

פיתוח מערכת מדויקת להרבצת קיטור על גזר בטטה וגידולים נוספים כטיפול

מחטא לאחר האסיף

Development of an accurate steam depositor to treat carrot and sweet potato against
pathogens before storage

שמואל גן-מור, רפי רגב, ירון גליק, אשר לוי - המכון להנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי
דני אשל, ז'אנטה אורנשטיין - המכון לטכנולוגיה, מינהל המחקר החקלאי
נורית פירון - המכון לגידולי שדה, מינהל המחקר החקלאי

Samuel Gan-Mor - Agr. Eng. Inst. ARO, P.O.B. 6, Bet Dagan, 50250, E-mail:
ganmor@agri.gov.il

Rafi Regev, Yaron Glik, Asher Levi - Agr. Eng. Inst. ARO, P.O.B. 6, Bet Dagan, 50250

Dani Eshel, Uzi Afek, Janeta Orenstein - Food Tech. Inst. ARO, P.O.B. 6, Bet Dagan,
50250

Nurit Fyron - Plant Science Inst. ARO, P.O.B. 6, Bet Dagan, 50250

אפריל 2007

**הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.
הניסויים אינם מהווים המלצות לחקלאים**

חתימת החוקר

1. תקציר

הבעיה - חימום שטח הפנים של מוצר חקלאי למשך זמן קצר מאד נבחן כאמצעי ידידותי לסביבה ולאדם להדברת גורמי מחלה לאחר האסיף. למשך זמן החשיפה תפקיד מכריע בהצלחת הפעולה מאחר וחשיפה ממושכת מדי גורמת להדירת חום לעומק רקמת המוצר ולנזק ואילו חשיפה קצרה מדי אינה מאפשרת העברת חום בכמות מספקת להדברת גורם המחלה. באופן דומה גם לאחידות של משך ההחשיפה ורמת החימום תפקיד חשוב כדי למנוע מצב שבאזור מסוים יגרם נזק לקליפה או לרקמה הפנימית בעוד שבאזור אחר לא תבוצע הדברה. לשם כך נדרש פיתוח של מערכת להפניה מדויקת למשך זמן אחיד ולחשיפה של כל חלק בשטח פני המוצר לשם הרבצת קיטור והקרנת חום ממקרני חום. בניסויים מקדימים נמצא שהווצרות טיפות בטמפרטורה גבוהה בעת שחרור הקיטור מהפומיות גורמת לנזק לרקמה הצמחית ולכן נדרש אמצעי להשחנת הקיטור.

מטרת המחקר הנוכחי הינה פיתוח מערכת לחיטוי בטמפרטורה גבוהה לזמן קצר באופן אחיד של פני מוצר חקלאי לאחר האסיף. קיטור ומקרני חום משמשים כאמצעי חיטוי עיקרי ונבחנות אפשרויות לשיפור האפקטיביות ע"י שילוב של אמצעי הדברה נוסף. המוצרים העיקריים לבחינה הם גזר, בטטה ותפוז"א.

שיטות - מערכת להרבצת קיטור החושפת כל מקטע של שטח פני המוצר באופן אחיד תוכננה נבנתה ונבחנה בשנה א'. כמו כן תוכננה נבנתה ונבחנה מערכת להשחנת הקיטור. בהמשך בוצעו ניסויים ראשוניים של הרבצת קיטור לקביעת משך חשיפה וטמפרטורת רקמה אופטימליים כאשר בחינת היעילות בוצעה ע"י אחסון עוקב בקרור ובחינת חיי מדף של המוצר המטופל. יצרנו עקומת אופטימום למשכי חשיפה שונים עבור שני זנים מובילים בגזר (ניירובי ודורדון), ובטטה אשר הביאו לחיטוי כמעט מלא של גורמי מחלה, אך עדיין נמצאו נזקי חום ברקמה המטופלת. כדי לחקור את אחידות החימום נבחרה טכנולוגיה חדשה הכוללת צילום טרמי אשר הותאמה לחישה דרך תווך הקיטור של טמפרטורה נקודתית, בזמן אמת, ברזולוציה גבוהה של כל חלקי שטח הפנים. הטכנולוגיה אפשרה שיפור נוסף באחידות וכן כיוול טמפרטורות שטח הפנים לפי כוונן זמני החשיפה והגאומטריות של פומיות הקיטור והמקרנים. ניתן לקבל בכל סגמנט של שטח פני גזר או תפוז"א טמפ' שיא של 70 עד 115 מעלות צלזיוס, למשך מספר נבחר של עשיריות שניה.

תוצאות וסיכום - בניסוי שנערך בשנה ב' נמצא כי התפתחות רקבונות בגזר שעבר טיפול טרמי נמוכה עד כדי 50% מהביקורת ודומה לתוצאות חיטוי בחומרים מסחריים שיהיו אסורים לשימוש בקרוב. בשנה ג' בוצעו ניסויים למציאת השפעות סינרגיות בין טיפול טרמי לטיפולי הדברה אחרים, במטרה להפחית את עוצמת החום ולמנוע נזק לרקמה. נמצא ששילוב של טיפול טרמי, תת קטלני ואחריו טיפול בתכשיר מסחרי המכונה "שמר" יוצר אפקט סינרגי המפחית עד לחמישית התפתחות רקבונות ונזק לרקמת הגזר לעומת הביקורת ובעל תוצאה מובהקת של הפחתה לכדי מחצית הנזק לעומת החומר המסחרי. התקנות והתאמות של המערכת וניסויים בחיטוי טרמי בשילוב עם שמר מבוצעים בימים אלה בבית האריזה לגזר בקיבוץ שלוחות כדי להבטיח חיטוי מיטבי בקו היצור.

