

השפעת צירופי זן/כנה על הטעם והארומה של פרי הדר

Effects of rootstock/scion combination on taste and flavor of citrus fruit

מוגש לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות

ע"י

רון פורת, המחלקה לאחסון, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן
שוקי קנוניץ, ממ"ר בכיר לזנים וכנות, המחלקה להדרים, שירות ההדרכה והמקצוע.

Ron Porat, Dept. of Postharvest Science, Agriculture Research Organization, P.O. Box 6, Bet
Dagan 50250. E-mail: rporat@volcani.agri.gov.il.

Shuki Kanonich, Division of Citriculture, Extension Service, Ministry of Agriculture, P.O. Box
28, Bet Dagan, 50250.

תקציר

לצירופי זן/כנה השפעה רבה על הפוריות, עמידות למחלות ועקות, התאמה לסוג הקרקע, וכן השפעה על איכות הפרי וטעמו. נכון להיום, הכנה העיקרית בארץ לגידול קליפים ותפוזים היא חושחש, אולם בגלל בעיה של רגישותה לטריסטזיה חשוב לבחון את השפעתם של צירופי זן/כנה נוספים, בעיקר וולקה, 812 וטרור, על איכות וטעם הפרי, כיוון שהם עשויים לתרום להגברת היבול והקניית עמידות לזיקוק הטריסטזיה. במחקר הנוכחי בחנו את השפעתם של צירופי זן/כנה שונים על מרכיבי הטעם והארומה ועל האיכות הסנסורית של פירות הדר שונים, ובכללם זני המנדרינה 'אורי' ו-'אודם', תפוז 'ולנסיה', פומלית אדומה 'רדסון' וזן ההדר החדש 'עליזה'. תוצאות המחקר מראות שסוג הכנה משפיע באופן מובהק על תכולת הכמ"מ והחומצה במיץ, כאשר בכל פירות ההדר שבדקנו רמות הכמ"מ והחומצה היו גבוהות יותר בפירות על כנת חושחש בהשוואה לוולקה. בניגוד לכך, השפעת סוג הכנה על תכולת חומרי הארומה בציפת הפרי, כפי שנבדק באמצעות מכשיר גז כרומטוגרף מצומד לגלאי מסות, (GC-MS) הייתה תלויה בצירוף הספציפי של הזן והכנה הנבחנו. כך למשל, במנדרינה 'אודם' ובפומלית אדומה 'רדסון' תכולת חומרי הארומה הייתה באופן מובהק נמוכה יותר בפרי על כנת וולקה בהשוואה לחושחש, ולעומת זאת, במנדרינה 'אורי' ותפוז 'ולנסיה' לא זיהינו הבדלים משמעותיים בתכולת חומרי הארומה בפרי על הכנות השונות. בהתאם לכך, מבחני טעימה שערכנו (בכללם מבחן התקבלות, מבחן תיאורי באמצעות צוות מאומן ומבחן משולש) הראו שסוג הכנה השפיע על התקבלות הטעם והאיכות הסנסורית של זנים ספציפיים, אך לא של אחרים. כך למשל, נמצאה העדפה ברורה לטעמם של פירות מנדרינה 'אודם', פומלית אדומה 'רדסון' וזן ההדר 'עליזה' על גבי כנת חושחש בהשוואה לוולקה, אך לא נמצאו הבדלים מובהקים בהתקבלות טעמם של פירות מנדרינה 'אורי' ותפוז 'ולנסיה' על הכנות השונות. מסקנות המחקר הנוכחי הן שהשפעות צירופי זן/כנה על האיכות והטעם של פרי הדר תלויות באינטראקציות הספציפיות בין הכנה והרוכב. אנו מסיקים שבפירות הדר כגון מנדרינה 'אורי' ותפוז 'ולנסיה', המכילים רמות כמ"מ וחומצה נאותים (כ-12% כמ"מ ומעל 1% חומצה) וארומה גבוהה, גם כאשר חלה ירידה בתכולת חומרי טעם וארומה על כנות מסוימות, הדבר לא בא לידי ביטוי במבחני טעימה. לעומת זאת, בזנים כגון 'אודם', 'רדסון' ו'עליזה', המכילים רמות כמ"מ וחומצה נמוכות יחסית או ארומה מעטה, אז כל ירידה קלה נוספת בתכולת חומרי הטעם והארומה בפרי הנובעת מהשפעת סוג הכנה בפרי מתבטאת בפגיעה בהתקבלות טעם הפרי.

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

_____ תאריך: _____

_____ חתימת החוקר: _____

רשימת פרסומים שנבעו מהמחקר:

1) בנימין, ג., פורת, ר. (2013). השפעות צירופי זן/כנה על הטעם והארומה של פירות מנדרינה 'אור' ו-'אודם'. עת הדר 96: עמודים 18-21.

2) בנימין, ג., פורת, ר., יניב, י., כרמי, נ., קנוניץ, ש. (2013). השפעות הכנה ומועד הקטיף על איכות וטעם של פירות 'עליסה', זן הדרים חדש. עלון הנוטע 67 (חוברת מאי), עמודים 46-49.

3) בנימין, ג., פורת, ר., יניב, י., כרמי, נ., קנוניץ, ש. (2013). השפעות הכנה ומועד הקטיף על איכות וטעם של פומלית אדומה 'עינת'. עלון הנוטע 67 (חוברת יוני), עמודים 50-53.

4) Benjamin, G., Tietel, Z., Porat R. (2013). Effects of rootstock/scion combinations on the flavor of citrus fruit. *J. Agric. Food Chem.* 61: 11286–11294.

מבוא

לצירופי זן/כנה השפעה רבה על הפוריות, עמידות למחלות, עקות סביבה, התאמה לסוג הקרקע, וכן על האיכות הפנימית וטעמים של פירות הדר.

הכנות המסחריות העיקריות לגידול הדרים בארץ הן חושחש, וולקה, 812, וטרור, כאשר לכל אחת מהן יתרונות וחסרונות מבחינת השפעתן על היבול, איכות הפרי ועמידות לעקות ביוטיות ואביוטיות. נכון להיום, הכנה העיקרית בארץ עבור מנדרינה 'אור', קליפים שונים ותפוזים היא חושחש (כ- 80% מהשתילים מורכבים על חושחש). אולם, בגלל הבעיה של רגישותה לוורוס הטריסטיזה קיים צורך למצוא כנות חלופיות ראויות (כפי שכבר נעשה במרבית המדינות המגדלות הדרים בעולם), אשר תיקנו יבול גבוה ועמידות לעקות ומחלות וגם פרי טעים ואיכותי. במחקר הנוכחי, בחנו את השפעות סוג הכנה (חושחש, וולקה, טרוור ו- 812) על האיכות והטעם של פירות זני המנדרינה 'אור' ו- 'אודס', תפוז 'ולנסיה', פומלית אדומה 'רדסון' וזן ההדר החדש 'עליזה'.

מטרות המחקר

מטרת המחקר הכללית הייתה לבחון את השפעתם של צירופי זן/כנה שונים על הטעם והארומה של פירות הדר, וזאת על מנת לבחור את הכנה הטובה ביותר לזנים שונים מבחינת השפעתה על איכות וטעם הפרי.

מטרות המחקר הספציפיות הן:

- א) בחינת השפעת צירופי זן/כנה שונים על טעמים של פירות זני הדר שונים באמצעות מבחני טעימה.
- ב) בחינת השפעת צירופי זן/כנה שונים על תכולת כמ"מ וחומצה במיץ של פירות זני הדר שונים.
- ג) בחינת השפעת צירופי זן/כנה שונים על תכולת חומרי ארומה נדיפים במיץ של פירות זני הדר שונים בעזרת אנאליזה במכשיר גז כרומטוגרף מצומד לגלאי מסות (GC-MS).
- ד) בחינת השפעת צירופי זן/כנה שונים על דרגת ההבשלה ומועדי הקטיפה של פירות זני הדר שונים (הקדמה ו/או דחייה של מועד הקטיפה).
- ה) בחינת השפעת צירופי זן/כנה שונים על כושר האחסון ושמירת איכותם של פירות זני הדר שונים לאחר הקטיפה.

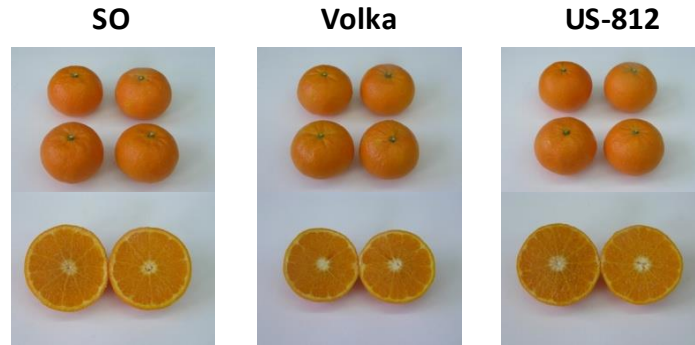
פירוט עיקרי תוצאות הניסויים

השפעת צירופי זן/כנה על טעמים של פירות מנדרינה 'אור'

מהלך הניסוי

השפעת צירופי זן/כנה על טעמים של פירות מנדרינה 'אור' נבדקה בעונות 2012 ו- 2013. בעונת 2012 בחנו את השפעת הכנות חושחש, וולקה, טרוור ו- 812 על איכות פירות 'אור' בשלושה מועדי קטיפה שונים, החל מה- 1.1.12 (קטיפה בכיר), ה- 2.2.12 (אמצע עונה) ו- 6.3.12 (קטיפה אפיל), ותוצאות בדיקה זאת דווחו בדו"ח המסכם של שנת המחקר השנייה (12-0368-430).

