

דו"ח מדעי שנתי לתוכנית מדען מס' 10-0662-261

בנושא:

איכות הפרי וחומרי טבע בריאותיים בתות-שדה.

מאת:

אורטל פיניש^{1*}, עינת בר², שרה סלוצקי¹, זכריה תנעמי¹, מיכאל אבירם³, יעקב תדמור², אפרים לוינסון² וניר דאי¹

המחלקה לחקר ירקות, המכון למדעי הצמח¹ מרכז וולקני² נווה יער
(³ הפקולטה לרפואה של הטכניון, חיפה
* מלגאים לתואר שני בהדרכת דר' ניר דאי.

Strawberry fruit quality and phytochemicals beneficial to health.

By:

Ortal Finish^{1*}, Einat Bar², Sara Slotzky¹, Zecharia Tanami¹, Michael Aviram³, Yaakov
Tadmor², Efrim Lewinsohn² Nir Dai¹

Institutes of Plant Sciences, Agricultural Research Organization, ¹ Volcani Center, ² Neve Yaar 3) Rappaport Faculty of Medicine, Technion, Haifa

Nir Dai E-mail: nirdai@volcani.agri.gov.il

הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים

חתימת החוקר

תקציר

התות הישראלי כיום חשוף לתחרות קשה ביותר בשוקי היצוא עם מדינות אחרות במזה"ת. לפיכך, איכות התות הטרי ומיתוגו בשוקי אירופה יכולים להוות את היתרון היחסי היחיד לתות ישראלי. במחקר זה שהינו תשתיתי ברובו בדקנו בשנתיים האחרונות, בכ- 25 זנים וקווים, סדרה של מרכיבי איכות פרי שונים כולל חומרי ארומה וחומרי הטבע העשויים לתרום לערכו הבריאותי והשיווקי של התות. סריקה זו מאפשרת לעמוד את השונות הגנטית הקיימת בזני האוסף בתכולת המטבוליים השונים, שנבדקו, ככלי לטיפוח מושכל והעלאת תכולתם בזנים עתידיים. בדו"ח זה מוצגים תוצאות של פירות מעונות 2008/2009 ו 2009/2010. אחוזי ה-Brix, נעים בזנים בן 7.3% ל-11.2%, אך גבוהים מ 8.5% Brix ב- 87% מהזנים שנבדקו. חומציות הזנים (pH) נעה בין 3.2 ל 4.1 כאשר החומציות עולה בחורף בטמפ' קרות ונמוכה יותר החודשי הסתיו והאביב כתוצאה גם מקטיף של פרי בשל יותר בעונות אלו. תכולת ויטמין C, עם שונות של עד 50% בין הזנים, נמצאה גבוהה יותר בזנים המקומיים המותאמים לגידול בישראל לעומת הזנים מחו"ל. שונות ניכרת נמצאה גם בתכולת הפוליפנולים. כמויות ניכרות של ellagic acid ו catechin נמצאו בפירות ככלל ובזן הדיפלואידי YW בפרט. קורלציות יפות נמצאו בין כמויות של ח' אלגית לח' גאלית ו Catechin ובין כמויותיהם של Quercetin ו kempferol. בחומרים הנדיפים ישנם תוצאות יפות ואפשר כבר לראות הבדלים בין זנים ישראליים ליפניים ואירופאים. רמות גבוהות של DMF ו γ -decalacton תורמות באופן ניכר לטעם התות ומוערכות ע"י האדם. במניעת החמצון הכללית יש הפרש של 50% בלבד בין הקווים הגבוהים לנמוכים. גם במניעת חמצון LDL נמצאו זנים חזקים יותר. מניעת החמצון הכללית וזו של ה LDL נמצאו בקורלציה לרמת הפוליפנולים בפרי. קובץ נתונים שנבנה במחקר זה, שרק מקצתם מפורסם בדו"ח, ישמש אותנו למחקר וטיפוח בתות-שדה עוד הרבה שנים ובכיוונים שונים.

מבוא

התות הישראלי כיום חשוף לתחרות קשה ביותר בשוקי היצוא עם מדינות אחרות במזה"ת. חקלאי ישראל חייבים פרי איכותי ביותר כדי להתחרות בשכניהם על שוקי הפרימיום באירופה. בנוסף וללא סיבה מוצדקת ואמיתית מוקצה פרי תות-השדה בעיני הציבור הרחב ונחשב בדעת רבים כקופסת חומרי הדברה ורעלים הפוגעים קשה בבריאות האדם. כיום, לאחר הכנסת השימוש באויבים טבעיים בפרויקט ה "ביו-תות" וביקורת שאריות חומרי הדברה ביצוא וברשתות המזון בארץ, תות השדה בד"כ חופשי מרעלים ולהפך נחשב כאחד הפירות הבריאים לתזונת האדם. תות שדה מסנתז וצובר במהלך ההבשלה רמות ניכרות של חומרים מונעי חמצון. חומרי טבע אלו הם פוליפנולים, בעיקר פלבונולים (flavonols) ואנטוציאנינים (anthocyanins) מקבוצת הפלבנואידים, חומצה אלאגית (ellagic acid) וויטמין C. מחקרים אחדים בתות שדה הראו שהפעילות האנטי-חמצונית הגבוהה בפרי קשורה באופן ישיר לרמת התרכובות הפוליפנוליות בו ובעיקר לפיגמנטים האנטוציאנינים המקנים לפרי התות את צבעו האדום. זני התות השונים נבדלים ביניהם בתכולת הפלבנואידים, חומצה האלאגית וויטמין C. הקשר בין המטבוליטים השונים בתות-שדה לבריאות האדם נחקר במחקרים אחדים בשנים האחרונות. קבוצת חומרים נוספת המשפיעה על איכות התות היא קב' החומרים הנדיפים המקנה לתות את ניחוחו המיוחד. במחקר זה התמקדנו ב 15- 25 חומרי ארומה שהוגדרו כחומרי מפתח בקביעת ניחוח התות. דו"ח זה מסכם תוצאות אנליזה של שנתיים עוקבות בהם בדקנו את מרכיבי הפרי העיקריים מהקבוצות המוזכרות מעלה. הבדיקה נערכה על כ- 25 זנים המייצגים טיפוסים מאזורים שונים בעולם כולל אירופה, יפן, פלורידה, קליפורניה וזנים מקומיים. המטרה היתה, ללמוד את השונות הקיימת במטבוליטים שנבדקו בזנים השונים ולפתח כלים ומקורות טיפוחיים, שיעזרו לעלות את

רמת המרכיבים הרצויים בזנים ישראלים שיותאמו בנוסף לגידול בארץ. שילוב נכון של חומרי בריאות וטעם או העברת מטבוליט אטרקטיבי בודד עשויים לתרום לפיתוח מוצר ייחודי בעל ערך מוסף לחקלאי ישראל.

פירוט תוצאות המחקר

1. נתוני כמ"מ (%Brix) וחומציות

רמת הסוכר וחומציות הפרי הם ערכים ראשוניים חשובים הקובעים במידה רבה את טעמו ואיכותו. רמת הסוכר בפרי נמצאת בקורלציה גבוהה לכמ"מ ומסבירה כ 55%-45% מכלל המוצקים המסיסים. כדי לייצג את ממוצע הכמ"מ, דגמנו לאורך העונה במספר קטיפים רב ככל הניתן ומכל קטיפ רוסקו 5-10 פירות מייצגים. תוצאות ערכי הכמ"מ בעונת 2009 נמצאו גבוהים במקצת מהשנה העוקבת 2010 (טבלה 1). הדבר נובע מקטיפ שנעשה אחת לשבוע או שבועיים של פירות בשלים ואף בשלים ביתר ומידגם קטן יותר בשנה זו. אם זאת אפשר לראות בטבלה 1 הבדלים בכמ"מ בין מקורות הזנים, כך שזנים קליפורניים, למעט 621, נחותים עם כמ"מ סביבות 8, זנים ישראליים וזנים מפלורידה בעלי ערכים גבוהים בין 8.1 ל 11, זנים יפנים המתאפיינים ברמות כמ"מ וסוכר מהגבוהים שישנם, ובזנים האירופאים הניחנים בד"כ בכמ"מ בינוני עד גבוה אבל בארומה חזקה, ולכן טעימים.

