

# עיבוד תמרים מזן 'מג'הול' לאחר גדיד

**זאב שמילוביץ, עוזד יקותיאל, אברהם ארבל, חיים אגוזי, אהרון הופמן, בוריס קורוטין, יוסף גרינשפון ולביא רוזנפלד**

מינהל המחקר החקלאי, המכון להנדסה חקלאית, בית דגן

**צבי ברנשטיין**

צמח ניסיונות, מעבדות אזוריות עמק הירדן

**צי 'מג'הול' הנטועים בישראל מהווים כבר היום קרוב למחצית עצי התמר מהזנים היבשים. תנופת הנטיעה בעיצומה. כיום, מאחר שהייבוש אינו מבוקר הנדסית ואינו מדויק, נפסלים 20-50% מהפרי לייצוא מחמת שילפוח. גישת המחקר המוצעת במחקר הנוכחי היא ייבוש 'תעשייתי' יותר, תוך שיפור האמצעים הנמצאים כבר בבתי האריזה, מקום בו קל יותר ליישם נהלים ותקנים מחייבים ולהבטיח את איכות המוצר הסופי.**

העבודה התרכזה במספר כיוונים עיקריים:

1. פיתוח חיישן נייד למדידה מיידית של לחות תמר בודד על פי תכונותיו הדיאלקטריות;
2. פיתוח חיישן להערכת הייבוש בחדר הייבוש ע"י שקילה דינמית של מדגם מייצג;
3. פיתוח שיטה מהירה ליישום מעבר האוויר החם דרך מגשי התמרים בעת הייבוש בחדר הייבוש;
4. בדיקת ההשפעה של טמפרטורת הייבוש על איכות הפרי המיובש.

נמצא, כי ניתן למדוד מדגמי פרי בחיישן הלחות בדיוק שיאפיין את עקומת התפוצה של המשטחים המוכנסים לחדר הייבוש. חמישה מכשירי מד לחות על בסיס דיאלקטריות מופעלים בעונה זו בבתי אריזה שונים ברחבי הארץ. נמצא, כי מערכת של שרוולי אטימה, שפותחה בעונה שעברה ונוסתה בחדרי ייבוש בבית אריזה 'צמח תמרים', שיפרה את האיכות וקצב הייבוש. כן נמצא, כי מכשיר אבטיפוס של שקילה דינמית מאפשר בקרה יעילה של אובדן המים במשטחים המיובשים. עוד נמצא, כי ניתן לזרז את הייבוש בטמפרטורה מעל 60 מ"צ מבלי לגרום נזק ולהשיג פרי ברמה פיטוסנטרית גבוהה. המסקנות הן כי יש לפתח את שיטת העבודה בבית האריזה לניצול יעיל של הפיתוחים הנוכחיים. יש להמשיך ולפתח אבטיפוס של מתקני המדידה לרמה חצי מסחרית, לבחון יישום שיטה מסחרית להתקנת השרוולים האוטומים בחדרי ייבוש נוספים, כמו גם הגברת טמפרטורת הייבוש. כמו כן יש לזרז את תהליכי הייבוש ולוודא כי לא נגרמת ירידת איכות במוצר.

## הקדמה ורקע

כאמור, תנופת הנטיעה של הזן 'מג'הול' בעיצומה והוא הולך ודוחק את הזנים היבשים האחרים בגידול ובשיווק. ההיצע העולמי כיום קטן, ולישראל וארה"ב בלעדיות בייצוא. 'מג'הול'

פודה מחירים עד פי 2 מכל זן אחר ויתרונם בגודלו וביופיו. חסרונותיו, שהגבילו את גידולו בעבר, הם חיי מדף קצרים ונטייה חזקה להשתלפחות. פירות 'מג'הול' על האשכול נכנסים בהדרגה, לאחר הבשלתם, לתהליך פסיבי של התייבשות (ככל תמר), וכשלושה שבועות חולפים מתחילת ההבשלה של הפירות הראשונים על האשכול ועד האחרונים. בתחילת ההצמלה הפירות מכילים כ-40% מים ובסופה 16-18%.

תהליך ההשתלפחות הוא בלתי הפיך, ובמהלכו הקליפה מתחילה להיפרד מהציפה כשתכולת המים בפרי יורדת אל מתחת ל-26-27%, ללא קשר עם מהירות או טמפרטורת הייבוש - על העץ (סטולר, 1974), בארגזים בשמש או בתנורים (ברנשטיין, 1996, 1998). כיום הפרי משווק כ'פרי עסיסי' בתכולות מים גבוהות, ומאחר שהוא נשלח רטוב יותר הוא משולפח פחות ואחוזי הייצוא בו גבוהים יותר. אך גם כיום, מאחר שהייבוש אינו מבוקר ואינו מדויק, נפסלים 20-50% מהפרי לייצוא מחמת שילפוח (להוציא ערבה דרומית - איזור מועט שילפוח). המגדלים בשלב זה אינם נרתעים מלהשקיע תשומות ועבודות ידיים מרובה במיון ובייבוש הפרי בתנאי שדה. בעתיד הלא רחוק יש לצפות לעלייה בהיצע 'מג'הול' לשווקים ולאייבד הבלעדיות. סביר כי עלייה זו תגרור ירידה במחירים ועלייה בדרישות האיכות. במצב זה רק הקטנת הוצאות הייצור, הגדלת אחוזי הפרי המתאים לייצוא ורכישת יתרונות שיווקיים תוך שיפור איכות המוצר יאפשרו למגדלים לעמוד בתחרות בתנאים העתידיים.

מחקר אחר, העוסק בפיתוח מערך טכנולוגי לשיפור איכות התמר מזן 'מג'הול' לייצוא, מנוהל ע"י י. קנר, ש. נברו ואחרים (קנר וחובי, 1998).

חלק עיקרי של המחקר מתרכז בחקר פעילות האנזימים בפרי ובהשפעת הלחות המאוזנת של





הפרי על איכותו. במסגרת זו נעשה שימוש במכשיר מדידה של לחות מאוזנת על קבוצות של שמונה-עשרה תמרים במנה, לבקרה של אבטחת איכות המיון הידני והגיד הסלקטיבי. חלק אחר של המחקר הניל מנסה לבחון שיטות ייבוש והבחלה ע"י ניצול אנרגיה סולרית. המחקר הנוכחי אינו מתיימר לשנות את תכונות הפרי ואינו מציע תנאי ייבוש שיצמצמו את שיעורי השתלפחות (קנר וחוב, 1998), אלא לחפש דרכים למיון וייבוש הפרי קרוב ככל האפשר לתחום המתחייב כדי לשווקו כפרי עסיסי ועדיין בתחום בו ההשתלפחות מזערית, בהוצאות נמוכות מהוצאות הייבוש בשדה ותוך קבלת מוצר באיכות גבוהה יותר.