בעונת 2013 בחנו את השפעת הכנות חושחש, וולקה ו- US-812 על האיכות והטעם של פירות מנדרינה 'אור', במועד קטיפה יחיד באמצע עונת הזן ב-10.2.13 (איור 1).

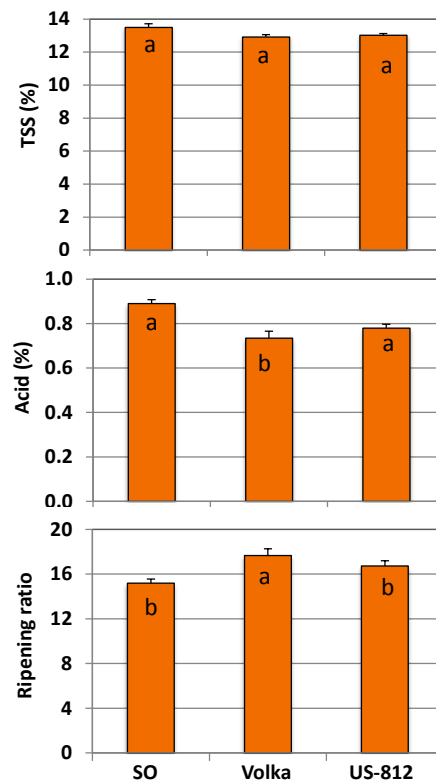


איור 1: השפעת סוג הכנה על מראה פירות מנדרינה 'אור' בעונת 2013.

תכולת כמ"מ וחומצה במיץ

מבחינת תכולת הכמ"מ במיץ, התגלו הבדלים מועטים בלבד בין הכנות השונות, כאשר תכולת הכמ"מ בפרי על כנת חושחש היתה 13.5%, ורק 12.9% ו-13.0% על וולקה ו-US-812, בהתאמה (איור 2).

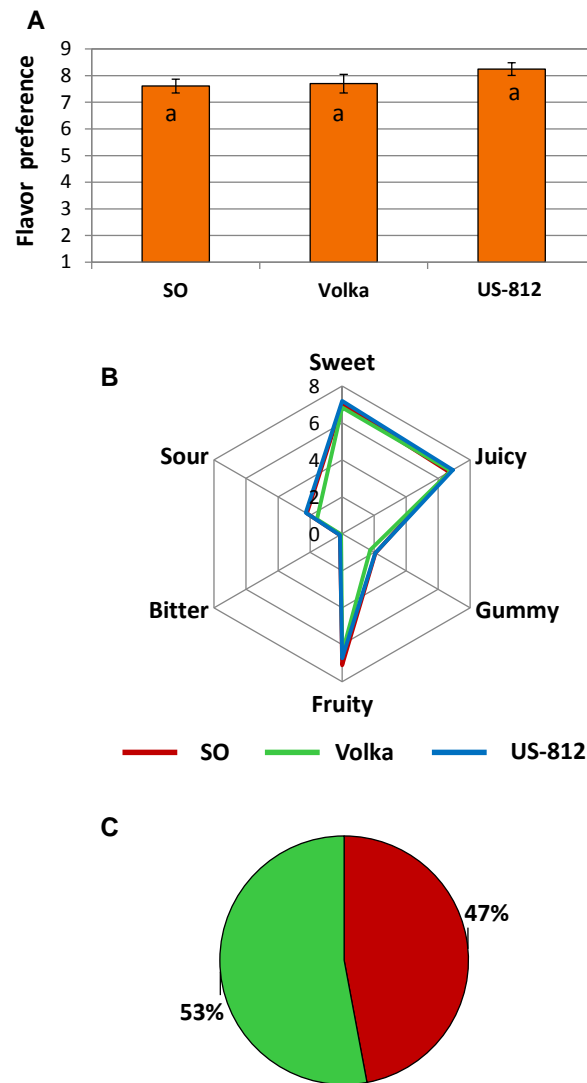
מבחינת תכולת החומצה במיץ זהו הבדלים משמעותיים יותר בין הכנות, כאשר תכולת החומצה היתה גבוהה יחסית במיץ של פרי על כנת חושחש (0.9%), מתונה על כנת US-812 (0.8%), ונמוכה יחסית על וולקה (0.7%) (איור 2). בסך הכול, ההבדלים שנמצאו בתכולת הכמ"מ והחומצה במיץ התבטאו בכך שהפרי על גבי כנת וולקה היה בעל יחס הבשלה מעט גבוה יותר (יחס הבשלה – 17.7) מאשר על גבי הכנות האחרות (בין 15.2 ו-16.7) (איור 11).



איור 2: השפעת סוג הכנה על תכולת הכמ"מ והחומצה במיץ פירות מנדרינה 'אור' בעונת 2013. התוצאות מבטאות ממוצעים + ש.ת. של חמש חזרות. אותיות לועזיות שונות מציינות הבדל מובהק בין כנות.

טעם הפרי

במבחן התקבלות טעם הפרי, לא נמצאו הבדלים משמעותיים בין הכנות השונות, כאשר ציוני ההתקבלות הממוצעים נעו בין 7.7 ל-8.2 בסולם של 1 עד 9 (איור 3A). בהמשך לכך, במבחן טעימה תיאורי נמצא שפרופיל הטעם של הפרי על הכנות השונות היה דומה, מלבד ירידה מעטה בחישת חמיצות בפרי על כנת וולקה בהשוואה לכנות האחרות (איור 3B). על מנת לבחון ביתר פירוט האם יש הבדלים בטעם הפרי על גבי הכנות חושש לעומת וולקה, ערכנו מבחן משולש, ונמצא כי רק 17 מבין 40 טועמים זיהו נכונה את ההבדלים בין הכנות. כלומר, לא נמצא הבדל מובהק בטעמים של הפירות על גבי כנות אלו ($P=0.22$). מבין הטועמים שזיהו נכונה את ההבדלים בין הכנות, 47% העדיפו את טעם הפרי על כנת חושש ו-53% העדיפו את טעם הפרי על וולקה (איור 3C).



איור 3: השפעת סוג הכנה על האיכות הסנסורית של פירות מנדרינה 'אורי' בעונת 2013. A, התקבלות הפרי; B, פרופיל טעם הפרי; C, התפלגות העדפת טעם הפרי מבין הטועמים שזיהו נכונה את השוני בין הכנות חושש (אדום) וולקה (ירוק) במבחן משולש. התוצאות מבטאות ממוצעים \pm ש.ט. של 40 טועמים במבחן ההתקבלות, ממוצעים של 10 טועמים במבחן הטעימה התיאורי, והתפלגות של 17 טועמים בהעדפת הפרי שבמבחן המשולש. אותיות לועזיות שונות במבחן ההתקבלות (A) מציינות הבדל מובהק בין כנות.

חומרי ארומה נדיפים

בסך הכל זיהינו 31 נדיפים בפירות 'אורי', ובכללם ששה כהלים, שמונה אלדהידים, ארבעה אסטרים, קטון אחד, שמונה מונוטרפנים וארבעה ססקוויטרפנים (טבלה ד'). מבין הנדיפים הללו, נמצאו הבדלים מובהקים בתכולתם של שני נדיפים בלבד בין הכנות השונות: תכולת האלדהידים nonanal ו-decanal היתה גבוהה יותר בפירות על כנת חושש לעומת הכנות וולקה ו-US-812 (טבלה א').

טבלה א': השפעת סוג הכנה על תכולת חומרי הארומה בפירות מנדרינה 'אורי' שנקטפו ב-10.2.13

Compound	RI ^a	RI ^b	Concentration ($\mu\text{g L}^{-1}$)			Odor description ^c
			SO	Volka	US-812	
<u>Alcohols</u>						
Ethanol	668	668	25 a	23 a	28 a	Sweet
3-Hexen-1-ol	851	855	15 a	24 a	21 a	fresh, green, grassy
1-Octanol	1069	1072	18 a	12 a	17 a	chemical, metal, burnt
Linalool	1098	1100	8 a	6 a	7 a	flower, lavender
4-Terpineol	1177	1179	1 a	0 a	2 a	turpentine, must
α -Terpineol	1190	1195	2 a	1 a	2 a	oil, anise, mint
Total alcohols			69 a	66 a	77 a	
<u>Aldehydes</u>						
Pentanal	694	706	94 a	98 a	82 a	almond, malt, pungent
Hexanal	798	801	577 a	568 a	539 a	grass, tallow, fat
(E)-2-Hexenal	848	844	52 a	76 a	99 a	green, leaf
Heptanal	900	903	19 a	9 a	7 a	fat, citrus, rancid
Octanal	1002	1006	42 a	29 a	26 a	fat, soap, lemon, green
Nonanal	1103	1104	34 a	11 b	0 c	fat, citrus, green
Decanal	1204	1209	17 a	8 b	9 b	orange peel, tallow
Perillaldehyde	1275	1271	153 a	114 a	217 a	spice
Total aldehydes			998 a	913 a	979 a	
<u>Esters</u>						
Ethyl Acetate	608	600	59 a	67 a	78 a	pineapple
Ethyl propanoate	707	713	10 a	11 a	11 a	fruit
Ethyl hexanoate	998	1002	50 a	40 a	52 a	apple peel, fruit
Ethyl octanoate	1196	1198	7 a	4 a	5 a	fruit, fat
Total esters			126 a	122 a	146 a	
<u>Ketones</u>						
Carvone	1244	1254	2 a	1 a	1 a	mint
<u>Monoterpenes</u>						
α -Pinene	931	939	353 a	222 a	292 a	pine, turpentine
Sabinene	972	972	33 a	21 a	27 a	turpentine, wood
β -Pinene	990	981	2,269 a	1,368 a	2,463 a	pine, resin, turpentine
α -Fellandrene	1007	1007	1,356 a	856 a	1,130 a	turpentine, mint, spice
Limonene	1034	1033	427,555 a	305,671 a	447,784 a	lemon, orange
(Z)- β -Ocimene	1047	1043	514 a	284 a	505 a	citrus, herb, flower
γ -Terpinene	1058	1060	743 a	402 a	642 a	gasoline, turpentine
δ -Terpinene	1088	1070	2,326 a	1,659 a	2,488 a	pine, plastic
Total monoterpenes			435,149 a	310,081 a	455,331 a	
<u>Sesquiterpenes</u>						
α -Cubebene	1351	1345	251 a	142 a	212 a	herb, wax
Copaene	1378	1377	266 a	141 a	250 a	wood, spice

