

CALIDAD DE FRUTO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) DE GENERACIONES S₂ Y F₄

Estéfana Alvarado Bárceñas¹; J. Gabriel Ramírez Pimentel³; Elsa M. Martínez Vega⁴; Cinthya C. Piña Bernal⁴; Benigno Leonel De la Cruz Tierrablanca⁵, Francisco Chablé Moreno²

¹Prof-Investigador Tecnológico Nacional de México IT Roque ext. Apaseo el Alto; ²Prof-Investigador IT Roque; ⁴Estudiantes de Industrias-Alimentarias ITR Ext. Apaseo el Alto; ⁵Estudiante Agronomía, ITR.

e-mail: fchable4oct@gmail.com Recibido 30 abril 2019 aceptado: 4 noviembre 2019

Artículo científico

RESUMEN

La calidad del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) depende de la base genética, sea variedad híbrida o mejorada y su interacción con el ambiente. Existe preferencia por el consumo de frutos de calidad con propiedades nutraceuticas. El tomate aporta cantidades importantes de antioxidantes y vitaminas con efectos benéficos a la salud. El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad del fruto de tomate de híbridos comerciales, de donde se obtuvieron generaciones F₄ y S₂. Se cultivaron 12 genotipos en invernadero. El riego fue por goteo y la cosecha se realizó a madurez, de forma manual. El diseño experimental fue completamente al azar con 12 genotipos y 6 repeticiones; las variables evaluadas fueron: grados °Bx, pH, vitamina C, acidez, licopeno, clorofila y

antocianinas. Los resultados indican que en el contenido de °Bx, los genotipos con mayor valor promedio fueron Chocolate y Garras; para pH fueron Cherokee y Córdoba; los genotipos Pai pai y Tissey fueron superiores en vitamina C; en acidez, Chocolate y Pai pai; los genotipos con mayor cantidad de licopeno fueron Rock y Tissey; el mayor contenido de clorofila lo presentaron Cherokee y Diamante. El mayor contenido de antocianinas correspondió a Pai pai y Germany. La variabilidad genética influyó en la calidad de los frutos de tomate evaluados.

Palabras clave: *licopeno, antocianinas, generaciones filiales y endogámicas*

ABSTRACT

Tomato quality fruit (*Solanum lycopersicum* L.) depends on the genetic background, hybrid or improved variety and on interaction with the environment. Exists a preference for the consumption of quality fruits with nutraceutical properties. Tomato provides significant amounts of antioxidants and vitamins with beneficial health effects. The objective of this research was to evaluate tomato quality fruit from commercial hybrids, from which generations F₄ and S₂ were derived. 12 genotypes were planted in greenhouse. Irrigation was drip and the harvest was carried out at maturity, manually. Experimental design was completely randomized with 12 genotypes and 6 replications; Variables evaluated were: degrees Bx, pH, vitamin C, acidity, lycopene, chlorophyll and anthocyanins content. Results

indicated that in the content of ° Bx grades, genotypes with the highest average value were Chocolate and Claws; for pH were Cherokee and Córdoba; Pai pai and Tissey genotypes were superior in vitamin C; in acidity, Chocolate and Pai pai; the genotypes with the highest lycopene content were Rock and Tissey; The highest chlorophyll content was presented by Cherokee and Diamante. The highest anthocyanin content corresponded to Pai pai and Germany. The genetic variability influenced the quality of tomato fruits evaluated.

Key words: *lycopene, anthocianin, filial generations and endogamic*

INTRODUCCIÓN

El tomate es una de las hortalizas de mayor valor económico en todo el mundo (Tiemán *et al.*, 2017); en México el consumo *per cápita* es de 15 kg, inferior al consumo mundial de 18 kilogramos (FIRA, 2017). Esta hortaliza proporciona vitaminas A, C, E, y K, minerales incluyendo K y Fe y el licopeno como antioxidante (Wang y Seymour, 2017; Raiola *et al.*, 2015; Seymour, 2016). Una característica esencial de las variedades modernas es que carecen de sabor, comparados con los tipos criollos, debido a que los mejoradores seleccionan plantas con presencia del gen inhibidor de la maduración (*rin*), formando híbridos de frutos firmes, de madurez lenta (Kitagawa *et al.*, 2005; Seymour *et al.*, 2008), presentan poco color y con valor nutricional reducido. Existe una gran variedad de tipos de tomate como son: Cherry, Saladette, Pera, Beef, Marmande, Vemone, Cocktail (Thai, 2007; SAGARPA, 2010).

El fruto de tomate reduce su calidad después de la cosecha, al degradarse la pared celular, ya sea por mal almacenamiento, manipulación inadecuada, transporte incorrecto y tiempo de anaquel prolongado, que afectan cambios en la textura, color y sabor (Ferreira *et al.*, 2005; Seymour *et al.*, 2008). Los daños pueden causar alteraciones metabólicas y fisiológicas, de tipo interno (Rivero *et al.*, 2013; Suslow y Cantwell, 2019) y alteraciones en el metabolismo respiratorio (Abdel-Massih, 2007), que inciden en el sabor (Moretti y Sargent, 2000; Wang y Seymour, 2017) y la firmeza (Rivero *et al.*, 2013; Suslow y Cantwell, 2019).

