

## **סיכום מחקרים בתפוח לעונת 2019**

מוגש לשולחן תפוח במועצת הצמחים

ע"י שאול נשיץ, דני גמרסני, היבא אברהים, אלה צבילינג, מיה שפיר, רונן שפיר וקמי דרור

**מאי 2020**

## תקציר

בעונת קטיף 2019 נערכו במעבדתנו שני מחקרים בתפוח:

המחקר הראשון בחן את יעילותו של מעכב החמצון המורשה לשימוש בתעשיית המזון butylated hydroxytoluene (BHT) בעיכוב מחלת הצירבון השטחי בתפוחי סטרקינג וגרני סמית. BHT עשוי לשמש תחליף ל-diphenylamine (DPA), אם וכאשר האחרון ייאסר לשימוש בתפוח. כמו כן נבחן הקשר בין מועד הקטיף של הזן סטרקינג לבין רגישותו להתפתחות צירבון באחסון.

**ממצאים עיקריים:** נמצא כי טבילת הפרי לאחר הקטיף באמוולסיה המכילה BHT בריכוז של 1% נמצאה יעילה בהפחתת שיעור הצירבון בתפוחי סטרקינג בדומה ל-DPA בריכוז המומלץ, 2000 ח"מ. עם זאת, יעילות התכשיר בזן גרני סמית הייתה פחותה מזו של DPA בריכוז המומלץ, 3000 ח"מ. הגדלת ריכוז ה-BHT בתרחיף ל-2% לא שיפרה את יעילות הטיפול באף לא אחד משני זנים אלה. תפוחי סטרקינג שנקטפו בראשית הקטיף המסחרי נמצאו רגישים יותר להתפתחות צירבון באחסון מאשר כאלה שנקטפו לקראת סוף חלון הקטיף.

המחקר השני עסק בהפחתת רגישותם של תפוחים מהזן 'Cripps Pink' לנזק מכאני הנגרם להם בתום האחסון. עצים בחלקה מסחרית רוסו במוסתי הצמיחה benzyl adenine ו/או projasmane כחודש לפני ראשית הקטיף המסחרי. עצים אחרים רוסו תקופתית במלח מגנזיום באחד משני ריכוזים במהלך שלושת החודשים שקדמו לקטיף. נערכו מעקבים אחר צבע הפרי ואחר מדדי ההבשלה שלו. כמו כן נבחנה השפעת הטיפולים על רגישותו לנזק מכאני לאחר אחסון בן 5.5 חודשים.

**ממצאים עיקריים:** נמצא כי שני מווסתי הצמיחה, וכן טיפולים במגנזיום בריכוז נמוך, הקדימו את הופעת הצבע האדום בקליפת הפירות. למרות הקדמת הופעת הצבע, הבשלתם של פירות שנקטפו מעצים שרוסו ב-benzyl adenine עוכבה במקצת לעומת הביקורת הבלתי מטופלת. לעומת זאת, הטיפולים ב-projasmane או במלח מגנזיום זירזו במקצת את הבשלת הפרי. רגישות הפירות לנזק מכאני עלתה באורח מובהק עם מדדי ההבשלה שלהם בעת הקטיף. נמצא מתאם טוב בין רגישות הפרי לחבלה לבין סף הדפורמציה שלו בעת ההוצאה מהאחסון.

## חלק א

### איתור תחליפים ל-diphenylamine (DPA) למניעת צירבון בתפוח

#### מבוא

התכשיר diphenylamine (DPA) משמש לטבילת תפוחים לאחר הקטיף לשם מניעת התפתחות מחלת הצירבון השטחי במהלך האחסון. עקב כוונת משרד הבריאות להסיר את החומר מרשימת החומרים המורשים לתפוח, קיים צורך דחוף באיתור תכשירים / טיפולים אלטרנטיביים. טיפול ב--1 MCP אמנם הוכח כטיפול יעיל למניעת צירבון, אולם מחסור בתשתיות מתאימות ועלויות גבוהות מונעים את יישומו במקצת בתי הקירור המאחסנים תפוח.

#### מטרה

בחינה של טיפולים שונים למניעת צירבון בתפוחי סטרקינג וגרני סמית באמצעות טבילת הפרי מיד לאחר הקטיף. נבחנו טבילה במעכב חמצון מסיס בשמן (BHT), טבילה במעכב חמצון מסיס במים (ascorbic acid) וטבילה במים חמים.

#### חומרים ושיטות

##### 1. חומר צמחי

הניסוי כלל תפוחי סטרקינג טריים שנקטפו במטע עין זיוון בראשית הקטיף המסחרי ובסופו וכן תפוחי גרני סמית שנקטפו בראשית הקטיף במטע רמת מגשימים. 320 פירות מכל שילוב של זן/מועד קטיף הובאו למעבדתנו ביום הקטיף, טופלו על פי תכנית הטיפולים ואוחסנו.

##### 2. טיפולים

50 פירות מכל שילוב של זן/חלקה קיבלו את אחד מששת הטיפולים הבאים:

- I. ביקורת מסחרית: טבילה ב-DPA במינון המומלץ (2000 ppm בסטרקינג, 3000 ppm בגרני סמית) ובמרפאן 80 בריכוז 0.3%
- II. טבילה בתרחיף של התכשיר butylated hydroxytuloene (BHT) בריכוז 1% ובמרפאן 80 בריכוז 0.3%
- III. טבילה בתרחיף של התכשיר butylated hydroxytuloene (BHT) בריכוז 2% ובמרפאן 80 בריכוז 0.3%

IV. טבילה בחומצה אסקורבית 0.5%.

V. טבילה במי ברז בטמפרטורה של 50 מ"צ.

VI. טבילה במי ברז בטמפרטורת החדר.

כל טיפולי הטבילה ניתנו במשך 30 שניות.

### 3. אחסון

לאחר ייבוש למשך לילה, הפירות המטופלים אוחסנו באווירה אטמוספירית ב-0 מ"צ למשך כשישה חודשים (החל ממועד הקטיפה הראשון של הזן סטרקינג).

### 4. בדיקות בפרי

ב-20 פירות מכל שילוב של זן / מועד קטיפה נמדדו ביום הקטיפה מדד פירוק העמילן, הקשיות וסף הדפורמציה.

לאחר האחסון, וכן בתום שבעה ימים בחיי מדף, נמדדו הקשיות, סף הדפורמציה וצבע הרקע (בזן גרני סמית בלבד). ב-10 פירות מכל שילוב של זן/חלקה/טיפול. נספרו הפירות הבריאים, הרקובים ואלה שמבטאים תסמיני צירבון שטחי. חומרת הצירבון השטחי קוטלגה לארבע דרגות: 0 – ללא צירבון; 1 – קל (עד 20% משטח הקליפה); 2 – בינוני (20-50% משטח הקליפה); 4 – חמור (יותר מ-50% משטח הקליפה). נתוני חומרת הצירבון בכל אחד מהפירות נרשמו ביציאה מהאחסון בקירור וכן שלושה, חמישה ושבעה ימים לאחר העברת הפירות לתנאי מדף (20°C; 65% לחות יחסית). עבור כל קבוצת פירות (זן / מועד הקטיפה / טיפול טבילה) חושבה חומרת הצירבון המשוקלל.

### 5. עיבוד הנתונים

הטיפולים השונים הושוו זה לזה באמצעות מבחני שונות (ANOVA) ומבחני פוסט-הוק (Tuckey-Kramer). בכל המקרים  $\alpha=0.05$ .

## תוצאות

### מדדי הבשלה בקטיף

מועדי הקטיף בשני הזנים ומדדי ההבשלה מובאים בטבלה 1.

### טבלה 1: מדדי ההבשלה הממוצעים ביום הקטיף $\pm$ שגיאות תקן

| זן        | תאריך הקטיף | עמילן<br>(סולם 1-10) | קשיות<br>(lb)    | סך הדפורמציה<br>(lb) |
|-----------|-------------|----------------------|------------------|----------------------|
| סטרקינג   | 15/9/2019   | 6.13 $\pm$ 0.42      | 15.28 $\pm$ 0.29 | 2.33 $\pm$ 0.04      |
| סטרקינג   | 3/10/2019   | 9.36 $\pm$ 0.09      | 12.05 $\pm$ 0.58 | 2.13 $\pm$ 0.06      |
| גרני סמית | 3/10/2019   | 3.87 $\pm$ 0.14      | 16.35 $\pm$ 0.29 | 2.35 $\pm$ 0.04      |

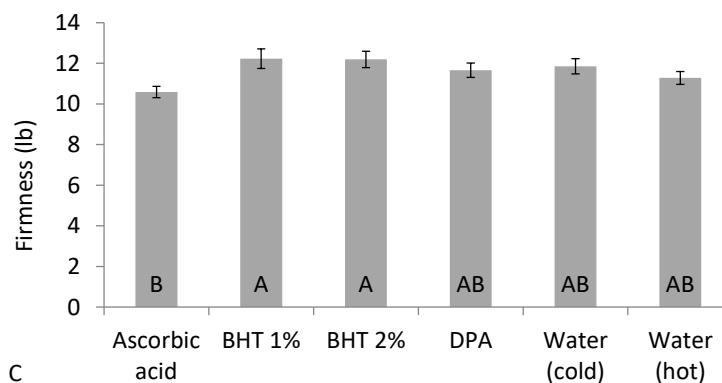
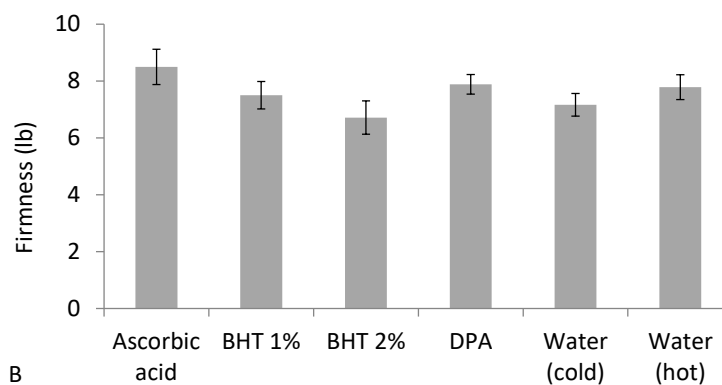
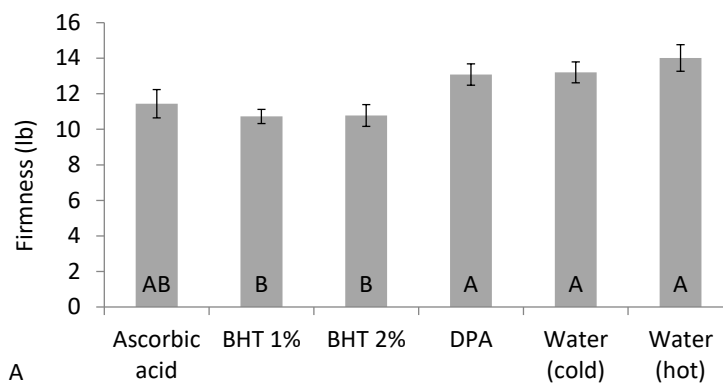
### הזדקנות הפרי במהלך האחסון

הפירות משני הזנים התרככו באופן הדרגתי במהלך האחסון ובמהלך השהיה בתנאי מדף לאחר תום האחסון. הדבר התבטא בדעיכות הקשיות הפנטרומטרית (ההרסנית – איור 1) וסך הדפורמציה (התוצאות אינן מוצגות). יש לציין כי למרות האחסון הממושך ב-RA והיעדר הטיפול ב-1-MCP, רק בסטרקינג מן הקטיף המאוחר הגיעה הקשיות לערכים שהיו פוסלים את הפרי לשיווק.

