

## חומרי בריאות בירקות ופירות טריים בערבה הדרומית

חמוטל בורוכוב-נאורי, סילבי יודנשטיין (לוי), אידה מילנז, תמרה ליבשיץ - מו"פ ערבה דרומית  
אילן שומר – מדעי המזון, מנהל המחקר החקלאי, מכון וולקני

### מבוא

התחרות הקשה על שוקי המערב מעמידה בספק את כדאיות ענף גידולי השדה בערבה הדרומית. על מנת להמשיך ולקיים גידול רווחי של פירות וירקות באזור יש להגדיל את האטרקטיביות שלהם לצרכנים פוטנציאלים. ניתן לרתום לצורך זה את הפופולריות הרבה לה זוכה כיום תפיסת "אורח החיים הבריא", בה אכילת פירות וירקות טריים תופסת מקום מרכזי. תרומתם של הפירות והירקות הטריים לבריאות היא בעיקר בשני תחומים: א. תזונה - ירקות ופירות טריים מהווים מקור טבעי לויטמינים, סיבים ושומנים "טובים" (סטרולים צמחיים ונגזרותיהם המסיסות, חומצות שומן בלתי רוויות) בנוסף להיותם מקור חשוב לחלבונים ופחמימות. ב. רפואה מונעת - פירות וירקות מסוימים מכילים ריכוזים משמעותיים של חומרי טבע צמחיים (פיטוכימיקלים) בעלי תרומה ייחודית לבריאות. ערכן הבריאותי של קבוצות פיטוכימיקלים שונות זוכה לאחרונה לביסוס מדעי במחקרים רבים: [Giovannucci et al, 1995, 2002; Arab and Steck, 2000; Rao and Agarwal, 2000; Dixon and Summer, 2003 (review)].

על סמך תוצאות המחקרים הכירו ה-FDA האמריקאי וה-ACSH (המועצה האמריקאית למדע ובריאות, The American Council on Science and Health) במספר חומרי טבע צמחיים כ"חומרי בריאות". הכרה זו הביאה להמלצות לציבור להרבות בצריכת פירות וירקות המכילים ריכוזים גבוהים יחסית של פיטוכימיקלים אלה. רשויות הבריאות האמריקאיות יצאו לאחרונה בהמלצה רשמית לאכול ירקות ופירות במגוון צבעים, כאשר הצבעים השונים מתייחסים לחומרי הטבע הצבעוניים הפעילים אשר תורמים להגנה בריאותית בסינרגיה עם מרכיבים נוספים (כמו ויטמינים, סיבים, מינרלים) הנמצאים באותם ירקות ופירות. מועצת הירקות בישראל אימצה אף היא גישה זו, ולאחרונה החלה, בשיתוף עם האגודה למלחמה בסרטן, לעודד אכילת ירקות במבחר צבעים.

קיים גידול ניכר בעולם המערבי בצריכת תוצרת חקלאית במסגרת רפואה מונעת, כמו למשל, מוצרי שיבולת שועל מלאה וחלבון סויה שנמצאו יעילים בהורדת רמת הכולסטרול בדם והפחתת הסיכון להתקף לב, מיץ רימונים המסייע לעיכוב טרשת העורקים ומחלות כרוניות נוספות, מיץ חמוציות המסייע בהפחתת הסיכון לדלקת בדרכי השתן וכן תה ירוק ועגבניות המסייעים בהפחתת הסיכון ללקות במספר סוגי סרטן. במקביל גוברת דרישת הצרכנים לציון תכולת הפיטוכימיקלים השונים על גבי אריזות של תוצרת חקלאית המקודמת בשוק כ"בריאה". תכולה גבוהה יחסית של "חומרי בריאות" בתוצרת חקלאית מהערבה הדרומית יכולה לשמש לקידום המכירות של הירקות, הפירות ומוצריהם הטריים, ובכך לאפשר את המשך הכדאיות הכלכלית של גידולם באזור זה. כמה מן הגידולים המקומיים ידועים כמכילים ריכוזים משמעותיים של "חומרי בריאות" נוגדי חמצון: 1. ויטמין A, ליקופן וקרוטנואידים אחרים – עגבנייה, פלפל, אבטיח, בטטה, מנגו, זני מילון כתומים, דלעת. 2. ויטמין C – פומלו, זני מילון שונים, פלפל, עגבנייה, תפוז"א. 3. פוליפנולים – ענבים, תמרים.

