

PROPIEDADES FISICAS, ESTRUCTURALES Y RESISTENCIA AL DAÑO MECANICO DEL FRUTO DE TOMATE DE CASCARA (*Physalis ixocarpa* Brot.) EN RELACION A VARIEDADES, CORTES Y PERIODOS DE ALMACENAMIENTO

Macías Rodríguez, F.J.

Centro Regional Zacatecas, Universidad Autónoma Chapingo, Apartado Postal # 196. C.P. 98000

RESUMEN. La variabilidad genética existente en el tomate de cáscara hace que el fruto presente propiedades físicas y estructurales que reaccionan de manera diferencial a los daños causados durante la cosecha, transporte y/o almacenamiento, por lo que fue de interés conocer el efecto que el daño provoca en estos procesos. Se estudió las variedades Salamanca, Rendidora, Tamazula y Compuesto mejorado (CHF1). Haciendo variar los factores: periodos de almacén y cortes. Las variables medidas fueron volumen, peso, diámetro, resistencia a la penetración, área de impacto, volumen dañado y sólidos solubles del fruto. Los resultados indican que tanto las variedades, como los cortes y periodos de almacén tuvieron influencia en el desarrollo de frutos y en consecuencia sobre las propiedades físicas, estructurales, bioquímicas y en la susceptibilidad al daño mecánico. Por ejemplo, para la variable área de impacto, en el corte de los 72 días después del trasplante se tuvo un valor de 42.9 mm² y en el corte a los 90 días el área del impacto fue de 43.4 mm².

PALABRAS CLAVE: Calidad, postcosecha, cultivares.

PHYSICAL PROPERTIES, STRUCTURALS AND RESISTENCE OF MECHANIC INJURY OF HUSK TOMATO (*Physalis ixocarpa* Brot.) FRUITS IN RELATION TO VARIETIES, HARVEST AND STORAGE PERIODS

SUMMARY. The genetic diversity existing in the husk tomato make the fruit have physical and structural properties which response different to damage harvest, transportation and storage, in which is interesting to know the damage effects in this process. The cultivars Salamanca, Rendidora, Tamazula and Compuesto mejorado (CHF1) were studied. The varying factors used were storage periods and harvest dates. The measured variables were volume, weight, diameter, penetration resistance, impact area, damage volume and soluble solids. The results indicates that cultivars, harvest dates and storage periods, had influence on the physical, structural and biochemical properties. For example the variable impact area in the harvest at 72 days after transplanting had a value of 42.9 mm² and the harvest at 90 days had 43.4 mm² of impact area.

KEY WORDS: Quality, postharvest, cultivars.

INTRODUCCION

Los materiales genéticos poseen características particulares que los diferencian entre sí. Aún dentro de una misma especie, las variedades reaccionan en forma desigual a las mismas condiciones impuestas por el ambiente o por manejo, durante la conducción del cultivo, la cosecha o bien durante el transporte y/o almacenamiento. En el tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), como en la mayoría de las especies agrícolas, se requiere conocer las propiedades físicas y estructurales del fruto a fin de minimizar los daños causados en forma mecánica. Se ha encontrado que las frutas se dañan durante el transporte, cosecha y almacenamiento, aunque esto está relacionado con la hora de cosecha y los cortes, según algunos estudios en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), los frutos cosechados durante las primeras horas de la mañana tuvieron un 16% de pérdidas de peso por frutos dañados y los frutos cosechados por la tarde tuvieron pérdi-

das del 22.5% (O'Brien *et al.*, 1978). Con base en lo anterior, el propósito de este trabajo fue el de estudiar el efecto de los factores variedades, periodos de almacén y fechas de cortes en algunas características de postcosecha, en frutos de tomate de cáscara.

REVISION DE LITERATURA

La cosecha de frutas frescas debe ser en la etapa de madurez fisiológica para minimizar el daño durante la cosecha, almacenamiento, empaque y traslado, asegurando así una calidad aceptable al comercializar. Un indicador de madurez en el fruto es la firmeza de la pulpa (Watada *et al.*, 1984, citados por Delwiche y Sarig, 1991).

La ruptura debida a golpes o a compresiones excesivas se produce en frutos de jitomate que poseen: a) cáscara poco resistente y/o b) frutos blandos. Am-

bas características, están determinadas por la constitución histológica de los frutos según la variedad de que se trate (Ruiz, 1977; Ruiz *et al.*, 1979 y 1980; Pagalday *et al.*, 1983; Rodríguez *et al.*, 1979: citados por Ruiz y Gil, 1983).

