המעבדה למו"פ אחסון פירות
קרית שמונה
טל. 04-6817421, 04-6940208, פקס. 04-6940113
www.fruitlab.co.il
E-mail: fruit.storage.lab@gmail.com

השפעת האחסון באוויר מבוקר על רגישות פירות קיווי מזן היוארד לאתילן

דו"ח מחקר לשנת 2014

מוגש למועצת הצמחים

צוות המעבדה:

טלי גולדברג, אוהד נריה, דני גמרסני, היבא איברהים אלה צבילינג,

לילך שיפמן, ירון סמרן, הראל אגרא, סיון מרגלית, ורות בן-אריה

אוקטובר 2015

תודות

אריה פלג ואיל ינאי – בראשית

שי גולני, עמית כהן

יעל גרינבלט-אברון, שה"ם

יוסי שטרן ומשה יפה – רימי להגנה"צ

שולחן מגדלי קיווי במועצת הצמחים

תקציר

מטרת הניסוי היתה לבחון את השפעת האחסון באוויר מבוקר והטיפול ב- 1-MCP על רגישות פירות קיווי לאתילן (ניסוי המשך לניסויים שבוצעו בעונות 2012 ו-2013).

בניסוי נבדקו הגורמים הבאים: (1) השפעת משך האחסון בטמפ' של $-0.5^{o}C$ למשך 0-6 חודשים, כאשר פירות שאוחסנו ל- 5 ו-6 חודשים טופלו ב- 1-MCP לפני האחסון; (2) השפעת החשיפה לאתילן (למשך 24 שעות, 50ppm) עם ההוצאה מהאחסון. בתום טיפולי האתילן הפרי שהה בחיי-מדף ($20^{o}C$, 65% לחות) ואחת ל-3-4 ימים נדגמו 20 פירות מכל טיפול לבדיקת קצב התרכבות הפרי בשלושה אמצעים: מוצקות בנגיפה (בדיקה לא הרסנית), קשיות (בדיקה הרסנית) ומישוש ידני. סוף חיי-מדף, עבור כל טיפול, הוגדר כאשר 50% מהפירות במישוש הידני היו רכים ו/או גמישים.

קשיות הפרי ומוצקותו בהוצאה מאחסון הלכו וירדו ככל שמשך זמן האחסון התארך, אך משך הזמן בחיי-מדף עד להתרכבות לעיתים דווקא עלה. כלומר, החשיפה לאתילן בהוצאה מהאחסון לא בהכרח קצרה את משך חיי-המדף. הפירות שעברו טיפול עם 1-MCP, בשתי אווירות האחסון, שמרו על קשיותם במהלך 6 הימים הראשונים בחיי-מדף, למרות החשיפה לאתילן. גם חשיפת הפירות לאתילן שייצרו תפוחים, במהלך חיי-מדף (לאחר 3 ו-5 חודשי אחסון) או בשבועיים האחרונים של האחסון (לאחר 6 חודשי אחסון) לא האיצה את קצב ההתרכבות. טיפולי אחסון באוויר רגיל (RA) וחשיפת הפירות לאתילן במשך 24 שעות בהוצאתם מהאחסון, הפחיתו את רמת החומצה והעלו את יחס ההבשלה (כ.מ.מ / חומצה) ביחס לאחסון באוויר מבוקר (CA).

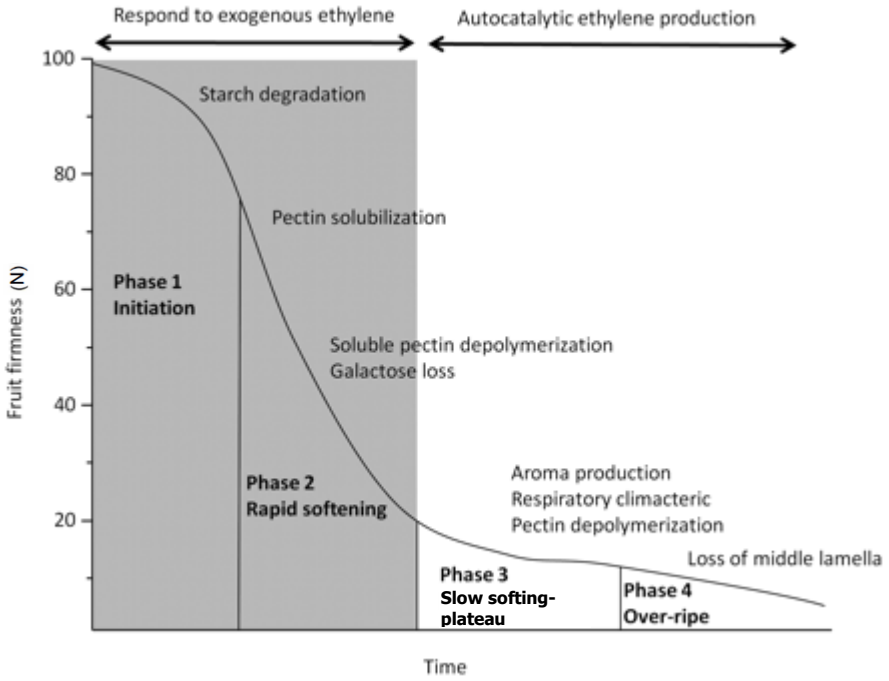
על סמך המעקב המשולב אחר קצב התרכבות הפירות בחיי-מדף, הוכן מודל המאפשר לחזות את משך הזמן הדרוש עד להתרכבות 50% מהפירות.

מבוא

קשיות פירות קיווי בקטיף נעה בטווח של 6-11 קג"כ (1 קג"כ=2.2 לב"כ; 1 קג"כ=9.807 ניוטון) והפירות ראויים לאכילה כשקשיותם יורדת לטווח של 0.5-1 קג"כ (MacRae et al, 1989).

ע"פ Atkinson וחוב' (2011) התרכבות הקיווי מתרחשת ע"פ השלבים הבאים (איור 1):

1. Lag phase: איתחול, שלב פרה-קלימקטרי, בו הפרי עדיין לא בשל ומתאפיין בקשיות גבוהה, תכולת חומצה גבוהה וכ.מ.מ נמוך.
2. Rapid softening phase: קשיות הציפה במכשיר פנטרומטר יורדת באופן דרמטי ומגיעה ל-3-4 קג"כ. עדין אין נוכחות של אתילן פנימי.
3. Slow softening phase: שלב איטי יותר, plateau, תכולת חומצה נמוכה וכ.מ.מ גבוה. כאשר קשיות הפרי יורדת מתחת ל 1 ק"ג/כוח הפרי מוגדר כראוי לאכילה ("eating window").
4. Final phase: שלב הבשלת יתר. הפרי רך מדי ואינו ראוי לאכילה.



איור 1: התרכבות קיווי באחסון, מתוך Atkinson et al, 2011.

