

תקופת המחקר: 2002-2003	קוד מחקר: 402-0310-03
Subject: THE EFFECT OF 1-MCP ON PROLONGED STORABILITY OF AVOCADO AND MANGO FRUITS	שם המחקר: השפעת טיפול ב 1-MCP על הארכת האחסון של אבוקדו ומנגו
Principal investigator: EDNA PESIS	חוקר ראשי: עדנה פסיס
Cooperative investigator: MIRYAM ACKERMAN, ROZA BEN-ARIE, PRUSKY DOV, OLEG FAIGENBERG	חוקרים שותפים: מרים אקרמן, רוזה בן-אריה, דב פרוסקי, אולג פייגנברג
Institute: Agricultural Research Organization (A.R.O)	מוסד: מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן 50250

תקציר

הבעיה - אבוקדו ומנגו הם פירות סובטרופיים שלא תילן תפקיד חשוב במהלך הבשלתם. אבוקדו מייצר כמויות ניכרות של אתילן, אשר מאיץ את התרככות הפרי ומאידך מגביר את הופעת הנזקים. גם במנגו יש לאתילן תפקיד חשוב בהבשלה, בהתפתחות הצבע ובהתרככות.

עיקרי הניסויים והתוצאות - בשנה הראשונה בחנו את השפעת ה MCP על אבוקדו מהזנים אטינגר ופוארטה. MCP מעכב את הבשלת האבוקדו והדבר מתבטא בעיכוב בהתרככות ובהופעת הפיק הקלימקטרי של אתילן ושל פחד"ח. ה- MCP היה יעיל בעיכוב פעולת האתילן באבוקדו מכל הזנים שנבחנו, כאשר ניתן בריכוז נמוך של כ 300 חלקי בליון (ח"ב) בשנה השנייה התרכזו בעיקר באבוקדו מהזן האס. בהאס בחנו את האפשרות לתת את הטיפול בטמפרטורה של 5 מ"צ ולא ב 20 מ"צ. מסתבר שהטיפול ב 20 מ"צ היה יעיל יותר בעיכוב הבשלה, אך ניתן לתת את הטיפול גם ב 5 מ"צ ומקבלים הארכה רצינית במשך הזמן עד להופעת הפיק הקלימקטרי. בנוסף מצאנו שטיפול ב MCP יכול למנוע נזקי צינה בזן האס גם בטמפרטורה נמוכה של כ 3 מ"צ. נמצא גם שבזן האס אין צורך לטפל ב MCP בריכוז של 300 ח"ב, גם טיפול בריכוזים נמוכים שנעים בין 50 ל 150 ח"ב גרמו לדחייה בהבשלה. ערכנו מספר ניסויים חצי מסחריים בבתי אריזה שנתנו תוצאות טובות במניעת הבשלה. הגו MCP שוחרר בצורה אחידה במכולה בנפח של 20 רגל ולא היה הבדל בהשפעת החומר בין פירות שהיו בקרטונים שבהיקף המשטח לבין הקרטונים שהיו בתוכו. טיפול בפונגציד ספורטק בהוצאה מהקירור הפחית בהרבה את מידת התפתחות הריקבון באבוקדו שטופל ב MCP אך לא הפחית את מידת הריקבון בפרי הביקורת. היתרון הגדול של MCP בטיפול באבוקדו הוא הפחתת נזקי הצינה והאפרות הציפה בפרי המטופל.

במנגו בחנו את האפקט של MCP בזנים טומי וקיט. בזן טומי MCP משפיע בריכוזים גבוהים יחסית, עיקר השפעתו במניעת התפרקות הכלורופיל, דבר שאיננו רצוי בזן צבעוני כמו טומי. בנוסף הטיפול בטומי לא נתן תוצאות טובות ואף הגביר את הנזקים והריקבונות. לעומת זאת בזן קיט טיפול ב MCP בריכוזים של 1-2 ח"מ היה יעיל בעיכוב הבשלה, הטיפול מנע התרככות והופעת ריקבונות עוקץ, כאשר הפרי טופל בפונגציד בבית האריזה. כנראה ש MCP בקיט מנע את התבססות הפטרייה בעוקץ במהלך האחסון ומנע את התפתחותה אח"כ בחיי מדף.

רשימת פרסומים:

פסיס ע, הרשקוביץ ו, פייגנברג א, בן אריה ר, אקרמן מ, פרוסקי ד. 2003. שמירה על איכות אבוקדו מזן אטינגר, הארכת אחסונו וחיי המדף שלו באמצעות טיפול במעכב פעולת אתילן

MCP. עלון הנוטע 57 : 485-481.

. 2002 Pesis, E., Feygenberg, O., Krilo, V., Ackerman, M. and Prusky, D.

Postharvest effect of 1-MCP on ripening of avocado, banana and mango fruit.

Nato Adv. Res. Workshop on Biol. Biotech. of Plant Hormone Ethylene.

Murcia, Spain, pg. 166.

Pesis, E., Krilo, V., Feygenberg, O., Ackerman, M., Ben-Arie, R., and Prusky, D.

2003. Postharvest effect of 1-MCP on ripening of avocado cv. Ettinger. In:

Biology and Biothechnology of the Plant Hormone Ethylene III. pg. 397-

401. Vendrell, M., Klee, H., Pech, J. C., Romojaro, F., (Eds.).

Pesis, E., Feygenberg, O., Ben-Arie, R., HersHKovitz, V., Ackerman M. and D.

Prusky 2003. Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of

various avocado cultivars. V World Avocado Congress, Malaga, Spain, A-4.,

pg. 59.

הנושא: השפעת טיפול במעבב פעולת אתילן, MCP-1, על הארכת משך האחסון של אבוקדו ומנגו

דו"ח סופי (שנה שנייה) למדען ומועצת הפירות
תכנית מחקר מס. 402-0310-03

מאת:

עדנה פסיס, אולג פייגנברג, מרים אקרמן, רוזה בן אריה, ורה הרשקוביץ, דב פרוסקי -
המחלקה לאחסון, מכון וולקני

Edna Pesis, Oleg Feigenberg, Miriam Ackerman, Rosa Ben Arie, Vera Hershkovitz,
Dov Prusky

Department of Postharvest Science of Fresh Produce, The Volcani Center,
P.O. Box 6 Bet Dagan. Edna Pesis email: epesis@agri.gov.il

2. הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: כן לא

חתימת החוקר: דב פרוסקי

תקציר

אבוקדו ומנגו הם פירות סובטרופיים שלא תילן תפקיד חשוב במהלך הבשלתם. אבוקדו מייצר כמויות ניכרות של אתילן, אשר מאיץ את התרככות הפרי ומאריך מגביר את הופעת הנזקים. גם במנגו יש לאתילן תפקיד חשוב בהבשלה, בהתפתחות הצבע ובהתרככות. בשנה הראשונה בחנו את השפעת ה MCP על אבוקדו מהזנים אטינגר ופוארטה. MCP מעבב את הבשלת האבוקדו והדבר מתבטא בעיכוב בהתרככות ובהופעת הפיק הקלימקטרי של אתילן ושל פחד"ח. ה- MCP היה יעיל בעיכוב פעולת האתילן באבוקדו מכל הזנים שנבחנו, כאשר ניתן בריכוז נמוך של כ 300 חלקי בליון (ח"ב) בשנה השנייה התרכזנו בעיקר באבוקדו מהזן האס. בהאס בחנו את האפשרות לתת את הטיפול בטמפרטורה של 5 מ"צ ולא ב 20 מ"צ. מסתבר שהטיפול ב 20 מ"צ היה יעיל יותר בעיכוב הבשלה, אך ניתן לתת את הטיפול גם ב 5 מ"צ ומקבלים הארכה רצינית במשך הזמן עד להופעת הפיק הקלימקטרי. בנוסף מצאנו שטיפול ב MCP יכול למנוע נזקי צינה בזן האס גם בטמפרטורה גמוכה של כ 3 מ"צ. נמצא גם שבזן האס אין צורך לטפל ב MCP בריכוז של 300 ח"ב, גם טיפול ברכחים גמוכים שנעים בין 50 ל 150 ח"ב גרמו לדחייה בהבשלה. ערכנו מספר ניסויים חצי מסחריים בבתי אריזה שנתנו תוצאות טובות במניעת הבשלה. הגו MCP שוחרר בצורה אחידה במכולה בנפח של 20

רגל ולא היה הבדל בהשפעת החומר בין פירות שהיו בקרטונים שבהיקף המשטח לבין הקרטונים שהיו בתוכו. טיפול בפונגציד ספורטק בהוצאה מהקירור הפחית בהרבה את מידת התפתחות הריקבון באבוקדו שטופל ב-MCP אך לא הפחית את מידת הריקבון בפרי הביקורת. היתרון הגדול של MCP בטיפול באבוקדו הוא הפחתת נזקי הצינה והאפרות הציפה בפרי המטופל. במנגו בחנו את האפקט של MCP בזנים טומי וקיס. בון טומי MCP משפיע בריכוזים גבוהים יחסית, עיקר השפעתו במניעת התפרקות הכלורופיל, דבר שאיננו רצוי בון צבעוני כמו טומי. בנוסף הטיפול בטומי לא נתן תוצאות טובות ואף הגביר את הנזקים והריקבונות. לעומת זאת בון קיס טיפול ב-MCP בריכוזים של 1-2 ח"מ היה יעיל בעיכוב הבשלה, הטיפול מנע התרככות והופעת ריקבונות עוקץ, כאשר הפרי טופל בפונגציד בבית האריזה. כנראה ש-MCP בקיס מנע את התבססות הפטרייה בעוקץ במהלך האחסון ומנע את התפתחותה אח"כ בחיי מדף.

רשימת פרסומים:

- פסיס ע, הרשקוביץ ו, פייגנברג א, בן אריה ר, אקרמן מ, פרוסקי ד. 2003. שמירה על איכות אבוקדו מזן אטינגר, הארכת אחסונו וחיי המדף שלו באמצעות טיפול במעכב פעולת אתילן MCP. עלון הנוטע 57: 481-485.
- Pesis, E., Feygenberg, O., Krilo, V., Ackerman, M. and Prusky, D. 2002. Postharvest effect of 1-MCP on ripening of avocado, banana and mango fruit. Nato Adv. Res. Workshop on Biol. Biotech. of Plant Hormone Ethylene. Murcia, Spain, pg. 166.
- Pesis, E., Krilo, V., Feygenberg, O., Ackerman, M., Ben-Arie, R., and Prusky, D. 2003. Postharvest effect of 1-MCP on ripening of avocado cv. Ettinger. In: Biology and Biotechnology of the Plant Hormone Ethylene III. pg. 397-401. Vendrell, M., Klee, H., Pech, J. C., Romojaro, F., (Eds.).
- Pesis, E., Feygenberg, O., Ben-Arie, R., HersHKovitz, V., Ackerman M. and D. Prusky 2003. Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars. V World Avocado Congress, Malaga, Spain, A-4., pg. 59.

ב. מבוא

אבוקדו הינו פרי קלימקטרי שמייצר כמויות גבוהות של אתילן ותהליך הבשלתו מהיר ביותר. בטמפרטורת החדר הוא מגיע לקלימקטריק תוך חמישה עד שבעה ימים אחרי הקטיף (Feng et al., 2000). לאחרונה סונטז הגז 1-מתילציקלופרופן (1-MCP, 1-methylcyclopropene). זהו גז חדשני שמונע את פעולת האתילן ברקמות צמחיות ע"י התקשרות לרצפטור האתילן. החומר אינו רעיל, חסר ריח ויעיל בריכוזים נמוכים של חלקי ביליון (Sisler and Serek, 1997).

