

החברה למחקר ופיתוח קירור ואיסוס פירות ק"ש בע"מ
קרית שמונה
טל. 04-6817421, 04-6940208 פקס. 04-6940113
www.fruitlab.co.il
e-mail: fruit.storage.lab@gmail.com

הארכת משך האחסון של אפרסמון מן הזן 'טריומף'

דו"ח לעונת 2016

מוגש לשולחן אפרסמון במועצת הצמחים

ע"י שאול נשיץ, דני גמרסני, הראל אגרא וטלי גולדברג

רקע

הטיפול ב-MCP-1 מאפשר את עיכוב התרככות האפרסמון באחסון ואת הארכת תקופת השיווק עד ארבעה חודשים לאחר הקטיף. מחד, התפתחות זו תורמת להפחתת כמויות השיווק החודשיות הנדרשות ולהגדלה פוטנציאלית של המחיר בשוק המקומי. מאידך, הארכת עונת האפרסמון בשוק העולמי פוגעת בכושר התחרות של המגדל הישראלי עם מגדלים בספרד ובמדינות נוספות. לנוכח העובדה שמרבית היצור המקומי מיועד ליצוא לאירופה, ענף האפרסמון בישראל נמצא תחת איום.

הגורם העיקרי המגביל את משך אחסון האפרסמון הוא פטריית ה- *Alternaria alternata*. הפרי נקטף כאשר הוא מאולח בנבגי הפטריה וזו גורמת למחלה שמתבטאת בהופעת תפטיר כהה על גבי קליפת הפרי. מחלת האלטרנריה מתפרצת עם הוצאת הפרי מחדר הקירור. טיפולים במטע (לשם הפחתת הסתדקות הקליפה) ובכניסה לבית האריזה (לשם קטילת נבגי הפטריה) נמצאו יעילים במידה חלקית. אחסון הפרי בשקיות MA במהלך הקירור ו/או על המדף הביא לעליה חדה בריכוזי הפחמן הדו חמצני (CO_2) ולירידה בריכוזי החמצן. שיטת אחסון זו הביאה לעיכוב בהתפתחות האלטרנריה, בהזדקנות הפרי ובהתרככותו. מאידך, חלק גדול מהפרי שאוחסן בשקיות פיתח טעם לוואי בולט והחמה פנימית וחיצונית. ההחמות יוחסו לעקת צינה. יש לציין שבעבר נמצאה שונות גדולה בשיעורי ה- CO_2 והחמצן בשקיות גם כאשר מקורן היה באותה אצוות ייצור.

בשנת 2016 נבחנו איכות הפרי לאחר אחסון קצר, בינוני וארוך בהרכבי אווירה שונים שהושגו באמצעות טכנולוגיות אווירה רגילה, מתואמת ומבוקרת.

חומרים ושיטות

אפרסמונים שנקטפו בתאריך 21/11/2016 באזור השרון התקבלו במעבדתנו בתאריך 5/12/2016 לאחר שטופלו ב-MCP-1 ושהו בקירור בבית האריזה במשך שבועיים. בעת הגעתו, ערך הקשיות הממוצע של הפרי היה 11.4 יחידות מוצקות אקוסטית בלבד עם סטיית תקן גבוהה של 3.2 יחידות בין המדגמים. ערכים אלה מלמדים על כך שכבר עם תחילת הניסויים הפרי היה בשל מדי וסבל מפגיעה בכושר ההשתמרות שלו.

נערך ניסוי בעל מבנה רב גורמי בו נבחנו הטיפולים הבאים:

א. טיפולי אקלום טרם האחסון

1. "חניקה" למשך 48 שעות בטמפרטורה של 20°C
 2. השהיה באווירה אטמוספירית למשך 24 שעות בטמפרטורה של 20°C
 3. השהיה באווירה אטמוספירית למשך 48 שעות בטמפרטורה של 0°C
- ב. שיטות אחסון
1. קירור מבוקר בטמפרטורה של -0.5°C, O₂ 1.5%-ו CO₂ 1.5%
 2. קירור מבוקר בטמפרטורה של -0.5°C, O₂ 1.5%-ו CO₂ 7%
 3. קירור בשקיות אווירה מתואמת גדולות (30 פירות לשקית) הנתונות בואקום בטמפרטורה של -0.5°C
 4. קירור באווירה אטמוספירית בטמפרטורה של -0.5°C
- ג. משך האחסון
1. חודשיים
 2. שלושה חודשים
 3. ארבעה חודשים וחצי
- ד. שיטת אחסון בחיי מדף
1. עטיפה בשקית אווירה מתואמת קטנה (4 פירות לשקית)
 2. ללא עטיפה

כל אחד מהשילובים בין גורמים א', ב' וג' ניתן לארבע חזרות בנות 30 פירות כל אחת. טיפול העטיפה ניתן לשלוש חזרות בנות 4 פירות כל אחת מכל טיפול.

ביום קבלת הפרי נמדדה המוצקות האקוסטית של 10 פירות מכל טיפול באמצעות מכשיר מתוצרת Aweta. בתום האחסון ולאחר שישה ימים בתנאי מדף (20°C, 60% לחות יחסית) נערכו הבדיקות המפורטות בטבלה 1.

טבלה 1: פירוט הבדיקות והמדידות בניסוי.

