

המעבדה למו"פ אחסון פירות  
קרית שמונה  
Fruit Storage and Research Laboratory  
Kiryat-Shmona

טל. 04-6817421, 04-6940208, פקס. 04-6940113  
www.fruitlab.co.il  
E-mail: fruit.storage.lab@gmail.com

## השפעה של חשיפת פירות מנגו מזן 'מאיה' ל-US על עיכוב התפתחות ריקבון

דו"ח מחקר לשנת 2016  
מוגש למועצת הצמחים

צוות המעבדה:

טלי גולדברג, דני גמרסני, אוהד נריה, אלה צבילינג, היבא איברהים,  
הראל אגרא, רונן שפיר, לילך ברקוביץ, רון סמית

נובמבר 2016

תודות

הדר מרום, ביא"ר 'מרום'.  
שולחן מגדלי מנגו, מועצת הצמחים.

## תקציר

פירות מנגו מזן 'מאיה' נחשפו לטיפול אולטרה סאונד, באמבט בנפח 320 ליטר, למשכי זמן של 5 דקות, 10 דקות ו-30 דקות בטמפ' החדר. כבקורת שמשו פירות שנטבלו באמבט מים ללא אולטרה סאונד, בקורת 'רטובה', וכן פירות בקורת 'יבשה'. שיעור הרקבנות נבדק לאחר אחסון של 4 שבועות בטמפ' של 12 מ"צ וכן לאחר 7 ימים בחדר חיי-מדף (20 מ"צ, 60% לחות). יתרונו המובהק של טיפול האולטרה סאונד, הן על טיפול הבקורת ה'רטובה' והן על טיפול הבקורת ה'יבשה', בלט בעיקר בחיי-מדף ואחוזי הפירות סוג א' היו 60%, 44%-ו-20% בהתאמה לטיפולים. לא נמצאה השפעה של משך זמן החשיפה.

## רקע

בשנים האחרונות ניכר מאמץ מחקרי נרחב בחיפוש אחר שיטות חלופיות להדברת פטריות באמצעים פיזיקליים וביולוגיים. אחת השיטות הפיזיקליות שעשויה להיות חלופה להדברת פטריות הינה שימוש בגלי קול אולטרסוניים (על שמע). העקרון הפיזיקלי של פעולת הגלים מבוססת על תופעת הקוויטציה (Cavitation), שעיקרה הוא יצירת גל אולטרסוני בתדירות גבוהה ושידורו בתוך נוזל. תנועת הגלים בנוזל מייצרת בועות זעירות המתפוצצות ומכות במשטחי הפנים של גופים הטבולים בו והכח המכני הנוצר בתהליך זה מאופיין על ידי זרמים סילוניים מקרוסקופיים המגרדים שכבות מיקרוניות משטח הפנים, שכבה אחר שכבה. תוצאות הגרוד של מיליארדי הבועיות היא ניקוי השכבות החיצוניות של הגוף המוטבל לעומק המותנה בזמן ההשריה, כאשר תוצרי הגרוד נשארים בנוזל או מתמוססים. אנרגית הגלים מסוגלת להסיר שאריות של חומרי הדברה וכן להשמיד פטוגנים וגורמי מחלות. בכך ניתן להביא להגברת יעילות החיטוי ללא כימיקלים.

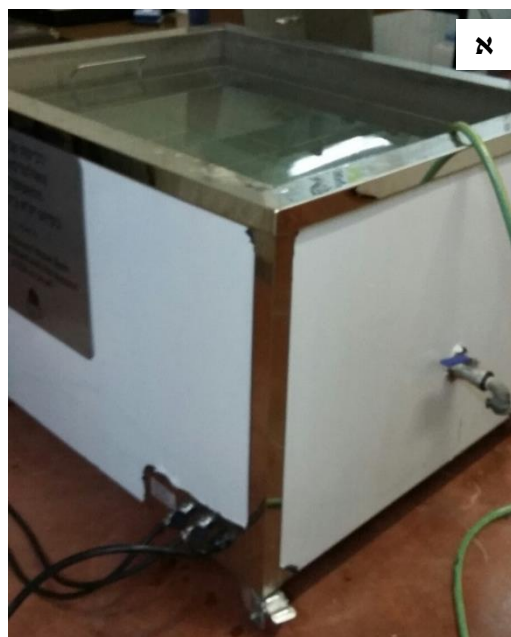
## מטרת המחקר

בדיקת השפעה של חשיפת הפירות באילוח טבעי ל-US על עיכוב התפתחות ריקבון.

