

דו"ח לתכנית מחקר מספר 430-0089-08

**הפחתת נגיעות ורקבונות במהלך אחסון ע"י יישום טכנולוגיות ליצירת אווירה נקייה  
מפתוגנים**

Reducing contamination and decay during storage by clean air technologies

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ע"י

אמנון ליכטר המחלקה לחקר תוצרת חקלאית  
אבינועם דעוס המחלקה לחקר תוצרת חקלאית  
אורית דביר המחלקה לחקר תוצרת חקלאית  
אלעזר פליק המחלקה לחקר תוצרת חקלאית  
סמיר דרובי המחלקה לחקר תוצרת חקלאית  
מאיר טייטל המחלקה להנדסה סביבתית  
רפי רגב המחלקה להנדסה סביבתית  
שלמה סלע המחלקה למדעי המזון  
ריקי פינטו המחלקה למדעי המזון  
טניה קפלונוב המחלקה לחקר תוצרת חקלאית

\*מינהל המחקר החקלאי, בית דגן, ת.ד. 6, 50250

Amnon Lichter Dep of Postharvest Science: [vtlicht@agri.gov.il](mailto:vtlicht@agri.gov.il)  
Avinoam Daus Dep. of Postharvest Science: [adaus@agri.gov.il](mailto:adaus@agri.gov.il)  
Orit Dvir Dep of Postharvest Science: [odvir@agri.gov.il](mailto:odvir@agri.gov.il)  
Samir Droby Dep. of Postharvest Science: [samird@agri.gov.il](mailto:samird@agri.gov.il)  
Elazar Fallik Dep of Postharvest Science: [efallik@agri.gov.il](mailto:efallik@agri.gov.il)  
Meir Teitel Dep. of Environmental Engineering: [grteitel@volcani.agri.gov.il](mailto:grteitel@volcani.agri.gov.il)  
Rafi Regev Dep. of Environmental Engineering: [rafi@volcani.agri.gov.il](mailto:rafi@volcani.agri.gov.il)  
Shlomo Sela Dep. of Food Science: [shlomos@agri.gov.il](mailto:shlomos@agri.gov.il)  
Riki Pinto Dep. Of Food Science: [riki@agri.gov.il](mailto:riki@agri.gov.il)  
Tatiana Kaplunov Dep of Postharvest Science: [tatiana@agri.gov.il](mailto:tatiana@agri.gov.il)

\*All affiliations – ARO, The Volcani Center, Bet Dagan, POB 6, 50250.

האם הנך מאשר את ציון הפסקה הבאה בדף הפתיחה לדו"ח **כנולא** מחקר את המינות\*  
הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים  
חתימת החוקר \_\_\_\_\_

## תקציר

בשנים האחרונות הולכת וגוברת מודעות שלטונות הבריאות וציבור הצרכנים להפחתת השימוש בחומרי הדברה כנגד פתוגנים על תוצרת חקלאית לאחר הקטיף. דרישה זו מחייבת הקפדה על שרשרת סניטציה במהלך הטיפול ובמשך האחסון של התוצרת. לאחר חיטוי התוצרת החקלאית יש למנוע את אילוחה מחדש על ידי ניקוי וחיטוי מתקני הקירור ויש לשאוף לרמה מקסימאלית של סניטציה במהלך הקירור. כשלב ראשון בהשגת מטרות אלו לניקוי חדרי קירור, נערכה בדיקה מקיפה של תכשירים המיוצרים ע"י החברות המובילות בארץ ליצור ושיווק חומרי ניקוי. תכשירים אלו יושמו באמצעות מקצף ייעודי על מערכת מודל של לוחיות מגולוונות. התכשירים נשטפו במים קרים או חמים בלחץ של 140 אט"מ. מהתוצאות נראה שכל התכשירים היו יעילים בניקוי לכלוך קל להסרה, אך ניקוי יעיל של לכלוך קשה להסרה דרש תכשירים ספציפיים. בדיקה יסודית של 3 תכשירים נערכה על חדרי קירור המשמשים או במכולות מסחריות. ברמה היישומית, ניתן לבדוק את הצורך בניקוי יסודי ואת יעילות הניקוי של חדרי קירור בעזרת מכשור לקביעת רמות ATP המייצג זיהום ממקור מיקרוביאלי. אפיק שני של המחקר עסק בבחינת שיטות וחומרי חיטוי לחדרי קירור. התוצאות מראות כי ערפול אולטרסוני עדיף על ריסוס בלחץ גבוה לחיטוי חללים אך בהיקש מניסויים מאוחרים יותר, ריסוס ישיר על קירות חדרי הקירור מאפשר חיטוי יעיל של מיקרואורגניזמים המצויים על הקירות. פותחה מערכת מודל לבחינה שיטתית של תכשירי חיטוי באפליקציה אולטרסונית ומרכיבי הזמן והריכוז הדרושים לקטילה של בוטריטיס. על פי התוצאות משך יישום של 60 דקות וריכוז של 500 ח"מ של כלורין דיאוקסיד, קלורוסן ואמוניום רביעוני הם ככל הנראה התנאים המינימליים לקטילה מליאה של בוטריטיס. אפיק שלישי של המחקר כלל בחנה של טכנולוגיות לאוויר נקי מפתוגנים בחדר הקירור. למטרה זו, אורתה חברה ישראלית בעלת טכנולוגיה מקורית להרחקה של חלקיקים ופתוגנים מהאוויר. בבדיקות שנערכו נמצא כי אב טיפוס שנבנה למטרה זו אכן מסוגל להפחית באופן משמעותי מאד את רמת הזיהום המיקרוביאלי באוויר של חדרי הקירור. המכשיר הזה צויד גם במערכת אלקטרוליטית המסוגלת לייצר נגזרות כלור העוברות ביעילות מהפאזה הנוזלית לאוויר. המערכת האקטיבית איפשרה יצרה סטריליזציה של חדר הקירור ואיפשרה קטילה מליאה של נבגי בוטריטיס לאחר 24 שעות חשיפה וכן קטילה מליאה של נבגי קלדוספוריום על פירות עגבנייה. בניסויים על ענבים הוכחה מניעה של התפתחות בוטריטיס וריקבונות. נראה כי לטכנולוגיה זו יש סיכוי לאפשר פריצת דרך באחסון של סוגים שונים של תוצרת חקלאית.

### מבוא ותיאור הבעיה

האוויר אליו חשופים פירות וירקות במהלך האחסון הוא מדיום המכיל מגוון גדול של מיקרואורגניזמים (מ"א). התוצרת החקלאית המאוחסנת עוברת בקירור תהליכי הבשלה, הזדקנות ולעיתים גם נזק קור ברמות שונות. כתוצאה מכך ישנה החלשות בעמידות המכאנית של הפירות והירקות להתגוננות בפני חדירה של מיקרואורגניזמים שמלווה לעיתים קרובות בהפחתה בעמידות הטבעית לגורמי המחלות. בתנאים אלו, מיקרואורגניזמים מתמחים או מזדמנים המאלחים את פני הפרי ועלולים לחדור ולהתרבות ברקמה ובכך לגרום לריקבון. הגבלת השימוש בחומרי הדברה ועמידות המ"א לחומרים אלו, וההתפרקות הטבעית שלהם יכולים ליצור תנאים נוחים להתפתחות המ"א על המוצרים. הטמפרטורה הקרה בה מאוחסנת חלק מהתוצרת החקלאית עשויה להיות גורם המגביל את התפתחות המיקרואורגניזמים, אך ישנם מ"א שטמפרטורה קרה הינה אופטימאלית להתפתחותם. מלבד זאת, חלק מהתוצרת החקלאית ובעיקר הפירות והירקות הסובטרופיים רגישים לנזקי קור ולכן נאלצים לאחסן אותם בטמפרטורות גבוהות יחסית, להגבלת התפתחות נזקי קור, אך מעודדים את התפתחות המיקרואורגניזמים. מסיבות אלו בשנים האחרונות גברה המודעות בצורך לנקות ולחטא את הפרי לאחר הקטיף ולאחסן אותו בחדרי קירור מפתוגנים. כאשר מדובר בקירור, ידוע הכלל ששבירת "שרשרת הקירור" עלולה לגרום נזק לתוצרת. הצורך להקפיד על "שרשרת סניטציה" אינו מעוגן באמצעים או במודעות ואין מחקר שיטתי לגבי חשיבות עיקרון זה. הסניטציה במהלך האחסון כוללת את התוצרת החקלאית, האריזות, האוויר, הקירות ויחידות הקירור של החדרים שאליהם נספחים חלקיקי אבק ומיקרואורגניזמים. הצירוף של מיקרואורגניזמים, לחות וחומר אורגני שנספח לקירות יכול להוות מקור להתפתחות ביופילמים של מ"א שיכולים לזהם את התוצרת, לכן ניקוי יעיל של קירות חדרי הקירור הוא תנאי בסיסי לסניטציה שלהם. תהליך החיטוי הוא תהליך משלים לניקוי והוא נדרש למנוע אילוח מחודש של תוצרת חקלאית. יחד עם זאת, גם הניקוי וגם החיטוי לא יכולים להתמודד עם פתוגנים הנמצאים על התוצרת. בפירות ובירקות שונים מקובל לבצע חיטוי נוזלי של התוצרת אבל בשלב זה התוצרת צרכיה להתמודד עם אילוח מחומרי האריזה ומהאוויר. כמו כן סוגים שונים של תוצרת חקלאית אינם מתאימים לשטיפה בהרשה (אשכולות) או שהם רגישים לחדירת מי השטיפה לרקמה. כדי להפחית מקור זיהום זה אפשר לבצע חיטוי של התוצרת דרך האוויר בשילוב בין יישומים פיזיקליים וכימיים. לדוגמה במערכת ערפול יש הרחפה של התכשיר באוויר באמצעות טיפות מיקרוניות בעוד שסוגי מכשור שונים יכולים לייצר חומרי חיטוי בפאזה אווירית (אוזון, רדיקלים חופשיים)