פירות קיווי מאוחסנים לרוב עד 6 חודשים באוויר מבוקר ושומרים היטב על איכותם החיצונית והשיווקית. בנוסף, נמצא יתרון בשמירת מוצקות הפרי באחסון ארוך של הזן היווארד (גם מעבר ל-8 חודשים) ע״י חשיפת הפרי לטיפול ב-1-MCP, לפני הפעלת תנאי האחסון באוויר מבוקר, למניעת פעולת האתילן. אולם, לעתים קרובות הפרי אינו מבשיל כהלכה אצל הצרכנים והדבר פוגם בהיקפי השיווק. פרי זה אמנם ידוע כרגיש ביותר לאתילן, המשמש לעתים להבחלתו, אולם בניסויים מקדימים מצאנו מקרים של העדר תגובה לטיפול.

מטרות מחקר זה הייתה לבחון את השפעת האחסון באוויר מבוקר והטיפול ב-1-MCP על רגישות פירות קיווי מזן היווארד לאתילן.

חומרים ושיטות

פירות קיווי מזן היווארד ממרום הגליל (מטע מלכיה) נאספו יומיים לאחר הקטיף (29.10.14), ממיכלים בבית הקרור, לאחר טיפול בפונגציד (סקולאר 0.1%, 20 שניות) והגלדה. הפירות נאספו בשיא עונת הקטיף ב-4 חזרות של 20 פירות, אוחסנו באוויר רגיל (RA) או באוויר מבוקר כנהוג במסחר (CA ,5 %CO_2 + 2%O_2). טמפ׳ האחסון היתה -0.5^oC והפירות נעטפו לאחר הגעתם לטמפרטורה זו, בשקיות LDPE מחוררות, להפחתת איבוד מים.

מצב הבשלת הפרי בעת הקטיף נקבע ע״פ מוצקות וקשיות הפרי, תכולת הכ.מ.מ והחומצה במיץ הסחוט ואחוז חומר יבש (פרוט בהמשך).

במועד הגעת הפרי למעבדה נערכו טיפולי חשיפה לאתילן למדגם פירות הקטיף (=זמן 0) ובתום הטיפול פירות אלו הועברו לחיי-מדף (20^oC, 65% לחות).

טיפול בתכשיר 1-MCP (0.6 ח״מ ל-24 שעות ב-0^oC), נעשה לפני האחסון לפירות שיועדו ל-5 ו-6 חודשי אחסון. מדגמי פרי הוצאו מקירור לאחר 3, 4, 5 ו-6 חדשים וטופלו באתילן (50 ח״מ) במשך 24 שעות ב-20^oC, בנוסף לפרי בקורת ללא טיפול.

בתום טיפולי האתילן הפרי שהה בחיי-מדף (20^oC, 65% לחות) ואחת ל- 2-4 ימים נדגמו 10 פירות מכל טיפול לבדיקת מוצקות, קשיות ומישוש ידני (פרוט בהמשך). פירות אלו לא הושבו לחיי-מדף ובכך הובטח שפירות הניסוי לא יעברו יותר ממישוש ידני אחד במהלך הניסוי. סוף חיי-מדף נקבע כאשר כ-50% מהפירות הוגדרו כגמישים ו/או רכים.

לאחר אחסון של 3 ו-5 חודשים, בנוסף לטיפול החשיפה לאתילן, חלק מהפירות שהו בחיי-מדף יחד עם תפוחים בשלים, כאשר ארגזי קיווי ותפוחים כוסו יחד בשקיות LDPE בעובי 40 מיקרון, בה 4 חורים בקוטר 5 מ״מ כל אחד בכדי למנוע שינוי של אווירת גזי הנשימה ולשמירה על לחות יחסית גבוהה. בנוסף, פירות שאוחסנו למשך 6 חודשים, שהו במהלך השבועיים האחרונים של האחסון עם תפוחים בתא הקרור, באוויר מבוקר.

בסוף חיי-מדף נערכו אותן בדיקות שנעשו בקטיף ובנוסף נערכו מבחני טעימה.

פרוט הבדיקות:

- ✓ מוצקות = Hardness (IQ)- מבוטאת כתגובת הפרי לנגיפה במכשיר Sinclair.
- ✓ מישוש ידני - ע״פ מדד מוצקות: רך=1, פרי גמיש=2, פרי קשה=4 או חישוב אחוז/מדד הפירות הגמישים והרכים.
- ✓ קשיות = Firmness (קג״כ) - במכשיר פנטרומטר (texture analyzer FTA) ראש 8 מ״מ, באזור המשווה של הפרי לאחר הסרת הקליפה.
- ✓ חומר יבש (%) - מכל חזרה נשקלו 5 פרוסות פרי בעובי של כ-1 ס״מ שנחתכו ממרכז הפרי (עם הקליפה) ויובשו בתנור ב-105^oC במשך יממה.
- ✓ כ.מ.מ (%) - נסחט מיץ מ-5 פרוסות (כל פרוסה בעובי של כ-6 מ״מ) לבדיקה ברפרקטומטר (לאחר צנטריפוגה להשקעת העמילן בעת ההוצאה מאחסון וללא צנטרפוגה בפרי הבשל, בסוף חיי-מדף).
- ✓ חומצה (%) - נדגם 0.5 מ״ל מהמיץ הצלול לבדיקת כלל החומצות ע״י טיטרציה עם 0.156M NaOH עד pH 8.2. ריכוז החומצה חושב כאחוז חומצה ציטרית.
- ✓ מבחני טעימה - צוות טועמים מנוסה דרג את טעם הפרי ואפיין את המרקם, המתיקות, העסיסיות, החמיצות, טעמי לוואי והעדפה כוללת בסולם מ-1 עד 10. המבחנים נערכו בסוף חיי-מדף רק לפירות שהוגדרו כגמישים ורכים.

ניתוח סטטיסטי

השפעת אווירות האחסון והטיפול ב-1-MCP במועדים השונים נבדקה באמצעות מבחני t.

השפעת טיפולי האתילן, בתנאי אווירה שונים, נבדקה עבור המדדים הבאים: מוצקות, קשיות, כ.מ.מ, חומצה, יחס הבשלה, וטעם, במועדים השונים, באמצעות מבחני שונויות חד-כיוניים ופוסט הוק (דנקן).

נערכו קורלציות (Pearson) לבחינת הקשר בין מדדי התרכבות הפירות: מדד קשיות, אחוז פרי רך, קשיות (FTA) ומוצקות (סינקלייר). בוצעו רגרסיות לינאריות (1) בין מדד הקשיות ואחוז ההתרכבות כמשתנים בלתי תלויים לבין מוצקות הפרי בסינקלייר כמשתנה תלוי ו-(2) בין מוצקות הפירות למספר הימים בחיי מדף עבור זמני האחסון השונים.

