

דו"ח מסכם לתכנית מחקר מס' 458052011

בנושא: מיון אוטומטי של פירות מג'הול לפי שעור הרטיבות, באמצעות

ספקטרומטריה בתחום קרוב לתת אדום (NIR - Near Infra-Red)

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

על ידי: ז' שמילוביץ¹, ו' אלחנתי¹, י' גרינשפון¹, ל' רוזנפלד¹, ח' אגוזי¹, א' הופמן¹, ו' אוסטרובסקי¹,

רחלי בן צבי²

Ze'ev Schmilovitch veshmilo@agri.gov.il

¹) ARO, The Vocani center, Institute of Agricultural Engineering. POBox 6, Bet Dagan, 50250,
Israel.

²) Zemach, Regional Laboratories JordanValley.

יוני 2013

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים : לא



חתימת החוקר

רשימת פרסומים

1. תוכן עניינים

2	תוכן עניינים	1
2	תקציר	2
3	מבוא ותיאור הבעיה	3
5	מטרות המחקר	4
5	מהלך המחקר	5
12	המשך המחקר המתוכנן:	6
12	רשימת ספרות מצוטטת כולל פטנטים ספציפיים לנושא	7
14	סיכום עם שאלות מנחות	8

2. תקציר

עצי ה'מגיהול' הנטועים בישראל מהווים, כיום את רוב עצי התמר מהזנים היבשים. ה'מגיהול' פודה מחירים עד פי שניים מכל זן אחר. כיום, אין למעשה אפשרות, במיון ידני, להפריד בין פירות המגיהול לפי שעורי רטיבות בדייקנות של פחות מ- 5 עד 7 אחוזים והתוצאה היא מוצר לא אחיד. המיכון החדש שנקלט לאחרונה בבתי האריזה למיון תמרים עדיין אינו מסוגל מייין על פי לחות ומיושם כיום בעיקר למיון לפי משקל וגודל. שיטת הניתוח של ספקטרום הקרינה הנבלעת במוצר בתחום הקרוב לתת אדום (Near Infrared - NIR) הינה טכנולוגיה ללא הרס, מהירה ומסוגלת במקרים רבים לספק מידע כמותי מדויק על תכולת מרכיבים פנימיים ובזמן אמת.

מטרת המחקר היא להשלים את הפיתוח והשילוב בקו המיון של החיישן ייעודי המבוסס דיודות לייזר ו/או זה המבוסס מיני- ספקטרומטר לצורך מיון אוטומטי של פרי המגיהול הן במצב צמל והן במצב בוסר. במהלך המחקר בשנה זו נערכו ניסויים בכמה מערכות. המערכת הראשונה הינה מערכת מדידה בצעדים שהיוותה פלטפורמה למדידת תמרים מזן "חיאני" שהוסבה למערכת הפועלת בתנועה רציפה. המערכת השנייה שנבחנה היא מערכת שבמקור יועדה לבחינה ניידת של תפוחי עץ. המערכת השלישית היא מערכת מבוססת דיודות לייזר הבודקות את התמר במעבר. המערכת הרביעית הינה גשר חדש המיועד להתקנה מעל קו המיון של מערכת מיון על פי משקל של תמרים כגון זו המיוצרת על ידי חברת עשת אלון. המערכת החמישית הייתה אב טיפוס חדש לסינגלטור לתמרים מבוסס חצאי גרומטים הנפתחים בסוף מהלך להנחת תמר בתא של מכונות קיימות. נערכו ניסויים במסוע מוסב למיון מגהול בתנאי מעבדה תוך יישום מודלים ללחות וסוכר מעונה לעונה. נערכה חזרה על ניסויים בדיודות לייזר במעבר. נבנה גשר חדש. להתקנה בקו מיון מסחרי. נבנה אב טיפוס לסינגלטור מבוסס חצאי גרומטים. חלק מהמטרות הושגו וחלקן מתוכנן להמשך העבודה. ניכר כי יש קושי להגיע לאיכות עם מערכת חיישנים דיסקרטיים שפותחו במכון, גם כאלו שנחלו הצלחה במקומות אחרים עבור תמר. מערך הדיודות הדיסקרטי במעבר כשל והחלטנו לזנוח כיוון זה. בשלב האחרון נבחנו בעיות אקוטיות חדשות כגון זיהוי אספרגילוס ניגר (פיחת) נמצא תוצאות טובות במערכת NIR מבוססת מעבר לזיהוי נוכחות פיחת. בנוסף הדרישה להתייחס למצב מים WATER ACTIVITY ולא רק ללחות נבחנה במספר ניסויים ונמצאה התאמה טובה למודל החוזה תכולת מים בONLINE במערכת חד ערוצית עם הזנה ידנית. המערכת עומדת להקלט בימים אלו באופן מסחרי בשני מישורים האחד מערך הקבלה ובקורת האיכות של "תמר שאן" קולט לקראת עונת הגידול 2013 את המערכת שהוסבה מפלטפורמת החיאני והיא תשממש לבדיקת קבלה של מספר זנים לצורך זו נערכו השנה מספר ניסויים ונבנו מודלים מוצלחים לזנים זההידי חידראי אמרי כמו גם למגהול. לאחר שהייתה התענינות

הנושא הוצג בפני הנהלת "עשת אילון" וסוכם על שת"פ לפיתוח התקנה שתשלב את המערכת שפותחה על ידנו במערכי המיון שלהם. הסכם נמצא בימים אלו בשלבי גיבוש.

3. מבוא ותיאור הבעיה

למעלה מ-300 אלף עצי המגיהול הנטועים בישראל בשטח כולל של כ-26 אלף דונם מהווים, כיום, רוב עצי התמר מהזנים היבשים. זן זה דחק את הזנים היבשים האחרים בגידול ובשיווק. ההיצע העולמי עדיין קטן, ולישראל ולארה"ב בלעדיות בייצוא. המגיהול פודה מחירים עד פי שניים מכל זן אחר. יתרונו של המגיהול הוא בגודלו וביופיו. חסרונותיו, שהגבילו את גידולו בעבר, חיי מדף קצרים ונטייה חזקה להשתלפחות.

תהליך השתלפחות הוא תהליך בלתי הפיך בו הקליפה שאינה מסוגלת להתכווץ נפרדת מציפת הפרי המצטמקת תוך תהליך התייבשות הפרי (בפירות בהם הקליפה אינה משתלפחת היא מתקמטת ונשארת צמודה לקליפה). הקליפה מתחילה להיפרד מהציפה כשתכולת המים בפרי יורדת מתחת ל-26-27 אחוז, ללא קשר עם מהירות או טמפרטורת הייבוש על העץ [28], בארגזים בשמש או בתנורים [26, 27]. כיום הפרי משווק כ"פרי עסיסי" בתכולת מים גבוהה, ומאחר והוא נשלח רטוב יותר הוא משולפח פחות ואחוזי הייצוא גבוהים יותר. אך גם כיום, מאחר שהייבוש אינו מבוקר ואינו מדויק, נפסלים אחוזים ניכרים מהפרי לייצוא מחמת שלפוח (להוציא אזור מעוט שלפוח- ערבה דרומית).

