

דו"ח שנה שלישית - סופי

לתכנית מחקר מס. 430-0308-12

פיתוח טיפול מסחרי עם אווירה דלת חמצן לפני הקירור, להחלפת השימוש בנוגדי חימצון כימיים, על מנת לשפר איכות אגסים ותפוחים באחסון ובחיי מדף

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ולמועצת הצמחים

ע"י

עדנה פסיס, אולג פייגנברג, ליבנת גולדנברג – המחלקה לאחסון, מכון וולקני
Edna Pesis: epesis@volcani.agri.gov.il

רות בן אריה – מעבדה לקירור, קריית שמונה
Ruth Ben Arie: fruitlab@netvision.net.il

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.
הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: כן/לא

חתימת החוקר:

תקציר

כדי למנוע את הופעת הצרבון השטחי בתפוח ובאגס וצרבון ההזדקנות באגס שמתפתחים באחסון בקור, פיתחנו שיטה פיסיקלית בה הפרי מטופל באווירה מועטת חמצן, בטמפרטורה של 20 מ"צ למשך 7-10 ימים, לפני הקירור ב 0 מ"צ. במשך הטיפול המקדים באווירה מועטת חמצן, חל עידוד בייצור המטבוליטים האנארוביים, אצטאלדהיד ואתנול, אשר גרמו לעיכוב הבשלה וייצור האתילן דבר שגרם להפחתה בנזקי צרבון בתפוח ובאגס והחמות פנימיות באגס. בשנתיים הראשונות למחקר הראנו את יעילות הטיפול בחמצן נמוך במניעת צרבון בגרני סמית הודות להפחתה בייצור אלפא פרנזן והמטבוליט MHO ששיך לקבוצה של reactive oxygen species (Sabban Amin et al. 2011, Pesis et al. 2012), דבר שהוביל לירידה בייצור אתילן. הטיפול המתאים ביותר לגרני סמית בעיכוב צרבון הוא MCP אבל הוא מתאים לפרי הרגיל הקונבנציונלי. לעומת זאת לפרי האורגני שלא יכול להיות מטופל באנטיאוקסידנט DPA או במעכב אתילן MCP הטיפול בחמצן נמוך יכול לשמש כאלטרנטיבה טובה במניעת צרבון שטחי בגרני סמית.

בשנה השנייה והשלישית למחקר, ביצענו ניסויים על אגסים מזן ספדונה, ותפוחים מזן זהוב. בספדונה השונו את איכות הפרי שטופל בחמצן נמוך לפני הקרור לעומת טיפול כימי באנטיאוקסידנט אתוקסיקווין שמונע צרבון (דקו-סקולד 0.15%) ובמעכב אתילן MCP. הפרי אוחסן בשתי צורות אחסון באוויר רגיל ב 0 מ"צ (בבית דגן) ובאווירה מבוקרת CA (קרית שמונה). הטיפול בחמצן נמוך למשך 7 ימים היה יעיל בעיכוב ההבשלה ונזקי צרבון ההזדקנות, הצרבון השטחי והרקבונות בספדונה לאחר 4-6 חודשי אחסון באוויר רגיל ובאוויר מבוקר, אך באוויר רגיל היה פחות יעיל מאשר MCP. גם מבחינת הטעם, הפרי שטופל ב MCP היה הטעים ביותר. באוויר מבוקר הטיפול השתווה ביעילות הדברת הצרבון השטחי ליעילותם של האנטי-אוקסידנט אתוקסיקווין ומעכב פעולת האתילן MCP. למרות שהטיפול בחמצן נמוך לא אפקטיבי כמו MCP בכל מקרה, הוא יכול לשמש אלטרנטיבה לטיפול בספדונה אורגנית (Feygenberg al. 2012; 2013).

בזהוב מצאנו שטיפול בחמצן נמוך הוריד במקצת את ייצור האתילן בקירור ובחיי מדף, אמנם לא כמו MCP שהוריד את הרמה ל-0, אך הורדה זו הייתה יעילה בשמירה על מוצקות הפרי וצבע ירוק יותר באחסון באוויר רגיל. באחסון ב CA היה דמיון בין חמצן נמוך ו MCP בעיכוב התרככות רק אחרי 4 חודשים, אבל לאחר 8 חודשים הפרי מטיפול בחמצן נמוך סבל מהתרככות והפסדי משקל גבוהים יותר מהביקורת ו MCP. בנוסף בחנו את השפעת הטיפולים על יצירת נדיפים וטעם הפרי. בשני המקרים, הן באחסון רגיל והן באחסון ב CA, הייתה עדיפות לטיפול MCP על פני הטיפול בחמצן נמוך. טיפול MCP מתאים יותר לפרי רגיל אך הטיפול בחמצן נמוך יכול להיות מתאים לתפוח זהוב אורגני.

רשימת פרסומים שנבעו מהמחקר:

1. פייגנברג א, בן אריה ר, סבן-אמין ר, פסיס ע. 2010. טיפול ללא כימיקלים להפחתת המחלה צירבון שטחי. עלון הנוטע 64 : 34-39.
2. Sabban-Amin, R., Feygenberg, O., Belausov, E., Pesis E. 2011. Low-oxygen and 1-MCP pretreatments delay superficial scald development by reducing reactive oxygen species (ROS) accumulation in stored 'Granny Smith' apples. Postharvest Biol. Technol. 62: 295-304.
3. Pesis, E., Feygenberg, O., Goldenberg, L., Sabban-Amin, R. 2012a. Superficial scald symptoms in Granny Smith apples associated with reactive oxygen species (ROS) accumulation. Proc. Fla. State Hort. Soc. 125: 276–279.
4. Feygenberg, O., Goldenberg, L., Ben-Arie, R, Pesis., E. 2012. Application of pre-storage short anaerobic treatment to improve postharvest quality of 'Spadona' pear. HortScience (ASHS conference 2012, Miami, FL, USA). Pg. 18.

5. Pesis, E., Feygenberg, O., Goldenberg, L., Sabban-Amin, R. Ebeler, SE., Mitcham, EJ., Ben Arie, R. 2012b. The role of low oxygen pre-storage treatment in reducing chilling injuries of deciduous fruit. 7th CIGR Section VI International Technical Symposium, "Innovating the Food Value Chain" Postharvest Technology and AgriFood Processing Stellenbosch, South Africa, Nov. 2012 (in press).
6. Feygenberg, O., Goldenberg, L., Ben Arie, R., Pesis, E. 2013. Inhibition of chilling injury expressed as scald and internal browning in Spadona pear by hypoxia and 1-MCP treatment. The Israeli Society of Plant Sciences, Volcani Center, Bet Dagan, Israel. Pg. 11.
7. Feygenberg, O., Goldenberg, L., Nerya O., Ben Arie, R., Pesis. E. 2013. Pre-storage treatment with Hypoxia or 1-MCP improved 'Spadona' Pear Quality after Storage. CA-MA conference June 2013, Italy. Acta Hort (in press) .

מבוא:

תפוחי עץ, במיוחד מהזן גרני סמית, מאוד רגישים לצרבון שטחי, נזק צינה, המתרחש אחרי אחסון ב 0 מ"צ במשך כמה חודשים בתנאי אוויר רגילים. במשך השנים התפתחו כל מיני שיטות כדי למנוע את התפתחות הצרבון השטחי, בעיקר חל שימוש באנטיאוקסידנט דיפנילאמין (DPA) או במעבב אתילן, 1-MCP (Rudell et al. 2006). בשנים האחרונות, לאור הדרישה מצד הצרכנים לעבור לטיפולים ללא כימיקלים, פותחו שיטות שונות למניעת הצרבון בתפוח, ביניהם אחסון תחת אווירה מבוקרת (CA) או Dynamic controlled atmosphere (DCA) או טיפול מקדים באווירת חמצן נמוך במיוחד (ULO) לפני אחסון באווירה מבוקרת (Wang & Dilley (2003; Zanella, 2000). כל השיטות האלו, נמצאו כיעילות במניעת הצרבון השטחי, אבל עלותם גבוהה יחסית. בכל מקרה, הטיפול במעבב האתילן MCP הוא היעיל ביותר מכל הטיפולים לעכוב יצירת האתילן ומניעת הופעת הצרבון אבל הוא איננו אפשרי לפירות אורגניים. אי לכך ממשיכים לחפש טיפולים אלטרנטיביים לטיפול הכימי היעיל.

בתפוחים מזן גרני סמית הראו שגם טיפול מוקדם בעקת חמצן נמוך שניתן בזרימה מתמדת (מתחת ל 1%) במשך 10 ימים ב 20 מ"צ הוריד את התפתחות הצרבון אחרי 16 שבועות ב 0 מ"צ (Ghahramani and Scott, 1998). בעקבות מחקר זה, בחנו טיפול מוקדם באווירת חמצן נמוך (לא בזרימה מתמדת) במשך 7-10 ימים ב 20 מ"צ, על מניעת הופעת הצרבון השטחי בגרני סמית (Pesis et al., 2007; 2010). במהלך שנים רבות, הראו כי יש קשר בין התפתחות הצרבון והצטברות אלפא פרנון והופעת תוצרי הפרוק שלו כולל conjugated triene (CT) ויצירת חומר נדיף 6-מתיל, 5-הפטן, 2-און (MHO). (Rao et al., 1998; Rowan et al., 2001; Mir et al., 1999; Whitaker, 2004; Pesis et al. 2010).

לאחרונה הראנו (בשתי שנות המחקר הקודמות) שהטיפול בחמצן נמוך בדומה לטיפול ב MCP לפני האחסון בקור מונע יצירת מולקלות של רדיקלים חופשיים reactive oxygen species (ROS). הראנו זאת בזן גרני סמית, בו הצרבו השטחי בולט ביותר, כשהטיפולים בחמצן נמוך או ב MCP מנעו כמעט לגמרי את הופעת המחלה (Sabban Amin et al. 2011, Pesis et al. 2012a, 2012b).

בשנה השלישית הרחבנו את המחקר שלנו לפירות נוספים ובחנו את היעילות על תפוח מזן זהוב ואגס מזן ספדונה ששניהם מתרככים בקלות ויש ענין מסחרי לעכב את הבשלתם באחסון בקור באוויר רגיל ובאוויר מבוקרת (CA).

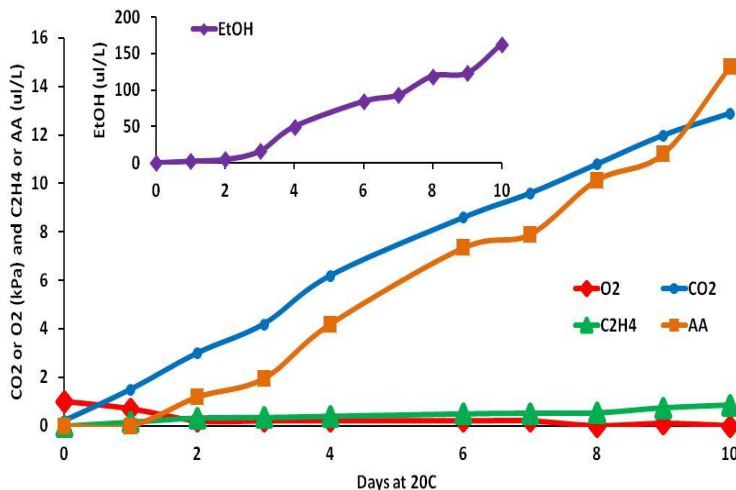
מכיוון שהטיפול בחמצן נמוך גורם לעקה אנארויבית, בשנה השלישית למחקר התמקדנו בהשפעת הטיפול על יצור נדיפים ארומטיים בתפוח מזן זהוב ואגס מזן ספדונה בהשוואה לטיפול מסחרי ב MCP.

