

צמח מלון הצובר פרו-ליקופן כפיגמנט הפרי העיקרי שלו

Melon fruit comprising pro-lycopene as its major pigment

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

יעקב תדמור	חקר ירקות, מינהל המחקר החקלאי, נוה יער
בורגר יוסף	חקר ירקות, מינהל המחקר החקלאי, נוה יער
סער עוזי	חקר ירקות, מינהל המחקר החקלאי, נוה יער
לוינסון אפרים	חקר ירקות, מינהל המחקר החקלאי, נוה יער
בר עינת	חקר ירקות, מינהל המחקר החקלאי, נוה יער
מאיר אילה	חקר ירקות, מינהל המחקר החקלאי, נוה יער
פורטנוי ויטלי	חקר ירקות, מינהל המחקר החקלאי, נוה יער
צורי גליל	חקר ירקות, מינהל המחקר החקלאי, נוה יער
קציר נורית	חקר ירקות, מינהל המחקר החקלאי, נוה יער

Yaakov Tadmor, Vegetable Crops, ARO, Newe Ya'ar Research Center, Ramat Yishay 30095. E-mail: tadmory@agri.gov.il

Burger Yosi, same as above, burgey@agri.gov.il

Saar Uzi, same as above, yarden@agri.gov.il

Lewinsohn Efraim, same as above, twefraim@agri.gov.il

Bar Einat, same as above, bareinat@agri.gov.il

Meir Ayal, same as above, meira@agri.gov.il

Portnoy Vitali, same as above, portnoyv@agri.gov.il

Tzuri Galil, same as above, galilt@agri.gov.il

Nurit Katzir, same as above, katzirn@agri.gov.il

תקציר

הצגת הבעיה - שוק הפירות והירקות העולמי דורש מוצרים חדשים או מוצרים בעלי תרומה בריאותית רבה יותר. במאמצינו ליצור שונות חדשה במלון ייצרנו ספריות מוטנטים בהן גילינו לאחרונה טיפוס פרי חדש הצובר פרו-ליקופן במקום ביתא קרוטן כצבען הפרי המרכזי שלו. הדו"ח המצורף מציג את זיהוי הבסיס הגנטי ואפיון הבסיס הכימי של המוטנט ודן בפוטנציאל החקלאי של המוטנט.

מטרות המחקר - 1. לימוד הגנטיקה של צבירת פרו-ליקופן בפרי המלון – הורשה וגנומיקה, 2. אפיון השפעת צבירת פרו-ליקופן בפרי על איכות הפרי, 3. אפיון חקלאי של טיפוס מכלוא ראשוניים

שיטות העבודה - העבודה כללה מבחני שדה, אנליזה טרנסקריפטומית ומטבולית של דוגמאות פרי בשלבי התפתחות שונים

תוצאות עיקריות - זיהינו מוטציה החלפה הגורמת להופעת קודון פסק מוקדם בגן CRTISO של המלון. אנליזה מטבולית של המוטנט, של טיפוס הבר ושל ההטרוזיגוט במהלך התפתחות הפרי הראתה כי: כלל הקרוטנואידים במוטנט גבוה יותר, להטרוזיגוט תכולת ביתא קרוטן גבוהה יותר מאשר לטיפוס הבר. תכולת הקרוטנואידים בדורה של מכלואים עם המוטנט ועם טיפוס הבר לא הראתה יתרון לשימוש במוטנט כהורה. אנליזת טעם הראתה כי למוטנט טעם שונה מאשר לטיפוס הבר. אנליזה טרנסקריפטומית של המוטנט, של טיפוס הבר ושל ההטרוזיגוט במהלך התפתחות הפרי הראתה שינויים ברמות הביטוי היכולים להסביר את ההבדל בהצטברות הקרוטנואידים.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות = המנגנון המולקולרי של מופע המלון הייחודי הנגרם על ידי מוטציה ב-CRTISO אופייני לעומקו והוא רשום היום כפטנט של מינהל המחקר החקלאי. עד היום לא נעשתה פנייה רצינית לשימוש בו מגורם מסחרי כלשהו לפיכך בשלב זה לא נמשיך בחקר נושא זה.

הצהרת החוקר הראשי:

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים לא מהווים המלצות לחקלאים

11.8.2014

תאריך:



חתימת החוקר

רשימת פרסומים שנבעו מהמחקר:

1. Tadmor, Y., Burger, Y., Katzir, N., Lewinsohn, E., Portnoy, V., Lavee, T., Meir, A., Saar, U., Schaffer, A. A.
MELON PLANTS COMPRISING TETRA-CIS-LYCOPENE
EP Patent 2,538,770, 2013
US Patent 20,120,324,597, 2012
2. Galpaz, N., Burger, Y., Lavee, T., Tzuri, G., Sherman, A., Melamed, T., Eshed, R., Meir, A., Portnoy, V., Bar, E., Shimoni-Shor, E., Feder, A., Saar, Y., Saar, U., Baumkoler, F., Lewinsohn, E., Schaffer, A. A., Katzir, N., Tadmor, Y. 2013. Genetic and biochemical characterization of an EMS induced mutation in Cucumis melo CRTISO gene. Arch. Biochem. Biophys. 539: 117-125

