

אוניברסיטת אריאל בשומרון

הפקולטה למדעי הטבע

השפעת משק המים בגפן על הפרופיל הארומטי של יין לבן

חיבור זה מוגש כחלק מהדרישות לקבלת התואר "מוסמך" למדעים (M.Sc.)

במחלקה להנדסה כימית

על ידי

עינת אלבוים

העבודה הוכנה בהדרכתם של המנחים: ד"ר שיבי דרורי וד"ר ישי נצר



תודות

ראשית כל, לאחד והיחיד, הקדוש ברוך הוא, שמזכה אותנו ליהנות מטוב הארץ, ולשבת כאן תחת גפנו ותאנתנו, תודה על שנתן בי את הכוחות להגיע לנקודת זמן זו של הגשת התזה ועל הזכות להיות חלק מהשיבה לארץ ופריחתה החקלאית.

לד"ר שיבי דרורי, על ההשקעה והאמונה בי, על הירידה לפרטים הקטנים וההתלהבות מהתוצאות, על הסבלנות וההכלה של השאלות הרבות שהיו לי.

תודה רבה לד"ר ישי נצר, על התמיכה וההכוונה, נתינת הפידבק החיובי והמלמד.

ברצוני להודות לאוניברסיטת אריאל על המלגה האישית אשר שימשה עבורי גב כלכלי במהלך המחקר.

תודה לצוות מעבדת היקב המחקרי באריאל:

לשני, על חברות ללא תנאים, על ההקשבה והתמיכה הרגשית והמעשית, על השותפות. למריה, על שלימדת אותי על המעבדה בכלל, ועל מכשירים מסוימים בפרט, בסבלנות ובאהבה, על הדאגה והזמינות גם כאשר לא נוכחת במעבדה.

לציפי ושונמית, על השכנות הנעימה בחדר סטודנטים, על העצות וההקשבה.

לאושרית, קטיה, מוריה, מפאתי ובת חן על האוזן קשבת והתמיכה הנפשית.

תודה לצוות היקב לאורך השנים-

למרון, לירן, ישי, איתן, וניר, תודה על הנעימות והרצון תמיד לעזור בשמחה.

תודה לנווה חגיגי, על הכנת היין המשותפת והעל השימוש בתוצאות שעליהן עבד.

תודה לצוות התמיכה של אגנטק המשווקים את חברת שימאדצו בארץ- אלינה וגיל.

תודה לנעה לוי על העזרה וההכוונה בניתוח הסטטיסטי.

תודה לשרון ייננית יקב שורק ולכל צוות היקב על האהבה ללמד את המקצוע ועל ייצור יין הניסוי.

תודה למשפחתי האהובה, להורי, חמי וחמותי,

על התמיכה האין סופית, מחשבתית רגשית ופרקטית.

תודה לקרובים אלי ביותר, רותם ויוזבל, שהקריבו בעל כורחם והיו מתוקים ונהדרים.

ואחרון חביב ויקר, מאיר, האיש שלי,

תודה על הדרבון והתמיכה, תודה על שהיית הבית שלנו בתקופה העמוסה הזו, תודה שנתת

מעצמך כל כך הרבה כדי שנצלח את התואר הזה ביחד.

תוכן העניינים

5.....	רשימת איורים	
6.....	רשימת טבלאות	
6.....	רשימת קיצורים	
7.....	תקציר	
8.....	מבוא	1.
8.....	משק המים בגפן והשפעתו על איכות הענב	1.1
10.....	מדדי איכות יין	1.2
11.....	חומציות ביין וחשיבותה לאיכותו	1.3
12.....	חומרי ארומה וטעם בגפן וחשיבותם לאיכות היין	1.4
13.....	חומרי הטעם ביין	1.4.1
13.....	חומרי הארומה ביין	1.4.2
14.....	אפיון וכימות חומרי ארומה ביין	1.5
15.....	שיטה מקובלת לאנליזה של חומרי ארומה ביין	1.6
16.....	רקע לשאלת המחקר - השפעת משק המים על מדדי תירוש ואיכות יין בזנים לבנים	1.7
18.....	מטרת המחקר	1.8
19.....	שיטות המחקר	2.
19.....	ניסויים מוקדמים	2.1
19.....	מבנה ניסוי השדה- השפעת משק המים בכרם סוביניון בלאן במירב	2.1.1
20.....	מדדי שדה שנמדדו בניסוי השטח והוכנסו לאנליזות במחקר הנוכחי	2.1.2
20.....	אינדקס שטח העלווה	2.1.2.1
21.....	פוטנציאל המים בגזע	2.1.2.2
21.....	אנליזות נתוני בסיס ביין	2.2
21.....	אנליזת צבע ופוליפנולים	2.3
22.....	ניתוח פרופיל ארומטי ב-GCMS	2.4
23.....	טכנולוגיית GC-MS	2.4.1
23.....	תמיסת סטנדרט פנימי	2.4.2
24.....	הכנת הדגימות	2.4.3
24.....	פרוטוקול התכנית ב-GC-MS	2.4.4
25.....	טעימות יין	2.5
25.....	ייצור יינות לבנים ביקב המחקרי, מיקרו-וניפיקציה	2.6
27.....	סטטיסטיקה	2.7
29.....	תוצאות	3.
29.....	השפעת משק המים בכרם על מדדי מאפייני היין	3.1
29.....	השפעת משטרי השקיה על מדדי התירוש הבסיסיים	3.1.1
32.....	השפעת משטרי השקיה שונים על רמת הפוליפנולים ביין	3.1.2
33.....	השפעת משטרי השקיה שונים על מאפיינים בסיסיים ביין	3.1.3

33.....	מדד סוכר שיורי	3.1.3.1
34.....	מדד החומצה הנדיפה (VA)	3.1.3.2
35.....	מדד החומצה המאלית (Malic Acid)	3.1.3.3
36.....	מדד האתנול, מדד סך החומצה ומדד הצפיפות	3.1.3.4
37.....	יחסי גומלין: משטרי השקיה נתוני שדה, מאפייני יין בסיסיים וצבע	3.1.4
	השפעת משטרי השקיה שונים על רמת החומצה הנדיפה (VA) ביין ועל רמת נגיעות הגפן בכרם:	3.1.5
41.....		
42.....	פיתוח שיטת זיהוי ארומות ביין לבן	3.2
43.....	בחינת סיב אידיאלי לזיהוי ארומות ביין לבן	3.2.2
44.....	בחינת קולונה אידיאלית לזיהוי ארומות ביין לבן	3.2.3
47.....	בדיקת תכניות הרצה למציאת טרפנים על ידי שינוי גרדיאנט הטמפרטורה	3.2.4
50.....	בחינת רמות ספליט שונות	3.2.5
50.....	בחינת שיטת דיטקציה (SIM / SCAN)	3.2.6
52.....	בחינת נפחי דגימה שונים	3.2.7
52.....	בחינת זמני שהייה שונים	3.2.8
53.....	תוצאות הניתוח הארומטי של היינות	3.3
53.....	חומרי הארומה שנמדדו ביינות הניסוי	3.3.1
54.....	השפעת טיפולי ההשקיה השונים על סך חומרי הארומה ביין	3.3.2
56.....	ניתוח PCA של היינות על בסיס חומרי הארומה וטיפול ההשקיה	3.3.3
57.....	ניפוי ובחירת חומרי ארומה בעלי חשיבות בהפרדה בין טיפולי ההשקיה	3.3.4
58.....	רגרסיה בין חומרי הארומה לבין משתני השדה ומאפייני היין	3.3.5
62.....	פרק טעימות	3.3.6
63.....	דיון ומסקנות:	4
63.....	השפעת משק המים בכרם על מדדי מאפייני היין	4.1
68.....	פיתוח זיהוי ארומות ביין לבן	4.2
70.....	הניתוח הארומטי	4.3
75.....	דיון מסכם	4.4
75.....	פיתוח שיטת מחקר לשימוש במחקרי המשך	4.4.1
75.....	רעיונות למחקרי המשך	4.4.2
76.....	פרקטיקה למשטר השקיה בעל השפעה מיטיבה	4.4.3
77.....	רשימת ספרות	5
87.....	נספחים	6
110.....	Abstract	
111.....	Ariel University	

רשימת איורים

- 10..... איור מס' 1 - שלושת השלבים הפנולוגיים של התפתחות גרגרי הגפן
- 15..... איור מס' 2 - סיווג קבוצות הארומה עם מבנים כימיים
- 25..... איור מס' 3 - טעימת יין אורגנולפטית
- 27..... איור מס' 4 - שלבים בהכנת יין לבן
- 30..... איור מס' 5 - מדד ריכוז הסוכר (Brix°) של התירוש
- 32..... איור מס' 6 - סך הפנולים ביינות סוביניון בלאן מירב בשנים 2019, 2021
- 33..... איור מס' 7 - רמת הסוכר השיורי כתלות בטיפול ההשקיה השונים
- 34..... איור מס' 8 - השוואת רמת החומצה הנדיפה (VA) בניתוח דו גורמי של השנים 2019 ו-2021
- 35..... איור מס' 9 - השוואת רמת החומצה המאלית (Malic Acid) בניתוח דו גורמי של השנים 2019 ו-2021
- 37..... איור מס' 10 - מטריצת קורלציות של יין סוביניון בלאן מירב 2019
- 38..... איור מס' 11 - מטריצת קורלציות של יין סוביניון בלאן מירב 2021
- 40..... איור מס' 12 - מטריצת קורלציות של יין סוביניון בלאן מירב
- 40..... איור מס' 13 - ממוצע פוטנציאל המים (SWP) בשלב הפנולוגי השלישי
- 41..... איור מס' 14 - מטריצת קורלציות בין מנות המים שיישמו בהשקיה, אחוז הרקבונות וחומצה נדיפה
- 43..... איור מס' 15 - השוואה בין שלוש כרומטוגרמות של סיבי SPME שונים
- 44..... איור מס' 16 - השוואה בין שלושה סיבים (SPME) שונים
- 46..... איור מס' 17 - השוואה בין שתי קולונות במכשיר GCMS
- 47..... איור מס' 18 - כרומטוגרמות שנפלטו במכשיר GC-MS
- 48..... איור מס' 19 - השוואה בין שלוש התכניות בעלות שינוי בגרדיאנט הטמפרטורה
- 49..... איור מס' 20 - השוואה בין שתי התכניות הראשונות בעלות שינוי בגרדיאנט הטמפרטורה
- 51..... איור מס' 21 - כרומטוגרמה של דגימת יין סוביניון בלאן, עם הסיב CAR/DVB/PDMS
- 51..... איור מס' 22 - כרומטוגרמה של דגימת יין סוביניון בלאן, על ידי הסיב CAR/DVB/PDMS
- 55..... איור מס' 23 - סך שטחי חומרי הארומה שהתקבלו מניתוח כרומטוגרמת GC-MS
- 56..... איור מס' 24 - ניתוח גורמים ראשיים או PCA של יינות הניסוי במירב 2019
- 57..... איור מס' 25 - ניתוח גורמים ראשיים או PCA של יינות הניסוי במירב 2021
- 59..... איור מס' 26 - ערכי R² של מודלי רגרסיה המובהקים המסבירים את חומרי הארומה
- 60..... איור מס' 27 - אחוז ההשפעה ותדירות ההופעה של מדדי השדה על הארומות בשנת 2021
- 61..... איור מס' 28 - אחוז ההשפעה ותדירות ההופעה של מדדי היין על הארומות בשתי השנים
- 62..... איור מס' 29 - טעימה אורגנולפטית - OIV

רשימת טבלאות

12.....	טבלה מס' 1. סיכום ערכי מאפיינים בסיסיים הרצויים בין
20.....	טבלה מס' 2. מקדמי ההשקיה בטיפולים השונים באתר הניסוי, כרם מירב
22.....	טבלה מס' 3. פעולות לביצוע האנליזות בספקטרופוטומטר וחישוב התוצאות בין לבן
23.....	טבלה מס' 4. פירוט הבדלי הטמפרטורה בין התוכניות
31.....	טבלה מס' 5. מועדי הבציר של הניסוי, בשנים 2019, 2021

רשימת קיצורים

ET_c = Evapotranspiration

GC-MS = Gas chromatography–mass spectrometry

GlucFruc = Residual sugar

HS = Head space

LAI = Leaf Area Index

LC-MS = Liquid chromatography–mass spectrometry

OIV = International Organisation of Vine and Wine

PCA = Principal component analysis

pH = Potential of hydrogen

RDI = Regulated Deficit Irrigation

SDI = Sustainable Deficit Irrigation

SPME = Solid phase micro extraction

SWP = Stem Water Potential

TA = Total acid

TP = Total phenols

TSS = Total Soluble Solids

VA = Volatility acid

30% ET_c - מקדם השקיה נמוך לאורך כל העונה

45% ET_c - מקדם השקיה בינוני לאורך כל העונה

60% ET_c - מקדם השקיה גבוה לאורך כל העונה

30% -> 60% ET_c - מקדם השקיה משתנה לאורך העונה, בשני השלבים הפנולוגיים הראשונים
מקדם השקיה הוא נמוך ובשלב הפנולוגי השלישי מקדם השקיה גבוה

60% -> 30% ET_c - מקדם השקיה משתנה לאורך העונה, בשלב הפנולוגי הראשון מקדם השקיה
גבוה ובשני השלבים הפנולוגיים הבאים מקדם השקיה נמוך

תקציר

תעשיית גידול הגפן וייצור היין בישראל, מתפתחת וגדלה בכמות ובאיכות בשנים האחרונות בעקביות, ואנשי הגפן - הכורמים, ואנשי היין - הייננים, משפרים ומדייקים כל העת את תהליכי ייצור היין במטרה להשביחו. הארומה, המהווה שילוב ייחודי בין טעמים וריחות, הינה מדד איכות יין חשוב, ובעלת השפעה על דירוג היין ועל ערכו הכלכלי. מגוון תהליכים, בשלבי גידול הענבים ובשלבי ייצור היין, משפיעים על הצטברות חומרים ארומטיים ביין: משטרי גידול אגרוטכניים בכרם, תהליך ייצור היין ותקופת ההתיישנות בחביות. בשנים האחרונות בוצעו מגוון ניסויי השקיה בכרמים, שהצביעו על היתרונות הגלומים ביישום עקות יובש מתונות בכרם, אשר מועילות ליין מבחינת התפתחות הצבע והטעם ביינות אדומים. אולם בעניין השפעת עקות מים על הארומה, הממצאים פחות חדים וברורים, ואין ידע מספק לבניית משק מים נכון ומתאים להשבחת חומרים ארומטיים ביינות בישראל.

במסגרת עבודה זו, נבחנה השפעת משק המים בכרם על פרופיל הארומות ביין לבן, במטרה למצוא מתודת השקיה אידיאלית למקסום הפוטנציאל הארומטי ביינות לבנים, ועל מנת לספק לייננים מידע לגבי איכות היין בכל משטר השקיה. הניסוי נערך בכרם סוביניון בלאן (לבן) בקיבוץ מירב, ובחן חמישה משטרי השקיה בחוסר להשריית עקה מתונה. תהליך ייצור היין, נעשה בתנאים מבוקרים ביקב המחקרי באריאל וביקב הלימודי 'שורק'. אנליזות תירוש ויין בסיסיות בוצעו על ידי המכשירים FOSS ו-spectrophotometer, וניתוח ארומטי של היינות בוצע באמצעות כלי המחקר המרכזי במחקר הנוכחי - מכשיר GC-MS באמצעות טכנולוגיית SPME, המאפשרת זיהוי וכימות חומרי ארומה נדיפים ביין.

מתוצאות המחקר עלה, כי ביינות לבנים ישנו מתאם חיובי בין כמות ההשקיה לדונם (mm) להצטברות חומצה מאלית ביין, וכי יש מגמה הפוכה בהצטברות הארומות ביין כתלות בהשקיה, בשתי השנים שנבדקו - בבדיקת יין טרי הצטברות הארומות עלתה עם הגברת ההשקיה, ואילו לאחר שנתיים של התיישנות, הצטברות הארומות פחתה עם הגברת ההשקיה. מחקר זה, מפרט וממפה את החומרים הארומטיים המושפעים ממשטר ההשקיה של עקה מתונה, ונותן קריאת כיוון לתהליך גידול גפנים עבור יינות לבנים משובחים יותר, בעלי ניחוח ארומטי משמעותי וחומציות חיובית גבוהה.

"עוד תטעי כרמים בהרי שומרון" מתנבא הנביא ירמיהו באחת מנבואות הנחמה הבודדות (ירמיהו, לא, ד) - עם ישראל שב למחוזות השומרון לאחר שנות גלות ארוכות ומוצא חבלי ארץ ללא זכר לגפנים ולכרמים, ונבואת ירמיהו, מה תהא עליה? תופעה זו, של היעדר מוחלט של כרמי גפן, היא תוצאה של שלטון מוסלמי רב שנים שהתנגד לגידול גפנים ולייצור יין מסיבות דתיות (Drori et al. 2017). בד בבד עם תחילת ההתיישבות בשומרון בתחילת שנות ה-70 של המאה הקודמת, החלו לטעת כרמים ברחבי השומרון (Drori et al. 2015; McGonigle 2019), ובהמשך הוקם היקב המחקרי מרום אריאל. הגפנים שבשומרון מניבים ענבים משובחים המתאימים עד מאד לייצור יין, ויינות השומרון זוכים במדליות בתחרויות יין בינלאומיות ותעשיית הגפנים והיינות משגשגת. ייצור היין המסורתי הופך מתהליך חקלאי פשוט לתהליך מדעי מדויק, ותרומתו של היקב המחקרי מרום אריאל להאצת תהליכים אלו רבה. במחקר זה נעשה ניסיון לגבש אסטרטגיית השקיה לצורך השבחת חומרי ארומה ביין סוביניון בלאן. כאמור, מחקר זה הוא חלק משורה של מחקרים רבים בתחום היין והגפן, וכל תוצאות המחקר צריכות להיבחן בהלימה ובהשראת התמונה המחקרית הכוללת.

1.1 משק המים בגפן והשפעתו על איכות הענב

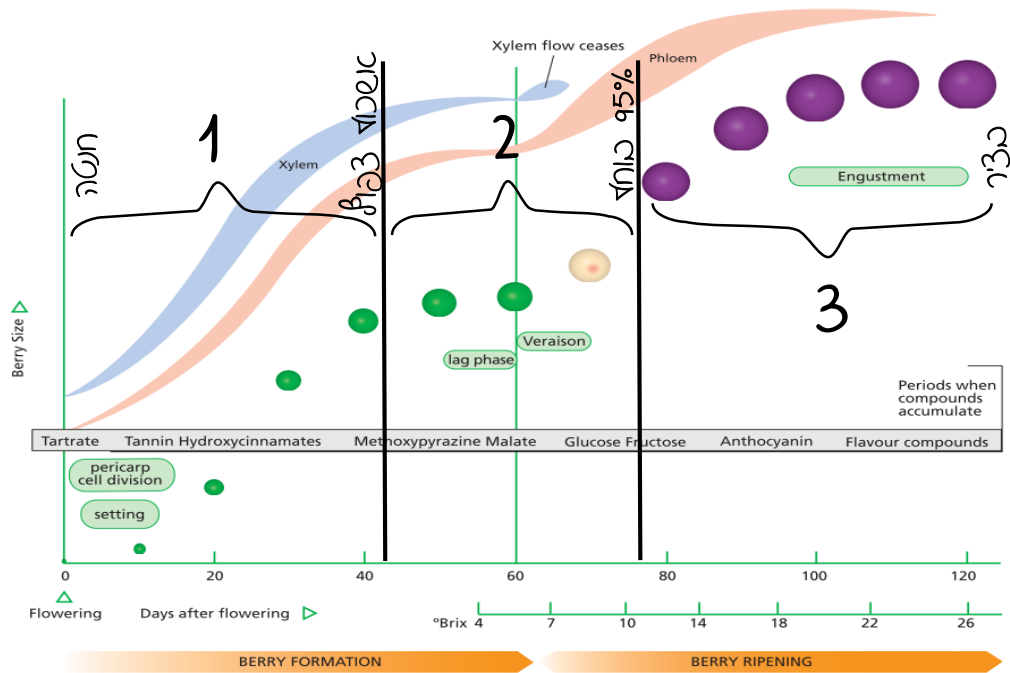
גפן היין (*Vinifera Vitis*) הינו אחד מהגידולים החשובים מבחינה כלכלית בעולם ובישראל, הגפן אף שימשה כעץ מודל הראשון למחקר של עצי פרי (Troggio et al. 2008). מאז ראשית התרבות האנושית הגפן נמנית על גידולי החקלאות החשובים, מחקרים ארכיאולוגיים רבים מתוארכים לשנת 6000 לפנה"ס (Ronald s.Jackson 1967), אחת הסיבות העיקריות לכך הינו היין המופק מהגפן. להפקת יין איכותי נדרשים תכנון ודיוק בתהליך, החל מהתנאים האגרוטכניים של הגידול בכרם, דרך תזמון וביצוע הבציר וכלה בטכנולוגיית ייצור היין והתיישנותו. היין מכיל חומרים רבים המשפיעים על איכותו כגון - רמת פוליפנולים, חומרי ארומה, רמת החומצה וצבע. טעמו של היין, ריחו וצבעו מושפעים מתרכובות כימיות שונות שהן פוליפנולים, אסטרים, פיראזינים, תיולים, טרפנואידים, לקטונים ועוד (Ribéreau-Gayon et al. 2006b).

מרכיב עיקרי בגידול הגפן בכרם, באקלים ים תיכוני הינו משק המים. בגידול הגפן באזורים רוויים בגשמי אביב וקיץ כמו ארצות אירופה (לפני שינויי האקלים), לא נדרשת התערבות בהשקיה. אך בארצות צחיחות יותר (Munitz et al. 2016a), כגון אוסטרליה, דרום אפריקה וקליפורניה וכמובן ישראל בהן האקלים הוא מדברי עד ים תיכוני, כלומר- לרוב ללא גשמי אביב וקיץ תדירים,

ישנו צורך בתכנון נכון ומדויק של משטר אספקת המים לגפנים במהלך העונה כדי לקבל יבול איכותי ורווחי כלכלית. באזורים אלו יש חשיבות למדידה קבועה של פוטנציאל המים בגפן (SWP), מדד המעיד על רמת העקה בה שרויה הגפן (Girona et al. 2009), ובו נעשה שימוש במחקר הנוכחי.

הצורך בהשקיה מדויקת נכון לגידולים רבים אשר לא זקוקים לעקת יובש, קל וחומר שדיוק ההשקיה בגידולים הזקוקים לעקת יובש מתונה כחלק אינטגרלי ממהלך הגידול, משמעותי עוד יותר. בין, כל שינוי איכות בחומר הגלם (ענבים) הינו חשוב מבחינה כלכלית, כיוון שערכו הכלכלי ביחס לעלות המוצר הגולמי עשוי להגיע עד פי 30.

ישנן שתי אסטרטגיות עיקריות להשקיה חסרה אשר משרה עקת יובש בכרם: **RDI - Regulated Deficit Irrigation**; **SDI - Sustainable Deficit Irrigation**; (Munitz et al. 2016a) מקדם ההשקיה, אשר מיושם בכרם לצורך השריית עקת יובש, הינו אחוז מסוים מתוך האופוטורנספירציה של הגידול (ET_c), כלומר אחוז מכמות המים המקסימלית שהצמח צורך. ב-SDI, מקדם השקיה קבוע מיושם לאורך כל ההתפתחות הפנולוגית של הגפן, וכתוצאה מכך מתגבר כל הזמן מתח המים לאורך עונת הגידול (Fereres and Soriano 2007; Chalmers et al. 2010; Williams 2012; Shellie 2014). לעומת זאת, ב-RDI, מבצעים שינוי מכוון בשיעור מקדם ההשקיה לפי שלבי ההתפתחות הפנולוגיים, על מנת להשרות עקת יובש משמעותית יותר בשלב פנולוגי ספציפי (Keller, M. Smithyman 2008; Girona et al. 2009; Intrigliolo and Castel 2010; Romero et al. 2010). ההיגיון מאחורי אסטרטגיית ה-RDI הוא שגפנים מגיבים בצורה שונה למתח עקת יובש במהלך ההתפתחות הפנולוגית, והפעלת מתח עקת יובש בשלב המתאים תאפשר צמיחה וגטטיבית מבוקרת, שינוי גודל הגרגר (בדרך כלל הקטנתם עד רמה מסוימת) ואובדן יבול ברמה בינונית (Keller, M. Smithyman 2008; Chaves et al. 2010; Romero et al. 2013). מקובל לחלק את שלבי התפתחותו הפנולוגית של גרגר הגפן לשלוש תקופות (Kennedy 2002; Zarrouk et al. 2012 (איור 1): שלב 1 הוא מזמן החנטה ועד אשכול צפוף (כאשר יש מגע בין גרגרי הענבים), שלב 2 הוא מאשכול צפוף ועד 95% בוחל (כאשר הבוחל, "Veraison" מוגדר בזמן בו הגרגר מתרכך ומחליף את צבעו מירוק אטום לשקוף בלבנים והחלפת הצבע בזנים אדומים) ושלב 3 הוא מסוף הבוחל ועד הבציר (זמן הבציר הוא כאשר רמת הסוכר בענבים היא 22-23.5 גרם לליטר).



איור מס' 1 - שלושת השלבים הפנולוגיים של התפתחות גרגרי הגפן (מעובד מתוך (Kennedy 2002)).

כיום, כאשר גידול גפן היין מתרחב בעולם בכלל ובישראל בפרט, ענף גידול ענבים לבנים בחקלאות הינו בעל פוטנציאל גדול להרחבה עקב ביקוש הולך וגדל של יינות לבנים. ניתן לראות כי בישראל, בבציר 2019 בכל הארץ היקף הייצור של ענבי יין לבנים עמד על כ-13,000 טון מה שהיווה 30% מכלל ענבי היין שנבצרו (המועצה לגפן היין בישראל 2019), לעומת שנה קודמת לכן שהיבול עמד על 11,500 טון והיווה 27% מכלל היבול (המועצה לגפן היין בישראל 2018). הזן הלבן סוביניון בלאן מעניין במיוחד כיוון שהמרכיב הארומטי בזן זה בולט וחשוב, ומהווה אפיון טיפוסי התלוי במידה רבה באזור הגידול. בישראל, שטחי הנטיעה של סוביניון בלאן הולכים וגדלים במהלך השנים עקב הצלחתו, לכן הינו חשוב בענף היין בישראל. בנוסף, ניתן למצוא בספרות מידע רב אודות הפרופיל הארומטי של יינות סוביניון בלאן.

1.2 מדדי איכות יין

איכות יין היא נגזרת של פרמטרים שונים אשר בסופו של דבר מתחברים לכדי יין איכותי. פרמטרים אלו מורכבים מבדיקות ספקטרליות הקשורות לצבע היין (Czibulya et al. 2012; Benucci 2020) בדיקת פנולים שונים אשר משפעים על טעמו (Allport 2007; Ashenfelter and Quandt 2018) וכן בדיקות כימיות מעמיקות של חומרי ארומה המעידים על טעמו הארומטי של היין (Peinado et al. 2004; Arroyo et al. 2009; Darriet and Pons 2017), חיבור כל הנתונים האלו יחד מהווה אינדיקציה על איכות היין במקביל למבחן טעימה.

במכשיר ה-FOSS מקבלים פרופיל כללי על איכות היין שנותן לנו את מאפייני היין הבסיסיים על ידי בדיקה מהירה (Ming-Ju Chen, Kreuter 1996; Czibulya et al. 2012). אנליזות נוספות הן איכות הצבע של היין וכן נתון כללי על הפוליפנולים והאנתוציאנינים בין ע"י מכשיר ספקטרופוטומטר (Pérez-Magariño and González-Sanjósé 2003; Benucci 2020). אנליזות עמוקות יותר של אפיון היין מבחינת חומרי ארומה וטעם מתבצעות ע"י GC-MS (Tao and Zhang 2013; Capone et al. 2010) ועל ידי LC-MS שבהם מקבלים מידע ספציפי על הרכב חומרי הארומה והטעם הקיימים בכל יין.

לבסוף מתבצע מבחן טעימה אורגנולפטית, טעימת מזון באמצעות איברי חישה אנושיים (Allport 2007; Furlan et al. 2014; Ashenfelter and Quandt 2018), חשיבות מבחן הטעימה היא שהוא משקלל את כל הנתונים שנבדקו ומאמת אותם יחדיו, ובנוסף מקבלים נתונים על חומרים שהם מעל סף החישה של המכשירים ומשפיעים על היין הסופי.

1.3 חומציות ביין וחשיבותה לאיכותו

עבור יין איכותי נדרש להגיע בחלק ממדדי היין הבסיסיים לסף מסוים כדי שהיין ייחשב טוב, איכותי ולא מקולקל (ראה טבלה 1). רמת החומציות (pH) ביין לבן בדרך כלל סביבות 3.4 או פחות, וביין אדום בדרך כלל נצפה ערך גבוה יותר (Bruce W. Zoecklein, Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump 1995). pH משחק תפקיד חשוב בשימור הארומה והטעם של היין, שכן ה-pH של היין משפיע על קצב החמצון ביין, pH נמוך בתירוש או ביין שומר על יין ומונע או מעכב חמצון פנולי על ידי שמירה על התרכובות הפנוליות במצבן הבלתי מיון, מה שהופך אותן פחות רגישות לחמצון (Volschenk et al. 2006). על מדד הסוכר השירי להיות נמוך מ-2 גרם לליטר של גלוקוז-פרוקטוז, כך היין נחשב יבש. על מדד החומציות הנדיפה (VA) להיות מתחת ל-1.2 גרם לליטר ביין לבן ומתחת ל-1.4 גרם לליטר ביין אדום, משמש בדרך כלל כאינדיקטור לקלקול יין (Radler and Fleet 1993; Bruce W. Zoecklein, Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump 1995). סך החומצות ביין מחושבות מצירוף החומצה הנדיפה והחומצה הקבועה. מדד החומצה המאלית אשר נחשב כחלק מהחומצה הקבועה ביין הינו חשוב במיוחד כי החומצה הזו לעיתים קרובות מדגישה או מסווה את התפיסה של טעמי היין האחרים (Volschenk et al. 2006). החומצה המאלית נוצרת בענב עצמו (בחלולית התאים) ומגיעה בתחילת הבוחל לערך של עד 25 גרם לליטר, ובזמן זה היא החומצה המשמעותית ביותר בענב מתוך סך החומצות האורגניות, וכתוצאה מכך רמת ה-pH (2.5) נמוכה (Ruffner 1982; Ribéreau-Gayon et al. 2006a). עם תחילת הבוחל, ריכוז החומצה המאלית יורד

במהירות לערך בין 4 ל-6.5 גרם לליטר, או אפילו נמוך יותר 1-2 גרם לליטר, עם עלייה נלווית ב-pH הפנימי של הענבים (pH של כ-3.5) (Volschenk et al. 2006).

טבלה מס' 1. סיכום ערכי מאפיינים בסיסיים הרצויים ביין (Bruce W. Zoecklein, Radler and Fleet 1993; Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump 1995; Volschenk et al. 2006).

חומצה מאלית (MA)	חומצה נדיפה (VA)	סוכר שיורי	רמת חומציות (pH)	
הערך הסטנדרטי הוא 1-2 גרם לליטר ⊙ בשאיפה להעלות את ערך החומצה לסביבות 5.4-6 גרם לליטר	נמוך מ-2.1 גרם לליטר	נמוך מ-2 גרם לליטר גלוקוז-פרוקטוז (מעיד על יין יבש)	3.4 ומטה	יין לבן
	נמוך מ-4.1 גרם לליטר		3.65 ומטה	יין אדום

1.4 חומרי ארומה וטעם בגפן וחשיבותם לאיכות היין

רוב חומרי הטעם והארומה, וכלל הפיגמנטים של ענבים המשמשים לייצור של יין אדום נמצאים ברובם בקליפת הגרגר (Ribéreau-Gayon et al. 2006a; Rodríguez Montealegre et al. 2006), ריכוזם היחסי של חומרים אלו יעלה ביין ככל שהגרגר יהיה קטן יותר (Matthews et al. 2004). עקת יובש בגפן משפיעה על גדילת הגרגר במהלך התפתחותו ואף עשויה להביא להצטמקותו בסוף העונה, מה שתורם להגדלת היחס קליפה-ציפה (Mccarthy 1997). בגידול זני גפן אדומים משרים עקת יובש בחלק משלבי עונת הגידול על מנת לגרום לעלייה בריכוזם של חומרי הצבע, הארומה והטעם הדרושים לייצור יין איכותי (Munitz et al. 2016a). בנוסף, יש קשר בין עקת יובש ליצור מוגבר של אנתוציאנינים, פנולים וחומרים ארומטיים שונים ביין (Santesteban et al. 2011; Romero et al. 2013).

לעומת הזנים האדומים, בזנים לבנים רוב חומרי הטעם והארומה נמצאים בציפת הענבים (Peyrot des Gachons, C. Tominaga, T. and Dubourdieu 2002). לענבי היין הלבן לא מקובל להשרות עקת יובש חריפה במהלך הגידול שכן היא עלולה לפגוע ברמת היבול, ולפעמים גם לפגוע בצבירת הסוכר (Naor, A. Bravdo 1993). אולם כדי למתן עודפי צימוח, המשפיע על איכות היין, הארומות והיבול, מווסתים את ההשקיה למניעת השקיית יתר (Chaves et al. 2010).

1.4.1 חומרי הטעם ביין

פוליפנולים הם תרכובות שניוניות המופצות באופן נרחב בממלכת הצמחים ובמזון ממקור צמחי (Manach et al. 2004, 2005). ההרכב הפנולי בגרגר, אשר ממלא תפקיד חשוב באיכות הענבים והיינות, תלוי במספר גורמים, כולל אקלים, דרגת בשלות, גודל גרגר, אופן הגידול בכרם וזן הגפן (Cheynier et al. 1998; Broussaud et al. 1999; Ojeda et al. 2002; Rodríguez Montealegre et al. 2006), וניתן לחלק אותו לשתי קבוצות: פלבנואידים (אנתוציאנינים, flavan-3-ols, ופלבנולים) ולא פלבנואידים (Rodríguez Montealegre et al. 2006).

אנתוציאנינים הם משפחת פוליפנולים שאחראים ישירות על צבע הענבים והיינות הצעירים, והם נמצאים בעיקר בזני הענבים האדומים ויינותיהם (Rodríguez Montealegre et al. 2006). flavan-3-ols הם עוד משפחה גדולה של תרכובות פוליפנוליות, האחראיות בעיקר לעפיצות, למרירות ולמבנה היינות (Singleton and Esau 1969; Gawel 1998). הקבוצה האחרונה של פלבנואידים הם פלבנולים, שנראה כי גם הם תורמים למרירות. בגרגרי הגפן, התרכובות הפנוליות קיימות בעיקר בקליפות ובזרעים. פלבנולים, קיימים רק בקליפת הענבים ונחשבים יחד עם האנתוציאנינים לפלבנואידים החשובים ביותר המצטברים ברקמה זו, בעוד שזרעי הענבים עשירים ב-Flavan-3-ols (Cheynier and Rigaud 1986; Rodríguez Montealegre et al. 2006).

רוב חומרי הטעם בגרגר נוצרים בשלב השלישי של הבשלת הפרי, הצטברות המטבוליטים המשניים בענב, ובתוכם הפוליפנולים, מתרחשת בעיקר בשלב זה של עליית הסוכר בגרגר. לדוגמה בענבים אדומים - הצטברות אנתוציאנינים (לרוב, בקליפת הפרי) (Marais 1983, 1994; Dimitriadis and Williams 1984; Wilson et al. 1984; Park et al. 1991).

1.4.2 חומרי הארומה ביין

ארומות היין, אשר מתקשרות לריח היין ומשפיעות באופן ניכר על הטעם הארומטי של היין (Darriet and Pons 2017), מחולקות לשלוש קבוצות לפי מקורן: **ארומות ראשוניות** המגיעות מהענב עצמו, לדוגמה - טרפנים שונים בעלי ארומות פרחוניות (Robinson et al. 2014), נורוספורדואינים המגיעים מקרטנואידים ויכולים לבוא לידי ביטוי במגוון של ארומות-ורדים, חציר, ועוד. **ארומות שניוניות** אשר מקורן בתהליך התסיסה ובשמרים, סוג וזן השמרים אשר משתמשים בהם לתסיסה משפיע על ארומות היין (Carrau et al. 2008), למשל - אסטרים (Darriet and Pons 2017), תיולים (Tominaga et al. 1998), וגופרית נדיפה בעלת ריח לא נעים של ביצים (Robinson et al. 2014) ארומה אשר מעידה על התקלקלות היין. **ארומות שלישוניות** אשר מקורן

בהתיישנות של היין, בין השאר בחביות העץ (De Coninck et al. 2006; Carpena et al. 2020). בניסוי הנוכחי היינות לא עברו התיישנות בחביות ולכן לא נמצא ארומות שלישוניות בכמויות גדולות.

בין לבן חומרי הארומה נוצרים מחומרי ארומה ראשוניים המצויים בענב, וכן נוצרים חומרי ארומה שניוניים מפרקורסורים הקיימים בתירוש (Peyrot des Gachons, C. Tominaga, T. and Dubourdieu 2002). כמות האסטרים ביינות צעירים תלויה בעיקר בפרמטרים הקשורים לתסיסה אלכוהולית: זן שמרים, טמפרטורת התסיסה, כמו גם הרכב ועכירות התירוש (Suomalainen 1983; Bertrand 1983; Daudt and Ough 1973; 1971), הם נוצרים על ידי האסטרופיקציה (תגובה כימית שיוצרת אסטר) של אלכוהול גבוה עם חומצה אצטית הנוצרת במהלך התסיסה, כגון אסטר אצטט של אלכוהולים גבוהים, אסטרים שנוצרו מחומצות שומן ואתנול ועוד (Darriet and Pons 2017). המונוטרפנים והנוריסופרנואידים קיימים בגרגר הן בצורתם החופשית והן בצורתם הקשורה, אך בהיעדר טיפול באזנים אקסוגני, הצורה הקשורה עוברת הידרוליזה קלה בלבד במהלך תסיסה אלכוהולית (Gunata et al. 1986). לעומת זאת, התיוולים הנדיפים נעדרים כמעט לחלוטין מהגרגר, שכן הם משתחררים מהשמרים במהלך התסיסה (Tominaga et al. 1998). לפיכך, הארומה של יינות סוביניון בלאן תלויה בריכוז המבשרים (פרקורסורים) הקיימים בתירוש (Peyrot des Gachons, C. Tominaga, T. and Dubourdieu 2002).

בטעימה אורגנולפטית של יינות חומרי הארומה בתוך הפה מתקשרים לריח ומשפיעים באופן משמעותי על הטעם אותו אנו חשים (Belitz, H.-D. Grosch, W. Schieberle 1967). ארומות היין משפיעות באופן ניכר על טעמו, צבעו וריחו, ולכן ישנה חשיבות רבה לאפיון זהותם וריכוזם ביינות שנוצרו בפרי בעקבות יישום משטרים אגרוטכניים שונים.

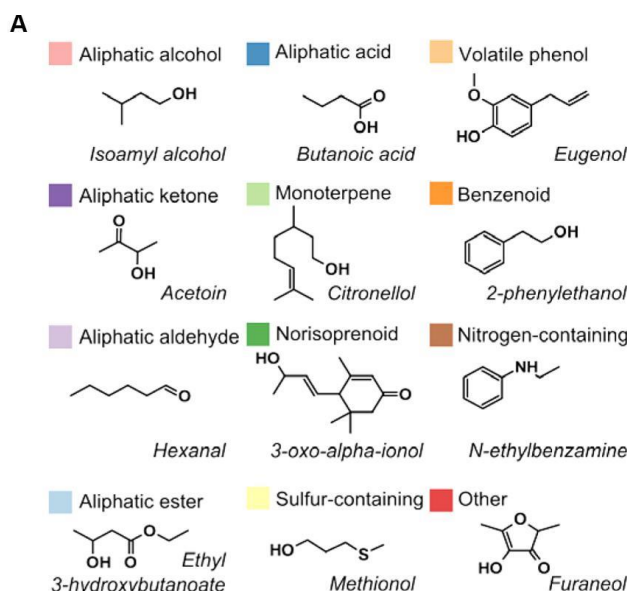
1.5 אפיון וכימות חומרי ארומה ביין

ארומות היין מורכבות מכמה מאות תרכובות נדיפות, בריכוזים שנעים בין כמה מיקרוגרמים לכמה ננוגרמים בליטר נוזל, או אפילו פחות (Panighel and Ribéreau-Gayon et al. 2006b; Flamini 2014). ספי החישה של תרכובות אלו משתנים במנעד רחב ביותר בסדרי גודל שבין ppm- ppt, השפעת הריח תלויה הן בריכוז החומר והן בסוגו (Ribéreau-Gayon et al. 2006b).

המורכבות של ארומות היין, מה שמקשה במיוחד על מחקרם, נובעת ממגוון המנגנונים המעורבים בהתפתחותם: מנגנון חילוף חומרים של ענבים, תלוי בזן, כמו גם בתנאי אדמה ואקלים

ובשיטות האגרוטכניות; תופעות ביוכימיות (הידרוליזה וחמצון) המתרחשות לפני התסיסה, המופעלות במהלך מיצוי המיץ והשרייתו; מנגנון חילוף החומרים בתסיסה של המיקרואורגניזמים האחרים על התסיסות האלכוהולית והמלולקטית; ותגובות כימיות או אנזימיות המתרחשות לאחר התסיסה, במהלך התיישנות היין. עם כל זאת, הארומות מהענבים (המשקפות את הזן, האקלים והקרע המסוימים) ממלאות תפקיד כמעט מכריע באיכות ובאופי של יינות מכל רכיב ארומה אחר (Ribéreau-Gayon et al. 2006b).

סיווג הארומות השכיחות בין לקבוצות על פי מבנה (איור 2): Terpenoids, Ethyl esters, Acetates, Cinnamic esters, Acids, Alcohols, C6 alcohols, Phenols, Lactones, Norisoprenoids, Sulfur compounds (Thiols), Miscellaneous, methoxypyrazine etc (Francis and Newton 2005; Panighel and Flamini 2014).



איור מס' 2 – סיווג קבוצות הארומה המצויות בין עם דוגמת מבנה כימי לכל קבוצה מתוך המאמר של טינה וחבריה (Ilc et al. 2016).

לסיכום, קיימות מספר רב של קבוצות הכוללות את הפנולים וקבוצות חומרי הארומה אשר נמצאים בין משפיעים רבות על טעם, ריח וצבע היין. ומכאן ברורה החשיבות של ידיעת זהותם וריכוזם בתוצרי ניסויים בתחום הכרם והיין, וזאת על מנת להבין את השפעת טיפולים שונים על איכות היין.

1.6 שיטה מקובלת לאנליזה של חומרי ארומה ביין

GC-MS (gas chromatography/mass spectrometry) הינו מכשיר בעל יכולת זיהוי וכימות חומרים נדיפים, לכן זהו מכשיר מתאים לאיתור הארומות ביין. זיהוי החומרים מתבצע על ידי

שבירת המולקולות, בשבירה כימית או אלקטרונית, כך שלכל מולקולה יש שברים קבועים, ולפי השברים השכיחים והנדירים אפשר לזהות את מולקולות החומר שנע בקולונת ה-GC. ב-GC-MS ישנן כמה אפשרויות להכנסת החומר הרצוי, בניסוי שלנו נשתמש בטכניקת המיצוי SPME (solid phase microextraction) אשר מסתמכת על הפרדת החומרים הנדיפים מתוך הדגימה הנוזלית אל הפאזה הפולימרית והיקשרותה לסיב שאתו ניתן להכניס את החומר הנקשר לכרומוטוגרפיית גז על ידי ספיגה תרמית בכניסה (Hjelmeland et al. 2016). SPME משתמש בסיבים מכוסים עם אופציה לצאת בזמן החדירה למרחב האוויר, (HS-SPME) Head-Space, של הדגימה בבקבוקון (Hjelmeland et al. 2016). SPME מציעה טכניקה אוטומטית מהירה, נטולת ממס, שמשמשת לכימות נדיפים שונים ביין, GC-MS נבחרה לשיטה בגלל רגישותה, היעדר ממסים וקלות השימוש (Chapman et al. 2004). יתר על כן, SPME זקוק לנפח דגימה קטן והצימוד עם ה-GC-MS מספק רגישות גבוהה (Panighel and Flamini 2014).