ימיג'הול' עסיסי הוא מוצר יוצר דופן המשווק, שלא כרגיל, לפני שנגמרה התייבשותו; כך הצרכן אוהב אותו, ועבור פרי כזה הוא מוכן לשלם מחיר גבוה. האתגר הטכנולוגי בעיבוד פרי ימיג'הול' עסיסי הוא להפסיק את ההתייבשות של מירב הפירות שנגדדו לפני שהגיעו לסף הרטיבות התחתון המותר לפרי עסיסי, וכשמרביתם עברו את הסף העליון, ואחר כך לשמור במצב זה את הפרי עד הגיעו לצרכן.

הטכנולוגיות שפותחו בתחילת שנות התשעים להכנת פרי עסיסי הן פשוטות למדי (ברנשטיין, 2000):

- גדיד סלקטיבי באשכול לפני הופעת פירות יבשים מדי (לפרי עסיסי);
- מיון במטע של הפרי בהתאם לאחוז המים;
- ייבוש סלקטיבי בשמש;
- הקפאת המצב, תרתי משמע, בקירור לאחר שהפרי יובש בשדה, מוין ונארז.

הטיפול בפרי בטכנולוגיות פשוטות אלו הביא אמנם לתוצאות משקיות מצוינות, אך זאת בשוק ירעב ותוך חריגה משמעותית מתחומי הרטיבות המבוקשים למוצר. עיבוד פרי הצפון (ממרכז הבקעה וצפונה) בטכנולוגיות אלו עלול להיות בעייתי מהסיבות הבאות:

- הפרי נגדד כשהוא רך ופגיע מהפרי הדרומי;
- הייבוש בשמש איטי מאוד ולעתים בלתי אפשרי;
- חריגה בייבוש מהתחום העליון המוגדר לפרי עסיסי עלולה להגדיל את שיעורי הפרי המשולפח, כל שכן חריגה מהגבול התחתון. פיתוח טכנולוגיות טובות יותר אינו רק חיוני לעיבוד פרי הצפון, אלא הכרחי להבטחת מוצר

טוב יותר בשוק עתידי תחרותי. זה מספר שנים שנמצאים בשלבים שונים של פיתוח פתרונות מתקדמים לעיבוד הימיג'הול', בהם קביעת אחוז המים בפרי ושיפור תהליכי הייבוש. מכל האופיונים של פרי מג'הול' עסיסי - כימיים, פיזיקליים ואורגנולפטיים, רק אחוז המים ניתן לבדיקה מהירה, וזאת ביחידות מקובלות ופשוטות. שאר התכונות המבוקשות לפרי עסיסי, כמעט בכל מקרה, יהיו בתחום אחוז המים המבוקש. מפאת השונות הרבה בשיעורי מים של כל פרי ופרי באצווה המטופלת, יש צורך בבדיקה של לפחות 50 פירות כדי לקבל עקום תפוצה המייצג את התפלגות הפירות לפי שיעורי המים בהם.

בדיקה מהירה של הפרי תסייע לקבלת תשובות לשאלות הבאות:

- האם את הפרי שהובא מהשדה יש להפנות מיד למיון, או לייבשו קודם לכן. יש לזכור כי הרצה של פרי רטוב מדי על מערכי המיון תגרום לפציעות ומעיכות רבות;
- מתי בדיוק יש להפסיק את הייבוש כדי לקבל כמות מירבית של פרי בתחום המבוקש וכדי להימנע מייבוש יתר, שמשמעותו הגדלת שיעורי הפרי המשולפח;
- האם הממיינים אינם מחמירים, או מקילים, בפסילת פרי יבש או רטוב מדי;
- האם המוצר הסופי עומד בדרישות הנוהל.

בקרת איכות על הלחות המקובלת כיום בתעשיית התמרים מורכבת מחמישה תהליכים אלטרנטיביים:

1. בקרת לחות האוויר בחדרי הייבוש;
2. בדיקות מדגמיות של כ-100 ג' תמרים. מפירות של דיגמה זו יש להוציא את הגלעינים, לטחון ולכבוש לעיסה. הלחות מוערכת עפ"י בדיקת מוליכות חשמלית בזרם ישר, בדגם גלילי המיוצר מעיסה זו. המדגמים נלקחים לפני הכניסה לחדרי הייבוש, או האידוי, ומשמשים כבסיס לחישוב זמני הטיפול;
3. בדיקת עכבה חשמלית בתדר נמוך, עד 100 קילוהרץ (KHz) ע"י החדרת שתי אלקטרודות לתמר;
4. בדיקה ויזואלית של התמרים, בהתבסס על נסיון המפעילים, בעיקר עבור הערכת טיב הייבוש או האידוי הסופי;
5. בדיקה מקובלת להגדרת הלחות בתמרים באופן מדויק, הנמצאת בשימוש כיום

במעבדות, מתבססת על ייבוש בתנורי ואקום בטמפרטורה של 70 מ"צ למשך 48 שעות;

6. בדיקת 'לחות מאוזנת' במכשיר הבודק שישה-עשרה תמרים בבת אחת בתהליך הנמשך בין 20 דקות לשעתיים.

חסרון שיטת הבדיקה עפ"י מוליכות חשמלית (DC) הוא בדיוק הנמוך שלה, ובכך שמעל 18-20% תכולת לחות השיטה אינה ישימה כלל. היא דורשת טיפול בדגימה, טיפול שהוא הרסני. התוצאה המתקבלת היא ממוצע יחיד, שממנו קשה לקבל תמונה על התפלגות הלחות בכל משלוח, דבר המשפיע על תהליך הייבוש וקבלת ההחלטות.

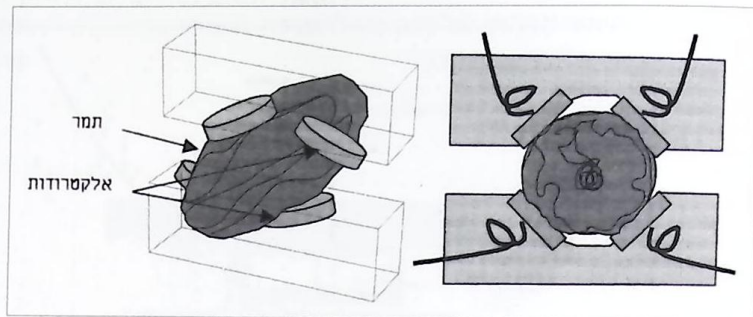
בדיקת עכבה חשמלית בשיטה חודרנית מוגבלת בתחום מדידה של 20% לחות מהיותה הרסנית. חסרונות הבדיקה הוויזואלית ברורים, בהסתמך על תחושות אנושיות וניסיון אישי השונה ממפעיל למפעיל ואצל אותו אדם במהלך היום. חסרון השיטה המעבדתית הוא עלות גבוהה, הזמן הממושך הנדרש לקבלת תשובה וחוסר היכולת לטפל בכמות רבה של מדגמים, ולכן היא אינה ישימה בתעשייה.

