

טיפול אחר קטיף של עכובית הגלגל

Agro technology development and post harvest of Gundelia tournefortii L.

מו"פ צפון	דר' דוד כהן
מדריך לגידול ירקות, שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות	שאול גרף
המעבדה לאחסון	פרופ' רות בן אריה
חקלאי, קיבוץ איילת השחר	אלי גלילי

מרץ 2007

אדר תשס"ז

א. תקציר

הצגת הבעיה: עכובית הגלגל (*Gundelia tournefortii*) הוא צמח רב-שנתי הנפוץ בשטחים פתוחים מצפון הארץ ועד מרכזה. הפלחים הערביים אוספים את התפרחות עם רדת הגשמים הראשונים ומכינים ממנו מטעמים. השאלה אם ניתן לשומרו לתקופות בהן הוא אינו מופיע בבר נותרה בעינה. **תוכנית המחקר:** בחינת היבטים של טיפול לאחר קטיף.

מטרת המחקר היא למצוא מענה לשאלות הבאות: מהם התנאים המיטביים לשמירת צמח העכובית לאחר האסיף אך לפני רחיצתו ואריזתו לשיווק, ומהו משך הזמן המירבי לשמירתו בקירור? מהם גורמי ההתכלות הקובעים של משך חיי המדף של העכובית לאחר הכנתה לשיווק? מהם התנאים המיטביים לשמירת איכות העכובית לאחר הכנתה לשיווק ומהו משך האחסון המירבי?

תוצאות - טמפרטורת האחסון לרוב לא השפיעה על הרכב הגזים באווירת האחסון בצורה מובהקת, אף על פי שהיתה נטיה לרמת CO₂ גבוהה יותר ורמת חמצן נמוכה יותר ב- 5°C לעומת 2°C, הן במהלך האחסון והן בתקופת חיי המדף ב- 10°C. למרות זאת, ההפסד במשקל, שהלך ועלה לאורך האחסון, היה גבוה במובהק ב- 5°C לעומת 2°C. ניקוי הבוץ בשיטה יבשה היה עדיף על ניקוי על-ידי שטיפה במים. הידרוקולינג בתוספת כלור לחיטוי לא תרם לשמירת האיכות, אך טבילה בחומצה אסקורבית 1% במשך דקה הפחית את עצמת ההשחמה. עטיפה ביריעת גניגר שאפשרה הצטברות CO₂ והפחיתה את ההפסד במשקל שיפרה את איכות התוצרת בהשוואה ליריעות פלסטיות אחרות. לטיפול טרום האריזה לא היתה השפעה על הרכב האווירה באריזות. הגורם העיקרי שהשפיע על הרכב האווירה באריזה היה סוג היריעה, כאשר יריעת גניגר אפשרה הצטברות CO₂ ברמה גבוהה יותר מאשר באריזת ה-PVC. באריזה ה-LDPE רמת ה-CO₂ היתה בעמדת ביניים ולרוב לא נבדלה במובהק מאף אחת מהאחרות. עם עלית ה-CO₂ חלה ירידה מקבילה ברמת החמצן, שהושפעה בצורה דומה על-ידי האריזות השונות. אמנם האיכות החזותית הטובה ביותר נתקבלה עם יריעת גניגר, אך בתוך האריזות היו שעורי הרקבון גבוהים יותר מאשר בעטיפת PVC. למרות שבמראה הכללי לא נמצאו הבדלים בין שתי טמפרטורות האחסון, היה לאחסון ב- 0°C יתרון לעומת אחסון ב- 2°C הן בשעור הרקבון והן בעצמת השחמת הפטוטורות.