שיטות וחומרים:

תפוח זהוב:

תפוח מזן דלישס זהוב טופל יום לאחר הקטיפה באווירת חמצן נמוך (LO2) במשך 10 ימים ב 20 מ"צ כפי שתואר לעיל לגבי אגסים. לאחר הטיפול הועבר הפרי לאחסון באוויר רגיל או באוויר מבוקר שכלל 1.5% חמצן ו 2% פד"ח ב 0 מ"צ. הטיפול בחמצן נמוך השווה לטיפול ב MCP שניתן ברכוז של 0.6 ח"מ למשך 20 שעות לפרי אחרי ששה שבוע ב 7 מ"צ. לאחר הטיפול הפרי קורר בצורה הדרגתית ל 1 מ"צ במשך שבועיים ואז הועבר לאחסון באוויר מבוקר (Gamrasni et al. 2010).

בטיפול בחמצן נמוך נדגמו הגזים השונים, פד"ח, חמצן, אתילן, אצטאלדהיד ואתנול, באווירת המיכל במשך 10 ימים בשלושה גז כרומוטוגרפים שונים (איור 1). רמת הפד"ח 13%, האצטאלדהיד 14.8 ח"מ, והאתנול 163 ח"מ, שהצטברו לאחר 10 ימים של טיפול היו בדומה למה שמצאנו בטיפול גרני סמית (Pesis et al. 2010). לאחר הטיפולים הפרי הועבר לאחסון ב 0 מ"צ באוויר רגיל במחלקה לאחסון ובאוויר מבוקר בקרית שמונה.



איור 1. רמת הגזים השונים שהתפתחה במהלך הטיפול בחמצן נמוך בתפוח מזן זהוב במשך 10 ימים ב 20 מ"צ. פד"ח - CO₂, חמצן - O₂, אתילן - C₂H₄, אצטאלדהיד - AA, אתנול - EtOH.

לאחר 3 ו 6 חודשים באוויר רגיל או 4 ו 8 חודשים באוויר מבוקר הפרי הוצא לשבוע ימים בחיי מדף ב 20 מ"צ. הדגימות התבצעו בהוצאה מקירור ולאחר חיי מדף.

בדיקות האיכות כללו:

מוצקות הפרי נבדקה ע"י שימוש במכשיר מד-מוצקות שחודר עם רגש בקוטר 11 מ"מ (על שני הצדדים של לחיי הפרי (לאחר קילוף הליפה החיצונית). המוצקות נקבעה ביחידות של ניוטונים (N).

צבע קליפת הפרי נבדק לפי זווית הצבע (Hue) בעזרת מכשיר כרומטר (מינולטה). ערכי זווית הצבע: אדום = Hue 30°, צהוב = Hue 90°, ירוק כהה = Hue 130°. בדיקות המוצקות והצבע נעשו משני צידי הפרי וכללו 20 או 10 פירות למדגם מאוויר רגיל או מאוויר מבוקר, בהתאמה.

בנוסף נבדקה הנשימה וייצור אתילן בפירות בודדים שהושמו בצנצנות של חצי ליטר, ונסגרו לשעתיים בקור במשך 13 שבועות או שעה בחיי מדף למשך שבועיים (4 צנצנות/לטיפול) לפי שיטת (Pesis et al. 2010)

בנוסף נלקחו מדגמים מקליפת הפרי בכל הוצאה לבדיקת נדיפים ב GCMS בעזרת SPME לפי שיטת (Pesis et al. 2010). האסתרים שהם רב תוצרי הארומה בדלישס זהוב חולקו לשלוש קבוצות: אתיל אסתרים שכללו, אתיל אצטט, אתיל הקסנואט ואתיל דקנואט; בוטיל אסתרים שכללו בוטיל אצטט ובוטיל בוטנואט; והקסיל אסתרים שכללו הקסיל אצטט, הקסיל בוטנואט, הקסיל 2 מתיל בוטנואט והקסיל הקסנואט. התוצאות הם ממוצעים של 3 דגימות לטיפול. בדיקות הטעם התבצעו לאחר 6 חודשים בקרור רגיל ושבוע חיי מדף ולאחר 8 חודשים בקרור באוויר מבוקר ושבוע חיי מדף, 20 ו-10 טועמים בהתאמה, שדרגו את הפירות לפי 5 מדדים: מתיקות, חמיצות, פציחות, טעם לוואי, וטעם כללי לפי סקלה הדונית עולה מ 1 עד 9.

אגס ספדונה

אגס מזן ספדונה טופלו ביום הקטיף בחומר אנטיפונגלי סקולר 0.1% לפני מתן כל יתר הטיפולים. טיפולי חמצן נמוך (LO2) ע"י הזרמת חנקן מבלון חנקן במשך כשעה ואטימת התא, לאחר שרמת החמצן ירדה מתחת ל 2%, ניתנו למשך 8 ימים ב 20 מ"צ ל 120 ק"ג פרי ארוז בתיבות פלסטיק בתא של 700 ליטר. במהלך הטיפול נבדקו כל יום רמות הפד"ח, החמצן, האתילן, האצטאלדהיד והאתנול באווירת התא בעזרת גז כרומטוגרף לפי שיטת (Pesis et al. 2007). בניסוי הראשון התא כנראה לא היה אטום דיו ולכן רמת האתילן נשארה גבוהה אחרי 8 ימים (2.36 ח"מ) ורמות אצטאלדהיד ואתנול שהתפתחו לא היו גבוהות דיון (טבלה 1). אי לכך ערכנו ניסוי שני באותה עונה עם פרי ספדונה מאותו קטיף ששהה ב 0 מ"צ. בפעם השנייה לאחר כשבועיים אחסון הפירות טופלו עם חמצן נמוך (LO2late) למשך 7 ימים והפעם התא היה סגור דיו, רמת האתילן ירדה לרמה נמוכה והצטבר בתא רמת אצטאלדהיד ואתנול גבוהים יותר (טבלה 1). אטימות התא במשך הטיפול והצטברות אצטאלדהיד ואתנול הוכחה כחיונית להצלחת הטיפול בתפוחים (Pesis et al. 2007; 2010).

טבלה 1. רמת הגזים השונים : פד"ח, חמצן, אתילן, אצטאלדהיד ואתנול, שהתפתחה באווירת המיכל שהכיל אגס מזון ספדונה, לאחר 7 או 8 ימים של שני הטיפולים השונים בחמצן נמוך. הטיפול הראשון (LO2) נעשה מיד לאחר הקטיף והתא לא היה אטום דיו. הטיפול השני (LO2late) נעשה על פרי מאותו קטיף לאחר שהיה מאוחסן שבועיים בקור ב 0 מ"צ.

טיפול/גז	יחידות	LO2- 8d	LO2late-7d
פד"ח	kPa	5.57	6.20
חמצן	kPa	0.70	0.01
אתילן	µl/L	2.36	0.37
אצטאלדהיד	µl/L	9.65	30.75
אתנול	µl/L	57.14	238.30

הטיפולים בחמצן נמוך הושוו לטיפולים מסחריים שניתנים לאגס במעבדה בקרית שמונה. הטיפולים כללו 1. טבילה במשך 30 שניות בדקוסקאלד- אתוקסיקווין (ETH) 0.15% . 2. MCP 0.3 ח"מ למשך 20 שעות ב 0 מ"צ למחרת הקטיף לאחר קירור הפרי במשך הלילה. לאחר הטיפולים כל שאר הפרי קורר ונעטף בפוליאאתילן למניעת הצטמקות. ומחצית תיבות הפרי אוחסנו ב 0 מ"צ במחלקה לאחסון בבית דגן באוויר רגיל למשך 2 ו 4.5 חודשים ומחציתן במעבדה בקרית שמונה באווירה מבוקרת למשך 4 ו-6.5 חדשים. לאחר הקירור הוסר הפוליאאתילן מהתיבות והפרי הועבר לחיי מדף ב 20 מ"צ ל 5 ימים לאחר אחסון באוויר רגיל ול-7 ימים לאחר אחסון באוויר מבוקר.

בדיקות האיכות כללו:

מוצקות הפרי נבדקה ע"י שימוש במכשיר מד-מוצקות שחודר עם רגש בקוטר 8 מ"מ (על שני הצדדים של לחיי הפרי (לאחר קילוף הקליפה החיצונית). המוצקות נקבעה ביחידות של ניוטונים (N). נעשתה הערכה ויזואלית לרמת צרבון ההזדקנות שהתפתח על פני הקליפה של הספדונה לפי מדד עולה מ 1 עד 10. כאשר 10 רמת החומרה הגבוהה ביותר

10

$$\text{מדד צרבון ההזדקנות} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{רמת הצרבון}) \times (\text{מס' פירות בקבוצה})}{\text{סה"כ פרי}}$$

צבע קליפת הפרי נבדק לפי זווית הצבע (Hue) בעזרת מכשיר כרוממטר (מינולטה). ערכי זווית הצבע: אדום = Hue 30°, צהוב = Hue 90°, ירוק כהה = Hue 130°. שיעור הרקבונות חושב בכל תיבה כאחוז הפירות הרקובים מכלל הפרי בתיבה. לכל הוצאה נדגמו 3 תיבות עם כ 50 פירות בתיבה. מוצקות וצבע הפרי נקבעו על 20 דגימות. לאחר האחסון באוויר מבוקר נוספו לבדיקות הנ"ל בתום חיי המדף גם מדידת תכולת הכ.מ.מ. והחומצה במיץ הסחוט מ-10 פירות בכל חזרה.

בנוסף נלקחו מדגמים מקליפת הפרי בכל הוצאה לבדיקת נדיפים ב GCMS בעזרת SPME לפי שיטת (Pesis et al. 2010).

בדיקות הטעם התבצעו לאחר 4.5 חודשים בקרור רגיל ו 5 ימים בחיי מדף עם 20 טועמים שדרגו את הפירות לפי 5 מדדים: מתיקות, חמיצות, פציחות, טעם לוואי, וטעם כללי לפי סקלה הדונית עולה מ 1 עד 9. בתום שתי תקופות האחסון באוויר מבוקר נערך מבחן הטעם לאחר 7 ימי חיי המדף ע"י צוות מנוסה של 10 טועמים.

תוצאות ודיון:

תפוח מזן זהוב

אחסון בקירור רגיל

לאחר 3 ו 6 חודשים של אחסון באוויר רגיל ב 0 מ"צ, פרי הזהוב שטופל בחמצן נמוך היה המוצק ביותר ובעל הצבע הירוק ביותר בהשוואה לטיפול MCP וביקורת לא מטופלת (איור 2 ו 3). לעומת זאת עיכוב הנשימה וייצור האתילן הרב ביותר היה בטיפול ה MCP, כאשר גם טיפול החמצן הנמוך עיכב אתילן אבל בצורה פחותה מזו של ה MCP (איור 4). הסיבה לכך שפרי שטופל בחמצן נמוך היה ירוק יותר ומוצק יותר מ MCP באחסון באוויר רגיל, נבע כנראה מהעובדה שטיפול MCP ניתן לזהוב אחרי שהפרי שהה שבוע ימים ב 7 מ"צ ובמשך שבועיים נוספים קורר בהדרגה ל 1 מ"צ. ההשהיה הזו הינה חיונית לזהוב כדי למנוע בפרי נזק של החמות שנגרם בגלל טיפול ב MCP (Gamrasni et al. 2010).