המגדלים בשלב זה אינם נרתעים מלהשקיע תשומות ועבודת ידיים מרובה במיון ובייבוש הפרי בתנאי שדה. מכוונת מיון אוטומטיות חדשות שהוכנסו לאחרונה בבתי אריזה מתופעלות למעשה רק למיון של גודל. בעתיד הלא רחוק יש לצפות לעליה בהיצע של 'מגיהול' לשווקים ולאיבוד הבלעדיות. סביר הוא כי עליה זו תגרור ירידה במחירים ועליה בדרישות האיכות. במצב זה רק הקטנת הוצאות הייצור, הגדלת אחוזי הפרי המתאים לייצוא, רכישת יתרונות שיווקיים תוך שיפור איכות המוצר - תאפשר למגדלים לעמוד בתחרות בתנאים העתידיים. בקרת איכות על הלחות המקובלת כיום בתעשיית התמרים מורכבת מחמישה תהליכים אלטרנטיביים: א. בקרת לחות האוויר בחדרי הייבוש. ב. בדיקות מדגמיות של כמאה גרם תמרים. מפירות הדגימה זו יש להוציא את הגלעינים לטחון ולכבוש לעיסה. הלחות מוערכת על פי בדיקת מוליכות חשמלית, בזרם ישר, בדגם גלילי, המיוצר מעיסה זו. המדגמים נלקחים לפני הכניסה לחדרי הייבוש, או האידי, ומשמשים כבסיס לחישוב זמני הטיפול. או לחילופין במד לחות של Metler בו מיובשת הדגימה תוך שקילתה ב. בדיקת עכבה חשמלית בתדר נמוך (עד 100 KHz) ע"י החדרת שתי אלקטרודות לתמר. ג. בדיקה ויזואלית של התמרים, בהתבסס על ניסיון המפעילים, בעיקר עבור הערכת טיב הייבוש או האידי הסופי. ד. בדיקה מקובלת להגדרת הלחות בתמרים באופן מדויק, הנמצאת בשימוש כיום במעבדות, מתבססת על ייבוש בתנורי ואקום בטמפרטורה של 70 מעלות למשך 48 שעות. ה. בדיקת "לחות מאוזנת" במכשיר הבודק 6-10 תמרים בבת אחת בתהליך הנמשך בין 20 דקות לשעתיים. צוות הנמנה במגשי ההצעה נוכחית פיתח מכשיר נייד למדידה מיידיית של לחות תמר בודד על פי תכונותיו הדיאלקטריות [29]. והושאלו בשנים האחרונות, לבתי האריזה ונמצא כי ניתן להפיק מהם תועלת רבה. אולם, מכשירים אלו יכולים לשמש את מערכת אבטחת האיכות בבית האריזה ובשדה אך אינם מתאימים למיון אוטומטי.

כיום, אין למעשה אפשרות, במיון ידני, להפריד בין פירות המגיהול לפי שעורי רטיבות בדייקנות של פחות מ-5-7 אחוזים. התוצאה - מוצר לא אחיד של פירות יבשים ורטובים שחיי המדף שלו מוכתבים ע"י הפירות הרטובים ביותר, מוצר שיהיה בעייתי בשיווק כשיגדל ההיצע של מתחריו. המגמה הרווחת לשווק "מגיהול עסיסי" בתחומי הרטיבות הגבוהים, המוגדרים, עדיין, כ"מגיהול עסיסי". (כדי לקבל פרי איכותי יותר ומשולפח פחות) קשה כיום להשגה מחשש שיארז גם פרי רטוב מדי. המיכון החדש שנקלט לאחרונה בבתי האריזה למיון תמרים עדיין אינו מסוגל מייך על פי לחות ומיושם כיום בעיקר למיון לפי משקל וגודל. זו מערכת מיון ממוחשבת, שמאפשרת סינגולרציה (הזנה בדידה) של התמרים, כך נעשה מיון על פי משקל ומראה אך לא על פי הלחות.

שיטת הניתוח של ספקטרום הקרינה הנבלעת במוצר בתחום הקרוב לתת אדום (Near Infrared - NIR) הינה טכנולוגיה ללא הרס, מהירה ומסוגלת במקרים רבים לספק מידע כמותי מדויק על תכולת מרכיבים פנימיים ובזמן אמת. קרינת האור בתחום הקרוב לתת אדום הינה קרינה בעלת בליעה אופיינית במולקולות אורגניות המרכיבות את המוצרים החקלאיים ובעזרת ניתוח של ספקטרום הבליעה ניתן לקבל מידע כמותי על מרכיבי האיכות הפנימיים. במסגרת מרכיבים אלה ניתן למנות תכולת מים, תכולת סוכרים, תכולת שומן, תכולת חלבון. השיטה מיושמת בתעשייה ובמחקר לאבחון עקיף של תכולת חומרים אלו.

הסימון NIRS (Near Infra-Red Spectroscopy) או NIRA (Near Infra-Red Analysis) מקובל עבור ספקטרוסקופיה ואנליזה של אור בתחום הקרוב לתת-אדום. החוקר Norris [11] ואחרים [1] היו הראשונים ליישום NIRA בחקלאות. הם זיהו את הפוטנציאל הגלום בהחזר דיפוזי (Diffuse reflectance) לאבחון מהיר של הרכב פנימי של גרעיני דגנים. עבודה נוספת של Norris [12] הרחיבה את היישום להגדרת מספוא כולל על מדד יכולת העיכול ע"י בע"ח וביחד עם Williams [23, 24] הובילו ליישום נרחב בהגדרת איכות דגנים בפרט ובחקלאות בכלל Williams [25]. החוקרים Shenk et al [21] הוכיחו שניתן להגדיר אורכי גל להגדרת איכות המספוא ולפתח מכשיר נייד ליישום בשדה [22]. בשנת 1983 הוחל בשיווק תוכנות ומכשירים מסחריים לבדיקות מספוא תחמיץ ושחת. עבודת מחקר רחבה שנעשתה במסגרת זרוע המחקר ARS (Agricultural research service) של משרד החקלאות האמריקאי ה- USDA שהתפרסמה כמדריך ליישום השיטה [9]. קרינת האור בתחום הקרוב לתת אדום הינה קרינה בעלת בליעה אופיינית במולקולות אורגניות המרכיבות את המוצרים החקלאיים הטריים והמעובדים כאחד [3, 4, 5, 10]. בעזרת ניתוח של ספקטרום הבליעה של מוצרים ניתן לקבל מידע כמותי על מרכיבי האיכות הפנימיים. במסגרת מרכיבים אלה ניתן למנות תכולת מים, תכולת סוכרים, תכולת שומן, תכולת חלבון ועוד [5, 6, 7, 8].

טכנולוגית ה-NIRA מיושמת בהרחבה בתעשיית המזון. זוהי שיטה לא הרסנית המיושמת לאבחון מרכיבים אורגניים רבים [25]. מערכות NIR מיושמות הן במעבדות והן בקווי ייצור. יישום מערכות NIR נפוץ גם בתעשיית מוצרי החלב כמו לאבחון תכולת לחות באבקות חלב שומן וחלבונים בגבינות ומרכיבים אחרים. מערכת חצי אוטומטית שפותחה ע"י מגישי ההצעה יושמה להגדרת מועד הגדיד בתמרים לחים בבית אריזה "צמח" בהצלחה מרובה בהחלפת השיטות ההרסניות להגדרת בגרות הפרי ובשיפור קבלת ההחלטות של המגדלים ובית האריזה באשר לדרגת הבגרות של החלקות השונות [15]. במחקר אחר פיתחו חברי הצוות מודלים ושיטות עבודה ליישום טכנולוגית הספקטרוסקופיה NIR לצורך אבחון ללא הרס ובזמן אמת של מידת הבגרות באבוקדו [16, 18], בתפוחים [17] ומערכת אוטומטית למיון תמרים מסוג [15].