גורם נמדד	שיטה	בתום האחסון	בתום חיי מדף
מוצקות אלסטית	Aweta	√	√
מוצקות פיזיקלית	לחיצה ידנית, קשה/גמיש/רך	√	√
נגיעות בכתם שחור	חזותית	√	√
רקבונות אחרים	חזותית	√	√
החמת קליפה	חזותית	√	√
החמת ציפה	חזותית		√
נוכחות טאנינים	הכתמה ב-FeCl ₃ , אינדקס 0-5		√
ריכוז אתנול	GC, לאחר הקפאת מיץ		√
ריכוז אצטאלדהיד	GC, לאחר הקפאת מיץ		√

תוצאות

טיפול טרום אחסון

טיפול טרום אחסון לא השפיעו באורח מובהק ($\alpha > 0.05$) על אף אחד מהמדדים שנבדקו. עם זאת, התקבלו רמזים לכך שקירור מוקדם עשוי לעכב את התרככות הפרי (התוצאות לא מוצגות). מאידך, בטיפול זה התקבלה נגיעות גבוהה במקצת באלטרנריה בתום חיי המדף. נראה שחניקה למשך 48 לפני האחסון עשויה להפחית את החמת הציפה.

עקב חוסר ההשפעה של הטיפולים המקדימים על איכות הפרי בתום האחסון, אוחדו הנתונים בניסוח טיפולי האחסון.

טיפול אחסון

הרכב האווירה בשקיות האחסון

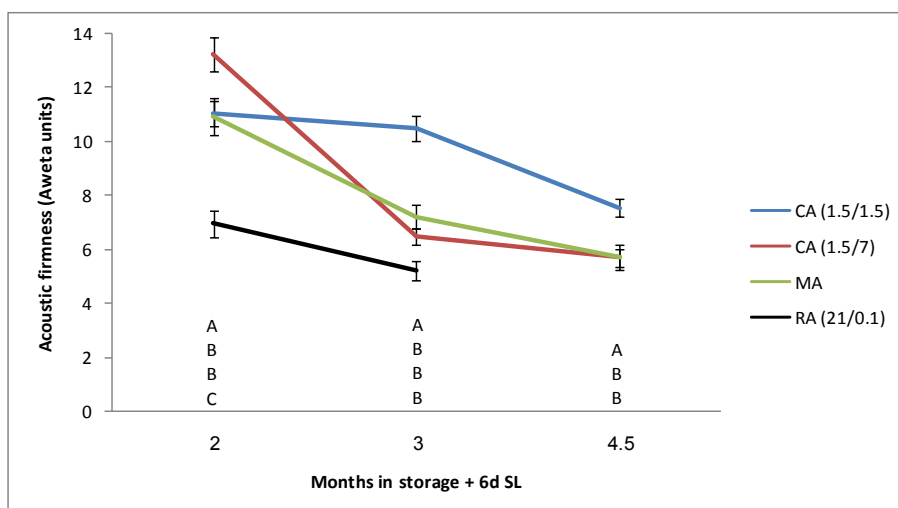
שקיות האווירה המתואמת הגדולות (מתאימות ל-30 פירות) פיתחו טווח רחב של הרכבי אווירה. זאת למרות שחלק מהאוויר נשאב מהן טרם האחסון ולמרותת שהוואקום החלקי נשמר עד תום תקופת האחסון. השונות של ריכוז החמצן היתה גדולה מזו של ריכוז ה-CO₂ (טבלה 2).

טבלה 2: התפלגות ריכוזי ה-CO₂ והחמצן בשקיות אווירה מתואמת גדולות ששימשו לאחסון פרי בקירור.

	Minimum	Average	Maximum	STD
CO ₂ (%)	14.6	18.1	19.9	2.4
O ₂ (%)	0.6	3.6	11.9	5.5

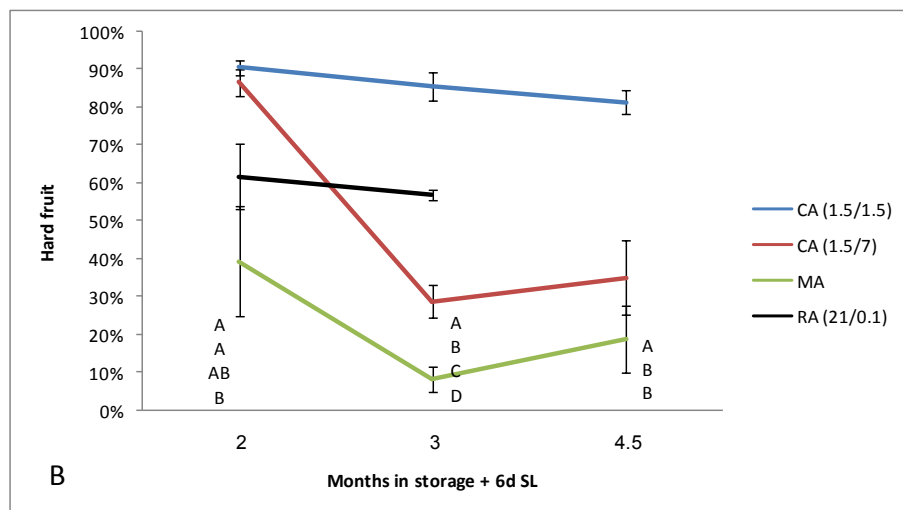
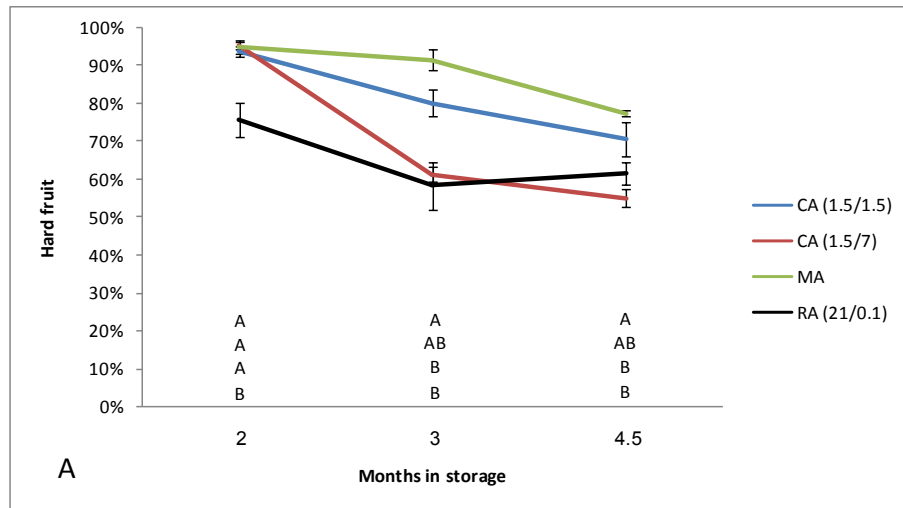
התרככות

