביום ה-26 במאי נטלתי חצי אונקיה של גרגרי פלפל ולאחר שטחנתי אותם היטב, נתתי את האבקה בתוך ספל של תה ביחד עם שתיים וחצי אונקיות של מי גשם, בחשתי וערבבתי.
 ב-2 ביוני בבוקר, אחרי שערכתי כמה תצפיות שונות מאז ה-26 במאי לא הצלחתי למצוא כל דבר חי. ראיתי אמנם יצורים שנראו לי לפי צורתם כעין בריות קטנות, אבל לא ראיתי בהם סימני חיים. כל כמה שהתבוננתי באותו לילה, לא ראיתי. ב-23:00 בערב גיליתי כמה יצורים בודדים שהיו בחיים. ב-3 ביוני ראיתי הרבה יותר, ובעזרת עלו מן המים, כאילו היתה זו בירה."

1. רבים לא האמינו לדיווח של ואן-לבנהוק שאכן קיימים במים יצורים זעירים. מדוע ?

2. מה חשיבות התצפיות והמעקב שערך ואן-לבנהוק במשך כשבוע ?

3. מה תוכל להניח לגבי קצב הריבוי של היצורים בהם צפה ואן-לבנהוק ?

ציין באיזה מידע מהקטע אתה נעזר לתשובתך.

4. מה ניתן ללמוד על תפוצתם של יצורים אלה ?

ואן-לבנהוק היה הראשון בעולם שתאר את היצורים הזעירים, הבחין בתנועתם, וקבע שהם יצורים חיים.

רק 200 שנה אחרי, עם שכלול המיקרוסקופים והמשך התצפיות, גילו החוקרים את הקשר בין יצורים אלה ותופעות רבות בחייו.

היצורים כוללים מגוון מינים המצויים בכל מקום על פני כדור הארץ - חיידקים, פטריות חד-תאיות כמו שמרים ועובש, בעלי-חיים הבנויים מתא אחד ואצות חד-תאיות.

כל אלה נקראים **מיקרואורגניזמים**.

5. הסתכל במילון ורשום מה משמעות המילים הבאות : [מיקרו] אורגניזם

6. סכם בקצרה, במילים שלך, מהם מיקרואורגניזמים : ציין רק את המאפיינים שנראים לך החשובים ביותר.

קבוצת המיקרואורגניזמים כוללת מגוון של מינים, השונים זה מזה בתכונות רבות. עם זאת, יש מספר מאפיינים משותפים לקבוצה :

➤ גודל - היצורים זעירים מאד, גודלם נמדד במיקרונים.

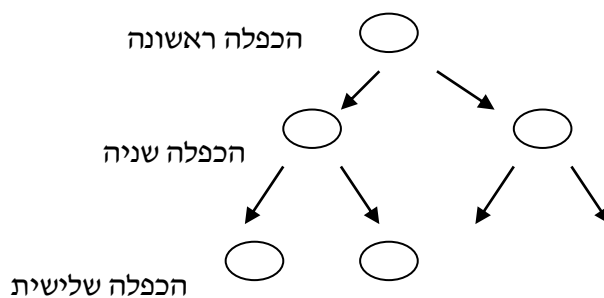
1000 מיקרון = 1 מילימטר

אפשר לראותם רק בעזרת מיקרוסקופ.

7. כמה **חיידקים** שאורכם 2 מיקרון יש במילימטר אחד ? בסנטימטר אחד ?

רשום את גובהך. כמה חיידקים באורך זה ?

- המיקרואורגניזמים בדרך כלל בנויים מתא אחד בלבד, ולמרות זאת קיימות בהם התכונות המאפיינות את כל היצורים החיים והמפורטות בסעיפים הבאים.
- המיקרואורגניזמים בנויים מאותן קבוצות חומרים כגון מים, חלבונים, פחמימות ועוד.
- מתקיימים אצלם אותם תהליכים בסיסיים כגון הזנה, גדילה והתרבות.
- פעילותם מושפעת מהתנאים בסביבתם.
- לכולם קרום העוטף את תכולתם.
- בכולם מצוי **החומר התורשתי**, המקנה להם את תכונותיהם. מידע על החומר התורשתי (ה-DNA) תמצא בשיעורי ההרחבה של הפרק העוסק בחקלאות.
- דרך הרבייה הנפוצה אצלם היא ההכפלה - יצור אחד מכפיל עצמו לשני צאצאים.



8. השלם את השרטוט:

כמה מיקרואורגניזמים נקבל מיצור אחד לאחר הכפלה אחת? שתי הכפלות? שלוש הכפלות?

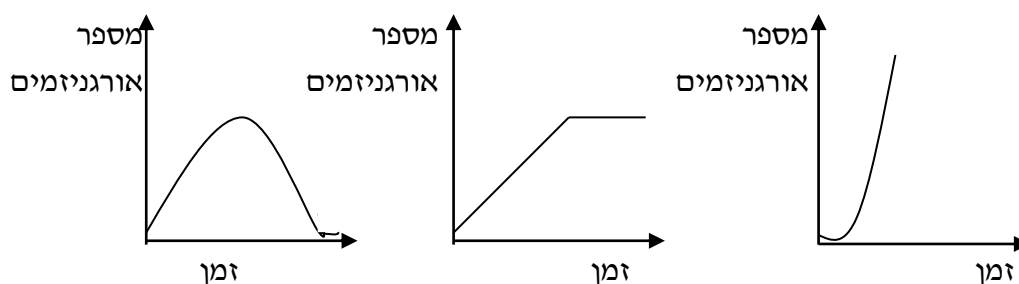
במינים מסוימים של מיקרואורגניזמים, בתנאים מתאימים, מתבצעת הכפלה של התאים כל 20-30 דקות.

9. בהנחה שזמן הכפלת התא הוא 30 דקות, שרטט את הטבלה הבאה במלואה, והשלם:

קצב ההתרבות של מיקרואורגניזמים:

מספר הכפלה	מספר חיידקים מצטבר	מספר צאצאים	זמן (בשעות)
1	1	2	0.5
2	2	4	1.0
.	.	.	.
.	.	.	.
10	.	.	5.0

10. איזה מבין העקומים הבאים מתאר את קצב התרבותם של המיקרואורגניזמים המתוארים בטבלה? הסבר את בחירתך.



11. סמן את המילים המתאימות: קצב ההתרבות של החיידקים הוא איטי / מהיר.
מספר החיידקים לאחר 10 חלוקות הוא קטן / גדול.
החיידקים תופשים מקום קטן / גדול בכלי בו גודלו.

בשל התכונות המוזכרות בשאלה 11, ותכונות נוספות, האדם "רתם לשרותו" סוגים רבים של מיקרואורגניזמים. הוא משתמש בחומרים שהם מייצרים ונעזר בהם לתהליכים שונים.

מיקרואורגניזמים רבים ידועים כגורמי מחלות, אך ישנם רבים אחרים בעלי תפקודים חשובים. נזכיר רק את המיקרואורגניזמים המשתתפים בפירוק חומרים במחזור החומרים בטבע, ואת אלה החיוניים לתפקוד תקין של הגוף באדם ובבעלי-חיים אחרים.

להלן מספר שימושים, חלקם נפוצים מאד, במיקרואורגניזמים :

➤ ייצור יין ומשקאות אלכוהוליים אחרים

➤ ייצור גבינות

➤ יצור תרופות

➤ החמצת ירקות (ירקות כבושים)

➤ ייצור חיסונים

➤ התפחת בצק לדברי מאפה

➤ טיהור שפכים

✍ 12. מה הסיבות לשימוש הרחב והמגוון במיקרואורגניזמים?

✍ 13. מיין את השימושים השונים לשתיים עד שלוש קבוצות. תן שם לכל קבוצה.

יש שימושים בהם משתמשים באורגניזם השלם כמו בתעשיית היין. בימינו קיים שימוש נרחב גם בחלקים מהמיקרואורגניזמים, למשל ב**אנזימים** המצויים בהם (ראה שיעור 3 על הפקת חומרים מחיידקים).

פטריות

קבוצה גדולה של יצורים, חלקם חד-תאיים וחלקם רב-תאיים. התאים מכילים גרעין. לתאי הפטריות דופן כמו לתא צמח, אך היא בנויה מחומרים אחרים. הפטריות ניזונות מחומרי רקב או מנצלות יצורים אחרים (טפילות). הפטריות החד-תאיות נמנות עם המיקרואורגניזמים, וגם להן תפקיד חשוב במחזור החומרים בטבע, בדומה לחיידקים. יש תעשיות המבוססות על ניצול של חומרים המיוצרים על-ידי פטריות כמו תרופות שונות, למשל הפניצילין, ויש תעשיות המבוססות על תהליכים בתאי השמרים כמו ייצור יין ואפייה. אחת הפטריות החד-תאיות הנפוצות בשימוש היא **השמרים**. בין הפטריות הרב-תאיות מוכרות פטריות הכובע. רוב המינים רעילים, אך מספר מינים טובים למאכל, ואף מגדלים אותם בכמויות מסחריות כמו שמפיניון. מקורות: סיון, ע. 1995. **יצורונים**. הוצאת מעלות, עמ' 42-28. מרבך, י. 1985. **מיצורים ירודים ליצורים עילאיים**. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, עמ' 91-113. בולד, ה. צ. 1983. **ממלכת הצמחים**. הוצאת יחדיו, עמ' 56-79.

מחזור החומרים בטבע

כמות החומרים בעולמנו קבועה, אין מקור חיצוני ממנו מקבל כדור הארץ חומרים. החומרים עוברים שינויים, בדרך כלל שינויים כימיים ו/או שינויים במצב הצבירה של החומר. החומרים עוברים בצורה מחזורית: מהאטמוספירה לאורגניזמים החיים, לקרקע ולמים ומהם בחזרה לאטמוספירה. למיקרואורגניזמים תפקיד חשוב במחזור החומרים בטבע, ללא פעולת הפרוק של המיקרואורגניזמים היו מצטברים על פני כדור הארץ יצורים שמתו, והחומרים המרכיבים את גופם לא היו מנוצלים לשימוש מחודש. מקורות: אורן, א. 1983. **חיידקים ונגיפים**. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, עמ' 48-57. ברנהולץ, ח. 1985. **מיקרוביולוגיה**. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, עמ' 6-12.

”תעודת זהות” גנטית -

**לפרט, לאוכלוסיית בני האדם
כולה, למינים אחרים**



לשם מה ועבור מי?

הזיהוי הגנטי אינו משקר

שיעור 1 

זה כמה שנים משכללים בתי המשפט והמשטרות בעולם את יכולתם לזהות בני אדם בעזרת פלאי הטכנולוגיה. מדובר ב"טביעת אצבעות" או "קלסטרון" גנטי, המבוסס על ניתוח ההבדלים בחומר התורשתי, הלא הוא ה-DNA.

מהם קלסטרוניס גנטיים? החומר התורשתי שלנו המצוי בגרעינו של כל אחד ממיליארדי התאים שבגופנו, זהה כמעט לחלוטין אצל כל שוכני כדור הארץ האנושיים. למה הדבר דומה? לכל בני האדם יש אף, פה, שתי עיניים ושתי אוזניים – מבנה בסיסי זהה של הפנים. אך בדומה להבדלים הדקים בפניהם של בני האדם, כגון שפתיים עבות או דקות, אף נשרי או סולד, כך גם ב-DNA יש הבדלים בין אדם לאדם. הבדלים אלה הם בעצם אחראים לכך שאין שני בני אדם זהים בתכונותיהם התורשתיות, פרט לתאומים זהים. רבים מן ההבדלים בינינו – הגובה, צבע השיער, מנת המשכל ואולי אף תכונות התנהגותיות מסוימות – צפונים בהבדלים קטנים במולקולות הארוכות של ה-DNA. ידוע היום ששני בני אדם שייבחרו באקראי שונים זה מזה, בממוצע, רק ב-0.1% מן ה"אותיות" של הצופן הגנטי, וכל שאר 99.9% מהאותיות – זהים לחלוטין.