נערך מחקר מוקדם במשך שנתיים במסגרת תכנית מדען של משרד החקלאות של שנתיים שבמהלכן פיתחנו פלטפורמה ליישום הרעיון של מיון אוטומטי של מג'הול בקו על פי לחות ותכולת סוכר [20]. מטרת המחקר היתה לפתח ולבחון יישום של ספקטרומטר מהיר וזול יחסית בתחום ה-NIR למיון אוטומטי של פרי המג'הול. במחקר זה התרכזנו בקביעת התנאים המיטביים בהם ניתן למדוד את לחות התמרים באמצעים ספקטרוסקופים. התנאים נקבעו ביחס לתאורה, ספקטרום המדידה ואופן המדידה (מעבר או חזר). מערכת מדידה בצעדים שהיוותה פלטפורמה למדידת תמרים מזן "חיאני" הוסבה למערכת הפועלת בתנועה רציפה, עליה הותקנה תא הכולל מערכת תאורה ומיני ספקטרומטר עם חיישן מסוג CCD סיליקון (USB 2000 תוצרת OceanOptics) בתחום 500-1100 nm. כמו כן הוחל בפיתוח חיישן ייעודי מבוסס דיודות לייזר דיסקרטיות. פותחו אמצעים ראשוניים לשילוב המערכת בקו המיון הקיים ונערכו ניסויים ראשוניים.

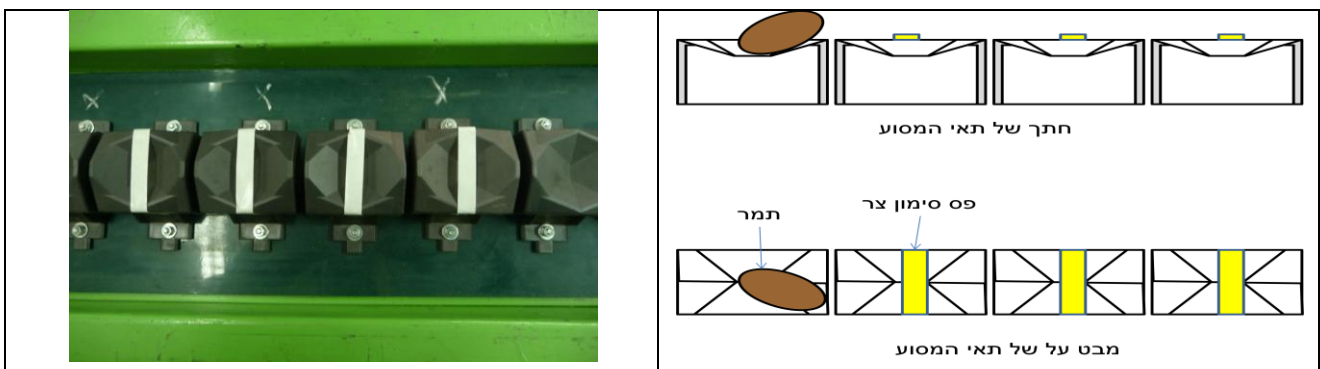
4. מטרת המחקר

מטרת המחקר המוצע היא להשלים את הפיתוח והשילוב בקו המיון של חיישן ייעודי המבוסס דיודות לייזר או מבוסס מיני-ספקטרומטר למיון אוטומטי של פרי המגיהול כולל מיון פרי בוסר המיועד להבחלה ושיווק כפרי "סופר עסיסי". זאת בכדי להגיע למוצר "מגיהול עסיסי" "מגיהול סופר עסיסי" אחיד, לכל תחום רטיבות שיידרש, להבטיח לפרי חיי מדף ארוכים יותר (ללא פירות חריגים) - הבטחת מוצר איכותי.

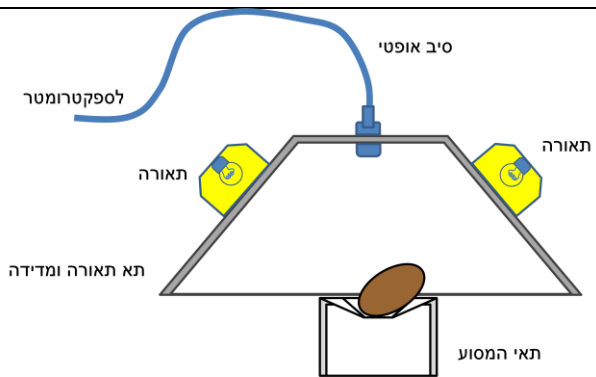
5. מהלך המחקר

בשלב הראשון של המחקר בוצעו מדידות במסוע הדמייה לתאים של מערכות מיון על פי משקל הקיימות במפעלים שנבנה במסגרת תכנית קודמת. מדידות אלו יבוצעו עבור שני ספקטרומטרים" האחד מסוג LIGA והשני מסוג USB 2000. חיישן הדיודות הדיסקרטיות סבל בתקופת ביצוע המדידות מאי דיוקים במדידה הבסיסית ולא נבחן בינתיים במערכת זו. הוחל בפיתוח של תא ייעודי לתמרים על פי הקונספט והתובנות שפותחו בפרק העיצוב הרב תחומי שנעשה בעבודה המקדימה. בניסויים נמצא כי ישנה בעיה בתאים המסחריים באשר למיקום הפרי ביחס למהירות התנועה הנדרשת וזמן החשיפה הנדרש לעומת ה"חלון" שנחשף לספקטרומטר. ניסוי הבוחן את יעילות המדידה נערך באמצעות סימון התאים בפסי החזר לבנים ברוחב של 10 מ"מ (איור מס' 1). תוצאות ניסוי זה העלו בעית סינכרון מרוכבת. הפתרון שנבחן לשיפור הנושא הוא תוספת עדשה קולמטרית בקצה הסיב האופטי (איור מס' 2) כך שרק אזור מרכז התא נחשף לסיב האפטי המחובר למיני-ספקטרומטר. ניסוי שנערך עם הפסים הצרים לאחר שיפור זה הראה כי ניתן למדוד בשני הספקטרומטרים בסנכרון מדויק בקצב של 10 תאים לשניה. בעיה נוספת שאובחנה היא אופן "שכיבת" התמרים בתאים אלו. נמצא כי יש לפחות שלושה מצבים בסיסיים השונים באשר לאופן חשיפת הפרי לעדשת הספקטרומטר. תוכנן ואף נבנה תא תאורה חדש השונה מקודמו בכך שהסיב האופטי מוקם עתה מעל התאים ישירות ולא בזווית 45 מעלות כפי שנהגנו עד כה (הזווית שנמצאה בעבר כאפטמלית להחזר מפרי בעיקר תפוחים ואבוקדו) ולשיפור נוסף השתמשנו עתה שני מקורות של W50 הלוגן שמוקמו הם בזווית האמורה כמתואר באיור 3. כדי לוודא שאכן המדידה מבוצעת כהלכה פותח תמר מחזיר מלאכותי (איור 4) שנבחר בתנועה בכל הפוזיציות ונמצא שהחזר המתקבל ממנו איכותי דיו בכל שלושת הפוזיציות לאבחון כספקטרא איכותי בנסף נבנה מתקן החזר קבוע למדידת רפרנס לבן בתנועה (תמונה 5). במהלך עונת הגדיד של 2009 מוינו עלי המערכת המכונה "חיאני לשעבר" מספר של תמרים מזן מגהול במצב בוסר על פי תכולת הסוכר. תמרים אלו סווגו למספר קבצות לצרכי טיפולי בוחל והבחלה שונים במטרה לאפשר מיון מוקדם בעתיד של מוצר עם אחוזי לחות מעל 36% "מגהול סופר עסיסי". הטיפולים נעשו במעבדות צמח תוצאותיהם מדווחים בפרויקט "מגהול סופר עסיסי" על ידי רחלי בן צבי.