ב. מבוא

הפגיעות המכניות המלוות את האסיף ואת החיתוך גורמות להפסד מים מוגבר, ולהגברת הנשימה וייצור האתילן, המביאים בנוסף להצהבה גם לכמישה ואף להשחמה (Meir et al. 1992). אמצעים שנוקטים להאטת תהליכי ההזדקנות ומניעת התפתחות הרקבונות הינם, לפי סדר כרונולוגי: חיטוי לאחר החיתוך בתמיסת תיאבנדזול וכלור המכילה גם גייברלין לדחיית ההזדקנות, אריזה בשקיות המונעות הפסד מים ומאפשרות הצטברות CO₂ מנשימת התוצרת והורדת טמפרטורה מהירה להאטת הפעילות המטבולית (אהרוני וחובי, 1996). בשנים האחרונות הוחלפה הטבילה בתמיסת גייברלין בריסוס גייברלין בשדה לפני האסיף, לאחר שנמצא שטיפול זה מגביר את עמידות הטבעית של הכרפס בפני רקבונות, הודות לשמירת רמת ה-marmasin, שהוא חומר אנטי-פטרייתי טבעי בצמח זה (Afek et al. 1995). אמצעי נוסף שעשוי לדחות או למנוע השחמה והתפתחות רקבונות הוא חימום. פציעת רקמה צמחית משדרת אותות לרקמות הסמוכות הגורמים לסינטזה מחודשת של חלבונים, ביניהם אחד האנזימים של מטבוליזם של פנולים (PAL), שפעילותו מעלה את תכולת הפנולים המהווים את הבסיס להוצרות הפולי-פנולים המעניקים את הצבע החום לרקמות, בעיקר באזור הפצוע (Peiser et al. 1998). העליה בפעילות PAL בעלי חסה היא פי 6-12 ב-10°C במשך 24 שעות לאחר פציעתם, אך ניתן למנוע אותה על-ידי חשיפה קצרה לטמפרטורה של 45°C, זמן קצר לפני או אחרי החיתוך (Saltveit, 2000). חשיפה זו גורמת, כפי הנראה, להוצרות heat-shock proteins במקום להוצרות PAL. טיפולי חום מקובלים גם להדברת מחלות הנגרמות על-ידי פטריות. הטבילה במים חמים כאמצעי יעיל נגד רקבון בפרי הדר ידועה כבר משנות ה-20 של המאה הקודמת ומאז נוסתה בהצלחה כטיפול בפירות רבים (ברקאי-גולן, 1997). הפטריות גורמות הרקבון נבדלות ברגישותן לטמפרטורה גבוהה ובכל גידול יש צורך להגדיר את הטמפרטורה המיטבית לקטילת הפטריה או לעצירתה (Barkai & Golan & Phillips, 1991) מבלי שתגרום נזק לפונדקאי, שיכול להתבטא בשינויי צבע ומרקם, הגברת איבוד מים, צריבה וכדומה (Lurie, 1998). לאור ההשפעות הפיזיולוגיות והפתולוגיות החיוביות של טיפולי חום, שאין בהם גם סיכון מבחינת איכות הסביבה, נראה שהם ראויים לבחינה נסיונית, אם כי יהיה צורך לבחון את הכדאיות הכלכלית. חיתוך הגבעולים בעת הכנתם לשווק חושף את צנורות ההובלה בשני הקצוות לאוויר ומאפשר הפסד מים מוגבר בקצב מהיר, הגורם לכמישה מהירה של הרקמות. ככל שיוקטן הפער בלחות היחסית בין האווירה הסובבת לבין החללים הבין-תאיים, יוקטן ההפסד במשקל. לפיכך, עטיפת תוצרת חתוכה ביריעות פלסטיות המונעת מעבר אדי מים, נהוגה לגבי פירות וירקות (Chu and wang, 2001). אולם, בנוסף למניעת הפסד מים קיים יתרון נוסף בכך שהיריעות מהוות גם מחסום בפני מעבר חמצן ו-CO₂ ועל כן נוצרת בתוך האריזה "אווירה מתואמת" (חמצן מופחת ו-CO₂ מוגבר), המשפיעה על המטבוליזם (בראש ובראשונה קצב הנשימה) של התוצרת הארוזה (Kader et al. 1989). ברוב הירקות העליים שנבדקו, הוארכו חיי המדף ב 50% - 190% על-ידי יצירת אווירה של 2% O₂ + 5% CO₂. הצוות המגיש את הצעת המחקר הנוכחית עסק במהלך שלושת השנים האחרונות באיקלום עכובית מהבר במסגרת תכנית מדען קודמת. מאידך הצוות עוסק שנים רבות בגידולי שדה וירקות. טל גלילי מענף גידולי השדה של איילת השחר עוסק בגידול עכובית הגלגל בשש השנים האחרונות. בקיבוץ קיימת חלקה בת חמש שנים. הידע האגרוטכני המוקדם של

הצוות מתבסס על הנעשה בחלקה זו, חלקת ניסויים גדולה בחוות גד"ש ומוקד המחקרים באדמות האורגניות בחולה.

ג. **מטרות המחקר:** שיפור חיי המדף ואיכות המוצר על ידי טיפול לאחר קטיף מתאים.

ד. פירוט הניסויים שבוצעו במהלך המחקר

1.1. פירוט הניסויים שבוצעו בשנת 2004

נערך ניסוי הקדמי בעכובית הגלגל משדה מסחרי באילת השחר, שמטרתו היתה לקבוע תנאי אריזה ואחסון מיטביים לשמירת איכות התוצרת במשך תקופה של 6 שבועות. נבחנו שלושה גורמים: א. חיטוי לאחר השטיפה

ב. סוג האריזה

ג. טמפרטורת האחסון

חומרים ושיטות

מהלך הטיפול בתוצרת מזמן האסיף היה כלהלן:

א. אסיף העכובית לתוך מיכלי צובר והובלה לבית האריזה.

ב. אחסון ב- 5°C .

ג. שטיפת התוצרת באמבט מים וחיתוך הקצוות בסכיני מטבח משוננים.

ד. טיפולי חיטוי: 1. בקורת – ללא טבילה

2. טבילה בת 20 שניות בתמיסת היפוכלורית הסידן 150 ח"מ

3. טבילה בת 20 שניות בתמיסת היפוכלורית הסידן 300 ח"מ

ה. אריזת הפרי בקופסאות פלסטיות של כ- 1 ק"ג ועטיפתן בריעת PVC נמתחת (סטרצ')

(ניסוי 1) או אריזה בשקיות אטומות של: 1. פוליאאתילן בצפיפות גבוהה (HDPE)

2. X-tend (חברת Stepac L.A.)

תוך כדי אריזה ושקילה הורחקו גבעולים פגומים וחומים, אך עדיין נארזו גבעולים עם שפופים ופגיעות מכניות קלות.

ו. התוצרת הארוזה אוחסנה בטמפרטורות של 2°C ו- 5°C .

ז. כעבור 2, 4 ו- 6 שבועות הוצאו מקרור 6 סלסלות מכל טיפול: 3 הועברו לבדיקה מיידית

ו- 3 הועברו לחיי מדף של יומיים ב- 10°C בחדר מואר (חיקוי למדף מקורר ברשת שיוק).

ח. הבדיקה כללה שקילה (לחישוב הפסד משקל), בדיקת הרכב הגזים באווירת האריזה

והערכה חזותית של האיכות הכוללת לפי 5 דרגות. לאחר מכן בוצע מיון מפורט לגבעולים רקובים,

מושחמים, מתמוטטים ותקינים – כל קבוצה נשקלה.