המטרה הכללית של המחקר כפי שהוגדרה בתוכנית המחקר הייתה להפחית את מקורות האילוח החיצוני לאחר הקטיף כחלק ממאמץ הפיתוח של שיטות הדברה חלופיות להפחתת נזקים בתוצרת לאחר קטיף. המטרות הספציפיות היו: א. הפחתת אילוח משני של תוצרת חקלאית המאוחסנת בקירור באמצעות יצירת אווירה נקייה. ב. הפחתה פעילה של גורמי מחלה המצויים על התוצרת החקלאית דרך האוויר. בתוכנית המחקר הוגדרו יעדים ספציפיים שכללו: טכניקות ניקוי של חדרי קירור; חיטוי מקדים של חדרי קירור; טיפול פיזיקלי באוויר במהלך האחסון; טיפול כימי באוויר במהלך האחסון.

ניקוי חדרי קירור**הקדמה**

המדיום לניקוי הוא מים והשאיפה היא להסיר את הלכלוך ממשטחי חדרי הקירור תוך שימוש בכמות מינימאלית של מים, הן על מנת לחסוך במים והן על מנת להימנע מליצור בעיה לוגיסטית בסילוק המים. לשם כך, נדרשת עבודה בלחץ גבוה שיכול להסיר לכלוך שנספח לקירות בכמות קטנה יחסית של מים. תוספת של דטרגנטים אמורה לייעל את הסרת הלכלוך, במיוחד כאשר הם מיושמים בהקצפה. אמצעי נוסף שיכול לשפר את יעילות הניקוי הוא שימוש במים חמים. השילוב של שלושת הגורמים הללו צריך להיות יעיל דיו לניקוי כל סוגי הלכלוך שנספח לקירות.

בשוק קיימת סדרה של חומרי ניקוי בעלי תכונות שונות אך אין נתונים השוואתיים לגבי יכולת הניקוי שלהם והתאמתם לחדרי קירור. יש גם מחסור בשיטות לקבוע את דרגת הניקיון של חדרי קירור. המטרות בשלב זה של המחקר הן לבחון סדרה של תכשירי ניקוי ותהליכי ניקוי לחדרי קירור ולבסס שיטות שיאפשרו סניטציה טובה יותר של הסביבה בה מאוחסנת תוצרת חקלאית טרייה.

**טבלה 1:** רשימת תכשירים, ספקים ויצרנים של תכשירי ניקוי, תכונותיהם העיקריות, המינון, יכולת ההקצפה שלהם והעלות לליטר חומר.

חברה	שם	שימוש	ריכוז %	הקצפה	שם לק"ג
זהר דליה	ZoharSeptal	ניקוי וחיטוי כלים סניטריים בבתי חולים	5	בינוני	19
זהר דליה	PL - 30	ניקוי ציוד בתעשייה ובמוסכים	5	בינוני	14.5
זהר דליה	P3 - TOPAX 12	נוזל נייטרלי לניקוי בתעשיית המזון	5	בינוני	15.8
זהר דליה	P3 - TOPAX 68	להסרת שומנים וחלבונים עם כלור	5	בינוני	15.6
עמגל	M - 787	לניקוי ציוד בתעשיית המזון מחלבונים ושומנים	5	גבוה	7.0
עמגל	W - 250	לניקוי מסועים, מתקני עיבוד, מקררים ומקפייאים	5	בינוני	6.5
עמגל	New 222-1	לניקוי צנרת מזון, מכלי אריזה ומשטחים	5	לא	9.5
סנו	R-200	מסיר שומנים ללא כלור	2	בינוני	4.3
סנו	Matic L-4	מסיר שומנים עם כלור	1	נמוך	7.0
סנו	Super Kalk	מסיר אבנית	5	בינוני	4.3
מ.ר.מ.ו	Bio-Solve	מפרק שומנים	5	לא	89.0
קונצפט	<sup>1</sup> klor D.B	מפרק שומנים ומחטא	0.05	נמוך	3.5

<sup>1</sup>המסת טבליות למינון סופי של 500 ח"מ ויישום דרך מקצף נירוסטה.  
<sup>2</sup> העלויות בשנת 2008

**שיטות וחומרים**

התכשירים המסחריים ששימשו לניקוי חדרי קירור, כולל העלויות שלהם מפורטים בטבלה בדו"ח השנה השנייה ובאזור 1.

**שיטות יישום התכשירים:** התכשירים יושמו באמצעות מקצף (אקולאב זוהר דליה) שהוזן במים, לחץ אוויר ובחומר הנבחן. התמיסה המוקצפת שהתקבלה הייתה בריכוז של 5% מהמקור. קלור די.בי. יושם על ידי מכשיר הקצפה מנירוסטה בנפח של 24 ליטר מתוצרת חברת Idro System איטליה. מכשיר זה מכיל את תמיסת התכשיר בריכוז הרצוי מחובר ללחץ אוויר ומצויד באטמי סיליקון שבניגוד לאטמי גומי, הם עמידים לשימוש ממושך. התכשיר הוכן על ידי המסה של 2 טבליות לליטר בריכוז של 500 ח"מ. ביישום התכשיר על הקירות נוצרה שכבת קצף בינונית. לאחר 15 דקות של השריית התכשיר בוצעה שטיפה בלחץ של 140 אט"מ באמצעות מכשיר 'קטורית' (סי. איי. אל חברה להנדסה בע"מ, יבנה) ממרחק של 20 – 25 ס"מ, בקצב אחיד ובאופן ששטח הדגימה היה חשוף למניפת הלחץ פעמיים. תהליך השטיפה בוצע עם מים קרים או מים חמים (באמצעות מערכת חימום מים מובנית המבוססת על סולר). הטמפרטורה במרחק של 10-20 ס"מ מהדיזה הייתה כ-55-50 מ"צ.

**מבחן ניקוי לוחיות מתכת מגלוונות:** בדיקת יעילות הניקוי נערכה על לוחיות מתכת מגלוונות בגודל של 100X20 מ"מ המוצמדות למשטח באמצעות מגנטים. על הלוחיות נמרח שמן שרוף המייצג לכלוך קל להסרה או גריז המייצג לכלוך קשה להסרה. הלוחיות נשקלו לפני יישום החומרים (משקל עצמי), לאחר יישום החומרים (משקל עצמי + חומר) ולאחר הניקוי בתכשירים השונים לכל בדיקה שימשו 5 חזרות. **בדיקת יעילות הניקוי בשיטת ATP:** ה-ATP הינה מולקולה אורגנית המיוצרת על ידי כל תא ומשמשת כמטבע אנרגיה ביולוגי. הימצאותה על משטחים מעידה על נוכחות מיקרואורגניזמים (פיטריות, חיידקים). הבדיקה המקובלת לניקיון המשטחים מתבססת על רמת ה-ATP כפי שהיא נמדדת בריאקציה אנזימטית שבה ה-ATP משמש כסובסטרט לאנזים. האנזים מסוגל לייצר אור מ-ATP והמכשיר מודד את כמות ה-ATP הנפלטת מהמבחנה. בדיקת ATP התבצעה על ידי סימון משטחים של 10x10 ס"מ על קירות המכולות כמטר אחד מחזית המכולה או מהקיר הפנימי האחורי בגובה של 1.7 מ'. ריבוע אחד המסומן כ-A בוצעה דגימה לפני הטיפול בתכשיר ובריבוע שני הצמוד אליו וסומן כ-B בוצעה דגימה לאחר הניקוי. הבדיקות נערכו על ידי מכשיר נייד Charm וערכות מטושים (Swabs) של אותה חברה (אקולאב, זוהר דליה). הבדיקה נערכה 30 שני' לאחר הדגימה והיא מבוססת ביחידות אור יחסיות (Relative Light Units – RLU).

**בדיקת נוכחות עובשים על הקירות:** התבצעה על ידי צלחות מגע לבדיקת נוכחות שמרים ועובשים (מעבדות חי, רחובות) לפני ואחרי יישום החומר. הבדיקה התבצעה ב-3-6 חזרות על פי המפורט בניסויים.

**דגימות אוויר:** התבצעו באמצעות דוגם אוויר (Biotest RCS Air Sampler) וסטריפים לזיהוי עובשים ושמרים (מעבדות חי, רחובות). נפח הדגימה היה 200 ליטר ב-3 חזרות.

