

סיכום מחקר

מוגש לשולחן דובדבן במועצת הצמחים

השפעת עומס היבול והטבילה במעכב חמצון על כושר ההשתמרות של דובדבנים מהזנים בינג ולפינס

מאת

שאול נשיץ, דני גמרסני, אלה צבילינג, היבא אברהים, רונן שפיר, מיה שפיר וקמילה דרור

ספטמבר 2020

רקע

נסיון העבר מלמד על השפעה שלילית של עומס יבול גבוה על כושר ההשתמרות של דובדבנים. פרי הנקטף מעצים עמוסי יבול מתאפיין בתכולות כ.מ.מ וחומצה נמוכות ובמוצקות נמוכה ונוטה לפתח גומה גם באחסון קצר יחסית. בהתאמה לכך, בניסויי עונת 2018 נמצא יחס הפוך במובהק בין תכולת הכ.מ.מ של דובדבני 'סטלה' ו'בינג' לבין שיעור הגומה בתום אחסון בן שבועיים. ב-2019 נבחנה השפעת עומס היבול על כושר ההשתמרות בשלושה זנים, אך רקע של יבולים נמוכים מנע קבלת הבדלים משמעותיים בכושר ההשתמרות. עם זאת, בזן 'בינג' בו נרשמה שונות מספקת בעומס היבול, נמצא שעומס יבול גבוה (>1.5 טון/דונם) היה קשור בהתקצרות חלון הקטיף ובעליה ניכרת ברגישות הפרי לגומה במהלך אחסון בן 4 שבועות. מוצע להמשיך ולבחון את השפעת עומס היבול על קצב ההבשלה ועל כושר ההשתמרות של דובדבנים משני זני מודל: 'לפינס' – זן רגיש לגומה ו'בינג' – זן עמיד יחסית לגומה.

טרנסקריפטום השוואתי שבוצע ע"י ד"ר חיה פרידמן ממנהל המחקר החקלאי הדגים מתאם חיובי בין העמידות לגומה בזן לפינס לבין ביטויים של מספר גנים הקשורים למערכת נוגדת החמצון (בעיקר למטאבוליזם של glutathione). בעקבות זאת נבחנה במחקר הנוכחי התרומה של העשרת הרקמה במעכב חמצון סינתטי לאיכות הפרי באחסון.

מטרה

בירור השפעות עומס היבול והטבילה במעכב חמצון על כושר ההשתמרות של דובדבנים מהזנים 'לפינס' ו'בינג'.

חומרים ושיטות

1. חומר צמחי

במטע קיבוץ אל-רום סומנו שלישיות של עצים סמוכים המאופיינים בשונות בעומס היבול בכל אחד מהזנים 'לפינס' ו'בינג'. בכל שלישיה סומנו עץ בעל עומס יבול "כבד", עץ בעל עומס יבול "בינוני" ועץ בעל עומס יבול "קל".

מדגם אקראי בן 5 ק"ג נקטף מכל אחד מעצי הניסוי בראשית הקטיף המסחרי, ב-16 ביוני 2020. מכל אחד מהעצים העמוסים נקטפו 2 ק"ג נוספים.

2. מהלך הניסוי לאחר הקטיף

- a. כ-1 ק"ג מכל עץ אופייני להערכת מצב ההבשלה בקטיף (טבלה 1).
- b. 5 ק"ג מכל עץ עברו טבילה בתמיסת כלוריד קרה (1°C) בריכוז 100 ppm למשך 30 דקות.
- c. יתר הפרי שנקטף מן העצים העמוסים (כ-2 ק"ג לעץ) עבר טבילה בתרחיף BHT בריכוז 1% למשך 30 שניות¹ (במקום טבילה בתמיסת הכלוריד) ולאחר קורר במי ברז קרים (1°C) למשך 30 דקות.
- d. הפירות שנטבלו בכלוריד חולקו אקראית ל-4 אריזות בנות ק"ג אחד לערך. הפירות שנטבלו ב-BHT חולקו אקראית ל-4 אריזות בנות 500 גרם. כל אריזה היוותה חזרה.
- e. האריזות נעטפו ביריעות LDPE 40 מיקרון מחוררות והועברו לקירור ב-0 מ"צ באווירה אטמוספירית. רצפת התא הוצפה במים לשם שמירה על לחות גבוהה במהלך האחסון.
- f. פירות הזן 'לפינס' הוצאו מן האחסון לאחר 3 שבועות ואילו פירות הזן 'בינג' הוצאו מן האחסון בתום 4 שבועות.
- g. לאחר רישום הפירות הרקובים וסילוקם, פירות שני הזנים הושהו בחיי מדף (20°C), 65% לחות יחסית) במשך יומיים נוספים.

