

**ורדים כמזון פונקציונאלי: אפיון טעם, חיי מדף, רגישות לבוטריטיס
ותכולת האנטיאוקסידנטים של מספר זני ורדים**

**עבודת הגמר מוגשת לפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, של
האוניברסיטה העברית בירושלים,
לשם קבלת תואר "מוסמך במדעי החקלאות"**

מאת

אורית אגמי

עבודה זו נעשתה בהדרכת:

ד"ר חיה פרידמן

**המחלקה לחקר תוצרת חקלאית לאחר קטיף
מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני.**

תודות מקרב לב

לד"ר חיה פרידמן על ההזרחה, ההכוונה והייעוץ המקצועי

תודות רבות על התמיכה והעזרה המקצועית ומעבר:
לפרופ' אלי פליק, אילונה רוט, ד"ר סמיר דרובי, ד"ר יעקב
וינוקור, לאה כהן, גינת רפאל, לידיה קוואנסה, ד"ר שילה
רוזנווסר, ד"ר ויקטור רודוב, ד"ר אמנון לרס, שרון אלקלעי-
טוביה, אביב גורן.

תודה לכל הטועמים, מבין אלה שלא צוינו מעלה:
לבתיה, דליה, אבינועם, אילנה ק., אילנה ש., שחר וגדית.

לכל חבריי במחלקה לאחסון במכון וולקני, תודה גדולה על החברה
הנעימה והמלמדת.

תודות שלוחות גם לפרופ' ירדנה נורדנברג מבי"ח בילינסון,
לבעלי מתן ולילדיי.

תוכן עניינים

3	רשימת קיצורים
4	תקציר
6	1. מבוא
6	1.1. פרחי מאכל
6	1.2. ורדים
6	1.3. שימושים בורדים כצמחי מרפא ומאכל
7	1.4. פוליפנולים ופעילות נוגדת חמצון
9	1.5. נוגדי חמצון בורדים
9	1.6. אחסון ורדים
9	1.6.1. תהליכי הזדקנות בפרחים
10	1.6.2. פקטורים המשפיעים על הארכת חיי המדף במהלך האחסון
12	1.7. עמידות לפתוגנים בורדים
12	1.7.1. פטריית ה- <i>Botrytis cinerea</i>
13	1.7.2. פטריית <i>Botrytis cinerea</i> בורדים
13	1.8. מבחני טעימה
15	2. מטרות העבודה
16	3. חומרים ושיטות
16	3.1. החומר הצמחי
16	3.2. אחסון
17	3.3. קביעת רמת נוגדי חמצון בעלי הכותרת של ורדים
19	3.4. קביעת רמת האנתוציאנינים בעלי כותרת של הורדים
19	3.5. בדיקת הרגישות לבוטריטיס של הזנים השונים
20	3.6. בדיקת שינויים במוליכות עלי הכותרת של ורדים במהלך האחסון
21	3.7. מבחני טעימה
21	3.8. שיטות סטטיסטיות
23	4. תוצאות
23	4.1. אחסון ורדים ובחינת מדדים למעקב אחרי ההזדקנות במהלך האחסון
30	4.2. בחינת הרגישות לבוטריטיס של זני הורדים השונים
34	4.3. הפעילות נוגדת החמצון בזני ורדים למאכל
37	4.4. בחינת המתאם בין מדדים שונים של פרחי מאכל
38	4.5. אפיון תכונות טעם, ריח ומרקם של זני הורדים
43	5. דיון
51	6. סיכום ומסקנות
52	7. רשימת ספרות
60	8. נספחים

60	8.1. נספח מס' 1: הצגת הורדים
63	8.2. נספח מס' 2: טופס טעימה
63	8.3. נספח מס' 3: מתכון לריבת ורדים
II	Abstract

AAPH - 2,2-azobis (2-amidinopropane) dihydrochloride
ABA- abscisic acid
ABTS- 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline)-6-sulfonic acid
ACC- aminocyclopropane-1-carboxylic acid
CA- controlled atmosphere
DW- dry weight
FW- fresh weight
GC- Gas Chromatograph
HCL- hydrogen chloride
KCL- potassium chloride
K₂S₂O₈- potassium persulfate
MA- modified atmosphere
1-MCP- 1-methylcyclopropene
ORAC- oxygen radical absorbance capacity
PCD- programmed cell death
PE- polyethylene
PEP- polypropylene
PET- polyethylene terephthalate
PVC- polyvinyl chloride
ROS- reactive oxygen species
STS- silver thiosulphate
TE- trolox equivalents
TEAC- trolox equivalent antioxidant capacity
Trolox- 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid

תקציר

קיים תיעוד מזה אלפי שנים שפרחים שונים שמשו למאכל. בעולם המערבי, בו יש חיפוש מתמיד לחידושים קולינאריים, פרחי המאכל מציעים טעם וצבע מיוחדים. לכן בשנים האחרונות העניין בפרחי מאכל הולך וגובר. כבר היום ניתן למצוא פרחי מאכל במסעדות, כתוספת לסלט או מרק וכקישוט צבעוני במנה או בשתייה.

ורדים נצרכים למאכל בתרבויות רבות בעיקר כריבות, תה, חומרי טעם (מי ורדים) וכצמחי מרפא. התכונות של ורדים כצמחי מרפא ומגוון הריחות והצבעים שלהם, הופך את צמחי הורדים למועמדים מצוינים כמזון פונקציונאלי. אחד החסרונות הבולטים של ורדים כמוצר טרי למאכל הוא שעלי הכותרת שלהם לרוב קשים ללעיסה ובנוסף הם עפיצים ומרירים, תכונות שאינן מתאימות למזון. בעבודה ראשונית במעבדה זיהינו קבוצה גדולה של ורדים (24 זנים) בעלי מרקם סביר, אשר אינם מרים מדי, וקבוצה זו שמשה כבסיס לעבודה הנוכחית.

מטרת עבודה זו הייתה לאפיין לראשונה את זני הורדים השונים ולבחון את האפשרות של שיווקם כמזון פונקציונאלי. התכונות שנבחנו עבור חלק מהזנים היו: אורך חיי המדף, עמידות לבוטריטיס, תכולת נוגדי חמצון ואפיוני טעם וריח.

משום שפרחי הורדים הם מוצר חדש, כפרחי מאכל, לא היו קיימים מדדים מהימנים כדי להעריך את חיי המדף, על מנת לאפשר למצוא את תנאי האחסון האופטימאליים. לפיכך נבדקו מדדים שונים להזדקנות, ביניהם מדד חזותי (ע"פ אינדקס הזדקנות), איבוד משקל יחסי, מדידת דליפת יונים. כמו כן נמדדה הצטברות CO₂ ואתילון, במהלך האחסון. המסקנות לגבי המדדים המועדפים, עדיין אינן מגובשות, משום שנמצאו סתירות בהשוואת הזנים המועדפים ע"פ המדדים שונים.

התכונה של חיי מדף ארוכים תלויה, בין היתר, בעמידות לפתוגנים. הפתוגן העיקרי התוקף ורדים לאחר הקטיפה הוא *Botrytis cinerea* – פטריית העובש האפור, והיא מתבטאת כנקרוזות שלבסוף מתפשטות ככתם חום על פני כל עלה הכותרת. בעבודה זו נבחנו רגישות הורדים השונים להדבקה מלאכותית (מכוונת) ולהדבקה טבעית באריזה, והקווים השונים סווגו על פי רגישותם. נמצא כי הזנים העמידים ביותר לפטרייה, הינם "סן פרנציסקו" ו"בית לחם", ואחריהם הזנים "אינגליש שסה", "רד דביל" ו-"אטרנה".

תכולת נוגדי החמצון, חשובה אף היא, בעיקר כמאפיין בעל יתרון תזונתי. בעבודה זו נמצא כי רמת נוגדי החמצון ההידרופיליים בורדים השונים גבוהה פי כמה מאשר בירקות ופירות שונים (ביניהם פלפל אדום ושזיף). לעומת זאת רמת נוגדי החמצון ההידרופוביים, של זני הורדים שנבחנו, הייתה נמוכה יחסית לשאר הירקות והפירות שנבדקו. הזנים השונים דורגו לשלוש קבוצות, על פי רמת נוגדי החמצון ההידרופיליים והליפופיליים.

כדי ששיווק הורדים יצליח, בראש ובראשונה עליהם להיות טעימים, או לפחות בעלי טעם סביר. אפיוני הטעם והריח בין הזנים השונים נעשו ע"פ מבחני טעימה, בסקאלה הדונית, ונמצא כי מספר קטן מאוד של זני ורדים הצטיינו ביותר מקריטריון אחד של אפיון הטעם. הזן שהצטיין במרבית הקריטריונים של הטעם הינו "סקרט", (חמישה מתוך שבעה). לאחריו ניתן לציין את הזן "אטרנה" שהצטיין בשלושה קריטריונים. בנוסף "סקרט" מדורג בקבוצת המובהקות הגבוהה ביותר להערכה כללית חיובית ע"פ כל הקריטריונים.

לסיכום הזנים המועדפים יחסית, ע"פ שילוב מס' קריטריונים הינם "אטרנה", "רד דביל", "סן פרנציסקו", "רוזה דמסקינה", "בית לחם", "אמדאוס", "נייט טיים", "סקרט", "ברון רוטשילד"

ו"מקסים". בהמשך יש להתמקד רק במספר זנים מצומצם, גם כדי לקבוע מדדים הדירים להערכת ההזדקנות, וגם כדי לבחון מדדים של רגישות לבוטריטיס, טעם ורמת נוגדי חמצון במהלך העונות השונות. עבודה זו סוללת את הדרך להמשך המחקר, שבסופו ורדים ישווקו כמזון פונקציונאלי טרי, חדשני ובריא, לצרכנים בכל העולם.

1. מבוא

1.1. פרחי מאכל

מכתבים היסטוריים עתיקים מהמזרח הרחוק ומתרבות יוון העתיקה, ניתן ללמוד שפרחים שונים נאכלו מזה אלפי שנים (Pico and Nuez, 2000). רשימת פרחי המאכל מסתכמת ביותר מ-55 זנים ידועים (Kelley et al., 2001). בעולם המערבי, בו יש חיפוש מתמיד לחידושים קולינאריים, פרחי המאכל מציעים טעם וצבע מיוחדים. הפופולאריות של פרחי המאכל עלתה בסוף שנות ה-80, ותדירות הגשתם במסעדות יוקרה הלכה וגברה, כמוצר בסלט או מרק וכקישוט צבעוני במנה או שתייה. בשנים האחרונות ניתן לראות את הופעתם במאמרים ובספרי בישול, ובתוכניות בישול בטלוויזיה (Kelley et al., 2001; 2002). <http://tinyurl.com/6jdcya3>. בנוסף לכך לפרחים יש גם יתרונות תזונתיים: בחלק מהפרחים יש יותר ויטמינים מאשר בפירות, לדוגמה במיני סיגליות יש יותר ויטמין C ובטא קרוטן ליחידת משקל, מאשר בתפוז *Citrus sinensis* (Kosztolnyik, 1996). בפרחי מאכל שונים, בניהם ורדים, נמצא כי לרמת נוגדי החמצון יש פוטנציאל כיתרון תזונתי (Friedman et al., 2007), ובנוסף הערך הקלורי של פרחי המאכל הוא כמעט אפסי (Evans, 1993).

1.2. ורדים

הפרחים מסוג ורד (*Rosa*), המשתייכים למשפחת הוורדיים (*Rosaceae*), מרביתם ורדי מכלוא (*Rosa Hybrida L.*) שנוצרו ע"י אלפי הכלאות בין מספר מועט של מינים במאה ה-18 (Zieslin and Moe, 1985). מבין פרחי הנוי, ורדים נחשבים לאחת הקבוצות המועדפות, ורשומים מעל 150 זני ורדים ומעל 20,000 ורדי מכלוא (Cai et al., 2005). רבים מהזנים האלה איבדו את ריחם, כתוצאה מטיפוח אינטנסיבי לתכונות בעלות חשיבות חקלאית, כגון אורך חיי מדף, צורת הפרח וצבעו ועמידות למחלות ומזיקים (Zuker et al., 1998).

בורדים ניתן למצוא חומצות פנוליות (כגון חומצה גאלית וחומצה כלורוגנית), פלבנואידים (כגון פלבנולים ואנתוציאנינים), מרכיבי ריח (כגון שמנים אתריים, מונוטרפנים) וטנינים (כגון פרוציאנידינים) (Cai et al., 2005).

כדי לפתח ורדים כפרחי מאכל טריים יש לקיים מספר מדדים. בין המדדים הללו: יבול סביר, טעם סביר, ערך תזונתי משמעותי, כושר אחסון ועמידות לפתוגנים.

במחקר קודם נקבעה רמת היבול המצטבר של 12 זנים שונים, מתוך 24 זנים שנבחרו ע"פ טעמם, ונלמד קצב היבול שלהם במהלך השנה. נמצא שהיבול לצמח, גם של הזנים בעלי היבול הנמוך, אף גבוה מזה של יבול פרחי קטיפ לניו, ולכן המסקנה הייתה שבהסתמך על היבול, ניתן לפתח את כל 12 הזנים לפרחי מאכל (פרידמן וחובריה, 2007).

1.3. שימושים בורדים כצמחי מרפא ומאכל

בנוסף לשימושי הנוי המגוונים שלהם, עלי הכותרת של ורדים מהווים מקור למאכל בתרבויות רבות בעיקר כריבות, תה, חומרי טעם (מי וורדים) וכחומרי ריח וצבע טבעיים. לדוגמה, הורד

Rosa damascene הוא המין המסחרי החשוב ביותר לייצור מי ורדים, אבל הוא אינו משמש כפרח קטיף מסחרי (Weiss, 1997; Girard-Lagorce *et al.*, 2001). ורדים שימשו לאורך ההיסטוריה, וגם כיום, כצמחי מרפא אלטרנטיביים. לדוגמה מיצוי של ורדים אדומים נמצא כמכווץ כלי דם, ויעיל כנגד טיפול בדלקת גרון (Cutler, 2003). בנוסף, נמצא כי מי ורדים שמוצו מן הורד *Rosa damascene* הם בעלי אפקט מרגיע, והקלו על מחלות עיניים למיניהן (Kiritikar and Basu, 1987). נמצא כי למיצוי מימי של ורדים אשר ניתן לעכברים דלקתיים דרך הפה (*Rosa hybrida*), יש יכולת אנטי דלקתית יעילה ביותר. בנוסף, נמצא כי למיצויים מימיים של ורדים יכולות אנטי בקטריאליות (Anesini and Perez, 1993), ואנטי ויראליות (Mahmood *et al.*, 1996). ידוע כי בשבט אינדיאני בשם "Chumash" השתמשו באבקת ורדים מיובשת של *Rosa Californica* לשימושים שונים בתינוקות, ביניהם כדי להקל בצמיחת שיניים, ולהרגיע את סימפטום הקוליק (כאבי בטן) (Adams and Garcia, 2006). בטורקיה, משתמשים עד היום בתמציות הורדים השונות כנוגדי דיכאון להרגעת מתח נפשי, כמשככי כאבים, כחומר משלשל, כמעוררי השתנה, וכחומרים לטיפול העור. תכונות המרפא של הורדים כנראה מקורם מחומרים פוליפנוליים שזוהו בורדים (Ercisli, 2005). התכונות של ורדים כצמחי מרפא ומגוון הריחות והצבעים שלהם, אמנם הופך את צמחי הורדים למועמדים מצוינים כפרחי מאכל, היכולים להיחשב גם כמזון פונקציונאלי. יחד עם זאת, עלי כותרת של ורדים לרוב קשים ללעיסה ובנוסף עפיצים ומרירים, תכונות שאינן מתאימות למזון. על מנת לפתח את פרחי הורדים למאכל יש לברור זנים ללא התכונות השליליות הללו, ואף למצוא זנים טעימים. הורדים צריכים להיות מאופיינים ביכול גבוה ובעלי חיי מדף סבירים המאפשרים את שיווקם.

1.4 פוליפנולים ופעילות נוגדת חמצון

פוליפנולים הינם מרכיבים נפוצים במזון מן הצומח, ומהווים נוגדי חמצון משמעותיים בדיאטה שלנו. זוהו במזון מאות פוליפנולים שונים, כאשר שתי המשפחות העיקריות הן פלבנואידים וחומצות פנוליות (Scalbert *et al.*, 2005). רבים מהצבעים הצובעים פרחים, פירות וירקות הינם פלבנואידים. הפלבנואידים מייצגים קבוצה גדולה של מרכיבים הידרופיליים, בעלי גוונים רבים, לדוגמה צהוב, אדום, כחול וכתום. השונות בצבעים נובעת משינויים מבניים של המרכיבים, ומשינויים בריכוזים של פיגמנטים ספציפיים בתאים. הפלבנואידים נמצאים גם בציטוזול וגם בווקואולה (Kays, 1991). רבים מהמרכיבים הפלבנואידים מראים פעילויות ביולוגיות שונות, ביניהן פעילויות אנטי פטרייתיות ואנטי סרטניות, שמקורן כנראה בפעילות האנטי חימצונית שלהם (Zheng *et al.*, 2003; Jones, 2008). אנתוציאנינים הינם תת קבוצה גדולה של הפלבנואידים, המהווה קבוצת מטבוליטים שניוניים, בעלי פעילויות שונות בצמחים. כמו כן האנתוציאנינים מספקים צבעים שונים לעלי כותרת, קליפות של פירות וזרעים, כגון אדום וסגול (Winkel-Shirley, 2001). לאנתוציאנינים תכונות נוגדות חמצון כמו גם אחרות, כגון הגנה מפני עודף קרינה, וכך הם שומרים על המערכת הפוטוסינטטית (Smillie and Hetherington, 1999; Hoch *et al.*, 2003).

רדיקלים חופשיים (ROS) הינם צורה לא יציבה של חמצן, הנוצרת ע"י העברת אלקטרון או ערעורו במולקולת החמצן. הם נוצרים בתאים בתהליכים שונים במהלך החיים הרגיל של התא, כגון נשימה, גדילת תאים ובתא הצמחי גם על ידי הפוטוסינתזה (Fraga *et al.*, 1990). הרדיקלים החופשיים הינם מולקולות רעילות, שיכולות לגרום נזק לחלבונים, ממבראנות, חומצות גרעין וחומצות אמינו (Mittler, 2002; Laloi *et al.*, 2004). עלייה ברדיקלים חופשיים, במהלך ההזדקנות, יכולה אף לנבוע מירידה ביכולת נוגדת החמצון של הצמח להתגונן מפניהם. הירידה ביכולת ההתגוננות עשויה לנבוע מירידה בפעילות האנזימים נוגדי החמצון, או מירידה בחומרים נוגדי חמצון קטן מולקולאריים (Thompson *et al.*, 1987; Noctor and Foyer, 1998). תהליכים אחרים קשורים בשינויים קטבוליים רבים, המתבטאים בפירוק חלבונים, כלורופיל ברקמות עלה, חומצות שומן וחומצות גרעין. תהליכים אלו הינם חלק מתוכנית תמותה מבוקר (PCD), של האורגניזם, המוביל בסופו למוות התא (Buchanan-Wollaston *et al.*, 2003).

בבעלי חיים, מחלות רבות מזוהות עם רדיקלים חופשיים, בגלל הנזק החימצוני שנגרם ל-DNA, חלבונים ומרכיבים תאיים אחרים ולפיכך מקשרים את הרדיקלים החופשיים לתהליכי הזדקנות (Fraga *et al.*, 1990). ברוב האורגניזמים ישנן מערכות הגנה ותיקון מפני הנזק החימצוני, אך יעילותן אינה מספקת (Simic, 1988). לפיכך, מוצרים המכילים נוגדי חמצון יכולים לשמש בהפחתת נזקים חמצוניים בבני אדם (Li *et al.*, 2005).

נוגדי חמצון הינם רכיבים מולקולאריים, אשר בריכוז נמוך מסוגלים למנוע או לדחות חמצון של מטבוליטים הנוטים להתחמצן בקלות, כגון שומנים, DNA וכד'. מערכת זו בנויה מאנזימים וחומרים נוגדי חמצון קטן מולקולריים, אשר קיימים בהרכבים שונים באורגנולות התאיות ובתאים צמחיים וגם בדופן התאים. הפעילות נוגדת החמצון מתבטאת במסירת אטום מימן מנוגדי החמצון, ובסופו של דבר לאחר שרשרת תגובות, היא מעכבת יצירת רדיקלים שונים ביניהם הידרופרוקסיד (מי חמצן). לעיתים במקום למסור מימן, נוגדי חמצון פנוליים מוסרים אלקטרון (Frankel and Meyer, 2000).

אכן, ישנן עדויות אפידמיולוגיות כי דיאטה, העשירה בפלבנואידים מסוג נוגדי חמצון, מספקת הגנה מפני התקף לב (Hertog *et al.*, 1993; Knekt *et al.*, 1996), שבץ (Keli *et al.*, 1996) וסרטן ריאות (Knekt *et al.*, 1997). מכאן שצריכה גבוהה של מוצרי מזון מן הצומח יכולה להפחית באופן משמעותי מקרי סרטן, מחלות לב ומחלות דגנרטיביות שונות הנגרמות ע"י עקה חימצונית (Ames *et al.*, 1993).

העוצמה נוגדת החמצון של הפוליפנולים נמדדה, *in-vitro*, ע"י בדיקת היכולת שלהם בנטרול רדיקלים חופשיים בהשוואה- לסטנדרט ידוע (Scalbert *et al.*, 2005).

בין שיטות המחקר המקובלות לכימות הפעילות נוגדת החמצון, נמצאות TEAC ו-ORAC. שיטת ה-TEAC מבוססת על העברת אלקטרון, ושיטת ה-ORAC מבוססת על העברת אטום מימן (Huang *et al.*, 2005). שתי השיטות מבוססות על מדידת עיכוב הרדיקל החופשי. לא נמצאה קורלציה בין תוצאות השיטות השונות, כנראה משום שכל שיטה אינה מתייחסת לכלל

נוגדי החמצון במיצוי, אלא לנוגדי חמצון שונים במיצוי, ולפיכך כל שיטה יכולה להבחין בנוגדי חמצון שונים (Wang *et al.*, 2004).

בשיטת ה-TEAC מייצרים את הרדיקל המלאכותי $ABTS^{*+}$, ומודדים בתמיסה הרצויה את נטרולו ע"י הפעילות נוגדת החמצון של ה-Trolox, אשר ריכוזו ידוע. התגובה מנוטרת ע"י צבען שבדוק את העלמות הצבע של המחמצן. בשיטה זו ישנן גם מגבלות, לדוגמא ייתכן כי האפשרות של נוגדי חמצון לנטרל את הרדיקל המלאכותי לא תשקף את הפעילות נוגדת החמצון, מכיוון שישנם עוד מנגנוני נטרול אחרים במיצוי (Frankel and Meyer, 2000).

בשיטת ה-ORAC ישנם רדיקלים המיוצרים ע"י חימום של AAPH של (2,2-azobis (2-amidinopropane) dihydrochloride). ה-AAPH מחמצן פיגמנט חלבוני אדום (β -Pe), והתהליך נמדד על ידי הירידה בפלורוסנציה. המגבלה בשיטה זו היא שהשיטה לאו דווקא משקפת את הגנת נוגדי החמצון מפני נזק חמצוני לחלבון הפלורוצנטי (Frankel and Meyer, 2000; Scalbert *et al.*, 2005).

1.5. נוגדי חמצון בורדים

קיימות עדויות רבות לכך שקיימת רמה גבוהה של נוגדי חמצון בעלי כותרת של ורדים. בהשוואה של 30 חליטות תה מצמחי מרפא מניו מקסיקו, ביניהם גם הורד *Rosa de Castillo*. נמצא שחליטת הורד הראתה את הרמה השנייה בגובהה בהשוואה ל-29 צמחי המרפא האחרים (VanderJagt *et al.*, 2002). בנוסף נבדקו רמות נוגדי חמצון בחליטות תה של ורדים שונים בהשוואה לתה ירוק, ונמצא כי ברובם התכולה דומה לזו של תה ירוק, ובזנים מסוימים אף גבוהה יותר מזה שקיימת בתה הירוק (Vinokur *et al.*, 2006). בעבודה זו נמצא כי בין 35 ל-55% מכלל הפנולים הם של חומצה גאלית, וקיומה של חומצה גלית ברמה גבוהה בורדים נמצא גם במחקרים אחרים (Simic, 1988; Fraga *et al.*, 1990; Cho *et al.*, 2003). חומצה גאלית הינה נוגד חמצון משמעותי, לדוגמא כאשר מוצתה מפרחי ורדים עיכבה הזדקנות באופן משמעותי בעכברים (Li *et al.*, 2005). נמצא כי היא מתפקדת כאנטי סרטנית, אנטי בקטריאלית, אנטי פטרייתית ואנטי ויראלית (Kratz *et al.*, 2008).

כמו כן, נמצא כי המרכיבים הפנוליים שנמצאו במיצויי פרחי ורדים של *R. rugosa* ו-*R. davurica* קשורים בנטרול פעילות רדיקלים חופשיים (Cho *et al.*, 2003).

1.6. אחסון ורדים

כושר האחסון של מוצר טרי תלוי הן בתהליכי ההזדקנות שחלים בו והן ביכולת שלו להתגונן בפני גורמי מחלה שונים.

1.6.1. תהליכי הזדקנות בפרחים

הזדקנות הינה תהליך התפתחותי המגביל את אורך החיים של האורגניזם. ברוב האורגניזמים הזדקנות הינה תוצאה בלתי נמנעת של גיל הצמח, ותהליך ההזדקנות מבוקר ע"י תהליכים פיזיולוגיים וגנטיים רבים (Woo *et al.*, 2002). זמן המעבר משלב הבגרות לשלב הזדקנות ומוות

בפרחים קצר יותר מאשר בעלים, והתהליך בדרך כלל אינו הפיך (Halevy and Mayak, 1981). הזדקנות פרחים היא תהליך מורכב של תמותה מבוקרת, ובמהלך ההזדקנות מתרחשת עליה בגנים שונים המעורבים בתהליכי הרס של התאים (Rubinstein, 2000; van Doorn and Woltering, 2008). רדיקלים חופשיים כנראה בעלי תפקיד בהוצאה לפועל של תהליך ההזדקנות (Panavas and Rubinstein, 1998; Panavas and Rubinstein, 1998).

