

פרק 7: הצעה לעבודת חקר בנושא: השפעת ריכוז הסוכר על קצב תסיסת שמר האפייה

תלמידים יקרים, לפניכם הנחיות לביצוע ניסוי חקר בעזרת שמר האפייה. בניסוי זה תבצעו עבודת חקר פשוטה יחסית אבל כזו שעונה על כל הדרישות מניסוי מדעי מבוקר. תוך כדי העבודה תתנסו ותלמדו מהם שלבי המחקר המדעי.

מטרת המחקר

לבדוק כיצד שינוי בריכוז הסוכר ישפיע על קצב תסיסת שמר האפייה *Saccharomyces cerevisiae*.

שאלת המחקר: האם שינוי בריכוז הסוכר או סוג הסוכר ישפיע על קצב תסיסת שמר האפייה?

שימו לב! שאלת מחקר חייבת להסתיים בסימן שאלה, כמו כן, חייבים להגדיר בתוך השאלה את משתני הניסוי (המשפיע והמושפע). במקרה שלנו (ריכוז סוכר וקצב תסיסת השמרים). לעיתים יש התנגדות לניסוח שאלה המתחילה במלה האם, ומעדיפים להשתמש במילה כיצד, באיזה אופן וכיצד באלה. זאת נשאר לשיקולכם, יחד עם זאת ניתן להשתמש בשאלה זו אם כך אתם מעדיפים.

שיטות וחומרים

בחלק זה מתאר החוקר כיצד הוכנו התמיסות השונות, מהיכן נרכשו החומרים, באיזה ריכוזים השתמשו, ובאיזה כלים נעשה שימוש. חלק זה חשוב מאד שכן, מי שלא בצע את הניסוי אמור להיות מסוגל לשחזר את הניסוי בהתבסס על השיטות והחומרים שכתבתם.

הכנת התמיסות

מאחר ובניסוי נרצה לשנות את ריכוז הסוכר, אך לשמור על ריכוז שמרים קבוע, חשוב שנמצא דרך נוחה ומדויקת לעשות זאת. אפשרות אחת היא לשקול כל פעם כמויות שונות של חומרים. דרך זו מסורבלת ועלולה להוביל לטעויות. במיוחד בשקילה של כמויות קטנות מאחר וסטייה קטנה בשקילה עלולה להוביל לסטייה גדולה מבחינה אחוזית:

- אם במקום לשקול 1 גרם גלוקוז נשקול בטעות 0.9 גרם אזי הסטייה היא 10%. אך אם נכין תמיסה מרוכזת ובמקום לשקול 100 גרם נשקול 99 גרם, הרי הסטייה היא של 1% בלבד. לכן במעבדה נהוג להכין תמיסות מרוכזות ואז למהול אותן לריכוז העבודה הסופי. נפעל במעבדה זו באותו האופן.

בחירת ריכוז העבודה של החומרים

בכל עבודת מחקר, על החוקר לבחור את ריכוזי העבודה של החומרים. בחירה זו נעשית בדרך כלל בהתאם לקריאה מקדימה של מאמרים מדעיים והסקה מה יהיה הטווח הנכון של הריכוזים. במעבדה זו בחרנו לעבוד בריכוזי הגלוקוז הבאים: 0%, 18%, 1.8% ו-0.18%. שימו לב שבחרנו לעבוד בריכוזים הקטנים זה מזה פי 10. הבדלים של פי 10 אחד מהשני נקראים "סדר גודל". כלומר, כאשר חוקר מתאר שינוי של שני סדרי גודל בפעילות של אנזים מסויים, הוא מתכוון שהיה שינוי של פי 100, וכן הלאה.

קביעת החזרות וקבוצות הביקורת

כדי לבדוק את השפעת ריכוז הסוכר על קצב תסיסת השמרים, ניתן לבחור ארבע מבחנות ובכל אחת מהן להוסיף סוכר בהתאם לריכוז שבחרנו. אולם, דרך זו הינה מהימנה מבחינה מדעית ועל כן מקובל נהוג לבצע חזרות "טכניות" בכל ניסוי. כלומר, עבור כל סוג "טיפול" (ריכוז גלוקוז במקרה שלנו), נכין מספר מבחנות זהות. לאחר מכן נוכל לבצע ממוצע של התוצאות עבור כל מבחנה, לחשב את סטיית התקן והשונות של הנתונים, ובכך להגדיל את מהימנות התוצאות שלנו.

כדי לבחון האם התוצאה שקבלנו תלויה בטיפול שבצענו, למשל "ריכוז הסוכר", עלינו למצוא דרך באמצעותה נוכל לתקף את התוצאות. ברשות החוקר עומדים כלים רבים לעשות זאת. במחקר זה נכיר את הבסיסיים שבהם.

