

ביה"ס חקלאי- ויצ"ו נהלל



עבודת ביוחקר בנושא:

השפעת כמות התפוחים על הבשלת בננות



מגישות: מיה רן ועמית לב

כיתה: יא4, יא1

מוגש ל: עדנה זוהר

תאריך הגשת העבודה: 14.05.2020

תוכן עניינים

1. פרק א' – מבוא: 3 – 5
2. פרק ב' – מערך ניסוי: 6 – 9
3. פרק ג' – תוצאות: 10 – 12
4. פרק ד' – דיון ומסקנות: 13 – 14
5. נספחים:
 - (1) ביבליוגרפיה – 15
 - (2) דף אישי – מיה רן – 16 – 18
 - (3) דף אישי – עמית לב – 19 – 20
 - (4) תוצאות גולמיות – 21 – 22
 - (5) דו"ח סיור – 23

פרק א' - מבוא

עבודת החקר עוסקת בנושא השפעת האתילן שבתפוחים על מדדי הבשלת בננות, ברצוננו לבדוק האם בידוד של בננות יחד עם תפוחים למשך זמן מסוים ישפיע על זמן הבשלת הבננות.

על מנת למצוא שאלה למחקר שמנו לב לכל מיני תופעות שקורות בסביבה שלנו ועניין אותנו לחקור את הסיבה שהן קורות. שמנו לב כי יש מנהג לשים בננות ליד תפוחים מכיוון שזה גורם לתהליך ההבשלה שלהן להיות יותר מהיר. חקרנו על כך במקורות המידע וגילינו כי תפוחים באמת עוזרים לבננות להבשיל יותר מהר, בעקבות האתילן שהם מפרישים, וכך החלטנו שברצוננו לחקור את הנושא הזה.

ובכן, כעת נדון בשאלה האם באמת ניתן לשלוט בזמן ההבשלה של הבננות שלנו? ואם כן אז כיצד?

הבננה היא פרי קלימקטרי, כלומר פרי שמבשיל לאחר שקוטפים אותו, לכן בדומה לאבוקדו, פעמים רבות לחנויות וגם לבית שלכם היא מגיעה כשהיא עדיין ירוקה. וכאן נשאלת השאלה: האם ביכולתם של הצרכנים שמעוניינים בפירות לאורך השנה, לתזמן הבשלה של פירות בכלל ובננות בפרט על ידי גורמים ביתיים חיצוניים?

הפירות הקלימקטרים (climacteric) הם פירות שתהליך הבשלה שלהם מתרחש לאחר הקטיף, בעיקר בעקבות חשיפה לאתילן, שמוביל להבשלתם. ככל שהפרי מתקדם לקראת היותו אכיל, קצב הנשימה שלו גדל וייצור האתילן שלו עולה בחדות, עד למקסימום, ואז מתחיל לרדת, עד להזדקנות הפרי.

דוגמאות לפירות כאלה הם אבוקדו, בננות, תאנים, מנגו, פפאיה, פסיפלורה, אגסים, קיווי ועגבניות.

ובגלל העובדה שתהליך ההבשלה של הפירות הקלימקטרים מתחיל רק לאחר הקטיף, המון פעמים אנו מקבלים את הבננות/המנגו/האבוקדו (...) שקנינו, כאשר הם עדיין לא בשלים לגמרי ונהיה מופתעים לדעת שזמן הבשלתם יכול להיות ארוך מן הצפוי.

לעומת זאת ההבשלה של פירות שונים כמו תפוחים ופירות הדר מאופיינת בירידה מתמדת ורצופה בתהליך הנשימה (ויחד עם זאת גם בכמות הפרשת האתילן), פירות אלו נקראים פירות בלתי קלימקטרים.

בפירות שאינם קלימקטרים ואין בהם נשימה קלימקטרית גם אין עלייה בקצב שחרור האתילן במהלך ההבשלה והקצב נשאר נמוך עד הבשלתם המלאה.

הבשלה הינה תהליך המתרחש בפירות ובירקות, המהווה את המעבר בין היותם בוסר לבין היותם בשלים ראויים למאכל, בשלב זה הופכים הפירות למתוקים יותר, פחות חומצתיים, פחות ירוקים ורכים יותר.

במהלך תהליך ההבשלה נהרס הכלורופיל (שגורם להיעלמות הצבע הירוק), ובמקביל נוצרים פיגמנטים, המקנים לפרי או לירק את צבעו. בתהליך ההבשלה של פירות בעלי עמילן, כגון בננות, חל פירוק של חלק מהעמילן, תוך עלייה בריכוז הסוכרים שהם בעיקר פרוקטוז וגלוקוז.

צבע קליפת הבננה משתנה מירוק לצהוב עם ההבשלה, ובאותו הזמן מתפרק העמילן הנמצא והופך לפרוקטוז.

בשלב הסופי, הופך צבע הקליפה לחום ולשחור, עד שהפרי נרקב, ואינו ראוי עוד למאכל.

ישנם כמה גורמים שמשפיעים על קצב הבשלת הבננה כלומר, הפיכת העמילן שבבננה לסוכר. ביניהם, הסביבה האקלימית שבה היא נשמרת, וגם הורמונים שמשפיעים על קצב ההבשלה כמו האתילן.

תהליך ההבשלה מושפע מתנאי הסביבה, כגון טמפרטורה, הטמפרטורה משפיעה על קצב התהליכים האנזימטיים ועל תהליכים נוספים כמו נשימה תאית וכו'.

תהליך ההבשלה מושפע גם מגורמים תורשתיים כמו מין הצמח. בנוסף, גם ריכוז ההורמון אתילן שמזרז הבשלה גם משפיע על קצב ההבשלה של צמחים.

האתילן הוא אחד מהגזים הנפלטים במהלך ההבשלה, הוא תרכובת אורגנית פשוטה שהרכבו הכימי הוא C_2H_4 . האתילן הוא אחד מחמשת ההורמונים הצמחיים העיקריים והוא ההורמון החשוב ביותר בתהליך ההבשלה של הפירות, והוא ההורמון הצמחי הגזי היחיד.

האתילן הוא גז שמעודד הבשלה של פירות, מעודד פתיחה של פרחים, נשירה של עלים ונביטה של זרעים. בנוסף, הוא גם מגביר את עמידות הרקמה של הצמח מפני מחלה או פגיעה פתוגנית (פתוגן – מחולל מחלה). האתילן הורס את הכלורופיל שבקליפת הפרי והופך את העמילן לסוכר.

כדי למנוע ריקבון, חקלאים נוהגים לקטוף את הפירות לפני ההבשלה המלאה ולהפעיל עליהם את האתילן אשר גורם להבשלה מלאכותית.

