

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

ניסויים באחסון תפוח

דוח ניסויים לעונת 2014

צוות המעבדה: דני גמרסני, טלי גולדברג, אוהד נריה, לילך שיפמן,
אלה צבילינג, היבא איברהים, ירון סמרון, סיוון מרגלית והראל אגרא

דצמבר 2015

תקציר

1. אחסון תפוחי זהוב באוויר מבוקר דינאמי (DCA) בהשוואה לטיפול בתכשיר "סמארטפרש" (1-MCP).

- בתום 3 שנות מחקר נמצא שניתן להיעזר בטכנולוגיית האוויר מבוקר דינאמי (DCA-Dynamic Controlled Atmosphere) כדי להעריך אם הפרי נמצא בעקה, כיוון שזוהה הפיק הפלואורסנטי של הכלורופיל ובתגובה לכך הועלתה רמת החמצן ל-0.5-0.8% למניעת העקה בהמשך האחסון, בעוד שבתנאי האחסון באוויר מבוקר רמת החמצן המקובלת היא 1.5%. השפעות האחסון ב-DCA והטיפול ב-1-MCP נבחנו על תפוחים במגוון מצבי הבשלה ונמצאו להם יתרונות על פני תפוחים שאוחסנו בתנאי אוויר מבוקר המקובלים (CA) כלהלן:
- צבע קליפה- ככלל, הקליפה, על פי ערך a^* , של תפוחים שטופלו ב-1-MCP היתה מעט יותר צהובה בהוצאה מאחסון, אולם הבדל זה התפוגג בחיי מדף.
 - קשיות- לשתי הטכנולוגיות, ובמיוחד לטיפול ב-1-MCP נמצא יתרון בעיכוב התרככות התפוחים בהשוואה לאלו שאוחסנו בתנאים המסחריים המקובלים.
 - איכות חיצונית ופרי ראוי לשיווק- אחוזי הפרי הראוי לשיווק היו גבוהים על פי רוב בכל הטיפולים עם יתרון לתפוחי ה-DCA וה-1-MCP וההבדלים בין הטיפולים היו ברגישותם לפגעים:
- הצטמקות- איכותם של תפוחי ה-DCA נפגעה כתוצאה מהצטמקות והועלתה ההשערה שהסיבה להצטמקות היא הזרמת חנקן רבה לתא האחסון ב-DCA במטרה לשמור על חמצן נמוך (עקב אטימות בלתי מספקת של תא האחסון) אשר ייבשה את התפוחים וגרמה להצטמקותם. יתכן שתפוחי ה-DCA לא יפגעו מהצטמקות בקיצור משך האחסון או כשיוזרם פחות חנקן הודות לאטימה טובה של תא האחסון, או שיועשר באדי מים. *גומה מרה*- רגישות לכך נמצאה בתפוחים שטופלו ב-1-MCP יחסית ליתר הטיפולים במיוחד בתפוחים שמקורם ברמת הגולן. לפיכך, מומלץ לשקול ולהתאים את יישומם של הטיפולים ותנאי האחסון לכל פרי בהתאם למקור הפרי וההיסטוריה שלו. *צרבון*- לטיפול ב-1-MCP ולאחסון ב-DCA יש ערך מוסף על פני האחסון ב-CA כיוון שניתן לעכב באמצעותם את הצרבון שאינו ניתן לחיזוי בזן זה.
- נזקי D.S.B.*- בחלק משנות הניסוי הופיעו באחוזים נמוכים, אך ללא הבדלים בחומרתם בין הטיפולים.
- איכות פנימית- איכותם הפנימית של תפוחי הזהוב היתה טובה מאוד על פי רוב וללא השפעת הטיפולים.
 - תכונות המיץ- תפוחים שטופלו ב-1-MCP או שאוחסנו ב-DCA היו לעיתים עם תכולת חומצה מאלית גבוהה ו-pH נמוך יחסית לביקורת המסחרית (CA) והצביעו על עיכוב בהבשלת תפוחים אלו.
 - מראה וטעם- התפתחות הקמחיות עוכבה במיוחד ע"י הטיפול ב-1-MCP וע"י האחסון בתנאי DCA וכמו כן נמצאו להם השפעות חיוביות על פציחות הפרי ועסיסיותו ומכאן שלטיפולים אלו השפעה חיובית לטעמו ולמרקמו של הפרי.
 - יתרון נוסף לשימוש ב-DCA הוא התאמתו לשימוש בתפוחים אורגניים.

אולם, כדי ליישם את כל אחת מהשיטות נחוצות ההתאמות הבאות:

- לאחסון בתנאי DCA: נחוצה השקעה כספית ברכישה של מערכת בקרה יקרה, כמו כן, ליישום הטכנולוגיה נדרשים חדרים באטימות מעולה ומחולל חנקן עם יכולת גבוהה בניקיון מחמצן - פחות מ-0.1%.
 - לאחסון בתנאי 1-MCP: דרוש יישום של התכשיר בכל עונה, ישנן הגבלות ליישום התכשיר במצבי הבשלה מסויימים, תהליך הקירור ההדרגתי איטי ומסורבל.
- לסיכום, לאחסון בתנאי DCA ולטיפול ב-1-MCP נמצאו יתרונות על פני האחסון באוויר מבוקר סטנדרטי ומפעילי בתי הקירור יכולים לבחור מי משתי אפשרויות האלו עדיפה עליהם.

2. התאמת תנאי אחסון של הזן 'גרני סמית' באוויר מבוקר לטיפול "סמרטפרש" (1-MCP) לאחר הקטיפה.

בשנת הניסויים השלישית נבחנו השפעותיהם של גורמי אחסון שהותאמו על פי תוצאות שתי שנות הניסוי הראשונות: טמפרטורת האחסון היתה 3°C (במקום 4°C) ורמת ה- CO_2 הופחתה ל-2% (במקום 4%). שינויים אלו היטיבו עם איכות הפרי ובמיוחד נמנעה הופעתם של נזקים הקשורים ל- CO_2 כגון נזקי CO_2 חיצוניים שהופיעו כצריבה על קליפת הפרי ונזקי CO_2 פנימיים שנראו כחללים שחומים בציפת הפרי. הטיפול ב-1-MCP היטיב עם איכותם החיצונית של התפוחים הודות למניעת הצרבון בשתי טמפרטורות האחסון (0°C ו- 3°C) ללא הבדלים בהשפעת ריכוזי ה- CO_2 , בעוד שבתפוחי הבקורת הפגיעה מצרבון היתה חמורה. תפוחים שטופלו ב-1-MCP ואוחסנו ב- 3°C היו באיכות חיצונית מצויינת וללא נזקים כגון נקודות שחורות על הקליפה שנמצאו באלו שאוחסנו ב- 0°C ורק מעט נזקי CO_2 חיצוניים (כמו צריבה) נמצאו בתפוחים שאוחסנו ב-3% CO_2 . האיכות הפנימית של תפוחים אלו היתה טובה כשהפגם העיקרי בהם היה השחמת ציפת הפרי אולם זו היתה בעיקר בחומרה קלה ואיכותו הפנימית של הציפה לשיווק היתה גבוהה ביותר (מעל ל-97%). הטיפול ב-1-MCP שמר על תכולת חומצה מאלית גבוהה ולכך עשויה להיות השפעה מיטיבה על טעמו האופייני של זן זה. האחוזה הגבוהים ביותר של פרי לשיווק מבחינה חיצונית ושציפתו ראויה לשיווק היו אלו שטופלו ב-1-MCP ואוחסנו ב- 3°C וב-0.5% CO_2 . הניסוי נערך בתפוחים מ-6 מטעים מאזורי גידול שונים שנקטפו בשני מועדי הקטיפה וככלל תגובתם לתנאי האחסון היתה דומה.

על סמך התוצאות האלו ראוי לחזור ולוודא את השפעתם של תנאי האחסון המיטביים בשנת ניסויים נוספת ובהמשך לבחון זאת בקנה מידה חצי מסחרי.

3. בחינת מרפאן 80 כנגד רקבונות אחסון בתפוחים (בשיתוף עם חברת אדמה מכתשים בע"מ)

השפעת הטבילה במרפאן 80 במינון יעד של 2400 ח"מ ח"פ נבחנה במטרה שיהווה תחליף לתכשיר מרפאן 48 באותו המינון אשר מופסק ייצורו. בטבילת תפוחים מהזנים פינק ליידי, סטרקינג וגאלה עוכבה לרוב התפתחות הפטריה פניציליום ביעילות מבחינת מרבית המדדים שנבדקו כגון: אחוז הרקבונות, קוטר הרקבון, התפתחות התפטיר ונביגה. בטבילת התפוחים בשילוב האנטיאוקסידנט DPA עוכבה התפתחות הפטריה בתפוחים המאולחים וצומצמו השפעות התכשיר יחסית לבקורת. אם כן, טבילה בתכשיר מרפאן 80 במינון 2400 ח"מ ח"פ של תפוחים מהזנים אלו עשויה לשמש תחליף ראוי למרפאן 48 באותו המינון כשלרוב, טבילה ב-DPA עיכבה את התפתחות הפטריה והשפעת התכשיר צומצמה יחסית לבקורת.

תוכן העניינים

מס"ד	שם הניסוי	עמודים
1	אחסון תפוחי זהוב באוויר מבוקר דינאמי (DCA) בהשוואה לטיפול בתכשיר "סמארטפרש" (1-MCP).	5-14
2	התאמת תנאי אחסון של הזן 'גרני סמית' באוויר מבוקר לטיפול "סמארטפרש" (1-MCP) לאחר הקטיף.	15-28
3	בחינת מרפאן 80 כנגד רקבונות אחסון בתפוחים	29-36

תודות

לאנשי בתי הקירור:

טל וולף ורם עין גל מ"קירור גליל".
דליה מרקוביץ וקובי כץ מ"פרי מטולה".

למגדלי האגסים ואנשי השטח:

למגדלי התפוחים מהמטעים הבאים על אספקת הפרי: שי ממלכיה, זיגי, עמוס ודומבה מיפתח, יוני ממנרה, רמי, נעמה ורועי מברעם, ז'ניה, זייד ודיוויד מאלרום, עמי מאורטל, אלכס מעין זיוון, מאוריצי מסאסא, למשפחות וינשטיין, פיין וסנדלר ממטולה, אליעזר ויונתן מיונתן, אלי מקשת, נילי וטובקו מיראון, גבי וג'ניה ממרום גולן.

אייל יונאי ואריה פלג מ"בראשית".

ישראל דורון – שה"מ

לאנשי חברות:

לפרופ' רות בן אריה - על מעורבותה ותרומתה הרבה בניסויים אלו.
לשולחן תפוח - מועצת הצמחים על מימון ניסויים.

יוסי שטרן-
רימי להגנה"צ.

רפי חפץ, חגי בר און ואריק בן זאב-
"אדמה מכתשים בע"מ"

אחסון תפוחי זהוב באוויר מבוקר דינאמי (DCA) בהשוואה לטיפול בתכשיר "סמארטפרש" (1-MCP)

מבוא

זו היא שנה שלישית בה נבחן האחסון של תפוחי זהוב בתנאי אוויר מבוקר דינאמי (DCA-Dynamic Controlled Atmosphere). ממצאים קודמים משתי שנות הניסוי הראו שהיה עיכוב בשינוי צבע הקליפה והתרככות הפרי בתנאי DCA. אמנם הפרי שטופל ב-1-MCP נשמר הקשה ביותר, אך גם האחסון ב-DCA עיכב את התרככות התפוחים לעומת תפוחי הבקורת שאוחסנו בתנאי CA. כמו כן, מבחינת השפעה על הטעם, הן הטיפול ב-1-MCP והן האחסון בתנאי DCA עיכבו במובהק את התפתחות הקמחיות בתפוח, עם השפעות חיוביות על פציחות הפרי ועסיסיותו. בשנת הניסויים השנייה הנוק העיקרי שנמצא בתפוחים שטופלו ב-1-MCP היה מגומה מרה ובמיוחד בפרי שמקורו בגולן, כפי הנראה עקב הגברת רגישותם לנוק ע"י הטיפול. לעומת זאת, הפגם העיקרי בפרי שאוחסן בתנאי DCA היה הצטמקות ובמיוחד של הפרי מהגליל. לטיפול ב-1-MCP ולאחסון ב-DCA של תפוחי זהוב יש יתרון בכך שניתן באמצעותם לעכב את התפתחות הצרבון שאינו ניתן לחיזוי בזן זה. יתרון נוסף של ה-DCA הוא האפשרות להשתמש בשיטה גם בתפוחים אורגניים. כדי שניתן יהיה להמליץ על אחסון בתנאי DCA הורחב העונה מדגם המטעים שבניסוי, כיוון שבניסויים קודמים נמצאו לעיתים הבדלים בתגובת הפרי מהמטעים השונים לתנאי אחסון אלו, למשל על השינוי של צבע הקליפה או אחוז הפרי הראוי לשיווק.

מטרותיו העיקריות של הניסוי בשנה זו היו :

- לחזור ולבחון בשנה נוספת את השפעות האחסון באוויר מבוקר דינאמי (DCA) על איכות הפרי.
- לבחון את השפעת האחסון ב-DCA על איכותם של תפוחים במגוון מצבי הבשלה ואזורי גידול.

חומרים ושיטות

תפוחי זהוב נאספו בשני מועדי קטיף (ב-31.8.14 וב-7.9.14) ממיכלים מ-7-8 מטעים, ל-6 תיבות פרי בנות כ-40 תפוחים בכל מועד מכל מטע (מטע = חזרה, טבלה 1). 10 פירות מכל מטע שימשו לעריכת בדיקות הבשלה (טבלה 2). תיבות הפרי מכל מטע קוררו למשך הלילה ל-0°C ולמחרת נעטפו בשקיות LDPE מחוררות ו-2 תיבות פרי קוררו עבור הטיפול ב-1-MCP ל-7°C. הטיפולים היו כלהלן :

בקורת- אחסון ב-0°C בתנאי אוויר מבוקר (CA- 0.1°C, 1.7%O₂, 0.5%CO₂).

DCA- תיבות הפרי הנוספות אוחסנו בתנאי DCA ב-0°C, כש-8 תפוחים (אחד מכל מטע) הוכנסו לקופסא עם הרגש לחישת עקת הפרי על פי השינוי בפלורוסנציה, ובקטיף השני התווספה כמות זהה של תיבות פרי ו-8 תפוחים מקטיף זה הוכנסו אף הם לקופסא נפרדת עם רגש. התא נאטם ולתוכו הוזרם חנקן להורדת רמת החמצן מתחת ל-0.2% (החל ב-11.9.14) ומכיוון שרק ב-23.9.14 נראה פיק שעשוי להעיד על תגובת

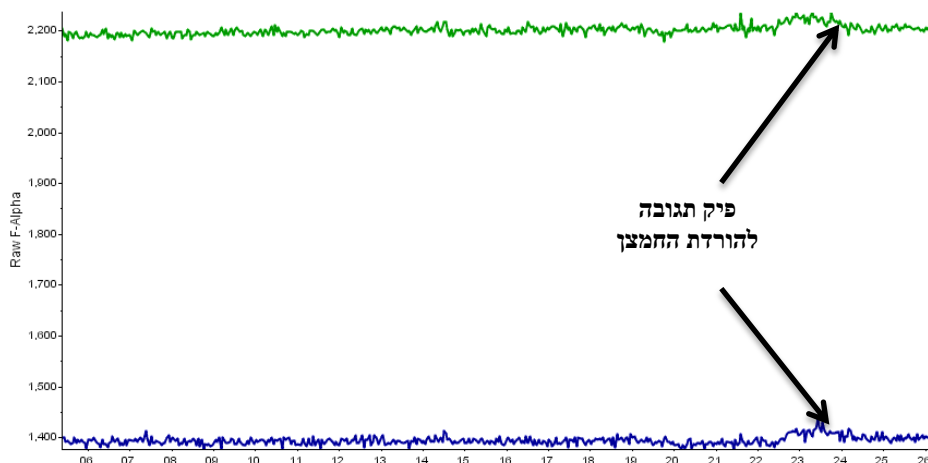
הפרי לעקה הועלתה רמת החמצן ל-0.8%, שנשמרה למשך האחסון, כשבמקביל רמת ה-CO₂ היתה כ-0.1% בלבד (איור 1). ראוי לציין שהפיק שנמצא השנה נמוך יחסית לממצאי השנים הקודמות.