הטיפול ב MCP היה היעיל ביותר במניעת ייצור האתילן הן בקירור והן בהעברה לחיי מדף (איור 4), דבר שגרם לעיכוב רב בייצור אלפא פרנזון ותוצר החימצון שלו MHO בטיפול זה לאחר 3 ו 6 חודשי אחסון בקירור רגיל (איור 5). יש לציין שרק לאחר 6 חודשים בקרור ובתוספת שבוע חיי מדף רמת האלפא פרנזון בטיפול MCP הגיעה לרמה של אלפא פרנזון בביקורת לאחר 3 חודשי קירור (איור 5). נקודה זו מאוד חשובה, כי היא מצביעה על כך שלאחר כמה חודשים הפרי המטופל ב MCP מתחיל להבשיל נורמלי.

המחקר בהשפעת MCP על צרבוני מתואר כבר שנים בזני תפוח ואגס שונים והוכח כי MCP בגלל עיכוב באתילן גורם לעיכוב ניכר בייצור אלפא פרנזון ותוצר החימצון שלו MHO דבר שמונע את הופעת הצרבוני (Rowan et al., 2001; Whitaker, 2004; Whitaker et al. 2009; Pesis et al. 2010; Sabban-Amin et al. 2011).

בעבודה הנוכחית אנחנו מראים שגם טיפול בחמצן נמוך השפיע על יצירת אלפא פרנזון ו MHO בתפוח זהוב (איור 5). לאחר 3 חודשים נמצא האלפא פרנזון בפרי מחמצן נמוך ברמות גבוהות אבל רמת ה MHO היתה נמוכה והיא ירדה אח"כ לאחר 6 חודשי אחסון, כאשר בביקורת חלה עליה הדרגתית ב MHO, דבר שגורם לנזק הצרבוני (איור 5). במחקרים שונים הודגם שאלפא פרנזון עצמו איננו גורם לנזק. זהו נדיף שנמצא בקליפת הפרי באופן טבעי ורק החימצון שלו גורם לנזק. נמצא כי בטיפולים עם אנטיאוקסידנטים כמו DPA או אתוקסקווין שמונעים צרבוני,

מצטברת רמה גבוהה של אלפא פרנזון אבל חל עיכוב ביצור MHO

(Bai et al. 2009; Whitaker et al. 2009; Rudell et al. 2006; Pesis et al. 2010)

בבחינת רמות הנדיפים של האסטרים השונים שנוצרו במהלך האחסון בקירור רגיל לאחר 3 ו 6 חודשים ב 0 מ"צ ובתוספת שבוע בחיי מדף, נתקבלו הבדלים רבים בין הטיפולים השונים (איור 6). ביום הקטיף רמת כל האסטרים היא נמוכה מאוד ורק במהלך האחסון חלה הצטברות של נדיפים אשר תורמים רבות לטעם ולארומה. הטיפול בחמצן נמוך גרם להגברה משמעותית בייצור הנדיפים האתיליים לאחר 3 חודשים בקירור ובתוספת שבוע חיי מדף, אבל רמה זו ירדה לרמות נמוכות בדומה לביקורת ו MCP לאחר 6 חודשי אחסון (איור 6). לגבי האסטרים הבוטיליים וההקסיליים, בביקורת נמצאה הרמה הגבוהה ביותר הן לאחר 3 חודשי אחסון והן לאחר 6 חודשי אחסון בעוד שב MCP נוצרה הרמה הנמוכה ביותר (איור 6). יש לציין שבפירות הביקורת וה MCP רמות האסטרים הבוטיליים וההקסיליים הלכו ועלו עם האחסון וחיי המדף, בעוד שבטיפול החמצן הנמוך חלה עליה לאחר 3 חודשי אחסון וחיי מדף אבל הרמה נשארה דומה גם לאחר 6 חודשי אחסון (איור 6). לאחר 6 חודשי אחסון בקירור רגיל ובתוספת שבוע חיי מדף, רמת האסטרים הבוטיליים וההקסיליים נמצאה זהה בטיפול החמצן נמוך וה MCP והיא הייתה נמוכה בצורה מובהקת מזו שנמצאת בביקורת (איור 6).

אחסון באוויר מבוקר

לאחר 4 חודשי אחסון באוויר מבוקר, הפרי מטיפול חמצן נמוך היה הירוק ביותר הן אחרי הקרור והן אחרי חיי מדף, למרות שלא היו הבדלים משמעותיים בין הטיפולים בערכי ה HUE (טבלה 2). מבחינת המוצקות, הפרי מחמצן נמוך ופרי שטופל ב MCP היו מוצקים מהביקורת לאחר 4 חודשים ובתוספת חיי מדף. גם החומצה המאלית הייתה גבוהה בהרבה בשני טיפולים אלו לעומת הביקורת, דבר שמצביע על עיכוב הבשלה בתפוח (טבלה 2). אבל לאחר 8 חודשי קירור באוויר מבוקר ובתוספת חיי מדף רק טיפול ה MCP שמר על מוצקות טובה, הביקורת היתה מוצקה פחות והטיפול בחמצן נמוך היה בעל מוצקות הנמוכה ביותר (טבלה 2). שיעור החומצה המאלית ירד באופן משמעותי לעומת השיעור אחרי 4 חודשים והיה זהה בכל הטיפולים (טבלה 2).

מבחינת איבוד משקל, לאחר 4 חודשי אחסון באוויר מבוקר ובתוספת שבוע חיי מדף לא היו הבדלים בין הטיפולים (איור 7). אבל לאחר 8 חודשי אחסון באוויר מבוקר ובתוספת חיי מדף הפרי שסבל משיעורי אובדן משקל הגבוהים ביותר היה הפרי שטופל בחמצן נמוך, כשלא נמצא הבדל בין פירות הביקורת וה MCP (איור 7). ההפסד הגבוה יותר במשקל הפרי תואם את המוצקות הנמוכה ביותר שהתקבלה בטיפול החמצן הנמוך לאחר 8 חודשי אחסון וחיי מדף (איור 7 כנגד טבלה 2).

תוצאה זו איננה תואמת למה שהתקבל באחסון באוויר רגיל לאחר 6 חודשים (טבלה 2 כנגד איור 2). ייתכן מאוד שעודף תנאים חסרי חמצן באוויר מבוקר גורם להתמוטטות של פרי שקיבל עקת חמצן נמוך לפני האחסון באוויר מבוקר.

טבלה 2. השפעת טיפולים בחמצן נמוך (LO2) או MCP על מוצקות בניטונים, צבע הקליפה לפי זוית הצבע HUE והחומציות מחושבת כחומצה מאלית לאחר 4 ו 8 חודשי אחסון באוויר מבוקר ובתוספת שבוע בחיי מדף ב 20 מ"צ.

חיי מדף		הוצאה מקירור			טיפולים	משך אחסון (חודשים)
חומצה מאלית (%)	מוצקות (N)	צבע (Hue ^o)	מוצקות (N)	צבע (Hue ^o)*		
0.54			77.2	110.8	Harvest	0
0.36b	48.8b	98.9	55.5	102.6	Control	4
0.75a	54.3a	99.6	54.8	101.0	1-MCP	
0.74a	54.3a	100.3	55.3	103.3	LO2	
0.009	0.002	ns	ns	ns	Significance (p)	
0.33	42.3b	99.1a	50.1b	103.6a	Control	8
0.32	53.4a	96.3b	54.9a	98.6b	1-MCP	
0.33	37.0c	94.7b	45.3c	102.5a	LO2	
Ns	0.001	0.001	0.001	0.001	Significance (p)	

a-c* אותיות שונות בעמודות מצביע על הבדלים מובהקים ברמה שמצוינת בטבלה לפי מבחן דנקן. ns - לא מובהק

טעם הפרי

אחרי 6 חודשי אחסון באוויר רגיל ובתוספת שבוע בחיי מדף, פרי הביקורת היה המתוק ביותר לעומת הפרי מחמצן נמוך ומ MCP (איור 8), כאשר האחרון היה החמוץ ביותר. פירות מחמצן נמוך ומ MCP היו פציחים במידה גבוהה וזהה בהשוואה לפרי הביקורת, שהיה כבר קמחי (איור 8). בסה"כ מבחינת הטעם, טיפול ה MCP קיבל את הדרוג לטעם הטוב ביותר (איור 8). ייתכן שבגלל שבטיפול חמצן נמוך יש יותר אסתרים אטיליים (איור 6), הדבר פגם בטעמו לעומת פרי מטיפול ה MCP.

לאחר 8 חודשי אחסון באוויר מבוקר ובתוספת שבוע חיי מדף פרי מטיפול MCP היה הטעים ביותר כנראה בגלל הפציחות שלו וחוסר טעמי לוואי (איור 9). יש לציין שבתפוח גולדן ריינדר אחרי אחסון בחמצן נמוך לאורך זמן, הגיעו למסקנה שיש חשיבות גבוהה למרקם ולפציחות מעבר ליצירת הניחוח, דבר שמשפיע על העדפת הטועמים (Altisent et al. 2011).

סיכום

ניתן לסכם כי טיפול חמצן נמוך יעיל בעיכוב הבשלה בדומה לטיפול MCP בתפוח דלישס זהוב שאוחסן באוויר רגיל למשך 6 חודשים. אבל אין כל יתרון לטיפול זה בפרי זהוב שמאוחסן באוויר מבוקר למשך 8 חודשים, אלא להפך - הפרי ניזוק. MCP הוא עדיין הטיפול הטוב ביותר לשמירה על איכות תפוח מזן דלישס זהוב. ברם, הטיפול בחמצן נמוך יכול לשמש אלטרנטיבה טובה לטיפול בפרי זהוב אורגני, מכיוון שהוא שומר על מוצקות, צבע ופציחות הפרי לאורך 6 חודשים באוויר רגיל ובתוספת חיי מדף.

אגס מזן ספדונה

לאחר 4.5 חודשים בקירור באוויר רגיל ובתוספת של 5 ימים בחיי מדף, פרי הביקורת הלא מטופל והפרי שטופל באנטי אוקסידנט אתוקסקווין – 'דקו סקאלד' סבלו מהרמה הגבוהה ביותר של צרבון ההזדקנות גם בהוצאה מקירור וגם לאחר חיי מדף (טבלה 3). כאשר הפירות שטופלו בחמצן נמוך LO2 או LO2late סבלו מרמה נמוכה בהרבה של צרבון ההזדקנות ואילו פרי ספדונה שטופל ב MCP היה ללא כל צרבון (טבלה 3). מבחינת התפתחות הרקבונות הפרי שטופל בדקו סקאלד סבל מרמת רקבונות הגבוהה ביותר, אפילו יותר מאשר הביקורת הלא מטופלת. הפרי שקיבל חמצן נמוך LO2 סבל מרמת רקבונות ורמת צרבון הזדקנות גבוהות יותר לאחר חיי מדף (אם כי לא בצורה מובהקת), מפרי שקיבל טיפול של חמצן נמוך, אבל עם רכוזי אצטאלדהיד ואתנול גבוהים יותר LO2late (טבלה 1 כנגד טבלה 3). מכאן אנו מסיקים כי כדי שהטיפול בחמצן נמוך יהיה יעיל, התא חייב להיות סגור כך שהצטברו בו הנדיפים אצטאלדהיד ואתנול שיפעלו למניעת הצרבון והרקבון. לאחר 4.5 חודשים בקירור רגיל ובתוספת 5 ימים בחיי מדף פרי הספדונה נחתך לאורכו והתברר שרק הפירות שטופלו ב MCP או בחמצן נמוך מאוחר LO2late היו ללא החמות פנימיות לחלוטין (איור 10).