בטיפול האווירה הרגילה (RA) חלה התרככות משמעותית של הפירות כבר לאחר חודשיים וזו התגברה לאחר שלושה חודשי אחסון. בתום ארבעה חודשים וחצי לא נותרו פירות תקינים המתאימים לבדיקת קשיות. בטיפול האווירה המבוקרת (CA) והמתואמת (MA) נמדדו ערכי קשיות טובים (>10 יחידות) בתום חודשיים של אחסון ולאחר שישה ימים נוספים בתנאי מדף. עם זאת, הפרי איבד מקשיותו בשני הטיפולים בהם ריכוז ה-CO₂ היה גבוה לאחר שלושה חודשיים ובריכוז ה-CO₂ הנמוך לאחר ארבעה חודשיים וחצי (איור 1).



איור 1: שיעורי המוצקות האקוסטית כפי שנמדדו במכשיר Aweta בפירות אפרסמון בריאים ששהו בקירור בהרכבי אווירה שונים במשך 2, 3 ו-4.5 חודשים ועוד 6 ימים בחיי מדף. הקיום המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מייצגות הבדלים מובהקים ($\alpha=0.05$).

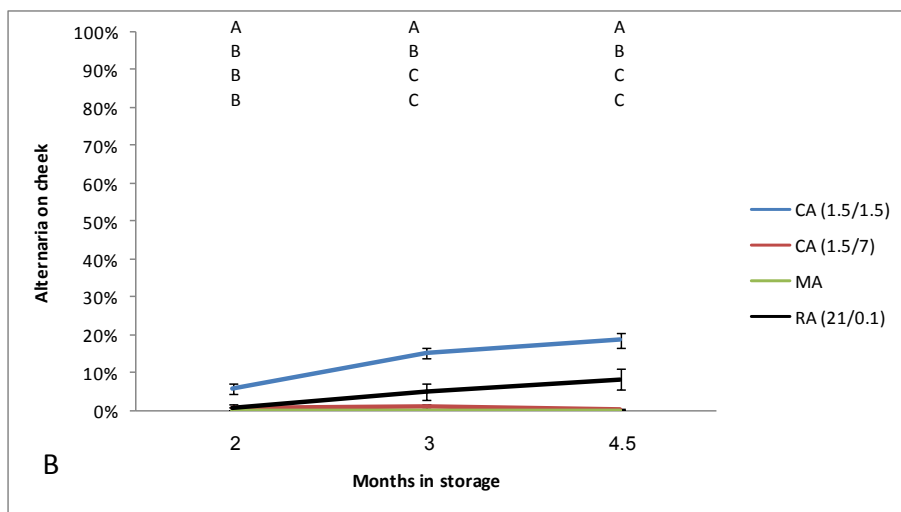
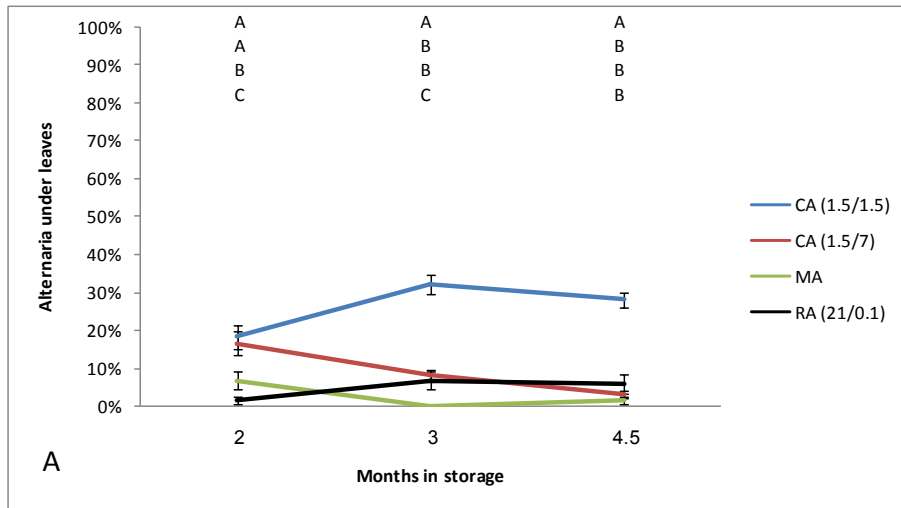
יש לציין כי בטיפול ה- CO_2 הגבוהים התחשה התרככות דרמטית במשך חיי המדף (איור 2). התופעה בלטה במיוחד בטיפול ה-MA, בו שיעור הפרי הקשה היה הגבוה ביותר בהוצאה מהקירור והנמוך ביותר בתום השהיה בתנאי מדף. לעומת זאת, הפירות שאוחסנו בריכוזי חמצן ו- CO_2 נמוכים שמרו על מוצקותם במשך חיי המדף ואילו הפירות שאוחסנו בתנאי RA התרככו רק מעט לאחר הוצאתם מהקירור.