## תוצאות

מטרת הניסויים הייתה לבחון את יעילות הניקוי בסדרה של תכשירים מסחריים המפורטים בטבלה בדו"ח השנה השנייה לתוכנית. כל התכשירים נבחנו במערכת מודל שכללה לוחיות מתכת מגלוונות. בשיטה זו, הלוחיות נמרחו בשמן שרוף, (קל לניקוי) או בגריז (קשה לניקוי).

כל תכשיר יושם בהקצפה הושרה על המשטחים למשך 15 דק' אח"כ נשטף בלחץ של 140 אט"מ במים קרים או חמים. התוצאות שמתייחסות לניסויים עם גריז כחומר מבחן מופיעות באיור 1 ואילו התוצאות המתייחסות לשמן השרוף מופיעות בדו"ח השנה השנייה לתוכנית. תחום יעילות הניקוי של

שמן שרוף היה 96-100% לכל התכשירים וניקוי במים בלבד נתן ניקוי של כ-98% במוצע. מים חמים שיפרו את יעילות הניקוי בחלק מהתכשירים, לדוגמא, קלור די.בי. התכשיר New 222-1 היה היעיל במים קרים אך הייתה לו השפעה שלילית על צבע המשטח שעליו הונחו הלוחיות, ריח חריף של אדי אמוניה והוא היה צורב במגע עם ריריות, מחניק ובעייתי ליישום.

יעילות הניקוי של גריז הייתה בתחום של 65-100% עם מים קרים ביעילות ניקוי של 70% ומים חמים ביעילות קרובה ל-90%. ביישום במים חמים כל התכשירים נתנו יעילות גדולה מ-90% ובחלק מהם היה הבדל ניכר בין יעילות הניקוי במים חמים לעומת מים קרים. למשל, התכשיר M-787 היה יעיל מאד בשילוב שטיפה במים חמים אך ירוד בניקוי עם מים קרים. התכשירים המעניינים יותר מבחינה מסחרית הם אלו עם כושר הניקוי הטוב יותר במים קרים. הסיבה לכך היא כי אין בטחון שטמפרטורת המים באתר המטרה תהיה גבוהה מספיק וכן על סמך העיקרון כי בכל שיטה יש לחפש את צורת היישום הפשוטה יותר שנותנת תוצאות מתאימות. לכן התכשירים שסומנו כיעילים ביותר על סמך תוצאות אלו הם R-200, שני התכשירים מסדרת טופקס וקלור די. בי.

### יעילות הניקוי של תכשירי ניקוי נבחרים

התכשירים הנבחרים נבחנו בקנה מידה מורחב בחדרי קירור במחלקה לחקר תוצרת חקלאית או במכולות של חברת צים בחיפה.

**טופקס 68:** התכשירים טופקס 68 וטופקס 12 נמצאו מתאימים לבחינה מורחבת ומבין שניהם נבחר הראשון על ידי היצרן בטענה שהרכב התכשיר כולל גם תכשיר חיטוי.

הניסוי נערך על 3 חדרי קירור במחלקה לחקר תוצרת חקלאית במכון וולקני. לפני ולאחר הניקוי, נערכה דגימה של חדרי הקירור לרמת ה-ATP על הקירות. בחדר קירור '22' קריאות ה-RLU היו בתחום של בין  $10^6$  ל- $1.5 \times 10^6$  בקירות שונים. לאחר הניקוי הייתה הפחתה ממוצעת לרמה של  $4 \times 10^4$  יח' ואחוז ההפחתה של ה-ATP לאחר הטיפול היה 97.3%. סיכום התוצאות ל-3 חדרי הקירור מובא באיור 2: בשני חדרי קירור הייתה רמה גבוהה מאד של זיהום ובכל המקרים הייתה הפחתה משמעותית מאד של רמות ה-ATP על הקירות.

**קלור די.בי:** תכשיר זה נבחן באופן מורחב גם בגלל כושר החיטוי המוצהר שלו וגם בשל המינון הנמוך יחסית שנדרש ליישומו (500 ח"מ). יחד עם זאת, יש לזכור שכושר הניקוי של גריז במים קרים לא היה מהגבוהים ביותר, נדרשת המסה של הטבליות לפני היישום, נדרש ציוד הקצפה ייעודי (עם אטמי סיליקון) ונדרש יישום עם הגנה בפני צריבה בעיניים ובדרכי הנשימה. תוצאות הניסוי באיור 3 מראות שונות גבוהה ברמת ה-ATP בחדרי הקירור השונים, וכן שונות בין הדגימות באותו חדר קירור. למרות זאת, בשני חדרי קירור הייתה הפחתה של רמת ה-ATP לאפס, ובחדר קירור נוסף הייתה הפחתה מאד משמעותית ברמת ה-ATP.

בניסוי זה נערכה גם בדיקה של יעילות הניקוי החיטוי של עובשים מהקירות באמצעות צלחות מגע. התוצאות המובאות בדו"ח השנה השנייה מראות על פוטנציאל משמעותי של התכשיר בקטילת נבגים הנמצאים על קירות חדרי הקירור.

**R-200:** בשונה מהניסויים בתכשירים הקודמים, הניסוי על R-200 התבצע על מכולות קירור. התוצאות באיור 4 מראות שבכל הדגימות הייתה הפחתה משמעותית של רמת ה-ATP. רמת ה-ATP ההתחלתית על הקירות והתקרה הייתה שונה מאד בין המכולות. בשלושת המכולות הראשונות הערכים

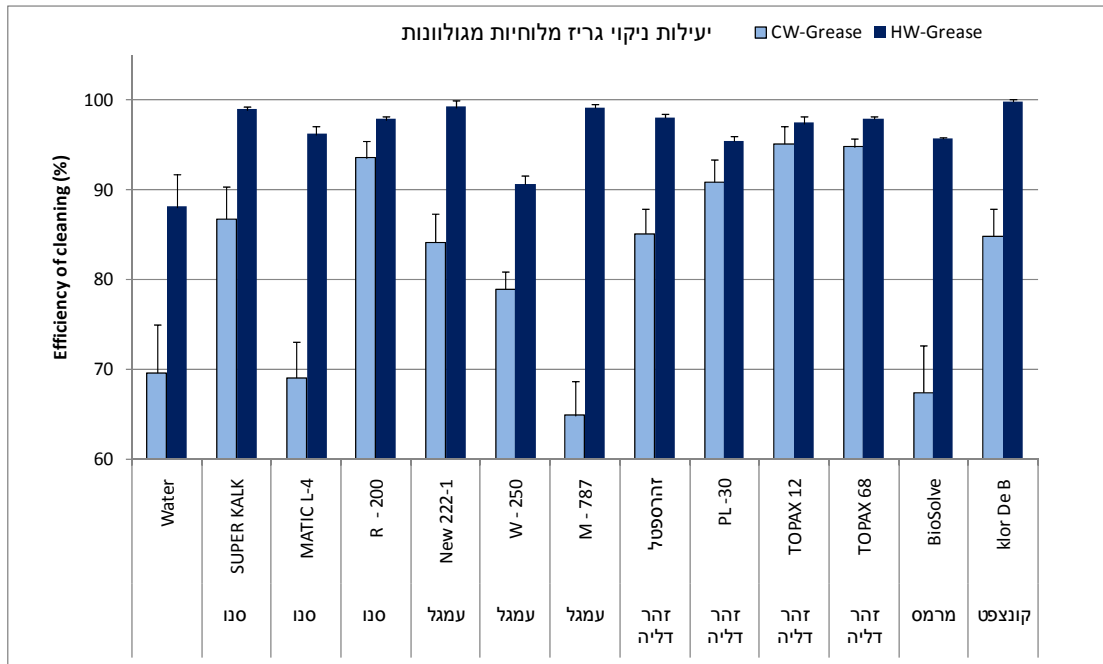
ההתחלתיים על הקירות נעו בין 400,000 ל-150,000 RLU כאשר במכולה הרביעית הרמה ההתחלתית הייתה רק 16,000 RLU. אחוז ההפחתה הממוצע ב-3 המכולות הראשונות היה כ-91% מהכמות ההתחלתית. מאחר והרמה ההתחלתית של ה-ATP על קירות המכולה הרביעית הייתה נמוכה מאד, לא הוכלל אחוז ההפחתה במכולה זו בממוצע. כצפוי, רמת ה-ATP על רצפת המכולות הייתה גבוהה פי 5 בממוצע כולל בהשוואה לקירות. הטיפול ב-R-200 הפחית את רמת ה-ATP ל-74% מהכמות ההתחלתית בממוצע כללי (87% במקסימום הפחתה ו-56% במינימום הפחתה). בדגימות אוויר שנערכו לפני ולאחר הטיפול ב-R-200 נמצא שרצועות הדגימה היו רוויות במיקרואורגניזמים ולא היה הבדל בין הדגימה לפני או אחרי הטיפול (תוצאות לא מובאות).