¹ הכנת התרחיף נעשתה כמפורט לעיל: 100 גרם של butylated hydroxytoluene גרגרי ו-25 גרם של שעווה מתחלבת (Polawax NF) הוכנסו לכלי זכוכית וחוממו לטמפרטורה של 80 מ"צ באמבט מים עד המסת כל המוצקים. 875 מ"ל של מים מזוקקים חוממו לאותה טמפרטורה בכלי נפרד. הנוזלים משני הכלים אוחדו ועברו הומוגניזציה ב-3000 סיבובים לדקה באמצעות הומוגניזר במשך 20 דקות. לאחר הגעת התחליב לטמפרטורת החדר, הוא דולל במי ברז לריכוז BHT סופי של 1%. לתחליב המדולל הוסף משטח טריטון X100 בריכוז 0.025%.

3. בדיקות איכות

מיד בתום האחסון, וכן לאחר יומיים בתנאי מדף (20 מ"צ; 65% לחות יחסית) נערכו בפירות הבדיקות המפורטות בטבלה 1.

טבלה 1: פירוט המדידות שנערכו בניסוי.

תיאור הבדיקה	ביום תחילת הניסוי	בתום האחסון	בתום חיי מדף
צבע חיצוני בלחי הפרי ² (20 פירות לחזרה)	✓	✓	
סף הדפורמציה ³ (20 פירות לחזרה)	✓	✓	✓
תכולת מוצקים מסיסים (10 פירות לחזרה)	✓	✓	✓
תכולת חומצה ו-pH ⁴ (10 פירות לחזרה)	✓	✓	✓
תכולת ויטמין C		✓	
הערכת חומרת הגומה – 4 דרגות (כל הפירות)		✓	✓
שקילת פירות רקובים		✓	✓

4. עיבוד הנתונים

תוצאות הטיפול הושאו באמצעות אנליזות ANOVA ומבחני פוסט-הוק (Tukey-Kramer). בכל העיבודים $\alpha=0.05$.

תוצאות ודין

הערכות עומס היבול

השונויות בעומס היבול נבעה מהבדלים טבעיים במספר הפירות לעץ. לא היה צורך בדילול ידני על מנת ליצור אותה. הערכת עומס היבול בכל אחד מעצי הניסוי נערכה באופן ויזואלי משני מפניו של כל עץ כיומיים לפני הקטיף, לאחר שכל הפרי שינה את צבעו לאדום (טבלה 2). תצלומי העצים ביום הערכת היבול מובאים בתמונה 1.

טבלה 2: אומדן עומס היבול בעצי הניסוי. הערכות העומס נערכו על סמך תצפית ויזואלית יומיים לפני הקטיף.

אומדן עומס יבול	בינג	לפינס
קל	0.7 ט/ד	0.5 ט/ד
בינוני	1.2 ט/ד	0.8 ט/ד
עבד	1.8 ט/ד	1.5 ט/ד

² מדדי צבע הרקע, LabCH, נותחו באמצעות עיבוד תמונה ממוחשב בקולורימטר שטח Amilon (ישראל).

³ מדידת הקשיות התבצעה באמצעות פנטרומטר FTA (דרום אפריקה). גליל פלדת אל-חלד בקוטר 8 מ"מ נלחץ אל הקליפה עד לעומק של 0.2 מ"מ. הכח שנמדד בסוף הלחיצה נרשם.

⁴ תכולת חומצה מטוּררת (%) (חומצה מאלית) - 1 mL מיץ פרי דוללו ב-20 mL מים מזוקקים וטוּררו אוטומטית בטיטורטור (model 719s, Schott, Switzerland) עם NaOH(0.1M) עד ל-pH 8.2 ותכולת החומצה המאלית חושבה.



תמונה 1: מראה ששת העצים ששימשו בניסוי בליווי הקלסיפיקציה על פי עומס היבול. יש לתת את הדעת לצפיפות היבול ביחס לצפיפות העלווה.

