

מניעת התפתחות נזקי קור בלימון בקירור, בהשפעת חימום ביניים

מאת אליהו כהן, משקה שועלי, יבין שלום,
המחלקה לאיחסון פירות וירקות, מינהל המחקר
החקלאי*

שיטות העבודה

במשך השנים 1975–1978 ערכנו ניסויים, שבהם בדקנו את השפעת החימום למניעת התפתחות נזק צינה בלימונים מהונים יוריקה ווילה-פרנקה, שהיו מאוחסנים תקופה ממושכת בטמפרטורות שבין 2 ל-13 מ"צ. מכיון שתוצאות הניסויים היו דומות — מובאות רק אלו שהתקבלו בינואר 1976.

נקטנו לימונים מפרדס באיזור הבשור, ומוינו לגודל אחיד 60–65 מ"מ (מיון 125) ולשני צבעים, ירוק-בהיר וצהוב. הפרי עבר את המעור הרגיל של בית-האריזה לימנת, דהיינו — רחיצה וחיטוי על-ידי טבילה בתמיסת סודיום-אורתו-פניל-פנאט (סאופ"פ) 0.5%, ב-36 מ"צ ו-pH 11.8. הפרי נשטף במי ברז, יובש ודונג בדונג אחסנה (כרושר) עם 2% חומר יבש, המכיל תב"ז 0.35% עם 2% אמינובוטן.

הלימון אוחסן בטמפרטורות קבועות של 2 ו-8 מ"צ, או עם חימום ביניים של 7 ימים ב-13 מ"צ בכל 21 יום של אחסנה בטמפרטורה הנמוכה. בנוסף, היו פירות באחסנה קבועה ב-13 מ"צ. הלחות היחסית במשך האחסנה, בכל התנאים, היתה בין 88% ל-92%. במשך ששה חדשים ערכנו בדיקות בפרי השלם כללו את מצב העוקצים היוקיים, התפתחות פגמים על-פני שטח קליפת הפרי, והתפתחות ריקבון. ב-10 פירות שנחתכו נבדקו הופעת ההחממה הפנימית, הכמות והרכב הכימי של המיץ. אחוז כלל-המוצק-המומסים (כמ"מ) ואחוז החומצה. ב-50 פירות אחרים נבדקו במשך האחסנה — הפסד המשקל, התפתחות הצבע, עצמת הנשימה ופליטת האתילן מהפרי.

תוצאות

החממה פנימית — "ממברנוזיס"

בטמפרטורות אחסנה נמוכות מתפתחת החממה פנימית בדפנות הפלחים ובליבה של הפרי — בעיקר אם נקטף כשצבעו ירוק-בהיר. באחסנה ב-8 מ"צ הופיעה החממה בשיעור 20% כעבור חודש עד 4 חדשי אחסנה, וכעבור 5 חדשים הגיע שיעור הפגיעה ל-70%. באחסנה ב-2 מ"צ לקה כל הפרי בהחממה כעבור 5 חדשי אחסנה. לעומת זאת, חימום הביניים מנע לחלוטין את התפתחות החממה. בפרי שנקטף בשל יותר — הנטייה להחממה קטנה יותר.

אחסנת לימונים בטמפרטורה שלמטה מ-13 מ"צ גורמת נזקי צינה, המתבטאים בהפרעות פיסילוגיות וכימיות והתפתחות ריקבון בפרי. לעומת זאת מצאנו, שחימום הפרי במחזוריות של 7 ימים ב-13 מ"צ לאחר כל 21 יום של אחסנה ב-2 מ"צ — מונע התפתחות נזק צינה ומאפשר החזקת לימונים באחסנה יותר משהיה חדשים, באיכות מסחרית טובה.

מבוא

משך האחסנה של הלימון — בדרך-כלל ארוך יותר משל מיני הדר אחרים. מכיון שהלימון נחשב פרי רגיש לאחסנה בטמפרטורות נמוכות — בדרך-כלל מאחסנים אותו בטמפרטורה של 13 מ"צ (1), שבה שיעור הריקבון המתפתח בפרי עשוי להיות רב, והפירות הבריאים הנותנים נעשים כתומים, גמישים, יבשים, ואינם ניתנים לשיווק.