Valencene	1496	1490	176 a	121 a	171 a	green, oil
δ -Cadinene	1529	1519	483 a	273 a	318 a	thyme, wood
Total sesquiterpenes			1,176 a	677 a	951 a	
Total volatiles			437,511 a	312,265 a	456,738 a	

^a Retention index (RI) מחושב. ^b נתוני Retention index ידועים במאגר Flavornet, ^c (http://www.flavornet.org) ובמאגר חומרי ארומה בהדרים של אוניברסיטת פלורידה (http://www.crec.ifas.ufl.edu/rouseff). ^c תיאור ניחוח הנדיפים על פי מאגר Flavornet. אותיות לועזיות שונות מייצגות הבדלים סטטיסטיים מובהקים ($P < 0.05$). רקע ורוד מייצג נדיפים שריכוזם גבוה באופן מובהק, ורקע כחול מייצג נדיפים שריכוזם נמוך באופן מובהק. נדיפים ברקע ירוק שונים באופן מובהק מאלה בעלי הריכוז הגבוה והנמוך ביותר.

השפעת צירופי זן/כנה על טעמים של פירות מנדרינה 'אודם'

מהלך הניסוי

השפעת צירופי זן/כנה על טעמים של פירות מנדרינה 'אודם' נבדקה בעונות 2012 ו-2013. בעונת 2012 בחנו את השפעת הכנות חושש, וולקה ו-812 על איכות פירות 'אודם' בשני מועדים: בתחילת עונת הקטיפ ב-3.1.12 ובסוף עונת הקטיפ ב-28.2.12, וכן בחנו את איכות וטעם הפרי לאחר סימולציית משלוח הכוללת 4 שבועות אחסון ב-10 מ"צ ו-3 ימים נוספים בחי מדף ב-20 מ"צ - תוצאות בדיקות אלו דווחו בדו"ח המסכם של שנת המחקר השנייה (12-0368-430).

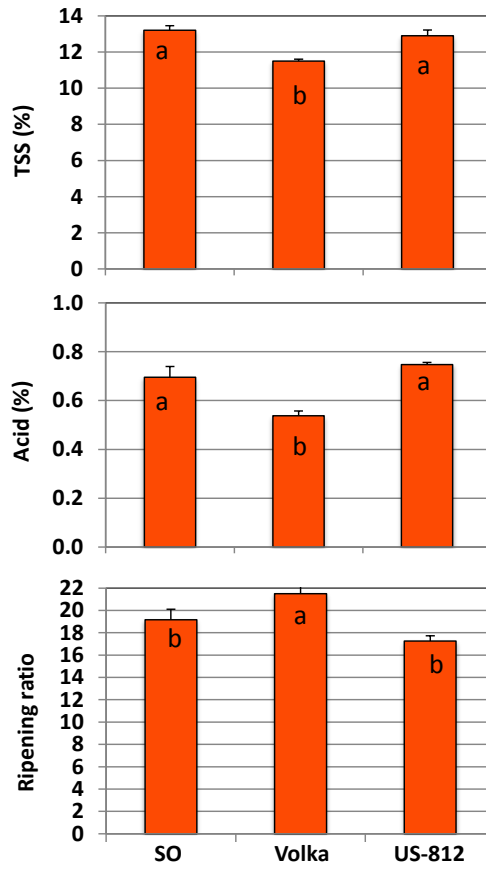
בעונת 2013 בחנו את השפעת הכנות חושש, וולקה ו-US-812 על האיכות והטעם של פירות מנדרינה 'אודם' במועד קטיפ יחיד בשיא עונת הזן, ב-16.2.13 (איור 4).



איור 4: השפעת סוג הכנה על מראה פירות מנדרינה 'אודם' שנקטפו ב-16.2.13.

תכולת כמ"מ וחומצה במיץ

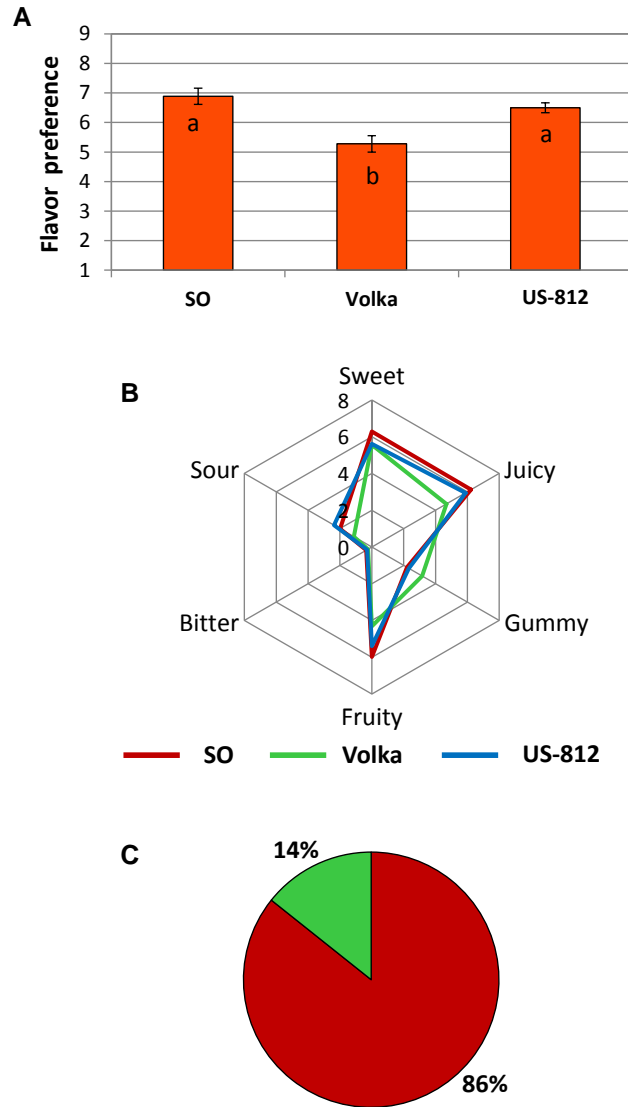
תכולת הכמ"מ במיץ היתה גבוהה יותר (כ-13.0%) בפרי על גבי הכנות חושש ו-US-812, בהשוואה לכנת וולקה (11.5% בלבד) (איור 5). כמו כן, תכולת החומצה במיץ היתה נמוכה יותר על כנת וולקה (0.5%) בהשוואה לכנות האחרות (כ-0.7%) (איור 5). בסך הכל, הבדלים אלו בתכולת הכמ"מ והחומצה במיץ התבטאו בכך שהפרי על כנת וולקה היה בעל יחס הבשלה מעט גבוה יותר (יחס הבשלה = 21.5) מאשר הכנות האחרות (יחס הבשלה בין 17 ל-19) (איור 5).



איור 5: השפעת סוג הכנה על תכולת הכמ"מ והחומצה במיץ פירות מנדרינה 'אודס' בעונת 2013. התוצאות מבטאות ממוצעים + ש.ת. של חמש חזרות. אותיות לועזיות שונות מציינות הבדל מובהק בין כנות.

טעם הפרי

תוצאות מבחן הטעימה מראות בבירור שטעמם של פירות מנדרינה 'אודס' על גבי הכנות חושש ו-US-812 (ציון טעם בין 6.5 ו-6.9) היה מועדף על פני כנת וולקה (ציון טעם = 5.3) (איור 6A). במבחן טעימה תיאורי נמצא שכמעט ולא נתגלו הבדלים בפרופיל טעם הפרי על גבי הכנות חושש ו-US-812, אך הללו נבדלו מהפרי על כנת וולקה שהיה פחות חמוץ, פחות עסיסי ופחות פירותי מהפרי על הכנות האחרות (איור 6B). על מנת לבחון ביתר העמקה את ההבדלים בטעמם של פירות 'אודס' על כנת חושש לעומת וולקה, ערכנו מבחן משולש, ונמצא שהיה הבדל מובהק בין הכנות ($P=0.001$), כאשר 21 טועמים זיהו נכונה את ההבדל בין הכנות, ו-15 טועמים לא זיהו. בנוסף לכך, מבין הטועמים שזיהו נכונה את ההבדלים בין הכנות, נמצא שמרבית הטועמים (86%) העדיפו את הפרי על כנת חושש, ורק מעטים (14%) העדיפו את הפרי על וולקה ($P=0.001$) (איור 6C).