בצמחים מסוימים תהליך ההזדקנות יוצא לפועל באמצעות אתילן (Reid and Wu, 1992; Kumar *et al.*, 2008). מרכיבים של מסלול החישה לאתילן זהו בצמחים שונים (Cara and Giovannoni, 2008), כולל בורדים. לאחר הקטיף ממשיכים להתקיים בפרח תהליכי גדילה והתארכות תאים המובילים לעיתים לפתיחת הפרח. כמו כן מתקיים בין איברי הפרח מעבר של מוטמעים, השונה מזה המתקיים בפרח שעדיין קשור לצמח. בפרח הקטוף אספקת המוטמעים מהעלים מוגבלת ועיקרה במאגרים שנוצרו לפני שנקטף (Kuiper *et al.*, 1995; Marissen and La Brijn, 1995; Marissen, 2001). כמו כן בניגוד לפירות וירקות, רקמות עלי הכותרת של הפרחים בדרך כלל אינן מוגנות ע"י קוטיקולה, ולכן הפרחים מאבדים מים ביתר קלות. בהערכת איכות של ורדים לקטיף משתמשים במדדים של שינוי צבע, כיפוף ראש, איבוד טורגור ופתיחה של הפרח כמדדים לקביעת איכות הפרח. מרבית התופעות הללו נובעות מבעיה באספקת המים מהגבעול (Zieslin, 1989). בעלי כותרת של ורדים נמצא כי ישנה ירידה בנוזליות של הממבראנות, עם ההזדקנות, הנובעת מירידה בתכולת הפוספוליפידים (Borochoy *et al.*, 1982). ירידה זו, לפחות בחלקה, נובעת מפעילות אתילן. בנוסף נמצא כי אתילן אחראי בחלקו גם למוות התאים בפרחי ורדים, כתוצאה מהגברת חדירות של הממבראנות (Faragher *et al.*, 1987). כתוצאה מהגברת חדירות הממבראנות מתרחשת דליפת יונים מהתאים. לפיכך דליפת יונים מתאי הצמח מהווה מדד טוב לכך שנפגעה חדירות הממבראנה, ועל פי מדד זה ניתן להסיק על הזדקנות הרקמה (Woo *et al.*, 2001).

1.6.2 פקטורים המשפיעים על הארכת חיי המדף במהלך האחסון

בפרחים, בדרך כלל, אין מספיק מקורות אנרגיה פנימיים. כמו כן הפרחים רגישים לפגיעות מכאניות במשך האחסון והשינוע. על מנת לפתח שיטת אחסון נכונה בעבור זן מסוים של פרחים, יש לעבוד במחקר על פי ארבעה כיוונים: בחירת שלב התפתחות נכון של הפרח, בעת הקטיף; טיפול מקדים מתאים לפני האחסון; אבטחת תנאים מתאימים באחסון; בקרה על הטיפול בפרחים לאחר האחסון (Rudnicki *et al.*, 1986).

1.6.2.1 **טמפרטורה**- הארכת תקופת האחסון תלויה ביכולת להקטין את קצב הנשימה, משום שעל ידי כך ניתן להוריד את קצב המטבוליזם של הפרח, להפחית את ייצור האתילן ואת תהליך ההדבקה על ידי פטריות. ניתן להשיג זאת על ידי אחסון בטמפרטורה הקרובה ביותר ל-0 מ"צ. לרוב הפרחים טווח הטמפרטורות האופטימאלי הינו בין (-0.5) ל-4.4 מ"צ. טווח הטמפרטורות לפרחים קטופים של ורדים הינו בין 0 ל-1 מ"צ (Rudnicki *et al.*, 1986).

1.6.2.2 **לחות יחסית**- לחות יחסית גבוהה מפחיתה את הנשימה וגורמת לשימור מים בפרחים. ערך הלחות היחסית באחסון פרחים צריך להיות בין 90-95%, אלא אם הפרחים ארוזים

באריזות סגורות. מאידך לחות גבוהה יחסית מעודדת הדבקה בפתוגנים, במיוחד של בוטריטיס (*Botrytis cinerea*). עטיפה של הפרחים בנייר סופג מאיטה את קצב התפשטות הפתוגן (Rudnicki *et al.*, 1986).

1.6.2.3. **אווירה מבוקרת ומתואמת**- באריזות אטומות הנשימה של הפרחים הופכת איטית וקבועה, וכתוצאה מכך נוצרת אווירה פנימית באריזה, המכילה רמת O_2 נמוכה ורמת CO_2 גבוהה. אווירה פנימית זו מאטה את קצב הנשימה ואת קצב המטבוליזם של הפרחים (Rudnicki *et al.*, 1986). למעשה, רוב תהליכי ההתכלות, עשויים להבלם במידה רבה ע"י אריזתם בפילם עם אווירה מתואמת (Modified atmosphere). בנוסף מצאו כי ככל שרמת ה- CO_2 עלתה ורמת ה- O_2 ירדה, הצטברו אצטאלדהיד ואתנול בסביבת הורדים. הסביבה הגזית האופטימאלית הינה כאשר רמת החמצן היא הנמוכה ביותר לפני שנוצרים אצטאלדהיד ואתנול (Golias and Kobza, 2002). פחמן דו-חמצני (CO_2) ידוע כנאטגוניסט טבעי של אתילן בתהליכי הזדקנות ולכן באווירה מתואמת עשוי להבלם ייצור האתילן (Aharoni *et al.*, 1986; Aharoni *et al.*, 1989). בנוסף, יתכנו פעולות נוספות ללא קשר לאתילן, המביאות לדחיית תהליכי הזדקנות. CO_2 מעורב גם במנגנוני הגנה. נמצא כי בנוכחות CO_2 , הנוצר באופן טבעי ברקמה הצמחית בפוטורספירציה, נמנעה היווצרותם של תנאים אוקסידטיביים קיצוניים. כמו כן, נוכחות של CO_2 חיונית לביוסניתיזה של הקרוטנואידים. הקרוטנואידים ממלאים תפקיד חשוב בנטרול תוצרי חמצון רעילים ברקמה הצמחית שרמתם כנראה עולה במהלך ההזדקנות. אריזה בה ריכוז ה- CO_2 גבוה עשויה למנוע תהליכים מטבוליים שונים הגורמים להשחמות ושינויי צבע. ריכוזים כאלה יכולים להיווצר באריזה באופן פסיבי, ע"י נשימת המוצר או באופן אקטיבי על ידי תוספת לאריזה באמצעות מכשור מתאים (Jones and Porter, 1984).

1.6.2.4. **אתילן**- אתילן הינו הורמון צמחי המעורב בבקרה של מספר תהליכים פיסיולוגיים והתפתחותיים. זהו מרכיבי מסלול החישה לאתילן והם פעילים בצמחים שונים, כולל בורדים (Muller *et al.*, 2000; Muller *et al.*, 2002). גם בריכוזים נמוכים ביותר, אתילן גורם להאצת איבוד המים ברקמות והאצת נבילה והזדקנות, תוך כדי השפעה על הנשימה (Rudnicki *et al.*, 1986). לרוב תחילת ההזדקנות של פרחים הינה תלויה אתילן. נמצא כי במספר זני ורדים ובציפורנים, עלייה בייצור אתילן מאיצה את ההזדקנות. דרך לעכב הזדקנות פרחים היא ע"י שימוש בחומרים משמרים מונעי חישה של אתילן, בניהם Silver thiosulphate (STS), ו-1-MCP. 1-MCP הינו חומר גזי שפותח לאחרונה, אנלוג ציקלי של אתילן, אשר מתחרה עמו על אותו אתר ברצפטור, ובכך מעכב את השפעות האתילן (Sisler *et al.*, 2001; Pre-Aymard *et al.*, 2005). התגובה ל-1-MCP היא פונקציה של ריכוז וזמן, ונראה כי האפקטיביות שלו, בעיכוב אתילן, דומה לחומר STS, אך הוא בינתיים לא הוכח כרעיל בריכוזים נמוכים, בניגוד ל-STS (Figuerola *et al.*, 2005; Serek *et al.*, 1995).

1.6.2.5. **פירוק סוכרים** - פקטור נוסף וחשוב, הקשור בהזדקנות הפרחים, הינו מהירות ההפחתה בסובסטרטים של הנשימה בפרח. פקטור זה תלוי בחלקו בכמות הרזרבות הקיימות בפרח מרגע הקטיף. אחד מהפקטורים החשובים הללו הינם הפחמימות, כאשר מביניהם הנפוץ ביותר הוא הסוכרוז. בהזדקנות עלי הכותרת נצפתה ירידה גם בעמילן שהוא חומר התשמורת של סוכרים (Zieslin, 1989). אחד הטיפולים העשויים לשפר את איכות פרחי הורד לאחר הקטיף, הינו הטענה בסוכר קודם לסימולציית המשלוח, כי הסוכר עשוי להקטין את הרגישות לאתילן. סוכר ניתן לפרחים רבים כטיפול דוחה הזדקנות והוא יעיל בעיקר בצמחים הרגישים לאתילן. יתכן והוא פעיל גם על ידי הורדת רמת ה-ABA, וכתוצאה מכך נשמרת רמת אתילן נמוכה (van Doorn, 2004), אך יתכן והסוכר מגביר את הפירוק של גורמי השעתוק האחראים לפעילות האתילן, כפי שנמצא עבור צמחים אחרים ועל ידי כך הוא מקטין את אפקט האתילן, אך אפשרות זאת לא נבחנה בורדים (Rolland, 2005). בעיה נוספת הנובעת לעיתים משימוש בסוכרוז הינה ריבוי הבקטריות שנוצרות בעקבותיו. בקטריות אלו גורמות לחסימת צינורות ההובלה בגבעול הפרחים הקטופים, כל עוד לא משתמשים בכימיקלים שימנעו זאת (כגון HQS – 8- hydroxyquinoline sulfate) (Ichimura et al., 2002). ישנן עדויות בפרחים, כי הרעבת סוכר והצטברות סוכר מצד שני עשויות להוביל לתהליך ההזדקנות. ראייה לכך כי הרעבת סוכר מובילה להזדקנות, היא בפרחים אשר הטענת סוכר דוחה את הזדקנותם הויזואלית. מצד שני ריכוזי הסוכר עדיין גבוהים כאשר נצפית ההזדקנות הויזואלית בפרחים (van Doorn, 2004).

1.7. עמידות לפתוגנים בורדים

תכונת חיי מדף ארוכים תלויה בין היתר בעמידות לפתוגנים. הפתוגן העיקרי התוקף ורדים לאחר הקטיף הוא *Botrytis cinerea* – פטריית העובש האפור (Gleason and Helland, 2003).

1.7.1 פטריית ה-*Botrytis cinerea*

הפטרייה *Botrytis cinerea* היא הצורה האל מינית של הפטרייה *Botryotinia fuckeliana*, השייכת למשפחת ה-*Leotiomyces* (תת קבוצה של משפחת האסקומיציטים). הפטרייה תוקפת כ- 200 מיני צמחים, ביניהם גידולים בחממה, בשדה ובמהלך האחסון. במהלך הגידול, הפטרייה יכולה לחדור לרקמת הצמח, ולהישאר במצב רדום, כאשר תסמיני המחלה יופיעו בד"כ בשלבי ההזדקנות של הצמח או הפרי, או לאחר קטיף. לעיתים, הפטרייה תוקפת ע"י חדירה לפצע לאחר קטיף. רקמה נגועה מתאפיינת בתפטיר ובנבגים בצבע אפור, או בריקבון ללא תפטיר נראה לעין קטיף (Tian and Bertolini, 1995). טווח הטמפרטורה בה הפטרייה מדביקה הינו רחב ביותר, כאשר הטווח האופטימאלי נע בין 18 ל- 22 מ"צ. בטמפרטורות גבוהות יותר, בין 25 ל-30 מ"צ, ייתכן שיופיע עיכוב בגידול. פטריית ה-*B. cinerea* מהווה בעיה עיקרית באחסון בקירור, גם בטמפרטורה קרובה מאוד לקיפאון, ואף בטמפרטורה של 4- מ"צ (Tian and Bertolini, 1995; Zhang et al., 1996).

Botrytis cinerea הינה פתוגן הגדל על רקמה מתה, לכן היא חייבת להרוג את תאי הפונדקאי אליו חדרה, לפני שתוכל להתחיל במחזור החיים הפרזיטי. המנגנון בעזרתו גורמת הפטרייה למוות של תאי מאחסן, במיוחד ברקמות צמח שלם, ידוע רק בחלקו. על פי רוב הפטרייה חודרת לצמח דרך חתכים או פתחים טבעיים (Tenberge, 2004). באופן כללי, דופן התא מהווה את המחסום הראשוני של תאי הצמח כנגד חדירת פתוגנים, כאשר הפקטין מהווה את אחד המרכיבים העיקריים בדופן. תהליך החדירה של הפטרייה לצמח מתאפשר על ידי תהליך אנזימטי. פטריית הבוטריטיס מייצרת אנזימים המסוגלים לפרק פולימרים של פקטין (פקטינאזות). טווח הפונדקאים הרחב של הפטרייה *Botrytis cinerea* מורכב מצמחים המכילים רמות גבוהות של פקטין בדופן התא. חדירת הפטרייה דרך דופן התא מלווה בגדילה תוך תאית, דרך למלת הביניים, המכילה אחוז גבוה של פקטין. בנוסף, נצפתה התנפחות של דופן התא במהלך חדירת פטריית הבוטריטיס לקוטיקולה, תופעה המעידה על שבירת רצף הרשת הפקטית (Kars and vanKan, 2004). כתוצאה מהאינטראקציה בין הפונדקאי לפטרייה נוצרות מולקולות מחמצנות (ROS), והן תוקפות את מרכיבי התא. הדבקה מוצלחת גורמת לדליפת אלקטרוליטים מתאי הפונדקאי, הפחתת תכולת הכלורופיל וקצב הפוטוסינתזה, וכל אלו גורמים לתסמיני המחלה היוזואליים (Zhang et al., 1996).

התקפת הבוטריטיס גם מאתחלת ייצור של מולקולות הפועלות נגד הפטרייה, ביניהם נוגדי חמצון ופיטואלקסינים (Elad, 1997). לדוגמה רמת פעילות האנזים peroxidase- נוגד חמצון טבעי הנמצא במערכות צמחיות, נמצאה גבוהה יותר בעלי כותרת של ורדים שהודבקו בבוטריטיס לעומת כאלה שלא הודבקו (Shaul et al., 1995).

1.7.2 פטריית *Botrytis cinerea* בורדים

בורדים הפטרייה *Botrytis cinerea* גורמת לנקרוזות ולבסוף, לעיתים, מובילה לנשירת עלי הכותרת (Droby and Lichter, 2004). ורדים שונים מראים רמות רגישות שונות לפטרייה (Hammer and Evensen, 1994). ההבדל בעמידות לבוטריטיס יכול לנבוע מסיבות שונות, לדוגמה רמת האתילן המופרשת ו/או כל גורם הזדקנות אחר מגבירים את הרגישות (Elad, 1988), ההבדל בעובי הקוטיקולה של זני ורדים שונים (Hammer and Evensen, 1994), וקיומם של מטבוליטים שניוניים מסוימים (Mansfield and Huston, 1980). חלק מהמטבוליטים השניוניים הם פנולים, המתפקדים כנוגדי חמצון, ופיטואלקסינים המושרים על ידי הצמח ומגבירים את העמידות לבוטריטיס (Elad, 1997). תימוכין לכך שנוגדי חמצון יכולים להגביר עמידות נמצאו בניסוי בו נבדקה השפעתם של 18 נוגדי חמצון שונים על התפתחות העובש האפור בורדים, ונמצא כי רובם הפחיתו את המחלה בריכוזים שונים (Elad, 1992).

1.8 מבחני טעימה

איכות מוצר מזון טרי ומראהו חשובים לצרכנים ותכונות איכות נקבעות על ידי הצבע, המרקם, הארומה, הטעם, ועל ידי תכונות פיסיקליות כגון צורה וגודל (Hoberg et al., 2003). תפיסת איכות המוצר מושפעת בעיקר מריח, טעם ומרקם של המזון, יותר מאשר התכונות פיסיקליות שלו. על כן מבחני טעימה מוערכים כ"מדע של תפיסת האיכות". לרוב מתייחסים לאיכות המזון

במונחים של קבלת הצרכן (טובה מאוד, הוגנת, גרועה), כאשר קבלת הצרכן היא אישית (Bruckner, 2008).

כשעושים סלקציה בגידולי ירקות מן הטבע, הבחירה נעשית ע"פ איכויות הטעם, צבע, צורה, עלויות, מתיקות ויבול. טעמים מתוקים מועדפים על הצרכנים, לפיכך כמות הסוכרים גבוהה יחסית בירקות ובפירות הנבחרים, וישנה הפחתה במרכיבים המרירים. רוב הירקות מכילים מס' רב של מרכיבי טעם, נדיפים ושאינם נדיפים. ספקטרום הטעם מורכב בעיקר ממרירות, מליחות, חמיצות, ומתיקות. ספקטרום זה הינו מצומצם יחסית לספקטרום הריח, אך שילוב של שניהם יחד יוצר את חוויית הטעם (Jones, 2008).

חלק מן המרכיבים האחראיים לתכונות מרירות, חריפות ועפיצות בירקות הינם פנולים, פלבנואידים, איזופלבונים, טרפנים וגלוקוזינולאטים. מרכיבים ספציפיים הגורמים למתיקות הם בעיקר מונו או די סכרידים המשתחררים מפירוק עמילן (Dinehart *et al.*, 2006). רמת הסוכרים בירקות יכולה להיות גבוהה מאוד, אך לרוב המתיקות ממוסכת על ידי טעמים אחרים (Jones, 2008). במשפחת המצליבים, לדוגמא, נמצא כי ככל שרמת הגלוקוזינולאטים המרירים עולה, כן יורדת המתיקות, על אף שרמת הסוכרים נשארת קבועה (Dinehart *et al.*, 2006).

עפיצות הינה תחושה יבשה ומכווצת בפה. אחת הסיבות לעלייה בעפיצות הינה עלייה ברמת הטנינים המסיסים במזון. טנינים הינם פוליפנולים בעלי משקל מולקולארי גבוה. תחושת העפיצות נובעת כנראה מהתייבשות הנגרמת מקישור של טנינים לחלבונים הנמצאים על פני הלשון (Taira, 1996).

מרקמו של המוצר משפיע מאוד על העדפה והחלטה של הצרכן בקנייה, משתי סיבות: הראשונה היא כי המרקם משפיע באופן ישיר על טעמו של המוצר. הסיבה השנייה היא כי המרקם קובע את הנוחות שבטיפול ובאכילה של המוצר. לרוב ישנן חילוקי דעות בין צרכנים לגבי המרקם המועדף (Harker and Johnston, 2008).

אופן חישת מרקמו של המזון נחלק לשלוש קבוצות: מאפיינים מכאניים, מאפיינים גיאומטריים ומאפיינים הקשורים בתכולת המים במזון. קבוצת המאפיינים הראשונה מתייחסת לצורת שבירת המזון, בזמן הלעיסה. בזמן שבירת המזון משתחררים סוכרים, חומצות, חלבונים, חומרים נדיפים ועוד המשפיעים על תפיסת הטעם של הטועם. בקבוצה זו מדברים לדוגמא על הגדרות כגון קשיות (Firmness/ Hardness) – הכוח הנחוץ לדחוס את דוגמת המזון, ע"י השיניים האחוריות. קבוצת המאפיינים השנייה, מתייחסת לתחושה בפה לאחר שהמיץ השתחרר במהלך הלעיסה, לדוגמא תחושת תאי אבן או סיבים. קבוצת המאפיינים השלישית, מתייחסת לעסיסיות או מאידך לקמחיות המזון (Harker and Johnston, 2008).

מבין השיטות המשמשות כמבחני טעימה ישנן שיטה אנליטית (טועמים מיומנים) והשיטה ההדונית (צרכנים, על פי סקאלה הדונית). בשיטה האנליטית, טועמים מיומנים, מתמקדים בללמד את הטועמים להתעלם מהעדפותיהם האישיות. הם נדרשים לחשוב בצורה אנליטית על המוצר, כמו מכשיר, כאשר הם לא דווקא מהווים את קהל היעד. שיטה זו מתבססת על קונצנזוס בין השופטים. הסקאלה ההדונית (hedonic scale), מאידך מאוד נפוצה, ומשמשת על מנת לבחון האם הצרכן מחבב או אינו מחבב את המוצר. סקאלה זו אינה דורשת טועמים מיומנים, אלא להפך, היא פונה לקהל היעד. בשיטה זו משתמשים במבחנים סטטיסטיים, כדי לקבל אינפורמציה.

היתרון בשיטה זו שהיא משקפת את החיים האמיתיים, ועונה לשאלה מהו המוצר המועדף. לעומת זאת אחת הבעיות עם צרכנים היא שהם אינם אנליטיים במחשבתם, והם אף נוטים להתבלבל בין מושגי מבחן הטעימה (לדוגמה לעיתים מתבלבל הצרכן בין המושג "מר" למושג "חמוץ"). לעומתם לפנל של טועמים מיומנים, לדוגמה, לא תהיה בעיה להסכים על דירוג של מדד טעם כלשהו (Lawless and Heymann, 1998).

2. מטרות העבודה

המטרה הכללית של העבודה היא לאפיין מדדים של איכות בזני פרחי ורדים,

שיאפשרו את שיווקם כפרחי מאכל. המטרות הספציפיות הן:

- 2.1. לבחון מדדים שונים להזדקנות בורדים, כפרחי מאכל.
- 2.2. לבחון דרכי אחסון שונות, כדי להגיע לאריזה אופטימאלית של הורדים.
- 2.3. לבחון את רמת הרגישות לבוטריטיס בזני הורדים השונים.
- 2.4. לבחון את רמת הפעילות נוגדת החמצון בזני הורדים השונים.
- 2.5. לבחון תכונות טעם, ריח ומרקם של זני הורדים השונים, במבחני טעימה.
- 2.6. לקבוע על פי האפיונים השונים, מי מהפרחים הינם בעלי עדיפות לפיתוח נוסף ושיווק.

3. חומרים ושיטות

3.1. החומר הצמחי

המחקר המתואר בעבודה זו התבצע על 24 זנים, בעלי טעם סביר שנבחרו על ידי חמישה טועמים שטעמו את מגוון הזנים הקיימים במשתלת "קרן צור" שבגליל התחתון. הבחירה התבססה בעיקר על כך שרמת המרירות והעפיצות של הזנים הייתה נמוכה (פרידמן וחובריה, 2007). למחקר הוספו ארבעה זנים נוספים משום טעמם המוצלח, וזן חמישי שטעמו אינו טוב, "מבלה", אשר הוסף למבחני הטעימה בלבד כזן לא טעים ובכך שימש כזן ייחוס (מצורפת טבלה בנספח 1).

שיחי הורדים גודלו בשטח מכון וולקני ומרבית הפרחים לניסויים נקטפו מהשטח. במספר ניסויים נקטפו פרחים ממשתלת "קרן צור", אשר נמצאת בבית לחם הגלילית.

3.2. אחסון

נעשה שימוש באריזות מסוגים שונים:

אריזות פלסטיק פתוחות עשויות פוליפרופילן (PEP), אשר כוסו בפולי ויניל כלוריד (PVC) בעובי $35\mu\text{m}$, או בפוליאתילן (PE). אריזות ה-PE נחלקו לשתי סוגי אריזות שונות: אריזה מחוררת – microperforated (אריזה מאווררת חלקית) ואריזה מתואמת (ריכוז גזים התחלתי: $5\% \text{CO}_2 + 10\% \text{O}_2$). אריזות פלסטיק נוספות שנבחנו, אשר היו שקופות ואטומות יחסית, עשויות polyethylene terephthalate (PET).



איור 1- הפרחים ע"פ דרגות הפתיחה שלהם, כאשר הדרגה הנמוכה ביותר (1) הינה של ורד סגור לגמרי, והדרגה הגבוהה ביותר הינה 6 בה יש התחלה של סימני הזדקנות. הפרח "מקסים" נבחר כפרח מייצג.

דרגות הפתיחה של הורדים הוגדרו לפי המודגם באיור 1. הפרחים שנלקחו לניסויים השונים היו מדרגות פתיחה 4 ו-5.

הורדים אוחסנו במקרר בטמפרטורות בין $0-4^{\circ}\text{C}$, למשך 10 עד 15 יום (בהתאם לניסוי).

בניסוי הטענה בסוכר, ביום הקטיף, הפרחים הוכנסו לצנצנות מים עם 7% סוכרוז וללא סוכרוז, למשך הלילה במקרר בטמפרטורה 4 מ"צ. למחרת נארזו הפרחים באריזות פלסטיק שקופות, ואוחסנו למשך עשרה ימים ב- 0-2 מ"צ.

בכל ניסויי האריזה היו שלוש חזרות לכל צורת אריזה, לכל זן.

מדידת אחוז CO_2 ואתילן נעשו יום לפני ההוצאה מאחסון במכשיר ה- GC (Gas Chromatograph). אחוז ה- CO_2 נמדד במכשיר FISHER, בקולונה CTR1-Alltech, גז נושא הליום, מהירות זרימה 30cc בדקה, טמפ' הקולונה האינג'קטור והדטקטור 20 מ"צ.

אתילן נמדד במכשיר Varian 3300, בקולונה HASE-Tech, גז נושא הליום, מהירות זרימה 30cc בדקה, טמפ' הקולונה 80 מ"צ, טמפ' אינג'קטור 75 מ"צ, ודיטקטור 105 מ"צ. ביום ההוצאה מאחסון נמדד אחוז איבוד המשקל, על ידי חישוב המשקל בסוף האחסון ביחס למשקל ההתחלתי (לפני אחסון).

ההדבקה בבוטריטיס לאחר אחסון הוערכה ע"פ אחוז הדבקה באריזה.

הערכה להזדקנות הורדים ניתנה ע"פ אינדקס הזדקנות, כאשר מדרגה 3 הפרחים אינם ניתנים לשיווק (איור 2).



איור 2- אינדקס ההזדקנות. המספרים מאפיינים את דרגת ההזדקנות של הפרח. 0- פרח על השיח (בדרגת פתיחה 4 על פי המפורט באיור 1), 1- תחילת התגלגלות בעלים התחתונים (הצמודים לעלי הגביע), 2- התגלגלות ותחילת איבוד טורגור, 3- התגלגלות ואיבוד טורגור חזקים יותר, 4- אובדן צורה- כמעט נבול, 5- נבול או יבש לחלוטין. דרגה 0 מ"מקסים" דרגות 1-4 נלקחו מ"אטרנה" ו-5 מ"טרייר 2000".

3.3 קביעת רמת נוגדי חמצון

בדיקת נוגדי החמצון נקבעה בשלוש חזרות כאשר כל חזרה נלקחה מארבעה ורדים טריים של אותו זן, או משלוש פירות/ירקות שונים. מכל דוגמה הופקו נוגדי חמצון הידרופיליים ונוגדי חמצון

הידרופוביים לפי השיטה המתוארת במאמר של Vinokur *et al.*, 2006).