איור 2: שיעורי הפרי הקשה למגע בפירות אפרסמון בריאים ששהו בקירור בהרכבי אוויר שונים במשך 2, 3 ו-4.5 חודשים (A) ועוד 6 ימים בחיי מדף (B). הקיים המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מייצגות הבדלים מובהקים ($\alpha=0.05$).

מחלת הכתם השחור

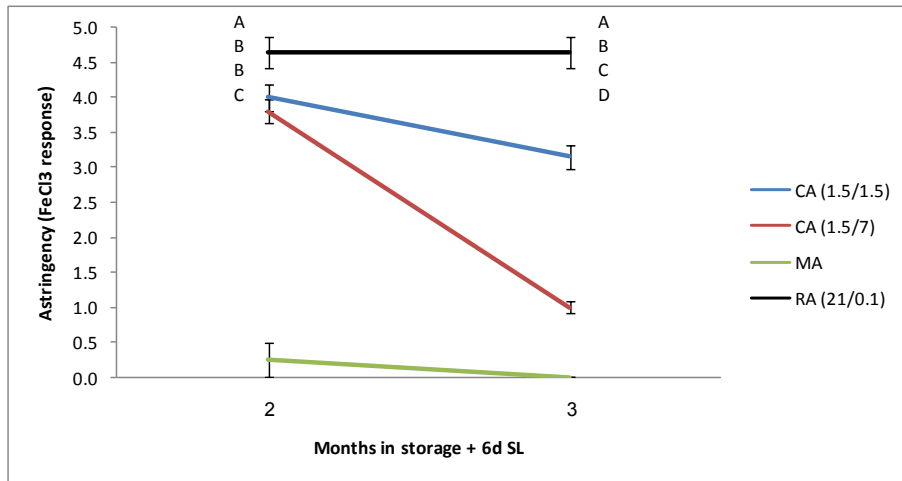
הנגיעות במחלת הכתם השחור, הנגרמת ע"י הפטריה *Alternaria alternata*, היתה נמוכה למדי בפירות הניסוי והגיעה לכ-30% לכל היותר. מירב התפטיר התפתח מתחת לעלי הגביע ולא היה פוסל את הפרי הנגוע לשיווק. טיפולי האחסון השפיעו על שיעורי הנגיעות במחלה באורח מובהק: בעוד בטיפול ה- CO_2 הנמוכים חלה עליית מה בנגיעות במהלך האחסון, בפירות שאוחסנו בריכוזי CO_2 גבוהים הלכה המחלה ופחתה עם התמשכות האחסון (איור 3A). כמו כן, בטיפולים אלה נמנעה התפשטות התפטיר אל לחי הפרי (איור 3B). בטיפול החמצן הנמוך וה- CO_2 הנמוך התגלתה נגיעות גבוהה יותר במחלה מאשר בטיפול האוויר הרגילה, אם כי קצב התפשטות התפטיר בשני הטיפולים היה דומה.



איור 3: השפעת משך האחסון של פירות אפרסמון מהזן 'טריומף' בקירור ובאווירות שונות על שיעור הנגיעות במחלת הכתם השחור מתחת לעלי הגביע (A) ועל לחי הפרי (B). הקווים המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מייצגות הבדלים מובהקים ($\alpha=0.05$).

עפיצות

עפיצות הפרי, הקשורה בריכוז הטאנינים המסיסים בציפה, נמצאה ביחס הפוך לריכוז ה- CO_2 באווירה ולמשך האחסון (איור 4). הפירות ששהו ב-MA ($CO_2 > 14\%$) היו ראויים למאכל כבר לאחר חודשיים באחסון והפירות ששהו באווירה בה ריכוז ה- CO_2 היה 7% נמצאו ראויים למאכל לאחר שלושה חודשים. לעומתם, הפירות ששהו בריכוזי CO_2 נמוכים שמרו על רמת עפיצות גבוהה. הפחתת ריכוז החמצן באווירה כשלעצמה תרמה במידה מובהקת אך לא משמעותית להפגת העפיצות.



איור 4: השפעת משך האחסון של פירות אפרסמון מהזן 'טריומף' בקירור ובאווירת שונות על מדד העפיצות שנמדד חזותית לאחר הכתמת הציפה בכלוריד הברזל (בערכים בין 0-5). הקיום המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מייצגות הבדלים מובהקים ($\alpha=0.05$).

נזקי CO₂

בשני טיפולי ה-CO₂ הגבוהים הופיעו בשיעורים ניכרים של הפירות החמות של הקליפה ושל הציפה לאחר שהיה של שישה ימים בתנאי מדף (תמונות 1, 2 בהתאמה).