נמצא ש-MCP 1 מעכב הבשלה ומשפר את איכותם של פירות קלימקטריים רבים באחסון. לדוגמה: בננות (Jiang et al., 1999), תפוחי עץ (Watkins et al., 2000) ואבוקדו (Feng et al., 2000, Pesis et al., 2002). אי לכך 1-MCP, נחשב כלי בעל ערך למחקר המטבוליזם של האתילן בהבשלה של פירות קלימקטריים, וכבעל יכולת להאריך את חיי האחסון של תוצרת חקלאית רגישה לאתילן (Jeong et al., 2002).

בעבודה קודמת שביצענו הוכחנו שאתילן גורם להגברת נזקי צינה באחסון בקור (Pesis et al. 2002). כתוצאה מנזק הצינה קליפת האבוקדו ניזוקה ומופיעים על פני הקליפה שקעים ונקודות שחורות. בנוסף, בטמפרטורות נמוכות חלה האפרה של הציפה וזהו סימפטום נוסף לנזקי צינה באבוקדו. השנה בחנו באבוקדו מהזנים אטינגר, ופוארטה מדי כמות ה-MCP האופטימלית שצריך לתת כדי לדחות הבשלה, ואת יעילות ה-MCP במניעת נזקי צינה והתפתחות ריקבונות בפרי. בשנה הראשונה לפרויקט בחנו את השפעת ה-MCP על אבוקדו מההזנים אטינגר ופוארטה. הוכחנו ש-MCP מעכב את הבשלת האבוקדו כפי שהדבר מתבטא בעיכוב בהתרככות ובהופעת הפיק הקלימקטרי של אתילן ושל פחד"ת. בשנה השנייה התרכזנו בבחינת הטיפול ב-MCP בון האס, כולל עריכת ניסויים חצי מסחריים במכולות. פרי המגנו, מייצר כמיות קטנות של אתילן, שמשפיעות על התרככות הפרי וייתכן שחלק מהבעיות של המגנו שקורות באחסון, כולל התפתחות ריקבונות העוקץ - מעודדות ע"י האתילן. בעבודה קודמת שלנו הראנו שאחרי ספיחת אתילן בעזרת סופחים במשך האחסון, הפרי נשמר מוצק יותר (Ben Arie et al. 2001). לכן בחנו אם הטיפול ב-MCP לפני האחסון בקור, יפחית את הנזקים ויאריך את משך האחסון ב-12 מ"צ ובחיי מדף בזנים טומי-אטקינס וקיס.

ג. פירוש הניסויים

בכל ניסוי ה-MCP במעבדה השתמשנו בחומר המסחרי SmartFresh™ שבמגע עם מים משחררת את הגז MCP. כמות החומר הפעיל באבקה היא 0.14% והריכוזים שיושמו חושבו לפי הנחיות החברה (Rhom & Haas Co.). הריכוזים שניתנו במהלך הטיפול נבדקו בגז כרומטוגרף כנגד סטנדרט של 1 ח"מ שהוכן מאותה אבקת MCP. ביצענו ניסויים עם פרי ארוז בקרטוני ייצוא, כ-20 קרטונים לניסוי בתוך מכל דולב של 650 ליטר. הטיפולים ניתנו כטיפולים מקדימים לפני האחסון ב-20 מ"צ או ב-5 מ"צ. בכל ניסוי נפרט את התנאים המדויקים. בניסויים החצי מסחריים השתמשנו באבקת SmartFresh™ שניתנה בטבליות שריכוז ה-MCP בהן הוא 3.3%. הניסויים החצי מסחריים נעשו בשיתוף עם חברת "רימי" הסוכנת של מוצר זה בארץ. לאחר הוצאה מקירור נבדקו מדדי איכות שונים של הפרי ביניהם: מוצקות לפי מגע יד, צבע, מראה כללי, נזקי צינה וריקבונות. נלקחו לבדיקה 4-5 קרטונים מכל טיפול כשכל קרטון מהווה חזרה וחושבו המדדים הבאים: מדד מוצקות לאבוקדו:

$$\text{מדד מוצקות} = \frac{\sum_{i=1}^{10} (\text{רמת המוצקות}) \times (\text{מס' פירות בקבוצה})}{\text{סה"כ פרי}}$$

רמת המוצקות: 1- רך מאוד; 5- בינוני; 10 - מוצק ביותר

מדד נזק צינה באבוקדו נקבע מהאפרות בציפה:

$$\text{מדד נזק צינה} = \frac{\sum_{i=0}^{10} (\text{דרגת הנזק}) \times (\text{מס' פירות בקבוצה})}{\text{סה"כ פרי}}$$

דרגות הנזק: 0 – ללא האפרות; 1 – האפרה קלה; 5 – האפרה בינונית; 10 – האפרה קשה.
קשיות הפרי נמדדה באבוקדו ומנגו בשיטה הרסנית בעזרת מכשיר לבדיקת קשיות- פנטרומטר עם ראש קוני מתוצרת Chatillon. התוצאות בוטאו ביחידות ניוטון (N) Newton. בדיקת הקשיות נעשתה בכל פרי משני צדדים מנוגדים באזור קו האמצע שלו (midsection). בכל הוצאה נבדקו עשרה פירות מכל טיפול.

מכיוון שאבוקדו מזן האס משנה את צבעו במהלך ההבשלה מירוק לשחור, ניתן לקבוע מדד צבע בהאס. השינוי בצבע קליפת אבוקדו מזן האס לפי מראה עיניים בוטא כרמת צבע.

$$\text{מדד צבע} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i (\text{רמת הצבע}) (\text{מס' פירות בקבוצה})}{\text{סה"כ פרי}}$$

רמת הצבע: 1 – ירוק, 3 – שבירה, 5 – שינוי, 7 – שרידי ירוק, 10 – צבע מלא שחור

בנוסף, נעשו באבוקדו מזן האס ובמנגו בדיקות צבע בעזרת מכשיר מינולטה שבדק את זווית הצבע HUE. נעשו במנגו בדקנו גם את צבע הציפה כמדד להבשלה. כמדדי הבשלה נוספים במנגו, נקבעו במיץ שיעורי הסוכר ככלל מוצקים ממיסים (כ"מ) בעזרת רפרקטומטר ורמת החומציות נקבעה ע"י טטרציה עם בסיס. בדיקות נשימה ואחילן נעשו בפירות בודדים. כל פרי נאטם לשעה ביום בצנצנת של שני ליטר. הגזים פד"ח ואחילן נדגמו בעזרת גז כרומטוגרף (GC) ריכוז MCP בטיפולים נקבע גם הוא ב GC.

תוצאות

בחינת טמפרטורת ומשך הטיפול ב MCP בזן האס

באבוקדו מזן האס בחנו טיפול ב MCP בשתי טמפרטורות: טיפול עם MCP בריכוז של 300 ח"ב למשך 12 שעות ב 20 מ"צ לעומת טיפול עם MCP בריכוז של 300 ח"ב למשך 24 שעות ב 5 מ"צ. הטיפול ב 20 מ"צ היה אפקטיבי יותר בעיכוב הבשלה ובדחיית השיא הקלימקטרי לעומת הטיפול ב 5 מ"צ (איור 1).

בפירות שטופלו ב MCP ב 20 מ"צ השיא הקלימקטרי של האחילן והפד"ח הופיעו אחרי 13 יום ב 20 מ"צ בעוד שבפירות שטופלו ב MCP ב 5 מ"צ השיא הקלימקטרי הופיע אחרי 11 יום ב 20 מ"צ (איור 1). הביקורת שאוחסנה ברציפות ב 20 מ"צ או ששהתה במשך 24 שעות ב 5 מ"צ. השיא הקלימקטרי של האחילן הופיע כבר אחרי ארבעה ימים והשיא של הפד"ח אחרי שישה ימים (איור 1). תוצאה מעניינת שהתקבלה באבוקדו מהזן האס הן בטיפול ב 20 מ"צ והן ב 5 מ"צ, היא שגובה השיא הקלימקטרי של האחילן בפרי המטופל גבוה יותר מהפיק של הפרי הלא מטופל, אך משך הזמן עד העלייה הקלימקטרית ארוך יותר. תוצאה דומה, קיבלנו בעבר גם בזנים אטינגר ופוארטה (פסיס וחוב' 2003a, 2003b). תוצאות אלו תואמות לתוצאות שפורסמו בספרות; בבגנה שטופלה ב MCP גובה הפיק של ייצור האחילן היה גבוה בהרבה ורק חל עיכוב במשך הזמן עד

הופעת הפיק הקלימקטרי (Golding 1998). באבוקדו מזן מערב הודי 'Tower II' טיפול ב MCP בריכוז של 900 ח"ב למשך 12 שעות ב 20 מ"צ גרם להרחקת השיא הקלימקטרי בארבעה ימים וגובה השיא של פליטת האתילן היה גבוה פי שלושה מגובה השיא של הפרי הלא מטופל (Jeong et al. 2003)

כנראה שמשך הזמן הארוך עד הופעת הפיק הקלימקטרי בפרי המטופל מאפשר ייצור רב יותר של ACC שהוא הפרקורסור לאתילן ולכן כמות האתילן שמשתחררת גבוהה יותר.

השפעת MCP על מניעת נזקי צינה באבוקדו מהזן האס בטמפרטורות נמוכות

הפירות שטופלו ב MCP ב 20 או ב 5 מ"צ אוחסנו למשך 3.5 שבועות בשתי טמפרטורות אחסון: 3 ו 5 מ"צ. המטרה הייתה לבחון אם טיפול ב MCP ימנע את נזקי הצינה שמתפתחים ב 3 מ"צ. התברר שלאחר 3.5 שבועות בקור ושימונה ימים בחיי מדף ב 20 מ"צ, כל הפירות (המטופלים והביקורת) הגיעו לרמת התרככות דומה, אבל היה הבדל ניכר בשיעור הריקבונות ובהופעת נזקי הצינה. פירות הביקורת ששהו ב 5 מ"צ סבלו משיעור ריקבונות גבוה יותר (70%) מאשר שיעור הריקבונות בפרי ששהו ב 3 מ"צ (55%). הסיבה לכך נובעת כנראה מהעובדה שהחדר של 5 מ"צ היה בלחות יחסית גבוהה כ 90%, בעוד שהחדר של 3 מ"צ היה בלחות יחסית נמוכה בהרבה כ 75%. בפרי ביקורת ששהו 12 שעות ב 20 מ"צ (ביקורת לטיפול MCP) לפני האחסון בקור התפתחו קצת פחות ריקבונות באחסון ב 5 מ"צ 65% ואילו ב 3 מ"צ 40% (איור 2). לעומת זאת כל הפירות שטופלו ב MCP שיעורי הריקבון שהתפתחו בהם היו נמוכים ביותר גם בפרי שאוחסן ב 5 מ"צ וגם בפרי שאוחסן ב 3 מ"צ (איור 2).