התכולה הטבעית של חומרים נוגדי חמצון בתוצרת החקלאית מושפעת מתנאי הגידול, כגון, משטר הגידול (Somers & Beeson, 1948; Lee & Kader, 2000), התנאים האקלימיים [בעיקר הקרינה והטמפרטורה הממוצעת (Klein & Perry, 1982; Havaux et al, 2000)] ועקות תזונה, יובש ומליחות

(Mittler, 2002; Munne-Bosch & Alegre, 2002; Collakova & DellaPenna, 2003). המחקרים דיווחו על עלייה בתכולת נוגדי החמצון בירקות ופירות עם התחזקות עצמת הקרינה ובתגובה למספר עקות. לכמה מהגידולים בערבה הדרומית ביקוש רב בשוק המוצרים הטריים והמיצים הטבעיים. שילוב של הניסיון המקצועי הרב של חקלאי האזור עם היתרון המקומי של עוצמת קרינה גבוהה וטמפרטורות נוחות במשך רוב חודשי השנה יאפשר קבלת תוצרת חקלאית עם ריכוז גבוה במיוחד של פיטוכימיקלים פעילים וערך שיווקי משופר בזכות הפוטנציאל הבריאותי הייחודי. הדו"ח מסכם מחקרים שהתבצעו במו"פ ערבה דרומית על חומרים נוגדי חמצון בפירות וירקות מגידול מקומי במהלך השנים 2003-2006. הדו"ח כולל תוצאות לימוד של מספר זני עגבניית "שריי", פלפל אדום מתוק, פיתאיה ותמרים. השפעת מליחות מי ההשקיה על תכולת נוגדי החמצון נבדקה לגבי עגבנייה.

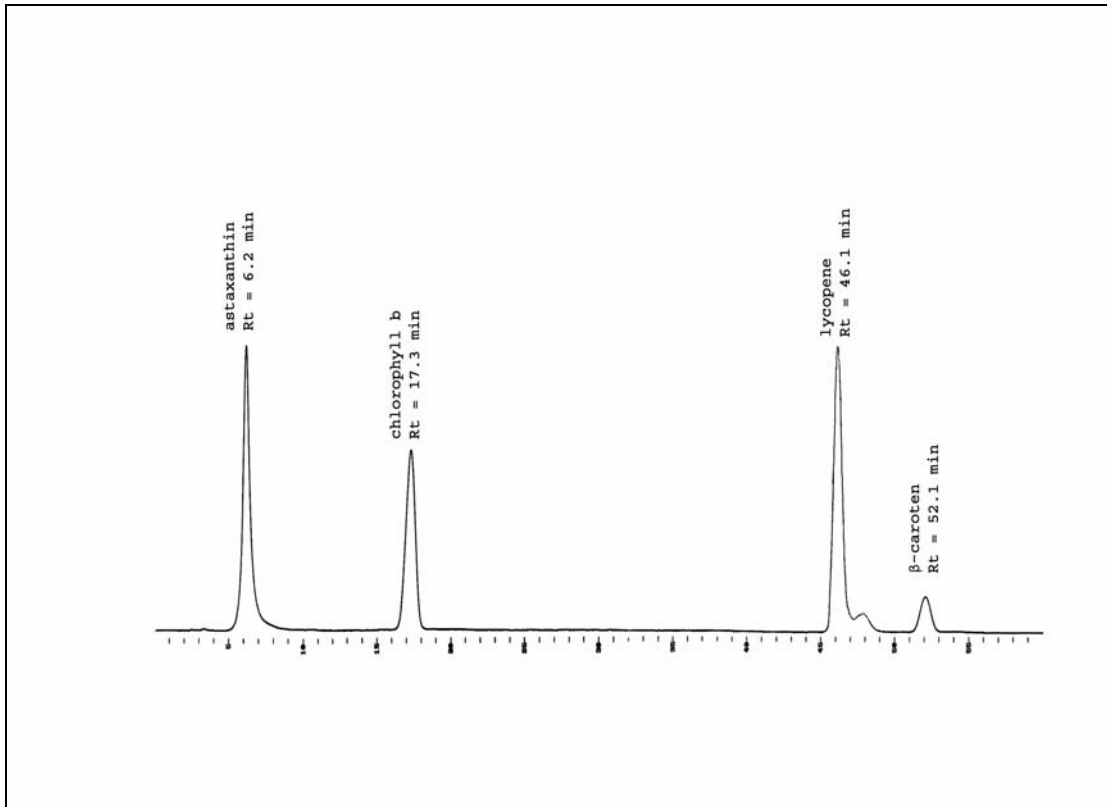
### שיטות וחומרים

פירות וירקות טריים מחוות הניסיונות של מו"פ ערבה דרומית ומגדלים מקומיים נבדקו תוך 24 שעות מקבלתם.

נבדקו מספר שיטות אנליטיות לקביעה כמותית של הקרוטנואידים (ליקופן,  $\beta$ -קרופן ואחרים) הנמצאים בפרקציה השומנית של הרקמה, ולמידת תכולת תרכובות פוליפנוליות ופעילות נוגדת חמצון במקטע המימי של הרקמה הצמחית. נבחרו השיטות שנמצאו המתאימות ביותר לתוצרת החקלאית המקומית ולתשתיות המעבדתיות במו"פ. נעשתה התאמה של שיטות ספקטרופוטומטריות והפרדה ב-HPLC למדדים הספציפיים של הגידולים המקומיים. **נוגדי חמצון שומניים: ליקופן וקרוטנואידים אחרים** – הליקופן הוא קרוטנואיד אדום עם פעילות אנטי-אוקסידטיבית גבוהה ותרומה פוטנציאלית לבריאות (Gerster, 1997). למיצוי הקרוטנואידים נבחרה שיטה המשתמשת בכמויות מופחתות של ממסים אורגניים (Fish et al, 2002). הרכב תמיסת המיצוי היה הקסן/אצטון/אתנול/מים (0.25/4.75/5/10) בתוספת BTH (butylated hydroxytoluene) 0.01% כחומר משמר. שלבי הכנת הדגימה נעשו בטמפרטורת החדר, באור עמום ובכלים כהים. הפיגמנטים התרכזו בפאזה הקסן, והמדידות בוצעו מיד עם הכנת המיצוי או לאחר שימורו ב-20°C.