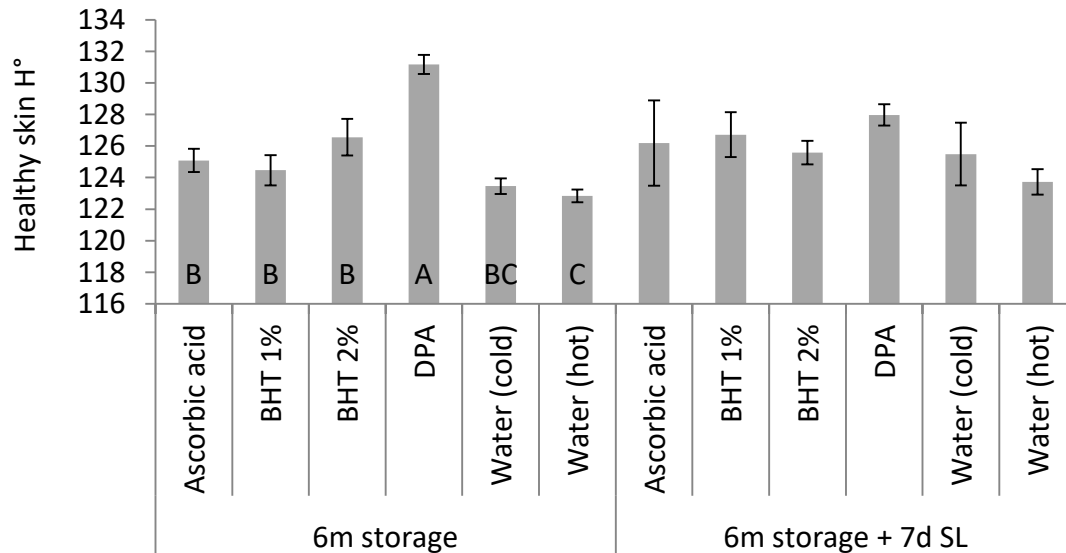
פירות הסטרקינג מהקטיף הראשון שנטבלו ב-BHT, בשני הריכוזים, היו פחות קשים במובהק מאשר תפוחים מאותו קטיף שנטבלו ב-DPA או במים (קרים או חמים). בזן גרני סמית, לעומת זאת, הפרי שנטבל ב-BHT, בשני הריכוזים, היה קשה יותר בתום אחסון וחיי מדף מאשר פרי שקיבל טיפולי טבילה אחרים ובמובהק לעומת תפוחים שנטבלו בתמיסת חומצה אסקורבית.

בזן גרני סמית, צבע הרקע בתום האחסון נותר ירוק יותר במובהק בפירות שנטבלו ב-DPA (איור 2), אם כי גם פירות שנטבלו ב-BHT היו ירוקים יותר מפירות הביקורת (שנטבלו במים. קרים או חמים).

שיעור הריקבון הממוצע בפירות שלא טופלו בפונגיציד (טיפול המים הקרים והחומצה האסקורבית) בתום חיי המדף היה גבוה יותר במובהק בפירות הסטרקינג מסוף הקטיף (33%) מאשר באלה שנקטפו בראשיתו (10%). טיפול המים החמים הפחית את שיעורי הריקבון במובהק (2% ו-14% בראשית הקטיף ובסופו, בהתאמה), אך שיעורים אלה היו גבוהים במובהק מהטיפולים שכללו טבילה במרפאן (0% ו-2%, בהתאמה). בזן גרני סמית לא התפתח ריקבון כלל.



איור 1: הקשיות הפנטרומטרית של תפוחי סטרקינג מראשית ומסוף הקטיף המסחרי (A, B בהתאמה) ושל תפוחי גרני סמית מראשית הקטיף המסחרי (C) לאחר כשישה חודשי אחסון באווירה אטמוספירית ועוד שבעה ימי השהיה בתנאי מדף. הפירות נטבלו בחומרים שונים מיד לאחר הקטיף. N=20 עבור כל טיפול. קווי השגיאה המאונכים מייצגים שגיאות תקן. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין טיפולי הטבילה.  $\alpha=0.05$ .

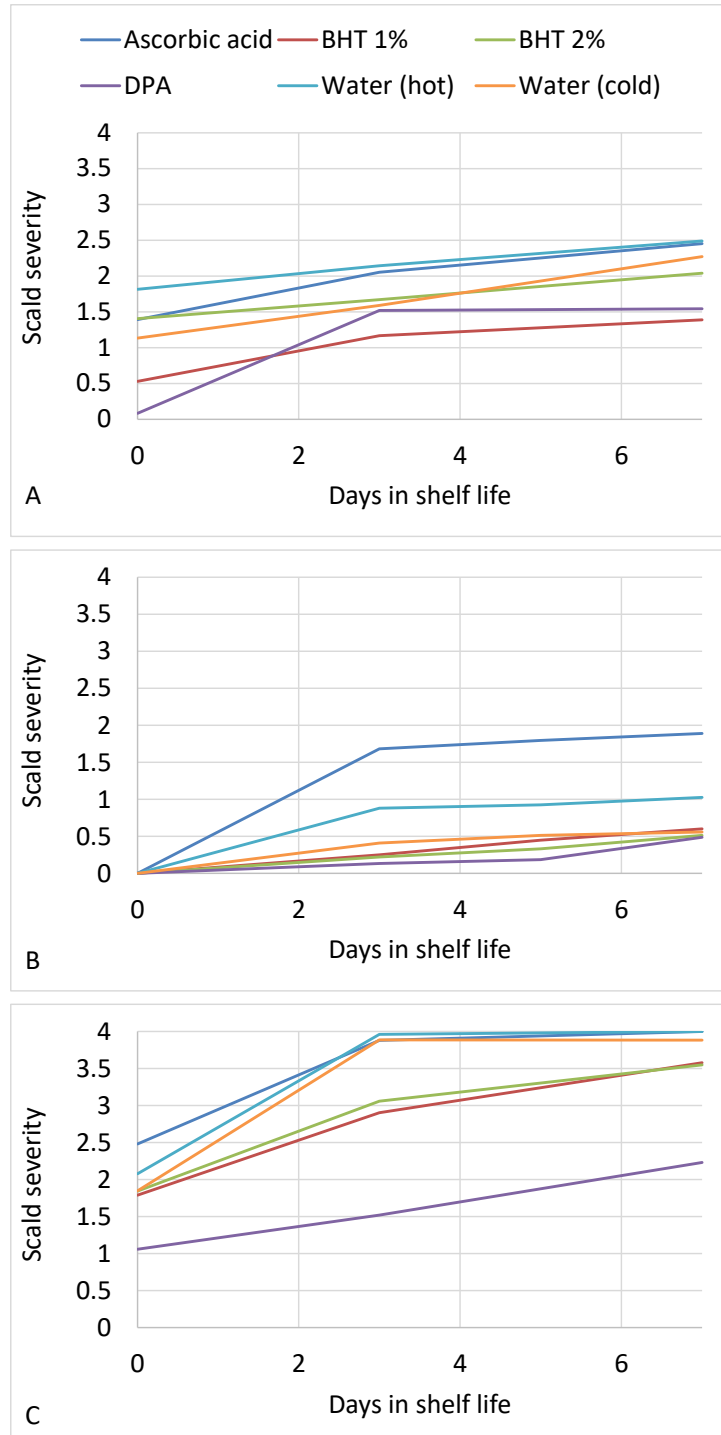


איור 2: זווית הגוון הממוצעת של קליפת תפוחי גרני סמית שנקטפו בראשית הקטיף המסחרי לאחר כשישה חודשי אחסון באווירה אטמוספירית וכן לאחר עוד שבעה ימי השהיה בתנאי מדף. הפירות נטבלו בחומרים שונים מיד לאחר הקטיף. ערכים גבוהים יותר מציינים גוון ירוק יותר ואילו ערכים נמוכים יותר מציינים גוון צהוב יותר. N=20 עבור כל טיפול. קווי השגיאה המאונכים מייצגים שגיאות תקן. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין טיפולי הטבילה.  $\alpha=0.05$ .

#### התפתחות צירבון במהלך האחסון ובחיי מדף

בזן סטרקינג, רגישות הפרי להתפתחות צירבון במהלך האחסון ובמהלך חיי המדף פחתה עם התקדמות ההבשלה (איור 3): כל הפירות שנקטפו בסוף חלון הקטיף יצאו מן האחסון כאשר הם בריאים והופעת צירבון בפירות אלה במהלך ההשהיה בחיי מדף, בטמפרטורת החדר, היתה ספורדית ואיטית (איור 3B). לעומתם, מקצת פירות הסטרקינג שנקטפו בראשית הקטיף המסחרי היו נגועים בצירבון קל כבר ביציאה מן האחסון והמחלה החמירה בהדרגה במהלך שבוע של שהיה בחיי מדף (איור 3A). פירות הזן סמית, שנקטפו כולם בראשית הקטיף, הפגינו רגישות גבוהה לצירבון ובמרבית הטיפולים הציגו רובם ככולם צירבון קשה בתום חיי המדף (איור 3C).

קצב הגידול בדרגת הצירבון נבדל בין הטיפולים: בזן סטרקינג, בשני מועדי הקטיף, הטבילות בחומצה אסקורבית ובמים חמים הביאו להחמרה המהירה ביותר ואילו הטבילות ב-DPA וב-BHT בריכוז 1% הביאו לקצב ההחמרה הנמוך ביותר (ללא הבדלים מובהקים ביניהם). בזן סמית, הטיפולים ב-BHT, בשני הריכוזים, הביאו לירידה מובהקת בקצב החמרת הצירבון לעומת הטבילות במים (חמים או קרים) או בחומצה אסקורבית, אך הם היו פחות טובים במובהק מהטבילה המסחרית ב-DPA.



איור 1: חומרת הצירבון המשוקללת של תפוחי סטרקינג מראשית ומסוף הקטיף המסחרי (A, B בהתאמה) ושל תפוחי גרני סמית מראשית הקטיף המסחרי (C) לאחר כשישה חודשי אחסון באווירה אטמוספירית ובמהלך שבועה ימי השהיה בתנאי מדף. הפירות נטבלו בחומרים שונים מיד לאחר הקטיף. N=50 עבור כל טיפול. קווי השגיאה המאונכים מייצגים שגיאות תקן. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין טיפולי הטבילה.  $\alpha=0.05$ .