כאמור, גישת המחקר הנוכחי היא ייבוש תעשייתי יותר תוך שיפור האמצעים המצויים כבר כיום בבתי האריזה, וזאת גם מתוך הכוונה להפנות את תהליכי הטיפול בהכנת התוצרת לשיווק מהמטע אל בית האריזה, מקום בו קל יותר ליישם נהלים ותקנים מחייבים ולהבטיח את איכות המוצר הסופי.

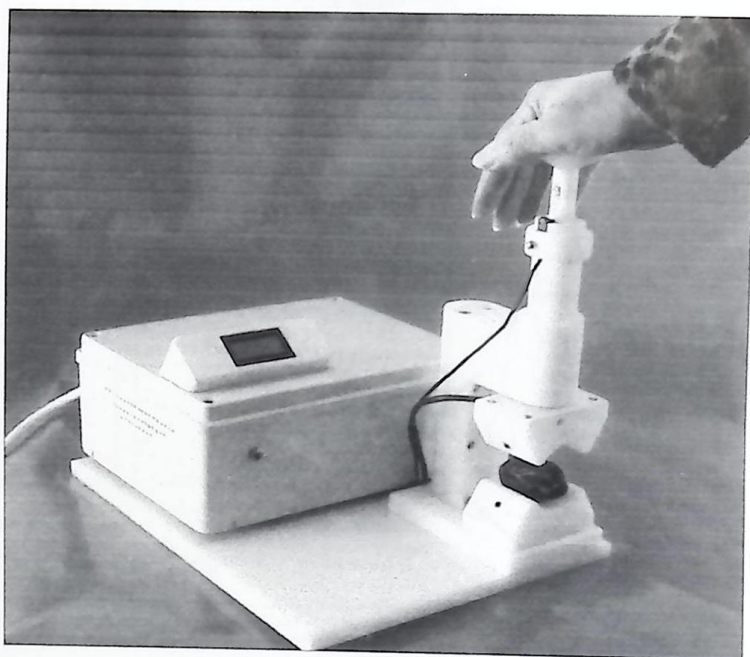
הבעיה העיקרית כיום בטיפול בימיג'הול' היא ייבוש פירות בתכולות מים שונות (טווח רחב של 10% ויותר) ללא אפשרות להפריד ביניהם (ברנשטיין, 1998). מיון הפרי לפי תכולת מים מוכתב מהצורך להביא את כל הפרי ללחות הנדרשת בתחום של 22-26%. הנחת המחקר היא, כי באמצעות מיון מדויק של הפרי בעזרת ייבוש מבוקר ניתן יהיה לקבל פרי אחיד עם מינימום שילפוח, וכי מדידות לחות מדויקות יסייעו למיין את הפרי בדיוקנות ולחשב מראש את שיעור הייבוש הנדרש לכל מנה. בשיטות מיון אוטומטיות ניתן להגיע לדיוק של 1-2% במדידת הלחות (Schmilovitch et al., 1997, 1999) לעומת +/- 5% טעות במיון ידני (ברנשטיין, 1998).

עפ"י הניל (צבי ברנשטיין, 1998), בתנאי ייבוש כאלה קיימת סכנה שהפירות היותר יבשים יתייבשו יתר על המידה וישתלפחו. הבעיה הולכת ומחמירה כשמדובר בפרי רגיש





איור מס' 1: תאור  
סכמתי של מבנה  
האלקטרודות ומגען  
עם התמר



איור מס' 2: מכשיר  
נייד למדידה מיידיית  
של לחות תמרים  
על פי תכונות  
דיאלקטריות של  
התמר

להסב חדרי ייבוש קיימים לייבוש 'מגיהול'.  
שני מכוני התמרים בצפון קיימים חדרי ייבוש  
שנבנו בשעתם לייבוש פרי משוטח על מגשי  
ייבוש. חדרים אלה יש להתאים לייבוש פרי  
בתוך ארגזי השדה. לשם כך יש לאלץ את זרם  
אוויר הייבוש לעבור בתוך הארגזים (מגשי  
מגיהול), היושבים אחד לצד השני ואחד מעל  
לשני. פרי 'מגיהול' רטוב מדי לשיווק כפרי  
עסיסי יש לייבש מוקדם ככל האפשר, מאחר  
שימגיהול רטוב אינו נשמר טוב אפילו בקירור.  
מכאן, שיהיה צורך לייבש כמויות גדולות של  
פרי תוך זמן קצר ככל האפשר. נפח הייבוש  
שיידרש הוא מכפלה של כמויות הפרי שיש  
לייבש בקצב הייבוש. בשנתיים האחרונות  
נמצאו דרכים להתאים את חדרי הייבוש  
הקיימים לייבוש 'מגיהול', כך שאפשר יהיה  
לקצר את זמן הייבוש לפי 2 ויותר מהמקובל.  
החדרים שיוסבו לייבוש 'מגיהול' בארגזים יהיו  
אב טיפוס לבניית חדרים חדשים.  
ידוע (Hall C. W., 1961) כי ייבוש בתנור בורימא  
אוויר מאולצת בינות למגשי הפרי משפר את  
יעילות הייבוש. אמנם נמצא  
(Hederson and Perry), כי במעל 2 מ"שנייה  
אין כבר תרומה משמעותית בהגדלת מהירות  
האוויר, אולם בניסויים מוקדמים נמצא כי  
מהירות האוויר כיום מעל לפרי במגשי 'מגיהול'  
נמוכה מערכים אלה, ועל כן נעשים עתה ניסיונות  
לשפר את ביצועי מערכות הייבוש. לייבוש  
בתנורים יתרונות נוספים:

- ייבוש מהיר, ליעול הייצור;
- נבגי פטריות, שמרים וחידקים מושמדים  
בטמפרטורות שמעל 60 מ"צ, ובכך משיגים חיי  
מדף ארוכים ופרי העומד בדרישות גבוהות של  
תקנים תברואתיים;
- הייבוש בתנור גורם להמסה של סוכרים  
מגובשים בפרי מאוחסן ומקנה לפרי ברק רענן;
- העברת הייבוש לבית האריזה מורידה במידה  
ניכרת את לחץ העבודה במטע, מפנה כוח אדם  
לעבודות אחרות ומעלה בכך את פוטנציאל  
הייצור של המגדל.

