

Determinación de las propiedades fisicoquímicas de un tomate nativo de Veracruz, México

Determination of the physicochemical properties of wild tomato native from Veracruz, Mexico

Alma Delia Hernández-Fuentes^a, Aurora Quintero-Lira^a, Thania Alejandra Urrutia-Hernández^a, Javier Piloni-Martini^a, Irma Morales-Rodríguez^a, César Uriel López-Palestina^{a}*

Abstract:

Native tomatoes have distinctive physicochemical properties that contribute to greater consumer acceptance. However, these properties can vary depending on the region where they are grown. The objective of this work was to evaluate physicochemical properties, such as total soluble solids (TSS), pH, titratable acidity (TA), ripening index (RI), flavor index (FI), and color. These were measured at four maturity indexes (green-90%, red-30/green-60%, red-60/green-30%, red-90%) in native tomato fruits produced in the northern region of the state of Veracruz. TSS varied from 4.63 to 6.53 °Bx. TA was reduced from 2.07 to 0.80% citric acid. The RI obtained was 8.28. This result was associated with increased TSS and reduced TA. The tomatoes were classified as tasty according to the FI. The color values of the tomatoes ranged from light green to dark red. In general, changes in physicochemical properties were observed during maturity. These changes resulted in properties suitable for consumption, indicating their high consumer acceptability.

Keywords:

organoleptic properties, traditional varieties, tomato

Resumen:

Los tomates nativos tienen propiedades fisicoquímicas distintivas, logrando así una mayor aceptación entre los consumidores; sin embargo, estas propiedades pueden cambiar de acuerdo con la región donde se producen. Por lo que, el objetivo de este trabajo fue evaluar las propiedades fisicoquímicas como los sólidos solubles totales (SST), pH, acidez titulable (AT), índice de maduración (IM), índice de sabor (IS) y el color en cuatro índices de madurez (verde-90%, rojo-30 / verde-60%, rojo-60 / verde-30%, rojo-90%) de frutos de tomate nativo que se producen en la región norte del estado de Veracruz. Se encontró que los SST variaron de 4.63 a 6.53 °Bx, mientras que la AT se redujo de 2.07 a 0.80 % de ácido cítrico. El IM logrado fue de 8,28, que se relaciona con el aumento de los SST y la reducción del AT, mientras que los tomates se clasificaron como sabrosos de acuerdo con el IS. El rango de color fue de tonalidades de verde luminoso a rojo oscuro. En general, se observaron los cambios de las propiedades fisicoquímicas de los frutos durante la madurez, alcanzando propiedades adecuadas para su consumo, lo que refleja su alta aceptabilidad por parte de los consumidores.

Palabras Clave:

propiedades organolépticas, tomate, variedades tradicionales

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Alma Delia Hernández-Fuentes, <https://orcid.org/0000-0003-2592-6689>, Email: almah@uaeh.edu.mx; Aurora Quintero-Lira, <https://orcid.org/0000-0003-4638-6028> Email: aurora_quintero1489@uaeh.edu.mx; Thania Urrutia Hernández, <https://orcid.org/0000-0002-2152-2807>, thania_urrutia9356@uaeh.edu.mx; Javier Piloni-Martini, <https://orcid.org/0000-0000-0002-1367-5010>, Email: javier_piloni7632@uaeh.edu.mx, Irma Morales-Rodríguez, <https://orcid.org/0000-0003-3092-6317>, Email: irma_morales@uaeh.edu.mx, Cesar Uriel López Palestina, <https://orcid.org/0000-0002-9338-6509>