איור 6: השפעת סוג הכנה על טעמים של פירות מנדרינה 'אודס'. A, התקבלות הפרי; B, פרופיל טעם הפרי; C, התפלגות העדפת טעם הפרי מבין הטועמים שזיהו נכונה את השוני בין הכנות חושש (אדום) וולקה (ירוק) במבחן משולש. התוצאות מבטאות ממוצעים \pm ש.ת. של 40 טועמים במבחן ההתקבלות, ממוצעים של 10 טועמים במבחן הטעימה התיאורי, והתפלגות של 21 טועמים בהעדפת הטעם שבמבחן המשולש. אותיות לועזיות שונות במבחן ההתקבלות (A) מציינות הבדל מובהק בין כנות.

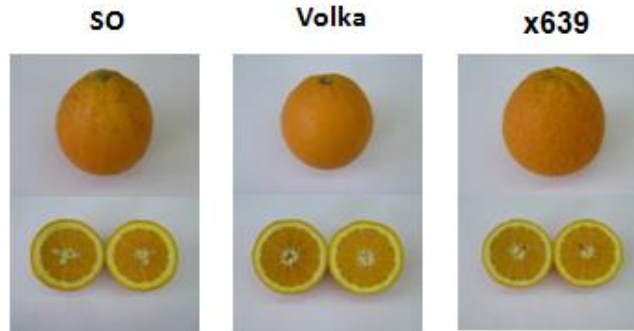
חומרי ארומה נדיפים

בדומה לתוצאות שנתקבלו בעונת 2012, נמצא שתכולתם של מרבית חומרי הארומה הנדיפים בפירות 'אודס', ובעיקרם טרפנים וססקוויטרפנים, היה באופן מובהק נמוך יותר במיץ של פרי על כנת וולקה בהשוואה לכנות חושש ו-US-812 (תוצאות לא מובאות).

השפעת צירופי זן/כנה על טעמים של פירות תפוז 'ולנסיה'

מהלך הניסוי

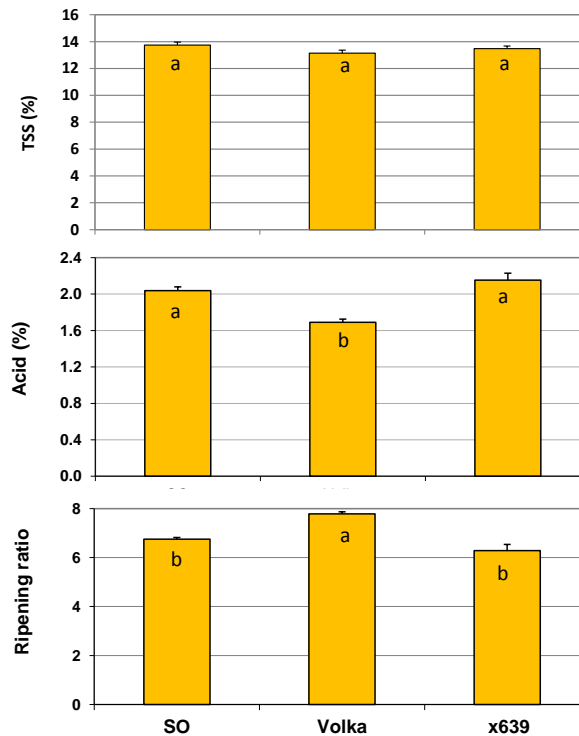
השפעת הכנות חושש, וולקה ו-x639 על האיכות והטעם של פירות תפוז 'ולנסיה', נבדקה במועד קטיף יחיד ב-19.4.12 (איור 7).



איור 7: השפעת סוג הכנה על מראה פירות תפוז 'ולנסיה'.

תכולת כמ"מ וחומצה במיץ

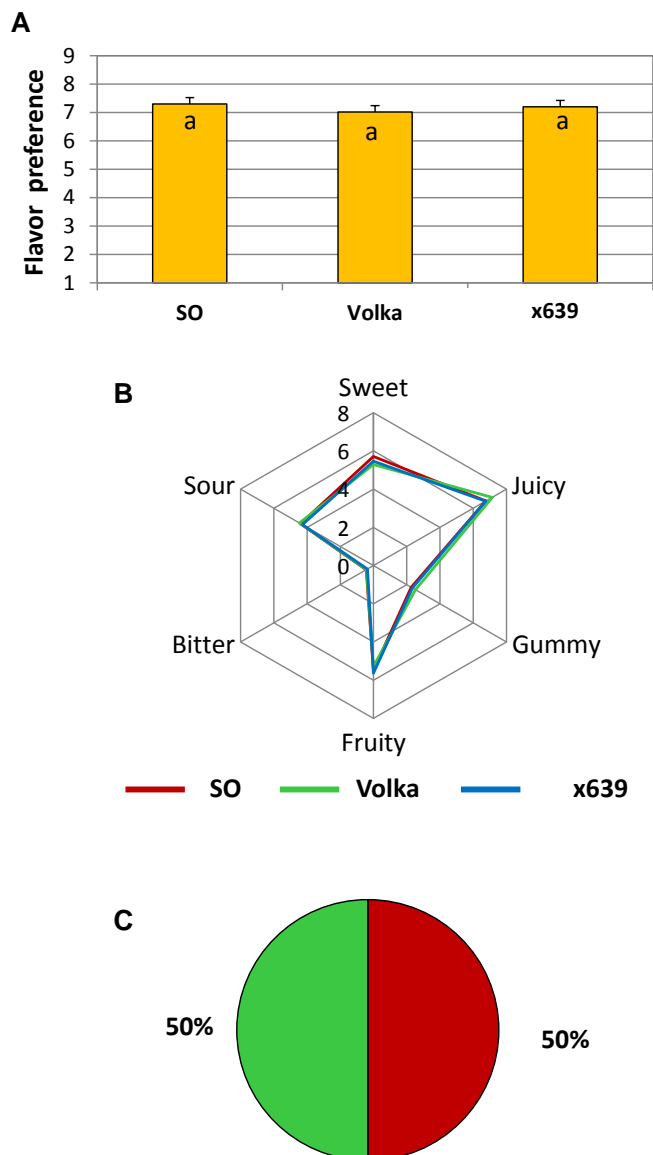
לא זוהו הבדלים בתכולת הכמ"מ במיץ בין שלוש הכנות, כאשר תכולת הכמ"מ הממוצעת היתה כ-13.5% (איור 8). לעומת זאת, תכולת החומצה היתה גבוהה יותר במיץ של פרי מהכנות חושש ו-x639, 2.0% ו-2.2%, בהתאמה, והיתה נמוכה יותר, 1.7% בלבד, בוולקה (איור 8). בהתאם לכך, יחס ההבשלה של פרי על הכנות חושש ו-x639 היה נמוך מזה שבולקה (איור 8).



איור 8: השפעת סוג הכנה על תכולת הכמ"מ והחומצה במיץ של פירות תפוז 'ולנסיה'. התוצאות מבטאות ממוצעים + ש.ת. של חמש חזרות. אותיות לועזיות שונות מציינות הבדל מובהק בין כנות.

טעם הפרי

תוצאות מבחן ההתקבלות הראו שלא זוהו הבדלים משמעותיים בטעמים של פירות תפוז 'ולנסיה' על גבי הכנות השונות, כאשר ציון הטעם הממוצע היה 7.2, בסולם של 1-9 (איור 9A). בהתאם לכך, גם פרופיל הטעם כפי שהתקבל ממבחן הטעימה התיאורי היה כמעט זהה בין הכנות השונות (איור 9B). על מנת לבחון ביתר פירוט האם ישנם הבדלים בין טעמים של פירות תפוז 'ולנסיה' על גבי הכנות חושש לעומת וולקה, ערכנו מבחן משולש, ונמצא שאכן לא היה הבדל מובהק בין הכנות ($P=0.371$), כאשר 16 טועמים בלבד זיהו נכונה את ההבדל בין הכנות, ו-24 לא זיהו. מתוך הטועמים שזיהו נכונה את ההבדל בין הכנות, מחצית הטועמים העדיפו את הפרי על כנת חושש, והמחצית השנייה את זה על וולקה ($P=0.196$) (איור 9C).



איור 9: השפעת סוג הכנה על טעמים של פירות תפוז 'ולנסיה'. A, התקבלות הפרי; B, פרופיל טעם הפרי; C, התפלגות העדפת טעם הפרי מבין הטועמים שזיהו נכונה את השוני בין הכנות חושש (אדום) וולקה (ירוק) במבחן משולש. התוצאות מבטאות ממוצעים \pm ש.ת. של 40 טועמים במבחן ההתקבלות, ממוצעים של 10 טועמים במבחן הטעימה התיאורי, והתפלגות של 16 טועמים בהעדפת הטעם שבמבחן המשולש. אותיות לעזיות שונות במבחן ההתקבלות (A) מציינות הבדל מובהק בין כנות.

