

1 למרץ 2019

דו"ח מסכם לתכנית מחקר מספר 18-4300592

שנת המחקר: 3 מתוך: 3 שנים.

השראת יצירת אנטוציאנין לצורך הגברת עמידות, הקטנת פחיתים ושיפור איכות פרי המנגו

Induction of anthocyanin metabolism in order to increase resistance, reduce waste loss and improve mango fruit quality

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י:

נעם אלקן מינהל המחקר החקלאי, המחלקה לחקר תוצרת חקלאית לאחר קטיף.

מיכל שמיר מנהל המחקר החקלאי, מדעי הצמח.

Noam Alkan, Department of Postharvest Science of Fresh Produce, Agricultural Research Organization, Volcani Center, P.O.B 15159, HaMaccabim Road 68, Rishon LeZion 7505101, Israel. noamal@volcani.agri.gov.il.

Michal Oren-Shamir, Plant Sciences, Agricultural Research Organization, Volcani Center, P.O.B 15159, HaMaccabim Road 68, Rishon LeZion 7505101, Israel.

vhshamir@volcani.agri.gov.il.

תקציר

פירות מנגו מזנים רבים כדוגמת הזן 'שלי' צוברים אנטוציאנינים בתגובה לחשיפה לשמש במטע. אותם פירות מנגו אדומים מהזן 'שלי' הראו מדדי הבשלה דומים לפירות הירוקים. למרות ההבשלה הדומה, הפירות האדומים הראו עליה מסוימת בעמידות לצינה (הפחתה בחמצון שומנים, בנקודות השחורות ובכיבים) עם זאת לעיתים התרבו הנקודות האדומות ולכן המחקר בנושא זה צומצם. בנוסף, פירות מנגו אדומים מהזן 'שלי' הראו עליה משמעותית ביותר בעמידות למחלות הטבעיות (רקבונות עוקץ ורקבונות צד) המתפתחות באחסון (תוך שינוי המיקרוביום בעוקץ הפרי) דבר שהוביל לאפשרות להארכת משך האחסון לחמישה שבועות אחסון ב 10 מעלות. באופן דומה, פירות מנגו אדומים היו עמידים הרבה יותר מפירות מנגו ירוקים להדבקה ב *Colletotrichum gloeosporioides*. מעניין לציין, כי גם הצד הירוק של פירות המנגו האדומים היו עמידים יותר למחלת האנטרקנוז, תוצאה אשר מצביעה על השראת עמידות. בבדיקת מנגנון העמידות נמצא כי פירות מנגו אדומים צוברים יותר אנטוציאנינים בצד האדום ויותר פלבנואידים בצד האדום והירוק. אכן, נמצא כי הפעילות האנטיאוקסידנטית בקליפות של פירות אדומים אשר צברו פלבנואידים ואנטוציאנינים הייתה גבוהה יותר מבפירות ירוקים. בעוד שרמת הרדיקלים החופשיים הייתה גבוהה יותר בפירות הירוקים. בימים אלו מנותחות תוצאות הטרנסקריפטום של ניסוי זה. מיצוי כללי של פלבנואידים ואנטוציאנינים מקליפה של פרי אדום עיכב באופן ישיר את גידול התפטיר ונביטת הנבגים של *C. gloeosporioides*. הפלבנואידים ואנטוציאנינים מקליפה של פרי אדום וירוק מהצד האדום והירוק אופיינו ב HPLC ו LC-MS ונמצא כי כל החומרים נמצאו כמקושרים לסוכרים באופן טבעי. נמצא כי β -glucosidase מיוצר בזמן תוקפנות הפטרייה *C. gloeosporioides* על גבי פירות מנגו ע"י הפטרייה והפרי. מעניין לציין, כי הורדת הסוכרים מאותם פלבנואידים הגבירה את הפעילות האנטי-פטרייתית הן בעיכוב הגידול התפטיר והן בעיכוב הנביטה של *C. gloeosporioides*. בכדי להגביר את הצבע באדום בפירות מנגו בוצעו ניסויי שדה, נמצא כי ריסוס של Blush הגביר את יצירת הצבע האדום בפירות 'שלי', מיה ו'קנט' בעיקר בצד החשוף לשמש בעוד בצד הלא חשוף לשמש הראה הגברה של ההצהבה לאורך ההבשלה. אכן, בניסוי מסחרי נמצא כי שילוב של עיצוב העץ כפתוח לשמש בשילוב עם שני ריסוסים ב'בלאש' לפני קטיף הובילו להשראת צבע אדום בפירות 'קנט' ולהפחתה בכמות ועוצמת הרקבונות לאחר הקטיף.

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: כן, ובכפוף לאישור השימוש בחומר בלאש.



חתימת החוקר:

תאריך: 1.3.2019

מבוא:

צבע אדום בפירות מקושר עם פרי איכותי ואטרקטיבי. לכן פרי מנגו אדום יכול להימכר במחיר גבוהה יותר. בבחינת העמידות של 83 זני מנגו לאחסון בקור (6°C למשך שבועיים) ולהדבקות בפטרייה הפתוגנית *Colletotrichum gloeosporioides* נמצאה קורלציה מובהקת בין הצבע האדום בקליפת הפרי של זני-מנגו לעמידות לעקות ביוטיות ואביוטיות (תוצאות הקדמיות הצעת מחקר).

אנטוציאנין הינו החומר האחראי ליצירת הצבע האדום בפירות מנגו. אנטוציאנינים ופלבונואידים הינם חומרי בריאות, נוגדי חמצון הנוצרים במסלול ההגנה הנקרא פנילפרופנואיד המייצר פלבונואידים ואנטוציאנינים. פלבונואידים שונים אופיינו בעבר כפיטואלקסינים, חומרים אנטי-מיקרוביאליים המושרים על-פי-רוב ע"י פתוגנים ומצטברים באזור ההדבקה, חומרים אלו כוללים: איזופלבן, איזופלבונואידים שונים, סטילבן, רסורטרול, קומרין, פלבנול ועוד (Dixon and Paiva, 1995). בדומה, אנטוציאנין קושר בעבר לעמידות של צמחים לעקות אביוטיות (Chalker-Scott, 1999; Gould, 2004).

ניתן להגביר את הצטברות האנטוציאנין ע"י הנדסה גנטית. לדוגמא, בעגבניות מוטנטיות *Delila* ו-*Rosea1* גרמו להגברת יצירת אנטוציאנין בפרי, כתוצאה מכך הפרי היה עמיד ל-*Botrytis* וחיי המדף שלו התארכו (Zhang et al., 2013). באופן חלופי ניתן להגביר את עמידות הפרי או צמח ע"י עקות שונות המפעילות בצמח מנגוני 'עמידות מושרית' המאפשרים התמודדות עם עקות ביוטיות או אביוטיות עתידיות (Kuc, 2012; Pieterse et al., 2014; Pieterse et al., 1982). עקות ביוטיות ואביוטיות שונות יכולות להפעיל את מסלול הביוסניטזה של הפנילפרופנואידים, המוביל ליצירת פלבונואידים ואנטוציאנינים (Dixon and Paiva, 1995). לדוגמא, חשיפה לשמש של פירות מנגו במטע הובילה להשראת יצירה של הצבע האדום ולעמידות מוגברת כנגד צינה ורקבונות המתפתחים לאחר קטיף (Sivankalyani et al., 2016). מכאן, ניתן להניח כי קרינת שמש ישירה מגבירה את צבירת האנטוציאנינים והפלבונואידים בקליפת פירות המנגו האדומים אשר נמצאים בקורלציה לעלייה בעמידות הפרי לאחר הקטיף לצינה ולמחלות. בדומה, חשיפת פירות אפרסק לאור חזק לפני קטיף או אחסון בטמפרטורות נמוכות מאוד גרמו להצטברות אנטוציאנין וצבע אדום בקליפה (Erez and Flore, 1986; Tsantili et al., 2010).

בעבודה זו, אנו נבחן את מנגנון העמידות של פרי המנגו האדום למחלות לאחר הקטיף, בנוסף אנו מציעים לבדוק יישומים שונים לצורך הגברת הצבע האדום בפירות מנגו לצורך שיפור עמידות הפרי לאחר קטיף, הארכת משך האחסון ושיפור איכות הפרי.

מטרות המחקר:

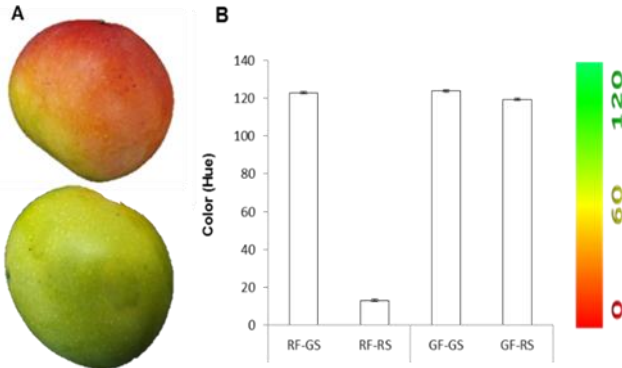
1. אפיון מנגנון העמידות של פרי מנגו אדום למחלות ולצינה: א. בירור סוג העמידות, העמידות מקומית (באזור הצטברות הצבע) או עמידות מושרית (לכלל הפרי). ב. אפיון מסלולי ההגנה המופעלים בפרי האדום בתגובה לעקות ביוטיות ואביוטיות. ג. אפיון סוגי האנטוציאנינים והפלבונואידים בקליפת הפרי האדום. ד. בחינת רמת הרדיקלים החופשיים והפעילות האנטי-חמצונית בפרי האדום. ה. בחינת פעילות פיטואלקסינים הנוצרים במסלול ביוסינטיזה של הפנילפרופנואידים.
2. הגברת הצבע האדום בפירות מנגו 'שלי': א. בחינת דילול עלווה וחשיפת הפרי לקרינת שמש ישירה לפני קטיף על הצטברות אנטוציאנין והגברת עמידות הפרי לפגעים לאחר קטיף. ב. בחינת יישום חומצה

ג'סמונית או אבסיסית במטע לפני קטיף על הצטברות אנטוציאנין והגברת עמידות הפרי לפגעים לאחר קטיף.