אך עם יכולת חדשה זו צצו גם בעיות. לקריאתה של טביעת אצבעות רגילה או לזיהוי פרצופים אין צורך בהכשרה מדעית מעמיקה. אבל לצורך זיהוי "הקלסטרון הגנטי" צריך שהמעבדה הבודקת, וגם המערכת המשפטית, ירכשו ידע חדש המטרה למנוע עיוותי משפט שאין להם תקנה. חמור במיוחד המצב בארצות שבהן חבר מושבעים פוסק את הדין. משפטו של או-ג'י סימפסון, שחקן פוטבול שהואשם ברצח גרושתו ומאהבה, היה דוגמא מצוינת לכך. הקלסטרון הגנטי יצר זיהוי ללא עוררין, אך המושבעים העדיפו להתייחס לממצאים אחרים, אמינים הרבה פחות.

למרות כל המגבלות, סביר להניח שפיתוח הקלסטרון הגנטי יחולל מהפכה בבתי המשפט, ויחזק את יכולתה של החברה להגן על עצמה.

* הכותב הוא ראש המחלקת לחקר ממברנות וביופיסיקה וראש פרוייקט הגנום במכון ויצמן.

1. במה דומה הקלסטרון הגנטי לקלסטרון הרגיל הנמצא בשימוש במשטרה?

2. מה היתרונות ומה החסרונות של זיהוי פלילי על-ידי קלסטרון גנטי לעומת זיהוי על-ידי קלסטרון או טביעת אצבעות?



3. רשמו שלוש שאלות לפחות שהייתם שואלים מדען המתמחה בזיהוי אנשים לפי הקסטרון הגנטי.

ומעשה שהיה...

במסגרת מלחמת הכנפיות בנתניה, נורה אדם על-ידי אופנוען בכמה יריות מטווח קצר. לאחר הרצח אותרו בפרדס בנתניה האופנוע השרוף ושני אקדחים, שנעטפו בחולצה זהה לזו שלבש הרוצח, על פי עדי הראיה. החולצה נבדקה במכון לרפואה משפטית, ונמצא עליה כתם דם זעיר. נעצר חשוד ברצח. החוקרים ביקשו ממנו דגימת דם או רוק, בלי לומר לאיזו מטרה, אך הוא כמובן סירב.

אלא שאיתרע מזלו של החשוד. והוא מעשו כבד. בדלי הסיגריות שעישו בחקירות.

במדינות רבות במערב שוקלים הקמת מאגרי מידע, בהם ירוכזו נתונים על DNA של אנשים רבים. עד מרס 1998 היו בארה"ב כ-200 אירועים של "בול פגיעה" – כך מכונה המצב שבו המחשב מגלה את זהותו של פושע, באמצעות השוואה של דגימת DNA שנתגלתה בזירת הפשע, עם DNA המופיע במאגרי המידע.



4. פיתוח הטכנולוגיה של טביעת האצבעות הגנטית יוצרת דילמה. חזרו על הסבר המושג (עמ' 21 בפרק חקלאות), ציינו את העמדות האפשריות, והעלו טיעונים המצדיקים כל צד בדילמה.
5. נסחו הצעת חוק שתנחה את המשטרה בפעילותה בנושא הקמת מאגר ה-DNA. בהצעתכם התייחסו בין היתר לחובה לעבור את הבדיקה, לזכות הגישה והשימוש במאגר המידע, ולכלל היבט נוסף העולה בדעתכם.

"טביעת אצבעות" של DNA – איך עושים את זה?

1984- בישר הגנטיקאי הבריטי אלן ג'פריז כי ניתן למצוא את "טביעת האצבעות הגנטית", הייחודית לכל אדם.

השיטה לקביעה של טביעת האצבעות הגנטית נעשית במספר שלבים :

- ◆ אוספים דגימה של שיער, דם, זרע או כל תא אחר מאיזור הפשע או מהאדם הנבדק.
- ◆ מתוך התאים שבדגימה, המכילים חומרים שונים, מפרידים את ה-DNA.
- ◆ מוסיפים ל-DNA אנזימים מיוחדים הנקראים "אנזימים מגבילים" (בלועזית: אנזימי רסטריקציה). על אנזימים אלה תוכל לקרוא בקטעי ההרחבה שבסוף הפרק.
- אנזימים אלה חותכים את מולקולות ה-DNA ליד רצפים מסוימים בלבד. כל אנזים מזהה רצף ייחודי לו, וחותר את מולקולת ה-DNA ליד רצף זה.
- למה הדבר דומה? למספריים הגוזרים ספר בצורה משוכללת: רק משמאל למילה מסוימת. המספריים סורקות את הדף מילה אחר מילה, ובכל פעם שהן נתקלות במילה המסוימת – הן גוזרות משמאל לה.

✍ 1. אם נשתמש במספריים משוכללים אלה לגזירת שני עותקים זהים של אותו ספר – האם נקבל אותו מספר קטעים משניהם? האם הקטעים יהיו בעלי אותו אורך? נמק!

✍ 2. אם נשתמש במספריים אלה לגזירת שני ספרים שונים – האם נקבל אותו מספר קטעים משניהם? האם הקטעים יהיו בעלי אותו אורך? נמק!

✍ 3. אם נשתמש בשני סוגים שונים של מספריים (כלומר, כל אחד גוזר ליד מילה אחרת) לגזירה של שני ספרים זהים – האם נקבל אותו מספר קטעים משניהם? האם הקטעים יהיו בעלי אותו אורך? נמק!

חיתוך DNA של פרט מסוים על ידי אנזים מגביל, ייתן מספר קטעים בעלי אורך מסוים האופייניים לאותו פרט.

אם נבצע, בעזרת אותו אנזים מגביל, חיתוך של DNA מפרט אחר, נקבל מספר אחר של קטעים באורך שונה.

השלב הבא הוא להפריד בין כל קטעי ה-DNA שקיבלנו, ולקבוע את אורכו של כל קטע.

הפרדת קטעי ה-DNA:

- ◆ שמים את קטעי ה-DNA בצד אחד של מלבן העשוי ג'ל, ומפעילים עליו שדה חשמלי.
- ◆ קטעי ה-DNA "נוודים" לצד השני של הג'ל. קצב הנדידה נקבע על ידי גודל הקטע: ככל שהקטע יותר קצר (ולכן בעל משקל נמוך יותר) הוא "ינווד" למרחק גדול יותר.
- ◆ לאחר שהסתיימה הנדידה צובעים את ה-DNA בצבע מתאים.

✍ 4. מדוע לדעתך צריך לצבוע את קטעי ה-DNA?

מה שמתקבל הוא רצף של פסים. מספר הפסים שהתקבלו, עוביים, והמרחק שלהם מנקודת ההתחלה אופייניים לכל אדם.

כל פס מכיל קטעי DNA שווים באורכם.

5. אם תשווה בין דגם הפסים שהתקבל מ-DNA של תאי עור, לדגם הפסים שהתקבל מ-

DNA של תאי שריר של אותו אדם – מה לדעתך תהיה התוצאה? הסבר.

6. אם תשווה בין דגם הפסים, שהתקבל מ-DNA של אדם אחד, לבין דגם הפסים שהתקבל

מ- DNA של אחיו התאום הזהה - מה לדעתך תהיה התוצאה? הסבר.

7. אם תשווה בין דגם הפסים, שהתקבל מ-DNA של אדם, לבין דגם הפסים שהתקבל מ-

DNA של אדם אחר, שאינו קרוב משפחה - מה לדעתך תהיה התוצאה? הסבר.

8. הסבר כיצד ניתן להשתמש בשיטה זו כדי לזהות אדם שביצע פשע.

קביעת האורך של קטעי ה-DNA

כדי לדעת מה אורכו של כל אחד מקטעי ה-DNA (כלומר, מכמה נוקליאוטידים מורכב כל קטע), יוצרים תערובת של קטעי DNA שאורכם ידוע. מריצים את התערובת הזאת במקביל על אותו גיל, ומשווים את הפסים.

תערובת בלתי ידועה	DNA ידועה	תערובת
		4000
		3000
		2000

9. מהו, בערך, אורכם של קטעי ה-DNA מן התערובת הלא-ידועה?

10. כפי שניתן לראות באיור, התקבלו מתערובת ה-DNA הנבדקת פסים בעלי עובי שונה.

מה לדעתך משמעות הדבר?

תרגיל 1

בבית חולים חל בלבול ושלושה תינוקות הוחלפו מיד לאחר הולדתם. נערכו בדיקות DNA לתינוקות ולזוג ההורים הראשון שבא לקחת את ילדו.

הממצאים מוצגים להלן :

אבא	אמא	ילד ג'	ילד ב'	ילד א'
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

מי הילד של זוג הורים זה? הסבר לפי מה קבעת.

תרגיל 2

בסדרת הציורים הבאה, המתארת את שלבי הבדיקה לקביעת טביעת האצבעות הגנטית של חשוד, חל בלבול בסדר השלבים. הוסף את המספרים המתאימים לכל אחד מהציורים לפי השלבים הבאים:

- איסוף הדגימות שיהיו מקור ל-DNA.
- הפקת ה-DNA מן התאים.
- חיתוך ה-DNA למקטעים בעזרת אנזים מגביל.
- העברת תערובת הקטעים לג'ל.
- העברת זרם חשמלי בג'ל.
- צביעה של המקטעים שהתקבלו.
- מציאת אורך קטעי ה-DNA שתקבלו בכל אחד מהפסים, והשוואה ל-DNA של החשוד.

תרגיל 3

כדי לבדוק את אורכו של קטע DNA מסוים עשו את הניסוי הבא :

במקום א' על הג'ל שמו תערובת של 6 קטעי DNA שאורכם ידוע. הם שימשו כסמנים.

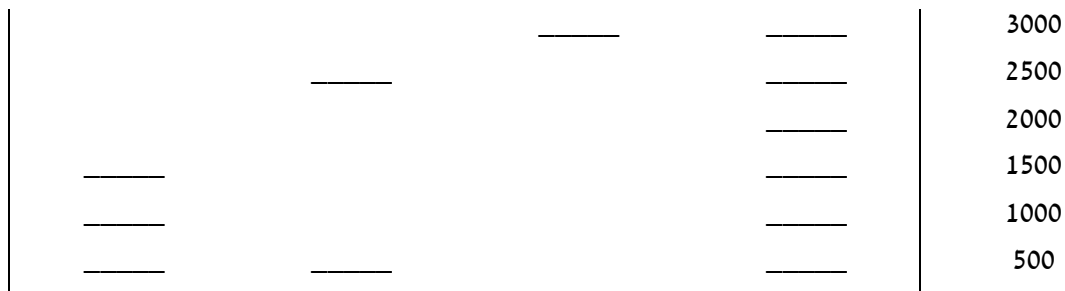
במקום ב' שמו את קטע ה-DNA, בלי שעבר כל שינוי.

במקום ג' שמו את ה-DNA הנבדק, לאחר שעבר חיתוך על-ידי אנזים מגביל X.

במקום ד' שמו את ה-DNA הנבדק, לאחר שעבר חיתוך על-ידי אנזים מגביל Y.

לאחר שהעבירו בג'ל זרם חשמלי, וצבעו אותו בצבע הצובע DNA, התקבלו התוצאות הבאות :

אורך הקטע (מס') נוקליאוטידים)	א. VI	ב'	ג'	ד'



א. מאיזה טור בג'ל ניתן לדעת את אורכו של קטע ה-DNA הנבדק? מה אורכו?