תוצאות שנה א'

ניסוי 1 - חיטוי וטמפרטורת אחסון

מאחר ולא היתה השפעה כלשהי של צורת החיטוי על איכות התוצרת, נערכה השוואה רק בין טמפרטורות האחסון והתוצאות נותחו כממוצעים של 9 חזרות.

טמפרטורת האחסון לרוב לא השפיעה על הרכב הגזים באווירת האחסון בצורה מובהקת, אף על פי שהיתה נטיה לרמת CO₂ גבוהה יותר ורמת חמצן נמוכה יותר ב- 5°C לעומת 2°C, הן במהלך האחסון והן בתקופת חיי המדף ב- 10°C (טבלה 1). למרות זאת, ההפסד במשקל, שהלך ועלה לאורך האחסון (אך לרוב לא בחיי מדף), היה גבוה במובהק ב- 5°C לעומת 2°C. אחרי שבועיים באחסון לא ניכרו הבדלים באיכות התוצרת בין שתי טמפרטורות האחסון, אולם במהלך חיי המדף לאחר מכן החלו להופיע רקבונות בעיקר בגבעולים שאוחסנו ב- 5°C (טבלה 2). גורמי הרקבון העיקריים שבודדו היו שמרים, *Cladosporium*, *Penicillium*.

לרוב לא היו הבדלים בין טמפרטורות האחסון ומשכי האחסון בשעורי ההשחמה והתמוטטות הגבעולים, אך שעורי התוצרת התקינה היו גבוהים במובהק ב- 2°C מאשר ב- 5°C וירדו במובהק לאורך האחסון. המראה הכללי של התוצרת היה טוב יותר מבחינת צבע, רעננות ושעור הפגמים לאחר אחסון ב- 2°C בהשוואה ל- 5°C, והיא נשמרה באיכות סבירה במשך 6 שבועות (טבלה 2). אולם, לאחר 2 ימי חיי מדף ב- 10°C בתום 6 שבועות אחסון גם ב- 2°C, האיכות כבר לא היתה ראויה (מתחת לדרגה 3.

טבלה 1 – הרכב האווירה באריזה וההפסד במשקל במהלך האחסון וחיי מדף.

ההפסד במשקל (%)		הרכב האווירה (%)				מועד	משך	בדיקה
5°C	2°C	CO ₂ 5°C	CO ₂ 2°C	O ₂ 5°C	O ₂ 2°C	האחסון (שבועות)		
1.2b	1.2b	4.8	3.8ab	12.7	14.9ab	2		בהוצאה
1.9b*	1.6b	5.0	1.5b	12.8	17.5a	4		מקירור
3.8a	3.2a	5.5	5.0a	11.6	11.8b	6		
0.000	0.014	ל.מ.	0.009	ל.מ.	0.018			מובהקות
2.1AB*	1.9A	8.4	7.1	5.1	6.5	2		אחרי
1.9B*	1.4B	8.7	8.2	2.5	5.9	4		חיי
2.3A*	2.0A	8.1	7.9	5.6	6.3	6		מדף
		ל.מ.	ל.מ.	ל.מ.	ל.מ.			מובהקות

* הבדל מובהק בין טמפרטורות האחסון ברמת מובהקות של $p \leq 0.005$ (T-test)

A-B, a-b – ערכים עם אותיות שונות בכל טור, לכל מועד בדיקה, נבדלים ברמת מובהקות $p \leq 0.05$

טבלה 2 – איכות עכובית הגלגל בהוצאה מקירור ב- 2°C וב- 5°C ולאחר 2 ימי חיי מדף ב- 10°C.

איכות חזותית (1-5)		תקין (%)		התמוטטות (%)		השחמה (%)		רקבון (%)		משך	מועד
5°C	2°C	5°C	2°C	5°C	2°C	5°C	2°C	5°C	2°C	האחסון	בדיקה
										(שבועות)	
4.0a	4.0	93.3a	94.0a	1.5b	3.1	3.4b	2.9b	1.7b	0b	2	הוצאה
3.6a	3.9	75.5b*	93.1a	0.6b	1.9	14.1a*	3.2b	9.8b	1.9b	4	מקירור
2.8b	3.8	54.7c*	77.3b	7.3a	7.3	11.5a	8.2a	26.6a*	7.3a	6	
0.000	ל.מ.	0.001	0.000	0.002	ל.מ.	0.008	0.008	0.000	0.000	מובהקות	
3.3A	4.0	74.7A*	93.5A	0b	0B	5.9	3.1B	19.4B*	3.4B	2	אחרי
3.2A	4.0	80.0A	87.6A	3.6B*	0.1B	7.5	11.4A	8.9B*	1.0B	4	חיי
2.2B	3.9	33.8B*	70.9B	7.8A	5.6A	4.9	9.5A	53.A*	14.0A	6	מדף
0.001	ל.מ.	0.001	0.000	0.003	0.001	ל.מ.	0.000	0.000	0.000	מובהקות	

* ה'בדל מובהק בין טמפרטורת האחסון ברמת מובהקות של $p \leq 0.005$, a-c, A-B – הבדלים מובהקים בין משכי האחסון בכל מועד בדיקה ובכל טמפרטורת אחסון, ברמת המובהקות המצויינת.

ניסוי 2 - סוג האריזה

בשתי טמפרטורות האחסון, באריזות הפוליאיתילן בצפיפות גבוהה (HDPE) לא נשמרה העכוּבית באיכות טובה כמו ב-PVC ובשקית ה-X-tend (טבלה 3). בעטיפת X-tend אווירת הגזים שנתקבלה וכן גם איכות התוצרת היו דומות מאד לאריזה בסטרצ' PVC (השוואת הנתונים בטבלה 3 עם טבלות 1-2), ושוב נראה יתרון ברור לאחסון ב-2°C בהשוואה ל-5°C.