תוצאות

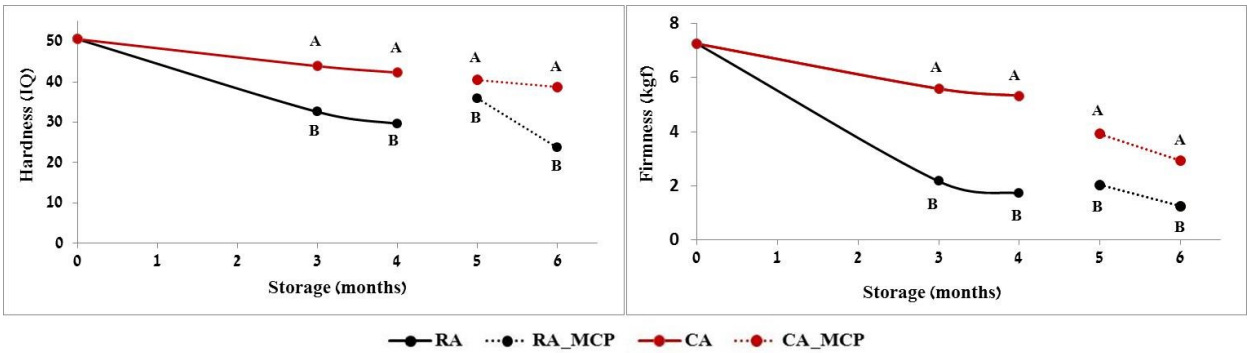
מדדי הקטיף שנבדקו בעת הגעת הפרי למעבדה הצביעו שהפירות נקטפו ע״פ תכולת החומר היבש המומלצת (<17%) ומעל לערך הכ.מ.מ המומלץ (<6.5%) (טבלה 1).

טבלה 1: מדדי הבשלה של הפירות בקטיף.
ממוצע עבור 4 חזרות (20 פירות בכל חזרה) ± סטיית תקן

תאריך	קושיות (קג״כ)	מוצקות (IQ)	חומר יבש (%)	חומצה (%)	כ.מ.מ (%)	יחס הבשלה כ.מ.מ.\חומצה
29.10.14	7.3±0.2	50.6±0.5	17.5±0.2	2.1±0.04	7.2±0.2	3.4±0.1

מוצקות הפרי וקשיותו, בעת הוצאתו מקרור (לפני חשיפתו לאתילן), הלכה וירדה ככל שמשך זמן האחסון התארך עד לששה חדשים (איור 2). במהלך שלושת חודשי האחסון הראשונים הפרי שאוחסן ב-CA איבד כ-25% מקשיותו וכ-13% ממוצקותו, בעוד שבחודשים שלאחר מכן אחוזי השינוי נמוכים בהרבה ונעים סביב 5%. בפירות RA, בפרק זמן זהה, השינויים היו כ-70% וכ-36% איבוד קשיות ומוצקות, בהתאמה, ובחודשים שלאחר מכן כ-15% בלבד.

לאורך האחסון נמצאו הבדלים מובהקים בין פירות RA לפירות CA, ($p<0.05$) במדד המוצקות ובמדד הקשיות. הפרי שטופל ב-1-MCP ואוחסן במשך ששה חדשים, בשתי אווירות האחסון, שמר על קשיות ומוצקות דומות ואף גבוהות ביחס לאלו של ארבעה חודשי אחסון (מלבד הקשיות בפירות CA לאחר 5 חודשים).



איור 2: השפעת אווירות האחסון והטיפול ב-1-MCP על מוצקות הפרי (משמאל) וקשיותו (מימין) בהוצאה מקרור לאחר 3-6 חודשי אחסון. הפירות נבדקו לפני חשיפתם לטיפולי אתילן.
זמן 0 מייצג את מוצקות/קשיות הפרי בקטיף, לפני האחסון.
A-B- הבדלים מובהקים בין אווירות האחסון ($p<0.05$). בכל מועד בדיקה.

משך חיי-מדף של הפירות, עד להתרככות של 50% מהפרי, נמשך 6-20 ימים כשפרקי הזמן הקצרים אפיינו את חיי-המדף של הקטיף ושל ההוצאה לאחר 3 חודשים. למרות שקשיות הפרי ומוצקותו בהוצאה מאחסון הלכה וירדה ככל שמשך זמן האחסון ארך, הרי שמשך הזמן עד להתרככות לא התקצר ולעיתים דווקא התארך. בנוסף, חשיפה לאתילן בהוצאה מהאחסון לרוב לא קצרה את משך חיי-המדף (טבלה 2).

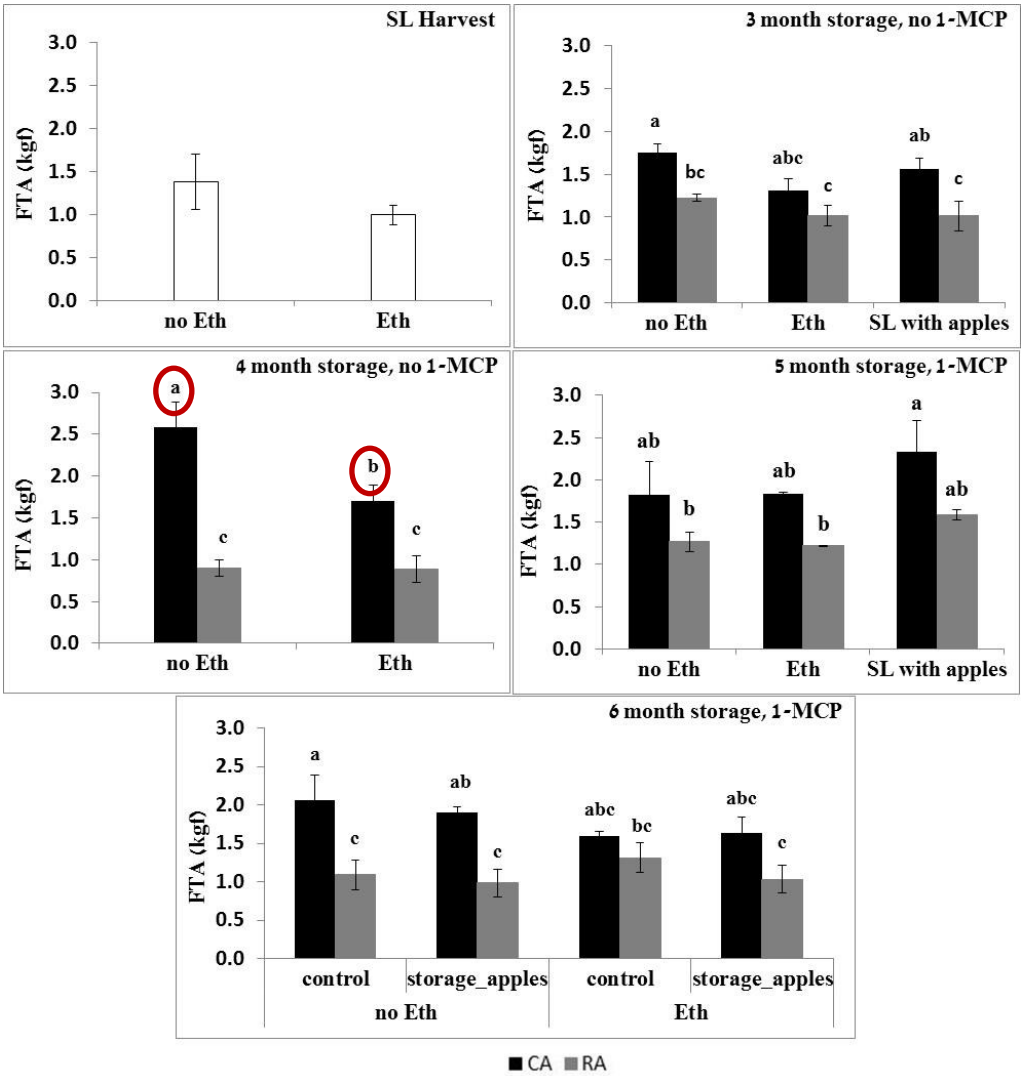
קשיות הפרי ע"פ הפנטרומטר, לאחר 6 ימי חיי-מדף, הצביעה על הבדלים מובהקים בהתרככות פירות האווירה האטמוספירית בהשוואה לפירות האווירה המבוקרת; השפעת החשיפה לאתילן נראתה רק בפירות ללא 1-MCP, לאחר 4 חודשי אחסון, באווירה המבוקרת (מודגש באדום, איור 3).