קביעה ספקטרופוטומטרית - נמדדה הבליעה של מיצוי הליקופן באורך גל של 503 nm (אמנם הבליעה המקסימלית של ליקופן בהקסן היא באורך גל של 471 nm, אך על מנת להימנע מתרומה אפשרית של  $\beta$ -קרופן, נעשתה המדידה באורך גל ארוך יותר). לחישוב ריכוז הליקופן נלקח ערך של  $172,000 \text{ mole}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  כמקדם הבליעה ב-503 nm של ליקופן בהקסן ומשקל מולקולרי של 536.9. ריכוז כלל הקרוטנואידים נעשה באופן דומה מהבליעה באורך גל של 470 nm.

קביעה ב-HPLC – הגישה שננקטה מבוססת על זו המתוארת על ידי Yuan and Chen (1998). נעשה שימוש במערכת HPLC (Merk Hitachi, LaChrom) עם קולונה ראשית וקולונה הקדמית מהסוג (Merk) Licosphere 100 RP-18. בליעת הפיגמנטים באורך גל של 470 nm נמדדה באמצעות גלאי UV (Merk Hitachi, LaChrom). הפרדת הפיגמנטים נעשתה על ידי הרצה בגרדיאנט שכלל את תמיסה A, שהרכבה דיכלורומתן/מתנול/אצטוניטרייל/מים ביחסים נפחיים של 4.5: 5.5: 85: 5, ותמיסה B, שהרכבה דיכלורומתן/מתנול/אצטוניטרייל/מים ביחסים נפחיים של 4.5: 45.5: 28: 22, בתנאים הבאים: 15 ד' תמיסה A, 20 ד' תערובת של תמיסות A ו-B בנפחים שווים ו- 25 ד' תמיסה B. טמפרטורת הקולונה הייתה 25°C וקצב הזרימה 1 מ"ל/ד'. באיור מס. 1 מוצגת כרומטוגרמה של תערובת סטנדרטים שהוכנה מכמויות מדודות של  $\beta$ -קרופן, ליקופן, כלורופיל b ואסטקסנטין ושימשה לזיהוי וכימות קרוטנואידים במיצויים.



**איור מס. 1:** כרומטוגרמת HPLC של תערובת ידועה של קרוטנואידים נקיים. הפאזה הניידת הייתה גרדיאנט של תמיסה A, דיכלורומתן/מתנול/אצטוניטרייל/מים (4.5: 5.5: 85: 5, v/v), ותמיסה B, דיכלורומתן/מתנול/אצטוניטרייל/מים (4.5: 45.5: 28: 22, v/v), כמפורט להלן: 15 ד' תמיסה A, 20 ד' תערובת של A ו-B בנפחים שווים ו- 25 ד' תמיסה B. טמפרטורת הקולונה הייתה 25°C וקצב הזרימה - 1 מ"ל/ד'.

**נוגדי חמצון מסיסים- תרכובות פנוליות ופעילות נוגדת חמצון:** הרקמה או המיץ מוצו ב-

80% מתנול קר. מדידות בוצעו מיד עם הכנת המיצוי או לאחר שימורו ב-20°C. ריכוז כלל הפנולים המסיסים נקבע כמתואר על ידי (Singleton and Rosssi (1965), תוך שימוש בריאגנט Folin-Ciocalteu ומדידת הצפיפות האופטית ב- 765 nm בשלוש חזרות. פירוגלול או חומצה טאנית שימשו כסטנדרט וריכוז התרכובות הפנוליות המסיסות מבוטא ביחידות של ג' פירוגלול או טאנינים לק"ג חומר טרי.

פעילות נוגדת חמצון נמדדה בשיטת ה-FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) על

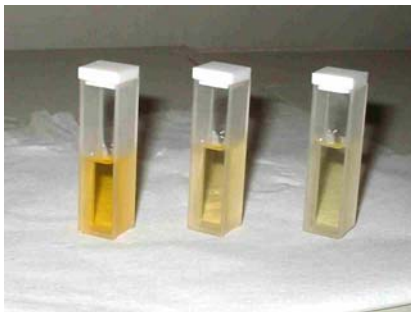
פי (Benzie and Straino (1996) בשלוש חזרות. השיטה מבוססת על חיזור  $Fe^{+3}$  ויצירת קומפלקס צבעוני. הצפיפות האופטית ב- 593 nm נמדדה כשוויטמין C משמש לגרף הכיול. הפעילות מבוטאת באקוויולנטים של פעילות ויטמין C בג' ל- 100 ג' חומר טרי.