טבלה 1) בדיקת כלל מוצקים מסיסים (TSS) בפירות בשלים של הזנים השונים. הממוצע מורכב מ 3-6 קטיפים לאורך עונת 2009 ו 4-8 קטיפים בעונת 2010.

| | 2009 | 2010 | | 2009 | 2010 | | 2009 | 2010 |
|--------------|----------|---------|------------------|----------|---------|----------------|----------|---------|
| | Brix | Brix | | Brix | Brix | | Brix | Brix |
| מס' הזן | ± Stdev | ± Stdev | מס' הזן | ± Stdev | ± Stdev | מס' הזן | ± Stdev | ± Stdev |
| ישראל | | | קליפורניה | | | פלורידה | | |
| 9 | 9.0±2.4 | 8.4±0.7 | 108 | 8.1±0.1 | 8.0±1.0 | 628 | 10.0±0.3 | --- |
| 51 | 9.8±1.7 | 9.6±1.0 | 205 | 8.6±0.3 | 8.5±0.4 | 629 | 11.0±0.2 | --- |
| 73 | 10.0±1.6 | 9.0±0.8 | 213 | 9.9±1.4 | 8.2±0.6 | 111 | 9.3±1.5 | --- |
| 81 | 9.3±1.1 | 9.5±0.9 | 214 | 7.3±0.1 | --- | 701 | 9.8±1.4 | 8.1±1.0 |
| 107 | 9.3±0.8 | 9.0±0.9 | 621 | 10.9±0.6 | --- | 730 | 9.8±1.1 | --- |
| 156 | 9.3±0.4 | 8.9±1.0 | 627 | 8.4±1.6 | 7.9±0.7 | אירופה | | |
| 328 | 9.6±2.0 | 8.8±1.4 | 704 | 8.0±0.5 | --- | 646 | 9.5±1.2 | 9.7±0.3 |
| 177 | 10.4±1.9 | 8.8±1.1 | יפן | | | 649 | 8.8±0.1 | 8.8±1.1 |
| 196 | 10.1±1.2 | 8.6±1.0 | 636 | 11.2±1.2 | 9.3 | 651 | 9.1±1.0 | 8.2±1.5 |
| 492 | 9.8±0.3 | --- | 637 | 10.4±0.5 | 9.7±0.6 | 660 | 10.9±1.7 | 8.6±1.0 |
| | | | 650 | 10.2±2.6 | --- | 115 | 8.6±1.0 | 8.4±0.8 |

pH - ערכי החומציות בפרי התות נעים בד"כ בין 3.3 בתות הנחשב לחמוץ, ל 4.1 שאינו חמוץ כלל. pH נמוך יותר נמדד בד"כ בחודשי החורף או בפירות הנקטפים ליצוא לפני הבשלה מלאה. רוב הערכים המוצגים בטבלה 2. הינם מקטיפים מאוחרים של האביב ולכן רובם גבוהים מעל 3.6. ככלל, לא נראים הבדלים המאפיינים את מוצא השתילים, ורק קווים 107 ו 108 הינם חמוצים במקצת.

טבלה 2) נתוני החומציות (PH) של פירות מהזנים השונים כפי שנבדקו במספר קטיפים בעונה.

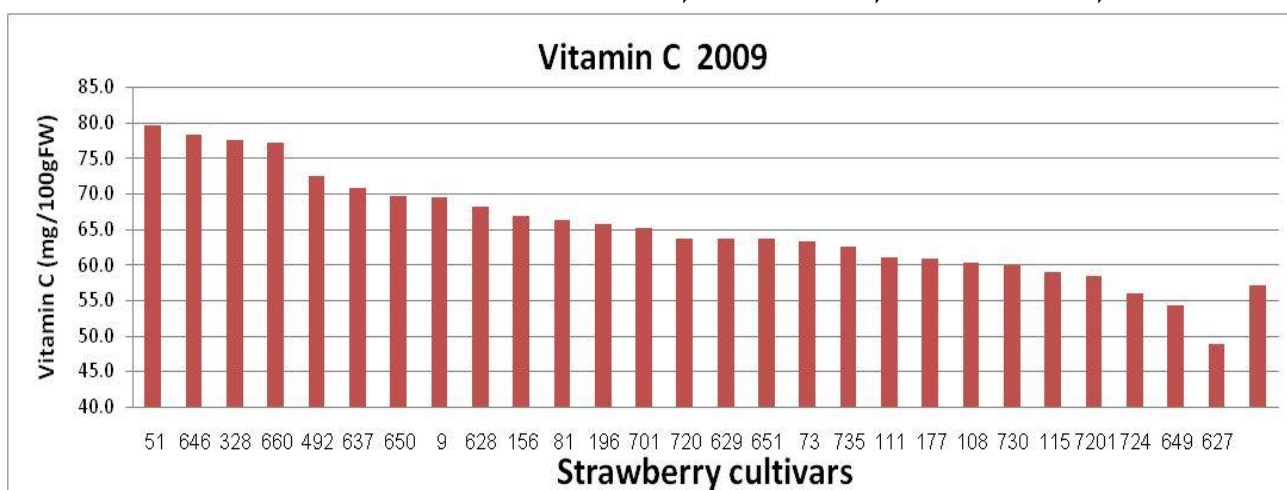
| קליפורניה | תחום pH | פלורידה | תחום pH | ישראלים | תחום pH | קווי טיפוח | תחום pH |
|-----------|----------|---------|---------|---------|---------|------------|----------|
| 627 | 3.7-3.85 | 701 | 3.5-4.1 | 9 | 3.9 | 890 | 3.7 |
| 205 | 3.9 | 629 | 3.95 | 51 | 3.7-3.8 | 946 | 3.8 |
| 621 | 3.8 | 628 | 3.7-4.0 | 73 | 3.6-3.8 | 949 | 3.7 |
| 213 | 3.8 | 111 | 3.9 | 81 | 3.85 | 196 | 3.8 |
| 704 | 3.9 | אירופה | | 107 | 3.4 | 7201 | 3.8 |
| 108 | 3.55 | 735 | 3.85 | 177 | 3.6-3.7 | 492 | 3.8 |
| 724 | 3.6 | 660 | 3.7 | 156 | 3.8-3.9 | יפנים | |
| 720 | 3.7 | 651 | 3.7 | 328 | 3.5-3.8 | 637 | 3.7 |
| | | 649 | 3.7 | | | 650 | 3.85-4.1 |
| | | 115 | 3.7-3.8 | | | | |

בעונת 2010 (תוצאות לא מוצגות) נעו ערכי ה pH בין 3.4 ל 3.8. הזנים החמוצים ביותר 107 והזן תמיר (73), והפחות חמוצים קווי הטיפוח : 8020, 7026, 51 והזנים היפניים : 636, 650 ו637.

2. תכולת ויטמין C

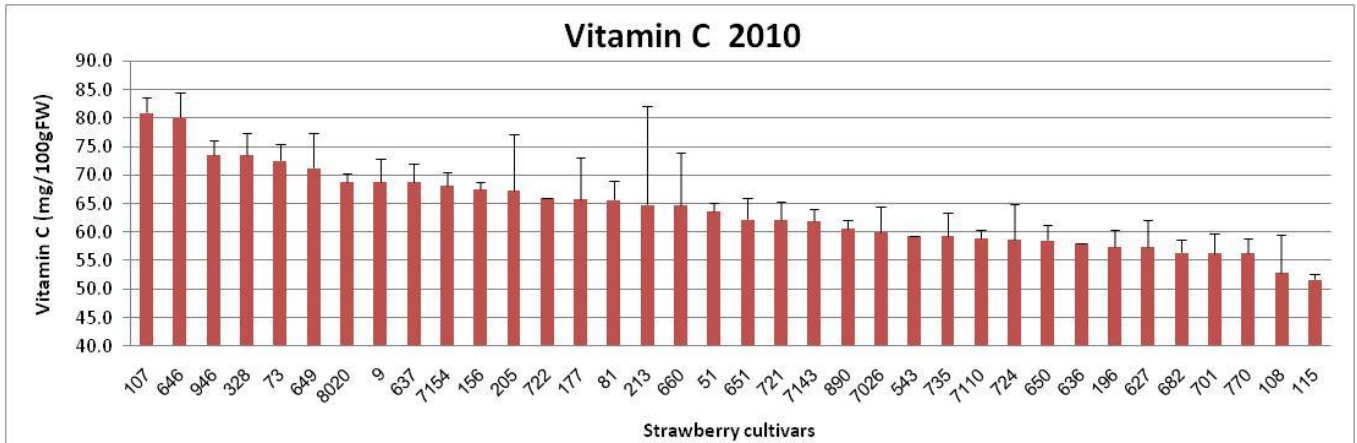
החומצות העיקריות בתות הם ציטרית, מאלית ואסקורבית. חומצות ציטרית ומאלית נמצאות בד"כ בפרי ביחס של 1 : 4 בהתאמה ומקנות לפרי את חומציותו (תוצאות לא מוצגות). חומצה אסקורבית (ויטמין C) נמצאת בכמות קטנה יותר, בערך 1/10 (כ- 40-100 מ"ג חומצה ל 100 גרם פרי טרי), אך נחשבת לאחד ממרכיבי האיכות החשובים לבריאות האדם בפרי. באנליזות מעטות שערכנו לזני האוסף ב 2009 (איור 1) התגלתה שונות של עד 40% בתכולת הויטמין בין זני האוסף, עם מקסימום ומינימום של 80 ו 49 מ"ג ל 100 גרם פרי בהתאמה.

איור 1. תכולת ויטמין C ב 26 מזני האוסף הכלולים במחקר בשנת 2009.