ב. לכמה קטעים נחתך הקטע על-ידי אנזים X ומה אורכם?

ג. לכמה קטעים נחתך הקטע על-ידי אנזים Y ומה אורכם?

ועוד שכלול קטן-גדול...

לפני מספר שנים פותחה שיטה המאפשרת לשכפל במעבדה במהירות ובקלות יחסית קטעי DNA. משמעות הפיתוח היא שגם אם יש דגימה הכוללת מספר קטן מאד של תאים, והכמות של ה-DNA שמפיקים ממנה קטנה מאד, ניתן במעבדה ליצור ממנה עותקים, כך שיהיה DNA בכמות מספיקה כדי לבצע עליו את הבדיקות לקביעת טביעת האצבעות שלו.

10. כיצד עשויה שיטה זו לעזור בזיהוי הפלילי?

חשוב לציין ש-DNA הוא חומר עמיד, הרבה יותר מאשר חלבון למשל. הצליחו לבודד קטעי DNA מרקמות בנות 2,400 שנה של מומיה מצרית!

לשיטה של קביעת טביעת האצבעות הגנטית יש מספר מגבלות שחשוב לקחת בחשבון:

- לא כל הרצפים ב-DNA האנושי הם שונים אצל בני אדם שונים. להפך: רוב ה-DNA אצל בני האדם זהה, ורק חלק קטן מאוד מן הרצפים הוא ייחודי לכל אדם.
- יכול להיות מצב שבו יתקבלו מחיתוך, על-ידי אנזים מגביל מסוים, קטעים שהם דומים אצל הרבה אנשים, ולא ייחודיים לאדם הנבדק.
- הדבר נכון במיוחד אם מדובר באנשים שהם קרובי משפחה. אמנם ה-DNA אצל בני המשפחה אינו זהה (אלא אם הם תאומים זהים), אבל הסיכוי שחלק מן הקטעים יהיו זהים הרבה יותר גדול אצל בני אותה משפחה, מאשר אצל אנשים זרים.
- ייתכן שהדגימה הנבדקת מכילה DNA של יותר מאדם אחד. דבר זה יכול לקרות בקלות רבה. אנחנו משאירים "עקבות" של DNA בכל מקום שבו נגענו.
- יכול לקרות מקרה שבו מעבירים לגיל את תערובת קטעי ה-DNA שהתקבלו בחיתוך על-ידי האנזים המגביל, לפני שהאנזים סיים את פעולתו. במקרה זה נקבל קטעים ארוכים יותר מאשר היו צריכים להתקבל.
- לפעמים ההפרדה בין הפסים בגיל איננה טובה. שני פסים יצאו קרובים מאוד זה לזה, ויכולים להתפרש בטעות כפס אחד.



11. העלו טיעון בעד שימוש בשיטה של טביעת אצבעות של DNA כראיה משפטית. בססו אותו על מה שלמדתם על השיטה.

12. העלו טיעון אחד נגד השימוש בשיטה בבית המשפט, והסבירו אותו.

13. אילו הייתם השופטים, האם הייתם מקבלים את טביעת האצבעות הגנטית של נאשם כעדות הגורמת להרשעה או זיכוי? נמקו את תשובתכם.

14. חזרו לקטע בשיעור 1. האם אתם מסכימים עם כותרת המאמר "הזיהוי הגנטי לא משקר"? העלו טענה אחת לפחות בעד, וטענה אחת לפחות נגד. נמקו את טענותיכם.

15. האם ניתן לשער, על פי המאמר, מה עמדתו של הכותב? על מה אתה מבסס את תשובתך?

בשנת 1990 יצא לדרך אחד הפרוייקטים הגדולים והיומרניים בתולדות המדע: מיפוי ופענוח הגנום האנושי.

מטרות הפרוייקט היו למפות את רצף הנוקלאוטידים של כל ה-DNA הנמצא בתא של אדם, ולפענח לאיזו תכונה אחראי כל קטע DNA שרצף הנוקלאוטידים שלו ומיקומו ידועים (מיקום = על גבי איזה כרומוזום נמצא הרצף, ובאיזה מקום בדיוק על גבי הכרומוזום). מדובר בפרוייקט עצום, הן מבחינת היקף העבודה והן מבחינת התקציב: זהו מבצע בינלאומי שבו נוטלים חלק מאות חוקרים ממדינות שונות. עלותו המשווערת היא שלושה מיליארד דולר. בעיקר הנטל נושאות ארצות הברית ומדינות מערב אירופה. בארץ פועל המרכז הישראלי לחקר הגנום, שמרכזו במכון ויצמן ברחובות. מדענים ישראלים מאוניברסיטאות שונות בארץ כבר תרמו לפרוייקט במיפוי ופענוח גנים שונים.

קצב הפרוייקט הוא מאד כאשר למרוץ הצטרפה חברה מסחרית אמריקאית – חברת סלרה. ב-26 ביוני 2000, הרבה לפני תאריך היעד המקורי עליו הכריזו המדענים שהחלו בפרוייקט, הודיעו ד"ר פרנסיס קולינס, האחראי על פרויקט הגנום הציבורי בארה"ב וד"ר קרייג ונטר, נשיא חברת סלרה, על השלמת הטיוטה הראשונה של פרויקט הגנום האנושי.

ההכרזה על השלמת הטיוטה היא ציון דרך סמלי יותר מאשר ממשי. רצפי ה-DNA המתגלים בפרוייקט הציבורי מופקדים באופן שוטף כל 24 שעות במאגר מידע באינטרנט. רצפי ה-DNA המתגלים בחברת סלרה עומדים לרשות המעוניין תמורת תשלום. ראוי לציין את העובדה כי חלק מההישגים של חברת סלרה מתבססים על נתוני הפרוייקט הציבורי, ולא היו אפשריים בלעדיהם. מאגר המידע כבר סייע לזהות אלפי מוטציות גנטיות, המגדילות את הסיכוי ללקות במחלות, וכן לפתח בדיקות לאבחון גנטי ותרופות מסוג חדש. עם זאת, חשוב לדעת כי מיפוי של רצף כלומר, קביעת סדר הנוקלאוטידים המרכיבים אותו, הוא רק הצעד הראשון בדרך לפענוח המשמעות שלו מבחינת השפעתו על תהליכים בגוף.

אורך כל ה-DNA הנמצא בתא של אדם הוא כ-3 מיליארד נוקלאוטידים. אילו היינו יכולים לפרוש את ה-DNA הנמצא בתא אחד לחוט ישר, היינו מקבלים חוט באורך של 2 מטר!

1. כיצד לדעתך אפשרי מצב שבו "חוט" DNA בעל אורך כזה נמצא בתוך תא שאורכו אלפיות המילימטר (מיקרונים)?

בבדיקות הסתבר ש-95% מה-DNA הם רצפי חיבור בין הגנים, שפעילותם איננה ברורה עדיין. כ-5% מן ה-DNA הנמצא בתא מהווה **צופן גנטי** לחלבונים שונים בתא. ההערכה המקובלת היא שמספר הגנים באדם הוא 100,000. כלומר, ב-DNA שלנו יש כ-100,000 קטעי DNA, שכל אחד הוא צופן לחלבון מסוים בתא, וכל אחד קשור לתכונה מסוימת. לשם השוואה: הגנום של החיידק

E. coli (מיודענו מעמ' 44 ו-60) מכיל 3,000 גנים, והוא מופה באופן מפורט כבר לפני שנים אחדות.

לגנים רבים קיימות מספר גרסאות שונות. בדרך כלל יש שתיים או שלוש מתוך כל הגרסאות שהן הנפוצות ביותר באוכלוסייה.

המושג "גנום אנושי" מטעה. למעשה, אי אפשר לקבוע רצף DNA אחד של התא האנושי, כפי שאי אפשר להגדיר מהן התכונות המאפיינות אדם. לכל אדם גנום משלו.

2. עם סיום פרויקט הגנום, בהנחה שכל רצפי ה-DNA זהו, כיצד לדעתך ישיב מדען על השאלה: "מהו רצף ה-DNA האחראי לגן הקובע את צורת האף?"

3. האם תתקבל אותה תשובה מחוקרים שעשו את המחקר בשבדיה, ומחוקרים שעשו את המחקר בסין? מדוע?

חוקרים מאוניברסיטת ואשינגטון בדקו גן הנקרא LPL. זהו גן החשוד במעורבות במחלות לב. הגן נבדק באוכלוסיות שונות.

החוקרים זיהו 88 גרסאות שונות. דהיינו, 88 רצפי DNA שכל אחד מהם הוא הגן LPL. רק 4 מתוך ה-88 נבדלו בפעילות של הגן. כלומר, ב-84 הגרסאות האחרות לא היה הבדל בתפקודו של הגן.

המידע שייכנס למאגר המידע של פרויקט הגנום האנושי לגבי הגן LPL יכלול אם כך:

■ את 84 רצפי הנוקלאוטידים של הגרסאות השונות של הגן, שלדעת החוקרים היום אין להן משמעות לגבי תפקודו,

■ את 4 הגרסאות של רצפי הנוקלאוטידים, הידועות כמשפיעות באופן ישיר על תפקודו של הגן.

דוגמא זו, כמו הדוגמאות האחרות ביחידה, עוסקת בתכונה הנקבעת על-ידי גן אחד. במציאות, רוב התכונות נקבעות על ידי יותר מגן אחד, מה שמסבך כמובן את העניין הרבה יותר...

4. הסבר מדוע פרויקט כמו פרויקט הגנום לא היה אפשרי לפני עידן המחשבים.

פענוח הגנום האנושי – היקום הגולם על יוצרו?

בהיסטוריה של המדע היו תקדימים לניסיונות לאסוף את כל הידע האפשרי בתחום מסוים ולארגן אותו בשיטה אחידה ומוסכמת, המרחיבה את ההבנה: הביולוג השבדי לינאוס בנה בשנת 1753 מערכת של ארגון ומיון כל המינים של בעלי-החיים והצמחים שהיו ידועים בזמנו. הכימאי הרוסי מנדלייב ארגן בשנת 1869 את כל החומרים הידועים בזמנו בטבלת היסודות הכימיים. בשני התחומים הללו נוסף במהלך השנים הרבה מאד ידע. טבלת היסודות הכימיים (הטבלה המחזורית) הורחבה, אבל המבנה הבסיסי שלה נשאר כפי שהיה. כך גם ארגון המינים הנוספים של החי והצומח.

בפועל, יש לפרוייקט הגנום משמעויות והשלכות חברתיות, כלכליות, פסיכולוגיות ומוסריות שלא היו קיימות בפרוייקטים דומים.

המידע הגנטי של אדם שונה מכל מידע רפואי אחר. בדיקה רפואית רגילה מספקת מידע לגבי מצבו הבריאותי בזמן הבדיקה.

מבדיקת הגנום של אדם עלול להתקבל מידע על בעיה רפואית סמויה, שיש לה סיכוי לפרוץ בעתיד. לדוגמא: איך נתייחס למידע על סוג מסוים של סרטן שד שעלול להתפרץ אצל הנבדקת, אולי בעוד שלושים שנה?

יש מחלות רבות המתפרצות בשלבים מאוחרים יותר במהלך החיים. מבדיקת ה-DNA ניתן לדעת אם האדם נושא את הגן למחלה. אי אפשר לדעת בוודאות מתי תתפרץ, ובאיזו חומרה.