טבלה 3 - איכות עכוּבית הגלגל בהוצאה מקירור ב-2°C וב-5°C אחרי 4 שבועות באריזות שונות.

HDPE		X-tend		הרכב האווירה
5°C	2°C	5°C	2°C	
0.2c	0.1c	4.0a	1.5b	% CO ₂
18.3a	18.3a	16.0b	17.8a	% O ₂

איכות (1-5)		איכות כוללת (1-5)		
1	1	2	3	
100a	100a	10.7b	0.4b	רקבון (%)
100a	100a	12.1b	4.4b	השחמה (%)
100a	100a	7.5b	0.9c	התמוטטות (%)
0c	0c	67.7b	94.3a	תקין (%)

a-c ערכים עם מספרים שונים בכל שורה נבדלים ברמת מובהקות של $p \leq 0.05$.

2.4. פירוט הניסויים שבוצעו בשנת 2005

מבוא

בשנת המחקר הראשונה נבדקו השפעות של חיטוי, טמפרטורת האחסון וסוג האריזה על כושר השתמרות גבעולי עכובית הגלגל. הפגם העיקרי שהתפתח במהלך האחסון הייתה השחמת הגבעולים ובשלב מאוחר יותר ריקבון והתמוטטות. הושגה האטה של תהליכים אלה על-ידי אריזה ביריעה נמתחת של PVC או בשקית X-tend ואחסון ב- 2°C . בתנאים אלה ניתן היה לאחסן את הגבעולים במשך 6 שבועות באיכות סבירה, אולם לאחר יומיים חיי מדף ב- 10°C האיכות כבר לא הייתה קבילה. לא היה יתרון כלשהו בחיטוי התוצרת בהיפוכלורית לפני האריזה.

מטרות המחקר בשנה הנוכחית היו:

1. להגדיר את תנאי הטיפול שיבטיחו שמירת איכות במשך כשבועיים לשוק המקומי או לחודש עבור שווקי היצוא.
2. לבדוק אמצעים חדשים למניעת השחמת העכובית.

חומרים ושיטות

ניסוי א'

עכובית הגלגל, שנאספה באיילת השחר ב-17/2/05 לאחר תקופת גשם, הגיעה למעבדה עם בוך רב. התוצרת חולקה ל-2 קבוצות לניקוי והכנה לקראת האריזה:

1. חיתוך הבסיס, הסרה ידנית של הבוץ, מיון ואריזה. טמפרטורת התוצרת בשעת האריזה 16°C .
2. חיתוך הבסיס והשריה במים קרים (0°C) במשך 5 דקות. טמפרטורת התוצרת בסוף הטבילה הייתה 5°C .

לאחר התייבשות התוצרת היא נארזה בתיבות פלסטיות קשיחות (נספק) שנעטפו לפי הטיפולים הבאים:

1. יריעת PVC נצמדת.
2. שקית פוליאאתילן צפוף (HDPE) קשורה.
3. שקית פוליאאתילן בצפיפות נמוכה (LDPE) בעובי 0.04 מ"מ קשורה - 2 נספקים בשקית.
4. שקית פוליאאתילן בעלת חדירות נמוכה לאדי מים ול- CO_2 , מתוצרת גניגר מפעלים פלסטיים בע"מ. מכל קבוצת תוצרת הוכנו 36 אריזות - מחציתן אוחסנו ב- 2°C ומחציתן ב- 5°C . כעבור 10, 20 ו-30 ימי אחסון הוצאו מקירור 6 אריזות מכל טיפול: 3 אריזות נבדקו בו ביום ו-3 הועברו ל- 20°C לבדיקה אחרי יומיים חיי מדף ב- 10°C , בחדר מואר (חיקוי למדף מקורר ברשת שווק). בדיקות התוצרת כללו: הפסד משקל, הערכה חזותית של האיכות לפי 5 דרגות, מיון התוצרת לקבוצות הנ"ל ושקילתן ובידוד גורמי הריקבון. במהלך האחסון נאספו נתוני הטמפרטורה ולחות יחסית בתוך האריזות בעזרת אוגרי נתונים מתוצרת HOBO. הרכבי האוויר בתוך השקיות נבדקו לפני בדיקת התוצרת.

ניסוי ב'

- עכוּבית הגלגל נאספה באילת השחר ב- 1/3/05 כשהיא מלאה בוץ לאחר תקופה גשומה והובלה למעבדה לניקוי לטיפול ואריזה באותו היום.
- הטיפולים היו כלהלן:
1. אריזה, שקילה ועטיפה - בקורת ללא טיפול.
 2. השריה במים ב- 19°C במשך 30 דקות, יבוש, אריזה בנספק, שקילה ועטיפה.
 3. השריה במים קרים (0.3°C) עם 625 ח"מ טהרספט עד לטמפרטורה של 4.6°C . יבוש, שקילה ואריזה.
 4. טבילה בת דקה בחומצה ציטרית 5%, יבוש, אריזה בנספק, שקילה ועטיפה.
 5. טבילה בת דקה בחומצה אסקורבית 1%, יבוש, אריזה בנספק, שקילה ועטיפה.
 6. חשיפה ל-1-MCP 1 ח"מ ב- 2°C במשך 24 שעות, אריזה, שקילה ועטיפה.
- לכל טיפול נעטפו 6 נספקים ביריעות גניגר (טיפול 4 בניסוי א'). התוצרת אוחסנה ב- 2°C במשך 30 יום. בדיקות כמתואר בניסוי א' נערכו ב- 3 נספקים (חזרות) לטיפול בהוצאה מקירור וב- 3 הנותרים אחרי יומיים ב- 10°C .