## תוצאות

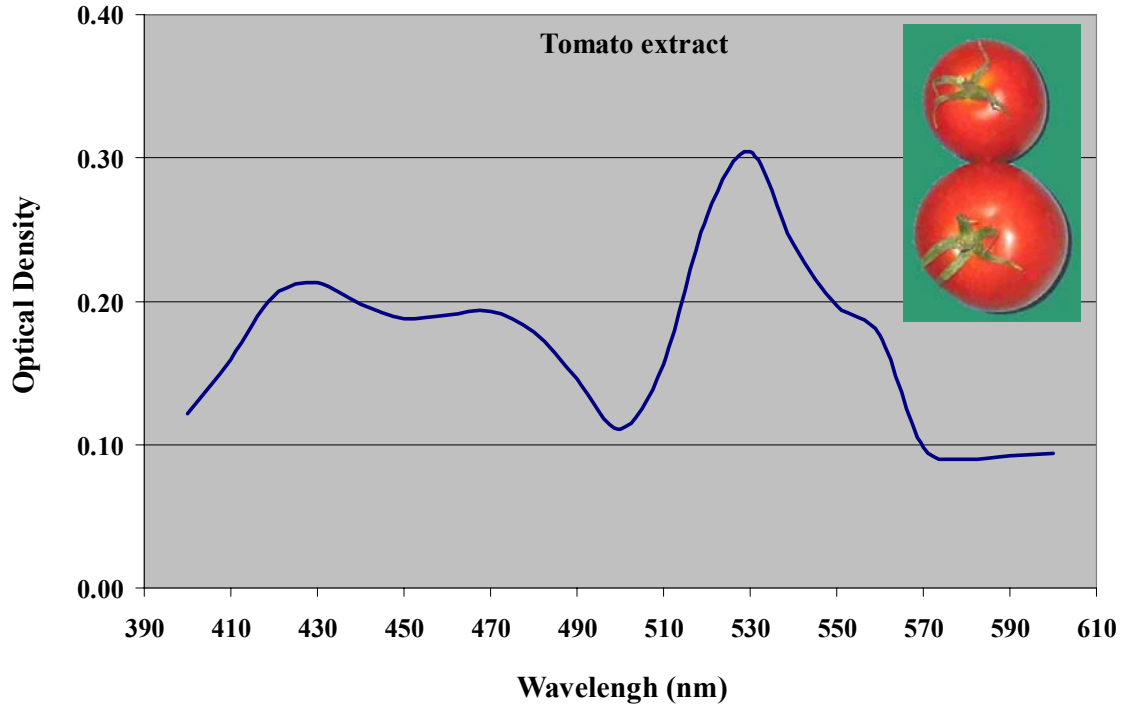
### עגבניית "שריי"

**תכולת ליקופן ופעילות נוגדת חמצון בעגבניות "שריי"- זנים ומליחות**

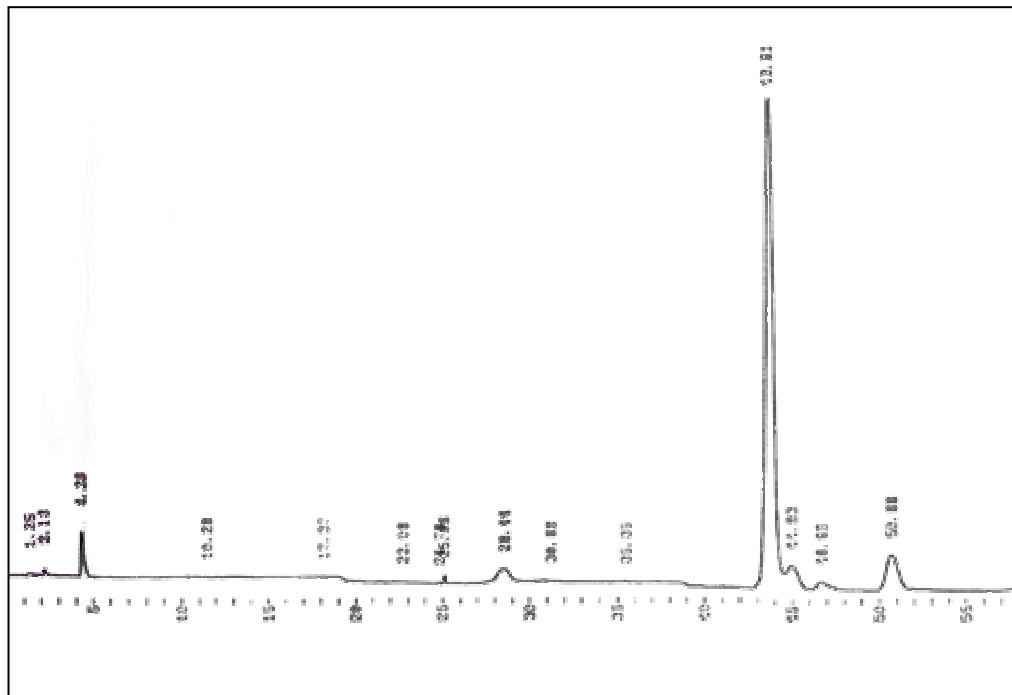
תכולת ליקופן (קרונואיד נוגד חמצון אדום) נמדדה כמותית בעגבניית "שריי" (זן 636, הזרע) מגידול בהדליה בחוות הניסיונות של המו"פ. כפי שניתן לראות מתמונה 1, עם האדמת הפרי עולה תכולת הליקופן עד ערך מקסימלי של כ- 59 מ"ג לק"ג חומר טרי. איורים 2 ו- 3 מציגים את ספקטרום הבליעה וכרומטוגרמת HPLC, בהתאמה, של מיצוי עגבנייה בשלה בהקסן.