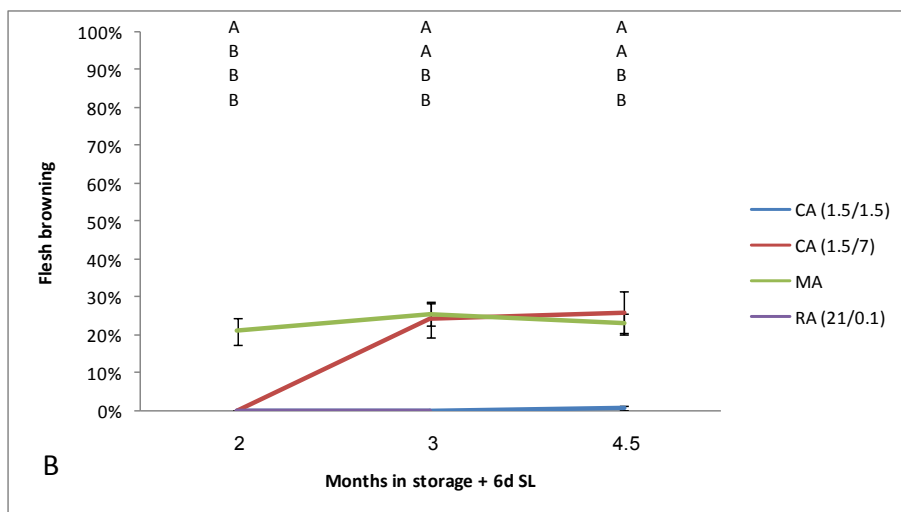
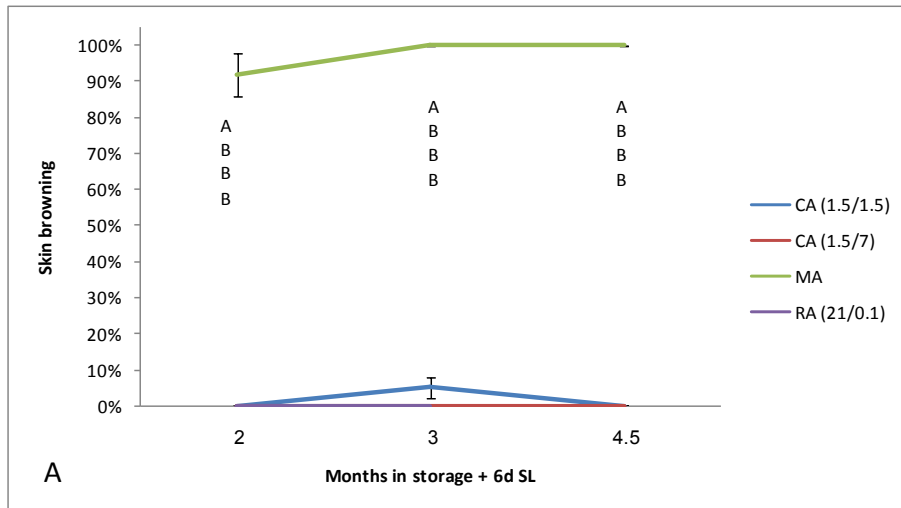


תמונה 1 החמת הקליפה (נזק CO₂).



תמונה 2: החמת הציפה (נזק CO₂).

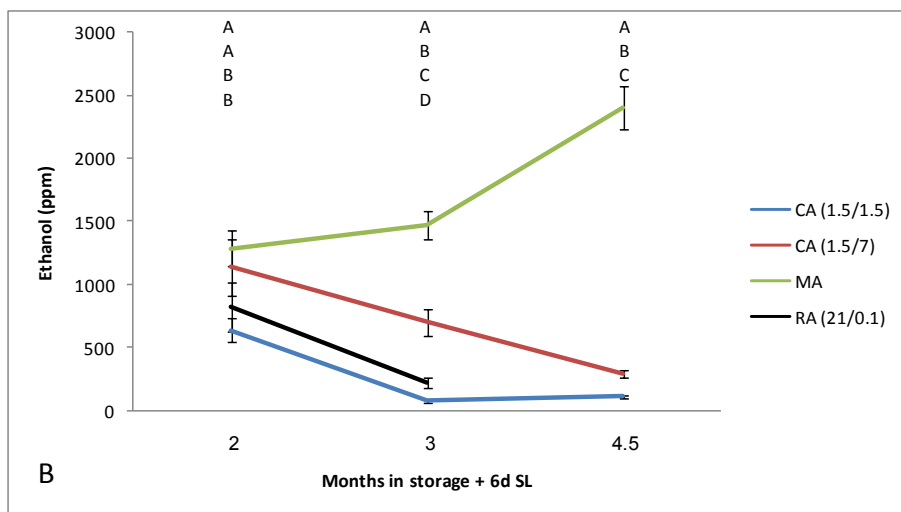
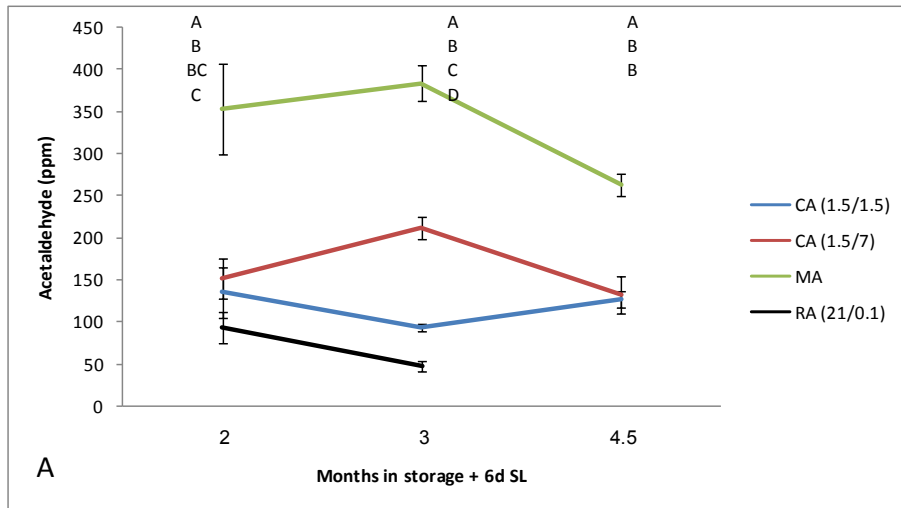
החמות קליפה התפתחו לאחר חיי מדף רק בפירות ששהו בשקיות אווירה מתואמת. כמעט כל הפירות שקיבלו טיפול זה נפגעו (איור 5A). החמות ציפה נצפו בפירות ששהו ב-MA כבר לאחר חודשיים באחסון בעוד טיפול ה-CA בו ריכוז ה-CO₂ היה גבוה החל להציג החמות רק לאחר שלושה חודשי אחסון. בשני הטיפולים האחרים שיעור הנזק היה זניח (איור 5B). יש לציין שהפירות הפגועים נראו כתקינים מיד עם ההוצאה מן האחסון וכי פירות בעלי קליפה בהירה נפגעו פחות מכאלה שקליפתם כהה.