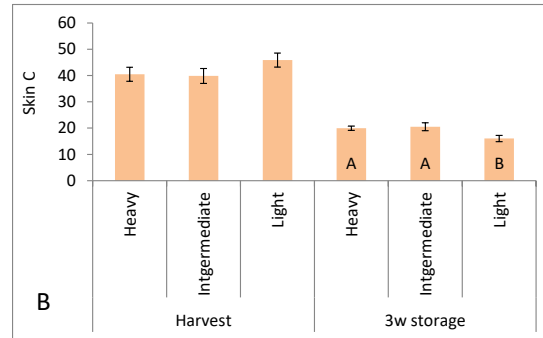
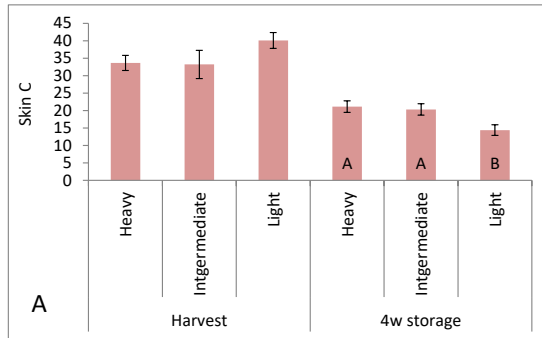
השפעת עומס היבול על מאפייני הפרי בקטיף

בשני הזנים, פרי שנקטף מן העצים בעלי עומס היבול הנמוך היה בהיר יותר (איור 1), מוצק יותר (איור 2) ובעל תכולת חומצה גבוהה יותר (איור 3) לעומת זה שנקטף מעצים עמוסים יותר. זאת למרות שאותו פרי היה גדול יותר (איור 4) ובעל תכולת סוכר גבוהה יותר (איור 5) לעומת פרי שנקטף מעצים עמוסים יותר. לרוב לא נמצאו הבדלים מובהקים במדדים אלה בין פרי מעצים בעלי עומס "בינוני" לפרי שנקטף מעצים בעלי עומס "כבד". ממצאים אלה מלמדים על כך שעומס היבול הנמוך עיכב מעט את ההבשלה. יתכן שממצא זה קשור ליעילות הטיפול בג'ברלין שניתן לעצים כשבועיים טרם הקטיף.

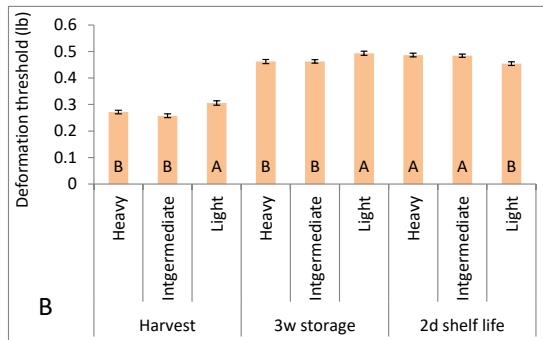
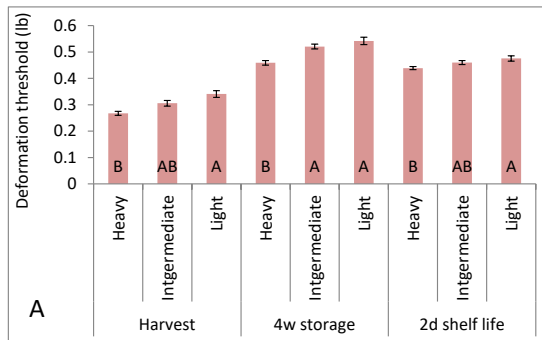
השפעת עומס היבול על איכות הפרי לאחר אחסון ממושך

בשני הזנים, הפרי שנקטף מהעצים דלי היבול הזדקן במשך האחסון במידה רבה יותר מאשר פרי שנקטף מעצים עמוסים יותר. הדבר בא לידי ביטוי בהתכהות קליפת הפרי (איור 1), באיבוד מוגבר של המוצקות בחיי המדף בזן לפינס (איור 2B) ובירידה מוגברת של תכולת המוצקים המסיסים והחומצה בזן בינג (איורים 3A, 5A). ניתן להסביר ממצאים אלה בהבדלים בגודל הפרי: פרי גדול עלול להתקרר לאט יותר מפרי קטן במהלך ההידרוקולינג וציפתו אף תתחמם יותר בעקבות תהליכים מטאבוליים במהלך האחסון.

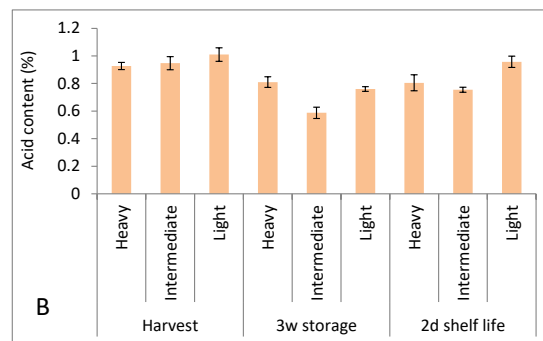
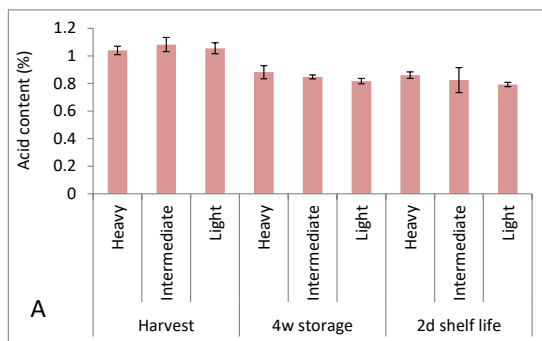
המרכז לחדשנות בפוסט-הרבסט
מיגל
קרית שמונה