התוצאות לגבי נזקי צינה היו מובהקות ביותר: האפרות ציפה הופיעו רק בפרי הביקורת ובכל הפרי שטופל ב MCP לא הופיעו האפרות ציפה. בפרי ביקורת ששהו יום אחד ב 5 מ"צ ואח"כ אוחסן בקור ב 3 מ"צ, דרגת האפרות הייתה הגבוהה ביותר ואילו בפרי ששהו 12 שעות ב 20 מ"צ ואח"כ הועבר ל 5 מ"צ רמת האפרות הייתה הנמוכה ביותר (איור 2). מלבד הטמפרטורה הנמוכה יותר שבחדר של 3 מ"צ שמעודדת נזקי צינה, בחדר של 3 מ"צ הייתה הלחות נמוכה מאשר בחדר של 5 מ"צ, דבר זה גרם כנראה לייצור מוגבר של אתילן ע"י הפרי שהגביר את האפרות הציפה.

בעבודות שעשינו בבנגה הראנו שאחסון בלחות נמוכה מעודד ייצור אתילן והקדם לאתילן ACC (Burdon et al. 1994). קבוצה ביפן הוכיחה שבתהליכי הבשלת אפרסמון, עקת מים בעלי הכותרת מעודדת יצירת אתילן ו ACC שמובילים להתרככות האפרסמון ואילו מתן MCP מנע את ייצור ה ACC ואת התרככות הפרי (Nakano et al. 2002)

מכאן ניתן להסיק שטיפול ב MCP שניתן לאבוקדו מגן עליו מתקלות שקורות באחסון כמו טמפרטורה נמוכה מדי או עקת יובש. הפרי המטופל ב MCP לא מייצר אתילן וכך נמנעים הנזקים.

בחירת ריכוזים שונים של MCP לטיפול באבוקדו מזן האס

בעבודה נוספת שביצענו בהאס בחנו אם גם ריכוז של 150 ח"ב יהיה אפקטיבי. הטיפול ניתן ב 20 מ"צ למשך 14 שעות. האפקט של MCP 150 בריכוז של 150 ח"ב היה דומה לאפקט של 300 ח"ב מבחינת דחיית השיא הקלימקטרי (איור 3). במקרה זה לא קיבלנו הגברה בגובה הפיק ייתכן בגלל שהפרי נקטף מאוחר יותר בעונה בדרגת בשלות גבוהה יותר.

לאור תוצאה זו הורדנו את ריכוז ה MCP ל 50 ו 100 ח"ב למשך 14 שעות ב 20 מ"צ. מסתבר שגם טיפולים בריכוזים של 50- 100 ח"ב בהאס בוגר בסוף עונת הקטיפ (אפריל) היה אפקטיבי בדחיית ההבשלה ובדחיית התפתחות הריקבונות (איור 4). ריכוז MCP של 100 ח"ב עיכב את ההבשלה וההתרככות כך שאחרי 3 שבועות באחסון ב 5 מ"צ ועוד 7 ימים בחיי מדף, הפרי נשאר עדיין מוצק ולכן לא התפתחו עליו כל ריקבונות. לעומת זאת בהאס שטופל ב MCP בריכוז של 50 ח"ב, אחרי שבועה ימים הפרי התרכך וחל שינוי בצבע הקליפה אך יחד עם ההתרככות הופיעו מעט ריקבונות. לעומת הפרי המטופל, פרי הביקורת התרכך בקצב המהיר ביותר וכבר אחרי חמישה ימים בחיי מדף לאחר ההוצאה מקירור הייתה הקליפה שחורה כליל וההתרככות הייתה מלווה בהגברה ברמת הריקבונות שהופיעה בפרי.

השפעת MCP על אבוקדו מזן האס במהלך תקלה בחדר קירור

בניסוי נוסף שנערך באבוקדו בוגר מזן האס שנקטף בסוף פברואר (חומר יבש 29%), טיפול MCP בריכוז של 150 ח"ב למשך 14 שעות ב 20 מ"צ מנע את ההתרככות שהתרחשה בפרי במהלך האחסון בקור ב 5 מ"צ. במהלך האחסון תא הקירור התקלקל בסוף השבוע והטמפרטורה בתא עלתה דבר שגרם לכל הפרי שלא טופל ב MCP להתרכך (איור 5). עליית הטמפרטורה מ 5 מ"צ ל 15 מ"צ במהלך יומיים של סוף שבוע שבהם החדר לא פעל, גרמה להאצת תהליך ההבחלה בפרי הביקורת שמוצקתו בהוצאה מקירור לאחר חודש אחסון ירדה מ 136 ניוטון לכ 25 ניוטון, בעוד שהפרי שטופל ב MCP נשאר מוצק בהוצאה מקירור (איור 5). לאחר העברה לחמישה ימים בחיי מדף ב 20 מ"צ, פרי הביקורת הגיע כבר ל 60% ריקבון בעוד שהפרי המטופל ב MCP נותר ללא ריקבונות. לאחר תשעה ימים בחיי מדף כל פירות הביקורת היו רקובים ואילו הפירות המטופלים ב MCP היו רכים כולם ושיעור הריקבון היה 27% בלבד (איור 5).

מכאן שטיפול ב MCP יכול למנוע נזקים שקורים בפרי בשל פגיעה בשרשרת הקירור במהלך האחסון בקור.

טיפול ב MCP ברמה חצי מסחרית (מכולת קירור)

ניסוי ראשון

הניסוי נערך בבית אריזה מילופרי, במכולה ימית בגודל של 20 רגל (30 מטר מעוקב), עם בקרת טמפרטורה. הניסוי נערך בשיתוף עם חברת "רימי" נציגי חברת SmartFresh בארץ. דר' יוחנן זילברשטיין מרימי ביצע את הטיפול עם טבליות של MCP בריכוז של 3.3%.

לאור התוצאות הקודמות שקיבלנו החלטנו לערוך את הטיפול עם MCP בריכוז של 300 ח"ב בטמפרטורה של 10 מ"צ למשך 20 שעות. יש חשיבות להורדת טמפרטורת הטיפול כך שלא תיווצר כמות גדולה של פד"ח במכולה. ב 10 מ"צ, רמות הפד"ח והאתילן שהצטברו במכולה היו נמוכות: 2.4%, ו 0.35 ח"מ בהתאמה. דגימות גזים מהמכולה הובאו מבית האריזה בבקבוק אטום ונבדקו ב GC במחלקה לאחסון בבית דגן.

למכולה הוכנסו שני משטחי אבוקדו מזן האס משני מגדלים שונים, A ו B כאשר גודל הפרי היה שונה: גודל 16 (פרי גדול) וגודל 20 (פרי קטן), אך דרגת ההבשלה שלהם הייתה דומה (טבלה 1).

טבלה 1. איפיון פירות אבוקדו מזן האס שהוכנסו לניסוי החצי מסחרי במכולה בבית אריזה מילופרי-מבחינת דרגת הבגרות (אחוז חומר יבש) משקל, מוצקות ומספר פירות בקרטון.

מגדל	חומר יבש (%)	משקל פרי (gr)	מוצקות (N)	גודל פרי
A	24.5 ± 1.28	231.8 ± 5.0	134.6 ± 5.2	16 fruit/box
B	25.9 ± 3.31	188.3 ± 16.3	123.5 ± 6.2	20 fruit/box

קצב ההבשלה בפרי המטופל לעומת פרי הביקורת נקבע לאחר השהיה מיידית של הפרי ב 20 מ"צ וכן לאחר אחסון בקור ב 5 מ"צ למשך 3.5 שבועות והעברה לחיי מדף. באבוקדו מהזן האס מבחינים מיידית בהתקדמות ההבשלה ע"י שינוי הצבע מירוק לשחור. באיור 6 ניתן לראות שהפרי המטופל ב MCP משני המשטחים נשאר ירוק למשך זמן ממושך יותר מפרי הביקורת, במהלך האחסון ב 20 מ"צ. קצב ההבשלה של הפרי ממגדל A היה מהיר מקצב ההבשלה של הפרי ממגדל B הן בביקורת והן בפרי המטופל (איור 6A).

הפרי שטופל ב MCP נשאר מוצק יותר לאחר עשרה ימים ב 20 מ"צ ורמת הריקבנות בו הייתה נמוכה מזו שבביקורת. שיעורי הריקבון בפרי הביקורת של מגדל A הגיעו ל 60% בעוד שבפרי של מגדל B שיעורי הריקבון הגיעו רק ל 25% (איור 6B). הסיבה לכך יכולה לנבוע מגודל הפרי. כבר בעבר הראנו שככל שפרי האבוקדו גדול יותר הוא סובל יותר מנזקים וריקבנות באחסון (פסיס וחוב' 1997).

הפרי שקיבל MCP עדיין היה מוצק יותר ב 20 מ"צ מפרי הביקורת לאחר עשרה ימים ולכן התפתחות הריקבנות בו הייתה מועטה (איור 6B).

בהוצאה מקירור לאחר 3.5 שבועות ב 5 מ"צ, הפרי שטופל ב MCP היה מוצק יותר מפרי הביקורת, אך לאחר שבעה ימים בחיי מדף ב 20 מ"צ כל הפרי הגיע לרמת התרככות דומה (איור 7).

מבחינת רמת הריקבונות, בפרי שטופל ב MCP הייתה רמת ריקבונות נמוכה בהרבה מזו של פרי הביקורת, כאשר הפרי ממגדל B היה עם רמת ריקבונות מזערית (איור 7).

ניסוי שני

מאוחר יותר בעונה, באמצע פברואר ערכנו ניסוי שני בדיוק באותם תנאים, במכולה של בית אריזה מילופרי. הטיפול ניתן בטבליות בריכוז של 300 ח"ב למשך 20 שעות ב 10 מ"צ. הפירות במשטחים שהוכנסו למכולה היו מגודל פרי 18. המשטחים קוררו יום קודם ל 5 מ"צ, כאשר חלק מהביקורת הושאר בקירור וחלק הועבר למכולה לטיפול ב MCP ב 10 מ"צ. לאחר גמר הטיפול נלקחו מדגמים של גזים מהמכולה.

רמות הפד"ח והאתילן שהצטברו במכולה היו נמוכות: 2.65%, ו 0.126 ח"מ בהתאמה. בניסוי זה נלקחו מדגמים של קרטונים מהצד החיצוני של המשטח ומהצד הפנימי שלו במטרה לבחון אם MCP חוזר לתוך המשטח ומשפיע במידה שווה על הפירות מכל הקרטונים. בתחילת הניסוי מוצקות הפירות הייתה גבוהה, 140 ניוטון. לאחר ארבעה שבועות ב 5 מ"צ הפרי שטופל ב MCP נשאר מוצק ואילו פרי הביקורת התרכך והגיע לרמת מוצקות של כ 40 ניוטון. לאחר ארבעה ימים בחיי מדף כל הפירות התרככו, כאשר הפרי שקיבל MCP ונלקח מהחלק החיצוני של המשטח היה מוצק במקצת מהפרי שהיה באמצע המשטח (איור 8). לאחר שבעה ימים ב 20 מ"צ לא היה הבדל בהתרככות, כל הפירות היו רכים.

השפעת MCP ופונגציד על איכות אבוקדו מזן האס

הפירות מהניסוי המסחרי השני חולקו לשניים לאחר ההוצאה מקירור. חלק אחד מכל טיפול נטבל בפונגציד ספורטק – פרוכלורז (0.2%) ולאחר יבוש נארז מחדש והושאר בחיי מדף. לאחר ארבעה ימים בחיי מדף, בכל הטיפולים רמת הריקבונות הייתה נמוכה. לאחר שבעה ימים בחיי מדף כל הפירות הגיעו לרמת התרככות דומה, אך היו הבדלים משמעותיים בהתפתחות הריקבונות (איור 9). התברר שבפרי הביקורת שטופל בספורטק בהוצאה מקירור, הספורטק לא היה יעיל כלל בעיכוב התפתחות הריקבונות, ורמת הריקבון בביקורת המטופלת בספורטק הייתה אף גבוהה מזו של פרי הביקורת שלא טופל בספורטק (איור 9). לעומת זאת בפרי שטופל ב MCP לפני האחסון בקור וטופל בספורטק בהוצאה מקירור חלה הפחתה בהתפתחות הריקבונות. הרמה הנמוכה ביותר של ריקבונות נמצאה בפרי מטופל ב MCP מקרטונים שהיו בהיקף המשטח וקיבלו ספורטק בהוצאה מקירור (איור 9).