אחסנה ממושכת של לימון בטמפרטורה נמוכה גורמת נזק צינה, המתבטא בהפרעות פיסילוגיות בפרי, וכתוצאה — הגברת התפתחות ריקבון. בטמפרטורות נמוכות מתפתחת החממה פנימית בדפנות הפלחים ובליבה של הפרי, תופעה הידועה בשם Membranositis; כמו כן מתפתחים כתמים עמוקים על-פני הקליפה, ולעתים הם מתאחים לכתמים גדולים (2, 3, 8). Pitting. יש גם פחיתה בשיעורי המיץ, הסוכרים והחומצה (2, 3).

בזמן האחרון דווח, שחימום אשכוליות במשך האחסנה בקירור — מפחית מנזק הצינה (4). תוצאות טובות נתקבלו באשכוליות שחוממו 48 שעות ב-15.5 מ"צ, או 8 שעות ב-21 מ"צ פעם בשבוע, כאשר אוחסנו ב-4.5 מ"צ (5).

מטרת המחקר הזה היתה — ללמוד את הקשר שבין השפעת החימום על לימונים שהיו באחסנה בטמפרטורות נמוכות לבין התנהגותם הפיסילוגית-כימית והפתולוגית, ולפתח שיטה מסחרית לאחסנת לימון בטמפרטורה קרובה לאפס, שבה הפרי שומר על איכותו בלי שיסבול נזק מצינה.

* פירסום של מינהל המחקר החקלאי, סדרה ה' 1983, מס' 1309



כתמים על הקליפה

כתמים עמוקים התפתחו על קליפת הלימון החיצונית, ובפרי שהיה 4–5 חדשים באחסנה ב-2 מ"צ הגיעו לשיעור שעד 54% — 59%. פירות אלה נרקבו כאשר נשארו באחסנה תקופה ארוכה יותר. חימום הביניים בפרי הפחית במידה ניכרת את הנזק: עד לרמה של 3%–4% בלבד, אפילו לאחר אחסנה של 6 חדשים (טבלה 1). גם כאן מצאנו התפתחות פחותה יותר של הפגם בפרי שהיה צהוב בעת קטיפתו, והחימום הפחית עוד יותר את שיעור הפגמים.

הגיעו לצבע הצהוב לאחר חדשים בלבד (דיאגרמה 3). יש לזכור, שעיכוב בהתפתחות הצבע למועד מאוחר יותר — הוא יתרון כאשר מדברים על אחסנת לימון תקופה ממושכת.

עוקצים ירוקים

שיעור רב של עוקצים ירוקים מצאנו בפרי שהיה באחסנה ב-2 מ"צ עם חימום ביניים, ומועט — בפרי שהיה באחסנה קבועה ב-2 מ"צ (דיאגרמה 4). כידוע, שמירה עוקצי הפרי באחסנה במצב "ירוק" — מעכבת התפתחות רקבונות עוקץ.

התפתחות ריקבון

במשך חדשים של אחסנה לא הופיע ריקבון בלימונים, בכל התנאים שבדקנו. רק לאחר תקופת אחסנה ממושכת יותר, הפרי שנקטף ירוק-בהיר ואוחסן ב-2 מ"צ נרקב בשיעור של 19% לאחר 5 חדשי אחסנה וב-100% לאחר 6 חדשים, בעיקר מפגיעת הפטריה *Alter naria citri*. לעומתו, הפרי שהיה באחסנה ב-2 מ"צ עם חימום ביניים — היה בו 3% רקבון עובש, מפגיעת *Penicillium digitatum* ו-*P. italicum* (דיאגרמה 5).

הפסד משקל

הפסד המשקל המועט ביותר נמצא בלימונים שהיו באחסנה ב-2 מ"צ עם חימום ביניים. לעומתם, בלימונים מאחסנה קבועה ב-13 מ"צ וב-2 מ"צ היה הפסד משקל מרבי, כנראה כתוצאה מהתאדות מוגברת של מים מהפרי — בטמפרטורה הגבוהה, או משום שמפגיעת הקור התפתחו פצעים מיקרוסקופיים בקליפת הפרי והמים התנדפו דרכם — בטמפרטורה הנמוכה (טבלה 1).