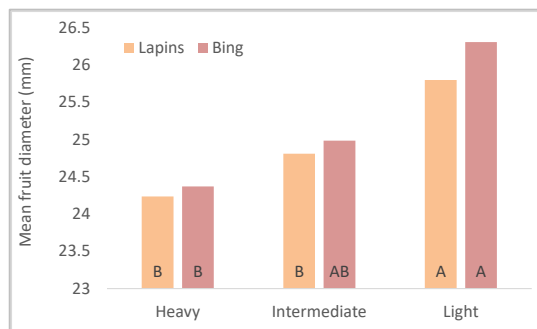
איור 1: ערך הרוויה של קליפת פירות בינג (A) ולפינס (B) ביום הקטיף וכן לאחר אחסון בן 4 או 3 שבועות, בהתאמה. הפרי נקטף מעצים בעלי שלושה עומסי יבול שונים. N=20. הקווים המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין עומסי היבול באותו מועד בדיקה.



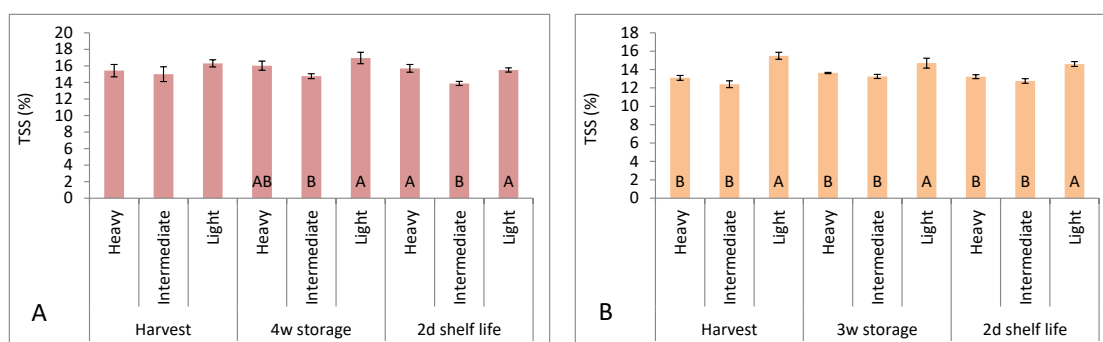
איור 2: סף הדפורמציה של פירות בינג (A) ולפינס (B) ביום הקטיף, לאחר אחסון בן 4 או 3 שבועות, בהתאמה וכן לאחר יומיים נוספים בתנאי מדף. הפרי נקטף מעצים בעלי שלושה עומסי יבול שונים. N=20. הקווים המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין עומסי היבול באותו מועד בדיקה.



איור 3: תכולת החומצה במיץ של פירות בינג (A) ולפינס (B) ביום הקטיף, לאחר אחסון בן 4 או 3 שבועות, בהתאמה וכן לאחר יומיים נוספים בתנאי מדף. הפרי נקטף מעצים בעלי שלושה עומסי יבול שונים. N=4. הקווים המאונכים מציינים שגיאות תקן.



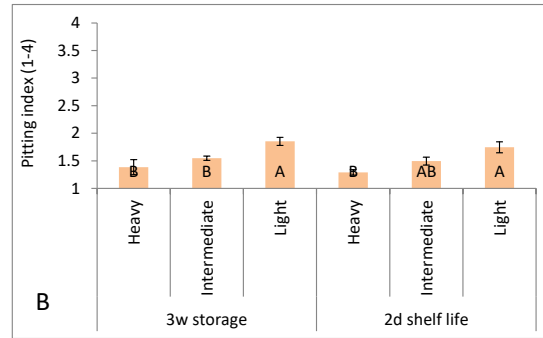
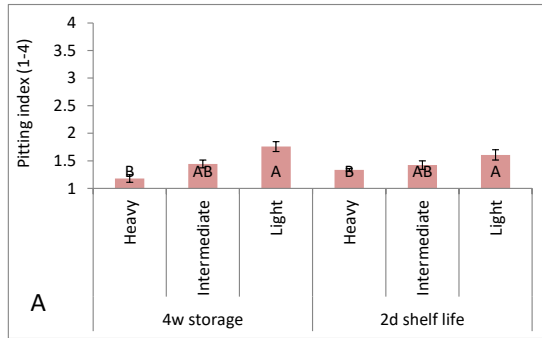
איור 4: קוטר הפרי הממוצע של פירות בינג ולפינס שנקטפו מעצים בעלי שלושה עומסי יבול שונים. N=20. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין עומסי היבול באותו מועד בדיקה.