הפירות שטופלו ב- 1-MCP (הוצאות לאחר 5 ו-6 חודשי אחסון), בשתי אווירות האחסון, שמרו על קשיותם במהלך 6 הימים הראשונים בחיי-מדף, למרות החשיפה לאתילן. גם חשיפת הפירות לתפוחים, במהלך חיי-מדף (לאחר 3 ו-5 חודשי אחסון) או בשבועיים האחרונים של האחסון (לאחר 6 חודשי אחסון) לא האיצה את קצב ההתרככות (איור 3). בבדיקת המוצקות במכשיר הסינקלייר התקבלו מגמות דומות לאלו שהתקבלו בבדיקת הקשיות (תוצאות לא מוצגות).

טבלה 2: מספר ימים בחיי-מדף עד להתרככות 50% מהפירות.

	אווירה אטמוספירית				אווירה מבוקרת			
	ביקורת	אתילן	תפוחים בחיי-מדף	תפוחים באחסון	ביקורת	אתילן	תפוחים בחיי-מדף	תפוחים באחסון
קטיף	11	8						
3 חדשי אחסון, ללא 1-MCP	8	6	8		13	13	13	
4 חדשי אחסון, ללא 1-MCP	11	13			18	15		
5 חדשי אחסון, עם 1-MCP	18	18	15		18	20	18	
6 חדשי אחסון, עם 1-MCP	11	11		11* 15**	13	15		13* 15**

* אחסון עם תפוחים, ללא חשיפה לאתילן בהוצאה; **אחסון עם תפוחים וחשיפה לאתילן בהוצאה.



איור 3 : השפעת החשיפה לאתילן ואווירת האחסון, על התרכבות הפרי לאחר 6 ימים בחיי מדף ב-$20^{o}C$.
קשיות הפרי נמדדה במכשיר פנטרומטר FTA.
A-C- הבדלים מובהקים בין אווירות האחסון ובין טיפולי החשיפה לאתילן ($p<0.05$).

עפי"ר לא ניכרת השפעה של אווירת האחסון או של הטיפול באתילן על רמת הכ.מ.מ בסוף חיי-מדף אך, בפירות שהוצאו מ-CA ואוחסנו בחיי-מדף עם תפוחים, הן לאחר 3 חודשי אחסון והן לאחר 5 חודשי אחסון, נמדדו ערכי כ.מ.מ גבוהים יותר מאילו שנמדדו בפירות RA. במרבית הטיפולים, בשתי אווירות האחסון, נמדדה רמת כ.מ.מ הגבוהה מ-14%, רמה המוגדרת כרמה בה הפרי ראוי לאכילה (טבלה 3).

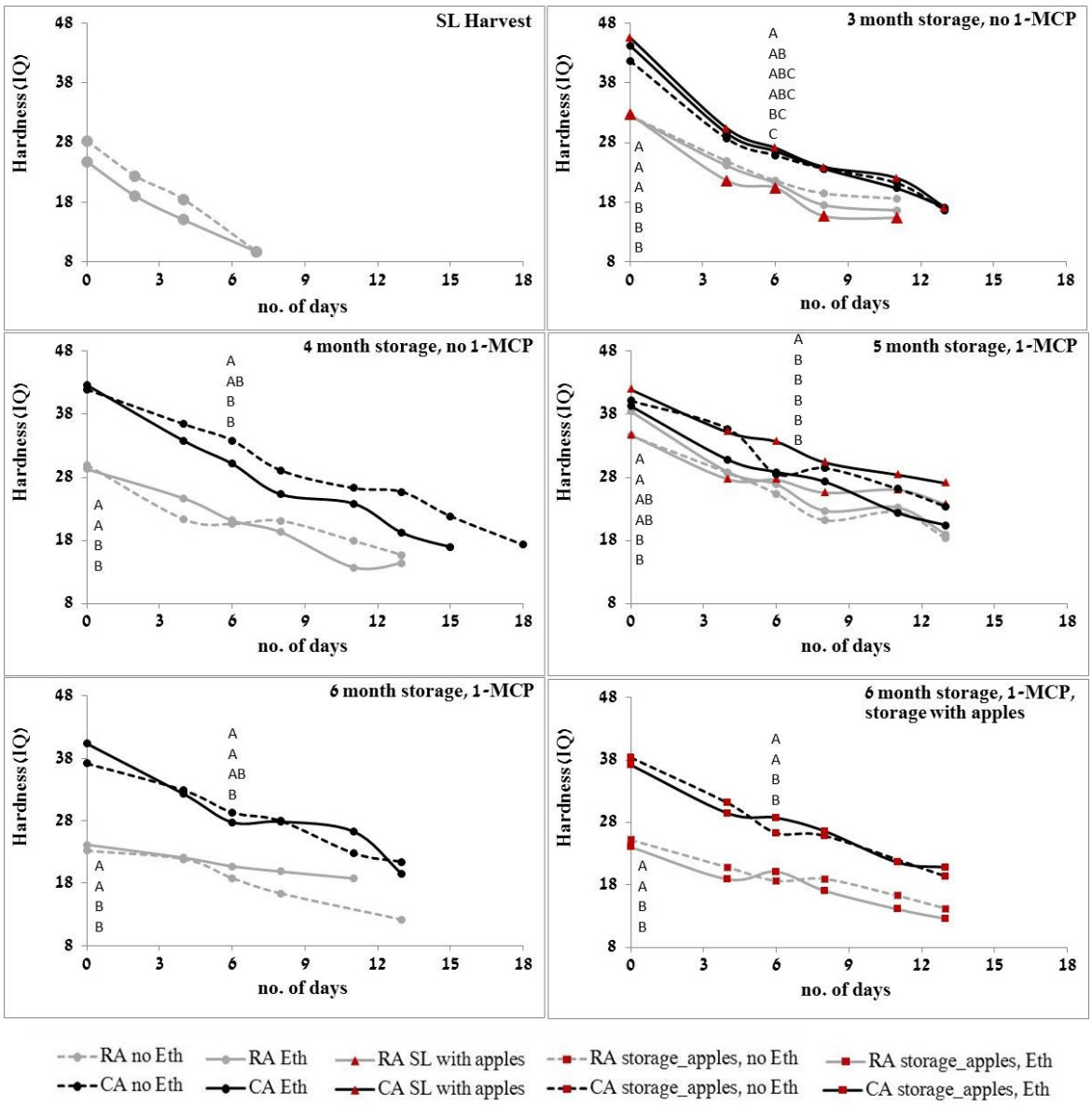
טיפולי אחסון RA וחשיפת הפירות למשך 24 שעות אתילן בהוצאתם מהאחסון, הפחיתו את רמת החומצה והעלו את יחס ההבשלה (כ.מ.מ / חומצה) ביחס לאחסון CA (טבלה 3).