2. מבוא

החמרת הפיקוח על שימוש בחומרי חיטוי והדברה לאחר אסיף, בארץ ובאירופה, מחייב מציאת פתרונות "ידידותיים" לאדם ולסביבה יותר מאלו הקיימים כיום, במיוחד בגידולים האורגנים. חימום שטח פני מוצר חקלאי יכול לפיכך לשמש אמצעי טוב לחיסול מזיקים כמו חידקים ופיטריות אם החום המועבר למזיק הינו מספיק כדי להשמידם והחום המועבר למוצר אינו גורם נזק לקליפה או לרקמה הפנימית. ככל שמשך החימום יתקצר עומק חדירת החום יקטן ולכן יש לחמם את פני השטח לזמן קצר. ככל שאחידות החימום תהיה זהה ניתן יהיה להנמיך את החום המועבר בנקודות המקבלות חום מירבי. כאמצעי חימום עיקרי בעבודה הנוכחית משמש הקיטור ומושם דגש על כך שהוא יופעל בטמפרטורה גבוהה, כדי למנוע התעבות ויצירת טיפות שעלולות לגרום לכוויות שבהן תתפתחנה פטריות. כאמצעי עזר לחימום משמשים גופי חימום חשמליים המקרינים חום על פני המוצר, מגבירים את החום המועבר תוך חיסכון אנרגטי ומשפרים את אחידות הרבצת החום. מטרת המחקר הנוכחי הינה פיתוח מערכת לחיטוי בטמפרטורה גבוהה לזמן קצר באופן אחיד על פני מוצר חקלאי. הטיפול מבוצע לאחר אסיף בגזר, בטטה, תפ"א ומוצרים נוספים.

3. עיקרי הניסויים ועבודת המחקר

3.1 שנה א:

3.1.1 בנית המערכת להרבצת קיטור

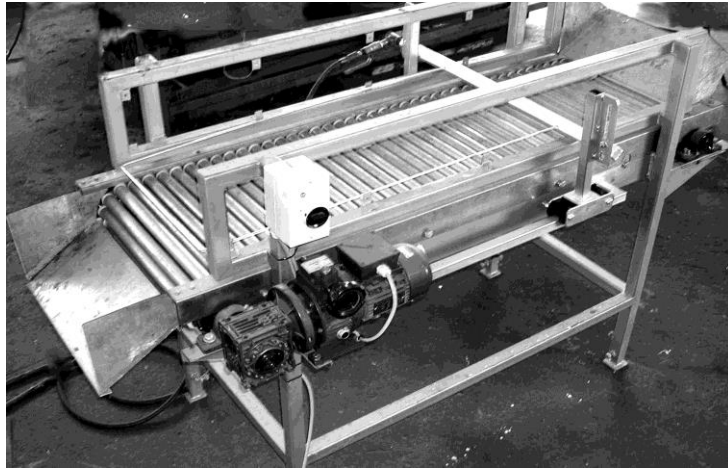
המערכת להרבצת קיטור תוכננה לשם ביצוע ניסויים בהיקפים של מאות ק"ג של מוצרים חקלאיים, בהתאם לכך ועל סמך ניסויים ראשוניים נבחר והותאם דוד קיטור חשמלי בהספק של 15 kW על מנת לספק קיטור למערכת (ציור 1). לצינור המוצא של הדוד הותקנה מערכת פומיות. בניסויים ראשוניים נמצא שירידת הלחץ ביציאת הקיטור לאוויר החופשי גורמת להתעבות מסוימת של הקיטור. ממצא זה חייב התקנה של מערכת השחנה לקיטור (ציור 2) המורכבת מגופי חימום המותקנים מסביב לצינור מרובע שבתחתיתו נקבי יציאת הקיטור. נמצא כי ליחס בין השטח הכללי של הנקבים בפומיות הקיטור ושטח החתך של הצינור הנכנס לחלל הפומיות, חשיבות רבה וכי גודלם צריך להיות דומה. הדוד חובר למערכת הפומיות באמצעות צינור ואלו הותקנו מעל מסוע גלילים עליו מוסעים המוצרים החקלאיים אשר נחשפים אל הקיטור הנפלט מהפומיות (ציור 3). ציור 4 מראה מבט כללי של כל מערכות המשנה המרכיבות את מערכת הניסוי לחיטוי בקיטור.



ציור 1 - דוד קיטור חשמלי בעל הספק של 15 kW שהותאם להספקת קיטור למערכת הפומיות.



ציור 2 - מערכת השחנת הקיטור עשויה משלושה גופי חימום בהספק של 1 kW לכל גוף המוצמדים לכל אחד משלושת הצינורות של פומיות.



ציור 3 - מסוע גלילים עליו מוסעים המוצרים החקלאיים ונחשפים אל הקיטור הנפלט מהפומיות.