ממוצע

חישוב ממוצע של חזרות "טכניות" מהווה שלב ראשון בניתוח הנתונים. הממוצע יאפשר לנו לבחור כיצד כל אחד מהנתונים שלנו שונה מהממוצע. נתבונן למשל בטבלה 23. בשני המקרים, ממוצע התוצאות הוא 3. אבל שימו לב שבניסוי השני השונות בין כל אחת מהחזרות הייתה מאד גבוהה. יתכן וזאת המציאות, אך יתכן וגם מדובר על סטייה שמקורה בהכנה לא נכונה של התמיסות. ככלל נשאף לשונות קטנה בין החזרות, אך זה מאד תלוי במערכת הניסוי שלנו.

טבלה 23: השפעת ריכוז הגלוקוז על קצב פעילות האנזים X.

מבחנה	ניסוי 1	ניסוי 2
1	3	1
2	3	1
3	3	7
ממוצע	3	3

שונות

השונות היא המרחק (הריבועי) הממוצע של כל ערך מהממוצע של כל הערכים. כלומר, אם השונות היא אפס, כל הערכים זהים. ככל שהערך של השונות עולה, כך הערכים "מפוזרים" יותר. בדוגמה שלנו, השונות בניסוי הראשון היא "0", ואילו בניסוי השני היא "12"(!).

סטיית תקן

סטיית תקן מתארת אף היא את פיזור התוצאות סביב הממוצע, ומבחינה מתמטית ערכה הוא השורש הריבועי של השונות.

מובהקות סטטיסטית

מדד המשמש את החוקר לבחון מהי ההסתברות שהתוצאות שהתקבלו הן תוצאה של הטיפול שבוצע ולא תוצאות שיכלו באותה מדה להתרחש במקרה. לדוגמה: ההנחה היא שאם נטיל מטבע 10 פעמים, בחמישים אחוז מהמקרים נקבל "עץ" ובשאר המקרים נקבל "פלי". לעומת זאת, אם נצפה צד אחד של המטבע בציפוי כלשהו ונחזור על הניסוי, אך הפעם נקבל בעשרים אחוזים מהמקרים "עץ" ובשאר המקרים "פלי", תוצאה שהיא מאד שונה מהתוצאה הסטטיסטית הצפויה, נוכל להסיק, שלציפוי המטבע הייתה השפעה על התוצאה.

מתחילים לעבוד

הכנת תמיסות:

1. הרחיפו 40 גרם שמרי שמרית ב-50 מ"ל מים מזוקקים פושרים וערבבו היטב. השלימו לנפח סופי של 100 מ"ל.
- שימו לב! ריכוז התמיסה שהכנו הוא 40%. 40 גרם שמרים בתוך נפח סופי של 100 מ"ל מים. למושג נפח סופי יש חשיבות רבה בהכנת תמיסות. אם הייתם מוסיפים 100 מ"ל מים ל-40 גרם שמרים הנפח הסופי של התמיסה היה גדול מ-100 מ"ל ובהכרח הריכוז שהכנתם היה נמוך מכך. בכל הכנה של תמיסה חשוב לקבוע את הריכוז הסופי שלה ולדאוג שהנפח הסופי של התמיסות השונות יהיה זהה.

2. המיסו 36 גרם גלוקוז ב-50 מ"ל מים מזוקקים והשלימו לנפח סופי של 100 מ"ל מים.

3. בחרנו לעבוד בארבעה ריכוזים של גלוקוז, כמו כן, נבצע שלוש חזרות לכל ריכוז. מכאן שסה"כ עלינו להכין 12 מבחנות. את הניסוי נבצע במזרקים כך שנוכל לעקוב אחר שינוי במיקום הבוכנה של המזרק לאורך הניסוי. טבלה 24 היא דוגמה לאופן שבו עלינו לרכז את הנתונים עבור כל קבוצת טיפול. קראו אותה בעיון לפני שתתחילו להכין את המבחנות.

טבלה 24: השפעת ריכוז הגלוקוז על קצב פעילות האנזים X.

מבחנה מספר	נפח (במ"ל) תרחיף שמרים שהוסף מתמיסה בריכוז 40% (גרם למ"ל)	נפח גלוקוז שהוסף (במ"ל) מתמיסה בריכוז 36% (גרם למ"ל)	נפח מים שהשלים לנפח סופי של 10 מ"ל	ריכוז גלוקוז סופי במולר	ריכוז גלוקוז סופי (%)
1	5	0	5	0	0
2	5	0	5	0	0
3	5	0	5	0	0
4	5	5	0	1	18%
5	5	5	0	1	18%
6	5	5	0	1	18%
7	5	0.5	4.5	0.1	1.8%
8	5	0.5	4.5	0.1	1.8%
9	5	0.5	4.5	0.1	1.8%
10	5	0.05	4.95	0.01	0.18%
11	5	0.05	4.95	0.01	0.18%
12	5	0.05	4.95	0.01	0.18%

מנתחים את הטבלה:

היתרון בשימוש בטבלה מסוג זה הוא שהיא מאפשרת לראות בצורה מרוכזת את כל קבוצות הטיפול וזה כלי נהדר לארגון של מידע. אחד הדברים שהטבלה מלמדת אותנו הוא אילו נפחים עלינו לקחת מכל תמיסה כדי לקבל את ריכוזי העבודה שבחרנו. קחו בחשבון שחישוב ריכוזים היא משימה מאד מסובכת להרבה אנשים בכלל זה לסטודנטים מנוסים. נעבור ביחד על החישובים.