ערכו דיון בקבוצה וסכמו את ההיבטים השונים של הבעיה. התייחסו לדוגמא של מחלה מסוימת (סרטן השד או מחלה אחרת), והעלו את הטענות לכל צד של הדילמה:

ההיבטים המדעיים-רפואיים

האם גילוי כזה מחייב נקיטה של צעדים רפואיים מיוחדים?

VII. ההיבטים החברתיים

למי תהיה זכות גישה למידע הגנטי של אדם – לרופא המשפחה? לחברת הביטוח? למעסיק? לצבא? למשטרה?

מי יקבע למי זכות הגישה למידע – האדם עצמו? המחקר בכל ארץ? גוף בינלאומי? לאילו גופים תינתן הרשות לעסוק בפענוח הגנום של בני אדם: מעבדות מחקר באוניברסיטאות ציבוריות או כל מעבדה?

VIII. ההיבטים המוסריים

האם צריכה להישמר זכותו של האדם לא לדעת? והאם הוא יכול להחיל זכות זו גם על בני משפחתו? ילדיו?

האם התחזית הרפואית של אדם, כפי שבאה לידי ביטוי בגנום שלו, צריכה להיות שיקול במיון אנשים לצרכים שונים (לדוגמא: תפקידים מיוחדים, קבלה למסגרות שונות).

IX. ההיבטים הכלכליים

למי תינתן האפשרות לעשות "תעודת זהות" גנטית מלאה – לכל האוכלוסייה? רק לאלה שמבקשים? לפי מה ייקבע סדר העדיפויות של הבדיקה שמחירה עדיין יקר מאוד?

X. ההיבטים המשפטיים

האם הסתרת מידע על גן פגום יכולה לחשוף אדם לתביעה משפטית מצד אשתו? ילדו שנולד עם הפגם? מקום עבודתו? חברת הביטוח שלו?

מספר נקודות נוספות למחשבה...



כל הדיונים על זיהוי תכונות תורשתיות, בעקבות פענוח רצף הנוקלאוטידים ב-DNA של אדם, עוסקים בסיכוי. בין אם מדובר בגנים שיש הסכמה לגבי היותם מזיקים מאוד (כמו הגן למחלת הטאי-זקס שהוזכרה בעמ' 47), בגנים לפגמים שניתן לחיות אתם (כמו הגן למחלת פניל-קטווריה) או בגנים לתכונות אופי שחוקרים שונים טענו שפענחו (תוקפנות, התמכרות יצירתיות וכו'), מדובר בסיכוי שהתכונה תבוא לידי ביטוי באותו אדם. וסיכוי אינו וודאות.



בחלק מן התכונות שלנו – התכונות הגופניות וודאי מאפייני האישיות – יש לסביבה שבה חי האדם – הסביבה הפיסית והסביבה החברתית – השפעה משמעותית. אם נחזור לדוגמא של סרטן השד ברור שגם אם שתי נשים נושאות אותו גן למחלה, והאחת חיה בסביבה מרובת קרינה (למשל: עובדת מכון רנטגן), הסיכוי של שתיהן לחלות איננו זהה, למרות שהמטען הגנטי לתכונה זו זהה אצל שתיהן. ומה בדבר תכונות אופי? יש הסכמה על כך למעגלים החברתיים השונים (משפחה, חברים, חברה) יש השפעה על אישיותו של האדם. במחקרים שנערכו על **תאומים זהים** שגודלו במשפחות שונות, נמצאו הבדלים באישיות למרות המטען הגנטי הזהה. יש טענה שפוטנציאל ההשתנות שלנו הוא גנטי. כלומר, היכולת שלנו להשתנות במידה זו או במידה אחרת נקבעת על ידי ה-DNA שלנו. אבל בשאלה האם להשתנות, עד כמה ולאיזה כיוון – האם הכרומוזומים שלנו הם אלה האומרים את המילה האחרונה?

שיעור 1

תאומים זהים

תאומים בעלי מידע תורשתי זהה. הם מתפתחים מאותו תא ביצית מופרה. לעיתים נדירות תא ביצית שהופרה מתחלק לאחר החלוקה הראשונה ומשני התאים שנוצרו מתפתחים שני עוברים זהים. תופעה זו מתרחשת אחת ל-270- הריונות בערך. לעיתים נדירות ביותר מתרחשת תקלה בתהליך ההפרדה בין שני העוברים, והם נשארים מחוברים בחלק מסוים של גופם. תופעה זו נקראת "תאומים סיאמיים". מקורות: גולד, נ. 1994. **חידת התורשה**. הוצאת מט"ח, עמ' 157-158.

צופן גנטי

ה"מילים" הגנטיות, הקובעות את סדר החומצות האמיניות בחלבונים. כל "מילה" גנטית מורכבת משלושה נוקלאוטידים. כזכור, יש 4 סוגים של נוקלאוטידים, כך שיש לנו "שפה" בעלת 4 אותיות, וכל המילים בה הן בנות 3 "אותיות". הצופן הגנטי, המכונה גם קוד גנטי דומה בכל היצורים החיים. פענוח הצופן הגנטי הוא אחד ההישגים הגדולים של **הביולוגיה המולקולרית**. בשנת 1968 הוענק פרס נובל למדענים הולי, קורנה ונירנברג על תרומתם לפענוח הצופן הגנטי, ותפקודו ביצירת חלבונים.

על הצופן הגנטי תוכל לקרוא בדף ההעשרה "ועוד על מבנה ה-DNA" שבסוף פרק החקלאות. מקורות: עתידיה, י. 1990. **גנטיקה**. הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, עמ' 95, 108.

ליבוויץ', י. 1978. **התפתחות ותורשה**. האוניברסיטה המשודרת, הוצאת משרד הביטחון, עמ' 65-69.

שינוי תכונות תורשתיות באדם -



האמנם?

רבקה ישראלי חולה במחלה התורשתית **PKU (פניל-קטונוריה)***. היא מצליחה להימנע מהתפרצות חריפה של המחלה רק על-ידי שמירה קפדנית של דיאטת חלבונים משחר ילדותה. בעלה יצחק הוא **נשא** של המחלה. בני הזוג פנו לוועדת האתיקה של בית החולים בבקשה לאשר להם הפריית מבחנה, בדיקה גנטית של הביצית המופרית ו"תיקון גנטי" במידת הצורך.

*מידע על PKU הופיע בעמ' 38 ו-47.

1.  רשום שלוש שאלות אותן ניתן לשאול לגבי הנושא המדעי הקשור לקטע.
2.  האם יש שאלות שאתה יכול לענות עליהן על סמך מה שלמדת בפרקים קודמים ביחידה?
אם כן – רשום את התשובה.
3.  החלף מחברת עם תלמיד אחר. ערוך תיקונים/הוספות לתשובותיו, רשום שאלות נוספות שהעלית.



4.  קבל חזרה את מחברתך. אם נכתבו בה שאלות חדשות, ענה עליהן.
5. הסבר את הדילמה הניצבת בפני מקבלי ההחלטות במקרה זה. שים לב: דילמה איננה שאלה, אלא בעיה הנובעת מהתנגשות בין שתי השקפות (ראה עמ' 28).
6. הבא טיעון/ים בעד כל השקפה. וודא שהטיעון שהצעת מתבסס על עובדות מדעיות.
7. באיזו השקפה אתה תומך? נמק את בחירתך.

בקשתה של משפחת ישראלי אושרה ללא היסוסים על-ידי ועדת האתיקה של בית-החולים. זה היה החלק הראשון של הבקשה. במקביל לכך פנתה משפחת ישראלי בבקשה נוספת, לבדוק עוד שלושה גנים הנוגעים למראה החיצוני של הילד העתיד להיוולד, ולתקן גם אותם במידת הצורך: גן הקובע את הגובה המירבי של הצאצא, גן הקובע את צורת האף וגן הקובע את עובי השפתיים. בקשה זו נמקה על-ידי יצחק ישראלי במילים הבאות: "סבי מצד אבי ז"ל, אבי, שניים משלושת אחי ועוד מספר דודים ובני דודים מצד אבי סובלים ממראה "גלותי" המתבטא בקומה נמוכה (1.60-1.65 מ'), אף מעוקם ושפתיים עבות באופן מיוחד. משפחתי עלתה לארץ בהיותי בן 3, ואני גדלתי והתחנכתי בקיבוץ. קצרה היריעה מלבטא את הסבל הנפשי ואת קשיי ההסתגלות שסבלתי ועודני סובל כתוצאה מהסתירה האיומה בין צורתי החיצונית לבין תחושותי ושאפתי להיות צבר חסון וגאה. אבקש לחסוך מילדי את הסבל המיותר הנגרם על-ידי אותם גנים".

באדיבות ד"ר פליקס לאוב – מכון ויצמן למדע

8. על סמך אילו עובדות חושב מר ישראלי כי התכונות של גובה, צורת האף וצורת השפתיים הן תכונות תורשתיות?



9. מה הדילמה הקשורה לבקשה זו של מר ישראלי?

10. במה דומה דילמה זו לדילמה הקודמת?

11. במה היא שונה?

12. הבע את דעתך ונמק אותך.

מציאות או דמיון?

שיעור 2

"הנערים מברזיל" הינו ספר דמיוני, בו מסופר על מדעניו של היטלר. מדענים אלה ניסו לפתח שיטה, שתאפשר להם לקחת תא מגופו של אדם, אותו מעונינים לשכפל גנטית, ולהפוך אותו בצורה מבוקרת לאדם חי ונושם. האדם החדש יהיה זהה בתכונותיו המורשות לאדם ממנו נלקח התא המקורי, בדומה לתאומים זהים גנטית. למרבית המזל לא צלח הדבר בידיהם, והעלילה, שנכתבה על ידי לוין, מעולם לא התרחשה. בתקופה שבה נערכו ניסיונות הזוועה בבני אדם עדיין לא היה מוכר מבנה ה-DNA, ולכן גם לא הבסיס המולקולרי של התורשה. זו אחת הסיבות לכך שהספר, שנכתב מיד לאחר מלחמת העולם השנייה, נחשב לדמיון פרוע. יתר על כן, היו אז מדענים שפקפקו בכך שה-DNA הוא החומר התורשתי, שכן לטענתם חומר כה פשוט לא כשיר לשמש למטרה כה מורכבת כמו הורשה. היום ה-DNA הוא חומר מוכר, ומבנהו המולקולרי המאפשר הורשה, פוענח. בשיטות של הנדסה גנטית נעשים כל הזמן ניסיונות לשינוי מולקולות DNA, והקניית תכונות חדשות ליצורים שונים. בתחילת שנות ה-90 נכתב הספר "פארק היורה". בספר הועלתה האפשרות כי בשיטות של הנדסה גנטית יתורגם המידע הגנטי המוצפן במולקולות DNA של דינוזאורים. מולקולות אלה נשתמרו כולאות מאז תקופת היורה, לפני 150 מיליון שנה, והתקופה הקריטונית, לפני 60 מיליון שנה, באיבר המציצה של חרקים עוקצים, שנלכדו בענבר (שרף עצים מאובן). הרעיון היה ליצור מהן דינוזאורים חיים. יש הבדל עקרוני בין שכפול של יצור או תא שלם לבין "שיחזור" של יצור שלם מקטעי DNA. להבדיל מתא חי המתחלק ומתרבה, מולקולות DNA הן חומר לא מורכב יחסית, והן ניתנות לייצור בתהליך פשוט מהחומרים המרכיבים אותן. לכן קשה לדמיין כיצד ניתן במבחנה ליצור יצור שלם גדול ומורכב מקטעי DNA.

1. מה המשותף ל"הנערים מברזיל" ו"פארק היורה"?