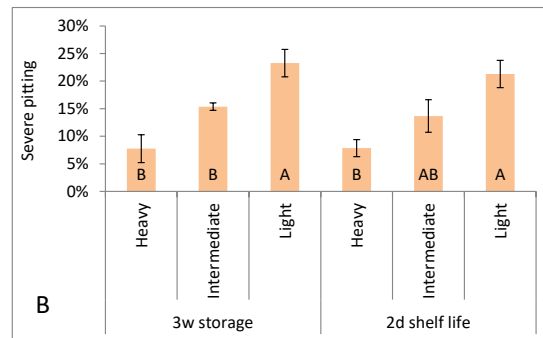
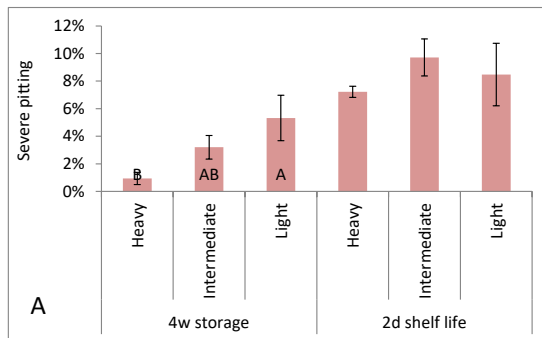
איור 5: תכולת כלל המוצקים המסיסים במיץ של פירות בינג (A) ולפינס (B) ביום הקטיף, לאחר אחסון בן 4 או 3 שבועות, בהתאמה וכן לאחר יומיים נוספים בתנאי מדף. הפרי נקטף מעצים בעלי שלושה עומסי יבול שונים. N=4. הקווים המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין עומסי היבול באותו מועד בדיקה.

במהלך האחסון התפתחה בפירות שני הזנים גומה, אם כי חומריתה (איור 6) ושכיחותה (איור 7) היו נמוכות בהתחשב באחסון הממושך: שיעור הגומה הבינונית והחמורה, שגורמות לפגיעה כלכלית בערך הפרי, עמד על פחות מ-10% בזן בינג ועל פחות מ-25% בזן לפינס. בניגוד לממצאים בעונה קודמת, הפרי שנקטף מעצים בעלי עומס יבול נמוך פיתח יותר גומה וזו היתה מעט חמורה יותר לעומת הגומה שהתפתחה בפרי מעצים בעלי עומס יבול גבוה יותר. בזן לפינס, מרבית הנזק נגרמה כבר במהלך האחסון בקירור וכמעט שלא חלה בו החמרה נוספת במהלך חיי המדף (איורים 6B, 7B). לעומת זאת, הגומה בזן בינג הופיעה בעיקר במהלך חיי המדף, בפרט בעומסי היבול הגבוהים (איור 7A). אנו משערים כי הרגישות הנמוכה לגומה נובעת ממועד הקטיף המוקדם. הממצא מאשש תוצאות קודמות שהתקבלו במעבדתנו (נשיץ וחוב', 2018).