שינויים בהרכב הכימי של הפרי

בלימון שנקטף בצבע ירוק-בהיר ואוחסן לתקופה ממושכת ב-2 מ"צ — פחתו שיעורי המיץ, כמ"מ וחומצה. לעומתו, בלימון שהיה באחסנה קבועה ב-13 מ"צ — עלתה רמת רכיבים אלה. בפרי שהיה באחסנה ב-2 מ"צ עם חימום ביניים, וכזה שהיה בטמפרטורה קבועה של 8 מ"צ, היתה רמת רכיבים אלה דומה לזו שבפרי בעת קטיפתו (טבלה 2).

טבלה 1. שיעור פגמי קליפה והפסד משקל בלימונים באחסנה בטמפרטורות שונות, עם חימום ביניים (כעבור כל 21 ימי אחסנה בקירור — 7 ימים ב-13 מ"צ) ובלעדיו.

טמפרטורת אחסנה, מ"צ	לאחר חדשי אחסנה —					
	6	5	4	3	2	1
% פגמי קליפה						
13	2	2	2	1	1	1
8	3	3	8	2	1	1
18	4	4	4	1	1	1
2	2	59	54	5	1	0
12	3	3	1	1	1	1
% הפסד במשקל						
13	26.3	20.2	16.4	13.6	11.0	8.8
8	17.7	15.8	12.4	10.5	8.4	5.9
18	19.0	16.7	12.3	9.9	8.2	6.0
2	—	—	12.7	10.2	7.9	6.6
12	13.4	12.2	9.5	7.6	6.2	4.9

1 עם חימום ביניים.

2 כל הפרי נרקב בעקבות התפתחות פגמי קליפה.

נשימה ופליטת אתילן

עצמת הנשימה (דיאגרמה 1) ופליטת האתילן (דיאגרמה 2) בפרי במשך האחסנה ביטאה את ההשפעה המזיקה של האחסנה בקירור מצד אחד, ואת ההשפעה "המרפאת" של החימום מצד אחר: התחזקת עצמת הנשימה בפרי שהיה באחסנה קבועה ב-2 מ"צ — לא נמצאה בפרי שחומם. לעומת זאת, פליטת האתילן בפרי שהיה באחסנה קבועה ב-2 מ"צ — אמנם היתה מרובה גם בחימום הביניים, אבל פחותה מאשר בלעדיו. בטמפרטורה של 8 מ"צ לא היה הפרש ברמת האתילן בין פרי שחומם לכזה שלא חומם.

התפתחות הצבע

פרי שנקטף בצבע התחלתי ירוק-בהיר הגיע לצבע צהוב אפייני לאחר 6 חדשי אחסנה ב-2 מ"צ עם חימום ביניים. הפירות שהיו באחסנה קבועה ב-8 מ"צ הגיעו לצבע הזה לאחר 4 חדשים, ואלה שהיו ב-8 מ"צ עם חימום ביניים או באחסנה קבועה ב-13 מ"צ