1.7 רקע לשאלת המחקר - השפעת משק המים על מדדי תירוש ואיכות יין בזנים לבנים

מספר מחקרים בעבר בחנו את הקשר בין משק המים להיווצרות חומרי ארומה בזני היין הלבן. שני ניסויים נערכו בספרד בנושא השפעת משק המים בכרם על איכות היין. במחקר שנערך בקורדובה על מגוון זנים לבנים (בלדי, איירן, מונטפילה, מוסקט בלאן א-פטיט ופדרו שימנז), נבחנה השפעת טיפולי השקיה שונים על היין בטיפול של גידול בעל (לא מושקה) לבין טיפול מושקה, התוצאות הראו יתרון לטיפול המושקה בתכולת החומצה המאלית ובציון היין הכללי (López et al. 2009). במחקר השני שנערך בגליסיה על זנים לבנים מקומיים (אלברינו, גודלו וטרייקסדורה), נשאלה שאלה דומה - מה ההשפעה של טיפולי השקיה שונים על פרופיל חומרי היין הנדיפים בין טיפול של גידול בעל לא מושקה לבין טיפול מושקה במקדם השקיה ET_c 50%. תוצאות ניסוי זה הראו כי בשניים מתוך שלושת הזנים הלבנים שנבדקו היה הבדל מובהק בין הטיפולים, בטיפולים הלא מושקים התקבלו ציוני היין הגבוהים (Trigo-Córdoba et al. 2014). תוצאות ניסויים דומים אלו הובילו למסקנות הפוכות- האם תוספת השקיה מלאכותית תורמת או גורעת מתכונות היין? מחקר נוסף, שנערך ברמת הגולן, ישראל, בזן הלבן סוביניון בלאן, בחנו מזמן הבוחל שלוש רמות השקיה שונות. מסקנתם הייתה כי ברמת ההשקיה הנמוכה (בה פוטנציאל המים שנמדד בעלים היה 1.5 מגה פסקאל) נראתה פגיעה בצבירת הסוכר (Naor, A. Bravdo 1993; Naor et al. 1994).

אם כן, המידע הקיים כיום ביחס לשיטות השקיה לטיוב יינות הזנים הלבנים, אינו מספק ואין
בנמצא פרקטיקה, הקושרת בין כמות ההשקיה ומשטרי ההשקיה לבין הצטברות חומרי ארומה
בפירות הלבנים. קשר זה ננסה להבין במחקר הנוכחי.

בשנים האחרונות נערך ניסוי משק מים בגפן, במטרה לבחון מהי מתודת עקת היובש המתאימה
לזנים הלבנים (לפירוט על הטיפולים ראו "שיטות המחקר"). הניסוי התבצע בכרם סוביניון בלאן
בקיבוץ מירב על הר הגלבוע. במסגרת המחקר נבחנו חמישה טיפולים המיישמים השקיה עם מקדמי
השקיה שונים, דהיינו, מתן מנת מים תוך שימוש במכפילים שונים ביחס להתאדות המחושבת ET_c .
בחלק מהטיפולים המקדמים קבועים לאורך העונה (SDI) ובחלקם האחר משתנים במהלכה
בהתאם לפנולוגיה (RDI).

במחקר המוצע להלן, בוצעה עבודה של ניתוח התוצאות של ניסוי הר הגלבוע שנאספו על ידי
המאסטרנט נווה חגי'ג, ובעיקר, פותחה שיטה לבדיקת הארומות ביינות מניסוי השדה. שיטה, אשר
בעזרתה בוצעו בדיקות עומק ארומטיות שסיפקו, פרופיל ארומטי של יין בהתאמה למשטר השקיה,
כל זאת, על מנת לענות על שאלת המחקר - "מהי השפעת משק המים בענבי יין לבנים על מאפייני
הארומות ביוין?"

על ידי המחקר הנוכחי, ננסה לענות על שאלת מחקר מורכבת זו באמצעות כימות השינויים
בפרופילים הארומטיים של יינות, המיוצרים מענבים מזן סוביניון בלאן שגדלים על פי אסטרטגיות
ההשקיה השונות, וללמוד מתוך כך על השפעות עקת מים מתונה על צבירת חומרים מקבוצות
ארומטיות חשובות.

1.8 מטרת המחקר

מטרת המחקר הינה למצוא מה היא ההשפעה של משק המים בכרם הענבים על הפרופיל הארומטי של יין לבן. חשיבות הבנת קשר זה היא כדי להשביח את איכות היין מבחינת טעמים ארומטיים על ידי שינוי השקיה בכרם, וכמובן אם ימצא שמיעוט השקיה מועיל, הרווח יהיה כפול, הן לחקלאי והן ליינן.

מטרות המחקר הספציפיות הן:

1. פיתוח והטמעה של תכנית אנליטית במכשיר GC-MS לזיהוי רשימה רחבה של חומרים ממספר קבוצות ארומטיות חשובות ביינות לבנים.
2. מיפוי הפרופילים הארומטיים של יינות סוביניון בלאן מניסוי ההשקיה שבוצע במשך שנתיים (2019, 2021).
3. בחינת הקשר בין משק המים לפרופיל הארומטי, השוואה של ריכוזי חומרי הארומה בין הטיפולים השונים, ואימות בין שנים שונות של הניסוי.

2. שיטות המחקר

המחקר הנוכחי הבוחן את השפעת משק המים בגפן על הפרופיל הארומטי של היין, מתבסס על ניסוי שדה רב שנתי הבוחן את השפעת משק מים על מדדי ווגטציה (גדילה צמחית), פיזיולוגיה ועל מרכיבי היבול ואיכות התירוש והיין. מחקר זה התמקד עד כה במרכיבי היבול ובטעימה אורגנולפטית בסיסית בלבד. במחקר הנוכחי, נעמיק ונבדוק את הפרופיל הארומטי המפורט של אותם יינות. מלכתחילה, נועד המחקר לזהות מרכיבים ארומטיים ייחודיים, אולם בשל המורכבות והראשוניות של מחקר הארומה ביין בישראל, התוצר המרכזי של מחקר זה הינו פיתוח שיטה קוהרנטית (חד-חד ערכית) לזיהוי חומרי ארומה ייחודיים ביין.

2.1 ניסויים מוקדמים

2.1.1 מבנה ניסוי השדה - השפעת משק המים בכרם סוביניון בלאן במירב

הניסוי הוצב כחלקה מחקרית קטנה בתוך כרם מסחרי גדול. בניסוי נבחנו חמישה טיפולים, ארבע חזרות במתכונת של בלוקים אקראיים. בכל חזרה יש שלוש שורות בנות 16 גפנים, סה"כ 54 גפנים כל חזרה, וסה"כ 12 שורות בחלקת ניסוי. בכל חזרה משמשות כגפני מדידה 12 הגפנים האמצעיות בשורה האמצעית (Munitz et al. 2016a). בניסויים אלו בחנו את איכות היינות כמו גם מגוון פרמטרים כגון משקל יבול וגזם, פוטנציאל מים, קצב קיבוע פחמן דו חמצני ומוליכות פיוניות.

ניסוי ההשקיה נערך בכרם סוביניון בלאן בקיבוץ מירב בגלבע במשך 5 שנים (2017-2021) ובו נבדקו ההבדלים ביישום מקדמי השקיה קבועים (SDI) ודינמיים (RDI). חמשת הטיפולים עם מקדמי ההשקיה המבוססים על השקיה דיפרציאלית המבוססת כאחוז מכלל האופוטורנספרציה המקסימלית ET_c (ראה טבלה 2):

A. מקדם נמוך 30% (SDI) מצריכת המים על פי תחשיבי המודל שפותח ייעודית לענבי יין (Munitz et al. 2016b).

B. מקדם בינוני 45% (SDI).

C. מקדם גבוה 60% (SDI).

D. מקדם "נמוך לגבוה" - בשני השלבים הפנולוגיים הראשוניים מיושם מקדם נמוך 30%, ואז בשלב 3 העלאה של המקדם, 60% (RDI).

E. מקדם "גבוה לנמוך" - בשלב 1 יישום השקיה גבוה 60%, ואז בשלב 2, 3 הפחת של המנה, 30% (RDI).

טבלה מס' 2. מקדמי ההשקיה בטיפולים השונים באתר הניסוי, כרם מירב.

מקדם השקיה	קוד	SDI/RDI	שלב 1 חנטה עד אשכול צפוף	שלב 2 אשכול צפוף עד 95% בוחל	שלב 3 סוף בוחל עד בציר
0.3	A	SDI	30% ET _c	30% ET _c	30% ET _c
0.45	B	SDI	45% ET _c	45% ET _c	45% ET _c
0.6	C	SDI	60% ET _c	60% ET _c	60% ET _c
0.3->0.6	D	RDI	30% ET _c	30% ET _c	60% ET _c
0.6->0.3	E	RDI	60% ET _c	30% ET _c	30% ET _c

2.1.2 מדדי שדה שנמדדו בניסוי השטח והוכנסו לאנליזות במחקר הנוכחי

מדדי השטח המפורטים להלן נאספו על ידי המסטרנט נווה חגי' באמצעות הכלים שיוזכרו להלן, והתוצאות שאציג עבור חלק זה הינן מעבודתו בשטח, בהסכמה.

2.1.2.1 אינדקס שטח העלווה

מדידות אינדקס שטח העלווה (LAI) בוצעו אחת לשבוע או שבועיים. מדידות אלה אפשרו לעקוב אחר התפתחות נוף הגפנים לאורך עונת הגידול. המדידות בוצעו באמצעות מכשיר Sunscan אשר לו מקל גלאים באורך 1 מ' בעל 64 חיישני קרינה (T-Delta UK Cambridge, Devices). מדידה זו מחשבת את אינדקס שטח העלווה על-פי הקרינה הנמדדת בפני הקרקע (כאשר יש עלווה גדולה אחוזי ההצללה גדל ועוצמת הקרינה הנמדדת יורדת). המדידה מתבצעת תחת נוף העץ ובסמיכות לקרקע, ומורכבת מ-8 קריאות שנלקחות כל 20 ס"מ. קריאות אלו נקבעות על פי סימונים המצויים על גבי סרגל מדידה באורך 1.4 מ' שהונח על הקרקע בצמוד ובמאונך לגזע של העץ. בכדי להגיע לערכו הסופי של ה-LAI מחשבים ממוצע של שמונת הקריאות תחת העץ ומחלקים את הממוצע ב-2 (כיוון שהמרווח בין השורות הוא 3 מ', וערך ה-LAI נמדד רק במקטע של 1.4 מ' המכסה את הצל של הגפן, וקיים עוד מקטע בין השורות של 1.6 מ' ללא הצללה כלל, בו ערכי LAI עומדים על 0). יחידות ה-LAI המתקבלות ממכשיר זה הם מ"ר עלווה למ"ר קרקע (m^2/m^2).

2.1.2.2 פוטנציאל המים בגזע

מדידות פוטנציאל המים בגזע (Ψ_s) בוצעו פעם בשבוע מסוף אפריל ועד ספטמבר בצהרי היום (Midday Stem Water Potential). מדידת הפוטנציאל בוצעה על עלים בוגרים פעילים (לא מבוגרים מידי) ושלמים ללא פגיעות (Medrano et al. 2003; Romero et al. 2010). במטרה למנוע טרנספירציה מהעלים הנבדקים, על העלים הושרו תנאים של חושך ולחות גבוהה על ידי כיסויים בשקית ייעודית כסופה ואטומה כשעה וחצי לפני המדידה. על ידי כך לגרום להשוואה בין פוטנציאל המים בעלה הנמדד לפוטנציאל המים בגזע. בצהרי היום נקטף העלה יחד עם השקית, והפטוטרת נחתכה בסכין סקלפל בכדי ליצור חתך אחיד. לאחר החיתוך, העלה הוכנס יחד עם שקית הניילון לתוך תא המדידה כאשר לא עברו יותר מ-20 שניות מרגע הניתוק מהגפן ועד להתחלת הפעלת הלחץ הנגדי בתא הלחץ. הלחץ הנגדי הנדרש להפעיל על העלה המנותק עד להופעת "כיפה" מלאה של טיפת מים ראשונה, שווה ערך למתח שבו אחוזים המים בעצה של הגזע בזמן המדידה. הערך המתקבל במדידה זו מבטא את פוטנציאל המים של הגזע בזמן המדידה ביחידות שליליות של MPa.

2.2 אנליזות נתוני בסיס ביין

בוצעה אנליזת FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) בעזרת מכשיר OenoFoss™, Foss Analytical A/S, Denmark. אנליזת FTIR מאפשרת, על ידי אינטראקציה של היין עם אורכי גל בתחום התת אדום, מדידה של מספר פרמטרים ביין: רמת סוכר; צפיפות; אתנול; pH; חומצה מאלית; סך חומצה ביין (TA) וחומצה נדיפה (VA). פרמטרים אלו נחשבים הפרמטרים הבסיסיים ביין, ונמדדים בכל יקב מסחרי באופן שוטף. שיטת העבודה החזרתית בחנה כל דגימת יין על ידי שלוש חזרות טכניות. בכל חזרה נבחנו 5-6 טיפות יין מדגימה, התוצאה שהופקה הינה ממוצע של שלושת החזרות.

2.3 אנליזת צבע ופוליפנולים

בוצעה אנליזה עבור צבע היין וכלל הפנולים בעזרת מכשיר ספקטרופוטומטר מסוג UV-Vis spectrometer (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA). נעשו שתי אנליזות - של הצבע וכלל הפנולים, על ידי שימוש בקיווטה של 10 מ"מ (ראה טבלה 3).

טבלה מס' 3. פעולות לביצוע האנליזות בספקטרופוטומטר וחישוב התוצאות ביין לבן.

האנליזה	הפרמטרים הנבדקים	כלים וחישובים
אנליזת צבע	מדידה בו זמנית באורכי גל שונים: 420 nm, 520 nm, 620 nm.	קיווטה 10 מ"מ
	חישוב הקריאה שהתקבלה מהמכשיר	wine O.D - O.D blank
	קביעת ערך צפיפות היין (color density)	420 nm+ 520 nm+ 620 nm
	קביעת גוון הצבע (color hue)	$\frac{420 \text{ nm}}{520 \text{ nm}}$
סך פנולים	יין מהול בבופר נמדד באורך גל 280 nm. לתוך אפנדורף (2 מ"ל) הוספו 1900 מיקרוליטר של בופר ו-100 מיקרוליטר יין. הכנת בופר: 0.5 גרם של אשלגן ביטראט (KHT) הומס ב167 מ"ל מים מזוקקים באמצעות ערבוב וחימום קל. הוספו 24 מ"ל אתנול טהור.	קיווטה 10 מ"מ
	חישוב הקריאה שהתקבלה מהמכשיר	$Total Phenol = (A_{280} * 20) - 4$

2.4 ניתוח פרופיל ארומטי ב-GCMS

לקביעת הפרופיל הארומטי נעשה שימוש בטכנולוגיית HS-SPME GC-MS (Chapman et al. 2016; Panighel and Flamini 2014; Hjelmeland et al. 2016), שבה נעשה שימוש בסיב בעל ציפוי DVB/CAR/PDMS על מנת לרכז את הארומות המתנדפות מהיין אל ה-Hade Space, להפריד ולזהות אותן ב-GC-MS. בכל הרצה נבחן טריפליקט מכל דוגמת יין עם תוספת של מלח NaCl וסטנדרט פנימי 2-Octanon.

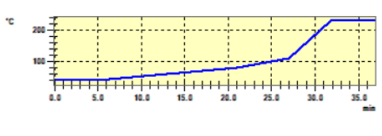
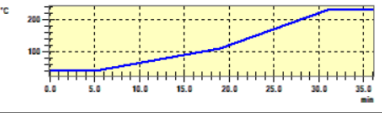
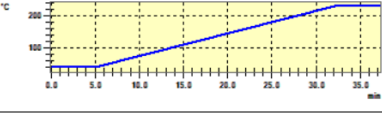
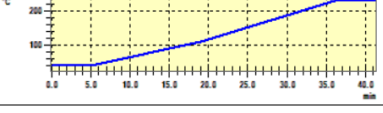
תכניות ההרצאה שנבחנו היו רבות, והן מפורטות בטבלה 4, כולל קצב עליית הטמפרטורה, משרעת הטמפרטורות וזמן ההחזקה. שאר הפרמטרים היו קבועים בין התוכניות, כמפורט בסעיף 2.2.4.

כפי שיפורט בסעיף 3.2 בפרק התוצאות מטרת פיתוח השיטה הייתה להביא להפרדה וזיהוי איכותיים של קבוצות ארומטיות רבות ככל הניתן.

במטרה לאפיין את הפרופיל הארומטי של היין ובפרט טרפנים ותיולים, התוכנית Short, שהכינו עבורנו בחברה Shimadzu GC-MS גרמניה לאחר תקשורת אישית עם החברה, שודרגה ופותחה במעבדת היקב המחקרי באוניברסיטת אריאל לתכנית Short+change oven Temp.

במהלך פיתוח השיטה נבדקו מספר פרמטרים לשיפורה. אחד מהם היה גרדיאנט טמפרטורה, ההתחממות ההדרגתית של הקולונה. עבור בדיקת פרמטר זה, נוסו 3 תכניות הרצה בעלות גרדיאנטי טמפרטורה שונים אשר פירוטם מוצג בטבלה מס' 3.

טבלה מס' 4. פירוט הבדלי הטמפרטורה בין התוכניות (בהשוואת פרמטר גרדיאנט הטמפרטורה בפרק תוצאות פיתוח שיטה):

	column oven temp			Temperature Gradient Graph
	rate	final temp	hold time	
Short	-	40	5	
	2.5	80	0	
	5	110	0	
	25	230	5	
Short+change oven Temp	-	40	5	
	5	110	0	
	10	230	5	
Short+change oven Temp 2	-	40	5	
	7	230	5	
Short+change oven Temp 3	-	40	5	
	5	110	0	
	7	230	5	

2.4.1 טכנולוגיית GC-MS

האנליזה בוצעה במכשיר Shimadzu QP2020 GC-MS (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan), שהינו בעל מערך דגימה אוטומטית רבוטי (Auto Sampler) של AOC-6000 הכולל זרוע רבוטית אשר מבצעת את שלב לקיחת בקבוקון הדגימה לחימום ולאחר מכן דוגמת בעזרת מזרק מתוך הדגימה ומזריקה לתוך מכשיר ה-GC, לאחר מכן החומרים עוברים אוטומטית אל ה-MS בעל שבירה אלקטרונית, שבירה של מולקולות אורגניות מהדגימה אשר מופגזות על ידי זרם אלקטרוניים (בדרך כלל 70 eV באנרגיה) הגורם לכל מולקולה להתפצל בצורה אופיינית וניתנת לשחזור, תחת פעולת שדה חשמלי, היונים החיוביים מואצים, ממוקדים ומנותחים במנתח מסה. המזרק של הזרוע האוטומטית בעל אפשרות להחלפה בין שלושה סוגי הזרקה: SPME fiber, Hade Space ו-LIQUID. במחקר הנוכחי נעשה שימוש ב-SPME fiber.

2.4.2 תמיסת סטנדרט פנימי

מהסטנדרט (נוזל) 2-אוקטנון (2-Octanon) (98%) נלקח 5 מיקרוליטר לתוך מבחנה אליה הוסף קודם לכן 45 מיקרוליטר של אתנול אנליטי (99%), מערבבים היטב. אל התמיסה שקיבלנו בנפח של 50 מיקרוליטר, מוסיפים 4,950 מיקרוליטר אתנול אנליטי (99%), מערבבים היטב. מהתמיסה

שקיבלנו, של 5 מ"ל, לוקחים 1 מ"ל למבחנה אחרת ומוסיפים עוד 9 מ"ל של אתנול אנליטי (99%), מערבבים טוב. קיבלנו מיהול של 2-אוקטנול פי 10,000. מהתמיסה שקיבלנו, של 10 מ"ל, הוספו ספייקים של 12.5 מיקרוליטר לכל דגימת יין.

2.4.3 הכנת הדגימות

לתוך בקבוקון 20 מ"ל שקוף, בעל פקק אלומיניום עם פתח אטום בסיליקון מלמעלה, הוכנסה דוגמא בנפח 5 מ"ל יין אליה הוסף 1.5 גרם מלח סודיום כלוריד (NaCl) ונפח של 12.5 מיקרוליטר מתמיסת סטנדרט פנימי (2-Octanon). כיסוי איזור הפקק בפאראפילם ועירבוב בוורטקס לצורך המסת המלח ביין. לצורך מניעת חימצון היין, נעשה שימוש בגז אראגון (אשר הינו כבד מאוויר) לאורך הכנת הדוגמאות בזה הסדר: מילוי הבקבוקון בגז אראגון, 5 מ"ל דוגמת היין, סגירת הפקק, פתיחתו לצורך הכנסת סטנדרט פנימי וסגירתו בשנית, פתיחת הפקק מילוי אראגון נוסף והוספת מלח, סגירת הפקק, כיסוי בפאראפילם ועירבוב בוורטקס, הורדת הפאראפילם, העמדת בקבוקון הדוגמא במגש של ה-GCMS.

2.4.4 פרוטוקול התכנית ב-GC-MS

לאחר הכנת הדגימות, כל דגימה בתורה לפי הסדר על המגש נכנסה לאינקובציה של 5 דקות ב-50°C תוך כדי ערבוב של 250 rpm. נעשה מיצוי מהפאזה המוצקה על ידי HS-SPME, נבחנו מספר סיבים במטרה לבחור את הסיב בעל היעילות הגבוהה ביותר ומגוון החומרים הנספחים הרחב ביותר, הסיב שנבחר להמשך העבודה הינו DVB/CAR/PDMS μm -30/50 באורך 2 ס"מ. סיב זה מוחדר אוטומטית לתוך נפח האוויר בבקבוקון (לא נוגע בתמיסת הדגימה) ושוהה בפנים 15 דקות. הסיב יוצא מהדגימה ונכנס לכניסה ל-GC בחום של 250°C, ושם בלחץ הליום של 69.1 kPa וספליט של 1\40 למשך דקה, יוצאים כל החומרים אל הקולונה (TG-624 SilMS) של ה-GC. טמפרטורת הקולונה ההתחלתית היא 40°C למשך 5 דקות, ואז עולה ב-5 מעלות לדקה עד ל-110°C, ואז ב-10 מעלות לדקה עד ל-230°C ונשארת בטמפרטורה זו למשך 5 דקות. זרימת גז ההליום הכוללת (total flow) היא 53.4 מיליליטר לדקה, הזרימה המטהרת (purge flow) היא 3 מיליליטר לדקה, זרימת הגז בקולונה (column flow) היא 1.23 מיליליטר לדקה והמהירות הלינארית (linear velocity) היא 40 סנטימטר לשנייה. ב-MS טווח ה-m/z הינו 50-500, מהירות הסריקה (scan speed) הינה 1666, טמפרטורת הממשק (interface) הינה 250°C וטמפרטורת מקור היונים (ion source) הינה 200°C. בעזרת השברים שמקבלים אנו מזהים את החומרים באנליזה, ולפי שטחי נקודות השיא

המתקבלות מה-GC או מכמתים את החומרים. האנליזה מבוצעת בעזרת התוכנה analysis postrun MSD Agilent.

2.5 טעימות יין



איור מס' 3 - טעימת יין אורגנולפטית. **א** שולחן מסודר לטועמים עם הכוסות לפלייט הראשון. נערכו 4 פלייטים (סבבי טעימה) כאשר בכל פלייט טועמים 5 יינות, שה"כ 20 חזרות. **ב** בקבוקי היין מוכנים לטעימה לפני הכיסוי שלהם בקודים מספריים.

טעימה אורגנולפטית הינה חלק חשוב באפיון איכות היין. נעשה מבחן טעימה על היין של ניסוי Netzer et al. (2021): מבחן טעימה על בסיס טופס טעימה של ה OIV המקנה ציון של 0-100 לין (Netzer et al. (2022) (נספח 1) נעשה בידי פאנל טועמים שכלל שישה ייננים מנוסים: ישי נצר, ניר חן, אסף פז, שיקי ראוכברגר, שרון כהן ומורון הדר (איור 3). נתוני הטעימה נותחו על ידי המסטרנט נווה חגיגי באמצעות תוכנת JMP Pro16 והתוצאות שאציג עבור חלק זה הינן מעבודתנו המשותפת, בהסכמה.

2.6 ייצור יינות לבנים ביקב המחקרי, מיקרו-וניפיקציה

בשנת 2020 ובשנת 2021 הוכנו יינות נוספים מענבי סוביניון בלאן מניסוי מירב ביקב המחקרי באריאל וביקב שורק בהתאמה. להלן יתואר מהלך העבודה בשנת 2020. מכל חזרה של הניסוי שכללה כ 50 ק"ג ענבים, ייצרנו יין נפרד במיקרו-וניפיקציה הבציר בוצע בשעות הלילה, הענבים נבצרו ונשקלו עבור כל גפן בנפרד. לאחר הבציר הענבים נשמרו בטמפרטורה של 16°C. הענבים הועברו לקראשר-דסטמר (איור 4), המפריד בין הענבים עצמם לשזרות. הרסק מצטבר במיכל ואליו

הוסף ביסולפיט בכמות של 0.01% ממשקל היבול רמת יעד ביסולפיט עמדה על 57 ppm . וכמו כן הוסף אנזים פקטוליטי (חברת Laffort) במינון של 3 מ"ל ל-100 ליטר רסק.

הוכן מיכל דימיג'אן נקי של 25 ליטר את הדימיג'אן הנקי והונח בפתח היציאה מהמכבש (איור 4). לשיפור הסינון, הוסף למכבש שרוול יוטה מתאים.

תכולת המיכל (רסק הפרי) הועברה לתוך המכבש, המסנן את המיץ ומפריד אותו מהקליפות, ובמידת הצורך לאחר האטת הזרימה של התירוש הופעל המכבש. סגירת הדימיג'אן (מלא עד הסוף) וסימונו בשם החזרה. הדימיג'אן עם התירוש הועבר לחדר הקירור (16°C). וכך התהליך חוזר חלילה עם ענבי החזרה הבאה.

כעבור 24 שעות, לאחר היפרדות המשקע (מוצקים בלתי מסיסים) מהתירוש בוצעה שפייה (איור 4), התירוש הועבר לדימיג'אן חדש ונקי, קטן יותר של 15 ליטר. אם הדימיג'אן לא מתמלא עד הסוף הוחלף הגז בראש הדימיג'אן בגז אראגון (למניעת התחמצנות היין), נסגר בפקק נושם ונשמר בחדר הקירור.

לתירוש (בדימיג'אן 15 ליטר החדש) הוספו שמרים (חברת Laffort) במינון של 20 גרם ל-100 ליטר תירוש, מזון שמרים SUPERSTART® KP (חברת Laffort) במינון של 20 גרם ל-100 ליטר תירוש וחומצה טרטריית L+ (חברת מוגה אינטרנשיונל בע"מ) (לפי הצורך, תלוי pH). שמרים: יחס של 50 גרם שמרים ל-200 ליטר יין. לדימיג'אן של 15 ליטר הוסף 3.75 גרם שמרים. השמרים הוכנו בתוך מים חמימים (40°C) ביחס של 1 גרם שמרים ל-10 מ"ל מים חמימים. מזון שמרים: 3 גרם הוסף לכל דימיג'אן. מעט מהיין הוצא, עורבב עם מזין השמרים והוחזר לדימיג'אן. חומצה טרטריית: במקרה של pH גבוה מ-3.3, להורדת כל 2.0 pH 1 גרם חומצה טרטריית הוסף לליטר יין.

כל יום-יומיים, תלוי בקצב התסיסה, נבדקה רמת הצפיפות של היין בעזרת הידרומטר (איור 4), הצפיפות קורלטיבית לרמת הסוכר השיורי, ומשמשת למעקב אחר התקדמות התסיסה. לאחר כל בדיקה היין עורבב טוב וקיבל אוורור כדי לקדם את התסיסה ופעילות השמרים. כאשר הצפיפות ירדה מתחת ל-0.993 היין סיים את התסיסה שלו, קצת גז אראגון הוסף, והדימיג'אן נסגר בפקק אטום והועבר לחדר הקירור.

היינות נשמרו בקירור ועם הצטברות המשקעים בוצעה שפייה נוספת של היין לפני בקבוק לבקבוקי זכוכית.



איור מס' 4 - שלבים בהכנת יין לבן. א מכשיר הקראשר דיסטימר (מועך מפריד) בין הענבים עצמם לשורות. ב מכשיר המכבש. מסנן את המיץ מהקליפות. ג מדידת צפיפות על ידי הידרומטר. ד שפיית היין להוצאת המשקעים.

2.7 סטטיסטיקה

ניתוח סטטיסטי בוצע בעזרת תוכנת JMP Pro 16. עבור אנליזות היין הבסיסיות נעשה מבחן ANOVA לבדיקת הבדלים בין הממוצעים, מבחן TUKEY KRAMER לבדיקת מובהקות השוני בין הטיפולים ולעיתים מבחן T-test להשוואה בין זוגות הטיפולים (מבחן פחות מקובל לסוג הניסוי במחקר זה). וכן עבור אנליזת הארומות ב-GC-MS נעשה מבחן ANOVA לבדיקת מובהקות השוני בין חמשת הטיפולים, מבחן PCA (Principal Components Analysis: on Correlations)

להפרדת הטיפולים במרחב על בסיס השונות הכוללת של תוצאות האנליזה הארומטית שלהם, ניפוי נתונים מה-PCA על ידי Screeplot, מטריצת קורלציות לבדיקת מתאם בין הארומות לעצמן ובין משתני השדה והיין זה לזה, ונעשתה טבלת רגרסיה לחומרי הארומה מול משתני השדה ומאפייני היין. רוב התוצאות המוצגות בעבודה הינן ממוצעים של ארבע חזרות עם שגיאת תקן במבחן ANOVA, ובנוסף, בפרק התוצאות (בתיאורי האיורים), מוצגת שיטת הניתוח הסטטיסטי המדויקת עבור כל ניסוי.

3.1 השפעת משק המים בכרם על מדדי מאפייני היין

כאמור לעיל, למשק המים של הצמח השפעה ניכרת על איכות היין שניתן להפיק מהכרם. מטרת חלק זה במחקר הינה לבחון מהם ההבדלים המרכזיים במאפייני היין המיוצר בגפנים שהושקו במשטרי ההשקיה השונים: השקיה נמוכה קבועה במשך כל העונה (ET_c 30%); השקיה בינונית קבועה במשך כל העונה (ET_c 45%); השקיה גבוהה קבועה במשך כל העונה (ET_c 60%); השקיה משתנה, בהתאם לשלב הגידול, מהשקיה נמוכה לגבוהה (ET_c 30%->60%); השקיה משתנה, בהתאם לשלב הגידול, מגבוהה לנמוכה (ET_c 30%->60%). הפרמטרים שנבחנו הינם הפרמטרים הבסיסיים של היינות- מדדי הצבע, הפנולים, סוכר שיורי, אלכוהול, חומציות (TA), וחומצות מסיסות ונדיפות.

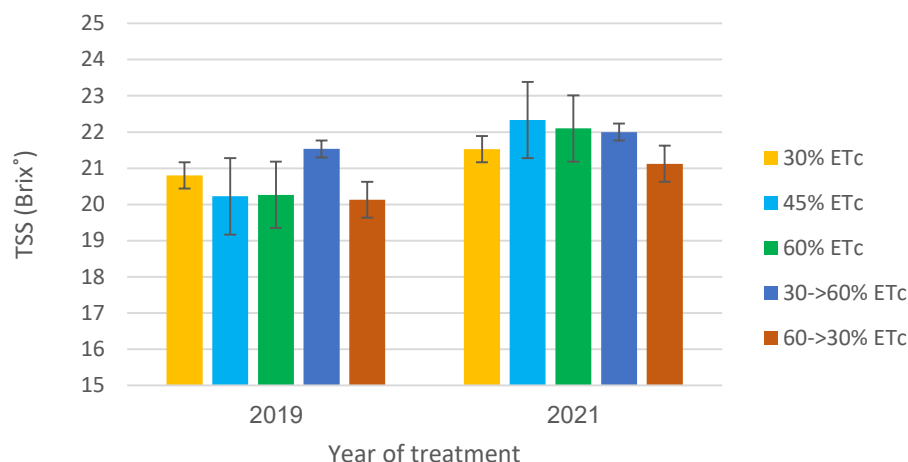
הניסוי בוצע בקיבוץ מירב בזן הלבן סוביניון בלאן, בשתי עונות גידול: 2019, 2021. עשרים יינות לכל עונה (20 יינות כתוצאה מחמישה טיפולים, ארבע חזרות ביולוגיות בכל טיפול). יינות מבציר 2019, נמדדו לאחר שנתיים ממועד הכנתם, עובדה המשפיעה באופן ניכר על פרמטרים של איכות היינות, בשל העובדה שיינות לבנים הינם בעלי פוטנציאל יישון נמוך, ועל כן איכותם יורדת עם הזמן (Delia et al. 2017; Karbowski et al. 2019). לעומת זאת, יינות מבציר 2021, נמדדו מספר חודשים לאחר סיום התסיסה, על כן תוצאות שנה זו מהימנות יותר ויצוגו תופעה שיש לצפות לה בטווח הארוך.

כדי להציג את התמונה הכוללת של השפעת נתוני השדה (פוטנציאל המים בגזע (SWP), כמויות השקיה, אינדקס שטח העלווה (LAI)) על מאפייני היין הבסיסיים שתוארו לעיל, הושוו כל הגורמים במטריצת קורלציות (איורים 10-11).

3.1.1 השפעת משטרי ההשקיה על מדדי התירוש הבסיסיים

על מנת לבצור את כל הטיפולים ברמת סוכר דומה, בכדי שנוכל ביתר קלות להתמקד בהשפעות מרכיבים אחרים (ארומה, פנולים וכדומה), נאספו נתוני תירוש מדגמיים מהשטח באופן שבועי, וכל חלקה נבצרה במועד האופטימלי מבחינת ההבשלה הסוכרית, כאשר היעד היה סביב 21° בריקס.

מדד איור 5 , מראה כי כמעט ואין הבדלים בין הטיפולים ברמות הסוכר (נעשה מבחן ANOVA, אך לא נמצאו הבדלים מובהקים סטטיסטית), כך שמועדי הבציר אכן נבחרו בקפידה.



איור מס' 5 – מדד ריכוז הסוכר (Brix°) של התירוש סוביניון בלאן מירב בזמן הבציר. בשתי שנות הניסוי הנבדקות – 2019, 2021. קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן של הממוצעים. אין הבדל סטטיסטי מובהק בין הטיפולים.

בטבלה 5 ניתן לראות פירוט של מועדי הבציר (שני מועדים בכל שנה) בכל חמשת שיטות ההשקיה. בחירת המועדים שנעשתה על פי רמת הבריסק הרצויה, מראה כי ישנו טיפול שהוביל להקדמת הבציר (Etc 30%), וישנו טיפול שהוביל לבחירת מועד בציר מאוחר יותר (Etc 60%). מתוצאה זו ניתן ללמוד כי יתכן וטיפול בעקה גבוהה (Etc 30%), מצריך בציר מוקדם יותר וכן טיפול בעקה נמוכה (Etc 60%) מצריך בציר מאוחר יותר, דבר הדורש המשך בירור ודיוק.

לעומת זאת, על אף העובדה שהטיפולים השונים נבצרו במצב הבשלה סוכרית דומה כפי שהראינו לעיל, נמצאו הבדלים מובהקים ברמות ה pH של היינות מהטיפולים השונים. נספח 2 מראה כי ככל שרמת ההשקיה נמוכה יותר, התקבלה במועד הבציר רמת חומציות נמוכה יותר. באופן ספציפי, בטיפול בהשקיה הגבוהה (Etc 60%) התקבלה רמת חומציות גבוהה משמעותית מטיפול ההשקיה הנמוכה (Etc 30%), ומטיפולי המשטרים המשתנים (Etc 30%->60%, 60%->30%, >60% Etc).

טבלה מס' 5. מועדי הבציר של הניסוי, בשנים 2019, 2021, עבור כל חזרה בנפרד. בכתב מודגש – הבציר המוקדם באותה שנה של הניסוי.

תאריך		חזרה	טיפול השקיה
2021	2019		
1/8	14/8	1	30% ET _c
25/7	14/8	2	
25/7	14/8	3	
25/7	14/8	4	
1/8	14/8	1	45% ET _c
25/7	17/8	2	
1/8	14/8	3	
-	17/8	4	
25/7	17/8	1	60% ET _c
1/8	17/8	2	
1/8	17/8	3	
1/8	17/8	4	
25/7	14/8	1	30->60% ET _c
1/8	17/8	2	
1/8	17/8	3	
25/7	14/8	4	
25/7	17/8	1	60->30% ET _c
25/7	17/8	2	
1/8	17/8	3	
25/7	17/8	4	

השפעת משטרי השקיה השונים על צפיפות צבע היין

המדד הראשון שבוצע על ידי ספקטרופוטומטר (מודד בליעה) הוא צפיפות צבע היין (Color density), מדד זה הינו בעל חשיבות רבה לאיכות היין מבחינת כמות הצבע ביין (Harbertson and Spayd 2006) ומבחינת מדד ההשחמה שלו, אשר אינה רצויה בהגזמה אי אז מעידה על התחמצנות היין (Skouroumounis et al. 2003).

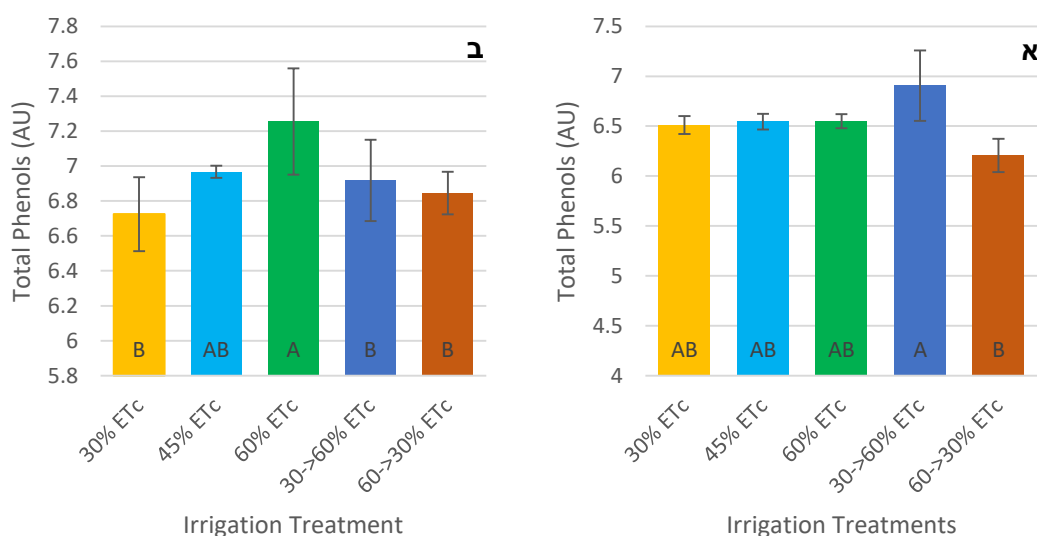
ערכי הבליעה של היין בדרך כלל נמדדים על ידי שלושה אורכי גל: 420 nm – צהוב; 520 nm – אדום; 620 nm – סגול (דרורי א, נצר י, אריאל ע; Harbertson and Spayd 2006). הבדיקות התמקדו רק באורך גל הצהוב של 420 nm, המשמעותי בינות לבנים. בבדיקת מדד צפיפות הצבע, ב 2019 ו ב 2021 נראה שאין הבדל סטטיסטי מובהק בצבע (wine color density) בין משטרי ההשקיה השונים (נספח 3). בנוסף, בדיקות היינות של בציר 2019, הראו כי יש מגמת ירידה מסוימת

של צפיפות הצבע ככל שכמות ההשקיה עולה, ללא הבדל מובהק, וכן כל היינות בהשקיה הנמוכה (Etc 30%) מאוד קרובים בצבע ואין שונות גבוהה. (נספח א3).

3.1.2 השפעת משטרי השקיה השונים על רמת הפוליפנולים ביין

פנולים הם מרכיב בסיסי באיכות יינות אדומים ולבנים כאחד, ואחראים לתכונות רבות וחשובות ביין: צבע; מרירות; עפיצות; ויכולת אנטי חימצונית. זאת ועוד הפנולים נתפסים כפרמטר, בנוסף לסוכר וחומצה, לפיו ניתן לשפוט את איכות הענבים, התירוש, התסיסה והיינות המוגמרים. (Harbertson and Spayd 2006). מדידת הפוליפנולים נעשתה אף היא באמצעות מכשיר הספקטרופוטומטר.

בבדיקת רמת הפוליפנולים ביינות 2019 יש הבדל מובהק בסך הפנולים (Total phenols) לפי מבחן Tukey-Kramer. סך הפנולים שנמדדו בעונת 2019, מראה כי הטיפול הגבוה ביותר הוא ההשקיה המשתנה מגבוהה לגבוהה (ET_c 60%→30%) באופן מובהק ביחס לטיפול ההפוך של ההשקיה המשתנה מגבוהה לנמוכה (ET_c 30%→60%) (איור 6א).



איור מס' 6 – סך הפנולים ביינות סוביניון בלאן מירב בשנים 2019, 2021, כתלות בטיפולי ההשקיה השונים. סך הפנולים חושב על פי ערך הבליעה במכשיר ספקטרופוטומטר באורך גל של 280 nm. כל עמודה מייצגת ממוצע של חזרות ביולוגיות באותו טיפול, קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן של הממוצעים. אותיות שונות באנגלית מציינות מובהקות סטטיסטית ע"פ מבחן Tukey-Kramer ברמת מובהקות של $p < 0.05$. א ניסוי 2019. ב ניסוי 2021. בשנה זו הוזנחה חזרה C1 (מטיפול ההשקיה 60% ET_c) מהסטטיסטיקה.

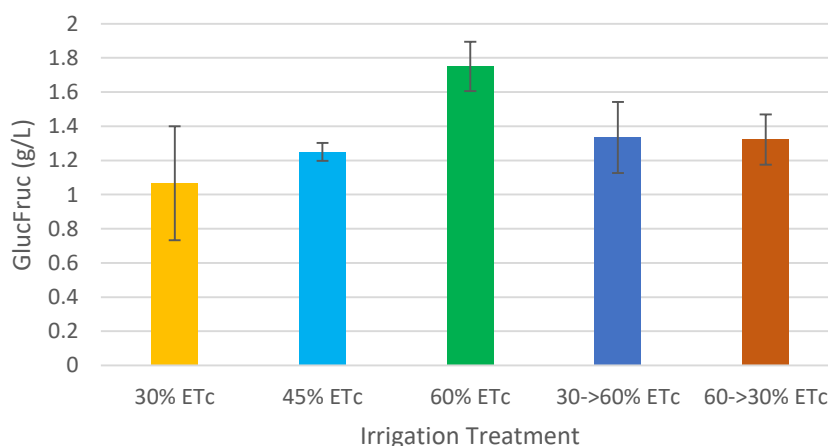
בבדיקת רמת הפוליפנולים ביינות 2021 יש הבדל מובהק בסך הפנולים לאחר השמטת חזרה C1 לפי מבחן Tukey-Kramer. סך הפנולים שנמדדו בעונת 2021, מראה כי הטיפול הגבוה ביותר הוא ההשקיה הגבוהה (60% ET_c), שקיבל תוצאה של 7.53, באופן מובהק ביחס לשלושת טיפולי ההשקיה: הנמוכה (30% ET_c); מנמוכה לגבוהה (30% > 60% ET_c); ומגבוהה לנמוכה (60% > 30% ET_c) אשר קיבלו תוצאות של 6.73, 6.9, 6.87 בהתאמה (איור 6ב).

3.1.3 השפעת משטרי השקיה שונים על מאפיינים בסיסיים בין

מדידת פרמטרים בסיסיים (סוכר שיורי, אלכוהול, חומציות (TA), וחומצות מסיסות ונדיפות) נעשית עבור כל יין. מדדים אלו מאפשרים לאמוד את רמת בשלות היין לשתייה ולשיווק או להמשך תסיסה. בתת פרק זה מובאות תוצאות ההשפעה של משטרי השקיה שונים על מדדי מאפייני היין הבסיסיים.