1-MCP - תיבות הפרי שקוררו ל-7°C נחשפו ל-1-MCP במינון של 0.6 ח"מ למשך לילה (ב-5.9.14 בקטיף הראשון וב-11.9.14 בקטיף השני) ולמחרת הפרי אוורר ונארז בשקיות LDPE מחוררות והוחזר לתא האחסון להורדת טמפרטורה הדרגתית בקצב של כ-1°C כל 3 ימים. לאחר כ-21 ימים מהטיפול, אוחסן פרי זה (1-MCP) עם פרי הבקורת (CA) באוויר מבוקר סטנדרטי.

טבלה 1: המטעים והחלקות מהם נדגמו תפוחים בשני מועדי הקטיף.

קטיף 1- 31.8.14	קטיף 2- 7.9.14
יפתח (מפרץ 2,3)	סאסא (חלקה 4)
מנרה (חלקה 6)	מנרה (חלקה 5)
ברעם (חלקה ה')	ברעם (ברגיאית)
אלרום (אימפריה 22)	אלרום (חלקה 3)
אורטל (חלקה 12)	אורטל (חלקה 13)
מרום גולן	-
מטולה (פיין)	מטולה (סנדלר)
מטולה (ויינשטיין)	מטולה (גבעת שי)

בדיקות בתום אחסון וחיי מדף- תיבה מכל טיפול ומכל מטע הוצאה לבדיקה לאחר 6 חודשי אחסון (8.3.15). 10 תפוחים נדגמו אקראית לבדיקת קשיות וביתר הפירות הוערכה האיכות החיצונית והפנימית כשבפירות רקובים הוגדרו גורמי הרקבון ונזרקו. ב-10 פירות בריאים מכל חזרה נבדק צבע הקליפה באמצעות מד צבע דיגיטלי (הערך a^* : ככל שערך זה יותר שלילי כך הפרי ותר ירוק), ולאחר מכן נבדקה קשיותם באמצעות פנטרומטר FTA (fruit texture analyzer). פירות אלו נחצו לבדיקת איכותם הפנימית ומתעורבת של פלחים אורכיים מכל פרי נסחט מיץ במכונה ובו נבדקו תכולת הכ.מ.מ. בפרקטומטר דיגיטלי והחומצה המאלית וה-pH באמצעות טיטרטור אוטומטי. יתר הפרי הועבר לשבוע של חיי מדף ב-20°C וכ-65% לחות יחסית ובתומו הוערכה איכותו החיצונית וכן צבע הקליפה וקשיות הפרי נבדקו במדגמים של 10 פירות/חזרה, בהם הוערכה גם האיכות הפנימית. טעמו ומראהו של הפרי הוערכו במבחן טעימה בעזרת צוות המנוסה בטעימת תפוחים. לאחר כ-8 חודשי אחסון (ב-11.5.15) הוצא יתר הפרי ונבדקה איכותו בדומה למתואר בהוצאה הראשונה, ובדיקה נוספת בחיי מדף בשבוע שלאחר מכן. **סטטיסטיקה** - ניתוח ההבדלים של מדדי הקטיף, השפעות הטיפול (MCP, DCA, CA), מועדי הקטיף (מוקדם, מאוחר), משך האחסון (6 או 8 חודשים) והאינטראקציות ביניהם נבדקו באמצעות מבחן שונויות. לרוב, לא נמצאה השפעה של מועד הקטיף והטיפולים על התפוחים מהמטעים השונים וללא השפעת גומלין (אינטראקציה) ביניהם ובמקרים אלו אוחדו נתוני התפוחים משני מועדי הקטיף.



איור 1: קבלת הפיק בפלורסנציית הכלורופיל עקב עקת החמצן בזהוב. כל קו, ירוק או כחול, מייצג פרי מקטיף.

תוצאות ודיון

מצב הבשלה בקטיף - התפוחים נאספו בהפרש של 8 ימים בין שני מועדי הקטיף והבשלת התפוחים בין הקטיפים נבדלה בירידה מובהקת בתכולת החומצה המאלית שהשפיעה על עלייה מובהקת של יחס ההבשלה (כ.מ.מ./ חומצה) (טבלה 1). ביתר המדדים לא היו שינויים מובהקים על אף שינוי מגמתי שהצביע על התקדמות ההבשלה כגון העלייה במידת פירוק העמילן שמהווה מדד חשוב בקביעת מצב ההבשלה. התפוחים של מטעי המדגם נבדלו במצב הבשלתם בכל קטיף על פי מדד לפירוק העמילן, וכמו כן בצבע הקליפה (ערך a^*), כשבקטיף השני המטעים נבדלו גם על פי הקשיות. לפיכך, בניסוי זה התפוחים ייצגו מגוון רחב של מצבי הבשלה וזאת בהתאם למטרת הניסוי לפיה יבחנו השפעת האחסון ב-DCA וטיפול ב-1-MCP על איכותם של תפוחים ממצבי הבשלה מגוונים וממטעים מאזורי גידול שונים.

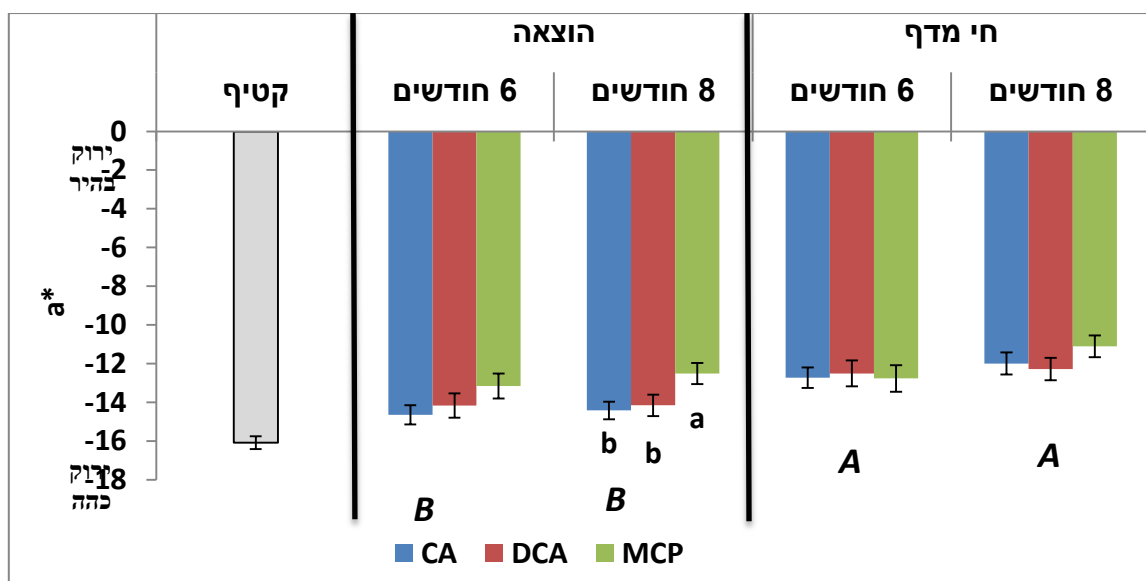
טבלה 2: מדדי הבשלה של תפוחי זהוב בשני מועדי קטיף ממוצע הגליל ומטע הגולן.

מועד הקטיף	מקור הפרי	קשיות (לב"כ)	פירוק העמילן (1-10)	צבע קליפה (a*)	כ.מ.מ. (%)	חומצה מאלית (%)	כ.מ.מ. חומצה	pH
31.8.14	יפתח	15.9	5.2bcd	-17.3bcd	12.5	0.55	22.7	4.27
	מנרה	16.1	5.6bcd	-13.9a	13.4	0.57	23.5	4.12
	ברעם	16.0	4.5cd	-15.6abc	13.8	0.53	26.0	4.08
	אלרום	15.3	7.0a	-18.2d	12.8	0.52	24.6	4.02
	אורטל	15.4	6.1ab	-17.7cd	11.7	0.49	23.9	4.23
	מרום גולן	15.9	4.0d	-17.0bcd	13.4	0.6	22.3	4.28
	מטולה 1	15.6	7.1a	-15.2abc	12.4	0.51	24.3	4.14
	מטולה 2	15.4	6.4ab	-15.6abc	13	0.5	26.0	4.12
ממוצע								
		15.7±0.1	5.7±0.4	-16.3±0.5	12.9±0.3	0.53±0.01A	4.14±0.03	24.2±0.5B
7.9.14	סאסא	14.8b	7.5abc	-17.0c	12.8	0.46	4.18	27.8
	מנרה	15.5b	8.2abc	-15.0ab	13.4	0.44	4.14	30.5
	ברעם	14.9b	8.1abc	-14.0a	11.8	0.40	4.14	29.5
	אלרום	14.8b	8.6a	-17.0c	11.8	0.42	4.12	28.1
	אורטל	18.1a	2.9d	-15.9bc	14.2	0.54	3.95	26.3
	מטולה 3	15.3b	6.6c	-16.1bc	13.2	0.45	4.00	29.3
	מטולה 4	15.8b	7bc	-15.6abc	13.2	0.46	4.11	28.7
ממוצע								
		15.6±0.4	7.0±0.7	-15.8±0.4	12.9±0.3	0.45±0.02b	4.09±0.03	28.6±0.5a

A-B - להבדל מובהק במדד הנבדק בין ממוצעי מועדי הקטיף ($p < 0.05$).
a-b - להבדל מובהק בין מטעים במדד הנבדק באותו מועד קטיף ($p < 0.05$).

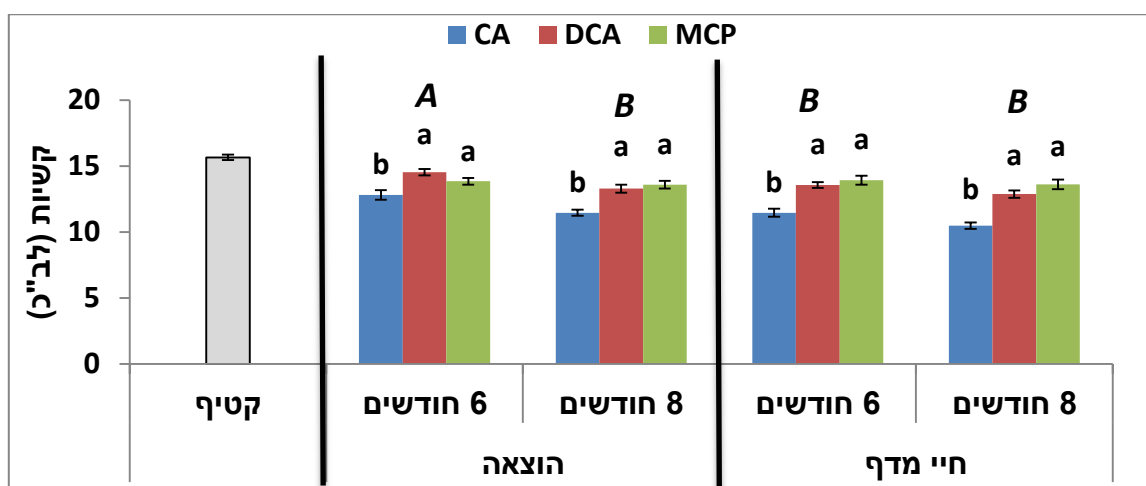
מדדי הבשלה בתום האחסון ובחיי מדף -

צבע קליפת הפרי נבדק בתום 6 ו-8 חודשי אחסון וכן לאחר שבוע בחיי מדף. ככלל, צבע הקליפה על פי ערך a* לא נבדל בתום האחסון, אך הצהיב במידה מובהקת במהלך שבוע חיי מדף בשני המועדים (איור 2). קליפתם של תפוחים שטופלו ב-MCP-1 היתה מעט יותר צהובה לאחר 8 חודשי אחסון אולם הבדל זה התפוגג בחיי מדף. ממצא זה דומה לממצאי הניסויים משנים קודמות לפיהם הצהבת קליפת התפוחים שטופלו ב-MCP-1 נובעת מהורדת הטמפרטורה ההדרגתית והממושכת (כ-3 שבועות) עד להפעלת תנאי אווירה מבוקרת, בעוד שביתר הטיפולים הורדת הטמפרטורה היתה מהירה וכפי הנראה כתוצאה מכך עוכב פירוק הכלורופיל שהקנה לקליפה את הגוון הירוק.



איור 2: הערך a^* בקליפת תפוחי זהוב בתום האחסון (6 ו-8 חודשים) ולאחר שבוע חיי מדף ב-20 מע"צ בהשפעת טיפולים שונים ($N=15$ עבור כל עמודה).
 A-B - אותיות שונות להבדלים מובהקים בערך a^* בקליפה בין מועדי הבדיקה ($p<0.05$).
 a-b - להבדל מובהק בין טיפולים בערך a^* בקליפה באותו מועד בדיקה ($p<0.05$).

קשיות התפוחים - ככלל, קשיות התפוחים נותרה גבוהה בתום 6 חודשי אחסון יחסית ליתר מועדי הבדיקה ובמיוחד של התפוחים שטופלו ב-MCP-1 ואלו שאוחסנו ב-DCA היו קשים במובהק מתפוחים שאוחסנו ב-CA בכל מועדי הבדיקה (איור 3). כלומר, לשתי הטכנולוגיות, הן הטיפול ב-MCP-1 והן האחסון בתנאי DCA, נמצא יתרון בעיכוב התרככות התפוחים בהשוואה לאלו שאוחסנו בתנאים המסחריים המקובלים.



איור 3: קשיות התפוחים בהשפעת הטיפולים השונים לאחר משכי אחסון שונים ושבוע בחיי מדף - ממוצעי המטעים משני מועדי קטיף ($N=15$ עבור עמודות הטיפולים, $N=45$ בכל מועד בדיקה).
 A-B - אותיות שונות להבדלים מובהקים בקשיות הממוצעת בין מועדי הבדיקה ($p<0.05$).
 a-b - להבדל מובהק בין טיפולים באותו מועד בדיקה ($p<0.05$).

