

13.5.22

Recombination – רקומבינציה

- ביצורים אאוקריוטיים נוצרים צירופים תורשתיים חדשים – רקומבינציה, כתוצאה מרבייה מינית. צירוף התכונות התורשתיות בצאצא שונה מאשר בכל אחד מההורים - הצאצא נושא צירוף תורשתי חדש.
- ביצורים פרוקריוטיים, שבהם לא מתרחשת רבייה מינית, נוצרים צירופים תורשתיים חדשים - זו הרבייה המינית שלהם. ידועים כיום 3 מנגנונים עיקריים להיווצרות צירופים כאלה:

טרנספורמציה, טרנסדוקציה וקוניוגציה.

הגורמים המשפיעים על קצב גידול אוכלוסיית חיידקים בטבע

בדרך כלל בודקים גידול של אוכלוסיית חיידקים ולא חיידק בודד. חיידקים ומיקרואורגניזמים אחרים מתחלקים בקצב מהיר יחסית לעומת תאים ביצורים רב – תאיים. קצב ההתרבות אופייני למין (Species). חיידקי שחפת מתחלקים כל 15 שעות, ולעומתם חיידקי E. coli מתחלקים כל 20 דקות.

קצב ההתרבות מושפע מגורמי סביבה שונים:

גורמים א- ביוטיים – טמפרטורה מתאימה, pH, זמינות של מזון מתאים ותנאים נוספים בסביבה.

גורמים ביוטיים – בטבע מתקיימים יחסי גומלין בין אוכלוסיות של יצורים שונים המתבטאים בתחרות על מיקום ומקורות מזון ובקיומם של אויבים טבעיים.



לשם מה מגדלים חיידקים

- הנדסה גנטית - אינסולין.
- חיידקים טובים שעוזרים לגוף - חיידקים פרוביוטיים.
- ניסוי מדעי.
- לדעת איך להתמודד עם חיידקים רעים.



אופן גידול חיידקים

כדי לגדל חיידקים יש צורך:

1. לבודד כל סוג של חיידק ולגדלו בנפרד מסוגים אחרים.
2. לספק לחיידקים תנאי מחייה: מזון, טמפרטורה, טווח pH מתאים ועוד.



שיטות לספירת חיידקים

כאשר מגדלים חיידקים חשוב לדעת את מספרם. יש מספר שיטות המשמשות לאמוד את מספר החיידקים:

1. **ספירה ישירה באמצעות מיקרוסקופ** – ספירה זו נעשית ע"י התבוננות בחיידקים המונחים על משטח זכוכית שבו מסומנים תאי ספירה.
2. **ספירת חיידקים חיים** – כאשר זורעים חיידקים על מצע מזון מוצק, נוצרת מושבה מכל חיידק בודד. במצע נוזלי יש מיליוני חיידקים. באמצעות ספירת המושבות וחישוב המיהול ניתן לדעת את מספר החיידקים בדוגמה המקורית.
3. **אומדן באמצעות בדיקות עכירות** – בשיטה זו מגדלים את החיידקים במצע מזון נוזלי. מתחילים את הגידול עם כמות קטנה של חיידקים, בשלב זה המצע צלול. עם התרבות החיידקים במצע גדלה עכירות הנוזל, מאחר שהחיידקים מונעים מעבר אור בנוזל. שיטה זו יעילה ומהירה, אך בשיטה זו נספרים כל החיידקים החיים והמתים.

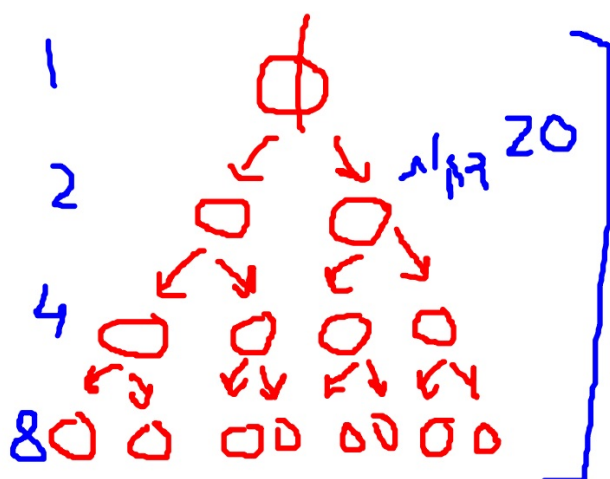


גידול מבוקר של חיידקים בתנאי מעבדה

כאשר מגדלים חיידקים בתנאי מעבדה, אפשר להחליט איזה סוג חיידק לגדל. אפשר לבודד סוג מסוים של חיידקים ולספק להם תנאי גידול רצויים ומבוקרים. בתנאי מעבדה גידול החיידקים מתבצע במערכת סגורה, שבה תנאי הגידול נקבעים בהתחלת הגידול (**מערכת פתוחה – כמוסטט**). השינויים החלים במערכת נגרמים ע"י חיידקים המנצלים את מקורות המזון ומפרישים חומרים לסביבה. מחקר על *E. coli* מראה שזמן הדור שלו הוא 20 דקות.