עיקרי הניסויים ותוצאות המחקר:

מנגו 'שלי' אדום וירוק נקטפו באותו יום מאותו מטע. לאחר ההגעה לבית האריזה 'מור השרון' פירות המנגו הופרדו לפי אחוז הצבע האדום בקליפתם: 1. מנגו אדום – מעל 50% צבע אדום בקליפה, 2. מנגו ירוק – מתחת ל 5% צבע אדום בקליפה. רמת הצבע נבדקה באופן ראשוני עם מכשיר המינולטה, ואכן כמצופה,

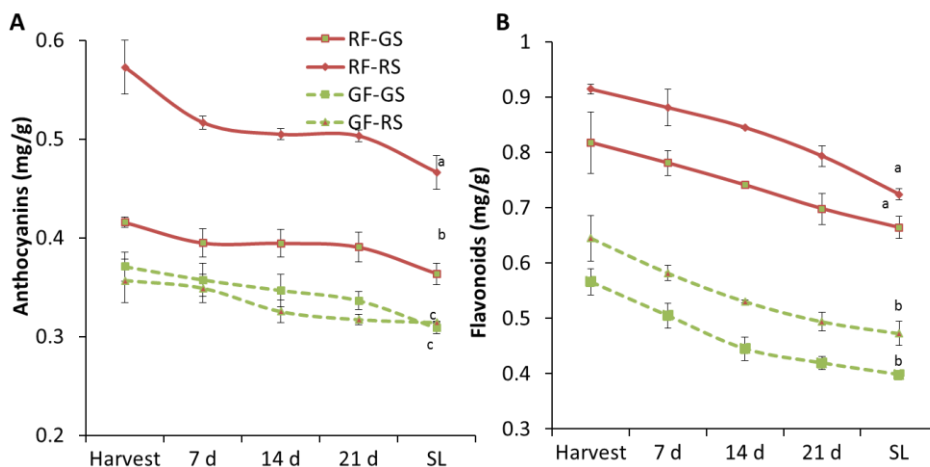
נמצא כי הצד האדום של מנגו אדום הינו בעל Hue של 10-15 בעוד שהצד הירוק של הפרי האדום וכל הפרי הירוק הינם עם ערכי hue של 120 (איור 1).



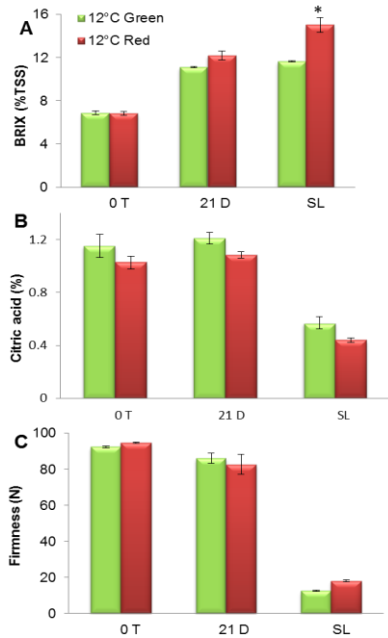
איור 1: בדיקת צבע של פרי מנגו 'שלי' אדום וירוק. A. תמונה מייצגת של מנגו אדום וירוק. B. ערכי hue של צד אדום (RS) והירוק (GS) בפירות מנגו אדומים (RF) וירוקים (GF).

כימות אנטוציאנינים ופלבנואידים:

אנטוציאנינים הינם החומרים אשר אחראיים על יצירת הצבע האדום בפירות מנגו. האנטוציאנינים נוצרים במסלול הביוסינטזה של הפנילפרופנואיד, אשר יוצר בשלב ראשוני פלבנואידים. לכן, נבדקו כמויות הפלבנואידים והאנטוציאנינים בצד האדום והירוק של פירות מנגו אדומים וירוקים בשיטה ביוכימית (איור 2) ופלורסנטית (תוצאות לא מוצגות) ולאורך 21 ימי אחסון ב 12°C ותוספת של שבוע בחיי-מדף (20°C). נמצא כי, קיימים הכי הרבה פלבנואידים ואנטוציאנינים בפרי האדום בצד האדום (איור 2). נמצא גם, כי קיימים יותר אנטוציאנינים בצד הירוק של הפרי האדום מאשר בפרי הירוק (איור 2A).



איור 2: בדיקת כמות אנטוציאנינים ופלבנואידים בצד האדום (RS) והירוק (GS) של פירות מנגו 'שלי' אדומים (RF) וירוקים (GF) בשיטה ביוכימית (A, B) ולאורך 21 ימי אחסון ב 12°C ותוספת של שבוע בחיי-מדף (SL : 20°C).

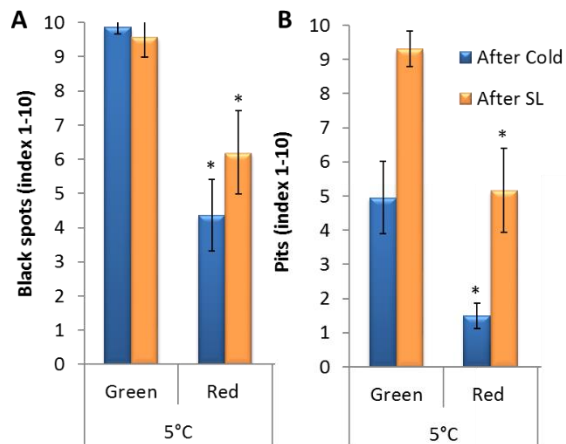


ההבשלה בפירות אדומים וירוקים:
 בכדי לבחון האם צבע הפרי משפיע על רמת ההבשלה נבדק אחוז החומרים המומסים (TSS) שמעידים על רמת הסוכר אשר עולה בפרי לאורך ההבשלה. רמת החומצה הציטרית ומוצקות הפרי. בקטיף לא נמצאו הבדלים ברמת ההבשלה בין פרי אדום וירוק (איור 3). אך לאחר האחסון, הפרי האדום צבר יותר סוכרים (איור 3A) בעוד שרמת החומצה והמוצקות היו דומות (איור 3B,C).

איור 3: הבשלת פירות מנגו 'שלי' אדומים וירוקים לאורך שלושה שבועות אחסון ב 5°C ותוספת שבוע ב 20°C. A. אחוז החומרים המומסים (Brix; TSS). B. חומצה (אחוז חומצה ציטרית). C. מוצקות (ניוטון).

השפעת הצבע האדום על עמידות לקור, ניזקי צינה וחמצון שומנים

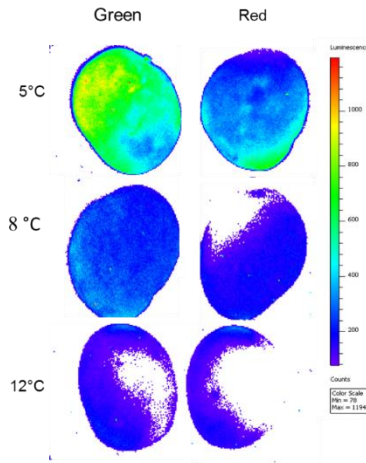
פירות מנגו 'שלי' אשר נקטפו מהחלק החיצוני (אדומים) או הפנימי של העץ (ירוקים) אוחסנו ב 12°C או למשך שלושה שבועות ב-5°C והועברו לשבוע בחיי מדף (20°C). הפירות שאוחסנו ב 12°C לא הראו סימפטומים של ניזקי צינה (תוצאות לא מוצגות). אך, פירות אדומים שאוחסנו ב 5°C הראו פחות ניזקי



צינה, כגון נקודות שחורות וכיבים לאחר אחסון בקור וחיי מדף בהשוואה לפירות ירוקים (איור 4). עם זאת, בפירות אדומים היה ריבוי של נקודות אדומות (תוצאות לא מוצגות).

איור 4: ניזקי צינה בפירות מנגו 'שלי' אדומים וירוקים לאורך שלושה שבועות אחסון ב 5°C (After Cold) ותוספת שבוע בחיי מדף 20°C (SL). A. עוצמת נקודות שחורות (אינדקס 0-10). B. עוצמת כיבים (אינדקס 0-10).

רמת הלומיניסנציה נמצאת בקורלציה לחמצון שומנים וניזקי צינה (Sivankalyani et al., 2016). מעניין לציין, כי למרות ריבוי הנקודות האדומות בפירות אדומים (דו"ח שנה 1) נמצא הבדל משמעותי ברמת הלומיניסנציה (מעל 670nm) בין פירות אדומים וירוקים בון 'שלי' אשר נבדק במכשיר IVIS אשר יכול לבחון לומיניסנציה של פירות שלמים (Sudrasheen, et al., 2018). נמצא כי רמת הלומיניסנציה של פירות אשר אוחסנו בטמפרטורות נמוכות הייתה גבוהה יותר מפירות שאוחסנו בטמפרטורות גבוהות יותר.