## חומרים ושיטות

פירות מנגו מזן 'מאיה', אחידים בגודלם (גודל 18, כ-300 גרם לפרט), ללא פגמים, נדגמו מבית אריזה מרום (חלקת פרדס) יום לאחר הקטיף בתאריך ה-11.07.16. הפירות נאספו מבית האריזה לפני טיפולי המערך, הועברו למעבדה בקרית-שמונה, נשקלו ונבחנו מוצקותם האלסטית לפני טיפול (Internal Quality Index= IQ) ע"י נגיפה במכשיר של חברת סינקלייר. לאחר מכן הפירות הונחו בארגזי מעבדה נקיים, חזרה בכל ארגז (ארגז = 30 פירות), 6 ארגזים לטיפול. טיפול האולטרה סאונד, נערך באמבט בנפח 320 ליטר מדגם 1080VGT-F (תוצרת סין) ב-25-20 מ"צ, בעוצמה 25 KHz (תמונה 1). הפירות נחשפו למשכי זמן של 5 דקות, 10 דקות ו-30 דקות. כבקורת שמשו פירות שנטבלו באמבט מים ללא אולטרה סאונד (מיכל פלסטיק, נפח 320 ליטר) = בקורת 'רטובה' וכן פירות שלא נטבלו כלל = בקורת 'יבשה'. מי אמבט האולטרה סאונד ומי אמבט הבקורת ה'רטובה' הוחלפו פעמיים במהלך הניסוי ע"פ המערך המתואר בטבלה 1 וטמפ' המים נמדדה לפני כל אחת מההרצות.

בתום הטיפול האולטרסוני ולאחר ייבוש הפירות, הפירות הוכנסו לאחסון ב-12 מ"צ למשך 4 שבועות ולאחר האחסון הועברו לחדר חיי-מדף (20 מ"צ, 60% לחות) ל-7 ימים.



**תמונה 1:** אמבט האולטרה סאונד בו התבצע הניסוי; מבט מבחוץ (א.1) ומבט לתוך האמבט (1. ב.).

**טבלה 1:** מערך הפעלת אמבט האולטרה סאונד והבקורת ה'רטובה' עבור 6 חזרות הניסוי.

חזרה II	חזרה I	5 דקות
חזרה II	חזרה I	10 דקות
חזרה II	חזרה I	30 דקות
החלפת מים		
חזרה IV	חזרה III	5 דקות
חזרה IV	חזרה III	10 דקות
חזרה IV	חזרה III	30 דקות
החלפת מים		
חזרה VI	חזרה V	5 דקות
חזרה VI	חזרה V	10 דקות
חזרה VI	חזרה V	30 דקות

בדיקות מיקרוביאליות לספירת פטריות במי האמבטים נעשו ב- 4 עיתוים: בזמן 0 ובתום כל 6 חזרות (לפני החלפת המים). בכל אחד מהעיתוים הני"ל נדגמו מים בשתי כוסות סטריליות (=2 חזרות) בנפח של 100 מ"ל הן מאמבט האולטרה סאונד והן מאמבט מי הבקורת. מכל אחת מדוגמאות המים נזרעו על-גבי צלחות פטרי עם מצע PDA המכיל אנטיביוטיקה (Chloramphenicol) 20 מיקרוליטר, ללא מיהול, וכן 20 מיקרוליטר לאחר מיהול עשירי. בנוסף סוננו בואקום 100 מ"ל שנדגמו דרך ממברנות סינון של 0.45 מיקרון אשר הועברו אף הן לצלחות פטרי.