הנסיגות לכייל את מערכת הדיודות הדיסקרטיות העלו תוצאות לא משביעות רצון והמערכת הושבה אל מחלקת האלקטרוניקה למקצה שיפורים.

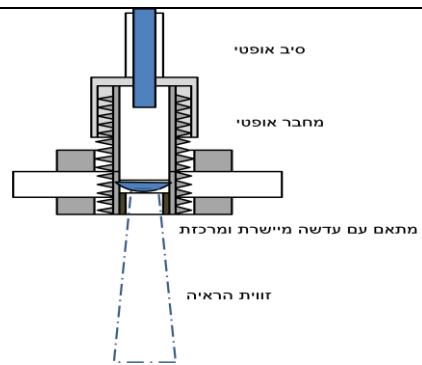


איור מס' 1 ב': תמונה של אופן סימון התאים בפסי החזר ברוחב של 10 מ"מ.



איור מס' 3 א': תאור סכמתי של מבנה תא תאורה ומדידה חדש

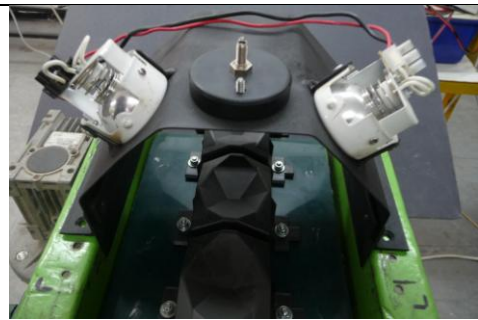
איור מס' 1 א': תיאור סכמתי של סימון התאים בפסי החזר ברוחב של 10 מ"מ.



איור מס' 2: תוספת עדשה מיישרת בקצה הסיב האופטי



איור 4: תמר מחזיר מלאכותי



איור מס' 3 ב': צילום של תא תאורה ומדידה חדש



תמונה 5: מתקן החזר קבוע למדידת רפרנס לבן בתנועה

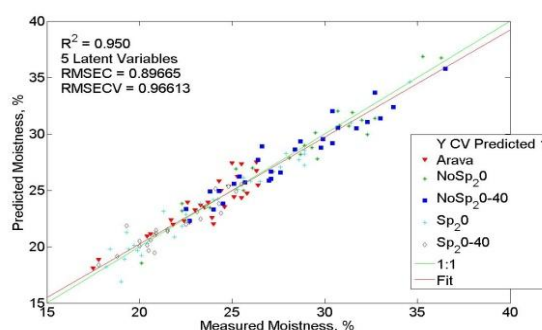
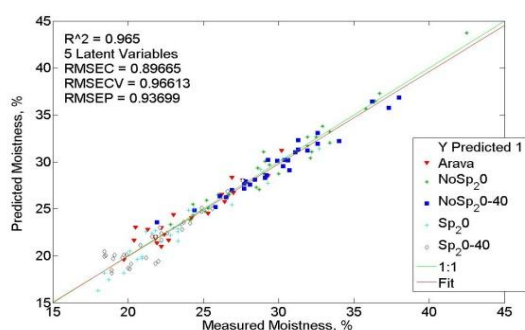
בשלב הבא העבודה התפרסה על כמה מערכות. המערכת הראשונה הינה מערכת מדידה בצעדים שהיוותה פלטפורמה למדידת תמרים מזן "חיאני" שהוסבה למערכת הפועלת בתנועה רציפה, עליה הותקנה תא הכולל מערכת תאורה וספקטרומטר מסוג USB 2000 (תוצרת ארה"ב OCEAN OPTICS) ומכשיר LIGA (מתוצרת גרמניה MICROPARTS) כמו גם מערכת משפך סובב למיון לשלוש קבוצות. כאשר קבוצות מסוימות מוינו שוב לפי גבולות חדשים הן באשר לתכולת סוכר במגהול במצב בוסר (צהוב) כמו גם לפי לחות בתמרים במצב צמל (חום). במשך שתי עונות מוינו אלפי תמרים במעבדות צמח שנלקחו לטיפולים מאוחרים הן של הבחלה והן של אחסון בתנאים שונים. תחום התמרים במצב בוסר (צהוב) שנבחנו היה 25-50% תכולת סוכר לפי % BRIX ודיוק המיון היה של 2%. תחום הלחות היה 80% עד ל-50% וגם שם דיוק החיזוי הגיע ל-2%. כאמור המיון לפי תכולת סוכר בוצע לשלוש קבוצות ולאחר מכן בוצע מיון משני של שתי קבוצות גם הוא לשלוש רמות כך שבדיעבד מיינו ל-7 קבוצות איכות. במהלך עבודה הותקן ונוסה התא המשודרג שפותח בשנה הקודמת ונמצא כח המדידה יתר נכונה ועקבית וכצפוי התלות בגודל ובמיקום התמר בתא המסוע קטנה. במהלך המדידה פותחו מודלים ספקטרליים ונמצא שוב שיש לעדכן אותם במהלך התקדמות העונה עקב השתנות אופי התמרים. המודלים שפותחו בעונה קודמת נמצאו מתאימים לעונה הבאה אך דיוקם מוגבל נמצא כי מודל חדש ומורחב (היינו הכללת דגימות מתחילת העונה ומעונות קודמות) הינו יציב יותר מאחרים במיון לקבוצות השונות בעיקר באשר לקבוצות הקיצון בערכים הנבדקים. מודלים אלו שמשו במערכת אחרת שתואר להלן ונוסחה בקו המיון בבית האריזה.

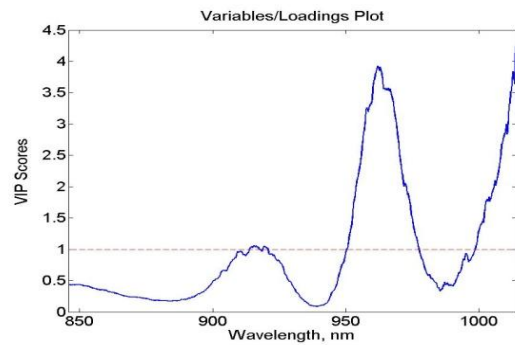
בדיקות לחות

הבדיקות הספקטרליות נערכו בשני ספקטרומטרים USB2000 ו-Liga בתנועה על גבי מסוע תאים הנ"ל (LIGA: 841-1880 nm ,USB2000: 450-1014 nm). חושו גרסיות באמצעות PLSR המשולב בתוכנת MATLAB. עבור R – reflectance, D_1R – first derivative of reflectance ו- $\log(1/R)$. הדגימות בניסויים אלו היו של:

1. Arava ערדום
2. NoSp 20 מרוסס עם שלפוח 20%
3. NoSp 20-40 מרוסס עם שלפוח 20-40%
4. Sp 20 לא מרוסס עם שלפוח 20%
5. Sp 20-40 לא מרוסס שלפוח 20-40%