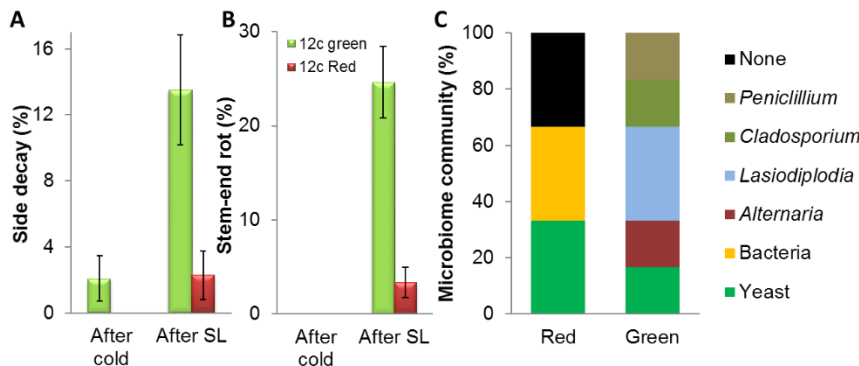


בנוסף, רמת הלומיניסנציה של פרי ירוק הייתה גבוהה יותר מרמת הלומיניסנציה של פרי אדום (איור 5). תוצאה המעידה על רגישות גדולה יותר של פרי ירוק לעקת הצינה באחסון בטמפרטורות תת-אופטימליות.

איור 5: תמונת לומינסנציה אופיינית המעידה על חמצון שומנים לאחר אחסון של שבועיים בקור (5°C/ 8°C/ 12°C) בפרי מנגו 'שלי' אדום ובפרי ירוק.

השפעת צבע הפרי על רקבונות טבעיים לאחר הקטיף:

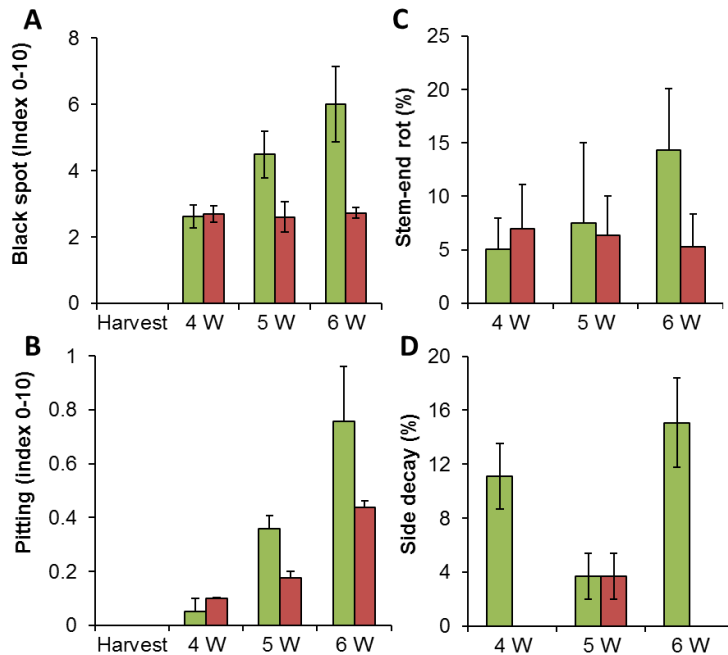
פירות מנגו 'שלי' אשר נקטפו באותו יום מאותו מטע הופרדו לפירות אדומים וירוקים ואוחסנו בקור למשך שלושה שבועות ב 12°C ותוספת של שבוע בחיי מדף (20°C). הערכת אחוזי רקבונות הצד ורקבונות העוקץ לאחר האחסון בקור ולאחר חיי-מדף הראתה כי פירות אדומים היו עמידים יותר באופן משמעותי לרקבונות טבעיים והראו פחיתה משמעותי באחוזי רקבונות העוקץ ורקבונות הצד (איור 6). מעניין לציין, כי מבידוד של מיקרואורגניזמים מעוקצים בריאים נמצאה אוכלוסייה בריאה יותר המכילה חיידקים ושמרים, לא פתוגניים בפירות אדומים, לעומת אוכלוסייה עם פטריות פתוגניות (*Alternaria*, *Lasiodiplodia*) מעוקצי פירות ירוקים (איור 6). באופן דומה, נמצאה אוכלוסייה מגוונת יותר של חיידקים ופטריות בעוקצי פירות מנגו 'שלי' אדום לעומת מנגו ירוק (Diskin et al., 2017).



איור 6: אחוזי פירות עם רקבונות עוקץ (A) ורקבונות צד (B) בפרי 'שלי' אדום ובפרי ירוק לאחר שלושה שבועות אחסון בקור (12°C) ותוספת של שבוע בחיי מדף (SL: 20°C) והתפלגות אוכלוסיית מיקרואורגניזמים בעוקץ (C).

הארכת משך האחסון של פירות מנגו אדומים

מכיוון שפירות מנגו אדומים הראו עמידות מוגברת לצינה ורקבונות לאחר קטיף, פירות מנגו 'שלי' אדומים או ירוקים עברו טיפול סטנדרטי לאחר הקטיף (שטיפה בכלור + שטיפה חמה + פרוכלורז וציפוי בווקס) ואוחסנו ב 10°C למשך ארבעה, חמישה ושישה שבועות. לאחר הזמנים שונים הפירות הועברו לשבוע בחיי-מדף (20°C). נמצא כי מדדי ההבשלה כגון מוצקות, חומצה וסוכרים מומסים של הפירות האדומים

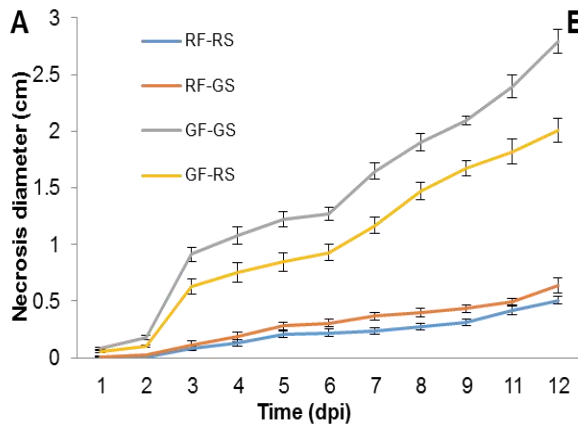


והירוקים היו דומים (תוצאות לא מוצגות). בפירות אדומים היו פחות נקודות שחורות וכיבים (איור 7). בנוסף, נמצא כי פירות מנגו אדומים הראו הפחתה ברקבונות צד ורקבונות עוקץ (איור 7). מכאן ניתן להסיק כי ניתן להאריך את משך האחסון של פירות מנגו אדומים (Kumar et al., 2018).

איור 7: הארכת אחסון בפירות אדומים. איכות פירות 'שלי' אדומים (עמודות אדומות) או ירוקים (עמודות ירוקות) אשר אוחסנו ב 10°C למשך 4-6 שבועות ובתוספת שבוע חיי מדף. A. נקודות שחורות (אינדקס (0-10) כיבים). B. (אינדקס (0-10) עוקץ (% פירות). D. רקבונות צד (% פירות).

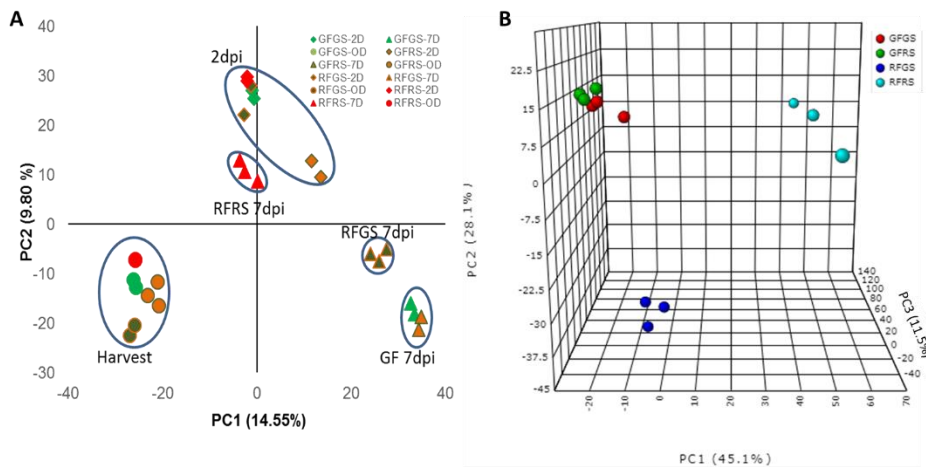
עמידות פרי מנגו אדום לאנטרקנוז:

פירות מנגו 'שלי', הופרדו לפירות אדומים וירוקים. הפרי חוטא ע"י טבילה ב 1% סודיום-היפוכלוריד למשך שתי דקות ושטיפה כפולה במים. הפירות אולחו ב 5×10^5 נבגי *Colletotrichum gloeosporioides* בצד האדום ובצד הירוק של כל פרי, הפירות אוחסנו ב 23°C ו 100% לחות למשך 12 ימים. מעקב אחרי התפתחות הרקבון הראה כי פירות מנגו אדומים היו עמידים יותר באופן מובהק ומשמעותי ביותר מפירות ירוקים (איור 8). מעניין לציין כי, גם הצד האדום וגם הצד הירוק של פירות מנגו אדומים היו עמידים יותר מפירות מנגו ירוקים (איור 8). תוצאה זאת רומזת כי קיימת השראת עמידות סיסטמית בפירות מנגו אדומים אשר היו חשופים לשמש במטע. מכאן, ניתן להניח כי העמידות של הצד הירוק בפרי האדום אינה עקב הצטברות של אנטוציאנינים, מכיוון שבצד זה צבירת האנטוציאנינים מוגבלת. בבדיקת רמת הנשימה והאתילן אשר מיוצרת ע"י הפירות האדומים והירוקים לאורך האחסון לא נמצא כל הבדל ונראה כי הפירות האדומים והירוקים נושמים ומבשילים באופן דומה (שנה א'). לעומת זאת בהדבקה בפטרייה (תוצאות לא מוצגות). כי פירות ירוקים נשמו יותר (CO_2) וייצרו יותר אתילן בתגובה להדבקה בפטרייה (תוצאות לא מוצגות).