תוצאות

ניסוי א'

הרכב האווירה באריזות השונות הושפע בעיקר על-ידי חדירות העטיפה וטמפרטורת האחסון, כשלו רוב למשך האחסון לא הייתה השפעה מובהקת. לפיכך, חושבו הערכים הממוצעים ל- 3 מועדי הבדיקה, אך בנפרד עבור ההוצאה מקירור וסיום חיי המדף. ביריעות ה-PVC והפוליאאתילן הצפוף הצטברות ה- CO_2 הייתה נמוכה ביותר בשתי טמפרטורות האחסון וגם לא נמדדו הבדלים ביניהן ברמות החמצן, אפילו כשהתוצרת הועברה לטמפרטורה גבוהה יותר לחיי מדף. לעומת זאת, במהלך האחסון ב- 5°C חלה הצטברות רבה יותר של אתילן לעומת אחסון ב- 2°C . בחיי מדף ההבדלים בין טמפרטורות האחסון נמוגו.

יריעת גניגר אפשרה הצטברות CO_2 ברמה הגבוהה ביותר עד לכ- 6% ובמקביל חלה ירידת חמצן לכ- 12%, בשתי טמפרטורות האחסון ובחיי מדף. לרוב לא הובחנה השפעה של הטמפרטורה על רמות החמצן וה- CO_2 , אך רמת הצטברות האתילן הייתה גבוהה במובהק ב- 5°C בהשוואה ל- 2°C . ההבדל בין שתי הטמפרטורות אף נשמר לאחר יומיים בחיי מדף ב- 10°C . בעוד שלא נמדדו הבדלים בין העטיפות השונות ברמות האתילן המצטברות ב- 2°C , הרי ב- 5°C ובחיי מדף ב- 10°C הצטברו רמות גבוהות יותר של אתילן באריזות גניגר ו-LDPE. באריזות LDPE רמות האתילן, ה- CO_2 והחמצן שנתקבלו נמצאו בדרגת ביניים בין יריעות ה-PVC ו-HDPE לבין יריעת גניגר. כתוצאה מכך נוצרה פלטפורמה טובה לבחינת השפעות ה- CO_2 והאתילן על כושר השתמרות עכוּבית הגלגל באחסון בקירור.

לשלושת הגורמים שנבדקו, דהיינו שיטת הניקוי, טמפרטורת האחסון וסוג העטיפה, הייתה השפעה מובהקת על כושר השתמרות העכוּבית באחסון (טבלה 1). המגבלה העיקרית בשמירת איכות העכוּבית הייתה השחמת פטוטרות העלים והריקבון שהתפתח היה מזערי. בהפחתת ההשחמה, הניקוי היבש היה עדיף על הניקוי במים, טמפרטורת האחסון ב- 2°C הייתה עדיפה על 5°C והעטיפה המועדפת הייתה

יריעת גניגר. התרומה של יריעת גניגר נבעה כפי הנראה מריכוז ה- CO_2 הגבוה ו/או רמת החמצן הנמוכה יחסית שנתקבלו באווירת העטיפה הזו. יתכן שההבדל באיכות בין 5°C ל- 2°C ביריעת גניגר קשור לרמת האתילן הגבוהה יותר שהצטברה בטמפרטורה זו. גם מבחינת ההפסד במשקל, שהיה אמנם מזערי, יריעת גניגר הייתה היעילה ביותר. לטמפרטורת האחסון ולסוג הניקוי לא הייתה כל השפעה על ההפסד במשקל.

משך חיי התוצרת המירבית ביריעות PVC ו-HDPE היה 10 ימים, עם יתרון ברור ל- 2°C , במיוחד לאחר יומיים בחיי מדף. כעבור 8 ימים נוספים איכות התוצרת נפלה בעיקר בגין השחמתה. לעומת שתי היריעות הללו משך חיי התוצרת המירבי ביריעות גניגר ב- 2°C היה 26 יום כשקרוב ל-60% היה עדיין ראוי לשווק בהוצאה מקירור ללא שינוי בחיי מדף. התוצרת ביריעות LDPE השתמרה פחות טוב מאשר ביריעת גניגר אך איכותה הייתה טובה מאיכות התוצרת ב-HDPE ו-PVC כך שמשך האחסון המירבי באריזת LDPE היה 18 יום.

טבלה 1 - השפעות שיטת הניקוי, סוג האריזה וטמפרטורת האחסון על איכות עכובית הגלגל במהלך חודש אחסון ויומיים חיי מדף בתום האחסון (ממוצעים מ-3 מועדי בדיקה אחרי 10, 18 ו-26 יום).

לאחר יומיים ב- 10°C			בהוצאה מקירור			הטיפול	
ראוי לשווק (%)	ריקבון (%)	מדד השחמה (1-5)	ראוי לשווק (%)	ריקבון (%)	מדד השחמה (1-5)		
35.8	0.1	3.0	47.2	0.3	2.6	שיטת יבש הניקוי רטוב מובהקות	
27.7	1.5	3.2	35.9	1.0	3.0		
0.008	0.004	0.016	0.002	ל.מ.	0.000		
37.6	0.2	2.9	46.4	0	2.6	טמפרטורת 2°C האחסון 5°C מובהקות	
25.9	1.4	3.4	36.8	1.3	3.0		
0.000	0.008	0.000	0.008	0.002	0.001		
24.5c	1.2	3.3a	37.9b	0.5ab	2.9a	סוג PVC העטיפה HDPE LDPE גניגר מובהקות	
25.6c	1.0	3.2a	34.7b	1.5a	3.0a		
33.9b	0.7	3.1a	42.9ab	0.3b	2.7ab		
43.1a	0.2	2.8b	50.8a	0.2b	2.6b		
0.000	ל.מ.	0.000	0.10	0.07	0.007		

ניסוי ב'