### סיכום ומסקנות

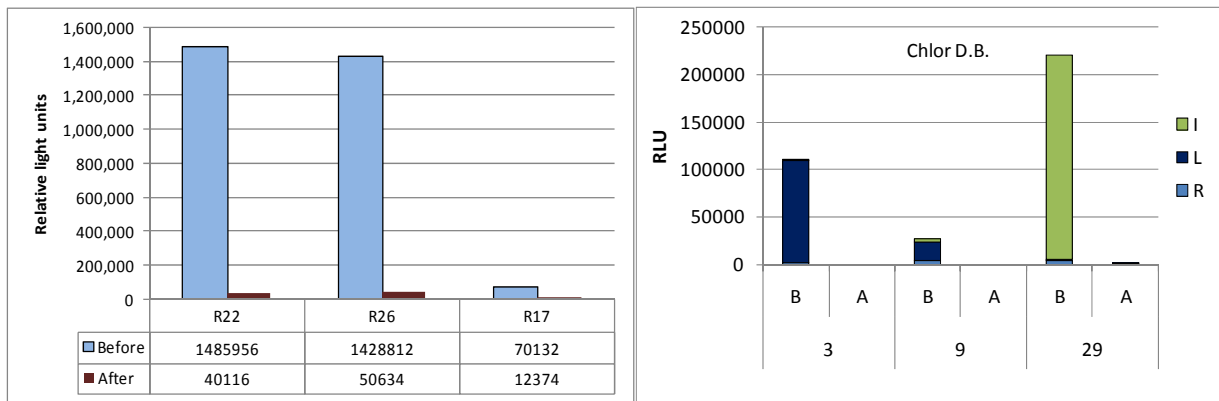
בהשוואה של בדיקות ה-ATP עם 3 התכשירים (טבלה 2) אפשר לראות כי לתכשיר טופקס 68 יש פוטנציאל ניקוי של 97-98% אולם הממוצע הכולל עמד על 92%. ממוצע פוטנציאל הניקוי של R-200 עמד על 91%. בהשוואה זו, קלור די. בי. נתן יעילות ניקוי ATP גבוהה מ-99%, אלא שיש אפשרות שתוצאה זו נובעת גם מחמצון ATP על ידי הכלור שהוא המרכיב הפעיל בתכשיר. לסיכום, על מנת לנקות חדרי קירור ביעילות יש להשתמש במקצף ייעודי, במכשיר לניקוי בלחץ גבוה ובתכשיר מתאים. ניקוי יסודי של חדרי קירור צריך להתבצע לאחר פינוי חדר הקירור מתוצרת חקלאית בתדירות התלויה במחזור האחסון ובלכלוך שנוצר. על מנת לקבל מושג מדויק יותר לגבי הצורך לניקוי וחיטוי של חדרי קירור, רצוי להיעזר בשיטות בדיקה מתקדמות דוגמת שיטת ה-ATP.

**טבלה 2:** יעילות ניקוי קירות מתקני קירור. התוצאות מחושבות כאחוז ה-ATP שנותר על הקירות לאחר הטיפול ב-3 חזרות המייצגות חדרי קירור או מכולות שונים.

<i>klor D. B</i>	<i>R200</i>	<i>Topax68</i>	
0	9.6	2.7	1
0	4.1	3.5	2
0.8	14.0	17.6	3
0.3	9.2	8.0	Average
0.5	5.0	8.4	Std

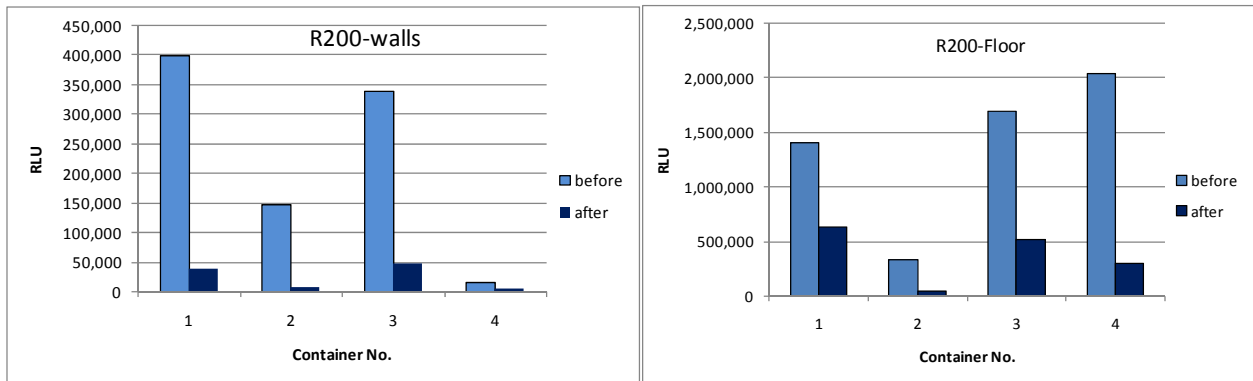


**איור 1:** ניקוי 'גריז' מלוחיות מתכת מגולוונות לאחר יישום של תכשירים שונים. הלוחיות נשקלו לפני ואחרי הניקוי וכמות החומר הנותר חושבה באחוזים.



**איור 2 (שמאל):** יישום טופקס 68 ב-3 חדרי קירור ובדיקה של רמות ה-ATP לפני ואחרי הטיפול. התוצאות הם ממוצע של 4 דגימות לכל חדר קירור.

**איור 3 (ימין):** יישום קלור די.בי. ב-3 חדרי קירור ובדיקה של רמות ה-ATP לפני ואחרי הטיפול. התוצאות הם ממוצע של 3 דגימות לכל חדר קירור.



**איור 4:** יישום R-200 לניקוי 4 מכולות קירור ובדיקה של רמות ה-ATP על הקירות (שמאל), או על הרצפה (ימין) לפני ואחרי הטיפול. התוצאות הם ממוצע של 3 דגימות לכל מכולה.



## בחינה השוואתית של 3 שיטות יישום לחומרי חיטוי

### הקדמה

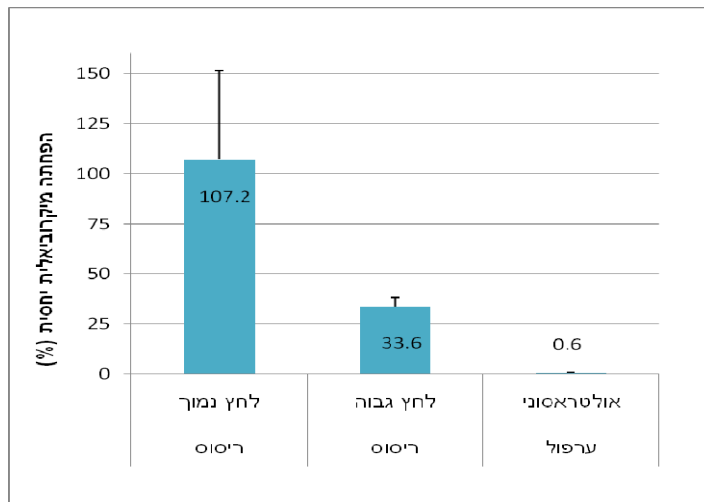
כפי שניתן ללמוד מהתוצאות עד כה, לניקוי חדרי קירור יש השפעה משמעותית על אוכלוסיית המ"א בחדרי הקירור. יש לזכור שהמטרה של תהליך הניקוי היא להביא להסרה פיזית של לכלוך אביוטי המהווה כר נוח להתפתחות מ"א ושל לכלוך ביוטי המצוי על משטחים ויכול לאלח את אוויר חדר הקירור. לעומת זאת, מטרת חומר החיטוי היא להביא לקטילה כימית של המ"א. בחלק זה של תכנית המחקר בוצעה בחינה של 3 שיטות יישום של תכשיר חיטוי אחד.

### שיטות וחמרים

החומר ששימש לבדיקת שיטות היישום היה כלורין דיאוקסיד חומצי (מיקוגל, עמגל) במינון של 1000 ח"מ וביחס חומר פעיל לאקטיבטור החומצי של 1:7. בסדרה ראשונה של ניסויים התכשיר יושם באמצעות מרסס גב ידני המספק לחץ עבודה של 3-4 אטמוספרות. סדרת ניסויים נוספת נערכה באמצעות מרסס מוטורי המספק לחץ עבודה של כ-10 אטמוספרות. בסדרת ניסויים שלישית יושם כלורין דיאוקסיד חומצי על ידי מתנד אולטראסוני נייד (אס מיקרודרופ, ישראל) למשך 30 דק' ובנפח יישום מחושב של 1 ליטר. התוצאות נבדקו על ידי פיזור של 5 צלחות PDA בחדר הקירור לפני ולאחר הטיפול וספירה של המושבות על הצלחות. הניסויים נערכו על 5 חדרי קירור בכל שיטה. התוצאות הם ממוצע של 4 חדרי קירור לכל שיטה וזאת מאחר ובשיטת הלחץ הנמוך היה חדר קירור בו נמדדה לאחר הטיפול עלייה בספירות פי 10 מהערכים הראשוניים. כדי לנטרל ניסוי חריג זה, הוצאה החזרה הקיצונית (העליונה) מכל טיפול. החזרות שהוצאו היו בשיעור הפחתה של נגיעות של 941%, 74% ו-11% עבור הלחץ הנמוך, הגבוה והשיטה האולטראסונית, בהתאמה.