* Autor de Correspondencia: Email: cesar_lopez@uaeh.edu.mx

1. Introducción

En los últimos años se ha destacado el consumo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) debido a sus propiedades nutraceuticas de los frutos los cuales contienen compuestos bioactivos que tienen efectos benéficos para la salud de los consumidores [1, 2]. Particularmente en México se puede encontrar una gran variedad de tomates nativos que se pueden coleccionar de manera silvestre en diferentes zonas de vegetación natural o bien en campos de cultivos, esto es debido a que México se considera como el centro de domesticación del tomate [3]. Estos tipos de tomates se encuentran distribuidos en los estados de Puebla, Oaxaca, Hidalgo, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Veracruz principalmente [4, 5]. Se ha reportado que las variedades nativas de tomate presentan mejores propiedades sensoriales y nutraceuticas en comparación con las variedades comerciales [1, 6]. Por otro lado, las variedades nativas de tomate destacan por sus propiedades fisicoquímicas como el color, la presencia de sólidos solubles totales y ácidos orgánicos que contribuyen considerablemente en el sabor de los frutos, por ello, son altamente apreciados donde se producen, además que las diversas formas, tamaños y colores dan origen a una amplia variabilidad genética [4,7]. Sin embargo, esa gran variabilidad en los tomates es debida a diversos factores, como los ambientales característicos de cada región, así como las prácticas culturales, temporada de producción, entre otras, que pueden influir en las propiedades fisicoquímicas de los frutos durante su conversión del estado verde maduro al completamente maduro [8]. Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar los cambios de las propiedades fisicoquímicas durante la maduración de los frutos de tomate nativo que se producen en la región norte del estado de Veracruz.

2. Materiales y métodos

2.1 Material vegetal

Se evaluó una colecta de tomate originaria del estado de Veracruz, llamada localmente como cuatetomate, de la localidad de Santa Cruz, Municipio de Castillo de Teayo ubicada en las coordenadas GPS: longitud (dec): -97.608611 y latitud (dec): 20.798333. Los tomates se coleccionaron en cuatro índices de madurez: verde-90%, rojo 30-verde 60%, rojo 60- verde 30% y rojo-90%. Los frutos de tomate fueron coleccionados libres de daños físicos y de tamaño uniforme de acuerdo con cada índice de maduración.

2.2 Variables fisicoquímicas

Se determinó el contenido de sólidos solubles totales (SST) con un refractómetro digital (PR-101, ATAGO Co. Ltd., Minato, Tokyo, Japan) con escala de 0–45%, directamente del jugo de los tomates, los resultados se expresan en grados brix (°Bx). La acidez titulable (AT) en porcentaje de ácido cítrico se determinó de acuerdo con el método de la AOAC 942.15 [9]. De la muestra de la AT, se evaluó el pH fue directamente en un potenciómetro (HI 2211, Hanna Instruments Inc., Leighton Buzzard, UK). El índice de maduración e índice de sabor se determinó con las ecuaciones propuestas por Hernández Suárez et al. [10]

$$\text{Índice de maduración} = \frac{SST}{AT}$$

$$\text{Índice de sabor} = \frac{SST}{20 * AT} + AT$$

Se evaluó color de los frutos en un colorímetro HunteLab (Minolta, CM508d, Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan), las lecturas se tomaron de la parte media de cada fruto. Los valores que otorga el equipo fueron la luminosidad (L*), y valores a* y b* que corresponde a los ejes del verde-rojo y azul-amarillo respectivamente. Con los valores de a* y b* se calcularon los valores de croma (C*) y ángulo hue (°h), mediante las siguientes formulas.

$$C^* = \sqrt{a^* + b^*}$$

$$^{\circ}h = \tan^{-1} \frac{b}{a}$$

2.3 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar con cinco repeticiones, la unidad experimental se definió como cada fruto colectado en los diferentes índices de madurez. Se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias LSD de Fisher utilizando el paquete de software estadístico SAS para Windows versión 9.4

3. Resultados y discusión

En la Tabla 1 se observa que a medida que incrementa el índice de madurez de verde a rojo en los frutos de tomate nativo (cuatetomate), se incrementa significativamente la concentración de los sólidos solubles totales (SST) presentando mayor concentración en rojo-90%. Esto se debe a la actividad fotosintética de la planta, ya que durante el desarrollo del fruto permite una mayor acumulación fotosintatos como la fructosa y glucosa [1, 11]. Por otro lado, al desarrollarse en campo abierto las plantas de tomate están más expuestas a diversos factores de estrés bióticos y abióticos, en ese sentido las plantas de tomate pueden limitar su desarrollo vegetativo y reasignar solutos y agua a los frutos [11]. Este comportamiento también podría explicar por qué la concentración de los SST de estos frutos es superior a los SST que se reportan en variedades comerciales como en tomate tipo Saladette donde se encuentran valores de hasta 5.4 °Bx [2]. En una comparativa esta concentración de SST es similar a los valores del cuatetomate en estado de madurez rojo-30/verde-60% y rojo-60/verde-30%. En general se ha reportado que los tomates nativos del estado de Puebla y Veracruz presentan un alto contenido de SST mejorando del sabor de los frutos, también por ello la población local llegan a consumir los cuatetomates aun en grados de madurez inferiores al rojo-90% [3].