La calidad del fruto de las hortalizas depende de su acervo genético, ya sea un híbrido o una variedad (Kolota y Adamczewska, 2001; Raiola *et al.*, 2015); otros factores que influyen son la condición climática, la fertilización, el sistema de producción, el riego, así como el estado de desarrollo de la planta al momento

de la cosecha (Cebula y Kalisz, 1996; Luna *et al.*, 2014). La agroindustria toma en cuenta parámetros de calidad como: la forma, apariencia, peso seco, sólidos solubles, acidez titulable (equivalentes de ácido cítrico), pH, viscosidad, color y firmeza del fruto, que en función de la calidad de este se pueden predecir a partir de las mismas mediciones realizadas en fruta fresca homogeneizada (Rivero *et al.*, 2013; Suslow y Cantwell, 2019).

Usualmente, el tomate se consume en su máxima calidad organoléptica, cuando el fruto presenta el color rojo (Suslow y Cantwell, 2019); los consumidores seleccionan el grado de maduración adecuada, que es un resultado de la degradación de la clorofila, así como de la síntesis de cromoplastos y la concentración de licopeno (Shi, y Le Maguer, 2000; Casierra *et al.*, 2008). Seymour (2016) menciona que durante la madurez del tomate se ha determinado que el contenido de materia seca se incrementa, lo mismo que la cantidad de azúcares y vitamina C (Ceballos *et al.*, 2012). Shi y Le Maguer (2000) y Cruz-Bojórquez *et al.* (2013) señalan que el consumo de 20 mg diarios de licopeno son suficientes para evitar enfermedades degenerativas; este se incrementa durante el proceso industrial y al consumirlos se incorpora a la micela de los lípidos que forman parte de la dieta. El tomate contiene otros antioxidantes como el β -caroteno, flavonoides, flavonas y compuestos fenólicos (Matkowski, 2008; Raiola *et al.*, 2015). La temperatura durante el almacenamiento afecta la calidad del fruto y provoca cambios fisicoquímicos (Navarro *et al.*, 2012; Ceballos *et al.*, 2012; Suslow y Cantwell, 2019). El objetivo de esta investigación fue determinar la calidad del fruto de tomate cosechados de generaciones S_2 y F_4 derivadas de híbridos comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el invernadero del TecNM-Roque, en Celaya, Guanajuato con coordenadas 20° 30' 28" de latitud norte y 100° 50' 00" de longitud Oeste con una altitud de 1767 msnm. El trasplante de las plántulas de tipo F_3 y S_1 fue realizado en camas biointensivas. Los híbridos comerciales F_1 fueron: Savanta, Córdoba, Romana

VF, Pai-pai, Top 2299, Cherokee, Chocolate, Rock, Tissey, Garras, Diamante, Germany de los cuales se originaron las progenies en evaluación.

El riego fue suministrado por goteo, con aplicación de 1 L por planta en el inicio, a 2.5-3.5 L por planta en producción al día (De la Cruz *et al.*, 2018). La fertilización se realizó mediante sulfato de amonio y

superfosfato simple; se aplicaron 100 g por plántula; la segunda aplicación se realizó con Ultrasol® 20-20-20+1 MgO en dosis de 50 g por plántula. Se aplicó fertilización foliar con: 1) Aminocel 500 (complejo amino aplicación foliar y al suelo), en dosis de 10 g L⁻¹ de agua; Fertilizante foliar "Fruto enzimas"® con dosis de 2.5 mL⁻¹; Micro zinc 9.0 mL⁻¹ de agua. La cosecha se realizó manualmente hasta el quinto racimo, de acuerdo al parámetro 6 (90 % rojo), después de la cosecha se almacenó a 4°C por 5 días (Kader, 2002; Rivero *et al.*, 2013; Suslow y Cantwell, 2019). El diseño experimental fue completamente al azar, con 12 genotipos y 6 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: grados °Bx, pH, contenido de vitamina C, acidez, licopeno, clorofila y antocianinas. Para la evaluación de los datos se realizó un análisis de varianza con el paquete SAS (V 9.0) y los tratamientos con diferencias estadísticas se aplicó una prueba de comparación de medias (Tukey $\alpha=0.05$).

El contenido de ácido cítrico (%) se determinó en valor porcentual mediante la fórmula:

$$\text{Ácido Cítrico (\%)} = \frac{\text{mL NaOH} \times \text{Meq. Ácido} \times \text{V} \times 100}{\text{Peso muestra} \times \text{Alicuota}}$$

N = normalidad NaOH; V = volumen total, Meq. Ácido: Mili equivalentes del ácido presente en mayor proporción (0.064 para el ácido cítrico).