### תוצאות

בסדרה ראשונה של ניסויים התכשיר יושם ב-4 חדרי קירור באמצעות מרסס גב ידני המספק לחץ עבודה של 3-4 אטמוספרות. ההפחתה המקסימלית באוכלוסיית המ"א באוויר שהתקבלה בשיטה זו הייתה של 19% מהרמה ההתחלתית של המ"א אך ב-3 מקרים רמת המ"א של חדר הקירור הייתה גבוהה יותר לאחר הטיפול בהשוואה לרמה ההתחלתית. יש אמנם אפשרות שטעות אנוש תרמה לאחת התוצאות החריגות, אך ברור שגם רמת ההפחתה הטובה ביותר שהתקבלה לא עונה על הציפיות. סדרת ניסויים נוספת נערכה באמצעות מרסס מוטורי המספק לחץ עבודה של כ-10 אטמוספרות. התוצאות מסדרת בדיקות אלו מראות על הפחתה ניכרת בשונות של התוצאות, אך לא היה שיפור ביעילות המקסימלית של התכשיר. בסדרת ניסויים שלישית על 4 חדרי קירור יושם כלורין דיאוקסיד חומצי על ידי מתנד אולטראסוני נייד למשך 30 דק' ובנפח יישום מחושב של 1 ליטר. התוצאות מלמדות שבשני חדרי קירור לא היו מ"א שניתנו לזיהוי בשיטת חשיפת הצלחות, בשני חדרי קירור ההפחתה הגיעה לרמות של 0.7 ו-1.7% ובאחד מחדרי הקירור נרשמה הפחתה ל 11% בהשוואה לביקורת לפני הטיפול. בהשוואה של 3 השיטות, נמצא ששיטת היישום בלחץ נמוך לא הפחיתה את כמות המ"א בחדרי הקירור לעומת לחץ בינוני שהפחיתה את רמת האילוח לשליש מהרמה ההתחלתית ושיטת הפיזור האולטראסוני שהפחיתה את רמת המ"א ל-0.6% מהרמה ההתחלתית (איור 1).



איור 1: השוואה בין 3 שיטות היישום של כלורין דיאוקסיד (מיקוגל). ההבדל במבחן t בין יישום בלחץ נמוך וגבוה לא היה מובהק.

### מסקנות

שיטת האפליקציה של תכשירי חיטוי היא בעלת משמעות רבה לבחינת יעילותם. היישום של תכשיר חיטוי באמצעות מרסס בלחץ נמוך או בינוני צריך להיות יעיל לחיטוי הקירות אך בזבזני מבחינת כמות החומר המיושם. סביר להניח שלחץ נמוך יתקשה בכיסוי מלא של משטחים מורכבים כולל תקרות ופינות חבויות והחדירות שלו צפויה להיות נמוכה יותר. לחץ בינוני מאפשר מרחק יותר גדול בין המפעיל למשטח והימנעות מחשיפה ישירה לחומר אך עדיין אינו פותר בעיות בטיחות ביישום של תכשירים נדיפים. יישום אולטראסוני הוא יותר בעייתי מבחינת משך הזמן הנדרש לטיפול ומבחינת עלות הטכנולוגיה אך ההפעלה מרחוק ובעיקר הפיזור של טיפות מיקרוניות באוויר יכול לבצע קטילה של מ"א הן על משטחים והן באוויר.

התוצאות שהתקבלו מראות על יתרון ברור של הערפול האולטראסוני ברמה של מ"א באוויר. תוצאה זו ברורה בהתחשב בעובדה כי הטיפול האולטראסוני פועל הן על האוויר והן על משטחים בעוד שבטיפול בריסוס קירות החיטוי של האוויר תלוי בנידוף החומר הפעיל מהמשטחים הרטובים לאוויר. על כן אפשר לומר שמחקר זה שהתבצע בשלבים הראשונים של התוכנית היה מוטה מבחינת שיטת הבדיקה לטובת היישום האולטראסוני. על סמך הידע הקיים, סביר להניח כי בבדיקה של אילוח משטחים (למשל באמצעות צלחות מגע) אפשר היה להראות כי הטיפול בריסוס היה יעיל יותר בחיטוי המשטחים. לסיכום, הוכח כי הטיפול האולטראסוני היה יעיל יותר בחיטוי האוויר וסביר להניח כי היישום הישיר של כלורין דיאוקסיד באמצעות ריסוס היה יעיל יותר בחיטוי המשטחים.

## פיתוח מערכת ניסויית לבחינת יעילות חומרי חיטוי

### הקדמה

על פי התוצאות המובאות לעיל, השיטה האולטראסונית היא היעילה ביותר לאפליקציה של תכשירי חיטוי באוויר ונגישותה למשטחים חבויים בחדר הקירור אמורה להיות הגבוהה ביותר (מלבד יישום בפאזה גזית). לשם בחינה שיטתית של יעילות תכשירי חיטוי יש להתייחס לזמן וריכוז החומר הנבחן ולתכשירים עם תכונות חיטוי שונות. במקור הבדיקות תוכננו להתבצע בחדרי קירור, אלא שעל פי מספר הטיפולים הנדרש והצורך לנטרל חדרי קירור הוחלט על בנייה של מערכת מודל לבחינת יעילות החיטוי.

### שיטות וחומרים

מערכת המודל מורכבת מ-6 תאים של 200 ליטר עם דלת פרספקס ופתח חיבור בגג התא לצינור שרשורי שדרכו מוזרם חומר החיטוי המסופק על ידי מתנד אולטראסוני נייד בהספק של 0.75 ליטר לשעה. לבחינת יעילות החיטוי הוכנו משטחי מתכת מגולוונת שהוצמדו לקיר המיכל על ידי מגנטים. משטחים אלו עוקרו באוטוקלאב ואולחו ב- $10^6 \text{ ml}^{-1}$  נבגים של *Botrytis cinerea* (BO5.10).

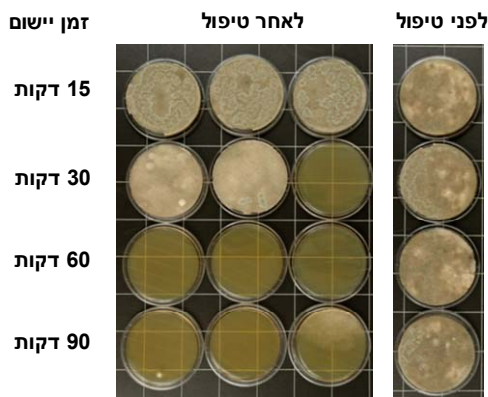
התכשירים יושמו דרך מיכל חימוני עם משאבה חשמלית למיכל המתנד האולטראסוני ומשם בצינור שרשורי אל תא הבדיקה. החומרים שנבחנו היו: כלורין די-אוקסיד (מיקוגל, עמגל) יושם על ידי ערבוב של כלורין די-אוקסיד וחומצה ציטרית ביחס של 1:7. קלור די. (Klor De- troclosene) (קונצנטר לרוקחות בע"מ) הוכן על ידי המסת טבליות המכילות 800 מ"ג חומר פעיל (2 טבליות ל-1 ליטר מים – 1000 ח"מ). ספורקיל (מ.מ. ברודי סחר בע"מ) הוכן מתכשיר בריכוז של 12%. יעילות החיטוי נמדדה באמצעות צלחות מגע לעובשים (Hy labs). לפני היישום של כל חומר, נדגם בכל תא המשטח המאולח על ידי צלחת מגע ולאחר היישום על ידי 3 צלחות מגע. הצלחות הודגרו ב-25 מ"צ למשך 5 ימים ודרגת האילוח של הצלחת נקבעה באופן חצי כמותי על פי המדד הבא: 0 - צלחת נקייה, 1 - פחות מ-50% כיסוי של הצלחת, 2 - יותר מ-50% כיסוי של הצלחת בדרגת התפתחות נמוכה מהביקורת, 100% כיסוי של הצלחת בדרגת התפתחות דומה לביקורת.

### תוצאות

בסך-הכל נערכו 20 ניסויים בהם נבדקו 3 התכשירים בנוסחאות שונות של זמן וריכוז. באיור 1 מובאות תוצאות לגבי השפעת התכשיר קלור די. ב-4 זמנים בתחום של 15 עד 90 דקות ובמינון קבוע של 500 ח"מ. עיקר והתוצאות לגבי כלורין דיאוקסיד (C) וקלור די. (K) מסוכמות בטבלה 3 שבה מובאות התוצאות המוצלחות ביותר עבור כל תכשיר כלומר, מה הזמן או הריכוז המינימלי שנדרש לקטילה מוחלטת של בוטריטיס. התוצאות מראות כי מינון של 20 ח"מ לא היה אפקטיבי ל-C או K ב-60 או 90 דק' בהתאמה. בריכוז של 100 ח"מ אפשר לראות עיכוב בהתפתחות הפטרייה על ידי שני התכשירים אבל גם זמן יישום של 90 דקות של K לא איפשר קטילה מליאה של הפטרייה. בריכוז של 250 ח"מ היה עיכוב משמעותי של התפתחות הפטרייה שניכר יותר בטיפול ב-K אך לא נערכו מספיק ניסויים ב-C בריכוז זה כדי לבדוק עם ההבדל משמעותי. בריכוז של 500 ח"מ לא הייתה קטילה של הנבגים לאחר 15 דקות ולאחר 30 דקות היה עיכוב חלקי. בזמן של 60 דקות היו ניסויים בהם התקבלה קטילה מוחלטת של הפטרייה. בריכוז של 1000 ח"מ לא היה עיכוב של הפטרייה ב-15 דקות והיה עיכוב חלקי של הפטרייה ב-30 דקות. כאמור, תוצאות אלו הם שיקלול של התוצאות המיטביות של התכשירים. יחד עם זאת, יש לציין במספר לא קטן של ניסויים היה כישלון מוחלט של ההדברה. למשל בריכוז של 500 ח"מ וזמן של 60 דקות היו 5 ניסויים בהם היה כישלון של הדברה מליאה של הפטרייה בשני התכשירים.