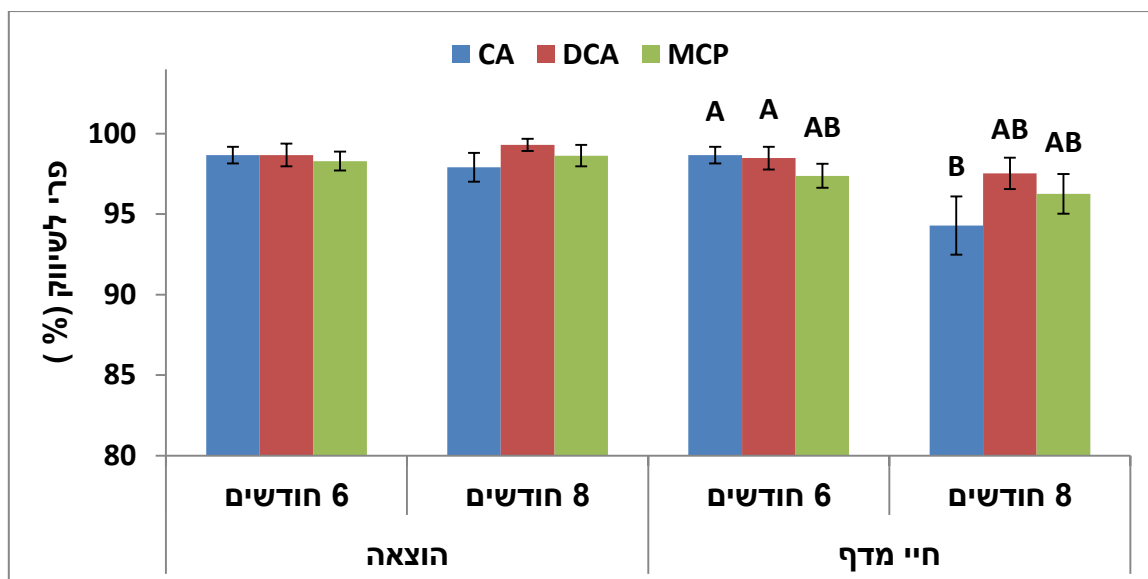
מצבם החייוני של התפוחים היה טוב, באופן כללי, והפגמים העיקריים היו רקבונות, הצטמקות וגומה. שיעור הרקבונות הגבוה ביותר נמצא בתפוחים שאוחסנו באוויר מבוקר סטנדרטי (CA) שהחמיר במובהק במהלך חיי מדף שלאחר 8 חודשי אחסון, בעוד שבתפוחי ה-DCA נמצאו שיעורי הרקבון הנמוכים ביותר (טבלה 3). יותר פרי מצומק נמצא בתנאי DCA יחסית לתפוחים שטופלו ב-1-MCP ולתפוחי ה-CA ואחוזי הפרי המצומק אף גדלו בחיי מדף (טבלה 3). ממצא זה דומה לממצאי השנים קודמות ויפורט בדיון. גומה מרה נמצאה בתפוחים מכל הטיפולים ובמיוחד בחיי מדף, אך ללא הבדלים בהשפעתם על חומרת נזק זה (טבלה 3). בשנים קודמות נמצאו אחוזים גבוהים של גומה מרה בתפוחים שטופלו ב-1-MCP ובחומרה רבה בפרי מהגולן. יתכן שמכיוון שבניסוי זה מיוצגים תפוחים ממטעים רבים, שברובם אינם מרמת הגולן, הנזק מגומה מרה מצומצם יחסית עקב השפעתו האפשרית של הטיפול ב-1-MCP וזהו חיזוק אפשרי לכך שיש לשקול ולהתאים את יישומם של הטיפולים ותנאי האחסון לכל פרי בהתאם למקור הפרי וההיסטוריה המוכרת שלו. בניסוי זה כמעט שלא נמצאו נזקי קליפה שנראים כ-DSB וללא השפעה של הטיפולים על שיעורי נזק זה ולכן התוצאות אינן מוצגות.

טבלה 3: פגמים חייוניים בתפוחי זהוב בהשפעת הטיפולים השונים בתום משכי אחסון שונים ולאחר שבוע חיי מדף ב-20°C (N=15).

מועד בדיקה	משך אחסון (חודשים)	טיפול / אווירה	ריקבון (%)	הצטמקות (%)	גומה (%)
הוצאה מאחסון	6	CA	0.6	0.0	0.3
		DCA	0.5	0.0	0.7
		1-MCP	1.1	0.0	0.6
	8	CA	2.1	0.0	0.0
		DCA	0.7	0.6	0.0
		1-MCP	0.6	0.0	0.8
שבוע חיי מדף ב-20°C	6	CA	0.6B	0.2B	0.3
		DCA	0.6B	2.7A	0.7
		1-MCP	1.8AB	0.4B	0.8
	8	CA	4.2A	0.0B	1.5
		DCA	1.9AB	1.7AB	0.0
		1-MCP	3.0AB	0.6B	0.8

A-B - להבדלים מובהקים בין טיפולים שונים לאחר שבוע חיי מדף ב-20°C מתום האחסון ($p < 0.05$).

פרי ראוי לשיווק - בחישוב של פרי הראוי לשיווק נכללו בנוסף לפירות התקינים גם תפוחים עם הצטמקות בחומרה קלה. אחוזי הפרי הראוי לשיווק היו גבוהים מאוד בתום 8 חודשי אחסון בכל טיפולי הניסוי (כ-95%), אך נמצא פחות פרי לשיווק בתפוחים שאוחסנו באוויר מבוקר כמקובל בתום חיי מדף וזאת בעיקר עקב הרקבונות שנמצאו באחוזים גבוהים בטיפול זה.

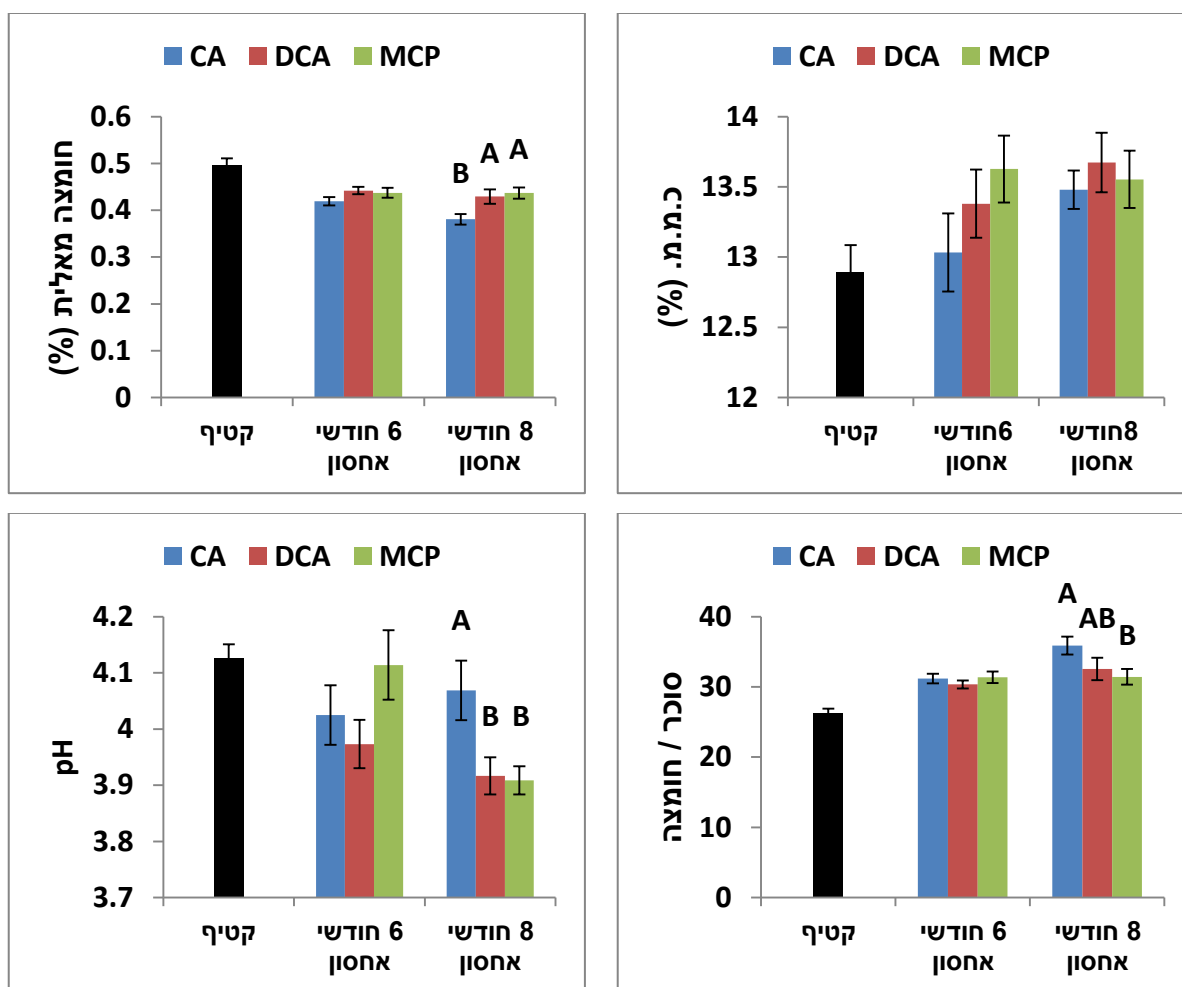


איור 4: תפוחי זהוב הראויים לשיווק (%) בהשפעת הטיפולים השונים בתום משכי אחסון שונים ולאחר שבוע חיי מדף ב-20°C (N=15 עבור כל עמודה).

A-B - אותיות שונות להבדלים מובהקים בין טיפולים באותו מועד בדיקה ($p < 0.05$).

איכות פנימית - ככלל, איכות תפוחי הזהוב היתה טובה ונמצאו מעט פגמים פנימיים בציפת הפרי (רקבון או נזקי CO₂ קלים) ללא השפעת הטיפולים או תנאי האחסון (תוצאות לא מוצגות).

תכונות מיץ הפרי- במיץ שנסחט מהתפוחים לא נמצאה השפעה מובהקת של הטיפולים השונים על תכולת הכ.מ.מ., אך תכולת החומצה המאלית נשמרה גבוהה בתפוחים שטופלו ב-1-MCP ובאלו שאוחסנו ב-DCA בתום 8 חודשי אחסון ולכך נמצאה השפעה גם על יחס ההבשלה שהיה גבוה יותר בתפוחים שאוחסנו ב-CA (איור 5). כמו כן, תכולת החומצה המאלית נשמרה גבוהה בתפוחים שטופלו ב-1-MCP ובתפוחי ה-DCA וזאת בהתאמה לרמת ה-pH.

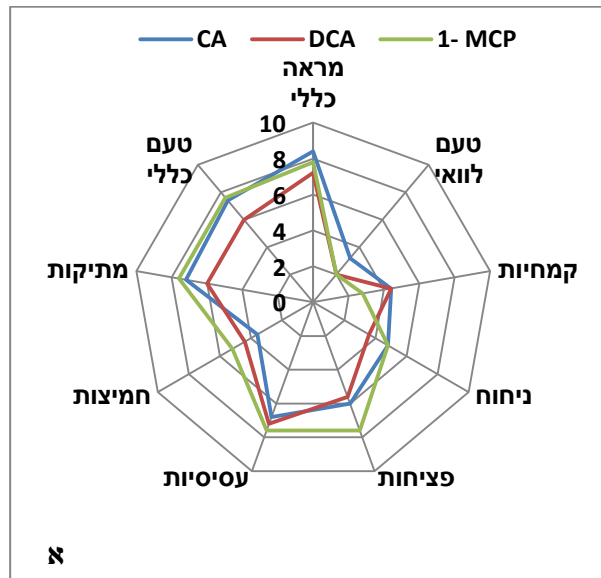


איור 5: תכולת הכ.מ.מ., החומצה המאלית, יחס הבשלה (כ.מ.מ.\ חומצה מאלית) וה-pH בתפוחי זהוב מטיפולים שונים לאחר 6 ו-8 חודשי אחסון.
A-B - להבדל מובהק בין הטיפולים בכל מועד בדיקה ($p < 0.05$).

הערכה סנסורית- במבחן שנערך להערכת מראה ומרכיבי טעם של הפרי בהשפעתם של הטיפולים השונים נמצא שהתפוחים מקטיף שני שטופלו ב-MCP-1 הוערכו כפחות קמחיים במובהק יחסית לפרי ה-CA מאותו הקטיף (איור 6). כלומר, הטיפול ב-MCP-1 יכול לעכב באופן מובהק את התפתחות הקמחיות בתפוחים ממצבי הבשלה מתקדמים יחסית לתפוחים שאוחסנו באוויר מבוקר סטנדרטי. יש לציין שבתפוחים שטופלו ב-MCP-1 וב-DCA נראתה מגמה לפיה נשמרה בהם פציחות גבוהה ועסיסיות יחסית לתפוחים שאוחסנו באוויר מבוקר סטנדרטי (CA) ותכונות אלו מועדפות על צרכני הפרי.

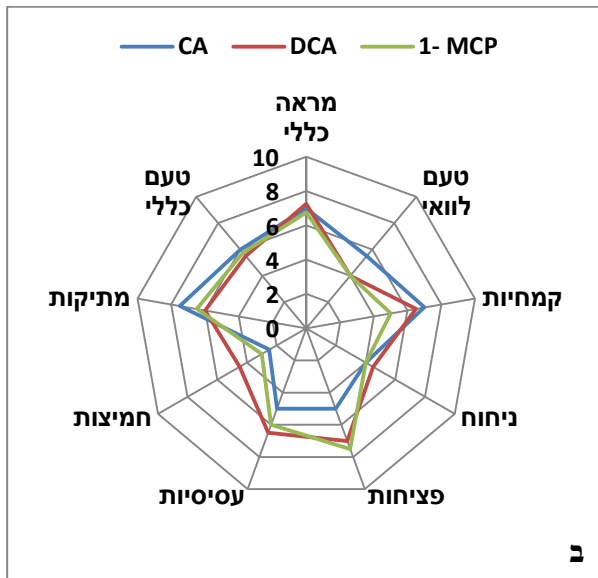
קטיף ראשון

6 חודשי אחסון



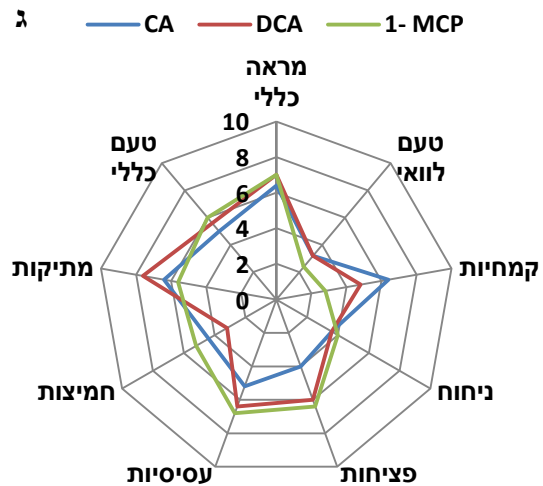
א

8 חודשי אחסון

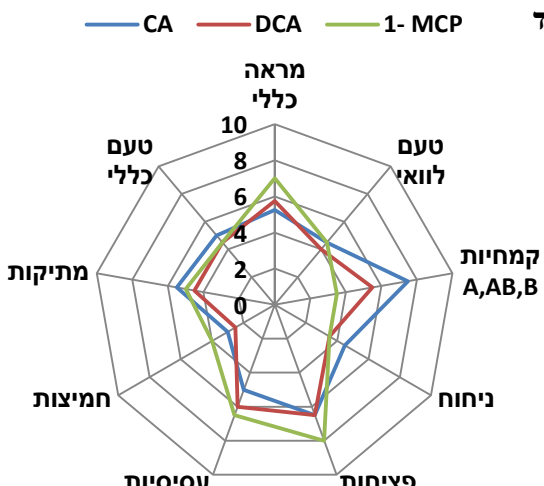


ב

קטיף שני



ג



ד

איור 6: המראה והטעם של תפוחי זהוב בתום האחסון ושבוע חיי מדף ב-20°C בהשפעת טיפולים שונים.

A-B- להבדל מובהק בין טיפולים באותו מועד בדיקה ($p < 0.05$).