מתוצאות ניסוי זה ניתן לסכם שבמהלך האחסון בקור בפרי הביקורת מתבססת הפטרייה קוליטוטריקום הנמצאת בצורה לטנטית, כך שטיפול ב ספורטק בהוצאה מקירור לא הפחית את רמת התפתחות הפטרייה בחיי מדף. מאיור 8 ניתן לראות שייתכן וחדר הקירור היה מזוהם באתילן דבר שהאיץ בביקורת את התרככות הפרי וסייע להתבססות הפטרייה. לעומת זאת בפרי שקיבל MCP כנראה שהפטרייה איננה מתבססת במהלך האחסון בקור. בפרי המטופל ב MCP מניעת ייצור האתילן

או מניעת השפעת הזיהום באתילן בחדר, מונעת מהפטרייה להתפתח בפרי גם בצורה לטנטית. זו הסיבה שטיפול בפונגציד בהוצאה מקירור היה יעיל בהפחתת הנגיעות בחיי מדף בפרי שטופל ב MCP (איור 9). מאיור 9 ניתן לראות, שבכל אופן (למרות עיכוב הבשלה דומה), כנראה שהפירות בקרטונים שהיו בהיקף המשטח קיבלו יותר מאדן ה MCP בהשוואה לקרטונים שהיו במרכז המשטח. זו הסיבה שבפרי מההיקף שטופל ב MCP וספורטק כמעט ולא התפתחו ריקבונות.

השפעת MCP על מנגו מזן טומי

מתוצאות השנה הראשונה נוכחנו לדעת שהזן טומי איננו מגיב היטב ל MCP. נדרשו ריכוזים גבוהים של MCP יותר מ 3 ח"מ, כדי לקבל אפקט כלשהו (פסיס וחוב' 2003). אי לכך בשנה השנייה נסינו את הטיפול בצורה אחרת אשר תאפשר מתן MCP למשך זמן ארוך יותר במהלך האחסון ב 12 מ"צ. הניסוי בוצע ע"י מתן הטיפול בתוך אריזות של אווירה מתואמת. כ 10 קג' פרי לחזרה הונחו ביריעות פוליאתילן (PE) שהושמו בתיבות פלסטיק. לכל אריזה החדרנו כמות מדודה של MCP (הריכוז שהתקבל בארבע חזרות היה בממוצע 1.5 ח"מ) שהשתחרר במהלך האחסון ב 12 מ"צ בחלל השקית. אחרי שמונה ימים ב 12 מ"צ פתחנו את השקיות ואוררנו אותן וסגרנו שוב להמשך האחסון באווירה מתואמת - עד 11 יום ב 12 מ"צ. ביום ה 11 השקיות נפתחו למשך שאר האחסון ב 12 מ"צ עד 3 שבועות. לאחר הקירור הפרי הועבר לחיי מדף ב 20 מ"צ ללא שקית. רמת ה MCP נבדקה ב GC כנגד סטנדרט של 1 ח"מ, והיא הלכה וירדה במהלך האחסון. בנוסף בחנו את ריכוזי הגזים פד"ח, חמצן, אתילן, אצטאלדהיד ואתנול ב GC כנגד סטנדרטים ידועים. במהלך האחסון ב 12 מ"צ התברר שבפרי שהיה ארוז בשקיות PE הצטברו במהלך שמונת הימים הראשונים רמות גבוהות של פד"ח בכל הטיפולים (17-18%) ורמת החמצן ירדה לכ 2%. לאור זאת ביום השמיני פתחנו את השקיות, ואוררנו אותן וסגרנו שוב למשך שלושה ימים נוספים. אחרי 11 יום בשקית ב 12 מ"צ, השקית נפתחה והפרי הושאר בשקית הפתוחה. מהדגימות שבדקנו התברר שרמת הנשימה האנארובית בפרי שטופל ב MCP הייתה גבוהה מזו של פרי הביקורת. פרי מנגו מזן טומי שטופל ב MCP ייצר במהלך שמונה ימי אחסון ב 12 מ"צ רמות גבוהות יותר של אתנול ואצטאלדהיד (AA) מפרי הביקורת (איור 10). דבר זה מצביע על כך שהפרי המטופל סובל מעקה אנארובית גדולה יותר מהפרי שנארו ב PE בלבד. למרות שפתחנו את השקיות ביום השמיני לאחסון, ואוררנו אותן והשאירו את הפרי לדגימות נוספות באריזה, גם אחרי שלושה ימים נוספים, בשקיות של הפרי שטופל ב MCP רמת הנדיפים האנארוביים שהצטברה הייתה גבוהה בהרבה מאשר בשקיות של פרי הביקורת (איור 11).

בעבודה שנעשתה בתפוזים מזן שמוטי התברר שטיפול ב MCP גרם לייצור גבוה יותר של AA ואתנול, כפי שנדגם באווירה הפנימית בפרי (Porat et al. 1998). בעבר הראנו שמנגו מזן טומי מייצר כמויות נמוכות של אתילן בהשוואה לקיט שמייצר פי שלושה אתילן מטומי (Ben Arie et al. 2001). מכאן ייתכן ש MCP בפירות שכמעט לא מייצרים אתילן (כמו תפוז ומנגו מזן טומי) הטיפול ב MCP משבש את מערכת ההבשלה הרגילה וגורם לעקה אנארובית בפרי.

העקה האנארובית שנוצרה בפרי המטופל ב MCP הובילה להעלאה ברמת הריקבונות בפרי לאחר שלושה שבועות ב 12 מ"צ ו 6 ימים בחיי מדף (איור 12).

בעבר הראנו שאחסון מגו באווירה מתואמת יעיל בהפחתת נזקי הצינה שמתבטאים בצורת נקודות אדומות על פני הקליפה (Pesis et al. 2000). גם בניסוי הנוכחי פירות הביקורת החשופים שלא נארוזו ב PE היו עם רמת הנקודות האדומות הגבוהה ביותר ואילו בפרי שנארוזו ב PE הופיעו מעט מאוד נקודות אדומות. באופן כללי בכל הטיפולים רמת הנקודות האדומות יורדת בחיי מדף מכיוון שצבע הפרי מתקדם ואז הנקודות מיטשטשות. אך בפרי שנארוזו ב PE וקיבל MCP רמת הנקודות האדומות הייתה גבוהה יותר מאשר בטיפול ב PE בלבד, מה שמצביע על רמת נזקים גבוהה יותר (איור 12).

הטיפול במגו מזון טומי באווירה מתואמת, באריזת PE ובאריזת PE עם MCP, השאיר את הפרי במצב מוצק יותר והלחי הירוקה נשארה ירוקה יותר (כלומר הכלורופיל לא התפרק) לעומת פרי הביקורת ללא אריזת PE (איור 12). למרות שהפרי המוצק ביותר, היה הפרי שנארוז ב PE וקיבל MCP, רמת הריקבונות בו הייתה גבוהה מזו שבפרי הביקורת החשוף או הארוז ב PE שהיו רכים יותר. הסיבה לכך היא כנראה ייצור נדיפים אנארוביים בפרי שקיבל MCP (איור 11).

השפעת MCP על מגו מזון קיט

בקיט הראנו כבר בשנה שעברה שטיפול ב 2 ח"מ MCP שיפר את איכות הפרי מבחינת מוצקות, מרקם והופעה כללית (פסיס וחוב' 2003). יתרון נוסף לטיפול ב MCP בזן קיט הוא שזן זה הוא זן ירוק ומניעת התפתחות הצבע לא מהווה מגרעת לגביו.

השנה ירדנו בריכוז וטיפולנו בקיט ב MCP בריכוז של 1 ח"מ למשך 24 שעות ב 20 מ"צ. לאחר חודש ב 12 מ"צ הפרי נשאר מוצק ביותר 93 ניוטון לעומת הביקורת 16 ניוטון (איור 12). אחרי חיי מדף הפרי התרכך בצורה ניכרת, אך היה עדיין מוצק בהרבה מפירות הביקורת. המוצקות הגבוהה יותר בפרי המטופל ב MCP התבטאה גם בצבע קליפה ירוק יותר, ובצבע ציפה צהוב יותר (איור 12). בהוצאה מקירור בפרי המטופל היו פחות סוכרים TSS ויותר חומציות, אך לאחר חמישה ימים בחיי מדף הוא הגיע לאותם ערכים כמו הביקורת הבלתי מטופלת (איור 12).

הפרי המטופל ב MCP שוטפל בבית האריזה במים חמים, ספורטק ודינוג היה באיכות גבוהה ביותר לאחר חודש בקירור ובתוספת חמישה ימים בחיי מדף ב 20 מ"צ. בפרי המטופל לא הופיעו כלל ריקבונות לעומת הביקורת שסבלה מהתפתחות ריקבונות עוקץ למרות הטיפול בפונגיציד בבית האריזה (תמונה 1). תוצאה זו חוזרת על עצמה כבר בשתי עונות.

לסכום כנראה הטיפול ב MCP הפחית את התפתחות ריקבונות העוקץ במגו מזון קיט בגלל שהאטילן שמעודד את התבססות הפטרייה באחסון הארוך בקור לא פועל במגו המטופל ב MCP. הטיפול הפונגיציד בספורטק מונע את ריקבונות הצד ואילו ה MCP מונע כנראה את ריקבונות העוקץ שמעודדים ע"י אטילן. באבוקדו הראנו שמניעת נוכחות האטילן ע"י סופחי אטילן או MCP גרמו להפחתה בריקבונות העוקץ (Pesis et al. 2002). מתוצאות הניסויים בקיט שנעשו בשנתיים

האחרונות, ניתן לסכם שכדאי מאוד לבחון בשנה הבאה, ניסויים חצי מסחריים ומסחריים בקיט כדי לשמור על איכותו ולהאריך את חיי האחסון וחיי מדף שלו.