בתום האחסון ובתום חיי-מדף נשקלו הפירות לחישוב איבוד משקל ונערך מיון איכות חיצונית ע"פ סוג א': פירות בריאים ופירות בעלי נקודות שחורות ברמה קלה (3-1 נקודות); פירות הראויים לשיווק. סוג ב': פירות בריאים ופירות בעלי נקודות שחורות ברמה בינונית (מעל 3 נקודות); פירות הראויים לשיווק. סוג ג': פירות רקובים ופירות בעלי נקודות שחורות ברמה גבוהה (כאשר הנקודות השחורות יוצרות כתם); פירות שאינם ראויים לשיווק (תמונה 2).



תמונה 2: פירות מנגו 'מאיה' עם נקודות שחורות קל (א), בינוני (ב), קשה (ג).

### ניתוח סטטיסטי

השפעת טיפול האולטרה סאונד על איכות הפירות לאחר האחסון, נבחנה באמצעות מבחני שונויות חד-כיווניים (One way Anova) ומבחן פוסט הוק (Duncan). לא נמצאה השפעה של משך זמן החשיפה ולפיכך נערך הניתוח הסטטיסטי ע"פ גורם הטיפול בלבד (אולטרה סאונד, בקורת 'רטובה', בקורת 'יבשה') ומספר החזרות גדל בהתאם מ-6 ארגזים לטיפול ל-18 ארגזים.

### תוצאות

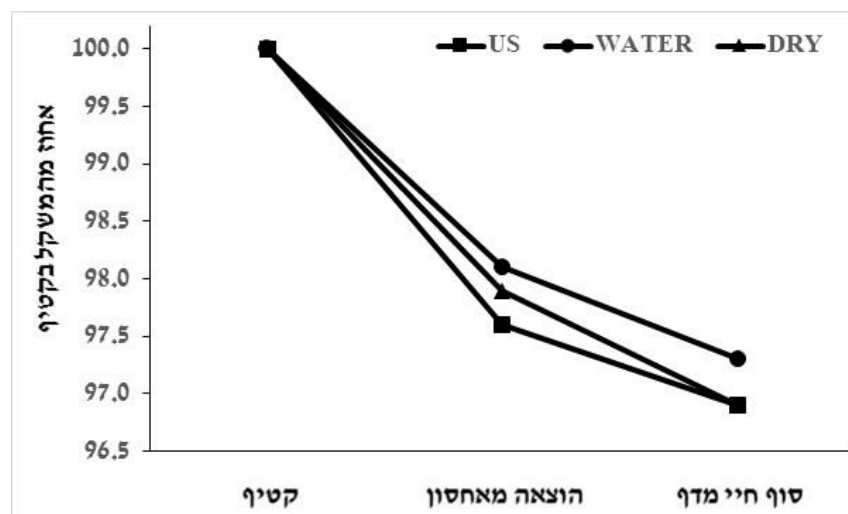
מוצקות הפירות ביום הקטיף, ע"פ מכשיר הסינקלייר, היתה  $55.6 \pm 0.7$  IQ. טמפי' המים באמבט האולטרסוני השתנתה כתוצאה מהפעלת המכשיר ולאחר הפעלה של 30 דקות טמפי' המים עלתה בכ- 9 מ"צ. לעומת זאת באמבט המים של הבקורת ה'רטובה' השינוי היה בכ- 0.2 מ"צ בלבד (טבלה 2).