השחמת הפטוטרת לאחר 34 ימי אחסון ב- 2°C הוגברה על-ידי חשיפה ל-1-MCP, אך הופחתה על-ידי טבילה בחומצה אסקורבית 1% (טבלה 2). בשאר הטיפולים לא נבדלה רמת השחמה מטיפול הבקורת והיא הייתה בדרגה די גבוהה, רק ששעורי התוצרת הראויים לשווק לא היו גבוהים. שעורי הריקבון היו נמוכים למדי, למעט בתוצרת שנטבלה בחומצה ציטרית. מהרקבונות שהופיעו בודדו הפטריות

Penicillium sp., Alternaria sp. ו-Stemphyllium sp. פטריית ה-Penicillium sp. גרמה לכל הרקבונות בטיפול בחומצה ציטרית. פטרייה זו ושתי הפטריות האחרות הופיעו רק מעט בשאר הטיפולים, כנראה ללא קשר לטיפול עצמו. שעורי הריקבון עלו מעט בתקופת חיי המדף, למעט הטיפול בחומצה ציטרית בו כל התוצרת נרקבה. לעומת זאת עצמת ההשחמה נשמרה לרוב בעינה, למעט הטיפול בחומצה אסקורבית, בו היא גברה. כתוצאה מכך, חלה ירידה משמעותית בשעורי התוצרת הראויים לשוק ברוב הטיפולים, בתוך יומיים בחיי מדף. מסתבר, שמשך האחסון היה ארוך מדי ויתכן שיש להסתפק ב-3 שבועות, שזו תקופה מספקת לייצוא לשווקים באירופה. יתכן מאוד שחומצה אסקורבית בריכוז גבוה יותר או משך טבילה ארוך יותר יביא לשיפור כושר השתמרות העכובית, אפילו עד לחודש ימים. נושא זה ייבדק בהמשך המחקר. הטיפולים השונים לא השפיעו על הבדלים בהרכב האווירה בתוך העטיפות ולא על ההפסד במשקל התוצרת, שהגיע עד לכ-1.5% בתקופת האחסון וחיי המדף.

טבלה 2 - איכות עכובית הגלגל לאחר כחודש אחסון ב-2°C ויומיים בחיי מדף ב-10°C.

הטיפול	בהוצאה מקירור			לאחר יומיים ב-10°C		
	מדד השחמה (1-5)	ריקבון (%)	ראוי לשוק (%)	מדד השחמה (1-5)	ריקבון (%)	ראוי לשוק (%)
בקורת	3.33bc	3.2b	23.2bc	3.50	1.9b	10.9
השרייה במי ברז	3.10c	0.0b	28.9b	3.19	4.3b	23.7
הידרוקולינג עם טהרספט	3.11c	3.3b	29.0b	3.35	0.0b	12.0
ח' ציטרית 5%	3.79ab	25.2a	2.8d	-	100.0a	0.0
ח' אסקורבית 1%	2.53d	0.0b	48.4a	3.13	7.0b	18.3
1-MCP 1 ח"מ	3.94a	0.0b	10.1cd	3.59	5.9b	10.9
מובהקות	0.001	0.095	0.001	ל.מ.	0.000	ל.מ.

a-d ערכים עם אותיות שונות בכל טור נבדלים ברמת מובהקות המצוינת בתחתית כל טור.

סיכום

נבדקה השפעתם של 4 גורמים על כושר השתמרות עכובית הגלגל לאחר הקטיף – שיטת הניקוי, טבילה לאחר האסיף לחיטוי או למניעת השחמה, סוג האריזה וטמפרטורת האחסון. נמצא שכל גורם עשוי לתרום לשמירת איכות התוצרת.

1. ניקוי הבוץ בשיטה יבשה היה עדיף על ניקוי על-ידי שטיפה במים.
2. הידרוקולינג בתוספת כלור לחיטוי לא תרם לשמירת האיכות, אך טבילה בחומצה אסקורבית 1% במשך דקה הפחית את עצמת ההשחמה.
3. עטיפה ביריעת גניגר שאפשרה הצטברות CO₂ והפחיתה את ההפסד במשקל שיפרה את איכות התוצרת בהשוואה ליריעות פלסטיות אחרות.
4. אחסון ב-2°C תרם לשיפור איכות התוצרת בהשוואה לאחסון ב-5°C.

שילוב מיטבי של כל הגורמים עשוי לאפשר אחסון עכובית במשך כחודש ימים לאחר האסיף. יהיה צורך לוודא זאת בשנת המחקר הקרובה.

3.ד. פירוט הניסויים שבוצעו בשנת 2006

מבוא

בשנת המחקר השניה נבדקה השפעתם של 4 גורמים על כושר השתמרות עכובית הגלגל לאחר האסיף: שיטת הניקוי, טבילה לאחר האסיף לחיטוי או למניעת השחמה, סוג האריזה וטמפרטורת האחסון. התוצאות הצביעו על אפשרות שמירת איכות טובה של התוצרת במשך חודש ימים על-ידי עטיפה בשקית המאפשרת הצטברות CO₂ ואחסון ב-2°C. הגורם המגביל העיקרי להארכה נוספת של האחסון היתה השחמת הפטוטורות. השחמה זו היא כפי הנראה חלק מתהליך הזדקנות הרקמות ועל כן ניסינו לעכב את התהליך בשני אמצעים:

א. טיפול בחומר הצמיחה ג'יברלין, השומר על יובנליות של רקמות צמחיות.

ב. הורדת טמפרטורת האחסון ל-0°C לעיכוב תהליך ההזדקנות.