הצרבון השטחי, שהתפתח בחיי מדף לאחר 6.5 חודשי אחסון באוויר מבוקר ברמה קלה עד בינונית, נמנע לחלוטין ע"י הטבילה בדקו-סקולד, הטיפול ב-MCP-1 והטיפול המאוחר בחמצן נמוך (טבלה 4). רקבון התפתח בעיקר בטיפול בחמצן נמוך שלא התממש כנדרש, וזאת כנראה בגין אחסון מאוחר באוויר מבוקר בנוסף לאי מימוש תנאי החמצן הנמוך. ראוי לציין, שכאשר תנאי החמצן הנמוך התממשו, דחיית הפעלת תנאי האוויר המבוקר לא השפיעה לרעה על איכות הפרי. האיכות הפנימית של הפרי הייתה תקינה בכל הטיפולים, למעט החמצן הנמוך שלא צלח, בו הופיעה החמה פנימית ב-30% מהפירות

התוצאות הללו תואמות למה שהתקבל באגס מזן ברטלט בעבודה שנעשתה בדיוויס, קליפורניה, בה הטיפול בחמצן נמוך מנע את החמות הפנימיות (Pesis et al. 2008). גם באגס אנג'ו הראו שטיפול ב MCP היה יעיל במניעת צרבון והחמות פנימיות בעוד שהטיפול באתוקסקווין מנע אמנם צרבון ואוקסידציה של אלפא פרנזן אבל לא מנע החמות פנימיות (Bai et al. 2009).

גם בעבודה שלנו עם אגס מזן ספדונה, הטיפול ב MCP היה הטוב ביותר מכל הטיפולים כאשר הוא מנע לחלוטין את צרבון ההזדקנות, הצרבון השטחי, הרקבונות והחמות הפנימיות לאחר חיי מדף בתום 4.5 חודשים באחסון רגיל או 6.5 חודשים באוויר מבוקר (טבלות 3-4, איור 10-11).

טבלה 3. השפעת הטיפולים השונים על צרבון ההזדקנות ושיעור הרקבונות באגס ספדונה לאחר 4.5 חודשים בקרור רגיל ב 0 מ"צ ובתוספת 5 ימים בחיי מדף. התוצאות הם ממוצעים \pm SE של 3 תיבות כאשר בכל תיבה כ 50 פירות.

ריקבון (%)		מדד צרבון ההזדקנות (1-10)		טיפול
5 ימים חיי מדף	4.5 חודשים	5 ימים חיי מדף	4.5 חודשים	
15.5 \pm 8.35 b	9.3 \pm 8.42 b	6.7 \pm 1.10 a	5.6 \pm 1.22 a*	ביקורת
31.3 \pm 12.83 a	26.3 \pm 15.78 a	7.8 \pm 1.38 a	7.3 \pm 1.85 a	דקוסקאלד
0.0 c	0.0 d	0.0 c	0.0 c	MCP
20.5 \pm 5.73 ab	0.7 \pm 1.03 c	4.5 \pm 1.28 b	2.2 \pm 1.56 b	LO2
9.5 \pm 7.08 b	1.2 \pm 1.2 c	3.2 \pm 2.54 b	0.0 c	LO2late

*a-c אותיות שונות בעמודות מצביע על הבדלים מובהקים ברמה של 5% לפי מבחן דנקן.

טבלה 4. השפעת הטיפולים השונים על צרבון שטחי ושיעור הרקבונות באגס ספדונה לאחר 6.5 חודשים באוויר מבוקר ב 0 מ"צ ובתוספת 7 ימים בחיי מדף. התוצאות הם ממוצעים \pm SE של 3 תיבות כאשר בכל תיבה כ 50 פירות.

ריקבון (%)		צרבון שטחי (%)		טיפול
7 ימים חיי מדף	6.5 חודשים	7 ימים חיי מדף	6.5 חודשים	
0.0b	0.0b	38.39 \pm 12.41a	0.72 \pm 1.26	ביקורת
1.8 \pm 1.56b	0.0b	0.0b	0.0	דקוסקאלד
0.0b	1.42 \pm 2.46b	0.0b	0.0	MCP
8.29 \pm 2.02a	8.02 \pm 2.69a	38.65 \pm 13.63a	0.85 \pm 1.48	LO2
0.0b	0.0b	0.0b	0.0	LO2late

*a-b אותיות שונות בעמודות מצביעות על הבדלים מובהקים ברמה של 5% לפי מבחן דנקן.

כאשר בוחנים את מוצקות הפירות, נראה בבירור כי טיפול ה MCP וטיפול החמצן נמוך המאוחר LO2late היו היעילים ביותר בשמירה על מוצקות הספדונה, לאחר חודשיים ו 4.5 חודשים בקרור רגיל ובתוספת 5 ימים חיי מדף (איור 12). אולם, לאחר 6.5 חודשים באוויר מבוקר הפרי מחמצן נמוך היה פחות קשה מהפרי שטופל ב-MCP-1 ובקשיות דומה לפרי הבקורת ולאחר 7 ימים בחיי מדף הפרי שטופל ב-MCP-1 כמעט ולא התרכך, בעוד שבשאר הטיפולים הפרי הגיע לדרגת קשיות ראויה למאכל, ללא הבדלים מובהקים ביניהם (איור 13). מעניין שמבחינת הצבע הפרי מטיפול בחמצן הנמוך המאוחר היה ירוק יותר מאשר הפרי שטופל ב MCP לאחר אחסון באוויר רגיל (איור 12), אך המצב היה הפוך לאחר אחסון באוויר מבוקר (איור 13) – אין מדידה בחיי מדף בגין תקלה). יתכן שהסיבה להבדלים בין שתי שיטות האחסון נעוצה בעובדה שהפרי שאוחסן באוויר מבוקר הובל לאחר הטיפול לקריית שמונה וזה גם מה שגרם לשפשופים הרבים בפרי זה הנראים באיור 11.

מבחינת שמירה על מוצקות וצבע הפרי, הטיפול בחמצן נמוך מאוחר LO2late היה יעיל יותר מהטיפול בחמצן נמוך LO2 (איור 12-13). דבר שמוכיח שנית את החשיבות בביצוע הטיפול כך שרמת החמצן תרד מיד ותשמר נמוכה לאורך כל הטיפול, דבר שיעודד ייצור מטבוליטים אנאורוביים, אצטאלדהיד ואתנול, שחיוניים לעיכוב ההבשלה והנוקים.

בבדיקה של ייצור אלפא פרנזון בקליפת האגס בעזרת טכנולוגיית SPME-GCMS התברר שלאחר חודשיים של אחסון באוויר רגיל בקור, פרי הביקורת ייצר את הכמות הגבוהה ביותר (איור 14). ואילו בכל שאר הטיפולים רמת האלפא פרנזון היתה נמוכה בהרבה. הפחתה ברמת אלפא פרנזון נובעת מהפחתה בייצור האתילן כפי שהוכח בעקבות טיפולים של MCP, בהרבה עבודות בתפוח (Rowan et al. 2001; Whitaker 2004; Sabban Amin et al. 2011)

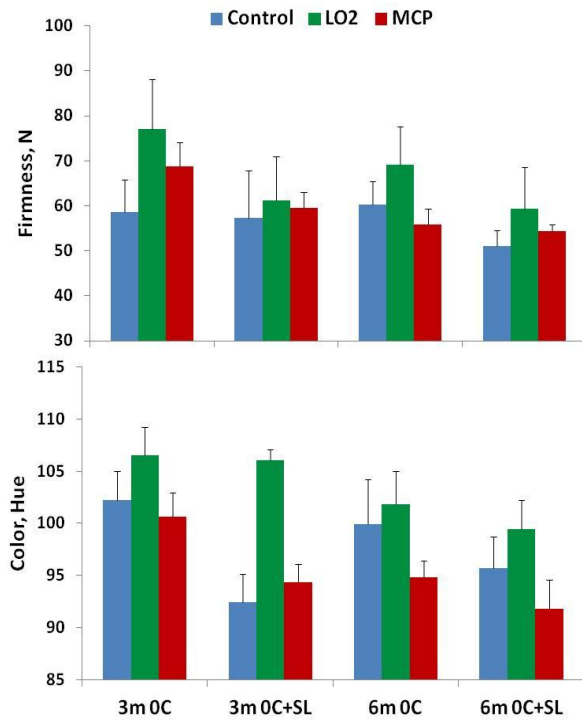
ובאגס (Isidoro and Almeida 2006; Bai et al. 2009; Whitaker et al. 2009)

בעבודה הנוכחית אנו מראים כי גם טיפול בחמצן נמוך הפחית באופן ניכר את ייצור האלפא פרנזון בקליפה אחרי חודשיים אחסון בקור (איור 14). בנוסף כשניתחנו את כל הנתונים של אלפא פרנזון מכל הטיפולים מול המוצקות בניוטונים והצבע בערכי HUE, מצאנו קורלציה פולינומאלית (משוואה ריבועית) בין רמת האלפא פרנזון בקליפה ומוצקות וצבע הספדונה (איור 15). מסתבר שככל שרמת האלפא פרנזון בקליפה נמוכה יותר כך הספדונה מוצקה וירוקה יותר. ממצא זה מסביר את הרגישות העולה של האגס לצרבון שטחי ככל שהוא הולך ומבשיל, שזה הפוך למצב התפוח. ייתכן בעתיד שרמת האלפא פרנזון שנמצאת בספדונה אחרי חודשיים אחסון בקור יכולה לשמש כמדד לרמת כושר הפרי לעמוד באחסון ממושך. באם הרמה נמוכה אפשר להשאיר את הפרי ליותר זמן בקירור ובאם הרמה גבוהה יש צורך לשווק את הפרי מוקדם יותר.

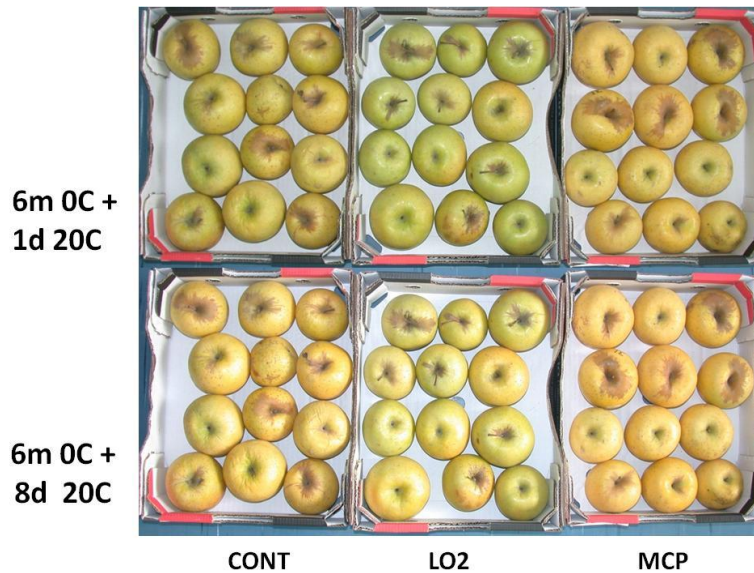
באיור 16 ניתן לראות כרומטוגרמות טיפוסיות לחמשת הטיפולים שנערכו. ניתן לראות שרמת הנדיפים הגבוהה ביותר היתה בביקורת ובפרי שטופל באתוקסיקווין. כאשר הרמה הגבוהה ביותר של אלפא פרנזון $RT=16.29$ היתה בביקורת והנמוכה ביותר ב MCP וב LO2late. לעומת זאת בטיפול החמצן הנמוך היו רמות גבוהות של אתנול $RT=1.74$ ואתיל אצטט $RT=2.405$ מאשר בשאר הטיפולים, כאשר ב LO2late הם גבוהים מאלו שב LO2. בטיפול ה MCP נמצאו הרמות הנמוכות ביותר של כל הנדיפים מבכל שאר הטיפולים. יש לציין שבביקורת ובטיפול אתוקסיקווין היתה גם הרמה הגבוהה ביותר של אצטיק אסיד הקסיל אסתר $RT=8.913$, מה שמצביע על כך שאחרי חודשיים פירות אלו יהיו הכי ארומטיים בעוד ש MCP וטיפול חמצן נמוך יהיו עדיין ללא ארומה (איור 16).