Vitamina C (método yodométrico). Se colocó en un matraz Erlenmeyer 10 ml de pulpa de tomate y se agregaron 15 mL de agua destilada, 0.25 mL de HCl 15% y 0.25 mL de almidón 1% como indicador, se procedió a titular con yodo 24.1 mL hasta que viró azul. Se calculó la cantidad de vitamina C utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Vitamina C g. L}^{-1} = 0.424 \frac{\text{VY}}{\text{VM}} \quad \text{VY} = \text{Volumen de yodo consumido; VM} = \text{Volumen de la muestra.}$$

Licopeno. Se pesó 150 g de mesocarpio de tomate fresco, se eliminó las semillas y se homogeneizó en una licuadora. Se forró un matraz Erlenmeyer de 125 mL con papel aluminio y adicionaron 5 mL de BHT 0.05%(w/v) en acetona, 7.5 mL de etanol y 15 mL de hexano. Se depositaron 15 g de homogenizado de tomate, se tapó y agitó durante 15 min. Se adicionó

6 mL de agua destilada, se mezcló suavemente y dejó reposar 3 min para permitir la separación de fases. Se colectó la capa superior de hexano que contiene los compuestos liposolubles (anaranjado), se depositó en un tubo de vidrio, recubierto con papel aluminio y se mantuvo tapado. El espectro de absorción en un espectrofotómetro UV/VIS en el intervalo de 400 a 700 nm fue calibrado, utilizando hexano como blanco, se realizó las diluciones para que el valor de la absorbancia sea inferior a 0.6 unidades. Se Determinó el contenido de licopeno midiendo absorbancia a 522 nm con la siguiente ecuación:

$$\text{Licopeno} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \frac{A \times \text{PM} \times V \times 100}{E \times P \times L}$$

A= Absorbancia leída a 503 nm; V= Volumen total de la fase superior (15 mL); PM= Peso molecular del licopeno (536.9 g/mol); P= Peso de muestra que utilizo para hacer la extracción (15 g); E= Coeficiente de extinción molar de licopeno en hexano (17.2 x 10⁴ m/cm); L= Longitud de la celda (1 cm).

Clorofila y carotenos Lichtenthaler (1987). La muestra consistió de 10 mL de jugo y se añadieron 10 mL de acetona a 80 %, la solución se filtró y se obtuvo la absorbancia a 663, 646 y 476 nm, utilizando acetona como blanco. Los cálculos se realizaron con las siguientes fórmulas:

$$\text{Clorofila a (C}_a\text{)} = 12.25 A_{663} - 2.79 A_{646}$$

$$\text{Clorofila a (C}_a\text{)} = 21.50 A_{646} - 5.10 A_{663}$$

$$\text{Clorofila total (C}_{\text{atb}}\text{)} = 7.15 A_{663} + 18.71 A_{646}$$

$$\text{Carotenos} = (1000 A_{470} - 1.63 C_a - 104.96 C_b) (221^{-1})$$

Antocianinas. Se pesó 0.5 g de tejido, se trituraron en mortero con metanol-HCl a 1% para posteriormente filtrar y leer absorbancia a 525 nm. Los valores se expresaron en mg 100 g⁻¹ de cianidina-3-glucósido (antocianina predominante) utilizando la ecuación:

$$\text{Antocianinas} (\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}) = (A \times \text{PM} \times \text{FD} \times 100) \epsilon^{-1}$$

A = Absorbancia a 525 nm; PM = Peso molecular de la cianidina-3-glucósido (449.2); FD = Factor de dilución; ϵ = Absortividad molar para la cianidina-3-glucósido (26,900).

Para calidad química fueron: Contenido de ácido cítrico, Sólidos solubles totales (SST); pH; Acidez titulable (AOAC 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de grados Brix en el ANAVA de las variables bioquímicas de fruto de tomate de los racimos 1, 3 y 5, así como el pH de los racimos 3 y

5, presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$); la variable de pH de fruto en el racimo 1 (pHR1) tuvo diferencias significativas (Cuadro 1).

Estos resultados confirman que dentro de la evaluación de genotipos de tomate pueden variar ambas características, dependiendo de su fuente

genética y de su interacción con el ambiente en el proceso productivo.

Cuadro 1. Cuadrados medios, grados de libertad y significancia estadística de las variables bioquímicas en tomate (Ciclo P-V, 2018).

FV	gl	BxR1	BxR2	BxR3	pHR1	pHR3	pHR5
Tratamiento	11	1.65**	2.049**	1.30**	0.061*	0.079**	0.085**
Error	24	0.046	0.64	0.13	0.025	0.002	0.016
Total	35	29.33	38.1	17.53	1.27	0.94	1.34
CV (%)		15.71	17.67	8.8	4.26	1.42	3.63

*, ** = diferencias significativas ($P \leq 0.05$), diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), gl = grados de libertad, FV = Fuente de variación; CV (%) = Coeficiente de variación en porcentaje; BxR1, R2, R3 = Grados brix en racimo 1, 3 y 5; pHR1, R2, R3 = Valor del pH en frutos del R1, R3 y R5.

La prueba de comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) se observa que para la variable grados Brix, en el racimo 1 los genotipos Chocolate, Garras, Córdoba, Tissey, Rock, Top y Romana fueron

significativamente superiores a las otras variedades, con un rango de 4 a 6 grados Brix; para la variable pH los genotipos con menor acidez fueron nueve en racimo 1 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias mediante la prueba de Tukey para las variables °B y pH en genotipos de jitomate, ciclo P-V, 2018.