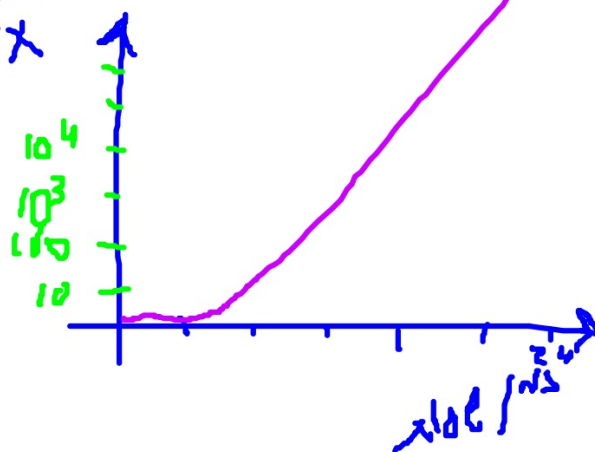
זמן דור – פרק הזמן הדרוש לחיידק אחד כדי להתחלק לשניים.

אפשר לבטא את מספר תאי החיידקים בכל דור כחזקות של המספר 2. גידול זה נחשב גידול **מעריכי** - אקספוננציאלי, או גידול בטור הנדסי גיאומטרי, או גידול לוגריתמי.



16
32
64
128

log
סדר
מספר



כמה חיידקים נקבל בשעה?
8 חיידקים
כמה חיידקים נקבל ביום?
24 שעות?

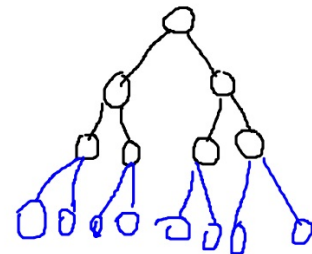
72 בחזקת 2.

$$\underline{72^2}$$

טבלה עמוד 61: התרבות של תא חיידק במשך 10 דורות.
כמה חיידקים יהיו לאחר 24 שעות?

טבלה ג.3: התרבות תא החיידק במשך 10 דורות

מספר החיידקים מבוטא בחזקות של 2	מס' החיידקים	זמן בדקות	מספר הדור
2^0	1	0	0
2^1	2	20	1
2^2	4	40	2
2^3	8	60	3
2^4	16	80	4
2^5	32	100	5
2^6	64	120	6
2^7	128	140	7
2^8	256	160	8
2^9	512	180	9
2^{10}	1024	200	10



$$2^{72} = 4.722 \times 10^{21}$$

נכ'
 חיידק

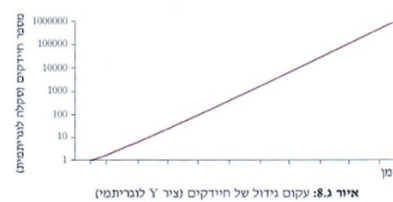
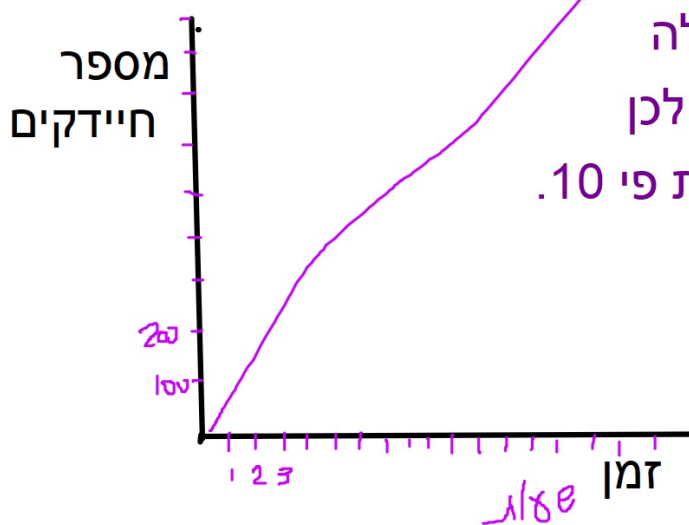
3 שלג -
 1-20 פקא



תיאור גידול של אוכלוסיית חיידקים - עקום גידול – עקום גידול לוגריתמי

נהוג לתאר את מהלך הגידול של אוכלוסיית חיידקים ב**עקום גידול**. כאשר מספר הפרטים באוכלוסייה הוא גדול נהוג להשתמש בקנה מידה לוגריתמי לציר Y. כלומר, כל רווח יתאר מספר חיידקים גדול פי 10 מהמספר המתואר ברווח הקודם.