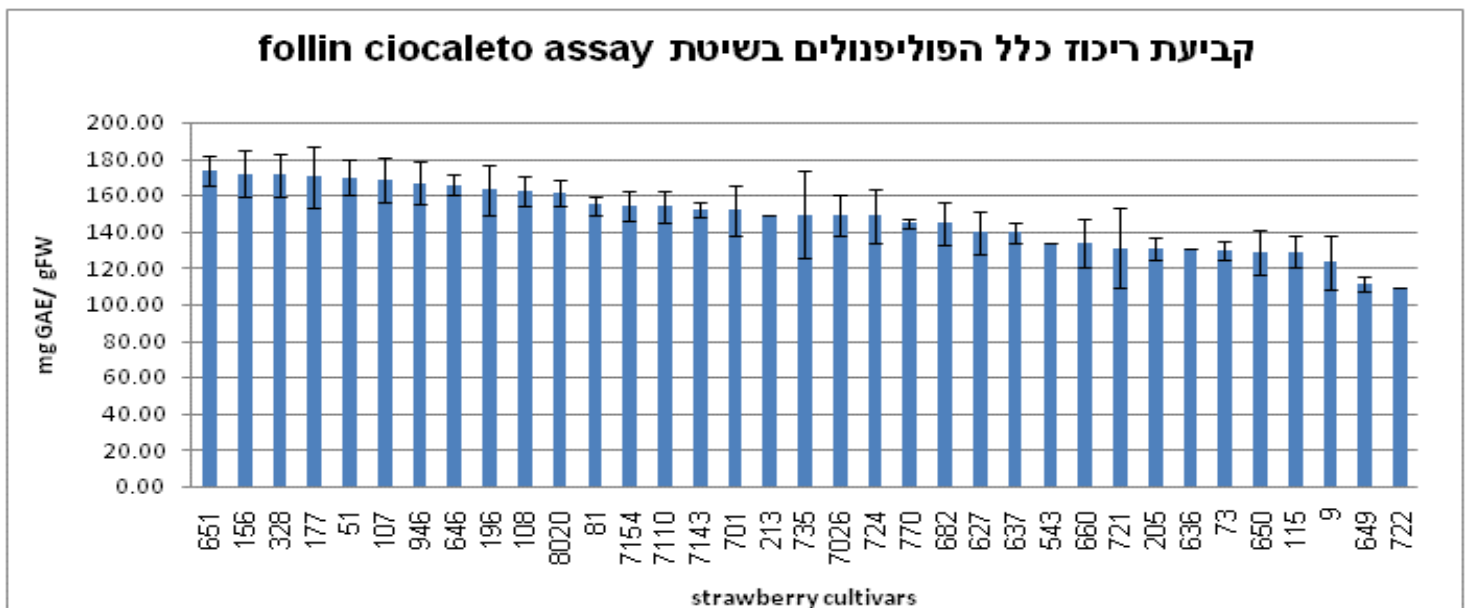
בשנת 2010 אחרי כיוול מערכת ה HPLC ערכנו אנליזה מסודרת יותר שכללה בין 5 – 16 חזרות מקטיפים של פרי לאורך העונה (איור 2). התכולה הממוצעת של החומצה האסקורבית נעה בזנים השונים ב 2010 באותו תחום של בין 50 ל 80 מ"ג ל 100 גרם פרי. ככלל אפשר להגיד שערכים גבוהים של ויטמין C התקבלו בזנים המקומיים המותאמים לתנאי הגידול בארץ וגדילתם מיטבית. ערכים הגבוהים ביותר התקבלו בזנים אורלי, ברק, תמר ומלאך כמו גם בזן ההולנדי 646. תכולה נמוכה של מתחת ל 60 מ"ג ל 100 גרם פרי היו קווים ארופאים, קליפורניים וכאלה מפלורידה. נראה שצבירה מוגברת של ויטמין C מתרחשת כשהתפתחות הפרי תקינה ומיטבית.

איור 2. תכולת ויטמין C בזני האוסף הכלולים במחקר בשנת 2010. הממוצעים מיצגים בשנה זו, 5 עד 16 חזרות לזן מקטיפים לאורך העונה ± שגיאת התקן.



3. תכולת פוליפנולים כללית (אנליזת follin ciocaleto)

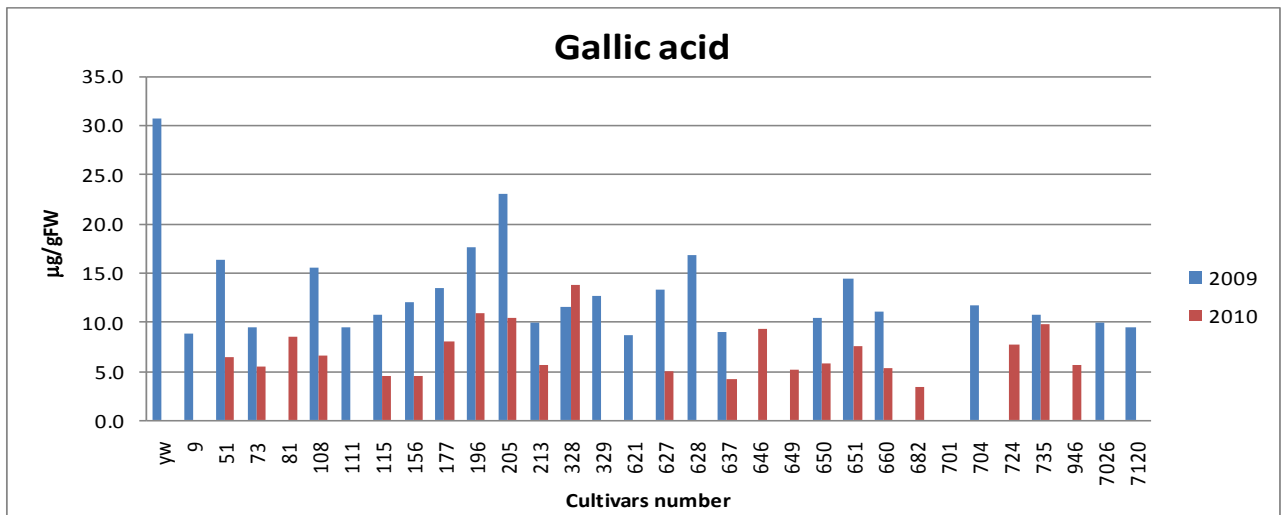
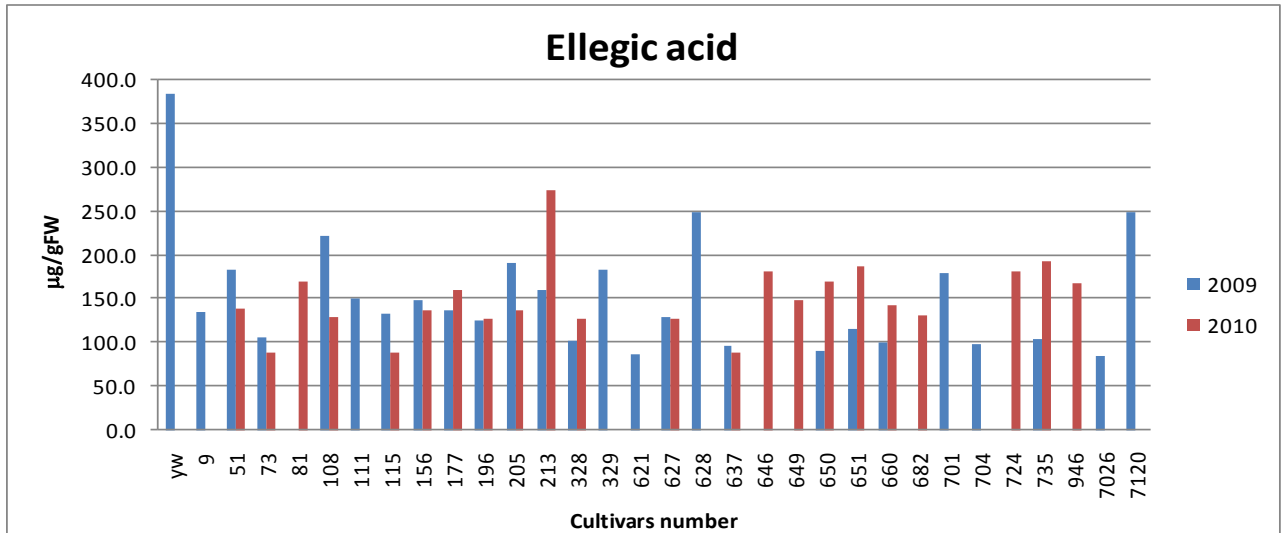
אנליזה לקביעת תכולת פוליפנולים כללית בפרי בעזרת ריאגנט follin ciocaleto מקובלת בספרות המדעית ודוגמת את כל החומרים בעלי טבעות ארומאטיות. אם כי מדד זה אינו מדויק, ואינו מבדיל בין סוגי הפוליפנולים בפרי, הוא נמצא בד"כ קורלטיבי לפוטנציאל מניעת החמצון של הרקמה הנבדקת. ממחקרים אחדים בתות-שדה עולה כי תכולת הפוליפנולים הכללית משתנה רק במעט במהלך הבשלת הפרי ומה שמשתנה באופן קיצוני זה הרכב קבוצות הפנולים. לדוגמא, בפרי ירוק ולבן יש יותר פלבנואידים לא צבעוניים כגון: flavonols, flavanols, catechins ו קרוטנואידים בעוד שבפרי הבשל מצטברים רוב הפלבנואידים בצורת פגמנטים אנתוציאניים. השונות בתכולת הפוליפנולים בזני האוסף ב 2010 מוצגת באיור 3. על פי רוב השונות בין הזנים אינה גדולה או מובהקת ואין עדיפות לזנים מקומיים על פני אלה מתוכניות טיפוח בעולם. קורלציה של בין 0.52 ל 0.59 נמצאה בין ריכוז הפוליפנולים ליכולת מניעת החמצון בשיטת FRAP (תוצאות יוצגו בהמשך הדו"ח). קורלציה זו אינה גבוהה אך מחזקת את התוצאה שמרכיבים הפנולים בפרי הם עיקר התרומה למניעת החמצון הכללית.