2. השלם את הטבלה:

ההבדלים בין שני המקרים המתוארים בקטע

"הנערים מברזיל"	"פארק היורה"
	מאיזה יצור נלקח החומר התורשתי
	בוצע שכפול של תא שלם (כן/לא)
	העבודה נעשתה ברמת ה-DNA (כן/לא)



3. בפרק "פרות יעילות יותר" העליתם בעיות מוסריות שעלולות להתעורר בעקבות העיסוק בתאים ובחומר התורשתי.

א. האם הבעיות שהעליתם באות לידי ביטוי גם בקטע זה? הסבירו.

ב. רשמו שימושים אפשריים של כל אחת מהשיטות שהוזכרו בקטע, ציינו אם השימוש הוא חיובי או שלילי ונמקו.

4. האם לדעתכם הספרים עדיין דמיוניים?

רשמו את טענות חברי הקבוצה וציינו איזה מידע יעזור לכם להשיב על השאלה.

האירוע הבא התרחש בסקוטלנד. הוא מתואר בסרט של ערוץ 8, ובקלטת "שמי הוא ג'ון".

מדענים בראשות ד"ר איאן וילמוט, הצליחו להשתמש בתא גוף של כבשה ולשכפל אותו כך שישמש עובר, וממנו נולדה כבשה נוספת, זהה בכל תכונותיה לכבשה המקורית. הכבשה המשוכפלת שונה בכך שיש לה רק הורה גנטי אחד. לשם יצירתה לא היה צריך זוג הורים אלא נדרש רק המידע הגנטי של הכבשה, שממנה נלקח התא. השיטה היא לשתול את גרעין התא שבו הצופן הגנטי, בתוך ביצית שלא עברה הפריה, לאחר שהגרעין שלה הוצא ממנה. הכבשה דולי שנולדה ביולי 1996 היא בעל החיים הראשון, הנמנה על מחלקת היונקים, שנוצר בדרך זו.

עדיין אי אפשר לשכפל בני אדם, אולם בדומה להתפתחויות טכנולוגיות ורפואיות רבות, צופים המדענים כי תוך מספר שנים ניתן אולי אף לשכפל אדם שלם. כבר היום מצויים אמצעים להולדת ילדים שלא בדרך הטבעית: הפריה מלאכותית, שבה אישה מופרת מזרע של גבר שאינו בעלה, והפריה חוץ גופית (-הפריה מבחנה), שבה הרופא מפגיש בין תא זרע לביצית במעבדה, או השתלת עובר ברחם של אם פונדקאית. אמצעים אלו מאפשרים לזוגות חשוכי ילדים ולאנשים שלא נישאו ליהנות מחוויית ההורות. לעומת זאת האפשרות לשכפל בני אדם גורמת לחששות. יש טענה כי השיטה החדשה של וילמוט ראוייה מבחינה מדעית לפרס נובל, אבל היא לא תזכה בגלל ההשלכות המסוכנות שלה.

1.  חווה דעתך על המשפט הבא: "שיטת השיכפול של וילמוט ראוייה מבחינה מדעית לפרס נובל, אבל מעריכים שהיא לא תזכה בגלל ההשלכות המסוכנות שלה".
2.  כמה אימהות יש לדולי? כמה אבות? העזר באיור שבעמוד הבא.
3.  למי תדמה דולי לכבשה א' ? ב' ? או ג' ? נמק.
4.  הכבשה דולי זהה בתכונותיה ל"אמה הגנטית". כבשה רגילה, שנולדה בלי התערבות האדם, היא דומה, אך לא זהה בתכונותיה לשני הורים. הסבר ממה נובע ההבדל בין שני המקרים.
5.  כאשר התפרסמה פרשת דולי התארגנו בעולם הפגנות נגד ובעד טכנולוגיות השכפול. הצע שתי כותרות לשלטים להפגנה: בעד ונגד טכנולוגית השיכפול.

התפתחות טכנולוגית זו מאפשרת פיתוח רב לעתיד. אולם יש לדאוג שפיתוח זה יהיה **בר קיימא**. כלומר, לדאוג למזער את הנזקים הנגרמים לסביבה, כיום או בעתיד, כתוצאה מהפיתוח.

6. אילו נזקים עלולים להיגרם כתוצאה משכפול בלתי מבוקר של מינים צמחים ובעלי חיים?

7. מה ניתן לעשות כדי למזער נזק זה?

נקודה למחשבה...

חשוב לעשות את האבחנה בין שני תהליכים:

תהליך אחד הוא בידוד של קטע DNA מתא כלשהו, והחדרתו לתא אחר. כאשר התא המקבל, הוא התא ה"מהונדס", יתרבה, נקבל שבט של תאים שכולם מכילים את קטע ה-DNA החדש. תהליך זה נקרא שיבוט (באנגלית: cloning) של גן, והתא המקבל נקרא תא **משובט**. יש עוד מושגים שכולם מתייחסים לתא המכיל קטע DNA ממקור זר: **מהונדס, רקומביננטי**. כאשר מדובר בבעל-חיים או צמח (ולא ביצור חד-תאי), שהוחדר לו בשלב עוברי מוקדם DNA זר, משתמשים לפעמים גם במושג **טרנסגני**.

8. תן דוגמא לשיבוט ויצירת תא רקומביננטי (משובט). ציין מיהו התא המשובט, מהו הגן המשובט ומנין נלקח.

9. תן דוגמא לצמח ולבעל-חיים טרנסגני. ציין מהו הגן המשובט ומנין נלקח.

תהליך שני הוא החדרה של גנום שלם מתא אחד לתא אחר, לאחר שהוצא מהתא המקבל הגנום המקורי. כאשר התא המקבל יתרבה, ייוצרו שכפולים של הגנום שהכנסנו. יש מקורות מידע המכנים תהליך זה בשם **שכפול**, ויש המכנים אותו שיבוט. לפעמים באותו מקור משתמשים בשני המושגים לסירוגין לגבי אותו דבר. כך היצור המשוכפל מכונה לפעמים גם משובט.

10. כיצד היית מציע להשתמש במושגים על מנת למנוע בלבול?

11. איזו משתי הטכניקות היא פתרון אפשרי למחלות תורשתיות? הסבר.

12. איזו טכניקה תורמת יותר לשינוי התכונות התורשתיות? מדוע?



שכפול גנטי – "בית חרושת" לעוברים

שלב א' – עבודה יחידנית

📖 קרא/י את המאמר הבא שפורסם באינטרנט באתר הבא:

<http://biotech.ort.org.il/duplication.htm>

ב- 25.11.01 הודיעה החברה - Advanced Cell Technology, חברת ביוטכנולוגיה אמריקאית, הממוקמת במסצ'וסטס, כי הצליחה לבצע שכפול גנטי של עובר אנושי.

להודעה על פריצת הדרך הרפואית יכולות להיות השלכות מרחיקות לכת על עתיד הרפואה והחברה.

שכפול גנטי (שיבוט) הוא תהליך המאפשר ליצור עותקים זהים מבחינה גנטית. השיטה, השנויה במחלוקת, נוסתה עד כה בחיות, וזו פעם ראשונה שמדענים יישמו אותה גם על בני אדם. כתוצאה מהתהליך נוצרו שני עוברים ששרדו במשך כמה שעות בלבד ולאחר מכן הפסיקו להתפתח.

החברה הבהירה שמטרת השיבוט אינה ליצור עובר שלם ולגדלו עד שיהיה אדם בוגר, אלא, ליצור תאי גזע עובריים המסוגלים להיהפך לכל אחד מסוגי התאים שבגוף ואשר ניתן להשתמש בהם ולהחליף באמצעותם תאים שאינם תקינים. התאים התקינים שישוּבוּ יוכלו לתת מענה לכל מחלה. בדרך זו מקווים החוקרים שיוכלו למשל להשתיל בבלב של חולה סוכרת תאים חדשים שייצרו אינסולין או יוכלו להשתיל תאי מוח חדשים במוחות של חולי אלצהיימר.

כיצד התבצע תהליך שיבוט תאי העובר האנושי?

תהליך השיבוט נעשה על ידי החדרת גרעין של תא עור לתוך ביצית לא מופרית שנלקחה מאישה תורמת והתוכן הגנטי שלה הוסר. הגנים מהתא שהוחדר לביצית כיוונו את התפתחות העובר המשובט. כתוצאה מכך התפתח עובר משובט שהוא העתק גנטי של האדם שתרם את תא העור.

פרסום המחקר עורר מחדש דילמות למחלוקות לגבי ההיבטים האתיים, החוקיים, החברתיים והדתיים של שכפול גנטי.

✍ 1. ציין/ני קשיים אפשריים הקשורים להיבטים אתיים, חוקיים, חברתיים

ודתיים בשיבוט אדם.

2. בשנת 1999 חקקה הכנסת חוק איסור התערבות גנטית (שיבוט אדם ושינוי גנטי בתאי רבייה). הוחלט באותה שנה על תקופה של חמש שנים בהן יבחנו ההיבטים המוסריים וחברתיים הקשורים לשיבוט אדם.

✍ א. כיצד לדעתך יכול להשפיע פרסום המחקר של החברה האמריקאית על

החלטת הכנסת? נמקו תשובתכם.

✍ ב. פעולות מדענים בניגוד לחוק הוגדרו כמעשים פליליים והעונש עליהם הוא

שנתיים מאסר בפועל לכל היותר. חוו דעתכם על ענישה זו. מה היא משקפת לדעתך?

📖 3. לפניך אחת מהדילמות הקשורות לנושא שכפול אדם אשר הוצגו באתר

האינטרנט הבא : <http://gifted.snunit.k12.il/activities/clone/maze.html>

לשבט לתחייה

אל ועדת האתיקה של משרד הבריאות הוגשה בקשה יוצאת דופן מזוג הורים שילדתם נהרגה בתאונה:

ילדתנו הייתה נערה יפת תואר, ברוכת כשרונות, בעלת אופי נוח וכן רב.

היא התחבבה על כל מי שפגש אותה. אין לנו ספק שצירוף התכונות

הנדיר שלה לא היה תלוי רק בסביבה שבה גדלה ובחינוך בביתנו, אלא

הוא נוצר בעיקר בשל "מזל גנטי" יוצא דופן. הדרך היחידה שתוכל לעזור

לנו להתגבר על האובדן הנורא היא האפשרות להביא לעולם ילדה הזזה

לה מבחינה גנטית. ילדה שתיוולד "בשיטת דולי": החומר הגנטי יילקח

מתא בגופה של בתנו המנוחה.

אנחנו מקווים שמשרד הבריאות יגלה הבנה לטרגדיה שפקדה אותנו

וייעתר לבקשתנו.

בכבוד רב,

רחל ואבנר גניאל

✍ בהנחה שהנך חבר/ה בועדת האתיקה של משרד הבריאות, מה תהייה עמדתך

ביחס לבקשת הזוג? רשום/רשמי מהם השיקולים העיקריים אשר הנחו אותך

בהחלטתך.



שלב ב' – עבודה בקבוצות

התחלקו לקבוצות (בנות 4-5 תלמידים) על פי עמדתכם ביחס לבקשת הזוג גניאל, כך שכל חברי הקבוצה יהיו בעלי דעה משותפת. על כל קבוצה להציג במשך כ- 10 דקות בצורה המשכנעת ביותר את עמדתה, על פי השלבים הבאים:

- ערכו דיון בו יציג כל אחד מבני הקבוצה את השיקולים העיקריים בהחלטתו
- החליטו מהם השיקולים החשובים ביותר אותם תרצו להציג
- העלו רעיונות כיצד ניתן להציג רעיונות אלו בפני כל התלמידים בדרך משכנעת ביותר (חישבו על דרכים יצירתיות ומקוריות – הכל אפשרי)
- ניתן להיעזר במידע נוסף בנושא באתרים אלו:

<http://gifted.snunit.k12.il/activities/clone/yediot.html>

http://www1.snunit.k12.il/heb_journals/galileo/011040.html

http://www.daat.ac.il/daat/kitveyet/sde_chem/tichpul.htm

✍ האם בעקבות הדיון במליאה, שבו נחשפת לדעות שונות, שינית את עמדתך הראשונית בנושא? אם כן פרט מהי הסיבה ומה היו שיקולך.



