

השבחת פלפלת (פפריקה) לתבלין ולהפקת צבע

א' לוי, ד' פלביץ, ע' מנג'סי¹

תקציר

פירות יבשים ונעדרי חריפות של זני פלפל אדום (*Capsicum annuum*) משמשים לייצור אבקת תבלין הפלפלת (פפריקה) ולהפקת צבע אדום טבעי בצורת אולאורזין. תכונות האיכות העיקריות של הפלפלת הן תכולה גבוהה של צבע בעל יציבות גבוהה בעת האחסון, רמת חריפות נמוכה וערך מזוני גבוה, במיוחד בתכולת ויטאמינים.

זני הפלפלת נאספים בישראל בצורה ממוכנת, בקטיף חד-פעמי. לביצוע הקטיף הממוכן נדרש צמח קומפאקטי, בעל מידת סיעוף קטנה וריכוזיות רבה בשלבי החנטה וההבשלה. תכונות האיכות של הפרי וכן דגם הצימוח והחנטה הן תכונות כמותיות הנתונות לבקרה של גנים מרובים. נמצאה שונות גנטית רחבה בתכולת הצבע של האבקה והאולאורזין בפירות של אוכלוסיות מתפצלות של פלפלת; כמו כן נמצאה שונות רבה ברמת החריפות ובתכולת הוויטאמינים, ואפשר להשתמש בשונות זו לטיפול זנים בעלי איכות גבוהה המצטיינים גם במבנה צמח המתאים לקטיף ממוכן.

זני הפפריקה המסחריים בארץ ובעולם הם זנים טהורים מהפריה פתוחה. הסיבה לכך היא שהשימוש בזני מכלוא, כמו פלפל למאכל טרי, אינו נפוץ עקב העדר מערכת קווים עקרים זכריים ציטופלאסמיים וקווים מחזירי פוריות. שיטת הטיפול הנפוצה ביותר לתכונות פוליגניות היא שיטת שושלת-היוחסין ששימשה לטיפול רוב הזנים המקובלים בארץ. לקבלת תכונות מונוגניות, כגון עמידות למחלות, עדיפה השיטה של הכלאות דחיקה.

השימוש בשיטות הנדסה גנטית בפלפלת עדיין מוגבל בגלל הקושי ברגרציה של צמחים מתרחיפי תאים, ובגלל מחסור בסמנים מולקולריים הנמצאים בתאחיזה לגנים הקובעים את תכונות האיכות.

מבוא

הפלפלת היא מקור חשוב לצבע אדום טבעי במזון, ברוטבים, בשימורים ובתבשילים שונים. צורות השימוש בפרי זה הן מגוונות - פירות שלמים, אבקה, או תמצית צבע בצורת אולאורזין. בסחר הבינלאומי משווקת הפלפלת בצורת אבקת פירות טחונים של זנים חסרי חריפות, ואלו אבקת ציילי או קאפסיקום מיוצרת מזנים חריפים (9, 14).

מפרסומי מינהל המחקר החקלאי, סדרה ע', 1994, מס' 63.

1 המחלקה לגנטיקה, המכון לגידולי שדה וזן, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, בית-דגן 50250.

קיימת שונות גנטית רבה בין זני הפלפלת מבחינת תכונות הצמח והפרי, כגון: גובה הצמח, מידת ההסתעפות, דגם הפריחה והחנטה, גודל הפרי וצורתו, תכולת הצבע וחרופות הפרי (3, 6, 10). פרט למטרות הטיפול הכלליות, הדומות לאלה של גידולים אחרים, כגון הגדלת היבול, קיצור תקופת הגידול ופיתוח זנים עמידים למחלות, קיימות מטרות טיפוח שהן ייחודיות לפלפלת, כגון דגמי צימוח והבשלה המתאימים לקטיף ממוכן, ותכונות איכות מיוחדות של הפרי. גידול הפלפלת התבסס והתרחב בעשור האחרון בארץ הודות לטיפול זנים ייחודיים בעלי יבול ואיכות משופרים (1, 2). סקירה זו תוקדש בעיקר ליסודות הטיפול של תכונות האיכות של הפלפלת.