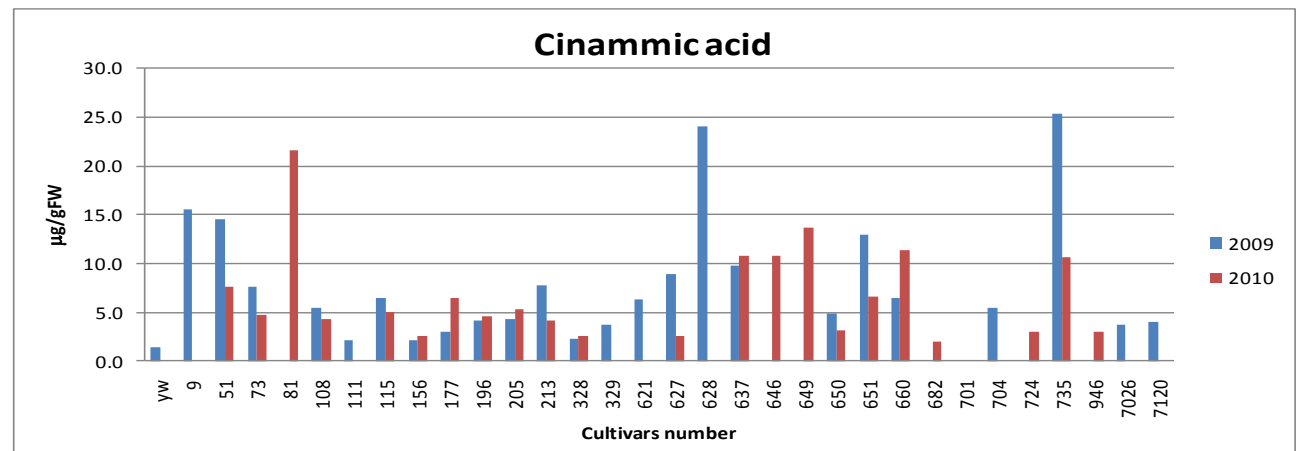
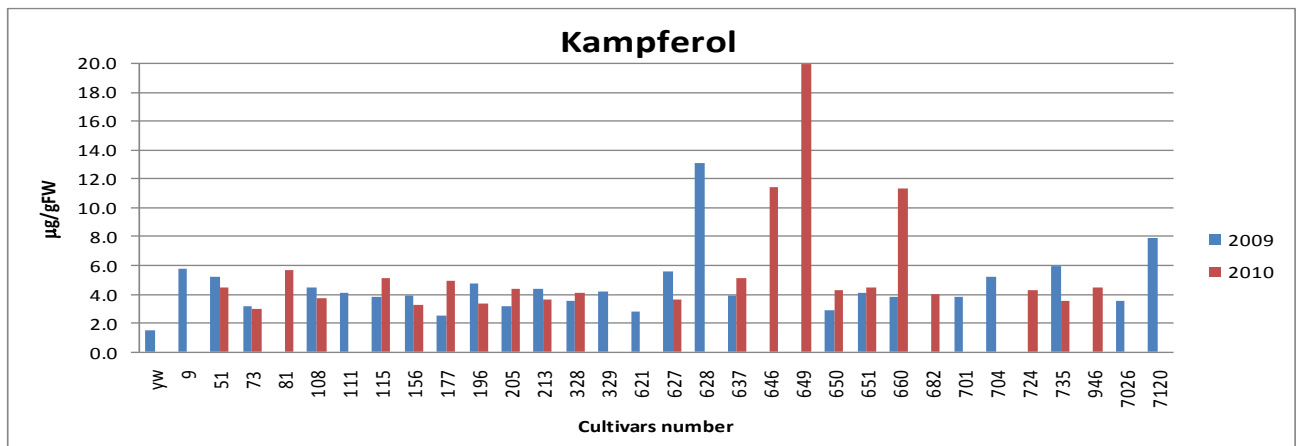
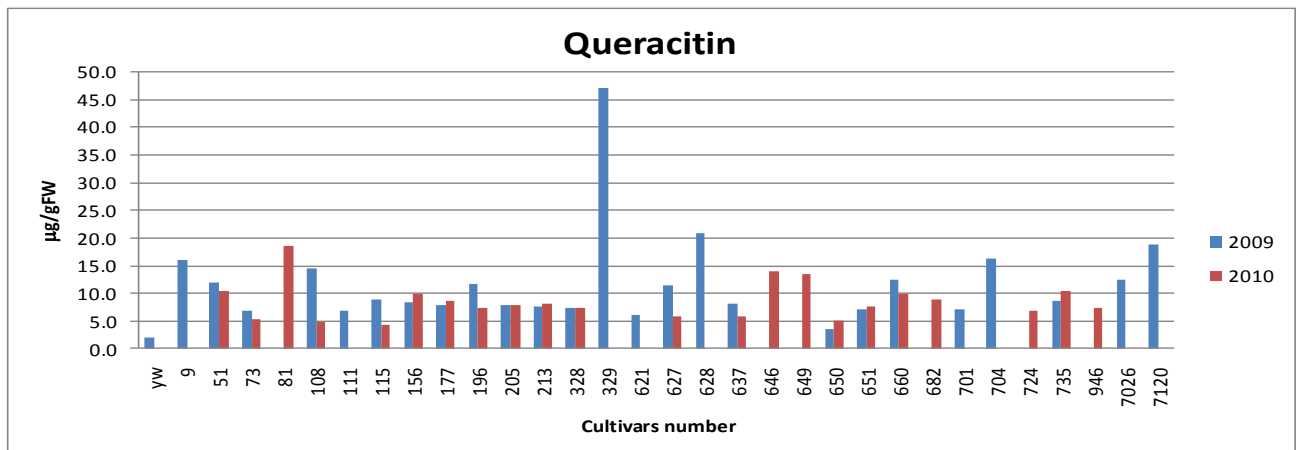
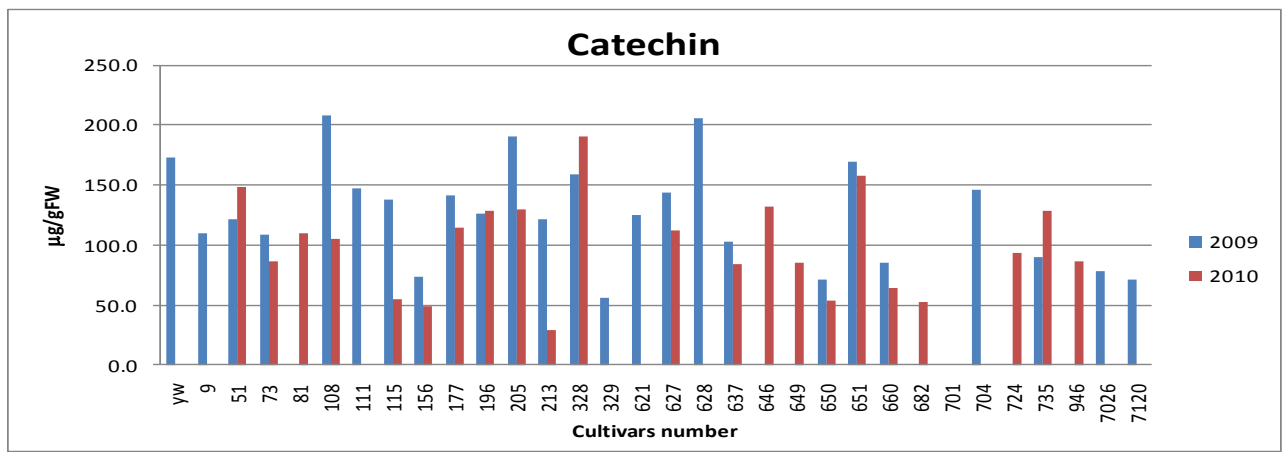


איור 3. תכולת פוליפנולים כללית בזני האוסף 2010. הערכים המוצגים הינם ממוצע בערכים של מ"ג חומצה גאלית לגרם פרי ± שגיאת התקן SE.