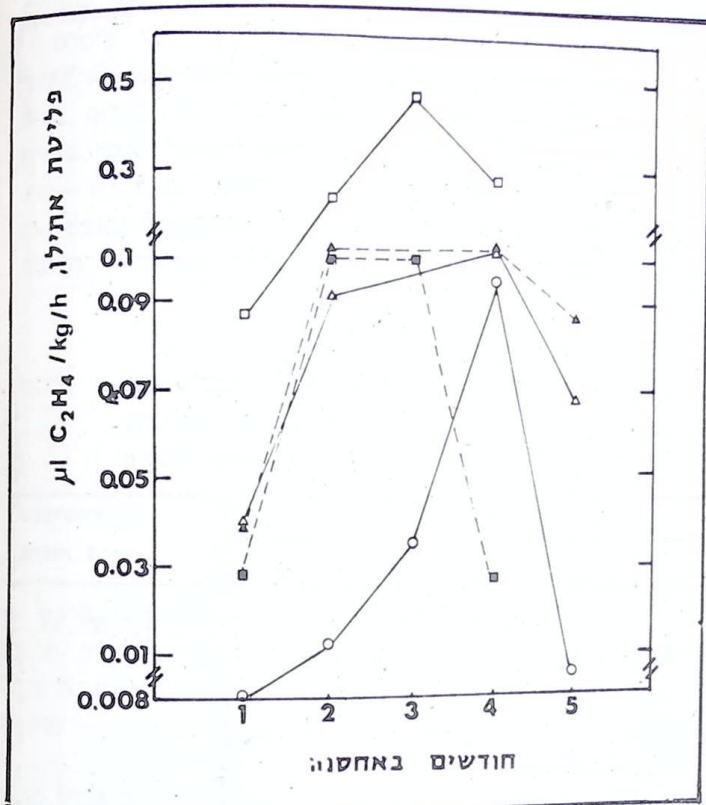
טבלה 2. אחוז המיץ, כמ"מ וחומצה בלימונים שאוחסנו 6 חדשים בטמפרטורות שונות, עם חימום ביניים ובלעדיו.

	כעבור 6 חדשי אחסנה בטמפרטורה, מ"צ —					בעת הקטיפה	
	12	22	18	8	13		
% מיץ	35.6	29.4	38.7	34.2	43.5	37.3	
% כמ"מ	9.0	7.5	9.0	9.0	9.0	9.0	
% חומצה	7.0	5.6	6.7	6.6	8.1	7.2	

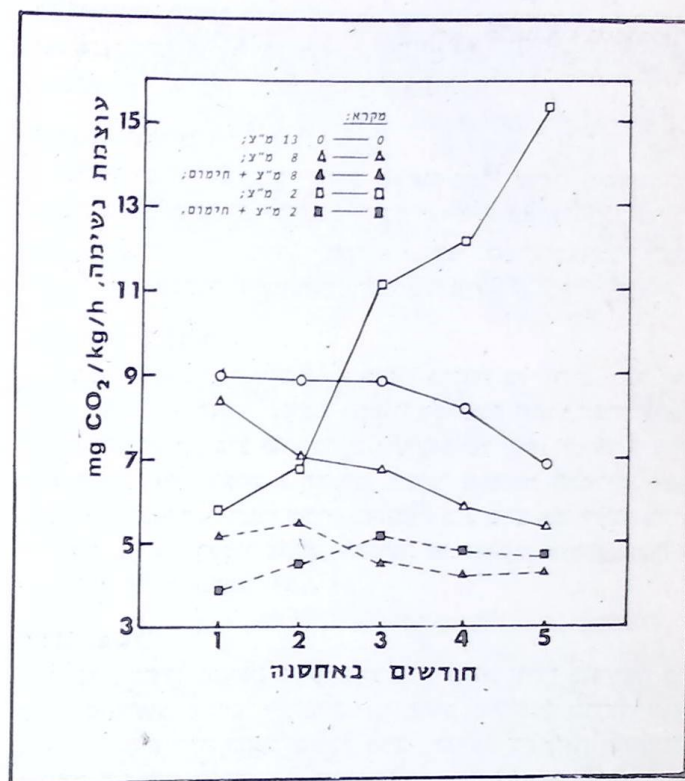
1 עם חימום ביניים

2 התוצאות כעבור 5 חדשים, כי כעבור 6 חדשי אחסנה היה הפרי רקוב.