פרק א': מנגנוני התורשה של תכונות הפרי והצמח

1. תכונות האיכות של הפרי ותוצריו

זני הפלפלת השונים שייכים למין *Capsicum annuum* הכולל גם את רוב זני הפלפלת למאכל טרי. מספר הכרומוזומים הדיפלואידי של המין הוא $2n=24$ והקאריוטיפ הבסיסי כולל זוג כרומוזומים אקרוצנטריים ואחד-עשר זוגות מטה-צנטריים או תת-מטה-צנטריים (24).

התכונה הייחודית של זני הפלפלת, המבדילה אותם מן הפלפל הטרי, היא כושר ההתייבשות של הפרי על השיח בשלבים המאוחרים של ההבשלה. תכונה זו נמצאת ביחס הפוך לעובי הפריקארפ; ככל שהפריקארפ של הפרי עבה יותר - כושרו להתייבש ומהירות ההתייבשות מצומצמים יותר. לעובי הפריקארפ של הפרי יש תורשתיות (heritability) גבוהה באופן יחסי (32). כמות השעווה הנמצאת על האפידרמיס משפיעה אף היא על קצב ההתייבשות של הפרי (7).

כמות הצבע בפרי הפלפלת היא המדד העיקרי לאיכותו (9, 22). פרט לצבע האדום קיימים בפרי צבעים נוספים כמו צהוב, כתום ולבן. בתורשה של צבעי הפרי השונים מעורבים שלושה גנים ויש ביניהם השפעות-גומלין. סימניהם של גנים אלה הם c_1 , c_2 , y , ובהתפלגות של ההטרוזיגוט לשלושת הגנים מתקבלים שמונה פנוטיפים שונים לצבע הפרי הבשל שהם: אדום, אדום בהיר, כתום, כתום-בהיר, כתום-צהוב, כתום-צהוב בהיר, צהוב-לימון ולבן. האלל y^+ הוא אפיסטאטי לשני האחרים ובהעדרו לא נוצר צבע אדום. נמצא גן נוסף, שסימנו cl , המונע התפרקות הכלורופיל בעת הבשלת הפרי ובנוכחות האלל y מתקבל פרי ירוק מתמיד, ואלו עם y^+ מתקבל צבע חום (16, 29). למעשה קיימים גוונים רבים בתוך כל פנוטיפ של הצבע ונראה אפוא שמלבד הגנים העיקריים הנ"ל קיימים גנים נוספים הפועלים כמשניים (modifiers). אם כך, אפשר להתייחס לצבע האדום של הפרי כאל תכונה כמותית המושפעת מגנים מרובים.

השיטה המקובלת לקביעת תכולת הצבע האדום בפלפלת היא שיטת ASTA (American Spice Trade Association) (5). לאחר מיצוי אבקה יבשה (כ-100 מ"ג) באצטון, למשך 16 שעות, קובעים את הבליעה של תסנין המיצוי בספקטרופוטומטר, באורך גל של 460 nm. תכולת הצבע מחושבת ביחידות ASTA לאחר השוואת הבליעה של הדוגמה הצמחית לבליעה של פילטר זכוכית מס' 2030 מה-National Bureau of Standards (5). יש גם שיטות כרומאטוגרפיות שונות - HPLC, TLC - המאפשרות לאמוד במדויק את תכולת הרכיבים השונים של הצבע (14, 17).

ברמה הביוכימית, הצבע האדום של פרי הפלפלת מתקבל מנוכחותם של שלושה קרוטנואידים ייחודיים: קאפסאנתין, קאפסורובין וקריפטוקאפסין. הראשון הוא הנפוץ שבהם ותכולתו כ-60%-70% מכלל הקרוטנואידים; תכולת הבטא-קרופן התורם את הצבע הכתום היא כ-10% (12, 14). תכולת הפיגמנטים האדומים בפרי הפלפלת גדלה בתחילת תהליך שבירת הצבע, ואחר כך, כשהפרי נמצא בשלבי התייבשות מתקדמים, מתחיל הצבע ליהרס (14, 21). קצב ההרס תלוי אף הוא בגנוטיפ ובתנאי הסביבה, כגון טמפרטורה, לחות, חמצן והשלב הפיזיולוגי של הפרי (8, 18).