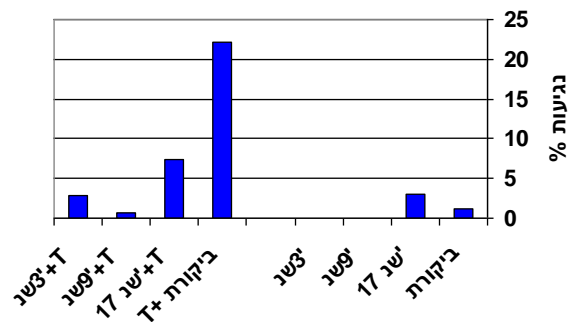
ציור 4 - מבט כללי של כל מערכות המשנה לניסוי החיטוי בקיטור.

3.1.2 תוצאות ודיון שנה א':

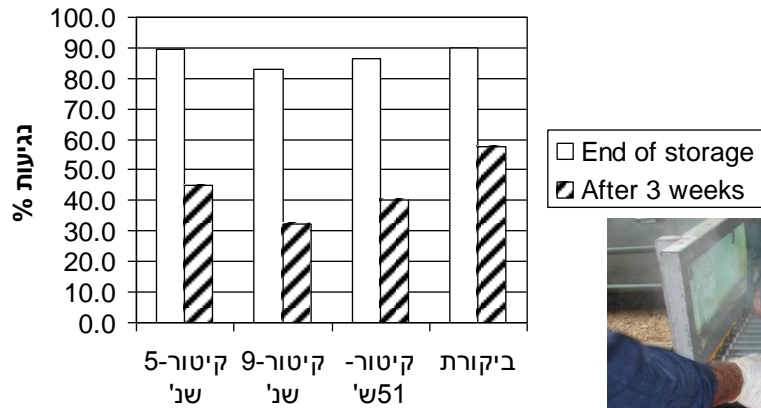
ניסויים בחיטוי גזר (ציור 5) מראים כי חשיפה לקיטור במשך 9 שניות משיגה הפחתה מירבית של הנגיעות לאחר אחסון של חודש הן בגזר רגיל מקו האריזה והן בגזר שעבר טיפול אילוח (T). רמת האילוח הטבעי היתה נמוכה יחסית ונראה שיש לשאוף לבצע ניסויים ברמות גבוהות יותר. באילוח מלאכותי יש חסרון מובן שהוא שונה מהאילוח הטבעי. משך שהית הגזר בתא הקיטור גבוה יחסית בגלל קרור הנובע מהפעלת מפוח לפינוי הקיטור.

ניסויים בחיטוי בטטה (ציור 6) מראים כי חשיפה במשך 9 שניות משיגה הפחתה מירבית של הנגיעות הן לאחר 3 שבועות של אחסון והן בתום האחסון לאחר 4 שבועות. אולם ההפחתה בנגיעות היא קטנה ויש לשאוף להפחתה גבוהה יותר.

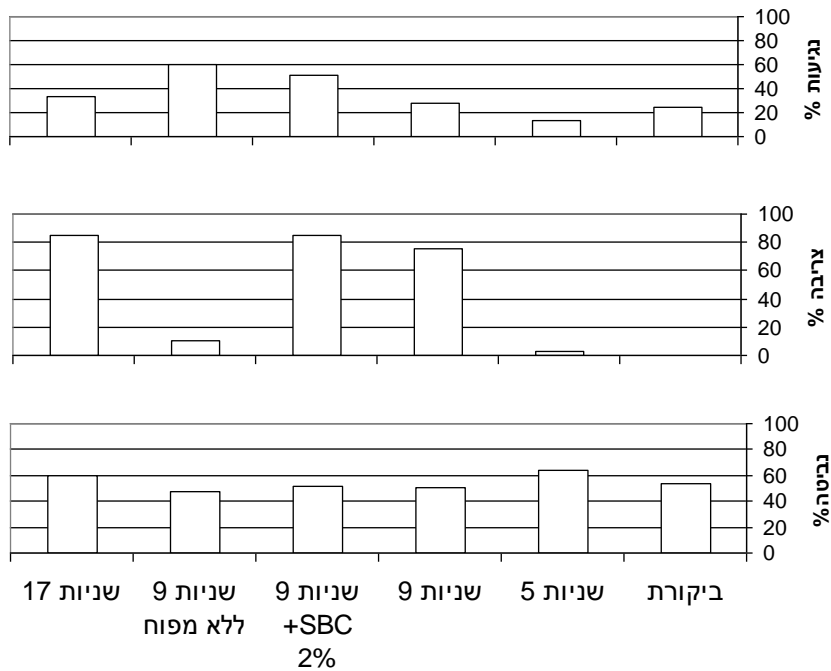
ניסויים ראשוניים בחיטוי תפוחי אדמה מוצגים בציור 7. ניתן לראות שחשיפה של 5 שניות נותנת תוצאות חיטוי טובות יחסית. שטיפה בסודיום בי קרבונט (SBC) לאחר החיטוי לא משפרת את הטיפול. כתמי צריבה נספרו גם אם לא גרמו לריקבון ופטריות. ניתן לראות שחשיפה של 5 שניות גרמה למעט כתמי צריבה ואלו היו ברמה שלא גרמה לרקבונות והתפתחות פטריות. כצפוי, ככל שהחשיפה קצרה יותר רמת הצריבה נמוכה יותר. גודל המדגמים לא אפשר בחינה סטטיסטית מיטבית ונראה כי הפחתת הצריבה עקב הפסקת פעולת המפוח לפינוי האדים צריכה להבחן באופן מקיף יותר. לפי התוצאה שמצוינת לעיל עקב שטיפה בסודיום בי קרבונט נראה שרצוי לבחון שטיפה בחומר זה לפני החיטוי בקיטור.