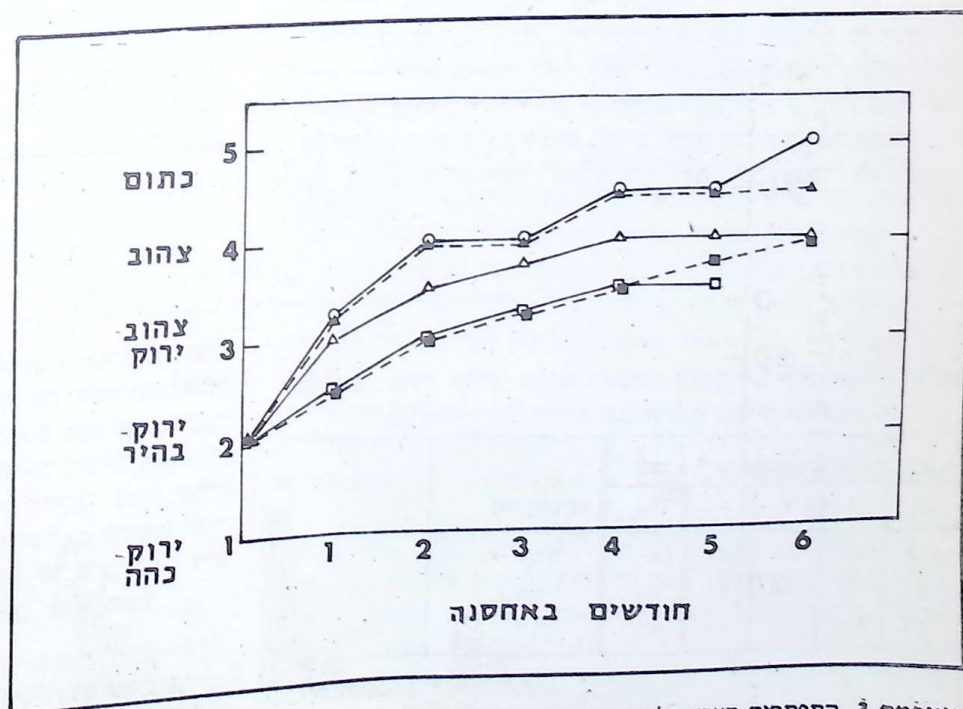
מניעת התפתחות נזקי קור בלימון בקירור, בהשפעת חימום ביניים (המשך מעמוד קודם)



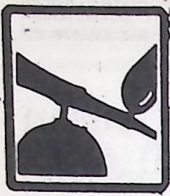
דיאגרמה 2. פליטת אתילן בלימון שבאחסנה בטמפרטורות שונות, עם חימום ביניים ובלעדיו.



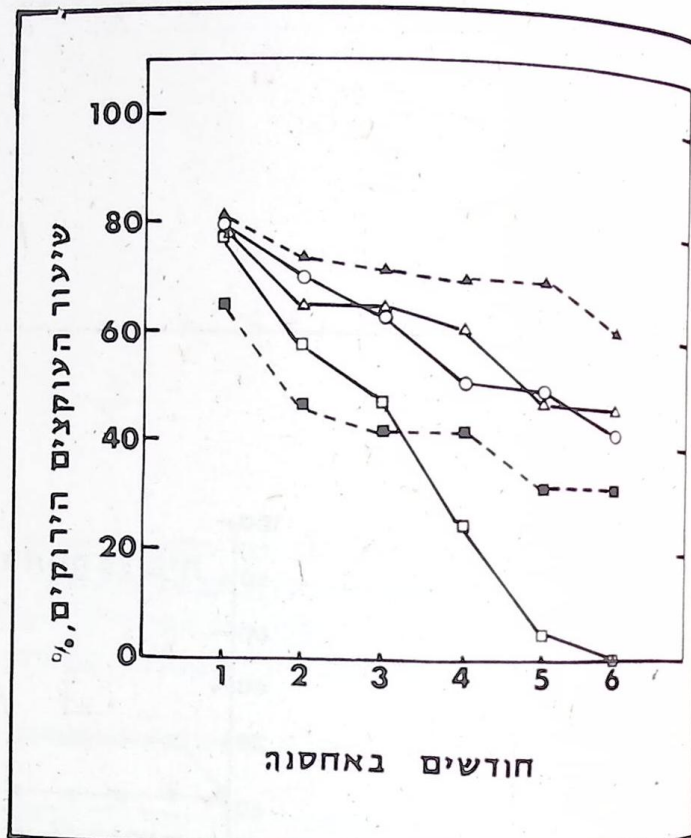
דיאגרמה 1. עצמת הנשימה בלימון שבאחסנה בטמפרטורות שונות, עם חימום ביניים ובלעדיו. המקרא שבדיאגרמה זו מתאים גם לדיאגרמות 2, 3, 4.