חומרי ארומה נדיפים

בסך הכל זיהינו בפירות 'ולנסיה' 32 חומרי ארומה נדיפים (טבלה ב'), נמצאו הבדלים מובהקים בתכולתם של שבעה נדיפים בלבד בין הכנות, כאשר carvone היה גבוהה יותר בפירות על גבי כנת חושש, ותכולתם של 6 טרפנים היתה גבוהה יותר בפירות על כנת x639 לעומת הכנות חושש וולקה (טבלה ב').

טבלה ב': השפעת סוג הכנה על תכולת חומרי הארומה בפירות תפוז 'ולנסיה'.

Compound	RI ^a	RI ^b	Concentration ($\mu\text{g L}^{-1}$)			Odor description ^c
			SO	Volka	x639	
<u>Alcohols</u>						
Ethanol	668	668	12 a	8 a	6 a	sweet
1-Octanol	1070	1072	172 a	386 a	410 a	chemical, metal, burnt
Linalool	1100	1100	41 a	68 a	83 a	flower, lavender
4-Terpineol	1178	1179	10 a	15 a	23 a	turpentine, must
α -Terpineol	1192	1195	8 a	10 a	14 a	oil, anise, mint
Total Alcohols			539 a	780 a	822 a	
<u>Aldehydes</u>						
Hexanal	799	801	181 a	137 a	90 a	grass, tallow, fat
Heptanal	901	903	20 a	9 a	0 a	fat, citrus, rancid
Octanal	1003	1006	376 a	585 a	670 a	fat, soap, lemon, green
Nonanal	1104	1104	130 a	174 a	194 a	fat, soap, green
Decanal	1205	1209	517 a	655 a	876 a	tallow
Neral	1242	1247	3 a	6 a	6 a	lemon
Geranial	1271	1277	3 a	5 a	7 a	lemon, mint
Perillaldehyde	1276	1271	59 a	89 a	109 a	spice
Dodecanal	1409	1407	5 a	10 a	11 a	sweet, waxy
Total Aldehydes			3134 a	4351 a	7064 a	
<u>Esters</u>						
Ethyl butanoate	800	794	85 a	39 a	33 a	fruity
Ethyl hexanoate	999	1002	61 a	47 a	42 a	apple peel, fruit
Ethyl octanoate	1197	1198	18 a	19 a	9 a	fruit, fat
Octyl acetate	1211	1149	35 a	29 a	57 a	fruit
Citronellyl acetate	1353	1357	5 a	5 a	9 a	rose, dust
Total Esters			419 a	283 a	309 a	
<u>Ketones</u>						
Carvone	1246	1254	109 a	25 b	12 b	mint
<u>Monoterpenes</u>						
α -Pinene	933	939	98 b	75 b	227 a	pine, turpentine
Sabinene	973	972	21 b	33 b	103 a	turpentine, wood
β -Pinene	991	981	1,211 b	1,499 b	2,845 a	pine, resin, turpentine
Limonene	1037	1033	317,700 b	309,379 b	613,502 a	lemon, orange
(Z)- β -Ocimene	1049	1043	842 a	316 a	517 a	citrus, herb, flower
γ -Terpinene	1060	1074	565 a	782 a	1,294 a	gasoline, turpentine
δ -Terpinene	1089	1090	2,037 a	2,205 a	3,548 a	pine, plastic
Total Monoterpenes			42555 b	47036 b	98451 a	
<u>Sesquiterpenes</u>						
Copaene	1379	1377	178 b	475 b	1,268 a	wood, spice
β -Elemene	1395	1393	452 a	544 a	960 a	herb, wax, fresh
Caryophyllene	1424	1432	433 a	776 a	1082 a	wood, spicy

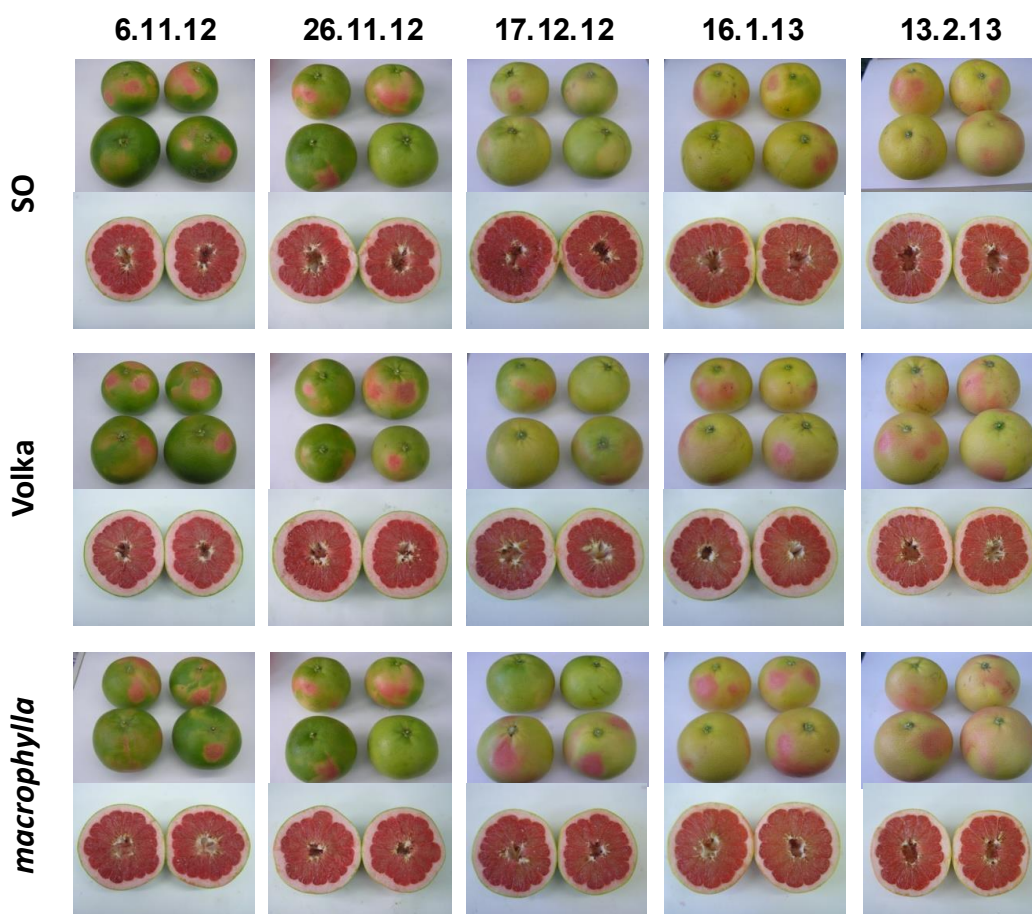
Valencene	1499	1490	19,200 a	10,748 a	18,877 a	green, oil
δ -Cadinene	1531	1519	520 b	732 b	1,963 a	thyme, wood
Total Sesquiterpenes			440 a	333 a	517 a	
Total volatiles			343,840 b	328,419 b	646,331 a	

^a Retention index (RI) מחושב. ^b נתוני Retention index ידועים במאגר Flavornet
^c (http://www.flavornet.org) ובמאגר חומרי ארומה בהדרים של אוניברסיטת פלורידה
 (http://www.crec.ifas.ufl.edu/rouseff). תיאור ניחוח הנדיפים על פי מאגר Flavornet. אותיות לועזיות
 שונות מייצגות הבדלים סטטיסטיים מובהקים ($P < 0.05$). רקע ורוד מייצג נדיפים שריכוזם גבוה באופן
 מובהק, ורקע כחול מייצג נדיפים שריכוזם נמוך באופן מובהק.

השפעת צירופי זן/כנה על טעמים של פירות פומלית אדומה 'רדסון'

מהלך הניסוי

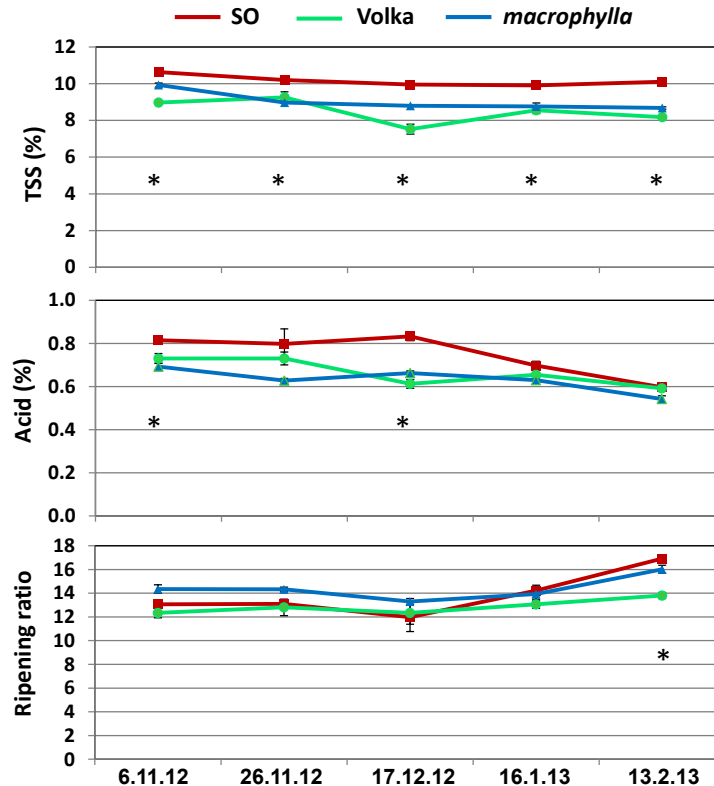
השפעת הכנות חושש, וולקה ומקרופילה על האיכות והטעם של פירות פומלית אדומה 'רדסון' נבדקה
 בחמישה מועדי קטיף שונים: 6.11.12, 16.1.13, 17.12.12, 26.11.12, ו-13.2.13 (איור 10).