בבדיקת הטעם שנעשתה אחרי 4.5 חודשים אחסון באוויר רגיל ובתוספת 5 ימים בחיי מדף, התקבל שפרי שטופל ב MCP היה הטעים ביותר עם רמת מתיקות, חמיצות ופציחות גבוהה. כל שאר הטיפולים היו נחותים ממנו בטעם (איור 17). לעומת זאת, אחרי אחסון באוויר מבוקר הפרי שטופל בחמצן נמוך מאוחר היה טעים יותר מהפרי שטופל ב-MCP-1, בהיותו הפרי העסיסי ביותר וללא טעמי הלוואי, שהופיעו בפרי הביקורת (איור 18).

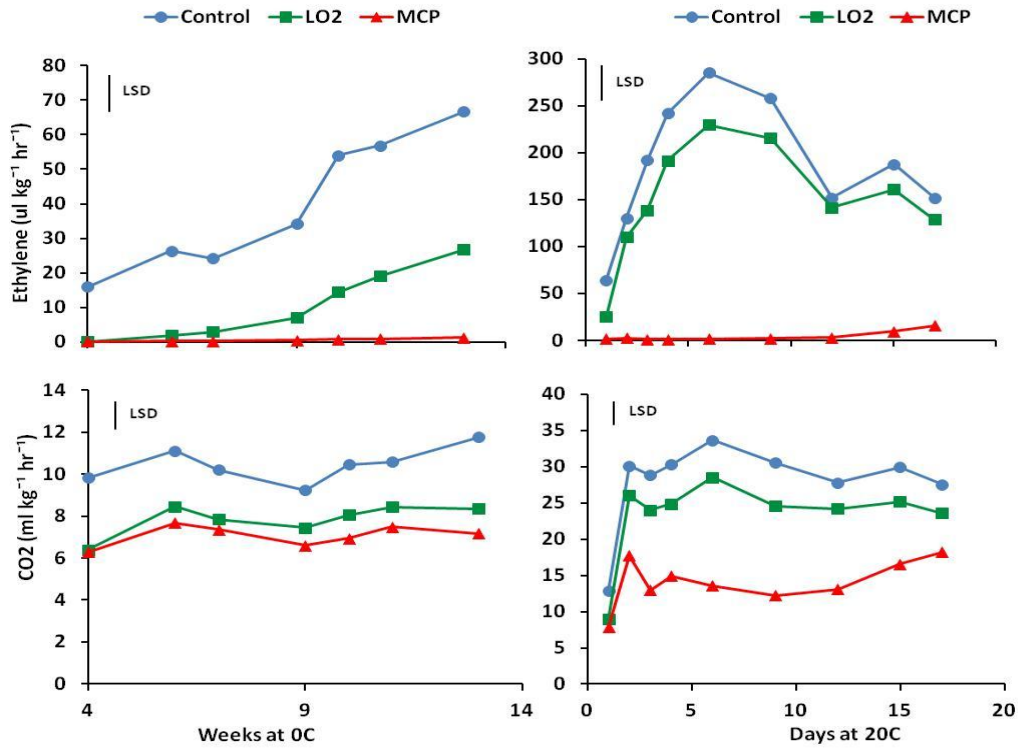
ניתן לסכם כי פרי ספדונה מטיפול ה LO2late שהוא טיפול אורגני בניגוד לטיפול הכימי ב MCP, יכול לשמש כאלטרנטיבה לטיפול ב MCP. הפרי היה עסיסי למדי ולא היו לו יותר טעמי לוואי (איורים 17-18) ובנוסף רמת צרבון ההזדקנות, הצרבון השטחי ושיעור הרקבונות היו נמוכים (טבלות 3-4). כמו כן פרי זה לא פיתח כל החמות פנימיות בדומה לטיפול MCP (איור 10).



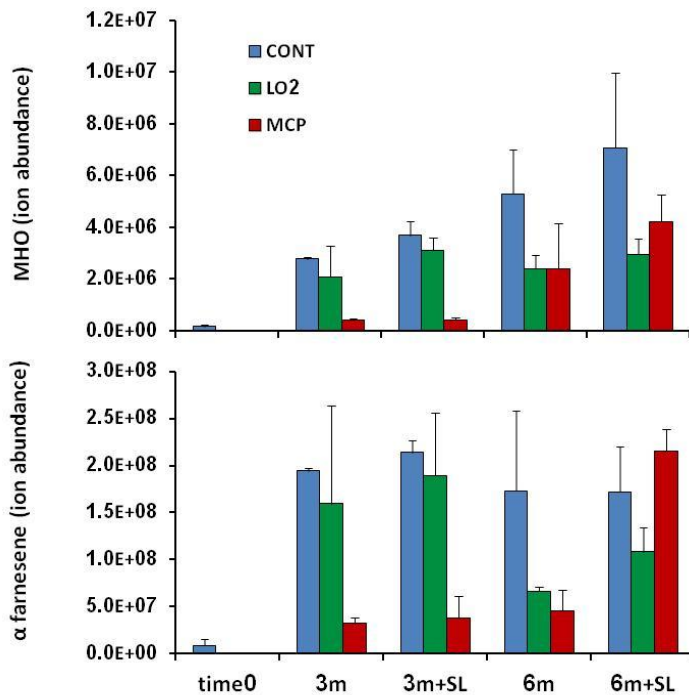
איור 2. השפעת טיפולים בחמצן נמוך LO2 או ב MCP לעומת הביקורת Control, על מוצקות (ניוטון) וצבע הקליפה HUE בתפוח דלישס זהוב, לאחר 3 ו 6 חודשי אחסון באוויר רגיל ב 0 מ"צ ובתוספת שבוע בחיי מדף ב 20 מ"צ. התוצאות הם ממוצעים של 20 דגימות \pm SE



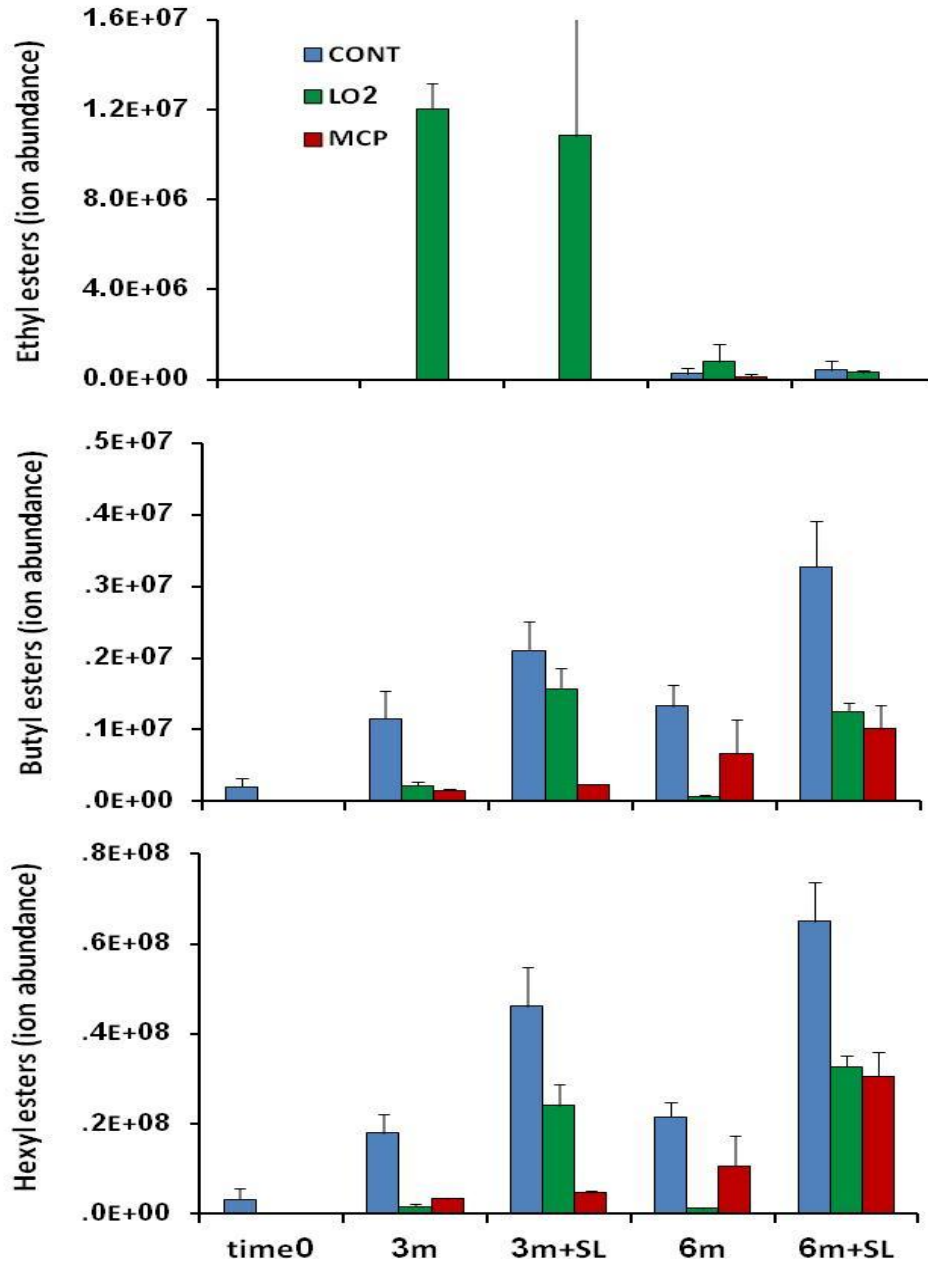
איור 3. השפעת טיפולים בחמצן נמוך LO2 או ב MCP לעומת הביקורת CONT על מראה תפוח דלישס זהוב לאחר 6 חודשים באחסון ב 0 מ"צ באוויר רגיל ותוספת יום או 8 ימים בחיי מדף ב 20 מ"צ.



איור 4. השפעת טיפולים בחמצן נמוך LO2 או MCP לעומת הביקורת Control, על רמת הנשימה (CO2) ופליטת האתילן בתפוח דלישס זהוב, במהלך 13 שבועות באחסון באוויר רגיל ב 0 מ"צ ובתוספת 18 יום ב 20 מ"צ. התוצאות הם ממוצעים של 4 פירות לטיפול.

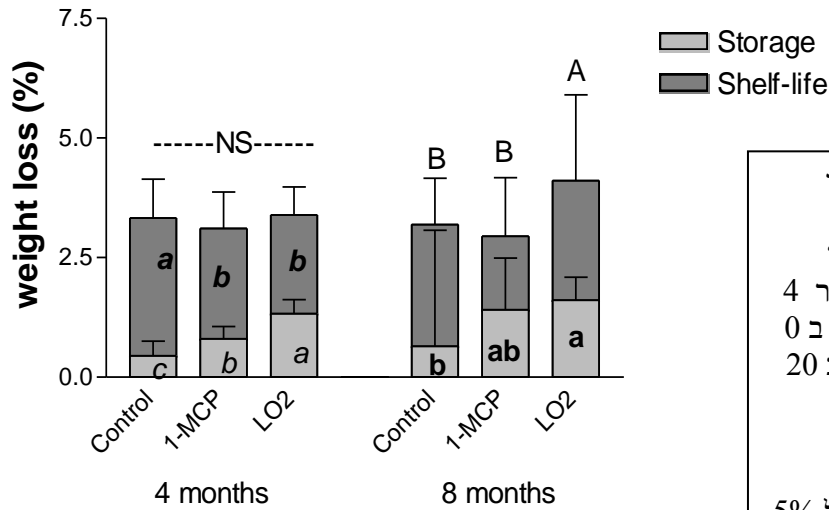


איור 5. השפעת טיפולים בחמצן נמוך LO2 או MCP לעומת הביקורת (CONT) על ייצור הנדיפים אלפא פרנאזן ו MHO בתפוח זהוב, לאחר 3 ו 6 חודשים באחסון באוויר רגיל ב 0 מ"צ ובתוספת שבוע בחיי מדף ב 20 מ"צ. התוצאות הם ממוצעים של 3 דגימות ± SE.