3.1.3.1 מדד סוכר שיורי

ההגדרה המסורתית ליין יבש היא הימצאות סוכר שיורי (כמות הסוכר שנשאר בין ולא הפך לאלכוהול על ידי התסיסה), בערך הנע בין 0.15 ל-2 גרם לליטר. כמות הסוכר השיורי לאחר התסיסה חשובה ליציבות המיקרוביאלית בין (Bruce W. Zoecklein, Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump 1995). בשנת 2019 נראית מגמה עלייה ברמת הסוכר השיורי, ככל שעולה כמות ההשקיה, אולם ללא מובהקות סטטיסטית (איור 7). בשנת 2021 לא נצפתה השפעה כלשהי של משטרי ההשקיה על הסוכר השיורי.



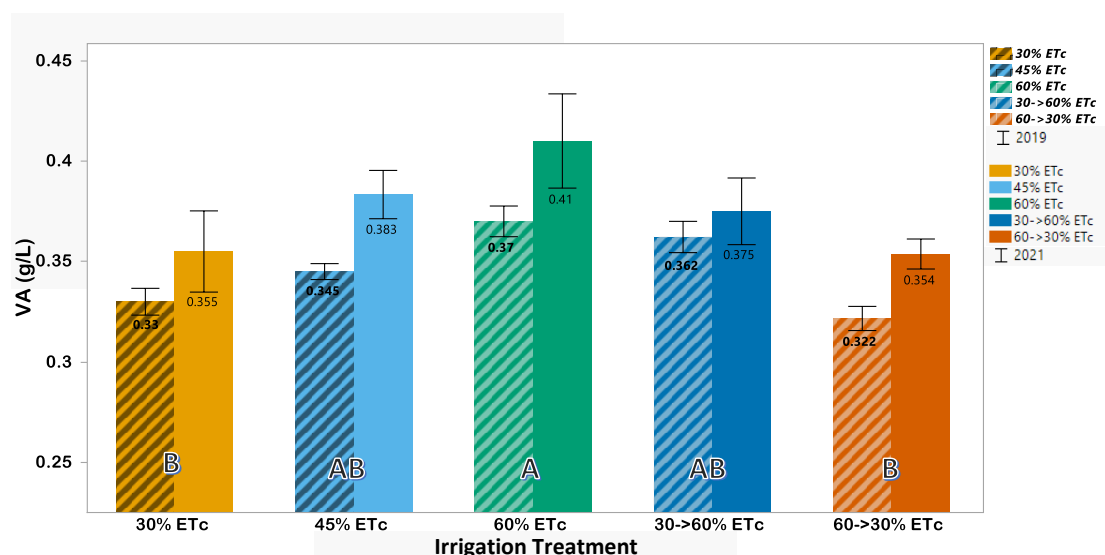
איור מס' 7 – רמת הסוכר השיורי כתלות בטיפול ההשקיה השונים, בין סוביניון בלאן מקיבוץ מירב 2019. כל עמודה מייצגת ממוצע של חזרות ביולוגיות באותו טיפול, קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן של הממוצעים.

3.1.3.2 מדד החומצה הנדיפה (VA)

חומצה נדיפה (VA) בין היא גורם שלילי המעיד על קלקול היין (Bruce W. Zoecklein, 1995, Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump 1995). תוצאות מדדי החומצה הנדיפה (VA) בניסוי, אשר התקבלו בשתי השנים 2019, 2021 (ניתוח דו גורמי), מעידות על שונות מובהקת בחלק מבין חמשת הטיפולים השונים, לפי מבחן Tukey-Kramer (איור 8).

בשתי השנים 2019, 2021, על פי מבחן Anova, נראית מגמה אחידה כי ככל שההשקיה גדלה כך רמת החומצה הנדיפה גבוהה יותר (איור 8). בשנת 2019 בטיפול ההשקיה הגבוהה (60% ET_c), כמות החומצה הנדיפה שהתקבלה היא 0.37 גרם לליטר, ואילו בטיפולים האחרים ההשקיה המשתנה מגבוהה לנמוכה (60% → 30% ET_c) וההשקיה הנמוכה (30% ET_c) התקבלו התוצאות 0.322 ו 0.33 (בהתאמה), תוצאות בעלות שונות מובהקת אם כי הטווח לא גדול מאוד.

בשנת 2021, נראה גם כן את אותה המגמה כמו ב-2019. בטיפול ההשקיה הגבוהה (60% ET_c), כמות החומצה הנדיפה שהתקבלה היא 0.41 גרם לליטר, ואילו בטיפולים האחרים ההשקיה מגבוהה לנמוכה (60% → 30% ET_c) וההשקיה הנמוכה (30% ET_c) התקבלו התוצאות 0.354 ו 0.355 (בהתאמה), תוצאות בעלות שונות מובהקת אם כי הטווח לא גדול מאוד.



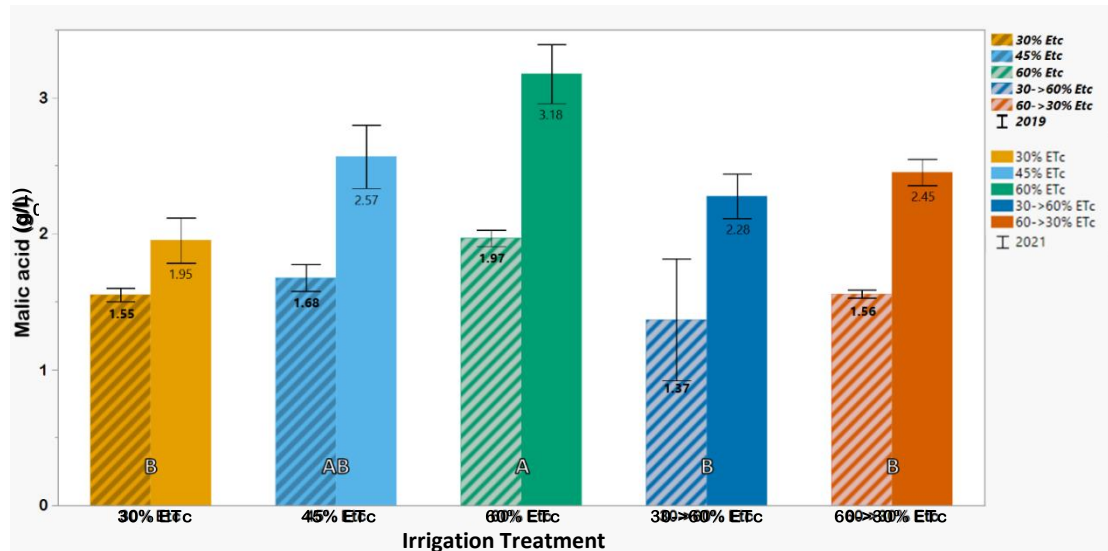
איור מס' 8 – השוואת רמת החומצה הנדיפה (VA) של היין סוביניון בלאן מירב בניתוח דו גורמי של השנים 2019 ו-2021 כתלות במשטר ההשקיה. כל עמודה מייצגת ממוצע של חזרות ביולוגיות באותו טיפול, עמודות חלקות – שנת 2021, עמודות מקווקוות – שנת 2019, קווי השיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן של הממוצעים. אותיות שונות באנגלית מציינות מובהקות סטטיסטית ע"פ מבחן Tukey-Kramer ברמת מובהקות של $p < 0.05$. ראה נתוני סטטיסטיקה בנספח 4.

3.1.3.3 מדד החומצה המאלית (Malic Acid)

חומצה מאלית (Malic Acid) ביין היא חיובית בעלת ערך שימור בקטריאלי, רעננות וחיזור טעמי היין. (Burns and Noble 1985; Fischer and Noble 1994; Vannier et al. 1999; Martin and De Revel 2000; Volschenk et al. 2006).

בתוצאות מדדי החומצה המאלית של היין בשנת 2019, לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים, אולם, על פי מבחן Anova, נצפתה מגמת עלייה של החומצה המאלית ככל שרמת ההשקיה עולה. בתוצאות מדדי החומצה המאלית של היין בשנת 2021 נמצאה שונות מובהקת בחלק מהטיפולים. ככל שההשקיה גדלה כך רמת החומצה המאלית גבוהה יותר- בטיפול ההשקיה הגבוהה התקבל 3.18 גרם לליטר בעוד בטיפולי ההשקיה הנמוכה והמשתנה מנמוך לגבוה התקבלו התוצאות 1.95 ו-2.28 גרם לליטר בהתאמה.

תוצאות הניתוח הדו גורמי (2019, 2021) של החומצה המאלית (איור 9), מחזקות את המגמה שנצפתה בשתי השנים- ככל שעולה ההשקיה עולה רמת החומצה המאלית. ניתוח זה מעיד על שונות מובהקת בין הטיפולים גם לשנת 2019.

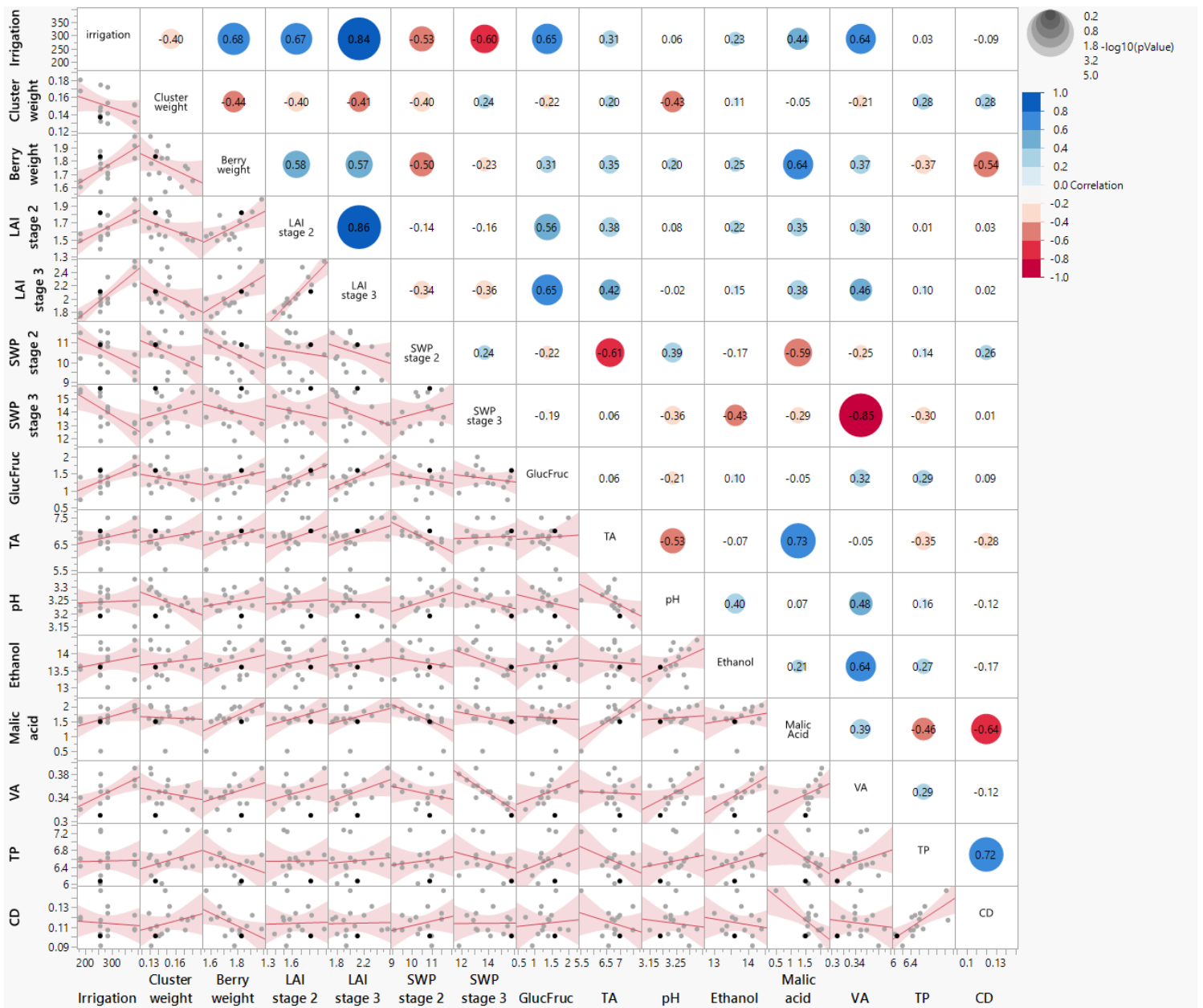


איור מס' 9 – השוואת רמת החומצה המאלית (Malic Acid) של היין סוביניון בלאן מירב בניתוח דו גורמי של השנים 2019 ו-2021 כתלות במשטר ההשקיה. כל עמודה מייצגת ממוצע של חזרות ביולוגיות באותו טיפול, עמודות חלקות – שנת 2021, עמודות מקווקות – שנת 2019, קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן של הממוצעים. אותיות שונות באנגלית מציינות מובהקות סטטיסטית ע"פ מבחן Tukey-Kramer ברמת מובהקות של $p < 0.05$. ראה נתוני סטטיסטיקה בנספח 4.

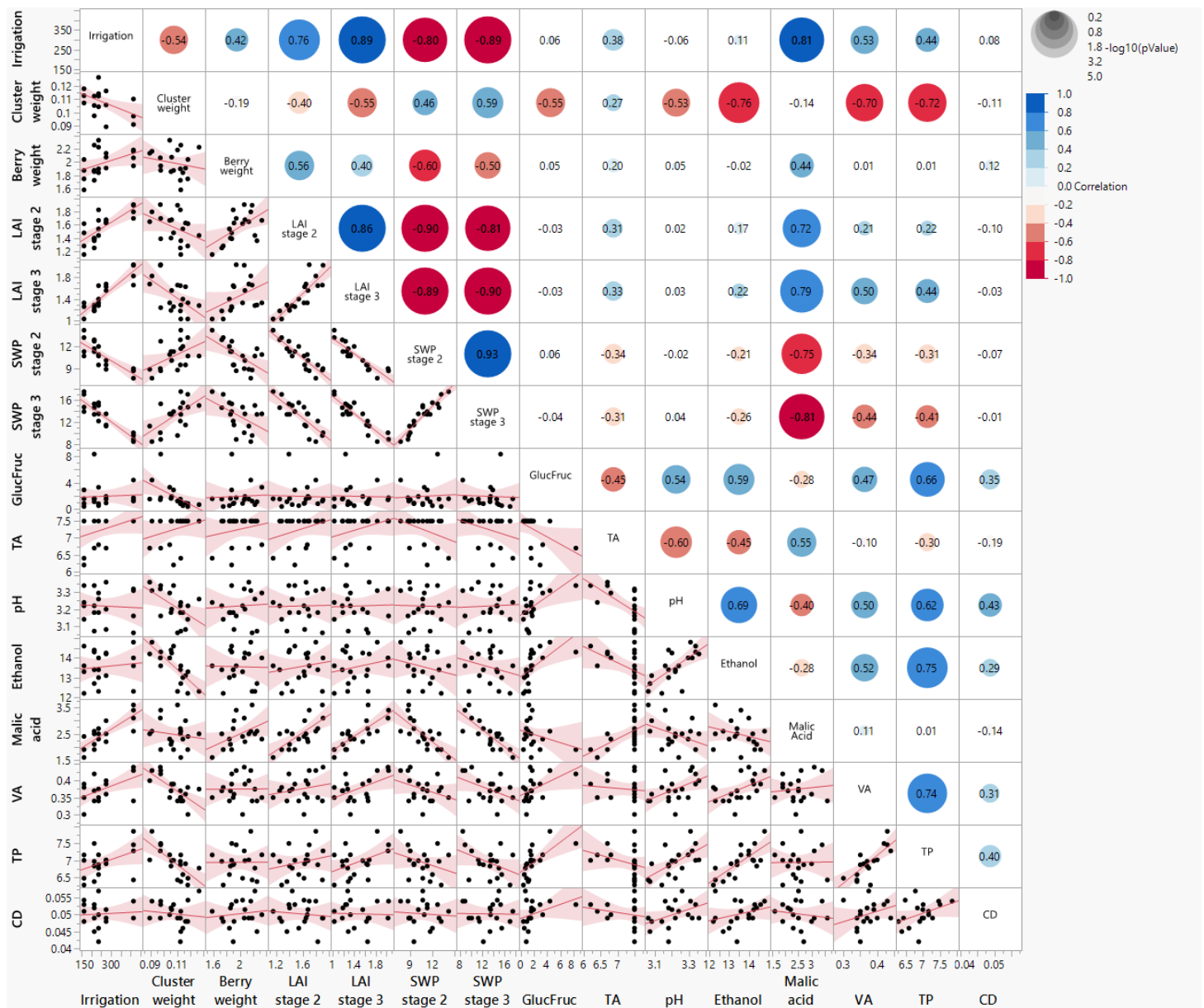
3.1.3.4 מדד האתנול, מדד סך החומצה ומדד הצפיפות

המחקר הנוכחי בודק שלושה מאפיינים בסיסיים של יין, מדד רמת האתנול, סך החומצה (TA) וצפיפות היין, אשר תוצאות הבדיקות שלהם לא הוצגו במחקר בשל היעדר מסקנות. למעשה לא נמצאו מגמות והבדלים מובהקים בשלושת המאפיינים הנ"ל כתלות במשטרי ההשקיה השונים.

3.1.4 יחסי גומלין: משטרי השקיה נתוני שדה, מאפייני יין בסיסיים וצבע



איור מס' 10 – מטריצת קורלציות של יין סוביניון בלאן מירב 2019, הכוללת את מדדי השדה ומדדי היין והצבע. המדדים השונים מופיעים באלכסון האמצעי הגובל בין שני סוגי התצוגות שבמטריצה. בחלק התחתון-שמאלי של המטריצה, מופיעים קווי מגמה המסומנים בקווים אדומים ומציגים את המתאם בין כל זוג מדדים, כאשר כל ריבוע מציג את המתאם עבור שילוב הממד המופיע מעליו והמדד המופיע מימינו, הנקודות השחורות מסמלות את החזרות הביולוגיות. בחלק העליון-ימני של המטריצה מופיעים עיגולי המתאמים, כאשר כל ריבוע מציג עיגול מתאם עבור שילוב הממד המופיע מתחתיו והמדד המופיע משמאלו, המספר בתוך העיגולים מציין את מקדם המתאם (פירסון) בין כל זוג מדדים, צבע העיגולים מעיד האם המתאם חיובי (כחול) או שלילי (אדום) וגודל העיגול מעיד על רמת מובהקות המתאם. מקרא משתנים: irrigation – כמות השקיה לדונם (mm); cluster weight; (mm) – משקל ממוצע של אשכולות הגפן (Kg); Berry weight; – משקל גרגר גפן; LAI stage 2/3 – ממוצע אינדקס שטח העלווה עבור שלב פנולוגי 2 או שלב פנולוגי 3; SWP stage 2/3 – ממוצע פוטנציאל המים (Ψ) עבור שלב פנולוגי 2 או שלב פנולוגי 3; GlucFruc; – כמות הסוכר השיורי (g/L); TA – סך החומצות ביין (Total acid, g/L); pH – רמת החומציות ביין; Ethanol; – אחוז האלכוהול ביין; Malic acid; – רמת החומצה המאלית ביין; VA; – רמת החומצה הנדיפה ביין (volatility acid, g/L); TP; – סך הפנולים ביין (Total phenols); CD; – צפיפות צבע היין (Color density).



איור מס' 11 – מטריצת קורלציות של יין סוביניון בלאן מירב 2021, הכוללת את מדדי השדה ומדדי היין והצבע. המדדים השונים מופיעים באלכסון האמצעי הגובל בין שני סוגי התצוגות שבמטריצה. בחלק התחתון-שמאלי של המטריצה מופיעים קווי מגמה המסומנים בקווים אדומים ומציגים את המתאם בין כל זוג מדדים, כאשר כל ריבוע מציג את המתאם עבור שילוב הממד המופיע מעליו והמדד המופיע מימינו, הנקודות השחורות מסמלות את החזרות הביולוגיות. בחלק העליון-ימני של המטריצה מופיעים עיגולי המתאמים, כאשר כל ריבוע מציג עיגול מתאם עבור שילוב הממד המופיע מתחתיו והמדד המופיע משמאלו, המספר בתוך העיגולים מציין את מקדם המתאם (פירסון) בין כל זוג מדדים, צבע העיגולים מעיד האם המתאם חיובי (כחול) או שלילי (אדום) וגודל העיגול מעיד על רמת מובהקות המתאם. מקרא משתנים: irrigation – כמות השקיה לדונם (mm); cluster weight – משקל ממוצע של אשכולות הגפן (Kg); Berry weight – משקל גרגר גפן; LAI stage 2/3 – ממוצע אינדקס שטח העלווה עבור שלב פנולוגי 2 או שלב פנולוגי 3; SWP stage 2/3 – ממוצע פוטנציאל המים (Ψ) עבור שלב פנולוגי 2 או שלב פנולוגי 3; GlucFruc – כמות הסוכר השיוורי (g/L); TA – סך החומצות ביינ (Total acid, g/L); pH – רמת החומציות ביינ; Ethanol – אחוז האלכוהול ביינ; Malic acid – רמת החומצה המאלית ביינ; VA – רמת החומצה הנדיפה (volatility acid, g/L); TP – סך הפנולים ביינ (Total phenols); CD – צפיפות צבע היין (Color density).

לאחר איסוף הנתונים מהשטח, בדיקות מאפייני היין הבסיסיים ובדיקות הצבע, נוצר צורך לבדוק הימצאות של יחסי גומלין או יחסי השפעה בין הפרמטרים השונים שנאספו. בדיקה זו, בוצעה באמצעות מטריצת קורלציות עבור נתונים משתי השנים 2019, 2021, הכוללת את כל מבחני המתאם בין הפרמטרים השונים (איורים 10-11). ממטריצות גדולות אלו (איורים 10-11), ניתן בעיקר ללמוד על השפעת ההשקיה ותוצאותיה (SWP, LAI) על סך החומצות (TA) ועל ה-pH, כמפורט להלן.

המתאם בין כמות ההשקיה לדונם (irrigation, mm), המבטא את משטרי ההשקיה בניסוי זה, לבין פוטנציאל המים בגפן (SWP), המבטא את עוצמת עקת המים, הינו שלילי (איורים 10-11). כלומר ככל שכמות ההשקיה עולה פוטנציאל המים יורד, זאת אומרת שהעקה קטנה. ערכי פוטנציאל המים מוצגים במתאם בערכים חיוביים, כשבפועל, פוטנציאל המים הוא תת לחץ שמתבטא בערכים שליליים, לכן הערכים הגבוהים במתאם הם הערכים המבטאים את פוטנציאל המים החזק יותר (שלילי יותר), כלומר עקה יותר עוצמתית (Choné et al. 2001; Medrano et al. 2010; Romero et al. 2003). ניתן לראות כי הקשר השלילי בין שני הפרמטרים הינו מובהק סטטיסטית לפי גודל עיגולי המתאם ועל פי טבלת הסתברות המתאמים (נספח 5).

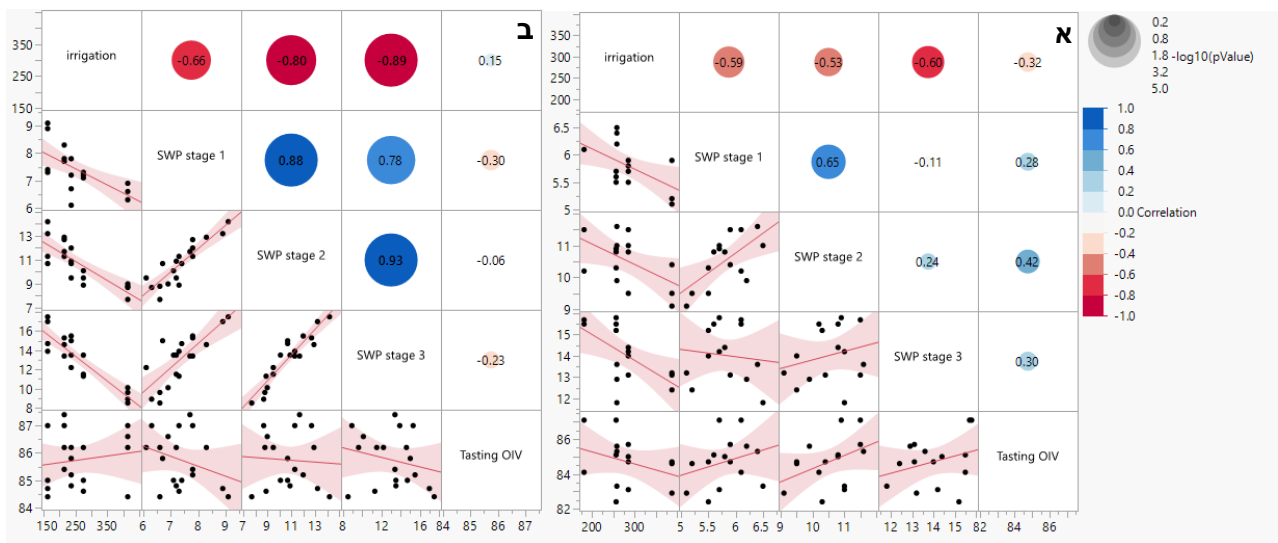
מבחני מתאם בין כמות ההשקיה העונתית לדונם (irrigation, mm) לבין שטח העלווה (LAI) הינם חיוביים (איורים 10-11). ניתן לראות כי קשרים חיוביים אלו, אף הם מובהקים סטטיסטית לפי גודל עיגולי המתאם ועל פי טבלת הסתברות המתאמים (נספח 5).

במבחני מתאם בין סך החומצות ביין (TA) לבין פוטנציאל מים (SWP) ושטח העלווה שנמדד בשלב 3 (LAI stage 3) התקבלו קשרים שליליים וקשרים חיוביים בהתאמה (איורים 10-11). במתאם בין כמות ההשקיה לדונם (irrigation, mm) לבין סך החומצות (TA) התקבל קשר חיובי אבל לא חזק (איורים 10-11), ובנוסף במתאם בין סך החומצות ביין (TA) לבין רמת ה-pH של היין התקבל קשר שלילי (איורים 10-11), כלומר נראה כי שהחומציות עולה עם עליית ההשקיה.

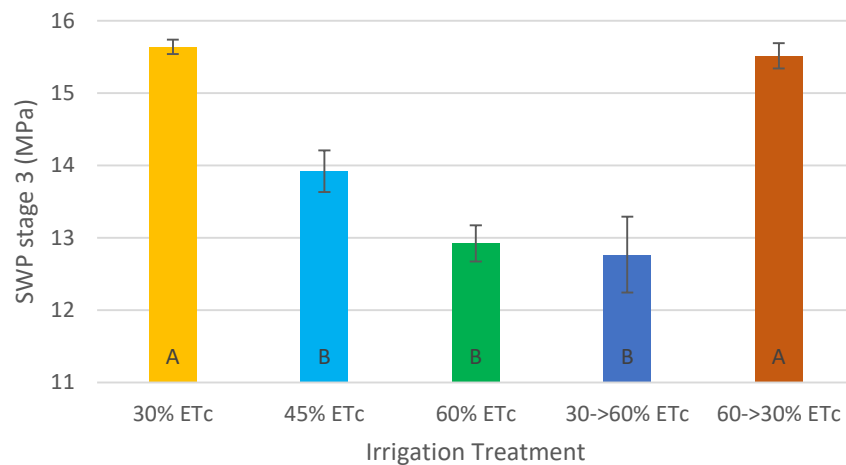
באיור 12, מוצגת מטריצת קורלציות קטנה יותר, בה מוצגים מבחני מתאם בין כמות ההשקיה לבין ממוצעי פוטנציאל המים בכל אחד מהשלבים הפנולוגיים ולבין ציון הטעימות, על פי הארגון הבינלאומי ליין (OIV) (Netzer et al. 2022). בבחינת יחסי ההשפעה של כמות ההשקיה על הטעם הסופי של היין (ציון הטעימות), לא נמצאה מגמה אחידה בשתי השנים 2019, 2021. בעקבות כך נבחנו, כגורם השפעה אפשרי, גם יחסי הגומלין בין פוטנציאל המים בכל אחד מהשלבים הפנולוגיים

לבין הטעם הסופי של היין (ציון הטעימות, OIV), אך גם כאן לא נמצאה מגמה אחידה בשתי השנים

.2021, 2019.



איור מס' 12 – מטריצת קורלציות של יין סוביניון בלאן מירב, בין הגורמים – כמות ההשקיה העונתית (irrigation, mm), ממוצע פוטנציאל מים בכל שלב פנולוגי (SWP stage 1/2/3) ומדד טעימות בינלאומי (OIV). המספר בתוך העיגולים מציין את מקדם המתאם (פירסון), צבע העיגולים מעיד האם המתאם חיובי (כחול) או שלילי (אדום), גודל העיגול מעיד על רמת המובהקות. הנקודות מסמלות את החזרות הביולוגיות. **א** שנת 2019, **ב** שנת 2021.



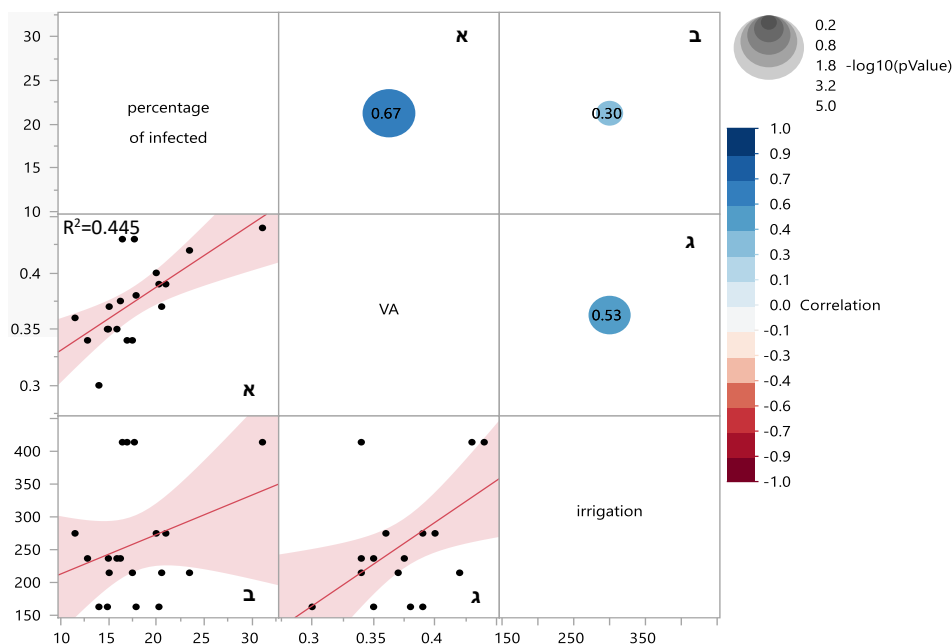
איור מס' 13 – ממוצע פוטנציאל המים (SWP) בשלב הפנולוגי השלישי של גפני סוביניון בלאן מירב משנת 2019, כתלות בטיפולי ההשקיה השונים. כל עמודה מייצגת ממוצע של חזרות ביולוגיות באותו טיפול, קווי השגיאה האנכיים מייצגים את סטיית התקן של הממוצעים. אותיות שונות באנגלית מציינות מובהקות סטטיסטית ע"פ מבחן Tukey-Kramer ברמת מובהקות של $p < 0.05$. (ערכי פוטנציאל המים מוצגים בגרף בערכים חיוביים, כשבפועל פוטנציאל המים הוא תת לחץ שמתבטא בערכים שליליים).

פוטנציאל המים בגפן הוא נתון הנמדד בשטח באופן שבועי במהלך העונה ומעיד על רמת העקה בה שרויה הגפן (Choné et al. 2001; Medrano et al. 2003; Romero et al. 2010). ערכי פוטנציאל המים מוצגים בגרף בערכים חיוביים, כשבפועל פוטנציאל המים הוא תת לחץ שמתבטא בערכים

שליליים, כלומר ערך גבוה מייצג עקה עוצמתית יותר. נתוני פוטנציאל המים שנאספו בשלב הפנולוגי השלישי בעונת הגידול 2019, מעידים על שונות מובהקת בין חמשת הטיפולים השונים, לפי מבחן Tukey-Kramer (איור 13). נראה כי ככל שההשקיה גדלה כך פוטנציאל המים יורד, כלומר העקה קטנה. לטיפול ההשקיה הנמוכה (ET_c 30%) ולטיפול ההשקיה המשתנה מגבוהה לנמוכה (ET_c 30% → 60%) התקבלו ערכים של 15.6, 15.5 (בהתאמה), והם גבוהים באופן מובהק ביחס לשלושת טיפולי ההשקיה האחרים: ההשקיה הבינונית (ET_c 45%); ההשקיה הגבוהה (ET_c 60%) וההשקיה המשתנה מנמוכה לגבוהה (ET_c 30% → 60%) אשר עבורם התקבלו ערכים של 12.8, 13.9 ו 12.9 (בהתאמה).

3.1.5 השפעת משטרי השקיה שונים על רמת החומצה הנדיפה (VA) בין ועל רמת

נגיעות הגפן בכרם:



איור מס' 14 – מטריצת קורלציות בין מנות המים שיישמו בהשקיה, אחוז הרקבונות וחומצה נדיפה (VA), של יין סוביניון בלאן מירב 2021. המספר בתוך העיגולים מציין את מקדם המתאם (פירסון), צבע העיגולים מעיד האם המתאם חיובי (כחול) או שלילי (אדום), גודל העיגול מעיד על רמת המובהקות. הנקודות מסמלות את החזרות הביולוגיות. א אחוז רקבונות מול חומצה נדיפה, ב אחוז רקבונות מול כמות השקיה, ג חומצה נדיפה מול כמות השקיה.

ביינות לבנים החומצה הנדיפה (VA), אשר הינה שלילית ליין, מסתמן כי מגיעה מנגיעות

ורקבונות מהשטח (Bruce W. Zoecklein, Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump 1995). ככל שההשקיה עולה כך עולה רמת החומצה הנדיפה (איורים 10-11). על מנת לבחון את הקשר וההשפעה בין כמות ההשקיה, רמת הרקבונות ורמת החומצה הנדיפה, חושב אחוז הרקבונות בענבים בכרם

מתוך תוצאות הבציר, ונבנתה מטריצת קורלציות לשלושת הגורמים (איור 14). ניתן לראות במטריצה כי בתוצאות הבציר קיים מתאם חיובי בין כל הגורמים.

אחוז הרקבונות של היבול חושב על ידי משקל היבול הנגוע מתוך המשקל הכולל של היבול מאותה גפן, ולאחר מכן נעשה ממוצע של אחוזי הנְגִיעוֹת לכל החזרה הביולוגית (בין כל העצים של אותה חזרה). חושב אחוז הנְגִיעוֹת בענבים רק של שנת 2021, כיוון שבשנת 2019 לא נאספו הנתונים בשטח עבור היבול הנגוע.

3.2 פיתוח שיטת זיהוי ארומות בין לבן

פרק זה מתאר חלק מרכזי במחקר העוסק בפיתוח שיטת הרצה במכשיר GC-MS, שיטה שתציג, מקסימום הפרדה ורגישות זיהוי של קבוצות שונות של חומרי ארומה בין לבן.

כדי לזהות את חומרי הארומה המיוחדים ליינות לבנים, כגון טרפנים ותיולים, נבדקו שיטות הרצה של מכשיר GC-MS, שנוסו במעבדת היקב המחקרי, אוניברסיטת אריאל. לאחר מספר ניסיונות הסתבר כי יש צורך בשיטת הרצה רגישה במיוחד עבור זיהוי טרפנים ותיולים, בסדרי גודל של ppt ו-ppb בהתאמה (Herbst-Johnstone et al. 2013; Black et al. 2015). חיפוש בספרות המחקרית, של שיטת הרצה המתאימה למציאת חומרים נדיפים בין במכשיר GC-MS של חברת SIMADZU, הוביל למסקנה כי אין בספרות שיטה העונה על צורך זיהוי החומרים הייחודיים והמשמעותיים לארומה בין לבן עם הציוד הקיים במעבדתנו, זאת בשל העובדה כי בספרות מדווחים מחקרי ארומה עם מכשירים של חברות אחרות, או מחקרים עם מכשירים אחרים של חברת SIMADZU, מכשיר רגיש יותר כגון GC-MS-MS או מכשיר בעל שבירה כימית.

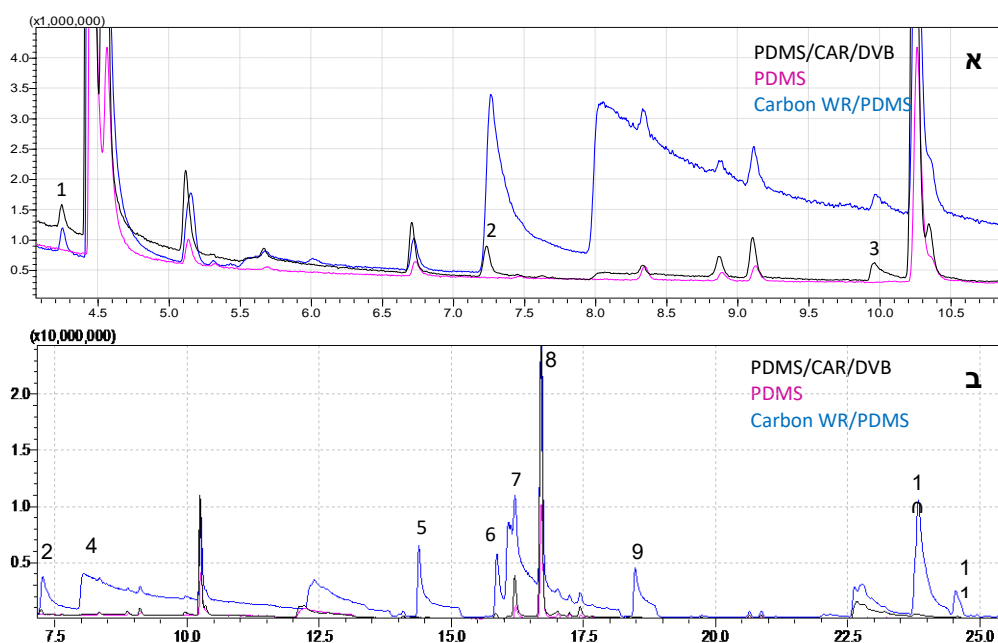
על כן חברת SIMADZU נחלצה לעזרתנו והכינה עבורנו שתי תכניות הרצה בהתאם לדרישות הניסוי, התוכניות: a. Short b. Long. נעשתה בדיקה והתכנית Short נמצאה מתאימה יותר מבחינת התוצאות. מנקודה זו והילך המשיך פיתוח השיטה במטרה להביאה לרמת דיוק ושיפור שתניב תוצאות מיטביות.

בפיתוח השיטה נבדקו מספר גורמים ופרמטרים במכשיר ובתכנית (סיב, קולונה, גרדיאנט טמפרטורה, ספליט, דיסקציה, נפח דגימה וזמן שהייה), ולבסוף הגענו לתכנית אידיאלית שמזהה טרפנים וחומרי ארומה נוספים. הניסיון למציאת תכנית הרצה למציאת תיולים, אשר חשובים במיוחד בזן סוביניון בלאן הנבדק בניסוי, לא צלח, היות והתיולים זהו רק באופן אקראי ולא בצורה שיטתית ועקבית. תוצר לוואי חשוב של פיתוח שיטת ההרצה של התוכנית לזיהוי חומרי ארומה

ובכללם טרפנים, הינו פיתוח תהליך לניתוח שיטתי של פלטי הכרומטוגרמות, תהליך שסייע בניתוח שיטתי של חומרי הארומה השונים.

3.2.2 בחינת סיב אידיאלי לזיהוי ארומות בין לבן

הפרמטר הראשון שנבחן היה סוג הסיב, על ידו מבוצעת ספיגת החומרים הנדיפים מהיין. במכשיר GC-MS קיימות מספר אופציות להזרקת החומר הנבדק לתוך המכשיר, בניסוי שלנו נעשה שימוש בטכניקת המיצוי SPME (solid phase micro-extraction) אשר מסתמכת על היפרדות החומרים הנדיפים מתוך הדגימה אל הפאזה הפולימרית הקשורה לסיב. קיימים מספר סוגי סיבים, המובדלים ביניהם על ידי מספר ומבנה הפאזות.



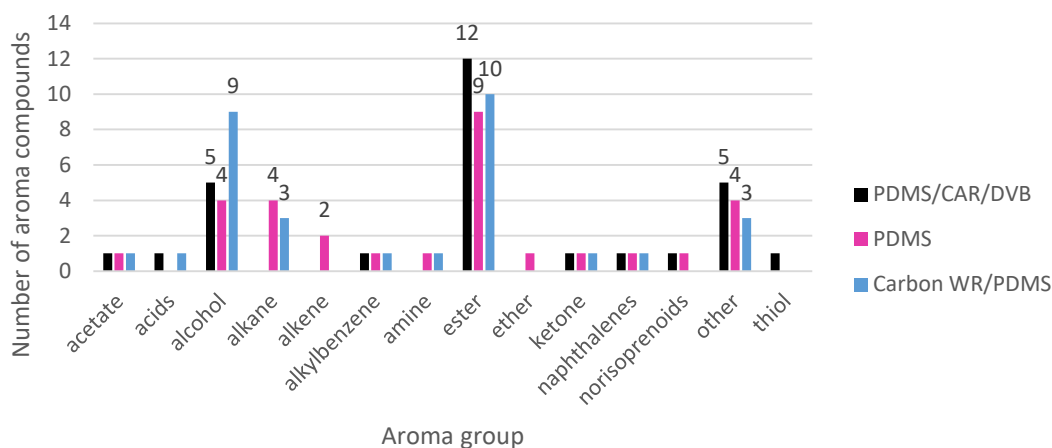
איור מס' 15 – השוואה בין שלוש כרומטוגרמות של סיבי SPME שונים על יין זהה ובקולונה זהה (VF-5ms). שחור – הסיב PDMS/CAR/DVB, ורוד – הסיב PDMS, כחול – Carbon WR/PDMS. **א** זום בכרומטוגרמה על טווח הזמן 4-11 דקות, בנקודות 1,2,3 – ניתן לראות שבזמנים אלו כי כאשר מזוהה חומר בסיב השחור ואף בסיב הכחול, עדיין בנקודות זמן אלו, בסיב הוורוד לא מזוהה חומר. **ב** זום בכרומטוגרמה על טווח הזמן 7.5-25 דקות, בנקודות הבאות זוהו החומרים המפורטים להלן: 2,4,5–Cyclotrisiloxane, hexamethyl-; 6,7,9–Cyclotetrasiloxane, octamethyl-; 8 – Hexanoic acid, ethyl ester; 10 – Salicylic acid, 2TMS derivative; 11 – Benzeneethanamine, N-; 1–. [(pentafluorophenyl)methylene]-.beta.,4-bis[(trimethylsilyl)oxy]-TMS

נעשתה בדיקה בין שלושה סיבים שונים, לצורך מציאת הסיב המתאים ביותר לזיהוי חומרי ארומה הנמצאים ביין בכמויות קטנות: סיב בעל פאזה אחת – PDMS; סיב בעל שתי פאזות – Carbon WR/PDMS; סיב בעל שלוש פאזות – PDMS/CAR/DVB (איור 15). בכל ההרצות של

בדיקת הסיבים נעשה שימוש בין זהה, בקולונה זהה ובתוכנית הרצה זהה: יין סובניון בלאן של Don Joinu, קולונת VF-5ms ותכנית הרצה *Ania – Wine 1* (בהתאמה).

באיור 15 ניתן לראות את הכרומטוגרמה של שלושת הסיבים השונים, ובה מסומנים שלושה זמנים (סימון 1,2,3) בהם נראות נקודות שיא בסיב בעל שתי הפאזות (כחול) ובסיב בעל שלוש הפאזות (שחור) ואילו באותם זמנים בסיב בעל הפאזה האחת (ורוד) לא נראות נקודות שיא. בטווח הזמן (ציר ה-X) של הכרומטוגרמה באיור 15, ניתן לראות כי לסיב בעל שתי הפאזות (כחול) הרבה נקודות שיא, בעוד שבשני הסיבים האחרים (שחור וורוד) לא נראות בטווח זמן זה נקודות שיא בסדר גודל כמו הסיב הכחול. בחינת נקודות השיא של הסיב בעל שתי הפאזות (כחול) הנצפות באיור 15, הראתה כי מדובר לרוב בחומרים הנפלטם כזיהום.

בנוסף להשוואת נקודות השיא בכרומטוגרמות (איור 15) נעשתה השוואה בין הסיבים על ידי סכום חומרי הארומה שזוהו בהרצות על ידי כל סב (איור 16). ניתן לראות כי רק בסיב בעל שלוש הפאזות (שחור) ניתן היה למצוא תיול, עניין קריטי ליינות סובניון בלאן המכילים תיולים באופן מובחן מהרבה יינות אחרים (Herbst-Johnstone et al. 2013; Musumeci et al. 2015).