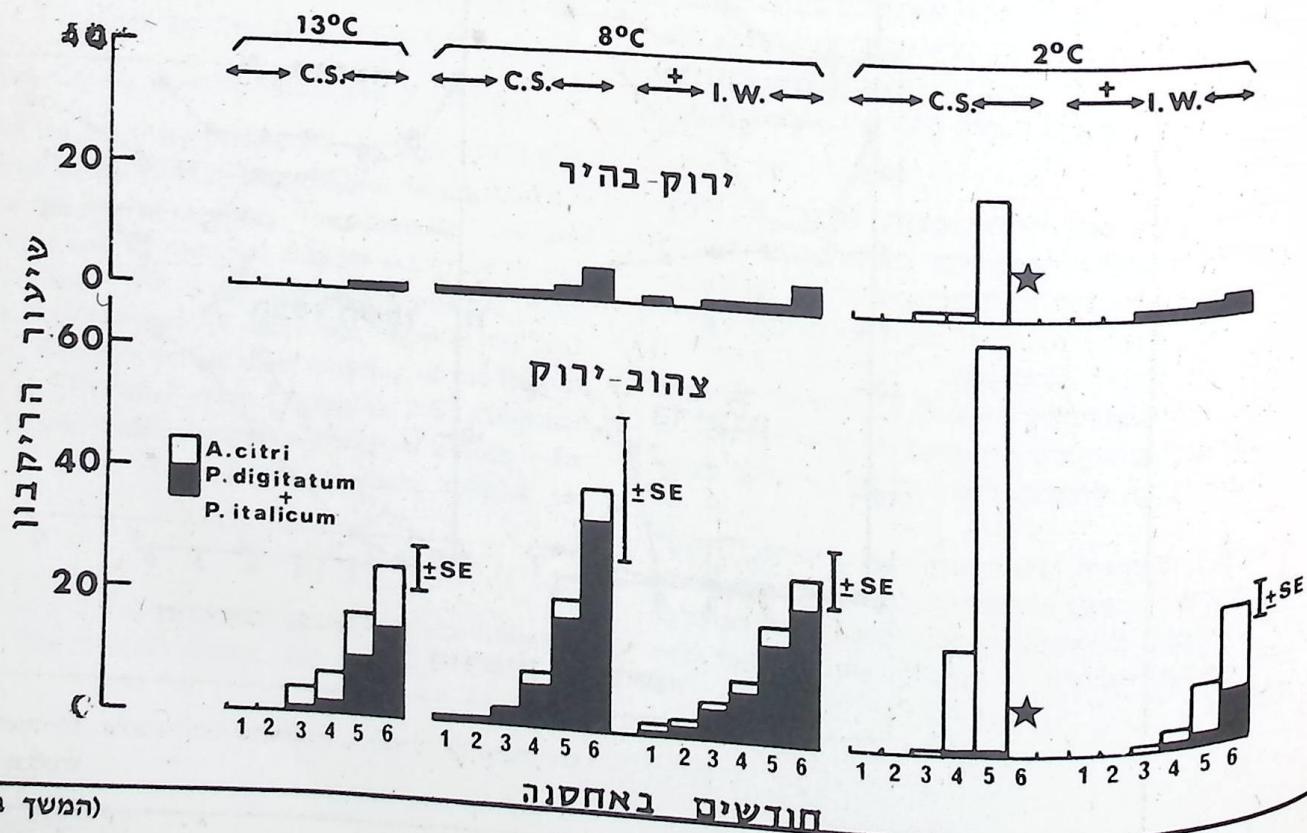
דיאגרמה 3. התפתחות הצבע בלימון שבאחסנה בטמפרטורות שונות, עם חימום ביניים ובלעדיו.



דיאגרמה 4. שיעור העוקצים הירוקים בלימון שבאחסנה בטמפרטורות שונות, עם חימום ביניים ובלעדיו.