ד. מסקנות

- MCP בריכוזים נמוכים של 100-300 ח"ב מעב את הבשלת האבוקדו בכל הזנים שנבדקו, כפי שמתבטא בעיכוב בהתרככות ובדחייה בהופעת השיא הקלימקטרי של אתילן ופחד"ח.
- MCP משפיע גם על פרי אבוקדו מדונג וגם על פרי בלתי מדונג. הטיפול אפקטיבי בכל הטמפרטורות שנוסו. ככל שטמפרטורת הטיפול גבוהה יותר, משך הטיפול קצר יותר: ב 20 מ"צ 12 שעות, ב 5 מ"צ 24 שעות ב 10 מ"צ 20 שעות.
- רמת האתילן הגבוהה יותר בזמן הופעת השיא הקלימקטרי בפירות שקיבלו MCP, היא כנראה בגלל הצטברות גבוהה יותר של ACC במשך השלב הפרקלימקטרי הארוך יותר בפירות אלו.
- MCP מונע את נזקי הצינה שנגרמים לפרי בטמפרטורות נמוכות של 3 ו 5 מ"צ. תוצאה זו היא בעלת השלכות רבות מכיוון שבמקרים רבים תאי הקירור בהם מובלים הפירות מתקלקלים והטמפרטורה בהם יורדת מתחת ל 5 מ"צ, ואז רק פרי שקיבל MCP ישרוד ולא יפתח נזקי צינה.
- טיפול ב MCP שניתן לאבוקדו, מגן עליו מתקלות שקורות באחסון, כמו טמפרטורה נמוכה מדי, עקת יובש או קלקול בשרשרת הקירור דבר שגורם להאצת ייצור האתילן. הפרי המטופל ב MCP לא מייצר אתילן וכך נמנעים הנזקים והתבססות הריקבונות במהלך הקירור.
- מכיוון שחיי המדף של האבוקדו שטופל ב MCP ארוכים ביותר, נראה שטיפול בפונגציד יכול למנוע את התפתחות הריקבונות ולאפשר קבלת פרי מצוין.
- טיפול ב MCP איננו מתאים למנגו מזן טומי, מכיוון שלמרות שהטיפול משאיר את הפרי מוצק יותר, נגרמת לו עקה אנארובית שמעודדת ייצור אצטאלדהיד ואתנול שמגבירים את התפתחות הריקבונות והנזקים.
- טיפול ב MCP בריכוז של 1 ח"מ שומר על איכות מנגו מזן קיט לאורך זמן, אך יש לדאוג שבבית האריזה הפרי יטופל בפונגציד לפני הטיפול ב MCP.

ספרות

פסיס ע, וקסלר א, פוקס י. 1997. השפעת גודל הפרי בזן פוארטה על הופעת נזקים וריקבונות באחסון. דו"ח לתכנית מחקר למדען 402-0165-96 עמ' 25-27.

פסיס ע, פייגנברג א, אקרמן מ, בן אריה ר, הרשקוביץ ו. 2003a. השפעת טיפול במעכב פעילות אתילן, MCP, על הארכת משך האחסון של אבוקדו ומנגו. דו"ח לתכנית מס. 402-0310-02.

פסיס ע, הרשקוביץ ו, פייגנברג א, בן אריה ר, אקרמן מ, פרוסקי ד. 2003b. שמירה על איכות אבוקדו מזן אטינגר, הארכת אחסונו וחיי המדף שלו באמצעות טיפול במעכב פעולת אתילן MCP. עלון הנוטע 57: 481-485.

- Ben Arie, R., Aharoni, D., Feygenberg, O., Aharoni, N., Keynan, A. and Pesis, E. 2001. Effect of modified atmosphere packaging on mango ripening. *Acta Hort* 553: 607-609.
- Burdon, J.N., Dori, S., Lomaniec, E., Marinansky, R. and Pesis, E. 1994. The post-harvest ripening of water-stressed banana. *J Hort. Sci.* 69: 799-804.
- Nakano R, Inoue S, Kubo Y, Inaba A. 2002. Water stress-induced ethylene in the calyx triggers autocatalytic ethylene production and fruit softening in Tonewasw persimmon grown in a heated plastic-house. *Postharvest Biol Technol* 25: 293-300.
- Feng, X., Apelbaum, A, Sisler, E.C. and Goren, R., 2000. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Technol.* 20: 143-150.
- Golding JB, Shearer D, Wyllie SG, McGlasson WB. 1998. application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 14: 87-98.
- Jeong, J., Huber, D.J., Sargent, S.A. 2002. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 25: 241-256.
- Jeong, J., Huber, D.J., Sargent, S.A. 2003. Delay of avocado fruit ripening by 1-methylcyclopropene and wax treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 28: 247-257.
- Jiang, Y., Joyce, DC. and Macnish, A.J., 1999. Responses of banana fruit treatment with methylcyclopropene. *Plant Growth Regulation* 28: 77-82.
- Pesis E, Aharoni D, Aharon Z, Ben Arie R, Aharoni N, Fuchs Y. 2000. Modified atmosphere and modified humidity packaging alleviates chilling injury in mango fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 19: 93-101.
- Pesis, E, Ackerman, M, Ben-Arie, R, Feygenberg, O, Feng X, Apelbaun A, Goren R, Prusky, D. 2002. Ethylene involvement in chilling injury symptoms of avocado during cold storage. *Postharvest Biol Technol* 24: 171-181.
- Porat R, Weiss, B, Cohen, L. Daus, A, Goren, R, Droby S. 1998. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on the posthrvest qualities of Shamouti oranges. *Postharvest Biol Technol* 15: 155-163.
- Sisler, E.C. and Serek, M., 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiol. Plant.* 100: 577-582.
- Watkins, C.B., Nock, J.F., Whitaker, B.D. (2000) Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. *Postharvest Biol Technol.* 19: 17-32.

סיכום עם שאלות מנחות:

מטרות המחקר: ליישם את הפורמולציה החדשה של הגו 1-MCP שמשווק כאבקה SmartFresh™ - לטיפול באבוקדו ומנגו לאחר הקטיפה. להאריך את משך האחסון ואת חיי המדף של אבוקדו ומנגו ע"י שימוש במעכב MCP, המעכב את פעולת האתילן. לבדוק האם הטיפול מונע נזקי צינה בפרי. **עיקרי הניסויים והתוצאות:** טיפול ב MCP באבוקדו בכל הזנים שנוסו, היה יעיל בעיכוב הבשלה בריכוזים יחסית נמוכים 100-300 ח"ב. בזן אטינגר MCP מנע את פירוק הכלורופיל ומנע התפתחות ריקבונות עוקץ. בזנים פוארטה והאס MCP מנע נזקי צינה שהופיעו כהשחרות של הציפה גם בפרי שאוחסן ב 3 מ"צ. מתן MCP לאבוקדו נוסה בטמפרטורות שונות ונמצא יעיל דיו גם על פרי מדונג (נארז בביא"ר) ובטמפרטורות נמוכות של 5 ו 10 מ"צ. יישום מסחרי באבוקדו מזן האס נעשה במכולה של 20 רגל והתקבלו תוצאות טובות גם בפרי שהיה בקרטונים שמוקמו בחלק הפנימי של המשטח. במנגו מזן טומי גם רמת MCP של 3000 ח"ב = 3 ח"מ, לא גרמה לעיכוב בהבשלת הפרי בחיי מדף. מתן MCP למנגו מזן טומי באווירה מתואמת לא נתן כל עדיפות לעומת אווירה מתואמת בלבד. לעומת זאת בזן קיט ריכוזים של 1-2 ח"מ היו יעילים בעיכוב הבשלה ובמניעת התפתחות ריקבון עוקץ.

המסקנות המדעיות: MCP, מעכב את פעולת האתילן ע"י קשירה לרצפטור. באבוקדו זקוקים לריכוזים נמוכים ואילו במנגו זקוקים לריכוזים גבוהים פי עשרה כדי לדחות הבשלה. טיפול ב MCP מאריך את משך השלב הפרקילמקטרי (lag) עד להופעת השיא הקלימקטרי של האתילן ושל הפד"ת. באבוקדו MCP מונע את הנזקים שעלולים לקרות לפני במהלך האחסון בגלל נזקי צינה, יובש או העלאת טמפרטורה. במנגו מזן טומי שמייצר מעט מאוד אתילן, כמויות ה MCP הנדרשות לעיכוב הבשלה הן גבוהות והטיפול איננו אפקטיבי (כמו בפירות לא קלימקטריים). בפירות מנגו צבעוניים MCP מונע את התפתחות הצבע ומשאיר אותם ירוקים מדי, אך בזנים הירוקים כמו קיט, עיכוב פירוק הצבע אינו מהווה מגבלה. בזן קיט שמייצר יותר אתילן, טיפול ב MCP היה יעיל בעיכוב הבשלה והופעת ריקבונות העוקץ שמעודדים כנראה ע"י אתילן.

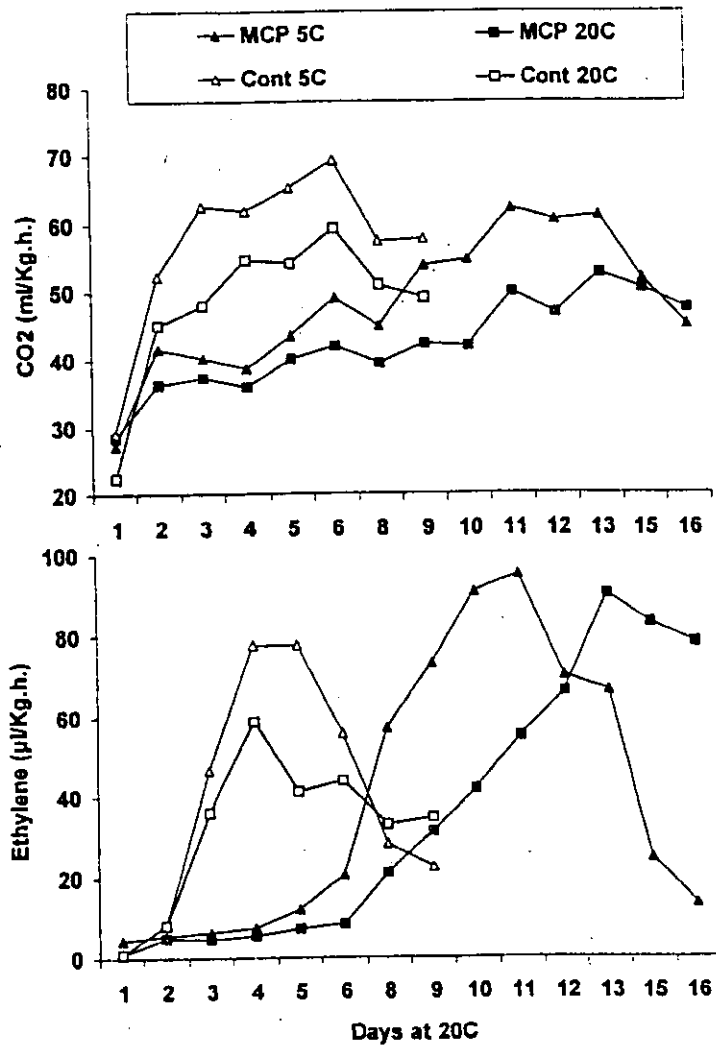
הבעיות שנוותרו: באבוקדו, קיימת בעיה שאם העיכוב ע"י MCP חזק מדי התהליך לא יהיה הפיך ולא נקבל פרי רך שניתן לאוכלו. אי לכך חייבים למצוא מהם הרכוזים המינימליים הדרושים לעיכוב ההבשלה. באבוקדו יש זנים שונים שמייצרים כמויות אתילן שונות ויש לבחון מהם הריכוזים הדרושים לכל זן וזן. במנגו קיימת בעיה שהפרי מגיב רק לריכוזים גבוהים יחסית (ח"מ) של MCP ולכן יש לבחון דרכים בהם נקבל השפעה גם בריכוזים נמוכים יותר (ח"ב). במנגו חייבים לנסות את התגובה ל MCP של זנים שלא נבדקו עדיין כמו מאיה ושלי. מכיוון שהתקבלו תוצאות מבטיחות מאוד במנגו מזן קיט חייבים לעבור לניסויים חצי מסחריים ומסחריים.