Genotipo	Trat	°BxR1	°BxR3	°BxR5	pHR1	pHR3	pHR5
Chocolate	12	6.0 a	5.93 a	4.66 ab	3.66 ab	3.4 e	3.5 abcd
Garras	5	5.0 a	5.86 a	5.00 a	3.56 b	3.8 abc	3.66 abcd
Córdoba	2	5.0 ab	4.0 ab	4.0 abcd	3.73 ab	3.9 a	3.56 abcd
Tissey	4	4.66 ab	4.0 ab	3.0 d	3.73 ab	3.73 bcd	3.36 cd
Rock	1	4.33 ab	5.0 ab	5.0 a	3.83 ab	3.66 cd	3.86 a
Top	3	4.33ab	4.0ab	3.56cd	3.60b	3.8abc	3.3 d
Romana	7	4.16ab	4.0ab	4.5abc	3.66ab	3.8abc	3.8ab
Pai-pai	6	3.86b	5.0ab	4.53abc	3.66ab	3.6d	3.6abcd
Savanta	8	3.83b	4.0ab	3.13d	3.6b	3.8abc	3.4bcd
Cherokee	11	3.73b	5.2ab	4.0abcd	4.1a	3.4e	3.7abc
Germany	10	3.66b	4.3ab	4.0abcd	3.63b	3.66cd	3.56abcd
Diamante	9	3.33b	3.3b	3.8bcd	3.73ab	3.83ab	3.5abcd

Variedades con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p < 0.05$); °BxR1, R3, R5 = Contenido de grados Brix en frutos de jitomate de los racimos 1, 3 y 5; pHR1, R3, R5 = pH de frutos de jitomate en los racimos 1, 3 y 5.

Los resultados del ANAVA en el contenido de Vitamina C de fruto en los racimos 1, 2 y 3 y en los valores de acidez de fruto en los tres racimos

presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadrado medios, grados de libertad y significancia estadística de variables de vitamina C y acidez en variedades de jitomate; Ciclo P-V, 2018.

F.V.	gl	Vit C R1	Vit C R3	Vit C R5	Aci R1	Aci R3	Aci R5
Tratamiento	11	0.000120**	0.000221**	0.000337**	0.2082**	0.0856**	0.0918**
Error	24	0.00000007	0.00000003	0.00000035	0.05220	0.007608	0.00901
Total	35	0.00165611	0.00244018	0.0037968	3.54329	1.124683	1.22702
CV (%)		1.242	0.8218	8.4302	38.2970	18.3758	17.7244

*, ** = diferencias significativas ($P \leq 0.05$), diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), gl = grados de libertad, FV = Fuente de variación; CV (%) = Coeficiente de variación en porcentaje; VitCR1, R3, R5 = Contenido de Vitamina C en frutos de jitomate del racimo 1, 3 y 5 (g/L); Acid R1, R3 y R5 = Acidez de frutos de jitomate en los racimos 1, 3 y 5.

El contenido de vitamina C (g/L) en la prueba de comparación de medias no se observó un genotipo sobresaliente en todos los racimos; en cada racimo hubo un genotipo diferente como sobresaliente. En la

variable acidez (R1) tuvieron un comportamiento semejante 10 de las 12 variedades; en el R3 tuvieron mayor acidez las variedades Savanta, Garra, Germany y Román; en el R5 las de mayor acidez

fueron Cherokee, Top 2299, Diamante, Savanta, Germany, Rock y Pai-pai (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias mediante la prueba de Tukey para las variables de vitamina C y acidez en variedades de jitomate, ciclo P-V, 2018.

Genotipo	Trat	Vit C R1 (g/L)	VitC R3(g/L)	VitC R5(g/L)	Aci R1 (%)	Aci R3 (%)	Aci R5 (%)
Rock	1	0.02982 ^a	0.02969cd	0.022980cd	0.235bc	0.256d	0.704ab
Tissey	4	0.02711b	0.01693ab	0.03728ab	0.962ab	0.299cd	0.341c
Chocolate	12	0.02578c	0.02971b	0.02125ef	0.469abc	0.64ab	0.277c
Romana	7	0.02652c	0.03843a	0.01274gh	0.789ab	0.384abc	0.427bc
Germany	10	0.02542c	0.01276e	0.03851 ^a	0.384abc	0.533abc	0.661ab
Pai-pai	6	0.02436d	0.01677d	0.03191bc	0.083ab	0.448bcd	0.469abc
Savanta	8	0.02138d	0.0213bc	0.02146abc	0.706abc	0.64ab	0.67ab
Córdoba	2	0.02124e	0.01698d	0.02513ef	0.588abc	0.256d	0.321c
Garra	5	0.01806f	0.01695d	0.01917f	0.62abc	0.64ab	0.426bc
Top 2299	3	0.01731f	0.01708d	0.01692g	0.896ab	0.426bcd	0.725 a
Diamante	9	0.00878g	0.00851f	0.009hi	0.5763abc	0.768 ^a	0.658ab
Cherokee	11	0.00724h	0.01273e	0.0053i	0.102c	0.405bcd	0.746 ^a

Todos los valores de la misma columna con la misma letra son estadísticamente iguales; VitCR1, R3, R5 = Contenido de Vitamina C en frutos de jitomate del racimo 1, 3 y 5 (g/L); Acid R1, R3 y R5 = Acidez de frutos de jitomate en los racimos 1, 3 y 5 (%).