Respecto a la acidez titulable en los frutos de cuatetomate, los valores más altos se registran en el índice verde-90% los cuales reducen a medida que incrementa el índice de madurez, de manera inversa el pH aumenta de manera concomitante conforme avanza el índice de madurez (Tabla 1). Esto es debido a que durante la maduración de los tomates se incrementa el proceso de respiración el cual

utiliza los carbohidratos y los ácidos orgánicos como sustratos de reacción que genera agua, CO₂, energía y compuestos intermediarios necesarios en el proceso de la maduración [12]. Por otro lado, los valores de AT en estado de madurez rojo-90% son similares a otros estudios donde se han analizado otros tomates nativos del país [5, 6]. Adicionalmente, los frutos cuatetomate presentan una mayor acidez en los frutos de tomate comercial [2]. De acuerdo con Balate et al. [13] una alta acidez y bajo pH (4.6) son deseables para su procesamiento, para controlar el deterioro microbiano así como la inactivación enzimática, particularmente el índice de madurez rojo-60 / verde-30% es el idóneo para el procesamiento.

Tabla 1. Sólidos solubles totales, acidez titulable y pH en cuatetomate nativo del estado de Veracruz, México, en cuatro índices de madurez.

Índice de madurez	Sólidos solubles totales (°Bx)	Acidez titulable (% ácido cítrico)	pH
Verde-90%	4.63 ^{c*}	2.07 ^a	4.13 ^b
Rojo-30/verde-60%	5.30 ^b	1.50 ^b	4.22 ^b
Rojo-60/verde-30%	5.40 ^b	1.03 ^c	4.59 ^a
Rojo-90%	6.53 ^a	0.80 ^d	4.73 ^a

*Valores con la misma letra dentro cada columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de LSD de Fisher a una P≤0.05.

Una característica importante en la calidad de los frutos de tomate es el sabor, el cual relaciona un balance entre los azúcares y la concentración de los ácidos orgánicos presentes [13]. Como se observa en la Tabla 2 los valores de índice de maduración de los frutos incrementan de verde-90% a rojo-90%, esto es debido a una mayor concentración en los SST y una disminución de la AT. Adicionalmente el índice de sabor (IS) en los frutos de cuatetomate en rojo-90% es alto, por lo que, se puede mencionar que son frutos sabrosos de acuerdo con Hernández Suárez et al. [10], quien menciona que un IS superior a 0.85 se consideran frutos de tomate sabrosos, mientras que si el valor es inferior a 0.7 se consideran frutos de poco sabor.

El cambio de color de los frutos durante las distintas etapas de madurez se observa en las Figura 1 y 2. La luminosidad (Figura 1), va disminuyendo conforme se incrementa el índice de madurez. En el estadio verde-90% se encontraron valores de L^* igual a 54.90 ± 1.14 , mientras que en el estadio rojo-90%, los valores de L^* fueron de 40.79 ± 0.13 , esto significa que los frutos de cuatetomate al inicio tienen colores más luminosos, posteriormente se hacen más oscuros. Respecto al ángulo de color ($^{\circ}\text{hue}$), se observan valores que van desde $102.41^{\circ} \pm 2.56$ a $21.41^{\circ} \pm 1.43$.

Tabla 2. Índice de maduración e índice de sabor en cuatetomate nativo del estado de Veracruz, México, en cuatro índices de madurez.