טבלה 3: השפעת החשיפה לאתילן ואווירת האחסון בעת הוצאת הפרי מאחסון על אחוז הכ.מ.מ, אחוז החומצה ויחס ההבשלה בפרי בסוף חיי המדף.
a-c הבדלים מובהקים בין הטיפולים בכל מועד בדיקה.

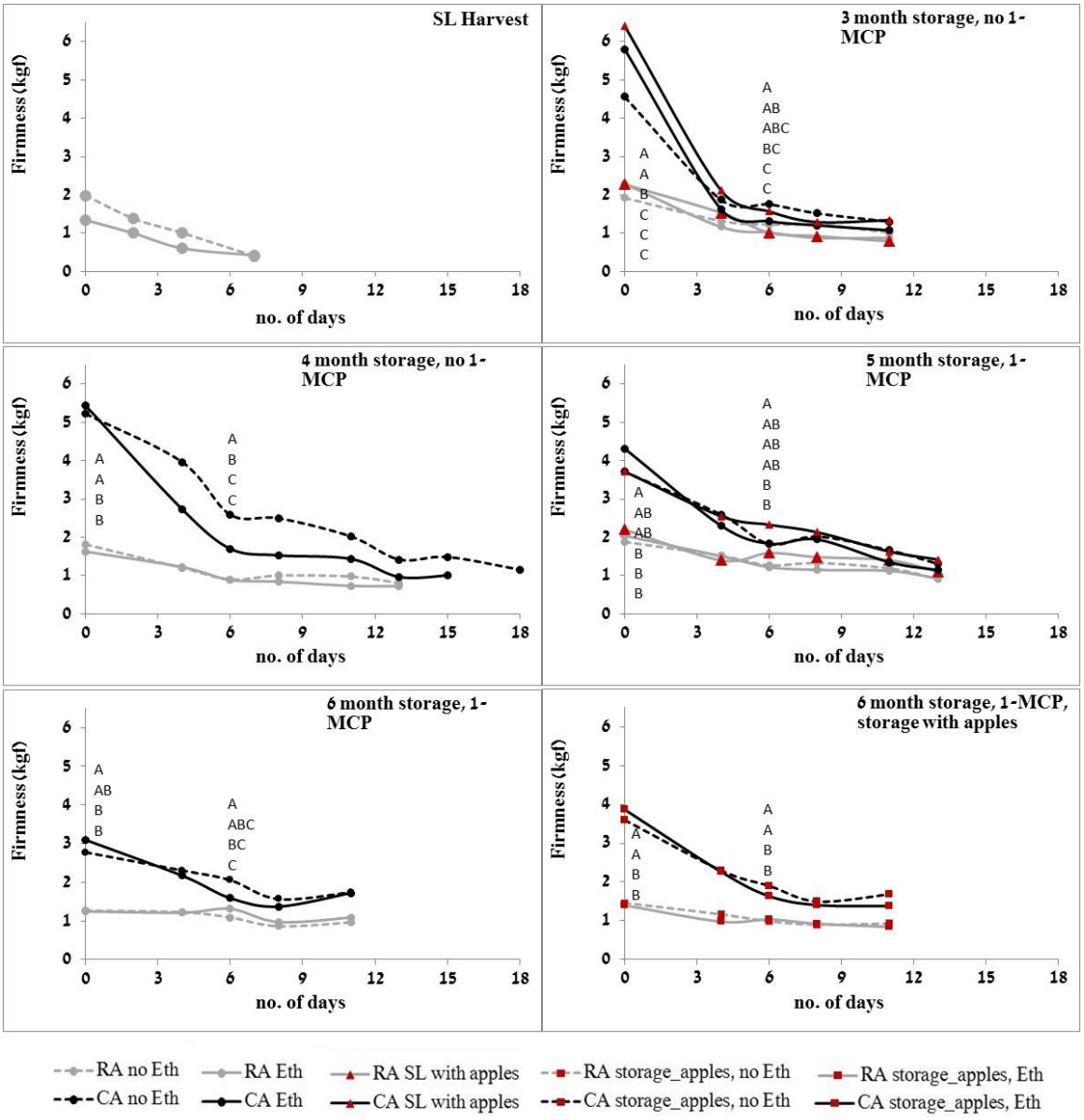
	CA		CA אתילן		CA, תפוחים בחיי-מדף		RA		RA אתילן		RA, תפוחים בחיי-מדף		*P value*
כ.מ.מ (%)													
קטיף							15.2	a	13.5	b			0.042
3 חודשים	15.1	ab	15.4	a	14.9	ab	14.4	bc	14.6	abc	13.9	c	0.009
4 חודשים	15.5	a	14.6	b			14.7	ab	14.9	ab			0.090
5 חודשים, 1-MCP	15.0	a	15.0	a	15.0	a	15.2	a	14.7	a	14.0	b	0.002
6 חודשים, 1-MCP	13.9	b	14.8	a			14.4	ab	14.3	ab			0.071
6 חודשים, תפוחים*	14.6	ab	14.7	a			14.2	ab	13.8	b			0.087
חומצה (%)													
קטיף							0.61		0.74				ל.מ.
3 חודשים	0.87		1.07		0.72		0.69		0.84		0.70		ל.מ.
4 חודשים	0.73	a	0.83	a			0.59	b	0.56	b			0.002
5 חודשים, 1-MCP	1.14	a	1.04	abc	1.13	ab	0.92	bc	0.89	c	0.96	abc	0.053
6 חודשים, 1-MCP	0.99	a	0.98	a			0.71	b	0.72	b			0.003
6 חודשים תפוחים*	0.96	a	0.93	a			0.62	b	0.90	a			0.001
כ.מ.מ/ חומצה													
קטיף							24.8	a	21.4	b			0.0028
3 חודשים	17.5		17.2		20.9		20.9		17.5		20.2		ל.מ
4 חודשים	21.3	bc	17.7	c			25.8	ab	27.2	a			0.003
5 חודשים, 1-MCP	13.1		15.1		13.5		16.6		16.7		15.0		ל.מ
6 חודשים, 1-MCP	14.1	b	15.3	b			21.0	a	21.0	a			0.009
6 חודשים תפוחים*	15.2	b	16.2	b			23.4	a	15.6	b			0.001<

* אחסון עם תפוחים, בתא הקרור, במהלך השבועיים האחרונים של האחסון.