איור מס' 16 – השוואה בין שלושה סיבים (SPME) שונים על ידי מספר חומרי הארומה שזוהו, לפי חלוקה לקבוצות הארומות. עמודות שחורות – מייצגות את הסיב בעל שלוש הפאזות PDMS/CAR/DVB, עמודות ורודות – הסיב PDMS, עמודות כחולות – הסיב Carbon WR/PDMS.

3.2.3 בחינת קולונה אידיאלית לזיהוי ארומות בין לבן

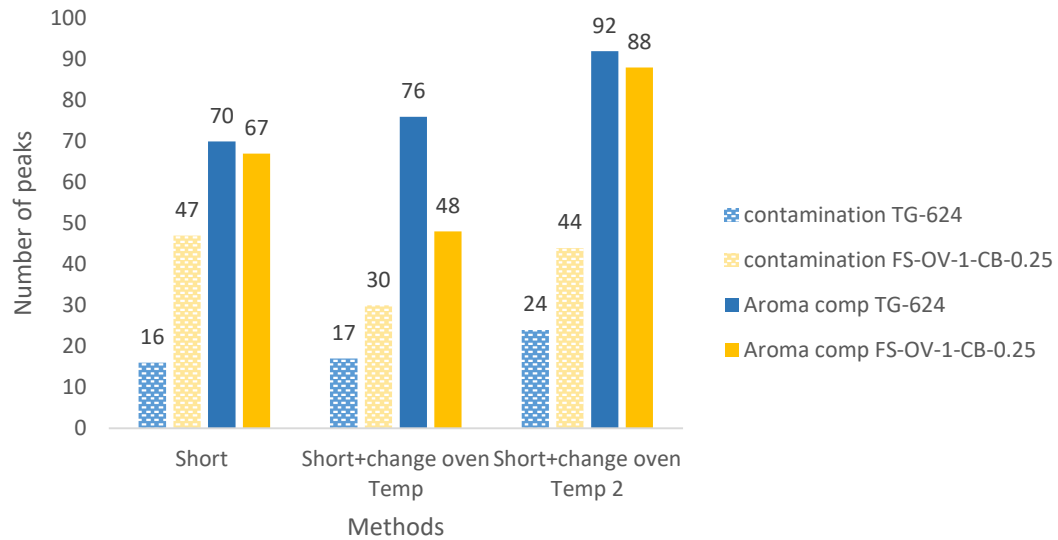
הפרמטר השני שנבחן, עבור שיפור זיהוי חומרי הארומה, היה סוג הקולונה. בקולונה, הנמצאת בחלק ה-GC של המכשיר, מוזרמים החומרים הנדיפים שהופרדו מדוגמת היין הנבדקת. הרכב

הקולונה משמעותי ביותר, כיוון שמשפיע על רמת הזיקה של החומרים הנדיפים אל הקולונה. וכך, כאשר החומרים הנדיפים עוברים בקולונה, הם נספחים אליה ברמות שונות בהתאם לרמת הזיקה. כמו כן, הרכב הקולונה משפיע על היפרדות החומרים זה מזה ועל קצב יציאתם מה-GC אל ה-MS של המכשיר.

הואיל וכך ובחירת הקולונה משמעותית למחקר, נערכה השוואה בין שתי קולונות חדשות לקבלת התוצאות הטובות ביותר: קולונת *TG-624*, הינה קולונה סטנדרטית לחומרים נדיפים וכוללת גם חומרים כמו טרפנים; קולונת *FS-OV-1-CB-0.25* הינה ייחודית למציאת טרפנים.

להשוואת הקולונות, נעשתה בכל אחת משתי הקולונות בדיקה של שלוש תכניות הרצה שונות, על יין גוורצטרמינר 2020 של כרמל מזרחי. תכניות ההרצה: *a. Short*, *b. Short+change oven Temp*, *c. Short+change oven Temp 2* (פירוט התכניות השונות מופיע בפרק שיטות וחומרים – טבלה 4). באיור 17, ניתן לראות כי בשלוש התכניות השונות, זוהו באופן גורף בקולונה *TG-624* יותר חומרי ארומה (Aroma comp) ופחות זיהומים (contamination) לעומת הקולונה השנייה – *FS-OV-1-CB-0.25*. הזיהומים הינם חומרי פירוק של הקולונה עצמה: סיקלוקסנים שונים (לדוגמה: *Cyclotrisiloxane, hexamethyl*) וחומרים אחרים (לדוגמה: *Salicylic acid, 2TMS derivative*).

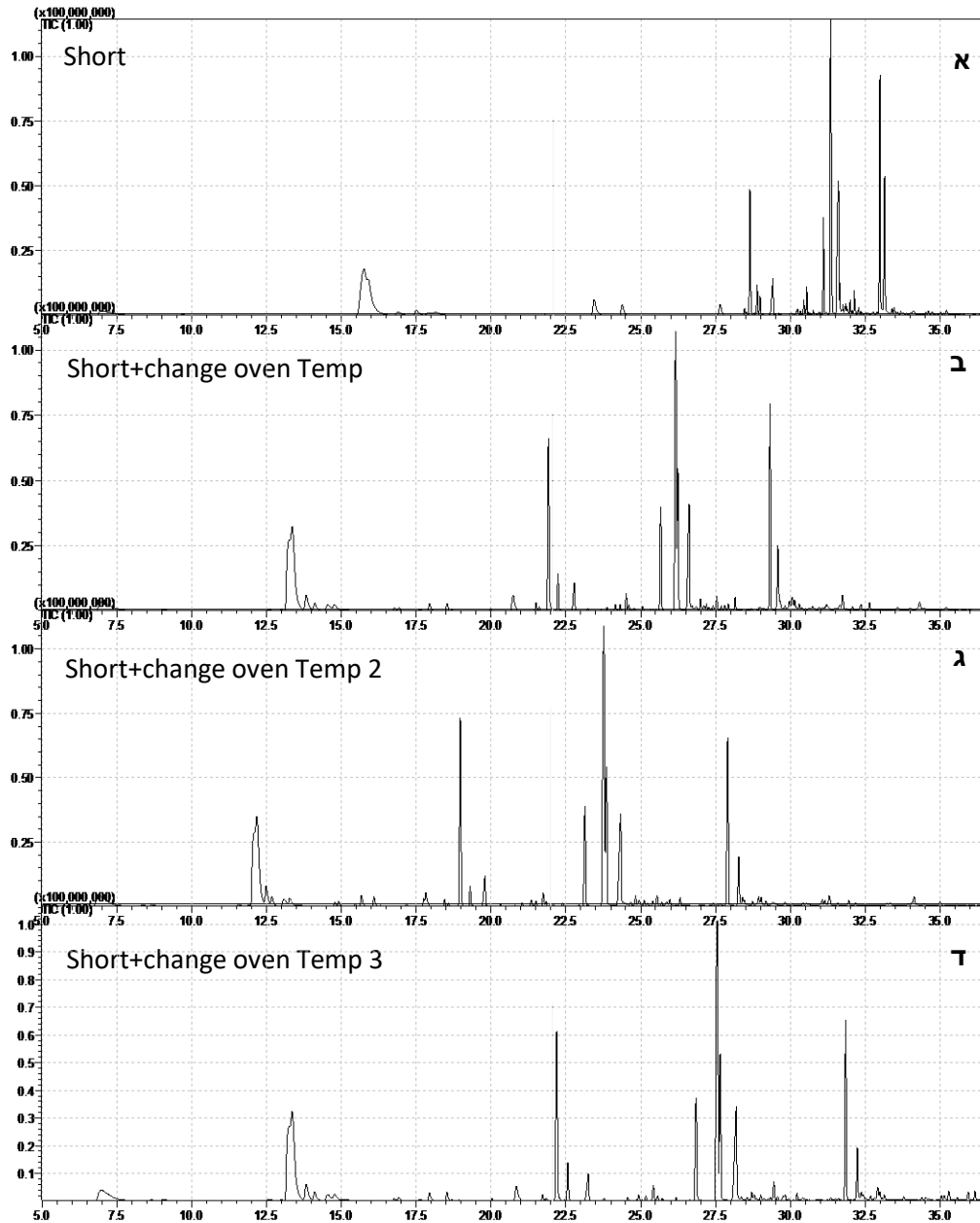
בתוכנית *Short* התקבלו תוצאות עבור קולונה *TG-624* של 70 נקודות שיא שזוהו כחומרי ארומה ו-16 נקודות שיא שזוהו כזיהומים, ועבור קולונה *FS-OV-1-CB-0.25* התקבלו 67 נקודות שיא שזוהו כחומרי ארומה ו-47 נקודות שיא שזוהו כזיהומים. בתוכנית *Short+change oven Temp* התקבלו תוצאות עבור קולונה *TG-624* של 76 נקודות שיא שזוהו כחומרי ארומה ו-17 נקודות שיא שזוהו כזיהומים, ועבור הקולונה *FS-OV-1-CB-0.25* התקבלו 48 נקודות שיא שזוהו כחומרי ארומה ו-30 נקודות שיא שזוהו כזיהומים. בתוכנית *Short+change oven Temp 2* התקבלו תוצאות עבור קולונה *TG-624* של 92 נקודות שיא שזוהו כחומרי ארומה ו-24 נקודות שיא שזוהו כזיהומים, ועבור קולונה *FS-OV-1-CB-0.25* התקבלו 88 נקודות שיא שזוהו כחומרי ארומה ו-44 נקודות שיא שזוהו כזיהומים.



איור מס' 17 – השוואה בין שתי קולונות במכשיר GCMS, בשלוש תכניות הרצה שונות על ידי מספר נקודות השיא שהתקבלו בכל תכנית בקולונות השונות. עמודות כחולות- קולונה *TG-624*, עמודות צהובות – קולונה *FS-OV-1-CB-0.25*. עמודות כהות – מספר נקודות שיא של חומרי ארומה, עמודות בהירות מקושקשות – מספר נקודות שיא של זיהומים.

3.2.4 בדיקת תכניות הרצה למציאת טרפנים על ידי שינוי גרדיאנט הטמפרטורה

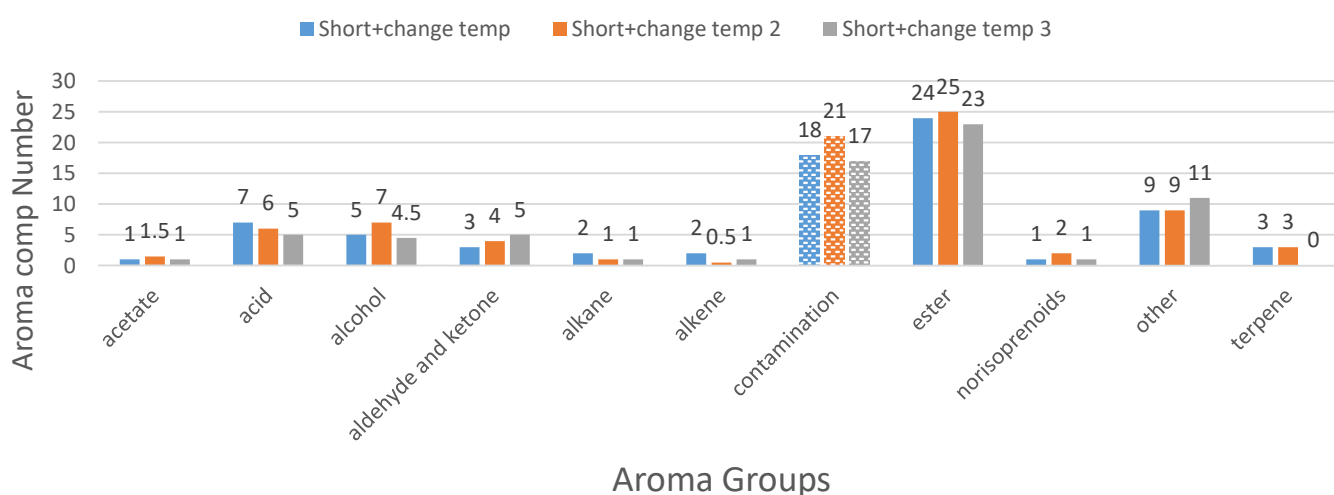
לאחר קביעת הקולונה הרצויה, בחרנו למטב את תכנית ההרצה לקבלת הפרדה וזיהוי מיטביים של חומרי הארומה. בשלב הראשון, נבחנו גרדיאנטים שונים של טמפרטורה.



איור מס' 18 – כרומטוגרמות שנפלטו במכשיר GC-MS הנותנות ייצוג חזותי של החומרים המופרדים שהושגו על ידי כרומטוגרפיה. **א** כרומטוגרמה המציגה פלט של תכנית *Short*, **ב** כרומטוגרמה המציגה פלט של תכנית *Short+change oven Temp*, **ג** כרומטוגרמה המציגה פלט של תכנית *Short+change oven Temp 2*, **ד** כרומטוגרמה המציגה פלט של תכנית *Short+change oven Temp 3*. (פירוט תכניות ההרצה השונות בפרק שיטות המחקר – טבלה 4).

בתכנית ההרצה קיים שלב בו הקולונה מתחממת בהדרגה, ובהגדרות התכנית, שלב זה, נקרא גרדיאנט הטמפרטורה של התנור. התחממות הקולונה בגרדיאנט מסוים משפיעה על קצב יציאת החומרים והיפרדותם זה מזה בזמן היציאה. בפלט אידיאלי החומרים יהיו מופרדים בצורה יפה ונקייה ולא יעלו זה על זה, ויימצאו החומרים המשמעותיים עבור יין לבן כגון טרפנים ותיולים. כדי להגיע למצב בו זמן יציאת החומרים אידיאלי, נדרש לערוך שינויים בגרדיאנט הטמפרטורה. בכדי למצוא את גרדיאנט הטמפרטורה האידיאלי, נערכו שלושה שינויים לגרדיאנט הטמפרטורות, כאשר נקודת המוצא הייתה גרדיאנט הטמפרטורה של תכנית הבסיס *Short*.

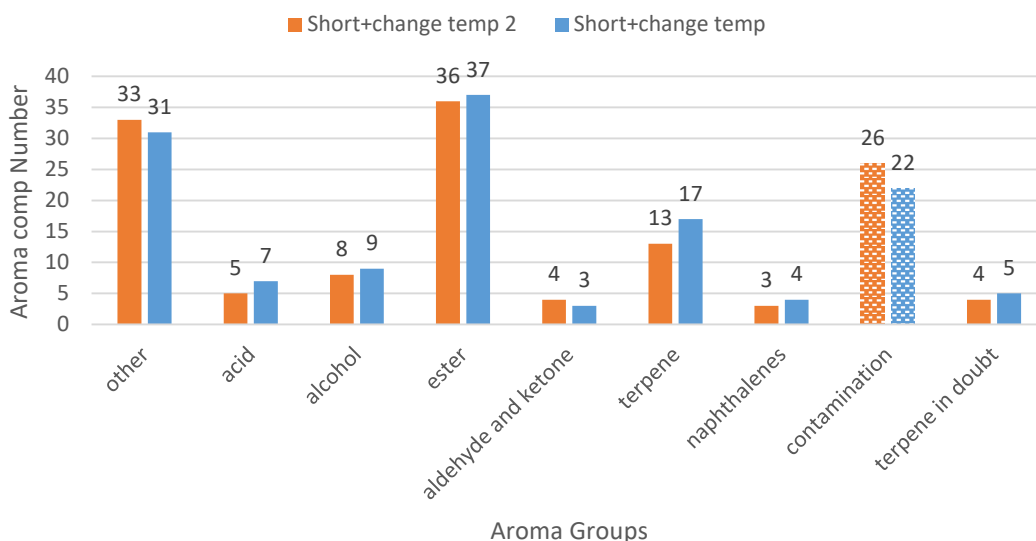
השינויים שנערכו לגרדיאנט הטמפרטורה היו מעין פריסה של התחממות הקולונה, האטה או האצה בהתחממות. באיור 18, נראות ארבע תכניות המתחילות בחום נמוך של 40°C בקולונה ומסיימות בחום גבוה של 230°C בקולונה, ותהליך ההתחממות שונה בכל אחת מהתכניות (טבלה מפרטת של טמפרטורה וקצב החימום של כל תכנית מופיעה בפרק שיטות וחומרים – טבלה 4). בתכנית *Short*, נראות נקודות שיא יפות וחדות, אך עיקר כמות נקודות השיא דחוסה במקום אחד, ובו נקודות שיא עולות ומכסות זו את זו (איור 18א), על כן היה צורך לפרוס את גרדיאנט הטמפרטורה. בתכנית *Short+change oven Temp*, נראית התחלת יציאה של החומרים מוקדמת יותר על ציר הזמן מאשר בתכנית הבסיס (*Short*), והחומרים פרוסים יותר מבחינת זמן היציאה (איור 18ב). בתכנית *Short+change oven Temp 2*, נראית התחלת יציאה של החומרים מוקדמת



איור מס' 19 – השוואה בין שלוש התכניות בעלות שינוי בגרדיאנט הטמפרטורה על ידי מספר חומרי הארומה שזוהו, לפי חלוקה לקבוצות הארומות וזיהום. עמודות כחולות – מייצגות את התכנית *Short+change oven Temp*, עמודות כתומות – תכנית *Short+change oven Temp 2*, עמודות אפורות – תכנית *Short+change oven Temp 3*. נדגמו דיגמות יין זהות בתכניות השונות מין סוביניון בלאן, טריפליקט לכל תכנית.

עוד יותר על ציר הזמן, החומרים פרוסים כמו בתכנית השנייה (*Short+change oven Temp*) וזמן יציאת החומרים מסתיים מוקדם יותר (איור 18ג). בתכנית *Short+change oven Temp 3*, נראית התחלת יציאת החומרים כמו באיור 18ב, עם פיזור יציאת חומרים רחב יותר וסיום יציאת החומרים מאוחר יותר (איור 18 ד).

לאחר שנעשתה בדיקה לקבלת כרומטוגרמה בעלת הפרדת חומרים ברורה, נבדק גורם נוסף כהשוואה בין תכניות גרדיאנט הטמפרטורה השונות, והוא זיהוי החומרים שהתקבלו בפלט הכרומטוגרמה. הבדיקה כללה את מספר חומרי הארומה המזוהים לפי קבוצות ארומטיות ומספר הזיהומים שזוהו (איורים 19-20). באיור 19, נראה כי לפי השוואת היין מזן סוביניון בלאן, התכנית *Short+change oven Temp* (כחול) והתכנית *Short+change oven Temp 2* (כתום) שוות ביניהן מבחינת זיהוי טרפנים, בעוד שבתכנית *Short+change oven Temp 3* (אפור), לא זוהו כלל טרפנים. בתכנית *Short+change oven Temp 2* (כתום), יש הכי הרבה זיהומים – 21 במספר, לעומת התכנית *Short+change oven Temp 3* (אפור), עם 17 זיהומים והתכנית *Short+change oven Temp* (כחול), עם 18 זיהומים. הזיהום שנפלט הוא אחד המשתנים המשמעותיים המשפיע, באופן שלילי, על בחירת התכנית.



איור מס' 20 – השוואה בין שתי התכניות הראשונות בעלות שינוי בגרדיאנט הטמפרטורה על ידי מספר חומרי הארומה שזוהו, לפי חלוקה לקבוצות הארומות וזיהום. עמודות כחולות – מייצגות את התכנית *Short+change oven Temp*, עמודות כתומות – תכנית *Short+change oven Temp 2*. דגימות היין נלקחו מיין גורצטרמינר.

בשלב הבא, נעשתה ההשוואה על יין מהזן גורצטרמינר, לצורך חיזוק הבחירה בין התכנית *Short+change oven Temp* (כחול) לתכנית *Short+change oven Temp 2* (כתום) (איור 20). כיוון

שבתוכנית *Short+change oven Temp 3* (אפור) לא ניתן היה למצוא טרפנים, והם בין החומרים העיקריים והמשמעותיים לזיהוי במטרת הניסוי. הבחירה בין מהזן גוורצטרמינר נעשתה מהסיבה שידוע כי זן זה מכיל מצבור טרפנים גדול יותר מאשר בסוביניון בלאן (Kozina et al. 2008; Goliáš et al. 2016). באיור 20, ניתן לראות שכמות הזיהום גדולה יותר בתכנית *Short+change oven Temp 2* (כתום), מגמה החוזרת על עצמה בשתי ההשוואות (איורים 19-20). ובנוסף ניתן לראות באיור 20, כי כמות הטרפנים גבוהה יותר בתכנית *Short+change oven Temp* (כחול).

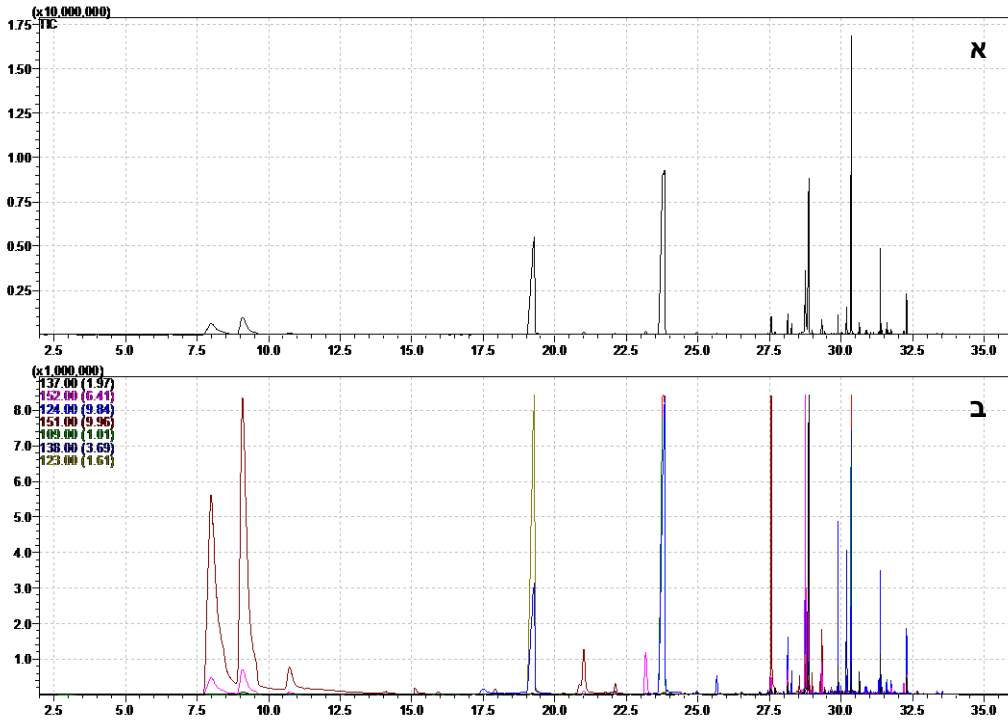
3.2.5 בחינת רמות ספליט שונות

בשלב השני של מיטוב תכנית ההרצה לקבלת הפרדה וזיהוי מיטביים של חומרי הארומה, נעשתה בדיקה של רמות ספליט (פיצול) שונות. בחלק מהתכניות עליהן נוסה פרמטר זה, היה שיפור ככל שהועלתה רמת הספליט, כי כך רווית החומרים ירדה והזיהוי שלהם נהיה מדויק יותר (נספח 6). כאשר יש רוויה גבוהה של חומרים בזמן נקודת שיא, קשה לזהות במדויק מהספרייה מה הוא החומר שיצא בפועל, כיוון שמופיעים שברים נוספים ורבים במקביל. בסופו של דבר, בתכנית בה הרצנו בפועל את הדגימות, רמת הספליט הנמוכה הייתה הטובה ולכן בה נעשה שימוש.

3.2.6 בחינת שיטת דיטקציה (SIM / SCAN)

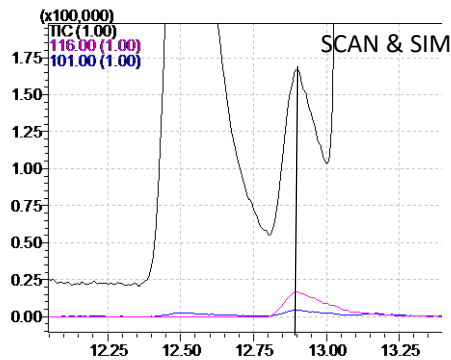
כהמשך מיטוב תכנית ההרצה, נבחנה שיטת הדיטקציה. במכשיר GC-MS ישנן שתי אופציות של דיטקציה: דיטקציית SCAN, המבצעת סריקה של סך כל שברי המולקולות הנפלטים לפי הזמנים שלהם (איור א21); דיטקציית SIM (Selective Ion Monitoring), המבצעת ניטור שברי יונים סלקטיבי, כלומר, נבחרים מראש שברי מולקולות ספציפיים להם נעשית דיטקציה (איור ב21).

כאשר משתמשים בשיטת SCAN, ניתן לאתר חומרים שלא היה צפי למציאתם, אך הזיהוי יהיה פחות מדויק (איור א21). וכאשר משתמשים בשיטת SIM, הזיהוי הינו מדויק ביותר, אך צריך להכניס מראש את נתוני השבירה של החומר אותו מחפשים וכך מקבלים נקודות שיא טהורות לאותו חומר (איור ב21).



איור מס' 21 – כרומטוגרמה של דגימת יין סוביניון בלאן, עם הסיב CAR/DVB/PDMS. **א** דיטקציית SCAN, **ב** דיטקציית SIM, שחור – שבר בעל מסה מולרית 137Mw, ורוד – 152Mw, כחול – 124Mw, חום – 151Mw, ירוק – 109Mw, כחול כהה – 138Mw, ירוק בהיר – 123Mw.

בניסוי הנוכחי נעשה שימוש בשתי שיטות הדיטקציה. על ידי שיטת דיטקציית SCAN, נעשתה סריקה בה נותחו כל החומרים הנדיפים מאותה דגימת יין (נספח 7), והיא שימשה בניסוי זה לסריקה כללית של חומרי הארומה וקבלת מבנה פרופיל ארומטי ראשוני (איור 21א). ועל ידי שיטת דיטקציית SIM, נעשה חיפוש פרטני אחר חומרים מעניינים ביין לבן, כגון טרפנים ותיולים (איור 22). נלקחו מהספרות נתוני השברים המאפיינים של החומרים הרצויים והוכנסו לניתוח על ידי SIM, וכך זוהה זמן יציאה של חומר מיוחל לפי התוכנית המשמשת בניסוי זה.



איור מס' 22 – כרומטוגרמה של דגימת יין סוביניון בלאן, על ידי הסיב CAR/DVB/PDMS. שילוב שיטות הדיטקציה SIM וגם SCAN. גרף שחור – מייצג את ה-SIM, גרפים כחול וורוד – מייצגים דיטקציית SIM. הקו המאוך בנקודת הזמן 12.9 דקות מציין את זמן היציאה של התיול 3MHA.

אחד התיולים הידועים, לפי הספרות, בנוכחותו ביין סוביניון בלאן הינו: 3-mercaptopexyl acetate (3MHA). לאחר חיפוש בעזרת דיטקציית SIM, ניתן היה לזהות את התיול המדובר (איור 22) מתחבא בתוך נקודת שיא אחת עם חומרים אחרים בכרומטוגרמה. החיפוש נעשה בעזרת השברים המזהים שלו (101Mw, 116Mw) (Herbst-Johnstone et al. 2013), ורק באמצעות דיטקציית SIM התאפשרה מציאתו. על כן, כשלב שני להבנת הפרופיל הארומטי על ידי דיטקציית SCAN, נעשתה אנליזת החומרים בדיטקציית SIM.

3.2.7 בחינת נפחי דגימה שונים

כהמשך מיטוב תכנית ההרצה במכשיר, נבחן נפח דגימת היין. בהרצת ניסוי במכשיר GC-MS, ישנה משמעות לנפח הדוגמא ממנה נלקחת דגימת החומרים הנדיפים. היות שבמהלך חימום הדוגמא מתנדפים חומרי הארומה מהיין ונספחים על הסיב, וכמות הדוגמא ממנה מתנדפים החומרים, משפיעה על כמות החומרים הנדיפים הפוטנציאליים להיספחות. גודל הדוגמא יכול להגדיל או להקטין את התחרות על ההיקשרות לסיב בין החומרים הנדיפים, ועל כן צריך לדייק ולהגיע לנפח הדוגמא האידיאלי, הנותן אפשרות לזהות את כמות החומרים המרבית עם הזיהוי הבטוח ביותר.

על כן נעשה ניסוי המשווה בין נפחי דוגמת יין שונים: 1; 5; 10 מ"ל יין (נספח 8). מהשוואה בין נפחי דוגמא שונים עם אותה תכנית ההרצה, עולה כי נפח של חמישה מ"ל יין הינו בעל כמות המולקולות המזוהות הגבוהה ביותר (80 חומרים), וכמו כן אחוז הזיהוי של נפח זה (89.37%) הכי גבוהה. עבור נפח דוגמא של אחד מ"ל, התקבלו תוצאות של 71 מולקולות מזוהות כחומרי ארומה בממוצע זיהוי של 88.69%. עבור נפח דוגמא 10 מ"ל, התקבלו תוצאות של 75 מולקולות מזוהות כחומרי ארומה בממוצע זיהוי של 89.17%.

טבלה שטחי נקודות השיא של חומרי הארומה ואחוז הזיהוי שלהם לפי נפחי הדוגמאות, מצורפת בנספח 3.

3.2.8 בחינת זמני שהייה שונים

פרמטר אחרון שנבחן למיטוב תכנית ההרצה הינו זמן שהיית הסיב עם דוגמת היין. במהלך תכנית הרצה ב-GC-MS ישנו שלב בו הסיב שוהה בתוך הבקבוקון עם הדוגמא, בשלב זה חומרי הארומה נספחים על הסיב. פרמטר זמן השהייה משמעותי מאוד כיוון שמשפיע על כמות המולקולות הנדיפות הנקשרות לסיב, ומתוך כך על תוצאות זיהוי החומרים וכמותם.

בניסוי זה נבדקו שלושה זמני שהייה שונים של הסיב בתוך הבקבוקון (נספח 10). ניתן לראות כי זמן שהייה הקצר (שבע דקות), הינו בעל התוצאות הטובות ביותר : 78 מולקולות שזוהו כחומרי ארומה בממוצע אחוז זיהוי של 88.94%. עבור זמן שהייה של 15 דקות, התקבלו תוצאות של 76 מולקולות מזוהות כחומרי ארומה בממוצע זיהוי של 88.19%. עבור זמן שהייה של 20 דקות, התקבלו תוצאות של 77 מולקולות מזוהות כחומרי ארומה בממוצע זיהוי של 88.39%.

3.3 תוצאות הניתוח הארומטי של היינות

בתת פרק זה יבחנו ההבדלים בפרופיל הארומטי של היין סוביניון בלאן בין טיפולי ההשקיה השונים. בנוסף, תיבחן האפשרות כי קיימים גורמים נוספים או אחרים מבין משתני השדה או מאפייני היין אשר משפיעים על פרופיל הארומות.

3.3.1 חומרי הארומה שנמדדו ביינות הניסוי

בניסוי זה נבדקו חומרי הארומה ביין סוביניון בלאן מקיבוץ מירב, על ידי המכשיר GC-MS. לאחר שפותחה השיטה למציאת החומרים הנדיפים, הם חומרי הארומה, נעשתה סריקה כללית (SCAN) ליצירה של רשימת החומרים אשר מזוהים על ידי שיטת ההרצה הסופית. עם רשימת חומרים זו המוצגת בטבלה בנספח 7, נעשה הזיהוי מול כל דגימות היין.

בטבלה בנספח 7, מוצגים חומרי הארומה לפי חלוקתם לקבוצות ארומטיות. לכל חומר מפורט המשקל המולרי והמספר המזהה של מולקולת החומר הספציפי לפי הספרות (CAS number). בנוסף, לכל חומר מצוין גם זמן יציאתו לפי תכנית ההרצה של הניסוי, ממוצע השטח (בין כל החזרות הביולוגיות והטכניות) שהתקבל בכרומטוגרמת ה-GC-MS עבור שתי השנים של הניסוי 2019, 2021, וממוצע השטחים בין שתי השנים.

שטח החומר, המתקבל מהכרומטוגרמה של ה-GC-MS, מבטא את היחסים בין כמויות החומרים הנדיפים הנמצאים בדגימה הנבדקת. על כן, כדי להשוות בין הכרומטוגרמות של הדגימות השונות, הוכנס לכל הדגימות חומר קבוע (סטנדרט פנימי) בכמות ידועה מראש וקבועה בין כל הדגימות. ולאחר ניתוח הכרומטוגרמות, נורמלו שטחי כל החומרים לפי שטח נקודת השיא של הסטנדרט הפנימי, ובהמשך הוכפלו כל השטחים המנורמלים פי 100 לשם נוחות ההצגה. כמו שניתן לראות בטבלה בנספח 7 ובאיור 23, כי השטח המוצג הינו שטח מנורמל.

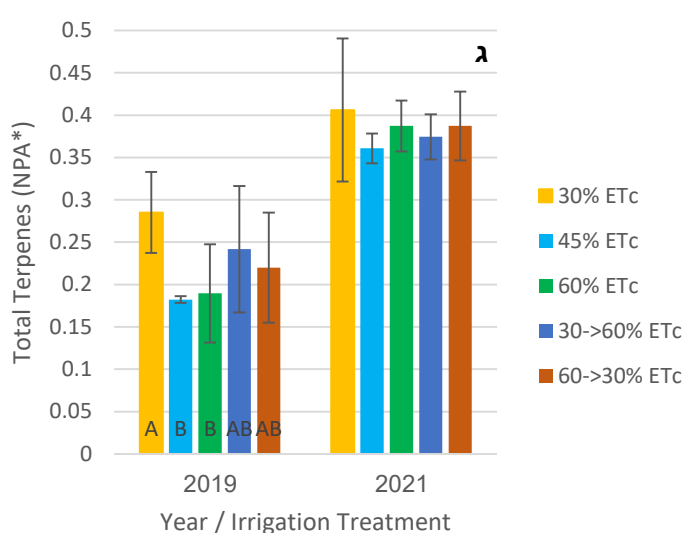
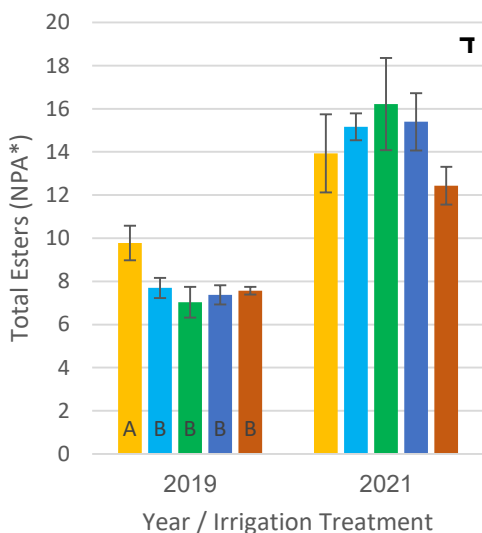
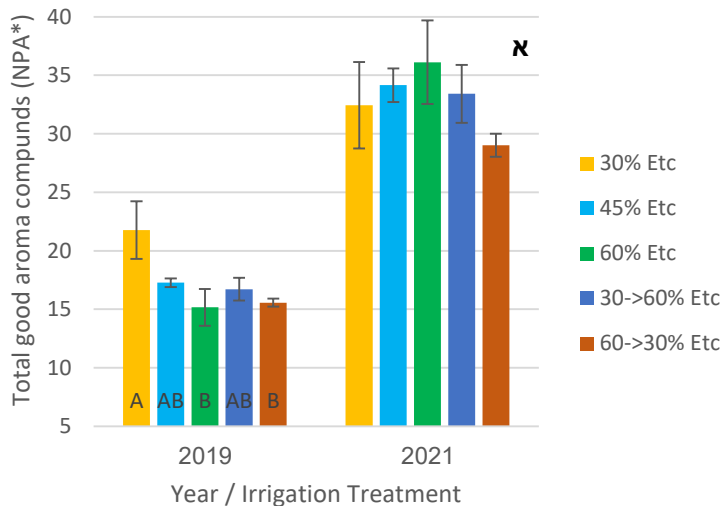
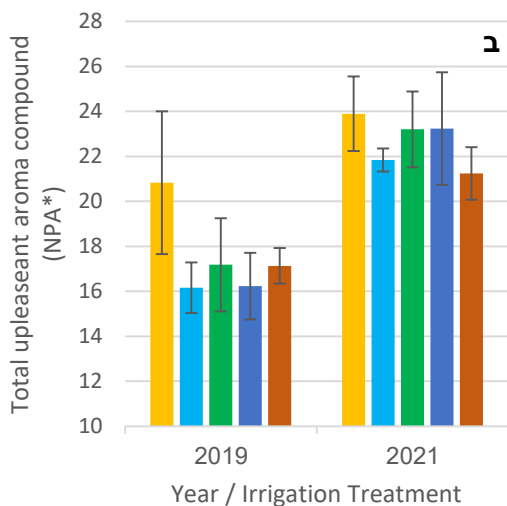
3.3.2 השפעת טיפולי ההשקיה השונים על סך חומרי הארומה ביין

בניתוח שנעשה לכמויות חומרי הארומה, הנמצאות ביין מתוך רשימת החומרים השלימה, נמצאו מספר ארומות אשר ההבדל בהן, כתלות בטיפולי ההשקיה השונים, מובהק סטטיסטית על ידי מבחן Tukey-Kramer ברמת מובהקות של $p < 0.05$ (נספח 11). בכל אחת מהשנים של הניסוי 2019, 2021, התקבלו הבדלים מובהקים בין הטיפולים של חומרי ארומה שונים מהרשימה.

בבחינת סך הארומות בעלות ריח טוב בכל דגימת יין בשנת 2019, נראית מגמת ירידה עם העלייה בכמויות ההשקיה (איור 23א), ואילו בשנת 2021, נראית מגמה הפוכה של עלייה בסך הארומות החיוביות יחד עם העלייה בכמויות ההשקיה (איור 23א). בטיפול ההשקיה הבינונית (ET_c 45%), נראה כי הצטברות סך הארומות החיוביות ביין בשתי השנים 2019, 2021, מהווה כממוצע בין טיפולי ההשקיה הקבועה הגבוהה (ET_c 60%) והנמוכה (ET_c 30%). בבחינת סך האסתרים בדגימות היין (איור 23ד), נראות מגמות דומות למגמות של סך הארומות החיוביות (איור 23א) בשתי השנים 2019, 2021.

בבחינת סך הטרפנים בכל דגימת יין (איור 23ג), נראה כי אין מגמת ירידה ועליה ברורות כתלות במשטרי ההשקיה הקבועים (ET_c 30%, ET_c 45%, ET_c 60%). בשנת 2019, נראה כי בטיפול ההשקיה הנמוכה (ET_c 30%), הצטבר ביין סך טרפנים הגבוה ביותר מבין טיפולי ההשקיה, בעוד כי בשנת 2021, הצטברות הגבוהה של סך הטרפנים ביין, נראית בטיפולי ההשקיה הגבוהה (ET_c 60%). ההשקיה הנמוכה (ET_c 30%) וההשקיה המשתנה מנמוכה לגבוהה (ET_c 60% → 30%). בטיפול ההשקיה הבינונית (ET_c 45%), נראה כי הצטברות סך הטרפנים ביין בשתי השנים 2019, 2021, נשארת נמוכה מבין טיפולי ההשקיה הקבועים (ET_c 30%, ET_c 45%, ET_c 60%) (איור 23ג).

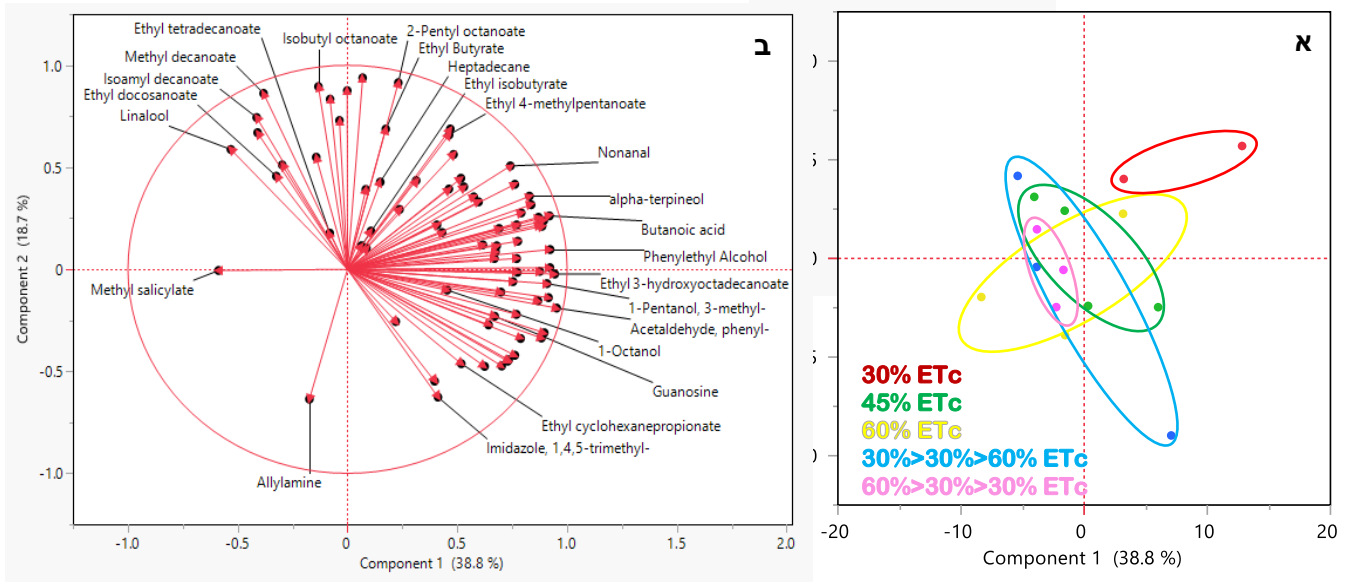
בניתוח דו גורמי שנעשה בין סך חומרי הארומה כתלות במשטרי ההשקיה ובשנים השונות, נמצא כי ההבדל בין השנים הוא מובהק בסך הארומות החיוביות, בסך הטרפנים, בסך האסתרים ובסך הארומות בעלות ריח לא נעים. המגמה הנראית מסכימת הארומות בעלות ריח לא נעים הינה דומה בין השנים, ובה מתקבל כי בטיפול ההשקיה הנמוכה (ET_c 30%), הצטבר ביין סך ארומות לא טובות, הגבוה ביותר (איור 23ד).



איור מס' 23 - סך שטחי חומרי הארומה שהתקבלו מניתוח כרומטוגרמת GC-MS, כתלות בטיפולי ההשקיה השונים, עבור יין סובייניון בלאן מירב 2019, 2021. גובה העמודות מייצג את סך שטח החומרים הרלוונטיים בכרומטוגרמה, הצבעים מציינים את טיפולי ההשקיה השונים. כל עמודה מייצגת ממוצע חומרי ארומה של החזרות הביולוגיות באותו טיפול, קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן של הממוצעים. אותיות שונות באנגלית מציינות מובהקות סטטיסטית. א השונות בין סך הארומות בעלות ריח טוב נבחנה ע"פ מבחן Tukey-Kramer ברמת מובהקות של $p < 0.05$. ב סך חומרי הארומה בעלות ריח לא נעים. ג השונות בין סך הטרפנים נבחנה ע"פ מבחן T-test ברמת מובהקות של $p < 0.05$. ד השונות בין סך האסתרים נבחנה ע"פ מבחן T-test ברמת מובהקות של $p < 0.05$. * שטח נקודת שיא מנורמל לסטנדרט הפנימי שהוכנס בכל דגימה באופן שווה וקבוע כפי שהוסבר לעיל. NPA=Normalized Peak Area.

3.3.3 ניתוח PCA של היינות על בסיס חומרי הארומה וטיפול ההשקיה

לאחר איסוף נתוני הארומות ביינות 2019, 2021, נעשה ניתוח גורמים ראשיים, או PCA (Principal Components Analysis), כדי לבחון את הקשרים בין הטיפולים ובתוך הטיפולים כתוצאה מתכולת הארומות ביינות.