המרכז לחדשנות בפוסט-הרבסט
מיגל
קרית שמונה

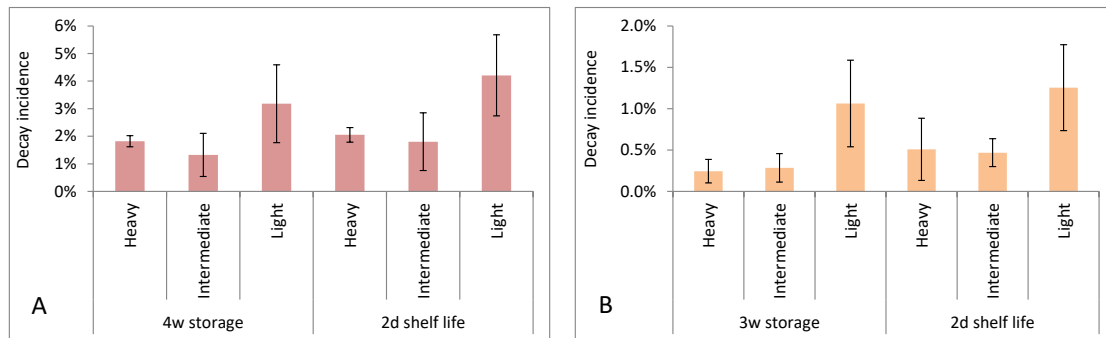


איור 6: חומרת הגומה הממוצעת על פי סולם 1-4 בפירות שסבלו מגומה בזנים בינג (A) ולפינס (B) לאחר אחסון בן 4 או 3 שבועות, בהתאמה וכן לאחר יומיים נוספים בתנאי מדף. הפרי נקטף מעצים בעלי שלושה עומסי יבול שונים. N=4. הקווים המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין עומסי היבול באותו מועד בדיקה.



איור 7: שכיחות הגומה הבינונית והחמורה בזנים בינג (A) ולפינס (B) לאחר אחסון בן 4 או 3 שבועות, בהתאמה וכן לאחר יומיים נוספים בתנאי מדף. הפרי נקטף מעצים בעלי שלושה עומסי יבול שונים. N=4. הקווים המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין עומסי היבול באותו מועד בדיקה.

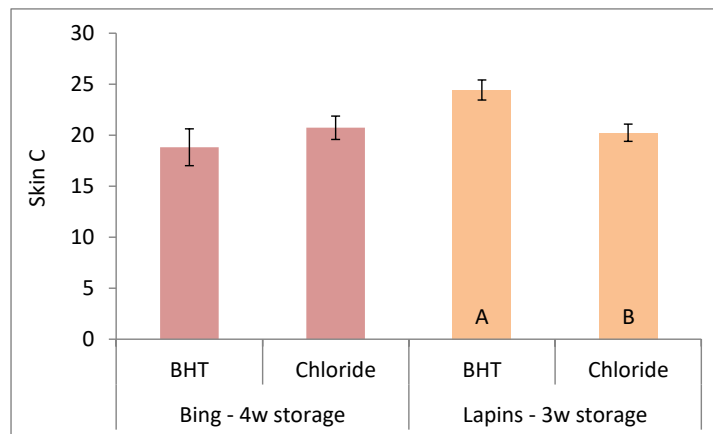
שיעור הריקבון בפרי נותר נמוך עד תום חיי המדף (עד 4% בבינג ועד 1.5% בלפינס). הריקבון נגרם בעיקר מהפטריה הפתוגנית *Botrytis cinerea*. בדומה למגמות שנצפו בקצב ההזדקנות, פרי שנקטף מעצים בעלי עומס נמוך היה רגיש יותר להתפתחות ריקבון מאשר פרי מעומסי יבול גבוהים יותר (איור 8). עם זאת, השונות הגדולה בשיעור הריקבון בין החזרות מנעה הופעת הבדלים מובהקים בין עומסי היבול.



איור 8: שכיחות הפירות הרקובים בזנים בינג (A) ולפינס (B) לאחר אחסון בן 4 או 3 שבועות, בהתאמה וכן לאחר יומיים נוספים בתנאי מדף. הפרי נקטף מעצים בעלי שלושה עומסי יבול שונים. N=4. הקווים המאונכים מציינים שגיאות תקן.

השפעת הטבילה במעבב חמצון על איכות הפרי לאחר אחסון ממושך

פירות מהזן 'לפינס' שנטבלו בתרחיף של מעבב החמצון המסיס בשמן butyated hydroxytuloene (BHT) שמרו על גוון קליפה בהיר יותר במהלך האחסון לעומת פירות שנטבלו, כמקובל מסחרית, בתמיסת כלוריד (איור 9, תמונה 2). בנוסף, קליפתם של פירות אלה היתה חלקה יותר וגבשושית פחות בתום האחסון (תמונה 3). השפעות אלה נעדרו לחלוטין בזן בינג (איור 9). יתכן שההבדל בין הזנים נבע מתכולת ויטמין C, שהיתה כמעט כפולה בפירות הזן בינג ביחס ללפינס (איור 10) ומעידה על פעילות נוגדת חמצון אנדוגנית גבוהה יותר בזן זה. הממצא לפיו עיכוב החמצון מפחית את השינויים בגוון הקליפה ובמרקמה במהלך האחסון מעלה את ההשערה לפיה התכחות קליפת הפרי לאחר הקטיף נובעת מהצטברות פוליפנולים מחומצנים ולא מעליה בריכוז האנתוציאנין.



איור 9: ערך הרוויה של קליפת פירות בינג ולפינס שנקטפו מעצים עמוסים לאחר אחסון בן 4 או 3 שבועות, בהתאמה. הפירות נטבלו בתמיסת כלוריד או בתרחיף של BHT. N=20. הקווים המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין עומסי היבול באותו זן.