Índice de madurez	Índice de maduración	Índice de sabor
Verde-90%	2.25 ^{d*}	1.21 ^c
Rojo-30/ verde-60%	3.55 ^c	1.30 ^c
Rojo-60/ verde-30%	5.27 ^b	1.68 ^b
Rojo-90%	8.28 ^a	2.18 ^a

*Valores con la misma letra dentro cada columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de LSD de Fisher a una $P \leq 0.05$.

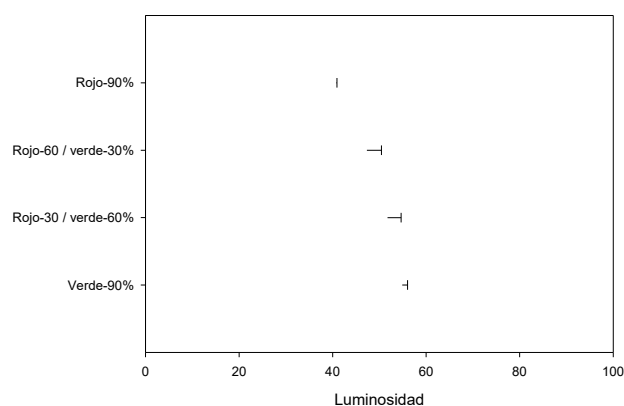


Figura 1. Luminosidad de los frutos de cuatetomate nativo del estado de Veracruz, México, en cuatro índices de madurez.

En el primer estadio de maduración se observa que los frutos tienen color entre verde puro y verde primavera, en el segundo estadio los frutos tienen una tonalidad naranja, para posteriormente

pasar a un color rojo. Sin embargo, en el estadio cuatro se muestra un rojo con valores de croma y luminosidad más bajos que en el estado de madurez tres, por lo que indica que los frutos tienen una tonalidad roja más oscura. El incremento de la tonalidad roja en los frutos de tomate se debe principalmente a la síntesis licopeno que es el principal pigmento responsable de otorgar la tonalidad roja de los frutos de tomate [14, 15].

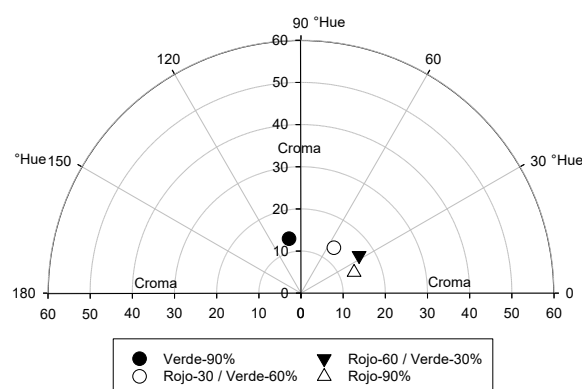


Figura 2. Valores de croma y ángulo hue de los frutos de cuatetomate nativo del estado de Veracruz, México, en cuatro índices de madurez.

5. Conclusiones

Los resultados evidenciaron que a medida que incrementan la madurez del fruto se incrementan los sólidos solubles totales hasta alcanzar valores superiores a los reportados en variedades comerciales, además que se encuentran perfecto balance con los ácidos orgánicos lo que contribuyen al índice del sabor de los frutos. Por otro lado, los frutos en el mayor índice de maduración (rojo-90%) presentaron tonalidades rojas y con buena luminosidad. Por lo que en este estudio las características fisicoquímicas evaluadas en los tomates nativos de la región norte de Veracruz indican propiedades sensoriales óptimas para su consumo desde el índice rojo-60 / verde 30%, adicionalmente los resultados explican la buena aceptación regional por encima de las variedades comerciales.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