**תמונה מס. 1:** תכולת הליקופן בעגבניות "שריי" (זן 636, הזרע) בשלבי הבשלה שונים. משמאל מוצגים המיצויים ההקסניים בקיווטות ששמשו לקביעה הספקטרופוטומטרית ולהרצה ב-HPLC.



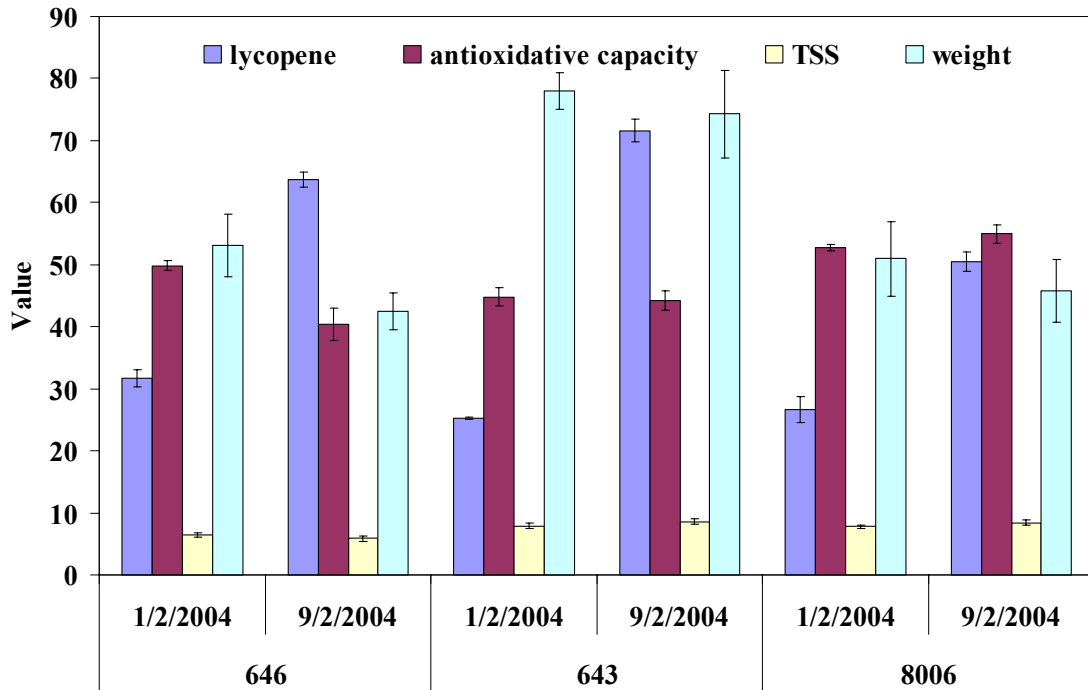
**איור מס. 2 :** ספקטרום הבליעה של מיצוי עגבניות "שריי" בשלות (זן 636, הזרע) בהקסן.