במעקב אחר ההתרכות במכשיר הסינקלייר (בדיקת מוצקות, יחידות IQ) ובמכשיר הפנטרומטר (בדיקת קשיות, יחידות קג"כ) בפירות ששהו בחיי-מדף, נמצאו הבדלים שהושפעו בעיקר מאווירת האחסון, כאשר פירות מאווירה מבוקרת שמרו על מוצקותם/קשיותם ביחס לפירות שאוחסנו באווירה אטמוספירית. לעומת זאת, לרוב לא הייתה השפעה מובהקת של החשיפה לאתילן. כמו-כן חשיפת פירות הקיווי לתפוחים בחיי-מדף לאחר 3 ו-5 חודשים (רמת אתילן ממוצעת בחדר ppb 215) ואחסון קיווי יחד עם תפוחים בתא הקרור במשך שבועיים לאחר 6 חודשים באחסון (רמת אתילן ממוצעת בתא 17000ppb) אף הם לא זרזו את התרכות הקיווי (איורים 4 ו-5). בבדיקת המוצקות נראים הבדלים בין פירות RA לבין פירות CA בעת ההוצאה מאחסון; הפערים בין הטיפולים השונים נשמרו עפי"ר גם בסוף חיי-מדף (איור 4). לעומת זאת, למרות הפערים בקשיות הפרי בעת ההוצאה מאחסון, הרי שבסוף חיי-מדף הפירות הגיעו לרמת קשיות דומה. בנוסף, בדיקת הקשיות הצביעה על כך שטיפולי האתילן תרמו לירידה מהירה בערכי הקשיות ב-6-4 ימים בחיי-מדף עד להגעה ל"שלב ההתרכות האיטי", אך הטיפול לא קצר את משך הזמן הכולל של חיי-המדף (איור 5).



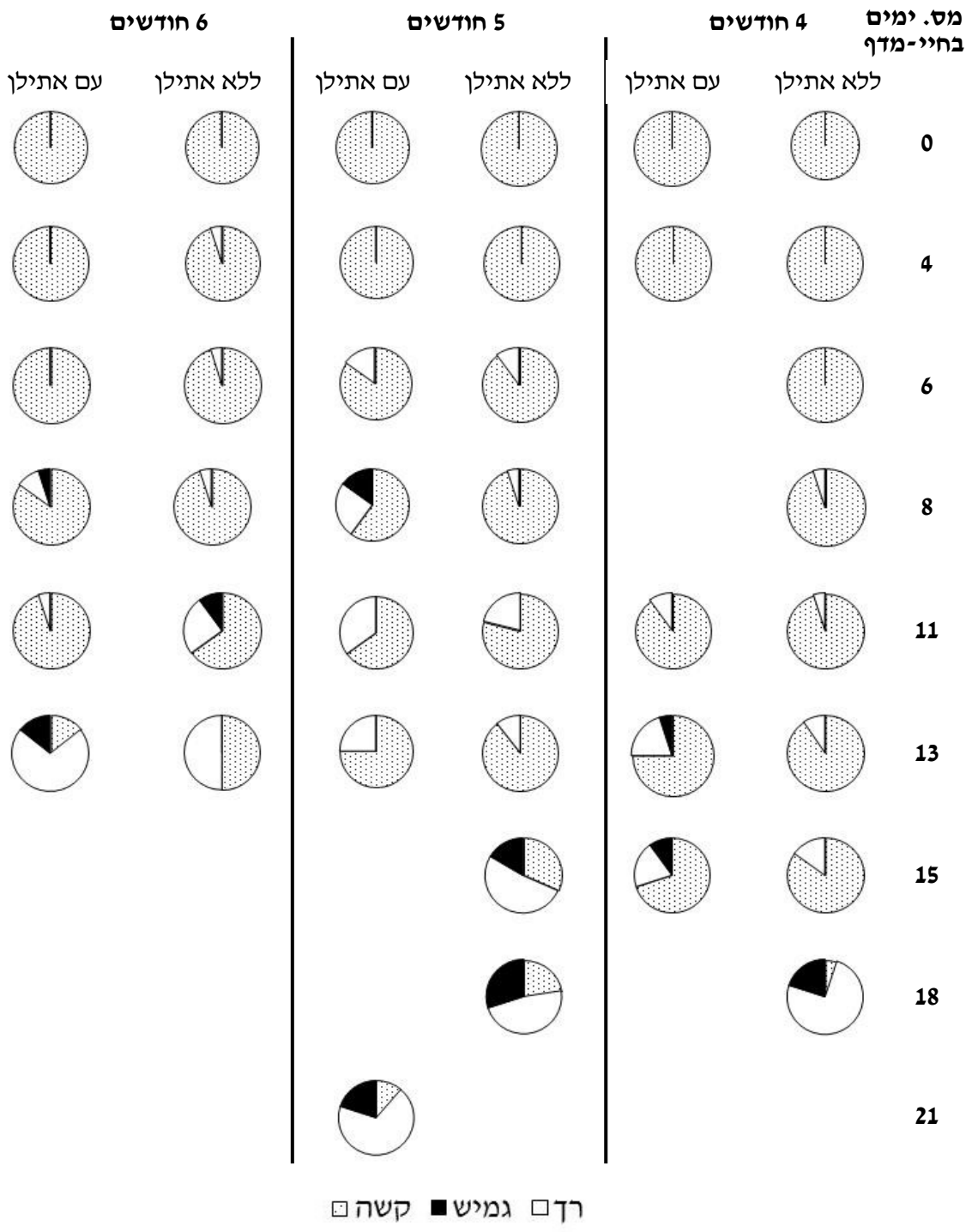
איור 4: מעקב אחר התרככות הפרי בחיי מדף ב-$20^{o}C$. המוצקות נמדדה במכשיר הסינקלייר.
A-C- הבדלים מובהקים בין הטיפולים, במועד ההוצאה מאחסון (0 ימים בחיי מדף) וב-6 ימים בחיי-מדף ($p<0.05$).



איור 5 : מעקב אחר התרכבות הפרי בחיי מדף ב-$20^{o}C$. הקשיות נמדדה במכשיר הפנטרומטר.
A-C- הבדלים מובהקים בין הטיפולים, במועד ההוצאה מאחסון (0 ימים בחיי מדף) וב-6 ימים בחיי-מדף ($p<0.05$).