## חומרים ושיטות

- העבודה התרכזת במספר כיוונים עיקריים:
- פיתוח חיישן נייד למדידה מיידיית של לחות  
תמר בודד עפ"י תכונותיו הדיאלקטריות;
- פיתוח חיישן להערכת הייבוש בחדר הייבוש  
ע"י שקילה דינמית של מדגם מייצג;
- פיתוח שיטה מהירה ליישום השיפור במעבר

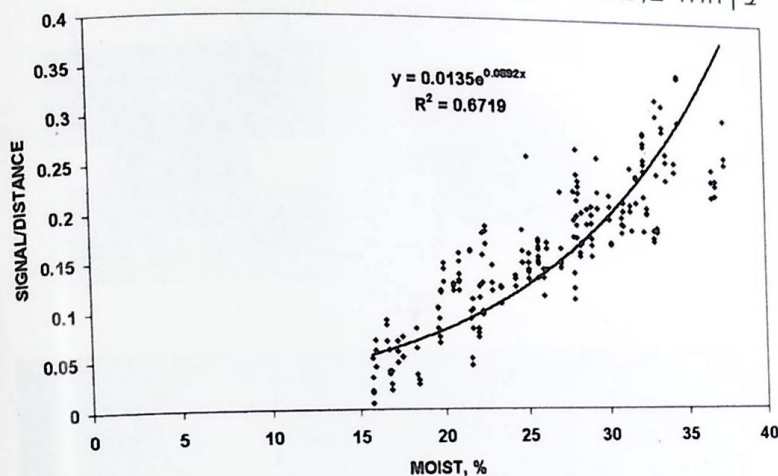
המבוקש לסוף הייבוש. כאשר יוכנס לבית  
האריזה ציוד מהיר לבדיקה לא הרסנית של  
אחוז המים בפרי, אפשר יהיה לבקר את  
התהליך ישירות ע"י מדידת אחוז המים של  
אותם פירות, לפני ובמהלך הייבוש. טעות היא  
לחשוב שטביעת עין מקצועית ומישוש די בהם  
כדי לקבוע אם הפרי יבש, ושהם עשויים לשמש  
מדד נאמן לקביעת זמן הפסקת הייבוש של  
'מגיהול' עסיסי.

כאמור, גישת המחקר הנוכחי היא פיתוח ושיפור  
כלים ואמצעים הנמצאים כבר בבתי האריזה,  
מתוך הכוונה להפנות את תהליכי הטיפול של  
הכנת התוצרת לשיווק מהמטע אל בית האריזה,  
מקום בו קל יותר ליישם נהלים ותקנים  
מחייבים ולהבטיח את איכות המוצר הסופי.  
מאחר שלדעת רבים יהיה צורך בעתיד הקרוב  
לעבור מייבוש בשדה לייבוש במתקני ייבוש  
סגורים (מסיבות טכניות, כלכליות  
ופיטוסניטריות), יהיה הכרח בשלב ראשון

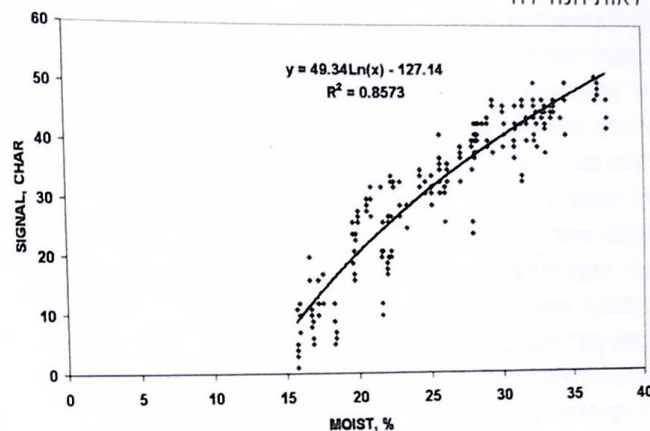
להשתלפחות, כמו פרי הבקעה או פרי הצפון.  
השתלפחות תוך כדי ייבוש אינה בעיה מיוחדת  
של ייבוש בתנורים; כיום נפסלים לייצוא  
כתוצאה מייבוש יתר 20% ומעלה מכלל פרי  
בקעת הירדן המיובש בשדה. צמצום שיעורי  
השילפוח של 'מגיהול' תלויה בראש ובראשונה  
בשליטה טובה בתהליך הייבוש והמיון של  
הפרי, כאשר כבר כיום ניתן לבקר את תהליך  
הייבוש בתנור טוב יותר מאשר בשדה. פרי  
שמתייבש מאבד ממשקלו בעיקר כתוצאה  
מאיבוד מים, תוך כדי ייבוש חלים בפרי שינויים  
שונים כמו שינויים במבנה, שינוי בצבע, שינוי  
ביחס מים/סוכר, שינוי בלחות המאוזנת  
ובמראה הפרי. כל אחד ממאפיינים אלה יכול  
לשמש להלכה מדד לשיעור הייבוש. נראה לנו  
כי השינוי במשקל הינו המדד המדויק ביותר  
והפשוט יותר בו ניתן לבקר את תהליך הייבוש.  
בשיטה זו נחוץ לדעת מה שיעור המים בפרי  
בתחילת הייבוש ולחשב את משקל הפרי



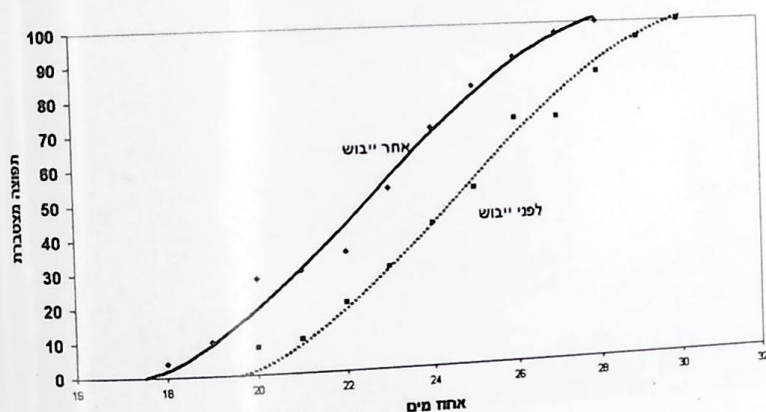
איור מס' 4: התלות של אות המדידה, ה"מנומל" ביחס למרחק בין הלחיים, בלחות בתמר הנמדד