איור 10: השפעת מועד הקטיף וסוג הכנה על מראה פירות פומלית אדומה 'רדסון'.

תכולת כמ"מ וחומצה במיץ

זיהינו הבדלים מובהקים בתכולת הכמ"מ במיץ בין הכנות, לאורך כל עונת הקטיף, כאשר הפרי על כנת חושש היה בעל תכולת כמ"מ גבוהה בהשוואה לכנות הלימוניות וולקה ומקרופילה. לדוגמה, בקטיף הבכיר תכולת הכמ"מ במיץ של פרי על כנת חושש היתה 10.6%, לעומת 9.9% על מקרופילה ורק 9.0% על וולקה (איור 11). מבחינת תכולת החומצה במיץ, זיהינו מגמה דומה של הבדלים בין הכנות, כאשר בשלושת מועדי הקטיף הראשונים תכולת החומצה במיץ של פרי על כנת חושש היתה מעט גבוהה יותר בהשוואה לכנות האחרות (איור 11). לדוגמה, בקטיף הבכיר תכולת החומצה בפרי על כנת חושש היתה 0.82%, ורק 0.73%-0.69%, בכנות וולקה ומקרופילה, בהתאמה (איור 11).

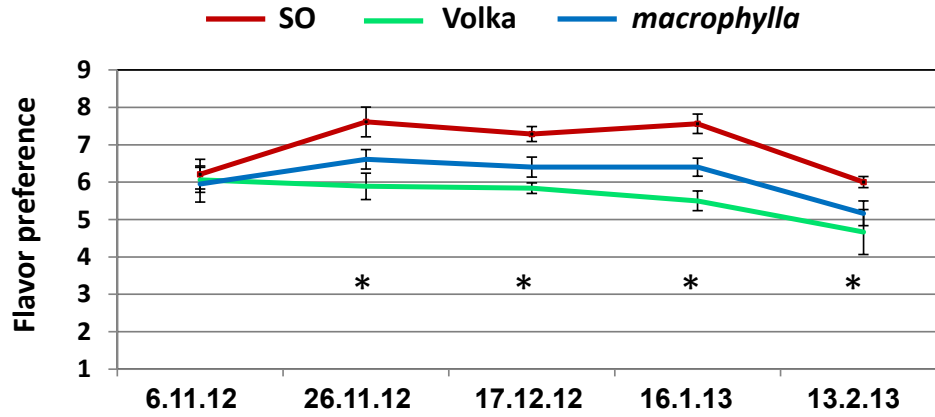


איור 11: השפעת מועד הקטיף וסוג הכנה על תכולת הכמ"מ והחומצה במיץ פירות פומלית אדומה 'רדסון'. התוצאות מבטאות ממוצעים \pm ש.ת. של חמש חזרות. *, בדיקות בהן נמצא הבדל מובהק בין הכנות חושש וולקה.

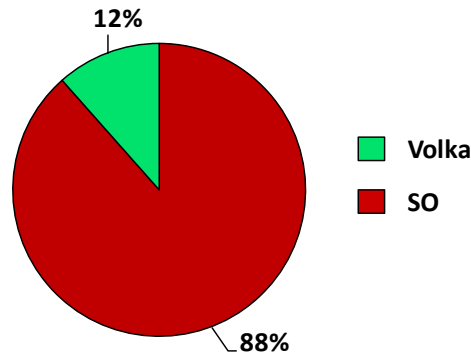
טעם הפרי

במבחן התקבלות הפרי זיהינו הבדלים בין הכנות, כאשר החל ממועד הקטיף השני הפרי על חושש היה בעל התקבלות הטעם הגבוהה ביותר, ואילו הפרי על וולקה היה בעל התקבלות הטעם הנמוכה ביותר (איור 12). לדוגמה, בקטיף השני ציון טעם הפרי על כנת חושש היה 7.6, ואילו טעם הפרי על הכנות מקרופילה וולקה היה 6.6 ו-5.9, בהתאמה (איור 12). מבחינת טעימה תיאוריים באמצעות צוות טועמים מאומן הראו שבקטיפים של אמצע העונה (בקטיפים השני, השלישי והרביעי) הפרי על כנת וולקה היה פחות מתוק בהשוואה לחושש ומקרופילה, וכן שהפרי על כנת חושש היה פירותי יותר מאשר על וולקה ומקרופילה (תוצאות לא מובאות). על מנת לבחון ביתר העמקה את ההבדלים בטעמים של פירות 'רדסון' על הכנות חושש לעומת וולקה, ערכנו במועד הקטיף השלישי, ב-17.12.12, מבחן משולש בקרב 46 טועמים לא מאומנים, ומצאנו כי 26 מבין

הטועמים זיהו נכונה את ההבדלים בין הכנות. כלומר, נמצא הבדל מובהק בין הכנות ($P=0.001$). מבין הטועמים שזיהו נכונה את ההבדלים בין הכנות, 88% העדיפו את טעם הפרי על גבי כנת חושחש ורק 12% העדיפו את טעם הפרי על גבי כנת וולקה (איור 13).



איור 12: השפעת מועד הקטיף וסוג הכנה על התקבלות פירות פומלית אדומה 'רדסון'. התוצאות מבטאות ממוצעים \pm ש.ת. של 40 טועמים ממכון וולקני. *, בדיקות בהן נמצא הבדל מובהק בין הכנות חושחש וולקה.



איור 13: התפלגות התקבלותם של פירות פומלית אדומה 'רדסון' על גבי הכנות חושחש (אדום) וולקה (ירוק). התוצאות מבטאות התפלגות העדפת טעם הפרי מבין 26 הטועמים שזיהו נכונה את השוני בין הכנות במבחן משולש.

חומרי ארומה נדיפים

במועד הקטיף השלישי ב-17.12.12, ערכנו אנליזת חומרי ארומה נדיפים בפירות 'רדסון', וזיהינו בסך הכול 28 נדיפים (טבלה ג'). מבין נדיפים אלו, זיהינו הבדלים מובהקים בתכולתם של 19 נדיפים אשר ריכוזם היה באופן מובהק גבוה יותר בפרי על כנת חושחש בהשוואה לוולקה ומקרופילה (טבלה ג'). נדיפים אלו כללו 2 כהלים טרפנים, 5 אלדהידים, קטון אחד, 4 מונוטרפנים ו-7 ססקוויטרפנים. בסה"כ תכולת הנדיפים הכללית היתה גבוהה באופן מובהק בפרי על כנת חושחש בהשוואה לכנות האחרות (טבלה ג').

טבלה ג': השפעת סוג הכנה על תכולת חומרי הארומה בפירות פומלית אדומה ירדסון בקטיף של ה- 17.12.12.