**איור מס. 3 :** כרומטוגרמת HPLC של מיצוי עגבניות "שריי" בשלות (זן 636, הזרע) בהקסן.

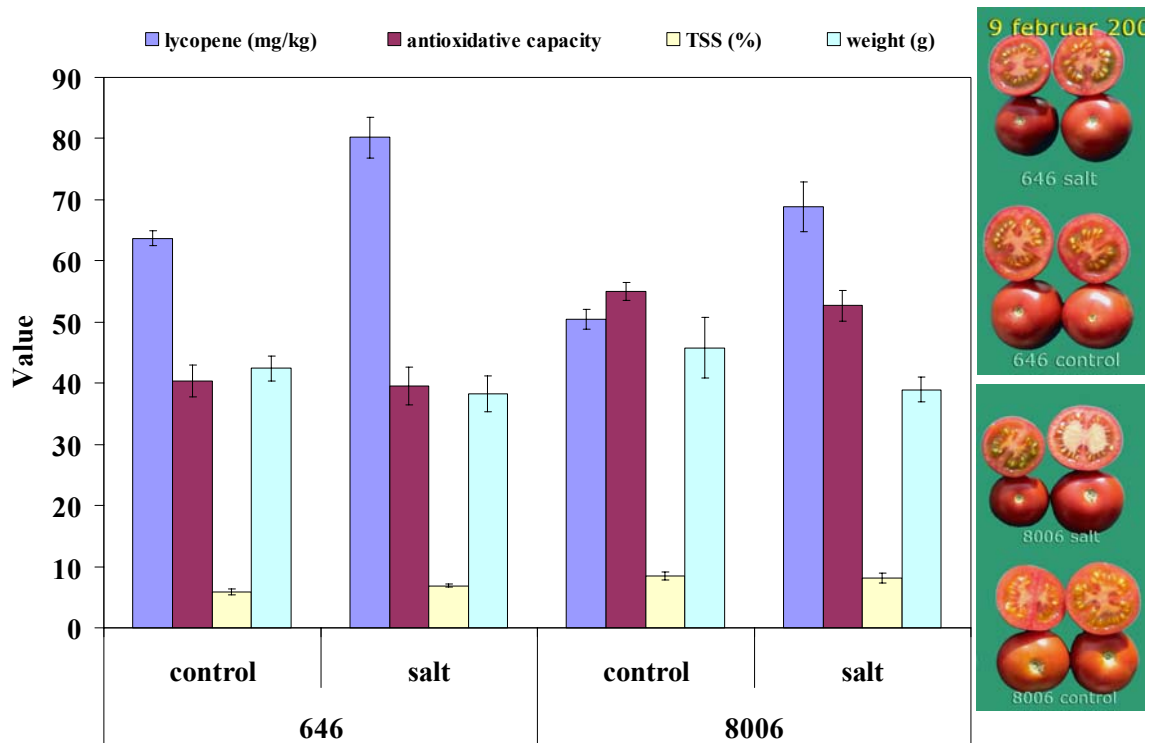
שלושה זנים נוספים של עגבניות "שריי" (643, 646 ו-8006, תרומתו הנדיבה של דר' אהוד קופלביץ) גודלו בהדלייה בחוות הניסיונות של המו"פ. בעגבניות בשלות ואדומות (דרגת צבע 12) נבדקו מספר מדדים: משקל הפרי, TSS, תכולת הליקופן ופעילות נוגדת חמצון מסיסה במים. הערכים בשני מועדי קטיף מוצגים באיור 4. תכולת הליקופן ליחידת משקל טרי של הפרי הגיעה

לערך הגבוה ביותר בזן 643 (כ- 70 מ"ג לק"ג חומר טרי). לא נראה שיש מתאם כלשהו בין תכולת הליקופן והפעילות האנטיאוקסידטיבית המסיסה (המתייחסת לויטמין C ופוליפנולים מסיסים).



**איור מס. 4:** מדדי פרי בשל ב- 3 זני עגבניית "שריי" בשני מועדי קטיף. הגידול נעשה בהדלייה בחוות הניסיונות של מו"פ ערבה דרומית.

ניתן היה להעלות את ריכוז הליקופן בעגבניות על ידי השקיה במים מליחים (איור 5). המוליכות החשמלית הייתה 3.5 ו- 5.0 דציסימן למ' בביקורת ובטיפול ההמלחה, בהתאמה. בשניים מהזנים, 646 ו- 8006, נמדדה עלייה משמעותית בתכולת הליקופן בטיפול ההמלחה, במיוחד בזן 646. מנגד, לא הייתה להמלחה השפעה ברורה על ה-TSS והפעילות הנוגדת חמצון המסיסה. משקל הפרי בטיפול ההמלחה היה קטן יותר.

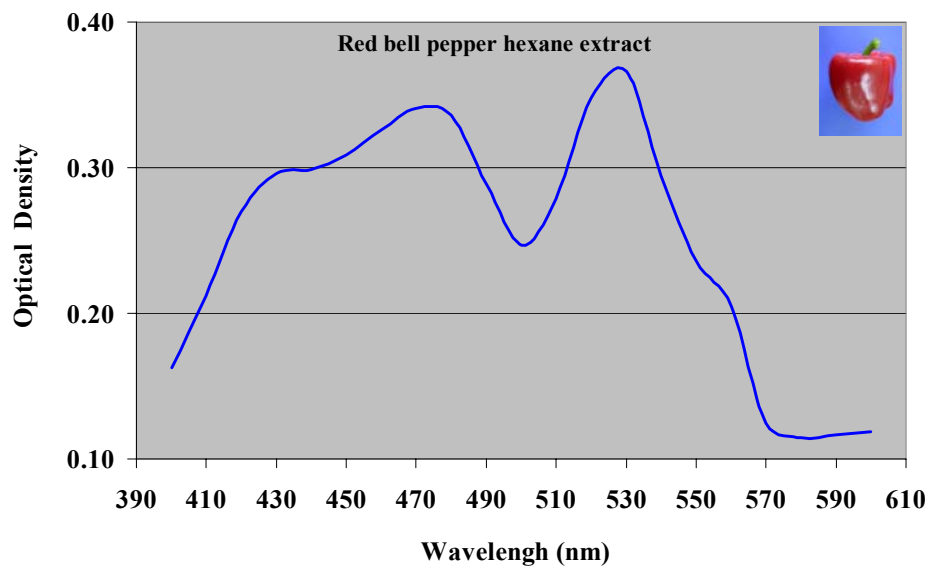


איור מס. 5 : השפעת ההשקיה במים מליחים על מדדי פרי בשני זני עגבניית "שריי" מהשקיה במי קו (control, EC3.5) ובמים מליחים (salt, EC5.0).