### איבוד משקל ואיכות הפירות

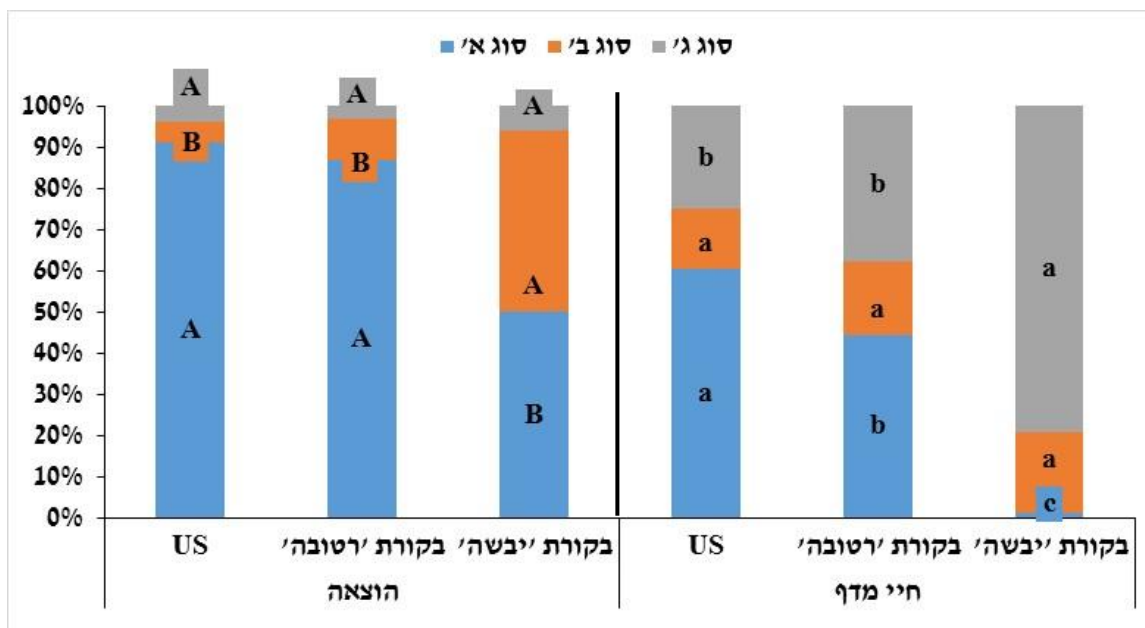
במהלך 4 שבועות האחסון ועוד שבוע בחי-מדף לא נמצאו הבדלים מובהקים באיבוד משקל של הפירות בין הטיפולים, אך ניכר כי פירות טיפול האולטרה סאונד איבדו יותר ממשקלם ביחס לפירות הבקורת ה'רטובה', 3.1% ו-2.7%, בהתאמה (איור 1). בבחינת איכות הפירות בהוצאה מאחסון, נותרו כ- 90% פירות סוג א' לאחר הטיפול האולטרסוני, בדומה לפירות הבקורת ה'רטובה' וגבוה מפירות הבקורת ה'יבשה', בה נותרו 50% בלבד. בחי-מדף בלט יתרונו של טיפול האולטרה סאונד הן על טיפול הבקורת ה'רטובה' והן על טיפול הבקורת ה'יבשה' ואחוזי הפירות סוג א' היו 60%, 44% ו-20% בהתאמה (איור 2) בדומה לאחוז הפירות סוג א', גם אחוז הפירות הבריאים שהתקבלו עבור הטיפול האולטרסוני היו גבוהים מאחוז הפירות הבריאים בטיפול הבקורת בחי-מדף: 31%, 15%, 1% בהתאמה (איור 3, תמונה 3).

טבלה 2: טמפי' המים באמבט ה-US ובאמבט הבקורת ה'רטובה' בתום כל אחד ממחזורי טבילת הפירות.