Para la evaluación de los daños en materiales agrícolas se realizan algunos tipos de pruebas, tales como prueba de comprensión, prueba de impacto, evaluación de magullamiento y otras mediciones (Chen *et al.*, 1987).

Al estudiar la resistencia mecánica de la cáscara en variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), se requiere de mayor fuerza en aquellas variedades que poseen mayor anchura y mayor grosor en las células epidérmicas y con mayor grosor en la cutícula. Así la variedad Petomech II requiere de una fuerza de punción de 1.16 N, teniendo una altura de células de 13.75 μm , y un grosor de 6.94 μm en la cutícula, mientras que la 'Chef' necesita una fuerza de punción de 0.68 N, con una altura de células de 7.69 μm , y un grosor de 4.81 μm en la cutícula. (Pagalday y Ruiz, 1983).

Se sabe que en otros productos como jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), existen pérdidas por magullamiento de la pulpa hasta de un 2.8% del peso total, así como pérdidas de sustancias químicas diversas (Wennergren and Lee, 1961; citados por Mohsenin, 1986).

Un método para la evaluación cuantitativa del daño mecánico es la medición de la tasa de respiración en el tejido dañado en frutas y hortalizas. En otros casos se usa el método para medir el área de impacto y el volumen dañado, al ser golpeado el fruto por una herramienta de características conocidas. (Stiles and Leach, 1961; citados por Mohsenin, 1986).

La firmeza generalmente es medida con el penetrómetro de mano, y es la fuerza requerida para perforar la pulpa expuesta con un cilindro de punta y está influido por el esfuerzo cortante y resistencia de comprensión del tejido. Una punta de 7.9 mm se usa normalmente para duraznos (*Prunus persica*) y peras (*Pyrus comunis*), mientras que una de 11.1 mm se usa para manzanas (*Pyrus malus*) (Abbot *et al.*, 1984; Van Woensel *et al.*, 1987; citados por Delwiche y Sarig, 1991). Pero debido a la falta de alternativas adecuadas, aún permanece el penetrómetro como el estándar para la determinación de la firmeza (Delwiche y Sarig, 1991).

Para la valoración del daño mecánico que resulta de impactos en frutos, se realiza mediante el método

del péndulo y se mide el daño a la cáscara, magullamiento, cuarteaduras, etc. (Timofeev, 1956).

MATERIALES Y METODOS

Se estableció el experimento en el lote X12 del Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo en Chapingo, Méx.

Se estudiaron los factores fechas de corte, variedad y periodos de almacén. El primer corte se realizó cuando el fruto ya había alcanzado la madurez comercial y los siguientes cortes se realizaron a intervalos de nueve días entre corte y corte. Las variedades fueron Tamazula, Salamanca, Rendidora y Compuesto mejorado (CHF1). Los cuatro periodos de almacén fueron de 0, 15, 30 y 45 días en almacén a la temperatura ambiente y a la sombra. Con esto se construye un diseño de tratamientos factorial completo $4 \times 4 \times 3$. El diseño experimental utilizado fue un bloques completamente al azar en parcelas divididas con tres repeticiones. En este caso se optó por el diseño mencionado para tratar de controlar las diferencias debidas al suelo y al efecto del riego, debido a que se realizó por medio de agua rodada, lo que provoca que el humedecimiento del suelo sea desigual. En la parcela grande se ubicaron las variedades y en la chica los cortes dentro de cada variedad. Con relación al factor "periodos de almacén" en cada corte y variedad se estudiaron cuatro periodos de almacén. La unidad experimental estuvo constituida por cinco surcos separados a 100 cm y con una longitud de 600 cm, la separación entre plantas fue de 30 cm.

De cada parcela experimental se tomaron diez lecturas para cada variable respuesta. Las variables respuestas fueron:

El peso del fruto (PESO en g) se obtuvo utilizando una báscula granataria.

El volumen del fruto (VOL en cm^3). Se determinó por el desplazamiento de líquido, para lo cual se utilizó una probeta graduada.

Sólidos solubles (SOL en grados Brix). Para esta prueba se hizo uso del refractómetro de mano.

Área de impacto (ARE en mm^2). Para estudiar esta variable se utilizó una herramienta de forma cilíndrica que pesa 50 g, con punta esférica de un diámetro de 10 mm. Para su aplicación, la punta se impregna con tinta para marcar el área de contacto y luego se deja caer libremente la herramienta sobre el fruto desde una altura de 15 cm, el impacto debe ser sobre la región ecuatorial del fruto. Inmediatamente después del im-

pacto se realizó la medición del diámetro de la marca, para luego calcular el área de impacto.