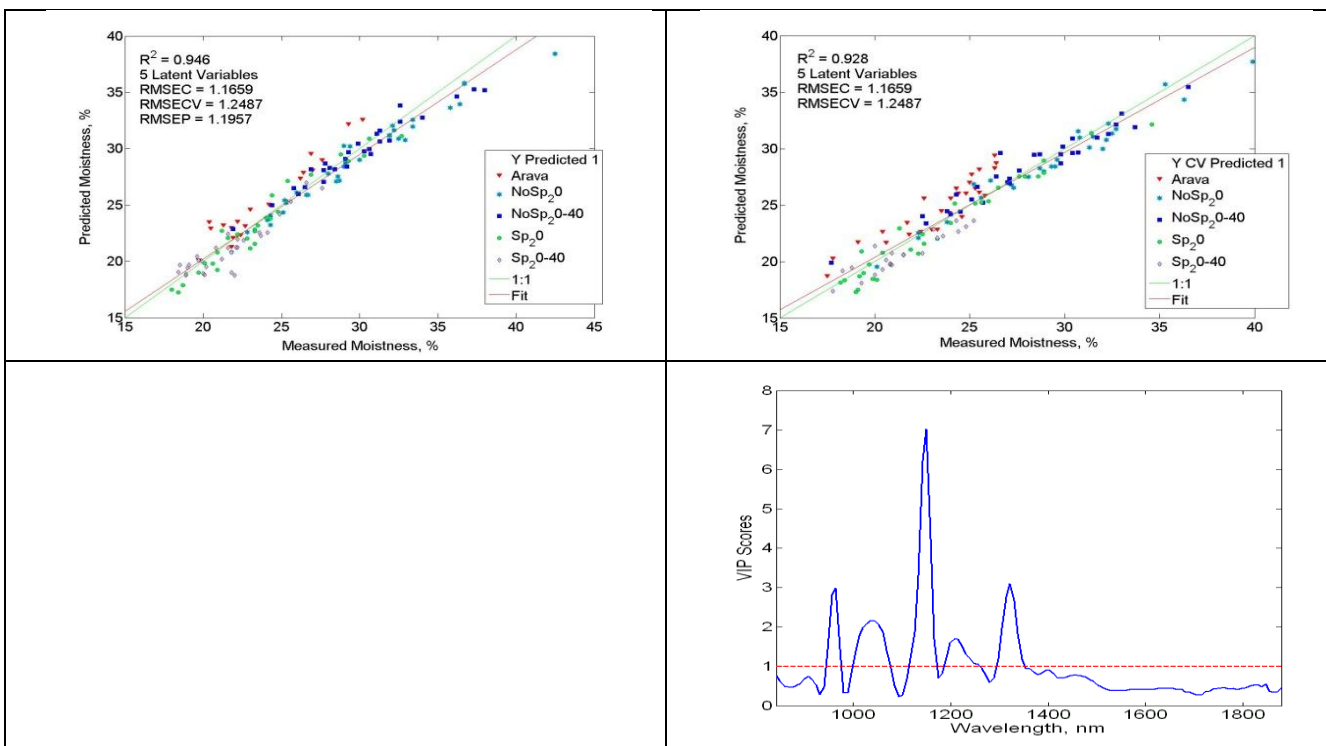
תוצאות לדוגמא מעונת 2011 עבור USB2000 בתחום 845-1014 nm, מוצגות בציור 1. א. Calibration by R spectrum VIS-NIR. ב. Prediction by R spectrum VIS-NIR. ג. תוצאות VIP עבור המודל





ציור 1. תוצאות לדוגמא מעונת 2011 עבור USB2000

תוצאות לדוגמא מעונת 2011 עבור Liga בתחום 850-1800 nm, מוצגות בציור 2. א' Calibration by $\log(1/R)$ spectrum SWIR. ב. Prediction by $\log(1/R)$ spectrum SWIR. ג. תוצאות VIP עבור המודל

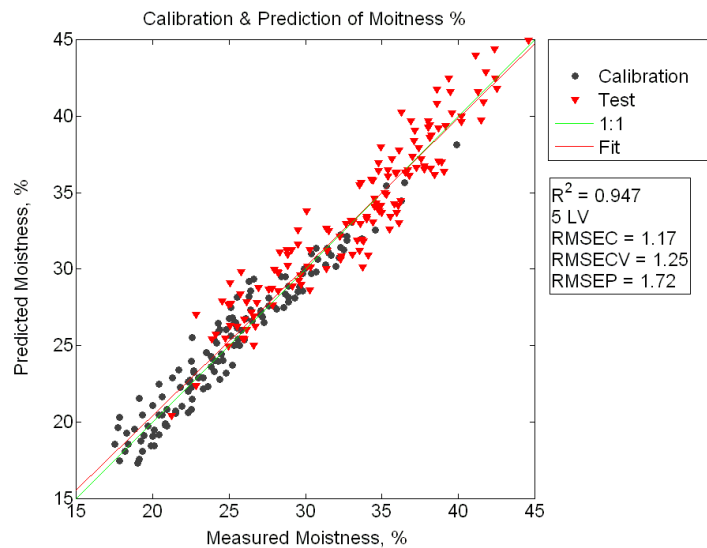


ציור 2. תוצאות לדוגמא מעונת 2011 עבור Liga

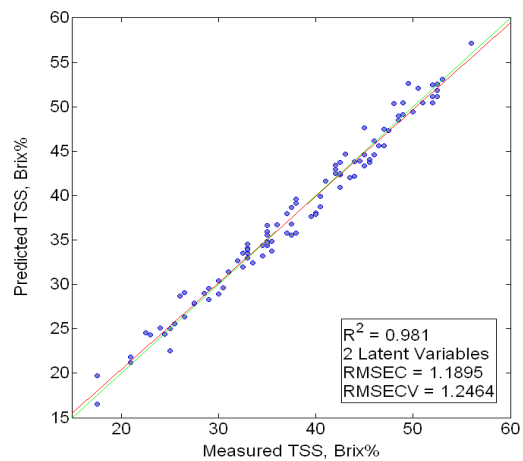
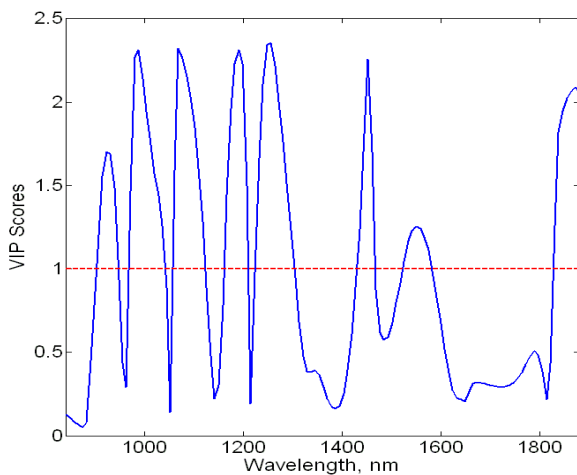
תוצאות חיזוי לדגימות שנלקחו בעונת 2012 על פי מודל מעונת 2011 עבור Liga בתחום 850-1800 nm, מוצגות בציור 3. יש לציין שבשלב זה הלחות של התמרים הייתה בטווח אחר אך למרות זאת אקסטרפלוציה של המודל הייתה טובה.