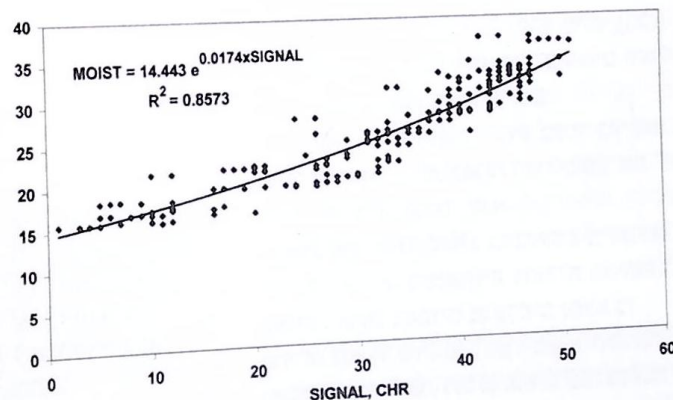
איור מס' 3: התלות בין הלחות לאות המדידה



איור מס' 6: עקומת תפוצה אופיינית של מדגמי תמרים



איור מס' 5: כיול המודל לחישוב לחות התמר הנמדד במכשיר הדיאלקטרי



האוויר החם דרך מגשי התמרים בעת הייבוש בחדר הייבוש;

■ בדיקת השפעה של טמפרטורת הייבוש על איכות הפרי המיובש;

■ לימוד התפלגות אחוז המים בפרי המיוצא במגהרץ עסיסי באמצעות מדידה דיאלקטרית.

### ■ פיתוח מתקן נייד למדידה מיידי של לחות תמר בודד על פי תכונותיו הדיאלקטריות: מכשיר חדש פותח ונבנה בשנת 99 למדידת לחות עפ"י העכבה החשמלית.

המכשיר מבוסס על חיישן הפועל בתדר של 10 מגהרץ ומורכב מארבע אלקטרודות בקוטר של 10 מ"מ. המכשיר משדר בשתי אלקטרודות במשותף את האות דרך התמר, והשתיים הנוספות קולטות את האות המועבר. השפעת הלחות של התמר הנמצא בין האלקטרודות, כמתואר באיור מס' 1, על קיבוליות החיישן, נמצאה בתלות מובהקת כמו גם השפעת

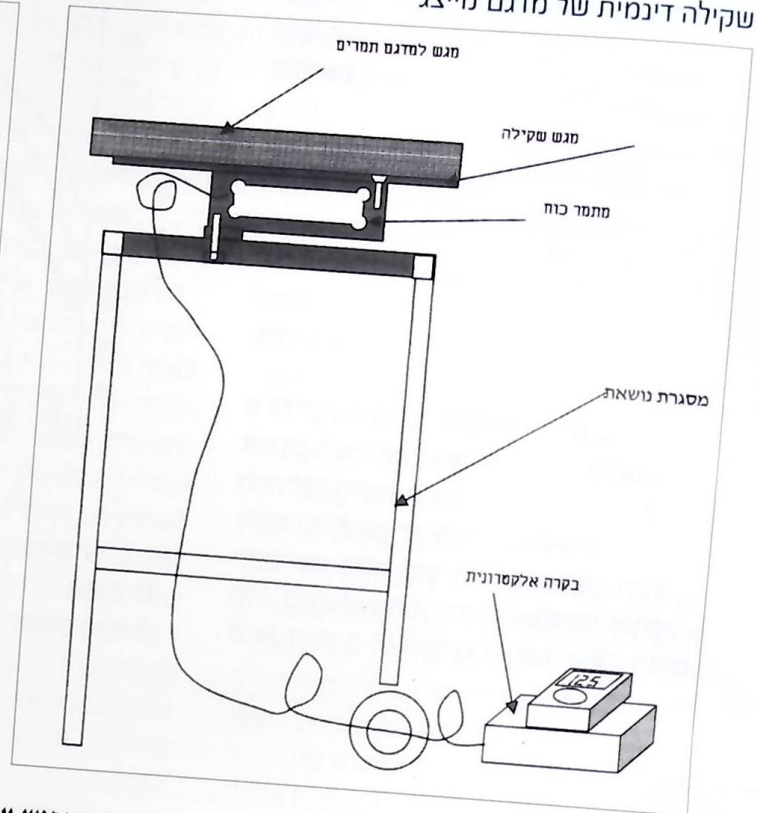
המרחק בין צמדי האלקטרודות. המכשיר, שנבנה לפי העקרונות הנ"ל ומוצג באיור מס' 2, מאפשר מדידת המרחק בין שתי הלחיים הנושאות את האלקטרודות בעזרת מד מרחק המבוסס על סיב אופטי. במכשיר זה נערכו מספר ניסויים של כיול, שכללו מדידת האות המועבר דרך התמרים ומרחק המדידה, המושפע מגודל התמר ומאופן לחיצתו. על מנת להגביר את אחידות המדידה תוכנן המכשיר כך שהאות לקריאת אות המעבר בין האלקטרודות ניתן רק לאחר הפעלת כוח מזערי, שכוון מראש, ע"י מערכת קפיצים פנימית. המכשיר מפיק מיקרו מחשב המאפשר הצגת המדידה על צג דיגיטלי המותקן בחלקה העליון של קופסת הבקרה. לצורך כיול המודל החשמלי נבחנו דוגמאות תמרים מזן 'מגיהול' בלחיות שונות ותוצאות המדידה מופיעות באיורים מס' 3 ו-4. לכל תמר נערכו שלוש קריאות במכשיר, התמר סומן והועבר

לשקית אטומה ולקירור. באיור 3 מוצגות מדידות של האות המועבר (SIGNAL) דרך התמר כנגד הלחות היחסית (MOIST) של הפרי, כפי שנמדדה במעבדת 'צמחי' (בשיטה השגורה ע"י ייבוש התמרים בתנור). השפעת המרחק מופיעה באיור בניסיון לנרמל את הערכים ע"י חלוקה בערכי המרחק, כפי שנמדדו (ב-CHAR) במכשיר. התוצאות מראות, כי ההתאמה ביחס לאות עצמו, בקו מעריכי, היא גבוהה יותר. בדיקה של מודל רגרסיה ליניארי בתוכנת SAS בעזרת שגרת מחשב GLM

(General Lincer Modeling) הראתה, כי למרות שהשפעת המרחק מובהקת, התרומה של ערך זה למודל היא קטנה. לכן יושם בהמשך הפיתוח מודל המזניח את המרחק בין הלחיים, תוך שמירת המודל האופציה במכשיר לחזור ליישום מדידת ערכים אלה במקרים אחרים, בהם יוכח צורך כזה. המודל שיושם מופיע באיור 5.