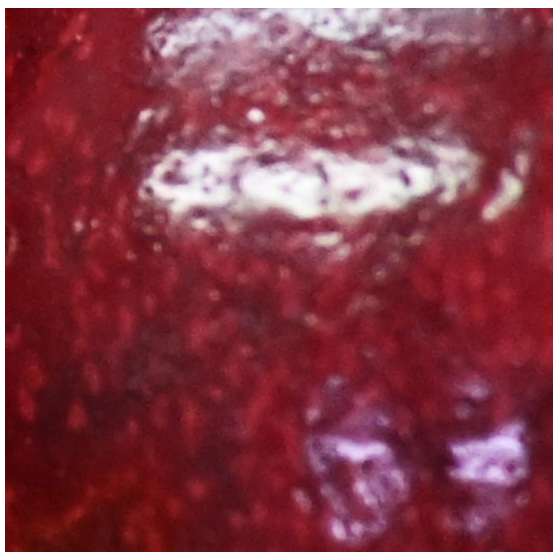


BHT

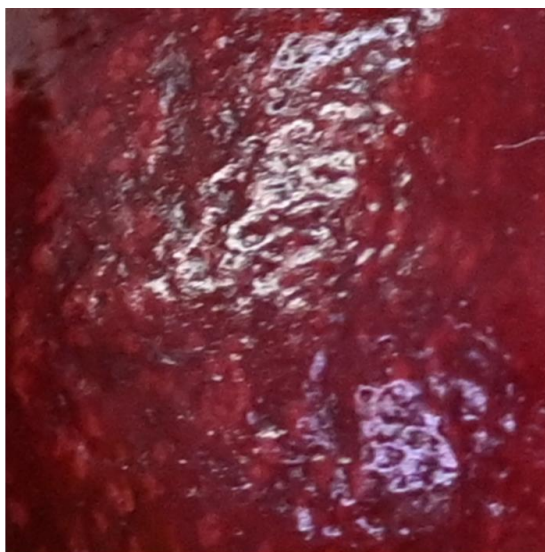


Chloride

תמונה 2: מראה פירות דובדבן מהזן לפינס שנקטפו מעצים עמוסים ושנטבלו בתרחיף המכיל BHT או בתמיסת כלוריד, כמקובל במסחר. הפירות אוחסנו ב-0 מ"צ במשך שלושה שבועות. יש לתת את הדעת לגוון הקליפה.



BHT

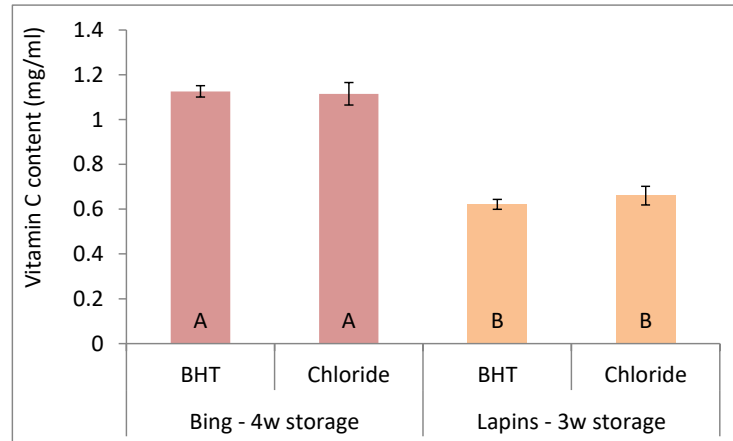


Chloride

תמונה 3: תצלומי תקריב של קליפת פירות דובדבן מהזן לפינס שנקטפו מעצים עמוסים ושנטבלו בתרחיף המכיל BHT או בתמיסת כלוריד, כמקובל במסחר. הפירות אוחסנו ב-0 מ"צ במשך שלושה שבועות. יש לתת את הדעת למרקם פני שטח הקליפה.