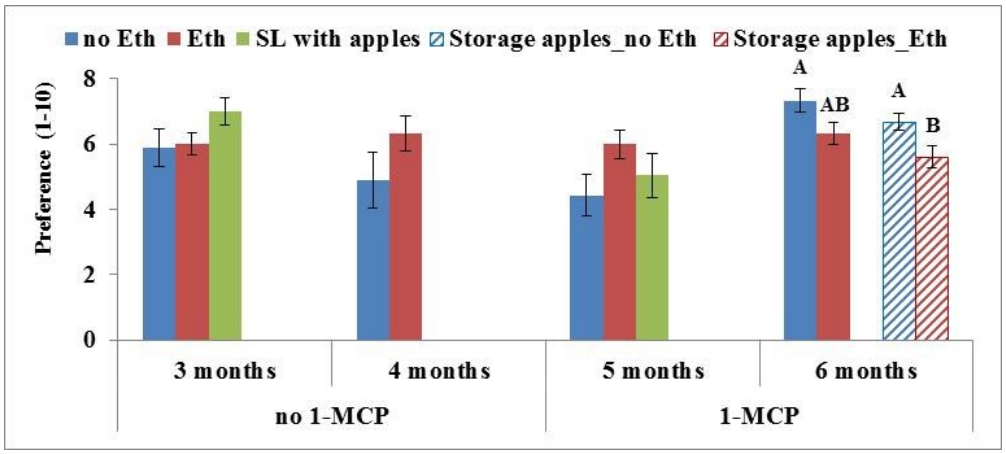
מעקב ההתרכבות נעשה אף ע"י מישוש ידני של הפירות וניכרות המגמות הבאות (איור 6) :

1. בכל הטיפולים ובכל מועדי ההוצאה ניתן לחוש בהתרכבות הפירות לאחר כ-4 ימים בחיי-מדף.
2. עד 5 חודשי אחסון משך הזמן עד להתרכבות הוא 15-21 ימים. לאחר 6 חודשי אחסון משך חיי- מדף, עם אתילן וללא, התקצר לכ- 11-13 ימים.
3. דוקא בבדיקת המישוש הידני, בכל אחד ממועדי ההוצאה מאחסון, החשיפה לאתילן העלתה את אחוז הפירות הרכים והגמישים ביחס לטיפול הביקורת.
4. הטרוגניות הפירות בכל טיפול היתה גבוהה גם בבסוף חיי-מדף (כאשר 50% מהפירות גמישים ורכים) אחוז גבוה מהפירות עודם קשים, כלומר אם ציפינו שהפירות יהפכו מקשים לגמישים ובהמשך מגמישים לרכים הרי שדינמיקת ההתרכבות הינה שונה.



איור 6: מעקב אחר התרכבות הפרי בחיי-מדף עם הוצאתו מאחסון באווירה מבוקרת. ההתרכבות נבדקה במישוש ידני.

במבחני הטעם שנערכו לאחר 3, 4 ו-5 חודשי אחסון נראית העדפה של הטועמים לפרי שנחשף לאתילן ביחס לפרי שלא נחשף לאתילן (הבדלים לא מובהקים). לאחר 6 חודשים מגמה זו מתהפכת וישנה העדפה לפרי ללא אתילן. פירות בחיי-מדף לאחר 3 חודשי אחסון, זכו לאהדה גבוהה בקרב הטועמים (איור 7). בהגדרת מתיקות וחמיצת הפירות לא התקבלו הבדלים מובהקים בין הטיפולים (תוצאות לא מוצגות).



איור 7: הבדלים במידת אהדת הפירות ע"פ מבחני טעימה שנערכו לאחר 3, 4, 5 ו-6 חודשי אחסון.
A-B- הבדלים מובהקים בין טיפולי החשיפה לאתילן, בכל אחד ממועד ההוצאה מאחסון ($p<0.05$).

חיזוי מס. ימים עד להתרככות

בניסוי זה נערך מעקב אחר קצב התרככות הפירות בחיי-מדף הן ע"י מדידת מוצקות הפרי, הן ע"י מדידת קשיותו והן ע"י מישוש ידני. בבדיקת ההתאמה בין הבדיקות הנ"ל התקבלו מתאמים גבוהים ומובהקים (טבלה 4).

טבלה 4: מתאמים בין תגובת הפרי לנגיפה במכשיר Sinclair לבין קשיות (קג"כ) במכשיר פנטרומטר (firmness, texture analyzer FTA) ומדד מוצקות ידנית. הבדיקות נעשו במהלך חיי-מדף של כל אחד ממועדי ההוצאה מקירור, בשתי אווירות האחסון עם וללא טיפול אתילן.

		מדד קשיות	סינקלייר	FTA
אחוז פרי רך	R	-0.992**	-0.789**	-0.665**
	P	<0.001	<0.001	<0.001
	N	161	161	136
מדד קשיות	R		0.785**	0.629**
	P		<0.001	<0.001
	N		191	166
סינקלייר	R			0.882**
	P			<0.001
	N			166

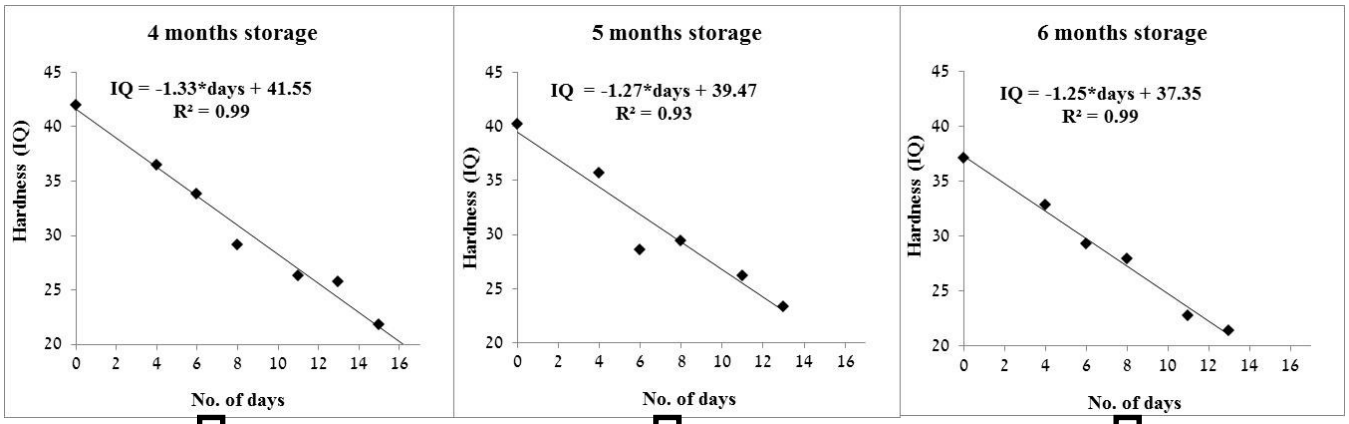
משוואות הקו הישר של (1) מוצקות במכשיר סינקלייר מול אחוז הפרי הרך במישוש ידני ו (2) מוצקות במכשיר סינקלייר מול מדד התרככות במישוש ידני חושבו כלהלן:

(1) IQ=31.265-0.19*%; IQ (50%)=21.765 [R^2=0.623; $p<0.001$]

(2) IQ=0.262+7.576*index; IQ (index 2.5)=19.202 [R^2=0.616; $p<0.001$]

המשוואות חושבו בהנחה שמדד מוצקות ידנית ≤2.5 מצביע על כך ש-50% מהפרי הגיע למידת התרכבות בו הפרי ראוי למאכל.