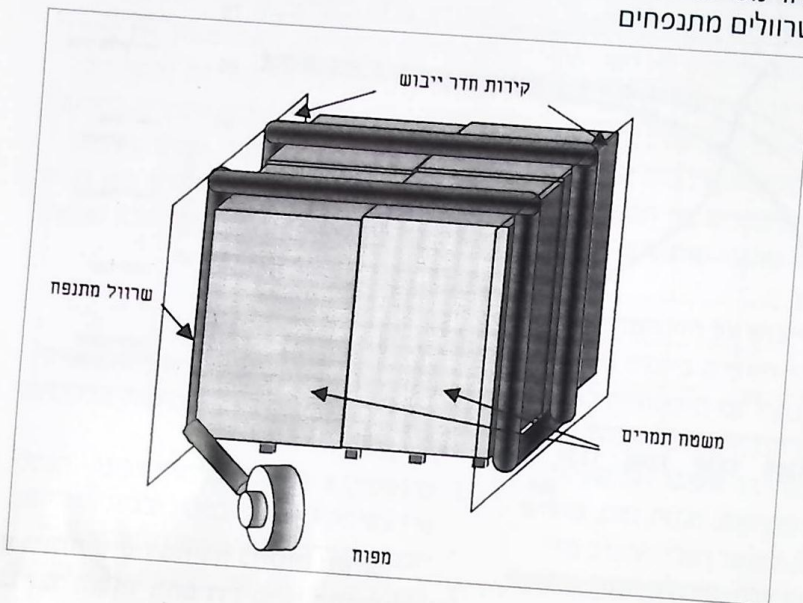
איור מס' 7: תיאור סכמתי של מערכת להערכת הייבוש ע"י שקילה דינמית של מדגם מייצג



- בשלב הבא של העבודה יושם המכשיר בשני אופנים:
1. בחינת מדגם של משטחי התמרים בניסויי הייבוש, לצורך הערכת מצב הפרי וקבלת קבוצת חציון מייצגת לניסוי במכשיר השקילה הדינמית;
  2. בחינת מדגמי תמרים לפני ואחרי ייבוש בחדרי הייבוש, בעבודה שוטפת בבית אריזה 'צמח תמרים' ע"י המעבדות האזוריות 'צמח ניסיונות'.

התוצאות של הפעולה המתוארת בסעיף 1 מפורטות בהמשך בתיאור אופן היישום של השקילה הדינמית. תוצאות פעולה 2 מוצגות באיור מס' 6, בו מתוארות שתי עקומות תפוצה של מדגמים - לפני ואחרי הייבוש. היכולת לקבל מידע זה מיידי, לפני ואחרי או תוך כדי הייבוש, צריכה עדיין להיות מוטמעת בשלבי הייצור וקבלת ההחלטות בבית האריזה. בהמשך המחקר ייעשה ניסיון לשלב מערכת זו ביתר שאת בפעולתו השוטפת של בית האריזה, ולבחון את היעול המתקבל מכך. השנה, בעונת 2000, נבנו עוד ארבעה מכשירים, שפורזו בין מספר בתי אריזה והם נמצאים ביישום חצי מסחרי. איסוף נתונים על תרומת

איור מס' 8: תיאור סכמתי של משטחי התמרים בניסוי עם שרולים מתנפחים



המכשירים ועל ביצועיהם נערך בימים אלה.

### ■ פיתוח מכשיר וחיישן להערכת קצב הייבוש

בחדר הייבוש ע"י שקילה דינמית של מדגם מייצג: הערכת קצב הייבוש ע"י שקילת התמרים בעת הייבוש מבוססת על אובדן המשקל בזמן זה (כתוצאה מיציאת מים מהתמר לאוויר החם). ניתן לחשב את אחוז המים שנותר בתמר שלחותו היחסית ידועה מראש לפני הייבוש. האפשרויות שנשקלו בתחילת הפרויקט היו:

- א. שקילה של כל התמרים;
- ב. שקילת משטח שלם אחד  $85 = 17 \times 5$  ארגזי שדה;
- ג. שקילת ארגז שדה אחד או מגש עם מדגם מייצג.

הפתרון שנבחר הוא ג'.

מערכת שתוכננה ופותחה לצורך זה (מתוארת באיור 7) כוללת מסגרת נושאת, מגש שקילה, מתמר כוח ומשטח תמרים מתפרק. כל אלה מוכנסים אל חדר הייבוש ומוצמדים למשטחי התמרים. מערכת אלקטרונית מבקרת את מתמר הכוח, ולה מד מתח המייצג משקל. המערכת מוצבת מחוץ לחדר הייבוש. משטח פלסטי מחורר, המשמש כמשטח תמרים נייד, מונח על מגש שקילה קבוע המחובר אל מתמר הכוח, המתאים למשקל של עד 4 ק"ג ועומד בטמפרטורות של עד 100 מ"צ. המערכת

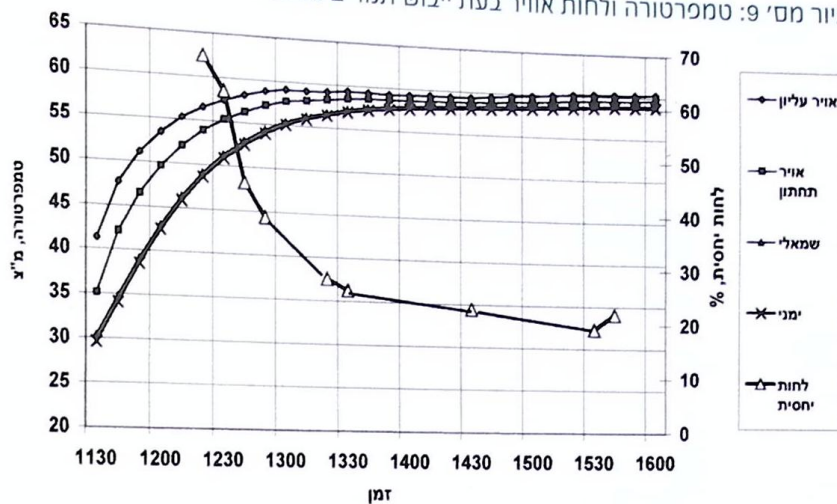
מאפשרת איפוס לטרה (עם או בלי תמרים), ומתאימה להפעלה בטמפרטורות ייבוש של 40, 50 ו-60 מ"צ. עפ"י הטמפרטורה וירידת המתח ניתן לדעת מה משקל המים שאיבדו התמרים.