איור 5: השפעת משך האחסון של פירות אפרסמון מהזן 'טריומף' בקירור ובאווירות שונות על שיעור הנגיעות בהחמות קליפה (A) וציפה (B) לאחר שישה ימים בתנאי מדף. הקיום המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מייצגות הבדלים מובהקים ($\alpha=0.05$).

טעם לוואי

החומרים אצטאלדהיד ואתנול מצטברים בציפתם של פירות ממנים שונים בתנאי חמצן נמוך ו- CO_2 גבוה. ריכוזים גבוהים שלהם גורמים להתפתחות טעם וריח לא רצויים. טיפול ה-MA הביא לריכוז אצטאלדהיד גבוה פי 3.5 לערך בציפת הפירות לעומת הפירות ששהו ב-RA. טיפולי ה-CA העלו את ריכוז האצטאלדהיד פי 1.5 ביחס לאותו טיפול (איור 6A). ריכוז האתנול הלך ועלה עם התמשכות האחסון ב-MA, אך ירד עם התמשכות האחסון ב-RA ובשני טיפולי ה-CA (איור 6B).



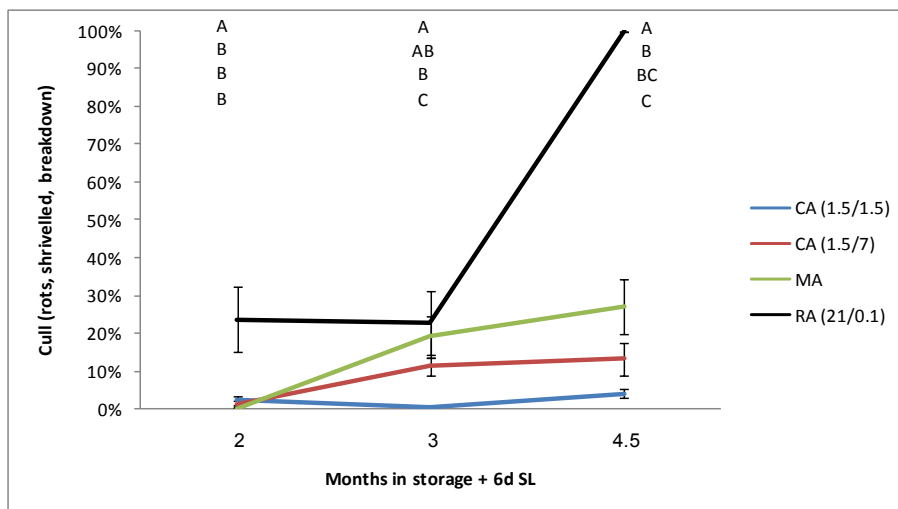
איור 6: השפעת משך האחסון של פירות אפרסמון מהזן 'טריומף' בקירור ובאווירות שונות על ריכוזי האצטאלדהיד (A) והאתנול (B) בציפת הפרי לאחר שישה ימים בתנאי מדף. הקיום המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מייצגות הבדלים מובהקים ($\alpha=0.05$).

פרי בררה

שיעורי הפרי שאינו ראוי לשיווק (רקוב או מימי – תמונה 3) הלכו וגדלו עם התארכות משך האחסון. שיעורי הבררה הגבוהים ביותר הופיעו בטיפול ה- RA. כל הפירות בטיפול זה נמצאו בלתי ראויים למאכל לאחר ארבעה חודשי אחסון וחצי (איור 7). שיעורי הבררה הנמוכים ביותר נמצאו בטיפול ה- CA בו ריכוז ה- CO_2 היה נמוך. נראה כי מצב ההבשלה ההתחלתי המתקדם הגביל את משך האחסון.



תמונה 3: פרי זקן, בלתי ראוי לשיווק.



איור 7: השפעת משך האחסון של פירות אפרסמון מהזן 'טריומף' בקירור ובאווירת שונות על שיעור הפרי הבלתי ראוי למאכל (פירות רקובים או מימיים) לאחר שישה ימים בתנאי מדף. הקיום המאונכים מציינים שגיאות תקן. אותיות שונות מייצגות הבדלים מובהקים ($\alpha=0.05$).