לצורך זה, הדגימות יובשו בליאופיליזר, ונכתשו עד לאבקה במכתש ועלי. ממשקל 1 גר' חומר טרי התקבל כ- 0.1 גר' חומר יבש. החומר היבש והכתוש נשקל והוכנס למבחנות של 15 מ"ל ואליהן

הוספו 4 מ"ל בופר אצטט (50mM, pH 4.3). המבחנות נוערו והוספו אליהן 5 מ"ל אצטון 100%. המבחנות סורכזו למשך 10 דק' במהירות 4000 rpm (בצנטריפוגה מסוג, Ependorf- centrifuge 5810R), והנוזל העליון הועבר למבחנה נפרדת (מבחנה המכילה את נוגדי החמצון ההידרופיליים-"H"). שלב זה חזר פעמיים נוספות, כאשר בפעם הראשונה הוספו 2 מ"ל 70% אצטון ובפעם השנייה 2 מ"ל 100% אצטון, והנוזל העליון הוסף למבחנה "H". לאחר מכן המשקע שימש למיצוי נוגדי החמצון הליפופיליים. אל המשקע הוספו 2 מ"ל 100% הקסאן, והמבחנות סורכזו למשך 3 דק' במהירות 4000 rpm. מיצוי הנוזל העליון הועבר למבחנה נפרדת (מבחנה המכילה את נוגדי החמצון הליפופיליים-"L"). מיצוי זה בוצע פעמיים נוספות והנוזל העליון הועבר למבחנה "L". כדי לוודא שכל החומרים הליפופיליים מוצן, הוספו 2 מ"ל הקסאן למבחנות "H", המבחנות נוערו וסורכזו למשך דקה אחת במהירות 4000 rpm. הנוזל העליון הועבר למבחנה "S", שהיא מבחנת ביניים. פעולה זו בוצעה פעמיים נוספות, וכדי לוודא שבמיצוי זה לא נלכדו חומרים הידרופיליים, הוספו 2 מ"ל מים מזוקקים פעמיים לכל מבחנה מסוג "S", ולאחר סרכוז קצר הנוזל העליון המכיל את ההקסאן הועבר למבחנה "L" והתחתון המכיל את המיצוי המימי הועבר למבחנה "H". רמת נוגדי החמצון בדרך כלל נמדדה ישירות במבחנה "H", משום שריכוז נוגדי החמצון בהן גבוה מאוד. לעומת זאת, ההקסאן נודף ממבחנת ה" L" המכילה את נוגדי החמצון הליפופיליים. לאחר הנידוף הוסף 1 מ"ל 100% אצטון ונקבעה רמת הפעילות. מדידת הפעילות נוגדת החמצון התבצעה באמצעות תמיסה המכילה ABTS בריכוז 150 μ M (הכנת התמיסה: 249 מ"ל של אתנול 100% שאליו הוספו 0.250 מ"ל 99% H_2SO_4 ב-500 מיקרוליטר מים הומסו 16 מ"ג $ABTS^{+*}$, 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline)-6-sulfonic acid, וב-500 מיקרוליטר נוספים 4 מ"ג $K_2S_2O_8$ (פוטסיום פרסולפט- מאתחל את הרדיקל), והם הוספו לתמיסת ה"אתנול + H_2SO_4 ". התערובת הוכנסה לאמבט בטמפרטורה 45 מ"צ למשך שעה). הריאגנט $ABTS^{+*}$ מקנה לתמיסה צבע כחול אשר הבליעה שלו נקראת ב 734nm (בספקטרופוטומטר Ultrospec 2100pro -Amersham, Biosciences). ל-1 מ"ל של התמיסה בקוטה הוספו 10 μ l של דוגמה או של Trolox (נוגד חמצון). הטרולוקס שימש כסטנדרט לקביעת רמת נוגדי החמצון ברקמה (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl-chroman-2-carboxylic acid -נגזרת של ויטמין E), בריכוז 0.1 mM [תמיסת ה-Trolox הכילה 2.5 מ"ג אבקת Trolox שהומסה ב-100 מיקרוליטר אתנול 100%, וזו הוספה למבחנה 15 מ"ל שהכילה 9.9 מ"ל בופר אצטט (50mM, pH 4.3) (Sigma-Aldrich)]. כל מיצוי נבדק בשלוש חזרות רמת הפעילות נקבעה לפי היעלמותו של הצבע הכחול, לאחר 15 דקות השהייה. רמת נוגדי החמצון נקבעה כ- Trolox Equivalents (TE). חישוב רמת נוגדי החמצון בוצע לפי המפורט להלן:

$$TE = C_{standard} * (A_{sample} - A_{blank}) / (A_{standard} - A_{blank})$$

כאשר Cstandard הינו ריכוז ה- Trolox (1mM), Astandard, Asample ו- Ablank הינם הקריאות בספקטרופוטומטר של ה- Trolox, הדוגמא והבלנק, בהתאמה. הבלנק מורכב מ- 1 מ"ל תמיסה כחולה עם 10 מיקרוליטר 70% אצטון (כמות האצטון לערך שמכילות הדוגמאות). על מנת לחשב את תכולת נוגדי החמצון האקוויוולנטית ל- Trolox (ה-TEAC), המסה ההתחלתית של הרקמה הצמחית והנפח הסופי של המיצוי (ממנו נלקחה הדגימה) נלקחים בחשבון ע"י הנוסחה הבאה:

$$\text{TEAC } (\mu\text{mole TE/g Dry Weight}) = (\text{TE} * \text{V}) * 1000 / (1000 * \text{M})$$

כאשר M היא המסה ההתחלתית היבשה, ו- V הינו הנפח הסופי של המיצוי.

3.4. קביעת רמת האנתוציאנינים בעלי כותרת של הורדים

קביעת רמת האנתוציאנינים, של זני הורדים השונים, נעשתה ע"פ שיטת ה- pH הדיפרנציאלית, (Fuleki and Francis, 1968). מיצוי הורדים שנבדקו, היו אותם מיצויים שהוכנו לנוגדי חמצון (כפי שמתואר בסעיף 3.3). כל דוגמא של מיצוי נמהלה פעמיים, פעם אחת בבופר בעל pH 1.0 (400ml 1M sodium) 4.5 pH ופעם נוספת בבופר (125ml 0.2M KCL+335ml 0.2M HCL) ו- 4.5 pH (acetate+240ml 1M HCL+360ml DDW). במיהול של pH 1.0 האנתוציאנינים נמצאים בתמיסה בצורתם הצבעונית ביותר (oxonium), לעומת מיהול של pH 4.5 בו הם נמצאים בצורתם חסרת הצבע (carbinol). שני המהולים נמדדו בספקטרופוטומטר (Amersham, Biosciences- Ultrospec 2100pro), בשני אורכי גל שונים: 520 ו- 700nm. ריכוז האנתוציאנינים חושב בהתבסס על Lambert-Beer's Law ($A = \epsilon CL$), והוצג ביחידות של cyanidin-3-glucoside per gram fresh weight.

חישוב ריכוז האנתוציאנינים בוצע לפי המפורט להלן, ע"פ פיתוח של הנוסחה הנ"ל ($A = \epsilon CL$):

$$C \text{ (mg/l)} = \Delta A / \epsilon L * M * 10^3 * D$$

$$\Delta A \text{ (OD)} = (A_{520\text{nm}} \text{ pH } 1.0 - A_{700\text{nm}} \text{ pH } 1.0) - (A_{520\text{nm}} \text{ pH } 4.5 - A_{700\text{nm}} \text{ pH } 4.5)$$

כאשר D הינו פקטור המיהול ($D=5$), L הינו האורך בס"מ של התא הספקטרופוטומטרי ($L=1$), ΔA הינו ההבדל בין הקליטה של הדוגמא שנמהלה ב- pH 1.0 לעומת הדוגמא שנמהלה ב- pH 4.5 (באורך גל בעל מקסימום קליטה- 520nm). המדידה של הקליטה באורך גל 700nm, נעשית כדי להפחית הפרעות רקע, משום שבאורך גל זה הקליטה של cyanidin-3-glucoside שואפת לאפס. לפיכך, הינו האנתוציאנין הגדול ביותר באוכמניות, כאשר הקליטה המולארית שלו הינה $\epsilon = 26,900 \text{ (l/(mol * cm))}$, והמשקל המולקולארי $M = 449.2 \text{ g/mol}$.

3.5. בדיקת הרגישות לבוטריטיס של הזנים השונים

בדיקת הרגישות של הזנים השונים נבחנה הן על ידי קביעת רמת האילוח הטבעית לאחר אחסון, והן על ידי הדבקה מכוונת בפטריית הבוטריטיס. כדי לבצע אילוח מכוון, פטריית הבוטריטיס בודדה מורד מזן "עטרה" (Atara). הפטרייה נזרעה על גבי צלחת פטרי עם מצע PDA+A (Potato)

Dextrose Agar + Antibiotics: 40 גר' לליטר PDA ו-250 מ"ג/ליטר כלוראמפיניקול) והושארה בטמפרטורת חדר למשך שבוע, עד לקבלת נבגים. כדי לבודד את הנבגים לריכוז ידוע, הפטרייה נאספה ע"י הוספת 1 עד 2 מ"ל מים סטריליים. הנבגים הופרדו מהתפטיר באמצעות סינון דרך שלוש שכבות של פדים סטריליים למבחנה חדשה. ריכוז הנבגים נקבע ע"י ספירה בהמיציטומטר והנוזל שהכיל את הנבגים נמהל לריכוז של 5×10^4 נבגים/מ"ל.

האילוח בוצע על עלי כותרת מנותקים מהדור השני עד החמישי של הפרח. עלי הכותרת הונחו בצלחות פטרי, על גבי נייר סופג שעליו הוזלפו 2 מ"ל מים סטריליים. בכל צלחת היו בין שלושה לארבעה עלים, משניים שלושה פרחים מאותו הזן. כל בדיקה בוצעה בשלוש חזרות בכל ניסוי. הבדיקה בוצעה בין פעמיים לשבע פעמים תלוי בזן, ועקב חוסר פריחה אחידה של כל הזנים, פרחים שונים נלקחו במועדים שונים. על כל עלה כותרת הונחה טיפה של 20 μ l לפי הריכוז שהוזכר לעיל. צלחות הביקורת, הכילו עלי כותרת בהם הונחה טיפה של 20 μ l מים סטריליים במרכז כל עלה. הצלחות הודגרו בטמפרטורת החדר למשך ארבעה עד עשרה ימים. משך הזמן עד להערכה נקבע כאשר נראו סימנים ברורים של אילוח, כלומר נצפתה איזושהי נקרוזה, והוערכה. זמן ההדגרה השתנה בין הניסויים על פי יעילות ההדבקה של הפטרייה. רמת ההדבקה נקבעה לפי מדד חומרת ההדבקה לפי גודל האזור הנגוע שנקבע כאחוז מכלל עלה הכותרת. לכל זן חושב ממוצע של כל העלים המאולחים.

התוצאות הוצגו כאחוז ההדבקה. אחוז ההדבקה הומר לדרגת הדבקה על פי הטבלה הבאה כדי לאפשר השוואה בין הניסויים השונים:

ניסוי 4 *		כל הניסויים פרט לניסוי 4	
80-61%	++++	100-76%	++++
60-41%	+++	75-51%	+++
40-21%	++	50-26%	++
20-2%	+	25-2%	+
פחות מ-2%	±	פחות מ-2%	±

* בניסוי מס' 4 עוצמת הריקבון הייתה יחסית נמוכה, מאשר בשאר הניסויים.

כדי לחשב ממוצע לכל זן ע"פ מדד זה נקבע ערך מספרי לסימנים לפי המפורט

ערך	סימן
4	++++
3	+++
2	++
1	+
0.1	±

3.6. בדיקת שינויים במוליכות עלי הכותרת של ורדים במהלך האחסון

דליפת מומסים מעלי כותרת של ורדים במהלך אחסון שימשה לבחינה של רמת ההזדקנות (Woo *et al.*, 2002). עלי כותרת מנותקים של כל זן, נארזו בנפרד באריזות פלסטיק, עשויות polyethylene terephthalate (PET). לפחות 4 פרחים נקטפו, עלי הכותרת הופרדו ונארזו בכל

אריזה. האריזות אוחסנו בטמפרטורה 2-4 מ"צ. במהלך האחסון נלקחו דוגמאות לבחינת דליפת מומסים. דליפת המומסים נקבעה ב-5 עלי כותרת שנלקחו ממקומות שונים בקופסה. הבדיקה בוצעה בשלוש חזרות עבור כל נקודת זמן, וכל זן נבחן לפחות פעמיים. 20 דסקיות בקוטר 9 מ"מ נשטפו פעמיים במים מזוקקים פעמיים, וטולטלו בנוכחות 15 מ"ל מים מזוקקים פעמיים למשך שעתיים. רמת האלקטרוליטים בדוגמאות נמדדה ע"י אלקטרודת מד מוליכות TH 27 (USA, Hanna Instruments). רמת כלל האלקטרוליטים נקבעה לאחר הקפאה והפשרה של הדוגמאות, ורמת הדליפה חושבה כאחוז אלקטרוליטים שדלפו מסך האלקטרוליטים ברקמה. בגלל שונות גבוהה ברמה דליפת המומסים בין הניסויים השונים עבור אותו זן, על מנת לחשב ממוצע, התוצאות מוצגות כאחוז עליה ברמת הדליפה יחסית לזמן התחלתי לפני האחסון. בספירות ישנו תיעוד כי חישוב דליפת היונים, ע"י המוליכות, מאפשר הערכה של PCD והזדקנות (Woo et al., 2002).

3.7. מבחני טעימה

מבחן הטעימה התנהל ע"פ שיטת הסקאלה ההדונית (hedonic scale). כדי לקבוע את המדדים שיבחנו במבחן הטעימה, ולתאם מושגים נערכה טעימה מקדימה יחד עם 15 טועמים קבועים (לא מיומנים), כאשר כל מבחן טעימה נערך על 10 טועמים. לאור מבחן מקדים זה, מבחני טעימה קודמים ומאמרים בנושא חובר השאלון. ניתנה הדרכה מפורטת לטועמים, שכללה טעימה משותפת, פירוט והסבר של כל המאפיינים המרכיבים את השאלון. מבחני הטעימה בוצעו בין פעמיים לשלוש פעמים, לכל זן, בזמנים שונים בטווח של חצי שנה (מנובמבר 2007 עד אפריל 2008). בוצעו בסה"כ כעשרה מבחנים נפרדים, כאשר בכל מבחן נבדקו בין שניים לארבעה זנים. עלי הכותרת נשטפו, יובשו, נחתכו והוכנסו לכוס זכוכית בכמות המכסה את התחתית. הכוס כוסתה למשך כחצי שעה, על מנת לשחרר מעלי הכותרת את הארומה והטעם. בכל כוס עורבבו לפחות שלושה פרחים מאותו זן. כל טועם קיבל דוגמא נפרדת, ובין טעימת דוגמא אחת לאחרת הטועם לגם מים. השאלון מולא ע"י כל טועם בנפרד, הרחק משאר הטועמים. ההערכה של הורדים בוצעה על פי המדדים הבאים: ריח שהוערך על ידי הקריטריונים בושמי (Perfume), לימוני (Lemon), ירוק (Greeny) ומתוק (Sweet). טעם שהוערך על ידי הקריטריונים מתוק (Sweet), חמוץ (Sour), עפיצות (Astringent), ירוק (Green), מר (Bitter), מרקם (Texture) וטעם לוואי (After Taste). הכוונה בריח וטעם ירוקים הינה תחושה הקרובה לריח או טעם שלאחר כיסוח דשא. בעפיצות, הכוונה הינה לתחושה לא נעימה של יובש על הלשון. במרקם, הכוונה הינה לאופן הלעיסה: קל או קשה. בטעם לוואי (After Taste), הכוונה למדד שכולל בתוכו תחושה לא נעימה כלשהי שנותרת על הלשון לאחר הבליעה - מספר גבוה יותר מצביע על כך שהתחושה פחות נעימה. בנוסף המאפיין החשוב ביותר הינו הערכה כללית, שהציון שלו מורכב מציון כללי הניתן לזן הורד על פי כלל המדדים. דוגמה לשאלון מצורפת בנספח מס' 2. כדי לבחון מהי התכונה של טעם או ריח התורמת הכי הרבה להערכה הכללית נבחנה הקורלציה בין כל אחת מהתכונות להערכה הכללית ונמצאו ערכים של R Square ו-Probability (p) באמצעות תוכנת JMP, ע"פ מבחן Tukey. רק כאשר $p < 0.1$ יש מתאם. ככל ש-

R Square קרוב יותר ל-1, מדובר בערך שהשפיע יותר על הציון של ההערכה הכללית (טבלה 9 בפרק התוצאות).

3.8. שיטות סטטיסטיות

התוצאות נותחו ע"י התוכנה הסטטיסטית JMP, ע"י המבחנים הסטטיסטיים מסוג Tukey ו- T-test. בנוסף נבדקה התפלגות נורמלית לכל אחת מתכונות הטעם, באמצעות מבחן Shapiro-Wilks. מבחן זה מוכיח נורמליות ע"פ ערכי ה-W, ככל שערך ה-W גבוה, וקרוב יותר ל-1 מדובר בהתפלגות נורמלית. ע"פ התוצאות, בעבודה זו, נמצא כי ערכי W של מבחן זה נעו בטווח 0.89-0.98, כשטווח ה-Prob<W נע בין 0.0001-0.34. לפיכך כל ההתפלגויות לתכונות שנבדקו מתפלגות באופן נורמלי.

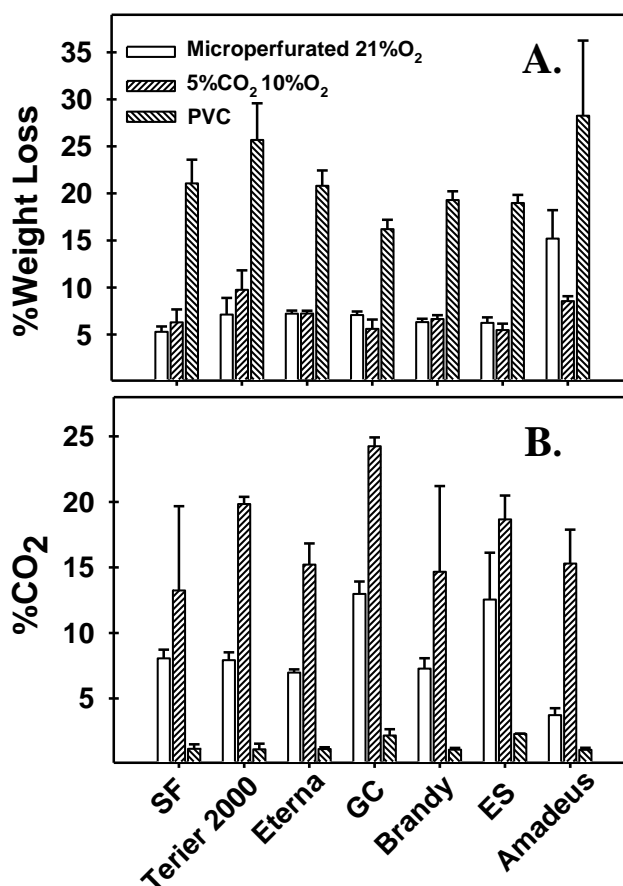
4. תוצאות

4.1 אחסון ורדים ובחינת מדדים למעקב אחרי ההזדקנות במהלך האחסון

ורדים למאכל טרי הם מוצר חדש שעדיין לא הוגדו עבורו מדדי הזדקנות ולא ברור מהי האריזה המתאימה ביותר לאחסונו.

נבחנו מספר אריזות ומספר מדדי הזדקנות (איורים 3, 4, 5 ו-6). באיור 3 נבחנו שלוש אריזות PEP, השונות באווירה ההתחלתית שלהן ובאווורור שלהן (מפורט למטה). באיורים 4, 5 ו-6 נעשה שימוש באריזה מסוג PET, ובכולן האווירה ההתחלתית ומידת האווורור, היו דומים. באריזות השונות נבחנו מספר מדדי הזדקנות. המדדים שנבחנו הם תכולת מים יחסית (תוצאות לא מובאות בגלל חוסר הדירות), איבוד משקל (איורים 3, 4 ו-6), אינדקס הזדקנות (איור 4), ודליפת יונים (איור 5). בנוסף נבחנו באריזות רמת ה- CO_2 (איור 3 ו-6) או רמת ה- CO_2 והאתילן (איור 4).

בנוסף לחיפוש אחר מדד כמותי, שיבטא את אינדקס ההזדקנות, נבחנו דרך מועדפת לאחסון אופטימאלי, אשר תאפשר את הארכת חיי המדף של זני הורדים. בניסוי התחלתי ראשוני (נתונים אינם מוצגים), הזנים טופלו בתנאים שונים שכללו הכנסת הורדים לתאים סגורים באווירה מבוקרת (Controlled Atmosphere): תא שבו $5\% CO_2$ ו- $5\% O_2$, תא שבו $5\% CO_2$ ו- $10\% O_2$ ותא נוסף שהושאר פתוח מעט, כך שריכוזי הגזים היו שווים לריכוזם באוויר. תוצאות הניסוי הראו שלאחר שמונה ימי אחסון הפרחים שבתא הפתוח היו נגועים יותר בבוטריטיס, והראו סימני הזדקנות חריפים יותר. כמו כן הפרחים בתא שהכיל $5\% CO_2$ ו- $5\% O_2$ נראו פחות טוב מאשר הפרחים בתא שבו $5\% CO_2$ ו- $10\% O_2$. נראה שאחסון באריזה פתוחה לא מתאים למוצר, ובנוסף הסתמנה מגמה שאווירה מעוטת חמצן פחות מתאימה לאחסון הפרחים. ע"פ ניסוי זה בוצע ניסוי שתוצאותיו מתוארות באיור 3. ההבדל הוא שבניסוי באיור 3 נבדקה איכות הפרחים לאחר אחסון בשלוש אריזות, השונות במידת האווורור שלהן: פולי וניל כלוריד (PVC) בעובי $35 \mu m$ - אריזה מאווררת כמעט לחלוטין, אריזת פוליאיתילן (PE) המחוררת בחורים מזעריים (microperforated) - אריזה אטומה חלקית, ובאריזת פוליאיתילן (PE) אטומה, בה הוכנס ריכוז גזים התחלתי של $5\% CO_2 + 10\% O_2$. המדדים, שנבדקו כמדדים המייצגים הזדקנות, היו אחוז איבוד משקל ורמת ייצור- CO_2 (%). כצפוי רמת ה- CO_2 באריזות האטומות הייתה גבוהה במיוחד, יחסית לאריזות המאווררות יותר של PVC והמחוררות (איור 3B). יחד עם זה באריזות המחוררות הצטבר עדיין CO_2 יחסית ל PVC. באריזות האטומות אובחן ריח רע כמעט עבור כל הזנים שנבחנו. בחינת איבוד המשקל מלמדת כי קיים איבוד משקל עבור כל הזנים במוצע של כ-20% באריזת ה-PVC, לעומת שתי האריזות האחרות, בהן איבוד המשקל הממוצע היה כ-7% (איור 3A). נראה כי בכל הזנים, פרט לזן "אמדאוס", אין הבדל משמעותי באחוז איבוד המשקל בין האריזות המתואמות למחוררות (איור 3A).



איור 3- השפעת אריזות שונות על איבוד משקל ורמת הפד"ח המצטברת באריזה של זני ורדים שונים. עלי כותרת של ורדים נארזו באריזה של פולי וניל כלוריד בעובי 35µm (PVC), פוליאתילן מחוררת microperforated (אטומה חלקית) ובאריזת פוליאתילן אטומה, בה הוכנס ריכוז גזים התחלתי של 5%CO₂ + 10%O₂. בכל אריזה הוכנסו בין 3 ל-5 פרחים. האריזות אוחסנו בטמפ' בין 2-4 מ"צ, למשך 15 יום. מדידת % CO₂ נעשתה יום לפני ההוצאה מאחסון, וביום ההוצאה מאחסון נמדד אחוז איבוד המשקל (יחסית למשקל ההתחלתי). הניסוי נערך במהלך יוני 2006. SF- סן פרנציסקו, GC- גולדן סלברייטיון, ES- אינגליש סשה.

נערך ניסוי נוסף בו הורדים אוחסנו באריזת polyethylene terephthalate (PET), יחסית אטומה, והפרחים נארזו כפרחים שלמים. מדדי ההזדקנות שנבחנו היו איבוד משקל, אינדקס הזדקנות, ייצור אתילן ו-CO₂ (איור 4).

בניסוי זה לא הוכנס CO₂ מראש (לעומת איור 3), ורמת ה-CO₂ שהצטברה מקורה מנשימה של עלי הכותרת. על פי מדידה זו ניתן לחלק את הזנים השונים לשלוש קבוצות: קבוצה ראשונה בה ייצור ה-CO₂ הינו נמוך. בקבוצה זו נכלל הזן "ברון רוטשילד", אשר באריזתו הצטבר פחות מ- 1% CO₂. קבוצה שנייה, קבוצת ביניים, בה הצטברו כ-2%CO₂. בקבוצה זו נכללים הזנים "פרולה", "קרייזלר אימפריאל", "אמדאוס" ו"שארל דה גול". קבוצה שלישית בה ייצור ה-CO₂ היה הגבוה

ביותר, והסתכם במעל $3\% \text{CO}_2$. בקבוצה זו נכללים הזנים "מריה קאלאס", "ג'סט ג'וי", "סקרט", "אטרנה" ו"אינגליש שסה" (איור 4A).

ייצור האתילן בדרך כלל משמש לאפיון תהליכי הזדקנות וגם כאן ניתן לחלק את הזנים לשלוש קבוצות: קבוצה ראשונה, הזנים אשר באריזותיהם אין כלל הצטברות של אתילן. בקבוצה זו נכללים הזנים "מריה קאלאס", "שרל דה גול", "קווין אליזבת", "קרייזלר אימפריאל", "אמדאוס", "פרולה", ו"סן פרנציסקו". קבוצה שנייה, הזנים אשר באריזותיהם הצטבר אתילן ברמה נמוכה, בין 0.01 ל-0.03 ppm. בקבוצה זו נכללים הזנים "אינגליש שסה", "ברון רוטשילד", "הרמוני" ו"אוקלהומה". קבוצה שלישית, הזנים אשר באריזותיהם הצטבר אתילן ברמה גבוהה, מעל 0.03 ppm. בקבוצה זו נכללים הזנים "פט אוסטיין", "אטרנה", "סקרט" ו"ג'סט ג'וי" (איור 4A).