איור 8: התפתחות רקבונות בפירות מנגו 'שלי' אדום וירוק לאחר הדבקה ב *A. C. gloeosporioides*. A. קוטר ריקבון בפרי אדום (RF) ופרי ירוק (GF) בצד האדום (RS) ובצד הירוק (GS) לאורך 12 ימים. B. תמונות מייצגות של ריקבון בפרי אדום (עליון) ובפרי ירוק (תחתון) בצד האדום (שמאל) ובצד הירוק (ימין) 12-ימים לאחר הדבקה.

אפיון הטראנסקריפטום של פרי אדום וירוק בצד האדום בתגובה להדבקה ב *C. gloeosporioides*
 לצורך הבנה טובה יותר של יחסי הגומלין בין פטריה פתוגנית (*C. gloeosporioides*) לבין פרי מנגו וירוק או אדום בצד הירוק או האדום של הפרי, נעשה ריצוף של הטראנסקריפטום בקטיף לפני ההדבקה, ויומיים ושבעה ימים לאחר הדבקה. בטראנסקריפטום נותחו לחוד הרצפים מהפרי והרצפים מהפטרייה. בניתוח ה PCA של הפרי ניתן לראות כי יש שוני גדול בין זמני ההדבקה השונים, אך ניתן גם לראות בעיקר בזמן של 7 ימים לאחר הדבקה הבדל משמעותי בתגובה של הפירות השונים כאשר יש מרחק בין טביעת האצבע של הפרי הירוק לבין הפרי האדום בצד האדום, בעוד שטביעת האצבע של הפרי האדום בצד הירוק נמצאת ביניהן (איור 9A). מעניין לציין כי ניתן היה לראות הבדל דומה בתגובת הפטרייה לאחר שבעה ימים, כאשר היה הבדל גדול בתגובה לפרי הירוק לעומת הפרי האדום בצד האדום לבין התגובה של הפטרייה לפרי האדום בצד הירוק (איור 9B). בימים אלו הטראנסקריפטום של יחסי הגומלין פרי אדום וירוק מול *C. gloeosporioides* ממשיכים להיות מנותחים.



איור 9: PCA המתאר את יחסי הגומלין *C. gloeosporioides* ופרי המנגו שלי. A. תגובת פרי מנגו אדום (RF) או ירוק (GF) בצד האדום (RS) או בצד הירוק (GS) להדבקה ב *C. gloeosporioides* לפני הדבקה, 2 או 7 ימים לאחר ההדבקה. B. תוקפנות הפטריה *C. gloeosporioides* בפרי מנגו אדום (RF) או ירוק (GF) בצד האדום (RS) או בצד הירוק (GS) לאחר 7 ימי הדבקה.

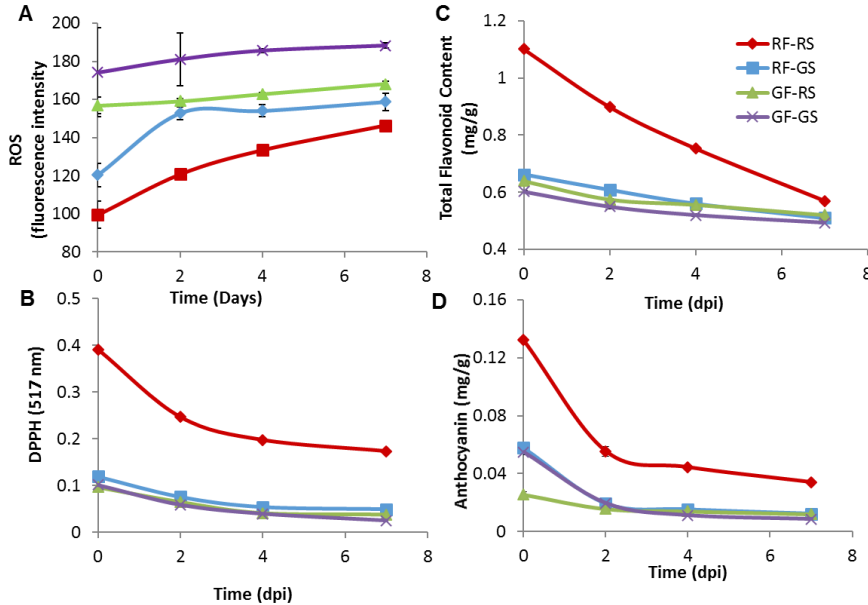
כימות אנטוציאנינים ופלבנואידים: כמויות הפלבנואידים והאנטוציאנינים בצד האדום והירוק של פירות מנגו אדומים וירוקים נבחנו בשיטה ביוכימית (איור 10) ופלורסנטית (תוצאות לא מוצגות) ולאורך שבעה ימים לאחר ההדבקה. נמצא כי, קיימים הכי הרבה פלבנואידים ואנטוציאנינים בפרי האדום בצד האדום (איור 10). נמצא גם כי רמת האנטוציאנינים בצד הירוק של הפרי האדום דומה לרמתם בפרי הירוק בצד האדום (איור 10). האנטוציאנינים והפלבנואידים ידועים כנוגדי חמצון. אכן, נמצא כי בצד האדום של פרי מנגו אדום רמת הפעילות של נוגדי חמצון גבוהה פי שלוש מפירות מנגו וירוקים (איור 10B). תוצאה זאת נמצאת בקורלציה חיובית עם העלייה בכמות האנטוציאנינים והפלבנואידים בפרי האדום (איור 10C,D).

בבדיקת רמת הרדיקאליים החופשיים, נמצא כי כמות הרדיקאליים החופשיים עולה בכל הפירות לאורך

ההדבקה, אך רמתם בפירות האדומים נמוכה יותר מפירות ירוקים ורמתם בצד הירוק של הפרי האדום נמוכה יותר מבפרי הירוק (איור 10A). תוצאה זאת מצביעה על השראת עמידות בפרי האדום.

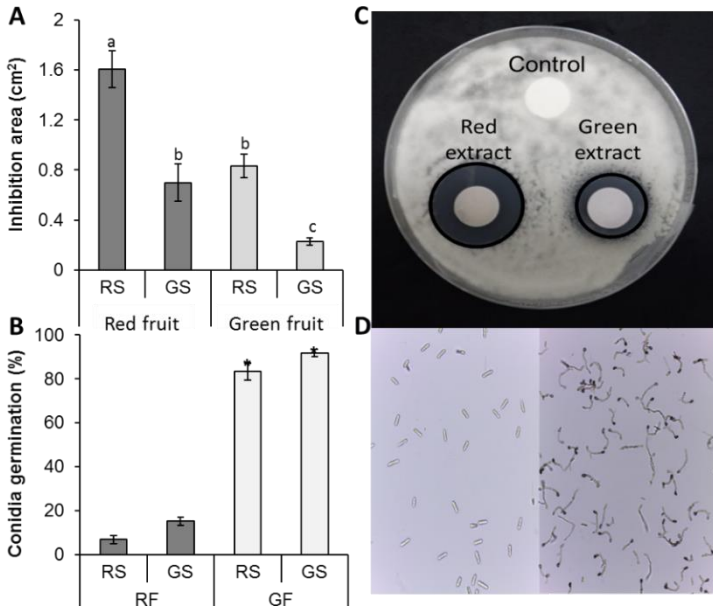
איור 10: רמת הרדיקלים החופשיים (A; ע"י DCF) נוגדי החמצון (B; ע"י DPPH) הפלבנואידים (C) והאנטוציאנינים (D) בצד האדום (RS) והירוק (GS) של פירות מנגו 'שלי' אדומים (RF) וירוקים (GF)

לאורך שבעה ימים לאחר הדבקה *C. gloeosporioides*.



פעילות אנטי-פטרייתית של מיצוי מפרי אדום כנגד *C. gloeosporioides*:

מיצוי אורגני חומצי של הפלבנואידים והאנטוציאנינים אשר הופקו ע"י מתנול חומצי מקליפת פרי אדום ופרי ירוק מהצד האדום או הירוק יושמו על נייר Whatman, המתנול נודף ונבדקה יכולת העיכוב של הפטרייה הפתוגנית *C. gloeosporioides* אשר נבגיה פוזרו קודם לכן על גבי המצע. בבדיקה נמצא כי למיצויים מהפרי האדום יש יכולת עיכוב של גידול התפטיר טובה יותר באופן משמעותי מעיכוב הפטרייה ע"י מיצוי מפרי ירוק (איור 11A,C). לצורך בדיקת עיכוב הנביטה של נבגי *C. gloeosporioides* המיצוי האורגני החומצי נודף ונמהל ב 80% מים ויושם על-גבי הנבגים על גבי זכוכית נושא באווירה לחה. לאחר 18 שעות נבחנה נביטת הנבגים תוך הסתכלות במיקרוסקופ-אור. מסיכום הניסוי ניתן לראות כי מיצויים מפרי אדום (מהצד האדום והירוק) עיכבו נביטה באופן משמעותי טוב יותר בהשוואה למיצויים מפרי מנגו 'שלי' ירוק (איור 11B, D).