Volumen Dañado (VOD en mm^3). Para obtener el volumen dañado, se dejó pasar 30 minutos después del impacto e inmediatamente se hizo un corte longitudinal por el centro del área de impacto de la prueba anterior y se realizó la medición de profundidad del daño. Para enseguida proceder a calcular el volumen dañado, tomando en cuenta que el tejido se daña asemejando una esfera.

Resistencia a la penetración (RPE en $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$). Esta variable fue estudiada auxiliándose del penetrómetro de mano y se usó un puntal de 7.9 mm de diámetro. Para ello, se aplicó la presión sobre la superficie del fruto hasta que se rompió la epidermis.

Diámetro ecuatorial (RA1 en mm) y diámetro polar (RA2 en mm). Estos se midieron con la ayuda de un vernier, para tener las dimensiones del fruto.

Para realizar las mediciones anteriores se usaron 10 frutos por cada periodo de almacenamiento, es decir 40 frutos en total por unidad experimental a nivel parcela grande, ya que fue posible utilizar los mismos frutos para evaluar todas las variables y como fueron tres cortes, en total se usaron 120 frutos, es decir se obtuvieron 120 observaciones por unidad experimental. El trasplante al terreno definitivo fue el 7 de abril de 1993. El primer corte de las variedades Compuesto mejorado y Rendidora se realizó a los 72 días después del trasplante y de ahí los cortes se hicieron cada nueve días hasta completar tres. Para las variedades Salamanca y Tamazula el primer corte se dio a los 92 días después del trasplante y cortes cada nueve días hasta completar tres. La diferencia en el inicio de los cortes se debe a que las variedades Compuesto mejorado y Rendidora alcanzaron primero la madurez comercial. La madurez comercial se determinó cuando el fruto llenó la bolsa, que es la forma en que lo aceptan los comerciantes. En este caso se cosechó la totalidad de la unidad experimental y del total cosechado únicamente se tomaron muestras de 10 frutos para la toma de datos. El producto cosechado se envasó en cajas de madera, usándose una por parcela y una por corte. El almacenamiento se hizo únicamente bajo techo y a las condiciones ambientales prevalecientes durante los días de almacenamiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

Después de haber realizado el trabajo de campo y laboratorio se tuvieron los resultados mostrados en los Cuadros 1 y 2 y que se discuten a continuación.

En relación al factor fechas de corte se encontraron diferencias altamente significativas para las variables peso del fruto (PESO), diámetro ecuatorial (RA1), diámetro polar (RA2), sólidos solubles (SOL) y volumen del fruto (VOL). En todos estos casos fue en el primer corte donde se observaron los valores más altos, esto indica que el primer corte es el que ofrece mejores características de calidad, esto se debe principalmente a que la planta no estuvo sometida a presiones de ambiente o bien a causa del manejo. Después del primer corte la planta invierte parte de su energía y de sustancias en reparar los daños que sufrió al pasar el cosechador y en consecuencia en los cortes siguientes la formación de frutos se ve afectada en cuanto a calidad. En el análisis de correlación se observó que existe correlación negativa del factor cortes con las variables peso (PESO), diámetros (RA1 y RA2), sólidos solubles (SOL) y volumen (VOL). El volumen dañado (VOD) también estuvo influenciado por el número de cortes, pues resultó diferente significativamente, en este caso se observó que en el tercer corte se presentaron los menores volúmenes dañados. Este comportamiento se puede deber a una respuesta de la planta que al estar sometida a presiones de manejo, los frutos se forman con mayor resistencia como un mecanismo de defensa. Para las variables resistencia a la penetración (RPE) y área de impacto (ARE) no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, la tendencia numérica es la de aumentar los valores hacia los últimos cortes, es decir, que la epidermis se torna más resistente a la punción, debido muy probablemente a la formación de células y cutícula de mayor grosor en la epidermis, aunque el área de impacto (ARE) se incrementa ligeramente, esto puede tener explicación en que las células que forman el tejido de la pulpa son menos firmes debido al envejecimiento de la planta.

De todo esto se desprende que conforme transcurre el tiempo, la planta produce en general frutos más pequeños pero más resistentes al manejo. Sin embargo, el consumidor final prefiere frutos grandes y uniformes.