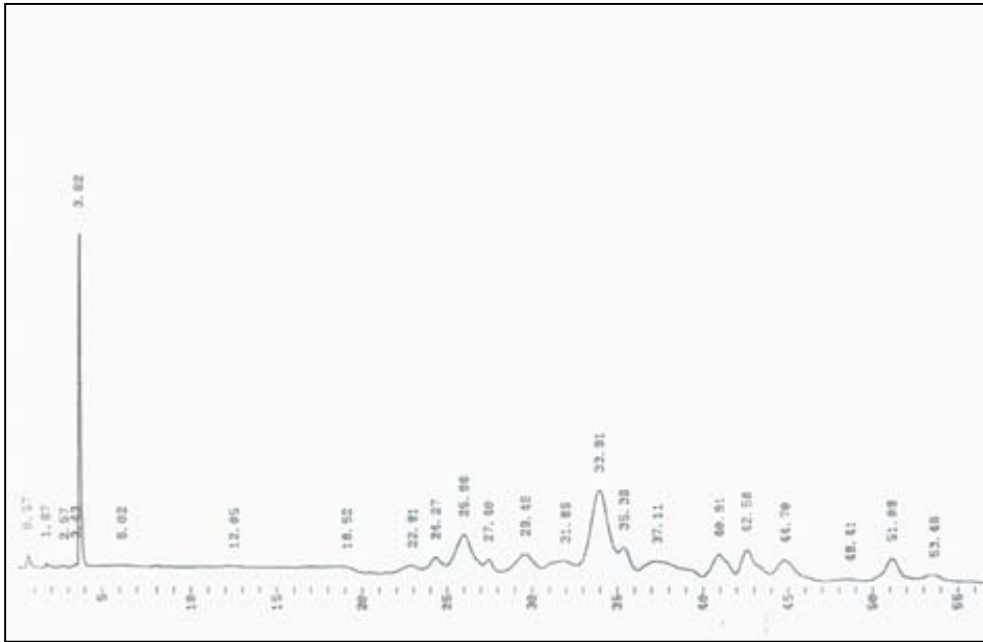
### פלפל אדום מתוק

#### תכולת קרוטנואידים ופעילות נוגדת חמצון בפלפל אדום מתוק

תכולת הקרוטנואידים (בעיקר  $\beta$ -קריפטוקסאנטין, נוגד חמצון כתום-אדום) נמדדה כמותית בפירות פלפל מין סליקה בגידול מקומי. איור 6 מציג את ספקטרום הבליעה של המיצוי בהקסן ובאיור 7 מוצגת הכרומטוגרמה של הרצת המיצוי ב-HPLC.



איור מס. 6 : ספקטרום הבליעה של מיצוי פלפל "סליקה" בהקסן.



**איור מס. 7:** כרומטוגרמת HPLC של מיצוי פלפל "סליקה" בהקסן.

טבלה 1 מסכמת את מדדי הפרי בשני מועדי קטיף בהפרש של כחודש ביניהם. תכולת הקרוטנואידים עולה בפרי מקטיף יוני לעומת הפרי מקטיף מאי. מנגד, הפעילות האנטי-אוקסידטיבית המסיסה, המתייחסת בעיקר לויטמין C ופוליפנולים מסיסים, פחותה במועד הקטיף המאוחר יותר. לא נמדד בפירות הבדל משמעותי ב-TSS וב-% המשקל היבש בין שני מועדי הקטיף.

**טבלה מס. 1:** מדדי פרי פלפל אדום מזן "סליקה" בשני מועדי קטיף.

מועד קטיף	קרוטנואידים (מ"ג/ק"ג)	פעילות נוגדת חמצון (מ"ג ויטמין C ל-100 ג')	TSS (%)	חומר יבש (%)
19/5	30±2	160±8	7.2±0.2	9.2±0.7
19/6	52±9	124±12	7.0±0.5	8.8±0.9



### פיתאיה

#### תכולת פוליפנולים ופעילות נוגדת חמצון בזני פיתאיה

בחלקת הפיתאיה של דר' איליין סולווי בקטורה מספר זנים השונים במופע החיצוני והפנימי של הפרי ובטעמו. טבלה 2 מסכמת מאפיינים כימיים של החלק האכיל בפרי משני טיפוסים מייצגים. תכולת הפוליפנולים המסיסים ורמת הפעילות האנטי אוקסידטיבית בפרי בעל הציפה הסגולה גבוהות בהרבה מאלה שנמדדו בפרי בעל הציפה הלבנה.