מבוא

קרוטנואידים הם פגמנטים טטראטרפניים בעלי קשרים כפולים מצומדים שתפקידיהם העיקריים בצמחים כוללים את קליטת האור עבור האפרטוס הפוטוסינטטי, הגנה עליו מפני נזקי קרינה וחמצון וייצוב המבנה של הממברנות הפנימיות של הכלורופלסטים (Demmig-Adams and Vishnevetsky et al., 1999; Adams, 1996). בנוסף, משמשים הקרוטנואידים כחומרי מוצא להורמונים ולמרכיבי ארומה (Auldrige et al., 2006). בפירות הקרוטנואידים משמשים כפיגמנטים (Hirschberg, 2001). מסלול הייצור של הקרוטנואידים נחקר לעומקו והגנים הפעילים בו שמורים בין מיני הצמחים השונים (Fשררק קא שדצת 2010). הקשרים הכפולים של הקרוטנואידים מופיעים בתצורת טרנס ולכך אחראים שני איזומראזות: Z-ISO, שאחראי לאיזומריזיה של זיתא קרוטן (Chen et al., 2010), ו-CRTISO שאחראי לאיזומריזיה של ליקופן (Isaacson et al., 2002; Park et al., 2002). מוטציות בגן CRTISO גורמות בין היתר להצטברות פרו-ליקופן בפרי (Isaacson et al., 2002). לאחרונה זיהינו מוטנט מושרה של מלון הצובר פרו-ליקופן בפרי. מטרת העבודה המוצגת בדו"ח מסכם זה הייתה לאפיין את המוטנט גנטית ומטבולית ולבחון את הפוטנציאל החקלאי שלו.

מטרות המחקר

מטרת המחקר הייתה לפתח טיפוס מלון חדש הצובר פרו-ליקופן בציפת הפרי. מלון מטיפוס שכזה אינו קיים כיום בשוק ואינו קיים גם במאגר הגנטי הרחב ביותר של מלונים או של משפחת הדלועיים. למלון שכזה סיכוי להפוך למותג חדש בשוק הפירות בזכות צבעו ותרומתו הבריאותית הייחודיים. על מנת להשיג מטרה זאת הצבנו לעצמנו מספר מטרות משנה:

1. לימוד הגנטיקה של צבירת פרו-ליקופן בפרי המלון – הורשה וגנומיקה.
2. אפיון השפעת צבירת פרו-ליקופן על איכות הפרי, כולל: מראה, משקל ויבול, תכולת והרכב סוכרים, חומצות, קרוטנואידים, ויטמינים וחומרי ארומה.
3. אפיון חקלאי של טיפוס מכלוא ראשוניים.

פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו וכלל התוצאות שהתקבלו

לימוד הגנטיקה של צבירת פרו-ליקופן בפרי המלון – הורשה וגנומיקה.

התפצלות התכונה של הצטברות פרו-ליקופן בפרי במשפחת המוטנט הראתה כי התכונה רצסיבית ונשלטת על ידי גן אחד, קראנו לו YOFI (Yellow Orange Flesh I). מופע הצמחים של YOFI רמז כי הגן המועמד הוא כנראה CRTISO. נבטי YOFI וקודקודי הצמיחה היו צהבהבים ובטיפוס הבר היו ירוקים, צבע עלי הכותרת, חתך הפרח הנקבי וצבע הפרי היו שונים (איור 1). ואומנם, ריצוף של הגן CRTISO במוטנט ובטיפוס הבר זיהה מוטציה החלפה של A ב-T בעמדה 1552 סמוך לצומת אקסון 7 עם אינטרון 8 (איור 2). החלפת הבסיסים גרמה ל-TTA ($leucine^{210}$) להפוך לקודון פסק (TAA). החלבון המקוצר שנוצר כתוצאה מקודון הפסק כנראה אינו פעיל. בנוסף, אנליזת RT-PCR השוואתית של רמת הביטוי של גנים הקשורים בייצור קרוטנואידים ב-YOFI ובטיפוס הבר הראתה כי רמת הביטוי שלהם דומה מלבד הגן המוטנטי שרמתו הייתה נמוכה יותר, כנראה בגלל

nonsense-mediated mRNA decay (NMD) (Frischmeyer et al., 1999, איור 3). אנליזה של ריצוף RNA (RNA-seq) של פירות מתפתחים של YOFI, של טיפוס הבר (CEZ) ושל המכלוא ביניהם איפשרה לבנות את הטרנסקריפטום של הפרי במהלך ההבשלה של הגוטיפים השונים. מתוך כלל הטרנסקריפטום ניתן לבטא את הביטוי הדיגיטלי של גנים נבחרים. אנליזה הביטוי הדיגיטלי של הגנים הראתה תוצאות דומות לאלו שנראו באנליזה ה-RT-PCR (איור 4).