בדיקות תכולת סוכר

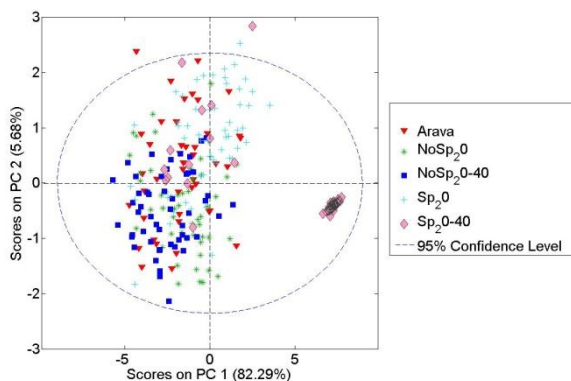
תוצאות לדוגמא מעונת 2011 עבור Liga בתחום 850-1800 nm, מוצגות בציור 2. א' Prediction by $D_1(R)$ spectrum SWIR. ב. תוצאות VIP עבור המודל



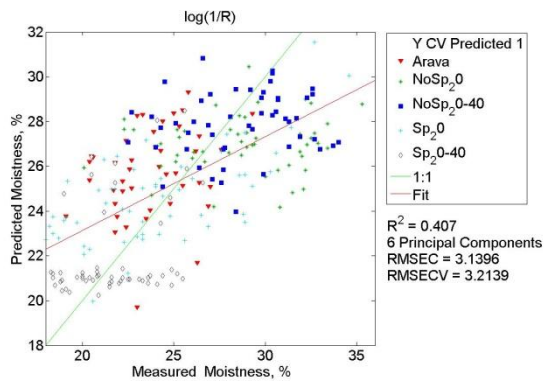
ציור 3. תוצאות חיזוי לדגימות שנלקחו בעונת 2012 על פי מודל מעונת 2011 עבור עיבור Liga



המערכת השניה שנבחנה היא מערכת שבמקור יועדה לבחינה ניידת של תפוחי עץ. המערכת מתוארת בציור 4. במערכת זו נבחנו אותם תמרים ששמשו למודל לבחינת לחות בעונת 2011. תוצאות מדידות אלו מתוארות בציור 5. המתאם שנמצא בהגרסית PCR נמוך יחסית (ציור 5ב') אולם בהפרדה על פי מודל של סיווג (ציור 5א') נמצאה הפרדה ברורה בין חלק גדול של קבוצות המקור של התמרים. בציור 5 ג' מתוארת משוואת מודל הרגרסיה על פי אורכי הגל השונים בכל דיודה.



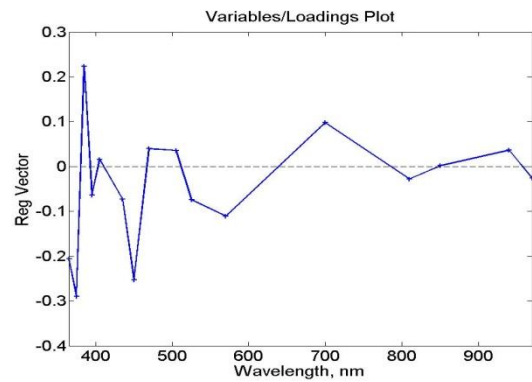
ציור 5א' בהפרדה על פי מודל של סיווג תוצאות חיזוי



ציור 5ב' תוצאות חיזוי


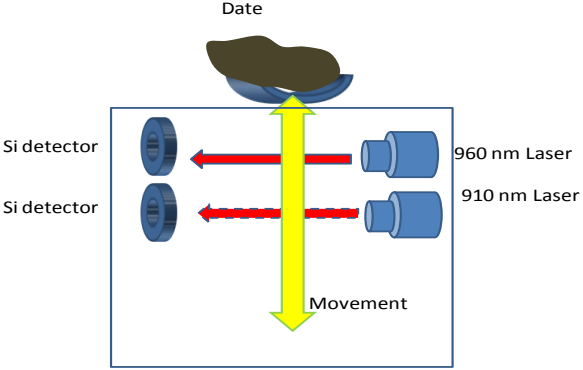
ציור 4. מערכת ניידת לבחינת פירות באמצעות דיודות

דיסקרטיות



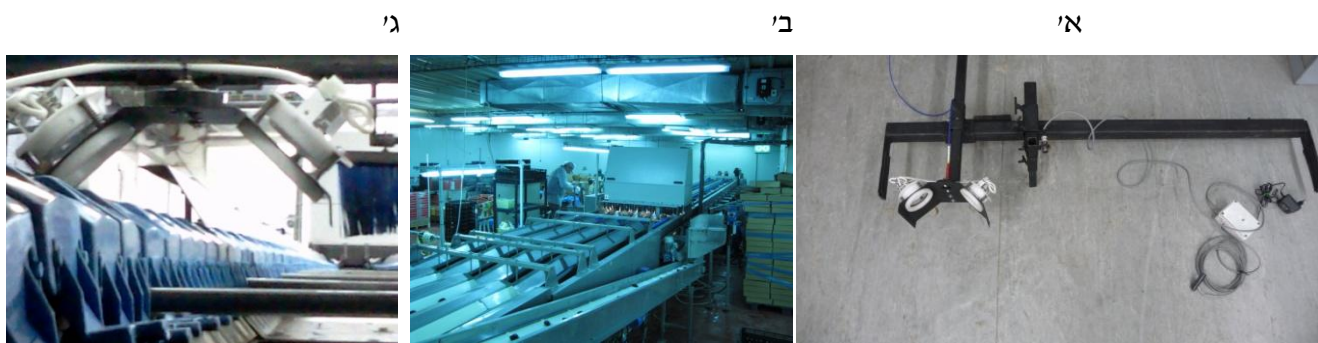
ציור 5 ג' גרף מודל הרגרסיה

המערכת השלישית היא מערכת מבוססת דיודות לייזר הבודקות את התמר במעבר (תמונה 6א) לאחר הכשלוך בשלב הראשון המערכת שופצה (ראה תמונה 6ב') שונתה באופן ניתוח האות העובר ונערכו בה ניסיונות חוזרים עם תמרים בלחיות שונות. לצערנו התוצאות לא עקביות. האלקטרוניקה שטפלו במערכת עזבו את המכון להנדסה ופיתוח המערכת "תקוע" בשלב זה.

 <p style="text-align: center;">6ב'</p>	 <p style="text-align: right;">6א'</p>
---	---

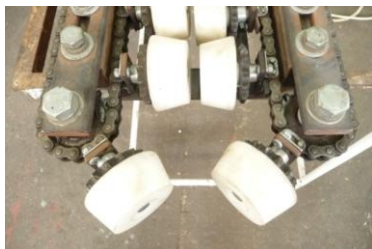
ציור 6. מערכת מבוססת דיודות לייזר

המערכת הרביעית הינה גשר חדש (ראה תמונה 7 א') המיועד להתקנה מעל קו המיון של מערכת מיון על פי משקל של תמרים כגון זו המיוצרת על ידי חברת עשת אלון. ניסויים אלו היו כרוכים בקשיי ביצוע רבים לאור סגירת בית אריזה "צמח תמרים" עמו היינו בקשרים הדוקים והעברת המערכות בית אריזה "שאן תמר". בסופו של דבר הצלחנו להתקין את המערכת בקו המאוד צפוף (ראה תמונה 7 ב' ג')



ציור 7. מדידה במסוע מיון של "עשת אלון" : א. גשר חדש, ב. המערכות בית אריזה "שאן תמר"ג. תא תאורה בבית שאן.