האתילן הוא הגורם העיקרי שמניע את תהליך ההבשלה. בתקופת ההבשלה בננות מייצרות כמויות גדולות של אתילן שיכול להאיץ גם את הבשלתם של פירות אחרים שנמצאים בקרבתן, כמו אבוקדו ועגבניות. על פירות אחרים, כמו תותים, ענבים ופירות הדר, אין לבננה כל השפעה.

האתילן שמייצרת הבננה נקלט בקולטנים מיוחדים בתוך תאי הפרי ומדרבן אותם לעבור מייצור עמילן לפירוקו על ידי החלבון עמילאז. בנוסף, האתילן מעודד את פעילות החלבון פקטינאז שאחראי על פירוק מולקולות בשם פקטין בדופנות תאי הפרי, וכך מרכך את הפרי והקליפה. במקביל עולה בפרי כמות החלבון כלורופילאז, שמפרק את מולקולות הכלורופיל בקליפה ומעלים את צבעה הירוק. בעקבות זאת נחשפים צבענים (פיגמנטים) אחרים על הקליפה, שצבעם הצהוב נבלע אז מאחורי הכלורופיל הירוק. כך נוצרת בהדרגה בננה צהובה רכה ובשלה למאכל.

בניסוי, בודדנו את התפוח עם הבננות על מנת לבדוק כיצד משפיעה הימצאותו של התפוח בקרבת הבננה על קצב הבשלתה.

התפוח שאנו משתמשים בו בניסויי על מנת לבדוק את שאלת החקר שלנו, מגיע ממרכז אסיה ושמו הוא תפוח רד דלישס- תפוח אדום וגודלו בינוני. טעמו מתוק, בשרו רך יחסי. קליפתו אדומה כהה. זן התפוח התגלה בשנת 1870 על ידי ג'סי הייט.

בישראל תפוח הרד דלישס נקרא תפוח חרמון (כי הוא גדל לראשונה במורדות החרמון), גדל בגליל העליון, בגולן, ובגוש עציון.

לעומת הבננה, התפוח הוא פרי בלתי קלימקטרי כלומר, ההבשלה שלו מאופיין בירידה מתמדת ורצופה בתהליך הנשימה (ויחד עם זאת גם בכמות הפרשת האתילן).

בפירות שאינם קלימקטרים ואין בהם נשימה קלימקטרית גם אין עלייה בקצב שחרור האתילן במהלך ההבשלה והקצב נשאר נמוך עד הבשלתם המלאה.

הבננה היא צמח טרופי, היא מוגדרת כעשב משום שאין לה גזע כמו לעצים רגילים, אלא גבעול מעובה, כיום ידועים כ-200 זנים של בנות.

צורת הרבייה של הבננה הינה רביית בתולין שכן, לא קיימים בה זרעים והביצית מתפתחת באופן ישיר לאורגניזם חדש, ללא הפריה על ידי גורם זכרי. למינים המתרבים בדרך זו יש יתרון בבתי גידול שבהם הסיכויים להאבקה באמצעות חרקים הם קטנים. לשם כך הבנות אוגרות בתוכן כמויות גדולות של סוכרים שיספקו אנרגיה לביציות.

תהליך הפוטוסינתזה שמבצע הצמח יוצר את הסוכר הדרוש באמצעות מולקולות הכלורופיל שקולטות את אנרגיית השמש וממירות אותה לאנרגיה כימית האצורה בסוכר. המולקולות האלה, שצבען ירוק, נמצאות בשפע בקליפת הבננה בתחילת התפתחותה והן אלו שמקנות לה את צבעה בשלבים הראשונים לקיומה.

למרות הסוכר שמצטבר בה, בננה בוסרית אינה מתוקה מכיוון שסוכר נאגר בה כעמילן, שהוא מולקולה ארוכה שמורכבת מאלפי יחידות סוכר המחוברות זו לזו. רק כשהפרי מתחיל להבשיל הוא משנה את הרכבו ומתחיל לפרק את העמילן ליחידות הסוכר הנפרדות, שמקנות לו את טעמו המתוק.

בעבודת המחקר שלנו שאלת המחקר הייתה- האם ישנו קשר בין קצב ההבשלה של בנות לבין מספר התפוחים בסביבתם- שמהווים מקור לאתילן.

השערה: אנחנו משערות שכלל שיהיו יותר תפוחים בסביבת הבננה, כלומר ריכוז האתילן יהיה יותר גבוה, כך היא תבשיל בזמן קצר יותר ובמהירות יותר.

ביסוס ביולוגי: ההשערה מבוססת על כך שהתפוחים מפרישים אתילן, וככל שיהיו יותר תפוחים, תהיה כמות גדולה יותר אתילן אשר תגרום להבשלה מהירה יותר של הבננה, מפני שריכוז ההורמון הגזי אתילן, משפיע על קצב הבשלת פירות

פרק ב' - מערך ניסוי

- **שאלת חקר:** מהי השפעת האתילן שמקורו בתפוחים על הבשלת בננות
 - **חומרים:**
16 בננות (המוז הנמוך), 24 תפוחים (רד דלישס), 16 קופסאות זהות, טוש סימון, ניילון נצמד, מספריים, פרקטומטר, סכין, צלחות פטרי, מים מזוקקים, פיפטות, מקלוני בוחן לגלוקוז, משקל
 - **אורגניזמים –** בננות מזן "המוז הנמוך" ותפוחים מסוג "רד דלישס"
 - **משתנה בלתי תלוי –** כמות האתילן שמקורו בתפוחים. בכל טיפול כמות תפוחים שונה זאת אומרת יותר תפוחים – יותר אתילן.
 - **המשתנה התלוי –** הבשלת הבננה
 - **דרך מדידת המשתנה התלוי –** רכות הבננה, צבע הבננה וכמות הסוכר הנמצא בבננה
 - **הטיפולים –** 1. בקרה – רק בננה בתוך קופסא
2. בננה ותפוח 1 בתוך קופסא
3. בננה ו2 תפוחים בתוך קופסא
4. בננה ו3 תפוחים בתוך קופסא
 - **גורמים קבועים –** אותו מיקום, קופסא אטומה – אותה טמפרטורה, אותה כמות אור, אותו סוג של תפוחים, אותה גודל קופסא. חשוב שאלה יהיו קבועים כי כל אחד מהם עלול להשפיע על התוצאות
 - **בקרות –** טיפול מס' 1 – רק בננה בתוך קופסא, על מנת לבדוק ששום גורם אחר לא משפיע על הבננה חוץ מהאתילן
 - **מספר החזרות –** 5 חזרות לכל טיפול
 - **אופן עיבוד התוצאות –** על מנת לדעת מה רמת ההבשלה של הבננה בחרנו למדוד את רכות הבננה, צבע הבננה ורמת הסוכר בבננה. את רכות הבננה וצבע הבננה מדדנו לפי סקאלה ואת רמת הסוכר בעזרת מקלון בוחן לגלוקוז ורפקטומטר. את התוצאות רשמנו בטבלאות ולאחר מכן העברנו לאקסל
- ביום ראשון ה – 02.06 -העמדת הניסוי**
- א. לקחנו 16 בננות וכל אחת הנחנו בתוך קופסא פלסטיק משלה.
- ב. לכל קופסא עם בננה הכנסנו מספר תפוחים שונה (אם בכלל) לפי הטיפול אליו היא משתייכת.
- טיפול 1: בטיפול הראשון לקחנו בננה אחת והנחנו אותה לבד (ללא תפוחים) בתוך קופסא וחזרנו על כך 5 פעמים.
- טיפול 2: בטיפול השני לקחנו שוב בננה אחת והנחנו אותה עם תפוח אחד, חזרנו על כך 5 פעמים.
- טיפול 3: בטיפול השלישי לקחנו בננה ו 2 תפוחים והנחנו אותם בתוך קופסא.