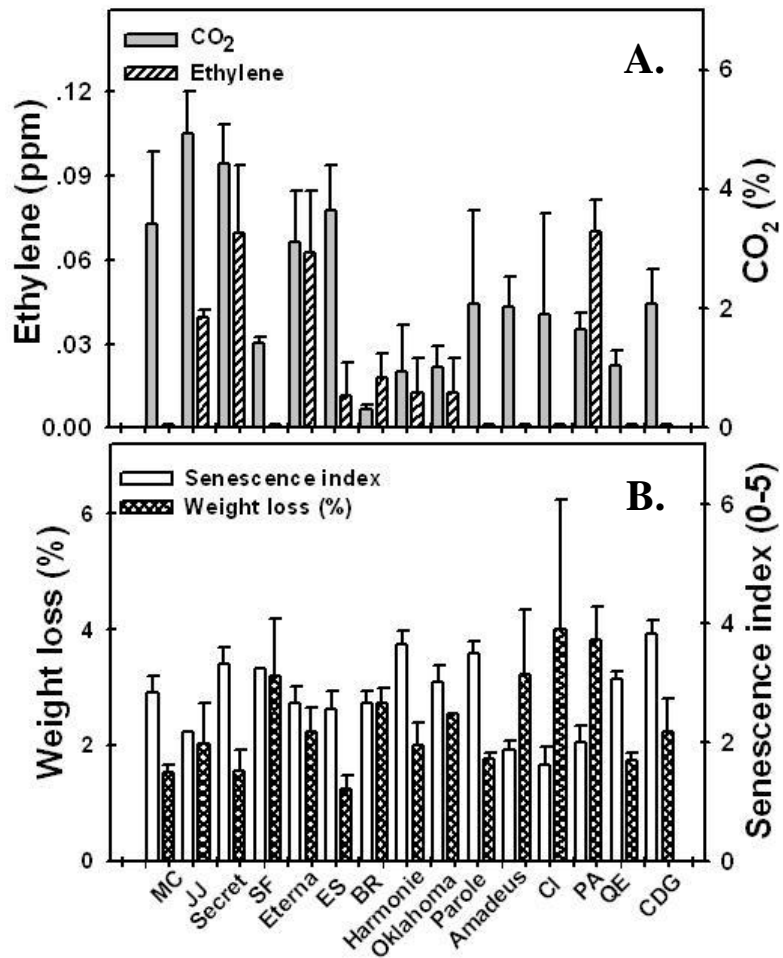
דהיינו, בעבודה הנוכחית, בהתאם לידוע בספירות, נמצא מתאם ישיר בין אתילן ל- CO_2 (טבלה 5).

אחד המדדים שנבחנו להערכת איכות הפרחים לאחר אחסון היה המדד החזותי, ע"פ אינדקס ההזדקנות (המפורט בחומרים ושיטות). באיור 4A, אינדקס ההזדקנות לאחר אחסון של 15 יום נע בכל הזנים בין דרגה 2 ל-4. הזנים שהציגו דרגה הקרובה במוצע ל-2 היו "ג'סט ג'וי", "אמדאוס", "קרייזלר אימפריאל" ו"פט אוסטיין". הזנים שהציגו דרגה הקרובה במוצע ל-3 היו "אטרנה", "אינגליש שסה", "ברון רוטשילד", "אוקלהומה", "קווין אליזבת" ו"מריה קאלאס". הזנים שהציגו דרגה הקרובה ל-4 במוצע היו "הרמוני", "פרולה" ו"שרל דה גול".

מדד אחר שנבחן היה איבוד משקל. ניתן לראות באיור 4B, כי אחוז איבוד המשקל של כל הזנים נע בין 1-4%. כדאי לשים לב שאחוז המשקל בניסוי זה, שנערך באוקטובר, היה נמוך יותר באופן כללי מאחוז איבוד המשקל בניסוי שנערך ביוני (איור 3).

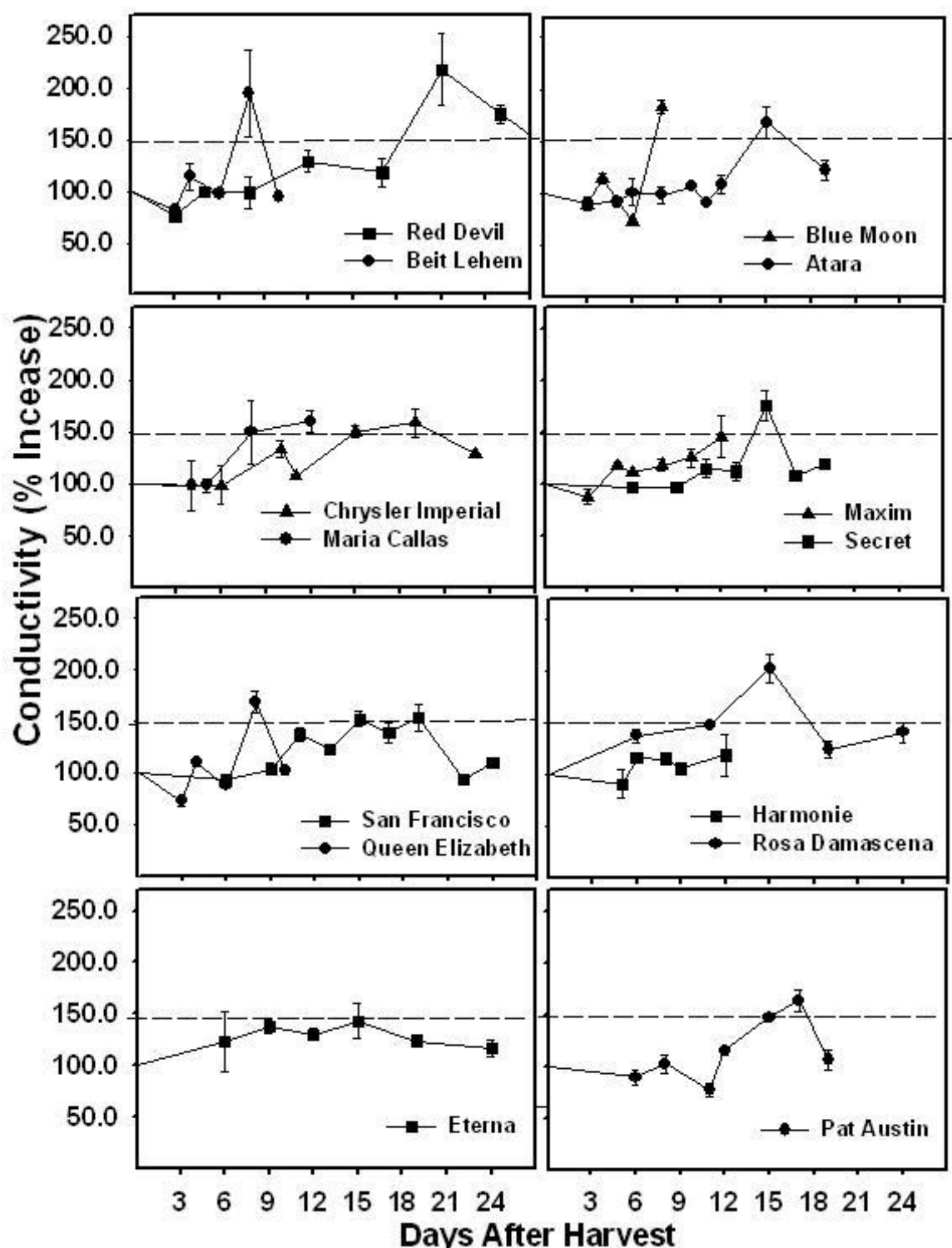
בשבעה מתוך חמישה עשר זני ורדים, נראה כי יש התאם בין אינדקס ההזדקנות (המפורט בחומרים ושיטות) לבין איבוד המשקל באחוזים. אבל, בחינת המתאם בין שני מדדים אלו מלמדת כי התאם זה אינו מובהק מבחינה סטטיסטית (טבלה 5).

נבחן מדד אפשרי נוסף להזדקנות, מדד דליפת יונים. התוצאות המוצגות באיור 5 הן ממוצע של לפחות שני ניסויים עצמאיים, ונראה כי סטיית התקן יחסית נמוכה, מה שמרמז על הדירות בתוצאות. ע"פ איור 5, בדרך כלל נצפתה עלייה במוליכות במהלך האחסון, והעלייה בדליפה מופיעה לפני שמופיעים סימנים ברורים של הזדקנות. כמעט בכל הזנים נצפתה גם ירידה בדליפה בשלב האחרון של האחסון, ויתכן שהסיבה לכך היא שבשלב זה מרבית היונים דלפו כבר לנוזל השטיפה. ניתן לראות כי הזן "בלו מון" נבחן רק במהלך תשעה ימים והזנים "בית לחם", "מקסים", "הרמוני", "מריה קאלאס" ו"קווין אליזבת" נבחנו רק במהלך כ-12 יום, משום שמעבר לכך הפרחים, מבחינה ויזואלית, הראו סימנים ברורים של הזדקנות.



איור 4- שינויים במשקל טרי, בממד הזדקנות, בצבירת אתילן ורמת CO₂ לאחר אחסון. פרחים שלמים מזנים שונים אוחסנו באריזות פלסטיק שקופות של polyethylene terephthalate (PET), בטמפ' 2 מ"צ. לאחר שבועיים אחסון, הפרחים הוצאו והוערכו. מדידת רמת CO₂ ואתילן נקבעו יום לפני ההוצאה מאחסון. ביום ההוצאה מאחסון בוצעה הערכת הזדקנות (ע"פ האינדקס המפורט באיור 2 בשיטות וחומרים) ונמדד אחוז איבוד המשקל (יחסית למשקל ההתחלתי). הניסוי נערך במהלך אוקטובר 2007.

MC- מריה קאלאס, JJ- ג'סט ג'וי, SF- סן פרנציסקו, ES- אינגליש סשה, BR- ברון רוטשילד, CI- קרייזלר אימפריאל, PA- פט אוסטין, QE- קווין אליזבת, CDG- שארל דה גול.



איור 5 – מעקב אחרי אחוז דליפת מומסים במהלך אחסון. הפרחים אוחסנו באריזות פלסטיק אטומות, polyethylene terephthalate (PET). הפרחים שנלקחו משיחים שונים, אוחסנו כעלי כותרת בודדים, בטמפרטורה בין 0-2 מ"צ. במהלך האחסון הוצאו עלי כותרת בודדים ורמת הדליפה נקבעה מיד לאחר ההוצאה, בהתאם למתואר בפרק 3.6 שיטות וחומרים. הערכים מבוטאים כאחוז דליפת מומסים יחסית לדליפה בזמן אפס. הקו המקווקו מייצג את הנקודה בה אחוז הדליפה עלה ב-50% יחסית לאחוז ההתחלתי. הבדיקה בוצעה בשלוש חזרות עבור כל נקודת זמן, וכל זן נבחן לפחות פעמיים. התוצאות מבוטאות כמוצג של כל הניסויים SE_{\pm} (הסבר על החישוב מפורט בחומרים ושיטות).

טבלה 1 מסכמת את נתוני המוליכות, כך שניתן להשוות בין הזנים השונים. בטבלה מיוצג משך האחסון בימים בו דליפת המומסים עלתה ב-25% וב-50% ביחס לנקודה ההתחלתית (באיור 5 מצוינת בקו מקווקו נקודת העלייה במוליכות ב-50%). הטבלה מלמדת שאין קשר בין קצב דליפת המומסים ההתחלתי (בין זמן 0 לזמן עליה ב 25%) לבין קצב הדליפה הסופי (בין זמן דליפה של 25% לבין עלייה ב 50%), וניתן לסווג את הזנים השונים לשתי קבוצות. קבוצה אחת שזמן המעבר מנקודת ה-25% לנקודת ה-50% הייתה קצרה, בין 1-4 ימים, וקבוצה שנייה שהמעבר מנקודת ה-25% לנקודת ה-50% התרחש לאחר זמן ארוך יותר, בין 7-10 ימים. בקבוצה קצרת הטווח בין נקודת ה-25% ל-50% נמצאים הזנים "בית לחם", "מריה קאלאס", "קווין אליזבת", "בלו מון", "עטרה", "מקסים", "סקרט" ו"פט אוסטיין". בקבוצה ארוכת הטווח הזנים "רד דביל", "קרייזלר אימפריאל", "סן פרנציסקו", "רוזה דמסקינה" ו"אטרנה".

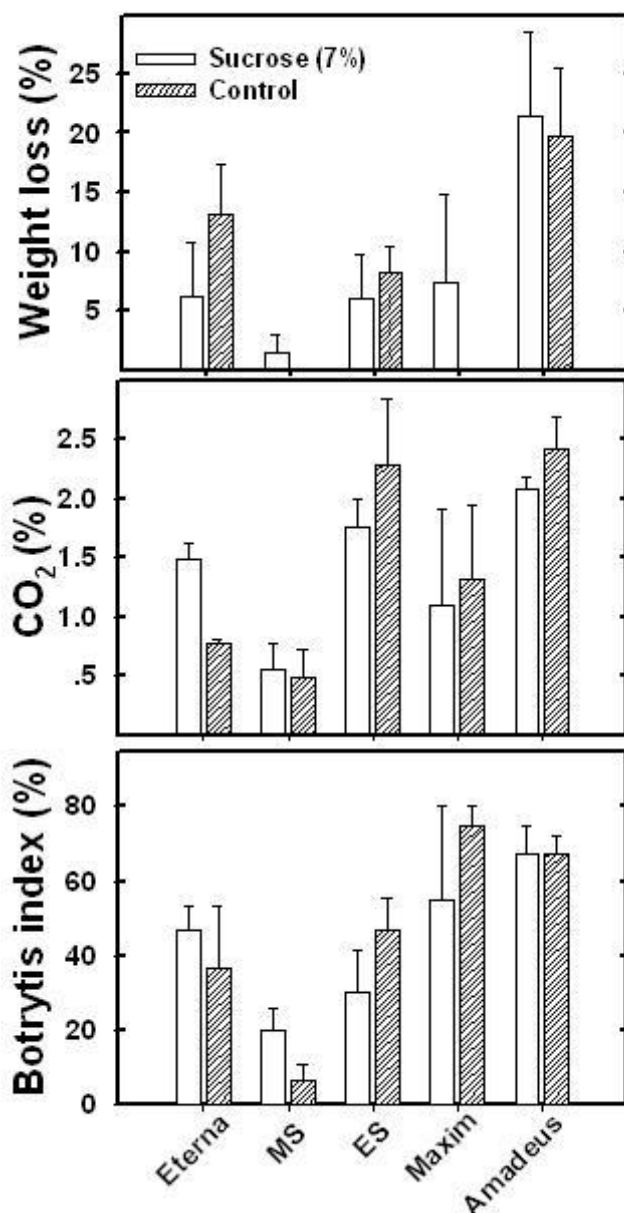
בנוסף ניתן לראות בטבלה 1 כי ניתן לחלק את הזנים לשלוש קבוצות, ע"פ משך הזמן בו התקבלה דליפה של 150%. הזנים הרגישים ביותר, בהם הדליפה של 150% הייתה לאחר 7-8 ימים, היו: "בית לחם", "מריה קאלאס", "קווין אליזבת" ו"בלו מון". הזנים בהם הדליפה של 150% הייתה בין 12-15 יום היו: "קרייזלר אימפריאל", "רוזה דמסקינה", "עטרה", "מקסים", "סקרט", "אטרנה" ו"פט אוסטיין". הזנים העמידים ביותר לתנאי האחסון, ע"פ מדד זה, אשר הגיעו לנקודת ה-150% לאחר יותר מ-16 יום: "רד דביל" ו"סן פרנציסקו".

טבלה 1 – השוואה בקצב דליפת המומסים של זני ורדים למאכל. מהרמה ההתחלתית הטבלה מייצגת שתי נקודות זמן בהן דליפת המומסים עלתה ב-25% ו-50% יחסית לנקודת זמן האפס (שנקבעה כ-100%). התוצאות הוסקו מתוך הגרפים המתוארים באיור איור 5. בעמודה מימין מצוין ההפרש בימים, בין שתי נקודות הזמן.

משך הזמן (בימים) לעלייה במוליכות		ההפרש בימים בין נקודת ה-25% ל-50%	זן
עלייה ב-50%	עלייה ב-25%		
18	11	7	"רד דביל"
7.5	7	0.5	"בית לחם"
15	9	6	"קרייזלר אימפריאל"
8	7	1	"מריה קאלאס"
17	10	7	"סן פרנציסקו"
8	7	1	"קווין אליזבת"
*לא הגיע	12		"הרמוניה"
11	4	7	"רוזה דמסקינה"
8	7	1	"בלו מון"
14	13	1	"עטרה"
12	9	3	"מקסים"
14	13	1	"סקרט"
15	6	9	"אטרנה"
15	13	2	"פט אוסטיין"

* עלי הכותרת נבלו לפני שאחוז דליפת המומסים עלה מעל ל-50% מרמת הדליפה של עלי כותרת טריים

בספרות ידוע כי סוכר מעכב הזדקנות פרחים, נבדקה האפשרות להטעין את הורדים בסוכר בריכוזים שונים, ולבחון את ההשפעה על איכות הפרחים. המדדים שנבדקו לאחר האחסון הם $\text{CO}_2\%$, אחוז איבוד משקל ואחוז ההדבקה בבוטריטיס. נמצא כי עבור רוב הזנים אין הבדל מובהק בין הטיפול בסוכר לעומת הביקורת בכל המדדים המוצגים. לפיכך, לא נראה כי הטיפול בסוכר משפיע באופן חיובי ומשמעותי על איכות עלי הכותרת (איור 6).

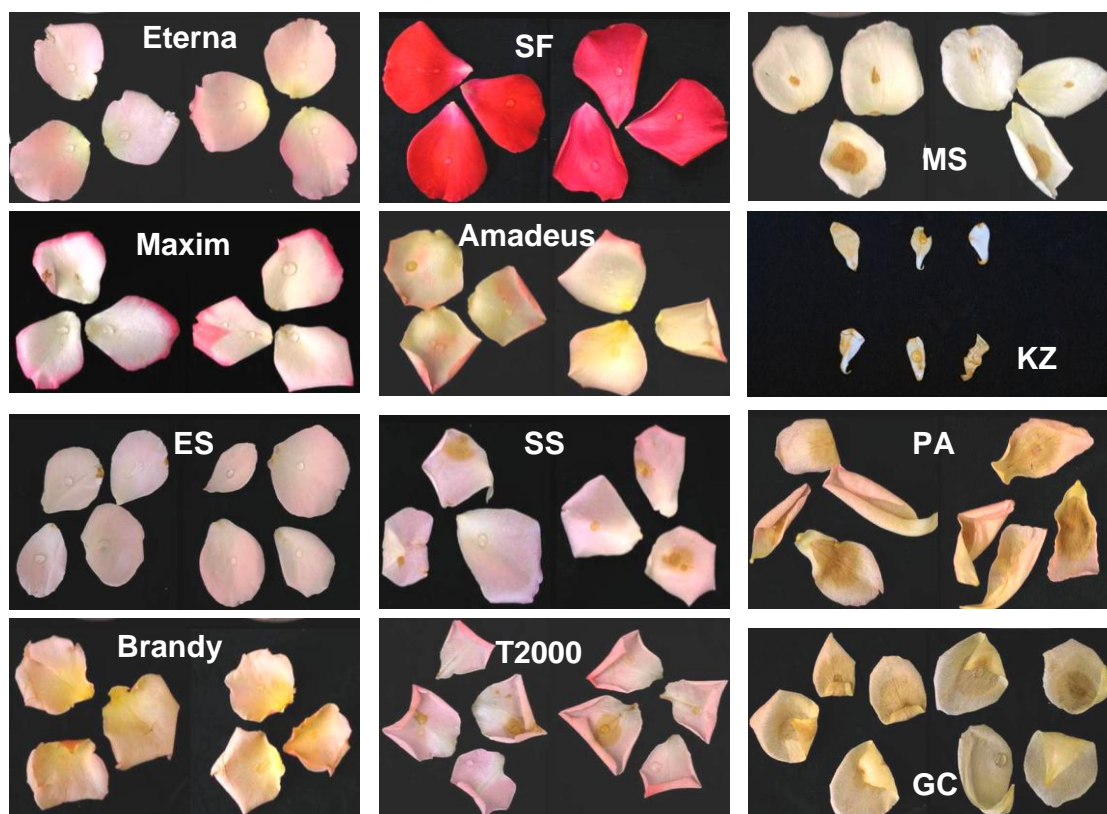


איור 6 – השפעת הטענת סוכרוז על איכות עלי כותרת של זנים שונים לאחר אחסון. הפרחים הוכנסו לצנצנות עם סוכרוז (7%), וללא סוכרוז כביקורת למשך הלילה ב-4 מ"צ. למחרת נארזו הפרחים, כפרחים שלמים באריזות polyethylene terephthalate (PET), בשלוש חזרות ואוחסנו למשך 10 ימים בטמפ' 0-2 מ"צ. מדידת $\text{CO}_2\%$ נעשתה יום לפני ההוצאה מאחסון, וביום ההוצאה מאחסון נמדד אחוז איבוד המשקל ואחוז ההדבקה בבוטריטיס. אחוז הבוטריטיס נקבע ע"פ קביעת אחוז עלי הכותרת הנגועים באריזה. הניסוי נערך במהלך דצמבר 2006.
 MS- מאונט שסטה, ES- אינגליש שסה.

4.2. בחינת הרגישות לבוטריטיס של זני הורדים השונים

על מנת לבחון מי מזני הורדים רגישים או עמידים לבוטריטיס, בוצעו שני מבחנים: בחינה המבוססת על הדבקה מלאכותית (איור 7) ובחינה המבוססת על הדבקה טבעית באחסון. אופן ביצוע המבחנים מתואר בשיטות וחומרים (פרק 3.5).

ניתן לראות באיור 7 כי ישנו הבדל ניכר בין זנים מסוימים: הזנים "סן פרנציסקו", "אטרנה", "מקסים", "אינגליש שסה", "אמדאוס" ו"ברנדי" נראים עמידים יותר מהזנים "מאונט שסה", "קתרונה ציימנט", "פט אוסטיין", "גולדן סלברשן" ו"טרייר 2000".



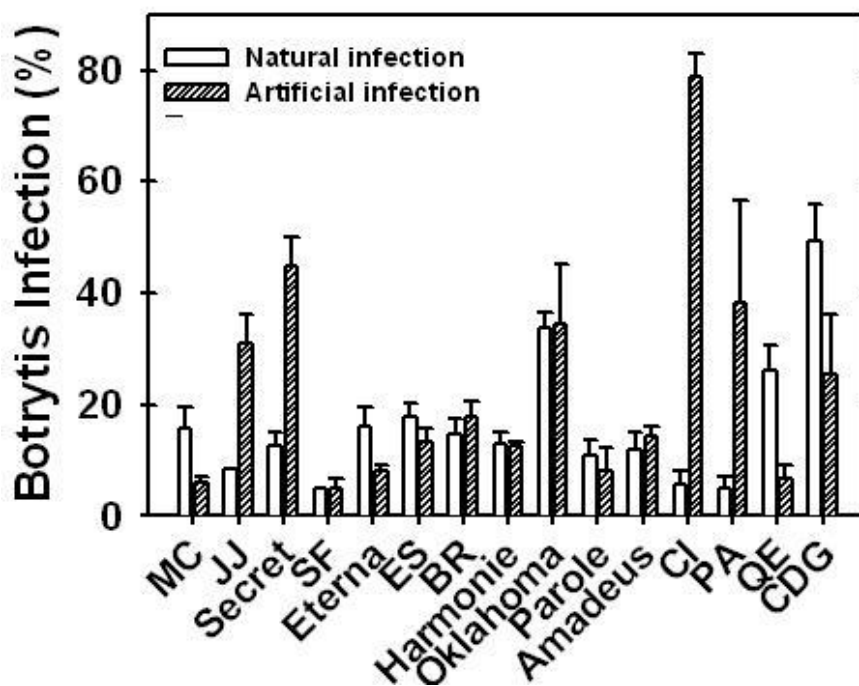
איור 7- הדבקה מלאכותית של ורדים בפטריית הבוטריטיס. ההדבקה נעשתה בריכוז של 5×10^4 נבגים/מ"ל. על כל עלה כותרת הונחה טיפה בגודל $20 \mu\text{l}$. הצילום בוצע 4 ימים לאחר ההדבקה. הערכת ההדבקה המופיעה בטבלה 1 מבטאת את אחוז השטח המודבק בעלי כותרת אלה ובעלי כותרת נוספים לפי המפורט בשיטות ובחומרים.

SF- סן פרנציסקו, MS- מאונט שסה, KZ- קתרונה ציימנט, ES- אינגליש שסה, SS- סוויט סורנדר, PA- פט אוסטיין, T2000- טרייר 2000, GC- גולדן סלברשן.

באיור 8 נמצא כי במרבית הזנים קיימת התאמה בין מידת ההדבקה באחסון כתוצאה מהדבקה טבעית לבין הרגישות לבוטריטיס חיצוני כפי שנבדקה בהדבקה מלאכותית. בזנים "פט אוסטיין", "קרייזלר אימפריאל" "סקרט", "ג'סט ג'וי" הרגישות להדבקה המלאכותית הייתה גבוהה יותר מאשר הטבעית. ייתכן כי הזנים הללו הגיעו, מהשטח עצמו, מאולחים בפחות פטרייה ולכן הם פיתחו באופן מובהק פחות אילוח באריזה, אבל הרגישות שלהם לבוטריטיס גבוהה. בזנים "מריה קאלאס", "אטרנה", "קווין אליזבת" ו"שארל דה גול" נמצאה רגישות להדבקה טבעית גבוהה יותר

מאשר המלאכותית, וייתכן כי רמת האלוח מהשדה עבור הזנים הללו יותר גבוהה (איור 8). בנוסף ייתכן כי הזנים היו מאולחים בזנים שונים של בוטריטיס בשדה, אליהם הם יותר רגישים. משום שמצאנו התאם מסוים בין תוצאות ההדבקה הטבעית לבין ההדבקה המלאכותית, כללנו את תוצאות ההדבקה הטבעית (טבלאות 2 ו-3 הטורים שתחת הכותרת Natural infection), ואת התוצאות מניסויים שנערכו תחת הדבקה מלאכותית (טבלאות 2 ו-3 הטורים שתחת הכותרת Artificial infection) באותה הטבלה (לדוגמא, איור 8 מיוצג באופן כמותי בטבלאות 2 ו-3 תחת הכותרת Exp4 בהדבקה מלאכותית, ובהדבקה טבעית תחת הכותרת Exp 3).