1. חישוב ריכוז השמרים: ריכוז תמיסת המקור שלנו הוא 40%. מתמיסה זו לקחנו 5 מ"ל והשלמנו בעזרת מים לנפח סופי של 10 מ"ל. מכאן שמהלנו את התמיסה פי-שניים. כך שהריכוז הסופי הוא 20%.

2. חישוב ריכוז הגלוקוז במבחנות 4-6: ריכוז תמיסת המקור של הגלוקוז הוא 36% למבחנות 4-6 הוספנו 5 מ"ל גלוקוז והשלמנו לנפח סופי של 10 מ"ל עם תרחיף שמרים. מכאן שמהלנו את תמיסת הגלוקוז פי שניים ולכן ריכוז הגלוקוז במזרקים אלו הוא 18%.

3. דרך מתמטית לחישוב ריכוזים: $C_1 V_1 = C_2 V_2$

$$C_1 = \text{ריכוז התמיסה המקורית}$$

$$V_1 = \text{נפח התחלתי}$$

$$C_2 = \text{ריכוז סופי}$$

$$V_2 = \text{נפח סופי}$$

$$36\% \times 5\text{ml} = C_2 \times 10\text{ml}$$

$$C_2 = 18\%$$

מהלך הניסוי:

1. סמנו 12 מזרקים בספרות 1-12.
 2. הוסיפו לכל אחד מהמזרקים את התמיסות המתאימות בהתאם למתואר בטבלה 25.
 3. לחצו על בוכנת המזרק עד שהתמיסה תגיע לפתח היציאה של המזרק וסגרו את פתח המזרק בעזרת פקק. ודאו כי כל הבוכנות נמצאות כעת בגובה 10 מ"ל, שכן זה נפח הנוזל הסופי שהוספנו לכל מזרק.
 4. הכניסו כל שלושה מזרקים מאותו הטיפול לכוס כימית עם מים בטמפרטורה של 37°C .
 5. העבירו את ארבע הכוסות הכימיות לאמבט מים שחומם לטמפרטורה זהה.
 6. עקבו אחר שינוי גובה בוכנת המזרק כל 5 דקות במשך 30 דקות.
 - שימו לב! לעיתים הבוכנה יכולה לעוף החוצה, הזהרו מפגיע בעיניים או במכשירים במעבדה.
 7. ארגנו את התוצאות בטבלה שתכינו מראש כמו טבלה 22.
- טבלה 25: השפעת ריכוז הגלוקוז על קצב תסיסת השמרים. התוצאות בטבלה מתארות את נפח הנוזל בכל אחד מהמזרקים לאורך 30 דקות.

זמן מתחילת הניסוי								
30	25	20	15	10	5	0	טיפול	מזרק מספר
								1
								2

ניתוח תוצאות

הקלידו את הנתונים בגליון אקסל ועבור על טיפול חשבו את ממוצע גובה הבוכנה בכל 5 דקות. הציגו את הנתונים בתרשים מתאים.

דיון ומסקנות

בחלק הזה עליכם לסכם את התוצאות באופן מילולי, להסתמך על התוצאות שקבלתם ולהסביר אותן בהתאם להשערת המחקר ולספרות המקצועית. למשל, האם התוצאות שלכם עולות בקנה אחד עם המצופה, אם לא מדוע? וכו'.

טבלה 24: השפעת ריכוז הגלוקוז על קצב תסיסת שמרים - תוצאות

שינוי גובה הבוכנה מתחילת הניסוי						מספר	טיפול	ניסוי מס'
דקות 25	דקות 20	דקות 15	דקות 10	דקות 5	זמן 0			
7	7	7	7	7	10	1	ללא סוכר	1
6	6	6	6	6	10	2	ללא סוכר	1
6	6	6	6	6	10	3	ללא סוכר	1
40	40	35	31	17	10	4	1M	1
36	35	31	20	15	10	5	1M	1
45	40	40	35	28	10	6	1M	1
27	27	24	19	13	10	7	0.1M	1
28	27	25	23	14	10	8	0.1M	1
27	24	24	20	14	10	9	0.1M	1
13	13	12	11	11	10	10	0.01M	1
14	13	11	13	13	10	11	0.01M	1
14	14	13	12	13	10	12	0.01M	1