En cuanto al factor periodos de almacén exceptuando las variables diámetro polar (RA2) y peso de fruto (PESO), en las cuales no hay significancia estadística pero si una tendencia numérica a disminuir, el resto de las variables presentaron diferencias significativas, pues se encontró que a mayor número de días en almacén, los valores cambiaron en el sentido de que los frutos fueron perdiendo su calidad, pues disminuyó el diámetro ecuatorial (RA1), así como también se disminuyó la fuerza requerida para romper la epidermis del fruto (RPE). En cuanto a la variable sólidos:

solubles (SOL) se disminuyó su concentración, se incrementó el volumen dañado (VOD) y el área de impacto (ARE), así como el volumen del fruto (VOL) también sufrió disminución, esto al tener los frutos un mayor tiempo de almacenamiento. Todos estos cambios que deterioran la calidad del fruto se deben al proceso de senescencia de los frutos y esto hace que los tejidos y sustancias orgánicas se vayan degradando, dando como resultado que los frutos sean más susceptibles a los daños mecánicos originados por el manejo postcosecha.

Con respecto al factor variedades, se encontró que la variedad Salamanca presentó diferencias altamente significativas para las variables área de impacto (ARE), peso del fruto (PESO), resistencia a la penetración (RPE), diámetro ecuatorial (RA1) y diámetro polar (RA2). Estas diferencias con respecto al resto de las variedades estudiadas, se deben principalmente al genotipo del cultivo, dado que todas las variedades estuvieron sometidas al mismo manejo. Las diferencias obtenidas también indican que cada variedad forma frutos con diferente constitución histológica en sus tejidos y que debido a ello los valores fueron diferentes. En las variedades Rendidora y Compuesto mejorado (CHF1) se encontró diferencias altamente significativas para la variable sólidos solubles (SOL), ya que presentaron los valores más altos, esta diferencia permite suponer que entre las variedades existen diferentes grados de cualidades organolépticas inducidas por el genotipo de cada variedad. La variable volumen de fruto (VOL) presentó diferencias altamente significativas, siendo la variedad Tamazula la que obtuvo los valores más bajos, es decir en comparación con el resto de las variedades sus frutos fueron pequeños, debido principalmente a su manifestación genética. Estos resultados indican que las diferencias se deben principalmente a las características de las variedades, por lo que es posible encontrar variabilidad genética que pueda aprovecharse en la obtención de nuevas

variedades. Por ejemplo, en cuanto a frutos, las variedades Salamanca, Rendidora y Compuesto mejorado (CHF1) presentaron el mayor peso de frutos y tamaño grande, pero la variedad Salamanca es de maduración un poco más tardía, por lo que sería deseable una variedad más precoz para fines de mercadeo. La variedad Tamazula forma frutos pequeños y de poco peso lo cual no la hace muy atractiva para fines de altos rendimientos, sin embargo, presenta frutos resistentes lo cual, permite que sus frutos resistan más el manejo postcosecha, lo cual son características deseables y que se pueden aprovechar para nuevas variedades.

CONCLUSIONES

Los cortes tienen gran influencia en la formación y desarrollo de los frutos, así como en sus propiedades físicas, estructurales y en el aspecto bioquímico. Conforme el corte es más tardío, los frutos son más pequeños y resistentes al manejo, sin embargo, su tamaño puede no ser atractivo para el consumidor.

Los diferentes periodos de almacén afectan de forma significativa al fruto, pues conforme avanza el tiempo de almacenamiento, se toman más susceptibles al daño por impacto y se afecta la cantidad de sólidos solubles, además aparentemente el volumen del fruto también se ve afectado. Si en el mercado hubiera una expectativa de que se mejore el precio del tomate, quizá al productor le sea conveniente almacenar el producto hasta 15 ó 30 días, porque ya a los 45 días de almacenamiento el deterioro de los frutos es muy avanzado.

Las variedades respondieron en forma diferencial, ya que se detectó que cada una de ellas posee diferente grado de firmeza en los frutos que forman, así como diferencias en cuanto a volumen del fruto, peso y la concentración de sólidos solubles.

CUADRO 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables involucradas en el estudio

FV	gl	PESO (g)	RA1 (mm)	RA2 (mm)	VOL (mm ³)	SOL (°Brix)	RPE (kg·cm ⁻²)	ARE (mm ²)	VOD (mm ³)
R	3	12.5	4.2	2.3	3.0	0.04	0.79*	16.3	2659*
V	3	950.5**	389.3**	143**	340.9**	1.3**	18.0**	158.6**	532
Ea	9	41.17	16.7	8.4	13.3	0.1	0.22	13.6	1280
C	2	744**	280.6**	77.6**	211.7**	0.5*	0.50	10.7	2906*
L	3	26.6	22.3*	4.8	40.4**	0.4**	5.2**	1898**	45689**
CL	6	13.3	2.4	2.8	7.0	0.4**	0.68*	42**	4708**
CV	6	32.6*	14.4*	4.2	10.1	0.4**	0.45	6.6	586
LV	9	18.8	5.6	3.9	6.7	0.1	0.39	36.8**	3340**
CLV	18	28.6**	9.6*	4.4*	10.4*	0.2*	0.28	15.6*	2003**
Eb	132	12.9	5.8	2.6	4.6	0.1	0.23	7.5	775
CVA		15.5	6.4	5.7	15	7.4	10.7	6.3	13.9

Continúa Cuadro 1.