סיכום

בתום 3 שנות ניסוי ניתן להיעזר בטכנולוגיית ה-DCA כדי להעריך האם הפרי נמצא בעקב כיוון שזוהה הפיק הפלואורסנטי של הכלורופיל ובתגובה לכך הועלתה רמת החמצן ל-0.5-0.8% למניעת העקה בהמשך האחסון, בעוד שבתנאי האחסון באוויר מבוקר רמת החמצן המקובלת היא 1.5%. השפעות האחסון ב-DCA והטיפול ב-1-MCP נבחנו על תפוחים במגוון מצבי הבשלה ונמצא שבאופן כללי תגובתם של התפוחים לטיפולים אלו היתה דומה ועם יתרון על פני תפוחים שאוחסנו בתנאי אוויר מבוקר המקובלים (CA). אולם, כדי ליישם את כל אחת מהשיטות נחוצות ההתאמות הבאות:

- לאחסון בתנאי DCA: נחוצה השקעה כספית ברכישה של מערכת בקרה יקרה, כמו כן, ליישום הטכנולוגיה נדרשים חדרים באטימות מעולה ומחולל חנקן עם יכולת גבוהה בניקיון מחמצן - פחות מ-0.1%.
- לאחסון בתנאי 1-MCP: דרוש יישום של התכשיר בכל עונה, ישנן הגבלות ליישום התכשיר במצבי הבשלה מסויימים, תהליך הקירור ההדרגתי איטי ומסורבל.
הממצאים העיקריים היו:

 - צבע קליפה- ככלל, הקליפה, על פי ערך a^* , של תפוחים שטופלו ב-1-MCP היתה מעט יותר צהובה בהוצאה מאחסון, אולם הבדל זה התפוגג בחיי מדף. הצהבת קליפת התפוחים שטופלו ב-1-MCP נובעת מהורדת הטמפרטורה ההדרגתית והממושכת (כ-3 שבועות) עד להפעלת תנאי אווירה מבוקרת, בעוד שביתר הטיפולים הורדת הטמפרטורה היתה מהירה וכתוצאה מכך עוכב פירוק הכלורופיל שהקנה לקליפה את הגוון הירוק.
 - קשיות- לשתי הטכנולוגיות, ובמיוחד לטיפול ב-1-MCP נמצא יתרון בעיכוב התרככות התפוחים בהשוואה לאלו שאוחסנו בתנאים המסחריים המקובלים.
 - איכות חיזונית ופרי ראוי לשיווק- אחוזי הפרי הראוי לשיווק היו גבוהים על פי רוב בכל הטיפולים עם יתרון לתפוחי ה-DCA וה-1-MCP וההבדלים בין הטיפולים היו ברגישותם לפגעים:

*הצטמקות- איכותם של תפוחי ה-DCA נפגעה כתוצאה מהצטמקות והועלתה ההשערה שהסיבה להצטמקות היא הזרמת חנקן רבה לתא האחסון ב-DCA במטרה לשמור על חמצן נמוך (עקב אטימות בלתי מספקת של תא האחסון) אשר ייבשה את התפוחים וגרמה להצטמקותם. יתכן שתפוחי ה-DCA לא יפגעו מהצטמקות בקיצור משך האחסון או כשיוזרם פחות חנקן הודות לאטימה טובה של תא האחסון, או שיועשר באדי מים. *גומה מרה- רגישות לכך נמצאה בתפוחים שטופלו ב-1-MCP יחסית ליתר הטיפולים במיוחד בתפוחים שמקורם ברמת הגולן. לפיכך, מומלץ לשקול ולהתאים את יישומם של הטיפולים ותנאי האחסון לכל פרי בהתאם למקור הפרי וההיסטוריה שלו. צרבון- לטיפול ב-1-MCP ולאחסון ב-DCA יש ערך מוסף על פני האחסון ב-CA כיוון שניתן לעכב באמצעותם את הצרבון שאינו ניתן לחיזוי בזן זה. נזקי D.S.B.- בחלק משנות הניסוי הופיעו באחוזים נמוכים, אך ללא הבדלים בחומרתם בין הטיפולים.**

 - איכות פנימית- לא נמצאה השפעה מובהקת של הטיפול על איכותם הפנימית של תפוחי הזהוב שהיתה טובה מאוד, לרוב.
 - תכונות המיץ- תפוחים שטופלו ב-1-MCP או שאוחסנו ב-DCA היו לעיתים עם תכולת חומצה גבוהה ו-pH נמוך יחסית לביקורת המסחרית (CA) והצביעו על עיכוב בהבשלת תפוחים אלו.
 - מראה וטעם- התפתחות הקמחיות עוכבה במיוחד ע"י הטיפול ב-1-MCP וע"י האחסון בתנאי DCA וכמו כן נמצאו להם השפעות חיוביות על פציחות הפרי ועסיסיותו ומכאן שלטיפולים אלו השפעה חיובית לטעמו ולמרקמו של הפרי.
 - יתרון נוסף לשימוש ב-DCA הוא התאמתו לשימוש בתפוחים אורגניים.

לסיכום, לאחסון בתנאי DCA ולטיפול ב-1-MCP נמצאו יתרונות על פני האחסון באוויר מבוקר סטנדרטי ומפעילי בתי הקירור יכולים לבחור מי משתי אפשרויות האלו עדיפה עליהם.

2. התאמת תנאי אחסון של הזן 'גרני סמית' באוויר מבוקר לטיפול "סמרטפרש" (1-MCP) לאחר הקטיף.

מבוא

התכשיר סמארטפרש מבוסס על המולקולה 1-methylcyclopropene (1-MCP) וביכולתו לעכב את פעולת האתילן במערכות צמחיות. באחסון תפוחים בארץ נעשה שימוש בתכשיר בהיקף רחב למדי, הודות ליעילותו במניעת התפתחות הצרבון השטחי ושמירת מוצקות ופציחות הפרי. מאחר שלחשיפה לסמארטפרש השפעה פיזיולוגית דרמטית, סביר להניח, שתגובת הפרי המטופל שונה מאלו שהוגדרו בעבר כתנאים אופטימליים לאחסון של פרי שאינו מטופל ועל-כן אנו עדים לעתים לנזקים המתפתחים הן בקליפת הפרי והן בציפתו. בשנת הניסויים השניה (2013) נבחנה השפעתם של תנאי האחסון על תפוחי הגרני סמית שטופלו ב-1-MCP. טמפרטורת האחסון היתה 3°C (ולא 4°C כבשנה הראשונה) והממצאים העיקריים משנת ניסויים זו היו: השפעתו המרכזית של הטיפול ב-1-MCP היתה מניעה של צרבון למשך 8 חודשים בשתי טמפרטורות האחסון (0 ו-4 מע"צ), ללא השפעה של רמת ה- CO_2 . רגישות להופעת נקודות שחורות על הקליפה נמצאה באחסון של תפוחים שטופלו ב-1-MCP ב- 0°C , אולם תפוחים אלו שאוחסנו ב- 3°C היו באיכות חיצונית טובה בדומה לתפוחי הבקורת כמקובל במסחר (0°C , 4% CO_2). נזקי CO_2 חיצוניים (כמו צריבה) נמצאו בתפוחים שטופלו ב-1-MCP ואוחסנו ב- 3°C עם 4% CO_2 ולכן הוחלט לבחון אחסון בריכוזים נמוכים מכך (ב-2% CO_2). מבחינת האיכות הפנימית הטיפול ב-1-MCP הגביר את רגישות הפרי שאוחסן ב- 3°C להשחמה של ציפת הפרי, אך זו היתה במידת חומרה קלה ובעיקר בפרי מקטיף מוקדם. כמו כן, הטיפול ב-1-MCP שמר על קשיות הפרי שאוחסן ב- 3°C בדומה לזו של תפוחי הביקורת שאוחסנו בתנאים הדומים למקובל במסחר. הטיפול ב-1-MCP שמר על חמיצות הפרי ולכן השפעה מיטיבה על טעמו של הפרי.

על סמך התוצאות הנ"ל נערכו מספר שינויים בשנת הניסויים השלישית (2014) כדי לשפר את תוצאות האחסון של הפרי המטופל ב-1-MCP: ריכוז ה- CO_2 הופחת מ-4% ל-2% וכן נבדק ריכוז של 0.5% CO_2 כשהיתרון של רמת $\text{CO}_2 > 0.5\%$ הוא בהפחתת האנרגיה הדרושה לספיחת הגז המצטבר במהלך האחסון. כמו כן, נדגמו תפוחים ממטעים מאזורי גידול שונים בשני מועדי קטיף בכדי לבחון האם ישנם הבדלים בתגובתם לתנאי האחסון השונים.

מטרת המחקר

בחינה בשנה שלישית של התנאים המיטביים לאחסון באוויר מבוקר עבור תפוחים מהזן גרני – סמית לאחר טיפול בסמארטפרש, על מנת להוזיל עלויות ולשפר איכות.

חומרים ושיטות

תפוחי גרני-סמית נדגמו בשני מועדי קטיף, בהפרש של כשבועיים, ממיכלי פרי של ששה מטעים שונים (מטעים שימשו כחזרות, טבלה 1) בהגעתם לבתי הקירור. מכל מטע נדגמו 32 תיבות עם כ-40-50 פירות אחידים בגודל ובמראה ונערך ניסוי רב-גורמי בו נבדקו השפעות הטיפוליים לאחר כ-7 ו-9 חודשי אחסון ולאחר שבוע חיי מדף ב-20°C. הגורמים שנבדקו הם:

1. מצב הבשלה בקטיף – 2 מועדי קטיף בהפרש של כ-10 ימים.
 2. טיפול 1-MCP – עם או ללא חשיפה ל-0.6 ח"מ 1-MCP במשך 24 שעות, למחרת הקטיף בהגעת הפרי לטמפרטורת האחסון.
 3. טמפרטורות אחסון – 0°C או 3°C.
 4. ריכוזי CO₂ – 0.5% או 2% (בכל התאים ריכוז החמצן היה 1.5%).
- מדדי הבשלה בקטיף- ביום הקטיף נבדקו ב-10 פירות מייצגים מכל מטע מדדי הבשלה בהם: צבע קליפה וקשיות. לאחר מכן הפירות נחצו ומחצית הפרי נטבלה בתמיסת יוד להערכת פירוק העמילן (בסקלה מ-1-10) וממחציתו השניה של כל פרי נדגם פלח ובמיץ שנשחט מתערובת פלחים שנדגמו מכל פרי נבדקו תכולת ה.כ.מ.מ. באמצעות רפרקטומטר דיגיטלי, החומצה המאלית וה-pH באמצעות טיטרטור אוטומטי.
- בהוצאה מאחסון- תיבת תפוחים מכל מטע הוצאה לאחר כ-7 חודשי אחסון בקירור (4.5.15) ונדגמו 10 פירות באופן אקראי מכל תיבה, עבור בדיקות הבשלה (טבלה 1) ואיכות פנימית וביתר הפרי נבחן המראה החיצוני לאפיון פגמי קליפה. בפירות רקובים אופיין הגורם ונזק. נזק של צרבון שטחי דורג בכל פרי על פי חומרתו כנקי (ללא נזק), קל (פחות מ-10% משטח פני הפרי), בינוני (עד 50%) או קשה (מעל ל-50%) ובניתוח התוצאות חושבה הנגיעות במחלה כאחוז משוקלל (0-100%) השווה לסכום מכפלות אחוז הפרי הנגוע בכל דרגה בחומרת הנגע (1-4) וחלוקה ל-4 כמפורט בנוסחה:
- נוסחה לחישוב אחוז משוקלל של נזק:

$$Damage (weighted \%) = [\%lite * 1 + \%medium * 2 + \%hard * 4] / 4$$

כל הפרי (מלבד הפרי הרקוב) הועבר לשבוע ימים בחיי מדף ב-20°C וכ-65% לחות יחסית ונבדק באותו אופן. האיכות הפנימית נבדקה ב-10 פירות ובמיץ שנשחט מתערובת פלחים שנדגמו מכל פרי נבדקו תכולת ה.כ.מ.מ. והחומצה המאלית.

בתום 7 חודשי אחסון רק הפרי שטופל בסמרטפרש (כיוון שבטיפול הבקורת מצבו של הפרי לא הצדיק המשך אחסון) הועבר להמשך אחסון ב-0°C, אולם המשך האחסון נערך בתנאי אוויר רגיל בקירור גליל ולאחר חודשיים (כ-9 חודשי אחסון בסה"כ, ב-28.6.15) נבדקה איכותו של הפרי בדומה לבדיקה שלאחר 7 חודשי אחסון (תוצאות לא מוצגות).

תוצאות ודיון

מצב ההבשלה בקטיף- תפוחי הקטיף השני התקדמו בהבשלתם במובהק יחסית לתפוחי הקטיף הראשון וזאת על פי מידת פירוק העמילן, ההתקדמות בהתרככותם, תכולת החומצה הנמוכה וחיזוק לכך התקבל גם ביחס ההבשלה הגבוה (טבלה 1). בקטיף השני נמצאו הבדלים מובהקים במידת פירוק העמילן והקשיות בין המטעים שמצביעים על כך שבקטיף זה יוצגו תפוחים השונים במצב הבשלתם בעוד שבקטיף הראשון נמצאה אחידות יחסית, על אף שהקטיף נערך ממטעים מאזורי גידול שונים ולמרות ההבדלים במצבי ההבשלה, תגובתם של התפוחים מהמטעים השונים לתנאי האחסון השונים היתה דומה.

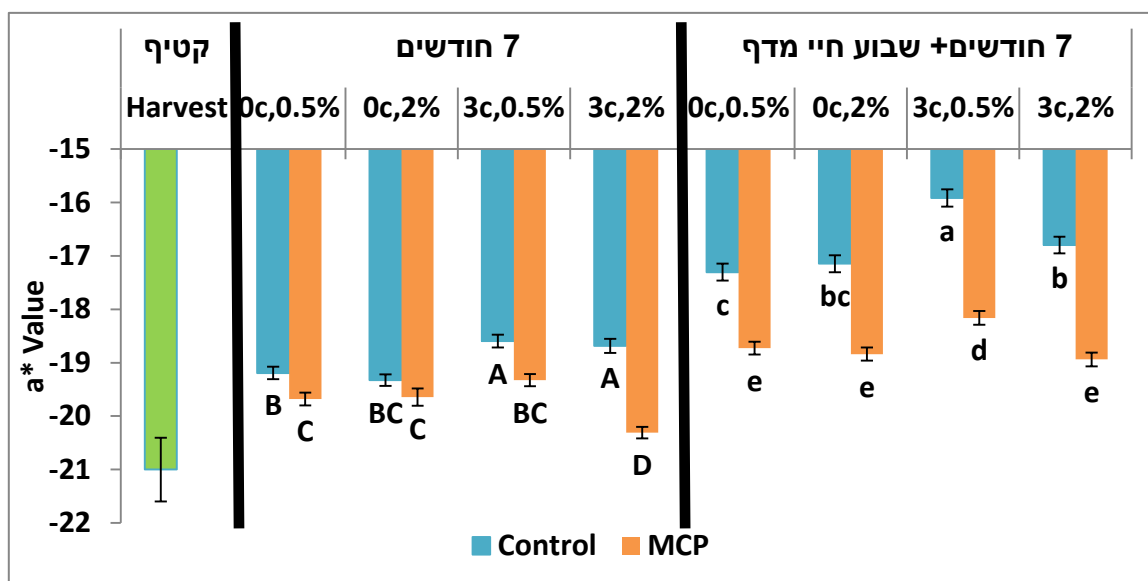
טבלה 1: מדדי הבשלה של תפוחי גרני סמית משני מועדי קטיף ממטעי הגליל וגולן.