חומרים ושיטות

בוצע ניסוי תלת-גורמי בעכובית הגלגל, שנאספה באילת השחר ב-21.3.06, כלהלן:

גורם A: טיפולים לפני האריזה

1. בקורת - ללא טיפול
2. טבילה בטריטון 100-x-0.025% במשך 30 שניות
3. טבילה בג'יברלין (GA₃) - 10 ח"מ + טריטון 100-x-0.025% במשך 30 שניות
4. טבילה בג'יברלין (GA₃) - 20 ח"מ + טריטון 100-x-0.025% במשך 30 שניות

גורם B: טיפולי אריזה של סלסלות קשיחות עם 1 ק"ג תוצרת בשקיות קשורות.

1. יריעת סטרצ' PVC
2. שקית LDPE עם מיקרופורציה של 12 חורים (תוצרת פול-שקית בע"מ)
3. שקית תוצרת גניגר פלסטיקה בע"מ

גורם C: טמפרטורת האחסון

1. 2°C
2. 0°C

ככל שילוב של טיפולים נארזו 12 סלסלות. מחציתן הוצאו מקירור כעבור 20 ימי אחסון ומחציתן לאחר 30 יום. בעת ההוצאה מקירור נבדקה איכות התוצרת ב-3 סלסלות/טיפול ו-3 סלסלות הועברו ל-10°C לבדיקה לאחר 3 ימים בחיי מדף בחדר מואר (חיקוי למדף מקורר ברשת שיווק). לפני פתיחת השקיות נבדק הרכב האווירה בתוך האריזות. לכל סלסה נקבעה דרגת איכות חזותית כוללת מ-1 (גרוע) עד 5 (מעולה) ונקבע שעור ההפסד במשקל על-ידי שקילה. לאחר מכן מוינה התוצרת לפטוטורות בריאות ועם רקבון. הבריאות מוינו לפי 5 דרגות השחמה.

ניתוח סטטיסטי

נערך ניתוח שונות בין הטיפולים טרום אריזה, סוג האריזה ומועדי הבדיקה. מבחן t-test בוצע לבחינת ההבדלים בין טמפרטורת האחסון. כל המבחנים בוצעו בתוכנת SPSS ונבחנו ברמת מובהקות של $p \leq 0.05$.

תוצאות

הרכב האווירה באריזות

לטיפולים טרום האריזה לא היתה השפעה על הרכב האווירה באריזות ועל כן חושבו הממוצעים של 4 הטיפולים. הגורם העיקרי שהשפיע על הרכב האווירה באריזה היה סוג היריעה, כאשר יריעת גניגר אפשרה הצטברות CO_2 ברמה גבוהה יותר מאשר באריזות ה-PVC (טבלה 1). באריזה ה-LDPE רמת ה- CO_2 היתה בעמדת ביניים ולרוב לא נבדלה במובהק מאף אחת מהאחרות. עם עליית ה- CO_2 חלה ירידה מקבילה ברמת החמצן, שהושפעה בצורה דומה על-ידי האריזות השונות. לטמפרטורת האחסון בין 0°C ל- 2°C כנראה לא היתה השפעה על נשימת העכובית, כי לא נתקבלה השפעה מובהקת על הרכב האווירה, אלא שהעברה ל- 10°C בחיי מדף הגבירה את קצב הנשימה ורמת ה- CO_2 עלתה במובהק במשך 3 ימי שהייה בטמפרטורה זו. לגבי הצטברות האתילן באריזות, היתה השפעה מעט שונה. הגורם המשפיע היה משך האחסון, שאפשר הצטברות רבה יותר של אתילן ורק לאחר ההעברה לחיי מדף היתה לסוג האריזה השפעה מסוימת, לאחר 30 ימי אחסון.

יש לציין שאריזה ביריעת גניגר השפיעה אשתקד על הצטברות CO_2 יותר מאשר השנה (הגיעה ל-6% בתום חודש ימים). קיימים שני הסברים אפשריים:

א. נשימת העכובית היתה נמוכה יותר השנה

ב. חדירות היריעה היתה שונה.

איכות התוצרת נראתה שונה כבר באסיף (תמונה 2). פטוטורות העלים היו דקות ואחוז טרף העלים היה גדול יותר בהשוואה לתוצרת של אשתקד שנאסף בפברואר. לפיכך, תוצאות הניסוי אינן זהות לאלו של עונת 2005. מאידך, ישנה גם עדות להבדל בתכונות היריעה מתוצרת גניגר, שאפשרה השנה הפסד משקל רב יותר במובהק מאשר בשתי יריעות האחרות (טבלה 2), בעוד שאשתקד המצב היה הפוך, והפסד המשקל ב- 2°C היה גדול פי 10 (בעונת 2005, בתום האחסון, בשקית גניגר הפסד במשקל הגיע ל-0.35% בלבד).

טבלה 1 - הרכב האווירה באריזות בתום האחסון בטמפרטורות שונות ולאחר 3 ימים בחיי

מדף ב- 10°C (ממוצעים של טיפולי טרום אריזה).