* = Significancia al 5%

** = Significancia al 1%

PESO = Peso del fruto
 RA1 = Diámetro ecuatorial
 RA2 = Diámetro polar
 RPE = Resistencia a la penetración
 SOL = Sólidos solubles
 VOL = Volumen del fruto

C = Número de corte
 L = Periodos de almacén
 V = Variedades
 ARE = Área de impacto (mm²)
 VOD = Volumen dañado (mm³)
 CVA = Coeficiente de variación

CUADRO 2. Efectos de cortes, periodos de almacén y variedades sobre algunas variables de calidad postcosecha en frutos de tomate de cáscara

NIVEL	PESO (g)	RA1 (mm)	RA2 (mm)	RPE (kg·cm ⁻²)	SOL (°Brix)	VOL (mm ³)	ARE (mm ²)	VOD (mm ³)
CORTES								
1	26.72 a ²	39.46 a	29.67 a	4.48 a	4.72 a	16.16 a	42.90 a	207.4 a
2	22.66 b	37.31 b	28.57 b	4.65 a	4.59 ab	14.20 b	43.72 a	196.2 ab
3	19.94 c	35.28 c	27.46 c	4.52 a	4.54 b	12.53 c	43.40 a	192.2 b
PERIODOS DE ALMACÉN								
0	23.62 a	38.18 a	28.95 a	4.91 a	4.70 a	15.24 a	36.07 d	164.7 d
15	22.97 a	37.41 ab	28.45 a	4.70 a	4.62 ab	14.35 a	40.85 c	189.8 c
30	23.75 a	37.29 ab	28.60 a	4.44 b	4.67 a	14.55 a	45.75 b	205.4 b
45	22.12 a	36.52 b	28.20 a	4.15 c	4.48 b	13.05 b	50.67 a	238.4 a
VARIEDADES								
SAL	25.83 a	38.83 a	30.45 a	5.40 a	4.50 b	15.90 a	40.76 b	195.4 a
CHF1	26.64 a	38.68 a	28.66 b	4.06 c	4.77 a	15.21 a	44.54 a	200.8 a
TAM	16.48 b	33.08 a	26.27 c	4.59 b	4.45 b	10.33 b	43.36 a	199.0 a
REN	25.49 a	38.81 a	28.89 b	4.16 c	4.75 a	15.77 a	44.54 a	203.3 a

² Valores medios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey al 5% de probabilidad..

PESO = Peso del fruto
 RA1 = Diámetro ecuatorial
 RA2 = Diámetro polar
 RPE = Resistencia a la penetración
 ARE = Área de impacto
 SOL = Sólidos solubles

Cortes (1, 2 y 3)
 Periodos de almacén (0, 15, 30 y 45 días)
 Variedades (SAL = Salamanca, CHF1 = Compuesto Mejorado, TAM = Tamazula y REN = Rendidora)
 VOL = Volumen del fruto
 VOD = Volumen dañado

LITERATURA CITADA

- CHEN, P.; M. RUIZ, F. LU; A. KADER A. 1987. Study of impac and compression damage on asian pears. Transaction of the A. S. A.E. 30 (4): 1193-1197.
- DELWICHE, M.; Y. SARIG, Y. 1991. A probe impact sensor for fruit firmness measurement. Transactions of the ASAE 34 (1): 187-192.
- MOHSENIN, N.N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. Second Edition. Gordon and Breach. Science Publishing Co. Inc. New York, U.S.A. pp. 483-488.
- O'BRIEN, m.; L. CLAYPOOL L.; B. FRIDLEY, R. 1978. Food losses in harvest and handling systems for fruits an vegetables. Transaction of the ASAE. pp. 386-390.
- PAGALDAY, L.; M. RUIZ. 1983. Estructura histológica de la piel de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en relación con su resistencia mecánica. Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie Agrícola Núm. 22. Madrid, España. pp. 68-83.
- RUIZ, A.M.; J. GIL S. 1983. Variedades de tomate para recolección mecánica: ensayos de campo y de laboratorio. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. I Congreso Nacional. Valencia, España. pp. 787-799.
- TIMOFEEV, A.N. 1956. Method for determinig the dependence of potato damage on mechanical factors. Sbor. Trud. Zmlad. Mekham. Vsesoyuz. (USSR). Translation # 131, NIAE, Si-soe, Bedford, England.