4. תכולת פוליפנולים ופלבונולים

באנליזה זו בדקנו את כמותם של מספר פוליפנולים הידועים בספרות כמרכזיים בתכולת הפרי. לחומצה אלגית (ellagic acid) הנוצרת מחומצה גאלית או מפירוק של ellagitanins, מיחסים גם תרומה בריאותית במניעת מחלות כרוניות שונות, סרטן והזדקנות. בנוסף התמקדנו מבין הפלבנואידים בחומצה הצינאמית הנמצאת בתחילת מסלול יצירת הצבע, ב catechin המצטבר בפרי לרמות גבוהות ובפלבונולים Quercetin ו kempferol שגם הם תוצרי קצה המצטברים לרמות נמוכות בהרבה וגם להם מיחסים תפקיד בריאותי לאדם. הפקת הפלבנואידים נעשתה מ 5 גרם פרי תות קפוא מהזנים השונים. הפרדתם ב HPLC נעשתה לאחר ניקוי חלקי על קולונות SEP-PAK C18 של חברת WATERS לפי Wang et al. 2002, J. Agric. Food Chem. 50: 6534-6542. זיהוי הפוליפנולים נעשה לאחר הידרוליזה ע"י סטנדרטים מתאימים וספקטרום הבליעה הספציפי לכל חומר. כימות נעשה ע"י עקומות כול שהוכנו מחומרי הסטנדרט. **באיור 4** מוצגים ערכי הפוליפנולים שנבדקו ב 2009 ו 2010. חומצות אלגית וגאלית, Catechin, kempferol, Quercetin וחומצה צינאמית מוצגים ככמות במיקרוגרם לגרם פרי תות טרי.





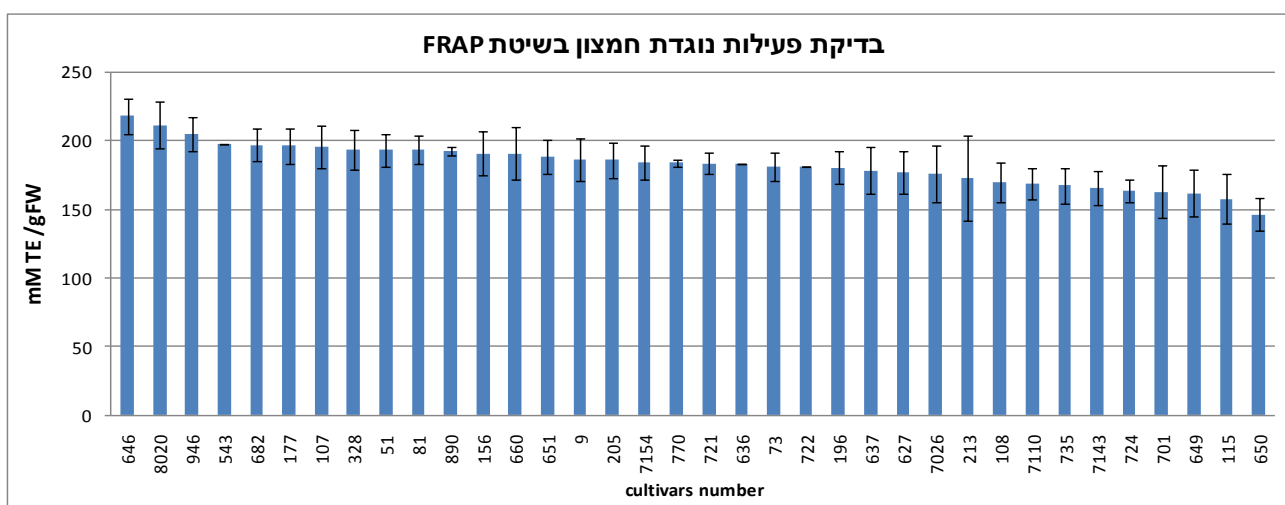
איור 4. תכולתם של שישה פוליפנולים עיקריים בפרי תות שדה. התוצאות הינם ממוצע של 2-4 דגימות בשנה. רוב התוצאות הן קוהרנטיות וחוזרות על עצמן בשנתיים שבדקנו. בחלק מהדוגמאות יש בהחלט שונות בין השנים שלעיתים אף גדולה. הדבר נובע מדיגום בתנאי סביבה שונים כל שנה ודיגום וקצת השפעה של השיטה הכוללת

מיצוי וניקוי ראשוני על קולונות SEPAC. קורלציה משמעותית נמצאה בין תכולתם של חומצה גאלית ואלגית, 0.58 ו 0.64 ב 2009 ו 2010 בהתאמה. קורלציה זו הגיונית מכיוון שני הפולפ נולים הללו נמצאים על אותו מסלול ביו-סינתזה. קורלציות נוספות נמצאו בין כמויות ה-Quercetin וה-kempferol, 0.56 ו 0.41 ב 2009 ו 2010 בהתאמה, ובין כמויות החומצה האלגית ו ה-Catechin, 0.6 ב 2009 ו 0.53 ב 2010.

דבר מעניין נוסף הוא הכמות השונה של הפוליפנולים בדוגמא של מין הבר הדיפלואידי בעל הפרי הלבן, YW, המופיע בגרפם ראשון משמאל. אפשר לראות שמסלול הסינתזה ב YW מוסט ליצור חומצות גאלית ואלגית בכמות גדולה ומטבוליטים שכן ממשיכים במסלול האנטוציאנינים נאגרים כ- Catechin ולא נצברים כפלבונולים או ממשיכים ליצירת הצבע (כאמור הפרי לבן).

5. רמת פעילות נוגדת חמצון

הפעילות החמצונית הכללית של הפרי נתרמת ע"י מטבוליטים ומינרלים שונים בפרי. מחקרים קודמים מראים שפוליפנולים מקבוצת הפלבנואידים ובעיקר הפגמנטים האנטוציאנינים, המצטברים בפרי לרמה גבוהה יחסית, תורמים את מירב הפוטנציאל האנטי חמצוני של הפרי. לויטמינים ומינרלים במקביל, תרומה יחסית קטנה בנטרום רדיקלי חמצן. באיור 5. מוצגים תוצאות 2010 שנעשו בצורה יסודית יותר ועם מספר חזרות רב יותר מ 2009. כפי האמור בסעיף 3, ישנו מתאם בין פוטנציאל מניעת החמצון לכמות הפוליפנולים, כך הזנים: 8020, 946, 646, 107, 328, 651 ו 115 נמנים עם הזנים הגבוהים ובמקביל הזנים 650, 115 ו 649 שצבעם חלש, הם בעלי פוטנציאל מניעת חמצון ורמת פוליפנולים נמוכים מבין הזנים.