טיפול 4: בטיפול הרביעי והאחרון לקחנו בננה והנחנו אותה בקופסא יחד עם 3 תפוחים.

- ג. בדקנו את הרכות והצבע של הבננות בשתי סקאלות שונות, אחת לממד הצבע ואחת לממד הרכות.
- ד.

ממד רכות	ממד צבע
1 - קשה	1 - ירוק
2 - טיפה רך	2 - צהוב ירוק
3 - רך	3 - צהבהב
4 - רך מאוד	4 - צהוב

ה. אטמנו את הקופסאות בעזרת ניילון נצמד ומסקנטייפ.

ו. סימנו בעזרת טוש לאיזה טיפול ואיזו חזרה כל קופסא משתייכת – לכל טיפול חמש חזרות.

ז. הנחנו את הקופסאות באותו מיקום, שבו ישנה את אותה הטמפרטורה ואת אותה רמת האור לכל הטיפולים והחזרות.

ביום שלישי ה - 04.06 - תצפית ראשונה

ח. פתחנו את הקופסאות ובדקנו שוב את הרכות הצבע לפי המדדים

ט. אטמנו את הקופסאות והחזרנו אותם למקומן

ביום חמישי ה - 06.06 - תצפית עיקרית וסיום הניסוי

י. פתחנו את קופסאות

יא. בדקנו את הרכות והצבע

יב. פתחנו את הבננות וחתכנו חתיכה של 3 גרם שמדדנו על משקל

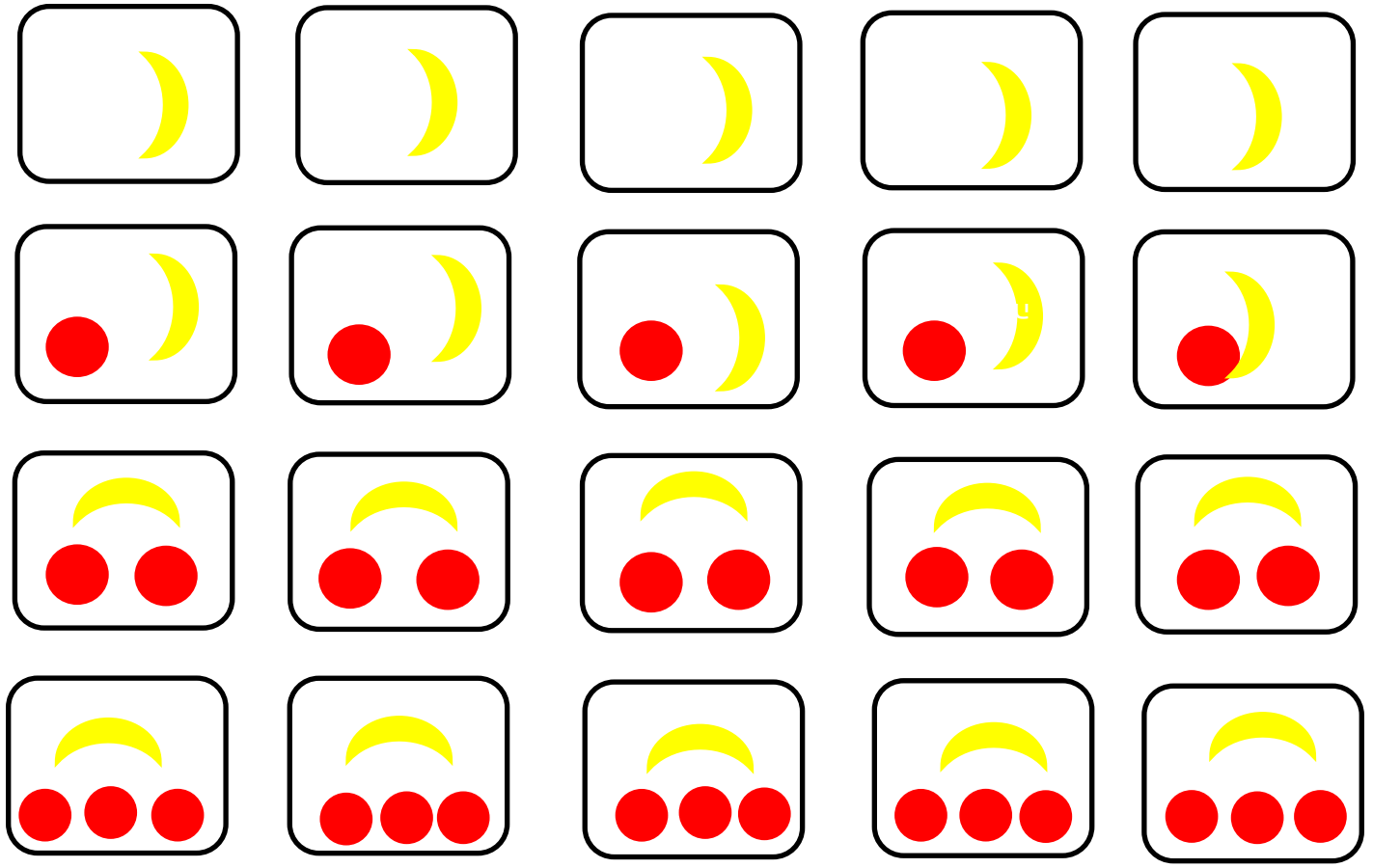
יג. שמנו את החתיכות בצלחות פטרי, הוספנו להם 3 מ"ל של מים מזוקקים וערבבנו עד שגענו לתמיסה

יד. לתוך התמיסה שנוצרה הכנסנו מקלון בוחן למדידת גלוקוז ולפי הצבעים שהופיעו עליו ידענו את כמות הסוכר לפי מיליגרמים שנמצאת בתמיסה

טו. לקחנו חצי מיליליטר מהתמיסה ושמנו אותה בתוך הרפקטומטר שהוא מכשיר למדידת גלוקוז שמודד ביחידות המידה בריקס