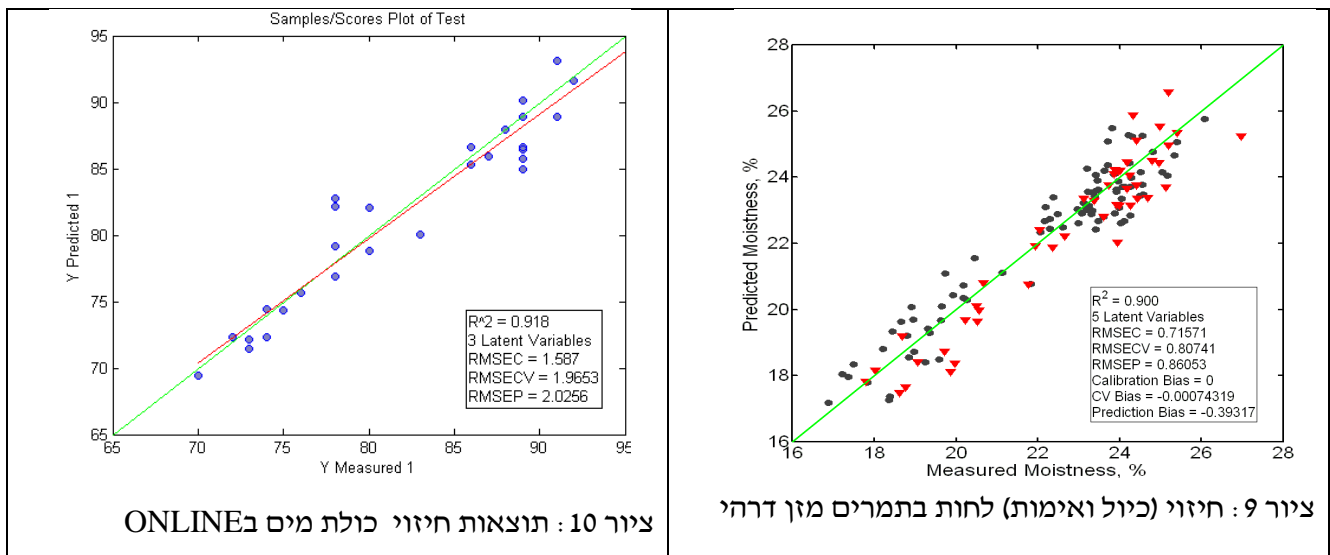
מערכת חמישית: במסגרת המחקר נבנה אב טיפוס לסינגלטור לתמרים (ראה תמונה 8). הסינגלטור מבוסס על "גרומטים חצויים, היוצרים תא במהלך הקווי אך נפתחים בסוף המסוע ומשחררים את התמר. ניסויים שנערכו במערכת הראו מחד פונטציאל ליישום אך סיבוכיות רבה בייצור בהרכבה ובתחזוקה.



ציור 8. אב טיפוס של סינגלטור לתמרים

מערכת שישית: לאחר שהייתה התענינות הנושא הוצג בפני הנהלת "עשת אלון" וסוכם על שת"פ לפיתוח התקנה שתשלב את המערכת שפותחה על ידנו במערכי המיון שלהם. הסכם נמצא בימים אלו בשלבי גיבוש. המערכת עומדת להקלט בימים אלו באופן מסחרי בשני מישורים האחד מערך הקבלה ובקורת האיכות של "תמר שאן" קולט לקראת עונת הגידול 2013 את המערכת שהוסבה מפלטפורמת החיאני והיא תשמש לבדיקת קבלה של מספר זנים לצורך זו נערכו השנה מספר ניסויים ונבנו מודלים מוצלחים לזנים 'זהידי' 'חידראי' 'אמרי' כמו גם לימגהול'. תוצאות לבחינה זו מוצגים בציור 9.

בשלב האחרון של המחקר נבחנו בעיות אקוטיות חדשות כגון זיהוי אספרגילוס ניגר (פייחת) נמצא תוצאות טובות במערכת NIR מבוססת מעבר לזיהוי נוכחות פייחת. בנוסף הדרישה להתייחס למצב מים WATER ACTIVITY ולא רק ללחות נבחנה במספר ניסויים ונמצאה התאמה טובה למודל החוזה תכולת מים בONLINE במערכת חד ערוצית עם הזנה ידנית. תוצאות לבחינה זו מוצגים בציור 10.



6. המשך המחקר המתוכנן :

- 6.1. ליווי בית אריזה "שאן תמר" בשילוב המערכת מפלטפורמת חיאתי במערך הקבלה ואבטחת האיכות.
- 6.2. מו"פ משותף עם מפעל "עשת אלון", להטמעת המערכת אצלם.

7. רשימת ספרות מצוטטת כולל פטנטים ספציפיים לנושא.

1. Ben Gera I. And K. H Norris determination of moisture content in soybeans by direct spectrophotometry. 1968. *Is. J. Agric. Res.* 18:125:132.
2. Dull, G.G., 1971, "Quality": Chapter 22, *The Biology of fruits and their products*. Volume II . (Ed.) A.C. Hulme.
3. Dull, G.G., 1978, Nondestructive quality evaluation of agricultural products: A definition of practical approach. *J. Food Protection* 41(1):50-53.
4. Dull, G.G., 1986, Nondestructive evaluation of quality of stored fruits and vegetables. *food tech* 40(5):106-110.
5. Dull, G.G., Leffler, R.G., Birth, G.S., Zaltzman, A., Schmilovitch Z. (1991). The near Infrared determination of moisture in whole dates. *Hort Science*. 26(10): 1303-1305
6. Finney, E.E. and K. H. Norris. 1978, Determination of moisture in corn kernels by Near Infrared Transmittance measurements. *Trans. ASAE* 21:282
7. Giangiacomo R., J.B. Magee, G.S. Birth and Dull G.G. 1981.
 - i. Predicting concentrations of individual sugars in dry mixtures by Near- Infrared reflectance spectroscopy. *J. Food Science*. 46: 531-534
8. Giangiacomo, R. and Dull, G.G. 1986. Near infrared spectrophotometric determination of individual sugars in aqueous mixtures. *Journal of Food Science*. 51(3) 679:682