ציור 5 - ניסויים בחיטוי גזר בקיטור בזמני חשיפה שונים והשפעתם על הנגיעות לאחר אחסון של חודש. נבדק גזר מקו האריזה וגזר שעבר טיפול אילוח (T).



צילום 6 - ניסויים בחיטוי בטטה בקיטור בזמני חשיפה שונים והשפעתם על הנגיעות לאחר אחסון של 3 שבועות ושל 4 שבועות.



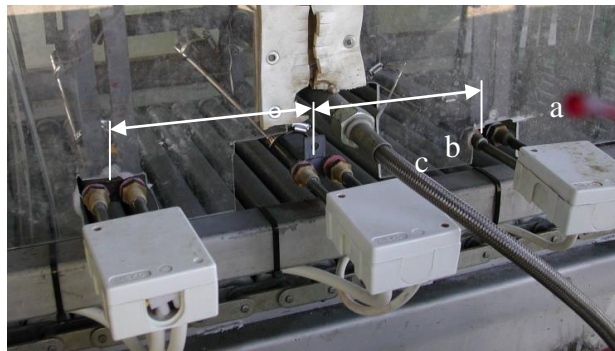
צילום 7 - ניסויים בחיטוי תפוחי אדמה בקיטור בזמני חשיפה שונים והשפעתם על הנגיעות לאחר אחסון של חודש.

3.2 שנה ב':

3.2.1 פיתוח שיטות מדידה - בשנה השנייה פותחה שיטה חדשנית למדידת הטמפרטורה המדויקת בכל נקודה על פני המוצר החקלאי בכל רגע נתון באמצעות מצלמה טרמית. הטכנולוגיה של שימוש במצלמה טרמית לכימות טמפרטורת פני השטח של גופים גדולים כמו קרקע בשדה נמצאת בשימוש כבר כמה שנים, אולם, יישום מדידה זו בתוך תא חימום לצורך חיטוי מוצר חקלאי מהווה חידוש אשר חייב את צוות המחקר בביצוע התאמות בשלב המדידה ובשלב עיבוד הנתונים. בשלב המדידה נדרשה הבטחה של קו ראייה אל הנקודות הקריטיות, נדרש כי לא יהיו טיפות רבות בחלל התא כדי להבטיח תמונה נקיה וכן נדרש להבטיח כי קו הראייה לא יעבור בסמוך לחלק הפולט חום רב. בטכנולוגיה הנוכחית נרשמו הטמפרטורות על פני המוצר שלוש פעמים בשניה. מדידת טמפרטורה בו זמנית ברשת צפופה של כמה מאות נקודות על פני המוצר יצרה כמות נתונים רבה מאד. ניתוח התוצאה חייב פעולה מקדימה של הקטנה וניפוי נתונים חשובים פחות והצפה ועיבוד של נתונים מהותיים כמתואר למטה.

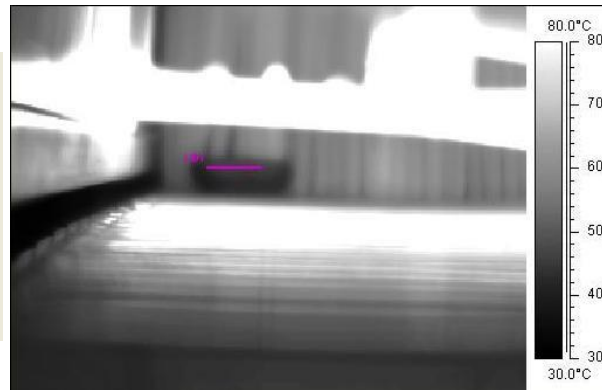
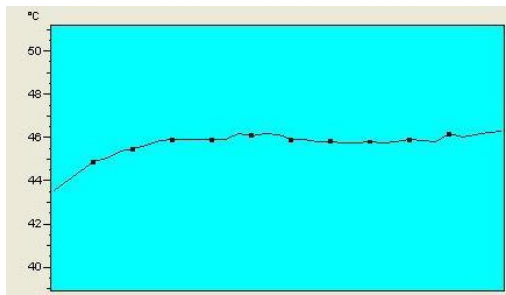
3.2.2 מדידת אחידות הרבצת הקיטור -

א. הצגת אזורי המערכת - מציור 8 ניתן ללמוד על מיקום האזורים השונים במערכת המוצר במערכת, זאת על מנת להבין מהן הנקודות השונות במערכת בהן נמדדות הטמפרטורות השונות על המוצר. מערכת המסוע מוצגת כאשר החלק העליון מוסר כדי להראות את פני המסוע וכן מוצגות הפומיות המותקנות מעליו.

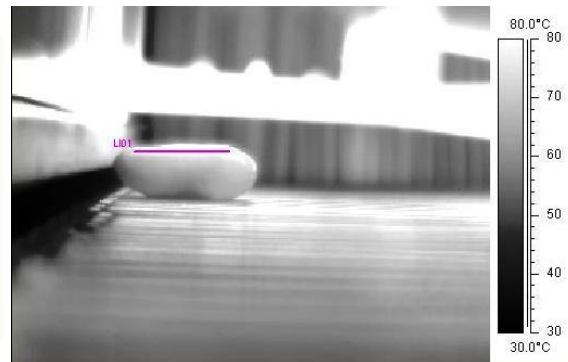
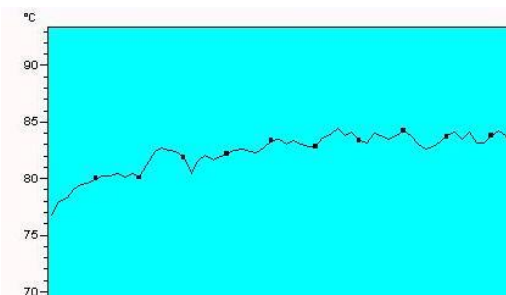


ציור 8 - שלוש סדרות של פומיות קיטור המותקנות מעל מסוע הגלילים - החום המורבץ על מוצר העובר מתחת לסדרה גבוה מזה שברוח ביניהם.