אפיון השפעת צבירת פרו-ליקופן על איכות הפרי

במהלך השנה הראשונה נבחנו תכולת והרכב הקרוטנואידים בפרי הבשל של YOFI ושל CEZ (איור 5 וטבלא 1). בהמשך המחקר תכולת והרכב הקרוטנואידים נבחנו בפירות של YOFI, CEZ ושל בן הכלאיים ביניהם (F_1) במהלך ההבשלה. כבר בשלב האנטזיס ניתן היה לראות הבדלים בצבע האבקנים והשחלה בין המוטנט לטיפוס הבר. בגיל 10 ימים מתחיל להופיע צבע במוטנט שמתחזק לאורך ההבשלה. בטיפוסי הבר (CEZ ו- F_1) מתחיל להופיע צבע בגיל 20 יום המתחזק לאורך ההבשלה ונראה כי למכלוא צבע חזק יותר מאשר לטיפוס הבר (איור 6), אנליזה HPLC של פירות אלו הראתה כי אמנם לבן הכלאיים תכולת קרוטנואידים גבוהה יותר מאשר ל-CEZ, עובדה שרמזה על האפשרות להטרוזיס בתכולת הקרוטנואידים (איור 7). מאחר ותוצאה דומה נמצאה גם בניסויים דומים אחרים הוחלט לבדוק את האפשרות של ניצול המוטציה ב-CRTISO על מנת להעלות את תכולת הקרוטנואידים בפרי המלון במצב ההטרוזיגוטי. בעבודות קודמות הראינו את הקשר בין תכולת הקרוטנואידים לבין נדיפים מרכזיים בעלי השפעה חזקה על הארומה הסופית של הפרי. ואמנם, באנליזה GCMS נמצאו ב-CEZ בעיקר תוצרי פירוק של ביתא קרוטן ואילו ב-YOFI נמצאו בעיקר תוצרי פירוק של קרוטנואידים לא טבעתיים הנמצאים במעלה הזרם לביתא קרוטן (איור 8 וטבלא 2). המוטציה YOFI לא השפיעה על תכולת הסוכרים שאופיינה בעזרת רפרקטומטר (TSS). ארבעים ושלושה פנליסטים לא מאומנים (23 זכרים ו-20 נקבות) נדרשו לזהות האם למוטנט ריח וטעם שונים מאשר לטיפוס הבר. הם קבלו שלש דוגמאות פרי מכוסות, שתיים מתוכן היו CEZ ואחת YOFI. לשאלה למי מהדוגמאות ריח שונה ענו 14% מהנשאלים כי אין הבדל, 25% בחרו באחת מדוגמאות CEZ ו-60% קבעו כי ל-YOFI ריח שונה. לשאלה למי מהדוגמאות טעם שונה ענו 14% מהנשאלים כי אין הבדל, 19% חשבו כי אחת מדוגמאות CEZ היא בעלת טעם שונה ו-67% קבעו כי ל-YOFI טעם שונה.

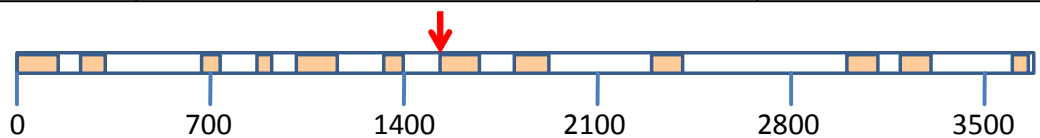
אפיון חקלאי של מכלואים ראשוניים

הממצא הראשוני המרתק שתכולת הקרוטנואידים במכלוא CEZXYOFI גבוהה מתכולת הקרוטנואידים ב-CEZ העיד כי ייתכן ולמוטציה ב-CRTISO פוטנציאל להעלות את תכולת הקרוטנואידים במכלוא הטרוזיגוט למוטציה. לבדיקת אפשרות זאת הכנו סדרה של מכלואים איזוגניים בהם אחד ההורים הוא CEZ או YOFI והשוונו ביניהם. אנליזה מקיפה של ארבעה עד שמונה פירות מכל מכלוא לא הצליחה להראות כי קיים אפקט מיטיב שכזה במכלואים (טבלא 3).



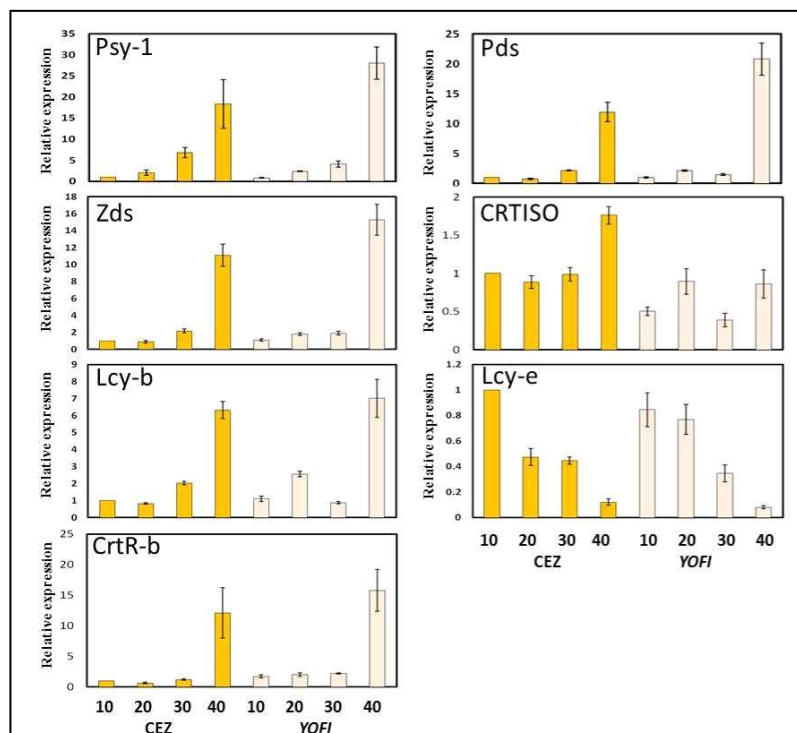
איור 1

מופע המוטנט YOFI וטיפוס הבר CEZ : B+A. נבטים של CEZ (למעלה) ושל YOFI, D+C. קודקודי צמיחה ועלי כותרת של CEZ (למעלה) ושל YOFI (למטה), E. חתך בפרח נקבי של YOFI (שמאל) CEZ (ימין), F. חתך פרי של CEZ