מועד הקטיף	מקור הפרי	קשיות (לב"כ)	פירוק העמילן (1-10)	צבע קליפה (a*)	כ.מ.מ. (%)	חומצה מאלית (%)	כ.מ.מ. חומצה	pH
29-30.9.15	יראון	17.4	4.0	-19.1	11.2	0.77	14.6	3.56
	סאסא	17.1	4.1	-18.6	11	0.75	14.7	3.82
	מלכיה	15.9	4.0	-19.3	10.5	0.68	15.4	3.79
	יונתן	15.5	4.0	-18.3	9.5	0.67	14.2	3.69
	עין זיוון	16.2	4.4	-19.7	11.2	0.68	16.5	3.16
	קשת	14.8	4.0		10.7			
ממוצע								
		16.5±0.8*	4.1±0.2*	-19.0±0.6	10.7±0.6	0.71±0.05*	15.1±0.9*	3.6±0.3
12.10.15	יראון	14.8ab	6.0b	-20.1	10.0	0.68	14.8	3.71
	סאסא	15.2a	7.2a	-18.8	10.3	0.44	23.4	3.96
	מלכיה	14.9ab	7.9a	-18.6	12.1	0.62	19.5	3.19
	יונתן	14.1b	7.4a	-19.0	9.7	0.53	18.3	3.69
	עין זיוון	15.1a	6.8ab	-19.9	11.2	0.69	16.4	4.11
	קשת	15.0a	6.9ab	-19.6	11.3	0.61	18.5	3.12
ממוצע								
		14.9±0.4*	7.0±0.6*	-19.3±0.6	10.8±0.9	0.59±0.09*	18.5±2.9*	3.63±0.4

a-b – אותיות שונות מציינות הבדל מובהק בין מטעים באותו קטיף ($p \leq 0.05$).
 * מציינת הבדל מובהק במדד הנבדק בין ממוצעי המטעים ($p < 0.05$)

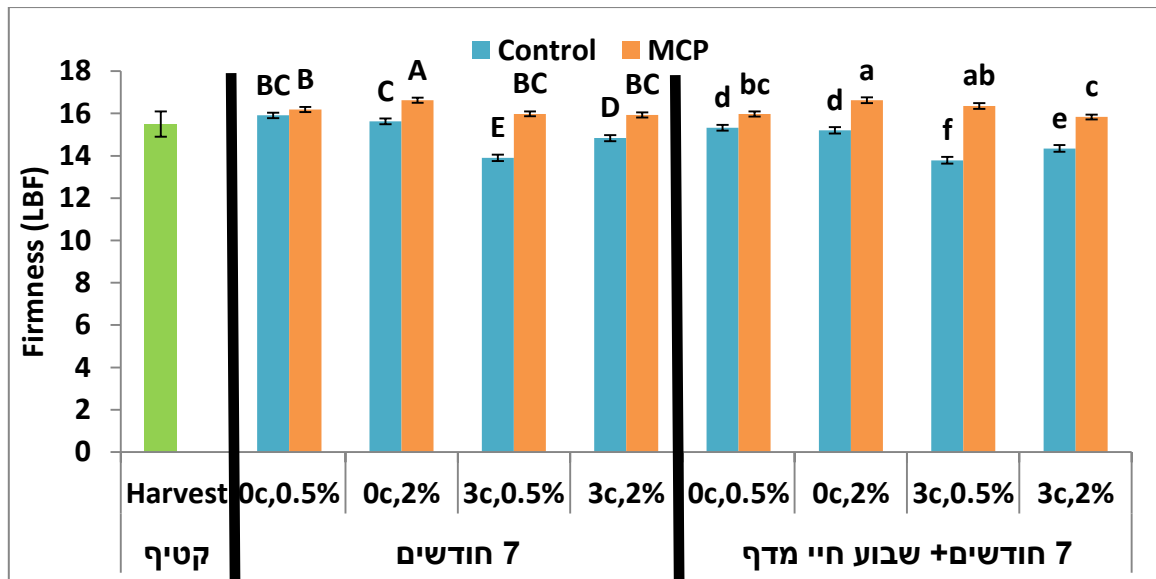
שינויים באיכות החיצונית של הפרי במהלך האחסון וחיי המדף

צבע הקליפה - התבהרות הקליפה (פחות ירוקה) הושפעה במובהק מטמפרטורת האחסון והטיפול ב-1-MCP. על פי ערך a^* קליפת פרי הבקורת שאוחסן ב- 3°C היתה פחות ירוקה בהוצאה מאחסון ויותר מכך בתום חיי מדף בעוד שהטיפול ב-1-MCP עיכב הצהבה זו במובהק ובמיוחד בחיי מדף (איור 1). השפעתו המעכבת המובהקת של ה- CO_2 על הצהבת הקליפה נראתה בחיי מדף בפרי שאוחסן ב- 3°C גם בפרי הביקורת וגם כשהפרי טופל ב-1-MCP.



איור 1: צבע רקע בקליפת תפוחי גרני סמית (על פי ערך a^*) עם או ללא טיפול ב-1-MCP, בתום 7 חודשי אחסון בתנאי טמפרטורה ואווירה שונים ולאחר שבוע בחיי מדף ב- 20°C ($n=12$).
A-D, a-e - להבדל מובהק בערך a^* בין תנאי האחסון השונים בהוצאה מאחסון או לאחר שבוע בחיי מדף בפרי הבקורת או שטופל ב-1-MCP ($p \leq 0.05$).

קשיות- תפוחים שטופלו ב-1-MCP היו קשים במובהק מתפוחי הבקורת במרבית מועדי הבדיקה ובתנאי האחסון השונים (איור 6). אחסון ב- 3°C הגביר את התרככות תפוחי הבקורת אך השפעה זו עוכבה בתפוחים שטופלו ב-1-MCP.



איור 6: קשיות תפוחי גרני סמית עם או ללא טיפול ב-MCP-1, בתום 8 חודשי אחסון בתנאי טמפרטורה ואווירה שונים וכן לאחר שבוע נוסף בחיי מדף ב-20°C (n=12).
A-E, a-d - להבדל מובהק בין עמודות בכל מועד בדיקה בנפרד (p≤0.05).

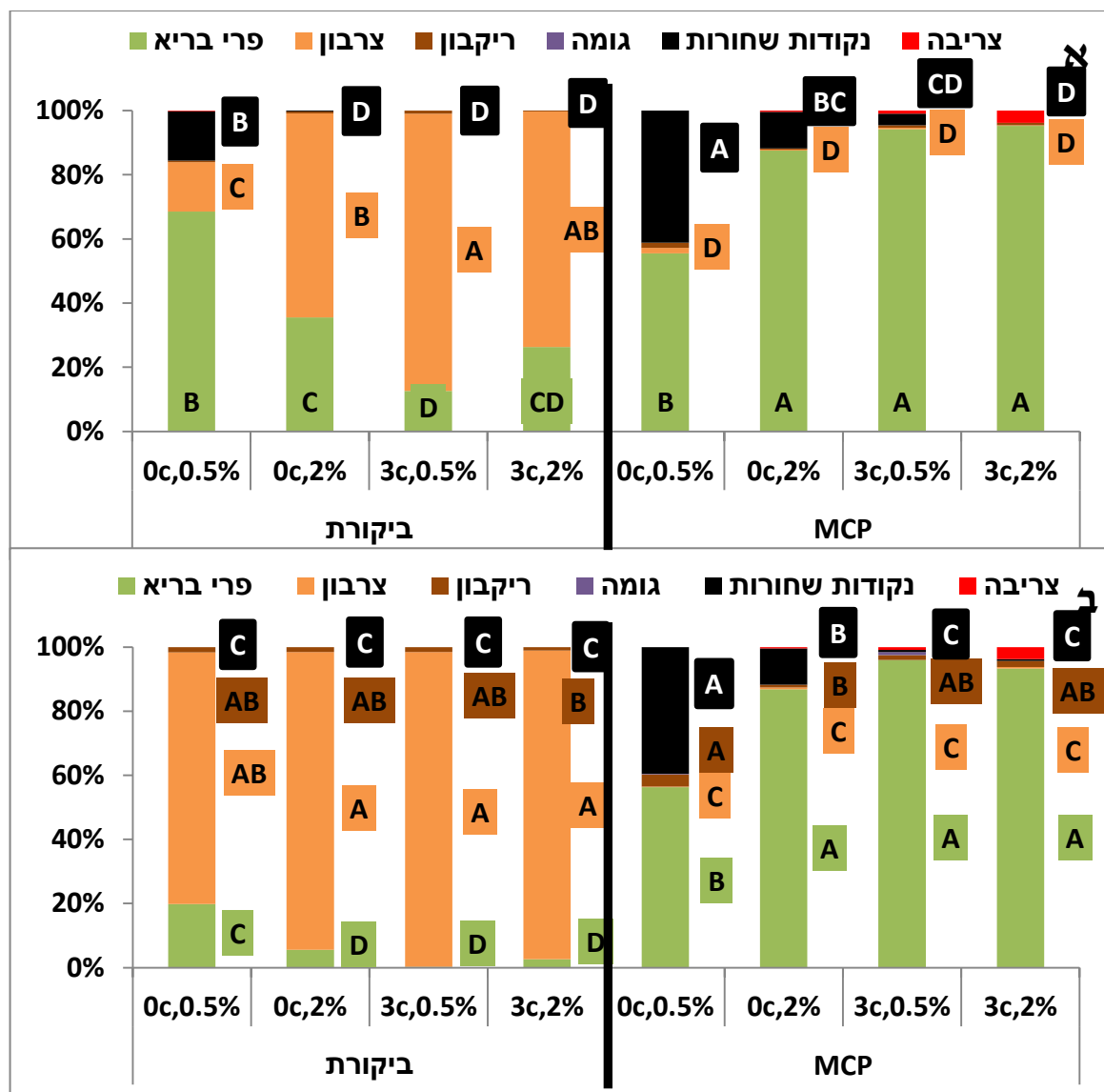
פגמי קליפה:

בתום 7 חודשי אחסון נבחנה איכותם החיצונית של התפוחים וכן לאחר שבוע נוסף בחיי מדף ב-20°C, כשבמהלכם החמירו חלק מהנזקים (כגון הצרבון) (איור 2).

פרי בריא- ככלל, הטיפול ב-MCP-1 שמר טוב יותר על האיכות החיצונית והתקבל בהשפעתו אחוז גבוה יותר של פרי בריא (ללא נזק) בהשוואה לבקורת ובמיוחד ב-3°C. ב-0°C היה יתרון לטיפול ב-MCP-1 רק ב-2%CO₂, כיוון שבריכוז זה הופחתו הנקודות השחורות במובהק וכמו כן נמנע הצרבון השטחי (תמונה 1,4).

ערבון- הטיפול ב-MCP-1 עיכב כמעט לחלוטין את הצרבון בתפוחים, אולם בתפוחי הבקורת נזק זה נמצא בחומרה רבה בכל תנאי האחסון ושיעוריו הגיעו אף לכ-99% בחיי מדף (איור 2, תמונה 4). תפוחי הקטיף הראשון היו יותר רגישים לצרבון (% משוקלל) מאשר תפוחי הקטיף השני בהוצאה מאחסון במרבית תנאי האחסון (ללא הבדל באחסון ב-0.5%CO₂, 0c) (איור 3), אולם הבדל זה התפוגג בחיי מדף. ממצא זה הינו בהתאמה לידוע לפיו רגישות התפוחים לצרבון פוחתת עם התקדמות ההבשלה, אך מנוגד לשנה הקודמת בה הפרי מקטיף מאוחר היה יותר רגיש לנזק.

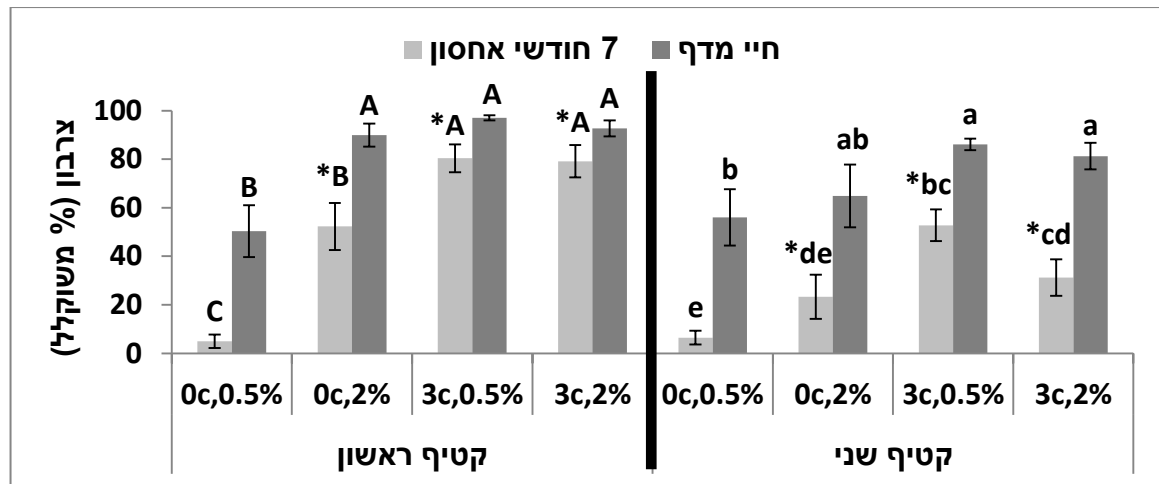
נזקים נוספים- תפוחים שטופלו ב-MCP-1 היו רגישים במובהק להופעת נקודות שחורות על קליפת הפרי כשאוחסנו ב-0°C, אולם ב-3°C נזק זה נמנע כמעט לחלוטין (איור 2, תמונה 1). בניסוי השנה כמעט שלא נמצאו נזקי CO₂ חיצוניים (צריבה) שנמצאו בשנים קודמות (בעיקר ב-3°C ו-4%CO₂) וניתן ליחס זאת להפחתת ריכוזי ה-CO₂ באחסון (תמונה 1). שיעור הרקבנות היה נמוך יחסית (עד ל-3.8%) וכמעט שלא נמצאו נזקי DSB (diffuse skin browning) ולא ניתן ליחס את אלו לתנאי האחסון או ל-MCP-1.



איור 2: נזקים חיצוניים בתפוחי גרני סמית עם או ללא טיפול ב-MCP-1, א. בתום 7 חודשי אחסון בתנאי טמפרטורה ואווירה שונים ב. לאחר שבוע בחיי מדף (n=12).

a-d - להבדל מובהק בנקודות שחורות בתנאי אחסון שונים בפרי בקורת ומטופל ב-MCP-1 ($p \leq 0.05$).