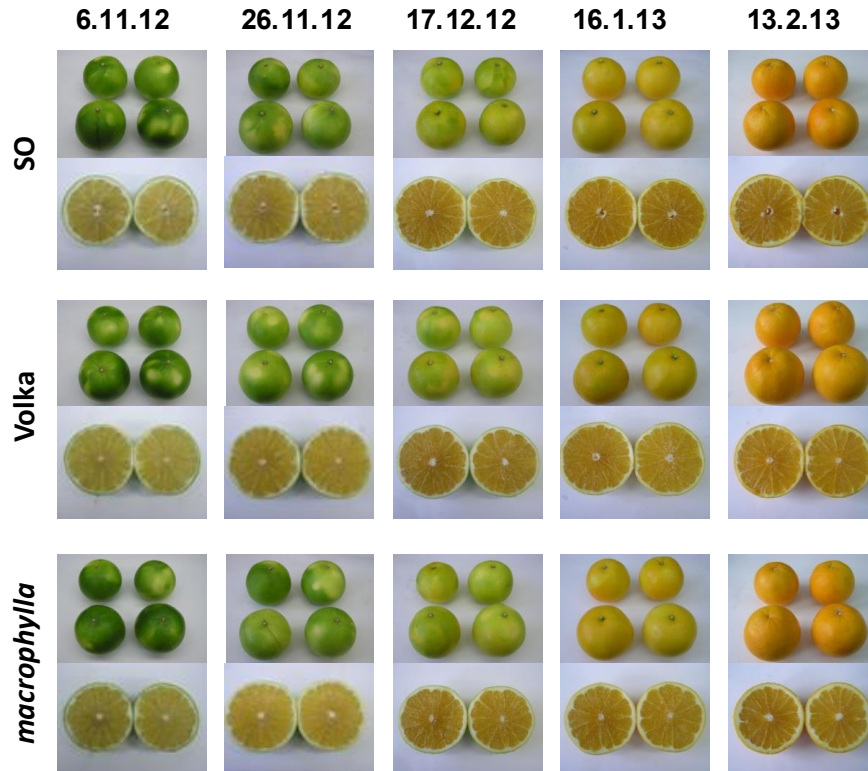
Compound	RI ^a	RI ^b	Concentration ($\mu\text{g L}^{-1}$)			Odor description ^c
			SO	Volka	macrophylla	
<u>Alcohols</u>						
1-Octanol	1069	1072	49 a	20 a	41 a	chemical, metal, burnt
Linalool	1098	1100	21 a	9 b	7 b	flower, lavender
4-Terpineol	1177	1179	4 a	2 a	1 a	turpentine, nutmeg, must
α -Terpineol	1190	1195	11 a	5 b	3 b	oil, anise, mint
<u>Aldehydes</u>						
Hexanal	798	801	27 a	15 b	18 b	grass, tallow, fat
(E)-2-Hexenal	848	844	6 a	0 b	0 b	green, leaf
Heptanal	900	903	5 a	5 a	7 a	fat, citrus, rancid
Octanal	1002	1006	51 a	14 a	13 a	fat, soap, lemon, green
Nonanal	1103	1104	6 a	2 a	2 a	fat, citrus, green
Decanal	1204	1209	23 a	9 b	7 b	soap, orange peel
Neral	1240	1247	11 a	3 b	2 b	lemon
Geranial	1270	1277	18 a	6 b	3 b	lemon, mint
<u>Ketones</u>						
Carvone	1244	1254	5 a	2 b	1 b	mint
<u>Monoterpenes</u>						
α -Pinene	932	939	3,595 a	1,782 a	1,822 a	pine, turpentine
Sabinene	972	972	1065 a	0 b	0 b	turpentine, wood
β -Pinene	990	981	36,263 a	14,465 b	16,442 b	pine, resin, turpentine
Limonene	1034	1033	623,267 a	350,284 b	411,858 b	lemon, orange
cis- β -Ocimene	1047	1043	1018 a	410 a	425 a	citrus, herb, flower
γ -Terpinene	1058	1060	1131 a	507 b	672 b	gasoline, turpentine
δ -Terpinene	1088	1088	5,397 a	3,457 a	4,169 a	pine, plastic
<u>Sesquiterpenes</u>						
δ -Elemene	1339	1340	7282 a	3307 a	1628 a	wood
α -Cubebene	1351	1345	3208 a	1231 b	719 b	herb, wax
Copaene	1378	1377	7640 a	2318 b	1322 b	wood, spice
β -Elemene	1394	1393	4472 a	1670 b	964 b	herb, wax, fresh
β -Caryophyllene	1458	1467	12,234 a	5,480 b	2,753 b	wood
γ -Muurolene	1479	1475	4,428 a	1,117 b	558 b	herb, wood, spice
Valencene	1497	1490	5,301 a	1,467 b	1,122 b	green, oil
δ -Cadinene	1530	1519	12,375 a	4,328 b	2,733 b	thyme, medicine, wood
Total volatiles			728,914 a	391,915 b	447,293 b	

Retention index (RI) מחושב. ^a, נתוני Retention index ידועים במאגר Flavornet ^b, ותואר ניחוח מובהקים (P < 0.05). רקע ורוד מייצג נדיפים שריכוזם גבוה באופן מובהק, ורקע כחול מייצג נדיפים שריכוזם נמוך באופן מובהק. ^c, תיאור ניחוח הנדיפים על פי מאגר Flavornet. אותיות לועזיות (http://www.flavornet.org) ובמאגר חומרי ארומה בהדרים של אוניברסיטת פלורידה (http://www.crec.ifas.ufl.edu/rouseff).

השפעת צירופי זן/כנה על טעמים של פירות 'עליזה'

מהלך הניסוי

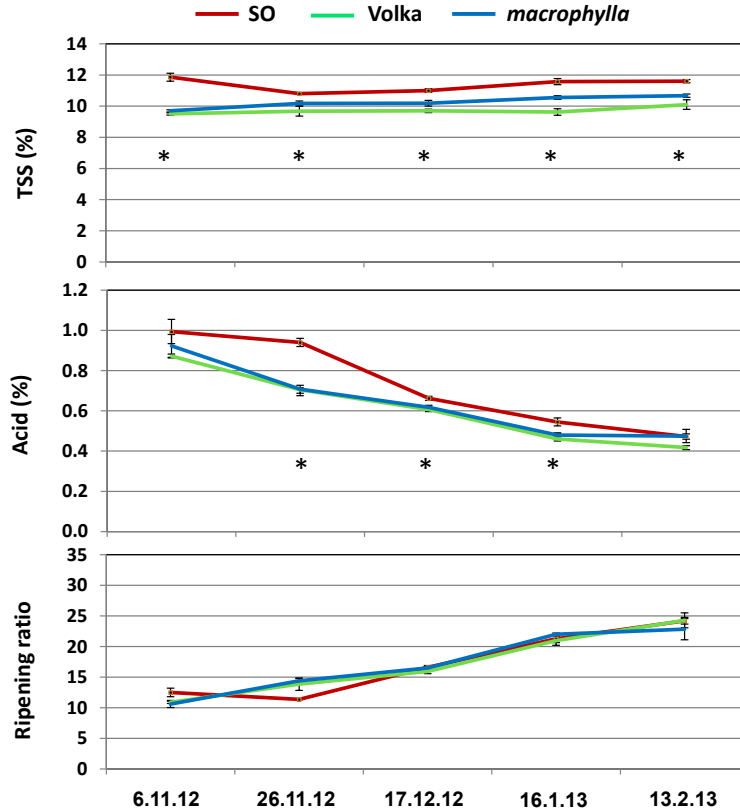
בעונת 2012/2013 בחנו את השפעת הכנות חושש, וולקה ומקרופילה על האיכות והטעם של פירות 'עליזה', זן הדר חדש תוצא הכלאה בין פומלו 'צנדלר' ומנדרינה 'אורה', בחמישה מועדי קטיף: 6.11.12, 26.11.12, 17.12.12, 16.1.13, 13.2.13, 17.12.12, 16.1.13, 13.2.13 (איור 14).



איור 14: השפעת מועד הקטיף וסוג הכנה על מראה פירות 'עליזה'.

תכולת כמ"מ וחומצה במיץ

בבדיקות תכולת הכמ"מ במיץ של פירות 'עליזה' נמצאו הבדלים משמעותיים בין הכנות, כאשר במהלך כל עונת הקטיף תכולת הכמ"מ במיץ היתה גבוהה יותר בפרי על כנת חושש בהשוואה לוולקה ומקרופילה, (איור 15). לדוגמה, בקטיף השלישי תכולת הכמ"מ במיץ על כנת חושש היתה 11% לעומת 9.7%-10.2% בלבד על כנות וולקה ומקרופילה, בהתאמה (איור 15). מבחינת תכולת החומצה במיץ, ניתן לראות כי במרבית הקטיפים תכולת החומצה במיץ היתה מעט גבוהה יותר בפרי על כנת חושש בהשוואה לכנות האחרות (איור 15). בסה"כ, כיוון שגם רמות הכמ"מ וגם רמות החומצה היו מעט נמוכות יותר בכנות וולקה ומקרופילה בהשוואה לחושש, אזי לא היו הבדלים ביחס ההבשלה בין הכנות (איור 15).

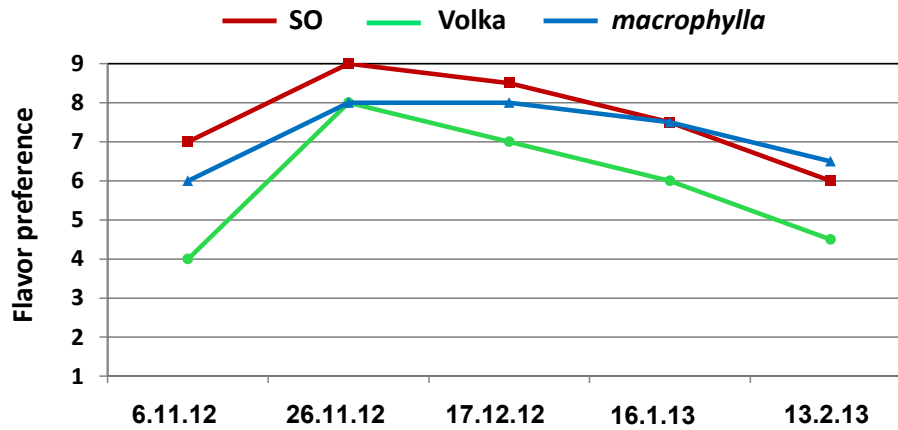


איור 15: השפעת מועד הקטיף וסוג הכנה על תכולת הכמ"מ והחומצה במיץ פירות 'עליזה'. התוצאות מבטאות ממוצעים \pm ש.ת. של חמש חזרות. *, בדיקות בהן נמצא הבדל מובהק בין הכנות חושש וולקה.

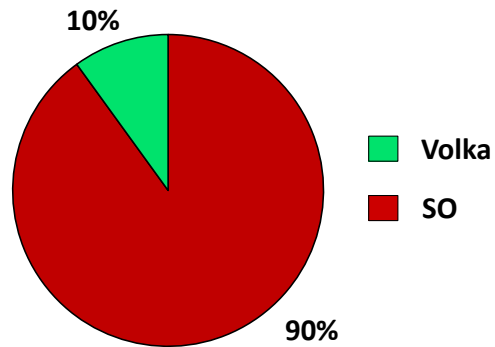
טעם הפרי

מבחינת התקבלות הקדמיים באמצעות צוות טועמים מצומצם מראים שזוהו הבדלים בהתקבלות הפרי בין הכנות ובמהלך ההבשלה (איור 16). מבחינת הטעימה הראו שהפרי היה טעים ביותר בקטיף השני, וקיבל ציון טעם מקסימלי (ציון טעם = 9) על כנת חושש, וציון טעם גבוה של 8 על הכנות וולקה ומקרופילה (איור 15). בקטיפים הבאים (הקטיפים השלישי, הרביעי והחמישי) נצפתה ירידה הדרגתית בהתקבלות הפרי, כאשר טעם הפרי היה מועדף על הכנות חושש ומקרופילה בהשוואה לוולקה (איור 15).