פרסום הידע: החוקרת הראשית עדנה פסיס, נתנה שתי הרצאות בכנסים בינלאומיים בחו"ל ושתי

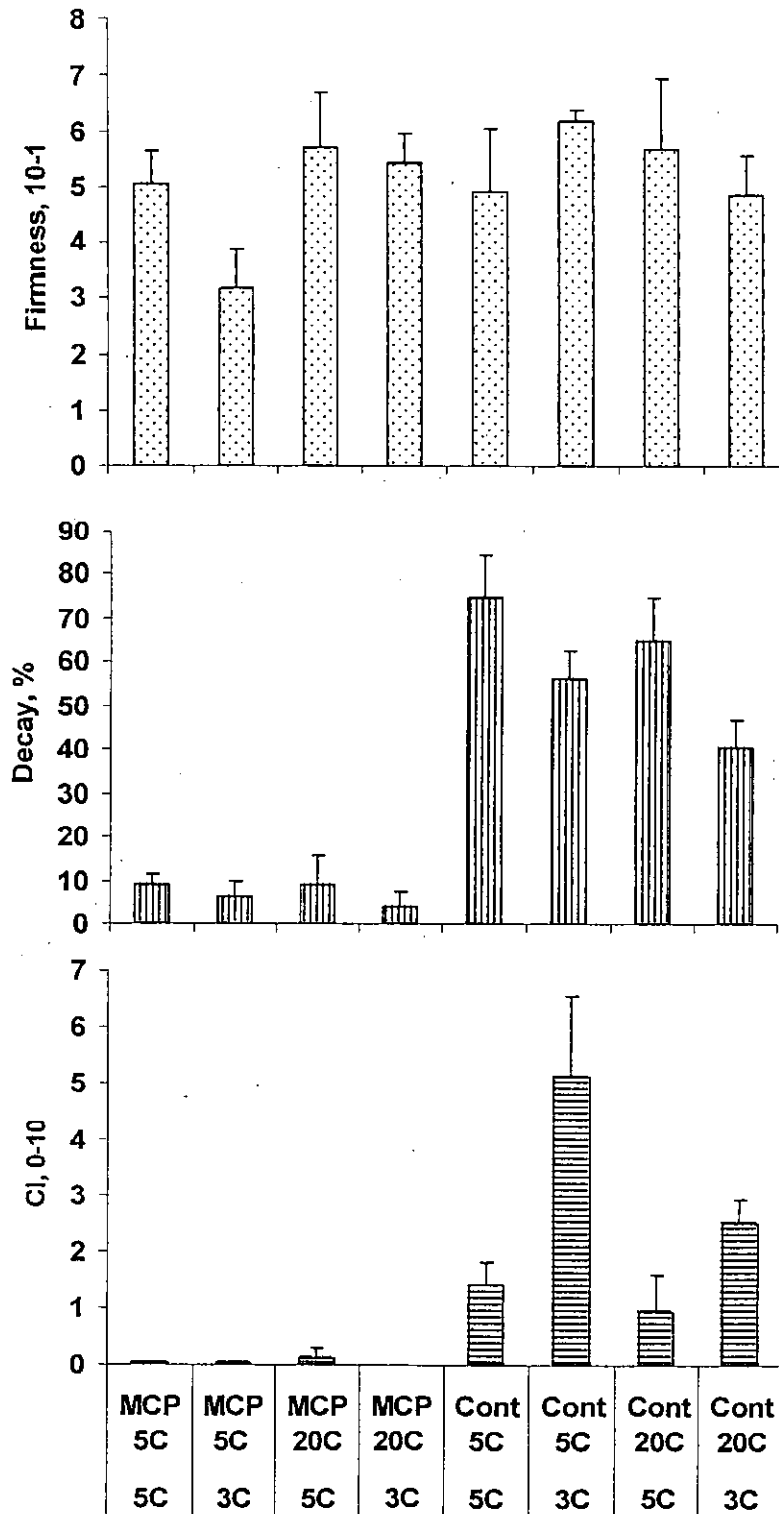
הרצאות בפני מגדלים במכון וולקני בימי עיון בתאריכים: 23.12.03 ו 19.1.04

פסיס ע, הרשקוביץ ו, פייגנברג א, בן אריה ר, אקרמן מ, פרוסקי ד. 2003. שמירה על איכות אבוקדו מזן אטינגר, הארכת אחסונו וחיי המדף שלו באמצעות טיפול במעכב פעולת אתילן MCP. עלון הנוסע 57: 481-485.

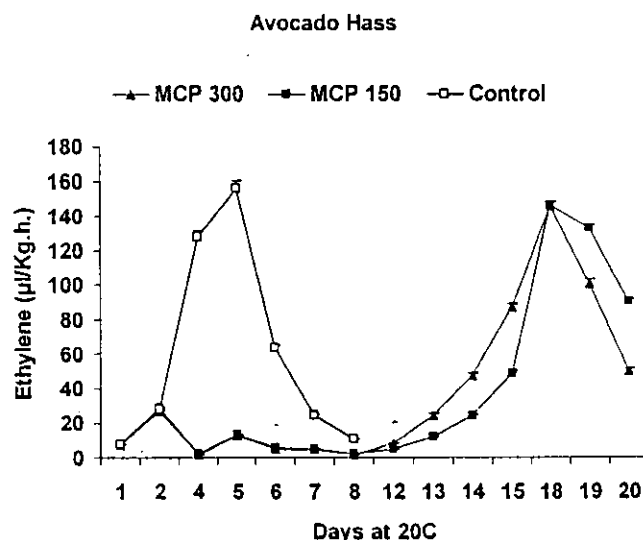
איור 1. השפעת טיפול ב MCP בריכוז של 300 ח"ב ב 20 מ"צ למשך 12 שעות וב 5 מ"צ למשך 24 שעות על פליטת פד"ח ואחילן במשך 16 ימים של חיי מדף ב 20 מ"צ של אבוקדו מזן האס. התוצאות הם ממוצעים של חמישה פירות לטיפול. כל פרי נאטם לשעה ביום בצנצנת של שני ליטר.



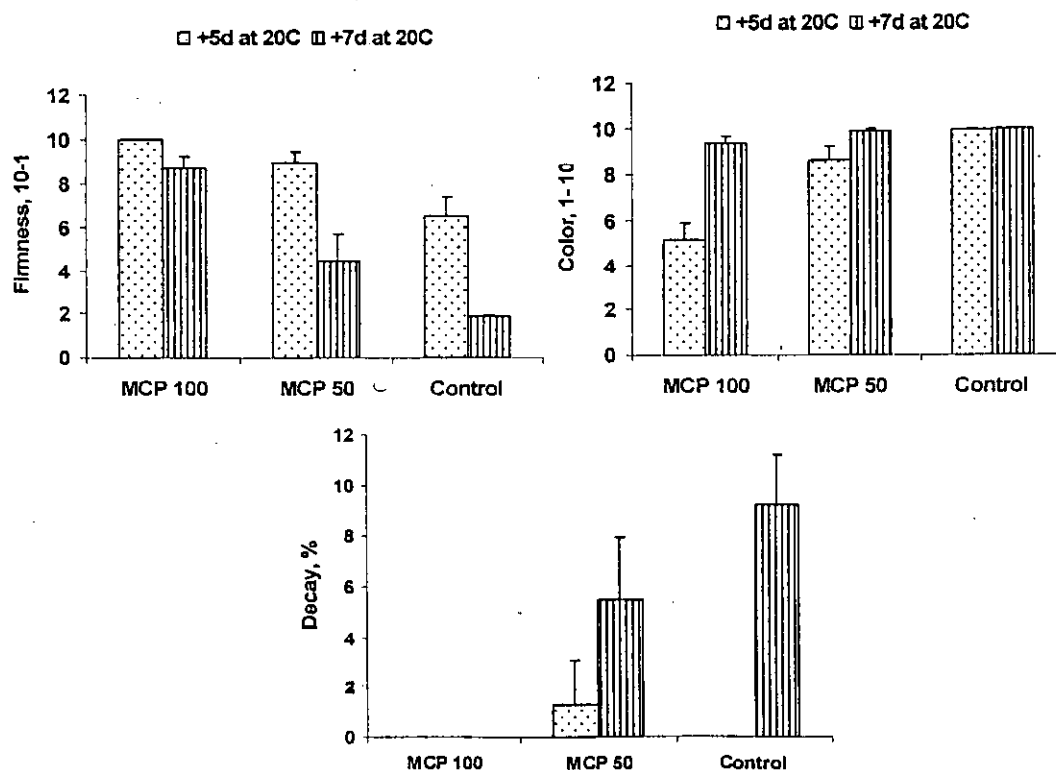
איור 2. השפעת טיפול ב MCP בריכוז של 300 ח"ב למשך 12 שעות ב 20 מ"צ או למשך 24 שעות ב 5 מ"צ על איכות אבוקדו מין האס לאחר 3.5 שבועות אחסון בקור ב 3 או 5 מ"צ ובתוספת שמונה ימים בחיי מדף ב 20 מ"צ. איכות הפרי נבחנה לפי מדד מוצקות (Firmness) (10 מוצק, 1 רך), שיעור הריקבנות (Decay), ומדד נזקי הצינה (Chilling Injury) שהתבטאו כהשחרות ציפה (0 ללא השחרות, 10 השחרות רבות). התוצאות הן ממוצעים של חמישה קרטוני יצוא (ארבעה ק"ג/קרטון) \pm SE.



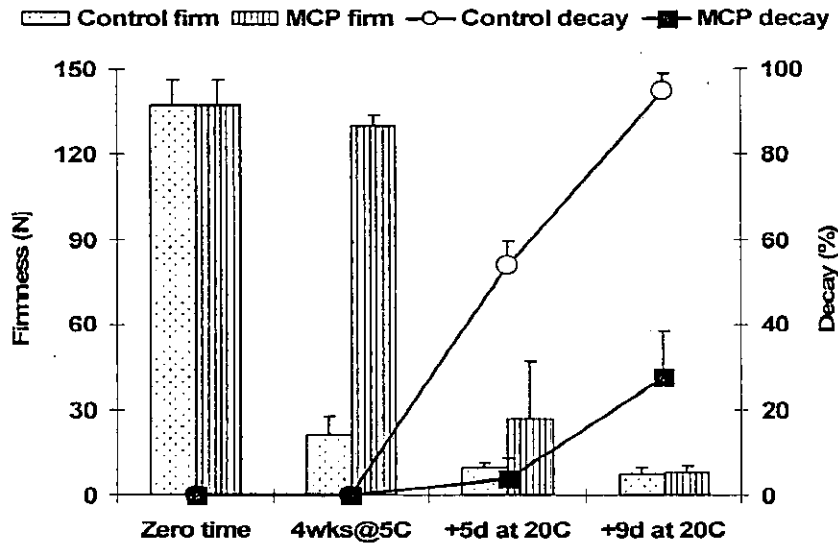
איור 3. השפעת מתן MCP בריכוז של 150 או 300 ח"ב ב 20 מ"צ למשך 14 שעות על פליטת פד"ח ואתילן במשך 20 ימים של חיי מדף ב 20 מ"צ של אבוקדו מזן האס. התוצאות הם ממוצעים של חמישה פירות בכל טיפול.