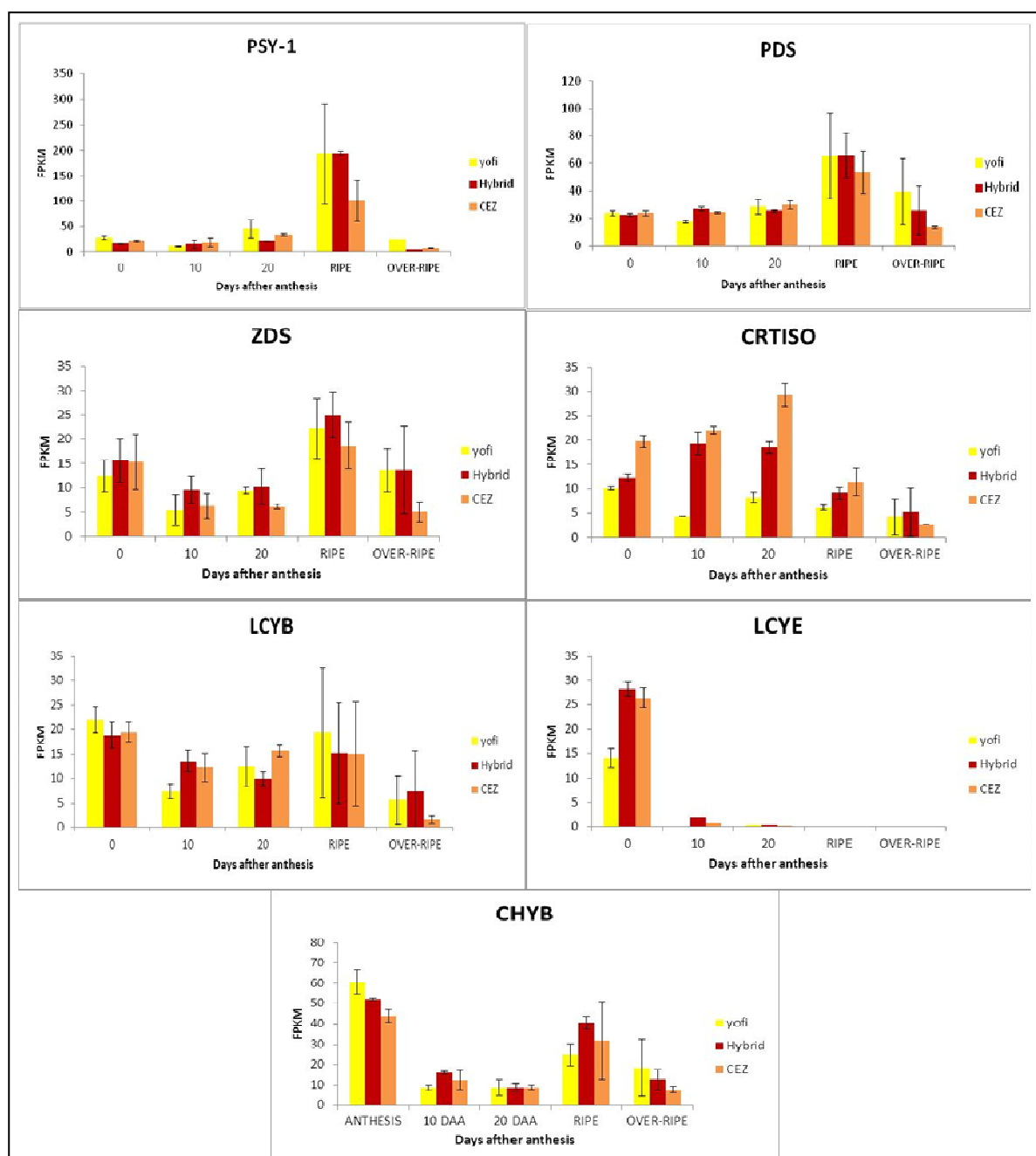
איור 2

תיאור סכימטי של הגן CRTISO במלון (אינטרוניס בלבן וקסונים בכתום) ומיקום קודון הפסק במוטנט (חץ אדום).