מטבלה 2 קשה להשוות בין הזנים מכלל הניסויים. על כן התוצאות הומרו ממספרים לסימנים (כפי שמתואר בפרק שיטות וחומרים), המוצגים בטבלה 3. ניתן לחלק את הזנים ל-3 קטגוריות האחת רגישים במיוחד, השנייה זנים בעלי רגישות ביניים והאחרת לזנים עמידים יחסית. הזנים הרגישים ביותר הינם "קתרינה ציימנט", "גולדן סלברשן", "בלו מוך" ו"סוויט סורנדר" (ממוצע בין 3.5-4). הזנים שנוטים לרגישות הם "פט אוסטיין", "אוקלהומה" ו"מאונט שסטה" (ממוצע בין 3-3.5). זני הביניים הינם "טרייר 2000", "מקסים", "ברנדי" ואמדאוס (ממוצע בין 2-3). זנים הנוטים לעמידות הם "אינליש שסה", "רד דביל" ו"אטרנה" (ממוצע בין 1-2). זנים ששמרו על העמידות הכי גבוהה הם "בית לחם" ו"סן פרנציסקו" (ממוצע בין 0-1). תוצאות אלו מפורסמות במאמר (Friedman et al., 2009).



איור 8- השוואה בין הדבקת בוטריטיס מלאכותית לטבעית בורדים שונים. הדבקה מלאכותית בצלחות פטרי (ע"פ הדוגמא באיור 7) לעומת הדבקה טבעית שהוערכה באריזה לאחר אחסון (מפורט בחומרים ושיטות). הורדים שהודבקו באופן מלאכותי וטבעי נקטפו באותו יום ובאותו מקום (משתלת קרן צור).

MC - מריה קאלאס, JJ- ג'סט ג'וי, SF- סן פרנציסקו, ES- אינגליש שסה, BR- ברון רוטשילד, CI- קרייזלר אימפריאל, PA- פט אוסטיין, QE- קווין אליזבת, CDG- שארל דה גול.

טבלה 2- השוואת מידת הרגישות לבוטריטיס של זני הורדים. ההשוואה בוצעה בעקבות הדבקה מלאכותית וטבעית

Artificial infection							Natural infection			זן
Exp 1 (4d) [4/07]	Exp 2 (10d) [6/07]	Exp 3 (6d) [1/08]	Exp 4 (6d) [10/07]	Exp 5 (7d) [7/07]	Exp 6 (6-7) [12/07]	Exp 7 (5-7) [7/07]	Exp 1 (15) [10/06]	Exp 2 (14) [4/07]	Exp 3 (14) [12/07]	
100.0±0.0	75.0±2.1						95.6±4.4			"קתרונה ציימנט"
96.7±2.5	67.0±12.6						78.7±20.2	96.0±9.0		"גולדן סלברשיון"
		86.7±5.0		100±0		100±0				"בלו מון"
100.0±0.0	18.3±6.4						96.7±3.3	90.0±11.6		"סוויט סורנדר"
100.0±0.0	57.5±8.9	100±0	35.8±10.8	100±0			70.0±27.5	95.0±10.0	4.9±1.4	"פט אוסטיין"
			43.3±10.0	92.5±0	95±5.0				33.7±2.0	"אוקלהומה"
80.8±8.8	24.2±9.9						81.7±18.3			"מאונט שסטה"
28.3±6.7	9.3±5.2						62.8±24.6	96.0±9.0		"טריר 2000"
19.5±12.3	0.17±0.17	91.3±3.0	7.5±0.8	88.3±1.7	100±0	86.7±1.7		20.0±0.0		"מקסים"
28.0±9.5		37.5±2.5					54.2±24.2	45.0±19.2		"ברנדי"
40.8±10.8	2.0±0.96	88.3±1.7	18.3±8.3	55.0±5.0	25±5.0	12.5±2.5	45.6±20.4	40.0±0.0	11.9±5.6	"אמדאוס"
20.2±16.3			14.4±8.13				63.4±21.7	22.5±10.0	17.7±2.0	"אינגליש שסה"
			27.5±5.8	15±15.0		10±0				"רד דביל"
25.8±12.3			8.3±1.7	17.5±2.5			30.6±13.3	40.0±0.0	16.0±3.2	"אטרנה"
		7.5±7.5			2.5±2.5	4.6±2.9				"בית לחם"
0.5±0.2	0.17±0.17		1.2±1.2	20±10.0			39.1±23.9	45.0±10.0	5.0±0	"סן פרציסקו"

התוצאות מבטאות אחוזי הדבקה וסטיות תקן של שלוש חזרות בכל ניסוי. הדבקה מלאכותית הינה הדבקה מכוונת בצלחות בהתאם למפורט בפרק 3.5 בשיטות וחומרים, לעומת זאת הדבקה טבעית הינה באריזה במהלך אחסון. החודש והשנה בהם בוצעו הניסויים מצוינים בסוגריים המרובעים, מתחת למס' הניסוי, ומס' הימים שהפרחים שהו באחסון מצוין בסוגריים מעוגלים, לצד מס' הניסוי. כל עמודה מייצגת ניסוי בודד פרט לעמודות Exp 6 ו-7, תחת הדבקה מלאכותית, בהן קובצו שני ניסויים בכל עמודה (זאת משום שהבדיקות בוצעו עם מספר מצומצם של זנים שנבדקו בזמן בו הם פרחו). הזנים מסודרים מהזנים הרגישים ביותר (למעלה) לעמידים ביותר (למטה).

טבלה 3- טבלת סיכום של השוואת מידת הרגישות לבוטריטיס של זני הורדים

Artificial infection							Natural infection			Sensitivity summary	זן
Exp1	Exp2	Exp3	Exp4	Exp5	Exp6	Exp7	Exp1	Exp2	Exp3		
++++	++++						++++			4.0±0.0	"קתרינה ציימנט"
++++	++++						++++	++++		4.0±0.0	"גולדן סלברשיון"
		++++		++++	++++	++++				4.0±0.0	"בלו מון"
++++	++						++++	++++		3.5±0.5	"סוויט סורנדר"
++++	++++	++++	++	++++			+++	++++	++	3.4±0.3	"פט אוסטיין"
			+++	++++	++++				++	3.3±0.5	"אוקלהומה"
++++	++						++++			3.3±0.6	"מאונט שסטה"
++	+						+++	++++		2.5±0.6	"טרייר 2000"
+	+/-	++++	+	++++	++++	++++		+		2.4±0.6	"מקסים"
++		++					+++	++		2.2±0.2	"ברנדי"
+++	+	++++	+	+++	++	+	++	++	+	2.0±0.3	"אמדאוס"
+			+				+++	+	+	1.4±0.4	"אינגליש שסה"
			++	+		+				1.3±0.3	"רד דביל"
+			+	+			++	++	+	1.3±0.2	"אטרנה"
		+			+	+				1.0±0.0	"בית לחם"
+/-	+/-		+/-	+			++	++	+/-	0.8±0.3	"סן פרציסקו"

אחוזי ההדבקה בטבלה 2 הומרו לדרגת רגישות כדי שניתן יהיה להשוות בין הזנים בניסויים השונים. הרגישות הגבוהה ביותר (100% הדבקה) של אותו ניסוי קיבלה ערך של ++++ (4 בממוצע שחושב מצד ימין), כל 25% הדבקה קיבלה ערך של + אחד (+1, בממוצע שחושב מימין). הדבקה של עד 2% קיבלה ערך +/- (ערך זה הומר ל- 0.1 בממוצע שחושב מימין, על מנת לשמור על פרופורציה מתאימה, כי מדובר ב-2% מתוך 25%). מפתח ההמרה בניסוי 4 היה לפי מקסימום של הדבקה 0.75%. הזנים מסודרים מהזנים הרגישים ביותר (למעלה) לעמידים ביותר (למטה).

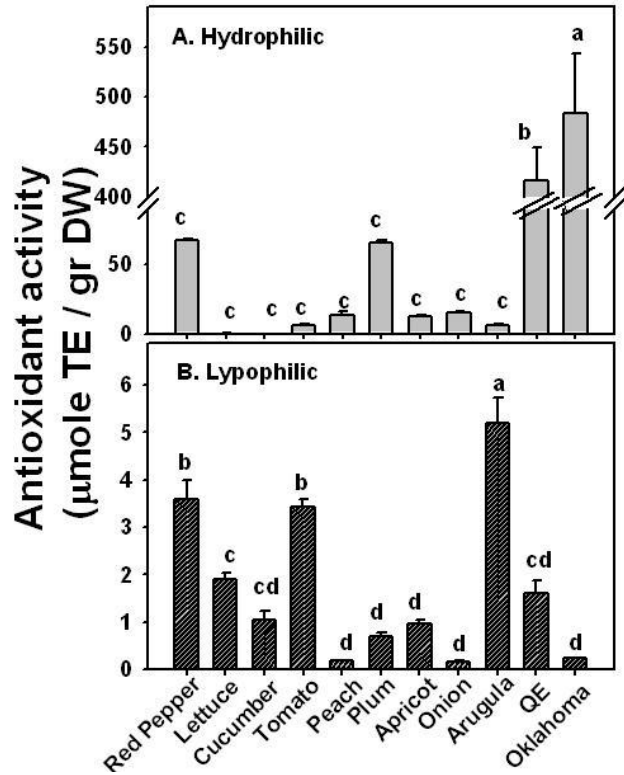
4.3. פעילות נוגדת חמצון בזני ורדים למאכל

אחת ממטרות העבודה הייתה לבדוק את רמת נוגדי החמצון בזני הורדים השונים. בשלב ראשון נמדדה רמת נוגדי החמצון של שני זני ורדים: "אוקלהומה" ו-"קווין אליזבת" בהשוואה לרמת נוגדי החמצון בתוצרת חקלאית מגוונת. בין הגידולים שנבדקו, אמנם בלטה הפלפל האדום והשזיף, אך רמת נוגדי החמצון בורדים בהשוואה לערכי הפלפל האדום ($67.8 \mu\text{mole TE/gr DW}$) היו פי 7 ו-6 עבור "אוקלהומה" ו"קווין אליזבת", בהתאמה. רמת הפעילות נוגדת החמצון ההידרופילית הממוצעת שנמדדה בזן "אוקלהומה" הייתה $484 \mu\text{mole TE/gr DW}$, ורמתה של הפעילות נוגדת החמצון הממוצעת של זן הורד "קווין אליזבת", הייתה $417 \mu\text{mole TE/gr DW}$ (איור A9).

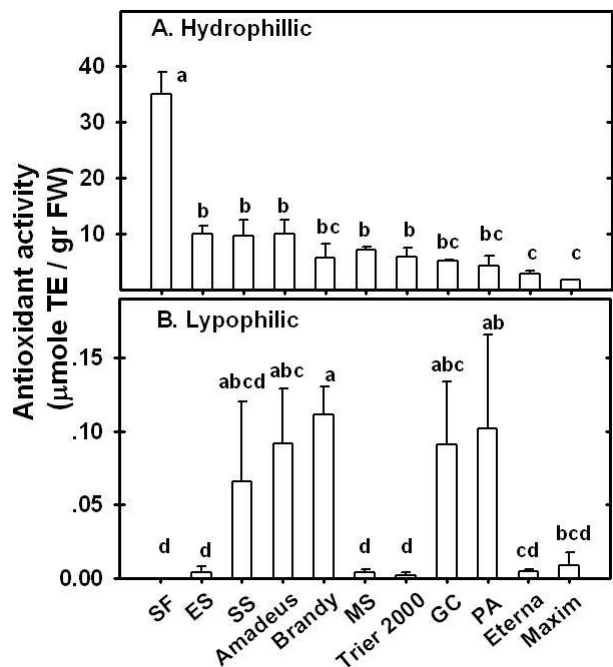
בניגוד לרמת נוגדי החמצון ההידרופיליים ניתן לראות כי הפעילות נוגדת החמצון הליפופילית של שני זני הורדים, אינה בולטת יחסית ליתר הגידולים שנבדקו (איור B9). השוואה של רמת הפעילות נוגדת החמצון בין מספר זני הורדים התבצעה בשתי עונות שונות. הבדיקות התבצעו על פרחים שגדלו, בתקופת הקיץ (איור 10) ובתקופת החורף-אביב (איור 11), לא כל הזנים נבדקו בשתי הפעמים (איור 10 ו-11), כי חלקם של הזנים לא פרח במועד שבו התבצעה הבדיקה.

כאשר משווים באופן כללי בין רמות נוגדי החמצון ההידרופיליים בורדים באביב לעומת הקיץ, ניתן לראות שהרמה נראית גבוהה יותר באביב (השוואה בין איורים 10 ו-11), לעומת זאת רמת נוגדי החמצון ההידרופוביים דומה בין שני המועדים והיא נמוכה מאוד יחסית להידרופילית (איורים B10 ו-B11), ומגיעה לפחות מ- $0.2 \mu\text{mole TE/gr DW}$. למרות ההבדלים ניתן לראות שהפזור בין הזנים השונים נשמר דומה הן באביב והן בקיץ (טבלה 4). הזנים היחידים שרמת נוגדי החמצון ההידרופילית שלהם עולה בתקופת האביב (יחסית לקיץ), הם "פט אוסטיין" ו-"אמדאוס". הזן היחיד שרמת נוגדי החמצון ההידרופוביים שלו עלתה בתקופת האביב (יחסית לקיץ), הנו "אטרנה" (טבלה 4).

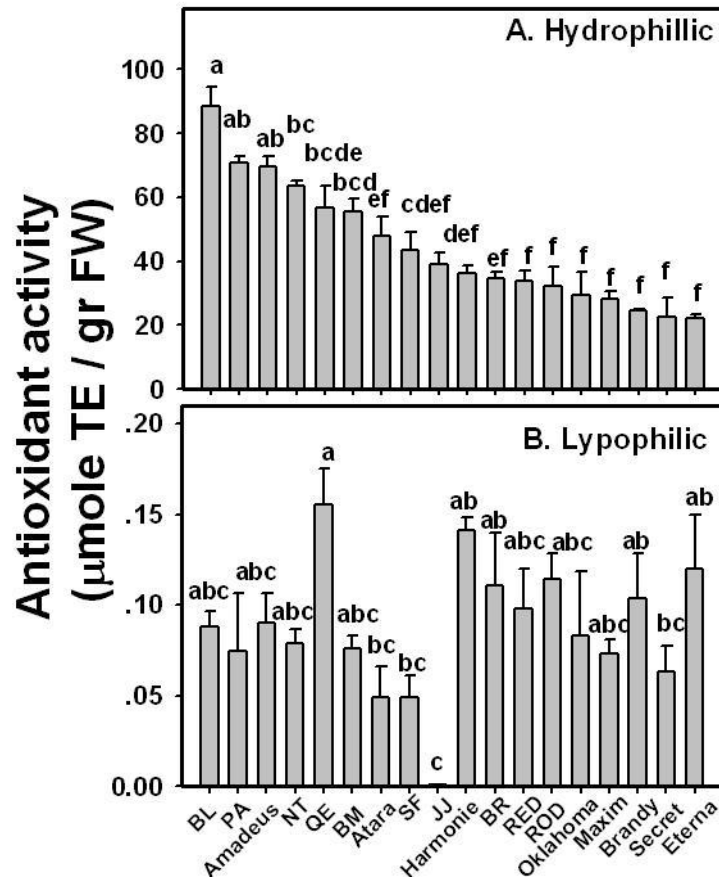
בתקופת האביב הזן היחיד שהערך האנטיאוקסידטיבי ההידרופובי שלו היה קרוב ל-0 הוא "ג'סט ג'וי". בשאר הזנים הערכים נעו לערך בין $0.03-0.18 \mu\text{mole TE/gr DW}$ (איור B11). הן בתקופת הקיץ והן בתקופת האביב ניתן להבחין בשלוש קבוצות עיקריות של זני ורדים לפי רמת נוגדי החמצון ההידרופיליים. בשלב זה קשה לקבוע מהם הזנים בהם רמת נוגדי החמצון הגבוהה ביותר, אך ללא ספק נראה שהזן סן פרנציסקו ו-אמדאוס בעלי רמה גבוהה של נוגדי חמצון הידרופיליים ואילו אטרנה ומקסים בעלי רמה נמוכה (טבלה 4). נראה שרמת נוגדי החמצון ההידרופוביים גבוהה בזנים פט אוסטיין ואמדאוס, ואילו מהנמוכות בזן מקסים (טבלה 4). כחלק מבדיקת רמת הפעילות נוגדת החמצון, נבדקה גם רמת האנתוציאנינים של הזנים מאיור 10, על מנת לבחון האם חלק מהפעילות נובע מרמת האנתוציאנינים. ניתן לראות כי בהתאמה לאיור 10 רמת האנתוציאנינים הייתה הגבוהה ביותר בזן "סן פרנציסקו", ונמוכה יחסית בשאר הזנים. בנוסף בזנים "טרייר 2000" ו-"מקסים" הייתה רמה מעט יותר גבוהה מרמת הזנים בעלי רמת האנתוציאנינים הנמוכה (איור 12).



איור 9 – פעילות נוגדת חמצון של פירות וירקות שונים בהשוואה לשני זני ורדים. הדוגמאות נכתשו ועברו תהליך מיצוי לשתי פאזות כמפורט בפרק 3.3 בשיטות וחומרים. האותיות הקטנות מציינות מובהקות ע"פ מבחן T-test, כאשר $p \leq 0.05$. שני זני הורדים הם QE- "קווין אליזבת" ו"אוקלהומה".

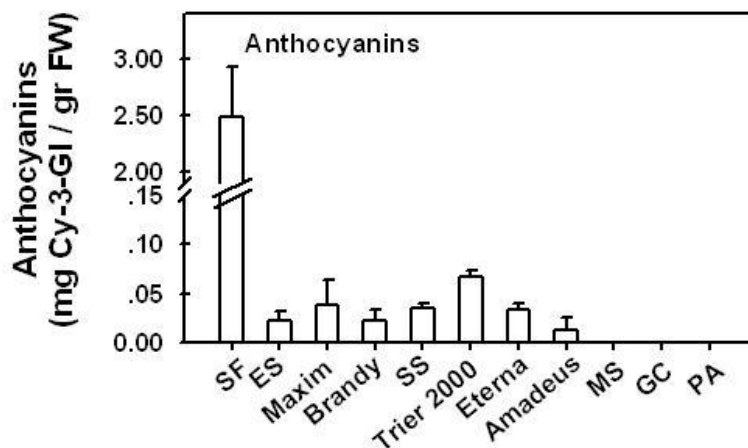


איור 10- פעילות נוגדת חמצון בזני הורדים בחודש אוגוסט (2006). הדוגמאות נכתשו ועברו תהליך מיצוי לשתי פאזות. האותיות הקטנות מציינות מובהקות ע"פ מבחן Tukey, כאשר $p \leq 0.1$. SF- סן פרנציסקו, ES- אינגליש סשה, SS- סוויט סורנדר, MS- מאונט שסטה, GC- גולדן סלבריישן, PA- פט אוסטין.



איור 11- תוצאות של פעילות נוגדת חמצון בזני הורדים, בחודש מאי (2008). הדוגמאות נכתשו ועברו תהליך מיצוי לשתי פאזות. האותיות הקטנות מציינות מובהקות ע"פ מבחן Tukey, כאשר $p \leq 0.1$.

BL- בית לחם, PA- פט אוסטין, NT- נייט טיים, QE- קווין אליזבט, BM- בלו מון, SF- סן פרנציסקו, JJ- ג'סט ג'וי, BR- ברון רוטשילד, RED- רד דביל, ROD- רוזה דמסקינה.



איור 12- תכולת אנתוציאנינים בורדים שונים. השיטה בה נקבעה רמת האנתוציאנינים היא שיטת ה-pH הדיפרנציאלית. השיטה מפורטת בפרק שיטות וחומרים.

SF- סן פרנציסקו, ES- אינגליש סשה, SS- סוויט סורנדר, MS- מאונט שסטה, GC- גולדן סלבריישן, PA- פט אוסטין.

טבלה 4- חלוקת תוצאות נוגדי החמצון המופיעות באיורים 10 (ק"ץ) ו- 11 (אביב). המספרים בטבלה מציינים חלוקה על פ קבוצות מובהקות, כאשר 1 מציין רמה נמוכה של נוגדי חמצון, 2 מציין רמת ביניים ו-3 רמה גבוהה.

ק"ץ		חורף-אביב		שם הזן
הידרופיליים	הידרופוביים	הידרופיליים	הידרופוביים	
3	1	2-3	1-2	"סן פרנסיסקו"
2	1			"אינגליש ששה"
2	2			"סוויט סורנדר"
2	2	3	2	"אמדאוס"
2-1	3	1	3	"ברנדי"
2	1			"מאונט שסטה"
2	1			"טרייר 2000"
2-1	2			"גולדן סלברשיון"
2-1	2	3	2	"פט אוסטין"
1	1	1	3	"אטרנה"
1	1	1	1	"מקסים"
		3	2	"בית לחם"
		3	2	"נייט טיים"
		3	3	"קווין אליזבת"
		3	2	"בלו מון"
		2	1-2	"עטרה"
		2	1	"ג'סט ג'וי"
		2	3	"הרמוני"
		2	3	"ברון דה רוטשילד"
		1	2	"רד דביל"
		1	2	"רוזה דמסקינה"
		1	2	"אוקלהומה"
		1	1-2	"סקרט"

4.4. בחינת המתאם בין מדדים שונים של פרחי מאכל

נבדק האם קיים מתאם בין המדדים השונים למדידת הזדקנות: איבוד משקל, הדבקה מלאכותית בבוטריטיס, הדבקה טבעית בבוטריטיס, ייצור אתילון, ייצור CO₂, אינדקס הזדקנות. הבדיקה נעשתה על פ הנתונים מאיורים 3 ו-8, ונמצא כי אין שום קשר משמעותי בין המדדים השונים. בדיקה נוספת בחנה את המתאם בין נוגדי חמצון להדבקה בבוטריטיס בק"ץ ובחורף-אביב, נמצא קשר מסוים, אך נמוך. התוצאות אינן מובאות.

טבלה 5- טבלת מתאם בין המדדים השונים שנבדקו. מספרים בטבלה מציינים R^2 סימן + מציין את הכוון (שני המדדים בהתאמה ישירה), p מציין את דרגת המובהקות. האנליזה בוצעה על הנתונים של ה- CO_2 , הזדקנות, אתילן, איבוד משקל, הדבקה מלאכותית בבוטריטיס והדבקה טבעית בבוטריטיס שנלקחו מהנתונים המוצגים באיור 3 ו-8.

	רמת ייצור CO_2	אינדקס הזדקנות	אתילן	איבוד משקל	הדבקה מלאכותית בבוטריטיס	הדבקה טבעית בבוטריטיס
רמת ייצור CO_2	X	0 p<0.94	0.14 + p<0.02	0.07 p<0.11	0.01 p<0.63	0.02 p<0.46
הזדקנות	X	X	0.03 p<0.31	0.04 p<0.24	0.08 p<0.09	0.23 + p<0.002
אתילן	X	X	X	0 p<0.8	0.01 p<0.67	0.09 p<0.07
איבוד משקל	X	X	X	X	0 p<0.9	0 p<0.9
הדבקה מלאכותית בבוטריטיס	X	X	X	X	X	0 p<0.94
הדבקה טבעית בבוטריטיס	X	X	X	X	X	X

4.5. אפיון תכונות טעם, ריח ומרקם של זני הורדים

מבחן ראשוני לבחינת המוכנות לטעום ורדים בוצע במסגרת המחלקה לאחסון תוצרת טרייה, במכון וולקני. 80% מהנשאלים הביעו את הסכמתם לטעום ו- 40% מהם הביעו את נכונותם לקנות אריזה של שני פרחים בעשרה שקלים. מבחן טעימה מתקדם יותר נחלק לשלושה חלקים: ריח, טעם והערכה כללית (דוגמא לשאלון מצורפת בנספח 2). המבחן התבצע על כעשרה טועמים קבועים במחלקה לאחסון, ומהלך המבחן מפורט בפרק 3.7 בחומרים ושיטות.

המדדים של ריח שנבדקו היו בושמי (Perfume), לימוני (Lemon), ריח של דשא קצוץ-ריח ירוק (Greeny) ומתוק (Sweet). הערכים עבור ריח בושם נעו בטווח רחב, יחסית לשאר המדדים, בין 0 ל-8. ניתן לראות כי בעבור ריח בושמי יש פיזור רחב יותר בין קבוצות המובהקות השונות, ביחס לתכונות האחרות (טבלה 6). הערכים עבור ריח לימוני הינם בין 0 ל-5, של ריח מתוק בין 0 ל-6 ועבור ריח ירוק הערכים נמוכים מ-3.

בעבור ריח בושמי, על פי התוצאות, הזנים "אמדאוס", "מקסים", "נייט טיים", "סקרט", "בלו מון", "רוזה דמסקינה", "אוקלהומה" ו"ברון רוטשילד" נכללים בקבוצות המובהקות a-c והממוצע שלהם מעל 6. זנים אלו הינם בושמיים יחסית לזנים האחרים, כאשר השניים הראשונים, "אמדאוס" ו"מקסים" הינם הבושמיים ביותר. הזנים הפחות בושמיים הינם "פט אוסטיין", "קווין אליזבת", "סן פרנציסקו" ו"עטרה", כאשר "עטרה" הוא זן פחות בושמי באופן מובהק (טבלה 6). הזנים בעלי ריח לימוני חזק יותר הינם "מקסים", "בלו מון", "אמדאוס", "נייט טיים" ו"רוזה דמסקינה", כאשר השניים הראשונים, "מקסים" ו"בלו מון", באופן מובהק לימוניים יותר, והזן הפחות לימוני הינו "עטרה" (טבלה 6).

הזן "מבלה" הינו הזן בעל הריח הירוק ביותר, והזן "עטרה" הינו הזן בעל ריח פחות ירוק באופן מובהק לשאר. הזן "רד דביל" הינו הזן בעל הריח המתוק ביותר, והזנים "קווין אליזבת" ו"עטרה" נמצאו כבעלי ריח פחות מתוק באופן מובהק (טבלה 6).

המדדים של הטעם שנבדקו היו מתוק (Sweet), חמוץ (Sour), עפיץ (Astringent), ירוק-טעם עשבי (Green), מר (Bitter), מרקם (Texture) וטעם לוואי (After Taste). פירוט על המאפיינים השונים של השאלון, ניתן בפרק 3.7 בחומרים ושיטות. מטבלה 7 ניתן לראות כי הערכים עבור טעם עפיץ, ירוק, מר, מרקם וטעם לוואי נעו בטווח רחב עד 7, עבור טעם מתוק עד 5 ועבור טעם חמוץ עד 2. עבור תכונות הטעם חמוץ אין התפלגות נורמאלית של התוצאות. כל הזנים היו חמצמצים באותה המידה וקיבלו ערך של עד 2, משמע חמיצות נמוכה ביותר לכל הזנים.