בניסיונות ייבוש שנערכו השנה בבית האריזה 'צמח תמרים', נלקחו תמרים ממרכז עקומת התפוצה של מדגם המשטחים שהוכנסו לתנור. המדגם כולו (כ-70 תמרים) נבחן במכשיר הדיאלקטריות והתמרים הופרדו לקבוצות לפי תכולת המים באופן הבא: מתחת ל-20%, 21-22, 24-25, 26-27, 28-29, 29-30, 31-32 ו-32% מים. כ-40 תמרים, באחוז לחות סביב חציון המדגם, נבחרו והוכנסו למגש המכשיר (משקלם הכולל היה 1 ק"ג לערך). המכשיר מאפשר מדידה בדיוק של 0.1 ג' ושימש כמד אובדן לחות ברגישות של 0.1% מים. כך למשל, נקבע שאובדן של 20 ג' מהדגימה יהווה הפחתה של כ-2% מתכולת המים (אם כי למעשה זה מהווה יותר, כי הגלעין אינו מאבד מים באותו קצב). בממוצע זה יביא להזזה של עקומת התפוצה להורדת לחות במקביל בכ-2%, כך שהתמרים יאבדו לחות כנדרש. תהליך כזה אכן התבצע בניסוי שתוצאותיו מתוארות באיור 6. בניסוי ייבוש זה הופסק תהליך הייבוש עפ"י הממד הנ"ל ונמצא, כי הייבוש היה בהתאם לתחזית וכי צירוף המכשירים מהווה טכניקה יעילה למעקב ובקרה של תהליך הייבוש.



בניסויים קודמים בעזרת כיסוי של יריעות, והוכיח כי קצב התחממות התמר עולה וגם קצב הייבוש משתפר. ניסיון לפתח שיטה שתיושם באופן יעיל בבית האריזה נערך השנה בבית אריזה 'צמח תמרים'. בניסויים אלה הוכנס שרוול פלסטי מתנפח אל חדר הייבוש והונח על גבי המשטחים באופן המתואר באיור 8. מדידות טמפרטורה ולחות אוויר בניסוי מוצגות באיור 9. בניסוי, שתוצאותיו מוצגות באיור 9 ובאיור 6, הראה כי ייבוש בשיעור ממוצע של 2% מים ניתן לקבל בארבע שעות.

איור מס' 9: טמפרטורה ולחות אוויר בעת ייבוש תמרים בניסוי עם שרוולים מתנפחים



**■ בדיקת השפעת טמפרטורת הייבוש על איכות הפרי המייובש:** להשוואת איכות הפרי המתקבל בייבוש בטמפי' גבוהות ובטמפי' נמוכות, נלקח פרי שהורחק ממסלולי האריזה, ע"י הממיינות בבית האריזה בצמח, כפרי רטוב מדי. באמצעות המכשיר הדיאלקטרי נבדקה לחות הפרי ב-50 תמרים וחושבה כמות המים

שנערכו בשנה שעברה, ידוע כי מעבר אוויר חם במהירויות של עד 2 מ"ש/שנייה דרך המגשים מייעל את קצב הייבוש. אילוץ האוויר נעשה

**■ פיתוח שיטה מהירה ליישום השיפור במעבר האוויר החם דרך מגשי התמרים בעת הייבוש בחדר הייבוש:** מידע קודם ומנסיונות

## לתשואת 2 כותבינו

מפאת אילוצים של מקום - פונקציה של גודל החוברת (תקציב) ואורך המאמרים, נאלצנו, למגינת לבנו ולאחר התלבטויות רבות, לדחות לגיליון הבא מספר מאמרי מחקר שהיו אמורים להתפרסם בגיליון זה. חברי המערכת מעריכים את אורך רוחכם והבנתכם.

**ומעניין לעניין באותו עניין:**

כדי למנוע להבא מקרים מעכירי מוראל שכאלה, אנו מבקשים בכל לשון של בקשה לשלוח אלינו מאמרים שמספר המילים בהם אינו עולה על 2,500, ואשר יחד עם תמונות, איורים וכותרות ימלא לא יותר מאשר ארבעה עמודים.

**אנא קחו בחשבון שמאמרים העולים על סדר גודל זה עלולים לא להתפרסם.** אנו מאמינים כי בדרך זו תהיה לנו אפשרות לעמוד בדיבורנו, להביא לאיזון בין המידע המקצועי והאקטואלי המתפרסם בעלון הנוטע, ובמקביל לא לגרום עוגמת נפש לאיש מהכותבים. ושוב תודה על ההבנה.



שיש להרחיק מהפרי כדי להגיע ללחות ממוצעת של 24% מים. הפרי המיועד לניסוי חולק לשני מגשי ייבוש, כ-2 ק"ג בכל מגש, אחד לייבוש ב-65 מ"צ והשני ב-45 מ"צ. הייבוש בוצע בתנור הנסיוני ב'צמח נסיונות', הבנוי במתכונת של חדר ייבוש, פרט לכך שחימום האוויר בוצע באמצעות גופי חימום חשמליים. התנור הופעל במחזור חצי פתוח, כך שלמעשה לא הייתה הצטברות של אדי מים בתנור. לחות אוויר הייבוש לא הושפעה למעשה מהמים שנפלטו מהפרי. מהירות זרימת האוויר בתנור מעל לפרי היתה כ-2 מ"ש/שנייה. זווית תרמיים שימשו למדידת הטמפרטורה בתוך הפרי. כן נמדדה, באמצעות זווית לח, הלחות היחסית של האוויר הנכנס והלחות היחסית של האוויר בתוך התנור. במהלך הייבוש נשקלו מגשי הפרי כל שעה או שעתיים, לקבלת עקומות ייבוש ולקביעת זמן הפסקת הייבוש. בתוך תנור הנסיוני טמפרטורת האוויר מגיעה תוך עשר דקות לרמה המבוקשת (מה שלא נכון במתקני ייבוש מסחריים, בהם האוויר זורם לאורך מספר מגשי פרי). הלחות היחסית בתנורי ייבוש פרי הנמצאים בשימוש אינה מבוקרת, אלא תלויה בלחות היחסית של החוץ ובמידת חימומו. בתקופת הניסוי, בשני הטיפולים, הלחות היחסית של אוויר החוץ היתה 50-60% וטמפרטורת האוויר כ-30 מ"צ.

הלחות היחסית של האוויר בתנור בייבוש ב-45 מ"צ ירדה ל-40-30 ואילו זו שבייבוש ב-65 מ"צ הגיעה ל-20%. כאשר מחשבים באמצעות טבלאות פסיכרומטריות (או עקומות) את הלחות היחסית שצריכה להתקבל בתנור, לפי טמפרטורת הלחות יחסית של האוויר הנכנס, מקבלים ערכים נמוכים יותר בכ-10% (לחות יחסית שמתחת ל-20% כבר לא תורמת למעשה למהירות הייבוש). טמפרטורת הפרי מגיעה לרמה המבוקשת מהר יותר לאחר כשעה עד שעה וחצי כשהחימום הוא ל-45 מ"צ מאשר ל-65 מ"צ.