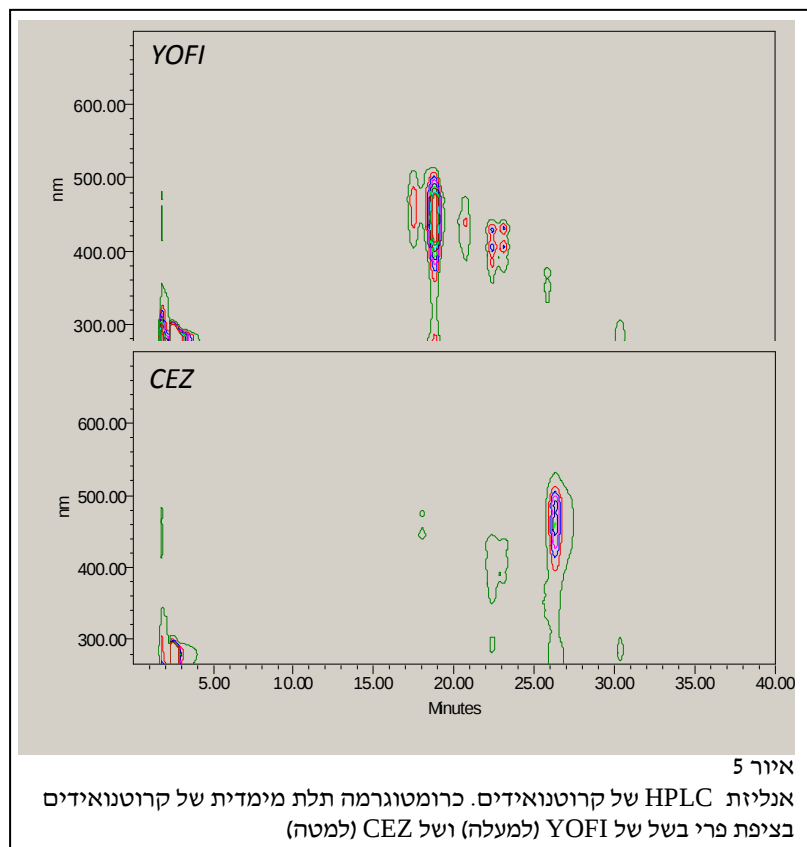
איור 3

רמות הביטוי היחסיות של גנים מרכזיים ממסלול ייצור הקרוטנואידים ב-CEZ וב-YOFI במהלך התפתחות הפרי, 10, 20, 30 ו-40 ימים (פרי בשל) לאחר הפריה: PSY - פיטואן סינתאז, PDS - פיטואן דסטוראז, ZDS - זיטא קרוטן דסטוראז, CRTISO - קרוטנואיד איזומראז, Lcy-b - ליקופן ביתא ציקלאז, Lcy-e - ליקופן אפסילון ציקלאז, CrtR-b - ביתא קרוטן הידרוקסילאז