## דיון

ממצאי המחקר הדגימו כי למעכב החימצון המסיס בשמן butylated hydroxytoluene (BHT) פוטנציאל בעיכוב התפתחות צירבון שטחי בפירות תפוח. יעילותו של תרחיף שהכיל את החומר הפעיל בריכוז של 1% לא נבדלה מזו של תרחיף בריכוז של 2%. מידת עיכוב הצירבון של BHT לא נבדלה סטטיסטית מזו שהפגין חומר הטבילה המסחרי, DPA, בזן סטרקינג. מנגד, DPA היה יעיל יותר מ-BHT בזן הרגיש יותר, גרני סמית. יש לבחון האם שיפור ביציבות תרחיפי ה-BHT באמצעות שימוש בחומרים מתחלבים מתאימים ימצא את הפוטנציאל של החומר הפעיל להפחית את חומרת הצירבון. כמו כן, יש לבחון תרחיפים בהם ריכוז ה-BHT נמוך מ-1%.

לעומת מעכבי החמצון המסיסים בשמן, תמיסה מימית של חומצה אסקורבית בריכוז 0.5% לא עיכבה את התפתחות מחלת הצירבון השטחי לעומת הביקורת באף לא אחד מהזנים. נראה אפוא כי יש צורך בספיחה הדוקה של מעכב החימצון לקוטיקולת הפרי על מנת שהטיפול יהיה יעיל. בדומה לכך, טבילת הפירות במים חמים (50°C) לא תרמה להפחתת רגישות הפרי לצירבון ויתכן שאף הגבירה אותה.

תנאי האחסון שניתנו לפרי במחקר זה – אחסון ממושך באווירה אטמוספירית בהיעדר חשיפה מוקדמת ל-MCP-1 – נועדו להחריף את התפתחות הצירבון השטחי ואינם מייצגים את פרוטוקולי האחסון המקובלים במסחר. בנוסף על הופעת צירבון, תנאים אלה גרמו להזדקנות של הפרי במהלך האחסון וחיי המדף ובעיקר להתרככותו. הטבילה ב-BHT האיצה את הירידה במוצקות בזן סטרקינג, אך האטה אותה במקצת בזן גרני סמית. לממצא זה אין הסבר מניח את הדעת.

בדומה לממצאים בזן סמית (נשיץ וחוב', דוח מחקרי תפוח למועצת הצמחים לעונת 2018), גם בזן סטרקינג נראה שהרגישות לצירבון הולכת ופוחתת עם התקדמות ההבשלה. ממצא זה מעלה את השאלה האם ראוי לאחסן את הפרי הראשון שנקטף לתקופה הארוכה ביותר או שמא דווקא הפרי משיא הקטיפה המסחרי מתאים יותר להוצאה מאחסון בסוף תקופת השיווק. זאת על רקע הטיפולים ב-MCP שעשויים לעכב את הבשלת הפרי במהלך אחסונו, אך אינם מונעים לחלוטין התפתחות צירבון בפרי רגיש למחלה זו.

#### חלק ב

### בחינת טיפולי מטע להפחתת הרגישות הפיזיקלית של תפוחי 'Cripps Pink' לאחר אחסון

#### מבוא

תפוחים מהזן 'Cripps pink' הינם בעלי רגישות רבה לפגיעות מכאניות לאחר האחסון, דבר הפוגע באיכותם ומוריד מערכם המסחרי. בהיות רגישותם של פירות הזן למחלות אחסון שונות נמוכה (צירבון, גומה מרה, הצטמקות וכיו"ב), הרי שרגישותם הרבה לחבלה מכאנית מהווה גורם סיכון עיקרי לערכם המסחרי. חבלות עלולות להיגרם לפרי במהלך המיון והאריזה שלו, שנעשים לאחר האחסון, וכן במהלך הובלתו וטלטולו בשוק. החבלות באות לידי ביטוי בהתררכות מקומית של הרקמה הנפגעת. האזור הפגוע משנה את צבעו ואת מרקמו לאחר עליה בטמפרטורת הפרי. מנסיון העבר נראה כי פרי הנקטף מאוחר בגלל עיכוב ההתפתחות של צבע אדום בקליפתו רגיש לנזק פיזיקלי יותר מאשר פרי הנקטף בראשית או באמצע חלון הקטיף. בשנות המחקר הקודמות נמצא כי טיפולים במוסטי צמיחה מקבוצות הג'ברלינים והציטוקינינים, כארבעה שבועות לפני הקטיף, הביאו לעליה בסף הדפורמציה של הפירות בעת הקטיף. נמצא כי מדד זה קשור ביחס הפוך לרגישות הפרי לנזק מכאני. כמו כן, ריסוס בציטוקינין הקדים במידת-מה את התפתחות הצבע האדום בקליפת הפירות.

#### מטרה

לבחון את השפעתם של טיפולים במוסטי צמיחה מקבוצות הציטוקינינים והחומצה הג'סמונית ושל ריסוסים במלח מגנזיום על האדמת הקליפה בראשית הקטיף המסחרי והשפעתם על רגישותו של פרי מסוף חלון הקטיף לנזק מכאני לאחר האחסון.

## חומרים ושיטות

### חומר צמחי

בניסוי השתתפו 42 עצים משורות מטע מסחריות בחלקת פינק ליידי בחוות מתתיהו. העצים חולקו לשבע קבוצות שוות במבנה של בלוקים באקראי בשש חזרות. כל אחד מהעצים קיבל את אחד הטיפולים הבאים:

- I. ביקורת בלתי מרוססת.
- II. ריסוס בתכשירים 'בונגרו' (פ.ח. benzyl adenine, 'רימי') בריכוז 25 ח"מ חומר פעיל ו'בלאש' (פ.ח. projasmane, 'Fine agrochemicals') בריכוז 0.2% ארבעה שבועות לפני ראשית הקטיף.
- III. ריסוס בתכשיר 'בונגרו' בריכוז 25 ח"מ חומר פעיל ארבעה שבועות לפני ראשית הקטיף.
- IV. ריסוס בתכשיר 'בונגרו' בריכוז 50 ח"מ חומר פעיל ארבעה שבועות לפני ראשית הקטיף.
- V. ריסוס בתכשיר 'בלאש' בריכוז 0.2% ארבעה שבועות לפני ראשית הקטיף.
- VI. ריסוס בתכשיר 'מגנזאון' (מגנזיום חנקתי, 'כי"ל') בריכוז 0.2% - חמישה טיפולים מידי 3 שבועות החל בסוף יולי.
- VII. ריסוס בתכשיר 'מגנזאון' בריכוז 1.0% - חמישה טיפולים מידי 3 שבועות החל בסוף יולי.

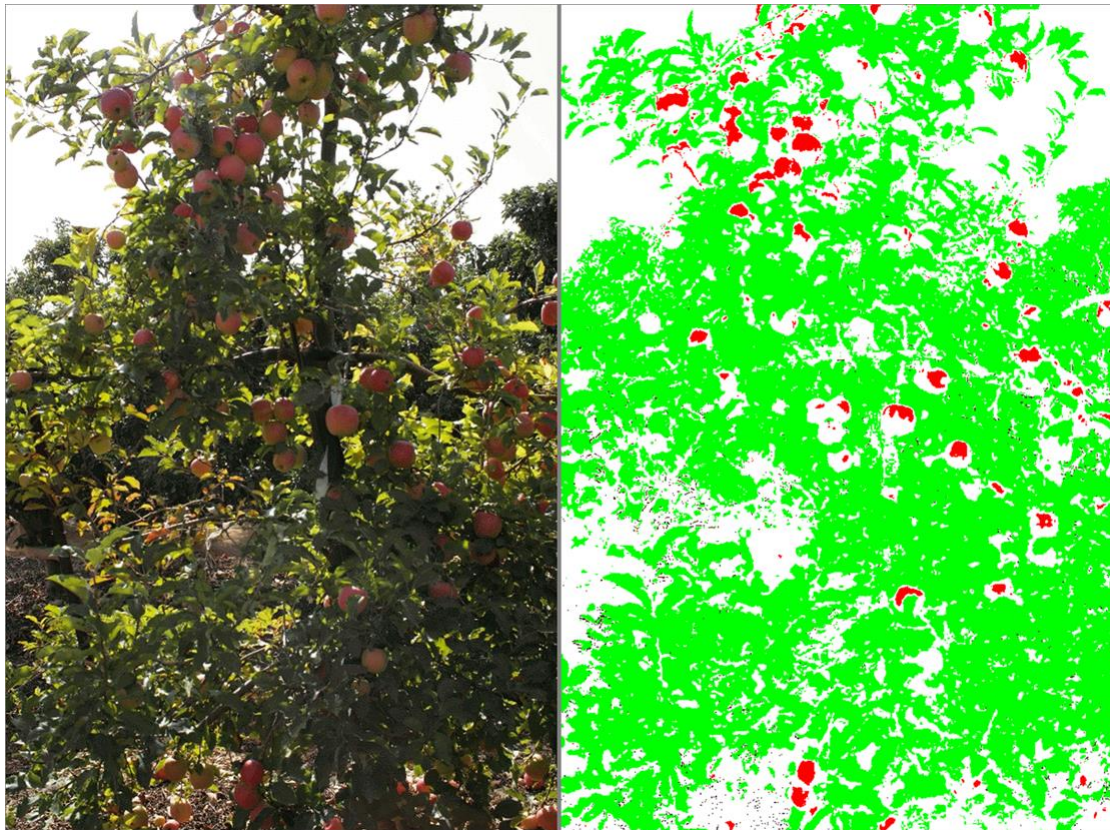
טיפולים VI ו-VII ניתנו במסגרת מחקר אחר שנערך באותה חלקה, אשר בחן את השפעתם של טיפולים במלחי מגנזיום על התפתחות הצבע בקליפת הפרי. הם ניתנו בתוספת המשטח BB5 בריכוז 0.2%. הריסוסים בטיפולים V-II ניתנו ביום 3/10/2019 באמצעות מרסס רובים, בנפח של כ-3 ליטר לעץ. לכולם הוסף המשטח טריטון X-100 בריכוז 0.025%.