על מנת לבחון ביתר העמקה את ההבדלים בטעמים של פירות 'עליזה' על הכנות חושש לעומת וולקה, ערכנו במועד הקטיף הרביעי, ב-16.1.13, מבחן משולש בקרב 45 טועמים לא מאומנים, ומצאנו כי רק 20 מבין הטועמים זיהו נכונה את ההבדלים בין הכנות. כלומר, לא נמצא הבדל מובהק בין הכנות ($P=0.11$). עם זאת, מבין הטועמים שזיהו נכונה את ההבדלים בין הכנות, 90% העדיפו את טעם הפרי על גבי כנת חושש ורק 10% העדיפו את טעם הפרי על גבי כנת וולקה ($P=0.0002$) (איור 16).



איור 15: השפעת מועד הקטיף וסוג הכנה על התקבלות הטעם של פירות 'עליזה'. התוצאות מבטאות ממוצעים של 10 טועמים מהמחלקה לאחסון במכון וולקני.



איור 16: התפלגות התקבלותם של פירות 'עליזה' על גבי הכנות חושש (אדום) וולקה (ירוק) ב-16.1.13. התוצאות מבטאות התפלגות העדפת טעם הפרי מבין 20 הטועמים שזיהו נכונה את השוני בין הכנות במבחן משולש.

דיון ומסקנות

מטרת המחקר הנוכחי היתה לבחון באופן מעמיק ויסודי את ההשפעות של כנות מסחריות שונות, כגון חושש, וולקה ומקרופילה, וכן של כנות הדר חדשות שונות, כגון US-812 ו-639x, על הטעם והארומה של מיני זוני הדר שונים, ובכללם מנדרינות 'אור ו-'אודס', תפוז 'ולנסיה', פומלית אדומה 'רדסון' וזן הדרים חדש 'עליזה'. העבודה כללה בדיקות ביוכימיות של תכולת הכמ"מ והחומצה במיץ ותכולת חומרי הארומה הנדיפים בציפת הפרי, וכן בדיקות איכות סנסוריות שונות, ובכללן מבחני התקבלות, מבחני טעימה תיאוריים ומבחן משולש בין הכנות חושש וולקה, וכל זאת על מנת להמליץ בפני מגדלי הדרים ושתלנים על הכנות המתאימות ביותר לזנים השונים מבחינת השפעתם על הטעם והארומה של הפרי.

תוצאות המחקר מלמדות כי **השפעת כנות על הטעם והארומה של פירות הדר היא תופעה מורכבת, ותלויה באינטראקציה הספציפית בין הזן והכנה**. ולראיה, מבחני הטעימה שערכנו במיני זוני הדר שונים הראו שסוג הכנה כמעט ולא השפיע על חישת טעמים והתקבלותם של פירות מנדרינה 'אור' ותפוז 'ולנסיה', אך כן השפיע באופן משמעותי על טעמים של פירות מנדרינה 'אודס', פומלית אדומה 'רדסון' ו-'עליזה'.

אנו משערים שסוג הכנה משפיע על טעם הפרי באמצעות השפעתה על תכולת חומרי הטעם והארומה בפרי:

מבחינת תכולת הכמ"מ והחומצה במיץ – במרבית הבדיקות נמצא שתכולת הכמ"מ והחומצה במיץ היו נמוכות יותר במיץ מפירות על כנת וולקה בהשוואה לחושש, כאשר הכנה הלימונית מקרופילה דמתה יותר לוולקה, ואילו הכנות US-812 ו-639x דמו יותר לחושש.

מבחינת תכולת חומרי הארומה בפרי – נמצא שבפירות מנדרינה 'אור' ובפירות תפוז 'ולנסיה', לסוג הכנה היתה השפעה מעטה בלבד על תכולת חומרי הארומה בפרי. לעומת זאת, בפירות מנדרינה 'אודס' ובפומלית אדומה 'רדסון' נמצא שלסוג הכנה היתה השפעה ניכרת על תכולת חומרי הארומה בפרי, אשר היתה גבוהה יותר באופן מובהק על הכנות חושש ו-812 US לעומת וולקה ומקרופילה.

אנו מסיקים שבפירות הדר כגון מנדרינה 'אור' ותפוז 'ולנסיה', המכילים רמות כמ"מ וחומצה נאותים (כ-12% כמ"מ ומעל 1% חומצה) וארומה גבוהה, אזי גם כאשר חלה ירידה מסוימת בתכולת חומרי טעם וארומה על כנות מסוימות, הדבר לא בא לידי ביטוי במבחני טעימה. לעומת זאת, בזנים כגון 'אודס', 'רדסון' ו-'עליזה', המכילים רמות כמ"מ וחומצה נמוכות יחסית (פחות מ-10% כמ"מ או 0.7% חומצה) או ארומה מעטה, אז כל ירידה קלה נוספת בתכולת חומרי הטעם והארומה בפרי הנובעת מהשפעת סוג הכנה מתבטאת בפגיעה בהתקבלות טעם הפרי.

בסיכום המחקר, אנו מציעים כי ניתן לגדל מנדרינה 'אור' ותפוז 'ולנסיה' על כנות שונות, אך אנו מציעים לגדל פירות מנדרינה 'אודס', פומלית אדומה 'רדסון' ו-'עליזה' על הכנות חושש או US-812 אך לא על הכנות הלימוניות וולקה ומקרופילה.

פירוט מלא של הפרסומים המדעיים

חלקן של תוצאות עבודה זו דווחו בהרצאות בעל פה ביום עיון ארצי של ענף ההדרים לזכרו של שמואל (סם) אשכנזי שנערך בבית דגן ב- 19.1.2102, וביום עיון בנושא מנדרינה 'אודם' שנערך במשרד החקלאות ב- 19.5.2012.

רשימת פרסומים שנבעו מהמחקר:

(1) בנימין, ג., פורת, ר. (2013). השפעות צירופי זן/כנה על הטעם והארומה של פירות מנדרינה 'אור' ו-'אודם'. עת הדר 96: עמודים 18-21.

(2) בנימין, ג., פורת, ר., יניב, י., כרמי, נ., קנוניץ, ש. (2013). השפעות הכנה ומועד הקטיף על איכות וטעם של פירות 'עליסה', זן הדרים חדש. עלון הנוטע 67 (חוברת מאי), עמודים 46-49.

(3) בנימין, ג., פורת, ר., יניב, י., כרמי, נ., קנוניץ, ש. (2013). השפעות הכנה ומועד הקטיף על איכות וטעם של פומלית אדומה 'עינת'. עלון הנוטע 67 (חוברת יוני), עמודים 50-53.

4) Benjamin, G., Tietel, Z., Porat R. (2013). Effects of rootstock/scion combinations on the flavor of citrus fruit. *J. Agric. Food Chem.* 61: 11286–11294.

סיכום עם שאלות מנחות

מס' מחקר: 12-0302-430

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
מטרות המחקר בוצעו במלואן.
עיקרי התוצאות.
התוצאות העיקריות של המחקר הן שסוג הכנה כמעט ולא השפיע על חישת טעמים והתקבלותם של פירות מנדרינה 'אורי' ותפוז 'ולנסיה', אך כן השפיע באופן משמעותי על טעמים של פירות מנדרינה 'אודס', פומלית אדומה 'רדסון' ו-'עליזה' – טעמים של זנים עלה היה מועדף על כנת חושחש או 812 בהשוואה לוולקה.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הו"ח?
המסקנות המדעיות הן שסוג הכנה באינטראקציה עם מועד הקטיף משפיע על האיכות והטעם של פירות מנדרינה, וכי השפעת כנות על הטעם והארומה של פירות הדר היא תופעה מורכבת, ותלויה באינטראקציה הספציפית בין הזן והכנה
הבעיות שנתרו לפתרון ואו השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן.
המחקר בוצע ללא בעיות. בעתיד יהיה צורך לבחון התאמת כנות גם לזנים חדשים נוספים.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; הידע שנצבר בתקופת הדוח הופץ בקרב מגדלי ההדרים בהרצאה שניתנה ביום עיון לזכרו של שמואל (סם) אשכנזי בבית דגן ב- 19.1.2012, וביום עיון של שה"מ שהוקדש למנדרינה 'אודס' ונערך במשרד החקלאות ב- 19.5.2012, וכן בשלושה מאמרים בעברית ובמאמר נוסף בעיתונות המדעית הבינלאומית.
פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)
<ul style="list-style-type: none"> ✓ • ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט) • חסוי – לא לפרסום
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? כן * - לא -
לא

* יש לענות על שאלה זו רק בדו"ח שנה ראשונה במחקר שאושר לשנתיים, או בדו"ח שנה שנייה במחקר שאושר לשלוש שנים