יתרונם העיקרי של הזנים שטופחו בארץ - 'להבה' ו'שלהבת' (תמונה 1) - הוא תכולת הצבע הרבה בהם ויציבותו הטובה בתנאי אחסון. בפרי הפלפל ובפלפלת מצטברים הקרוטנואידים בכרומופלאסט. ברמה המולקולרית בודדו מפרי פלפל שני חלבונים הקשורים כנראה בפיגמנטים האדומים - Chr A ו-Chr B - ונמצא שייצור החלבון הראשון מותנה בנוכחות האלל y+ המפקח על יצירת הצבע האדום (28).

תמונה 1: פירות פלפלת (פפריקה) מזנים שונים הנבדלים ביניהם בגודל הפרי ובעוצמת הצבע

Plate 1: Fruits from various cultivars with differing size and colors in fruit size and color intensity



בתוך המין *C. annuum*, שאליו שייכים רוב זני הפלפל והפלפלת התרבותיים, קיימת שונות גנטית רבה בתכולת הצבע (4, 31) ואפשר לנצל בשיתות הטיפוח המסורתיות לשיפור רמת הצבע בזנים בעלי תכונות חקלאיות רצויות. במדגם בן 41 קווי טיפוח שבוררו מאינטרודוקציות ומדורות מתפצלים של הכלאות בין הורים נבחרים נמצא שאפשר לשפר במידה ניכרת את רמת הצבע באבקה ובאולאורזין (טבלה 1). בכמה מהקווים התקבלו ערכי צבע גבוהים - עד 425 יחידות ASTA בפריקארפ 122,482 יחידות EOA באולאורזין. גם באחוז האולאורזין ממשקל הפרי היבש נמצאה שונות רבה. כמו כן נמצא מיתאם מובהק בין תכולת הצבע באבקה ובין תכולתו באולאורזין, וגם בין תכולת הצבע בפריקארפ ובין תכולתו בפרי השלם, לרבות הזרעים והעוקץ (טבלה 2). לעומת זאת נמצא מיתאם שלילי בין תכולת הצבע בפריקארפ או בפרי ובין אחוז האולאורזין בפרי. המשמעות הטיפוחית של תוצאות אלה היא שבמהלך הסלקציה להגברת הצבע בפרי יכולה להתקבל פחיתה בשיעור האולאורזין. לעומת זה, הגברת עוצמת הצבע באבקה מגבירה את עוצמתו באולאורזין.

טבלה 1: תכולת הצבע באבקה ובאולאורזין של הפריקארפ ושל פרי הפלפלת השלם (לרבות זרעים ועוקץ), בממוצע ל-41 קווי טיפוח

Table 1: Mean and range of extractable color in the pericarp and whole pod (including seeds and pedicel) of 41 different breeding lines

יחידות EOA (10^3) באולאורזין של: EOA* units ($\times 10^3$) in oleoresin from:		אחוז האולאורזין: % Oleoresin in:		תכולת הצבע (יחידות ASTA) Color content (ASTA units) in		הרכיב
הפריקארפ Pericarp	הפרי Pod	הפריקארפ Pericarp	הפרי Pod	הפריקארפ Pericarp	הפרי Pod	Parameter
70.0	40.6	14.6	19.8	278.3	221.1	ממוצע Mean
40.2-122.5	24.4-60.8	9.6-20.0	15.4-26.0	203.2-425.5	152.4-360.2	תחום Range
19.2	9.6	2.6	3.2	50.6	43.5	ס"ת S.D.

* 100 EOA = 2.69 ASTA
S.D. = standard deviation.

* 100 EOA = 2.69 ASTA
ס"ת = סטיות התקן.