חלק מכישלונות אלו ניתנים לייחוס ברור לתנאי הניסוי – למצבים של אילוח של הלוחות לאחר החיטוי בעובשים שונים. למנוע מצבים אלו, בוצעו שיפורים שונים בטכניקת היישום והדגימה. חלק אחר של כישלונות ההדברה נבעו כתוצאה משימוש חוזר בתרביות של תבדידים שעברו חשיפה מוקדמת לתכשירים. על פי תוצאות הקדמיות נראה כי יתכן שתבדידים אלו עברו סלקציה לעמידות לתכשירי חיטוי. אפשרות זו נחקרת כיום על מנת לבחון את אמיתותה.

תכשיר נוסף שנבדק היה האמוניום הרביעוני 'ספורקיל'. על פי הממצאים (איור 6) המידבק על פני הלוחות כלל גם זיהום בפניציליום ואספרגילוס. ריכוז של 100 ח"מ לא איפשר קטילה של בוטריטיס או



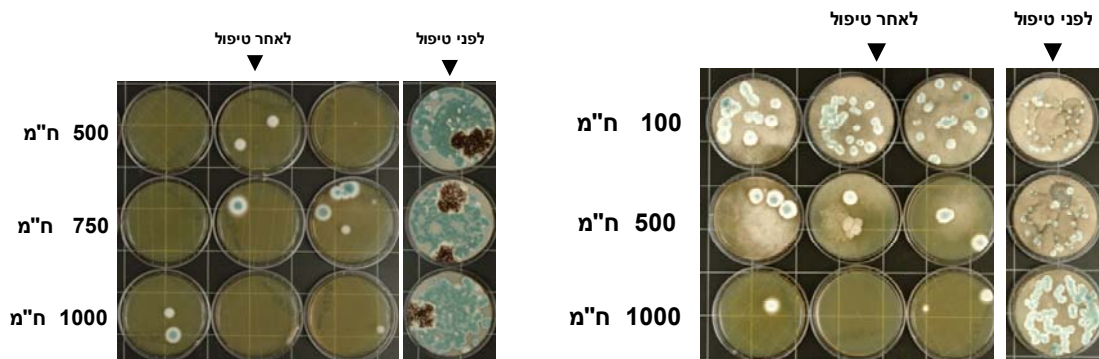
פניציליום בעוד שריכוז של 500 ח"מ גרם לקטילה משמעותית מאד אך לא קטילה מליאה. בניסוי נוסף שנערך ריכוז של 500 ח"מ איפשר קטילה כמעט מוחלטת של בוטריטיס, פניציליום ואספרגילוס. המושבות הבודדות של פניציליום על פני הצלחות בניסוי השני הם ככל הנראה תולדה של זיהום משני בפניציליום.

איור 6: קטילה של בוטריטיס על ידי טיפול בקלור די. (500 ח"מ) בזמנים שונים.

טבלה 3: הביצועים המיטביים של כלורין דיאוקסיד (C) וקלור די. (K) בקטילת נבגים של Botrytis cinerea בזמנים שונים (בדקות) ובריכוזים שונים (בח"מ).

דקות	0		ישיר		15		30		60		90	
	K	C	K	C	K	C	K	C	K	C	K	C
0	3	3										
20	3	3										
100	3	3			2.5							
250	3	3			1.5				0.5	1.5		
500	3	3			1.5	2	3	3	0	0	0	0
1000	3	3	0	0	1.5	2.5	3	3				

0- קטילה מוחלטת ב-3 חזרות; 1- קטילה חלקית – פחות מ-50% כיסוי צלחת; 2- קטילה חלקית – כיסוי גדול מ-50% אך התפתחות מעוכבת; 3 - כיסוי מלא והתפתחות כמו בביקורת לפני הטיפול.



איור 6: יעילות הקטילה של 'ספורקיל' של נבגי בוטריטיס ועובשים שונים. התוצאות הם משני ניסויים עוקבים כאשר המידבק בבוטריטיס סבל מזיהום בפניציליום ובאספרגילוס.

## בחינת מכשור לטיפול באוויר בחדרי קירור

### הקדמה

טיפול בכימיקלים בחדרי קירור הוא יעיל אך מצריך הערכות לוגיסטית מורכבת. הפתרון האידיאלי לחדרי קירור הוא בהתקנה של מכשור אשר יבצע את החיטוי בחדר הקירור על פי דרישה. מכשור כזה יכול להיות מופעל גם בנוכחות תוצרת חקלאית במידה ויש התאמה ברמת הפיטוטוקסיות, ברמת היעילות הפיטופתולוגית וברמה הפיזיולוגית. קיימים סוגים שונים של מכשור שעשויים לתת פתרונות לחדרי קירור המבוססים על UV, על ייצירת רדיקלים חופשיים ועל אוזון. לכל טכנולוגיה יש את היתרונות והחסרונות שלה. אנו בחרנו להתמקד בטכנולוגיה ישראלית מקורית אשר איתרנו וכיוונו למטרה של טיפול בחדרי קירור ובתוצרת חקלאית לאחר הקטיף.

### שיטות וחומרים

הטכנולוגיה שנבדקה במסגרת תוכנית המחקר התבססה על קונספט מוגן בזכויות יוצרים (חברת מגאייר בע"מ) של פילטר רטוב שדרכו מוזרם אוויר מחדר הקירור. חלקיקים ומ"א נספחים לנוזל המורכב מתמיסת מלח בהרכב ידוע. אב טיפוס ראשון שנבנה למטרה זו הוכח על ידנו כלא יעיל ובהמשך נבנה אב טיפוס שני המבוסס על מפוח בהספק גבוה המזרים אוויר דרך הנוזל בקונפיגורציה ייחודית (המוגנת בזכויות יוצרים לחברת מגאייר). המכשיר צויד גם במערכת אלקטרוליטית המסוגלת לשחרר נגזרות שונות של כלור לאוויר ביעילות גבוהה מאד. הספק המכשיר עומד על סדר גודל של מאות ממ"ק לשעה וריכוז נגזרות הכלור באוויר הוא בתחום של 0.2 ל-1.0 ח"מ. המכשיר נבדק בחדר הקירור במספר שיטות: א. על ידי דוגם אוויר דרך צינור דגימה שהותאם למטרה זו בחדר הקירור. הדגימות התבצעו בנפח של 200 ליטר ב-3 חזרות עם סטיריפים לדגימה של שמרים ועובשים (מעבדות חי, רחובות) על ידי דוגם אוויר (RCS Bio-Test). ב. על ידי צלחות PDA שנפתחו בחדר הקירור כמפורט בתוצאות. ג. על ידי חשיפת נבגים של בוטריטיס לטיפול בזמנים שונים. תוצרת חקלאית הוכנסה לחדר הקירור לזמנים שונים כמפורט בתוצאות. נערכו ניסויים על עגבניות, ענבים, תות, ירקות שורש ועוד. התוצאות המובאות מתייחסות לניסויים בענבים ובעגבניות.

### תוצאות

**הפחתת רמת העובשים בחדר קירור – בחינת מגאייר במצב פאסיבי:** בניסוי על חדר קירור בנפח 25 ממ"ק שבו הוצב מכשיר מגאייר שהופעל במצב הפסיבי, נדגם האוויר לנוכחות עובשים בזמנים שונים. התוצאות המובאות בטבלה 4 מראות שכעבור יומיים מהפעלת המכשיר, רמת הזיהום המיקרוביאלי בחדר ירדה ב-80% (1:5) בהשוואה לזמן אפס וכעבור 5 ימים מתחילת הניסוי רמת הזיהום בחדר הקירור ירדה בכ-93% (1:14). ההבדל בין תוצאות הדגימה בזמן אפס ולאחר שעתיים ובין הדגימות שנערכו לאחר יומיים או 5 ימים היה ברמת מובהקות גבוהה ( $P=0.001$ ).

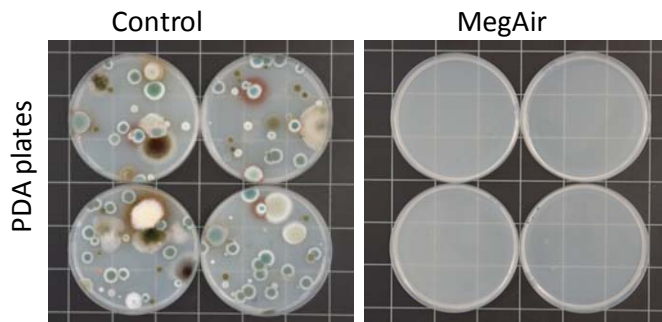
**הפחתת רמת העובשים בחדר קירור – בחינת מגאייר במצב אקטיבי:** צלחות פטרי עם מצע PDA נחשפו למשך 24 או 48 ש' לחדר של 25 ממ"ק בו הוצב מכשיר מגאייר שהופעל במצב אקטיבי ולחדר ביקורת. הצלחות הודגרו למשך 4 ימים ב-25 מ"צ. התוצאות המוצגות באיור 7 מראות שצלחות שהיו חשופות למשך 24 שעות למגאייר נשארו נקיות לחלוטין מפטריות. לעומת זאת, בחדר הביקורת התפתחו על הצלחות פטריות שונות. יש לציין שבתנאים רגילים של חדר קירור מזהם, 15 דקות חשיפה

מספיקות עפ"ר לאילוח מלא של הצלחת. המסקנה מכאן שגם חדר הביקורת היה נקי למדי, אך חדר הטיפול היה למעשה סטרילי.