9. Marten G.C., J.S. Shenk and F.E. Barton II (Eds). 1989. *Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) Analysis of Forage Quality*. USDA, ARS Handbook No. 643..
10. Murray, I., 1986, NIR spectra of homologous series of organic compounds. *Proc. Int. NIR Symp.* Budapest, Hungary.
11. Norris K.H. 1964 Simple spectroradiometer for 0.4 to 1.2 micron region. *Trans. ASAE*. 7:240-242.
12. Norris K.H. and R.F Barnes. 1976. Infrared reflectance analysis of nutritive value of feedstuff in *Proc. 1st Int. Symp. Feed Comp.* Utah Agr. Exp. Sta. Utah State University, Logan. :237.
13. Pasternak, H., Z. Schmilovitch, E. Falik and Y. Edan. (2001). Overcoming multicollinearity in near infrared analysis for Lycopene content estimation in tomatoes by using Ridge regression. *J. Testing and Evaluation*. Jan 2001: 60-66
14. Schmilovitch, Z., A. Hoffman, H. Egozi, R. Ben Zvi, Z. Bernstein and V. Alchanatis. (1999).
Maturity determination of fresh dates by near infrared spectrometry. *J Sci Food Agric* 79:86-90.
15. Schmilovitch, Z., A. Hoffman, H. Egozi, R. Ben Zvi, Z. and V. Alchanatis. (2000)
Machine for automatic sorting 'barhi' dates according to maturity by near infrared spectrometry. POSTHARVEST2000. 4th International conference on postharvest science, Jerusalem, Israel, March 2000
16. Schmilovitch, Z. A. Hoffman, H. Egozi, R. El-Batzri and C. Degani. (2001) Determination of Avocado Maturity by Near-Infrared Spectrometry. *ISHS Acta Horticulturae* 562, III International Symposium on Sensors in Horticulture. 175:180.
17. Schmilovitch, Z., V. Alchanatis, S. Lurie, A. Weksler, A. Hoffman, H. Egozi, , V. Ostrovsky. (2006). Quality Indices Determination of Apples by NIRS. Presented at the 2006 CIGR Section VI International Symposium on FUTURE OF FOOD ENGINEERING, Warsaw, Poland, 26-28, April 2006.
18. Schmilovitch, Z., V. Alchanatis, A. Hoffman, H. Egozi, V. Ostrovsky, R. El-Batzri and C. Degani. (2006). Online Determination of Avocado Maturity by Near-Infrared Spectrometry. Presented at the 2006 ISAE international conference, Agritech 2006, Tel Aviv, Israel.
19. Schmilovitch, Z., C. Shenderey, I. Shmulevich, V. Alchanatis, H. Egozi, A. Hoffman, V. Ostrovsky, S. Lurie, R. Ben Arie, NIRS Detection of Moldy Core in Apples. (2006) CIGR, Bonn, Germany.
20. Schmilovitch, Z., V. Alchanatis, H. Egozi, A. Hoffman, V. Ostrovsky, T. Ignat1 and R. Ben Zvi. Online Sorting of Madjhoool Dates According to TSS and Water Content by Near Infrared Spectrometry. *Frutic Chile* 2009, 8th Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering Symposium.

21. Shenk J.S. and R. Barnes. 1977. Current status of Infrared reflectance in *Proc 34th South. Past. And Forage Crop Impr. Confr.* Auburn, Alabama, :57-62.
22. Shenk J.S. and M.O Westerhaus, M.R. Hoover, K. M. Mayberry and H. K. Goering. 1978. Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy In *Proc. 2nd Int. Green Crop Drying Conf.* University of Saskatchewan, :292-299.
23. Willams, P. C. 1973. The application of the Neotec grain quality analyzer to the analysis of cereal grain. *Cereal Sci. Today* 18: 384-285
24. Willams, P. C. 1975. Application of near infrared reflectance spectroscopy to analysis of cereal grain. *Cereal Chem.* 52:561-576.
25. Willams, P. C. and K. H. Norris (Eds.). 1987. *Near Infrared Technology in the Agricultural and Food Industry.* ASCC Inc. St. Paul. Mn. USA.
26. ברנשטיין צבי וגדעון זיו (1996). מגיהול עסיסי – חוברת הדרכה. בהוצאת "צמח ניסיונות", הדקלאים ומו"פ ערבה.
27. ברנשטיין צבי (1998). מגיהול צפוני-הכנת פרי עסיסי – טפולים במטע ובבית האריזה – ייבוש בתנורים. בהוצ' צמח ניסיונות .
28. סטולר ש' (1974). הזן מגיול, עלון הנוטע כרך כח', 10-12, עמ' 519-523.
29. שמילוביץ ז', ע' יקוטיאלי, א' ארבל, ח' אגוזי, א' הופמן, ב' קורוטין, י' גרינשפון, ל' רוזנפלד, צ' ברנשטיין (2001). עיבוד תמרים מזן 'מגיהולי' לאחר גדיד. עלון הנוטע 35:42 (1) 55.

8. סיכום עם שאלות מנחות

נא להתייחס ל כל השאלות בקצרה ולעניין , ב 3- עד 4 שורות לכל שאלה (לא תובא בחשבון חריגה מגבולות המסגרת המודפסת.
הערה : נא לציין הפנייה לדו "ח אם נכללו בו נקודות נוספות לאלה שבסיכום.
<u>מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה .</u>
מטרת המחקר היא להשלים את הפיתוח והשילוב בקו המיון של חיישן ייעודי מבוסס NIR למיון אוטומטי של פרי המגיהול.
<u>עיקרי הניסויים והתוצאות .</u>
נערכו ניסויים במסוע מוסב למיון מגהול בתנאי מעבדה תוך יישום מודלים ללחות וסוכר מעונה לעונה. נערכה חזרה על ניסויים בדיודות לייזר במעבר. נבנה גשר חדש. להתקנה בקו מיון מסחרי. נבנה אב טיפוס לסינגלטור מבוסס חצאי גרומטים. נבחנו בעיות אקוטיות חדשות כגון זיהוי אספרגילוס ניגר (פייחת) נמצא תוצאות טובות במערכת NIR מבוססת מעבר לזיהוי נוכחות פייחת. בנוסף הדרישה להתייחס למצב מים WATER ACTIVITY ולא רק ללחות נבחנה במספר ניסויים ונמצאה התאמה טובה למודל החוזה תכולת מים בONLINE במערכת חד ערוצית עם הזנה ידנית. המערכת עומדת להקלט בימים אלו באופן מסחרי בשני מישורים האחד מערך הקבלה

ובקורת האיכות של "תמר שאן" קולט לקראת עונת הגדיד 2013 את המערכת שהוסבה מפלטפורמת החיאני והיא תשמש לבדיקת קבלה של מספר זנים לצורך זו נערכו השנה מספר ניסויים ונבנו מודלים מוצלחים לזנים זהידי חידראי אמרי כמו גם למגהול. לאחר שהייתה התענינות הנושא הוצג בפני הנהלת "עשת אילון" וסוכם על שת"פ לפיתוח התקנה שתשלב את המערכת שפותחה על ידנו במערכי המיון שלהם. הסכם נמצא בימים אלו בשלבי גיבוש.

<u>מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו . האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח ?</u>
חלק ניכר מהמטרות הושגו וחלקן מתוכנן להמשך העבודה בשתפ עם הגורמים המסחריים. ניכר כי יש קושי להגיע לאיכות מיון של תמרים עם מערכת חיישנים דיסקרטיים שפותחו במכון, גם כאלו שנחלו הצלחה במקומות אחרים.
<u>בעיות שנתרנו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות</u>
<u>המשך המחקר לגבי הן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תוכנית המחקר ?</u>
מערך הדיודות הדיסקרטי במעבר כשל והחלטנו לזנוח כיוון זה. הועלו בעיות אקוטיות חדשות כגון זיהוי אספריגילוס (פייחת) מצאנו שיש סיכוי למערכת NIR לזהות כמו גם הדרישה להתייחס למצב מים WATER ACTIVITY ולא רק ללחות. בהמשך מתוכנן: א. ליווי בית אריזה "שאן תמר" בשילוב המערכת מפלטפורמת חיאני במערך הקבלה ואבטחת האיכות, ב. מו"פ משותף עם מפעל "עשת אילון, להטמעת המערכת אצלם.
<u>הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - ציטוט ביבליוגרפי כמקובל ב פרסום מאמר מדעי ;</u>
בכתיבה
<u>פטנטים - יש לציין שם ומס' פטנט; הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום, תאריך, ציטוט ביבליוגרפי של התקציר</u>
<u>כמקובל ב פרסום מאמר מדעי .</u>
עדיין אין
<u>פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)</u>
ניתן לפרסם