טבלה 2: מקדמי המיתאם בין תכולת הצבע באבקה ובין זו שבאולאורזין של הפרי השלם והפריקארפ, ב-41 קווי טיפוח של פלפלת

Table 2: Correlation coefficients between the extractable color in the powder and in the oleoresin of whole pod and pericarp of 41 different breeding lines

יחידות EOA* של באולאורזין של הפריקארפ	אחוז האולאורזין % Oleoresin in		תכולת הצבע (יחידות ASTA) Color content (ASTA units) in		התכונה
	בפרי Pod	בפריקארפ Pericarp	בפרי Pod	בפריקארפ Pericarp	Characteristic
			-	0.82*	יחידות ASTA בפרי ASTA units in pod
		-	0.12	0.09	אחוז אולאורזין בפריקארפ % Oleoresin in pericarp
	-	0.21	0.11	0.19	אחוז אולאורזין בפרי % Oleoresin in pod
-	-0.05	-0.65*	0.45*	0.56*	יחידות EOA בפריקארפ EOA units in pericarp
0.55**	-0.44 **	-0.22	0.74*	0.63*	יחידות EOA בפרי EOA units in pod

* 100 EOA = 2.69 ASTA

** Significant at 5% level.

* 100 EOA = 2.69 ASTA

** מובהק ברמה של 5%.

בטיפוח תכונה כימית, כמו צבע, הגורם המגביל את גודל אוכלוסיית הצמחים הנסרקות הוא בדרך כלל מהירות השיטה האנאליטית. לבדיקת הצבע בפלפלת משתמשים בשיטת הספקטרופוטומטריה המהירה המאפשרת בדיקה של עשרות דוגמאות ליום (5).

רמת החריפות של הפרי היא תכונת איכות חשובה בכל סוגי הפלפלת ובהתאם לה מחלקים את האבקה לחמישה סוגים. השיטה הישנה למדידת רמת החריפות היא השיטה האורגאנולפטית של Scoville (27). בשיטה זו שוות 15 יחידות חריפות לריכוז של 1 ח"מ של הרכיבים האחראיים לחריפות (9). סוגי הפלפלת בהתאם ליחידות Scoville הם אלה: לא-חריפה - 0-700 יח'; חריפות מועטה - 700-3000 יח'; חריפות בינונית - 3000-25000 יח'; חריפות רבה - 25000-70000 יח'; וחריפות רבה מאוד - יותר מ-80000 יח' (9). חריפות הפלפלת נגרמת על-ידי שבעה רכיבים המכונים

קאפסאיצינואידים (Capsaicinoids), והנפוץ שבהם הוא הקאפסאיצין הנמצא בריכוז של 60%-80% מכלל החומרים המקנים את החריפות לפרי בזנים השונים (9, 14). הקאפסאיצין משמש בתעשיית התרופות להכנת תכשירים להרגעת כאבים (ראה מאמרו של ד' פלביץ בעמ' 155 בחוברת זו).

מחקרים רבים נערכו במטרה לברר מהי התורשה של החריפות בפלפל והוצעו דגמים גנטיים שונים שבהם מעורבים גן בודד בעל דומיננטיות מלאה, או כמה גנים בעלי השפעת-גומלין קודומיננטית (3, 20). השוני בין הדגמים השונים נובע כנראה מההבדלים בין הגנוטיפים השונים ששימשו כהורים בהכלאות ללימוד מנגנון ההורשה של התכונה. תכולת רכיבי החריפות היא למעשה תכונה כמותית בעלת תורשה פוליגנית ומושפעת מתנאי סביבה כמו טמפרטורה ולחות, ומהמצב הפיזיולוגי של הפרי (20, 26).

הערך התזונתי-הרפואי של הפלפלת לא זכה עד כה לתשומת-לב, אולם בהיותה מקור עשיר לוויטאמין C ולקרוטנואידים, חשוב יהיה לפתח זנים ייחודיים בעלי תכולה גבוהה של רכיבים אלה ושל ויטאמין E (19). התכולה של ויטאמין C יכולה להגיע עד 340 מ"ג ל-100 גרי פרי טרי (9); התורשה של תכולת ויטאמין C היא פוליגנית. במכלואי F_1 היתה התכולה קרובה לממוצע הגאומטרי של תכולת שני ההורים, ובדור F_2 התפלגו הערכים בתחום התכולה של ההורים (31). רכיב איכות נוסף בפרי הפלפלת הוא פרוויטאמין A, הנמצא בצורת α , β רץ קרוטן; בספרות דווח על גן B שגורם להגדלת תכולת ה- β -קרוטן (31).