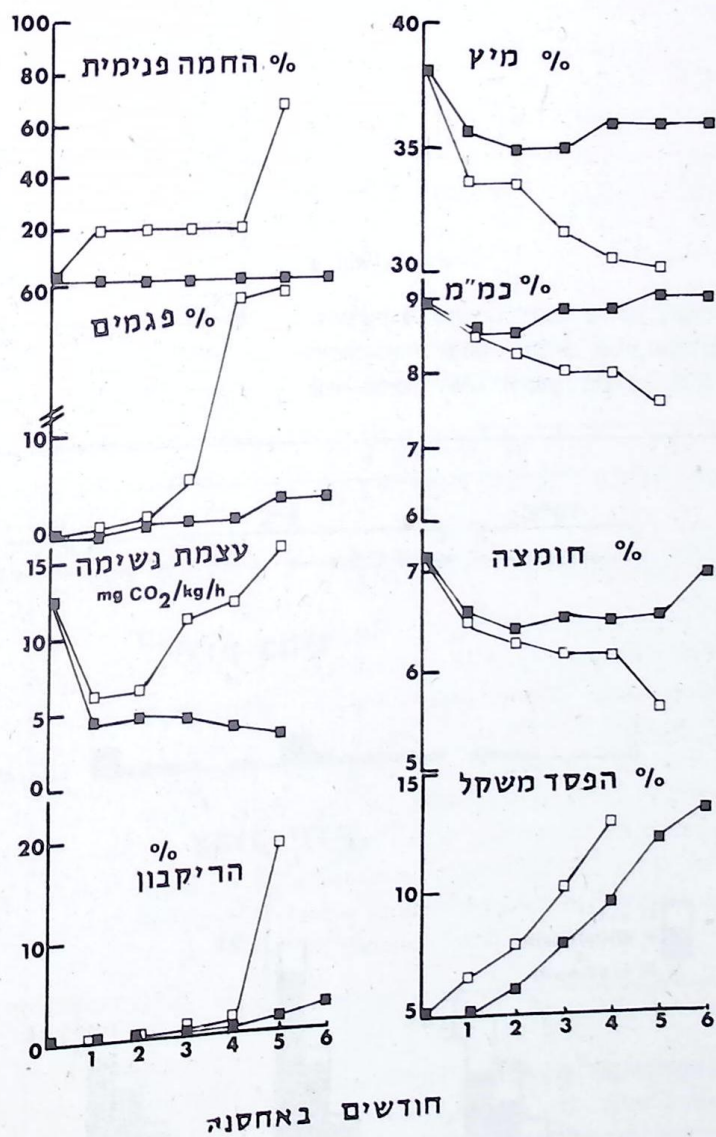
דיאגרמה 5. שיעור הריקבון בלימון באחסנה בטמפרטורות שונות, עם חימום ביניים ובלעדיו. הכוכב מציין, שכל הפרי נרקב בעקבות התפתחות פגמי קליפה. I.W. חימום ביניים; C.S. אחסנה בקירור.



(המשך בעמוד הבא)

מניעת התפתחות נזקי קור בלימון בקירור, בהשפעת חימום ביניים (המשך מעמוד קודם)

דיאגרמה 6. השפעת נזק הצינה בלימון באחסנה ב-2 מ"צ, ובהשפעה המונעת בעזרת חימום ביניים. מקרא: □-□ 2 מ"צ; ■-■ 2 מ"צ + חימום.





ספרות

1. כהן אליהו, שיפמן-נדל מינה, מונסליזה ש., גורן ר., עוזיאל מ. (1979): ניסויים להארכת עונת הלימונים בעזרת ריסוסים בחומרי צמיחה. "עלון הנוטע" 34: 65—69.
2. כהן אליהו, שיפמן-נדל מינה (1976): השפעת הטמפרטורה וטי-פולים שונים על הופעת פגמים ורקבונות בפרי לימון בדרגות הבשלה שונות. "עלון הנוטע" 30: 224—235.
3. כהן אליהו, שיפמן-נדל מינה, שועלי משה (1975): שינויים פיסולוגיים החלים בלימון במהלך אחסון ממושך בטמפרטורות שונות. "עלון הנוטע" 30: 107—111.
4. Davis, P.L. (1973). *Proceedings Florida State Horticultural Society* 86: 280—283.
5. Davis, P.L. and Hofmann, R.C. (1973). *Journal of Food Science* 38: 871—873.
6. Eaks, I.L. (1965). *Proceedings American Society of Horticultural Science* 87: 181—186.
7. Eaks, I.L. (1969). *Proceedings First International Citrus Symposium (Riverside)* 3: 1343—1354.
8. Miller, E.V. and Schomer, H.A. (1939). *Journal of Agricultural Research* 59, 601—608.
9. Schiffmann-Nadel, Mina, Chalutz, E. and Waks, Y. (1980). *Proceedings First Congress of Mediterranean Phytopathological Union (Greece)*.