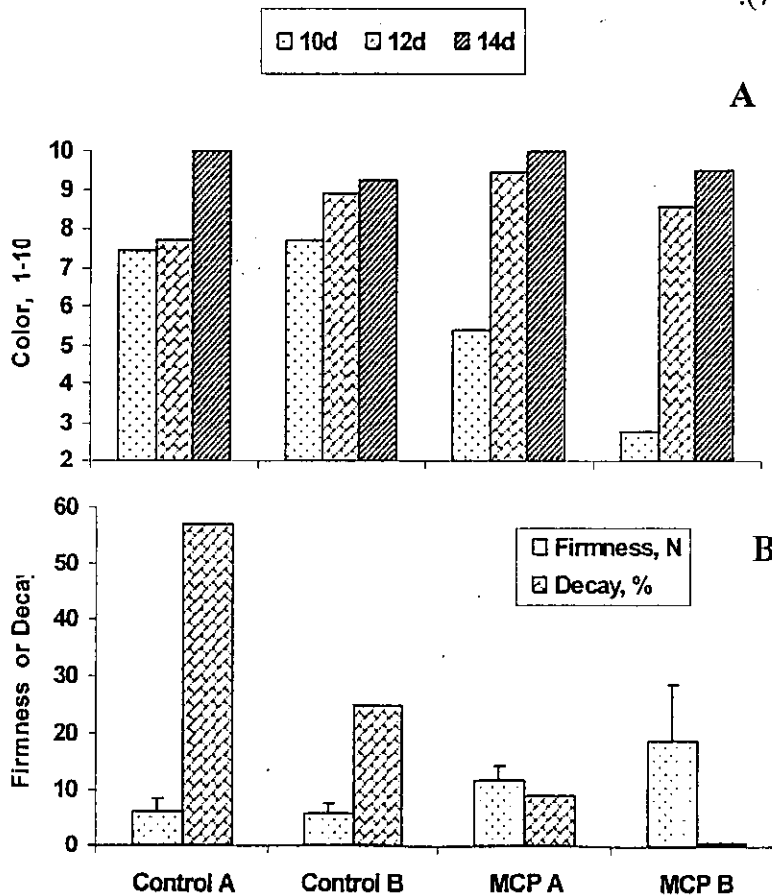
איור 4. השפעת מתן MCP בריכוזים של 50 ו 100 ח"ב למשך 14 שעות ב 20 מ"צ על קצב הבשלת אבוקדו מזן האס לאחר שלושה שבועות אחסון בקור ב 5 מ"צ ובתוספת חמישה ושבעה ימים בחיי מדף ב 20 מ"צ. קצב ההבשלה נבחן לפי מדד מוצקות (Firmness) (10 מוצק, 1 רך), מדד צבע (1 ירוק, 10 שחור) ושיעור התפתחות הריקבנות (Decay). התוצאות הן ממוצעים של חמישה קרטוני יצוא (ארבעה ק"ג/קרטון) \pm SE.



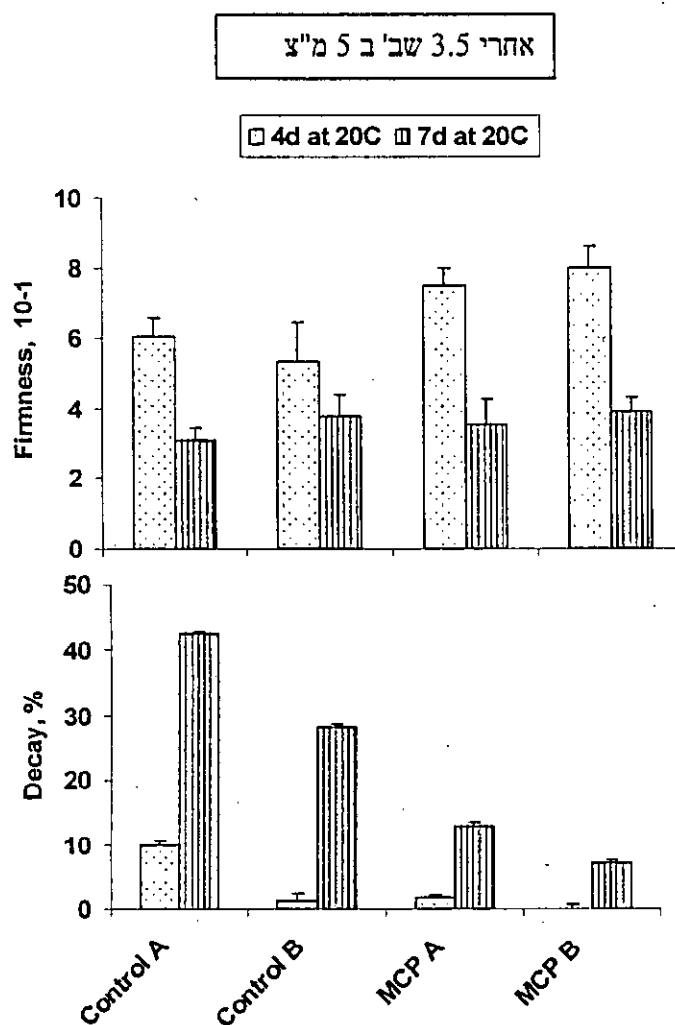
איור 5. השפעת MCP (150 ח"ב למשך 18 שעות ב 20 מ"צ) על שינויים במוצקות (Firmness, N) ושיעור התפתחות הריקבונות (Decay, %) בפרי אבוקדו מזן האס לאחר ארבעה שבועות אחסון ב 5 מ"צ וחמישה ו תשעה ימים ב 20 מ"צ. התוצאות לגבי הריקבון הן ממוצעים של חמישה קרטוני יצוא (ארבעה ק"ג/קרטון) \pm SE.



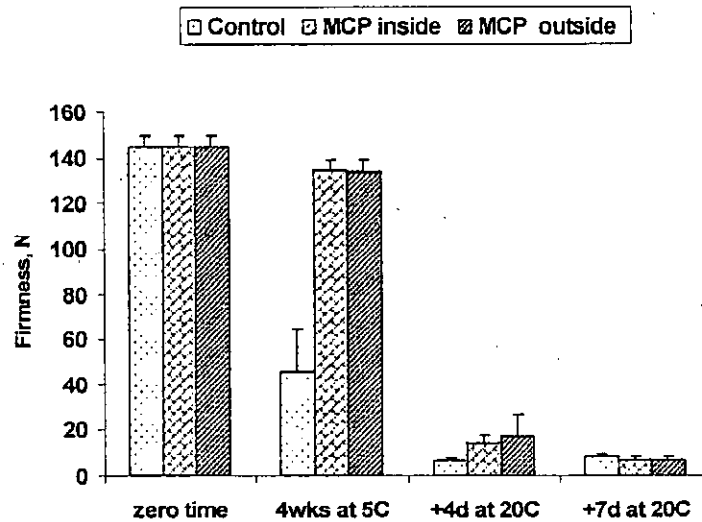
איור 6. השפעת טיפול מסחרי ב MCP (300 ח"ב ב 10 מ"צ למשך 20 שעות במכולה) על מדד צבע באבוקדו מזן האס (1, ירוק, 10, שחור) לאחר 10, 12, ו 14 ימים ב 20 מ"צ (A) ועל מוצקות הפרי (ניוטון) ושיעור התפתחות הריקבונות לאחר 12 ימים ב 20 מ"צ (B). לניסוי הוכנסו משטחים שונים, A ו B (ראה טבלה 1, עמ' 7).



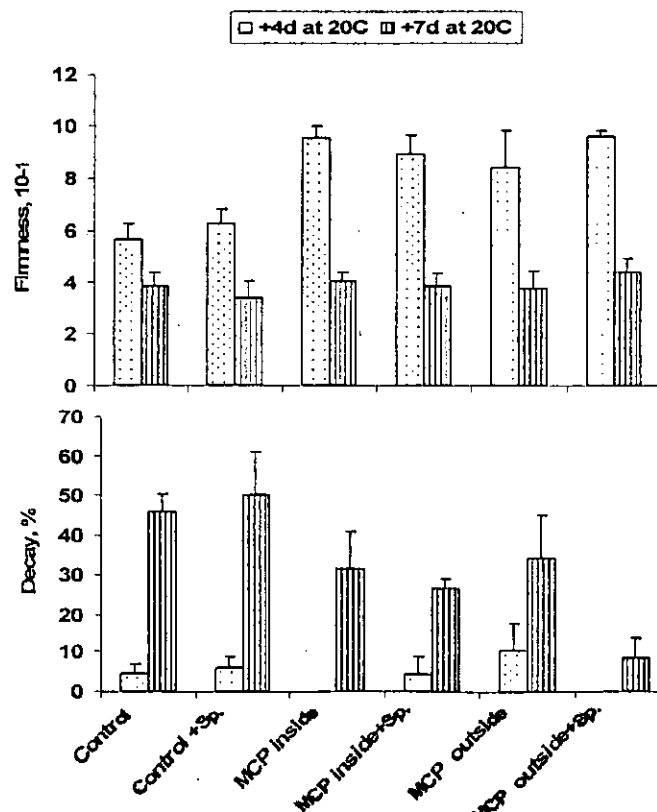
איור 7. השפעת טיפול מסחרי ב-MCP (300 ח"ב ב 10 מ"צ למשך 20 שעות במכולה) על מדד מוצקות אבוקדו מן האס (1 - ירוק, 10 - שחור) ועל שיעור התפתחות הריקבונות, לאחר 3.5 שבועות אחסון ב 5 מ"צ ובתוספת ארבעה ושבעה ימים ב 20 מ"צ. הפרי נלקח משני מגדלים שונים, A ו B, חלק טופל במכולה ב-MCP והביקורת הלא מטופלת הושארה בקירור בבית האריזה ב 5 מ"צ. התוצאות הן ממוצעים של חמישה קרטוני יצוא (ארבעה ק"ג/קרטון) \pm SE.



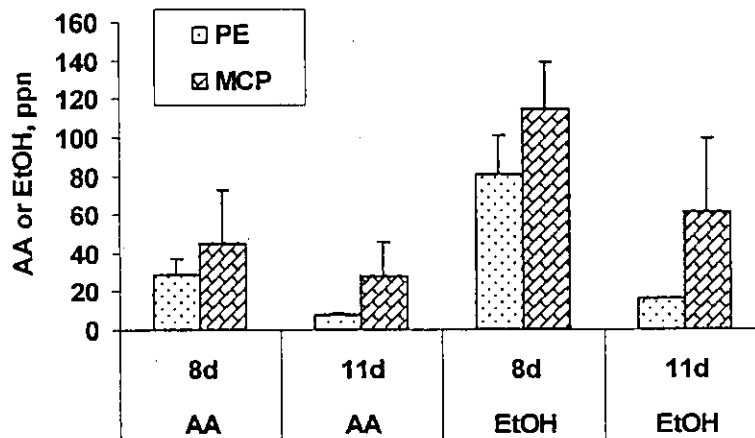
איור 8. השפעת טיפול מסחרי ב MCP (300 ח"ב ב 10 מ"צ למשך 20 שעות במכולה) על מוצקות אבוקדו מזן האס בניוטונים של פרי מאמצע המשטח (inside) ומהחלק החיצוני (outside) שלו, לאחר ארבעה שבועות ב 5 מ"צ ובתוספת ארבעה ושבעה ימים ב 20 מ"צ. התוצאות הן ממוצעים של 10 פירות \pm SE.