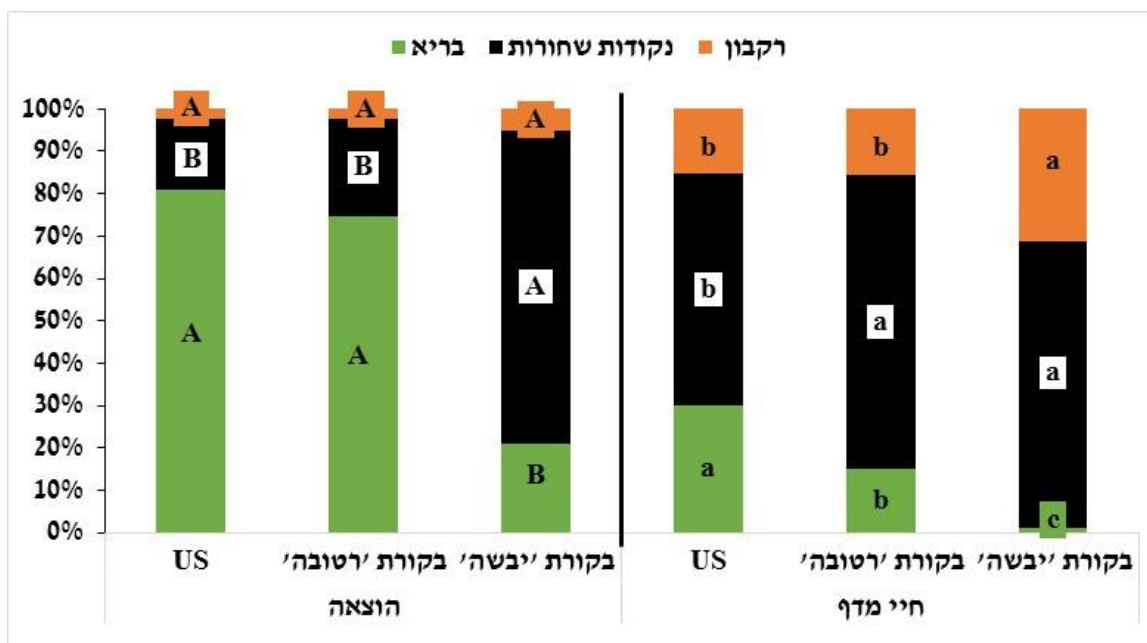
בקורת 'רטובה'	US	
21.9	21.6	5 דקות
21.9	25.8	10 דקות
22.1	30.6	30 דקות
<b>החלפת מים</b>		
22.1	22.1	5 דקות
22.2	27.1	10 דקות
22.3	31.2	30 דקות
<b>החלפת מים</b>		
21.7	22.1	5 דקות
22	27.7	10 דקות
21.9	32.9	30 דקות



איור 1: איבוד משקל ממוצע של פירות המנגו מטיפולי הניסוי בהוצאה מאחסון ולאחר שבוע חיי-מדף (n=18 עבור כל נתון). לא נמצאו הבדלים (Duncan  $p < 0.05$ ) בין הטיפולים.



איור 2: ממוצע אחוז פירות סוג א', סוג ב', סוג ג', בהשפעת טיפול האולטרה סאונד, במועד ההוצאה מהאחסון ובסוף חיי-מדף (n=18 עבור כל נתון). אותיות שונות A-B, a-b מייצגות הבדלים מובהקים בין הטיפולים בהוצאה מהאחסון ובחיי-מדף, בהתאמה (Duncan p<0.05).



איור 3: ממוצע אחוז פירות בריאים, אחוז נקודות שחורות ואחוז ריקבון, בהשפעת הטיפול האולטראסוני, במועד ההוצאה מהאחסון ובסוף חיי-מדף (n=18 עבור כל נתון). אותיות שונות A-B, a-b מייצגות הבדלים מובהקים בין הטיפולים במועד ההוצאה מהאחסון ובחיי-מדף, בהתאמה (Duncan p<0.05).

בקורת 'רטובה'

אולטרה סאונד



5  
דקות



10  
דקות



30  
דקות



בקורת 'יבשה'