### הערכת כיסוי הצבע האדום בקליפת הפרי טרם הקטיף

החל מ-14 ימים לאחר הריסוס ובתדירות שבועית עד הקטיף, צולם המפנה הצפוני של כל אחד מעצי הניסוי<sup>1</sup> - מלבד העצים שקיבלו טיפולים במלחי מגנזיום, אשר הוספו למחקר ביום הקטיף. התצלומים הוקטנו למימדים של 600X900 פיקסלים על מנת לקצר את משך העיבוד ועברו ניתוח תמונה ממוחשב: הפיקסלים הירוקים (H: 40-160; S: >80; V: 60-250) והפיקסלים המייצגים צבע קליפה "מתאים לקטיף" על פי סטנדרט Pink Lady (H: 230-7; S: >60; V: >60) בכל תצלום סומנו ונספרו בנפרד. הגוון האדום ה"מתאים לקטיף" נקבע בהתאמה לגוון 'R4' בכרטיסיית הגוונים של סטנדרט

<sup>1</sup> העצים צולמו בשעות הבוקר המאוחרות ממרחק של כ-2.5 מטרים באמצעות מצלמת (PEN-F, Olympus, יפן) ועצמית 17.5 מ"מ (Cosina, יפן). מפתח הצמצם נקבע ל-f/5.6 ורגישות החיישן ל-ISO200. החשיפה נמדדה מעלווה מוצלת ונקבע פיצוי חשיפה בן 1EV - על מנת למנוע רוויה של עלווה חשופה לקרינת השמש. משך החשיפה נקבע אוטומטית באמצעות מד האור של המצלמה ונע בין 2-16ms, בהתאם לתנאי העננות בעת החשיפה.

'Pink Lady' (CTIFL, צרפת – ראה נספח 1). על מנת לאמוד את שיעור הצבע האדום באופן שידמה הערכה ויזואלית, חולק מספר הפיקסלים האדומים בסכום הפיקסלים הירוקים והאדומים (תמונה 1). המפנה הצפוני של העץ נבחר לצורך השוואת הטיפולים מפני שהשינויים בצבע הקליפה בו איטיים יותר מאשר במפנה הדרומי ומפני שמידת חשיפת הפרי לקרינת שמש ישירה במפנה זה פחותה ועל כן שיעור מכות השמש – העלוות לשבש את ניתוח התצלומים - נמוך יותר.



תמונה 1: אומדן צבע הקליפה האדום במטע באמצעות עיבוד תמונה ממוחשב: המפנה הצפוני של כל אחד מהעצים צולם בתדירות שבועית (משמאל). הפיקסלים בתחום המוגדר כצבע קליפה מתאים לקטיף והפיקסלים המוגדרים כשייכים לעלוות העץ, בהתאמה, סומנו ונספרו (מימין). המנה של סך הפיקסלים האדומים ושל סכום הפיקסלים הירוקים והפיקסלים האדומים חושבה ושימשה להדמיית הערכה ויזואלית של צבע קליפת הפרי.

קטיף

ב-11/11/2019 נקטפו 35 פירות אקראיים במפנה הצפוני של כל אחד מעצי הניסוי והובאו למעבדתנו. חמישה מתוכם שימשו למדידות הבשלה:

1. מדד פירוק העמילן בציפה<sup>2</sup>

<sup>2</sup> הפירות נחצו לרוחבם, חתך הפרי נטבל בתמיסת I/KI טריה ולאחר חמש דקות צולם במכשיר Amilon (ישראל) להערכת מדד פירוק העמילן בסולם CTIFL (1-10).

- II. צבע הרקע הממוצע של הקליפה<sup>3</sup>
- III. קשיות<sup>4</sup>
- IV. סף הדפורמציה<sup>5</sup>
- V. תכולת החומצה בציפה<sup>6</sup>

#### אחסון

שארית הפירות קיבלו למחרת הקטיפה טיפול ב-1-MCP (24 שעות; 600ppm) ואוחסנו למשך 5.5 חודשים ב-0 מ"צ, 1% פד"ח ו-1.5% חמצן.

#### בדיקות בפרי

#### בתום האחסון

נמדדו ב-10 פירות מסומנים לכל חזרה:

- I. משקל כל פרי
- II. סף הדפורמציה בנקודה מסומנת אחת לכל פרי
- III. פגיעה באמצעות מטוטלת<sup>7</sup> (תמונה 2) בנקודה המסומנת ומדידת רוחב הלחיצה לאחר כ-24 שעות
- IV. קשיות בסמוך לנקודה המסומנת (לאחר מדידת הלחיצה)

מדידות ב-10 פירות אקראיים:

- I. צבע רקע (Amilon)
- II. ספירת רקבונות מכלל הפירות

<sup>3</sup> מדדי צבע הרקע, LabCH, נותחו באמצעות עיבוד תמונה ממוחשב בקולורימטר שטח Amilon (ישראל).

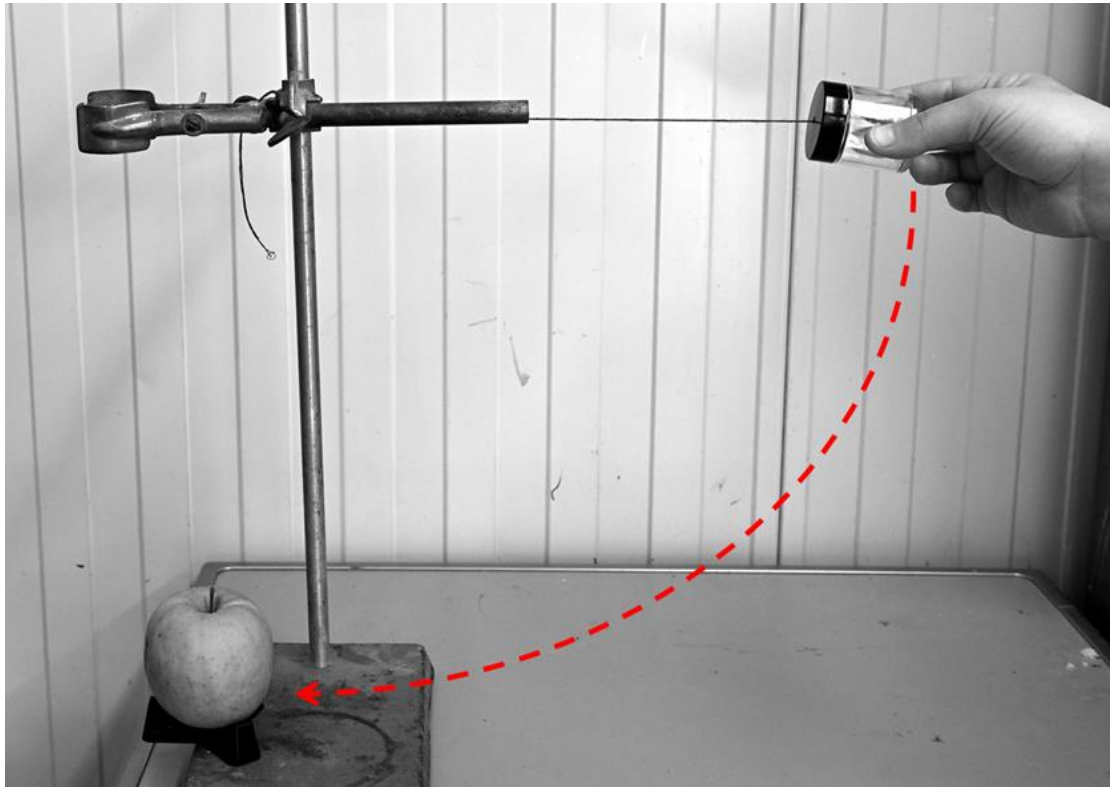
<sup>4</sup> מדידת הקשיות התבצעה באמצעות פנטרומטר FTA (דרום אפריקה). הפרי קולף בשתי נקודות מנוגדות וגליל פלדת אל-חלד בקוטר 11 מ"מ הוחדר לציפתו באזורים המקולפים עד לעומק של 8.9 מ"מ. הכח המירבי שנדרש לצורך החדרת הגליל נרשם.

<sup>5</sup> מדידת הקשיות התבצעה באמצעות פנטרומטר FTA (דרום אפריקה). גליל פלדת אל-חלד בקוטר 11 מ"מ נלחץ אל הקליפה עד לעומק של 0.3 מ"מ. הכח שנמדד בסוף הלחיצה נרשם.

<sup>6</sup> 1 מ"ל של מיץ נסחטו מחמישה פירות, נמהלו בבופר והועברו לטיטרטור אוטומטי לצורך קביעת ריכוז החומצה המאלית.

<sup>7</sup> לצורך גרימת חבלות בפרי, נעשה שימוש בשיטת המטוטלת (Abedi and Ahmadi, 2013): משקולת זכוכית גלילית וקשיחה בקוטר 39 מ"מ ובמשקל 53 גרם נתלתה ממתקן ייעודי באמצעות מיתר באורך 285 מ"מ. בבסיס המתקן הונח תפוח. התפוח נתמך מן הצד המנוגד לנקודת החבלה למניעת תזוזה. מהירות המשקולת בעת ההתנגשות (2.364 m/s) ואנרגיית ההתנגשות (0.148 J) נותרו קבועות לאורך הניסוי. בחירת הפרמטרים של המערכת נועדה לדמות חבלה שתיגרם לפרי בקוטר 75 מ"מ כתוצאה מנפילתו החופשית מגובה 45 מ"מ על משטח קשה.





תמונה 2: תיאור השיטה ששימשה לגרימת חבלה בפירות.

לאחר שבעה ימים נוספים בחיי מדף (20 מ"צ; 65% לחות יחסית)

I. ספירת רקבונות (מכלל הפירות הנותרים)

נמדדו ב-10 פירות אקראיים לכל חזרה:

II. סף הדפורמציה (שתי מדידות לכל פרי)

III. קשיות (שתי מדידות לכל פרי)

IV. תכולת חומצה ו-pH

V. תכולת כ.מ.מ

VI. איכות פנימית (נזק פד"ח וכו')

#### עיבוד הנתונים

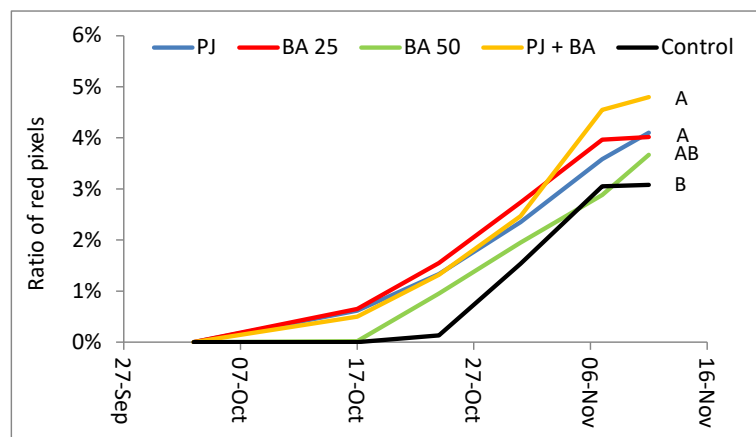
הנתונים עובדו באמצעות ניתוחי שונות (ANOVA) ורגרסיה ליניארית. הטיפולים הושוו זה לזה באמצעות מבחני פוסט-הוק (Tukey-Kramer). בכל הניתוחים  $\alpha=0.05$ .