2. תכונות הצמח

קטיפת הפלפלת בארץ, בניגוד לפלפל, הוא ממוכן ועל כן מבנה הצמח וצורת נשיאת הפרי חייבים להתאים לשיטת האסיף הזאת. הצמח המתאים לקטיפת מכאני הוא בגובה של 80-90 ס"מ, בעל מידת סיעוף קטנה, ומקום ההסתעפות הראשונה הוא בגובה של כ-25-30 ס"מ מעל פניה הקרקע (1, 23). דגם הפריחה והחנטה משפיע אף הוא על יעילות הקטיפת המכאני: לביצוע קטיפת חד-פעמי ממוכן דרוש ריכוז של שלבי החנטה וההבשלה של הפירות. הגן הרצסיבי fa (fasciculate gene) הוא הגורם לדגם פריחה מסיים, שבו החנטה וההבשלה מרוכזות בתקופה קצרה; גן נוסף, $up+$ דומיננטי, גורם לצורת פרי נטויה על השיח; פרי נטוי נקטף ביתר קלות מאשר פרי זקוף (31). אפשר אם כן להשתמש בגנים אלה לטיפוח זנים בעלי התאמה לקטיפת מכאני. גם בתכנון הטיפוח שלנו נעשה שימוש בגנים אלה.

3. עמידות למחלות

הפלפלת רגישה למחלות המוכרות בפלפל הגינה, אך בגלל השוני ביניהם בעונות הזריעה היא מתחמקת בדרך כלל מהדבקה בוירוסים CMV ו-PVY הפוגעים בפלפל. אחת המחלות הנפוצות בפלפלת היא מחלה פיזיולוגית המכונה "רקבון הפיטס". מחלה זו פוגעת בצבע הפרי ובניקיון אבקת התבלין מכיוון שעל הפירות הנוגעים מתפתחים

באופן משני חיידקים ופטריות. הזנים 'להבה' ו'שלהבת', שהם הזנים העיקריים בארץ, עמידים באופן יחסי למחלה זו ומכאן נובע נקיונם של מוצריהם. מחלת הקמחונית אף היא נפוצה בפלפלת, בעיקר בשטחים המושקים בטפטוף; המחלה גורמת לנשירת עלים ועקב כך לפחיתה ביבול, בעיקר אם היא מופיעה בשלב חנטת הפירות. למחלה זו יש מקורות עמידות (11, 30), אך עד כה לא פותחו זני פלפלת העמידים לה.

פרק ב': שיטות לטיפול פלפלת

הפלפלת נחשבת לגידול בעל הפריה עצמית אך מתקיימת בה הפריה זרה בשיעור משתנה, בהתאם לזן ולתנאי הסביבה (3, 13). שיטות הטיפול של הפלפלת דומות לאלה הנהוגות כיום בגידולים בעלי הפריה עצמית. נפוצה ביותר היא שיטת שושלת היוחסין (pedigree) שבאמצעותה טופחו רוב זני הפלפלת בעולם. גם בארץ שימשה שיטה זו לטיפול רוב הזנים המסחריים. הזן 'שלהבת', לדוגמה, טופח מהכלאה בין 'להבה' ובין הורה שבורר מ'שני'. מבין כ-80 קווי F_3 שבוררו מהכלאה זו וקודמו בשיטת שושלת-היוחסין נשארו ב- F_6 ארבע שושרות שאחת מהן היתה המקור של הזן 'שלהבת'. אפשר לשלב שיטה זו עם שיטת "צאצא הזרע הבודד" - single seed - descent - המשמשת בדורות המתפצלים המוקדמים (F_3 - F_5). בתכנית הטיפול לתכונות מונוגניות, כגון עמידויות למחלות שונות, השיטה העדיפה היא "הכלאות דחיקה" (backcross). בשיטה זו נערכת הכלאה ראשונית בין הורה-תורם, המכיל את הגן לעמידות למשל, ובין הזן המסחרי שמעוניינים להעביר לו את הגן הרצוי. את צאצאי ההכלאה שבהם נראה הפנוטיפ הרצוי מכליאים בחזרה לזן המסחרי (בהכלאות דחיקה) וחוזרים על פעולה זו במשך ששה-שבעה דורות. בסוף התהליך מקבלים את הגנוטיפ של הזן המסחרי בתוספת הגן לעמידות (3).