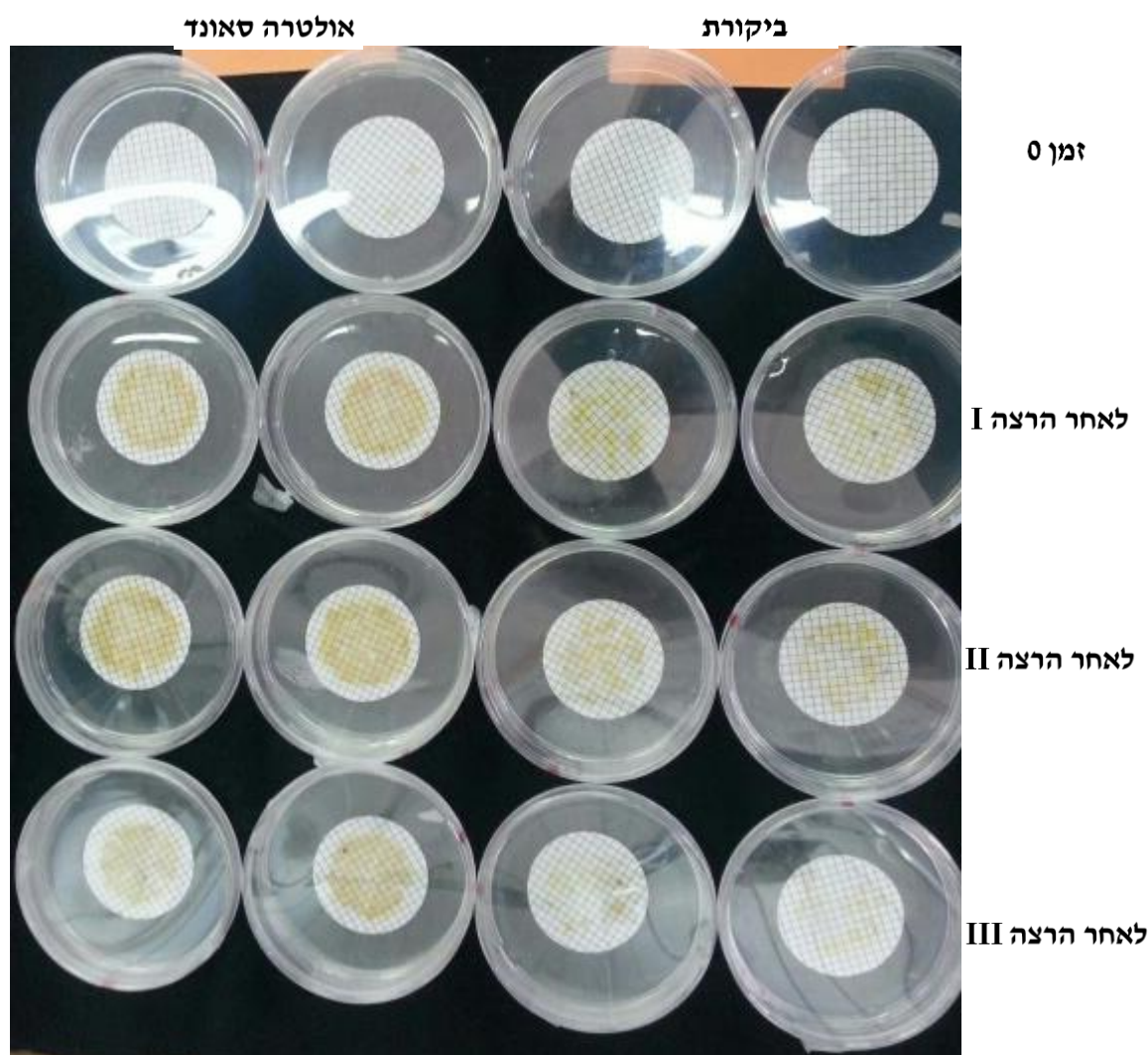
תמונה 3 : פירות הניסוי בתום 4 שבועות באחסון ושבוע בחיי-מדף.

זריעה על-גבי צלחות פטרי לבחינת כמות המושבות הפוטנציאליות לגרימת רקבונות  
דיגום המים לזריעה על-גבי צלחות פטרי לבחינת כמות המושבות הפוטנציאליות לגרימת  
רקבונות נעשה 4 פעמים במהלך הניסוי: דיגום I – זמן 0, תחילת הניסוי, מים לפני הפעלת  
האולטרה סאונד; דיגומים II, III, IV - מים לאחר טיפול בחזרות 1 ו-2, 3 ו-4, 5 ו-6 של טיפול ה-  
5 דקות, 10 דקות ו-30 דקות, בהתאמה. בזריעת 20 מיקרוליטר דוגמת מים על גבי הצלחות לא  
התקבלו הבדלים מובהקים במספרי המושבות בין הטיפולים וכן לא בין מועדי הדיגום. ניכרת  
מגמה לפיה מי הברז בדיגום בזמן 0, דיגום שנעשה עוד לפני הפעלת המכשיר והטיפול בפירות,  
הכילו יותר נבגים מאשר המים המשומשים מהרצות I-III לאחר הטיפול בפירות (טבלה 3).