## תוצאות ודיון

שינויים בצבע קליפת הפרי במהלך ההבשלה

בעצי הביקורת החל להופיע בקליפת הפרי צבע שהוגדר כ"מתאים לקטיף" ב-24/10/2019, כשבועיים לפני המינימום הפרה-קלימקטרי (איור 1). ראשית התפתחות הצבע המתאים לקטיף הוקדמה בשבועיים לעומת הביקורת בעקבות הטיפול ב-projasmane, ב-BA בריכוז הנמוך או בשילוב ביניהם (תמונה 3, איור 1). הכפלת ריכוז ה-BA גרמה לדחיית הופעת הצבע בפרי: בעצים שקיבלו טיפול זה הוקדמה הופעת הצבע המתאים לקטיף בשבוע אחד לעומת הביקורת. בטיפול הביקורת וה-benzyl adenine בריכוז הנמוך חלה עזירה בצבירת הצבע האדום בקליפת הפרי בימים שקדמו לקטיף.

שיעור הצבע המתאים לקטיף ביום הקטיף היה גבוה במובהק בעצים שרוססו ב-projasmane, ב-BA, בריכוז הנמוך או בשילוב ביניהם לעומת הביקורת הבלתי מרוססת (תמונה 4, איור 1).



איור 1: התפתחות כיסוי הצבע האדום ה"מתאים לקטיף" בקליפת פירות 'Cripps Pink' בעצים שרוססו במוסטי צמיחה שונים במהלך הבשלתם. האומדן נעשה באמצעות עיבוד ממוחשב של תצלומי המפנה הצפוני של העצים. כל נקודה על כל עקום מהווה ממוצע של שישה עצים. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין הטיפולים ביום הקטיף.

ביום 31/10/2019, 11 ימים לפני הקטיף, נדגמו מחובו של כל אחד מעצי הניסוי חמישה פירות שהיו ירוקים לחלוטין ביום הריסוס. מידת הכיסוי וזווית הגוון של הצבע האדום בקליפתו של כל אחד מן הפירות נמדדו באמצעות קולורימטר שטח על מנת לאמת את הממצאים שעלו מעיבוד התמונות ואכן נמצאה התאמה בין שיעור הכיסוי לבין האומדן הויזואלי של צבע הפרי על העץ (איור 2A). זווית הגוון של הלחי האדומה, המייצגת את עוצמת הצבע האדום, בפירות שנקטפו מעצים שרוססו ב-

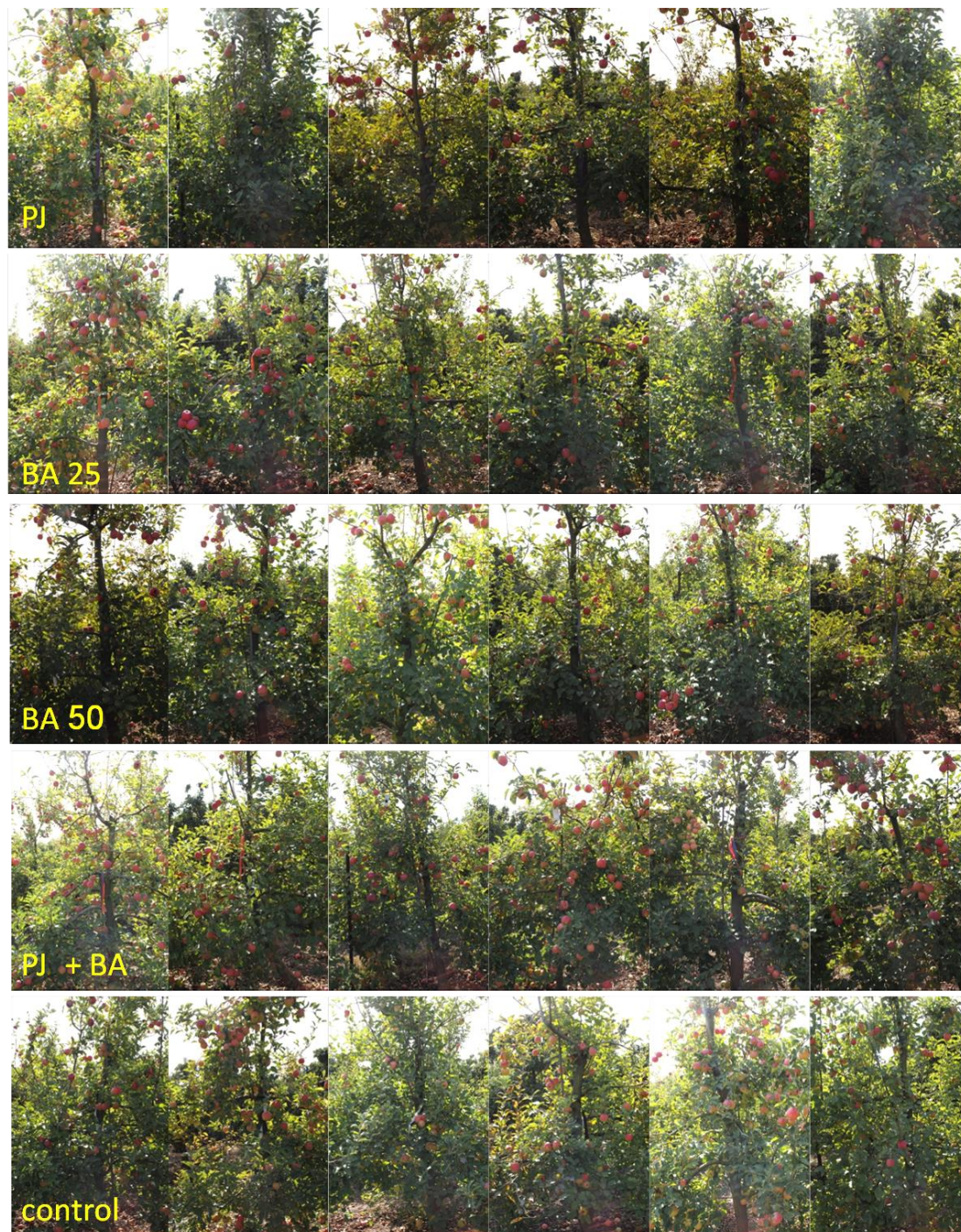


projasmone או ב-BA בריכוז הנמוך היתה נמוכה יותר (גוון "חזק" יותר) מזו שנמדדה בטיפולים האחרים (איור 2B).

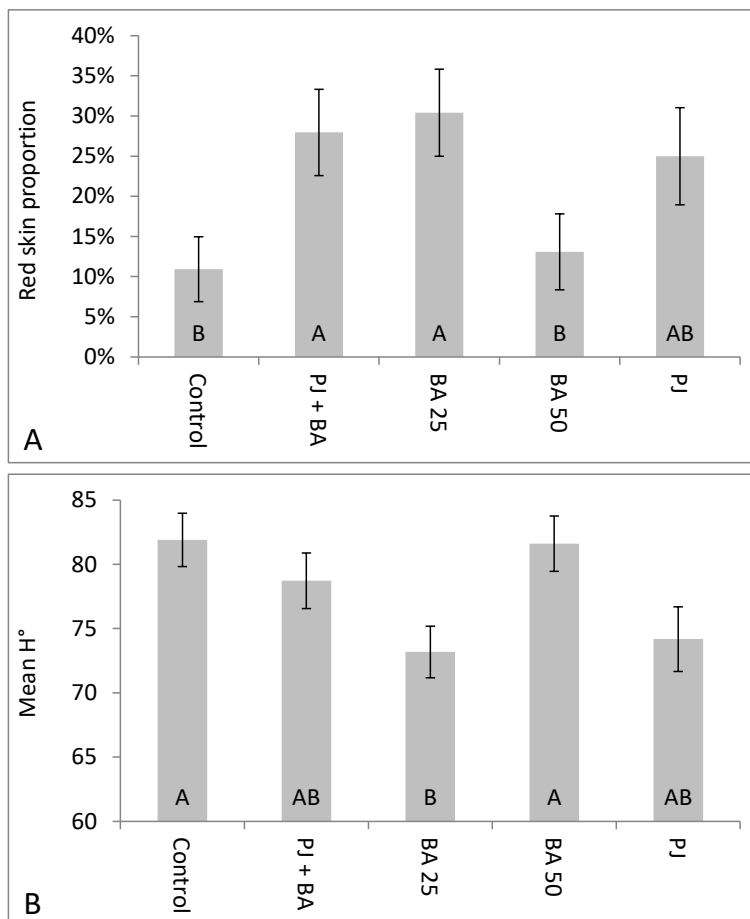


תמונה 3: תצלומי המפנה הצפוני של עצי הניסוי ביום 24/10/2019, 13 ימים לפני המינימום הפרה-קלימקטרי. כל שורה מתארת טיפול נפרד.





תמונה 4: תצלומי המפנה הצפוני של עצי הניסוי ביום 7/11/2019, במועד המינימום הפרה-קלימקטרי. כל שורה מתארת טיפול נפרד.



איור 2: שיעור כיסוי הצבע האדום (A) וזווית הגוון הממוצעת של הלחי האדומה (B) בקליפת פירות 'Cripps Pink' שנקטפו 11 ימים טרם הקטיפה המסחרי מחובם של עצים שטופלו במוסתי צמיחה שונים. כל עמודה מייצגת ממוצע של 30 פירות. הקווים המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין הטיפולים.

זן התפוח 'Cripps Pink' מתאפיין בהתפתחות איטית של צבע אדום במהלך הבשלתו (Whale et al., 2008). הקושי בקבלת צבע אופייני בעיקר לאזורי גידול חמים (Marais et al., 2001), בהם קיים לעתים צורך לדחות את הקטיפה עד לאחר המועד האופטימלי (המוגדר ע"י מועד המינימום הפרה-קלימקטרי - PCM) על מנת להבטיח יעילות כלכלית מספקת בסבב הקטיפה הראשון. ניתן אמנם להקדים את קבלת הצבע ע"י ריסוס המטע בפרקורסורים של אתילן טרם הקטיפה, אולם טיפולים כאלה עלולים לגרום להקדמת ההבשלה ולפגיעה משמעותית בכושר ההשתמרות של הפרי (Whale et al., 2008). חומצה ג'סמונית (jasmonate) הינה מוסת צמיחה טבעי המצטבר בציפת הפרי בשלבים מוקדמים של התפתחותו. רמת החומצה הג'סמונית עלתה עם הירידה בטמפרטורה מ-13 ל-7 מ"צ וההשערה הרווחת היא כי פעילותה קשורה לעמידות הצמח בפני עקות. הודגם כי במינים קלימקטריים, עליה בריכוזו של חומר זה ברקמה עשויה להגביר את הביטוי של גן הקשור לסינתזת