THE USE OF INTERMITTENT WARMING TO PREVENT CHILLING INJURY DEVELOPMENT IN LEMONS IN COLD STORAGE

Eliahou Cohen, Mashka Shuali and Y. Shalom

Storage of lemons at temperatures lower than 13°C causes chilling injury, as expressed by physiological disorders such as browning of the core of segments, "membranosis", and peel surface pitting, and by chemical changes occurring in fruit juice composition. Following the appearance of these disorders, a high incidence of decay was noted in the cold-stored fruits. However, intermittent warming of the lemons, for 7 days at 13°C after every 21 days at 2°C, eliminated chilling injury and enabled long-term storage of lemons — for 6 months or more — in good condition, suitable for marketing.

* Div. of Fruit and Vegetable Storage, Agricultural Research Organization, The Volcani Center, Bet Dagan.

דיון

ניסויים לעיכוב הבשלה של הלימון על העץ בהשפעת ריסוסים בחומרי צמיחה — לא נתנו תוצאות חיוביות (1). המחקר הזה הראה, שחימום ביניים במחזוריות של 7 ימים ב-13 מ"צ אחר כל 21 יום ב-2 מ"צ או 8 מ"צ — מונע את תופעות נזקי הצינה כפי שתוארו לעיל (דיאגרמה 6).

הנוסחה המומלצת היא הטובה ביותר מבין הנוסחאות האחרות שבדקנו.

יש לזכור שעוד ב-1965 דווח, שהפסקת הקירור בפרי הדר שבא-חסנה על-ידי העברתו לטמפרטורות גבוהות — מונעת הופעת סימני נזק צינה (6); אך עד היום טרם נוצלה עובדה זו במעשה. עצמת הנשימה של הפרי לאחר קטיפתו מהווה פרמטר להשפעת הסביבה. על-ידי חימום נשמרה רמת נשימה נורמלית בפרי הלימון, מה שמסביר את חוסר פגמי הצינה למרות האחסנה הממושכת בטמפרטורות נמוכות. לעומת זה, התגברות פליטת האתילן שהיתה בפרי גם לאחר החימום עלולה להיות תגובה לעקה פסיקלית בלבד של הטמפרטורה הנמוכה, בלי שתהיה קשורה בהכרח עם התפתחות נזק צינה.

הפסד המשקל שהיה בפרי מחומם קשור, כנראה, עם דחיית הופעת פצעים מיקרוסקופיים המתפתחים בקליפת הפרי מפגיעת הצינה. פצעים אלה מהווים פתח להתנדפות מים מהפרי, וכן מאפשרים חדירת מחוללי ריקבון. הסבר זה אנו מוצאים לגבי תפוזי שמוטי ובאשכוליות שסבלו מצינה (9).

מעניין הקשר בין טמפרטורת האחסנה לבין מחולל הריקבון: לימון שהיה באחסנה קבועה ב-2 מ"צ נרקב בעיקר על-ידי *A. citri* שהתפתח על פגמי צינה. לעומתו, לימון שחומם — נרקב בעיקר מעובש ירוק.

שמירת האיכות המסחרית של הלימון הנמצא באחסנה תקופה ארוכה מ-6 חודשים — מבטיחה הספקה רצופה של לימון לשוק המקומי ולייצוא במשך כל השנה. האחסנה בטמפרטורה המומלצת — 13 מ"צ — טובה עבור 2—3 חודשים; אחרי-כן מאבד הפרי מערכו המסחרי.