במטרה לחזות את משך זמן התרכבות הפירות בחיי-מדף (ע"פ מדד מוצקות ידנית וע"פ אחוז התרכבות במישוש ידני) נבחנה מוצקות הפירות, לאחר אחסון של 4, 5 ו-6 חודשים, מול מספר הימים בחיי-מדף. במשוואות הקו הישר הוצבו הערכים שהתקבלו עבור 50% התרכבות ומדד מוצקות של 2.5 (21.765 ו-19.202 בהתאמה) וכך נמצא כי משך זמן חיי-מדף של קיווי הצפוי לאחר 4 חודשי אחסון, ללא טיפול 1-MCP, הוא 15-17 ימים, לאחר 5 חודשי אחסון, עם טיפול 1-MCP, 16-14 ימים ולאחר 6 חודשי אחסון, עם טיפול 1-MCP, 13-15 ימים (איור 8). חשוב לציין שעבור 5 ו-6 חודשי אחסון נעשתה אקסטרפולציה ומידת הדיוק עלולה להיות מושפעת מכך.



by index: days (IQ=19.2) ~ 17 by %: days (IQ=21.8) ~ 15	by index: days (IQ=19.2) ~ 16 by %: days (IQ=21.8) ~ 14	by index: days (IQ=19.2) ~ 15 by %: days (IQ=21.8) ~ 13

איור 8: מתאמים בין מוצקות הפרי במכשיר סינקלייר למספר הימים בחיי-מדף לצורך חיזוי משך זמן התרכבות הפירות לאחר 4, 5 ו-6 חודשי אחסון.

סיכום

מטרת המחקר היתה לבדוק את תנאי ההבחלה באתילן שיאפשרו את התרכבות פירות קיווי מזן היווארד, עם או ללא טיפול במעכב פעולת האתילן 1-MCP, לאחר תקופות אחסון שונות באוויר רגיל ובאוויר מבוקר.

קשיות הפירות שנמדדה במועדי ההוצאה מקרור, פירות RA ו-CA (איור 2), מצביעה על התקדמות הבשלתם במהלך חודשי האחסון. פירות האווירה האטמוספירית היו רכים יותר ביחס לפירות האווירה המבוקרת בעת הוצאתם מאחסון, אך קשיותם היתה מעל 1 קג"כ והם שהו עפי"ר מעל 10 ימים בחיי-מדף עד שהוגדרו כראויים למאכל. פרופיל ההתרכבות שהתקבל במעקב הקשיות (איור 5) תואם למתואר בספרות (איור 1) ומדגיש את שלב ההתרכבות האיטי (ה-plateau). נתוני המישוש הידני (איור 6) ביטאו היטב שלב זה בהבשלה, כאשר בימים הראשונים בחיי-מדף לא חשים בהתקדמות התרכבות הפירות.

חשיפת הפירות לאתילן בהוצאה מהקרור לא זרזה את קצב התרכבות הפירות. סיבות אפשריות לכך:

1. מידע מרינגו פנג, ניו-זילנד, הצביע על כך שטיפול אתילן לפירות קיווי, בהוצאה מאחסון, מאפשר להם להגיע מהר יותר לשלב ה-plateau אך לא בהכרח מקצר את השלב הזה שהינו שלב ההבשלה האיטי. כלומר, משך חיי-מדף לא בהכרח מתקצר.
2. ע"פ אותו המקור, טיפול אתילן שניתן לפירות שקשיותם מתחת ל-3-4 קג"כ אינו יעיל מכיוון שרוב האנזימים המעורבים בתהליך ההתרכבות (אנזימים לפירוק הדופן) כבר מצויים בפרי בריכוז המקסימלי.
3. טיפולי האתילן בניסוי זה ניתנו לאחר 3-6 חודשים באחסון. ככל שמשך האחסון בקרור מתארך, רגישות פירות הקיווי לטיפול אתילן פוחתת. הטיפול יעיל במיוחד במשך 5-6 שבועות האחסון הראשונים (Ritenour et al, 1999).

במעקב משולב אחר קצב ההתרכבות של פירות, שנערך הן בעזרת מכשיר הסינקלייר והן ע"י הבדיקה הידנית, נבנה מודל המאפשר לחזות את קצב ההתרכבות של הפירות לאחר הוצאתם מהקרור. נמצא כי פירות קיווי המאוחסנים באווירה מבוקרת, במשך 4 חודשים (ללא MCP), 5 חודשים או 6 חודשים (עם MCP) יגיעו לכ-50% התרכבות בחיי-מדף לאחר כ- 16, 15 או 14 ימים בהתאמה (איור 8). כלומר, החל מ-4 חודשי אחסון, כל חודש נוסף בקרור מקצר את משך חיי-המדף ביום אחד וע"פ נתונים אלו אפשר לתכנן את שיווק הפירות במסחר. תוצאות אלו מחזקות את מתאמי הקשר שנמצאו בעונות המחקר 2012-2013.

המלצותינו להמשך המחקר:

1. לעקוב אחר פרופיל התרכבות הפירות במהלך האחסון כדי להכיר את השלבים השונים ומשך הזמן שלהם בתנאי הארץ.
2. לבחון האם יש דרך "לשלוט" בשלב ההתרכבות האיטית, שרק בסופו הפרי מוגדר כראוי לאכילה.
3. לערוך מיון של מדגם פירות בחיי-מדף, ע"פ מידת קשיותם, וכך להעריך את משך הזמן הדרוש עד שיהיו ראויים לאכילה, ע"פ המודל לעיל.
4. לבחון שיטות יישום חלופיות להאחדת התרכבות הפירות כגון:
   (1) בחינת מועד חשיפת הפירות לאתילן;
   (2) בחינת משך זמן החשיפה לאתילן;
   (3) בחינת טמפ' החשיפה לאתילן;
   (4) בדיקת השפעת סופח האתילן לאחר 5-6 שבועות אחסון;
   (5) השפעה של חימום ביניים לקראת ההוצאה מאחסון;
   (6) בחינת רגישות הפרי לריכוזי 1-MCP שונים במצבי הבשלה שונים.

ספרות:

Asiche W.O., Mworia E.G., Oda C., Mitalo O.W., Owino W.O., Ushijima K., Nakano R. and Yasutaka K.Y. 2015 **Extension of shelf-life by limited duration of Propylene and 1-MCP treatments in three Kiwifruit cultivars**
The Horticulture Journal Preview. doi: 10.2503/hortj.MI-066.

Atkinson R.G., Gunaseelan K., Wang M.Y., Luo L., Wang T., Norling C.L., Johnston S.L., Maddumage R., Schro¨der R. and Schaffer R.J., 2011. **Dissecting the role of climacteric ethylene in kiwifruit (Actinidia chinensis) ripening using a 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase knockdown line**. J Exp Bot 62, 3821–3835.

Crisosto C.H., Garner D., Crisosto G.M. and Kaprielian R., 1997. **Kiwifruit preconditioning protocol**. Acta Hortic. 444, 555–559.

MacRae, E.A., Bowen, J.H. and Stec, M.G.H., 1989. **Maturation of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv Hayward) from two orchards: differences in composition of the tissue zones**. J. of Sci. Food Agric., 47, 401-416.

Ritenour M.A., Crisosto C.H., Garner D.T., Cheng G.W. and Zoffoli, J.P., 1999. **Temperature, length of cold storage and maturity influence the ripening rate of ethylene-preconditioned kiwifruit**. Postharvest Biol. Technol. 15, 107–115.