El ANAVA de las variables colorimétricas del tomate endogámicos se obtuvo que la Cantidad de Licopeno en el racimo 1,3,5; Cantidad de Clorofila de fruto en el racimo 1,3,5; Cantidad de Antocianinas de fruto en

el racimo 1 y 5 presentan diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), la cantidad de Antocianinas del fruto en el racimo 3 (AntR3) presenta diferencias estadísticas no significativas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cuadrado medios, grados de libertad y significancia estadística de variables colorimétricas en variedades de jitomate; Ciclo P-V, 2018.

FV	gl	LicR1	LicR3	LicR5	ClorR1	ClorR3	ClorR5	AntR1	AntR3	AntR5
Trat	11	1.11 ^{**}	1.714 ^{**}	2.02 ^{**}	3.485 ^{**}	8.157 ^{**}	7.124 ^{**}	2250511051 ^{**}	6.17E+11ns	42885900519 ^{**}
Error	24	0.0032	0.00106	0.00029	0.00011	0.00045	0.000012	9731148387	3.90E+11	354187070.9
Total	35	12.28	18.8	22.21	38.34	89.74	78.36	4.811	1.62E+13	4.8E+11
CV(%)		1.54	2.41	1.73	1.10	2.11	0.38	149.14	249.38	11.2

^{*}, ^{**} = diferencias significativas ($P \leq 0.05$), diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), gl = grados de libertad, FV = Fuente de variación; CV (%) = Coeficiente de variación en porcentaje; LicR1, R3 y R5 = Contenido de licopeno en frutos de racimo 1, 3 y 5; ClorR1, 3 y 5 = Contenido de clorofila en frutos en racimo 1, 3 y 5; AntR1, R3 y R5 = Antioxidantes en frutos de racimo 1, 3 y 5.

La prueba de medias determinó que el valor mayor de Licopeno fue en los genotipos Rock, Tissey y Chocolate. El genotipo Cherokee se ubicó en el último grupo estadístico en los tres racimos; en el contenido de clorofila la variedad Rock y Tissey

obtuvieron el valor más alto. Para el contenido de antocianinas el genotipo con mayor cantidad fue el genotipo Cherokee, Diamante y Top2299, los valores más bajos fueron Romana, Germany y Pai-pai (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de medias mediante la prueba de Tukey para las variables colorimétricas en variedades de jitomate, ciclo P-V, 2018

Genotipo	Trat	LicR1 (mg/100g)	LicR3 (mg/100g)	LicR5 (mg/100g)	ClorR1 (mg)	ClorR3 (mg)	ClorR5 (mg)	AntR1 ($\mu\text{g}/100\text{g}^{-1}$)	AntR5 ($\mu\text{g}/100\text{g}^{-1}$)
Rock	1	1.99 a	1.92 b	2.06 b	3.36 a	6.15 a	0.57 e	101560 b	48414 e
Tissey	4	1.94 a	1.62 c	2.26 a	3.07 b	0.41 f	5.73 a	140185ab	193361 d
Chocolate	12	1.94 a	1.93 b	1.95 a	0.33 g	0.33 g	0.73 h	261080 ab	261077 c
Romana	7	1.70 b	2.9 ^a	0.50 e	0.77 d	0.62dc	0.92 c	67715 b	67666 e
Germany	10	1.23 c	0.47 f	1.99 c	0.55 e	0.62 d	0.47 f	29054 b	38662 e
Pai-pai	6	1.17 d	1.65 c	0.69 d	0.45 f	0.73 c	0.18 j	101942 b	87856 e
Savanta	8	0.91 e	1.30 de	0.51 e	0.06 h	0.04 h	0.08 k	111443 b	145519 d
Córdoba	2	0.86 e	1.21 e	0.52 e	0.83 c	0.69 c	0.97 b	77367 b	48387 e
Garra	5	0.79 f	1.21 e	0.38 f	0.45 f	0.51 e	0.39 g	135365 ab	193388 d
Top 2299	3	0.73 g	1.33 d	0.13 h	0.56 e	0.38 fg	0.75 b	324118 ab	319098 b
Diamante	9	0.50 h	0.47 f	0.53 e	0.81 c	1.32 b	0.30 i	120891 ab	193341 d
Cherokee	11	0.17 i	0.14 g	0.20 g	0.31 g	0.31 g	0.31 i	1039127 a	415781 a

Todos los valores de la misma columna con la misma letra son estadísticamente iguales; LicR1, R3 y R5 = Contenido de licopeno en frutos de racimo 1, 3 y 5 (mg/100g); Clor R1, 3 y 5= Contenido de clorofila en frutos en racimo 1, 3 y 5 (mg); AntR1 y R5 = Antioxidantes en frutos de racimo 1, 3 y 5 ($\mu\text{g}/100\text{g}^{-1}$).