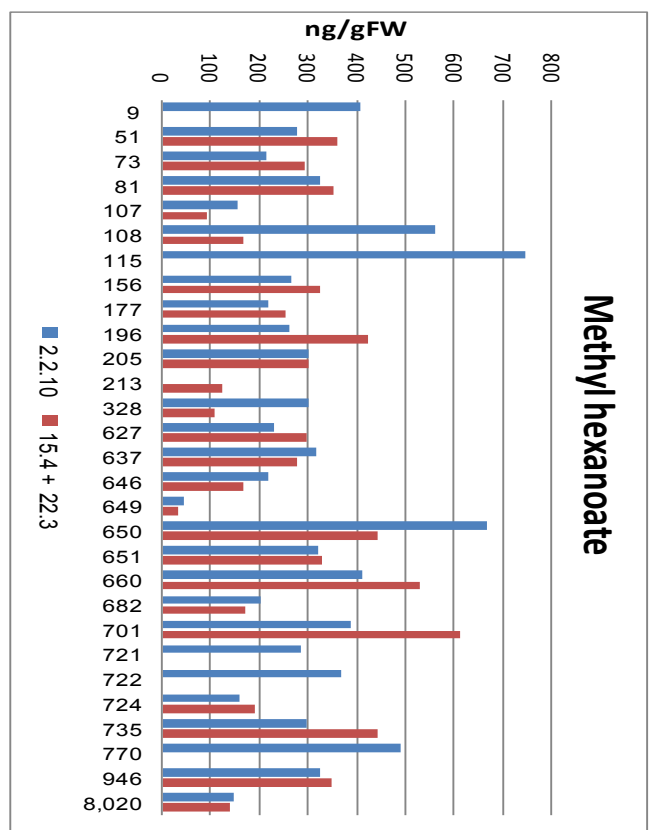
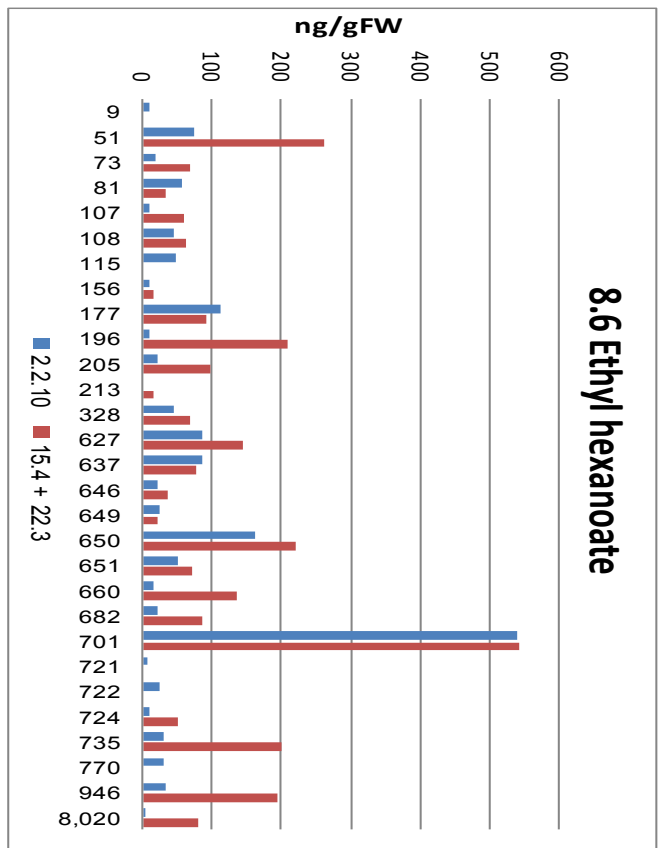
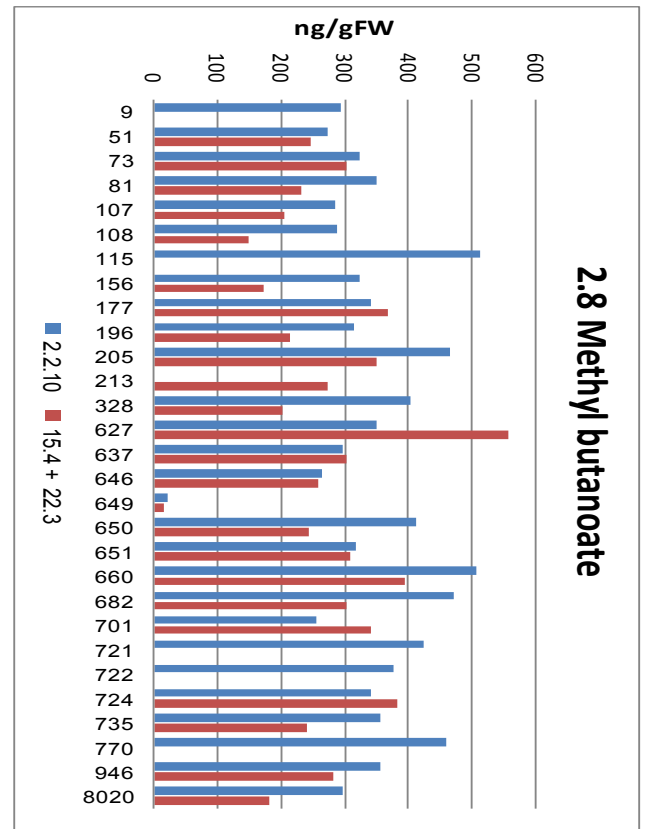
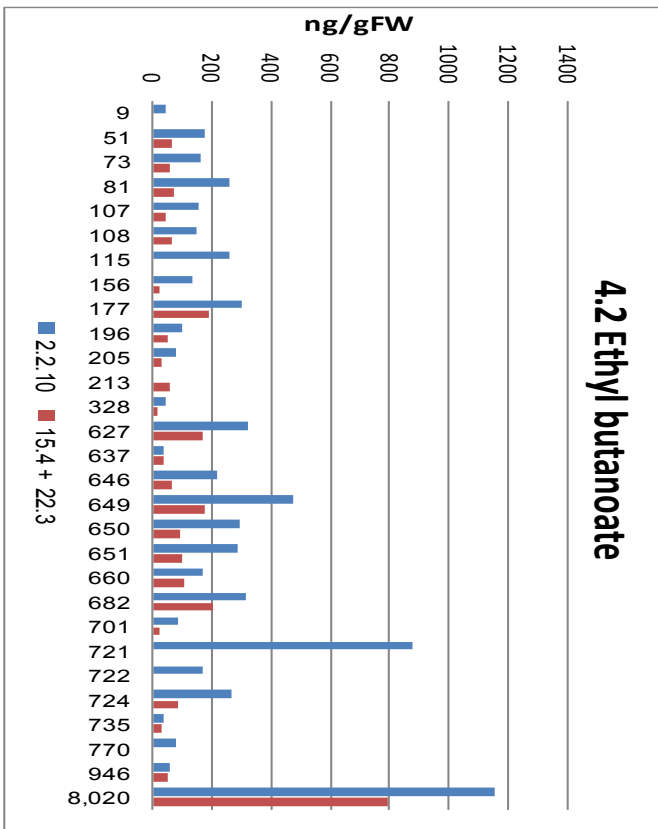


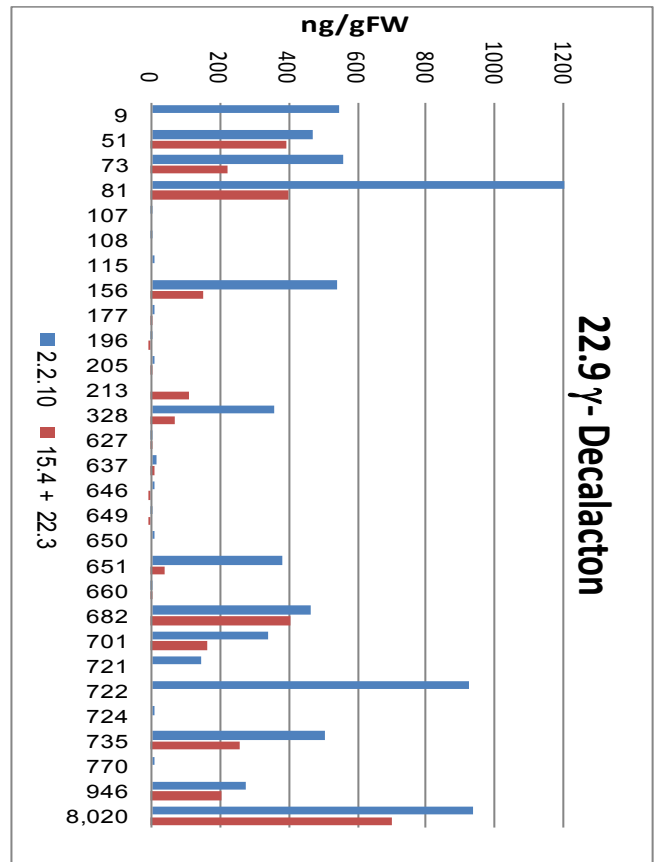
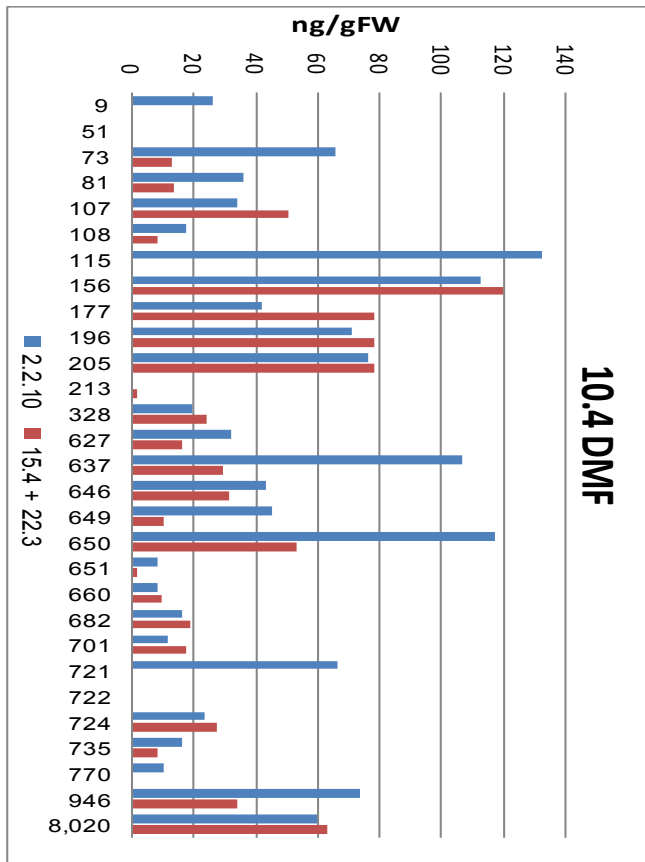
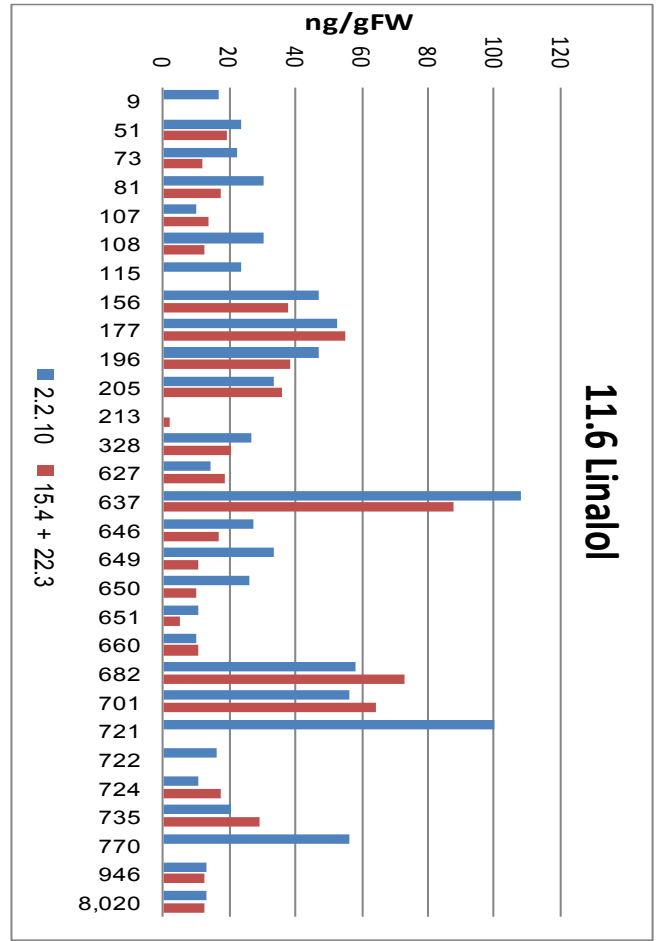
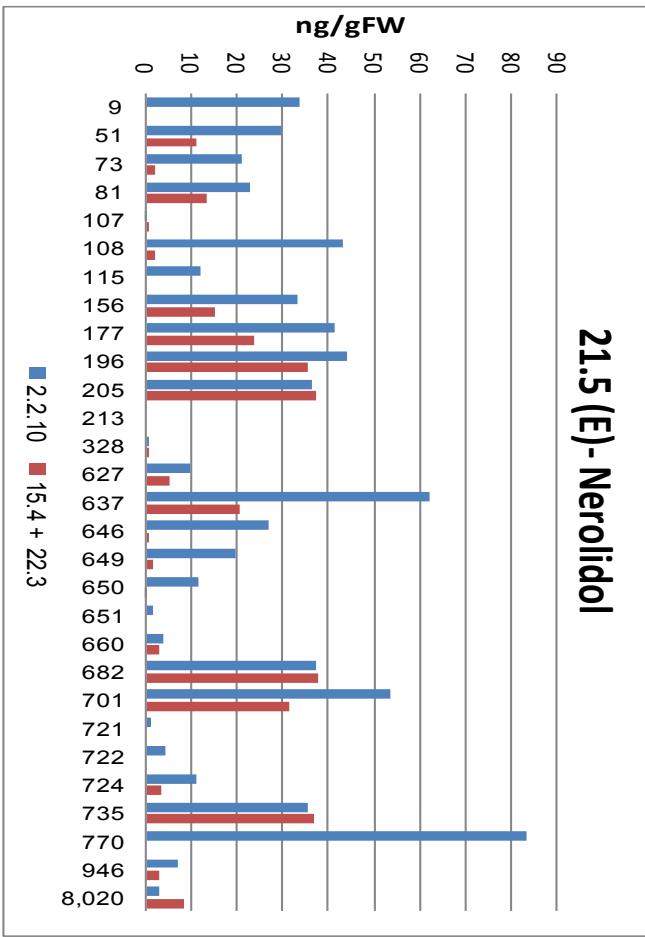
איור 5. פוטנציאל מניעת החמצון של הזנים בניסוי. הערכים מוצגים כ Trolox equivalent (TE), ממוצע \pm SE