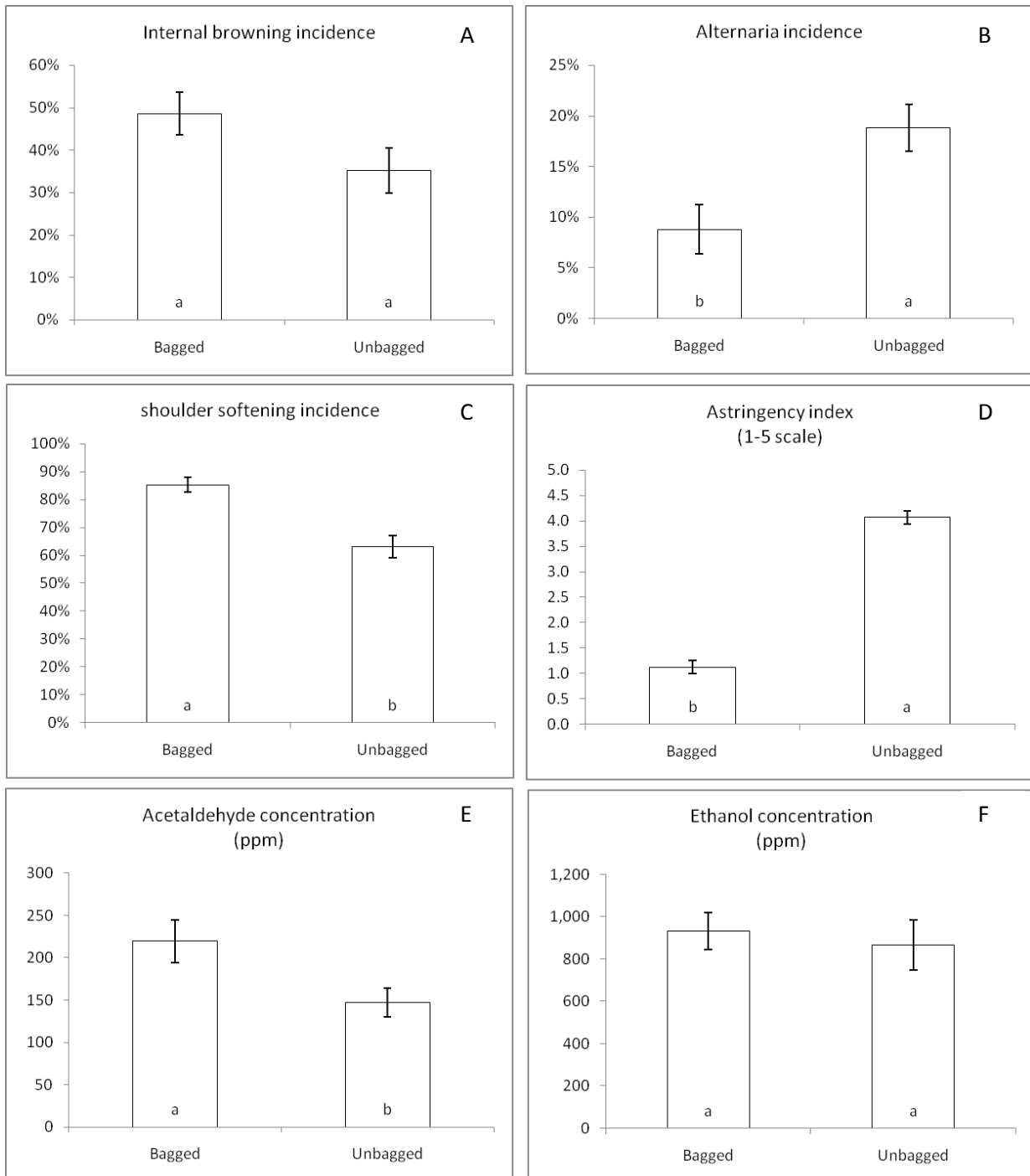
אחסון בחיי מדף

שקיות האווירה המתואמת הקטנות (מתאימות לארבעה פירות) בהן נשמר הפרי בחיי מדף התאפיינו בשונות גדולה בהרכבי הגזים (טבלה 3). הלחץ החלקי של ה- CO_2 הגיע עד כ-70% - ערך שאינו רצוי בגלל הסיכון הרב להתפתחות החמות לאחר ההוצאה מהשקיות (איור 5).

טבלה 3: התפלגות ריכוזי ה- CO_2 והחמצן בשקיות אווירה מתואמת קטנות ששימשו לאחסון פרי בתנאי מדף.

	Minimum	Average	Maximum	STD
CO_2 (%)	1.9	23.7	66.3	17.6
O_2 (%)	0.4	8.5	18.2	5.8

השפעות האחסון בשקיות בחיי מדף לאחר חודשיים של אחסון בקירור מתוארות באיור 8. האחסון בשקיות הביא להפחתה בנגיעות במחלת הכתם השחור ולהפגת העפיצות. מאידך, האיץ טיפול זה את התרככות הפירות והביא לעליה בשיעור האצטאלדהיד בציפה.

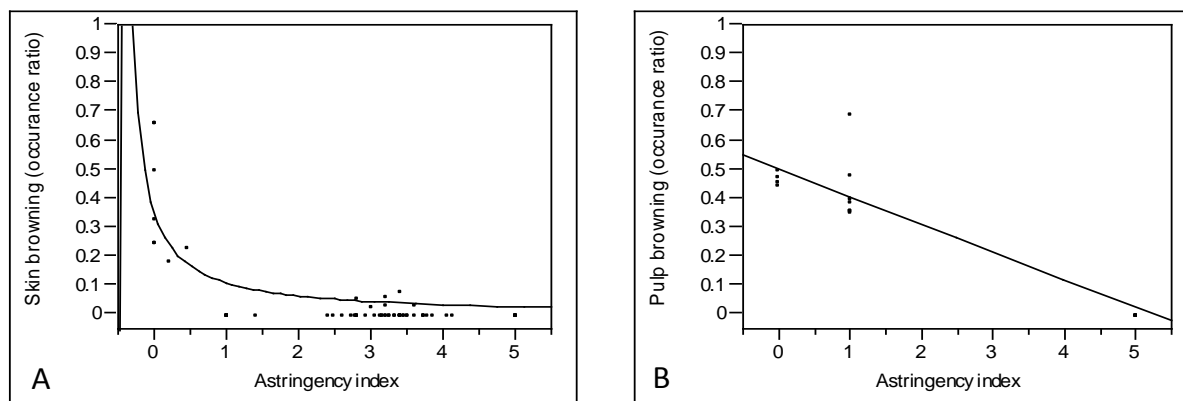


איור 8: אחסון פירות אפרסמון מן הזן טריומף: השפעת אחסון הפרי בשקיות MA בחיי מדף על שיעורי ההחמה הפנימית (A), הנגיעות באלטרנריה (B), התרככות הכתפיים (C), אינדקס העפיצות (D) וריכוזי האצטאלדהיד (E) והאתנול (F) בציפת הפרי. התצפיות נערכו בתום חודשיים של אחסון 0.5°C ושישה ימים בחיי מדף 20°C .