בניגוד לפלפל שבו רוב הזנים המסחריים הם זני מכלוא, בפלפלת משתמשים בעיקר בזנים טהורים מהפריה פתוחה. מצב זה נובע מעלות הזרעים הגבוהה של זני המכלוא ומהעדר מערכת של קווי טיפוח בעלי עקרות זכרית ציטופלאסמית ושל קווים מחזירי פוריות המתאימים לייצור זני מכלוא בפלפלת (3). באחרונה התחלנו בפיתוח קווים עקרים זכריים ובבחינת כושר הצירוף שלהם עם זנים מצטיינים שונים. נראה שבעתיד הקרוב יורחב בפלפלת השימוש בזני מכלוא בגלל יתרונותיהם של זנים אלה מבחינת היבול, הבכירות והפיקוח הטוב יותר על ייצור הזרעים הבלעדי (3, 31).

השימוש בשיטות ההנדסה הגנטית בפלפל בכלל ובפלפלת בפרט מוגבל בגלל הקושי בקבלת רגנרציה של צמחים מתרחיפי תאים, ומשום שאי אפשר לקבל ביעילות רבה צמחים מתאים שעברו טראנספורמציה בעזרת דנ"א זר. יתר על כן, טרם אופיינו וטרם מופו בתוך גנום הפלפל הגנים האחראיים לתכונות האיכות, וממילא טרם פותחו סמנים מולקולריים מהסוגים RFLP ו-PCR שהם בתאחיזה לגנים האחראיים לתכונות אלה (15, 25). באחרונה בודדו שני חלבונים הקשורים

לפיגמנטים האדומים של פלפלת ואופיינו סמנים שונים שלהם בגוון הפלפל (25, 28). ממצאים אלה עשויים לשמש בסיס לשימוש במניפולציות מולקולריות להעלאת האיכות של פרי הפלפלת.

רשימת הספרות

1. לוי, א', פלביץ, ד', מנגיס, ע', אדמתי, ע', שיפריס, ח', ברזילי, מי (1983) זן וצפיפות מתאימים לגידול פפריקה לאיסוף ממוכן. "השדה", ס"ג: 1628-1626.
2. לוי, א', פלביץ, ד', מנגיס, ע', אלוני, א', ברזילי, מי (1985) "שני משופר", זן פפריקה חדש לקטיפה חד-פעמית ממוכנת. "השדה", ס"ה: 925-922.
3. שפריס, ח' (1993) השבחת פלפל. הוצאת הקבוץ המאוחד (96 עמודים).
4. Almela, L., Lopez-Roca, J.M., Candela, M.E. and Alcazar, M.D. (1991) Carotenoid composition of new cultivars of red pepper for paprika. *J. Agric. Food Chem.* 39: 1606-1609.
5. American Spice Trade Association (1985) *in: Official Analytical Methods from the American Spice Trade Association*. 3rd Ed. Englewood Cliffs, NJ. pp. 41-42.
6. Andrews, J. (1984) Peppers, The Domesticated Capsicums. The Texas University Press, Austin, TX. 170 p.
7. Banaras, H., Lownds, N.K. and Bosland, P.W. (1988) Relationship between postharvest water loss and epicuticular wax of pepper fruits. *Capsicum Newsletter* 7: 56-57.
8. Biacs, P.A., Czinkotai, B. and Hoschke, A. (1992) Factors affecting stability of colored substances in paprika powders. *J. Agric. Food Chem.* 40: 363-367.
9. Bosland, P.W. (1993) Breeding for quality in *Capsicum*. *Capsicum and Eggplant Newsletter* 12: 25-31.
10. Bosland, P.W. (1992). Chillies: a diverse crop. *HorTechnology* 2: 6-10.
11. Daubeze, A.M., Pochard, E. and Palloix, A. (1989) Inheritance of resistance to *Leveillula taurica* and relation to other phenotypic characters in the haplodiploid progeny issued from an African pepper line. *in: Proc. 7th Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant* (Kragujevac, Yugoslavia). pp. 229-232.