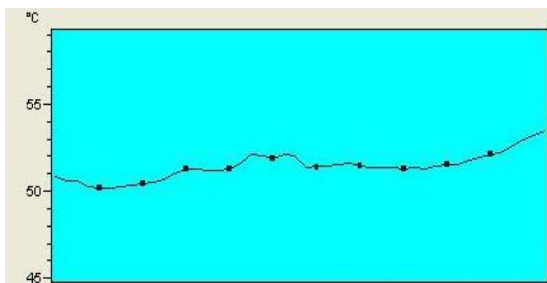
ב. תוצאות מדידות החום על פני המוצר בכ"א מאזורי המערכת - ציורים 9, 10 ו-11 מתארים מדידה של טמפרטורה על המוצר בעת מעבר בכניסה לתא (a), מתחת לשורת פומיות (b) ובין שתי שורות פומיות (c), בהתאמה.



ציור 9 - תפ"א בכניסה לתא הקיטור (מימין). קו המדידה המסומן על המוצר מראה כי טמפרטורת השטח החם בפני המוצר היא בסביבות 46 מ"צ (הגרף משמאל).



ציור 10 - תפ"א מתחת לקו הפומיות הראשון (מימין). קו המדידה המסומן על החלק העליון של המוצר מראה כי טמפרטורת השטח החם בפני המוצר היא בסביבות 83 מ"צ.

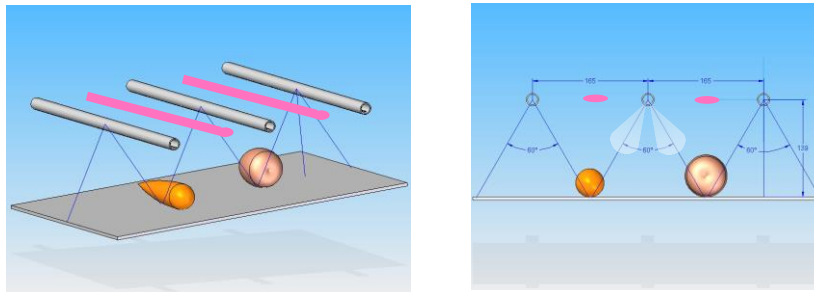


ציור 11 - תפ"א בין קו הפומיות הראשון והשני (מימין). קו המדידה המסומן על החלק העליון של המוצר מראה כי טמפרטורת השטח החם בפני המוצר היא בסביבות 57 מ"צ.

ניתן לראות כי הטמפרטורה על פני כל מקטעי המוצר אינה אחידה - כאשר עובר המוצר מתחת לשורת הפומיות מגיעה טמפרטורת המקטע הקרוב לפומיות ל-83 מ"צ. המוצר ממשיך לנוע אל בין שורות הפומיות ומסתובב תוך כדי כך. ואז כאשר מופנה מקטע אחר פונה כלפי מעלה הטמפרטורה בפני השטח שלו מגיעה רק ל-57 מ"צ. בהתאם לכך תוכנן שינוי במבנה שימנע שינויים כה גבוהים בין הטמפרטורה המירבית לה נחשף כל מקטע. בניסויים נוספים נבחנה זרימת האויר בתא ונמצא כי מוצר העובר בשולי התא נחשף לקירור הנגרם ע"י אויר הנכנס מכוון זה ונבחנו דרכים לשיפור זרימת האויר.

3.2.3 שיפורים מבניים - מדידת הטמפרטורה על פני גזר, תפ"א ובטטה הראתה כי רצוי וניתן לשפר את אחידות הרבצת הקיטור וזרימת האויר בתא החימום. השיפורים בזרימת האויר בוצעו ע"י הפחתת מהירויות תנועת האויר בתא - הסעת האויר ע"י ארובה וללא מפוח ואטימת מעברי אויר בצידי התא. שיפור אחידות הרבצת הקיטור בוצעה ע"י כוונן גובה הפיות, המפתח ביניהן וזווית שיחרור הקיטור כמתואר בציור 12.

כפי שתואר לעיל כדי למנוע הוצרות טיפות ביציאה מהפומיות ולהשחנת הקיטור הוצמד גוף חימום חשמלי של 1 kW לכל אחת משלוש שורות הפומיות. ארבעה גופי חימום נוספים בהספק של 1 kW כל אחד הותקנו בין שורות הפומיות כדי להגביר את כמות החום המורבצת על פני המוצרים וליצור אחידות בעוצמת החום המועברת לכל אחד ממקטעי המוצר. משטחים בהירים מאלומיניום הותקנו כרפלקטורים מעל לגופי החימום כדי להעצים את הקרינה. במקרה הנוכחי הקיטור גרם לעליה של 1.7 מעלות לכל kW מושקע, בעוד שגופי החימום החשמליים גרמו לעליה של 4 מעלות לכל kW מושקע. כלומר, גופי חימום אלה יעילים יותר מבחינה אנרגטית מאשר הקיטור.