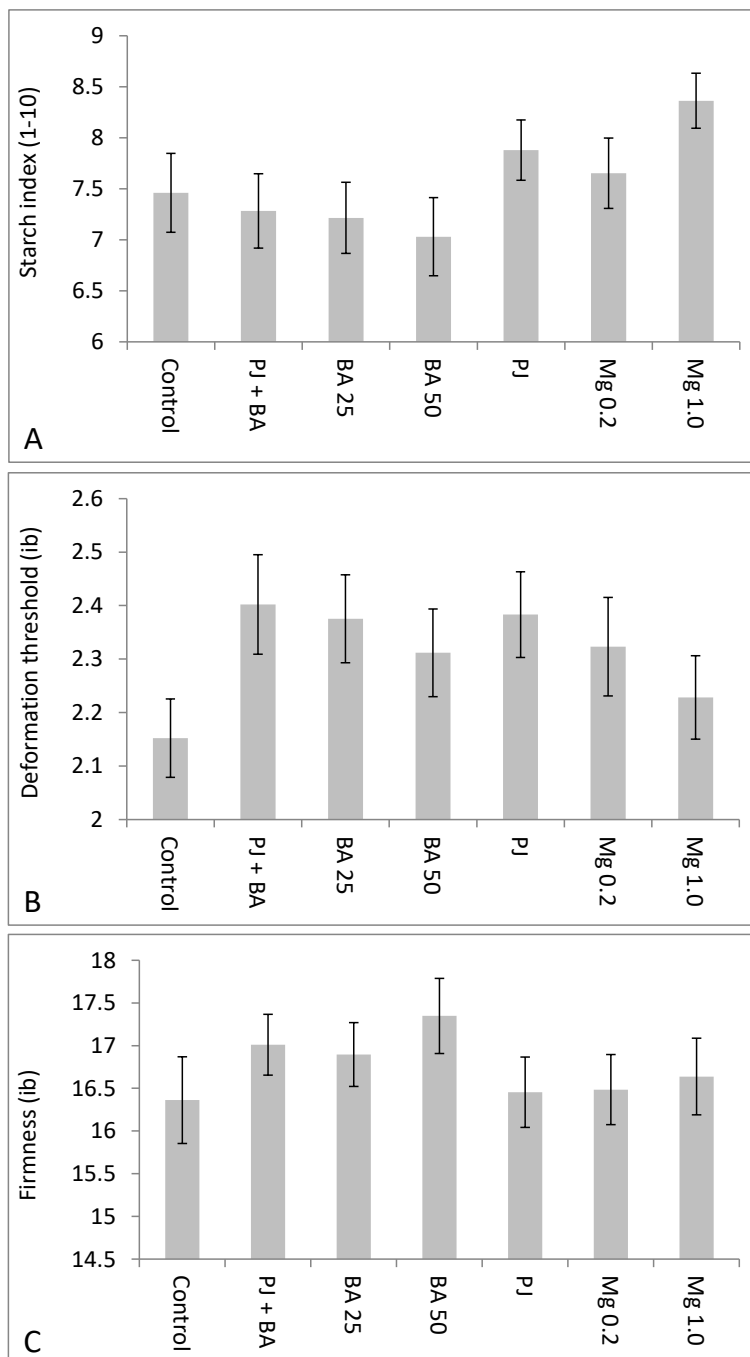


אנתוציאנין (Kondo, 2010). לאחרונה דווח על כך שטיפול אקסוגני בחומצה ג'סמונית כשלושה שבועות לפני הקטיפה הגביר את התפתחות הצבע האדום בקליפת פירות תפוח מבלי להאיץ את הבשלת הפרי (Liu et al., 2018). אין בנמצא אזכורים להשפעת טיפולי טרום-קטיפה בציטוקינים על התפתחות הצבע בפירות תפוח. הספרות מתארת שתי פאזות פיזיולוגיות של תהליך שינוי הצבע בקליפת פירות הזן: הפאזה הראשונה מתרחשת טרם ה-PCM כאשר הפרי נישא על העץ. הפאזה השנייה מתרחשת לאחר ה-PCM ובמהלכה ניתן להשרות שינויי צבע בקליפה גם בפרי מנותק באמצעות חשיפתו לקרינה (Marais et al., 2001). קיים עניין מסחרי להביא למימוש פוטנציאל הצבע של הקליפה במהלך הפאזה הראשונה של התהליך, עוד לפני ה-PCM, על מנת להגדיל את שיעור היבול שיתאים לאחסון ממושך. הקדמה של שינוי צבע הקליפה עשויה אף לתרום למיסוך נזקים פוטו-אוקסידטיביים שעלולים להיגרם לקליפת הפרי במהלך אירועי חום במהלך חודש אוקטובר (Makredza et al., 2015) ובכך לצמצם את הפגיעה החזותית באיכות הפרי.

האדמת הפרי לאחר מועד ה-PCM בשני הטיפולים שכללו *projasmon* (איור 1) - לעומת חוסר שינוי בצבע בטיפול הביקורת וה-BA בריכוז הנמוך – עשויה להעיד על התלכדות שתי הפאזות של התפתחות הצבע בטיפולים אלה, קרי על התקדמות מהירה יותר של ההבשלה לאחר ראשית הקטיפה המסחרית.

#### מדדי הבשלה בקטיפה

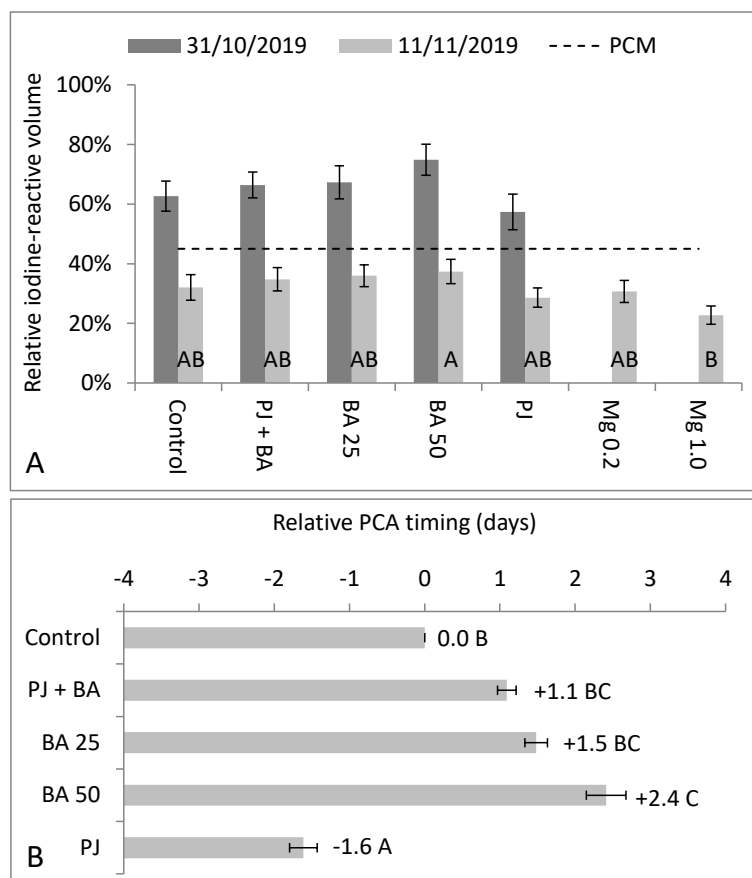
השוואת מדד פירוק העמילן בין הטיפולים ביום הקטיפה העידה על מצב הבשלה מתקדם יותר בפירות שטופלו במלחי מגנזיום – בעיקר בריכוז הגבוה – או ב-PJ בלבד מאשר בביקורת (איור 3A). לעומת טיפולים אלה, הריסוס ב-BA, ובמיוחד בריכוז הגבוה, הביאו לדחיה בהבשלה לעומת הביקורת. כל הטיפולים במוסתי צמיחה או במלחי מגנזיום הביאו לעליה בסף הדפורמציה של הפירות לעומת הביקורת הבלתי מרוססת (איור 3B). עם זאת, רק בטיפולים שכללו ריסוס ב-BA הופיעה גם קשיות גבוהה יותר מאשר בביקורת (איור 3C). תכולת החומצה המאלית עמדה על 0.66-0.68%. ההבדלים במדדי ההבשלה השונים בין הטיפולים לא היו מובהקים סטטיסטית.



איור 3: מדד פירוק העמילן (A), זווית הגוון הממוצעת של הלחי הסף הדפורמציה (B) והקשיות (C) של פירות 'Cripps Pink' אשר נקטפו במועד הקטיפה המסחרי מעצים שטופלו במוסתי צמיחה שונים. כל עמודה מייצגת ממוצע של 30 פירות. הקווים המאונכים מציינים שגיאות תקן.

במעקבים שנערכו אחר הבשלת פירות 'Cripps Pink' בשנים 2016-2017 נמצא כי המינימום הפרה-קלימקטרי (PCM) בזן זה נמצא במתאם גבוה ועקבי עם מדד פירוק העמילן וכי הוא מתרחש כאשר מדד פירוק העמילן מגיע לערך של כ-6.5 (נשיץ וחובי, 2018, סיכום מחקרים בתפוח למועצת

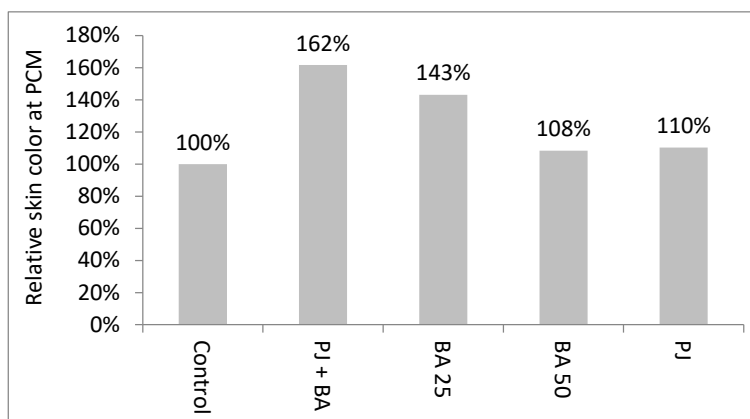
הצמחים לעונת 2017). על מנת להעריך את השפעת הטיפולים במוסתי צמיחה על מועד ה-PCM, הומר מדד פירוק העמילן ביחס הריקמה המגיבה להכתמה ביוז מתוך נפח הציפה הכולל. מדד זה, בניגוד לסולם CTIFL, משתנה בקצב ליניארי במשך הבשלת הפרי. מועד ב-PCM בכל טיפול חושב על סמך מדידות החלק הריאקטיבי ליוז של נפח ציפת הפרי שנערכו ב-31/10/2019 וב-11/11/2019 והערכת המועד בו הערך חצה את סף 45%, האקוויולנטי לערך של 6.5 בסולם CTIFL (איור 4A). על סמך החישובים, נמצא כי המינימום הפרה-קלימקטרי בטיפול הביקורת חל ב-6/11/2019 עם שגיאת תקן של 0.85 ימים. הטיפול ב-PJ הביא להקדמה בת כ-1.5 ימים ב-PCM, בעוד הטיפולים שכללו BA דחו את ה-PCM ב-1.1-2.4 ימים לעומת הביקורת הבלתי מטופלת (איור 4B).



איור 4: החלק הריאקטיבי ליוז של נפח ציפת הפרי 11 ימים טרם הקטיפ וביום הקטיפ (A), ושיעור הדחיה של המינימום הפרה-קלימקטרי (B) בפירות 'Cripps Pink' אשר נקטפו מעצים שטופלו במוסתי צמיחה שונים. כל עמודה מייצגת ממוצע של 30 פירות. הקווים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין הטיפולים.