ע"פ התוצאות הזנים "סקרט" ו"ברון רוטשילד" הם בעלי המתקנות הגבוהה ביותר, מיד אחריהם הזן "מקסים", באופן מובהק. הזן "מבלה" הינו הזן הפחות מתוק, קצת יותר מתוקים ממנו הם הזנים "אוקלהומה", "קווין אליזבת", "סן פרנציסקו" ו"עטרה". הזן העפיץ ביותר הינו "סן פרנציסקו", והזן הפחות עפיץ הינו "סקרט". הזן הירוק ביותר הינו "מבלה", לעומתו הזנים הפחות ירוקים הם "סקרט" ו"ברון רוטשילד". הזן הכי פחות מריר הינו "סקרט", ואחריו הזנים "אמדאוס" ו"רד דביל". הזנים הכי מרירים הם "אוקלהומה" ו"סן פרנציסקו", ואחריהם "מבלה". מבחינת המרקם הזנים הכי קלים ללעיסה הם "סקרט", "אטרנה" ו"רוזה דמסקינה". הזן הכי קשה ללעיסה הוא הזן "מבלה", ומבחינת טעם הלוואי הזן שקיבל את הערך הנמוך ביותר הוא "אטרנה", ולעומתו הזן שקיבל את הערך הגבוה ביותר הוא "בלו מון" (טבלה 7).

החלק השלישי של מבחן הטעימה מהווה מדד חשוב ביותר, ההערכה הכללית (General Evaluation), שבעצם מצביעה על ההעדפה הקשורה בכל המדדים יחד. הערכה כללית טובה ניתנה לזנים "אמדאוס", "מקסים", "נייט טיים", "סקרט", "רד דביל", "רוזה דמסקינה", "אטרנה" ו"ברון רוטשילד" (מעל ציון ממוצע 3). כאשר באופן מובהק הזנים שהוערכו כטובים ביותר הם "מקסים" ו"סקרט", ומעט אחריהם "אמדאוס". ההערכה הכללית הגרועה ביותר ניתנה לזנים "מבלה", "אוקלהומה", "סן פרנציסקו" ו"עטרה" (טבלה 8).

על מנת לבחון מי מהמדדים שנבדקו, השפיעו ביותר על קביעת ההערכה הכללית, נבדק המתאם בין הערך "הערכה כללית" לשאר הערכים (טבלה 9). המספרים בטבלה מבטאים את ההסתברות לכך שיש התאמה בין הערכים השונים לבין ההערכה הכללית. הערכים של מקדם המתאם (ה- R^2) בין התכונות לבין ההערכה הכללית היו גבוהים יותר עבור ערכי הטעם לעומת הריח. כמו כן המתאם בין הטעם המתוק לבין ההערכה הכללית הוא החזק ביותר ($R^2=0.4$), כקורלציה חיובית, ואחריו המתאם החזק ביותר הוא לטעם המריר, כקורלציה שלילית ($R^2=0.24$). התכונה שלא הראתה מתאם כלשהו, באופן מובהק היא הריח ירוק (N.S.).

טבלה 6- מבחן ריח של זני הורדים. לכל אחת מהתכונות נקבעה התפזרות נורמלית באמצעות מבחן סטטיסטי Shapiro Wilks. קבוצות המובהקות מסומנות באותיות אנגליות קטנות, ע"פ מבחן Tukey, כאשר $p \leq 0.05$. מבחני הטעימה בוצעו בין פעמיים לשלוש פעמים, לכל זן, בזמנים שונים בטווח של חצי שנה (מנובמבר 2007 עד אפריל 2008). המבחנים נערכו על 10 טועמים קבועים ומקצועיים. עלי הכותרת של הטעימות נקטפו באותו יום, והוכנסו לכוסות מכוסות כך שכיסו את תחתית הכוס. המדדים שנמצאו כטובים ביותר מסומנים במובלט.

זנים	מתוק	ירוק	לימוני	בושמי
"אמדאוס"	4.7 ab	1.5 ab	4.2 ab	7.5 a
"מקסים"	4.8 ab	1.9 ab	4.4 a	7.2 ab
"נייט טיים"	4.5 abc	0.8 ab	4.0 ab	7.0 abc
"סקרט"	4.9 ab	1.0 ab	2.8 abc	6.2 abc
"בלו מון"	4.4 abc	1.7 ab	4.5 a	6.4 abc
"אטרנה"	3.2 abc	1.2 ab	2.3 abc	4.0 cdef
"רוזה דמסקינה"	4.3 ab	1.3 ab	3.6 ab	6.3 abc
"רד דביל"	5.5 a	1.5 ab	2.0 abc	5.4 abcd
"ברון רוטשילד"	4.9 ab	1.1 ab	3.6 abc	6.3 abcd
"אוקלהומה"	3.9 abc	1.4 ab	2.7 abc	6.5 abc
"פט אוסטיץ"	2.8 abc	1.7 ab	2.7 abc	3.3 defg
"מבלה"	2.6 abc	2.6 a	3.1 abc	4.8 bcde
"קווין אליזבת"	1.5 bc	0.6 ab	1.1 bc	1.4 fg
"סן פרנציסקו"	2.8 abc	0.9 ab	1.8 abc	2.3 efg
"עטרה"	0.8 c	0.3 b	0.5 c	0.5 g

טבלה 7- מבחן טעם של זני ורדים. לכל אחת מהתכונות נקבעה התפזרות נורמלית באמצעות מבחן סטטיסטי Shapiro Wilks. קבוצות המובהקות מסומנות באותיות אנגליות קטנות, ע"פ מבחן Tukey, כאשר $p \leq 0.05$. מבחני הטעימה בוצעו בין פעמיים לשלוש פעמים, לכל זן, בזמנים שונים בטווח של חצי שנה (מנובמבר 2007 עד אפריל 2008). המבחנים נערכו על 10 טועמים קבועים ומקצועיים. עלי הכותרת של הטעימות נקטפו באותו יום, והוכנסו לכוסות מכוסות כך שכיסו את תחתית הכוס. המדדים שנמצאו כטובים ביותר מסומנים במובלט.

מתוק	חמוץ	עפיץ	ירוק	מר	מרקם	טעם לוואי	זנים
3.3 abc	1.1 a	3.7 ab	2.4 ab	1.7 cd	4.2 ab	3.2 ab	"אמדאוס"
3.8 ab	1.0 a	3.2 ab	2.6 ab	2.1 bcd	4.0 ab	2.9 ab	"מקסים"
3.2 abc	1.0 a	5.5 ab	2.3 ab	3.7 abcd	3.6 ab	3.0 ab	"נייט טיים"
4.5 a	0.9 a	2.4 b	1.5 b	1.5 d	3.7 b	2.7 ab	"סקרט"
1.4 bcd	1.0 a	5.6 ab	3.8 ab	5.1 abc	5.0 ab	5.9 a	"בלו מון"
3.4 abc	0.9 a	2.8 ab	2.5 ab	1.9 bcd	3.4 b	1.7 b	"אטרנה"
1.9bcd	1.6 a	5.1 ab	2.8 ab	3.3 abcd	3.2 b	3.5 ab	"רוזה דמסקינה"
2.7 abcd	1.4 a	3.9 ab	3.4 ab	1.9 cd	5.2 ab	3.3 ab	"רד דביל"
4.7 a	0.7 a	4.3 ab	1.5 b	3.1 abcd	4.3 ab	3.4 ab	"ברון רוטשילד"
0.9 cd	1.0 a	6.3 ab	3.8 ab	6.0 a	5.9 ab	5.5 ab	"אוקלהומה"
1.8 bcd	1.0 a	4.0 ab	3.2 ab	4.0 abcd	3.9 ab	4.5 ab	"פט אוסטיין"
0.4 d	0.9 a	5.6 ab	5.5 a	5.2 ab	6.8 a	5.2 ab	"מבלה"
1.1 cd	1.7 a	3.5 ab	3.7 ab	3.4 abcd	5.1 ab	3.4 ab	"קווין אליזבת"
1.0 cd	2.0 a	6.6 a	4.5 ab	6.0 a	5.7 ab	5.1 ab	"סן פרנציסקו"
1.0 cd	1.8 a	5.0 ab	3.0 ab	4.6 abcd	5.5 ab	4.3 ab	"עטרה"

טבלה 8- הערכה כללית של זני ורדים. ההערכה ניתנה באופן כללי בין 1-5, כאשר 1 מציין הערכה הכי גרועה. לכל אחת מהתכונות נקבעה התפזרות נורמלית באמצעות מבחן סטטיסטי Shapiro Wilks. קבוצות המובהקות מסומנות באותיות אנגליות קטנות, ע"פ מבחן Tukey, כאשר $p \leq 0.05$. מבחני הטעימה בוצעו בין פעמיים לשלוש פעמים, לכל זן, בזמנים שונים בטווח של חצי שנה (מנובמבר 2007 עד אפריל 2008). המבחנים נערכו על 10 טועמים קבועים ומקצועיים. עלי הכותרת של הטעימות נקטפו באותו יום, והוכנסו לכוסות מכוסות כך שכיסו את תחתית הכוס.

הערכה כללית	זנים
3.5 ab	"אמדאוס"
3.6 a	"מקסים"
3.1 abcd	"נייט טיים"
3.5 a	"סקרט"
2.4 bcde	"בלו מון"
3.2 abcd	"אטרנה"
3.1 abcd	"רוזה דמסקינה"
3.0 abcd	"רד דביל"
3.4 abc	"ברון רוטשילד"
1.9 e	"אוקלהומה"
2.4 cde	"פט אוסטיין"
2.0 e	"מבלה"
2.2 de	"קווין אליזבת"
1.8 e	"סן פרנציסקו"
1.8 e	"עטרה"

טבלה 9- בחינה המתאם בין הערכה כללית לבין כל אחת מהתכונות של טעם וריח

Probability	R ²	מדדים
0.0001	0.19	ריח בושמי
0.03	0.03	ריח לימוני
N.S.	0.001	ריח ירוק
0.0001	0.17	ריח מתוק
0.0001	0.4	טעם מתוק
0.08	0.02	טעם חמוץ
0.0001	0.18	טעם עפיץ
0.0001	0.14	טעם ירוק
0.0001	0.24	טעם מר
0.0001	0.18	מרקם
0.0001	0.09	טעם לוואי

.non significant -N.S.

5. דיון

כדי לאפשר את שיווק הפרחים כפרחי מאכל, בעבר נבחן יבול הפרחים ונמצא שצמחי הורדים שנבחנו פרחו במהלך כל השנה (פרידמן וחובריה, 2007), אם כי עוצמת הפריחה גברה בתקופת האביב. הסיבה לכך היא כנראה משום שמרבית זני הורדים הקיימים כיום בגינון מכילים את הגנים המקנים להם פריחה גם בעונה הקרה (חורף ישראלי) (Crespel *et al.*, 2002). במרבית הזנים יבול הפרחים עבור 16 חודשים נע בין 65 ל-300 פרחים, לצמח הגדל בשטח הפתוח, ויבול זה הוא לפחות פי שלושה גבוה מהיבול של ורדים לפרחי קטיפה הגדלים בחממה (פרידמן וחובריה, 2007); (Friedman *et al.*, 2009). לפיכך נראה, שהיבול אינו מהווה את צוואר הבקבוק בגידול ורדים למאכל. גם לצורת הצימוח הייתה השפעה על בחירת הורדים למאכל, והועדפו הזנים שאין להם צימוח וגטטיבי אגרסיבי, ולפיכך, הזנים "טרייר 2000" ו"גולדן סלברשיין" נפסלו בשלב מוקדם של בחירת הזנים, כי זנים אלה היו בעלי גידול וגטטיבי אגרסיבי שמנע קטיפה נוח של הפרחים (פרידמן וחובריה, 2007).

בעבודה הנוכחית המטרות היו לאפיין מדדים שונים של איכות שיאפשרו את שיווק פרחי הורדים כפרחי מאכל. בעיקר הערכנו את תהליך ההזדקנות של פרחי הורדים וכתוצאה מכך את חיי המדף שלהם. כמו כן כחלק מאפיון חיי המדף נבחנו העמידות לבוטריטיס. מדד נוסף של איכות שנבחן הוא טעמם של הפרחים באמצעות מבחני טעימה, שקבעו מהם הפרחים המועדפים ע"פ טעמם. תכונה חשובה נוספת המאפשרת את שיווקו של מוצר חדש היא ההרכב הבריאותי שלו, ולצורך כך נבחנו גם תכולת נוגדי חמצון בורדים השונים.

תהליכי ההזדקנות בורדים ואחסונם

תהליך ההזדקנות קובע למעשה את אורך חיי המדף של הפרחים. במהלך ההזדקנות חלים שינויים פיסיולוגיים וביוכימיים מבוקרים אשר בסופם של תהליכים אלה מתרחש מות התא. בהערכת איכות של ורדים לקטיפה משתמשים במדדים של שינוי צבע, כיפוף ראש, איבוד טורגור ופתיחה של הפרח לקביעת איכות הפרח (Zieslin, 1989), אך מדדים אלו רק בחלקם מתאימים לקביעת איכות של עלי כותרת של ורדים למאכל. כמו כן הטיפולים שפותחו להארכת חיי המדף של פרחי קטיפה, אך בחלקם מתאימים לפרחים למאכל. על כן, כדי להעריך את איכות הפרחים ואת תהליך ההזדקנות, בחנו את התאמתם של מדדים שונים. בין המדדים שנבדקו, חלקם מוצגים בעבודה. בין המדדים שנבחנו, ולא הוכללו היו **מדידת תכולת המים היחסית**- מדידה המלמדת על כמות המים הקיימת ברקמה יחסית למקסימום שהיא יכולה לקלוט. מדד זה הושמט מהתוצאות, משום שהתוצאות לא היו הדירות במספר ניסויים; **שינוי בצבע**- שנמדד במינולטה. מדד זה נשלל בתחילת המחקר, משום שהצבע של הורדים לא השתנה באופן מהותי, בזנים השונים במהלך האחסון.

לעומת זאת בין המדדים שהוצגו בעבודה, אשר השתנו במהלך האחסון ניתן למנות את הבאים: **מדד חזותי**- מכיוון שמדד זה אינו אובייקטיבי, השימוש בו היה מועט (איורים 2, 4); **איבוד משקל יחסי (איורים 3, 4, 6)** - מדד המלמד בעיקר על איבוד מים; **מדידת דליפת יונים**- דליפת היונים נמדדה בעלי הכותרת של זני הורדים השונים במהלך האחסון ונמצאה עליה הדרגתית בכל הזנים שנבחנו במהלך האחסון (איור 5 וטבלה 1). עליה בדליפת היונים מעלי כותרת במהלך הזדקנות יכולה לנבוע מפירוק שומנים הגורם לפגיעה בשלמות התא. למעשה דליפת היונים מהווה

אינדיקטור למוות תאים (van Doorn, 2004); **מדידת ייצור CO₂ באחסון** - מלמדת על פעילות המיטוכונדריה, הקשורה בתהליכי הזדקנות; **מדידת ייצור אתילן באחסון** - ברקמות שונות אתילן מהווה אות לאינדוקציה של תהליך ההזדקנות ובמחקרים שונים נמצא כי טיפולים בנוגדי אתילן מעכבים הזדקנות ורדים (Faragher and Mayak, 1984; Chamani *et al.*, 2005). בעבודה הנוכחית נמדד ריכוז ה-CO₂ באריזה, לפני ההוצאה מאחסון. נמצאה קורלציה מסוימת בין קצב ייצור האתילן לבין קצב ייצור ה-CO₂ (טבלה 5). בפרחים בעלי מופע קלימקטרי, בהם יש עליה בנשימה המובילה לתהליכי ההתכלות. בדרך כלל מופיע פיק של ייצור אתילן, לאחר פיק נשימה, המוציא לפועל את תהליכי ההזדקנות (Reid and Wu, 1992; Kumar *et al.*, 2008). הוצג בעבר כי תהליך ההזדקנות הוקדם בורדים, כתוצאה מעלייה בייצור האתילן, אשר הובילה לעלייה בדליפת היונים מעלי הכותרת ובסופו של התהליך נגרם מוות של עלי הכותרת. כאשר לתהליך זה הוסף אתילן, באופן חיצוני, דליפת היונים הוגברה. כמו כן מעכבי אתילן דחו את דליפת היונים (Faragher and Mayak, 1984). בעבודה שלנו לא כל הזנים היו זנים קלימקטריים קלאסיים. נמצאו זנים בהם היה ייצור גבוה של אתילן וקצב ייצור CO₂ נמוך והפוך.

בעבודה הנוכחית בחנו מספר טיפולים העשויים להקטין את ההזדקנות:

טיפול בסוכר - בורדים קטופים ידוע כי תוספת סוכר, לתמיסה, עשויה להאריך את חיי המדף (Kuiper *et al.*, 1995). בעבודה הנוכחית (איור 6) לא נראתה השפעה מהותית של הטענת סוכר, על אורך חיי המדף של הורדים. יתכן שהורדים שנבחנו אינם רגישים לסוכר או שמשך ההטענה לא היה מספיק ארוך כדי לראות את ההשפעה.

טיפול באווירה מתואמת (MA - modified atmosphere) או מבוקרת (CA - controlled atmosphere) - האווירה האופטימאלית באחסון, הינה בעלת רמת חמצן נמוכה, כזו שעדיין המטבוליזם בה הוא אירובי, לפני שנוצר אתנול (Golias and Kobza, 2002). רוב תהליכי ההתכלות, עשויים להבלם במידה רבה ע"י אריזתם באווירה מתואמת (Modified atmosphere), שבה ריכוז ה-CO₂ גבוה. רמה גבוהה של CO₂ עשויה לעכב את רמת ייצור האתילן (Faragher and Mayak, 1984; Chamani *et al.*, 2005). כאשר נוסה בעבר טיפול בתנאי חמצן נמוך (0.8% O₂ ו-0.1% CO₂) הוא אמנם גרם לשימור ורדים קטופים, אך נמצאה עלייה בייצור האתנול ברקמות, פי 50 לערך מהנורמה (Golias and Kobza, 2002). בעבודה הנוכחית בחנו ריכוזים גבוהים של CO₂, ואכן נמצא שהוא מוריד במידה מסוימת את ההתכלות, אך קיימת חשיבות לכך שתישאר רמה מסוימת של חמצן באריזה, כדי למנוע הצטברות אצטאלדהיד. אכן בניסוי המוצג באיור 3 בו הייתה רמה גבוהה של CO₂ הצטברו ריחות לא נעימים (תוצאות לא מובאות).

נראה כי האריזה המועדפת, הייתה אריזת ה-PE המחוררת (איור 3), אשר הציגה ריכוז ביניים שקרוב כנראה יותר לריכוז האופטימאלי של ה-CO₂ באחסון ורדים. בניסויים הבאים השתמשנו באריזה מסוג PET (איור 4, 5, 6). ניתן לראות כי אריזת ה-PE צברה יותר CO₂ (איור 3) מאשר אריזת ה-PET, בזנים החופפים. ע"פ התוצאות של אחוז איבוד משקל, ניתן לראות, לדוגמא, כי הורדים החופפים איבדו פחות משקל באריזת ה-PET (איור 4), לעומת האריזה המחוררת (איור 3).

מכאן ניתן להסיק כי אריזת ה-PET מתאימה יותר לאחסון ורדים. מאידך, ייתכן כי ההבדל נובע מהשוני בצורת אריזת הפרחים: בניסוי המוצג באיור 3 נארזו הפרחים כעלי כותרת מופרדים, בעוד שהתוצאות באיור 4 הן עבור פרחים שלמים. כדאי לבחון שוב אריזה בשתי הדרכים, בזנים חופפים, שיארזו באותה צורה (עלי כותרת מופרדים או כפרחים שלמים) באותו הזמן ובאותן סוגי אווירות. בכל מקרה, בשלב זה נראה כי האריזה מסוג PET (איור 4) יעילה בשמירה על משקל הפרחים.

בעתיד כדאי לבחון אריזות ידידותיות לסביבה, ולנסות לבחון הבדלים ע"י אחסון של פרחים שלמים לעומת עלי כותרת מופרדים, בשלבים שונים של פתיחת הפרח.

הזנים העדיפים לשיווק מבחינת חיי המדף

ע"פ ניסויים חוזרים, הוחלט כי זן הורדים שלא כדאי להמשיך איתו הינו "קתרנה ציימנט", שהזדקן באחסון במהירות עצומה, עד כדי שלא ניתן היה, לעיתים, להציג את נתוניו. בנוסף, זן זה הציג רגישות מוגברת מאוד להדבקה בבוטריטיס בכל האריזות ובכל הטיפולים.

איורים 3, 4 ו-6 מציינים שלושה ניסויים שונים, בהם נמדד אחוז איבוד המשקל. בשלושת הניסויים הללו ישנם שלושה זנים חופפים והם: "אינגליש סשה", "אטרנה" ו"אמדאוס". ניתן לראות ע"פ הנתונים משלושת הניסויים, כי היחס בין איבוד המשקל של שלושת הזנים חוזר בכל איור: "אמדאוס" הראה את איבוד המשקל היחסי הגבוה ביותר, אחריו "אטרנה" ולבסוף "אינגליש סשה". לפיכך ניתן להסיק כי אחוז איבוד המשקל שנמדד בצורה זו, מהווה מדד טוב על מנת להשוות בין הזנים השונים. כמובן ששלושה זנים אינם מספקים על מנת לומר זאת בוודאות, ויש להמשיך ולבחון זאת בעתיד בניסויים נוספים.

על פי ההנחה כי אחוז איבוד המשקל מהווה מדד עקבי, ניתן לומר כי הזנים שאיבדו הכי פחות משקל באופן יחסי, באיור 4, הינם "מריה קאלאס", "סקרט", "אינגליש סשה", "פרולה" ו-"קווין אליזבת". כמו כן הזנים שאיבדו הכי הרבה מהמשקל שלהם היו "ברון רוטשילד", "סן פרנציסקו", "אמדאוס", "פט אוסטיין" ו-"קרייזלר אימפריאל". הזן "אמדאוס" בשלושת הניסויים (איורים 3, 4 ו-6) מדגים איבוד משקל יחסית גבוה לשאר הזנים.

באיור A4 אינדקס ההזדקנות, לאחר אחסון של 15 יום נע בכל הזנים בין דרגה 2 ל-4, כאשר שווק פרחים אפשרי רק עד דרגה 3. הזנים שניתן עדיין לשווקם לאחר שבועיים באחסון היו "ג'סט ג'וי", "אמדאוס", "קרייזלר אימפריאל" ו"פט אוסטיין". הזנים הגבוליים לשיווק היו "אטרנה", "אינגליש סשה", "ברון רוטשילד", "אוקלהומה", "קווין אליזבת" ו"מריה קאלאס". הזנים שלא ניתן לשווקם כלל היו "הרמוני", "פרולה", "סקרט", "סן פרנציסקו" ו"שרל דה גול". כאשר משווים מדד זה מול מדד איבוד המשקל היחסי, ניתן לראות כי הזנים הניתנים לשיווק איבדו באחוזים הכי הרבה ממשקלם (איור A4). זאת אומרת שמדדים אלו סותרים אחד את השני. בנוסף על פי טבלה 5, הבדוקת התאם בין מדדי ההזדקנות השונים שנבחנו, ניתן לראות כי אין התאמה בין שני המדדים הללו. ייתכן מאוד כי המדד החזותי, הינו פחות טוב, משום היותו סובייקטיבי, ומצד שני המדד החזותי קובע האם הלקוח יאכל או ירכוש את הפרחים. תוצאות דומות של חוסר מתאם בין איבוד המשקל לבין המופע, התקבלו גם כאשר נבחנו חיי המדף של פרחי כובע הנזיר (Friedman

et al., 2005)

ע"פ טבלה 5 והנתונים באיור 4, ניתן לראות כי אין בהכרח חפיפה בין המדדים עבור הזנים השונים. לדוגמא, "קרייזלר אימפריאל", אשר באריזתו לא הצטבר אתילן, CO_2 % היה גבוה יחסית (כ-3%), נחשב זן טוב מבחינה חזותית, אך מצד שני זהו הזן שאיבד את אחוז המשקל הגבוה ביותר (כ-5%). מכאן שמאוד קשה להגיע למסקנות מי מהזנים עדיף, באופן מובהק, ע"פ המדדים שנבחנו עד כאן. לכן התווסף מדד נוסף כמותי ואובייקטיבי, מדד דליפת היונים. בפרק התוצאות נחלקו הזנים ע"פ עדיפותם בשתי נקודות סף דליפה, 125% ו-150% יחסית לדליפה ההתחלתית. הזנים המועדפים ע"פ שתי הנקודות הללו הינם "רד דביל", קרייזלר אימפריאל, "סן פרנציסקו", "רוזה דמסקינה", "פט אוסטיין" ו-"אטרנה". כאשר משווים מדד זה למדד החזותי, ניתן לראות כי ישנם בסה"כ שבעה זנים שנמדדו בשתי השיטות, ובכ- 50% מהמקרים ישנה התאמה בתוצאה.

בוטריטיס בזני הורדים הנבחנים כפרחי מאכל

ההבדל בעמידות זני הורדים לבוטריטיס

ורדים רגישים מאוד להדבקה בפטרייה מסוג בוטריטיס (*Botrytis cinerea*), ואורך חיי המדף שלהם תלוי מאוד ברמת עמידותם לפתוגן (Gleason and Helland, 2003). בטבלה 5, מוצג כי קיים קשר ישר יחסית בין אינדקס ההזדקנות לבין ההדבקה הטבעית בבוטריטיס ($P\text{value}=0.002$ ו- $R^2=0.23$). דבר זה תואם את המצוטט במבוא (סעיף 1.7.2). בספרות, לעניות דעתנו, לא קיים מידע על רגישות לבוטריטיס של ורדים המתאימים למאכל חוץ מאשר פרסום מחקרנו (Friedman *et al.*, 2009). העבודה הנוכחית היא הראשונה בהצגת תוצאות על ההבדלים ברגישות בין זני ורדים, המתאימים למאכל. בבדיקה של הרגישות לבוטריטיס אוחדו התוצאות של הדבקה טבעית והדבקה מלאכותית כי בסך הכל נמצא מתאם בין שני סוגי ההדבקות עבור חלק גדול מהפרחים (איור 8). כל זאת למרות שעבור זנים מסוימים התקבלה חוסר התאמה, מפני שהדבקה טבעית מוקדמת בשטח עשויה לגרום להבדלים ברמת ההדבקה. סיכום כל תוצאות רגישות ההדבקה לבוטריטיס מלמדת על כך, שלמרות ההבדלים שנצפו ברגישות הזנים השונים בין הניסויים השונים, ניתן היה לסווג את זני הפרחים למספר קבוצות: כאלה הרגישים במיוחד, זנים בעלי רגישות ביניים ולזנים העמידים יחסית (טבלה 2 ו-3). הזנים הבולטים בחוסר העקביות הינם "פט אוסטיין", "אוקלהומה", "טרייר 2000", "מקסים" ו-"אמדאוס". חוסר העקביות עשוי לנבוע מכך שבחלק מהניסויים הפרחים נקטפו מהחלקה במכון הוולקני, ובחלק אחר נקטפו ממשלת "קרן צור" שבחצור הגלילית, ובתנאי גידול שונים קיימים הבדלי לחות, העשויים לגרום להדבקה שונה. כמו כן, גם מועד הקטיף עשוי להשפיע על חוסר האחידות.