איור 4

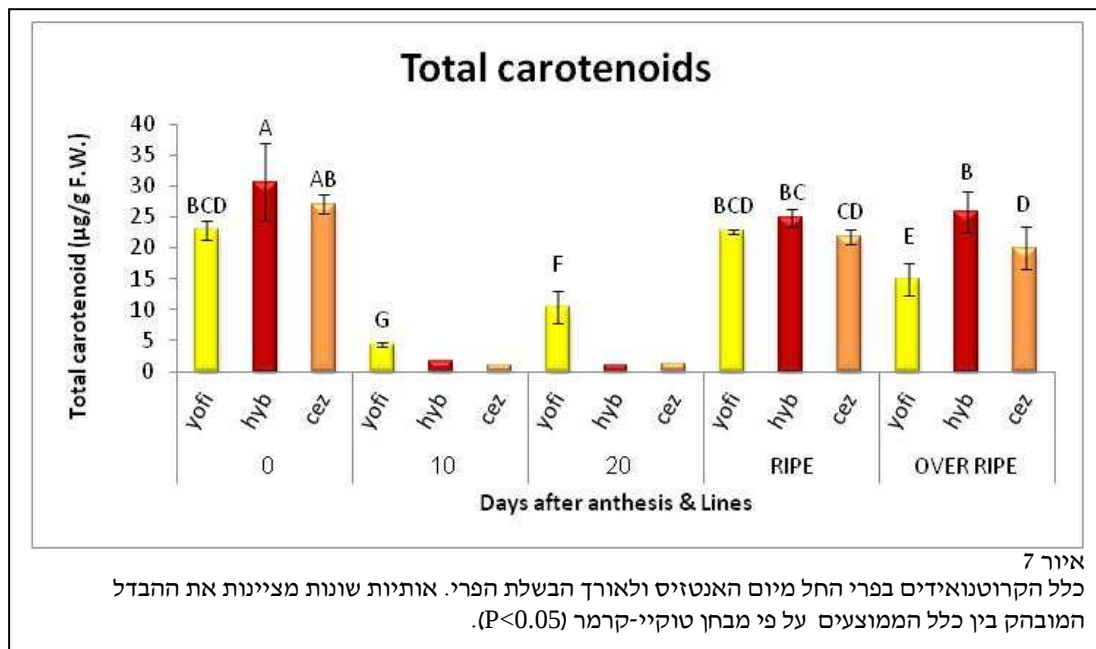
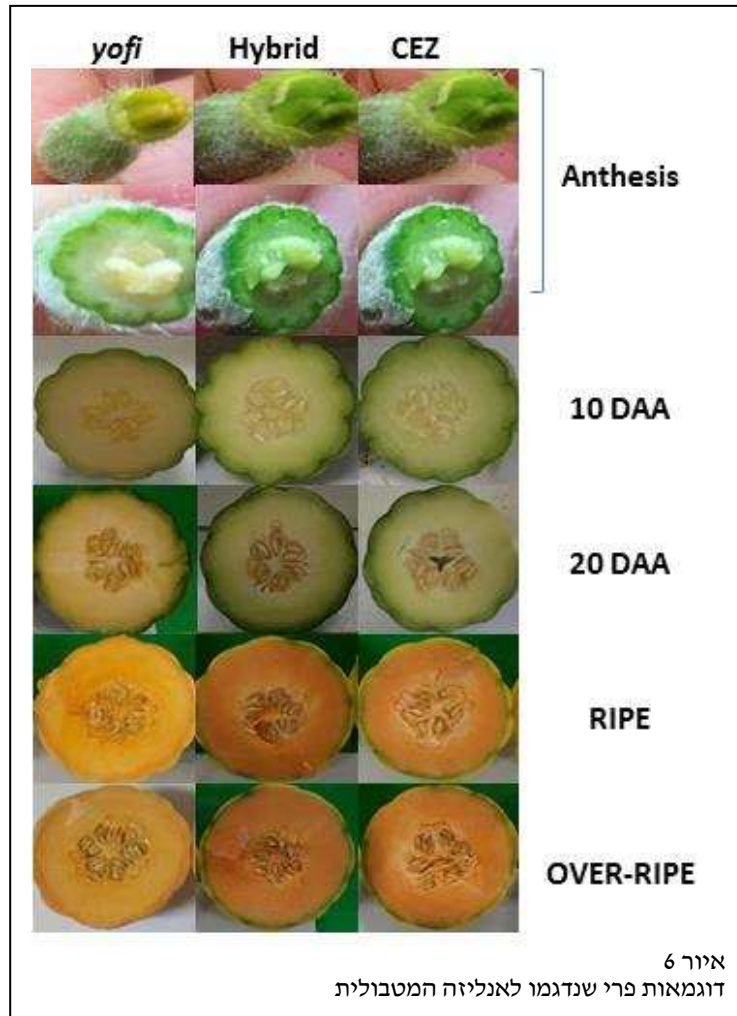
הביטוי הדיגיטלי של גנים נבחרים ממסלול הייצור של הקרוטנואידים במהלך התפתחות הפרי ב-CEZ וב-YOFI במהלך התפתחות הפרי, 10, 20, 30, 40 ימים (פרי בשל) ו-45 ימים (פרי בבשלות יתר) לאחר הפריה: PSY - פיטואן סינתאז, PDS - פיטואן דסטוראז, ZDS - זיתא קרוטן דסטוראז, CRTISO - קרוטנואיד איזומראז, LCYB - ליקופן ביתא ציקלאז, LCYE - ליקופן אפסילון ציקלאז, CHYB - ביתא קרוטן הידרוקסילאז