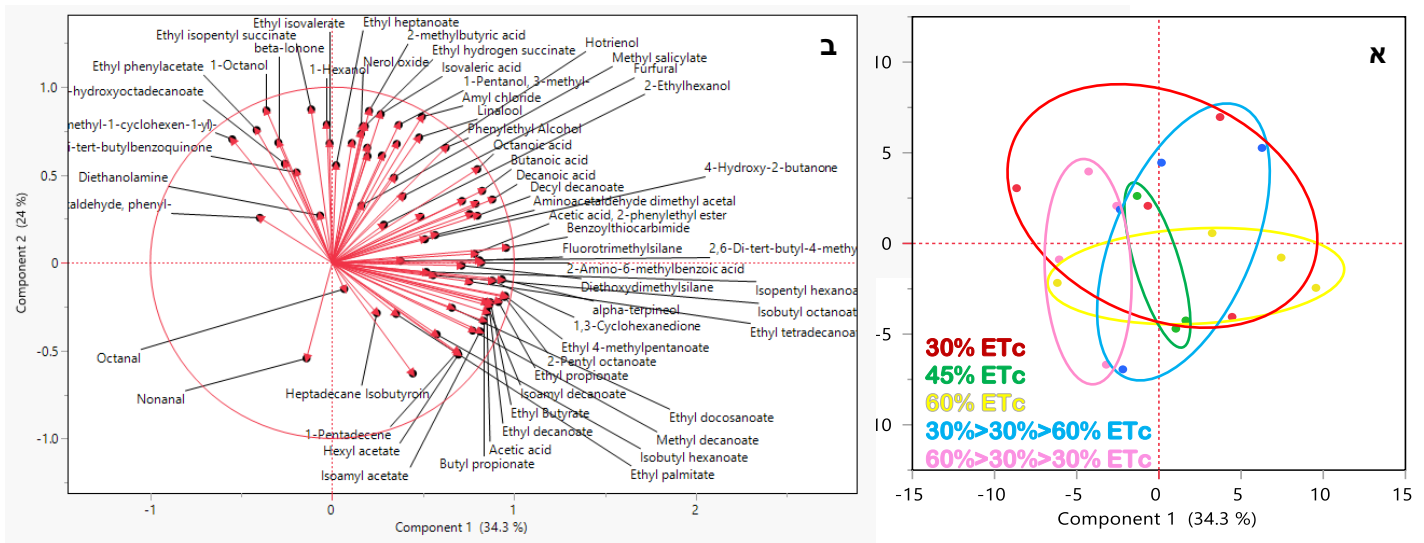
איור מס' 24 - ניתוח גורמים ראשיים או PCA (ראשי תיבות באנגלית של: Principal Components Analysis) של יינות הניסוי במירב 2019 על פי חומרי הארומה. א כל נקודה מייצגת יין בניסוי, הצבעים מציינים את הטיפולים השונים. ב כל נקודה מייצגת חומר ארומטי, החצים האדומים אלו הווקטורים של חומרי הארומה מכל היינות ועל פיהם נקבע הפיזור של היינות במרחב בגרף הימני.

טיפול ההשקיה המשתנה מגבוהה לנמוכה (ורוד, ET_c 30%->60%) בשתי השנים 2019, 2021, ממוקם בניגוד לווקטורים של הארומות (איורים 24-25). בשנת 2019, מבחינת פיזור במרחב, הוא הטיפול (ורוד, ET_c 30%->60%) האחד ביותר מבין חמשת הטיפולים (איור 24), פיזור המעיד על השונות הנמוכה ביותר בין החזרות באותו טיפול. אף בשנת 2021, מבחינת פיזור במרחב, הוא טיפול (ורוד, ET_c 30%->60%) אחד יחסית לשאר הטיפולים (איור 24) אך לא האחד ביותר, פיזור המעיד על שונות נמוכה בין החזרות באותו טיפול (איור 25).

טיפול ההשקיה הבינונית (ירוק, ET_c 45%) בשתי השנים 2019, 2021, אחד מאוד גם הוא, ולעומת טיפול ההשקיה המשתנה מגבוהה לנמוכה (ורוד, ET_c 30%->60%), הוא ממוקם יותר בכיוון של הווקטורים (איורים 24-25). מגמה נוספת החוזרת על עצמה בשתי השנים 2019, 2021, היא שטיפולי ההשקיה הבינונית (ירוק, ET_c 45%) וההשקיות המשתנות באמצע העונה (תכלת,

הגבוהה (צהוב, 60% ET_c) (איורים 24-25).

מושפעים מארומות הפכות מאשר טיפול ההשקיה (ET_c 30%>60% ; ורוד, 30% ET_c)



איור מס' 25 - ניתוח גורמים ראשיים או PCA (ראשי תיבות באנגלית של: Principal Components Analysis) של יינות הניסוי במירב 2021 על פי חומרי הארומה. **א** כל נקודה מייצגת יין בניסוי, הצבעים מציינים את הטיפולים השונים. **ב** כל נקודה מייצגת חומר ארומטי, החצים האדומים אלו הווקטורים של חומרי הארומה מכל היינות ועל פיהם נקבע הפיזור של היינות במרחב בגרף הימני.

3.3.4 ניפוי ובחירת חומרי ארומה בעלי חשיבות בהפרדה בין טיפולי ההשקיה

כמות חומרי הארומה שנמצאו בכל יין (כ-80 חומרים) הייתה גדולה מידי עבור ניתוחים סטטיסטיים של הארומות מול עצמם ומול משתני השדה ומאפייני היין, על כן נעשה ניפוי בעל מספר שלבים שיפורטו להלן.

כשלב הניפוי הראשוני, נלקחו הגורמים הראשיים (PC) מניתוח ה-PCA, ועל ידי Screeplot נבחנה רמת ההשפעה שלהם על השונות בין הטיפולים. ניתן לראות בנספח 12, כי ככל שמתקדמים עם הגורמים הראשיים (נספח 12), נצפית ירידה בהשפעה על השונות. מתוך מבחן זה נבחרו להמשך הניפוי שבעת הגורמים הראשיים הראשונים, לפי ערך סף מקובל של 1.5, אשר משפיעים על רוב השונות בניתוח.

שלב הניפוי השני, היה בדיקת חשיבות ההשפעה של חומרי הארומה על השונות בין טיפולי ההשקיה השונים. בדיקה זו, נעשתה על ידי גרף עמודות, המציג עבור כל חומר ארומטי את אחוז תרומתו לשונות בין טיפולי ההשקיה השונים (נספח 13), על פי שבעת הגורמים הראשיים שנבחרו בשלב הראשון כמשפיעים ביותר על השונות. כך, מתקבל דירוג בין חומרי ארומה מבחינת השפעתם

על השונות, כלומר סדר חשיבות החומרים, כלומר ככל שחומר ארומטי תורם יותר לשונות בין הטיפולים, הוא מוגדר כחשוב יותר. הניפוי בשלב זה בוצע לפי קו הממוצע בגרף העמודות (נספח 13), חומרים שאחוז תרומתם היה מתחת לממוצע, נופו. בסופו של דבר, נשארה כמות של כ-50 חומרי ארומה (נספח 14) לעומת ה-80 שהיו ברשימה המקורית (נספח 7).

נעשתה בדיקת אחוזי השפעה של קבוצות הארומות השונות. קודם כל נבדקו האחוזים של כל קבוצה מתוך כל הרשימה המקורית, ואז אחרי הניפוי של כל שנה בנפרד 2019, 2021, נבדקו מה הם האחוזים החדשים של אותה קבוצה מתוך סך החומרים באותה שנה (נספח 15). המגמות העיקריות שאפשר לראות מהטבלה בנספח 15 הן - עבור החומצות ישנה עלייה בשתי השנים, כלומר החומצות היו יותר משמעותיות מבחינת ההשפעה על השונות, עבור האסתרים ישנה עלייה גדולה ב-2021 ואילו ב-2019 נשאר בערך אותו אחוז, כלומר ב-2021 היה שינוי ברמת ההשפעה של האסתרים על השונות, עבור הטרפנים ב-2019 הייתה עלייה קטנה ואילו בשנת 2021 הייתה ירידה דרמטית.

שלב הניפוי השלישי נעשה על ידי בדיקת מתאם בין חומרי הארומה לבין עצמם (נספח 16). בזוגות החומרים עבורם התקבל מתאם עם מקדם פירסון מעל 0.9, נבדקו שני החומרים ונבחר אחד מהם להמשך הניתוח. וזאת מכיוון שאם המתאם חיובי כל כך בין שני חומרים בכל היינות כנראה שהם תמיד יעלו יחד או ירדו יחד, ולמעשה הם מספרים את אותו הסיפור, על כן הוחלט להוריד אחד מכל הזוגות הנ"ל. בטבלה בנספח 17, מוצגת טבלת ניפוי הזוגות לאחר שלב המתאם, ובה ניתן לראות כי החומרים המסומנים בצהוב הם אלו שנבחרו מתוך הרשימה להישאר והחומרים המסומנים באדום הם אלו שנבחרו לרדת מהרשימה ולא להיות חלק בהמשך הניתוחים.

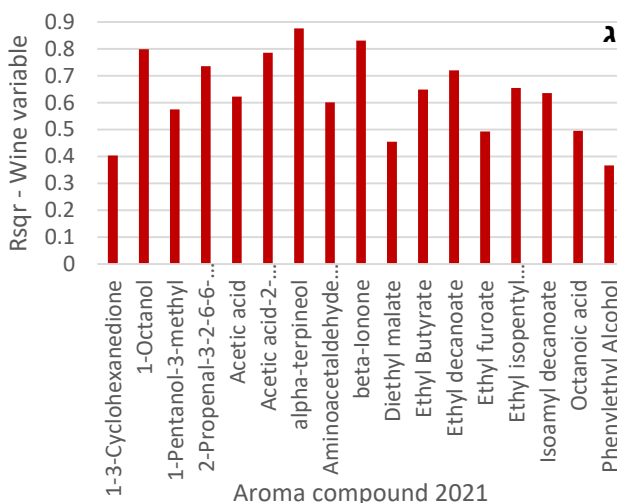
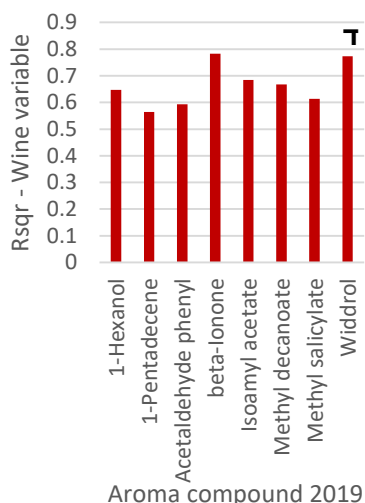
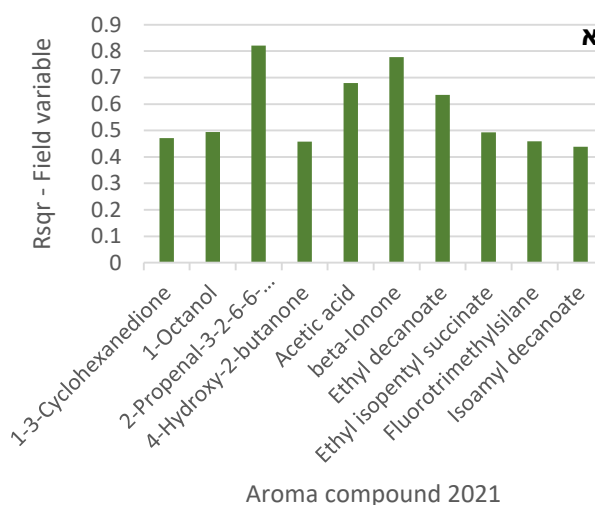
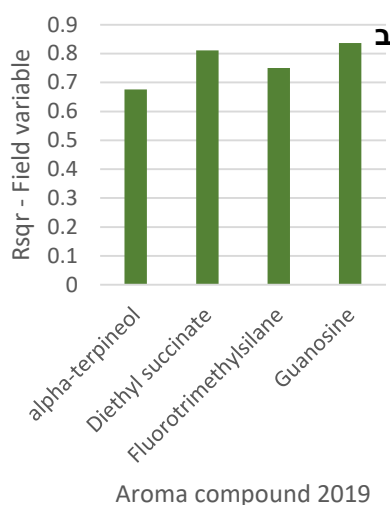
לאחר תהליך הניפוי התקבלה רשימה מצומצמת יותר של חומרי ארומה בכל אחת מהשנים (נספח 14), ועם רשימה זו התבצע ניתוח בין חומרי הארומה לבין הפרמטרים של משתני השדה ושל מאפייני היין והצבע, בתת הפרק הבא.

3.3.5 גרסיה בין חומרי הארומה לבין משתני השדה ומאפייני היין

בתת פרק זה, נרצה לראות מה הן ההשפעות ויחסי הגומלין בין משתני השדה ומאפייני היין לבין הימצאות חומרי הארומה ביינות.

לאחר ניפוי רשימת חומרי הארומה המקורית (נספח 7) והגעה לרשימה מצומצמת יותר (נספח 14), ניתן היה לעשות גרסיה של חומרי הארומה אל מול משתני השדה ומאפייני היין. כדי למנוע בעיה של מולטי-קולינאריות בגרסיה זו, נעשו מטריצת קורלציות של משתני השדה ומטריצת

קורלציות של מאפייני היין עבור כל שנה בנפרד 2019, 2021 (נספח 18), וזאת כדי להוריד משתנים בעלי מתאם גבוהה מידי ביניהם (לפי ערך סף של $r=0.9$). עבור משתני השדה בשנת 2019, הושמטו המשתנים: LAI stage 1; LAI stage 3; TA, ועבור משתני היין לא הושמטו משתנים, וזאת לאחר החמרה בשלב המטריצה והשמטת משתנים לפי ערך סף של $r=0.75$, מאחר ובהמשך התקבלו מעט מאוד מודלים מובהקים. עבור משתני השדה בשנת 2021, הושמטו המשתנים: SWP stage 3; LAI stage 2; LAI stage 3; SWP stage 2, ועבור מאפייני היין בשנת 2021, הושמט המשתנה Total phenols -



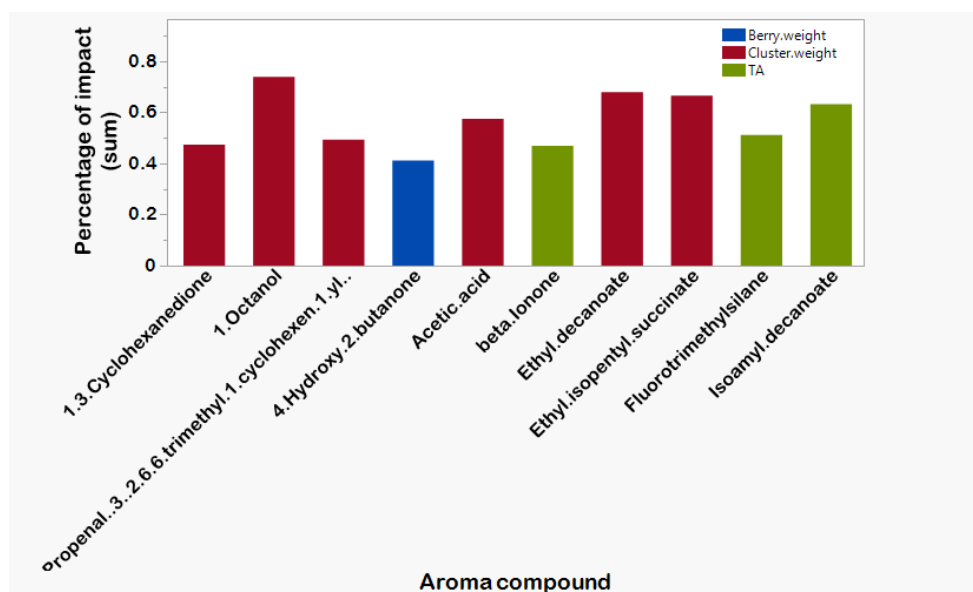
איור מס' 26 - ערכי R^2 של מודלי רגרסיה המובהקים המסבירים את חומרי הארומה על ידי מאפייני היין (אדום) ועל ידי משתני השדה (ירוק) המתקבלים עבור יין סוביינון בלאן מירב של כל שנה בנפרד. **א** משתני שדה שנת 2021, **ב** משתני שדה שנת 2019, **ג** מאפייני היין שנת 2021, **ד** מאפייני היין שנת 2019.

ברגרסיה הלינארית שנעשתה על הארומות, התוצאות מציגות לכל שנה של הניסוי שתי טבלאות (נספח 19): אחת עם משתני השדה והשנייה עם משתני היין. כלומר, כל חומר ארומטי נבחן

ברגרסיה לינארית כנגד המשתנים המסבירים לאחר שהושמטו הקורלטיביים ביותר - פעם אל מול משתני השדה כמשתנים מסבירים ופעם אחת אל מול מאפייני היין כמשתנים מסבירים (טבלאות בנספחים 7-8).

טבלאות הרגרסיה (נספחים 7-8) נבנו על פי מודל - של משתני השדה או של מאפייני היין, והשאלה היא האם מודל זה מצליח להסביר בצורה טובה את השונות בחומר הארומטי הספציפי על ידי המשתנים המסבירים. אם תמיד עבור המשתנים המסבירים של המודל (משתני השדה או היין) כשאנחנו מקבלים משהו מסוים אז עבור אחת הארומות נקבל משהו מסוים - אפשר להגיד שיש הסבר מאוד ברור לרמת החומר הארומטי המדובר על ידי אותם פרמטרים (השדה, או מאפייני היין). ה- R^2 מבטא את חוזק המודל עבור כל חומר ארומטי (איור 26).

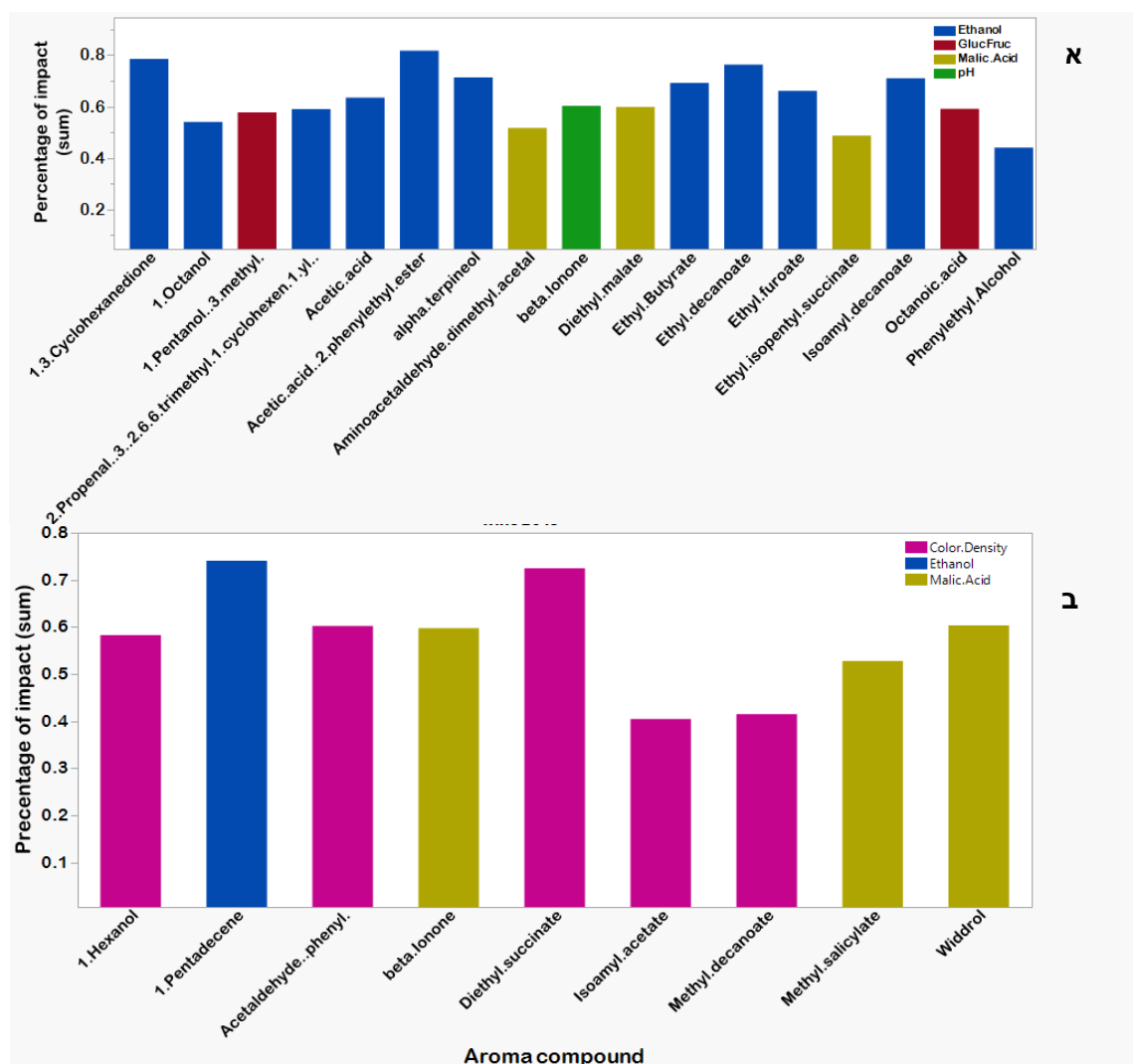
הרבה מהמודלים ברגרסיה זו לא יצאו מובהקים, על כן מידת המובהקות שהוגדרה הינה של $p\text{-Value}=0.1$. משמעות אי המובהקות של המודלים, היא שלא ניתן לסמוך על תוצאות מודל שאינו מובהק. ברגרסיה של משתני השדה מול חומרי הארומה בשנת 2019 - רוב המודלים לא מובהקים, כלומר לא טובים ואינם מסבירים כראוי את מגמות חומרי הארומה, ארבעה מתוך 31 החומרים שנבחנו ברגרסיה (כ-13%) הצליחו להשיג $p\text{-Value}$ מובהק. לעומת זאת ברגרסיה של משתני השדה בשנת 2021 - יש אחוז גבוה יותר של מודלים מובהקים, עשרה מתוך 25 חומרים (כ-40%) פי שלושה, בערך, מהמודלים בשנת 2019, על אף שנראה כי חוזק המודלים (R^2) גבוה יותר בשנת 2019 (איור 26 א-ב).



איור מס' 27 - אחוז ההשפעה ותדירות ההופעה של מדדי השדה מתוך הרגרסיה על הארומות בשנת 2021. גובה העמודות מעיד על סכום אחוז ההשפעה של שני המשתנים המשפיעים הראשונים על כל ארומה, צבע העמודות מעיד על המשתנה הכי משפיע על כל ארומה, המשתנים: משקל גרגר (כחול), משקל אשכול (בורדו), TA (ירוק). (נספח 19)

כמו ברגרסיה של משתני השדה גם ברגרסיה של מאפייני היין ישנם יותר מודלים מובהקים

בשנת 2021 מאשר בשנת 2019 (איור 26 ג-ד).



איור מס' 28 - אחוז ההשפעה ותדירות ההופעה של מדדי היין מתוך הרגרסיה על הארומות בשתי השנים. גובה העמודות מעיד על סכום אחוז ההשפעה של שני המשתנים המשפיעים הראשונים על כל ארומה, צבע העמודות מעיד על המשתנה הכי משפיע על כל ארומה, המשתנים: אתנול (כחול), חומצה מאלית (צהוב), סוכר שיורי (בורדו), pH (ירוק), צפיפות צבע (ורוד). **א** שנת 2021 (נספח 19ד), **ב** שנת 2019 (נספח 19ג).

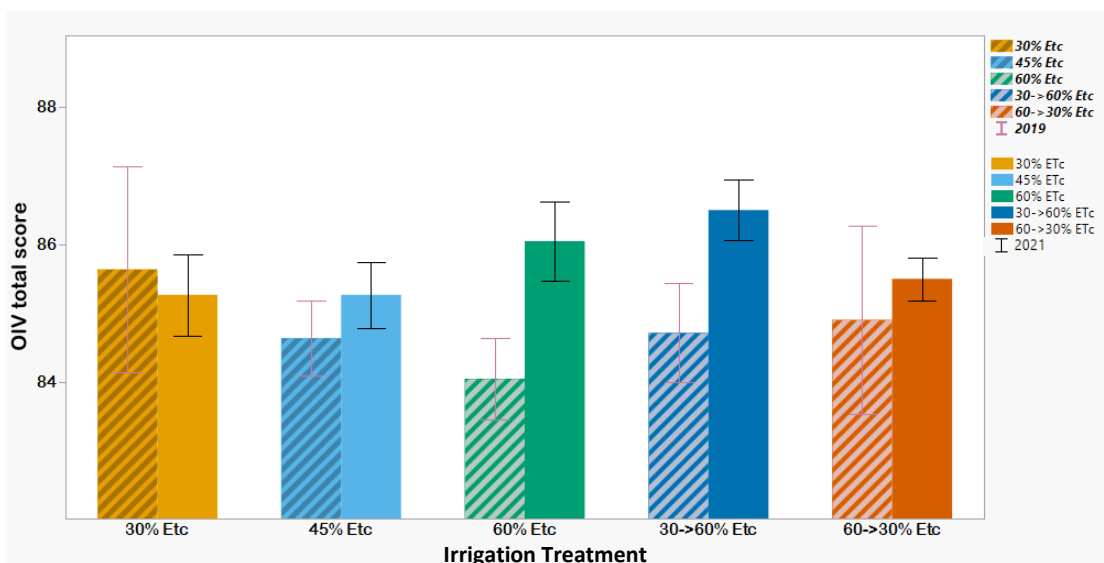
מתוך טבלאות הרגרסיה של המודלים המובהקים נסכמו אחוזי ההשפעה של שני משתני השדה הראשונים המשפיעים על הארומות, ונבחנה תדירות ההופעה של משתני השדה בתור גורם ההשפעה הראשון (איור 27), ניתן לראות כי המשתנה המשמעותי בהשפעתו הוא משקל האשכול. התוצאות עבור משתני השדה בשנת 2019 לא מוצגים כיוון שאחוז ההשפעה של המשתנים הראשונים לא היה גבוה. באופן זה נסכמו אחוזי ההשפעה של שני מאפייני היין הראשונים המשפיעים על הארומות

ונבחנה תדירות ההופעה של מאפייני היין בתור גורם ההשפעה הראשון (איור 28), ניתן לראות כי בשתי השנים המשתנים השכיחים בהשפעתם הגדולה הם אתנול וחומצה מאלית.

בתהליך הניפוי שבוצע ברשימת חומרי הארומה ובהורדת החומרים עבורם מודל הרגרסיה אינו מובהק, נפלו הרבה מהטרפנים שנמצאו ביינות, וכיוון שמחקר זה מתעניין בחומרי הארומה המיוחדים ליינות לבנים כגון הטרפנים, נעשה ניתוח נפרד לטרפנים בלבד ללא הניפויים (נספח 20). ובניתוח כפי שצפינו, אין כמעט מודלים שהצליחו לעבור את רף מובהקות המודל (p -Value) ברמה של $p < 0.1$, כמו כן, בשנת 2021 נמצאו ביינות רק חמישה טרפנים מתוך הרשימה המקורית (נספח 7), כאמור, ברגרסיה שנעשתה עבור הטרפנים רוב המודלים אינם מובהקים סטטיסטית.

3.3.6 פרק טעימות

מבחן טעימה ליינות נעשה בצורת מבחן עם ציון לפי שיטת ארגון היין העולמי OIV (Netzer et al. 2022), ולא מבחן טעימה בצורת עכביש כמו שמתאים יותר לטעימה מכוונת לזיהוי הארומות.



איור מס' 29 - טעימה אורגנולפטית - OIV. עמודות חלקות - שנת 2021, עמודות מקווקות - שנת 2019.

ניתן לראות מאיור 29, כי גם ממבחן הטעימה מתקבלת מגמה דומה למגמה שנצפתה בניתוח הארומות בין טיפולי ההשקיה השונים על ידי מכשירים: איכות היין מבציר 2019, יורד ככל שמתגברת ההשקיה, ואילו איכות היין מבציר 2021, עולה ככל שמתגברת ההשקיה. אין הבדלים מובהקים בין הטיפולים אך המגמות נראות לעין. בניתוח הדו-גורמי יש הבדל מובהק בין השנים ברמת p -Value=0.0308 על ידי מבחן T-test.

4. דיון ומסקנות:

במחקר הנוכחי נבחנה השפעת משטר השקיה בכרם על מדדי איכות יין: חומרי ארומה, חומרי צבע, רמת פוליפנולים ומאפייני יין בסיסיים (סוכר שירי, חומציות ואתנול). המחקר נעשה על יין סובייניון בלאן מכרם בקיבוץ מירב על שתי עונות בציר 2019, 2021, על ידי בחינה של חמישה טיפולי השקיה המיצגים רמות שונות של SDI ו-RDI, לפי מודל השקיה המבוסס על שקלול מדדי נוף ואקלים (ET_c) (השקיה קבועה נמוכה (ET_c 30%), השקיה קבועה בינונית (ET_c 45%), השקיה קבועה גבוהה (ET_c 60%), השקיה משתנה מנמוכה לגבוהה (ET_c 30% → 60%) והשקיה משתנה מגבוהה לנמוכה (ET_c 60% → 30%).

4.1 השפעת משק המים בכרם על מדדי מאפייני היין

במבחן הצבע התוצאה החשובה ביותר שנמצאה היא סטיית תקן מזערית בטיפול ההשקיה הנמוכה ביי 2019, לעומת ארבעת הטיפולים האחרים, של בציר זה, בהם נמצאו סטיות תקן ניכרות עבור פרמטר הצבע בין החזרות באותו הטיפול (נספח 3). על סמך תוצאה זו ניתן לשער כי סיבה לכך עשויה להיות התשתית ההררית בה נטועים כרמים אלו. בעוד במשטר ההשקיה הנמוכה (ET_c 30%), כלל הטיפולים מצויים בעקה ניכרת, וזאת עקב שילוב בין התשתית ההררית אשר לעיתים אינה מחזיקה מים בקרקע, לבין תוספות מים נמוכות ביותר. לעומת זאת, במשטר ההשקיה הנדיב (60% ET_c), יתכנו הבדלים ניכרים בין חזרות המצויות באזורים בעלי קרקע עמוקה יותר, בהם ניתן לאגום מים, לעומת חזרות הממוקמות בשטח סלעי יותר בו רמת החלחול גבוהה משמעותית, ועל כן הגפנים תהיינה בעקה ניכרת יותר. השערה זו נתמכת גם על ידי תוצאות ממוצע פוטנציאל המים (SWP) של השלב הפנולוגי השלישי בגפן כפי שבא לידי ביטוי בגרף המסכם באיור 13 (תוצאות שנאספו על ידי מסטרנט מקביל, נווה חגי', בהסכמתו). ניתן לראות כי גם במדד פוטנציאל המים סטיית התקן בטיפול ההשקיה הנמוכה קטנה ביחס לסטיות התקן של הטיפולים האחרים. עובדה המחזקת את ההשערה כי התשתית ההררית מקטינה את השונות בתוך הטיפול של ההשקיה הנמוכה. סטיית תקן קטנה ניתן למצוא גם בטיפול ההשקיה המשתנה מגבוהה לנמוכה (60% → 30% ET_c), דבר המחזק את ההשערה הנ"ל, מכיוון שנתון זה נמדד בשלב הפנולוגי השלישי בו הטיפול הוא למעשה השקיה נמוכה. סיבה נוספת היכולה לספק הסבר לסטיית התקן המזערית של טיפול ההשקיה הנמוך היא סיבה טכנית, מכיוון שבשנת 2019 היו רק שתי חזרות שמהן יצרו יין בטיפול ההשקיה הנמוכה (ET_c 30%). בשנת 2021 התקבלו הבדלים ברמות הצבע, שהיה גבוה יותר בטיפול ההשקיה הגבוהה (ET_c 60%) ובטיפול ההשקיה הנמוכה (ET_c 30%). אולם ההבדלים

התקבלו כמובהקים רק בהשוואה בין זוגות טיפולים במבחן T-test, ולא בין כלל הטיפולים, כפי שנכון למדוד, במבחן Tukey-Kramer.

בחינת השפעת משטרי השקיה על רמת הפוליפנולים ביין, של שתי העונות 2019, 2021, הניבה שתי תוצאות מפתיעות, שונות אשר יוצרות קושי בהסקת מסקנות. בבציר 2019 נמצאו הבדלים ניכרים ברמות הפנולים בין משטרי ההשקיה המשתנים במגמה הפוכה מן הצפוי (איור 6א). בטיפול בו ההשקיה משתנה מנמוכה לגבוהה ($ET_c > 60\% - 30\%$), נמצאה רמת פוליפנולים גבוהה באופן מובהק מאשר בטיפול ההשקיה המשתנה מגבוהה לנמוכה ($ET_c > 30\% - 60\%$), שהינו בעל רמת פנולים הנמוכה מבין הטיפולים. כאמור, מגמה זו הפוכה מהצפוי, כי לכאורה זמינות מים גבוהה בסוף העונה עשויה להקטין את הצטברות הפנולים (Drori et al. 2022) ובפועל המגמה הפוכה. ניתן לשער כי סטיית התקן הגדולה בטיפול ההשקיה המשתנה מנמוכה לגבוהה ($ET_c > 60\% - 30\%$) בשנת 2019, יכולה לנבוע גם מתת הקרקע המשתנה. בבציר 2021 (איור 6ב) נצפו תוצאות שונות לחלוטין של מגמת עלייה בסך הפנולים ככל שעולה רמת ההשקיה, תוצאות השונות מתוצאות שהתקבלו בקבוצתנו בזן האדום קברנה סוביניון, בו רמת הפנולים עלתה ככל שרמת ההשקיה הייתה נמוכה יותר (Drori et al. 2022). עובדות אלו מפתיעות, לאור העובדה כי ידוע שתכולת הפנולים בקליפות הענבים והזרעים של זני גפן לבנים דומה בהרכב האיכותי והכמותי לזו של זני גפן אדומים (למעט אנתוציאנינים) (Rodríguez Montealegre et al. 2006), ועל כן ניתן היה להניח כי רמת הפנולים בזנים משני הצבעים תנהג באופן דומה. היעדר חזרתיות בין השנים 2019, 2021, וכן תוצאות מפתיעות ביחס לתוצאות של זני הגפן האדומים, מחייבים המשך בירור נושא השפעת משטר השקיה על רמות פנולים.

מדד הסוכר השיורי ביין מבחין בין סוגי היינות, יבש, חצי יבש ומתוק (Bruce W. Zoecklein, 2006a; Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump 1995; Ribéreau-Gayon et al. 2006). ביין יבש ערך הסוכר השיורי נע בין 0.15 ל-2 גרם לליטר (Bruce W. Zoecklein, Kenneth C. Fugelsang, 1995; Barry H. Gump). ההבדל ברמת הסוכר השיורי נראה בבירור ביין של שנת 2019 (איור 7), אולם הבדל זה איננו הבדל המשנה את איכות היין כיוון שהטווח נמצא מתחת לסף של יין יבש (1.06 - 1.75 גרם לליטר).

רמת החומצה הנדיפה (VA) ביין, מהווה מדד לבחינת קלקול היין, כאשר הסף הוא 1.2 גרם לליטר חומצה נדיפה ביין לבן (Bruce W. Zoecklein, Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump 1995). על פי תוצאות המחקר, מומלץ להמשיך לבחון את השפעת משטר ההשקיה על רמת החומצה

הנדיפה. אמנם טווח ההבדלים שהתקבלו בין הטיפולים השונים בשנים 2019, 2021 הינו זניח, זאת ועוד, הטווחים מצויים מתחת לסף החומצה הנדיפה בין המעידים על קלקול (Bruce W. Zoecklein, Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump 1995), ועל כן היינות אינם מקולקלים ואין פגם באיכות היין (Ribéreau-Gayon 1961). אולם עלייה מעבר ל-0.4 גרם לליטר חומצה נדיפה בין, עלולה לאותת על מעורבות חיידקים ועל קלקול פוטנציאלי (Bruce W. Zoecklein, Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump 1995), וכפי שנצפה בניסוי הנוכחי בהשקיה הגבוהה (60% ET_c) ערך חומצה נדיפה היה של 0.41 גרם לליטר, מעט מעל התחום העליון.

מעקב אחר רמת החומצה הנדיפה בטיפול ההשקיה הגבוהה, הינו קריטי, היות והימצאות של החומצה נדיפה מהווה אינדיקציה לקלקול היין, במיוחד לאור העובדה שרמה זו חוזרת על עצמה בשתי העונות. על כן, רמת החומצה הנדיפה דורשת בירור סיבות נוספות כפי שמובא להלן.

מחקרים מעידים כי, עלייה ברמת החומצה הנדיפה נגרמת על ידי נְגִיעוֹת האשכולות בפטרייה בוטריטיס (*Botrytis cinerea*) אשר מייצרת חומצות נדיפות, לדוגמא - חומצה גליקונית ובוטירית (Bruce W. Zoecklein, Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump 1995). תהליך זה מסביר את המגמה שנצפתה בין מבציר 2021, כי ככל שההשקיה גבוהה יותר, כך רמת החומצה הנדיפה גבוהה יותר (איור 14), כלומר ככל שיש יותר מים זמינים בסביבת הגפן כך יופיעו יותר נְגִיעוֹת ורקבונות, זאת כתוצאה מרגישותו של הזן "פיצוצים" פיזיולוגיים (Murolo and Romanazzi 2014; Fornasiero et al. 2016; ישי נצר, תקשורת אישית). אמנם מקדם המתאם בין ההשקיה לבין רמת החומצה הנדיפה אינו גבוה אך הוא חיובי, ועל כן נראה שיש קשר ישיר ביניהם. יחד עם זאת, יתכן כי קשר זה אינו חזק כיוון שחומצות הנוצרות כתוצאה מנְגִיעוֹת הפטרייה בגפן הן אחוז נמוך מסך החומצות המרכיבות את החומציות הנדיפה בין (Bruce W. Zoecklein, Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump 1995). וכנראה קיימות סיבות נוספות, אחרות שגורמות להבדלים בין הטיפולים, למשל, הזן סוביניון בלאן ידוע כזן בעל קליפה דקה ועדינה ואשכול צפוף מאוד ועל כן רגישותו של הזן לרקבונות היא גבוהה מאוד (Murolo and Romanazzi 2014; Fornasiero et al. 2016; ישי נצר, תקשורת אישית).

אחת התוצאות המשמעותיות בניסוי הינה רמת החומצה המאלית כתלות במשטר ההשקיה - ככל שרמת ההשקיה עולה, בטווח משטרי השקיה חסרה אשר משרה עקת יובש מתונה, כך עולה רמת החומצה המאלית. בניסוי הנוכחי התקבלו הבדלים מובהקים בין טיפולי ההשקיה בערכי החומצה המאלית (איור 9), בעוד שנתון כי רמת הבריקס בזמן הבציר כמעט זהה בין הטיפולים

(איור 5), בעקבות תזמון הבציר לפי בשלות הענבים, ועל כן השונות בחומצה המאלית משמעותית אף יותר. לתוצאה זו קיימת חשיבת רבה בשל מספר סיבות. ראשית חומצה מאלית משביחה את היין (Volschenk et al. 2006), שנית החומצה המאלית מתאפיינת בתהליך דעיכה טבעי משלב הבוחל, ולבסוף, לתוצאות הניסוי עשויות להיות השלכות מעשיות ופיתוח אסטרטגיית השקיה לתועלת תעשיית היין.

הקשר, בין איכות היין לבית רמת החומצות האורגניות בכלל והחומצה המאלית בפרט, מורכב. חומצות אורגניות, ובכללן החומצה המאלית המהווה מרכיב מרכזי מכלל החומצות האורגניות, עשויות לתרום בצורה חיובית לאופי האורגנולפטי של יין, ובלבד שהן מאוזנות, עם שאר מרכיבי היין. האיזון החמוץ-מתוק ידוע כאיכות חושית נדרשת ביין, במיוחד ביין לבן (Burns and Noble 2000; Fischer and Noble 1994; Vannier et al. 1999; Martin and De Revel 2000). יינות מאוזנים בחומצה נתפסים בדרך כלל כבעלי נימה תחושתית מרעננת או חדה, בעוד שחוסר איזון וחומציות יתר, עלולים לקבל תארים כגון: "יחד", "ירוק", "חומצתי" או "בוסרי". נוכחות חומצות, בריכוזים גבוהים משאירה טעם חמוץ או חמצמץ ייחודי, המעיד על החומצה הספציפית ביין. לדוגמה, כמויות עודפות של חומצה מאלית נתפסות כטעם חמוץ, הדומה לזה של תפוח בוסרי (Volschenk et al. 2006). יחד עם זאת חשוב לדעת כי, הימצאות חומצה מאלית ביינות ארצישראליים, בשונה מיינות ממקומות אחרים בעולם, היא תמיד מועילה ומשביחה את היין, היות ותנאי האקלים (חס ויבש יחסית) בכלל והלילות החמים בפרט, המגבירים את הצריכה של החומצה המאלית, ואינם מאפשרים לחומצה המאלית לעלות מעבר לרמות הנחשבות חיוביות ביין (Jackson 2008; Michelini et al. 2021).

ניתן אם כך לשער כי דווקא ההשקיה הגבוהה (ET_c 60%) אשר מעכבת את תהליך ההבשלה, מונעת, או למצער, מחלישה את תהליך ההתמעטות החומצה המאלית הטבעי המתרחש בענב לאחר תחילת הבוחל. טמפרטורה, עשויה להיות סיבה נוספת המסבירה את ההשפעה החיובית של ההשקיה על נוכחות גבוהה של חומצה מאלית ביין. בטמפרטורות גבוהות בזמן ההבשלה, במקומות חמים יותר או בשעות חמות יותר של היום, התוצר הסופי יהיה בעל חומצה מאלית ברמה נמוכה יותר (Bruce W. Zoecklein, Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump 1995), גורם זה עשוי להתאים לתוצאות שקיבלנו שהרי ככל שמעלים את ההשקיה יוצרים מיקרו-אקלים קריר יותר סביב הגפן (Smart 1985), וכך אולי הטמפרטורות נמוכות מעט ככל שעולה ההשקיה, ומתוך כך עולה רמת החומצה המאלית עם העלייה בהשקיה (Zarrouk et al. 2012).

חשוב לזכור כי במקביל לעלייה של החומצה המאלית החיובית ליון, כתוצאה מהשקיה גבוהה (ET_c 60%), קיימת גם עלייה ברמת החומצה הנדיפה (VA) עלולה להעיד על נגיעות ורקבונות המובילים לפגיעה ביבול. בנוסף, ידוע כי פטריית הבוטריטיס מורידה כ 50% - 70% מהחומצה המאלית (Doneche 1990). מצב זה מדגיש את המורכבות והקושי של ייצור יין משובח וכן את הצורך בבניית אסטרטגיית השקיה יעילה.

במטרה להבין מגמות עיקריות ויחסי גומלין של שינויים וגורמים מרכזיים לצורך בניית אסטרטגיית השקיה נעשו מבחני מתאם במטריצת קורלציות בין המשתנים: משטרי השקיה, נתוני שדה, מאפייני יין בסיסיים וצבע (איורים 10-11). תוצאות הנלמדות מתוך המטריצה מאששות בחלקן השערות מקוריות, מפריכות אחרות ואף מאפשרות הבנה טובה יותר של קשרים בלתי צפויים.

לכאורה, המגמה הנלמדת מתמונת המטריצה, היא כי אין מתאם בין טיפולי ההשקיה השונים לבריסק של התירוש. אולם חוסר מתאם זה הינו לכאורה בלבד, והוא בלתי סביר בעליל. ההסבר לחוסר המתאם לכאורה נובע מן העובדה כי במסגרת הניסוי (בכרם מירב), נקבעו זמני בציר משתנים בהתאם להבשלת הפרי, במטרה "לנטרל" משתנה זה ולייצר התחלה אחידה לכל היינות בניסוי.

מגמה חשובה שניתן לראות בבירור הינה כי ככל שמשקים יותר, מקבלים pH נמוך יותר וסך חומצות (TA) גבוה יותר (איורים 10-11), למעשה הגברת החומציות אשר חיובית ליון. תוצאה זו מעניינת במיוחד ויש בה בכדי לשנות משמעותית, את משטר ההשקיה של ענבים לבנים בישראל, ולחשיבה מחודשת על עקת מים (השקיה בחוסר) לצורך השבחת יין.

המתאם ההופכי שמתקבל בין כמות ההשקיה לבין פוטנציאל המים (SWP) מתיישב על הדעת כיוון שזהו הוא מדד לעקה (Girona et al. 2009), זאת אומרת שכלל שההשקיה תעלה, העקה תקטן ועל כן פוטנציאל המים בגפן יקטן (איור 12).