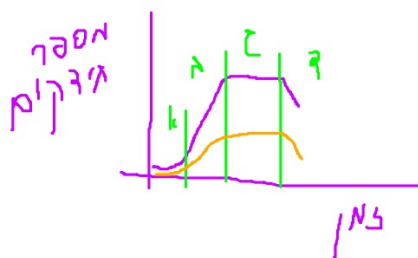
בגרף רגיל מספר החיידקים עולה מיידית ויוצא ממערכת הצירים. לכן עושים גרף שבציר Y יש קפיצות פי 10.



שלבים במהלך הגידול של אוכלוסיית חיידקים

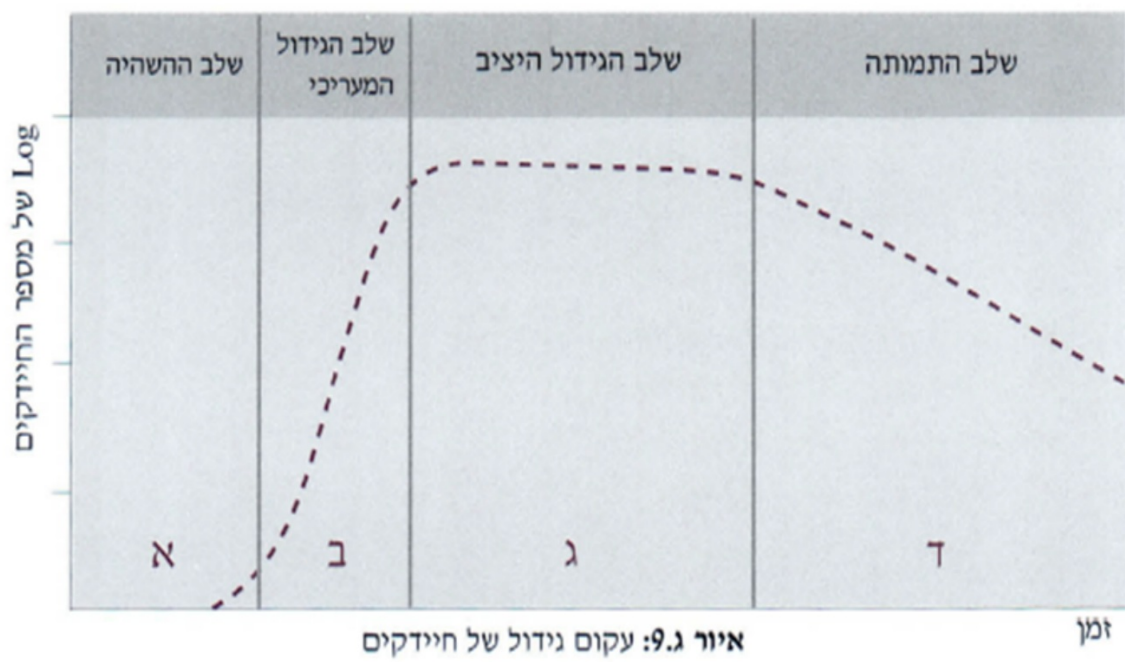
גידול חיידקים יכול להימשך לכאורה ללא גבול. כתוצאה מכך הייתה אוכלוסיית החיידקים גדלה ללא גבול וממלאת את העולם. אם זמן דוב של אוכלוסיית חיידקים הוא 20 דקות, וגידולה היה נמשך 24 שעות רצופות באותו קצב, הרי שאחרי 24 שעות תתקבל מסת חיידקים שמשקלה כ- 2000 טון!!

במציאות זה לא מתרחש, כי בטבע יש מגבלות של מזון, מים, אויבים טבעיים ותנאים אחרים. גם בתנאי מעבדה יש גורמים מגבילים. מגדלים במעבדה את החיידקים בכמויות גדולות במצעי מזון נוזליים, והגורמים המגבילים הם: מקום, התמעטות חומרי המזון, הצטברות פסולת - כמו פחמן דו-חמצני, שינויים ברמת החומציות, בריכוז החמצן ועוד.