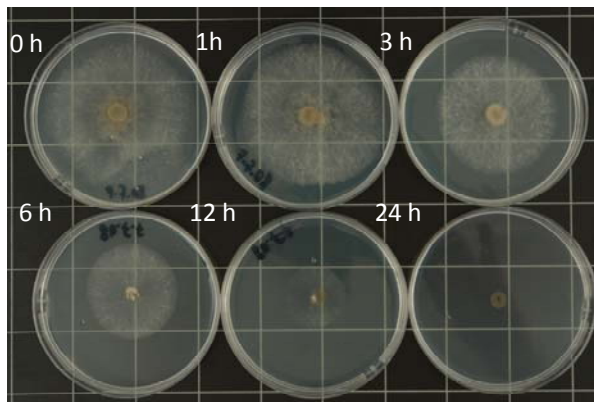
**טבלה 4:** דגימת אוויר בחדר קירור עם 'מאגהאיר'.

	זמן	ספירות לממ"ק אוויר
a	0	90.0 ± 7.1
a	2 h	106.3 ± 41.7
b	2 d	18.8 ± 13.2
b	5 d	7.5 ± 8.7

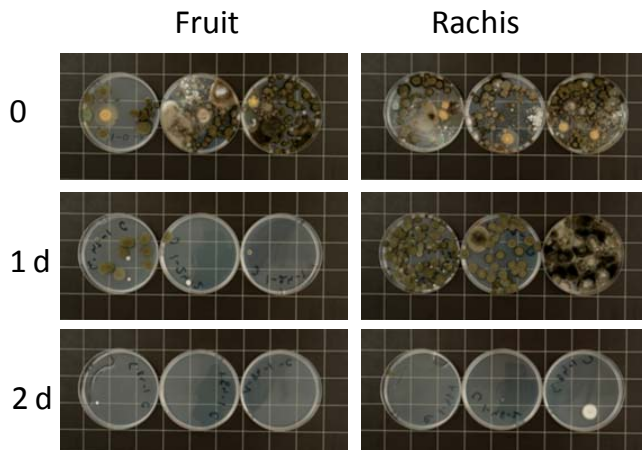
אותיות שונות מייצגות הבדלים מובהקים בין הטיפולים



איור 7: מופע צלחות PDA שהיו פתוחות בחדר ביקורת למשך 24 שעות לעומת צלחות בחדר קירור שבו הופעל מכשיר מגאיר.



איור 8 (ימין): התפתחות נבגי בוטריטיס לאחר טיפול בזמנים שונים בחדר קירור שבו הופעל מכשיר מגאיר במצב אקטיבי.

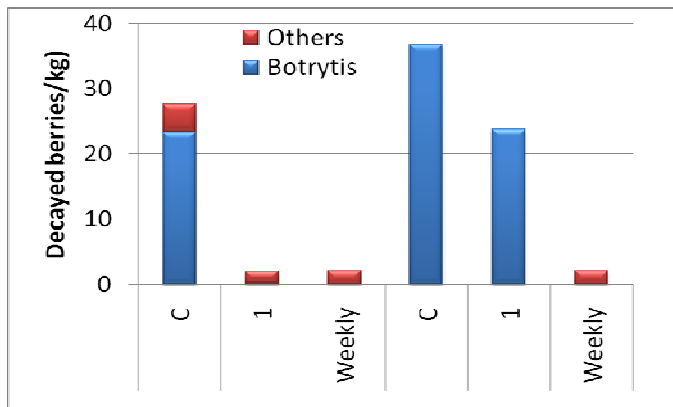


איור 9: נוכחות עובשים על פירות או שיזרות עגבניות צ'רי באשכולות לאחר חשיפה ל-24 או 48 שעות של טיפול במגאיר במצב האקטיבי.

**קטילת נבגי בוטריטיס בפעולה האקטיבית של מכשיר המגאייר**: נבגים של בוטריטיס הונחו במרכז צלחות PDA. הצלחות נפתחו בחדר שבו הופעל מכשיר המגאייר בזמנים שונים. התוצאות מראות כי לאחר 24 שעות של חשיפה הנבגים שהונחו על הצלחת היו לא חיוניים ולא התפתחו גם לאחר זמן ארוך של הדגרה של הצלחות.

**הפחתת נגיעות בעובשים על פירות ושיזרות עגבניות צ'רי באשכולות**: אשכולות של עגבניות נחשפו לטיפול במגאייר למשך 1, 2 ו-3 ימים. בבדיקות מיקרוביאליות שנערכו ב-3 חזרות כאשר כל חזרה כוללת 3 שיזרות או 10 פירות, נמצא כי לאחר יום של חשיפה הייתה קטילה של מרבית העובשים על הפירות ואילו על השיזרות הייתה קטילה של העובשים לאחר 48 שעות (איור 9). לא היה נזק מובחן בפירות גם לאחר 72 ש' של חשיפה. עלי הגביע סבלו מהתפתחות תפטיר ולא נראה כי הטיפול במגאייר מנע את התפתחותו.

**הפחתת ריקבונות בענבים**: בניסוי שנערך על ענבי רד גלוב ברמה של 3 ארגזים לחזרה, נמצא כי חשיפה של הענבים למשך 24 ש' לטיפול במגאייר מנעה התפתחות בוטריטיס לאחר 25 יום ב-10 מ"צ. לעומת זאת, לאחר 43 יום ב-10 מ"צ הייתה התפתחות משמעותית של בוטריטיס גם בפרי המטופל. בטיפול שבועי לא הייתה התפתחות של בוטריטיס. לא היו לטיפול השפעות שליליות על טעם או מראה הפרי (תוצאות לא מובאות).



איור 10: מניעת התפתחות בוטריטיס בענבי רד גלוב שהיו חשופים לטיפול של 24 ש' במגאייר או לטיפול שבועי. אמנון, לא צריך לציין באיור פסיבי אקטיבי ??

#### מסקנות

על פי התוצאות נראה כי טיפול במגאייר במצב הפסיבי מסוגל להפחית נוכחות של מ"א באזורי חדרי הקירור. התרומה של הפחתה זו טרם הוכחה אך היא צריכה להתבטא בהתפתחות של ריקבונות על פרי פצוע. לעומת זאת הוכח כי טיפול במגאייר במצב האקטיבי מסוגל להביא את חדר הקירור למצב כמעט סטרילי. מעבר לכך הוכח כי הטיפול מסוגל לקטול נבגים של בוטריטיס המונחים על מצע מזון. זוהי תוצאה משמעותית כי היא מדגימה כי נבגים המצויים על פני משטחי התוצרת לא ישרדו את הטיפול ולכן נגיעות ממקור חיצוני צפויה להימנע. הוכחה לכך ניתנה בקטילת העובשים על פני השיזרות והפירות של עגבניות צ'רי באשכולות. יחד עם זאת תפטיר שהיה מצוי בתוך עלי הגביע לא נפגע. בענבים לא נערכו בדיקות מיקרוביאליות אך הייתה מניעה כמעט מוחלטת של התפתחות בוטריטיס בענבי 'רד גלוב'. תוצאה זו היא בעלת השלכות חשובות מאד ברמה היישומית במידה ויפתרו השאלות המתייחסות לטכנולוגיה הנוכחית. השאלות העיקריות הם:

1. מה הרמות והסוגים של נגזרות הכלור המיוצרות על ידי המכשיר.
  2. האם יש שאריות של נגזרות אלו או תוצרים טוקסיים מאינטראקציה עם מרכיבים ע"ג התוצרת.
  3. מה רמת הקורסיביות של הטיפול.
- נושאים אלו ואחרים נמצאים כיום בבדיקה שיטתית ובמידה ותהיה להם תשובה חיובית הם עשויים להוביל לפריצת דרך משמעותית בתחום הטיפול בחדרי קירור ובתוצרת חקלאית.

## סיכום ומסקנות

בתוכנית המחקר הנוכחית למדנו 3 שלבים של טיפול בחדרי קירור, ניקוי, חיטוי ושימוש באמצעים פיזיקליים ליצירת אווירה נקייה מפתוגנים בחדרי קירור.