אומדן צבע הפרי על העץ (איור 1) במועד ה-PCM (איור 4) בכל אחד מהטיפולים הדגים כי ריסוס העצים ב-BA בריכוז הנמוך בפני עצמו או בשילוב עם PJ עשוי להגדיל את שיעור הפרי היחסי

המתאים לקטיף במועד ה-PCM במידה ניכרת (איור 5). השפעת הטיפולים ב-BA בריכוז הגבוה או ב-PJ בלבד על שיעור הפרי המתאים לקטיף היתה קטנה יותר.

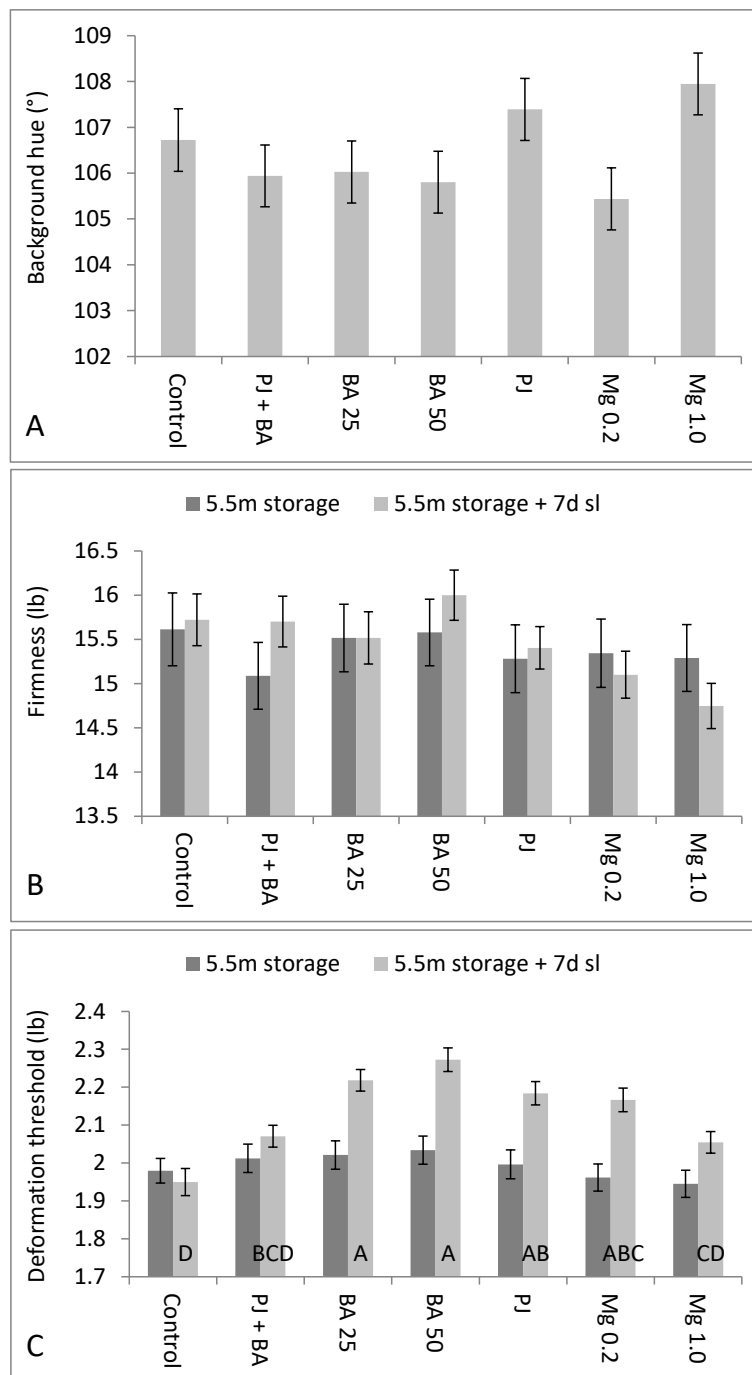


איור 5: אומדן השפעת הטיפול במוסתי צמיחה שונים על השיעור היחסי של כיסוי קליפת הפרי בצבע המתאים לקטיף במועד ה-PCM לעומת הביקורת הבלתי מטופלת.

#### הזדקנות הפרי באחסון

בפירות שנקטפו מעצים שרוססו במלח מגנזיום בריכוז הגבוה או ב-PJ בלבד, גוון הרקע של קליפת הפרי נותר ירוק במקצת (ערך H גבוה יותר) לאחר האחסון לעומת הטיפולים האחרים (איור 6A). עם זאת, דווקא הפירות שטופלו במגנזיום או שהטיפול בהם כלל PJ התרככו במהלך האחסון מעט יותר מפירות הביקורת או כאלה שטופלו ב-BA בלבד (איור 6B). ממצא זה מאשש תוצאות קודמות לפיהן לא ניתן להסתמך על צבע הרקע של הקליפה כדי לאמוד את מצב ההבשלה של הזן 'Cripps Pink'. סף הדפורמציה של פירות שהטיפול בהם כלל BA נותר גבוה במקצת מאשר בטיפולים האחרים ובאורח מובהק לאחר השהיה בת שבעה ימים בתנאי מדף (איור 6C). אף לא אחד מהטיפולים גרם להופעת תסמיני פיטוטוקסיות או נזק לציפת הפרי (הנתונים אינם מוצגים). שיעורי הריקבון שהתפתח עד תום חיי המדף נעו בין 0-4% והיו הגבוהים ביותר בפירות הביקורת (לא מובהק).





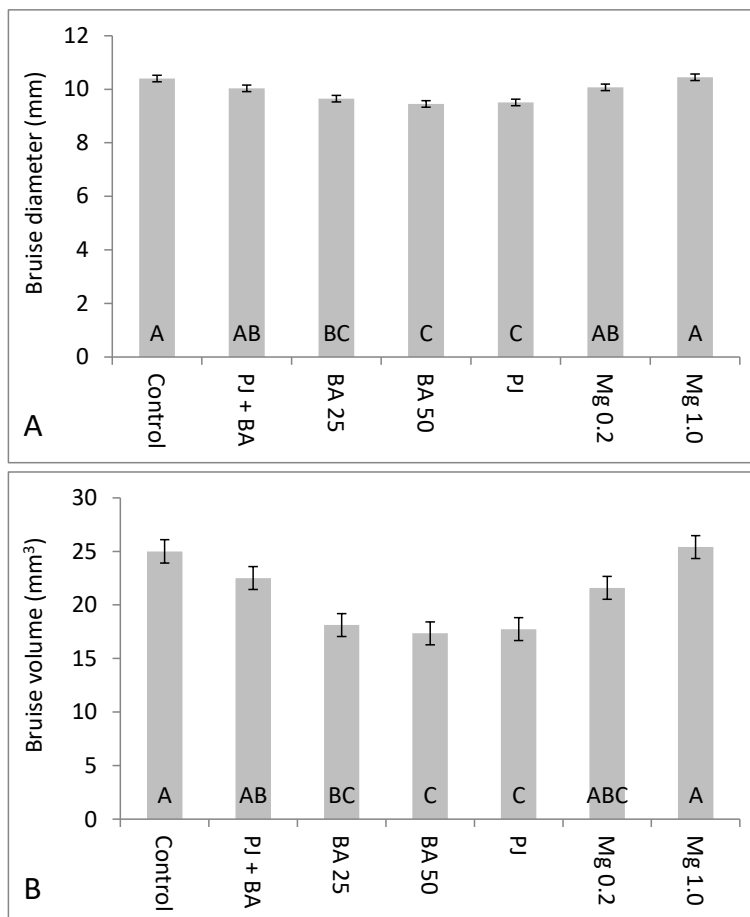
איור 6: גוון הרקע של הקליפה (A), הקשיות הפנטרומטרית (B) וסף הדפורמציה (C) של פירות 'Cripps Pink' אשר נקטפו מעצים שטופלו במוסתי צמיחה שונים לאחר 5.5 חודשי אחסון ולאחר שבעה ימי השהיה נוספים בתנאי מדף. כל עמודה מייצגת ממוצע של 60 פירות. הקווים המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין טיפולים.

העליה בסף הדפורמציה במהלך שהיית הפירות בתנאי מדף במקצת הטיפולים עשויה להיות מוסברת בכך שסף הדפורמציה (עמידות הפרי לדחיסה) מהווה ביטוי לשני תהליכים מנוגדים (Zarifneshat et al., 2018).

al., 2010): מחד, התרככות הפרי (התפרקות למלת הביניים) תגרום לפחיתה בהתנגדות הפרי ללחיצה; מאידך, איבוד המים מן הציפה והירידה הנלווית בטורגור מגדילים את המודולוס האלסטי של הציפה ואת עמידותה ללחיצה. אם התהליך הראשון גובר על השני תימדד ירידה בסף הדפורמציה, ולהיפך. בהנחה שאין בטיפולים שניתנו כדי להשפיע באופן מהותי על איבוד המים, הרי יש לשער כי ההבדלים שנמדדו בסף הדפורמציה בין הטיפולים לאחר ח"י מדף הינם ביטוי לקצב ההזדקנות של הפרי.

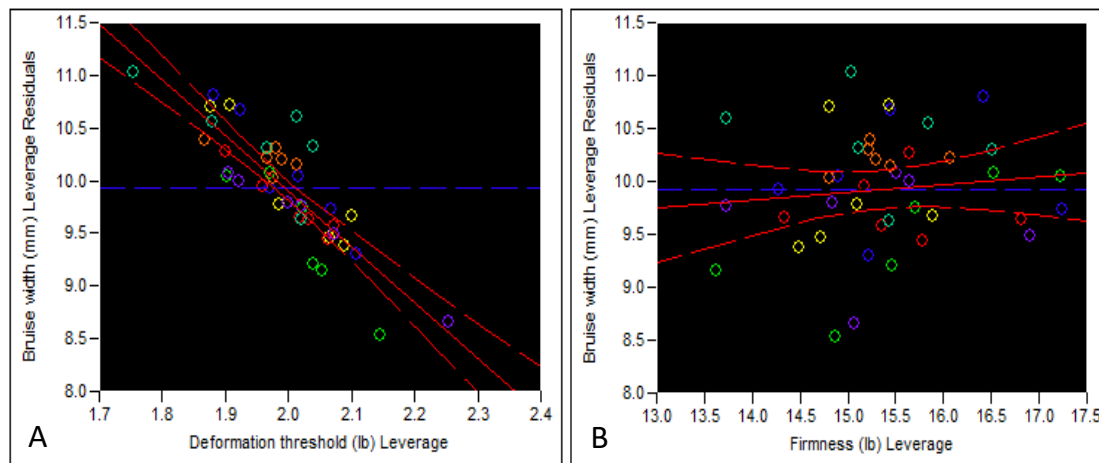
#### רגישות הפרי לנזק מכאני

קוטר החבלה שנגרמה לפרי בעקבות הפגיעה המדודה גדל במובהק ( $P < 0.05$ ) עם הגידול במשקל הפרי. אפקט זה נובע משטח המגע בין המשקולת לפני הפרי (Zarifneshat et al., 2010) ולכן תוקן בניתוח השפעת הטיפולים על רגישות הרקמה לנזק מכאני. קוטר החבלה היה קטן במקצת, אך במובהק, בטיפולי ה-BA (בשני הריכוזים) וה-PJ, אך לא בטיפול המשולב, לעומת יתר הטיפולים (איור 7A). חישוב נפח הרקמה שנפגעה על סמך הנתונים הגיאומטריים של המשקולת ושל הפרי הציג הבדלים משמעותיים יותר עם יתרון ברור לאותם טיפולים (איור 7B). קוטרי החבלה שהתקבלו במתקן בו נעשה שימוש במחקר הנוכחי מתאימים לשיעור הנזק שתואר בניסוי דומה בתפוחי 'Jazz' (Fu et al., 2020), בו נמצא כי גובה הנפילה המקסימלי שלא יגרום לנזק בעל ערך מסחרי ניכר הינו כ-3 ס"מ.