הזנים אשר נצפו כעמידים ביותר לפטרייה, הינם "סן פרנציסקו" ו"בית לחם". מעט פחות עמידים, אך עם נטייה ברורה לעמידות, הם "אינגליש שסה", "רד דביל" ו-"אטרנה".

רגישות מוגברת להדבקה בפתוגן, קשורה בפקטורים רבים המגבירים הזדקנות ברקמת הפונדקאי, כגון הורמונים צמחיים, אתילן, חומצה אבסיסית (ABA) ועלייה בכמות הרדיקלים החופשיים (Elad, 1997). רגישות מופחתת להדבקה בפתוגן, קשורה בעיכוב הייצור או הפעילות של הפקטורים הנ"ל דהיינו, נוכחות מוגברת של הורמונים צמחיים אחרים (כגון חומצה ג'ברלינית), העלאת רמת הסיידן בדופנות התאים ונטרול רדיקלים חופשיים ברקמת הפונדקאי (Elad, 1997). בעבר הוצג כי קיימים הבדלים במידת הרגישות לפטריית הבוטריטיס, בין שני זני ורדים שונים.

הוסבר כי הקוטיקולה בזן העמיד יותר לבוטריטיס עבה יותר מאשר בזן הרגיש (Hammer and Evensen, 1994). בעבודה הנוכחית לא נבחנה הקוטיקולה, אך יתכן שההבדל בין הרגישויות לבוטריטיס, של חלק מהזנים, מקורו בהבדל מכאני של מבנה הקוטיקולה. לא נמצא קשר בין רמת ההדבקה בבוטריטיס (טבלה 3) להערכת המרקם של הורדים (טבלה 7), דהיינו קשיות אינה סימן לעמידות לבוטריטיס (חוסר ההתאמה אינו מוצג).

דבר נוסף, יתכן כי רמת האתילן שנמדדה באריזה נובעת כתוצאה מההדבקה בבוטריטיס, משום שהן הצמח והן הפטרייה מייצרים את גז האתילן. מכאן שההדבקה בפטרייה עשויה להגביר את ייצור האתילן, בסופו של דבר (Chague *et al.*, 2002). בעבודה זו לא הוכח (ע"פ טבלה 5) כי קיים מתאם בין ההדבקה בבוטריטיס (מלאכותית וטבעית) לבין ייצור האתילן. חוסר ההתאמה עשוי לנבוע מכך שאולי, בזנים שנבחנו, ההדבקה לא תלויה רק באתילן.

ממחקרים עולה כי נוגדי חמצון מעכבים פתוגנים, או על ידי הגברת עמידות הפונדקאי, או ע"י תפקודם באופן ישיר כרכיבים אנטיפיתוגניים (Elad, 1997). מסקנה זו מחוזקת על ידי הממצא ממחקר נוסף, כי שמונה עשר נוגדי חמצון שונים הפחיתו את רמת ההדבקה של העובש האפור בורדים (Elad, 1992). כמו כן קיימים גם ממצאים שרמה גבוהה של נוגדי חמצון בצמח לפני ההדבקה עשויה להגביר עמידות לבוטריטיס (Elad, 1992).

למרות רמת ההדבקה הטבעית הגבוהה יחסית הקיימת בפרחי הורדים יתכן וניתן יהיה להפחית את ההדבקה במספר אמצעים: לדוגמא, אם הורדים יגודלו בתנאי חממה מאווררת תוקטן רמת ההדבקה. בנוסף בספירות מוצעים טיפולים להפחתת בוטריטיס בורדים בעת האחסון: לדוגמא, טבילה במים חמים (Elad and Volpin, 1991) או אחסון תחת אווירה מבוקרת (CA) הקטינו את רמת ההדבקה (Hammer *et al.*, 1990). גם בעבודה הנוכחית נראה כי אווירה מבוקרת הפחיתה את ההדבקה בפטרייה, אך דרושה עבודה נוספת כדי למצוא את ריכוזי ה- CO₂ וה- O₂ הרצויים.

אפיון נוגדי חמצון בזני ורדים

מחקרים אפידמיולוגים שונים מצביעים, על כך שצריכה גבוהה של מזון עשיר בנוגדי חמצון טבעיים מגבירה את תכולת נוגדי החמצון בפלסמת הדם, ומפחיתה את הסיכון לחלות בחלק ממחלות הסרטן, מחלות לב ושבץ (Eastwood, 1999; Hassimotto *et al.*, 2005). יתכן כי צריכת ורדים עשויה לספק רמה גבוהה של נוגדי חמצון. ישנן הוכחות, עוד לאורך ההיסטוריה לשימוש בורדים לצרכים טיפוליים, ויתכן שממצאנו על רמה גבוהה של נוגדי חמצון עשויה לספק הסבר לכך (ראה מבוא פרק 1.3).

הפעילות נוגדת החמצון בעבודה זו נבחנה בשיטת ה-TEAC. בשיטות שונות של מדידת הפעילות נוגדת החמצון, התקבלו תוצאות שונות לחומר מבודד ונקי (Frankel and Meyer, 2000). אחת הביקורות על שיטת ה-TEAC היא כי ייתכן שהקישור בין נוגד החמצון לרדיקל המלאכותי (*ABTS) אינו משקף נכונה את הפעילות נוגדת החמצון בגוף האדם, עקב מנגנונים נוספים המשפיעים במקביל, כגון יצירת כלטים מתכתיים (Frankel and Meyer, 2000). למרות זאת שיטת ה-TEAC הינה בין השיטות המקובלות מאוד בספרות, כדי לכמת ולהשוות תכולת נוגדי חמצון.

השוואה בין רמת נוגדי חמצון בפירות וירקות לעומת ורדים-

בעבודתנו נמצאה רמת נוגדי חמצון הידרופיליים מאוד גבוהה בורדים, גם לעומת פירות וירקות אחרים, ביניהם פלפל אדום ושזיף. למעשה בחישוב פשוט ניתן להסיק שסלט המכיל גרם אחד של כל מרכיב מבין המרכיבים הבאים: פלפל אדום, חסה, מלפפון, עגבנייה, בצל, רוקט, "קווין אליזבת" ו"אוקלהומה", יקבל כ-90% מהפעילות נוגדת החמצון מהורדים "אוקלהומה" ו"קווין אליזבת". השפעתו של הפלפל האדום תהווה רק כ-7% מכלל הסלט, זאת למרות שהפלפל האדום ידוע בספרות כירק בעל רמת נוגדי חמצון גבוהה יחסית (Davey et al., 2000). שאר המרכיבים מהווים כ-3% בלבד מכלל הפעילות נוגדת החמצון של הסלט (איור 9).

בעבודה זו נבחנו הן רמת נוגדי החמצון הליפופיליים והן רמת נוגדי החמצון ההידרופיליים, בשתי עונות של השנה. בשתי העונות רמת נוגדי החמצון הליפופיליים היא יחסית נמוכה לרמת נוגדי החמצון ההידרופיליים (איורים 10 ו-11), אך לא בהרבה יותר נמוכה מזו שקיימת בפלפל אדום ובשזיף (איור 9).

רמת נוגדי החמצון ההידרופיליים גבוהה מאוד בכל זני הורדים בשתי העונות, כאשר ברוב הזנים הרמה גבוהה אף משאר הירקות והפירות המוצגים באיור 9. הזנים הבולטים ביותר, באופן מובהק הם: "סן פרנציסקו", בניסוי הראשון שבוצע בחודש אוגוסט (איור 10). "בית לחם", "פט אוסטיין", "אמדאוס", "נייט טיים", "קווין אליזבת" ו-"בלו מון" בניסוי השני שבוצע בחודש מאי (איור 11). זנים מסוימים נצפו כבעלי יותר נוגדי חמצון בניסוי אחד לעומת השני. בניסוי המוצג באיור 10 ניתן לראות כי "סן פרנציסקו" מציג את רמת נוגדי חמצון הגבוהה באופן משמעותי משאר הזנים. לעומת זאת בניסוי המוצג באיור 11, ניתן לראות כי הזנים החופפים משני האיורים: "פט אוסטיין" ו-"אמדאוס", מציגים תוצאה הגבוהה מ"סן פרנציסקו" פי 2 לערך. שאר הזנים החופפים מציגים תוצאה, הדומה מאוד לתוצאה של "סן פרנציסקו", כך שיתרונו בניסוי באיור 10 אינו נראה יותר באיור 11.

הניסוי מאיור 10 נערך בקיץ לעומת הניסוי מאיור 11 אשר נערך באביב. בעבר נמצא כי ישנם הבדלים ברמת נוגדי החמצון, בין שנה לשנה ובין עונות שונות, במספר צמחי מרפא. לדוגמה, בחלק מצמחי המרפא שנבדקו, ביניהם סוגי אורגנו ותימין, נמצא כי רמת נוגדי החמצון שנמדדה במהלך הסתיו (נוטה לעונת האביב בעבודה זו) הייתה גבוהה יותר מאשר בתקופה של תחילת הסתיו (נוטה לעונת הקיץ בעבודה זו) (Dragland et al., 2003). בעבודה זו, ע"פ טבלה 4, במרבית הזנים החופפים (ארבעה זנים מתוך שישה) לא נראה כי באביב רמת נוגדי החמצון הליפופיליים וההידרופיליים הייתה גבוהה יותר מאשר בקיץ.

טעם וריח בורדי המאכל

כאשר משתמשים בצוות טעימה, אשר אינו מיומן לטעימות ע"פ הספירות (כפי שמורחב במבוא על צוותים מיומנים, בשיטה האנליטית), בסקאלה ההדונית ישנן לרוב בעיות בתקשורת בנוגע לכימות התכונות. אחת הבעיות לדוגמה נובעת מתרגום שונה של אנשים שונים, למונח כלשהו בשפה היומיומית לתיאור המוצר. התרגום השונה נובע בין היתר מתרגום השפה, הבדלי תרבויות, השכלה ועוד (Basker, 1989). על אף שבעבודה זו נערכה הדרכה מוקדמת לטעימות, שהסבירה לטועמים את המונחים, באנליזה של הטעם נמצא כי, לעיתים קרובות, היו תוצאות קיצוניות של מעט טועמים יחסית לרוב הקבוצה. בנוסף נמצאו הערכות קיצוניות בהערכת טעימה מפעם לפעם

של טועם מסוים יחסית לעצמו, בטעימה אחרת. לדוגמא, לעיתים קרה שזן מסוים, הוערך ע"י אותו טועם בצורה שונה מהותית, בשתי טעימות שונות. סיבות אפשריות להבדלים הללו בתוצאות נובעות מסיבות סביבתיות של גידול הפרחים או מצב הרוח של הטועם באותו יום או תוצאה של מצב פסיכולוגי. דוגמא להשפעה פסיכולוגית, פתוגנים עשויים לפגוע בעצב chorda tympani nerve, ובכך להפחית את הטעם בלשון הקדמית (Dinehart *et al.*, 2006). יחד עם זאת, בדרך כלל הייתה הדירות ברמה שניתנה לאותו זן על ידי אותו טועם. כמו כן, ההבדלים בין ההערכות של האנשים השונים יכולים לנבוע מהבדלים גנטיים ביכולת של אנשים שונים לטעום טעמים כמו מתיקות ומרירות, וזה התבטא במבחן הטעימה עבור הטעם המר. דוגמא להבדלים גנטיים שנמצאו בעבר היא השוני ביכולת לטעום מרירות, הנובע מהיעדרות או נוכחות רצפטור פונקציונאלי הנקרא TAS2R38 (Dinehart *et al.*, 2006). לא ברור אם לחוסר היכולת הזאת (חוסר ברצפטור) יש קשר למבחן הטעימה הנוכחי.

ע"פ טבלה 9, ההעדפה הכללית של הורדים הושפעה בעיקר מהטעם (טבלה 7) של הורדים ולא מהריח שלהם (טבלה 6). נמצא כי המתיקות היא התכונה הדומיננטית ביותר שתרמה לטעם הסביר של הורדים. לאחריה התכונה שהשפיעה ביותר על הבחירה הייתה חוסר המרירות. לאחר מכן ההעדפה הייתה ע"פ ריחם הטוב של הורדים (בושמי ומתוק), ע"פ המרקם וטעם עפיץ וירוק. כמו כן הערכים במתאם לטעם החמוץ הם היחידים שנמוכים, מכאן שהורדים אינם חמוצים (הטווח נע בין 1-2 מתוך 10).

נמצא כי ישנו מתאם בין טעמה של עגבנייה מהונדסת, בה העלו רמה של מונוטרפנים ותרכובות של גרניול, לבין הריח נעים שלה (Davidovich-Rikanati *et al.*, 2007). ממחקרים קודמים, לא ברור אם גם בורדים קיים מתאם בין הריח הנעים לבין הטעם. ראוי לציין שריח הורדים נחקר על ידי קבוצת חוקרים מישראל (Shalit *et al.*, 2003), וכי לפרופ' דני זמיר יש אוכלוסיה מתפצלת לריח (מידע אישי). יחד עם זאת לא ידוע דבר על הטעם של עלי כותרת בורדים, פרט לידע המגיע מעבודה זו.

בנוסף בעבודה זו נמצא כי המרקם של רוב הורדים נמדד כבינוני, מכאן שהורדים באופן כללי אינם קלים ללעיסה. ניתן לראות כי הורד שנמצא כבעל המרקם הקשה ביותר ללעיסה באופן מובהק, הוא הזן "מבלה". ראוי לציין שוב כי זן זה אינו אחד מהזנים הטעימים שנבחרו, אלא זן הגדל במסגרת הגינון של מכון וולקני. הזן "מבלה" צורף למבחן הטעימה כזן נוסף, על מנת לבחון עד כמה היא שונה מהשאר. אכן ניתן לומר כי הוא זכה לציון הנמוך ביותר, באופן מובהק, במרבית המדדים.

משום שהטעם המתוק הוא המשפיע ביותר על בחירת הערך הכללי, בחירת הורדים לשיווק צריכה להתבסס בעיקר על הטעם המתוק שלהם, כמו גם שיהיו פחות מרירים. לדוגמא, ע"פ התוצאות הריח של "אוקלהומה" היה יחסית בושמי, אך הטעם השפיע על מיקומו הנמוך בהערכה הכללית (דרגה של 2 לערך בהערכה הכללית). כפי שצוין במבוא, טעמים מתוקים מועדפים על ידי הצרכנים, לפיכך כמות הסוכרים גבוהה יחסית בירקות ובפירות הנבחרים (Jones, 2008).

בעבודה הנוכחית נלקחו פרחים בדרגות פתיחה בינוניות, כפי שפורט בפרק "חומרים ושיטות" (איור 1). פתיחת הפרח קשורה בהתרחבות התאים, אשר מתרחשת בעקבות עלייה ברכיבים האוסמוטיים עקב פירוק פוליסכרידים למונוסכרידים, ו/או ע"י קליטת סוכר מהאפופלסט (van

Doorn and van Meeteren, 2003). על כן ניתן להניח כי ככל שהפרח נקטף בדרגת פתיחה גבוהה יותר, טעמו יהא מתוק יותר. סוגיה זו לא נבחנה בעבודה הנוכחית, אך יש לזכור כי ככל שדרגות פתיחת הפרח יהיו מתקדמות יותר, כן רמת ההזדקנות תהיה גבוהה יותר וכושר האחסון ירד, ולכן הבחירה של דרגת הפתיחה המתאימה ביותר צריכה להיות פשרה של רמת סוכר הגבוהה ביותר ורמת הזדקנות נמוכה ביותר.

זנים העדיפים לשיווק ע"פ טעמים

נמצא כי על פי טעמים, מספר קטן מאוד של זני ורדים הצטיינו ביותר מקריטריון אחד בטבלת הטעימה. הזן שהצטיין במרבית הקריטריונים (מרקם קל יחסית ללעיסה, מעט מרירות, פחות ירוק, פחות עפיץ ומתוק יחסית) הינו "סקרט". לאחריו ניתן לציין את הזן "אטרנה" שהצטיין בשלושה קריטריונים (טעם לוואי נמוך, מרקם קל יחסית ללעיסה, מרירות בינונית). זן נוסף שהצטיין בשני קריטריונים (פחות ירוק ומתוק) הנו "ברון רוטשילד". שני זנים נוספים שהראו יחסית תוצאות טובות בשני קריטריונים (פחות מרים, יותר מתוקים) הינם "אמדאוס" ו-"מקסים". לסיכום, יש לציין כי לא כל הזנים נבחנו בכל התחומים, בגלל העונתיות ביבול. על כן ישנם זנים כגון "קרייזלר אימפריאל" שנמצא מצטיין בדליפת יונים נמוכה, אך לא נבחן במבחן טעימה ולתכולת נוגדי חמצון. מכאן שיש להמשיך את המבדק מי מהזנים מועדף.

המידע שנאסף בעבודה זו מספיק כדי לתת כיוון להמשך עבודה נוספת בנושא זה. כמו כן כדאי לבחון נושאים נוספים, כגון השפעה של שטיפה וייבוש ושימוש בחומרים ידידותיים לסביבה, על מנת לשפר את איכות הורדים לאחר אחסון. דוגמאות לחומרים ידידותיים אפשריים לשימוש זה הינן טבילה או אידוי באתנול, שימוש בשמנים אתריים, טיפול ב-1-MCP ועוד. יש לבחון את רמת הבטיחות המיקרוביאלית של הורדים, ואת רמת נוגדי החמצון במהלך ולאחר אחסון. בנוסף ישנן שיטות ידועות בספירות להפחתת עפיצות, לדוגמה טיפול בגז CO_2 וטיפול באדי אלכוהול (Taira, 1996).

דבר נוסף הוא שמבחינת הטעימה נערכו בפרחים טריים, שאך נקטפו מן השדה. בעתיד כדאי לבחון טעימה גם בפרחים במהלך ולאחר אחסון. בנוסף כדאי לבחון שוב את ההבדלים לאורך השנה, כמו גם האם דרגת הפתיחה בעת הקטיף, והדורים מהם נקטמו עלי כותרת אכן משפיעים על מבחן הטעימה.

6. סיכום ומסקנות

לורדים ישנו יתרון כפרחי מאכל, לעומת פרחים אחרים, הן בגלל העובדה שהם מוכרים כפרחי מאכל בתרבויות שונות (Girard-Lagorce *et al.*, 2001), והן משום שקיים מגוון של צבעים וריחות שיכולים לקדם את מכירתם. כמו כן נמצא שרמת נוגדי החמצון בורדים גבוהה במיוחד. המדדים שנבחנו להערכה של עלי כותרת לאחר ובמהלך אחסון, כמדד לתהליך ההזדקנות היו: הערכה חזותית, קביעת משקל טרי וקביעת דליפת מומסים. בשלב זה איננו יכולים להצביע על מדד אחד שישקף טוב יותר את איכות עלי הכותרת ויש מקום לבסס את השימוש במדדים אלו. הערכת איכות עלי הכותרת של ורדים חשובה כדי לקבוע את תנאי האחסון המיטביים ואת השפעתם של טיפולים שונים. בסך הכול ניתן לומר כי אפשר לאחסן את הורדים הללו לפחות לשבועיים, בלי ירידה בולטת באיכות.

בעבודתנו נמצא שבגרם ורדים רמת נוגדי החמצון גבוהה בסדר גודל, מאשר ברכיבי סלט אחרים (פירות וירקות). כמו כן נמצאו הבדלים בין הזנים השונים ברמת העמידות לבוטריטיס, וברמת העדפת טעמים במבחני הטעימה (מפורט בדיון).

הזנים המועדפים יחסית, ע"פ שילוב מס' קריטריונים הינם, "אטרנה", "רד דביל" (שניהם הצטיינו יותר בדליפת יונים נמוכה, עמידות לבוטריטיס וטעם), "סן פרנציסקו" (דליפת יונים נמוכה ועמידות לבוטריטיס), "רוזה דמסקינה" (דליפת יונים נמוכה וטעם), "בית לחם" (עמידות לבוטריטיס ורמת נוגדי חמצון), "אמדאוס", "נייט טיים" (שניהם הצטיינו יחסית ברמת נוגדי חמצון וטעם). מכיוון שהטעם הינו המדד החשוב ביותר, משום שלולא הטעם המוצר לא יהא ראוי לשיווק, זנים שהצטיינו בהערכה הכללית בטעימה, כדאי לבחון אותם למדדים הנוספים. הזנים הללו הם "סקרט", "ברון רוטשילד" ו"מקסים".

בעתיד יש מקום לבחון טיפולים שונים כמשפרי חיי מדף בורדים, כגון הדוגמאות הבאות:
טיפול במעכבי אתילן- בזנים הנבחרים לא נבחן עדיין קצב ייצור האתילן כמו גם הרגישות אליו. משום שמדובר בורדים כפרחי מאכל, מעכבי אתילן שניתן להשתמש בו הינו 1- (1-MCP) methylcyclopropene. יחד עם זאת יתכן וטיפול זה לא יעזור כי בורדים מסוג "First Red", כאשר השתמשו ב-1-MCP בריכוז $1 \mu\text{l l}^{-1}$, לא נראה כי הוארכו חיי המדף (Chamani *et al.*, 2005).

טיפול באתנול- אתנול שהוסף לתמיסת ציפורנים קטופים, בריכוזים נמוכים, האריך את חיי המדף שלהם. הוצע כי כנראה האתנול מעכב את ייצור האתילן, ע"י עיכוב פעילות ה-ACC סינתאז (Podd and Staden, 2004). במחקר דומה על בוגנוויליות, נמצא כי בריכוזים נמוכים של אתנול, בין 8% ל-10%, המשקל היבש של התוצרת בתום האחסון, היה הגבוה ביותר. כמו כן סמני ההזדקנות בריכוזי האתנול הנמוכים הללו, נראו יומיים מאוחר יותר בהשוואה לביקורת הפרחים במים (Hossain *et al.*, 2007). ע"פ מאמרים אלה, כדאי לנסות טיפול באתנול, על הורדים, לפני אחסונם.

7. רשימת ספרות

פרידמן, ח., רזניק, נ., אגמי, א., רוט, א., הגלעדי, א. ואומיאל, נ. (2007). ורדים כפרחי מאכל: שלבים באיתור זנים המתאימים למאכל כמוצר טרי. עולם הפרח. פברואר-מרץ: 54-56.

Adams, J. D. and Garcia, C. (2006). Woman's health among the Chumash. *Evid-Based Compl Alt.* 3: 125-131.

Aharoni, N., Philosoph-Hadas, S. and Barkai-Golan, R. (1986). Modified atmosphere to delay senescence and decay of broccoli. *In: Proc. Fourth Int. Res. Conf. on Controlled Atmospheres for Storage and Transport of Perishable Agricultural Commodities*, ed SM Blankenship. North Carolina, USA. 169-177.

Aharoni, N., Reuveni, A. and Dvir, O. (1989). Modified atmospheres in film packages delay senescence and decay of green vegetables and herbs. *Acta Hort.* 258: 255-263.

Ames, B. M., Shigena, M. K. and Hagen, T. M. (1993). Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. *P Natl Acad Sci USA.* 90: 7915-7922.

Anesini, C. and Perez, C. (1993). Screening of plants used in Argentine folk medicine for antimicrobial activity. *J Ethnopharmacol.* 39: 119-128.

Bartoli, C. G., Simontacchi, M., Montaldi, E. and Puntarolo, S. (1997). Oxidants and antioxidants during aging of chrysanthemum petals. *Plant Sci.* 129: 157-165.

Basker, D. (1989). A useful hedonic "smiley" scale. *J Test Eval.* 17: 307-309.

Borochoy, A., Halevy, A. H. and Shinitzky, M. (1982). Senescence and the fluidity of rose petal membranes. Relationship to phospholipids metabolism. *Plant Physiol.* 69: 296-299.

Bruckner, B. (2008). Consumer acceptance of fruit and vegetables: the role of flavour and other quality attributes. *In: Fruit and Vegetable Flavour.* Bruckner, B. and Wyllie, S.G., Woodhead Publishing. 10-17.

Buchanan-Wollaston, V., Earl, S., Harrison, E., Mathas, E., Navabpour, S., Page, T. and Pink, D. (2003). The molecular analysis of leaf senescence – a genomics approach. *Plant Biotechnol.* 1: 3-22.

Cai, Y. Z., Xing, J., Sun, M., Zhan, Z. Q. and Corke, H. (2005). Phenolic antioxidants (hydrolyzable tannins, flavonols, and anthocyanins) identified by LC-ESI MS and MALDI-QIT-TOF MS from *rosa chinensis* flowers. *J Agr Food Chem.* 53: 9940-9948.

Cara, B. and Giovannoni, J. J. (2008). Molecular biology of ethylene during tomato fruit development and maturation. *Plant Sci.* 175: 106-113.

Chague, V., Elad, Y., Barakat, R., Tudzynski, P. and Sharon, A. (2002). Ethylene biosynthesis in *Botrytis cinerea*. *FEMS Microbiol Ecol.* 40: 143-149.

- Chamani, E., Khalighi, A., Joyce, D. C., Irving, D. E., Zamani, Z. A., Y., M. and Kafi, M.** (2005). Ethylene and anti-ethylene treatment effects on cut 'First Red' rose. *J Appl Hort.* 7: 3-7.
- Cho, E. J., Yokozawa, T., Rhyu, D. Y., Kim, S. C., Shibahara, N. and Park, J.** (2003). Study on the inhibitory effects of Korean medicinal plants and their main compounds on the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. *Phytomedicine.* 10: 544-551.
- Choi, E. M. and Hwang, J. K.** (2003). Investigations of anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Piper cubeba*, *Physalis angulata* and *Rosa hybrida*. *J Ethnopharmacol.* 89: 171-175.
- Crespel, L., Chirollet, M., Durel, C. E., Zhang, D., Meynet, J. and Gudin, S.** (2002). Mapping of qualitative and quantitative phenotypic traits in *Rosa* using AFLP markers. *Theor Appl Genet.* 105: 1207-1214.
- Cutler, R. R.** (2003). Culinary uses and nutritional value. *In: Encyclopedia of Rose Science.* Roberts, A.V., Debener, T. and Gudin, S., San Diego, CA: Elsevier, Academic Press. 2 eds: 707-716.
- Davey, M., Van Montagu, M., Inze, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., Benzie, I. J. J., Strain, J. J., Favell, D. and Fletcher, J.** (2000). Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *J Sci Food Agr.* 80: 825-860.
- Davidovich-Rikanati, R., Shitrit, Y., Tadmor, Y., Iijima, Y., Bilenko, N., Bar, E., Carmona, B., Fallik, E., Dudai, N. and Simon, J. E.** (2007). Enrichment of tomato flavor by diversion of the early plastidial terpenoid pathway. *Nat Biotechnol.* 25: 899-901.
- Dinehart, M. E., Hayes, J. E., Bartoshuk, L. M., Lanier, S. L. and Duffy, V. B.** (2006). Bitter taste markers explain variability in vegetable sweetness, bitterness, and intake. *Physiol Behav.* 87: 304-313.
- Dragland, S., Senoo, H., Wake, K., Holte, K. and Blomhoff, R.** (2003). Several Culinary and Medicinal Herbs Are Important Sources of Dietary Antioxidants. *J Nutr.* 133: 1286-1290.
- Droby, S. and Lichter, A.** (2004). Post-harvest botrytis infection: etiology, development and management. *In: Botrytis: Biology, Pathology and Control.* Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P. and Delen, N., Kluwer Academic Publishers. 349-367.
- Eastwood, M. A.** (1999). Interaction of dietary antioxidants in vivo: how fruit and vegetables prevent disease? *QJM-INT J Med.* 92: 527-530.
- Elad, Y.** (1988). Involvement of ethylene in the disease caused by *Botrytis cinerea* on rose and carnation flowers and the possibility of control. *Ann Appl Biol.* 113: 589-598.
- Elad, Y. and Volpin, H.** (1991). Heat treatment for the control of rose and carnation greymould (*Botrytis cinerea*). *Plant Pathol.* 40: 278-286.