6. הרכב ותכולת נדיפים עיקריים

גם בעונת 2010 דגמנו לבדיקת GC-MS כ 30 מזני האוסף בשתי חזרות משתי עונות עיקריות, חורף הקרה ואביב עם עלית הטמפרטורות. לאחר עיון בספרות והתייעצות עם מומחה מגרמניה הגדרנו כ- 28 חומרי ארומה חשובים התורמים לריחו המיוחד של הפרי שאת כמותם נעריך בבדיקת HS-SPME לאחר כתישת הדוגמאות בחנקן נוזלי והעברתם לתמיסת מלח 20% כדי לנטרל את פעולת האנזימים ולגרום לנדיפות טובה של החומרים הארומטיים. ההרצה בשנה שעברה נעשתה בנווה יער בעזרתה של עינת בר ואנו מקווים בהמשך להריץ דוגמאות ב GC החדש

של המכון למדעי הצמח. בדו"ח מסכם זה אנו מציגים את התוצאות שהתקבלו בכל הזנים בארבעה תרכובות
 אסטר עיקריות, שני טרפנים (Linalool, Nerolidol), והחומרים הארומטיים: γ -Decalacton ו Methyl foraneol





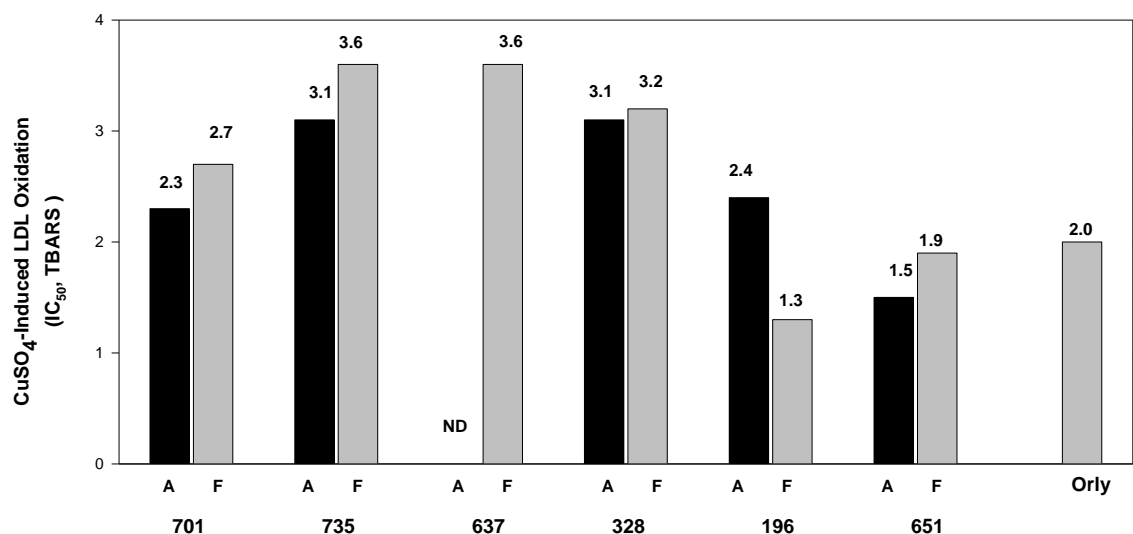
איור 6. תכולתם של שמונה חומרי ארומה מיצגים בתות-שדה. הכימות נעשה ע"י הוספת כמות ידועה של 2-Heptanone כסטנדרט פנימי. התוצאות מוצגות כ ננוגרם/לגרם פרי טרי.

Ulrich D. et al. 1997). כמותם הניכרת בשילוב של סף ריח נמוך (בעיקר באתילים) הופך אותם לתורמים מרכזיים לריח התות. אפשר לראות שאין זנים שלא מכילים את ארבעתם ורק במעט זנים הרמה נמוכה. יוצאים מן הכלל נמצאו הזנים 721 ו 8020 בתכולת Ethyl butanoate, ו 701 בתכולת Ethyl hexanoate. חומרי ריח נדיפים נוספים הם הטרפנים Nerolidol, ו Linalool הנמצאים ברמה גבוהה בזנים היפניים 637 ו 636 (לא מוצג). בנוסף עשירים בטרפנים הזנים הפלורנינים 770 ו 701, הזן החדש אלביון 682, וקנדונגה 735. מבין הישראליים גבוהים רחל 177, מלאך 156 וקו טיפוח כתום 196 (איור 6). שני החומרים המזוהים ביותר עם ריח התות האופייני הם: Methyl Foraneol (DHF), foraneol (DMF). פורנונים אלו פחות נדיפים אבל את DMF הצלחנו לזהות ולכמת ונתונו מופיעים באיור 6. אפשר להתרשם מכמות הגבוהה בזן מלאך 156 ובמקביל בשני הזנים היפניים 650 ו 637. בנוסף, כמות יפה לזן הארופאי 115 ולזנים 177, 205, 946, 73 ו 107. הקו הכתום 196 והקו הארומתי 8020 הכילו גם הם כמות יפה ולכן הם טעימים. כמויות קטנות של DMF נמצאו בזנים הארופאים 660, 651 ו 735 אשר להם ארומה באמת שונה מהזנים הישראליים. γ -Decalacton הוא לקטון חשוב המוסיף לתות ריח פירותי וזה של קוקוס. שילוב הארומה הזו מוערכת ע"י האדם ולכן הזנים 8020, 81, 156, 722, 51, 73 ו 682 נחשבים לזנים עם טעם טוב. לגמא-דקאלקטון תרומה חשובה ל ריח התות ובשילוב של רמות בינוניות או גבוהות של הפורנונים והאסטרים העיקריים הוא מקנה לתות צירוף ריחות מיטבי. לסיכום, חומרי ריח אלו קובעים במידה רבה את איכות התות ורמות סף של חומרים מרכזיים חיוניים לקבלת מוצר ריחני המועדף ע"י הצרכן.