בציבור ולעתים גם בתקשורת קיים בלבול בין שכפול גנטי, או בשמו האחר – שיבוט והנדסה גנטית. מתייחסים לשניהם כאל סוגים שונים של חידוש טכנולוגי או נזק לאדם, תלוי בנקודת מבטו והשקפת עולמו של המסתכל.

ננסה להבין ממה נובע הבלבול, לבדוק במה דומים שני התהליכים ומה ההבדלים העקרוניים ביניהם.

1. בספר הלימוד יוחדו שיעורים 1,3,4,6 בפרק, ושיעורים 1,2 בפרק 3 להנדסה גנטית, ושיעור 3 בפרק 5 לשכפול גנטי.

מדוע לדעתך נכללו שני נושאים אלה בספר זה (רמז: עיין שוב בפרק המבוא)?

2. אחת ההגדרות של ביוטכנולוגיה היא "שימוש ביצורים חיים בתהליכים תעשייתיים" (עמ' 14 בספר).

השתמש בהגדרה זו כדי להוכיח שהנדסה גנטית ושכפול גנטי הם תהליכים ביוטכנולוגיים.

3. האם ניתן לומר ששני התהליכים עשויים להביא תועלת לאדם? הסבר את תשובתך.

4. האם ניתן לומר ששני התהליכים עשויים להביא נזק לאדם? הסבר את תשובתך.

כפי שכבר וודאי נוכחת יש גם הבדלים בין הנדסה גנטית לשכפול גנטי.

ננסה לארגן הבדלים אלה על פי קריטריונים.

5. מלא את הטבלה הבאה:

קריטריון	הנדסה גנטית	שכפול גנטי
האם החומר התורשתי בתא החדש הוא מאותו מין		
האם החומר התורשתי בתא החדש הוא מאותו זווּיג		
באיזו מידה דומה התא החדש ליצור ממנו נוצר		
באיזו מידה קיים סיכוי ליצור אוכלוסייה גדולה של פרטים או תאים בעלי תכונות שאינן אופייניות למין.		

עד כה השווית בין שני התהליכים על סמך קריטריונים שנתנו לך מראש.

בטבלה הבאה ניתנת השוואה בין שני התהליכים. מצויין מאפיין אחד דומה ומאפיין אחד המבדיל ביניהם.

6. רשום את הקריטריונים על פיהם נערכה השוואה במקום המתאים:

קריטריון	הנדסה גנטית	שכפול גנטי
	התא או היצור המהונדס מכיל תכונה חדשה שלא הייתה בו באופן טבעי	יצור לא יכול להיווצר עם תכונות שאינן קיימות בקרב בני מינו.
	בעלי חיים או צמחים מהסביבה הטבעית יכולים להזדווג עם פרטים מהונדסים וכך ייווצרו יצורים עם צירופים תורשתיים בלתי רצויים.	הזדווגות של בעלי חיים או צמחים משוכפלים עם הסביבה לא תיצור צירופים שלא היו יכולים להיווצר בדרך טבעית.
	תהליך המשנה את התכונות התורשתיות של התאים/ הפרטים	תהליך שמרני – משמר את התכונות הקיימות ללא שינוי

הינך חבר בוועדת המדע של הכנסת. הוועדה דנה האם לאסור או להתיר בחוק קיומם של מחקרים שיקדמו את ההנדסה הגנטית והשכפול הגנטי.

7. מנה שני קריטריונים שעל פיהם היית מציע לחברי הכנסת לבדוק את שני התהליכים.

8. ערוך השוואה בין שני התהליכים על פי הקריטריונים שהצעת :

קריטריון	הנדסה גנטית	שכפול גנטי

ולסיכום הנושא של הנדסה גנטית ושכפול גנטי, שאלה למחשבה :

9. האם ייתכן מצב שבו יהיה צורך גם בהנדסה גנטית וגם בשכפול גנטי?

אם כן – באיזה סדר לדעתך יתבצעו הדברים? הסבר את תשובתך.

10. השוואה נוספת ניתן לערוך בין הנדסה גנטית בחיידקים (פרק 2 שיעור 6, פרק 3 שיעור 4), בצמחים (פרק 2 שיעור 1, פרק 3 שיעור 2) ובבעלי חיים (פרק 2 שיעור 1, פרק 3 שיעור 1) .

מה המאפיין המשותף לכל המקרים שתוארו בשיעורים אלה?

✍ 11. ערוך רשימה של ההבדלים ביניהם בטבלה הבאה. הוסף עוד שורות לטבלה במידת

הצורך.

הנדסה גנטית בבעלי-חיים	הנדסה גנטית בצמחים	הנדסה גנטית בחידקים	
תא הזרע, או תא הביצית, או עובר בשלב של תא אחד	תא הזרע (גרגר האבקה), או תא הביצית, או עובר בשלב של תא אחד	כל תא של חיידק	
			שימושים (קיימים או אפשריים)

📖 בסיפור הדמיוני על משפחת ישראלי (עמ' 101), מבקשת רבקה ישראלי לבצע "תיקון גנטי" בעובר העתידי שלה.

איסור של שינויים גנטיים בעוברים מקובל ברוב הגדול של המדינות. החוק הישראלי בעניין זה (חוק איסור התערבות גנטית) מופיע בעמ' 115.

עם זאת היכולת המדעית/טכנולוגית לבצע שינויים גנטיים בתאי אדם קיימת, והיא עשויה להיות אפשרות לטיפול בבעיות מסוג אחר.

"ריפוי גני" הוא נושא חדש. לנושא זה לא הוקדש שיעור ביחידה הלימוד הכתובה, אולם העקרונות שלמדנו ב-ביוטכנולוגיה, סביבה ומה שביניהם הם הבסיס להבנתו.

הכתובות הבאות יובילו אותך למיגוון של מקורות מידע בעברית העוסקים בסוגית ה"ריפוי הגנטי".

1. <http://www.shlomi.org.il/Hebrew/Projects/portfolio/ifat/pro.htm>
2. <http://www.matar.ac.il/mada/2000.05.asp>
- כדאי להציץ גם בדף הבית של האתר. זהו דף שנותן מידע כלל אודות האתר שממני נלקח המאמר:
<http://www.matar.ac.il/mada/previous-00.asp>
3. <http://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=1671>
4. http://www1.snunit.k12.il/hebrew_journals/galileo/006012.html
5. <http://www.jafi.org.il/agenda/2001/hebrew/wk3-24/15.asp>

האינטרנט מכיל מבחר עצום של מקורות מידע, גם בעברית, המתעדכנים באופן שוטף. לפני העיסוק בתוכן ננסה לבחון את האתרים שבהם ביקרת זה עתה בעין ביקורתית:

🔍 1. כפי שראית מקורות המידע שבחנת שונים מאד זה מזה. נסה לאפיין כל אחד מהם לפי הקריטריונים הבאים:

כתובת באינטרנט:

המוסד המפרסם:

תואר/מומחיות/תפקיד של כותב המאמר:

אוכלוסיית היעד של המאמר: הקהל הרחב, תלמידים או סטודנטים למדע, בעלי מקצוע בתחום הרפואה או המחקר, אחרים: _____

תאריך הפרסום:

2. מהימנות, לפי מילון אבן שושן, פירושה אמיתיות. ובמילים אחרות: באיזו מידה המידע המובא הוא אמיתי, כלומר נכון.

לא כל מקורות המידע שווים מבחינת מהימנותם.

✍️ דרג את המקורות שבחנת לפי שלוש דרגות מהימנות: אילו מהם נמצאים בדרגת המהימנות הגבוהה ביותר? אילו מהם נמצאים בדרגת מהימנות בינונית? אילו בדרגת המהימנות הנמוכה ביותר?

הסבר לפי מה החלטת לגבי כל מקור.

✍️ 3. אילו ממקורות המידע שבדקת ניתנים להשגה ממקורות אחרים (לא באינטרנט)? היכן? היכן אתה מעדיף למצוא אותם? מדוע?

✍️ 4. בחר שלושה אתרים מהרשימה שלמעלה. ציין לגבי כל אחד מהם את המאפיינים הבאים:

- א. שם האתר וכתובתו.
- ב. מהי הבעיה המועלית בקטע?
- ג. איך מתבצע הריפוי הגנטי?
- ד. איזה קושי או חיסרון של שיטת הריפוי הגנטי מוצג במאמר?
- ה. אילו מושגים שלמדת ביחידה ביוטכנולוגיה, סביבה ומה שביניהם חיוניים להבנת הקטע? תוכל להיעזר ברשימת המושגים המופיעים בסוף הספר, אולם שים לב שמושגים מרכזיים, להם הוקדש מקום בגוף היחידה אינם מופיעים במאגרי המושגים.

✍️ 5. בחר שניים מתוך שלושת האתרים שצינת בשאלה 4. רשום את חוות דעתך עליהם לפי הסעיפים הבאים:

- א. שם האתר וכתובתו.
- ב. מה באתר עוזר לך להבנת הנושא?
- ג. מה באתר הקשה עליך את הבנת הנושא? אילו עצות היית נותן למנהל האתר על מנת לשפר נקודות אלה?

✍️ 6. על איזה אתר מאלה שעסקת בהם בשאלות הקודמות היית ממליץ? מדוע? על איזה לא היית ממליץ? מדוע?

7. חפש אתר נוסף העוסק בנושא של ריפוי גני. הדרך הנוחה ביותר לעשות זאת היא דרך מנוע חיפוש כדוגמת גוגל.

הקש את המושג "ריפוי גני" בעברית, בחר אתר אחד (שים לב שהאתר שבחרת לא יהיה אחד מאלה המופיעים בדפים אלה).

✍️ א. הערך את מהימנותו לפי הקריטריונים המופיעים בסעיף 1.

✍️ ב. איזה מידע חדש על ריפוי גני למדת ממאמר זה?

פעילות מסכמת



למידת סוגיות מדעיות, חברתיות וסביבתיות, בהקשר של הנדסה גנטית וביוטכנולוגיה משאירה אותנו עם שאלות רבות ותשובות מעטות.

סיכום אפשרי של לימוד הנושא יכול להיות בצורת "דיון ציבורי" בצורות שונות. להלן מספר הצעות:

➤ למידה בשיטת הגייקסו, שבסופה סיכום בצורת דיון כתתי. בדיון כל קבוצה מציגה עמדה בה התמקדה.

➤ "משפט ציבורי" בו התלמידים לוקחים חלק בתביעה, הגנה, חבר מושבעים וכדומה. בשיטת המשפט הציבורי קבוצות התלמידים צריכות לאסוף חומר ממקורות שונים לשם תמיכה בטענותיהם. מומלץ להקדיש זמן לאיסוף חומר הרחבה נוסף לחומר המוצג כאן בנקודות בלבד.

בכל האמור לעיל השתמשנו במילה שיבוט. בכל טיעון חשוב להדגיש אם מתייחסים לשיבוט של תכונות בודדות או של גנום שלם (שיכפול), ולקחת זאת בחשבון.

שיבוט גנטי – נקודות לדיון

ההיבט המדעי-טכנולוגי

התקווה היא שבעזרת השיבוט נוכל לקבל צמחים ובעלי-חיים בעלי תכונות רצויות, ובכך לייצר מזון טוב ובריא יותר. השינוי שיושג בחקלאות על-ידי ההנדסה הגנטית יהיה בעיקר על-ידי שיפור או החלפה של מוצרים קיימים בשוק החקלאי במוצרים עמידים יותר, טעימים יותר ומזינים יותר.