בין שטח העלווה בשלב הפנולוגי השלישי (LAI) לסך החומצות (TA) מתקבל מתאם חיובי, בלתי מובהק (איורים 10-11). אולם יתכן שהמתאם החיובי ביניהם, אינו משמעותי מכיוון ששטח העלווה הוא נגזרת של ההשקיה בעלת המתאם החיובי וניתן להניח כי ההשקיה הינה המשתנה הבלתי תלוי.

המשפיע בקשר חיובי על סך החומצות (TA) ובהתאם לכך שסך החומצות במתאם חיובי עם כמות ההשקיה, ופוטנציאל המים (SWP) במתאם שלילי עם כמות ההשקיה ניתן לשער כי המתאם ההופכי המתקבל בין פוטנציאל המים (SWP) לסך החומצות (TA) הוא הגיוני (איור 10).

המסקנה העיקרית העולה ממטריצות הקורלציות (איורים 10-11) שנעשו, היא השפעת ההשקיה ונגזרותיה (SWP, LAI) על סך החומצות (TA) ועל רמת ה-pH. מסקנה המחזקת את המגמה של עליית החומציות הטובה כתוצאה מעליה בהשקיה.

4.2 פיתוח זיהוי ארומות ביין לבן

ההיפותזה במחקר הנוכחי, כיוונה אל ריצוף הפרופיל הארומטי של היין, כתלות בטיפול ההשקיה השונים בכרם, ולצורך כך הוקדש זמן נכבד מהמחקר לפיתוח שיטה של זיהוי ארומות ביין לבן. שיטות ההרצה במכשיר ה-GC-MS שהיו קיימות במעבדתנו לא היו מספיק טובות, נקודות השיא היו רוויות ולא אפשרו לזהות את החומרים המשמעותיים ביינות ובפרט ביינות לבנים. הפיתוחים השונים אשר בוצעו במעבדתנו לצורך התאמת תכנית ההרצה למציאת חומרים רצויים אחרים כגון טרפנים, נבעו מן העובדה שלא היה ניתן לזהות את החומרים שהתקבלו באחוזים גבוהים של וודאות מול ספריית הרפנס, וכן חוסר זיהויים של חומרים חשובים נוספים הנמצאים ביין כגון טרפנים ותיולים. הפרמטרים הבעייתיים שנבחנו: קולונה, גרדיאנט טמפרטורה, ספליט, שיטת דיטקציה, סיב (Dziadas and Jeleń 2010), נפח דגימה (Dziadas and Jeleń 2010) וזמן שהייה (Dziadas and Jeleń 2010). תכנית ההרצה בה נעשה השימוש בסופו של דבר מבוססת, לאחר מספר רב של ניסיונות, על תכנית הרצה ל-GC-MS שהוכנה במיוחד לצרכי המחקר הנוכחי, על ידי החברה שייצרה את המכשיר - Shimadzu גרמניה. תכנית הרצה ייחודית זו, הינה רגישה ביותר ובעלת מסוגלות לזיהוי כמויות מזעריות של חומרים ארומטיים רבים ביין ובפרט זיהוי טרפנים, שהינם בעלי פוטנציאל השבחה היין.

במסגרת תהליך מציאת סיב אידאלי לזיהוי ארומות ביין לבן, נבדקו שלושה סיבים: סיב חד פאזי; סיב דו פאזי וסיב תלת פאזי, ולבסוף נבחר הסיב בעל שלוש הפאזות (PDMS/CAR/DVB) ושני הסיבים הראשונים נפסלו. הסיב בעל הפאזה האחת (PDMS) נפסל משום שעלול לאבד חומרים הקיימים ביין, כפי שניתן לראות בכרומטוגרמה (איור 15א), שם חסרות מספר נקודות שיא בהשוואה לשני הסיבים האחרים. הסיב בעל שתי הפאזות (Carbon WR/PDMS) נפסל מאחר ובכרומטוגרמה (איור 15ב) הופיעו נקודות שיא גבוהות במיוחד אשר התבררו כחומרי זיהום. סיבה

נוספת המצדיקה את הבחירה בסיב בעל שלוש הפאזות (PDMS/CAR/DVB) היא כי רק באמצעות סיב תלת פאזי זה, ניתן לזהות תיול אשר מחד הינו אחד החומרים הקשים מאד לאיתור, ומאידך אחד החומרים המיוחדים ליינות לבנים.

נבחנו מספר קולונות, עד אשר נמצאה הקולונה המתאימה. במהלך ההרצות הרבות ובעקבות תוצאות בעלות זיהומים רבים בפלטי הכרומטוגרמות, התברר כי קימת תופעה של דימום קולונה (bleeding)- פליטה של זיהומים יחד עם חומרי הדגימה אל הפלט הסופי (Fialkov et al. 2007) לאחר כשנתיים של שימוש בה. כדי להתמודד עם בעיה זו נרכשו שתי קולונות שונות, חדשות למעבדה, אחת סטנדרטית המתאימה למציאת חומרים נדיפים על כל גוויניהם (*TG-624*) והשנייה מיוחדת למציאת טרפנים (*FS-OV-1-CB-0.25*). בין שתי קולונות אלו נעשתה השוואה למטרת בחירת הקולונה האידיאלית שמאפשרת למצוא ולכמת חומרי ארומה מיוחדים כגון טרפנים ביינות לבנים. בהשוואה בין הקולונות (איור 17) מתקבלת מגמה אחידה שבה רואים כי בקולונה *TG-624* מתקבלים יותר חומרי ארומה ופחות זיהומים מאשר בקולונה *FS-OV-1-CB-0.25*. ועל כן נבחרה הקולונה *TG-624* להמשך הרצות הניסוי.

ההתחממות ההדרגתית של הקולונה, השפיעה על פליטת החומרים ועל האופן בו הם מוצגים בכרומטוגרמה, ומתוך כך השפיעה על כמות חומרי הארומה וזיהויים. לשינוי הגרדיאנט קיימת השפעה חשובה ולצורך כך נבחנו שלוש תכניות שינוי: *Short+change oven Temp*; *Short+change oven Temp 2*; *Short+change oven Temp 3*. בתכנית עם השינוי הראשון (*Short+change oven Temp*) (איור 18) התקבלה תוצאה של פיזור נקודות שיא, על ציר הזמן טובות יותר מהתוכנית המקורית (*Short*). תכנית עם השינוי השני (*Short+change oven Temp 2*) נראה על פי מראה עיניים כי פיזור החומרים בציר הזמן פרוס יפה לעומת התכנית המקורית (*short*) אולם בשתי הרצות שונות התקבלו יותר זיהומים בתוכנית זו (איורים 19-20). בתכנית נוספת (*Short+change oven Temp 3*) מופיע שינוי בפריסת נקודות השיא על ציר הזמן באופן מרווח יותר המפריד בין החומרים בצורה טובה יותר ולא התכנסות וצפיפות באזור זמן מסוים (איור 18). אולם, למרות העובדה כי התוכנית עם השינוי השלישי מפרידה בין נקודות השיא בצורה הטובה ביותר (איור 18), היא אינה מתאימה מאחר והיא אינה מסוגלת למצוא אפילו טרפן אחד (איור 19), וכיוון שטרפנים הם אחת המטרות בשיפור התכנית, הורדה התוכנית *Short+change oven Temp 3* מההשוואה. נראה כי המשך הניסוי צריך להיעשות עם הגרדיאנט של התוכנית עם השינוי הראשון (*Short+change oven Temp*) (איור 18), כיוון שמבחינת פיזור נקודות השיא על ציר הזמן התקבלו תוצאות טובות יותר מהתוכנית המקורית (*Short*) וכמו התוכנית עם השינוי השני

2) *Short+change oven Temp*) רק עם זמן התחלה וסיום אחרים, ומבחינת כמות החומרים וזיהויים המצב הוא הטוב ביותר למטרות הניסוי - הכי הרבה טרפנים והכי פחות זיהומים בשתי ההרצות השונות (איורים 19-20).

בבחינת נפחי דגימה שונים והשוואתם עם תכנית הרצה זהה (נספח 8), נמצא כי נפח של 5 מ"ל הוא האידיאלי, כיוון שבו ניתן לזהות כמות גבוהה יותר של תרכובות ארומה ואף אחוז הזיהוי הממוצע הוא הגבוה ביותר אף אם לא באופן דרמטי.

במחקר נבחנו אף זמנים שונים של שהיית הסיב בתוך דגימת היין, ולמרות שאין הבדלים מובהקים בין זמני השהייה השונים (נספח 10), מומלץ כתוצאה מבחינה זו לקצר את זמן השהייה בחינה זו בוצעה בסוף העבודה לאחר הרצת הניסוי, והמסקנה שניתן להסיק ממנה היא שקיצור זמן השהייה הוא טוב ומומלץ להמשך העבודה משתי סיבות: זמן שהייה של 7 דקות מקצר את משך התוכנית ואף מביא תוצאות טובות יותר של כמות חומרים מזוהים ואחוז הזיהוי שלהם. בניסוי זמן השהייה היה 15 דקות, וכיוון שנראה כי רק טוב מתקבל מקיצור הזמן, עדיף להקפיד על זמן השהייה הקצר יותר בפעם הבאה.

4.3 הניתוח הארומטי

בשתי השנים, 2019, 2021, בהן נבדק סך חומרי הארומה ביין, קיים הבדל משמעותי בחומרי ארומה החיוביים בעלי ריח טוב, כתלות במשטרי ההשקיה. אולם המגמות של ההשקיות הקבועות (SDI) בין השנים 2019, 2021, הפוכות (איור 23א). ביין משנת 2019 ככל שכמות ההשקיה עולה סך חומרי הארומה החיוביים פוחתים, ואילו ביין משנת 2021, ככל שכמות ההשקיה עולה גם סך חומרי הארומה החיוביים עולה.

לעומת זאת ריכוז חומרי הארומה החיוביים ביין כתלות במשטרי ההשקיה המשתנים (RDI) נשמר במגמה אחידה בשתי השנים (איור 23א), טיפול ההשקיה המשתנה מנמוכה לגבוהה (-30% $ET_c > 60\%$) בעל סך חומרי ארומה גבוה יותר מאשר טיפול ההשקיה המשתנה מגבוהה לנמוכה ($ET_c > 30\%$ -60%), וזאת בניגוד לנאמר במחקרים קודמים שהשקיה גבוהה בתחילת העונה (שלב פנולוגי 1) ונמוכה בשני השלבים הבאים הביאה להתפתחות עלווה תקינה, לצימוח חזק, ליבולים גבוהים ולאיכויות גבוהות של צבע וארומה ביין (Netzer Y, Drori E 2012; Munitz et al. 2016a).

יתכן כי ניתן להסביר היפוך מגמות זה, כדעיכה בריכוז חומרי הארומה אחרי שנתיים של התיישנות היין משנת 2019, מאחר ובדיקת היין נעשתה שנתיים לאחר הבציר, והחומרים מצויים

בכמות פחותה, אולם קיימת ציפייה לראות שינוי עקבי ומגמה קבועה בנוגע לטיפולים השונים. בפועל, נצפתה מגמה הפוכה בין השנים 2019, 2021, בטיפולי ההשקיה הקבועה ולא רק דעיכה של סך חומרי הארומה: באמצע הניסוי (2019), בשנה השלישית מתוך חמש (2017 - 2021), מופיע ריכוז ארומות גבוה בהשקיה הנמוכה (ET_c 30%), ואילו בסוף הניסוי, בשנה החמישית (2021), מופיע ריכוז ארומות גבוה בהשקיה הגבוהה (ET_c 60%). אחת ההשערות להסבר המגמה ההפוכה היא, כי הדעיכה נובעת מאיכות הענבים, אשר לאחר חמש שנים של השקיה נמוכה (ET_c 30%), הגפן לא מצליחה להשתקם ומפסיקה לייצר חומרי ארומה מסוימים, ולמעשה ההשקיה הנמוכה פוגעת בגפן לאורך זמן, פגיעה מהותית. השערה נוספת שיש בה בכדי להסביר את המגמה ההפוכה של מבחן הריח היא, כי לכל חומר ארומטי יש סף חישה, ומתחת לסף זה הארומה לא מורגשת על ידי אדם (Francis and Newton 2005). יתכן והשינוי בריכוזי הארומות אינו מורגש ביין, כי כל החומרים מעל או מתחת לסף החישה, והשונויות לא חוצה את גבול החישה. במחקר הנוכחי לא הגענו לכימות מדויק של ריכוז סך חומרי הארומה ולכן לא נעשתה השוואה לספרות לבדיקת ספי החישה.

לאור האמור לעיל נראה כי טיפול ההשקיה הבינונית (ET_c 45%) תמיד נמצא בסביבות הממוצע של שאר הטיפולים (איור 23א, ד), יתכן והוא הטיפול הכי יציב מבחינת סך חומרי הארומה ביין, וניתן לבחון להמליץ עליו באופן עקרוני. כמו כן בטיפול ההשקיה הבינונית, סך חומרי הארומה בעלי ריח לא נעים הוא הנמוך ביותר בשתי השנים 2019, 2021, בטיפול זה (איור 23ב). לעומת זאת, יש לקחת בחשבון כי בטיפול ההשקיה הבינונית מתקבלות תוצאות נמוכות יותר של סך הטרפנים משאר הטיפולים הקבועים בשתי השנים (איור 23ג).

בניתוח גורמים ראשיים (PCA), נראית מגמה החוזרת על עצמה בשתי השנים 2019, 2021, והיא שטיפולי ההשקיה המשתנה מגבוהה לנמוכה (ET_c 30%->60%) וההשקיה הבינונית (45% ET_c) הם האחידים ביותר מבין הטיפולים מבחינה ארומטית בין החזרות בכל טיפול. טיפול ההשקיה המשתנה מגבוהה לנמוכה (ET_c 30%->60%) ממוקם בניגוד לווקטורים של הארומות, לכן נראה כי הוא פחות ארומטי, יתכן והאחידות שלו אינה טובה בהכרח, ולמעשה זו אחידות חסרת ארומות (איורים 24-25). טיפול ההשקיה הבינונית (ET_c 45%) יותר ארומטי מטיפולי ההשקיה המשתנה מגבוהה לנמוכה (ET_c 30%->60%), כיוון שהוא מתקרב יותר לכיוון הווקטורים של הארומות (איורים 24-25). מגמה נוספת שחוזרת על עצמה בשתי השנים היא שטיפולי ההשקיה הבינונית (ET_c 45%) ושני המשתנים באמצע העונה (ET_c 30%->60% ו- ET_c 60%->30%) מושפעים מארומות הפוכות מאשר טיפול ההשקיה הגבוהה (ET_c 60%) (איורים 24-25).

ניפוי חומרי ארומה על פי חשיבותם ורמת המתאם לחומרי הארומה עצמם, הייתה הכרחית מאחר ובתחילת הניסוי נצפו כ-80 חומרי ארומה שונים. בנספח 7 מופעים כל חומרי הארומה שנצפו, ברמות שונות, ביינות הניסוי והניפוי נערך בשני שלבים ובסופו נבחר, מספר מצומצם של חומרי ארומה. בשלב הניפוי הראשון נבחרו חומרים בעלי החשיבות הגבוהה ביותר, דהיינו ככל שחומר ארומטי תורם יותר לשונות בין הטיפולים הוא מוגדר כחשוב יותר, בשלב הניפוי השני נבחרו חומרים, אחד מכל זוג חומרים בעלי מתאם גבוה, על פי מטריצת הקורלציות (נספח 16). על ידי השוואת אחוז החומרים של קבוצה ארומטית מסוימת, מסך כל החומרים הנדיפים שנופו, ביחס לאחוז של אותה קבוצה ארומטית מתוך הרשימה המקורית (נספח 15), נמצא כי קבוצת האסתרים וקבוצת החומצות משפיעות יותר על השונות, כיוון שאחוז ההופעה שלהם בקבוצת החומרים שנופו, עולה בשני השנים 2019, 2021, ביחס לרשימה המקורית (נספח 7). מעניין לבדוק בניסויים נוספים בעתיד את השאלה האם האסתרים והחומצות הן באמת קבוצות הארומות המשמעותיות המשפיעות על השונות בין היינות, ואם אכן כדאי יהיה, להתמקד בהן.

קבוצת החומרים בהם התמקד המחקר היא קבוצת הטרפנים. בבציר 2019, אחוז קבוצת הטרפנים (נספח 15) נשאר דומה לקבוצת המקור (נספח 7), ונצפתה עלייה לא משמעותית מ-10.1% ל-12% (נספח 15). בבציר 2021, נצפתה ירידה של קבוצת הטרפנים לרמה של 2.4% אחוז בלבד. תוצאות אלו מפתיעות, אולם, בספרות מודגשת ייחודיותם של הטרפנים ביינות לבנים בכלל וביין הניסוי, סוביניון בלאן, בפרט (Kozina et al. 2008; Goliáš et al. 2016), ולכן יש להמשיך לבדוק עניין זה במחקרי המשך.

במחקר הנוכחי לא הייתה אפשרות לבצע רגרסיה של כלל המשתנים (שדה + מאפייני יין), כי במודל קיימת מגבלה של מספר המשתנים והמודל סבל מהתאמת יתר (overfitting). במידה והיו יותר תצפיות אזי ניתן היה לבצע רגרסיה. אולם במצב הנוכחי יש בניסוי יותר משתנים מאשר תצפיות ועל כן לא ניתן היה לחשב את ההשפעה היחסית של המשתנים המסבירים. תצפיות המשך, הדומות למחקר זה עשויות לתת מענה שיאפשר ניתוח רגרסיה.

זאת ועוד, לא ניתן להשוות בין ההצלחות של מודלי הרגרסיה בין השנים 2019, 2021, כיוון שאחרי תהליך ניפוי הארומות, הרגרסיה שבוצעה לא הייתה בהכרח על אותם חומרי ארומה. בהצגת התוצאות הוצגו רק המודלים שהתקבלו כמובהקים וכך הרשימות הצטמצמו שוב (איור 26). ניתן לראות כי בשנת 2021, נשארו רשימות חומרים ארוכות יותר עבור משתני היין ומשנתני השדה, לעומת שנת 2019, שבה נשארו חומרים בודדים שהמודלים עבורם מובהקים. יתכן ומיעוט תוצאות

מובהקות בשנת 2019, הוא תוצאה של מיעוט חזרות (15 יינות) ושל משתנים יותר מידי קורלטיביים. או שאיכות היין שונה בבסיסה בין השנים (נתמך מהעובדה שבהשוואת מבחני הטעימה של היין התקבל הבדל מובהק בין השנים, איור 28). סיבה נוספת יכולה להיות שההבדל נובע מהתיישנות היין משנת 2019, כי אולי במהלך התיישנות עוצמת מאפייני היין דועכת ואז קשרי הגומלין שלהם עם הארומות משתנים (נתמך במבחן סך החומרים הארומטיים בהן הוצעה השערה של דעיכה, איור 23), ולכן בשנת 2021, יש סיגנל מאפייני יין חזק יותר כיוון שהוא טרי יותר, כמו לדוגמא השינוי המבני שעוברים האנתוציאנינים במהלך ההתיישנות (Flamini 2013). יתכן ואי אפשר באמת להפעיל את המודלים האלו באופן אמין על היין משנת 2019, מכיוון שעבר הרבה זמן בין בשלות היין לבדיקתו, דבר אשר מחזק את המסקנה שלא רלוונטי לנתח לאחר התיישנות היין בשנתיים. אם התוצאות היו של שנה אחרי שנה אז הן היו מעניינות ברמת היינות באופן כללי. המלצה נוספת היא לבחון, בעתיד, הכנסה של מדידת ארומות למדדים הסטנדרטים של ניסוי השטח. וכאמור לנתח את השפעת משתני השדה על הארומה בזמן קרוב יותר לזמן הפקת היין.

מחישוב אחוז ההשפעה ותדירות ההופעה של משתני היין בשתי השנים 2019, 2021 (איור 28), עולה, כי החומצה המאלית והאתנול הם מהמשתנים בעלי יחסי הגומלין הכי חזקים עם הארומות המשפיעות על השונות בין הטיפולים. חומצה מאלית היא סוג של מטבוליט ראשוני (Ruffner 1982; Kennedy 2002; Ribéreau-Gayon et al. 2006b), ורמה גבוהה או נמוכה שלה יכולה להשפיע באופן משמעותי על היווצרות חומרים אחרים. היינו מצפים לקשר של חומצה נדיפה (VA) לאצטטים, כיוון שניתן לראות בספרות כי חיידקי חומצה אצטית אשר מייצרים אצטטים קשורים לעליית החומצה הנדיפה (Bruce W. Zoecklein, Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump) (1995), אולם בפועל לא נצפה קשר זה.

מחישוב אחוז ההשפעה ותדירות ההופעה של משתני השדה בשתי השנים (איור 27) ניתן לראות כי משקל הענב ומשקל האשכול הם מהמשתנים בעלי ההשפעה הכי חזקה על הארומות המשפיעות על השונות בין הטיפולים. בשורה התחתונה, כל משתני השדה בעצם נובעים מההשקיה, אז התוצאות לא בהכרח מלמדות עובדות משמעותיות על משתני השדה האחרים. יתכן אפילו, כי חוסר השפעת משתני השדה על הארומות, נובע מהסיבה שההשקיה אינה המשתנה העיקרי המשפיע על הארומות בזמן הגידול בכרם ויהיה כדאי לשקול שינוי למשתנה אחר כגון גיזום מוקדם (Diago et al. 2010), הרחקה בין העצים וכו' (Archer and Strauss 1989). וזאת על אף המחקר של זרוק וחבריו שאומר כי, תנאי האקלים והאינטראקציות ביניהם, הם גורמים חשובים התורמים להבשלה של גרגרי ענבים, ומדגיש את התפקיד המכריע של ההשקיה בשמירה על מיקרו אקלים האופטימאלי

של האשכול, שכן הוא משפיע על הסינתזה של מספר תרכובות הרלוונטיות לאיכות היין (Zarrouk et al. 2012). ועל אף גם המחקר של קטלדו וחבריו שאומר כי, השפעות האקלים והסביבה בכרם, כולל ההשקיה, באות לידי ביטוי בהצטברות חומרי הארומה בגפן (Cataldo et al. 2021).

גם בתוצאות טעימת היין האורגנולפטית, התקבלו מגמות הפוכות בין שתי השנים של הניסוי. נראה שהמגמות אחידות עם התוצאות שהתקבלו בניתוח הארומות - שאיכות היין בשנת 2019 יורד ככל שמתגברת ההשקיה ואילו איכות היין בשנת 2021 עולה ככל שמתגברת ההשקיה. מצד אחד תוצאות הטעימה מאמתות את התוצאות שקיבלנו מניתוח הארומות ב-GC-MS, ומראה על אמינות שיטת הניתוח הארומטי שפותחה, ועונה על הציפייה כי ציון ה-OIV יהיה מושפע מהפרופיל הארומטי של היין. אך מצד שני, מתערערת הטענה כי תוצאות הפרופיל הארומטי שהתקבל מהיין של שנת 2019 אינן אמינות בשל התיישנות היין, כיוון שתוצאות הטעימה האורגנולפטית לשנת 2019 הניבו מגמה דומה לניתוח הארומטי בעוד שהטעימה נעשתה בזמנה כאשר היין היה טרי ולא לאחר התיישנות היין בשנתיים.

4.4 דיון מסכם

מחקר זה, העוסק בהשבחת יין בכלל וביין לבן מזן סוביניון בלאן בפרט, מבחינה ארומטית כתלות במשטרי השקיה בכרם, המשרים עקה מתונה ברמות שונות - מהווה תת מחקר בתוך שורה של מחקרים ביקב המחקרי מרום אריאל שעוסקים בתהליכי השבחת יינות. תהליך המחקר, כמו גם שלבי הניסוי והטעיה וכמובן התוצאות הינם חלק מתמונה רחבה, ואת תוצאות המחקר ומידת חשיבותם יש לבחון בהקשרים אלו. תוצאות המחקר נחלקות לשלושה סוגים, ראשית, תהליכי מחקר, בחירת יינות, מסקנות אודות שימוש במכשירים שונים ופיתוח שיטות מחקר ייחודיות כל אלו עשויים לשרת מחקרי המשך בתחום השבחת יינות וחקר ארומות. שנית, המחקר מציע מספר כיוונים למחקרי המשך, כיוונים, אשר חרגו מהמסגרת המחקרית הנוכחית וראוי לבחון אותם. ולבסוף "התוצאה" - המלצות מעשיות לאסטרטגיית השקיה מסוימת - בחזקת "סיבה ותוצאה".

4.4.1 פיתוח שיטת מחקר לשימוש במחקרי המשך

במחקר הנוכחי פותחו שיטות עבודה, עקרונות עבודה ואמצעי מחקר טכניים, בעלי חשיבות בפני עצמם, אשר יוכלו לשמש כתשתית למגוון מחקרי המשך: בחירת סיב אידיאלי; בחירת קולונה אידיאלית; קיצור זמן שהיית הסיב בדגימת היין לשבע דקות; שיטת הרצה רגישה לזיהוי ארומות במכשיר GC-MS; מודעות לרמת הרגישות הנדרשת במכשיר הזיהוי, ושקלול המכשירים המתאימים לה (כגון מכשירים בעלי רגישות גבוהה יותר - GC-MS-MS); ניתוח שיטתי של פלטי GC-MS; הכנסת הארומות ביין כפרמטר סטנדרטי שיימדד בניסויי השטח; קיצור פרק הזמן בין מחקר היין למועד ייצור היין, לצורך נטרול השפעת ההתיישנות, וכמו כן, הקפדה על זמני מדידה עוקבים ואחידים בין עונות הניסוי.

4.4.2 רעיונות למחקרי המשך

בשלבי המחקר השונים ובתהליכי הדיוק והמיקוד, עלו מספר רעיונות חשובים שעשויים להיות מחקרי המשך, או מחקרים מקבילים: המשך בחינת השפעת משטר ההשקיה על רמת החומציות ביין (הן החומצה הנדיפה והן החומצה המאלית); ניסוי משטר השקיה (השריית עקה) הנמשך לאורך שנים, לבחינה האם ההשפעה על הגפנים בטווח הארוך הרסנית או מיטיבה עם הכרם והיין, הרי אין טעם בקבלת יין משובח יותר במחיר התמוטטות הכרם לאחר מספר שנים; בחינת השפעת גורם אחר מהשקיה בכרם על הצטברות הארומות ביין, כגון גיזום מוקדם, הרחקה בין העצים וכו'; בחינת משמעות סך האסתרים והחומצות כקבוצות ארומה המשפיעות על השונות בין היינות;

בחינת ההשפעה או יחסי הגומלין בין החומצה המאלית, האתנול, משקל הענב ומשקל האשכול לבין חומרי הארומה ביינ.

4.4.3 פרקטיקה למשטר השקיה בעל השפעה מיטיבה

מתוך תוצאות המחקר שערכתי, ניתן לקבוע כי כדאי לבחור בטיפול ההשקיה הבינונית (45% ET_c), בו התוצאות המתקבלות בחזרות הביולוגיות השונות הן אחידות ויציבות, וכן האיזון בין החומצות הקבועות, החיוביות ליינ לבין החומצה הנדיפה, המצביעה על פוטנציאל קלקול היין, הוא הטוב ביותר, בנוסף, נראה כי טיפול השקיה בינונית זה, האחד שנמצא המתאים ביותר מבין חמשת טיפולי ההשקיה שנוסו במחקר, הינו בעל ההשפעה המיטיבה ביותר על הגפן בטווח הארוך לצורך מיצוי פוטנציאל פרופיל הארומות.

- Allport S (2007) Molecular Gastronomy: Exploring the Science of Flavor. *Gastronomica* 7: 107–108. <https://doi.org/10.1525/gfc.2007.7.1.107>
- Archer E, Strauss HC (1989) The effect of plant spacing on the water status of soil and grapevines. *South African J Enol Vitic* 10: 49–58
- Arroyo T, Lozano J, Cabellos JM, et al (2009) Evaluation of wine aromatic compounds by a sensory human panel and an electronic nose. *J Agric Food Chem* 57: 11543–11549. <https://doi.org/10.1021/jf902109y>
- Ashenfelter O, Quandt RE (2018) Analyzing a wine tasting statistically. *World Sci Handb Financ Econ Ser* 6: 355–365. https://doi.org/10.1142/9789813232747_0015
- Belitz, H.-D. Grosch, W. Schieberle P (1967) *Book Food Chemistry*
- Benucci I (2020) Impact of post-bottling storage conditions on colour and sensory profile of a rosé sparkling wine. *Lwt* 118: 108732. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108732>
- Bertrand A (1983) Volatiles from grape must fermentation. *Flavour Distill beverages Orig Dev* JR Piggott
- Black CA, Parker M, Siebert TE, et al (2015) Terpenoids and their role in wine flavour: Recent advances. *Aust J Grape Wine Res* 21: 582–600. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12186>
- Broussaud F, Cheynier V, Asselin C, Moutounet M (1999) Flavonoid compositional differences of grapes among site test plantings of Cabernet franc. *Am J Enol Vitic* 50: 277–284
- Bruce W. Zoecklein, Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump FSN (1995) *Wine Analysis and production*
- Burns DJW, Noble AC (1985) Evaluation of the separate contributions of viscosity and sweetness of sucrose to perceived viscosity, sweetness and bitterness of Vermouth 3. *J Texture Stud* 16: 365–380
- Capone S, Tufariello M, Siciliano P (2013) Analytical characterisation of Negroamaro red wines by “Aroma Wheels.” *Food Chem* 141: 2906–2915. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.105>

- Carpaena M, Pereira AG, Prieto MA, Simal-Gandara J (2020) Wine aging technology: Fundamental role of wood barrels. *Foods* 9: 1–25.
<https://doi.org/10.3390/foods9091160>
- Carrau FM, Medina K, Farina L, et al (2008) Production of fermentation aroma compounds by *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts: Effects of yeast assimilable nitrogen on two model strains. *FEMS Yeast Res* 8: 1196–1207.
<https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2008.00412.x>
- Cataldo E, Salvi L, Paoli F, et al (2021) Effect of agronomic techniques on aroma composition of white grapevines: A review. *Agronomy* 11: 2027
- Chalmers YM, Downey MO, Krstic MP, et al (2010) Influence of sustained deficit irrigation on colour parameters of Cabernet Sauvignon and Shiraz microscale wine fermentations. *Aust J Grape Wine Res* 16: 301–313.
<https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2010.00093.x>
- Chapman DM, Thorngate JH, Matthews MA, et al (2004) Yield effects on 2-methoxy-3-isobutylpyrazine concentration in cabernet sauvignon using a solid phase microextraction gas chromatography/mass spectrometry method. *J Agric Food Chem* 52: 5431–5435. <https://doi.org/10.1021/jf0400617>
- Chaves MM, Zarrouk O, Francisco R, et al (2010) Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Ann Bot* 105: 661–676.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcq030>
- Cheyrier V, Moutounet M, Sarni-Manchado P (1998) Les composés phénoliques. *Sci Tech Agroaliment*
- Cheyrier V, Rigaud J (1986) HPLC separation and characterization of flavonols in the skins of *Vitis vinifera* var. Cinsault. *Am J Enol Vitic* 37: 248–252
- Choné X, Van Leeuwen C, Dubourdieu D, Gaudillère JP (2001) Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Ann Bot* 87: 477–483.
<https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1361>
- Czibulya Z, Kollár L, Pour Nikfardjam M, Kunsági-Máté S (2012) The Effect of Temperature on the Color of Red Wines. *J Food Sci* 77: .
<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02826.x>
- Darriet P, Pons A (2017) *Springer handbook of odor: Wine*. Springer International Publishing AG, Freising, Germany

- Daudt CE, Ough CS (1973) Variations in some volatile acetate esters formed during grape juice fermentation. Effects of fermentation temperature, SO₂, yeast strain, and grape variety. *Am J Enol Vitic* 24: 130–135
- De Coninck G, Jordão AM, Ricardo-Da-Silva JM, Laureano O (2006) Evolution of phenolic composition and sensory properties in red wine aged in contact with Portuguese and French oak wood chips. *J Int des Sci la Vigne du Vin* 40: 25–34. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2006.40.1.881>
- Delia L, Jordão AM, Ricardo-Da-silva JM (2017) Influence of different wood chips species (Oak, acacia and cherry) used in a short period of aging on the quality of “encruzado” white wines. *Mitteilungen Klosterneubg* 67: 84–96
- Diago MP, Vilanova M, Tardaguila J (2010) Effects of timing of manual and mechanical early defoliation on the aroma of *Vitis vinifera* L. Tempranillo wine. *Am J Enol Vitic* 61: 382–391
- Dimitriadis E, Williams PJ (1984) The development and use of a rapid analytical technique for estimation of free and potentially volatile monoterpene flavorants of grapes. *Am J Enol Vitic* 35: 66–71
- Doneche B (1990) Métabolisme de l’acide tartrique du raisin par *Botrytis cinerea*: premiers résultats. *Sci Aliments* 10: 589–602
- Drori E, Munitz S, Pinkus A, et al (2022) The Effect of Irrigation-Initiation Timing on the Phenolic Composition and Overall Quality of Cabernet Sauvignon Wines Grown in a Semi-Arid Climate. *Foods*
- Drori E, Rahimi O, Henig Y, et al (2015) Ampelographic and genetic characterization of an initial Israeli grapevine germplasm collection. *Vitis* 54: 107–110
- Drori E, Rahimi O, Marrano A, et al (2017) Collection and characterization of grapevine genetic resources (*Vitis vinifera*) in the Holy Land, towards the renewal of ancient winemaking practices. *Sci Rep* 7: 1–12
- Dziadas M, Jeleń HH (2010) Analysis of terpenes in white wines using SPE-SPME-GC/MS approach. *Anal Chim Acta* 677: 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2010.06.035>
- Fereres E, Soriano MA (2007) Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J Exp Bot* 58: 147–159. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl165>
- Fialkov AB, Steiner U, Lehotay SJ, Amirav A (2007) Sensitivity and noise in GC–MS:

- Achieving low limits of detection for difficult analytes. *Int J Mass Spectrom* 260: 31–48
- Fischer U, Noble AC (1994) The effect of ethanol, catechin concentration, and pH on sourness and bitterness of wine. *Am J Enol Vitic* 45: 6–10
- Flamini R (2013) Recent applications of mass spectrometry in the study of grape and wine polyphenols. *Int Sch Res Not* 2013:
- Fornasiero D, Pavan F, Pozzebon A, et al (2016) Relative infestation level and sensitivity of grapevine cultivars to the leafhopper *Empoasca vitis* (Hemiptera: Cicadellidae). *J Econ Entomol* 109: 416–425. <https://doi.org/10.1093/jee/tov313>
- Francis IL, Newton JL (2005) Determining wine aroma from compositional data. *Aust J Grape Wine Res* 11: 114–126. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00283.x>
- Furlan AL, Castets A, Nallet F, et al (2014) Red Wine tannins fluidify and precipitate lipid liposomes and bicelles. a role for lipids in wine tasting? *Langmuir* 30: 5518–5526. <https://doi.org/10.1021/la5005006>
- Gawel R (1998) Red wine astringency: a review. *Aust J Grape Wine Res* 4: 74–95
- Girona J, Marsal J, Mata M, et al (2009) Phenological sensitivity of berry growth and composition of tempranillo grapevines (*Vitis Vinifera* L.) to water stress. *Aust J Grape Wine Res* 15: 268–277. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00059.x>
- Goliáš J, Létal J, Veselý O (2016) Evaluation of volatile compounds during the ripening in South Moravian “Gewürztraminer” and “Sauvignon Blanc” from the Pálava region. *Mitteilungen Klosterneubg* 66: 189–197
- Gunata YZ, Bayonove CL, Baumes RL, Cordonnier RE (1986) Stability of free and bound fractions of some aroma components of grapes cv. Muscat during the wine processing: preliminary results. *Am J Enol Vitic* 37: 112–114
- Harbertson JF, Spayd S (2006) Measuring Phenolics in the Winery. *Am J Enol Vitic* 57.3: 280–288
- Herbst-Johnstone M, Piano F, Duhamel N, et al (2013) Ethyl propionate derivatisation for the analysis of varietal thiols in wine. *J Chromatogr A* 1312: 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2013.08.066>
- Hjelmeland AK, Wylie PL, Ebeler SE (2016) A comparison of sorptive extraction techniques coupled to a new quantitative, sensitive, high throughput GC-MS/MS

- method for methoxy pyrazine analysis in wine. *Talanta* 148: 336–345.
<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.10.086>
- Ilc T, Werck-Reichhart D, Navrot N (2016) Meta-analysis of the core aroma components of grape and wine aroma. *Front Plant Sci* 7: 1–15.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01472>
- Intrigliolo DS, Castel JR (2010) Response of grapevine cv. “Tempranillo” to timing and amount of irrigation: Water relations, vine growth, yield and berry and wine composition. *Irrig Sci* 28: 113–125. <https://doi.org/10.1007/s00271-009-0164-1>
- Jackson RS (2008) *Wine science: principles and applications*, 3rd ed. Academic press
- Karbowiak T, Crouvisier-Urien K, Lagorce A, et al (2019) Wine aging: a bottleneck story. *npj Sci Food* 3: 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41538-019-0045-9>
- Keller, M. Smithyman R and ML (2008) Interactive effects of deficit irrigation and berry exposure aspect on merlot and cabernet sauvignon in an arid climate. *Am J Enol Vitic* 62: 462–470. <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.10103>
- Kennedy BYJ (2002) Understanding grape berry development. *Pract Winer Vineyard* 1–5
- Kozina B, Karoglan M, Herjavec S, et al (2008) Influence of basal leaf removal on the chemical composition of Sauvignon Blanc and Riesling wines. *J Food, Agric Environ* 6: 28–33
- LÓpez MI, Sánchez MT, Ramírez P, Morales J (2009) Effect of a deficit irrigation regime on the quality of wines made from white grapes (*Vitis Vinifera* L.) grown in semiarid areas. *J Food Qual* 32: 481–503. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2009.00261.x>
- Manach C, Scalbert A, Morand C, et al (2004) Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr* 79: 727–747
- Manach C, Williamson G, Morand C, et al (2005) Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *Am J Clin Nutr* 81: 230S–242S
- Marais J (1983) Terpenes in the Aroma of Grapes and Wines: A Review. *South African J Enol Vitic* 4: 49–58. <https://doi.org/10.21548/4-2-2370>
- Marais J (1994) Sauvignon blanc aroma 1994. *South African J Enol Vitic* 15.2: 41–45

- Martin N, De Revel G (2000) Sensory evaluation: scientific bases and oenological application. *J Int des Sci la Vigne du Vin* 33: 81–94
- Matthews M, Roby G, Harbertson J, Adams D (2004) Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins. *Aust J Grape Wine Res* 10: 100–107
- Mccarthy MG (1997) The effect of transient water deficit on berry development of cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.). *Aust J Grape Wine Res* 3: 102–108.
<https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1997.tb00128.x>
- McGonigle IAN (2019) In vino veritas? Indigenous wine and indigenization in Israeli settlements. *Anthropol Today* 35: 7–12
- Medrano H, Escalona JM, Cifre J, et al (2003) A ten-year study on the physiology of two Spanish grapevine cultivars under field conditions: effects of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality. *Funct Plant Biol* 30: 607–619
- Michelini S, Tomada S, Kadison AE, et al (2021) Modeling malic acid dynamics to ensure quality, aroma and freshness of Pinot blanc wines in South Tyrol (Italy). *Oeno One* 55: 159–179
- Ming-Ju Chen, Kreuter JY-TK (1996) Nanoparticles and microparticles for drug and vaccine delivery. *J Anat* 189 (Pt 3: 503–505. <https://doi.org/10.1002/bit>
- Munitz S, Netzer Y, Schwartz A (2016a) Sustained and regulated deficit irrigation of field-grown Merlot grapevines. *Aust J Grape Wine Res* 23: 87–94.
<https://doi.org/10.1111/ajgw.12241>
- Munitz S, Schwartz A, Netzer Y (2016b) Evaluation of seasonal water use and crop coefficients for “Cabernet Sauvignon” grapevines as the base for skilled regulated deficit irrigation. *Acta Hort* 1115: 33–39.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1115.6>
- Murolo S, Romanazzi G (2014) Effects of grapevine cultivar, rootstock and clone on esca disease. *Australas Plant Pathol* 43: 215–221. <https://doi.org/10.1007/s13313-014-0276-9>
- Musumeci LE, Ryona I, Pan BS, et al (2015) Quantification of polyfunctional thiols in wine by HS-SPME-GC-MS following extractive alkylation. *Molecules* 20: 12280–12299. <https://doi.org/10.3390/molecules200712280>

- Naor, A. Bravdo B and HY (1993) Effect of Post-Veraison Irrigation Level on Sauvignon blanc Yield, Juice Quality and Water Relations. S AFR J ENOL VITIC Vol 14, No 2
- Naor A, Bravdo B, Gelobter J (1994) Gas exchange and water relations in field-Grown Sauvignon blanc grapevines. Am J Enol Vitic 45: 423–428
- Netzer Y, Drori E SA (2012) Primary steps in the application of a skilled irrigation model for quality vine grapes grown in the mountain region. Jud Sameria Res Stud 21: 319–332
- Netzer Y, Suued Y, Harel M, et al (2022) Forever Young? Late Shoot Pruning Affects Phenological Development, Physiology, Yield and Wine Quality of *Vitis vinifera* cv. Malbec. Agric 12: . <https://doi.org/10.3390/agriculture12050605>
- Ojeda H, Andary C, Kraeva E, et al (2002) Influence of pre-and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. Am J Enol Vitic 53: 261–267
- Panighel A, Flamini R (2014) Applications of solid-phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry (SPME-GC/MS) in the study of grape and wine volatile compounds. Molecules 19: 21291–21309. <https://doi.org/10.3390/molecules191221291>
- Park SK, Morrison JC, Adams DO, Noble AC (1991) Distribution of free and glycosidically bound monoterpenes in the skin and mesocarp of Muscat of Alexandria grapes during development. J Agric Food Chem 39: 514–518
- Peinado RA, Moreno J, Bueno JE, et al (2004) Comparative study of aromatic compounds in two young white wines subjected to pre-fermentative cryomaceration. Food Chem 84: 585–590. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00282-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00282-6)
- Pérez-Magariño S, González-Sanjosé ML (2003) Application of absorbance values used in wineries for estimating CIELAB parameters in red wines. Food Chem 81: 301–306. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00509-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00509-5)
- Peyrot des Gachons, C. Tominaga, T. and Dubourdieu D (2002) Localization of S-Cysteine Conjugates in the Berry : Effect of Skin Contact on Aromatic Potential of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc Must. Am J Enol Vitic 53: 144–146
- Radler F, Fleet GH (1993) Wine microbiology and biotechnology. Yeasts-metabolism

Org acids Ediciones FLEET, GH Chur, Switz 165–182

- Ribéreau-Gayon P (1961) La composition chimique des vins. Trait d'Oenologie
- Ribéreau-Gayon P, Dubourdieu D, Donèche B, Lonvaud A (2006a) Handbook of Enology: The Microbiology of Wine and Vinifications, 2nd edn. John Wiley & Sons
- Ribéreau-Gayon P, Glories Y, Maujean A, Dubourdieu D (2006b) Handbook of Enology: The Chemistry of Wine and Stabilization and Treatments, 2nd edn. John Wiley & Sons, Ltd
- Robinson AL, Boss PK, Solomon PS, et al (2014) Origins of grape and wine aroma. Part 1. Chemical components and viticultural impacts. *Am J Enol Vitic* 65: 1–24. <https://doi.org/10.5344/ajev.2013.12070>
- Rodríguez Montealegre R, Romero Peces R, Chacón Vozmediano JL, et al (2006) Phenolic compounds in skins and seeds of ten grape *Vitis vinifera* varieties grown in a warm climate. *J Food Compos Anal* 19: 687–693. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.05.003>
- Romero P, Fernández-Fernández JI, Martínez-Cutillas A (2010) Physiological thresholds for efficient regulated deficit-irrigation management in winegrapes grown under semiarid conditions. *Am J Enol Vitic* 61: 300–312
- Romero P, Gil-Muñoz R, del Amor FM, et al (2013) Regulated Deficit Irrigation based upon optimum water status improves phenolic composition in Monastrell grapes and wines. *Agric Water Manag* 121: 85–101. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.01.007>
- Ronald s.Jackson (1967) Wine Science
- Ruffner HP (1982) Metabolism of tartaric and malic acid in *Vitis*. *Vitis* 21: 247–259
- Santesteban LG, Miranda C, Royo JB (2011) Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. “Tempranillo.” *Agric Water Manag* 98: 1171–1179. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.02.011>
- Shellie KC (2014) Water productivity, yield, and berry composition in sustained versus regulated deficit irrigation of merlot grapevines. *Am J Enol Vitic* 65: 197–205. <https://doi.org/10.5344/ajev.2014.13112>