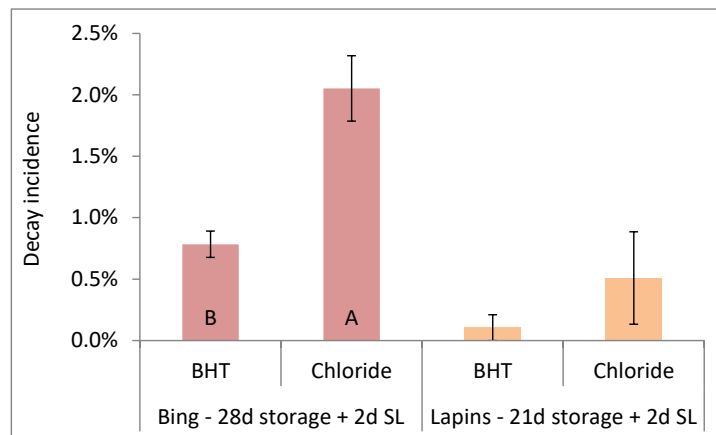
הטבילה ב-BHT לא השפיעה על תכולת הסוכר, החומצה או ויטמין C של הפירות, על מוצקותם או על רגישותם לגומה (הנתונים אינם מוצגים), קרי השפעת מעכב החמצון נותרה מוגבלת לקליפת הפרי

בלבד. יתכן שמעכבי חמצון מסיסים במים, דוגמת חומצה אסקורבית או L-cystein, ייטיבו לחדור אל תוך ציפת הפרי ויפחיתו את הנגיעות בגומה. מוצע לבחון גישה זו בעתיד.



איור 10: תכולת ויטמין C במיץ של פירות בינג ולפינס שנקטפו מעצים עמוסים לאחר אחסון בן 4 או 3 שבועות, בהתאמה. הפירות נטבלו בתמיסת כלוריד או בתרחיף של BHT. N=4. הקווים המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין הזנים.

השפעה נוספת של הטבילה ב-BHT היתה עיכוב מובהק של התפתחות ריקבון בפרי. עיכוב כזה נמצא בשני הזנים (איור 11). יש לציין כי מנגנון ההתקפה של מספר פטריות אחסון נקרוטרופיות כגון *Botrytis cinerea* ו-*Alternaria alternata* מבוסס בחלקו על פעילות אנזימטית מחמצנת (Yang and Chung, 2012; Tsuge et al., 2013) ולכן העשרת הרקמה הפונדקאית במעכב חמצון עשויה להפחית מהשפעתם המזיקה של פתוגנים אלה.



איור 11: שיעור הפירות הרקובים מהזנים בינג ולפינס שנקטפו מעצים עמוסים לאחר אחסון בן 4 או 3 שבועות, בהתאמה, ויומיים נוספים בתנאי מדף. הפירות נטבלו בתמיסת כלוריד או בתרחיף של BHT. N=4. הקווים המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין הזנים.

סיכום ומסקנות

תוצאות המחקר הנוכחי מדגימות כי בניגוד לממצאים בעונה הקודמת, בעונת 2020 לא היתה להגבלת עומס היבול השפעה חיובית על איכות הפרי לאחר אחסון ממושך. אדרבא, הפרי שנקטף מעצים דלי יבול בשני הזנים, בינג ולפינס, הזדקן מהר יותר במהלך האחסון וגילה רגישות מוגברת להתפתחות גומה וריקבון לעומת פרי שנקטף מעצים עמוסים יותר. עם זאת, יש לציין כי העומס ה"גבוה" במחקר הנוכחי לא חרג מעומס היבול הנורמטיבי במטעי דובדבן מסחריים.

ממצאים ממחקרים שנערכו במעבדתנו בשנים קודמות, לפיהם פרי הנקטף מוקדם, בעודו בהיר באופן יחסי למקובל, הינו עמיד יותר באחסון – אוששו במחקר הנוכחי: שיעורי הגומה והריקבון שנצפו בפירות שני הזנים לאחר אחסון ממושך היו נמוכים לעומת המוכר מהמסחר.

במחקר הנוכחי הודגם כי לטבילה במעכבי חמצון עשויה להיות השפעה מיטיבה על מראה הפרי לאחר האחסון והשפעה מעכבת על התפתחות פתוגנים גורמי ריקבון. מוצע להמשיך ולבחון גישה זו של טיפול בפרי הקטוף גם בשנים הקרובות.

פרות מצוטט

Tsuge T, Harimoto Y, Akimitsu K, Ohtani K, Kodama M, Akagi Y, Egusa M, Yamamoto M, Otani H. 2013. Host-selective toxins produced by the plant pathogenic fungus *Alternaria alternata*. FEMS Microbiol. Rev. 2013 37:44-66.

Yang SL, Chung KR. 2012. The NADPH oxidase-mediated production of hydrogen peroxide (H_2O_2) and resistance to oxidative stress in the necrotrophic pathogen *Alternaria alternata* of citrus. Mol Plant Pathol. 2012 13:900-914.

נשיץ ש, גמרסני ד, גולדברג ט, אגרא ה, צבילינג א, אברהים ה, שיפמן ל, ברקוביץ' ל. 2018. התפתחות גומה בפירות דובדבן מזן 'לפינס' באחסון. עלון הנוטע, שנה ע"ב, מרץ 2018.