השוק העולמי של יישומים ביוטכנולוגיים מוערך לשנת 2000 בכ-10-11 מיליארד דולר. תוצרי ההנדסה הגנטית יתחרו בשווקים עם המוצרים החקלאיים שיוצרו ופותחו בדרכים המסורתיות. ובהקשר האנושי: כאשר יש סיכוי להולדת תינוק חולה במחלה תורשתית קשה, שמקורה בגן גס, השיבוט יכול להיות פתרון.

שיבוט יכול להיות פתרון אפשרי גם במקרים של עקרות אחד ההורים (המתנגדים לתרומת זרע או ביצית מתורם שאינו בן-הזוג), מחלה תורשתית אצל אחד מהם, וביצירת רקמות משובטות מתרבית תאים עצמית לשם השתלה (לדוגמא: לחולי סכרת).

יש לציין כי הכבשה דולי היתה הניסיון ה-278 שהצליח, לאחר 277 ניסיונות שנכשלו. אין יודעים על מצבם ודרגת תפקודם של היצורים שנוצרו בניסיונות אלה.

השכפול הגנטי ואיכות הסביבה

כאשר אנו אומרים שיש לנו מחויבות כלפי הדורות הבאים, אנו מדברים על מעין הסכם. זהו הסכם מיוחד, כיוון שהוא בינינו לבין אנשים שאינם קיימים, כפי שהיה בין הדור הקודם לבינינו לפני שהיינו קיימים.

למרות שהסכם כזה בעצם אינו קיים, הרי כוחו נובע מאותו כלל זהב "מה ששנוא עליך אל תעשה לחברך". כלומר, כשם שאתה לא היית רוצה לקבל עולם מדולל משאבים או הרוס, כך אל תשאיר אותו הרוס לדורות הבאים.

שיטת השיבוט - הגברת התכונות והפצתן באוכלוסייה בתהליך מלאכותי של ברירה תרבותית, מנוגדת לעקרונות המנחים את מנגנוני האבולוציה בטבע.

החיים בטבע אינם חותרים ליעד כלשהו, ואינם מונחים על-ידי מטרת על. הם משוללי כיוון. הצלחה אבולוציונית נמדדת, בין השאר, לא על פי רמת התחכום שמציג מין זה או אחר, אלא על פי הישרדותו של הפרט, הנובעת מיכולתו להסתגל לסביבה.

מאחר שאין גבול למספר דרכי ההסתגלות לסביבה, מצטבר בטבע מגוון רחב של תכונות ומינים. שינויים בחומר הגנטי (מוטציות) הם המקור העיקרי לתכונות חדשות, ואלו בתורן מספקות מענה ללחצים סביבתיים הנובעים מתחרות. טכניקת השיבוט עלולה להזיק יותר מאשר להועיל, בשל צמצום הגיוון הגנטי הכרוך בתהליך, משום שבאופן בסיסי מדובר בצורה של רבייה אל-זוויגית המצמצמת את מיגוון הצירופים הגנטיים.

עם זאת, ניתן אולי להשתמש בשכפול גנטי כדרך לשימור מינים הנמצאים בסכנת הכחדה, שגם היא בדרך כלל תוצאה של מעשה ידי אדם.

ההיבט המשפטי

אדם מוגדר בחוק הישראלי כמי שיצא חי מרחם האם. בעיית ההורות נחשבת לאחת הסוגיות המשפטיות הראשונות המתעוררות כתוצאה מאפשרות השיבוט האנושי. החוק קובע שאישה היולדת את התינוק היא האם, חוץ מאשר במקרים של פונדקאות. במקרים אלה חייב בית-המשפט לתת צו הורות, על מנת שהאם הפונדקאית תחשב לאם הילד.

לכן שאלת האימהות של ילד שנולד משיבוט אינה נחשבת לבעיה. בבית המשפט העליון נקבע תקדים, שעשוי להיות בעל השלכות בתחום השיבוט. שופטים הכירו בזכותו של ילד לתבוע רופאים על מומים גנטיים שעמם נולד. בית המשפט גם לא פסל אפשרות של תביעה כזאת נגד ההורים.

בנובמבר 1977 פרסם ארגון אונסק"ו הצהרה בינלאומית בנושא גנום האדם וזכויות האדם, בה נקבע כי לא יינתן אישור לשימוש בטכניקות המנוגדות לכבוד האדם, כמו שיבוט בני אדם.

בינואר 1998 פרסמה מועצת אירופה הצהרה בדבר ההגנה על זכויות האדם וכבוד האדם, שבה נקבע איסור על כל התערבות המיועדת ליצור אדם הזהה גנטית לאדם אחר, חי או מת.

בדצמבר 1998 התקבל בכנסת חוקר איסור התערבות גנטית (שיבוט אדם ושינוי גנטי בתאי רבייה). החוק קובע תקופה קצובה, של חמש שנים, שבה לא תתבצע התערבות גנטית בבני אדם, לשם בחינת ההיבטים המוסריים, המשפטיים, וחברתיים והמדעיים של סוגי התערבות אלה והשלכותיהם על כבוד האדם.

במשך חמש שנים אלה לא תיעשה כל פעולה של התערבות בתאי אדם שמטרתה שכפול אדם, או יצירת אדם מתאי רבייה שעברו שינוי גנטי מכיוון ("ריפוי גנטי").

תוקם וועדה מייעצת לשר הבריאות, שתעקוב אחר ההתפתחויות בתחום זה, ותגיש מידי שנה דין וחשבון לשר. על אף מה שנאמר קודם, רשאי השר בהמלצת הוועדה ובתנאים שיקבע, להתיר בתקנות עשייתם של סוגי התערבות גנטית, האסורים על פי הסעיף הקודם.

ההיבט המוסרי

השיבוט והשכפול הגנטי מעלים שאלות מוסריות רבות. לאדם במשטר הדמוקרטי יש זכות למלא אחר רצונותיו כל עוד אלה אינם מהווים פגיעה באדם אחר או בחברה.

החברה משקיעה משאבים רבים במתן שירותים רפואיים של הפריית חוץ-גופיות. כל זה נעשה כדי למלא אחר רצונם של אנשים להביא ילדים לעולם ובכך להעביר את מחצית המטען התורשתי שלהם לדור הבא. מאותו נימוק יש לסייע גם לאנשים הרוצים בשכפול, כלומר בהעברת כל המטען הגנטי שלהם לדור הבא.

כך גם לגבי אנשים הרוצים לשנות תכונה מסוימת בצאצאים שלהם, שינוי לדעתם יתרום לשיפור איכות החיים.

השכפול אינו מהווה בעיה במובן של פגיעה בייחודיות האדם. קיימות דוגמאות של שכפולים גנטיים הנעשים באופן טבעי, הלא הם התאומים הזהים. תופעת התאומים הזהים אינה נתפסת באור שלילי על ידי החברה (או על ידי עצמם), והעדר הזהות המוחלטת ביניהם מוכיח שלא רק הגנים הם אלה הקובעים את מכלול תכונותיו של האדם.

מאידך, יש חשש מתופעת "המדרון החלקלק" – ההיתר שיינתן לשימוש בטכניקות של שינוי תכונות תורשתיות ושיכפול אדם יגרום לניצולם במקרים לא רצויים. המירוץ להישגיות ידחוף אנשים לשינוי תכונות שונות בצאצאיהם, בלי כל קשר לבעיה בריאותית כלשהי. ניצול של טכנולוגיה השכפול לא רק שיפגע בייחודיות האדם, ובערכו הסגולי בהיותו כזה, אלא גם יאפשר מצב שבו למשל יהיה "ייצור" של אנשים למטרות מסוימות כמו שיבוט אנשים חסרי תודעה למטרות תרומת איברים. הבאת אדם למצב שבו תישלל ממנו אנושיותו איננה מוסרית.

ההיבט הדתי

לדעתו של הרב שפרן, יועץ שר הבריאות לאתיקה רפואית, השיבוט הגנטי מעלה שאלות כבדות משקל, גם מבחינה דתית. לדעתו אין לראות בטכנולוגית השיבוט התערבות שלילית בבריאה, משום שעל האדם מוטל לשכלל את מעשה הבריאה בכל דרך לתועלת בני האדם.

האדם המשובט הוא אדם לכל דבר, בעצם היותו ילוד אשה, גם אם הוא מוגבל פיזית או שכלית. לכן דינו כדין כל אדם, ויש לכבד את זכויותיו. מכאן נובע שאין לקחת ממנו תרומת איבר ללא רשותו. יש הטוענים שאם הוא מוגבל, ואינו יכול להבין את משמעות המעשה, אין לעשותו.

יש בעיה הלכתית לגבי השאלה מיהם ההורים: האם - היא האישה שילדה את הילד.

האב - כאשר מקורו של כל החומר הגנטי הוא באם, סביר להניח שלא יהיה לילד אב כלל.

כאשר הבעל תורם את החומר הגנטי והאישה את הביצית, קיים לגביו ספק, משום שלא תרם זרע ממש (למרות שמבחינה גנטית, תרם את הגנים שלו).

כאשר תורם החומר הגנטי הוא יהודי זר (שאינו הבעל), אין בעיית ממזרות כמו בתרומת זרע, מפני שאין כאן תרומת זרע אלא חומר גנטי.

פרופ' שטינברג, מנהל המרכז לאתיקה רפואית באוניברסיטה העברית, גורס שאין להטיל איסור גורף על שכפול בני אדם, במיוחד במצבים חריגים, שטכנולוגיה זו היא הבלעדית שתביא לשיפור המצב.