7. מניעת חמצון LDL

במחקר זה הבוחן את הרכב המטבטליטים והנדיפים המצויים בפירות זני האוסף רצינו להרחיב ולבדוק את פוטנציאל מיץ התות במניעת חמצון LDL. האנליזות נעשו במעבדתו של מיכאל אבירם בביה"ס לרפואה, רמב"ם. על פי תוצאות קודמות ביכולת מניעת החמצון של הזנים ותכולת פוליפנולים בחרנו מספר מייצג של קווים וביניהם גם כאלה נמוכים במבחן FRAP וגם זנים מסחריים. תוצאות מוצגות באיורים 7 (2009) ו 8 (2010).

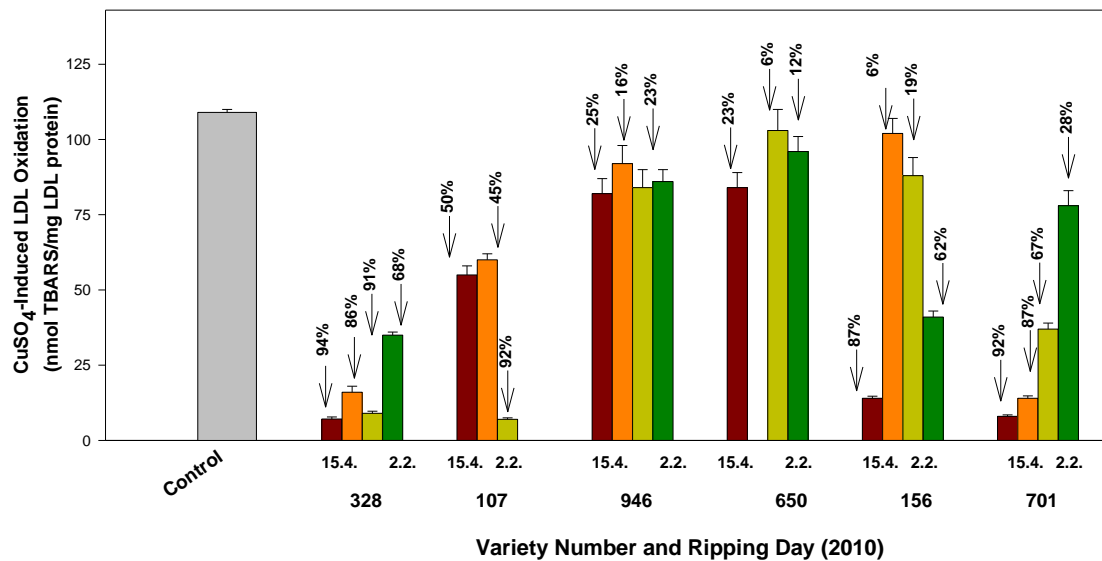
Effect of Various Strawberry Juices on LDL Oxidation (TBARS)
(A-1.4.2009, F-2.2.2009)



איור 7. ההשפעה של מיץ תות שדה מהזנים השונים על חמצון LDL במבחן TBARS. הערכים מייצגים את כמות המיץ הדרושה בכדי לעכב את החמצון ב 50%. A קטיף אפריל, F קטיף פברואר.

באיור 7 מוצגים כמויות המיץ הדרושות בכדי להשיג 50% מניעת חמצון יחסית לביקורת. ככל שהערך נמוך פוטנציאל מניעת החמצון של הזן גבוה יותר. ואורלי השיגו את התוצאות הטובות ביותר, 637 ו 735 היו הנמוכים ביותר. בנוסף, נמצא מתאם בין יכולת מניעת החמצון ותכולת הפוליפנולים כך שתכולתם בזנים 651 ו 1961 היתה הגבוהה ביותר וב 637 נמוכה. באיור 8 מוצג פוטנציאל מניעת החמצון בדרך שונה. התוצאות מדוגמאות עונת 2010 מייצגות ערכי עיכוב חמצון ע"י 1.5 מיקרוליטר מיץ בתוך 1 מ"ל של תמיסת בדיקה הכוללת LDL וריאגנט TBARS. אפשר לראות שהזנים 328 ו 107 עיכבו באופן ניכר לעומת 650 שעיקב פחות. גם בדוגמאות אלו העיכוב נמצא קורלטיבי לכמות הפולפנולים הכללית בפרי.

Effect of Various Strawberry Juices on LDL Oxidation (1.5 μ l/mL)



איור 8. ההשפעה של מיץ תות מהזנים השונים על עיכוב התחמצנות LDL. הערכים בשני תאריכי קטיף: 2 לפברואר ו 15 לאפריל, מייצגים את ממוצע אחוזי העיכוב שהושגו מיישום 1.5 מיקרוליטר מיץ למ"ל תמיסת בדיקה.

סיכום:

המחקר התשתיתי שנערך במשך שנתיים ועתה אנחנו ממשיכים לשנה השלישית הוביל לבניית מערך נתונים על כל זן שנכלל בניסוי. נתונים של רמות סוכר, חומצה, ויטמין C, פוליפנולים כללי, תרכובות פנוליות ספציפיות, הרכב נדיפים, כמו גם פוטנציאל מניעת חמצון כללית ומניעת חמצון LDL מאפשרות להגדיר את פוטנציאל הזן בטיפול להעלאת מרכיבים ספציפיים בפרי. קובץ נתונים אלו שרק מקצתם מפורסם בדו"ח זה ישמש אותנו למחקר וטיפול בתות-שדה עוד הרבה שנים ובכיוונים שונים. לדוגמא אם נרצה בהעלאת ויטמין C או של החומצה האלגית בטיפול, נתוני המחקר ישמשו נתוני בסיס אותם צריך לשוב ולאשר על זנים ספציפיים. בהמשך מערך הכלאות וסלקציות עשוי להניב צאצא המכיל רמות גבוהות של המטבוליט הרצוי. למרות שיכולים להיות יוצאי דופן, אנו צריכים לקחת בחשבון שבטיפול קלאסי אי אפשר לעלות הרבה מעבר לשונות הטבעית המצויה בזנים. חומרי ארומה רצויים נמצאו בהרבה זנים וגם בקו 8020 המכיל קומפוזיציה מצוינת של נדיפים ולכן טעמו וריחו הטובים. הקו 8020 אינו מסחרי ונחות בהרבה מתכונותיו ולכן ישמש בעתיד להכנסת מרכיבי ריח לזנים חדשים.

סיכום עם שאלות מנחות

| |
|--|
| 1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה. |
| א. אנליזת כמ"מ, חומציות וויטמין C לזני האוסף ממקורות גיאוגרפיים שונים . |
| ב. אנליזת מטבוליים עיקריים מפרי בשל של הזנים המשתתפים במחקר. |
| ג. אנליזת נדיפים ב HS-SPME, GC-MS וכימות 26 חומרי מפתח בארומת התות. |
| ד. מדידת פוטנציאל מניעת החמצון הכללי בזני האוסף ומניעת חמצון LDL. |
| 2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח. |
| ביססנו מערכות בדיקה לכל מרכיבי איכות הפרי אותם ביקשנו לבדוק. |
| בדקנו ב 25 זנים ממקורות גיאוגרפיים שונים בעולם כמ"מ, חומציות, ויטמין C, פלבנואידים עיקריים, חומצות גאלית ואלאג'ית, 26 חומרי ריח עיקריים המקנים לתות את ניחוחו ואת פוטנ' מניעת החמצון . |
| מצאנו שונות ניכרת בכל מדדי האיכות שנבדקו לפי המופיע בדו"ח (לא מוצגות כל התוצאות). בבדיקת תבנית תכולת הנדיפים מצאנו הבדלים ברורים בין זנים ישראלים, יפנים ואירופאים. |
| 3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרת המחקר בתקופת הדו"ח. |
| תוצאות המחקר הושגו כולן |
| הוכן בסיס נתונים רחב על כל זן נבדק ונמצאה תכולתם של מספר מטבוליטיים רבים המרכיבים את פרי תות השדה. |
| נמצאו קורלציות בין פוליפנולים אחדים ובין מניעת החמצון לתכולתם הכללית. |
| תבנית הנדיפים הספציפית של כל זן תילקח בחשבון לטיפול והקו 8020 ישולב מיידית בהכלאות. |
| . במיץ תות-שדה קיים פוטנציאל ניכר מניעת חמצון LDL והתרומה להקטנת הסיכון לטרשת עורקים. יש שונות במדד זה וגם הוא קורלטיבי לכמות הפוליפנולים הכללית. |
| |
| |
| |
| 4. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח - יש לפרט: פרסומים – כמקובל בביבליוגרפיה, פטנטים - יש לציין מס' פטנט, הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום ותאריך. |
| תוצאות המחקר יוצגו בתקציר ופוסטר בכנס מדעי של תות-שדה בפלורידה. |
| תוצאות המחקר מוצגות לעיתים בפורומים של חקלאים וסיכום עונה. |
| פרסום הדו"ח: אשמח אם תוצאות הדו"ח יישארו במנהל ולא יופצו לגופים פרטיים. |