ציור 12 - תכנון על פיו הותקנו הפומיות המשיגות הרבצת קיטור עם אחידות משופרת - זוויות שיחרור הקיטור, גובה הפומיות והמפתח ביניהן.

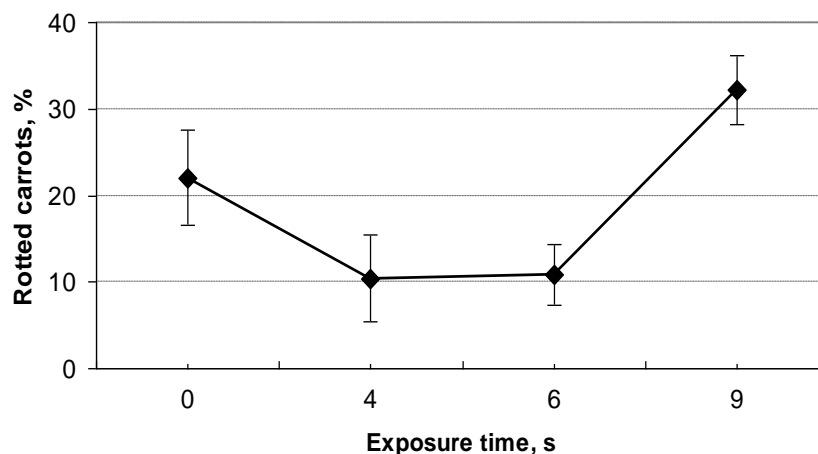
3.2.4 **מדידת טמפרטורות וניסויי חיטוי לאחר השיפור באחידות** - לאחר שיפור המערכת לחיטוי חומני נתקבלה חלוקה אחידה של הרבצת חום על כל מקטע של המוצר והוחל בניסויי חיטוי.

3.2.5 **דיון שנה ב'** - פיתוח הטכנולוגיות והניסויים שבוצעו בשנה ב' הביאו התקדמות משמעותית מבחינת היכולות הטכנולוגיות הן בשיטת המדידה והן מבחינת היכולת לאזן ולהביא לגובה אחיד של הטמפרטורות להן נחשף כל מקטע של פני שטח המוצר.

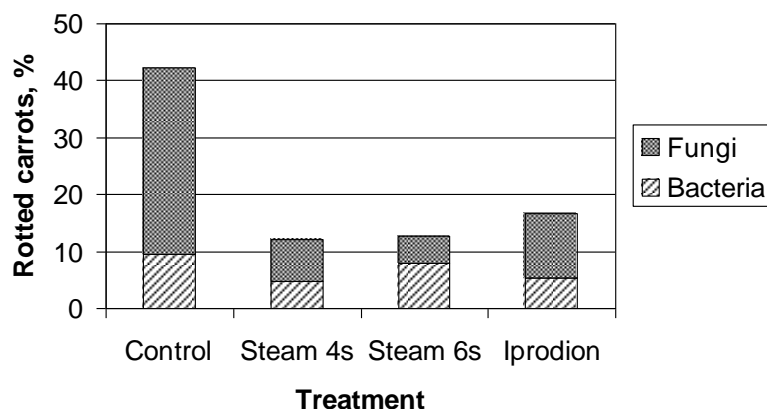
לפי התוכנית המקורית שהוצעה למימון תוכנן כי בסוף השנה השנייה יותקן מתקן ניסיוני משופר שבאמצעותו יופקו תוצאות חיטוי של גזר, בטטה, בצל ותפ"א לזרעים. תוצאות מטרותן לאמת את התוצאות שהתקבלו בשנה א' ולהראות שיפור לעומתן. המתקן המשופר נבנה ובוצעו ניסויי חיטוי ואחסון. רמת האילוח הטבעית בסט הניסויים הראשון היתה נמוכה כך שלא היתה משמעות ומובהקות בתוצאות. הוגדרו הפרמטרים לתכנון ויצור מערכת מסחרית אך עדיין דרוש לאמת את ההשפעה של כל פרמטר על החיטוי ואי גרימת נזק למוצר. דווקא לאור החידושים הטכנולוגיים שהושגו בתחום המדידה ובתחום הרבצת החום המדויקת ניתן לבסס היטב את הממצאים והשפעתם על פרמטרים אלה באמצעות מספר רב של נסיונות והיקף נכבד של כל ניסוי.

3.3 שנה ג':

3.3.1 ניסויים שבוצעו לאחר שיפור מערכות הרבצת החום הראו תוצאות משופרות. ארבע שניות שהיה של גזר בתא הקיטור הפחיתו רקבון לאחר איחסון בקרור מ- 34% ל- 13% ללא הבדל מובהק מהטיפול המסחרי באיפרודיון. חשיפה ממושכת יותר גרמה נזק לרקמות שהתבטא שינוי צבע ובהופעה מוגברת של רקבון. תמונה 13 מראה את ההשפעה של זמני שהיה שונים על הופעת רקבון בגזר. הגזר אוחסן לאחר החיטוי בטמפרטורה של 0.5 מעלות צלזיוס במשך חודש אחד ובטמפרטורת חדר למשך עשרה ימים נוספים. בניסוי מאוחר יותר אובחנו גורמי הרקבון ונחלקו לפטריות ולבקטריות (ציור 14).