**מהירות הייבוש:** הורדת אחוז המים בפרי מ-29 ל-24 ארכה 20 שעות בטמפרטורה של 45 מ"צ ורק שש שעות בטמפרטורה של 65 מ"צ. בחישוב אריתמטי פשוט - 0.25% מים לשעה ב-45 מ"צ ו-83.0% לשעה ב-65 מ"צ. נתונים אלה אינם יכולים לשמש כמקדמים מבלי להביא בחשבון את התנהגות עקומות הייבוש, שאינן ליניאריות, ואת השעה-שעתיים הראשונות בהן עדיין לא יתייצבו תנאי הייבוש המבוקשים.

**השפעת טמפרטורת הייבוש על איכות הפרי:** הפרי לאחר הייבוש מוין לפי דרגות השילפוח. מהירות הייבוש או טמפרטורת הייבוש לא השפיעה על שיעור השילפוח. הפרי המיובש הוצג, ללא תג זיהוי, בפני סגל העובדים ב'צמח נסיונות' ואח"כ בפני הסגל המקצועי של בית האריזה בצמח. איש לא זיהה הבדלים בין הטיפולים, פרט לכך שיש שטענו שהפרי שיובש ב-65 מ"צ היה קצת יותר בהיר.

**השפעת טמפרטורת הייבוש על חיי המדף של הפרי:** נושא זה צריך להיבדק בייבוש הראשוני לאחר הגדיל, ולא בפרי עם היסטוריה לא ידועה של טיפולים קודמים ועם הפגיעות שנגרמות בעיקר לפרי רך שעובר את מסלול האריזה - שפיקה, מברשות, התזת מים, מישוש ונפילה (או זריקה) למגשי הפרי הרטוב מדי. ואמנם, מרבית הפרי המיועד לייבוש נוסף אינו נארז לייצוא.

**בדיקות פיטוסניטריות ופוטנציאל החמצה:** גם נושא זה חייב להיבדק בפרי שילקח היישר מהמטע. לא שאנחנו סבורים שהשתנו סדרי בראשית, וכי טמפרטורה של 65 מ"צ במקרה זה לא תהיה יעילה (הנושא כבר נבדק בעבר), אלא שיהיה זה בלתי הוגן כלפי הפרי שיובש ב-45 מ"צ ועבר מסלול ארוך ורצוף אפשרויות להזדהס.

## סיכום ומסקנות

אפשר לזרז את ייבוש 'מגיהול' ע"י ייבוש בטמפרטורה שמעל 65 מ"צ מבלי לגרום לו נזק ולהשיג, בנוסף, פרי ברמה פיטוסניטרית גבוהה. בתנאי העבודה הרגילים בבית האריזה אפשר יהיה ליבש יותר מחזוריים ביום עבודה בטמפרטורה של 65 מ"צ לעומת מחזור אחד בלבד, אולי, בטמפרטורה של 45 מ"צ, כאשר יש להביא בחשבון גם את הכנת החדר ופריקתו. נמצא, כי ניתן למדוד מדגמי פרי בחיפוש הלחות בדיוק שיאפיין את עקומת התפוצה של המשטחים המוכנסים לחדר הייבוש. עוד נמצא, כי מערכת של שררולי אטימה, שפותחה בעונה שעברה ונוסחה בחדרי ייבוש בבית אריזה 'צמח תמרים', שיפרה את האיכות וקצב הייבוש. כן נמצא, כי מכשיר אב טיפוס של שקילה דינמית מאפשר בקרה יעילה של אובדן המים במשטחים המיובשים. לבסוף נמצא, כי ניתן לזרז את הייבוש בטמפרטורה של מעל 60 מ"צ מבלי לגרום נזק, ולהשיג פרי ברמה

פיטוסניטרית גבוהה. יש לפתח את שיטת העבודה בבית האריזה לניצול יעיל של הפיתוחים הנוכחיים; יש להמשיך את פיתוח אב הטיפוס של מתקני המדידה לרמה חצי מסחרית; לבחון יישום שיטה מסחרית להתקנת השררולים האוטומים בחדרי ייבוש נוספים, כמו גם הגברת טמפרטורת הייבוש. כמו כן יש לזרז את תהליכי הייבוש ולוודא שלא נגרמת ירידת איכות במוצר.

## ספרות

1. ברנשטיין צ., זיו ג. (1996): 'מגיהול' עסיסי; חוברת הדרכה בהוצ' צמח נסיונות, הדקלאים ומו"פ ערבה.
2. ברנשטיין צ. (1998): 'מגיהול' צפוני - הכנת פרי עסיסי, טיפולים במטע ובבית האריזה, ייבוש בתנורים. בהוצ' צמח נסיונות.
3. סטורל ש. (1974): הזן 'מגיהול'; 'עלון הנוטעי' כרך כ"ח, 10-12, עמ' 519-523.
4. קנר י., ש. נברו, י. דונהאי, נ. בן שלום, נ. שובל, ר. גרניט, מ. רינדנר, א. עזריאלי, ר. פינטו (1998): פיתוח מערך טכנולוגי לשיפור איכות התמר מזן 'מגיהול' לייצוא; דו"ח להצעת מחקר 97-0435-416.
5. ברנשטיין צ. (2000): צמח נסיונות; גידול 'מגיהול' בעמק הירדן. דו"ח 1999.
6. Hall W. C. Drying farm crops (1961): Chap. 19 at Agricultural Engineers HandBook Ed. Rich E. McGraw-Hill Pub. NY. Henderson and Perry. Agricultural process engineering. 318-319.
7. Nelson S. O. and K. C. Lawrence (1992): Sensing moisture content in dates by RF impedance measurements. Trans. ASAE 35 (2): 591-596.
8. Schmilovich, Z. S. O. Nelson, C. V. K. Kandaln, and K. C. Lawrence (1996): Implementation of dual-frequency RF impedance technique for on-line moisture sensing in single in-shell peans. Applied Engineering in Agriculture. 12 (4): 475-479.
9. Schmilovich, Z. A. Hoffman, H. Egozi, R. Ben Zvi, Z. Bernstein and V. Alechanais (1997): System and method for maturity determination of pre-harvested fresh dates by near infrared spectrometry. Proceedings of: Sensors for Nondestructive Testing. Int. Conf. Feb. 1997 NRAES-97. Orlando. FL. USA. 111-121.
10. Schmilovich, Z. A. Hoffman, H. Egozi, R. Ben Zvi, Z. Bernstein and V. Alchanatis (1999): Maturity determination of fresh dates by near infrared apectrometry. J. Sci Food Agric. 79: 86-90.