טבלה מס. 2: מאפייני החלק האכיל בפרי פיתאיה משני זני טיפוסים מייצגים.

pH	TSS (%)	פעילות נוגדת חמצון (מ"ג ויטמין C ל- 100 ג')	פוליפנולים (מ"ג פירוגלול/ק"ג)	זן
4.0±0.2	13.2±0.2	110±8	593±25	
4.9±0.1	15.4±0.5	13±4	172±19	

### תמרים

#### תכולת פוליפנולים ופעילות נוגדת חמצון בזני תמר

גידול מרכזי בערבה הדרומית הוא תמרים. שלושת הזנים העיקריים הם מג'הול, דקל-נור וברהי. פרי ברהי משווק כצהוב בעודו בוסר, ופרי מג'הול ודקל נור משווקים כפרי בשל במספר רמות לחות. טבלה 3 מציגה ערכים של תכולת פוליפנולים מסיסים ופעילות נוגדת חמצון בפירות מהזנים השונים ברמת הלחות וההבשלה המקובלות לשיווק. הערכים גבוהים יחסית אך בהיבטים הבריאותיים והתזונתיים יש להתחשב בתכולת הסוכרים הגבוהה (כ- 20% בברהי וכ- 60% במג'הול ודקל-נור).

טבלה מס. 3: תכולת פוליפנולים מסיסים ופעילות נוגדת חמצון בפרי ברהי, מג'הול ודקל-נור באיכות שיווקית.

פעילות נוגדת חמצון (מ"ג ויטמין C ל- 100 ג')	פוליפנולים (מ"ג טאנין/ק"ג)	תכולת מים (%)	זן
153±20	1,895±324	69±3	ברהי (צהוב)
124±10	1,678±125	21±1	דקל-נור (עסיסי)
90±20	1,983±298	23±2	מג'הול (עסיסי)

### סיכום

הדו"ח מסכם תוצאות של מדידות תכולת פיטוכימיקלים נוגדי חמצון ופעילותם בכמה פירות וירקות מסל התוצרת החקלאית של הערבה הדרומית: עגבניית "שריי", פלפל אדום מתוק, פיתאיה ותמרים. הערכים שהתקבלו משקפים תכולה גבוהה יחסית של "חומרי בריאות" בתוצרת

החקלאית מהערבה הדרומית; האחרונה יכולה לשמש לקידום המכירות של הירקות, הפירות ומוצריהם הטריים. מן המחקר עולה שעל ידי מבחן זנים והתאמת ממשק הגידול ניתן לקבל תוצרת חקלאית עם ריכוז גבוה במיוחד של נוגדי חמצון. שילוב של הניסיון המקצועי הרב של חקלאי האזור עם היתרון המקומי של עוצמת קרינה גבוהה וטמפרטורות נוחות במשך רוב חודשי השנה יוכל לקדם את חקלאות האזור על ידי תוספת ערך שיווקי בזכות הפוטנציאל הבריאותי הייחודי של הפירות והירקות המקומיים.

## REFERENCES

- Arab, R and Steck, S (2000) Lycopene and cardiovascular disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 71: 1691S-1695S.
- Benzie, IFF and Straino, JJ (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239: 70-76.
- Collakova, E and DellaPenna, D (2003) The role of homogentisate phytyltransferase and other tocopherol pathway enzymes in the regulation of tocopherol synthesis during abiotic stress. *Plant Physiol.* 133: 930-940.
- Dixon, RA and Sumner, LY (2003) Legume natural products: Understanding and manipulating complex pathways for human and animal health. *Plant Physiol.* 131: 878-885.
- Fish, WW, Perkins-Veazie, P and Collins, JK (2002) A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *J. Food Comp. Anal.* 15:309-317.
- Gerster, H (1997) The potential role of lycopene for human health. *J. Am. College Nutr.* 16: 109-126.
- Giovanucci, E, Ascherio, A., Rimm, EB, Stampfer MJ and Willett, WC (1995) Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. *J. Natl Cancer Inst.* 87: 1767-1776.
- Giovanucci, E, Rimm, EB, Liu, Y and Stampfer MJ (2002) A prospective study of tomato products, lycopene, and prostate cancer risk. *J. Natl Cancer Inst.* 94: 391-398.
- Havaux, M, Bonfils, J, Lutz, C and Niyogi, K (2000) Photodamage of the photosynthetic apparatus and its dependence on the leaf development stage in the *npq1 Arabidopsis* mutant deficient in the xanthophyll cycle enzyme violaxanthin de-epoxidase. *Plant Physiol.* 124: 273-284.
- Klein, BP and Perry, AK (1982) Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United States. *J. Food Sci.* 47: 941-945.
- Lee, SK and Kader, AA (2000) Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biol. Tech.* 20: 207-220.
- Mittler, R (2002) Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *TIPS* 7: 405-410.
- Munne-Bosch, S and Alegre, L (2002) The function of tocopherols and tocotrienols in plants. *Crit. Rev. Plant Sci.* 21: 31-57.
- Rao, AVR and Agrawal, S (2000) Role of antioxidant lycopene in cancer and heart disease. *J. Am. Coll. Nutr.* 19: 563-569.

- Singleton, VL, Rossi, JA "Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents." Am. J. Enol. Vitic. 1965, 16: 144-158.
- Somers, GF and Beeson, KC (1948) The influence of climate and fertilizer practices upon the vitamin and mineral content of vegetables. Adv. Food Res. 1: 291-324.
- Yuan, J-P and Chen, F (1998) Chromatographic separation and purification of *trans*-astaxanthin from the extracts of *Haematococcus pluvialis*. J. Agric. Food Chem. 46: 3371-3375.