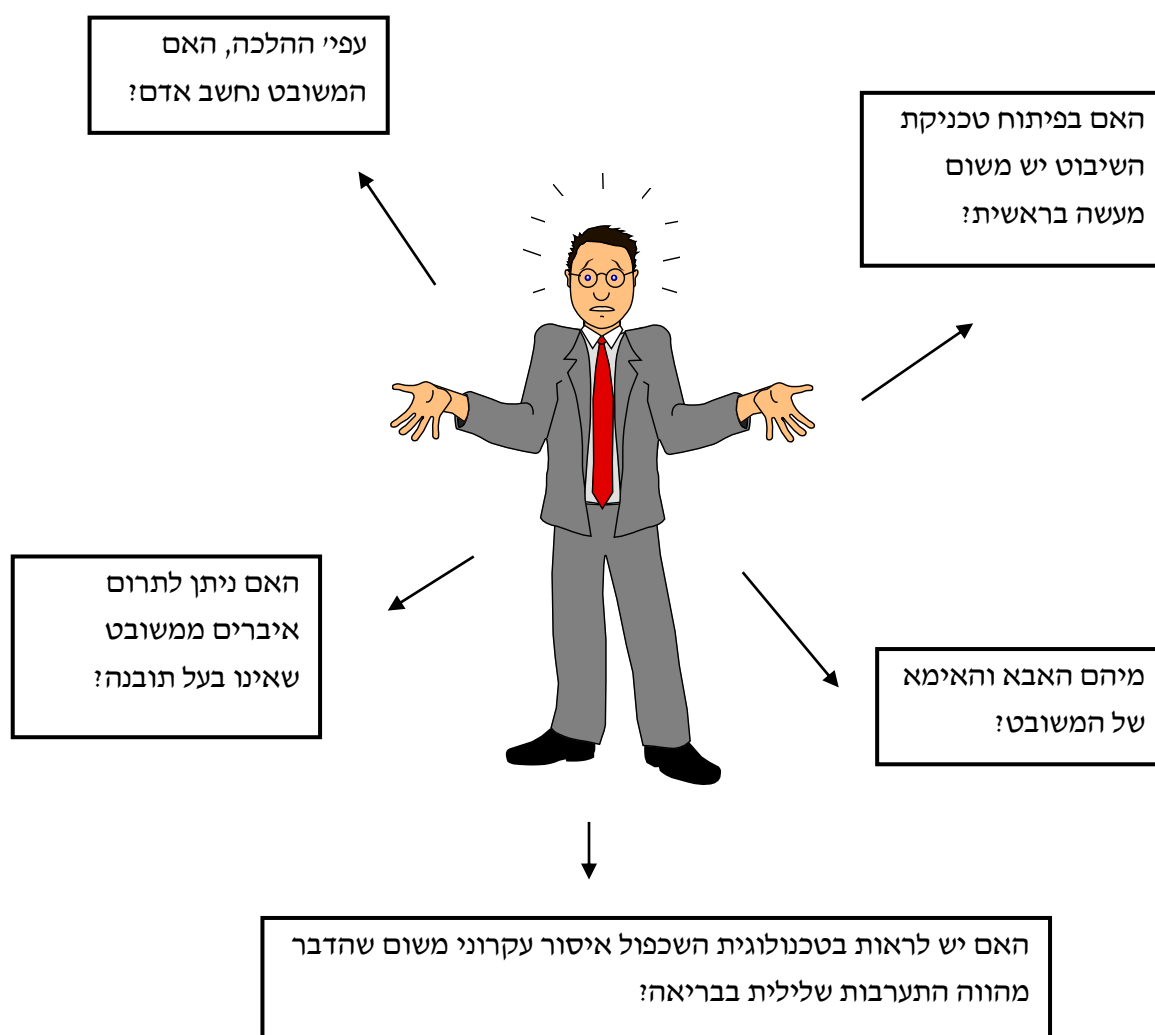
לדעתו, למרות האמור לעיל, יש עדיפות מבחינת ההשקפה היהודית להמשך הסדר החברתי הקיים, בשמירת התא המשפחתי של אב ואם מזוהים וברורים, אשר חיים חיי אהבה וחיבה, ומעמידים צאצאים בדרך טבעית.



דפי העשרה והרחבה

לתלמידים ומורים המעוניינים בהרחבת ההיבט ההלכתי:

שאלות הלכתיות בנושא השיבוט הגנטי



אין בטכנולוגית השיבוט משום מעשה בראשית:

"ויואמר אלוקים נעשה אדם בצלמנו כדמותנו וירדו בדגת הים ובעוף השמים ובבהמה ובכל הארץ ובכל הרמש הרומש על הארץ. ויברא אלוקים את האדם בצלמו בצלם אלוקים ברא אותו זכר ונקבה ברא אותם" (בראשית א' כ"ו - כ"ז).

לאמר, האדם נברא ע"י אלוקים יש מאין, ואילו מעשה השיבוט הוא לקיחת תא בוגר קיים, עירור מצבו הקיים והפיכתו בתכונותיו לתא ראשוני, שיכול להתחבר לתא ביצית ולהתחיל חלוקה ליצירת עובר. וכאן הרי מתקיים בריאת יש מיש.

1. הסבר, על סמך מה שלמדת ביחידה זו, מדוע מהווה תהליך השיבוט בריאה של יש מיש.

אין איסור עקרוני לגבי טכנולוגית השיבוט :

כבר בבריאת העולם נאמר: " אשר ברא אלוקים לעשות". כלומר, מעשה הבריאה היא החומר גלם ועל האדם לשפצה ולשכללה. באופן כזה נוצרת מעין שותפות חיובית בין האלוקים והאדם. במדרש מבוטא רעיון זה בצורה הבאה:

"מעשה ברבי ישמעאל ורבי עקיבא, שהיו מהלכין בחוצות ירושלים, והיה עמהם אדם אחד. פגע בהם אדם חולה ואמר להם: רבותי אימרו לי במה אתרפא! אמרו לו: עשה כך וכך עד שתתרפא. אמר להם: ומי הכה אותי? אמרו לו הקב"ה. אמר להם: ואתם נכנסים עצמכם בדבר שאינו שלכם? הוא הכה ואתם מרפאים? אינכם עוברים על רצונו? אמרו לו: ומה מלאכתך? אמר להם: עובד אדמה אני, והרי המגל בידו. אמרו לו: מי ברא את הכרם? אמר להם: הקב"ה. אמרו לו: ואתה מכניס עצמך בדבר שאינו שלך? הוא ברא אותו, ואתה קוצץ פירות ממנו? אמר להם: אין אתם רואים המגל בידו? אלמלי אני יוצא וחורשו ומכסחו ומזבלו ומנכשו, לא תעלה מאומה. אמרו לו: שוטה שבעולם! ממלאכתך לא שמעת מה שכתוב (תהילים ק"ג) אנוש כחציר ימיו, כשם שהעץ אם אינו מנכש ומזבל ונחרש אינו עולה, ואם עלה ולא שתה מים, לא נזבל אינו חי והוא מת, כך הגוף, הזבל הוא הסם ומיני רפואה, ואיש אדמה הוא הרופא..." (מדרש תמורה פ"ב)

2. הסבר כיצד מתקשר המדרש לנושא השיבוט הגנטי.

חפצו של הקב"ה שיתיישב העולם מבריות הנולדות מזכר ונקבה ויישמר התא המשפחתי, בו קיימים אב ואם מזוהים וברורים ואשר חיים חיי אהבה וחיבה.

אין רוח היהדות נוחה מטכנולוגית הפריה, הנעשית תוך כדי ערבוב של אנשים ונשים שונים שאינם גרעין משפחתי-אורגני, או מטכנולוגית שיבוט, הנעשית ללא זוגיות מינית.

אי הנוחות, בנוסף לשיבוש סדרי בראשית, נובעת בעיקר מבעיות הלכתיות של הגדרת אבהות ואמהות של ה'יצירות האנושיות' האלה, בעיית ממזרות, גלוי עריות וכד'.

יחד עם זאת, כדאי לציין כי אין איסור של ממש בשיטות אלה ולעתים, כאמור, הם 'הדלת האחרונה' הנפתחת בפני זוגות השואפים להיהפך להורים ואינם יכולים. במקרים כאלה, בהם השימוש בטכנולוגיה זו תביא לשיפור המצב, יש לאפשר את קיומה. כל זאת, כמובן, בפקוח הדוק ובינלאומי על הפיתוח והשימוש בטכנולוגיה זו. זאת כדי למנוע הרס הסדר החברתי העולמי הקיים וכדי למנוע נזקים חברתיים - הלכתיים לדורות הבאים.

מקורות: שטינברג א. 1997. **שיכפול/שיבוט גנטי בבני אדם – רעיונות והצעות**. מסמך לוועדת

הכנסת לענייני מחקר ופיתוח מדעי וטכנולוגי.

שפרן י. 1997. **השיבוט הגנטי לאור ההלכה**. מתוך: יום עיון בנושא "שיבוט גנטי

אנושי, סיכונים וסיכויים", משרד המדע, ירושלים.

שפרן, י. 1997. **הנדסה גנטית במבחן**. עיתון הארץ.

לקטה: ענת אברמוביץ

**חוק איסור התערבות גנטית (שיבוט אדם ושינוי גנטי בתאי רבייה),
התשנ"ט-1999***

מטרת החוק	1. מטרתו של חוק זה לקבוע תקופה קצובה של חמש שנים, שבה לא יתבצעו סוגים של התערבות גנטית בבני אדם, לשם בחינת ההיבטים המוסריים, המשפטיים, החברתיים והמדעיים של סוגי התערבות אלה והשלכותיהם על כבוד האדם.
הנהרות	2. בחוק זה - "ועדה מויעצת" - ועדת הלסינקי עליונה שמונתה לפי חקנות בריאות העם (ניסויים רפואיים בבני אדם) התשמ"א-1980; "שיבוט אדם" - יצירה של אדם שלם, הוזהה מבהינה גנטית כרוסומוסלית באופן מוחלט לאחר, אדם או עובר, חי או מת (cloning human being); "תא רבייה" - תא זרע או ביצית של אדם; "השר" - שר הבריאות.
התערבות גנטית אסורה	3. במשך תקופת תוקפו של חוק זה לא יעשה אדם כל פעולה של התערבות בתאי אדם שמטרתה אחת מאלה: (1) שיבוט אדם; (2) לגרום ליצירת אדם על ידי שימוש בתאי רבייה שעברו שינוי גנטי מכוון קבוע (germ line gene therapy).
ועדה מויעצת	4. הועדה המויעצת העקוב אחרי התפתחות הרפואה, המדע והביוטכנולוגיה בתחום הניסויים הגנטיים בבני אדם, תגיש על כך לשר דין וחשבון מדי שנה, הייעץ לשר כעניינם אלה, וכן תמליץ לשר בענין תוקף האיסורים הקבועים בסעיף 3.
התירה החשבות גנטית סמוכה	5. (א) על אף הוראות סעיף 3, רשאי השר, אם מצא כי אין בכך כדי לפגוע בכבוד האדם, בהמלצת הועדה המויעצת ובחנאים שיקבע, להתיר בתקנות עשייתם של סוגי התערבות גנטית האסורים לפי סעיף 3(2).
עונשין	-- (ב) עשיית פעולת התערבות גנטית שהותרה לפי סעיף קטן (א) טעונה קבלת היתר מראש, בחנאים שיקבעו. (ג) בתקנות לפי סעיף זה יקבע השר את החנאים למתן היתר, את סדרי מתן ההיתר, את דרכי הפיקוח על ביצוע ההתערבות שהותרה והוכת דיווח.
שפיחת דינים	6. העושה אחר מאלה, דינו - מאסר שנתיים: (1) עובר על הוראות סעיף 3(1); (2) עובר על הוראות סעיף 3(2) אלא אם כן פעל בדיון על פי היתר שניתן לו לפי סעיף 5.
תוקף	7. הוראות חוק זה באות להוסיף על הוראות כל דין ולא לגרוע מהן.
ביצוע	8. חוק זה יעמוד בתוקפו חמש שנים מיום פריסומו. 9. השר ממונה על ביצוע חוק זה.

בנימין נתניהו
 ראש הממשלה
 עוז ויצמן
 נשיא המדינה
 יחושע מצא
 שר הבריאות
 דן תיכון
 יושב ראש הכנסת

נתקבל בכנסת ביום י' בטבת התשנ"ט (29 בדצמבר 1998); הצעת החוק דברי החסבר מודפסו בהצעות חוק
 2741, מיום כ"ז בחשוון התשנ"ח (20 ביולי 1998), עמ' 482.
 ק"ת התשמ"א, עמ' 292.

ספר החוקים 1697, יוט בטבת התשנ"ט, 2.1.1999

29	עמ'	אורגניזמים (יצורים)
32		אינסולין
30		אנזימים
32		אקולוגיה
60		אשריכיה קולי (E. coli)
32		ביולוגיה מולקולרית
29		ביצית מופרית
30		גן
29		DNA
59		וירוס (נגיף)
31		חידק
59		חיסון (פעיל)
31		חלבונים
61		טרנסגן
59		מוחלשים (גורמי מחלה)
30		מוטציה
69		מחזור החומרים בטבע
39		מחלת הסרטן
61		מחלת הפה והטלפיים
60		נוגדנים
59		נגיף (וירוס)
39		סרטן (מחלה)
61		עששת
61		פה וטלפיים (מחלה)
69		פטריות
60		צהבת מסוג B
83		צופן גנטי
39		קרינה רדיואקטיבית
30		קרני רנטגן (קרני X)
61		שמרים
29		תא
83		תאומים זהים