איור 11: פעילות אנטי-פטרייתית של *C. gloeosporioides* מפרי מנגו שלי כנגד *C. glabrata* חומצי מקליפות פירות מנגו אדום (RF) או ירוק (GF) מהצד האדום (RS) או מהצד הירוק (GS). **A.** עיכוב גידול תפטיר של *C. gloeosporioides* נביטת נגדי *C. gloeosporioides* ע"י מיצוי מפרי מנגו אדום או ירוק לאחר 19 שעות אינקובציה. **C.** תמונה מייצגת מאיור A10, לאחר יומיים. **D.** תמונות מייצגות מאיור B10 (ימין: מיצוי מפרי ירוק, שמאל: מיצוי מפרי אדום).

הפלבנואידים (פבנולים) ואנטוציאנינים) אשר הופקו מקליפת פרי מנגו 'שלי' אדום וירוק אופיינו

בעזרת HPLC (טבלה 1). ונמצא כי קיימים בעיקר שני פלבנולים (Quercetin, Kamferol) ושני אנטוציאנינים (Cyanidin, Methylecyanidin) אשר כולם נמצאו מקושרים באופן טבעי לסוכרים שונים (טבלה 1).

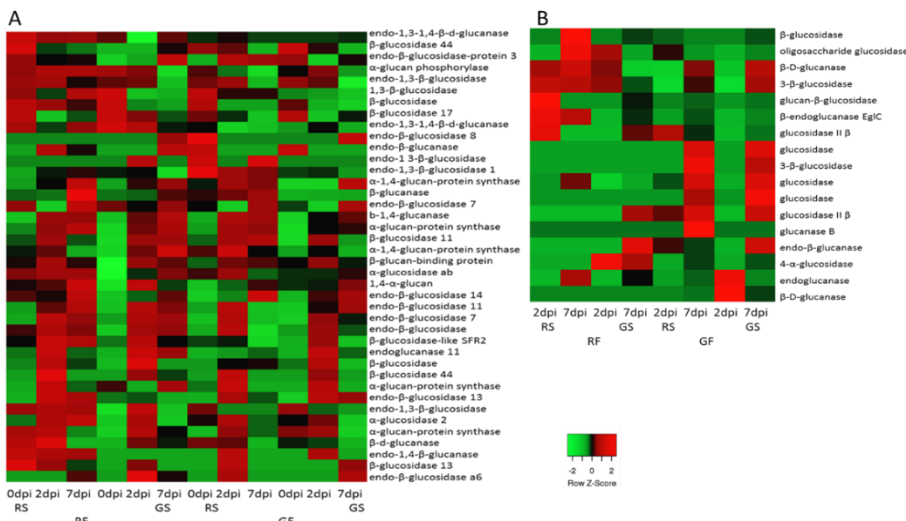
| | RT | Un-hydrolyzed | Hydrolyzed |
|-------------|------|--|-----------------|
| Anthocyanin | 16.6 | Cyanidin 3-O-galactoside ? | |
| | 28.9 | | Cyanidin |
| | 22.5 | 7-O-methylcyanidin 3-O-β-D-galactopyranoside ? | |
| | 36.6 | | Methylcyanidin? |
| Flavonols | 26.8 | quercetin 3-O-galactoside | |
| | 27.9 | quercetin 3-O-glucoside | |
| | 29.0 | quercetin 3-O-xyloside | |
| | 31.1 | quercetin 3-O-arabinopyranoside | |
| | 30.9 | quercetin 3-O-arabinofuranoside | |
| | 41.7 | | Quercetin |
| | 45.6 | kaempferol 3-O-glucoside | |
| | 51.6 | | Kaempferol |

טבלה 1: אפיון האנטוציאנינים והפלבנואידים ע"י HPLC מקליפות מנגו לפני ולאחר הידרוליזה חומצית.

מניתוח של הטרנסקריפטום של יחסי הגומלין בין פירות מנגו לבין *C. gloeosporioides* נמצא כי בזמן התוקפנות של הפטריה (יומיים ושבעה לאחר ההדבקה) היא מפעילה גנים רבים מקבוצת β-glucosidase בעוד שפרי המנגו

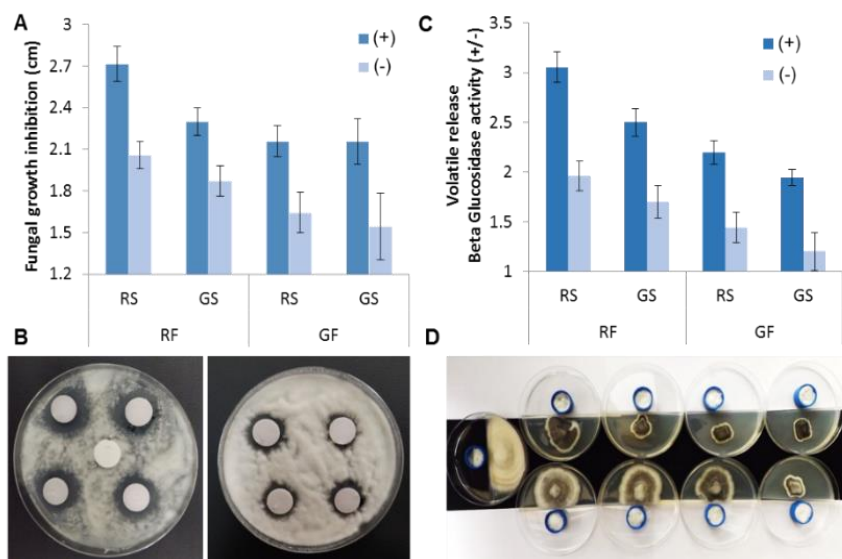
מפעיל גם הוא גנים מקבוצת β-glucosidase באותו הזמן (איור 12). מכאן, ניתן להסיק כי בזמן יחסי הגומלין בין פירות המנגו לבין הפטריה בקולטוריתם פועלים אנזימים רבים המפרקים קשרים

גליקוזידים כמו הקשרים הקיימים בין הפוליפנולים והאנטוציאנינים לסוכרים הקשורים אליהם (ראה איור 12).



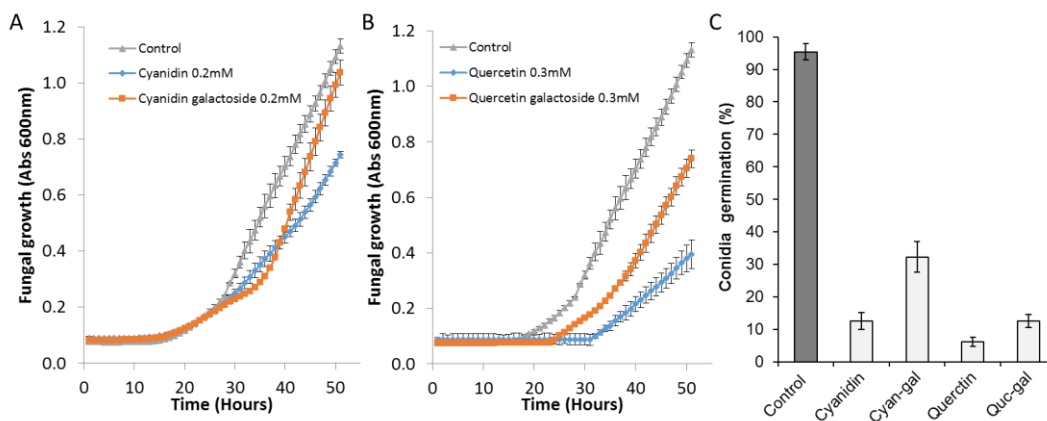
איור 12: מפת חום של ביטוי יחסי של גנים מקבוצת β-glucosidase ביחסי הגומלין בין פירות מנגו 'שלי' אדומים וירוקים בצד האדום והירוק שלהם (A) לבין הפטריה *C. gloeosporioides* (B) כפי שהתקבל מניתוח הטרנסקריפטום.

מעניין לציין, כי כאשר המיצוי האורגני מאויר 11 טופל ב- β -glucosidase, והפלבונואידים הופרדו מהסוכרים הקשורים אליהם, המיצוי הפך לעיל בהרבה בעיכוב גידול של תפטיר הפטרייה *C. gloeosporioides* (איור 13A). בנוסף, נמצא כי הנדיפים של המיצוי המטופל ב- β -glucosidase היה יעיל יותר בעיכוב הגידול של הפטרייה (איור 13C).