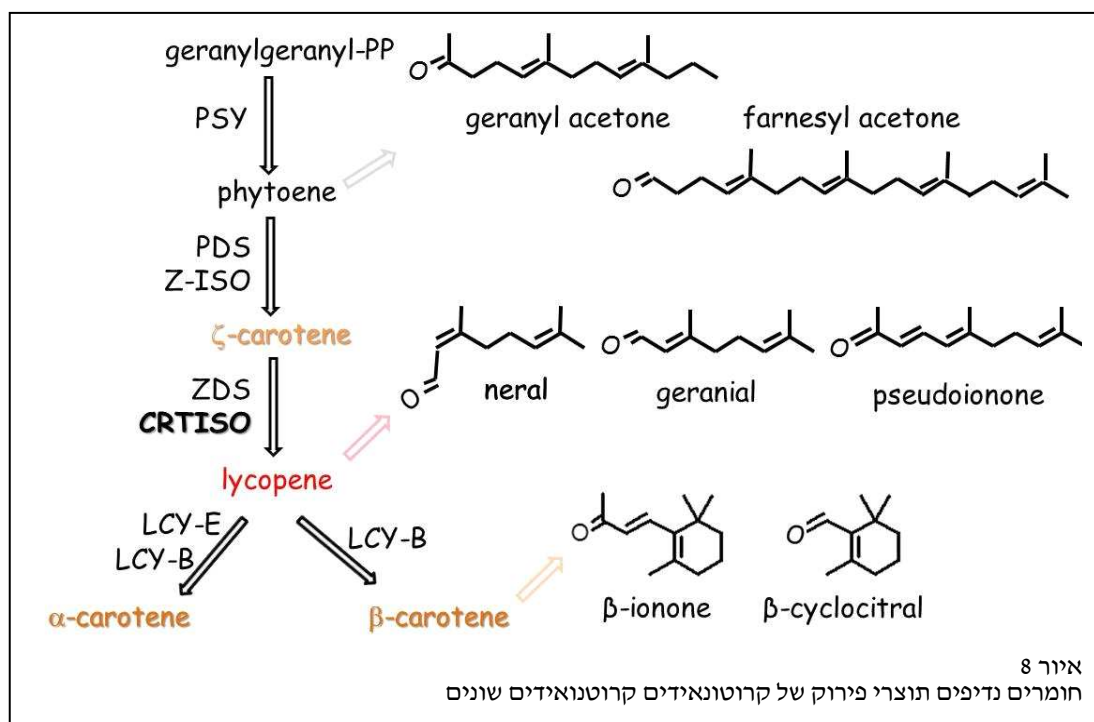


טבלא 1

תכולת הקרוטנואידים השונים בפרי בשל של YOFI ובפרי בשל של טיפוס הבר, CEZ

Carotenoid (µg/g FW)	CEZ	YOFI
phytoene	0.4± 0.2	2.0 ± 0.4
ζ-carotene	2.1 ± 0.3	4.8 ± 0.3
prolycopene	ND	18.4 ± 4.6
β-carotene	18.2 ± 2.4	0.2 ± 0.2
α-carotene	0.2± 0.1	ND
γ-carotene	1.6 ± 0.3	ND
lutein	1.1 ± 0.2	ND
Total	23.7	25.4





טבלה 2

נוראיזופרנים עיקריים שנמצאו באנליזת GCMS של פירות בשלים של YOFI ושל CEZ

Volatile	precursor	CEZ	YOFI
farnesyl acetone	phytoene	8.7 ± 0.7	86.5 ± 11.4
geranyl acetone	Phytoene	117.5 ± 3.1	991.1 ± 129.2
epoxygeranial	lycopene	ND	12.8 ± 0.6
neral	lycopene	0.7 ± 0.1	54.6 ± 4.7
geranial	lycopene	3.6 ± 0.3	113.3 ± 12.4
Z-pseudoionone	lycopene	ND	1.2 ± 0.3
E-pseudoionone	lycopene	ND	4.1 ± 0.5
6 methyl 5 hepten 2 one	lycopene	17.7 ± 1	520.6 ± 22.7
β-cyclocitral	β-carotene	66.4 ± 7.2	1.3 ± 0.1
dihydrocationidiolide	β-carotene	90.1 ± 18.6	ND
β-ionone	β-carotene	220.5 ± 32.4	5.1 ± 0.8
β-ionone epoxide	β-carotene	159.3 ± 30.6	11.1 ± 1.7

כלל הקרוטנואידים בקווי הורים (שמאל) ובמכלואים עם CEZ (אמצע) ועם YOFI (ימין)

Lines	Mean	S.D	Hybrid	Mean	S.D	Hybrid	Mean	S.D
NUN 6131	30.09	2.3	NUN 6131 x CEZ	21.36	2.63	NUN 6131 x yofi	21.69	5.67
MAJ	28.72	8	MAJ x CEZ	14.97	0.93	MAJ x yofi	13.61	1.64
DUL	25.45	3.2	DUL x CEZ	21.70	2.42	DUL x yofi	20.64	4.12
yofi	25.38	4.4	DOU x CEZ	22.86	2.18	DOU x yofi	20.47	1.50
DOU	23.9	1.6	INB x CEZ	9.37	1.09	INB x yofi	9.84	1.44
CEZ	19.55	3.3	ED x CEZ	11.53	0.97	ED x yofi	13.89	1.90
INB	13.67	2	NY x CEZ	19.16	1.93	NY x yofi	15.34	3.85
ED	2.59	0.6	TADA x CEZ	15.00	2.15	TADA x yofi	16.45	1.52
NY	0.56	0.1	PDS x CEZ	11.39	1.99	PDS x yofi	13.52	1.60
TADA	0.28	0.2	NA x CEZ	12.04	1.79	NA x yofi	13.49	3.12
PDS	0.19	0.1						
NA	0.19	0.1						

דיון

אפיון גנטי ומטבולי זיהה כי מוטציה נקודתית בגן CRTISO של המלון יצרה קודון פסק מוקדם שגורם לפגיעה ביכולת האיזומריזציה של האנזים ולהצטברות של פרו-ליקופן בפרי המוטנטי לעומת ביתא קרוטן בטיפוס הבר. זיהוי המוטציה איפשר לנו לפתח סמן גנטי שמאפשר עכשיו העברה יעילה ומהירה של המוטציה לרקעים גנטיים חדשים. מאחר והמוטציה יוצרת צבע פרי חדש, בעל טעם שונה מהמלון המקובל יש לה את הפוטנציאל לחדור לשוק המלונים המיוחדים אולם עד עתה לא הביעה שום חברה מסחרית התעניינות בפיתוח מוצר המבוסס על מוטציה זאת. אנו מעריכים כי הצבע הייחודי יוכל לגוון מגשים של מלונים חתוכים (Freshhcut) וננסה לקדם את המוצר לכיוון זה.