טז. הכנסנו את כל התוצאות לטבלאות ועיבדנו אותן לתוך אקסל

תרשים: השפעת כמות האתילן שמקורו בתפוחים על הבשלת בננות



הטיפולים והחזרות – תמונה 1



3 תמונה – אטימת הקופסא



2 תמונה



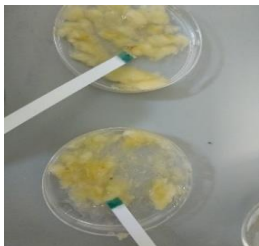
4 תמונה



6 תמונה – מקלוני בוחן לגלוקוז



5 תמונה – הרפקטומטר



מקלוני הבוחן בתמיסת

9 תמונה – הבנות



8 תמונה – המשקל



7 תמונה

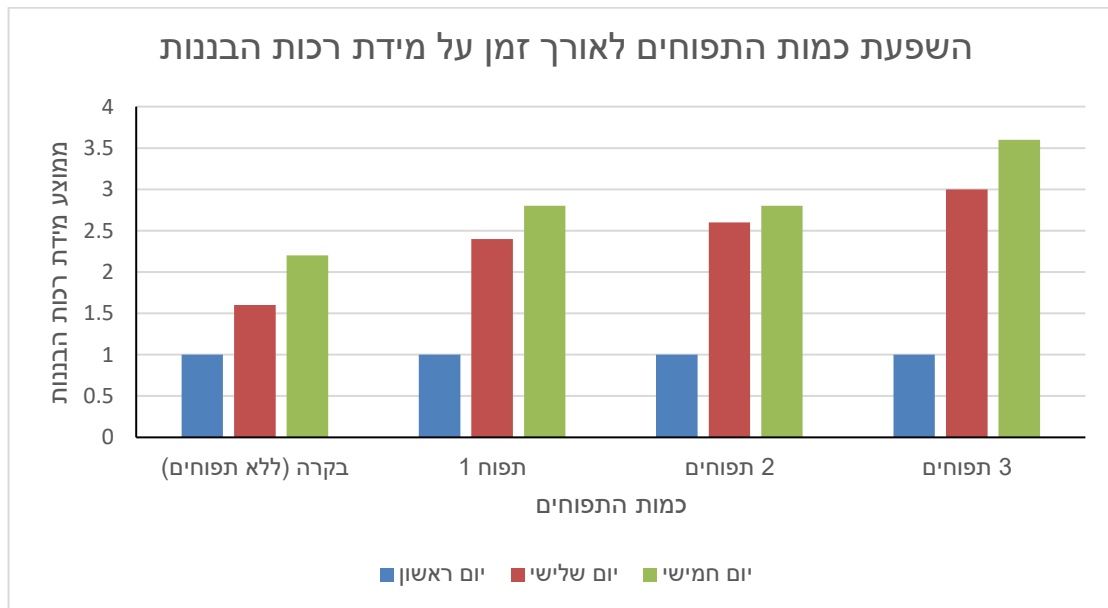
פרק ג' - תוצאות

טבלה מס' 1 – השפעת כמות התפוחים על הרכות של הבנות לאורך זמן

מדד רכות 1 - 4
 קשה - 1
 טיפה רך - 2
 רך - 3
 רך מאוד - 4

3 תפוחים	2 תפוחים	תפוח 1	בקרה (ללא תפוחים)	ימים
1	1	1	1	יום ראשון
3	2.6	2.4	1.6	יום שלישי
3.6	2.8	2.8	2.2	יום חמישי
0.183	0.333	0.333	0.333	סטיית תקן

גרף מס' 1



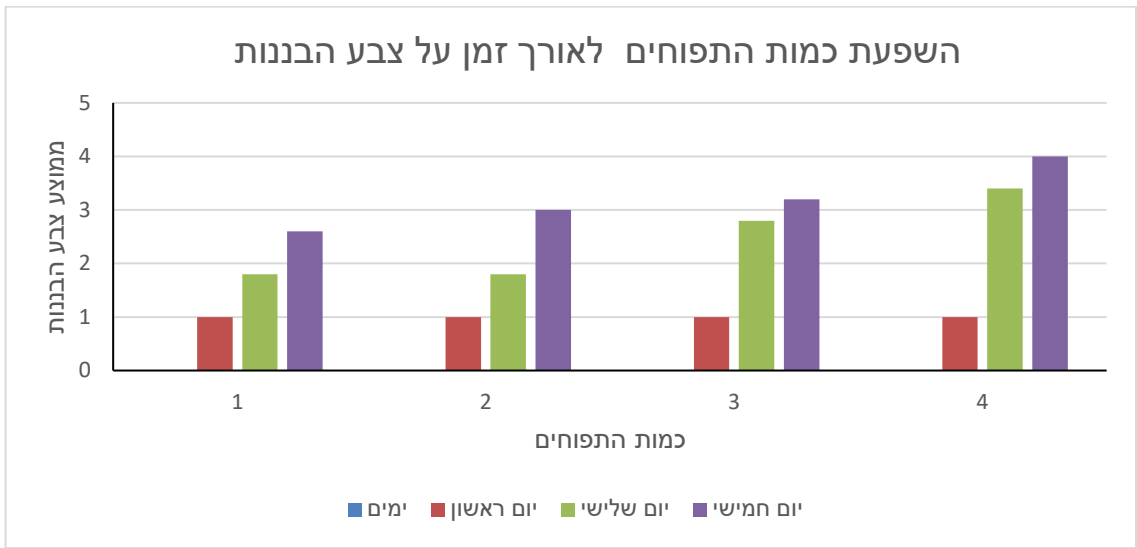
בגרף ניתן לראות כי בכל הטיפולים עם הימים הבנות נהיות יותר רכות אך ניתן גם לראות את ההבדלים, בטפול הרביעי, בו יש שלושה תפוחים ישנם את הבנות הכי רכות לעומת הבקרה, בה אין תפוחים והבנות נשארו טיפה קשות. בטיפולים השני והשלישי, בהם יש תפוח אחד ושני תפוחים בהתאמה, אנו רואים כי התוצאות מאוד קרובות בין 2.5 ל 3

טבלה מס' 2 – השפעת כמות התפוחים על צבע הבננות לאורך זמן

מדד צבע 1 - 4
 1 - ירוק
 2 - ירוק צהוב
 3 - צהבהב
 4 - צהוב

3 תפוחים	2 תפוחים	1 תפוח	בקרה (ללא תפוחים)	ימים
1	1	1	1	יום ראשון
3.4	2.8	1.8	1.8	יום שלישי
4	3.2	3	2.6	יום חמישי
0.163	0.576	0.133	0.296	סטיית תקן