- Singleton VL, Esau P (1969) Phenolic substances in grapes and wine, and their significance. *Adv Food Res Suppl* 1: 1–261
- Skouroumounis GK, Kwiatkowski M, Sefton MA, et al (2003) In situ measurement of white wine absorbance in clear and in coloured bottles using a modified laboratory spectrophotometer. *Aust J Grape Wine Res* 9: 138–148. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2003.tb00264.x>
- Smart RE (1985) Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. *Am J Enol Vitic* 36: 230–239
- Suomalainen H (1971) Yeast and its effect on the flavour of alcoholic beverages. *J Inst Brew* 77: 164–177
- Tao Y, Zhang L (2010) Intensity prediction of typical aroma characters of cabernet sauvignon wine in Changli County (China). *LWT - Food Sci Technol* 43: 1550–1556. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.06.003>
- Tominaga T, Peyrot des Gachons C, Dubourdieu D (1998) A new type of flavor precursors in *Vitis v inifera* L. cv. Sauvignon blanc: S-cysteine conjugates. *J Agric Food Chem* 46: 5215–5219
- Trigo-Córdoba E, Bouzas-Cid Y, Orriols-Fernández I, Mirás-Avalos JM (2014) Irrigation Effects on the Sensory Perception of Wines From Three White Grapevine Cultivars Traditional From Galicia (Albariño, Godello and Treixadura) Nota Técnica Efeitos Da Rega Na Percepção Sensorial De Vinhos De Três Variedades Brancas Tradicionais De. *Ciência Téc Vitiv* 29: 71–80
- Troggio M, Vezzulli S, Pindo M, et al (2008) Beyond the genome, opportunities for a modern viticulture: A research overview. *Am J Enol Vitic* 59: 117–127
- Vannier A, Brun OX, Feinberg MH (1999) Application of sensory analysis to champagne wine characterisation and discrimination. *Food Qual Prefer* 10: 101–107
- Volschenk H, Van Vuuren HJJ, Viljoen-Bloom M (2006) Malic acid in wine: Origin, function and metabolism during vinification
- Williams LE (2012) Interaction of applied water amounts and leaf removal in the fruiting zone on grapevine water relations and productivity of Merlot. *Irrig Sci* 30: 363–375. <https://doi.org/10.1007/s00271-012-0355-z>
- Wilson B, Strauss CR, Williams PJ (1984) Changes in free and glycosidically bound

monoterpenes in developing Muscat grapes. *J Agric Food Chem* 32: 919–924

Zarrouk O, Francisco R, Pinto-Marijuan M, et al (2012) Impact of irrigation regime on berry development and flavonoids composition in Aragonez (Syn. Tempranillo) grapevine. *Agric Water Manag* 114: 18–29

דרורי א, נצר י, אריאל ע הע בחינת השפעת שיטות זמירה שונות המותאמות לשמירת שמיטה כהלכתה בכרמי ענבי יין על יבול השמיטה ואיכותו. 386–373

המועצה לגפן היין בישראל (2019) דוח בציר ארצי 2019

המועצה לגפן היין בישראל (2018) דוח בציר ארצי 2018 .2018

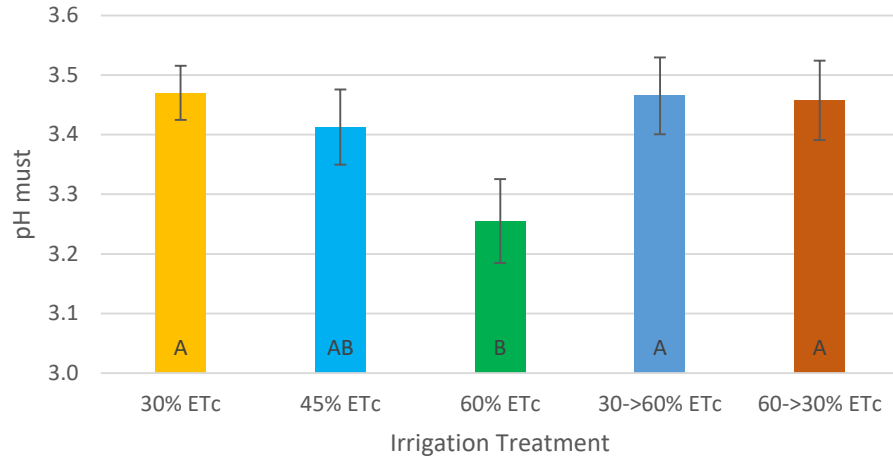
טופס טעימה: יין שולחני- לבן

תאריך
טועם

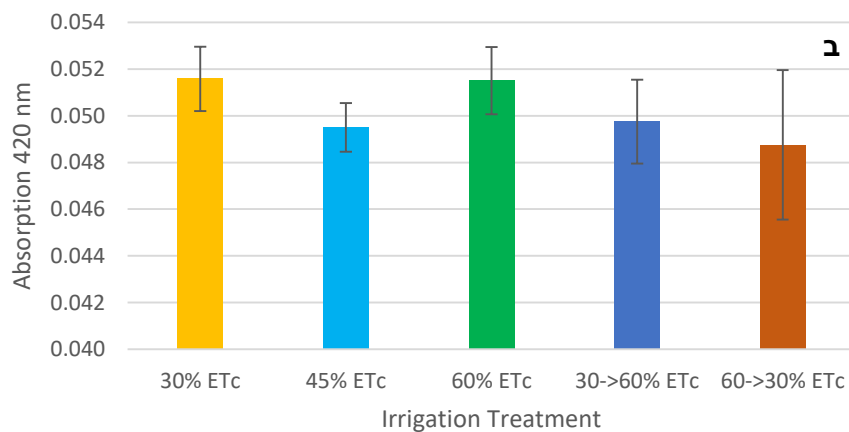
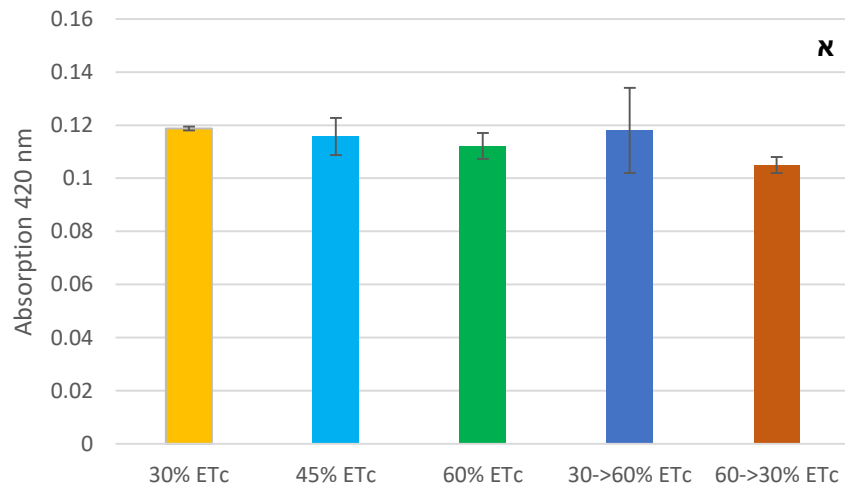
		מספר דוגמא: _____					הערות
		100	86	72	56	42	
מראה	צלילות	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	
	צבע-גוון	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	
ריח	ריכוזיות (עוז)	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 2	
	מקוריות	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	
	איכות	<input type="checkbox"/> 19	<input type="checkbox"/> 16	<input type="checkbox"/> 13	<input type="checkbox"/> 11	<input type="checkbox"/> 8	
טעם	ריכוזיות	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 2	
	מקוריות	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	
	איכות	<input type="checkbox"/> 22	<input type="checkbox"/> 20	<input type="checkbox"/> 18	<input type="checkbox"/> 16	<input type="checkbox"/> 13	
	שיריות	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	
הערכה כללית		<input type="checkbox"/> 11	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 7	
סה"כ							

		מספר דוגמא: _____					הערות
		100	86	72	56	42	
מראה	צלילות	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	
	צבע-גוון	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	
ריח	ריכוזיות (עוז)	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 2	
	מקוריות	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	
	איכות	<input type="checkbox"/> 19	<input type="checkbox"/> 16	<input type="checkbox"/> 13	<input type="checkbox"/> 11	<input type="checkbox"/> 8	
טעם	ריכוזיות	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 2	
	מקוריות	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	
	איכות	<input type="checkbox"/> 22	<input type="checkbox"/> 20	<input type="checkbox"/> 18	<input type="checkbox"/> 16	<input type="checkbox"/> 13	
	שיריות	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	
הערכה כללית		<input type="checkbox"/> 11	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 7	
סה"כ							

נספח מס' 1. טופס טעימות ליין לבן על פי שיטת ארגון היין העולמי, OIV(Netzer et al. 2022).



נספח מס' 2. רמת pH בתירוש כתלות בטיפולי ההשקיה השונים לאחר בציר של סוביניון בלאן, מירב 2021. כל עמודה מייצגת ממוצע של חזרות ביולוגיות באותו טיפול, קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן של הממוצעים. אותיות שונות באנגלית מציינות מובהקות סטטיסטית ע"פ מבחן T-test ברמת מובהקות של $p < 0.05$.



נספח מס' 3. צפיפות צבע היין (Color density) בינות סוביניון בלאן מירב מהשנים 2019, 2021, כתלות בטיפולי ההשקיה השונים. צפיפות הצבע נמדדה על פי ערך הבליעה במכשיר ספקטרופוטומטר באורך גל של 420 nm. כל עמודה מייצגת ממוצע של חזרות ביולוגיות באותו טיפול, קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן של הממוצעים. **א** ניסוי 2019. **ב** ניסוי 2021.

נספח מס' 4. טבלת השפעת משטר ההשקיה על חומצות נדיפות ביין (VA) ועל חומצה מאלית (Malic Acid) בניתוח דו גורמי של השנים 2019 ו-2021.

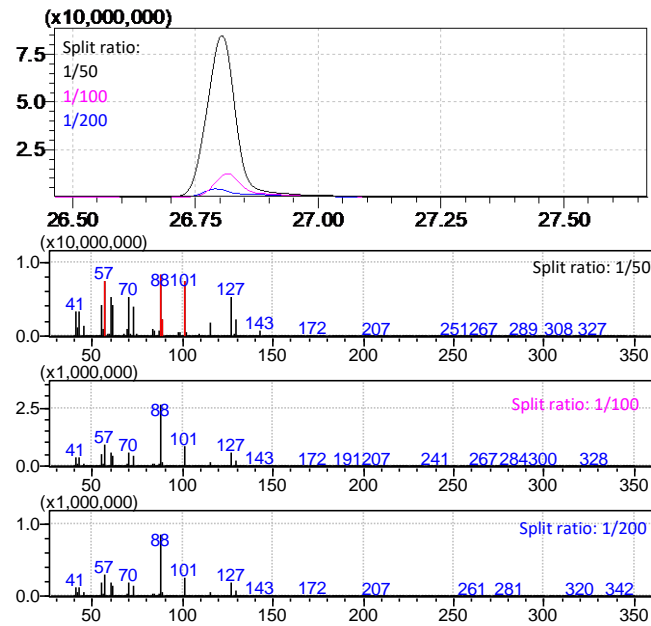
Treatment	VA	Malic acid
30% ET _c	0.342 b	1.627 b
45% ET _c	0.364 ab	2.095 ab
60% ET _c	0.39 a	2.621 a
30->60% ET _c	0.367 ab	1.811 b
60->30% ET _c	0.338 b	2.014 b
Year		
2019	0.345 b	1.594 b
2021	0.375 a	2.473 a
P-value		
Treatment	0.0108	0.0003
Block	0.9893	0.1626
Year	0.0043	<0.0001

נספח מס' 5א. טבלת הסתברות המתאמים של יין סוביניון בלאן קיבוץ מירב 2019, הכוללת את מדדי השדה ומדדי היין והצבע.

	irrigation	Cluster weight	Berry weight	LAI stage 2	LAI stage 3	SWP stage 2	SWP stage 3	GlucFruc	TA	pH	Ethanol	Malic Acid	VA	TP	CD
irrigation	<.0001	0.1438	0.0053	0.0063	<.0001	0.0437	0.0171	0.0094	0.2653	0.8391	0.4021	0.0982	0.0109	0.9224	0.7479
Cluster weight	0.1438	<.0001	0.1051	0.1450	0.1325	0.1436	0.3838	0.4333	0.4653	0.1075	0.6894	0.8500	0.4581	0.3069	0.3211
Berry weight	0.0053	0.1051	<.0001	0.0247	0.0253	0.0553	0.4002	0.2560	0.1951	0.4708	0.3732	0.0104	0.1739	0.1760	0.0395
LAI stage 2	0.0063	0.1450	0.0247	<.0001	<.0001	0.6300	0.5624	0.0317	0.1598	0.7840	0.4403	0.2044	0.2843	0.9663	0.9143
LAI stage 3	<.0001	0.1325	0.0253	<.0001	<.0001	0.2216	0.1868	0.0084	0.1194	0.9412	0.5954	0.1661	0.0857	0.7242	0.9314
SWP stage 2	0.0437	0.1436	0.0553	0.6300	0.2216	<.0001	0.3830	0.4324	0.0166	0.1501	0.5436	0.0205	0.3636	0.6207	0.3525
SWP stage 3	0.0171	0.3838	0.4002	0.5624	0.1868	0.3830	<.0001	0.4996	0.8416	0.1924	0.1071	0.2916	<.0001	0.2771	0.9748
GlucFruc	0.0094	0.4333	0.2560	0.0317	0.0084	0.4324	0.4996	<.0001	0.8314	0.4431	0.7182	0.8495	0.2384	0.2994	0.7590
TA	0.2653	0.4653	0.1951	0.1598	0.1194	0.0166	0.8416	0.8314	<.0001	0.0443	0.8134	0.0018	0.8670	0.1957	0.3104
pH	0.8391	0.1075	0.4708	0.7840	0.9412	0.1501	0.1924	0.4431	0.0443	<.0001	0.1403	0.7956	0.0678	0.5709	0.6828
Ethanol	0.4021	0.6894	0.3732	0.4403	0.5954	0.5436	0.1071	0.7182	0.8134	0.1403	<.0001	0.4495	0.0101	0.3306	0.5381
Malic Acid	0.0982	0.8500	0.0104	0.2044	0.1661	0.0205	0.2916	0.8495	0.0018	0.7956	0.4495	<.0001	0.1476	0.0820	0.0096
VA	0.0109	0.4581	0.1739	0.2843	0.0857	0.3636	<.0001	0.2384	0.8670	0.0678	0.0101	0.1476	<.0001	0.2949	0.6746
TP	0.9224	0.3069	0.1760	0.9663	0.7242	0.6207	0.2771	0.2994	0.1957	0.5709	0.3306	0.0820	0.2949	<.0001	0.0024
CD	0.7479	0.3211	0.0395	0.9143	0.9314	0.3525	0.9748	0.7590	0.3104	0.6828	0.5381	0.0096	0.6746	0.0024	<.0001

נספח מס' 5ב. טבלת הסתברות המתאמים של יין סוביניון בלאן קיבוץ מירב 2021, הכוללת את מדדי השדה ומדדי היין והצבע.

	Irrigation	Cluster weight	Berry weight	LAI stage 2	LAI stage 3	SWP stage 2	SWP stage 3	GlucFruc	TA	pH	Ethanol	Malic Acid	VA	TP	CD
Irrigation	<.0001	0.0180	0.0721	0.0002	<.0001	<.0001	<.0001	0.8176	0.1036	0.8196	0.6421	<.0001	0.0195	0.0613	0.7546
Cluster weight	0.0180	<.0001	0.4373	0.0924	0.0139	0.0450	0.0081	0.0152	0.2665	0.0207	0.0002	0.5683	0.0008	0.0005	0.6526
Berry weight	0.0721	0.4373	<.0001	0.0127	0.0928	0.0061	0.0305	0.8393	0.4139	0.8249	0.9297	0.0574	0.9704	0.9827	0.6104
LAI stage 2	0.0002	0.0924	0.0127	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.8913	0.1928	0.9272	0.4972	0.0006	0.3948	0.3586	0.6757
LAI stage 3	<.0001	0.0139	0.0928	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.9056	0.1672	0.8877	0.3590	<.0001	0.0299	0.0615	0.8881
SWP stage 2	<.0001	0.0450	0.0061	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.8183	0.1535	0.9261	0.3795	0.0002	0.1580	0.1907	0.7666
SWP stage 3	<.0001	0.0081	0.0305	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.8608	0.1994	0.8611	0.2861	<.0001	0.0602	0.0803	0.9574
GlucFruc	0.8176	0.0152	0.8393	0.8913	0.9056	0.8183	0.8608	<.0001	0.0527	0.0172	0.0080	0.2542	0.0424	0.0022	0.1422
TA	0.1036	0.2665	0.4139	0.1928	0.1672	0.1535	0.1994	0.0527	<.0001	0.0067	0.0541	0.0143	0.6738	0.2169	0.4449
pH	0.8196	0.0207	0.8249	0.9272	0.8877	0.9261	0.8611	0.0172	0.0067	<.0001	0.0012	0.0875	0.0289	0.0045	0.0682
Ethanol	0.6421	0.0002	0.9297	0.4972	0.3590	0.3795	0.2861	0.0080	0.0541	0.0012	<.0001	0.2490	0.0239	0.0002	0.2337
Malic Acid	<.0001	0.5683	0.0574	0.0006	<.0001	0.0002	<.0001	0.2542	0.0143	0.0875	0.2490	<.0001	0.6407	0.9696	0.5621
VA	0.0195	0.0008	0.9704	0.3948	0.0299	0.1580	0.0602	0.0424	0.6738	0.0289	0.0239	0.6407	<.0001	0.0003	0.1891
TP	0.0613	0.0005	0.9827	0.3586	0.0615	0.1907	0.0803	0.0022	0.2169	0.0045	0.0002	0.9696	0.0003	<.0001	0.0928
CD	0.7546	0.6526	0.6104	0.6757	0.8881	0.7666	0.9574	0.1422	0.4449	0.0682	0.2337	0.5621	0.1891	0.0928	<.0001



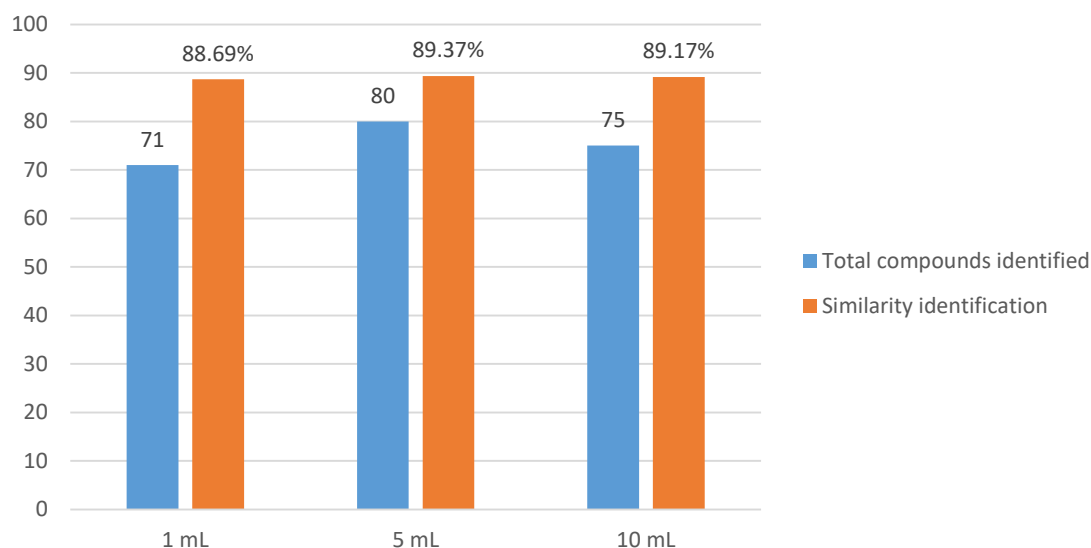
נספח מס' 6. במלבן העליון רואים את פלט ה-GCMS בעל שלוש הכרומטוגרמות: ספליט נמוך, ביחס של 1/50 (שחור); ספליט בינוני, יחס של 1/100 (ורוד); ספליט גבוה, יחס של 1/200 (כחול). בשלושת המלבנים הנוספים אנו רואים את הפלט של שברי המולקולות שנמצאות בכל אחת מהכרומטוגרמות השונות, בנקודת השיא במוצגת במלבן העליון. כאשר מופיעים פסים בצבע אדום זה מעיד על רוויה של אותו שבר מולקולה באותה נקודה.

נספח מס' 7. טבלת חומרי הארומה שנמדדו ביניו הניסוי לפי קבוצותיהם, עם פירוט המשקל המולרי, מספר הזיהוי, זמן היציאה בתוכנית ההרצה של הניסוי, והשטחים הממוצעים המנורמלים לפי שנים וממוצע בין השנים של כל חומר.

group	Compound Name	Mw	CAS Number	Rt. Time	Area Mean 2021	Area Mean 2019	Total Area Mean
acetate	Isoamyl acetate	130.18698	123-92-2	17.86	6.1711	0.5013	3.3362
acid	Acetic acid	60.05228	64-19-7	8.96	0.5629	0.5980	0.5804
	Decanoic acid	172.2678	334-48-5	29.52	4.0667	0.7310	2.3989
	Hexanoic acid	116.16004	142-62-1	22.73	2.2409	1.6507	1.9458
	Octanoic acid	144.21392	124-07-2	26.57	7.0838	3.9603	5.5221
alcohol	1-Hexanol	102.17678	111-27-3	18.44	0.4502	0.4992	0.4747
	1-Octanol	130.23066	111-87-5	24.09	0.0420	0.0649	0.0534
	1-Pentanol, 3-methyl-	102.17678	589-35-5	17.56	0.0229	0.0202	0.0216
	2-Ethylhexanol	130.23066	104-76-7	23.17	0.0644	0.0729	0.0687
	Ethyl 3-hydroxyoctadecanoate	328.5298	65144-03-8	28.82	0.0080	0.0082	0.0081
	Phenylethyl Alcohol	122.1669	60-12-8	25.60	4.1110	3.7244	3.9177
aldehyde	2-Propenal, 3-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	178.2707	4951-40-0	26.11	0.0040	0.0444	0.0242
	4-Pentylbenzaldehyde	176.25	6853-57-2	30.88	0.0054	0.0140	0.0097
	Acetaldehyde, phenyl-	120.15096	122-78-1	23.96	0.0215	0.0251	0.0233

	Furfural	96.08528	98-01-1	17.50	0.0068	0.1428	0.0748
	Nonanal	142.24166	124-19-6	24.72	0.0183	0.0252	0.0218
	Octanal	128.21472	124-13-0	22.41	0.0009	0.0020	0.0015
alkane	Heptadecane	240.47392	629-78-7	30.33	0.0111	0.0059	0.0085
alkene	1-Pentadecene	210.4041	13360-61-7	28.90	0.0242	0.0224	0.0233
amide	Benzoylthiocarbimide	163.196	532-55-8	13.75	1.8519	1.7266	1.7892
amine	Allylamine	57.09579	107-11-9	13.26	3.2647	5.5068	4.3857
	Diethanolamine	105.13707	111-42-2	8.60	0.0432	0.0847	0.0640
benzene	Ethyl phenylacetate	164.20404	101-97-3	27.39	0.0138	0.0419	0.0278
ester	2-methylbutyric acid	102.1331	116-53-0	18.84	0.0358	0.0393	0.0376
	2-Pentyl octanoate	214.34862	55193-30-1	22.16	5.5068	3.0533	4.2801
	Acetic acid, 2-phenylethyl ester	164.20404	103-45-7	27.63	1.7515	0.1592	0.9553
	allyl valerate	142.19798	6321-45-5	26.34	nd	0.0015	0.0015
	Butanoic acid	88.10616	107-92-6	16.50	0.0655	0.0709	0.0682
	Butyl propionate	130.18698	590-01-2	17.01	0.0434	0.0416	0.0425
	Decyl decanoate	312.5372	1654-86-0	34.52	0.0184	0.0159	0.0171
	Diethyl malate	190.19558	7554-12-3	28.09	0.0428	0.2338	0.1383
	Diethyl succinate	174.19638	123-25-1	26.18	0.5332	3.5679	2.0505
	Ethyl methylpentanoate	4- 144.21392	25415-67-2	21.85	4.6493	3.3305	3.9899
	Ethyl 7-octenoate	170.25186	35194-38-8	26.00	0.0006	0.0011	0.0008
	Ethyl Butyrate	116.16004	105-54-4	14.68	0.5317	0.3945	0.4631
	Ethyl cyclohexanepropionate	184.2788	10094-36-7	23.60	nd	0.0032	0.0032
	Ethyl decanoate	200.32168	110-38-3	29.26	7.9892	2.9230	5.4561
	Ethyl docosanoate	368.6	5908-87-2	27.74	0.0536	0.0527	0.0531
	Ethyl furoate	140.13836	1335-40-6	23.81	0.0331	0.0962	0.0647
	Ethyl heptanoate	158.24086	106-30-9	24.17	0.0116	0.0092	0.0104
	Ethyl hydrogen succinate	146.1412	1070-34-4	26.93	0.1083	0.3842	0.2463
	Ethyl isobutyrate	116.16004	97-62-1	12.90	0.0216	0.0697	0.0456
	Ethyl isopentyl succinate	216.2772	28024-16-0	30.08	0.0349	0.1473	0.0911
	Ethyl isovalerate	130.18698	108-64-5	16.83	0.0253	0.0935	0.0594
	Ethyl palmitate	284.48332	628-97-7	33.85	0.1388	0.0618	0.1003
	Ethyl propionate	102.1331	105-37-3	16.69	0.2179	0.0443	0.1311
	Ethyl tetradecanoate	256.42944	124-06-1	35.65	0.0790	0.0170	0.0480
	Ethyl undecanoate	214.34862	627-90-7	27.29	nd	0.0045	0.0045
	Hexyl acetate	144.21392	142-92-7	22.27	0.5765	0.0170	0.2968
	Isoamyl decanoate	242.4025	2306-91-4	32.83	0.1438	0.0102	0.0770
	Isobutyl hexanoate	172.2678	105-79-3	25.27	0.0040	0.0033	0.0037
	Isobutyl octanoate	200.32168	5461-6-3	28.57	0.0126	0.0064	0.0095
	Isopentyl hexanoate	186.29474	2198-61-0	27.04	0.0965	0.0443	0.0704
	Isovaleric acid	102.1331	503-74-2	18.61	0.0900	0.1083	0.0992
	Kodaflex txib	286.4119	6846-50-0	32.56	0.0730	0.0497	0.0613
	Methyl decanoate	186.29474	110-42-9	28.22	0.0363	0.0042	0.0203
ketone	4-Hydroxy-2-butanone	88.10616	590-90-9	6.92	1.3031	1.8100	1.5566
	1,3-Cyclohexanedione	112.12816	504-02-9	23.27	0.0100	0.0104	0.0102
	3-Heptanone, 2-methyl-	128.21472	13019-20-0	25.52	nd	0.0024	0.0024

Norisoprenoids	beta-Damascenone	190.28566	23696-85-7	29.76	0.0050	0.0286	0.0168
	beta-Ionone	192.3016	14901-07-6	27.86	0.0062	0.0275	0.0168
other	2-Amino-6-methylbenzoic acid	151.1626	4389-50-8	21.44	0.2387	0.2600	0.2493
	Aminoacetaldehyde dimethyl acetal	105.14	22483-09-6	16.10	0.0194	0.0494	0.0344
	Amyl chloride	106.59	543-59-9	13.17	15.6490	13.9471	14.7980
	Diethoxydimethylsilane	148.28	78-62-6	12.50	0.2255	0.1831	0.2043
	Fluorotrimethylsilane	92.1875	420-56-4	14.03	2.1390	0.1317	1.1353
	Hotrienol	152.23672	20053-88-7	24.84	0.0136	0.0083	0.0109
	Imidazole, 1,4,5-trimethyl-	110.16	20185-22-2	22.04	0.0005	0.0051	0.0028
	Isobutyroin	144.21	815-77-0	11.33	0.0556	0.1112	0.0834
phenol	2,4-Di-tert-butylphenol	206.32854	96-76-4	31.58	nd	nd	nd
phenylpropane	2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol	220.35548	128-37-0	31.13	0.3091	0.1114	0.2103
purine nucleosides	Guanosine	283.24	118-00-3	25.35	0.0116	0.0103	0.0110
terpene	2,6-Di-tert-butylbenzoquinone	220.31	719-22-2	30.94	0.0029	0.0024	0.0026
	alpha-terpineol	154.25266	98-55-5	26.65	0.0388	0.0246	0.0317
	epi-gamma-Eudesmol	222.3663	15051-81-7	33.62	nd	nd	nd
	Linalool	154.25266	78-70-6	24.63	0.0212	0.0101	0.0156
	Nerol oxide	152.23672	1786-08-9	25.44	0.0040	0.0095	0.0068
	Thujopsene	204.35628	470-40-6	31.81	nd	0.0014	0.0014
	Widdrol	222.37142	6892-80-4	30.69	0.0034	0.0102	0.0068
	2,4-Diisopropylphenol	178.27	2934-5-6	29.90	0.0100	0.0697	0.0398
	Citronellyl myristate	366.6	3681-72-9	28.29	0.0008	0.0039	0.0023



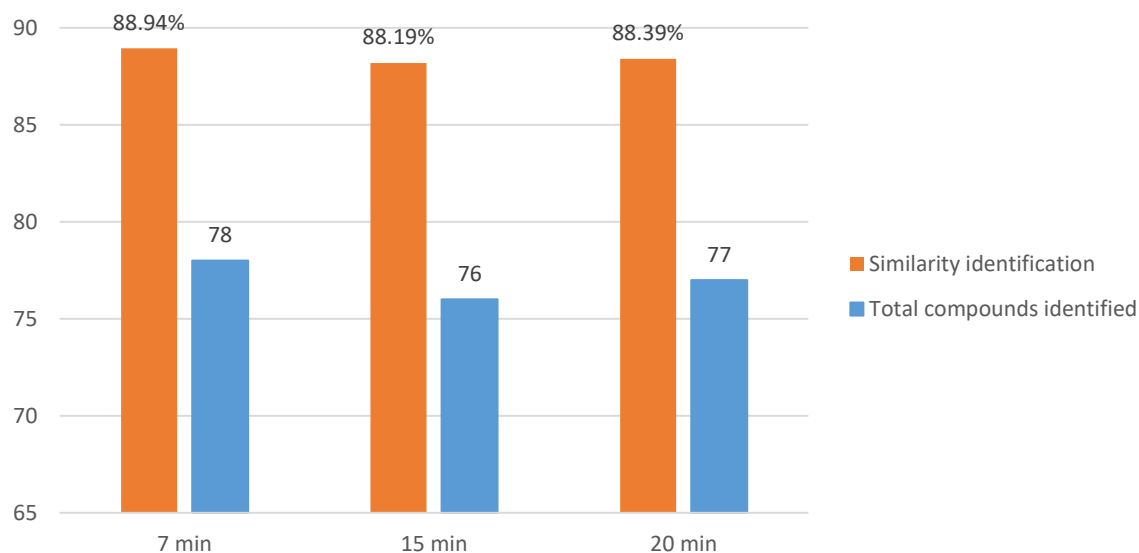
נספח מס' 8. השוואה בין הרצות בעלות נפח דוגמת יין שונה- 1 מ"ל יין, 5 מ"ל יין ו-10 מ"ל יין לפי כמות חומרי הארומה שזוהו ואחוז הזיהוי הממוצע. עמודות כחולות – סכום מולקולות של חומרי הארומה שזוהו בכל הרצה, עמודות כתומות – ממוצע אחוז הדיוק בזיהוי המולקולות.

נספח מס' 9. טבלת השוואה של נפח יין שונה בדגימות וחומרי הארומות המזוהים בכל נפח. בניסוי הועמד טרפליקט (4 חזרות טכניות של אותה כמות נפח).

Aroma Compound Name	1 ml		5 ml		10 ml	
	SI	Normalized Area	SI	Normalized Area	SI	Normalized Area
1,3-Cyclohexanedione	83.5	0.07844	85.5	0.011842	77	0.003593
1-Hexanol	97.25	19.50362	97.25	2.560983	97	0.626393
1-Octanol	94.5	0.190482	93.75	0.046746	93.75	0.015257
1-Pentadecene	86.75	0.091564	89	0.010934	93.75	0.017935
1-Pentanol, 3-methyl-	92	0.276708	92.25	0.031972	91.5	0.007295
2,4-Diisopropylphenol	81.5	0.118064	92.25	0.044842	90	0.02289
2,4-Di-tert-butylphenol	71	2.809909	70.5	0.133053	72	0.022217
2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol	87.5	0.140722	93.75	0.067275	94	0.027244
2,6-Di-tert-butylbenzoquinone	n.d.		87.66	0.000814	89.75	0.001048
2-Amino-6-methylbenzoic acid	97.25	2.839798	95.5	0.285462	94.25	0.044874
2-Ethylhexanol	94.75	0.474508	93.25	0.052164	89.75	0.010986
2-methylbutyric acid	90.5	0.331231	89.5	0.031203	88.25	0.00684
2-Pentyl octanoate	75.75	2.096799	94.25	3.176829	92.25	1.893914
2-Propenal, 3-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	84.5	0.292754	91.25	0.029649	92	0.015572
3-Heptanone, 2-methyl-		n.d.		n.d.		n.d.
4-Hydroxy-2-butanone	96	4.517958	96.25	1.220989	95.25	0.564519
4-Pentylbenzaldehyde	82.75	0.063007	77.25	0.008471	72.25	0.00208
Acetaldehyde, phenyl-	88	0.194051	91.25	0.016512	90.25	0.004272
Acetic acid	97.25	6.882513	97.25	0.726814	96.5	0.107435

Acetic acid, 2-phenylethyl ester	96.25	18.69739	96	2.315786	96.75	0.744826
allyl valerate		n.d.		n.d.		n.d.
Allylamine	98	3.56256	72	8.126267		n.d.
alpha-terpineol	78	0.208548	89.5	0.024106		n.d.
Aminoacetaldehyde dimethyl acetal	96.25	0.711536	96	0.055855	96.25	0.012231
Amyl chloride	95.25	197.9107	95.75	18.99469	95.5	4.418721
Benzoylthiocarbimide	95.5	18.97378	96	1.510128	95.5	0.357975
beta-Damascenone		n.d.	71.33	0.007984		n.d.
beta-Ionone	93	0.110572	89.5	0.035186	87	0.02733
Butanoic acid	97	1.627022	97	0.141951	96.25	0.031769
Butyl propionate	96.5	0.698371	97.25	0.050085	96.75	0.008668
Citronellyl myristate	83.5	0.095069	81.25	0.014717	78.25	0.005133
Decanoic acid	91.5	67.09931	91.75	7.06539	90.5	1.542592
Decyl decanoate	93.5	0.23549	94.75	0.02401	95.75	0.003868
Diethanolamine	90.5	0.711436	92.25	0.081562	88	0.024173
Diethoxydimethylsilane	97.25	2.65099	97	0.214335	97	0.051893
Diethyl malate	95	0.857965	94.25	0.081771	89	0.015542
Diethyl succinate 1	76	8.6047	75	0.73873		n.d.
Diethyl succinate 2	77.25	0.034158	77.75	0.003754	78.5	0.001249
Diethyl succinate 3	82.25	0.318529	83.25	0.033817	83.75	0.013137
epi-gamma-Eudesmol		n.d.		n.d.		n.d.
Ethyl 3-hydroxyoctadecanoate	83.5	0.100487	83.5	0.009078	81	0.002721
Ethyl 4-methylpentanoate	85	0.575918	93.5	2.277224	92.75	1.601665
Ethyl 7-octenoate		n.d.		n.d.		n.d.
Ethyl Butyrate	93.5	0.057395	95.5	0.322179	95.75	0.27839
Ethyl cyclohexanepropionate		n.d.		n.d.		n.d.
Ethyl decanoate 1	83	9.709703	93	4.879545	87.25	1.775688
Ethyl decanoate 2	97	1.07206	97	0.31175	97	0.162188
Ethyl docosanoate	78.25	0.011215	87.75	0.012124	89	0.016186
Ethyl furoate	90.5	0.237656	93	0.026627	90.75	0.007162
Ethyl heptanoate		n.d.	84.66	0.002549	90	0.004843
Ethyl hydrogen succinate	85.5	0.677465	83.75	0.070894	86	0.011925
Ethyl isobutyrate		n.d.	91	0.013292	95	0.013028
Ethyl isopentyl succinate	92.25	0.318529	93.5	0.033817	86.75	0.013137
Ethyl isovalerate		n.d.	92.75	0.008609	88.5	0.01126
Ethyl palmitate	81.33	0.630851	81.66	0.037549	80.66	0.012273
Ethyl phenylacetate	84.5	0.266299	92	0.0386	89.25	0.013041
Ethyl propionate 1	90	0.014038	93.25	0.043829	90.75	0.025061
Ethyl propionate 2	90.75	2.099874	90.5	0.161193	94.75	0.035409
Ethyl tetradecanoate	85.75	0.057351	85	0.007412	87.75	0.003237
Ethyl undecanoate		n.d.	77	0.001009	79.75	0.002056
Fluorotrimethylsilane 1	98	27.01547	98	2.194402	98	0.473773
Fluorotrimethylsilane 2	85.33	0.263697	91.5	0.004882		n.d.
Furfural	98	1.108668	97.25	0.101245	96.25	0.024456
Guanosine	88.33	0.095223	81.5	0.013765	75	0.003639
Heptadecane 1	88.5	0.059928	81.33	0.003517	88.5	0.002339
Heptadecane 2	79	0.022257	82.5	0.002287	84	0.001381

Hexanoic acid	97.25	53.80461	97	5.011025	97.5	1.286347
Hexyl acetate	89.25	0.131319	95.5	0.6839	94	0.797469
Hotrienol	80.75	0.213195	78	0.025176	74.5	0.006898
Imidazole, 1,4,5-trimethyl-		n.d.		n.d.	70.66	0.000599
Isoamyl acetate	94	0.654205	95.25	3.27836	95.33	2.540806
Isoamyl decanoate	87.25	0.262998	90.25	0.055961	91	0.028098
Isobutyl hexanoate		n.d.	83	0.003114	80.25	0.004429
Isobutyl octanoate		n.d.	90	0.007707	90.25	0.010213
Isobutyroin	70.5	0.008281		n.d.		n.d.
Isopentyl hexanoate		n.d.	90.25	0.044477	91	0.072743
Isovaleric acid	93.75	0.858528	93.25	0.078905	90.5	0.017887
Kodaflex txib	93	1.380807	95.25	0.131178	95.5	0.043903
Linalool	92.75	0.161921	94.25	0.052863	93.5	0.021781
Methyl decanoate		n.d.	87.25	0.021479	87.5	0.027269
Methyl salicylate	75.75	0.03255	73.75	0.006152	73.5	0.001271
Nerol oxide	81	0.002151	88	0.00965	87	0.006543
Nonanal	92.75	0.169795	84	0.013815		n.d.
Octanal	81.5	0.01431		n.d.		n.d.
Octanoic acid	92.25	140.7878	92.75	13.00253	92	3.354551
Phenylethyl Alcohol	94.75	45.3514	94.5	4.420763	95.5	1.057336
Thujopsene		n.d.	80.25	0.001462	81.75	0.000636
Widdrol	89	0.033868	91.25	0.009174	87.75	0.005069



נספח מס' 10. השוואה בין הרצות בעלות זמן שהייה שונה של הסיב בתוך הדוגמא- 7 דקות, 15 דקות ו-20 דקות, כמות חומרי הארומה שזוהו ואחוז הזיהוי הממוצע. עמודות כחולות – סכום מולקולות של חומרי הארומה שזוהו בכל הרצה, עמודות כתומות – ממוצע אחוז הדיוק בזיהוי המולקולות.

נספח מס' 11א. טבלת חומרי הארומה שנמצאו עם הבדלים מובהקים סטטיסטית בין טיפולי ההשקיה ביין סוביניון בלאן מירב 2019. המסומנים באדום אלו ממוצעי השטחים הגבוהים ביותר באופן מובהק עבור כל חומר בנפרד.

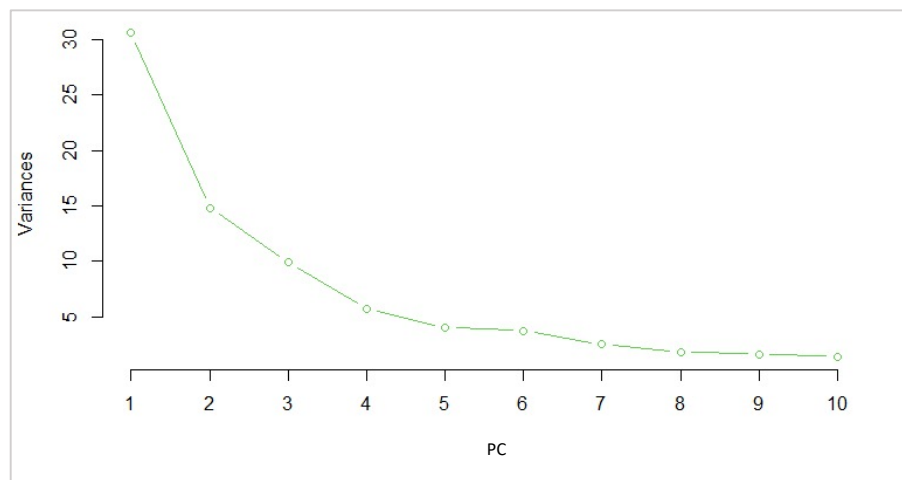
Name	ארומות	ממוצעי שטחי הטיפולים עם אותיות מובהקות									
		30% ET _c		45% ET _c		60% ET _c		30->60% ET _c		60->30% ET _c	
Hexanoic acid	Unpleasant copra oil odor	2.476	A	1.690	AB	1.282	B	1.765	AB	1.303	B
Octanoic acid	Light fruity acid odor	5.675	A	4.154	AB	3.220	B	4.172	AB	3.087	B
Nonanal	Rose odor	0.038	A	0.025	B	0.023	B	0.021	B	0.023	B
Butanoic acid	Green, fruity, estry and vegetative with a waxy nuance	0.092	A	0.067	AB	0.067	AB	0.067	AB	0.065	B
Ethyl 4-methylpentanoate	fruity	4.430	A	3.172	AB	2.827	B	3.376	AB	3.267	AB
Ethyl 7-octenoate		0.001	B	0.000	C	0.001	BC	0.002	A	0.001	BC
Ethyl furoate	is a plum tasting compound	0.133	A	0.096	AB	0.081	AB	0.112	AB	0.072	B
Ethyl isobutyrate	Sweet, rubber	0.077	AB	0.063	AB	0.054	B	0.073	AB	0.086	A
Kodaflex txib	is a potentially toxic compound	0.068	A	0.049	AB	0.045	B	0.045	B	0.047	AB
1,3-Cyclohexanedione	characteristic odor	0.014	A	0.010	AB	0.010	AB	0.011	AB	0.008	B
Aminoacetaldehyde dimethyl acetal		0.059	A	0.055	AB	0.049	AB	0.040	B	0.049	AB
Nerol oxide	Green, vegetative, floral with a minty undertone and weedy cortex herbal diphenyl oxide narcissus celery	0.017	A	0.009	B	0.007	B	0.010	AB	0.007	B

נספח מס' 11ב. טבלת חומרי הארומה שנמצאו עם הבדלים מובהקים סטטיסטית בין טיפולי ההשקיה ביין סוביניון בלאן מירב 2021. המסומנים באדום אלו ממוצעי השטחים הגבוהים ביותר באופן מובהק עבור כל חומר בנפרד.