Según (Kofaitie, 2006, Barret *et al.* 2007 y Ceballos *et al.*, 2012) señalan al contenido de grados Brix y el contenido de vitamina C, puede variar por los tratamientos o su origen genético, estos resultados coinciden aquí, al evaluar 12 genotipos endogámicos derivados de híbridos comerciales. Juárez *et al.* (2009), Reina *et al.* (1998) al evaluar el pH en tomate tipo Cherry y saladette obtuvieron valores de pH de 4.1 a 4.4; mientras que Casierra *et al.* (2008) encontró valores de 4.2 a 4.8, al comparar los datos con esta investigación se obtuvieron valores promedios similares, en el genotipo Cherokee con un valor de pH de 4.1, los otros valores fueron menores, se observa que a mayor madurez del fruto disminuye el pH, los tomates evaluados se conservaron a 4° C en refrigerador por espacio de por 5 días.

El contenido de Vitamina C, Guevara *et al.* (2013), encontró un valor en fruto fresco de 19-25 mg/100 g, mientras que Valle (2013) obtuvo valores promedios de 26-85 mg/100 g de fruto fresco, en esta investigación de tomates endogámicos se cuantificó en fruto fresco fue de 29-38 mg/100 g de fruto fresco, se considera que la variación del contenido de vitamina C depende del estado de madurez y del origen genético del tomate (Ceballos *et al.*, 2012) el cual determinó desde 80 a más 100 mg/100, la variabilidad permite pensar en realizar mejoras genéticas con alto contenido de vitamina C.

En estudios de Renau (2018) al evaluar el porcentaje de acidez en tomate obtuvo valores mayores a 0.5%, y menores a 1% mientras que en los valores obtenidos en esta investigación fue de 0.3% hasta 0.9%, con los valores más altos la variedad Chocolate tipo Cherry, el alto contenido de ácido

cítrico en las variedades tipo cereza, pueden ser un inconveniente ya que se incrementa su sabor ácido, otros genotipos presentaron contenido de acidez mayor al 0.5%, valores que coinciden en los aquí obtenidos, la acidez no llega a tener gran importancia dado que en el proceso para su consumo se combinan con otros alimentos y modifican aún su sabor agradable.

Zapata *et al.* (2007) en la concentración de carotenoides (licopeno y β -caroteno) se incrementan al aumentar su madurez, esta evaluación se determinó valores promedios de licopeno de 0.17 - 1.99 mg, hasta 0.14-1.92 mg y 0.20-2.06, Ordoñez *et al.* (2009) y Renau (2018) menciona que los tomates criollos, contienen mayor concentración de licopenos, que aquellos que son híbridos, durante el proceso industrial se pierden parte de ellos. En cuanto a la clorofila, la mayoría de los genotipos presentaron valores mayores a lo encontrado Renau (2018), algunos valores de clorofila concuerdan como el genotipo Cherokee, Chocolate y Tissey; en este trabajo, el genotipo de mayor contenido de clorofila fue el Rock, mientras que el contenido más bajo fue el Savanta con valores en un rango de 0.04 - 0.08 mg/100 g de peso fresco.

El contenido de antocianinas detectaron valores que superaron el gramo de cianidina-3-glucósido 100 g⁻¹, en comparación con lo reportado por Renau (2018); Pantelidis *et al.* (2007) quienes determinaron antocianinas en berries reportaron valores superiores a 100 mg de cianidina-3-glucósido 100 g⁻¹, la concentración más alta de antocianinas fue en el genotipo Cherokee (1039127 μg cianidina-3-glucósido L⁻¹) aunque fue menor a 1328 mg

cianidina-3-glucósido L⁻¹ que tiene la granada (*Punica granatum* L.) que posee un alto contenido de este pigmento Sepúlveda *et al.* (2010). Durante la maduración del tomate involucra cambios cualitativos y cuantitativos de la composición química del fruto, donde participan ácidos orgánicos, azúcares solubles, aminoácidos, pigmentos y alrededor de 400 compuestos volátiles que determinan el sabor y el aroma del fruto (Ceballos *et al.*, 2012; Luna *et al.*, 2014), esto varía por el efecto del ambiente y la condición de cultivo.

Las propiedades funcionales del fruto de tomate, proporcionan beneficios a la salud; como la reducción de riesgos de cáncer, estimulación del sistema inmune, mejora en el metabolismo del colesterol, propiedades antivirales y antimicrobianas (Ortega *et al.*, 2004), compuestos como polifenoles,

vitamina C, Vitamina E, β- caroteno y otros carotenoides son antimutágenos, anticarcinógenos y son referidos como vitaminas “antioxidantes”, e inhibe el daño celular a nivel de ADN evitando enfermedades crónico degenerativas (Jian *et al.*, 2010; Matkowski *et al.*, 2008). Los carotenos son capaces de captar radicales peroxilo (Ceballos, 2012), estas propiedades benéficas a la salud se deben a compuestos conocidos como “bioactivos” o “fitoquímicos”, que permiten modular enzimas detoxificantes, estas moléculas bioactivas presentes en el tomate son carotenoides (Clinton, 1998; Gerster, 1997). El consumo regular del tomate está asociado a beneficios de la salud, el contenido y estabilidad de estos compuestos depende del cultivar o de la variedad utilizada, condiciones ambientales de cultivo, estado de maduración del fruto y tratamientos post-cosecha.