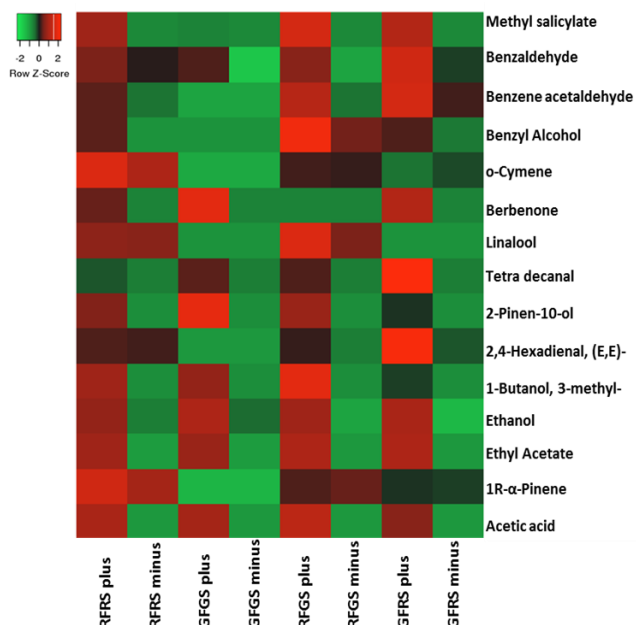
איור 13: עיכוב של גידול פטריית *C. gloeosporioides* ע"י מיצוי של קליפת פרי מנגו ישלי אדום (RF) או ירוק (GF) מהצד האדום (RS) או מהצד הירוק (GS) עם (+) או ללא (-) טיפול ב- β -glucosidase. A. עיכוב גידול תפטיר של *C. gloeosporioides* ע"י מיצוי אורגני מקליפת פרי מנגו עם או ללא טיפול ב- β -glucosidase. B. תמונה מייצגת מעיכוב התפטיר לאחר יומיים עם (תמונה שמאלית) או ללא תוספת β -glucosidase (תמונה ימנית). C. עיכוב גידול תפטיר של *C. gloeosporioides* בצלחות מחולקות ע"י הנדיפים מהמיצוי האורגני מקליפת פרי מנגו עם או ללא תוספת β -glucosidase. D. תמונה מייצגת לאחר חמישה ימים עם (צלחות עליונות) או ללא תוספת β -glucosidase (צלחות תחתונות) מול ביקורת (צלחת שמאלית).

הפלבונואיד העיקרי שזוהה במיצוי היה Quercetin והאנטוציאנין העיקרי היה Cyanidin, שניהם היו מקושרים לסוכרים שונים (טבלה 1). בבחינת Quercetin ו Cyanidin עם או ללא קישור לגלקטוזיד נמצא כי הפלבונואידים ללא הקישור לגלקטוזיד הינם רעילים יותר לפטרייה הפתוגנית *C. gloeosporioides*, הן מבחינת עיכוב גידול תפטיר והן מבחינת עיכוב נביטת נבגים (איור 14).



איור 14: עיכוב צימוח תפטיר ונביטת נבגים ע"י טיפול ב Quercetin או Cyanidin מקושרים או לא מקושרים לגלקטוזיד. A ו B. גידול של 10^5 נבגי *C. gloeosporioides* על מצע M3S במשך 48 שעות בנוכחות Quercetin-galactosidase או Quercetin בריכוז 0.3mM או Cyanidin או Cyanidin-galactosidase בריכוז 0.2mM. התוצאות מוצגות כממוצע וסטטיית תקן של בליעה ב 600nm. C. אחוז נביטת נבגי *C. gloeosporioides* על זכוכית בנוכחות Quercetin-galactosidase או Quercetin בריכוז 0.3mM או Cyanidin-galactosidase בריכוז 0.2mM לאחר 18 שעות.

מכיוון שהנדיפים של המיצוי האורגני נמצאו כמעכבים את הפטרייה *C. gloeosporioides*, אותם נדיפים



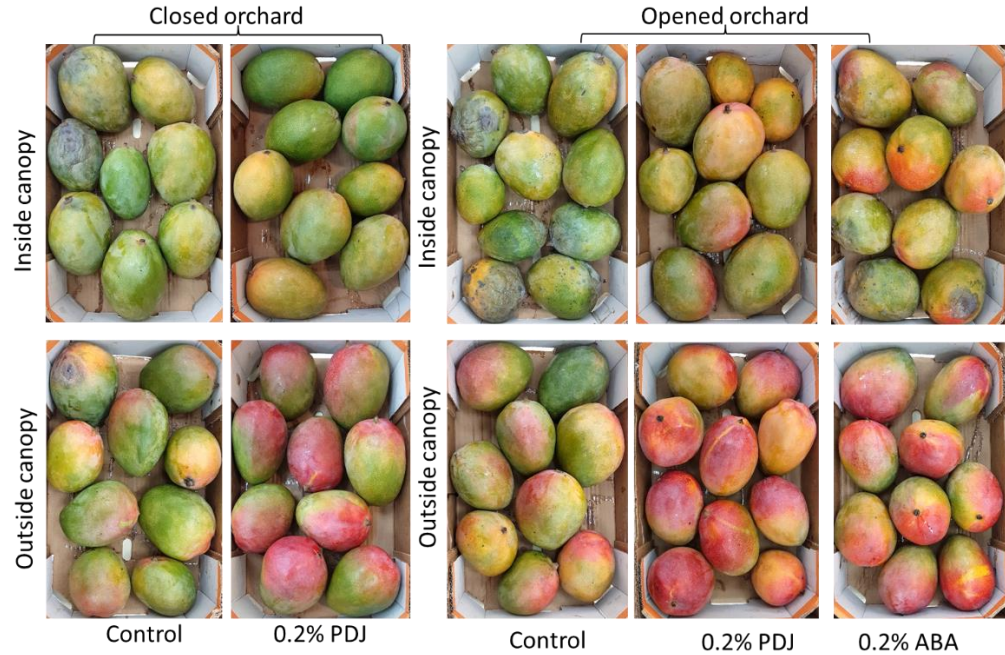
אופיינו ב GC-MS. מאפיון הנדיפים נמצא כי קיימים 15 נדיפים אשר עלו באופן מובהק

לאחר טיפול ב β -glucosidase (איור 15). מעניין לציין, כי חלק גדול מאותם נדיפים ידועים כמעכבי פטריות או חיידקים. בעוד שחומר כדוגמת Methyl Salicylate ידוע כהורמון שמפעיל תגובות הגנה שונות בצמח.

איור 15: טבלת חום של כמות יחסית ואפיון של נדיפים שהופקו ממיצוי אורגני מקליפת פרי מנגו 'שלי' אדום (RF) או ירוק (GF) מהצד האדום (RS) או הירוק (GS) עם (plus) או ללא β -glucosidase (minus) טיפול ב.

השראת צבע אדום בפירות מנגו:

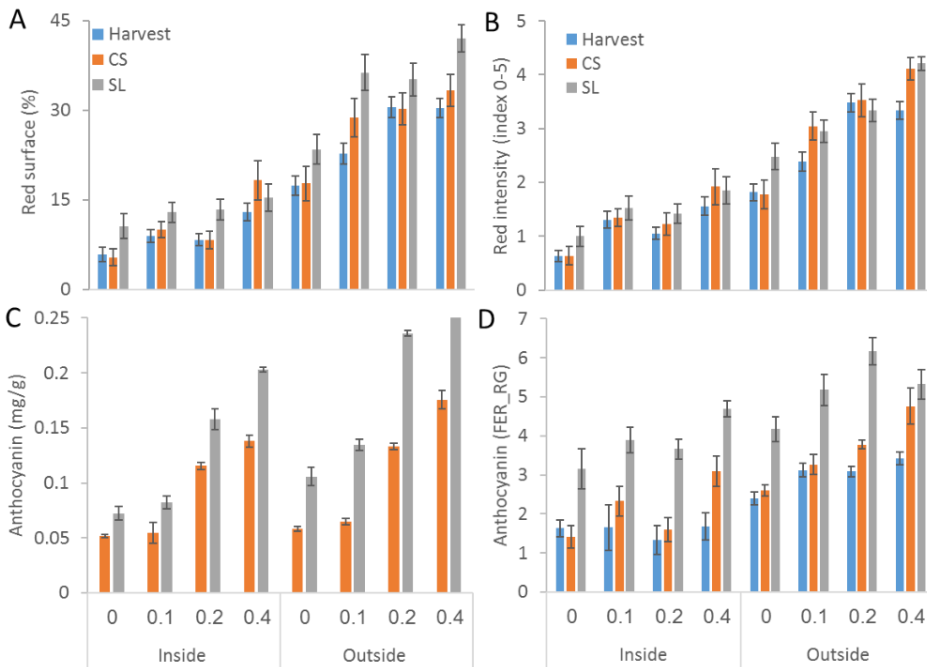
הצבע האדום בפירות מנגו 'קנט' מאוד חלש בארץ. לכן, עצי מנגו 'קנט' בוגרים רוססו בחומר Blush (Prohydrojasmon, דריווט של מתיל ג'יסמונת) בריכוזים 0.1-0.4 אחוז לצורך כיוול שבועיים וחודש לפני הקטיף (איור 17) ו/או בחומר 'פרוטון' (S-ABA) בטיפול אחד כשבועיים לפני קטיף, בריכוז 0.1% בדומה לטיפולים מסחריים שנעשים בכרם. על הניסויים אלו (בעיקר עם טיפולי 'בלאש') נעשו ארבע חזרות באזורים שונים בארץ, ושני ניסויים ברמה מסחרית. כל התוצאות חזרו על עצמן (תוצאות לא מוצגות). הניסויים ברמה המסחרית נערכו בעצים בני 15-20 שנים (ברביד) אשר עוצבו מראש או עם גיזום מכונה (לריבועים; 30 אחוזים מהפרי חשוף לשמש) או עם גיזום של חילון ופתיחה לשמש (80 אחוזים מהפרי חשוף לשמש). אותם עצי מנגו 'קנט' בוגרים רוססו בחומר Blush (Prohydrojasmon, דריווט של מתיל ג'יסמונת) בריכוז 0.2% שבועיים וחודש לפני הקטיף ו/או בחומר 'פרוטון' (S-ABA) בטיפול אחד כשבועיים לפני קטיף, בריכוז 0.1%. הפירות נקטפו באופן נפרד מהחלק הפנימי והחיצוני של העץ. נמצא כי שני החומרים 'פרוטון' ו'בלאש' הראו עליה משמעותית באחוז השטח האדום בפרי, בעוצמת השטח האדום ובתכולת האנטוציאנין, בעיקר בחלק החיצוני של העץ (איור 16). בעוד שפירות מהחלק הפנימי של העץ הראו עלייה קלה יותר באחוז ובעוצמת הצבע האדום (איור 16). בנוסף, פירות מטופלים שינו יותר צבע לצהוב-כתום ללא אפקט משמעותי על ההבשלה (Kumar et al., 2018; איור 16). חשוב לציין, כי פירות שטופלו ב'בלאש' הראו פחיתה בכמות ועוצמת הרקבנות לאחר הקטיף מארבעים לעשרים אחוזים (Kumar et al., 2018; איור 16). עם זאת, טיפול בפרוטון לא הראה פחיתה משמעותית בכמות הרקבנות לאחר קטיף. בדומה, אך באופן פחות משמעותי, שני ניסויים במטעי 'שלי' ו'מיה' הובילו לצבירה של צבע אדום בפירות ופחיתה ברקבנות לאחר קטיף (Kumar et al., 2018; תוצאות לא מוצגות).