גרף מס' 2

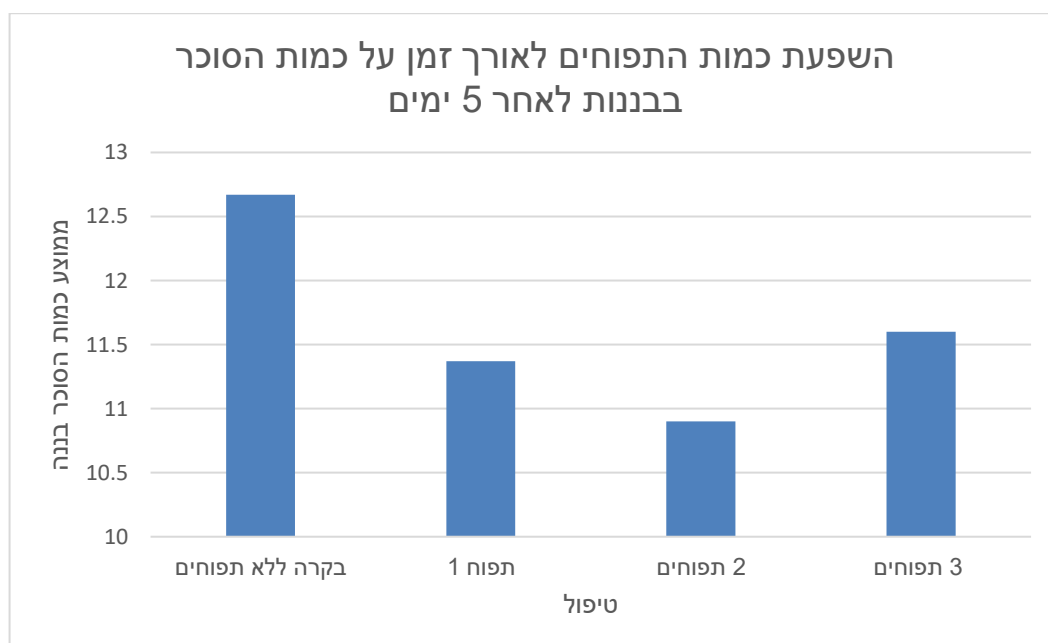


בגרף ניתן לראות כי בכל הטיפולים הבננות נהיות יותר צהובות - שחורות עם הימים. אפשר לראות כי בטיפול הרביעי, בו יש שלושה תפוחים, הצבע עובר את השינוי הכי גדול, הוא מתחיל ירוק וביום החמישי מגיע לצבע צהוב חזק. לעומת הבקרה שעובר את השינוי הכי נמוך הוא מתחיל ירוק ומגיע להיות צהוב ירקרק. בטיפול השני הצבע מגיע בממוצע לצהבהב ובטיפול השלישי התוצאה די דומה לטיפול השני בה גם הבננות הם צהבהבות.

טבלה מס' 3 – השפעת כמות התפוחים על כמות הסוכר בבננות לאחר 5 ימים

הטיפול	ממוצע	סטיית תקן	ס.ת.%
בקרה ללא תפוחים	12.67	0.62	4.90
תפוח 1	11.37	1.61	14.17
2 תפוחים	10.9	1.02	9.39
3 תפוחים	11.6	0.87	7.46

גרף מס' 3



מתוך הגרף ניתן לראות שלאחר 5 ימים בתוך הקופסא, בבקרה, הטיפול ללא התפוחים ישנה הכמות הכי גדולה של הסוכר 12.67, בטיפול השני אנו רואים כי יש פחות סוכר מהבקרה כ-11.37 יחידות בריקס, בטיפול השני יש את הכמות הכי נמוכה של הסוכר, 10.9 ובטיפול הרביעי אנו רואים כי כמות הסוכר עולה ל-11.6 יחידות בריקס של סוכר

פרק ד' – דיון ומסקנות

שאלת המחקר שלנו הייתה מהי השפעת כמות התפוחים בכלי סגור על מדדי הבשלת הבננות?

השערתינו הייתה כי ככל שיהיו יותר תפוחים בסביבת הבננה כך יהיה יותר אתילן וכך מידת ההבשלה שלה תהיה רבה יותר.

חלק מהתוצאות איששו את ההשערה שלנו וניתן לראות זאת לפי טבלה מס' 1 וגרף מס' 1 שמהם אנו יכולות להסיק כי ככל שיש יותר תפוחים כך הבננה יותר רכה. ולפי טבלה מס' 2 וגרף מס' 2 שמהם ניתן להסיק כי ככל שיש יותר תפוחים כך הצבע נהיה יותר צהוב, שני מדדים אלה מורים על כך שהבננה יותר בשלה.

עד כאן אלו היו נתונים אשר אושש את ההשערה שלנו מכיוון ששיערנו שאם כמות התפוחים תהיה יותר גדולה קצב ההבשלה יהיה יותר גבוה.

לעומת זאת מבחינת כמות הסוכר שיערנו שגם שם כמות הסוכר תהיה יותר כאשר ישנם שלושה תפוחים אך יצא בתוצאות מדד הסוכר שבבקרה ישנה כמות פי 1.09 מאשר בטיפול בו יש שלושה תפוחים, שבו שיערנו כי כמות הסוכר תהיה הכי גדולה. בטיפול השני והשלישי בהם היו תפוח 1 ושני תפוחים בהתאמה כמות הסוכר הייתה יותר קטנה מטיפול השלישי ולכן רק חלק מהתוצאות שלנו אוששו את השערתינו ובעקבות זאת לא ניתן להסיק מסקנות כוללות מהניסוי.

על פי המבוא למדנו כי תפוחים מפרישים חומר הנקרא אתילן, כאשר האתילן בא במגע עם רקמות שונות בצמח, הוא מעודד הבשלה של פירות שאחד מהם היא הבננה, לפי מידע זה ולפי העובדה שכמות האתילן גדלה לפי כמות התפוחים, למשל בשלושה תפוחים יש יותר אתילן מבשני תפוחים, אנו יכולות להגיד כי כאשר יש ריכוז יותר גדול של אתילן קצב הבשלת הבננות גבוה יותר, וניתן לראות זאת על פי מדדים שונים, לדוגמא: צבע הבננה, רכות הבננה, כמות הסוכר בבננה, קצב נשימת הבננה ועוד...

יש לנו כמה השערות למה היא הסיבה שחלק מהתוצאות שלנו סתרו את ההשערה, לדוגמא: אולי התפוח לא מפריש כל כך הרבה אתילן, אלא הוא מזדקן בתוך כלי סגור וההבשלה של הבננה שראינו היא רגילה לחלוטין ואין לתפוחים קשר לכך. בנוסף מכיוון שנתוני מדדי הרכות והצבע הם איכותיים ונקבעו על פי החושים שלנו לעומת נתוני מדד הסוכר שהם כמותיים כך שיכול להיות שהחושים שלנו הטעו אותנו, והמדדים האיכותיים הם לאו דווקא מהימנים ומדויקים.