CONCLUSIONES

Los frutos con mayor longitud se obtuvieron en los genotipos Romana y Pai-pai. Los frutos con el mayor diámetro se obtuvieron de los genotipos Cherokee y Germany. En las pruebas de determinación química el genotipo Cherokee fue el genotipo que presentó la mayor cantidad de ácido cítrico, pH más ácido; sin embargo, fue el genotipo con el contenido más bajo de Vitamina C. La variedad Chocolate presentó la mayor cantidad de sólidos solubles totales (°Bx); es una variedad de tomate tipo Cherry. Los genotipos

con mayor acidez fueron Chocolate y Pai-pai. La mayor cantidad de licopeno se obtuvo en los genotipos Rock y Tissey. La mayor cantidad de clorofila se encontró en los genotipos Rock y Tissey. El contenido de antocianinas fue mayor en los genotipos Cherokee y Diamante. La amplia variabilidad de la calidad bioquímica del fruto de jitomate representa una oportunidad para seleccionar para tipos de consumo, ya sea en fresco, ensaladas o en puré.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Massih RM; Baydoun EA; Waldron KW; Brett CT (2007). Effects of partial enzymic degradation of sugar beet pectin on oxidative coupling of pectin-linked ferulates *in vitro*. *Phytochemistry*. 68:1785-1790.
- A.O.A.C. 1980. Official methods of analysis. Association of official analytical chemist. EUA. Barrett R; Chappell C; Quick M and Fleming A (2007). A rapid, high content, in vivo model of glucocorticoid-induced osteoporosis. *Biotechnology Journal*. 1(6):651-655.
- Casierra-Posada F; Aguilar-Avedaño ÓE (2008). Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez *Agronomía Colombiana*, 26 (2): 300-307.
- Cebula S y Kalisz A (1996). Effect of the degree of fruit maturity and partial defoliation on the growth, yields and quality of sweet pepper in greenhouse production. *Biul. Warzywn*. 44, 15-27. [En polaco con resumen en inglés].
- Ceballos-Aguirre N; Vallejo-Cabrera FA; Arango-Arango N (2012). Evaluación del contenido de antioxidantes en introducciones de tomate tipo cereza (*Solanum spp.*). *Acta Agronómica*. 61 (3): 230-238.
- Clinton SK (1998). Lycopene: chemistry, biology and implications for human health and disease. *Nutr. Rev.* 56(2):35-51.
- Cruz BRM; González GJ y Sánchez CP (2013). Propiedades funcionales y beneficios para la salud de licopeno. *Nutr. Hosp.* 28(1):6-15.
- De la Cruz T BL; García CS; Pérez MD; Vázquez AJ; Alvarado BE; López RBC y Chablé M F (2018). Evaluación del desarrollo fenológico y rendimiento en progenies de F₂ y F₄ de jitomate tipo saladette. I