12. Davies, B.H., Matthews, S. and Kirk, J.T.O. (1985) The nature of biosynthesis of the carotenoids of different color varieties of *Capsicum annuum*. *Phytochemistry* 9: 797-805.
13. Franceschetti, U. (1972) Natural cross pollination in pepper (*Capsicum annuum* L.) in: Quagliotti, L. and Nassi, M. O. [Eds.] Proc., Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of *Capsicum*: pp. 346-353.
14. Govindarajan, V.S., Rajalakshmi, D. and Chand, N. (1986) *Capsicum* - production, technology, chemistry and quality. Part IV. Evaluation of quality. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 25: 186-282.
15. Harini, I. and Lakshmi, S.G. (1993) Direct somatic embryogenesis and plant regeneration from immature embryos of chilli (*Capsicum annuum* L.) *Plant Sci.* 89: 107-112.
16. Hernandez, H.H. and Smith, P.G. (1985) Inheritance of mature fruit color in *Capsicum annuum*. *J. Hered.* 76: 211-213.
17. Ittah, Y., Kanner, J. and Granit, R. (1993) Hydrolysis study of carotenoid pigments of paprika (*Capsicum annuum* L. variety Lehava) by HPLC photodiode array detection. *J. Agric. Food Chem.* 41: 899-901.
18. Kanner, J., Harel, S., Palevitch, D. and Ben-Gera. I. (1977) Color retention in sweet paprika powder as affected by moisture content and ripening stage. *J. Food Technol.* 12: 59-64.
19. Kanner, J., Harel, S. and Mendel, H. (1979) Content and stability of alphetocopherol in fresh and dehydrated pepper fruits (*Capsicum annuum* L.) *J. Agric. Food Chem.* 27: 1316-1318.
20. Levy, A., Palevitch, D., and Shoham, O. (1989) Effect of genetic and environmental factors on the capsaicin content in the fruits of pungent and sweet cultivars of pepper, *Capsicum annuum* L. in: Proc. 7th Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of *Capsicum* and Eggplant (Kragujevac, Yugoslavia). pp: 81-85.
21. Minguez-Mosquera, M.I., Jaren-Galan, M. and Garrido-Fernandez, J. (1992) Color quality in paprika. *J. Agric. Food Chem.* 40: 2384-2388.
22. Minguez-Mosquera, M.I., Jaren-Galan, M. and Garrido-Fernandez, J. (1994) Competition between the processes of biosynthesis and degradation of carotenoids during the drying of peppers. *J. Agric. Food Chem.* 42: 645-648.

23. Palevitch, D. and Levy, A. (1984) Horticultural aspects of mechanized sweet pepper harvesting. *Proc. Amer. Soc. Agr. Eng.* 584: 397-403.
24. Pickersgill, B. (1977) Chromosomes and evolution in *Capsicum* in: Pochard, E. [Ed.]. *Proc., 3rd Eucarpia Congress on Genetics and Breeding of Pepper* (Montfavet, France). pp. 27-37.
25. Prince, J.P., Pochard, E. and Tanksley, S.D. (1993) Construction of a molecular linkage map of pepper and a comparison on synteny with tomato. *Genome* 36: 404-417.
26. Quagliotti, L. (1971) Effects of soil moisture and nitrogen level on the pungency of berries of *Capsicum annuum* L. *Hort. Res.* 11: 93-97.
27. Scoville, W.L. (1912) Note on *Capsicum*. *J. Amer. Pharm. Assoc.* 1: 453.
28. Shamir, O.M., Hadjeb, N., Newman, L.A. and Price, C.A. (1993) Occurrence of the chromoplast protein Chr A correlates with a fruit color gene in *Capsicum annuum*. *Plant Mol. Biol.* 21: 549-554.
29. Shifriss, C. and Pilowsky, M. (1992) Studies on the inheritance of mature fruit color in *Capsicum annuum* L. *Euphytica* 60: 123-126.
30. Shifriss, C., Pilowsky, M. and Zachs, J.M. (1992) Resistance to *Leveillula taurica* mildew (*Oidopsis taurica*) in *Capsicum annuum*. *Phytoparasitica* 20: 279-283.
31. Somos, A. (1984) Breeding and seed production of paprika. in: *The Paprika*. Akademiai Kiado - Budapest. pp. 243-275.
32. Thakur, P.C. (1988) Heritability in sweet pepper. *Capsicum Newsletter* 7: 42-43.