אם היינו מבצעות את הניסוי שוב היינו מחליפות את המדדים האיכותיים במדדים כמותיים, שלדעתנו היו מספקים לנו תוצאות יותר מדויקות ומהמנות. למשל: קצב הנשימה של הבננות, כי אנו יודעות שכאשר פרי שאינו קלימקטרי כמו בננה, מקבל תוספת של אתילן ישנה עלייה חדה בקצב הנשימה שלו.

כמו כן, אם היינו מבצעות את הניסוי שוב והיה ביכולתנו לבחור מקור שונה לאתילן היינו בוחרות באבוקדו. וזאת מפני שמהשימוש בתפוח כמקור אתילן הסקנו כי הוא מפריש כמות קטנה של אתילן ביחס לאבוקדו מפני שהאבוקדו הינו פרי קלימקטרי.

פירות קלימקטרים הינם פירות שלרוב, תהליך ההבשלה שלהם מתחיל רק לאחר שהפרי נקטף. בעבודות של חוקרים נמצא כי הבשלתם של פירות רבים כמו: מנגו, בננה ואבוקדו באה יחד עם עלייה חדה בקצב הנשימה, (נשימה זו של פירות אלו נקראת נשימה קלימקטרית שזהו מקור השם של פירות אלו), וביחד עם העלייה החדה בקצב הנשימה גם קצב הפרשת האתילן עולה.

לעומת זאת ההבשלה של פירות שונים כמו תפוחים ופירות הדר מאופיינת בירידה מתמדת ורצופה בתהליך הנשימה (ויחד עם זאת גם בכמות הפרשת האתילן), פירות אלו נקראים פירות בלתי קלימקטרים.

בפירות שאינם קלימקטרים ואין בהם נשימה קלימקטרית גם אין עלייה בקצב שחרור האתילן במהלך ההבשלה והקצב נשאר נמוך עד הבשלתם המלאה.

כאשר פרי קלימקטרי (כדוגמת הבננה) מקבל תוספת אתילן (שבניסוי זה הגיעה מן התפוח) תוספת האתילן מביאה להקדמת העלייה של קצב הנשימה ולהקדמת קצב שאר תהליכי ההבשלה בימים אחדים כך שהעלייה בכמות האתילן מווסתת ומשפיעה על תהליכי ההבשלה.

לכן מכך נוכל להסיק שבזמן הבשלת האבוקדו יש הפרשת אתילן בכמות גבוהה יותר לכן אם היינו משתמשים באבוקדו כמקור לאתילן זה היה גורם לכך שקצב הבשלת הבננה היה מהיר יותר.

לסיכום, אנו מאמינות שיש להפיץ את המידע שקיבלנו ממחקר זה לכל בית בישראל, שמעוניין בבגנות בשלות, ובכך צרכני הבגנות יוכלו לדעת אילו פירות ישפיעו על הבשלת הבננה ויורידו משמעותית מזמן ההבשלה שלהם מה שיביא לכך שהם יהיו אכילות מהר יותר.

כמחקר המשך אנו מציעות לבדוק את ההשפעה של פירות שונים על הבשלת הבננה, להכניס את הבננה לתוך קופסא, כמו בניסוי שלנו, אך עם פירות שונים ולבדוק איזה פרי מביא לקצב ההבשלה הגבוה ביותר באמצעות מדידת כמות הסוכר שבבננה וקצב הנשימה שלה שאותו ניתן למדוד על ידי מדידת כמות הפד"ח הנפלט מבננה ועוד...

אם בוחנים את הנושא אותו בחרנו בראיה ביולוגית רחבה, אחד הרעיונות הביולוגיים אליו הנושא שלנו מתקשר הוא **גדילה והתפתחות**. גדילה והתפתחות היא חלק מאוד משמעותי מחיי הצמח ולעיתים על מנת להגיע להתפתחות תקינה ומהירה הצמח זקוק לחומרי עזר, כמו הורמונים, שתפקידם משמעותי בהבשלת הפירות, למשל האתילן.

ביבליוגרפיה

1. אוהד זיס, מכון דוידסון

<https://davidson.weizmann.ac.il/online/askexpert/>למה-בננות-משנות-את-צבען

9.9.2019, למה בננות משנות את צבען.

2. אהוד כלפון

26.9.2019, ריקבון <https://www.gordon.ac.il/sites/gordon/UserContent/files/rikavon.pdf>

פירות וירקות

3. ויקיפדיה (מחבר לא ידוע)

26.9.2019 <https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%90%D7%AA%D7%9F>

4. (שם המחבר לא ידוע)

[http://cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/8707D4DD-37CE-45B2-A5A0-](http://cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/8707D4DD-37CE-45B2-A5A0-AFA8FE92116D/65179/ART0109.pdf)

[AFA8FE92116D/65179/ART0109.pdf](http://cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/8707D4DD-37CE-45B2-A5A0-AFA8FE92116D/65179/ART0109.pdf) , 10.11.2019 , הבשלת הפרי

דף אישי – מיה רן

א. המושג הביולוגי שאליו בחרתי לקשר את עבודת החקר הוא: האבקה

בעבודת החקר צוין שדרך רבייתה של הבננה היא רביית הבתולין.

רביית בתולים (פרתנוגנזה) היא סוג של רבייה אל-זוויגית. זהו מצב שבו בעל החיים (חיות או צמחים) מעמיד צאצאים ללא צורך בהפריה, וכל הצאצאים של היצור הזה הם בעלי חומר תורשתי זהה לו.

כלומר, בכל אחד מתאי הצמח קיים כל המידע התורשתי הדרוש לבנייה של צמח שלם.

ישנם כמה סוגים של רבייה אל זוויגית והיא מתרחשת באופן טבעי בדרכים שונות, אך בכולן התהליך התאי שעליו היא מבוססת הוא מיטוזה.

רביית הבתולים ברוב המינים המקיימים אותה היא תחליף לרבייה מינית שהמין יכול ליצור. אך במקרים בהם אין זכרים בסביבה יוכל המין להמשיך ולהתרבות גם ללא צורך בזוויג הזכרי וכך לשמר את הזהות התורשתית.

הזהות התורשתית של הצאצאים המתקבלים ברבייה אל-זוויגית מאפשרת לשמר תכונות רצויות לאורך דורות רבים. מסיבה זו חקלאים וגננים מעדיפים לעתים להשתמש בשיטות של רבייה אל זוויגית גם בצמחים המסוגלים להתרבות ברבייה זוויגית. כאשר מצליחים לטפח זן איכותי המגדלים ישתדלו להרבות אותו בדרך של רבייה אל-זוויגית, וכך כל הצאצאים יהיו זהים בתכונותיהם לצמחי האם

אך מצד שני, רביית בתולים מפחיתה את הגיוון הגנטי באוכלוסייה, בהשוואה לרבייה מינית, ובכך מפחיתה את יכולת המין להסתגל לתנאי סביבה משתנים.