- Congreso Nacional de Ciencias Agrop. ITR. 1er. Congreso Nacional de Ciencias Agropecuarias TNM. Núm. Especial. 70-80.
- FIRA, Fideicomiso Instituidos en Relación con la Agricultura (2017). Panorama agroalimentario. Tomate Rojo, 2017. Dirección de investigación económica y sectorial. México, D.F. 25 p.
- Ferreira MD; Franco TOA; Kasper RF; Ferraz ACO; Honório SL and Tavares M (2005). Post-harvest quality of freshmarketed tomatoes as a function of harvest periods. *Scientia Agricola (Piracicaba)* 62(5), 446-451.
- Gerster H (1997). The potential role of lycopene for human health. *J. Am. Col. Nutr.* 16:109-126.
- Guevara A (2013). Elaboración de zumos, pulpas y néctares de frutas. Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. 170p.
- Jian-Ming L; Lin PH; Yao Q y Chenet C (2010). Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: Experimental approaches and model systems. *J Cell Mol Med.* 14(4): 840–860.
- Juárez LP; Castro BR; Colinas LT; Ramírez VP; Sandoval VM; Reed W; Cisneros ZL; King S (2009). Evaluación de calidad de frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme). *Rev. Chapingo S. Hort.* 15:5–9.
- Kader AA (1992). Postharvest biology and technology: an overview. pp. 15-20. *In: Kader, A.A. (ed.). Postharvest technology of horticultural crops.* Pub. 3311. Univ. Calif. Div. Agric and Natural Res. California, USA..
- Kofaitie S (2006). Sistema de pago por calidad de tomate. Chile: Univ. Católica de Valparaíso, Fac. de Agron.
- Kitagawa M; Itoa H; Shiinab T; Nakamurab N; Inakumaa T; Kasumib T; Isiguroa Y; Yaeb K; and Ito, K (2005). Characterization of tomato fruit ripening and analysis of gene expression in F₁ hybrids of the ripening inhibitor (rin) mutant. *Physiol. Plant.* 123: 331-338.
- Kolota E y Adamczewska SK (2001). Evaluation of new leek cultivars for early growing. *Veg. Crops Res. Bull.* 54, 29-34.
- Luna GML; y Delgado AA (2014). Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de Investigación y Difusión Científica Agropecuaria.* 18(1): 51-66.
- Matkowski A; Tasarz P y Szypula E (2008). Antioxidant activity of herb extracts from five medicinal plants from Lamiaceae, subfamily Lamioideae. *J. Med. Plant. Res.* 2(11):321-330.
- Moretti CL y Sargent SA (2000). Alteração de sabor e aroma em tomates causado por impacto. *Sci. Agrícola* 57, 385-388.
- Navarro LER; Nieto AR; Corrales GJ; García MMR; Ramírez AM (2012). Calidad poscosecha en frutos de tomate hidropónico producidos con agua residual y de pozo. *Rev. Chapingo Serie Horticultura*, 18 (3): 263-277.
- Ordóñez AL; Balanza ME; Martín FR; y Flores CA (2009). Estabilidad del carotenoide licopeno en tomates en conserva. *Información Tecnológica.* 20(4): 31-37 (2009) Doi:10.1612/inf.tecnol.4126it.08
- Ortega A; Basabe T y Sobaler L. (2004). Frutas, hortalizas y verduras. Bartrina-Aranceta, J. y Rodrigo-Pérez, C. (Eds). Frutas y verduras y salud. España. Editorial Elsevier. 268 pp.
- Pantelidis G; Vasilakakis M; Manganaris GA and Diamantidis G (2007) Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acids contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chemistry*, 102: 777-783.
- Raiola A; Tenore GC; Barone A; Frusciante L and Rigano MM (2015). Vitamin E content and composition in tomato fruits: Beneficial roles and bio-fortification. *Int. J. Mol. Sci.* 16: 29250–29264.
- Reina CE; Guzmán TJC y Sánchez JM (1998). Manejo poscosecha y evaluación de la calidad de tomate que se comercializa en la ciudad de Neiva. Universidad Sur Colombiana, Neiva, Colombia.
- Renau RM (2018). Metodologías para la evaluación del contenido en polifenoles en tomate aplicadas al estudio del efecto del genotipo y de estrategias de cultivo respetuosas con el medio ambiente. Tesis de Posgrado. Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España. 133 p.
- Rivero ML; Quiroga MMI; Gonzalez EO y Moraga L (2013). Postcosecha de tomate. Control de calidad. Laboratorio de Postcosecha E.E.A. Ficha técnica No. 6. Centro Regional Mendoza-San Juan, Argentina. 1-6 pp.
- Sagarpa (2010). Monografía del cultivo. Jitomate. Subsecretaría de fomento de agronegocios. Ciudad de México, Méx. 10p. www.gobiernofederal.gob.mx, www.sagarpa.gob.mx.
- SAS. 1992. *In: SAS Institute Cary, N.C. EEUU. Version 9.0.*
- Sepulveda E; Saenz C; Peña A; Robert P; Bartolomé B y Gómez CC (2010). *Chil. J. Agric. Res.* 70:50-57.
- Seymour G; Mervin P; Kenneth M; and Graham J (2008). Genetics and epigenetics of fruit development and ripening. *Current Opinion in Plant Biology.* 11:58–63 www.sciencedirect.com
- Seymour G (2016). Salad days–tomatoes that last longer and still taste good. University, Nottingham. UK. <https://www.nottingham.ac.uk/news/pressreleases/2016/july/salad-days-tomatoes-that-last-longer-and-still-taste-good.aspx>.
- Shi J and Le Maguer M (2000). Lycopene in tomaatoes: Chemical and physical properties affected by food procesing. *Critical Reviews in food Science and Nutrition.* 40(1): 1-42.

- Suslow, TV and Cantwell M (2019). Postharvest Technology, UC Davis. <http://postharvest.ucdavis.edu>. (Cons. 05 de Febrero de 2019).
- Thai Agricultural Standard (2007). Tomato. TAS 1503-2007. National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards Ministry of Agriculture and Cooperatives 50 Phaholyothin Road, Ladyao, Chatuchak, Bangkok. www.acfs.go.th Published in the Royal Gazette, 124: Section 78D. ICS 67.080.20 ISBN 978-974-403-469-4.
- Tieman D; Zhu G; Resende MFR; Lin Jr; Nguyen T; Bies C; Rambla R; Beltran JL; Taylor KSO; Zhang M (2017). A chemical genetic roadmap to improved tomato flavour. *Science* 355:391–394.
- Valle C ME (2013). Evaluación de vitamina C por HPLC en el desarrollo Poscosecha del tomate. Memorias del II Congreso Binacional de Universidades del Sur del Ecuador y Norte de Perú. César Vásquez (Compilador). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador, pp. 445-447. ISBN-978-9978-10-128-5.
- Wang and Seymour G (2017). Tomato Flavor: Lost and Found? *Molecular Plant*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molp.2017.04.010>
- Zapata LM; Gerard L; Davies C; Schwab MC (2007). Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates. *Ciencia Docencia y Tecn. Univ. Nal. Entre Ríos. Argentina*, XVIII (35): 175-193.