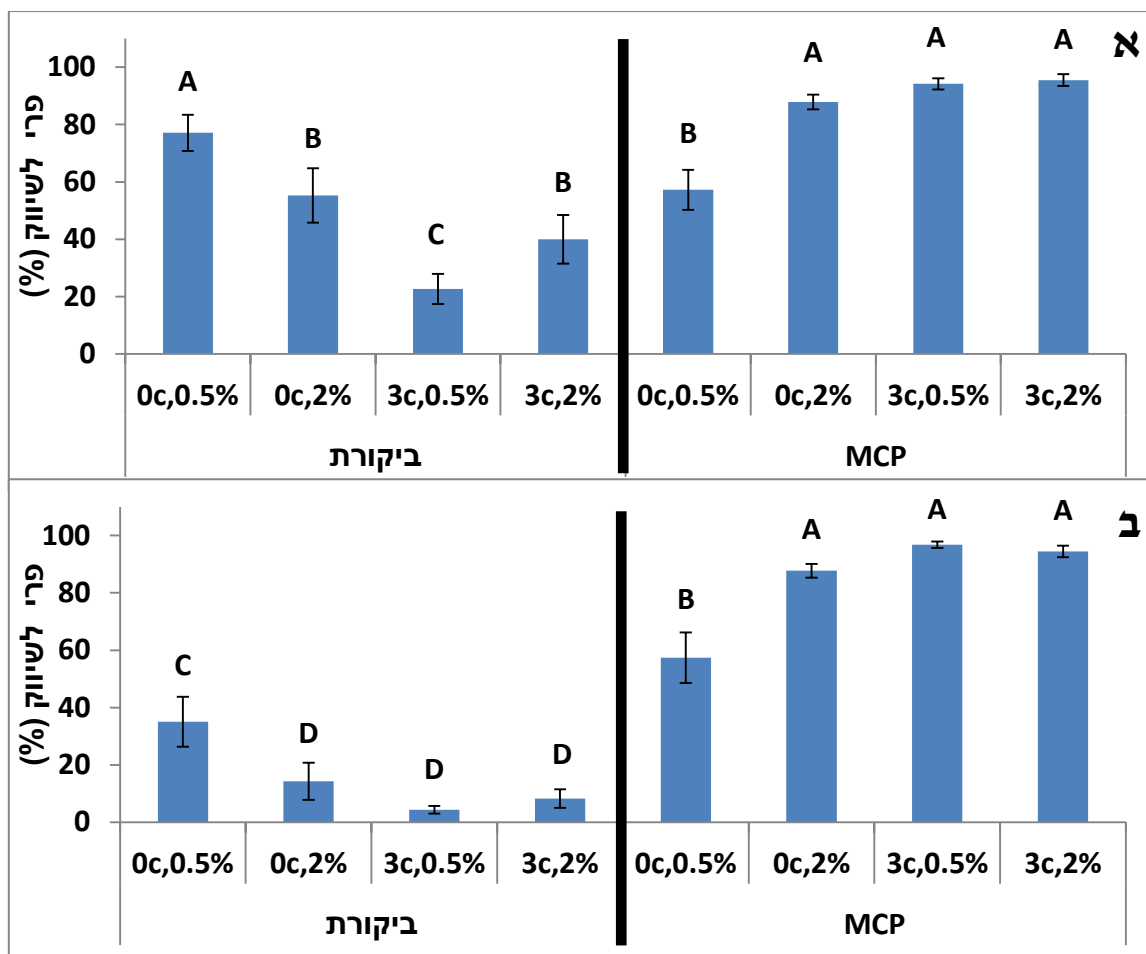
A,D - להבדלים מובהקים בפרי התקין בתנאי האחסון השונים ($p \leq 0.05$).



איור 3: צרבון (%) משוקלל) בתפוחי הבקורת בלבד בשני מועדי הקטיף בתום 7 חודשי אחסון בתנאי טמפרטורה ואווירה שונים וכן לאחר שבוע בחיי מדף ב-20°C (n=6).
 A-C, a-e - להבדל מובהק בצרבון בין כל אחד מתנאי האחסון בקטיף בנפרד (p<0.05).
 *- להבדל מובהק בצרבון בין מועדי הקטיף בתום אחסון באותם תנאים (p<0.05).

פרי לשיווק - בהערכת הפרי המיועד לשיווק נכלל הפרי התקין וכן פרי עם נזקים בחומרה קלה (כגון צרבון) וככלל נמצאו אחוזים גבוהים יותר לשיווק כשהפרי טופל ב-1-MCP הודות לעיכוב הצרבון (איור 5, תמונה 4). אחוזים גבוהים של תפוחים לשיווק נמצאו כשאוחסנו ב-3°C וטופלו ב-1-MCP, אך ב-0°C אחוזיהם היו נמוכים כשאוחסנו עם 0.5%CO₂, בעוד שב-2%, בדומה לתנאי האחסון המקובלים במסחר, שעוריהם היו גבוהים.

מסיכום כלל הממצאים לגבי מצבו החיצוני של הפרי נראה שטיפול ב-1-MCP יכול לשמור על איכות טובה של קליפת הפרי במניעת הצרבון גם ב-3°C ובריכוזי CO₂ שונים ודווקא ב-0°C גוברת רגישות התפוחים לנקודות שחורות במיוחד באחסון בריכוזי CO₂ נמוכים ולפיכך עדיף אחסון תפוחים אלו בטמפרטורה גבוהה מזו. בניסוי הנוכחי לא התפתחו נזקי CO₂ חיצוניים בקליפה באחסון ב-2%CO₂ ונראה שזהו הריכוז שעשוי להתאים לאחסון ממושך של תפוחים אלו.



איור 5: תפוחי גרני סמית שראויים לשיווק עם או ללא טיפול ב-MCP-1, א. בתום 7 חודשי אחסון בתנאי טמפרטורה ואווירה שונים ב. לאחר שבוע בחיי מדף, (n=6).
 A-D - להבדל מובהק בשעורי הפרי הראוי לשיווק בין העמודות בכל מועד בדיקה ($p \leq 0.05$).



תמונה 1: נזקים על פני קליפת תפוחי גרני שטופלו ב-MCP-1: נקודות שחורות בפרי שאוחסן ב-0°C (משמאל), ונזקי CO₂ חיצוניים הנראים כצריבה בפרי שאוחסן ב-3°C ואוחסן ב-4% CO₂ (מימין).



תמונה 2: נזקים בציפת תפוחי גרני לאחר 8 חודשי אחסון: נזקי CO₂ (משמאל) והשחמה פנימית קשה (באמצע) והשחמה היקפית (מימין).

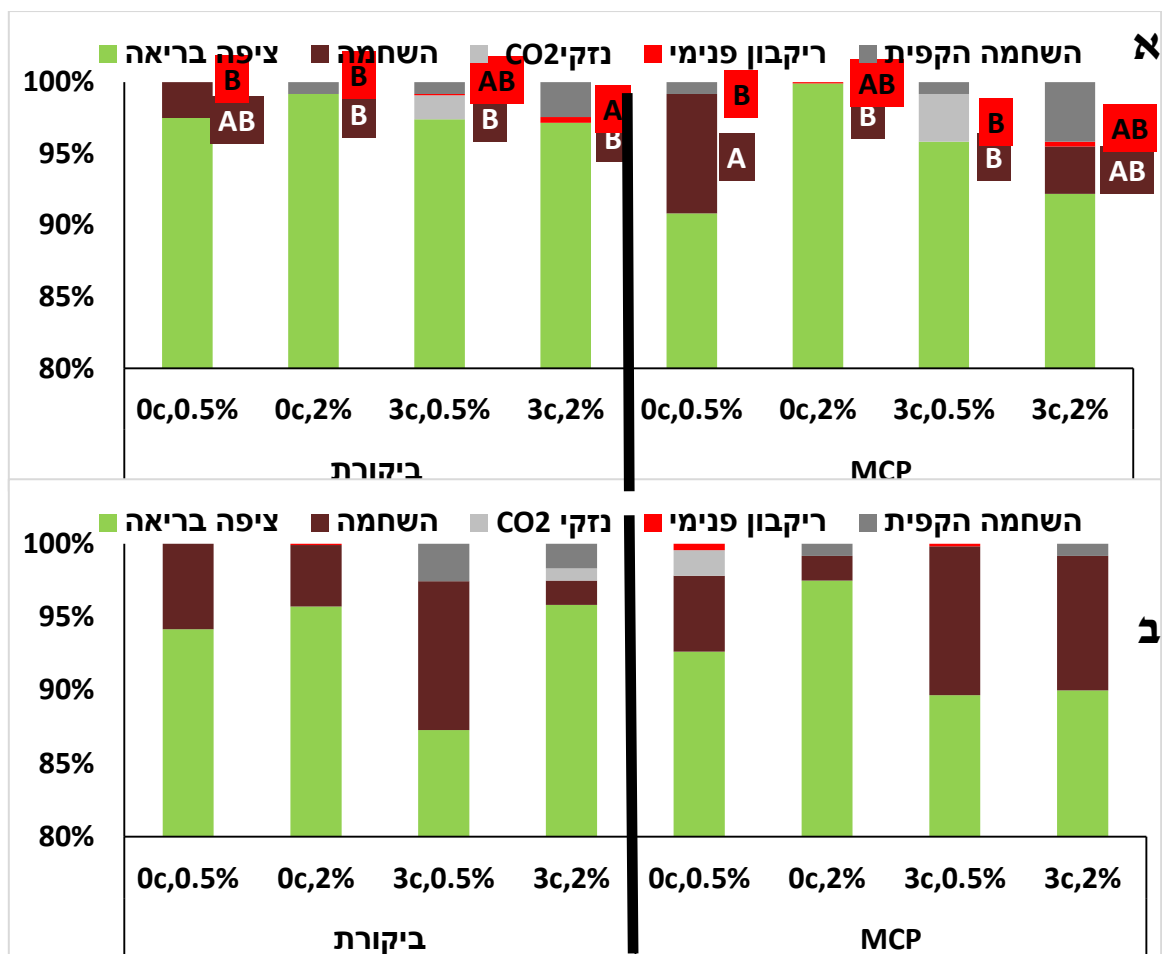


תמונה 3: נזק CO₂ קל בקליפת התפוח (מימין) והשחמה פנימית קלה בציפת התפוח (משמאל) שנכללו בפרי הראוי לשיווק בתום 7 חודשי אחסון ושבוע נוסף ב-20°C.

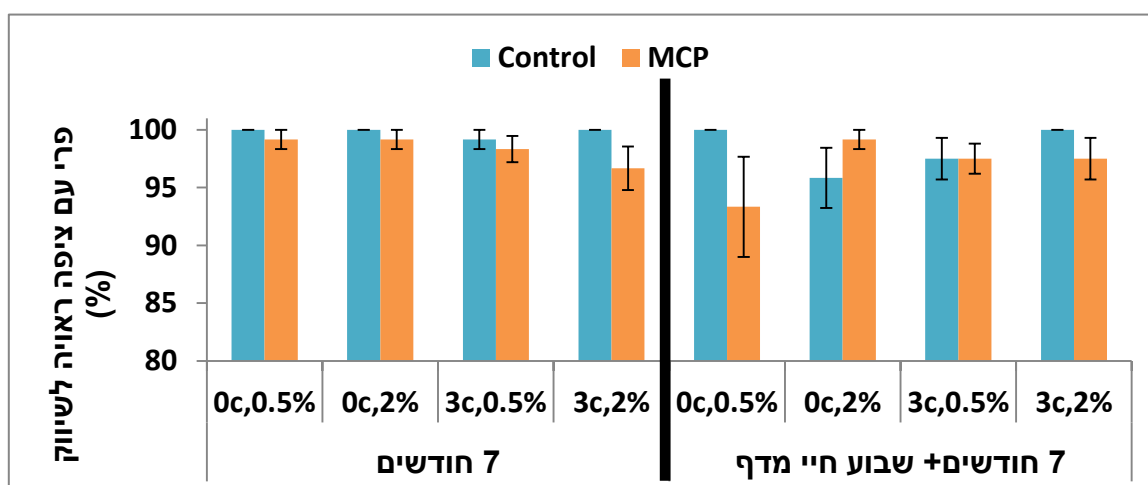
שינויים באיכות הפנימית של הפרי במהלך האחסון וחיי המדף:

בתום אחסון נבדקה גם איכותם הפנימית של התפוחים ונמצאו פגמים בהם השחמה פנימית שהיתה הנזק העיקרי וכן נזק נוסף שנראה כהשחמה היקפית ויתכן שזהו שלב מוקדם בהתפתחות של נזקי CO₂ (תמונה 2). נזקי הציפה החמירו במהלך שבוע בחיי מדף, אך ההבדלים המובהקים בהשפעת תנאי האחסון שנמצאו בהוצאה טושטשו (איור 7). השחמה פנימית נמצאה באחוזים גבוהים יחסית בציפת פרי שאוחסן ב-3°C והחמירה בעיקר בחיי מדף והשחמה היקפית שהוגברה במעט בפרי שאוחסן ב-2%CO₂ היתה לרוב באחוזים נמוכים. בהנחה שהשחמה היקפית היא שלב מקדים של נזקי CO₂ מסיכום של שניהם יחדיו ניתן להתרשם מכך שאחוזיהם גבוהים בציפת פרי שאוחסן ב-3°C.

אחוזי הפרי שציפתו הפנימית ראויה לצריכה כללו פרי עם ציפה תקינה ונזקים קלים כתוצאה מהשחמה פנימית או נזקי CO₂ (תמונה 3). שעורי הציפה הראויה לצריכה היו גבוהים ביותר (מעל ל-93%) וללא הבדלים בין הטיפולים ומועדי הבדיקה על אף ירידה מסוימת באיכות במהלך חיי מדף (איור 8).



איור 7: נזקים פנימיים מצטברים בציפת תפוחי גרני עם או ללא טיפול ב-MCP-1, א. בתום 7 חודשי אחסון ב. שבוע חיי מדף בתנאי טמפרטורה ואווירה שונים ללא הפרדה בין קטיפים (n=12). A-B - להבדל מובהק בין עמודות בכל סוג של נזק ($p \leq 0.05$).



איור 8: איכות פנימית ראווה לשיווק של תפוחי גרני עם או ללא טיפול ב-MCP-1, בתום 7 חודשי אחסון ולאחר שבוע חיי מדף בתנאי טמפרטורה ואווירה שונים (n=12).

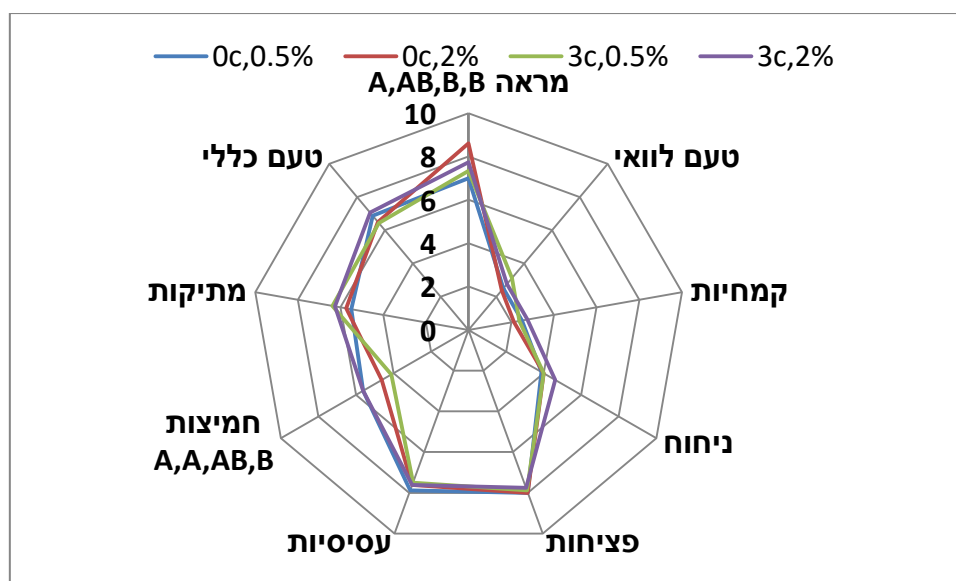
תכונות המיץ - תנאי האחסון והטיפול ב-1-MCP השפיעו בעיקר על תכולת החומצה המאלית במיץ הפרי. באחסון ב-0°C נשמרו אחוזי החומצה גבוהים במעט ועוד יותר באלו שטופלו ב-1-MCP (טבלה 2). ההבדל המובהק והגדול ביותר התקבל בין תפוחי הבקורת לאלו שטופלו ב-1-MCP שאוחסנו ב-3°C, 0.5%CO₂, ולכך נמצאה השפעה גם על יחס ההבשלה (כ.מ.מ. / חומצה). תכולת הכ.מ.מ. או ה-pH לא הושפעו במובהק מהטיפולים.

טבלה 2: תכונות המיץ בתפוחי בקורת וכאלו שטופלו ב-1-MCP לאחר 7 חודשי אחסון בתנאים שונים.