לעומת הרבייה האל-זוויגית, הרבייה הזוויגית כלומר ההפריה היא אירוע מיוחד שמתקיים רק בשלב מסוים במחזור חיי הצמח. בשלב זה מתפתחים בצמח פרחים שבהם נמצאים איברי הרבייה הזוויגית ובהם חלה הפריה. בעקבות ההפריה מתפתחים פירות ובתוכם הזרעים - תחילתו של הדור החדש.

כמו רוב היצורים החיים בתהליך ההפריה של צמחים תא רבייה זכרי מתלכד עם תא רבייה נקבי.

לפני שתהליך ההפריה יוכל להתרחש, יש צורך בהאבקה, כדי שההפריה תוכל להתרחש, גרגרי האבקה של הצמחים צריכים לעבור מן האבקנים אל הצלקת של פרח מאותו המין. המעבר של גרגרי האבקה מפרח לפרח נקרא האבקה. רק לאחר ההאבקה וההפריה מתפתחים הפירות, והזרעים שבפירות מבשילים ויכולים לנבט ולהתחיל דור חדש של צמחים.

ההאבקה מהווה את הבסיס לרבייה הזוויגית בצמחי הזרע. כמו כן, מכיוון שרוב הצמחים אינם יכולים לנוע במרחב, להאבקה חשיבות ייחודית בתור אמצעי של הפצת הגנים של האורגניזם במרחב.

ב. הרעיון המרכזי שבחרתי להתייחס אליו בשאלה זו הוא: ויסות והומיאוסטזיס.

הצמחים קולטים גירויים, ובתגובה מתרחש שינוי המאפשר לצמח לשמור על סביבה פנימית יציבה. כמו כן, התהליכים הקשורים בבקרה של צמיחה הן לגבי גודל הצמח והן לגבי היחס בין חלקי הצמח השונים, מבוקרים, כמו בעלי חיים, על ידי הורמונים, ועל כן ניתן לראותם כמערכות הומאוסטטיות של צמחים.

הורמון הוא חומר המופרש באורגניזם ומשפיע על תהליכים שונים המתרחשים בו. לעתים ההשפעה היא במקום אחר מהמקום שבו הופרש, אדרנלין הוא דוגמה להורמון בבני אדם המשפיע על קצב הלב ועל תהליכים רבים אחרים להורמונים בבני אדם תפקיד חשוב בשמירה על הומיאוסטאזיס גם בצמחים יש הורמונים המשפיעים על תהליכים בצמח ומסייעים בשמירה על ההומיאוסטאזיס.

לא כמו השפעת ההורמונים באדם, הורמונים צמחיים יכולים להשפיע גם במקום היווצרותם וגם באיברים אחרים השפעתם של ההורמונים ניכרת בצמיחה של הצמח ולכן נהוג לכנותם גם בשם מווסתי צמיחה.

ההורמון העיקרי שדנו עליו בעבודת המחקר הוא הורמון האתילן המהווה את אחד מחמשת ההורמונים הצמחיים העיקריים, את ההורמון הצמחי הגזי היחיד וההורמון החשוב ביותר בתהליך ההבשלה של הפירות.

כשאתילן בא במגע עם רקמות שונות בצמח הוא מעודד הבשלה של פירות, פתיחה של פרחים, התפתחות ונשירה של עלים ונביטה של זרעים, והוא מגביר את עמידות הרקמה בפני מחלה או פגיעה פתוגנית.

עוד מושג שדנו עליו בעבודת המחקר הוא הפירות הקלימקטרים (climacteric) הם פירות שתהליך הבשלה שלהם מתרחש לאחר הקטיף, בעיקר בעקבות חשיפה לאתילן, שמוביל להבשלתם. ככל שהפרי מתקדם לקראת היותו אכיל, קצב הנשימה שלו גדל וייצור האתילן שלו עולה בחדות, עד למקסימום, ואז מתחיל לרדת, עד להזדקנות הפרי.

בפירות הקלימקטרים ויסות האתילן הוא מנגון מאוד חשוב להשלמת תהליך ההבשלה, החשיפה הראשונית של הפרי הקלימקטרי לאתילן מעודדת ייצור מוגבר של ההורמון.

דוגמאות לפירות כאלה הם אבוקדו, בננות, תאנים, מנגו, פפאיה, פסיפלורה, אגסים, קיווי ועגבניות.

בענף החקלאות משתמשים בכך שכל שריכוז האתילן יותר גבוה כך הבשלת הפירות תהיה יותר מהירה, ובתהליך שנקרא הבחלה, משתמשים בחומרים כימיים שביניהם האתילן כדי לזרז את תהליך הפיכת הפירות מבוסריים לבשלים, על מנת לשווק את הפירות כאשר הם אכילים. חקלאים משתמשים בהבחלה בעיקר על בננות, תמרים ועוד.

בתקופת ההבשלה בבננות, הן מייצרות כמויות גדולות של אתילן שיכול להאיץ גם את הבשלתם של פירות אחרים שנמצאים בקרבתן, כמו אבוקדו ועגבניות. על פירות אחרים, כמו תותים, ענבים ופירות הדר, אין לבננה כל השפעה.

האתילן שמייצרת הבננה נקלט בקולטנים מיוחדים בתוך תאי הפרי ומדרבן אותם לעבור מייצור עמילן לפירוקו על ידי החלבון עמילאז. בנוסף, האתילן מעודד את פעילות החלבון פקטינאז שאחראי על פירוק מולקולות בשם פקטין בדופנות תאי הפרי, וכך מרכך את הפרי

והקליפה. במקביל עולה בפרי כמות החלבון כלורופילאז, שמפרק את מולקולות הכלורופיל בקליפה ומעלים את צבעה הירוק. בעקבות זאת נחשפים צבענים (פיגמנטים) אחרים על הקליפה, שצבעם הצהוב נבלע אז מאחורי הכלורופיל הירוק. כך נוצרת בהדרגה בננה צהובה רכה ובשלה למאכל.

לעומת הפירות הקלימקטרים, ההבשלה של פירות בלתי קלימקטרים שונים כמו תפוחים ופירות הדר מאופיינת בירידה מתמדת ורצופה בתהליך הנשימה (ויחד עם זאת גם בכמות הפרשת האתילן).

לכן, בפירות שאינם קלימקטרים ואין בהם נשימה קלימקטרית גם אין עלייה בקצב שחרור האתילן במהלך ההבשלה והקצב נשאר נמוך עד הבשלתם המלאה.

האתילן הוא הגורם העיקרי שמניע את תהליך ההבשלה.