אחסון אפרסמון למשך תקופה של ארבעה חודשים ומעלה הוא משימה הכרחית לשם שימור הרווחיות של ענף זה בישראל. על האחסון להשיג שלוש מטרות שונות:

- א. שמירה על טריות הפרי במונחים של טעם, מראה חיצוני ומוצקות.
- ב. עיכוב בהתפתחות פטריית האלטרנריה, הגורמת למחלת הכתם השחור.
- ג. הפגת העפיצות של ציפת הפרי ע"י פולימריזציה של טאנינים.

על פי ממצאי המחקר, ניתן להשיג את המטרה הראשונה באמצעות שמירת הפרי באווירה עניה ב- CO_2 ובחמצן. ברם, טיפול כזה במהלך האחסון לא סייע בהשגת שתי המטרות האחרות. הגדלת ריכוז ה- CO_2 באווירת האחסון עכבה אמנם את מחלת הכתם השחור והבחילה את הפרי, אך הביאה להחממת ולהתרככות מואצת לאחר הוצאת הפרי מן הקירור. שיעורי החמות הקליפה והציפה נמצאו במתאם גבוה עם אינדקס העפיצות ($r^2=0.76, 0.88$ בהתאמה – איור 9). ממצא זה, כמו גם כשלונם של טיפולי האקלום כנגד צינה וההתמוטטות המהירה של הפרי בחיי המדף, תומך בהשערה לפיה ההחממה היא ביטוי לעקה חמצונית דינאמית.



איור 9: הקשר בין אינדקס העפיצות של ציפת הפרי לאחר האחסון לבין שיעור פירות אפרסמון מן הזן 'טריומף' שהציגו החמת קליפה (A) וציפה (B).

הטאנינים המסיסים המצויים בציפת הפרי משמשים נוגדי חמצון חזקים למדי לכשעצמם (Gu et al., 2008) ומגינים על הפרי מפני נזק הנגרם מנגזרות פעילות של חמצן. טיפולים המפחיתים את ריכוזם, כגון טיפול ההבחלה ב- CO_2 הניתן לפירות טרם שיווקם, עלולים להגביר את רגישות הפרי לעקות חמצונית עם חשיפתו לריכוז האטמוספרי של חמצן (Novillo et al., 2014). יתר על כן, רגישות הפרי לעקות חמצון מתגברת כתוצאה מפגיעה מכאנית ולכן רצוי לקיים ריכוז מסוים של טאנינים בציפת הפרי בעת הסעתו על מערך המיון והאריזה.

שמירת הפרי בשקיות אווירה מתואמת הן בקירור והן בחיי מדף הביאה לשונות גדולה בהצלחת האחסון שנבעה מהשונות הגדולה בהרכבי הגזים בשקיות. עליית ריכוזי ה- CO_2 מעל 14%, וכנראה שגם פחות מכך, גורמת לעליה חדה בשיעור ההחמות ובריכוז האצטאלדהיד והאתנול בציפת הפרי. לכן אנו מציעים לזנוח בשלב זה את המחקר בכיוון זה, לפחות עד שתימצא דרך להפחית את השונות בהרכב האווירה הנוצרת בשקיות.

אנו מציעים לבחון שלוש גישות שעשויות לאפשר הארכת משך האחסון של פירות אפרסמון מן הזן 'טריומף':

1. טיפול באלטרנריה ובעפיצות שלא באמצעות טכנולוגיית האחסון. הפחתת הסדקים בקליפת הפרי באמצעות יישום סופרלון במטע וטיפולי ההבחלה לאחר האריזה הם טיפולים מקובלים ויעילים המפחיתים במידה רבה את מחלת הכתם השחור והעפיצות, בהתאמה. שימוש באמצעים מעין אלה בנוסף לאחסון באווירה מבוקרת לשם האטת הזדקנות הפרי עשוי להביא לאיכות פרי מיטבית בתום אחסון ממושך.
2. הפחתה של רגישות הפרי לריכוזים גבוהים של CO₂ באווירת האחסון. נזקי CO₂ באפרסמון קשורים לעקת חמצון שמתפתחת ברקמות הפרי השונות. יתכן שניתן יהיה להפחית את ההחמות בקליפה ובציפה ע"י טיפול טרם האחסון במעכב חמצון. ברם, תקנות הבריאות בשוקי אירופה מונעות יישום של חומרי טבילה כלשהם בפרי המיועד ליצוא.
3. הפחתת ריכוז החמצן לסף האנאירובי. הפחתת ריכוז החמצן באווירת האחסון ל- 1.5% הביאה להפחתה מסוימת של ריכוז הטאנינים המסיסים גם ללא הגדלת ריכוז ה- CO₂ במידה משמעותית (איור 4). יש לבחון האם ממשק אחסון עני עוד יותר בחמצן (למשל באמצעות יישום טכנולוגיית ה-DCA) יתרום להפגת העפיצות ולעיכוב בהתפתחות האלטרנריה.

בשנות המחקר הבאות יש לבחור בחומר צמחי טרי יותר שייצג נאמנה את הפרי המיועד לאחסון ממושך. רצוי לקטוף את הפרי במטע באזור הגליל העליון על מנת למזער את התלאות שיעבור עד הגעתו למעבדה לאחסון.

ספרות

Gu HT, Li CM, XU Y, Hu W, Chen M, Wan O. 2008. Structural features and antioxidant activity of tannin from persimmon pulp. Food Res. Inter. 41:208-217.

Novillo P., Salvador A, Magalhaes T, Besada C. 2014. Deastringency treatment with CO₂ induces oxidative stress in persimmon fruit. Postharvest Biol. Tech. 92:15-22.