בניקוי חדרי קירור העמדנו מערכת שכוללת יישום תכשירים בהקצפה ומערכת שטיפה בלחץ ופיתחנו מערכת לבדיקת תכשירי ניקוי. תהליך הניקוי של חדרי קירור מתאפיין בהגדרת הצרכים. התוצאות שלנו מראות כי עבור לכלוך קשה להסרה ידרשו תכשירים דוגמת טופקס 68 ו-R-200 בעוד שעבור לכלוך קל ניתן להשתמש גם בתכשירים אחרים. יישום התכשירים צריך להתבצע באמצעות מקצף ייעודי, כאשר לתכשיר דוגמת קלור די.בי. חובה להשתמש במקצף ספציפי המכיל את התמיסה בריכוז הסופי ואמצעי מיגון למפעיל. שטיפת התכשיר לאחר הקצפה חייבת להתבצע בלחץ גבוה, זאת על מנת לחסוך במים והן על מנת להשתמש בלחץ עצמו להסיר לכלוך קשה. מים חמים ידועים כמועילים להסרת הכלוך אך מאחר ואין דרך להבטיח שהטמפרטורה באתר הפעולה תהיה גבוהה מספיק, לא ניתן להבטיח את יעילות התהליך על סמך הטמפרטורה. יעילות הניקוי נמדדה גם בשיטת ה-ATP אשר בה מודדים את כמות הזיהום ממקור מיקרוביאלי. שיטה זו היא מהירה ומתאימה ליישום בחדרי קירור אך בשלב זה אין מספיק נתונים על מנת לקבוע סטנדרטים מחמירים בדומה למקובל בתעשיית המזון והשימוש בשיטה זו הוא על בסיס יחסי בלבד. שיטות הניקוי נוסו גם בתנאים מסחריים במכולות ושם נמצא כי יש מצבים של לכלוך קשה ביותר, בעיקר ברצפות המכולות ומצבים אלו דורשים התייחסות פרטנית וקפדנית.

חיטוי חדרי קירור יכול להיות משולב בתהליך הניקוי או להתבצע בשלבים מאוחרים יותר לפני הכנסת תוצרת חקלאית. על פי התוצאות, לחיטוי יעיל של קירות חדרי הקירור אפשר להסתפק בריסוס בלחץ גבוה אך לחיטוי כל החלל, כולל נקודות חבויות, יש עדיפות לחיטוי בערפול.

על מנת לבחון בשיטתיות את הפרמטרים של זמן וריכוז ליישום תכשירים בערפול, העמדנו מערכת מודל הכוללת 6 תאים בהם מתבצע חיטוי ובדיקת יעילות התכשיר על אורגניזם מבחן (*Botrytis cinerea*). התוצאות שלנו מראות כי 30 דקות של ערפול אינם מספיקות לקטילה יעילה של בוטריטיס והריכוז המינימלי של כלורין דיאוקסיד, קלורוסן (קלור די.) ואמונים רביעוני (ספורקיל) שאיפשר קטילה מליאה של בוטריטיס היה 500 ח"מ. צפוי כי ריכוז גבוה יותר או משך חשיפה ארוך יותר יאפשרו קטילה עקבית יותר של בוטריטיס ועובשים אחרים המצויים באוויר ועל פני המשטחים. יחד עם זאת, להעלאת הריכוז יש מחיר בקורסיביות (כלורין דיאוקסיד) או בעלות החומר. להעלאת זמן החשיפה יש מחיר בקצב העבודה אשר יכול להיות מגביל במכולות. ליישום החיטוי בערפול אולטראסוני בחדרי קירור גדולים מאד מתחייב מכשור בהספק גבוה והאפקטיביות של מכשור זה לא בתנאים מסחריים לא נבדקה עדיין על ידנו. נקודה נוספת שיש לקחת בחשבון היא התפתחות עמידות לתכשירי חיטוי. על פי ממצאים ראשוניים, נראה כי הנבגים השורדים טיפול בחומרי חיטוי עמידים לרמות גבוהות יותר של התכשירים. מצב זה עשוי לגרום כי במידה ואין קטילה מוחלטת של הפתוגנים בחדר הקירור, עשויה להתפתח אוכלוסיה עמידה ליישום חוזר של אותו תכשיר. אחת השאלות בהקשר זה היא האם מתפתחת עמידות צולבת לתכשירים השונים. במידה ויסתבר כי העמידות היא ספציפית לתכשיר חיטוי, אפשר יהיה לעשות שימוש עוקב בתכשירים שונים בעלי מנגנון פעולה שונה.

בתוכנית המחקר המקורית הוצע כי שימוש במיכשור לחיטוי חדרי קירור עשוי לספק פתרון יעיל בהשוואה ליישום של תכשירי חיטוי. בחלק זה של המחקר הוצע להשתמש במספר טכנולוגיות כאשר בפועל רק אחת מהן נבדקה ונמצאה לא יעילה AiroCide PPT, תוצאות לא מובאות). יחד עם זאת,



איתרנו טכנולוגיה ישראלית מקורית אשר נוצרה והוכוונה בעיקר לצרכים רפואיים. מצאנו כי בטכנולוגיה זו אפשר למעשה לנקות את האוויר באופן יעיל ורציף. טרם הוכחנו כי בתנאים אלו של יצירת אווירה נקייה מפתוגנים יש הפחתה משמעותית של הריקבונות, אך הסבירות לכך היא גבוהה. לדוגמא, פרי שעבר חיטוי לאחר הקטיף אך עבר פגיעה מכנית או היסדקות פיזיולוגית צפוי להיות רגיש יותר לנוכחות פתוגנים ובהעדרם שיעור המחלה צפוי להיות נמוך יותר. היתרון המשמעותי שמצאנו בטכנולוגיה של ה'מגאייר' שהותאמה לטיפול בחדרי קירור היה באפשרות לשלב חיטוי פסיבי וחיטוי אקטיבי מבוקר. החיטוי האקטיבי מתבצע על ידי תהליך אלקטרוליטי פשוט של תמיסת מלח המשמשת לספיחת החלקיקים מהאוויר. בשימוש בטכנולוגיה זו הוכחנו כי ניתן לבצע קטילה יעילה של נבגים המצויים על מצע מזון, נבגים המצויים על התוצרת החקלאית וכן להגיע למצב של מניעה של ריקבונות בענבים. בענבים יש לטכנולוגיה זו אפשרות להתפתח לטכנולוגיה מובילה שתחליף את השיטות הקיימות כיום בעולם. יחד עם זאת, יש צורך לספק נתונים מבוססים על השפעות שליליות אפשריות של הטיפול ברמת השאריות וברמת הקורוסיביות ויש צורך לבחון את הטכנולוגיה במגוון גדול של גידולים ומצבים.

## סיכום עם שאלות מנחות

<b>מטרות המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. בחינת שיטות ניקוי חדרי קירור.</li> <li>2. בחינת שיטות חיטוי חדרי קירור.</li> <li>3. בחינת תכשירים לחיטוי חדרי קירור.</li> <li>4. בחינת מיכשור להפחתת מקורות אילוח בחדרי קירור ועל תוצרת חקלאית.</li> </ol>
<b>עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח.</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. בחינת סדרה של 12 תכשירים לניקוי במערכת מודל.</li> <li>2. בחינה של 3 שיטות יישום תכשיר חיטוי אחד.</li> <li>3. בחינה של גורמי זמן וריכוז ב-3 תכשירי חיטוי לקטילה של בוטריטיס.</li> <li>4. בחינה של טכנולוגיה לשמירה על אוויר נקי בחדר הקירור</li> <li>5. בחינה של טכנולוגיה לחיטוי חדרי קירור והדברת מיקרואורגניזמים על התוצרת</li> </ol>
<b>המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. נקבע פוטנציאל הניקוי של סדרת תכשירים ללכלוך קל וקשה להסרה והשפעת שילוב שטיפה במים חמים על יעילות הניקוי.</li> <li>2. נמצא כי ערפול אולטרסוני עדיף על ריסוס ביצירת אוויר נקי מפתוגנים</li> <li>3. נמצא כי 60 דקות ו-500 ח"מ הם התנאים המינימליים ליישום 3 תכשירים שנבדקו.</li> <li>4. נמצא כי ניתן לייצר אוויר נקי מפתוגנים באמצעי המתאים ליישום בחדרי קירור.</li> <li>5. הוכח כי ניתן להדביר פתוגנים באוויר בתהליך אלקטרוליטי פשוט במשולב עם שיטת יישום מקורית.</li> </ol>
<b>הבעיות שנתרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תוכנית המחקר.</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. האם ניתן ליישם חיטוי בערפול אולטרסוני בקנה מידה של 1000 ממ"ק</li> <li>2. האם יש בעיה טוקסיקולוגית עם יישום של נגזרות כלור על תוצרת חקלאית</li> <li>3. האם המשוואה של אוויר נקי – פחות מחלות אחסון היא נכונה.</li> </ol>
<b>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.</b>
הרצאה של אמנון ליכטר בכנס "מפעילי חדרי קירור" 2.6.08 וב-27.5.09 בקריית שמונה על הנושא: חקר שיטות ניקוי וחיטוי חדרי קירור.
הרצאה של אמנון ליכטר בכנס Postharvest באנטליה – תורכיה – 9.4.09
<b>פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח</b>
<b>האם בכוונתך להגיש תכנית המשך: כן</b>

תודות:

עזרי לוי – המחלקה לחקר תוצרת חקלאית

**החברות:** אקולאב זהר דליה; סנו, עמגל, קונצפט, מ.ר.מ.ס., מגאייר ליפ