טבלה 3 : מספר מושבות על גבי צלחת פטרי לאחר אינקובציה של 24 שעות ( $\pm$  סטיית תקן)

אולטרה סאונד	בקורת 'רטובה'	
481 $\pm$ 31	427 $\pm$ 41	זמן 0
171 $\pm$ 15	130 $\pm$ 92	I לאחר הרצה
10 $\pm$ 6	68 $\pm$ 37	II לאחר הרצה
49 $\pm$ 38	25 $\pm$ 19	III לאחר הרצה

בנוסף סוננו בואקום 100 מ"ל מים (בשתי חזרות) שנדגמו במועדים שתוארו לעיל מאמבטי הניסוי. ממברנות הסינון שדרךן סוננו המים הונחו בצלחות פטרי עם מצע מזון. לא ניתן היה לאמוד את כמות המיקרואורגניזמים בתמיסה בגלל צפיפות המושבות שהתפתחו בצלחת (ספירת 'דשא') אך נראה כי מים שנדגמו מזמן 0, הן מהבקורת ה'רטובה' והן מאמבט האולטרה סאונד, היו הנקיים ביותר ואלו בהשוואה בין שני הטיפולים, לאחר הרצות I-III (תמונה 4). כמו-כן ניכר כי צלחות מי אמבט האולטרה סאונד היו מזוהמות יותר, כנראה מחלקיקי אבק ועפר שהוסרו במהלך הטיפול, בנוסף למושבות המיקרואורגניזמים שהתפתחו עליהן.



תמונה 4 : התפתחות מושבות על-גבי צלחות פטרי לאחר סינון 100 מ"ל מים שנדגמו מאמבט האולטרה סאונד ומאמבט הבקורת בזמן 0 ולאחר הרצות I-III.



## סיכום

בניסוי נבדקה ההשפעה של חשיפת פירות מנגו מזן 'מאיה' לגלים אולטרסוניים, על עיכוב התפתחות ריקבון במהלך אחסון הפירות ובחיי-מדף. נמצא כי פירות הטיפול האולטרסוני איבדו ממשקלם יותר מפירות הבקורת ה'רטובה'. ההבדלים אמנם אינם מובהקים אך תופעה זו נובעת כנראה מהעובדה שגלי האולטרה סאונד מסירים במידת מסוימת את השעווה הטבעית המצויה על קליפת הפרי.

בבחינת שעור הרקבנות נמצא יתרון מובהק לטיפול האולטרסוני ביחס לבקורת ה'יבשה' בהוצאה מהאחסון לאחר 4 שבועות ואף ביחס לבקורת ה'רטובה' בתום חיי-מדף של 7 ימים שלאחר האחסון (איורים 2, 3) וללא השפעה של משך זמן החשיפה (5 דקות, 10 דקות, 30 דקות). בזריעה של דגימות מים מאמבטי הניסוי על-גבי צלחות פטרי, לבחינת כמות המושבות הפוטנציאליות לגרימת רקבונות, לא התקבלו הבדלים מובהקים אך ניכר כי מי האמבט האולטרסוני הכילו, בנוסף לנבגים, אף חלקי אבק ועפר שהוסרו מקורם כנראה מהפירות (תמונה 3).

בכדי לבסס תוצאות אלו אנו ממליצים:

1. לחזור על ניסוי זה עם פירות מסוגים שונים.
2. לבחון את השפעת העלאת טמפ' המים על יעילות הטיפול.
3. להוסיף למים דטרגנט בכדי לבחון האם יעילות ניקוי הפירות תעלה.
4. להוסיף למים חומצה אורגנית, כדוגמת חומצה אסקורבית, בכדי לבחון האם עמידות הפירות לרקבונות ולנוזקי צינה באחסון תעלה (Chemat, et al., 2011).
5. לערוך מדגם גדול יותר של מי האמבט ובמיהולים שונים לבחינת כמות המושבות המתפתחות, כדי להבין האם הנבגים נפגעים כתוצאה מהטיפול האולטרסוני או רק מוסרים מקליפת הפרי.

## ספרות

Chemat, F., Huma, Z. and Khan, M. (2011). **Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction**. Ultrasonics Sonochemistry 18 (4) 813–835.