תנאי האחסון	כ.מ.מ. (%)	חומצה מאלית (%)	כ.מ.מ. חומצה	pH	
בקורת	0c,0.5%	12.1	0.53ab	23.0abc	3.66
	0c,2%	12.0	0.51bc	23.7abc	3.71
	3c,0.5%	11.7	0.48c	24.4a	3.50
	3c,2%	11.9	0.50bc	24.1ab	3.75
1-MCP	0c,0.5%	11.9	0.54ab	22.0bc	3.72
	0c,2%	12.1	0.57a	21.6c	3.67
	3c,0.5%	11.9	0.54ab	22.0bc	3.68
	3c,2%	11.7	0.52abc	22.9abc	3.83

a-c - להבדלים בממד הנבדק במיץ מתפוחים מתנאי אחסון שונים ובהשפעת הטיפול ב-1-MCP.

הערכה חושית - לאחר 7 חודשי אחסון ושבוע חיי מדף ב-20°C הוערך המראה והטעם של התפוחים שטופלו ב-1-MCP בלבד כיוון שתפוחי הבקורת לא היו באיכות מסחרית עקב הצרבו. המראה של התפוחים שאוחסנו ב-0°C ו-2%CO₂ הוערך כטוב ביותר ובמובהק מהתפוחים שאוחסנו בריכוזי CO₂ נמוכים (0.5%CO₂) (איור 9). התפוחים שאוחסנו בטמפרטורה הגבוהה וריכוזי ה-CO₂ הנמוכים (3c,0.5%CO₂) הוערכו כפחות חמוצים יחסית ליתר התפוחים ובשאר מרכיבי הטעם לא נמצאו הבדלים בהשפעת תנאי האחסון.



איור 9: הערכת המראה הכולל הטעם ומרכיביו בהשפעת תנאי אחסון בתפוחי גרני סמית לאחר 7 חודשי אחסון ושבע חיי מדף ב-20°C.

סיכום השפעות על איכות לשיווק- תפוחי גרני סמית שטופלו ב-1-MCP נבדלו באיכותם החיצונית מתפוחי הבקורת הודות לעיכוב הצרבו, אולם איכותם הפנימית של תפוחי הבקורת היתה טובה במרבית המקרים (טבלה 3). באחסון ב-3°C התקבלו האחוזים הגבוהים ביותר של פרי הראוי לשיווק (הצללה אפורה) ובמיוחד בשילוב עם 0.5%CO₂, כפי הנראה הודות להפחתת הסיכון מנזקי CO₂ חיצוניים המתבטאים כצריבה.

טבלה 3: שיעורי התפוחים עם האיכות החיצונית הראויה לשיווק והאיכות הפנימית של הציפה תקינה הראויה לשיווק בהשפעת תנאי האחסון בתפוחי הבקורת ובאלו שטופלו ב-1-MCP.

1-MCP		בקורת		
איכות פנימית (%)	איכות חיצונית (%)	איכות פנימית (%)	איכות חיצונית (%)	
93	57	100	35	0c,0.5%
99	88	96	14	0c, 2%
97	97	97	4	3c,0.5%
97	94	100	8	3c, 2%

הודגשו שעורי פרי בהם הן האיכות החיצונית והן הפנימית גבוהים מ-80%.

קטיף	תנאי האחסון	ביקורת	1-MCP
3.9.14	0°C 2% CO ₂		
	3°C 2% CO ₂		
12.10.14	0°C 2% CO ₂		
	3°C 2% CO ₂		

תמונה 4: תפוחי גרני שטופלו ב-1-MCP או תפוחי בקורת שאוחסנו למשך 7 חודשי אחסון בתנאי טמפרטורה ו- CO_2 מוגדרים ושבוע נוסף בחיי מדף ב- 20°C .

סיכום ומסקנות

בשנת הניסויים השלישית נבחנו השפעותיהם של גורמי אחסון שהותאמו על פי תוצאות שתי שנות הניסוי הראשונות: טמפרטורת האחסון היתה 3°C (במקום 4°C) ורמת ה- CO_2 הופחתה ל-2% (במקום 4%). שינויים אלו היטיבו עם איכות הפרי ובמיוחד נמנעה הופעתם של נזקים הקשורים ל- CO_2 כגון נזקי CO_2 חיצוניים שהופיעו כצריבה על קליפת הפרי ונזקי CO_2 פנימיים שנראו כחללים שחומים בציפת הפרי. הטיפול ב-1-MCP היטיב עם איכותם החיצונית של התפוחים הודות למניעת הצרבון בשתי טמפרטורות האחסון (0°C ו- 3°C) ללא הבדלים בהשפעת ריכוזי ה- CO_2 , בעוד שבתפוחי הבקורת הפגיעה מצרבון היתה חמורה. תפוחים שטופלו ב-1-MCP ואוחסנו ב- 3°C היו באיכות חיצונית מצויינת וללא נזקים כגון נקודות

שחורות על הקליפה שנמצאו באלו שאוחסנו ב- 0°C ורק מעט נזקי CO_2 חיצוניים (כמו צריבה) נמצאו בתפוחים שאוחסנו ב- $3\%\text{CO}_2$. האיכות הפנימית של תפוחים אלו היתה טובה כשהפגם העיקרי בהם היה השחמת ציפת הפרי אולם זו היתה בעיקר בחומרה קלה ואיכותו הפנימית של הציפה לשיווק היתה גבוהה ביותר (מעל ל-97%). הטיפול ב-1-MCP שמר על תכולת חומצה מאלית גבוהה ולכך עשויה להיות השפעה מיטיבה על טעמו האופייני של זן זה. האחוזים הגבוהים ביותר של פרי לשיווק מבחינה חיצונית ושציפתו ראויה לשיווק היו אלו שטופלו ב-1-MCP ואוחסנו ב- 3°C וב- $0.5\%\text{CO}_2$. הניסוי נערך בתפוחים מ-6 מטעים מאזורי גידול שונים שנקטפו בשני מועדי הקטיף וככלל תגובתם לתנאי האחסון היתה דומה. על סמך התוצאות האלו ראוי לחזור ולוודא את השפעתם של תנאי האחסון המיטביים בשנת ניסויים נוספת ובהמשך לבחון זאת בקנה מידה חצי מסחרי.

3. בחינת מרפאן 80 כנגד רקבונות אחסון בתפוחים

בשיתוף רפי חפץ וחגי בר און מחברת "אדמה מכתשים בע"מ"

תקציר

מבוא

התכשיר מרפאן 48 מותר לשימוש באגסים ובתפוחים למניעת רקבונות אחסון. לחברת "אדמה מכתשים בע"מ" עניין לבצע רישוי לתכשיר מרפאן 80 לאותה המטרה ומינון היעד של התכשיר מרפאן 80 הוא אותו המינון של חומר פעיל כמו בתכשיר מרפאן 48. מקובל לשלב את המרפאן עם האנטיאוקסידנט DPA בתפוחים בכדי למנוע את הצרבון באחסון. בניסוי שנערך בשנה שעברה נתקבלו תוצאות מבטיחות בתפוחים בהדברת פטריית האחסון פניציליום (*Penicillium expansum*) והניסוי נערך במטרה לקבל רישוי עבור התכשיר. הניסויים נערכו בתפוחים מהזנים סטרקינג, גאלה ופינק לידי הידועים כרגישים להתפתחות רקבונות באחסון. יעילות הדברת הרקבונות נבחנה בתפוחים שנטבלו במרפאן בלבד וכן ובשילוב עם האנטיאוקסידנט DPA בו טובלים במטרה למנוע התפתחות צרבון באחסון.

חומרים ושיטות

הניסוי נערך באופן זהה בשלושת זני התפוח גאלה, סטרקינג ופינק לידי כמתואר להלן: תפוחים נאספו ביום הקטיפ ממיכלים והועברו מיד למעבדה בק"ש. להערכת מצב הבשלתם נבדקה קשיותם ב-3 או 4 מדגמים בני 10 פירות באמצעות פנטרומטר (Fruit Texture Analyzer) עם ראש בקוטר 11 מ"מ שהוחדר משני צידי הפרי לעומק של 10 מ"מ לאחר שהוסרה פיסת קליפה. בנוסף נטבלה מחצית כל פרי בתמיסת יוד להערכת מידת פירוק העמילן (בסקלה 1-10). יתר הפרי נשמר בטמפרטורת החדר (כ-20°C) למשך לילה (תפוחי הגאלה בלבד), או שנשמר ב-0°C והוצא מקירור יום טרם האילוח להגעה לטמפרטורת החדר. התפוחים אולחו בנבגי הפטריה פניציליום בפציעת הפרי עם מחט בקוטר 0.4 מ"מ לעומק של 2 מ"מ ועל הפצע הונחו 10 מיקרוליטר מתרחיף הנבגים (טבלה 1). התפוחים חולקו ל-5 קבוצות עבור כל טיפול בפונגיציז (או בקורת) וכל אחד מהם חולק ל-2 קבוצות נוספות כשהאחת נטבלה בפונגיציז בלבד והשניה בשילוב עם DPA. בכל טיפול משולב נטבלו 4 חזרות בנות 10 פירות למשך 20 שניות (טבלה 2) ולאחר ייבוש נשמרו בתא לח ב-20°C. נערך מעקב אחר התפתחות הרקבונות, קוטרם ונביגה מדי 2-4 ימים עד להתפתחות של רקבון במרבית פירות הבקורת. בנוסף, נערך רישום של רקבונות ספונטניים שלא במקום האילוח ואלו לא הושפעו מהטיפול השונים (תוצאות לא מוצגות).

טבלה 1: מועדי הקטיפ והטיפולים השונים שנערכו לתפוחים ביום הקטיפ.

מקור הפרי	גאלה	סטרקינג	פינק לידי
חלקה 6, אלרום	חלקת תורמוס, מלכיה	חלקת קריספ פינק, ברעם	
מועד הקטיפ	18.8.14	4.9.14	19.11.14
מועד האילוח פניציליום	20.8.14	10.9.14	2.12.14
ריכוז נבגי הפניציליום (נבגים/מ"ל)	2.95×10^3	1×10^3	1×10^3
מועד הטבילה	למחרת האילוח	למחרת האילוח	למחרת האילוח
קשיות בקטיפ (לב"כ)	16.5 ± 1.6	14.7 ± 1.3	16.2 ± 0.3
פירוק העמילן (1-10)	7.6 ± 2.1	7.4 ± 2.0	9.2 ± 0.1

טבלה 2: הפונגיצידיים בהם נטבלו התפוחים למניעת הרקבונות עם או ללא DPA בריכוזים שונים (ח"מ - חלקי מיליון, ח"פ - חומר פעיל).

ריכוז	ריכוז חומר פעיל	החומר
-	-	ביקורת
0.15%	1200 ח"מ ח"פ.	מרפאן 80 - מחצית מינון היעד
0.30%	2400 ח"מ ח"פ.	מרפאן 80 - מינון היעד
0.60%	4800 ח"מ ח"פ.	מרפאן 80 - כפול ממינון היעד
0.50%	2400 ח"מ ח"פ	מרפאן 48 – בקורת מסחרית
0.32%	1000 ח"מ ח"פ- גאלה	מינון ה-DPA
0.64%	2000 ח"מ ח"פ- סטרקינג	
0.64%	2000 ח"מ ח"פ- פינק ליידי	

ניתוח סטטיסטי- השפעת הטבילה בפונגיצידיים על התפתחות הפטריות היתה שונה בטיפול הטבילה עם וללא DPA (לפי ניתוח ANOVA דו-גורמי) ולכן השפעתם נבדקה בנפרד עם או ללא DPA. כשמגבלות סטטיסטיות לא אפשרו הבחנה מובהקת בין הטיפולים באמצעות מבחן One Way ANOVA ודירוג לפי מבחן Games-Howell או Duncan, אזי נערך המבחן הסטטיסטי Wilcoxon-Mann-Whitney בין מינון היעד לבקורת שלא נטבלה.

תוצאות

פינק ליידי-

ללא DPA- טבילת תפוחי פינק ליידי במרפאן 80, במינונים השונים, או במרפאן 48 הפחיתו במובהק את אחוזי הנגיעות בפניציליום לעומת הבקורת ועיכבו את השינוי בקוטר הרקבון בכל מהלך הניסוי (איור 1).

בשילוב DPA- הטבילה ב-DPA עיכבה את התפתחות הפטריה ובשילוב עם מרפאן 80 בריכוזים השונים עוכב הרקבון, אך ללא הבדל מובהק מהבקורת באחוזי הנגיעות ובקוטר הרקבון כפי שנמצא בטבילה ללא ה-DPA (איור 1). נביגה רבה נמצאה בתפוחי הבקורת לעומת אלו שטופלו בפונגיצידיים.

לסיכום, טבילה של תפוחי פינק ליידי במרפאן 80 במינון 2400 ח"מ (מינון היעד) עיכבה במובהק את התפתחות הרקבונות ובדומה להשפעתו של מרפאן 48 במינון 2400 ח"מ ח"פ. על אף עיכוב הפטריה בטבילה ב-DPA השילוב עם התכשיר עיכב את התפתחותה, אך במידה פחותה (איור 1).

סטרקינג-

ללא DPA- בטבילת תפוחי סטרקינג במרפאן 80 במינונים השונים או במרפאן 48 פחתו במובהק אחוזי הנגיעות בפניציליום החל מהיום השמיני מהאילוח ועד ל-21 ימים בסיום הבדיקה (איור 2). השפעת הפונגיצידיים התבטאה גם בעיכוב מובהק של התפתחות התפטיר ושל נביגה, אולם השינוי בקוטר הרקבון לא נבדל מהבקורת.

בשילוב DPA-טבילה ב-DPA הפחיתה את אחוזי הנגיעות בפרי ולמרות זאת בשילוב התכשיר היו בתפוחי הבקורת אחוזי הנגיעות, התפתחות התפטיר והנביגה הגבוהים ביותר לעומת אלו שנטבלו בפונגיצידים החל מהיום ה-11 מאילוח הפרי (איור 2). בתפוחים שנטבלו במרפאן 80 במינון 2400 ח"מ לא נמצא הבדל מובהק מהבקורת על אף עיכוב במדדי הרקבון השונים.

לסיכום, טבילה של תפוחי סטרקינג במרפאן 80 במינון 2400 ח"מ (מינון היעד) עיכבה במובהק את התפתחות הרקבונות לעומת הבקורת ובדומה להשפעתו של מרפאן 48 במינון 2400 ח"מ ח"פ, ומגמה זו נשמרה בשילובם עם DPA, אך ההבדלים לא היו מובהקים (איור 2).

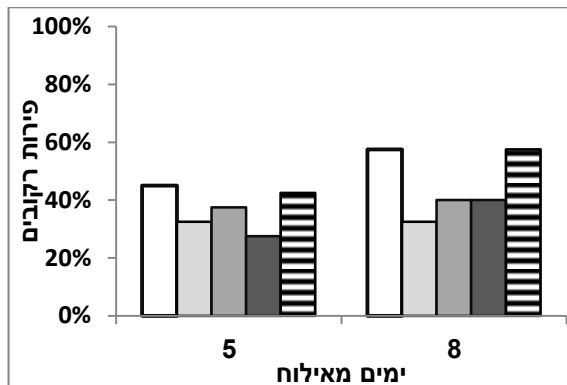
גאלה-

ללא DPA-טבילת תפוחי הגאלה במרפאן 80 במינונים שונים הפחיתו לעומת הבקורת את אחוז הפירות הרקובים, האטו את התפשטות הרקבון ונמצאו בהם פחות תפטיר ונביגה. החל מ-26 ימים מהאילוח נמצאו הבדלים מובהקים בין הפרי שנטבל במרפאן 80 במינון 2400 ח"מ לבין הבקורת (איור 3). הרקבונות עוכבו בפרי שנטבל במרפאן 48 יחסית לבקורת, אך במידה פחותה מאלו שנטבלו במרפאן 80.