דף אישי – עמית לב

א. **יחסי גומלין** – מערכות ביצורים חיים הן מורכבות, בתא, ביצור שלם או במערכת אקולוגית. מרכיביהן מקיימים יחסי גומלין אחד עם השני והמערכות עצמן מקיימות יחסי גומלין עם מערכות אחרות בסביבתן.

יחסי גומלין אלו מתבטאים בקליטת חומרים ואנרגיה מן הסביבה ובהפרשת חומרים ואנרגיה אל סביבתן, וגם בקליטה של גירויים ובתגובה אליהם. המערכות קולטות גירויים ומגיבות אליהם בהתאם בשינויים פנימיים וחיצוניים, בסיוע מנגנוני בקרה, ויסות ותיאום.

בחקר שלנו ניתן לראות את יחסי הגומלין שבין פירות שונים, כיצד אחד עוזר לשני. יחסי גומלין מסוג זה נקראים קומנסליזם - כאשר שותף אחד מפיק תועלת, והאחר אינו מפיק תועלת ואינו ניזוק.

האתילן שאחד מפריש בעקבות תהליך ההבשלה שלו משפיע לטובה גם על תהליך ההבשלה של האחר, ובעקבות תהליך ההבשלה של האחרון מופרש גם ממנו אתילן שעוזר לתהליך ההבשלה של זה שבסביבתו והלאה.

כאשר האתילן נקלט בקולטנים מיוחדים בתוך תאי הפרי ומדרבן אותם לעבור מייצור עמילן לפירוקו על ידי החלבון עמילאז. בנוסף, האתילן מעודד את פעילות החלבון פקטינאז שאחראי על פירוק מולקולות בשם פקטין בדופנות תאי הפרי, וכך מרכך את הפרי והקליפה ומזרז את קצב ההבשלה.

ב. **המשכיות תורשתית ורבייה** – ניתן לדעת לפי המחקר שעשינו והמידע שמצאנו בזכותו כי כאשר פירות מבשילים, בדרך כלל בעזרת האתילן. האתילן הוא אחד מחמשת ההורמונים הצמחיים העיקריים והוא הגורם העיקרי המניע את תהליך ההבשלה, הא מפרק את הכלורופיל שבקליפת הפרי והופך את העמילן לסוכר שבעקבות כך מגיעה עלייה בכמות הסוכר בפירות, אשר הופכת אותם ליותר מושכים בעיני בעלי חיים המפיצים את הזרעים שלהם, באמצעות 3 שיטות שונות:

- ציפורים ובעלי חיים שונים שלאחר שאוכלים מצמח \ פרי כלשהו, זרעיו אינם מתעכלים בקיבתם והם מפרישים אותם לאדמה. מהזרעים הללו יצמחו צמחים חדשים. זוהי הפצה תוך-גופית, שפירושה שהזרעים מופצים בגופו של בעל חיים.
- צמחים שזרעיהם נדבקים לגופם של בעלי חיים בשיטות שונות, כמו האבקה והדבקה. קוצים, זיפים וחומרי הדבקה שונים, מסייעים לצמחים להפיץ את עצמם. זוהי הפצה חוץ-גופית, שפירושה שהזרעים מופצים מחוץ לגופו של בעל החיים המפיץ.
- צמחים שמתבססים על אגירת זרעיהם על ידי מכרסמים או נמלים. הללו אוגרים את הזרעים לצורך אכילה, אבל מאבדים חלק בדרך וכך הם נובטים, או

שהזרעים שנאגרו נובטים במקום שבו נאגרו. גם זוהי הפצה חוץ-גופית,
שפירושה שהזרעים מופצים מחוץ לגופו של בעל החיים המפיץ.

לבסוף זרעים אלו יהפכו לדור הבא של הפירות/צמחים, ירשו את תכונותיהם,
יבטיחו את קיום הזן ולכן ניתן לראות את ההקשר להמשכיות תורשתית ורבייה.

תוצאות גולמיות

מדד סוכר:

יום חמישי – 6.6

בדיקה 3	בדיקה 2	בדיקה 1	טיפול 2
10	10	8	חזרה 1
12	13	16	חזרה 2
12	11	13	חזרה 3
11	11	10	חזרה 4
12	11	10.5	חזרה 5

בדיקה 3	בדיקה 2	בדיקה 1	טיפול 1
11	13	11	חזרה 1
13	11	14	חזרה 2
13	14	13	חזרה 3
11	13	15	חזרה 4
13	12	13	חזרה 5

בדיקה 3	בדיקה 2	בדיקה 1	טיפול 4
11	10	10	חזרה 1
11	11	14	חזרה 2
13	13	12	חזרה 3
12	11	12	חזרה 4
11	12	11	חזרה 5

בדיקה 3	בדיקה 2	בדיקה 1	טיפול 3
13	13	11	חזרה 1
10	10	9.5	חזרה 2
11	8	11	חזרה 3
12	11	11	חזרה 4
12	10	11	חזרה 5

מדד רכות:

יום ראשון – 2.6

חזרה 5	חזרה 4	חזרה 3	חזרה 2	חזרה 1	
1	1	1	1	1	טיפול 1
1	1	1	1	1	טיפול 2
1	1	1	1	1	טיפול 3
1	1	1	1	1	טיפול 4

מדד רכות 1 - 4

- 1- קשה
- 2- טיפה רך
- 3- רך
- 4- רך מאוד

יום שלישי – 4.6

חזרה 5	חזרה 4	חזרה 3	חזרה 2	חזרה 1	
1	1	2	2	2	טיפול 1
2	2	3	3	2	טיפול 2
3	2	3	3	2	טיפול 3
3	3	3	3	3	טיפול 4

יום חמישי 6.6

חזרה 5	חזרה 4	חזרה 3	חזרה 2	חזרה 1	
2	2	2	3	2	טיפול 1
3	3	3	2	3	טיפול 2
3	2	3	3	3	טיפול 3
4	4	4	3	3	טיפול 4

מדד צבע:

יום ראשון – 2.6

חזרה 5	חזרה 4	חזרה 3	חזרה 2	חזרה 1	

מדד צבע 1 - 4

1 - ירוק

2 - ירוק צהוב

3 - צהבהב

4 - צהוב

1	1	1	1	1	טיפול 1
1	1	1	1	1	טיפול 2
1	1	1	1	1	טיפול 3
1	1	1	1	1	טיפול 4

יום שלישי – 4.6

חזרה 5	חזרה 4	חזרה 3	חזרה 2	חזרה 1	
2	1	2	2	2	טיפול 1
2	2	2	1	2	טיפול 2
3	2	4	2	3	טיפול 3
4	3	3	4	3	טיפול 4

יום חמישי – 6.6

חזרה 5	חזרה 4	חזרה 3	חזרה 2	חזרה 1	
3	3	2	2	3	טיפול 1
3	3	3	3	3	טיפול 2
4	4	4	2	2	טיפול 3
4	4	4	4	4	טיפול 4

דו"ח סיור