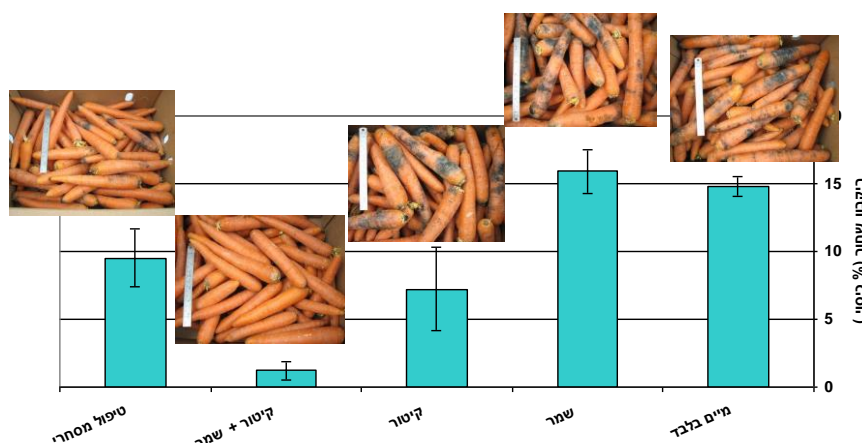


ציור 13 - השפעת זמן שהית הגזר בתא הקיטור על הנזק והתפתחות ריקבונות לאחר האיחסון



ציור 14 - רקבון בגזר עקב פטריות ובקטריות לאחר חיטוי חומני ואיחסון בחדר קירור. הטיפולים כללו שני משכי שהיה בתא הקיטור ביקורת וחיטוי באיפרודיון.

בשנה המחקר השלישית נערכו מספר ניסויים להזדברת ריקבון האשרוש השחור בגזר הנגרם על ידי של הפטרייה *Thielaviopsis basicola*. תוצאות הקדמיות מראות ששילוב של הברשה חמה, קיטור או מי חמצן עם תכשיר שמר, הביאו לפעולה סינרגית שהפחיתה בעשרות אחוזים נגיעות בריקבון האשרוש השחור בגזר, זאת למרות שלא נצפתה הפחתה של המחלה בגזר ביישום שמר בלבד (תמונה 15).



תמונה 15 - שימוש בקיטור כטיפול "החלשה" לפני הטיפול בשמר במטרה למנוע ריקבון שחור בגזר. גזר מהזן ניירובי, שמקורו במשק שלוחות, רוסס ב- 0.2% תכשיר שמר מסחרי, או עבר הרבצת קיטור מדויקת משך 3 שניות ע"ג מסוע, או טיפול בקיטור (3 שניות) ומייד אחריו בשמר (0.2%). הטיפול המסחרי הינו טיפול בחומר רודיון במינון 0.1%. הגזר המטופל אוחסן ב- 1 מ"צ משך 40 ימים והועבר ל-20 מ"צ משך 8 ימים. נעשתה הערכה של מידת הכיסוי בריקבון שחור לאחר "חיי המדף". הניסוי נעשה ב- 3 חזרות כשבכל חזרה 60 גזרים.

בעונת אסיף הגזר של 2008 הועבר המתקן להרבצת קיטור והקרנת חום למערך הטיפול בגזר בקיבוץ שלוחות והותקן לשם ביצוע ניסויים בכמויות גדולות של חומר. בהתאם לניסויים לעיל בהם נמצא כי הדברת רקבון האשורש השחור הראתה שוני מובהק בין טיפולים שונים ושמשה כמדד טוב להצלחת הניסוי, נבחר גורם מחלה זה כמדד להצלחה. כדי להעריך את השפעת הטיפול בקיטור ובהקרנת חום ואפשרויות שילובו בטיפולים אחרים נקבעו ובוצעו טיפולים דומים למצוין בציור 15. לאחר תקופת האיחסון נבדק כל גזר ונמצאה עבור כל הטיפולים רמה נמוכה מאד של אילוה בגורם המחלה שנבחר. תמונה 16 מראה את המערכת מוצבת לצד מערכת הקירור במים שבבית האריזה לגזר בשלוחות במסגרת הניסויים שבוצעו בתנאי בית האריזה. בימים אלה נמצא בשלבי הכנה ניסוי נוסף בתנאים לעיל במטרה לקבל הבדלים מובהקים.



תמונה 16 - המערכת לחיטוי טרמי מוצבת ליד המערכת לקרור במים בעת ניסויים בבית האריזה בשלוחות.

מנגנון הפעולה הסינרגי שמסתמן לעיל מעיד על יכולת לשפר הדברה של פתוגן על ידי "החלשתו" באמצעות גורם הדברה ראשון, גם אם הוא תת-קטלני, והשלמת הפעולה ע"י גורם שני שיכול להיות מדביר ביולוגי, או אמצעי הדברה ידידותי אחר ומצביע על כיוון מחקר מעניין מצד אחד ובעל פוטנציאל רב מצד שני. לאור ממצאים אלה מתבצע כעת מאמץ לאיתור מקור מימון אשר יאפשר לפתח את המחקר בטיפולים משולבים להדברה ביולוגית לאחר האסיף המשיגה שיפור באופן סינרגי ע"י חיטוי חומני המשולב עם תכשיר הדברה משלים.