איור 7: הקוטר המתוקן (A) והנפח המחושב (B) של חבלה שנגרמה לפירות 'Cripps Pink' שנקטפו מעצים שטופלו טרם הקטיף במוסתי צמיחה שונים או במלח מגנזיום, לאחר 5.5 חודשים באחסון. החבלות נגרמו באופן מדוד באמצעות משקולת תלויה ממטוטלת. כל עמודה מייצגת ממוצע של 60 פירות. הקווים המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין הטיפולים.

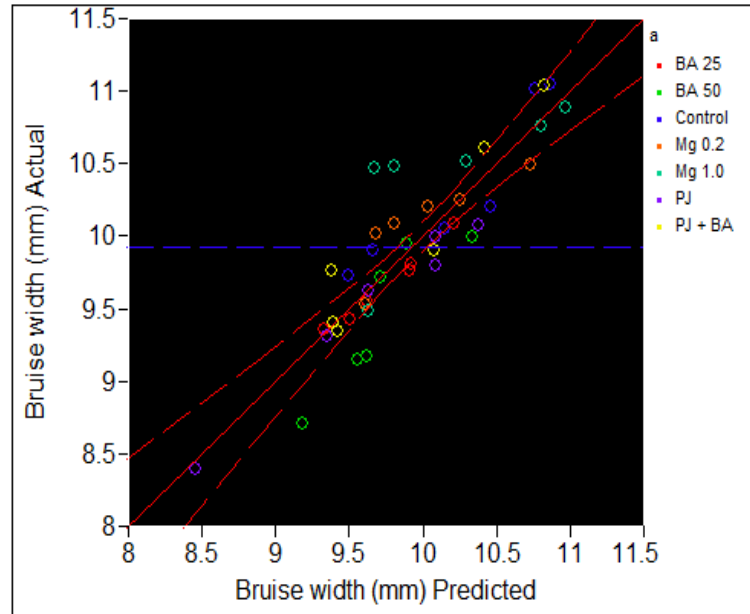
נמצא מתאם שלילי מובהק ( $R^2=0.78$ ;  $P<0.0001$ ) בין קוטר החבלה המתוקן הממוצע לבין סף הדפורמציה של הפרי בעת ההוצאה מהאחסון (איור 8) וכן לאחר השהיה בח"י מדף (ראה איור 6C). עצי כל הטיפולים נמצאו סמוכים לאותו עקום ומכאן שההבדלים ברגישות המכאנית של הפרי באו לידי ביטוי במדד סף הדפורמציה. לעומת זאת, ובדומה למתואר בספרות (Zarifneshat et al., 2010), לא נמצא מתאם מובהק בין הרגישות המכאנית של הפרי לבין הקשיות הפנטרומטרית שלו ( $R^2=0.18$ ;  $P=0.65$ ).



איור 8: רגרסיות ליניאריות המתארות את הקשר בין קוטר החבלה המתוקן לבין סף הדפורמציה (A) ולבין הקשיות הפנטרומטרית (B) בפירות 'Cripps Pink' שאוחסנו למשך 5.5 חודשים. החבלות נגרמו באופן מדוד באמצעות משקולת תלויה ממטוטלת. כל נקודה מייצגת ממוצע של 10 פירות שנקטפו מעץ יחיד. צבעי הנקודות מציינים טיפולים שונים במוסתי צמיחה או במלח מגנזיום שניתנו לעצים טרם הקטיפה.

מודל ליניארי דו-גורמי לחיזוי קוטר החבלה (איור 9) העלה את הפרמטרים הבאים:

| Term                                           | Estimate | Error Std | t <Prob |
|------------------------------------------------|----------|-----------|---------|
| Intercept                                      | 19.37    | 0.806     | <0.0001 |
| Fruit weight (g)                               | 0.008    | 0.0038    | 0.0437  |
| Deformation threshold (lb)                     | -5.47    | 0.502     | <0.0001 |
| (Fruit weight-182)*(Deformation threshold-2.0) | 0.046    | 0.023     | 0.0518  |



איור 9: מודל דו-גורמי לחיזוי קוטר החבלה הנגרמת לפירות 'Cripps Pink' מאוחסנים באמצעות משקל הפרי וסף הדפורמציה שלו. כל נקודה מייצגת ממוצע של 10 פירות שנקטפו מעץ יחיד. צבעי הנקודות מציינים טיפולים שונים במוסטי צמיחה או במלח מגנזיום שניתנו לעצים טרם הקטיפה. העקום מתאר את הקשר בין קוטר החבלה הנמדד לקוטר החבלה החזוי. הקווים המקווקים מתארים רווח בר סמך של 95%;  $R^2=0.80$ ;  $P<0.0001$ .

לסיכום, ממצאי המחקר הנוכחי מדגימים את היתרון שבטיפול טרום-קטיפה במוסטי הצמיחה benzyl adenine-projasomone בזן התפוח 'Cripps Pink'. טיפולים אלה עשויים להביא להקדמת הופעת הצבע האדום בקליפת הפרי (איור 1) ואף להגדלה ניכרת של שיעור הפירות המתאימים לקטיפה במועד המינימום הפרה-קלימקטרי (איור 5). נראה שאין בטיפולים כאלה כדי להשפיע באורח מובהק על תהליכי הבשלת הפרי (איורים 3, 6). יתרה על כך, הטיפול ב-benzyl adenine לבדו עשוי אף לדחות במידה קלה את המינימום הפרה-קלימקטרי (איור 4), להביא לקטיפה של פרי בעל ערך סף דפורמציה התחלתי גבוה יותר מאשר בביקורת (איור 3B) ובסופו של דבר להוביל לרגישות מופחתת של הפרי לנזק מכאני לאחר הוצאתו מאחסון, קל וחומר במהלך שיווקו (איור 6C). ריסוס יחיד של benzyl adenine בריכוז חומר פעיל של 25 ח"מ, כחודש לפני מועד הקטיפה הצפוי גרם להקדמת הופעת הצבע האדום (איור 1), להגדלת שטחה של הלחי האדומה ולהעמקת הגוון שלה (איור 2), לדחיה קלה בהבשלה (איור 4) ולהפחתה מובהקת ברגישות הפרי לנזק מכאני לעומת הביקורת הבלתי מטופלת (איור 7), גם כאשר השיפור בצבע הפרי (איור 5) לא נוצל לשם הקדמת הקטיפה. יש לציין כי פירות כל הטיפולים יצאו מן האחסון הממושך – 5.5 חודשים – במצב משביע רצון וראוי לשיווק. הפרי – רובו ככולו – שרד גם השהיה בת שבוע בתנאי מדף, המדמה את שלב השיווק.



הגדלת ריכוז ה-benzyl adenine ל-50 ח"מ הביאה אמנם לדחיה נוספת בהבשלה ולהפחתה נוספת ברגישות הפרי לנזק מכאני בתום האחסון, אך עיכבה את השינויים בצבע הקליפה במהלך ההבשלה. מנגד, טיפול משולב ב-benzyl adenine ובחומצה ג'סמונית הביא לפרי האדום ביותר במועד ה-PCM, אולם גרם להאצת ההזדקנות של הפרי במהלך האחסון ולרגישות מכאנית שלא נבדלה מן הביקורת.

נקודות להמשך המחקר:

1. אישוש הממצאים שהתקבלו ב-2019, ובמיוחד ההשפעה המיטיבה של ריסוס benzyl adenine בריכוז נמוך על התפתחות הצבע ועל רגישות הפרי לחבלה מכאנית לאחר אחסון.
2. בחינה של השפעת מועד הקטיפה ומדדי ההבשלה על רגישות הפרי לחבלות לאחר האחסון.
3. מדידת אנרגיית הפגיעה המינימלית הדרושה לשם גרימת חבלה לפרי מאוחסן ובחינת האפשרות לנבא אותה באמצעות מדד סף הדפורמציה.

#### ספרות מצוטטת

- Abedi G, Ahmadi E. 2013. Bruise susceptibilities of Golden Delicious apples as affected by mechanical impact and fruit properties. J. Agri. Sci. 152: 439-447.
- Fu H, Karkee M, He L, Duan J, Li J, Zhang Q. 2020. Bruise patterns of fresh market apples caused by fruit-to-fruit impact. Agronomy 10: 59-72.
- Kondo, S. 2010. Roles of jasmonates in fruit ripening and environmental stress. Acta Hort. 884: 711-716.
- Liu W, Li T, Yuan H, Tan D, Wang A. 2018. Enhancement of apple coloration using jasmonate treatment without sacrificing storage potential. Plant Signal Behav. 13:e1422467.
- Makredza B, Marais H, Schmeisser M, Lötze E, Steyn WJ. 2015. Ripening Associated Red Color Development Masks Sunburn Browning in Apple Peel. HortScience 50: 814-818.
- Marais E, Jacobs G, Holcroft D. 2001. Colour response of 'Cripps' Pink' apples to postharvest irradiation is influenced by maturity and temperature. Scientia Horticulturae 90: 31-41.
- Whale SK, Singh Z, Behboudian MH, Janes J, Dhaliwal SS. 2008. Fruit quality in 'Cripps' Pink' apple, especially colour, as affected by preharvest sprays of aminoethoxyvinylglycine and ethephon. Scientia Horticulturae 115: 342-351.

Zarifneshat S, Ghassemzadeh RH, Sadeghi M, Abbaspour-Fard MH, Ahmadi E, Javadi A, Shervani-Tabar MT. 2010. Effect of impact level and fruit properties on Golden Delicious apple bruising. Am. J. Agri. & Biol. Sci., 5: 114-121.

## נספח 1

כרטיסיית גווני הלחי האדומה של סטנדרט 'Pink Lady' (CTIFL, צרפת).

כרטיס 'R4' שימש להגדרת הגוון המתאים לקטיפ בעת עיבוד התמונה.