רשימת הפרסומים

1. Tadmor, Y., Burger, Y., Katzir, N., Lewinsohn, E., Portnoy, V., Lavee, T., Meir, A., Saar, U., Schaffer, A. A. MELON PLANTS COMPRISING TETRA-CIS-LYCOPENE EP Patent 2,538,770, 2013 US Patent 20,120,324,597, 2012
2. Galpaz, N., Burger, Y., Lavee, T., Tzuri, G., Sherman, A., Melamed, T., Eshed, R., Meir, A., Portnoy, V., Bar, E., Shimoni-Shor, E., Feder, A., Saar, Y., Saar, U., Baumkoler, F., Lewinsohn, E., Schaffer, A. A., Katzir, N., Tadmor, Y. 2013. Genetic and biochemical characterization of an EMS induced mutation in Cucumis melo CRTISO gene. Arch. Biochem. Biophys. 539: 117-125

- Auldrige, M. E., McCarty, D. R., & Klee, H. J. (2006). Plant carotenoid cleavage oxygenases and their apocarotenoid products. *Current Opinion in Plant Biology*, 9(3), 315-321.
- Chen Y, Li F and Wurtzel ET. (2010) Isolation and characterization of the Z-ISO gene encoding a missing component of carotenoid biosynthesis in plants. *Plant Physiol.* 153: 66-79.
- Demmig-Adams, B., & Adams III, W. W. (1996). The role of xanthophyll cycle carotenoids in the protection of photosynthesis. *Trends in Plant Science*, 1(1), 21-26.
- Farre, G., Sanahuja, G., Naqvi, S., Bai, C., Capell, T., Zhu, C., & Christou, P. (2010). Travel advice on the road to carotenoids in plants. *Plant Science*, 179, 28-48.
- Frishmeyer P.A. and Dietz H.C. (1999). Nonsense-mediated mRNA decay in health and disease. *Human Molecular Genetics*. 8 (10):1893-1900.
- Hirschberg J. (2001) Carotenoid biosynthesis in flowering plants. *Curr. Opin. Plant Biol.* 4: 210-218.
- Isaacson T, Ronen G, Zamir D, and Hirschberg J. (2002) Cloning of tangerine from tomato reveals a carotenoid isomerase essential for the production of β -carotene and xanthophylls in plants. *Plant Cell* 14: 333–342.
- Park H, Kreunen SS, Cuttriss AJ, DellaPenna D, and Pogson BJ. (2002) Identification of the carotenoid isomerase provides insight into carotenoid biosynthesis, prolamellar body formation, and photomorphogenesis. *Plant Cell* 14: 321–332
- Vishnevetsky M, Ovadis M, Vainstein A. (1999). Carotenoid sequestration in plants: the role of carotenoid-associated proteins. *Trends in Plant Science*, 4, 232-235.
- Tadmor, Y., King, S., Levi, A., Davis, A., Meir, A., Wasserman, B., ... & Lewinsohn, E. (2005). Comparative fruit colouration in watermelon and tomato. *Food research international*, 38(8), 837-841.
- Lewinsohn, E., Sitrit, Y., Bar, E., Azulay, Y., Meir, A., Zamir, D., & Tadmor, Y. (2005). Carotenoid pigmentation affects the volatile composition of tomato and watermelon fruits, as revealed by comparative genetic analyses. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(8), 3142-3148.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
1. לימוד הגנטיקה של צבירת פרו-ליקופן בפרי המלון – הורשה וגנומיקה.
2. אפיון השפעת צבירת פרו-ליקופן בפרי על איכות הפרי
3. אפיון חקלאי של טיפוס מכלוא ראשוניים
עיקרי התוצאות.
1. נמצאה מוטציה בגן CRTISO הגורמת לתרגום לחלבון מקוצר וכנראה לא פעיל. אופיין הטרנסקריפטום של המוטנט ושל טיפוס הבר, המוטציה אינה פוגעת בביטוי גנים מלבד הפחתה משמעותית בביטוי הגן המוטנטי.
2. המוטציה ב-CRTISO אינה פוגעת באיכות הפרי ומעלה את כלל הקרוטנואידים בפרי. המוטציה גורמת לשינוי בטעם הפרי.
3. למכלואים הטרנזיגוטיים ל-YOFI אין יתרון איכותי.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדו"ח?
1. קודון פסק מוקדם בגן CRTISO של המלון גורם לפגיעה בתפקוד הגן ובביטוי שלו. כתוצאה מכך המוטנט מראה הצהבה של נבטים ושל קודקודי צמיחה וצובר פרוליקופן בפרי
2. עד היום לא נעשתה ישירות אלינו פנייה רצינית מחברת זרעים כלשהי לניצול המוטנט הייחודי. שתי חברות בקשו דוגמאות זרעים מההפקדה שבצענו בסקוטלנד לצורך רישום
3. החלק המדעי של הפרויקט הושלם ופורסם. החלק המסחרי יימשך אם תהיה התעניינות.
בעיות שנותרו לפתרון ואו שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה ; התייחסות
1. החלק המדעי של הפרויקט הושלם ופורסם. החלק המסחרי יימשך אם תהיה התעניינות.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח : פרסומים בכתב - <u>ציטט</u> ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי ;
העבודה הוצגה בכנסים ובסמינרים בארץ ובעולם וחלקים ממנה פורסמו במאמר : Galpaz, N., Burger, Y., Lavee, T., Tzuri, G., Sherman, A., Melamed, T., Eshed, R., Meir, A., Portnoy, V., Bar, E., Shimoni-Shor, E., Feder, A., Saar, Y., Saar, U., Baumkoler, F., Lewinsohn, E., Schaffer, A. A., Katzir, N., Tadmor, Y. 2013. Genetic and biochemical characterization of an EMS induced mutation in Cucumis melo CRTISO gene. Arch. Biochem. Biophys. 539: 117-125
פרסום הדו"ח : אני ממליץ לפרסם את הדו"ח : (סמן אחת מהאופציות)
ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט) <