איור 16: תמונה מייצגת של ארגזי פירות 'קנטי' מטופלים או לא מטופלים ב'בלאשי' (PDJ) או ב'פרוטוני' (ABA) מניסוי עם גיזום ידני שהוביל למטע פתוח לשמש (80 אחוז מהפירות חשופים לשמש, Open orchard) או מניסוי עם גיזום מכונה שהוביל למטע סגור לשמש (30 אחוז מהפירות חשופים לשמש, Closed orchard), הפירות נקטפו מהחלק הפנימי (Inside, תמונות עליונות) או מהחלק החיצוני של העץ (Outside, תמונות תחתונות), לאחר אחסון למשך שלושה שבועות ב 12°C ותוספת של שבוע בחיי מדף.

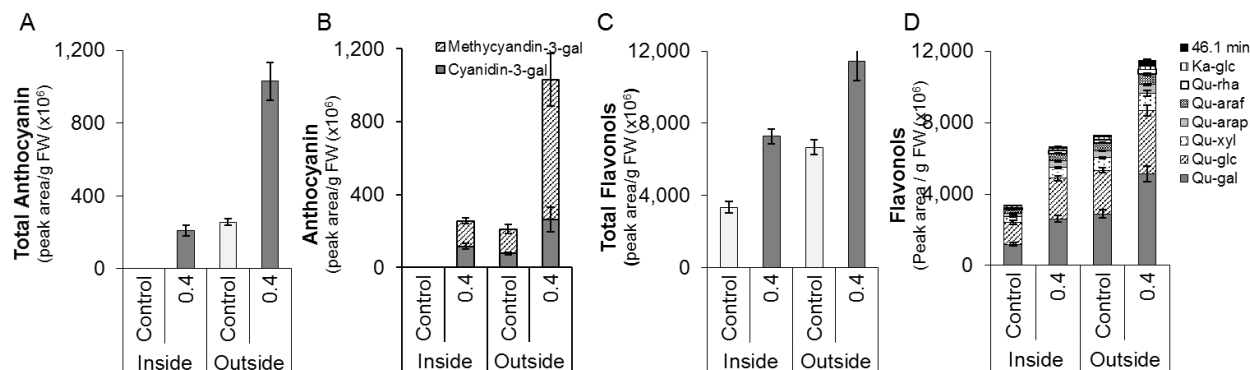
עצי מנגו 'קנטי' בוגרים רוססו בחומר Blush (Prohydrojasmon, דריווט של מתיל ג'סמונת) בריכוזים

שונים (0.1-0.4 אחוז) שבועיים וחודש לפני הקטיף והצבע האדום בפרי כומת. אכן, נראה כי ככל שעולים בריכוז החומר הפרי צובר יותר אחוזי כיסוי של צבע אדום, עוצמת צבע ואנטוציאנין (איור 17). הריכוז המיטבי נמצא כ 0.2%.



איור 17: כימות הצבע בפירות מנגו 'קנטי' לאחר ריסוסי מטע ב Blush מהחלק החיצוני או הפנימי של העץ. A. אחוז כיסוי צבע אדום. B. עוצמת הצבע. C. כמות אנטוציאנין בקליפה. D. פלורסנציה של אנטוציאנין.

באפיון הפלבונואידים (פבונולים ואנטוציאנינים) בעזרת HPLC לאחר הפקה מקליפת פרי מנגו 'קנטי' מטופל ב'בלאשי' או לא מטופל, מהחלק החיצוני או הפנימי של העץ, נמצא דומה לאפיון הקודם של הפלבונואידים מקליפת פרי 'שלי' (טבלה 1). נמצא כי קיימים בעיקר שני פלבונואידים (Quercetin, Kamferol) ושני אנטוציאנינים (Cyanidin, Methycyanidin) אשר כולם נמצאו מקושרים באופן טבעי לסוכרים שונים (איור 18). ניתן לראות כי פרי שהתפתח בחלק החיצוני של העץ הראה עלייה בכמות האנטוציאנינים והפלבונואידים. בנוסף, ניתן לראות כי טיפול של 0.4% 'בלאשי' גרם לעליה משמעותית בהצטברות הפלבונואידים (איור 18).



איור 18: אפיון וכימות יחסי של רמות הפלבונואידים (פלבונולים ואנטוציאנינים) בקליפות מנגו 'קנטי' בחלק הפנימי (inside) והחיצוני (outside) של העץ עם טיפול ב'בלאשי' 0.4% (0.4) וללא טיפול (Control). A. כמות אנטוציאנינים. B. אפיון אנטוציאנינים. C. כמות פלבונולים. D. אפיון פלבונולים.

דיון

בבחינת 83 זני מנגו נמצא כי פירות מזנים אדומים היו עמידים יותר לצינה ולמחלת האנטרקנוז (Kumar et al., 2019). פירות מנגו מהזן 'שלי' בעלי צבע אדום בקליפת הפרי (אשר התפתחו באיזור החיצוני של העץ) הראו עמידות גבוהה לפתוגנים ולצינה בהשוואה לפירות ירוקים (אשר התפתחו באיזור הפנימי של העץ) (Sivankalyani et al., 2016). עם זאת, בפירות מנגו אדומים התפתחו יותר נקודות אדומות בטמפי' נמוכה, ולכן העמידות היחסית לקור אינה בעלת פוטנציאל מסחרי והמחקר המשיך עם מיקוד בהבנת מנגנון עמידות הפרי לפתוגנים, הארכת משך האחסון והשראת הצבע האדום בפירות מנגו.

בבדיקת העמידות למחלות, התוצאות הראו כי פירות מנגו אדומים היו עמידים יותר באופן משמעותי לרקבונות עוקץ טבעיים לאחר קטיף והראו שוני בהרכב המיקרוביום האנדופיטי בעוקצי הפירות לכיוון מיקרוביום יותר מורכב ופחות פתוגני (Diskin et al., 2017). למרות שבעוקצי הפירות לא מצטבר צבע אדום, יש להניח כי מנגנון השראת העמידות עובד בעוקצי פירות אדומים יותר מבפירות ירוקים וכי הרכב השרף בפירות אלו שונה. בנוסף, פירות אדומים היו יותר עמידים לרקבונות צד טבעיים ולהדבקה בפטרייה *C. gloeosporioides* אשר גורמת למחלת האנטרקנוז (Sivankalyani et al., 2016). מעניין לציין, כי לא רק החלק האדום של פרי המנגו היה עמיד לאנטרקנוז אלא גם החלק הירוק של פרי המנגו האדום היה עמיד באופן דומה למחלה, תוצאה אשר מצביעה על מנגנון של השראת עמידות. מנגנון נפוץ בטיפולים בפרי לאחר קטיף (Romanazzi et al., 2016). ה RNA הופק מהצד האדום והירוק של פירות אדומים וירוקים

והטרנסקריפטום של הפרי אופיין והצביע על השראת עמידות בפירות האדומים דרך מסלולי הגנה הכוללים חומצה ג'סמונית, אתילן ומסלול הפנילפרופנואיד, אנו ממשיכים לנתח את הטרנסקריפטום בימים אלו. בנוסף, בבדיקת מנגנון העמידות של הפרי האדום למחלות לאחר קטיף נמצא כי הפעילות האנטיאוקסידנטית של פירות אדומים הייתה גבוהה משל פירות ירוקים, כאשר הצד האדום של הפרי הראה פעילות אנטיאוקסידנטית גבוהה יותר מהפעילות של הצד הירוק (Sudheeran et al., 2018). בהתאם, פרי אדום הכיל באופן משמעותי פחות רדיקלים חופשיים מפרי ירוק. נתונים אלו נמצאים בקורלציה חיובית עם העלייה בכמות הפלבנואידים והאנטוציאנינים בפרי האדום בכלל ובצד האדום של הפרי האדום בפרט.