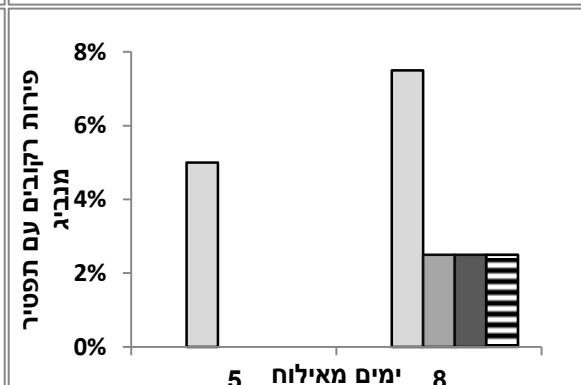
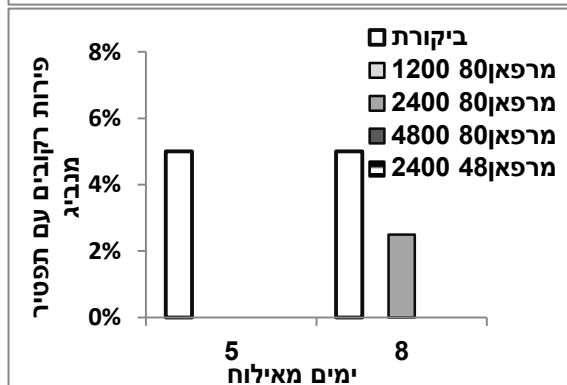
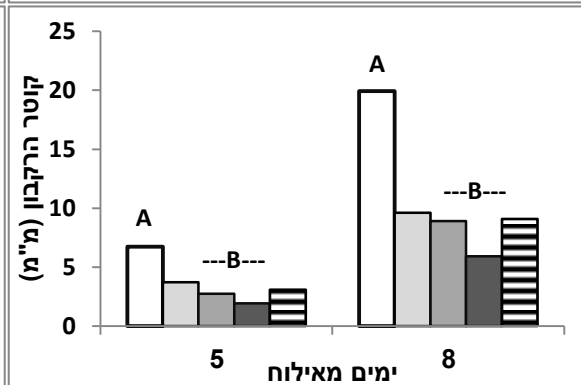
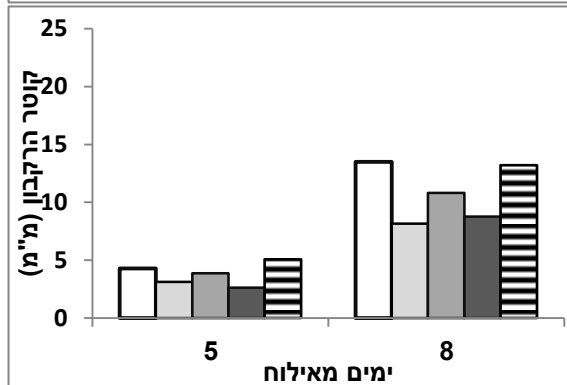
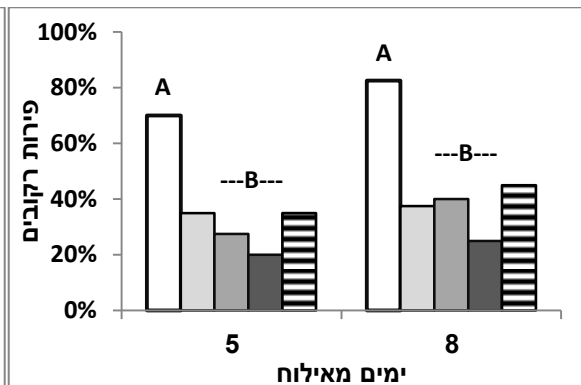
בשילוב DPA-טבילה עם DPA צומצמו אחוזי הרקבונות במידה ניכרת ובתפוחי הבקורת אלו כלל לא התפתחו. יתכן שהדבר נובע מעצם עיכוב הפטריה באמצעות ה-DPA. אחוזי הפירות הרקובים בטבילה במרפאן 80 במינון היעד (2400 ח"מ ח"פ) נותרו 7.5% לערך במהלך כל תקופת הבדיקה וללא שינוי עד ל-39 ימים מהאילוח.

לסיכום, טבילת תפוחי הגאלה במרפאן 80 במינון 2400 ח"מ (מינון היעד) עיכבה את התפתחות הרקבונות לעומת הבקורת ובשילובם עם DPA העיכוב היה דומה. טבילה במרפאן 80 במינון היעד עיכבה את התפתחות הרקבונות לא פחות טוב מאשר במרפאן 48 באותו המינון (תמונה 1).

בשילוב DPA



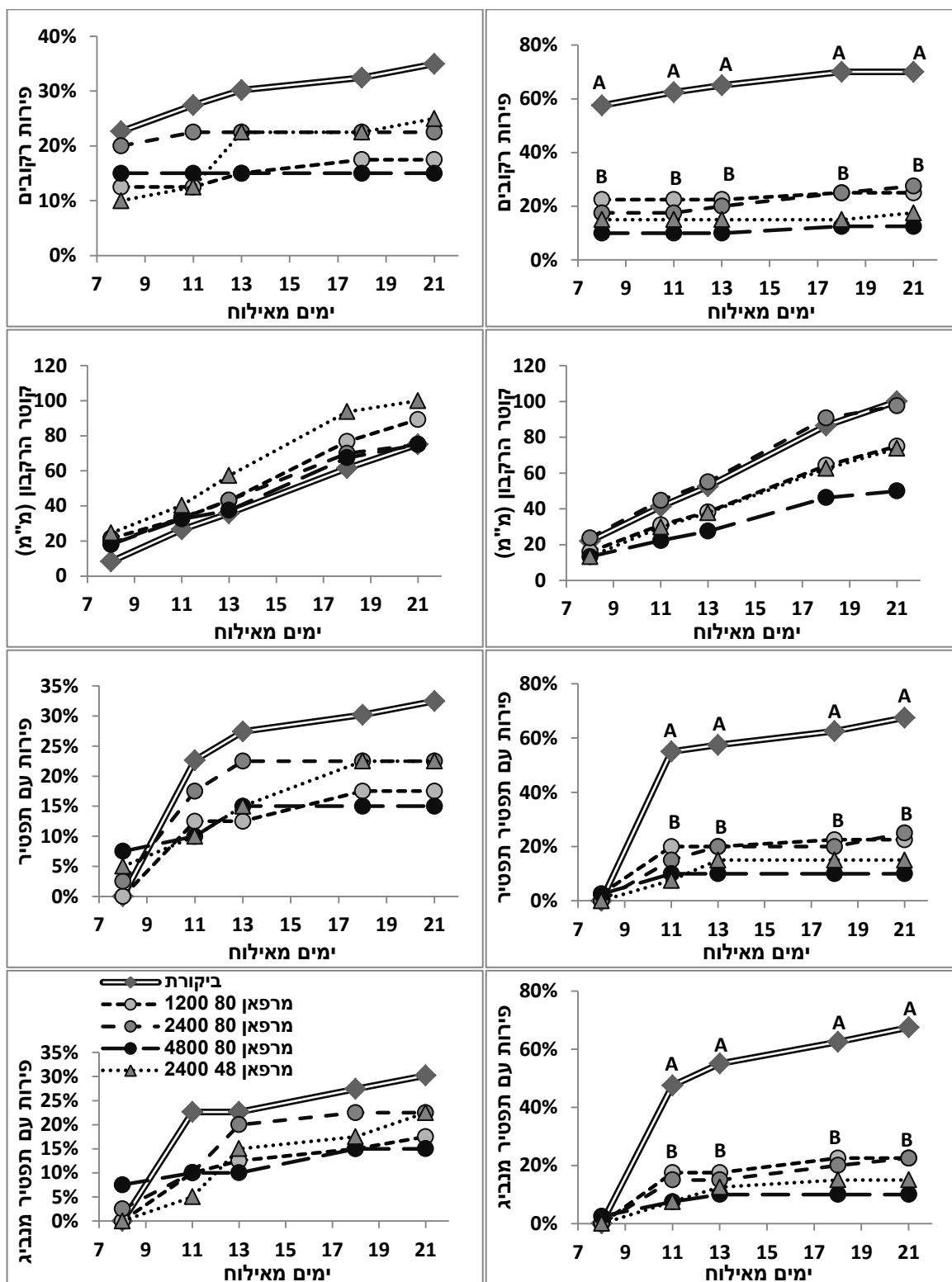
ללא DPA



איור 1: התפתחות הפטריה פניציליום בתפוחי פינק ליידי מאולחים בהשפעת טבילה במרפאן 80 במינונים שונים או במרפאן 48 (2400 ח"מ ח"פ) עם או ללא שילובם ב-DPA. A-B - להבדלים מובהקים בין הבקורות לפונגיצידים השונים בכל מועד בדיקה ($p < 0.05$).

בשילוב DPA

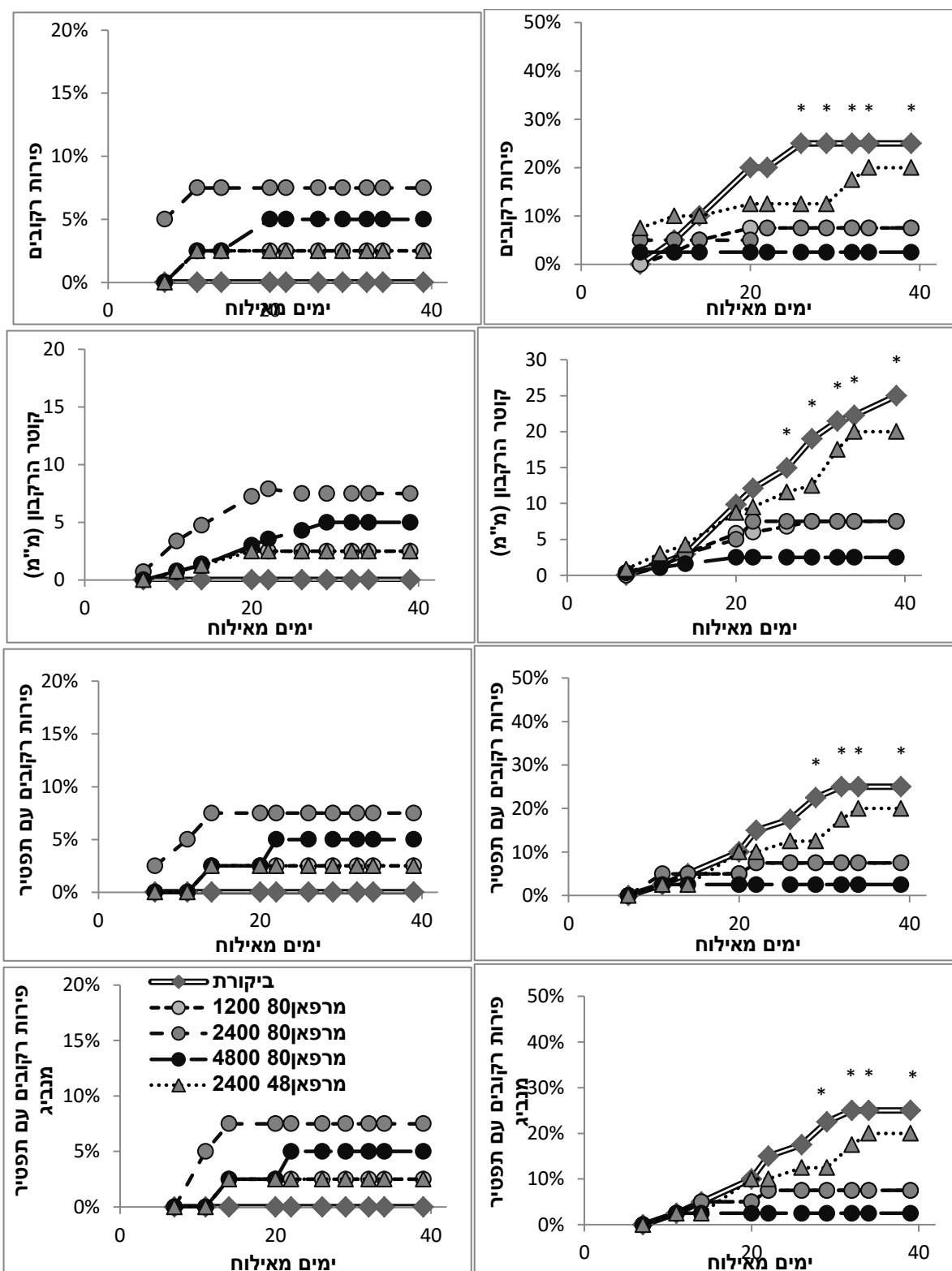
ללא DPA



איור 2: התפתחות הפטריה פניציליום בתפוחי סטרקינג מאולחים בהשפעת טבילה במרפאן 80 במינונים שונים או במרפאן 48 (2400 ח"מ ח"פ) עם או ללא שילובם ב-DPA. A-B - להבדלים מובהקים בין הבקורות לפונגיצידים השונים בכל מועד בדיקה ($p < 0.05$).

בשילוב DPA

ללא DPA



איור 3: התפתחות הפטריה פניציליום בתפוחי גאלה מאולחים בהשפעת טבילה במרפאן 80 במינונים שונים או במרפאן 48 (2400 ח"מ ח"פ) עם או ללא שילובם ב-DPA.
 * - להבדל מובהק בין הבקורות לתכשיר מרפאן 80 2400 ח"מ ח"פ (מינון היעד), ($p < 0.05$).

סיכום

בעבודה זו נבחנה השפעת הטבילה במרפאן 80 במינון היעד של 2400 ח"מ ח"פ כדי שישמש תחליף לתכשיר מרפאן 48 באותו המינון. בטבילת תפוחי פינק ליידי, סטרקינג וגאלה עוכבה התפתחות הפטריה פניציליום ביעילות בעת הטבילה במרפאן 80 במינון היעד (2400 ח"מ) במרבית המדדים שנבדקו כגון אחוז הרקבנות, קוטר הרקבון, התפתחות התפטיר ונביגה. בטבילת התפוחים המאולחים ב-DPA עוכבה התפתחות הפטריה ויתכן שכתוצאה מכך בשילוב התכשירים עם ה-DPA צומצמו ההבדלים בעיכוב הפטריה יחסית לבקורת. הפטריה פניציליום עוכבה בטבילת תפוחי הגאלה בתכשיר מרפאן 80 במינון 2400 ח"מ ח"פ לעומת הבקורת, ובחלק מהמקרים אף יותר מאשר באמצעות התכשיר מרפאן 48 באותו המינון.

לסיכום, טבילה בתכשיר מרפאן 80 במינון 2400 ח"מ ח"פ של תפוחים מהזנים פינק ליידי, סטרקינג וגאלה עיכבה ביעילות את התפתחות הפטריה פניציליום ועשויה לשמש תחליף ראוי למרפאן 48 באותו המינון. לרוב, עצם הטבילה ב-DPA עיכבה את התפתחות הפטריה ובשילוב התכשיר עם DPA צומצמו השפעותיו יחסית לבקורת. אולם, בטרם הכנסת התכשיר למסחר יש לבחון את יעילותו בקנה מידה חצי מסחרי.

טבילה בשילוב DPA	ללא DPA	בקורת
		בקורת
		מרפאן 80 1200 ח"מ
		מרפאן 80 2400 ח"מ
		מרפאן 80 4800 ח"מ
		מרפאן 48 2400 ח"מ

תמונה 1: תפוחי גאלה שנטבלו בתכשירי מרפאן בריכוזים שונים עם או ללא שילוב ב-DPA לאחר שאולחו בנבגי פניציליום.