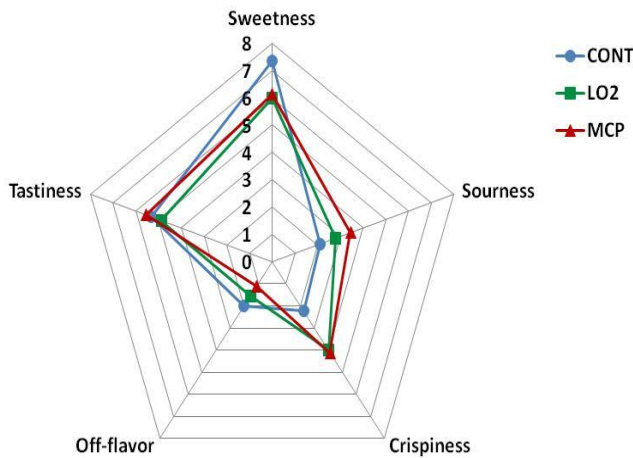


איור 6. השפעת טיפולים בחמצן נמוך LO2 או ב MCP לעומת הביקורת (CONT), על ייצור נדיפים אסטרניים בתפוח דלישם זהוב, לאחר 6 חודשי אחסון באוויר רגיל ב 0 מ"צ ובתוספת שבוע בחיי מדף ב 20 מ"צ.

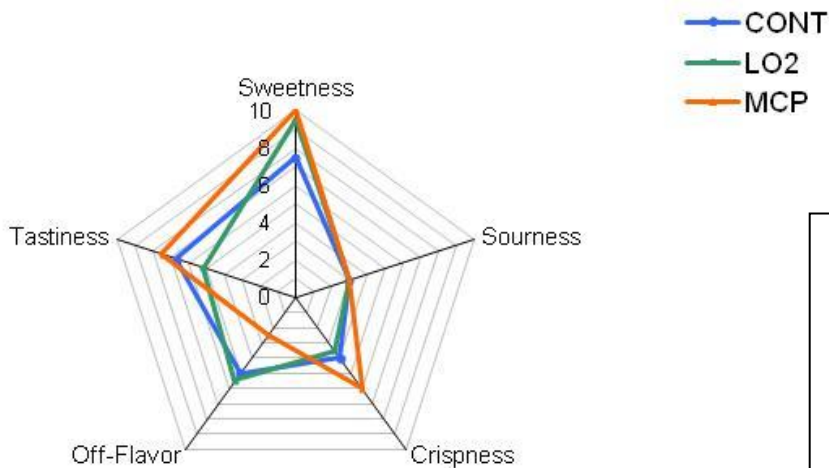
האסטרנים רוכזו בשלוש קבוצות: אתיל אסטרנים שכללו, אתיל אצטט, אתיל הקסנואט ואתיל דקנואט; בוטיל אסטרנים שכללו, בוטיל אצטט ובוטיל בוטנואט; והקסיל אסטרנים שכללו הקסיל אצטט, הקסיל בוטנואט, הקסיל 2 מתיל בוטנואט והקסיל הקסנואט. התוצאות הן ממוצעים של 3 דגימות \pm SE.



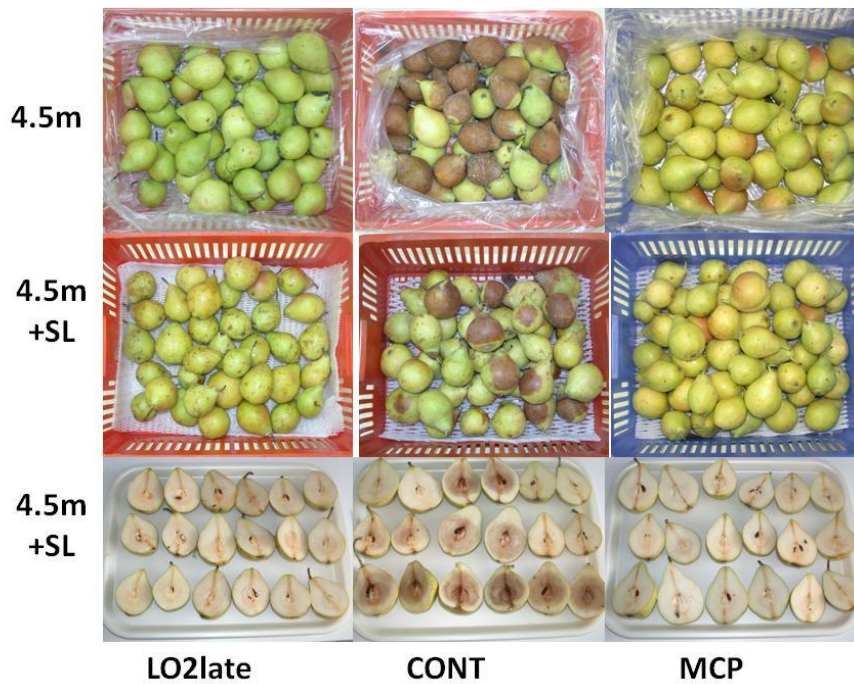
איור 7. השפעת טיפולים בחמצן נמוך LO2 או ב MCP לעומת הביקורת (Control), על הפסד משקל בתפוח דלישס זהוב, לאחר 4 ו 8 חודשי אחסון באוויר מבוקר ב 0 מ"צ ובתוספת שבוע בחיי מדף ב 20 מ"צ. NS- לא משמעותי. B-A עמודות עם אותיות שונות מצביעות על הבדלים מובהקים בסה"כ הפסד המשקל, ברמה של 5% לפי מבחן דנקן. a-c עמודות עם אותיות שונות בכל מועד בדיקה, מצביעות על הבדלים מובהקים ברמה של 5% לפי מבחן דנקן.



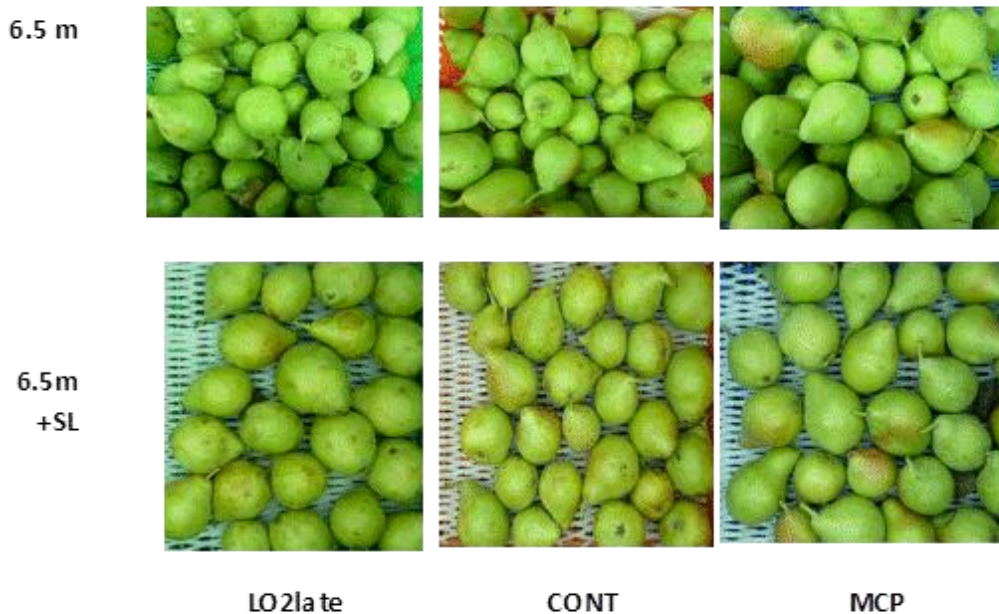
איור 8. השפעת טיפולים בחמצן נמוך LO2 או ב MCP לעומת הביקורת (CONT), על מדדי טעם שונים בתפוח דלישס זהוב לאחר 6 חודשי אחסון באוויר רגיל ובתוספת שבוע בחיי מדף.



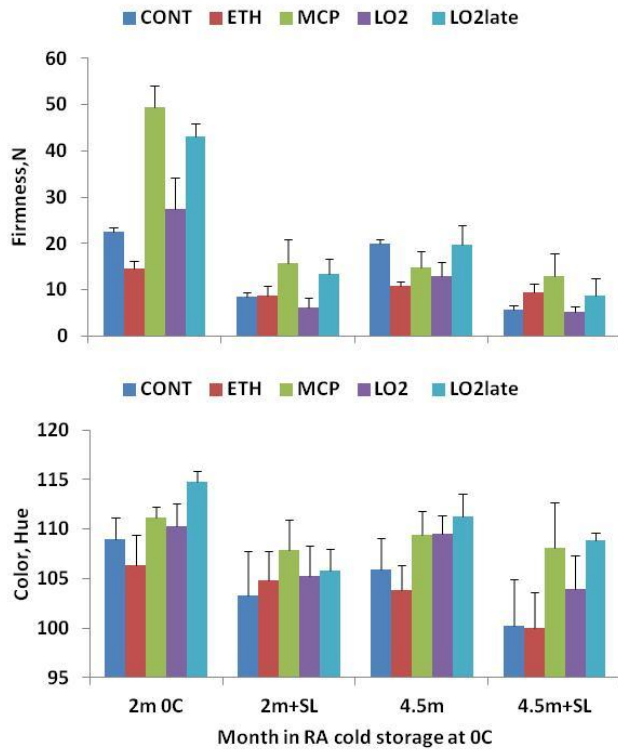
איור 9. השפעת טיפולים בחמצן נמוך LO2 או ב MCP לעומת הביקורת (CONT) על מדדי טעם שונים בתפוח דלישס זהוב לאחר 8 חודשי אחסון באוויר מבוקר ובתוספת שבוע בחיי מדף.



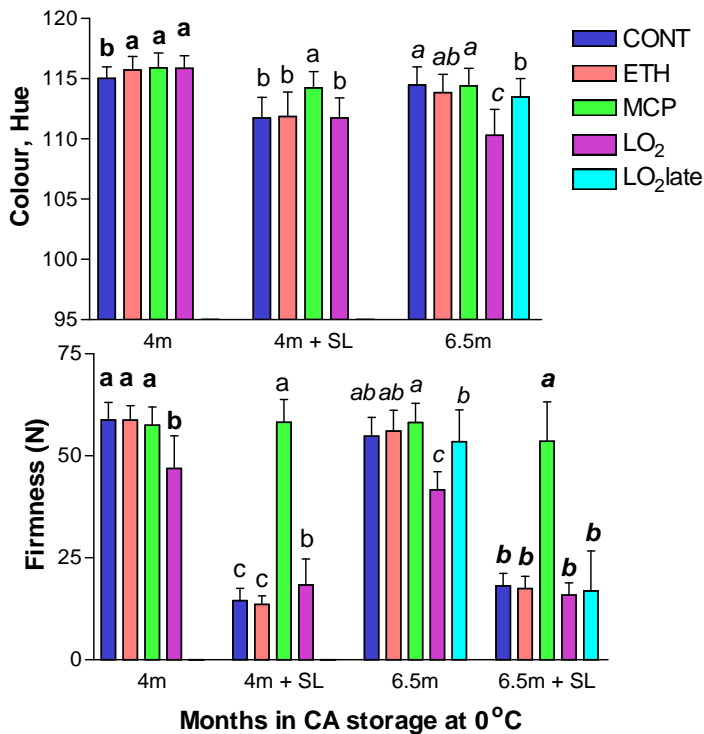
איור 10. השפעת טיפול בחמצן נמוך מאוחר (LO2late) או MCP על מראה אגס מזן ספדונה מבחינה חיצונית ופנימית, אחרי 4.5 חודשים בקירור רגיל ב 0 מ"צ ובתוספת 5 ימים חיי מדף (SL) ב 20 מ"צ.