כלל הפלבנואידים והאנטוציאנינים מוצו ופעילותם נבדקה על עיכוב גידול התפטיר ונביטת הנבגים של *C. gloeosporioides*. אכן, מיצוי אורגני חומצי מפירות מנגו אדומים עיכבו את צימוח התפטיר ונביטת הנבגים של *C. gloeosporioides* באופן משמעותי בהשוואה לפירות ירוקים. החומרים הפלבנואידים והאנטוציאנינים אופיינו ב HPLC, נמצא כי כל הפלבנואידים והאנטוציאנינים מקליפת המנגו קשורים לסוכרים שונים, כאשר חומרי הבסיס הקיימים באנטוציאנינים הם ציאנידין ומתיל-ציאנידין ובפלבנואידים הם קוארציטין וקמפרול, בדומה לחומרים הידועים בפירות מנגו בספרות (Berardini et al., 2005). בבחינת הטרנסקריפטום של יחסי הגומלין בין פרי המנגו ל *C. gloeosporioides* נמצא כי גם הפטרייה וגם הפרי מבטאים ביתר β -glucosidase בזמן התפתחות המחלה. בדומה לפטריית *C. gloeosporioides* או *Botrytis cinerea* התוקפות פירות עגבנייה (Alkan et al., 2015; Cantu et al., 2009). מעניין לציין כי טיפול ב β -glucosidase אשר מוריד את הסוכרים הקשורים לפלבנואידים הגביר את הפעילות האנטי-פונגלית של החומרים באופן משמעותי בין אם מדברים על נדיפים או על חומרים מומסים. אכן, טיפול בציאנידין או קוארציטין חופשי הראה רעילות מוגברת לפטרייה בהשוואה לחומר קשור לגלקטוזיד. מכאן ניתן להסיק כי קיימים פלבנואידים בקליפת הפרי הקשורים לסוכרים אשר הופכים לפעילים ואנטי-פטרייתיים תוך-כדי התבססות הפטרייה הפתוגנית.

בניסיון להארכת משך האחסון של הפירות מנגו 'שלי' אדומים ב 10 מעלות, נמצא כי פירות מנגו אדומים הראו פחיתה של רקבונות וניזקי צינה וניתן היה לאחסן את הפירות לחמישה ואף לשישה שבועות. תוצאה הרומזת כי פרי אדום יוכל להתאחסן למשך זמן ארוך יותר מפרי ירוק (Sudheeran et al., 2018). בנוסף, נעשו כמה ניסויי שדה גדולים אשר הראו כי יישום של חומצה ג'סמונית (Blush) או חומצה אבסיסית (S-ABA, Proton) במטע גרם להגברת הצבע האדום בפירות 'שלי' ו'קנט' במיוחד בפירות אשר היו חשופים לשמש. מעניין לציין כי שילוב של עיצוב העץ עם טיפולים ב'בלאש' או 'פרוטון' הגביר באופן משמעותי את הצבע האדום בפירות (Sudheeran et al., 2019). טיפול ב'בלאש' אף לווה בהפחתה של רקבונות לאחר הקטיף.

| מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה |
|---|
| מטרות המחקר העיקריות נשארו על פי המתוכנן בתוכנית המחקר |
| אלו ממטרות המחקר הושגו בעבודת המחקר בנוכחית |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. נמצא כי פרי מנגו אדום הינו יותר עמיד למחלות לאחר קטיף. 2. נמצא כי קיימת השראת עמידות סיסטמית גם בצד הירוק של הפרי האדום. 3. נמצא כי פרי מנגו אדום יותר עמיד לצינה לאחר קטיף (למרות עליה בנקודות אדומות). 4. נבדקו רמות כלל האנטוציאנינים והפלבנואידים בפירות אדומים וירוקים לאורך האחסון. 5. אופיינו האנטוציאנינים והפלבנואידים בפרי אדום וירוק בצד האדום ובצד הירוק (HPLC/LC-MS). 6. נבדקה רמת הרדיקלים החופשיים והפעילות האנטי-חמצונית בפרי האדום. 7. נמצא כי קיימת פעילות פיטואלקסינים בפרי האדום אשר מעכבים נביטה וגידול פטריות. 8. נמצא כי הורדת סוכרים המפלבנואידים והאנטוציאנינים הגבירה את הפעילות האנטי-פונגלית. 9. הטרנסקריפטום של הפרי האדום והירוק (בצד האדום והירוק) אופיון בתגובה ל <i>C. gloeosporioides</i> ולאורך זמן. 10. נמצא כי פירות אדומים הראו פחות רקבונות ואפשרות לאחסון ארוך יותר. 11. נמצא כי יישום של Blush (שלי, מיה וקנט) ו proton (קנט) בשילוב עם עיצוב המטע לצורך חשיפה לשמש גרמו להגברת הצבע האדום בפירות מנגו. |
| עיקרי התוצאות |
| <p>פירות מנגו אדומים הראו עליה מסוימת בעמידות לצינה ועליה משמעותית ביותר בעמידות למחלות הטבעיות המתפתחות באחסון, דבר שהוביל לאפשרות של הארכת משך האחסון לחמישה שבועות אחסון. באופן דומה, פירות מנגו אדומים אשר הודבקו ב <i>C. gloeosporioides</i> היו עמידים הרבה יותר מפירות מנגו ירוקים גם בצד הירוק של פירות המנגו האדומים, תוצאה אשר מצביעה על השראת עמידות. בבדיקת מנגנון העמידות נמצא כי פירות מנגו אדומים מגבירים גנים הקשורים למסלולי הגנה המערבים אתילן וחומצה ג'סמונית ומסלול הפנילפרפנואיד. פירות אדומים אף צוברים יותר אנטוציאנינים בצד האדום ויותר פלבנואידים בצד האדום והירוק. אכן, נמצא כי הפעילות האנטיאוקסידנטית בקליפות של פירות אדומים אשר צברו פלבנואידים ואנטוציאנינים הייתה גבוהה יותר מבפירות ירוקים. מיצוי כללי של אותם פלבנואידים ואנטוציאנינים עיכב באופן ישיר את גידול התפטיר ונביטת הנבגים של <i>C. gloeosporioides</i> גם בצד האדום וגם בצד הירוק של הפרי האדום. הפלבנואידים והאנטוציאנינים אופיינו, ונמצא כי הם קשורים לסוכרים שונים, בהורדת אותם סוכרים הפלבנואידים והאנטוציאנינים היו יותר פעילים כחומרים אנטיפונגלים. בנוסף, נמצא כי טיפול ב'בלאש' או ב'פרוטון' בשילוב עם חשיפת הפרי לשמש במטע גרם להגברת הצבע בקליפת פירות מנגו.</p> |
| מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדו"ח? |
| <p>כל מטרות המחקר הושגו. ניתן לאחסן פירות אדומים למשך זמן ארוך יותר. ניתן להשרות צבע אדום בזנים 'שלי', 'מיה' ו'קנט' ע"י גיזום ויישום 'בלאש' אשר אושר לשימוש.</p> |
| בעיות שנתרו לפתרון ואו שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך |
| <p>כל מטרות המחקר הושגו.</p> |
| הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. מאורר, ד., פיינגברג, א., קליאני, ס.^S, דיסקין, ס.^S, אלקן, נ. (2016). השראת עמידות בפירות מנגו אדומים כנגד רקבונות וצינה באחסון. עלון הנוטע. 2. Sivankalyani, S, Feygenberg, O, Diskin, S., Alkan, N. (2016). Increased anthocyanin and flavonoids in mango fruit peel are associated with cold and pathogen resistance. <i>Postharvest Biology and Technology</i>. 111: 132–139. 3. Kumar, S.P, Feygenberg, O, Maurer, D., Diskin, S., Saada, D., Cohen, Y., Luria, S., Alkan, N. (2019). Anthocyanin in mango fruit peel is associated with cold and pathogen resistance. Accepted to ACTA horticulture. 4. Sudheeran, P.K., Feygenberg, O., Maurer, D., Alkan, N. (2018). Improved cold tolerance of mango fruit with enhanced anthocyanin and flavonoid contents. <i>Molecules</i>, 23(7), 1832. 5. Alkan, N., Lurie, S. Pradeep, K., Maurer, D., Feygenberg, O. (2018). Color does make a difference – for mango. <i>IsraelAgri, World Food Day</i>: 38-39. 6. Sudheeran, P.K., Love, C., Feygenberg, O., Maurer, D., Ovadia, R., Oren-Shamir, M., Alkan, N. (2019). Induction of red skin and improvement of fruit quality in 'Kent', |

'Shelly' and 'Maya' mangoes by preharvest spraying of prohydrojasmon at the orchard. *Postharvest Biology and Technology*. 149: 18-26.

7. Related: Diskin, S., Feygenberg, O., Maurer, D., Droby, S., Prusky, D. Alkan, N. (2017). Microbiome alterations are correlated with occurrence of postharvest stem-end rot in mango fruit. *Phytobiomes*, PBIOMES-05.
8. Sudheeran, P.K., Sela, N., Feygenberg, O., Maurer, D., Alkan, N. Glycosylated flavonoids: the fruit hidden antifungal arsenal. In writing.
9. Sudheeran, P.K., Sela, N., Feygenberg, O., Maurer, D., Alkan, N. Simultaneous transcriptome analysis of *Colletotrichum gloeosporioides* inoculation on red or green 'Shelly' mango fruit reveals systemic resistance. In writing.

פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)