אתילן (ח"ימ)		% O_2		% CO_2		משך האחסון (ימים)	
2°C	0°C	2°C	0°C	2°C	0°C	סוג האריזה	
בהוצאה מקירור							
0.21b	0.31	19.4a	18.8a	0.5b	0.9b	PVC	20
0.33a	0.35	18.3b	18.0b	1.2a	1.2b	LDPE	

0.22b	0.37	18.2b	17.1c	1.4a	2.0a	גניגר
2.32	0.74	18.6	18.8	0.9b	0.6	PVC 30
0.81	0.47	17.2	18.9	1.8ab	0.8	LDPE
1.49	0.54	16.6	18.3	2.9a	0.8	גניגר
ל.מ.		0.000		0.000		מובהקות בין : אריזות
ל.מ.		ל.מ.		ל.מ.		טמפרטורות
0.034		ל.מ.		ל.מ.		משכי אחסון

לאחר חיי מדף

0.61	0.68	18.7	17.5	0.6b	1.6	PVC 20
0.70	0.71	15.7	17.5	1.7a	1.4	LDPE
0.73	0.77	18.2	15.5	1.3ab	3.4	גניגר
0.44	0.51	18.3	18.5a	1.4b	1.4	PVC 30
1.27	1.23	16.0	12.1c	2.7ab	5.0	LDPE
1.41	0.67	14.6	15.0b	3.6a	6.0	גניגר
0.057		0.004		0.025		מובהקות בין : אריזות
ל.מ.		ל.מ.		ל.מ.		טמפרטורות
ל.מ.		ל.מ.		0.021		משכי אחסון
0.005		0.000		0.001		מועדי בדיקה

a-b ערכים עם אותיות שונות לכל מדד, בכל טמפרטורה ומועד בדיקה נבדלים ברמת מובהקות של $p \leq 0.05$.

טבלה 2 - השפעת סוג האריזה וטמפרטורת האחסון על שיעור ההפסד במשקל לאחר 30 ימי אחסון + 3 ימים בחיי מדף.

2°C	0°C	סוג האריזה
0.46b	0.22b	PVC
0.62b	0.17b	LDPE
3.73a	2.13a	גניגר
0.000		מובהקות בין אריזות
0.046		מובהקות בין טמפרטורות

טבילת העכונית ב- תמיסת גייברלין (GA_3) שיפרה את איכות העכונית בהשוואה לבקורת שנטבלה במים עם משטח בלבד (טבלה 3, תמונה 3). אולם, טבילה כלשהי של העכונית הגבירה את שיעור הרקבון ועל כן בהשוואה לבקורת היבשה לא נתקבלה תוצרת באיכות טובה הודות לטיפול טרום אריזה בגייברלין. מכל מקום הגייברלין לא הפחית את שיעור השחמת פטוטרות עלי העכונית. באשר לאריזות, אמנם האיכות החזותית הטובה ביותר נתקבלה עם יריעת גניגר, אך בתוך האריזות היו שעורי הרקבון גבוהים יותר מאשר בעטיפת PVC (טבלה 3). למרות שבמראה הכללי לא נמצאו הבדלים

בין שתי טמפרטורות האחסון, היה לאחסון ב- 0°C יתרון לעומת אחסון ב- 2°C הן בשעור הרקבון והן בעצמת השחמת הפטוטורות (טבלה 3).

העיון בתוצאות מצביע על השפעת משך האחסון. לאחר 20 ימי אחסון איכות התוצרת היתה סבירה ביותר ומתקבלת על הדעת גם לאחר 3 ימים נוספים בחיי מדף. אולם, לאחר 30 יום שעורי הרקבון וההשחמה היו גבוהים למדי ובתום 3 ימים בחיי מדף התוצרת ברובה לא היתה ראויה למאכל, למעט הבקורת היבשה שאוחסנה ב- 0°C .

טבלה 3 - השפעת גורמים שונים על מדדי האיכות בהוצאה מקירור ולאחר חיי מדף.

טיפולים טרום קטיף	מדד איכות חזותית (1-5)	רקבון (%)	מדד השחמה (1-5)
בקורת	3.04a	3.75b	2.59ab
טריטון x-100	1.84c	13.16a	2.49b
GA3-10+טריטון	2.49b	10.12a	2.73a
GA3-20+טריטון	2.30b	11.28a	2.53b
מובהקות (p)	0.000	0.002	0.029

סוג האריזה	מדד איכות חזותית (1-5)	רקבון (%)	מדד השחמה (1-5)
PVC	2.23b	6.68b	2.54
LDPE	2.39ab	8.32ab	2.63
גניגר	2.64a	12.05a	2.59
מובהקות (p)	0.024	0.056	ל.מ.

טמפרטורת אחסון	מדד איכות חזותית (1-5)	רקבון (%)	מדד השחמה (1-5)
2°C	2.39	12.1a	2.53b
0°C	2.45	6.67b	2.64a
מובהקות (p)	ל.מ.	0.006	0.053

משך האחסון (ימים)	מדד איכות חזותית (1-5)	רקבון (%)	מדד השחמה (1-5)
20	3.51a	0.15d	3.01a
20 + 3 בחיי מדף	2.75b	4.76c	2.70b
30	1.90c	12.71b	2.28c
30 + 3 בחיי מדף	1.51d	26.21a	2.15d
מובהקות (p)	0.000	0.000	0.000

סיכום

ממצאי הניסויים של שנות המחקר מצביעים על אפשרות של אחסון עכובית הגלגל במשך 4 שבועות, כאשר היא נאספת יבשה ואין מרטיבים אותה לאחר האסיף, אפילו אם היא מלוכלכת בבוץ. תנאי האחסון המאפשרים זאת הם עטיפה ביריעה המונעת הפסד משקל ומאפשרת הצטברות CO_2 עד לכ-5% ואחסון בטמפרטורה בין 0°C ל- 2°C . לאחר שפוחת פרוטוקול אגרוטכני מתאים לגידול הצמח

ופותחו פתרונות לטיפול אחר קטיף נותרה הבעיה השיווקית. הבעיה האמיתית עם המשך פיתוח הגידול היא הרחבת שטחי הגידול שיעדם הוא שווקים חדשים. השוק היהודי לא התלהב מן המוצר גם כשהוגש רחוף ונקי באריזה מודרנית. ככל הנראה המצב הבטחוני בגדה, שקנה את רוב התוצרת, ימשיך להיות מסוכן למסחר ולכן עתיד הגידול לא ברור.