Elad, Y. (1992). The use of antioxidants (free radical scavengers) to control grey mould (*Botrytis cinerea*) and white mould (*Sclerotinia sclerotiorum*) in various crops. *Plant Pathol.* 141: 417-426.

Elad, Y. (1997). Responses of plants to infection by *Botrytis cinerea* and novel means involved in reducing their susceptibility to infection. *Biol Rev.* 72: 381-422.

Ercisli, S. (2005). Rose (*Rosa* spp.) Germplasm resources of Turkey. *Genet Resour Crop Ev.* 52: 787-795.

Evans, R. D. (1993). Flowers as food. *Small farm today.* 10: 18-21.

Faragher, J. D. and Mayak, S. (1984). Physiological responses of cut rose flowers to exposure to low temperature: changes in membrane permeability and ethylene production. *J Exp Bot.* 35: 965-974.

Faragher, J. D., Wachtel, E. and Mayak, S. (1987). Changes in the physical state of membrane lipids during senescence of rose petals. *Plant Physiol.* 83: 1037-1042.

Figueroa, I., Colinas, M. T., Mejia, J. and Ramirez, F. (2005). postharvest physiological changes in roses of different vase life. *Cienc Investig Agrar.* 32: 167-176.

Fraga, C. G., Shigenaga, M. K., Park, J. W., Degan, P. and Ames, B. N. (1990). Oxidative damage to DNA during aging: 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine in rat organ DNA and urine. *P Natl Acad Sci USA.* 87: 4533-4537.

Frankel, E. N. and Meyer, A. S. (2000). Review: The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. *J Sci Food Agr.* 80: 1925-1941.

Friedman, H., Rodov, V., Rot, I., Vinokur, Y., Goldman, G., Resnick, N., Hagiladi, A. and Umiel, N. (2005). *Tropaeolum majus* L. as edible flowers: growth and postharvest handling. *HortScience.* 19: 3-8.

Friedman, H., Rot, I., Agami, O., Vinokur, Y., Rodov, V., Dori, I., Ganot, L., Shmuel, D., Matan, E., Reznick, N. and Umiel, N. (2007). Edible flowers: new crops with potential health benefits. *Acta Hort.* 755: 283-289.

Friedman, H., Agami, O., Vinokur, Y., Droby, S., Cohen, L., Refaeli, G., Resnick, N. and Umiel, N. (2010). Characterization of yield, sensitivity to *Botrytis cinerea* and antioxidant content of several rose species suitable for edible flowers. *Sci Hort.* 123: 395-401.

Fuleki, T. and Francis, F. J. (1968). Quantitative methods for anthocyanins. 2. Determination of total anthocyanins and degradation index for cranberry juice. : *J Food Sci.* 33: 78-83.

Girard-Lagorce, S., Sarramon, C. and Renault, N. (2001). The book of roses. Paris: Flammarion – Pere Castor. 78-83.

- Gleason, M. L. and Helland, S. J.** (2003). Botrytis. *In: Roberts, A.V., Debner, T., Gudin, S. (Eds.), Encyclopedia of Rose Science.* Elsevier, Academic Press, San Diego, CA. 1: 144-148.
- Golias, J. and Kobza, F.** (2002). Ethanol content in cut roses at low oxygen atmosphere storage. *Hortic Sci.* 4: 148-152.
- Halevy, A. H. and Mayak, S.** (1981). Senescence and postharvest physiology of cut flowers, Part 2. *Hortic Rev.* 3: 59-143.
- Hammer, P. and Evensen, K.** (1994). Differences between rose cultivars in susceptibility to infection by *Botrytis cinerea*. *Phytopathology.* 84: 1305-1312.
- Hammer, P. E., Yang, S. F., Reid, M. S. and Marois, J. J.** (1990). Postharvest control of *Botrytis cinerea* infections on cut roses using fungistatic storage. *J Am Soc Hortic Sci.* 115: 102-107.
- Harker, F. R. and Johnston, J. W.** (2008). Importance of texture in fruit and its interaction with flavour. *In: Fruit and Vegetable Flavour.* Bruckner, B. and Wyllie, S. G., Woodhead Publishing. 132-140.
- Hassimotto, N. M. A., Genovese, M. I. and Lajolo, F. M.** (2005). Antioxidant Activity of Dietary Fruits, Vegetables, and Commercial Frozen Fruit Pulps. *J Agric Food Chem.* 53: 2928-2935.
- Hertog, M. G. L., Feskens, E. J. M., Hollman, P. C. H., Katan, M. B. and Kromhout, D.** (1993). Dietary antioxidant flavonoids and the risk of coronary heart disease. The Zutphen Elderly Study. 342: 1007-1011.
- Hoberg, E., Ulrich, D., Schulz, H., Tuvia-Alkali, S. and Fallik, E.** (2003). Sensory and quality analysis of different melon cultivars after prolonged storage. *Nahrung/Food.* 47: 320-324.
- Hoch, W. A., Singaas, E. L. and McCown, B. H.** (2003). Resorption protection. Anthocyanins facilitate nutrient recovery in autumn by shielding leaves from potentially damaging light levels. *Plant Physiol.* 133: 1296-1305.
- Hossain, A., Amru, N. B. and Nonnaniza, O.** (2007). Postharvest quality, vase life and photosynthetic yield (chlorophyll fluorescence) of Bougainvillea flower by applying ethanol. *Austr J Basic Appl Sci.* 1: 733-740.
- Huang, D., Ou, B. and Prior, R. L.** (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J Agr Food Chem.* 53: 1841-1856.
- Ichimura, K., Kawabata, Y., Kishimoto, M., Goto, R. and Yamada, K.** (2002). Variation with the cultivar in the vase life of cut rose flowers. *B Natl Inst Flor Sci* 2: 9-20.
- Jones, B. L. and Porter, J. W. i. V.** (1984). Biosynthesis of carotenes in higher plants. *CRC Cr Rev Plant Sci.* 3: 295-324.

- Jones, M. G.** (2008). Formation of vegetable flavour. *In: Fruit and Vegetable Flavour*. Bruckner, B. and Wyllie, S.G. Woodhead Publishing. 71-97.
- Kars, I. and van Kan, J.** (2004). Extracellular enzymes and metabolites involved in pathogenesis of Botrytis. *In: Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P. and Delen, N., Kluwer Academic Publishers. 99-118.
- Kays, S. J.** (1991). Postharvest physiology of perishable plant products. Van Nostrand Reinhold, New York. 187-192.
- Keli, S. O., Hertog, M. G. L., Feskens, E. J. M. and Kromhout, D.** (1996). Dietary flavonoids, antioxidant vitamins, and incidence of stroke. *Arch Intern Med*. 154: 637-642.
- Kelley, K. M., Behe, B. K., Biernbaum, J. A. and Poff, K. L.** (2001). Consumer and professional chef perceptions of three edible-flower species. *Hortic Sci*. 36: 162-166.
- Kelley, K. M., Behe, B. K., Biernbaum, J. A. and Poff, K. L.** (2002). Consumer purchase and use of edible flowers: results of three studies. *Hortic Technol*. 12: 282-287.
- Kiritikar, K. R. and Basu, B. D.** (1987). Indian medicinal plants. *In: International book distribution*. Blatter, E., Caius, J. F. and Mhaskar, K. S. 2 eds: 980.
- Knekt, P., Jarvinen, R., Reunanen, A. and Maatela, J.** (1996). Flavonoid intake and coronary mortality in Finland: a cohort study. *Brit Med J*. 312: 478-481.
- Knekt, P., Jarvinen, R., Seppanen, R., Hellevoora, M., Teppo, L., Pukkala, E. and Aromaa, A.** (1997). Dietary flavonoids and the risk of lung cancer and other malignant neoplasms. *Am J Epidemiol*. 146: 223-230.
- Kosztolnyik, L.** (1996). Selling edible flowers. *Nat Food Mercha*. 17: 74.
- Kratz, J. M., Andrighetti-Fröhner, C. R., Leal, P. C., Nunes, R. J., Yunes, R. A., Trybala, E., Bergström, T., Barardi, C. R. and Simões, C. M.** (2008). Evaluation of anti-HSV-2 activity of gallic acid and pentyl gallate. *Biol Pharm Bull*. 31: 903-907.
- Kuiper, D., Ribot, S., van Reenen, H. S. and Marissen, N.** (1995). The effect of sucrose on the flower bud opening of Madelon cut roses. *Sci Hortic*. 60: 325-336.
- Kumar, N., Srivastava, G. C. and Dixit, K.** (2008). Flower bud opening and senescence in roses (*Rosa hybrida* L.). *Plant Growth Regul*. 55: 81-99.
- Laloi, C., Apel, K. and Danon, A.** (2004). Reactive oxygen signaling: the latest news. *Curr Opin Plant Biol*. 7: 323-328.
- Lawless, H. T. and Heymann, H.** (1998). Sensory evaluation of food: principles and practices: 1-27.

- Li, L., Ng, T. B., Gao, W., Li, W., Fu, M., Niu, S. M., Zhao, L., Chen, R. R. and Liu, F.** (2005). Antioxidant activity of gallic acid from rose flowers in senescence accelerated mice. *Life Sci.* 77: 230-240.
- Mahmood, N., Piacente, S., Pizza, C., Burke, A., Khan, A. I. and Hay, A. J.** (1996). The anti-HIV activity and mechanisms of action of pure compounds isolated from *Rosa damascena*. *Biochem Bioph Res Co.* 229: 73-79.
- Mansfield, J. W. and Huston, R. A.** (1980). Microscopical studies on fungal development and host responses in broad bean and tulip leaves inoculated with five species of botrytis. *Physiol Plant Pathol.* 17: 131-144.
- Marissen, N. and La Brijn, L.** (1995). Source-sink relations in cut roses during vase life. *Acta Hortic.* 405: 81-88.
- Marissen, N.** (2001). Effects of pre-harvest light intensity and temperature on carbohydrate levels and vase life of cut roses. *Acta Hortic.* 543: 331-343.
- Mittler, R.** (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci.* 7: 405-410.
- Muller, R., Stummann, B. M. and Serek, M.** (2000). Characterization of an ethylene receptor family with differential expression in rose (*Rosa hybrida* L.) flowers. *Plant Cell Rep.* 19: 1232-1239.
- Muller, R., Owen, C. A., Xue, Z. T., Welander, M. and Stummann, B. M.** (2002). Characterization of two CTR-like protein kinases in *Rosa hybrida* and their expression during flower senescence and in response to ethylene. *J Exp Botany.* 53: 1223-1225.
- Noctor, G. and Foyer, C. H.** (1998). Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control, 49, pp. 249-279: *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.*
- Panavas, T. and Rubinstein, B.** (1998). Oxidative events during programmed cell death of daylily (*Hemerocallis* hybrid) petals. *Plant Sci.* 133: 125-138.
- Pico, B. and Nuez, F.** (2000). Minor crops of Mesoamerica in early sources (I). Leafy vegetables. *Genetic Resou Crop E47:* 527-540.
- Podd, L. A. and Staden, J. V.** (2004). The role of ethanol and acetaldehyde in flower senescence and fruit ripening. *J Plant Growth Regul.* 26: 183-189.
- Reid, M. S. and Wu, M. J.** (1992). Ethylene and flower senescence. *J Plant Growth Regul.* 11: 37-43.
- Rolland, F. and Sheen, J.** (2005). Sugar sensing and signalling networks in plants. *Biochem Soc T.* 33: 269-271.
- Rubinstein, B.** (2000). Regulation of cell death in flower petals. *Plant Mol Biol.* 44: 303-318.s




- Rudnicki, R. M., Goszczynska, D. and Nowak, J.** (1986). Storage of cut flowers. *Acta Hort.* 181: 285-291.
- Scalbert, A., Manach, C., Morand, C. and Remesy, C.** (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *CRC Cr Rev Food Sci.* 45: 287-306.
- Serek, M., Sisler, E. C. and Reid, M. S.** (1995). Effects of 1-MCP on the vase life and ethylene response of cut flowers. *J Plant Growth Regul.* 16: 93-97.
- Shalit, M., Guterman, I., Volpin, H., Bar, E., Tamari, T., Menda, N., Adam, Z., Zamir, D., Vainstein, A., Weiss, D. et al.** (2003). Volatile ester formation in roses. Identification of an acetyl-coenzyme A. Geraniol/citronellol acetyltransferase in developing rose petals. *Plant Physiol.* 131: 1868-1876.
- Shaul, O., Elad, Y. and Zieslin, N.** (1995). Suppression of botrytis blight disease of rose flowers with gibberellic acid: effect of concentration and mode of application. *Postharvest Biol Tec.* 6: 321-330.
- Simic, M. G.** (1988). Mechanisms of inhibition of free-radical processes in mutagenesis and carcinogenesis. *Mutat Res.* 202: 377-386.
- Sisler, E. C., Serek, M., Roh, K. A. and Goren, R.** (2001). The effect of chemical structure on the antagonism by cyclopropenes of ethylene responses in banana. *Plant Growth Regul.* 33: 107-110.
- Smillie, R. M. and Hetherington, S. E.** (1999). Photoabatement by anthocyanin shields photosynthetic systems from light stress. *Photosynthetica.* 36: 451-463.
- Taira, S.** (1996). Astringency in persimmon. *In: Modern Methods Plant Analysis, Fruit Analysis.* Linskens, H. F. and Jackson, J. F. eds. Springer-Verlag, Berlin. 18: 97-110.
- Tenberge, K. B.** (2004). Morphology and Cellular Organisation in Botrytis Interactions with Plants. *In: Botrytis: Biology, Pathology and Control.* Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P. and Delen, N., Kluwer Academic Publishers. 67-84.
- Thompson, J. K., Legge, R. L. and Barber, R. L.** (1987). The role of free radicals in senescence and wounding. *New Phytol.* 105: 317-334.
- Tian, S. P. and Bertolini, P.** (1995). Effects of low temperature on mycelial growth and spore germination of *Botrytis allii* in culture and on its pathogenicity to stored garlic bulbs. *Plant Pathol.* 44: 1008-1015.
- van Doorn, W. G. and van Meeteren, U.** (2003). Flower opening and closure: a review. *J Exp Bot.* 54: 1801-1812.
- van Doorn, W. G.** (2004). Is petal senescence due to sugar starvation? *Plant Physiol.* 134: 35-42.
- van Doorn, W. G. and Woltering, E. J.** (2008). Physiology and molecular biology of petal senescence. *J Exp Bot.* 59: 453-480.

- VanderJagt, T. J., Ghattas, R., VanderJagt, D. J., Crossey, M. and Glew, R. H.** (2002). Comparison of the total antioxidant content of 30 widely used medicinal plants of New Mexico. *Life Sci.* 70: 1035-1040.
- Vinokur, Y., Rodov, V., Reznick, N., Goldman, G., Horev, B., Umiel, N. and Friedman, H.** (2006). Rose petal tea as an antioxidant rich beverage: cultivar effects. *J Food Sci.* 71: 42-47.
- Wang, C. C., Chu, C. Y., Chu, K. O., Choy, K. W., Khaw, K. S., Rogers, M. S. and Pang, C. P.** (2004). Trolox-equivalent antioxidant capacity assay versus oxygen radical absorbance capacity assay in plasma. *Clin Chem.* 50: 952-954.
- Watanabe, N. and Lam, E.** (2006). Arabidopsis Bax inhibitor-1 functions as an attenuator of biotic and abiotic types of cell death. *Plant J.* 45: 884-894.
- Weiss, E. A.** (1997). Rosaceae. *In: Essential oil crops.* Wallingford, Oxon. CABI Publishing. 393-416.
- Winkel-Shirley, B.** (2001). Flavonoid Biosynthesis. A Colorful Model for Genetics, Biochemistry, Cell Biology, and Biotechnology. *Plant Physiol.* 126: 485-493.
- Woo, H. R., Chung, K. M., Park, J. H., Oh, S. A., Ahn, T., Hong, S. H., Jang, S. K. and Nam, H. G.** (2001). ORE9, an F-Box protein that regulates leaf senescence in Arabidopsis. *Plant Cell.* 13: 1779-1790.
- Woo, H. R., Goh, C. H., Park, J. H., de la Serve, B. T., Kim, J. H., Park, Y. I. and Nam, H. G.** (2002). Extended leaf longevity in the ore4-1 mutant of Arabidopsis with a reduced expression of a plastid ribosomal protein gene. *Plant J.* 31: 331-340.
- Zhang, P. G., Sutton, J. C., Tan, W. and Hopkin, A. A.** (1996). *Gliocladium roseum* reduces physiological changes associates with infection of black spruce seedlings by *Botrytis cinerea*. *Can J Plant Pathol, Guelph.* 18:7-13.
- Zheng, Y., Wang, C. Y., Wang, S. Y. and Zheng, W.** (2003). Effect of high-oxygen atmospheres on blueberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity. *J Agr Food Chem.* 51: 7162-7169.
- Zieslin, N. and Moe, R.** (1985). Rosa. *In: Handbook of Flowering.* Halevy, A. H. ed, CRC Press, Florida. 214-225.
- Zieslin, N.** (1989). Postharvest control of vase life and senescence of rose flowers. *Acta Hort.* 261: 257-264.
- Zuker, A., Tzfira, T. and Vainstein, A.** (1998). Genetic engineering for cut-flower improvement. *Biotechnol Adv.* 16: 33-79.

8. נספחים

8.1. נספח מס' 1: הצגת הורדים

(<http://www.vradim.com> המידע נלקח מאתר הבית של משתלת קרן צור)

תמונה	צבע	שם קיצור	זן בעברית	זן	קבוצה	
	ורוד כתום צהוב	Amadeus	"אמדאוס"	Amadeus(Baramad)	כלאי תה	.1
	אדום לבן	Atara	"עטרה"	Atara	כלאי תה	.2
	ורוד כהה שוליים בהירים	BR	"ברון רוטשילד"	Baronne Rothschild	כלאי תה	.3
	כתום משמש מעורב	BL	"בית לחם"	Beit Lechem	כלאי תה	.4
	סגול	BM	"בלו מון"	Blue Moon	כלאי תה	.5
	כתום משמש	Brandy	"ברנדי"	Brandy	כלאי תה	.6
	סגול כהה	CDG	"שארל דה גול"	Charles De Gaulle	כלאי תה	.7
	אדום עמוק	CI	"קרייזלר אימפריאל"	Chrysler Imperial	כלאי תה	.8
	ורוד בהיר שוליים לבנים	ES	"אינגליש סשה"	English Sachet	ורדים אנגליים	.9

	ורוד בהיר	Eterna	"אטרנה"	Eterna	כלאי תה	.10
	צהוב	GC	"גולדן סלבריישן"	Golden Celebration	ורדים אנגליים	.11
	כתום סלמון	Harmonie	"הרמוניה"	Harmonie	כלאי תה	.12
	כתום משמש	JJ	"ג'סט ג'וי"	Just Joey	כלאי תה	.13
	לבן	KZ	"קתרין ציימנט"	Katharina Zeimet	ננסיים	.14
	צהוב	Mabella	"מבלה"	Mabella	כלאי תה	.15
	ורוד כהה	MC	"מאריה קאלאס"	Maria Callas	כלאי תה	.16
	ורוד לבן	Maxim	"מקסים"	Maxim	כלאי תה	.17
	לבן	MS	"מאוונט שסטה"	Mount Shasta	כלאי תה	.18
	אדום שחור	NT	"נייט טיים"	Night Time	כלאי תה	.19

	אדום כהה, בורדו	Oklahoma	"אוקלהומה"	Oklahoma	כלאי תה	.20
	ורוד כהה	Parole	"פרולה"	Parole	כלאי תה	.21
	כתום נחושת	PA	"פט אוסטין"	Pat Austin	ורדים אנגליים	.22
	ורוד בינוני	QE	"קווין אליזבת"	Queen Elizabeth	כלאי תה	.23
	ורוד	ROD	"רוזה דמסקינה"	Rosa Damascena	ורדים אנגליים	.24
	אדום בינוני	RED	"רד דביל"	Red Devil	כלאי תה	.25
	אדום אש	SF	"סן פרנציסקו"	San Francisco	כלאי תה	.26
	ורוד מעורב	Secret	"סקרט"	Secret	כלאי תה	.27
	ורוד בינוני	SS	"סוויט סורנדר"	Sweet Surrender	כלאי תה	.28
	ורוד בהיר	Terier	"טרייר 2000"	Terier 2000	פלוריבונדה	.29

8.2. נספח מס' 2: טופס טעימה

דף להערכת הטעם והריח של תוצרת טרייה – ורדים (ימולא לכל טיפול/זן בנפרד)

שם המוצר _____ תנאי אחסנה _____

מספר דוגמה 1_ _____ שם הטועם _____ תאריך בדיקה _____

חלש

									כללי
									בושם
									לימוני
									ירוק- עשבי
									מתוק

ריח כללי- ההתרשמות הראשונה כשמרימים את המכסה- של ריח חזק, חלש

ריח ירוק- כמו לאחר כיסוח דשא

									מתוק
									חמוץ
									עפיץ
									ירוק- עשבי
									מר

קל ללעיסה

									מרקם
--	--	--	--	--	--	--	--	--	------

חלש

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

הערכה כללית: טוב מאוד = 5; טוב = 4; ביניים = 3; רע = 2; גרוע = 1

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

הערות כלליות _____

8.3. נספח מס' 3: מתכון לריבת ורדים

1/2 ק"ג עלי כותרת שטופים ומיובשים

2 ק"ג סוכר

2 כוסות מים

מיץ מ-1/2 לימון

1 כפית ג'לי מומס (למי שאוהב ריבות סמיכות)

מערבבים את עלי הכותרת עם 1/2 ק"ג סוכר ומשאירים בכלי מכוסה ליום אחד, מנערים מספר פעמים ביום.

מעבירים את התערובת לסיר עם שארית הסוכר ומוסיפים את המים (והג'לי).

מבשלים על אש קטנה עד שהסוכר נמס כולו, מגבירים את האש ומרתיחים במשך 10 דקות או עד שמקבלים עיסה נוזלית סמיכה.

Antioxidants levels are an important indicator for nutritional value and it is an important parameter for development of a new fresh crop. In this study it was found that the levels of hydrophilic antioxidants of the various species are several times higher than in different fruits and vegetables (including red pepper and plum). In this study we detected different levels of antioxidants among the various rose cultivars. By those levels, the roses were gathered to three groups.

In order to succeed with rose marketing as an edible flower, the roses must be palatable. Taste tests were performed based on hedonic scale. The tests were conducted by ten tasters. Only few cultivars excelled in more than one criteria. "Secret", and "Eterna" Were found to be the most palatable. In addition "Secret" was highly graded in all other criteria as well.

Based on, shelf life, susceptibility to *Botrytis cinerea*, the content of antioxidants and characteristics of taste and smell, the preferred cultivars were: "Eterna", "Red devil", "San Francisco", "Rosa Damascena", "Beit Lehem," "Amadeus," "Night Time", "Secret" "Baron Rothschild" and "Maxim". In the future there is a need to set standards to evaluate senescence. In addition, the sensitivity to botrytis, taste and antioxidant content should be examined during different seasons. This work paved the way for further research, in order to market roses as innovative and healthy functional food, to consumers all over the world.

Abstract

Flowers were used as food for thousands of years, and interest in them is growing in the western world, where there is a continuous search for culinary innovations. Edible flowers offer special taste and color and therefore there can satisfy the desire for innovations. Edible flowers are already found at restaurants in salad, soup or drinks as a colorful decoration or supplement, and there is a growing interest from individuals.

Roses are one kind of the many edible flowers, till nowadays it mainly consumed in many cultures as tea, flavors (rose water) and medicinal herbs. Those qualities plus their variety of scents and colors, makes the rose flowers as excellent candidates for functional food, which is consumed fresh. One of the most prominent disadvantages of roses as a fresh food is that their petals are usually difficult to chew, as well as their taste is usually astringent and bitter, features which are not suitable for food. Initial work exhibited a large group of roses (24 species), characterize by a chewable texture and not too bitter nor astringent.

The initial objective of this study was to characterize the different rose species and examine the possibility of marketing them as functional food. Features examined for some of the rose flowers were: shelf life, susceptibility to *Botrytis cinerea*, the content of antioxidants and characteristics of taste and smell.

Rose flowers represent a new product, as edible flowers. Therefore reliable indicators to assess shelf life do not exist. During this study, trying to find the optimal storage conditions, various measurements of senescence were tested: visual index (according to senescence index), relative weight loss, and ion leakage. Among the measurements done the CO₂ and Ethylene accumulation was determined during storage. The conclusions about preferred parameter of senescence are not yet formed, because no one parameter was found which was correlated to all the other parameters for all the cultivars. Shelf life depends also on the resistance to pathogens. The main pathogen attacking roses, after harvest, is *Botrytis cinerea* - the gray mold fungus. Infected roses exhibited necrosis, which spread as brown stains across the entire petal. The sensitivity of the various roses was examined, after artificial and due to natural infection, and classified according to their sensitivity. It was found that the most resistant species to the fungus are "San Francisco" and "Beit Lechem", followed by the species "English Sachet", "Red Devil" and "Eterna".

**Roses as a functional food: characterization of taste, shelf life,
sensitivity to *Botrytis cinerea* and antioxidant content**

**Thesis submitted to the Robert H. Smith Faculty of Agriculture,
Food and Environment, of the Hebrew University of Jerusalem,
for a degree of Master of Science in Agriculture**

**By
Orit Agami**

December 2010

Rehovot