Referencias

- [1] Hernández-Fuentes A D, Arroyo-Aguilar J E, Gutiérrez-Tlahque J, Santiago-Saenz Y O, Quintero-Lira A, Fuentes-Reyes M, López-Palestina C U. Application of Cu Nanoparticles in Chitosan-PVA Hydrogels in a Native Tomato Genotype: Evaluation of the Postharvest Behavior of the Physicochemical and Bioactive Components of the Fruits. *Food Bioprocess Tech.* 2023, doi: 10.1007/s11947-023-03044-x.
- [2] López-Vargas E R, Ortega-Ortíz, H, Cadenas-Pliego G, de Alba Romenus K, Cabrera de la Fuente, M, Benavides-Mendoza A, Juárez-Maldonado A. Foliar Application of Copper Nanoparticles Increases the Fruit Quality and the Content of Bioactive Compounds in Tomatoes, *Appl. Sci.* 2018, 8 (7): 1020, doi: 10.3390/app8071020.
- [3] Bonilla-Barrientos O, Lobato-Ortiz R, García-Zavala J J, Cruz-Izquierdo S, Reyes-López D, Hernández-Leal E, Hernández-Bautista A. Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 2014, 37(2):129-139.
- [4] Pérez-Díaz F, Arévalo-Galarza M de L, Pérez-Flores L J, Lobato-Ortiz R, Ramírez-Guzmán M E. Crecimiento y características postcosecha de frutos de genotipos nativos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.),” *Rev. Fitotec. Mex.* 2020, 43(1): 89–99, doi: 10.35196/rfm.2020.1.89.
- [5] Méndez I, Vera G, Chávez S, Carrillo R. Quality of fruits in mexican tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.) landraces. *Vitae*, 2011, 18 (1): 26–32.
- [6] Crisanto-Juárez A U, Vera-Guzmán A M, Chávez-Servia J L, Carrillo-Rodríguez J C. Calidad de frutos de tomates silvestres (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* Dunal) de Oaxaca, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 2010, 33: 7–13.
- [7] Juárez-López P, Castro-Brindis R, Colinas-León T, Ramírez-Vallejo P, Sandoval-Villa, M, Reed D W, King S. Evaluación de calidad de frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Rev. Chapingo. Ser. Hortic.* 2009, 15: 5–9.
- [8] Kaur D, Sharma R, Abas W A, Singh G B., Sogi D S. Physicochemical changes in seven tomato (*Lycopersicon esculentum*) cultivars during ripening. *Int J Food Prop.* 2006, 9(4): 747-757, doi.org/10.1080/10942910600575716
- [9] AOAC – Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis. 1995.
- [10] Hernández Suárez M, Rodríguez Rodríguez E M, Díaz Romero C. Chemical composition of tomato (*Lycopersicon esculentum*) from Tenerife, the Canary Islands, *Food Chem.* 2008, 106(3): 1046–1056, doi: 10.1016/j.foodchem.2007.07.025.
- [11] Meza S L, Egea I, Massaretto I L, Morales B, Purgatto E, Egea-Fernández J M, Flores F B. Traditional Tomato Varieties Improve Fruit Quality Without Affecting Fruit Yield Under Moderate Salt Stress. *Front. Plant Sci.* 2020, 11: 587754, doi: 10.3389/fpls.2020.587754.
- [12] Xiao H, Piovesan A, Pols S, Verboven P, Nicolaï B. Microstructural changes enhance oxygen transport in tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit during maturation and ripening. *New Phytol.* 2021, 232(5): 2043–2056, doi: 10.1111/nph.17712.
- [13] Balate C A, Souza D C, de, Silva L F L, Resende L V, de Freitas S T, Guerra T S. Absciscic acid on the quality of tomato fruits. *Sci. Agrar. Parana*, 2020, 1(1): 38–42, doi:10.18188/sap.v19i1.22876.
- [14] López-Palestina C U, Aguirre-Mancilla C L, Raya-Pérez J C, Ramírez-Pimentel J G, Santiago-Saenz Y O, Gutiérrez-Tlahque J, Hernández-Fuentes A D. Encapsulation of tomato juice by freeze-drying: physicochemical and antioxidant characterization and stability. *Acta Agrícola y Pecu.* 2021, 7(1): 1-14, doi: 10.30973/aap/2021.7.0071000.
- [15] Gutiérrez Tlahque J, Santiago Sáenz Y O, Hernández Fuentes A D, Pinedo Espinoza J M, López Buenabad G, López Palestina C U. Influencia de los métodos de cocción sobre la actividad antioxidante y compuestos bioactivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Nov. Sci.* 2019, 11(22): 53–68, doi: 10.21640/ns.v11i22.1685.