עקום גידול של חיידקים



4 שלבים של גידול חיידקים



א. שלב ההשהיה - lag phase – כאשר מעבירים חיידקים למצע גידול טרי, הם עוברים תקופת הסתגלות הקרויה שלב ההשהיה. בשלב זה החיידקים נערכים לניצול מקורות המחייה החדשים ויוצרים תוצרים חיוניים לגידול, כמו אנזימים. שלב זה נמשך עד שהחיידקים מגיעים למצב שבו הם יכולים להתחלק. שלב ההשהיה נמשך בדרך כלל זמן קצר יחסית.

ב. שלב הגידול המעריכי - לוגריתמי – log phase – בשלב זה החיידקים מתחלקים בקצב קבוע, בכל דור מוכפל מספרם, כלומר מספרם עולה בקצב של טור מעריכי – לוגריתמי. בשלב הגידול המעריכי העכירות של מצע הגידול גדלה באופן בולט. שלב זה מתואר בעקום הגידול כקו אלכסוני העולה בתלילות. שלב זה נמשך כל עוד תנאי הגידול מתאימים, בדרך כלל עד שצפיפות החיידקים מגיעה לכמיליארד 10^9 - חיידקים למילימטר (סמ"ק) מצע.

ג. **שלב הגידול היציב** - **stationary phase** – כאשר גדלה צפיפות החיידקים, חלה הרעה בתנאי הגידול המתבטאת בכך שחלק מהחומרים במצע הגידול הופכים **לגורם מגביל**, בעיקר מזון וחמצן. בנוסף לכך מצטברים במצע תוצרים מזיקים ועלול לחול שינוי ב- pH ועוד. בעקבות השינויים מואטת התרבות החיידקים והם מתחילים למות. בשלב זה מתקיים איזון בין תמותת החיידקים לבין התרבותם, כלומר מספר החיידקים החיים נשאר פחות או יותר קבוע. שלב זה מתואר בעקום הגידול כקו אופקי ישר.

ד. **שלב התמותה** - **death phase** – ככל שפוחת המזון במצע הגידול ועולה כמות חומרי הפסולת הרעילים, הולך ומשתנה האיזון שהתקיים בין מספר החיידקים המתרבים ובין מספר המתים, ומספר החיידקים המתרבים הולך ופוחת. **מספר החיידקים החיים יורד.**

שיעור התמותה נשאר קבוע למשך זמן מה ולבסוף ישארו מעט חיידקים חיים בתרבית. חלקם ימותו לאחר זמן וחלקם ימשיכו לחיות בלי להתרבות. אם יוסיפו בשלב זה מצע טרי, הם ישובו להתרבות. שלב זה מתואר בעקום הגידול כקו אלכסוני יורד.

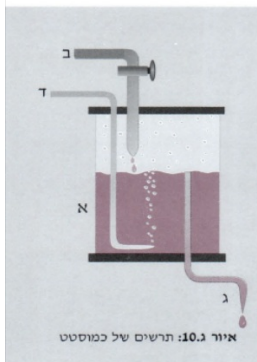
שאלה מהבגרות

יש מערכת פתוחה או סגורה לגידול חיידקים.
יש חיידקים בתוך הגוף שלנו - במערכת העיכול.
האם זו מערכת פתוחה או סגורה?
תשובה - מערכת פתוחה.

עד כאן - 21.5.21

ניסות שלבי הגידול של אוכלוסיית חיידקים

חיידקים קל, נוח וזול לגדל.



בתעשייה הביוטכנולוגית מעוניינים לקבל כמויות גדולות של חיידקים בעלי חיוניות גבוהה או את התוצרים שלהם משיגים זאת ע"י יצירת **מערכת פתוחה**, שבה נשמרים לאורך זמן תנאים המותאמים לגידולו של חיידק מסויים. התנאים נשמרים ע"י הוספת כמות מבוקרת של מצע מזון טרי, שבו יישמרו pH מתאים, כמות חמצן מספקת. במקביל נמנעת הצטברות חומרים המפריעים לגידול החיידקים ע"י הרחקתם באופן מבוקר.

גידול בתנאים אלו נעשה ע"י שימוש במתקנים מיוחדים. אחד מהם הוא ה**כמוסטט**: מתקן המשמש לגידול רציף של חיידקים, תוך שמירה על תנאים יציבים. את החומרים המבוקשים ניתן להפיק ע"י הפרדתם מן המצע בו גדלים החיידקים.