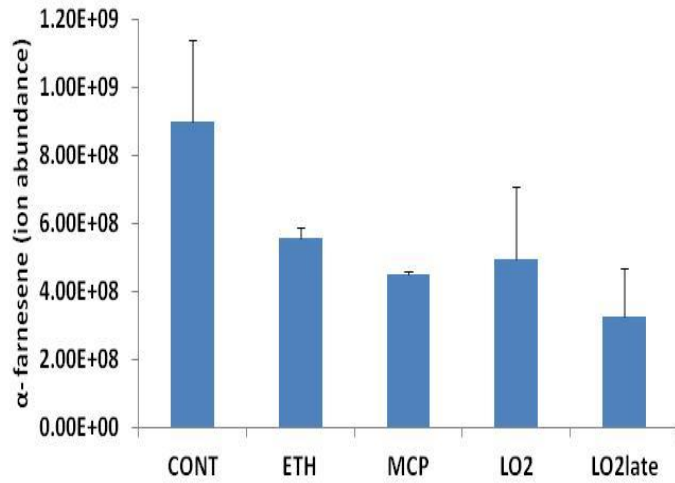
איור 11. השפעת טיפול בחמצן נמוך מאוחר (LO2late) או MCP על מראה אגס מזן ספדונה מבחינה חיצונית, אחרי 6.5 חודשים באוויר מבוקר ב 0 מ"צ ובתוספת 7 ימים בחיי מדף (SL) ב 20 מ"צ.



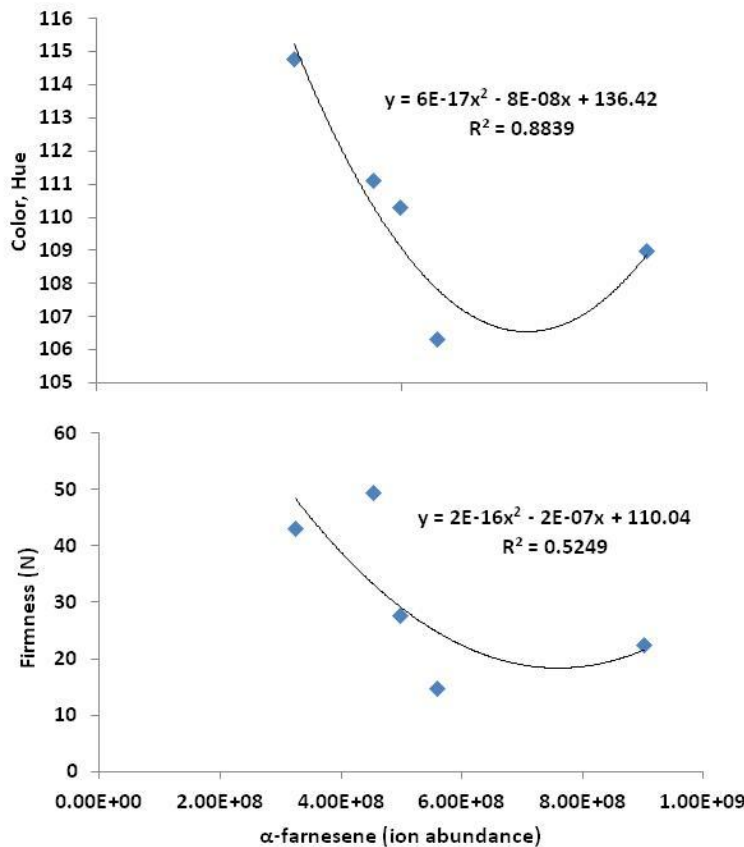
איור 12. השפעת טיפולים שונים: אתוקסוויקן (ETH), MCP, LO2, והמצן נמוך מאוחר LO2late לעומת הביקורת (CONT), על מוצקות בניוטונים וצבע הקליפה של אגס ספדונה לאחר 2 ו 4.5 חודשים בקירור רגיל ב 0 מ"צ ובתוספת 5 ימים בחיי מדף SL ב 20 מ"צ.



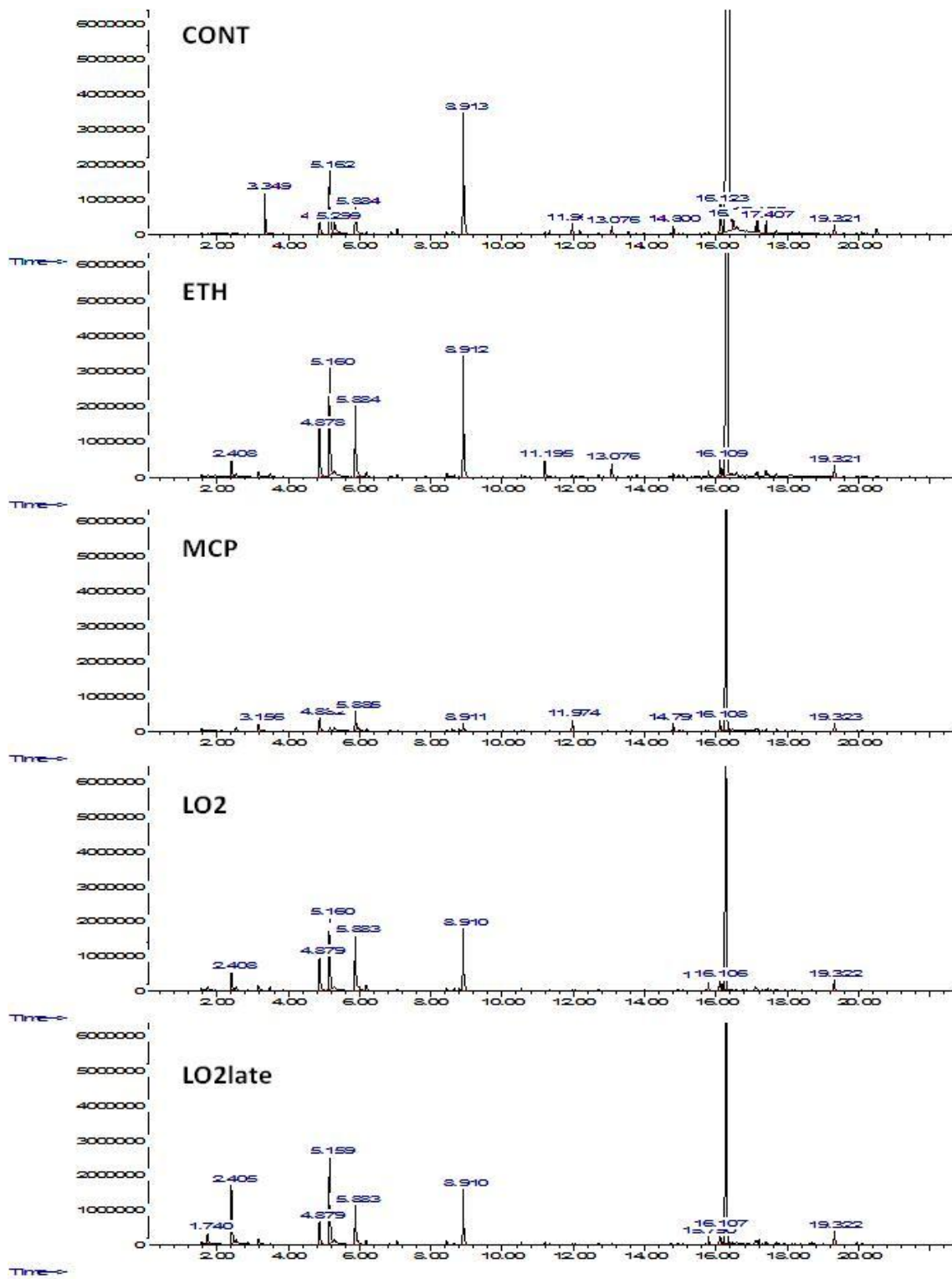
איור 13. השפעת טיפולים שונים: אתוקסוויקן (ETH), MCP, LO2, והמצן נמוך מאוחר LO2late לעומת הביקורת (CONT), על מוצקות בניוטונים וצבע הקליפה של אגס ספדונה לאחר 4 ו 6.5 חודשים באוויר מבוקר ב 0 מ"צ ובתוספת 7 ימים בחיי מדף SL ב 20 מ"צ.



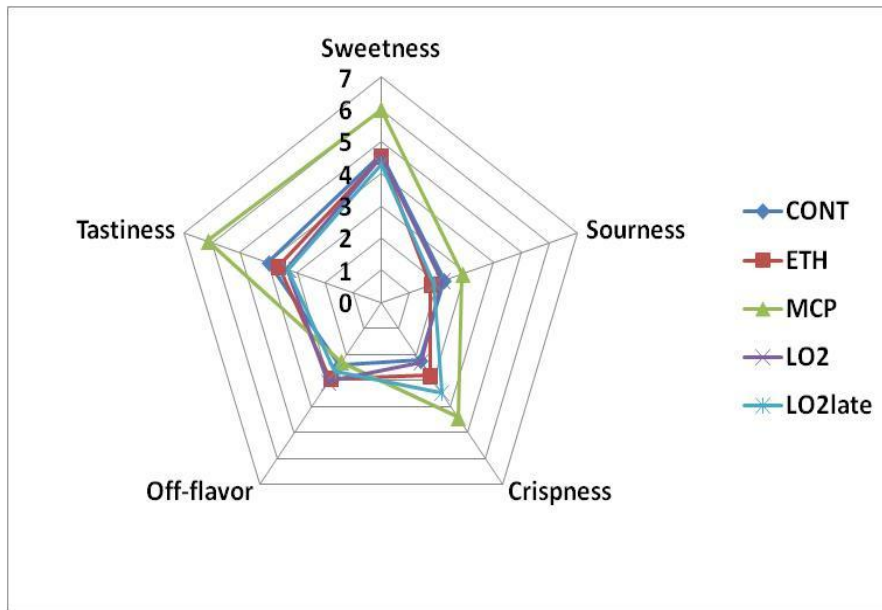
איור 14. השפעת טיפולים שונים: אתוקסוויקן (ETH), MCP, חמצן נמוך LO2, וחמצן נמוך מאוחר LO2late לעומת הביקורת (CONT), על ייצור אלפא פרנאזן באגס ספדונה לאחר 2 חודשים בקירור רגיל ב 0 מ"צ



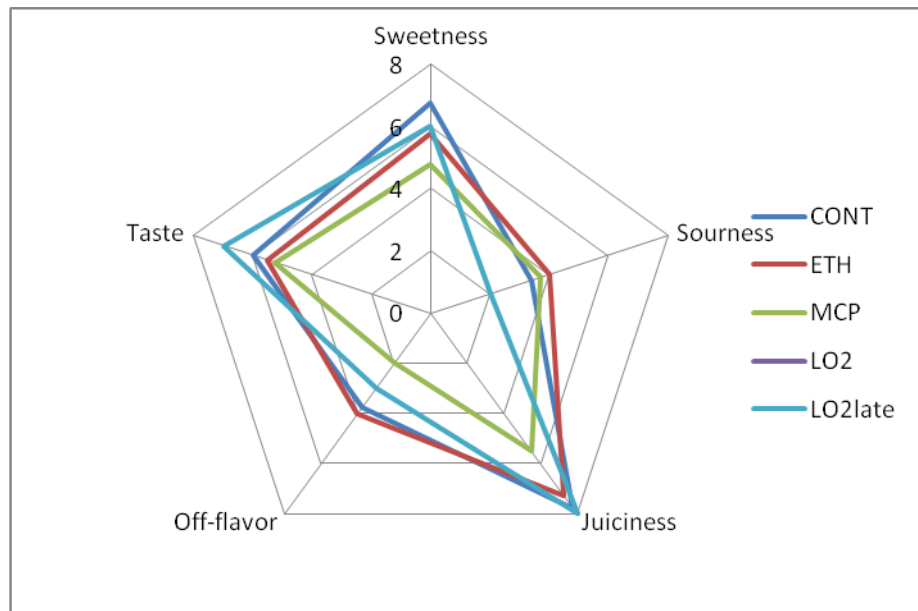
איור 15. קורלציה פולינומית בין רמות האלפא פרנאזן בקליפת האגס ספדונה לאחר 2 חודשים בקירור רגיל ב 0 מ"צ לבין צבע הקליפה ב HUE ומוצקות הפרי בניטון.