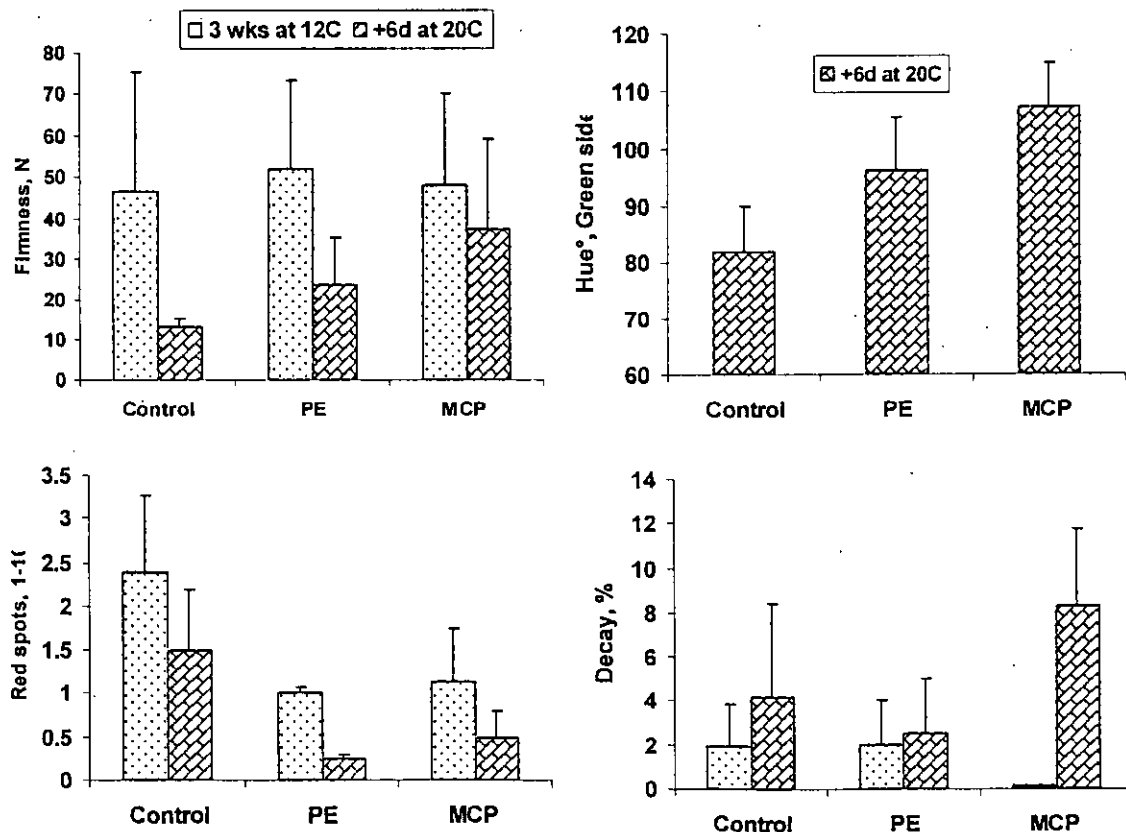
איור 9. השפעת טיפול מסחרי ב MCP (במכולה) וטבילה בפונגציד ספורטק (0.2%) לאחר ארבעה שבועות קירור על מדד מוצקות אבוקדו מזן האס (10-מוצק, 1 רך) ועל התפתחות הריקבונות בפרי מאמצע המשטח (inside) ומהחלק החיצוני (outside) שלו, לאחר ארבעה שבועות ב 5 מ"צ ובתוספת ארבעה ושבעה ימים ב 20 מ"צ. התוצאות הן ממוצעים של חמישה קרטוני יצוא (ארבעה ק"ג/קרטון) \pm SE.



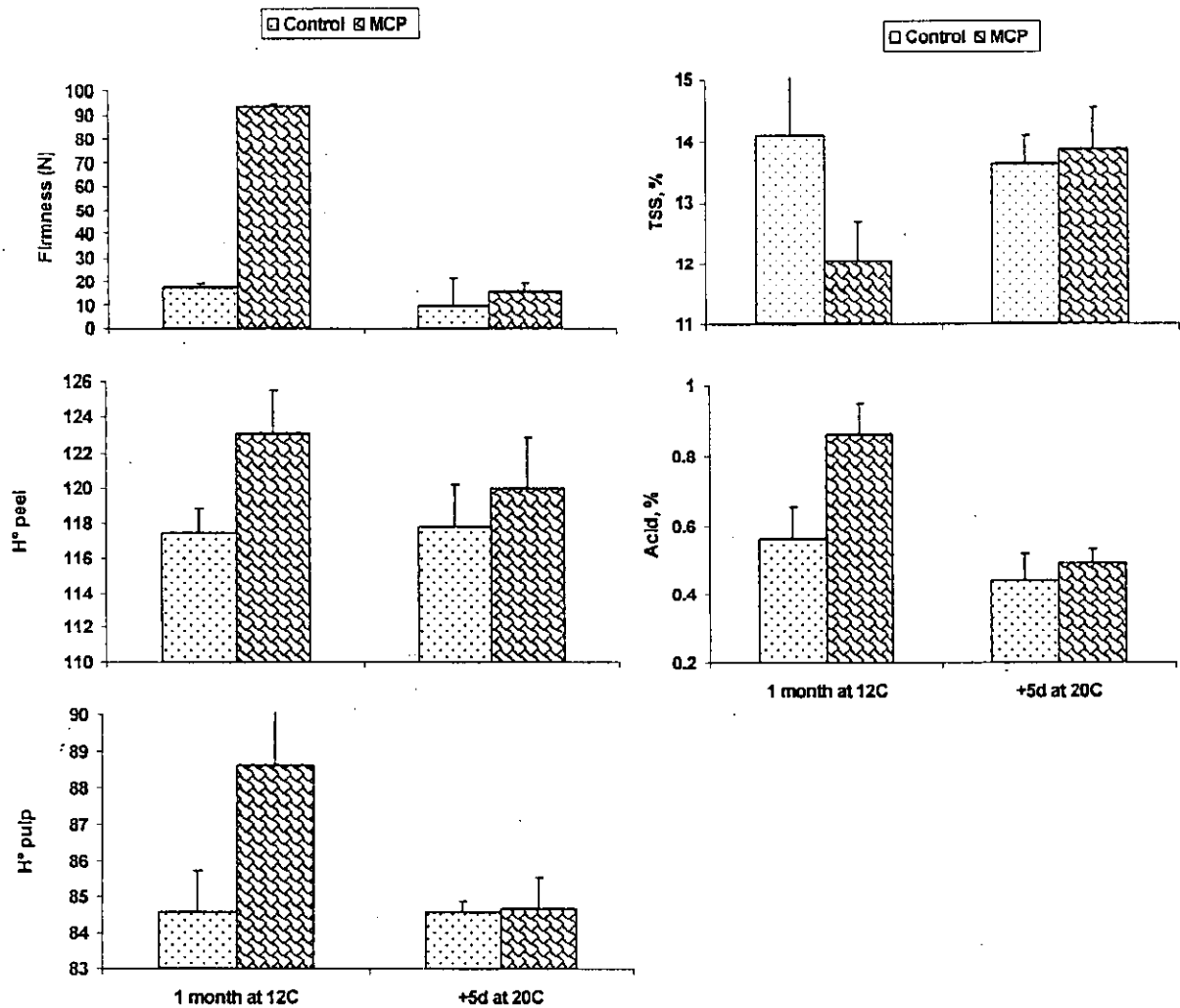
איור 10. השפעת מתן MCP (1.5 ח"מ) באווירה מתואמת בשקיות PE במגנו מזן טומי אטקינס על ייצור אצטאלדהיד (AA) ואתנול (EtOH) שמוגה ימים לאחר שהפרי נסגר בשקית ב 12 מ"צ (8d) ולאחר אורור ותוספת של שלושה ימים בשקית (11d). ביקורת PE = MCP, בשקית MCP = PE. התוצאות הם ממוצעים של 4 תיבות \pm SE.



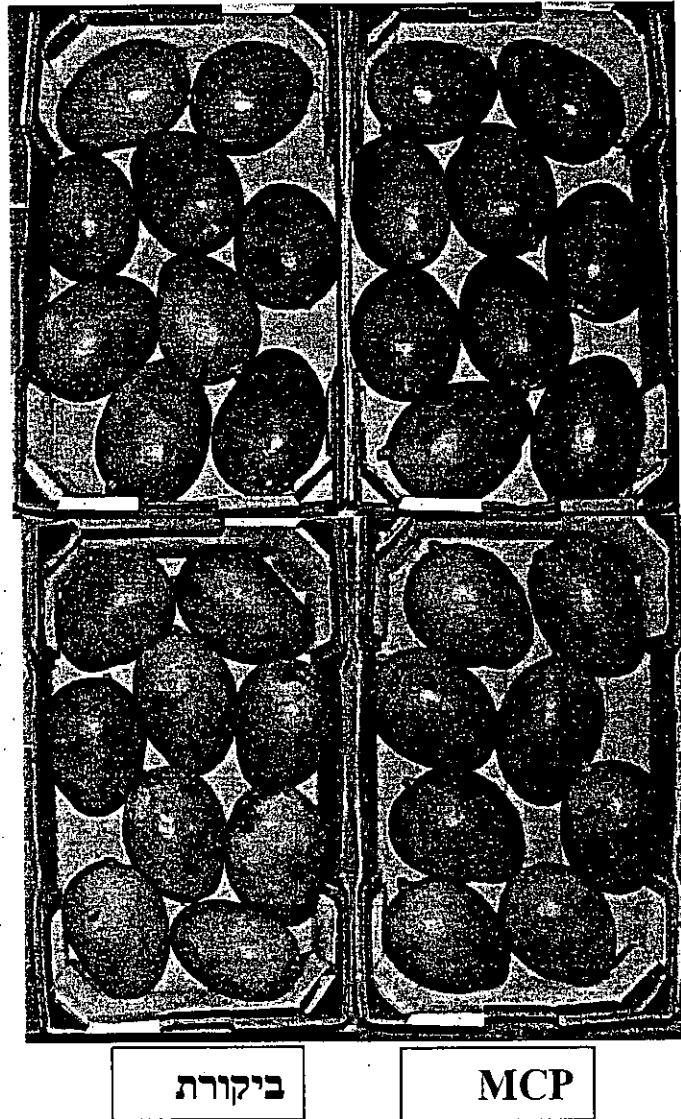
איור 11. השפעת טיפול ב MCP (1.5 ח"מ) באווירה מתואמת בשקית PE במגנו מזן טומי אטקינס על איכות המגנו לאחר שלושה שב' ב 12 מ"צ ובתוספת שישה ימים ב 20 מ"צ. איכות הפרי נקבעה לפי מוצקות בניוטונים (Firmness, N), צבע הצד הירוק לפי זווית הצבע ב Hue° , מדד התפתחות הנקודות האדומות (1- נמוך, 10- גבוה) ושיעור התפתחות הריקבנות (Decay, %). התוצאות הם ממוצעים של ארבע תיבות \pm SE.



איור 12. השפעת טיפול ב MCP (1000 ח"ב למשך 24 שעות ב 20 מ"צ), על איכות מנגו מון קיט לאחר חודש אחסון ב 12 מ"צ וחמישה ימים בחיי מדף. איכות המנגו נבחנה לפי המדדים הבאים: מוצקות בניוטונים, צבע קליפה וציפה בזוית הצבע H° , כלל מוצקים מסיסים TSS ושיעור החומציות. התוצאות הם ממוצעים של 10 דגימות $\pm SE$.



תמונה 1. השפעת טיפול ב MCP (1 ח"מ למשך 24 שעות ב 20 מ"צ) על מראה מנגו מון קיט.
 א. לאחר שבועיים ב 20 מ"צ ללא קירור. ב. לאחר 4 שבועות ב 12 מ"צ פלוס 12 ימים ב 20 מ"צ.



ביקורת

MCP