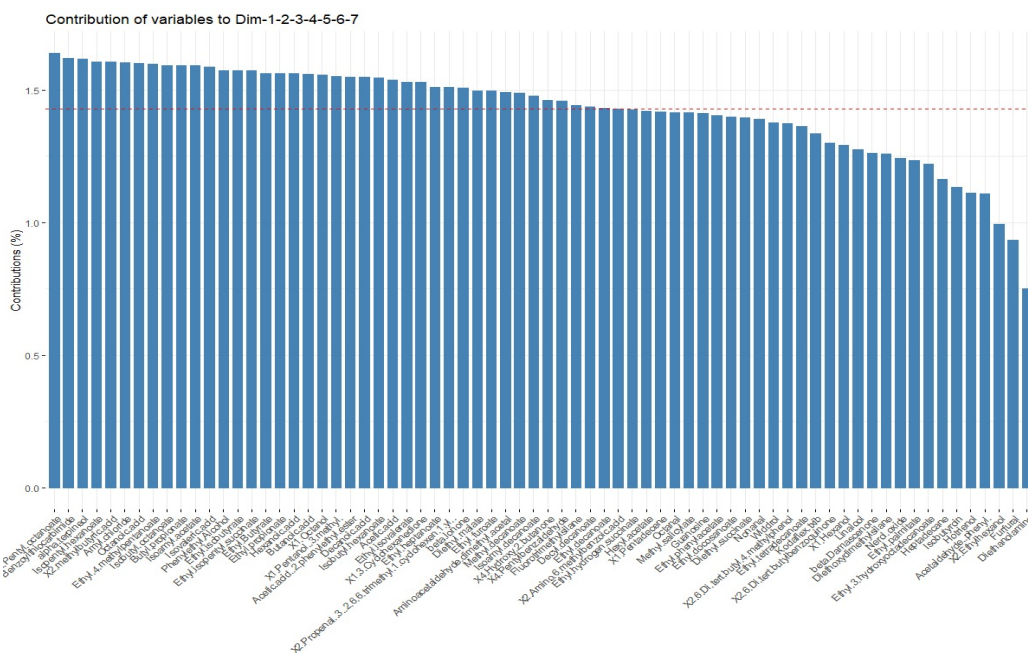
Name	ארומות	ממוצעי הטיפולים עם אותיות מובהקות									
		30% ET _c		45% ET _c		60% ET _c		30->60% ET _c		60->30% ET _c	
Acetic acid	Strong smell, VA, vinegar	0.48	B	0.61	A	0.91	A	0.57	B	0.38	B
Hexanoic acid	Unpleasant copra oil odor	2.12	B	2.21	A	2.53	A	2.36	A	2.12	B

Benzoylthiocarbimide		2.05 4	A B	1.82 9	A B	2.32 5	A	1.88 5	A B	1.60 4	B
Diethanolamine	Slight rotten fish or ammonia odor	0.03 8	B	0.06 2	A	0.03 4	B	0.03 2	B	0.03 5	B
Butanoic acid	Green, fruity, estry and vegetative with a waxy nuance	0.06 3	B	0.06 4	A B	0.07 6	A	0.06 9	A B	0.06 1	B
Butyl propionate	Sweet, estry, banana, ripe, tufti-frutti, bright, lifting, cherry and rum-like	0.03 6	B	0.04 9	A B	0.07 4	A	0.04 3	A B	0.03 1	B
Decyl decanoate	low	0.01 8	A B	0.01 7	A B	0.02 3	A	0.02 0	A B	0.01 6	B
Ethyl 4-methylpentanoate	fruity	5.10 4	A B	4.91 3	A B	5.66 9	A	4.58 5	A B	4.07 2	B
Ethyl propionate	strong, fruity and ethereal, like banana and pineapple, Rum, Butterscotch, grape, winey and fermented with an egg nuance	0.15 6	B	0.19 4	A B	0.27 7	A	0.17 5	A B	0.12 9	A B
Ethyl tetradecanoate	sweet waxy violet orris	0.07 5	A B	0.06 5	A B	0.10 5	A	0.10 1	A	0.06 2	B
Isobutyl hexanoate	Sweet, estry, fruity pineapple, green apple, peach and tropical	0.00 3	B	0.00 5	A	0.00 5	A	0.00 4	A B	0.00 3	A B
4-Hydroxy-2-butanone		0.99 6	B	1.20 6	A B	1.80 6	A	1.67 0	A	1.04 2	B
2-Amino-6-methylbenzoic acid		0.23 7	B	0.22 8	B	0.32 7	A	0.23 6	B	0.21 0	B
Aminoacetaldehyde dimethyl acetal		0.01 7	B	0.02 0	A B	0.02 5	A	0.01 9	A B	0.01 7	B
Fluorotrimethylsilane		2.13 3	A B	2.00 2	A B	2.84 0	A	2.07 5	A B	1.82 3	B
Hotrienol	sweet tropical ocimene fennel ginger myrcene	0.01 6	A	0.01 1	A B	0.01 3	A B	0.01 7	A	0.00 9	B
alpha-terpineol	Floral, sweet	0.04 3	A B	0.04 1	A B	0.04 6	A	0.03 9	A B	0.03 4	B

Linalool	Floral, Rose	0.02 2	A B	0.01 9	A B	0.02 2	A B	0.02 6	A	0.01 8	B
Nerol oxide	Green, vegetative, floral with a minty undernote and weedy cortex herbal diphenyl oxide narcissus celery	0.00 4	A B	0.00 3	A B	0.00 4	A B	0.00 5	A	0.00 3	B
Widdrol		0.00 4	A	0.00 3	A B	0.00 4	A	0.00 4	A B	0.00 3	B



נספח מס' 12. Screeplot - בו רואים את השונות המוסברת של כל PC של ניסוי היינות מירב 2019.



נספח מס' 13. חשיבות חומרי הארומה. גרף המראה את ההשפעה של כל ארומה על כלל החומרים הארומטיים ביין סוביניון בלאן מירב משנת 2021. קו המגמה המופיע מבטא את ממוצע ההשפעה.

בציר 2021

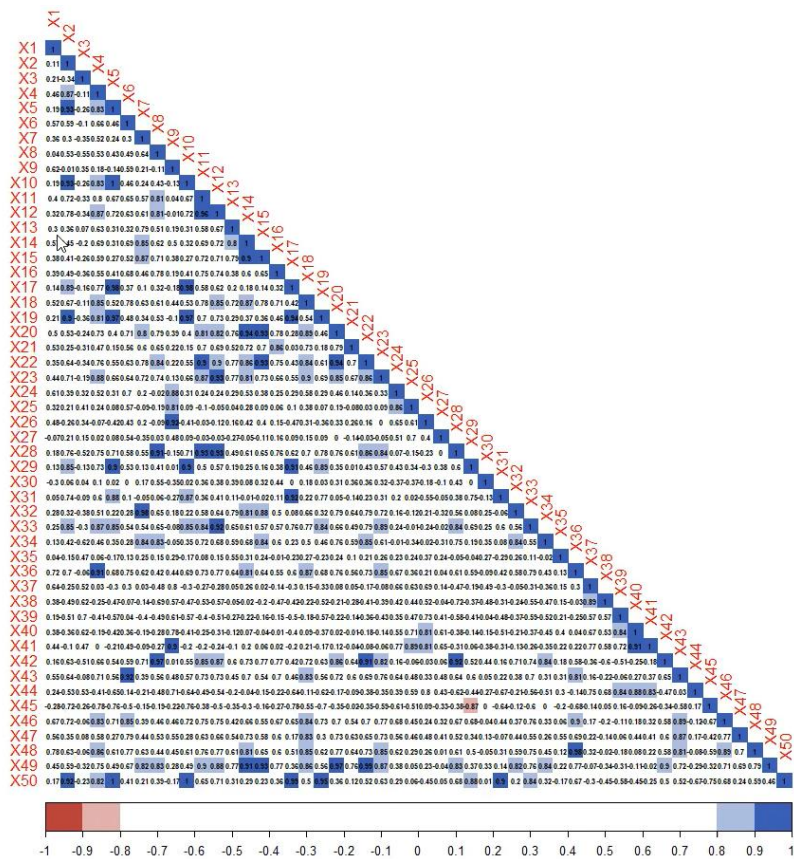
בציר 2019

קבוצה ארומטית	שם הארומה	מס'
ketone	1,3-Cyclohexanedione	1
alcohol	1-Octanol	2
alcohol	1-Pentanol, 3-methyl-	3
aldehyde	2-Propenal, 3-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	4
aldehyde and ketone	4-Hydroxy-2-butanone	5
aldehyde	4-Pentylbenzaldehyde	6
acid	Acetic acid	7
ester	Acetic acid, 2-phenylethyl ester	8
terpene	alpha-terpineol	9
other	Aminoacetaldehyde dimethyl acetal	10
Norisoprenoids	beta-Ionone	11
ester	Decyl decanoate	12
ester	Diethyl malate	13
ester	Ethyl Butyrate	14
ester	Ethyl decanoate	15
ester	Ethyl furoate	16
ester	Ethyl heptanoate	17
ester	Ethyl isobutyrate	18
ester	Ethyl isopentyl succinate	19
other	Fluorotrimethylsilane	20
ester	Isoamyl decanoate	21
ester	Isobutyl hexanoate	22
ester	Isobutyl octanoate	23
acid	Octanoic acid	24
alcohol	Phenylethyl Alcohol	25

קבוצה ארומטית	שם הארומה	מס'
ketone	1,3-Cyclohexanedione	1
alcohol	1-Hexanol	2
alkene	1-Pentadecene	3
ester	2-Pentyl octanoate	4
aldehyde	Acetaldehyde, phenyl-	5
acid	Acetic acid	6
terpene	alpha-terpineol	7
Norisoprenoids	beta-Damascenone	8
Norisoprenoids	beta-Ionone	9
ester	Butanoic acid	10
ester	Diethyl malate	11
ester	Diethyl succinate	12
ester	Ethyl 4-methylpentanoate	13
ester	Ethyl Butyrate	14
ester	Ethyl heptanoate	15
ester	Ethyl isopentyl succinate	16
ester	Ethyl palmitate	17
other	Fluorotrimethylsilane	18
purine nucleosides	Guanosine	19
alkane	Heptadecane	20
acid	Hexanoic acid	21
ester	Hexyl acetate	22
acetate	Isoamyl acetate	23
ester	Isoamyl decanoate	24
ester	Isobutyl octanoate	25
ester	Kodaflex txib	26
ester	Methyl decanoate	27
terpene	Nerol oxide	28
aldehyde	Nonanal	29
terpene	Widdrol	30

נספח מס' 15. אחוזי החומרים החשובים לפי קבוצות הארומות לפני ואחרי הניפוי (מבטא מי שכיח יותר בחשיבות ההשפעה שלו).

	אחוזי רשימת השמות המקורית	אחוזים אחרי ניפוי 2019	אחוזים אחרי ניפוי 2021
acetate	3.8	4	2.4
acid	5.1	6	9.8
alcohol	7.6	8	7.3
aldehyde and ketone	11.4	12	9.8
alkane	1.3	2	-
alkene	1.3	2	-
amide	1.3	2	2.4
amine	2.5	-	-
ester	39.2	40	53.7
Norisoprenoids	2.5	4	2.4
other	10.1	4	9.8
phenylpropane	1.3	-	-
purine nucleosides	1.3	2	-
terpene	10.1	12	2.4

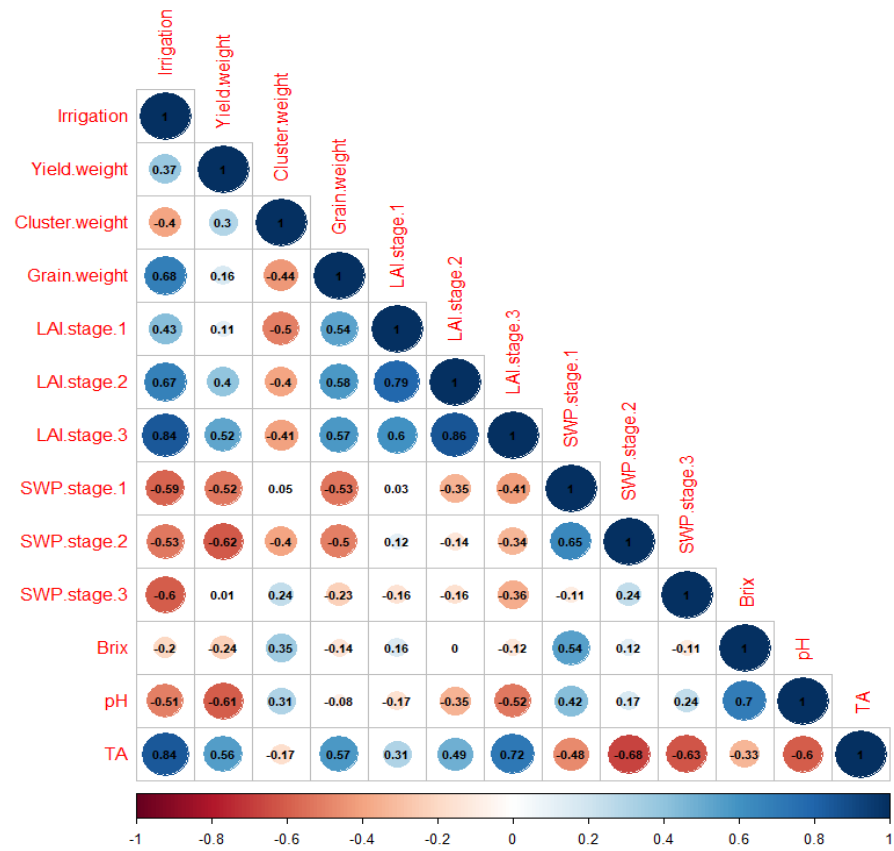


נספח מס' 16. מטריצת קורלציות של חומרי הארומה שנשארו לאחר הניפוי הראשון עבור היין סובייניון בלאן מירב. המספר בתוך הריבועים מציין את מקדם המתאם (פירוטון), צבע הריבועים מידע האם המתאם חיובי (כחול) או שלילי (אדום). שמות חומרי הארומה שונו לשמות לפי רשימה הלשם הנוחות – נספח 21.

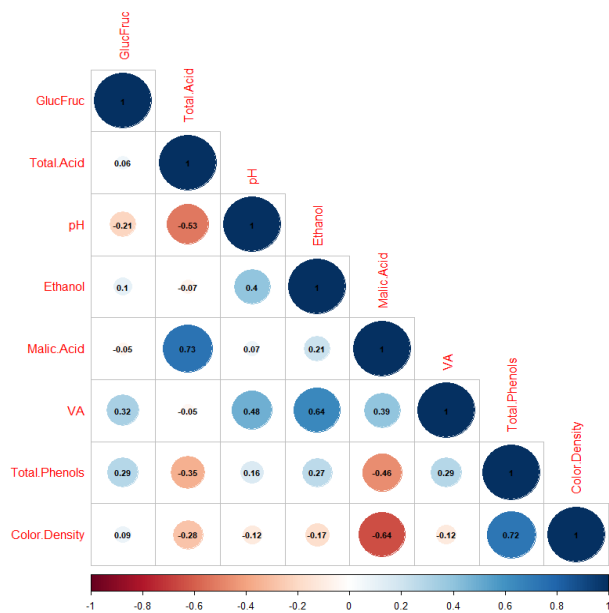
נספח מס' 17. ניפוי הזוגות שנמצאו במתאם גבוה במטריצת קורלציות (נספח 13) בין חומרי הארומה. רקע אדום - חומר שמיועד להורדה, רקע צהוב - חומר שמיועד להישאר להמשך הניתוח הארומטי.

Variable	by Variable	Correlation	Lower 95%	Upper 95%
2,4-Diisopropylphenol	1-Hexanol	0.9291	0.7953	0.9766
2-Propenal, 3-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	1-Hexanol	0.9307	0.7997	0.9771
2-Propenal, 3-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	2,4-Diisopropylphenol	0.9999	0.9998	1
Acetaldehyde, phenyl-	4-Pentylbenzaldehyde	0.9593	0.879	0.9867
Benzoylthiocarbimide	alpha-terpineol	0.9007	0.7212	0.9669
beta-Ionone	2,4-Diisopropylphenol	0.9836	0.9501	0.9947
beta-Ionone	2-Propenal, 3-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	0.9823	0.9461	0.9942
Citronellyl myristate	1-Hexanol	0.9047	0.7313	0.9682
Citronellyl myristate	2,4-Diisopropylphenol	0.9668	0.9006	0.9892
Citronellyl myristate	2-Propenal, 3-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	0.9681	0.9044	0.9896
Citronellyl myristate	beta-Ionone	0.9354	0.8125	0.9787
Decyl decanoate	alpha-terpineol	0.9426	0.8321	0.9811
Decyl decanoate	Benzoylthiocarbimide	0.9316	0.802	0.9774
Diethyl succinate	4-Pentylbenzaldehyde	0.9023	0.7253	0.9674
Diethyl succinate	Benzoylthiocarbimide	0.9263	0.7879	0.9756
Diethyl succinate	Decyl decanoate	0.943	0.8332	0.9812
Ethyl 3-hydroxyoctadecanoate	Acetaldehyde, phenyl-	0.9338	0.808	0.9781
Ethyl decanoate	2-Pentyl octanoate	0.9235	0.7803	0.9747
Ethyl isopentyl succinate	2-methylbutyric acid	0.9111	0.748	0.9704
Ethyl isopentyl succinate	4-Pentylbenzaldehyde	0.9257	0.7864	0.9754
Ethyl isopentyl succinate	Acetaldehyde, phenyl-	0.9302	0.7983	0.9769
Ethyl isovalerate	2,4-Diisopropylphenol	0.9029	0.7268	0.9676
Ethyl isovalerate	2-Propenal, 3-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	0.9046	0.7311	0.9682
Ethyl isovalerate	beta-Ionone	0.9052	0.7326	0.9684
Ethyl undecanoate	beta-Ionone	0.9242	0.7822	0.9749
Fluorotrimethylsilane	2-Amino-6-methylbenzoic acid	0.9771	0.9307	0.9926
Furfural	Acetaldehyde, phenyl-	0.9164	0.7618	0.9723
Hexanoic acid	1-Pentanol, 3-methyl-	0.9094	0.7435	0.9699
Isopentyl hexanoate	2-Pentyl octanoate	0.9014	0.723	0.9671
Isopentyl hexanoate	Isobutyl octanoate	0.9102	0.7456	0.9701
Isovaleric acid	2-methylbutyric acid	0.9747	0.9235	0.9918
Isovaleric acid	Diethyl succinate	0.9083	0.7406	0.9695
Isovaleric acid	Ethyl isopentyl succinate	0.9239	0.7814	0.9748
Kodaflex txib	2,6-Di-tert-butylbenzoquinone	0.9196	0.7703	0.9734
Octanoic acid	Hexanoic acid	0.9822	0.9458	0.9942
Phenylethyl Alcohol	alpha-terpineol	0.905	0.7322	0.9683
Phenylethyl Alcohol	Benzoylthiocarbimide	0.9345	0.81	0.9784
Phenylethyl Alcohol	Decyl decanoate	0.9665	0.8998	0.9891
Phenylethyl Alcohol	Diethyl succinate	0.9875	0.9619	0.996
Widdrol	1-Hexanol	0.9158	0.7602	0.972
Widdrol	2,4-Diisopropylphenol	0.9971	0.991	0.9991
Widdrol	2-Propenal, 3-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	0.9964	0.9888	0.9988

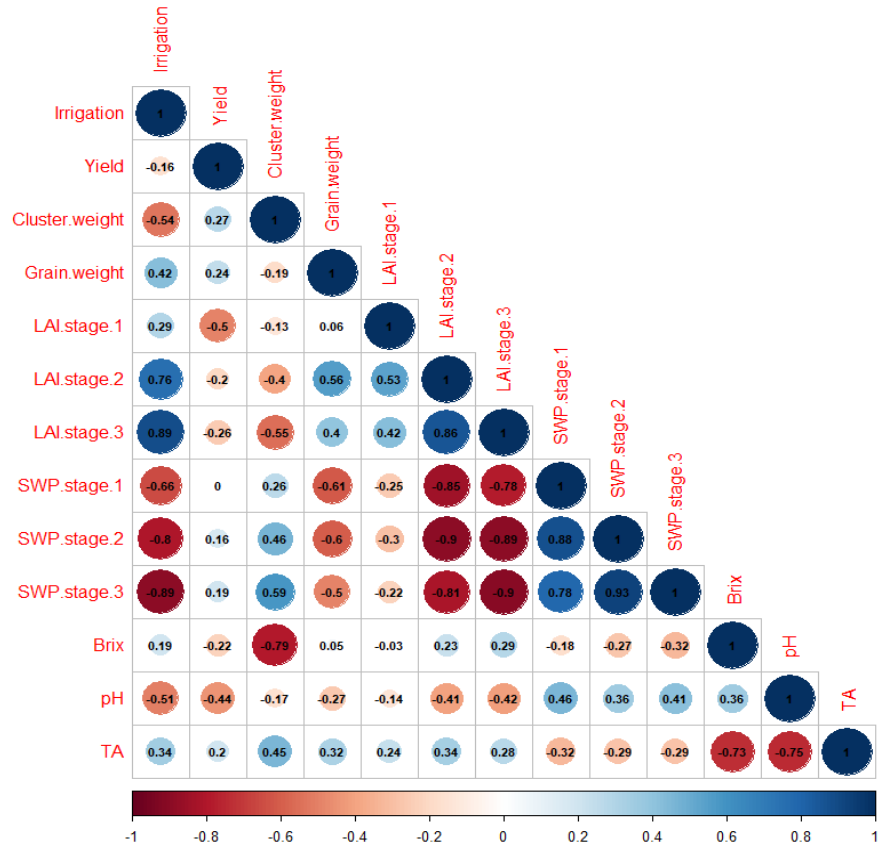
Widdrol	beta-Ionone	0.9859	0.9569	0.9954
Widdrol	Citronellyl myristate	0.9486	0.8489	0.9831



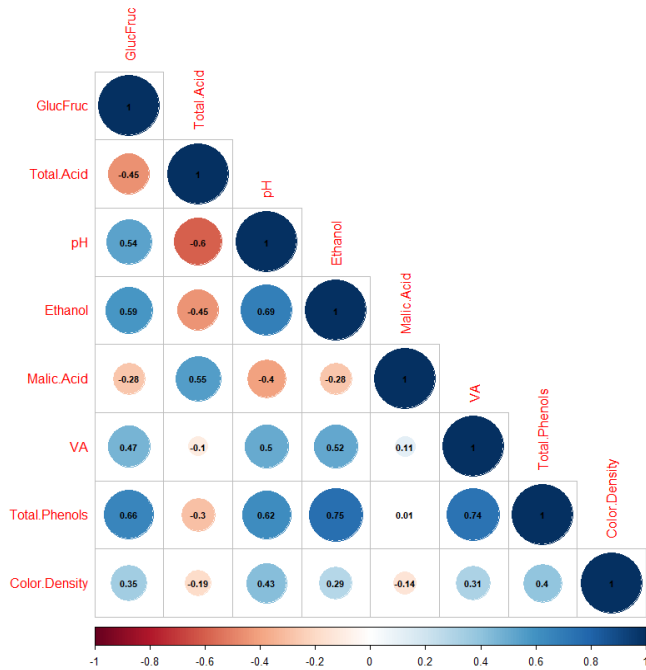
נספח מס' 18א. מטריצת קורלציות מדדי שדה בניסוי של סוביניון בלאן בקיבוץ מירב 2019. עבור שלילת מולטיקולינאריות בין מדדי השדה.



נספח מס' 18ב. מטריצת קורלציות מדדי היין בניסוי של סוביניון בלאן בקיבוץ מירב 2019. עבור שלילת מולטיקולינאריות בין מאפייני היין.



נספח מס' 18ג. מטריצת קורלציות מדדי שדה בניסוי של סוביניון בלאן בקיבוץ מירב 2021. עבור שלילת מולטיקולינאריות בין מדדי השדה.



נספח מס' 18ד. מטריצת קורלציות מדדי היין בניסוי של סוביניון בלאן בקיבוץ מירב 2021. עבור שלילת מולטיקולינאריות בין מאפייני היין.

נספח מס' 19א. טבלת רגרסיה ליניארית של משתני השדה מול חומרי הארומה בסוביניון בלאן מירב 2019. עמודה ראשונה בטבלאות - R בריבוע: מדד ההצלחה של המודל. עמודה שניה - מובהקות המודל (p -Value). עמודה שלישית - המשתנה המסביר החשוב ביותר. עמודה רביעית - אחוז החשיבות של המשתנה החשוב ביותר. עמודה חמישית - המשתנה השני המשפיע ביותר. עמודה שישית - אחוז ההשפעה שלו. עמודה שביעית - סכום אחוזי ההשפעה של שני המשתנים הראשונים המשפיעים על כל ארומה. עמודה שמינית - המשתנה השלישי המשפיע ביותר. עמודה תשיעית - אחוז ההשפעה שלו.

משתני השדה 2019

	Rsqr	p-value	Contributer1	relimp1	Contributer2	relimp2	sum 1+2	Contributer3	relimp3
alpha.terpineol	0.676	0.100	SWP.stage.2	0.176	Cluster.weight	0.136	0.311	Berry.weight	0.120
Diethyl.succinate	0.811	0.038	SWP.stage.1	0.195	Berry.weight	0.182	0.378	SWP.stage.2	0.157
Fluorotrimethylsilane	0.750	0.063	Berry.weight	0.176	SWP.stage.2	0.137	0.313	Cluster.weight	0.124
Guanosine	0.837	0.029	SWP.stage.1	0.216	SWP.stage.2	0.161	0.377	Berry.weight	0.130

נספח מס' 19ב. טבלת רגרסיה ליניארית של משתני השדה מול חומרי הארומה בסוביניון בלאן מירב 2021. עמודה ראשונה בטבלאות - R בריבוע: מדד ההצלחה של המודל. עמודה שניה - מובהקות המודל (p -Value). עמודה שלישית - המשתנה המסביר החשוב ביותר. עמודה רביעית - אחוז החשיבות של המשתנה החשוב ביותר. עמודה חמישית - המשתנה השני המשפיע ביותר. עמודה שישית - אחוז ההשפעה שלו. עמודה שביעית - סכום אחוזי ההשפעה של שני המשתנים הראשונים המשפיעים על כל ארומה. עמודה שמינית - המשתנה השלישי המשפיע ביותר. עמודה תשיעית - אחוז ההשפעה שלו.

משתני השדה 2021

	Rsqr	p-value	Contributer1	relimp1	Contributer2	relimp2	sum 1+2	Contributer3	relimp3
1.3.Cyclohexanedione	0.471	0.054	Cluster.weight	0.251	Yield	0.222	0.473	TA	0.194
1.Octanol	0.495	0.044	Cluster.weight	0.546	TA	0.192	0.739	Irrigation	0.101
2.Propenal..3..2.6.6.trime thyl.1.cyclohexen.1.yl..	0.820	0.000	Cluster.weight	0.376	TA	0.117	0.494	Irrigation	0.112
4.Hydroxy.2.butanone	0.458	0.059	Berry.weight	0.214	Cluster.weight	0.197	0.411	Irrigation	0.169
Acetic.acid	0.679	0.006	Cluster.weight	0.326	Irrigation	0.250	0.575	TA	0.223
beta.Ionone	0.778	0.001	TA	0.252	Cluster.weight	0.217	0.470	pH	0.177
Ethyl.decanoate	0.635	0.011	Cluster.weight	0.351	TA	0.328	0.679	pH	0.088
Ethyl.isopentyl.succinate	0.493	0.045	Cluster.weight	0.512	Berry.weight	0.154	0.666	Irrigation	0.124
Fluorotrimethylsilane	0.459	0.058	TA	0.263	Irrigation	0.249	0.512	Cluster.weight	0.167
Isoamyl.decanoate	0.439	0.068	TA	0.471	Cluster.weight	0.161	0.632	pH	0.101

נספח מס' 19.g. טבלת רגרסיה ליניארית של משתני היין מול חומרי הארומה בסוביניון בלאן מירב 2019. עמודה ראשונה בטבלאות - R בריבוע: מדד ההצלחה של המודל. עמודה שניה - מובהקות המודל (*p*-Value). עמודה שלישית - המשתנה המסביר החשוב ביותר. עמודה רביעית - אחוז החשיבות של המשתנה החשוב ביותר. עמודה חמישית - המשתנה השני המשפיע ביותר. עמודה שישית - אחוז ההשפעה שלו. עמודה שביעית - סכום אחוזי ההשפעה של שני המשתנים הראשונים המשפיעים על כל ארומה. עמודה שמינית - המשתנה השלישי המשפיע ביותר. עמודה תשיעית - אחוז ההשפעה שלו.

משתני היין 2019

	Rsqr	p-value	Contributer1	relimp1	Contributer2	relimp2	sum 1+2	Contributer3	relimp3
1.Hexanol	0.647	0.048	Color.Density	0.325	Malic.Acid	0.258	0.583	Total.Acid	0.126
1.Pentadecene	0.564	0.083	Ethanol	0.667	GlucFruc	0.074	0.741	Color.Density	0.074
Acetaldehyde..phenyl.	0.594	0.070	Color.Density	0.474	pH	0.129	0.602	Malic.Acid	0.124
beta.Ionone	0.783	0.013	Malic.Acid	0.381	Total.Acid	0.217	0.598	Color.Density	0.194
Diethyl.succinate	-0.064	0.571	Color.Density	0.610	Total.Phenols	0.115	0.725	Malic.Acid	0.099
Isoamyl.acetate	0.684	0.036	Color.Density	0.235	Ethanol	0.170	0.405	GlucFruc	0.159
Methyl.decanoate	0.668	0.041	Color.Density	0.242	Total.Phenols	0.173	0.415	Malic.Acid	0.162
Methyl.salicylate	0.614	0.061	Malic.Acid	0.356	Total.Acid	0.171	0.527	VA	0.118
Widdrol	0.773	0.015	Malic.Acid	0.348	Color.Density	0.255	0.603	Total.Acid	0.183

נספח מס' 19.d. טבלת רגרסיה ליניארית של משתני היין מול חומרי הארומה בסוביניון בלאן מירב 2021. עמודה ראשונה בטבלאות - R בריבוע: מדד ההצלחה של המודל. עמודה שניה - מובהקות המודל (*p*-Value). עמודה שלישית - המשתנה המסביר החשוב ביותר. עמודה רביעית - אחוז החשיבות של המשתנה החשוב ביותר. עמודה חמישית - המשתנה השני המשפיע ביותר. עמודה שישית - אחוז ההשפעה שלו. עמודה שביעית - סכום אחוזי ההשפעה של שני המשתנים הראשונים המשפיעים על כל ארומה. עמודה שמינית - המשתנה השלישי המשפיע ביותר. עמודה תשיעית - אחוז ההשפעה שלו.

משתני היין 2021

	Rsqr	p-value	Contributer1	relimp1	Contributer2	relimp2	sum 1+2	Contributer3	relimp3
1.3.Cyclohexanedione	0.403	0.066	Ethanol	0.595	pH	0.190	0.785	VA	0.067
1.Octanol	0.798	0.000	Ethanol	0.336	GlucFruc	0.204	0.540	Total.Acid	0.165
1.Pentanol..3..methyl.	0.575	0.014	GlucFruc	0.332	Malic.Acid	0.245	0.577	Color.Density	0.152
2.Propenal..3..2.6.6.trime thyl.1.cyclohexen.1.yl..	0.735	0.001	Ethanol	0.421	Malic.Acid	0.169	0.590	pH	0.145
Acetic.acid	0.623	0.008	Ethanol	0.404	VA	0.231	0.635	pH	0.142
Acetic.acid..2.phenylethyl .ester	0.785	0.000	Ethanol	0.557	GlucFruc	0.260	0.817	pH	0.082
alpha.terpineol	0.875	0.000	Ethanol	0.551	Color.Density	0.162	0.713	pH	0.097
Aminoacetaldehyde. dimethyl.acetal	0.601	0.010	Malic.Acid	0.379	Ethanol	0.137	0.517	VA	0.120
beta.Ionone	0.830	0.000	pH	0.348	Ethanol	0.255	0.603	Total.Acid	0.151
Diethyl.malate	0.454	0.044	Malic.Acid	0.319	Total.Acid	0.280	0.598	GlucFruc	0.141
Ethyl.Butyrate	0.648	0.005	Ethanol	0.570	Color.Density	0.122	0.692	Malic.Acid	0.110
Ethyl.decanoate	0.720	0.002	Ethanol	0.655	VA	0.109	0.763	pH	0.103
Ethyl.furoate	0.493	0.032	Ethanol	0.452	pH	0.209	0.661	Total.Acid	0.121
Ethyl.isopentyl.succinate	0.655	0.005	Malic.Acid	0.299	Total.Acid	0.188	0.487	GlucFruc	0.176
Isoamyl.decanoate	0.636	0.006	Ethanol	0.600	Color.Density	0.110	0.709	pH	0.107
Octanoic.acid	0.495	0.031	GlucFruc	0.313	Ethanol	0.278	0.592	Color.Density	0.194
Phenylethyl.Alcohol	0.366	0.086	Ethanol	0.238	Color.Density	0.202	0.440	GlucFruc	0.184

נספח מס' 20א. טבלת רגרסיה של משתני השדה מול **הטרפנים** בסוביניון בלאן מירב 2019. עמודה ראשונה בטבלאות R - בריבוע: מדד ההצלחה של המודל. עמודה שניה - מובהקות המודל (*p*-Value). עמודה שלישית - המשתנה המסביר החשוב ביותר. עמודה רביעית - אחוז החשיבות של המשתנה החשוב ביותר. עמודה חמישית - המשתנה השני המשפיע ביותר. עמודה שישית - אחוז ההשפעה שלו. עמודה שביעית - סכום אחוזי ההשפעה של שני המשתנים הראשונים המשפיעים על כל ארומה. עמודה שמינית - המשתנה השלישי המשפיע ביותר. עמודה תשיעית - אחוז ההשפעה שלו.

טרפנים מול משתני השדה 2019

	Rsqr	p-value	Contributer1	relimp1	Contributer2	relimp2	sum 1+2	Contributer3	relimp3
2.4.Diisopropylphenol	0.240	0.387	Berry.weight	0.315	SWP.stage.2	0.178	0.493	Brix	0.105
2.6.Di.tert.butylbenzoquinone	0.159	0.443	Irrigation	0.253	SWP.stage.3	0.127	0.380	SWP.stage.2	0.122
alpha.terpineol	0.676	0.100	SWP.stage.2	0.176	Cluster.weight	0.136	0.311	Berry.weight	0.120
Citronellyl.myristate	0.212	0.406	Berry.weight	0.324	SWP.stage.2	0.210	0.533	Irrigation	0.091
Linalool	0.534	0.185	Berry.weight	0.345	SWP.stage.2	0.124	0.470	SWP.stage.3	0.117
Nerol.oxide	0.433	0.252	Berry.weight	0.245	Cluster.weight	0.202	0.447	Irrigation	0.139
Thujopsene	0.397	0.411	Cluster.weight	0.218	Irrigation	0.179	0.397	SWP.stage.3	0.119
Widdrol	0.256	0.375	Berry.weight	0.308	SWP.stage.2	0.170	0.479	Brix	0.120

נספח מס' 20ב. טבלת רגרסיה של משתני היין מול **הטרפנים** בסוביניון בלאן מירב 2019. עמודה ראשונה בטבלאות R - בריבוע: מדד ההצלחה של המודל. עמודה שניה - מובהקות המודל (*p*-Value). עמודה שלישית - המשתנה המסביר החשוב ביותר. עמודה רביעית - אחוז החשיבות של המשתנה החשוב ביותר. עמודה חמישית - המשתנה השני המשפיע ביותר. עמודה שישית - אחוז ההשפעה שלו. עמודה שביעית - סכום אחוזי ההשפעה של שני המשתנים הראשונים המשפיעים על כל ארומה. עמודה שמינית - המשתנה השלישי המשפיע ביותר. עמודה תשיעית - אחוז ההשפעה שלו.

טרפנים מול משתני היין 2019

	Rsqr	p-value	Contributer1	relimp1	Contributer2	relimp2	sum 1+2	Contributer3	relimp3
2.4.Diisopropylphenol	0.742	0.021	Malic.Acid	0.383	Color.Density	0.256	0.639	Total.Acid	0.153
2.6.Di.tert.butylbenzo-quinone	-0.270	0.735	VA	0.237	Color.Density	0.202	0.439	Total.Phenols	0.168
alpha.terpineol	-0.471	0.860	Color.Density	0.492	GlucFruc	0.183	0.675	Total.Phenols	0.088
Citronellyl.myristate	0.657	0.045	Malic.Acid	0.369	Color.Density	0.231	0.599	Total.Acid	0.122
Linalool	0.343	0.223	Malic.Acid	0.309	Color.Density	0.249	0.557	Ethanol	0.144
Nerol.oxide	-0.367	0.801	Color.Density	0.341	Malic.Acid	0.262	0.603	VA	0.117
Thujopsene	-0.469	0.799	VA	0.355	Ethanol	0.324	0.679	Total.Acid	0.111
Widdrol	0.763	0.017	Malic.Acid	0.378	Color.Density	0.261	0.639	Total.Acid	0.162

נספח מס' 20. טבלת רגרסיה של משתני השדה מול **הטרפנים** בסוביניון בלאן מירב 2021. עמודה ראשונה בטבלאות R- בריבוע: מדד ההצלחה של המודל. עמודה שניה - מובהקות המודל (*p*-Value). עמודה שלישית - המשתנה המסביר החשוב ביותר. עמודה רביעית - אחוז החשיבות של המשתנה החשוב ביותר. עמודה חמישית - המשתנה השני המשפיע ביותר. עמודה שישית - אחוז ההשפעה שלו. עמודה שביעית - סכום אחוזי ההשפעה של שני המשתנים הראשונים המשפיעים על כל ארומה. עמודה שמינית - המשתנה השלישי המשפיע ביותר. עמודה תשיעית - אחוז ההשפעה שלו.

טרפנים מול משתני השדה 2021

	Rsqr	p-value	Contributer1	relimp1	Contributer2	relimp2	sum 1+2	Contributer3	relimp3
2.6.Di.tert.butylbenzoquinone	0.152	0.302	Cluster.weight	0.359	TA	0.227	0.586	pH	0.140
alpha.terpineol	0.299	0.158	TA	0.529	Cluster.weight	0.192	0.721	Irrigation	0.100
Linalool	-	0.979	Berry.weight	0.365	SWP.stage.1	0.178	0.543	LAI.stage.1	0.138
	0.533								
Nerol.oxide	0.061	0.412	LAI.stage.1	0.300	Berry.weight	0.228	0.528	SWP.stage.1	0.176
Widdrol	0.005	0.484	LAI.stage.1	0.282	Irrigation	0.198	0.479	TA	0.197

נספח מס' 20. טבלת רגרסיה של משתני היין מול **הטרפנים** בסוביניון בלאן מירב 2021. עמודה ראשונה בטבלאות R- בריבוע: מדד ההצלחה של המודל. עמודה שניה - מובהקות המודל (*p*-Value). עמודה שלישית - המשתנה המסביר החשוב ביותר. עמודה רביעית - אחוז החשיבות של המשתנה החשוב ביותר. עמודה חמישית - המשתנה השני המשפיע ביותר. עמודה שישית - אחוז ההשפעה שלו. עמודה שביעית - סכום אחוזי ההשפעה של שני המשתנים הראשונים המשפיעים על כל ארומה. עמודה שמינית - המשתנה השלישי המשפיע ביותר. עמודה תשיעית - אחוז ההשפעה שלו.

טרפנים מול משתני היין 2021

	Rsqr	p-value	Contributer1	relimp1	Contributer2	relimp2	sum 1+2	Contributer3	relimp3
2.6.Di.tert.butylbenzoquinone	0.542	0.020	GlucFruc	0.425	Ethanol	0.210	0.635	VA	0.153
alpha.terpineol	0.878	0.000	Ethanol	0.577	Color.Density	0.167	0.744	VA	0.110
Linalool	0.054	0.403	Total.Acid	0.368	Color.Density	0.148	0.517	GlucFruc	0.146
Nerol.oxide	-0.107	0.637	Total.Acid	0.399	VA	0.331	0.730	Color.Density	0.081
Widdrol	0.191	0.231	Ethanol	0.270	Color.Density	0.263	0.533	VA	0.211

נספח מס' 21. מקרא שמות חומרי הארומה עבור מטריצת קורלציות בנספח 13.

קבוצה ארומטית	שם הארומה	מספר החומר
ketone	1,3-Cyclohexanedione	1
alcohol	1-Hexanol	2
alkene	1-Pentadecene	3
alcohol	1-Pentanol, 3-methyl-	4
terpene	2,4-Diisopropylphenol	5
terpene	2,6-Di-tert-butylbenzoquinone	6
other	2-Amino-6-methylbenzoic acid	7
ester	2-methylbutyric acid	8
ester	2-Pentyl octanoate	9
aldehyde	2-Propenal, 3-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	10

aldehyde	4-Pentylbenzaldehyde	11
aldehyde	Acetaldehyde, phenyl-	12
acid	Acetic acid	13
terpene	alpha-terpineol	14
amide	Benzoylthiocarbimide	15
Norisoprenoids	beta-Damascenone	16
Norisoprenoids	beta-Ionone	17
ester	Butanoic acid	18
terpene?	Citronellyl myristate	19
ester	Decyl decanoate	20
ester	Diethyl malate	21
ester	Diethyl succinate	22
alcohol	Ethyl 3-hydroxyoctadecanoate	23
ester	Ethyl 4-methylpentanoate	24
ester	Ethyl Butyrate	25
ester	Ethyl decanoate	26
ester	Ethyl heptanoate	27
ester	Ethyl isopentyl succinate	28
ester	Ethyl isovalerate	29
ester	Ethyl palmitate	30
ester	Ethyl undecanoate	31
other	Fluorotrimethylsilane	32
aldehyde	Furfural	33
purine nucleosides	Guanosine	34
alkane	Heptadecane	35
acid	Hexanoic acid	36
ester	Hexyl acetate	37
acetate	Isoamyl acetate	38
ester	Isoamyl decanoate	39
ester	Isobutyl octanoate	40
ester	Isopentyl hexanoate	41
ester	Isovaleric acid	42
ester	Kodaflex txib	43
ester	Methyl decanoate	44
Probably an artifact of sample preparation technique	Methyl salicylate	45
terpene	Nerol oxide	46
aldehyde	Nonanal	47
acid	Octanoic acid	48
alcohol	Phenylethyl Alcohol	49
terpene	Widdrol	50

of irrigation between the two years tested - in testing fresh wine the accumulation of aromas increased with increased irrigation, while after two years of aging the accumulation of aromas decreased with increased irrigation. A variety of scientific explanations may provide an answer to this phenomenon. To examine in depth the relationship between the level of irrigation and the aromatic profile created in the wine, a multi-year experiment must be conducted in which the wine is tested every year when it is fresh and after aging.

Abstract

The grape growing and wine production industry in Israel is developing and growing in quantity and quality consistently in recent years. The wineries are interested in improving the aroma of the wines, which greatly affects the quality and the rating of the wine, as well as its profitability. A variety of processes during the growing and production stages of the wine affect the accumulation of aromas in it: the vine growing interfaces in the vineyard, the wine production process and its aging in barrels. In recent years, a variety of irrigation experiments have been carried out in the vineyards, pointing out the advantages inherent in the application of moderate droughts in the cultivation of the vineyard, which are beneficial in terms of the development of color and flavor in red wine, less acceptable in the vineyards of white wines. Moreover, there is still a fog surrounding the correct and appropriate water management in Israel for improving the wine aromas in Israel in general.

In this experiment, the effect of the water system in the vineyard on the wine aroma profile was examined, with the aim of finding an ideal irrigation method to maximize the aromatic potential in white and red wines and to provide the winemakers information about the quality of the wine at each irrigation interface. The field experiments took place in two vineyards with different irrigation treatments: in the Sauvignon Blanc (White) vineyard in Kibbutz Merav and in the Cabernet Sauvignon vineyard in the Shiloh Hills. The wine production process, which has a great importance for the character of the final wine, is done under controlled conditions at the research winery in Ariel and the study winery 'Sorek'. Must and wine basic analysis were done by a FOSS instrument, and initial aromatic analysis of the wines was carried out using the main research tool in this study - a GC-MS device using SPME technology that allows the identification and quantification of volatile aroma compounds in the wine.

In this study it was found that in white wines there is a positive correlation between the irrigation interface in the vineyard and the accumulation of malic acid in the wine, and that there is an opposite trend in the accumulation of aromas in the wine as a function

Ariel University

Faculty of Natural Sciences

**The Effect of Vines Water
Management on the Aromatic
Profile of wine**

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree

Master of Science (M.Sc.)

In the Department of Chemical engineering

By

Einat Elboim

This work was prepared under the supervision of

Dr. Elyashiv Drori and Dr. Yishai Netzer

September 2022