איור 16. כרומטוגרמות טיפוסיות של ה GCMS לכל חמשת הטיפולים לאחר חודשיים אחסון בקירור רגיל ב 0 מ"צ. לכל נדיף יש זמן יציאה שונה מהקולונה (RT - Retention Time בציר ה-X).
RT: אתנול 1.740 , אתיל אצטט 2.405 , הקסנל 5.159 , 2-הקסנל 5.884 ,
 אצטיק אסיד הקסיל אסתר 8.913 , אלפא-פרנזאן 16.109 .



איור 17. השפעת הטיפולים השונים על מדדי טעם שונים באגס ספדונה לאחר 4.5 חודשי אחסון באוויר רגיל ב 0 מ"צ ובתוספת 5 ימים בחיי מדף ב 20 מ"צ.



איור 18. השפעת הטיפולים השונים על מדדי טעם שונים באגס ספדונה לאחר 6.5 חודשי אחסון באוויר מבוקר ב 0 מ"צ ובתוספת 7 ימים בחיי מדף ב 20 מ"צ.

סיכום עם שאלות מנחות:**מטרות המחקר:**

למצוא תחליף אורגני ידידותי לסביבה לשימוש בכימיקלים כמו האנטיאוקסידנטים DPA או אתוקסקווין ומעכב יצור האתילן MCP להפחתת הצרבות בתפוח ואגס. למקסם את השימוש בטיפול פיסקלי, של מתן אווירה מועטת חמצן לפני האחסון בקור, לשם הפחתת נזקים נוספים כמו גומה מרה בתפוח, או החמות פנימיות וצרבות ההזדקנות באגס.

עיקרי הניסויים והתוצאות:

נערכו ניסויים בטיפול חמצן נמוך במגוון של זני תפוח: גרני סמית, סטרקינג וזהוב ובאגס מזן ספדונה. הפירות אוחסנו הן באוויר רגיל במחלקה לאחסון והן באווירה מבוקרת במעבדה בקרית שמונה. בתפוח גרני סמית הייתה השפעה מרבית בהפחתת הצרבות, בסטרקינג קיבלנו הפחתה בגומה מרה ובזהוב הפרי נשאר ירוק ומוצק יותר לעומת הביקורת או תפוחי גרני וסטארקינג שטופלו ב DPA. בכל ניסוי הטיפול ב MCP נמצא כיעיל ביותר, אבל יש לציין שזהו טיפול לא אורגני. בנוסף התמקדנו בהשפעת הטיפול על טעם הפרי ובדקנו את מרכיבי הארומה ב GCMS. לגבי אגס ספדונה הטיפול בחמצן נמוך מנע צרבות שטחי וצרבות ההזדקנות בנוסף למניעת החמות פנימיות ורקבונות בדומה לטיפול ב MCP. יש לציין שבאגס ספדונה לאחר 6.5 חודשי אווירה מבוקרת ו 5 ימים בחיי מדף הפרי שטופל בחמצן נמוך היה הטעים ביותר והפציה ביותר בעוד ש MCP נשאר מוצק מדי וללא ארומה. הטיפול בחמצן נמוך למשך מספר ימים ב 20 מ"צ לפירות תפוח ואגס, יכול לשמש אלטרנטיבה לטיפול שמפחית נזקים במקום שימוש באנטיאוקסידנטים או ב MCP שאסורים לשימוש בפרי אורגני.

מסקנות מדעיות:

הטיפול בחמצן נמוך מתאים יותר לפרי שמאוחסן בקירור בתנאי אוויר רגיל, אז בולט היתרון של הטיפול במניעת הנזקים השונים. אין יתרון לעשות טיפול בחמצן נמוך ולאחסנו באווירה מבוקרת, שהיא כשלעצמה בתנאי חמצן נמוך. הטיפול בכל הזני התפוח והאגס שנבחנו היה יעיל בשמירה על איכות הפרי מבחינת צבע קליפה ומוצקות וכן במניעת צרבות ונזקים. מניעת הצרבות נגרמת כנראה הודות להפחתה בייצור רדיקלים חופשיים (ROS) הגורמים נזק לקליפה. הטיפול מעכב את ייצור האתילן שמעודד יצור אלפא פרנזון ואת פירוקו למטבוליטים מזיקים כמו MHO. הטיפול בחמצן נמוך מגביר יצירת אצטאלדהיד ואתנול (שמונעים נזקים) אבל יחד עם זה גם מעודד יצירת אסתרים אתיליים שעלולים לפגום בטעם. אולם באחסון ממושך בקירור, אסתרים אלו מתנדפים והפרי נשאר עם טעם טוב, שבמבחיני טעימה נמצא עדיף על הביקורת.

בעיות שנתרנו:

הטיפול בחמצן נמוך קל להשמה בתנאי מעבדה וקיבלנו תוצאות מבטיחות ביותר ליעילות הטיפול. הבעיה היא היישום המסחרי, בניסוי שנעשה במעבדה בקריית שמונה לא הצלחנו לייצר את התנאים הדרושים בחדר שהכיל משטחי פרי. החדר חייב להיות אטום לגמרי כדי שרמת החמצן תרד מתחת ל 1% ויצטברו המטבוליטים האנאירוביים אצטאלדהיד ואתנול.

הפצת הידע:

פורסמו מספר מאמרים בספרות מבוקרת באנגלית ובעברית, בנוסף למתן הרצאות ופוסטרים בכנסים בינלאומיים. הרשימה מופיעה בראשית הדו"ח.

פרסום הדו"ח: אני ממליצה לפרסם את הדו"ח רק בספריות

- Altisent R, Graell J, Lara I, Lopez L, Echeverría G. 2011. Comparison of the Volatile Profile and Sensory Analysis of 'Golden Reinders' Apples after the Application of a Cold Air Period after Ultralow Oxygen (ULO) Storage. *J Agric. Food Chem.* 59: 6193-6201.
- Bai J, Yin X, Whitaker BD, Deschuytter K, Chen PM. 2009. Combination of 1-Methylcyclopropene and ethoxyquin to control superficial scald of 'Anjou' pears. *HortTechnology* 19: 521-525.
- Feygenberg O, Goldenberg L, Ben-Arie R, Pesis E. 2012. Application of pre-storage short anaerobic treatment to improve postharvest quality of 'Spadona' pear. *HortScience* (ASHS conference 2012, Miami, FL, USA). Pg. 18.
- Feygenberg O, Goldenberg L, Nerya O, Ben Arie R, Pesis E. 2013. Pre-storage treatment with Hypoxia or 1-MCP improved 'Spadona' Pear Quality after Storage. CA-MA conference June 2013, Italy. *Acta Hort* (in press) .
- Gamrasni D, Nerya O, Tsvilling A, Gizis A, Maoz-Katz M, Ben-Arie R. 2010. The complexity of preventing diffuse skin browning (DSB) on 1-MCP (SmartFresh SM)-treated 'Golden Delicious' apple. *Acta Hort.* 877: 507-511.
- Ghahramani F, Scott KJ, 1998. Oxygen stress of GS apples in relation to superficial scald, EtOH, α -farnesene and conjugated trienes. *Aust. J. Agric. Res.* 49, 207–210.
- Mir N, Perez R, Beaudry RM. 1999. A poststorage burst of 6-methyl-5-hepten-2-one (MHO) may be related to superficial scald development in Cortland apples. *J Am Soc Hortic Sci* 124: 173–176.
- Pesis E, Ben-Arie R, Feygenberg O, Lichter A, Gadiyeva O, Antilofyev I, Uryupina T. 2007. A simple pretreatment with low O₂ to alleviate superficial scald in Granny Smith apples. *J Sci Food Agric* 87:1836-1844.
- Pesis E, Ebeler SE, Mitcham, EJ. 2008. Low oxygen pretreatment inhibited ripening and reduced superficial scald in Bartlett pear. *Postharvest Unlimited* Nov. 2008. Berlin, Germany, *Bornimer Agratechnische Berichte*, Heft 64:106.
- Pesis E, Ebeler SE, Tonetto SF, Padda M, Mitcham EJ. 2010. Short anaerobiosis period prior to cold storage alleviates bitter pit and superficial scald in Granny Smith apples. *J Sci Food Agric* 90: 2114-2123.
- Pesis E, Feygenberg O, Goldenberg L, Sabban-Amin, R. 2012. Superficial scald symptoms in Granny Smith apples associated with reactive oxygen species (ROS) accumulation. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 125: 276–279.
- Rao MV, Watkins CB, Brown SK, Weeden NF. 1998. Active oxygen species metabolism in 'White Angel' x 'Rome Beauty' apple selections resistant and susceptible to superficial scald. *J Amer Soc Hort Sci* 123: 299-304.
- Rowan DD, Hunt MB, Fielder S., Norris J, Sherburn MS. 2001. Conjugated triene oxidation products of α -farnesene induce symptoms of superficial scald on stored apples, *J Agric Food Chem* 49: 2780–2787.
- Rudell DR, Mattheis JP, Fellman JK. 2006. Influence of ethylene action, storage atmosphere, and storage duration on diphenylamine and diphenylamine derivative content of GS apple peel. *J Agric Food Chem* 54: 2365-2371.
- Sabban-Amin R, Feygenberg O, Belausov E, Pesis E. 2011. Low-oxygen and 1-MCP pretreatments delay superficial scald development by reducing reactive oxygen species (ROS) accumulation in stored 'Granny Smith' apples. *Postharvest Biol. Technol.* 62: 295-304.

- Zanella A. 2003. Control of apple superficial scald and ripening – a comparison between 1-methylcyclopropene and diphenylamine postharvest treatments, initial low oxygen stress and ultra-low oxygen storage. *Postharvest Biol Technol* 27: 69-78.
- Wang ZY, Dilley DR. 2000. Initial low oxygen stress controls superficial scald of apples. *Postharvest Biol. Technol.* 18 : 201-213.
- Whitaker BD. 2004. Oxidative stress and superficial scald of apple fruit. *HortScience* 39: 933-937.
- Whitaker BD, Villalobos-Acuña M, Mitcham EJ, Mattheis JP. 2009. Superficial scald susceptibility and α -farnesene metabolism in ‘Bartlett’ pears grown in California and Washington. *Postharvest Biol Technol.* 53: 43–50.