4. פרסומים מדעיים שנבעו מביצוע המחקר:

Eshel D, Gan-Mor S, Orenstien J, Afek U, Levi A, Regev R (2008). Heat treatment of agricultural produce surface against pathogens applying steam and radiation. *In AgEng2008 - International Conference on Agricultural Engineering*, Hersonissos, Greece

Gan-Mor S, Regev R, Orenstien J, Glik Y, Levi A, Eshel D (2008). Precise monitoring of produce surface temperature during heat disinfection utilizing thermal IR imaging. *In AgEng2008 - International Conference on Agricultural Engineering*, Hersonissos, Greece

Gan-Mor S, Regev R, Orenstein J, Levi A, Droby S, Eshel D (2008). System and a method for a combined heat and biological treatments on agricultural products. *US Patent Application US61/006,811*

5. סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר כפי שמופיע בתוכנית העבודה:

המטרה העיקרית של המחקר הנוכחי הינה - פיתוח מערכת לחיטוי מדויק בקיטור לאחר האסיף של גזר, בטטה ופקעות ומוצרים חקלאיים נוספים.
במסגרת זו תבוצע קביעה מדויקת באמצעות מערכת ניסיונית הכוללת דוד קיטור ומסוע בעלי פרמטרים משתנים, של -
א. משך הרבצת הקיטור, ב. לחץ הקיטור, ג. צורת הפומיות, המרחק ביניהן וגודלן, ד. טמפרטורת הקיטור. השפעת פרמטרים אלה על איכות החיטוי ורמת הנזק יבחנו בניסויי אחסון ממושכים ובמדידות מידיות של השינויים ברקמות. בהתאם לפרמטרים האופטימליים תתוכנן ותותקן מערכת פשוטה להפעלה בבית האריזה.

עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח:

נבנה מתקן ניסיוני הכולל ייצור קיטור, הרבצה שלו תוך כדי השחנה וחשיפת כל מקטע של המוצר החקלאי באופן זהה לשאר המקטעים.
פותחה טכנולוגיה למדידה בזמן-אמת באמצעות הדמיה טרמית (IR), שלוש פעמים בכל שניה, של הטמפרטורה בכל נקודה של המוצר. מניתוח תוצאות עלה שרצוי וניתן לשפר את אחידות הרבצת הקיטור והחימום של המוצר וכן ליעל את התהליך מבחינה אנרגטית באמצעות מקרני חום חשמליים ורפלקטורים.
מתקן משופר תוכנן ונבנה בהתאם לממצאים לעיל. ניסויים בגזר, בטטה ותפ"א הראו חיטוי משופר הדומה ברמתו ואף עולה על חיטוי באמצעות תכשירים מסחריים. המתקן הותקן ונוסה בבית אריזה לגזר בקיבוץ שלוחות והתקבלו אחוזי רקבונות נמוכים יחסית. עם זאת בגלל רמות נמוכות של רקבון בטיפול הביקורת לא התקבלו הבדלים מובהקים.
בוצעו ניסויים הקדמיים בטיפול משולב לאחר האסיף המשיג שיפור באופן סינרגי ע"י חיטוי חומני המשולב עם תכשיר "שמר". בוצע תכנון של האלמנטים המתאימים להתקנה מסחרית בבית האריזה אך לפני בניה והפעלה יש לקבל תוצאות במסגרת ניסויים משלימים המבוצעים בבית האריזה ובהם יהיה האילוח בביקורת מספיק על מנת להראות הבדלים מובהקים. כמוכן מבוצע מאמץ במטרה להשיג מימון להמשך המחקר בכיוון המבטיח של טיפול סינרגי משולב.

המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו, האם הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח:

המטרות שהוצבו למחקר הנוכחי הושגו כמעט במלואן. רמות החיטוי שהתקבלו באמצעות הקיטור הן טובות מאד. ושיטת הניטור באמצעות הדמיה טרמית הותאמה היטב לתנאי הבעיה. אבל היכולת להשיג חיטוי טוב בהרבה, גם לעומת החיטוי המסחרי הנפוץ, באמצעות שילוב סינרגי בין חיטוי חומני וחיטוי בחומר הדברה נוסף, מדרבן את שתפי המחקר ואת הגורמים המסחריים לאתר תחילה את הטיפול הסינרגי המיטבי לפני שמבוצע יישום מסחרי בבית האריזה. נראה כי ביצוע המחר הנוסף יביא ליישום מסחרי של השיטה ולהשגת חיטוי טוב יותר בחומרים ידידותיים לסביבה.

הבעיות שנותרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות

<p>המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תוכנית המחקר:</p> <p>כפי שצוין לעיל יבוצעו ניסויים חוזרים אשר יאמתו את התוצאות אם אילוח הביקורת היה ברמה בינונית. פיתוח טיפול סינרגי משולב, אשר התגלה במסגרת המחקר הנוכחי, צפוי להביא ליישום מסחרי של השיטה ולהשיג חיטוי טוב יותר מזה המושג כיום ובאמצעים ידידותיים בהרבה לסביבה ולאדם.</p>
<p>האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח - יש לפרט: פרסומים – כמקובל בביבליוגרפיה, פטנטים - יש לציין מס' פטנט, הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום ותאריך:</p> <p>ראה רשימה בסעיף 4 לעיל.</p>
<p>פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)</p> <p>רק בספריות - v</p> <p>ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט) - x</p> <p>חסוי - x</p>